T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	被介助者上半身の姿勢制御可能な介助者と協働する移乗支援装置の開発- コンセプト提案と縮小モデルでの検討 -
Title(English)	Concept Proposal of Cooperative Transfer Assist Device Capable of Controlling Posture of Patient ’ s Upper Body
著者(和文)	蔵田真鈴, 干場功太郎, 菅原雄介, 上原隆浩, 川端眞人, 原田健, 武田行生
Authors(English)	Mari Kurata, Kotaro Hoshiba, Yusuke Sugahara, Takahiro Uehara, Masato Kawabata, Ken Harada, Yukio Takeda
出典(和文)	LIFE2022講演論文集,
発行日 / Pub. date	2022, 8

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

被介助者上半身の姿勢制御可能な介助者と協働する移乗支援装置の開発

- コンセプト提案と縮小モデルでの検討 -

Concept Proposal of Cooperative Transfer Assist Device Capable of Controlling Posture of Patient's Upper Body

○ 蔵田真鈴（東工大） 干場功太郎（東工大） 菅原雄介（東工大）
上原隆浩（枚方療育園） 川端眞人（枚方療育園） 原田健（枚方療育園）
武田行生（東工大）

Mari KURATA, Tokyo Institute of Technology
Kotaro HOSHIBA, Tokyo Institute of Technology
Yusuke SUGAHARA, Tokyo Institute of Technology
Takahiro UEHARA, Hirakata General Hospital for Developmental Disorders
Masato KAWABATA, Hirakata General Hospital for Developmental Disorders
Ken HARADA, Hirakata General Hospital for Developmental Disorders
Yukio TAKEDA, Tokyo Institute of Technology

Abstract: With the aging society, transfer assistance increases, while the burden is placed on both caregivers and patients. The purpose of this study is to develop a transfer assist device that can reduce the physical burden of caregivers, reduce the pain of patients, and that patients can feel relieved. By exploring the current problems in welfare facilities, we propose a concept of a device that can work with caregivers and control the posture of patient's upper body in keeping with limited joint angles such as the symptoms of contracture and deformation. We made a 1/3 scale prototype driven by wires that can change the position and upper posture of dummy according to human force operating through dummy. To do transfer operation experiment with the prototype, we also proposed a method of detecting human intentions by using the tension data of wires lifting the patient.
Key Words: Transfer Assist Device, Concept Proposal, Human Cooperation, Physical Burden, User Comfort

1. 緒論

1.1 背景

移乗とは被介助者をベッドから車椅子等，ある場所から別の場所に移動させる動作であり，高齢化社会により移乗動作は今後増加が見込まれる．また，厚生労働省の「業務上疾病発生状況等調査 (1)」「職場における腰痛予防対策指針 (2)」，オーストラリアで提唱された「No Lifting Policy(3)」から，被介助者を人力で持ち上げることは避ける必要があり，装置導入による介助者への負担軽減が求められる．

従来装置の例に，ロボットスーツ HAL(4)，ROBEAR(5)，床走行式リフト (6)，簡易移乗装置 (7)，リショーネ (8) が挙げられるが，装置の普及率はまだ十分でなく，人による抱き上げを行っている介護現場も多い (9)．移乗支援装置の選定には被介助者への苦痛軽減及び安心感にも考慮する必要があるが，普及率が上がらない原因に，被介助者の病状や周囲環境に合った移乗方法，装置形状の選定が難しいことが挙げられる．前述した従来装置は装置の形状，対象者，移乗方法がすべて異なるため，並べて比較することができず，問題点も明確とならない．本研究では，はじめに対象とする被介助者を検討し，本研究における対象者が従来装置を使用した場合の問題点及び著者らのうち 3 名の働く福祉施設での現状を明確にすることで，装置への要求機能を定める．

1.2 ニーズ選定と装置への要求機能

まず被介助者の状態に着目する．Hoffer 座位能力分類 (10) を参考に，端座位（姿勢保持）可能な被介助者の状態を軽度，端座位（姿勢保持）不可能な被介助者の状態を重度とすると，両者では適切な移乗方法が異なる．軽度の被介助者に対しては，本人の残存機能を活かした上でサポートが必要な部分のみを介助者や装置で補うのが適切であり，介助者は被介助者の全身の持ち上げをせず，被介助者の受ける床や手すりからの反力を利用するのが良い．一方で重度の被介助者に対しては，随意運動ができない，力を入れると痛みを伴う等の理由から残存機能の活用が難しく，被介助者の全身を持ち上げる移乗が求められる．以上を踏まえ，全身を持ち上げる必要のある重度被介助者に対しての移乗支援装置の開発が，介助者の負担軽減に大きく貢献できると考えた．

全身を持ち上げる移乗支援装置として，床走行式リフト，ロボヘルパー SASUKE(11) がある．床走行式リフトは重度の被介助者に対し最も普及しているもので，被介助者の下に布を敷き，布ごと上からワイヤで吊り上げて移動させる装置である．問題点として，介助者がリモコン操作をする際被介助者から介助者の手が離れることで被介助者が空中で揺れ不安定となり，その揺れが被介助者の精神面に不安感を与えること，被介助者がベッド，壁，リフト本体に接触し怪我をする可能性があることが挙げられる．また，シート自体も四肢，体幹の変形や拘縮がある被介助者には適応していないものが多い．ロボヘルパー SASUKE は，被介助者の下に敷いた布に 2 本の棒を首下と膝下にそれぞれ通し，介助者が棒の位置を操作することで被介助者の位置姿勢を変化させる抱き上げ型である．被介助者の視界に装置が入らないことから圧迫感なく安定した移乗ができる．一方重度障害者は自力での姿勢保持が難しい場合が多く，車椅子上に姿勢を安定させるためのクッションを付けたり，座位保持装置を使用することが多い．そのため，被介助者側面からの棒形状の挿し込みによる抱き上げを行うこの装置は，移乗先に制限が出てしまう．また，同対象者に対し，普段使用するベッドから被介助者の身体が持ち上がることなく移乗をする方法もある．従来装置としてベッドと車椅子の両用型にしたリショーネが挙げられる．しかし，ベッドから被介助者の身体を持ち上げないことで，被介助者自身が姿勢，体重バランス，環境への変化に適応しようとする機会が減り，心身機能，

認知面への効果（自発的な運動や周囲への注意，興味の拡大，能動的な運動）も薄くなってしまうため，長期的な使用が望ましくないという見方もある [12].

著者らのうち 3 名（以後，枚方職員と呼ぶ）の職場である枚方療育園は，変形や拘縮がありまた自力での座位保持が難しい重度の障害を持った利用者が多い福祉施設である．利用者はベッドと車椅子または座位保持装置間の移乗を頻繁に行う他，昼間にはデイルームの床上で過ごすことや，床上でのリハビリテーションを行うこともあり，床と車椅子または座位保持装置間の移乗も行われる．同施設での移乗は床走行式リフトの使用，もしくは二人以上による介助（以後，人的介助と呼ぶ）により行われる．人的介助は，リフトの使用が難しい変形や拘縮の強い被介助者に対して適用される．人的介助では，介助者自身が被介助者を持ち上げることで装置使用時に比べ介助者への負担が増大するうえ，複数人の施設職員が一人の利用者につきっきりとなるため，人手不足に陥る問題がある．そこで，従来型のリフトの使用が難しい，変形や拘縮の強い被介助者に対して使用できる装置の開発を，本研究の対象とした．

人手不足の解消として移乗の無人化について検討したが，移乗中のコミュニケーションにより精神的な面での意識向上や健康状態などの観察、被介助者の小さな変化・違和感に気付ける機会になることも移乗の重要な意義の一つと考えられるため，有人での装置使用を条件とすることとした．

床走行式リフトの使用と人的介助との違いの一つとして，持ち上げ時に被介助者の表情を見ながら上半身姿勢を適切なタイミングで調整できるか否かがある．変形や拘縮の症状は，関節可動域外への力が加わることで悪化してしまう．これらの被介助者に対するリフトの問題点は，被介助者の下に敷く布が一点に集められて持ち上げられるために，持ち上げ姿勢が一意に定まり，関節角度に無理があっても姿勢調整できずに痛みを発生させることである．以上から，重度の変形や拘縮を持つ被介助者に対して装置により移乗するためには，人間での持ち上げの特徴である，被介助者の様子を見ながら特に上半身姿勢の調整機能が装置に必要であると考えられる．

加えて，人的介助は介助者が被介助者に直接触れることで，被介助者へ精神的な安心感を与えることができる点において優れている．さらに，操作における介助者の意思反映の重要度については，予めプログラムされた軌道通りに動く場合と，その場に応じて位置姿勢が自由に調整可能な場合で比較すると，被介助者の顔色を見ながら自由に変えることが望ましいと考えられる．以上より，装置使用においても被介助者に人的介助と同等の安心感を与えながら，介助者の意思に従った調整を実現するために，介助者が被介助者へ直接触れることで介助者の意思を汲み取った操作を行う，介助者と装置が協働する形を考えることとした．

1.3 本研究の目的

以上の検討を踏まえ，本研究では，変形や拘縮等関節角度の可動域に配慮をする必要のある重度被介助者を対象として，介助者の負担軽減と被介助者の苦痛低減及び安心感の確保が可能な移乗支援装置の開発を目的と定める．提案するコンセプトの方針として，被介助者上半身の姿勢制御が可能であること，かつ介助者と協働することを掲げる．

本論文ではコンセプト提案及び製作した縮小モデルの装置構成について述べる．そして，モデルを用いた移乗模擬動作の実験手順及び介助者の意思判別方法の提案を行う．

2. コンセプト提案

2.1 介助者，被介助者，装置の位置関係

介助者，被介助者，装置の位置関係を図 1 に示す．被介助者の持ち上げ時の姿勢について検討する．最も移乗頻度の高いベッド

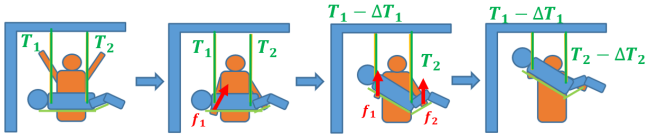

Fig.1 Concept of Transfer Method

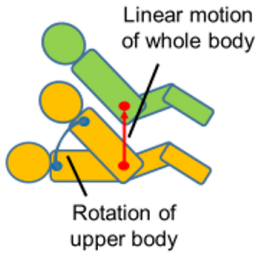

Fig.2 Motion Pattern of Patient's Body

（初期姿勢）から座位保持装置（最終姿勢）への移乗を具体的に取り上げる．移乗を通して必然的に動く部位を，比較的大きな 2 関節（股関節，膝関節）とした．加えて，体重バランス及び各部位の繊細さを考慮し，移乗時に装置側で調整可能とする姿勢を，上半身の起き上がりとした．

被介助者の持ち上げ方法について説明する．被介助者の下に全身を覆い持ち上げるための布を敷き，その布の腰部と肩甲骨部を支える部分に取り付けられた 2 本のワイヤと，介助者の両腕により，被介助者の体重を支える．介助者は被介助者の肩甲骨下と膝下を両腕で支える．運動パターンは次節で，それを実現する装置構成については次章で述べる．

2.2 被介助者の運動パターンと介助者の意思の定義

持ち上げ時に被介助者が描く運動パターンを図 2 のように，

- 鉛直方向の全身持ち上げの直線運動
- 腰を回転中心とした上半身起き上がりの円弧運動

の 2 つとし，被介助者の状態に応じて独立に変化できるとした．

運動パターンに沿った動きで被介助者を持ち上げるために汲み取る必要のある介助者の意思を，以下の 3 つ

1. static: 現状維持したい（位置姿勢不変）
2. up: 上半身を起こしたい（姿勢調整）
3. whole: 全身を持ち上げたい（位置調整）

と定めた．被介助者への接触により操作を行うため，装置に取り付けた 2 本のワイヤ張力情報を用いる．介助者が上記いずれかの状態を思い浮かべながら被介助者に直接力を加えることで変化する張力の値から，上記の 3 つのいずれかの意思を判別し，装置に指令することで，介助者の意思に沿った動きを創成する．

3. 縮小モデルの構成

3.1 人体ダミーの製作

高齢者男性の各部位の平均寸法及び平均体重 [13] を考慮した 1/3 スケールダミーを製作した（図 3）．なお装置駆動によるダミーの姿勢変化を観察するため，首関節，股関節，膝関節に設定した可動域範囲内で自由に回転できるようにした．

3.2 装置の製作

コンセプトを基に，図 4 のような装置構成の縮小モデルを製作した．装置には 2 つのロードセルと，2.2 節で述べた位置姿勢調整を独立に行うための 2 つのモータが取り付けられている．

ロードセル 1 によりワイヤ 1（全身持ち上げ用ワイヤ）の張力 T_1，ロードセル 2 によりワイヤ 2（上半身起き上がり用ワイヤ）の張力 T_2 の測定を行う．また，同じく図 4 の，被介助者の腰に

Fig.3 Prototype of Dummy Doll and Cloth (430 × 300 mm)

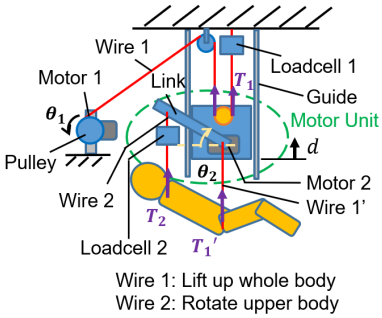

Fig.4 Composition of Prototype

取り付けられたワイヤ 1'（腰部を支える用ワイヤ）の張力を T_1' とする．

モータ 1 の角度を θ_1 [rad]，リンクの姿勢角を θ_2 [rad] で表す．モータ 1 が回転することでワイヤ 1 が巻き取られ，ガイドで拘束されたモータユニットを介してダミーの全身が持ち上がる．モータユニットは動滑車を介したワイヤ 1 で支持される．プーリ半径 $r = 20$ mm より，ワイヤ 1 の巻取量 l は $l = r\theta_1 = 20\theta_1$ [mm] となり，全身持ち上げの変位 d [mm] は，次となる．

$$d = \frac{l}{2} = 10\theta_1 \tag{1}$$

ワイヤ 2 でダミー肩甲骨部とリンクを結ぶ．ダミーの上半身角度がリンクの姿勢角と等しく θ_2 となるよう配置した．

3.3 人体ダミーと装置の接続方法

ダミーを吊り上げる布について，床走行式リフトを用いる際に使用する全身ホールドタイプのスリングシートと相似形状のものを製作した．実験ではダミーの下に敷き，2.1 節で述べた位置にワイヤを通した．

4. 縮小モデルでの移乗模擬動作実験手順及び介助者の意思判別方法の提案

縮小モデルを用いた移乗模擬動作の実験手順と，2.2 節で述べた，介助者の意思の判別方法を具体的に提案する．

移乗模擬動作実験での制御の流れを図 5 に示す．

移乗模擬動作実験では，人間が一定時間ずつ static → up → static → whole（→ static…）の順に意思を思い浮かべながら，両腕でダミーに力を加える操作を行い，人間が思い浮かべた意思と装置が判別した意思を比較する．また，そのときのモータユニットの位置変化 d とリンクの姿勢角 θ_2 及びダミーの挙動を観察する（図 6）．

本実験にあたり，装置から得られるワイヤ張力 T_1, T_2 の測定値から，2.2 項で述べた 3 つの意思を判別するためには，後述する 2 つの判別式 D1, D2 を考えた．はじめに判別式 D1, D2 を求めるための予備実験を行い，定めた D1, D2 を適用した移乗模擬動作実験を行うこととする．

介助者の意思判別方法を検討するための予備実験を行う．予備実験では人間が，2.2 節で定義した static，up，whole のうちあるひとつの意思を思い浮かべながら，それぞれに応じた力を両手でダミーに直接加え，そのときのワイヤ張力 T_1，T_2 を測定する．このとき，介助者の意思と加える力の関係について，それぞれの意思で次のような特徴のある傾向が現れると考え，D1, D2 として用いる値及び閾値を定める．

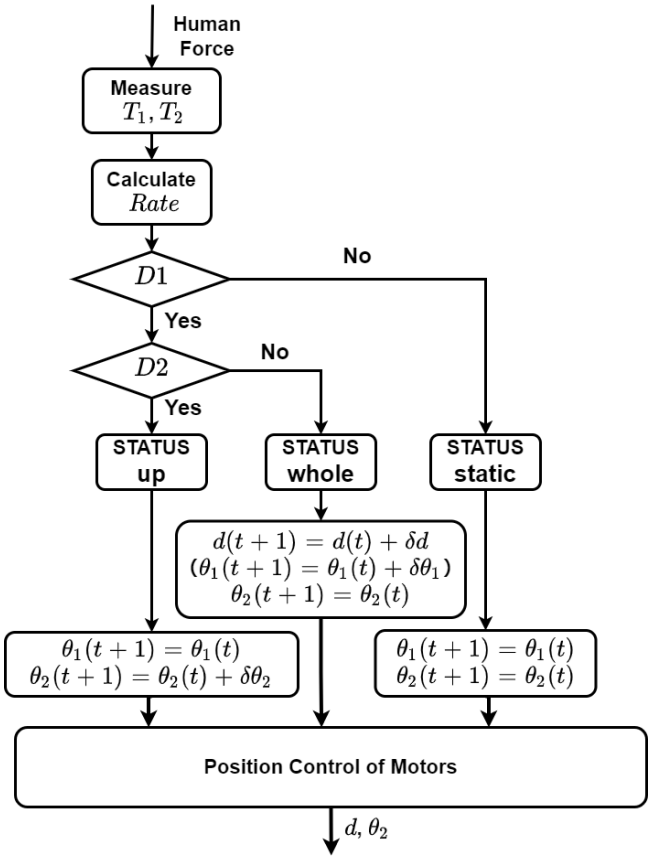

Fig.5 Flow of Control

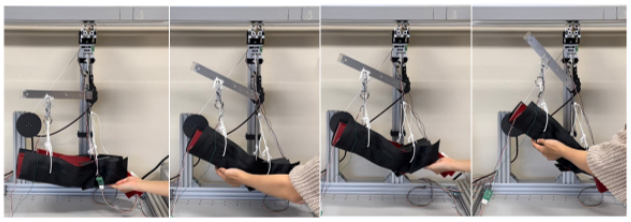

Fig.6 Changes of Dummy Poses by Human Operation

- 上半身を起こす意思（up）では，肩甲骨下付近に持ち上げる方向への力が加わり T_2 が小さくなるが，腰を支える T_1' は変化しない．
- 全身を持ち上げる意思（whole）では，両手ともに持ち上げる方向への力が加わり T_1'，T_2 ともに小さくなるが，最も重く重心に近い腰部を持ち上げようとするため，T_2 の変化量よりも T_1' の変化量の方が大きい．
- 現状維持の意思（static）では，力はほとんど加わらず T_1'，T_2 ともに変化しない．

これらを踏まえ，第 1 段階として static とそれ以外を判別するための条件（以下 D1）として T_1，第 2 段階として up と whole を判別するための条件（以下 D2）として $Rate$ を用いることとする．なお $Rate$ は次の式により求める．

$$Rate = \frac{T_2}{T_1' + T_2} \tag{2}$$

ただし縮小モデルにおいては，ロードセルの位置により $Rate = T_2/2T_1$ として求められる．

$Rate$ の値はモータユニットにより支えるダミー全身の張力 $2T_1$ に対する肩甲骨 T_2 の割合を表し，その値が小さいほど上半

身を局所的に起こしたい意思が強いことを表すと考える．

装置構成より D1 の閾値を $T_{D1}(\theta_2)$，D2 の閾値を $T_{D2}(\theta_2)$ とし，これらを次の線形式で表せると考える．

$$T_{D1}(\theta_2) = \alpha_1\theta_2 + \beta_1 \tag{3}$$

$$T_{D2}(\theta_2) = \alpha_2\theta_2 + \beta_2 \tag{4}$$

なお，閾値を決定する定数 α_1，β_1，α_2，β_2 の値は，実験により求めることとする．

以上より，判別する条件式を

$$D1:\ T_1(t) \leq T_{D1}(\theta_2) \tag{5}$$

$$D2:\ Rate(t) \leq T_{D2}(\theta_2) \tag{6}$$

とし，図 5 に適用する．

5. 結言

5.1 結論

本論文では変形や拘縮等関節角度の可動域に配慮をする必要のある被介助者を対象とし，最も頻度の高い，ベッドから車椅子への持ち上げを具体的に取り上げた．要求機能の選定を行い，介助者との協働により被介助者上半身の姿勢制御可能な移乗支援装置のコンセプトを提案した．そしてそのコンセプトを再現する 1/3 スケールでの縮小モデルを製作し，それを用いた移乗模擬動作実験に向け，実験手順を検討した．

移乗支援装置のニーズ選定では要求機能を以下の 5 つと定めた．

1. 介助者の腰痛リスクの軽減
2. 移乗時における介助者－被介助者双方のコミュニケーション
3. 介助者が被介助者に常に接触することによる安心感の維持
4. 介助者の操作したい意思の汲み取り
5. 持ち上げ時の被介助者の関節可動域に合わせた無理のない姿勢調整

被介助者の運動パターンより介助者の意思を 3 つの意思で表し，介助者の操作時に生じるワイヤ張力の変化による状態の判別方法を提案した．これに基づく運動パターンで装置を駆動することにより，介助者の意思に沿ったダミーの移乗模擬動作が可能である．

5.2 今後の展望

縮小モデルを用いて，提案した方法により実験を行う．また，本装置の対象とする被介助者において重要視した関節角度の可動域と装置角度との関係性や安全性について検討する．そして，今後実寸大試作機を製作し，ユーザーテストを通じた感性評価や装置及び被介助者の位置姿勢情報を組み込んだ制御手法の詳細な検討を行う．

倫理的配慮

該当なし．

研究資金・利益相反

開示すべき利益相反はない．

参考文献

(1) 業務上疾病発生状況等調査　厚生労働省　令和元年
(2) 職場における腰痛予防対策指針　厚生労働省　平成 25 年
(3) Engkvist, I., Evaluation of an intervention comprising a no lifting policy in Australian hospitals. Appl Ergon 200637141-148.
(4) Sankai, Y., “Leading Edge of Cybernics: Robot Suit HAL”, Proceedings of SICE-ICASE International Joint Conference 2006, Korea (2006-10), pp. 1-2.
(5) 姜長安，平野慎也，向井利春，中島弘道，松尾一矢，張大鵬，Hadi Honarvar，鈴木達也，池浦良淳，細江繁幸，”移乗介助と起立補助のための高機能介護支援ロボット ROBEAR の開発”，ロボティクス・メカトロニクス講演会，2015
(6) つるべー床走行式リフト　株式会社モリトー
(7) 簡易移乗リフト　ささえ手　ABILITIES
(8) 久米洋平，塚田将平，河上日出生，”離床アシストロボット”リショーネ Plus”の安全技術開発”，日本機械学会論文集 Vol.85, No.869, 2019
(9) Ashley, L. Schoenfisch, Kristen, L. Kucera, Hester, J. Lipscomb, Jennifer Mcllvaine, Lori Becherer, Tamara James, Susan Avent, Use of Assistive Devices to Lift, Transfer, and Reposition Hospital Patients, Nursing Research, January/February 2019, Volume 68, No.1
(10) Hoffer 座位能力分類（JSSC 版），特定非営利活動法人　日本シーティングコンサルタント協会
(11) ROBOHELPER SASUKE マッスル株式会社
(12) 活動と参加につなげる離床ガイドブック実践編　平成 28 年度老人保健健康増進等事業
(13) AIST 人体寸法データベース 1991-92，人工知能研究センター