

移動ロボットを用いた遠隔地間散歩サポートシステム

筑波大学 宗片 匠

科技団, さきがけ研究 21 / 筑波大学 大矢 晃久

A Walk Support System for Two Distant Persons using Mobile Robots

University of Tsukuba, Takumi Munekata

PRESTO, JST / University of Tsukuba, Akihisa Ohya

Abstract: A walk support system for two distant persons is proposed. Each person is accompanied by a robot as an avatar of the other person. The robot communicates measured position of the adjacent human with each other and mimics the movement of the remote human. The concept of the system and some results of fundamental experiment are shown in this paper.

1 はじめに

遠隔地にいる人間同士がリアルタイムでコミュニケーションを取る手段としては、電話やメールなどの声や文字を扱うもの、テレビ電話のように映像を交えるものが挙げられる。これらの方法では、情報は音声や画像でしか伝えることができないため、遠く離れた場所にいる人間を身近に、同じ空間にいるように感じることは難しい。そこで本研究では、遠隔地にいる人間同士が移動ロボットを介して動作を含めたコミュニケーションを行う方法を提案する。具体的な方法としては、人間の行動を模倣するロボットによって人間の動きそのものを伝えることで、遠隔地間での人間のコミュニケーションを可能とするシステムを開発する。

類似の研究には、人間のジェスチャや会話の内容を遠隔地にいるロボットへと送り、そのロボットがジェスチャを交えて人間とコミュニケーションすることでより円滑な情報交換を行おうとするものがある [1]。他に、表情豊かな顔を持つロボットを用いたコミュニケーション方法もあるが [2]、これらの研究においてはロボットが移動することはほとんどなく、会話や表情によるコミュニケーションに重点が置かれている。

これらに対して本研究では、ロボットが移動することをコミュニケーションに生かすことを目標とする。具体的なコミュニケーションの場として一緒に散歩するシチュエーションを考え、遠隔地にいる人間同士が2人で一緒に散歩を体験できるシステムを構築する。これによって、

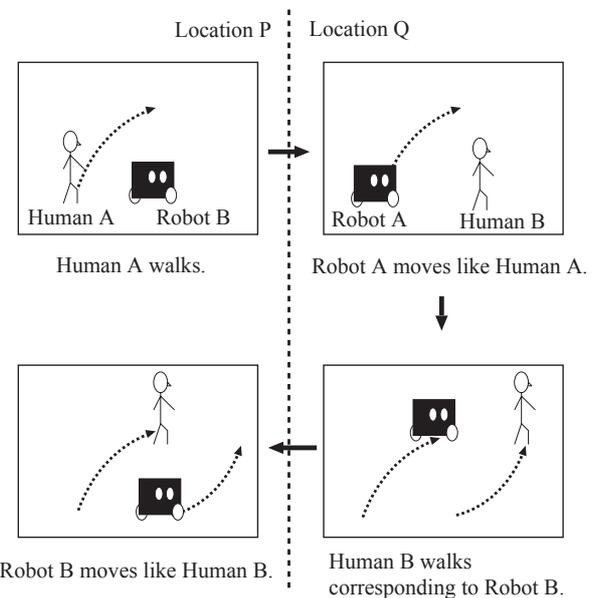


Fig. 2: Flow of accompanying walk of two distant persons.

遠隔地にいる人間がまるで隣にいるかのような感覚で散歩をすることができるようなシステムの実現を目指す。

2 遠隔地間散歩

2.1 遠隔地間の動作伝達

本研究では、2台の移動ロボットを使用する。図1に示すように、それぞれの人間の脇にロボットがつき、遠隔地にいる人間の動きを真似する。つまり、地点Pのロボットは地点Qの人間と同じ動きをする。そして地点Qのロボットは地点Pの人間と同じ動きをする。地点Pの人間は自分の隣にいるロボットを地点Qにいる人間だと思って歩き、地点Qの人間は自分の隣にいるロボットを地点Pにいる人間だと思って歩く。

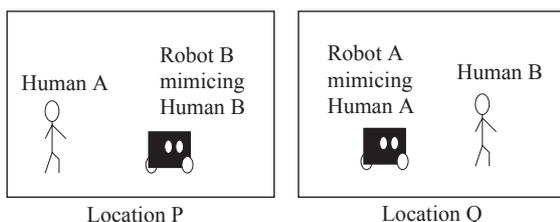


Fig. 1: Motion communication between remote places via mobile robots.

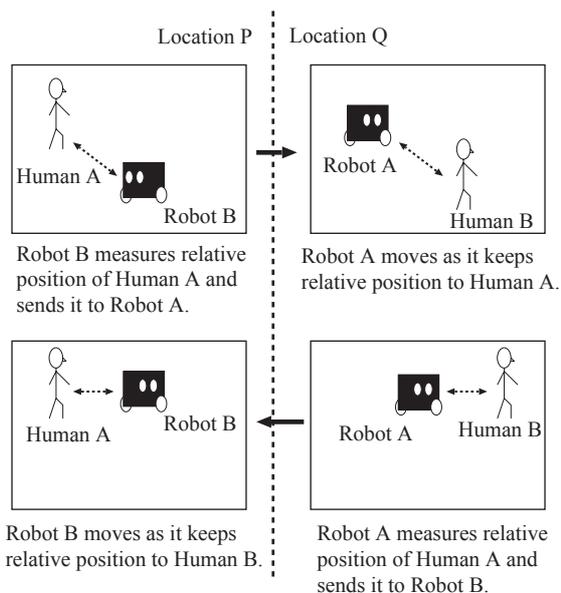


Fig. 3: Communication of position information between remote places.

2.2 遠隔地間散歩の流れ

遠隔地間散歩における動作の流れを図2に示す。地点Pの人間Aが歩くと、地点QのロボットAが人間Aと同じように走行する。そのロボットに合わせて地点Qの人間Bが歩くと、地点PのロボットBが人間Bと同じように走行する。これによって、ロボットを介して地点Pにいる人間Aと地点Qにいる人間Bがあたかも一緒に散歩しているかのような動作が実現できるのではないかと考えている。

2.3 位置情報の交換

このシステムを実現するには、ロボットは遠隔地にいる人間がどのように動いたかを知らなくてはならない。そのために、人間とロボットの相対位置をセンサで計測して遠隔地にいるロボットに伝える。そして、位置を受け取ったロボットは、自分の隣にいる人間との相対位置が遠隔地から送られてきた相対位置と等しくなるように動くことで、遠隔地にいる人間の動きを模倣する。

これを図3を用いて説明すると、地点PにいるロボットBは人間Aとの相対位置を計測して地点QにいるロボットAにその情報を送る。ロボットAは人間Bとの位置を計測して、その相対位置が受け取った相対位置と等しくなるように走行する。そして同時に、測定した人間Bとの相対位置関係を地点PにいるロボットBに送る。

2.4 走行環境

本研究では、人間とロボットのみが存在する広い環境から研究を始める。これは、人間以外にも壁や何かの物体が存在すると、ロボットが環境をセンシングしたとき

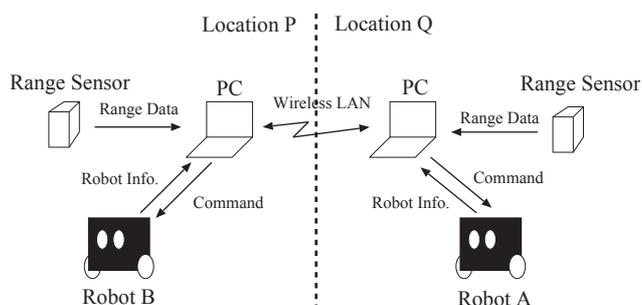


Fig. 4: System configuration.



Fig. 5: Mobile robots used for experiments.

に人間とそれ以外のものを区別する必要性があり、さらに障害物がある場合にはそれを回避する方法も必要となるため、問題が複雑化してしまうからである。そこで、まずは環境を単純化して研究を進めることとした。

この第1のステップが実現された後に考えたい環境は、互いに散歩しているコースは一本道であるが、経路が互いに異なる状況（一方は直線、他方は曲線など）である。この段階では、走行する通路環境と人間との位置関係も考慮に入れて行動制御を行う必要がある。さらに次なるステップでは、環境中に障害物が存在した場合でも走行できるようにし、最終的には道が途中で分岐しているような場合にも対応できるような方法を考えていきたい。

3 システムの概要

本研究で構成するシステムの概略を図4に示す。ロボットには、人間の位置を計測するセンサとして距離センサを搭載する。センサで測定したデータはロボット上にあるPCに送られ、無線LANを介して遠隔地にいるもう一方のロボット上のPCへと送られる。

PCは、測定した人間の位置データと送られてきた人間の位置データ、ロボットの位置や速度などの情報を管理し、得られた情報からロボットの動作命令を決定する統括制御の役割をする。実際に用いる2台のロボットシステムを図5に示す。ロボットの左上部に載っている黒い箱が、人間の位置を計測するための距離センサである。

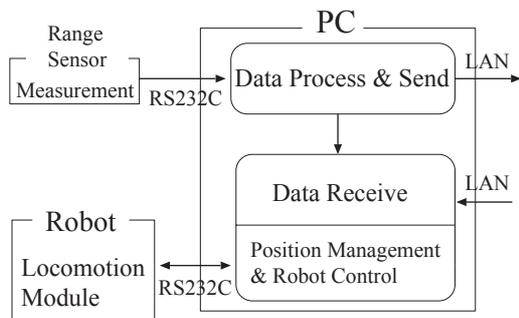


Fig. 6: Software architecture of the system.

このシステムのソフトウェア構成を図6に示す。距離センサで計測されたデータはRS232Cポートを介してPCに取り込み処理する。ここで計算した人間の位置を情報管理部と遠隔地のPCへ送信する。LANを介したデータの送受信は、Spread Tool Kit[3]を用いたアプリケーション間でのメッセージ通信により実現する。受け取ったデータとロボットの位置データを位置情報管理部で管理しながら自らの走行軌跡を決定し、ロボットの走行制御モジュールに動作命令を送る。

4 人間の位置計測実験

人間の位置計測には、北陽電機社製の距離センサPB9-12を用いる。PB9-12は半円状に162度の範囲で赤外光を順次発し、発した光が物体に反射して返ってくるまでの時間から各方向における物体までの距離を得る。実際には、162度の範囲を91ステップ刻みで測定して、そのステップ数と距離が出力される。測定可能な距離は最大で5mである。計算機との通信はシリアルポート(RS232C)を介して38.4 kbpsで行われ、データの更新に要する時間は160ms以下である。このPB9-12を用いて、人間の位置をどれくらい正しく計測可能であるかを検証する実験を行った。

4.1 実験方法

実験は、環境中に人間以外の物体が存在しない空間において、センサを台の上に固定した状態で行った(図7)。計測は、以下の2種類の方法で行った。

1. 図8に示すように、センサに対し真横を向き静止した状態で立っている人間を計測する。センサの真正面の方向をY軸として、それに垂直にX軸をとったときに、人間の立つ位置を $Y=100\text{cm}$ に固定して、 X を $-100, -50, 0, 50, 100\text{cm}$ と変化させて、5カ所で計測を行った。
2. X, Y の座標値が $(150, 100)$ から $(-150, 100)$ に向かって歩く人間を一定の時間間隔で計測した。但し、座標の単位は cm である。

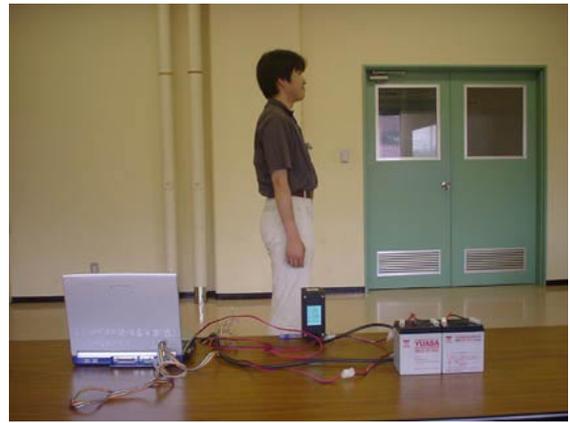


Fig. 7: A scene of the fundamental experiment.

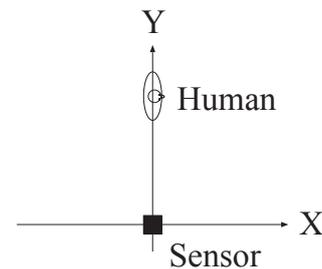


Fig. 8: Arrangement of the sensor and the target human.

4.2 実験結果

4.2.1 データの補正と変換

PB9-12から得られるデータは162度の範囲を91ステップに分割したデータなので、そのままでは扱いにくい。そこで、このステップ数とその方向への距離で表されたデータを、 (x, y) の2次元平面上におけるデータに変換した。また、測距データを見てみると、実際の人間までの距離より小さな値となっていた。このオフセットは、距離によって変化するため、計測された距離毎にオフセットの調整を行うテーブルを用いてデータを補正ことにした。

4.2.2 静止した人間の計測結果

実験1で得られたデータに上で述べた補正を施し、2次元平面上にプロットしたものが図9である。グラフの原点がセンサの位置であり、センサの正面方向をグラフの縦軸にとり、それと垂直な向きに横軸をとった。縦軸、横軸ともに単位は cm である。

PB9-12で人間を計測すると、1回の測定で複数の計測点が現れる。そこで、人間の代表点として、得られた計測点の重心を求めることにした。ここで、人間の位置から大きく離れた場所にもいくつかのデータが存在していたため、一度求めた重心位置から大きく離れた計測点があった場合、それを取り除いてもう1度求めた重心位置

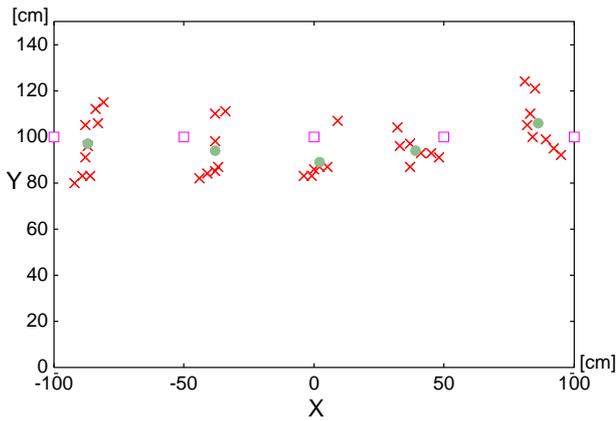


Fig. 9: Experimental result for stationary human.

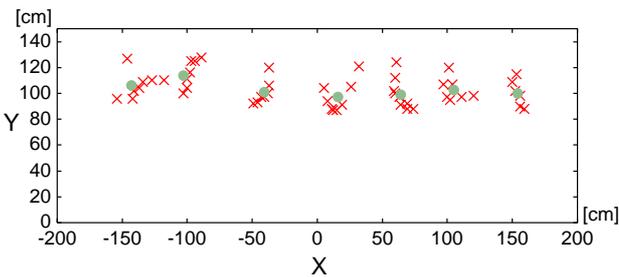


Fig. 10: Experimental result for walking human.

を人間の代表点とした。

図中の×印はセンサで計測された位置を表し、印が1回のスキャンで得られた計測点の重心位置である。そして、印が実際に人間の立っていた位置である。正確には、印の位置に左足の中心がくるようにして左向きに人間を立たせた。この結果より、X方向、Y方向ともに誤差10cm以内で人間の位置が求まっていることがわかる。

4.2.3 歩行する人間の計測結果

図10は、実験2で歩く人間を計測した結果をグラフにプロットしたものである。実験1の場合と同様に、PB9の測距データの補正を行ってから2次元平面上での位置に変換している。図中の×印はセンサで測定したデータであり、印はそのときのデータの重心位置である。この結果から、人間が歩行していてもその位置を計測できていることがわかる。

以上の実験結果により、ロボットが人間の隣を走行する際に、PB9-12のデータを利用して自分の走行経路を決定することが十分可能であることがわかった。

5 走行経路の計画

ロボットは、遠隔地における人間とロボットの相対位置データを受け取り、そのデータと自分の隣にいる人間

との相対位置とを比べて走行すべき経路を決定する。しかし、センサによる位置計測からロボットに行動命令を出すまでには、PC間通信による位置情報交換も含めて、ある程度の時間を要する。したがって、ロボットが遠隔地の人間と同じ動きをするときに、時間的な遅れが生じてしまう。この遅れに対処するためには、ロボットが人間の歩く位置をある程度予測して、走行経路を決定することが必要である。走行経路の決定や人間の位置を予測する方法に関しては、これまで行ってきた人間に伴走するロボットの研究で提案した手法[4]が応用可能であると考えている。

6 おわりに

本稿では、行動を含めて遠隔地にいる人間とコミュニケーションを取ることを実現するための一手法として、移動ロボットを用いて遠隔地間における人間同士の散歩をサポートするシステムを提案した。また、人間の位置計測に用いる距離センサPB9-12の評価を行い、ロボットの走行経路計画の際に考察すべき事柄について述べた。

今後の課題として挙げられるのは、まず無線LANによりPC間で通信を行い、遠隔地にいる人間の位置をロボットに伝えて走行させることである。そして、人間とロボットだけが存在する環境中での遠隔地間散歩を実現した後に、環境を徐々に複雑にしていく予定である。

さらに、トランシーバやインターネット電話をシステムに加えることによって散歩と同時に会話をできるようにしたり、カメラで撮影した人間の画像を提示できるようにすることで、より相手を身近に感じるための機能を搭載することも検討していきたい。

参考文献

- [1] 畠山誠, 西田豊明: “ロボットによる身体動作表現を用いたコミュニケーションの実現”, 2002年度人工知能学会全国大会, 1D1-04, 2002.
- [2] 飯田史也, 原文雄, 綾井晴美: “人間の教示特性に基づく顔ロボットの行動学習アルゴリズム”, 日本ロボット学会誌, Vol.18, No.6, pp.81-88, 2000.
- [3] Yair Amir and Jonathan Stanton: “The Spread Wide Area Group Communication System”, Technical Report CNDS-98-4.
- [4] 宗片匠, 大矢晃久: “人間に伴走する移動ロボット～二台のロボットを用いた基礎実験～”, ロボティクス・メカトロニクス講演会'02, 2P1-K05, 2002.