

人間の意図を認識し支援する知的車椅子の実験システム

足立 佳久 村嶋 照久 山根 英紀 久野 義徳 島田 伸敬 白井 良明

大阪大学工学部電子制御機械工学科

565(-0871) 大阪府吹田市山田丘 2-1

Tel: 06-879-7333 Fax: 06-879-7247

{y-adachi, t-murash, h-yamane, kuno, shimada, shirai}@cv.mech.eng.osaka-u.ac.jp

1 はじめに

身体の不自由な人にとって車椅子は重要な移動手段である。高齢化社会の到来により日常生活に介助を必要とする高齢者が増えるため、より安全で快適に使用できる車椅子の需要がますます高まると思われる。このため、知能化により障害物回避などの自律的判断・行動を行う車椅子の研究がなされている [1] が、人間にとってより使いやすいものにするためには、自律性だけでなく人間と車椅子の間に親密なインタラクションが必要となる。そこで、自律性に加えて、人間とのコミュニケーションを持つことで人間の意図を認識し、その要求に基づき人間を支援してくれる知的車椅子の実現を目指して研究を進めている。本稿では、車椅子の実験システムの構成と、搭乗者の意図認識の予備実験として顔の向きを認識し車椅子を操作するシステムについて述べる。

2 システムの概要

車椅子に搭乗しているとき、人間が全て操作を行わなければならない場合には精神的肉体的に負担がかかる。一方、自動化された車椅子があらかじめ決められた行動のみをとる場合、走行の途中で人間の意図は反映されない。そこで、車椅子が周囲の環境を判断して障害物などには自律的に対応し、また、搭乗中の人間の動作を常に観察することによりその意図を認識し、それに沿った行動をとってくれれば、操作に対する負担が軽減され、安全で快適な走行が可能となる。

提案する知的車椅子のシステムの基本的な構成を図1に示す。以下に、このシステムの機能について述べる。

2.1 外界認識をもとにした支援

ユーザにとって障害物のある通路や狭い通路を走行するのは困難である。また、突発的に現われる障害物に対応するのも非常に難しい。そこで、搭載された超音波センサからの情報より車椅子が外部環境を認識し、自律的に安全な経路を計画することによってユーザを支援することができる。

2.2 ユーザの意図認識をもとにした支援

車椅子は搭載されたカメラからの画像よりユーザの表情・視線・動作を認識する。そして、ユーザの顔や体の動きに現

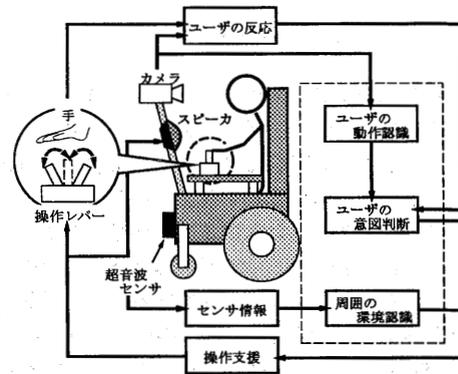


図1: システム構成

れる意図、例えば、左の方を向いている時に、左に曲がりたいたのか、あるいは、ただその方向を向いているだけなのか、などを自律的に判断し、その意図に沿った行動をとる。その行動に対して、ユーザは自分の意図通りであれば何もしなくて良いし、もし意図と異なった場合には、それぞれのユーザに応じた方法で意図を明示することにより、車椅子の行動に調整を加えることができる。例えば、通常は体の動きやレバー操作などで意図を示すが、腕や指を動かすことが困難であれば、表情や視線などを用いる。他には、スピーカからユーザの死角になっている情報を提供することによりユーザの操作支援を行う機能がある。このように、ユーザと車椅子のインタラクションによってユーザの意図が反映された走行を行うことができる。

2.3 実験システム

以上の機能の実現の研究のために、知的車椅子の実験システムを開発した。知的車椅子の主な構成要素は、計算機で制御できるように改造した電動車椅子、カメラ、動画をリアルタイム処理するための高速演算処理装置トラッキングビジョン、超音波センサ、これらを制御するための計算機である(図2)。開発した実験システムを用い、以下に述べる方法でユーザの顔の向きを推定し、ユーザの顔の向いている方向へ車椅子を走行させるシステムを実現した。

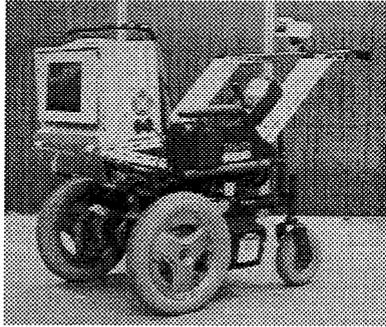


図 2: 知的車椅子

3 顔の向きによる車椅子の操作

人間の意図は顔に最も表出すると考えられる。従って、顔に関する情報の抽出がユーザの意図認識の実現のためには重要である。そこで、意図認識に進む前にまず顔の情報を求め、それにより車椅子を操作する実験を行った。

単眼カメラから入力される動画を処理することにより、人間の顔の特徴(目や鼻、口など)を追跡し、顔の向きの情報を獲得する。顔の各特徴は3次元空間内の同一平面上にのっていると仮定し、その平面(以下、平面 P とする)の法線ベクトルの方向を求める。平面 P が光軸に垂直なときの画像上の各特徴の座標を初期位置とする。追跡する特徴の数を M 個としたとき、その初期位置の座標を $x_k=[x_k, y_k]^T$, ($k=1, 2, \dots, M$)とおく。人間が顔の向きを変化させるとき、画像平面上で各特徴の位置は移動し、それらの移動ベクトル $v_k=[u_k, v_k]^T$ は、速度場の一次項のみを使い(1)式のように回転、拡大・縮小、せん断を表すアフィン変換行列と並進ベクトルで表現することができる。

$$\begin{bmatrix} u_k \\ v_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_x & u_y \\ v_x & v_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

画像の変形 $defv$ とその主軸 μ , (1)式の係数には次のような関係がある。

$$(defv) \cos 2\mu = u_x - v_y \quad (2)$$

$$(defv) \sin 2\mu = u_y + v_x \quad (3)$$

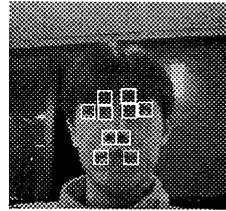
物体(平面 P)が静止しカメラが運動していると考え、カメラの並進運動ベクトルの画像平面への投影 A , 物体表面の法線ベクトルの画像平面への投影 F を使って μ は、

$$\mu = \frac{\angle A + \angle F}{2}$$

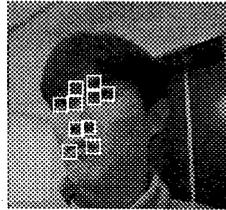
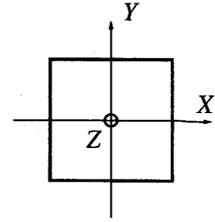
と表される[2]。初期位置において平面 P は3次元空間内で光軸に垂直であるため、 $\angle F = \angle A \pm \pi$ になる。よって、(2)(3)式より求まる μ で $\angle F$ は、

$$\phi_F = \angle F = \mu \pm \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

で与えられる。ここで、 ϕ_F が正反対の2方向求まるのは、アフィン変換行列の係数のみでは顔の上下運動の区別、左右



初期位置



右を向いているとき

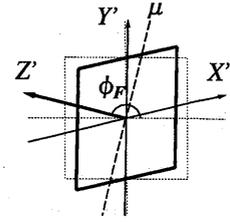


図 3: 顔の向きの検出

運動の区別ができないからである。これらの区別は、頭部の左右と上部の輪郭の位置を用い、移動後の顔の各特徴の重心位置との距離の比較により行う。図3に顔の各特徴の位置、画像の変形とその主軸を示す。

画像平面上の X, Y 軸方向の単位ベクトルを(1)式で変換したベクトルの方向角 ϕ_x, ϕ_y と(4)式で得られた ϕ_F により、3次元中で平面 P の法線ベクトルと光軸のなす角 θ_F は、

$$\theta_F = \tan^{-1} \sqrt{-\frac{\cos(\phi_x - \phi_y)}{\cos(\phi_F - \phi_x) \cos(\phi_y - \phi_F)}} \quad (5)$$

と表すことができる。

以上のようにして得られた平面 P の法線ベクトルの角度 ϕ_F, θ_F を用い、顔の向きを表現することができる。この情報を用い、顔の向きによって車椅子の操作を行った。

4 おわりに

自律性に加え、人間とのインタラクションを持つことにより人間の意図を認識し、その要求に基づき人間を支援してくれる知的車椅子の実現に向けて実験システムを開発した。そのシステム構成と、システムの実現に必要な要素技術としてユーザの顔の向きを獲得し車椅子を操作する方法について述べた。今後、必要な要素技術を統合し知的車椅子の実現を目指す。

参考文献

- [1] David P. Miller and Marc G. Slack: "Design and Testing of a Low-Cost Robotic Wheelchair Prototype", *Autonomous Robotics*, 2, pp. 77-88(1995).
- [2] 岡本恭一, ロベルト・チボラ, 風間久, 久野義徳: "定性的運動認識を用いたヒューマンインタフェースシステム", *電子情報通信学会論文誌*, VOL. J76-D-II, No. 8, pp. 1813-1821(1993).