

# 知的センサノードと自律飛行船を用いた情報収集ネットワークの 屋外実証実験

Outdoor experimental result of information acquisition using intelligent sensor nodes  
and an autonomous blimp

○正 羽田 靖史 (NICT) 准 滝澤 修 (NICT) 准 河野 敬 (JAXA) 准 中舘 正顕 (JAXA)  
正 川端 邦明 (理研) 正 嘉悦 早人 (理研) 正 浅間 一 (東大)

Yasushi HADA, NICT, had@nict.go.jp  
Osamu TAKIZAWA, NICT, taki@nict.go.jp  
Takashi KOHNO, JAXA, kohno@chofu.jaxa.jp  
Masaaki NAKADATE, JAXA, nakadate@chofu.jaxa.jp  
Kuniaki KAWABATA, RIKEN, kuniakik@riken.jp  
Hayato KAETSU, RIKEN, kaetsu@riken.jp  
Hajime ASAMA, The Univ. of Tokyo, asama@race.u-tokyo.ac.jp

We are developing a rescue system that can get information of victims in disaster area. The system consists of intelligent sensor nodes preset in each house, and of an autonomous blimp which gathers the information from the sky. In this paper we describe the outdoor experimental result of our system using 14m unmanned blimp and intelligent sensor node "Rescue-Communicator".

**Key Words:** sensor network, mesh network, rescue robot, autonomous blimp, UAV, intelligent sensor node

## 1. はじめに

我々は、知的センサノードと移動体を組み合わせた被災者探索用センサネットワークの研究を行っている。本稿では、JAXA が開発した屋外用飛行船を用いた実運用に近い環境での実証実験について述べる。

## 2. 無線センサノードを用いた被災者探索システム

音声録音等のセンシング能力を持つレスキュー用知的センサノード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[1, 2]。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1に示す。

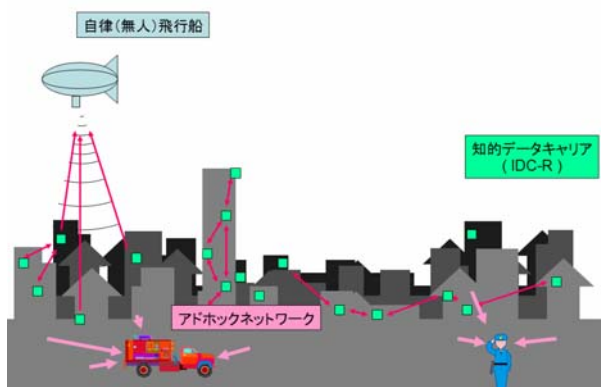


Fig.1 センサノードと飛行体を用いた要救助者探索システムの概要

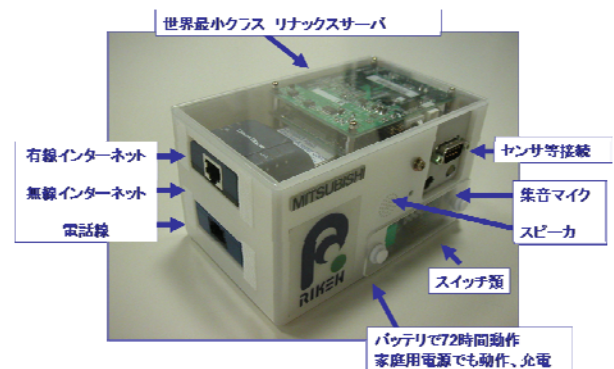


Fig.2 知的センサノード「レスキュー・コミュニケーター」

我々はこれまでに、知的無線センサノード「レスキュー・コミュニケーター」を開発してきた。[3-5]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として動作する。また平常時の応用としては、音声入出力やセンサ機能を利用した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への利用が考えられる。震災時には対策センター等から送出された警報の受信、もしくは内蔵センサ信号を基に動作モードの切替を行い、対策センターからの震災情報を音声等で被災者に伝える、また逆にセンサで記録した被災地内の情報（音声、人感センサ、火災センサ等）を対策センターに送出することで、震災の被災情報の収集・配信を行う。また、インターネットや携帯電話網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 を用いて近傍のレスキュー・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トなセンサネットワークを構成することができる。

レスキュー・コミュニケーターと自律飛行船をあわせた統合システムとして、瓦礫内に埋れた要救助者の音声を自律飛行船が収集するシステムを実現した。このシステムでは、瓦礫内のレスキュー・コミュニケーター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要救助者探索が実現可能となる。

またこれまでに、屋内実験用小型飛行船[3, 4]だけでなく、京都大学中西らが開発した自律ヘリコプター[5]、神戸大学大須賀らが開発した車両、沖縄工業高等専門学校武村らが開発した気球[6]などを用いてレスキュー・コミュニケーターからの情報を収集する実験を用っており、開発したシステムは非常に汎用性が高いことを実証した。(図3)

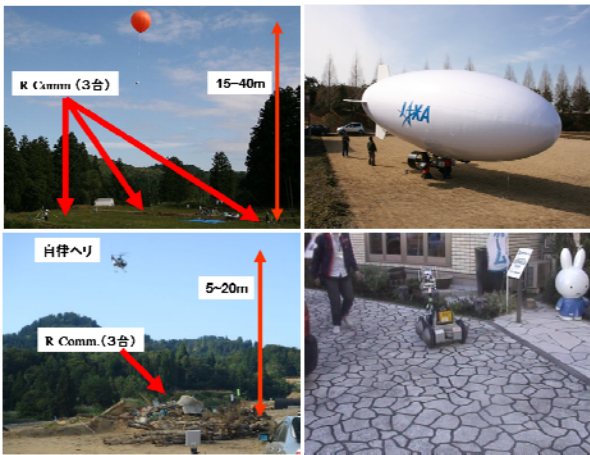


Fig.3 センサノードと連携する移動ロボット群 (気球, 自律飛行船, 自律ヘリ, クローラロボット)

### 3. 14m 無人飛行船を用いた屋外実験

本研究ではこれまで、予備実験として全長 6.5m の小型飛行船を用いて、屋内施設での飛行船との連携実験を行ってきた。この研究結果と、先述の自律ヘリコプターや気球を用いた屋外実験結果をもとに、屋外のより実用に即した環境で飛行船を用いた情報収集実験を行った。実験は第1回を2007年8月に北海道大樹町実験場、第2回を鹿児島県鹿児島市七ツ島場外離着陸場にて行った。

#### ・ 地上レスキュー・コミュニケーター

地上には3台のレスキュー・コミュニケーターを設置した。これらは約1分おきに5秒間の音声を収集し、これをmp3音源とし、さらに時刻や収集デバイス名が付加されたXML文に変換蓄積される。このXMLデータを、上空のLTA無人機が無線通信範囲に入った瞬間にアドホック(その場限りの)ネットワークを構築し、LTA上に搭載した収集デバイスに対して送信する。

#### ・ LTA 無人機上の収集デバイスの構成

収集デバイスはPCと指向性アンテナからなる。(図4)指向性アンテナはLTAの下方を向いており、送受信範囲は±30度程度である。また送信距離は地上実験において、約300mまで到達することが確認されている。収集デバイスからは常時、レスキュー・コミュニケーターの探索コマンドが送信されており、これに対して指向性アンテナの範囲に入った地上のレスキュー・コミュニケーターが応答し、蓄積されたXMLデータを送信する。

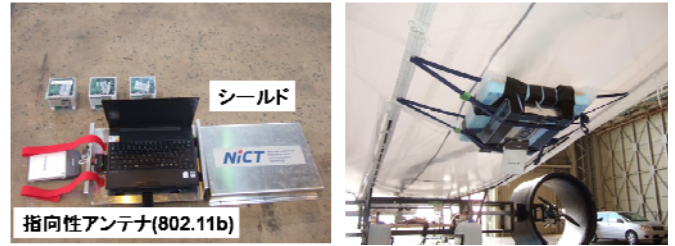


Fig.4 無人飛行船に搭載した情報収集デバイス

実験の結果、3台の1台は起動不良により正しく動作しなかったが、残り2台のレスキュー・コミュニケーターが収集した音声情報を、上空50~100mを飛行するLTA無人機に対して送信することができた。これにより、提案するシステムによって、LTAによる上空からのグローバルな情報収集と共に、地上レスキュー・コミュニケーターによる詳細な情報を同時に収集可能な技術が構築できた。

### 4. 問題点と今後の展開

本稿では、地上の複数のレスキュー・コミュニケーターと上空の無人飛行船がアドホックネットワークを形成し、上空からの大域的な映像と、地上の詳細な音声とを同時に収集可能であることを実証した。

レスキュー・コミュニケーターにはマルチホップ通信の機能が備わっており、たとえ飛行船の通信範囲内に入っていない端末であっても、複数のレスキュー・コミュニケーターを中継経由してデータを送信する機能がある。今回の実験ではこのマルチホップ機能の確認が行われなかった為今後の課題となる。この機能が実現することにより、例えば瓦礫の中に埋没したレスキュー・コミュニケーターが同じく埋没した要救助者の音声を収集し、中継端末を通じて飛行船に対してデータ送信を行うことが可能となる。また、音声データのみならず、体温や水分の検出センサを用いたデータの収集も今後の課題となる。

### 文 献

- [1] Hajime Asama, et Al.: "Information Infrastructure for Rescue Systems," Workshop on Rescue Robotics - DDT Project on Urban Search and Rescue, 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.45-56 (2007)
- [2] 羽田,他: "機能分散によるレスキュー用ユビキタスセンサネットワークの構築," 第16回インテリジェント・システム・シンポジウム, 2C3-3 (2006)
- [3] 羽田他, "瓦礫内の音声を収集するレスキュー用知的データキャリアの開発," 2004 JSME Conference on Robotics and Mechatronics (ROBOMECH '04) 講演論文集 (CDROM), 1A1-H1-40, 2004年6月18日 -- 20日 (2004).
- [4] 羽田他, "知的な状態遷移を元にしたレスキュー用ユビキタスデバイスの平常時活用," 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会 2006 予稿集, pp.2P2-D13, 東京, May.26-28, 2006.
- [5] 川端他, "被災時におけるケーブル駆動型バルーンロボットとレスキュー用知的データキャリアの設計・開発," 設計工学, 第42巻10号, pp.589-594, 2007.
- [6] Yasushi Hada, et Al.: "Autonomous blimp system for aerial infrastructure," Proc. of 2nd International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAmI), pp.162-165 (2005)
- [7] Hiroaki Fukushima, et Al.: "State-Predictive Control of an Autonomous Blimp in the Presence of Time Delay and Disturbance," IEEE International Conference on Control Applications, ISBN978-1-4244-0441-4, pp.188-193 (2007)
- [8] Hiroaki Nakanishi, et Al.: "Autonomous Flight Control System for Intelligent Aero-Robot for Disaster Prevention," Journal of Robotics and Mechatronics, vol.15, No.5, pp.489-497 (2003)
- [9] 武村,他: "災害時におけるケーブル駆動型バルーンロボットとレスキュー用知的データキャリアの連携による情報収集," 第49回自動制御連合講演会, SA1-1-5 (2006)