

**厚生省科学研究費補助金
長寿科学総合研究事業**

平成11年度研究報告書

**移動・移乗システム
(H11-長寿-038)**

研究代表者 土肥 健純

東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授

2000年4月10日

目次

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

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

電動車椅子に取り付ける段差昇降機構に関する研究

—座面水平保持可能な段差昇降機構河野構築— 10

原 徹也 東京都里場ハビリテーション病院院長

吉村茂和 東京都リハビリテーション病院理学療法課 課長

捜査能力を補助する自立支援装置の開発 17

数藤康夫 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 22

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

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と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。

[研究組織]

○土肥健純

（東京大学新領域創成科学研究科教授）

原 徹也

（東京都リハビリテーション病院院長）

数藤康雄

（国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所部長）

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）

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」「食事」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

本年度は実用化を目指したシステムの基本技術要素についての検討を中心とし、各テーマについて以下のような研究を遂行する。

(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（土肥）：これまでに開発した天井走行型移動介助アームの被介助者支持部に把持機構を取り付け、屋内での日常生活用品搬送システムとするための機構の一次試作を実施する。また移動介助アームとのマンマシンインターフェースとしてバーチャルリアリティ技術を用いたインターフェースについて検討する。さらに、高齢者と外出中の介護者等とのコミュニケーション媒体や外出中の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基礎的検討を行う。これにより、従来実現不可能であった介護ロボットと、同等の機能を有するシステムが実現できる。

(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（原）：車椅子階段昇降機構の小型化を目指した一次試作を行い、基本性能を評価し従来型の電動車椅子への装着に関する技術的課題についての基礎検討を行う。

(3) 操作能力を補助する自立移動支援装置の開発（数藤）：老人ホーム等の施設では、廊下は決して広くない上に、いろいろなものが置かれている。その上入所する高齢者が横行している。このような状況で電動車いすを操作する場合、衝突などの危険を回避するための判断力が電動車椅子側にも要求される。本年度は想定される危険状態の検知手法について、現場での作業分析を基本に基礎的な開発を行う。

(4) 携帯型移乗介助用具の開発（田中）：本年度は、携帯機能を実現できる移乗用具として最も可能性が高い「こまわりさん」をベースに、移乗時に被介助者の体幹のずれ落ちを防止する支持性の高いサドルの開発と、携帯を可能にする折りたたみ機構の開発に重点を置いた第1次試作の研究開発とその評価を実施する。

倫理面への配慮であるが、本研究では、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、所属組織の規定に従い倫理委員会の承諾を得ている。またさらに、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(土肥)：高齢者の在宅自立生活支援のための、天井走行方式による移動介助用ロボットアームの開発として、食事搬送など多目的に応用可能な汎用の天井走行部分と、生活用品を把持・搬送するためのロボットハンドを試作した。また、今後さまざまな応用可能性のある、テレビ電話システムをベースとしたインタフェースシステムの試作を行った。試作したシステムに対して評価実験を行った。高齢者用モデルハウスにおける試作機の搬送実験では、天井レールに沿って配置された生活用品を被介護者のいるベッドまで搬送することを確認した。また、インタフェースの実験では、遠隔操作時における時間の遅れが認められ、把持操作も含めた動作をする場合は問題となり、改良を行う必要があることが明らかとなった。

(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(原)：今年度は、昨年と同様な機能を簡便なスイッチ操作で段差昇降が可能な新型段差昇降昇降機構を製作するために、基本的な機構の考案を図面上から確認することである。その結果、新型段差昇降機構の基本設計、制御系の新設(センサーの取付け位置、緊急ストップ装置付きスイッチボックス)の基本設計が終了した。

(3) 操作能力を補助する自立移動支援装置の開発(数藤)：本年度は、電動車いすの使用状況調査を行い、それに基づいた装置コンセプトの検討を行った。これより、障害物の速度も考慮した回避動作が重要なキーとなることが分かった。また、超音波センサの特性を検討したところ、床からの高さおよび対象面との角度が影響することが分かった。

(4) 携帯型移乗介助用具の開発(田中)：現在市販されている移乗介助用具の中で、携帯機能を実現できる可能性の高い「こまわりさん」を基に以下の3点について検討を行い、1次試作機を製作した。1) 軽量でコンパクトに収納できるようにして携帯性を向上させる。2) 被介護者の体重が介護者よりもかなり重い場合に操作力が問題になる場合があったため、操作力を軽減させる。3) 操作時に被介護者の体幹のずれ落ちを防止するためにサドルの支持性を高める

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、これまでに開発した天井走行型移動介助アームの被介助者支持部を、把持機構を有するロボットアームに付替えることにより、屋内における日常生活用品搬送システムの一次試作を実施する。また、高齢者と外出中の介護者等とのコミュニケーション媒体や外出中の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基礎的検討を行う。これにより、従来実現不可能であった介護ロボットと、同等の機能を有するシステムが実現できる。

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・車いす・リフトなどあるが、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、天井走行レ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。組立式天井走行レールは、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レール部より吊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、排用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移動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、日常生活用品搬送システムの開発を行う。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、被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。

また、このようなシステムでは、機器を操作するためのマン・マシンインタフェースが特に重要な開発要素となる。これは、単に使いやすいということだけでなく、介護者が被介護者および機器に容易にアクセスすることが可能、かつ被介護者の精神的なサポートも行えることが理想的である。ここでは、特に介助面・精神面でのサポートを重要視し、テレビ電話システムおよびサーバ・クライアントネットワークシステムを用いて機器制御システムの一次試作を行った。

B. 研究方法

B-1 日常生活搬送ロボットアームの一次試作

現在までに開発してきた移動介助アームは、天井レールに吊り下げられており、被介護者の腋下もしくは上腕を支えることで移動支援を行うものである。本研究では、移動介助アームの天井走行部を活用し、そこに日常生活用品を搬送できるトレイおよび搬送ロボットアームを吊り下げる。天井走行部は、前後・回転・アーム上下動の3自由度を有する。

ロボットアームは、日常生活用品の把持・把持位置を調整するため計3自由度を有する。図1に概観を示す。把持部位置決め機構には、5節リンク機構を用い、把持部は今回は単純な、回転による開閉機構を採用した。5節リンク機

構は、1)動力源をアームの根元に集めることができ、重量バランスがよいこと、2)閉ループのリンク機構であるため、剛性が高く、またアーム自体を比較的細くすることができる。3)平行リンクを組み合わせることによって把持部の向きが常に搬送トレイの向きと平行に維持される。4)概観上はアームの剛性が弱く見え、使用者に恐怖感を与えることがあまりない、といった利点が多く、今後の実現可能性が極めて高いものといえる。

図2に試作したロボットハンド部を示す。高齢者用モデルハウスへの導入を検討しているため、ドア幅900mmに対してハンドの幅が800mm以内になるように設計を行った。また、図3にロボットハンドの作業空間を示す。5節リンク機構により、把持部先端の位置は図に示したような形状エリア内に拘束され、万が一のアーム暴走時においてもその領域外には行くことがなく安全性が高い。

ロボットハンド部には、超細径 CCD カメラ(直径4mm)を取りつけ、カメラ画像を観察しながらロボットハンドの位置決めおよび把持操作を実現できるようにした。全体の重量を移動させる天井走行部・回転部には、AC サーボモータを用い、ロボットハンド部には位置決めが容易であるパルスモータを用いた。

B-2 テレビ電話による遠隔操作インタフェースの検討

前述したように、介護者が被介護者および機器に容易にアクセスすることができ、かつ被介護者の精神的なサポートも行うことが、これからの介護機器は必要である。

本研究では、その実現手法の一つとして、テレビ電話システムの導入を検討した。使用したテレビ電話システム(WhitePineSoftware 社製 EnhancedCU-SeeMe)は、1 対多(最大8)の相手と同時に対話することができ、また、送受信映像及び音声を圧縮するので低帯域幅の信号による接続でも使用することができる点で、汎用性が高いシステムである。このテレビ電話および遠隔制御システムは、Ethernet 回線を使用するため、そのデータ転送速度は最大100 Mbit/sである。

以上のシステムをロボットアームに導入することによって、介護者と被介護者が互いにコミュニケーションをとり、また介護者および被介護者が遠隔操作により日常生活用品を搬送することが可能となる。

図1に生活用品搬送用のロボットアームの概観を示すが、ディスプレイに介護者を映し出して、コップに入った水を搬送している。

C. 結果

本年度試作した生活用品搬送用ロボットアームの動作実験およびインタフェースシステム動作実験を行い、システムの工学的評価を行った。

高齢者用モデルハウスの、ウェルフェアテクノハウスにおいて、介助用ロボットアームを設置し、搬送テストを行った。図4にウェルフェアテクノハウスの間取りおよび搬送実験に用いたレール走行部を示す。

次に、ロボットアームの遠隔操作時における時間的な遅れの評価を行い、実現可能性を検証した。天井走行型ロボットアームの駆動部であるモータの遠隔操作として、遠隔操作側がアプリケーションのボタンを押してから高齢者側の搬送ロボットに動作指令を伝えるまでの時間を計測した。20 回試行を行い計測した結果、遠隔操作側コンピュータから高齢者側コンピュータにデータが伝達される時間は平均 879ms、高齢者側コンピュータからモータコントローラに伝達される時間は平均 621msとなり、総合時間の平均は 1500msであった。一方、遠隔側から停止指令を出力した場合の計測を行った結果、遠隔操作側コンピュータから高齢者側コンピュータにデータが伝送される時間は平均 882ms、高齢者側コンピュータから動作開始までの伝達時間は 1ms 以下であり無視できるものであった。総合時間の平均は 882msとなった。

D. 考察

試作したロボットアームは、天井走行部レールをリフトと共用することにより、移動介助を使用すると同時に、日常生活用品の搬送を行うことができる。これは、高齢者の身体能力の低下に対応して選択できるため、従来の福祉機器で

指摘されていた「体の状態が変化すると使えない」という問題に対処できるものと考えられる。

操作用インタフェースの試作では、一般の Internet 回線 (100MBit/s) を使用したが、約 1.5s の時間遅れが測定された。搬送用走行部の移動を行う際はその遅れは問題ないものの、より実時間性が必要とされるロボットハンドによる把持を行うには十分な制御情報の転送速度ではないと考えられ、次の課題であるといえる。

E. 結論

高齢者の在宅自立生活支援のための、天井走行方式による移動介助用ロボットアームの開発として、食事搬送など多目的に応用可能な汎用の天井走行部分と、生活用品を把持・搬送するためのロボットハンドを試作した。また、今後さまざまな応用可能性のある、テレビ電話システムをベースとしたインタフェースシステムの試作を行った。高齢者用モデルハウスにおける試作機の搬送実験では、天井走行レールに沿って配置された生活用品を被介護者のいるベッドまで搬送できることを確認した。また、インタフェースの実験では、遠隔操作時における時間の遅れが認められ、把持操作も含めた動作をする場合には問題となるため、改良を行う必要がある。

G. 研究発表

1. 学会発表

①鈴木尚人、正宗賢、佐久間一郎、鈴木真、三井和幸、辻隆之、稲田紘、土肥健純、天井走行型ロボットアームによるねたき高齢者用生活必需品搬送用システムに関する研究、第15回ライフサポート学会大会講演予稿集、p.44、1999

②鈴木尚人、正宗賢、佐久間一郎、辻隆之、稲田紘、土肥健純、鈴木真、三井和幸、天井走行型ロボットアームを用いた在宅高齢者の自立生活支援システムの研究、2000年度精密工学会春季大会学術講演会論文集、p.620、2000

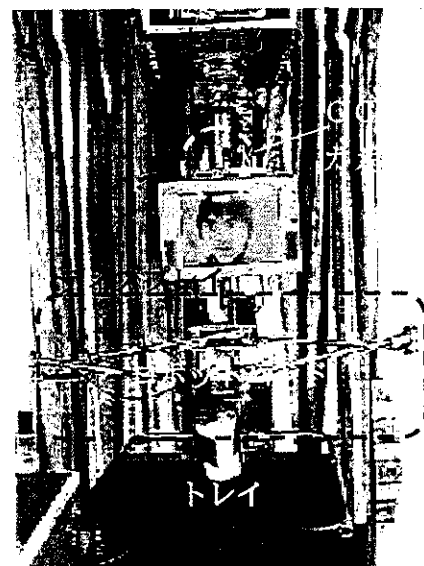


図1 生活用品搬送用ロボットアーム

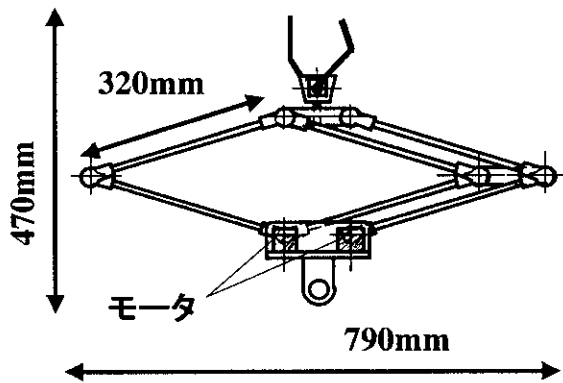
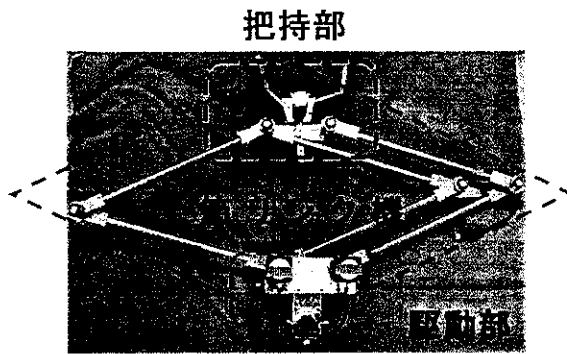


図2 試作したロボットハンド

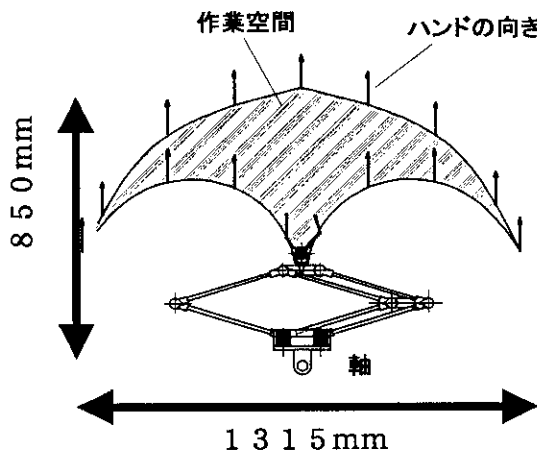


図3 ロボットハンドの作業空間

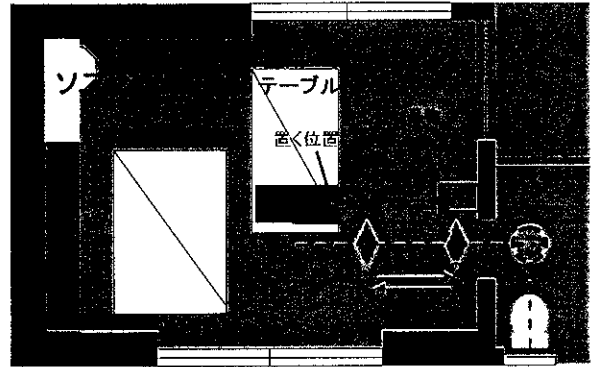


図4 試作機による搬送実験で用いた高齢者用モデルハウス（ウェルフェアテクノハウス調布）の部屋見取り図およびレール・ベッド・搬送物等の位置関係



図5 搬送テスト概観

電動車椅子に取付ける段差昇降機構に関する研究 —座面水平保持可能な段差昇降機構の構築—

吉村茂和(東京都リハビリテーション病院理学療法科長)
原徹也(東京都リハビリテーション病院院長)、
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)
藤井 正(竹井機器工業KK)

昨年度製作した段差昇降機構は、人を乗せた電動車椅子の座面を水平に保った状態で200mmの段差昇降が可能であった。今年度は、昨年と同様な機能を簡便なスイッチ操作で段差昇降が可能な新型段差昇降機構を製作するために、基本的な機構の考案を図面上から確認することである。その結果、新型段差昇降機構の基本設計、制御系の新設(センサーの取付け位置、緊急ストップ装置付きスイッチボックス)の基本設計が終了した。今後、全体的な新型段差昇降機構を電動車椅子に装着し、制御系の確認と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、基本設計、制御、座面水平

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という声も聞かれる。

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、電動車椅子を使用して屋外を移動する際、車道と歩道の段差は180～200mmもあるのを始め、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た。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行動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。

筆者らは、これまで障害者が使用している市販化モデルの電動車椅子を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。開発した段差昇降機構は、電動油圧ポンプを用いた方法、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種類のうち、最も実用性があると考えられるものは、昨年度開発した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、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。

そこで本研究事業では、昨年度の段差昇降機構の機能を維持しながら、段差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である制御系の考案と開発を図ることである。

B. 研究方法

本年度の研究では、昨年度製作した段差昇降機構をさらに発展させた新型段差昇降機構を製作するために、構造や基礎的な機能を基本的な設計図面上から考案することである。条件として、①新型段差昇降機構は既存の電動車椅子に装着ができる、②段差昇降中に電動車椅子の座面を水平に維持することができる、③200mmの段差やそれ以下の段差に対しても段差に対応した高さで段差昇降ができる。しかも、④スイッチ操作は1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段差昇降が完結するような自動的な制御系による簡便性を確立することである。

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. 新型段差昇降機構について

前輪の段差昇降機構では、検討した結果昨年度と同様の機構を採用することにした。

後輪の段差昇降機構の概略外観図を図1に示す。図1のごとく、後輪の段差昇降機構は昨年度よりも簡素化され、上カバーを新たに取付けている。図2は、後輪の段差昇降機構の基本設計図面を示している。電動車椅子を持ち上げる動力は電動モータである。電動車椅子を持ち上げた状態で電動車椅子を移動させる後方駆動輪は、電動モータを内蔵するローラーモータ使用してスムーズな前進と

安定性を得ることができるように配慮する。

2. 制御系の新設について

段差昇降する際、簡便なスイッチ操作により電動車椅子の座面を水平に保ち、かつ段の高さに応じた高さで段差昇降ができる段差昇降機構の制御系を新たに増設することにした。電動車椅子の状態を把握する制御系の情報入力には、超音波距離センサーと傾斜角センサーを使用することにした。前輪部に超音波距離センサーを3ヶ所、傾斜角センサー1ヶ所、後輪に超音波距離センサー1ヶ所、座面部に傾斜角センサー1ヶ所を取り付けることにした(図3)。それぞれのセンサーからの信号は前置増幅されて、新たに新設するスイッチボックス内に設置した制御回路またはマイコン制御系に入力される。図4はスイッチボックス概略ブロック図である。

前輪部の3ヶ所の超音波距離センサーにより昇りでは、段差までの距離、段差の高さ、段差昇降機の段差分の高さに上昇したかどうか、下りでは段差までの距離、前方アームが地面へ接地したかどうかなどを感知する。後輪の1ヶ所の超音波距離センサーにより昇りでは、後輪が段上に乗ったかどうか、下りでは、後輪用段差昇降機が地面に接触したかどうか、段差分段差昇降機が下がったかどうかを感知する。さらに傾斜センサーにより座面の角度が水平を保っているかを傾斜角センサーで感知する。制御回路では、感知された情報が段差昇降機構へフィードバックされ、情報を基に一定の条件で段差昇降が実施される。マイコン制御回路では、感知された情報が段差

昇降機構へフィードバックされ、段差の高さに応じた高さに上下させ、電動車椅子の座面を水平に保つように常にフィードバック機構により調節され、段差昇降が終了するまで持続される(図5、図6)。

スイッチボックスの外観は図7に示している。スイッチボックスは、電動車椅子の段差昇降を操作する操作ボックスである。段差昇降可能かどうかを示すライト、マニュアルによる緊急停止スイッチなどを設置する。段を昇るか、降るかを乗車者がスイッチ操作により段差昇降の動作開始から終了まで自動的に行われて非常に簡便化される。

それらの結果、電動車椅子の座面を水平に保った状態で段の高さに応じた高さで段差昇降機構を働かせ段の昇降が可能となる。このことにより、段差昇降時の乗車者の不安を除去し、電動車椅子の利便性を確保することができる。

D. 考察

本年度の研究事業は、新型段差昇降機構を開発するために、図面上から新型段差昇降機構を確認することである。新型段差昇降機構開発の前提条件としては、まず既存の電動車椅子に装着することができ、200mm以下の段差であれば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である。さらに、段の高さに対応して段差昇降機構の高さを調節でき、簡便なスイッチ操作により段差昇降が自動的に可能となるような制御系を増設することである。

段までの距離、段の高さ、電動車椅子座面の傾き、段の高さに応じた段差昇

降機構の高さなどの計測には、合計6ヶ所に設置したセンサーを通して感知される。センサーには、超音波距離センサーと傾斜角センサーを使用する予定とした。それぞれのセンサーの信号は、前置増幅器で増幅され、スイッチボックス内に誘導される。誘導された信号は、制御回路またはマイコン制御系に入力され、段差昇降の状態が最良となるようにフィードフォアあるいはフィードバックされて段差昇降機構が制御される。制御する回路をフィードフォアの制御回路とするか、フィードバック可能なマイコン制御回路とするかは、動作確認試験を行ってから、最も段差昇降に適した方を選択することにした。

以上のような段差昇降過程を制御するスイッチ操作は、1度程度の動作で段の昇りまたは下りが自動的にでき非常に利便性があると考えられる。このような乗車者のスイッチ操作を介入することは、段を認識するセンサーなどの誤動作を極力避けるようにするためである。特に、センサーのみで段を確認する方法では、どのような段でもセンサーが感知すると自動的に段差昇降が働くようにした場合、段に対して直角方向ではなく斜めの状態で電動車椅子が段に近づき、段差昇降機構が働くと電動車椅子が転倒する恐れも生じる。しかも、段があれば全ての段に段差昇降機構が働くようにすることは、非常に非効率であり、危険性が伴うと考えられた。

スイッチボックスの段差昇降用のスイッチは、図面上から操作部分が小さいため障害者が使用できにくいと思われる。今後操作性を良くするため操作部分を大

きくすることも検討されると思われる。段差昇降途中で緊急に停止させる必要がある場合のために、緊急停止ボタンも新設した。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。さらに、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難しい検討が必要である。

今後、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れば、実用性も十分考えられる。

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。本年度からは、制御系を増設した新型段差昇降機構を構築することである。そこで本年度は、昨年と同様な機能を簡便なスイッチ操作で段差昇降する新型段差昇降昇降機構を製作するために、基本的な機構の考案を図面上から確認することである。その結果、新型段差昇降機構の基本設計、制御系の新設の基本設計が終了した。

今後、全体的な新型段差昇降機構を電動車椅子に装着し、制御系の確認と段差昇降機構の動作確認を行う予定である。

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.

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回リハエ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(JIST9203),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回リハエ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.
- 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

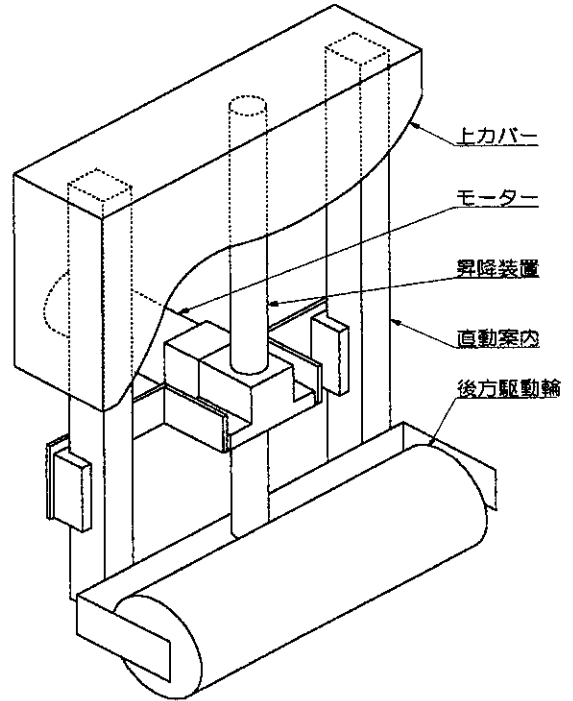


図1.後輪の段差昇降機構の見取り図

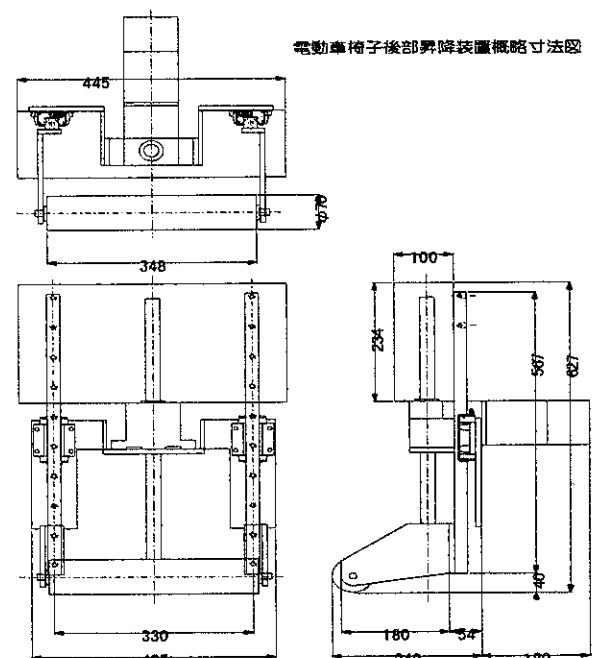


図2. 後輪の段差昇降機構の基本設計図面

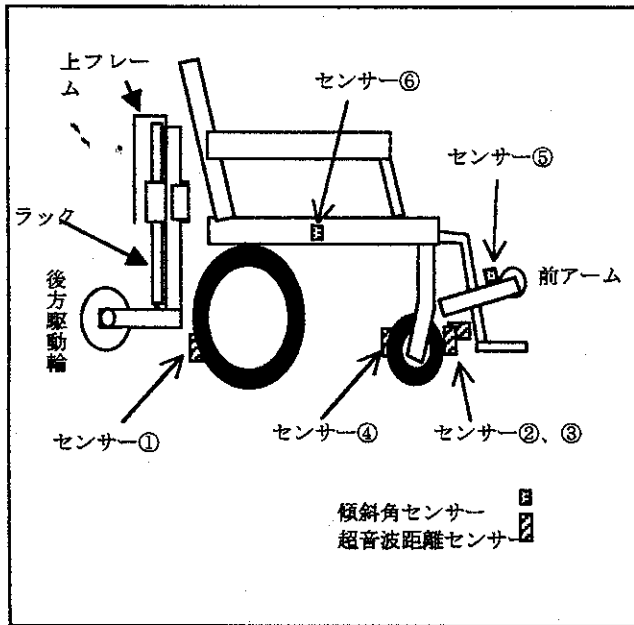


図 3. センサーの取付け部位

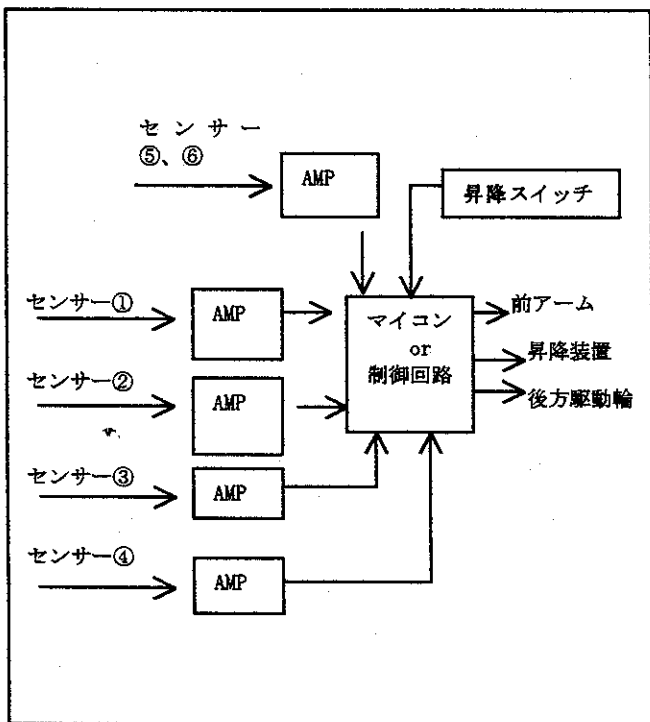


図 4. スイッチボックス概略ブロック図

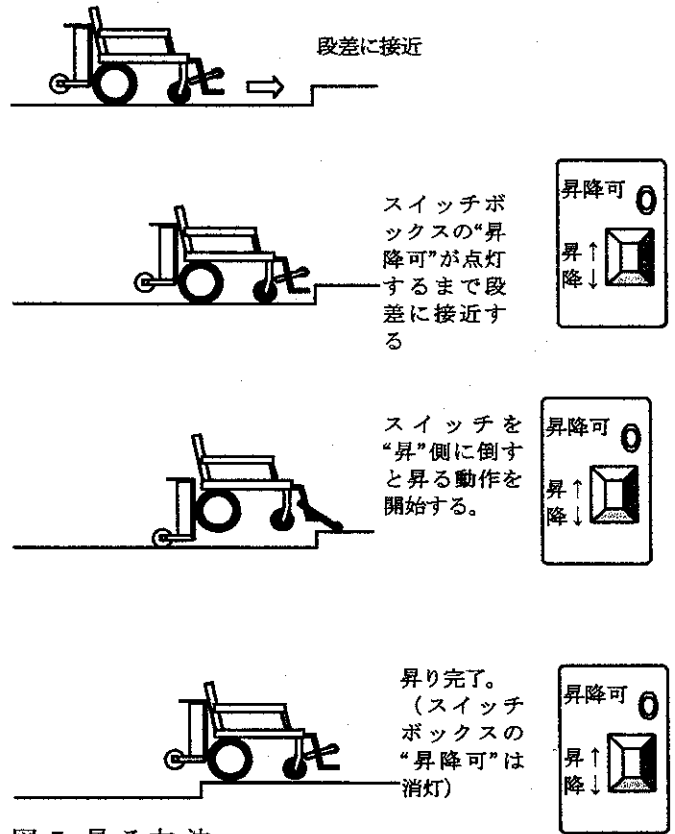


図 5. 昇る方法

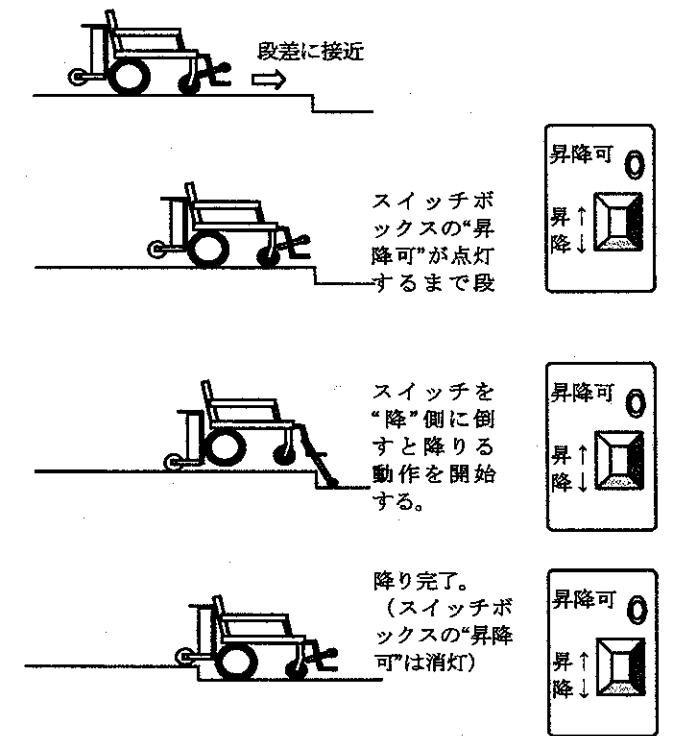


図 6. 降る方法

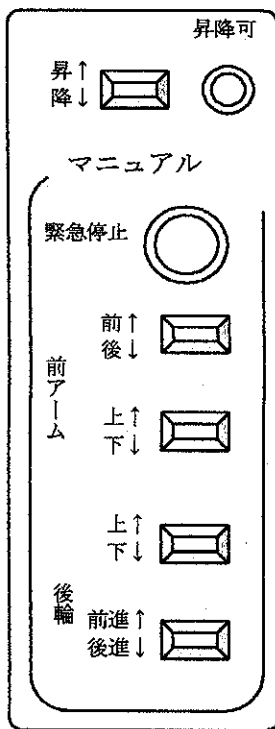


図 7. スイッチボックスの外観図

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要素である。本研究では重度の障害を持った高齢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、電動車いすの使用状況調査を行い、それに基づいた装置コンセプトの検討を行った。これより、障害物の速度も考慮した回避動作が重要なキーとなることが分かった。また、超音波センサの特性を検討したところ、床からの高さおよび対象面との角度が影響することが分かった。

A. 研究目的

自立移動は人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。

本年度は、操作の判断力を補助する衝突回避装置に着目し、支援装置のコンセプト作りおよびそのコアとなるセンサの検討を行った。

B. 研究方法

1. 衝突回避装置のコンセプトの検討

電動車いすの使用場面の調査を行い、その

結果を基に、衝突回避装置のコンセプトを検討した。調査は病院内での走行について、国立リハビリテーション病院の入院患者を対象として、また屋外での走行について、重度脳性麻痺者の自宅から近くの公園での散歩の経路について行った。

2. 障害物検出センサの特性の検討

障害物との距離計測センサには超音波式のものやレーザ式のものがある。今回の衝突回避装置は屋外での使用を考慮する必要がある。そのため、レーザ式のものには、その環境光の影響を受けやすいことから、今回のセンサには適さない。そこで、超音波式センサについて、その特性を検討した。使用したセンサはキーエンス社製の下記の2機種である。

- 1) UD-320 : 測定範囲 200~1300 mm
分解能 1 mm
- 2) UD-360 : 測定範囲 800~6000 mm
分解能 10 mm

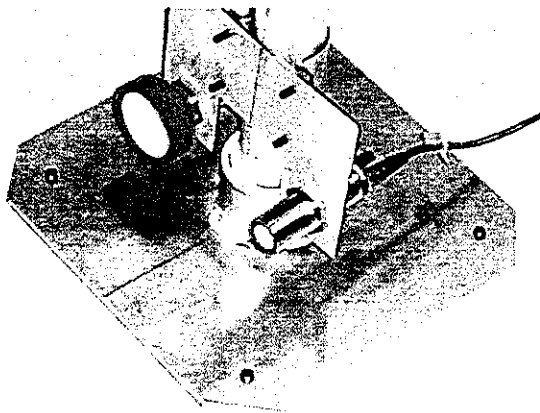


図1 センサ検定用治具

図1に示す計測用治具を用いて、床からの高さに対する特性、対象物との距離に対する特性、対象平面との角度に対する特性を計測した。床からの高さは100~700 mmの範囲で100 mm間隔で計測した。距離はUD-320では200~1200 mmの範囲で200 mm間隔、UD-360では1000 mmと2000 mmで計測した。対象平面との角度は0°~50°の範囲で5°間隔で計測した。検出対象はコンクリートの壁面とした。

C. 研究結果

1. 電動車いす使用状況調査

病院内での使用状況では廊下などの壁、廊下におかれている車いす等、歩行者および車いす使用者を含めた移動している人がよく見られる障害物であった。また、自動ドアやエレベータのドアなど、状態が変化するものもあることが分かった。一方、ベッドへ乗り移るときやテーブルにつくときなどは、障害物に対してぎりぎりまで近づくことが必要な場面も見られた。

屋外の走行では柵や塀、歩行者や自転車、自動車等が障害物としてよく見られた。柵は

鉄網であったり、パイプであるものもあった。また、歩道と車道の間等の段差も、転倒を引き起こす原因ともなり、危険であることが分かった。一方、公園の入り口ではパイプ状の柵が並んで設置しており、電動車いすの幅ぎりぎりの隙間しかなく、それをすり抜ける必要があった。また、草むらを走行する場面も見られ、その際には草をなぎ倒しながら走行していた。

2. 障害物検出センサの特性

短距離用超音波センサ UD-320 の計測結果を図2に示す。センサの高さが100 mmでは平面との角度が垂直でも800 mmまでしか計測できなかった。角度をつけていった場合、400 mmでも20°までしか計測できなかった。また、角度がつくにつれて距離が長く計測される傾向が見られた。高さを200 mmにすると200 mmの距離で50°まで、300 mmの距離で45°まで計測できた。データの傾向は高さ100 mmの時と同様に角度がつくにつれて、距離が長く計測された。高さを高くすると計測できる角度の範囲は広がる傾向が見られ、700 mmの高さでは、200 mmの距離では60°まで、400 mmの距離では45°まで、600 mmの距離では35°まで、800 mmの距離では25°まで、1000 mmと1200 mmでは15°までが計測可能な範囲であった。いずれのデータも角度がつくにしたがって、距離は大きく計測される傾向が見られた。

長距離用超音波センサ UD-360 の計測結果を図3に示す。センサの高さが200 mm以下