

神田 崇行

(株)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. 研究実施の概要

現状のロボットは、人ならばすぐに理解できる街角環境の常識（環境理解）が欠けているために、人々が行きかうショッピングモールのような街角環境において、人々の移動の妨げになったり、過剰な混雑を引き起こしたりするなど、環境に調和できない。このため、現状ではロボットの街角でのサービス提供が困難になっている。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を実現することを目標とする。このために、「街角環境理解技術」と「街角環境調和型のインタラクション技術」との2つの研究を進める。

初年度となる平成 22 年度は、「街角環境理解技術」に関しては、広域での人位置計測のためのセンサの開発を進めた。街角環境で人を追跡するために必要な解像度、読み取り周期を検討し、プロトタイプを試作を行った。さらに、環境理解の研究を行うために、大阪市内の商業施設において人の通行データを計測し、蓄積を進めた。「街角環境調和型のインタラクション技術」については、人の自然な移動のモデル化の研究を進めた。歩行時に自然に互いを避けて歩く行動を再現するために、**Social force model** の改良を行った。互いの移動を予測しながら回避するというモデルを構築し、従来型の **Social force model** よりも適切に人々の移動を再現できることを示した。このモデルを今後ロボットの移動に利用することで、自然な移動行動の再現を目指す。

§2. 研究実施体制

(1) 研究代表者グループ

① 研究分担グループ長：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)(研究代表者)

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)

§3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)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。初年度となる平成22年度は、以下の研究を進めた。

・広域での人の位置計測

3次元計測可能なレーザ距離センサの開発を進めた。街角環境で人を追跡するために必要な、計測範囲、解像度、読み取り周期等を検討し、3次元計測可能なレーザ距離センサの仕様を明らかにした。これに加えて、来年度以降の実験が通常的生活環境であることから、試作するセンサは、レーザ発光周期やレーザのパワー(エネルギー)をレーザ製品の安全基準であるJIS C 6802に準拠させる必要がある。これらの仕様および制約条件に基づき、最初のプロトタイプを試作し、3次元での距離計測が可能であることを確認済みである。これにより、来年度に必要なセンサのハードウェアを製作し、人追跡アルゴリズムの研究を進めることが可能になった。

・街角の状況認識・環境理解

街角の状況認識については「流れ」、「グループ」、「集まり」などの街角の状況の認識を目指している。基本的には広域での人位置計測を必要とするが、効率的に研究プロジェクトを進めるために、上記の3次元計測可能なセンサの開発を待つことなく、街角の状況認識についての研究を開始した。大阪市内の地下街であるDiamor大阪(図1)と、商業施設ATCの2か所で人の通行データを計測し、データを蓄積した。Diamor大阪では6時間の通行データを4日分、ATCでは6時間の通行データを6日分蓄積した。これらの蓄積データをもとに、来年度以降に流れ検出のアルゴリズムの研究を開始することが可能になった。



図1. Diamor 大阪

(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われ方に関する常識 (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。初年度となる平成 22 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

ロボットのインタラクション技術のうちで、周囲の歩行者と調和した移動の研究を進めた。街角で、人々は互いに邪魔になることなく移動している。いわゆる歩き方の社会常識があり、人々はこれを踏まえた行動をしている。この、人々の移動行動を計測し、モデル化する研究を進めた。歩行者モデルとしては **Social Force Model** が良く知られている (D. Helbing, and P. Molnar, "Social force model for pedestrian dynamics," *Physical Review E*, vol. 51, pp. 4282-4286, 1995)。人の移動時に、人は互いにぶつかることなく移動する。すなわち、物理学的な力 (衝突時の斥力など) が働く前に、まるで社会的な斥力 (social force) が仮想的に働いているとみなすと人々の移動行動が上手く説明される。

当初の **Social force model** は各時刻における互いの位置関係に基づき、その距離の逆数に比例するような **Social force** を仮定した。これに対して、本研究では **Social force model** を拡張し、現在の時刻ではなく、将来最も互いに接近する地点における将来的な位置関係に基づく計算を行うことにした (図 2)。すなわち互いの進路をお互いに予測し合い、衝突を互いに予測して避けるという、予測型の歩行者モデルを構築した。実験室内で人々が移動時に互いに回避しあう状態を作り出し、この際の人々の行動を計測することで、その行動の特性を表現する歩行者モデルを構築した。4 人での回避場面 24 回、8 人での回避場面 16 回の計 224 軌跡を収集し、歩行者モデルのキャリブレーションを行った。この歩行軌跡に対して、提案手法は従来手法よりも 15% 以上も性能が良いモデルが得られた¹⁾。この研究結果の報告は、歩行者モデルの研究も報告される、物理学モデルに関する著名なジャーナルの 1 つである **Europhysics Letters** (2009 年の **Impact factor** は 2.893) に採録された。来年度には、このモデルをロボットの移動に利用することで、ロボットによる自然な移動行動の実現を目指す。

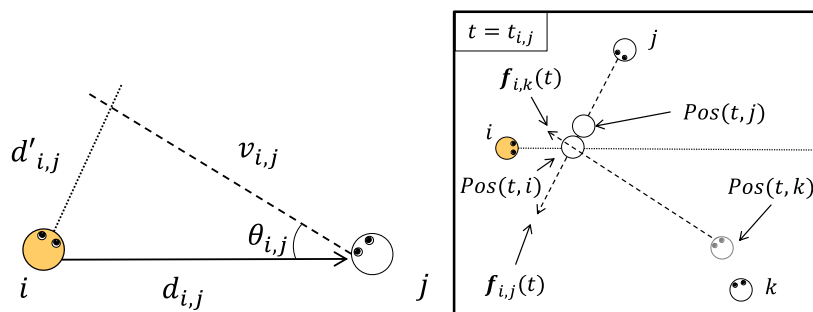


図 2. 衝突予測型の歩行者モデル

§4. 成果発表等

(4-1) 原著論文発表

● 論文詳細情報

1. Francesco Zanlungo, Tetsushi Ikeda and Takayuki Kanda, "Social force model with explicit collision prediction", *Europhysics Letters (EPL)*, Vol. 93, No. 6, 2011 (DOI: 10.1209/0295-5075/93/68005)

(4-2) 知財出願

- ① 平成22年度特許出願件数(国内 10件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 10件)