

自立行動支援用車椅子の安全制御

函館工業高等専門学校 ○大澤陵真, 浜 克己, 鈴木 学, 中村尚彦
要 旨

高齢者や障がい者等の歩行困難者の社会参加を目的に、その移動手段として電動車椅子の使用は効果的であるが、これらの車椅子使用者は、混雑した環境において目的地に移動するときに危険に遭遇する可能性がある。そこで、本研究では、人混み状況においても安全に移動ができるように、既存の電動車椅子に必要なセンサや制御装置等を取り付け、危険回避を可能とする自立移動支援システムの構築を試みる。

1. 緒言

日本では急速に少子高齢化が進む中、高齢者や障がい者等の歩行困難者が増加することが予想される。これら歩行困難者が健常者と同じように社会参加をするための支援として、安全で自立的な行動を促進するとともに、介護者不足にも対応可能な機器の開発が求められている。その対応策の一つとして電動車椅子の利用は有効であるが、移動時には段差による転倒や歩行者・車両との衝突等の事故の危険を伴い、毎年重大な事故も発生している[1]。このような状況で、使用者及び周囲の人の安全を守り、事故を未然に防止するために、支援用の機器には危険を感知・回避して、周囲にも知らせる機能が必要不可欠である。

そこで本研究では、人混み等の状況での高齢者や障がい者の安全な移動を目的とし、既存の電動車椅子に必要なセンサや制御装置等を取り付けることで、危険回避が可能となる自立移動支援システムの開発を目指す。本稿では、開発するシステムの構成と基本機能、それらの機能の動作実験について述べる。

2. 実装する機能

屋内外で安全に移動するために、車椅子に要求される機能は以下の通りである。

- 1) 車椅子側面の側溝や歩道と車道の境目の段差への落下・乗り上げを防ぐ。
- 2) 車椅子前方の歩行者および障害物との衝突を防ぐ。
- 3) 車椅子使用者および周囲に対して情報を発信する。

本研究では、上記の要求される各項目に対して、以下の機能を開発・実装する。

- ① 車椅子周辺の段差を感知し、回避または停止、減速をする。
- ② 車椅子周辺の歩行者および障害物を感知し、回避または停止、減速をする。
- ③ 車椅子使用者への状況伝達および周囲に車椅子の存在と挙動を通知する。

3. システム構成

システム構成を図1に示す。本システムでは、通常時は使用者がコントローラを操作し車椅子を制御する。しかし、センサで取り込んだ外部情報から危険な状況（段差、人が接近等）であると判断した場合には、使用者の操作を無効とし、行動決定部で減速、方向転換、停止等の状況に応じた行動を決定して、危険を回避す

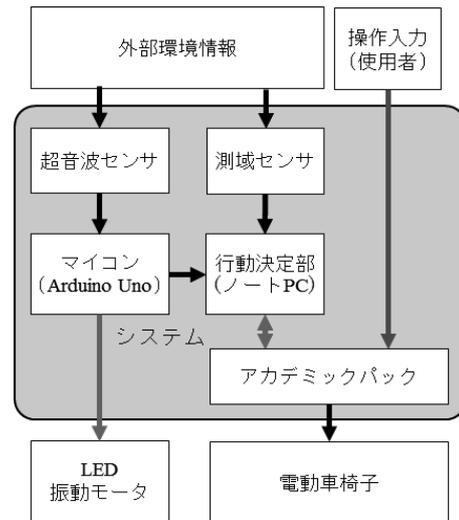


図1 システム構成

るように車椅子の制御を行う。このように、通常時と危険時とで車椅子の制御を使用者と行動決定部で切り替える。

本システムで使用した電動車椅子は、YAMAHA製のJWX-1であり、車椅子の操作は研究開発用のアカデミックパックとパーソナルコンピュータ（以下、PC）を接続し、シリアル通信を用いてアカデミックパックに搭載されているコマンド機能により行う。また、段差の感知には、パララックス社製の超音波距離センサHC-SR04（以下、超音波センサ）を、人や障害物の感知には北陽電機製の測域センサURG-04LX-UG01（以下、LRF）をそれぞれ使用する。超音波センサからの情報はマイクロコンピュータ（以下、マイコン）を介してPCへと送信し、LRFとはUSBを介してPCと通信を行う。

4. 機能詳細

4.1 段差回避機能

本機能は、車椅子側面の側溝や段差を感知し、転落と乗り上げを防ぐことが目的である。超音波センサを車椅子の左右側面に設置し、各センサで地面との距離を測定し、マイコンに入力する。測定した距離を安全基準と比較し、危険と判断した場合はその情報をマイコンから行動決定部に送信する。マイコンから受信したデータのパターンから行動決定部で回避、停止を判断し、車椅子を操作する。



図2 ポテンシャル法を用いた経路生成

4.2 障害物回避機能

本機能は、車椅子周辺の歩行者を感知し、衝突を防ぐことが目的である。LRFは車椅子前方に設置する。人感知においては、制動距離を考慮してLRFの位置を中心に半径1.5m以内に障害物が存在する場合に、回避行動を行う。

回避行動の決定には、移動ロボットの障害物回避の手法として多く用いられているポテンシャル法[2]を用いる。この方法は、ロボットをゴールへと引き寄せる引力ポテンシャルと、ロボットを障害物から遠ざけようとする斥力ポテンシャルによりポテンシャル場を生成して、経路計画を行う手法である。この概念を図2に示す。

図2において、引力ポテンシャル U_a 、斥力ポテンシャル U_r はそれぞれ以下の式(1)、(2)で表される。ここで、 d_a はゴールまでの距離、 d_r は障害物までの距離、 d は斥力ポテンシャルの影響を受ける距離、 k 、 η はそれぞれ比例定数である。また、全体のポテンシャル U は式(3)で表されるように、引力ポテンシャルと斥力ポテンシャルの足し合わせである。

- ・引力ポテンシャル

$$U_a = 0.5kd_a^2 \quad \dots\dots (1)$$

- ・斥力ポテンシャル

$$U_r = \begin{cases} 0.5\eta/d_r & d_r \leq d \text{ のとき} \\ 0 & d_r > d \text{ のとき} \end{cases} \quad \dots\dots (2)$$

- ・全体のポテンシャル

$$U = U_a + U_r \quad \dots\dots (3)$$

このように生成されたポテンシャル場において、常にポテンシャルの低くなる方向へ進むことで、障害物を回避し、ゴールへ向かう経路の生成が可能となる。

5. 動作実験

5.1 段差回避実験

段差回避機能の実験として、廊下での走行実験を行った。なお、本実験は校舎の構造と安全性の観点から、段差の代わりに壁を用いることとした。

図3に実験時の超音波センサの値の変化を示す。この図より、コントローラ操作でセンサの値がしきい値へと達したときに回避行動を行い、壁から離れていることがわかる。このことから、段差そのものではないが、このような回避機能として有効であることが確認できた。

5.2 障害物回避実験

本実験では、屋内の廊下に障害物として四角い箱を設置し、ポテンシャル法による移動経路の生成と、生成した経路

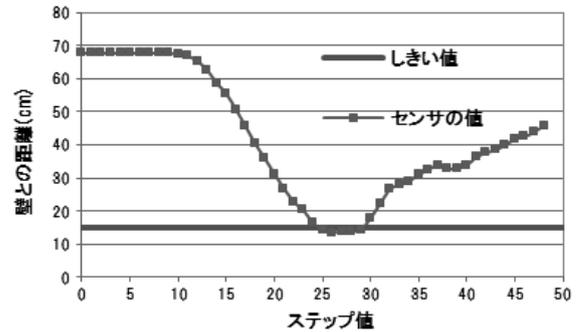


図3 超音波センサの値の変化

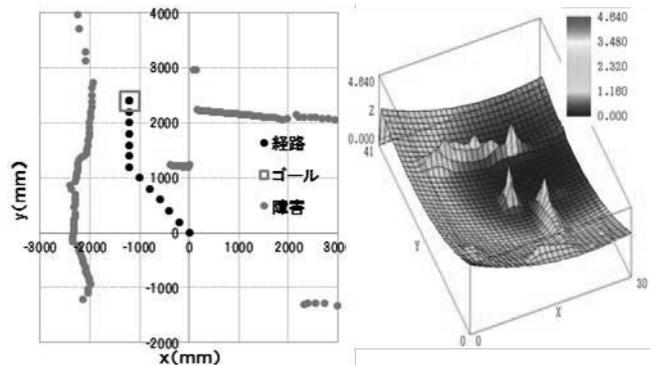


図4 生成した経路

図5 ポテンシャル場

に基づく移動で障害物を回避できるかを検証した。

生成した経路とポテンシャル場をそれぞれ図4、図5に示す。図4から、障害物を回避してゴールへと向かう経路が生成されていることがわかる。図5のポテンシャル場では、図4の障害物のある場所で高くなり、ゴールに向かって低くなっていることが見てとれる。次に、生成された経路に基づき、実際に車椅子走行を行った結果、車椅子は障害物を回避しながら、スムーズに移動することができた。以上より、静的障害物の回避に対して、ポテンシャル法が有効であることが確認された。

6. 結言

本研究では、歩行困難者の社会参加を支援する自立移動支援システムの開発を目的として、要求機能の実現と実証実験を行い、有効性を確認した。

今後は、段差回避では実際の段差で機能の有効性を検証し、障害物回避ではセンサ取り付け位置や方法の改良と動的障害物の回避方法の検討を行う予定である。

参考文献

[1] 警察庁「電動車いすの安全利用に関するマニュアルについて」、https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/anzen/e_wheelchair.html
 [2] 金子正秀：人込みの中を同行者と連れ立って行動できる自立移動ロボット、(財)人工知能研究振興財団第18回人工知能研究成果発表会資料(2015)