
移乗機能を付加した 自立的移動支援システムの開発

横倉 三郎 吉川 かおり 妹尾 和美 香椎 正治

Abstract : We have developed an equipment which supports the independent movement of person with severe motor and intellectual disabilities. This equipment does not require any special training to operate. By using the exhalation switch, the controller can instruct the destination, the movement start, and also communication is possible. The controller's direction of the destination, and movement start makes the automatic self-driving possible, by using the optical marker navigation system.

Furthermore, answering to the demands and requests from users and their caregivers, transferring to the bed and chair easily is possible with this equipment. When it is a stretcher, by adjusting the height, transferring to the bed is easily done. When in a standing posture, using the footplate rotation, makes the transfer to the bed and chair easy. This reduces the physical burden of nursing of the caregiver.

要旨：重症心身障害者が日常生活の中で容易に利用でき、操作に特別な訓練を要しない自立的移動支援装置の開発を行った。コントローラは、タブレットの絵表示を呼気スイッチ等で操作し、コミュニケーションや移動先の選択そして移動開始の指示を行うことのできるシステムとした。さらに、移動支援装置は、光マーカを用いたナビゲーションシステムとの組み合わせにより自動走行を可能とした。また、利用者や介護者等の要望から被介護者を起立姿勢に起し、フットプレート回転によりベッドや椅子への移乗を容易にしたことにより、介護者の身体的負担の軽減に成功した。

はじめに

重度の知的障害及び重度の肢体不自由が重複する重症心身障害者は、自力での移動や言語によるコミュニケーションの困難等から、“待機状態”に置かれる場合が多く、彼らの能動的欲求を充足することは難しく、自身の興味・関心に従って移動することができない。これらを要因としたストレス増大は、心のみならず身体を含めた状態の悪化を招来させる。重症心身障害者は、市販の電動車椅子のジョイスティック型のコントロールレバーを自らが操作することや目的地までの経路の認識が非常に難し

く、電動車椅子で自らの意思で移動することは極めて困難である。彼らが簡便に操作でき、自らの意思決定で移動可能な装置は、重症心身障害者の空間認知能力及び因果関係の認知能力の向上のほか、出会いの機会の増加によるコミュニケーション力の豊かさを派生させるとともに、嫌悪な状況からの離脱を可能にすると考えられる。

文献研究や海外視察から得られた知見に基づき、日常生活において重症心身障害者と介助者のコミュニケーションを容易にし、かつ、特別な訓練を要しない操作で走行できるコントローラを装備した移動装置を考案した。加えて、介助者からの要望に応じて移動装置には二種類の移乗機能を付加したことにより、介助者の身体的負担軽減を図った。

本稿では、実際に開発した重症心身障害者用自立的移動支援システムとその機能について、論述する。

1. 開発した自立的移動支援装置の概要

(1) 目的と方法

一般に障害を持つ人の移動手段は、市販されている電動車椅子であり、そのジョイスティック型のコントロールレバーを前後左右に操作して移動する。しかし、目的地までの経路の認識やレバーの微妙な操作は、重症心身障害者にとっては非常に難しく、これらの問題を解決しない限り、重症心身障害者が一般の電動車椅子で自走することは困難である。重症心身障害者の生活の質を向上させるためには、日常生活の中で容易に利用でき、操作に特別な訓練を要しない自立的移動支援装置の開発が必要とされている。

そこで本研究では、重症心身障害者が自己の意思で目的の場所に移動できるよう、次の4つの機能を有することを目的とし自立的移動支援装置の開発を行った。

- a) 目的の場所の選択および移動開始は、重症心身障害者でも簡便に操作することができる呼気スイッチを用い、移動先の場所を選択可能とする。
- b) 移動装置の自動走行は、赤外線距離センサにて壁面との距離を計測し壁に沿って走行する。
- c) 走行時の前方障害物は、超音波センサにより人などを検出した場合には、回避や停止を自動的に行える。
- d) 目的地や曲がり角の位置認識は、光マーカから情報コードを読み取ることにより、走行中に移動装置の位置や目的地の場所を認識できる。

(2) コントローラ

国内の介護・医療施設における介護・医療従事者等への意見聴取に加えて、知的障害を補う援助機器（認知支援機器）の開発・普及の先進国であるスウェーデンの認知支援機器センター等におけるコミュニケーション支援ソフト開発の現状と課題について情報収集を行った。その結果、重症心身障害者の認知機能支援に関する知見としては、次の5点が見出された。

- a) 知的障害及び運動機能低下が重度の人を対象とする場合、コミュニケーション能力を一週間程度調査し、どのような方法が適切であるかを見つけることが必要である。
- b) 言語表現が困難な人には、パーソナルコンピュータ（Personal Computer、PC）やタブレット型 PC を使ったソフトウェア開発が有用である。
- c) 最重度の知的障害のある人の居住環境や日中活動等に関する満足度調査は、本人にとって意味ある写真・画像・音声を施設職員が自由に組み込めるソフトウェアを作ることによって可能となる。
- d) ソフトウェアの設計としては、複数の基本設定から選定し、カスタマイズできるようなものが良い。
- e) ユーザーが、使って楽しいと感ずることができるといふ装置であることが重要である。

これらに基づき障害者とのコミュニケーション支援ソフトウェア（障害者用外部制御型コミュニケーションツール）を開発した結果、障害の程度に応じた内容の変更・追加が容易に可能となり、支援者によるデータ更新が簡便に行えるコントロールシステムが完成した。

タブレット型 PC の表示変更は、①タブレット型 PC のタッチスクリーンの接触、②マイクからの音声信号の認識（言葉の認識でなく、音の高低や長さの認識）、③呼気スイッチからの信号、の3通りの方法で行うことができ、コマンドが移動装置のメインコントローラに送信されるようにした。実際に開発したコントローラのシステム構成を図1に、コミュニケーション支援ソフトを組み入れたツールの様子を図2に示す。

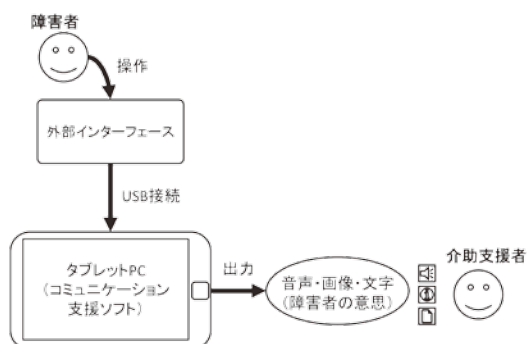


図1 コントローラのシステム構成



図2 コミュニケーション支援ソフトを組み入れたツール

コミュニケーション支援ソフトは、USB 接続の呼気スイッチ（外部インターフェース）により操作を行うことができる。障害者が呼気スイッチを吹くことにより、次の選択項目に移動し、吸うことにより表示されている項目が決定され、タブレット型 PC から音声・画像・文字を出力し、介助支援者に障害者の意思を伝える。動作が完了するとスタート画面に戻り、再び項目の選択ができるようになる。コミュニケーション支援ソフトで使用している、音声・画像などはインターネットで配布しているフリー

素材を使用して製作した。日常的に使用されると思われるものは、予めプリセットとしてコミュニケーション支援ソフトにセットしている。

さらに、使用する障害者の程度に応じた内容を変更・追加したい場合には、グラフィカルユーザインタフェース（Graphical User Interface、GUI）による操作が可能のため非常に簡便にデータ更新をすることができる。また、設定したデータベースのファイル保存形式は、Microsoft Excel 形式のため一般的の PC 上から簡便に設定やデータの変更ができる。

（３）位置及び走路検出装置（屋内ナビゲーションシステム）

一般には位置情報を取得するための全地球測位システム（Global Positioning System、GPS）を使用するが、GPS を使用できない屋内を自動走行する移動装置は、何らかの手段で位置情報の取得が必須となる。そのため、天井や廊下の分岐点等に複数の光送信ユニット（光マーク）を取り付け、それぞれの光マークから位置に関する情報を発信し、移動装置に取り付けている光受信ユニットで受信し、移動装置が位置情報を取得するシステムを構築した。屋内ナビゲーションシステムをブロック図として図3に示す。

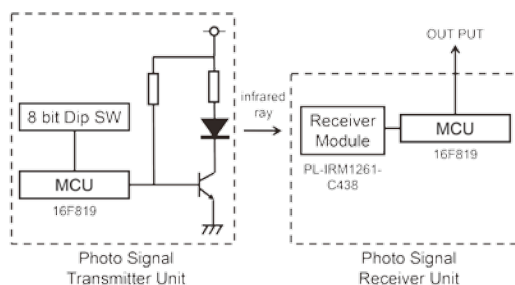
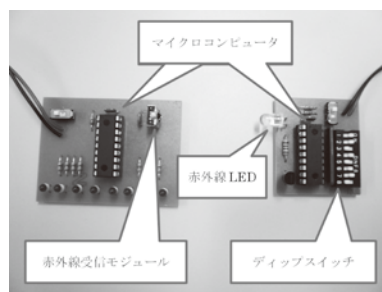


図3 屋内ナビゲーションシステムのブロック図

光マークは、赤外線 LED、ディップスイッチ、ワンチップマイクロコンピュータ（PIC マイコン）で構成され、ディップスイッチにより設定された信号を発信する。また、電源には、太陽電池を使用し、電池の交換を排除したメンテナンスフリー化を行うために光マークからの信号は数秒に一回程度にする。光受信ユニットは、赤外線受信モジュール、PIC マイコンで構成され、光送信ユニットから発信された8bitのシリアル信号を受信し、移動装置のメインコントローラに送信する。これらのユニットを製作し、模擬実験を行った結果、有効であることが確認された。光マーク検出器と光マークのようすを図4に示す。

図4 光マーク検出器（左）
と光マーク（右）



(4) 自立的移動支援装置の全体像概要

自立的移動支援装置は、メインコントローラ、操作用入出力装置、位置認識用の光マーカー受信ユニット、4チャンネル赤外線距離センサ、2チャンネル超音波距離センサ及び駆動部で構成した(写真を図5に示す)。



図5 自立的移動支援装置

2. 電動式移乗機能の付加

介護サービス従事者は仕事にやりがいを感じ、今後も仕事継続の意志を有している一方で、離職率が高い。この要因の一つとして「身体的負担が大きい(腰痛や体力不安がある)」ことが考えられる。また、腰痛や肩こりなどの疲労が回復しない状況で従事し、健康状態を悪化させることが離職を考える要因と密接な関係にある。

厚生労働省は、移乗介助等に伴う「職場における腰痛予防対策指針(平成25年6月改訂)」を改訂し、そのリスク回避・低減措置等を明示している。その一方で、介護従事者の負担軽減観点から、ロボット技術活用が強く期待されている。このことから厚生労働省と経済産業省は、日本再興戦略において「ロボット介護機器5ヵ年計画」に取り組み、「ロボット技術の介護利用における重点分野(平成26年2月改訂)」を特定し、移乗介助・移動支援等の分野のロボット介護機器開発・導入の支援を行うことにより、要介護者の自立促進や介護従事者の負担軽減の実現を目指している。

上記に鑑み、介護従事者の負担軽減を目的に、重症心身障害者用移動装置を開発した。なお、この装置は、上述の自動走行を可能にした電動車椅子に、電動式移乗機能を付加したものである。自動走行型電動車椅子の電動式移乗機能は、リクライニングや座面の高さ調整及びフットプレートの回転用を電動化することにより、二つの移乗機能を可能とした。

一つ目は、ベッドへの移乗機能である。図6に示す走行状態のシートがフットレスト及び背もたれが連動して図7に示すようなストレッチャー状態になる。その後、シートは、上昇を開始し、図8に示すように被介護者を移乗できるベッドの高さまで上昇して停止する。この状態で被介護者をベッドに移乗することができる。また、被介護者が寝た姿勢から車椅子乗車姿勢への移乗動作は、上記と逆の順序で行われる。ストレッチャー状態の自立的移動支援装置の写真を図9に示す。

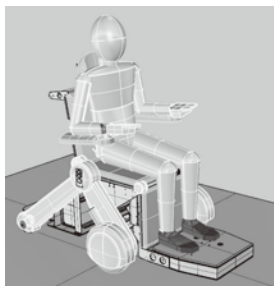


図6 走行状態のようす

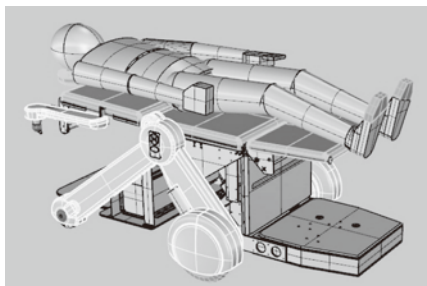


図7 ストレッチャー状態のようす

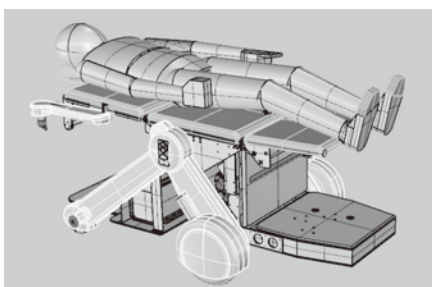


図8 ベッドの高さまで上昇した状態のようす



図9 ストレッチャー状態の自立的移動支援装置

二つ目は、起立回転機能である。図6に示す走行状態のシートが降下を開始し、フットプレートが床まで下降し停止する。この状態で、座面及び背もたれが連動して、図10に示す位置まで座面と背もたれが起き上がり、被介護者を起立姿勢状態まで起す。被介護者の起立後は、フットプレートが図11に示す位置まで回転する。フットプレートが回転することで被介護者の向きを自動的に変えられ、車椅子の横にあるベッドや椅子に対して介護者が被介護者を容易に移乗できる。起立状態の自立的移動支援装置の写真を図12に、フットプレートが回転する前後の写真を図13に示す。また、起立姿勢から車椅子への移乗は、上記と逆の順序で行うことができる。

上記の二つの移乗機能の動作は、着脱可能なりモートコントローラで行うことができる。



図10 被介護者が起立状態になった時のようす

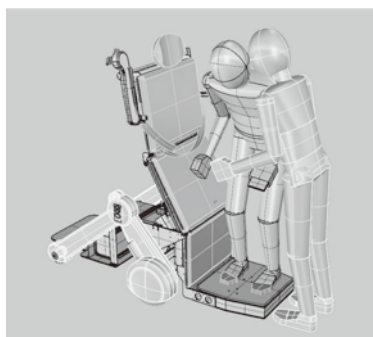


図11 フットプレートが回転し移乗できる状態のようす



図12 起立状態の自立的移動支援装置

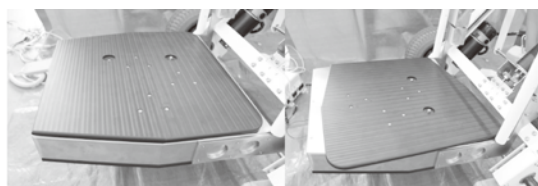


図13 フットプレートが回転する前後の写真
(左：回転前、右：回転後)

おわりに

重症心身障害者の知的機能の活性化にも役立つ自立的移動支援システムの開発は、国内ではこれが嚆矢であると考えられる。また、このシステムは、重症心身障害のほか認知症のある者にも適用可能であり、開発した車椅子は安全・軽量・操作が簡便であることから、障害者福祉分野のみならず高齢者福祉分野においても活用が期待される。

さらに、コントローラに用いたコミュニケーション支援ソフトウェア（障害者用外部制御型コミュニケーションツール）は、情報通信技術（information and communication technology、ICT）の活用による知的機能の活性化や生活支援及び学習支援等にも応用ができるほか、軽度の認知症の進行を抑制する効果も期待できるであろう。

今後は、ストレッチャー状態からの移乗において未だ介護従事者への身体的負担が大きいためシート全体をベッドの上にスライドさせる機能を追加することを検討している。このシステムの研究は、JSPS 科研費：挑戦的萌芽研究：課題番号：JP26590119の助成を受け行ったものである。

参考文献

- 介護労働安定センター，平成25年度介護労働実態調査，2014
- 介護労働安定センター，平成26年度介護労働実態調査，2015
- 厚生労働省 老健局 振興課，経済産業省 製造産業局 産業機械課，「ロボット介護機器の開発・実用化に係る重点分野」，2014
- 厚生労働省，「介護人材確保対策について」，社保審-介護給付費分科会 第107回，資料1，H26.9.3
- 全国労働組合総連合，2014年版「介護施設で働く労働者のアンケート」と「ヘルパーアンケート」報告集，2014
- 田中 亮、横倉 三郎、梶原 洋子他，心身障がい者用コミュニケーションツールの開発，日本福祉工学会第18回学術講演会文集，pp31-32，2014.11.29
- 諸星 勇樹、横倉 三郎、吉川 かおり，障害者用外部制御型コミュニケーションツールの開発，日本福

- 祉工学会第19回学術講演会論文集, pp75 – 76, 2015.11.28
- 横倉 三郎、香椎 正治, 改良型移乗機能付き電動車椅子の開発, 日本福祉工学会第20回学術講演会論文集, pp69 – 70, 2016.11.26
- 横倉 三郎, 介護従事者の負担軽減を目的とした重度の心身障害者用移動装置, 第24回日本介護福祉学会大会発表報告要旨集, p.73, 2016.9.27
- 横倉 三郎、香椎 正治、諸星 勇樹, 移乗機能付き電動車椅子の開発, 日本福祉工学会第19回学術講演会論文集, pp5 – 6, 2015.11.28
- 吉川かおり監修 グンネル・ヴィンランド著 尾添和子訳, スウェーデンにおける自立支援1 重度知的障害のある人と知的援助機器～自立の原点を探る, 大揚社, 2009