

人間共生型移動ロボット実現のための「アイコンタクト」 システムに関する研究

Study on a “Eye contact” system for realization of human symbiotic type mobile robot

2151004



研究代表者

群馬大学大学院 理工学部

助 教

小木津 武 樹

〔研究の目的〕

本研究は、移動に係る人間の習性や本能行動に基づく所作から生まれた社会規範を抽出し、移動ロボットに模倣させることで、人間と移動ロボットの円滑な移動を実現することを目指す。

本研究の背景には、昨今の移動ロボットが急速に人間の生活空間に進出していることがある。家庭では掃除ロボットが利用され、会社では警備ロボットが巡回し、公道では間もなく自動運転の車が実用化する。これらの移動ロボットは、人間の生活空間とは隔離されずに利用される、人間共生型ロボットである。

人間共生型ロボットは愛玩用として利用が始まった。愛玩用ロボットは人間に対する精神的な作用を主目的にしている。愛玩用ロボットが人間に対する精神的な作用を及ぼすのに、大きな物理的作用をもたらす能力は必須ではない。そのため、今日存在する愛玩用ロボットは、移動能力は極めて乏しく、子供でも十分に扱えるように出力が厳しく制限されている。

一方で、ロボットをより多くのシーンで利用可能とするためには、ロボット自身の移動、すなわち移動ロボットとしての機能が求められる。

移動ロボットは、ロボット自身を物理的に移動させて人間が必要とする仕事を実施する。移動ロボットは移動できる範囲は広ければ広いほどその価値は高まることは言うまでもない。例えば、特定の部屋の中でしか移動できない場合

は、掃除ロボット程度しかアプリケーションを見いだせないが、家屋全体を移動できるのであれば、家事や福祉などの家屋内の生活支援を行うアプリケーションが考えられ、さらに屋外を自由に移動できるのなら、買い物や宅配など、総合的な生活支援を行うアプリケーションにまで利用範囲が広がるだろう。

しかし一方で、ロボットの移動範囲が広がるということは、より多くの人間と空間を共有することとなり、それだけ「人間社会の一員」として、その規範を守って行動することが要求される。ここでいう規範とは、人間は様々な習性や本能行動を無意識に共有して形成されるものである。この規範があるからこそ、渋谷のスクランブル交差点の様な複雑かつ高密度であっても円滑な移動ができる。人間であっても例えばスマートフォンを操作しながら移動すると、その場の交通流が乱れたり衝突してしまうのは、規範を守らないためである。これは当然移動ロボットにも当てはまる。現代の技術を以って移動ロボットを渋谷のスクランブル交差点を通過させようとしても、移動ロボットは動けなくなったり、他の歩行者と衝突したりして、人間社会に迷惑をかけることになる。

そこで人間共生型ロボット普及の黎明期たる今、本研究を推進して、人間とロボットの良好な共生関係を築く基盤とする。

【研究の内容, 成果】

本研究では、人間の習性や本能行動に基づく所作から生まれた社会規範を抽出する手始めとして、人間の移動時の目の所作を研究対象とした。本研究でアイコンタクトを対象とする理由は、人間の移動時の所作のなかでも最も基本的なためである。ここでいうアイコンタクトは、お互いが目を合わせているか否か、意識的か無意識的に関わらず、人間の社会規範を形成する目の所作のすべてを指す。人間は移動時に、相手への注意喚起や移動方向の提示などの意思疎通を社会規範に従ったアイコンタクトで瞬時に行い、円滑な交通流を形成することが知られている。すなわち、移動ロボットが人間と同様のアイコンタクトを行うことができれば、人間同士のような円滑で自然な移動が実現できる可能性がある。

本研究では、上記仮説を立証するために、大学建屋内に実験環境を構築して、人間同士、あるいは人間とロボットがすれ違う際の、人間の目の活動を観測することとした。

人間の目の活動を観察するにあたっては、株式会社ディテクト社製の視線計測システム ViewTrackerII を利用した。このシステムは図1のように視線計測装置を被験者に装着して用いる。この装置は下部に取り付けられたミラーを介して上部に取り付けられた赤外線カメラで両眼球の動きを撮像する。そして連続的に撮像された両眼球の向きから視線の軌道を得る



図1 本研究に用いた視線計測装置

ことができる。また、装置最上部には被験者の前方に向けられた可視光カメラが取り付けられており、このカメラで得られた撮像と視線の向きと対応付けて記録することができる。

次に、すれ違う際の位置関係や姿勢に表れる所作を計測するにあたっては、Occular Robotics 社製の超高速 3D システム RobotEye RE05-3D をはじめとする複数のセンサを建屋に設置して用いた。RE05-3D は、赤外線レーザーを使って周辺物体との三次元距離点群を高精度・高密度に得ることができる。この装置を用いて移動物（被験者やロボット）が存在しない時の背景距離点群を得る。加えて既所有のセンサを組み合わせることで背景距離点群との差分を取り、移動物の距離点群から、位置関係や姿勢を推定する。

本研究ではまず、上記の装置を使って人間同士のすれ違い時の人間の目の活動を観測する実験を行った。実験では、大学建屋内の長さ約 50 m、幅 3 m の廊下で図2のようにすれ違う。すれ違う人間の一人は十分訓練した実験補助者あるいは被験者、もう一人が被験者とする。被験者にはあらかじめ実験の内容を説明し、インフォームドコンセントを得た。また、図で示すように、被験者の順路は L 字になるように設計した。これは実験前の被験者同士のアイコンタクトをはじめとした意思疎通を避けるためである。また、全実験ですれ違うタイミングや位置を統一するために、床面にテープで順路を示すようにして、被験者に極力順路に従うように指示した。

そして上記の条件に加え、すれ違いの条件を以下の 4 パターンとした。

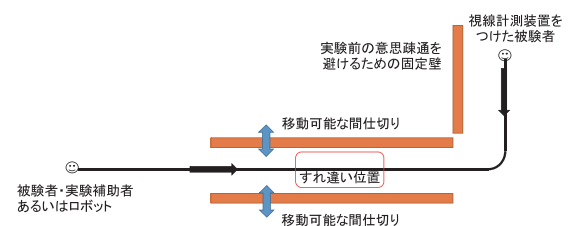


図2 実験環境

- ・被験者同士がすれ違うパターン
- ・視線を正面に固定した実験補助者と被験者がすれ違うパターン
- ・すれ違う際に実験補助者が視線を進行方向に向けるパターン
- ・すれ違う際に実験補助者が視線を進行方向と逆に向けるパターン

なお、実験補助者がすれ違う際、進路を譲るタイミングは同じになるように十分調整している。さらに廊下の幅を3通りに間仕切りで調整し、計12種類の実験を各5名ずつ行った。なお、実験の際被験者の学習による影響を少なくするため、実験の順番はランダムに行っている。

実験の結果、全ての実験パターンにおいて、被験者は必ず一度はすれ違う相手の目、ないしは顔に視線を向け、通路の幅が狭くなるほど、その行動が増える傾向が見て取れた。また、個々の被験者ですれ違い行動のタイミングや方向に癖があり、通路の幅が広くなるほど、癖に従って行動し、逆に通路の幅が狭くなるほど相手の行動に従って行動する傾向が見て取れた。上記の結果から、人間は通路の幅が狭い時に相手とのアイコンタクトをはじめとする所作から生まれた社会規範に従う可能性が示唆された。

次に、すれ違う相手が人間かロボットかに因って変化するかを検証する。本研究のために図3のような目を持つ移動ロボットを開発した。このロボットは、Yujin Robotics 社製 kobuki をベースとして、無線 LAN を介して遠隔操縦ができるように改造を施してある。また、被験者とのすれ違いの際にロボットは目の向きを以下のパターンで操作できるようにした。

- ・視線を正面に固定したパターン
- ・視線を3秒後の進行方向に向けるパターン
- ・視線を3秒後の進行方向と逆に向けるパターン

このロボットを用いて行った実験は前述の人間同士のすれ違い実験と基本的に同様である。ただし、前述の実験における被験者同士がすれ違うパターンに代わり、目が表示されない状態

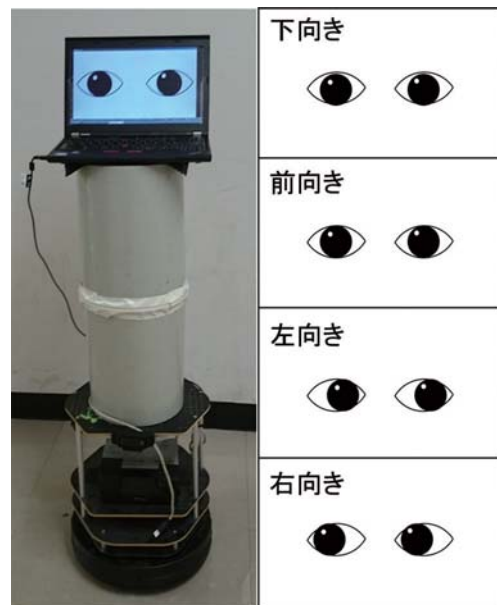


図3 実験用に開発したロボット

でロボットとすれ違うパターンを追加している。他の実験は前述の実験における実験補助者の担当をロボットと入れ替え、実験補助者は実験スペースから見えないところから遠隔で移動ロボットを操作する。なお、ロボットはすれ違う際、進路を譲るタイミングは同じになるように十分調整した。

実験の結果、ロボットに目がある場合、被験者は必ず一度はすれ違う相手の目に視線を向け、通路の幅が狭くなるほど、その行動が増える傾向が見て取れた。また、個々の被験者ですれ違い行動のタイミングや方向に関する癖はロボットであっても変わらないことが分かった。さらに、通路の幅が広くなるほど、癖に従って行動し、逆に通路の幅が狭くなるほど相手の行動に従って行動する傾向も人間とすれ違う場合と同様に見て取れた。

ただし、通路が狭く、ロボットに顔がない場合、被験者が他の実験より早く進路を譲る行動が多くみられた。上記の結果から、人間共生型移動ロボット実現のために、移動ロボットが人間の目の所作を模倣することは、通路が狭い場合で円滑に移動する際に有効であることが示唆された。

〔今後の研究の方向，課題〕

これまでの研究で，移動ロボットが人間の移動時の目の所作を模倣することで，人間との共生を円滑にする効果があることが示唆された。この結果は，人間の習性や本能行動に基づく所作は，社会規範を形成し，円滑な相互作用を生み出しており，ロボットが人間と共生する上においても重要である可能性を示している。

今後はまず，幅広い目の所作の模倣を可能するために，より複雑な目や顔の動きを表現可能とする，プロジェクションマッピングを用いた

立体的な「アイコンタクト」システムの開発を進める。また，現在と同様に移動時の相互作用に焦点を当てながらも，目の所作だけでなく，人間の習性や本能行動に基づく様々な所作を抽出，モデル化し，ロボットに実装していくことで，移動ロボットの人間共生力の去らなく向上を図っていきたい。

〔成果の発表，論文等〕

現在，国際学会論文誌に投稿中である。