# 施設内生活支援ロボット知能の研究開発 -知的冷蔵庫と環境情報管理サーバを用いた ロボットへの物品情報提供システムの構築-

重松 康祐 (九州大学),村上 剛司 (九州大学),野原 康伸 (九州大学), 長谷川 勉 (九州大学),倉爪 亮 (九州大学)

R&D of Intelligence for Daily Life Support Robots at Care Facilities: An Intelligent Refrigerator System For Robots

Kosuke SHIGEMATSU(Kyushu Univ.), Kouji MURAKAMI(Kyushu Univ.), Yasunobu NOHARA(Kyushu Univ.), Tsutomu HASEGAWA(Kyushu Univ.), and Ryo KURAZUME(Kyushu Univ.)

Abstract— This paper describes an intelligent refrigerator system for a robot working in our daily life environment like care facilities for aged person. Being equipped with a tag reader of RFID and a planar pressure sensor, the system recognizes objects taking in and out, and measures the position of them. Then the system provides the robot with information of stored drinks and foods in the refrigerator upon request. Thus the robot performs a required task of go-and-bring of a specified object for an aged person. The system has been designed and developed as one component of the informationally structured environment, the Robot Town.

Key Words: RFID, Inteligent Storage, Intelligent Refrigerator

# 1. はじめに

介護施設や病院等で,人間の支援を行うロボットの実現が期待されている.例えば,日常的に発生する日用品の手渡しや取り寄せ等の作業をロボットが実行できれば,介護士の負担が軽減される.物品を取りに行く作業では,その対象物品がどこにあるのかを知る必要があるが,ロボット搭載センサのみで施設内にある物品の位置情報を把握することは困難である.そこで,我々の研究グループでは,ロボットの作業を支援するために,環境側に物品の位置や、商品名等の情報を取得する機能を持たせた環境情報構造化のプラットフォームであるロボットタウンの研究開発を進めている[1].ロボットタウンでは,センサ群や知的収納庫により環境内の物品配置や物品情報を取得し,タウンマネジメントシステム(TMS)で管理する.ロボットはTMSに問い合わせることで,物品の情報を取得できる.

本稿ではロボットタウンプロジェクトの一環として , 開発した知的冷蔵庫 (収納庫) について述べる . 知的冷蔵庫は , 庫内の物品入出の検知及びその商品名と位置の取得を行い , TMS の物品情報を更新する . Fig.1 にロボットへの情報提供システムの概要を示す .

現在開発中の知的冷蔵庫は、通常の冷蔵庫と RFID リーダ、バーコードリーダ、底面圧力センサから構成される。あらかじめ物品に RFID タグを貼り付けておき、バーコードリーダによって得られた物品の種類や商品名とタグ ID を関連付けておく、冷蔵庫底面に配置した RFID リーダによってどの物品が入出庫されたかを検知し、冷蔵庫底面に配置した圧力センサにより、物品

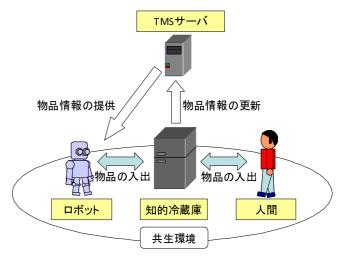


Fig.1 ロボットへの情報提供システムの概要

の位置情報を取得する.そして,これらのセンサから得られた情報を関連付けし,TMSの物品情報を更新する.提案する知的冷蔵庫により,人間にとって自然でロボットが作業しやすい環境を実現できる.

本稿では,知的冷蔵庫の概要,物品入出庫実験の結果,および今後の課題について報告する.

# 2. 知的冷蔵庫の要件

人間・ロボットの両方が活動しやすい共生環境を目指している.ロボットの活動のためには,どこに何があるか知る必要がある.また,人間にとっては普通の

冷蔵庫と同じように,余計な負担なしで使用できることが必要である.そのため,自動で物品の管理を行う 仕組みが必要である.RFIDは,非接触での読み取りが 可能,耐環境性,情報の書き換え,複数同時認識可能 等の利点があり,自動物品管理に広く用いられている.

森らは、Active RFID タグと複数センサを用いた生活空間内の物品の位置を推定する方法を提案した [2] . これは、人間への物品情報提供を目的としており、物品の位置を場所レベルで特定している.しかし、ロボットが作業を行うためには、物品のより正確な位置情報が必要である.また、Active RFID タグは電池を取り替える手間やコストの問題がある.

一方, Passive RFID を利用して物品管理を行う知的 収納庫の研究もなされている [3][4].金野らは RFID に加え,電子天秤,タッチパネルにより食品データを取得し,データベースを更新する知的冷蔵庫を提案した[5].この冷蔵庫は,庫内物品の在庫情報を取得することができたが,入庫の際に使用者がタッチパネルで商品名を入力する必要があり使用者の負担が大きい.また,人間にのみ使用されることを想定して作られているので,庫内における物品の位置を知ることができない.

ロボットが使用できる知的冷蔵庫には以下の 4 つの機能が必要である.

- 1. 物品情報取得機能 庫内に入れられた物品の商品名や種類等の情報を 取得する.
- 2. 物品入出庫検知機能 どの物品が入出庫されたかを検知する.
- 3. 物品位置取得機能 物品が入れられた位置を取得する.
- 4. TMS との通信機能 TMS の物品情報データベースを更新する.

Fig.2 に施設内での物品及び情報管理について示す.

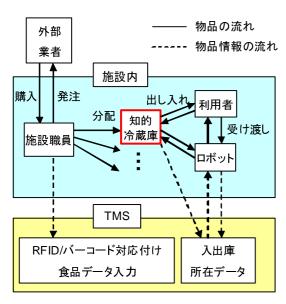


Fig.2 施設内での物品及び情報管理

#### 3. 知的冷蔵庫の構成

本章では,提案する知的冷蔵庫の構成を説明する.

#### 3·1 RFID

冷蔵庫に入れられる物品すべてに RFID タグを貼り,庫内に RFID リーダを設置する. ある時刻に読み取られた冷蔵庫内のタグ ID リストと次時刻のタグ ID リストを比較して,新規に追加されたタグ ID に対応する物品が入庫,削除されたタグ ID に対応する物品が出庫されたと判断できる. RFID は周波数帯によって特性に違いがある. 冷蔵庫内に入る物品として,ペットボトルや缶コーヒー等の水分を含んだものや表面が金属の容器が考えられるため,金属や水分の影響を受けにくく、安価な 13.56MHz の RFID を使用する.

RFID リーダ本体は複数タグを同時読み取り可能な TAKAYA 社製 TR3-LD003D-4 を使用し,アンテナは 金属面に設置しても利用可能な TAKAYA 社製 TR3-SA101M を使用した.Fig.3 に使用した RFID リーダー本体とアンテナを示す.タグは金属非対応の Texas Instruments 社製 Tag-it HF-I トランスポンダ・インレイ 正方形タイプと金属対応の三菱マテリアル社製 Tag-it HF-I シート型オンメタルタグを使用し,物品に応じて 使い分ける (Fig.4 参照).



Fig.3 RFID リーダ



Fig.4 金属非対応タグ(左)と金属対応タグ(右)

#### 3.2 バーコードリーダ

物品情報取得機能を実現するため,バーコードリーダで物品の JAN コードを取得する.この JANコードから財団法人流通システム開発センターが提供している JAN コード統合商品情報データベース(http://www.jancode.net/) に商品情報を問い合わせ,物品の商品名等の情報を取得する.

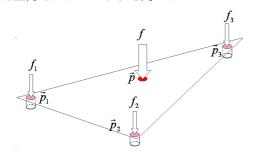
バーコードリーダにはデンソーウェーブ社製  $\mathrm{QD25}($  Fig.5 参照) を使用した .



Fig.5 バーコードリーダ

### 3.3 底面圧力センサ

冷蔵庫底面に配置した圧力センサの出力から,物品位置を計測する.物品位置を取得するため,Fig.6のように,三角形の天板の各頂点部分に圧力センサを配置した圧力センサユニットを用いる.



**Fig.**6 圧力センサ

天板上に載せられた物品の荷重 f は各頂点における荷重  $f_i$  の総和となる .

$$f = f_1 + f_2 + f_3 \tag{1}$$

物品の位置  $\vec{p}$  は各頂点にかかる荷重の重心位置として求められる.

$$\vec{p} = \frac{f_1 \vec{p}_1 + f_2 \vec{p}_2 + f_3 \vec{p}_3}{f} \tag{2}$$

圧力センサユニットは自由に大きさを変更することができ、冷蔵庫内の底面に敷き詰める (Fig.7 参照). 知的冷蔵庫では透明なアクリル板の天板を使用した. 使用した圧力センサ (ニッタ社製 FlexiForce) の仕様を Table 1 に示す.

## 3.4 処理の流れ

知的冷蔵庫による登録,入庫,出庫の各段階における処理は,以下の通りである.

## 3.4.1 登録

新たな物品を知的冷蔵庫内に入れる場合,物品の登録を行う必要がある。まず,登録者(我々のシナリオで介護施設職員)が,物品にRFIDタグを貼り付け,バーコードリーダ,RFIDリーダにかざす。すると,物品情報取得機能によって得られた物品の商品情報とタグIDが関連付けられ,物品情報として統合される。この新規物品情報は,知的冷蔵庫がAPIを実行することでTMS

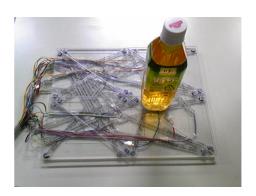


Fig.7 製作した底面圧力センサ

最大測定荷重	110N
無負荷時抵抗	10M
最大負荷時抵抗	20K ± 15%
直線性	< ± 5%
繰返し性	< ± 2.5%
ヒステリシス	< 4.5%
ドリフト	< 3%Log Time
立上がり時間	< 20 µ sec

Table 1 FlexiForce の特性

のデータベースへ追加される.なお,登録は一度だけ 行えばよい.

## 3.4.2 入庫

利用者が物品を知的冷蔵庫内に入れると,物品入出庫検知機能によって得られたタグ ID と物品位置取得機能によって得られた物品位置が関連付けられ,TMS に送信される.

#### 3.4.3 出庫

利用者が物品を知的冷蔵庫から取り出すと,物品入 出庫検知機能により出された物品が特定され,TMSに 送信される.

# 4. 予備実験

## 4.1 物品位置取得機能の予備実験

製作した底面圧力センサの精度を評価するための実験を行った. $200\mathrm{g}$ , $500\mathrm{g}$  の分銅を底面圧力センサ上の任意の 10 点に置き,求めた荷重と位置の誤差を Table 2 に示す.

荷重の誤差は大きなものとなったが,ロボットの作業に物品の正確な荷重は必要でないため問題ないと考えられる.一方で物品の位置の精度はロボットが作業を行う上で十分な結果を得ることができた.

	平均荷重誤差	平均位置誤差	
200g	74.3g	3.9cm	
500g	81.1g	$3.0\mathrm{cm}$	

Table 2 底面圧力センサの誤差

## 4.2 物品入出庫検知機能の予備実験

# 4·2.1 水・金属を含む物品が RFID に及ぼす影響の 調査

RFID タグを貼り付ける物品によるタグ検出への影響を調べるため,金属非対応タグ,金属対応タグを,タグ単独の場合とペットボトル,スチール缶,アルミ缶のそれぞれに貼り付けた場合の最大検出距離を測定した.実験結果を Table 3 に示す.

この実験で用いた金属非対応タグでは,金属の物品に貼り付けた場合に全く読み取れなかった.また,金属対応アンテナの検出距離は,金属非対応のアンテナに比べて短い.

実験結果より金属の物品には金属対応タグを,金属 以外の物品には金属非対応タグをそれぞれ貼り分ける ことにする.

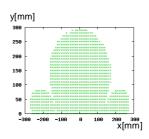
	なし	ペットボトル	スチール缶	アルミ缶
金属非対応タグ	29cm	21.5cm	検出不可	検出不可
金属対応タグ	8cm	8cm	7.5cm	6cm

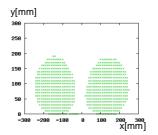
Table 3 貼り付ける物品による RFID の検出距離への影響

#### 4.2.2 タグとアンテナの配置

最適なタグの貼り付け位置とアンテナの配置を検討するため,金属非対応タグと金属対応タグをアンテナに平行,垂直に配置した場合でタグの検出可能範囲を測定した.結果をそれぞれ Fig.8, Fig.9 に示す.

金属対応タグは通信距離が短いため,アンテナを冷蔵庫内収納棚側面や上面に設置するとタグを読み取れない.そこで,物品間の距離が短くなるようにアンテナは収納棚底面に設置する.金属非対応タグはアンテナと垂直に配置した場合にアンテナ中心付近で読み取ることができないため物品の底面に貼り付ける.また金属対応タグは,アンテナと平行に配置した場合にアンテナ中心付近で読み取れないため物品の側面に貼り付ける.



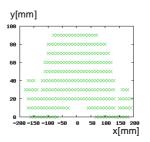


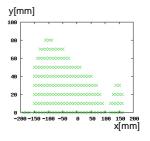
- (a) タグとアンテナを平行に 配置
- (b) タグとアンテナを垂直に 配置

Fig.8 金属非対応タグでの検出範囲

# 5. 物品入出庫実験

複数物品を入庫した場合の物品入出庫検知機能,物品位置取得機能の性能を評価するため実験を行う.500mlペットボトル4本を1本ずつ冷蔵庫内に入れていき,その後一本ずつ取り出していく作業を5回行った.タグ





(a) タグとアンテナを平行に 配置 (b) タグとアンテナを垂直に 配置

Fig.9 金属対応タグでの検出範囲

ID は正しく読み取られ物品の入出庫を検知することができた.そのときの位置誤差平均を Table 4 に示す.複数の物品が置かれた場合にも物品位置の測定精度はロボットが作業を行う上で十分であることが分かる.

	位置誤差
1 個目の物品	5.7cm
2 個目の物品	3.2cm
3 個目の物品	5.5cm
4 個目の物品	3.5cm

Table 4 四つの物品を順番に乗せたときの位置誤差

# 6. まとめと今後の予定

ロボットが冷蔵庫内の物品運搬作業に必要な情報を 提供する知的冷蔵庫を提案した.必要機能である物品情 報取得機能,物品入出庫検知機能,物品位置取得機能, TMSとの通信機能を実装し,物品入出庫実験を行った. 実験の結果,底面圧力センサは複数の物品を知的冷蔵 庫内に入庫した場合にも十分な精度を得ることができ, RFIDによって入出庫を検知することができた.今後 は,様々な物品で実験を行っていく.また,タグIDが 読み取られなかった時のエラー処理等を追加する予定 である.

- [1] 長谷川 勉 , " ロボットタウンの実証的研究-全体計画の 概要- " , 第 24 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 CD-ROM , 2N13 , 2006
- [2] 森 武俊 ,李 銘 ,野口 博史 ,下坂 正倫 ,佐藤 知正 , Active RFID タグと人間行動検知センサによる生活空間における物品場所推定 ", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2009 , 1A2-E02 , 2009
- [3] 福井 類, 勝代 雅行, 森 武俊, 佐藤 知正, "家庭内物流支援用インテリジェントコンテナプロトタイプの開発", 日本機械学会 創立 110 周年記念 2007 年度年次大会, 2P1-O02, 2007
- [4] 福井 類, 勝代 雅行, 森 武俊, 佐藤 知正, "家庭用コンテナケース内物品認識用 RFID アンテナの試作", 第25回日本ロボット学会学術講演会, 1L23, 2007
- [5] 金野 紋子, 増永 良文 , " RFID を用いたインテリジェント冷蔵庫システムのプロトタイピング ", 電子情報通信学会 第 18 回データ工学ワークショップ論文集 , D7-4 , 2007