

移動ロボットを用いたライフサポートシステムの研究 - 小型情報端末の傾きセンサによる移動指令法の提案 -

A Life Support System using a Mobile Robot - An Movement Order Method based on a Slope Sensor embedded in a Mobile Information Device -

遠藤央*, ○遠藤麻衣*, 柿崎隆夫*,

Mitsuru Endo*, ○Mai Endo*, Takao Kakizaki*

*日本大学工学部

College of Engineering, Nihon University.

キーワード : ライフサポート (Life Support), 移動ロボット (Mobile Robot), インタフェース (Interface)

連絡先 : 〒 963-8642 郡山市田村町徳定字中河原 1 日本大学 工学部 機械工学科 サステナブルシステム
研究室

遠藤央, Tel.: (024)956-8784, Fax.: (024)956-8784, E-mail: m_endo@mech.ce.nihon-u.ac.jp

1. はじめに

報告者らは、高齢者や障害者を対象としたライフサポートシステムの研究開発を進めている¹⁾²⁾。従来の研究では、家や室内全体を智能化することにより人間の意図推定を行い、要介護者の支援を行うもの³⁾や、離床や起立の補助など、介護者の肉体的負担を軽減するもの⁴⁾⁵⁾が提案されている。これらのロボットは、それぞれの分野で一定の成果を取めている。

一方で、実際の介護現場では、要介護者個別の状況に合わせた支援内容が望まれている。これは要介護者自身が実行可能な生活タスクは、たとえ困難であっても、要介護者自身が実行すべきだという思想に根差している。これにより、要介護者のリハビリや訓練になり、症状の改善や自立的な生活につながると考えられている。

介護者が要介護者の出来る事を支援することにより、要介護者の症状が悪化し、最終的には、いわゆる寝たきりの状態になる。

本研究では、この現場の声を受け、オンデマンドに必要な最小限の事を支援するシステムの開発を行っている。このシステムでは、介護者と要介護者、支援システムがそれぞれが要介護者の生活タスクを行うことをコンセプトとしている。すなわち、前述したように要介護者自身が出来る事は要介護者自身により行い、離床や起立、移乗などの繊細な動作は介護者が行う。これら以外の生活タスクを提案するシステムの支援タスクとする。国内で最も多いと言われる脳梗塞による片麻痺患者をモデルとし、ブルンストロームのステージに従いタスクについて考察を行ったところ⁶⁾、プライバシーに配慮すべきポータブルトイレの準備/収納や、単純かつ簡

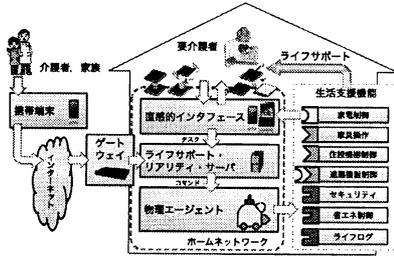


Fig. 1 Concept of Proposed System

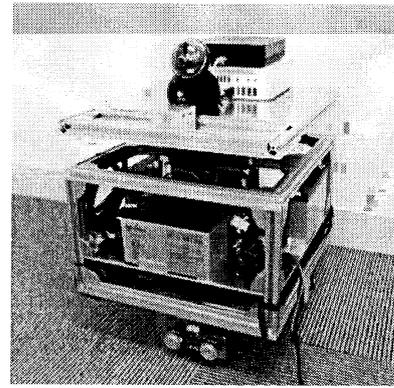


Fig. 2 Physical Agent

単であるが介護者の到達範囲を外にあるタスクの代行などが支援タスクとしてあげられた。

本研究ではこれまでに、これらの支援タスクを実現する為に、コンセプトを提案し、物理エージェントの設計¹⁾を行った。また、直感的インタフェース²⁾のシステムの提案と、それを用いた物理エージェントの操作手法⁷⁾について報告した。本稿では、物理エージェントの操作をする一手法として、直感的インタフェースの傾き情報に基づき、動作を生成する手法について述べる。

2. ライフサポートシステム

図1に提案するライフサポートシステムのコンセプトを示す。提案するシステムは実際に支援を行うロボットである物理エージェントと、システムへの支援要求を入力する操作インターフェース、および、操作インターフェースからの入力を物理エージェントが実行可能な動作群に変換するライフサポート・リアリティサーバの3つのモジュールから成る。

2.1 物理エージェント

図2に本研究で製作した物理エージェントを示す。物理エージェントは時々刻々動的に変化する日常生活環境で柔軟に動作するために全方向移動メカニズムを採用し、周囲の状況をレーザーレンジファインダで計測し、その情報に基づいて動的に運動生成する。また、ラック構造に

Table 1 Specification of the Physical Agent

Width / Length [mm]	350
Height [mm]	340
Min. Radius of Rotation [mm]	248
Weight [kg]	About 30
Power of an Servo-Motor[W]	20
Maximum Velocity[m/s]	1.3
Maximum Acceleration[m/s ²]	8.0

することにより、実際に支援を行うデバイスの搭載を容易にしている。表1にスペックを示す。

2.2 操作インターフェース

本システムの対象とするユーザは機械操作やコンピュータの操作に熟練しているとは限らないため、極力簡単な操作で支援要求をシステムに入力できることを目標としている。これを実現する為に、本研究で開発する操作インターフェースは、小型端末を用いて振る、回す、上げる、下げる、叩くなどの動作を入力することにより、支援要求を入力することをコンセプトとしている。

本研究では操作インターフェースとして、小型情報端末、いわゆるスマートフォンを使用する。スマートフォンにはジャイロセンサや加速度センサ、GPS、照度センサなど多様なセンサがインテグレーションされている。これらのセンサを用いて人間の動作を総合的に取得する。

2.3 ライフサポート・リアリティ・サーバ

ライフサポート・リアリティ・サーバはシステムを統合制御するサーバである。まず、操作インターフェースにより入力された振る、回すなどの動作から、人間の支援要求を抽出する。ここで、物理エージェントが実行可能な動作は限定されるため、抽出した支援要求を物理エージェントが実行可能な動作群として変換する。変換した動作群を物理エージェントに指令として順次送信し、支援を実現するものである。

3. 操作インターフェースによる動作指示

本研究では、これまで物理エージェントおよび操作インターフェースの提案を行い、物理エージェントの運動生成手法について提案した。具体的には、ユーザは物理エージェントの移動目的地を示すために、操作インターフェースの画面に表示された地図上の一点をタッチする。操作インターフェースは入力された地図上の座標位置をライフサポート・リアリティ・サーバに渡し、ライフサポート・リアリティ・サーバにより物理エージェントの目的地として実スケールの位置座標に変換し、物理エージェントに移動指令と共に送信される。物理エージェントは障害物の情報をセンサより得て、ポテンシャル場に基づいた動的な障害物回避をしつつ移動する。これにより、動的に変化する環境での目的地への移動を実現した。本稿では、これに加えて直接ロボットに動作を簡便に与える手法を提案する。

3.1 ロボット速度を指示するアプリケーション

小型情報端末から移動ロボットに速度指令を与える手法は、水川らにより提案されたものがある⁸⁾。これはレスキューなどを目的としたロ

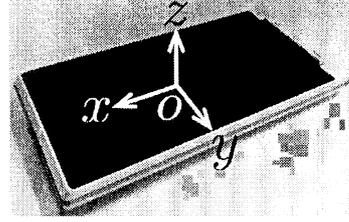


Fig. 3 Coordination on a Mobile Device

ボットシステムにおいて、PDA上の座標点に速度ベクトルを書き込むことによりロボットが動作するものである。本研究では麻痺患者などの要介護者をユーザとしているため、細かい動作を必要としない操作方法を提案する。

本研究では小型情報端末の傾き情報に基づき速度情報を生成する。傾けた方向にロボットの速度を生成することにより、ユーザには斜面を滑り落ちるようなイメージで捉えられるため、直感的に進行方向や速さの増減を捉えやすいと考えられる。

まず、図3に示すような小型情報端末に固定された座標系を定義する。この座標系の x, y 軸周りの角度を小型情報端末の姿勢を姿勢センサにより計測する。計測した角度情報をソケット通信によりロボット制御用コンピュータ内に立てられたサーバに送信し、内部で速度に変換される。速度の変換には次式を用いる。

$$V_{ref} = C_V \theta \quad (1)$$

ここで、 $V_{ref} \in R^2$ は並進速度ベクトルの参照値、 $\theta \in R^2$ はロボットの x, y 軸周りの姿勢を示す。 $C_V \in R^{2 \times 2}$ は速度定数行列であり、以下の通りである。

$$C_V = \begin{bmatrix} 0 & C_v \\ C_v & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

ここで、 $C_v \in R$ は定数である。

操作の仕方や手の震えなどにより、 θ が振動的になった場合、連動して V_{ref} も振動的になる。これによりロボットが不連続な動作をすることを防止するために、 i 番目の制御ループのロボッ

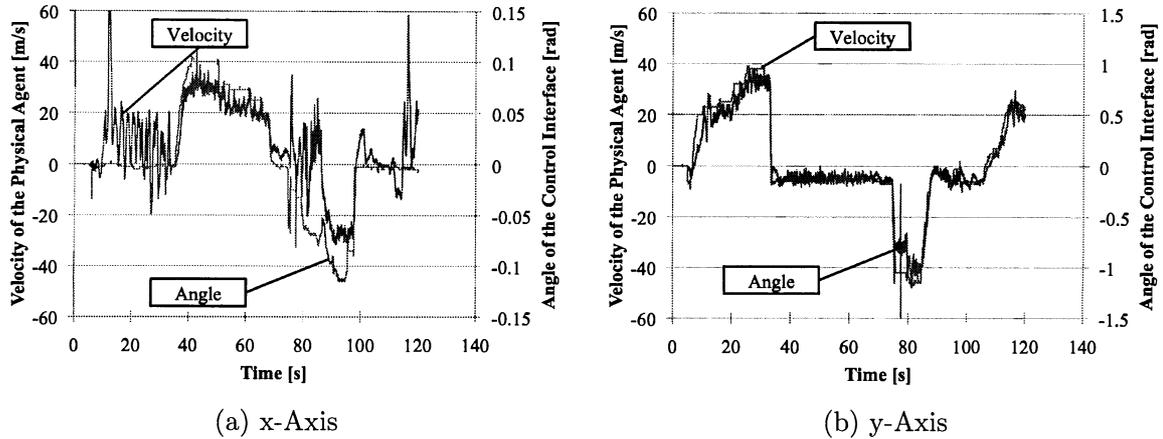


Fig. 4 Comparison of Velocity and Angle

トの速度 $V_{rbt-i} \in R^2$ は次のように移動平均により算出する.

$$V_{rbt-i} = \sum_{k=i-n}^i V_{ref-k} \quad (3)$$

ここで, $n \in R$ は移動平均のサンプル数, $V_{ref-k} \in R^2$ は i 番目の制御ループの参照速度とする.

4. 実験

前節でのアルゴリズムを実装し, 実験を行った. 物理エージェントにはプログラム言語 C++ を用いてプログラム実装した. また, 操作インターフェースには東芝製 REGZA Phone IS04 (OS: Android 2.1 update 1) にプログラミング言語 Java を使用して実装をした.

物理エージェント側の制御コンピュータ上では, ロボット制御プロセスとサーバプロセスが実行される. サーバプロセスはソケット通信のサーバを立ち上げるだけでなく, 受信した傾き情報をロボットの速度に変換するライフサポート・リアリティ・サーバの役割も兼ねる. また, 操作インターフェース上では Model-View-Control アーキテクチャで構築された GUI アプリケーションが実行され, ロボットの基礎コマンドや傾きの情報をソケット通信によりサーバへ送信する.

実験は図 3 に示す座標系の x 軸方向への速度を指令した後, y 軸方向へ速度を指令し, x,y 両軸同時に速度を生成する. 図 4 に実験結果を示す. (a) は x 軸方向, (b) は y 軸方向を示し, それぞれ, 横軸は時間 [s], 縦軸の第 1 軸は小型情報端末の傾き [rad], 第 2 軸はロボットの実際の速度 [m/s] を示す. 実験結果より, 傾き情報に基づき速度を生成し, 運動が生成されていることが分かる.

5. おわりに

本研究では要介護者の日常生活タスクを, 要介護者自身と介護者と分担して支援するライフサポートシステムの研究を行っている. 提案するシステムは実際に支援を行うロボットである物理エージェントと, システムへの支援要求を入力する操作インターフェース, および, 操作インターフェースからの入力を物理エージェントが実行可能な動作群に変換するライフサポート・リアリティ・サーバの 3 つのモジュールから成る.

本稿では, 物理エージェントの動作指令の一手法として, 操作インターフェースにより物理エージェントの速度を直接指定する方法を提案した. 具体的には, 操作インターフェースの傾きをセンサにより取得し, これを物理エージェ

ントの速度に変換することにより速度を指定する。これを実際に実装し、実験を行いその有効性を示した。今後は支援タスクを行うためのエンドエフェクタの開発および実装を行う。

参考文献

- 1) 遠藤麻衣, 遠藤央, 柿崎隆夫: ユーザの直感的操作を考慮したライフサポートシステム 第1報 システムのコンセプトと物理エージェントの設計, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011, 2011(5).
- 2) 遠藤央, 遠藤麻衣, 柿崎隆夫: ユーザの直感的操作を考慮したライフサポートシステム 第2報 直感的インタフェース, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011, 2011(5).
- 3) T. Sato, T. Mori, T. Harada, *Human Information Environment for Ubiquitous Computing Integrated by Hyper Robot*, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, pp.11-17, 2004.
- 4) T. Odashima, M. Onishi, K. Tahara, T. Mukai, S. Hirano, Z. Luo, *Development A Human-Interactive Robot RI-MAN*, The Japan Society of Mechanical Engineers, 16th Intelligent System Symposium, pp.71-74, 2006.
- 5) H. Satoh, T. Kawabata, F. Tanaka, Y. Sankai, *Transferring-Care Assistance with Robot Suit HAL*, The Japan Society of Mechanical Engineers, pp.227-235, 2009.
- 6) 田中宏太, “リハビリテーション医療の実際”, 永井書店, 2001.
- 7) 遠藤麻衣, 遠藤央, 柿崎隆夫: 直感的インタフェースを用いたライフサポートシステムの研究, 機械学会 2011 年度年次大会 2011.
- 8) 水川真, 遠藤茂雄, 松原安彦, 安藤吉伸: 物理エージェントシステム (PAS) における携帯情報端末を用いた遠隔操作システムの構築, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2002, 2002(6).