

周辺環境情報を利用した音声入力による知的車椅子の操作

岩瀬智裕 中村明生 久野義徳

埼玉大学 情報システム工学科専攻

埼玉県浦和市下大久保 255

{iwase, nakamura, kuno}@cv.ics.saitama-u.ac.jp

近年、高齢化や少子化の進行に伴いある程度の自律移動の可能な知的車椅子の開発が求められている。音声での車椅子の操作はそういった知的車椅子に適したインターフェースの一つとして挙げられる。しかし、音声での操作はユーザにとって容易に使用でき便利であるという利点もあるが、例えば「右」といった簡単な命令を音声で伝えた場合、そのときの状況によってユーザの意図する行動が異なってくるという欠点もある。本論文では、光電センサを用いて周囲の環境情報を取得し、ユーザが簡単な命令で車椅子を安全かつ用意に操縦できる音声インターフェースの実現を提案する。また、実際に走行実験を行い、システムの有用性を確認した。

Robotic Wheelchair Understanding the User's Intention in Speech Using the Environmental Information

Tomohiro Iwase, Akio Nakamura, and Yoshinori Kuno

Department of Information and Computer Sciences, Saitama University

255 Shimo-okubo, Saitama 338-8570, Japan

{iwase, nakamura, kuno}@cv.ics.saitama-u.ac.jp

Abstract: With the increase in the number of senior citizens, there is a growing demand for human-friendly wheelchairs as mobility aids. Speech can be one of the desirable interface means for such wheelchairs. However, the user may expect different actions of the wheelchair for the same voice command depending on the situation if we allow simple commands such as "Right." This paper presents a robotic wheelchair with a speech interface that can understand the user's intention in speech using the environmental information obtained from the range sensors. Even if the user does not say details and issues a simple voice command, the wheelchair takes an appropriate action that the user expects. We have developed a working system and experimental results using the system confirm the usefulness of our approach.

1. はじめに

近年日本では高齢化の進行は深刻化しており、少子化に伴って高齢者や障害者の方々を介護する人材の不足が懸念され、安全に操縦できる車椅子の

需要がますます高まってきている。このような状況下において、介護者への負担を減らし、被介護者が気軽に扱えるように、電動車椅子にある程度の自律移動を可能とした知的車椅子の研究が広く行われている[1]-[7]。

そういった知的車椅子にとって最も重要な要因は安全性と操作の容易性である。車椅子にある程度の自律移動をとらせることがそれらを解決するための方法の一つとして考えられる。光電センサや超音波センサ、カメラなどを用いてそういった自律移動を車椅子がとることはすでに実現されている。しかし自律移動を行うことによってある特定の場所に移動することは安全かつ容易に行うことができるが、ユーザの意思を反映させてユーザの思い通りに走行させることは容易ではない。これらのことを実現するにはヒューマンインターフェースの開発が重要となってくる。自律移動の実現に関してはすでに移動ロボットの研究などで広く一般的に利用されているため、本研究ではヒューマンインターフェースに着目する。

従来の電動車椅子ではジョイスティックによる操作が一般的だが、上肢の不自由な方などでは操作が困難であるため、様々な入力インターフェースが提案されている。ユーザの頭部にとりつけた5つの電極によってユーザの目の動きを追い、CRTスクリーン上のコマンドアイコンを注視することによって車椅子を操作する方法[4]や、ユーザの向けた顔の方向に車椅子が移動する方法[7]などが提案されている。また、音声を利用した研究も行われている[3][5]。

音声による命令は多くの人間にとって最も自然で手軽な情報伝達手段であるため、本研究では音声による車椅子の操作を提案する。特に、ユーザが簡単な音声命令を発するだけで車椅子がユーザの意図する行動を推測し、その状況に合った行動をとることによりユーザの負担を軽減させることを目的としている。ユーザがただ「右」という命令を発するだけで、それが次の角を右に曲がりたいのか、障害物が前方にありそれを右に回避したいのかということを知りたいのかということを車椅子が理解し行動してくれればユーザは容易に音声操作を行うことができる。このような、状況によってユーザの意図する行動が違う場合というのは、周囲の環境情報に深く関係している。つまり、周囲の環境情報を取得すればこのような場合の対処の実現が可能になると考えられる。本研究では周辺環境情報の取得のために光電センサを用いる。光電センサによって得られた情報をもとに、命令されたコマンドに対してその状況に合った行動を選択し、実行する。

Simpson、LevineらによるNavchair[3]においては音声インターフェースを採用しているが、そ

の主な研究目的は、障害物回避、ドア通行、自動壁沿い走行のうちから適切な行動を選択するというものである。右に曲がるという行動に対して3つの命令、“Rotate right,” “Hard right,” “Soft right.”が用意されており、1つ目の命令は別の命令が入るまで右にまわり続ける。2つ目の命令では20[deg]だけ右に曲がり、3つ目の命令では10[deg]だけ右に曲がる。[5]の研究では、今挙げた3つの命令のうち1つ目の命令と同様の行動をとるようになっている。また、“～へ行け”というような命令も音声で指示することができる。ただし、これはインターフェースに関してというよりは自律移動ロボットの研究であるといえる。

本論文では、以上のような車椅子システムの構成を述べる。そして、実際の走行実験により、システムの有用性と安全性を確認したのでこれを報告する。

2. ハードウェア

図1は本研究で用いた車椅子の概観である。車椅子はスズキ社製のSC3000Sを用いた。図2は知的車椅子のシステム構成図である。4つの光電センサ(PB9-01、北陽電機製)を車椅子の前後左右4箇所に設置している。各センサは、162[deg]の半円状の範囲を赤外線によってスキャンし、物体との反射によって対象物との距離と角度を得る。本研究で用いられる車椅子の速度は最大で時速2[km/h]、つまり秒速0.56[m/s]であり、4台の光電センサが距離データを取得する時間が約0.25[s]であることから、データの信頼性を考慮し、センサから得られるデータのうち3[m]以内のものを利用する。3[m]を超えるデータはエラー値として扱うこととする。



図1. 知的車椅子の概観

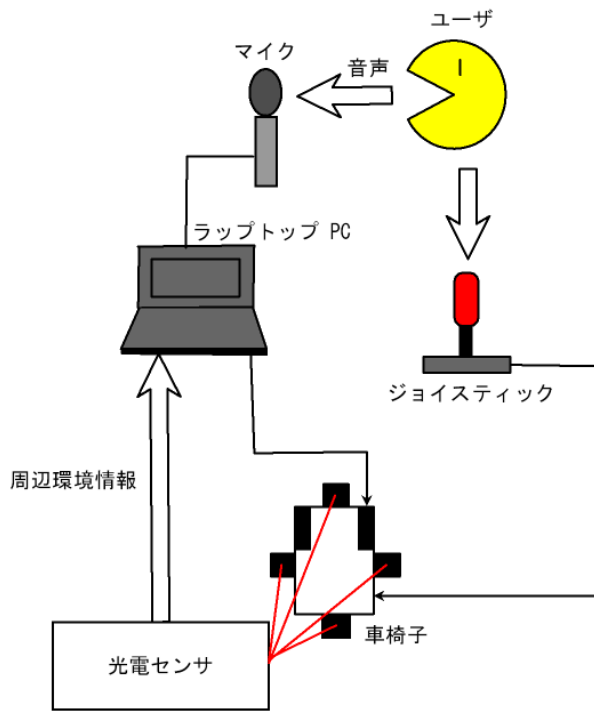


図 2. システム構成

3. 車椅子の自律移動

研究の主な目的は車椅子の音声操作の実現だが、車椅子がある程度の自律移動を行うことにより音声操作を安全に実現させることができる。本項では現段階で車椅子が行える自律移動について説明する。

本研究では車椅子を室内で使うことを想定している。屋内ということで狭い通路などでの使用も予想されるが、そういった場所においては壁や障害物との衝突に十分注意しなければならない。壁との距離を一定に保ちながら走行する壁沿い走行の実現は非常に有用であると考えられる。

また、音声操作の場合前方に突然障害物が現れた場合にそれを咄嗟に回避するのは困難である。そこで、障害物を自動で回避する障害物回避の機能を実現する必要がある。

3.1 障害物回避

従来の知的車椅子の研究においては、ほとんどの場合障害物回避の機能を持たせている [1]-[7]。本

研究では、光電センサにより得られた距離データを用いた単純な方法を選択した。前方のセンサにより環境情報を取得し、得られたデータに車椅子との距離が 1.5[m]より近いデータが存在した場合、全てのデータを検索し車椅子から 2[m]の範囲に障害物のないスペースを探しだしそのスペースの中心の角度方向に進路を修正する(図 3)。そのようなスペースが複数発見された場合には最も広い範囲で障害物のないスペースを選び出す。

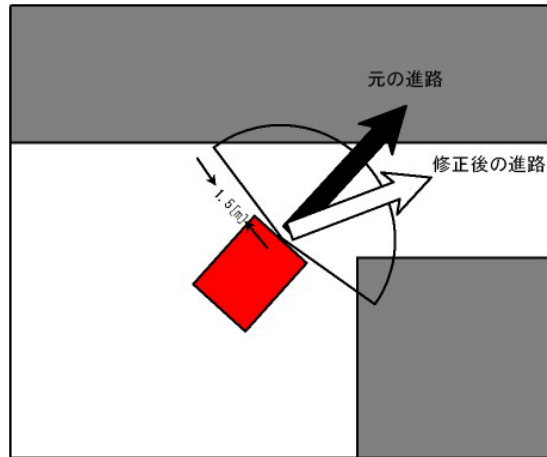


図 3. 障害物回避

3.2 壁沿い走行

本システムでは壁沿い走行を行うに当たり、左側に壁がある場合には左側の光電センサを用い、右側に壁がある場合には右側の光電センサを用いている。本項では左側に壁がある場合を想定して説明する。

壁沿い走行を実現するには、壁と平行な方向に進路を取り、壁と一定の距離を保たなければならない。これらを踏まえた上で制御信号を出力することにより壁沿い走行を実現する。以下はそのための式である。

$$P = A_f - A_r$$

$$D = D_w - D_n$$

センサによって得られた距離データは図 4 のように前後の二つのデータとして扱う。上式の A_f 、 A_r はそれぞれ壁沿い走行に用いる周辺環境データ領域の前方部分および後方部分のデータの平均値を表し、 D_w 、 D_n は、それぞれ保つべき壁と

の距離、現在の壁との距離を表す。これらの値を用いてシステムは次の式により V を求める。

$$V = h_p P + h_d D$$

h_p 、 h_d はそれぞれの値を電圧値へと反映させるための重みである。 V の値が 0 の場合、車椅子は直進する。 V の値が正の場合、車椅子は左側に進路をとり、 V の値が負の場合右に進路をとる。

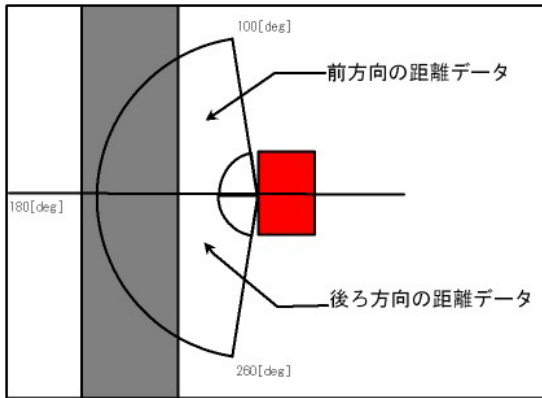


図 4. 壁沿い走行

4. 音声による操作

4.1 音声認識プログラム

本研究では音声認識のためのソフトとして IBM 社の ViaVoice Millennium (Japanese version) を用いている。音声操作を実現するに当たって最も重要なのが音声認識の精度である。そこで、簡単な実験によって本ソフトの認識精度を確認した。“発進” “前進” “後退” “右に曲がれ” “左に曲がれ” “そこまで” “ストップ” の命令を各 20 回ずつ入力し、命令を正しく認識し、実行できた割合を求めた。その結果、ほぼ全ての命令に対して 100% の認識率を出しており、十分使用に耐えうることを実証した。また、一つの行動に対する命令として普段我々はいくつかの異なる命令を使用することがある。例えば、“右” “右に曲がれ” というように同じ右に曲がるという行動に対する音声命令として何種類かの命令を使用する考えられる。そこで本システムでは一つの行動に対する命令とし

て 5~10 の命令を登録しており、全て合わせて 50 近い命令を用意してある。

4.2 状況に応じた行動

はじめに述べたように、話し言葉としては同じ言葉でも、状況によりユーザが意図している行動が異なる場合というのが考えられる。本研究では周辺の環境情報を利用することにより命令の意図を判別する手法を提案する。ここでユーザが“右に曲がれ”または“左に曲がれ”という命令を入力したとき、以下の 3 つのような状況が考えられる。

- S1. 周辺に障害物のないフリースペース
- S2. 前方に障害物がある
- S3. 命令された方向への曲がり角、または交差点などがある

これらの状況において左右制御の命令を発する場合、ユーザは次のような行動を意図していると思われる。

- A1. 使用者の任意の角度で曲がる
- A2. 命令の方向に障害物を回避する
- A3. 曲がり角、または交差点を曲がる

4.3 フリースペースの場合

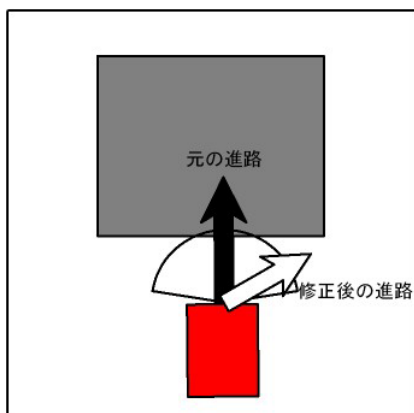
本研究では周囲の状況を認識するために前後左右 4 箇所にとりつけた光電センサを用いる。前方向と左右方向のセンサが障害物を検知しなかった場合、S1 の状況である、すなわちフリースペースであると認識する。しかしこの場合においては、使用者がどれだけの角度を曲がりたいのかを予想するのは困難である。そのため、フリースペースで左右制御の命令を受けた場合の使用者の意図を判別するのは今後の課題とし、使用者が中止の命令を発するまで曲がり続けることで任意の角度で曲がれるようにする。

4.4 前方に障害物のある場合

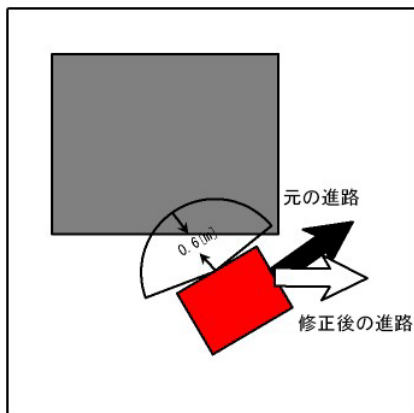
前方のセンサに物体が検知された場合、状況は S2 つまり前方に障害物ありと判断される。この状況の場合更に二つの場合が考えられる。1 つ目は前方にある障害物が移動しない場合、もう 1 つは例えば前方から人が歩いてくるといった移動物体が対象の場合である。後者の場合障害物の方が

車椅子の接近に気がつき回避するために移動するかもしれない。このような場合に対処するために、対象の顔の方向を観察することによって衝突を回避する手法が提案されている[8]。それを知的車椅子のシステムに組み込むことにより対処できると考えられるが現段階ではまだ実装をしていない。そこで本論文では前者の場合においてのみを扱うことにする。

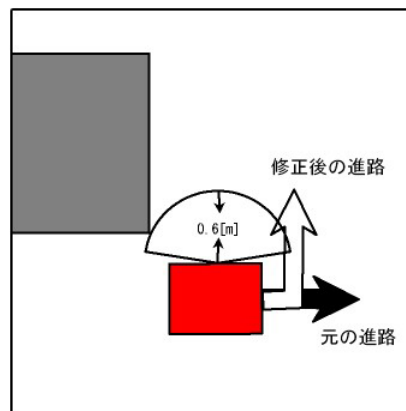
前方に障害物があり、それを左右どちらかの方向に回避しようという場合(図5(a))、車椅子はまず命令された方向に障害物の無いスペースを探し、その方向に進路をとる(図5(a)および(b))。しかし、そのまま進路をとってしまうと、もともとの進路から外れてしまうため、前方に障害物がないと判断された後命令された方向とは逆側のセンサを用いて壁沿い走行を行う(図5(c))。こうすることにより元の進路を保ちつつ前方の障害物を回避することができる。



(a)



(b)

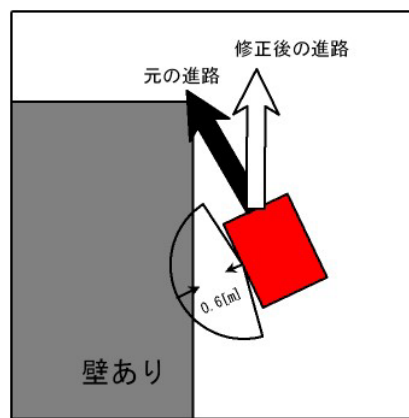


(c)

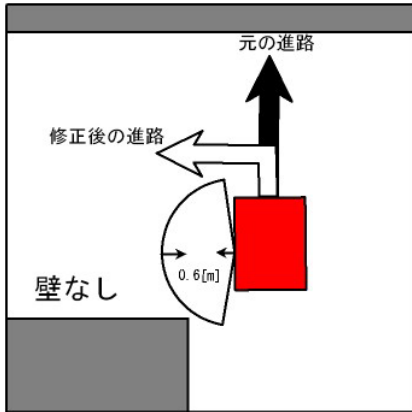
図5. 前方に障害物がある場合の振舞い

4.5 曲がり角や交差点にさしかかった場合

車椅子が壁沿い走行を行っており、前方に障害物がない状況で左右制御の命令を受けた場合、S3の状況であると判断される。命令を受けると命令された方向に曲がろうとするが、壁がある状態のため壁と平行に進路をとる(図6(a))。その後命令された方向のセンサが障害物を検知しなくなった場合そこが曲がり角であると判断し、命令された方向に進路をとる(図6(b))。ただし、そのまま曲がり続けてしまうのでは壁と衝突してしまう危険があるため、再び壁沿い走行を行うことにより衝突を回避する。



(a)



(b)

図 6. 曲がり角での振舞い

5. 走行実験

これまでに提案したシステムの有用性を実証するため、廊下における走行実験を行った。図 7 が実験を行ったコースである。提案するシステムと比較するため、システム A、システム B の二つのシステムを用意した。システム A ではユーザが“そこまで”といった中止命令を発するまで曲がり続ける方式を採用している。システム B では左右制御の命令が入ると、約 30° 命令された方向に回転する。実験は速度を一定に保ち、到達地点までかかった時間、壁との衝突回数、移動の軌跡、行った命令のセット数を比較する。

システム A、システム B では周辺環境情報を利用してない。値はそれぞれ 10 回ずつ実験を行い、その平均値を取ったものである。また、図 8 は実験を行っている様子を撮影したものである。以上の実験結果を表 1 に示す。

結果から、周辺環境情報を利用した、提案システムが総合的に最も優秀な成績を出していることがわかる。到達地点までかかった時間に関してはシステム A とほぼ変わらない値だが、システム B と比べれば大幅に短い時間で走破できている。これは、システム B では同じ命令を何度も繰り返さねばならず、軌跡が大回りになってしまっているのに対して、提案システムでは、障害物を回避するときや曲がり角を曲がる時に自動的に壁沿い走行を行うこととなるべく小回りな進路をとっていたためである。加えて、行った命令数がシステム A のほぼ半分、システム B と比べればほぼ 4

分の 1 となっており、少ない命令での行動実行が可能になっているのがわかる。また、システム B では障害物の回避が間に合わずに起こってしまった壁との衝突も、提案システムではほとんど起こらなかったことから、障害物回避、曲がり角での動作がうまく機能していたことがわかる。車椅子は障害のある方々が使用するため、ユーザが少ない指示で操縦を行うことができるというのは望ましい結果であるといえる。

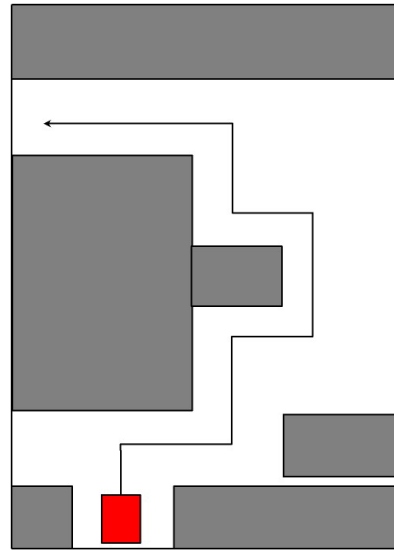


図 7. 走行実験のコース

表 1. 実験結果

	環境情報を使用	環境情報を使用しない	
	提案システム	システム A	システム B
時間[s]	71.2	70.6	92.7
衝突回数	0	0	0.6
命令回数	3.6	8.2	14.4



図 8. 実験の様子

6. 結論

本論文では、従来のジョイスティックによる電動車椅子を使用するのが困難な、上肢の不自由な方々でも容易に扱えるように音声によって操作する知的車椅子を提案した。また、ある程度の自律移動を車椅子が行うことにより、少ない単純な音声命令で状況に応じた行動を車椅子が行えるシステムを考案し実装した。それらのシステムを用いた車椅子について障害物を配置した廊下において実際の走行実験を行い、光電センサを使用し環境情報を取得、利用することにより車椅子に周囲の状況に適した行動を選択し行動させることが車椅子操作の安全性を向上させること、および命令を簡略化することを示した。

現段階では freespace でのユーザの意図を判別することができず、また、移動物体に対する障害物回避も実現できていないなど、いくつかの問題があり、それらを解決することが今後の課題である。ユーザの意図を完全に理解し判別する

のは非常に困難だが、周辺環境の認識をより詳細に行うことができればこういった問題にもある程度対処が可能であると考えられる。

謝辞

なお本研究の一部は文部科学省科学研究費(14019012, 14350127)による援助を受けている。

参考文献

- [1] D.P. Miller and M.G. Slack, "Design and testing of a low-cost robotic wheelchair prototype," *Autonomous Robotics*, vol. 2, pp. 77-88, 1995.
- [2] T. Gomi and A. Griffith, "Developing intelligent wheelchairs for the handicapped," *Lecture Notes in AI: Assistive Technology and Artificial Intelligence*, Springer, vol. 1458, pp. 150-178, 1998.
- [3] R.C. Simpson and S.P. Levine, "Adaptive shared control of a smart wheelchair operated by voice control," *Proc. 1997 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol. 2, pp. 622-626, 1997.
- [4] H.A. Yanco and J. Gips, "Preliminary investigation of a semi-autonomous robotic wheelchair directed through electrodes," *Proc. Rehabilitation Engineering Society of North America 1997 Annual Conference*, pp. 414-416, 1997.
- [5] N.I. Katevas, N.M. Sgouros, S.G. Tzafestas, G. Papakonstantinou, P. Beattie, J.M. Bishop, P. Tsanakas, and D. Koutsouris, "The autonomous mobile robot SENARIO: a sensor-aided intelligent navigation system for powered wheelchair," *IEEE Robotics and Automation Magazine*, vol. 4, no. 4, pp. 60-70, 1997.
- [6] E. S. Boy, C.L. Teo, and E. Burdet, "Collaborative wheelchair assistant," *Proc. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol. 2, pp. 1511-1516, 2002.
- [7] Y. Adachi, Y. Kuno, N. Shimada, and Y. Shirai, "Intelligent wheelchair using visual information on human faces," *Proc. 1998 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol. 1, pp. 354--359, 1998.

[8] Y. Murakami, Y. Kuno, N. Shimada, and Y. Shirai, "Collision avoidance by observing pedestrians' faces for intelligent wheelchairs," Proc. 2001

IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.2018--2023, 2001.