

厚生労働省科学研究費補助金

長寿科学総合研究授業

移動・移乗システム

平成12年度研究報告書

主任研究者 土肥 健純

東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授

平成13（2001）年 4月

2001年4月10日

目次

I 総括研究報告書	
土肥健純 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授	1
II 分担研究報告書	
移動介助用ロボットアームによる日常生活用品搬送システムの開発	5
土肥健純 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授	
電動車椅子に取付ける段昇降機構に関する研究	10
－自動制御による段昇降機構の構築－	
鷹野昭士 東京都リハビリテーション病院 院長	
操作能力を補助する自立移動支援装置の開発	16
数藤康雄 国立リハセンタ研究所福祉機器開発部 部長	
携帯用移乗用具の開発	20
田中 理 横浜市総合リハビリテーションセンター企画室 室長	
III 研究成果の刊行に関する一覧表	26
IV 研究成果の刊行物・別刷り	27

厚生省科学研究費補助金総括研究報告書

移動・移乗システム

土肥 健純（東京大学工学系研究科教授）

高齢者の日常生活において「移動」は他の日常生活動作の基礎ともなる重要なものであり、そのため彼らに対する屋内や屋外の移動、および排泄や入浴における移乗動作の工学的支援は極めて重要な課題である。本研究では、移動・移乗機器の高機能化・多機能化、使用性の向上を目的に（１）移動介助ロボットアームの高機能化、および本アームを基礎にした日常生活用品搬送システム（２）通常の電動車椅子への装着が可能なモジュール型階段昇降機構の開発（３）操作能力を補助する自立支援装置の開発（４）携帯型移乗介助用具の開発、の４テーマを取り上げ、これらについて高齢者にとって使いやすく、かつ自立を促進するための支援機器の研究開発を行う。

土肥 健純（東京大学大学院工学系研究科、教授）

鷹野 昭士（東京都リハ病院・リハビリテーション科）

数藤 康雄（国立身体障害者リハセンター・リハ工学）

田中 理（横浜市総合リハセンター企画室・リハ工学）

A. 研究目的

高齢者の自立意欲が強いにもかかわらず要介護となっている日常生活活動として「移動・移乗」「排泄」「入浴」が挙げられる。中でも移動や移乗は他の日常生活動作の基礎であり、その自立は、介護負担が極めて大きくかつ基本的な日常生活動作であ

る排泄や入浴の問題解決につながる。また、屋外のあらゆる環境に対応できる移動支援機器は現在存在しないが、工学的支援により多くの高齢者に外出の機会を増やすことができれば、社会参加の機会も増え、彼らのQOL（生活の質）の大きな向上が期待される。

申請者らの研究組織は、従来より日常生活における重要課題である移動・移乗について、高齢者の自立支援を目指した機器開発を実施してきた。本研究ではこれまでの研究成果を基礎にさらに実用的でかつ高機能な自立支援機器の開発を移動・移乗支援の立場から行おうとするものである。具体的には移動支援アームの高機能化と、本アームを基礎とした日常生活用品搬送システムとコミュニケーション機能などの各種マ

ンマシンインターフェースの開発・通常の電動車椅子への応用も可能な階段昇降機構の開発・身体的能力の低下のみならず、知的能力の低下を伴う高齢者への移動支援システム応用を想定した場合の危険回避等の知的判断力の補助手法の開発・社会参加機会の確保を拡大する携帯用移乗介助用具の開発という研究テーマを通して、より高齢者にやさしい移動・移乗支援システムを開発することを目的とする。

本研究の成果により、高齢者の自立生活を促進するとともに介護者の負担を軽減し、両者のQOLの向上に大きく貢献することが期待される。

B. 研究方法

本年度は、昨年度までに開発した、実用化を目指したシステムを踏まえ、引き続き各テーマについて以下のような研究を行う。

(1) 日常生活用品搬送システムと介助者インターフェースとしてのコミュニケーションシステムの開発(土肥): 昨年度試作した天井走行用ロボットアームの介護者による遠隔モニタ媒体として、テレビ電話システムの応用について基礎的研究を行う。具体的には携帯情報端末(PDA)を用いたインターフェイスを試作し、評価する。(2) 電動車いすに装着するモジュール型段差昇降機構(鷹野): 本年度は、昨年度設計した電動車いすへ装着可能なモジュール型段差昇降機構の内、前輪用段差昇降機構に超音波センサによる制御機構を取り入れ、簡便な

スイッチ操作により半自動制御による前輪の段差昇降機構を製作し、動作確認をする。

(3) 操作能力を補助する自立移動支援装置の開発(数藤): 電動車いすの操作が不安定であったり、判断力が低下した高齢者・障害者を対象として、障害物などを回避する装置の開発を行う。本装置は市販の電動車いすに容易に取り付けられるよう、電動車いすの操作系と制御系の間に挿入するものとする。昨年度までに基本仕様およびセンサの検討を行っており、本年度は衝突回避アルゴリズムの検討および障害物回避装置を試作、電動車いすに組み込んだ際の基本性能の評価を行う。(4) 携帯型移乗介助用具の開発(田中): 昨年度製作した1次試作機を基に、軽量化・コンパクト化による携帯性の向上、体重の軽い介護者でも操作しやすくするための操作力の軽減、操作時に被介護者が滑り落ちないようにするための支持性の高いサドルの検討を行い、2次試作機を製作し評価する。

倫理面への配慮では、現場からの直接的なニーズに基づいて、移動や移乗に関して必要となる福祉機器の開発を行っており、常に使用者の意見を考慮しながら研究を進めている。また評価の際にも事前の必ず被験者に詳細な説明を実施し、本人が十分理解した上での承諾を得てから行っている。

C. 研究結果

(1) 移動介助用ロボットアームおよびそのマン・マシンインタフェースの開発(土

肥)：ロボットアームのマン・マシンインタフェースとして、PDAを利用して、高齢者の特性に配慮し、一つのインタフェースで複数の機器をコントロールできる「PDAマルチリモコンシステム」を開発し、テレビのチャンネル変更とビデオデッキの録画予約を操作対象にしたシステムの評価実験を行った。その結果、同システムは高齢者にとってもユーザビリティの高いことを確認した。

(2) 通常の電動車椅子への装着可能なモジュール型階段昇降機構の開発(鷹野)：新型段差昇降機構の一つである、電動車椅子の前輪の自動制御による段差昇降機構には、超音波距離センサー、傾斜角センサーおよびフォトマイクロセンサーを使用した。各センサーは、バッテリー下、フットレスト支柱、アームの根元と座面のフレームなどに取り付け、センサーの能力が発揮できるようにした。センサーからの信号は、実験ボードに送られ処理された。動作確認の結果、段差昇降ができる距離まで段に近づくとランプが点灯し、乗車者のスイッチ操作で段の上り降りが可能であった。

(3) 移乗・移動自立支援装置の開発、操作能力を補助する自立移動支援装置の開発(数藤)：電動車いすとのインターフェースの解析・検討、装置構成の決定、ハードウェアの製作、電動車いすへの組み込みを行った。また、壁面への接近を対象として、衝突時間をパラメータとした衝突回避のアルゴリズムを作成した。光電スイッチをセ

ンサとして、シーケンサを含めた装置の動作確認の結果、ハードウェアおよびインタフェースは良好に動作することが確認された。

(4) 高齢者用超軽量携帯用手押し車椅子の開発(田中)：1次試作機を基に、本体操作性の改善、サドルの支持性の向上について改良を行い2次試作機を製作した。本体操作性に関しては、ロック解除ペダルと支柱操作ペダルの位置を接近させることにより、支柱を立てた状態に維持するロック機構の操作性と本体の強度が改善された。サドルに関しては樹脂の芯材とクッション材を用いて、被介護者の身体形状に合う柔軟性のある立体的な構造とすることで支持性を高めた。

D. 考察

本研究では重度の高齢障害者から軽い不自由を抱える高齢者までの、屋内から屋外までの移動を対象としており、高齢者の移乗・移動支援機器開発としては広い対象をカバーしているため実用性の高い研究成果が得られると考えられる。個々のテーマについての考察は、各分担研究報告書にて詳述する。

E. 結論

高齢者の日常生活における移乗・移動支援機器の開発として、(1) 移動介助ロボットアームの高機能化及び、本アームを基礎とした日常生活用品搬送システムと介助者イ

ンターフェースとしてのコミュニケーションシステムの開発、(2) 通常の電動車いすへの装着が可能なモジュール型階段昇降機構の開発、(3) 操作能力を補助する自立移動支援装置の開発、(4) 携帯型移乗介助用具の開発、について具体的なニーズに基づき、実用化に向けた設計および試作評価を行った。各々について実現された性能と、実用化のための課題点が明確になった。

移動・移乗システム
移動介助用ロボットアームによる日常生活用品搬送システムの開発

分担研究報告書 土肥健純
東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授

要 旨

本年度は、前年度開発した天井走行型搬送システムのマン・マシンインタフェース部として、通信機能を持ち、介助者、高齢者双方が使用可能な、携帯端末を用いたインタフェースの開発を行った。特に、高齢者の特性に配慮し、一つのインタフェースで複数の機器をコントロールできる「PDA マルチリモコンシステム」を開発した。本システムにより、高齢者と若年者を対象に評価実験を行った結果、テレビのチャンネル変更における操作性には特に問題なく、ビデオデッキの録画予約を操作対象にした。録画予約の操作において、実験回数が増えるにしたがって、高齢者の操作時間の平均値がさがり、本システムの有用性が認められた。

A. 研究目的

移動は日常生活の中でも重要な活動で、これが在宅で自立できることで、高齢者のQOL（生活の質）は大きく向上する。この移動を支援するために現状で用いられている機器・用具としては、杖・歩行器・車椅子・リフトなどがあるが、一般の日本家屋では段差が多く、通路も入り組んでいるために、機器の使用に不適な場合が多い。

そのため、我々は高齢者が在宅で有効に活用できる自立支援機器として、天井走行ルールによる移動介助用ロボットアームの開発を行ってきた。組み立て式天井走行ルールは、既存の家屋の大幅な改造をすることなく導入できるため、コストを抑えることができる。介助用ロボットアームは高齢者を支持する介助アームを天井走行ルール部よりつり下げることにより、部屋間の移動をパワーアシスト的に支援し、使用者が進もうとする方向に力を加えることによって走行

制御を行う機器である。これにより、生活する際に必要不可欠な家屋エリア間の移動を容易に行うことが可能となり、排泄性症候群の予防にも役立つことが期待される。

本研究では、これまでに開発した天井走行型以上介助アームの使用対象者の拡充、すなわち移動介助だけでなく、寝たきりの人の生活を支援する機器の開発を目的として、日常生活品搬送システム開発を行う。これは、介助用ロボットアームの支持アーム部を、把持機構を有するロボットアームに交換することにより、非介護者が移動することなく食事や嗜好品などの日常生活用品を手元まで搬送することができるシステムである。

昨年度は、日常生活搬送ロボットアームの一次試作および、テレビ電話による遠隔操作インタフェースの検討を行った。図1に製作した天井走行方ロボットアームを示す。今年度は、介護者による

遠隔モニタ媒体としてのテレビ電話システムの応用についての基礎的検討を行うこととした。具体的には、将来的に通信機能を持ち、介助者、高齢者双方が使用可能な、携帯端末を用いたインタフェースの開発を行う。基本的操作の評価を行うために、テレビ及び、ビデオの操作における操作実験を行い、高齢者に適した操作方式の検討及び評価を行った。



図1 天井走行型ロボットアーム

B. 研究方法

B-1 概念設計

(1) システム全体の検討

まず、人とのインタフェース部については、ロボットアームの位置に関わらず指令を送れること、また煩雑でないことから、ワイアレスが望ましい。

また、インタフェース部と操作対象の機器間では、通信を行わなければならない。インタフェース部から複数の機器がコントロールできる双方向システムの候補となる接続方式は、次の2方式が考えられる。

- ・ピア・ツー・ピア方式
- ・サーバ・クライアント方式

インタフェース部はサーバとのみ通信を行い、操作対象機器それぞれの規格への対応は、処理能力に余裕のあるサー

バに任せた方が効率的であるため、サーバ・クライアント方式を選択した。

(2) 使用するユーザインタフェースの検討

ユーザインタフェースは、入力部と操作部の経路が同じだと人間側で解釈する必要が少なくが優れている。例えば、ペン入力では、入力部とその操作対象がどちらとも画面という同じ経路である。マウスでは、入力部が手で、その操作対象が画面で経路が異なる。ペン入力のほかにこの性質を持ったインタフェースには、人工現実感、音声入出力システムがある。ここでは、ペン入力と音声入出力システムを採用する。

(3) インタフェース部の検討

天井走行用ロボットアームのインタフェースとして、携帯情報端末(PDA; Personal Digital Assistance)を用いることにした。

PDAの選択した理由をまとめると、次の3点になる。

- ・ワイアレスで、優れた携帯性
- ・サーバと通信が可能
- ・PDA本体上でプログラミングの実装が可能

PDAとサーバ用PCとのワイアレス通信規格で候補になるのは、IrDA

(Infrared Data Association; 赤外線通信)とBluetooth, HomeRFの3つである。その中で、PDAとサーバ用PCの双方が、対応している規格となるとIrDAである。

以下、本研究で試作したシステムを「PDAマルチリモコンシステム」と呼ぶ。

(4) PDAの操作画面の検討

画面デザインでは、わかりやすい表記

を心がけること、使用者が高齢者の場合視距離（表示画面と目の距離）50cm のとき、文字の大きさは約 4.8mm にすることが必要である。

(5) サーバ用 PC の検討

サーバ用 PC に求められるものを次にあげる。

- ・ PDA からの通信に対して常時対応可能
- ・ PDA と IrDA で通信が可能
- ・ 現時点において家庭内で一番使われているワイアレスコントローラである赤外線リモコンと同じ赤外線信号の送信
- ・ 複数の機器を操作するための高い拡張性
- ・ 複数の通信規格に対応できる処理能力

B-2 システム構成

(2) システムの全体構成

本研究で開発したシステム構成図を示す（図 2）。

システム構成は、以下のとおりである。人間からの入力を受け付けるインタフェース部には、PDA である Palm シリーズの CLIE を採用した。PDA は、IrDA ポートを介して、Ethernet で接続されたサーバ用デスクトップ PC と IrDA で通信を行う。サーバ用 PC から、赤外線信号でテレビとビデオデッキを、モータコントロールボードを介してロボットアームをそれぞれコントロールする。

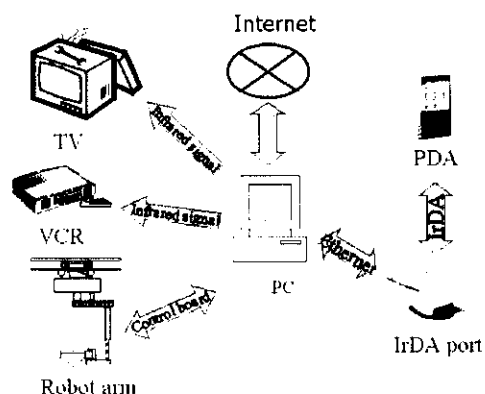


図 2 システム構成

(2) PDA の構成

PDA には、Palm シリーズの中の CLIE (PEG-S500C, ソニー製) を採用した。

PDA では、音声認識には、どの機種も対応していなかった。そこで、今回は、音声入出力は、サーバ用 PC で処理することにした。

(3) PDA 操作画面の構成

PDA から操作可能な項目は、

- ・ テレビのチャンネル変更(1 から 12 チャンネル)
- ・ ビデオの録画予約
- ・ ロボットアームのマニュアル・オート操作

である。

操作画面を作成するとき次の点に留意した。

- (a) すべての操作画面に対して
 - ・ ペンで選択する GUI には、複数考えられるが、すべてボタンを採用した
 - ・ すべての画面で「戻る」ボタンを画面下部に表示した。
 - ・ 画面上部に自分が今どんな操作をしているのかを表示した
 - ・ 次の操作の音声ガイダンスを付けた
- (b) テレビのチャンネル変更操作画面にて対して

・使い慣れているテレビのリモコンを模して、メンタルモデルの学習時間を短くした

(c) 録画予約操作画面に対して

・インターネットからiモード用の番組表⁷⁾を取り込むとで、録画予約時に時間ではなく、番組名を選択するようにした

・一度番組表をPDAに読み込んだら、サーバ用PCと通信をしなくても読み込めるようにした

・操作の流れに起承転結を持たせ、録画が完了したら、何時間後に録画を開始するのかを画面と音声で伝えた

(4) サーバ用PCの構成

PDAと通信を行うIrDAポートについては、Ethernetを経由して接続する機器(EthIR LAN101)を使用した。テレビ、ビデオデッキへの赤外線信号の送信は、シリアルポートに接続した学習型マルチリモコン(クロッサム2+, ハル・コーポレーション製)を使用した。天井走行型ロボットアームへの指令は、モータコントロールボードを使用した。また、今回PDAで対応できなかった音声入出力のために、音声認識用にマイクを、音声出力用にスピーカーを接続した。

C. 評価実験

C-1 実験方法

(1) 実験の目的

下記の2つの実験を行った。

- ・比較的操作が容易なテレビの操作における、本システムの評価
- ・操作が複雑なビデオ操作において、プロトタイプシステムと開発したPDAマルチリモコンシステムとの比較を行い、PDAマルチリモコンシステムの優位性を

検証することと、複数回操作したときの操作回数評価

なお、プロトタイプが本システムと異なる点は、

- ・音声の入出力なし
- ・番組名の選択にボタンではなくTextField(ボタンの用な枠がない)を使用
- ・ボタン位置が操作画面によって異なる。

(2) 被験者

被験者は、高齢者4名(平均65.5歳)と若年者6名(平均23.8歳)とした。

(3) 課題

タスク1: PDAでテレビのチャンネルを変更する

タスク2: PDAでビデオの録画予約をする。

実験の様子を図3にPDA画面を図4に示す。



図3 実験の様子

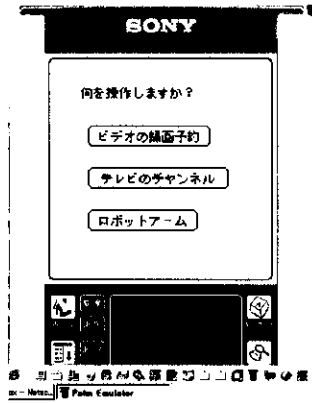


図4 PDA画面

C-3 実験結果

タスク 1, 3: 高齢者のチャンネル変更操作は、若年者に比べると遅いものの、実用上の問題はなかった。

タスク 2: PDA でのビデオの録画予約について、プロトタイプシステムと比較をしたもの(図5)と若年者と比較をしたものをグラフにした(図6)。

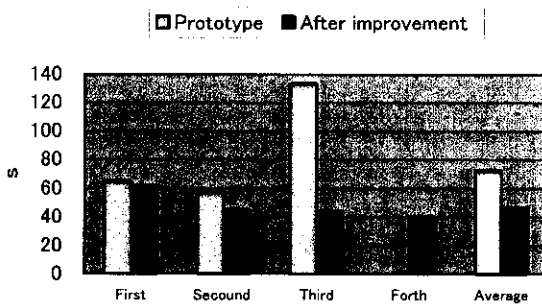


図5 プロトタイプシステムとPDAマルチリモコンシステムの操作時間比較

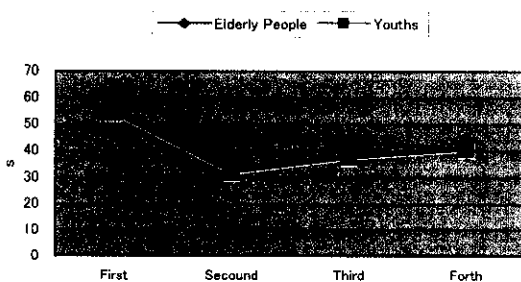


図6 ビデオ予約の操作時間の高齢者

と若年者との比較

D 考察

タスク 1 に実験結果からも、画面の視認性、ペン操作に問題がないことがわかった。図5から、両者には有意差があり ($t < 0.05$)、高齢者の操作性の向上には、音声によるガイダンスと操作方法の固定が有効であることがわかった。図6から、回数を重ねるにつれ、操作時間の短縮がみられる。特に、高齢者については、1回目と比較しての短縮幅が大きく、少なくとも若年者と同じか、それ以上にユーザビリティの高いシステムだと考えられる。

E. 結論

本研究では、天井走行ロボットアームのマン・マシンインタフェースとして、PDA を利用して、高齢者の特性に配慮し、一つのインタフェースで複数の機器をコントロールできる「PDA マルチリモコンシステム」を開発した。

本研究で開発したシステムを使って、高齢者と若年者を対象に、評価実験を行った。テレビのチャンネル変更とビデオデッキの録画予約を操作対象にした。録画予約の操作において、実験回数が増えるにしたがって、高齢者の操作時間の平均値が61.8秒、44.8秒、44.0秒、40.0秒と小さくなっていくことが、実験から得られ、高齢者が「PDA マルチリモコンシステム」を使って、予約録画操作が可能であり、高齢者にとってユーザビリティの高いことを確認した。

電動車椅子に取付ける段差昇降機構に関する研究 — 自動制御による段差昇降機構の構築 —

鷹野昭士(東京都リハビリテーション病院 院長)、
吉村茂和、相馬正之、水野直樹(東京都リハビリテーション
病院 理学療法科)
山田裕二(竹井機器工業 KK)

今年度は、昨年度図面上から確認した新型段差昇降機構のうち、簡便なスイッチ操作の自動制御によって、200mmの段差を電動車椅子の前輪が昇降する機構を実際に製作して、動作確認することである。

その結果、電動車椅子の前輪は、超音波センサーなどを使用した自動制御系によって、簡便なスイッチ操作で段を登ることや降りることが可能であった。

今後、後輪を含めて全体的な自動制御による新型段差昇降機構を電動車椅子に装着し、電動車椅子全体の段差昇降機構の動作確認を行う予定である。

キーワード: 電動車椅子、段差昇降機構、自動制御

A. 研究目的

電動車椅子は、四肢麻痺、進行性麻痺に罹患している障害者において、屋内・屋外移動用に使用されている¹⁾。しかし、屋外移動では、100～200mmの段差を乗り越えることが出来ないため、行動範囲が制約される。

JIS規格²⁾による電動車椅子の段差乗り越えの高さは25mmであり、市販化モデルの電動車椅子で段差乗り越え高さを計測したところ、50～60mm以下の段差であれば昇降可能であった。しかし、実際の屋外では、車道と歩道の段差は180～200mm、60mm以上の段差はあら

ゆる所に存在し、電動車椅子を用いる障害者の行動範囲に支障をきたしていることが裏付けられる。このようなことから、200mm程度の段差昇降が可能となれば、電動車椅子使用者の屋外移動での範囲拡大が図れると考えられた。

また、今日的な問題である高齢社会において、高齢・病弱である介護者が、障害者を乗せて標準型介護車椅子を押して屋外移動を行わなければならないことも多い。そのため、段差を登れないなど標準型介護車椅子の操作に難渋する介護者も見受けられる。高齢病弱な介護者が前述の問題などから、介護用の

電動車椅子に変更して使用する際³⁾にも、段差昇降機構付き電動車椅子は有用であると考えられる。

さらに、車椅子利用者は、日常生活で高いところに手が届かないという不便を訴えることも多い。本段差昇降機構は、車椅子全体を最大限200mm持ち上げるために、目線を高くすることができ、副次的な効果をもたらすことが期待できる。

これまで筆者らは、障害者が使用している市販化モデルの電動車椅子に対して200mm程度の段差昇降が可能となるように段差昇降機構を開発してきた。これまで開発した段差昇降機構は、電動油圧ポンプの使用、なすび型の仮想タイヤを回転させるクランク機構の利用および電動モータを用いた3種類である。その3種類の内、最も実用性があると考えられたのは、電動モータを利用した段差昇降機構である。その理由としては、段差昇降機構が電動車椅子の座面を水平にした状態で段差昇降が可能であり、段を降りる際の衝撃も認められなかった。これは、電動車椅子に乗車した人が段差昇降を行った場合、恐怖心などが少ないことを示していた。しかも前輪を上げるアームが、フットプレートの後方に収まっており、操作性や安全性に優れていた。しかし、本段差昇降機構では、200mm以下の段差昇降をする場合でも段差昇降機構を200mm上げなければならず効率が悪く、しかも電動車椅子の座面を水平に保持しながら段差昇降を行うためには、段差昇降機構のスイッチ操作を微妙に調整する必要があり難しいものであった。そこで昨年度は、段の高さに応じ

た高さで段差昇降ができ、段差昇降機構のスイッチ操作が簡便な自動制御による新型段差昇降機構を図面上から考案した。

本年度からは、図面上から考案した新型段差昇降機構を実際に製作することである。

B. 研究方法

本年度は、昨年度図面上から考案した自動制御による新型段差昇降機構の内前輪の段差昇降機構を製作し、電動車椅子の前輪に装着して動作確認をすることである。新型段差昇降機構の条件としては、①既存の電動車椅子に装着可能、②段差昇降中は電動車椅子の座面を水平に維持、③200mmまでの段の高さに対応した高さで段差昇降可能、④スイッチ操作は1～2動作程度で段差昇降機構が働き①～③の条件を保った状態で自動制御されて段差昇降が完結する。

なお、電動車椅子は、走行性・旋回性に優れている後輪直接駆動方式(ウイングチェア、EMC-210型、今仙技術研究所社製)を用いる。

C. 結果

1. 超音波距離センサーの取り付けについて

段を上がる際の段までの距離を検出するために、超音波距離センサー(PS1L-D1M、富士電機社製)が使用された。超音波距離センサーは、検出距離が20～100cm、高い分解能のアナログ出力特性を持ち、繰り返し精度は±6mm以下

である。超音波距離センサーの取り付け位置は、図1に示すバッテリーの下に決定した。

段を下りる際の段までの距離を検出するためにも超音波距離センサーが用いられた。超音波距離センサーの取り付け位置は、電動車椅子の前輪の前にあるフットレストの支柱に取り付けた(図2)。

2. フォトマイクロセンサについて

両フットレストの間にある二段式のアームを最大限に伸ばしてアームの先端を下げることで前輪を浮かせて段差昇降する。二段式のアームが最大限に伸縮したことを感知するために、しゃ光式のフォトマイクロセンサ(EE-SX671、オムロン社製)を取り付けた(図3)。

3. 傾斜角センサーについて

アームの根元に傾斜角センサー(UV-1w、緑測器社製)を取り付けアームと床のなす角度を検出した(図3)。また、電動車椅子の座面が水平になるように制御するために同じ傾斜角センサーを座面下部のフレームに取り付けた。傾斜角センサーは±45度、感度は2度以下の精度である(図2)。

4. 前輪の段差昇降における動作確認
段差昇降を行う場合、段に対して電動車椅子が垂直に接近することで超音波センサーが働き距離を検知することができる。

前輪が段を上る場合は、アーム先端が段の上に届く距離まで接近したことを超音波距離センサーが感知することで実験ボードに設置したLEDのランプが点灯する。ランプが点灯したことを確認した乗車者(現在は研究者)がスイッチを押す

ことでアームが伸びて前輪の上り動作開始する。アームが伸びきったところでフォトマイクロセンサーが働き、電動車椅子の前輪を浮かせるためのアームを下げる動作に移る。このとき、電動車椅子の座面を水平に保つために座面下部のフレームに取り付けた傾斜角センサーが働き、座面が水平になるようにフィードバックされて制御される。さらに、アームの根元に取り付けられた傾斜角センサーによりアームと床とのなす角度から、ちょうど車椅子が段に乗り上げる程度の高さまで浮いたところで浮かせる動作が止まるようにして、段差の高さに応じた高さで上り動作ができる。

前輪が段を下がる場合は、前輪が段の端ぎりぎりまで接近する必要がある。超音波距離センサーは、床までの距離の違いを計測し、段があれば床までの距離が遠くなったことを検出して段の有無を判断する。段のぎりぎりまで接近した位置をセンサーが感知すると実験ボード上のLEDのランプが点灯する。ランプが点灯したことを確認した乗車者が前輪の降り動作開始のスイッチを押すことでアームが伸びる。アームが伸びきったところでフォトマイクロセンサーが働き、電動車椅子の前輪を浮かせるためのアームを下げる動作に移る。アームの先端が段の下の床につくことで前輪が浮き上がり、座面の傾斜角センサーにより座面を水平に保つ。さらに、アームの根元に取り付けた傾斜角センサーにより段差の高さに応じて電動車椅子の高さが調節されて降りる動作が継続される。

D. 考察

本年度の研究事業は、図面上から考案した新型段差昇降機構の前輪について、実際に製作して動作確認することである。

新型段差昇降機構の特徴としては、既存の電動車椅子に装着可能、200mm以下の段の高さに応じて電動車椅子の座面を水平に保った状態で段差昇降が可能、簡便なスイッチ操作による段差昇降の自動制御を採用したことである。電動車椅子の前輪を段に上げる場合、前輪を上げるアームの先端が段上に乗るまで十分段に近づく必要がある。その距離を検出するセンサーには、超音波距離センサーを使用した。このセンサーは、段差の材質、形状、色などの環境条件に影響を受けにくい特徴を持っているためである。超音波距離センサーの取り付け場所の条件は、センサーと段差の間にセンサーから出る超音波の障害がない所、人が乗降する際に邪魔にならない所、さらに50mm程度の段差を検出が可能な所である。これらの条件を満たす場所としては、図1に示すバッテリーの下に決定した。また、超音波距離センサーは、段に対して電動車椅子が垂直に接近していなければ音波を検出することができない。このことは、段差昇降で電動車椅子が段と垂直でない場合は、前輪または後輪の片側のタイヤが落下状態となり電動車椅子自体が転倒などの危険性が伴うことをあらかじめ予防することができるなど副次的な効果があった。

十分段に近づいて実験ボード上のLEDのランプが点灯した後、乗車者が段差

昇降の動作開始のスイッチを押すことが必要である。これは、乗車者自身の最終的な意思を決定することができるのみならず、50～60mm以下の段であれば段差昇降機構なしでも通常走行で段差昇降が可能であり、そのような判断を乗車者が行うことができる。これらのことにより、段差昇降機構の働きを効率的に行うことができると考えられた。

電動車椅子前輪の段を降りる場合、段の端までに接近させると超音波距離センサーにより実験ボード上のLEDのランプが点灯する。ランプが点灯するまでに電動車椅子操作することがやや難しい面はあるが、いくらか練習すると問題がないものと思われた。

LEDのランプの問題としては、ややランプが小さく、光度が不足しているように思われた。

段差昇降途中で緊急に停止させるための緊急停止ボタンの新設も必要である。そのために、緊急事態に対応できるスイッチの形、位置や操作性を検討する必要がある。また、緊急停止を作動させた後、段差昇降を継続するのか、中止するのか、元に戻る事ができるかなどの検討も必要である。

現在の後輪用の段差昇降機構では、段の高さに応じての昇降ができず、次年度に、全体的な新型段差昇降機構を製作し、電動車椅子に装着して、動作確認を行うことが求められている。動作確認が良好であれば、障害者が電動車椅子を使用して屋外移動を行った際に、200mm以下の段差があっても行動範囲に影響されることはない。さらにスイッチ操

作が簡便あり、自動的な段差昇降が確立されると、実用性も十分あると考えられた。

E. 結論

段差昇降機構は、電動車椅子の座面を水平に保ったまま200mmまでの段差を人が乗車した状態で段差昇降が可能となるなっている。本年度は、電動車椅子前輪の段差昇降が可能となるように、簡便なスイッチ操作による自動制御された新型段差昇降機構を製作することである。その結果、簡便なスイッチ操作で電動車椅子前輪の段差昇降が自動制御されて可能であった。

今後、電動車椅子全体の自動制御された状態で200mmまでの段に応じた高さで段差昇降ができるか検討する予定である。

F. 引用文献

- 1) 山澤清：車いすの使用者からみた車いすの利便性，第8回リハ工カンファレンス講演論文集：275-276，1993.
- 2) 日本工業規格：電動車いす(JIS 9 203)，日本規格協会，1987.
- 3) 米田郁夫他：介助用電動車いすの開発，第5回リハ工カンファレンス講演論文集：95-98，1990.

G. 研究発表

1. 論文発表

- ① 吉村茂和、林泰史他，段差昇降機構付き電動車椅子の試作と段差昇降試験の結果，理学療法ジャーナル29:567-570,1995.

ナル29:567-570,1995.

- ② 吉村茂和、原徹也他，電動車椅子に装着する段差昇降機構の試作—後輪の段を昇る機構とショックアブソーバの開発及び試乗結果，進歩と展望24:34-39,1999.

2. 学会発表

- ② 吉村茂和、林泰史他，段差昇降機構付き電動車椅子，第13回関東甲信越ブロック理学療法士学会，1994.
- ③ 吉村茂和、吉田耕志郎他，段差昇降・ショックアブソーバ機構付き電動車椅子，第15回関東甲信越ブロック理学療法士学会，1996.
- ④ 吉村茂和、原徹也他，電動車椅子に装着する段差昇降機構の試作—後輪の段を昇る機構とショックアブソーバの開発及び試乗結果，第18回東京都理学療法学会，1999.
- ⑤ 吉村茂和、原徹也他，電動車椅子に装着する段差昇降機構の試作 第103回東京都衛生局学会，1999

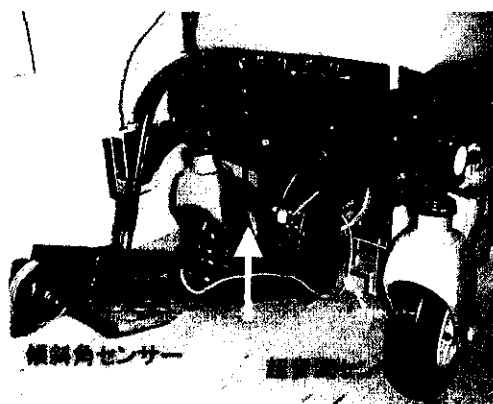
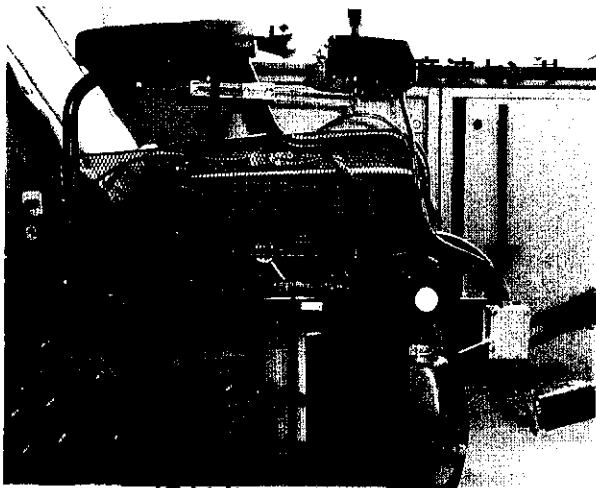


図1.超音波センサーと傾斜角センサー



傾斜角センサー

図 2. 傾斜角センサー、超音波センサー
および実験ボード

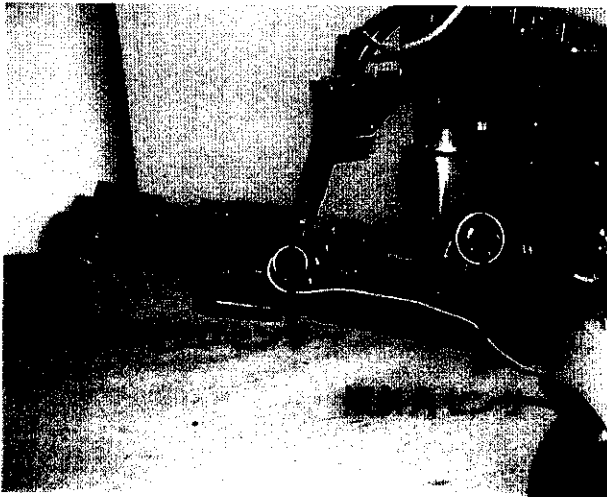


図 3. フォトマイクロセンサーと傾斜角センサー

分担研究報告書

操作能力を補助する自立移動支援装置の開発

分担研究者 数藤康雄 国立リハセンタ研究所福祉機器開発部長

井上剛伸 国立リハセンタ研究所福祉機器開発部研究員

研究要旨 自立移動は非常に重要な生活の要素である。本研究では重度の障害を持った高齢障害者を対象として、その自立移動を支援するための装置の開発を行うことを目的としている。本年度は、障害物回避装置の試作、実際の電動車いすへの組み込みおよび衝突回避アルゴリズムの検討を行った。これにより、ハードウェアの動作の確認ができたとともに、操作者の意志を反映した衝突回避アルゴリズムを決定した。

A. 研究目的

自立移動は人の生活にとって非常に重要である。単に身体の移動をするというだけではなく、移動によって獲得される精神的充足や種々の経験はとても大切なものである。高齢者・障害者について考えると、その重要性は健常者以上に大きいものとなる。電動車いすは重度の障害をもつ人でも、自立移動を可能にするものであり、その意義は非常に大きい。

本研究では、さらに重度の障害を持った人でも電動車いすを活用し、自立移動を獲得できるような方策を検討することとした。特に、身体の障害のみを支援するのではなく、ある程度の知的な部分も補助できるような支援装置の開発を行うことを目的とした。

昨年度は、衝突回避装置のコンセプトを決定し、センサ特性の計測を行った。本年度は、衝突回避装置の試作を行うとともに、電動車いすへの組み込みを行った。

B. 研究方法

1. 衝突回避装置のコンセプト

衝突回避装置開発にあたり、次のようなコンセプトを実現するものとした。

- 1) 障害物を検出したときに停止するのではなく、回避行動をとる。
- 2) 実用場面では、ベッド等へ寄せたり、ぎりぎりの幅の所を通り抜ける場面が見られる。したがって、従来の障害物との距離のみで判断するのではなく、速度も考慮に入れた回避の判断・動作を行う。
- 3) センサは非接触式の距離計を考える。
- 4) 回避行動は操作者の意図を最大限くみ取るようなアルゴリズムを考慮する。すなわち、回避行動中でも自動走行にはせず、操作者からの入力によって動作を変更する。
- 5) 汎用性を考慮して、衝突回避装置は市販のモジュール型電動車いすの操作入力系

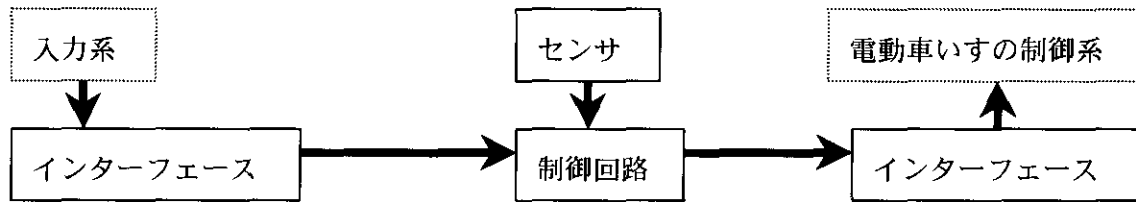


図1 装置のコンセプト

と電動車いす本体の制御系の間に挿入するものとする（図1）。

2. 衝突回避装置の製作

本装置は電動車いすのジョイスティックと制御系の間に挿入する。そのためのインターフェースの検討を行った。電動車いす本体は入力系がモジュールタイプになっているインバケア社製アクションパワータイガーを選定した。この機種では、ジョイスティックと制御系の間はデジタル信号でやりとりをしている。そこで、ロジックアナライザを用いて、信号解析を行った。さらに、解析した信号を再生し、電動車いすの制御系に送ることで、動作の可能性に関する検討およびインターフェースのコンセプトを決定した。

以上の検討を基に、衝突回避装置を製作し、電動車いすへの組み込みを行った。

3. 障害物回避アルゴリズムの検討

今年度は施設内の壁面に走行中接近していった場合を想定して、その場合の回避アルゴリズムを検討した。回避行動は自動走行では無く、その間も操作者からの入力を受け付け、操作者の意図を反映するよう考慮した。

C. 研究結果

1. インターフェースの検討

電動車いすのジョイスティックと制御系間の信号のやりとりをロジックアナライ

ザーで解析し、停止時、直進時、旋回時の波形を抽出した。その波形と同じ波形を制御系に入力することにより、電動車いすを動作させることを試みたが、本体のセキュリティの機構により、動作は不可能であった。

そこで、電動車いすの接点入力モジュールを介して、信号を入力することとした。これは、4チャンネルの接点信号をそれぞれ前進・後退・右折・左折の入力に対応させて、電動車いすを操作することができる。ここには、接点入力式のジョイスティックの他、押しボタン方式で電動車いすを操作できる入力系が接続可能である。これらの入力系は、通常のジョイスティックを操作しきれない重度の障害者が対象となる。今回開発する衝突回避システムの対象者も、非常に重度の障害者であり、開発コンセプトは一致するものである。

2. 衝突回避システムの構成

上記の検討から決定した衝突回避システムの構成を図2に示す。障害物検出センサは斜め前方、側方前部、側方後部に配置し片側3カ所とした。その信号はインターフェース回路を介して、ON/OFF信号としてシーケンサに取り込む。また、ジョイスティックからの信号もインターフェース回路を介して、シーケンサに取り込まれる。シーケンサではそれぞれの信号に応じて電動車いす

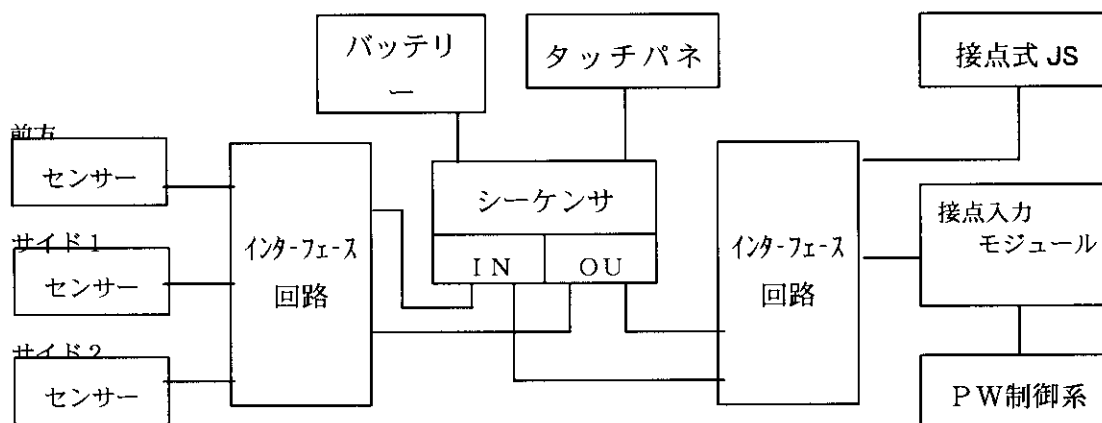


図2 衝突回避システムの構成

の動作を決定し、インターフェース回路を介して、電動車いすの接点モジュールに信号を出力する。シーケンサにはタッチパネルを取り付け、回避行動の設定値を入力するとともに、データの表示を行う。

3. 衝突回避アルゴリズム

図3のように壁面に電動車いすが壁等に接近した場合の回避行動について考える。ここで、超音波距離センサは図のように3カ所取り付けるものとする。

(1) 回避行動

- 1) ①のセンサにおいて一定距離 (a) まで近づいたら最低速度まで減速する。
- 2) ①のセンサにおいてさらに近づき一定距離 (b) まで近づいたら、回避行動 (図では

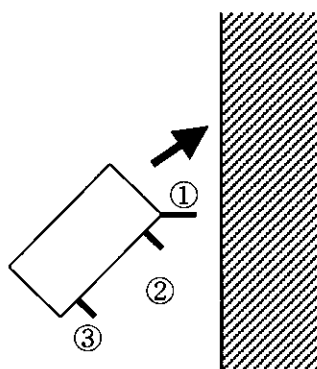


図3 衝突回避の設定

左への旋回) に入る。

2') 回避行動中に停止の信号が操作者から入ってきた場合には停止する。

2'') 回避行動中に壁から遠ざかる信号 (図では左への信号) が操作者から入った場合には、操作者の操作にまかせ、フリー走行とする。

3) ②、③のセンサで検出される距離が同じ距離になったら、直進の信号を出す。

4) 一定時間 (t) 直進する。

5) t 後、さらに近づく信号 (図では右への信号) が操作者から入力されていた場合、2) へ飛び、それ以下を繰り返す。

5') t 後、直進または遠ざかる信号であった場合、衝突回避ループをはずし、操作者によるフリー走行とする。

(2) 距離 a, b の決めかたについて

a, b それぞれに対して、走行中のパラメータと停止中のパラメータの2種類を設定する。

1) 走行中のパラメータ

①のセンサから対象物との距離および接近速度を算出し、衝突までの時間を計算する。その時間をパラメータとして設定する。

2) 停止中のパラメータ

①、②、③のセンサに対象物までの距離を設定しておき、それよりも近い場所にある場