

可動RFIDアンテナ装置による 家庭用コンテナケース内容物の認識

-家庭内におけるコンテナケースを用いた物品収納最適化の試み-

福井類^{*1}, 三木花子^{*1}, 勝代雅行^{*2}, 門脇啓太^{*1}, 森武俊^{*1}, 佐藤知正^{*1}
(*1: 東京大学, *2: パナソニック株式会社)

Content Recognition of Home-use Container by a Movable RFID Antenna Instrument - A Trial for Home-use Storage Optimization with a Container Case Device -

Rui FUKUI^{*1}, Hanako MIKI^{*1}, Masayuki SHODAI^{*2}, Keita Kadowaki^{*1}, Taketoshi MORI^{*1}, Tomomasa SATO^{*1}.
(*1: The University of Tokyo, *2: Panasonic Corp.)

Abstract— Our research group is developing a home-use object storage/retrieval system, where intelligent containers and RFID tags are utilized to realize sophisticated and robust object management. iDock, one element of the system, has a movable RFID antenna and can recognize the contents of intelligent containers. In a previous works, it was confirmed that iDock can read all tags of a special designed test piece, even if there is a posture mismatch between the RFID antenna and each tag. However, this paper tried to examine the real performance of the movable antenna, therefore RFID tags are installed on commodities, and actual storing container conditions are simulated by several operational personnel. Experiments revealed the relative superiority of the movable antenna with a full motion, but RFID tag's mounting method itself has large effect to the reading performance. Accordingly, necessity of a revised mounting method was ascertained.

1. 結論

近年、生活が豊かになるとともに家庭内の物品・情報が溢れている。このモノ溢れの問題を解決するために、我々の研究グループでは家庭内での物品収納・アクセス支援を行うシステム(家庭内物流支援ロボットシステム)の開発を行ってきた[1, 2]。本システムでは、ロボットによる物品の収納・運搬・情報管理支援を行うために智能化されたコンテナ(iコンテナ)[3]と各物品に貼り付けるRFIDタグを使用する。規格化されているiコンテナは、さまざまな日用品の形状にとらわれることなく、ロボットによる操作を可能にする。また規定サイズ及び指定された構造を有する限り、様々な機能を付加することができ、多様な情報支援・生活支援を行うことが可能である[4]。

本システムの構成要素の1つとして、RFIDアンテナを持つ多機能中継装置(iDock)を開発してきた[5]。本システムにおけるiDockの役割をFig. 1に示す。iDockは生活空間内にコンテナ物流の中継地点として設置し、情報収集やコンテナの円滑かつ高速なハンドリングという点におい

て、他のシステム構成要素の機能を補う。具体的には位置計測用のLEDマーカや組み込みRFIDアンテナを装備しない安価なiコンテナの、操作補助や内容物認識を行う。iDockの詳細については2.2節で述べる。

先行研究[5]では、RFIDタグを直交に98枚貼り付けた試験用のテストピースを用いて、可動RFIDアンテナの有効性を示した。しかし、日用品はRFIDの読み取りに適していない金属や水分を有する物品も多く、また実際にコンテナケースに物品を収納した状態では、RFIDタグ同士の接近、タグの折れ曲がりといった問題が発生することが予想される。そこで本研究では日常生活を想定し、コンテナケース内に日用品を収納した状態におけるiDockの物品認識性能を把握することを目的とする。

2. 可動RFIDアンテナによるコンテナケース内容物の認識

本節ではまず、家庭内物流支援ロボットシステムにおいて日用品に取り付けることを想定しているRFIDタグについて述べる。続いて、今回実験に使用するiDockの構成について簡潔に説明する。

2.1 本システムで使用するRFID

RFID(Radio Frequency Identification)は、電磁誘導もしくは電波通信によりタグ固有のIDを認識し、物品の在庫管理や人物の入退室管理などに使用されている。RFIDタグには電池を内蔵するアクティブ方式とアンテナから給電されるパッシブ方式があるが、電池の交換は日常生活においては煩雑な作業となるため、本システムではパッシブ方式のタグを選定している。

パッシブ方式のRFIDタグには様々な規格のものが開発・販売されているが大きく分けてTable 1のような種類

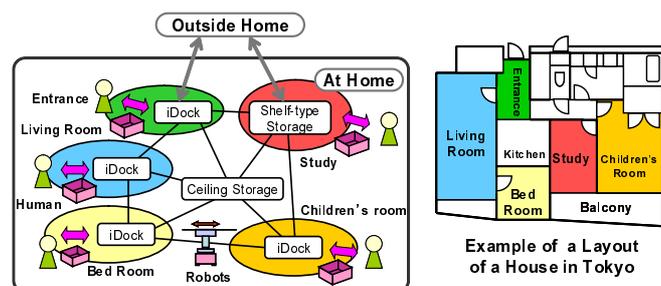


Fig.1 Concept diagram of iDock.

Table 1 Comparison table of passive RFID.

	135kHz	13.56MHz	2.45GHz	UHF
方式	電磁誘導方式	電磁誘導方式	マイクロ波方式	UHF帯方式
通信距離	60cm程度	70cm程度	1.5m程度	数m
水の透過性	◎	○	×	×
金属による反射の小ささ	◎	○	×	×
同一周波数のノイズの少なさ	×	○	◎	◎
タグの薄さ	厚い	薄い	薄い	薄い

がある．本システムでは 13.56MHz のものを使用している．これは、通信距離が適度であり物品ごとの認識 (Item level identification) に適していると言われ、また食品に多く含まれる水分の影響を大きく受けにくいという特徴があるからである．

2.2 iDock (可動 RFID アンテナ装置)

iDock の概要を Fig. 2 に示す．iDock は生活環境の各部屋に置くことを想定しており、生活空間を侵害しないようコンパクトスタイルと RFID 読み取りスタイルの 2 つのスタイルを実現出来るようになっている．

RFID 読み取りスタイルでは、テーブルが解放されて、コンテナを複数重ねて設置出来るようになり、さらに RFID アンテナが天井より下降してきて読み取り可能状態となる．可動 RFID アンテナは上下動することで積み重ねられた i コンテナのうち目的の段で読み取りを行うことができ、さらにロール軸・ピッチ軸の 2 方向での旋回が可能である．この旋回動作により、RFID アンテナとタグが直交してしまう状態、つまり電磁誘導式の RFID では読み取りが出来ない姿勢状態を回避することが出来、テストピースを用いた実験では 100 [%] の読み取り率を達成している [5] ．

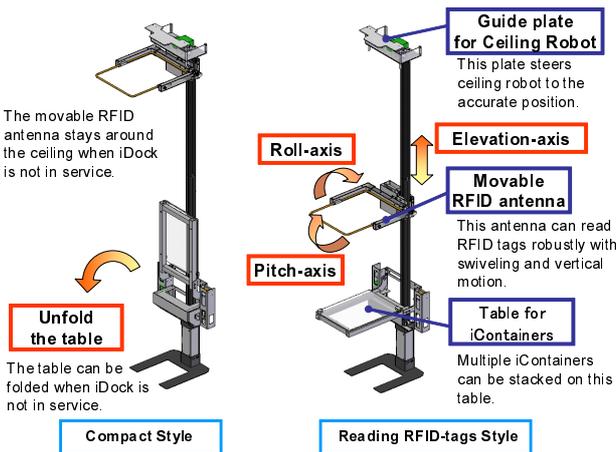


Fig.2 Abstract of iDock.

3. iDock 制御プログラムの実装

本節では実験準備として iDock の可動 RFID アンテナの動作パターン制御、そして RFID アンテナからのタグ読

み取り情報を処理するプログラムについて述べる．

3.1 アンテナの動作パターン制御

可動アンテナの動作は Fig. 3 に示す 3 つによって構成される．これらを組み合わせることによって、コンテナ内で様々な姿勢を取る物品及びその RFID タグを読み取るが、本論文では比較のために次の 4 つの動作パターンを実装した．

1. Full motion: 上下並進、ピッチ旋回、ロール旋回動作を順次行う動作パターン
2. Rotary motion: ピッチ旋回、ロール旋回動作を順次行う動作パターン
3. Pitch motion: ピッチ旋回のみ動作
4. Roll motion: ロール旋回のみ動作

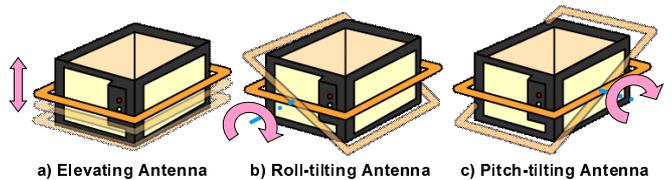


Fig.3 Antenna driving method.

3.2 RFID タグ情報を処理する GUI プログラム

上記の動作パターンを iDock で実現しつつ、RFID アンテナと通信をしてタグ情報を処理するプログラムを実装した．Fig. 4 に実装した GUI の外観を示す．この GUI プログラムでは前節で挙げた 4 つの動作パターンをボタンで選択出来るようになっている．また、RFID アンテナで読み取られたタグのリストがテキストエリアに表示されるようになっており、ID を選択して詳細読み取りボタン (READ TAG DATA) を押すことでタグ内部の詳細情報 (物品名、賞味期限、製造者情報など) を読み取ることも出来る．

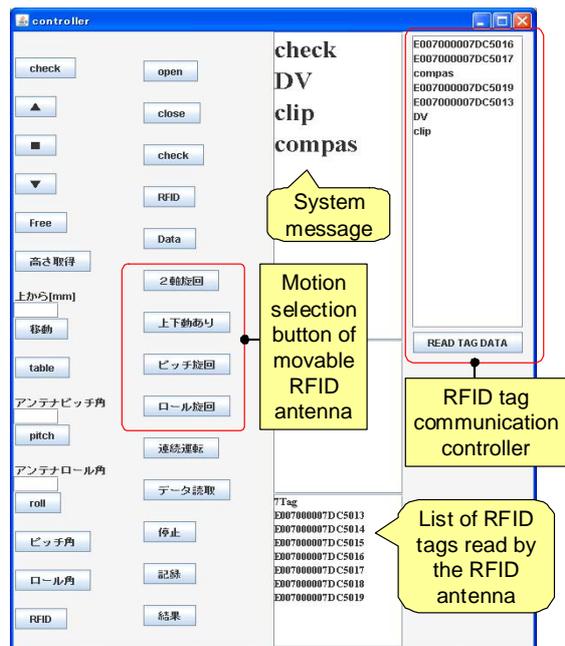


Fig.4 GUI control program of iDock.

4. 実験

本実験では、先行研究で行ったテストピースによる RFID 認識性能ではなく、実際に日用品の収納を模擬した状態における認識性能を把握することが目的である。

4.1 実験設定

- 読み取り対象物品

雑貨・食品・文具の3つのカテゴリから合計28個の物品を対象として Fig. 6 に示すようにタグを貼り付けた。対象物品は具体的に以下の通りである。

雑貨：入浴剤、シャンプー、虫よけスプレー、柔軟剤、歯磨き粉、洗顔料、カイロ、蚊取りリキッド、石鹸、ハンドソープ

食品：即席コーヒー、ジャム、米、紅茶、レトルトパック、カップめん、ペットボトル、調味料、のり

文具：プリンタ用紙、インク、セロテープ、ビデオテープ、クリップ、荷ひも、ペンセット、コンパス、ガムテープ

- 収納方法

日常生活における収納でも、ある程度物品のカテゴリが近いものを同一のコンテナに収納すると考えられるので、本実験でも各カテゴリごとにコンテナに収納することとした。カテゴリの分け方については、ユーザごとに異なることが考えられるが今回はコンテナ内に収納される物品を一様にするため、カテゴリは変えない設定とした。

- 被験者: 20代男性3名(大学生, 大学院生)
- アンテナ動作パターン: 前節で示した4通り
- 繰り返し数: 3回



Fig.6 RFID tags installed on daily-use objects.

4.2 実験結果と考察

3名の被験者が収納した3つのカテゴリのコンテナの様子を Fig. 7 に示す。筒形状のものシャンプーや柔軟剤また平型のプリンタ用紙などを、どのように収納するかの個人差が見てとれる。

Fig. 5 に Full motion でアンテナを動作させたときの連続写真を示す。また各々被験者が物品を収納したコンテナを各動作モードで読み取った結果を Table 2 に示す。表中で Object ID の一文字目が物品のカテゴリ (A: 雑貨, B: 食品, C: 文具) を示す。被験者の記号 Sa, Sb, Sc が各々3名の被験者に対応している。また、各数値は3階読み取り実験を行ったうちの、読み取りが可能であった回数を示している。

まずアンテナの動作パターンの影響に関しては、アンテナの上下動を行った場合と行わなかった場合の差はほとんど見られなかったが、ロールのみ・ピッチのみの旋回より



Fig.7 Snapshots of test container with daily-use objects.

Table 2 Experimental result of object level RFID recognition. Each value indicates the readable RFID tags number (Maximum is three).

Object ID	Motion pattern	Full			Rotary			Pitch			Roll		
		Sa	Sb	Sc	Sa	Sb	Sc	Sa	Sb	Sc	Sa	Sb	Sc
A1	Bath additive	3	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0
A2	Shampoo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	Bug spray	3	0	3	3	0	3	3	0	0	3	0	3
A4	Softner	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	2
A5	Toothpaste	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
A6	Facial wash	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
A7	Hand warmer	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
A8	Repellent	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0
A9	Soap	3	2	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3
A10	Hand soapliquid	3	3	3	3	3	3	3	3	1	0	3	3
B1	Instant coffee	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	Jam	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
B3	Rice	0	3	3	2	1	1	2	0	2	0	0	2
B4	Tea bags	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0
B5	Retort pouch	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0
B6	Cup noodle	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3
B7	Plastic bottle	3	3	3	3	3	3	0	3	2	3	3	3
B8	Sauce	3	3	0	1	3	1	3	0	0	0	3	0
B9	Seaweed	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	1	3
C1	Copier paper	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C2	Ink cartridge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	Scotch tape	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0
C4	Digital video cassette	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	0	0
C5	Clip	3	3	0	3	3	0	3	3	0	3	3	0
C6	String	1	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3
C7	Pen	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3
C8	Compass	2	3	1	1	3	2	2	3	3	2	3	1
C9	Packing tape	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3

		Object (or package) comprises metal material
		RFID tag on the object made a contact with other RFID tag or metal material
		Reason for failure was unknown

も、両旋回を行う場合の方が読み取り性能が向上することが確認された。上下動の有無による読み取り結果の差異が小さかった理由は、アンテナの大きさ (450 × 350 [mm²]) に対してコンテナの深さ (160 [mm]) が小さく、アンテナとの対面距離がいずれの場合も十分近い状態であったためであると考えられる。

これにより先行研究でも確認されていたアンテナの旋回による読み取り率の向上が、日用品を用いた本実験でも確認できたと言える。

続いて日用品への適用という面における分析としては、

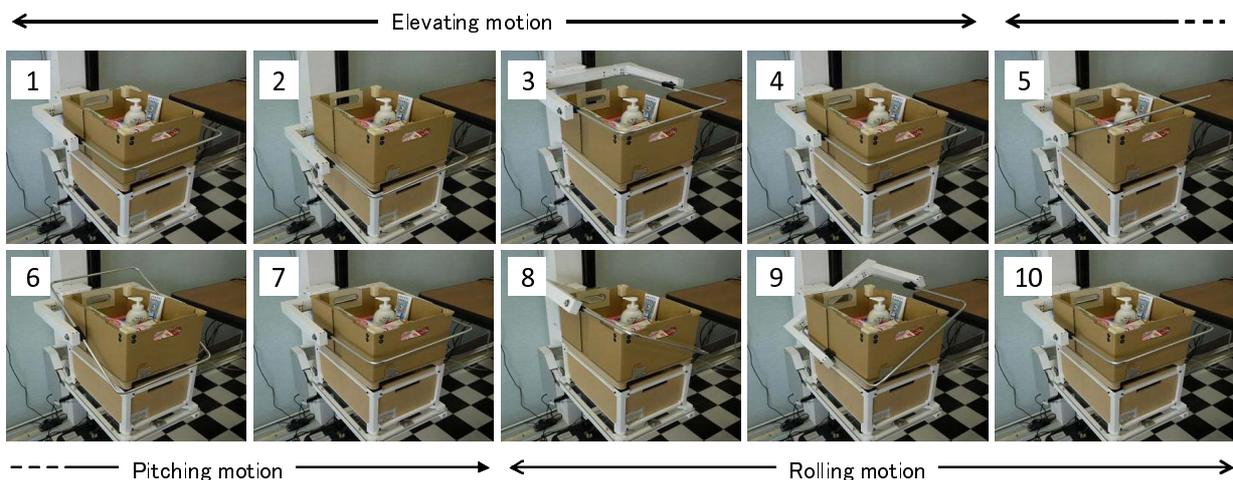


Fig.5 Sequential snapshots of RFID antenna full motion.



Fig.8 RFID tag with a spacer plate.

全体で7割程度の読み取り結果であり、テストピースの実験(ほぼ100 [%])から考えると、日用品へそのまま適用可能とは言えない。

具体的には、物品の収納状態に関係なく読めなかった物品(Table 2中の黄色,水色)も多くみられ,これらはレトルト食品や詰め替え用のパックなどで,包装に金属が用いられているものである。また包装表示で金属が含まれているものだけでなく,即席コーヒーのラベルのように金属光沢のある印刷でも影響がみられた。

結果として日用品の中には直接貼り付けでは読み取り不能なものが予想以上に含まれていることが確認された。

また,RFID タグ同士もしくはRFID タグと他の金属物品との接触により,読み取り性能が低下すること(Table 2中の緑色)が確認されたため,例えばFig. 8のようにRFID タグをプレートのような保護母材に貼り付けることによって,直接的な接触を防ぐということも考えられる。このような取り組みが今後の課題である。

5. 結論

本研究では従来研究で開発した可動RFIDアンテナを有する装置であるiDockを用いて,コンテナ内に自由に物品が収納されている状況での読み取り性能実験を行った。従来研究におけるテストピースでの実験では,RFIDアンテナを可動することによってRFIDタグの完全な読み取りが可能であった。

しかし,本論文における実験では,アンテナを動かすことによって動かない場合と比較して読み取り性能は向上するものの,物品自体(金属)の影響が大きいことが確認された。更にRFIDタグ同士もしくはRFIDタグと他の金属物品との接触により,読み取り性能が低下することが確認された。今後は物品にRFIDタグを取り付ける方法を改良し,更なる読み取り性能向上に取り組んでいこうと考えている。

参考文献

- [1] 福井類, 大串和之, 勝代雅行, 森下広, 森武俊, 佐藤知正. 家庭内物流支援ロボットシステムの構築(第1報:物流支援ロボットシステムのシステム全体設計). 第24回日本ロボット学会学術講演会, 2M14, 岡山, September 2006.
- [2] 福井類, 勝代雅行, 森下広, 森武俊, 佐藤知正. 家庭用コンテナケース運搬ロボットにおける機械的柔軟性を活用したシステム構成法の提案と実証. 日本ロボット学会誌, Vol. 28, No. 7, pp. 841-852, 2010.
- [3] Rui Fukui, Hiroshi Morishita, Taketoshi Mori, and Tomomasa Sato. Development of an intelligent container prototype for a logistical support robot system in living space. In *Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 3397-3402, 2007.
- [4] 福井類, 森武俊, 佐藤知正. コンテナケース型高齢者支援装置の開発. 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1A1-D27, 旭川, June 2010.
- [5] Rui Fukui, Shodai Masayuki, Taketoshi Mori, and Tomomasa Sato. iDock: a multifunctional intermediate instrument to improve efficiency of domestic delivery and storage system. In *Proceedings of IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, pp. 1939-1945, Singapore, July 2009.