

ビークルのセンサー履歴データを用いた環境地図作成

Environmental Map Construction Based Using Historical Data of Vehicle Sensors

矢入健久*1
Takehisa Yairi

*1 東京大学大学院工学系研究科
School of Engineering, Univ. of Tokyo

In RCT project, information assistance for the elderly and disabled people is one of the main research themes. To provide a user with appropriate information according to his/her current situation, it is necessary to infer the user's internal state using a variety of observation and some kind of user-environment model. In this study, we discuss the way of estimating the user-environment model from accumulated data which is captured by the vehicle (ICW) during the traveling process.

1. はじめに

RCT は、主に高齢者・障害者を対象として、人間の移動という活動を認知・駆動・情報の各面から支援することを目的としたプロジェクトである [矢入郁 03]。

このうち、特に情報面での支援を考える場合、その実現の鍵となるのが、各時点におけるユーザーの状態をどれだけ適切にシステムが推定できるかであると言える。このユーザー状態推定に関しては、以下のような問題点が挙げられる。

- どのような情報源を利用するか。GPS などの機器によりユーザーの現在位置情報を獲得することは比較的容易であるが、それだけではユーザーの真の状態 (意図) を推定するには不十分であると考えられる。
- どのようなユーザー・環境モデルを利用するか。様々な観測によって得られた情報からユーザーの内部状態を推定するためには何らかのモデルが必要である。
- どのようにしてそのモデルを作るか。上述のモデルは個々のユーザーおよび対象環境によって異なるが、それを個々に手で作成することは現実的に困難である。

ところで、人間は一般に、移動行為にともなって環境との間で様々な情報のやりとりを行う。もしこれらの情報を捕捉して利用することができれば、より精度の高い状態推定が期待できる。もちろん、一般には人間と環境との間の情報の流れを全て捕捉することは不可能であるが、RCT では高度な環境センシング機能と通信機能を有する ICW と呼ばれるビークルが人間と環境との間に介在し、両者の間を流れる情報 (ビークルの操作量、画像をはじめとする各種センサーデータ) を一部捕捉することが可能である。

そこで、本発表では、ICW が移動の過程で位置情報や時刻情報以外にユーザーの操縦コマンド、障害物センサー情報など様々な情報を蓄積し、そのデータから各ユーザー固有の環境モデルを構築して状態推定に利用する方法について検討を試みる。

2. RCT における情報支援

既に RCT プロジェクトでは、いくつかの異なる形態 (マクロレベル・ミクロレベル) での情報支援が検討・実装されている。

連絡先: yairi@ai.rcast.u-tokyo.ac.jp

まず、マクロレベルな情報支援として「高齢者・障害者移動支援 GIS」が挙げられる [吉岡 02]。この研究では、ユーザーの障害や身体の状態に応じて、地図データベースから最適な経路情報を提供する枠組が提案されている。

一方、ミクロレベルな情報支援に関しては、「多次元時系列データからのビークル操縦者の意図認識」という研究が行われている [I.Yairi 02]。ここでは、ユーザーの操縦量やビークルに取り付けられた距離センサーの値に関する時系列履歴データから、障害物回避の必要性有無などの情報提供が適当であるかどうかを学習する方法が検討されている。

本提案の位置付けを強いて述べるとすれば、これらマクロ・ミクロレベルの情報提供の中間を狙うものであると言える。すなわち、ユーザーの操縦やビークルの各種センサー入力などの低レベルな情報源から大局的なユーザーと環境との相互作用モデルを構築し、これを利用してユーザーの内部状態推定に基づく情報提供を行おうというものである。

3. 提案

3.1 基本アイデア

著者らは、主に自律移動ロボットを対象として、観測と行為の行動履歴データから、そのロボットの知覚運動系に適応したトポロジカル地図を構築する方法を提案している [戸上 02, T.Yairi 02]。この方法では、部分観測マルコフ決定過程 (POMDP) の考え方を利用し、直接は観測できないロボットの状態 (場所) をノードとする遷移モデルと、各状態においてどのような観測量が得られるかを確率分布によって表現した観測モデルによって、トポロジカルマップをモデル化している。

本提案では、同様に POMDP を利用して、ビークルに搭乗して移動を行うユーザー固有の環境モデルを作ること考える (図 1)。すなわち、直接観測できないユーザーの内部状態をノードとする確率的状態遷移モデルと、各内部状態における観測量 (絶対位置、時刻、ビークル操作コマンド、ビークルの各種センサー値) の確率分布モデルの両方を、過去のビークル移動履歴および観測履歴データから構築する。

3.2 POMDP モデルに基づくユーザー固有環境地図の作成

先行研究 [戸上 02, T.Yairi 02] で示した観測履歴データから POMDP モデルを作る手法は、初期状態集合 (初期モデル) の生成と、繰り返しのモデル改善の 2 つの過程から構成され

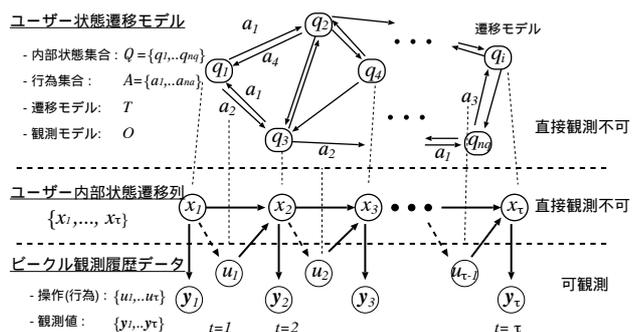


図 1: POMDP モデルによるビークル操縦ユーザー-環境モデル

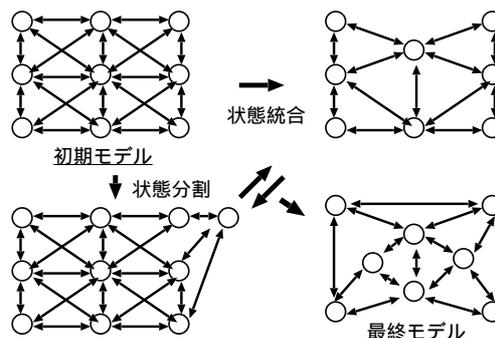


図 3: 環境モデルの改善

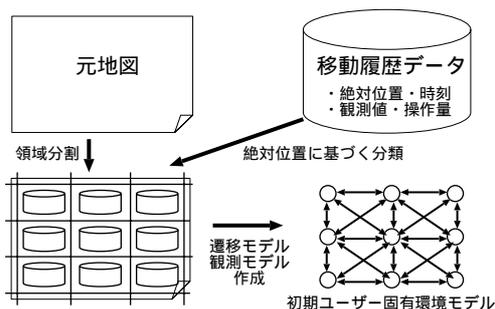


図 2: 初期モデルの作成

ている。このうち、前者の初期モデル生成に関しては、ロボットの自己位置情報も環境のメトリックな地図も事前には得られないという前提条件に基づいていたため、観測データをクラスタリングすることによって初期状態集合を得ていた。しかし、ICW の場合、GPS などの機器により容易に正確な絶対位置情報が得られ、また、環境のメトリック地図も事前に入手できるためこれらを利用して初期状態遷移モデルを作ることが妥当である。

具体的には、対象となる地域を例えばメッシュ状に画一的に分割し、各領域を 1 つの状態とみなして初期状態集合を作ることができる。そして、観測データを観測地点の絶対位置座標に基づいて各状態に分類し、遷移モデルと観測モデルを初期化すれば良い (図 2)。

後者のモデル改善法については、[戸上 02, T.Yairi 02] と同様に、モデルの尤度を局所最大化するように繰り返的に状態を分割・統合するアプローチを採用する。これは、同じ状態ではできるだけ同じ観測値と状態遷移が得られるようにモデルを繰り返し部分修正するということである (図 3)。

3.3 利用法の検討

POMDP に基づくユーザー・環境モデルが構築されれば、これを様々な情報の支援に役立てることが可能であろう。例えば、現在および過去の位置情報、操縦履歴、センサー観測履歴からユーザーの目的地や経路を推定し適切な情報を提示するなどといった利用法が考えられる。

また、このような形でユーザー固有の環境モデル、言わば認知地図の一種をデータから推定し顕在化させることは、バリアフリーの観点から環境設計を行う上でも有用であると思われる。特に、RCT プロジェクトで行われている高齢者・障害者の身体特性分析 [村井 02] の結果と合わせて環境の問題点を検

討することは興味深い。

4. おわりに

本稿では、RCT における情報の支援を実現するためにはユーザーの内部状態を的確に推定することが重要であるという観点に立ち、ビークル (ICW) に集積される様々な種類の情報を用いてユーザー固有の環境モデルを構築する方法について検討を行った。現段階ではシステムの大部分が未実装であることに加えて、実際の有用性についても議論の余地がある。今後はこれらの課題に取り組む予定である。

謝辞

本研究の提案にあたっては、RCT プロジェクト総括の矢入 (江口) 郁子氏より並々ならぬ強い励ましを頂いた。また、同プロジェクトの香山健太郎には大変有益なコメントを頂いた。両氏に深く感謝したい。

参考文献

- [矢入 03] 矢入 (江口), 猪木: 高齢者・障害者の自律的移動を支援する Robotic Communication Terminals (3) 人工知能学会誌, Vol.18, No.1, pp.29-35, 2003
- [吉岡 02] 吉岡, 矢入 (江口), 猪木, 谷口: 個々の身体状況に応じた高齢者・障害者移動支援GIS, 第 16 回人工知能学会全国大会, 2002
- [I.Yairi 02] I.E. Yairi, T. Yairi and S. Igi: Intention Recognition for Vehicle Driving from Multi-dimensional Time-series. 4th Asia-Pacific Conference on Intelligent Simulated Evolution And Learning, 2002
- [T.Yairi 02] T. Yairi, M. Togami and K. Hori: Learning Topological Maps from Sequential Observation and Action Data under Partially Observable Environment, The Seventh Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, pp.305-314, 2002
- [戸上 02] 戸上, 矢入, 堀: 観測と行為の履歴データに基づく移動ロボットのトポロジカルマップ作成法, 第 16 回人工知能学会全国大会, 2002
- [村井 02] 村井, 他: 移動の問題点からみた高齢者・障害者の多様性の検討, 第 16 回人工知能学会全国大会, 2002