

移動体の形状を考慮して障害物を回避する走行軌道修正法
電動車いすへの応用

金沢大学 柴山 智志, 関 啓明, 神谷 好承, 足津 正利

Obstacle Avoidance of a Vehicle Considering Its Shape

Application to a Powered Wheelchair

Kanazawa University Satoshi SHIBAYAMA, Hiroaki SEKI, Yoshitugu KAMIYA, Masatoshi HIKIZU

In many researches for obstacle avoidance, the shape of a vehicle with two drive wheels is approximated by a circle and it can be treated easily as an omnidirectionally movable point by expanding obstacles by its radius. However, this method is not effective for a vehicle with much different shape from a circle to pass through narrow spaces. Therefore, we propose a simple method of local obstacle avoidance considering vehicle's shape. A vehicle's shape is expressed as a polygon and outline points on obstacles are scanned by a laser range sensor on the vehicle. The direction to avoid obstacles is determined by the potential method between the edges of polygonal vehicle and the points of obstacles. In this report, we apply this method to the navigation of a powered wheelchair.

1. 緒言

移動体が自律的に目標位置に移動する上で、障害物を回避する機能は重要である。ここでは車輪型の非ホロノミックな移動体（特に独立２輪駆動式）を考える。この障害物回避に関する研究の多くは、移動体の形状を円形状に近似し、その半径分障害物を拡張することにより全方向移動可能な質点として扱うことが多い[1]。移動方向に制約がなくなるので回避方法を考える上では非常に楽になるが、屋内などの狭い通路では、図１のように元の形状なら通り抜けられるような通路が潰れてしまうなどの問題が生じる。そこで我々は、ポテンシャル法を応用した局所的な障害物回避アルゴリズムを提案している[2]。特徴は、凸な多角形で近似した移動体の線分とレーザー距離センサにより検出された障害物の外形上の点（以下障害物点）との距離により斥力を計算し、移動体の外形の前後２ヶ所いずれかの点に作用させることである。本報告では、実際の電動車いすの自律走行に適用した結果を述べる。

2. 形状を考慮した障害物回避アルゴリズムの概要

形状を考慮したポテンシャル法の概要を図３に示す。大域的な移動経路は別の高次の方法で与えられているものとし、比較的近い目標位置姿勢に至る局所的な障害物回避経路を考える。また、移動体上のレーザー距離センサを走査することで障害物点の位置が得られるものとする。

引力は現在位置を通り目標位置姿勢に接する円を描いたときの現在位置における接線方向に一定力を発生させる。斥力は障害物点と移動体の外形までの距離の２乗に反比例して発生させる。このとき障害物点は、移動体から近い順に一定の個数を用いる。力の作用点は車体（車輪）の中心を通る前後の外形上の２点にした。なぜなら車体の中心を作用点とすると非ホロノミックであるため移動体を移動させることができないからである。車軸の線より前方にある障害物点からの斥力は前方の作用点に加える。車軸の線より後方にある障害物点では後方の作用点に斥力を加えるが、車体の中心をてことして前方の作用点に変換し、前方の作用点で全ての力の合力を求める。その合力の方向に進むことで障害物を回避する。

3. 電動車いすの自律走行

3.1. 自律電動車いすの構成

自律電動車いすの外観と仕様を図３、表１に示す。車いすの

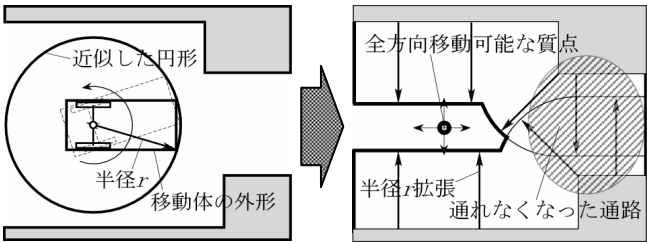


図１ 円形近似し質点と仮定した移動体の障害物回避

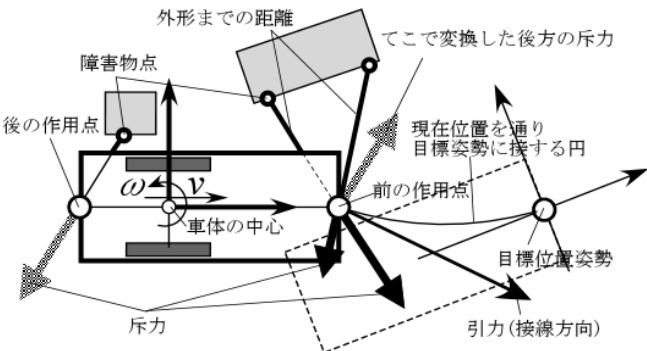


図２ 形状を考慮したポテンシャル法



図３ 電動車いすの外観

表１ 電動車いすユニット

(JW -) の主な仕様	
タイヤ径	24 [inch]
トレッド	0.525 [m]
最大速度(±5V付加)	±0.858 [m/s]
タイヤのエンコーダの分解能	タイヤ1回転あたり 2450pulse

表２ レーザー距離センサ

(URG - 04LX) の主な仕様	
検出距離	0.02 ~ 4.0 [m]
走査範囲	正面から±120 [deg]
角度分解能	0.36 [deg]
距離精度	±10 [mm]
通信速度	RS-232C (115.2Kbps)

電動ユニットはヤマハ製 JW - である。PC から制御できるように入出力部を改造した。PC からの指令電圧に比例した速度で左右のタイヤが回転し、タイヤの回転角は内蔵のエンコーダ信号をカウントできるようにしてある。レーザー距離センサとしては表 2 に示すような北陽電機製の URG - 04LX を用いた。

今回の実験では車いすの前進のみを扱うこととし、人間が乗るのに邪魔にならず広く視野を確保するため、図 3 に示すような位置に 2 個設置した。1 回周囲の障害物を走査して検出するのに 2 個のセンサを合わせて 0.1s かかる。車いすの形状の凸多角形近似とレーザー距離センサの視野は図 4 に示す。

3.2. 走行実験

図 5 のような環境で走行実験を行った。通路の最も狭い所では車いすの左右約 10cm の隙間がある程度である。障害物回避の計算のサンプリングタイムは 0.3s、それに用いる障害物点は車体に近い順に 100 個、目標位置は正面 5m 先とした。またオドメトリ（車輪の微小回転量の積分）により車いすの車輪中心の位置を記録した。

障害物回避アルゴリズムで求めた速度・角速度は不連続なことが多いため、それを滑らかにするため 1 次のローパスフィルタをかけた。カットオフ周波数は、サンプリングタイムを考慮し 0.3Hz とした。これは乗り心地を考慮してのことである。走行結果と同一条件でのシミュレーション結果を図 6 に示す。また途中の地点（点 A～C）でのセンサの情報を図 7 に、車いすの速度の変化を図 8 に示す。

かなり狭い場所でも障害物を回避し衝突することなく目標位置に到達できたが、シミュレーション結果と比較すると軌跡に差があることが分かる。これは、シミュレーション上では平面の多角形で表現される物体でも、実際には高さ方向で形状が異なるためセンサが実際に検出する形状が異なることがあるからである。

4. 結言

移動体の形状を考慮した局所的な障害物回避アルゴリズムを電動車いすの自律走行に適用した。走行実験の結果、非常に狭い通路でもスムーズに通行可能になったことが分かった。

今後、後方の障害物も検出できるようにし、人間の操縦支援システムにも応用していきたい。

参考文献

- [1] 登尾 啓史ほか。“可能領域をもつ移動ロボットの未知空間における実際的なパスプランニングアルゴリズム”，日本ロボット学会誌，Vol.3，No.3，p.378 - 384，1992。
- [2] 柴山 智志ほか。“移動ロボットの形状を考慮して障害物を回避する走行軌道修正法”，2005 年度精密工学会秋季大会学術講演論文集，p.153 - 154，2005。

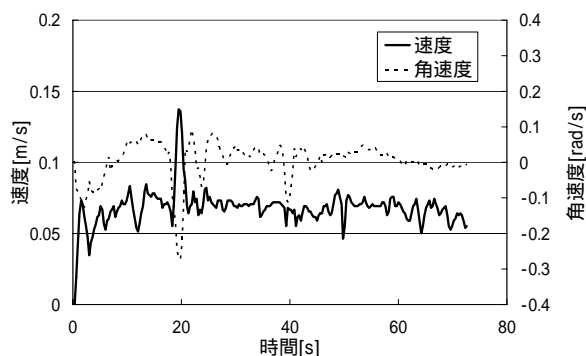


図 8 車いすの速度・角速度の変化

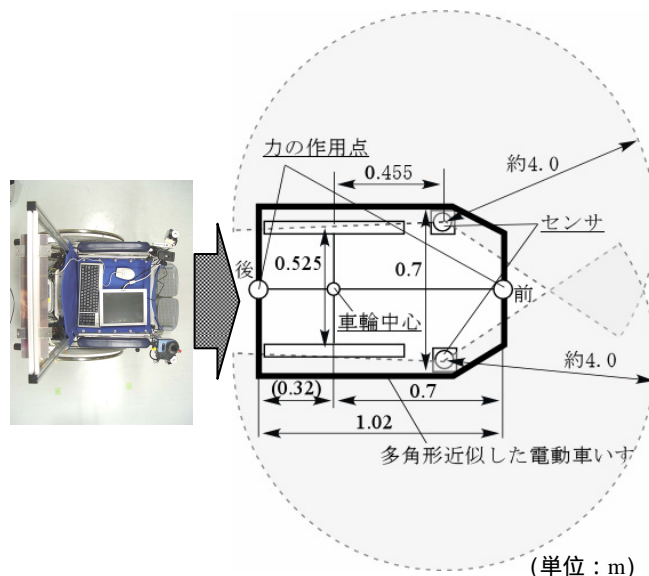


図 4 電動車いすの車体の凸多角形近似と距離センサの視野

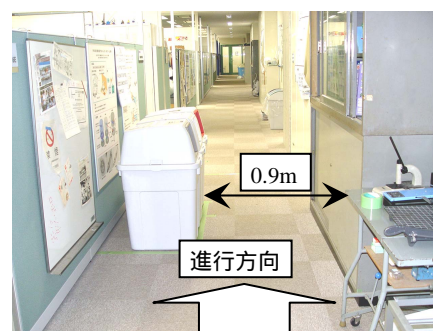


図 5 走行実験を行った環境

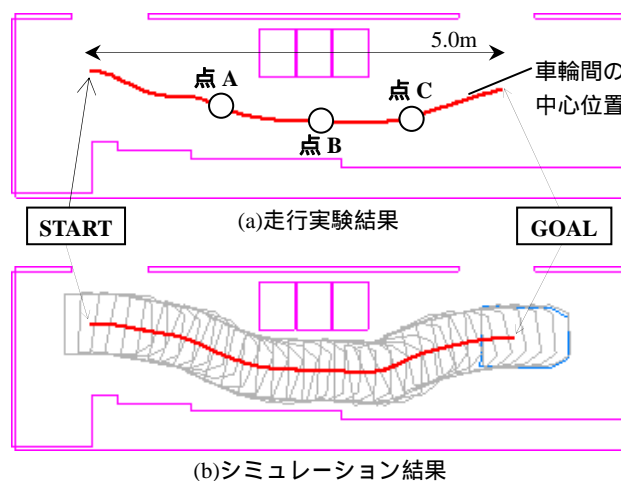


図 6 走行実験とシミュレーションの比較

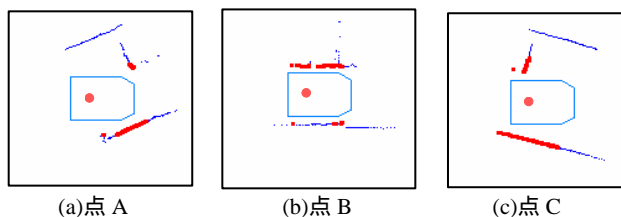


図 7 途中の各点でのセンサにより検出された障害物点
(大きい点が計算に用いた障害物点)