

屋内移動支援機器向け安全装置の研究開発

田畑克彦*、久富茂樹*、鳥井勝彦†

Development of safety sensor for indoor mobility aids

TABATA Katsuhiko*, KUDOMI Shigeki* and TORII Katsuhiko†

電動車いすなどの移動支援機器は、屋外だけでなく屋内にも利用の場があり、その利用者は幼児（未就学児）から高齢者まで幅広い年代にわたっている。移動支援機器を安心して利用するには、障害物への衝突等を未然に防ぐ安全装置が必要となる。しかし、認知能力が既に備わっていて生活空間での利用を想定する高齢者と、認知能力を育てるための学びとして利用する幼児（未就学児）とでは、利用目的が異なり、安全装置に求められる機能も異なる。そこで本研究は、利用者の年代によって利用シーンや環境を明確にして安全装置の仕様を定め、その仕様に沿った屋内移動支援機器向けの安全装置を開発する。本年度は幼児用移動支援機器のための安全装置を開発した。

1. はじめに

電動車いすなどの移動支援機器は、超高齢化社会の到来に伴い、ますます利用が増えていくと予想される。このような移動支援機器は、屋外だけでなく屋内でも利用されており、その利用者は高齢者だけでなく、幼児（未就学児、以下“幼児”と記す）から高齢者までの広い年代にわたる。また、移動支援機器を安心して利用するには、障害物への衝突等を未然に防ぐ安全装置が必要となる。しかし、生活空間での利用を目的としている高齢者の移動支援機器¹⁾と、発育を促すために学びの場として利用する幼児の移動支援機器²⁾とでは、利用目的が異なっていることから、要求される安全機能も異なると考えられる。

本研究では、屋内において移動支援機器を利用する者の利用シーンや用途を明確にした後、安全装置の仕様を設定し、その仕様に沿った研究開発を進める。

本年度は幼児を対象とした移動支援機器の安全装置を開発したので報告する。

2. 移動支援機器の使用シーンと仕様の設定

屋内移動支援機器としての用途は2つある。1つは日常生活における利用であり、歩行が困難な者が利用する。もう1つは、操縦により外界とのインタラクションを学び、幼児の発育を促すための利用²⁾である。したがって、前者を一般用、後者を幼児用と区別して安全装置の開発を進めることとする。また、共同研究者が幼児用移動支援機器をすでに開発、販売しているため、この移動支援機器を対象とした安全装置の開発に着手する。

2. 1 使用環境の調査

開発と並行して、移動支援機器が使用される環境を把握するため、関連する福祉施設を訪問し、環境調査を行った。写真1(a)は、運動発達に支援が必要な幼児を支



(a) 県内未就学児福祉施設の遊戯室



(b) 県内特別支援学校の廊下

写真1 移動支援機器の環境調査

* 情報技術部

† 株式会社今仙技術研究所

援する福祉施設（各務原市福祉の里たんぼぼ）の遊戯室、写真1(b)は、小学部から高等部までの肢体不自由児を支援する特別支援学校（県立岐阜希望が丘特別支援学校）の廊下の様子である。幼児用移動支援装置では発育を促す目的のため、写真に示す遊戯マット上等の比較的限られた空間で移動支援機器を運転することを想定する。また、就学児童より年齢が上になると車いすでの活動も想定した建築構造となり、写真1(b)のように比較的広い空間が確保されている。

2. 2 安全装置の仕様設定

幼児用移動支援機器の安全装置を開発するにあたり、その仕様を検討した。仕様の要求項目は安全装置が搭載される移動支援機器、走行環境、センサへの要求など約40項目にわたった。以下が主な仕様である。

2. 2. 1 幼児用移動支援機器

安全装置を搭載する幼児用移動支援機器として、利用者用にカスタマイズされた手持ちの座位保持椅子の取付けが可能で、様々な入力装置を選択できる移動支援機器（写真2）を想定する。本移動支援機器は共同研究者の株式会社今仙技術研究所が製造販売している幼児用移動支援機器“BabyLoco”³⁾で、前後左右に移動でき、走行速度は2km/h、最大積載荷重は60kgである。

2. 2. 2 走行環境（運用シーン）

運用する環境は児童福祉施設内または自宅内の平坦なフロアで、職員または保護者が近くにいるが、常に見守ってはいない。定められた領域だけを走行でき（以下、

走行領域と記述）、走行領域から外れた場合は自動的に停止する。停止から走行可能な状態への復旧は職員または保護者が行う。

2. 2. 3 安全装置用センサへの要求

センサからの信号はON/OFF信号とし、走行領域内から外れた場合に信号状態が切り替わる。この信号は、職員や保護者が押す緊急停止スイッチと同じ動作とすることで、接続するセンサ数を容易に調整可能とする。走行領域内には静止する障害物も含まれるが、他の幼児等の移動体は存在しない。また、安全装置は低コストかつ簡便に設定できることが望ましい。

3. 安全装置に使用するセンサの選定

前章の要求仕様を満足する安全装置を提案した。図1は提案する安全装置の概念図である。提案方式では、図のように走行領域の境界に検出テープを貼付け、そのテープをセンサによって検出して停止するものである。検出テープは、光学センサを使用する場合は黒色テープまたは光再帰反射テープを、磁気センサを使用する場合は磁気テープを使用する。なお、走行領域に障害物が存在する場合には、障害物を囲むように検出テープを貼り付けることで、障害物への接触を回避できる。現状では、本提案方式が低コストかつ確実な方法と考えられるため、安全装置のセンサとして光学センサおよび磁気センサを選定し、それぞれの動作確認を行った。

3. 1 光学センサ方式

光学センサは工場の自動化（FA）用の小型レーザ距

表1 光学センサの主な仕様

超小型レーザ距離センサ 型番：HOKUYO LX2-257AG 電源電圧：DC+12～30V 検出距離：0.25～2.5m レーザクラス：CLASS 1 保護構造：IP-67 寸法：17.4(W) x 44.4(H) x 32.8(D)mm 価格(税込)：30,000円程度	外観 
--	---



写真2 安全装置を搭載する幼児用移動支援機器

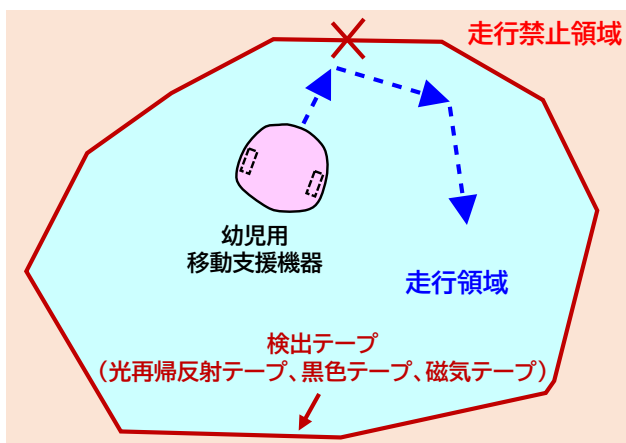
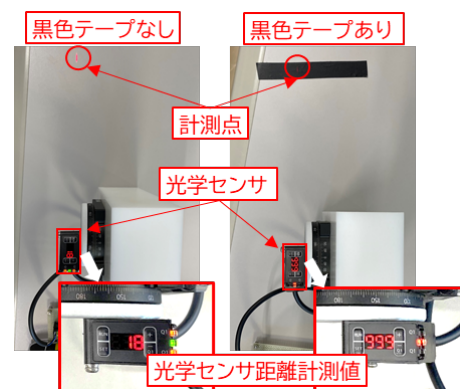


図1 提案する安全装置の概念図



(a)計測表示 18cm (b)計測不能 (999cm)

図2 光学センサの動作（上方から撮影）

離センサを選定した。選定理由は小型軽量で耐環境性に優れるためである。本センサはレーザの反射光を捕捉して距離を計測する。主な仕様を表1に示す。なお、コストを考慮する上で価格も重要であるため、目安となる概ねの価格も掲載している。

当初、光センサを使用した安全装置のセンサとしての使用方法としては、床面に対して斜めにレーザ光を入射させ、レーザ光を全反射させて反射光が戻らない状態（測定不能な状態）としておき、境界に貼り付けた光再帰性反射テープにレーザ光が照射した時のみ光を反射させて、テープを検出することを想定していた。しかし、図2(a)のようにテープがない状態でもレーザ光はセン

サに反射し、床面までの距離が計測できてしまうため、テープを検出できないことがわかった。

次に、黒色テープ（幅20mm）の検出を試みた。検出方法は、前述とは反対の考え方で、通常はレーザ光により床面までの距離を検出しているが、黒色テープにレーザ光が当たるとレーザ光が吸収され反射光を検出できず、床までの距離計測が測定できなくなることでテープを検出する方法である。センサ単体で動作確認したところ、この方式では図2(b)のようにレーザ光が黒色テープに照射すると計測不能となるため、期待どおりテープを検出できることを確認した。また、黒色テープは光再帰反射テープよりも入手性が良く、価格は20mで1巻数百円程度のため、コストパフォーマンスにも優れる。

3. 2 磁気センサ方式

磁気センサは工場などで活躍する無人搬送車(AGV)用を選定した。本センサは、搬送経路に沿って貼り付けられた磁気テープを検出しながら自動走行するために使用されている。AGV用の磁気センサを選定した理由は光学センサと同様、工場利用を想定しているため、耐環境性に優れ、信頼性が高いためである。今回使用した磁気センサの仕様を表2に示す。また、磁気テープの表面はN極で、幅50mm、厚さ1mmのものを使用した。価格は25mで15,000円程度であった。

3. 3 台車に搭載した状態での動作確認

選定した光学センサおよび磁気センサを図3(a)のように手押し台車の前方に取付け、図3(b)のように台車を移動させてテープの検出具合を確認した。

テープ検出時に出力する電気信号は、緊急停止スイッチの電気的インタフェースと互換性を持たせるため、すべてのセンサにおいて、テープを検出していない状態をHighレベル(約12V)とし、テープを検出した状態をLowレベル(約0V)とした。また、LEDの点灯と消灯によって、テープの検出動作を確認した。

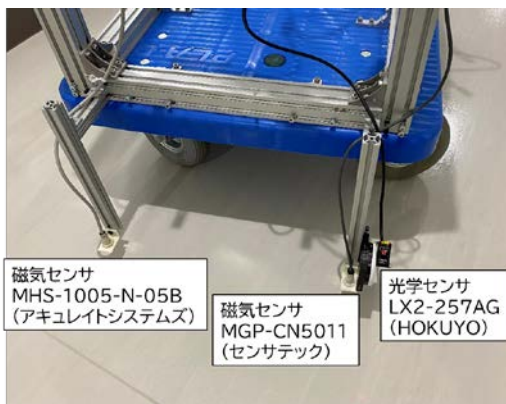
テープの検出動作を実験にて確認した結果、どのセンサにおいても応答が早く、確実に検出できていることを確認した。課題としては、テープ幅が狭いとセンサが短時間でテープを横切するため、テープ検出状態を出力している時間が短くなり検出精度が低下する恐れがあるが、マイコンの外部割込み機能等を使用すれば十分に検出できると考えられる。

4. 幼児用移動支援機器による動作実験

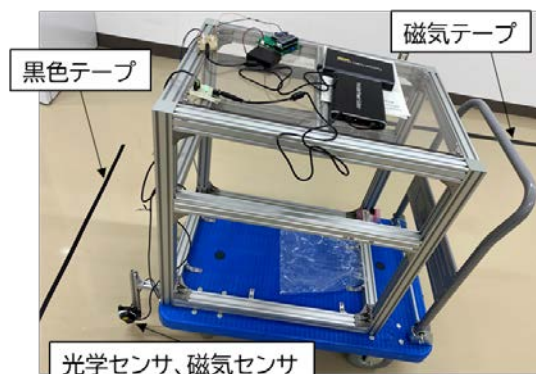
磁気センサを図4(a)のように幼児用移動支援機器の前方に取り付けて、コントローラにより機器後方から操縦して移動支援機器を走行させ、磁気テープを検出して停止動作することを実機ベースで確認した。本実験では通常保護者等が押す緊急停止スイッチの出力をセンサ出力に変更することで、安全装置の機能を実装している。また、利用者が乗車している状態での停止の挙動を確認するため、ダミーウェイト（重量20kg）を搭載した。

表2 磁気センサの主な仕様

センサ	MHS-1005-N-05B (アキュレイトシステムズ)	MGP-CN5011 (センサテック)
検出極	N極	N極
電源電圧	DC+10~30V	DC+10~30V
検出距離	0~35mm	5~37mm
保護構造	IP-64	IP-65
価格(税込)	5,000~10,000円程度	
外観		



(a)磁気センサと光学センサの取付け

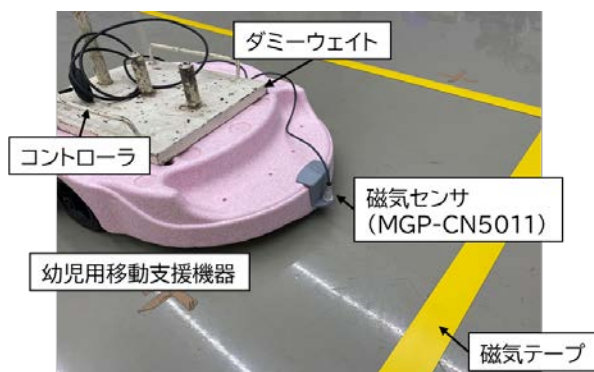


(b)実験の構成

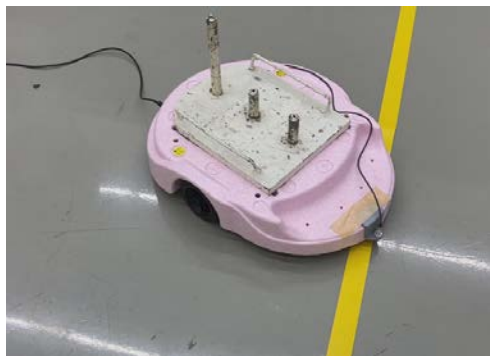
図3 台車による動作確認実験

表3 光学センサと磁気センサの特徴比較

センサタイプ	検出の確実性	センサ本体のコスト	テープのコスト	機能の拡張性
光学センサ	○ 床面の色に依存する可能性あり。 例えば、床が黒色系である場合、白テープを使用するなどの対策が必要。	△ 磁気センサよりも高価なため、実装数は絞られる。	◎ 通常につや消し黒色ビニルテープのため、安価。	◎ 段差（凹）の検出が可能。 距離計測により障害物（凹凸）の検出ができる可能性あり。
磁気センサ	◎ 見落としのない、確実な検出が可能。	◎ 安価なため、光学センサよりも多数のセンサの実装が容易。	△ 通常のテープと比較すると割高。	－ 拡張性はない。



(a) 幼児用移動支援機器への磁気センサ取付け



(b) テープ検出による停止状態

図4 実機による動作確認実験

実験時に、磁気テープを検出して安全装置が作動し、停止した状態の一例を図4(b)に示す。テープ検出は台車での動作確認実験と同様、確実に検出でき、停止動作も問題ないことを確認できた。また、光学センサによる安全装置のテープ検出も実施した結果、問題ないことを確認した。なお、光学センサと磁気センサを使用した場合において、表3に示す特徴があるため、安全装置の利

用シーンを検討し、テープ検出方式を選定する必要がある。

5. まとめ

本研究では、電動車いすなどの移動支援機器を安全安心に利用するための安全装置を開発する。移動支援機器は幼児から高齢者にわたる広い年代で利用するが、日常生活での活動を目的とする移動支援と、幼児や児童の発育を促すための学びを目的とする移動支援がある。本年度は、学びの場を提供するための幼児用移動支援機器の安全装置を開発することとし、利用環境の調査と利用シーンを設定した。そして、コストや確実性などから走行領域をテープで囲い、このテープを検出した時に移動支援機器が自動停止する安全装置を提案した。安全装置の検出センサは光学センサと磁気センサを選定し、検出対象となるテープはそれぞれ黒色テープと磁気テープを使用して、各種動作確認実験を行った。また、実装を想定する移動支援機器に光学センサと磁気センサを搭載し、動作確認を行ったところ、良好な結果が得られた。今後はセンサの搭載箇所を検討しつつ、実環境下での動作確認と課題抽出を行う予定である。また、日常生活での活動を想定した移動支援機器の安全装置についても開発を進める。

【参考文献】

- 1) 川口ら,平成21年度佐賀県工業技術センター研究報告書, pp5-9, 2009
- 2) 松尾ら,日本義肢装具学会誌 Vol.24, pp130-131,2008
- 3) 株式会社今仙技術研究所 HP,
<https://www.imasengiken.co.jp/product/idokiki/babyloco.html> (2022.3.15 時点)