

知的車椅子で自由自在 —すべての人を見て動く車椅子—

久野 義徳

埼玉大学工学部 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255

E-mail: kuno@cv.ics.saitama-u.ac.jp

あらまし 高齢化社会の到来に備えて、知的車椅子／ロボット車椅子の研究が進められているが、これまでの研究は利用者の使いやすさの向上が中心課題であった。しかし、車椅子に関しては、周りの歩行者や介護者など多くの人間がかかわる。それらの人すべてに調和して動くことのできる車椅子が望まれる。そこで、車椅子に関連するすべての人を見ることにより、利用者には使いやすく、介護者には負担が少なく、周囲の人にも調和して動くことのできる知的車椅子を提案する。

キーワード 知的車椅子, ロボット車椅子, 非言語的行動, ヒューマンインタフェース, 顔の向き

Intelligent Wheelchair Looking at All People

Yoshinori KUNO

Faculty of Engineering, Saitama University 255 Shimo-okubo, Sakura-ku, Saitama, 338-8570 Japan

E-mail: kuno@cv.ics.saitama-u.ac.jp

Abstract Although several robotic/intelligent wheelchairs have been proposed recently, they consider friendliness only to their users. Machines like wheelchairs interact various people other than their users. They must consider friendliness to all these people. This paper presents a robotic wheelchair that cares for all relevant people: users, pedestrians, and caregivers, by looking at these people. It looks at the user's face, observing its direction. The user can turn it by looking in his/her desired direction. It looks at pedestrians and changes the way of avoidance against them depending on whether or not their noticing it. In addition, it looks at the caregiver when he/she is with it and keeps moving with him/her.

Keyword Intelligent wheelchair, Robotic wheelchair, Nonverbal behavior, Human interface, Face direction

1. まえがき

高齢化社会の到来にともない、車椅子の必要性が高まると考えられる。そこで、安全で使いやすい知的／ロボット車椅子の研究が進められている[1]～[7]。これまで、利用者の使いやすさの向上に関して多くの提案がなされてきた。しかし、車椅子には利用者の他に周囲の歩行者や介護者など多くの人が関わる。車椅子が社会にとけこむためには、これらの人すべてと調和して動けるようにすることを考える必要がある。車椅子の利用者にとっては、簡単な操作で自分の思うように動いてほしい。周囲の歩行者にとっては、車椅子が歩行の妨げにならず、互いにスムーズに動けることが必要である。介護者がついている場合は、介護者に負担がかからず動けることが望まれる。著者らは、車椅子に関わるすべての人を見ることにより、このような

車椅子が実現できると考えて研究を進めている。ここでは、これに関するこれまでの成果の概略を述べる。なお、それぞれの部分の詳細については文献をあげておいたので、それを参照して欲しい。

2. すべての人を見る車椅子[8]

車椅子に関わる人として、ここでは、利用者、周囲の歩行者、それに介護者を考える。車椅子のハードウェアはこれまでに何台か開発してきたが、基本的な構成は図1～3のようなものである。センサとしては、周囲環境を見るカメラと、利用者を見るカメラ、それに周囲を見る距離センサ（超音波センサ、あるいは赤外線センサ）が備えられている。それらのセンサで利用者、歩行者、介護者を見る。また、周囲の障害物の存在などの環境情報を得る。

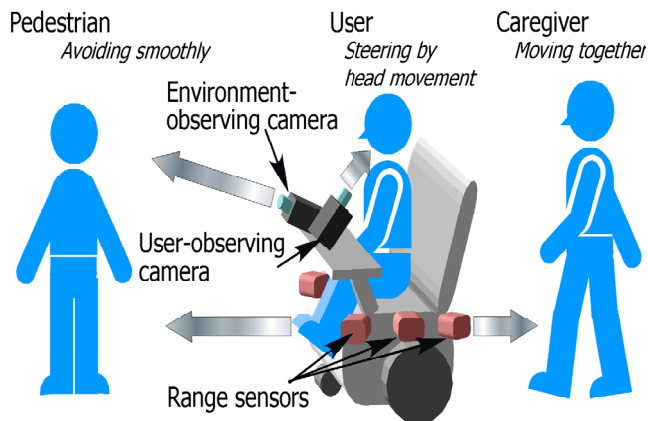


図 1. 車椅子システムの構成



図 3. 知的車椅子：距離センサとして光電センサ 4 台使用.



図 2. 知的車椅子：距離センサとして 16 個の超音波センサ使用.

3. 利用者を見る[9][10][11][12][13]

利用者を見るカメラの画像から、顔の動きを求め、それにより車椅子が動くシステムを開発した。車椅子は一度うなずくと発進し、もう一度うなずくと停止する。そして、顔の向きの方角に進行する。

行きたい方を見る、すなわち、そちらに顔を向けるのは自然な動作なので、これは意図的に行わなければならないが、直感的で使いやすいだろうと考えて、こ

の方式を採用した。さらに、実際に使用してみたところ、それに加えた利点として、必要なだけ回転したときに回転を止めるのが非常に自然にできることがわかった。ユーザは曲がりたい方向へ意識的に顔を向けるが、必要なだけ回転すると顔をすぐに正面に向ける。この動作が回転を止めてくれるわけだが、この動作は「回転を止めるために正面を向こう」などと意識して考えなくても、ほとんど自然に生じる。リハビリ中の車椅子利用者 5 人による実験でも、「この車椅子は顔を向けた方向に曲がります」という指示だけで、すべての被験者が問題なく操作できた。このように厳密に言えば意識的に動かしているわけだが、ほとんど自然に生じるような動作をヒューマンインタフェースに利用することが有効であることが、この車椅子の開発を通じてわかった[10]。

ただし、顔は車椅子を操作する意図以外のときにも動かすので、顔の動きが操作を意図したものかどうか識別する必要がある。これには、距離センサにより、近くの物体までの距離を求め、それに応じて顔の動きに車椅子が追随する程度を変えることにした[12]。すなわち、障害物が近くにあれば、顔がそちらに向いても、すぐにはその方向に向かわないようにした。

4. 歩行者を見る[14][15]

ヒューマンインタフェースという機械とそれを使う人間との間のインタフェースと普通は考えられるが、車椅子のようなものは他の人間とのインタフェースも考えなければならない。すなわち、車椅子では周囲の歩行者や、介護者がいる場合は介護者についても考えなければならない。

歩行者とのインタフェースとは、歩行者と調和して動くことである。衝突を回避しながら、歩行者と車椅子の両者がスムーズに動けるようにしたい。そのためにはどうしたらよいかを調べるために、開発の前に車椅子と歩行者がもっとも頻繁に出会う病院の廊下でビデオ撮影を行い、両者が出会ったときの行動を調査した。その結果、3つの場合があることがわかった。歩行者が医師や見舞い客などで車椅子より速く動いている場合は、それらの人が車椅子に気づいていれば、人間の方が車椅子を先に避ける。歩行に不自由で車椅子よりも遅い動きの人の場合は、車椅子が避ける場合と、人間が避ける場合の両方が観察された。歩行者が車椅子に気がついていない場合は、車椅子が避けた。以上のことから、車椅子としては、相手の速度と相手が車椅子に気がついているかにより、行動を変えればよいことがわかった。すなわち、相手の動きが速く、車椅子に気づいている場合は、相手に避けてもらいやすいように少し速度を落とす。相手が気づいていないときは自分から避ける。相手が遅いときは、安全サイドとして、これも自分から避けるようにする。

相手の速度については超音波センサで運動物体を検出すれば得られるので問題はない。そこで、気づいているかどうかの判定に、顔の向きを用いることにした。超音波センサで運動物体を検出したら、それが人間だと仮定し、その距離に人間が立っているとすると顔の周辺の画像が入力できるように外部環境観察カメラのパン・チルト、それにズームを調整する。そして、入力画像から肌色領域とその中の目などの特徴の有無を調べることにより、顔を検出する。もし、顔が検出されなければ、静止障害物と同様に単に回避する。人間が後ろを向いているとこうなるが、後ろを向いていれば車椅子に気づかないだろうから、車椅子が先に避けるのは適切な行動と考えられる。顔が検出できた場合は、顔の領域を以後、追跡し、顔の向きを連続的に求める。そして、顔が特定の割合以上、車椅子の方向を向けば、車椅子に気がついていると判断する。顔の向きは、目のまわりの領域について垂直方向への射影を求め、そのパターンで判断している。このシステムではカメラを動かして人間の顔を追跡している。したがって、顔が正面を向いていると認識されれば、車椅子の方を見ていることになる。車椅子の方を見ているかだけが重要なので、顔の向きが何度というような正確な情報でなく、ほぼ正面顔かそうでないかわかれば十分である。したがって、簡単な画像処理で必要な情報が確実に得られる。

12人の被験者に車椅子ユーザと歩行者の両方の立場になってもらって、この衝突回避法を実験したが、単に超音波センサで物体を検出したら空いている方向

に避ける方法より、スムーズな対応と考えられるという結果が得られた。

5. 介護者を見る[16][17]

車椅子利用者に介護者が伴うことも多い。電動車椅子の場合、介護者に車椅子を押すというような肉体的負担はないが、車椅子の進行を常に気にするというような負担は残る。そこで、普通に友人同士と談笑しながら歩くというような感覚で、車椅子利用者と介護者が一緒に出歩けるような車椅子を検討している。

検討している車椅子は、基本的には横または後ろにいる介護者の動きに合わせて動くというものである。しかし、単に介護者の動きに追随するというのでは困る場合がある。例えば、ドアを開けて部屋に入りたい場合は、車椅子の横や後ろにいた介護者は車椅子の前に出て、ドアを開けようとすると考えられる。この場合、車椅子が介護者の前に出ようとする動きに合わせて前進しては困る。車椅子は介護者が前に出られるようにして、ドアの前で止まり、ドアが開いたら中に入るという動きをすることが望まれる。エレベータに乗る場合も同様で、介護者が前に出て操作ボタンを押すのを待ち、エレベータが来てドアが開いたら中に入るようにして欲しい。提案の車椅子では、介護者の動きと、周囲の状況を距離センサの情報で得て、ドアやエレベータの状況で、介護者が特に指示をしなくても自然な動作をすれば、前述のように動くことを実現している。

6. 人に見られる

これまでは、車椅子が人を見ることにより、安全で使いやすく、周囲の人にも受け入れやすい車椅子の実現を目指してきた。しかし、最近、もう一つの観点が必要ではないかと考えている。それは、車椅子が「人にどう見られるか」ということである。

山崎は社会学の分野で車椅子利用者と周囲の人間の間関係を調べて報告している[18]。それによると、介護者が付き添う場合、車椅子利用者が買物をして支払いをするときに、店員は介護者の方に視線を向けるなどして確認の動作をすることが多いということである。車椅子利用者が自分で財布から現金を取り出しているともなるということは、車椅子利用者が移動以外にも介護者に負うところが大きいと見られていると考えられる。車椅子利用者は移動に関しては支援を必要としているが、それ以外は自律した存在として周りから見られるべきであると考えられる。

これまで、介護者に伴って動く車椅子を研究してき

たが、介護者に従って動くだけでは、車椅子利用者が自律した主体として見られないかもしれない。そこで、介護者とともに動くが、外からは車椅子利用者が自身の必要性によって、適切に動いていると見えるような車椅子を検討している。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金（14350127）による。

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] J.W. Min, K.B. Lee, S.C. Lim, and D.S. Kwon, "Human-friendly interfaces of wheelchair robotic system for handicapped persons," *Proc. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol.2, pp.1505–1510, 2002.
- [8] Y. Kuno, and A. Nakamura, "Robotic wheelchair looking at all people," CHI2003 Extended Abstracts, CD-ROM, 2003.
- [9] 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.
- [10] Y. Kuno, T. Ishiyama, S. Nakanishi, and Y. Shirai, "Combining observations of intentional and unintentional behaviors for human-computer interaction," *Proc. CHI 99*, pp.238–245, 1999.
- [11] 足立佳久, 中西 知, 久野義徳, 島田伸敬, 白井良明, "顔の視覚情報処理を用いた知的車椅子," 日本ロボット学会誌, vol.17, no.4, pp.423–431, 1999.
- [12] S. Nakanishi, Y. Kuno, and Y. Shirai, "Robotic wheelchair based on observations of both user and environment," *Proc. 1999 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp.912–917, 1999.
- [13] Y. Kuno, N. Shimada, and Y. Shirai, "Look where you're going: A robotic wheelchair based on the integration of human and environmental observations," *IEEE Robotics and Automation Magazine*, vol.10, no.1, pp. 26–34, 2003.
- [14] 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.
- [15] 村上佳史, 久野義徳, 島田伸敬, 白井良明, "知的車椅子のための歩行者の観察に基づく衝突回避," 日本ロボット学会誌, vol.20, no.2, pp.206–213, 2002.
- [16] 吉村友幸, 中村明生, 久野義徳, "介護者に協調動作する知的車椅子システム," 第8回画像センシングシンポジウム (SSII 2002) 講演論文集, pp.489–492, 横浜, 2002.
- [17] 岩瀬智裕, 中村明生, 久野義徳, "介護者の意図に沿って動くロボット車椅子," 第11回画像センシングシンポジウム (SSII 2005) 講演論文集, 2005 (発表予定) .
- [18] 山崎敬一, 佐竹保宏, 保坂幸正, "相互行為場面におけるコミュニケーションと権力 —「車いす使用者」のエスノメソドロジー的研究," 社会学評論, vol.44, no.1, pp.30–45,1993.