

## 4-3 RFID を用いた被災情報収集支援システムの研究

### 4-3 Research and Development of an RFID-based Disaster-relief System

滝澤 修 柴山明寛 細川直史 久田嘉章

TAKIZAWA Osamu, SHIBAYAMA Akihiro, HOSOKAWA Masafumi, and HISADA Yoshiaki

#### 要旨

本論文では、RFID(電子タグ)を活用し、大規模災害時等に少人数で効率的に被災情報を収集するためのシステムの開発について述べる。まず、RFID 書き込み読み取り装置の開発経過について述べ、続いてその装置を利用した情報共有化システムの構想と、被災情報収集支援システムへの展開について述べる。

A portable system for assisting rescue personnel in disaster situations has been developed. The system consists of portable microwave terminals that function as message readers/writers/carriers and long-range, non-battery RFID tags that are ubiquitously placed along roadsides and function as information-storage units. Information such as location of refuges and the safety assessments of damaged buildings is remotely downloaded onto or uploaded from the tags by the terminals.

#### [キーワード]

電子タグ, 被災情報, 防災, GIS

RFID, Damage information, Disaster relief, Disaster prevention, Disaster mitigation, GIS

## 1 まえがき

1995年に発生した阪神・淡路大震災において、被災地における情報流通手段として広く活用されたのは貼り紙であった。居住者の安否・避難情報や、応急危険度判定結果などは、被災建物に直接貼り出されて活用されていた。このように被災地の情報は被災現場においてやりとりされるものであり、特に通信インフラが深刻なダメージを受けるような大災害時に、復興の初期段階において、被災現場に散在している情報を、通信手段を介さずに人手あるいはレスキューロボット等によって迅速に収集して救援に役立つ仕組みを作ることは重要である。

RFID(電子タグ、Radio Frequency Identification Tag)は、記憶領域を持ち、非接触で情報の入出力ができる小型デバイスである。非接触

ICカードとして普及しているほか、物流において商品や貨物に取り付けられるタグとしての実用化が始まっている。物流への応用のほかに、総務省の調査研究会報告書<sup>[1]</sup>では、消防防災を始めとして、様々な応用について言及されている。

筆者らは、平常時から家屋の塀や電柱などの道端にRFIDが大量に埋め込まれているユビキタス社会の到来を想定し、災害救援に資する情報をRFIDに書き込みあるいはRFIDから読み取り、災害時には現地での救援活動における情報源とし、あるいは被災地外へ移動する被災者あるいは救援者がその情報を非接触で瞬時・大量に自動収集して運び出し、被災地内の様子を被災地外において迅速に知るための、RFID書き込み読み取り装置の開発を進めている。本論文では、開発中のRFID書き込み読み取り装置に

ついて述べ、続いてその装置を用いた情報共有システム、更には被災情報収集支援システムの可能性について論じる。

## 2 被災情報収集を目的とした RFID 書き込み読み取り装置の開発

本章では、RFID の概要と、被災情報収集への応用を想定した RFID 書き込み読み取り装置のこれまでの開発経過について述べる。

### 2.1 RFID の概要<sup>[2]</sup>

RFID は、情報を記憶し、質問器(書き込み読み取り装置)からのコマンドに応答する機能を持つ小型の IC (Integrated Circuit) チップと、金属製のアンテナとで構成される。質問器は RFID に記憶された情報を、電磁波もしくは電磁誘導により、非接触で読み取る(リード)ことが可能である。図 1 に RFID の例を示す。



図 1 RFID の例

基本となる IC は 0.1 ミリ～数ミリ角で、IC 自体の記憶容量は十数バイト～数十 K バイトである。また、IC は、メモリーとロジック回路を備えており、ロジック回路により、演算、認証、暗号化などの処理も可能である。RFID 用に割り当てられている無線周波数帯として、日本国内では 13.56MHz と 2.45GHz が主に使用されている。RFID と質問器との間の通信可能距離は、日本の電波法の規制下では、13.56MHz 帯域においては 70cm 程度、2.45GHz 帯域では 1.5m 程度である。日本国内では、規制緩和により 950～

956MHz (UHF 帯) の周波数も使えるようになる見込みであり、その結果、更に長距離の通信が可能な RFID が使用可能になる見通しである。

RFID には、電池を内蔵するアクティブ型と内蔵しないパッシブ型がある。パッシブ型の場合、質問器から送出される搬送波を RFID の記憶領域に書き込まれている情報によって変調し、その信号を質問器に対して反射することにより情報を伝送する構造になっている。RFID 内のアンテナに整流回路を搭載し、質問器から受信した電磁波を整流して、反射するための電源を得る仕組みになっている。物流などの分野では、コストやメンテナンスフリーの考え方から、パッシブ型が主流であるが、電池を内蔵するタイプでは、質問器との間の通信を長距離化でき、また、RFID 側からビーコンのように能動的に情報を発信することが可能になる。

さらに、RFID にあらかじめ書き込まれている情報を質問器が読み取るだけ(リードオンリー)でなく、同じ質問器を用いて、RFID に情報を書き込む(ライト)ことが可能なタイプも開発されている。

RFID は、複数の RFID を非接触で一括して読み取ることを可能にでき(マルチリード)、バーコードなどと比較して時間当たりの読み取り効率が優れている特長がある。また、1 個当たりの RFID の製造コストが現在は数十円程度まで下がってきており、生産量の増大により更にコストダウンを図ることも可能になっている。

### 2.2 開発中の RFID 書き込み読み取り装置の概要

筆者らは、大規模災害時における被災情報収集用を想定した、2.45GHz 帯パッシブ型 RFID 用の書き込み読み取り装置の開発に 2001 年度に着手し、2002 年度からは、文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト(以下、「大大特プロ」という。)の一テーマとして、NPO 国際レスキューシステム研究機構の取りまとめの下で、独立行政法人産業技術総合研究所、独立行政法人消防研究所、工学院大学建築学科との共同研究として開発を進めている。現在までに、図 2 に示すように、台車サイズ(2001～2002 年度)、背負子サイズ(2003 年度)を経て、ハンドヘルドサイ

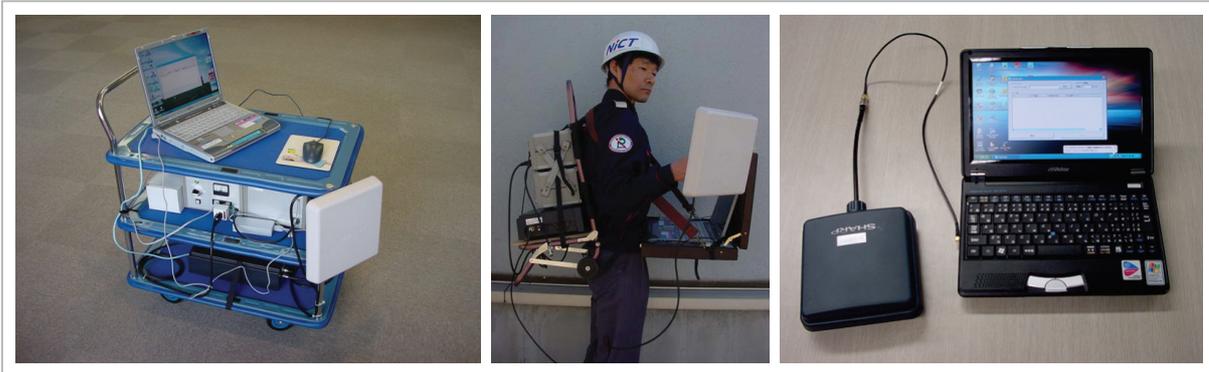


図2 被災情報収集を目的とした RFID 書き込み読み取り装置  
(左：2001～2002 年度、中央：2003 年度、右：2004 年度)

ズ(2004 年度)の書き込み読み取り装置を開発している。

開発中の書き込み読み取り装置は、被災地への持ち込みを想定して、バッテリー駆動の可搬型の装置とし、RFID の書き込み及び読み取りを行うアンテナ部分と本体、本体の制御をするノートパソコン及びそれらの装置に電源を供給するバッテリーから構成される。可搬型の RFID 書き込み読み取り装置としては、棚卸し用のハンディターミナルとして既に実用化されているものもあるが、これらのターミナルは、バーコードと同様に数 cm まで接近しないと RFID が読み取れないものが多い。しかし、災害時には、がれきに埋もれるなどして接近が困難な RFID を読み取らなければならない場面が想定されるので、読み取り可能距離を伸ばすことは重要な条件といえる。筆者らのシステムにおける通信可能距離は現状で 2m 程度である。筆者らの開発着手当初は、現在の我が国におけるパッシブ型 RFID の読み取り可能距離としての最長限界を可搬型で実現しようとしたため、構内無線局の免許が必要な高出力の据え置き型の書き込み読み取り装置にバッテリーを付加して持ち運べるように改修して使用していた。しかし、災害現場での機動的な活動のためには、装置の小型化が必須であるため、2004 年度からは読み取り可能距離を犠牲にして、低出力型の装置を採用することにした。2.1 で述べたように、近日中に日本で使用可能になる UHF 帯の RFID では、2.45GHz 帯の RFID よりも長距離の通信が可能になると予想されており、筆者らのシステムにも最終的には UHF 帯の低出力型装置を採用するこ

とになると考えている。なお、アクティブ型 RFID を用いれば読み取り可能距離を伸ばすことができるが、タグの電池交換を要するので、いつ発生するか分からない災害時のために多数設置されたタグの電池を定期的にすべて交換する仕組みを構築することは困難であり、また、リードオンリーのタイプが多い(タグの固定 ID を発信するだけ)ため、被災情報収集には不向きと考えられる。

一般に、RFID は文字通り識別子 (ID) として使い、読み取った ID をキーとしてネットワーク等を介してサーバが管理するデータベースから情報を受け取ってサービスするという、クライアント・サーバ型の使い方が一般的である。それに対して、大規模災害時にクライアント・サーバ型システムは機能しないという考え方から、筆者らのシステムは、必要な情報がすべて RFID 上に書かれているという、RFID をデータストレージとして使う思想で設計している。

以下の節では、これまでの開発の概要について、年度順に説明する。

### 2.3 2001 年度の開発概要

初年度である 2001 年度は、RFID との間で情報を書き込み読み取るための以下の基本機能の開発に取り組んだ。

- ・一つの RFID に、日本語文字列を書き込む機能(簡易書き込み機能)。
- ・RFID から日本語文字列を読み取り、制御パソコンに保存する機能(読み取り機能)。
- ・読み取った RFID の日本語文字列をリアルタイムに合成音声で読み上げる機能(読み上

げ機能)。

開発着手当初は被災情報を自然言語で書き込み読み取る使用法を想定していたため、やりとりするデータとしては日本語文字列(テキストデータ)に限定した。図3に簡易書き込み機能の画面例、図4に読み取り機能の画面例を示す。

このシステムが社会に定着するためには、RFIDが密度高くあらゆる場所に存在している(いわゆるユビキタス社会)必要がある。そのためには、日ごろは本システムを例えば店舗情報の受信などに用い、災害発生時に被災情報収集手段に早変わりできることが重要である。そのため、RFIDから受信した情報を耳で聞くことができる機能を併せ持っていれば、応用範囲が広がると考えられる。そこで初年度には、読み取った日本語文字列をリアルタイムに合成音声として発声する機能を実装した。

本システムで採用しているRFID(Intermec社製"Intellitag")のメモリーは128Byteであり、その内訳は以下のとおりである。

したがって、タグに書き込める日本語文字列は100Byte(2バイト文字換算で50字)となる。

## 2.4 2002年度の開発概要

大大特プロとしての初年度となる2002年度は、前年度に開発した書き込みに関する機能の強化に重点を置き、以下の機能を開発した。

- ・複数のRFIDの中から空のタグを自動的に探し出し、そこに情報を書き込む機能(書き込み機能)。
- ・RFIDから読み取り終わったデータをタグから消去して、空の状態にタグを戻す機能(吸い上げ機能)。

2002年度に開発した書き込み機能及び吸い上げ機能の操作手順について、制御パソコンの画面を示しながら以下に説明する。

### (1) 書き込み機能

データが書き込まれていない空のタグを、アンテナの視野の中から自動的に選択して、情報を書き込む機能である。書き込み機能の画面状

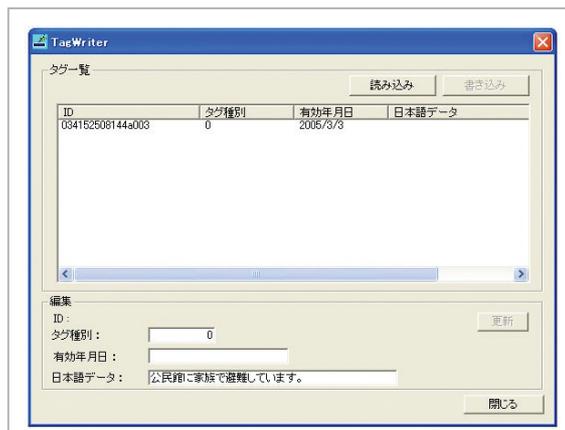


図3 簡易書き込み機能の画面例

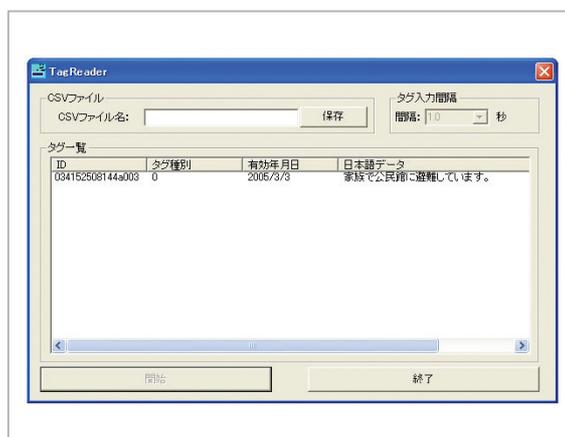


図4 読み取り機能の画面例

システム ID	8Byte (書き換え不可)		
製造 ID (メーカー種別情報)	2Byte (書き換え不可)		
ハードウェアタグタイプ (タグ種別情報)	2Byte (書き換え不可)		
ソフトウェアタグタイプ (タグ識別子)	3Byte (02h, 53h, 48h : 書き換え不可)		
ソフトウェアタグタイプ (NICT用グローバルコード)	3Byte (02h, 00h, * : 書き換え可)		
ユーザエリア	110Byte (書き換え可)	タグ種別	2Byte
		有効年月日	8Byte
		日本語データ	100Byte

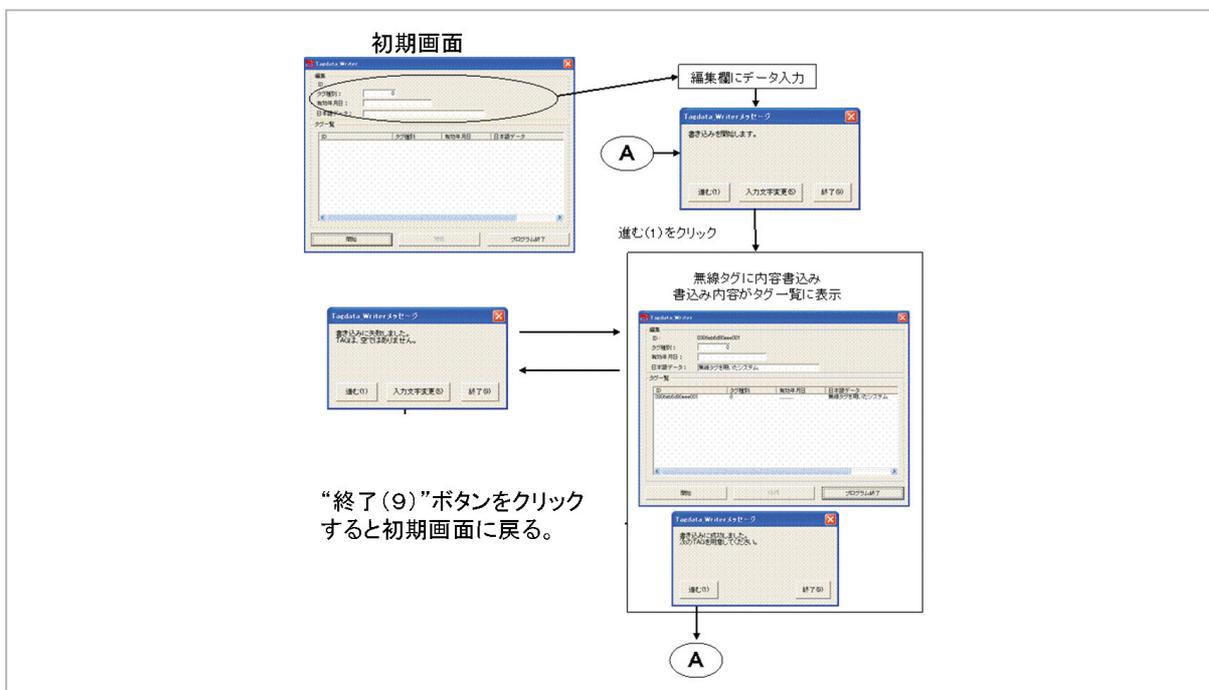


図5 書き込み機能の画面状態遷移図



図6 書き込み機能の画面(書き込み開始状態)

状態遷移図を図5に示す。

以下に、処理の具体例を示す。

「日本語データ」の入力欄に書き込むべき文字列「テスト書き込み」をキーボードから入力し、開始ボタンを押すと、テンキーからの入力待ち状態となる。図6にその状態の画面を示す。そこで、「進む」(書き込みを行う)、「入力文字列を変更する」、「終了する」、のいずれかをテンキーによって選ぶ。

「進む」(書き込みを行う)を選ぶと、アンテナの視野の中にあるタグを読み取り(図7の場合、視野内に四つのタグがあったことを示す)、そのうち空のタグ(「日本語データ」の欄が空白のもの)

を自動的に一つ選び(図7の場合はIDが03c312508144a000のタグが選ばれたことを示す)、そこに文字列「テスト書き込み」が書き込まれる。書き込まれた後の画面の状態を図7に示す。

図7から進むと、図6の画面に戻り、別の文字列を書き込む場合、キーボードから別の文字列を入力して、再び書き込み処理に進む。アンテナの視野の中にあるタグのうち空のタグを自動的に一つ選び(図8の場合はIDが0385b1508144a001のタグが次に選ばれたことを示す)、そこに文字列「テスト書き込み2」の書き込みが行われた後の状態を図8に示す。

## (2) 吸い上げ機能

読み取り終わったRFIDに新たな情報を書き込めるように、タグのデータ領域を消去して空タグに戻す機能である。吸い上げ機能の画面状態遷移図を図9に示す。

以下に、処理の具体例を示す。

画面の開始ボタンをキーボードから押すと、テンキーからの入力待ち状態となる。図10にその状態の画面を示す。そこで、「進む」(吸い上げを行う)、「終了する」、のいずれかをテンキーによって選ぶ。

アンテナの視野の中にある四つのタグを読み

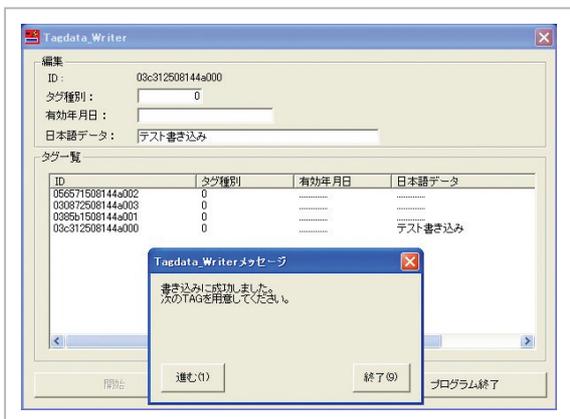


図7 書き込み機能の画面(タグの一つに書き込んだ状態)

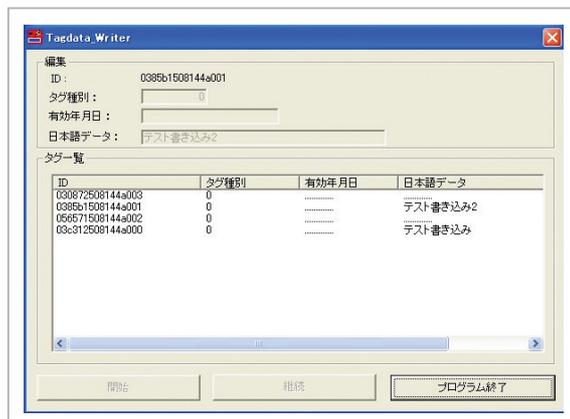


図8 書き込み機能の画面(二つめのタグに別の文字列を書き込んだ状態)

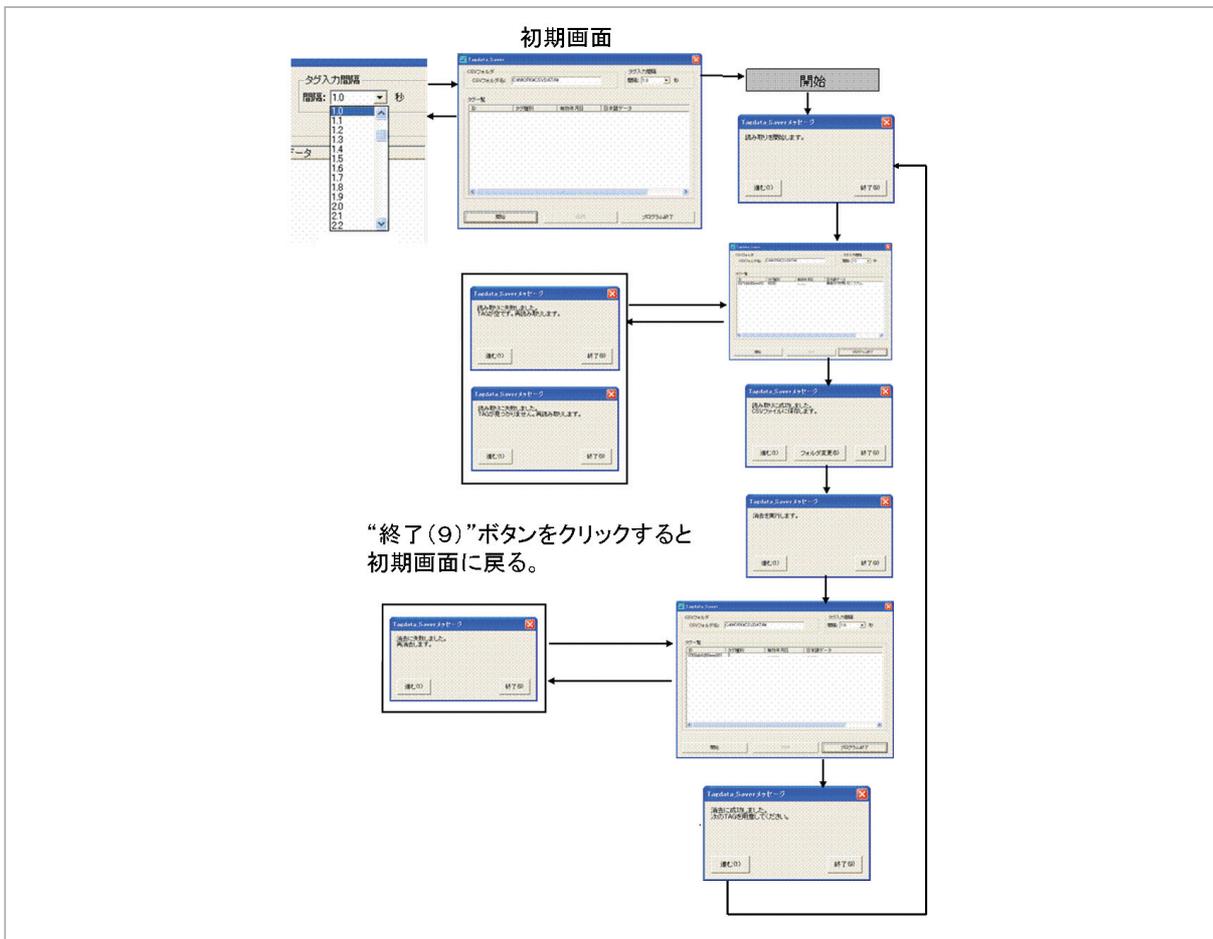


図9 吸い上げ機能の画面状態遷移図

取り、読み取ったデータを制御パソコンに保存するのを待っている状態を図 11 に示す。保存形式は CSV (コンマ区切り) である。テンキーで、「進む」(保存)、「保存フォルダの変更」、「終了」のいずれかを選ぶ。

読み取ったデータを保存すると、読み取った

タグのデータの消去要求待ち状態になる。その状態の画面を図 12 に示す。テンキーによって消去か中断 (消去せず終了) かどちらかを選ぶ。

消去を選んだ場合に、保存し終わった ID : 056571508144a002 のタグのデータが消去されて空になる。その状態を、図 13 に示す。

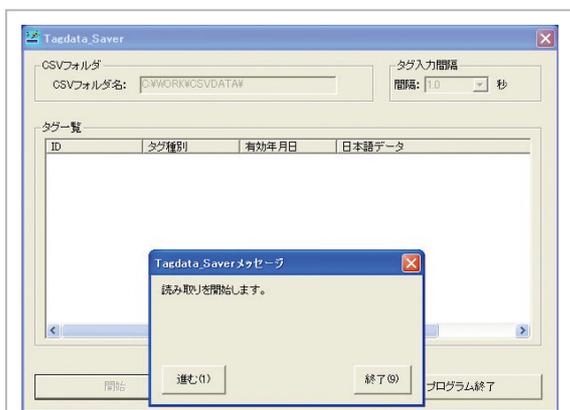


図10 吸い上げ機能の画面(吸い上げ開始状態)

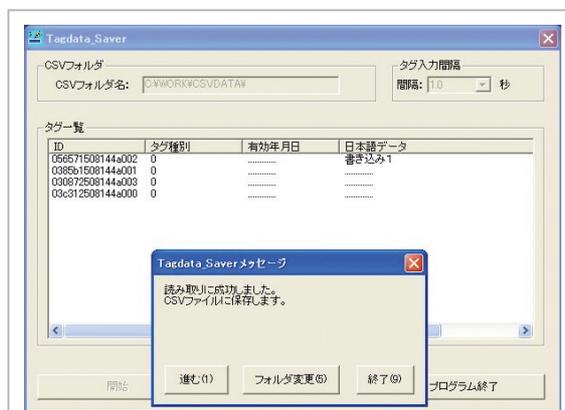


図11 吸い上げ機能の画面(タグを読み取った状態)



図12 吸い上げ機能の画面(消去処理待ち状態)

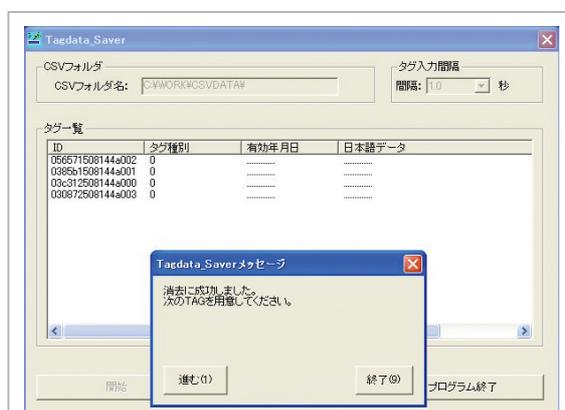


図13 吸い上げ機能の画面(タグが空になった状態)

## 2.5 2003年度の開発概要

2003年度には、以下の四つを実現した。

- ・合成音声による操作状態の教示機能
- ・バイナリデータ分割書き込み吸い上げ機能
- ・TCP/IPを介した制御機能
- ・装着型システム

それぞれについて以下に説明する。

### (1) 合成音声による操作状態の教示機能

開発システムは最終的に、ハンドヘルドサイズに小型化することを目指していたので、画面を見ることなく手元ボタンの操作によって、書き込みと吸い上げの基本機能を実現できることが望ましい。そのため、2002年度に開発した機能に対して、画面状態を合成音声で教示する機能を追加した。合成音声による読み取りデータの読み上げ機能については、2001年度に既に開発していたので、その機能の拡張を行うことで

実現した。

### (2) バイナリデータ分割書き込み吸い上げ機能

制御パソコン内にあらかじめ用意されたバイナリファイルのデータを、空のRFIDにファイル名と共に書き込む機能と、RFIDから読み取ったバイナリデータをファイルとして制御パソコンに保存する機能を開発した。また、バイナリデータを扱えるようにすると、データ容量が100Byte程度では不足する可能性がある。そこで、書き込もうとするバイナリデータが1個当たりのRFIDの容量を上回るサイズの場合、システムの視野内にある複数の空のRFIDに自動的に分割して書き込む機能を開発した。逆に、複数のRFIDに分割して格納された部分データ群を読み取ってマージし、元のファイルに復元する機能も開発した。この機能追加により、RFIDの容量による制約から開放されることに

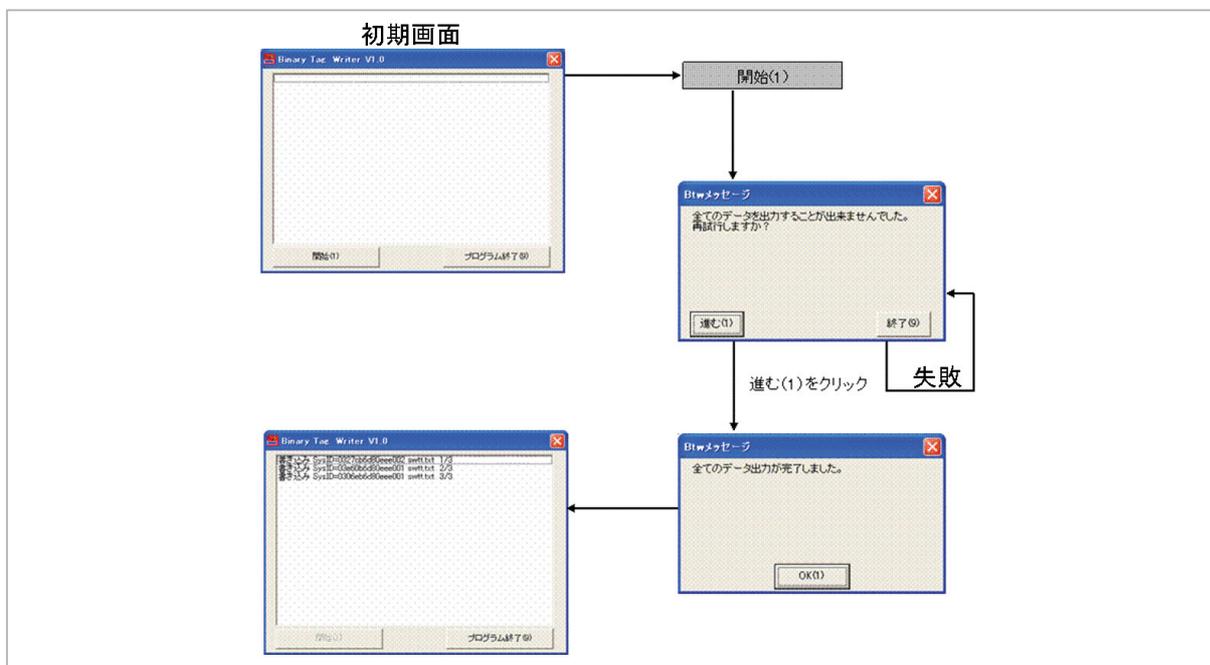


図 14 バイナリデータ分割書き込み機能の画面状態遷移図

なる。

バイナリデータ分割書き込み機能の画面状態遷移図を図 14 に示す。

図 14 は、swtt.txt というファイル名のバイナリデータを、三つの RFID に分割して書き込んだ例である。書き込むべきデータのファイル名は、あらかじめ初期設定ファイルにおいて指定しておく。

次に、バイナリデータ吸い上げマージ機能の画面状態遷移図を図 15 に示す。

図 15 は、三つの RFID に分割して書き込まれているバイナリデータの一つずつ読み取り、三つとも読み取り終わった時点で一つずつ消去し

て空にしていき（「掃除」と呼ぶ）、三つのバイナリデータをマージして swtt.txt というバイナリファイルを生じ、制御パソコンに保存した例である。生じしたバイナリファイルを保存するフォルダは、あらかじめ初期設定ファイルにおいて指定しておく。

本節で説明したバイナリデータ分割書き込み吸い上げ機能における、タグのメモリーの内訳は、以下のとおりとなっている。

本機能では、分割して書き込む前の元データのファイル名や、分割順序などの情報を各タグに書き込んでおく必要があるため、タグ 1 個当たり書き込めるバイナリデータは、**2.3** の日

システム ID	8Byte (書き換え不可)		
製造 ID (メーカー種別情報)	2Byte (書き換え不可)		
ハードウェアタグタイプ (タグ種別情報)	2Byte (書き換え不可)		
ソフトウェアタグタイプ (タグ識別子)	3Byte (02h, 53h, 48h : 書き換え不可)		
ソフトウェアタグタイプ (NICT 用グローバルコード)	3Byte (02h, 00h, * : 書き換え可)		
ユーザエリア	110Byte (書き換え可)	ファイル名	8Byte
		ファイル名拡張子	3Byte
		分割ファイル数	1Byte
		分割順序番号	1Byte
		書き込みサイズ	1Byte
		バイナリデータ	96Byte

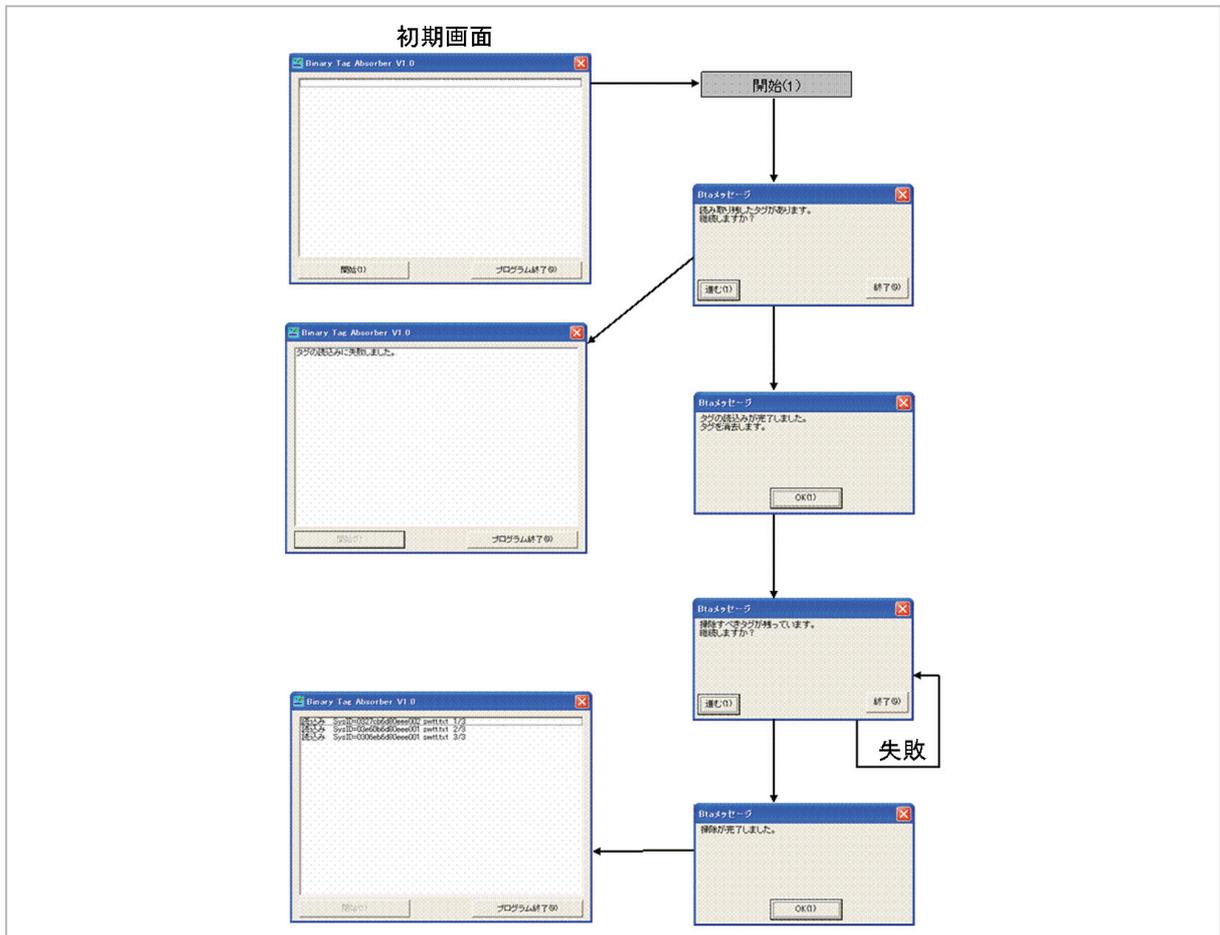


図15 バイナリデータ吸い上げマージ機能の画面状態遷移図

本語文字列よりも少なく、96Byteとなる。

本節で説明した、バイナリデータを扱う機能は、RFIDを様々な用途に活用するためのアプリケーション開発に活用される。RFIDを大災害時にのみ活用するのではなく、平常時あるいは通常火災などの小規模な災害においても様々な用途に活用できることを示すことで、普及が促進されることが期待できる。例えば、建物に貼付されているRFIDに対して、建物の位置(GIS、高精度の座標)、構造・種別、間取り、居住者情報(人数、連絡先)、危険物の有無などをあらかじめ暗号化したバイナリデータとして圧縮登録しておき、通常火災時には救助隊の指揮車両において建物情報をそこから取得することで、迅速な消火・救助などに役立てる使用法が考えられる。これらの応用例については、3において触れる。

### (3) TCP/IPを介した制御機能

書き込み読み取り装置に対して、TCP/IPによ

り制御できるインターフェースを実装し、制御パソコン内の他のアプリケーションから書き込み読み取り装置を呼び出して動作させることや、ネットワークを介して遠隔のパソコンから動作させることを可能にした。

### (4) 装着型システム

従来の台車方式を、歩行者が装着できる形式に改良した。装着型システムを図2中央に示す。RFID書き込み読み取り装置とバッテリーは背負い、制御パソコンは画板のように肩から下げる形式とした。

また、RFIDが普及すると、いたずらによる書き込み(セキュリティの問題)や、不正な読み取り(プライバシー侵害の問題)への対抗策が重要になってくる。そのため、情報の暗号化やRFIDの固有IDを使ったアクセス制御の可能性についても検討を行った[3]。

## 2.6 2004年度の開発概要

2004年度は、RFIDに書き込むべきバイナリデータの具体的なアプリケーションの一つを開発した。また、システムをより小型化した。

### (1) 具体的な被災情報収集アプリケーションの開発

RFIDに書き込むべきバイナリデータの例として、応急危険度判定の項目を表示して結果を入力するアプリケーションと連携し、判定結果をRFIDに書き込み読み取る機能を開発した。大規模災害時には、建物情報と現状とを照合して迅速な被災度判定を行い、その結果を電子的に現場に残して他の救援者と共有することで、重複調査のムダを省き、補助金手続き等の迅速化や詳細な被災データベースの迅速な作成に役立てることを目指す。図16に応急危険度判定結果の入力アプリケーションの画面を示す。

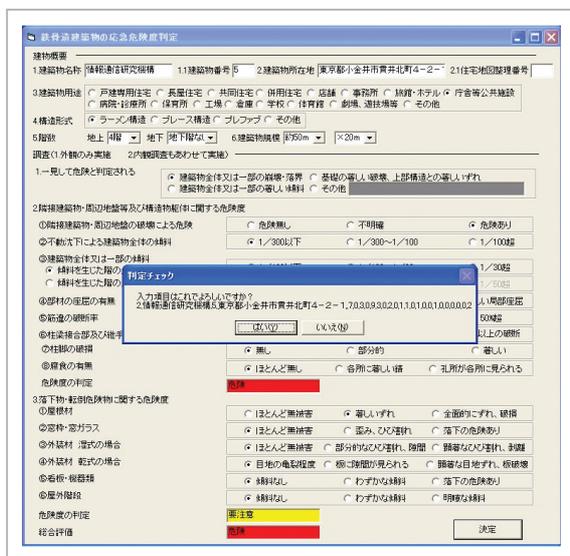


図16 応急危険度判定結果の入力アプリケーション画面

### (2) システムの小型化

2003年度までの装置は、装着可能になったとはいえ、災害現場における機動的な活動にそぐわない大きさである。そこで、同じRFIDを使い、より小型化した書き込み読み取り装置の開発を行った。小型化した装置を図2右に示す。書き込み読み取り装置の本体はノートパソコンのカードスロットに挿入できるサイズで、アンテナのサイズも約4分の1になっている。ただ

し2.2で述べたように、2003年度までの装置に比べて書き込み読み取り装置の電波の出力が弱いため、RFIDとの通信可能距離が縮小した。近日に日本で使用可能になるUHF帯のRFIDでは、より長距離の通信が可能になると予想されているため、筆者らのシステムにも最終的にはUHF帯の低出力型装置に移行することを考えている。

## 2.7 被災情報収集を目的としたRFID書き込み読み取り装置のまとめ

2.2で述べたように筆者らのシステムは、必要な情報をすべてRFID上に書き込んでおき、RFIDをデータストレージとして使うという思想に基づいて設計されている。そのため、物流等への応用を想定した従来のRFIDシステムにはなかった独自の機能を多く開発する必要がある。これらの機能を用いて、次節で述べる情報共有化システム及び被災情報収集支援システムへの展開が可能になった。

## 3 RFIDを用いた情報共有化システム及び被災情報収集支援システム [4]

### 3.1 はじめに

阪神・淡路大震災において、消防、警察、自衛隊等の救援が円滑に進められなかったことは周知のことである。その原因として、被害情報収集の遅れ、それに伴う不適切な人員配置、絶対的な人員不足、被災地外からの支援人員における被災地の地理的把握の困難からくる活動の遅延などが挙げられる。しかし、別の事例では、消防、警察、自衛隊等の救援救助がなくても、近隣住民、自主防災組織、自治消防団などの地域コミュニティによる救援活動により、多くの人が救助された兵庫県津名郡北淡町などの事例がある。これは、近隣住民、自主防災組織、自治消防団などが、隣近所の建物の何人が居住し、高齢者がどこに住んでいるのかを把握しており、人命探索が効率的に進んだからである。しかし、地域コミュニティが弱い都心部などでは、隣近所に誰が住んでいるかを把握していることはほとんどないのが現状である。そのよ

うな状況下において、要救助者を正確に把握するためには、家族の人数や高齢者などの情報を把握する手段が必要とされる。また、地域コミュニティだけの救援救助では大規模災害時には限界がある。

また、阪神・淡路大震災の教訓であるように、消防、警察、自衛隊等の公共機関においても、現場での被害情報収集は、適切な人員配置などの戦略的な救援救助、復旧復興支援を進める上で重要な要素である。しかしながら、現状では被災地域全体を網羅できる人員をそろえることは難しく、地震動推定や被害推定などの推定情報と少人数の巡回による情報のみに頼るしかない状況である。

以上の問題の解決策として、本節では、個別建築物における大規模災害等の事前事後から災害復興のための情報共有化システムと、その情報共有化システムを活用した被災情報収集支援システムについて述べる。本節で述べるシステムは、前節で述べた RFID 書き込み読み取り装置をベースとして実現することを意図している。

## 3.2 RFIDを用いた情報共有化システム

### 3.2.1 情報共有化システムの概要

RFIDを用いた情報共有化システムとは、平常時に建物、家族構成、人数、建物に置かれた危険物などの情報を RFID に格納し、建物ごとに個別に設置することにより、平常時から災害時、災害復興まで、RFID を介して情報共有することが可能であり、情報収集の効率化及び現場でのミスを防ぐことを目的としたシステムである。平常時においては配達などの経済活動の情報源とし、災害時には救援救助のための支援情報源などとして用いる。

従来の情報通信ネットワークを用いるクライアント・サーバ型の情報共有方法では、大規模災害において通信網の断線や輻輳などが起こった場合に、情報の呼び出しが不可能になり、災害支援に必要とする情報の取得ができなくなる難点がある。そこで、建物そのものに RFID という情報源を置くことによって、現場のみで情報の取得が可能になり、耐災害性の高いシステムを構築できる。このような「情報現場主義」の発想は、特に緊急対応を要する消防防災や広域

な地震災害時において大きな意義を持っている。

また、クライアント・サーバ型の情報共有方法では、プライバシーを含む自分の情報を自らが完全にコントロールできない不安がある(つまりデータベース管理者を信頼することが前提になっている)のに対し、RFID を情報源とするシステムは、居住者自らの物理的な管理下に情報源を置いておく思想であり、アクセスコントロール権限を自ら握っている実感を持てる。このことは、プライバシー管理の面で大きなメリットとなる。例えば、日ごろは情報を非公開にしておき、災害などの緊急時にのみ自らの意志でオープンにするという選択を可能にすることで、プライバシー面での抵抗感が少ないシステムを構築できる。

### 3.2.2 情報共有化システムの活用

RFID を用いた情報共有化システムの、建物の建設時から災害時、災害復興までの一連の活用方法を図 17 に示す。

#### (1)「電子表札」の設置

RFID の設置に際しては、新築もしくは既存の建物に「電子表札」として取り付ける。電子表札とは、既存の表札に RFID を埋め込み、その RFID に建物の情報や家族構成などの情報をデジタルデータとして格納した表札のことである。電子表札に格納する情報の例を表1に示す。表1に示した格納情報は、以降で説明する平常時から災害時まで共通に使用する情報である。情報に変更があった場合は、建物の居住者によって変更が可能とする。また、居住者が情報開示を希望しない場合は、電子表札を設置しないもしくは格納情報の制限を行うことにより、居住者の意思を尊重することが可能である。また、情報の読み取りを可能にする対象を限定する方策は当然講じるものとする。

#### (2) 平常時

平常時には、電子表札に格納された位置情報を活用し、郵便配達や宅配などの位置を特定する情報として用いる。また、RFID は非接触で通信できることから、目の不自由な方の道しるべとして活用も可能である。そして、ガス、電気などの公共料金の検針をする場合、電子表札に格納されている家主名や住所、機器の番号等を読み取ることにより、効率的な作業となる。ま

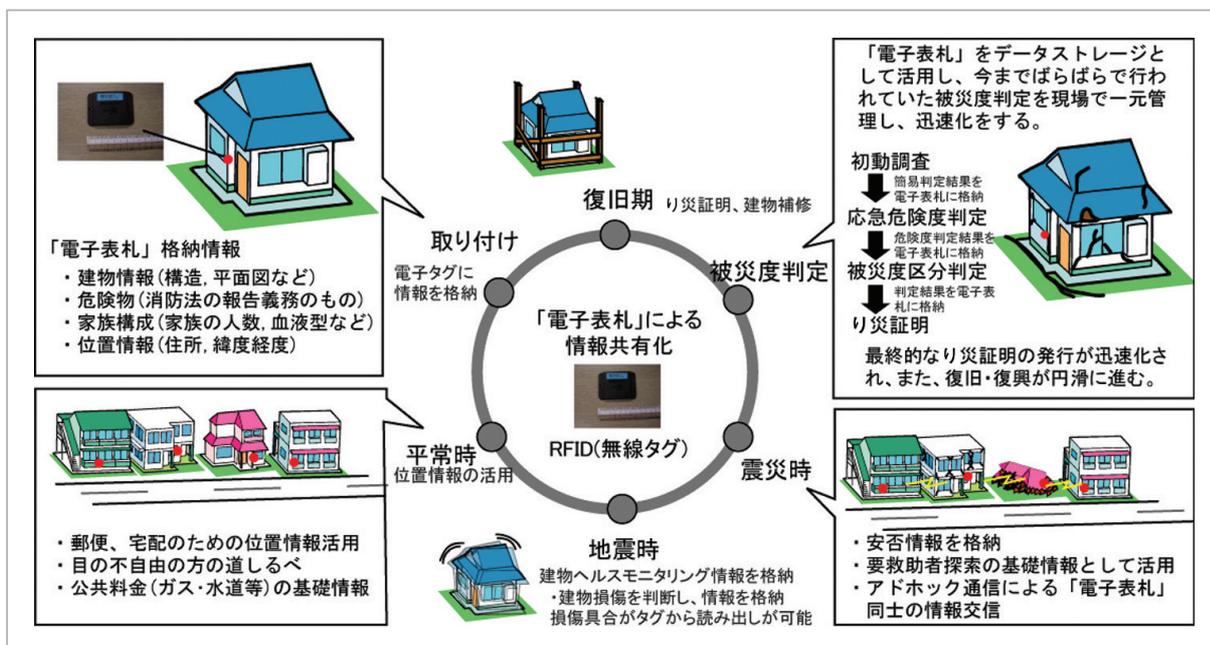


図17 情報共有化システムの建物の建設時から災害時、災害復興までの一連の活用方法

表1 電子表札に格納する情報の例

項目	格納情報
建物の位置情報	住所、緯度経度等
建物情報	建物の平面図、構造種別等
危険物情報	消防法で義務付けられている危険物等
人命救助のための情報	家族構成、家族の血液型、身体障害者の有無、介護老人の情報等

た、電子表札とガスメータや電気メータなどの機器との連携を図ることにより、RFID から情報を読み取るだけで検針が完了する応用も可能である。

### (3) 火災時

平常時に起きた建物火災の場合、消防隊員が電子表札から建物の平面図や家族構成、危険物の情報を読み出すことにより、人命救助、火災消火などの基礎情報となり、消防上の戦略が取りやすくなる。また、その他の在宅者がおらず負傷者が出た場合は、血液型の情報やアレルギーなどの情報が電子表札に格納されていれば、病院に搬送された場合においてもその情報の活用が可能である。

### (4) 震災時

震災時においては建物倒壊等によって生き埋めで要救助者が多く発生する場合がある。都心

部などでは、隣近所の居住者が分からない場合がほとんどである。そのため、地域のコミュニティーがない場所でも、その生き埋めになっている可能性がある倒壊建物の要救助者の探索に電子表札からの情報を用いることにより、探索の時間を短縮できる。また、居住者が避難した場合においては、安否情報を電子表札に付加することにより、要救助者の確認を電子表札の情報から判断することができ、要救助者の探索時間が短縮される。

別の用途として、地震時に常時建物を監視するヘルスマニタリングシステムと連携することにより、電子表札を読み出すだけで建物の損傷度が分かり、被害調査の効率化を図る応用も考えられる。

### (5) 建物の被災度判定

地震災害では、建物の復旧復興をするために様々な被災度判定や国からの給付金のための調査が行われる。その調査に電子表札を活用することにより、情報の流れを一連の流れとすることが可能である。地震災害に際して行われる調査は、人命にかかわる二次災害防止を判断するために被災建築物応急危険度判定[5]及び学術調査の被害判定(全半壊判定等)、建物の補修補強や継続使用するための判定を行う被災度区分判定[6]、給付金のランクを決める被災証明などが

ある。これらの調査判定には、共通する判定項目が数多く存在するが、現状ではその情報が一連の流れで活用されているとは言いがたい。そのため、調査した内容を電子表札に格納することにより、次の調査にその情報を活用することが可能である。これにより、調査時間の削減につながり、復旧復興が従来に比べて迅速化できる。また、様々な調査結果を調査員が知ることで、着眼点の違いや調査の見落としがなくなり、調査員の判断材料が広がり、より正確な判定が可能になる。

#### (6) 復旧復興時

復旧復興時には、建物の補修工事などの情報を電子表札に付加することにより、今後の改築、災害時に建物の構造情報として活用ができる。

以上のように、電子表札を用いて情報共有化を行うことにより、現場における効率化を図るシステムを実現できる。

### 3.3 RFIDを活用した被災情報収集支援システム

#### 3.3.1 被災情報収集支援システムの概要

被災情報収集支援システムとは、地震災害時の災害現場において、前節で述べた情報共有化システムを活用し、ITを利用したデジタル情報端末及びRFIDの書き込み読み取り装置を用いて、被災情報を効率的に収集するシステムである。また、既存の通信網を利用して被災情報を災害対策本部等に情報伝達する機能や、復旧復興のための建築物の被災度判定を支援する機能を持ったシステムである。そして、本システムは、被災情報収集支援だけではなく、平常時の情報収集などに用いることも可能なシステムである。

上記の機能以外に、収集に必要な地理情報などを3次元画面上に表示し、調査活動を支援する機能、平常時の消防活動支援に用いる機能として、火災現場の延焼シミュレーション、地域の地理情報表示、地理的な消防水利情報の表示などの機能、地震災害などの被災情報収集支援に用いる機能として、地震動推定、被害推定のシミュレーション解析をする機能などが考えられる。

なお、この被災情報収集支援システムは、基

本的にRFID書き込み読み取り装置とは独立に構築可能なシステムであるものの、RFID書き込み読み取り装置との連動によって、更に機能を充実させることができるものである。

#### 3.3.2 システム構成

被災情報収集支援システムは、位置情報把握のためのGPS(Global Positioning System)、システムを動作するためのノートパソコン、RFIDの書き込み読み取り装置、筆者らが開発した簡易型GIS(Geographic Information System:地理情報システム)を組み込んだ現地被災情報収集システム[7][8]から構成される。また、上記の構成以外にヘッドマウントディスプレイ(HMD:Head Mounted Display)を組み合わせることにより、ハンズフリーでの調査が可能になる。システム構成を図18に示す。

#### 3.3.3 RFIDを利用したシステムの活用方法

##### (1) 「電子表札」を利用した建物位置把握及び被災情報収集

現地における被災情報収集を支援するシステムは数多く研究開発されており[9][10]、ほとんどのシステムにおいてGISを用いている。GISを用いる理由として、地図を見ながら被災情報を入力するのが簡便であるためである。しかし、建物の位置情報の入力において、現場の地理に詳しくない場合には、地図から建物を把握するのに多くの時間を要してしまうことがある。また、GPSの位置情報を用いたとしても、GPSの精度は数十m程度であることから、隣接した建物が連続した場合に建物を識別するのは困難である。そこで、建物の位置情報の入力の手間を省くために、情報共有化システムの電子表札に格納されている位置情報を用いる。電子表札の緯度経度、家主名、住所などの情報から調査建物のアドレスマッチングをすることにより、調査建物を間違えることなく正確に判断でき、被災情報収集の効率化が可能になる。そして、位置情報だけではなく、電子表札内の建物情報なども被災情報収集に活用できる。

##### (2) RFIDを一時記憶装置とした被災情報収集での利用方法

RFIDを利用した被災情報収集には、情報共有化システムを利用するだけではなく、被災情報収集に際して一連の流れがある作業を対象とし



図18 被災情報収集支援システムの構成及びソフトウェア

た利用方法がある。地震災害における建物の被災度判定は、初動調査→応急危険度判定→被災度区分判定→被災証明と一連の流れがあり、また、情報が共通する部分が数多く存在する。そのような場合において建物被災度判定結果を書き込んだ RFID を現場に設置していくことにより、共通情報の読み取り書き込みができ、重複調査などのミスを劇的に減らせ、正確かつ効率的な作業が可能になる。

(3)「電子表札」を利用した平常時の情報収集支援  
位置情報の把握、地震災害の被害収集のための電子表札を利用した方法を上述で示したが、その他に平常時における電子表札の活用方法がある。自治体では、都市計画や都市基盤整備における地図の整備や道路拡幅の調査、新築建物の建設や住宅の建替えに伴う建築確認申請などの現地調査が必要である。また、消防においても地域の消防水利の変更に伴う調査や防災のための現地調査がある。そこで、被災情報収集支援システムと電子表札の情報を活用することにより、それらの調査の効率化を図ることが可能になる。

### 3.4 普及方策

上述の情報共有化システム及び被災情報収集支援システムは、電子表札が普及することにより機能するシステムである。しかし、現状では

すぐの普及は困難である。そこで本節では、電子表札の普及前段階での利用方法及び普及方策について考察する。

#### 3.4.1 電子表札の普及前段階での RFID の活用方法

普段から街中に RFID が設置されている状態を想定せず、普段は空の RFID を公民館などに備蓄しておき、大規模な災害が発生した時にその RFID を町内にばらまき、一時記憶装置として用いる方法がある。災害後にもその仮設した RFID を用いることにより、情報共有化を図ることが可能になる。

#### 3.4.2 電子表札の普及の方策

電子表札が普及するためには、設置する一般家庭の利益、それを利用する事業者、公共機関の利益が多分になくは難しい。そのため、上述で幾つかのメリットを例として挙げた。しかし、それらのメリットがあるとしても普及は難しいのが現実である。そこで、何らかの制度を利用して電子表札を普及させることが考えられる。

電子表札には、建物の位置情報、家族の情報などの格納する項目が存在し、これらの情報は居住者本人が情報を書き込むことは可能であるが、平面図や構造種別などの建物情報は、建築の専門家等でなければ情報の書き込みが難しい問題点がある。そこで、建物関連の制度を利用

することにより、電子表札の普及と建物情報の取得の両方が可能になると考えられる。例えば、新築の場合には、住宅建設時の融資を受けるための住宅金融公庫<sup>[11]</sup>や住宅性能表示<sup>[12]</sup>などの耐震性能評価をする制度と連携することにより、建物情報の取得が可能になる。また、既存建物の場合は、増改築する際の建築確認申請等の制度で建物情報の取得が可能になる。それらの制度において、電子表札を取り付けることによって住宅の税率が緩和されるなどの措置を講じることが可能になれば、居住者と公共機関の両方にメリットが存在することになり、電子表札の普及が図れるものと考えられる。

### 3.5 情報共有化システムにおけるセキュリティの問題

情報共有化システムは、可搬型端末を使用することにより、RFIDの情報を取得し書き換えができる利便性を持っているが、逆に悪意がある者により情報の悪用や改ざん等が起こる危険性がある。そこで本節では、RFIDのセキュリティ対策について検討する。

まず、情報の読み取りに関するロック機能をRFID側に搭載する対策が考えられる。質問器からの呼びかけに回答しないようにRFIDを黙らせることは回路的に可能であるので、任意の呼びかけに回答する記憶領域と、ロックを解除しない限り回答しない記憶領域とをRFID内に併存させておき、平常時は、位置情報や家主名など一般に公開されている情報のみを読み取ることを可能にし、火災もしくは地震災害の際には、ロックを解除することにより、すべての情報を読み出せるようにする仕組みが考えられる。その場合、ロックを解除するトリガーの自動化をどのようにして実現するかが課題となる。

ソフトウェア面での対策として、RFIDに格納される情報を暗号化することが必要である。RFIDを読み取る際にユーザ認証を必要とする仕組みにすれば、一定の資格を持った者のみが読み取り装置を操作できるような運用が可能になる。読み取り装置の管理が徹底できるのであれば、ユーザ単位でなく装置単位での認証も考えられる。その場合、データを読み取れるレベルに応じて読み取り装置をランク分けすることが

可能になる。例えば最も深い情報まで取得できる読み取り装置は消防署などの公安組織にのみ配備が許される、といった運用である。

不正な書き込みへの対策としては、RFIDへの書き込み処理時に、書き込みを行ったフィールドに対してロックをかける機能を利用することが考えられる。

なお、RFIDのハードウェアに対する破壊攻撃なども懸念されるが、その対策としては、容易に触れることができない位置にRFIDを設置するといった基本的な対策が考えられる。このような対策が可能なのも、非接触で情報を読み取れるRFIDならではのメリットといえる。

RFIDのセキュリティ対策は、電子表札の普及を図る上で最も重要な課題に位置付けられるので、筆者らは、必要となるセキュリティ要件及び対策について、検討を進めている<sup>[3]</sup>。

### 3.6 その他への応用

RFIDは、本節で述べた以外にも大規模災害時において、以下のような様々な活用が考えられる。

#### (1) 被災者の個人識別

RFIDを個人識別のためのIDカードとして使うことで、避難所における入退場管理、救援物資の確実な配給や必要数の把握、立ち入り禁止区域への住民の立ち入りチェック(空き巣防止)などに適用できる。この場合は筆者らが開発しているようなデータストレージとしてのRFID書き込み読み取り装置を使用しなくても、市販のICカードリーダーにより直ちに実現可能である。

#### (2) 電柱からの情報提供システム

RFIDを建物でなく電柱に取り付け、そこに避難所の場所の情報(ロケーション情報の他に地図データも付加)や電柱管理情報、ロケーション情報などを付加する。電柱が地中に埋めてある場合には、代わりに樹木を貼付場所として使用する。

平常時は、電柱の設置者(電力会社など)が電柱の管理用に用いたり、救急車や消防車などを呼ぶときに、最寄りの電柱にあるRFIDのロケーション情報を読み込み、メールもしくは、電話で場所を知らせるといった用途に活用できる。

また、視覚障害者の道しるべとしても利用できる。また、樹木等に付いている RFID に関しては、樹木の情報などを付加しておき、小学校の課外授業などに用いることが考えられる。

災害時には、避難者が電柱から情報を取得することで避難場所を容易に探すことができる。また、電柱の故障や倒壊の場合に、電力会社の管理システムとして用いる。

このような使い方では情報源を屋外に設置する必要があるため、汚れに弱い2次元バーコードよりも RFID が有利である。

## 4 むすび

本論文では、被災情報収集用 RFID 書き込み読み取り装置の開発の経過について述べ、その装置を用いた情報共有化システム及び被災情報収集支援システムへの展開について述べた。今後はシステムの開発を進めるとともに、テストサイトでの実証実験、利便性の追求、電子表札の普及方法の検討などが必要である。RFID 書き込み読み取り装置については、将来的には携帯電話端末の中に組み込むことを想定している。RFID 読み取り機能を持った携帯電話端末は既に商用化が始まっており、被災情報収集に利用するためには、書き込み機能の実現や、パッシブ型を対象とした通信距離の拡大が技術的課題となる。

それから、大大特プロが目指している、被災地における情報収集機能の高度化のため、大大

特プロが共同で開発したセンサーネットワークサーバである「レスキューコミュニケータ」と RFID 書き込み読み取り装置とを連携動作させる開発が今後の課題である。RFID 書き込み読み取り装置を TCP/IP 経由でコントロールするインターフェースを 2003 年度に既に開発しているため、このインターフェースを用いれば、基本的な連携機能は実現可能である。将来的には、レスキューコミュニケータ自体に RFID 書き込み読み取り機能を組み込み、自立走行するレスキューロボットに搭載して、被災地の RFID を自動的に探して情報収集し、アドホックネットワークなどの手段で災害対策本部まで情報伝送する機能の実現を目指す。レスキューコミュニケータの開発については、本特集号の別論文<sup>[13]</sup>において述べる。

## 謝辞

RFID 書き込み読み取り装置の開発は、文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト（レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発）により進めている。同プロジェクトの中心的役割を担う NPO 国際レスキューシステム研究機構、研究の委託元である独立行政法人防災科学技術研究所をはじめ、研究の推進をご支援いただく関係機関に感謝する。システムの開発に当たっては、株式会社内田洋行及び株式会社レヴィコーポレーションの協力を得たことに感謝する。

## 参考文献

- 1 総務省，“ユビキタスネットワーク時代における電子タグの高度利活用に関する調査研究会最終報告書”，2004年3月30日。
- 2 根日屋英之，植竹古都美，“ユビキタス無線工学と微細 RFID”，東京電機大学出版局，2003。
- 3 滝澤修，田中秀磨，山村明弘，“防災用 RFID のセキュリティ要件に関する考察”，電子情報通信学会・暗号と情報セキュリティシンポジウム (SCIS2004)，2C5-4，2004年1月。
- 4 滝澤修，柴山明寛，細川直史，久田嘉章，“RFID (無線タグ) を用いた被害情報収集支援システムおよび情報共有化システムの研究”，土木学会リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム，pp.191-198，2004。
- 5 被災建築物応急危険度判定研究会編，“被災建築物応急危険度判定マニュアル”，日本建築防災協会，1998。
- 6 国土交通省住宅局建築指導課監修，“震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針”，日本建築防災協会，2001。

- 7 柴山明寛, 久田嘉章, “地震災害時における効率的な現地被害情報収集システムの開発”, 地域安全学会論文, No.5, pp.95-103, 2003.
- 8 Akihiro SHIBAYAMA and Yoshiaki HISADA : An Efficient System For Acquiring Earthquake Damage Information In Damaged Area, The 13th World Conference on Earthquake Engineering, 2004. (投稿中)
- 9 座間信作, 遠藤真, 細川直史, 畑山健, 柴田有子, 原田隆, “地震情報収集システムの開発—消防活動支援情報システムの一構成要素として—”, 地域安全学会論文報告集, pp.113-116, 2001.
- 10 福和伸夫, 高井博雄, 飛田潤, “双方向災害情報システム「安震システム」と携帯型災害情報端末「安震君」”, 日本建築学会技術報告集, 第12号, pp.227-232, 2001.
- 11 住宅金融公庫: 住宅金融公庫法(昭和25年法律第156号), [http://www.jyukou.go.jp/kouko/kouko\\_annai/pdf/hou.pdf](http://www.jyukou.go.jp/kouko/kouko_annai/pdf/hou.pdf)
- 12 国土交通省: 住宅の品質確保の促進等に関する法律(平成11年法律第81号), <http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/hinkaku/houritu/hou110623.pdf>
- 13 滝澤修: “ユビキタス通信技術の減災応用研究”, 情報通信研究機構季報 Vol.51, Nos.1/2, 2005年3月/6月.



滝澤 修

情報通信部門セキュリティ高度化グループ主任研究員 博士(工学)  
コンテンツセキュリティ、非常時防災通信



柴山明寛

工学院大学大学院工学研究科建築学専攻博士課程(NICT 特別研究員)  
建築防災



細川直史

独立行政法人消防研究所基盤研究部主任研究官 博士(工学)  
消防防災



久田嘉章

工学院大学工学部建築学科教授 工学博士  
地震工学