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)	空港内快適移動支援カートロボットの開発第2報:ハンドル状インターフェースの開発
Title(English)	
著者(和文)	藤岡隆, 遠藤玄, 薮田拓磨, 田中 隆, 東 浩昭, 磯部 雅也, 清水 治代, 犬尾 武, 鈴森康一, 難波江裕之
Authors(English)	Takashi Fujioka, Gen Endo, Takuma Yabuta, 田中 隆, 東 浩昭, 磯部 雅也, 清水 治代, 犬尾 武, Koichi Suzumori, Hiroyuki Nabae
出典(和文)	第34回日本ロボット学会学術講演会 予稿集, RSJ2016AC1E1-01, No. , pp. RSJ2016AC1E1-01
Citation(English)	Proceedings of the 34th Annual Conference of the Robotics Society of Japan, RSJ2016AC1E1-01, No. , pp. RSJ2016AC1E1-01
発行日 / Pub. date	2016, 9
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

空港内快適移動支援カートロボットの開発
第２報:ハンドル状インターフェースの開発

○藤岡 隆 (東工大)　遠藤 玄 (東工大)　薮田 拓磨 (東工大)　田中 隆 (安久工機)
東 浩昭 (T.H.Mechatronics)　磯部 雅也 (大田区産業振興協会)　清水 治代 (ヤマショウ)
犬尾 武 (シマフジ電機)　鈴森 康一 (東工大)　難波江 裕之 (東工大)

1.　緒言

現在，筆者らは「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）／革新的設計生産技術」の中で,「東工大-大田区協創による喜びを創出する革新的ものつくり環境の構築と快適支援機器の設計製造技術の開発」をテーマとした研究開発に取り組んでいる [1]．特に，ユーザとして参画している日本空港ビルデングが運営する羽田空港内で利用するための，荷物搬送支援機 器の開発を行ってきた．第 1 報 [2] では羽田空港で主に利用されている一般旅客用のプッシュ型カートと物販品搬送用のカゴ型カートの電動化を行った (図 1)．テザーの長さと方向を操作入力する操作インターフェースで，先導者の位置を推定し追従する．ユーザーテストでは 100 g 程度の非常に弱い力で操作可能なこと，複数台連結可能といった点は好評価であったが，先導者の後方を追従するため振り返らなければロボットの位置を特定できず，不安感が大きいことや危険回避が遅れるという問題が指摘された．本報告では，操作性や安心感の高いハンドル状インターフェースの開発を行う．また，製作したインターフェースに対しユーザビリティ評価を行う．

2.　ハンドル状インターフェース

普段，カートを使用する場合と同じ手の配置とすることで操作への順応性が高く，ロボットの一部に直接触れることで安心感が向上する．このようなハンドル状インターフェースをプッシュ型，カゴ型それぞれのカートに 2 種類ずつ開発した．操作入力は変位とする．すべての変位計測部分はばねにより中立位置を保持しようとする構造となっており，ばね定数を変化させることにより操作感覚を変更することが可能である．

(a) プッシュ型カート　　(b) カゴ型カート

図 1: 第一次試作機外観

2.1　プッシュ型カート用インターフェース

プッシュ型カートのハンドル部分 (図 2 左) を模した横ハンドル/グリップ式インターフェースを開発した．旋回軸方向の回転角度を計測する機構は共通であり，直進方向の操作入力が異なる．

図 2 右上に示す横ハンドル式は進行方向の押力を圧縮ばねにより直動変位として計測する．図 2 右下に示すグリップ式はハンドル長手軸の回転角度を計測する．バイクのアクセルのようにひねることで速度を調節する．

2.2　カゴ型カート用インターフェース

カゴ台車はカゴを構成するパイプの四つ角部分を持ち操作する．特に開口部へのアクセスが容易な進行方向前方左側のパイプが多用されるため，このパイプの持ち手部分 (図 3 左) を模した縦ハンドル/ジョイスティック式インターフェースを開発した．図 3 中央に示す縦ハンドル式は進行方向の押力を圧縮ばねにより直動変位として計測する．また，持ち手のねじり角度を計測する．図 3 右に示すジョイスティック式は持ち手の方向，傾斜角度を計測する．

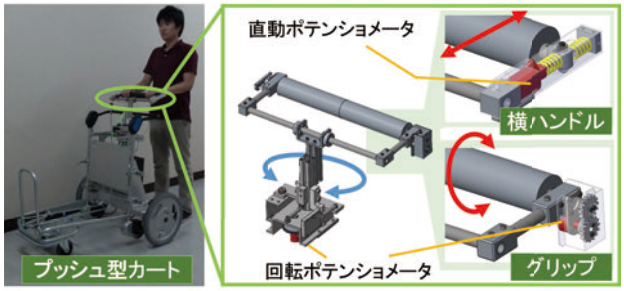


図 2: 横ハンドル/グリップ式インターフェース

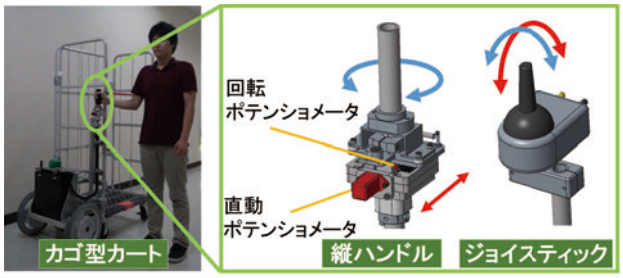


図 3: 縦ハンドル/ジョイスティック式インターフェース

3. 目標速度の生成

高い操作性と安心感を実現するには操作入力に対し，適切な目標速度を与える必要がある．開発当初は次式のような押力に比例した目標直進速度 V_d を算出していた．

$$V_d = K_v f \tag{1}$$

ここで，K_v:直進ゲイン，f:直進変位である．旋回速度も同様に角度に比例した値を算出する．

この方法は自動車のように移動体上で慣性座標系で操作する場合には，加える押力の感覚からハンドルの変位を直感的に変化させることができる．一方で，本研究のように移動体と操縦者のそれぞれが絶対座標系を基に動く場合，ロボットと操縦者の速度差から生じる距離により，ハンドルの位置を思い通りに調整することは困難であった．このためロボットは相対的に振動し, 不快な操作感覚となった．

振動を低減するために動力学に基づいた目標速度の生成を行う．次式のように，車軸抵抗などの粘性減衰を考慮したニュートンの運動方程式から加速度を算出し，長方形近似による数値積分を行うことで目標速度とする．

$$\frac{dV_d}{dt} = \frac{f - KV_m}{M} \tag{2}$$

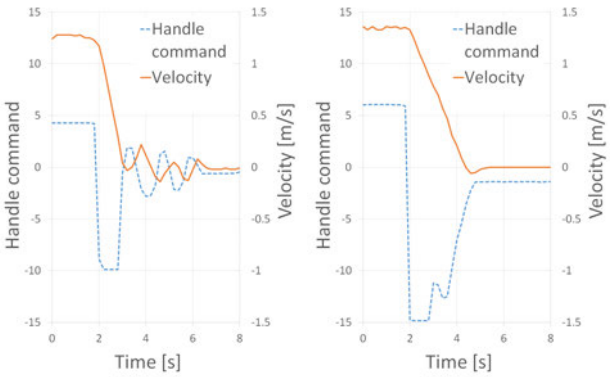
$$V_d = V_m + \frac{dV_d}{dt} T_s \tag{3}$$

ここで，K：粘性抵抗係数，M:仮想質量，V_m：現在速度 (エンコーダより取得)，T_s：サンプリング時間である．旋回速度も同様に算出する．

2 種類の方法を実装し，直進時に停止動作を行った際の操作入力とロボット速度の時刻暦変化を図 4 に示す．速度が収束する際の振動が低減している．

4. ユーザビリティ評価

開発したインターフェースを空港関係者らに操作してもらい，アンケートによる主観的評価を行った．表 1 の 6 つの項目に対し，7 段階のリッカード尺度 (-3:全く同意しない，3:強く同意する) を割り当てるよう指示した．

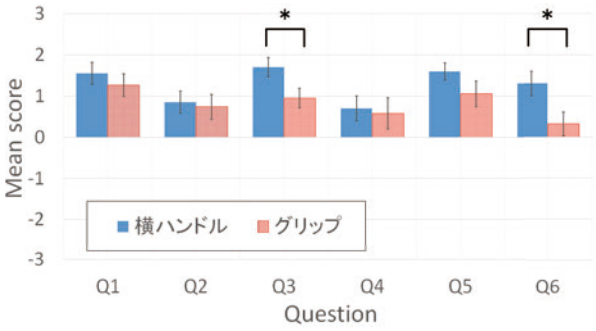


(a) 押力に比例した算出　**(b)** 運動方程式による算出

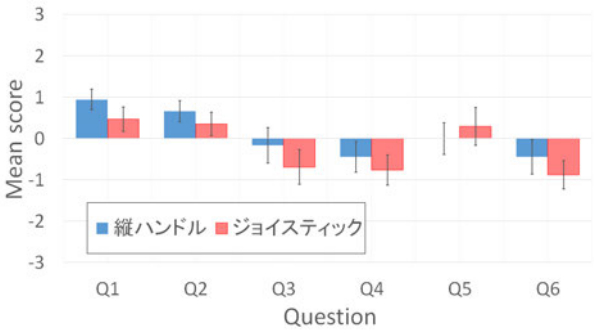
図 4: 速度生成方法の違いによる振動の差

表 1: アンケートの内容

質問番号	質問内容
Q1	「直進時」の負荷が少なかった
Q2	「旋回時」の負荷が少なかった
Q3	「直進時」に思い通りに操作できた
Q4	「旋回時」に思い通りに操作できた
Q5	操作方法が分かりやすかった
Q6	実際にこの方法を使いたい



(a) 横ハンドル式とグリップ式の比較



(b) 縦ハンドル式とジョイスティック式の比較

図 5: アンケート結果．棒グラフとエラーバーはそれぞれ平均値と標準誤差を示す (*:$p < 0.05$).

結果を図 5 に示す．統計解析の結果，両側 t 検定により Q3,Q6 において横ハンドル式の平均スコアがグリップ式よりも有意に高いことが示された ($p < 0.05$). よって，横ハンドル式の方が主観的な操作性が優れていることを確認できた．また，縦ハンドル式とジョイスティック式に有意な差は見られず平均的なスコアも低いため，今後，改善が必要である．

5. 結言

本稿では，ロボットの一部に直接触れて操作することで安心感の高いインターフェースを 4 種類開発した．運動方程式に基づいた目標速度の生成により振動の低減を実現し，操作時の不快感を低減した．主観的なユーザビリティ評価を行ない，横ハンドル式が操作性に優れたインターフェースであることを確認した．

謝辞

本研究はNEDO委託事業「戦略的イノベーション創造プログラム/革新的設計生産技術」の採択課題「東工大大田区協創による喜びを創出する革新的ものつくり環境の構築と快適支援機器の設計製造技術の開発」の一部として行われました．研究代表である武田行生東工大教授，因幡和晃准教授，日本空港ビルデング志水潤一様，高橋祐一様，中島悠太様，ならびに関係各位に深く感謝致します．

参　考　文　献

[1] 遠藤 玄, 藤岡 隆, 田中 隆, 清水 治代, 小野 芙未彦, 東 浩昭, 中西 忠輔, 磯部 雅也: “テザーを用いた快適移動支援機器の開発”, 計測自動制御学会第 16 回システムインテグレーション部門講演会, 3I3-2, 2015

[2] 遠藤玄, Ben Allan, 藤岡隆, 田中隆, 清水治代, 小野芙未彦, 東浩昭, 中西忠輔, 磯部雅也: “空港内快適移動支援カートロボットの開発 第 1 報 : 第一次試作機の開発”, 第 32 回 日本ロボット学会 学術講演会, RSJ2015AC1K3-012015-09, 2015