

# マトリクス RFID アンテナとパッシブ方位タグを用いた 家具VR 配置シミュレーションシステムに関するデモ

岩井 将行<sup>1</sup> 柴原 直也<sup>1</sup> 佐伯 典貢<sup>†</sup> 野口 正寿<sup>†</sup>

**概要**：近年、RFID などの無線通信による情報読み取り技術が発展していく中で電子マネーや社員証などの非接触型のデバイスが益々増えている。こうした技術で、リアルタイムでの情報読み取りが可能になっている。またその情報を仮想空間に送ることによって実空間と仮想空間の連携が容易に行えると考える。既存の実空間と仮想空間での連携を行うサービスとして多くのものは画像認識を用いて対象物の認識を行っている。画像認識を用いると機材が大きくなり搬入が困難になる場合がある。また、対象物が傷付くと上手く認識の動作が働かない可能性がある。そこで本研究では、格子状にアンテナを配置したマトリクス RFID リーダと姿勢検出のできる RF 帯センサ付き無電池タグを開発してタグの姿勢情報を元に実空間と仮想空間の連携システムを提案評価する。

本研究では、センサを内蔵した無電池式 RFID (以下、パッシブセンサタグ) 開発した。仮想空間と連携するために電子コンパス等のセンサを内蔵させ姿勢情報を取得可能にした。また、パッシブセンサタグの位置情報の取得と給電を行うためのアンテナをマトリクス (格子) 状に配置した特殊アンテナの開発を行った。実空間のタグ姿勢をパッシブセンサタグで取得し、Unity で開発したアプリケーションへ情報を送ることによって仮想空間に別オブジェクトとして表示をして連携を行う実用的なデモアプリケーションのデモを示す。

## An Evaluation of Matrix RFID Reader and Attitude Detectable Passive-Tags Linked VR System

MASAYUKI IWAI<sup>1</sup> NAOYA SHIBAJARA<sup>†1</sup> NORITSUGU, SAEKI<sup>†1</sup>  
MASATOSHI NOGUCHI<sup>†1</sup>

### 1. はじめに

近年、RFID などの無線通信による情報読み取り技術が発展していくことで電子マネーや社員証などの非接触型のデバイスが多く増えている。その中で、リアルタイムでの情報読み取りで実空間の状態をより仮想空間に送ることができるようになりつつあると考える[1,2]。

RFID 技術で実空間内にある物体等の認識はパッシブタグを用いる手法とアクティブタグを用いる手法がある。前者後者共に、物体の位置に関する情報を認識できるがタグ自身の状態を認識できるわけではない。また、後者の場合はアクティブタグを利用しているので自身に電池を内蔵しているためサイズが大きくなり、また電池の交換などの手間がかかるものであった。さらにタグ1つに対してのコストが上昇する。

また RFID 無線通信以外で実空間と仮想空間の連携を行っているサービスの例として、株式会社 SEGA が画像認識を用いて連携を行っているものがある[3]。画像認識で連携を行う場合、ゲームを行うための筐体が大きくなってしま

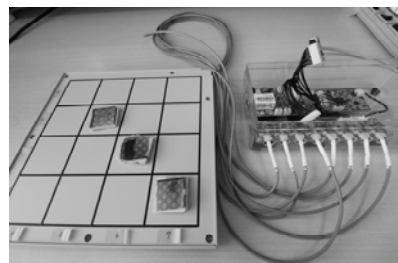
ことや認識する対象物が傷付くと正常に読み取りが行えないなど問題が生じる。

そこで我々は、RFID 技術を用いた物体の位置情報と共に姿勢情報を認識できる技術を開発した。本研究では、センサを内蔵した無電池式 RFID (以下、パッシブセンサタグ) 開発した。仮想空間と連携するために電子コンパス等のセンサを内蔵させ姿勢情報を取得可能にした。また、パッシブセンサタグの位置情報の取得と給電を行うためのアンテナをマトリクス (格子) 状に配置した特殊アンテナの開発を行った。実空間のタグ姿勢をパッシブセンサタグで取得し、Unity[4]で開発したアプリケーションへ情報を送ることによって仮想空間に別オブジェクトとして表示をして連携を行う。また、実用的なデモアプリケーションを作成して実用性を示す。

### 2 ハードウェア構成

#### 2.1 マトリクスRFIDリーダ

本研究ではセンサ付き無電池タグの情報を読み取るための特殊なRFIDリーダ (以下、リーダ) を用いる。リーダ実物を図1に示す。



<sup>1</sup> 東京大学未来科学部研究科情報メディア科学専攻  
Tokyo Denki University, Graduate School of Science and  
Technology for Future Life

<sup>†</sup>1 タカヤ株式会社  
Takaya corporation

図1 マトリクスRFIDリーダと平面

リーダに組み込まれている縦と横のアンテナ本数は任意の数であるが本研究のリーダは4×4で作成した。リーダは、アンテナの交差部での認識でマス目上の位置を持っている。パッシブセンサタグをリーダ上に置くことによってそのタグの姿勢や格子状での位置の情報を取得できるものとなっている。リーダ上に複数のパッシブセンサタグが置かれても、それぞれの姿勢と位置情報が取得できる。

RFIDアンテナのマトリクスの構成を図2に示す。

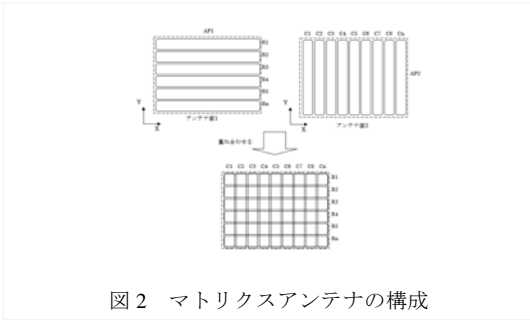


図2 マトリクスアンテナの構成

本研究ではセンサ付き無電池タグの情報を読み取るための特殊なRFIDリーダ（以下、リーダ）を用いる。

図面では縦と横のアンテナ本数は任意の数であることを示している。本研究のリーダは時分割方式の読み取り時間の制約から4×4で作成した。全ての中で16箇所の位置を特定できる。

## 2.2 センサ内蔵無電池RFタグ

実空間の情報を持つオブジェクトとして本研究では、姿勢情報を取得できるパッシブセンサタグを用いる。

パッシブセンサタグには姿勢情報の取得に必要な、デジタルコンパスセンサ・ジャイロセンサ・加速度センサの3つが内蔵されている。またパッシブタグなので、タグ自身は電力の供給源を持っておらずリーダに置くことによってリーダから電力の供給が行われてセンサの起動を行う。パッシブセンサタグ自身に電力供給源を持たせないことにより、小型化、軽量化と簡素化が可能になる。

パッシブセンサタグを図3に示す。



図3 無電池パッシブ方位タグのサイズ

## 3 フィジカル-VR連携システムの構成

本研究のシステムは、タグ情報読み取りアプリケーションとタグ情報表示アプリケーションの2つのアプリケーションによって構成されている。2つのアプリケーションの連携については、UDP通信を用いてパッシブセンサタグの位置情報と姿勢情報を受け渡すことに行われている。

アプリケーションを切り分けた理由として、UDP通信を用いることによってマルチキャストで同じタグ情報読み取り

アプリケーションから複数のタグ情報表示アプリケーションに対して情報の受け渡しが可能になるため将来的に多人数での連携が行える。

このアプリケーションではリーダに対して、設置されているパッシブセンサタグの情報を読み取る命令を送るものである。Visual StudioでC#を用いてアプリケーションの開発を行った。

定期的にリーダに対して自身の現在状況を認識させ、パッシブセンサタグが置かれていた場合パッシブセンサタグ自身の情報をさらに取得させるといったフローになっている。前項で述べた姿勢の読み取りを行う。それに加えて、パッシブセンサタグがリーダ上で4×4のマスのどこに属しているかの情報がリーダを使うことによってわかる。それぞれの情報を、方位角と回転角からパッシブセンサタグの向いている向き、加速度から表裏、マス目から自身の位置をjson形式でUDP送信し続けるアプリケーションになっている。各タグから取得可能なデータを図4に示す。

```

【変数定義】
double comp.x: //X軸コンパス生データ
double comp.y: //Y軸コンパス生データ
double mag.z: //Z軸加速度 生データ(符号付き16bit)

double xref: //X軸コンパス補正値(上限と下限の間値)
double yref: //Y軸コンパス補正値(上限と下限の間値)

double rot.x: //X軸コンパス計算値(comp.x - xref)
double rot.y: //Y軸コンパス計算値(comp.y - yref)
double compass: //方位計算値(北=0° / 右回りでプラス角度)

double angle.z: //Z軸傾き角度計算値
short zAngle = 182; //Z軸加速度センサの変換係数 182/1度
// 1
// ±2gを符号付き16bitで表す⇒静止時のgは±1g 1g=+90度、-1g=-90度
// ±±16383/180度=182/1度
                    
```

X軸  
Y軸  
z軸  
基板の向きと  
xyZ軸の位置関係

図4 方位推定無電池パッシブタグ

本RFIDアンテナおよび無電池パッシブ方位タグの利用の目的のためVRアプリケーションでは、タグ情報読み取りアプリケーションがUDPで送っているリーダの現在状況を受信して仮想空間に対してフィードバックを行うものである。Unityを用いて開発を行った。

Unity内の仮想の部屋と実空間のリーダ上の状況を連携させている。タグ情報読み取りアプリケーションがUDPでタグの情報をタグ情報表示アプリケーションに送ることによって実空間のVR連携システムが成り立つ。実空間のリーダを仮想空間の部屋(図5)の床に、パッシブセンサタグを家具にそれぞれ連携させている。



図5 VRアプリ起動時の部屋の画面

また、家具のモデルデータはUnityのAssetStoreから提供されているものを使用した。(図6)



図6 VRシステム上に配置可能な家具のモデル

UIDによって表示している3Dモデルを変更しているの  
で、3Dモデルであれば任意のものを利用できる家具以  
外にも人間のモデル等を表示させることは可能である。

実空間とUnityの仮想空間の状況を図7に示す。図中右側  
が実空間、左側がUnityの仮想空間である。



図7 タグ配置図のVR上の画面の様子

図8には複数枚を連動させて複数の家具の位置関係を調  
整している様子を示す。タグ同士は一つのマス内に重ね合  
わせる事ができる。



図8 複数タグと方位をVR上の家具類に反映している様子

本研究では、リーダの盤面を部屋の床にパッシブ  
センサタグを家具と例えて仮想の部屋をリーダ上か  
ら仮想の部屋のレイアウトを操作するというデモア  
プリケーションを作成した。

実空間の情報を元に仮想の部屋のレイアウトを操  
作するというアプリケーションは、株式会社ネク  
ストが行っているGRID VRICK[5]がある。GRID VRICK  
ではLEGO(R)ブロックを家具に見立ててブロックを  
配置することによって仮想の部屋のレイアウトを操  
作するというものである。

カメラを用いてブロックの色と向きを取得して、  
対応した家具の表示を行っている。LEGO(R)を用い  
て表現しているため向きの自由度が低いものである。  
しかし、このアプリケーションの場合はパッシブセ

ンサタグの向きを元に家具の向きを指定しているた  
め向きの自由度が高いものになっている。パッシブ  
センサタグの情報の取り扱い、表1に示す。

表1 パッシブセンサタグ情報と家具情報の関係

UDPで送られる情報	家具での情報
マス目上の位置	部屋の中での位置
向き	家具の向き
表裏	家具の色
UID	家具の種類

#### 4 デモ展示

本研究で作ったVR連携システムは、2015年9月16日～9月18  
日に行われた自動認識総合展で展示を行った。その時の様  
子を図9に示す。



図9 自動認識展でのデモの様子

多く受けた意見として、パッシブセンサタグを置いた時の  
仮想空間でのフィードバックの遅延についてだった。展示  
会に出展した時のUDP送信のフローは、「リーダ上に置いて  
ある全てのパッシブセンサタグのセンサ情報を読み取っ  
てから情報送信を行う。」というものであった。

このフローだとパッシブセンサタグの数が増えると、全パ  
ッシブセンサタグの情報を取得し終えるまでの時間がタイ  
ムラグになってしまうため即座に反映されないことに違和  
感があるというものであった。

その他に受けた意見として、部屋の間取りを再現している  
のにもかかわらず視点の自由度が少ないというものであ  
った。GRID VRICKは、ヘッドマウントディスプレイを用い  
て仮想空間で作られた部屋を歩き回れるのに対してこのア  
プリケーションは中央からの視点以外では固定での視点に  
なってしまうため視点の自由度が低いものである。  
その為我々は、インタラクション2016にてGearVR[6]の連動  
についての試験評価を行った。



図10 GearVRで没入した家具ルームを閲覧する来場者

意見を受けた中で、仮想空間でのタイムラグについて即座に修正するべきと考えUDPの送信フローを新しく考え直した。新しいフローでは、「タグ情報を読み取った時点で情報送信を行う」というものである。このフローの場合、パッシブセンサタグの個数が増えたとしてもそれぞれの仮想空間のタグ情報の反映は比較的高速になる。しかし、パッシブセンサタグが置かれている状態から置かれていない状態になった時の反映させる全体の同期部分が遅くなってしまいう問題が起こった。この問題に関しては、ハードウェアの仕様も兼ねて今後解決していく課題である。

## 5 簡易システム評価と考察

本システムの実空間のタグの動きから仮想空間の情報送信から状態の同期をするタイムラグについては、置かれているパッシブセンサタグの数が増えると比例してタイムラグが増える傾向にある。リーダーにパッシブタグを置いた時の同期までに要する時間に関するグラフを図 11 に示す。原因として、パッシブセンサタグ自身への電力供給をリーダーから行っていてパッシブセンサタグ内のセンサを起動するのに約 0.5 秒要し、それに加えてセンサの情報を取得する過程でセンサ自身が情報を取得するのに約 0.2 秒要する。そのため、リーダーがパッシブタグの情報を取得するのに多くの時間を要するためである。また、パッシブセンサタグの情報読み取りは同時に複数個行えず必ず 1 つずつになる事が原因の 1 つである。

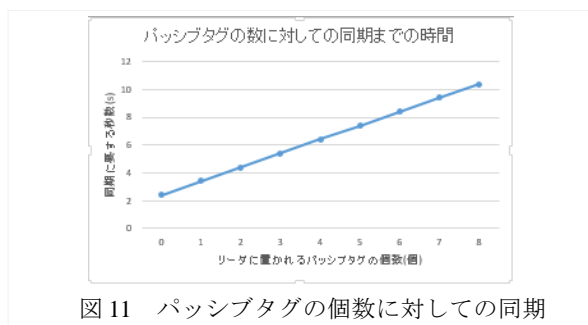


図 11 パッシブタグの個数に対する同期

仮想空間での視点はユーザが操作可能になっている。切り替えられるユーザの視点は中央からの視点・部屋の 4 隅・天井からの見下ろしとなっている。中央からの視点時のみ周辺の見渡しが可能である。

またリーダーの仕様上、格子状に設置されているアンテナ 1 つずつパッシブセンサタグの情報読み取りを行うため単一の読み取りに関しては高速であるが全アンテナの読み取りが終わる状態になるためには最短で「パッシブセンサタグが置かれていない時の読み取り時間(約 0.3 秒) × 8 (アンテナの本数)」となる。

アンテナ状にタグがある場合読み取り時間が、タグ 1 つにつき約 1.3 秒かかるので置かれている個数が多いほど比例して同期するまでの遅延時間が生じる。

この課題に対しては RFID 側のアンテナ切り替えを並列化するなど改善手法を検討する。

## 6 まとめと今後の展望

我々は、本研究においてセンサを内蔵した無電池式 RFID を開発し、仮想空間と連携するために電子コンパス等のセンサを内蔵させ姿勢情報を取得可能にした。また、パッシブセンサタグの位置情報の取得と給電を行うためのアンテナをマトリックス(格子)状に配置した特殊アンテナの開発を行った。

リアルタイムでの実空間の情報をパッシブセンサタグで取得し、Unity で開発したアプリケーションへ情報を送り仮想空間でフィードバックを行い仮想空間と実空間の連携を可能にした。

また、特許の出願を行い(特願 2015-207088)、自動認識展においてアプリケーションを作成しフィードバックを得ることに成功し、実用性を示した。

今後の展望を以下に示す。

タイムラグがあり実空間の状況を即座に仮想空間に表現できていないので UDP の送信方法等多方面からの解決案の提示をおこなう。

現在のタグ情報表示アプリケーションが PC でのアプリケーションになっているが Android などの端末で表示を可能し、Gear VR のようなヘッドマウントディスプレイでの表示をより違和感がない形で改良する。

仮想の空間を部屋以外に見立てて、実用的なゲーム(将棋やオセロなど)の作成する

複数タグ表示アプリケーションでタグ情報読み取りアプリケーションの UDP のソケット受け取りを行い複数端末での連携していく。

謝辞: 東京電機大学実空間コンピューティング研究室 OB の Gloops 株式会社の飯塚直亮君には本システム表示部分に多大な尽力を頂きました。ここに感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 中村英生, 桑原義彦, 石田和生, 甲斐正義: パッシブ RFID タグの位置推定, 電子情報通信学会技術研究報告. A・P, アンテナ・伝播 109(218), pp.85-90 (2009)
- [2] 長坂康史, 金子尚人: アクティブ RFID 技術を用いた移動体位置推定アルゴリズムに関する研究, 広島工業大学紀要研究編, 第 43 巻 pp.299-304 (2009)
- [3] 画像認識技術をつかったアーケードゲーム  
[http://cedec.cesa.or.jp/2009/ssn\\_archive/pdf/sep2nd/SP19sega.pdf](http://cedec.cesa.or.jp/2009/ssn_archive/pdf/sep2nd/SP19sega.pdf)
- [4] Unity3d  
[http://unity3d.com/jp/5?gclid=CjwKEAajwh8exBRDyyqqH9pvf1ncSJAu4OE3oz98pSgL7hui3v-qTHyLpercRbL012N1YhTWK4pQp hoCI0Tw\\_wcB](http://unity3d.com/jp/5?gclid=CjwKEAajwh8exBRDyyqqH9pvf1ncSJAu4OE3oz98pSgL7hui3v-qTHyLpercRbL012N1YhTWK4pQp hoCI0Tw_wcB)
- [5] GRID VRICK (グリッドブリック) - 株式会社ネクスト エンジニア Blog  
<http://nextdeveloper.hatenablog.com/entry/2014/11/05/195845>
- [6] Gear VR Innovator Edition for S6 | ウェアラブル | Galaxy  
<http://www.samsung.com/jp/product/SM-R321/#gallery>