

付 3. 瓦礫内移動体を用いた情報収集ミッションユニット

ミッションユニット長 : 神戸大学 大須賀公一
ミッションユニットメンバー : 茨城大学: 井上康介, 馬書根
筑波大学: 坪内孝司, 油田信一
電気通信大学: 青山尚之, 松野文俊
東京工業大学: 塚越秀行, 広瀬茂男
早稲田大学: 橋詰匠
東京電機大学: 栗栖正充
京都大学: 横小路泰義, 榎木哲夫, 土屋和雄
大阪工業大学: 辻田勝吉
京都高度技術研究所: 鄭心知
大阪大学: 井上健司, 新井健生
大阪府立高等工業専門学校: 土井智晴
神戸大学: 綿末太郎
東北大学: 大野和則, 永谷圭司, 田所諭
福井大学: 前泰志
岡山大学: 鈴森康一
法政大学: 伊藤一之
トピー工業株式会社: 津久井慎吾
NPO 国際レスキューシステム研究機構: 城間直司,
桑原裕之, 伊能崇雄, 武村史朗, 亀川哲志

(1) 研究目的

瓦礫内に取り残された要救助者を探査するためには, 探食用機器を物理的に瓦礫内に入らせる必要がある。その際まず有用なのが, シンプルな構造で実用的なレスキューツールである。そして, さらに瓦礫の奥深くを探査するための瓦礫内移動探査システムが必要である。これらの探査過程は独立な場合もあるが, 基本的には連続的である。

そこで本ミッションユニットでは, 「瓦礫内探査システムの開発」を瓦礫内の浅部から深部までカバーし得る総合的な探索システムの開発であると捉え, ミッションユニット全体として, 瓦礫内探査に有効な探査システムを結果として創出することを目的とする。

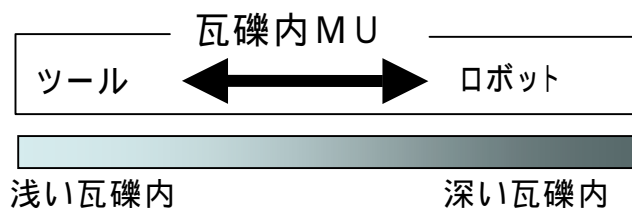


図 5-3-1 瓦礫内MUの範囲

上の目的を達成するために本MUでは，上図の左右端にあるツールとロボットに対応する研究テーマを掲げ，その間をできるだけシームレスに橋渡しをすることを考える．具体的には

- 1) 瓦礫内探索ツール群
- 2) 瓦礫内線状探索システム
- 3) 瓦礫内探索ロボット・システム

という柱をたてて研究開発する．図 5-3-2 参照．ただし，これらは独立なテーマという位置づけではなく本MUでカバーする領域をオーバーラップして存在するものとする．

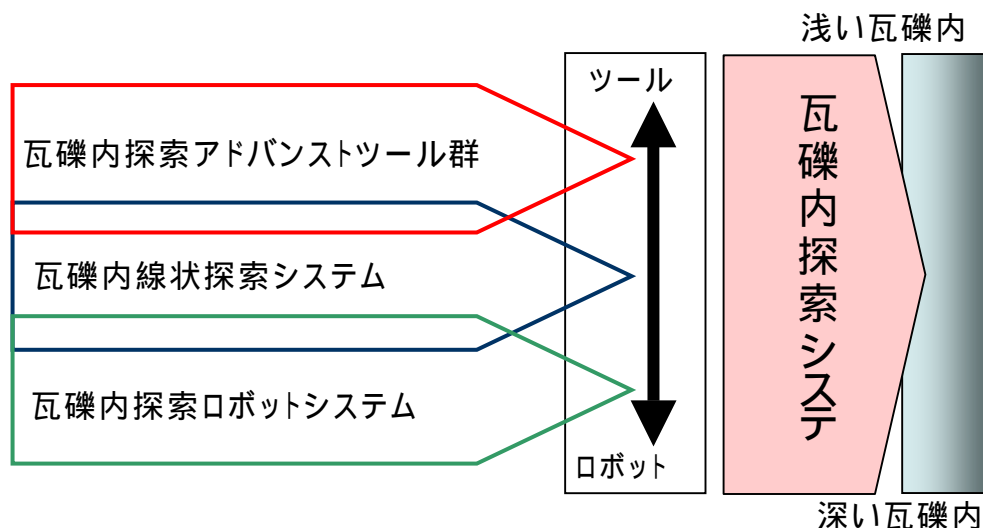


図 5-3-2 瓦礫内MUの構造

(2)各研究項目

ここでは，図 5-3-2 のような「瓦礫内探索システム」を構成する要素を3つのチームが主体となって開発をすすめる．以下にそれぞれのチームについての研究目的を述べる．

(a)瓦礫内探索アドバンスツール群チーム

本チームの目標は，シンプルな構造で実用的なレスキューツールの開発である．各種のツールを組み合わせたレスキューツールキットを構成し，災害現場の状況によって適切なツールを使い分けることにより，効果的なレスキュー活動の支援を目指し研究を進めている．ちょうど「弁慶の七つ道具」のようなイメージである．図 5-3-3 参照．

平成 16 年度は，瓦礫下や土砂内の様子を調べる“探るツール”，瓦礫を持ち上げたり切断する“働くツール”，現場で人力により発電や高圧空気を作り出す“人力活用ツール”の3つのグループに分類される計 13 種のツールの開発を進めた．図 5-3-4 参照．平成 17 年度は，前年度の研究成



図 5-3-3 弁慶の七つ道具

果を基に，フィールド試験等を実施して各ツールの改良を進めるとともに，アドバンスドツールキットとして各ツールの役割分担，活用シナリオを明確にする．

本チームのポイントは，数種類のアドバンスドツールを開発するが，有機的な利用携帯を目指すことによって，それらレスキューツール全システムを搬送可能)セットとして捉えことである．アドバンスドツール群に対する仕様を記す．



図 5-3-4 ツールの道具箱

1)サイズ等

- ・ 形状：目的に応じた形
- ・ 容量：ツールボックスのような運汎用ボックスに収納可能
- ・ 重量：10kg 程度以内
- ・ 生産性：安価で大量に生産可能

2)操作系

- ・ 基本的には遠隔操作で，1人で取り扱える．
- ・ 操縦性を支援するために計算機システムを介在させることも有り．

3)瓦礫内進入出性能

- ・ 瓦礫内に進入するものは0m～2m程度進入可能．
- ・ 瓦礫内からの引き出しも容易に可能．

4)装備

- ・ カメラ：先頭に装着．
- ・ センサ：カメラ，超音波距離センサ，レーザ距離計，ガスセンサなどの中から1つあるいは二つ程度搭載．
- ・ 対環境性：防水，防塵，暗闇対応．

(b)瓦礫内線状探索システムチーム

本チームの目的は，アドバンスドツールでは届かないような瓦礫内に侵入して人体検索を行うシステムを開発することである．ここで想定する瓦礫内深探査の想定環境は，進入可能面積が3cm×3cm程度，侵入深度は1m～10m程度で侵入経路が直線ではない状況である．瓦礫内線状探索システムの仕様は以下のとおである．

1)サイズ等（レスキュー隊が1人で全システムを搬送可能）

- ・ 形状：線状を想定
- ・ 全長：不定
- ・ 断面：0.03m×0.03m以内
- ・ 重量：10kg以内（本体），20kg以内（制御系）

2)操縦系（1人で操縦．場合によっては1人が探索をサポート）

- ・ 基本的には遠隔操縦

- ・ 操縦性を支援するために計算機システムを介在させることも有り .
- 3) 瓦礫内進入出性能 (棒カメ・ファイバースコープの能力を超える)
- ・ 狭隘瓦礫内を 20m 程度進入できる .
 - ・ 秒速 0.15m 程度で進入可能 .
 - ・ 瓦礫内からの引き出しも容易に可能 .
- 4) 装備 (移動体の断面積が小さいので最低限の装備になる)
- ・ カメラ : 先頭にカメラ .
 - ・ センサ : 簡易人体探索センサ .
 - ・ 通信 : 収集情報を操縦卓に電送するシステムを装備 .
 - ・ 対環境性 : 防水 , 防塵 , 暗闇対応 .

本研究のポイントは、ファイバースコープのような (受動的に瓦礫内に侵入させる) 線状の探査システムを発展させ能動的に侵入することができる探索システムを開発することである。例えば、直径 3 cm 程度の細長いチューブの回りに何らかの推進機構が装着されたものを開発する。

具体的には、H16 年度に開発を始めている「繊毛振動駆動」方式を発展させる。これは、繊毛と呼ばれる樹脂または金属の細線材を床面に対しある角度をつけて曲げておき、振動を加えることによって繊毛がたわみと回復を繰り返し、微小な移動を繰り返すものであり、この運動を高周波で行うことにより、進行するというものである。図 5-3-5 参照。

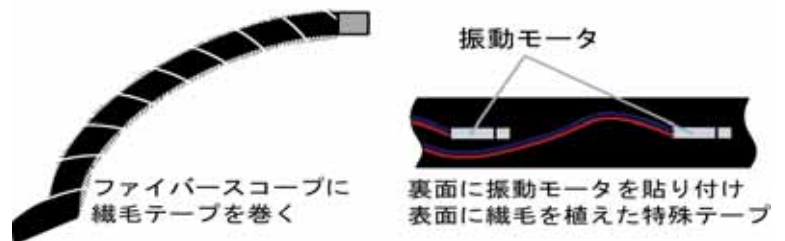


図 5-3-5 繊毛振動駆動方式

また、図 5-3-6 に概念図を示すように、胴体ユニットと呼ばれる柔軟なチューブに伸縮可能な小ロッドと呼ばれる足が装着されている移動体 (Slime Scope と呼ぶ) を開発する。

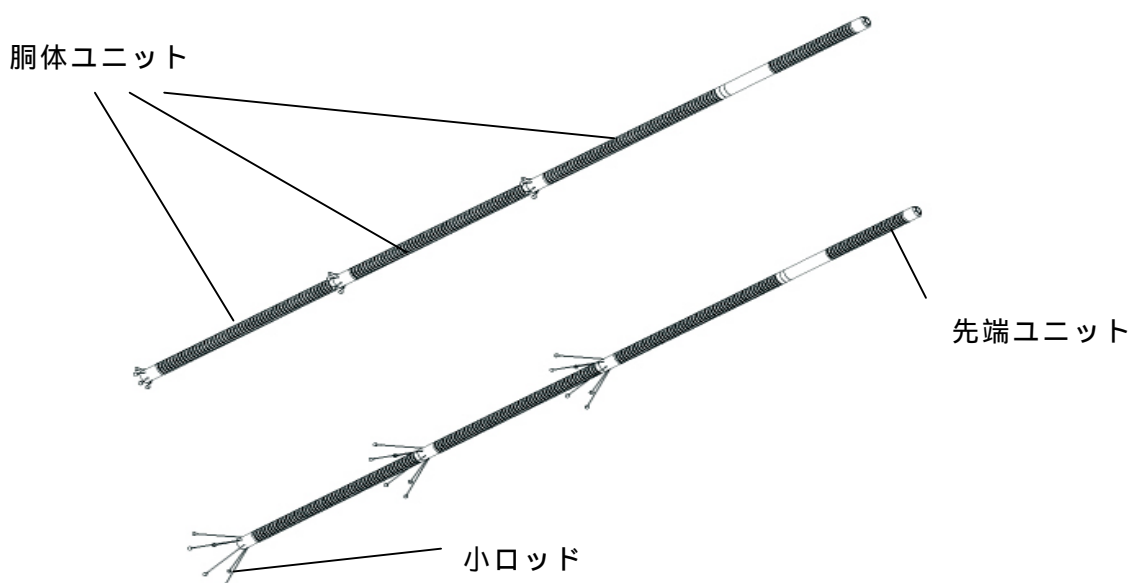


図 5-3-6 Slime Scope の概念

この小ロッドの伸縮は胴体ユニットに内蔵するゴム製伸縮アクチュエータで行う。

これら二つの駆動方式はそれぞれ長所短所があるため、独立に開発することも可能であるが、場合によっては両者を融合することも念頭に置いている。そうすることによってお互いの短所を補い合うことができるかと期待する。

(c) 瓦礫内探索ロボットシステムチーム

本チームの目標は、若干の空隙は存在するが、かなり奥深く瓦礫内を侵入する必要がある場合の探索システムを構築することである。想定する瓦礫内深度は5 m ~ 30 m程度であり、大きな駆動力をもって積極的に瓦礫内を侵入する必要がある。瓦礫内探索ロボットシステムの仕様は以下の通りである。

- 1) サイズ等 (レスキュー隊が2人で全システムを搬送可能)
 - ・ 形状：多関節連結クローラ方式を採用
 - ・ 全長：1.5m 以内
 - ・ 断面：0.2m × 0.2m 以内
 - ・ 重量：30kg 以内 (本体), 40kg 以内 (制御系)
- 2) 操縦系 (2人で操縦。1人が操縦, 1人が探索)
 - ・ 基本的には遠隔操縦。
 - ・ 操縦性を支援するために計算機システムを介在させることも有り。
- 3) 瓦礫内進入出性能
 - ・ 瓦礫内 G 1 を 30m 程度進入可能。
 - ・ 秒速 0.15m 程度で進入可能。
 - ・ 瓦礫内からの引き出しも容易に可能。
- 4) 装備 (ある程度のボリュームのある装備が可能)
 - ・ カメラ：先頭, 後尾, 側面などに分散。
 - ・ センサ：超音波距離センサ, レーザ距離計, ガスセンサを搭載。
 - ・ 通信：収集情報を操縦卓に電送するシステムを装備。
 - ・ 対環境性：防水, 防塵, 暗闇対応。



図 5-3-7 IRS 蒼龍

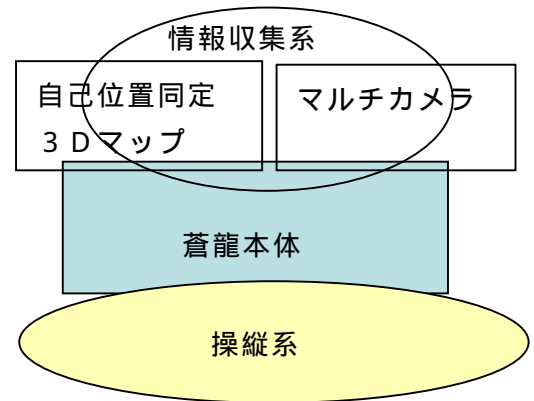


図 5-3-8 統合化蒼龍

具体的には、平成16年度から重点的に開発を進めているIRS蒼龍(図 5-3-7)をより進化させる。

平成16年度では、蒼龍を単なる移動体としてではなく探索システムとして完成させるために、

- ハードウェア
 - a) 蒼龍本体とその周辺
 - b) 自己位置同定・3Dマップ構築
 - c) マルチカメラシステム
- ソフトウェア
 - d) 操縦システム
 - e) 情報収集システム

などについて検討試作してきた。図 5-3-8 参照。平成16年度は、これらの周辺技術の完成度を高め、全体設計を再度行うことで、蒼龍が探索システムとしての完成度を高められることを目標とする。より詳細に各周辺技術の到達目標を記す。

a) 蒼龍本体

蒼龍本体については、防塵防水機構などの保護機構を備えさせ、災害現場での信頼性を向上させた機体の開発、通信線を効果的に用いた制御方式を実現するための、通信線を巻き取るリールを機体内に搭載し、自ら通信線を放出しながら移動する機体の開発を行い、実用化することを目的とする。

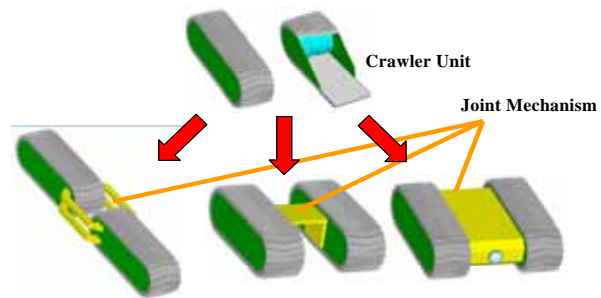


図 5-3-9 蒼龍のクローラユニット

b) 自己位置同定・3Dマップ構築

ここでは大きくわけて二つのことを行う。

- ・ IRS 蒼龍に適したレーザーレンジファインダの設計と開発

レーザーレンジファインダの基本的な性能確認は、H16年度までで完了しているので、H17年度はIRS蒼龍への搭載を前提としたレーザーレンジファインダの設計と開発を行う。具体的にはサイズの小型化、カメラの信号フォーマットの再検討、精度向上、である。

- ・ ロボットの自己位置推定のためのシステム開発

H17年度は、レーザーレンジファインダ同様に、I R S 蒼龍への実装を前提にトータルシステムの構築を目指す。まず、再帰性反射塗料入りのペイントボールをロボットから射出する装置（ランチャー）を開発する。ランチャーの開発と並行して、I R S 蒼龍への実装のためにジャイロや加速度センサユニットの小型化やI R S 蒼龍の特徴を生かした自己位置推定アルゴリズムの改良を行う。

c) マルチカメラシステム

平成17年度は「蒼龍」の複眼化を行い高度なビジョンシステム（図5-3-10）を構築する。蒼龍の一節に1～2個の小型回路、カメラは4～8個ほどのカメラシステムを搭載させる。蒼龍は全部で三節に分かれているので、筐体全体として計12～16のカメラを実装することを計画している。これら複眼ビジョンセンサを統合するためのソフトウェア開発が必要である。これには「全方位パノラマ」、「ステレオカメラによる3次元復元」を統合する。

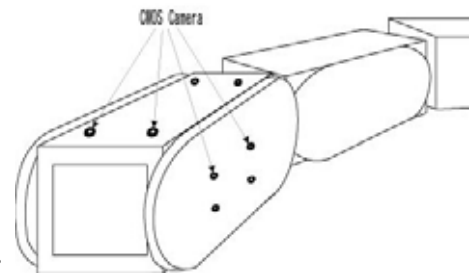


図 5-3-10 蒼龍の複眼化

d) 操縦システム

瓦礫内進入独特の形態や機能を持った移動システムを開発することを目指す。実環境でロボットが自律的に移動・探索を行うには技術的問題が多く、極限環境で作業を行うレスキューロボットなどにおいては、人間が遠隔操作でロボットを操縦する形態が現実的な解の一つとなっている。そこで、本研究では、災害地におけるロボット操縦において重要な遠隔操作性向上を図る技術の開発を目的とする。具体的には過去画像を用いた操縦システムを構築している。平成17年度はこれまで開発してきたシステムを実際の移動体（具体的には蒼龍）に搭載して実用化を目指す。

e) 情報収集システム

蒼龍に搭載される種々のセンサからのデータを集約して上位のシステム（例えばシミュレーショングループ）などに伝送するための手法を開発する。具体的には、各種情報収集ロボットから集められた情報をデータベースのデータ形式に統一して基地局に伝送する。図5-3-11参照。

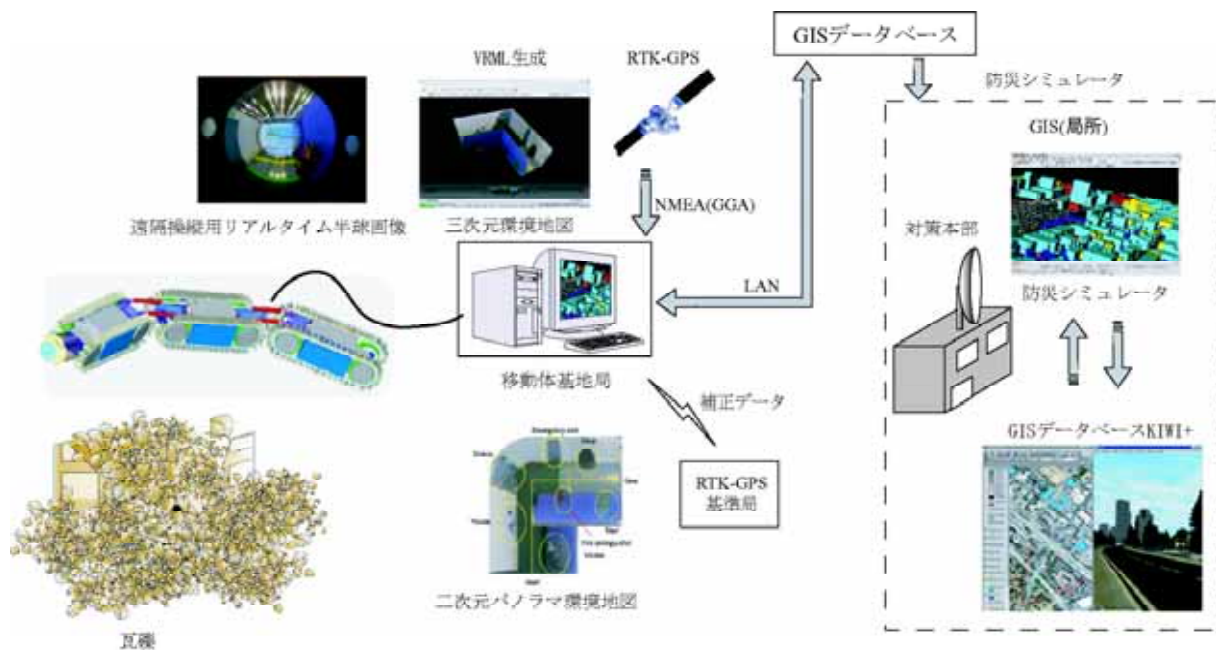


図 5-3-11 データ収集システム

(d) 予備検討

基本的には上の3テーマが本ミッションユニットの柱になるが、今後のために若干の周辺技術の検討や基礎開発などを行う。これについては平成17年度が始まった後、MU内で検討してゆく。