

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	車いす利用者の手が届く範囲に着目した引戸開閉の可否に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	久保晶子
Author(English)	Akiko Kubo
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10847号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:添田 昌志,中村 芳樹,大佛 俊泰,室町 泰徳,那須 聖
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10847号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

車いす利用者の手が届く範囲に着目した
引戸開閉の可否に関する研究

久保 晶子

目次

第1章 序論	1
1.1 研究の背景と目的	3
1.2 既往研究、引戸の開発に関連する規格・基準	5
1.2.1 既往研究	
1.2.2 引戸の製品の開発に関連する規格・基準	
1.2.3 本研究の位置づけ	
1.3 研究の構成	16
第2章 住宅における車いす利用者の 出入り・引戸開閉動作に関する課題の把握	23
2.1 本章の目的	25
2.2 車いす利用者の出入り動作、引戸開閉動作の調査方法	25
2.3 自宅出入り口における行動観察を通じた課題の把握	27
2.3.1 調査概要	
2.3.2 調査対象の空間概要	
2.3.3 行動観察、聞き取りによる調査結果	
2.3.4 自宅出入り口における課題	
2.4 引戸開閉・出入り実験を通じた課題の把握	42
2.4.1 調査概要	
2.4.2 実験空間	
2.4.3 行動観察、聞き取りによる調査結果と引戸開閉操作時の課題の抽出	
2.5 車いす利用者の安全性・負担軽減に着目した課題の整理	45
第3章 引戸開閉時における車いす利用者の上体の動き および反力による車いすの動きの分析	47
3.1 本章の目的	49
3.2 実験方法	50
3.2.1 実験の目的	
3.2.2 実験設定	
3.2.3 被験者	
3.2.4 分析の視点と方法	

3.3	引戸開閉時における車いす利用者の上体の動き	57
3.3.1	目的	
3.3.2	把手までの距離の計測方法	
3.3.3	結果と考察	
3.4	引戸開閉時の反力による車いすの挙動	65
3.4.1	目的	
3.4.2	分析方法	
3.4.3	反力による車いすの動き	
3.4.4	「ハンドリム押え」による車いす静止の可否	
3.4.5	足先当りの発生	
3.5	本章のまとめ	78
第4章	把手形状の違いが車いす利用者の引戸を開ける動作の可否に与える影響	81
4.1	本章の目的	83
4.2	車いす利用者の安全性・負担軽減に着目した評価基準の設定	84
4.3	車いす利用者の手が届きやすい引戸把手の設定	85
4.4	引戸把手の有効性確認のための実験	87
4.4.1	目的と実験設定	
	・基準点の設定	
	・車いすの停止位置・向き	
	・観察・記録機材	
4.4.2	被験者	
4.4.3	実験手順	
4.5	把手形状による引戸の開き可否の違い	90
4.5.1	車いすの向き 0° の場合	
4.5.2	車いすの向き 45° の場合	
4.5.3	車いすの向き 90° の場合	
4.6	把手形状による車いす停止位置の許容範囲の違い	94
4.7	縦棧引手の操作高さの分析	96
4.8	本章のまとめ	98

第5章 車いす利用者の引戸の開き可否の予測モデルの開発	99
5.1 本章の目的	101
5.2 車いす利用者の引戸の開き可否の予測モデルの概要	102
5.3 予測モデルの対象とする車いす利用者	107
5.4 予測モデルの算出方法	108
5.4.1 座標系の設定、および、引戸把手の座標	
5.4.2 車いす利用者の基準点	
5.4.3 車いすの停止位置	
5.4.4 車いす利用者の肩峰点（肩）	
5.4.5 車いす利用者の腕の長さ	
5.4.6 把手に手が届くかの判定	
5.4.7 上肢の動作範囲	
5.4.8 個別で用いる人体寸法	
5.5 実験による予測モデルの検証	119
5.5.1 人・引戸把手を変化させた場合の予測モデルの検証	
①予測条件	
②予測結果	
③実験結果と予測結果の照合による予測モデルの妥当性の確認	
5.5.2 車いすを変化させた場合の予測モデルの検証	
①予測条件	
②実験条件	
③予測結果と実験結果	
④実験結果と予測結果の照合による予測モデルの妥当性の確認	
5.5.3 予測モデルの検証についてのまとめ	
5.6 予測モデルを用いた開き可否傾向の確認	147
①車いす利用者の体格の違い	
②車いすの違い	
③引戸把手の違い	
④車いすの向きによる違い	
⑤腕の可動域の違い	
5.7 予測モデルの応用・展開の展望	153
5.8 本章のまとめ	156

第6章 結論	159
6.1 結論	161
6.2 今後の課題と展望	163
参考文献	166
研究業績	171
謝辞	172
付録	175

第 1 章

序論

1.1 研究の背景と目的

高齢化の進行、行政による高齢者の在宅での介護や医療の推進の動きにより、在宅の高齢者は今後増加すると考えられる。平成 24 年には国土交通省から、高齢者が住み慣れた地域・住宅で住み続けるために、健康状態やライフステージの変化にあわせて家族や在宅サービスのサポートを受けることを前提にした、在宅で車いすを使うことまで配慮する住宅のプランや工夫の提案が示されている¹⁾。このような動きからも、今後は歩行困難な方の在宅での車いす利用の機会や車いすの利用期間が延びることが予想される。

人の生活範囲を住居を中心に考えた場合、一つの考え方として図 1-1（図は戸建住宅の場合）のように「住居」「敷地」「地域」、更に「旅・趣味・生きがい」といった範囲があると考えられる。生活範囲が広がることは、社会参加や人との交流につながり、生活の自立や QOL (Quality of Life) の向上につながると考えられる。よって、生活者が安全に自立して移動できる環境整備は重要であると言える。

それぞれの範囲の環境整備の状況については、「住居」内は介護保険制度による住宅改修などにより、トイレ、浴室などの水回り箇所や生活の主要動線となる場所を対象に段差の解消や手すりの設置などがだいぶ一般化してきている。「地域」は、一体的・総合的なバリアフリー施策を推進するために、ハートビル法と交通バリアフリー法を統合・拡充した「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律（通称 バリアフリー新法）」が平成 18 年に公布・施行されるなど、行政による指針などが出されており公共施設や建築物、街路空間、公共交通機関がバリアフリー化・整備されてきている。一方、「住居」と「地域」をつなぐ、「敷地」の部分は両者の狭間で個別対応されている状況である。「住居」から屋外・庭（敷地内）の出入り、「敷地」から道路への出入りについては、環境整備に使えるスペースや、その地形などが戸建住宅・集合住宅のいずれも個別に条件が異なること、更には積雪の有無などの気候条件なども考慮する必要があると考えられるが、その環境整備のための指針や知見は不十分であるように見受けられる。

そこで、本論文は 2012 年頃から業務(YKK AP 株式会社 生活者検証)で取り組んでいる車いす利用者を対象としたユーザビリティ調査の知見を更に深めるべく、自立した（自分で自走車いすを漕いで移動することができる）車いす利用者を対象に出入り口の開閉・出入りについて、安全に自立して移動できる環境整備につなげる知見を、研究を通して得たいと考える。

「住居」から屋外・庭（敷地内）の出入りに着目すると、車いす利用者にとって開閉や通過がしやすい扉の形態は、一般的に、開き戸よりも引戸であると言われている。既往研究や関連規格、指針では扉前のスペースや扉の開口幅、下枠の段差の推奨寸法が示されており、建材メーカーにおいても、引戸の開口幅や下枠の段差に

ついてその指針を満たすような開発が近年進められている。その一方で、引戸の開閉機構や把手などの操作部位に着目すると、把手の大型化や操作高さの適正化などの配慮は進んでいるものの、それ以上の大きな変化は見られないのが現状である。

今後は、住宅の省エネルギー、断熱化がより求められることから、引戸を含めた扉の重量が増す可能性が高く、開閉時の操作の負担が増えることが予想される。したがって、車いす利用者に配慮した安全にかつ負担が少なく開閉できる引戸のあり方を提示することは、障害者および高齢者の自立を促進し、生活しやすい環境を形成していく上でも重要な課題であると考えられる。より多くの人が使え・使いやすい製品にして更に普及させたいという考えから、本研究では既存の引戸を対象とする。引戸ではない新しい開閉機構の開発による解決の可能性も多分に考えられるが、既存の引戸を対象に適正な機能および価格を実現することで、より多くの人にお使いいただける製品にできる可能性が高いと考えている。

以上のことから、本研究は、自立した自走車いす利用者が引戸を開ける動作について、車いす利用者の手が届く範囲に着目して、車いすが通過するために必要な幅まで引戸を開けられるかどうかを明らかにした上で、安全にかつ負担が少なく引戸を開閉するための把手のあり方を示すとともに、多様な車いす利用者の体格、車いすのサイズ、引戸の把手形状に対応可能な、引戸の製品開発時に参照できる、車いす利用者の開閉の可否の予測モデルを得ることを目的とする。

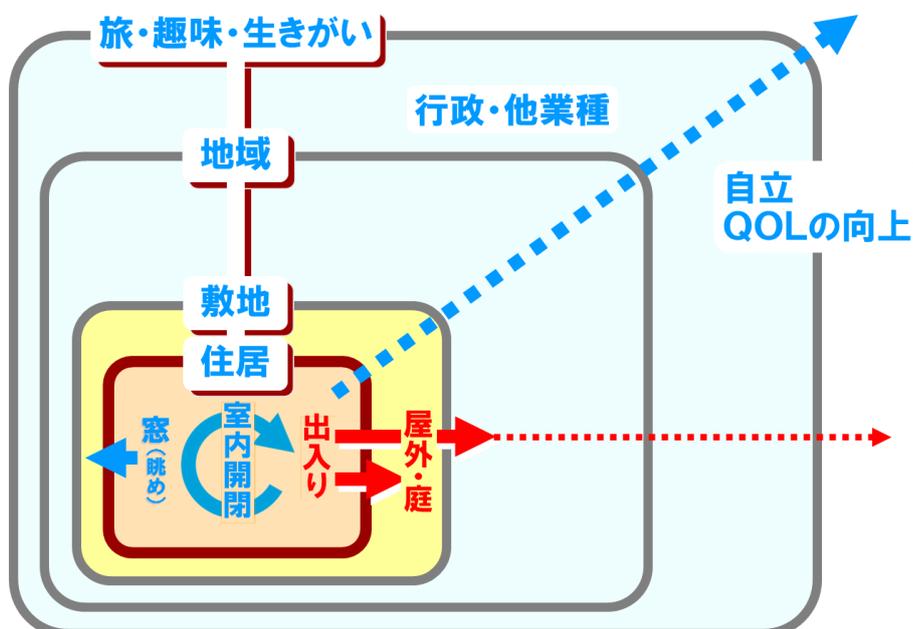


図1-1 住居を中心とした生活の範囲（戸建住宅の場合）

1.2 既往研究、引戸の開発に関連する規格・基準

1.2.1 既往研究

車いす利用者を対象とした研究は数多く行われているが、車いす利用者に適した引戸に関して明らかにされているのは開口幅、把手高さ、下枠段差などに限られており、引戸そのものの仕様につながる知見は少ない状況であることを示す。本論文は、自走車いすを自分で漕いで移動が可能な車いす利用者が安全に負担が少なく移動できることに着目している。よって、ここでは、主に自立した車いす利用者の移動に係る環境整備の切り口で、図1-1の生活の範囲で「地域（公共空間）」「敷地」「住宅、出入り口」「住宅内」に大別して詳述する。

車いす利用者(自立・自走車いす)の移動 地域・公共空間を対象にした研究

スロープ・斜路を扱った研究として、市田ら²⁾は法的基準で定められているスロープ勾配について、その基準値を確立した根拠が提示されていないことから、自走車いすで登る際に使用する筋肉の負担（筋負担）を測定し、その大小からスロープ勾配を評価し、一つの考え方として8.3%（1/12）程度の傾斜が筋負担と効率の観点から最適スロープ勾配であるという結果を示している。小林ら³⁾はスロープで法的基準で定められているのが勾配にとどまっていることから、スロープ勾配の違いと踊り場の有無とを組み合わせた車いす走行時（自走、介助）の筋負担の測定結果から、筋負担の軽減に着目したスロープ計画の定量的評価方法を提案している。

藤本ら^{4) 5)}は、公共空間での車いす避難時の安全性の向上を目的として、踊り場を通常のスロープより短い間隔で設けた多段型スロープを提案している。実際の車いす利用者による実験結果から、特に下り走行で、短い間隔で設けられている踊り場が車いすを減速させ、体力的負担の軽減につながることから、評価が高いなどの効果を示している。また、この提案されている多段型スロープは、踊り場が一時待機場所として使えることから、医療施設や福祉施設で少数の介助者で多数の車いす利用者を介助非難させる場合の有効性も意図されているものである。更に藤本他ら^{6) ~12)}はスロープ部分が曲線になっている多段型曲線スロープを提案し、踊り場の配置、曲線スロープの幅や曲率などについて車いすでの走行時（自走、介助）の操作性や安全性の研究を継続的に行っている。

段差を扱った研究として、市田ら¹³⁾は法的基準で設計基準が整備されている段差を対象に、自走車いす利用者の移動の際の負担を筋負担を指標に確認し、垂直段差の場合は小さな段差でも大きな障害となり、法的基準値の最大段差20mmが自力で移動できる限界高さであること、垂直段差でも段差の立ち上がり部を面取り（出隅部を矩勾配45度でカット）した形状では筋負担が減少することなどを示している。城ら¹⁴⁾はホールや劇場での車いす利用者の避難に着目し、出入り口段差の昇降、防

火戸のくぐり戸の下枠通過などを車いすで前進して越える場合と後進して越える場合を実験で確認し、結果から出入り口等の段差の目安は20mm以下で建築法規など従来からの提案と一致したことを示している。その他には、屋外、街路の歩道の端部の段差切り下げ部の片斜面を対象とした車いすの走行性を扱った研究も行われている^{15) 16)}。

公共空間での避難に関して車いす利用者の防火扉の開閉・通過を扱った研究として、松村、佐野ら^{17) 18) 19)}は被験者実験から、防火扉の開閉の発揮力の望ましい範囲を示すと共に、扉に対する車いすの取り回しの難易度が通過の可否に影響し、比較的小さい力で扉を開けることができる車いすの向きがあることなどを明らかにしている。

車いす利用者の外出の実態調査や、外出を阻害する要因に関する研究など、車いす利用者の地域・公共空間の移動については空間の物理的形状や制約のみならず、車いす利用者の心理的負担などソフト面に焦点を当てた研究も多数行われている。

以上のように、地域・公共空間を対象にした自走車いす利用者の移動に関する研究は、段差の通過やスロープ勾配について、日常および避難の観点で、負担軽減に着目した研究が数多く行われており、法的基準値の妥当性の確認や更なる推奨値が示されている。また、公共の場は利用者が不特定多数であることから、自立自走車いす利用者を対象にした研究の中には、同時に介助走行の車いすや電動車いす、更にはベビーカーや台車などまで対象にしているものもみられる。

車いす利用者(自立・自走車いす)の移動 敷地、玄関アプローチを対象にした研究

住宅の敷地の移動を扱った研究では、住居継続ができる住宅の整備および、出入りや外出をしやすい玄関アプローチ空間により地域社会と接点を持ち続けることを目指すことを目的として、玄関まわりや玄関アプローチ(道路～玄関)の調査が行われている。宮本²⁰⁾は要介護高齢者のための住宅改造で玄関アプローチを改造する割合が非常に低いことを課題に挙げ、外出のバリアとならない戸建て住宅の玄関アプローチのあり方を探ることを目的に農業地域、低層住居専用地域、中高層住居専用地域、商業地域、旧市街地などの特徴の異なる地域を対象に戸建て住宅の玄関アプローチの実態調査とアンケート調査を行い、それぞれの地域の特徴や違いを示すと共に、危険・負担に感じる点として段差が多く挙げられ改善要望が高いこと、滑りやすさが懸念されていることを示し、自立した生活を送るためには選択可能な住宅のアプローチの計画が必要であると述べている。田中ら²¹⁾は積雪寒冷地の高床式の玄関などの住宅の出入り口を対象に、高齢者や車いす利用者(障害者)による出入り動作の実験を行い、心拍数の計測や動作分析から、車いす利用者の移動の容易性はエレベーター移動型、スロープ移動型、段差昇降機移動型の順に低くなること

を示している。室崎ら²²⁾は、集合住宅を対象に建設時点で住戸プランに付加できる配慮の具体的提案を行うことを目的に、高齢者向け特定目的住宅や車椅子対応の身体障害者住宅を含む公営の集合住宅を対象に建築士、理学療法士、作業療法士、車いす利用者で住宅内および駐車場から住棟までのアプローチを検証し、駐車場から住棟までのアプローチで通行しにくい箇所として、駐車場から歩道に上がる際の縁石が挙げられ、すりつけタイプでも勾配がきついと自走通過が困難であるとしている。屋外のバリアフリー提案としては、可能であればスロープ勾配を1/13より緩やかにすること、通路の途中に少し広くしたたまり空間を設けることなどが示されている。八藤後ら²³⁾は、段差解消の観点で玄関出入り口も含めた住宅内での昇降機等の利用実態を調査しており、設置目的、設置場所、使用頻度、使用した評価が示されている。段差解消機はその設置場所については玄関（専用、家族と共用）が多いが、庭と玄関の間、門扉と道路の間などにも設置されていること、設置場所の段差（高低差）は300～500mm、600～800mmが多い結果を示し、使用者の感想や介助者の負担軽減の確認から玄関部分のアプローチの改善だけでもかなりの改善効果があると述べている。

また、ここでは、自立車いす利用者が対象に含まれている研究を挙げているが、車いすの介助走行を対象に、玄関から道路までのアプローチの移動における介助負担に着目した研究など^{24) 25)}も行われている。

以上のように、安全に快適に長く住み続けられること、移動の容易さが外出や地域・社会参加につながるという考えから、敷地、玄関～道路についてはその空間や出入り動作の実態の把握・検証が、車いす利用者などの障害者や高齢者を対象に、戸建住宅や集合住宅において行われている。しかし、統一された基準の提案には至っておらず、現状把握にとどまっているように見受けられる。

車いす利用者(自立・自走車いす)の移動 出入り口・引戸の開閉を対象にした研究

引戸の開閉を扱った研究として、藤家ら²⁶⁾は、車いす使用者の障害の程度に着目して、引戸・開き戸の開閉・通過実験を行い、障害の程度が重い（頸髄損傷）被験者は、上肢が健常な被験者に比べ、出入り口の通り抜けに時間がかかり、必要な面積が広くなることや、引戸が開き戸（押して開ける）より時間を要することを、時間計測や車いすの軌跡の分析から明らかにし、障害の程度に着目することの重要性を述べている。また、扉を開ける際の車いすの回転のとめ方について、ブレーキを使用する方法と、手で車輪を固定する方法の2種類があるが、胸・腰髄損傷者は非常に重い扉の開閉時を除いては、一般にブレーキは使用することがなく、これは時間がかかる、面倒などの理由によることも示している。さらに、藤家ら²⁷⁾は、車いすを使用する脊髄損傷者の障害の程度に着目し、通路の進行方向に対する扉の位置、

袖壁の大きさ、通路幅、引戸・開き戸の開く向きを変化させた上で、それぞれの通過時間を測定し、引戸は開き戸に比べて障害の程度による通過時間の差が小さいことから、重度な障害者にも適していることを述べている。

藤家ら^{28) 29)}は、車いす利用者による引戸・開き戸の開閉・通過実験を、進行方向に対して正面壁および側壁に設置された扉で行い、出入り口通過時間を計測している。車いすの操作能力が高いほど通過時間が短くなるという相関関係があること、特に側面に設置された引戸・開き戸の場合に通路幅が狭くなると通過時間が長くなることを明らかにし、車いすの操作能力から、車いすによる出入り口の通過時間の推定が可能になるとして、車いすの操作能力の評価結果から戸の通過に要する時間を予測している。

引戸の開閉で、電動車いす利用者を対象にした研究として、佐藤ら³⁰⁾は電動車いす利用者を対象に引戸および開き戸へのアプローチ向きを変えた開閉動作実験を行い、その動作分析から引戸の方が開閉動作が容易であることを示すとともに、引戸も開き戸も多様な開閉動作があり、必要とする動作空間が大きいことから、手動車いすを基本に作成されたデータでは対応が困難であり、多様な開閉動作に対応できる広がりのある空間が必要であることを示している。

これらの研究は、自走車いす利用者を対象に障害の程度に着目し多様な空間における行動のしやすさや、電動車いす利用者を対象に扉へのアプローチ向きを変化させた場合の開閉動作のしやすさに着目してテストしている点で貴重な研究であるが、引戸の開閉に関して引戸の形状や仕様についての詳細は扱われていない。

車いす利用者(自立・自走車いす)の移動 住居内を対象にした研究

車いすの移動に要する通路幅、開口幅を扱った研究としては、太田、田中、福原ら^{31) 32) 33)}は、通路と開口の関係を開口形態(引戸、開き戸)、袖壁の有無などを整理し、5タイプの通路空間を実験で確認することで、住宅内の通路と開口の関係が分析可能であるとして、通路幅と開口幅を10mmずつ変化させて、サイズの異なる自走車いすと介助用車いすの複数のタイプの車いすを対象に検証し、各車いすの通行の可否を示している。糟谷・室崎ら^{34) 35)}は、住宅は利用者が特定されることから、車いすのサイズ(全長、全幅)の違いに着目し、木造住宅を想定した固定幅の通路から開口を通過する動作を、車いすのサイズと開口幅を変化させて実験し、車いすの通過の軌跡分析から車いすのサイズにより通過に必要な開口幅の寸法を示している。更に、これらの実験データから、車いすの対角線長さ(「駆動輪車軸端からフットサポート先端の長さ」と「車いすの全幅」による対角線)と通過可能な開口幅の関係性の目安を連続的に確認可能な簡易指標を示している³⁶⁾。通路幅・開口幅を扱った研究では、他にも、車いすのサイズや後輪径(大車輪径)の違いに着目し

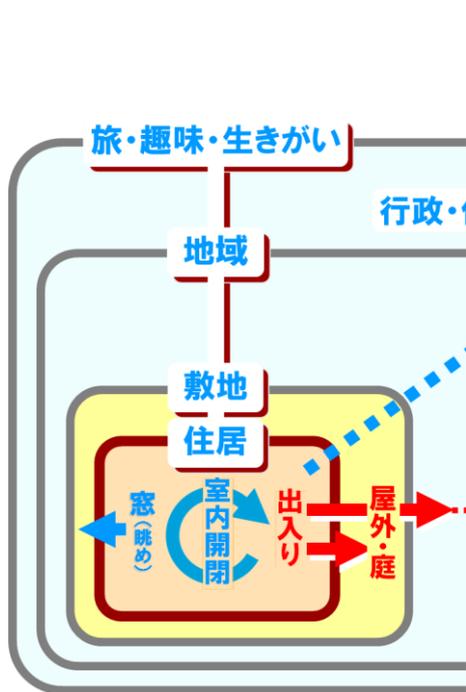
て自走車いす、6輪型、介助車いすを対象に自走と介助走行で通行の可否を実験した研究^{37) 38)}、木造モジュールと介助用車いすを組み合わせた研究³⁹⁾、住宅内を想定した通路幅・開口幅を組み合わせて電動車いすを対象にした研究^{40) 41) 42)}など、多様な車いすを対象とした研究が多数行われている。

住宅内の段差を扱った研究としては、糟谷ら⁴³⁾は、手動車いす利用者を対象として、個人の持つ条件、特に個人の身体能力に着目して、段差の通過の可否から車いす利用者の個人の身体能力を簡易に判定・推定する指標を提案している。更に、その身体能力を推定する指標から個別の適したスロープ勾配の判定に展開し、この身体能力を推定する指標がスロープ設置の際の勾配決定の参考データとしても使用可能であることを示している⁴⁴⁾。守ら⁴⁵⁾は、住宅内の段差通過について、身体に装着可能な小型の加速度計を使い、自走車いすの段差通過時の人体側および車いす側の加速度の値と感性評価の関係から力学的に許容できる範囲の評価手法を示し、加速度が一つの指標になりうることを示している。実験結果では車いすのキャスターに緩衝器が付いているか、付いていないかにより、段差の通過の感性評価・負担感が変わることなども併せて示されている。更に、車いすでの段差通過時の加速度の波形から身体の揺らぎ（加速度測定から算出されるフラクタル次元）を用いて身体的負担の軽重に関する評価手法を提案し、その有効性を検証している⁴⁶⁾。

その他にも、住宅内での車いすでの移動の動線に関する研究や、障害者向け特目住宅の平面構成の研究など、住宅のプランを扱った研究もみられる。

住宅内を対象にした研究は、住宅が私的空間であることから個別対応できる寸法や基準値という観点で車いす（手動自走、介助走行、電動車いす）を対象に、特に通路幅と開口幅の寸法を扱った研究が多数みられる。

以上、既往研究のレビューから、自立した車いす利用者の移動について、「地域（公共空間）」「住宅内」は研究も多く、基準値や推奨値が示されていることを示した。一方で、「敷地」「住宅、出入り口」は研究自体は行われているが、「敷地」については個別の条件を対象とした実態把握が主であった。また、「住宅、出入り口」については車いす利用者の扉の開閉動作や出入り動作の実験が実施され、扉周りのスペースや通路についての提案は見られるが、引戸の製品開発につながる、車いす利用者に適した引戸の仕様に関する知見はみられない状況が明らかになった（図1-2）。



★ 被験者に実際の車いす利用者含むもの

地域(パブリックスペース) 段差、スロープ、避難の観点の研究が多数

- ・ 段差・斜路 (歩道一道路などを想定) 自走車いす
- ・ スロープ(直線、曲線)(踊り場、勾配、曲率) 自走車いす ★
- ・ スロープ(直線、曲線)(踊り場、勾配、曲率) 介助(介助用車いす)
- ・ スロープ(直線、曲線)(踊り場、勾配、曲率) 電動車いす ★
- ・ 避難 防火扉の開閉 自走車いす
- ・ 避難 段差(出入り口、防火戸下枠) 自走車いす
- ・ 避難 スロープ(踊り場のあり方、勾配) 自走車いす ★
- ・ 避難 スロープ(踊り場のあり方) 介助(介助用車いす)
- ・ 車いす利用者 外出実態調査
- ・ 公的空間での車いす利用者の駐車場の利用

敷地 敷地外アクセスの現状把握・事例調査が多い

- ・ 住宅～敷地外アクセス 自走車いす(調査) ★
- ・ 住宅～敷地外アクセス 介助(段差)
- ・ 玄関・出入り口アプローチの調査 (戸建て住宅、積雪地域)
- ・ 玄関まわりの改修事例調査
- ・ リフト・昇降機(リフト・昇降機の使用者へのアンケート調査)

住居・出入り口 出入り口開閉動作の車いすの移動軌跡や所要時間分析

- ・ 出入り口開閉・通過 自走車いす(引戸、開き戸) ★
- ・ 袖壁の有無・大きさ、扉が側方、正面 → 開閉・通過の所要時間
- ・ 出入り口開閉 電動車いす(引戸、開き戸) ★
- ・ 車いすのアプローチ向き → 開閉・通過に必要なスペース

住居内 私的空間・個別対応の観点で、通路、段差の研究がある

- ・ 住宅内の通路幅 自走車いす(車いすサイズ違い)(通路形状違い)
- ・ 住宅内の通路幅 電動車いす(通路形状違い) ★
- ・ 住宅内の通路幅 介助用車いす
- ・ 住宅内の段差 自走車いす
- ・ 住宅内の段差 介助用車いす
- ・ 住宅内のスロープ勾配 自走車いす(私的空間 個別対応)

図1-2 既往研究

1.2.2 引戸の製品の開発に関連する規格・基準

製品開発の際に参考にする規格や基準は、日本国内の JIS 規格や業界団体、社内基準、海外の規格などがある。

引戸の製品開発においては、気密性や水密性、耐久性など様々な要求事項があるが、表 1-1 に国内および海外の規格や指針の中から、引戸の開閉や出入りの人の動作に関する項目について示す^{47)~52)}。横軸に基準や指針、縦軸に引戸の開閉や出入りの人の動作に関連する項目である。表中の内容は、それぞれの基準や指針の内容であり、特に黄色塗りつぶしセルは基準値が具体的に示されているもの、★印は人の対象に車いす利用者が含まれているものである。表中の—(横線)は基準や指針に関連内容がなかったことを示す。

それぞれの規格や指針が対象にしている空間は、本研究で対象としている戸建住宅・共同住宅、またはそれらを含むもの(I, II, IV, V, VI)、住宅ではなく公共の建築物など(III)とおおよそ分類できる。

車いす利用者を対象にした引戸の基準や指針としては、「②有効幅」や「③段差」が多く、具体的に示されていることが読み取れる。「④把手」では、その「高さ」は比較的具体的に示されているが、それ以外の「形状」や「位置」について示されているのは仕様の考え方にとどまり、「高さ」と比べるとその具体性は欠け、どのような引戸の把手が良いのかは明確にされていない。

引戸の開閉や出入りの動作に関する基準や指針では、引戸本体のみにとどまらず、「⑥引戸周りの空間」についても示しているものがあつた。「V.福祉のまちづくり条例(東京都)」や「VI.ADAAG」には、車いす利用者の引戸の開閉・出入りを想定して、引戸周りに袖壁を設けることが示されている。特に、「VI.ADAAG」では引戸を開けて通過する際の、車いすが引戸に近づく際のアプローチ方向3パターン(正面アプローチ、横からのアプローチ(戸先側から、戸尻側から))について、必要な引戸周りのクリアランスが示されている(図1-3)。「III.バリアフリー新法」では、「出入り口の前後には、車いす使用者が直進でき、方向転回できるよう、140cm角以上の水平なスペースを設ける」と示されている。

日本国内の規格・基準での人の操作に関する内容については、近年の制定や改正のなかでは、特に車いす利用者も含めた高齢者や障害者を対象にした規格や基準などが盛り込まれ、内容が充実する傾向が見られる。

製品開発の際は、これらの規格などを参考に、更に自社の技術やノウハウにより、自社基準や開発目標が設定され、運用されている。自社内の基準は、先に挙げた気密性や水密性、耐久性などのハード面と、引戸を使用する人の開閉のしやすさなど、数十におよぶカテゴリーの非常に多くの項目で構成されているものである。

表1-1 引戸の開閉・出入りに関して人の操作に関する規格、指針

	国内		
	I JIS A 4702 ドアセット (1957、最新改正2015)	II 優良住宅部品評価基準 及び付加認定基準 玄関ドア(BL-bs) 一般財団法人 ベターリビング (2016)	III 高齢者、障害者等の移動等 の円滑化の促進に関する 法律(バリアフリー新法) 建築物移動等円滑化基準 国土交通省 (2006)
対象	建築物の外壁面および 室内隔壁の出入り口	住宅の出入り口 (戸建住宅、共同住宅)	建築物
①開閉力	50N以下	戸建住宅 JISに準拠 共同住宅 初動20N以下(ク ローザー)	—
②有効幅	★ 900mm以上	★ 800mm以上	—
③段差	★ 20mm以下	★ 沓摺-玄関外部20mm以下 沓摺-玄関土間5mm以下	★ 車いす利用者の通過を妨げ る敷居や溝を設けない
④把手 高さ (床から)	★ 800mm以上900mm以下	—	中心高さ900mm程度
形状	—	使いやすいこと	棒状のもの
位置	—	開閉の際、枠に手が当たらないこと	—
その他	—	—	(居室の出入り口 手動式引 戸)補助取っ手をつけるのが 望ましい
⑤引戸に関する その他	—	【錠】 内外から操作が簡単にでき る。 施解錠状態を室内側から確 認できる。	【開閉機構】 手動引戸の場合、自閉式上 吊引戸が望ましい。(扉のス トッパー機能、閉まり際に減 速する自閉機能) 手動より自動的に開閉する構 造がよい。
⑥引戸周りの 空間	—	—	★ 出入り口前後に水平部分を 設ける(1400mm角以上)

凡例

■ : 基準値が具体的に示されている
(黄色塗りつぶしセル)

★ : 対象者が車いす利用者、もしくは車いす利用者が含まれる

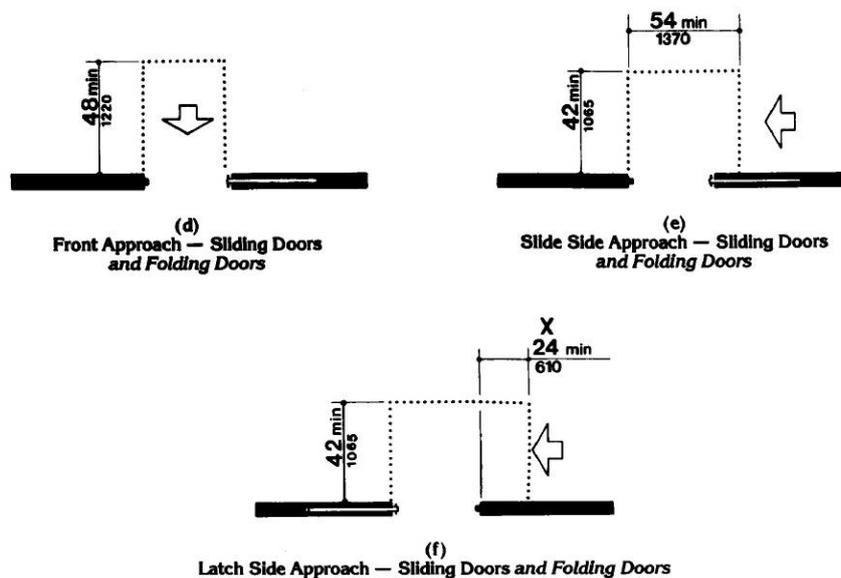
表1-1 続き 引戸の開閉・出入りに関して人の操作に関する規格、指針

	国内(続き)		海外(アメリカ)
	Ⅳ 高齢者が居住する住宅の設計に係る指針 国土交通省 (2001、最終改正2009)	Ⅴ 福祉のまちづくり条例 (東京都) 東京都 (1995、改正2009)	Ⅵ ADAAG (Americans with Disabilities Act Access Guidelines) (2004)
対象	住宅(戸建住宅、共同住宅) ※車いすは介助が必要な 介助用車いす使用者を想定。	共同住宅	建築物
①開閉力	—	軽い力で開く	★ 22.2N以下 開け始めのラッチ解除は除く
②有効幅	★ 800mm以上 (推奨)850mm以上	★ 800mm以上 (推奨)900mm以上	★ 815mm以上
③段差	★ 沓摺-玄関外部20mm以下 沓摺-玄関土間5mm以下 (推奨)段差なし	★ 敷居や溝をなるべく設けな い、上吊式が望ましい	★ 13mm以下 段差が生じる場合は1/2勾配 で斜面処理
④把手 高さ (床から)	—	—	★ 1220mm以下 (操作部位全般)
形状	★ 使いやすいこと (操作部位全般)	(便所の出入り口) 手動引戸の場合、横長かL字	★ 片手でつかみやすい。 しっかり握らなくてもよい、 手首を回転させないなど。 (操作部位全般)
位置	★ 適切であること (操作部位全般)	—	★ 引戸全開時に両面から使用 できること
その他	—	—	—
⑤引戸に関する その他	【扉に用いるガラス】 (推奨)ガラスが用いられる場 合、身体に接触する可能性 があるものは安全ガラスにす る。	—	—
⑥引戸周りの 空間	—	★ 把手側に300mm以上の袖壁 を設ける。	★ 引戸周りに確保するスペース や袖壁の寸法が、車いすの アプローチ向き別に設定され ている。(図1-3)

凡例

■ : 基準値が具体的に示されている
(黄色塗りつぶしセル)

★ : 対象者が車いす利用者、もしくは車いす利用者が含まれる



NOTE: All doors in alcoves shall comply with the clearances for front approaches.

Fig. 25
 Maneuvering Clearances at Doors (Continued)

「VI. ADAAG」では、引戸周りに必要なスペースが、
 車いすのアプローチ向きごとに示されている。
 左上：車いすで引戸の正面からアプローチする場合
 右上：車いすで引戸の戸尻側から引戸に平行にアプローチする場合
 下：車いすで引戸の戸先側から引戸に平行にアプローチする場合

図1-3 引戸周りの空間 必要なスペース
 (ADAAGより引用)

1.2.3 本研究の位置づけ

自立した車いす利用者の移動や出入り、引戸の開閉に関する既往研究および規格や基準から、以下のことが確認された。

既往研究

- ・住宅内の通路幅や、公共空間の段差、スロープについては、細かに数値・設定を変えて研究され、法的基準値が妥当であることや推奨値が示されている。
- ・引戸については出入り・開閉実験が実施されているが、具体的に扉（引戸）の仕様については扱われていない。

規格・基準

- ・引戸の使い易さに関して、車いす利用者を対象とした基準があるものは、把手や操作部位の高さ、有効幅、下枠段差、開閉力にとどまる。それ以外は、文言での定性的な記述にとどまっている。

以上のことから、車いす利用者が使用する引戸について、操作部位がどのような仕様であれば開閉操作がしやすいか、力がかけやすいか、一定の幅を開けられるかなどが明らかにされていないことが確認された。

本研究の目的として挙げている、車いす利用者が安全にかつ負担が少なく引戸を開閉できる把手のあり方を示すこと、および、製品開発時に参照できる、多様な車いす利用者の体格、車いすのサイズ、引戸の把手形状に対応可能な引戸の開閉可否の予測モデルを得ることは、より多くの車いす利用者が身体的にも心理的にも負担が少なく、目的を達成できるための知見を得ることであり、より多くの車いす利用者が安全に、かつ、負担が少なく使用できる引戸の製品開発へつながる研究として意義があるものとする。

1.3 研究の構成

本研究の構成を図1－4に示す。

第1章「序論」では、研究の背景と、既往研究および関連規格・指針を整理して本研究の目的を述べる。

第2章「住宅における車いす利用者の出入り・引戸開閉動作に関する課題の把握」では、車いす利用者の住宅における出入りに着目し、実際の車いす利用者の自宅出入り口および実験室での行動観察調査を行う。前者では多様な出入り空間の状況を把握すると共に、そこにおける車いす利用者の出入りや引戸開閉動作の課題を整理する。後者では、実験室における同一の引戸を用い、障害の程度が異なる車いす利用者を被験者として、自宅出入り口で確認された課題をより詳細に確認する。その上で、車いす利用者の引戸開閉で起こりうる課題を整理・把握し、本研究で対象とする課題を選定する。

第3章「引戸開閉時における車いす利用者の上体の動きおよび反力による車いすの動きの分析」では、車いす利用者の引戸開閉時に起こっている課題の中から、特に、引戸開閉時に上体に要求される動きと、引戸開閉時の反力の影響で車いすが動く現象について、引戸を開閉する際の引戸に対する車いすの向きを系統的に変化させ、定量的に把握する。

第4章「把手形状の違いが車いす利用者の引戸を開ける動作の可否に与える影響」では、車いす利用者が車いすから転落の危険がないよう体幹を前傾など動かさずに手が届いて、引戸を必要な幅まで開けることができる把手形状のあり方として、引戸の戸尻方向に操作範囲を広げた把手を設定し、引戸に対する車いすの向きを変化させ、その効果を実験で確認すると共に、定量的に示す。さらに操作高さの自由度の違いなど、個別の把手形状の効果を確認する。

第5章「車いす利用者の引戸の開き可否の予測モデルの開発」では、車いすを利用している多様な人（体格）、車いすのサイズ、引戸の把手形状・取付位置に個別に対応できる、把手と人体間の距離算出に基づき、車いす利用者がある設定した幅まで引戸を開けられるかどうかを予測するモデルを開発し、その妥当性を検証・確認する。その上で、予測モデルで示せる引戸を開ける動作の可否の傾向や、予測モデルの更なる応用・展望について述べる。

第6章「結論」では、本研究を総括し、今後の展望および課題を述べる。

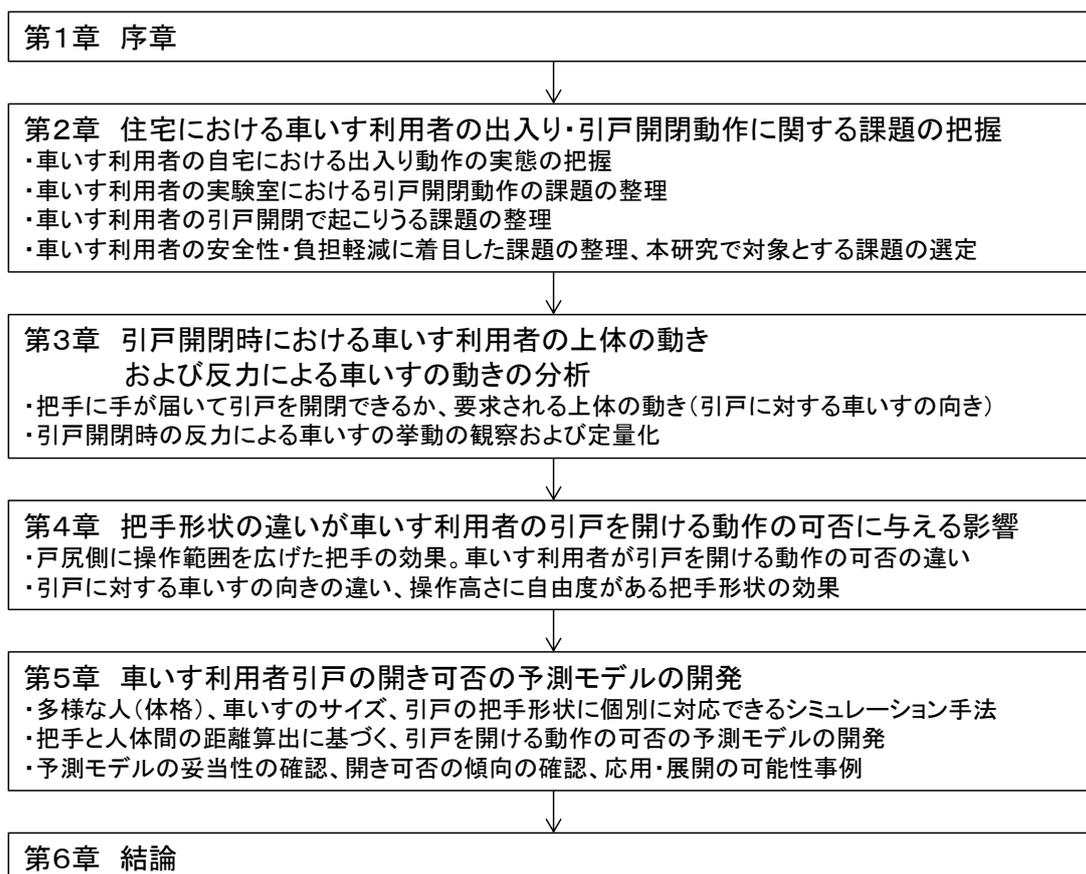


図1-4 本研究の構成

第1章 参考文献

- 1) 国土交通省 住宅局 安心住居推進課：在宅サービスに対応した住宅を考えるヒント（案）自宅で住み続けられる「終の住処」のアイデア・工夫，2012.3
- 2) 市田登，内田公一，稲吉淳，久保田一弘，布田健，萩原一郎，直井英雄：車いすによる斜路移動の筋負担による評価，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.883-884，2007
- 3) 小林義昌，久保田一弘，布田健，萩原一郎，直井英雄：車いす走行時の筋負担を指標とした斜路計画の評価，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.1009-1010，2009
- 4) 藤本幹也，吉村英祐：車いす避難時の安全性の向上を目的とした多段型スロープの提案 その1，日本建築学会計画系論文集，第589号，pp.71-76，2005.3
- 5) 藤本幹也，吉村英祐：車いす避難時の安全性の向上を目的とした多段型スロープの提案 その2 車いすによる昇降のしやすさを考慮した避難スロープの開発に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第596号，pp.51-57，2005.10
- 6) 吉村英祐，飯田匡，藤本幹也，久家一哲，布田健：車いす等による昇降時の安全性・走行性の実験を目的とした多段型曲線スロープの製作，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.545-546，2008
- 7) 久家一哲，飯田匡，藤本幹也，吉村英祐，布田健：超音波式3次元行動追尾システムを用いた測定方法の検討 走行実験に基づく多段型曲線スロープのデザイン手法に関する研究（その1），日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.1011-1012，2009
- 8) 藤本幹也，飯田匡，吉村英祐，布田健，久家一哲：車いすの自走走行に関する評価 走行実験に基づく多段型曲線スロープのデザイン手法に関する研究（その2），日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.1013-1014，2009
- 9) 飯田匡，藤本幹也，吉村英祐，布田健，久家一哲：車いすの介助走行・台車走行に関する評価 走行実験に基づく多段型曲線スロープのデザイン手法に関する研究（その3），日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.1015-1016，2009
- 10) 藤本幹也，吉村英祐：車いす通行に必要な幅員に基づく多段型曲線スロープ形状の図学的検討，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.1033-1034，2010
- 11) 藤本幹也，吉村英祐：直線スロープと曲線スロープにおける車いすの走行性評価に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.939-940，2012
- 12) 藤本幹也，吉村英祐：水平の直線通路と曲線通路における車いすの走行性の比較実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.819-820，2013

- 13) 市田登, 久保田一弘, 布田健, 萩原一郎, 直井英雄: 車いす使用者の段差移動動作における筋負担による評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.547-548, 2008
- 14) 城幸弘, 柏原士郎, 吉村英祐, 横田隆司, 阪田弘一: 車椅子を対象とした段差寸法の限界値に関する実験的研究, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 計画系(34), pp.529-532, 1994
- 15) 田平博嗣, 上野義雪: 歩道単路部の切り下げにおける車いす歩行の負担に関する実験的検討, 土木計画学研究・論文集 16, pp.609-616, 1999
- 16) 彦坂渉, 森山直起: 車いすの走行速度・軌跡に関する実験的考察 片斜面における車いす使用者の走行特性に関する研究(その2), 日本建築学会近畿支部研究報告集, 計画系(39), pp.129-132, 1999
- 17) 松村誠, 佐野友紀, 上野義雪, 布田健: 防火扉の開閉力の違いが通過に及ぼす影響 避難弱者を含めた避難安全に関する研究 その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.751-752, 2002
- 18) 佐野友紀, 松村誠, 布田健: 防火扉通過に必要な発揮力の検討 避難弱者を含めた避難安全に関する研究 その2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.753-754, 2002
- 19) 佐野友紀, 布田健, 松村誠: 防火扉の幅および開閉力が通過に及ぼす影響 避難弱者を含めた避難安全に関する研究 その3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.933-934, 2003
- 20) 宮本雅子: 戸建住宅の玄関アプローチの実態と居住者の意識, 日本家政学会誌, Vol.57 No.5, pp.323-331, 2006
- 21) 田中千歳, 野口孝博, 眞嶋二郎: 高齢者・障害者の心拍数から見た住宅内外での移動の容易性と快適性に関する実験的検討 積雪寒冷地の住宅における出入り空間の形状とあり方に関する基礎的研究, 日本建築学会計画系論文集, 第545号, pp.121-127, 2001.7
- 22) 室崎千重, 石川星児, 趙玫姪, 藤本道子, 岡本真規子, 北川博巳: 県営住宅の住戸プランにおけるバリアフリー配慮の工夫に関する研究, 兵庫県立福祉のまちづくり研究所報告集 2011年度, pp.43-50, 2011
- 23) 八藤後猛, 野村歡: 住宅内における高齢者・障害者の利用を考慮した昇降機等の利用実態に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第488号, pp.159-164, 1996.10
- 24) 鈴木基恵, 西村顕, 植田瑞昌, 八藤後猛, 野村歡: 車いす介助時の介助量を示す評価指標作成の試み 高齢者・障害者が居住する住宅の「屋外アクセス環境整備」に関する研究(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-2,

pp.109-110, 2003

- 25) 西村顕, 鈴木基恵, 植田瑞昌, 八藤後猛, 野村歓: 車いす使用者を対象とした「屋外アクセス」の整備内容と介助量に及ぼす影響について 高齢者・障害者が居住する住宅の「屋外アクセス環境整備」に関する研究(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-2, pp.111-112, 2003
- 26) 藤家馨, 御手洗謙二, 古賀唯夫: 脊髄損傷者における残存レベルに応じた出入口空間, 人間工学, 第28巻 2号, pp.79-89, 1992
- 27) 藤家馨, 松尾清美, 井出将文: 車いすを使用する脊髄損傷者における使いやすい出入口形式, 人間工学, 第32巻 5号, pp.215-222, 1996
- 28) 藤家馨, 御手洗謙二: 車いすで出入り口を通過するのに必要な時間について, 人間工学, 第28巻 特別号, pp.312-313, 1992
- 29) 藤家馨: 障害の程度が異なる脊髄損傷者が車いすで出入り口を通過するのに必要な時間の予測, 人間工学, 第29巻 特別号, pp.506-507, 1993
- 30) 佐藤平, 白石光昭, 笹岡邦弘: 電動車いす使用者の動作解析に関する研究(その1) 引き戸および開き戸の開閉動作に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E, pp.969-970, 1994
- 31) 太田昭夫, 野村歓, 田中賢: 住宅移動に影響する周辺条件の整理 車いすの移動に要するスペースの実験研究 1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-2, pp.231-232, 1995
- 32) 田中賢, 野村歓, 福原康司, 太田昭夫: 実験による車いす移動に影響する予条件の整理 車いすの移動に要するスペースの実験研究 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-2, pp.163-164, 1996
- 33) 福原康司, 野村歓, 田中賢, 太田昭夫: 介助車いすの住宅内移動の実験 車いすの移動に要するスペースの実験研究 3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-2, pp.165-166, 1996
- 34) 糟谷佐紀, 室崎千重, 米田郁夫, 阪東美智子, 末田統, 藤澤正一郎: 車いす使用者の移動スペースに関する研究 (その1) 通路・開口幅と車いす全長の相関関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), E-1, pp.799-800, 2006
- 35) 室崎千重, 糟谷佐紀, 米田郁夫: 車いす使用者の移動スペースに関する研究 (その2) 通路・開口幅と車いす全幅の相関関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), E-1, pp.801-802, 2006
- 36) 室崎千重, 糟谷佐紀, 米田郁夫, 趙玟姪: 既存木造住宅での車いす操作性の評価に基づいた住環境整備指標の構築, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), E-1, pp.929-930, 2012
- 37) 望月強, 古瀬敏, 渡辺章亘: 住宅内で介助者が操作する車いすの移動スペース

- に関する基礎的実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-2，pp.729-730，1999
- 38) 望月強，古瀬敏，渡辺章亘：住宅内で使用される自走車いすの移動スペースに関する基礎的実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.831-832，2001
- 39) 広藤明人，野溝智彦，星野俊樹，春原英雄，堀光生：木造モジュールでの介助用車いすの廊下通過試験，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.1011-1012，2000
- 40) 三宮基裕，片岡正喜，鈴木義弘，中武啓至，森永光典：電動車いす使用の場合の設計基準寸法に関する基礎的実験 その1. 実験概要と直進実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.681-682，1997
- 41) 森永光典，片岡正喜，鈴木義弘，中武啓至，三宮基裕：電動車いす使用の場合の設計基準寸法に関する基礎的実験 その2. L字通路と開口部実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.683-684，1997
- 42) 中島英憲，片岡正善，鈴木義弘，中武啓至，三宮基裕：電動車いす使用の場合の設計基準寸法に関する基礎的実験 その3.直進実験とL字通路実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.765-766，1998
- 43) 糟谷佐紀，米田郁夫，阪東美智子，末田統，藤澤正一郎：手動車いす操作における段差抵抗の尺度化に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第602号，pp.7-11，2006.4
- 44) 糟谷佐紀，阪東美智子，多淵敏樹：車いす使用者における適切な住環境整備のあり方に関する研究 スロープ勾配判定システムの開発：日本建築学会近畿支部研究報告集 計画系(44)，pp.213-216，2004
- 45) 守明子，朝稲渉：生活行為における力学環境の評価手法の提案 車椅子による段差越えを例として，日本建築学会計画系論文集，第597号，pp.37-44，2005
- 46) 守明子，朝稲渉：生活行為における身体的負担の評価手法の提案 車椅子による段差越えを例として，日本建築学会計画系論文集，第620号，pp.37-43，2007
- 47) 日本工業標準調査会：日本工業規格，JIS A 4702 ドアセット，2015
- 48) 一般財団法人ベターリビング：優良住宅部品認定基準及び付加認定基準 玄関ドア (BL-bs) BLS FD 2015②，2016
- 49) 国土交通省：高齢者、障害者等の円滑な移動等に配慮した建築設計標準，2017
- 50) 国土交通省：高齢者が居住する住宅の設計に係る指針，2009
- 51) 東京都：東京都福祉のまちづくり条例 施設整備マニュアル，2014
- 52) Americans with Disabilities Act Accessibility Guidelines (ADAAG)，2004
- 53) 日本工業標準調査会：日本工業規格，JIS A 4706 サッシ，2015
- 54) 日本工業標準調査会：日本工業規格，JIS S 0024 高齢者・障害者配慮設計指

針一住宅設備機器, 2004

- 55) 日本工業標準調査会：日本工業規格, JIS A 2191 高齢者・障害者配慮設計指針一住宅設計におけるドア及び窓の選定, 2017
- 56) 国土交通省：日本住宅性能表示基準, 2001 (最終改正 2006)
- 57) 建設省 (当時)：長寿社会対応住宅設計指針, 1995
- 58) 佐藤克志：諸外国のバリアフリー規・基準に見る「安全・安心」要素の技術規定, 建築技術, No.694, 2007年11月号

第2章

住宅における車いす利用者の 出入り・引戸開閉動作に関する課題の把握

2.1 本章の目的

第1章では、特に住宅の出入りに着目して車いす利用者が安全にかつ負担が少なく開閉できる引戸のあり方を考え、製品開発に参照できる引戸の開閉の可否の予測モデルを得ることを本研究の目的とすること、および、車いす利用者の引戸開閉に関して、引戸そのもの（把手などの操作部位）の仕様に関する既往研究や基準が十分でないことを述べた。

車いす利用者が安全にかつ負担が少なく開閉できる引戸のあり方を考えるにあたっては、実際の車いす利用者が、どのような出入り口空間で、どのような扉（引戸）を、どのように開閉および出入りをしているのか、またその動作の中でどのようなことに不便や負担を感じているのか、を把握した上で、具体的な目標やその達成を測るための評価項目の設定が必要であると考えた。

そこで本章では、実際の車いす利用者の住宅における出入りや引戸開閉動作で起こりうる課題を観察調査と聞き取りで把握し、本研究で取り上げる課題を明確化することを目的とする。

2.2 車いす利用者の出入り動作、引戸開閉動作の調査方法

車いす利用者の出入り・引戸開閉動作の課題を把握するために、実際に車いすを使用している方を対象に、住宅の出入り口空間および実験室に用意した実験空間において、引戸の開閉動作を中心に、出入り口空間における一連の動作を観察すると共に、不便や負担を感じる部分を聞き取りで確認する調査を行った。

被験者は車いす利用者7名である（表2-1）。

被験者7名は、障害の種類や程度は個々で多様であるが、全員が在宅で生活し、就労や社会活動をしている。本研究は自力で車いすを漕いで移動できる車いす利用者を対象にしているものであるが、電動車いす利用者で移動に介助を要する人（全介助ではない、被験者G）も違いの有無などを把握するために含めた。

障害の程度については、既往研究¹⁾を参考に、上肢が健常かどうかで区別することとした。その結果、被験者A～Eは上肢が健常な人、被験者F,Gは上肢に麻痺などの障害がある人と区別された。

車いすの使用期間については、自力で車いすを漕いで移動できる車いす利用者（被験者A～F）では3年～39年と幅が見られたが、全員が日常生活で自力での移動に支障がない車いす操作能力を有していた。移動に介助を要する（全介助ではない）被験者Gについては、右足指先を使った電動車いすの走行操作、右足の片足漕ぎでの自走標準車いすの走行が自力で可能であり、自宅内や近所、短距離の移動においては自立で可能であった（長距離の移動や旅先・自宅以外の遠隔地の場合、状況に応じて自走標準車いす、または介助用車いすを介助者が押すということであった）。

被験者が使用している車いすの種類は、被験者 A～F はコンパクトなアクティブタイプの車いすであった。被験者 G は電動車いすと自走標準車いすを使っており、近所への外出は電動車いす、自宅内や送迎車で外出の際は自走標準車いすと使い分けていた。

自宅の出入り口空間の出入りの頻度は、被験者 7 名は就労や社会活動をしているため、ほぼ毎日、少ない人でも週半分以上であった。外出の際の移動手段については、被験者 A～F はほぼ 100%自分で運転する自家用車を使っていることを聞き取りで確認した。被験者 G は、外出先が自宅近所の場合は電動車いす、それ以外は、自身は自走標準車いすに乗り、車の送迎を使って外出していた。

表 2-1 被験者（年齢、車いすの使用期間は調査時のもの）

被験者	性別	年齢	移動の自立	障害の程度		車いすの使用期間	車いすの種類 (自宅出入りの際)	出入りの頻度	外出の際の移動手段	調査場所	
				上肢が健常か	障害の種類など					自宅	実験室
A	男性	31	自立	健常	胸腰髄損傷	3年	アクティブ車いす	ほぼ毎日	自家用車 (自分で運転)	○	○
B	女性	48	自立	健常	胸腰髄損傷	25年	アクティブ車いす	ほぼ毎日	自家用車 (自分で運転)	○	
C	女性	47	自立	健常	胸腰髄損傷	30年	アクティブ車いす	ほぼ毎日	自家用車 (自分で運転)	○	
D	男性	65	自立	健常	胸腰髄損傷	31年	アクティブ車いす	週半分以上	自家用車 (自分で運転)	○	
E	男性	39	自立	健常	先天性障害	39年 (先天性)	アクティブ車いす	ほぼ毎日	自家用車 (自分で運転)	○	
F	男性	45	自立	障害あり	頸髄損傷(C6)	25年	アクティブ車いす	ほぼ毎日	自家用車 (自分で運転)	○	○
G	女性	57	要介助 ※全介助ではない	障害あり	脳性まひ	57年 (先天性)	電動車いす または 自走標準車いす	週半分以上	電動車いす または送迎車	○	

2.3 自宅出入り口における行動観察を通じた課題の把握

2.3.1 調査概要

住宅での出入りにおいて、車いす利用者が実際にどのような空間で、どのような動作をしているのか、その際にどのような課題があるのかを把握することを目的とする。

被験者（調査の対象者）は、表2-1に示す7名（被験者A～G）である。

先述の通り、本研究は自力で車いすを漕いで移動できる、自走（手動）車いす利用者を対象としているが、比較や違いの有無を見るため、移動に介助を要する（全介助ではない）の電動車いす利用者（被験者G）も含めた。

調査場所は、被験者の自宅（富山県内の戸建住宅）で、被験者が日常的に出入りをしている箇所（以下、出入り口空間）とした。

被験者には、日常行っている自宅からの出入り動作をしてもらい、その行動や動作を観察すると共に、不便や負担を感じていることを中心に聞き取りを行った。

併せて、被験者が日常的に出入りをしている箇所がどのような物理的環境・状況かを把握するため、対象の出入り口空間の戸やその周辺の寸法などを実測で確認した。調査の様子は、ビデオで記録している。

2.3.2 調査対象の空間概要

表2-2に対象の出入り口空間の概要を示す。

前述（2.3.1）の通り、全て富山県内の戸建住宅である。被験者に自宅での日常の出入りの経路について尋ねたところ、主に玄関などの出入り口から駐車スペースまで（被験者A～F、外出の際の移動手段が自家用車）と玄関から道路・敷地外まで（被験者G）であった。

表2-2より、今回の調査の対象の車いす利用者の自宅の出入り口空間は、家族と共用の場合（玄関を使用している場合）と、車いす利用者の専用の場合があった。改修等の有無については、その規模の差はあるものの、被験者全員の自宅の出入り口で改修または家全体の新築がされていた。改修等が行われたタイミングについては、病院から退院して自宅に戻るタイミングや施設から自宅に戻るタイミングが多く、その他では結婚した機会に新築したなどであった。出入り口を家族と共用している（玄関を使用している）か、車いす利用者専用かの違いについては、改修の程度や新築との関係が見られ、家族と共有している出入り口の場合では退院後に自宅に戻るタイミングや結婚したタイミングに新築したケース（被験者B,C）や、出入り口空間は大規模改修をせずにリフトの設置などのみだったケース（被験者F）であった。専用出入り口を設けた場合では、比較的大規模な改修をしたケースで、その際に従来の玄関周りのスペースでは車いすの出入りにはスペースが足りないため

困難だった、駐車スペースとの動線を考慮して従来の玄関以外に出入り口を設けたなどの専用出入り口になった理由が聞かれた（被験者 A,D,E）。自宅の改修や新築の際には、車いすを利用する設計士や福祉関係の人に依頼をした、または、任せたといい人が多かった。

出入り口の扉の開閉形態は被験者全員が引戸であった。その引戸には製品の種類としては玄関用の引戸（表中 玄関用）と、玄関用以外の窓サッシや勝手口・店舗用のサッシの引戸（表中 サッシタイプ）が見られた。被験者 A~G の使用している玄関用・サッシタイプ共に、扉の枚数（片引戸・1枚引戸、2枚引戸）、把手（縦型バーハンドルや舟底引手など）、錠の位置（戸先部や召合せ部など）の仕様の違いは見られたが、全て一般的な仕様の範囲内であった。引戸の開閉に要する力（開閉力）は表2-3の通りであった。確認している開閉力は全て規格内²⁾（表1-1）であった。また、サッシタイプのもので扉寸法が比較的小さい場合には、10N以下といった開閉力が小さいものも見られた。

第1章（図1-1）でも述べたように、車いす利用者が住宅から敷地を経て、地域へと移動するためには段差解消は重要で大きな課題である。すなわち、自家用車で移動・外出する場合は住宅～駐車スペース、それ以外は住宅～道路（敷地外）の段差解消が必要となる。対象の出入り口空間では、スロープやリフト、エレベーターで段差解消が行われていた（表2-2）。スロープが採用されていた4件（被験者 B,C,D,E）のスロープ勾配は1/16.4~1/8（実測）であった。

移動が自立した自走車いす利用者の被験者 A~G の出入り口～駐車スペース（屋外側）の経路は、経路上の一部に屋根がない出入り口空間（被験者 B,F）も見られたが、出入り口が車庫に直結している出入り口空間（被験者 A,D）や屋外のスロープに屋根が設けられている出入り口空間（被験者 C,E）などであり、駐車スペースは全員が屋根、または屋根と囲いが設けられており、雨や冬期の雪を防げるようになっていた。移動に介助を要する（全介助ではない）電動車いす利用者の被験者 G は自宅の出入り口～道路（屋外側）の経路は、屋根と囲いがある土間兼車庫を経由して道路へ移動でき、雨などに濡れない空間であった。

図2-1に調査対象の出入り口空間の事例を示す。

表2-2 対象の出入り口空間の概要

出入り口空間 1階床～駐車スペースまで(自家用車を運転する人たち)

被験者	性別	年齢	移動の自立	障害の程度 上肢が健常か	車いすの 使用期間	対象の出入り口空間				改修等後 経過年数	自宅 築年数	出入り口の扉 開き方	種類	自宅の出入り 1階床～出入り口(室内)	経路上の段差解消 出入り口～駐車スペース(屋外)	駐車 スペース	
						共用 or専用	改修等 の有無	主な内容	車いすの 使用期間								
A	男性	31	自立	健常	3年	専用	有	改修	専用出入り口を新設	3年	40年 以上	引戸	サツン タイプ	段差なし	リフト	車庫直結 屋根・ 囲いあり	車庫 屋根・ 囲いあり
B	女性	48	自立	健常	25年	家族と 共用	有	新築	家全体を新築	25年	25年	引戸	サツン タイプ	段差なし	スロープ (1/16.4)	一部、 屋根なし	車庫 屋根・ 囲いあり
C	女性	47	自立	健常	30年	家族と 共用	有	新築	家全体を新築	17年	17年	引戸	玄関用	段差なし	スロープ (1/14.5)	屋根あり	カーポート 屋根あり
D	男性	65	自立	健常	31年	専用	有	改修	車いす用に建てた住宅 の出入り口を更に大規模 改修	20年	27年	引戸	サツン タイプ	スロープ (1/8)	段差なし	車庫直結 屋根・ 囲いあり	車庫 屋根・ 囲いあり
E	男性	39	自立	健常	39年 (先天性)	専用	有	改修	自室の増築 増築した自室に専用出 入り口を設置	19年	不明	引戸	サツン タイプ	段差なし	スロープ (1/8)	屋根あり	カーポート 屋根あり
F	男性	45	自立	障害あり	25年	家族と 共用	有	改修	リフトの設置 カーポートの設置	25年	不明	引戸	玄関用	リフト	段差なし	一部、 屋根なし	カーポート 屋根あり

出入り口空間 1階床～道路(敷地外)まで

被験者	性別	年齢	移動の自立	障害の程度 上肢が健常か	車いすの 使用期間	対象の出入り口空間				改修等後 経過年数	自宅 築年数	出入り口の扉 開き方	種類	自宅の出入り 1階床～出入り口(室内)	経路上の段差解消 出入り口～駐車スペース(屋外)	駐車 スペース
						共用 or専用	改修等 の有無	主な内容	車いすの 使用期間							
G	女性	57	要介助 ※全介助 ではない	障害あり	57年 (先天性)	家族と 共用	有	改修	エレベーター設置 車庫改修	12年	45年	引戸	サツン タイプ	エレベーター	段差なし	土間兼 車庫を経由 屋根 囲いあり

表2-3 対象の出入り口 引戸の開閉力

被験者	性別	年齢	移動の自立	障害の程度 上肢が健常 かどうか	車いすの 使用期間	出入り口の扉				被験者のコメントなど		
						開き方	種類	開閉力				
								開ける 最大値(初動)	摺動			閉める 最大値(初動)
A	男性	31	自立	健常	3年	引戸	サツン タイプ	12N	5N	12N	4N	「少し手応えがある。ストレスではない」
B	女性	48	自立	健常	25年	引戸	サツン タイプ	(玄関) 20N	3.5N	5.0N	3.5N	「以前に戸の戸車を交換して開閉が軽くなった」
						引戸	サツン タイプ	(車庫) 7.9N	5.5N	6.0N	5.5N	「この戸は軽い」
C	女性	47	自立	健常	30年	引戸	玄関用	19.5N	10.0N	17.2N	12.3N	「年月が経ち、少し重いと感じている。軽ければ良いと思うが、ストレスは感じていない。」
D	男性	65	自立	健常	31年	引戸	サツン タイプ	22N	11～15N	26.9N	13～20N	「以前、戸のガラスをアクリルに変えて軽くなった。ちょうど良い重さ。」
E	男性	39	自立	健常	39年 (先天性)	引戸	サツン タイプ	5.6N	4N	6.9N	3.5～5.5N	「特に開閉が重いと感じていない。」
F	男性	45	自立	障害あり	25年	引戸	玄関用	未確認	未確認	未確認	未確認	-
G	女性	57	要介助 ※全介助 ではない	障害あり	57年 (先天性)	引戸	サツン タイプ	未確認	未確認	未確認	未確認	-

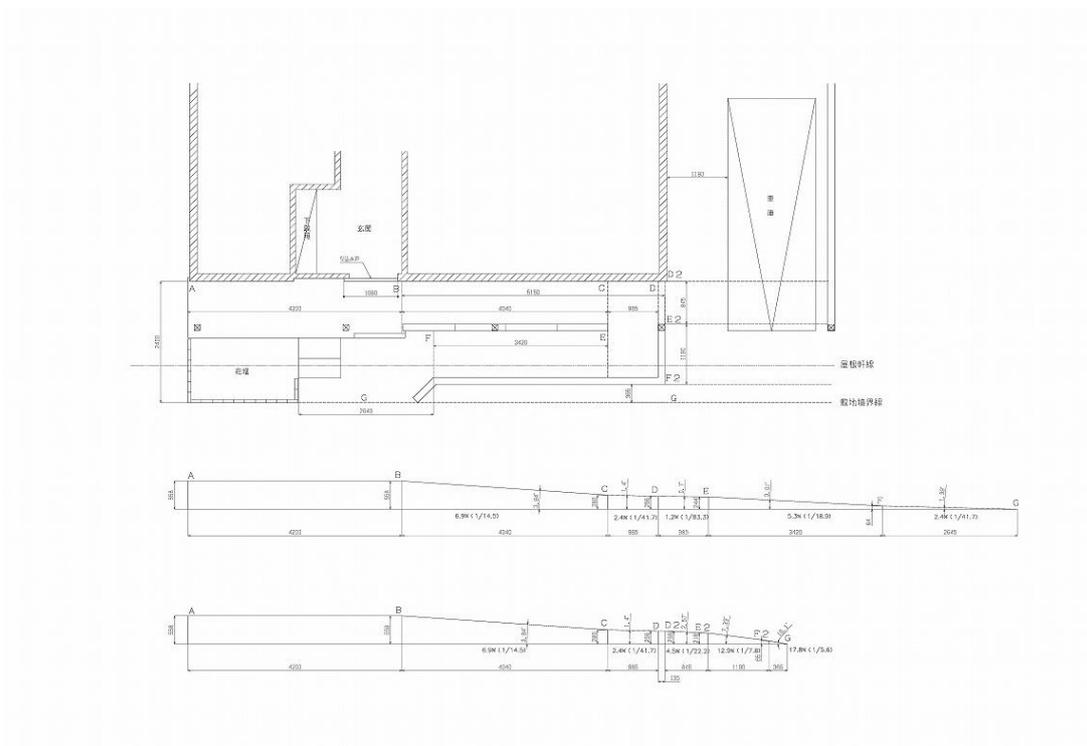


図2-1 車いす利用者の自宅の出入り口空間の事例（被験者C）

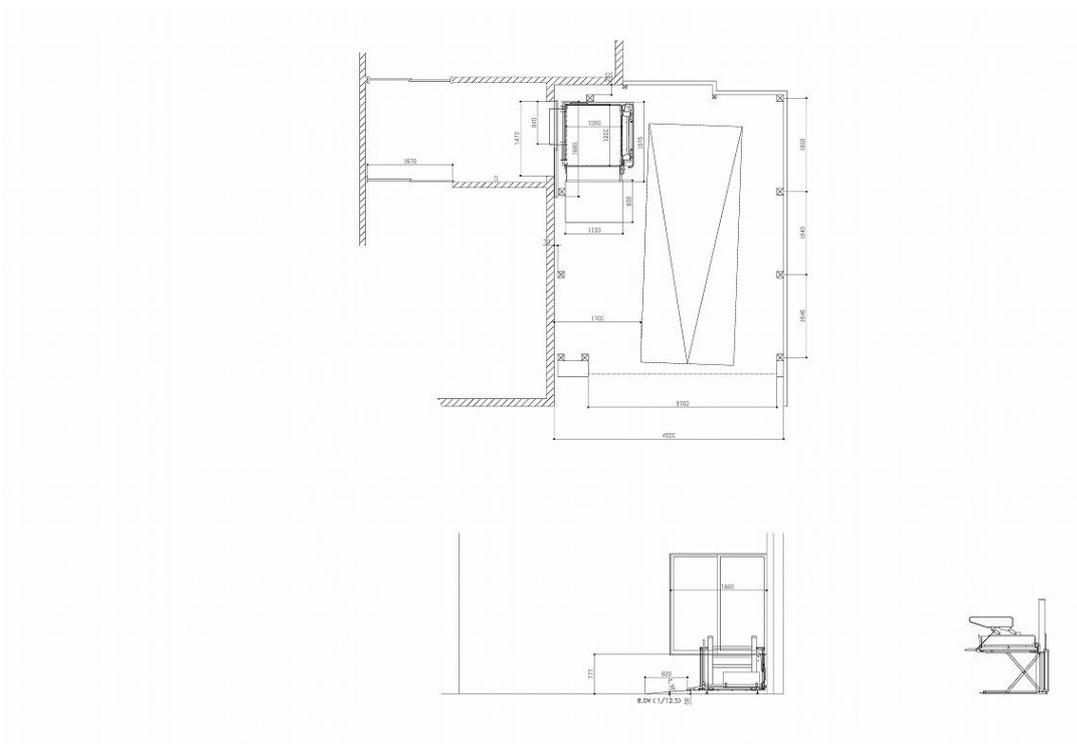
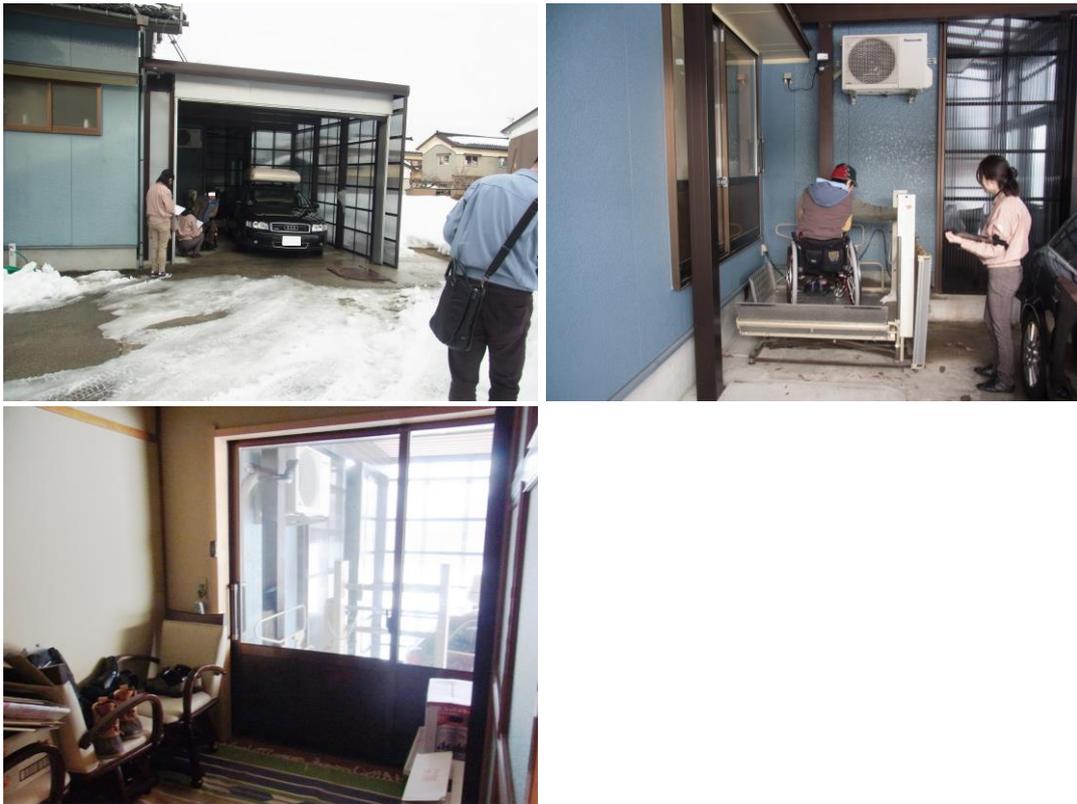


図2-1 続き 車いす利用者の自宅の出入り口空間の事例（被験者 A）

2.3.3 行動観察、聞き取りによる調査結果

車いす利用者の自宅出入り口における調査の様子を写真2-1、行動観察および聞き取りより、確認した内容を表2-4に示す。

表2-4は、自宅から外に出る場合について、出入り動作の工程に沿って観察または聞き取りで確認した内容を示している^{注1)}。移動の自立と障害の程度の別に結果を述べる。

移動が自立、上肢が健常な車いす利用者（被験者 A,B,C,D,E）

「①外用車いすに乗り換える」では、屋外の汚れを家の中に持ち込みたくないという複数から聞かれ、屋内用・屋外用で車いすを乗り換える人が多かった。その乗り換え場所は、玄関内、車庫（車に屋外・自宅外用車いすを載せている）などであった。自家用車に自宅外用車いすを載せている人からは、「車いすを自家用車に積んだり、降ろしたりするのが結構大変なので、その回数をなるべく減らすために、外用の車いすを自家用車に積んでいる。」というコメントも聞かれた。屋内外で車いすを乗り換えない人もおり、その人からは、「出入り口付近に敷物を敷き、その上を通ることで目立つ汚れを落とすようにしている。」と聞かれた。

「②外用履物に履き替える」では、対象の被験者は、自宅内でもスリッパなど何らかの履物を履いており、全員から足先を保護することが大切であると聞かれた。その理由としては、「足先の感覚がないので、万一怪我をしても気が付くことができない。」と述べられ、「実際に履物を履かずに大怪我をしてしまった経験があり、それ以降は一層足先をきちんと守るように気をつけている。」というエピソードも聞かれた。

出入り動作で外に出る際、玄関で「③荷物を持つ」という工程が見られた。荷物は車いす利用者の膝に置かれることも多く、この場合に、ちょっとした段差を通過した際の振動で荷物が膝から落ちてしまい、落ちた荷物を拾うことが大変である、と困り事の一つとして挙げられた。また、ある被験者からは膝に力が入らないため、膝が開き、膝に載せた荷物が不安定になるということも聞かれた。これに対して、カバンの肩掛けベルトをかける、膝の上で滑りにくい素材のカバンを使うなど、個別に荷物落下防止の対策をしていることが挙げられた。

出入り口内部（屋内）で引戸を開ける動作では、直進して引戸に近づき、経験に基づいた自分がやりやすい車いすの位置や向きで車いすを停止させ、錠の操作や把手に手を伸ばして掴む動作が見られた（「④引戸に近づく」「⑤車いすを止める」「⑥

（注1）表2-4は自宅における出入り動作の工程に沿って確認された内容を示すものである。被験者7名を移動が自立しているか、上肢が健常かどうかの観点で区分し、内容を整理した。左列の動作の工程は、被験者により、自宅の出入り口空間の構成が異なるため、一般化したものを示している。

引戸を解錠する)。この際に車いすの位置によっては、やや体幹を前傾して把手に手を伸ばす様子が見られたが、聞き取りでは「車いすに座って楽に把手に届くのがよい。自宅では慣れているので自然にしている動作である。」と聞かれ、観察されたやや前傾姿勢になる状況を負担に感じている意見は殆ど聞かれなかった。ある被験者からは、「2枚引戸の幅が広い(W=2100mm)ため、車いすを一カ所に停止させて開けようと思うと、召合せ部の錠と戸先の把手に手を伸ばす際に遠くなり、少し前に身を乗り出すような感じになる。出入りするにはこんなに扉の幅も必要ないので、もう少し幅が小さいサイズで、手が届きやすいとよかった。」と車いすを移動させずに、かつ、車いすに乗って楽に手が届きやすい範囲で届くと良いと聞かれた。「⑧引戸を開ける」では、把手をつかんでいない手で引戸枠を掴む、壁に手をつく、車いすのハンドリムを押えるなど、開閉の反力の影響で車いすが動かないような対策がされていた。また、引戸を開ける動作では、開ける途中で把手から手を放して勢いで引戸を必要な幅まで開ける車いす利用者と、体幹を動かしながら把手を掴み続けて必要な幅まで開ける車いす利用者がいた。これらは引戸を開けるに伴い、把手に届かなくなる、または、届きにくくなるのが原因と考えられる。

「⑨通過する」では、引戸の下レールに段差がある場合にはキャスター上げをして通過する様子が見られた。キャスター上げは、基準を満たす比較的小さな段差(10mm程度)でも行われており、聞き取りでは「自然にキャスター上げをしている。キャスター上げをすると段差通過時に振動がないのでスムーズに通過できる。」「振動があると膝に載せた荷物が落ちてしまうことがあるので、キャスター上げをして通過している(振動がないようにしている)。」といったコメントが聞かれた。

出入り口外部(屋外)で引戸を閉める動作では、出入り口内部で引戸を開ける動作と同様に、経験に基づいた自分がやりやすい車いすの位置や向きで車いすを停止させ、把手を掴んで閉めた(「⑩車いすを止める」「⑪引戸の把手を持つ」「⑫引戸を閉める」)。屋外の扉前に雨仕舞勾配などがある場合には、調査を実施していた実験者は殆ど気づかない程度の勾配であったが、「もし車いすが後ろに動いてしまったら怖い」という理由で、車いすブレーキをかけて車いすを固定して、引戸を閉める動作をしていた。聞き取りでは「扉の近くは完全に水平であってほしい」と聞かれた。屋外で扉前が水平な場合(勾配がない場合)には、車いすブレーキをかけずに引戸を閉める動作が多く見られた。「⑬引戸を施錠する」では、鍵を荷物やカバンから出して、利き手で鍵穴に挿して回す動作が多かった。この際に、車いすの位置や向きによっては、体幹を鍵穴に向かって前傾や斜め前に倒す姿勢が見られたが、聞き取りでは「自宅では慣れているので自然な動作である。」と聞かれた。また、操作高さについては、肩より少し下の高さが楽、と複数から聞かれた。一部の被験者の自宅は鍵が肩より上の高さであり(縦型バーハンドルとの取付位置の兼ね合いによる)、

腕を上上げて錠を操作する様子が見られたが、聞き取りでは「慣れているから問題はない。」と聞かれた。

「④段差を下る」での駐車スペースへの移動では、車いすの屋外走行がある場合に「地面が濡れているとハンドリムを持つ手が滑る。力が入らず、手が滑り車いすを操作しにくい。特に下りスロープではとめられなくなり怖い。」「車いすをとめられず、勢いがつくと車いすから転落してしまうおそれがある。状況によっては自力で車いすに戻れないことがある。」と複数人から聞かれた。また、経路上に屋根がない被験者からは「雨の日は濡れてしまう。傘をさして車いすを操作することはできないので仕方がないが、屋根があればよかった。」と聞かれた。屋外走行に関しては、積雪が 5cm 程度を超えるとアクティブ車いすのキャスターでは走行が困難になり、雪を除ける必要があると積雪地方ならではの実体験も聞かれた。

屋内外の段差解消としてはスロープと車いすりフトが採用されていた。

今回の調査対象のスロープの勾配は、1/16.4~1/8（実測）であった。スロープ勾配 1/8 を使っている被験者からは、「上りが少し大変。踊り場の有無で負担がだいぶ違う勾配である。」と聞かれた。一方、スロープ勾配が 1/14.5, 1/16.4 の被験者からは、負担が大きいという話は聞かれなかった。今回の対象の中ではスロープ勾配に関係なく、特にスロープの距離が長い場合には、スロープを上る際に体幹を前傾して車いすを漕ぐ様子が観察された。聞き取りでは「体幹を前傾させた方がスロープを上る際にバランスがとれる。スロープを上がりやすい」と聞かれた。

車いすりフトを利用しているのは1名であったが、「時間がかかるのが難点。本当はスロープにしたかったが、スペースの都合で車いすりフトになった。^{注2)}」と聞かれた。

自宅敷地と道路の境界にグレーチングがある被験者からは「グレーチングの溝に車いすのキャスターがはまってしまい走行困難になることがある。自宅前のグレーチングはキャスターがはまらない溝が細いものに交換した。」ということが聞かれた。

移動が自立、上肢に障害がある車いす利用者（被験者 F）

先述の移動が自立した上肢が健常な車いす利用者とは異なる内容を中心に述べる。

出入り口内部（屋内）で引戸を開ける動作では、「④引戸に近づく」で直進して引戸に近づくのは上肢が健常な車いす利用者と同様であったが、「⑤車いすを止める」では車いすを方向転換して停止させた。その理由として「障害の影響で利き手で力を入れやすい引戸に対する向きや位置があるので、その向き・位置で車いすを止める。」と聞かれた。「⑥引戸を解錠する」では、錠ツマミに拳にした人差し指の第二

（注2）リフト昇降の所要時間は47秒、高低差は777mm（16.5mm/秒）であった。（実測）

関節をかけて上下に動かしていた。聞き取りでは「障害により手指が不自由なので、特に凹型で幅が狭い・小さい形状は、拳が入らない、手がかけれなくて困難である。」と聞かれた。「⑦引戸の把手を持つ」ではやや離れた位置に腕を伸ばす際などには、上体が動く車いす利用者と同様に体幹をやや前傾させる姿勢が見られた。舟底形状（凹型）の引手には拳をかけられず、引手以外の引戸の框とガラス面の段差などに手の甲をかけて開けていた。「⑧引戸を開ける」では、上肢が健常な車いす利用者と同じく反力で車いすが動かないように対策をしており、その方法は車いすのハンドリムを押えるやり方であった。上肢が健常で体幹を動かすことができる車いす利用者では手を伸ばして壁につくなども見られたが、上肢に障害があり体幹を動かすことができないこの被験者にとってはそれは困難であるものと考えられる。また、動作全般で上肢が健常な車いす利用者よりも腕の可動範囲が狭いように見受けられた。

出入り口外部（屋外）で引戸を閉める動作では、「⑬引戸を施錠する」での鍵を使う動作で上肢が健常な車いす利用者とは違いが見られた。手指に障害があり、鍵のような小物を扱うこと、鍵穴を狙って挿すような細かい動作などが得意でないこと、また、鍵を地面に落としてしまった場合に地面と落ちた鍵の間に隙間もなく不自由な指先で拾うのが非常に困難ということを経験し、家族がいる自宅では殆ど鍵を使う施錠はしないということだった。また、この被験者（F）の自宅玄関は入隅納まりになっており、車いすの停止位置についても制約がある空間のように見受けられた。

移動が要介助（全介助ではない）、上肢に障害がある車いす利用者（被験者 G）

先述の移動が自立した上肢が健常な車いす利用者、および、移動が自立した上肢に障害がある車いす利用者とは異なる内容を中心に述べる。

まず、本調査でここに該当する被験者 G は、電動車いすを使っている点と、出入り動作においては引戸を開ける操作の際に右足や右足指を使うことが他の被験者とは大きく異なる点であったことを最初に述べる。

出入り動作の中で、引戸の開閉（「⑧引戸を開ける」「⑫引戸を閉める」）は、電動車いすを引戸の正面で止め、右足を伸ばして引戸に当て、そのままスライドさせて開けていた。「⑨通過する」では、下枠に多少の溝があったが、「電動車いすの場合は段差は全く気にならない。」と聞かれた。一方、右足による片足漕ぎの自走標準車いすで走行・通過する場合については、たまに前輪が溝や段差にひっかかる感じがあると聞かれた。また、錠の操作（「⑥引戸を解錠する」「⑬引戸を施錠する」）などは自分では行わず、家族が行っているということであった。

電動車いすの走行操作は、右足のフットレストに操作用のジョイスティックが取

り付けられており、右足の指先でそのジョイスティックを動かして電動車いすを自走させていた。

自宅内の段差や上下方向の移動（GL、1階、2階）にはエレベーターが設置されており、足元に設けられた操作ボタンを右足で押して操作することにより、一人でエレベーターによる昇降が可能であった。

被験者の移動の自立や、障害の程度に関係なく、全体を通して、「なるべく手順や手間を減らしてサッとテンポよく動作をしたい。」と、多くの被験者から聞かれた。例えば、わずかな地面の傾斜や重い戸を開けなければならないような際に車いすブレーキを使用することが、車いすブレーキをかける・解除という動作が増えるので、なるべく車いすブレーキを使わなくても安全に使用できるものがよいと聞かれ、車いすを使っているから、という理由での手間などを極力省きたいという要望であった。

また、出入り口空間については、不便や不満を感じている人が多いにもかかわらず、その状況を受け入れ、環境に自分を適応させている状況があることが確認された。

具体的な観察、コメントの事例

- ・【コメント】なるべく手順や手間を減らし、サッと楽に動作をしたい。具体的には、車いすブレーキをこまめにかけるのは、ブレーキをかける・解除の動作をいちいちしないといけないので時間がかかる。手間に感じる。時間がかかることや、待たないといけないことはもどかしい。
- ・【コメント】現状の出入り口空間に不便や不満を感じる部分があっても、仕方ない、こんなものと諦めているところがある（自分自身を環境に適合させている）。出入り動作は慣れているので極端にやりにくいという部分はあまりないと思う。
- ・【コメント】将来的に今よりも体力が落ちてしまうことに不安を感じている。今も車いすの移乗の際に体力の衰えを感じる、意識して運動など体力が低下しないように気をつけている、といった話が聞かれた。

錠錠する(カギを開ける)



錠操作の際、体を斜め前に傾ける。
カギを利き手(右手)で持って、鍵穴に挿す。

引戸を開ける



上肢に障害がある人

足で引戸を開ける(脳性まひ 右足が利く)

通過、段差解消



スロープを上げる(勾配1/8 ※実測)



錠操作の際、頭部より上の高さで操作する。車いすブレーキをかけずに引戸把手につかまるようにして操作する。



車いすが後方に動かないように車いすブレーキをかける(雨仕舞勾配)。



「車いすリフトは時間がかかる。もどかしく感じる。」

写真2-1 車いす利用者の自宅の出入り動作 調査の様子

表2-4 車いす利用者の自宅の出入り動作で見られた内容

車いす利用者 被験者	移動の自立	自立	自立	要介助(全介助ではない)	
	障害の程度 (上肢が健常か)	上肢が健常	上肢に障害あり	上肢に障害あり	
車いすの種類		アクティブ車いす	アクティブ車いす	電動車いす	
被験者		A,B,C,D,E	F	G	
場所	工程(動作)	行動観察、聞き取り内容(車いす利用者の障害の程度により区分)			
	1F床	① 外用車いすに乗り換える	外の汚れを家の中に持ち込まないために乗り換える。(他、車庫で乗り換える。車に外用車いすを載せているなどがあった) 乗り換えにくい人もいた。「出入口の敷物を通してタイヤの汚れをおとす」	(乗り換えにくい)	自宅外を自走するため、電動車いすに乗り換える。土間のベンチを使って乗り換える。自宅内では自走標準車いすを足こぎで使っている。
屋内(住宅内)	玄関土間	② 外用履物に履き替える	室内履物・スリッパから、靴に履きかえる。足先の保護。	室内履物・スリッパから、靴に履きかえる。足先の保護。	母親の介助で履きかえる。足先の保護。電動車いすの操作のため、右足指先が露出した靴下を履く。(自宅内では室内履物を履いている)
		③ 荷物を持つ	膝に荷物・カバンを載せる。荷物落下防止のため、肩掛けベルトをかける。滑りにくい素材のカバンを使う。リュックを背もたれにかけ、シート下に荷物ネットをつけるなど。膝が閉じない(少し隙間ができる)ので、膝に載せた荷物が不安定になる。ゴミ袋のような大きい荷物を膝に載せると、車いすをこぎにくい。荷物も床面に落ちやすい。	膝に荷物・カバンを載せる。荷物落下防止のため、滑りにくい素材のカバンを使う。	
	④ 引戸に近づく	通路に沿って引戸に直進する。	通路に沿って引戸に直進する。	通路に沿って引戸に直進する。	足指で電動レバーを操作する。
	⑤ 車いすを止める(位置決めをする)	(障害による、シビアな制限はない) 経験に基づき、自分がやりやすい位置や向きがある。	車いすを方向転換して停止する。「利き手(障害の影響)で力を入れやすい位置・向きで車いすを止める」	引戸に正対、正面向きに止まる。右足先が履く位置で止まる。	
	⑥ 引戸を解錠する	特に困難なことや、やりにくいことはない。	手先の障害により、形状によっては困難(凹型等)	障害により手を使えない。足で操作できないものは使わない。	
	⑦ 引戸の把手を持つ	把手に届きにくい場合、体幹を前傾して手を伸ばす。体の支え方の選択肢が多い。大腿部に手をつく、車いすのハンドル・パイプを握み支えにする。壁などに手をつけて体幹を支える。「車いすに座って把手に届くのが良い。」体幹の前傾など車いすから転落の可能性。	手指の障害により、舟底引手(凹型引手)に指先をかけられない。引戸の框とガラスの段差など引手以外に手の甲をかける。	障害により手を使えない。	
	⑧ 引戸を開ける	把手を持たない手を引戸枠を握む、壁につく把手を持たない手でハンドルを押える(開閉時の反力への対策)	把手を持たない手でハンドルを押える(開閉時の反力への対策) 引戸を開ける際に、車いすが動くことがある	足を使って開ける(足を引戸に当てて開ける) 「靴・履物によっては滑る」	
	⑨ 通過する	段差が気になる場合、キャスター上げをする。段差の振動など、膝の上の荷物が落ちてしまうことがある。	段差が気になる場合、キャスター上げをする。	「電動車いすでは、段差は気にならない。」 「足こぎの手動車いすでは、キャスターが溝に引っ掛かることがある」	
	⑩ 車いすを止める(位置決めをする)	わずかも地面に勾配があると、車いすが後ろに動いてしまう可能性。勾配がある場合は車いすブレーキをかけて止める。状況に応じて、左右ブレーキをかける。片側(利き手側)をかけるなど。(障害による、シビアな制限はない) 経験に基づき、自分がやりやすい位置や向きがある。	わずかも地面に勾配があると、車いすが後ろに動いてしまう可能性。勾配がある場合は車いすブレーキをかけて止める。状況に応じて、左右ブレーキをかける。片側(利き手側)をかけるなど。 車いすを方向転換して停止する 「利き手(障害の影響)で力を入れやすい位置に車いすをとめる」 入隅で車いすの停止位置に制約がある。	引戸に正対、正面向きに止まる	
	⑪ 引戸の把手を持つ	屋内(住宅内)で「引戸の把手を持つ」と同様	屋内(住宅内)で「引戸の把手を持つ」と同様	障害により手を使えない。	
屋外(住宅外)	⑫ 引戸を閉める	車いすブレーキをかけていても、ハンドルを握むなどして、力を出しやすくしている。体のバランスをとっている	車いすブレーキをかけていても、ハンドルを握むなどして、力を出しやすくしている。体のバランスをとっている	足を使って閉める 「靴・履物によっては滑る」	
	⑬ 引戸を施錠する	カバンから鍵を出すなど、鍵を手を持つ。鍵を落とすと拾うのが大変。鍵穴に挿す操作は、利き手を使うことが殆どなため、車いすの向きによっては体幹を前傾させたり、体幹を斜め前方に傾ける。 車いすブレーキをかけていた場合は、鍵の操作後にブレーキを解除する。	家族がいる自宅などではあまりない(職場など必要な場所ではする)。 手指に障害があり、鍵など小物を扱うのは得意ではない。小さな鍵穴を狙うのは簡単ではない。 鍵を落とすと拾うのが大変。鍵を地面に落とすと大変な目に遭ったこともある。	引戸に関しては、自分では施錠はしない。(家族がする)	
	⑭ 段差を下る(段差解消)	【自立車いす利用者 スロープの場合】 地面が濡れているとハンドルを持つ手が滑る。力が入らないため、手が滑り車いすを止められない、車いすから転落してしまう可能性。(スロープを上る場合は力が入りにくい) 経路上に屋根がないと、雨の日などは濡れてしまう。 経路上に段差がある場合、キャスター上げをして通過する。(扉前とスロープ、スロープと車庫の入口など) (参考)スロープを上る場合について 勾配が1/8だとやや急である。途中で踊り場がないと少し大変。しかし、スペースの都合上仕方ないが、自分で動くスロープを希望する。	【自立車いす利用者 車いすリフトの場合】 リフトが動く間、リフト上で待たないといけない。時間がかかる。もどかしい。 停電時やリフト故障時(沿岸部での水災害時)に車いすリフトが動かなくなり、自力で自宅から出られず困ったことがある。	【エレベーターの場合】 自宅内の段差はエレベーターを使用。エレベーターは足で操作するボタンで操作する。	
	⑮-1 (駐車スペース) 自家用車に乗り換える	自分自身が自家用車に乗り換える。車いすを自家用車に積み込む。(自家用車への積み込みを省略するため、車に外用車いすを積んでいるという人がいる)	自分自身が自家用車に乗り換える。車いすを自家用車に積み込む。 上肢が健常な人(障害の程度が比較的軽い人)に比べて、時間がかかる。		
⑮-2 (道路・敷地外) 道路へ出る	グレーチングの溝の車いすのキャスターがはまることがある。自宅前は細かいグレーチングに変えた。		電動車いすでは、引戸の段差や溝も気にならずに通過できる。		

2.3.4 自宅出入り口における課題

2.3.3の車いす利用者の自宅における出入り・引戸の開閉動作の行動観察の内容から想定される課題を表2-5に示す。

引戸や出入り空間に関して想定される課題について述べる。

引戸の開閉のために「⑤⑩車いすを止める（位置決めをする）」では、障害の程度によっては、操作できる向きややり方に制限がある場合があるため、そのことへ考慮すること、また、引戸が入隅納まりの場合などには車いすをとめられる位置がかなり制限されるため、基準を満たす袖壁を設けるなどが必要である。

「⑥引戸を解錠する」「⑬引戸を施錠する」「⑦⑪引戸の把手を持つ」では、障害の程度（上肢の障害の有無）により、操作部位の形状の意図通りに手をかけたり、掴んで動かすことが困難になることがある。

「⑦⑪引戸の把手を持つ」「⑬引戸を施錠する」では、車いすの停止位置によっては、操作をするために体幹をやや前傾させる姿勢になることが確認された。今回の調査の聞き取りでは「自宅で慣れているので自然にしている」と聞かれたが、障害の程度によっては困難になる可能性も考えられる。

「⑧引戸を開ける」「⑫引戸を閉める」では、引戸を開閉する際の反動で車いすが動いてしまうことがある。それに対してはハンドリムを押えたり、壁に手をつけて車いすが意図せず動いてしまうのを防ぐ策が行われている。

「⑨通過する」「⑭段差を下る」などでは出入りの経路を走行する際、段差があると状況に応じてキャスター上げをして通過していた。基準を満たす段差でも通過時の振動が気にされ、膝に載せた荷物が落下してしまうことなどが指摘された。

「⑭段差を下る」などの屋外走行では、雨などで濡れていると、ハンドリムをこぐ手が滑って、車いすからの転落などにつながり非常に危険であると指摘された。

「⑮-2 道路へ出る」などでは、グレーチングなどの溝に特にアクティブ車いすのキャスター（小さく細い輪）がはまりやすいと指摘された。

全体を通して、個々で引戸の開閉動作などを要領よく行うためのコツを体得した上で、与えられた環境に適合しているような状況が垣間見られた。

以上のことから、引戸開閉を安全にかつ負担が少なくできるようにするための課題としては以下の項目が挙げられる。

- ・引戸の操作部位（把手や錠、鍵など）の形状が、障害の程度によらず、手指がかけやすいこと。多様な手指のかけ方が想定されていること。
- ・引戸の操作部位（把手や錠、鍵など）の位置が、多様な車いすの停止位置から届きやすいこと。車いすに座った姿勢で、身体的負担を感じずに届くこと。

- ・引戸の開閉が軽く、負担が少なくできること。その結果、反力による車いすの回転などの意図しない動きをなくすこと。
- ・一連の動作が車いす利用者個別の経験やコツなどに影響されず、多くの人ができる、または、負担が少なくできること。

調査では、先述の通り、現状の空間に不便などを感じていても、自分を空間に合わせて適合させているような状況も散見された。日常の生活の場である自宅ということもあり、各自が経験や体得した要領やコツなどから、やりやすい方法で出入りが行われていた。一般的に、自宅の改修などは退院などで自宅に戻るタイミングに合わせて準備されることが多く、必ずしも個々に対して最適な空間にはなっていないようである。

将来的な体力の低下を心配するコメントなどもきかれていることから、自宅で長く自立して生活するために、住宅の出入り口空間が安全にかつ負担が少なく出入りできることが重要であると考えられる。

表2-5 車いす利用者の自宅における出入り動作から想定される課題

場所	工程(動作)	想定される課題
屋内(住宅内)	1F床	① 外用車いすに乗り換える 外の汚れを家の中に持ち込まないようにする。 屋内外で車いすを分ける場合、障害の程度や体力により、車いすの移乗が負担になる。
	玄関土間	② 外用履物に履き替える 屋内外問わず、足先を保護する必要がある。 感覚がないため、怪我したことに気付けない。
		③ 荷物を持つ 車いす走行中は、荷物を手で持てない。 荷物を際に載せる場合、車いす走行中に荷物が地面に落ちないように注意を要する、または、工夫が必要。
		④ 引戸に近づく -
	扉付近	⑤ 車いすを止める(位置決めをする) 障害の程度により、操作できる向き・やり方に制限がある場合がある。 扉周辺に壁(入隅納まり)などがあると、車いすの停止位置が制限される。 経験に基づいた独自の方法やコツがある。
		⑥ 引戸を解錠する 障害の程度により、形状によっては困難になる。 ・上肢に障害がある場合、想定通りの手や指先のかけ方ができない。 ・上肢に障害があり完全に不自由な場合、手や腕以外の部位の足などを使う可能性がある。
		⑦ 引戸の把手を持つ 障害の程度により、形状によっては困難、または、想定通りの持ち方ができない。(同⑥) 車いすに座って把手に手が届かない場合、体幹をやや前傾など動かして、手を伸ばして把手を握む必要がある。障害の程度によっては困難になる。
		⑧ 引戸を開ける 引戸を開ける反動で車いすが動く。 個々で、開閉時の反力で車いすが動かないように対策をしている。 開ける動作の途中で把手が遠くなり、手腕のリーチが足りなくなることがある。 その場合、途中で把手から手を放して勢いで開けるか、体幹を動かして把手を持ち続ける。
	扉通過	⑨ 通過する 段差を越える時、キャストアップをすることがある。 スムーズに、振動が少なく通過したいという要望がある。
	屋外(住宅外)	扉付近
⑪ 引戸の把手を持つ 障害の程度により、形状によっては困難、または、想定通りの持ち方ができない。(同⑦) 車いすに座って把手に手が届かない場合、体幹をやや前傾など動かして、手を伸ばして把手を握む必要がある。障害の程度によっては困難になる。(同⑦)		
⑫ 引戸を閉める 引戸を閉める反動で車いすが動く。 個々で、開閉時の反力で車いすが動かないように対策をしている。(同⑧) 開ける動作の途中で把手が遠くなり、リーチが足りなくなることがある。 その場合、途中で把手から手を放して勢いで開けるか、体幹を動かして把手を持ち続ける。 (同⑧)		
⑬ 引戸を施錠する 障害の程度により、カギ(小物)を使うのが困難、またはできない。 鍵を地面に落とすと、拾うのが大変、拾えない場合もある。 障害の程度が比較的軽い人でも、利き手で鍵を使い、車いすの向きによっては体幹を前傾させたり、斜め前に傾ける。把手を握る際よりも、体幹を大きく動かす。		
駐車スペース 又は 道路へ		⑭ 段差を下る(段差解消) 屋外での車いす走行の際は、濡れていると手がハンドリムから滑り、車いすからの転落につながる可能性がある。 出入りの経路には、屋根および囲いがあると、天候の影響を受けにくくなる。 走行する地面に段差(舗装の仕様が変わる継ぎ目など)がある際、キャストアップをして通過することがある。 自宅出入り口はスペースが限られており、スロープの場合、勾配が急になってしまうことがある。 車いすリフトは、特に高低差が高くなると、時間がかかると感じられることがある。
	⑮-1 (駐車スペース) 自家用車に乗り換える 障害の程度により、かかる時間に差がある。 車いすを自家用車に積み込む動作は、障害の程度によらず、何らかの負担が感じられる。	
	⑮-2 (道路) 道路へ出る 細かい溝(グレーチングなど)に車いすの前輪がはまる。特にアクティブ車いすは前輪が小さく、はまりやすい。	

2.4 引戸開閉・出入り実験を通した課題の把握

2.4.1 調査概要

2.3 では、車いす利用者の自宅の出入り口空間での行動観察調査を行い、車いす利用者の住宅における出入り動作について、車いす利用者を移動が自立しているか、および、障害の程度について上肢が健常かという観点で区分して、出入り動作の工程に沿って、その課題を把握した。ここでは、その結果を踏まえ、特に引戸の開閉動作に着目し、その課題をより具体的に把握することを目的とする。

被験者は自立して移動可能な自走車いす利用者で、障害の程度に着目し、上肢が健常な人と上肢に障害がある人の2名とした（表2-1に示す被験者A,F）。被験者A,Fは共に脊髄損傷者で、残存レベルは被験者AはT12、被験者FはC6である。被験者Aは上肢が健常で、体幹もほぼ安定している。被験者Fは上肢に障害があり、手関節の背屈は可能であるが握力はなく、体幹も安定していない。

調査は実験室に引戸を設置して、特に手順等を指定しない自由な開閉操作と、実験者が指定した車いすの停止位置から開閉操作をする2種類の条件で開閉実験を実施した。あわせて、開閉・通過に関して不安や負担を感じることをヒアリングで聞き取った。

実験時は、開き動作の際の姿勢や把手への手のかけ方を記録、分析するため、引戸の上方、前方、戸先側面、戸尻側方に動画記録装置を設置した。

2.4.2 実験空間

実験室に縦型バーハンドルがついた引戸を用意した（写真2-2）。

引戸は既製品であり、把手取付位置や開閉力などは基準を満たしているものである。



引戸について
寸法

W=1600mm
H=2165mm
有効開口幅 865mm

把手高さ

645-1095mm

開閉力（初動）

開扉力 11.4N
閉扉力 8.4N

写真2-2 実験空間

2.4.3 行動観察、聞き取りによる調査結果と引戸開閉操作時の課題の抽出

表2-6に被験者の観察された行動と、それに基づく引戸を開ける際に想定される課題を示す。車いすの位置決めから通過に至るまで、様々な課題があることが読み取れるが、特に引戸を開ける動作の起点となる「③引戸の把手を持つ」では、把手が遠い位置にある時に体幹を前傾させて手を伸ばして把手を掴む動作が見られた。この前傾動作の際に被験者は、大腿部に手をつく（写真2-3左）、車いすのグリップに腕をかける（写真2-3右）などといった、車いすからの転落を予防する策を各自で講じていることが観察された。ヒアリングにおいては両被験者から、車いすに乗って前傾してバランスを崩すと車いすから前に転落してしまうおそれがあるため、そうならない対策をしていることと、それ故に「前傾しない姿勢で把手に届くことが望ましい。」という意見が聞かれた。また、体の後方に腕を伸ばして引戸を開ける動作については、「後方にのけぞるような姿勢は、車いすごと後方に転倒する可能性があるので恐怖心がある。」「腕を後方に大きく動かす動作は体を傷める心配があり避けたい。」との意見が聞かれた。車いすから転落した際には大きな怪我につながるだけでなく、自力で車いすに戻ることができない場合もあると聞かれ、夜間や冬の積雪がある時期の屋外や、人通りが少ない場所での車いすからの転落経験のエピソードと共に、特にそういう場合には非常に危険な状況となることも両被験者から指摘された^{注3)}。

(注3) 車いす利用者の転倒や転落については、車いすを使用している脊髄損傷者の殆どが経験しており、その原因として、前方転落は車いすでの前屈姿勢、後方転倒はバックサポートへの寄りかかりなど後方荷重であることが示されている³⁾。また、身体能力との関係については、身体能力が高く、活動的で外出頻度の高い胸腰髄損傷者に転倒・転落経験が多いこと、身体能力の低い頸髄損傷者の場合は転倒・転落の際の防御能力が低いため、頭部の大怪我などにつながる可能性が高く、車いすの転倒・転落を予防することが重要であると述べられている⁴⁾。

表2-6 車いす利用者が引戸を開ける際の行動と想定される課題

【観】：観察された行動、「」：ヒアリングで得られた意見

工程	引戸を開ける動作の行動 ※【観】は観察内容を示す		引戸を開ける動作で想定される課題
	自立、上肢が健常(胸髄損傷 残存レベルT12) 被験者A	自立、上肢に障害あり(頸髄損傷 残存レベルC6) 被験者F	
①車いすで引戸に近づく	【観】引戸の方向へ直進する	【観】引戸の方向へ直進する	—
②車いすの位置決めをする	【観】①の車いすの向きでスピードを殆ど緩めずに引戸に近づく。 「引戸の枠や壁に手をつけて、車いすを減速、停止させる。」	【観】車いすの方向転換をして停止する。 「利き手(障害の影響)で力を入れやすい位置に車いすをとめる。」	障害の程度により、操作できる向き・やり方に制限がある場合がある。
③引戸の把手を持つ	【観】手指は不自由なく動く。握る、指を掛けるなどできる。 【観】把手に届きにくい場合、体幹を支え、前傾して手を伸ばす。 ・把手を持たない手を大腿部や膝について体幹を支える。 「更に遠い場合は、車いすのアームサポートに肘をつけて支える。」 「床の物を拾う時は、車いす前方のバンプに手をつけて支える。」 「車いすに座った姿勢で、把手に届くのがよい。」 「前屈みになって操作するのは辛い。前方に転ぶ可能性がある。」 「車いすを正対させる状況は、操作箇所が遠い。」	【観】手指の障害により、握れない、指先を掛けれない。 「手の甲側を把手にかける。指先は第二関節あたりを使う。」 【観】把手に届きにくい場合、体幹を支え、前傾して手を伸ばす。 ・体幹後方の車いすのグリップに腕をかけて、体幹を支える。 「更に遠い場合は、グリップに腕を掛け、勢いをつけて、体幹・手を伸ばす。」 「車いすに座った姿勢で、把手に届くのがよい。」 「体を前傾させ、引戸を開ける力に負けると、前に倒れてしまう。」 「車いすを正対させる状況は、操作箇所が遠い。」	障害の程度により、形状によっては握る・手を掛けるなどできない。 車いすに座って把手に届くのがよい。 体幹が不安定にならないようにする。 ・体幹を前傾させると、前方に転倒・転落してしまう可能性。 ・引戸に正対する場合は操作が遠い。 ・のける姿勢は、後方に転倒する可能性。
④引戸を開け始める	【観】把手を持たない手を引戸枠にかける。握む。 「引戸を開ける反動で車いすが動かないようにする。」 「車いすブレーキはなるべく使わない。動作の手順を減らしたい。」	【観】ハンドルを押える。引戸を開ける際に車いすが動くことがある。 「引戸を開ける反動で車いすが動かないようにする。」 「車いすブレーキはなるべく使わない。動作の手順を減らしたい。」	引戸を開ける反動で車いすが動く。
⑤引戸を開け終わる	「体幹の後方に手を伸ばす場合、後ろにのけるような姿勢は恐怖心がある。後ろに転んでしまう可能性がある」	【観】体幹の後方に腕を動かす場合の可動範囲が狭い。 「腕を後ろに大きく動かす動作は体を傷める心配がある。体を傷めて車いすの操作ができなくなると困るので、避けたい。」	障害の程度によって、体幹後方での操作ができない・やりにくい。
⑥通過のための準備をする	【観】引戸を開ける間(④～⑤)に、通過するための向きに車いすの向きを変える。	【観】②の車いす向き(引戸に対して横か斜め向き)から、通過するために方向転換する。引戸開口部に正対する。	—
⑦通過する	—	「障害物にキャスターが引っ掛かると、前に転んでしまう。」	—



被験者 A
左手を大腿部について、体幹を前傾させる。

被験者 F
車いすのグリップに左手をかけて、体幹を前傾させる。
ハンドルに手の甲をかける。
上肢に障害があり、握れない。

写真2-3 把手をつかむ際に体幹を前傾させる(把手が遠い場合)

2.5 車いす利用者の安全性・負担軽減に着目した課題の整理

車いす利用者の住宅の出入り・引戸開閉動作について、自宅の出入り口空間での観察調査と実験室での実験から、引戸の開閉動作において体幹を前傾など動かす状況があることを確認した。この体幹を前傾など動かすことについては、自然な動作の中で行われている場合には、車いす利用者自身は負担などを感じることなく動作をより楽にしている場合があることも確認している。本研究はそのような状況や動作を否定する考えではないが、製品開発をする側としては、「体幹を動かさなくてはできない、届かない」という状況は障害などによってできない人がいる可能性があること、また、体幹を動かすことが可能な車いす利用者であっても、自然な動作の範囲を超えてしまうと車いすからの転落につながるリスクがあり、不安を感じる可能性もあることから避けるべきであると考え。そこで、安全にかつ負担が少なく開閉できる引戸のあり方を検討する際に、「車いすからの転落のリスクがなく必要な幅を開閉できること」を解決すべき一つの課題と考え、本研究で扱う引戸の評価基準を「転落の危険がないよう体幹を前傾させることなく、車いす利用者が把手に手が届き通過に必要な幅を開閉できること」とすることとした。

被験者の自宅における引戸の開閉動作や、実験室での引戸の開閉動作では、多様な車いすの向きでの開閉動作が見られたが、車いすの向きにより引戸の開閉動作のやりやすさにどのような違いがあるのか、どの向きや車いすの停止位置であれば体幹を前傾など動かさずに把手に手が届き、引戸を車いすの通過に必要な幅を開けきることができるのかといったことについては体系的に明らかにされておらず、引戸の製品開発の中でも明らかにされていない。

まずは、次章では把手を掴んで、開ける～通過～閉めるという一連の動作で起きている現象を系統的に把握する。

第2章 参考文献

- 1) 藤家馨, 御手洗謙二, 古賀唯夫: 脊髓損傷者における残存レベルに応じた出入口空間, 人間工学, 第28巻 2号, pp.79-89, 1992
- 2) 日本工業標準調査会: 日本工業規格, JIS A 4702 ドアセット, 2015
- 3) 那須田依子, 平田学, 堀田夏子: 脊髓損傷者の車いす転倒・転落に関する研究 1 実態調査, 理学療法学 Supplement, Vol.38 Suppl.No.2, p.PI2-184, 2011.5
- 4) 堀田夏子, 平田学, 那須田依子: 脊髓損傷者の車いす転倒・転落に関する研究 2 身体能力との関係, 理学療法学 Supplement, Vol.38 Suppl.No.2, p.PI2-185, 2011.5

第3章

引戸開閉時における車いす利用者の上体の動き および反力による車いすの動きの分析

3.1 本章の目的

第2章で、車いす利用者の引戸開閉には、引戸に対する車いすの向きや位置、把手への手のかけ方は障害の程度や個人により異なり多様な動作があること、開閉時の反力で車いすが動かないように個人で対策をしていることなど、個人の経験により体得した要領やコツ、熟練した方法、困難があることを確認した。また、車いす利用者は、体幹を動かすことが可能な場合であっても、把手を掴む際や、引戸を開ける際に自然な動作で動かす以上に体幹を前傾や後傾させることは、車いすからの転落につながるリスクがあり、安全性に欠ける不安定な姿勢であるということを確認した。引戸に対する車いすの向きについては、ADAAG (Americans with Disabilities Act Accessibility Guidelines) では引戸への車いすのアプローチ向きを考慮して引戸周りに必要なスペースの基準が示されている(図1-3)が、既往研究においてはその違い、すなわち、車いすと引戸の位置関係が車いす利用者の引戸開閉動作に及ぼす影響は明らかにされていない。つまり、車いすと引戸の位置関係により、どのような上体の動きが要求されるのか、要求される動きの中には、先述の体幹を前傾させるような不安定になる可能性がある姿勢や動きが含まれるのかは明らかにされていない。

本章では、車いす利用者による引戸の開閉・出入りの動作について、引戸開閉時に発生している人間工学的・物理的現象を引戸に対する車いすの向きを系統的に変化させて把握することを目的とする。

引戸の把手を掴んで、「引戸を開ける～通過する～閉める」という一連の動作で起こっている以下の現象を定量的に把握する。

- ・引戸開閉時の上体の動き、要求される上体の動き
- ・引戸開閉時の反力による車いすの挙動・動き

3.2 実験方法

3.2.1 実験の目的

本実験は、引戸に対する車いすの向きや位置を変えた条件のもと、引戸を開ける、通過する、閉めるという一連の動作を行い、その際の車いす利用者の上体の動きや、車いすの挙動を記録・分析するものである。

第2章で、車いす利用者の中には、障害の程度によって、体幹を前傾させることや、腕を前後に大きく動かすことができる場合とできない場合があることが確認され、現状の引戸の仕様（戸先に把手が取り付けられたもの）では自力で開閉できない状況がある可能性が考えられる。そこで、本実験は、車いす利用者の引戸開閉時における上体の動きを連続的に把握することにより、引戸開閉のためにどのような姿勢が要求されるのかを明らかにし、障害の程度により開閉が不可能になる場合がどのような条件のもとで発生しうるのかを定量的に把握することを目的とする。

図3-1に実験のフローを示す。実験は、被験者1人ずつ行うものとし、引戸を開けて通過する（以下、「引戸を開ける」）パートと、引戸通過後に引戸を閉める（以下、「引戸を閉める」）パートに分けて実施した。動作を終了する度に被験者に操作のやりにくさを感じる部分などがあったかについて、感想を求めた。

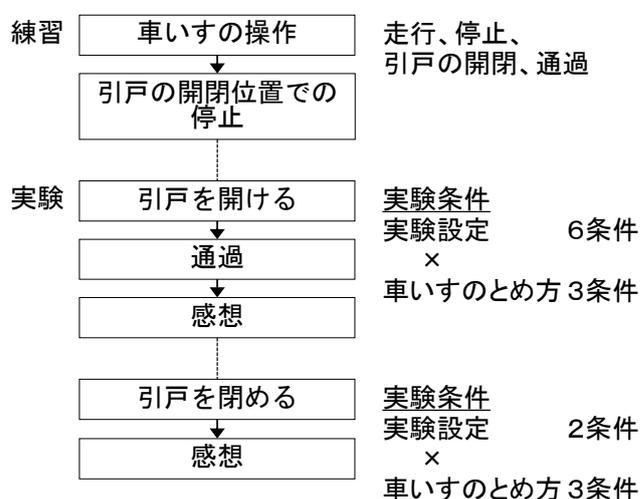


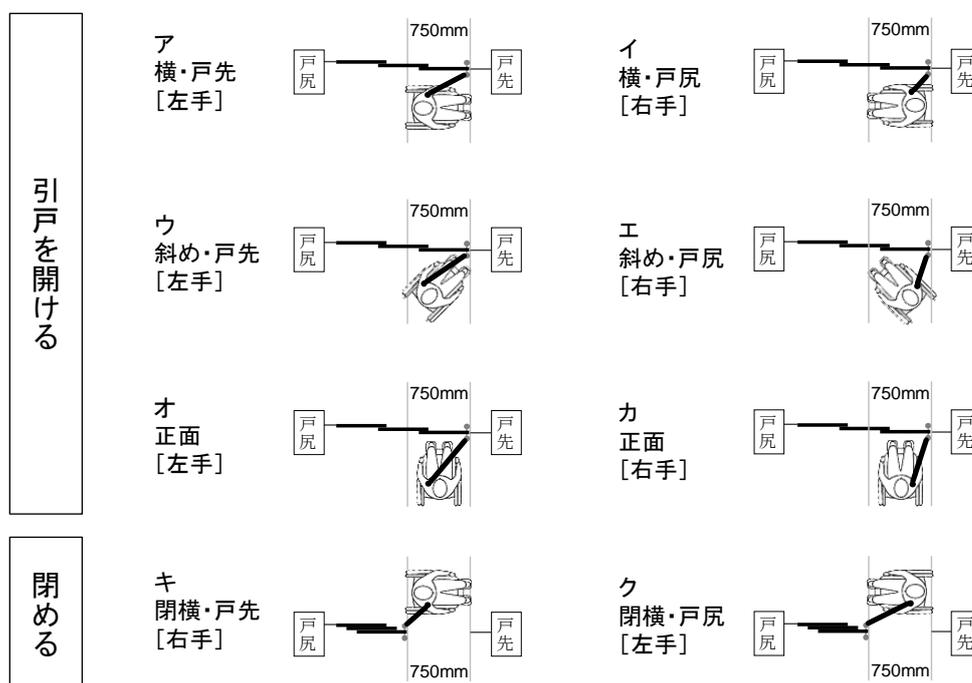
図3-1 実験のフロー

3.2.2 実験設定

「引戸を開ける」実験における引戸に対する車いすの向きは、日常的な使用で起きうるものを想定し、引戸に対する角度を45度ずつ変化させた5つの向きを設定した。引戸を操作する手は引戸に近い方の手としたが、引戸に対して正面を向く条件については、左右どちらの手が近いかを一概に判断できないため、右手、左手それぞれ操作を行うものとし、結果、図3-2に示す6条件（図3-2のア～カ）を設定した。

「引戸を閉める」実験における引戸に対する車いすの向きは、引戸を通過した後に閉めるという動作がスムーズに行えることを考慮して設定したが、引戸を後ろ手で閉めることは操作の難易度が高いと判断して除き、引戸に対して車いすが横向きで、引戸の戸先を向く、戸尻を向く2条件（図3-2のキ、ク）とした。

引戸を操作する際の車いすのとめ方は、車いすが固定された状態となる、車いすブレーキを使用する方法（以下、「車いすブレーキ」）、ハンドリムを押えてとめる方法（以下、「ハンドリム押え」）および、反力による車いすの動きを観察するために車いすを固定しない、車輪を押えないもの（以下、「押えなし」）の3条件とした。



[]は引戸を開閉する手を示している。
 図は引戸を開ける場合は開け始め、閉める場合は閉め始めの状況を示している。

図3-2 実験条件 引戸開閉時の引戸に対する車いすの向き

実験は、引戸開閉時の車いすの挙動・動きを観察・分析することを目的の一つとしているため、安全性を確認した上で、車いすと床との摩擦が小さい状況（タイヤ相当）を再現して実施した。実験空間、車いす、被験者については以下の考えで設定した。

- ・ 実験空間は、車いすとの摩擦を小さくするため、床面にポリ化粧板を貼る。
 - ・ 車いすは、床面との摩擦を小さくするため、スポーツタイプのタイヤを用いる。その理由は、スポーツタイプのタイヤは幅が小さいため、床とタイヤの接地面積が小さくなることによる。また、トレッドパターン（溝模様）がないものを用いた。
- 実験ではタイヤの空気圧は一定（7ber、用いるタイヤの適正空気圧の範囲内）とし、各被験者の実験の都度に確認する。
- ・ 実験空間の床面と車いす車輪の摩擦係数（静止摩擦係数、動摩擦係数）を測定して算出、記録する。
 - ・ 被験者は、体重（体格）に大きな差がないことを考慮して選定する。実験時に身長・体重を測定して確認する。
 - ・ 引戸は JIS 規格の開閉力を満たしているものを用いる。開扉力、閉扉力について、初動および摺動を測定・記録する。

図3-3に実験空間の概要を示す。約4m四方のポリ化粧板を貼った床面の中央に、枠に取り付けた引戸を設置した。実験空間は、床面の段差等がない空間とし、車いすによる引戸の開閉操作や通過に支障がないように配慮した。実験に用いた引戸は、最大開口幅865mm、開閉力10.2N（開け始め）、把手は内外とも縦型バーハンドル仕様（以下 把手）の3枚連動引戸である^{注1)}。

車いすは図3-4に示す自走式小型車いすを用いた。藤家ら¹⁾によると、直進通路やL字通路において車いすが通過するために必要な幅は、車いすの全幅+200mm以上であるとされていることから、本実験で被験者に要求する引戸の開閉幅は、750mm（使用する車いすの全幅550mm+200mm）とした。

（注1）実験に用いた引戸は既製品であり、寸法や開閉力はJIS規格を満たすものである。実験は、引戸開閉のために操作する部位を戸先の把手に限定しており、被験者の開閉行為は、すなわち、この把手を750mmの幅で動かすことといえる。したがって、今回の実験では、実験空間の制約もあり、6尺開口の3枚引戸を用いたが、実験結果としては、2枚引戸でも同様のものであると考えられる。

開扉力と閉扉力の差は、引戸の気密性確保のために設けられる「タイト材」の影響で生じている。引戸が閉まっている状態（全閉状態）では、タイト材により戸と戸先枠の隙間が密閉されている。引戸を開ける際には、その密閉されたタイト材を引き離す力が必要なため、開扉力（特に開け始め）は大きくなる。閉める際は、タイト材が効いていない状態（戸と戸先枠の隙間が密閉されていない）から閉めるため、閉扉力は小さくなっている。

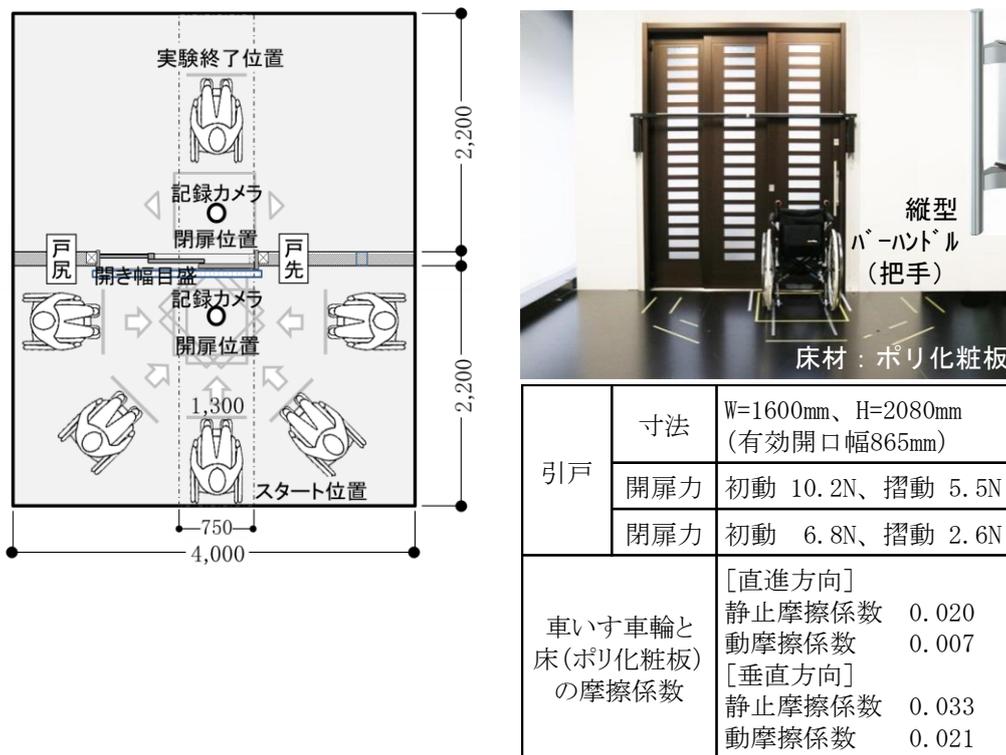


図3-3 実験空間



全幅 550mm

全長 790mm

タイヤはスポーツタイプとした。

特徴

- ・タイヤ幅が小さい
- ・トレッドパターン(溝模様)がない

タイヤの空気圧は 7ber とした。

図3-4 実験に用いた車いす

日常的な車いすでの開閉・通過動作を再現するために、「引戸を開ける」実験の際には、被験者は車いすに乗り、実験者が設定した開扉位置・向き（図3-2のア〜カ）から1.3m離れた位置よりスタートし、直進して引戸にアプローチし、開扉位置につき、教示した車いすのとめ方で引戸を750mm以上開け、通過する動作を行った。「引戸を閉める」実験の際には、引戸の前方1.3mからスタートし、750mm開いた引戸（実験者があらかじめ開放している）を通過して閉扉位置で実験者が教示した引戸に対する向き（図3-2のキ、ク）で車いすを停止し、教示した車いすのとめ方で引戸を閉め、実験終了位置へ移動する動作を行った。引戸を開閉する位置（開扉位置、閉扉位置）は、引戸の把手への手の届きやすさ、足先のぶつかりがない位置から実験者が決定し、目安として床面にテープを貼って矩形で示した。この開閉位置を示す矩形は、開閉の動作と引戸を通過する動作がスムーズに連続できることを意図して、その中心が引戸を750mm開けた際の中心と合わさる位置に設定した。

実験における開閉・通過の操作は同じ条件下では繰り返し行うことはせず、原則1回とし、実験者の教示と異なる動作だった場合のみ、やり直しをしている。なお、引戸の開閉動作時の車いすの位置変更、および把手を持つ手の変更は認めなかった。よって、車いすが反力で動くなどしたために、引戸を所定の幅（750mm）まで開けること、もしくは、閉めることができなかった場合は、その時点でその条件の操作は終了とした。実験は、各条件において、車いすのとめ方は車いすが固定され被験者が開閉しやすいと考えられる「車いすブレーキ」→「ハンドリム押え」→「押えなし」の順で行い、引戸に対する車いすの向き（図3-2に示す「引戸を開ける」6条件と「引戸を閉める」2条件）の提示順序はランダムとした。

実験での被験者の行動は、上方約3mから動画で記録した。

3.2.3 被験者

実験は、自力で車いすを漕げ、引戸の開閉が可能な車いす利用者を想定し、健常な成人女性8名が車いすに乗車して行った。被験者の身長、体重などについて表3-1に示す。女性とした理由は、体格が小さい人や発揮できる力が弱い人の方が引戸開閉時の負担や課題が多いと考え、一般的に男性より女性の方がそのような身体的特徴を持つと考えたことによる。

実験開始前には被験者は車いすの走行、停止、引戸の開閉、通過といった一連の操作の練習をしており、実験時に要求されるタスクを滞りなく行えることを確認した上で実験を実施した。

表3-1 被験者

被験者	性別	身長 (mm)	体重 (kg) ^{※1}	腕の長さ (mm) ^{※2}	「P無理なく届く距離」 (mm)
a	女性	1570	53	646	560
b	女性	1600	45	644	565
c	女性	1540	51	632	520
d	女性	1660	50	683	600
e	女性	1670	59	693	630
f	女性	1560	45	658	590
g	女性	1580	47	656	585
h	女性	1570	45.5	663	575
平均	—	1593.8	49.4	659.4	578.1
標準偏差	—	44.14	4.58	18.97	30.10

※1 着衣で測定

※2 上肢長(肩峰点から指尖点までの直線距離)を測定

3.2.4 分析の視点と方法

引戸の通過については、引戸に対して車いすが横向き（図3-2の ア 横・戸先 [左手]、イ 横・戸尻 [右手]）となるような、引戸を開けた後、通過のために車いすの方向転換を必要とする場合には課題が多いと予想していたが、実験では全ての被験者が接触などの問題がなく通過できており、また、実験時に求めた感想でも、やりにくさを感じたと回答する被験者はほとんどいなかったことから、本研究の分析からは除外することとした。

よって、引戸開閉時の上体の動きおよび反力による車いすの挙動について、詳しく分析することとし、記録した映像から、被験者の行動における肩の位置や引戸の把手との距離、車いすの移動軌跡（距離と角度）を計測した^{注2)}。車いすの移動軌跡は、車いすの4輪（左右後輪、左右前輪^{注3)}）と床との接点の軌跡^{注4)}から、それぞれの移動距離と車いすの回転角度を求めた。

（注2）被験者の動作を上方約3mから10fps（10フレーム/秒）で記録可能なカメラで録画した。記録映像から、動画分析ソフト Kinovea を用いて、ソフト上、もしくは、ソフトで軌跡を追えない場合は目視で軌跡を可視化した。動画分析ソフト Kinovea を用いた際の、記録映像の歪み、映像のフレーム数による3/100秒程度の誤差は、無視している。求めた値は、映像のピクセルから距離（mm）に換算した。距離（mm）への換算は、床面および被験者の肩の高さのそれぞれについて、基準となる長さを計測し、換算のための補正の係数を求め、その係数を用いて算出している。

（注3）車いすの駆動輪を「後輪」、前輪・キャスタは「前輪」、と呼称する。車輪の左右は、車いすに乗った被験者の左右に合わせている。

（注4）後輪と床との接点は、上方からの記録映像の後輪の前方と後方の中点とした。前輪と床との接点は、キャスターブラケット付近の車いすのフレームにマーキングした箇所をそれとみなした。

3.3 引戸開閉時における車いす利用者の上体の動き

3.3.1 目的

引戸に対する車いすの向きや位置によって、身体と引戸の把手との距離および、車いす利用者の上体の動きが異なると考え、その違いを系統的に把握することを目的とする。引戸開閉時における肩と把手との距離は、車いすが固定され動かない状態で計測するものとし、車いすブレーキを使用した条件で行った実験結果を用いて以下の考察を行う。

3.3.2 把手までの距離の計測方法

引戸の把手に手が届くかどうか、および、どのような姿勢が要求されるかを把握するため、以下に示す3つの距離を計測した(図3-5)。

「P 無理なく届く距離」:各被験者が主観的に感じる、把手に無理なく手が届く最大の距離を把握するものである。被験者が、車いすに乗った状態で腕を伸ばして引戸の把手を掴み、無理なく届くと被験者が自己申告する場所に車いすの位置を調整した上で、被験者の肩から把手までの距離を計測した。各被験者の「P 無理なく届く距離」の計測結果を表3-1の右端列に示す。

「Q 要求される距離」:実験では、被験者に車いすの背もたれから背を離さないようにして引戸を開閉するよう教示していたにもかかわらず、実験条件によっては被験者が背もたれから背を離し、上体を動かして開閉する場面が観察された。そこで、背もたれから背を離さない場合の肩から把手までの距離を、把手を掴むために要求される距離として計測した^{注5)}。

「R 把手を掴んだ距離」:被験者が実際に引戸開閉を行っている時の被験者の肩から把手までの距離である。

「Q 要求される距離」と「R 把手を掴んだ距離」が「P 無理なく届く距離」以下の場合、把手が無理なく手が届く範囲内に位置し、背もたれに背をつけて腕を伸ばして把手が掴めるものと判断した。

車いすに乗っている被験者の肩から把手までの距離は、引戸が開くにしたがって、または、閉まるにしたがって刻一刻と変化する。そこで、「Q 要求される距離」と「R 把手を掴んだ距離」については、引戸が開いた幅(または閉めた幅)と関係づけて、実験時の記録映像から連続的に計測した。

(注5) 引戸の開閉操作で、車いすの背もたれから背を離し肩の位置が動いた場合には、開閉位置(車いすの停止位置)における、背もたれに背をつけた姿勢の肩の位置で算出した。



「P 無理なく届く距離」

被験者が主観的に感じる、把手に無理なく手が届く最大の距離。
車いすに乗った状態で腕を伸ばして引戸把手を掴んだ、肩から把手までの距離。

「Q 要求される距離」

引戸開閉位置で、車いすの背もたれに背をつけた姿勢で把手を掴むために
要求される距離。背もたれに背をつけた状態の方から把手までの距離。

「R 把手を掴んだ距離」

引戸開閉位置で、引戸開閉操作時に把手を掴んだ被験者の肩から把手までの距離。

図3-5 計測した距離

3.3.3 結果と考察

8つの実験条件（図3-2のア～ク）について、計測した3つの距離（図3-5のP、Q、R）の関係を求めた結果と、引戸開閉時における肩の位置の変化を図3-6に示す。前者は被験者毎に引戸の開閉操作における「Q 要求される距離」、「R 把手を掴んだ距離」を連続的に計測し、「P 無理なく届く距離」との比率に換算した上で、その比率の被験者8名の平均を求め、グラフ化した。後者は、各被験者の背もたれに背をつけた姿勢の肩の位置を原点にとり、開閉操作時における、全被験者の肩の位置の変化を、引戸の開き幅50mmごとにプロットしている。肩の位置が移動した場合、体幹が動いたと判断している。

図3-6のグラフの見方を説明する。前述したように、引戸開閉時の被験者の肩と把手との距離は、戸の開閉幅に従って刻一刻と変化するため、引戸の開閉幅を基準として示している。つまり、グラフの横軸は引戸の開閉幅を取っており、例えば開き幅300とは引戸の開口幅が300mmの状態（300mmまで開けた、もしくは750mm開放された引戸を300mmまで閉めた状態）での数値を示したものになる。縦軸は「Q 要求される距離」および「R 把手を掴んだ距離」の「P 無理なく届く距離」に対する比率を示している。1より+側はそれぞれの距離が「P 無理なく届く距離」より大きく、把手が遠い位置にあることを示し、-側は「P 無理なく届く距離」より小さく、近い位置にあることを示している。つまり、「Q 要求される距離」が1より大きい場合は、車いすの背もたれに背をつけた姿勢で腕を伸ばしても把手に手が届かず、体幹を動かして距離を補わないと戸を開閉できないことを示している。また、「Q 要求される距離」が「R 把手を掴んだ距離」より長い場合も、被験者が体幹を動かして把手までの距離を補ったことを示している。

以下、各実験条件の結果について、まず「引戸を開ける」場合のものを述べる。引戸に対して車いすが横向きに位置するア 横・戸先[左手]、イ 横・戸尻[右手]では、引戸を750mm開ける間、「Q 要求される距離」が常に1以下となっており、「P 無理なく届く距離」以内に把手が位置していた。このことは、体幹を前傾させることなく把手に手が届くことを示している。しかし、ア 横・戸先[左手]の開け終り、イ 横・戸尻[右手]の開け始めでは、体幹より後方に位置する把手を掴む必要があり、この際には、肩の位置の変化を示した図より、車いす利用者の肩が背もたれに背をつけた姿勢の肩の位置（原点）より後方に移動していることが分かる。つまり、車いすが引戸に対して横向きに位置する場合は、開け始め、もしくは開け終わりに、腕を体幹より後方に動かす姿勢が要求されると言える。このような状況を避けるために、図3-7に示すように、引戸を開け始める際の車いすの停止位置を変化させることも考えられる。つまり、ア 横・戸先[左手]では車いすを後方（戸尻側）に、イ 横・戸尻[右手]では車いすを後方（戸先側）に移動させた位置から

引戸を開けるということである。しかし、この場合には「Q 要求される距離」が 1 より大きくなる部分が見られ、ア 横・戸先 [左手] では、引戸の開け始めに、イ 横・戸尻 [右手] では開け終りに体幹を前傾して距離を補う必要が生じてしまうことが分かる。以上より、引戸に対して車いすが横向きに位置する場合は、腕を体幹より後方に動かすか、または、体幹を前傾させるかのいずれかができないと、車いすを停止したままの状態では 750mm の幅を開閉ができないと言える。

引戸に対して車いすが斜めに向いている ウ 斜め・戸先 [左手]、エ 斜め・戸尻 [右手] では、開け始め、または開け終りの 200mm 程度は「Q 要求される距離」が 1 より大きくなり、腕を伸ばすだけでは把手に届かず、体幹を前傾して補う必要があることが分かる。

引戸に対して車いすが正面に位置する オ 正面 [左手]、カ 正面 [右手] では、開ける途中の 200~300mm 程度の範囲を除き、「Q 要求される距離」が常に 1 より大きくなっており、腕を伸ばすだけでは把手に届かず、体幹を前傾して補わないと届かないことが分かる。なお、補った距離は、「P 無理なく届く距離」より最大で約 45%長い距離で、引戸に対する車いすの向きが横向き・斜め向き・正面向きの中で最も補う距離が長いことが分かった。

次に「引戸を閉める」場合における結果について述べる。引戸に対して車いすが横向きに位置する キ 閉横・戸先 [右手]、ク 閉横・戸尻 [左手] では、「Q 要求される距離」がおおよそ全ての範囲で 1 以下に納まっており、「P 無理なく届く距離」以内に把手が位置していることが分かる。一方で、閉め始め、または閉め終りには、体幹より後方に位置する把手を掴む必要があり、腕を後方に伸ばす必要があることが確認された。

以上をまとめると、「Q 要求される距離」は車いすの引戸に対する向きが「横向き」→「斜め」→「正面」の順に大きくなること、比較的把手が近い位置にある「横向き」では、引戸開閉のために腕を後方に動かすか、体幹を前傾させるか、のいずれかの姿勢が要求されること、把手が遠い位置にある「斜め」や「正面」では、開け始め、または開け終りに体幹を前傾させる必要が生じていることが分かった。つまり、引戸の把手が「P 無理なく届く距離」の範囲外に位置している場合でも、上肢や体幹など上体を自由に動かすことができれば引戸を開閉できると言えるが、障害の程度によりそれが困難な場合には把手に手が届かないため開閉ができず、無理に上体を動かした場合には、第2章で車いす利用者から聞かれたように、バランスを崩したり、場合によっては車いすからの転落など危険を伴うことも想定される。

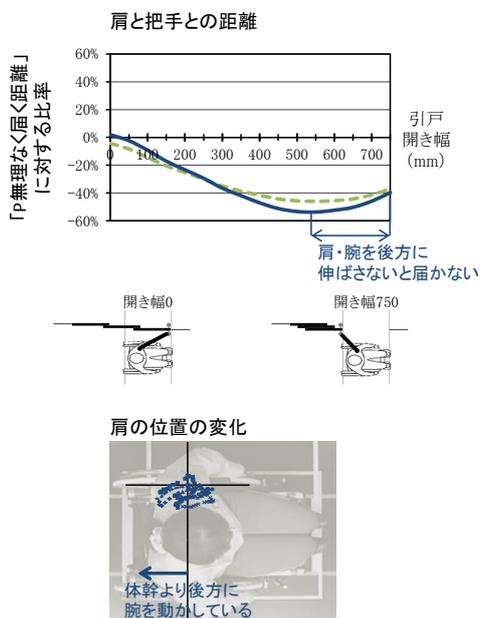
今回の実験では比較的コンパクトなサイズの車いすを用いたが、これより大型の車いすの場合には、車いすの座面・背もたれから足先までの寸法が大きくなるため、車いすに乗っている人の肩から把手までの距離（Q 要求される距離）がさらに大き

くなり、つまり把手が遠くなり、さらに開閉が困難になることが想定される。

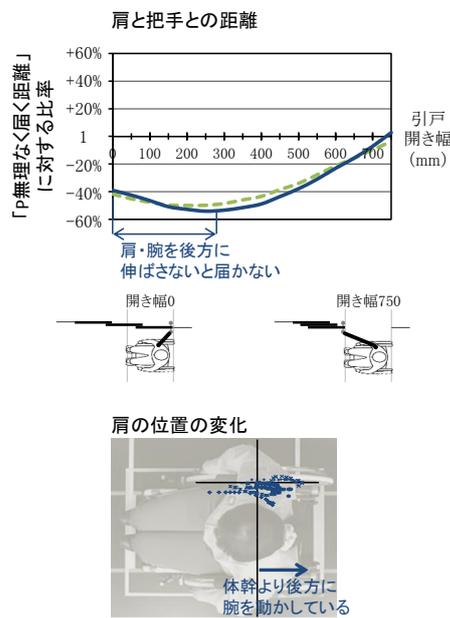
また、「横向き」のように把手が「P 無理なく届く距離」の範囲内に納まっている場合でも、腕や肩を後方に動かす必要があり、そのようなことが困難な障害を持つ方には開閉が困難となる。つまり、把手までの距離が近ければよいということではなく、体幹を前傾させたり、腕や肩を後方に動かすことがなく、把手に手が届き、通過に必要な幅を開閉できる引戸の新しい開閉機構を開発していく必要があると考えられる。

引戸を開ける

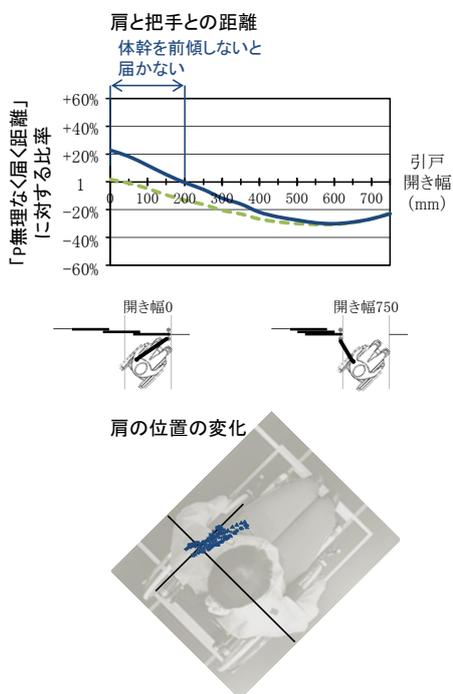
ア 横・戸先[左手]



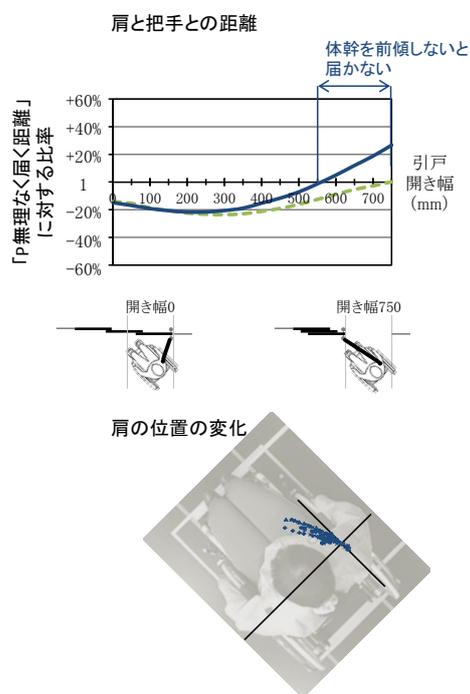
イ 横・戸尻[右手]



ウ ななめ・戸先[左手]



エ ななめ・戸尻[右手]

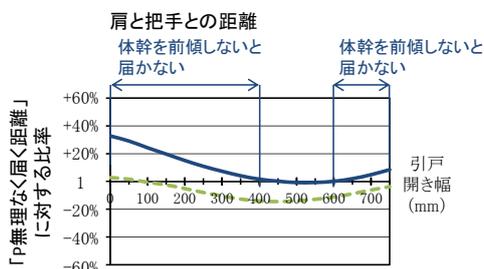


※肩と把手との距離 ————「Q 要求される距離」 - - - - -「R 把手を挿んだ距離」
 ※肩の位置の変化 引戸の開閉開始時における、車いすの背もたれに背をつけた姿勢での肩の位置を原点としている。

図3-6 引戸開閉時の肩と把手との距離、および肩の位置の変化

引戸を開ける(続き)

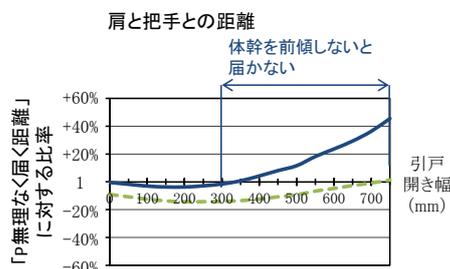
オ 正面[左手]



肩の位置の変化



カ 正面[右手]

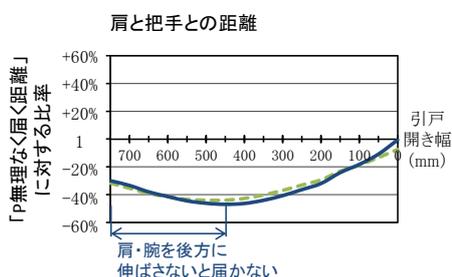


肩の位置の変化



引戸を閉める

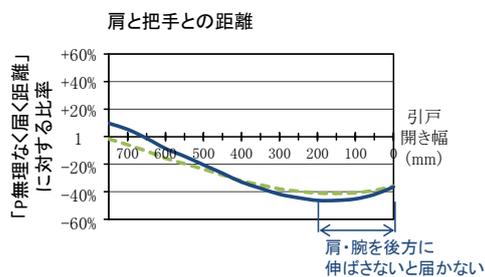
キ 閉横・戸先[右手]



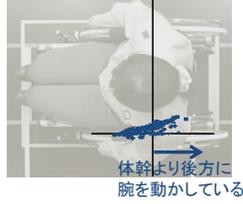
肩の位置の変化



ク 閉横・戸尻[左手]

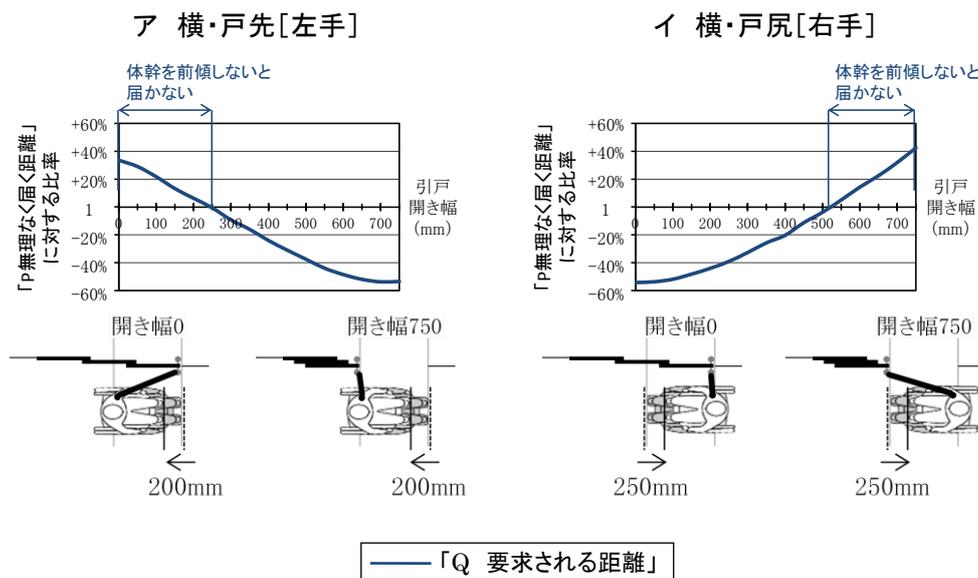


肩の位置の変化



※肩と把手との距離 ——— 「Q 要求される距離」 - - - - - 「R 把手を掴んだ距離」
 ※肩の位置の変化 引戸の開閉開始時における、車いすの背もたれに背をつけた姿勢での肩の位置を原点としている。

図3-6 続き 引戸開閉時の肩と把手との距離、および肩の位置の変化



※図3-6の停止位置より車いすを
 ア 横・戸先[左手]では、200mm 後方(戸尻側)に、
 イ 横・戸尻[右手]では、250mm 後方(戸先側)に
 移動させた場合を想定して算出

図3-7 車いすの停止位置を変化させた場合の、
 開閉時に要求される肩～把手の距離

3.4 引戸開閉時の反力による車いすの挙動

3.4.1 目的

第2章の観察調査やその他のこれまでの筆者らの観察調査では、車いすで引戸を開閉する際に、ブレーキを使わずに、開閉操作をしない方の手でハンドリムを押えることによって車いすを静止させようとする人が一定数いることが確認されている。これは、第2章の調査での車いす利用者からの聞き取り内容、および、既往研究でも指摘されているようにブレーキをかける・解除することに時間がかかる、動作の工程が増えて面倒に感じるためであると考えられる。しかし、この場合に、車いす利用者の意図に反して反力により車いすが動いてしまい、開閉操作に支障をきたす場面が少なからずあることも確認されている。本章では引戸に対する車いすの向きや位置に着目し、反力が車いすの挙動に与える影響を、本実験で用いる試験体・実験空間の条件において、系統的・相対的に把握することを目的とする。

3.4.2 分析方法

そもそも車いすが引戸開閉時の反力によりどのような挙動をするのかを、車いすが固定されていない「押えなし」の条件で確認するとともに、被験者が車いすのハンドリムを押えることによって、その動きを静止させることができるのかについて、「ハンドリム押え」の条件での実験から把握することを試みる。

車いすの動きを定量的に把握するため、記録映像から、車いすの移動軌跡として4輪の移動距離と車いすの回転角度を計測する。これは、図3-2に示す8つの実験条件すべてについて行う。図3-8に引戸を開ける際の実験設定 ア 横・戸先[左手]、イ 横・戸尻[右手]での典型的な車いすの移動軌跡とその計測結果を示す。回転角度は引戸の開け始めの車いすの向きを0度とし、縦軸の-は時計回り方向、+は反時計回り方向として、回転方向の角度を示したものである。ア 横・戸先[左手]は「押えなし」では、引戸を開けるに伴い車いすが反力を受けて前方に進む動きが観察される。回転角度は20度程度で大きくなく、4輪の移動距離の差も少ない。イ 横・戸尻[右手]は、反力により車いすが大きく回転する動きが観察され、その回転角度は80度程度であり、4輪の移動距離に大きな差が見られる。グラフ上の線が横軸の開き幅750mm未満で終わっているのは、その開き幅までしか引戸を開けられなかったことを示しており、これらの設定では反力により車いすが大きく動いたため把手に手が届かなくなり、把手から手を離して動作を終え、300mm程度しか開けられなかったことが分かる。

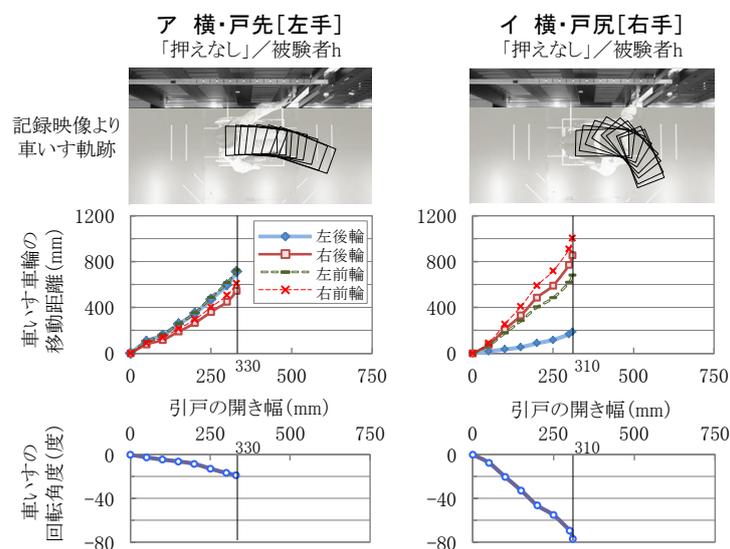


図3-8 引戸を開ける際の車いすの移動軌跡

3.4.3 反力による車いすの動き

図3-9に、各実験条件における車輪の移動距離（4輪の中の最大値）と累積回転角度の被験者8名の平均値と最大値・最小値を示す。「押えなし」では、全ての実験条件で、移動距離や回転角度が大きくなっており、引戸開閉時の反力により車いすが必ず動いていることが分かる。一方、「ハンドリム押え」では、移動距離、累積回転角度が小さく車いすを静止させられる場合と、「押えなし」と比べてほとんど変わらない、つまり、車いすを静止させられない場合があり、これが実験条件によって異なることが分かる。

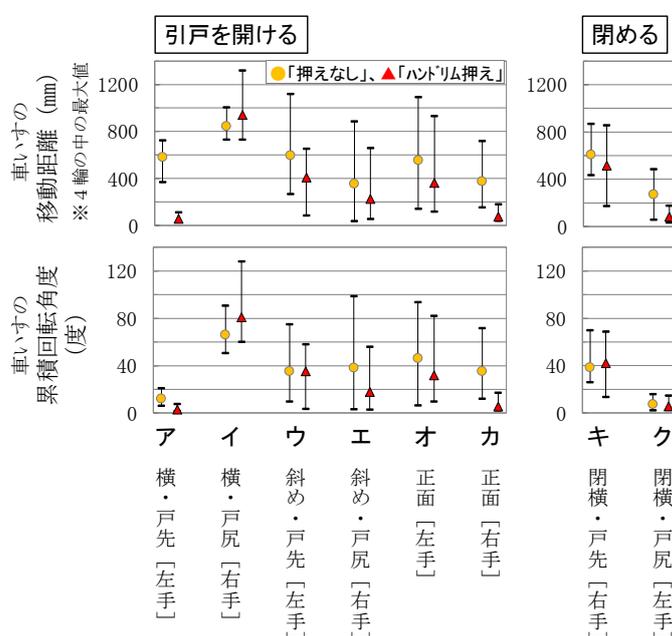


図3-9 引戸開閉時の車いすの移動距離と累積回転角度
(被験者8名の平均値・最大値・最小値)

図3-10に、実験条件別に被験者8名の車いすの移動距離と累積回転角度をプロットしたものを示す。プロットの点は引戸を要求された750mm開閉しきれたか（途中で把手に届かなくなり開閉できなくならなかったか）と、足先当り（引戸に足先が接触した）があったかを区別して示している。ここで、移動距離200mm以下、且つ、累積回転角度20度以下のものについては開閉操作に対する支障がほとんどないものと、実験時の実験者の観察や被験者の感想から判断できたことから、車いすを静止させられたとみなすこととした。

引戸を要求された750mm開閉できたかどうかに着目すると、イ横・戸尻[右手]、ウ斜め・戸先[左手]、カ正面[右手]、キ閉横・戸先[右手]では「押えなし」の場合に750mm開閉できなかったことを示す記号（○、△）が多く分布していることが分かる。これらは移動距離・回転角度ともに大きく、反力を受けて車いすが大きく動く場合、引戸の開閉自体が困難になることが確認された。

次に、各実験条件についてより詳しく考察する。車いすの位置が引戸に対して横向きになる実験条件、ア横・戸先[左手]、イ横・戸尻[右手]では、いずれも反力が車いすに対して正面方向からかかることから、反力による挙動は類似の傾向となると予想した。同様に引戸に対して斜めに位置する実験条件、ウ斜め・戸先[左手]、エ斜め・戸尻[右手]、および、引戸に対して正面に位置する実験条件、オ正面[左手]、カ正面[右手]でも、それぞれ反力による挙動は類似の傾向となると予想した。そこで、以下ではこのような車いすの引戸に対する位置の組み合わせ毎に考察を行う。

引戸に対して横向きとなる位置では、図3-10に示すようにア横・戸先[左手]の「ハンドリム押え」では累積回転角度、移動距離ともにほぼ0となっており車いすを静止できているが、イ横・戸尻[右手]は「ハンドリム押え」でも「押えなし」と同等に累積回転角度、移動距離が大きく、車いすが動いていることが分かる。また、被験者全員が引戸を750mm開けられていない。つまり同じように引戸に対して横向きに位置する場合であっても、引戸を開ける際の力のかけ方が、身体側に引く、つまり手前に引く方向になる場合（ア横・戸先[左手]）は累積回転角度が小さい、一方、押す方向になる場合（イ横・戸尻[右手]）は、累積回転角度、移動距離ともに大きくなり、「ハンドリム押え」でも静止できないなど、車いすの挙動が実験前の予想と違い、大きく異なることが明らかとなった。

引戸に対して斜めに位置する場合は、ウ斜め・戸先[左手]は「ハンドリム押え」で全員が750mm引戸を開けられているものの、車いすを静止させられた（移動距離200mm以下、累積回転角度20度以下）被験者は2/8名である。エ斜め・戸尻[右手]は、「ハンドリム押え」で車いすの累積回転角度、移動距離が減少する傾向だったが、車いすを静止させられたのは5/8名で、静止させられなかった3/8

名は 750mm 引戸を開けられていない。つまり、ウ 斜め・戸先 [左手]、エ 斜め・戸尻 [右手] のいずれも、「押えなし」「ハンドリム押え」で累積回転角度と移動距離がほぼ 0 で静止させられた被験者と、共に大きくなり静止させられなかった被験者が見られ、被験者により差があることが示された。また、ウ 斜め・戸先 [左手] は「押えなし」の際、足先当りが 3/8 名で見られた。

引戸に対して正面に位置する場合は、カ 正面 [右手] は「ハンドリム押え」で車いすを静止させられているが、オ 正面 [左手] は「ハンドリム押え」でも車いすを静止させられていない。つまり、「押えなし」では オ 正面 [左手]、カ 正面 [右手] のいずれも、累積回転角度も移動距離も大きくなっているが、「ハンドリム押え」の場合では、オ 正面 [左手] の右手で右側（戸先側）の後輪を押えて左手で引戸を開ける場合は車いすを静止させられず、カ 正面 [右手] の左手で左側（戸尻側）の後輪を押えて右手で開ける場合は車いすを静止させられ、同じように正面に位置した場合でも、引戸操作や車輪を押える手が違うことで異なる傾向が示された。また、いずれも「押えなし」では被験者 4/8 名で足先当りが見られ、「ハンドリム押え」で車いすを静止させられない オ 正面 [左手] は「ハンドリム押え」においても 3/8 名で足先当りが見られた。足先当りについては後述する。

引戸を閉める場合については、ク 閉横・戸尻 [左手] は「ハンドリム押え」で車いすの動きを静止させられたが、キ 閉横・戸先 [右手] は 7/8 名が静止させられず、うち 4 名は 750mm 閉められなかった（○、△）。つまり引戸に対して横向きに位置する場合は、引戸を開ける場合と同様に、引戸を閉める際の力のかけ方が、押す方向になる場合（キ 閉横・戸先 [右手]）と手前に引く方向になる場合（ク 閉横・戸尻 [左手]）では反力による車いすの挙動が大きく異なることが明らかとなった。

以上をまとめると、引戸に対する車いすの位置により、「ハンドリム押え」で、車いすを静止させられる（移動距離 200mm 以下、且つ、累積回転角度 20 度以下）パターンと、静止させられないパターンがあり、引戸に対して横向き・正面に位置する場合は、開閉時に力のかける方向、左右どちらの手で操作するかにより、車いすを静止させられるかどうか異なることが分かった。斜めに位置する場合は、ウ 斜め・戸先 [左手]、エ 斜め・戸尻 [右手] のいずれにおいても被験者によってばらつきが見られた。

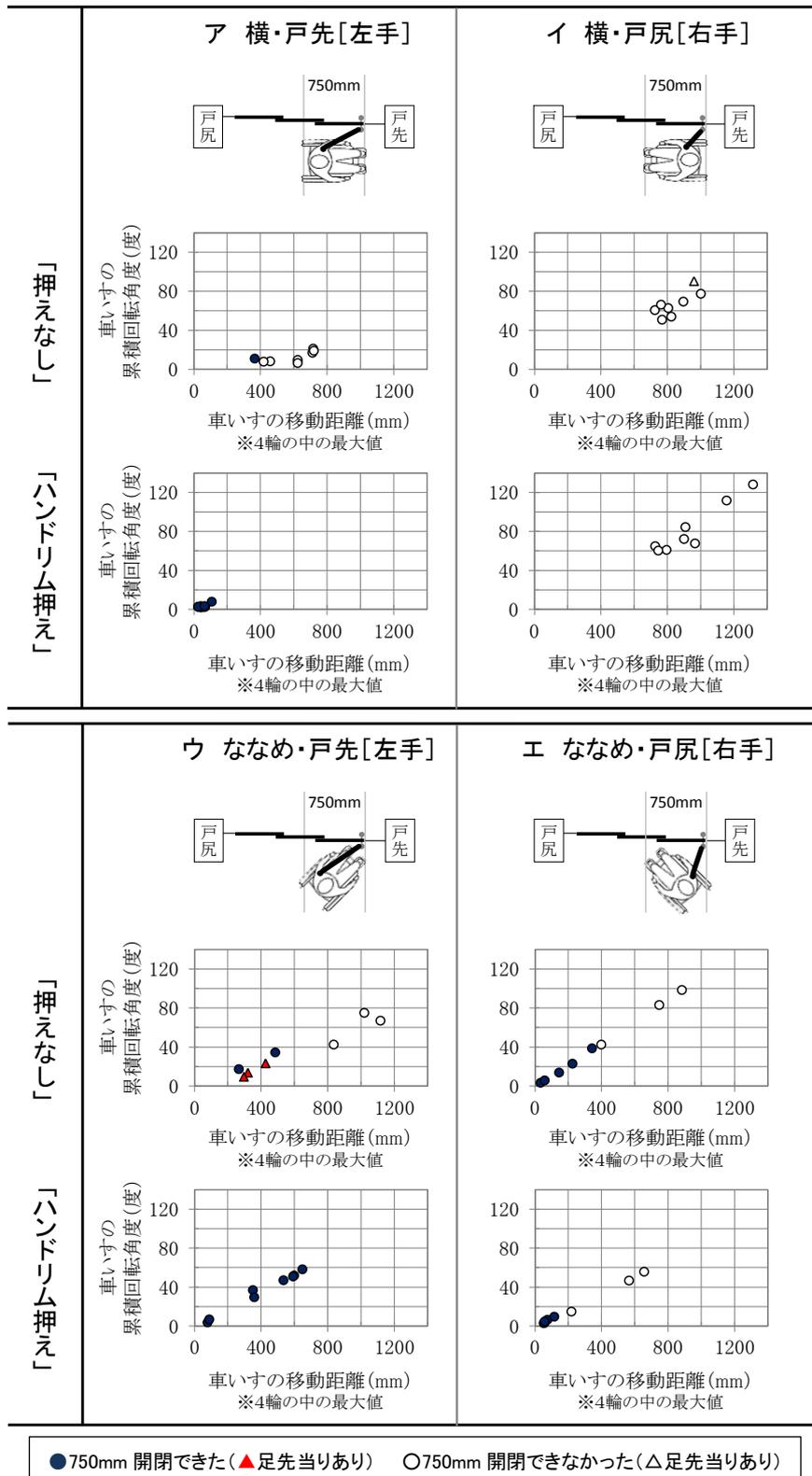


図3-10 各被験者の車いすの移動距離と累積回転角度

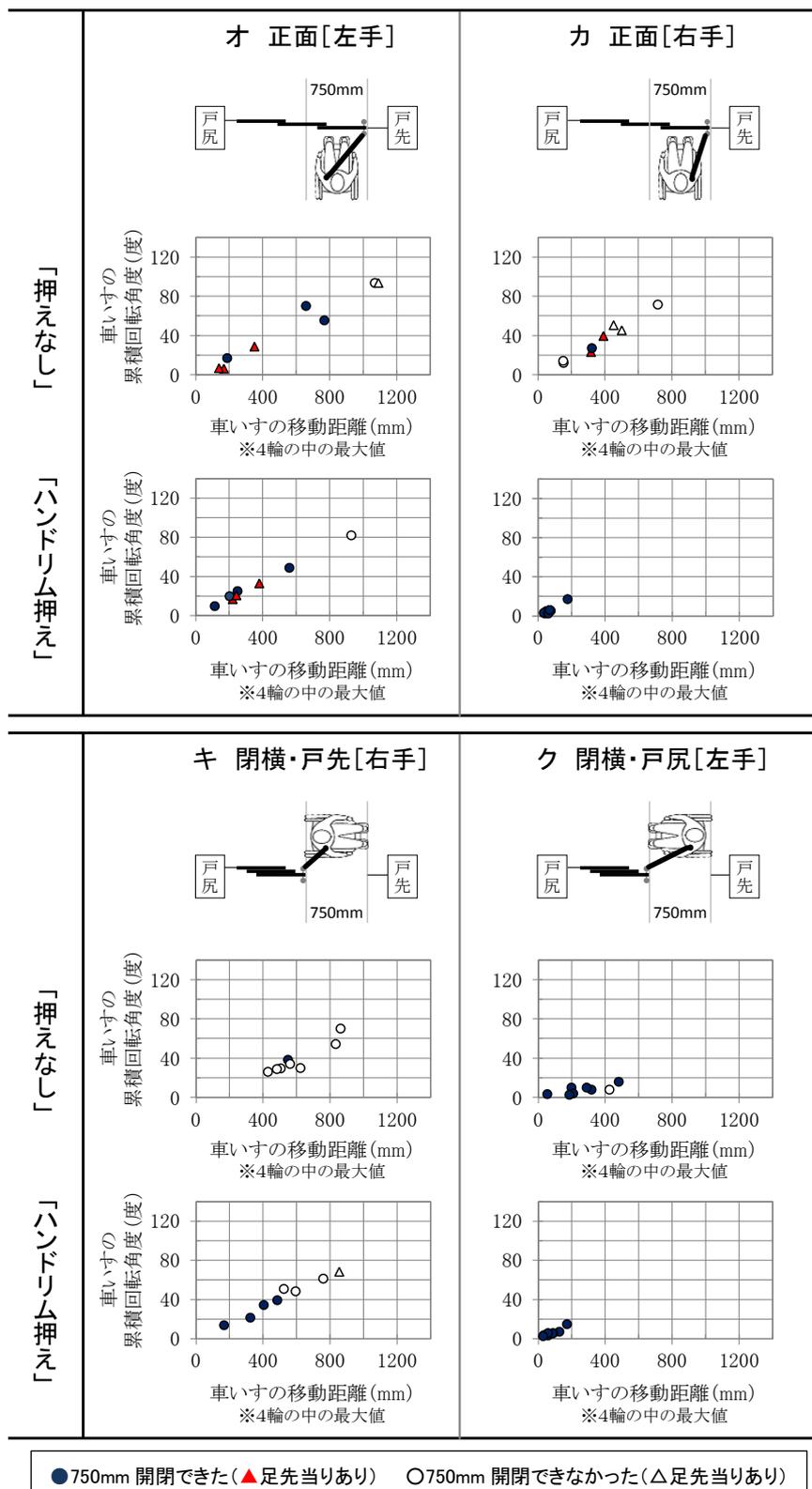


図3-10 続き 各被験者の車いすの移動距離と累積回転角度

3.4.4 「ハンドリム押え」による車いす静止の可否

ここから「ハンドリム押え」で、車いすを静止させられるものとさせられないものがあることの原因について考察する。

表3-2は「押えなし」の場合の車いすの累積回転角度と、左右の後輪の移動距離について被験者8名の平均を求めたものである。「ハンドリム押え」で車いすを静止させられるかは、引戸の開け始め、閉め始めの時点で静止させられるかが要になると考え、表3-2の値は引戸の開口幅（閉口幅）300mmの時点の左右の後輪の移動距離と車いすの回転角度について示している。

「ハンドリム押え」で車いすを静止させられた実験条件を見ると、ア 横・戸先[左手]、ク 閉横・戸尻[左手]は、回転角度が小さく、左右後輪で移動距離の差が少なかった。また、カ 正面[右手]は、回転角度が大きく、左右の後輪の移動距離が大きく異なっているが、「ハンドリム押え」では移動距離が大きい輪のハンドリムを押えていた。

表3-2 「押えなし」における車いすの回転角度と左右後輪の移動距離

	「押えなし」 累積 ^{※1} 回転角度 (度)		※2 後輪の移動距離(mm)		「ハンドリム押え」 ※3 で車いすを 静止できた	判定 ※4 車いすを 静止できるか
	左後輪	右後輪	左後輪	右後輪		
ア 横・戸先[左手]	7	344	290		8/8名	○
イ 横・戸尻[右手]	52	117	553		0/8名	×
ウ 斜め・戸先[左手]	39	526	240		2/8名	×
エ 斜め・戸尻[右手]	17	69	86		5/8名	別途検討
オ 正面[左手]	37	266	83		1/8名	×
カ 正面[右手]	28	206	68		8/8名	○
キ 閉横・戸先[右手]	26	128	348		1/8名	×
ク 閉横・戸尻[左手]	3	141	124		8/8名	○

回転角度が少ない「ハンドリム押え」で押える輪 移動距離が大きい輪(下線)

※1,2 引戸の開け始め・閉め始めに車いすを静止できるかに着目し、開け始め・閉め始め300mmの移動軌跡(被験者の平均値)とした。
また、足先当たりがあった被験者は除いた。

※3 「ハンドリム押え」での750mmの引戸の開閉で、車いすの車輪の移動距離200mm以下、且つ、累積回転角度20度以下を、車いすを整理できたとみなした。

※4 ○:静止させられる、×:静止させられない

次に、「ハンドリム押え」で被験者の大多数（8名中6～7名）が車いすを静止させられなかった実験条件（イ 横・戸尻 [右手]、ウ 斜め・戸先 [左手]、オ 正面 [左手]、キ 閉横・戸先 [右手]）を見ると、回転角度が大きく、左右の後輪で移動距離に差があり、「ハンドリム押え」では移動距離が小さい輪のハンドリムを押えていた。車いすを静止させられた人数（5名）、静止させられなかった人数（3名）が拮抗している エ 斜め・戸尻 [右手] については、平均値では明確な傾向が見られなかったため、車いすを静止させられた被験者とさせられなかった被験者を分けて検討した。車いすの静止の可否別で見た「押えなし」の場合の車いすの左右の後輪の移動距離および、車いすの累積回転角度の平均を表3-3、それぞれの車いすの軌跡の典型的な事例を図3-11に示す。表3-3、図3-11より、車いすを静止させられた被験者は、回転角度が小さく、左右の後輪の移動距離の差が少なかった。一方、静止させられなかった被験者は、回転角度が大きく、左右の後輪の移動距離の差が見られ、移動距離の小さい方の輪を押えていた。つまり、被験者により車いすの移動距離や回転角度に差があったが、静止させられたかどうかに着目すると、前述した他の実験設定の傾向と整合する結果が得られていることが分かった。

一方、同じ実験条件であるにもかかわらず、回転角度が個人によって異なることの原因は現時点では特定できなかった。個人差をもたらす要因としては、個人の体格（身長・体重・腕の長さなど）の違いや、ハンドリムを押える力の大小などが影響していることが推測される。

各実験条件について、被験者ごとの車いすの車輪の移動距離、車いすの回転角度の計測結果（巻末の付録参照）から、「押えなし」の場合に以下のような傾向が見られた。

車いすの車輪の移動距離

- ・ いずれの実験条件においても、「押えなし」の場合、開け始め・閉め始めの引戸把手に近い輪の移動距離が大きい傾向が見られた。

車いすの回転角度

- ・ 車いすの向きが引戸に対して横向きの場合
「押えなし」の場合、把手を体幹の前方から後方に動かす・身体側に引く条件（ア 横・戸先 [左手]、ク 閉横・戸尻 [左手]）では、回転角度が小さくなる、一方、把手を体幹の後方から前方に動かす・前方に押す条件（イ 横・戸尻 [右手]、キ 閉横・戸先 [右手]）では、回転角度が大きくなる傾向が見られた。
- ・ 車いすの向きが引戸に対して正面向き・斜め向きの場合
「ハンドリム押え」の場合、開け始めの把手へのリーチ（人体・開ける手と

引戸把手の距離)が遠い条件(オ 正面 [左手]、ウ 斜め・戸先 [左手])では、開け始めの把手へのリーチが近い条件(カ 正面 [右手]、エ 斜め・戸尻 [右手])に比べて、回転角度が大きい人が増える傾向が見られた。

- ・ 車いすの向きが引戸に対して斜め向きの場合
「押えなし」の場合に、車いすが斜め向きの条件(ウ 斜め・戸先 [左手]、エ 斜め・戸尻 [右手])は、回転角度が小さい人(移動距離も小さい)と大きい人が混在している。他の車いすの向き(横向き、正面向き)と比べて、この傾向が見られ、引戸開閉時にかける力の大きさや方向の個人差が大きい可能性が考えられる。

以上のことから、車輪の移動距離については引戸把手に近い側の車輪が多く動くこと、回転角度については、動作の始め(引戸の開け始め・閉め始め)の時点で体幹より後方で動作や把手へのリーチが遠いことで回転角度が大きくなることなどが仮説として考えられる。

なお、開閉時に引戸把手にかかる人の力の計測を試験的に行ったところ、人による差は見られたが、車いすの動きとの関係・メカニズムを明確にするには至らなかった。試験的計測より、引戸開閉の際の引戸把手(車いす利用者との接点)から車いすの車輪(床面との接点)の間で、車いす利用者の体内の力の伝わり方も含めて、どのような力の流れが起こっているのかを計測して把握する必要があると考えており、力学的メカニズムの解明のための、今後の検討課題としては以下のようなことが挙げられる。

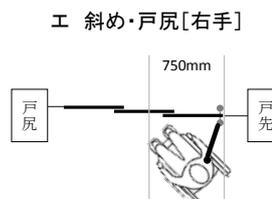
- ・ 車いすと床の摩擦(床の材質、車いすのタイヤの種類・空気圧など)
- ・ 引戸の重量、開閉に要する力
- ・ 車いすに乗る人の重量(体重)
- ・ 開閉時の車いす利用者の関節の動き(指、手首、肘、肩などあらゆる関節)
- ・ 開閉時の車いす利用者の上体の動き
- ・ 開閉時の車いす利用者の座面へかける圧力(座圧分布)
- ・ 開閉動作の試行を複数回行うこと
- ・ 車いすに乗り慣れている・扱い慣れているかどうか

以上をまとめると、今回の実験結果からは「ハンドリム押え」で車いすを静止できる条件としては、反力による車いすの回転角度が小さく、左右後輪の移動距離の差が小さい場合、もしくは、車いすの回転角度が大きく、移動距離が大きい方の輪のハンドリムを押えた場合の2種類であることが明らかとなった。車いすを静止できる条件は分かったが、片麻痺など障害によっては、必ずしも対象のハンドリムを

押えられるかは難しいので、より負担少なく開閉できる機構が求められる。あわせて、今回は解明に至らなかった開閉時の力学的メカニズムを扱う際の今後の課題となりうる点について述べた。

表3-3 静止の可否別に見た車いすの回転角度と左右後輪の移動距離
(エ 斜め・戸尻 [右手] / 押えなし)

	「押えなし」 累積 ^{※1} 回転角度 (度)	※2 後輪の移動距離 (mm)	
		左後輪	右後輪
静止できた人 ^{※3} (5名)	9	41	41
静止できない人 (3名)	31	117	162



回転角度が少ない「ハンドリム押え」で押える輪 移動距離が大きい輪(下線)

- ※1,2 引戸の開け始め・閉め始めに車いすを静止できるかに着目し、開け始め・閉め始め300mmの移動軌跡(被験者の平均値)とした。また、足先当りがあった被験者は除いた。
- ※3 「ハンドリム押え」での750mmの引戸の開閉で、車いすの車輪の移動距離200mm以下、且つ、累積回転角度20度以下を、車いすを整理できたとみなした。

エ 斜め・戸尻 [右手]
「ハンドリム押え」で静止できる
(被験者g)

エ 斜め・戸尻 [右手]
「ハンドリム押え」で静止できない
(被験者f)

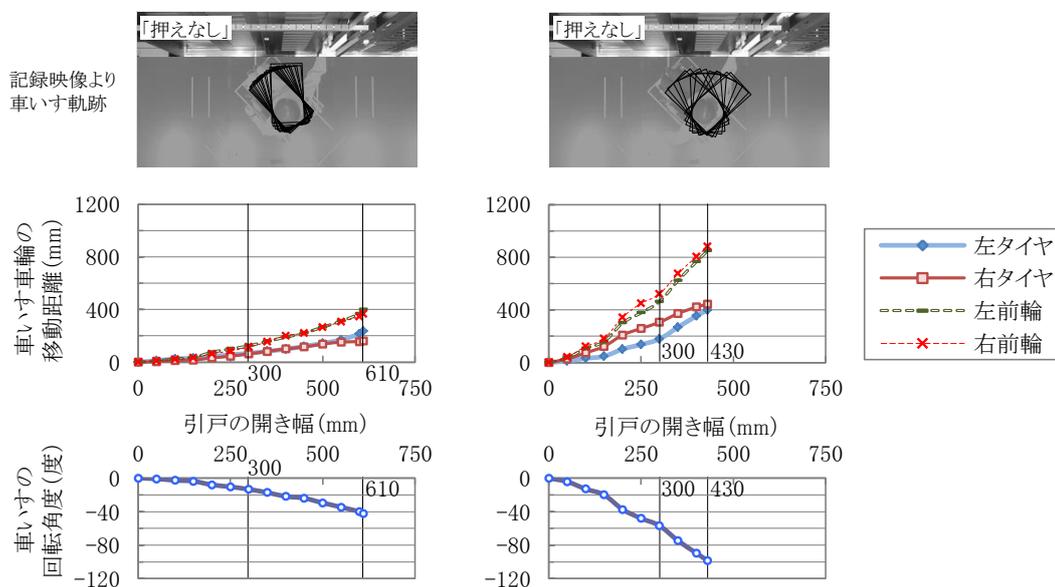


図3-11 静止の可否による車いすの移動軌跡の違い
(エ 斜め・戸尻 [右手] / 「押えなし」)

3.4.5 足先当りの発生

実験条件により、引戸の開閉の際に、車いすに乗った被験者の足先が引戸や枠に当たる現象が見られた。そこで各実験条件における足先当りの発生数について図3-12に示す。車いすブレーキ使用時は、車いすが固定され、足先当りは生じなかったため割愛している。「押えなし」では、オ 正面 [左手]、カ 正面 [右手]、ウ 斜め・戸先 [左手] で約半数の被験者で足先当りが見られた。「ハンドリム押え」では、車いすを静止させられる、もしくは、動きを軽減できる実験条件では足先当りは解消されたが、車いすを静止させられない オ 正面 [左手] は「押えなし」とほぼ同等の人数で足先当りが見られた。足先当りの発生事例を見ると、図3-13のように、開け始めに車いすが引戸の方向に動いて足先が当たる、開閉の間に車いすが回転し引戸や引戸枠に当たる、と開け始めや開閉動作中の車いすの動きが原因で生じていた。

第2章でも述べたように、車いす利用者には足先の感覚がない方も多く、接触が怪我に至る可能性があることや、更には、怪我をしても気づかない可能性も考えられるため、足先当りは回避すべき事象と言える。特に、「ハンドリム押え」での足先当りは日常的にも発生する可能性があり、発生を抑制すべき事象である。

「押えなし」「ハンドリム押え」で足先当りが開け始めで見られたオ 正面 [左手]、カ 正面 [右手] は開け始めに引戸に向かって車いすが前進していることから、引戸に対して垂直方向の引っ張りの力がかかっていることが推測される。また、ウ 斜め・戸先 [左手] も引戸方向に車いすが引き寄せられる類似の動きが見られたことから、様々な向きで起こりうる可能性が推測され、引戸の開閉方向以外の力がかかっていることが示唆される。この力については、これらの条件では前述したように、引戸の開け始めに足先当りが発生している。図3-6の オ 正面 [左手]、ウ 斜め・戸先 [左手] を見ると、開け始めは「Q 要求される距離」が「P 無理なく届く距離」より+側になり、つまり腕を伸ばしただけでは届かない範囲に把手があり、腕や体幹を動かして、把手を掴んでいる時に生じている。よって把手が遠く手が届きにくい時に、引戸の開閉方向以外の力が生じやすく、大きくなることが予想される。3.4.4で述べたように、今回はその詳細の計測および説明はできなかったが、今後は、引戸開閉時に把手にかかる力を計測するなどして、この原因をより深めることが必要である。

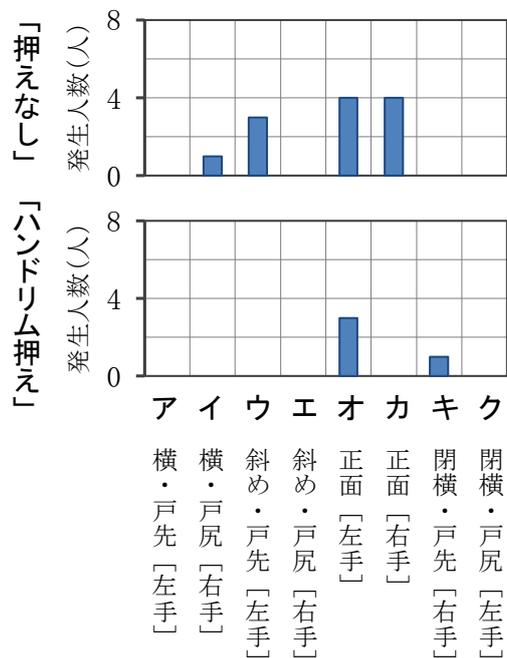


図3-12 引戸開閉時の足先当りの発生数



オ 正面「左手」 「ハンドリム押え」
 (被験者g)
 開け始めに、車いすが前進して
 左右の足先が引戸に当たる

キ 閉横・戸先「右手」 「ハンドリム押え」
 (被験者f)
 閉める間に、車いすが回転し、
 右足先が引戸に当たる

図3-13 足先当りの発生事例

3.5 本章のまとめ

本章では、車いす利用者による引戸の開閉の可否や困難さに、把手への距離や反力による車いすの動きが影響していると考え、引戸に対する車いすの向きや位置を変化させた、引戸の開閉実験を行い以下の結果を得た。

- (1) 引戸開閉時には、引戸に対する車いすの向きが横向き、斜め向き、正面向きのいずれの条件においても、引戸の開閉途中で車いすの位置変更をせず、戸先に設けられた把手のみを使って車いすが通過できる幅（750mm）引戸を開閉する場合には、把手を掴むために腕を体幹の後方に動かすか、または、体幹を前傾させる必要があり、障害程度によりそれらの身体運動が困難な車いす利用者では開閉できない状況が起こりうる。また、引戸に対する車いすの向きや位置により、引戸の把手への手の届きやすさは異なり、把手を掴むために要求される距離は、車いすの引戸に対する向きが「横向き」→「斜め」→「正面」の順に大きくなる。
- (2) 車いすブレーキを使わず、ハンドリムを手で押えて引戸を開閉する場合、反力を受け車いすが動くことがある。反力により車いすが回転方向に移動する場合、左右の後輪のうち移動距離の大きい方の輪、すなわち回転角度が大きい方の輪を押さえた時には、車いすを静止させることが可能であるが、そうでない方の輪を押えた場合には静止させることができない。
- (3) 引戸開閉時に反力により車いすが動いた場合、引戸への足先当りが見られた。特に引戸に対して車いすが正面に位置した場合、車いすが前方に動いて被験者の足先が引戸に当たる事例が複数見られた。車いすが前方に動く原因は、把手に対して開閉方向ではない垂直方向の力をかけているためであることが考えられる。このような力がかかる状況は、把手が「P 無理なく届く距離」の範囲の外にある場合に、被験者が上体を動かして手を届かせようとする時に発生しやすいことが推測される。よって、今後は反力による車いすの挙動について、開閉時に把手にかかる力などを計測することにより、さらに詳しくそのメカニズムを明らかにする必要がある。

本章では、引戸に対する車いすの向きや位置に着目して、引戸開閉時の把手と身体との距離や上体の動き、および、反力による車いすの動きについて定量的に記述することを試みた。

その結果、戸先に縦型バーハンドルがついた引戸を車いす利用者が通過に必要な幅まで開けるためには、手が届きにくい位置にある把手を掴むために体幹を前傾させたり、腕を体幹より後方に動かす動作が求められる状況が多いことを示した。こ

これらの要求される上体の動きは、引戸に対する車いすの向きにより程度に差があるものの、健常者が立位で引戸を開閉する際には起こらない状況であり、車いす利用者ならではの負担や課題となる状況であると考え。反力による車いすの動きについては、車いすの挙動を定量化し、ハンドリムを押えて静止する際の静止できるルールを発見した。車いすの動きの計測結果から、開閉時に引戸把手にかかる人の力を試験的に計測したところ、被験者による違いがみられたが、その解明には至らず、今後の検討課題を述べるにとどまった。

次章以降では、引き続き、引戸に対する車いすの向きに着目し、本章で確認した引戸開閉の際に車いす利用者に要求される上体の動きの解消につながる、手が届きやすい把手のあり方を示し、車いす利用者が安全にかつ負担が少なく引戸を開閉できる方法の有効性を確認していく。

第3章 参考文献

- 1) 藤家馨, 井出将文, 松尾清美: 車いすを使用する脊髄損傷者にとって使いやすい通路の寸法, 人間工学, Vol.32, No.3, pp131-137, 1996
- 2) 佐藤平, 笹岡邦弘: 電動車いす使用者の動作解析に関する研究 商品棚利用動作に関する実験, 日本建築学会東北支部研究報告集 (58), pp239-242, 1995

第4章

把手形状の違いが車いす利用者の 引戸を開ける動作の可否に与える影響

4.1 本章の目的

第3章では、戸先に縦型バーハンドルがついた引戸を車いす利用者が開閉する実験を行い、引戸を通過に必要な幅を開けるためには、手が届きにくい位置にある把手を掴むために体幹を前傾させることや、腕を体幹より後方に動かす動作が求められる状況を明らかにした。つまり、車いす利用者がより安全にかつ身体的負荷が少なく引戸を開けるためには、縦型バーハンドルに代わる、より負担が少なく、手が届きやすい形状の把手が必要とされていることを指摘した。

本章では、車いす利用者が安全、安心に、負担が少なく開閉、通過できる引戸の開発を行うことを目指し、把手形状による手の届きやすさの違いが車いす利用者の引戸を開く動作に与える影響を定量的に把握することを目的とする。

4.2 車いす利用者の安全性・負担軽減に着目した評価基準の設定

一言で車いす利用者と言っても、障害の程度や身体機能により動作可能な範囲は個人で大きく異なる。しかしながら、引戸の開発にあたっては車いす利用者の視点からその性能を評価するため、一定の基準となる身体の動きを想定する必要がある。

第2章の行動観察調査において、車いす利用者の障害の程度によらず、車いすに乗った状態で体幹を大きく動かすことや、腕を大きく前後方向に動かすことは、車いすからの転落の可能性（状況によっては自力で車いすに戻れないこともある）があり、避けるべきであることを確認し、本研究で扱う引戸の評価基準を「転落の危険がないよう体幹を前傾させることなく、車いす利用者が把手に手が届き通過に必要な幅を開閉できること」とすることを述べた。

第2章でも述べたように、体幹を動かすことが可能な車いす利用者であっても、自然な動作の範囲を超えて大きく前傾や後傾させることは車いすからの転落につながる大きなリスクがあり、不安感も大きいと考え、車いす利用者の安全性と負担軽減に着目し、本章の引戸開閉およびその実験（引戸を開ける実験）の評価基準として「車いす利用者が体幹を動かすことなく把手に手が届き、かつ、車いすを一地点に停止した状態で、通過に必要な幅引戸を開けられること」を設定して確認することとした。また、引戸の開き幅については、車いすに乗って自立している方を想定し、そのような方が一般的に乗車しているアクティブタイプの車いす（幅550-600mm程度）が、支障なく通過できる開き幅として750mmを設定することとした。

4.3 車いす利用者の手が届きやすい引戸把手の設定

「車いす利用者が体幹を動かすことなく把手に手が届き、かつ、車いすを一地点に停止した状態で、通過に必要な幅引戸を開けられること」を目指し、縦型バーハンドルに加えて2種類の把手(図4-1中・右に示す横型バーハンドル、縦棧引手)を設定した。これらの把手は、縦型バーハンドルに比べて引戸の戸尻方向に操作部位を広げるものであり、開き動作の際に車いすの位置を変化させずに把手の持ち替えや、繰り送り動作ができることを意図したものである。操作が可能な戸尻方向への有効幅はいずれも500mmである。

また、各把手の形状は以下のような特徴を踏まえて設定した。

縦型バーハンドル の特徴 (○強み、△弱み)

- 握れる形状である。(握ることは一般的に力をかけやすいとされる)
- 戸先部に集中しているため、引戸の内外面に取り付けがしやすい。
- △ 車いす利用者が通過に必要な幅を開けるためには、把手を掴むために体幹を前傾させることや、腕を体幹より後方に動かす動作が求められる。(第3章)

横型バーハンドル の特徴 (○強み、△弱み)

- 握れる形状である。(握ることは一般的に力をかけやすいとされる)
- 開閉時に車いすの位置を変えずに、把手を持ち替えることで繰り送り操作が可能である。
- △ 操作高さが一定で自由度がない。
※実験で用いる横型バーハンドルは車いす利用者を考慮した高さの基準を満たしているものである(JIS A4702 ドアセット)
- △ 戸先から戸尻方向にかけて突出した形状であるため、引戸の内外面への取り付けが困難。(対応するためには形状検討が必要)

縦棧引手 の特徴 (○強み、△弱み)

- 操作高さの許容度が高い。
- 開閉時に車いすの位置を変えずに、把手を持ち替えることで繰り送り操作が可能である。
- 扉のデザインとして、引戸本体に組み込める可能性がある。把手兼デザインになり得る、扉の意匠性にも配慮した把手形状である。
- △ 指をかける形状である。(握れない)
- △ 戸先から戸尻方向にかけて突出した形状であるため、引戸の内外面への取り付けが困難。(対応するためには形状検討が必要)

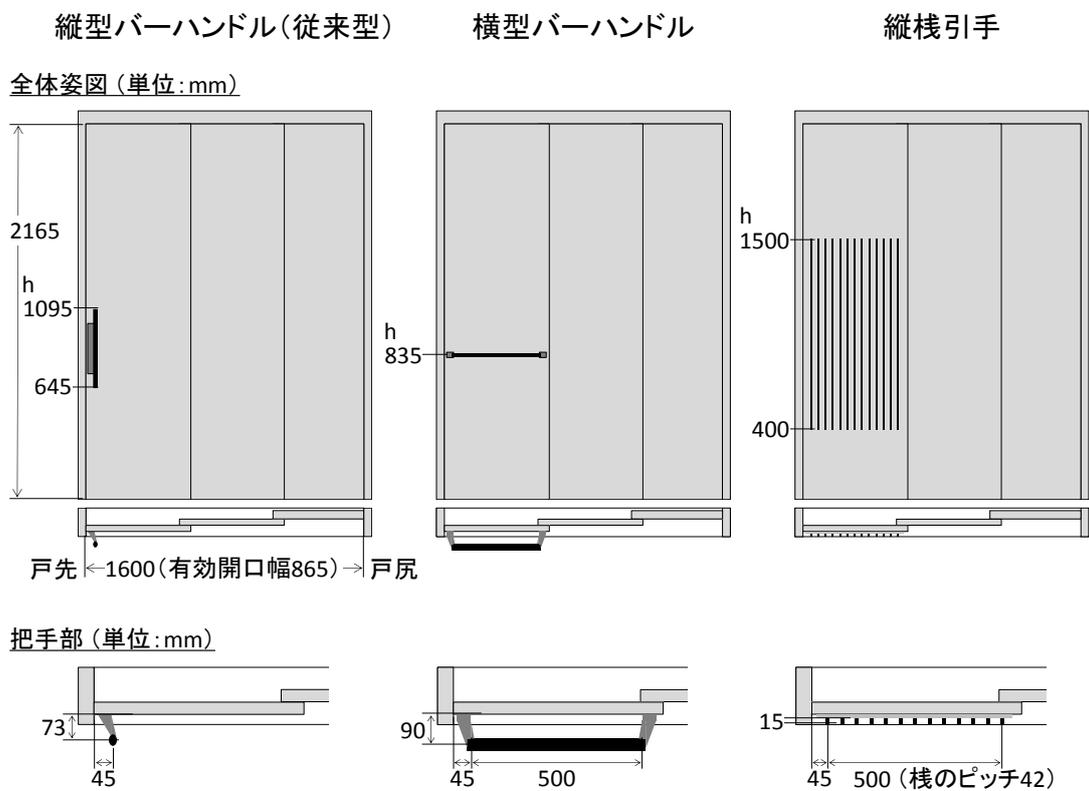


図4-1 設定した引戸・把手

4.4 引戸把手の有効性確認のための実験

4.4.1 目的と実験設定

設定した3種類の把手(図4-1)について、車いす利用者が体幹を動かすことなく把手に手が届き、通過を想定した幅(750mm)まで開けられるかについて実験的に確認する^{注1)}。把手形状による違いを定量的に把握するため、引戸を基準とした座標軸の中で車いすを位置づけ、動作を確認するための実験手法および装置を開発した。

・基準点の設定

把手への手の届きやすさを引戸と車いすの停止位置との位置関係から把握するため、引戸を基準とした座標軸を設定した。座標軸は図4-2に示す通り、全閉時の引戸の戸先を原点0としている。この座標系に車いす利用者を位置づけるための基準点として動作基準点aを設定した(図4-3)。これは車いす利用者の座位の膝窩(膝の裏)として求めたものであり、腕の運動の基点になるのは支点の足部であることと、異なる車いすの形状や寸法であっても位置の変化が少ないことに着目して設定したものである。

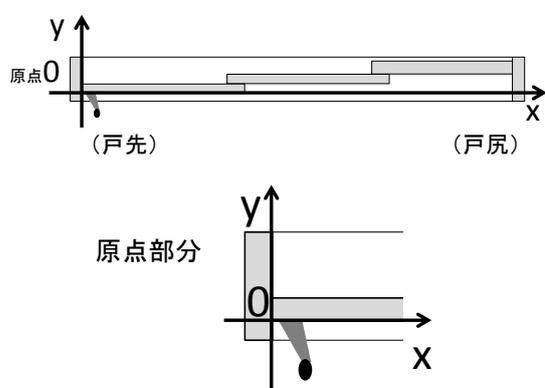


図4-2 座標軸の設定

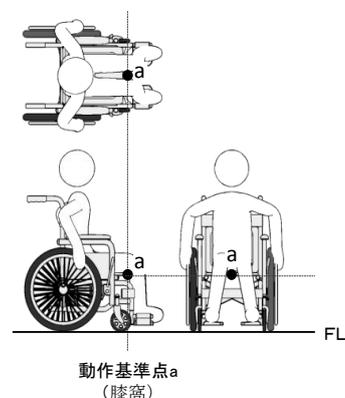


図4-3 動作基準点a

(注1) 実験に用いた縦型バーハンドル、横型バーハンドルの引戸は既製品であり、開扉力(初動10.0N、摺動5.5N)や把手の位置はJIS規格を満たす仕様のものである。縦横引手の引戸は既製品の戸の把手部分を独自のものに置きかえたものであり、開扉力は前者と同様である。

・車いすの停止位置・向き

実験での車いすの停止位置は表4-1に示すように設定した。

把手までの距離、手の届きやすさは車いすの引戸に対する向きによって異なるため、その向きを引戸に対して平行、斜め向き、正対の3通り設定した。斜め向きは多様な角度があるが、今回の実験では、平行 0° と正対 90° の中間にあたる 45° とした。 90° の条件は、把手が遠く届きにくい条件であることは従前より示されているが、比較のため実験条件として加えている^{注2)}。車いすの停止位置は、車いす利用者の足先が引戸に当たらないことを考慮して設定した。各実験条件において、車いす位置(dx)を引戸の開閉方向に100mm間隔で変化させ、引戸の通過を想定した幅(750mm)を開けられなくなる閾値を求めた^{注3)}。

・観察・記録機材

実験時には、引戸の開き幅および、開き動作の際に把手に手を掛けた位置を記録、分析するため、引戸の上方、前方、戸先側方、戸尻側方にそれぞれ動画記録装置を設置した。

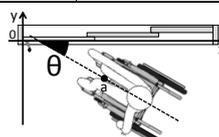
表4-1 車いすの停止位置の設定^{※1}

(単位:mm)

	車いすの向き ^{※2} 0°	45°	90°
縦型バーハンドル			
横型バーハンドル			
縦棧引手			

※1 表中いずれの図も dx=300 で示している。

※2 車いすの向きは、右図の θ の角度としている。



(注2) 車いすの停止位置について、車いすの向き 0° 、 45° は把手が原点から突出する寸法差(15~90mm)を考慮して、把手から動作基準点aの距離を一定にした。車いすの向き 90° は把手が届きにくい条件であることが示されており、引戸(X軸)から動作基準点aの距離を一定にした。

(注3) 被験者の負担を軽減するため、設定した車いすの向き・位置に速やかに正確に車いすをセッティングするための治具を開発し、実験時に用いる等の工夫を施している。

4.4.2 被験者

被験者は表4-2に示す車いす利用者^{注4)}と、健常な高齢者および成人の計9名である。被験者として、実際に車いすを利用している方を一定の数集めることが困難であったため、健常者に評価基準となる体幹を動かさない状況を再現してもらい、実験を実施することとした。また、健常者の中には、高齢化に伴う身体動作範囲の変化に着目するために後期高齢者および、手の届きやすさの点で不利となる比較的体格の小さな女性を含めることとした。

実験に使用する車いすは、車いす利用者の被験者は普段使っている車いす、その他の被験者には自立して生活している車いす利用者を想定して写真4-1に示すアクティブタイプの車いすを用いた。健常の被験者には、車いすのシートに深く腰かけ、バックサポートに背をつけて座ること、引戸を開ける際は体幹を前傾させるなど動かすことがないように教示した^{注5)}。

4.4.3 実験手順

把手の持ち方については、縦型バーハンドルと横型バーハンドルでは握る、縦横引手では手指をかけるように教示し、車いす停止位置を移動させながら引戸を開ける実験を行った^{注6)}。なお、引戸を操作するのは全て右手とした。開き動作時には、引戸を開ける際の反動で車いすが動かないように車いすブレーキをかけて固定した。

表4-2 被験者の身体寸法

	年齢	性別	身長	腕の長さ ^{※1}	
車いす利用者	イ	40代	男性	—	660mm ^{※2}
高齢者	ウ	85歳	男性	1540mm	655mm
	エ	80歳	女性	1450mm	635mm
	オ	75歳	女性	1420mm	625mm
成人	カ	40代	女性	1570mm	638mm
	キ	40代	女性	1600mm	647mm
	ク	30代	女性	1520mm	641mm
	ケ	20代	女性	1580mm	663mm
	コ	20代	女性	1530mm	655mm

※1 上肢長(肩峰点～指尖点)を計測した

※2 障害・麻痺により、指尖点ではなく、有効な指の先端部までを計測した



全幅 550mm / 全長 790mm

写真4-1 実験で使用した車いす

(注4) 車いす利用者の被験者イは、上肢に障害がある方である(第2章の被験者Fと同一)。

(注5) 引戸を開ける際は体幹を前傾させるなど動かすことがないように教示し、体幹が動いた場合は、車いすのバックサポート上部(被験者の肩甲骨の高さに調整)に取り付けたセンサーのチャイム音により確認した。

(注6) 被験者イ(車いす利用者)については、上肢に障害があるため、把手の持ち方は普段行っている方法で引戸を開けるように教示した。

4.5 把手形状による引戸の開き可否の違い

図4-4に、引戸の通過を想定した開き幅（750mm：以下、想定幅という）を開けられなかった人の数を把手の種類別に示す。

縦型バーハンドルでは、 0° の一部の車いす位置 dx を除き、全員もしくは大半の人が想定幅を開けられていない。特に車いすの向きが 90° の場合は、全ての車いす位置で全員が開けられていない。これは、開け始めに把手の位置が遠いため、体幹を前傾させることなしには把手に手が届かないことや、開き動作の途中で把手が手の届かない範囲にいつてしまうことが原因である。横型バーハンドル、縦棧引手ではそのような状況が改善され、開け始めや開き動作中でも把手が手の届く範囲内に収まるようになるため、3つの向き全てで開けられない人が減少している。つまり、把手の形状により、引戸を想定幅まで開くことができる車いすの停止位置が広がることが示された。以下、車いすの向き別に詳しい考察を行う。

4.5.1 車いすの向き 0° の場合（引戸に対して平行・横向き）

縦型バーハンドルでは、車いす位置が $dx=0,100$ で、想定幅を開けられなかった人が3名と少なくなり、 45° 、 90° との比較で開けられた人の割合が最も多くなっている。したがって、縦型バーハンドルで想定幅を開くためには引戸に対して横向きにアプローチすることが最も有効であると言える。しかし、その場合でも、開き動作の最後の部分で腕を体幹より後方に動かさないため想定幅を開くに至らない人が少なからずおり、縦型バーハンドルは把手として不利であることが改めて確認された。

これに対して横型バーハンドルや縦棧引手では、想定幅を開けられない人が少なくなり、開けられる車いすの停止位置の範囲が広がっている。これは、車いすの停止位置が戸尻方向に寄った場合でも、把手に手が掛けられる範囲がその向きに広がっているため、開け始めに把手に手が届き、開き動作の途中で繰り送りをすることで、想定幅を開くことができるようになったためである（写真4-2）。しかしながら、いずれの把手においても想定幅を開けられなかった被験者が一部存在している。その理由は、開き動作の最後に体幹より後方に腕を動かすことが要求される部分があり、そこで腕を後方に動かさなかったことと（写真4-3左、 $dx=400$ 以下の場合）、開け始めに体幹を前方に伸ばさないと把手に届かなかったもの（横型バーハンドルの $dx=600$ 、縦棧引手の $dx=700$ ）である。

以上より、車いすの向きが 0° の場合、把手を横型バーハンドルや縦棧引手にすることにより、車いすが戸尻方向に寄っても開け始めに把手に手が届き、繰り送り動作をすることで想定幅を開けられることが確認された。ただし、腕を体幹より後方に動かすことが求められるため、その動作が困難な人にとっては、想定幅を開く

ことが難しい状況であることが示された。

4.5.2 車いすの向き 45° の場合（引戸に対して斜め向き）

縦型バーハンドルでは、 $dx=0$ で一部開けられた人が見られるが、多くの人は想定幅を開くことができなかった。その理由は、開け始めに把手に届かなかった（1名）ことと、開き動作中に把手に手が届かなくなった（5名）ことであった。それに対し、横型バーハンドルでは $dx=100\sim 400$ で、縦棧引手では $dx=100\sim 500$ で、全員が想定幅を開くことができた。これは 0° の時と同様に開き始めに把手に手が届くことと、開き動作の途中で把手を持ち替えができることによる。また 45° では、 0° で生じたような腕を体幹の後方に動かす必要が生じなかったため、全員が想定幅を開けられるという結果につながった（写真4-3右）。なお、開けられなかった人の横型バーハンドルの $dx=500$ の2名、縦棧引手の $dx=600$ の1名は 0° と同様、開け始めに体幹を前方に伸ばさないと把手に届かなかったものである。

以上より、車いすの向きが 45° の場合、縦型バーハンドルでは想定幅を開くことは困難だが、横型バーハンドルや縦棧引手ではそれが可能となり、その際の車いすの停止位置は引戸の戸先 100mm から 400mm または 500mm の範囲であることが示された。

4.5.3 車いすの向き 90° の場合（引戸に対して正対、正面向き）

縦型バーハンドルでは、先述と同様に開け始めに把手に届かない、もしくは、開き動作中に把手に届かなくなるため、全ての車いす位置で全員が想定幅を開くことができなかった。これに対し、横型バーハンドルでは $dx=500$ の位置で、縦棧引手では $dx=400\sim 600$ の範囲で全員が想定幅を開くことができた。把手に正対するこの向きは、被験者の肩から把手までの距離が最も遠くなるが、前方に手を伸ばし把手を掴めた場合には、300～400mm 程度の間隔で把手を持ち替え、繰り返し送ることで想定幅を開けることが可能となっている。横型バーハンドルの $dx=400,600$ で開けられなかった1名は前述 0° 、 45° と同様、開け始めに体幹を前方に伸ばさないと把手に届かなかったものである。

以上より、車いすの向きが 90° の場合、縦型バーハンドルでは体幹を動かさずに想定幅を開けることは不可能だが、横型バーハンドルや縦棧引手では、斜め方向からアプローチする場合に比べ範囲は狭くなるものの、想定幅を開けられる車いすの停止位置が存在することが確認された。

各向きでの実験結果より、いずれの車いすの向きにおいても、戸尻方向に操作部位を広げた横型バーハンドル、縦棧引手では、車いすを一地点に停止した状態で、

体幹を前傾させずに出入りを想定した幅 (750mm) まで引戸を開けられるようになることが確認された。

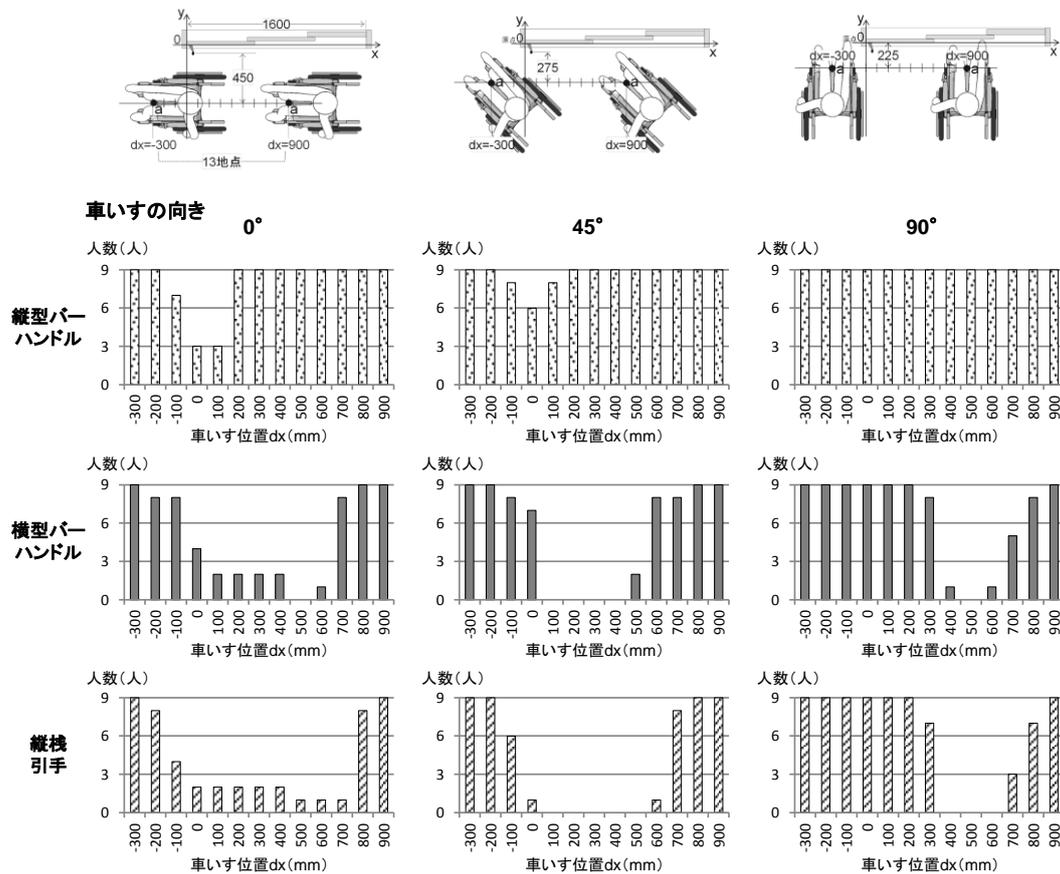


図4-4 想定幅 (750mm) を開けられなかった人数

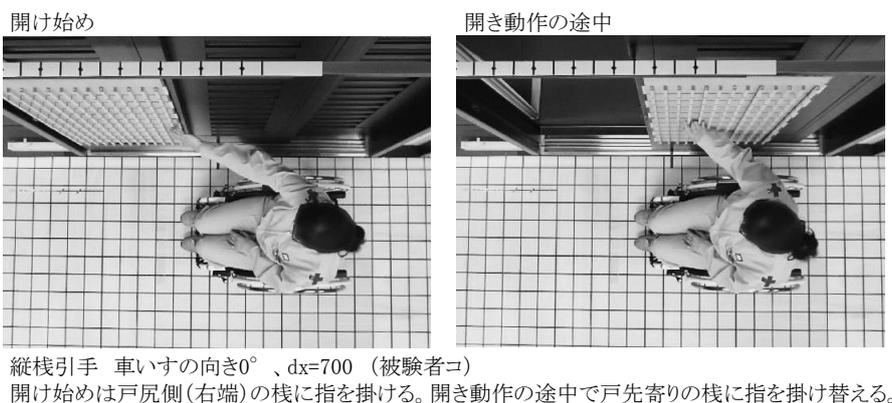


写真4-2 車いすの停止位置が戸尻側に寄った場合の開き動作

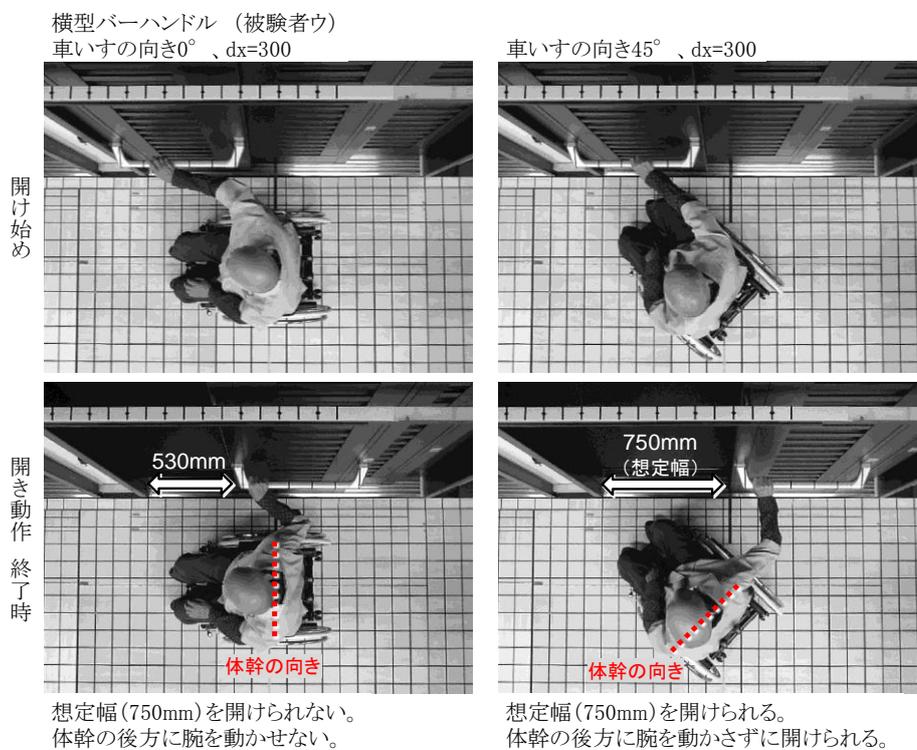


写真4-3 腕を体幹の後方に動かすことが困難な人の開き動作

4.6 把手形状による車いすの停止位置の許容範囲の違い

実験は図4-5に示すように引戸に対する車いすの位置をX軸方向に100mmずつ移動させた13の地点において引戸を想定幅まで開けられるかを確認したものである。この13の地点のうち何地点で想定幅を開くことができたかを被験者ごとに示したものが表4-3である。いずれの車いすの向きにおいても縦型バーハンドルと比べて、横型バーハンドル、縦棧引手とも想定幅を開けられる地点の数が増えている。被験者によっては、縦型バーハンドルで0地点があるが、横型バーハンドルと縦棧引手は0地点だった被験者はいなかった。この地点の数が例えば1の場合は、その地点に動作基準点aを合わせて車いすを止めない限りは車いすを停止した状態で想定幅まで引戸を開くことができないということを意味しており、想定幅を開くためにはその位置に正確に車いすを止めるスキルが求められると言える。一方、地点の数が多いものは想定幅を開けられる車いすの停止位置の範囲が広いということの意味している。45°の縦棧引手は平均値が7.2地点と多く、比較的ばらつきが小さくなっている。このことは想定幅を開くためには、700mm程度の範囲に動作基準点aが含まれるように車いすを止めればよいということの意味している。

また、地点の数の平均値を見た場合、横型バーハンドルよりも縦棧引手の方が多く傾向となっているが、これは前者が把手を握る必要があるのに対して、後者は指先で操作が可能なためリーチの点で有利となることが影響していると考えられる。

以上より、把手の形状を、戸尻方向に操作範囲を広げる形状に変えることで、体幹を前傾させずに出入りを想定した幅まで引戸を開くための車いすの停止位置の許容範囲が広がることが示された。

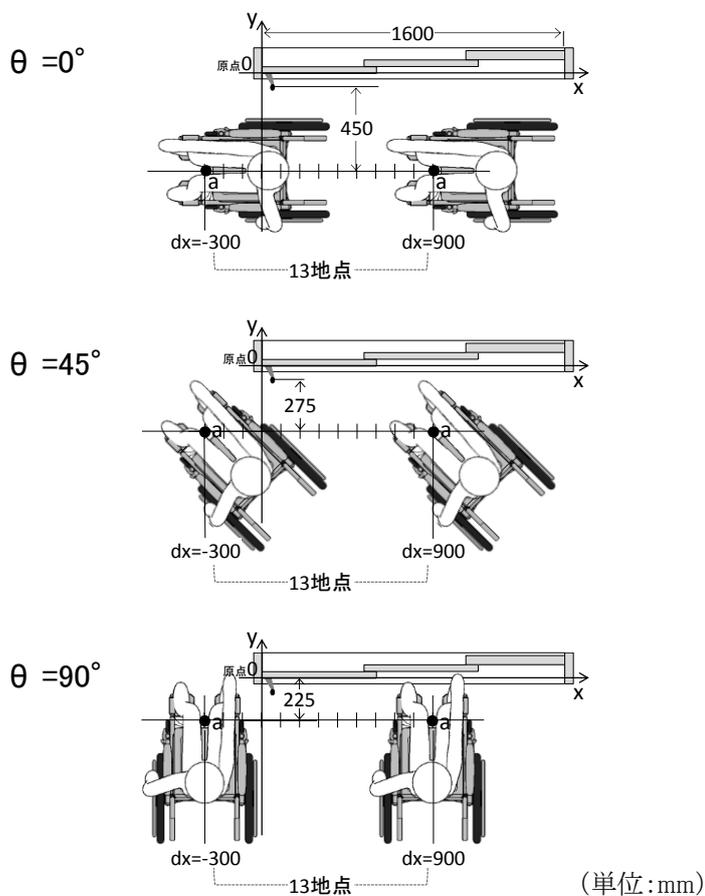


図4-5 車いす位置 dx の事例 (図は縦型バーハンドルの場合)

表4-3 想定幅を開けられた車いす停止位置の地点数 ※想定幅は750mm

被験者	0°				45°				90°							
	縦型バーハンドル	横型バーハンドル	縦型バーハンドルと比べて	縦横引手	縦型バーハンドル	横型バーハンドル	縦型バーハンドルと比べて	縦横引手	縦型バーハンドル	横型バーハンドル	縦型バーハンドルと比べて	縦横引手				
車いす利用者	イ 40代 男性	3	6	+3	8	+5	2	6	+4	7	+5	0	1	+1	3	+3
高齢者	ウ 85歳 男性	0	2	+2	1	+1	0	5	+5	7	+7	0	3	+3	4	+4
高齢者	エ 80歳 女性	2	7	+5	10	+8	1	7	+6	8	+7	0	6	+6	6	+6
高齢者	オ 75歳 女性	0	2	+2	3	+3	0	4	+4	6	+6	0	3	+3	3	+3
成人	カ 40代 女性	0	7	+7	8	+8	0	5	+5	8	+8	0	3	+3	4	+4
成人	キ 40代 女性	2	7	+5	9	+7	1	5	+4	7	+6	0	3	+3	4	+4
成人	ク 30代 女性	2	7	+5	9	+7	0	5	+5	8	+8	0	4	+4	4	+4
成人	ケ 20代 女性	3	9	+6	10	+7	0	6	+6	7	+7	0	4	+4	4	+4
成人	コ 20代 女性	2	6	+4	8	+6	1	5	+4	7	+6	0	4	+4	5	+5
	平均値	1.6	5.9	+4.3	7.3	+5.8	0.6	5.3	+4.8	7.2	+6.7	0	3.4	+3.4	4.1	+4.1
	標準偏差	1.17	2.23	1.63	2.98	2.25	0.68	0.82	0.79	0.63	0.94	0	1.26	1.26	0.87	0.87

4.7 縦棧引手の操作高さの分析

図4-6に、縦棧引手の操作高さ、すなわち被験者が引戸を開く際に手指をかけた高さを示す。図の上段は手をかけた実際の高さ、下段は手をかけた実際の高さに基づき車いすに座った被験者の肩の高さに対する比率を求めたものである。前者は被験者が想定幅を開けられた実験条件を対象に、記録動画から手指をかけた高さを25mm単位で算出、表記した。なお、ここでは開け始めに手を掛けた位置（図中に開け始めと表記）と、開き動作中に手指を掛け替えたり、繰り送った位置（図中に持ち替えと表記）とで区別して表記している。

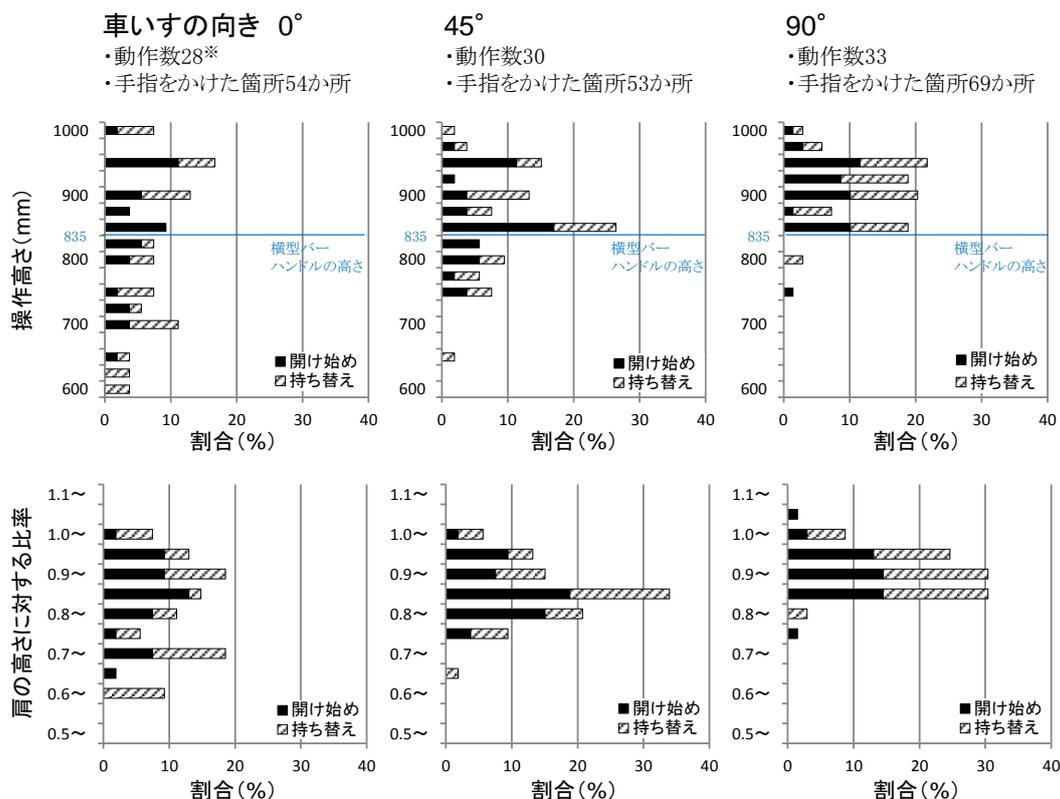
結果として、90°、45°、0°の順に、操作高さの分布の幅が広がる傾向が見られた。以下、それぞれの角度について考察する。

90°では850-950mmの位置に全体の85%以上が集中し、開け始めと手指掛け替え後の高さの違いはあまり見られない。肩の高さに対する比率では0.85-1に全体の90%以上が集中している。これは、90°の設定ではもともと把手が遠いため、腕の長さを最大限に使えるように、被験者が肩の高さ付近で、腕を床と水平に近い状態で伸ばしているためである。

45°では750-950mmの範囲で全体の90%以上を占めており、90°よりやや範囲が広がる傾向が見られた。ただし、開け始めと手指掛け替え後の高さの違いは大きく見られない。肩の高さに対する比率では0.85-0.9が30%以上と最も多く、0.75-1の範囲で分布している。45°は、90°に比べると把手が手の届きやすい範囲にあるため、被験者自身が届きやすい快適な範囲で腕を伸ばしているためであると考えられる。

0°では700-950mmの範囲に多く分布しているものの、45°や90°では見られなかった600mm台の高さでの操作も一定数確認された。この高さは、手指を掛け替えた後に触られていることが多く、腕が身体の側方から後方にかけて移動する際に、手が掛けられていることが実験時の動画像から確認できた（写真4-4）。肩の高さに対する比率で見ても、開き動作途中での持ち替えで0.6-0.7の高さが多い結果になっている。身体のすぐ側方で把手を動かす際には把手が身体にかなり近くなるため、肘を曲げる必要が出てくる。この際に被験者からは、「肘をぎゅっと曲げないといけなくて窮屈」という意見も聞かれるなど、把手が身体に近すぎることも動作の困難さにつながることから、肘を曲げる動作を緩和できる低い位置を操作していると言える。

以上のことから、高さ方向に操作可能範囲が長い縦棧引手は、操作位置の許容範囲を広げ、身体負荷の軽減などにつながる一定の効果があることが示された。



※ 「動作数」とは、実験において被験者が想定幅を開けることができた延べの回数である。
 「手指をかけた箇所」とは、想定幅を開けることができた開き動作時に、手指が触れた把手の箇所の延べの数である。

図4-6 縦棧引手の操作高さ

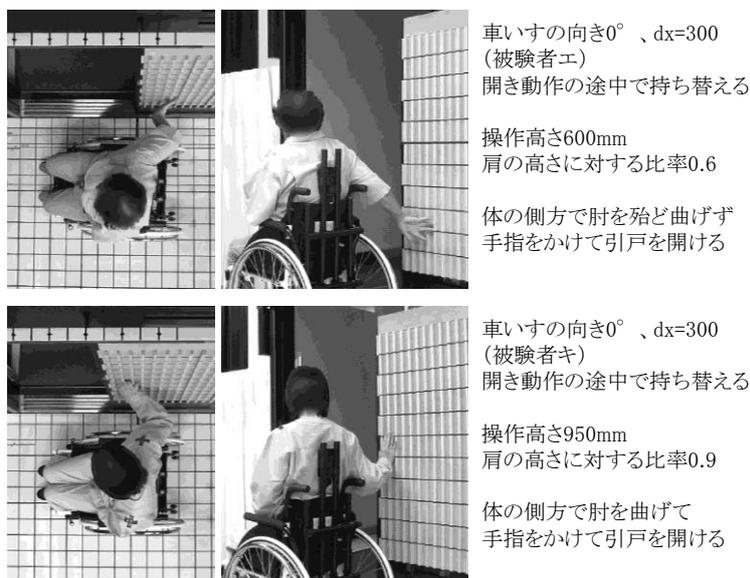


写真4-4 縦棧引手の操作高さ 車いすの向き0°の事例

4.8 本章のまとめ

本章では、操作範囲を戸尻方向に広げた横型バーハンドル、縦棧引手を設定し、車いすの通過に必要な幅まで引戸を開けられるかを検証する実験を行った。その結果、車いす利用者が体幹を動かさずに把手に手が届く範囲が広がり、縦型バーハンドルで通過に必要な幅を開くことが困難だった車いすの停止位置においても、横型バーハンドルと縦棧引手では開くことが可能となり、車いすの停止位置の許容範囲が広がることを明らかにした。さらに、縦棧引手は高さ方向の操作範囲が広く、腕の可動範囲が比較的狭い高齢者に対してより楽な開き動作を許容していることを示した。

以上のように本章での実験を通して、把手形状の違いによる効果を定量的に示すことができたが、この結果はあくまでも限られた人体寸法の被験者、限られたサイズの車いすを対象とした範囲にとどまっているとも言える。車いす利用者が安全にかつ身体負荷が少なく開閉できる引戸を開発するにあたっては、様々な体格の人や車いすのサイズ、引戸の把手形状、取付位置についても開き動作の可否を把握できることが望ましく、そのための方法として開き動作のモデル化による開き可否範囲のシミュレーション手法の可能性について、次章で検討を進める。

第5章
車いす利用者の引戸の開き可否の
予測モデルの開発

5.1 本章の目的

第4章では、車いす利用者が車いすからの転落の危険がないよう、体幹を前傾など動かさずに手が届く引戸の把手として、操作範囲を戸尻側に広げた把手を設定し、車いすの通過に必要な幅まで引戸を開けられるかを検証し、その効果を確認した。しかしながら、第4章では、一部の条件での確認にとどまっている。

そこで、本章では、多様な体格の人、車いすのサイズ、把手形状などに個別に対応可能な、引戸を必要な幅まで開けることができるかどうかについて、事前に系統的に予測できるようにするため、車いす利用者が引戸を開閉する動作で把手に手が届くかどうかに着目して、必要な幅まで開けることができるかどうかを予測するモデルを開発することを目的とする。

この予測モデルの意義としては、車いす利用者の体格（人体寸法）や使用する車いすの寸法など個人による違いに対応した上で、特定の空間において引戸を開閉できる、もしくは、開閉できない車いすの停止範囲を把手の形状や取付位置別に示すことができるようになり、製品の開発段階でシミュレーションが可能になる事や、お客様への個人住宅の提案などの際に使える可能性を見込んでおり、車いす利用者が自立して生活できる範囲を広げるためのツールとして活用されることが期待される。

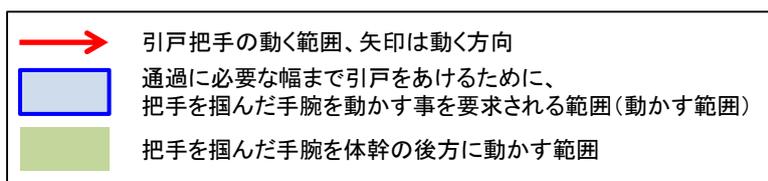
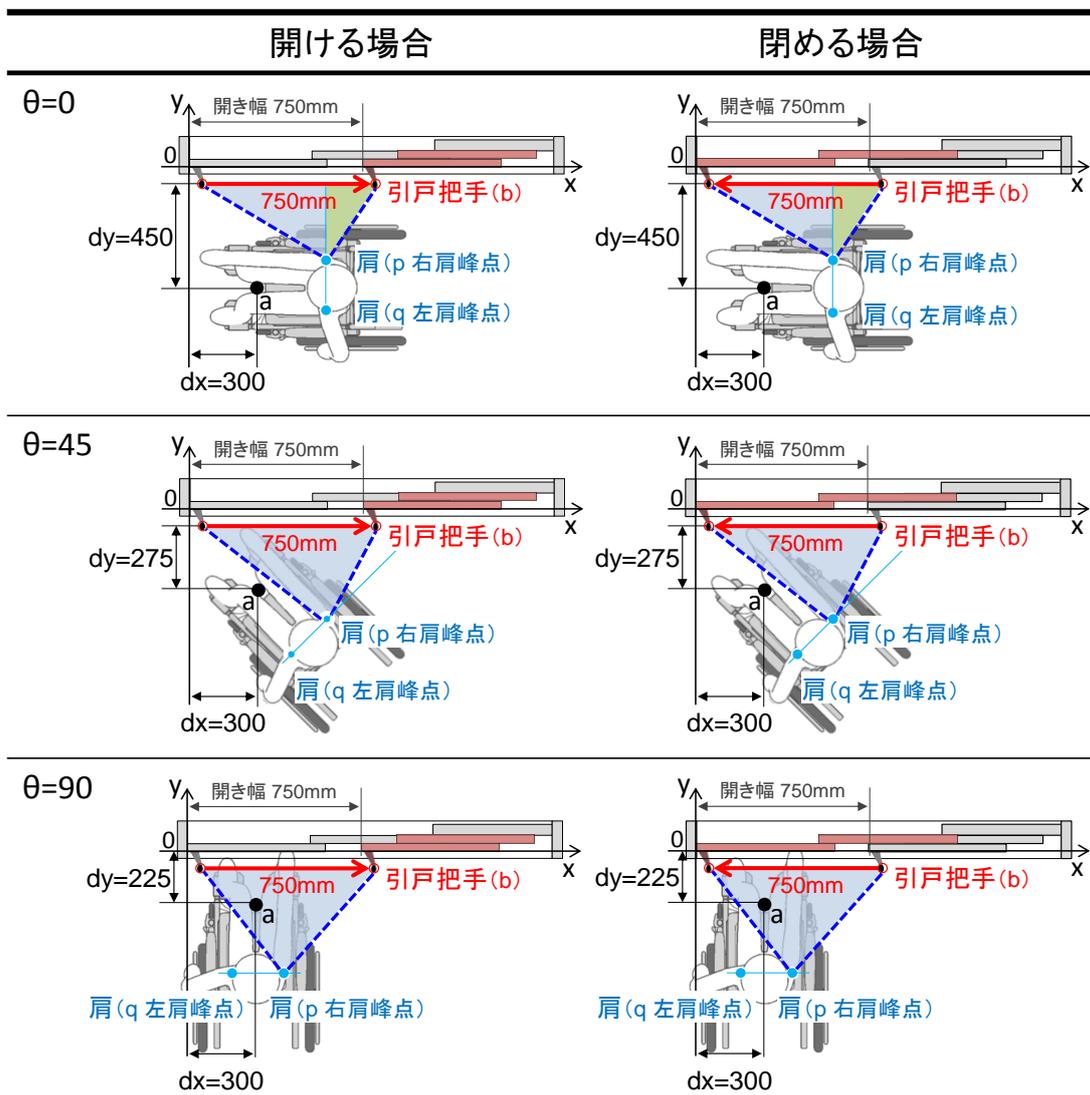
5.2 車いす利用者の引戸の開き可否の予測モデルの概要

モデルでは、「引戸の把手を掴んで開閉する」部分に着目する。先述(5.1)の通り、モデルは車いす利用者の引戸を開ける動作で把手に手が届くかどうかに着目して、必要な幅まで開けることができるかどうかを予測するものであり、具体的には車いす利用者の肩(人体)と引戸把手の距離と、引戸を開閉する際の腕の長さの大小関係に着目するものである。

通過するために十分な幅を開閉する場合に、引戸の把手を掴んだ手腕を動かす範囲(動かすことを要求される範囲)を図5-1に示す。図5-1より、引戸を開ける場合と閉める場合とでは、把手を掴んだ手腕を動かす方向は逆になるものの、把手を掴んだ手腕を動かす範囲(動かすことを要求される範囲)は同じであること、また、開ける場合に腕を体幹の後方に動かすことを要求される場合には、閉める場合も同様に腕を体幹の後方に動かす事を要求されることがわかる。

以上のことから、引戸を開ける場合と閉める場合の車いす利用者の肩(人体)と引戸把手の距離の関係は同じであり、よって以降は引戸を開ける場合の「引戸の把手を掴む→引戸を車いすが通過できる幅まで開ける」ことを取り上げて進めていくこととする。

車いす利用者が「把手を掴み、引戸を開ける」ためには、把手に手が届くか、引戸を動かす力を発揮できるか、車いすが開扉時の反力により動かないかという点などについて考慮する必要があるが、ここでは把手に手が届くかという点に焦点を当てる。その理由としては、引戸を開ける際に力を発揮するためにはまず把手に手が届いている必要があることと、車いす利用者が引戸を通過に必要な幅まで開ける際に把手形状や車いすの停止位置によっては、自然な動作で動かす以上に体幹を前傾など動かす必要があり不安定な状況になる可能性があること(第2章、第3章)、戸尻側に操作部を広げた把手形状の場合に体幹を動かさずに通過に必要な幅を開けられる車いすの停止位置の範囲が広がること(第4章)などを確認していることから、まずは把手の形状や取付位置により、引戸の開き動作の可否にどのような影響を及ぼすか、具体的な寸法を伴って製品の開発・設計段階で把握できるようにしたいと考えるためである。一方、引戸を開けるための力については、車いす利用者の障害の程度など人により異なることが想定され、それを系統的に明らかにすることも大切な課題であるが、規格や基準(JIS、ADAAGなど)で定めがあることや、人が発揮可能な力を十分に発揮するためには無理のない姿勢で把手を掴む必要があると考えられることから、戸を開けるために把手を操作する際に、把手に届くかどうか、また、どのような姿勢が要求されるのかを明らかにすることから取り組んでいく。



※ 図は縦型バーハンドルの事例で示している。
 ※ 開け始め、閉め始めの扉・把手位置は灰色、開け終わり、閉め終わりの扉位置は赤色で示している。



図5-1 通過するために十分な幅を開閉する場合、引戸の把手を握んだ手腕を動かす範囲（動かすことを要求される範囲）

引戸の把手に手が届くか否かは、把手の形状や車いすの大きさといった環境側の要因に加え、車いす利用者の人体寸法（体格）や身体の可動域（障害程度）といった人間側の要因、さらに引戸に対する車いすの停止位置が影響し、これらの組み合わせにより変化する（表5-1）。本予測モデルは、これらの要因を包含した上で、把手に手が届き、引戸を開けることができるかについて具体的な寸法に基づいて評価できるものとする。

表5-1 車いす利用者の引戸開閉における要因、予測モデルで考慮する要因

人間・環境系	要因(変数)	日常生活における可変性		備考
		可変	一定	
環境側要因	把手の形状	-	○	変更には把手の交換が必要
	車いすの大きさ	-	○	変更には車いすの交換が必要
物理的環境に対する人の対処	車いすの停止位置	○	-	車いす利用者が任意に操作可能
人間側要因	人体寸法	-	○	(短期的には)一定
	身体の可動域 (障害程度)	-	○	(短期的には)一定

開発する予測モデルでは、車いす利用者が引戸を開ける際に、引戸の把手に手が届くかどうかに着目する。

図5-2に示すように、引戸を基にした座標系、および、車いす利用者（人）の基準点（a）を設定する。設定した座標系の中で基準点 a を基準に車いすを位置づけ、車いす利用者の肩「肩峰点（p または q）」の位置と引戸の「把手の位置（b）」から両者の距離、すなわち把手操作のために「要求される距離（D）」を算出し、車いす利用者の「有効な腕の長さ（わ）」との大小関係を見る。その大小関係から以下のように判定する。

「要求される距離（D）」 \leq 「有効な腕の長さ（わ）」の場合

→ 把手に手が届くと判定する

「要求される距離（D）」 $>$ 「有効な腕の長さ（わ）」の場合

→ 把手に手が届かないと判定する

原点 O に対する「把手の位置（b）」は引戸を開ける際に使う把手の位置・範囲であり、把手の形状（例えば、縦型バーハンドルや横型バーハンドルなど）や取付位置によって異なる。また、「要求される距離（D）」は引戸に対する車いすの停止位置、車いす利用者の人体寸法、車いすの停止位置に影響する車いすの寸法によって異なるため、これらを変数として取り入れたモデルとする。さらに「要求される距離（D）」は、引戸が開く際の把手の位置（b）の変化に伴い、刻々と変化するため、「引戸の開き幅（ W_x ）」との関係から連続的に算出できるものとし、横方向にスライドして動く扉全般に適用可能なものとする。「引戸の開き幅（ W_x ）」の範囲は、引戸が全閉の状態（ $W_x=0\text{mm}$ ）から、対象とする車いすが通過するために必要な幅までとする。

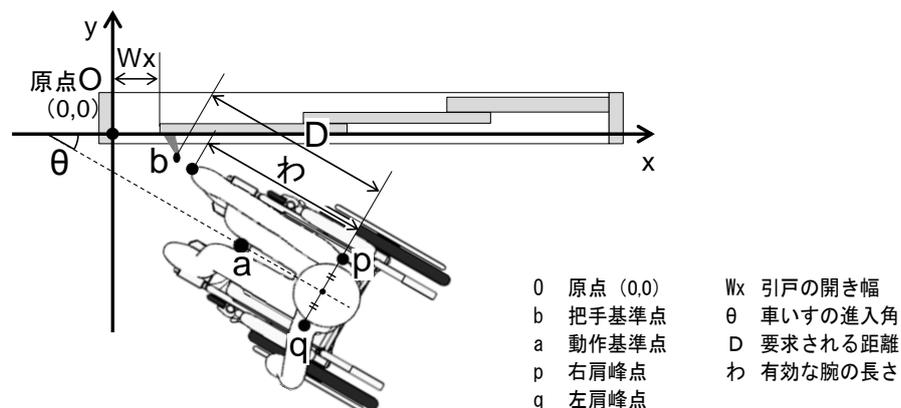


図5-2 予測における座標の考え方、関係図

また、本予測モデルは、以下のような条件設定のもと成立するものとする。

引戸の開閉操作の際の上体の動き：体幹を前傾など動かさない。

第2章で、障害の程度によらず、離れたところにあるものに手を伸ばす際に、体幹を前傾させることが確認され、自然な動作で動かす以上に動かす場合には車いすからの転落の危険性があり、心理的・身体的に負担があることが確認された。本研究では自然な動作での体幹の前傾や上体を動かすことを否定する考えではないが、体幹を前傾など動かす必要がなくできるということは、体幹を前傾させることができる人にとっても、より少ない負担で開閉できることにつながるものとする。

予測で用いる人体寸法：公開されている人体寸法計測値を用いる。

統計的な人体寸法が取得可能であることに配慮し、本研究では、「日本人の人体寸法データブック 2004-2006」¹⁾で公開されている計測値を用いる。対象とする人の性別、年齢、基準とする部位の寸法から、公開されている計測値の何パーセントに該当するかを判定して、その数値を用いる。予測する対象の人の実測値を用いるのが理想であるが、予測モデルを使う現場で、精度を担保して計測・データ取得することは測定の技量や専用機器等が必要となり、容易ではないと考え、公開されている計測値を用いることとした。

一方、公開されているデータを用いるにあたり、以下のような、懸念点もある。

- ・ データ公開からの時間経過、時代変化に伴う体格の変化の可能性^{注1)}。
- ・ 公開されているデータが連続したデータではないため^{注2)}、予測結果に誤差が生じる可能性が考えられる。

本予測モデルは、用いる人体寸法データについて懸念点もあることを予め認識した上で進めていくものである。ただし、近年は人体の3D計測技術なども進化してきており、近い将来には、個人レベルで人体寸法データが簡易に計測可能になる可能性や、より詳細なビッグデータが構築される可能性が十分に考えられる。将来的にそれらの情報・データを用いて、より精度高く予測できるようになるという期待を込めて取り組んでいる。

(注1) 文献1)は公開されており入手可能な人体寸法データの中で計測時期が最新のものであり、データの有効性について事前に検討した上で選択した²⁾。

(注2) 公開されている人体寸法データ¹⁾は、性別・年齢別にパーセンタイル値1,5,10,25,50,75,90,95,99%が公開されている。

5.3 予測モデルの対象とする車いす利用者

第2章で、上肢に障害がある車いす利用者では、縦型バーハンドルの引戸を開閉する際に、把手を握らずに手の甲をかけるなど、把手が本来想定している持ち方とは異なる把手の持ち方が確認された^{注3)}。また、上肢の障害により、手指が動かさない、握力がない、手首や腕を動かせる方向や範囲が限定的であるなど、上肢が健常な車いす利用者とは大きく状況が異なり、障害による腕の可動域は個人により多様であることが聞き取りでも聞かれた。

先述の通り、開発する予測モデルでは、車いす利用者が引戸を開ける際に、引戸の把手に手が届くかどうかに着目し、車いす利用者の肩峰点 (p,q) と把手 (b) の距離と引戸を開ける腕の長さの大小関係に着目するものである (図5-2)。上肢に障害がある車いす利用者の場合は、特に障害による腕の可動域は個人により多様であり、予測が困難であることから、予測モデルの適用範囲から除き、予測モデルの対象は「自力で車いすを漕ぐことができる、上肢が健常な車いす利用者」とすることとした。

上肢が健常な人の場合でも加齢に伴い肩関節が動かしにくくなり、腕が上がりにくい、体幹より後方に腕を動かしにくいなど比較的、一般的かつ単純な腕の可動域については予測することが可能であるため、予測モデルに組み込むこととする

上肢に障害がある車いす利用者については、予測モデルの対象とする車いす利用者ではないが、引戸を必要な幅開けられる範囲の目安 (肩～引戸把手の距離と引戸を開ける際の腕の長さの大小関係) は出せるものにする。

(注3) 頸髄損傷により上肢に障害がある車いす利用者の引戸の開閉動作において、引戸のハンドルに手の甲をかけて引き開ける、肘をあてて引き開けるなど、同様の行動が確認されている³⁾。

5.4 予測モデルの算出方法

以下、具体的に予測モデル構築のための算出方法を説明する。

5.4.1 座標系の設定、および、引戸把手の座標

図5-3に示すように、引戸を基に、全閉（開き幅 $W_x=0\text{mm}$ ）の時の引戸枠と戸の戸先表面の接点を原点 O とした座標系を設定する^{注4)}。

引戸の把手については、開閉時に車いす利用者の手が届くかどうかを判定するため基準の点となる（以下、把手基準点 b と呼ぶ）。把手基準点 b は、対象とする把手の想定された掴み方や手のかけ方に基づき設定することとする^{注5)}。また、把手基準点 b は、引戸が開く、または、閉まるに伴い変化する。一般に把手は引戸面から出っ張って取り付けられているものが多く、図5-3右図（把手部分）に示すように把手の x 方向、 y 方向の出幅をそれぞれ Δx 、 Δy とし、開き幅を W_x とすると、開き幅 W_x の時の把手基準点 b の座標 b_{w_x} は式 (1) のように表せる^{注6)}。

$$b_{w_x} (\Delta x + W_x, -\Delta y) \quad 0 \leq W_x \leq \text{引戸の有効開口幅} \quad (1)$$

(注4) 引戸には左勝手（向かって左側に把手がある）、右勝手（向かって右側に把手がある）の2通りの開き方がある。本章では、左勝手に話を進めている。引戸の左右勝手の違いは設定した xy 座標の y 軸に対して幾何学的に対称であるので、算出可能である。本章で示す図では全て3枚連動引戸の例により示しているが、本予測モデルにおいては、引戸であれば、2枚引戸でも3枚引戸でも同様に計算可能である。

(注5) 把手基準点 b は、対象とする把手の想定された掴み方や手のかけ方が「握る」場合は握り軸の中心、「指先をかける」場合は指先が到達する手がけ形状の底部・奥部とする。

(注6) 引戸の把手形状としては、前面に出っ張っているもの（凸型）や、窪んでいるもの（凹型）がある。図5-2では出っ張っている形状を記述しているが、把手に出っ張り・窪みの違いは、設定した座標系の y 軸の+、-の違いで捉えることができるため、予測モデルで幾何学的に対応、算出可能である。

5.4.2 車いす利用者の基準点

車いす利用者の腕の運動の基点となるのは支点の足部になると考え、車いすの寸法が異なっても違いが生じにくいことに着目し、座位の膝窩（膝の裏）を動作基準点 a とし、車いすの位置を変化させる際の基準点とした（図5-4）。

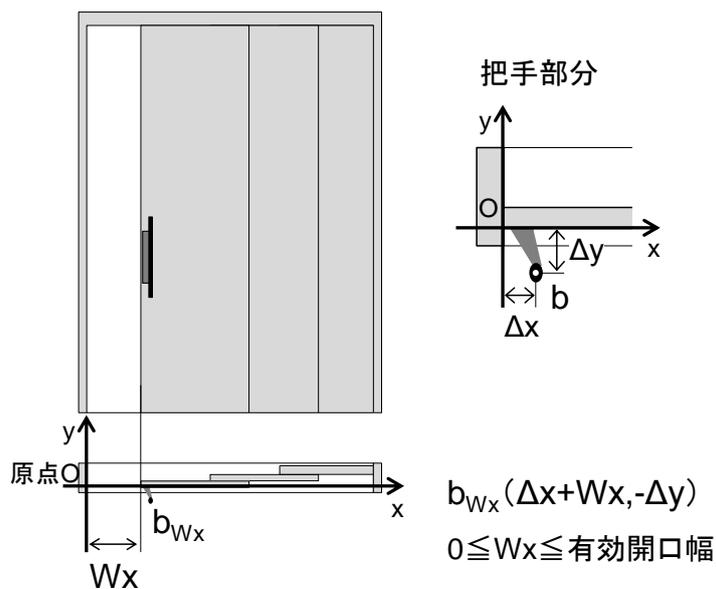


図5-3 座標系の設定、把手基準点 b

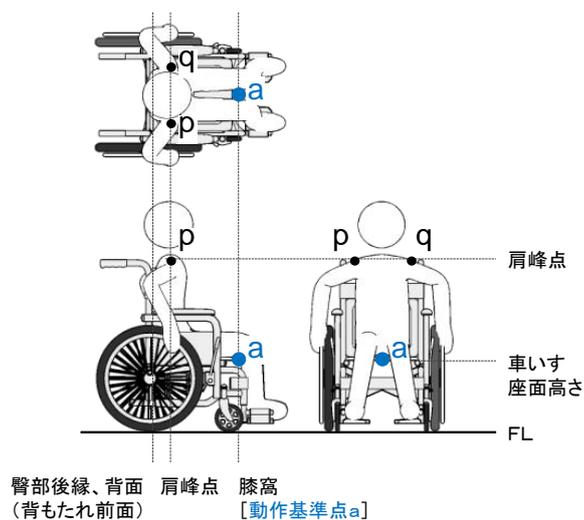


図5-4 車いす利用者の基準点 動作基準点 a

5.4.3 車いすの停止位置

設定した座標系の中で、動作基準点 a を基準にして車いすを位置づける。

引戸の把手操作に要求される距離 D は、引戸に対する車いすの停止位置によって異なる。車いすの停止位置は、引戸からの距離と車いすの向きで表すことができる。引戸からの距離については、図5-2の座標系における、動作基準点 a の x 軸（水平方向）、 y 軸（鉛直方向）に対する位置で求めることができる。

引戸に対する車いすの向きについては、図5-2に示すように車いす利用者の頭部（左右肩峰点を結んだ線分 pq の中点）と動作基準点 a を結ぶ直線と、 x 軸の+側方向とのなす角を、車いすの進入角 θ とすると、 θ は $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ の範囲で図5-5のように示すことができる。

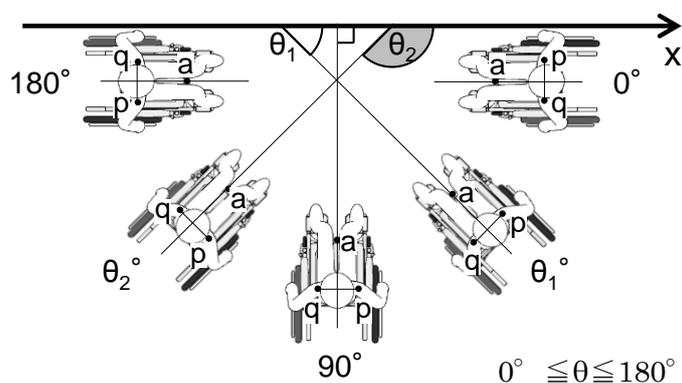


図5-5 車いすの進入角度 θ
(引戸に対する車いすの向き)

5.4.4 車いす利用者の肩峰点（肩）

車いす利用者の「肩峰点 (p,q)」の位置、および把手操作に「有効な腕の長さ (わ)」の算出には、統計的な人体寸法が一般に公開されている「日本人の人体寸法データブック 2004・2006」¹⁾の数値を用いる。使用した部位を図5-6に示す。

以上より、車いす利用者が引戸を開ける場合の関係は図5-7のように示せ、車いす利用者の肩峰点 p,q は式 (2) ~ (8) のように算出できる^{注7)}。

$$\text{動作基準点 } a \text{ (} dx, -\Delta y - dy \text{)} \quad (2)$$

$$\text{や} = \text{寸法い} - \text{寸法あ} \quad (3)$$

$$\phi = \text{寸法え} \quad (4)$$

右肩峰点 p (x_p, y_p)

$$x_p = dx + \frac{\phi}{2} \sin \theta + \text{や} \cos \theta \quad (5)$$

$$y_p = -\Delta y - dy + \frac{\phi}{2} \cos \theta - \text{や} \sin \theta \quad (6)$$

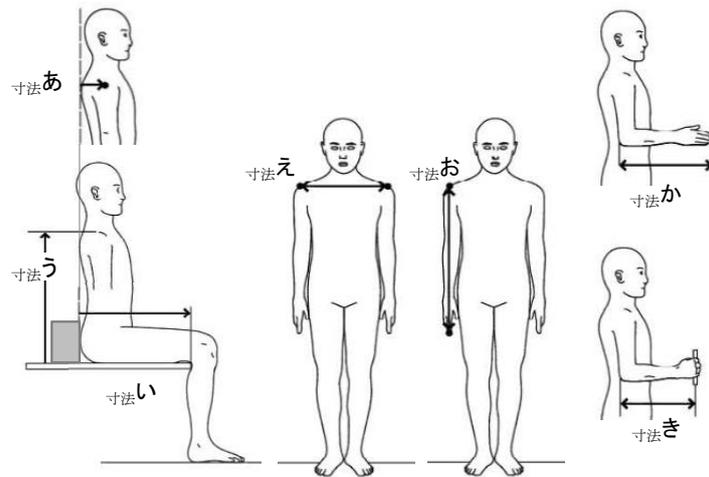
左肩峰点 q (x_q, y_q)

$$x_q = dx - \frac{\phi}{2} \sin \theta + \text{や} \cos \theta \quad (7)$$

$$y_q = -\Delta y - dy - \frac{\phi}{2} \cos \theta - \text{や} \sin \theta \quad (8)$$

θ はいずれも $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$

(注7) 車いす利用者の肩の座標・関係式を求める際には、シート角 0° (床面 FL と平行な座面) で座面と背もたれが直角な車いすに深く腰掛け (座面に対して偏ることなく、中心に座っている)、背もたれにもたれている状態を想定して算出している。ただし、シート角がついている場合や、座面に対して座る姿勢が偏っている場合なども、計算や実測により対応可能である。



寸法	部位	計測定義	文献 [※] での項目番号
あ	背面・肩峰距離	後面を密着した鉛直な壁面から肩峰点までの水平直線距離	[67]
い	座位臀・膝窩距離	座位姿勢における、臀部後縁から座面前縁までの水平直線距離	[184]
う	座位肩峰高	座位姿勢における、水平な座面から肩峰点までの鉛直距離	[172]
え	肩峰幅	左右の肩峰点間の直線距離	[81]
お	上肢長	肩峰点から指尖点までの直線距離	[59]
か	前腕手長	手掌を内側に向け前腕が水平になるよう肘を直角に曲げたときの、肘頭後縁から指尖点までの水平直線距離	[63]
き	肘頭後縁・握り軸距離	手掌を内側に向け前腕が水平になるよう肘を直角に曲げたときの、肘頭後縁からこぶしの握り軸中心点までの水平直線距離	[64]

※文献1) より引用

図5-6 予測モデルで使用した人体寸法の部位

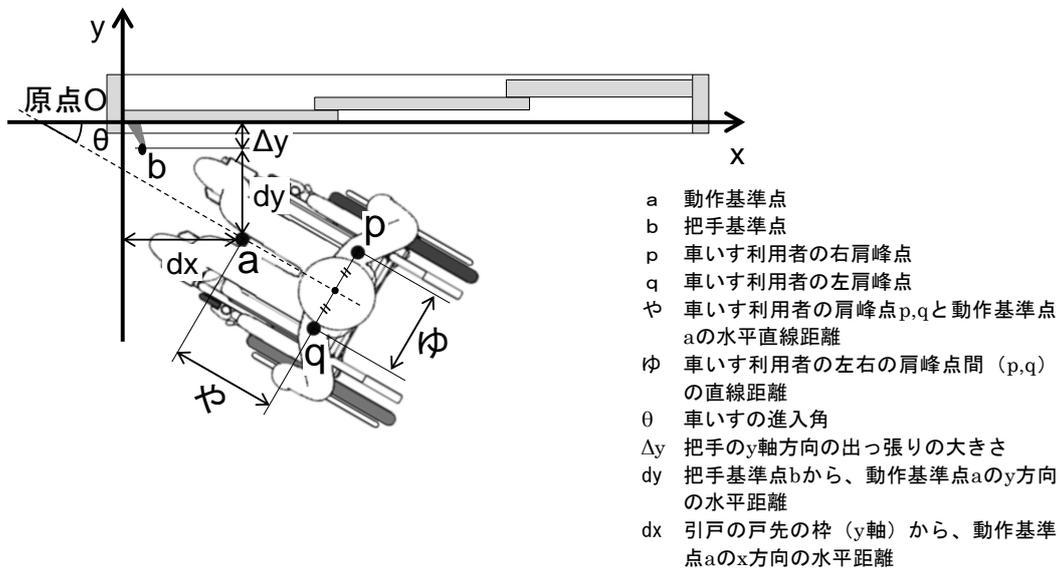


図5-7 車いす利用者の肩 (肩峰点 pq) 座標関係図

5.4.5 車いす利用者の腕の長さ

把手を掴んで操作する際に「有効な腕の長さ（わ）」は、車いす利用者の「肩峰点（p,q）」を基点として、写真5-1に示すように、対象とする把手の想定された持ち方により、把手を握る場合と、手指をかける場合を考慮して算出する。把手を握る場合は、車いす利用者の「肩峰点（p,q）」から把手を握った状態の「把手基準点 b（握り軸の中心）」を「有効な腕の長さ わ_g」とする。手指をかける場合は指先を把手にかけることを想定し、把手に指先を接触させた状態の、肩峰点から指先（指尖点）までの長さを「有効な腕の長さ わ_f」とする。それぞれ以下のように算出する。

把手操作に有効な腕の長さ わ

$$\text{握る場合} \quad \text{わ}_g = \text{寸法お} - (\text{寸法か} - \text{寸法き}) \quad (9)$$

$$\text{指先をかける場合} \quad \text{わ}_f = \text{寸法お} \quad (10)$$

図5-2の座標系における「有効な腕の長さ わ」は、把手のどの高さに手をかけるかにより異なる。ここでは、「有効な腕の長さ わ」は、原則、車いす利用者は腕を水平に伸ばすものと仮定し、最長の腕の長さで算出するものとした。ただし、把手形状や取付高さにより、腕を水平に伸ばして把手に手をかけられない場合は、把手の中で肩峰点（p または q）から最も近い位置に手をかけることとして算出するものとした^{注8)}。



写真5-1 把手への手のかけ方の事例

（注8）「有効な腕の長さ わ」の算出にあたり、車いすに関連する寸法（座面高さなど）が必要な場合は実測にて対応する。

5.4.6 把手に手が届くかの判定

以上より、車いす利用者の「肩峰点 (p,q)」と「把手基準点 (b)」間の距離を「要求される距離 (D)」として求めることができる。この寸法を「有効な腕の長さ (w)」と比較し、その大小関係から把手に手が届くか否かを判定する。以下の場合、把手に手が届くと判定できる。

$$\text{「要求される距離 (D)」} \leq \text{「有効な腕の長さ (w)」} \quad (11)$$

なお、「要求される距離 (D)」は把手を操作する手、つまり引戸を開ける手が右手の場合は $D=|pb|$ 、左手の場合は $D=|qb|$ である。

5.4.7 上肢の動作範囲

第3章および第4章より、引戸に対する車いすの向きによっては、腕を体幹より後方に動かす必要があること、および、腕を後方に動かすことが困難な人が一定数いることが明らかとなっている。そこで、本予測モデルでは、上肢の動作範囲についても検証できるものを組み込んだ（図5-8）。

この検討にあたっては、原則、引戸に近い側の手で引戸を開けると想定し、左右のうちで引戸を開ける手の側の「肩峰点(p または q)」の x 座標と「把手基準点(b)」の x 座標の大小関係と、左右肩峰点を結んだ線分 pq (体幹の向き) の傾きと引戸を開閉する手の側の「肩峰点(p または q)」と「把手基準点(b)」を結んだ線分 pb (または線分 qb) の傾きの関係で幾何学的に検討し、以下の場合に腕が体幹より後方にいくと判断した。

- ・ $\theta = 0^\circ$ の場合 (引戸を右手で開ける)

把手基準点 b の x 座標 > 右肩峰点 p の x 座標

- ・ $0^\circ < \theta < 90^\circ$ の場合 (引戸を右手で開ける)

把手基準点 b の x 座標 > 右肩峰点 p の x 座標 \wedge 線分 pq の傾き > 線分 pb の傾き

- ・ $\theta = 90^\circ$ の場合 (引戸を右手、または、左手で開ける)

腕が体幹より後方にいくことは生じない

- ・ $90^\circ < \theta < 180^\circ$ の場合 (引戸を左手で開ける)

把手基準点 b の x 座標 < 左肩峰点 q の x 座標 \wedge 線分 pq の傾き < 線分 qb の傾き

- ・ $\theta = 180^\circ$ の場合 (引戸を左手で開ける)

把手基準点 b の x 座標 < 左肩峰点 q の x 座標

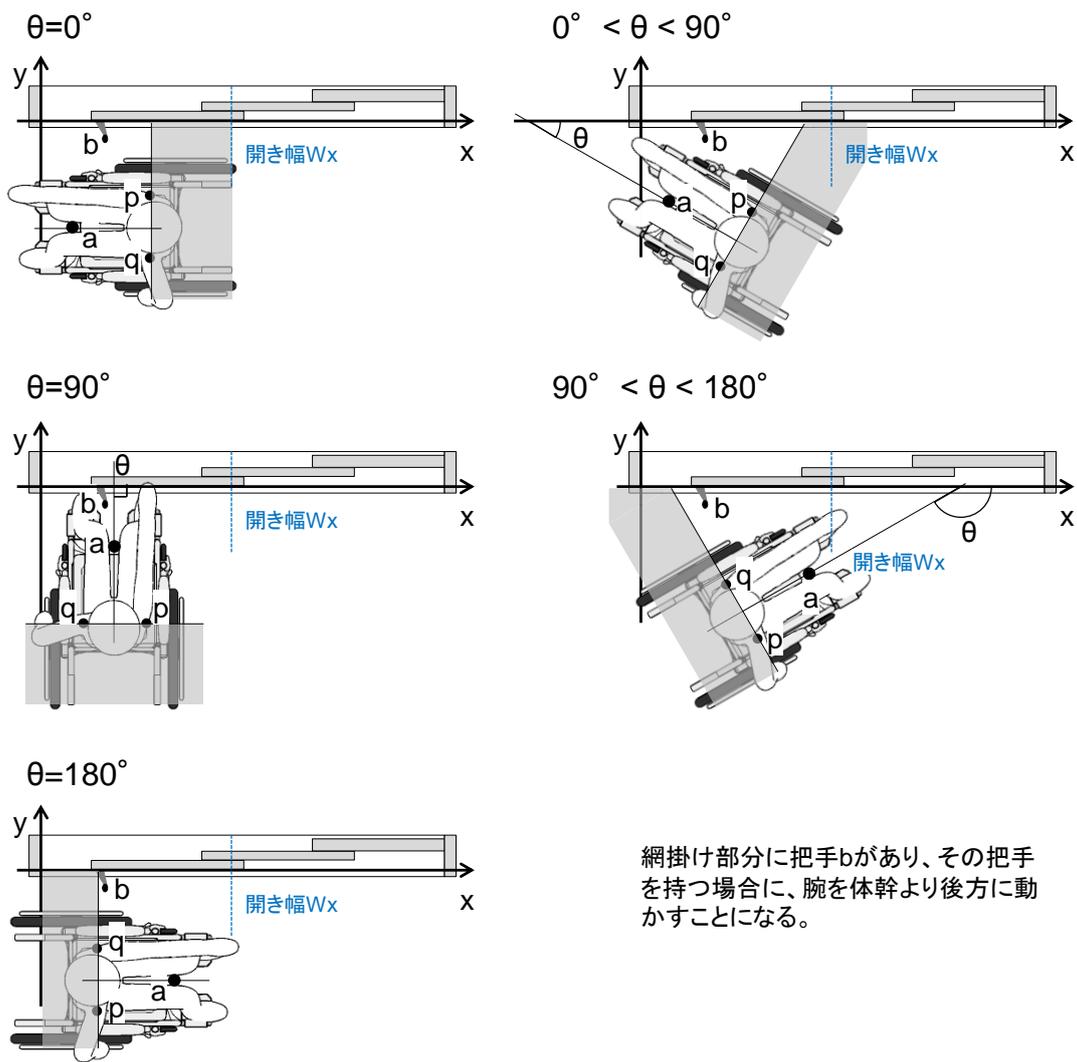


図5-8 車いす利用者が腕を体幹より後方に動かす状況

5.4.8 個別で用いる人体寸法

予測で使用する人体寸法については、対象とする人の性別、年齢ごとに公開されている、人体寸法のパーセンタイル値を用いる^{注9)}。

以下の手順で、個別で用いる人体寸法（パーセンタイル値）を判定し、予測で用いる寸法の値を算出する。

手順

- 1 性別：男性か、女性かを確認する。
- 2 年齢：年齢から該当する年齢区分を確認する^{注10)}。
- 3 人体寸法のパーセンタイル値：基準とする部位（以下、基準部位）の実測寸法から、公開されている人体寸法データ¹⁾の該当するパーセンタイル、用いるパーセンタイル値を判定する。

基準部位は以下の部位Ⅰ，Ⅱのいずれかとし、原則、部位Ⅰ，Ⅱの順で計測可能な部位を対象とする。基準部位とその計測定義を図5-9に示す^{注11)}。

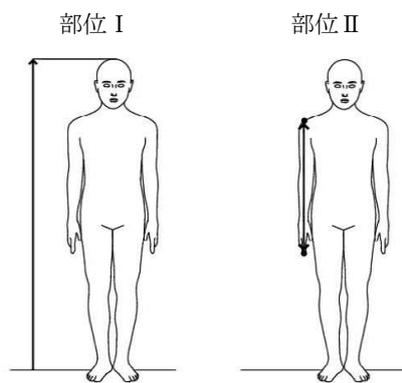
- ・ 部位Ⅰ 身長
- ・ 部位Ⅱ 上肢長

基準部位の実測値と公開されているパーセンタイル値が一致する場合は、一致したパーセンタイル値を用いることとする。基準部位の実測値と公開されているパーセンタイル値が一致しない場合は、安全側で予測、判定をするために、実測値に最も近い、かつ、小さい側のパーセンタイル値を用いることとする。

（注9）公開された人体寸法データを用いる理由は、5.2で述べたように、本予測モデルで用いる人体寸法を精度を担保して実測することが技量が必要とされ、容易ではないことによる。

（注10）用いる人体寸法データ¹⁾の対象年齢は20歳から79歳である。対象とする人が文献の対象年齢外の場合は、最も近い区分のデータを参照することとする。例えば、対象が85歳の人の場合は、75-79歳の公開データを参照する。20歳未満の特に子供については別途データを検討する。

（注11）基準部位Ⅰ,Ⅱを選定した理由は、予測モデルで用いる人体寸法の多くが部位Ⅰと関連があったためである。更に、対象とする上肢が健常な車いす利用者での測定を考慮して、部位Ⅰと関連がある部位Ⅱを選定した。計測のしやすさも考慮して選定している。



	部位	計測定義	項目番号
I	身長 (文部省式身長)	床面から頭部最高点までの鉛直距離	[1]
II	上肢長	肩峰点から指尖点までの直線距離	[59]

図5-9 基準部位 (文献1より引用)

5.5 実験による予測モデルの検証

5.5.1 人・引戸把手を変化させた場合の予測モデルの検証

以上で述べた予測モデルを用い、まずは、車いす利用者の体格（人体寸法）と引戸把手を変化させた場合について、引戸の把手に手が届いて、開けられるかを予測し、その結果の整合性を確認する。

具体には、第4章の実験と同様の条件で、実験に参加した被験者を対象に、引戸の把手に手が届いて、通過に必要な幅を開けられるかを個別に予測し、その結果（予測結果）を実験結果と照らし合わせて整合、一致するかを確認する。

①予測条件

予測条件の引戸把手、車いす、車いすの向き・停止位置（dy）は第4章の実験条件と同様とした（図4-1，写真4-1，表4-1）。

本予測モデルは上肢が健常な車いす利用者を対象とすることから、予測モデルの検証で対象とするのは第4章の実験の上肢が健常な被験者8名（表4-2のウ～コ）である。

対象の8名に用いる人体寸法の判定結果を表5-2に示す。基準部位Ⅰ，Ⅱの計測結果から公開されている人体寸法データ¹⁾の該当するパーセンタイル、用いるパーセンタイル値を判定したところ、被験者によっては基準部位ⅠとⅡで差が見られた。差が見られた被験者については、判定した2つのパーセンタイル値を用いて予測を行い、個別で用いる人体寸法の算出・判定方法が妥当かどうかを確認する。

表5-2 予測で用いる人体寸法の判定結果
個別のパーセンタイル、およびパーセンタイル値
(第4章の実験の被験者ウ~コ)

被験者		ウ	エ	オ	カ	キ	ク	ケ	コ
		男性	女性	女性	女性	女性	女性	女性	女性
	年齢	85	80	75	40代	40代	30代	20代	20代
部位 I		1540	1450	1420	1570	1600	1520	1580	1530
身長 (mm)	人体寸法データ との照し合せ	75-79歳 5% 1531	75-79歳 10% 1423.5	70-79歳 5% 1410.9	40-49歳 25% 1544.3	40-49歳 50% 1578	30-39歳 5% 1509.4	20-29歳 25% 1556.3	20-29歳 10% 1525
	実測値	10% 1548.4	25% 1455.8	10% 1430.7	50% 1578	75% 1612.8	10% 1525	50% 1591	25% 1556.3
部位 II		655	635	625	638	647	641	663	655
上肢長 (mm)	人体寸法データ との照し合せ	75-79歳 1% 644.9	75-79歳 25% 626	70-79歳 10% 615	40-49歳 10% 631	40-49歳 10% 631	30-39歳 10% 637	20-29歳 25% 656	20-29歳 10% 641
	実測値	5% 661	50% 640	25% 628	25% 645.3	25% 645.3	25% 652	50% 674	25% 656

I 身長に 基づく 判定	用いる寸法 の判定	性別	男性	女性						
		年齢	75-79歳	75-79歳	70-79歳	40-49歳	40-49歳	30-39歳	20-29歳	20-29歳
		パーセンタイル	5%	10%	5%	25%	50%	5%	25%	10%
	用いる寸法 (mm)※	寸法 あ	70	80	75	78	87	63	75	66
		寸法 い	413	403	395.6	435	450	421	438	425
		寸法 う	507.6	465.8	456.5	530	548	508	536	521
		寸法 え	354.4	329	324.8	349	359	337	349	341
		寸法 お	661	614.3	608.9	645.3	665	626.8	656	641
		寸法 か	406	376	374	396	407	385.4	403	394
		寸法 き	302	279.2	275	294	304	284	301	293

II 上肢長に 基づく 判定	用いる寸法 の判定	性別	男性	女性	女性	女性	女性	女性	女性	
		年齢	75-79歳	75-79歳	70-79歳	40-49歳	40-49歳	30-39歳	20-29歳	20-29歳
		パーセンタイル	1%	25%	10%	10%	10%	10%	25%	10%
	用いる寸法 (mm)※	寸法 あ	59.8	90	80	70	70	67	部位 I と 一致	部位 I と 一致
		寸法 い	397	415	402	424	424	427		
		寸法 う	493.5	478	468	513	513	518		
		寸法 え	335.9	337	329	341	341	340		
		寸法 お	644.9	626	615	631	631	637		
		寸法 か	399	388	377.6	385.5	385.5	391		
		寸法 き	294.7	286	280	285	285	290		

※用いる寸法は判定したパーセンタイルによる、パーセンタイル値で、文献 1)より転記している。

※用いる寸法の寸法あ~きは、図5-6に示す通りである。

②予測結果

表5-3に予測結果を示す。以下の被験者3名分の基準部位I（身長）に基づく予測結果である。

- ・被験者ク 30代女性（予測条件の人体寸法）女性、30-39歳、5%タイル
- ・被験者カ 40代女性（予測条件の人体寸法）女性、40-49歳、25%タイル
- ・被験者ウ 85歳男性（予測条件の人体寸法）男性、75-79歳、5%タイル

ここで、予測結果をより分かりやすく表現するため、引戸を開けることができる幅に基づき、以下の基準により評価することとした。

評価

- ：車いすが通過するために十分な開き幅（車いす全幅+200mm）以上開けられる。
※アクティブ車いすの場合 750mm（=車いす全幅 550mm+200mm）以上
- △：車いすが通過可能な開き幅（車いす全幅+100mm）以上開けられる。
※アクティブ車いすの場合 650mm（=車いす全幅 550mm+100mm）以上
- ×：把手に手が届き戸を開けられるものの、車いすが通過可能な開き幅は開けられない
※アクティブ車いすの場合 650mm 未満
- ×₀：開け始めに把手に届かず、戸を開けられない（開き幅 0mm）

予測結果は、開き動作の評価（○△××₀）、開くことが可能な開き幅^{注12)}、開き動作で腕を体幹より後方に動かす必要の有無を示している。また、縦型バーハンドルと横型バーハンドルは「把手を握る」場合について、縦横引手は「把手に指先をかける」場合について予測を行い、引戸に対する水平方向の車いすの位置（dx）によって示している。予測モデルでは、停止位置（dx）について1mm単位で予測可能であるが、ここでは前章での実験条件と合わせるため100mm単位で示すこととした。

この予測モデルでは、車いすの停止位置を広い範囲で変化させた場合に引戸の把手に手が届いて通過に必要な幅を開けられるかどうかについて把握できること、つまり、引戸の開き動作の可否の閾値を把握できることが特徴と言える。

（注12）表5-3の開き幅（開くことが可能な開き幅）は50mm単位で示している。また、予測条件のアクティブ車いすの通過に十分な幅（750mm）以上を開けられるという場合（評価○）には、開き幅は750mmと示している。

この予測結果からは、それぞれの把手、車いすの向きで以下の傾向が示された。

縦型バーハンドル

- ・車いすの向き $\theta=0^\circ$ の場合

車いすの通過に十分な幅を開けられる状況（○）は被験者ク、カ、ウで車いす位置 $dx=0\sim 100$ で見られ、いずれの状況でも腕を後方に動かす必要があるという結果であった。

- ・車いすの向き $\theta=45^\circ$ の場合

被験者ク、カ、ウは車いすが通過可能な幅（650mm）開けられる状況（△）が一部にあるものの、通過に十分な幅（750mm）開けられる状況（○）はない結果であった。

- ・車いすの向き $\theta=90^\circ$ の場合

被験者ク、カ、ウは車いすをどの位置に停止させても通過に必要な幅を引戸を開けることはできない結果であった。

横型バーハンドル

- ・車いすの向き $\theta=0^\circ$ の場合

通過に十分な幅を開けられる状況（○）は被験者クは車いす位置 $dx=100\sim 600$ 、被験者カ、ウは $dx=0\sim 600$ だった。いずれも $dx=400$ 以下は腕を後方に動かす必要があるが、 $dx=500$ 以上は腕を後方に動かす必要がなくなる結果であった。

- ・車いすの向き $\theta=45^\circ$ の場合

通過に十分な幅を開けられる状況（○）は被験者クは車いす位置 $dx=200\sim 400$ 、被験者カは $dx=100\sim 400$ 、ウは $dx=100\sim 500$ 。いずれも腕を後方に動かす必要がない結果であった。

- ・車いすの向き $\theta=90^\circ$ の場合

被験者クは通過に十分な幅を開けられる状況（○）はなく一部で通過可能な幅を開けられる状況（△）だった（車いす位置 $dx=500$ ）。他の2名は通過に十分な幅を開けられる状況（○）が見られ、いずれも腕を後方に動かす必要がない結果であった（被験者カ： $dx=500$ 、被験者ウ： $dx=400\sim 600$ ）。

縦棧引手

- ・ 車いすの向き $\theta = 0^\circ$ の場合

通過に十分な幅を開けられる状況(○)は、被験者ク、カは車いす位置 $dx = -100 \sim 700$ 、被験者ウは $dx = -100 \sim 800$ だった。いずれも、 $dx = 400$ 以下では腕を後方に動かす必要があり、 $dx = 500$ 以上ではその必要がなくなる結果であった。

- ・ 車いすの向き $\theta = 45^\circ$ の場合

通過に十分な幅を開けられる状況(○)は、被験者ク、カは車いす位置 $dx = 0 \sim 600$ 、被験者ウは $dx = -100 \sim 700$ だった。 $dx = -100 \sim 0$ では腕を後方に動かす必要があるが、 $dx = 100$ 以上では腕を後方に動かす必要がなくなる結果であった。

- ・ 車いすの向き $\theta = 90^\circ$ の場合

通過に十分な幅を開けられる状況(○)は、被験者ク、カは車いす位置 $dx = 400 \sim 600$ 、被験者ウは $dx = 300 \sim 700$ だった。いずれも腕を後方に動かす必要がない結果であった。

以上のことから、縦型バーハンドルに比べて、操作範囲を戸尻側に広げた横型バーハンドルと縦棧引手は、通過に十分な幅まで引戸を開けられる車いすの停止位置の範囲が広がるという、第4章の実験結果と同様の傾向を予測結果からも確認できた。なお、横型バーハンドルと縦棧引手で、戸尻側に広げた把手の操作範囲が同じにも関わらず、予測結果では縦棧引手の方が引戸を開けられる車いすの停止位置がより広がるのは、以下の違いにより、縦棧引手で予測の方が「有効な腕の長さ w 」が大きくなるためであると考えられる。

- ・ 把手の持ち方の違い 縦棧引手は指をかける条件で、横型バーハンドルは握る条件で予測しているため、縦棧引手の方が「有効な腕の長さ w 」が大きくなる。(式(9)(10))

- ・ 操作高さの影響 縦棧引手 ($h = 400 \sim 1500$) は車いすに座り、腕を床と水平に伸ばして腕の長さを最大に使う状況で予測をしている。一方、横型バーハンドルは操作高さが限定され ($h = 835$ 、車いすに座った際の肩の高さよりも低い)、腕を床に水平に伸ばさない、つまり腕の長さを最大に使わない状況になり、「有効な腕の長さ w 」が小さくなる(縦棧引手の方が「有効な腕の長さ w 」が大きくなる)。

被験者ごとの個別の予測結果を見ると、被験者ク→カ→ウの順に、通過に十分な幅まで引戸を開けられる(評価○)車いすの停止位置が広がる傾向が見られる。これは、被験者の性別・体格によるものと考えられる。性別では男性の方が、またパーセンタイル値が大きい人の方が上述の車いすの停止位置が広がる傾向だった。

表5-3 予測結果（縦型バーハンドル）※基準部位Iに基づく予測結果

縦型バーハンドル、 $\theta = 0$ 開き幅の単位は mm

被験者	予測条件 人体寸法	予測項目	車いすの停止位置 dx (mm)												
			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
ク	女性 30-39歳 5%タイル	評価	×	×	△	○	○	× ₀							
		開き幅	450	550	650	750	750	0	0	0	0	0	0	0	0
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	-	-	-	-	-	-	-	-
カ	女性 40-49歳 25%タイル	評価	×	×	△	○	○	× ₀							
		開き幅	450	550	650	750	750	0	0	0	0	0	0	0	
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	-	-	-	-	-	-	-	
ウ	男性 75-79歳 5%タイル	評価	×	×	△	○	○	× ₀							
		開き幅	450	550	650	750	750	0	0	0	0	0	0	0	
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	-	-	-	-	-	-	-	

縦型バーハンドル、 $\theta = 45$

被験者	予測条件 人体寸法	予測項目	車いすの停止位置 dx (mm)												
			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
ク	女性 30-39歳 5%タイル	評価	×	×	×	△	× ₀								
		開き幅	350	450	550	650	0	0	0	0	0	0	0	0	
		腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
カ	女性 40-49歳 25%タイル	評価	×	×	×	△	× ₀								
		開き幅	350	450	550	650	0	0	0	0	0	0	0		
		腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
ウ	男性 75-79歳 5%タイル	評価	×	×	×	△	× ₀								
		開き幅	400	500	600	700	0	0	0	0	0	0	0		
		腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

縦型バーハンドル、 $\theta = 90$

被験者	予測条件 人体寸法	予測項目	車いすの停止位置 dx (mm)												
			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
ク	女性 30-39歳 5%タイル	評価	× ₀	×	×	×	× ₀								
		開き幅	0	0(50未満)	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	
		腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
カ	女性 40-49歳 25%タイル	評価	×	×	×	×	× ₀								
		開き幅	0(50未満)	100	200	300	0	0	0	0	0	0	0		
		腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
ウ	男性 75-79歳 5%タイル	評価	×	×	×	×	×	× ₀							
		開き幅	50	150	250	350	450	0	0	0	0	0	0		
		腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

評価

- ： 車いすが通過するために十分な開き幅(車いす全幅+200mm)以上開けられる。
※アクティブ車いすの場合 750mm(=車いす全幅 550mm+200mm)以上
- △： 車いすが通過可能な開き幅(車いす全幅+100mm)以上開けられる。
※アクティブ車いすの場合 650mm(=車いす全幅 550mm+100mm)以上
- ×： 把手に手が届き戸を開けられるものの、車いすが通過可能な開き幅は開けられない。
※アクティブ車いすの場合 650mm 未満
- ×₀： 開け始めに把手に届かず、戸を開けられない(開き幅 0mm)。

表5-3 続き 予測結果（横型バーハンドル） ※基準部位 I に基づく予測結果

横型バーハンドル、 $\theta = 0$ 開き幅の単位は mm

被験者	予測条件 人体寸法	予測項目	車いすの停止位置 dx (mm)													
			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
ク	女性 30-39歳 5%タイル	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
		開き幅	400	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—
カ	女性 40-49歳 25%タイル	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	
		開き幅	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0	
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	
ウ	男性 75-79歳 5%タイル	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	
		開き幅	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0	
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	

横型バーハンドル、 $\theta = 45$

被験者	予測条件 人体寸法	予測項目	車いすの停止位置 dx (mm)												
			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
ク	女性 30-39歳 5%タイル	評価	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×	×	×
		開き幅	300	400	500	600	700	750	750	750	0	0	0	0	0
		腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
カ	女性 40-49歳 25%タイル	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	×	×	×	×	×
		開き幅	350	450	550	650	750	750	750	750	0	0	0	0	0
		腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ウ	男性 75-79歳 5%タイル	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	×	×	×	×	
		開き幅	350	450	550	650	750	750	750	750	750	0	0	0	0
		腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

横型バーハンドル、 $\theta = 90$

被験者	予測条件 人体寸法	予測項目	車いすの停止位置 dx (mm)												
			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
ク	女性 30-39歳 5%タイル	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	×
		開き幅	0	0(50未満)	100	200	300	400	500	600	700	0	0	0	0
		腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
カ	女性 40-49歳 25%タイル	評価	×	×	×	×	×	×	×	△	○	×	×	×	×
		開き幅	0(50未満)	100	200	300	400	500	600	700	750	0	0	0	0
		腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ウ	男性 75-79歳 5%タイル	評価	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×
		開き幅	50	150	250	350	450	550	650	750	750	750	0	0	0
		腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

評価

- ： 車いすが通過するために十分な開き幅(車いす全幅+200mm)以上開けられる。
※アクティブ車いすの場合 750mm(=車いす全幅 550mm+200mm)以上
- △： 車いすが通過可能な開き幅(車いす全幅+100mm)以上開けられる。
※アクティブ車いすの場合 650mm(=車いす全幅 550mm+100mm)以上
- ×
- ×： 把手に手が届き戸を開けられるものの、車いすが通過可能な開き幅は開けられない。
※アクティブ車いすの場合 650mm 未満
- ×₀： 開け始めに把手に届かず、戸を開けられない(開き幅 0mm)。

表5-3 続き 予測結果（縦棧引手） ※基準部位 I に基づく予測結果

縦棧引手、θ = 0

開き幅の単位は mm

被験者	予測条件 人体寸法	予測項目	車いすの停止位置 dx (mm)													
			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
ク	女性 30-39歳 5%タイル	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
		開き幅	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—
カ	女性 40-49歳 25%タイル	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
		開き幅	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—
ウ	男性 75-79歳 5%タイル	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
		開き幅	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—

縦棧引手、θ = 45

被験者	予測条件 人体寸法	予測項目	車いすの停止位置 dx (mm)														
			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900		
ク	女性 30-39歳 5%タイル	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
		開き幅	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0	
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
カ	女性 40-49歳 25%タイル	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	
		開き幅	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0	
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ウ	男性 75-79歳 5%タイル	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	
		開き幅	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0	
		腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

縦棧引手、θ = 90

被験者	予測条件 人体寸法	予測項目	車いすの停止位置 dx (mm)													
			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
ク	女性 30-39歳 5%タイル	評価	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	○	×	×	×
		開き幅	50	150	250	350	450	550	650	750	750	750	750	0	0	0
		腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
カ	女性 40-49歳 25%タイル	評価	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×	
		開き幅	100	200	300	400	500	600	700	750	750	750	750	0	0	0
		腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ウ	男性 75-79歳 5%タイル	評価	×	×	×	×	×	△	○	○	○	○	○	×	×	
		開き幅	150	250	350	450	550	650	750	750	750	750	750	750	0	0
		腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

評価

- ： 車いすが通過するために十分な開き幅（車いす全幅+200mm）以上開けられる。
※アクティブ車いすの場合 750mm（=車いす全幅 550mm+200mm）以上
- △： 車いすが通過可能な開き幅（車いす全幅+100mm）以上開けられる。
※アクティブ車いすの場合 650mm（=車いす全幅 550mm+100mm）以上
- ×
- ×： 把手に手が届き戸を開けられるものの、車いすが通過可能な開き幅は開けられない。
※アクティブ車いすの場合 650mm 未満
- ×₀： 開け始めに把手に届かず、戸を開けられない（開き幅 0mm）。

③実験結果と予測結果の照合による予測モデルの妥当性の確認

以上で示した予測結果を、第4章の被験者実験の結果と照らし合わせて、人（人体寸法）・引戸把手（形状）が変わる場合の予測モデルの妥当性を検証する。

個別で対応することを想定している予測モデルであるため、被験者個別、つまり個別の体格（人体寸法）で予測した予測結果と引戸の開き動作の可否の実験結果（第4章の実験結果）を照らし合わせ、整合しているかどうか確認する。整合しない場合はその理由を考察する。整合しているかどうかの判断は、特に、対象とした車いすが通過するために十分な幅まで開けられるか（評価が○）に着目して行うものとし、以下の3つのいずれかの判定になる。

- ・実験結果が予測結果を「上回る」 実験結果が、予測結果よりも多い車いすの停止位置で評価○であった。
- ・実験結果と予測結果が「一致」する 実験結果が、予測結果と同様の車いす停止位置で評価○であった。
- ・実験結果が予測結果を「下回る」 実験結果が、予測結果よりも少ない車いすの停止位置で評価○であった。

以上に基づき、予測結果と実験結果が整合しているかの判定の基準を示す（表5-4）。判定を評価○（通過に十分な幅まで引戸を開けられる）に着目して行うことから、予測結果に評価○があるか、ないかで分けて判定する。

予測結果に評価○（引戸を通過に十分な幅以上開けられる）がない場合

実験結果に評価○があるかどうかで、以下のように判定する。

- ・実験結果に評価○がない場合は、評価○がないという点で一致と判定する。
- ・実験結果に評価○がある場合は「実験結果が予測結果を上回った」と判定する。

予測結果に評価○（引戸を通過に十分な幅以上開けられる）がある場合

予測結果で評価○の範囲の閾値、つまり評価○と評価○以外（ Δ, \times, \times_0 ）の境界が、実験結果と一致するかを、評価○の dx の最小値側（引戸の戸先側に位置する車いす位置）、最大値側（引戸の戸尻側に位置する車いす）の2点で確認する。

- ・予測結果：評価○、実験結果：評価○の場合は、「実験結果と予測結果が一致した」と判定する。
- ・予測結果：評価○以外（ Δ, \times, \times_0 ）、実験結果：評価○の場合は、「実験結果が予測結果を上回った」と判定する。
- ・予測結果：評価○、実験結果：評価○以外（ Δ, \times, \times_0 ）の場合は、「実験結果が予測結果を下回った」と判定する。

表5-4 予測結果と実験結果の整合性の判定基準

予測結果に評価○がない場合

		予測結果の評価	
		○	Δ, \times, \times_0 (○以外)
実験結果の評価	○	/	実験結果が予測結果を上回る
	Δ, \times, \times_0 (○以外)	/	(実験結果と予測評価の いずれにも評価○がない)

予測結果に評価○がある場合

		予測結果の評価	
		○	Δ, \times, \times_0 (○以外)
実験結果の評価	○	実験結果と予測結果が一致	実験結果が予測結果を上回る
	Δ, \times, \times_0 (○以外)	実験結果が予測結果を下回る	(実験結果と予測評価の いずれにも評価○がない)

<p>評価</p> <p>○: 車いすが通過するために十分な開き幅(車いす全幅+200mm)以上開けられる。</p> <p>△: 車いすが通過可能な開き幅(車いす全幅+100mm)以上開けられる。</p> <p>×: 把手に手が届き戸を開けられるものの、車いすが通過可能な開き幅は開けられない。</p> <p>×₀: 開け始めに把手に届かず、戸を開けられない(開き幅 0mm)。</p>
--

この方法で被験者ごとに個別に確認した結果の一部を表5-5に示す。

表は被験者力、キについて、縦軸は引戸把手の種類、横軸は車いすの向きである。予測結果と実験結果の評価○（対象とする車いすが通過するために十分な開き幅以上開けられる）に着目して、実験結果が予測結果に対して、「一致する」「上回る」「下回る」のいずれだったかを示している。なお、予測結果は基準部位Ⅰ（身長）に基づくものである。表中の縦軸には各把手について、以下を示している。

- ・「予測結果の評価○の有無」：予測結果における評価○の有無を示している。
- ・「判定結果」：予測結果と実験結果の整合の判定（評価○に着目している）の結果を示している。予測結果に評価○がある場合はその範囲の閾値が一致するかを見るため、評価○となる車いす位置 dx が最小値の条件（表中 戸先側）と最大値の条件（同 戸尻側）の2点について確認している。
- ・「予測結果との dx の差 (mm)」：評価○に着目して、予測結果と実験結果が整合するかを確認した結果、整合・一致しなかった場合の予測結果と実験結果のずれとして車いすの位置 dx の差 (mm) を示している。この数値は $100\text{mm}=1$ 地点であり、例えば「実験結果が予測結果を 100mm 上回る」というのは「実験で予測結果より1地点多い車いす停止位置で開けられた」ということを意味している。
- ・「腕を後方に動かす」：腕を後方に動かすことが要求されたかどうかを示している。

以下に、各被験者の予測結果と実験結果の整合の確認による傾向と、一致しなかった条件については、その原因を考察する。

被験者力

予測結果に評価○がない2条件（縦型バーハンドル $\theta=45,90$ ）は、実験結果でも評価○がない結果であった（表中は一致と表記）。

予測結果に評価○がある条件について述べる。 $\theta=0$ では、縦型バーハンドルの戸先側・戸尻側、縦棧引手の戸先側で実験結果が下回る結果が見られた。これらは、腕を後方に動かすことを求められる開き動作であり、被験者力が腕を後方に動かすことが困難だったことが原因である。実験の際の聞き取りでは、「腕を後ろに動かすのが大変」と聞かれた。これらの条件で開き幅 750mm の位置に静止させた引戸の把手を握れる、または指先をかけられるかを確認したところ、手が届き握る、または指先をかけることができた。つまり、把手に手が届かなくなることが原因ではなく、腕を体幹の前方から後方まで「連続的に動かすことが困難」であることが予測結果の開き幅を開けられない原因となっていることが確認された。

横型バーハンドルの $\theta=45$ 戸先側、 $\theta=90$ 戸先側・戸尻側では実験結果が予測結果を上回る結果が見られ、予測結果との車いす位置 dx の差は 100mm （予測結果よ

り1地点多く開けられた)であった。この原因としては、予測に用いる人体寸法の判定を安全側で行っていることと、記録映像での確認から、把手をしっかりと手のひら全体で握ることを想定して予測をしているが、被験者カの実際の引戸を開ける動作ではそのようには把手を握っておらず、人差し指から小指の第二関節を把手に引っかけるような握り方をしていたことによる影響と考えられる。ただし、そのような把手の握り方は被験者にとって自然な動作であること、開き動作のしにくさや負担を感じられていなかったことを聞き取りで確認している。

縦棧引手の $\theta=45,90$ の戸先側でも実験結果が予測結果を上回る結果が見られた。この原因としては、手指の使い方による差が挙げられる。扉面からの突出寸法15mmの把手の底まで指をかけることを前提に予測していたが、実験の記録映像からは、把手の底まで指先が達していない手指のかけ方で、予測で想定していた指先のかけ方よりも浅く指をかけていたことを確認した。

被験者キ

予測結果に評価○がない2条件は、縦型バーハンドル $\theta=90$ は実験結果にも評価○がなかった(表中は一致と表記)。同 $\theta=45$ は実験結果が予測結果を上回る結果であった。これは先の被験者カと同様に予測で想定している握り方の、手のひら全体を使って握るのではなく、被験者キが5本の指の腹から第一関節で把手をしっかりとつまむような手指の使い方をしていたことを実験の記録動画より確認している。

予測結果に評価○がある条件について述べる。

横型バーハンドルの $\theta=90$ 戸先側・戸尻側で実験結果が予測結果を上回る結果が見られた。予測結果との車いす位置dxの差はそれぞれ100mmであった(予測より評価○がそれぞれ1地点多かった)。この原因は、開き動作の際、教示した通りに背もたれに背をつけていたが、手腕を把手に伸ばす際に肩がやや前方に動き、届かないと予測した距離であったが、届いたことを実験の記録映像より確認している。

縦棧引手の $\theta=45,90$ の戸先側では、実験結果が予測結果を車いす位置dxで100mm下回る結果だった(予測より評価○が1地点少なかった)。この原因は、被験者カと同様に、手指の使い方によるものであると考えられる。予測は腕を床と水平に伸ばし、中指の指尖点が縦棧把手の突出部の底に届くことを想定しているが、実験での動作がこれとは異なったことが原因であると見られる。

対象の被験者8名について、同様に個別に算出した予測結果と第4章の実験結果の整合性を個別に確認したところ、実験結果と予測結果が一致しない(実験結果が下回る、または上回る)場合には、その原因として次のような事象が多く見られた。

実験結果が予測結果を「下回る」のは、開ける動作で腕を後方に動かす必要があ

る条件で腕を後方に動かさない被験者が、予測通りに引戸を開けられなかったもの
が多かった。実験結果が予測結果を「上回る」のは、縦型バーハンドル・横型バー
ハンドルともに把手の握り方が予測で前提としている握り方と異なることにより、
予測以上に引戸を通過に十分な幅まで開けられる結果が見られた。

表5-5 予測結果※に対する実験結果の整合性 個別の判定結果

※予測結果は基準部位Iに基づくものである。

被験者カ		θ = 0		θ = 45		θ = 90	
予測人体寸法 女性 40-49歳 25%タイル	縦型バー ハンドル	評価○あり 戸先側 戸尻側		評価○なし		評価○なし	
	判定結果	下回る	下回る	一致		一致	
	予測結果との dxの差(mm)	評価○なし	評価○なし	-		-	
	腕を後方に 動かす	あり	あり				
縦型バー ハンドル	判定結果	一致	一致	一致	上回る	上回る	上回る
	予測結果との dxの差(mm)	-	-	-	100	100	100
	腕を後方に 動かす	あり					
	縦棧 引手	評価○あり 戸先側 戸尻側		評価○あり 戸先側 戸尻側		評価○あり 戸先側 戸尻側	
予測人体寸法 女性 40-49歳 50%タイル	判定結果	一致	一致	上回る		一致	
	予測結果との dxの差(mm)	100	-	100	-	100	
	腕を後方に 動かす	あり		あり			
	横型バー ハンドル	評価○あり 戸先側 戸尻側		評価○あり 戸先側 戸尻側		評価○あり 戸先側 戸尻側	
縦棧 引手	判定結果	一致	一致	下回る	一致	下回る	上回る
	予測結果との dxの差(mm)	-	-	100	-	100	100
	腕を後方に 動かす	あり		あり			

上回る : 実験結果が予測結果を「上回る」
一致 : 実験結果と予測結果が「一致」する
下回る : 実験結果が予測結果を「下回る」

予測結果との dx の差(mm)は、100mm=1 地点である。

以上のように、個別の被験者について、実験結果と予測結果を照らし合わせてその整合性を確認した。図5-10に対象とする上肢が健常な被験者8名分の整合性の確認の結果を示す。図5-10は、実験結果を予測結果と照らし合わせた結果であるが、上段は予測結果が「部位Ⅰ身長」に基づく場合、下段は予測結果が「部位Ⅱ上肢長」に基づく場合のものである。

また、先述の被験者カのように、上肢が健常でも腕を後方に動かすことが困難な人が一定数いることが第4章の実験で確認されており、予測結果と実験結果の整合性を個別に確認する段階でも、腕を後方に動かすことができないことが原因で予測通りに引戸を開けることができなかった状況が多く見られた。よって、図5-10では、予測により腕を後方に動かすことが要求されると予め分かっている場合に、そのことを考慮に入れずに把手に手が届くかどうかだけに着目する場合(左側)と、腕を後方に動かす必要がありそれが困難で引戸を開けることができないことを考慮に入れた場合(右側)について示す。

予測結果に評価○がない場合は、「部位Ⅰ身長」「部位Ⅱ上肢長」のいずれに基づいた予測結果の場合でも、実験結果と予測結果が一致するのは75~80%程度だった。

予測結果に評価○がある場合で、腕を後方に動かすことを考慮しない場合には、実験結果と予測結果が一致するのは45%程度だった。一方、腕を後方に動かす事を考慮した場合には、一致する割合が60%程度に上がった。このことは予測モデルの中で、上体の動きとして腕を後方に動かすことが要求されるかどうかを含むことの有効性を確認できたと考えられる。この時、実験結果が予測結果を下回るのは5%以下と少なくなるが、上回るのは35%(部位Ⅰに基づく予測結果)~40%(部位Ⅱに基づく予測結果)程度見られ、これらの理由は、被験者の動作観察からは、縦型・横型バーハンドルの握り方が予測で前提とした握り方(手のひら全体でしっかり握る)であったかどうかということ、また体幹を前傾はさせないが腕を把手に伸ばした際に、肩が把手側に動くことにより予測では届かない距離を補っていることによる影響が主であった。その他としては、予測モデルで用いる人体寸法データが連続データでないために、安全側で最も近い値(パーセンタイル値)にしていることも一因と考えられる。

腕を後方に動かすことを考慮する場合に、「部位Ⅰ身長」に基づく予測結果と「部位Ⅱ上肢長」に基づく予測結果についての、実験結果との整合性、特に両者が一致する割合を比較すると以下のような傾向であった。

・予測結果に評価○がない場合は、「部位Ⅱ上肢長」に基づく予測結果の方が、「部位Ⅰ身長」に基づく予測結果に比べて、実験結果と一致する割合が5%ほど上回っている。ただし、判定ポイント数(評価○の閾値の数)で見ると1つ程度の差であることから、ほぼ同等であると考えられる。

・予測結果に評価○がある場合は、「部位Ⅰ身長」に基づく予測結果の方が、「部位Ⅱ上肢長」に基づく予測結果に比べて、実験結果と一致する割合が3%ほど上回っている。これは判定ポイント数（評価○の閾値の数）で見ると、判定ポイント数で2つ程度の差である。予測結果と実験結果が一致・整合しない場合で、実験結果が予測結果を「下回る」となったのは、「部位Ⅰ身長」に基づく予測結果は4.5%（判定ポイント数5つ）、「部位Ⅱ上肢長」に基づく予測結果は1.8%（判定ポイント数2つ）であり、やや差が見られた。

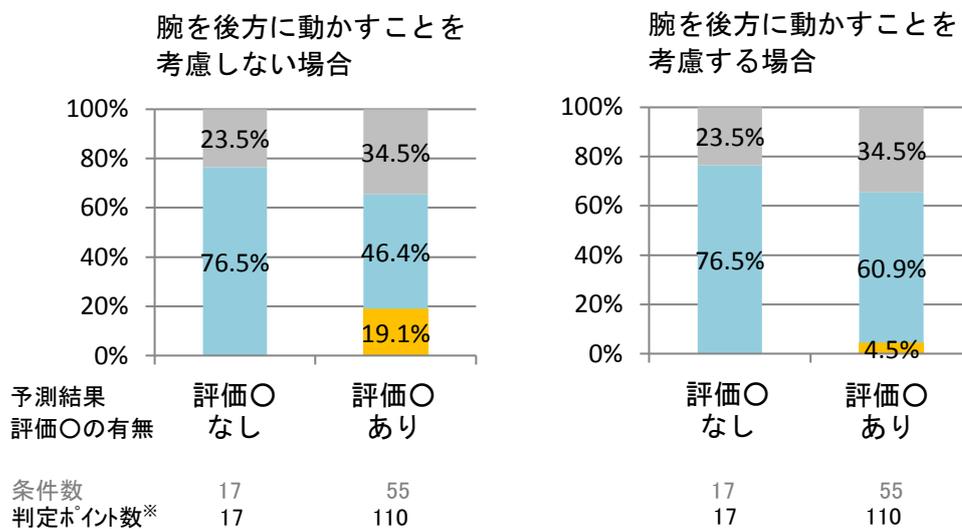
先にも示した通り、「部位Ⅰ身長」と「部位Ⅱ上肢長」は比較的相関が高いことから基準部位として選定している。しかし、現状公開されている人体寸法データのきめの細かさには限界があり、予測結果が安全側になるように人体寸法データを用いていること、更に、特に「部位Ⅱ上肢長」は「部位Ⅰ身長」と比べて測定の技量が求められることが実験結果と予測結果の整合性の結果の差に影響を及ぼしていると考えられる。差は見られるものの、許容可能な範囲であると判断し、予測の基準部位としては「部位Ⅰ身長」、「部位Ⅱ上肢長」のいずれも妥当であると考えられる。

5.5.1 では、予測モデルで対象とする上肢が健常な車いす利用者を対象にして、人（体格）と引手把手の形状が変わる場合の、予測結果と実験結果の評価○が整合、一致するかの確認から、予測モデルの妥当性を検証した。

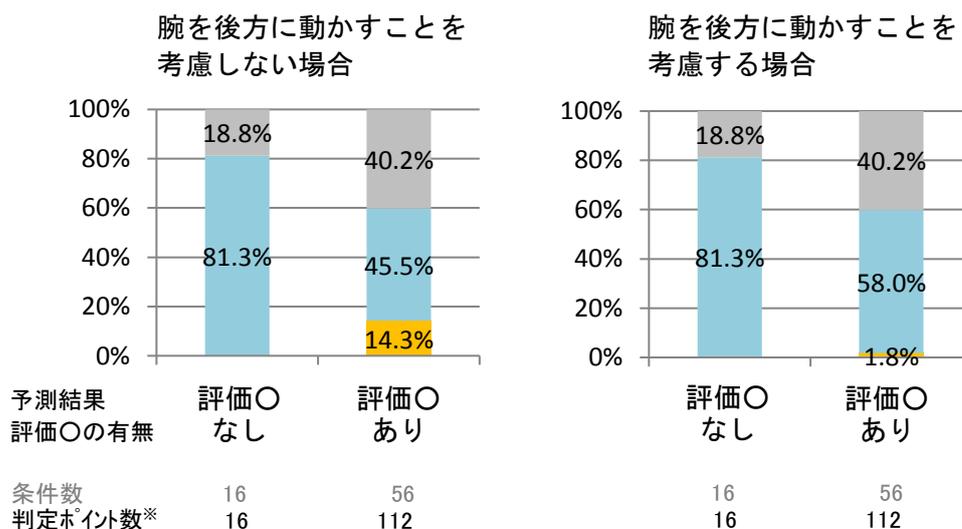
その結果、開き動作の際に腕を後方に動かす事を考慮した場合に、予測結果と実験結果の6割程度が一致すること、および、実験結果が予測結果を下回るのは5%以下であることを確認した。より使用する人体寸法データの精度を上げて予測結果の精度を高めることが課題ではあるが、現状においては上肢が健常な車いす利用者を適用範囲とした場合の、予測モデルは腕を体幹の後方に動かす必要性を考慮することで、ある一定の妥当性があると判断する。

ここでは、人（体格）と把手形状を変えて予測モデルの妥当性を確認した。次は、車いすを変えた場合について、予測モデルの妥当性を検証する。

予測結果：「部位Ⅰ身長」に基づく場合



予測結果：「部位Ⅱ上肢長」に基づく場合



凡例

- 実験結果が予測結果を「上回る」
- 実験結果と予測結果が「一致」する
- 実験結果が予測結果を「下回る」

※条件数は予測結果の評価○の有無で対象となる条件の数である。
 判定ポイント数は、評価○の閾値の数であり、予測結果に評価○がない場合は条件数と同じ、評価○がある場合は条件数×2(戸先側・戸尻側)となる。

図5-10 予測結果と実験結果の整合性
 (アクティブ車いす、把手 縦型バーハンドル、横型バーハンドル、縦棧引手、被験者8名)

5.5.2 車いすを変化させた場合の予測モデルの検証

5.5.1 では、車いすの条件をアクティブ車いすで固定し、人の体格と引戸の把手形状を変化させて、予測モデルが妥当であることを確認した。

この予測モデルは、多様な体格の人、車いすのサイズ、引戸把手に対応可能なことを意図していることから、ここでは車いすのサイズ（種類）を変えて予測モデルを検証する。

① 予測条件

予測条件の引戸・引戸把手は縦型バーハンドルと横型バーハンドルとした（図4-1左・中）。

車いすは自走標準車いす（全幅 620mm、全長 1020mm、写真5-2左）、車いすの向き・停止位置（ dy ）を表5-6に示す通りにした^{注13}。

対象とする人は、第4章の実験の被験者カ、ケの2名とする。

5.5.1 にて、予測で用いる人体寸法を判定する基準部位が「部位Ⅰ身長」、「部位Ⅱ上肢長」のいずれの場合においても、予測結果は許容可能な範囲で妥当であることを確認していることから、ここでは「部位Ⅰ身長」に基づく予測を進める。

よって、予測に用いる人体寸法は以下の条件である（表5-2）。

- ・被験者カ 女性、40-49 歳、25%タイル
- ・被験者ケ 女性、20-29 歳、25%タイル



自走標準車いす
全幅 620mm、全長 1020mm



【参考】アクティブ車いす
全幅 550mm、全長 790mm

写真5-2 予測条件の車いす（自走標準車いす）

（注13）車いすの停止位置については、アクティブ車いすでの予測・実験と同様の考え方で設定している。車いすの向き 0° 、 45° は把手が原点から突出する寸法差（15～90mm）を考慮して、把手から動作基準点 a の距離を一定にした。車いすの向き 90° は把手が届きにくい条件であることが示されており、引戸（X 軸）から動作基準点 a の距離を一定にした。それぞれの車いすの向きでは、車いすや足先が引戸に接触しないように配慮して、把手から動作基準点 a の距離 dy を設定した。

②実験条件

①予測条件による予測結果の整合性を確認するため、設定する引戸・把手、車いす、車いすの向き・停止位置を①予測条件と同様の条件にして実験を行った。

被験者は、①予測条件で対象にした第4章の実験の被験者カ、ケの2名である。

実験は、第4章と同様の手順で進めた。

③予測結果と実験結果

①予測条件に基づく予測結果、②実験条件による実験結果を表5-7に示す。

また、車いすの変更に伴い、予測結果および実験結果の評価で、評価基準となる開き幅は以下のようにしている。

評価

○：車いすが通過するために十分な開き幅（車いす全幅+200mm）以上開けられる。

※自走標準車いすの場合 800mm（≒車いす全幅 620mm+200mm）以上

△：車いすが通過可能な開き幅（車いす全幅+100mm）以上開けられる。

※自走標準車いすの場合 700mm（≒車いす全幅 620mm+100mm）以上

×：把手に手が届き戸を開けられるものの、車いすが通過可能な開き幅は開けられない

※自走標準車いすの場合 700mm 未満

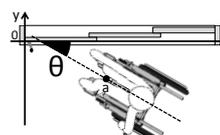
×₀：開け始めに把手に届かず、戸を開けられない（開き幅 0mm）

表5-6 車いすの停止位置の設定（自走標準車いす）※¹（単位:mm）

	車いすの向き※ ² 0°	45°	90°
縦型バーハンドル			
横型バーハンドル			

※¹ 表中いずれの図も dx=300 で示している。

※² 車いすの向きは、右図のθの角度としている。



予測結果については評価、開き幅、腕を後方に動かす必要性の有無を示しており、実験結果については評価、開き幅を示している^{注14)}。

予測結果について

対象とした被験者カ、ケは年齢や体格の違いで予測で用いる人体寸法は異なったが、予測結果の評価は同じ結果であった。以下に2名の予測結果について把手・車いすの向き別に考察する。

・縦型バーハンドルの場合

$\theta=0$ で車いす位置 $dx=100$ で評価○（車いすが通過するために十分な開き幅以上開けられる）が見られる。また、この際は腕を後方に動かす必要がある結果であった。

$\theta=45$ は全ての車いす位置で評価×、×₀であり、車いすが通過可能な開き幅を開けることはできない結果であった。

$\theta=90$ は全ての車いす位置で評価×₀であり、開け始めに把手に手が届かず開けられないという結果であった。

・横型バーハンドルの場合

$\theta=0$ は車いす位置 $dx=100\sim600$ で、評価○（車いすが通過するために十分な開き幅以上開けられる）が見られる。 $dx=500$ 以下では、腕を後方に動かす必要がある結果であった。

$\theta=45$ は車いす位置 $dx=200\sim400$ で評価○であった。

$\theta=90$ は全ての車いす位置で評価×₀であり、開け始めに把手に手が届かず開けられないという結果であった。

実験結果について

対象とした被験者カ、ケの実験結果について、把手・車いす向き別に考察する。

・縦型バーハンドルの場合

$\theta=0$ は、被験者カ、ケのいずれも、車いすの通過に十分な幅を開けられる評価○が見られた。その車いすの位置は、被験者カは $dx=100$ 、被験者ケは $dx=-100\sim100$ であった。

$\theta=45$ は、被験者カ、ケのいずれも、全ての車いす位置で評価×か評価×₀となり、車いすが通過できる幅まで開けられる条件はなかった。

(注14) 予測結果の開き幅は50mm単位で表記している。実験結果の開き幅は、実験空間に設置した開き幅計測用の定規の目盛を、実験時に目視で確認した結果である。

$\theta=95$ は、被験者カ、ケのいずれも、全ての車いす位置で評価×₀となり、開け始めに把手に手が届かず開けることができなかった。

・横型バーハンドルの場合

$\theta=0$ は、被験者カ、ケのいずれも、評価○（車いすが通過するために十分な開き幅以上開けられる）が見られた。その車いす位置の範囲は、被験者カは $dx=500\sim 600$ 、被験者ケは $dx=-100\sim 600$ であった。両者に差が見られたのは腕を後方に動かすことができるか（被験者ケ）、後方に動かすのが困難か（被験者カ）によるものであった。

$\theta=45$ は、被験者カ、ケのいずれも、車いす位置 $dx=200\sim 400$ で、評価○（車いすが通過するために十分な開き幅以上開けられる）であった。

$\theta=90$ は、被験者カ、ケのいずれも、全ての車いす位置で評価×₀であり、開け始めに把手に手が届かず開けられないという結果であった。

以上のことから、ここでは自走標準車いすを対象に、縦型バーハンドルと操作範囲を戸尻側に広げた横型バーハンドルを用いて予測および実験を行った。

その結果、先のアクティブ車いすでの予測、実験と同様に、操作範囲を戸尻側に広げた把手の方が車いすの通過に必要な幅まで開けられる車いす位置の範囲が広がることが横型バーハンドル $\theta=0,45$ で示され、操作範囲を戸尻側に広げた把手の効果を再度確認することができた。

しかしながら、自走標準車いすでは、 $\theta=90$ の引戸に対して正面向きになる場合には、どの車いす位置でも、把手に手が届かないということが明らかになった。これは、元々、車いすが引戸に正対する場合には把手までの距離が遠くなることに加え、車いすのサイズで特に動作基準点 **a** からフットレスト前端および足先までの距離が大きくなったことにより、足先が引戸に当たらないように配慮して、引戸に車いすを最大限近づけた場合でも、届かなかったことによるものである。

表5-7 自走標準車いすの場合の予測結果と実験結果
(縦型バーハンドル)

縦型バーハンドル、 $\theta = 0$

車いす位置 dx(mm)

開き幅の単位は mm

			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
被験者力	予測結果	女性 40-49歳	評価	×	×	×	△	○	× ₀							
		開き幅	450	550	650	750	850	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	実験結果	腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		評価	×	×	×	△	○	× ₀								
			開き幅		650	740	860	0	0	0	0	0	0	0	0	
被験者ケ	予測結果	女性 20-29歳	評価	×	×	×	△	○	× ₀							
		開き幅	450	550	650	750	850	0	0	0	0	0	0	0	0	
	実験結果	腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	-	-	-	-	-	-	-	-	
		評価	×	△	○	○	○	× ₀								
			開き幅	620	720	865	865	865	0	0	0	0	0	0	0	

縦型バーハンドル、 $\theta = 45$

車いす位置 dx(mm)

			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
被験者力	予測結果	女性 40-49歳	評価	×	×	×	×	× ₀								
		開き幅	350	450	550	650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	実験結果	腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		評価	×	×	×	×	× ₀									
			開き幅		580	670	0	0	0	0	0	0	0	0		
被験者ケ	予測結果	女性 20-29歳	評価	×	×	×	×	× ₀								
		開き幅	350	450	550	650	0	0	0	0	0	0	0	0		
	実験結果	腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		評価	×	×	×	× ₀										
			開き幅	450	600	0	0	0	0	0	0	0	0			

縦型バーハンドル、 $\theta = 90$

車いす位置 dx(mm)

			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
被験者力	予測結果	女性 40-49歳	評価	× ₀												
		開き幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	実験結果	腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		評価	× ₀													
			開き幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
被験者ケ	予測結果	女性 20-29歳	評価	× ₀												
		開き幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	実験結果	腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		評価	× ₀													
			開き幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

評価

○: 車いすが通過するために十分な開き幅(車いす全幅+200mm)以上開けられる。

△: 車いすが通過可能な開き幅(車いす全幅+100mm)以上開けられる。

×: 把手に手が届き戸を開けられるものの、車いすが通過可能な開き幅は開けられない。

×₀: 開け始めに把手に届かず、戸を開けられない(開き幅 0mm)。

表5-7 続き 自走標準車いすの場合の予測結果と実験結果
(横型バーハンドル)

横型バーハンドル、θ = 0

車いす位置 dx(mm)

開き幅の単位は mm

			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
被験者力	予測結果	女性 40-49歳	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	×	×	×
		25%タイル	開き幅	450	550	650	750	850	850	850	850	850	850	850	0	0
	実験結果	腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	-	-	-	-
		評価	×	×	×	×	×	×	×	×	△	○	○	×	×	×
			開き幅				400	560	670	740	850	850	0	0	0	
被験者ケ	予測結果	女性 20-29歳	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	×	×	×
		25%タイル	開き幅	450	550	650	750	850	850	850	850	850	850	0	0	0
	実験結果	腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	-	-	-	-	
		評価	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
			開き幅	640	690	860	860	860	(-)	(-)	860	865	865	0	0	0

横型バーハンドル、θ = 45

車いす位置 dx(mm)

			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
被験者力	予測結果	女性 40-49歳	評価	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×	×	×
		25%タイル	開き幅	300	400	500	600	700	800	850	850	0	0	0	0	0
	実験結果	腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		評価	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×	×	×	
			開き幅			650	720	760	840	850	850	0	0	0	0	
被験者ケ	予測結果	女性 20-29歳	評価	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×	×	×
		25%タイル	開き幅	300	400	500	600	700	800	850	850	0	0	0	0	0
	実験結果	腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		評価	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×	×	×	
			開き幅			560	650	740	850	860	860	0	0	0	0	

横型バーハンドル、θ = 90

車いす位置 dx(mm)

			-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
被験者力	予測結果	女性 40-49歳	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		25%タイル	開き幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	実験結果	腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
			開き幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
被験者ケ	予測結果	女性 20-29歳	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		25%タイル	開き幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	実験結果	腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
			開き幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

評価
 ○: 車いすが通過するために十分な開き幅(車いす全幅+200mm)以上開けられる。
 △: 車いすが通過可能な開き幅(車いす全幅+100mm)以上開けられる。
 ×: 把手に手が届き戸を開けられるものの、車いすが通過可能な開き幅は開けられない。
 ×₀: 開け始めに把手に届かず、戸を開けられない(開き幅 0mm)。

④実験結果と予測結果の照合による予測モデルの妥当性の確認

ここでは、車いすのサイズを変化させた場合に、予測結果と実験結果が整合・一致するかの確認から、車いすを変化させた場合の予測モデルの妥当性を検証する。

5.5.1③と同様の手順で進めるものとする。具体には、個別で対応することを想定している予測モデルであるため、5.5.2③で示した、自走標準車いすの場合の引戸の開き可否の予測結果と実験結果を個別に照らし合わせ、整合しているかを確認し、整合しない場合はその理由を考察する。特に、対象とする車いすが通過するために十分な開き幅以上開けられるかどうか（評価が○）に着目して行う。

被験者カ、ケの個別の予測結果と実験結果の整合性の確認結果を表5-8に示す。表は、アクティブ車いすでの確認と同様（表5-5同様）の示し方であり、被験者カ、ケについて、実験結果が予測結果に対してどのような結果だったかを示し、縦軸は引戸把手の種類、横軸は車いすの向きである。

各被験者について、実験結果と予測結果の整合の傾向と一致しなかった条件に付いては、その原因を考察する。

被験者カ

予測結果に評価○がない、縦型バーハンドル $\theta=45,90$ 、横型バーハンドル $\theta=90$ では、実験結果でも評価○がない結果であった（表中は一致と表記）。

予測結果に評価○がある場合は、横型バーハンドル $\theta=0$ 戸先側を除いて、全て予測結果と実験結果の評価○が一致した。一致しなかった横型バーハンドル $\theta=0$ 戸先側は、予測結果に比べて、実験結果が車いす位置 dx で 400mm 下回る（実験で開けられた車いす停止位置が予測結果より 4 地点少なかった）という結果であった。これは、腕を後方に動かすことが困難だったことによるものであり、聞き取りでは、「腕を後方に動かすのは大変で、なおかつ、自走標準車いすでは、腕を後方に動かして引戸を開けようとする際に、腕が車いすの背もたれやグリップに接触してしまい、やりにくかった。」と聞かれた。

被験者ケ

予測結果に評価○がない、縦型バーハンドル $\theta=45,90$ 、横型バーハンドル $\theta=90$ では、実験結果でも評価○がない結果であった（表中は一致と表記）。

予測結果に評価○がある場合について述べる。縦型バーハンドル、横型バーハンドル共に、 $\theta=0$ 戸先側で実験結果が予測結果を上回る結果であり、予測結果との車いす位置 dx の差は 100~200mm（実験で予測結果より 1~2 地点多い車いす停止位置で開けられた）であった。実験の記録映像からは、腕を後方に動かして引戸を開けていくに従い肩が後方に少し動いており、予測では届かない距離を補っているこ

とが原因と考えられる。この他の条件は、縦型バーハンドル、横型バーハンドルとも実験結果と予測結果は一致する結果だった。

表5-8 予測結果※に対する実験結果の整合性 個別の判定結果
(自走標準車いす) ※予測結果は基準部位 I に基づくものである。

被験者カ		$\theta = 0$		$\theta = 45$		$\theta = 90$	
予測人体寸法 女性 40-49歳 25%タイル	縦型バー ハンドル	予測結果 評価○の有無	評価○あり 戸先側 戸尻側		評価○なし		評価○なし
	判定結果	一致	一致	一致	一致	一致	一致
	予測結果との dxの差(mm)	-	-	-	-	-	-
	腕を後方に 動かす	あり	あり				
予測人体寸法 女性 20-29歳 25%タイル	横型バー ハンドル	予測結果 評価○の有無	評価○あり 戸先側 戸尻側		評価○あり 戸先側 戸尻側		評価○なし
	判定結果	下回る	一致	一致	一致	一致	一致
	予測結果との dxの差(mm)	400	-	-	-	-	-
	腕を後方に 動かす	あり					

被験者ケ		$\theta = 0$		$\theta = 45$		$\theta = 90$	
予測人体寸法 女性 20-29歳 25%タイル	縦型バー ハンドル	予測結果 評価○の有無	評価○あり 戸先側 戸尻側		評価○なし		評価○なし
	判定結果	上回る	一致	一致	一致	一致	一致
	予測結果との dxの差(mm)	100	-	-	-	-	-
	腕を後方に 動かす	あり	あり				
予測人体寸法 女性 20-29歳 25%タイル	横型バー ハンドル	予測結果 評価○の有無	評価○あり 戸先側 戸尻側		評価○あり 戸先側 戸尻側		評価○なし
	判定結果	上回る	一致	一致	一致	一致	一致
	予測結果との dxの差(mm)	200	-	-	-	-	-
	腕を後方に 動かす	あり					

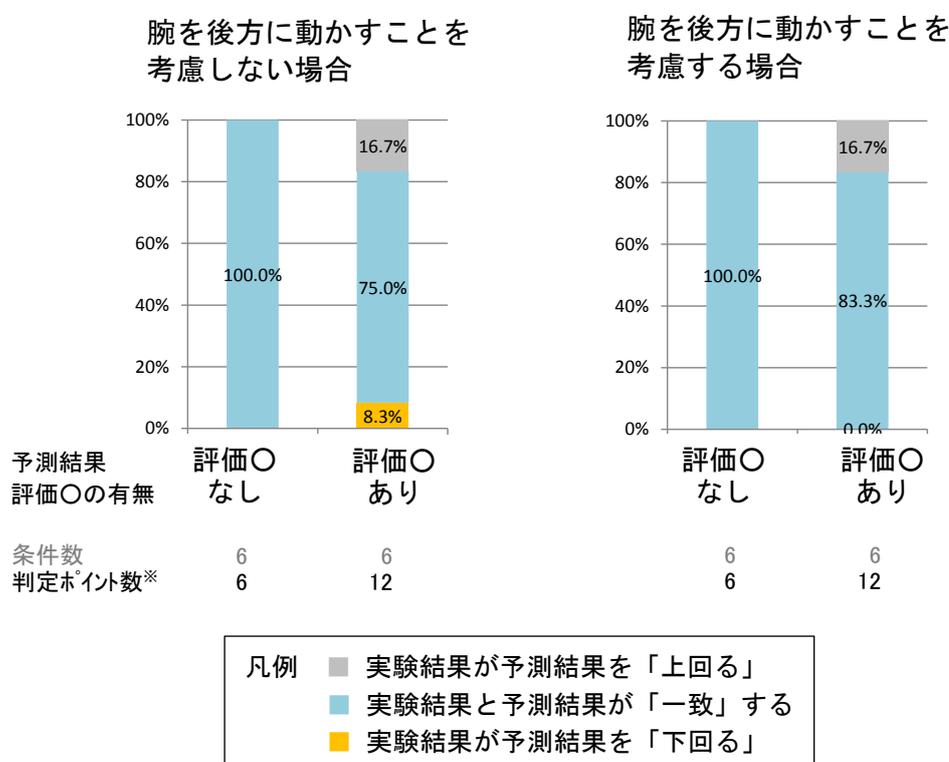
- 上回る : 実験結果が予測結果を「上回る」
- 一致 : 実験結果と予測結果が「一致」する
- 下回る : 実験結果が予測結果を「下回る」

予測結果との dx の差(mm)は、100mm=1 地点である。

図5-11に被験者カ、ケの2名分の予測結果と実験結果の整合性を確認した結果を示す。

分析対象としている判定ポイント数（評価○の閾値の数）が少ない状況ではあるものの、実験結果と予測結果が一致している割合は、予測結果に評価○がない場合は100%、予測結果に評価○がある場合では腕を後方に動かす事を考慮しない場合は75%、腕を後方に動かすことを考慮した場合は80%以上であった。

また、先(5.5.2④)の被験者ごとの個別の予測結果と実験結果の整合性の確認で述べたように、実験結果と予測結果が一致しなかった原因は、アクティブ車いすと同様の理由であったことから、車いすを変更した場合にも、本予測モデルはある程度の妥当性があると考えられる。



※条件数は予測結果の評価○の有無で対象となる条件の数である。
 判定ポイント数は、評価○の閾値の数であり、予測結果に評価○がない場合は条件数と同じ、評価○がある場合は条件数×2(戸先側・戸尻側)となる。
 ※予測結果は「部位I身長」に基づき算出したものである。

図5-11 予測結果と実験結果の整合性
 (自走標準車いす、把手 縦型バーハンドル、横型バーハンドル、被験者2名)

5.5.3 予測モデルの検証についてのまとめ

上肢が健常な車いす利用者を対象として、多様な体格、車いすのサイズの違い、把手形状の違いに対応可能な、車いす利用者が必要な幅まで引戸を開けられるかどうかを予測するモデルを開発し、予測モデルによる予測結果と実験結果を個別に照合して一致するかどうかを検証した結果、以下のことが得られた。なお、予測結果と実験結果の照合による検証では、必要な幅まで開けられたかの可否、つまり、本研究では「車いすが通過するために十分な開き幅（車いす全幅+200mm）以上開けられる（評価○）」であったかどうか、評価○が一致しているかどうかに着目して行っている。

車いす利用者の体格（人体寸法）、引戸の把手形状を変化させた場合には、引戸を開ける動作の際に腕を後方に動かす事が困難な人がいること考慮した場合に、実験結果の6割以上が予測結果と一致し、予測結果を下回るのは5%以下であることを確認した。よって、必要な幅まで引戸を開けられるかどうかについては、上肢が健常であっても、腕を体幹の後方に動かすことができない人、もしくは困難な人が一定数存在することを考慮し、「把手を握る」場合、「把手に指先をかける」場合ともに、腕を体幹の後方に動かす状況の判定を予測モデルに含めることが必要であると言える。特に人の体格（人体寸法）については、男女、成人から後期高齢者、小柄な者など多様な人を対象に整合性を確認したものであり、使用する人体寸法データの精度を上げて個人にきめ細かく対応できるようにすることが課題ではあるが、現状においては上肢が健常な車いす利用者を適用範囲とした場合の、予測モデルは上体（腕）が要求される動きを含めることで、ある一定の妥当性があるものとする。

また、車いすのサイズを変化させた場合についても、前述と同様に引戸を開ける動作の際に腕を後方に動かす事が困難な人がいることを考慮した場合に、8割以上が予測結果と一致し、予測モデルはある一定の妥当性があるものとする。

予測モデルはある一定の妥当性はあるとしたものの、予測結果と実験結果が一致しない状況（特に実験結果が予測結果を上回る状況）が少なからず見られた。その原因としては、被験者実験の記録映像より、以下のような、予測モデルでは想定していない、つまり予測の前提にしていない動作などが確認された。

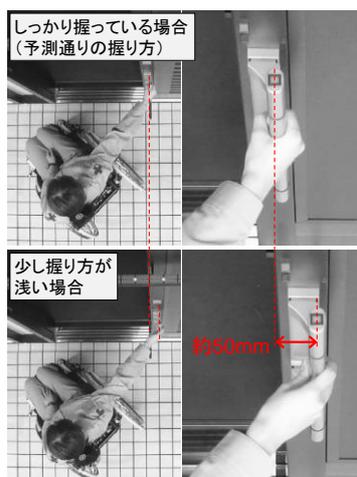
- ・ 握る形状の把手の場合、予測モデルで想定している握り方よりも、握り方が浅い、指先でつまむように握っている場合、手が届く範囲が予測よりも広くなり、予測結果を上回る傾向が見られた（写真5-3上）。このような場合、予測結果の開き幅より+50~100mm程度、開けられる幅が広がった。実験時の聞き取りでは、被験者は特に負担を感じていない握り方であったことを確認している。

- ・ 指先をかける形状の把手の場合、予測モデルでは、把手の深さ目一杯に指をかける（指先が把手の底に到達する）ことを想定していたが、実際にはそうではない（指先が把手の底に到達しない）場合があった。この場合、予測結果を上回る場合があった（写真5-3中左）。聞き取りでは、一部では「指先が何とかやっとならして把手にかけられた。少し負担を感じる。」とも聞かれた。指をかける場合については、予測モデルでは指先を伸ばして計測された人体寸法を用いているが、実際の動作では関節を曲げて手をかける状況が見られた（写真5-3中右）。このことも予測結果と実験結果の差が生じる要因になり得ると考えられる。
- ・ 把手に手を伸ばす際に、自然に肩の位置が把手に近づくことにより、手が届く範囲が予測よりも広くなり、予測結果を上回る傾向が見られた（写真5-3下）。予測モデルは車いすに座り体幹を動かさない状況を想定していた。実験の際には、被験者には体幹を動かさないように教示し、車いすに取り付けたセンサー（背中の真ん中で、肩甲骨の高さ付近に付けたもの）で体幹が動いていないことを確認していたが、実際には写真のようにセンサーから背中が離れずに、肩が前方に動く状況が見られた。写真の場合は、予測結果は評価×₀（把手に届かない）であったが、実際には把手を握ることができた。

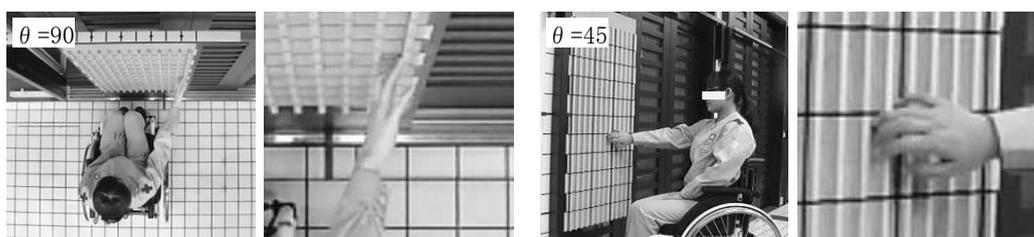
以上のように、予測で前提としている動作以外が行われた場合に、予測結果と実験結果が一致しないことを確認した。予測モデルでは、製品を使う人の負担を軽減できるよう、あるべき使われ方（理想的な使われ方）の状況を前提にしている。ただし、本研究は、前提としない動作であっても、引戸を使う人が自然にできる、負担を感じずにできる場合などはその動作を否定しない考えである。

以上のことから、本予測モデルは、車いす利用者の体格（人体寸法）、車いすのサイズ（種類）、引戸の把手形状を変化させた場合に、上肢が健常であっても腕を後方に動かすことが困難な人がいることを考慮することと、現在用いている人体寸法データの諸条件を考慮することで、ある一定の妥当性があるものと判断する。ただし、予測で前提としていない動作が見られた場合（把手を掴む手指の使い方、自然な肩の動きなど）には、予測結果と実際の動作が一致しないことは先に述べた通りである。また、予測に用いる人体寸法データについても、先にも述べたように、今後、現状よりも個別対応可能なビッグデータが構築され、活用できるようになることを期待する。

また、本章では主に「引戸を開ける」動作を対象に進めてきたが、本章 5.2 で述べたように、「引戸を閉める」場合にも同様に適用できるものである。

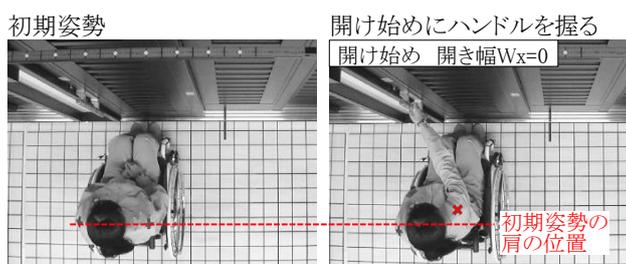


握る形状の把手の場合に、しっかり握らない、握り方が少し浅い。このような場合、手が届く範囲が予測よりも上回る傾向が見られた。例えば、写真の場合は握り方により、開き可能な幅の差が50mm程度見られた。



指先をかける形状の把手の場合、指先を把手の深さ目一杯かけない、把手の底に指先が到達していない。このような場合、手が届く範囲が予測よりも上回る傾向が見られた。

指先をかける形状の把手の場合、指の関節を曲げて把手に手をかける場合があった。このような場合、手が届く範囲が予測よりも下回る場合があった。



上体が少し動く(肩が前方に動く)場合、手が届く範囲が予測よりも上回る傾向が見られた。予測結果は「×₀ (把手に届かない)」であったが、実験では把手を握れた。上体を動かさないように教示していたが、把手に手を伸ばす際に右肩が前方に動いていた。

写真5-3 予測で前提としない動作などにより、予測結果と実験結果が一致しない場合の事例

5.6 予測モデルを用いた開き可否傾向の確認

5.5 では予測モデルによる予測結果と被験者による実験結果が整合するかを検証し、腕の可動域（腕を体幹の後方に動かす必要性）を考慮に入れることで、開発した予測モデルが一定の妥当性があることを示した。ここでは、妥当性を確認できた本予測モデルにより、どのようなことが分かり、示せるのかについての事例を示す。

本予測モデルは、車いす利用者が引戸を通過するために十分な幅を開けられるかどうかの開き動作の可否を、把手に手が届くかどうかに着目して予測するものであり、人の体格（人体寸法）、車いすのサイズ、引戸把手の形状や取付位置の違いに対応して、ある空間で、設定した引戸に対する車いすの向きにおいて、車いす利用者が必要な幅まで引戸を開けることができる車いすの停止位置の範囲を示せることが特長である。また、開き動作の中で起こる腕の動作範囲で、一定数の人が困難である腕を後方に動かす必要の有無を予測できることも特長の一つである。

以下に、予測モデルによる、車いす利用者の引戸の開き可否の予測事例の予測条件と予測結果（表5-9）を示す。

予測条件

①車いす利用者の体格の違い

人の体格	: 女性 40 歳代 身長 150cm (5%タイルの範囲に該当)
	女性 40 歳代 身長 165cm (90%タイルの範囲に該当)
車いす	【一定】 : アクティブ車いす
引戸把手	【一定】 : 縦型バーハンドル
車いすの向き	【一定】 : $\theta = 0$

②車いすの違い

人の体格	【一定】 : 女性 40 歳代 身長 150cm (5%タイルの範囲に該当)
車いす	: アクティブ車いす 全幅 550mm、全長 790mm (通過に十分な開き幅 750mm)
	自走標準車いす 全幅 620mm、全長 1020mm (通過に十分な開き幅 800mm)
引戸把手	【一定】 : 縦棧引手
車いすの向き	【一定】 : $\theta = 90$

③引戸把手の違い

- 人の体格 【一定】 : 女性 40 歳代 身長 150cm (5%タイルの範囲に該当)
- 車いす 【一定】 : アクティブ車いす 全幅 550mm、全長 790mm
(通過に十分な開き幅 750mm)
- 引戸把手 : 縦型バーハンドル
横型バーハンドル 戸尻側への操作範囲 500mm
- 車いすの向き 【一定】 : $\theta = 45$

④車いすの向きによる違い

- 人の体格 【一定】 : 女性 40 歳代 身長 165cm (90%タイルの範囲に該当)
- 車いす 【一定】 : アクティブ車いす 全幅 550mm、全長 790mm
(通過に十分な開き幅 750mm)
- 引戸把手 【一定】 : 横型バーハンドル 戸尻側への操作範囲 500mm
- 車いすの向き : $\theta = 0, 45, 90$

⑤腕の可動域の違い (腕を後方に動かせるかどうか)

- 人の体格 【一定】 : 女性 40 歳代 身長 150cm (5%タイルの範囲に該当)
- 車いす 【一定】 : アクティブ車いす 全幅 550mm、全長 790mm
(通過に十分な開き幅 750mm)
- 引戸把手 【一定】 : 横型バーハンドル 戸尻側への操作範囲 500mm
- 腕の可動域 : 腕を後方に動かせる場合、動かせない場合
- 車いすの向き : $\theta = 0$ 、および、比較のため $\theta = 45$

予測結果について

評価はここまでと同様に以下とする。

評価

- : 車いすが通過に十分な開き幅 (車いすの全幅+200mm) 以上開けられる。
- △ : 車いすが通過可能な開き幅 (車いす全幅+100mm) 以上開けられる。
- × : 把手に手が届き戸を開けられるものの、車いすが通過可能な開き幅は開けられない。
- ×₀ : 開け始めに把手に届かず、戸を開けられない (開き幅 0mm)。

①車いす利用者の体格の違い

設定した予測条件では、車いすが通過するために十分な幅を開けられる(評価○)のは、40代女性で身長150cmの人の場合は車いす位置 $dx=100$ のみ、身長165cmの人の場合は $dx=-100\sim 200$ と戸先側に200mm、戸尻側に100mm程度車いすの停止位置の範囲が広がることわかる。

このように、体格による開き動作の可否の違いを示すことができる。

②車いすのサイズの違い

設定した予測条件では、車いすが通過するために十分な幅を開けられる(評価○)のは、アクティブ車いすの場合は車いす位置 $dx=400\sim 600$ 、自走標準車いすの場合は全ての車いす位置で評価 \times_0 であり、開け始めに把手に届かず開けられないという結果であった。

アクティブ車いすと自走標準車いすはサイズが異なる車いすであるが、予測においては、いずれも引戸への足先当りが起こらないよう配慮し、把手に手が届きやすいようになるべく引戸や把手に近づけるという考えで、車いす位置を設定しているものである。このことから、車いすのサイズの違いにより、車いすの停止位置が変わり、引戸の開き可否に違いを与えることを示すことができる。

③引戸把手の違い

設定した予測条件では、縦型バーハンドルの場合は車いす位置 $dx=0$ で車いすが通行可能な幅を開けられる(評価 Δ)となるのが最大限に開けられる条件で、全ての車いす位置で通過するために十分な幅を開けられる(評価○)という結果はなかった。戸尻側に操作範囲を広げた横型バーハンドルの場合は、車いす位置 $dx=200\sim 400$ で車いすが通過するために十分な幅を開けられる(評価○)という結果であった。

このように、把手形状の違いによる開き動作の可否の違いを示すことができる。

④車いすの向きによる違い

設定した予測条件では、車いすが通過するために十分な幅を開けられる(評価○)のは、引戸に対する車いすの向きが $\theta=0$ の場合は車いす位置 $dx=0\sim 600$ 、 $\theta=45$ の場合は $dx=100\sim 500$ 、 $\theta=90$ の場合は $dx=400\sim 500$ であり、通過に十分な幅を開けられる車いすの停止位置の範囲が $\theta=90$ 、 45 、 0 の順に広がっていくことわかる。

今回は、 $\theta = 0, 45, 90$ で予測を行ったが、任意の向きでの予測が可能である^{注15)}。
このように、車いすの向きの違いによる開き動作の可否の違いを示すことができる。

⑤腕の可動域の違い（腕を後方に動かせるかどうか）

設定した予測条件では、車いすが通過するために十分な幅を開けられる（評価○）のは、 $\theta = 0$ で腕を後方に動かすことが可能な場合は車いす位置 $dx = 100 \sim 600$ である。一方、同条件（ $\theta = 0$ ）で腕を後方に動かさない場合を想定して、腕を後方に動かさずに開けることが可能な開き幅を求めると、通過するために十分な幅を開けられる評価○になるのは車いす位置 $dx = 500 \sim 600$ となり、腕を後方に動かすことが可能な場合に比べると、その車いす位置、つまり車いすの停止位置は3分の1程度まで狭くなる。更に、 $\theta = 45$ の場合はもともと腕を後方に動かす必要がなく、腕を後方に動かすことの有無を考慮する場合も、しない場合も予測結果が評価○になる車いす位置 $dx = 200 \sim 400$ である。このことから、腕を後方に動かさない場合には $\theta = 0$ よりも $\theta = 45$ の方が、車いすが通過するために十分な幅を開けられる（評価○）車いすの停止位置が広くなることが分かる。

このように、腕の可動域の違いによる開き動作の可否の違いを示すことができる。ただし、この場合の腕の可動域とは障害によらない、一般的に起こりうる単純な可動域で予測可能な場合に限るものである。

以上のように、本予測モデルを用いた車いす利用者の引戸の開き可否の傾向を、人の体格や車いすサイズ、引戸把手、車いすの向き、腕の可動範囲による違いについて示した。5.6の冒頭に述べた通り、本予測モデルの特長は、これらの条件を変え、個別の条件について、車いす利用者が必要な幅まで引戸を開けることができる車いすの停止位置の範囲を示せることが挙げられ、その実例を示した。

（注15）本論文 5.4.4 で示した関係式は $0 \leq \theta \leq 180$ の任意の値で成立するものである。更には、 θ が $0 \leq \theta \leq 180$ 以外の範囲の場合も幾何学的な関係から対応、算出可能である。

表5-9 予測モデルによる開き可否の傾向

※表中の開き幅の単位は mm である

①車いす利用者の体格の違い

アクティブ車いす、縦型バーハンドル、車いすの向き $\theta=0$ の場合

		車いす位置 dx(mm)												
		-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
女性、40歳代 身長 150cm	評価	×	×	×	△	○	× ₀							
	開き幅	400	500	600	700	750	0	0	0	0	0	0	0	0
	腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—
女性、40歳代 身長 165cm	評価	×	△	○	○	○	○	× ₀						
	開き幅	550	650	750	750	750	750	0	0	0	0	0	0	0
	腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—

②車いすの違い

女性 40 歳代、身長 150cm、縦横引手、車いすの向き $\theta=90$ の場合

		車いす位置 dx(mm)												
		-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
アクティブ 車いす 全幅550mm 全長790mm	評価	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	× ₀	× ₀	× ₀
	開き幅	50	150	250	350	450	550	650	750	750	750	0	0	0
	腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
自走標準 車いす 全幅620mm 全長1020mm	評価	× ₀												
	開き幅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

③引手把手の違い

女性 40 歳代、身長 150cm、アクティブ車いす、車いすの向き $\theta=45$ の場合

		車いす位置 dx(mm)												
		-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
縦型 バー ハンドル	評価	×	×	×	△	× ₀								
	開き幅	350	450	550	650	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
横型 バー ハンドル	評価	×	×	×	×	△	○	○	○	× ₀				
	開き幅	300	400	500	600	700	750	750	750	0	0	0	0	0
	腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表5-9 続き 予測モデルによる開き可否の傾向

※表中の開き幅の単位は mm である

④車いすの向きによる違い

女性 40 歳代、身長 165cm、アクティブ車いす、横型バーハンドルの場合

		車いす位置 dx(mm)												
		-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
θ = 0	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	×	×	×	
	開き幅	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0
	腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—
θ = 45	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	×	×	×	×
	開き幅	400	500	600	700	750	750	750	750	750	0	0	0	0
	腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
θ = 90	評価	×	×	×	×	×	×	△	○	○	×	×	×	×
	開き幅	50	150	250	350	450	550	650	750	750	0	0	0	0
	腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

⑤腕の可動域の違い（腕を後方に動かせるかどうか）

女性 40 歳代、身長 150cm、アクティブ車いす、横型バーハンドルの場合

		車いす位置 dx(mm)												
		-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
腕を後方に動かせる θ = 0	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	×	×	×
	開き幅	400	500	600	700	750	750	750	750	750	750	0	0	0
	腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—
動かせない θ = 0	評価	×	×	×	×	×	×	×	△	○	○	×	×	×
	開き幅	0(50未満)	100	200	300	400	500	600	700	750	750	0	0	0
	腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
動かせる θ = 45	評価	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×	×	×
	開き幅	300	400	500	600	700	750	750	750	0	0	0	0	0
	腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
動かせない θ = 45	評価	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×	×	×
	開き幅	300	400	500	600	700	750	750	750	0	0	0	0	0
	腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

評価
 ○： 車いすが通過するために十分な開き幅(車いす全幅+200mm)以上開けられる。
 △： 車いすが通過可能な開き幅(車いす全幅+100mm)以上開けられる。
 ×： 把手に手が届き戸を開けられるものの、車いすが通過可能な開き幅は開けられない。
 ×₀： 開け始めに把手に届かず、戸を開けられない(開き幅 0mm)。

5.7 予測モデルの応用・展開の展望

ここまでは、車いす利用者が把手を掴み、車いすで通過するための幅まで引戸を開ける、という動作について、引戸と水平方向に車いすを移動させた場合を対象に、予測モデルを用いて予測を行った。ここでは、予測モデルの応用事例として、更なる活用について、想定する事例を挙げながら述べる。

事例 1) 出入り口の引戸について、車いす位置を引戸と水平方向・鉛直方向に移動させる場合の、車いす利用者の引戸の開き可否の予測

先述の通り、ここまでは引戸の開き方向に対して水平方向（本予測モデルの X 軸方向）に車いすを移動させた場合の通過に必要な幅を開けられるかどうかを予測してきた。

車いすの停止位置を変化させる可能性としては、引戸に対して鉛直（本予測モデルの Y 軸方向）に車いすを移動させる場合も考えられる。その場合も、5.4.4 図 5-7 で示した関係図の「 dy 把手基準点 b から動作基準点 a の y 方向の水平距離」を変化させて、動作基準点 a を位置づけることで開き可否を予測することが可能である（図 5-12）。

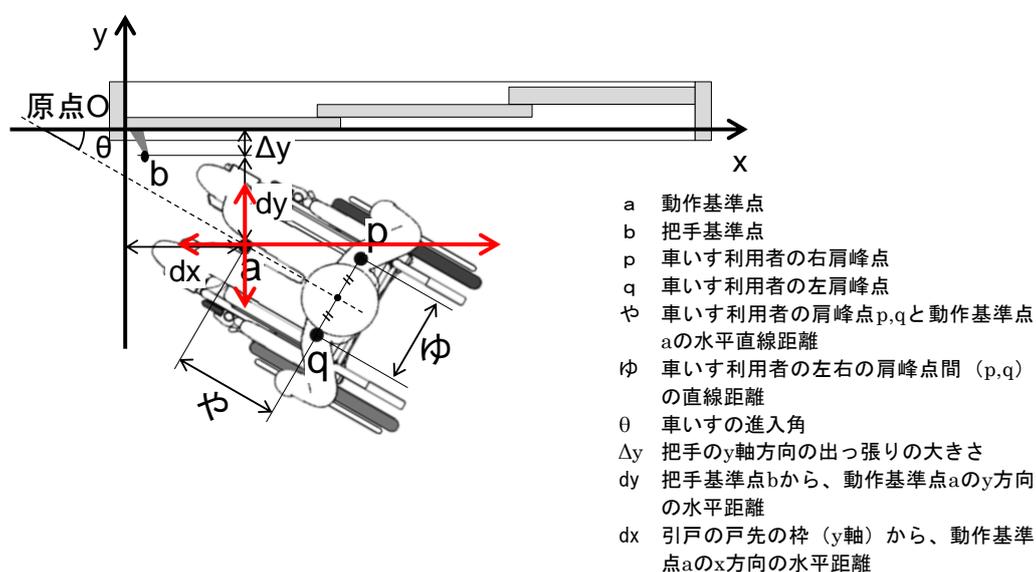


図 5-12 車いす位置を引戸と水平方向・鉛直方向に動かす場合

※図 5-7 に加筆したものである

事例2) 電動扉の場合の、車いす位置による操作の可否の予測

車いす利用者が電動ボタン等に手が届いて電動扉を開閉できるかどうか

ここまでは、手動で開ける引戸を対象に予測モデルで予測を行ってきた。

今後、技術の進歩により、例えば電動扉で、操作ボタンでワンタッチで扉が開閉されるようなものの数が増えることや一般化することも想定される。その場合には、以下に示す図5-13のように電動ボタンやスイッチに対して動作基準点 a を位置づけ、電動ボタンやスイッチに手が届くかどうかを算出することで、電動扉の場合の開閉の可否を予測することが可能である。

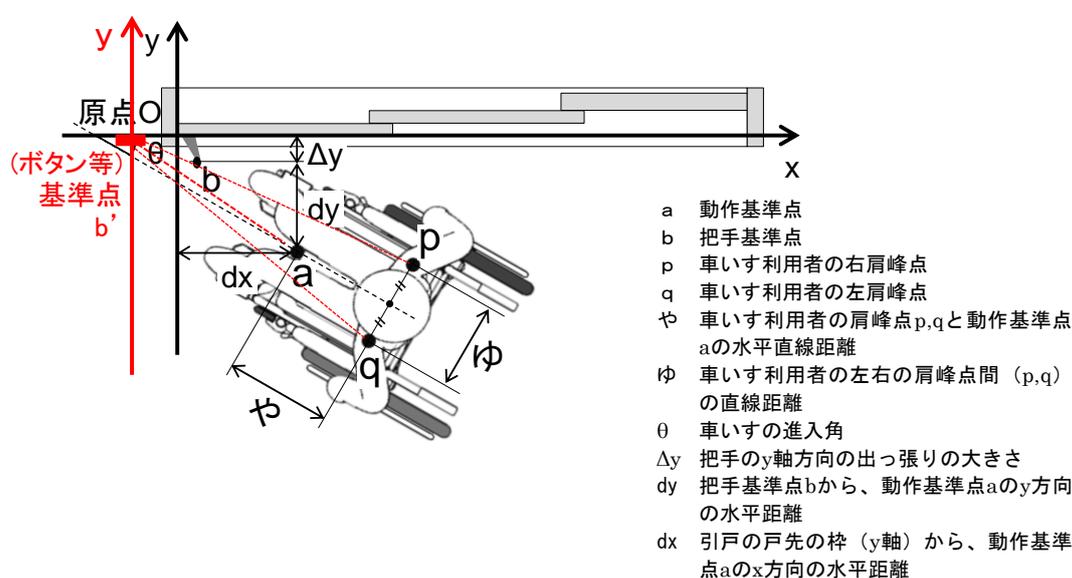


図5-13 電動扉の場合の車いす位置による操作の可否の予測

※図5-7に加筆したものである

事例3) 出入り口の引戸以外の建具における車いす利用者の開き可否の予測

(開き戸(ドア)、出入りしない引戸(窓)など)

ここまでは、車いす利用者の自立・QOLの向上につながる、住宅からの出入りに着目して、車いす利用者に一般的に適しているとされている引戸形態の出入り口を対象に開き可否の予測を行ってきた。一方、出入り口を始め建具には引戸以外の開き方や、多様な大きさのものがある。

本予測モデルは、把手などの操作部位の位置と車いす利用者の肩の位置の2点間の距離と、車いす利用者の開き動作に有効な腕の長さを、建具の開閉に伴い継続的に比較することにより、開き動作の可否を行っているものである。よって、出入り

を伴わない窓などを含む引戸形態の建具全般に適用可能である。また、引戸形態以外の、開き戸（ドア）や折戸などについても、建具の開閉に伴い変化する把手などの操作部位の軌跡がわかる場合には、開き動作の可否の予測が可能になる。

出入り空間の制約等の理由による開きドアの採用や、昨今の住宅で多くみられる大開口の窓など、出入り口の引戸以外の多様な建具を予測の対象とすることも考えられ、これらに対しても開き可否の予測が可能であると考えている。

事例4) 開き可否の予測 個別対応・提案の納得性を向上させるツール

特に、個別対応で開閉可能な車いすの停止位置の範囲を示す際、図面上で2次元の表現だけでなく、予測結果の車いす利用者が手が届く範囲を再現できるツールを使うことにより、提案内容の納得性の向上につながると考えられる。ツールとは、例えば、現場で再現できる簡易ロボット・マネキンや、画面上で動作をシミュレーションできる端末などをイメージしている。

また、個別対応の際、対象とする車いす利用者の退院に合わせた改修などで、現場に本人が不在な場合を除き、現場に本人がいる場合においては、手が届く範囲を簡易に計測・確認できる器具や治具のようなものを用意することも、簡易に計測できること、および、本人・関係者の納得性を高めることにつながる有効な手段である可能性が考えられる。

事例5) 公共空間などを対象に、利用可能な車いす利用者のカバー率の算出

予測モデルの利用や活用の場面については、ここまでは個別対応、製品開発段階での効果の確認を挙げてきたが、更に、公共空間などで利用可能な車いす利用者の範囲、つまりカバーする範囲の把握も挙げられる。使用する人体寸法データの精度に依存するところが大きいですが、考え方としては、対象とする空間・出入り口において、人体寸法データに基づき、どの範囲の車いす利用者が利用可能かというカバー率のようなものを算出可能である。事前にカバー率を確認・把握することで、例えばカバー率が低い場合には、他の設計の提案につなげるなどの効果が見込まれる。

本章で開発した予測モデルは、車いす利用者が「把手を掴んで引戸を開ける、または、閉める」ことに着目し、その動作の可否を、把手と肩の距離と腕の長さを比較することで進めてきているが、本予測モデルはそれだけに限らず、より多様な車いすの停止位置や、建具の開閉機構や開閉形態、出入り以外の建具についても、目的の動作の可否を予測できることを述べた。以上のように、本予測モデルは、多様な目的や場面での活用や応用や展開が見込めることを示した。

5.8 本章のまとめ

車いす利用者の引戸開閉について、上体が健常人を対象として、安全にかつ負担が少なく引戸を開けられることを考慮して設定した評価基準に基づき、体幹を動かさずに把手に手が届き、かつ、引戸を車いすが通過に必要な幅を開けることができることが可能かどうかを予測するモデルを開発し、その妥当性について検証実験を行い確認した。その上で、予測モデルを用いて示せる傾向や更なる応用・展開について述べ、以下のような結果を示した。

- 上肢が健常人の自走車いす利用者を対象に、体格、車いすのサイズ、引戸の把手形状が変化した場合に、車いすで通過するために必要な幅を開けられるかどうかを個別に予測するモデルを開発し、モデルの検証を行った。
予測の際に、腕を後方に動かすことの有無（上体に要求される動き）を考慮に入れることで、現状の人体寸法データを用いる状況においては、予測モデルはある一定の妥当性があると判断した。
予測結果が実験結果と一致しない理由・原因として、予測で前提にしている動作と違う動作が見られた場合であること（把手にかける手指の使い方、自然に上体や肩が動くこと）、および、用いている人体寸法データの精度によるものであることを示した。
- 前述の予測モデルを用いて、車いす利用者の体格の違い、車いすのサイズの違い、引戸把手の違い、車いすの向きの違い、腕の可動域の違いについて予測し、本予測モデルから示せる車いす利用者の引戸の開き可否の傾向について、予測結果の事例を示し、予測モデルの有効性を示した。
- 本予測モデルについて、更なる活用・展開の想定事例を挙げ、本予測モデルが建具等に対する多様な車いすの停止位置や、多様な建具の開閉機構や開き形態など、車いす利用者の手が届くかどうかという観点で、多様な場面や目的に応用・展開可能で、有効であることを示した。

5章 参考文献

- 1) (社)人間生活工学研究センター:日本人の人体寸法データブック 2004-2006, 2008
- 2) 河内まき子:AIST 人体寸法データベース 1991-92 解説書, 産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター, 2005
- 3) 藤家馨:車いす利用脊髄損傷者に適した通路寸法と出入り口形式および寸法に関する研究 (博士論文), 第5章, 1997

第 6 章

結論

6.1 結論

本研究は、車いす利用者が自分で安全にかつ負担が少なく住宅から出入りできることが、社会参加などにつながり、生活の自立や QOL を高めるために重要であるという考えから、住宅の出入りの中で車いす利用者の引戸の開閉動作に着目し、安全かつ負担が少なくできる引戸把手のあり方を示すことと製品開発の際に参照できる引戸開閉の可否を予測するモデルを得ることを目的として、実際の住宅（車いす利用者の自宅）や実験室における車いす利用者を対象とした一連の調査や実験により、以下のことを明らかにした。

第1章「序論」では、研究の背景として、在宅で生活する高齢者が増える際に在宅で車いすを利用する人が増えることが想定される中で、車いす利用者が住宅からの出入りを安全にかつ負担が少なく、自分でできることが、生活の自立や QOL の向上につながり重要であることを述べた。既往研究を車いす利用者の移動や出入りに着目して、公共空間の移動、住宅の敷地の移動・出入り、住宅の出入り・引戸の開閉、住宅内の移動で分類して概説し、車いす利用者の引戸の開閉にどのような引戸が適しているかについて、把手などの操作部位の仕様を扱った研究が殆どなく、明らかにされていないことを述べた。その上で、国内外の規格や指針で人による引戸の開閉操作に関して、具体的にされている基準などが不十分であることを示し、本研究が目的とする車いす利用者が安全にかつ負担が少なく引戸を開閉できる把手のあり方を提示すること、および引戸の製品開発に参照できる指針をつくることの意義と位置づけを示した。

第2章「住宅における車いす利用者の出入り・引戸開閉動作に関する課題の把握」では、車いす利用者の自宅の出入り口空間における出入り動作の観察調査および実験室での引戸の開閉・出入り実験を実施し、出入りの一連の動作、特に引戸の開閉動作で起こりうる課題を、動作の工程に沿って、車いす利用者の障害の程度の違いで整理した。その結果、出入りや引戸開閉の各工程で多くの課題があることを示した。中でも、引戸の把手を掴むために手を伸ばす際に体幹を自然な動作で動かす以上に前傾させることについては、障害の程度によらず、不安定な姿勢になるために車いすから転落してしまう可能性があり、車いすから転落してしまうと状況によっては自力で車いすに戻るのが困難な場合があり、危険を含んでいることを確認した。このことから、本研究で扱う引戸の評価基準を「車いすからの転落の危険がないよう体幹を前傾させることなく、車いす利用者が把手に手が届き通過に必要な幅を開閉できること」とすることを述べた。

第3章「引戸開閉時における車いす利用者の上体の動きおよび反力による車いすの動きの分析」では、車いす利用者が引戸を開閉する際、どのような上体の動きを要求されるのか、開閉時の反力で車いすが動く場合にどのような動きをするのかを、引戸に対する車いすの向きを変えて系統的に把握するために実験を行った。その結果、一般的な仕様の戸先に縦型バーハンドルがついた引戸は、アクティブ車いすのような小型な車いすでも、引戸に対して横向き、斜め向き、正面向きのいずれの車いすの向きでも、車いすの背もたれにもたれた姿勢では手が届かない位置にある把手を掴むために体幹を前傾させるか、腕を体幹より後方に動かす動作が求められる状況であることを明らかにした。開閉時の反力による車いすの動きについては、車いすの挙動を定量的に示すと共に、ハンドリムを押えることによって車いすを静止できる場合とできない場合があり、左右で移動量が多い方の輪（ハンドリム）を押える場合に静止できることを明らかにすると共に、本研究では引戸開閉時の力学的メカニズムの解明には至らなかったが、今後の検討課題について整理して述べた。

第4章「把手形状の違いが車いす利用者の引戸を開ける動作の可否に与える影響」では、第3章で明らかにした車いす利用者が引戸開閉時に要求される上体の動きの結果から、車いす利用者が体幹を動かさずに手が届く把手として、操作範囲を戸尻側に広げた「横型バーハンドル」と「縦棧引手」の2種類を加え、「縦型バーハンドル」とあわせて3種類の把手の引戸を設定し、通過を想定した幅まで引戸を開けられる車いすの停止位置が広がるかどうかについて車いすを車いすブレーキで固定した条件で確認した。その結果、「横型バーハンドル」と「縦棧引手」では被験者全員が通過を想定した幅を開けられる車いすの停止位置が広がるという結果になり、効果を確認できた。特に、引戸に対する車いすの向きが斜め（ 45° ）の場合は、腕を後方に動かさずに通過を想定した幅を開けられる車いすの停止位置の範囲が広く、設定した車いす向きの中では最も有効であることを示した。縦棧引手については、その操作高さの自由度が高いことにより、腕の可動範囲が比較的狭い高齢者などに対してより楽な動作を許容していることを示した。

第5章「車いす利用者の引戸の開き可否の予測モデルの開発」では、多様な体格の車いす利用者、車いすのサイズ、引戸の把手形状や取付位置に個別に対応可能で、引戸を必要な幅まで開けられるかどうかを予測できるモデルを開発した。この予測モデルは、上肢が健常な車いす利用者を対象として、車いす利用者の肩から把手の距離と腕の長さに着目し、その大小関係で開き可否を判定するものであり、引戸を開ける場合・閉める場合のいずれにも適用できるものとした。予測モデルの検証では、用いる人体寸法データのより詳細なデータ構築が望まれることなどはあるもの

の、腕を後方に動かすことの有無を予め考慮することで、ある程度の精度で引戸を開ける動作の可否を予測でき、妥当であることを示した。その上で、本予測モデルを用いた、車いす利用者の体格、車いすのサイズ、引戸の把手形状、車いすの向き、腕の可動域の違いによる傾向の確認により、予測モデルの有効性を示し、更に応用や展開の展望について述べた。

6.2 今後の課題と展望

本研究は、車いす利用者の住宅の出入りにおける引戸の開閉動作で、引戸を開ける際の把手を掴んで引戸を開ける部分に着目し、車いすからの転落の危険がないよう体幹を動かさずに開けることができる把手のあり方、および個別に引戸の開閉の可否を予測できるモデルを示した。車いす利用者が安全にかつ負担が少なく出入りできることを更に高めるための今後の課題として、以下が挙げられる。

本研究は先述の通り、引戸を開閉する際の「把手を掴んで引戸を開ける、または、閉める」部分に着目しているものだが、その前後には錠操作などがあり、住宅の出入りを対象とする場合にはそれらを含めた一連の引戸開閉動作として、安全にかつ負担が少なく出入りできる引戸のあり方を検討し、製品化など実現につなげる必要がある。これについては、第5章の予測モデルの応用・展開事例の中で把手以外の操作部位にも適用可能であることを述べたが、更に、把手と錠などの操作部位の適切な位置関係などについても明らかにしていきたいと考えている。

更に引戸の開閉については、第4章以降では車いすブレーキで車いすを固定した状況で引戸を開ける動作や開き可否を確認してきているが、第2章の実際の車いす利用者の調査の中では「なるべく動作の手順を減らしたい」といった要望も聞かれていることから、車いすを固定しない（車いすブレーキを使わない）状況においても、引戸の開閉をスムーズに行えるための知見を得たいと考えている。手順としては、まずは第3章で定量的に示した引戸開閉時の車いすの挙動について、車いす利用者の引戸開閉時の力のメカニズムを解明、把握し、次に把手形状や開閉力などでの解決策の検討を行い、その改善効果の確認をすることを想定している。

引戸の開閉は住宅の出入りの中の一部であるので、次の段階としては、出入りの範囲を広げ、自宅の敷地から地域や社会の出入り・移動へとつながっていくようにするのが望ましいと考える。特に個人の戸建住宅は、現状は車いす利用者が自宅に戻るタイミングに合わせて改修などが行われ、実際に生活する中で改善要望があっても気軽に改善・改修を行えないのが実態であることから、その状況を解決すべく、予め環境整備についての指標が整備されていることが望ましい。第2章の中で、

車いす利用者の自宅の出入り口空間での段差解消が安全な方法であることや、移動経路に屋根や囲いが適切に設置されていることなど、部分的には知見を得ているので、継続していきたいと考えている。既往研究でも取り上げられている積雪地域など、季節により気候条件の差が大きい環境なども対象にしていきたい。

車いす利用者の人の観点では、第3章以降は上肢が健常人を対象としているが、実際は上肢に障害がある人もおり、その場合の腕の可動域(腕を動かしやすい方向、力を入れやすい方向など)は個人により多様で複雑であること、把手などの操作部位への手のかけ方は上肢が健常人と比べ、制限があることを確認した。例えば頸髄損傷者であれば、その損傷箇所により、障害の程度や身体能力は細かに変わり、更には同じ損傷レベル(残存レベル)であっても受傷の状況により同一の障害の状況ではないということであった。一同に扱うことが困難なのは承知しているが、徐々に対象とする人の範囲を広げられるように、取り組んでいきたいと考えている。

いずれの場合においても、製品化検討の際には、車いす利用者に配慮したものが、健常人にも適した範囲のものであるかを確認しながら進めていきたい。第3章で設定した引戸把手を例にとると、横型バーハンドルは健常人での確認を実施済みであり、高齢者を含む健常者も使用できるものであることを確認している。まだ確認を行っていない縦棧引手や、今後新たに起こりうるアイデアなどについては、適宜、確認を行っていきたいと考える。

本研究を通して、引戸の開閉動作を始め多くの場面で車いす利用者個人の経験やスキルで不便や負担がカバーされている部分が少なからずあることを確認した。ここで述べたような課題を解決していくことで、個人の経験やスキルに関係なく、多くの車いす利用者が安全にかつ負担が少なく、住宅の出入りができ、自立や社会参加につながることに寄与していきたいと考える。

参考文献 (和書は著者の 50 音順)

- ・ 飯田匡, 藤本幹也, 吉村英祐, 布田健, 久家一哲: 車いすの介助走行・台車走行に関する評価 走行実験に基づく多段型曲線スロープのデザイン手法に関する研究(その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.1015-1016, 2009
- ・ 市田登, 内田公一, 稲吉淳, 久保田一弘, 布田健, 萩原一郎, 直井英雄: 車いすによる斜路移動の筋負担による評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.883-884, 2007
- ・ 市田登, 久保田一弘, 布田健, 萩原一郎, 直井英雄: 車いす使用者の段差移動動作における筋負担による評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.547-548, 2008
- ・ 太田昭夫, 野村歓, 田中賢: 住宅移動に影響する周辺条件の整理 車いすの移動に要するスペースの実験研究 1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-2, pp.231-232, 1995
- ・ 糟谷佐紀, 阪東美智子, 多淵敏樹: 車いす使用者における適切な住環境整備のあり方に関する研究 スロープ勾配判定システムの開発: 日本建築学会近畿支部研究報告集 計画系(44), pp.213-216, 2004
- ・ 糟谷佐紀, 米田郁夫, 阪東美智子, 末田統, 藤澤正一郎: 手動車いす操作における段差抵抗の尺度化に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 602 号, pp.7-11, 2006.4
- ・ 糟谷佐紀, 室崎千重, 米田郁夫, 阪東美智子, 末田統, 藤澤正一郎: 車いす使用者の移動スペースに関する研究 (その 1) 通路・開口幅と車いす全長の相関関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), E-1, pp.799-800, 2006
- ・ 河内まき子: AIST 人体寸法データベース 1991-92 解説書, 産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター, 2005
- ・ 久家一哲, 飯田匡, 藤本幹也, 吉村英祐, 布田健: 超音波式 3 次元行動追尾システムを用いた測定方法の検討 走行実験に基づく多段型曲線スロープのデザイン手法に関する研究(その 1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.1011-1012, 2009
- ・ 小林義昌, 久保田一弘, 布田健, 萩原一郎, 直井英雄: 車いす走行時の筋負担を指標とした斜路計画の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.1009-1010, 2009
- ・ 佐藤克志: 諸外国のバリアフリー規・基準に見る「安全・安心」要素の技術規定, 建築技術, No.694, 2007 年 11 月号
- ・ 佐藤平, 白石光昭, 笹岡邦弘: 電動車いす使用者の動作解析に関する研究(そ

の 1) 引き戸および開き戸の開閉動作に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E, pp.969-970, 1994

- ・ 佐藤平, 笹岡邦弘: 電動車いす使用者の動作解析に関する研究 商品棚利用動作に関する実験, 日本建築学会東北支部研究報告集 (58), pp239-242, 1995
- ・ 佐野友紀, 松村誠, 布田健: 防火扉通過に必要な発揮力の検討 避難弱者を含めた避難安全に関する研究 その 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.753-754, 2002
- ・ 佐野友紀, 布田健, 松村誠: 防火扉の幅および開閉力が通過に及ぼす影響 避難弱者を含めた避難安全に関する研究 その 3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.933-934, 2003
- ・ 三宮基裕, 片岡正喜, 鈴木義弘, 中武啓至, 森永光典: 電動車いす使用の場合の設計基準寸法に関する基礎的実験 その 1. 実験概要と直進実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.681-682, 1997
- ・ 城幸弘, 柏原士郎, 吉村英祐, 横田隆司, 阪田弘一: 車椅子を対象とした段差寸法の限界値に関する実験的研究, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 計画系 (34), pp.529-532, 1994
- ・ 鈴木基恵, 西村顕, 植田瑞昌, 八藤後猛, 野村歡: 車いす介助時の介助量を示す評価指標作成の試み 高齢者・障害者が居住する住宅の「屋外アクセス環境整備」に関する研究 (その 1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-2, pp.109-110, 2003
- ・ 田中千歳, 野口孝博, 眞嶋二郎: 高齢者・障害者の心拍数から見た住宅内外での移動の容易性と快適性に関する実験的検討 積雪寒冷地の住宅における出入り空間の形状とあり方に関する基礎的研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 545 号, pp.121-127, 2001.7
- ・ 田中賢, 野村歡, 福原康司, 太田 昭夫: 実験による車いす移動に影響する予条件の整理 車いすの移動に要するスペースの実験研究 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-2, pp.163-164, 1996
- ・ 田平博嗣, 上野義雪: 歩道単路部の切り下げにおける車いす歩行の負担に関する実験的検討, 土木計画学研究・論文集 16, pp.609-616, 1999
- ・ 中島英憲, 片岡正善, 鈴木義弘, 中武啓至, 三宮基裕: 電動車いす使用の場合の設計基準寸法に関する基礎的実験 その 3.直進実験と L 字通路実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.765-766, 1998
- ・ 那須田依子, 平田学, 堀田夏子: 脊髄損傷者の車いす転倒・転落に関する研究 1 実態調査, 理学療法学 Supplement, Vol.38 Suppl.No.2, p.PI2-184, 2011.5
- ・ 西村顕, 鈴木基恵, 植田瑞昌, 八藤後猛, 野村歡: 車いす使用者を対象とした

「屋外アクセス」の整備内容と介助量に及ぼす影響について 高齢者・障害者が居住する住宅の「屋外アクセス環境整備」に関する研究（その2），日本建築学会大会学術講演梗概集，E-2，pp.111-112，2003

- ・ (社)人間生活工学研究センター：日本人の人体寸法データブック 2004-2006，2008
- ・ 彦坂渉，森山直起：車いすの走行速度・軌跡に関する実験的考察 片斜面における車いす使用者の走行特性に関する研究（その2），日本建築学会近畿支部研究報告集，計画系（39），pp.129-132，1999
- ・ 広藤明人，野溝智彦，星野俊樹，春原英雄，堀光生：木造モジュールでの介助用車いすの廊下通過試験，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.1011-1012，2000
- ・ 福原康司，野村歆，田中賢，太田昭夫：介助車いすの住宅内移動の実験 車いすの移動に要するスペースの実験研究 3，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-2，pp.165-166，1996
- ・ 藤家馨，御手洗謙二，古賀唯夫：脊髄損傷者における残存レベルに応じた出入口空間，人間工学，第28巻 2号，pp.79-89，1992
- ・ 藤家馨，松尾清美，井出将文：車いすを使用する脊髄損傷者における使いやすい出入口形式，人間工学，第32巻 5号，pp.215-222，1996
- ・ 藤家馨，御手洗謙二：車いすで出入り口を通過するのに必要な時間について，人間工学，第28巻 特別号，pp.312-313，1992
- ・ 藤家馨：障害の程度が異なる脊髄損傷者が車いすで出入り口を通過するのに必要な時間の予測，人間工学，第29巻 特別号，pp.506-507，1993
- ・ 藤家馨，井出将文，松尾清美：車いすを使用する脊髄損傷者にとって使いやすい通路の寸法，人間工学，Vol.32，No.3，pp.131-137，1996
- ・ 藤家馨：車いす利用脊髄損傷者に適した通路寸法と出入り口形式および寸法に関する研究（博士論文），第5章，1997
- ・ 藤本幹也，吉村英祐：車いす避難時の安全性の向上を目的とした多段型スロープの提案 その1，日本建築学会計画系論文集，第589号，pp.71-76，2005.3
- ・ 藤本幹也，吉村英祐：車いす避難時の安全性の向上を目的とした多段型スロープの提案 その2 車いすによる昇降のしやすさを考慮した避難スロープの開発に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第596号，pp.51-57，2005.10
- ・ 藤本幹也，飯田匡，吉村英祐，布田健，久家一哲：車いすの自走走行に関する評価 走行実験に基づく多段型曲線スロープのデザイン手法に関する研究（その2），日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp.1013-1014，2009
- ・ 藤本幹也，吉村英祐：車いす通行に必要な幅員に基づく多段型曲線スロープ形

- 状の図学的検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.1033-1034, 2010
- ・ 藤本幹也, 吉村英祐: 直線スロープと曲線スロープにおける車いすの走行性評価に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.939-940, 2012
 - ・ 藤本幹也, 吉村英祐: 水平の直線通路と曲線通路における車いすの走行性の比較実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.819-820, 2013
 - ・ 堀田夏子, 平田学, 那須田依子: 脊髄損傷者の車いす転倒・転落に関する研究 2 身体能力との関係, 理学療法学 Supplement, Vol.38 Suppl.No.2, p.PI2-185, 2011.5
 - ・ 松村誠, 佐野友紀, 上野義雪, 布田健: 防火扉の開閉力の違いが通過に及ぼす影響 避難弱者を含めた避難安全に関する研究 その 1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.751-752, 2002
 - ・ 宮本雅子: 戸建住宅の玄関アプローチの実態と居住者の意識, 日本家政学会誌, Vol.57 No.5, pp.323-331, 2006
 - ・ 室崎千重, 糟谷佐紀, 米田郁夫: 車いす使用者の移動スペースに関する研究 (その 2) 通路・開口幅と車いす全幅の相関関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), E-1, pp.801-802, 2006
 - ・ 室崎千重, 石川星児, 趙玫姪, 藤本道子, 岡本真規子, 北川博巳: 県営住宅の住戸プランにおけるバリアフリー配慮の工夫に関する研究, 兵庫県立福祉のまちづくり研究所報告集 2011 年度, pp.43-50, 2011
 - ・ 室崎千重, 糟谷佐紀, 米田郁夫, 趙玫姪: 既存木造住宅での車いす操作性の評価に基づいた住環境整備指標の構築, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), E-1, pp.929-930, 2012
 - ・ 望月強, 古瀬敏, 渡辺章亘: 住宅内で介助者が操作する車いすの移動スペースに関する基礎的実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-2, pp.729-730, 1999
 - ・ 望月強, 古瀬敏, 渡辺章亘: 住宅内で使用される自走車いすの移動スペースに関する基礎的実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.831-832, 2001
 - ・ 守明子, 朝稲渉: 生活行為における力学環境の評価手法の提案 車椅子による段差越えを例として, 日本建築学会計画系論文集, 第 597 号, pp.37-44, 2005
 - ・ 守明子, 朝稲渉: 生活行為における身体的負担の評価手法の提案 車椅子による段差越えを例として, 日本建築学会計画系論文集, 第 620 号, pp.37-43, 2007
 - ・ 日本工業標準調査会: 日本工業規格, JIS A 4702 ドアセット, 2015
 - ・ 森永光典, 片岡正喜, 鈴木義弘, 中武啓至, 三宮基裕: 電動車いす使用の場合の設計基準寸法に関する基礎的実験 その 2. L 字通路と開口部実験, 日本建築

学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.683-684, 1997

- ・ 八藤後猛, 野村歡: 住宅内における高齢者・障害者の利用を考慮した昇降機等の利用実態に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 488 号, pp159-164, 1996.10
- ・ 吉村英祐, 飯田匡, 藤本幹也, 久家一哲, 布田健: 車いす等による昇降時の安全性・走行性の実験を目的とした多段型曲線スロープの製作, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.545-546, 2008

[規格・基準]

- ・ 一般財団法人ベターリビング: 優良住宅部品認定基準及び付加認定基準 玄関ドア (BL-bs) BLS FD 2015②, 2016
- ・ 建設省 (当時): 長寿社会対応住宅設計指針, 1995
- ・ 国土交通省: 日本住宅性能表示基準, 2001 (最終改正 2006)
- ・ 国土交通省: 高齢者が居住する住宅の設計に係る指針, 2009
- ・ 国土交通省 住宅局 安心住居推進課: 在宅サービスに対応した住宅を考えるヒント (案) 自宅で住み続けられる「終の住処」のアイデア・工夫, 2012.3
- ・ 国土交通省: 高齢者、障害者等の円滑な移動等に配慮した建築設計標準, 2017
- ・ 東京都: 東京都福祉のまちづくり条例 施設整備マニュアル, 2014
- ・ 日本工業標準調査会: 日本工業規格, JIS A 4706 サッシ, 2015
- ・ 日本工業標準調査会: 日本工業規格, JIS S 0024 高齢者・障害者配慮設計指針—住宅設備機器, 2004
- ・ 日本工業標準調査会: 日本工業規格, JIS A 2191 高齢者・障害者配慮設計指針—住宅設計におけるドア及び窓の選定, 2017
- ・ Americans with Disabilities Act Accessibility Guidelines (ADAAG), 2004

研究業績

本論文に関連した業績リスト

【査読付き論文】

1. 久保晶子, 米田昌文, 添田昌志：引戸開閉時における車いす利用者の上体の動きおよび反力による車いすの動きの分析, 日本建築学会計画系論文集, 第 82 巻, 第 734 号, pp.905-915, 2017.04 (第 3 章に対応)
2. 久保晶子, 米田昌文, 添田昌志：把手形状による手の届きやすさの違いが車いす利用者の引戸を開く動作に与える影響, 日本建築学会技術報告集, 第 24 巻, 第 57 号, pp.769-774, 2018.06, 掲載予定 (第 4 章に対応)
3. 久保晶子, 米田昌文, 添田昌志：車いす利用者の引戸開き可否予測モデルの開発, 日本建築学会計画系論文集, 投稿準備中 (第 5 章に対応)

【学会口頭発表】

- ・ 久保晶子, 添田昌志, 米田昌文：車いす利用者による引戸の開閉に関する研究 その 1 車いすのアプローチ方向およびとめ方による挙動の違い, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 建築計画, pp.645-646, 2016

謝辞

この論文は、筆者の東京工業大学大学院博士後期課程における3年間の研究成果をまとめたものです。YKK AP 株式会社に在籍しながら、研究に取り組み、論文を執筆することは、多くの方々の支援がなければ成し得ないことでした。お世話になった全ての方々に深く感謝の意を表します。

東京工業大学大学院 特任准教授 添田昌志先生には、会社での業務と大学での研究活動を両立できるように最大限の配慮をしていただき、研究をご指導いただきました。心から感謝いたします。

副指導教官の准教授 那須聖先生には、研究および手続きなどについて、入学前から多くのことの相談にのっていただきました。また、本論文を審査していただき、建設的なご意見やご助言をいただきました。心から感謝いたします。

教授 中村芳樹先生、教授 大佛俊泰先生、准教授 室町泰徳先生には本論文を審査していただき、建設的なご意見やご助言をいただきました。論文の審査を通して筆者には多くの学びや気づきがありました。心から感謝いたします。また、人間環境システム専攻の先生方には、中間発表会や論文発表会などで多方面からの貴重なご意見をいただきました。心から感謝いたします。

名誉教授 大野隆造先生には、入学前からご助言をいただいたり、論文発表会に来ていただいたり、気にかけていただいていた。また、先生の最終講義を拝聴したことが、筆者が今回の研究に取り組みたいと思った一つのきっかけになっていることは確かです。心から感謝いたします。

YKK AP 株式会社 中央研究所 伊藤春雄所長を始めとする多くの方々には、研究への取り組み方などについて多くのご助言・ご指導をいただきました。大変感謝しております。

開発本部 価値検証センター ユーザー検証グループ 米田昌文 G 長ならびに生活者視点推進室の皆様には、筆者が研究に集中して取り組めるよう全面的にサポートをしていただきました。皆様には多大なご協力をいただくと共に、負担もおかけしたことと思います。皆様のサポートなしでは成し得なかったことであり、この感謝の気持ちは言葉では言い尽くせません。誠にありがとうございました。

開発本部および関係の皆様には、度々激励のお言葉をいただき、多様にご配慮をいただきました。心から感謝いたします。また、今回、筆者が学ばせてもらうにあたり、大学院への派遣に関して関連部署の皆様にも、心から感謝いたします。

実験の被験者の皆様、実験にご参加いただき、ありがとうございました。心から感謝いたします。

添田研究室の村口香穂里さん、いつも前向きで実直な貴女からは、良い刺激を受けていました。度々昼食をご一緒させてもらったことも楽しかったです。ありがとうございました。今後のますますのご活躍をお祈り申し上げます。

那須研究室の皆様には、多々親切にさせていただきました。ありがとうございました。心より感謝しております。

最後に、両親と妹たちには、いつも前向きに応援してくれたこと、多岐にわたるサポートをしてくれたことに、心より感謝いたします。

2018年3月
久保晶子

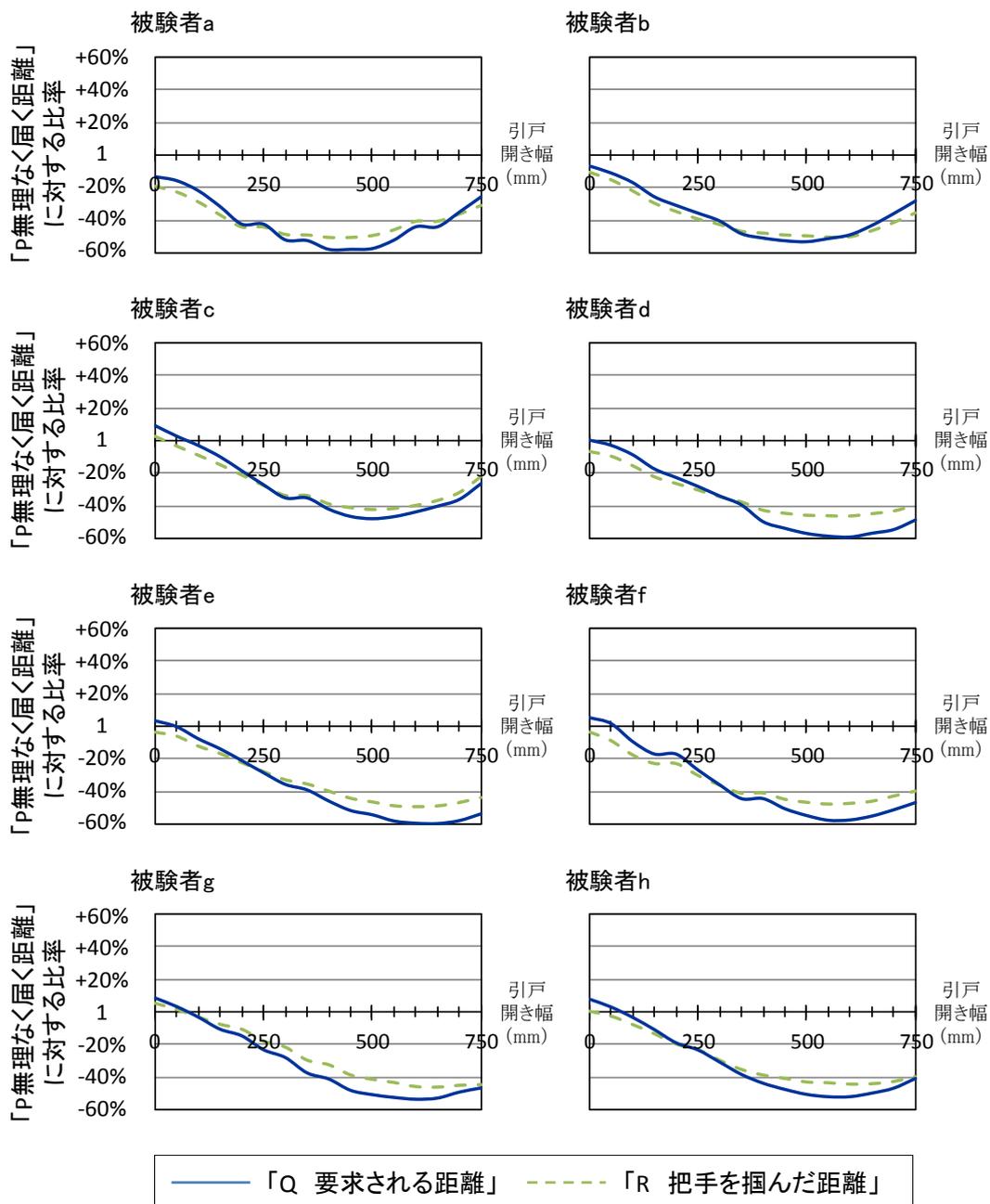
付録

引戸開閉時の肩と把手との距離 [第3章]	176
引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]	184
引戸の開き可否の実験結果 [第4章]	200
引戸の開き可否の個別の予測結果および実験結果 [第5章]	204

引戸開閉時の肩と把手との距離 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の肩と把手との距離の計測結果

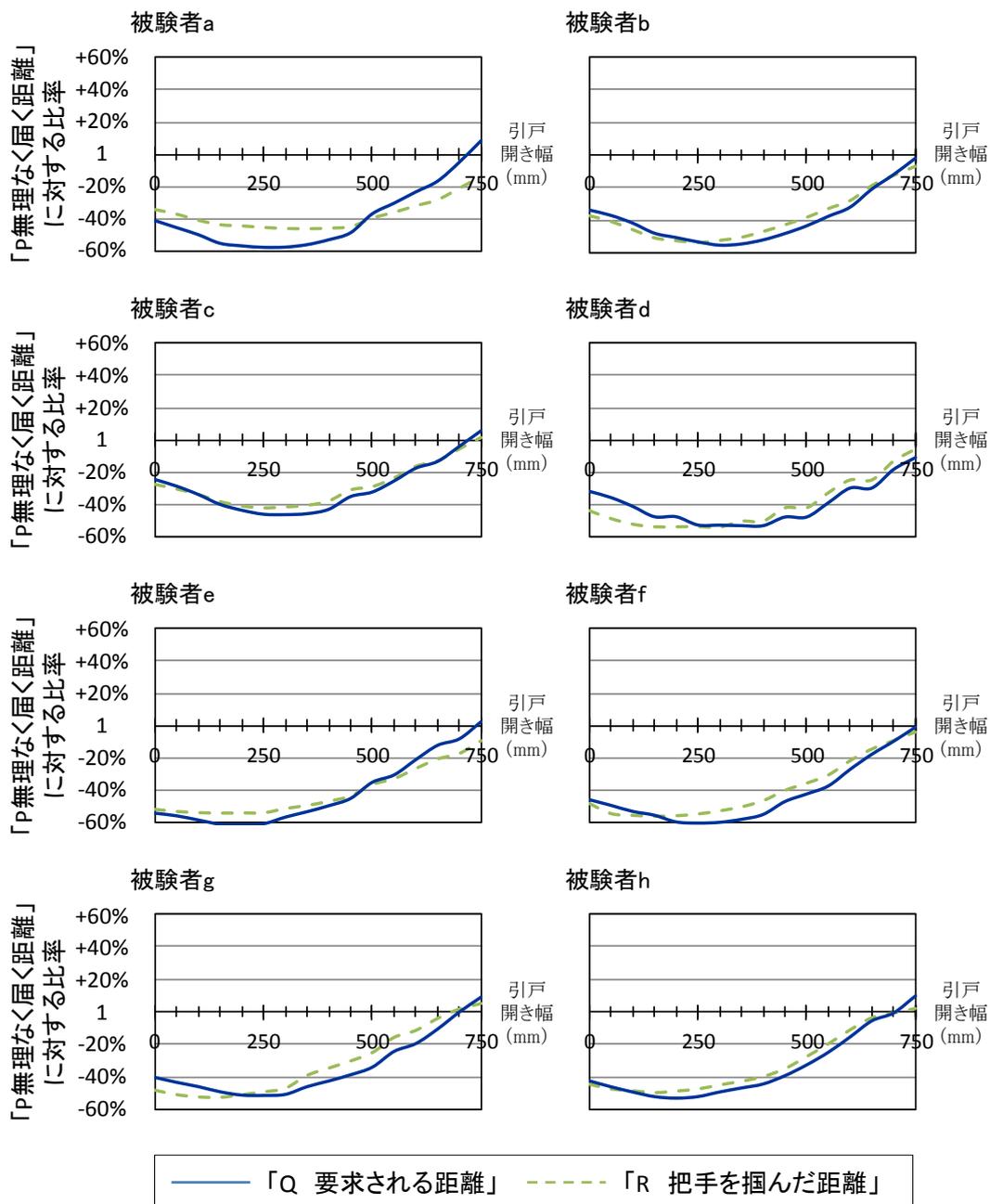
ア 横・戸先[左手]



引戸開閉時の肩と把手との距離 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の肩と把手との距離の計測結果

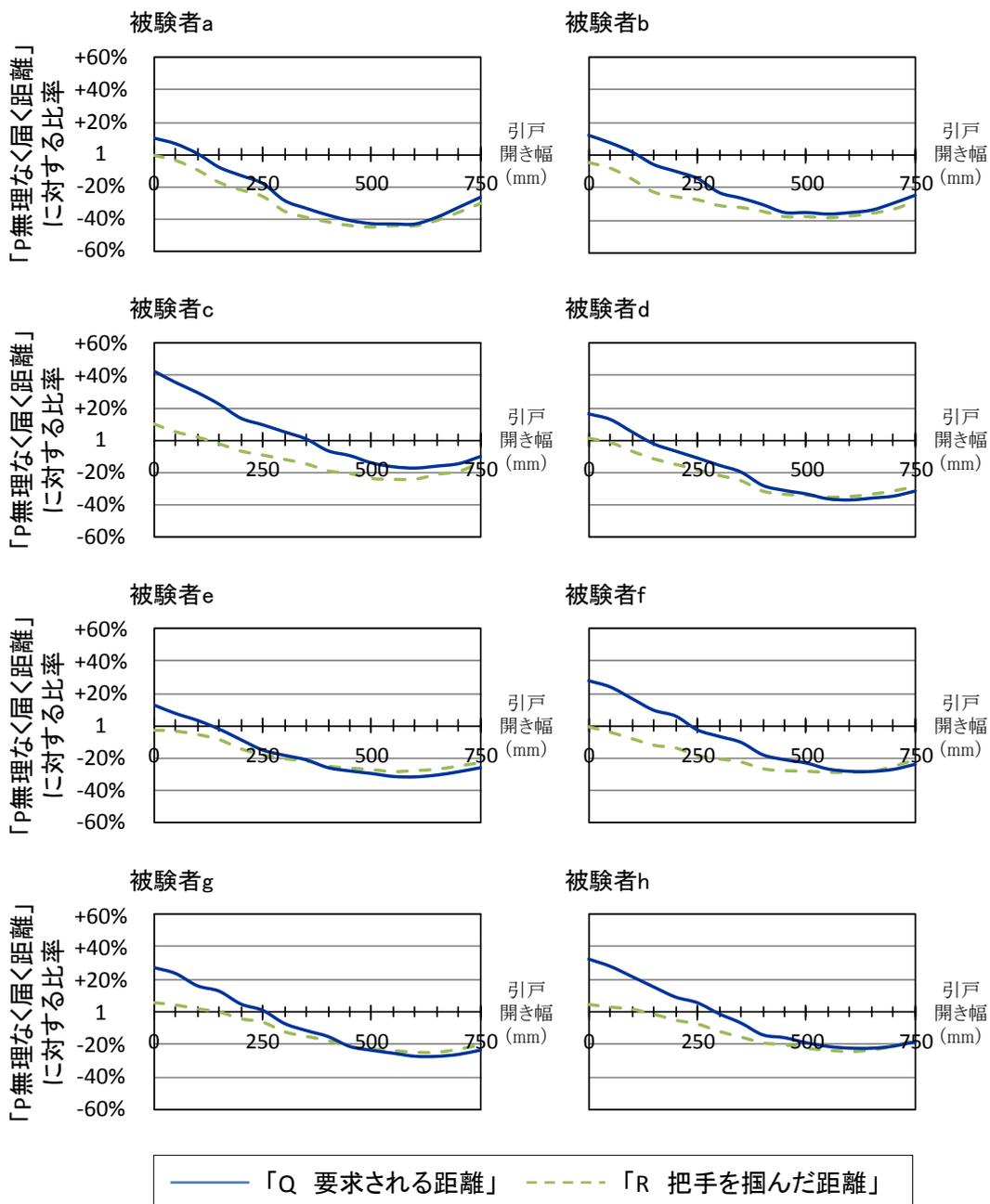
イ 横・戸尻[右手]



引戸開閉時の肩と把手との距離 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の肩と把手との距離の計測結果

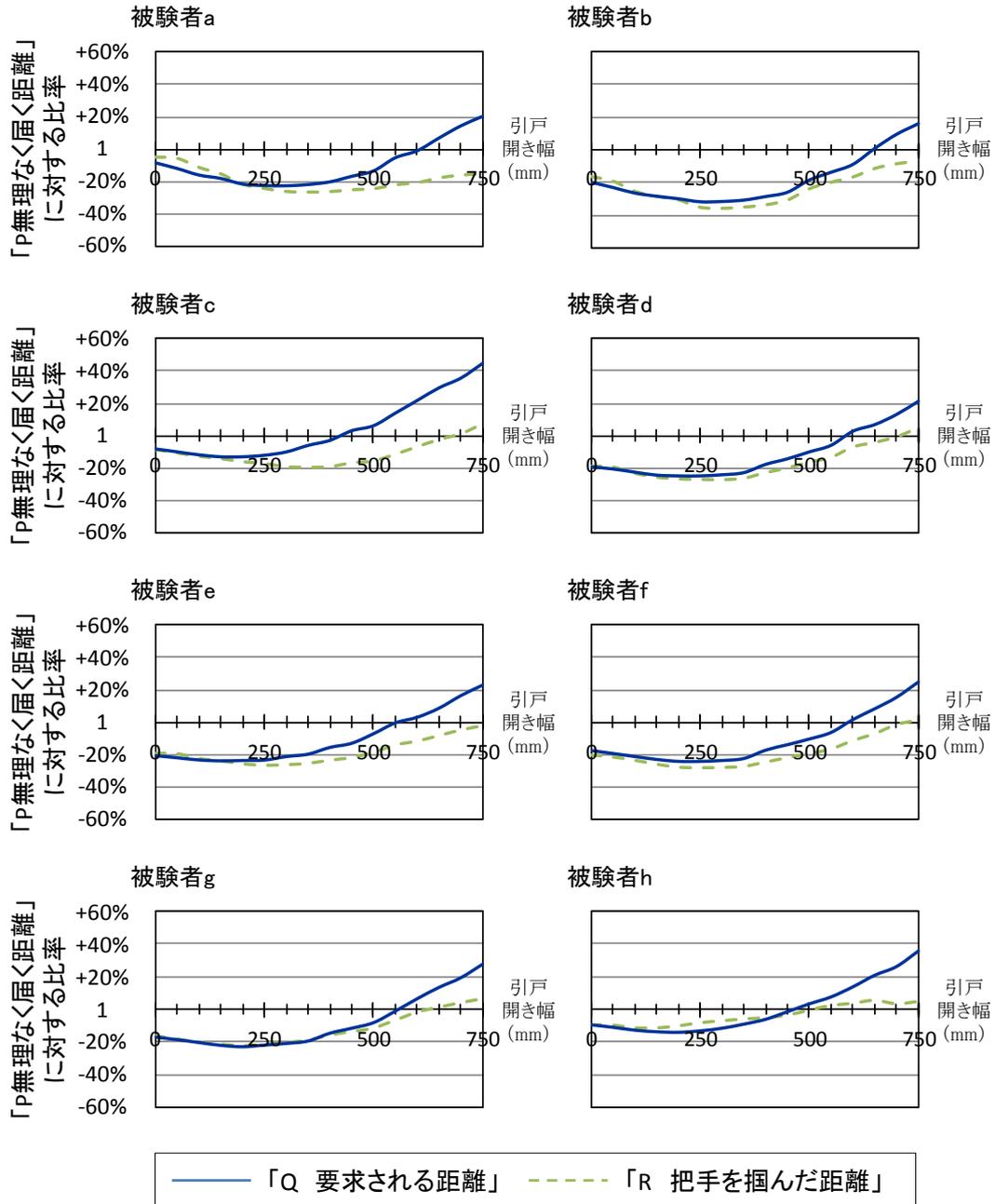
ウ 斜め・戸先[左手]



引戸開閉時の肩と把手との距離 [第3章]

※ア～カの車のいすの向きについて、各被験者の肩と把手との距離の計測結果

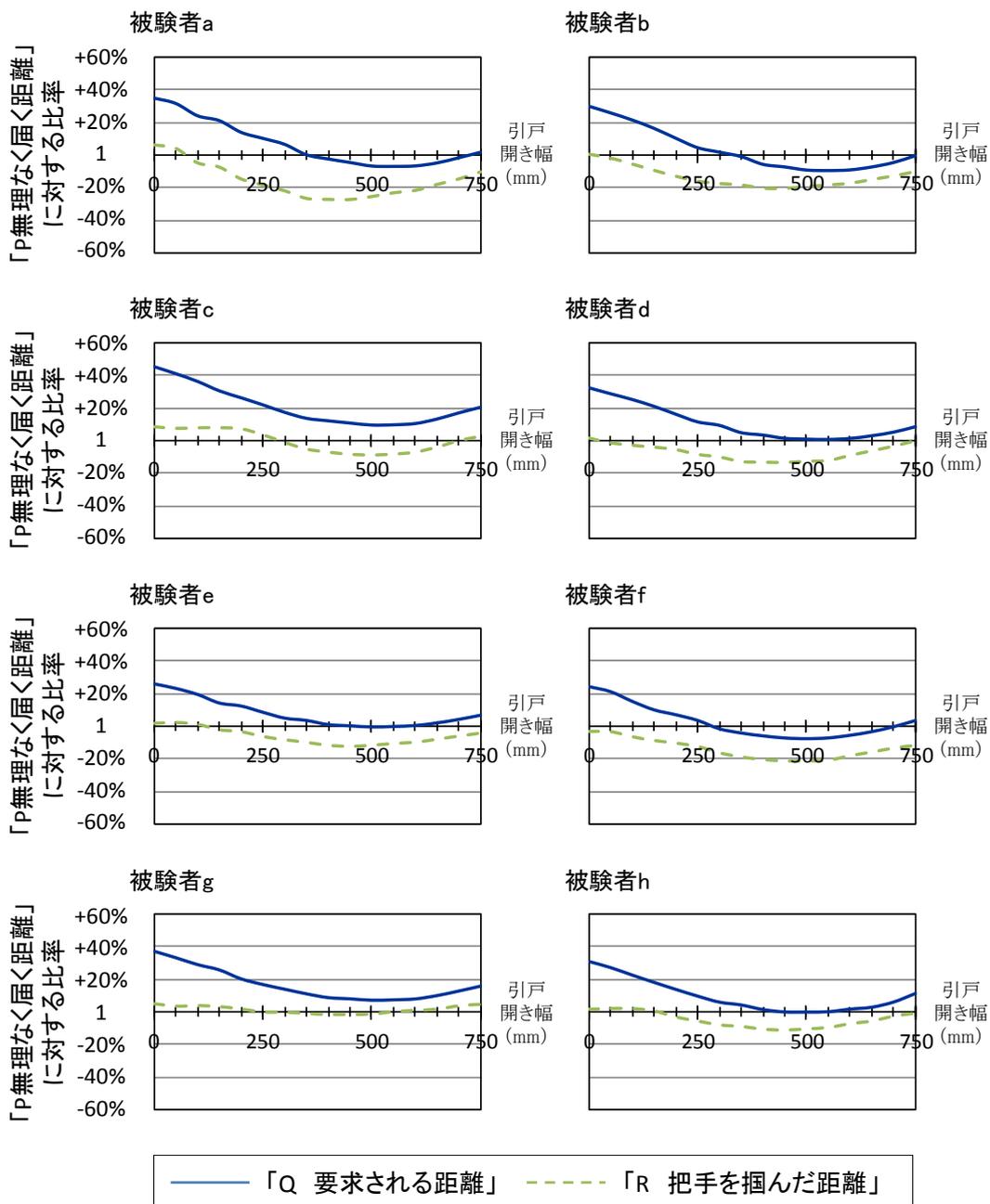
エ 斜め・戸尻[右手]



引戸開閉時の肩と把手との距離 [第3章]

※ア～カの車の向きについて、各被験者の肩と把手との距離の計測結果

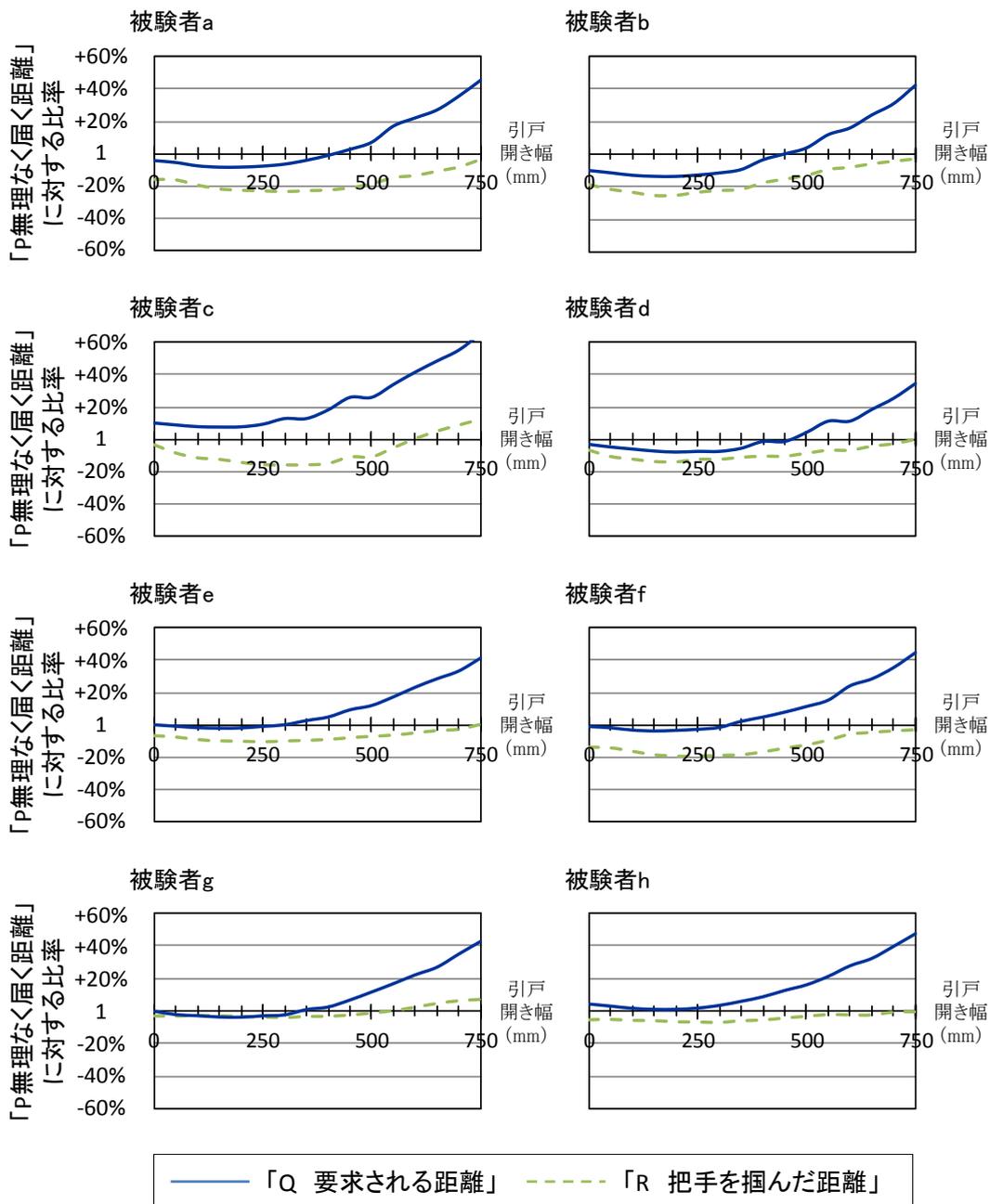
オ 正面[左手]



引戸開閉時の肩と把手との距離 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の肩と把手との距離の計測結果

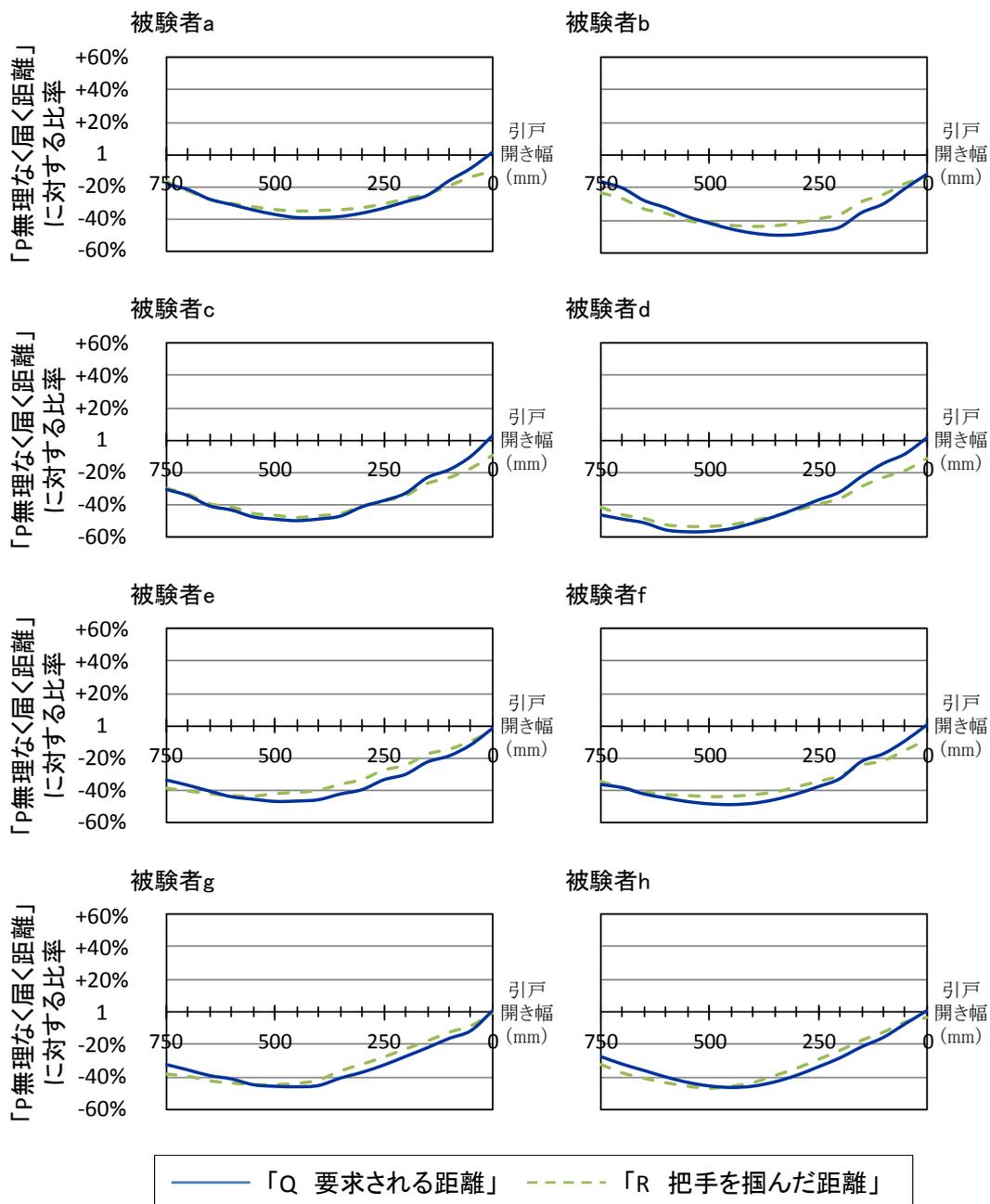
カ 正面[右手]



引戸開閉時の肩と把手との距離 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の肩と把手との距離の計測結果

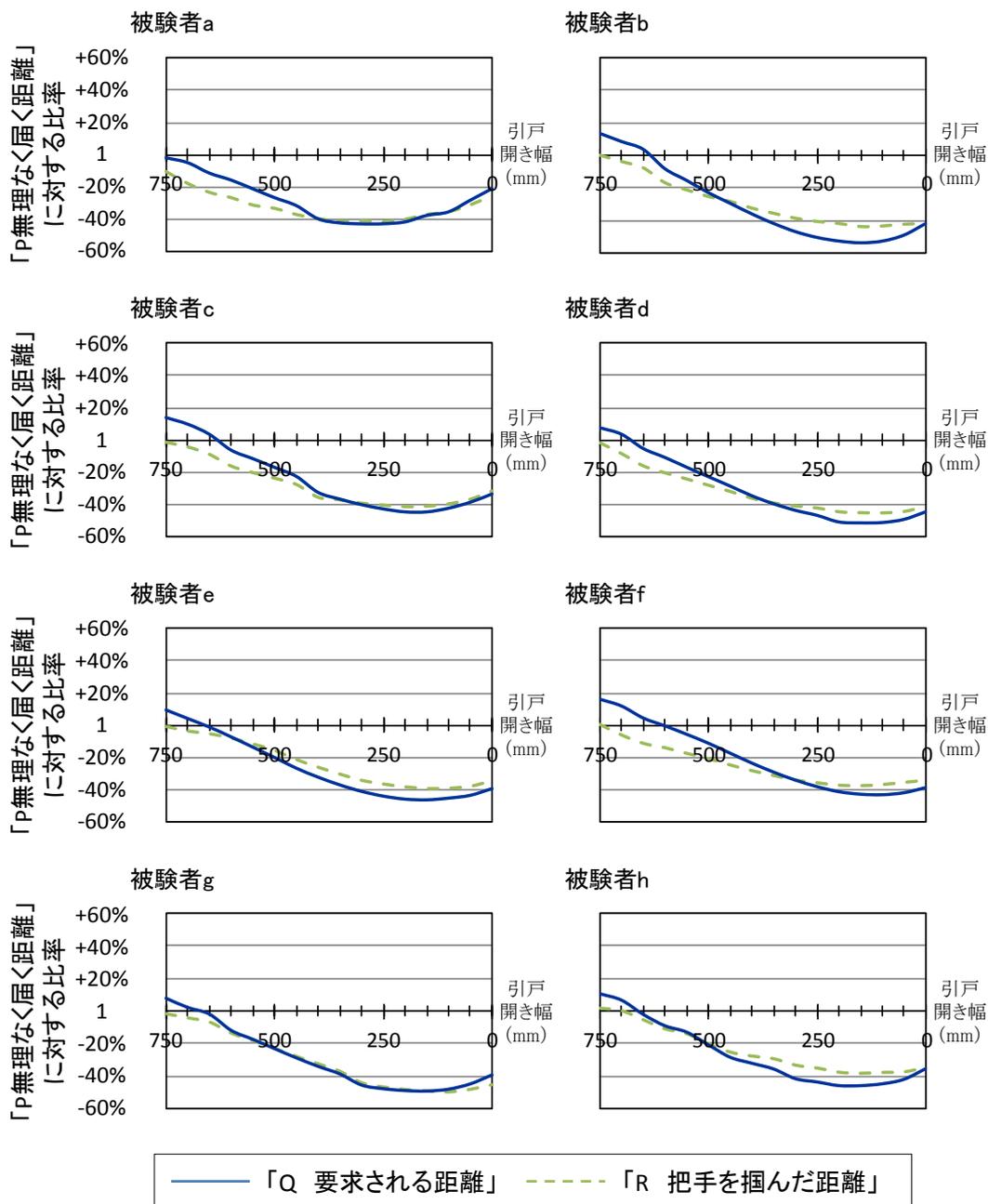
キ 閉横・戸先[右手]



引戸開閉時の肩と把手との距離 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の肩と把手との距離の計測結果

ク 閉横・戸尻[左手]

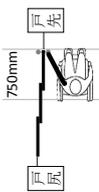
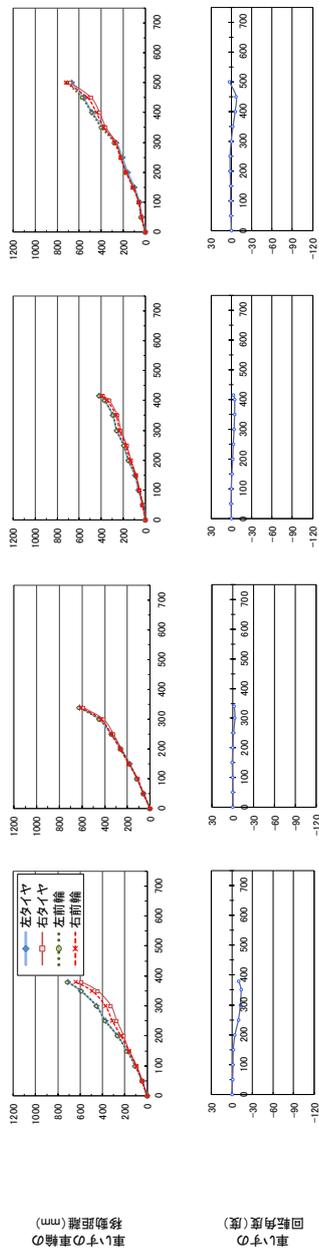


引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

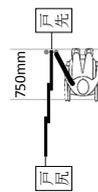
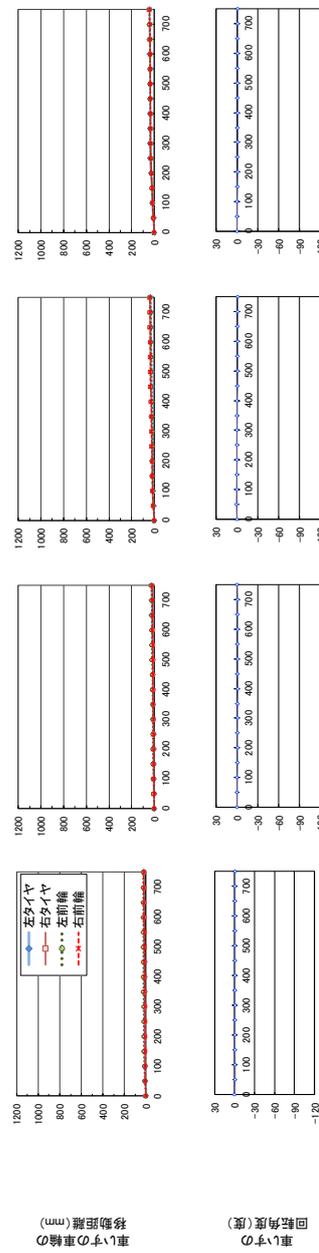
※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押し」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

ア 横・戸先[左手] 1/2 被験者

「押えなし」



「ハンドリム押し」

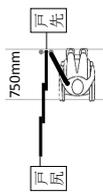
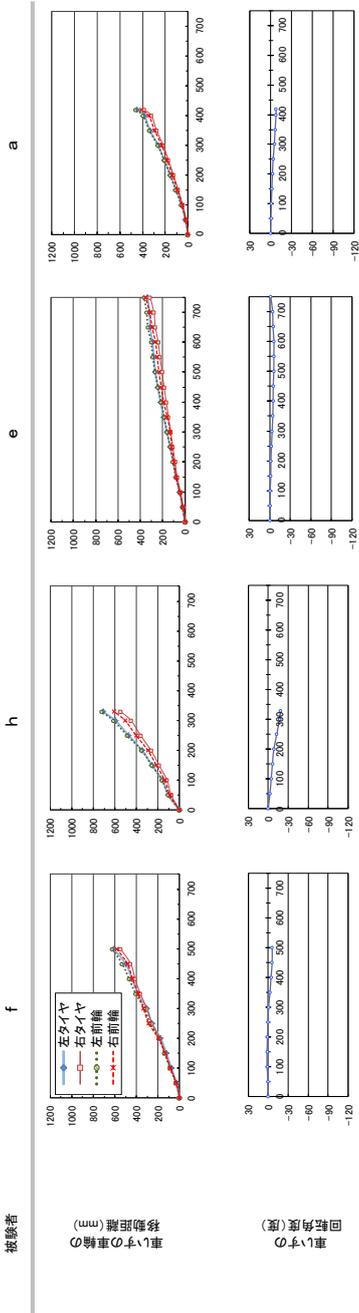


引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押え」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

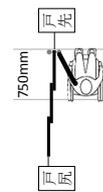
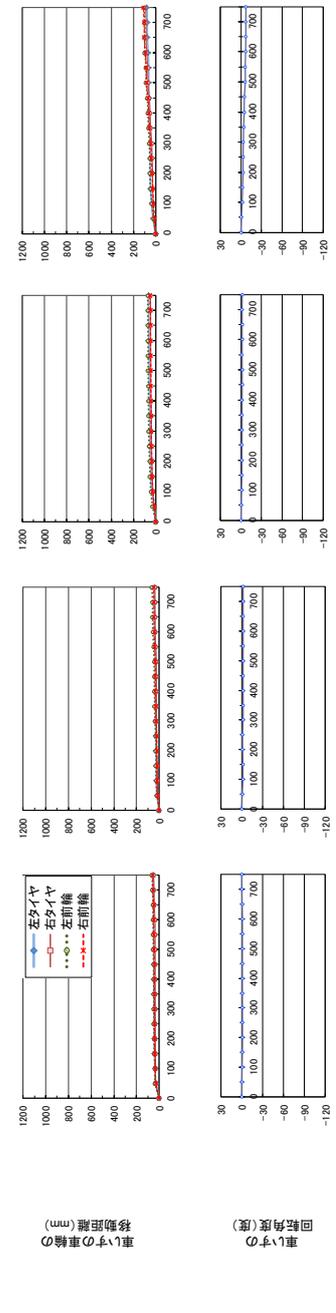
ア 横・戸先[左手] 2/2 被験者

「押えなし」



動作終了時の開き幅(mm)	500	330	750	420
4輪で移動距離が最大の輪と距離(mm)	626	723	366	461
車いすの累積回転角度(度)	9.38	18.67	11.01	7.78
足先当りの背離	—(なし)	—(なし)	—(なし)	—(なし)

「ハンドリム押え」



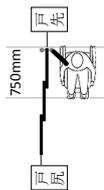
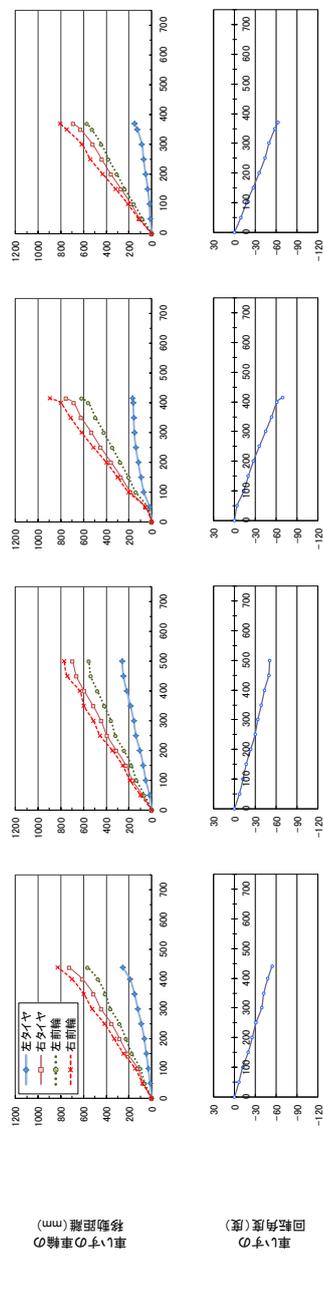
動作終了時の開き幅(mm)	750	750	750	750
4輪で移動距離が最大の輪と距離(mm)	63	64	71	109
車いすの累積回転角度(度)	2.13	3.17	2.17	7.51
足先当りの背離	—(なし)	—(なし)	—(なし)	—(なし)

引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

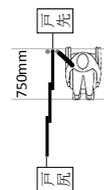
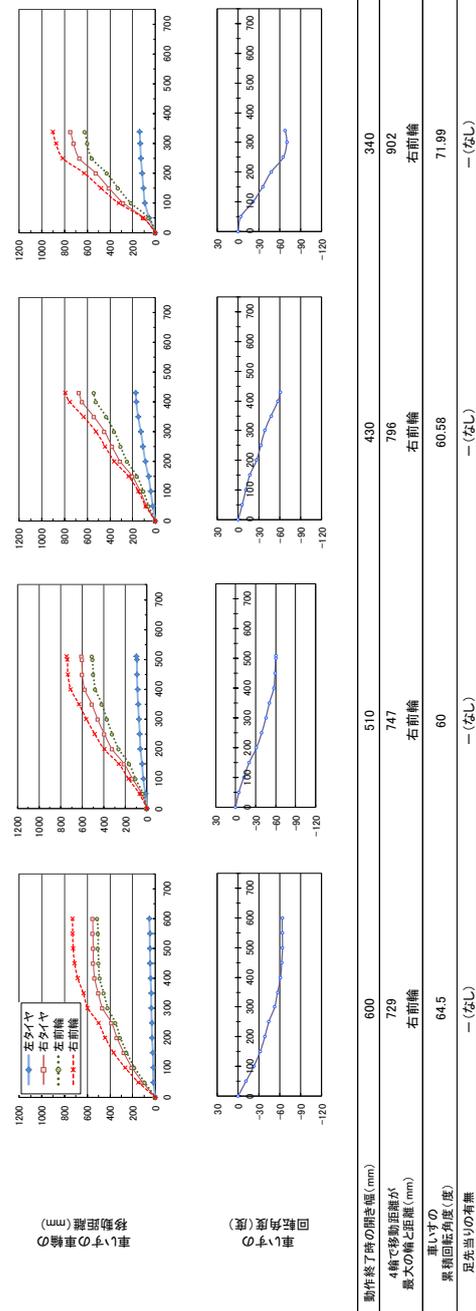
※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押え」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

イ 横・戸尻[右手] 1/2 被験者

「押えなし」



「ハンドリム押え」



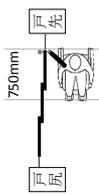
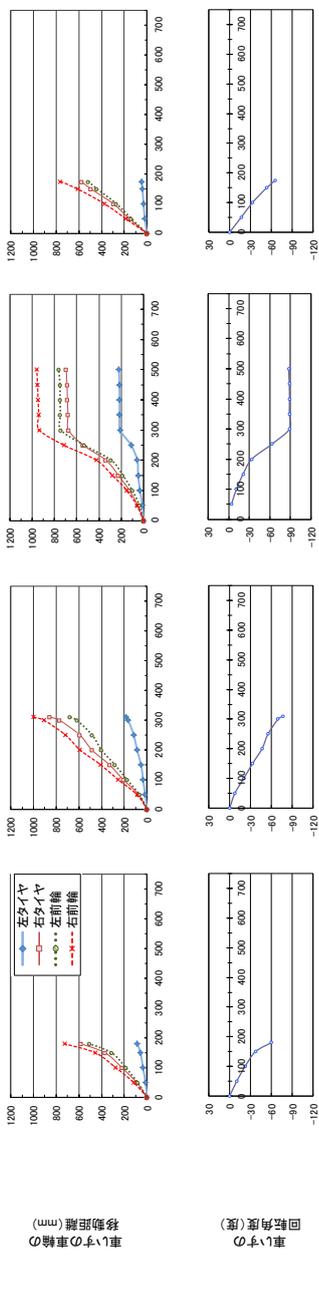
引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押し」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

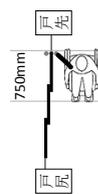
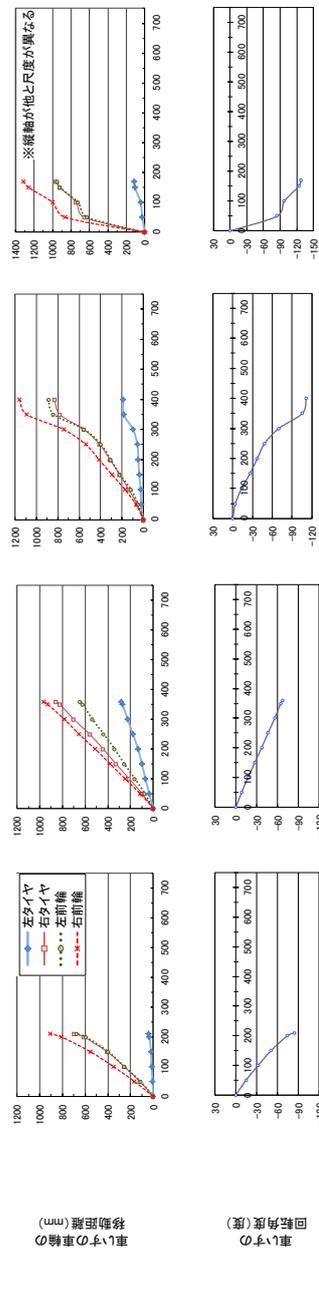
イ 横・戸尻[右手] 2/2

被験者

「押えなし」



「ハンドリム押し」



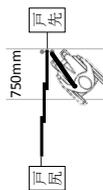
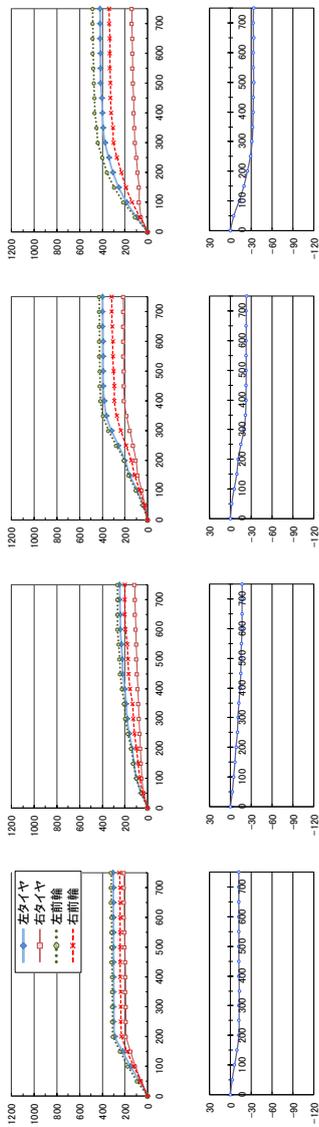
引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押え」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

ウ 斜め・戸先 [左手] 1/2

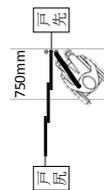
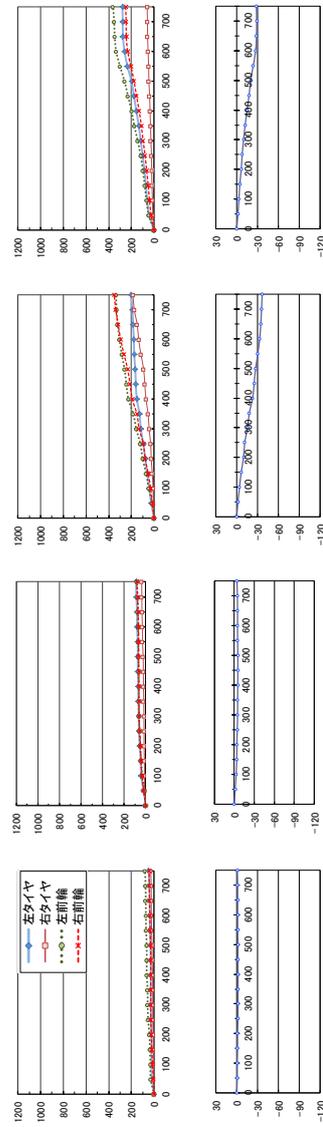
被験者

「押えなし」



動作終了時の開き幅 (mm)	750	750	750	750
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	321	266	427	485
車いすの累積回転角度 (度)	13.61	17.28	23.19	34.26
足先当りの有無	あり	—(なし)	あり	—(なし)

「ハンドリム押え」



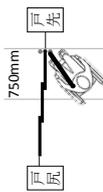
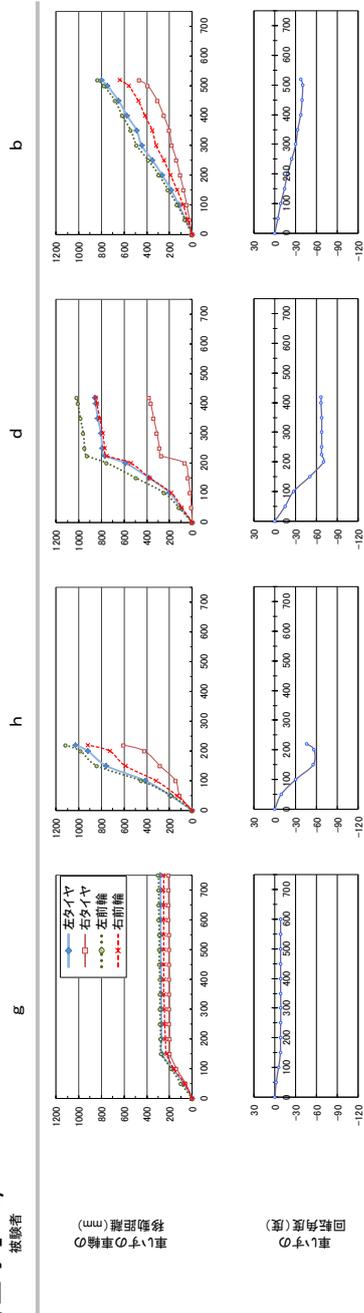
動作終了時の開き幅 (mm)	750	750	750	750
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	81	90	352	362
車いすの累積回転角度 (度)	3.15	6.59	36.59	29.02
足先当りの有無	—(なし)	—(なし)	—(なし)	—(なし)

引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

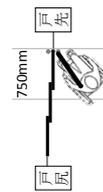
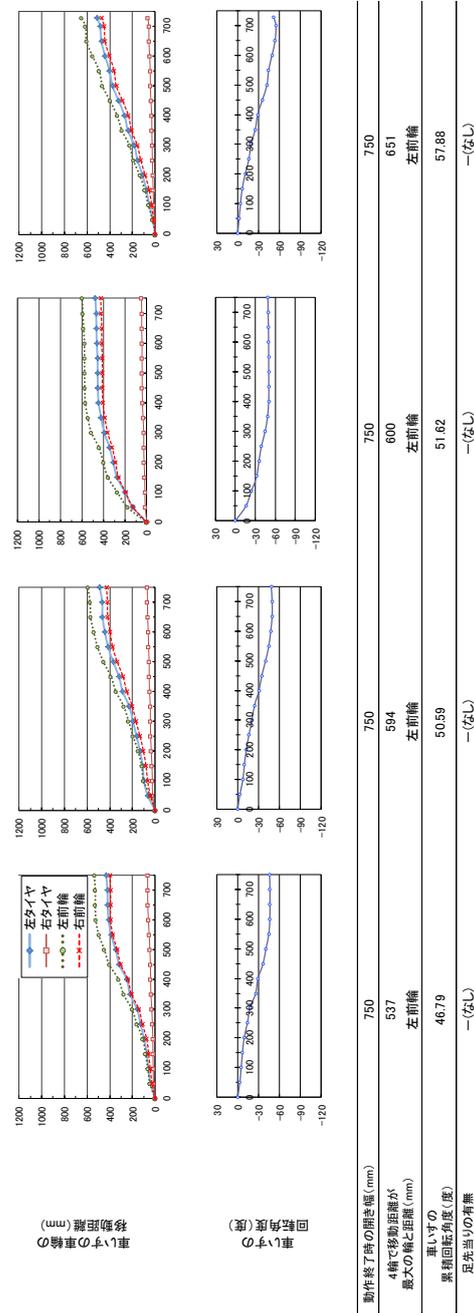
※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押え」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

ウ 斜め・戸先 [左手] 2/2
被験者

「押えなし」



「ハンドリム押え」

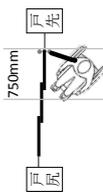
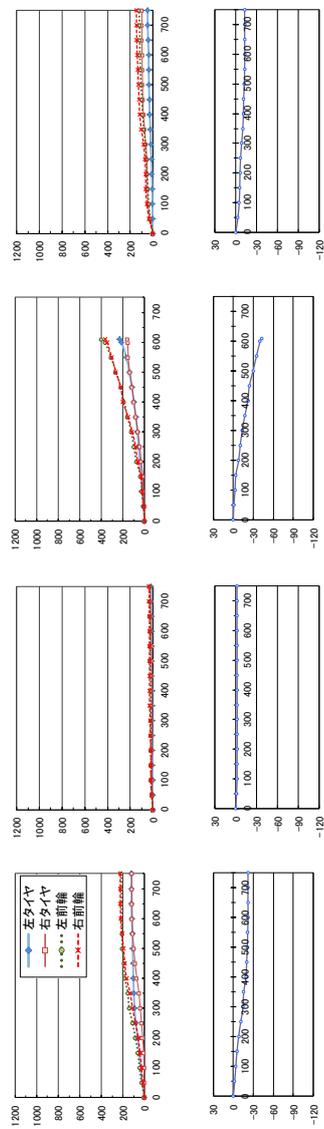


引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押え」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

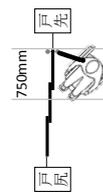
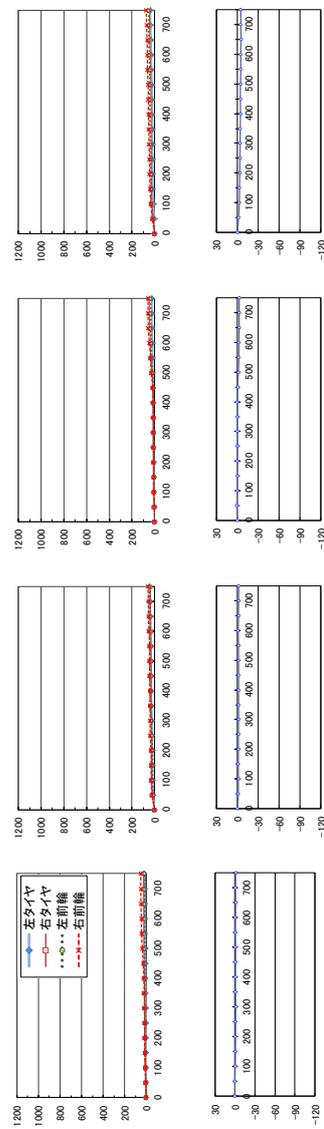
エ 斜め・戸尻[右手] 1/2 被験者

「押えなし」



動作終了時の開き幅 (mm)	750	610	750
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	34	399	147
車いすの累積回転角度(度)	22.58	42.38	13.32
足先当りの有無	—(なし)	—(なし)	—(なし)

「ハンドリム押え」



動作終了時の開き幅 (mm)	750	750	750
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	59	59	76
車いすの累積回転角度(度)	2.53	3.01	4.5
足先当りの有無	—(なし)	—(なし)	—(なし)

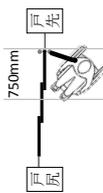
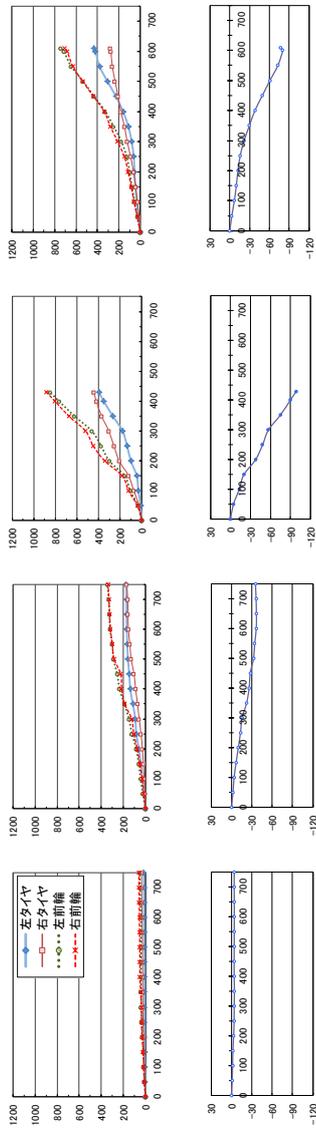
引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押え」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

エ 斜め・戸尻[右手] 2/2

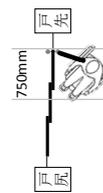
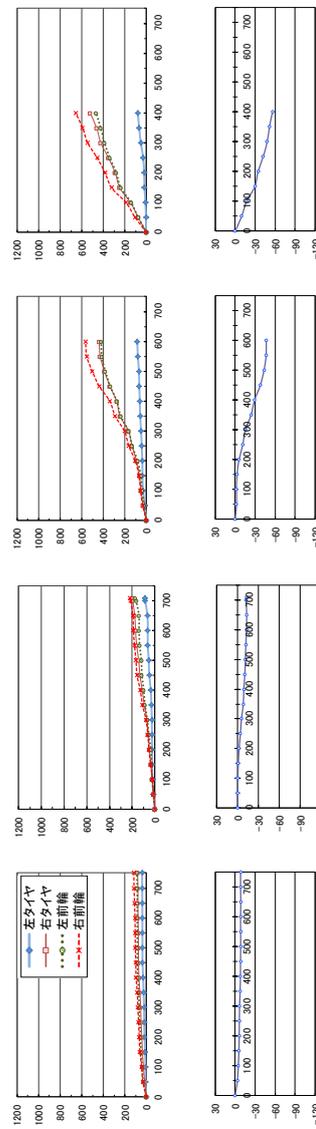
被験者

「押えなし」



動作終了時の開き幅(mm)	750	750	610
4輪で移動距離が最大の輪と距離(mm)	60	344	747
車いすの累積回転角(度)	5.47	38.35	8.3
足先当りの荷重	—(なし)	—(なし)	—(なし)

「ハンドリム押え」



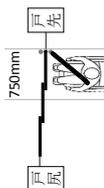
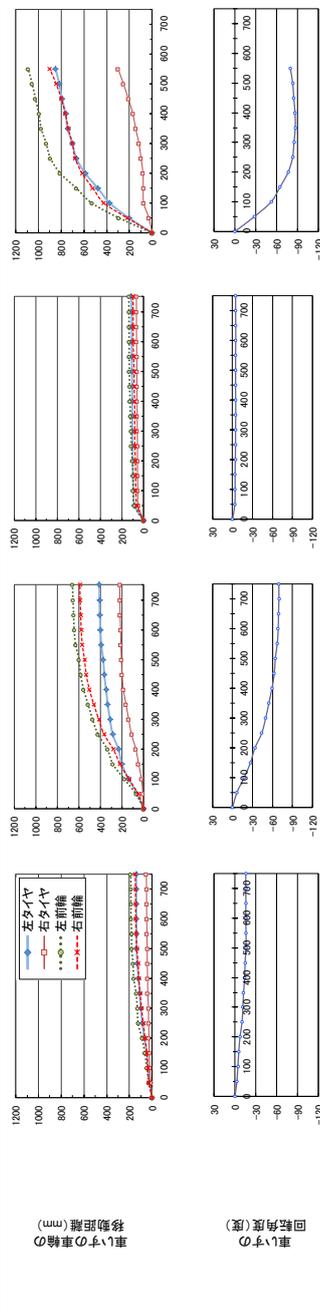
動作終了時の開き幅(mm)	750	710	400
4輪で移動距離が最大の輪と距離(mm)	118	218	657
車いすの累積回転角(度)	9.18	14.7	55.88
足先当りの荷重	—(なし)	—(なし)	—(なし)

引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

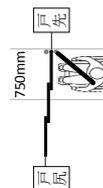
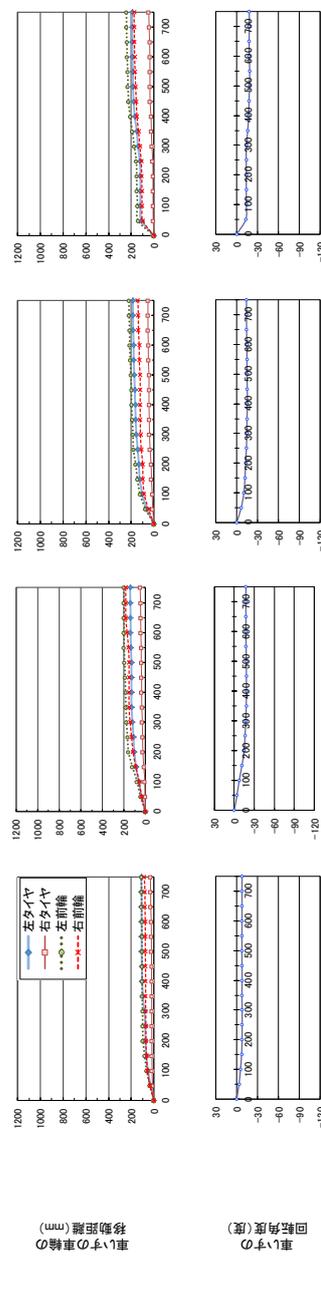
※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押し」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

才 正面[左手] 1/2 被験者

「押えなし」



「ハンドリム押し」



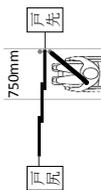
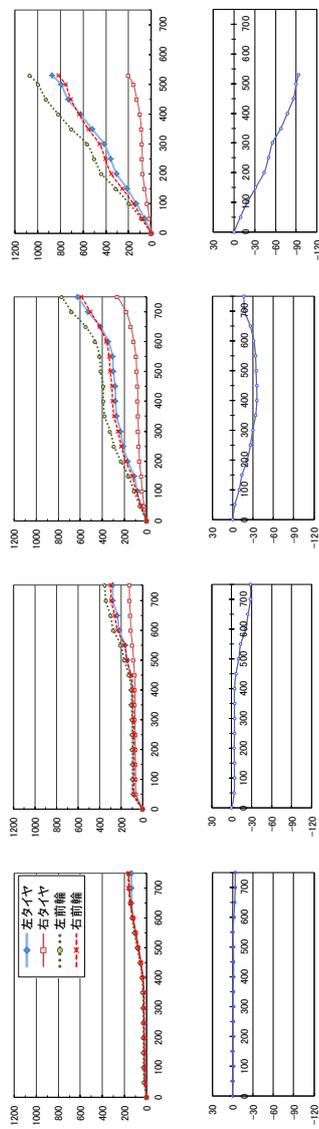
引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押し」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

オ 正面[左手] 2/2

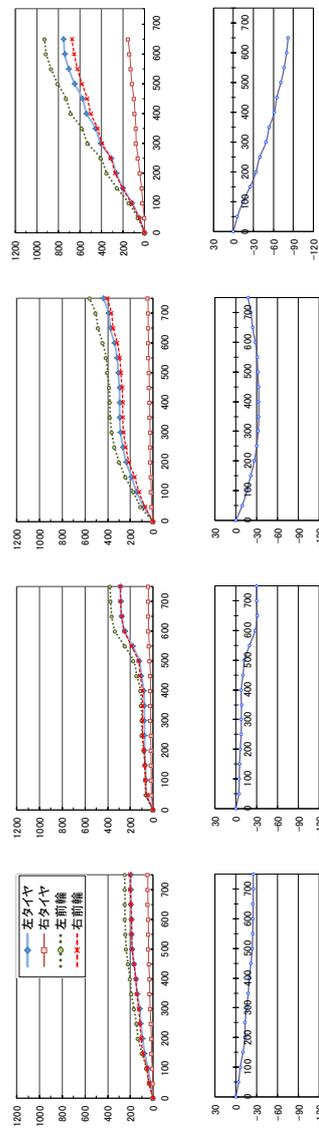
被験者

「押えなし」



動作終了時の開き幅 (mm)	750	750	530
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	168	789	1070
車いすの累積回転角度 (度)	6.18	28.64	93.5
足先当りの有無	あり	あり	—(なし)

「ハンドリム押し」



動作終了時の開き幅 (mm)	750	750	650
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	250	560	928
車いすの累積回転角度 (度)	24.93	32.84	81.95
足先当りの有無	—(なし)	あり	—(なし)

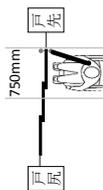
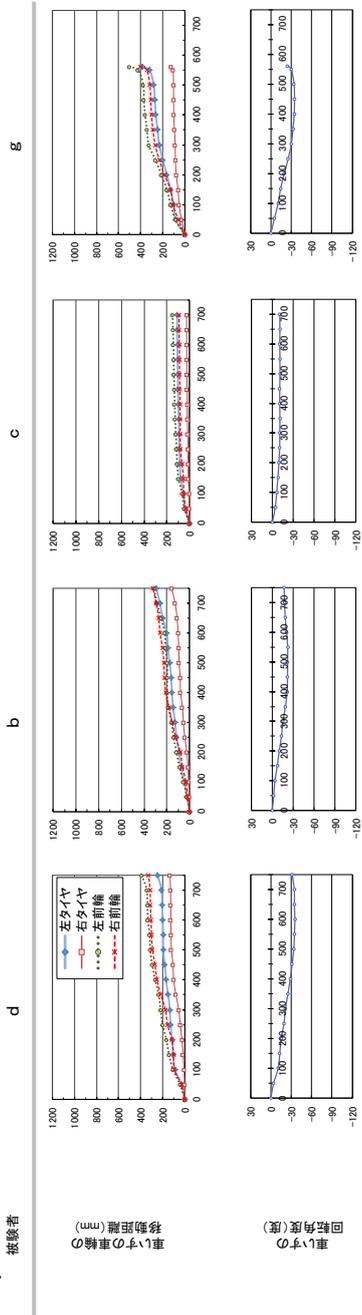
引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押し」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

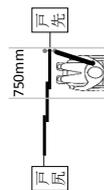
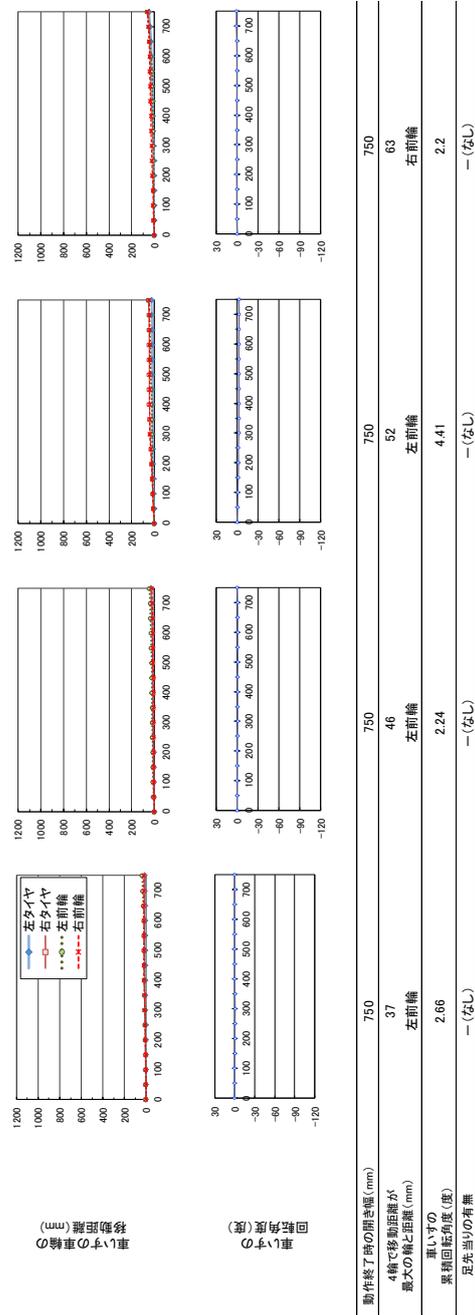
カ 正面[右手] 1/2

被験者

「押えなし」



「ハンドリム押し」



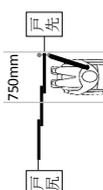
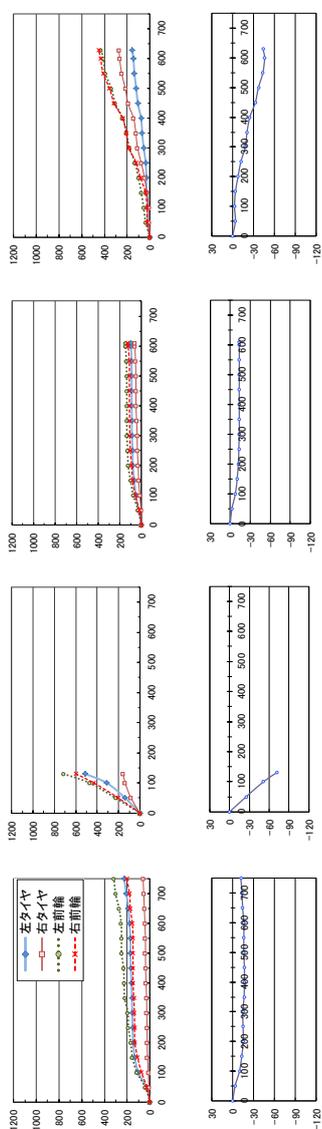
引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押え」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

カ 正面[右手] 2/2

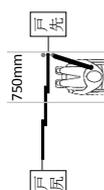
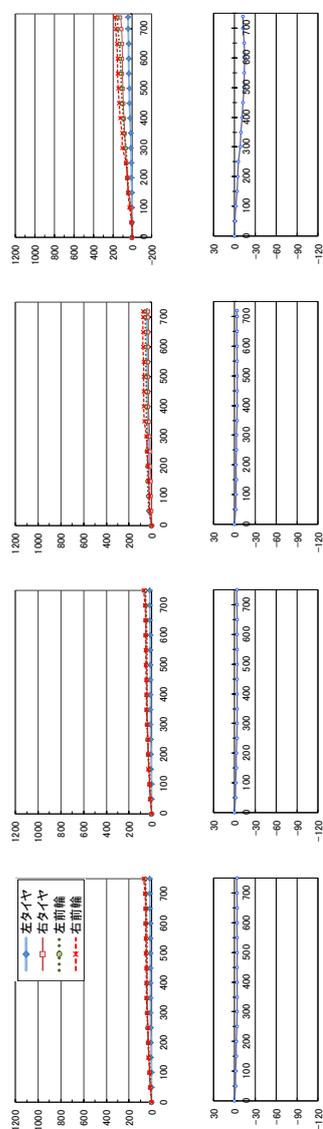
被験者

「押えなし」



動作終了時の開き幅(mm)	750	130	610	630
4輪で移動距離が最大の輪と距離(mm)	317	716	151	452
車いすの累積回転角度(度)	23.15	71.53	14.18	50.44
足元当りの有無	あり	—(なし)	—(なし)	あり

「ハンドリム押え」



動作終了時の開き幅(mm)	750	750 (※740)	750 (※720)	750 (※740)
4輪で移動距離が最大の輪と距離(mm)	72	72	79	179
車いすの累積回転角度(度)	5.48	5.48	4.82	16.76
足元当りの有無	—(なし)	—(なし)	—(なし)	—(なし)

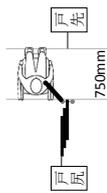
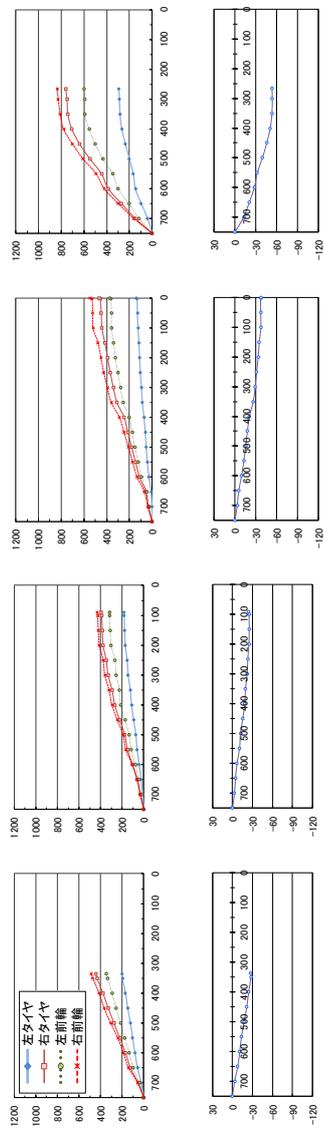
引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押え」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

キ 閉横・戸先 [右手] 1/2

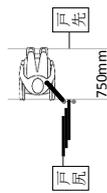
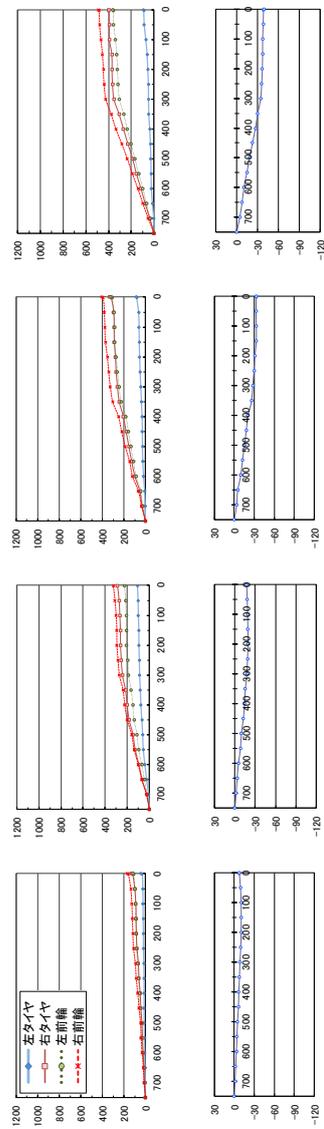
被験者

「押えなし」



動作終了時の開き幅 (mm)	325	80	265
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	484	548	836
車いすの累積回転角度 (度)	28.51	38.18	54.16
足床当りの有無	—(なし)	—(なし)	—(なし)

「ハンドリム押え」



動作終了時の開き幅 (mm)	0	0	0
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	170	407	488
車いすの累積回転角度 (度)	13.35	21.16	38.8
足床当りの有無	—(なし)	—(なし)	—(なし)

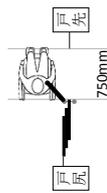
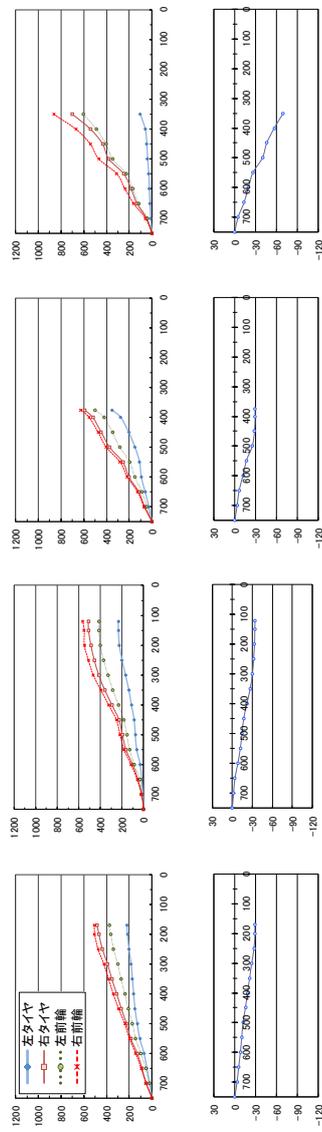
引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押え」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

キ 閉横・戸先[右手] 2/2

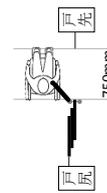
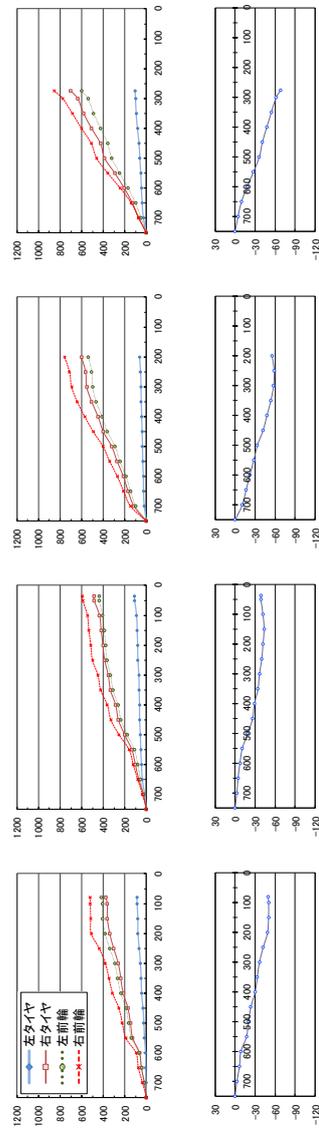
被験者

「押えなし」



動作終了時の開き幅 (mm)	170	120	375	350
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	508	564	625	865
車いすの累積回転角度(度)	29.33	33.88	29.36	69.6
足元当りの有無	—(なし)	—(なし)	—(なし)	—(なし)

「ハンドリム押え」



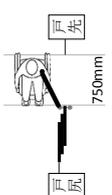
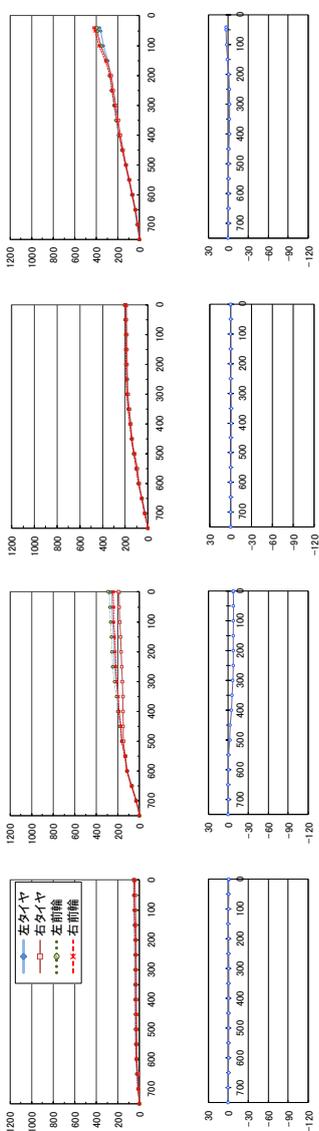
動作終了時の開き幅 (mm)	80	35	200	275
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	524	594	760	855
車いすの累積回転角度(度)	50.91	48.45	61.52	68.37
足元当りの有無	—(なし)	—(なし)	—(なし)	あり

引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押し」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

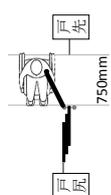
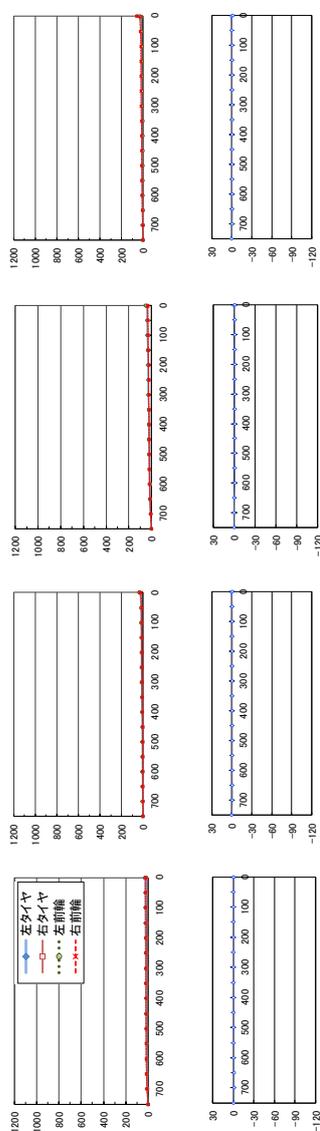
ク 閉横・戸尻[左手] 1/2 被験者

「押えなし」



動作終了時の開き幅 (mm)	0	0	0	40
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	56	290	210	425
車いすの累積回転角度(度)	2.9	9.54	3.52	7.93
足先当りの有無	—(なし)	—(なし)	—(なし)	—(なし)

「ハンドリム押し」



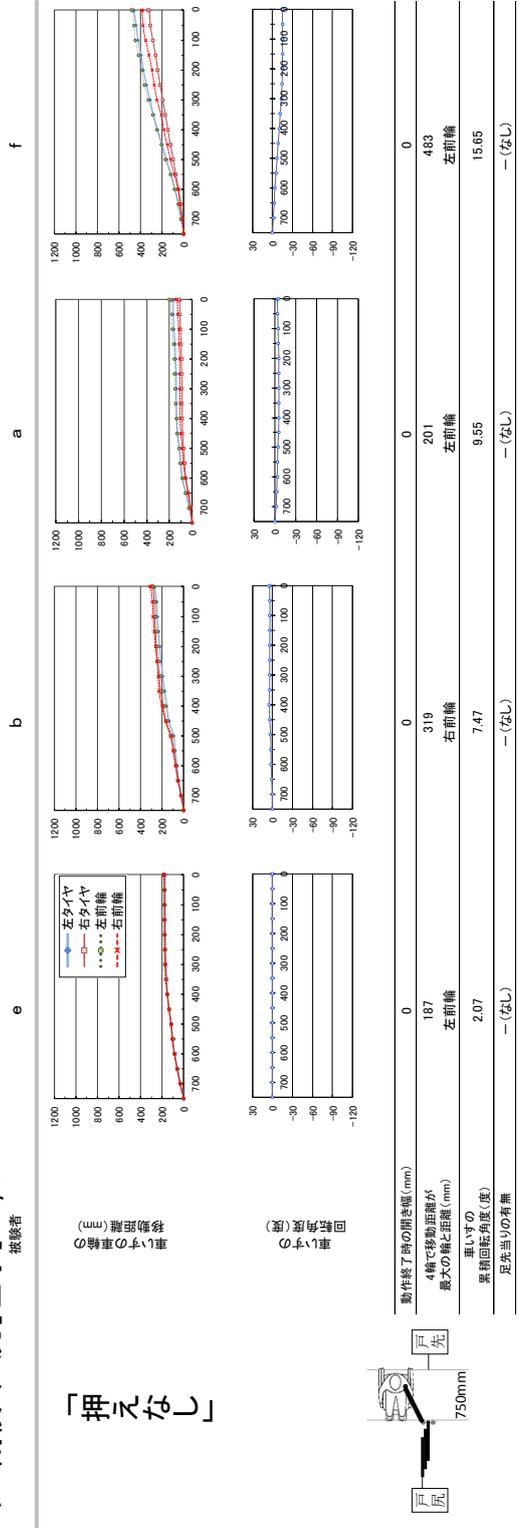
動作終了時の開き幅 (mm)	0	0	0	0
4輪で移動距離が最大の輪と距離 (mm)	31	36	59	60
車いすの累積回転角度(度)	2.38	3.23	2.79	5.25
足先当りの有無	—(なし)	—(なし)	—(なし)	—(なし)

引戸開閉時の車いすの移動軌跡 [第3章]

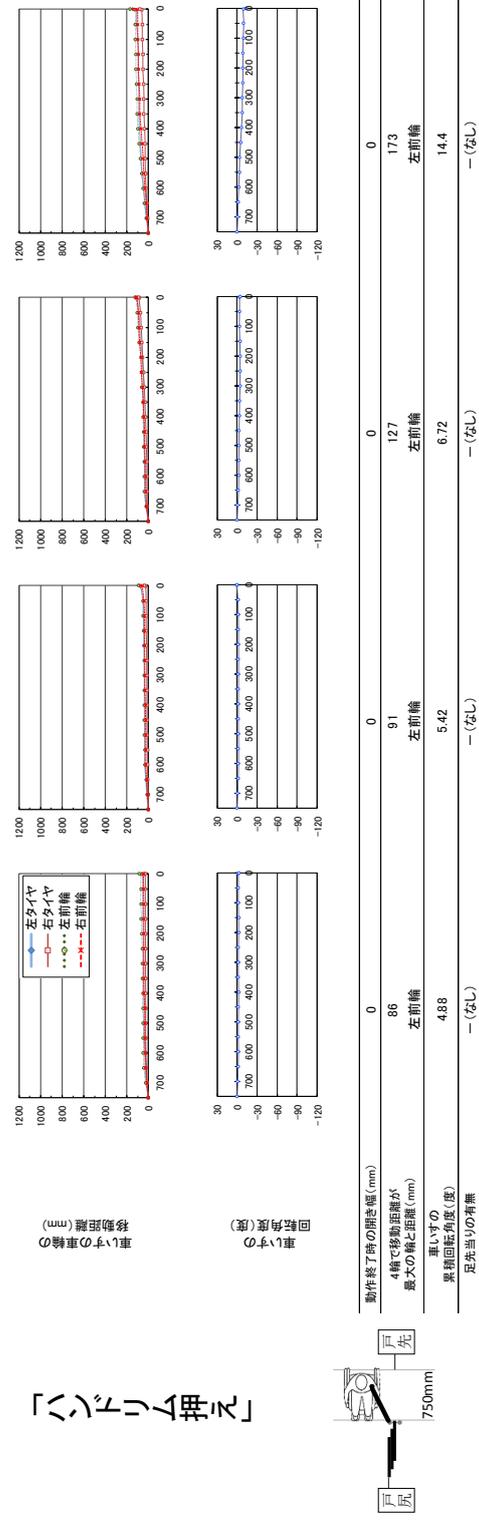
※ア～カの車いすの向きについて、各被験者の車いすの移動軌跡を「ハンドリム押え」の場合の車いすの車輪の移動距離が少ない順に示す。

ク 閉横・戸尻[左手] 2/2
被験者

「押えなし」



「ハンドリム押え」



引戸の開き可否の実験結果 [第4章]

				車いす位置 dx(mm)													
					-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
イ	車いす利用者	アクティブ	縦型	0	評価		*	○	○	○	*						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)			750	800	750						
ウ	高齢者	アクティブ	縦型	0	評価					×	×	× ₀					
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)					420	540	0				
エ	高齢者	アクティブ	縦型	0	評価		×	△	○	○	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)		560	660	750	800	0					
オ	高齢者	アクティブ	縦型	0	評価					×	×	×	×				
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)					500	0	0	0			
カ	成人	アクティブ	縦型	0	評価		×	×	×	△	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)		220	380	560	630	0					
キ	成人	アクティブ	縦型	0	評価		×	△	○	○	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)		590	680	750	870	0					
ク	成人	アクティブ	縦型	0	評価		×	△	○	○	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)		620	700	800	780	0					
ケ	成人	アクティブ	縦型	0	評価	×	△	○	○	○	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)		590	650	780	860	875	0				
コ	成人	アクティブ	縦型	0	評価	×	×	○	○	○	×	×					
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)		500	600	700	750	750	0	0			
イ	車いす利用者	アクティブ	縦型	45	評価		*	○	○	*							
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)			750	800							
ウ	高齢者	アクティブ	縦型	45	評価			×	×	△	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)			510	600	700	0					
エ	高齢者	アクティブ	縦型	45	評価		×	△	△	○	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)		590	660	700	800	0					
オ	高齢者	アクティブ	縦型	45	評価			×	△	×	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)			620	700	0	0					
カ	成人	アクティブ	縦型	45	評価		×	×	×	×	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)		480	600	0	0	0	0				
キ	成人	アクティブ	縦型	45	評価		×	×	○	×							
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)		485	600	750	0						
ク	成人	アクティブ	縦型	45	評価			×	△	×							
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)			610	650	0						
ケ	成人	アクティブ	縦型	45	評価			×	△	×							
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)			590	710	0						
コ	成人	アクティブ	縦型	45	評価		×	×	○	×							
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)			620	750	0						
イ	車いす利用者	アクティブ	縦型	90	評価						*						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)											
ウ	高齢者	アクティブ	縦型	90	評価					×	×	×	×	×			
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)					500	580	0	0	0		
エ	高齢者	アクティブ	縦型	90	評価					△	△	×					
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)					600	650	0				
オ	高齢者	アクティブ	縦型	90	評価					×	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)					530	0					
カ	成人	アクティブ	縦型	90	評価				×	×	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)				300	400	0					
キ	成人	アクティブ	縦型	90	評価				×	×	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)				350	400	0					
ク	成人	アクティブ	縦型	90	評価				×	×	×						
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)				310	400	0					
ケ	成人	アクティブ	縦型	90	評価				×	×	×	×	×				
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)				275	420	550	0				
コ	成人	アクティブ	縦型	90	評価				×	×	×	×					
		車いす			バーハンドル	開き幅(mm)				300	420	550	0				

引戸の開き可否の実験結果 [第4章]

				車いす位置 dx(mm)														
被験者	車いす利用者	ハンドル	車いす向き															
				-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900		
イ	車いす利用者	アクティブ	横型	0	評価			*	○	○	○	○	○	○	*			
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)				750	750	830	750	750	750				
ウ	高齢者	アクティブ	横型	0	評価							×	×	○	○	×	×	
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)							530	610	780	810	0	0	
エ	高齢者	アクティブ	横型	0	評価		×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	×	×
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)		540	630	720	790	(750)	800	(750)	(750)	865	865	0	0
オ	高齢者	アクティブ	横型	0	評価							×	△	○	○	×		
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)							590	660	800	865	0		
カ	成人	アクティブ	横型	0	評価	×	△	△	○	○	○	○	○	○	○	×		
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)	480	650	720	760	750	760	770	(750)	750	840	0		
キ	成人	アクティブ	横型	0	評価		×	△	○	○	○	○	○	○	○	×		
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)		550	670	750	750	(750)	750	(750)	760	750	0		
ク	成人	アクティブ	横型	0	評価			×	○	○	○	○	○	○	○	×		
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)			630	790	770	(750)	770	(750)	800	800	0		
ケ	成人	アクティブ	横型	0	評価	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×		
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)	650	750	750	830	865	(750)	865	(750)	865	830	0		
コ	成人	アクティブ	横型	0	評価			×	△	○	○	○	○	○	×			
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)			420	670	750	750	(750)	(750)	750	0			
イ	車いす利用者	アクティブ	横型	45	評価		*	○	○	○	○	○	○	*				
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)			750	800	790	(750)	800	750					
ウ	高齢者	アクティブ	横型	45	評価			×	△	○	○	○	○	○	×			
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)			570	700	750	(750)	750	(750)	750	0			
エ	高齢者	アクティブ	横型	45	評価			×	△	○	○	○	○	○	○	×		
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)			600	700	780	(750)	865	(750)	840	865	865	0	
オ	高齢者	アクティブ	横型	45	評価				×	○	○	○	○	×				
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)				550	780	(750)	800	865	0				
カ	成人	アクティブ	横型	45	評価				△	○	○	○	○	○	×			
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)				680	760	800	790	790	790	0			
キ	成人	アクティブ	横型	45	評価			×	△	○	○	○	○	○	×			
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)			580	680	750	750	750	750	750	0			
ク	成人	アクティブ	横型	45	評価				△	○	○	○	○	○	×			
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)				640	740	780	790	760	820	0			
ケ	成人	アクティブ	横型	45	評価		×	△	○	○	○	○	○	○	×			
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)		580	650	730	780	865	865	865	865	0			
コ	成人	アクティブ	横型	45	評価			×	△	○	○	○	○	○	×			
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)			610	640	750	750	750	750	750	0			
イ	車いす利用者	アクティブ	横型	90	評価							*	○	*				
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)								750					
ウ	高齢者	アクティブ	横型	90	評価						×	△	○	○	×			
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)						600	680	780	820(2部目)	820	0		
エ	高齢者	アクティブ	横型	90	評価							△	○	○	○	○	×	
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)						670	750	860	840	865	865	865	0
オ	高齢者	アクティブ	横型	90	評価							×	○	○	○	×		
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)							600	790	820	820	0		
カ	成人	アクティブ	横型	90	評価							×	○	○	○	×		
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)							550	760	780	780	0		
キ	成人	アクティブ	横型	90	評価							×	○	○	○	×		
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)							630	730	760	860	0		
ク	成人	アクティブ	横型	90	評価							×	○	○	○	○	×	
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)							600	730	750	780	780	0	
ケ	成人	アクティブ	横型	90	評価							×	○	○	○	○	×	
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)							600	740	780	865	865	0	
コ	成人	アクティブ	横型	90	評価							×	○	○	○	○	×	
		車いす	バーハンドル		開き幅(mm)							620	730	750	750	800	0	

引戸の開き可否の実験結果 [第4章]

				車いす位置 dx(mm)															
被験者	車いす利用者	ハンドル	車いす向き	dx(mm)															
				-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900			
イ	車いす利用者	アクティブ	縦棧	0	評価		*	○	○	○	○	○	○	○	○	*			
		車いす	引手	0	開き幅(mm)			770	(750)	750	(750)	750	(750)	810	860				
ウ	高齢者	アクティブ	縦棧	0	評価							×	×	△	△	○	×	0	
		車いす	引手	0	開き幅(mm)							570	610	650	660	730	0		
エ	高齢者	アクティブ	縦棧	0	評価		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	0
		車いす	引手	0	開き幅(mm)		680	750	(750)	(750)	(750)	865	(750)	(750)	(750)	865	865	0	
オ	高齢者	アクティブ	縦棧	0	評価							×	△	○	○	○	×	0	
		車いす	引手	0	開き幅(mm)							530	680	820	(750)	850	0		
カ	成人	アクティブ	縦棧	0	評価	×	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×	0	
		車いす	引手	0	開き幅(mm)	530	640	650	770	(750)	(750)	785	(750)	(750)	(750)	800	0		
キ	成人	アクティブ	縦棧	0	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	0	
		車いす	引手	0	開き幅(mm)	560	690	750	(750)	(750)	(750)	750	(750)	(750)	(750)	750	0		
ク	成人	アクティブ	縦棧	0	評価		×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	0	
		車いす	引手	0	開き幅(mm)		610	780	(750)	(750)	(750)	800	(750)	(750)	(750)	780	0		
ケ	成人	アクティブ	縦棧	0	評価	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	0	
		車いす	引手	0	開き幅(mm)	680	800	850	(750)	(750)	(750)	865	(750)	(750)	(750)	865	0		
コ	成人	アクティブ	縦棧	0	評価	×	△	△	○	○	○	○	○	○	○	×	0		
		車いす	引手	0	開き幅(mm)	620	700	720	750	(750)	(750)	750	(750)	(750)	(750)	750	0		
イ	車いす利用者	アクティブ	縦棧	45	評価		*	○	○	○	○	○	○	○	*				
		車いす	引手	45	開き幅(mm)			730	750	(750)	(750)	830	(750)	865					
ウ	高齢者	アクティブ	縦棧	45	評価		×	△	○	○	○	○	○	○	×	0			
		車いす	引手	45	開き幅(mm)		575	690	790	(750)	(750)	800	(750)	(750)	830	0			
エ	高齢者	アクティブ	縦棧	45	評価			△	○	○	○	○	○	○	○	×	0		
		車いす	引手	45	開き幅(mm)			640	760	(750)	(750)	865	(750)	(750)	865	0			
オ	高齢者	アクティブ	縦棧	45	評価				△	○	○	○	○	○	×	0			
		車いす	引手	45	開き幅(mm)				680	800	(750)	865	(750)	(750)	865	0			
カ	成人	アクティブ	縦棧	45	評価		×	○	○	○	○	○	○	○	×	0			
		車いす	引手	45	開き幅(mm)		550	750	780	(750)	(750)	770	(750)	(750)	865	0			
キ	成人	アクティブ	縦棧	45	評価		△	△	○	○	○	○	○	○	×	0			
		車いす	引手	45	開き幅(mm)		620	700	760	(750)	(750)	750	(750)	(750)	750	0			
ク	成人	アクティブ	縦棧	45	評価		×	○	○	○	○	○	○	○	×	0			
		車いす	引手	45	開き幅(mm)		585	740	750	(750)	(750)	780	(750)	(750)	865	0			
ケ	成人	アクティブ	縦棧	45	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	×	0			
		車いす	引手	45	開き幅(mm)	560	630	700	865	(750)	(750)	865	(750)	(750)	865	0			
コ	成人	アクティブ	縦棧	45	評価		×	△	○	○	○	○	○	○	×	0			
		車いす	引手	45	開き幅(mm)		620	700	750	(750)	(750)	750	(750)	(750)	760	0			
イ	車いす利用者	アクティブ	縦棧	90	評価							*	○	○	○	*			
		車いす	引手	90	開き幅(mm)								750	750	750				
ウ	高齢者	アクティブ	縦棧	90	評価						△	△	○	○	○	×	0		
		車いす	引手	90	開き幅(mm)						680	710	790	820	(750)	865	0		
エ	高齢者	アクティブ	縦棧	90	評価					△	△	○	○	○	○	×	0		
		車いす	引手	90	開き幅(mm)					640	680	820	(750)	860	(750)	865	860	0	
オ	高齢者	アクティブ	縦棧	90	評価							×	○	○	×	0			
		車いす	引手	90	開き幅(mm)							620	750	865	830	0			
カ	成人	アクティブ	縦棧	90	評価						×	○	○	○	×	0			
		車いす	引手	90	開き幅(mm)						600	750	770	790	780	0			
キ	成人	アクティブ	縦棧	90	評価						×	△	○	○	○	×	0		
		車いす	引手	90	開き幅(mm)						610	680	750	770	770	865	0		
ク	成人	アクティブ	縦棧	90	評価						×	△	○	○	○	×	0		
		車いす	引手	90	開き幅(mm)						550	680	750	750	750	780	0		
ケ	成人	アクティブ	縦棧	90	評価						×	△	○	○	○	×	0		
		車いす	引手	90	開き幅(mm)						610	690	770	865	865	865	0		
コ	成人	アクティブ	縦棧	90	評価						×	△	○	○	○	×	0		
		車いす	引手	90	開き幅(mm)						620	720	750	750	750	865	865	0	

引戸の開き可否の実験結果 [第4章]

引戸の開き可否の実験結果について

- ※ 評価は、開き幅(被験者が引戸を開けた幅)と記録動画像から判断した。
- ※ 開き幅とは、被験者が引戸を開けた幅であり、実験空間に設置した開き幅計測用定規を目視で確認した結果を表記している。
- ※ 開き幅(750)と表記されているものは、評価○の閾値から、実験では実際に開き動作をしていない条件であるが、評価○と判定しているものである。
- ※ 実験目的が、通過に十分な幅もしくは通過可能な幅を開けられるかどうか(評価○、または△)の閾値を確認することであったため、実験結果で空欄の車いす位置 dx の条件については、行っていない。
- ※ 被験者イの表中*について
記録動画像より、車いすのグリップに腕をかけて体幹を前傾させたり、開ける動作の途中で把手から手を放した場合は、評価○とは見なさず、それらが起こらず、通過するために十分な幅以上引戸を開けられた場合のみを評価○としている。

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

		車いす位置 dx(mm)																									
予測結果	被験者	車いす	把手	車いすの向きθ	予測に用いる人体寸法		判定	評価	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900						
					基準部位	判定			×	×	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
予測結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	I 身長	男性	75-79	5%	評価	×	×	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×				
								歳	5%	評価	×	×	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
						II 上肢長	男性	75-79	1%	評価	×	×	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
								歳	1%	評価	×	×	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
実験結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	-			評価					×	×	×											
									開き幅(mm)					420	540	0											
予測結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	I 身長	男性	75-79	5%	評価	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×				
								歳	5%	評価	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
						II 上肢長	男性	75-79	1%	評価	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
								歳	1%	評価	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
実験結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	-			評価			×	×	△	×												
									開き幅(mm)			510	600	700	0												
予測結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	I 身長	男性	75-79	5%	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×				
								歳	5%	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
						II 上肢長	男性	75-79	1%	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
								歳	1%	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
実験結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	-			評価					×	×	×	×	×									
									開き幅(mm)					500	580	0	0	0									
予測結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	I 身長	男性	75-79	5%	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×				
								歳	5%	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×			
						II 上肢長	男性	75-79	1%	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×			
								歳	1%	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×			
実験結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	-			評価							×	×	○	○	×	×						
									開き幅(mm)							530	610	780	810	0	0						
予測結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	I 身長	男性	75-79	5%	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	×	×	×	×					
								歳	5%	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	×	×	×	×				
						II 上肢長	男性	75-79	1%	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	×	×	×	×				
								歳	1%	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	×	×	×	×				
実験結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	-			評価			×	△	○	○	○	○	×									
									開き幅(mm)			570	700	750	(750)	750	(750)	750	0								
予測結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	I 身長	男性	75-79	5%	評価	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×				
								歳	5%	評価	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×				
						II 上肢長	男性	75-79	1%	評価	×	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×			
								歳	1%	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×		
実験結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	-			評価					×	△	○	○	○	×								
									開き幅(mm)					600	680	780	820(800)	820	0								

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

	被験者	車いす	把手	車いすの向きθ	予測に用いる人体寸法		車いす位置 dx(mm)																			
					基準部位	判定	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900							
予測結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	0	I 身長	男性	75-79 5% 歳	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×			
							判定	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×		
						開き幅(mm)	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
						腕を後ろに動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
実験結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	0	-		判定																		
						開き幅(mm)																				
						腕を後ろに動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
						開き幅(mm)																				
予測結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	45	I 身長	男性	75-79 5% 歳	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×			
							判定	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×		
						開き幅(mm)	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
						腕を後ろに動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
実験結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	45	-		判定																		
						開き幅(mm)																				
						腕を後ろに動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
						開き幅(mm)																				
予測結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	90	I 身長	男性	75-79 5% 歳	評価	×	×	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	×	×			
							判定	×	×	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×			
						開き幅(mm)	150	250	350	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0	
						腕を後ろに動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
実験結果	ウ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	90	-		判定																		
						開き幅(mm)																				
						腕を後ろに動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	
						開き幅(mm)																				

以下は、被験者ウ～コ(健常な被験者)で共通である。

実験結果について 同前出

- ※ 評価は、開き幅(被験者が引戸を開けた幅)と記録動画画像から判断した。
- ※ 開き幅は、被験者が引戸を開けた幅であり、実験空間に設置した開き幅計測用定規を目視で確認した結果を表記している。
- ※ 開き幅(750)と表記されているものは、評価○の閾値から、実験では実際に開き動作をしていない条件であるが、評価○と判定しているものである。
- ※ 実験目的が、通過に十分な幅もしくは通過可能な幅を開けられるかどうか(評価○、または△)の閾値を確認することであったため、実験結果で空欄の車いす位置 dx の条件については、行っていない。

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

予測結果	被験者	車いす	把手	車いすの向きθ	予測に用いる人体寸法		車いす位置 dx(mm)																				
					基準部位	判定	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900								
					I 身長	女性	75-79 歳	10% タイル	評価	×	×	×	△	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×				
予測結果	工	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	I 身長	女性	75-79 歳	10% タイル	評価	×	×	×	△	○	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× </td></td></td>	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×			
										開き幅(mm)	400	500	600	700	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	工	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	—	—	—	—	評価	×	△	○	○	× <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>												
										開き幅(mm)		560	660	750	800	0											
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
予測結果	工	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	I 身長	女性	75-79 歳	10% タイル	評価	×	×	×	×	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× </td></td></td>	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×				
										開き幅(mm)	300	400	500	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
実験結果	工	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	—	—	—	—	評価	×	△	△	○	× <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>												
										開き幅(mm)		590	660	700	800	0											
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
予測結果	工	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	I 身長	女性	75-79 歳	10% タイル	評価	×	×	×	×	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× </td></td></td>	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×				
										開き幅(mm)	100	200	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
実験結果	工	高齢者	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	—	—	—	—	評価				△	△	× <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>											
										開き幅(mm)					600	650	0										
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
予測結果	工	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	I 身長	女性	75-79 歳	10% タイル	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×				
										開き幅(mm)	350	450	550	650	750	750	750	750	750	750	0	0	0				
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—				
実験結果	工	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	—	—	—	—	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	× <td>× </td>	×					
										開き幅(mm)		540	630	720	790	(750)	800	(750)	(750)	(750)	865	865	0				
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—					
予測結果	工	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	I 身長	女性	75-79 歳	10% タイル	評価	×	×	×	×	△	○	○	○	○	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×					
										開き幅(mm)	300	400	500	600	700	750	750	750	750	0	0	0					
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
実験結果	工	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	—	—	—	—	評価			×	△	○	○	○	○	○	○	× <td>× </td>	×					
										開き幅(mm)			600	700	780	(750)	865	(750)	840	865	865	0					
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
予測結果	工	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	I 身長	女性	75-79 歳	10% タイル	評価	×	×	×	×	× <td>× <td>× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× </td></td></td></td>	× <td>× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× </td></td></td>	× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× </td></td>	△	○	○	× <td>× </td>	×					
										開き幅(mm)	100	200	300	400	500	600	700	750	750	0	0	0					
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
実験結果	工	高齢者	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	—	—	—	—	評価	×	×	×	×	× <td>× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× </td></td></td>	× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× </td></td>	△	○	○	○	× <td>× </td>	×					
										開き幅(mm)	50	150	250	350	450	550	650	750	750	750	0	0					
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

		車いす位置 dx(mm)																														
予測結果	被験者	車いす	把手	車いすの向きθ	予測に用いる人体寸法			判定																								
					基準部位	判定		-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900												
予測結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦型パーハンドル	0	I 身長	女性	70-79歳	5% タイル	評価	×	×	×	△	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×						
									開き幅(mm)	350	450	550	650	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
									腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
									10% タイル	評価	×	×	×	△	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
開き幅(mm)	400	500	600	700	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
実験結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦型パーハンドル	0	—			評価					×	×	×	×															
						開き幅(mm)							500	0	0	0																
予測結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦型パーハンドル	45	I 身長	女性	70-79歳	5% タイル	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×							
									開き幅(mm)	300	400	500	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
									腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
									10% タイル	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
開き幅(mm)	300	400	500	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
実験結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦型パーハンドル	45	—			評価				×	△	×	×																
						開き幅(mm)			620	700	0	0																				
予測結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦型パーハンドル	90	I 身長	女性	70-79歳	5% タイル	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×							
									開き幅(mm)	100	200	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
									腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
									10% タイル	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
開き幅(mm)	100	200	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—								
実験結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦型パーハンドル	90	—			評価				×	×																		
						開き幅(mm)							530	0																		
予測結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	横型パーハンドル	0	I 身長	女性	70-79歳	5% タイル	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×							
									開き幅(mm)	350	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750		
									腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
									10% タイル	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	
開き幅(mm)	350	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750									
腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり								
実験結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	横型パーハンドル	0	—			評価							×	△	○	○	×												
						開き幅(mm)													590	660	800	865	0									
予測結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	横型パーハンドル	45	I 身長	女性	70-79歳	5% タイル	評価	×	×	×	×	△	○	○	○	○	○	×	×	×	×								
									開き幅(mm)	300	400	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750			
									腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
									10% タイル	評価	×	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×		
開き幅(mm)	300	400	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750									
腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
実験結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	横型パーハンドル	45	—			評価				×	○	○	○	○	×														
						開き幅(mm)							550	780	(750)	800	865	0														
予測結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	横型パーハンドル	90	I 身長	女性	70-79歳	5% タイル	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	△	○	×	×	×	×								
									開き幅(mm)	100	200	300	400	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750			
									腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
									10% タイル	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	○	×	×	×	×	
開き幅(mm)	100	200	300	400	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750									
腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
実験結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	横型パーハンドル	90	—			評価									×	○	○	○	×										
						開き幅(mm)																600	790	820	820	0						

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

		車いす位置 dx(mm)																									
予測結果	被験者	車いす	把手	車いすの向きθ	予測に用いる人体寸法		基準部位													判定							
					I 身長	II 上肢長	女性	70-79 歳	5% タイル	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600		700	800	900				
予測結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	0	I 身長	女性	70-79 歳	5% タイル	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×			
										開き幅(mm)	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
実験結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	0	-		-	-	評価																	
						開き幅(mm)																					
予測結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	45	I 身長	女性	70-79 歳	5% タイル	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×			
										開き幅(mm)	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
実験結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	45	-		-	-	評価				△	○	○	○	○	○	○	○	×					
						開き幅(mm)						680	800	(750)	865	(750)	(750)	865	0								
予測結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	90	I 身長	女性	70-79 歳	5% タイル	評価	×	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×	×			
										開き幅(mm)	100	200	300	400	500	600	700	750	750	750	750	0	0	0			
										腕を後方に動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
実験結果	オ	高齢者	アクティブ車いす	縦棧引手	90	-		-	-	評価																	
						開き幅(mm)																					

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

		車いす位置 dx(mm)																								
予測結果	被験者	車いす	把手	車いすの向きθ	予測に用いる人体寸法		判定																			
					基準部位	判定		-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900						
予測結果	力 成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	I 身長	女性	40-49歳	25%	評価	×	×	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
								タイル	開き幅(mm)	450	550	650	750	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
							腕を後ろに動かす	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
						10%	評価	×	×	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	腕を後ろに動かす	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
実験結果	力 成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	—			評価		×	×	×	△	×												
								開き幅(mm)			220	380	560	630	0											
予測結果	力 成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	I 身長	女性	40-49歳	25%	評価	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
								タイル	開き幅(mm)	350	450	550	650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
						腕を後ろに動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					10%	評価	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	腕を後ろに動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
実験結果	力 成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	—			評価		×	×	×	×	×												
								開き幅(mm)			480	600	0	0												
予測結果	力 成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	I 身長	女性	40-49歳	25%	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
								タイル	開き幅(mm)	100	200	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
						腕を後ろに動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
					10%	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	腕を後ろに動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
実験結果	力 成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	—			評価				×	×	×												
								開き幅(mm)				300	400	0												
予測結果	力 成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	I 身長	女性	40-49歳	25%	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×			
								タイル	開き幅(mm)	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0
						腕を後ろに動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	
					10%	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	
	腕を後ろに動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり					
実験結果	力 成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	—			評価	×	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×						
								開き幅(mm)	480	650	720	760	750	760	770	(750)	750	840	0							
予測結果	力 成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	I 身長	女性	40-49歳	25%	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	×	×	×	×	×				
								タイル	開き幅(mm)	350	450	550	650	750	750	750	750	0	0	0	0	0	0	0		
						腕を後ろに動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
					10%	評価	×	×	×	×	△	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×			
	腕を後ろに動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
実験結果	力 成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	—			評価				△	○	○	○	○	○	×								
								開き幅(mm)				680	760	780	790	790	790	0								
予測結果	力 成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	I 身長	女性	40-49歳	25%	評価	×	×	×	×	×	×	×	△	○	×	×	×	×				
								タイル	開き幅(mm)	100	200	300	400	500	600	700	750	0	0	0	0	0	0			
						腕を後ろに動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
					10%	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	○	○	×	×	×	×				
	腕を後ろに動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—								
実験結果	力 成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	—			評価						×	○	○	○	×								
								開き幅(mm)						550	760	780	780	0								

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

予測結果	被験者	車いす	把手	車いすの向きθ	予測に用いる人体寸法		車いす位置 dx(mm)																								
					基準部位	判定	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900												
					I 身長	女性	40-49歳	25%	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	× ₀	× ₀								
予測結果	力 成人	アクティブ車いす	縦横引手	0	I 身長	女性	40-49歳	25%	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	× ₀	× ₀						
									開き幅(mm)	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0		
									腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
									II 上肢長	女性	40-49歳	10%	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	× ₀
実験結果	力 成人	アクティブ車いす	縦横引手	0	-			評価	×	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	× ₀						
					開き幅(mm)	530	640	650	770	(750)	(750)	785	(750)	(750)	(750)	(750)	(750)	800	0												
					予測結果	力 成人	アクティブ車いす	縦横引手	45	I 身長	女性	40-49歳	25%	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	× ₀	× ₀	× ₀
														開き幅(mm)	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり										あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
II 上肢長	女性	40-49歳	10%	評価										×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	× ₀
実験結果	力 成人	アクティブ車いす	縦横引手	45	-			評価	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	× ₀						
					開き幅(mm)	550	750	780	(750)	(750)	770	(750)	(750)	(750)	(750)	865	0														
					予測結果	力 成人	アクティブ車いす	縦横引手	90	I 身長	女性	40-49歳	25%	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	○	○	× ₀	× ₀	× ₀
														開き幅(mm)	100	200	300	400	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0
腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり										あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
II 上肢長	女性	40-49歳	10%	評価										×	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	× ₀
実験結果	力 成人	アクティブ車いす	縦横引手	90	-			評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×					
					開き幅(mm)	50	150	250	350	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0				

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

予測結果	被験者	車いす	把手	車いすの向きθ	予測に用いる人体寸法		車いす位置 dx(mm)																								
					基準部位	判定	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900												
					I 身長	女性	40-49 歳	50% タイル	評価	×	×	△	○	○	× ₀																
予測結果	キ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	I 身長	女性	40-49 歳	50% タイル	評価	×	×	△	○	○	× ₀															
										開き幅(mm)	500	600	700	750	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	キ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	—	—	—	—	評価	×	△	○	○	× ₀																
										開き幅(mm)		590	680	750	870	0															
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
予測結果	キ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	I 身長	女性	40-49 歳	50% タイル	評価	×	×	×	△	× ₀																
										開き幅(mm)	400	500	600	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	キ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	—	—	—	—	評価		×	×	○	× ₀																
										開き幅(mm)		485	600	750	0																
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
予測結果	キ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	I 身長	女性	40-49 歳	50% タイル	評価	×	×	×	×	× ₀																
										開き幅(mm)	50	150	250	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	キ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	—	—	—	—	評価				×	×	× ₀															
										開き幅(mm)				350	400	0															
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
予測結果	キ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	I 身長	女性	40-49 歳	50% タイル	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	× ₀	× ₀	× ₀						
										開き幅(mm)	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0	
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
実験結果	キ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	—	—	—	—	評価		×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	× ₀								
										開き幅(mm)		550	670	750	750	(750)	750	(750)	760	750	0										
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり
予測結果	キ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	I 身長	女性	40-49 歳	50% タイル	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	× ₀	× ₀	× ₀							
										開き幅(mm)	350	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0			
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	キ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	—	—	—	—	評価			×	△	○	○	○	○	○	○	○	× ₀									
										開き幅(mm)			580	680	750	750	750	750	750	750	750	0									
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
予測結果	キ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	I 身長	女性	40-49 歳	50% タイル	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	△	○	× ₀	× ₀	× ₀	× ₀							
										開き幅(mm)	350	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0		
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	キ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	—	—	—	—	評価											×	○	○	× ₀							
										開き幅(mm)																		630	730	760	860
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

予測結果	被験者	車いす	把手	車いすの向きθ	予測に用いる人体寸法		車いす位置 dx(mm)																					
					基準部位	判定	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900									
					I 身長	女性	30-39歳	5% タイル	評価	×	×	△	○	○	× ₀													
予測結果	ク	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	I 身長	女性	30-39歳	5% タイル	評価	×	×	△	○	○	× ₀												
										開き幅(mm)	450	550	650	750	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	ク	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	—	—	—	—	評価	×	△	○	○	× ₀													
										開き幅(mm)		620	700	800	780	0												
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
予測結果	ク	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	I 身長	女性	30-39歳	5% タイル	評価	×	×	×	△	× ₀													
										開き幅(mm)	350	450	550	650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
実験結果	ク	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	—	—	—	—	評価			×	△	× ₀													
										開き幅(mm)			610	650	0													
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
予測結果	ク	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	I 身長	女性	30-39歳	5% タイル	評価	× ₀	×	×	×	× ₀													
										開き幅(mm)	0	0	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
実験結果	ク	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	—	—	—	—	評価				×	×	× ₀												
										開き幅(mm)				310	400	0												
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
予測結果	ク	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	I 身長	女性	30-39歳	5% タイル	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	× ₀	× ₀	× ₀				
										開き幅(mm)	400	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0	0		
										腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	
実験結果	ク	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	—	—	—	—	評価			×	○	○	○	○	○	○	○	○	× ₀						
										開き幅(mm)			630	790	770	(750)	770	(750)	800	800	800	0						
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
予測結果	ク	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	I 身長	女性	30-39歳	5% タイル	評価	×	×	×	×	△	○	○	○	○	× ₀								
										開き幅(mm)	300	400	500	600	700	750	750	750	0	0	0	0	0	0	0			
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
実験結果	ク	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	—	—	—	—	評価				△	○	○	○	○	○	× ₀								
										開き幅(mm)				640	740	780	790	760	820	0								
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
予測結果	ク	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	I 身長	女性	30-39歳	5% タイル	評価	× ₀	×	×	×	×	×	×	×	×	△	× ₀	× ₀	× ₀	× ₀				
										開き幅(mm)	0	0	100	200	300	400	500	600	700	0	0	0	0	0	0			
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
実験結果	ク	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	—	—	—	—	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	△	○	× ₀	× ₀	× ₀					
										開き幅(mm)	0	50	150	250	350	450	550	650	750	0	0	0	0	0				
										腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

		車いす位置 dx(mm)																				
予測結果	被験者	車いす	把手	車いすの向きθ	予測に用いる人体寸法			判定	評価	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
					基準部位	性別	年齢			25%	開き幅(mm)											
予測結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	I身長	女性	20-29	25%	評価	×	×	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×
						II上肢長		歳	タイル	開き幅(mm)	450	550	650	750	750	0	0	0	0	0	0	0
										腕を後ろに動かす	あり	あり	あり	あり	あり	-	-	-	-	-	-	-
実験結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0					評価	×	△	○	○	○	×						
										開き幅(mm)	590	650	780	860	875	0						
予測結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	I身長	女性	20-29	25%	評価	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×
						II上肢長		歳	タイル	開き幅(mm)	400	500	600	700	0	0	0	0	0	0	0	0
										腕を後ろに動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
実験結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45					評価			×	△	×							
										開き幅(mm)			590	710	0							
予測結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	I身長	女性	20-29	25%	評価	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
						II上肢長		歳	タイル	開き幅(mm)	100	200	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0
										腕を後ろに動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
実験結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90					評価				×	×	×	×					
										開き幅(mm)			275	420	550	0						
予測結果	ケ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	I身長	女性	20-29	25%	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	×	×
						II上肢長		歳	タイル	開き幅(mm)	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	0	0
										腕を後ろに動かす	あり	-	-	-	-							
実験結果	ケ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0					評価	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	
										開き幅(mm)	650	750	750	830	865	(750)	865	(750)	865	830	0	
予測結果	ケ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	I身長	女性	20-29	25%	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	×	×
						II上肢長		歳	タイル	開き幅(mm)	350	450	550	650	750	750	750	750	750	0	0	0
										腕を後ろに動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
実験結果	ケ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45					評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×	
										開き幅(mm)		580	650	730	780	865	865	865	865	0		
予測結果	ケ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	I身長	女性	20-29	25%	評価	×	×	×	×	×	×	×	△	○	×	×	×
						II上肢長		歳	タイル	開き幅(mm)	100	200	300	400	500	600	700	750	0	0	0	0
										腕を後ろに動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
実験結果	ケ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90					評価						×	○	○	○	○	×	
										開き幅(mm)						600	740	780	865	865	0	
予測結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	0	I身長	女性	20-29	25%	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
						II上肢長		歳	タイル	開き幅(mm)	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
										腕を後ろに動かす	あり	-	-	-	-							
実験結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	0					評価	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	
										開き幅(mm)	680	800	850	(750)	(750)	(750)	865	(750)	(750)	(750)	865	0
予測結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	45	I身長	女性	20-29	25%	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	×	×
						II上肢長		歳	タイル	開き幅(mm)	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	0	0
										腕を後ろに動かす	あり	あり	あり	あり	-	-	-	-	-	-	-	-
実験結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	45					評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	×	
										開き幅(mm)	560	630	700	865	(750)	(750)	865	(750)	(750)	865	0	
予測結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	90	I身長	女性	20-29	25%	評価	×	×	×	×	×	×	△	○	○	○	×	×
						II上肢長		歳	タイル	開き幅(mm)	100	200	300	400	500	600	700	750	750	750	0	0
										腕を後ろに動かす	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
実験結果	ケ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	90					評価					×	△	○	○	○	○	×	
										開き幅(mm)					610	690	770	865	865	865	0	

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

		車いす位置 dx(mm)																			
被験者	車いす	把手	車いすの向きθ	予測に用いる人体寸法		判定	評価	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
				基準部位	判定			×	×	△	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×
予測結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	I身長 II上肢長	女性 20-29歳	10% タイル	評価	×	×	△	○	○	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× </td></td></td>	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×
									開き幅(mm)	450	550	650	750	750	0	0	0	0	0	0	0
実験結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	0	-	-	-	評価	×	×	△	○	○	× <td>× <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </td>	× <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>					
									開き幅(mm)	500	600	700	750	750	0	0					
予測結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	I身長 II上肢長	女性 20-29歳	10% タイル	評価	×	×	×	△	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× </td></td></td>	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×
									開き幅(mm)	350	450	550	650	0	0	0	0	0	0	0	0
実験結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	45	-	-	-	評価			×	○	× <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>							
									開き幅(mm)			620	750	0							
予測結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	I身長 II上肢長	女性 20-29歳	10% タイル	評価	×	×	×	×	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× </td></td></td>	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×
									開き幅(mm)	350	450	550	650	0	0	0	0	0	0	0	0
実験結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦型バーハンドル	90	-	-	-	評価				×	× <td>× <td>× <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </td></td>	× <td>× <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </td>	× <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>					
									開き幅(mm)				300	420	550	0					
予測結果	コ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	I身長 II上肢長	女性 20-29歳	10% タイル	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×
									開き幅(mm)	450	550	650	750	750	750	750	750	750	750	0	0
実験結果	コ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	0	-	-	-	評価			×	△	○	○	○	○	○	× <td></td> <td></td>		
									開き幅(mm)			420	670	750	750	750	(750)	(750)	750	0	
予測結果	コ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	I身長 II上肢長	女性 20-29歳	10% タイル	評価	×	×	×	△	○	○	○	○	× <td>× <td>× <td>× </td></td></td>	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×
									開き幅(mm)	350	450	550	650	750	750	750	750	0	0	0	0
実験結果	コ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	45	-	-	-	評価			×	△	○	○	○	○	× <td></td> <td></td> <td></td>			
									開き幅(mm)			610	640	750	750	750	750	0			
予測結果	コ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	I身長 II上肢長	女性 20-29歳	10% タイル	評価	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td></td>	× <td>× <td>× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td></td>	× <td>× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× <td>× </td></td></td></td>	× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× <td>× </td></td></td>	△	○	○	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×
									開き幅(mm)	0	50	150	250	350	450	550	650	750	750	0	0
実験結果	コ	成人	アクティブ車いす	横型バーハンドル	90	-	-	-	評価						× <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td></td> <td></td> </td>	○	○	○	× <td></td> <td></td>		
									開き幅(mm)							620	730	750	750	800	0
予測結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	0	I身長 II上肢長	女性 20-29歳	10% タイル	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×
									開き幅(mm)	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
実験結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	0	-	-	-	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	× <td></td> <td></td>			
									開き幅(mm)	620	700	720	750	(750)	(750)	(750)	(750)	(750)	750	0	
予測結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	45	I身長 II上肢長	女性 20-29歳	10% タイル	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×
									開き幅(mm)	500	600	700	750	750	750	750	750	750	0	0	0
実験結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	45	-	-	-	評価		×	△	○	○	○	○	○	× <td></td> <td></td>			
									開き幅(mm)		620	700	750	(750)	(750)	(750)	(750)	760	0		
予測結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	90	I身長 II上肢長	女性 20-29歳	10% タイル	評価	×	×	×	×	× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× <td>× </td></td></td>	△	○	○	○	× <td>× <td>× </td></td>	× <td>× </td>	×
									開き幅(mm)	100	200	300	400	500	600	700	750	750	0	0	0
実験結果	コ	成人	アクティブ車いす	縦横引手	90	-	-	-	評価					× <td>△</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>× <td>× </td></td>	△	○	○	○	× <td>× </td>	×	
									開き幅(mm)						620	720	750	750	750	865	865

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

予測結果	被験者	車いす利用者	車いす	アクティブ	ハンドル	車いすの向きθ	前腕長	男性	40-49歳	25%	車いす位置 dx(mm)													
											評価	-300	-200	-100	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
予測結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦型バーハンドル	0	前腕長	男性	40-49歳	25%	評価	×	△	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×
											開き幅(mm)	600	700	750	750	750	750	0	0	0	0	0	0	0
											腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦型バーハンドル	0	—	—	—	—	評価		*	○	○	○	*							
											開き幅(mm)			750	800	750								
予測結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦型バーハンドル	45	前腕長	男性	40-49歳	25%	評価	×	△	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×
											開き幅(mm)	550	650	750	750	750	0	0	0	0	0	0	0	0
											腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦型バーハンドル	45	—	—	—	—	評価		*	○	○	*								
											開き幅(mm)			750	800									
予測結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦型バーハンドル	90	前腕長	男性	40-49歳	25%	評価	×	×	×	×	△	○	×	×	×	×	×	×	×
											開き幅(mm)	250	350	450	550	650	750	0	0	0	0	0	0	0
											腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦型バーハンドル	90	—	—	—	—	評価						*							
											開き幅(mm)													
予測結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	横型バーハンドル	0	前腕長	男性	40-49歳	25%	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
											開き幅(mm)	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
											腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—
実験結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	横型バーハンドル	0	—	—	—	—	評価			*	○	○	○	○	○	○	*			
											開き幅(mm)				750	750	830	750	750	750				
予測結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	横型バーハンドル	45	前腕長	男性	40-49歳	25%	評価	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
											開き幅(mm)	500	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
											腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	横型バーハンドル	45	—	—	—	—	評価		*	○	○	○	○	○	○	*				
											開き幅(mm)			750	800	790	(750)	800	750					
予測結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	横型バーハンドル	90	前腕長	男性	40-49歳	25%	評価	×	×	×	×	×	△	○	○	○	○	○	×	×
											開き幅(mm)	200	300	400	500	600	700	750	750	750	750	750	0	0
											腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	横型バーハンドル	90	—	—	—	—	評価								*	○	*			
											開き幅(mm)									750				
予測結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦横引手	0	前腕長	男性	40-49歳	25%	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
											開き幅(mm)	600	700	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
											腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	あり	—	—	—
実験結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦横引手	0	—	—	—	—	評価		*	○	○	○	○	○	○	○	○	*		
											開き幅(mm)			770	(750)	750	(750)	750	(750)	810	860			
予測結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦横引手	45	前腕長	男性	40-49歳	25%	評価	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×
											開き幅(mm)	550	650	750	750	750	750	750	750	750	750	750	0	0
											腕を後方に動かす	あり	あり	あり	あり	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦横引手	45	—	—	—	—	評価		*	○	○	○	○	○	○	○	*			
											開き幅(mm)			730	750	(750)	(750)	830	(750)	865				
予測結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦横引手	90	前腕長	男性	40-49歳	25%	評価	×	×	×	×	×	△	○	○	○	○	×	×	×
											開き幅(mm)	150	250	350	450	550	650	750	750	750	750	750	0	0
											腕を後方に動かす	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
実験結果	イ	車いす利用者	車いす	アクティブ	縦横引手	90	—	—	—	—	評価							*	○	○	○	*		
											開き幅(mm)								750	750	750			

引戸の開き可否 個別の予測結果と実験結果 [第5章]

※実験結果は前出と同じ

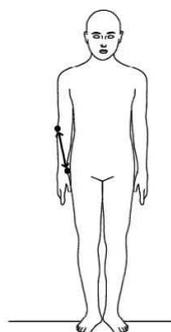
被験者イ 予測結果について

- ※ 被験者イは上肢に障害がある車いす利用者(指先が動かせない、握力がない)であり、本研究の予測モデル(第5章)の対象とする車いす利用者ではなかったが、開の可否の目安とする予測として、以下のように予測結果を算出した。
- ※ 予測モデルで用いる人体寸法の判定は、「前腕長」を基準部位とした。
前腕長を基準部位とした理由としては、基準部位Ⅱ上肢長と比較的相関があること、および、骨格のサイズに依存するであろう(脂肪厚などの影響が少ないであろう)と考えたことによる。
被験者イの前腕長は 245mm(実測)であり、用いる人体寸法の判定では、男性、40-49 歳、25%タイルに該当した。

前腕長(文献 日本人の人体寸法データブック 2004-2006 より)

計測定義

橈骨点から橈骨茎突点までの直線距離



- ※ 被験者イは上肢(手指)の障害により、握ることができず、いずれの把手の場合も、手先(指の関節など)を把手にかけていたことから、予測の際の「有効な腕の長さ」は、有効な上肢長(実測値、表4-2)を用いた。
- ※ 開き幅は 50mm 単位で表記している。また、評価○となる、通過するのに十分な幅以上開けられる場合は、全て 750mm(アクティブ車いすの場合)と表記している。

実験結果について 同前出

- ※ 評価は、開き幅(被験者が引戸を開けた幅)と記録動画像から判断した。
- ※ 開き幅は、被験者が引戸を開けた幅であり、実験空間に設置した開き幅計測用定規を目視で確認した結果を表記している。
- ※ 開き幅(750)と表記されているものは、評価○の閾値から、実験では実際に開き動作をしていない条件であるが、評価○と判定しているものである。
- ※ 実験目的が、通過に十分な幅もしくは通過可能な幅を開けられるかどうか(評価○、または△)の閾値を確認することであったため、実験結果で空欄の車いす位置 dx の条件については、行っていない。
- ※ 被験者イの表中*について
記録動画像より、車いすのグリップに腕をかけて体幹を前傾させたり、引戸を開ける動作の途中で把手から手を放した場合は、評価○とは見なさず、それらが起こらなかった開き動作のみを評価○としている。