解 説

被災地での情報収集・伝達のための分散型システムの開発 — 大大特「情報収集グループ」の研究紹介 —

Development of Distributed Systems for Information Acquisition and Transmission in the Disaster-Stricken Area
— Introduction of Research and Development by the Dai-Dai-Toku Information Acquisition Group —

小野里 雅 彦* 北海道大学
Masahiko Onosato* *Hokkaido University

1. は じ め に

災害発生時に迅速かつ正確な情報収集を現場で行うことは、的確な救助計画を策定し、効果的な救助活動を遂行する上で必要条件となる [1]。そこでロボット技術に期待されることは、災害発生現場において情報収集活動を自律的に遂行できるシステムの実現である。これは災害情報システムのフロントエンドとして人手に頼らずに被災現場で自律的に情報収集することであり、これまでの災害情報システムにおいてもっとも欠けていた部分ともいえる。

本特集号では、情報収集のレスキューシステムとして、被災地域上空を飛行して災害状況を観測する自律飛行型ヘリコプターと、がれきの内部や上部を移動しながら被災者を探索する各種の移動ロボットが、それぞれ別稿にて解説されている。本稿で紹介する大大特「情報収集グループ」では、それら二者の形態以外による災害情報収集の手法を検討し、それを実現するためのデバイスやシステムの開発を行っている。また、研究範囲は災害情報の収集にとどまらず、情報の伝達や提示、予測評価も包含している。ここでは、その研究の背景、目的、研究内容ならびに今後の研究開発の予定について述べていくことにする。

2. 被災現場と災害情報

まず初めに情報収集グループにおいて前提としている被災現場について整理をしておく。大都市大震災軽減化特別プロジェクトという名称が示すとおり、対象とする災害は大都市に発生する大規模な震災であるが、洪水や火山噴火などの広域災害も対象に含まれる。政令指定都市に代表される大都市では、人口密度の高い地域が広範囲に広がり、道路、鉄道、電力、ガス、通信、放送などのインフラが整備され、平時においてはきめ細かなサービスが住民に提供される。この大都市を大災害が襲い、インフラが破壊されることで以下に挙げる状況の発生が予想される。

- 地下街や高層ビル、ショッピングモールなど、停電や通信回線の遮断などにより内部状況を把握することが困難な大規模閉空間が出現する。
- 救助を必要とする現場が都市の各所で一斉に発生する一方で、救援隊が現場に到着するのに時間がかかる。
- 都市では近隣の人間関係が希薄なことが多く、倒壊家屋内の要救助者の情報が得られにくい。
- 一般加入電話や携帯電話、インターネット回線などの通信手段が、設備の破損や停電、過度のサービス要求によるシステムダウンなどにより機能しなくなる。

このように大災害により既存の情報インフラを失った大都市において、いかにして災害情報の収集と伝達を行い、個々の救助活動や避難行動を支援していくか、という問題意識を情報収集グループでは共有している。

被災状況に関する情報収集としては、人工衛星や航空機などにより撮影された写真を用いる方法がある。これにより都市部のどの辺りに大きな被害が出ているか、といったマクロな被災状況を知ることができるが、高所撮影された写真からは、被災状況の変化を継続的に監視することや、個々の地域コミュニティや家屋の具体的な倒壊状況の情報を自動的に抽出し、救援活動に利用することは難しい。

これに対して、情報収集グループでは、以下に挙げる技術を実現することにより問題の解決を目指している。

- 大規模建造物内を移動して災害状況を調査するシステムの実現
- 要救助者からの救助要請を受信し、伝達するシステムの実現
- 被災地に多く分散する情報機器の相互接続による柔軟なネットワークの実現
- 被災コミュニティ内での災害情報の共有による相互協力の実現
- 災害情報を現場で分かりやすく提示したり、情報を付与したりすることによる災害状況理解の促進

情報収集グループにおいては、こうした目標を実現する自律分散型システムを研究開発しているが、そこにおける特徴としては被災者や救助者、避難者といった被災地における人との連携を強く意識し、自律型コミュニティ [2] の実現を目

原稿受付 2004 年 5 月 7 日

キーワード: Disaster Information, Distributed System, Rescue

*〒 060-0814 札幌市北区北 14 条西 8

*Kita-ku, Sapporo-shi, Hokkaido

指す点にある。情報収集グループが取り組んできた内容を次に要約して紹介する。なお、各研究テーマのより詳しい内容については、各研究テーマごとに付けた参考文献ならびに、国際レスキューシステム研究機構の大大特の Web ページ (<http://www.rescuesystem.org/ddt/ddt.html>) に各年度の研究報告書が公開されているので参考にいただきたい。

3. 情報収集グループの概要と研究内容

3.1 情報収集グループの構成

大大特プロジェクトにおいて、平成 14, 15 年度の 2 年間にわたって実施された情報収集グループに分類される研究テーマとその主な研究者は以下の通りである。

- 建造物内探索のための自律小型飛行船 FReP の開発：北海道大学・小野里雅彦
- 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：東京大学／理化学研究所・浅間一
- 無線タグを用いた非常時情報伝送システム：通信総合研究所・滝澤修
- アドホックネットワークによる災害時臨時情報支援システム：産業技術総合研究所・野田五十樹
- 被災者支援のための情報気球 InfoBalloon の研究：北海道大学・小野里雅彦
- 災害時における次世代情報提示技術の開発：神戸大学・上原邦昭

情報収集グループでは、定期的に情報交換を行い、相互の研究成果を参考にしながら研究開発を実施してきた。以下、これらの研究テーマについて簡単に紹介していく。

3.2 建造物探索用自律小型飛行船 FReP

本研究は著者が大阪大学に在籍中の平成 14 年度に行ったもので、大震災発生時に、地下街やビルなどの大規模な建造物の内部の被災状況を人間に先立って調査をする自律小型飛行船を開発することを目的としている。

大震災発生時の地下街やビルでは、倒壊は免れていたとしても、フロア床面や階段は、落下物の散乱、破損した水道管からの出水、避難する人の存在などにより、地上を移動するレスキューロボットの使用が困難な場合が考えられる。こうした状況では空中移動ロボットが有効な手段と考えられる。

開発された小型飛行船 FReP (Flying Rescue Probe) [3] は浮遊体の容量約 0.7 [m]³、全長 1.5 [m] であり、約 100 [g] の機器を搭載することができる (図 1 参照)。この大きさは建物の階段や廊下を移動することができるほぼ限界の大きさであると同時に、各種の観測機器を搭載することのできる浮力発生の最低限の大きさでもある。FReP は二つの推進用プロペラの上下方向と水平方向を三つのアクチュエータで変えることで、推力と回転力の大きさと向きを制御でき、狭い空間でも移動や旋回ができる。

図 1 自律型小型飛行船 FReP

図 2 知的データキャリアと情報収集用飛行船 (東大／理研：浅間)

3.3 レスキュー用知的データキャリア

本研究は東京大学の浅間が理化学研究所の研究グループと共同で行っているもので、倒壊家屋等の下敷きになった要救助者への音声による呼びかけを行い、それに対する返答の音声を録音する機能を有する無線通信可能な小型デバイス—レスキュー用知的データキャリア (IDC-R) を開発し、それを用いてユビキタス環境で並列的に要救助者を探索し、飛行体を用いてその情報を迅速に収集するシステムを構築することを目的としている。

図 2 に開発された長さ 6.5 [m] の自律航行型飛行船 [4] [5] と IDC-R の第一次試作機を示す [6]。IDC-R の第一次試作機ではデータの読み書きの距離が 1.5 [m] 程度で近距離に限定されているが、現在開発されている IDC-R の第二次試作機では 50 [m] の距離でも通信可能のように設計され、自律飛行船が上空を通過する際に、地上に分散して配置される IDC-R から録音された音声をはじめとする情報を上空から収集することが可能となる。

3.4 非常時情報伝送システム

本研究は、通信総合研究所の滝澤により行われているもので、平常時から家屋の塀や電柱などの道端に非接触型の無線タグが大量に埋め込まれているユビキタス社会を想定

図3 非常時情報伝送システムのイメージ図 (通信総研: 滝澤)

し、その無線タグに災害救援に役立つ情報を蓄積し、災害時には現地での救援活動に活用するとともに、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、被災地内の様子を被災地外に伝達する、情報伝送システムの実現を目的にしている。図3は無線タグを用いた非常時情報伝送システムのイメージ図である。

本研究では無電池式の無線タグに日本語文字列を読み書きできる可搬端末を開発し、さらに音声データの読み上げや複数の無線タグの群利用の機能を付与している。また、可搬端末を人が持ち歩いて移動することにより、被災地内に分散して配置される無線タグの情報を、被災地内や被災地外に伝達することが可能となる[7]。

3.5 災害時臨時情報支援システム

本研究は産業技術総合研究所の野田らにより行われているもので、携帯端末や無線タグ等の小型デバイスにより、動的に変わ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となった場合でも頑健に動作する災害情報システムを構築することを目的としている。

本研究では、産業技術総合研究所で開発されている小電力型マイクロサーバや通信システム、センサネットワークなどの各種デバイスとユーザインタフェースなどのハードウェアならびにソフトウェアの部品群からなるUBKit (Ubiquity Building Toolkit) ならびに情報共有のグループウェア Noroshi を用いて、災害時にも運用可能な情報ネットワーク・システムの構成手法を研究している[8][9]。

図4は携帯情報端末を持つ人の移動によって形成されるアドホックネットワークの概念を示す。図の円内において無線P2P通信が行われ、情報交換した人間が移動することで情報の伝達が行われる。固定局と移動端末の密度や比率などにより、どのように情報伝達の効率が変化するかをコンピュータシミュレーションによって評価を行っている。

3.6 情報気球 InfoBalloon

本研究は、北海道大学の小野里らにより行われており、情

図4 人の移動を利用したアドホックネットワークの概念 (産総研: 野田)

図5 情報気球 InfoBalloon の外観

報収集・配信機器を搭載したヘリウムガス気球—InfoBalloon を被災地の上空 100~150 [m] の空中に係留し、そこから周辺の災害状況の様子を鳥瞰カメラで撮影し、その画像とその他の災害情報 (立ち入り禁止や注意、警告など) を総合した形で、InfoBalloon が係留されている各地域の被災住民等に情報配信することで、被災コミュニティの自発的な救助や避難などの行動を支援することを目的にしている。

図5はInfoBalloonの2号機の外観である。これは球を上下に扁平させた直径が4[m]、高さが2.5[m]の形状をしており、ガスバリア性の高いフィルムを気球の内層に使用することで、連続的な運用を可能としている。搭載される機器は、チルト・パン・ズームの機能を備えたビデオカメラと無線映像伝送装置、目視用のシグナルランプ、音声用スピーカとそれのFM波による伝送装置ならびに機器制御用のコンピュータである[10]。現在は、鳥瞰カメラシステムと地理情報システムとの連携[11]と、気球の上空での位置・姿勢の安定化を中心に研究開発を行っている。

3.7 次世代情報提示技術

本研究は神戸大学の上原らの研究グループで実施されているものであり、災害時における総合的な次世代型情報提示技術として、無線ネットワークを利用した動的な情報提示・支援システムと通信環境の実現、携帯情報端末を利用した情報共有システム、Webを利用した地盤情報システム、およびこれらを利用した情報提示を行うための制御技術の

実現を目的としている[12]~[14].

この研究グループでは様々な研究を展開しているが、ここでは被災者位置推定支援を簡単に紹介する. 要救助者が救助要請のビーコン信号を発信している場合、搜索者により受信されるビーコン信号の強度は信号源までの距離と、間にある障害物により減衰していく. この受信強度の情報を複数の搜索者間で共有し、信号源位置の可能性を絞り込むことで、要救助者の位置推定を支援するシステムを試作している.

4. 今後の研究開発の計画

以上、説明してきた情報収集グループの研究開発は一部を除き、平成16年度以降も大都市大震災軽減化特別プロジェクトとして継続して実施される. ただし、今後は個別技術の研究開発から、災害時における具体的な利用シナリオに即した研究タスクフォースでの実施体制へと移行することに伴い、飛行船や気球に関する研究はヘリコプターなどとともに上空からの情報収集に関する研究タスクフォースに、またアドホックネットワークやデータキャリアに関する研究は、先端的な情報インフラの研究タスクフォースに統合され、他の研究と連携しながら実用化に向けた研究開発を進めていくことになる.

また、半導体集積化技術により情報収集デバイスの小型軽量、低コスト、小電力が実現されると、被災地に高密度に分布させた情報収集ポイントをどのように平時と災害時に運用していくかを考えることが必要となる. また、社会における個人のプライバシーの問題にも十分な配慮をすることが今後の研究開発を進める上で求められてくる.

5. おわりに

本稿で紹介した情報収集伝達のシステムは大震災等の災害時に機能することを目的に開発がされている. しかしながら、災害時のみに役立つシステムでは、広く社会に普及させることが難しい. また、いざ災害が発生したときに、正しく機能するように保守できるかどうかや、システムの操作や利用の方法が住民に理解されないという問題がある. そのため、平常時においても情報収集や伝達のサービスを日常的に提供することが必要である.

そうした点からも、今後、PDAや携帯電話、カーナビゲーションシステム、多機能型腕時計といった、社会に広く普及し人々の身の回りに常に存在している情報機器との

連携や組み込みが重要となってくる.

謝 辞 本稿で紹介した情報収集グループの研究開発は、文部科学省の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—として、特定非営利活動法人国際レスキューシステム研究機構 (IRS) ならびに独立行政法人防災科学技術研究所 (NIED) の支援の元、実施されたことを附記し、関係各位に謝意を表する.

参 考 文 献

- [1] 吉井博明: 都市防災. 講談社, 1996.
- [2] 鹿島都市防災研究会編著: 地震防災と安全都市. 鹿島出版会, 1996.
- [3] 藪内, 小野里: “被災建造物内の探索を目的とした小型飛行船の開発”, (社) 計測自動制御学会 SI2002 講演論文集 (III), pp.17-18, 2002.
- [4] D. Kurabayashi, et al.: “Motion algorithm for autonomous rescue agents based on information assistance system,” Proc. of IEEE CIRA, pp.1132-1137, 2003.
- [5] 羽田他: “被災者探索システム用飛行船の自律制御系の設計”, 第21回日本ロボット学会学術講演会論文集 CD-ROM, 1L28, 2003.
- [6] 羽田他: “レスキュー用知的データキャリアによる被災者探索システムの設計”, 第21回日本ロボット学会学術講演会論文集 CD-ROM, 1L27, 2003.
- [7] 滝澤: “無線タグを用いた被災地情報収集システムの高機能化”, (社) 計測自動制御学会 SI2003 講演論文集 (CD-ROM), pp.1238-1239, 2003.
- [8] K. Shinoda, I. Noda, M. Ohta and S. Kunifuji: “Large-Scale Ad-hoc Networking with Social Human Relation-Ship,” Proc. of IEEE PACRIM'03, 2003, pp.330-333.
- [9] 篠田, 野田, 國藤: “人の繋がりを利用したアドホックネットワーク環境を用いた災害時情報支援”, DICOMO2003 シンポジウム論文集, pp.45-48, 2003.
- [10] M. Onosato and T. Watasue: “Two attempts at linking robots with disaster information: InfoBalloon and gareki engineering,” Advanced Robotics, vol.16, no.6, pp.545-548, 2002.
- [11] 永富他: “InfoBalloon システムにおける鳥瞰カメラと GIS との連携手法に関する研究”, (社) 計測自動制御学会 SI2003 講演論文集 (CD-ROM), pp.1224-1225, 2003.
- [12] N. Andrey, et al.: “Rescue System Based on Location Aware Information Exchange in Mobile AdHoc Network,” Proc. of MSEAT2003, pp.525-530, 2003.
- [13] 小林, 伴, 上原: “ウェアラブルコンピュータを用いた緊急時情報支援システム”, (社) 計測自動制御学会 SI2003 講演論文集 (CD-ROM), pp.1234-1235, 2003.
- [14] 部谷, 平松, 上原: “災害時における携帯端末を用いた状況依存情報配信システム”, (社) 計測自動制御学会 SI2003 講演論文集 (CD-ROM), pp.1240-1241, 2003.

小野里雅彦 (Masahiko Onosato)

1960年生. 1985年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了. 東京大学, 神戸大学, 大阪大学を経て, 現在, 北海道大学大学院情報科学研究科教授. 生産活動のデジタル化と災害情報支援に関する研究に従事. 博士 (工学). (日本ロボット学会正会員)