

操作者の操作能力に適応した電動車椅子に関する研究 — 第 7 報 移動物体の検知と衝突防止方策 —

Studies on Electrically Powered Wheelchairs Adjusting to Operation Abilities of Users — 7th report : Detection of moving obstacle and a collision prevention strategy —

○ 安田寿彦 (滋賀県立大) 今津亮吾 (滋賀県立大) 村上貴大 (滋賀県立大)

Toshihiko YASUDA, University of SHIGA Prefecture
Ryogo IMAZU, University of SHIGA Prefecture
Takahiro MURAKAMI, University of SHIGA Prefecture

Key Words: Intelligent Wheelchair, Operation support system, Moving obstacle, Virtual Sensor

1. 緒言

電動車椅子は身体の不自由な方々が自立的に行動するための重要な移動機器であり、より多く利用されていくと考えられる。しかしながら、障害物の回避や狭い通路での走行には微妙な操作が必要であり、ある程度の判断力と熟練を要する。本研究は、電動車椅子の安全性と操作性を向上させる支援機能の実現を目的としている。人の操作を常に有効とし、必要なときに自律的に支援が行なわれるシステムの実現を目指している。

本研究では、円型構造の電動車椅子を使用し、操作指令を「直進」、「右回りその場旋回」および「左回りその場旋回」の3種類に制限する。さらに、これらの“状況”に対応した操作支援システムを構築する。操作支援機能が提供する衝突防止機能の向上を目的として、測域センサが検出した障害物情報を蓄積し、障害物情報を供給する「仮想センサ」という概念⁽¹⁾を利用する。仮想センサという概念は「操作支援システムが必要とする特性、すなわち、検出範囲や検出方向を持つセンサ」を用途に応じて仮想的に生み出そうとするものである。本研究では、移動する物体を判別する方法において、「仮想センサ」を用いる。移動する物体を判別するために必要な距離データのみを出力するセンサを仮想的に生み出すことで、必要最低限の情報で移動する障害物に対応することが、仮想センサを用いる目的である。

2. システム概要

2-1 操作能力に適応した電動車椅子の基本構想

電動車椅子の機体形状や運動能力は、その電動車椅子が必要とする操作支援システムを決定する一つの要因である。操作支援機能は、電動車椅子が元来備えていた走行機能に付加されるものであり、操作支援機能は電動車椅子の仕様に影響される。市販の電動車椅子に操作支援機能を付加した場合、操作支援機能によって向上させることができる安全性に限界がある。そこで、本研究では、電動車椅子の機体から研究室で製作することによって、これまでの研究で蓄積した着想を活用することを目指す。すなわち、操作支援機能の装備を前提とした車椅子の製作によって、「これまで電動車椅子を使用できなかった方でも使用できる車椅子を開発する」という課題の解決を図る。

試作した電動車椅子の外観を図1に示す。この電動車椅子の特徴は、全ての構成要素が直径700mmの仮想円内に収まるように配置してあるということと、仮想円の中心線上に駆動輪が配置してあることである(図2参照)。この特徴によって、試作した車椅子はその場旋回時には障害物と衝突する危険がない。

2-2 障害物検知機能

障害物との衝突防止のため、測域センサ(Rapid-URG センサ)を用いて障害物情報を取得する。測域センサは240度の



Fig. 1 General view of the prototype

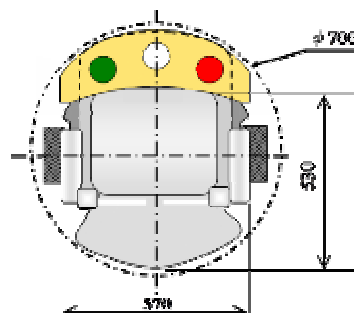


Fig.2 Top view of the prototype

範囲を放射線状に障害物検知し、682個の車椅子と障害物との距離データを供給する(図3参照)。センサの検知領域を図4のように限定し、センサ前方の領域「Area A」、センサ後方に「Area_B_R」および「Area_B_L」の2つの領域を設定する。

得られた障害物情報は、下記の座標系に変換して使用する:

$$\text{極座標系: } (r_i, \theta_i) \quad \left(\theta_i = \frac{240}{682} i - 30 \right)$$

$$\text{XY座標系: } (x_i, y_i)$$

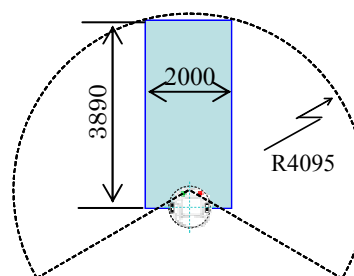


Fig. 3 Layout of Rapid URG sensor and detection area

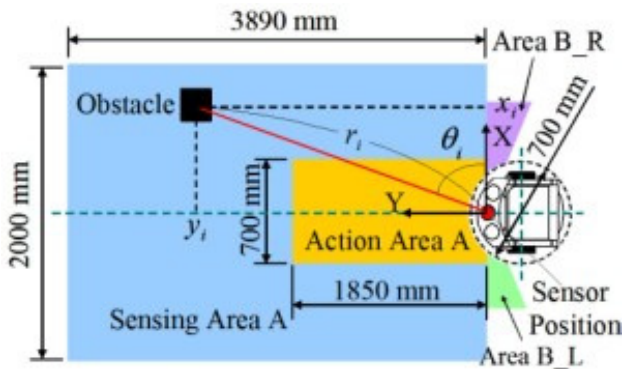


Fig.4 Detection area

2-3 操作支援機能 (衝突防止機能)

衝突防止機能は安全性の確保のために必須である。操作支援システムは、障害物情報から生成した衝突防止指令 B_L , B_R と手動操作指令 I_L , I_R を次式によって融合し、左右各車輪の回転速度指令 M_L , M_R を決定する：

$$\begin{cases} M_L = I_L \times (1 - B_L) \\ M_R = I_R \times (1 - B_R) \end{cases} \quad (1)$$

3. 移動物体の識別と衝突防止

3-1 障害物情報を蓄積提示する仮想センサ

測域センサが過去に取得した障害物情報と車椅子の微小時間内の移動量が既知であれば、微小時間経過後の障害物情報は次式を用いて算出できる (図5参照)：

$$\begin{cases} x_2 = x_1 \cos d\theta + y_1 \sin d\theta - dx \\ y_2 = -x_1 \sin d\theta + y_1 \cos d\theta - dy \end{cases} \quad (2)$$

(x_1, y_1) は時刻 t の障害物の位置, (x_2, y_2) は時刻 $t + \Delta t$ の障害物の位置, $dx, dy, d\theta$ は微小移動量である。

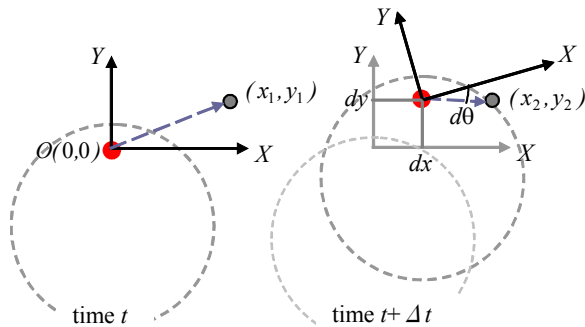


Fig.5 The method calculating obstacle information using odometry

3-2 移動物体を認識するための仮想センサ群

過去の障害物情報からオドメトリで求めた障害物情報を供給する仮想センサ (予測位置提示用仮想センサ) と、測域センサが取得する障害物情報を供給する仮想センサ (実測位置提示用仮想センサ) の2つの仮想センサの出力を比較することで、移動物体の有無を識別する (図6参照)。

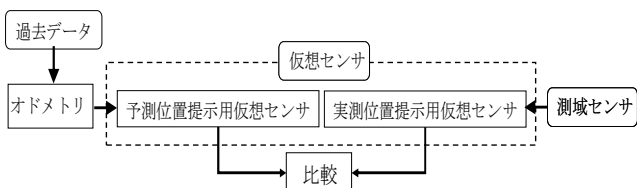


Fig.6 Virtual sensors for detecting moving obstacles

3-3 移動物体に対する衝突防止指令の生成実験

移動物体の障害物情報は、実測位置提示用仮想センサが供給し、図7に示す関数で、距離に応じた衝突防止指令を算出する。時速2kmで走行する車椅子の正面から、時速2kmで人が歩きながら接近した場合、どのような衝突防止指令が生成されるかを実験で確認した。図8に移動物体を識別しない場合の衝突防止指令生成を、図9に移動物体を識別した場合の衝突防止指令の生成を示す。

図8と図9を比較すると、従来の衝突防止機能では、移動物体が車椅子前方約1[m]に到達するまで、操作支援を行っていないが、移動物体の判定を用いた衝突防止指令では、障害物が車椅子前方約3[m]の時点で、減速動作を開始していることがわかる。このことから、仮想センサを用いた移動物体の識別機能によって、3m以上離れた場所にある移動物体を認識して、障害物の移動状態に対応した衝突防止指令を生成していることが確認できた。

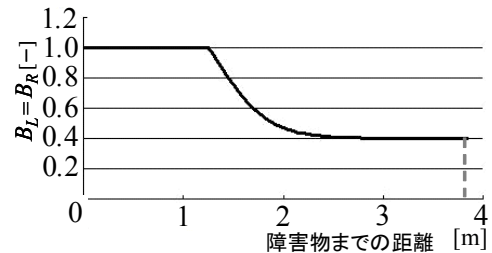


Fig.7 Obstacle avoidance order for coming close obstacle

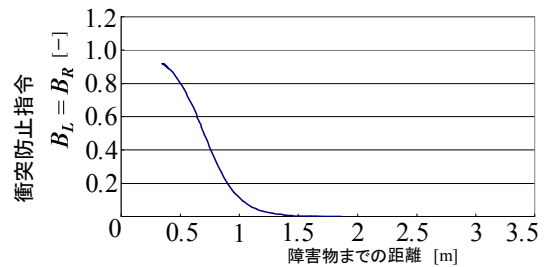


Fig.8 Obstacle avoidance order without moving obstacle

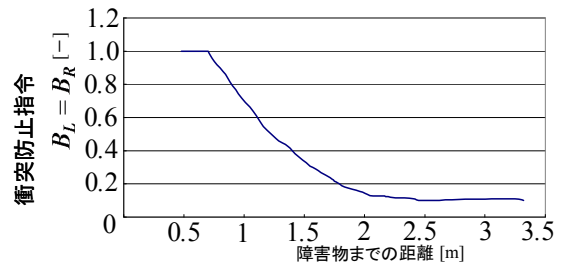


Fig.9 Obstacle avoidance order with moving obstacle

4. まとめ

本研究では、仮想センサを利用した、「動いている障害物に対する衝突防止機能」を提案した。動いている障害物を認識して、早期から減速することによって、安全性を向上させることができた。

謝辞 この研究は、日本学術振興会平成22年度科学研究費補助金 (基盤研究(C)) (課題番号 21500519) により実施しました。

参考文献

(1) 安田寿彦, 川原章裕, 中村一志, 田中勝之: 電動車椅子の操作支援方式の試作 - 第12報 実機における仮想センサを利用した障害物回避について, 第10回ロボティクス・シンポジウム講演論文集, pp. 459-466 (2005)