人物トラッキングのためのアダプティブシミュレータの開発

東京大学 学生会員 鎌田長明
東京大学 学生会員 青木茂

背景

1970 年代から現在まで人物行動(人物流)のシミュレーションに関する研究は数多く行われているが、シミュレーションの対象となる人物のモデル化は観察や小規模な実験、心理学や社会学の研究結果などを元にしたものであり、大規模にデータを取得して研究された結果ではなかった。センサ及びセンサネットワーク機器が小型・軽量化しつつある現在、大規模に人物行動に関するデータを取得することが可能となりつつある。

しかし、現状の画像解析や赤外線などの人物センサでは不特定多数の人物行動を詳細にトラッキングすることは相当の高密度でセンサを配置しなければ困難である。このため近い将来にセンサを用いて人物行動を把握するためには、少数のセンサで人物の行動を推定する技術が必要となる。

目的

少数のセンサで人物の行動を把握するためには、少数のセンサから最大の情報を得ることができるように、よりよい配置を検討するためのシミュレータと、情報を補完するためのシミュレータが必要となる。現段階では実センサのデータが不十分であるため、シミュレータの出力をシミュレータで復元できることを目的とした。

シミュレーションシステムの概要

本システムは以下の 4 サブシステムから成る。(1)避難の対象となる空間を二次元の地図で表すプレゼンテーションシステム(2)センサから得られた情報を元にアダプティブにシミュレーションを行うことのできるシステム(3) センサ情報をシミュレータに入力するためのインターフェースシステム(4)地図上で人物に見立てたオブジェクトを仮想のマップ上でシミュレートする仮想現実ジェネレータシステム。

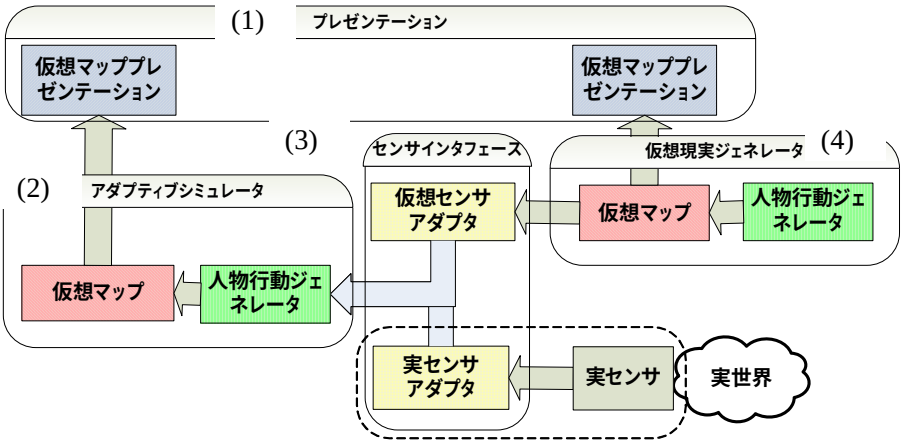

図 1 シミュレータシステム(点線部分は未開発)

各サブシステム間の通信は全て XML で行われており、XML を入出力できる任意のシステムに置き替えることが可能である。

開発手順としては、まず一般的な人物行動シミュレーションを開発し、仮想マップ上へ仮想センサを配置してシミュレータから仮の人物行動データを取得できるようにした上で、センサのインターフェースを整備し、センサの情報から人物行動を復元するアダプティブなシミュレータを作成することとした。

セルラーオートマトンによる人物行動シミュレーション

人物行動のシミュレーションには、人物流の研究に古くから用いられているセルラーオートマトンを用いた。セルラーオートマトンを用いて人物行動を分析する場合、個々のオブジェクトの動きはやや機械的になりがちであるが、多数のオブジェクトの相互作用によりオブジェクト群全体としての挙動が見られるような場合、解析的な手法では不可能な創発的現象を分析できることに特徴がある。また、オブジェクトの移動空間となるセルの大

センサネットワーク、人物行動シミュレーション
住所：東京都文京区本郷 7―3―1 工学部 9 号館 702 橋梁研究室 電話：03-5841-6099

きさや各種の障害物を設置することも容易にできることから、セルの組み合わせで表現可能な空間の状態をモデル化しやすいことも特徴として挙げられる。

本研究では、セルラーオートマトンを用いて人物行動のシミュレーションを行うために、一セルの大きさを40cm×40cm と仮定した仮想マップを作成した。仮想マップの大きさや形状は自由に指定でき、それぞれのセルに対して自由に属性を追加することが可能である。さらにファンクタを設定し自由に意味を追加することを可能にしてある。この機構によって、各セルに障害物がある・忌避される・人がいる・何もないなどの各状態量を設定することが可能であり、さらに各セルの状態が変化した場合に何らかのアクションを起こさせることが容易になっている。仮想マップの状態を二次元平面上にビジュアルに表現するために仮想マッププレゼンテーションシステムを作成した。

仮想マップ上と対応したマトリックス上に人物をモデル化したオブジェクトを配置し、一時間ステップごとにオブジェクトに移動を決定させて、マップの状態を変化させることとした。各オブジェクトには自由に属性を設定することができ、方向・視野・歩行速度・判断速度などの属性を設定した。各オブジェクトの周囲と現在位置の 9 方向に点数を付け、最も点数の高いところに移動することとした。各オブジェクトには点数を決めるためのファンクタをその重みと共に各オブジェクトに自由に設定できる。移動の決定は次のようにして行われる、(1)ファンクタに視野属性から決定される対象オブジェクトの周囲の情報を与える、(2)対象ファンクタは 0〜1 の間で 9 方向に点数を付ける、(3)点数列に各ファンクタに設定された重みをかける、(4)点数を決定対象となる配列にそれぞれ足す、(5)1〜4 を繰り返す、(6)決定対象の配列の中で最も点数の高い方向を移動方向とする。また、ファンクタには起動順位を付けることができ、決定対象の配列を参照することができる。この機構によって複数の判断基準を総合してオブジェクトを移動させることができる。今回は、目的行動、回避行動、人物の後を追う、判断の遅れ、歩行速度の遅れなどをファンクタとして実装し、各ファンクタを組み合わせることによって柔軟に各オブジェクトの移動性向を決定することを可能とした。

センサインターフェースとアダプティブシミュレータ

人物行動追跡に用いることのできるセンサは数多くあり特性もそれぞれ異なるためシミュレータにセンサのデータを入力するための共通インターフェースを作成した。本インターフェースは共通の入力機構に各センサデータの XML を入力することで共通化を行うものであり、センサに応じて適切なアダプタを作成することで各種センサや仮想のセンサの入力を統一的に扱うことが可能になった。

現段階では実データを取得することができなかったため、前述の人物行動シミュレーションに仮想センサを設置して得ることのできるデータを教師信号として、別に作成した仮想マップを更新する人物行動ジェネレータをアップデートしてより元のシミュレータに近い出力を得ようとする、アダプティブなシミュレータを開発した。属性の推定および目的地の推定には階層ベイズを用い、各移動性向の重み付けはニューラルネットワークを用いて更新していくこととした。今回は本システムを用いて任意の場所にセンサを設置し、シミュレータから得られた出力を再現する実験を行いセンサの設置位置を検討できるシステムを開発した。

まとめと展望

本研究ではアダプティブなシミュレーションを行うシステムの開発を主としており、センサの設置場所を検討する材料としての利用が可能である。今後更に開発を進め、センサの最適配置問題を解くことを目指す。また、本システムは容易にシミュレータを現実世界に導入することが可能であるため、今後は実センサを実際のサイトに設置して本システムに組み込み、シミュレーションシステムの有用性を検証する予定である。

参考文献

Dijkstra, J., A.J. Jessurun, and H.J.P. Timmermans. 2001. "A Multi-Agent Cellular Automata Model of Pedestrian Movement." In *M. Schreckenberg and S.D. Sharma(ed.): Pedestrian and Evacuation Dynamics.* Springer-Verlag, Berlin. pp. 173-181.

森下 信, 2003. “人の流れのモデル化とその応用”, *セルオートマトン—複雑系の具象化,* 養賢堂, pp.130-159.