

ビークル操縦者意図認識のためのセンサ配置の考察

Examination of Sensor Settings for Intention Recognition on Vehicle Driving

*1 矢入 (江口) 郁子
Ikuko Eguchi YAIRI

*2 永合宣明
Nobuaki Nagou

*3 矢入健久
Takehisa YAIRI

*1 猪木誠二
Seiji IGI

*1 通信総合研究所
Communications Research Laboratory

*2 株式会社アジル
Agile Corporation

*3 東京大学大学院工学系研究科
Graduate School of Engineering, the University of Tokyo

We have been concerned with a recognition of partial and short term intentions, "i.e. micro-level intention recognition," to which conventional methods are not applicable because of action duration uncertainty. Our approach to micro-level intention recognition is to deal with a vehicle driving task as a typical application and to apply a pattern learning function which discovers and utilizes synchronous and temporal relations among the multi-dimensional time-series data of both user and environment. In this paper, appropriate sensor setting of the vehicle for intention recognition are examined by *Support Vector Machine* (SVM).

1. はじめに

組立作業の認識 [1] やキーホールプラン認識 [2] などに代表される従来の意図認識手法では、観測可能な行為の粒度に認識可能な意図の粒度が依存している点が問題となっている。具体的には、タスクやプランの記述を用い、観測した行為とその前後の行為との関係から意図を把握するため、行為の切れ目が曖昧でセンサ値からは複数行為に分割することが難しい場合、その行為が継続する最中での局所的・ミクロ的な意図を認識することが困難だからである。操縦補助・情報提供支援を行うビークル [3] では、意図認識の重要性が高く、かつ局所的・ミクロ的な意図認識の典型例を含む。そこで筆者らは、ハンドル、アクセル、前後進の切替えの操縦インターフェースを持ち、PCのモニターを見ながらキーボードやマウスで操縦可能なビークルドライビングシミュレータ (以下 VDS と略記) を C 言語と Mesa をベースに作成し、ビークル操縦者の局所的・ミクロ的な意図認識のための学習モジュールに関する研究を行っている [4, 5]。本稿では、具体的かつ典型的な操縦者の意図理解の例題として、ビークルが静止する障害物に近付いているという局面においてその操縦が意識的/無意識的であるかを判別・認識するという問題を取り上げ、意図認識のための適切なセンサ設定について考察する。

2. 問題の概要

本稿では図 1 に示すような、高齢者用電動スクータの外観のビークルを用いる。走行環境として約 15000 ポリゴン、およそ 150 個の静/動物体の障害物が存在する 100mx100m の仮想の街を用いる。図 1 に、VDS のビークル外観と操縦者が使用するインタフェース画面を示す。

この VDS では、ビークルの形状、最高速度/加速度、ハンドル・タイヤの可動範囲/速度、環境センサとしての最大 100 個の赤外線・超音波センサ (レイトレーシングによって物体までの距離を計算) の取り付け位置、センシング方向/拡散角/ビーム本数/ノイズ再現の有無、センシング周期などを指定可能である。そして、ハンドル/車輪角度、アクセル深度、実速度の 4 つのユーザセンサ、最大 100 個の赤外線・超音波による環境センサのデータを得ることができる。

連絡先: 〒 239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 3-4YRP1 番館
Tel:0468-47-5096, e-mail:yairi@crl.go.jp

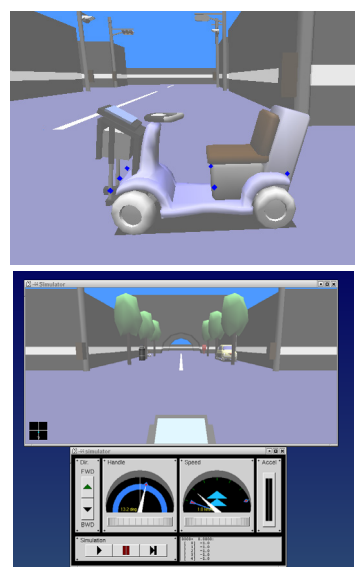


図 1: ビークル外観 (上) と操縦インターフェース (下)、ビークル上のドットはセンサ取り付け位置を示す。

ビークルの意図認識において実用的な観点から問題となるのは、図 2 に示す (1)Warning Margin (以後 WM と略記): 停止・衝突するどれだけ以前に意識/無意識を認識可能かどうか、(2)Monitoring Window (以後 MW と略記): WM からどれだけ遡った幅のデータを用いる必要があるか、という 2 つのパラメータである。これらには、(1)WM が大きいほど操縦者への通知や自動回避の時間的余裕があるので望ましいが、その分意図認識精度は悪くなること、(2)MW をある程度大きく取ることによって操縦者の意図を確実に含むことができるが、大き過ぎた場合には逆に認識結果を悪化させたり、処理時間を要するなどの特性がある。本稿ではこれらの問題を踏まえたうえで、より精度の良い意図認識結果を得るために有効なセンサ設定についての考察を行う。考察には、分類問題・パターン学習問題において著しい成果を挙げている Support Vector Machines (SVM) [6] を利用する。

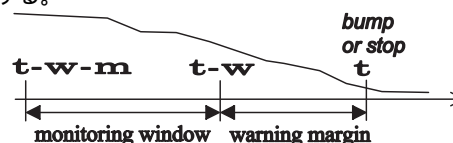


図 2: warning margin と monitoring window

3. 実験

3.1 データセットの準備

前述したVDSを用いて、街中の壁、木、ガードレール、車、郵便ポストなどの静物体に意識的に近付いて停車し、再発進することを繰り返すように2名のオペレータに指示し、約2時間分の操縦データを収集した。操縦データには(a)静止物体に近付いて止まる、(b)間違っって障害物に衝突した、の2つの意図が含まれる。また、操縦データには具体的には、時間、スクータの位置、ハンドル等のユーザセンサデータのみが含まれ、環境センサデータは含まれない。環境センサとしての超音波センサデータが付加されたデータは、「センサの数」、「取り付け位置(座標と向き)」、「ビーム拡散角度」、「センシングサイクル」などのパラメータを追加設定し、操縦データをVDSに読みこませることによって再計算される。そして、以下の手順によって、SVMによる分類のためのデータセットが、センサ設定毎にそれぞれ16個ずつ用意される。

1. WMをいずれかの超音波センサ出力が0.5/1.0/1.5/2.0m以下(4パターン)となる条件とし、それぞれデータ切り出し点を検索
2. WMから遡ってデータを切り出す幅としてのMWを16/32/64/128フレーム(4パターン)とし、それぞれデータを切り出し
3. 切り出された多次元センサデータを継ぎあわせ、一次元データへ変換
4. 得られた一次元データに、(a)静止物体に近付いて止まる、(b)間違っって障害物に衝突した、のどちらかを示す属性データを付加
5. 1から4を2時間分のデータに対して実施

3.2 結果の考察

本実験ではmySVM[7]を用いて分類を行ない、10-fold cross validationとROC曲線によって結果を比較した。比較を行なったセンサ設定は、「センササイクル=30」、「センサビーム拡散角度=5/10/15度(中心からの角度)」、および図3に示す6通りのセンサ配置である。SVMのカーネル関数については、関数およびパラメータの異なる24パターンについて実施し、18通りのそれぞれのセンサ設定において、*radial basis function*、 $\gamma=0.01$ 、 $C=1.0$ が最良の分類性能であることを確かめた。

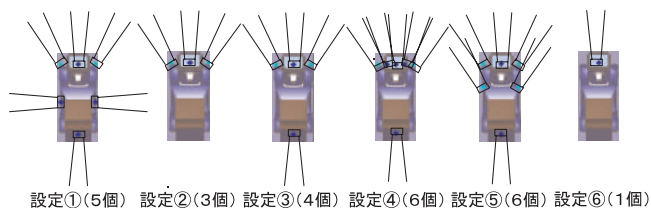


図3: センサ配置

センサビーム拡散角度については、18パターンのそれぞれで10、15、5度の順であった。10、15度の間には大きな差はなく、15、5度の間には大きな差が認められた。拡散角度10度における6通りのセンサ配置と16個のWM、MWの組合せのうち、ベストの結果を図4に示す。

TP Rateが0.75以上、FP Rateが0.2以下となったのは、設定3、4、2、6であった。このうち、6についてはセンサが1個であるため、切り出されたデータ個数が他の設定と比べて極端に少なく、結果の信頼性が低い。設定3、4、2では大きな差は見られないものの、設定2の車体前方のセンサに加えて、後方の1センサを搭載した設定3、4がより良い結果となった。また、設定3と4とでは、車体前方のセンサの数が

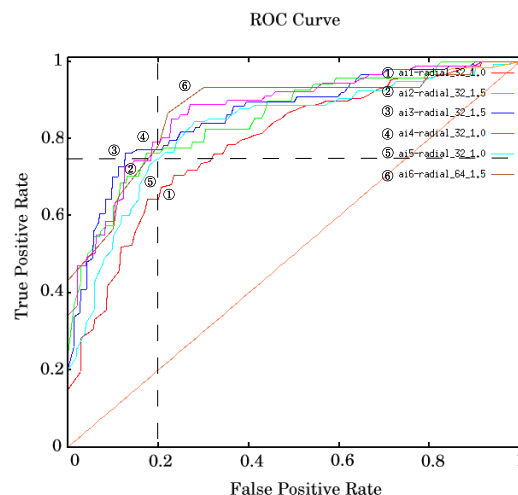


図4: センサ配置毎のベストの結果

それぞれ3個、5個の違いがあるが、センサ個数が増えたことによる大きな効果は認められなかった。また、設定4と5とでは、車体前方のセンサの数がそれぞれ5個で、ビーム方向が同じであるが、設定5では2個のセンサの取り付け位置が側面になっている違いがある。結果は、全てを前面に配置した設定4のほうが良好であった。また、側面に進行方向と垂直のビーム方向を持つセンサを配置した設定1は最も悪い結果であった。ベストのWM、MWについては、設定3: WM=1.5m、MW=32cycle、設定4: WM=1.0m、MW=32cycle、となり、実時間処理による操縦者への通知や自動回避の可能性が示された。これらの結果の傾向は、2名のオペレータ共通であった。よって、個人差を考慮せずに、共通のセンサ設定、WM、MWを用いることのできる可能性が示された。

4. おわりに

本稿では、局所的・ミクロ的な意図理解の例題として、ビークル操縦の問題を取り上げ、実時間処理による操縦者への通知や自動回避の可能性および認識精度を高めるための適切なセンサ設定について考察した。今後は、本実験で得られた傾向をもとに、さらに詳細なセンサ設定についての考察を加えたい。

参考文献

- [1] Kuniyoshi, Y., et al.: Learning by watching: Extracting reusable task knowledge from visual observation of human performance. IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 10, pp.799-822(1994).
- [2] Kautz, H.: A circumscriptive theory of plan recognition. In P. Cohen, J. Morgan, and M. Pollack, editors, Intentions in Communication, pp.105-133. MIT Press, Cambridge, MA(1990).
- [3] 矢入, 猪木: 高齢者・障害者の自立的移動を支援する Robotic Communication Terminals(3). 人工知能学会論文誌, Vol.18, No.1, pp.29-35(2003).
- [4] Yairi, I. E., Yairi, T. and Igi, S.: Intention Recognition for Vehicle Driving from Multi-dimensional Time-series. In Proc. of the 4th Asia-Pacific Conference on Intelligent Simulated Evolution And Learning, pp.811-815(2002).
- [5] Yairi, I. E., Yairi, T. and Igi, S.: Intention Recognition for Vehicle Driving by Sensing of User and Environment, In Proc. of IASTED International Conference AI2003, pp.166-171(2003).
- [6] Vapnik, V.N.: The Nature of Statistical Learning Theory. Springer-Verlag, 1995.
- [7] Ruping, S.: mySVM - Manual. <http://www.citeseer.nj.nec.com/ruping00mysvm.html>.