

タグコン: 複数の操作可能な RFID を用いた実オブジェクトインタフェース

Tag-Con: A Real Object Interface using Multiple Manipulable RFID Tags

吉田 諒 安村通晃*

Summary. Recently, RFID technologies are used in many opportunities such as electronic money and new applications are being developed in human-computer interaction using RFIDs. In this paper, we propose a real object interface using multiple RFID tags. Usually, one RFID tag is attached to one object. As a result, only two interactions could be used, to get the tag close to the reader, or to get it away from the reader. Although, sometimes rotations and sides of an objects create different meanings such as dice, cards or the signs hung on the doorknobs. Those kind of contexts aren't used in the RFID technologies. By using multiple tags in one object, it is able to use the physical posture of the object for interaction. Compared to sensors, the power supply isn't required for RFIDs and also they are considerably low cost. We have developed a cubic type that could be controlled by rotation and developed two types of applications; one is to control the status of the MSN Messenger, and the other is to control the channels of TV. Also we have developed a button type and a card type that could be controlled by pressing the buttons.

1 はじめに

近年, RFID の技術が電子マネーなどの用途として実用化されており, 手軽に幅広い用途で利用できる新しいインタフェースの可能性として注目されている。

現状の RFID の使われ方として, 一つのオブジェクトに対して一つの ID が付与されている。そのため, リーダーに対してオブジェクトを近づける／遠ざけるという 2 つのインタラクションのみが行なわれているケースがほとんどである。しかし, 実世界においてはオブジェクトを傾けたり回転させたり裏返したりすることにより, そのオブジェクトが持っている意味が変化する場合が多い。例えばサイコロは一番上の面に書いてある数字がそのサイコロの持っている値として利用され, カード状のものやドアノブに付けるサインなどにおいても表と裏では意味が違う場合がある。現状の RFID におけるインタラクションにはそのような空間的な情報が持つ意味やユーザーによる操作がほとんど反映されていない。

また, RFID のタグ間における類似の情報がグルーピングされていないという問題もある。RFID を用いたインタフェースの多くは, 複数のオブジェクトにそれぞれタグをつけ, 各オブジェクトをリーダーに近づけるとそのタグが持つ情報をもとに関連情報が提示されるという形式をとることが多い。そのような場合に, 例えばトイレと書かれたカードとリビングや玄関と書かれたカードは, 情報としては

関連しているにもかかわらずそれぞれ別のオブジェクトとして存在している。そのため, ユーザーが扱う情報が増えるとともにオブジェクトの数が増えてしまい, 複雑さを伴う。複数の情報を一つのオブジェクトに統合して整理することが必要になってくる。

そこで, 本研究では一つのオブジェクトに埋め込まれた複数のタグを, オブジェクトの物理的な状態に応じて切り替えることで, 触知的な操作を行なうことができるインタフェース「タグコン」を提案する。特に, 立方体型のオブジェクトの各面にタグを取り付け, オブジェクトの回転状態を利用した立方体型インタフェースと, ユーザーがボタンを用いてタグを切り替えて操作を行なうことのできるボタン型・カード型インタフェースの試作を行なった。

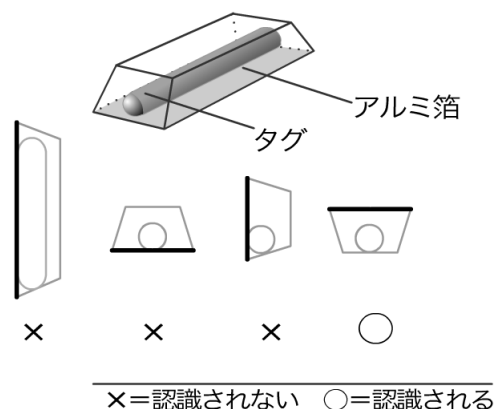


図 1. 回転方式 RFID スwitch の構造

Copyright is held by the author(s).

* Ryo Yoshida, 慶應義塾大学政策・メディア研究科, Michiaki Yasumura, 慶應義塾大学環境情報学部

2 タグコンのコンセプト

実オブジェクトインタフェースやタンジブルインタフェースでは加速度センサーなどのセンサーを用いることが多いが、タグコンの実装においては複数の RFID タグを一つのオブジェクトに内蔵するという手法を用いる。RFID タグはセンサーと比べると非常に安価であるため、オブジェクト自体のコストが少なく済み、普及性の点において優れていると考えられる。また、センサー類と違って電源が必要でないため、配線の問題や電池の内蔵や交換といった問題が起きない。現状ではこのように複数の RFID タグを一つのオブジェクトに内蔵させるというような取り組みはあまり行われていない。

このように、複数の RFID タグを用いてオブジェクトの物理的な情報をインタフェースに利用することで、より身体的で直感的なインタラクションを実現することできると考えた。応用として、例えば視覚障害者がタグコン使用し、オブジェクトの触覚的な情報を頼りに操作を行なうことができる可能性も考えられる。

3 立方体型のプロトタイプ

3.1 回転方式 RFID スイッチの試作

今回、RFID リーダーとして Texas Instruments の Microreader S2000（アンテナ直径約 80mm）とガラストランスポンダ（タグ）（約 4mm × 23mm）を用いてプロトタイプの試作を行なった。

実装の特徴として RFID タグが金属に触れると読み取りが遮断される性質を利用し、立方体の各面に埋め込んだタグのうち、底面のタグのみが反応するようにし、その他のタグは遮断するという仕組みを用いた。タグを台形柱状の容器に入れ、その底面だけアルミ箔で覆うことで、傾きに応じて実際にタグを動かし、アルミ箔側にタグが動いた場合は読み取りが行なわれず、アルミ箔に覆われていない側に動くと読み取りが行なわれる（図 1）。

これを「回転方式 RFID スイッチ」として、立方体型の発泡スチロール（約 60mm × 60mm）の 6 面に埋め込んだ（図 2）。立方体に埋め込まれた 6 つのタグのうち、立方体の底面にあるタグのみが読み取られることによって、立方体の回転を認識することができる。

3.2 立方体型の評価実験

立方体型を用いて認識率の評価実験を行なった。1 から 6 までの数字をランダムに生成し、同じ数字の記入された面を上にして机の印の位置に置き、認識された結果と照合するという内容の実験を行なった。木製のテーブル（厚さ約 2.5cm）の裏側にリーダーを取り付けた状況で実験を行なった結果を表 1 に示す。



図 2. タグ、回転方式スイッチ、立方体への埋め込み

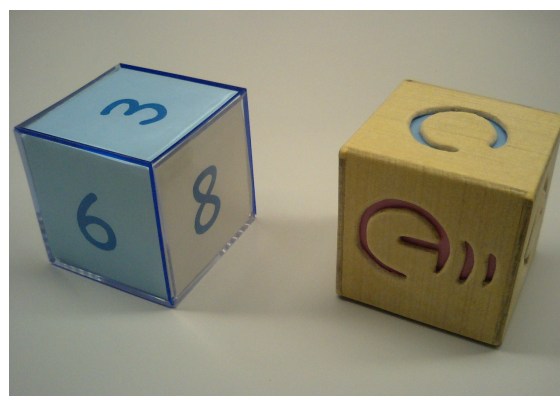


図 3. 立方体型のプロトタイプ（左は TV チャンネル用、右はメッセンジャー用）

比較のために、従来通りの RFID タグの使い方を「タグ単体」とし、また、タグの形状をそのまま立方体の側面に埋め込んだものを「タグ埋め込み」として試作品の立方体と同じ条件で比較した。タグ単体の実験ではそれぞれのタグに番号札を付け、ランダム数字と同じ番号のタグを順番に置いていった。

「エラー」には通信上で発生した読み取りエラーや、複数のタグが読み取られてしまったために干渉が起きたことによるエラーが含まれる。また、「読取なし」はどのタグも認識されていないという結果、「間違い」は本来認識すべきタグ以外のタグが認識されてしまった結果を示す。試作品とタグ単体はそれぞれ 300 試行行なっているが、タグ埋め込みについては 100 試行のみ行なっている。

この実験では、87%という認識率が得られた。同条件でタグ単体が 90.3%という値から、比較的高い認識率であると考えられる。しかし、読み取り間違いも生じていることやエラーの回数の多さは本来読み取られるべきタグがうまく遮断されていないことよると考えられ、RFID スイッチの構造についても今後検討を行なう必要がある。また、立方体にスイッチ構造になっていないタグを 6 つ埋め込んだ実験では、タグの認識率は 0%で、立方体に埋め込んだ複数のタグが、距離に応じて切り替わっているのではな

く、スイッチ構造である必要性が確認された。

—	エラー	読取なし	間違い	認識率
タグ単体	11	18	0	90.3%
タグ埋込	100	0	0	0%
試作品	27	11	1	87%

表 1. リーダーを机の下に取り付けた状況での認識率

3.3 アプリケーションの試作

この立方体型を用いた応用的な使用方法として、亚克力製と木製の外装プロトタイプを試作し、メッセージのステータス制御とテレビのチャンネル制御の二つのアプリケーションを試作した(図3)。立方体を用いた場合、6つの面の各々と、リーダーからタグが外れた状態を合わせると7つの状態に対応できる。

メッセージのステータス制御

1つ目のアプリケーションとして、タグコンで認識された面のタグに応じて、C#からMSN Messenger APIを通じてMSN Live Messengerのステータスの制御を行なうアプリケーションを試作した(図4)。オンライン、オフライン、昼休み、退席中、一時退席中、取り込み中の6つの状態に加え、タグコンをリーダーから外すことでオフラインに設定できるようにした。

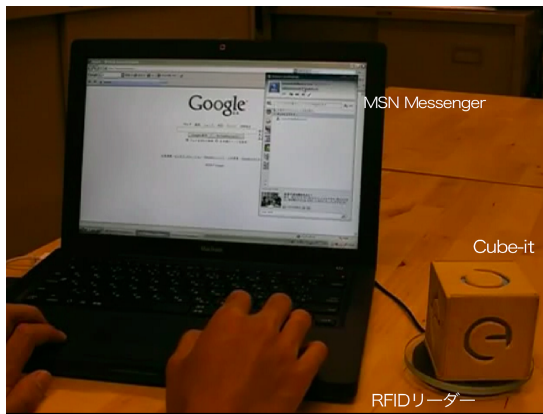


図 4. メッセージのステータス制御

テレビのチャンネル制御

2つ目のアプリケーションとして、PCに接続された学習リモコンクロッサム2+を通じてタグコンで認識された面のタグに応じたテレビチャンネルの変更を行なうアプリケーションを試作した(図6)。首都圏の主なチャンネル設定を基準とした場合、1, 3, 4, 6, 8, 10, 12の7つのチャンネルが存在するため、立方体の各面には3, 4, 6, 8, 10, 12の



図 5. メッセージ操作に用いたアイコン

6つのチャンネルを割り当て、タグコンをリーダーから外したデフォルトの状態を1チャンネルとした。タグをリーダーから外すことによってテレビの電源を切るという方法についても検討している。

またそれぞれの状態のアイコンを作成し、立方体の各面に用いた(図5)。

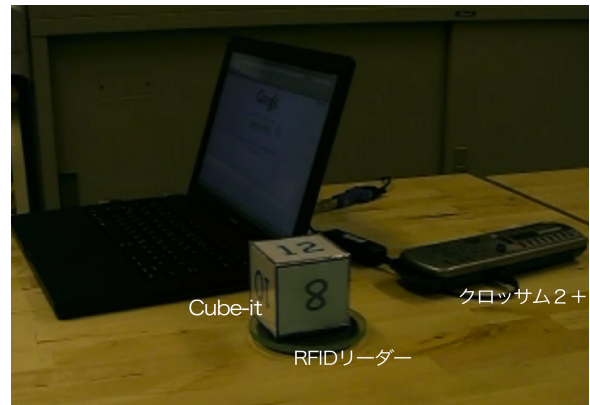


図 6. テレビのチャンネル制御

3.4 考察

試作した2つのアプリケーションは、物理的なオブジェクトを回転させることによって操作を行なうため、直感的な操作が行なえ、しかも視覚的にも現在の状態が確認しやすい。例えばメッセージのステータス制御においては、作業中でも簡単にステータスの切り替えを行なうことができ、テレビのチャンネル制御では簡単にチャンネルが切り替えられるだけでなく、現在見ているチャンネルを知ることができるなどのメリットがあった。

立方体型のタグコンを利用するアプリケーションとして、今回の二つに加えて、他のアプリケーションの実装も行なっていく予定である。

アプリケーションとして以下のようなものを想定している。

- サイコロを用いたゲーム

- 簡単パソコン操作（アプリケーションの立ち上げ、メールの送り先選択）高齢者向け
- 音楽、ビデオ再生コントロール
- 子供アルファベット積み木での学習支援
- 授業支援におけるヘーボタン（点数評価）
- レストランでの店員呼び出し
- Web の閲覧

立方体型を用いたアプリケーションとしては、ユーザーの意思を反映するような場面や、いくつかの候補の中から選択、切り替えを行なうような場面、ランダムにザッピングを行なうような場面に適していると考えられる。また、例えばサイコロや子供の学習用のブロックとして用いることで、実世界のタンジブルなオブジェクトと画面上のバーチャルなコンテンツとを融合させた新しいゲームや教材の可能性が考えられる。

また、今回は同時に一つのタグの認識を行なっていたが、複数のオブジェクトを同時に利用する際には、複数のタグ認識をする必要があるため、アンチコリジョン付きの RFID リーダーとタグを使用する必要がある。例えば、子供用の積み木などのアプリケーションや、複数の機能のオブジェクトを同時に利用する場合などは現在の試作のものでは利用することができないため、別の RFID リーダーとタグを用いる必要がある。

また、今回は認識率の評価実験を行なったが、立方体型の有用性の検証については、GUI を用いた操作、リモコンなどのボタンを用いた操作などと比較した場合の操作時間や主観的评价などの違いを評価実験として実施する必要がある。また長期的な運用を通じてこのインターフェースがユーザーにどのような効果をもたらすかというような実験なども考えている。特に、子供や高齢者、障害者向けのアプリケーションを試作し、それがもたらす効果を検証したいと考えている。

さらに、一つの面における回転や、複数のオブジェクトを積み木のように積むというようなインタラクションまで考慮する場合、他のセンサーなどを併用する必要性も考えられ、立方体型以外の形状についても検討を進めていきたい。

4 ボタン型・カード型のプロトタイプ

これまでの回転を利用した立方体型のプロトタイプに加え、ボタンを用いて入力を行なうことのできる方式についても試作を行なった。持ち運びの面など、状況やユーザーによっては、立方型を回転させる操作よりもボタンを押すことによる操作を用いたほうが適している場合もあると考えられる。

立方体型と同じタグを利用したプロトタイプとしてボタン型を試作し、ラベル型タグを利用したプロトタイプとしてカード型を試作した。

4.1 ボタン方式 RFID スイッチの試作

ボタン方式の試作には立方体型の試作に用いた RFID タグとリーダーと同様のものを使用した。ボタン方式のスイッチは、タグを筒状の容器に入れ、タグの底にバネを入れることによって、ボタンによってタグが上下に移動する動きを利用し、タグとアルミ箔の距離を変えることによりタグの読み取りの制御を行なった（図 7）。ボタンが押されていない状態ではタグがアルミ箔に接触しているため読み取りは行なわれず、ボタンを押すことでタグがアルミ箔からずれることで読み取りが行なわれる。アルミ箔はタグの内部のコイル側にすることで効果的に読み取りを遮断することができた。この構造を 3 つ内蔵し、3 つのタグを切り替えて利用できるプロトタイプを試作した（図 8）。

ボタン型の仕組みを応用した、薄いカード型の試作にはラベル型 RFID タグを利用するために Texas Instruments の HF-I Midrange Reader（約 12cm × 18cm）とタグとして Tag It Smart Label（約 22mm × 38mm）を利用した。薄いプラスチック板にタグを取り付け、通常状態ではバネによりアルミ箔をタグに接触させることにより読み取りが遮断され、ボタンを押すことによってアルミ箔がタグから離れるために読み取りが行なわれる（図 9）。この構造を 3 つ内蔵させたカード型のプロトタイプを試作した（図 10）。カード型の厚さは約 3mm であるが、構造によってはさらに薄型化できると考えられる。

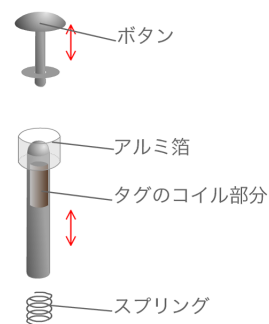


図 7. ボタン方式スイッチの構造

4.2 考察

立方体型を比較して、ボタン型とカード型はその形状や操作方法から携帯性に優れていると考えられる。具体的な用途として、今日複数存在する電子マネーの方式の一つに集約してボタンによって切り替



図 8. ボタン型プロトタイプ

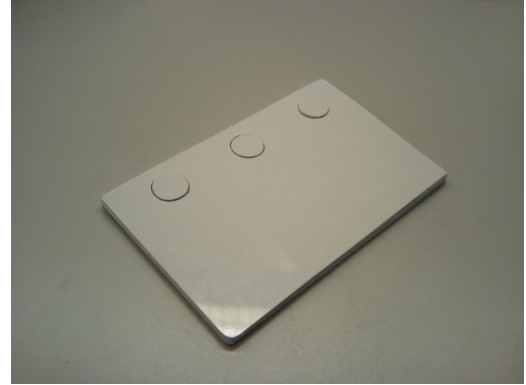


図 10. カード型プロトタイプ

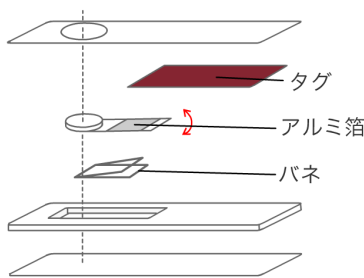


図 9. ボタン方式スイッチ（カード型）の構造

えることによる使用や、ID として RFID を利用する場合に「出勤」「退社」などのユーザーによる入力を同時に行なうことのできるインタフェースとして利用できると考えられる。

また、通常の RFID カードは第三者に不正に ID を読み取られてしまうスキミング被害の問題があるが、本方式ではボタンを押されていない状態ではどのタグも読み取られずに、必要なときのみに RFID を有効化することができるため、そのような問題を防止する効果もあると考えられる。

今後、これらの方式に関して評価実験や具体的なアプリケーションの試作を行なっていく予定である。

5 関連研究

複数の RFID を用いた関連として、タグを立方体 6 面に埋め込んだ RFIDice [3] がある。この研究では、各面の内側に金属板を入れ、リーダーからの電波を遮断するという方式であり、いろいろな厚さの金属板や読み取り位置での実験を行なったところ、条件にもよるがおおよそ 83% の認識率であったとされている。本研究ではこの方式とは違い、金属にタグを接触させて認識させないという仕組みを用いている点で異なっている。本研究では、この実装方式よりも高い認識率を得られることを目指して今回の方式を採用した。

RFID を活用した将棋システム、想起将棋 [8] で

は、将棋駒の「成り」を実現するためにそれぞれの駒の裏表に 1 つずつ RFID タグを内蔵しており、将棋盤に内蔵されたリーダーでタグを読み取っている。この研究で用いられている方式では、アンテナの読み取り距離を短くすることで裏表のタグの距離を 1.5cm 程度離すだけで干渉を防ぐことができ、またアナログマルチプレクサと PIC を使用することで、将棋盤に内蔵された 81 個のアンテナからそれぞれの駒の位置を認識できる点で優れている。しかし、それぞれのアンテナの読み取り距離が短いために、ある程度広い領域で認識を行なうためには相当数のアンテナを敷き詰めなくてはならないというような問題や裏表の距離をこれ以上縮めることが難しいという問題もある。

電磁授受方式タブレットを用いて物体の内部に埋め込んだコイルの角度や回転や位置を取得する ToolStone[9] は、物体の回転状態だけでなく、平面での回転状態や位置まで取得できるという点で優れている。本研究ではこの研究と異なり、実装方法として RFID をスイッチとして利用することで、物体の回転状態を利用するというだけでなく、ボタン型の方式で実現したようにユーザーが意識的に複数の RFID を切り替えることによる直接的な入力操作を行なうことができるという点で異なっている。

また、MouseField [4] は、一つの ID に対して一つの機能しか割り当てられないために柔軟な操作ができないということに着目したデバイスである。この研究では RFID と光学式マウスを組み合わせ、RFID を読み取った後にオブジェクトを動かすことで別の操作を行なうことができるようなインタラクションを実現している。アプリケーションの試作として、CD ケースにタグを貼付け、CD を置くと再生、下に動かすと次の曲、回転させることで音量の調節を実現している。本研究は一つのオブジェクトに複数のタグをつけ、空間的な動きを利用している点でこの研究とは異なっている。ただ、平面における動きや回転を利用する場合、この MouseField の

ような仕組みを併用すると面白いインタフェースができそうである。

実装方法の他の可能性として、Z-agon[5]やCube-Browser [2]のようにオブジェクトの中に3軸の傾きセンサーや加速度センサー、地磁気センサーなどを用いる可能性も考えられる。これらは机などにリーダーを取り付ける必要がなく単体で動作させることができるが、センサー自体に電源が必要であることや配線の処理、オブジェクト自体のコストが高くなるという問題点がある。RFIDタグは非常に安価であるという点で本方式は実用性、普及性に優れていると考えられる。

また、QRコードなどをデジタルカメラを用いて画像解析する手法[7]も考えられる。しかし、この手法では手などでオブジェクトの撮影を妨害してしまうこともあり、そのような場合は認識することができない。また、画像解析を行なう際、表面にマーカースとしてのコードを印刷する場合や、色を用いて区別する場合など、表面上のデザインにも制約が出てしまうといった問題点がある。また画像解析自体が複雑な処理を伴うということも挙げられる。

RFIDをスイッチとして利用したような例としては、電子マネーのスキミングを防止するための機構に見受けられ、スキムバリア[6]は携帯電話に貼付け、スイッチによって携帯電話のRFID機能のオンオフを制御でき、アイクレバー[1]はパスケースの両面に入れた2つのICカードを裏表で切り替えて利用できる製品である。スキムバリアは一つのIDに関してのスイッチを目的としており、アイクレバーによる機構は裏表の2枚のIDに限られている。

6 まとめ

既存のRFIDによるインタラクションは一つのオブジェクトに対して一つのIDが付与されており、傾きなどの物理的な情報が失われている。また情報のグルーピングがなされていないことによりオブジェクトの数が増えることにより複雑化する問題もある。そこで、本研究では傾きやボタンによって複数のRFIDを切り替える仕組みを用いることで、より触覚的で直感的なインタラクションを行なうことのできるインタフェースとしてタグコンの試作を行ない、立方体型のアプリケーションとして、メッセージャーのステータスコントロールとテレビのチャンネル切り替えの2つを試作した。

実装方法として、関連研究で利用されているようなセンサーやカメラによる画像解析などによる方法も考えられるが、RFIDは電源を利用せず、安価であることなどから発展性にも優れていると考えられる。

今後はタグコンの他の方式の検討や応用アプリケーションの試作を進めるとともに、評価、改善を行なっていく予定である。

参考文献

- [1] アイクレバー.
<http://www.shelly-card.com/iclever/>.
- [2] CubeBrowser. <http://cubebrowser.openkhm.de/>.
- [3] S. Hinske and M. Langheinrich. RFIDice - Augmenting Tabletop Dice with RFID. In *Proceedings of 4th International Symposium on Pervasive Gaming Applications*, 2007.
- [4] T. Masui, K. Tsukada, and I. Siio. MouseField: A Simple and Versatile Input Device for Ubiquitous Computing. In *UbiComp2004, Springer LNCS3205*, pp. 319–328, 2004.
- [5] T. Matsumoto, D. Horiguchi, S. Nakashima, and N. Okude. Z-agon: mobile multi-display browser cube. In *CHI '06 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 351–356, 2006.
- [6] スキムバリア. <http://www2.elecom.co.jp/accessory/security/skimming/>.
- [7] 三谷純. 2次元バーコードを用いた紙の折りたたみ構造の認識とモデル化. 情報処理学会研究報告 2005-CVIM-150, pp. 115–122, 2005.
- [8] 石山琢子, 塚田浩二, 安村通晃. 想起将棋の提案と試作. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2005 論文集, pp. 483–486, 2005.
- [9] 暦本純一, E. Sciammarella. ToolStone: 多様な物理操作を可能にする入力デバイス. インタラクティブシステムとソフトウェア VIII (WISS2000), pp. 7–12, 2000.