

# 災害探査活動支援用マニピュレータの研究開発

## —第1報：マニピュレータの開発—

前田 弘文\*・伊藤 嘉基\*\*・黒住 亮太\*\*\*・小林 滋\*\*\*

## Research and development of a rescue manipulator

### —Report 1: Development of a manipulator—

Hirofumi Maeda\*, Yoshiki Ito\*\*,  
Ryota Kurozumi\*\*\* and Shigeru Kobayashi\*\*\*

#### Abstract

This paper describes the design about the manipulator of a trial production. The perpendicular articulated robot with 6 axis as a general industrial robot was adopted as manipulator's link mechanism. Because human substitution work can be performed easily. Modularizing of the whole integration for robot group control using OpenRTM-aist is being also described.

#### 1. 緒 言

我が国における災害探査活動支援用モバイルロボットの研究は、阪神淡路大震災後の調査研究から始まり、2002年の文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」によって大きく発展した<sup>[1],[2]</sup>。結果、瓦礫内、瓦礫上、上空などから探査するためのロボットの開発、ロボット操作のためのヒューマンインターフェイス、情報網としてのメッシュネットワーク、GISなどを確立した。その後、NEDO「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」が立ち上がり、閉鎖空間内での災害における探査を目的としたモバイルロボットの実用化研究により、Quince, UMRS, KOHGA など日本を代表する探査ロボットが開発された。

我々はこれらのロボットを用い、消防関係者との実証実験などを通して、災害時に必要となる探査ロボットには“遠隔操縦を基本とした半自律制御系”が最も重要であるという結論に至った。これは災害時における探査で、迅速かつ正確であることに加え、人命が掛かった失敗が許されない過酷な条件下では、環境認識技術等のレベルが低いロボットに全ての判断を委ねることができないことが上げられる。また一方で、ロボットの全行動判断に対して、人間が全てに介在することは大きな負担になることが上げられる。さらに災害現場において1台のロボットで探

査活動を行うには限界がある。そこで、ロボット群を少数のオペレータにより操作できる探査効率の高いシステム構造へ拡張する必要がある。探査ロボットを群として制御することの利点はこの他にも、ロボット単体での離散的な点としての探査に比べ集団としての戦略的探査が可能なこと、ロボット間メッシュネットワークが破れにくい隊列を組んでの探査行動が可能であることなどが上げられる。この戦略的探査は、レスキューロボットが搭載しているマニピュレータを用いた協調作業によって、瓦礫や危険物の撤去など戦略の幅を広げることができる。

そこで本研究では、ロボット群制御のための全体統合としてOpenRTM-aistを用いたモジュール化についてと各モバイルロボットのための共通マニピュレータについて述べる。

#### 2. ロボットの群制御

##### 2.1 災害現場の環境

災害現場において、災害の規模や内容、時間帯などによって時々刻々と環境は変化していく。また、環境の変化によってモバイルロボット群の行動自体も臨機応変に対応する必要があり、時にはモバイルロボットの指揮権を受託することもある。さらにこれらの環境の変化によって、モバイルロボットのソフトウェア自体も逐次変化させる必要

\*情報工学科

\*\*技術支援センター

\*\*\*神戸市立工業高等専門学校 機械工学科

が生じる。図 2-1 にモバイルロボットのソフトウェア切り替えポイントを示す。

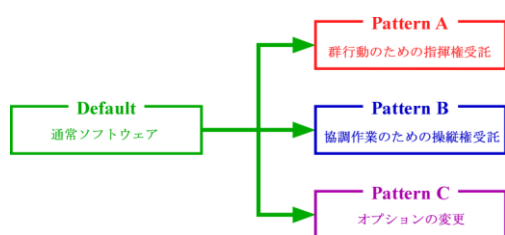


図 2-1 ソフトウェア切り替え

### ①群行動のための指揮権受託

モバイルロボット群が探査ポイントまで移動する際、個々のロボットを個別に操作することは操縦者にとって大きな負担となる。そこで、隊長機に操縦権限を譲渡することで、隊長機 1 台の操縦によって探査ポイントまでスムーズに移動を行える(図 2-2)。

また、状況によってはモバイルロボット群を 2 つ、もしくはそれ以上に分隊し、探索する場合も考えられる。そのような場合は新たに分隊長機を設け、指揮権を受託する必要がある(図 2-3)。

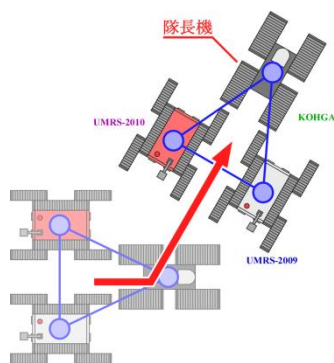


図 2-2 モバイルロボットの群行動

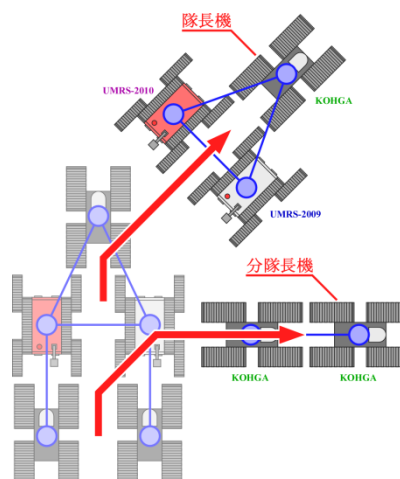


図 2-3 モバイルロボット群の分隊

### ②協調作業のための操縦権受託

災害現場の状況によっては、瓦礫や危険物の撤去など 2 台以上のモバイルロボットで協調作業を行う場合がある(図 2-4)。このようなとき、オプションのマニピュレータなどを使用して作業する必要がある。例えば、2 台のモバイルロボットに搭載されているマニピュレータを 1 人のオペレータがどちらも操縦することが可能であればスムーズに作業を行うことができる(図 2-5)。

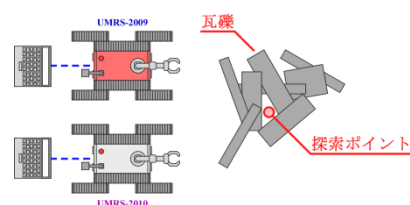


図 2-4 モバイルロボットの群行動

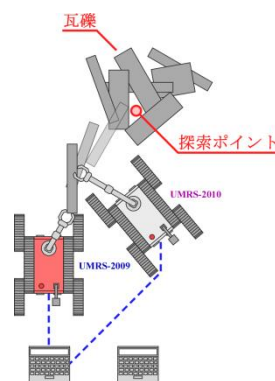


図 2-5 モバイルロボット群の分隊

また, 1 台のモバイルロボットからは見えないカメラの死角も別のモバイルロボットからのカメラ映像を共有することで把握することが可能である(図 2-6).

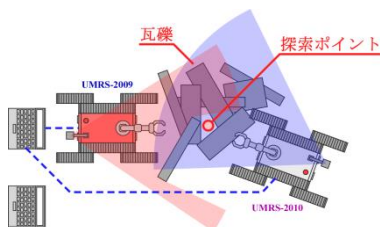


図 2-6 カメラ映像の共有

### ③オプションの変更

災害現場の状況によっては, モバイルロボットに搭載するオプションを変える必要がある. 例えば, 災害現場にガスが発生している場合はガスの成分を検知するセンサを搭載し, 瓦礫が多い災害現場で救助者を探す場合にはマニピュレータを搭載する必要がある(図 2-7). また, マニピュレータ 1 つを取り上げた場合においても, 先端のエンドエフェクタを状況に応じて変更する場合が考えられる(図 2-8).

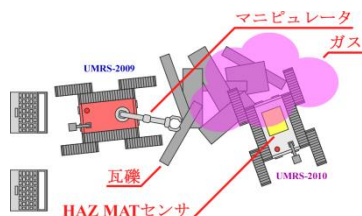


図 2-7 オプションの取替え

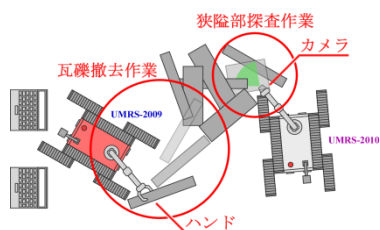


図 2-8 エンドエフェクタの取替え

## 2. 2 OpenRTM-aist

モジュール化するにあたって OpenRTM-aist を使用する. OpenRTM-aist は, 独立行政法人産業技術総合研究所より配布されている RT ミドル

ウェア実装の一つである. RT ミドルウェアは, ロボット機能要素のソフトウェアを 1 つのモジュールとし, 複数のモジュールを組み合わせることでロボットシステムを構築するためのソフトウェアプラットフォームである(図 2-9).

ここでの RT 機能要素とは, あるまとまった機能を提供するロボット構成要素で, 図 2-9 の Tpip や GyroScope などがそれにあたる. また, ハードウェアに結び付くドライバ的役割のソフトウェアだけではなく, 制御や画像処理といったソフトウェアのみで構成されるものも RT 機能要素に含まれる.

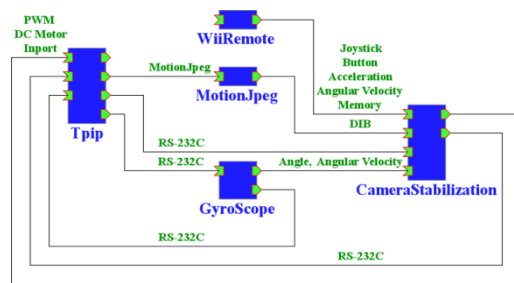


図 2-9 モジュールの構成例

## 2. 3 モジュール化構想

2.1 で述べた災害現場の環境の変化に対応するためには, 双方向の情報(入出力データ)を 1 つのモジュールに一度集約する必要がある(図 2-10). そうすることで, モジュールを柔軟に変化させた場合であっても, 情報送信場所を切り替えることで容易に対応することができる.

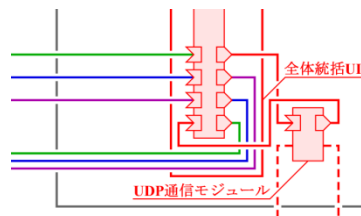


図 2-10 データの収集

図 2-11 にシステム全体の概略図を示す.

災害探査活動支援用マニピュレータの研究開発  
 ー第1報：マニピュレータの開発ー

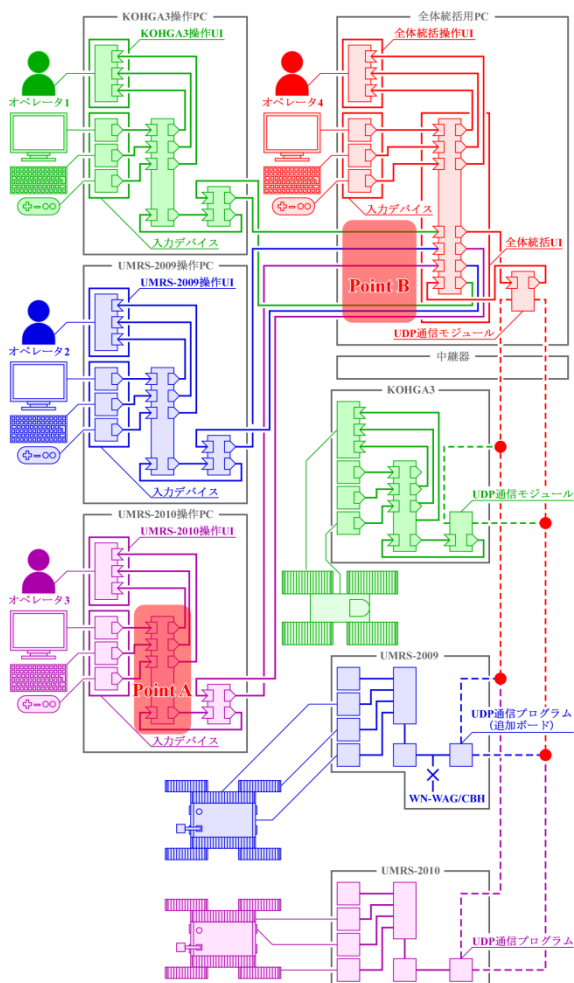


図 2-11 モジュールを用いたシステム全体の概略図

図 2-11 は基本的なモジュール構成で、災害現場でもっともよく使用されると考えられる群行動を想定している。指揮官であるオペレータ 4 が全体を統括しながら探索ポイントまで各モバイルロボットを誘導し、探索ポイントのエリアまで入ると指揮官の指示の下、それぞれのオペレータ 1 から 3 までが探索などを開始する。

また、それぞれのモバイルロボットのオプションを変更した場合も、各操縦 PC 内モジュールを交換することで対応でき(図 2-11 の Point A)、協調作業における操縦権受託であっても、全体統括用 PC から各操作 PC にセンサ情報を提供したり、操縦権限を与えたりすることで対応できる(図 2-11 の Point B)。

3. 共通マニピュレータ

共通マニピュレータの使用用途として、協調作業による瓦礫や危険物の撤去が上げられる。そのため

リンク機構としては、人間の代替作業が容易で、設置面積に対して可動範囲が広く、スピードが出せる一般的な産業用ロボットと同じ 6 軸垂直多関節型を採用した(図 3-1)。なお、マニピュレータのジョイント部分には近藤科学株式会社製の KRS-4034HV ICS を使用している。

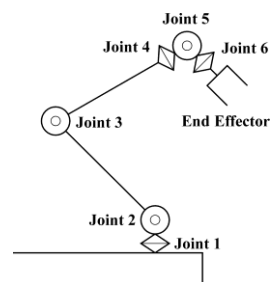


図 3-1 リンク機構

次に図 3-2 と図 3-3、図 3-4 に設計した共通マニピュレータ (Orange-Harehime) と 3D データ (SolidWorks) を示す。

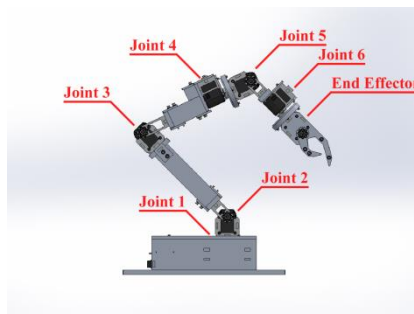


図 3-2 リンク機構(SolidWorks)

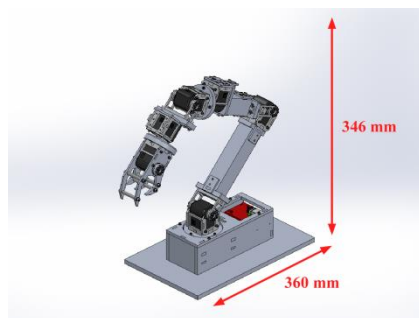


図 3-3 Orange-Harehime (SolidWorks)

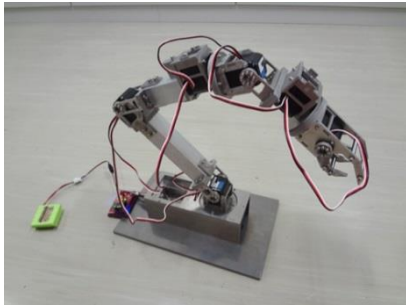


図3-4 Orange-Harehime

#### 4. 結 言

今回、ロボット群制御のための全体統合について述べた。また、災害探査活動支援用マニピュレータについても、リンク構成とシステム構成を中心に述べた。今後はより汎用性を高めるための改良を加えるとともに、各ロボットに搭載して実際に作業を行い評価する予定である。

#### 謝辞

本研究は日本学術振興会の科学研究費補助金(基盤研究 (B)25282108)の支援により実施された。

#### 参考文献

- [1] 田所 諭：文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト：ロボット等次世代防災基盤技術の開発，日本ロボット学会誌，Vol.23，No.5，pp.541～543，(2005)
- [2] 国際レスキューシステム研究機構：レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発 H14～17 報告書，大都市大震災軽減化特別プロジェクト，(2003-2006)