

「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」  
平成 22 年度採択 研究代表者

H24 年度 実績報告
----------------

神田崇行

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知能ロボティクス研究所・上級研究員

ロボットによる街角の情報環境の構築

## §1. 研究実施体制

(1) 研究代表者グループ

① 研究代表者: 神田崇行(株式会社国際電気通信基礎技術研究所・知能ロボティクス研究所・  
上級研究員)

② 研究項目

- ・街角環境理解技術の研究(研究項目1)
- ・街角環境調和型のインタラクション技術の研究(研究項目2)

## § 2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

本研究では、街角でのロボットの利用のための課題となっている、ロボットと街角環境との調和の実現を目指し、「街角環境理解技術の実現(研究項目1)」と「街角環境調和型のインタラクション技術の実現(研究項目2)」の2つの研究を進める。それぞれの研究項目について、本年度の実施内容を以下に示す。

### (1) 街角環境理解技術の実現(研究項目1)

この研究項目では、街角での人々の広域での移動行動を計測、蓄積することにより、人々の集まりや流れといった街角の状況や場所の使われ方を把握する街角環境理解技術の実現を目指す。平成24年度は、以下の研究を進めた。

#### ・広域での人の位置計測

昨年度までに実現した人追跡アルゴリズムを利用して、街角での広域での人位置計測システムを実現した。大阪の南港にあるショッピングモール、ATC、に49台の距離画像センサを取り付けた。4月から取り付け工事を開始し、キャリブレーション後に再度センサの取り付け位置の調整工事をするなど作業を進め、7月に準備が整った。図1に示す約900㎡の範囲を計測対象とすることができた。現時点で、計測対象領域内に入った人が範囲外に出るまでの間(平均40秒ほど)を、82.4%の性能で同一人物として継続して追跡することが実現できた。大規模な観測データをもとに、人々の集まりや流れといった街角の状況や場所の使われ方を把握する街角環境理解技術を実現するために十分な性能が実現できたといえる。



図1. 計測範囲の地図

#### ・街角の状況認識・環境理解

提案時は認識・解析によるアプローチを予定したが、むしろ個々のエージェント(歩行者)の行動原理をモデル化し、シンプルな行動原理で動くエージェントの局所行動(microscopic behavior)の結果が複雑な大局行動(macroscopic behavior)を作り出す、という創発的な視点に立つモデル化を進めている。すでに、街角環境における人々のすれ違い行動の歩行者モデルを実現した。さらに、昨年度までに取得した通路での移動行動に関するデータセットの統計的な解析を進めた。歩行者は通路の左側を通る傾向があるが、なかでも、通路の中央付近に歩く速度が

速い歩行者が集まり、端付近を速度が遅い歩行者が歩くことを発見した。この現象をモデル化するために、すれ違いに加えて、追い抜き行動のモデルを新たに考案した。このモデルでは、すれ違いと追い抜きの双方を、エージェントが他者の速度を反時計回り方向にやや傾いて扱う、というシンプルな原理であるが、これによって従来法よりも通路の流れ現象をより正確に再現できることが分かった。この結果は、**Plos One**誌(2009年の**Impact factor**は4.092)に採録された[1]。また、より広範囲の移動行動に関する経路点、サブゴール、を算出し、それに基づく移動行動のモデル化も進めた[3]。当領域内の八木プロジェクトと共同研究を進め、いくつかの可能性を模索した後に、本プロジェクトで計測中の距離画像データから、環境理解につながる情報を取り出す可能性を検討しているところである。

## (2) 街角環境調和型のインタラクション技術の実現(研究項目2)

この研究項目では、街角の状況や場所の使い方に関する常識(研究項目1の街角環境理解の結果)を踏まえてロボットが適切なインタラクションを行うことで、街角環境と調和して移動したり、人々に話しかけることを可能にする技術を実現することを目指している。平成 24 年度は、以下の研究に取り組んだ。

### ・ロボットのインタラクション技術

周囲の歩行者と調和した移動に関して、歩行者モデルを用いた制御方法を実現済みであるが、この方法をフィールドでテストした。位置計測技術によって歩行者の統計的出現頻度を計測し、移動行動についてもすれ違い行動のみならずロボットに対する集まり行動もモデル化し、まずシミュレータ上でロボットの安全性を確認した。フィールドで実験を行い、ロボットが安全に移動できることを確認した[4]。このように研究を進める中で、ここで作ったシミュレータがロボットの周囲の混雑の発生の予測に利用できることに気が付いた。そこで、環境との調和の問題、すなわち、ロボットの周囲で起きる混雑、の問題にも予備的に取り組むことにした。混雑に起因して個々のエージェントの感じる快・不快をモデル化し、そのうえでシミュレーションをロボットの行動計画に利用することで、ロボットが混雑を起こしにくい領域で活動するような行動計画ができることを実証した。この結果は人とロボットとの相互作用に関する最難関国際会議、**Human-Robot Interaction 2013**(採択率25%)に掲載され、さらに26本の採録論文の中から最優秀論文に選ばれた[5]。これ以外にも、環境を理解したロボットのインタラクション行動として、適切な位置で待つ行動も、位置計測技術によって得られた軌跡データセットを用いることでモデル化を進めた[6]。

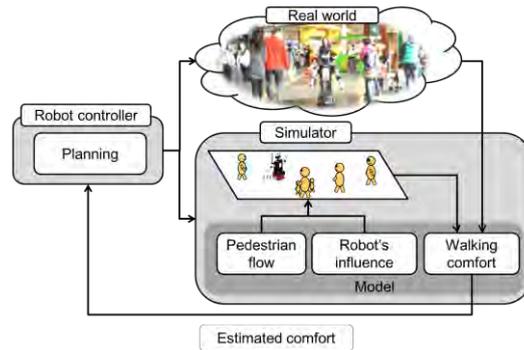


図2. 歩行者モデルに基づくシミュレーションと、その混雑回避型の行動計画への利用

### §3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

##### ● 論文詳細情報

1. Francesco Zanlungo, Tetsushi Ikeda, Takayuki Kanda, A microscopic social norm model to obtain realistic macroscopic velocity and density pedestrian distributions, PLOS ONE, 2012. (DOI:10.1371/journal.pone.0050720)
2. Kotaro Hayashi, Masahiro Shiomi, Takayuki Kanda, Norihiro Hagita, Are Robots Appropriate for Troublesome and Communicative Tasks in a City Environment?, IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, 4(2), pp.150-160, 2012. (DOI: 10.1109/TAMD.2011.2178846)
3. Tetsushi Ikeda, Yoshihiro Chigodo, Daniel Rea, Francesco Zanlungo, Masahiro Shiomi, Takayuki Kanda, Modeling and Prediction of Pedestrian Behavior based on the Sub-goal Concept, The 2012 Robotics: Science and Systems Conference (RSS 2012), 2012. (<http://www.roboticsproceedings.org/rss08/p18.pdf>, DOI コードなし) (Acceptance Rate 33%)
4. Masahiro Shiomi, Francesco Zanlungo, Kotaro Hayashi, Takayuki Kanda, A Framework with a Pedestrian Simulator for Deploying Robots into a Real Environment, Simulation, modeling, and programming for autonomous robots (SIMPACT2012), 2012. (DOI: 10.1007/978-3-642-34327-8\_19)
5. Hiroyuki Kidokoro, Takayuki Kanda, Dražen Bršćić, Masahiro Shiomi, Will I bother here? - A robot anticipating its influence on pedestrian walking comfort -, ACM/IEEE 8th Annual Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2013), 2013. (DOI: 10.1109/HRI.2013.6483597) (Acceptance Rate 25%) (**Best paper award**)
6. Takuya Kitade, Satoru Satake, Takayuki Kanda, Michita Imai, Understanding

Suitable Locations for Waiting, ACM/IEEE 8th Annual Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2013), 2013. (DOI: 10.1109/HRI.2013.6483502)  
(Acceptance Rate 25%)

**(3-2) 知財出願**

- ① 平成 24 年度特許出願件数(国内 1 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 12 件)