

災害対応ロボットの 役割・機能・求められる技術



田所 諭

東北大学大学院情報科学研究科 教授
NPO法人国際レスキューシステム研究機構 会長

災害対応ロボット・機材



■ 高度救助資機材 = 人間の災害対応能力拡大のための道具

- 人間では不可能な救助を可能にする
- 救助隊員の二次被害を防止する
- 救助の迅速化

人間が行けない・入れない場所

■ 災害現場対応機材

- 要救助者の捜索：倒壊建物，水中，土砂の中，危険地域
- 構造被害の検査：家屋，工場，プラント，配管，配線
- 環境条件（ガス，化学物質，放射線，など）検査：プラント，地下街
- 被害沈静化：消火，プラント災害，汚染箇所の除染
- 工事：崩落，土砂災害，火山災害，放射性物質除去

■ 被災者支援機材

- 避難所：運搬，トイレ清掃，連絡
- 被災家屋：ヘドロかき，セキュリティ
- 健康支援：健康維持，癒し，遠隔健康相談，遠隔診断，衛生

人の移動距離・時間を短縮

人手では手に余るところ

ロボット・機械にやらせた方がよい理由



■ 負の理由

- 危険な場所(崩落, 爆発, 酸欠, 放射能, 感電, 転倒, 天候不良, ...)
- 人間の能力では探せない(瓦礫内, 土砂内, 水中, 狭い, 壁の向こう, ...)
- 作業条件が劣悪(3K, 気温, 湿度, 衛生, 無理な姿勢, 防護服, ...)
- 汚染されている, 汚い(放射能, アスベスト, 医療廃棄物, ヘドロ, 汚物, ...)
- 心理的につらい(遺体, 悲惨状況を見る, 希望が持てない, エンドレス, ...)
- 人手が足りない(担当者が被災者, 労働条件が劣悪, 放射能, ...)
- 応用が要らない(単純繰り返し作業, 判断不要, ...)

■ 正の理由

- ロボットによって能力が向上(自動化, 自律化, 知能化, 精度, 迅速化, ...)
- 作業が楽に(疲労減少, 単純作業減少, 注意集中時間の減少, ...)
- 作業ミスの減少(ダブルチェック, 思い込みの排除, 相互連絡, ...)
- 作業記録(作業履歴, 証拠データが残る, 見える化, ...)

ロボットの形態



■ 場所の移動

- 地上走行
- 地中推進
- 壁移動, 枝伝い移動
- 水上艇
- 潜水艇
- 飛行艇
- その他場所に応じて
- 定点作業
- 人間

■ 作業の遂行

- アーム, ハンド, スピーカ
- センサ, カメラ, マイク
- その他作業に応じて

■ 知能

- 計算機
- 自律知能
- 遠隔操縦

■ 操作者・対話者

- ヒューマンインタフェース

大大特 レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発

平成14～18年度 国際レスキューシステム研究機構 田所諭(東北大)

概観情報の収集

上空からの情報収集



- ・インテリジェントヘリ
(緊急情報収集
エアロボ)
- ・情報収集気球(定点観測用)

情報収集インフラ機器



- ・レスキュー
コミュニケーター
(家屋内分散
要救助者
センシング)

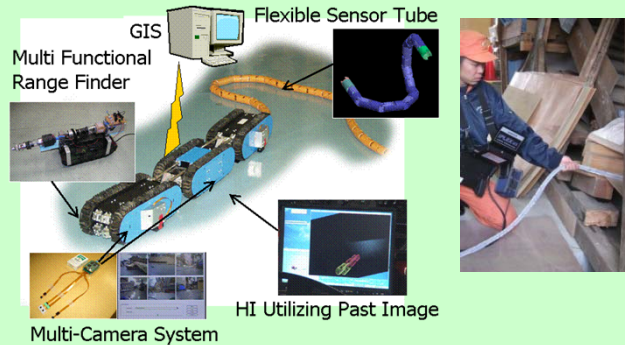
情報統合

共通プロトコル・データベース

- ・情報伝送形式の標準化(MISP)
- ・収集情報データベースDaRuMa
- ・遠隔地より情報加工・情報統合・判断

高度救助資機材

瓦礫内での情報収集



地下街・瓦礫上からの情報収集



- ・統合ヘビ型ロボット
- ・ヘビ型移動体機構(IRS蒼竜他)
- ・能動スコープカメラ
- ・レスキューツール(ジャッキ,
手動探査機, 3D棒カメラなど)
- ・無線トリアージタグ, 救出済タグ
(救助ロジスティクス管理)
- ・統合地下街探査ロボット
- ・連結クローラ移動体機構
- ・投擲型システム(瓦礫高速踏破)
- ・操縦ヒューマンインタフェース
(過去画像鳥瞰システム,
3次元地図生成, 標準化など)
- ・UWB電磁波人体探査センサ
- ・アドホックネットワーク

実証試験・訓練・デモ



- ・東京消防庁立川訓練所
- ・山古志村
- ・JICA国際緊急援助隊訓練
- ・FEMA訓練所
- ・新潟中越地震
- ・倒壊家屋実験施設
- ・ボランティア消防部隊IRS-U



SeaBotix



Seamor



AC-ROV

NEDO戦略的先端ロボット要素技術開発

閉鎖空間内高速走行探査群ロボット



TOHOKU
UNIVERSITY

研究代表者： 田所 諭(東北大)

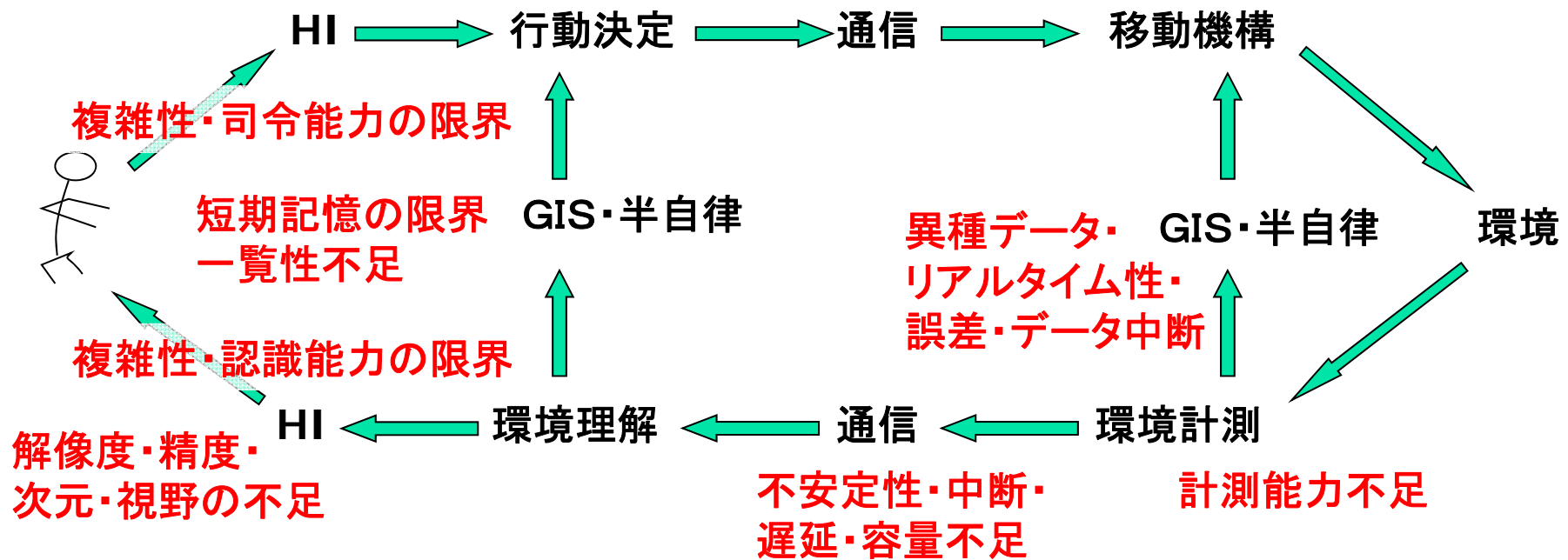


NEDO閉鎖空間内高速走行探査群ロボット 遠隔操縦の問題点



TOHOKU UNIVERSITY

階段・不整地での移動能力不足
衝突回避・高速移動・ドア開け



災害対応ロボットで特に重要な技術



- 作業能力, 移動能力
 - 総合システムとしての能力
- 遠隔操縦と状況伝達
 - 操作者が判断できる, 指令できる
- 無線通信
 - 時間遅れ, 大容量データ
 - 無線が届きにくい場所
- 測位と情報マッピング
 - GISへのマッピング, 位置情報
- 協調作業
 - 同時多発
- 評価基準の明確化
 - 要求仕様, 評価試験基準が曖昧
- 基本性能の向上
 - 剛性, 小型, 軽量
 - 出力, エネルギー
 - 高信頼性, 耐環境性, 耐久性
 - 防水, 耐熱, 防塵, 防爆
 - ...

NEDO閉鎖空間内高速走行探査群ロボット

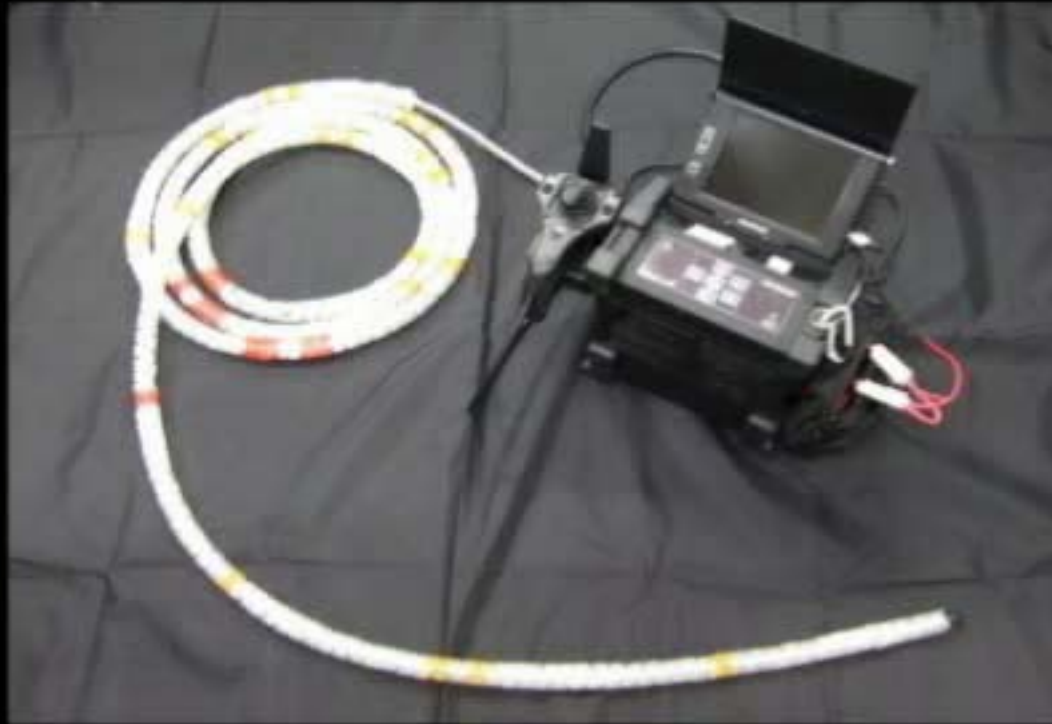
Disaster City木材瓦礫踏破(2011.3.9)



駐車場建設現場倒壊事故



能動スコープカメラ (走行性能・実地試験)



東北大学
田所研究室

駐車場建設現場倒壊事故

- 調査の結果得られたデータ
 - 瓦礫奥深く(最大7m)の映像
 - コンクリートの亀裂の形状, 方向
 - コンクリートの剥離片の形状, 断面
 - 瓦礫内空間の様子
- 他の手段では調査不可能
 - 他のロボット→大きすぎて入らない
 - 通常ファイバースコープ→1m程度しか入らない
 - 重機で瓦礫排除→証拠データの逸失



原因調査に大きく貢献 → 救助での有効性

災害対応ロボットで特に重要な技術



- 作業能力, 移動能力
 - 総合システムとしての能力
- 遠隔操縦と状況伝達
 - 操作者が判断できる, 指令できる
- 無線通信
 - 時間遅れ, 大容量データ
 - 無線が届きにくい場所
- 測位と情報マッピング
 - GISへのマッピング, 位置情報
- 協調作業
 - 同時多発
- 評価基準の明確化
 - 要求仕様, 評価試験基準が曖昧
- 基本性能の向上
 - 剛性, 小型, 軽量
 - 出力, エネルギー
 - 高信頼性, 耐環境性, 耐久性
 - 防水, 耐熱, 防塵, 防爆
 - ...

Quince開発の経緯と 実用化における課題

小柳 栄次

furo

千葉工業大学

Future Robotics Technology Center

未来ロボット技術研究センター 副所長

田所 諭



東北大学大学院

TOHOKU
UNIVERSITY

情報科学研究科 教授

NPO法人国際レスキューシステム研究機構 会長

 International Rescue System Institute

日本国際問題研究所研究会 2011.7.12

NEDO戦略的先端ロボット要素技術開発

閉鎖空間内高速走行探査群ロボット



TOHOKU
UNIVERSITY

研究代表者： 田所 諭(東北大)



NEDO閉鎖空間内高速走行探査群ロボット



被災建造物内移動RTシステム 「閉鎖空間内高速走行探査群ロボット」

委託先：国際レスキューシステム研究機構
独立行政法人産業技術総合研究所
独立行政法人情報通信研究機構
株式会社ハイパーウェブ
国立大学法人東北大学
バンドー化学株式会社
株式会社シンクチューブ
ビー・エル・オートテック株式会社

Quinceで何ができるか

何ができるか

- 環境モニタリング(屋内外)
- 映像撮影(屋内外)
- 3次元形状計測(屋内)
- 軽量物を動かす
- サーモグラフィー, 放射線, ガス, 湿度計測
- **調査作業の補助・代替, 危険性・被曝低減**
- 写真ではわからない破壊状況の計測
- 障害物を動かす, 軽量物を設置する, 軽量物をサンプリングする, etc.

Quinceの特長

- **高い運動性能**
- カメラ, 3次元スキャナ, などを搭載
- ハンディ放射線・ガスセンサを搭載可能
- 操縦支援機能
- 軽量物を動かすマニピュレータ
- 防塵・防水
- ハイパワー無線, 有線による通信
- 千葉消防への試験配備と訓練使用
- **国内での開発**
- **瓦礫走破性能は世界一**
(米国災害対応訓練所で実証)
- 映像情報, 3次元形状の計測
- LCD表示をカメラ映像として伝送
- 容易な遠隔操縦
- センサ, 軽量物を動かす
- 浅い水たまり・散水OK, 水没不可
- 屋外2 km, 屋内200mからの操縦
- 比較的高い信頼性
- **変化するニーズへの適応, 追加開発搭載**

Quinceと他のロボットとの比較（屋内作業）

機能	Quince	Packbot	TALON	無人化施工建機	BobCat	Brokk
福島使用	使用中	使用中	屋外使用	屋外使用	使用中	？
屋内通信	◎(有線)	○	○	○	○	◎(有線)
耐放射線	100Sv	100Sv	100Sv	100Sv	100Sv	>10,000Sv
耐久性	△	◎	◎	◎	○	◎
耐水性	△	◎	○	◎	○	◎
階段運動	◎	○	×	×	×	×
仕様変更	◎	△	△	×	×	×
水位計設置	◎	△	△	×	×	×
水採取	◎	△	△	×	×	×
施工	×	×	×	◎	◎	◎
重量	30 kg	30 kg	60 kg	3,000 kg	2,000 kg	1,000 kg
サイズ	800 mm	700 mm	900 mm			



想定外を想定することが必要



TOHOKU
UNIVERSITY

- 災害被害が大規模にならないために
 - 日本の社会的課題
- 想定事態への備え × 想定外への対応のための備え
- 自然界の摂理を，私見を廃して観察すること
 - 起き得ることは，起きる
- 事実は事実であって，文章や話術のレトリックではない
 - 自然界の摂理の議論を人間が恣意的につぶすことはできない
- 法令が定めるもの
 - 常に想定内
 - 自然界の節理を知らない人が決めたもの

配備・運用・改良・開発・検討組織が必要



TOHOKU
UNIVERSITY

- 災害対応ロボット
 - 飛躍的な発展
- 研究開発から配備，実用まで
 - 少なくとも10年の継続が必要
 - 米国では，軍事が培養土として機能
 - 日本では，完全に欠落している
- 大規模な原子力，プラント災害，その他緊急事態
 - ありとあらゆる考え得る事態に対応する方法の検討開発と，その実証試験が必要
 - 事業者の売り上げの0.1%を法的に拠出させ，組織を整備
 - 配備・運用・改良・開発・検討を組織的に10年以上継続

世界一安全な国 = 日本