

## ■ 研究紹介

社会インフラ研究プラットフォーム「レスキュー・コミュニケーター」  
 Research platform of social infrastructure "Rescue-Communicator"

独立行政法人理化学研究所 羽田 靖史, 川端 邦明  
 東京大学/独立行政法人理化学研究所 浅間 一  
 独立行政法人産業技術総合研究所 野田 五十樹  
 独立行政法人情報通信研究機構 滝澤 修  
 東北大学 田所 諭  
 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 中込 宏

### 1) はじめに

6433人の命を奪い10万戸以上の家屋を全壊した阪神大震災では、行方不明者、要救助者の有無および所在の確定を行うことが非常に重要かつ困難な問題であった。このような震災や津波などの災害時には、現状では人間や犬などが被災環境をくまなく走査することで探索を行うが、道路網が寸断され、電気や電話網などの社会インフラが断絶した被災環境では探索者の負担が極めて大きくなる。このため、「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(以下大大特プロ)」では災害時の人体探索・情報収集・配信を行うレスキューシステムの研究開発が行われている。

本稿では、大大特プロで開発されたユビキタス端末である「レスキュー・コミュニケーター」と、これを用いた各研究、なかでも独立行政法人理化学研究所と東京大学が中心に行っている被災者探索システムの研究を中心に紹介する。

### 2) 広域災害情報収集のための社会インフラミッションユニット

我々は、大大特プロ中の「広域災害情報収集のための社会インフラストラクチャミッションユニット(インフラMU)」において、被災地内に分散した多数のインテリジェントセンサ、ネットワーク家電、携帯端末、ロボット等の情報を、動的にアドホックネットワークを形成しながら、上空からの収集・中継した情報も含めリアルタイムに地理情

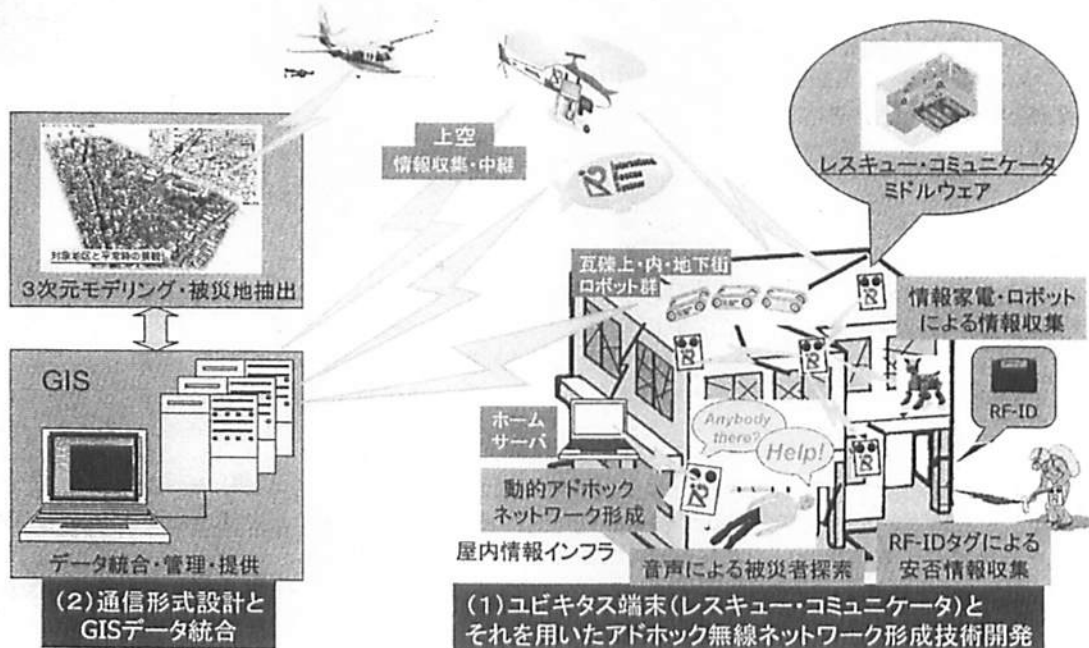


図1: インフラストラクチャミッションユニットの全体構成図

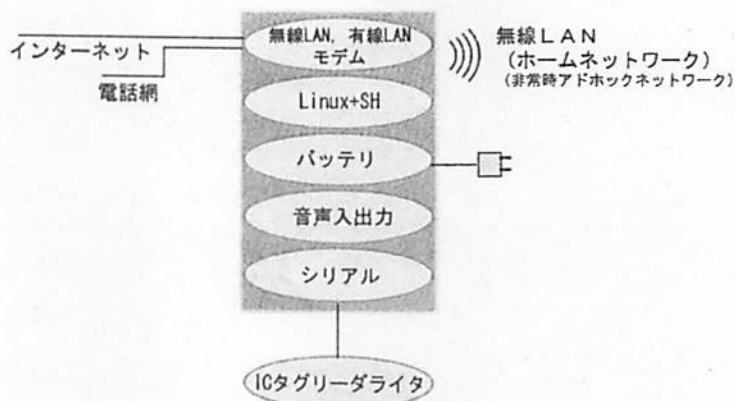


図2:レスキュー・コミュニケーター概念図

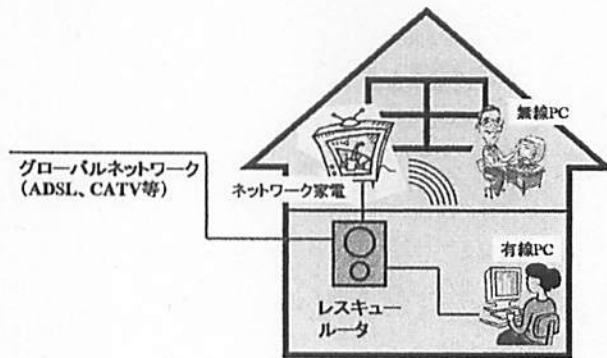


図3:平常時のレスキュー・コミュニケーター動作

報システム(Geographical Information Systems, GIS)上で統合し、被災地状況の推定、情報収集のための行動計画等に資する技術を研究開発している。具体的には、ユビキタス端末の開発と、それをを用いたアドホック無線ネットワーク形成、被災者探索・安否情報収集、被災地の情報収集などの技術開発、通信形式設計とGIS データ統合技術の開発を行っている。図1に研究の全体イメージを示す。[1]

### 3)レスキュー・コミュニケーター

#### 3-1)レスキュー・コミュニケーター概要

我々は、これまでに各研究機関において個別に研究した震災時の社会インフラストラクチャに関する研究成果を統合しさらに拡張するために、共通の研究プラットフォームであるユビキタス端末「レスキュー・コミュニケーター (Rescue Communicator, R-COMM)」を開発した。[2] レスキュー・コミュニケーターは独立行政法人理化学研究所[3]において開発されたレスキュー用知的データキャリア

第二次試作機をベースとして、省電力化と小型化を図り、かつインフラMUの他研究との共通研究プラットフォームとしてさまざまな機能追加を行ったものである。レスキュー・コミュニケーターの概念図を図2に示す。

レスキュー・コミュニケーターは平常時においては、内蔵する有線LAN、無線LAN、モデム等を利用して一般家庭におけるブロードバンドルーターとして動作する。(図3) また平常時の応用としては、お年寄りやペットの見守り、漏水・漏電の監視、家電などの統括制御などが考えられる。震災時には対策センタ等から送出された警報パケットを受け取る、もしくはレスキュー・コミュニケーター内蔵のセンサを用いてモード切り替えを行い、対策センタからの震災情報を音声等で被災者に伝えたり、逆にセンサで記録した被災地内の情報を対策センタに送出することで、震災の被災情報の収集・配信を行う。(図4) また、インターネットや携帯電話等の平常時の社会インフラネットワークが寸断したとしても、内蔵する無線LANを用いて近接のレスキュー・コミュニケーター間でアドホックネットワークを形成し、震災時においてもロバスタなセンサネットワークを構成することができる。(図5)

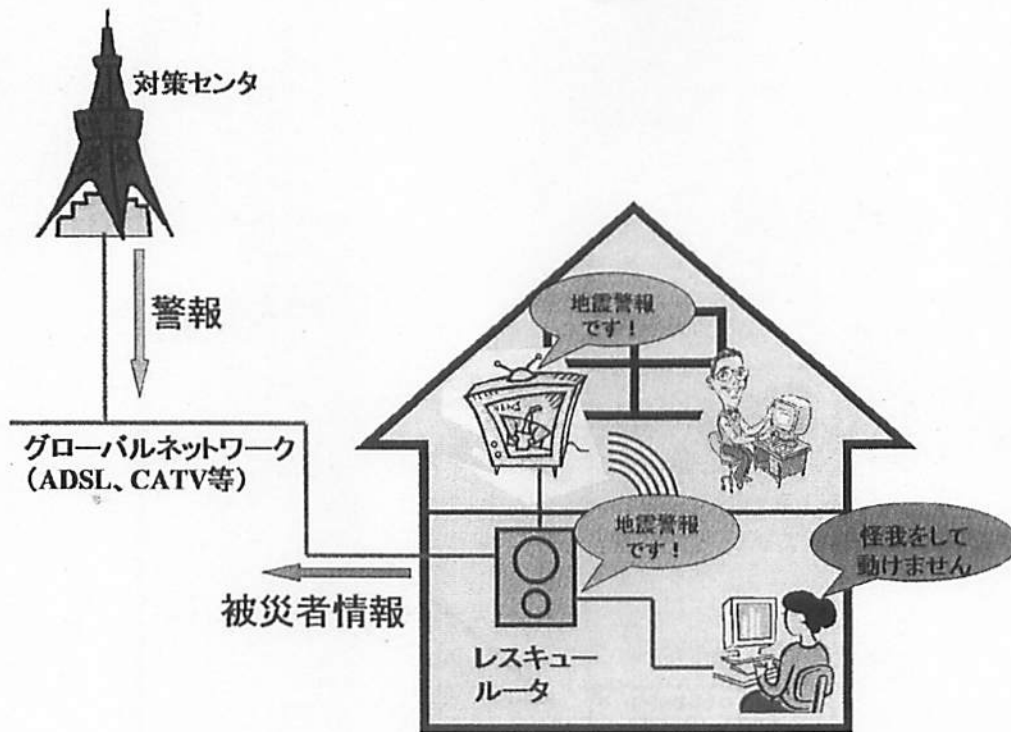


図4: 非常時のレスキュー・コミュニケータ動作

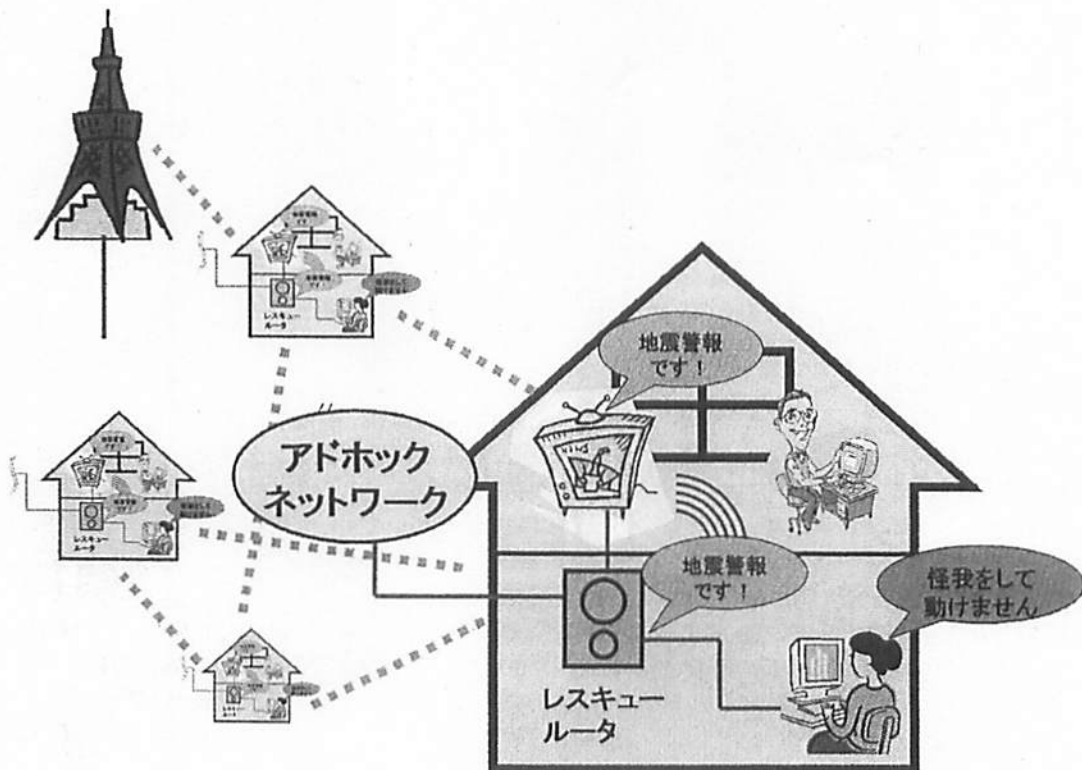


図5: 非常(有線ネットワーク寸断時)動作

## 3-2) ハードウェア

レスキュー・コミュニケータの外観を図6に、主な仕様を表1に示す。本機は小型軽量・長寿命のLinuxマイクロサーバを核に、インターネット、電話網、ホームネットワーク等に接続するための有線LAN、モデム、無線LANを持ち、また音声入出力機能やICカードのリーダライタなどを搭載させた。またバッテリーを搭載することで、AC電

源接続時は充電を行い、電源断時には内蔵バッテリーを用いて間欠で72時間動作することが可能とした。

レスキュー・コミュニケータのハードウェアは三菱電機株式会社 情報技術総合研究所[4] 及び三菱電機インフォメーションテクノロジー株式会社[5]が実際の開発を行い、2005年3月に完成した。現在、大大特プロ内において合計6台が使用されている。

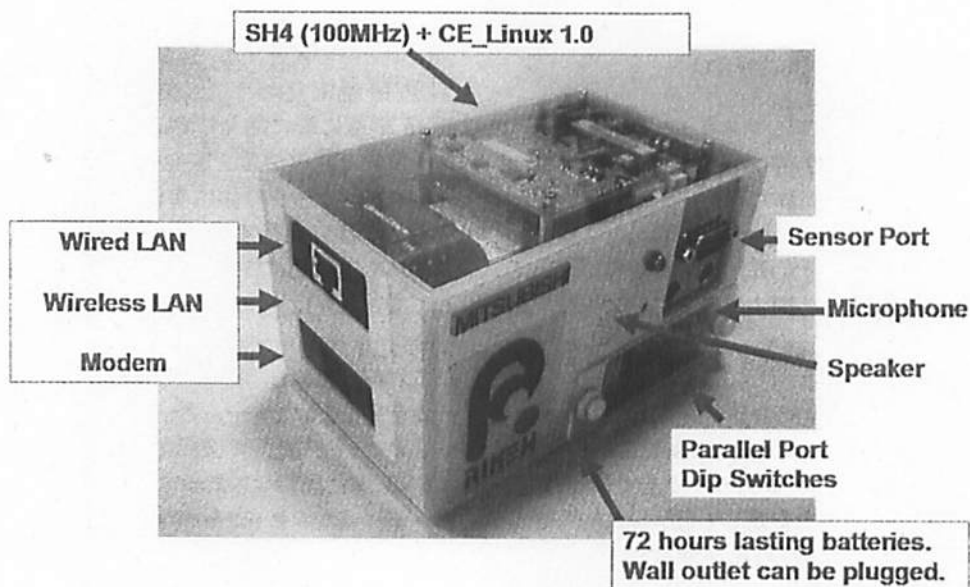


図6:レスキュー・コミュニケータ外観

表1:レスキュー・コミュニケータの主な仕様

CPU	SH7751R 内部:100MHz, システムバス:25MHz
OS	CE_Linux1.0(Linux2.4.20ベース)
RAM	SDRAM 32MB
ROM	FLASH ROM 8MB
増設スロット	CFコネクタ×3(有線LAN, 無線LAN, Modem実装済)空き0. 差し替えによってストレージ(CF, Microdrive)などが使用可能
音声再生・録音機能	モノラル・マイクروفオン×1, モノラル・スピーカ×1, 外部端子付
シリアルポート	RS232C x2 (9極ミニチュアコネクタ×2)
電源	ACアダプタ(DC9V), または内蔵バッテリー(DC6V) 外部増設バッテリー利用可能. 本体でのバッテリー充電可能.
操作パネル	電源スイッチ, シャットダウンスイッチ, ウェイクアップスイッチ, リセットスイッチ, ユーザ利用可能スイッチ, 電源オンLED, ユーザ利用可能LED
安全規格類	取得していない
付属品	ACアダプタ, 充電器, RS232Cケーブル, 開発用ソフトウェア, サンプルプログラム



### 3-3) ソフトウェア

レスキュー・コミュニケーターは無線通信によるアドホック通信を実現するために、独立行政法人産業技術総合研究所[6]が開発したユビキタスコンピューティング環境を構築するための部品体系である「UBKit(Ubiquity Building toolKit) [7][8]」を搭載している。また情報通信研究機構[9]ではアドホック通信システムとしてスカイリー・ネットワークス株式会社のDecentra[10]をレスキュー・コミュニケーター上に移植し、UBKitと共に評価中である。

### 3-4) アプリケーション研究

現在各研究機関において、レスキュー・コミュニケーターを研究基盤とした、震災時・平常時における様々な社会インフラの研究開発が行われている。

独立行政法人理化学研究所と東京大学等が行っている被災者探索システムに関する研究については、次章で詳しく述べる。

独立行政法人産業技術総合研究所では、UBKit を携帯端末とレスキュー・コミュニケーターに実装することによって、動的に変りうるアドホックネットワーク上で情報伝達、合意形成、情報集約などを安定して行う手法を開発し、災害時などで通信インフラが利用不能になった場合でも

頑健に動作する災害救助情報システムを構築している。また、これらの情報端末の通信プロトコルの策定を行っている。[11]

独立行政法人情報通信研究機構では、平常時から家屋の塀や電柱などの道端に非接触型のRF-ID を埋め込み、そのRF-IDに災害救援に資する情報を蓄積し、災害時には現地での救援活動に活用し、あるいは被災地内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内外において迅速に知るための情報転送システムを開発する。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は、平成15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て連携機能を開発する。将来的には、レスキュー・コミュニケーター自体に書き込み/読み取り機能を組み込み、自立走行するロボットに搭載して、被災地の無線タグを自動的に探して情報収集する機能の開発を目指している。[12]

これらの他にも、東北大学では、レスキュー・コミュニケーターを中心としたホームネットワークを用いて、家電やホームロボットが被災者探索を行うシステムを研究開発している。また国際レスキューシステム研究機構では、レスキュー・コミュニケーターをロボットコントローラとして応用する研究開発を行っている。

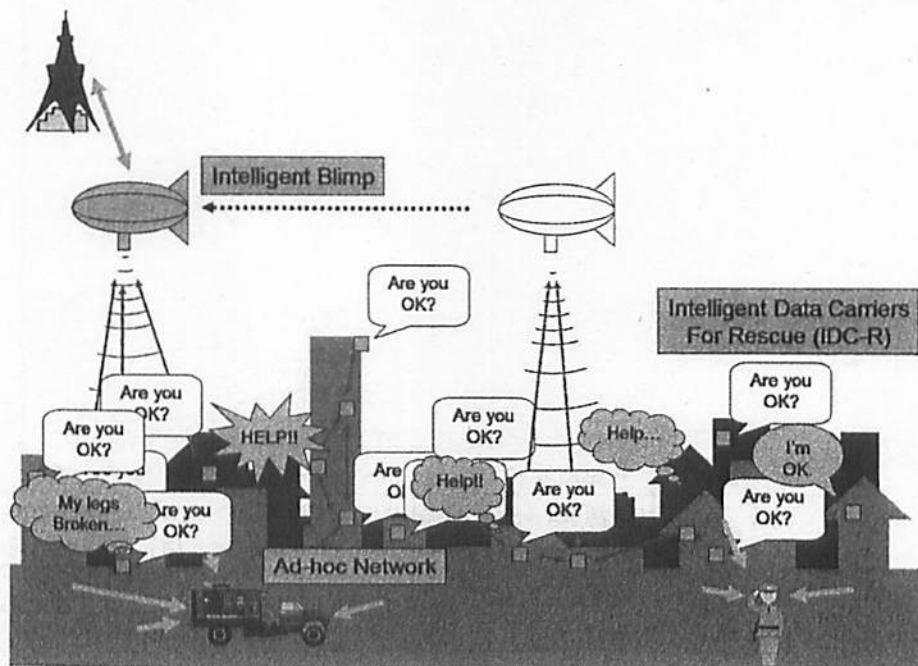


図7: IDC-Rを用いた被災者探索システムの概要

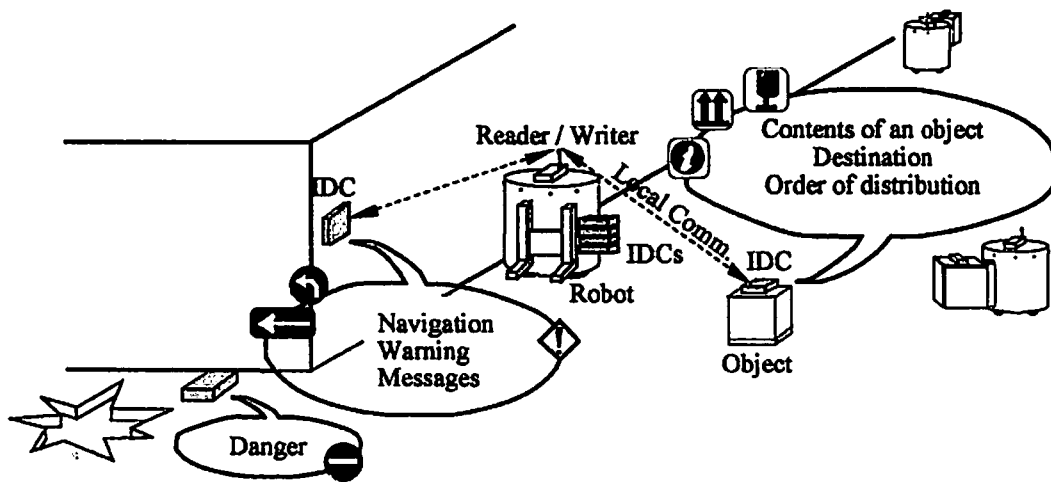


図8: IDCの基本コンセプト図

#### 4) レスキュー用知的データキャリアを用いた被災者探索システム

##### 4-1) システム概要

独立行政法人理化学研究所と東京大学では、大大特プロの一環として、センシング能力を持つ無線通信可能な小型デバイスを各家庭に予め事前に設置、または震災後にばら撒くことで、被災環境自体に知能を持たせ、至るところで(ユビキタス環境で)並列的に瓦礫内の要救助者の有無および所在の確定を行い、飛行船や移動ロボットを用いてその情報を迅速に回収するシステムの研究開発を行っている [13]。このシステムにより広域において詳細な要救助者情報を迅速に収集することが可能となる。システムの概要を図7に示す。なお本研究は(財)日本産業デザイン振興会より2002年度グッドデザイン賞新領域デザイン部門を授与された。 [14]

##### 4-2) 知的データキャリア

知的データキャリア(Intelligent Data Carrier, IDC)システムは、ロボットや人間が無線により情報交換を行う局所無線通信デバイス的一种である。環境に設置するIDCタグと、ロボットが搭載するReader/Writer から構成される。このIDCを環境内のさまざまな場所(壁, 床, 荷物等)に設置することで、IDCを環境に対する情報蓄積機構として用いることができる。(図8) IDCシステムを用いて、これまでに移動ロボットの作業手順の伝達、自己位置の同

定、迷路探索における協調作業などが実現されている [15]。

##### 4-3) レスキュー用知的データキャリア

我々は大大特プロにおいて、IDCの概念を拡張し、センシング機能と知的処理機能を付加することで、ロボットが読み書きするデータを保持するだけでなくIDCが積極的に環境からデータを生成し、ロボットシステムや人間に有益なサービスを資することを可能とした。特に環境の情報収集をIDCとロボットが相補的に行うことで、システムのセンサとモビリティを分割し、詳細な情報収集と効率的な環境内移動を両立させることが可能となる。

図9に基礎技術の検討用に開発したレスキュー用知的データキャリア(IDC-R)の第一次試作機(左)及び通信速度と通信距離を高めたより実用的な第二次試作機(右)を示す。また2004年度にはレスキュー・コミュニケータの上にIDC-Rの機能を追加開発し、音声の入出力及び飛行船との通信機能を実現した。これらは内蔵バッテリーだけでなく家庭用電源でも動作可能であり、情報収集の手段さえ用意すれば、開発したIDC-Rを実用化することは比較的容易である。またIDC-Rの音声は飛行船以外の方法、例えばリーダーライト及びアンテナを装備した人、車などでも情報収集可能であり、万一被災地上空を飛行船が航行不可能な場合であっても音声情報の収集は可能である。よって、このデバイスの実用性は非常に高い。

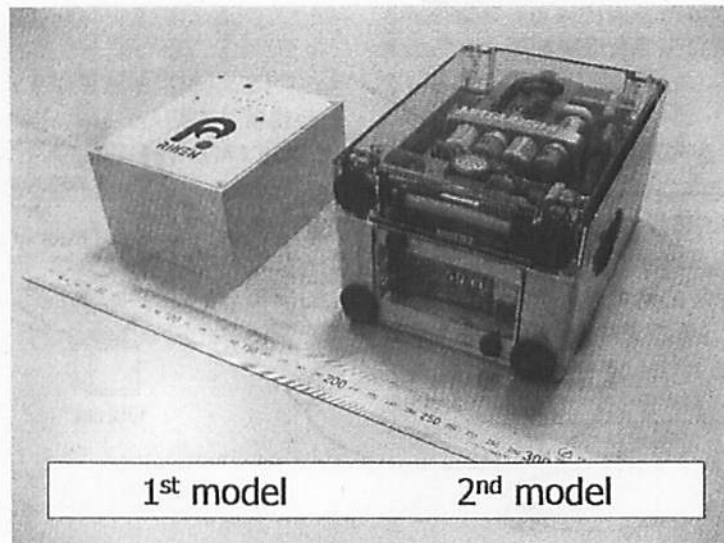


図9:レスキュー用知的データキャリア試作1号機と2号機

#### 4-4) 小型自律飛行船の開発

本研究では知的データキャリアの情報を収集するための屋内用小型飛行船(図10)を開発した。[16] この飛行船の主な仕様を表2に示す。この飛行船はセンサ・アクチュエータ・計算機・バッテリーなどを内部に持つ自律ロボットとして構成されており、無線LANを用いて地上のレスキュー用知的データキャリアと通信することができる。

アクチュエータは十字に配置された2系統のベクタードスラスト(図11)及びテールロータ(図12)から構成されている。飛行船の操作系統は、内部の計算機による自律制御と地上からの無線による手動制御をいかなるときでも、地上側から自由に切り替えることができる。特に自律制御に関しては、屋内環境での離陸・旋回・直線追従・停止などが実現できており、いくつかのサブゴールを通過する自動航行が既に実現できている。

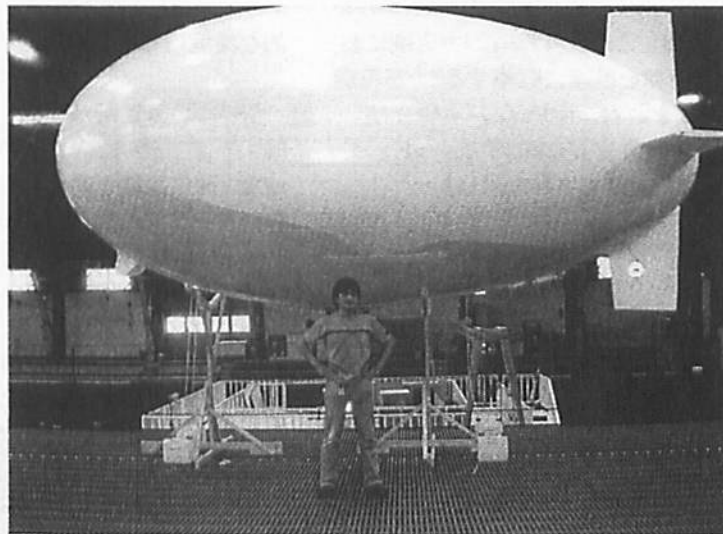


図10:屋内用小型飛行船

表2: 小型飛行船の仕様

<船体>
全長 : 6500mm (±4%以内) 最大径 : 3000mm (±4%以内) ゴア : 16枚接合 構造 : 軟式2袋構造 運用・保管温度 : 0~50°C
<バッテリー>
搭載バッテリー容量 : 7.2V (5個)
<推進装置>
前進・後進 静止推力 : 800g以上 左右並進 静止推力 : 800g以上 機構 : ベクタードスラスト機構 回転角度 : 0~360deg
<ペイロード>
ペイロード最大重量 : 8kg

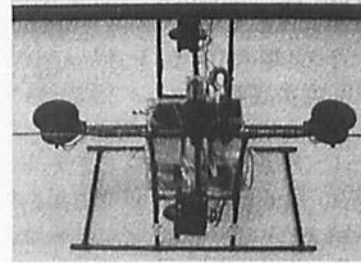


図11: ベクタードスラスト

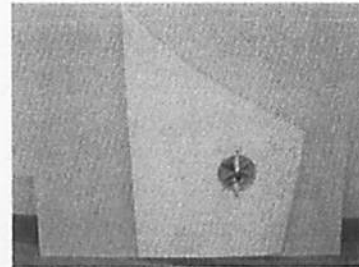


図12: テイルロータ

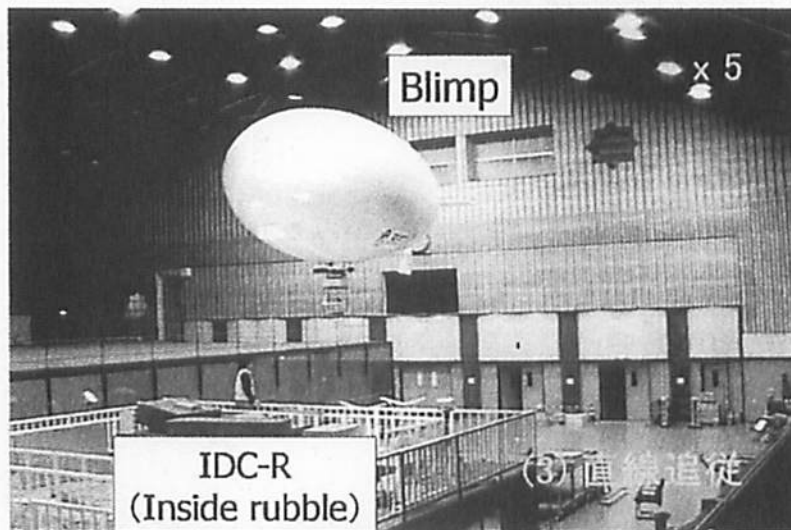


図13: IDC-Rと飛行船を用いた統合実験風景

さらに、IDC-Rとあわせた統合システムとして、模擬瓦礫内に埋れた要救助者の音声を自律飛行船ロボットが収集するシステムが実現できている(図13)。このシステムでは、瓦礫内のIDC-Rは音声を収集し上空の飛行船に情報提供を行い、飛行船は瓦礫内を直接観測するこ

とは出来ないが、瓦礫形状によらず空中移動が可能である。このようにシステムの移動能力(モビリティ)と探索能力(センサ)を分けることによって広域にわたって迅速で詳細な被災者探索が実現可能である。



5) おわりに

本稿では、防災社会基盤システム実現のために必要な研究用ユビキタス端末である、レスキュー・コミュニケーターと、これを用いた災害時社会インフラについての研究について背景紹介した。現在、開発されたレスキュー・コミュニケーターはいくつかの研究機関でプラットフォームとして研究開発に用いられており、研究成果を統合し、また相互に利用することでさらに高度な発展研究を行うことが出来ている。

レスキュー・コミュニケーターは2005年1月の国連世界防災会議、2月のSECURITY SHOW 2005、6月の世界情報社会サミット(W SIS)東京ユビキタス会議、APEC(アジア太平洋経済協力会議)通信担当大臣級会合、大大特レスキューロボット・デモンストレーションなどで一般公開及びデモンストレーションを行っており、広く産官学民から多くの関心と期待を寄せられている。

今後はより実用的な防災社会基盤システムを早期に実現するために、実証実験などを行っていく予定である。



図14: APEC(アジア太平洋経済協力会議)通信担当大臣級会合での風景



図15: 世界情報社会サミット(W SIS)東京ユビキタス会議での風景



図16: 国連防災世界会議での風景



図17: SECURITY SHOW 2005でのデモ風景

## 謝辞

本研究は文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクトの一環として、国際レスキューシステム研究機構、独立行政法人防災科学技術研究所との協力の下になされたものである。

## 文献

- [1] Hajime Asama, et al, Yasushi Hada, et al. : “レスキュー用知的データキャリアを用いた被災者探索システムの構築,” “Development of a Victims Search System utilizing Intelligent Data Carriers for Rescue,” 文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト被害者救助等の災害対応戦略の最適化レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発 第2回国際シンポジウム論文集, pp. 295 — 301, 2004.
- [2] 羽田, 他: “社会インフラ研究プラットフォーム「レスキュー・コミュニケーター」の開発,” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2005(ROBOMECH2005)予稿集, 2P1-S-092, 2005.
- [3] 独立行政法人理化学研究所 分散適応ロボティクス研究ユニット:  
<http://celutra.riken.jp/>
- [4] 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所:  
[http://www.mitsubishielectric.co.jp/corporate/randd/information\\_technology/](http://www.mitsubishielectric.co.jp/corporate/randd/information_technology/)
- [5] 三菱電機インフォメーションテクノロジー株式会社:  
<http://www.mdit.co.jp/index.htm>
- [6] 独立行政法人産業技術総合研究所 情報技術研究部門:  
<http://unit.aist.go.jp/itri/>
- [7] Hashimoto, et al., : “Ubkit for cyber assist.,” In Proc. of the 2nd Intl. Conf. on Active Media Technology, pp. 46-56, 2003.
- [8] ユビキタスコンピューティングのためのオープンプラットフォームUBKit:  
<http://www.carc.aist.go.jp/carc/brochure/20040510/UBKit.pdf>
- [9] 独立行政法人情報通信研究機構 情報通信部門 情報セキュリティセンター:  
<http://www2.nict.go.jp/jt/a123/>
- [10] 製品について—スカイリー・ネットワークス:  
<http://www.skyley.com/products/index.html>
- [11] NODA, Itsuki, et al., “Common Frameworks of Networking and Information-Sharing for Advanced Rescue Systems,” Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics 2004, paper no. 324, 2004
- [12] 滝澤, 他: “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.
- [13] 羽田, 他: “被災者探索用知的データキャリアの開発,” 第9回ロボティクス・シンポジウム予稿集, pp.270-275, 2004.
- [14] “被災者探索レスキュー用データキャリア,” 日本産業デザイン振興会グッドデザイン賞新領域デザイン部門,  
<http://www.g-mark.org/search/Detail?id=28344&lang=ja>, No.02D14032, 2002.
- [15] H. Asama: Towards Emergence in Distributed Autonomous Robotic Systems - Intelligent Data Carrier for Cooperative Organization of Mobile Robots and Their Operating Environment -, Proc. 3rd Int. Conf. on Field and Service Robotics, pp. 9-14, 2001.
- [16] 羽田, 他: “屋内実験用飛行船の自律制御 第二報,” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2005予稿集, 2A1-S-063, 2005.
- [17] 東京大学 人工物工学研究センター 浅間研究室:  
<http://www.race.u-tokyo.ac.jp/~asama>

International Rescue System Institute

Vol. **2**  
July, 2005

International Rescue System Institute contributes safe and secure social systems by research, development and related activities of advanced disaster response systems. The institute mobilizes the expertise of industrial, governmental, academic, and private institutions to construct advanced rescue systems in order to mitigate human suffering caused by large-scale natural disasters.

Quarterly

Report



**International Rescue System**

特定非営利活動法人  
国際レスキューシステム研究機構