

3 ユビキタス防災・減災通信技術

3 *Ubiquitous Communication Technology for Disaster Management and Mitigation*

3-1 ユビキタスデバイスの防災応用

3-1 *Ubiquitous Devices for Disaster Mitigation*

滝澤 修 細川直史 柴山明寛

TAKIZAWA Osamu, HOSOKAWA Masafumi, and SHIBAYAMA Akihiro

要旨

通信インフラが深刻なダメージを受けるような大規模災害時には、人手によって簡単に情報を電子的に共有し運搬する仕組みが役立つ。ユビキタスデバイスの1つである RFID (電子タグ、Radio Frequency IDentification Tag) は、ローカルに電子データの交換を可能にするデバイスであり、災害時の情報交換におけるデータストレージ等として活用できる。本稿では、防災・減災基盤技術グループにおける RFID の防災応用に関する研究開発成果について述べる。

At the time of a catastrophic calamity in which a telecom infrastructure receives a serious damage, the structure which shares information electronically and carries it simply by the help is useful. RFID (Radio Frequency IDentification Tag) which is one of the ubiquitous devices is a device which enables exchange of electronic data locally, and can be utilized as data storage in the information exchange at the time of a disaster. This paper describes the research-and-development result about disaster prevention application of RFID in the Disaster Management and Mitigation Group.

【キーワード】

RFID, ユビキタス, 防災, 測位, 携帯電話

Radio Frequency IDentification, Ubiquitous, Disaster mitigation, Positioning, Cellular phone

1 まえがき

ユビキタスデバイスの1つである RFID は、技術の進歩により 21 世紀に入り急速に普及した。本稿では、筆者らが 2001 年から取り組んできた、RFID の防災応用に関する研究開発について述べる。但し、2004 年度までの研究開発成果については季報等 [1][21] で既に報告したため、本稿では 2005 年度以降の主として防災・減災基盤技術グループにおける研究開発成果を中心に述べる。

2 RFID の概要

RFID は、無線通信回路と記憶素子を内蔵し、電磁波もしくは電磁誘導により端末(リーダ)から非接触で ID の読み取りができるデバイスである。端末(ライター)から情報の書き込みもできるパッシブ RFID と、無線ビーコンのように固定した ID を間欠的に発信するアクティブ RFID とがある。アクティブ RFID は電源を必要とするのに対し、パッシブ RFID は電源不要である。端末と RFID 間の通信可能距離は、パッシブ型の場合は数 cm 程度、アクティブ型の場合は数 m 程度である。

記録媒体としての紙と比較すると、パッシブ RFID は単位面積当たり書き込める情報量が多いこと、瞬時に読み取れること、電子データのため読み取った情報の保存・蓄積・転用が容易なこと、などの特長がある。また、読み取れる人をコントロールできるために、家族限定や公安関係者限定の情報公開も可能になる。このような特性は災害時の情報交換デバイスとして有用と考えられる。

3 RFID を用いた災害時の情報共有

3.1 概要

大規模災害時には通信の途絶が避けられない。そのため、阪神・淡路大震災では、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。被災者の安否・避難情報や、応急危険度判定結果などは、被災した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存在しているものであり、特に通信インフラが深刻なダメージを受けるような大規模災害時には、サーバ集中型の情報収集や共有は困難であるため、復興の初期段階においては人手で情報を運ぶしかなく、被災現場において人手によって情報を電子的に共有し、救援や復興に役立てる仕組みを講じることは有益である。

そこで筆者らは RFID を利用した情報共有技術を開発してきた。一般に RFID は ID のみを格納するデバイスとして使用し、その ID の意味を端末がネットワーク上のサーバにアクセスして取得(解決)する使い方が普通である。それに対して我

々は、RFID をフラッシュメモリ等と同じく、データストレージとして使用することを目指した。パッシブ RFID はデバイス側に電源が不要で動作し、しかも非接触で情報の授受ができ、書込みができるので、この目的にかなう。パッシブ RFID は読み取り距離が短い難点があるため、リーダ・ライタと RFID との間の距離がなるべく離れていても読み書きが可能であるように、2001 年の開発開始当初は、据え置き型の高出力リーダ・ライタを台車に搭載する構成であった。しかし台車式では機動性に欠けたため、次に同じ構成で背負子型に改良した。一方で、さらに機動性を求めるために、読み書き距離を多少犠牲にしても手持ちに便利のように低出力型のものも開発した。但し低出力型でも、当初の高出力型と共通のタグが使えるようにした。[1][2]。

さらに開発を進めた結果、2006 年度には、被災情報収集・共有用の RFID として、パッシブ RFID とアクティブ RFID とを併置した、一辺 12.5cm の「ハイブリッド RFID」を採用することにした。我々はパッシブ RFID として、Intermec 社の「Intellitag」(2.45GHz 帯)を使用し、アクティブ RFID として、RF CODE 社の「Spider V」(300MHz 帯)を使用した。図 1 にハイブリッド RFID を示し、図 2 に開発した端末(リーダ・ライタ)を示す。調査員等が被災地で持ち歩く端末がアクティブ RFID のビーコンをキャッチしてその存在を検知し、タグに近寄ってパッシブ RFID との間で詳細な情報を読み書きするという使用法を想定した。図 3 に、実証実験において、調査員が



図 1 ハイブリッド RFID
(左がパッシブ RFID、右がアクティブ RFID)

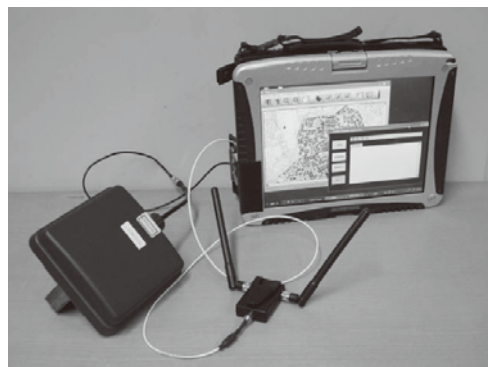


図 2 ハイブリッド RFID リーダ・ライタ
(平面アンテナがパッシブ RFID 用、ダイバーシチアンテナがアクティブ RFID 用)



図3 使用方法

パッシブ RFID にアンテナをかざして読み書きしている様子を示す。

開発の開始当初は、建物の玄関などに電子表札として取り付けた RFID に、例えばその住人が自らの安否情報や避難先情報を書き込んでから避難するような用途を想定していた。そのため技術に詳しくない使用者にも操作できるように、リーダー・ライターには合成音声で操作状況を指示する機能を持たせた。またパッシブ RFID に読み書きするメッセージ(2 バイト文字列)を読み取り、合成音声によって読み上げる機能を装備していた。この読み上げ機能は、「RFID を用いた音声読み上げシステム」として、防災用途に限らず音声ガイドとしても使える RFID のユニークな応用として、NICT インキュベーションズにより各種展示会に出展した。メッセージはデータとして RFID のユーザ領域に書き込まれているため、端末はネットワークに一切接続せずにスタンドアロンでデータを読み上げる機能を実現できる。

これらの機能をベースにして、防災関係の研究開発プロジェクトに参画する中で、以下に述べるさまざまな応用に発展していった。

3.2 RFID を用いたレスキュー活動支援 [3]

文部科学省は、首都圏(南関東)や京阪神などの大都市圏において阪神・淡路大震災級の被害をもたらす大地震が発生した際の人的・物的被害を大幅に軽減するための研究開発を行い、地震防災対策に関する科学的・技術的基盤を確立することを目的として、2002 年度に、「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」(大大特)を開始した。これは、

「被災者救助等の災害対応戦略の最適化」など4つの大項目の下に、「レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発」など16の中項目が設けられた大規模なプロジェクトであり、5年間に渡って実施された。そして同中項目の中の小項目の1つとして、「無線タグを用いた非常時情報伝送システムの開発」というテーマを NICT が担当することになり、RFID を介して情報を収集・共有するための研究開発を進めた。

このプロジェクトでは、RFID をレスキュー隊員同士の情報共有へ応用することを検討した。共有情報の1つとして、倒壊家屋等からの被災者救出情報を想定した。すなわち、倒壊家屋等に閉じ込められた被災者を探索して救出する作業の中で、RFID を作業記録として現場に残すものである。後続のレスキュー隊員はその作業記録を現場で読み出すことによって、作業計画を策定し、先遣隊の作業との無駄な重複を回避でき、また救出された被災者の状況や搬送先情報などを入手できる。ここで手書きの貼り紙でなく RFID を使うことで、情報へのアクセスコントロールができるため、個人情報などを安全に扱うことができる。

その他に、地下街における NBC(核物質/生物/化学)テロを対象とし、レスキューロボット等による要救助者探索及び危険物除去作業において、作業の結果(曝露者評価表等)を現場で RFID に書き込み、ホットゾーン(危険区域)の入口に取り付け、RFID を介して後続の救急隊との間で現場の情報を共有するという使い方も想定した。

各種想定訓練におけるハイブリッド RFID の設置シーンの例を図4に示す。これらの他に、神奈川県川崎駅地下街アゼリア(2006年11月5日)や、国際レスキューシステム研究機構神戸ラボラトリ倒壊家屋実験施設(2006年11月23日)でも、同様な実証実験を行った。

3.3 RFID を活用した被災状況調査支援 [4][19][20]

大規模災害に際して、被災状況の情報収集を迅速に行うことは、適切な人員配置など戦略的な救援活動を進める上で極めて重要である。信頼度の高い情報収集を行うためには、被災地からの連絡を待つだけでなく(連絡手段を確保できない可能性も高い)、被災地を直接巡回して調査する必要がある。しかし、被災地域全体を網羅する調査を



東京消防庁第8方面本部立川訓練場における被災者救出情報共有実験(2006年4月23日)



東京消防庁第8方面本部立川訓練場における地下街NBCテロ想定訓練(2006年6月24日)



JICA 国際緊急援助隊訓練における被災者救出情報共有実験(2006年10月4日、兵庫県立広域防災センター)

図4 各種想定訓練におけるハイブリッドRFIDの設置シーン

短時間で行うことは、応急対応に要する人員すら逼迫している状況において到底困難である。そのため従来は、推定情報と、少人数の巡回による限られた情報に頼るしかなかった。そのため、大規模災害時に少人数で効率的に情報収集するための支援システムが必要である。

科学技術振興調整費による研究開発プロジェクト「危機管理対応情報共有技術による減災対策」(2004～2006年度)では、被災状況現地調査のためのGIS(Geographic Information System: 地理情報システム)が開発された。これは、調査対象の被災地において位置を地図上で指定し、その位置における被災状況を入力して端末に格納するものである。一方、我々が開発したRFIDリーダー・ライタは、メッセージ(2バイト文字列)だけでなくバイナリファイルをRFIDに書き込む機能と、そのデータを読み取ってファイルに格納する機能も有する。そこで、これらの機能を統合することで、被災状況調査結果をパッシブRFIDに書き込んで、現場に残せることになる。また、パッシブRFIDリーダーにより、現場のRFIDに既書き込まれている被災情報を読み取れることになる。パッシブRFIDリーダー・ライタは、被災状況現地調査アプリケーションのプラグインとして組み込まれており、アプリケーション側からリーダー・ライタを起動できたため、図5に示すように、RFIDに書き込み読み取る情報を入出力するウィンドウは、被災状況現地調査アプリケーションのウィンドウに重畳表示される。

同アプリケーションを検証するため、2005年9

月4日に東京都北区上十条五丁目において実施された防災訓練にシステムを投入して、被災情報収集実験を行った。同実験では、約500m四方の町内に火災3箇所、建物倒壊15箇所、道路閉塞3箇所を仮想的に設定し、各被災場所にパッシブRFID付きの看板を設置しておき、調査端末を携行した実験参加者は、被災状況(被害判定、要救助者数など)を看板から判断してRFIDに書き込み、別の実験参加者がRFID上の被災情報を読み取って収集し、災害対策本部に集約するという実験を行った。そして、紙地図による情報収集作業の場合との効率を比較した。図6に実験の様子を示す。看板の右下に貼付されている黒い四角がパッシブRFIDである。実験では、操作ミスによるものを除き、概ね設計通り動作した。

同様な実験を同年11月20日に愛知県豊橋市でも実施した。

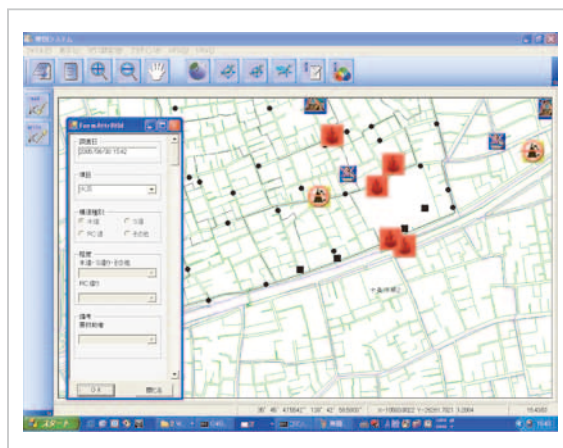


図5 被災状況現地調査用画面



図6 東京都北区上十条5丁目防災訓練における実験(2005年9月4日)

以上のフィールド実験の結果、被災地に置かれた RFID を調査者が容易に見つける仕組みが必要であることがわかった。そこで、前述のハイブリッド RFID を使用し、アクティブ RFID から発信される ID を受信する機能を端末に追加した。またアクティブ RFID を受信すると端末が音を鳴らすようにし、調査現場において RFID の所在を早く見つける一助となるようにした。さらに、端末がアクティブ RFID の電界強度を測定して端末からの大まかな距離を推定し、GPS により取得した自端末の位置を中心とする円でその距離を表し、GIS 上に表示する機能を開発した。改良した GIS 画面を図 7 に示す。この機能により、RFID が存在する位置を調査中に迅速に見つけることができるようになった。

同端末を用い、2006 年 9 月 3 日に再び東京都北区上十条五丁目防災訓練において被災情報収集実験を行った。図 8 に実験の様子を示す。図 8 左の看板右端にガムテープで固定してあるのがハイブリッド RFID である。新しい端末では、固定した

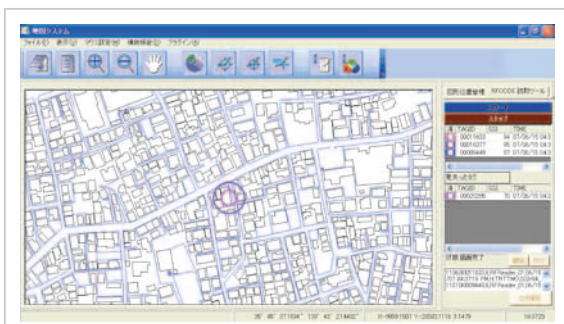


図7 自端末の位置を中心とする円でアクティブ RFID の推定位置を表す機能を組み込んだ GIS 画面



図8 東京都北区上十条5丁目防災訓練における実験(2006年9月3日)

RFID だけでなく、動き回るスタッフが首からぶら下げて移動していた RFID (図 8 右) も見つけることができ、RFID の発見効率が期待通り向上したことを確認できた。

ハイブリッド RFID システムの開発と同実験については、計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2006)において発表し[5]、優秀講演賞を受賞した。

同端末では当初、アクティブ RFID はパッシブ RFID の存在を周知するための単なる目印に過ぎなかった。そこで次に、アクティブ RFID に絶対位置情報を発信する機能を持たせ、GPS による測位が困難な場所において、アクティブ RFID による測位を実現することを目指した。

GPS またはアクティブ RFID から得た位置情報を用い、端末の自己位置を把握する機能を持たせたアプリケーションの画面を図 9 に示す。GPS を受信した場合には、ウィンドウ右上に GPS による自己位置(緯度経度)が表示され、アクティブ RFID を受信した場合には、端末内に予め格納されている位置解決テーブル(MS-Access

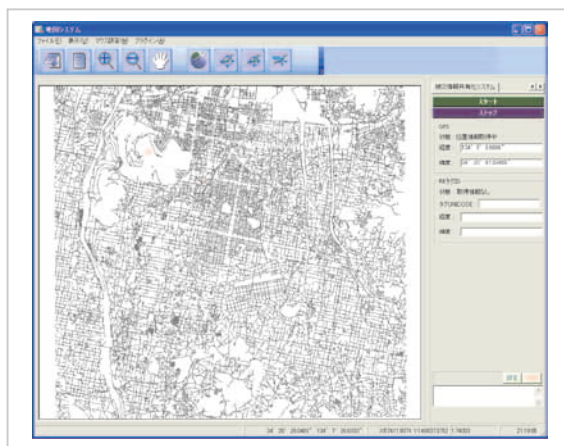


図9 GPS またはアクティブ RFID による自己位置表示機能を組み込んだ GIS 画面

形式)を参照して、IDを緯度経度情報に変換して、ウィンドウ右中央にRFIDによる自己位置(ID及び、そのIDに紐付けられた緯度経度)が表示される。その結果、GPSを受信できる戸外のみならず、受信困難な地下街など閉空間内においても、アクティブRFIDを緯度経度情報源として、自らの端末の絶対位置を把握しながら調査を行えるようになった。

同アプリケーションでは、アクティブRFIDのIDを緯度経度に変換する位置解決テーブルを予め端末内に格納しておく前提となっているため、初見の地域において調査する用途としては実用的でなかった。そこで次に、位置解決テーブルをインターネット上のサーバ(位置解決サーバ)に置き、端末にモバイル通信カードを装着して、ネットへのアクセスによって位置解決を図れるようにした。改良したGIS画面を図10に示す。ウィンドウ右側にGPS測位またはRFID測位の結果が表示される。RFID測位では、受信したIDと、そのIDを位置解決サーバに送った結果返信された緯度経度、地点名、地点住所等が表示される。またその下のウィンドウに、当該IDが存在するエリアに対応したURLが表示され、「リンクURL表示」ボタンを押すことによってWebブラウザが起動し、当該URLのコンテンツが表示される。複数のタグのIDを受信できる場合には、最初に受信できたIDを使って処理され、2つ目以降のIDは無視される。

ここで用いる位置解決サーバは、4で述べる、RFIDを用いた携帯電話の測位において使用するサーバと共通である。

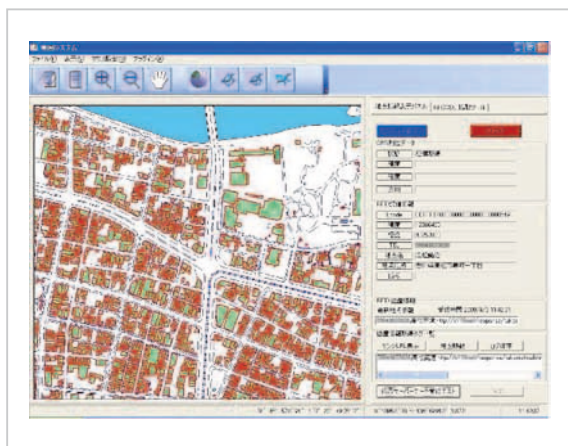


図10 位置解決サーバへのアクセス機能を組み込んだGIS画面

4 携帯電話端末とRFIDの連携

4.1 概要

携帯電話は広く普及している通信機器であり、RFIDとの連携を考えることは重要である。パッシブRFIDを内蔵した携帯電話端末は、既に電子マネーや交通機関の乗車券として実用化されている。それに対して、RFIDリーダを内蔵した携帯電話端末としては、KDDI(株)がアクティブRFIDとパッシブRFIDをそれぞれ対象としたリーダ付き携帯電話端末を試作した[6]ほか、(株)NTTドコモもアクティブRFIDリーダを携帯電話端末に搭載するための低消費電力化の研究を進めており[7]、技術的には実用化の段階に入りつつある。

まず、書き込み不可(リードオンリー)のパッシブRFIDリーダを携帯電話端末に外付けする方式が実用化された[8]。これは、auの携帯電話端末E03CAに、2.45GHz帯パッシブRFIDリーダ((株)日立製作所製ミューチップリーダHE-MU380-SH11)をアタッチメントにより取り付けたものである(図11)。

また、携帯電話端末がBluetooth通信機能を内蔵していれば、デバイスアドレスをIDに見立てることで、Bluetooth機器を一種のアクティブRFIDとみなすことができる。そこで筆者らは、図12に示す小型無線加速度センサー(ワイヤレステクノロジー(株)製WAA-001)のBluetooth通信機能をアクティブRFIDに見立てた携帯電話アプリケーションを、図11の端末上に開発した。

さらに、総務省の委託研究「ユビキタス・プラットフォーム技術に関する研究開発」[9]によっ



図11 パッシブRFIDリーダアタッチメントを取り付けた携帯電話端末 (au E03CA)



図12 アクティブRFIDとして転用したBluetoothデバイス(小型無線加速度センサー)

て、携帯電話端末に搭載する小型・低消費電力のRFIDリーダ・ライタモジュールが開発され、2010年度内に、UHF帯RFIDリーダ・ライタ内蔵携帯電話端末(au E05SH)が実現された[10]。

ここでは、これらの機器を用い、携帯電話端末上において実現した、RFID測位と、RFIDをデータストレージとする情報共有機能について述べる。

4.2 RFIDを用いた携帯電話の測位 [11]

携帯電話を始めとするモバイル機器の普及に伴い、GPSに代表される衛星測位技術を用いた位置情報サービスが広がっている。その一方で、GPSによる位置情報の把握が困難なエリアの存在や、精度不足の問題が浮上している。そこで、RFIDを位置情報源として環境に設置し、安全・安心の確保に応用するための科学技術振興調整費による研究開発プロジェクト「電子タグを利用した測位と安全・安心の確保」が、2006年度から3年間に渡って実施された。同プロジェクトは、国家的・社会的に重要であって関係府省の連携の下に推進すべきテーマとして定めた「科学技術連携施策群」の1つとして、府省横断型であることが特徴であり、東京大学空間情報科学研究センターの瀬崎薫准教授を研究代表者として、国土交通省国土地理院、総務省消防庁(消防技術政策室及び消防研究センター)、警察庁科学警察研究所、および独立行政法人情報通信研究機構が参加した。

RFIDを用いた位置把握やトレーサビリティ技術のほとんどは、RFIDを人間や資材などの移動

体側に添付し、ネットワークに接続されたRFID受信機を環境に固定して、サーバが一元的に位置を把握する構成である。それに対して同プロジェクトが目指したシステムは、RFIDを環境側に位置マークとして設置し、人間側がRFID受信機能を持つ端末を持ち歩く構成になっていることが特徴である。この構成はインフラの整備が安価に済むメリットがある。

RFID測位は、RFIDを環境に設置しておき、モバイル端末がそのIDを受信してネットワーク経由で位置解決サーバにアクセスし、当該IDの位置を検索して、その位置を端末の位置として把握する仕組みである。従って端末位置の測位精度は、IDの読み取り可能距離に依存することになる。またIDの位置情報は、位置解決サーバに予め登録してあることが前提となる。

我々が開発したRFID測位アプリケーションの動作を図13に示す。端末は4.1の図11で示したものを扱い、パッシブRFIDまたはBluetoothデバイスアドレスを読み取り、位置解決サーバにそのIDを送信して、サーバは当該IDに対応する位置情報を検索し、端末に返信する。位置情報は、サーバ内の「緯度経度変換テーブル」において、緯度経度および住所地番等の自由記述によりID毎に定義されている。さらにサーバは、その位置を包含するエリアを検索して、そのエリアに定義されたURLを位置情報と共に端末に返信する。エリア及び対応するURLは、サーバ内の「ポリゴンテーブル」により定義されている。端末がIDを受信できなかった場合は、GPS測位により緯度経度を直接把握し、その位置情報をサーバに送り、位置解決サーバはその位置を包含するエリアを検索して、そのエリアに定義されたURLを端末に返信する。

これらの携帯電話アプリケーションは、部屋の天井に設置された火災警報器等に組み込まれていることを想定したRFIDから発信されるIDを携帯電話端末が受信して、部屋内から同端末を用いて救援要請通報を行う際に、通報すべき所轄消防本部を特定し、消防本部の発信地表示システムに端末位置を自動通知する機能を意図して設計したものである[12]。従って、ポリゴンテーブルによって定義されているエリアは、消防本部の管轄エリアを想定しており、エリア毎に定義されている



図 13 3 ウェイ測位携帯電話



図 14 緯度経度変換テーブルの例

URL は、その消防本部への通報用 URL を想定している。

図 14 に位置解決サーバの緯度経度変換テーブルの例を示す。例では ID が 0eff fe40 0000 0000 0000 0005 49e9 である RFID の位置として、北緯 35 度 42 分 14 秒 92、東経 139 度 29 分 16 秒 53、地点名は情報通信研究機構、地点住所は東京都小金井市貫井北町 4-2-1 と定義してある。

図 15 に、位置解決サーバのポリゴンテーブルの例を示す。例では北緯 35 度 42 ～ 43 分、東経 139 度 29 ～ 30 分のエリアを 4 点によって定義し、その四角形の領域に対応して 1 つだけ定義できる消防本部の通報用 URL を記載してある。本例ではエリアを 4 点で定義しているが、この座標点数は増やすことができ、従って実際の地図と同じ多角形の境界形状を表現可能である。ポリゴンテ

ブルで定義されるエリアが、緯度経度変換テーブルで定義される ID の位置を包含している場合、端末はその ID を受信した場合に、そのエリアに定義された URL が位置解決サーバから返信される。端末はその URL にアクセスすると、例えばそのエリアの消防本部による通報受付画面が表示される。

位置解決サーバをネットワーク上に置くことにより、RFID の発信データが ID のみになって必要な記憶容量が少なく済むことや、位置情報を一括管理できることで情報のメンテナンスが容易となるメリットがある。但し、災害時などネットワークが不具合をきたした場合に位置解決が全くできなくなるデメリットがある。



図 15 ポリゴンテーブルの例

4.3 RFID をデータストレージとする情報共有機能^[13]

我々は、3 で述べたような RFID をデータストレージとする情報共有機能を、携帯電話端末でも実現することを目指した。平常時には、その場所にきた人しか得られないお得な情報の提供、観光スポットや神社仏閣でその場所にきた足跡を残す記名帳や千社札、スタンプラリーなど、古来の貼り紙あるいは伝言板に相当する場所限定サービスの提供手段とし、大規模災害時に携帯電話の通信機能が失われる事態においては、オフラインで RFID を介して 3 で述べたような情報を授受する使われ方を目指している。

4.1 で述べた UHF 帯 RFID リーダ・ライタ内蔵携帯電話端末が 2010 年度に開発されるまでは、RFID に直接メッセージを書き込める携帯電話端末が存在しなかったため、4.1 の図 11 で示した、リードオンリーのパッシブ RFID リーダアタッチメントを取り付けた携帯電話端末を用いて、RFID へのメッセージ書き込みを仮想的に実現した。リードオンリーのため、書き込み・読み取り情報は RFID 上でなく、Web ベースの BBS (Bulletin Board System) に、ID 毎に個別に自動的に用意されるスレッド下のメッセージとして格納されるようにした。本機能は、4.2 で述べた測位用 RFID アプリケーションのうち、パッシブ RFID について、測位に使うのではなく BBS のスレッド指定に使うように改修したイメージである。従って同様な機能は、RFID の代わりに QR コードのような 2 次元コードを使用しても実現できる。

情報を書き込む手順は次の通りである。携帯電話端末がパッシブ RFID の ID を受信すると、当該 ID を BBS に送信し、情報を書き込むための入力画面が表示される。当該 ID に対応するスレッドが既に生成されている場合には、その下に新たなメッセージとして、その画面からの入力情報が書き込まれる。当該 ID に対応するスレッドがまだ生成されていない場合には、生成された後に、その画面からの入力情報が書き込まれる。書き込み処理時にネットにアクセスできない場合には、書き込むメッセージを端末内に蓄積するための入力画面が起動して、利用者はメッセージを入力し、ネットへのアクセスが可能になった時点でそのメッセージを BBS にまとめて送信する。このよう

に、オフライン時でも書き込みを仮想的に可能にすることで、デバイスに対して直接書き込む使用感に近い手順を実現した。書き込まれる情報は、利用者が端末から入力するメッセージに加えて、書き込まれた時間、4.2 で述べた Bluetooth デバイスあるいは GPS 測位によって取得した位置情報、及び位置解決サーバから端末に返信される付加情報も含まれる。

情報を読み取る手順は次の通りである。携帯電話端末がパッシブ RFID の ID を受信すると、BBS にアクセスし、当該 ID に対応するスレッドを表示し、書き込まれているメッセージを選択して表示する。ネットにアクセスできない場合には、読み取りはできない。

2010 年度に UHF 帯 RFID リーダ・ライタ内蔵携帯電話端末が開発された^[10]のを受けて、同端末のアプリとして、BBS 上でなく実際に RFID 上にメッセージを書き込む機能を、同年度に開発した。図 16 に動作の概念を示す。

同アプリケーションでは、メールを作成するのと同じ要領で携帯電話端末のテンキーを使って文字列を入力し、950MHz 帯パッシブ RFID (ミューチップ響)にかざすことで、書き込みを実行できる。読み取りを実行すると、RFID のユーザ領域に書き込まれている文字列が画面に表示される。読み取りについては、一括読み取りと部分読み取りを選択でき、部分読み取りの場合は、読み取りを開始するバイト目を指定する。図 17 に書き込み時の入力画面を示す。

5 RFID の汎用化端末の開発

5.1 概要^[14]

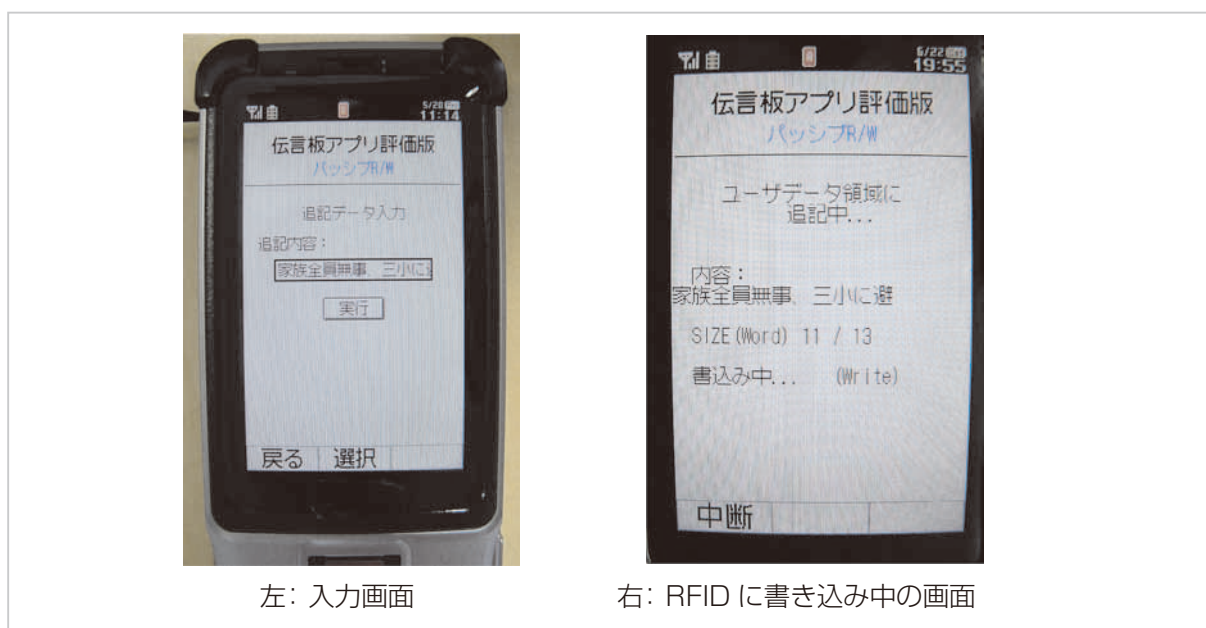
RFID システムが持つ課題の 1 つとして、互換性の確立がある。これまでの RFID システムは、他のシステムとの相互乗り入れを想定していないものがほとんどであり、それが普及につながりにくい一因と思われる。そこでここでは、「電子タグを利用した測位と安全・安心の確保」プロジェクトにより開発した、RFID の汎用化端末について述べる。

5.2 多種類電子タグ統合リーダ・ライタ^[15]

「電子タグを利用した測位と安全・安心の確保」



図 16 動作概念図



左：入力画面

右：RFID に書き込み中の画面

図17 UHF 帯 RFID リーダ・ライタ内蔵携帯電話端末における書き込み時の画面

プロジェクトでは、表1に示す6種類のRFIDを使用した。以下の本稿では各RFIDタイプを、表1の右端に記載した記号(RFID1～6)で表すこととする。

これらのRFIDを1つの筐体ですべて読み取れる可搬型の「多種類電子タグ統合リーダ・ライタ」を試作した(図18)。同装置は、RFID4について、ユーザライタブル領域に日本語文字列を書き込む機能も有している。

この端末は、PanasonicのTOUGHBOOK CF-18タブレットPCをベースとし、PCの底部に複数のRFIDリーダ・ライタ本体、アンテナ及び補助バッテリーを収納する箱を取り付けた構造である。モバイル通信モジュールを経由して位置解決サー

バから取得した位置情報をGISの上にプロットするインタフェースを備えている。RFID1はUSBインタフェースでPCと接続されているリーダ内蔵の白い平面アンテナ、RFID4はPCカードスロットに挿入したリーダと接続されている黒い平面アンテナを、それぞれRFIDにかざして読み取る。RFID4については電子貼り紙・伝言板として、端末から入力した文字列を書き込むこともできる。RFID2のリーダは、有線LANケーブルでPCと接続されて筐体内に格納され、筐体から突き出した2本のアンテナによってIDを受信する。RFID3のリーダはPCカードスロットに挿入されており、2本のアンテナが筐体内に格納されている。RFID6のリーダは、アンテナ内蔵でRFID6と

表 1 「電子タグを利用した測位と安全・安心の確保」プロジェクトにおいて使用された RFID

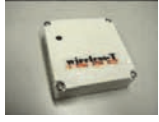
研究開発機関	RFID の用途	RFID の規格	RFID のメーカ・型番	RFID の形状	RFID タイプ
国土地理院	インテリジェント基準点	13.56MHz パッシブ型 (ISO/IEC15693 準拠)	富士通 (株) 製 MB89R118		RFID1
	電子タグテープ	300MHz 帯アクティブ型	(株) 九州テン製 TagStation model 310 (電源供給部改造)		RFID2
東京大学空間情報科学研究センター	自端末の位置情報高精度化のための位置マーカ	300MHz 帯アクティブ型	RF Code 製 Spider V		RFID3
情報通信研究機構	ハイブリッド RFID のビーコン				
	ハイブリッド RFID の電子貼り紙・伝言板	2.4GHz 帯パッシブ型 (ISO18000-4 準拠) 書き込み可能タイプ	Intermec 製 Intellitag RZ-1TG4		RFID4
	救援要請通報時測位用 RFID リーダー一体型携帯電話システム用の位置マーカ	Bluetooth (2.4GHz 帯アクティブ型相当)	ワイヤレステクノロジー (株) 製 三次元加速度センサ WAA-001		RFID5
総務省消防庁		300MHz 帯アクティブ型	KDDI (株) 試作品		RFID6



図 18 試作した多種類電子タグ統合リーダー・ライタ

同じ箱型の形状をしており、筐体の上に取り付けられて RS-232C ケーブルで PC と接続されている。RFID5 のリーダーは、市販の USB 接続型 Bluetooth 通信モジュールであり、筐体の上に取り付けた USB ハブに取り付けられている。Bluetooth 通信モジュールは、RFID5 の Bluetooth デバイスアドレス (48bit) を受信して ID とみなすだけであり、ペアリング処

理等は行わない。同 USB ハブには USB 接続型 GPS 受信モジュールも取り付けられている。以上により、PC 側のインタフェースのうち、USB ポートを 2 つ (うち 1 つはハブにより更に 2 つに分枝)、PC カードスロットを 2 つ、RS-232C ポートを 1 つ、有線 LAN ポートを 1 つ、同時使用することで、GPS 受信並びに 2 タイプのパッシブ型 RFID 及び 4 タイプのアクティブ型 RFID の同時リード機能 (RFID4 についてはリード・ライト機能) を実現した。全 6 タイプの RFID を読み取っている画面を図 19 に示す。

物理的に多種類の RFID を読み取れたとしても、各 RFID は独自フォーマットによる ID を発信しているため、そのままでは位置解決サーバによる処理に適用できない。そのため「電子タグを利用した測位と安全・安心の確保」プロジェクトは、ID 体系の管理団体の 1 つであるユビキタス ID センターの ucode の領域の一部 (16 ビット分) の割り当てを受け、各 RFID タイプの ID をすべてこの領域内に変換するツールを開発し、各 ID が衝突なく共存できるのみならず、ucode に準拠した他

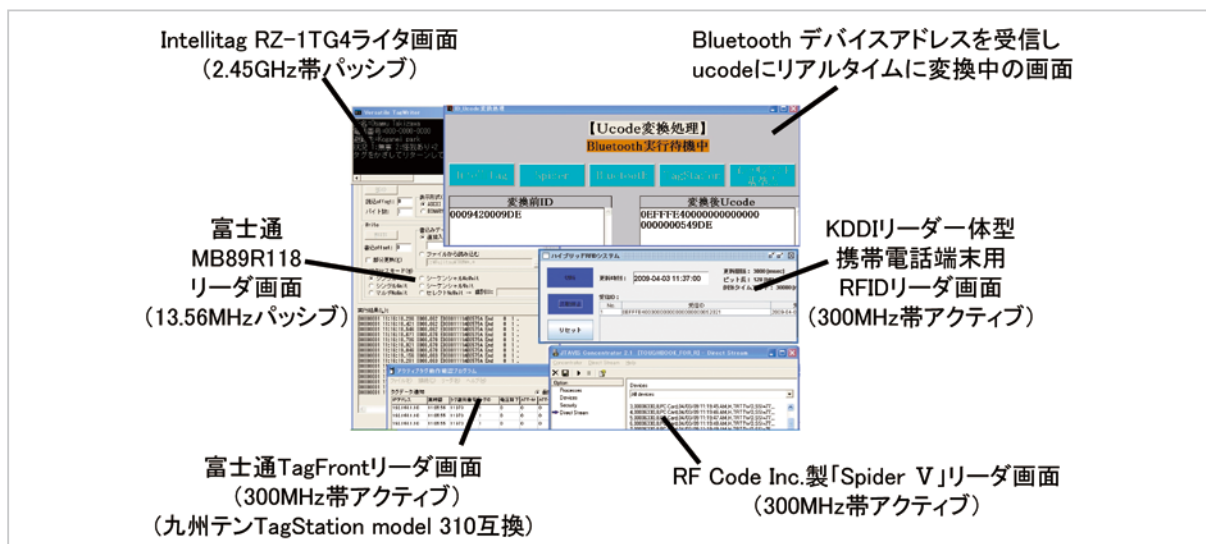


図 19 6 種類の RFID を同時にリード中(一部ライト)の画面例
(左上: RFID4、左中: RFID1、左下: RFID2、右上: RFID5、右中: RFID6、右下: RFID3)

表 2 「電子タグを利用した測位と安全・安心の確保」プロジェクトに割り当てられた ucode の下 4 桁と RFID タイプ毎の割り当て表

	表 1 で定義 した RFID タイプ	各ビット値 (下 4 桁)																各ビット値の 16 進表記による領域 (下 4 桁)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
屋内位置クラス A	RFID2, RFID3	1	屋 外 位 置 (32 戸 分)					屋 内 位 置 (1024 区画分)										8000~ffff
屋内位置クラス B	RFID5	0	1	屋 外 位 置 (64 戸 分)					屋 内 位 置 (256 区画分)									4000~7fff
屋内位置クラス C	RFID6	0	0	1	屋 外 位 置 (256 戸 分)								屋 内 位 置 (32 区画分)					2000~3fff
屋外位置クラス D1	RFID1	0	0	0	1	屋 外 位 置 (4096 地点分)											1000~1fff	
屋外位置クラス D2	RFID4	0	0	0	0	屋 外 位 置 (4096 地点分)											0000~0fff	

プロジェクトのシステムとの互換性を保てるようにした。

割り当てられた ucode 領域は、0eff fe40 0000 0000 0000 0000 0005 xxxx の下 4 桁 (xxxx) が 0000 から ffff までの 16bit であった。RFID を主として建物内における測位に利用することを想定し、建物数並びに戸当たりの区画数に割り当て可能な数に応じて、領域を表 2 に示す通りクラス分けした。その上で、同プロジェクトで実証実験用に準備した各 RFID タイプの個数を勘案して割り当てることにした。例えば RFID2 は屋内に密に配置する必要があるため 1 戸当たりの区画数を多く取れる屋内位置クラス A を割り当て、救援要請通報時測位に用いる RFID5 と RFID6 は 1 部屋に 1 個程度の密度で十分であるため、1 戸当たりの区画

数が少ない屋内位置クラス B と屋内位置クラス C を割り当てた。また RFID1 は屋外にのみ配置することを想定している。

各 RFID のオリジナル ID を上記の ucode 領域内に変換するツールの画面を図 20 に示す。リーダーが読み取った RFID1～5 のオリジナル ID がウィンドウ左側に表示され、変換後の ucode が右側に表示される。変換に際して、各 RFID のリーダーが読み取った ID はテキストファイルとして格納され、本ツールはそのファイルを読み出して、規則に基づき ID を ucode に変換し、別のテキストファイルに格納する動作をする。入力と出力にテキストファイルを介在させるため処理速度に制約が生じるが、各 RFID リーダーの処理仕様の相違を容易に吸収でき、また ucode に変換後の処理への



図20 ID変換ツールの画面

引渡しを容易にしている。なお RFID6 は、ID を任意に設定できる仕様のため、割り当てた ucode に予め設定しておけば変換は不要であるので、本変換処理の対象外とした。

本ツールでは、多種類の RFID を読み取り、各 ID を ucode に変換してテキストファイルとして出力することで、後の処理は ucode を入力とするソフトウェアによって実行できるようにしている。従って本ツールを介して、多種類の RFID を単一のソフトウェアによって扱えるようになった。

本端末の利用イメージは以下ようになる。まず屋外を歩いている時は、端末内の GPS 受信機を使って自らの位置を把握している。道端に RFID1 を見かけると、端末のアンテナをかざして、自らの位置情報を精密に補正する。RFID3 によって電子貼り紙を見つけると、アンテナをかざして RFID4 に情報を読み取ったり書き込んだりする。GPS 測位の精度が低下する建物内に入ると、RFID5 もしくは RFID6 のいずれかを使って、部屋の弁別ができる程度の精度で位置を把握する。部屋に入ると、一定間隔で設置された RFID2 からの信号により、1m 程度の精度で位置を精密に把握する。

「多種類電子タグ統合リーダ・ライタ」は、総合科学技術会議が「ユビキタスネットワークを形成する技術要素群」の 1 つとして認定している [16]。

6 成果の社会還元

NICT における RFID の災害時応用に関する研究開発は、平成 22 年度をもって一区切りとなった。そのため今後は、これまでの開発成果を広く社会展開する必要がある。そこで、本稿で述べた開発アプリケーションを始めとする全ての研究開発成果を、RFID リーダ・ライタ及び関連機器と共に、平成 23 年度に始まる予定の施設等供用制度に基づく施設として整備し、外部機関に対して研究開発目的に有償で供用するための準備を進めている。図 21 に同施設を示す。同施設は、「小金井 RFID ワークベンチ」と称し、平成 15 年度にオープンラボの 1 つとして整備された「小金井 RFID 実験ルーム」[17] に収蔵されていた RFID リーダ・ライタ及び関連機器を合流させて、広く供用可能とする予定である。供用予定の RFID リーダ・ライタの一覧を表 3 に示す。

なお小金井 RFID 実験ルームは、Interlop 等の展示会で活用されたほか、防災用途の研究開発に供するために、実験用の避難誘導灯ダミーが設置され、総務省消防庁が推進していた消防活動支援情報システムの開発への活用も検討された [18]。



図21 小金井 RFID ワークベンチ

表3 小金井 RFID ワークベンチにおいて供用予定の RFID リーダ・ライタ

周波数 (MHz)	規格	パッシブ/アク ティブの別	メーカー/ 代理店名	型番	備考
13.56	ISO-15693	パッシブ	WELCAT	RHT-100-02	
			OMRON	V720S-HMF01	
			Feig	FPRH100	
				FMR100A	
			富士通	F3972T110	
			日立 ICS	ATRW-S01(試作機)	RFID リーダー体 型携帯電話端末 試作機(au W11H 改造)互換 [6]
			RF Code	Spider III Reader	据置型
				Spider V Reader	据置型
				Spider V Mobile Reader	カード型
			富士通	TFA-RW001	
			富士通	F3977A3XX	
			日立製作所	HE-MU384-RWH002	高出力型
				HE-MU384-RWH001	アンテナ一体型
2450		セミパッシブ	Alien Technology ／東レインター ナショナル	Nano Scanner B2450R01-A	
		パッシブ	Alien Technology ／東レインター ナショナル	Nano Scanner AL1201J	
			Intermec／シャ ープ	RZ-1TR2	据置型ロングレン ジタイプ
				RX-1TR4	据置型ロングレン ジタイプ
				RZ-1CD1	カード型
			スタンダード	YSR-2400WLV	
			日立製作所	HE-MU380-SH11	au E03CA 外付型

※UHF 帯 RFID リーダ・ライタ内蔵携帯電話端末 (au E05 SH 内蔵型) については、4.3 で述べた RFID 上にメッセージ
を書き込むアプリケーションを収蔵予定。

7 むすび

本稿では、大規模災害時に情報を現場で電子的
に交換する用途を主目的とした、RFID の災害時
応用について述べた。大規模災害が発生して基地
局や中継局の電源断や故障が多発して通信路を維
持できない場合には、通信路が再構築されるまで
の間は、情報をノードに蓄積しておき、通信路の
復旧を待って情報を吐き出すか、あるいは人手に
よって情報を運ぶ機能を用意する必要がある。そ
のような機能を想定した、途絶耐性ネットワーク
(Disruption-Tolerant Networking: DTN) という

概念が提案されている。本稿で述べた RFID の災
害時応用は、人間が情報を運ぶという用途を前提
にしており、これは DTN の概念と共通している。
但し、我々の応用では、RFID リーダ・ライタを
介した情報交換に限定しており、ネットワークか
ら届いた情報を蓄積する機能を RFID に持たせて
いない。そこで、平常時はネットワークから届く
情報を蓄積でき、ネットワーク断の際には蓄積さ
れた情報を RFID リーダによって非接触で読み取
れるような、新たなデバイスが望まれる。

情報の入力、蓄積、出力のいずれにも電源が不
要なパッシブ RFID は、耐災害性が高く、メンテ

ナンスが不要で半永久的に使える安価な記憶デバイスである。RFID が壁面のタイルをはじめ至るところに埋め込まれている社会になれば、測位の基準になるほか、目に見えない貼り紙や伝言をいたるところに残せることになり、平常時から災害時まで、さまざまな用途が考えられる。

我々が RFID の災害時応用の研究開発に取り組んでいた 10 年間に、RFID の技術は飛躍的に進歩した。誰もが持ち歩く携帯電話端末に RFID リーダ・ライタを内蔵することは、RFID を物流などの特定業務用途でなく一般に広く使われるデバイスにするためには不可欠な進歩であったが、それが総務省の「ユビキタス・プラットフォーム技術の研究開発」により今年度ようやく実現した。我々が開発してきたアプリケーションは、一般の人がデータストレージとして RFID を使うことを意図しているため、それを実現するための道具立てが、ようやく揃ったと言える。但し、我々のアプリケーションの普及のためには、RFID のデータ書き込み及び読み取りに係る処理時間の高速化や、蓄積できる情報量を増やすことなど、RFID デバイス自体に改良すべき課題が、まだ多く残されている。

謝辞

RFID 測位端末の一部は、科学技術振興調整費「電子タグを利用した測位と安全・安心の確保」(研究代表者：瀬崎薫)(平成 18～20 年度)によって開発した。端末から位置解決サーバへのアクセス機能の一部は、科学研究費補助金 基盤研究 B (課題番号 17310101)「大規模災害の事前事後における消防活動支援および情報共有化システムに関する研究」(研究代表者：滝澤修)(平成 17～20 年度)によって開発した。端末ハードウェアのベースとなるハイブリッド RFID システムは、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」(研究代表者：田所諭)(平成 14～18 年度)によって開発した。被災調査 GIS アプリケーションのベースの一部は、科学技術振興調整費「危機管理対応情報共有技術による減災対策」(研究代表者：片山恒雄)(平成 16～18 年度)によって開発した。音声読み上げシステムを NICT インキュベーションズにより各種展示会に出展した際には、(財)テレコム先端技術研究支援センターのお世話になった。

参考文献

- 1 滝澤修, 柴山明寛, 細川直史, 久田嘉章, “RFID を用いた被災情報収集支援システムの研究,” 情報通信研究機構季報, Vol. 51, Nos. 1/2, pp. 247–263, 2005.
- 2 O.Takizawa, A.Shibayama, M.Hosokawa, K.Takanashi, M.Murakami, Y.Hisada, Y.Hada, K.Kawabata, I.Noda, and H.Asama, “Hybrid Radio Frequency Identification System for Use in Disaster Relief as Positioning Source and Emergency Message Boards,” Mobile Response 2007, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 4458, pp. 85–94, Springer, 2007.
- 3 滝澤修, “災害対策への RFID 導入例・実証実験,” 2008 RFID 技術ガイドブック, pp. 170–177, (株)電子ジャーナル, 2007.
- 4 滝澤修, “大規模災害の事前事後における消防活動支援および情報共有化システムに関する研究,” 科学研究費補助金 2008 年度研究成果報告書, <http://kaken.nii.ac.jp/ja/p/17310101/2008/8/ja>, 2009.
- 5 滝澤修, 柴山明寛, 細川直史, 村上正浩, 久田嘉章, “ハイブリッド無線タグを用いた被災情報共有システムの開発,” 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会, 2006.
- 6 KDDI 株式会社, “電子タグリーダーを搭載した携帯電話の開発について,” KDDI ニュースリリース, No. 2005-047, 2005.
- 7 大久保信三, 瀧石浩生, “アクティブ型 RFID リーダの低消費電力化技術,” NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナル, Vol. 14, No. 1, pp. 32–38, 2006.
- 8 嶋崎佳史, “モバイルソリューションとして注目を集める携帯電話用ミューチップリーダー,” TIME & SPACE, 2008 年 4/5 月合併号, pp. 16–17, KDDI (株), 2008.

- 9 総務省, “コビキタス・プラットフォーム技術の研究開発(コビキタス端末技術)基本計画書,” http://www.soumu.go.jp/s-news/2008/pdf/080327_1_bs3.pdf, 2008.
- 10 “総務省「コビキタス端末技術の研究開発」プロジェクトの成果として日立と KDDI が携帯電話に UHF 帯 RFID リーダ・ライタを搭載したコビキタス端末技術を共同開発,” 株式会社日立製作所 / KDDI 株式会社ニュースリリース, 2010 年 7 月 12 日.
- 11 O. Takizawa, M. Hosokawa, K. Takanashi, Y. Hada, A. Shibayama, and B. Jeong, “Three-Way Pinpointing of Emergency Call from RFID-Reader-Equipped Cellular Phone,” Mobile Response 2008, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 5424, pp. 66–75, Springer, 2009.
- 12 細川直史, 高梨健一, 滝澤修, “電子タグによる屋内測位を利用した携帯電話からの通報システム,” GIS- 理論と応用 (地理情報システム学会誌), Vol. 18, No. 1, pp. 79–85, 2010.
- 13 滝澤修, 細川直史, 嶋崎佳史, 福岡寛之, “Bluetooth と RFID を併用した携帯電話端末による位置情報付き貼り紙・伝言板機能の開発,” 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 1, pp. 174–179, 2010.
- 14 滝澤修, “RFID を利用した測位と安全・安心の確保,” 月刊自動認識 2009. 8 増刊号, pp. 30–34, 日本工業出版 (株), 2009.
- 15 滝澤修, 細川直史, 柴山明寛, “多種類の測位用 RFID に対応可能な被災調査用モバイル端末の開発,” GIS - 理論と応用 (地理情報システム学会誌), Vol. 18, No. 1, pp. 87–93, 2010.
- 16 “科学技術連携施策群の成果及び今後の課題ー平成 20 年度に補完的課題が全て終了した科学技術連携施策群のフォローアップの結果ーについて (案),” 総合科学技術会議 第 13 回基本政策推進専門調査会資料 1-1, pp. 48–60, <http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/suisin/haihu13/siryo1-1-4.pdf>, 2009 年 5 月 27 日.
- 17 “最先端のオープンテストベッド環境の構築について 〜けいはんなオープンラボの拡充・電子タグ検証施設の構築・JGNII の運用開始〜,” 情報通信研究機構報道発表, <http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h16/040512/040512.html>, 2004 年 5 月 12 日.
- 18 消防活動が困難な空間における消防活動支援情報システムの開発検討会, “消防活動が困難な空間における消防活動支援情報システムの開発報告書,” pp. 73–74, http://www.fdma.go.jp/html/new/pdf/040521_hokoku.pdf, 総務省消防庁, 2004 年 3 月.
- 19 柴山明寛, 滝澤修, 細川直史, 市居嗣之, 久田嘉章, 村上正浩, “平常時から災害時における RFID (無線タグ) を活用した情報共有化システムの研究,” 地域安全学会論文集, No. 8, pp. 135–144, 2006.
- 20 柴山明寛, 遠藤真, 滝澤修, 細川直史, 市居嗣之, 久田嘉章, 座間信作, 村上正浩, “地震災害時における情報収集支援システムの開発,” 日本建築学会技術報告集, No. 23, pp. 497–502, 2006.
- 21 O. Takizawa, “RFID-based Disaster-relief System,” Sustainable Radio Frequency Identification Solutions, pp. 241–266, Intech(ISBN 978-953-7619-74-9), 2010.

(平成 23 年 3 月 30 日 採録)



たきざわ おさむ
滝澤 修†

情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループグループリーダー（2006年4月～2011年3月）／セキュリティ基盤技術グループグループリーダー（2008年5月～2010年3月） 博士（工学）
非常時防災通信、コンテンツセキュリティ



ほそかわ なおひさ
細川直史

総務省消防庁消防大学校消防研究センター地震等災害研究室長／情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループ特別研究員（2008年9月～2011年3月）
博士（工学）
消防防災



しばやま あきひろ
柴山明寛

東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター助教／元情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループ専攻研究員（2007年4月～2008年11月）
博士（工学）
建築防災

† 現在、社会還元促進部門技術移転推進室 マネージャー

