

RFIDを用いた学内ナビゲーション

Navigation System on Campus Using RFID

和賀 宗仙・大槻 正伸*

福島工業高等専門学校モノづくり教育研究支援センター

*福島工業高等専門学校電気工学科

Toshinori Waga, Masanobu Ohtsuki*

Fukushima National College of Technology, Manufacturing Support Center for Education and Research

*Fukushima National College of Technology, Department of Electrical Engineering

(2011年9月18日受理)

Although we can easily arrive at any destination building using GPS mobile devices, there is no standard interior navigation system to guide us to the particular room. We propose a simplified local navigation system with which pedestrians can trace RFID-tags attached to landmarks such as corners. We explain the navigation method in this system and present the result of our experiment, suggesting possible improvement.

Key words: RFID, navigation, interior

1. はじめに

今日はカーナビだけではなく、携帯電話やPSPなどの小型ゲーム機にもGPS(Global Positioning System)を搭載されるようになり、我々は屋外を迷いなく歩き回れるようになった。しかし、目的の建物についたあとは掲示板に設置された地図を見たり、受付に聞きながら目的の部屋にたどり着くことがほとんどである。頻繁に変わる建物内の部屋割りを含んだ地図を何らかの専門機関で管理することは不可能であり、仮に建物内の地図を入力できたとしても地下ではGPS電波が届かず使用できない。このような事情から、屋内を案内するための標準的なシステムは現在になっても存在していない。

一方で2000年代より、携帯可能な小型リーダライタと、カードやシール型の小型タグ間で数cm~数mの近距離で直接無線通信するRFID(Radio Frequency Identification)が普及している。タグは無電源で動作し、リーダライタから電波を受け取ると自分が間近にいるという応答をタグID(識別番号)とともに返す。タグIDはタグ内に読み書き可能である。手軽なため、商品にタグを貼り付けての在庫管理、社員証に埋め込んでの入退管理などのよう

に、物体や人物を識別するのに用いられている。¹⁾

そこで我々はRFIDを用いた屋内ナビゲーションシステムを提案した。RFIDはタグとリーダライタが近距離で直接通信するため、GPSのように周囲の電波状況に左右されず地下でも利用できる。我々が普段歩く際には、自分の位置座標よりも、目印でどちらに曲がるかという道順を考えて目的地に向かうことから、本研究では目印となる各要所のみタグを貼りつけた簡易なシステムを提案し、平成22年度科学研究費補助金(奨励研究)に採択された。本稿では当補助金の成果について報告し、その後の進捗状況と展望を説明する。

2. 誘導手法

2.1 誘導の流れ

屋内の目的地に案内する例として、タグをFig. 1左上のように配置した場合を考える。携帯端末には、リーダライタで認識した現在地のタグIDと目的地のタグIDがそれぞれ*i, j*のとき、次に目指す隣接タグIDを*i行j列目*に書いたExcelマップ(Fig. 1左下)を保存しておく。歩行者が正門①から④へ向かいたい場合、①に貼り付けたカードをリーダライタ

で認識すると (Fig. 1 中右)、マップ1行4列目をもとに携帯端末から「次は前に進んで②を目指せ」という指示が出る (Fig. 1 右下)。Fig. 1 左中にタグ①、②、③からそれぞれの隣接タグへの方向を示したが、これらの情報も携帯端末に格納しておく(その方法は2.4で後述)。歩行者はタグ①のFig. 1左中を見て前方向に歩いて②を目指す。②にいくとマップ2行4列目から③へ向かう指示が出され、歩行者はタグ②のFig. 1左中から前方向に歩き③に着く。③にいくとマップ3行4列目から④へ向かう指示が出され、Fig. 1左中から歩行者は左方向に曲がって目的地の④にたどり着く。このように歩行者は、携帯端末から出された指示に従って、逐次隣接タグに向かって歩いていくことだけを考えればよい。マップは屋内無線LANを通して携帯端末へダウンロード可能とする (Fig. 1 右上)。マップは外部の専門機関で管理する必要はなく、部屋割りが変わるたびに各建物の管理者が最新データを学内サーバにアップしていけばよい。

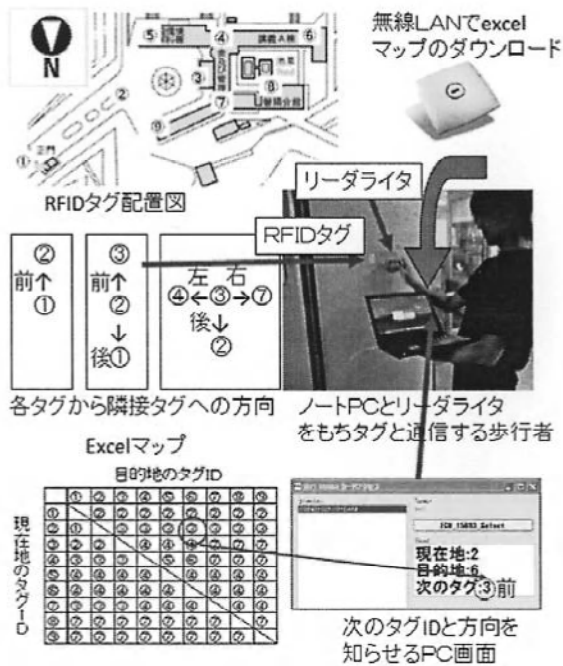


Fig. 1 ナビゲーションの流れ

2.2 購入物品

本研究のために購入した物品は以下のとおりである。このうち①～④の写真をFig. 2に示す。

歩行者が持ち歩くもの

- ①ノートPC TOSHIBA Dynabook Satellite1870

(WINDOWS 2000+Visual Basic6.0+Office 2000)

- ②無線LAN子機 BUFFALO WLI-UC-G300HP
(ノートPCにUSB接続)

- ③RFIDリーダライタ

マーステクノサイエンス ICU-150S

(ノートPCにUSB接続)

校内各所に貼りつけるもの

- ④RFIDタグ (カードタイプ)

マーステクノサイエンス I-codeSLI

タグ貼り付け作業に必要な文房具

- ⑤テープ、はさみ、マジック、らくがき消し

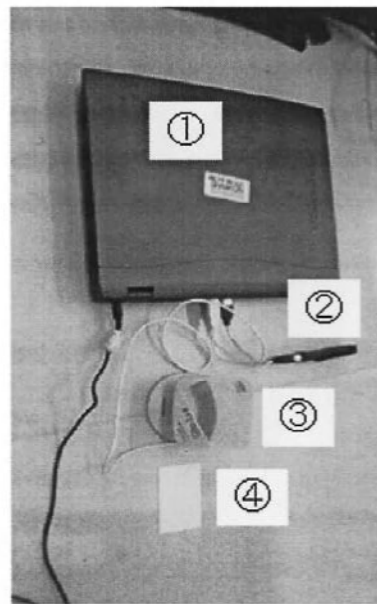


Fig. 2 ナビゲーションに使う物品

平成22年度購入当初、購入したRFIDリーダライタはWindows 7対応であるとされており、7上のドライブレは確かにリリースされているのだが、付属のサンプルプログラムの言語はVisual Basic6.0であった。リーダライタによるタグID読み取り操作を含む本システムのプログラミングはこのサンプルコードを土台にして行う。Visual Basic6.0はWindows 2000上でしか動作しない。そのため地図情報として用いるExcelを含むOfficeも2000とならざるを得なかった。プログラミングが可能で、スマートフォンやPDAに対応したRFID製品は当初はなかったため、平成22年度においてはソフトウェア開発環境が確実に整うノートPCを歩行者の携帯端末として用い、本手法

によってどれだけスムーズにナビゲーションできるかを示すことを目指した。

2.3 RFIDタグの貼り付け作業

RFIDタグを学内各所に貼りつけるため、補助金により学生スタッフを7名、年間各12時間で雇用した。学生スタッフのシフトは以下のとおりである。

6月25日	17:15～19:15	2時間	棟割り当て分担および現地調査
7月9日	17:15～20:25	3時間	地図へのタグ番号記入と学内SNS登録
9月27日	15:00～17:00	2時間	タグ番号の割り振り決定
10月15日	17:15～19:15	2時間	RFIDタグへのID書き込み
10月22日	17:15～18:15	1時間	RFIDタグへのID書き込み
12月9日	17:15～19:15	2時間	RFIDタグ貼り付け作業
合計12時間			

最初、学生便覧に掲載されている学内マップをもとに、各部屋のドアや階段、エレベータ等すべてに貼り付けを試みた。しかし、この貼り付け方では隣接タグ間の距離が近く、同じ方向への指示を続けて受けることになる。また、廊下の幅は棟内部の各階内においても一定でないことから、用のない教員研究室のドアに貼られたタグをリーダーライトでスキャンしながらジグザグ歩行をすることになってしまい、全部屋にあるのは不適切であると断念した。さらに、タグは金属に貼りつけると電波応答が返ってこないことがわかった。メーカーに問い合わせたところ、タグからの応答電波は一度タグの後ろ側に発せられてから前方に回り込んでくるため、金属に貼りつけた場合は回り込んでくる前に磁場が金属に吸収されてしまうとのことであった。²⁾

そこで、貼り付け場所を各階段の各階の踊り場に限定し、まずは踊り場同士ならばどこからどこへでも誘導可能にすることを目標とした。階段ならば一部を除いて手すり材が木製であるため、電波応答もよく、歩行者がリーダーライトで読み取るのに適切な高さである。手すり材が金属の場合はそばにある窓やコ

ンクリート製の壁、木製の花壇に貼って対応した。

貼付位置の図と各棟の位置関係をAppendix.(最終ページ)に示す。図中に示してある番号は棟の出入口で他の棟にあるタグと隣接しているタグのIDである。このうち5, 22, 29は1F出入口だが、15と19は3F同士でつながっている。今回は管理棟、講義A棟、磐陽会館、建設環境工学科棟、専攻科棟、電気工学科棟、機械工学科・物質工学科棟に限った。これらの棟間の移動ならば、真っ直ぐな渡り廊下を歩くだけで済むため、隣接タグへの方向の表現がしやすい。貼付枚数は合計36枚となった。

2.4 地図情報Excelマップの作成

Fig. 3に地図情報としてのExcelマップ構成を示す。Excelシートにおいて、行番号は現在地のタグID、列番号は目的地のタグIDを表す。i行j列目のセル(以後(i, j)と表記する)には、現在地にID番号がiであるタグがあり、ID番号がjであるタグを目的地としているときに、次に経路すべき現在地との隣接タグのID番号を書き込む。管理棟・講義A棟・磐陽会館・建設環境工学科棟および機械工学科棟・物質工学科棟は構造的に一体になっているので、マップ上では一つの棟として扱う。Fig. 3では各棟の領域を太枠でブロック対角行列に分けて示している。太枠内は棟の出入口を経由しない、各棟内のみでの移動を表す領域である。例えば、Appendix.に示すように管理棟や講義A棟には1～18までのタグが配置されているため、(1, 1)から(18, 18)まではこれらの棟内の移動を表している。同様に専攻科棟内の移動は(19, 19)から(21, 21)に表現されており、電気工学科棟内の移動は(22, 22)から(27, 27)に表現されている。まずはこれらの各棟内の領域を学生との共同作業で完成させる。次に他棟への移動について電気工学科棟を例に説明する。Fig. 3において灰色で示したセルは電気工学科棟から別の棟への移動を表しているが、他の棟へ移動するには必ず現在地の棟である電気工学科棟の出入口を経由する必要があるため、この部分には電気工学科棟の出入口の列をコピーアンドペーストしている。そして出入口に着いたあとの指示データとして、出入口の行に他棟の出入口のタグIDを書き込んでいけばよい(該当行を横黒帯で示した)。

以上はExcelファイルのSheet1上の作業だが、

Sheet2では、各タグに隣接するタグのIDを行ごとに列挙しておく。Fig. 4の例でSheet2では、1行目からタグ1にはタグ7が隣接しており、2行目からタグ2にはタグ3, 5, 8が隣接していることが示されている。Sheet2をいったんSheet3にコピーし、Sheet3上で各セルに書き込まれている隣接タグIDを、そこへの方角で書き換える。

Fig. 4のSheet2と3により、1行目で1→7へは上方向、2行目から2→3, 2→5, 2→8へはそれぞれ左、前、上方向にいけばよいことがわかる。Fig. 3に示したSheet1上のi行j列目に現れるIDはSheet2上の同じi行j列目に列挙されている隣接タグIDのどれか（仮にi行k列目とする）であるから、Sheet3のi行k列目に書かれた方向をSheet1のi行j列目に付加するよう、VBAマクロ処理を施す。³⁾このようにしてExcelマップは完成する。

2.5 実験

Fig. 5がナビゲーション実験の様子である。管理棟東端3Fから講義A棟3F西端にいき、その階段を上って4F階段教室にたどり着くコース(タグ15→13)である。ノートPC上で目的地を13にセットしておく。Excelマップは(15, 13)=14右、(14, 13)=17前、(17, 13)=16右、(16, 13)=13上の順に参照されている。この隣接タグへの方角は、タグを貼り付ける向きによって違ってくる。実験の動画をWEBページにアップしているので参照されたい。⁴⁾

2.6 被験者の感想

実験の結果、被験者は通常歩行と同じスピードで目的地にたどり着いたが、タグ間の距離が長いと正しく歩いているか不安とのことであったため、隣接タグへの距離を示す機能が必要とのことであった。また、タグをあと何枚経由したらよいかも示してほしいとの要望があった。ノートPCは予想通り重いとの感想であったが、この対応については4.1で述べる。なお、タグをリーダライタでスキャンしてから歩行指示が表示されるまで1秒程度かかる。Excelファイルの読み取りに多少時間がかかるようである。

3. システムの改善

3.1 各部屋への誘導方法

前節の方法で階段の踊り場同士ならば誘導可能

になった。次の段階として各部屋への誘導をどのように行うかであるが、各部屋はどれか2枚のタグの間に挟まれているか、1枚のタグの近辺に位置しているかのどちらかである。そこで、各タグ間や周辺に位置している部屋の名前を列挙したExcelファイルをマップとは別に設けることにした。

Fig. 6の例ではAppendixにある管理棟1Fのタグ2と3の間に男子WC、女子WC、総務課（財務系）があることを示している。また、管理棟2Fの階段にあるタグ9の近辺に応接室と校長室があることを示している。このExcelファイルに並んでいる部屋名をFig. 7のように目的地の選択肢として吸出す機能を設けた。もし、選択した部屋があるタグの近辺にある場合はそのタグへ誘導するが、2枚のタグ間にある場合は、2枚のうち近いほうのタグへ誘導した後、もう一方のタグへ誘導する。そうすれば、もう一方のタグに到着する前に目的地が見つかるはずであるが、万が一もう一方のタグまで来てしまった場合は、最初に到着したタグにもう一度戻るよう誘導する。2枚のタグ間に挟まれている部屋同士の順序関係はFig. 6のExcelファイル上では問わない。この方法により現在では管理棟、講義A棟、建設環境工学科棟、専攻科棟、磐陽会館、電気工学科棟、物質工学科・機械工学科棟間での移動ならば各部屋への誘導が可能となっている。

4. 今後の予定

4.1 Windows 7への移行

現在では、Windows 7搭載の小型のタブレットPCが発売されている(Fig. 8:acer ICONIA W500)。⁵⁾

USB端子にリーダライタも取り付け可能であり、970グラムであるため歩行者にとっても十分携帯可能である。また、平成23年11月末に本システムで用いているRFID製品に対応したVisual Studio 2010用のSDKがメーカー側からリリースされた。これを利用して、現在Windows 2000用に作られているナビゲーションプログラムをWindows 7に移植中である。

4.2 磁性シートを用いた屋外経由

本校には他にも体育館、図書館など様々な建物があり、これらの棟に行くためには屋外を経由する必要がある。したがって屋外にタグを貼りつけるための物体が必要となるが、これに適切なのは本校では

Fig. 9に示す金属製のサインであると思われる。

金属にタグを貼りつけると応答電波が金属に吸収されてしまうが、Fig. 9のように磁性シートを挟んで貼りつけると応答電波が返ってくることを確認できている。今後磁性シートと金属製サインを用いて、本校の全棟を対象としたナビゲーションを可能にしていく予定である。



Fig. 3 Excelマップ構成

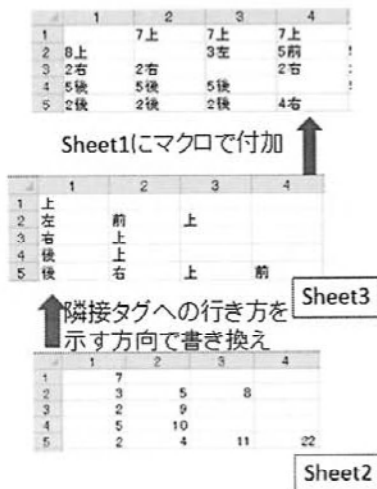
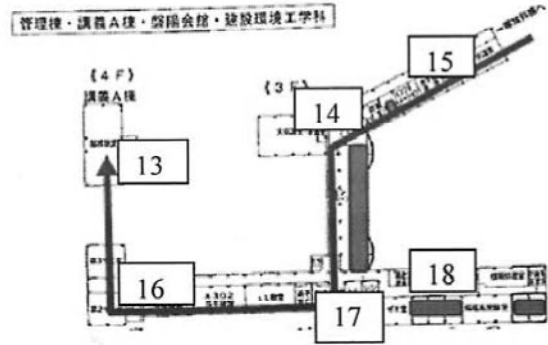


Fig. 4 隣接タグへの方向を付加

4.3 Excelマップの自動生成システム

Fig. 3のExcelマップは手動で作っているが、マップ作成者が手作業で作成していくため、ミスが起こりやすく、修正も混乱しがちである。タグ配置の地図をグラフィカルに画面上に描き、Excelマップをコンピュータで自動生成してくれるソフトウェアがあるとよい。

そこで、仙台高専情報ネットワーク工学科佐藤公男研究室で開発しているグラフ理論学習統合支援システムGLISを利用することを考えた。このソフトウェアでは、グラフ描画・編集をGUIででき、隣接行列などの様々なグラフ解析ができる。また、プログラミング(言語はVisual C++ 2010)によるプラグイン作成により独自の解析機能を追加できる。



管理棟東端3F



4F階段教室

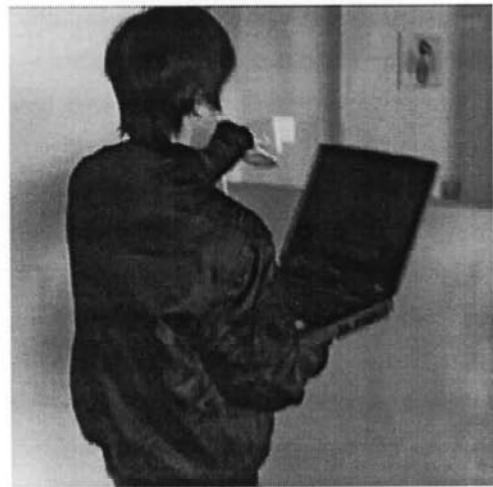


Fig. 5 ナビゲーション画面

中央3F端	14	大会議室
管理1F端	2	3 男子WC 女子WC 総務課(財務系)
管理1F端	3	女子職員夏職員リフレッシュ室/更衣室
管理2F端	8	9 男子WC 女子WC 総務課(総務部)
管理2F端	9	応接室 校長室

Fig. 6 各部屋のリスト

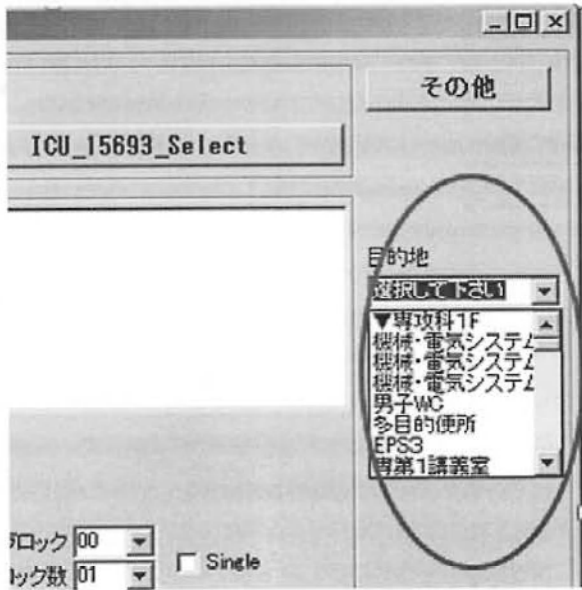


Fig. 7 各部屋を目的地の選択肢に吸出し



Fig. 8 acer ICONIA W500



Fig. 9 屋外の金属製サインと磁性シート

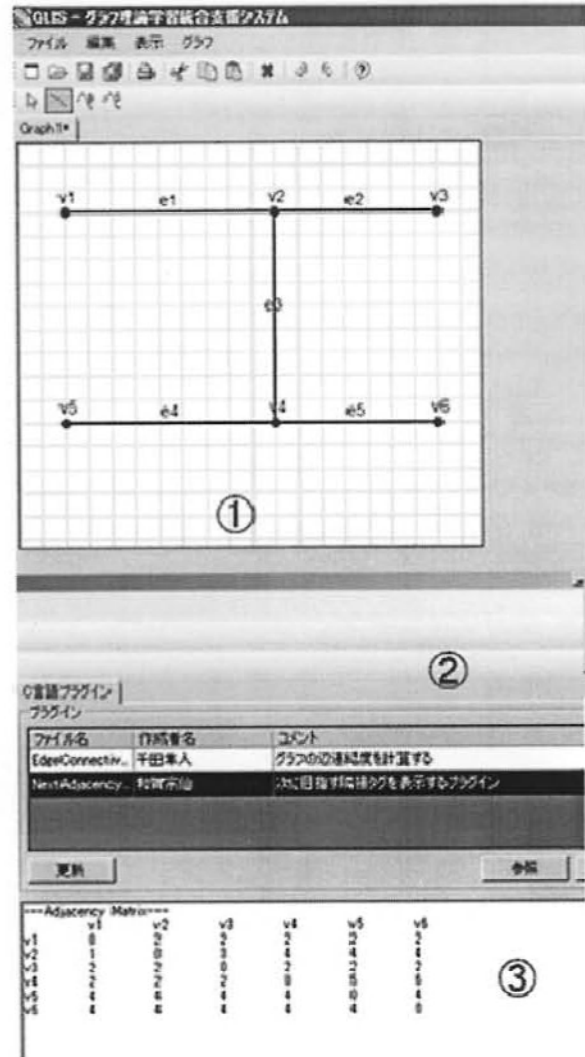


Fig. 10 GLIS画面

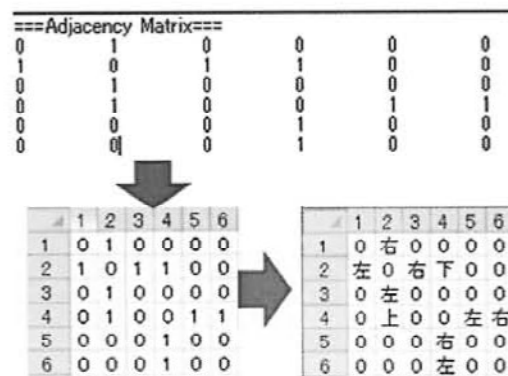


Fig. 11 隣接行列

Fig. 10 が GLIS の画面である。①はマウスで描画したグラフ、②はプラグイン選択である。プラグインを実行すると③にその結果が出力される。著者は

描かれたグラフから Fig. 3 に相当する Excel マップを③に出力するプラグインを自作した。①に v1～v6（これらはノードと呼ばれる）とあるが、これは張り付けられたタグに相当する。ノード間を結んでいる線（エッジと呼ばれる）は、エッジ両端のノードに相当する 2 枚のタグ間に挟まれている廊下に相当する。③では行方向に現在地のノード、列方向に目的地のノードを並べ、表の各セルには現在地から次に目指すべき隣接ノードの番号を示している。例えば、v1 行 v6 列目に 2 とあるが、①で v1 から v6 にいきたいときにまずは v2 にいかねばならないことがわかるであろう。あとは福島高専全体のタグ配置図を、学内地図を見ながら①に描けばよい。

次に、Fig. 4 にあったように、隣接タグに行くときの方向の情報を付加する必要がある。そこで、GLIS にもともとある隣接行列出力プラグインを利用したい。隣接行列は、ノード i と j がエッジで接続されているときに i 行 j 列成分が 1、それ以外は 0 となる行列である。その行列出力結果を Excel シートにコピーアンドペーストして、値が 1 である各成分を見る。その 1 成分が x 行 y 列目だとしたら、タグ x からタグ y へ行くときの方向で置換していけばよい。

Fig. 10 で示した例のグラフに対しプラグインで隣接行列を出力し、それを Excel にコピーアンドペーストし、1 成分を隣接タグへの方向で置き換えた様子を Fig. 11 に示す。Fig. 11 右下は、タグ 1 から 2 に行くには右方向へ進み、タグ 2 から 1 へは左、2 から 3 へは右、2 から 4 へは下へいけばよいことを示している。なおこれはタグの貼り付ける向きによって違ってくる。今後のバージョンでは Fig. 4 のように 1 つのセルに隣接タグの ID と方向を一緒に書くのではなく、Fig. 10③と Fig. 11 右下の行列を使って歩行指示を与えるようプログラミングする予定である。その際に、2.6 に述べた距離や目的地への経路タグ枚数の表示機能も追加予定である。

4.4 本システムの将来的な応用

本システムのナビゲーション手法は福島高専以外の学校、病院等にも即適用可能と考えるが、隣接タグへの方向を示しやすいようにタグ配置を工夫

する必要がある。特にグラウンドや体育館等のように、日常で我々が芝生や棟の脇を横切ったりしながら目指している場所への移動を考える際には、最短距離にならなくても正規の通路を用い、通るべき道をはっきりさせる必要がある。これができるれば、大規模なイベント会場や屋内施設のある遊園地などにも適用可能であると考えられる。

付 録

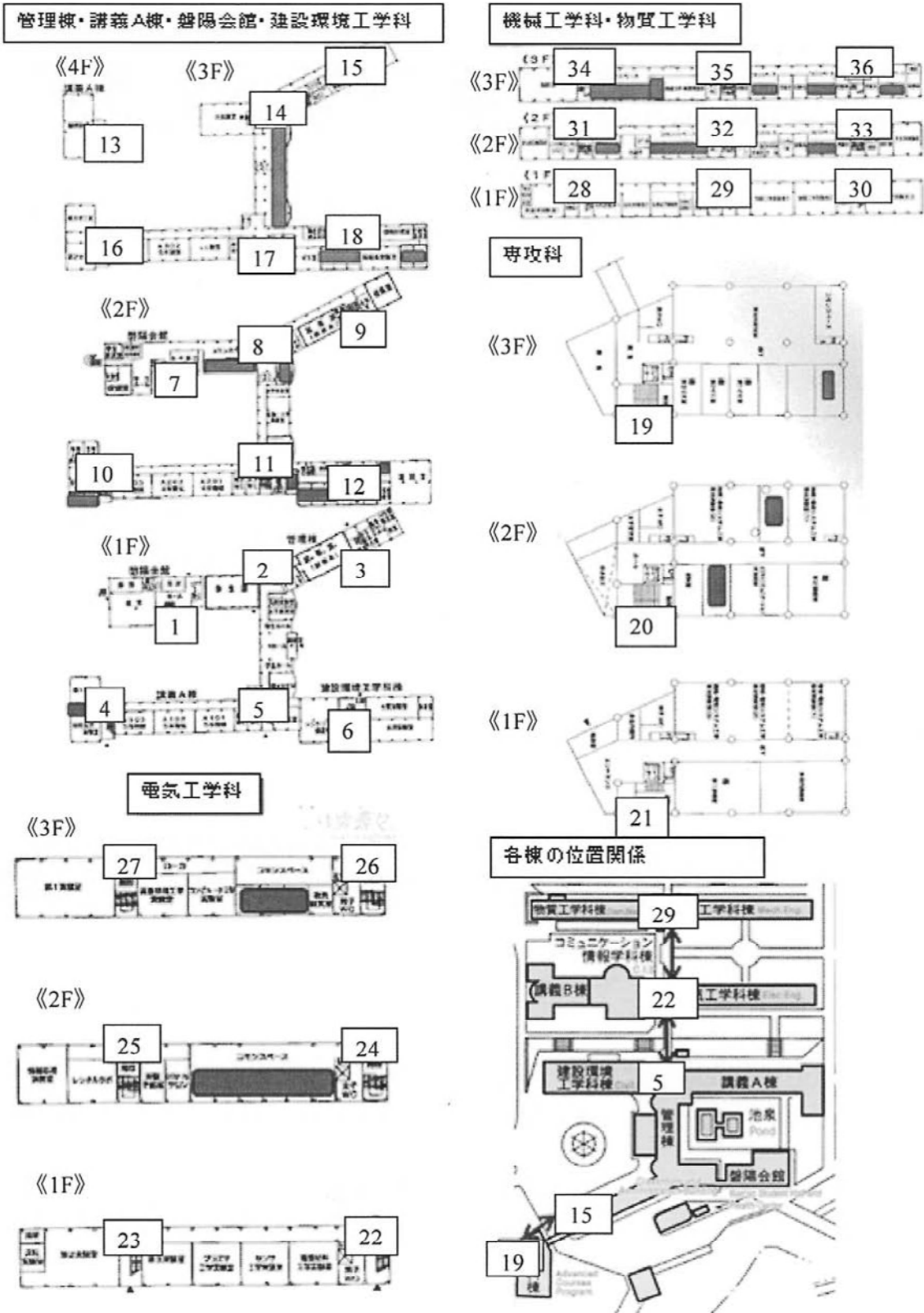
Appendix. に本校に貼り付けた RFID タグ配置図と各棟の位置関係を示した。ただし、図中では教員室の個人名を隠した。

謝 辞

本研究は平成 22 年度科学研究費補助金（奨励研究、課題番号 22919014）として採択されたものである。マップの作成、タグ貼付作業に懸命に従事してくれた学生スタッフに感謝する。タグ貼付には各学科教員および事務職員の方々の理解があり行うことができた。また、本ナビゲーションシステムの改善に向けて GLIS を提供していただいた仙台高専佐藤公男教授ならびにその仕様を懇切丁寧に解説していただいた研究室学生の千田隼人氏に感謝の意を申し上げる。

文 献

- 1) 西村 泰洋:RFID+ICタグシステム導入・構築, p. 1-p. 22 (翔泳社, 2006).
- 2) <http://www.nitta.co.jp/product/Sheet/rfid/top.html>
- 3) 結城 圭介:最速攻略Excel VBAサンプル大全集 (技術評論社, 2006)
- 4) http://www.fukushima-nct.ac.jp/manufacturing/htdocs/?page_id=64
- 5) acer ICONIA W500
<http://www.acer.co.jp/ac/ja/JP/content/model/LE.RHCO>
- 6) 樋口龍雄 監修, 佐藤公男 著:グラフ理論入門—C 言語によるプログラムと応用問題—, p. 50, p. 143(日刊工業新聞社, 1999)



Appendix. 本校へのRFIDタグ配置図