解 説

高齢者・障害者用食事搬送自動ロボットシステム

Robot for Carrying Food Trays to the Aged and Disabled

河 野 寿 之^{*1} 神 田 真 司^{*2}

^{*1}(株) 安川電機つくば研究所ロボットグループ ^{*2}(株) 富士通研究所ペリフェラルシステム研究所自律システム研究部

Toshiyuki Kouno^{*1} and Shinji Kanda^{*2}

^{*1}YASKAWA ELECTRIC CORPORATION Tsukuba Research Laboratory ^{*2}FUJITSU LABORATORIES LTD. Peripheral Systems Laboratories

1. は じ め に

我が国では、長寿社会の到来による高齢者人口の増加、少子化による若年労働力の不足によって、深刻な看護・介護者不足が予想されている。これにより、福祉施設への社会的依存度はますます高くなり、福祉施設内における定型作業の自動化の要求が高まっている。

特に食事時間帯の配膳・下膳作業は看護・介護業務が集中する時間帯でもあり、これに従事する者にとっては多大な労働負荷が要求されている。

これまでも院内搬送システムを利用してこれらの作業の簡易化を行った例はあるが[1]、あくまでも厨房から各フロアのステーションまでの自動化であり、もっとも人手がかかるステーションから居室内の配膳・下膳の自動化を実現した例はなかった。そこで、我々は各フロアのステーションから居室までの作業を自動化することで介護パワー不足を解消し、看護・介護者が人間的な対面介護に集中できる環境を実現することによる介護の質の向上を目指して、食事搬送ロボットシステムの開発を行っている。

2. 開発における考えかた

本ロボットシステムは、各フロアに置かれた食事ワゴンから必要数の食事を受け取り、廊下を移動し居室内のベッドサイドに進出した後、オーバベッドテーブルに配膳もしくは下膳を行う。したがって、人間との共存を前提としており、我々はこのようなロボットに必要なキーワードとして「安全性」「親和性」「自律性」の三つを上げこれらに留意して開発を進めている。これら三つのキーワードに対応する機能を実現するためのシステム構成ブロック図を図1

に、開発中のロボットシステムの外形図を図2に、仕様抜粋を表1に示す。

2.1 安全性

これまでのロボットにおける安全性は、ロボットを人間から隔離し、両者が決して触れることがない環境を作ることにより実現されてきた。しかし、食事搬送ロボットでは作業空間を人間と共有するため、安全性の確保は絶対条件である。特にロボット移動中の障害物との接触や、マニピュレータ動作中の人間との接触に対する安全性は絶対に確保されなければならない。したがって、安全対策としては障害物を非接触で検出し回避動作させ、可能な限り接触させないようにする安全対策と、不幸にして接触した場合においても決して危害を加えることのない安全対策の二つが重要である。本ロボットシステムのなかではマニピュレータと移動機構部分にそれぞれの安全対策が施されている。

1) マニピュレータ部の安全対策

マニピュレータは水平3自由度、上下1自由度を持っており、先端に食事トレイ把持用のグリップが取り付けられている。安全対策としては、接触を前提とした安全対策が施されており、アーム表面に柔軟材を装着し衝突時の衝撃緩和を行うとともに、可動部の小型軽量化および各関節への機械的な柔軟性とトルクリミッタを実現するためにワイ

図1 システムブロック図

原稿受付 1998年1月23日

キーワード: Manipulator, Mobile Robot, Autonomous Robot, Safety, Welfare

^{*1}〒300-2635 茨城県つくば市東光台5-9-10

^{*2}〒211-8588 川崎市中原区上小田中4-1-1

^{*1}Tsukuba-shi, Ibaraki

^{*2}Nakahara-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa

図2 食事搬送ロボット外形図

表1 食事搬送ロボット仕様抜粋

項目	仕様
外形寸法	600×1250×1495 [mm]
重量	約200[kg]
走行速度	600[mm/s] (定格) 1000[mm/s] (max)
ﾄｲ保持枚数	4枚 (1部屋分)
配膳時間	42分/32食 (目標)
電源容量	110[Ah]
安全性	<ul style="list-style-type: none"> 各種センサによる外界監視 障害物検出・回避時の速度減速 接触時の自動停止と過負荷防止 等
親和性	<ul style="list-style-type: none"> 周囲からの呼びかけへの応答 将来の医療福祉施設をイメージしたデザイン 入退室時の挨拶 等
自律性	<ul style="list-style-type: none"> 外界検出を基にした自律走行と配膳・下膳

ヤ駆動を採用している。さらに、ソフトウェアの面からはアーム表面に取り付けた接触センサの信号を基にした柔軟制御により、接触時における過電力の発生を防止している。図3にマニピュレータの安全対策のまとめを、図4にマニピュレータの内部構成を示す[2]。

2) 移動機構部の安全対策

移動機構は2輪速度差+ステアリング機能により、姿勢を一定にしたまま全方向へ移動でき、ベッドサイド等の狭所においても柔軟な移動が可能である。

安全対策としては、非接触での障害物の検出を可能にするため、外界検出用センサとして光センサ（前方180度、視角0～45度を検出可能）、超音波センサ23個（前面8個、後面3個、側面12個）、視覚センサ5台（前方監視4台、後方監視1台）ができるだけ死角が少なくなるように配置されており（図2参照）、ロボットはこれらが検出した信

図3 マニピュレータの安全対策

図4 マニピュレータの内部構成

号を基に障害物を自動的に回避する。また、パンパには接触センサが全周を8分割して取り付けられており、障害物と接触した場合、ロボットは緊急停止すると同時におおまかな接触位置を検知することができる。

2.2 親和性

ロボットが人間の生活環境のなかで作業の代行やサポートを行うことを考えたとき、単に作業効率や機能を重視

するのではなく、ロボットが簡単に操作できることや操作者や周りの人間がロボットに愛情や親しみを感じることも重要な要素である。つまり、素人でも簡単に操作が行えるインタフェースを実現することや、簡単なコミュニケーションを行うことにより人間の意志を理解し、分かりやすく親しみのあるリアクションを返したりすることが必要である。また、ロボットのデザインにおいても空間に溶け込んだ違和感のない形状、大きさ、色彩等を実現し、親しみがもてるようにすることも重要である。

1) ロボットの操作

本ロボットシステムにおけるロボットの操作はナースセンターや監視センターに設置される遠隔監視装置を使用して行うことを基本としている。操作はグラフィックインタフェースを基調としており、作業の開始・終了指令のような簡単な操作から、食事・患者情報の入力や修正、作業の進行状況や動作状態のモニタリング、作業不能に陥った場合の遠隔回避操作等まで、初心者や素人でも容易に行えるように構成されている。

2) コミュニケーション

本ロボットシステムでは、被介護者・介護者とのコミュニケーションや親しみ感覚等の親和性を表現する部分として情報提示部を有している。情報提示部は頭部回転機構とそれに取り付けられたタッチパネルディスプレイおよび、外周に取り付けた複数のマイクアレイから構成されている。

親しみやすさの表現は、人の発する呼びかけ音を外周に取り付けられたマイクアレイにより取り込み音源を検出すると同時に、検出した音源方向に対しては頭部を回転し、認識した音声に連動した表情をディスプレイに動画像で表示する応答動作を実現することにより行っている。また、入退室時の挨拶や作業不能な場合の困った表情などの様々な感情を表現することで人間との感情の疎通を行うことができる。

3) 外観デザイン

本ロボットの外観デザインは将来的な医療福祉施設のイメージを考慮した上で、明るく楽しいイメージを基に色調が定められており、さらにキャラクター的なイメージを取り入れることにより親しみやすさを表現している。また、外形形状、寸法はベッドサイドにおける被介護者の視点に立って決定されている。外観イメージを図5に示す。

2.3 自律性

ロボットが人間のように自律するためには多くのブレイクスルーが必要であり、また一言で自律性と言ってもそのレベルも様々である。食事搬送ロボットでは、自律性として環境に適用した自律的な移動、自律的な配膳・下膳作業を実現することに重点をおいている。これらを実現するために外界環境の確実な認識とそれらを基にした作業計画、軌道生成、軌道追従、軌道修正等が必要である。このため

図5 外観イメージ図

に、本ロボットでは視覚センサを中心とした環境計測認識機能とそれに基づいたナビゲーション機能で自律性を実現している。

1) 環境の計測認識

食事搬送ロボットの目標とする自律性を実現するためには作業対象物である食事トレイや障害物の計測認識と、施設内のランドマーク等を用いた自己位置の同定が必要である。本ロボットシステムにおいては視覚センサの画像情報を用いて、トラッキングビジョン [3] とステレオ視を組み合わせることでこれらを実現している [4]。トラッキングビジョンでは、画像内の局所領域とテンプレート画像との相関演算を行うことで対象物の検出と追跡を行い、ステレオ視では、三角測量によって対象物までの距離計測を行っている。

2) ナビゲーション機能

作業計画を基に目的地までの基準経路の生成と外界センサからの信号を基に基準経路の再計画を行う機能である。まず、遠隔監視操作装置から入力された配膳情報に基づきフロア内の基準となる経路を事前に生成する。走行中には外界センサのなかで比較的レンジの広い視覚センサカメラにより遠方の障害物を検出しロボットの経路を再計画する。さらに、不意に接近した障害物をレンジの短い超音波センサやレーザセンサで検出し回避経路を生成する。

3. おわりに

本文では開発中の食事搬送ロボットシステムの安全性、親和性、自律性に対する考え方とそれらを実現するための機能について説明した。

本ロボットシステムは、現在最終的なシステム製作を進めており今後医療福祉施設での実地評価を行い、平成10年度の完成を目指している。

また、開発したロボットシステムは食事搬送だけでなく、院内見回りや監視作業等への応用も可能であると考えており、さらに開発された人間共存ロボットの基本技術は医療福祉分野をはじめとするサービスロボットへの応用が可能である。

なお、本研究開発は工業技術院の産業科学技術研究制度（医療福祉機器技術研究開発）に基づき、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託研究により実施しているものである。

参 考 文 献

- [1] 金山ほか：“医療施設内搬送システム安全自動化モデル策定研究”，Robot, no.40, pp.24-36, 1983.
- [2] 河野ほか：“高齢者・障害者食事搬送自動ロボットシステム”，第2回知能メカトロニクスワークショップ講演論文集，pp.102-107, 1997.
- [3] 井上ほか：“局所相関演算に基づいた実時間ビジョンシステムの開発”，日本ロボット学会誌，vol.13, no.1, pp.134-140, 1995.
- [4] M.Hashima and et al.: “Localization and Obstacle Detection for a Robot for Carrying Food Trays,” Proc. IROS, pp.345-351, 1997.

河野寿之（Toshiyuki Kouno）

1960年1月15日生。1984年広島大学工学部第1類卒業。同年（株）安川電機に入社。極限作業ロボット、活線作業ロボット、サービスロボットの開発にかかわり、現在安川電機つくば研究所ロボットグループにおいて食事搬送ロボットの開発に従事。精密工学会，電子情報通信学会会員。（日本ロボット学会正会員）

神田真司（Shinji Kanda）

1960年1月11日生。1984年筑波大学大学院修士課程修了。同年（株）富士通研究所に入社。ロボット用小型ハンド，視覚システムの開発を行う。現在，ペリフェラルシステム研究所・自律システム研究部において食事搬送ロボットの開発に従事。計測自動制御学会会員。（日本ロボット学会正会員）

〔表紙説明〕

「人間共存型ロボット」特集にあたって相応しい表紙ということで、いろいろ頭を悩ましたが、人間共存型ロボット技術が、幸せな家族生活をもたらして欲しいという願いを込めて、3世代の家族のモデルを中心に、いくつかの研究事例の写真を選択した。

左上には、本田技研工業(株)で研究開発されているP3を配置した。皆様も御存じのように、中国の国家主席と共存（握手）した世界最初のロボットである。健康人のためにデザインされた生活・社会環境に最もとけ込みやすいのは、やはり人間型ロボットであろうか。

右上には、ソニー(株)で研究開発されているMUTANTを配置した。詳しくは、本号解説を参照していただくとして、エンターテインメント分野は、今後ますます人間共存型ロボット技術の適用が期待される分野である。少年の事件が多発する今日、彼等に人間性を呼び戻すことができるのは、こんなロボットかもしれない。

右下には、東京大学先端技術研究センター佐藤研究室で研究開発されているロボティックルームを配置した。ロボティックルームは、部屋自体がロボットである人間支援システムであり、これまでに世界になかった考え方のロボットである。近未来の人間共存型ロボットの一つの回答ではないだろうか。

左下には、コマツで研究開発されており商品化目前のバ

ーソナル内装施工ロボットを配置した。詳しくは本号解説を参照していただくとして、人の苦手・大変な部分を補い、人の得意な部分を生かして、人と共同作業を行うロボットである。建設業に限らず、各産業分野でこのような取り組みが、ますます盛んになることを期待する。

最後に、写真をご提供くださった本田技研工業(株)，ソニー(株)，佐藤研究室(東大先端研)，コマツに、深く感謝する。
(横井一仁 機械技術研究所)