

福祉施設における自律型運搬ロボットの開発（第2報）

－ 実地評価試験 －

吉川 毅，橋場 参生，鈴木 慎一
 本間 稔規，澤山 一博，深谷 健一*
 池田 宗司**，河口 忠雄***

Development of Autonomous Carrier Robot in Welfare Facilities (Part II)

－ Field Evaluation Test at a Welfare Facility －

Takeshi KIKKAWA, Mitsuo HASHIBA, Shinichi SUZUKI
 Toshinori HONMA, Kazuhiro SAWAYAMA, Ken-ichi FUKAYA*
 Muneji IKEDA**, Tadao KAWAGUCHI***

抄 録

我々は、福祉施設における介護士の労働負担を軽減することを目的として、複数の部屋を巡回して飲料配達サービスを行う自律型運搬ロボット（呼称：HIRIX-2）を開発した。

本ロボットの性能を評価・検証するため、老人福祉施設において実地評価試験を行った。その結果、走行動作および飲料提供動作に関して、当初の目標通りの性能が得られた。また、福祉施設の職員および入居者による評価結果から、実用化に向けた課題を明らかにすることが出来た。

本報では、本ロボットの実地評価試験の結果について報告する。

キーワード：自律走行，運搬ロボット，実地評価，福祉施設

1. はじめに

高齢化社会がもたらす労働力不足や福祉現場の労働環境の悪化は、介護サービスの質の低下に直接的に結びついてくる。特に介護士の過重労働は、腰痛等の身体的不調を起す要因になるばかりではなく、被介護者との対話不足等といった介護全体のサービス低下を招く。このため、介護士の作業を補助・代行できるロボットの開発が望まれている。

そこで我々は、福祉施設における介護士の労働負担を軽減することを目的として、複数の部屋を巡回して飲料配達サービスを行う自律型運搬ロボット（呼称：HIRIX-2）を開発した¹⁾。本ロボットは、多くの人と物が共存する環境下で行動できる自律機能を実装している。

今回、本ロボットの性能を評価・検証するため、実際の老

人福祉施設において実地評価試験を行った。本試験においては、実環境における走行動作および飲料提供動作に関する技術的評価を行うと共に、福祉施設職員および入居者に対するアンケート調査を行い、現場の視点からの評価を頂いた。

本報では、実地評価試験の結果について報告する。

2. ロボットの概要

自律型運搬ロボット HIRIX-2は、福祉施設における部屋と廊下で構成された平坦なフロアにおいて、小型軽量の介護サービス用品の巡回運搬作業を行うロボットである。今回は、飲料配達サービスを実施することとし、本サービスの対象者は自立生活が可能な被介護者または介護士とした。

HIRIX-2の外観を図1に、主な仕様を表1に示し、その自律走行機能および飲料配達サービス機能について、概要を述べる。なお、詳細は文献1)を参照願う。

1) 自律走行機能

HIRIX-2は作業環境の地図（廊下や部屋等の2次元位置情

* 北海学園大学

** 株式会社池田歯車製作所

*** 上野電機株式会社

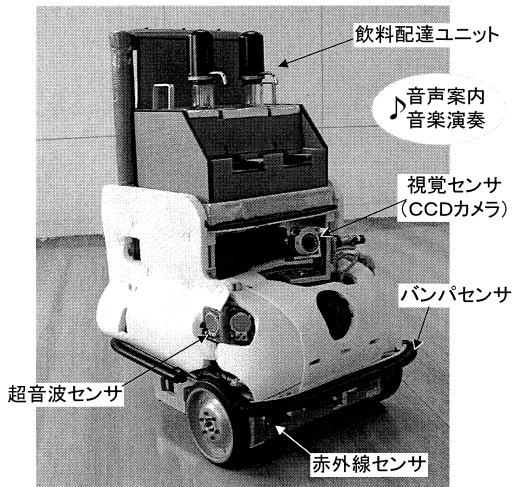


図1 自律型運搬ロボット HIRIX-2

表1 主な仕様

大きさ	幅 600×長さ 700×高さ 980 (mm)
全重量	75Kg (バッテリー, 飲料配達ユニットを含む)
走行速度	最高 1.4 Km/h ≒ 40cm/s
センサ	CCD カメラ, 超音波センサ, 赤外線センサ, バンパセンサ
音声機能	合成音声による動作伝達, 音楽演奏
飲料サービス	飲料配達ユニットを搭載
連続稼働時間	1～2時間 (バッテリー: 12V-16Ah/10Hr×2個)

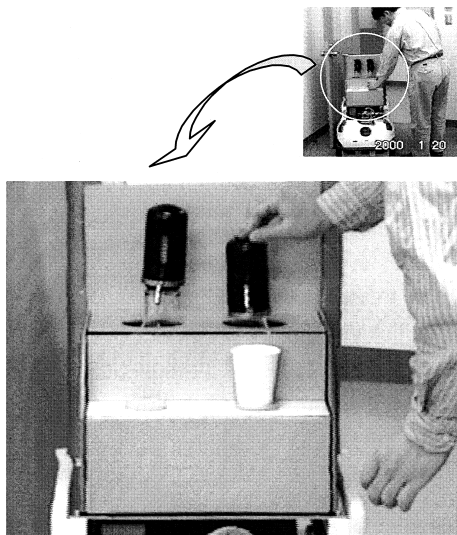


図2 飲料配達サービスの様子

報)を持っており、介護士等が巡回する複数の部屋を指示すると走行経路を自動生成し、その走行経路に沿って部屋を巡回して運搬作業を行う。走行中は適宜、CCD カメラの画像情報や超音波センサの測距情報を用いて自己位置認識を行う

と共に、人や物に衝突しないように回避行動をする。また、合成音声により、ロボット動作の伝達および案内を行う。

2) 飲料配達サービス機能

HIRIX-2は、お茶やジュース等の2種類の飲料を提供する「飲料配達ユニット」を搭載し、巡回目標地点において飲料サービスを行う。本ユニットは、内蔵されたセンサにより、サービス対象者および飲料の注入動作を検出し、自律走行動作と連携してサービスを行う。なお、カップへの注入はサービス対象者が手動(手押し式)で行う。図2に飲料配達サービスの様子を示す。

3. 実地評価試験

実地評価試験は、北海道樺戸郡月形町の養護老人ホーム「月形藤の園」において実施した。試験内容は、当養護老人ホームの作業環境に対するHIRIX-2の諸機能のチューニングおよびデモンストレーション等である。また、評価は下記の2つの観点から行った。

- 1) 実環境における走行動作および飲料提供動作に関する技術的評価
- 2) 福祉施設職員および入居者に対するアンケート調査を用いた、現場の視点からの評価

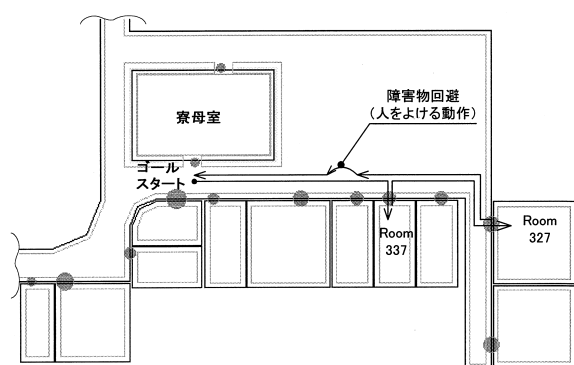
3.1 試験日時および場所

- 1) 試験日時
平成12年2月22日(火)～2月23日(水) 2日間
- 2) 試験場所
社会福祉法人 藤の園 養護老人ホーム「月形藤の園」
特別養護居室棟
(北海道樺戸郡月形町)

3.2 試験条件

- 1) 特別養護居室棟内の廊下、寮母室および2居室(337号室、327号室)を使用した。図3に、本試験においてHIRIX-2が保有した作業環境の地図を示す。
- 2) 施設職員の作業状態、入居者の生活状態および照明条件は特別に設定することなく、通常的生活環境下において試験を行った。
- 3) 居室入り口に設置されたカーテンは、居室への入退室時に飲料配達ユニットに絡み付くおそれがあるため、全開状態で試験を行った。
- 4) 施設職員ならびに入居者の方々にデモンストレーションを見ていただき、現場の視点から評価を頂いた。デモンストレーションの動作概要を図3および以下に示す。

- ① 2部屋を巡回して飲料サービスを行う。全行程は約50mである。動作順序を以下に示す。
寮母室前を出発→337号室に入室、飲料サービス実施→



(デモンストレーションの動作内容を含む)

図3 実地評価試験の環境

退室→327号室へ入室，飲料サービス実施→退室→寮母室前に戻り，動作完了

- ② 移動途中で，歩いている人を避ける動作を行う。
- ③ 飲料サービス動作時，カップへの飲料注水動作は施設職員が行う。

3.3 試験結果と考察

3.3.1 技術的評価

HIRIX-2に実装した諸機能について，当養護老人ホームの環境に適応するためのチューニングを行った。その結果，画像処理や超音波センサによる自己位置認識および障害物回避等の各機能は正常に動作することを確認した。

しかし，画像情報による自己位置認識機能については，CCDカメラの性能上の問題および時間的制約（試験は実質1日間）から，全てのチューニング結果を反映するには至らなかった。このため，デモンストレーションにおいては，自己位置認識機能を限定した状態で走行動作および飲料配達動作を行った。その結果，機能は限定されたものの，全体の走行動作および飲料提供動作についてはほぼ当初の目標通りの動作を確認した。また，両動作の連携も良好であった。試験の様子を図4～図6に示す。

今回のチューニング作業およびデモンストレーションを通して確認された課題について考察する。

1) 自己位置認識機能について

- ・ 搭載した CCD カメラはダイナミックレンジが狭く，施設内の採光状態によっては，処理可能な画像を得ることが出来ず，利用できる自己位置認識手法が限定された。民生用のビデオカメラで撮影した映像を用いると問題はないことから，このような実環境に対応可能なカメラの搭載を検討する。
- ・ 居室へ進入する時は，間口（ドア幅に相当）が狭いため高い位置精度が求められる。現在は超音波センサを用いて進入動作を実現しているが，ロボットの進入開始位置や姿勢角度によっては超音波センサが測距不能な状況が起こ



図4 デモンストレーションの様子(1)



(飲料提供動作)

図5 デモンストレーションの様子(2)



図6 デモンストレーションの様子(3)

る。動作の信頼性を高めるためには，画像情報も用いて入口近傍のランドマークを複数検出し，自己位置認識精度を高める必要がある。また我々は，ステレオ視等を導入した視覚システムの開発²⁾も進めており，今後は本システムの搭載も検討する。

2) 走行動作について

- ・ 部屋の中は照明状態が一様でなく，また，障害物も多い

ため、確実かつスムーズな走行が困難であった。そのため、居室入り口付近を巡回目標地点として飲料提供動作を行った。しかし、介護士の作業を補助・代行するためには、部屋内を走行出来ることが必須である。よって、前項で述べたカメラの選定や超音波センサの測距範囲の拡大等を含めて、精度の高い位置認識手法の開発が必要である。

- 超音波センサの誤動作が局所的に確認された。干渉または外部ノイズによるものと思われるが、原因は特定できなかった。HIRIX-2は、本センサで得られた計測距離を自己位置認識および障害物回避に利用しており、ハードウェアおよびデータ処理手法の改良が必要である。

3) 飲料配達サービスについて

飲料配達ユニットならびにロボット本体共に、防水対策がなされていないため、飲料注入動作には注意を要した。また、飲料の残量検出の機能がないことも施設職員から指摘を受けた。実用機を開発する場合には、十分配慮する必要がある。

4) 音声案内について

施設職員から、「音声が機械的で聞き取りにくい」、「音量が小さくて、入居者（老人）には聞こえづらいのではないか」との指摘を受けた。HIRIX-2は、テキスト形式で登録されたメッセージを発声する音声合成ボード（有線カラベ製）を使用しているが、録音音声を再生する方式との性能比較を行う必要がある。音量については、スピーカの変更で対応した。

5) 実環境へのチューニングについて

試験環境へのチューニング結果を実装する作業に多くの時間を要した結果、デモンストレーションにおいては、使用出来る自己位置認識機能が限定された。ロボットを短時間に効率的に移働可能にするチューニング方法を開発することが必要である。

3.3.2 現場の視点からの評価

本ロボットのデモンストレーションを施設職員（以下、ケアする側と呼ぶ）および被介護者である入居者に見て頂き、本ロボットの総合的な評価および走行ロボット導入の必要性に関するアンケートを行った。調査対象者は全体で14名（男4名、女10名）であり、その内訳を表2に示す。

評価項目は5分類16項目、選択記述2項目および自由記述とした。以下にアンケートの結果を示す。

表2 調査対象者の内訳

	回答者数	備考
ケアする側 (26~50歳)	9名	職種内訳： 介護員 4名 看護婦 3名 生活相談員 1名 事務 1名
入居者 (72~83歳)	5名	養護居室入居者
合計	14名	

表3 16項目別のアンケート結果（平均点評価）

評価方法	5段階評価 (5：思う 4：やや思う 3：どちらでもない 2：あまり思わない 1：思わない)			
項目 評価分類	評価項目	ケアする側 平均点	入所者 平均点	全平均点
ロボットの印象	1 音声や音楽の利用は親しみがもてますか	3.8	5.0	4.2
	2 タッチパネルはロボットへの指示として適当ですか	3.8	4.0	3.9
	3 ロボットの外観は親しみがもてますか	2.1	3.4	2.6
ロボットの走行	4 廊下走行はなめらかですか	4.3	4.0	4.2
	5 居室の入退はなめらかですか	3.9	4.5	4.1
	6 人や物をよける動作は適切ですか	3.3	4.8	3.9
	7 廊下走行の速さはちょうど良いですか	3.7	4.3	3.8
	8 全般的に安心感がありますか	3.9	4.0	3.9
飲料水配達	9 飲料水配達の作業時間はちょうど良いですか	3.0	4.4	3.5
ロボットの必要性	10 このような走行ロボットが福祉施設において必要と思われ れますか	3.4	2.6	3.1
	11 このようなロボットに興味がありますか	4.1	1.8	3.3
	12 価格を抜きに考えた場合、このようなロボットを使い たいと思いますか	3.9	1.8	3.2
	13 このようなロボットの導入により、介助などの仕事が楽に なると思いますか	3.1	2.2	2.8
	14 今後、人間の仕事を補助するロボットが社会に普及してい くと思いますか	4.0	3.2	3.7
作業の現状	15 人手不足を感じていますか	4.3	-	-
	16 仕事に伴う肉体的な疲労はありますか	4.4	-	-

1) 16項目別の評価

表3および図7に16項目別のアンケート結果を示す。評価方法は5段階評価(5:思う【肯定】←→1:思わない【否定】)を用いた。なお、第15および第16項はケアする側だけの回答とした。

また、HIRIX-2の総合評価(第1~第9項)と走行ロボット導入の必要性に関する評価(第10~第14項)について、職種別のアンケート結果を図8に示す。なお、図中の「事務職」は、事務と生活相談員が含まれる。

以下に、各分類毎のアンケート結果を述べる。

- ① ロボットの印象(第1~第3項)
 - ・ 音声案内や音楽によって、HIRIX-2に対して親しみを持った人が多い。特に入居者には好評であった。
 - ・ ロボットの外観評価は低い。
 - ・ タッチパネルによる指示は、デモンストレーション時に見ていない人も多く、よく分からなかったようである。
- ② ロボットの走行(第4~第8項)
 - ・ 廊下走行、居室の入退室、走行速度等、いずれの項目も4に近い評価であり良好な結果であった。入居者の評価が高かった。
 - ・ 人や物を避ける動作についてはケアする側の評価が低かった。
- ③ 飲料配達サービス(第9項)
 - ・ ケアする側には遅く感じられたようであるが、入居者はちょうど良いと感じている。
- ④ 走行ロボット導入の必要性(第10~第14項)
 - ・ この項目はケアする側とケアされる側(入居者)の評価が大きく異なる。ケアする側はロボット導入に対して肯定的であるが、入居者は否定的である。
 - ・ 職種別にみると、事務職(事務と生活相談員)、看護婦、介護員、入居者の順に評価が低くなっている。
- ⑤ 作業の現状

2) 走行ロボットによるサービスに関するアンケート結果

走行ロボットを用いたサービス提供の可能性について、4種類の作業形態の中から必要と考えられる順に3つ選んで頂いた。その結果を表4に示す。夜間巡回と自動掃除の必要度が高く、運搬作業は中程度であった。

3) 走行ロボットの価格に関するアンケート結果

HIRIX-2のような走行ロボットが製品化された場合の妥当な価格に関して、表5にアンケート結果を示す。本項目は、6つの価格帯から選択して頂いた。100万円以下が最多数である。

4) 自由記述の内容

HIRIX-2の実験前および実験後の印象、ならびに飲料配達サービスのデモンストレーションの感想について、自由記述して頂いた。その内容の特徴的な点を以下に述べる。

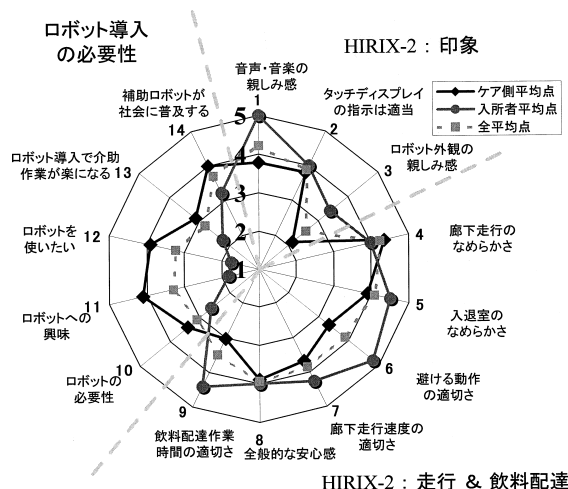


図7 16項目別のアンケート結果(平均点評価)

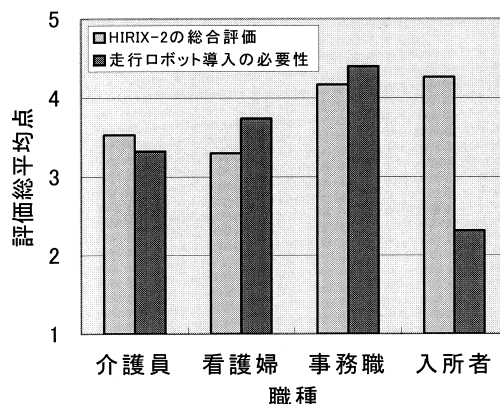


図8 職種別のアンケート結果

表4 走行ロボットによるサービスに関するアンケート結果

必要度	運搬*1	夜間巡回*2	自動掃除	その他*3
必要大	0	4	4	1 ①
必要中	7	1	1	0
必要小	2	3	3	1 ②

備考
 ・自由記述内容から抜粋
 *1 飲料、おやつ、売店購入品、郵便などの配達
 *2 廊下を巡回して異常がないか映像で伝える。
 *3 ①洗濯上がりの品物の運搬
 ②ロボットに手があって、ベッド上の方にも物を差し上げられるようになったら良い。

- ・ 音声案内や音楽を使用しており、親しみが持てる。
 - ・ 飲料配達サービスは、自立した生活が可能な人には適切なサービスである。
 - ・ 動きが遅く、小回りが不便である。もっとスピーディで細やかな動きが必要である。
 - ・ 外観デザインをもっとかわいらしく、親しみやすくしたほうがよい。
- これらのアンケート結果を基に、現場の視点から見た評価について考察する。

表5 走行ロボットの価格

価格帯	人数
100万円以下	4
100万円以上～200万円以下	2
200万円以上～300万円以下	1
300万円以上～400万円以下	1
400万円以上～500万円以下	0
500万円以上	0

1) 作業の現状について

ケアする側は人手不足や肉体的疲労を感じており、介護作業が重労働であることを示している。本結果は、ロボットが介護士を補助・代行できる作業領域があることを示唆している。

2) HIRIX-2の総合評価について

- ・ HIRIX-2の動作の滑らかさ、親和性等については概ね良好な評価が得られたが、障害物回避の安全性を高めることが課題である。
- ・ 走行速度および飲料配達の作業時間は回答者によって評価が異なっており、これらを自由に設定できる機能を付加する必要があると思われる。
- ・ ロボットの親和性を高めるためには、外観デザインは重要な項目である。HIRIX-2の評価は低い、今後の開発において十分解決可能な課題と考える。

3) 走行ロボット導入の必要性について

- ・ ケアする側と入居者では対照的な結果が得られた。ケアする側は、入居者と直接的に係わらない作業領域において、ロボット導入の必要性と期待を持っているが、現在の入居者にとっては、ロボットは人間味が薄く介護されたくないと感じている。また職種別の結果より、入居者と接する時間が長い人ほど、ロボット導入の必要性を否定する傾向があるといえる。一方、電子機器が日常生活で広く普及している今日では、ロボットに慣れ親しむ人が増えてきており、今後の入居者世代の評価は本結果とは異なることが予想される。よって、HIRIX-2のように、作業対象を絞ったロボットの導入が普及していくと考えられる。
- ・ 走行ロボットの提供するサービスは、入居者と介護者のインタラクションがあるサービスより、無人で情報提供や作業を行うサービスが求められているといえる。

4. まとめ

今回開発した自律型運搬ロボット HIRIX-2の性能を評価・検証するため、老人福祉施設の現場において実地評価試験を行った。以下に結果を述べる。

1) HIRIX-2の機能を技術的に評価するために、走行動作お

よび飲料提供動作に関する動作試験を行った。HIRIX-2は、寮母室前から2つの部屋を巡回して飲料配達サービスを行い、一連の動作の中では、障害物や人を避ける動作も行った。なお、巡回走行距離は約50mであった。その結果、ほぼ当初の目標通りの走行動作および飲料提供動作を実現することが出来た。

- 2) アンケート調査により、福祉施設職員ならびに入居者から HIRIX-2の性能および走行ロボット導入に関する評価を頂いた。その結果、HIRIX-2の動作の滑らかさ、親和性等については概ね良好な評価が得られた。また、走行ロボット導入の必要性に関しては、ケアする側（介護員等）は、ケアされる側（入居者）と直接的に係わらない作業領域において、導入の必要性と期待を持っているが、ケアされる側は人間による介護を望んでいることが分かった。

一方、本試験を通して、福祉施設における自律型運搬ロボットの実用化に関する課題が明らかになった。

- 1) 福祉施設の現場では、採光や物の配置などの環境条件が刻々と変わり、また、人の移動も多い。したがって、これらの環境変化への適応手法および効率的なチューニング手法の研究開発が必須である。
- 2) 本ロボットが作業補助の対象としているケアする側からは、「より広い稼働範囲が必要」、「ロボット導入によって仕事が楽になるとは思わない」といった意見も頂いた。また、外観デザインやコミュニケーション機能等に配慮して親和性を高める必要性が高いことも分かった。これらの評価に対して、ロボットの作業性および信頼性を向上することが急務である。

今後は、これらの課題をふまえて、実用化に向けて取り組んでいく。

なお本研究開発は、北海道産学官共同研究テーマ「福祉分野における補助作業用移動ロボットの開発」の一環として、1997～1999年度の3年間で実施したものである。

謝 辞

実地評価試験に際して多大なる御協力と貴重な御助言を頂きました、社会福祉法人藤の園「月形藤の園」阿部幸子園長、菊地秀治事務長、草野満生活指導員、池原圭次生活指導員をはじめ職員の皆様ならびに入居者の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 吉川 毅ほか7名：福祉施設における自律型運搬ロボットの開発（第1報）－全体システムの構成－、北海道立工業試験場報告、No.299、(2000)
- 2) 本間稔規ほか4名：自律移動ロボット搭載用ステレオビジョンシステムの開発、北海道立工業試験場報告、No.299、(2000)