

介護施設における遠隔見守りシステムの開発

澤島 秀成^{*1)}, 矢野 善敬^{*2)}

Development of Elderly people Monitoring System in Care House

SAWASHIMA Hidenari^{*1)}, YANO Yoshitaka^{*2)}

介護・福祉施設における見守り作業を自動化するための見守り作業支援システムの設計、デザイン、プログラムの実装によるプロトタイプ製作を行い、同時に実際の介護施設における実用性の検証を行った。その結果、パソコン上で見守り対象となる入居者の部屋番号を指定することにより、カメラ付き移動ロボットが対象の部屋へ移動し、同時にパソコンからドア開閉を行うことにより、遠隔操作で特定の部屋の入居者の見守り作業が可能となった。

1. 緒言

我が国では 2007 年に高齢者（65 歳以上）が総人口に占める割合が 21%を超えて超高齢社会に突入し、2035 年には 33.4%と 3 人に 1 人が高齢者になると言われている¹⁾。このような増え続ける高齢者に対応するための社会基盤として介護・福祉関連施設が増える一方で、介護・福祉関係の人材不足の問題がますます深刻化しつつある。介護・福祉関係の仕事が、一般には重労働かつ長時間にわたることから、介護作業支援のための技術が様々な形で研究されている。とりわけ身体に不自由がある入居者や認知症患者等の見守り作業は、24 時間体制で行う必要があることから、これらの分野における情報通信技術の利用は、今後必要不可欠なものとなることが予想される。

施設において各部屋にカメラを設置し、常時入居者の見守り作業を行うことは、技術的には非常に容易である。しかし、常時カメラにより監視されることは、プライバシーの観点から入居者や家族からの理解が得られない。このようなことから、必要な時に必要な場所だけを見守りすることが出来るシステムが介護・福祉施設の現場で求められている。

本研究では、これらに対応するために、必要な時（夜間を含む）に必要な場所へカメラ付き移動ロボット（以下、移動ロボット）を移動させ、見守り作業が行えるような見守り作業支援システム（以下、見守りシステム）の設計、デザイン、プログラムの実装によるプロトタイプの製作を行い、同時に実際の施設における実証実験を行った。

2. 見守りシステムの設計

2.1 見守りシステムの要求仕様

本研究において検討する見守りシステムの要求仕様を表 1 に示す。

移動ロボットを使用した見守りシステムの設計におい

ては、夜間の施設の照明が少ない時に、移動ロボットを正確に必要な場所に移動させて、見守り作業を行えるようにする方法が課題となる。市販のロボットを改造して見守りシステムを構築していくことも検討したが、夜間の運用における課題の解決や、今後の新製品・サービスへの発展性を考慮して、カメラ部分以外は全て筆者らにより設計・製作することとした。

表 1 見守りシステムの要求仕様

項目	要求仕様
見守り対象	・施設内の部屋（入居者）
見守り内容	・入居者の在室確認 ・入居者・室内の異常確認
見守り時間	・昼夜を問わず必要な時
システム構成	・カメラ付き移動ロボット ・操縦用パソコン（集中管理室） ・無線・有線 LAN ・部屋の自動ドア（既設ドア改造）
システム利用者	・施設の見守り作業担当 ・入居者の家族（将来）
デザイン ・その他	・施設や入居者に違和感のないこと。 ・安全であること。

2.2 見守りシステムの設計仕様

前項における要求仕様を実現するために、本研究では、施設の現状を考慮しながら、見守りシステムの設計仕様を表 2 に設定した。

移動ロボットの寸法概要については、ベッドの上の入居者の状態確認や会話が可能な高さ、移動中の安定度から決定した。駆動部については、DC モーター、タイヤ、ボールキャスタで、部屋と廊下の段差（5mm 未満）を乗り越えられるよう考慮した。また、移動ロボット本体には、プログラミングによる機能追加やきめ細かい動作制御、センサの

^{*1)} ライフマテリアルグループ（旧繊維・毛皮革・高分子技術チーム） ^{*2)} ホームケア株式会社

設置による情報処理, データ通信などが行えるようマイコンを搭載した。

移動ロボットは, 施設の集中管理室のパソコンから, 有線および無線 LAN を利用して命令を受けて動作するものとし, 1つの無線アクセスポイントで, 1つのフロア (最長約 100m) を全て移動できるようにした。カメラについては, 暗所でも対応できるように赤外線対応のものを市販品から選択・改造して装着し, また, 電源については, 1回の充電で2時間程度の稼働が可能な容量のニッケル水素バッテリーを使用した。さらに, 各部屋のドアについては, 集中管理室のパソコンから, LAN を通じてその部屋の番号を指定することにより, 開閉できるように施設の改造を行うこととした。

表 2 見守りシステムの設計仕様

設計仕様		備考	
移動ロボット部	寸法概要	縦 500mm*横 500mm *高さ 800mm, 約 10kg	ベッドの高さ, 入居者との対話を考慮
	駆動方式	DC モータ, タイヤ, ボールキャスタ	部屋の段差・走行音を考慮
	駆動制御	マイコン制御 (自作プログラム)	プログラムによる変更, センサ情報処理が可能
	通信方式	WiFi 無線と有線 LAN	TCP/IP の利用
	通信距離	最大距離約 100m	
	カメラ	市販 ネットワークカメラ	暗所対応
	電源	ニッケル水素 バッテリー	充電式
制御方法	パソコンから無線 LAN でマイコンと通信, 制御 (自作プログラム)	OS: Microsoft Windows7,XP	

3. 見守りシステムの実装および評価

3.1 見守りシステムの自動化およびセンサの検討

最初に, 集中管理室のパソコン側で「前進」「ストップ」「右折」「左折」「後退」などのボタンを押すことにより, 移動ロボットを操縦して必要な部屋に移動させる方法 (以下, 手動モード) について実装した。この方法では照明の明るい昼間の見守り作業は可能であるが, 照明の暗い夜間の廊下を移動させて特定の部屋の見守り作業を行うには, 操縦作業にかなりの熟練が必要となる。また, 暗いカメラ画像を頼りに位置を判断し操縦することは, 部屋の誤認識や周囲の物への接触などの可能性も高くなる。

そこで, 本研究では, 照明の暗い夜間でも, 決められた部屋に到達し見守り作業が行えるように, パソコンから部屋番号を指定することによって, 移動ロボットが自動で部屋の前まで移動するような方法 (以下, 自動モード) を検討した。

自動モードでは, 夜間の足元灯の利用や移動ロボットへの測距センサ追加による位置推定, 赤外線センサや LED マーキングの廊下への設置などを検討したが, 動作が不安定になる恐れや施設の大規模な改造の必要性などが考えられた。そこで本研究では, 施設廊下へのテープによるマーキングおよびテープを感知するセンサを移動ロボットに取り付け, そのセンサ情報から直進制御や部屋の特定を行う方法を考案した。

センサとテープの組み合わせとしては, 反射形フォトインタラプタと黒色テープの組み合わせについて検討した。反射形フォトインタラプタ (以下, センサ) は, 比較的安価で入手しやすく, また検出範囲が広いなどの利点があるが, 灰色などの目立たない色への反応に課題がある。そこで, 実際に図 1 に示すセンサおよび疑似回路を利用して, ライン検出の精度や反応などの諸特性について, さまざまな色や色の濃淡条件を変えて調査を行った。その結果, 色の濃淡がはっきりしないグラデーション部分での色の違いの検出は不可能であったが, 白・黒の部分での色の区別は比較的反応は良く, また, センサと地面の距離が 45mm 程度で非常に扱いやすいことが分かった。また, ロボットに複数個設置する場合でも特にセンサ間の距離などに制限はなく, 重量も 2g/個以下であり, さらに設置も比較的容易であることから, 本見守りシステムの自動モードにおいてはこの方式を使用することとした。

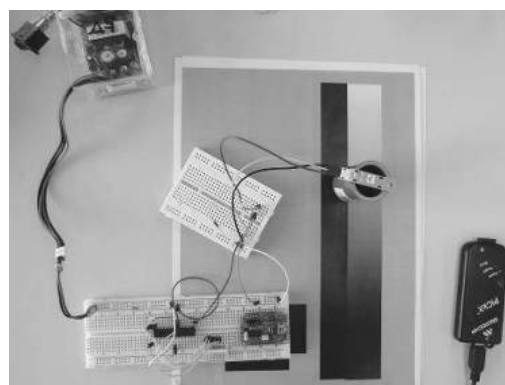
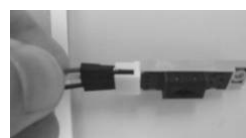


図 1 反射型フォトインタラプタとその特性実験

また, センサは図 2 に示すように, 直進移動・回転用に 5 つを移動ロボットの前面に装着するものとし, さらに部

屋の位置特定用にも同センサを左右に取り付けた。なお、部屋特定用センサは、移動ロボットの回転動作時に直進用のラインを誤認識する可能性が高いことから、図2に示すようにロボットの前後中央付近への取り付けを行った。

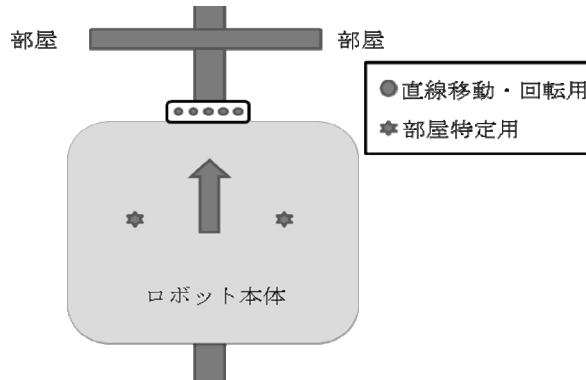


図2 移動ロボットのセンサ設置

3.2 移動ロボットの構成

移動ロボットは、図3に示すように、集中管理室のパソコンと通信を行うための無線通信部、暗いところでの照明を助けるLEDライトおよび会話で使用されるスピーカ、自動モードで使用するセンサ部、移動のためのモータ回路、タイヤを含む駆動部、センサ情報・通信処理・モータ制御などを行うマイコン部およびバッテリー、カメラで構成する。また、これらの部品は、プラスチック製のラック形状にそれぞれ配置することにより、容易に改造やメンテナンスができるよう製作した。

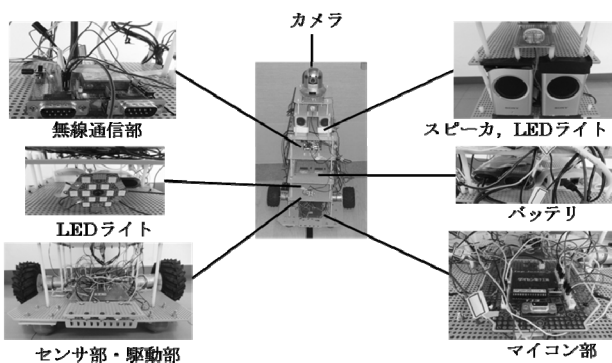


図3 移動ロボットの製作

3.3 見守りシステムの通信内容

移動ロボットのパソコンからの制御にあたっては、ロボット本体に装着したマイコンで処理する部分、パソコンで処理する部分およびマイコンとパソコンの間での通信手順についてそれぞれ実装していく必要がある。一般に、集中管理室のパソコンはマイコンに比べて高速、高機能であることから、移動ロボットの位置の把握や移動方向、回転方向の判断などの複雑な計算処理が必要なものについて、マ

イコンからのセンサ情報を処理して判断することとした。

見守りシステムの通信内容は図4に示すように、パソコン側では、移動ロボットの駆動部（マイコン、モータ）、カメラ、ライトの電源ON/OFFや、前進・後退・左右回転・ストップなどの手動モードの動作命令、バッテリーチェック命令などを、無線を通じて移動ロボットのマイコン側に送信するようプログラムの実装した。一方、移動ロボットのマイコン側は、パソコンから送られた命令を実行すると同時に、センサから得られた情報で必要なものをパソコン側に送信するようプログラムを実装した。また、カメラの画像については、命令やセンサ情報のデータ通信とは別回線のネットワークにより通信するよう実装し、カメラ画像のみ外部からも閲覧可能とした。

ネットワーク接続についてはTCP/IPを使用し、ロボットおよびカメラには独自にIPアドレスを設定した。

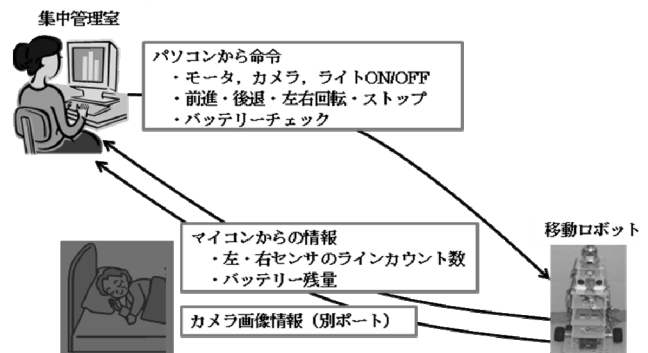


図4 見守りシステムの通信内容

3.4 マイコンプログラムの実装

マイコン側のプログラムは、パソコンからの命令受信手続きおよび命令処理、センサ情報からの判断による直線制御、パソコンへの部屋カウント用センサ情報の送信がメインとなる。

パソコンからの命令受信は、無線通信部とマイコンをシリアル通信で接続し、送られてきた命令（文字列）を判断して、モータ回路への電力や出力ポートを変えることにより、前進、後退、スピード調整、回転、ストップなどの制御を行った。また、バッテリー残量については、パソコンからのバッテリーチェックの命令があった場合、マイコンのA/D変換機能を行い、バッテリーの電圧を調査してパソコンに送信するよう実装した。

直線制御については、直線移動・回転用センサのラインへのかかり具合に応じて、モータの電力を制御するものとした。また、回転時には、同センサの回転情報を感知して回転停止を行うようにした。

部屋特定用センサからの情報は、左・右それぞれカウントされるごとに、マイコンからシリアル通信により、無線送信部にシリアル通信を通じてデータを送信し、無線LAN

を通じてその情報をパソコンに送信するよう実装した。

3.5 パソコン側プログラムの実装

パソコン側のプログラムは、ユーザが操作するユーザインタフェース部分と、ネットワーク通信部分、マイコンからのセンサ情報を処理して移動ロボットの位置を特定する部分をメインに実装した。

ユーザインタフェースは、図5に示すように、大きく電源コントロール部、手動操作部、自動操作部に分けて実装した。

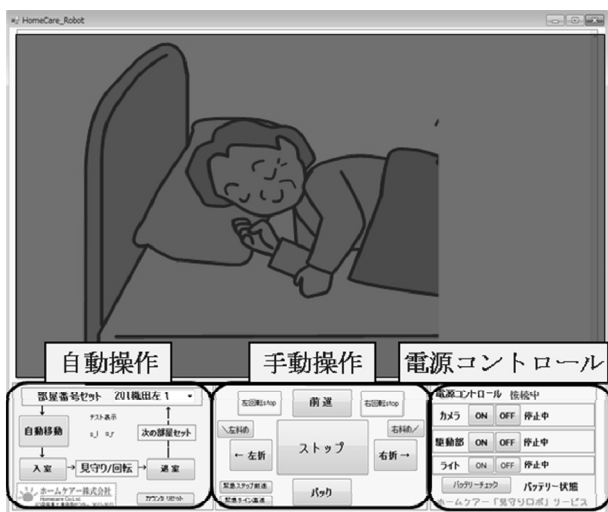


図5 ユーザインタフェース

電源コントロール部は、見守りシステムを起動した時のネットワーク接続の状態表示や、カメラ、駆動部およびLEDライトの電源ON/OFFの機能を、画面の右下側に実装した。また、手動操作部では、手動モードで使用する「前進」「ストップ」「右折」「左折」「後退」などの移動ロボットへ命令ボタンを、画面の中央に配置した。中でも、「ストップ」はもっとも重要なボタンであることから、大きくし真ん中に配置し、操作ミスの少ないように配慮した。また、直線移動・回転用センサを利用して、「右回転 stop」「左回転 stop」を実装した。自動操作部については、自動モードにおいて見守りを行いたい部屋を、あらかじめプログラム内にセットした部屋データの中からコンボボックスより選択し、自動ボタンを押すだけで、部屋の前まで移動・回転し、入室、退室ボタンで、見守り作業が行えるように実装した。カメラ画像については、市販のカメラに付属した操作画面で、その方向や画質の変更が可能であるように十分なスペースを確保した。

ネットワーク通信部分については、起動時に移動ロボットとネットワーク接続を行うものとし、接続に失敗した場合は、全てのボタンが無効で操作できないようにした。自動モードにおけるマイコン側から不定期にデータが送られ

てくるセンサ情報については、非同期通信を利用して、ユーザインタフェース操作や他のプログラムとのスレッドの独立性を確保した。

マイコンからのセンサ情報を処理して移動ロボットの移動すべき位置を特定する部分については、図6に示すブロックという概念を取り入れた。現在、移動ロボットが位置するブロックと次に移動するブロックとの大きさを比較するアルゴリズムにより、移動ロボットが指定された部屋の前で停止、部屋の方向へ回転、入室し、また見守りが終了して退室した後、次に指定された部屋の方向などを判断し、正確に決められた部屋に移動できるよう実装した。

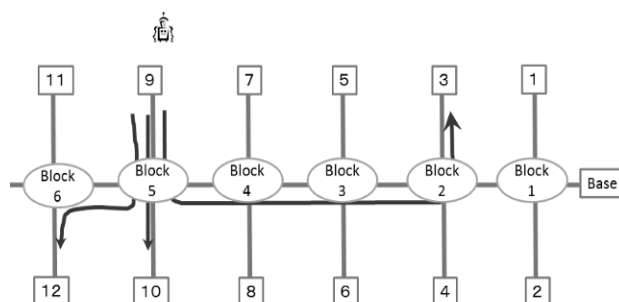


図6 部屋特定のためのブロック

表3 自動モードの操作手順

- ・移動ロボットは、最初は決められたスタート地点。
- ・パソコンで部屋番号を指定して自動移動の命令。
- ・ロボットは指定された部屋のの前まで移動。
- ・指定された部屋のドアの方向へ自動で回転。
- ・操作者が指定された部屋を確認し、パソコン側から自動でドアを開閉操作。
- ・パソコンからの入室命令で移動ロボットの入室。
- ・部屋の中で、被介護者の見守り作業を開始(終了)。
- ・パソコンからの退室命令で移動ロボットの退室。
- ・パソコンで、次の見守り部屋(あるいはスタート地点)の指定。
- ・移動ロボットは、廊下で次の部屋の方向に自動回転。
- ・移動ロボットは、次の部屋の前に自動移動。
- (以下、繰り返し)
- ・移動ロボットは、スタート地点に戻る。

見守りシステムの自動モードにおける操作手順としては表3のようになる。

自動モードの運用にあたっては、移動ロボットが指定の部屋の前まで自動で移動・回転した後、システムユーザがカメラ画像による部屋番号の確認や、ドアの開閉、入室、退室を手動にて安全に運用できるよう配慮した。

なお、入居者から部屋の中までラインを引くことに対して了解が得られる場合は、入室、見守り作業、退室を含めて自動にすることも可能である。

3.6 移動ロボットのデザイン

見守りシステムにおける移動ロボットは、特に認知症患者などの入居者にとって、脅威に感じられることは避ける必要がある。そのことから、出来るだけ誰もが親しみやすいデザインであり、かつ、その見守りの機能を実現する必要がある。本研究における移動ロボットは、図7に示すように本体部とカバー部に分割できるようにした。本体部は、プラスチック板、プラスチック製ポール、基板およびネジ類で構成し、バッテリー容量や機動性、安全性などを考慮して軽量化を図り、かつ、ラック形状で分解可能な形とすることによりいつでも改良・修正が可能な形とした。

カバー部については、それを簡単に着脱できるようにし、外せばすぐにメンテナンスできる形とした。カバーの素材については、万が一、人や物に衝突しても、怪我や物の破損がないように発砲スチロール製とした。

デザインについては、親しみやすい容姿に加え、目の部分は入居者と家族の将来的なコミュニケーション用スピーカ部、ヘソの部分は、暗いところでのLED照明の窓口とした。

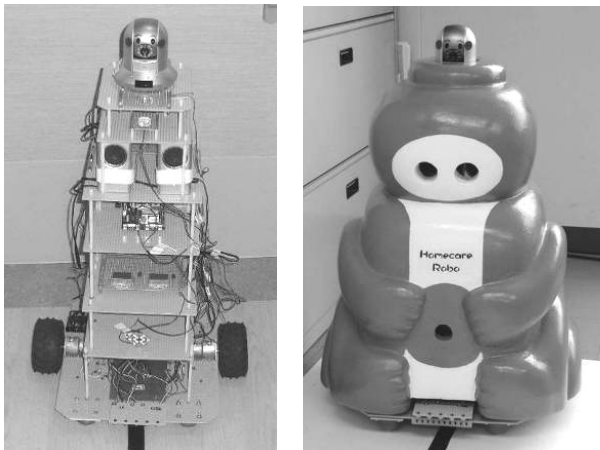


図7 移動ロボットデザイン(左:本体, 右カバー)

3.6 見守りシステムの実証実験

開発した見守りシステムのプロトタイプについて、実際の介護施設（ホームケア奈良）において実用性の検証のための実験を行った。

実験では、パソコンと移動ロボットとのネットワーク通信の状態確認やパソコン側プログラムの操作性について確認を行った。また、移動ロボットに対する手動モードでの命令実行の動作や、自動モードにおけるセンサの挙動および正確な部屋への移動について確認を行った(図8)。さらに、カメラ画像の状況についても、外部からの閲覧を含め

て確認を行った。



図8 実証実験の風景(ホームケア奈良)

その結果、本研究で作製した見守りシステムが、設計どおりに動作することを確認した。また、移動ロボットのデザインに関しては、入居者が「かわいい!」「この子、しゃべるの?」などの良い反応が得られた。これらのことから、本研究での見守り作業支援システムの実用化の目途が立った。

4. 結言

本研究では、見守り支援システムの設計、デザイン、プログラム実装によるプロトタイプ開発を行った。その結果、施設の集中管理室のパソコンから、特定の部屋を指定して見守り作業が行えるシステムの基礎が確立できた。

現在、分かっている課題としては、移動ロボットの運用時間を延ばすために、スタート地点に戻った時に充電する機能の付加や、さらなるセンサの取り付けなどによる衝突防止のための安全性の向上などがある。

今後、実際の介護施設における環境整備および実運用を通じて、さらなる課題の抽出および解決を図りながら製品化を進めていく必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたっては、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科ユビキタスコンピューティングシステム研究室の安本慶一教授、玉井森彦助教にご協力をいただきました。

参考文献

- 1) 平成24年版高齢社会白書(2013)