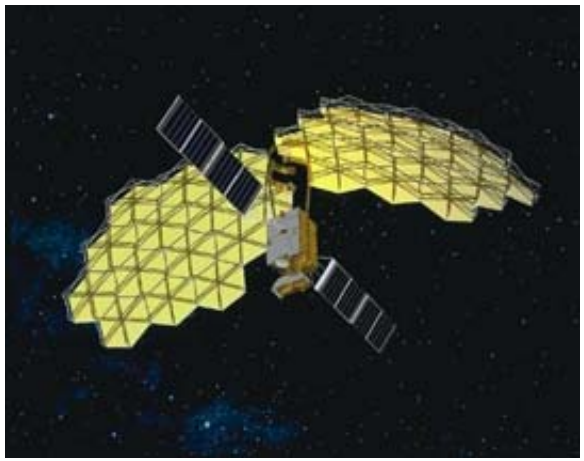
2011.1.25　ETS-Ⅷ利用実験実施協議会　実験成果報告会

災害救助・不整地走行ロボット遠隔制御技術の実証実験



東北大学大学院 工学研究科

航空宇宙工学専攻

吉田和哉，永谷圭司

研究背景

- 近年，大規模な地震が頻繁に発生している．
- 建物の中で逃げ遅れている人を発見し，救助することが必要である．

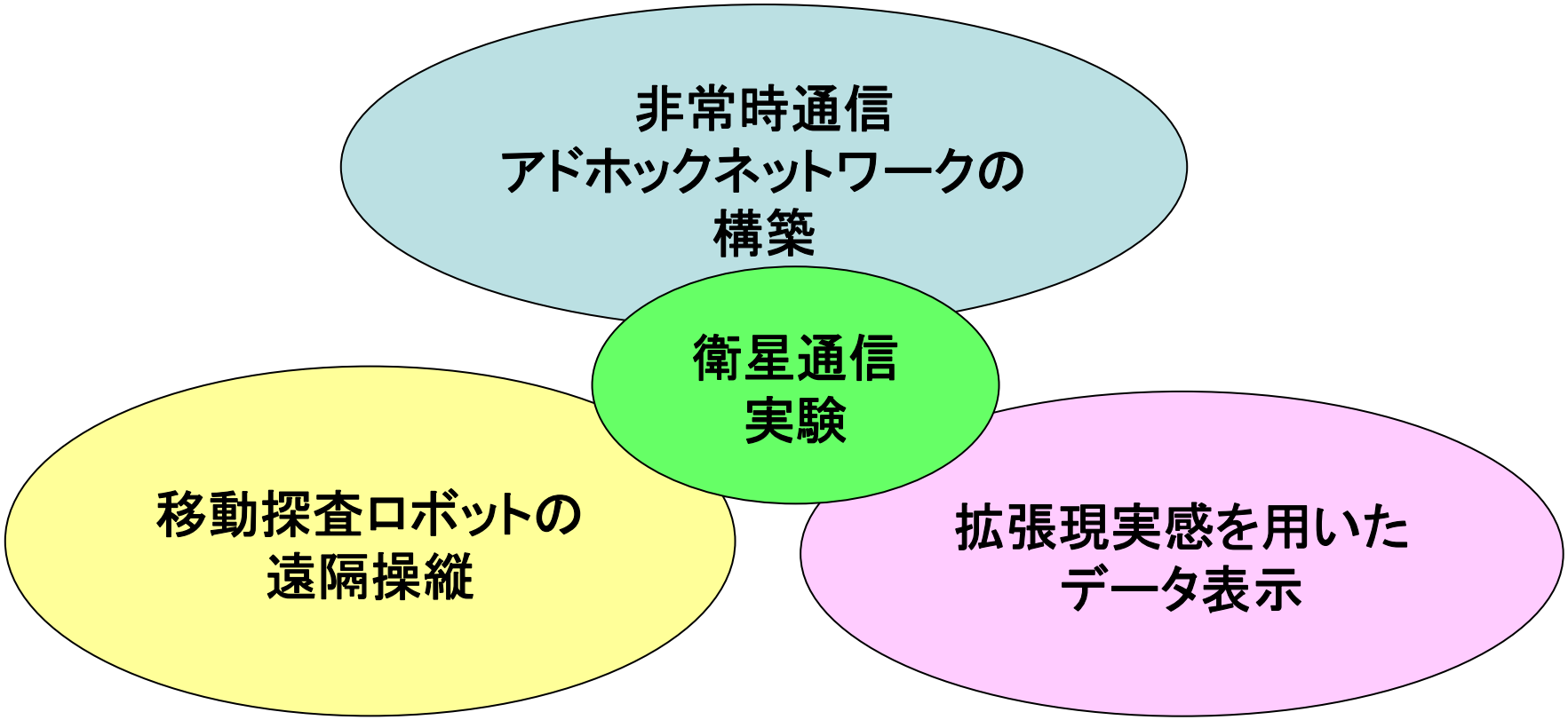
要救助者探索時の二次災害による危険を軽減したい．

⇒ ロボットを使用した要救助者の探索が有効である．

阪神大震災により倒壊した建

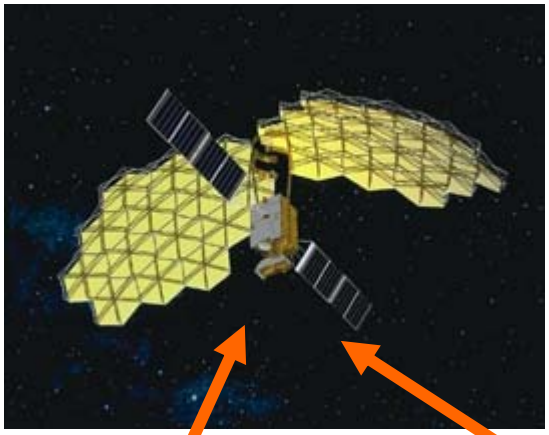
要救助者探索の様

本研究で目指すもの



衛星通信，ロボット工学，およびIT関連技術を連携させ，広域自然災害（震災）被災地における初動情報集活動を支援するための技術開発・実証試験を行う.

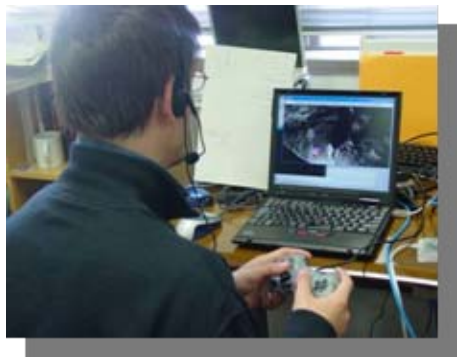
研究開発コンセプト



通信衛星

災害現場

オペレーター

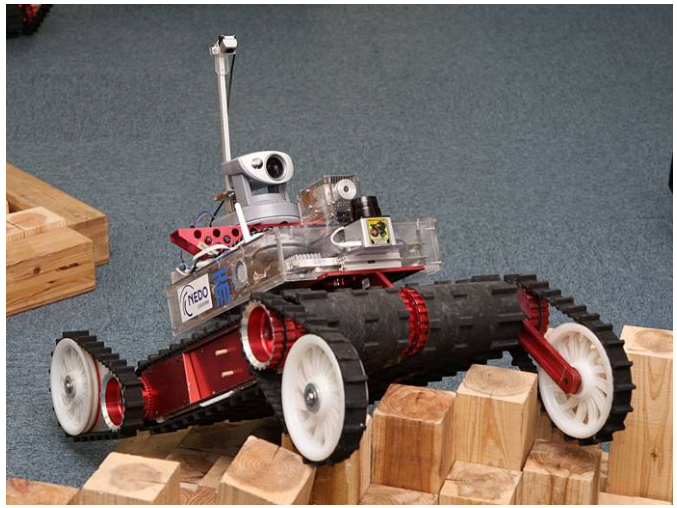


災害対策本部・司令室

「きく8号」を用いたロボットの遠隔探査実験における検討項目

- 無線遠隔操縦可能な，不整地探査用ロボットシステム MURROS / KENAF の開発
- レーザーセンサを用いた3次元環境計測および臨場感提示システムの開発と実装
- 通信速度および帯域に制限がある場合における効率的な環境把握と遠隔操縦法の確立

MURROS



KENAF

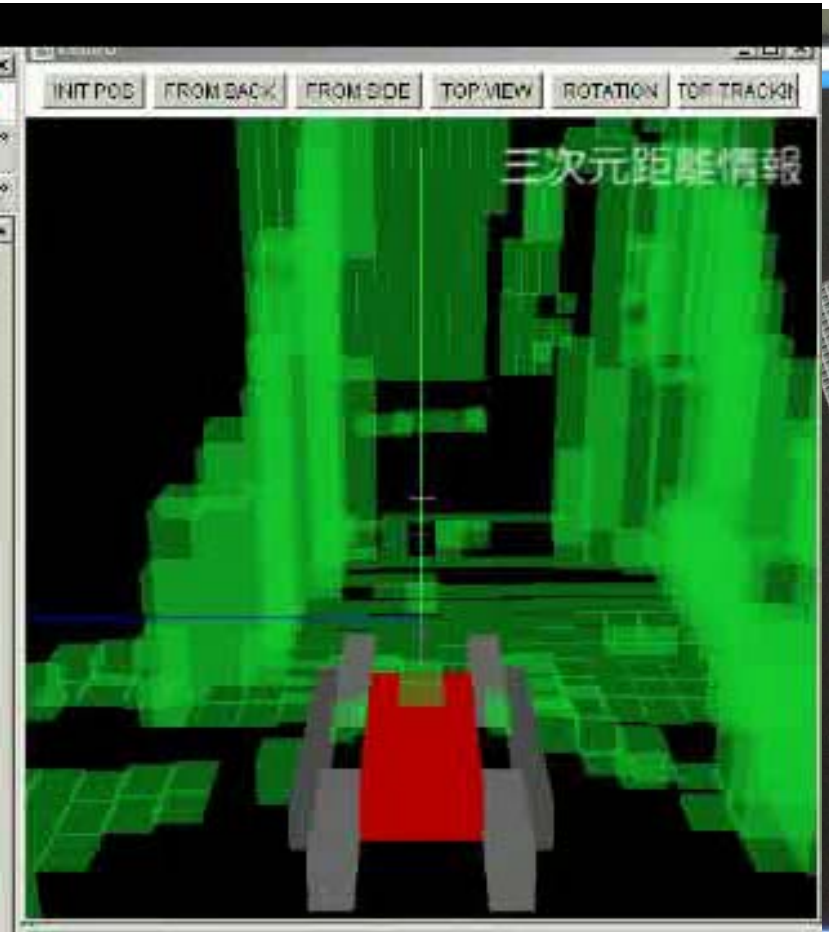
環境認識と提示：３次元距離計測に基づく遠隔操縦

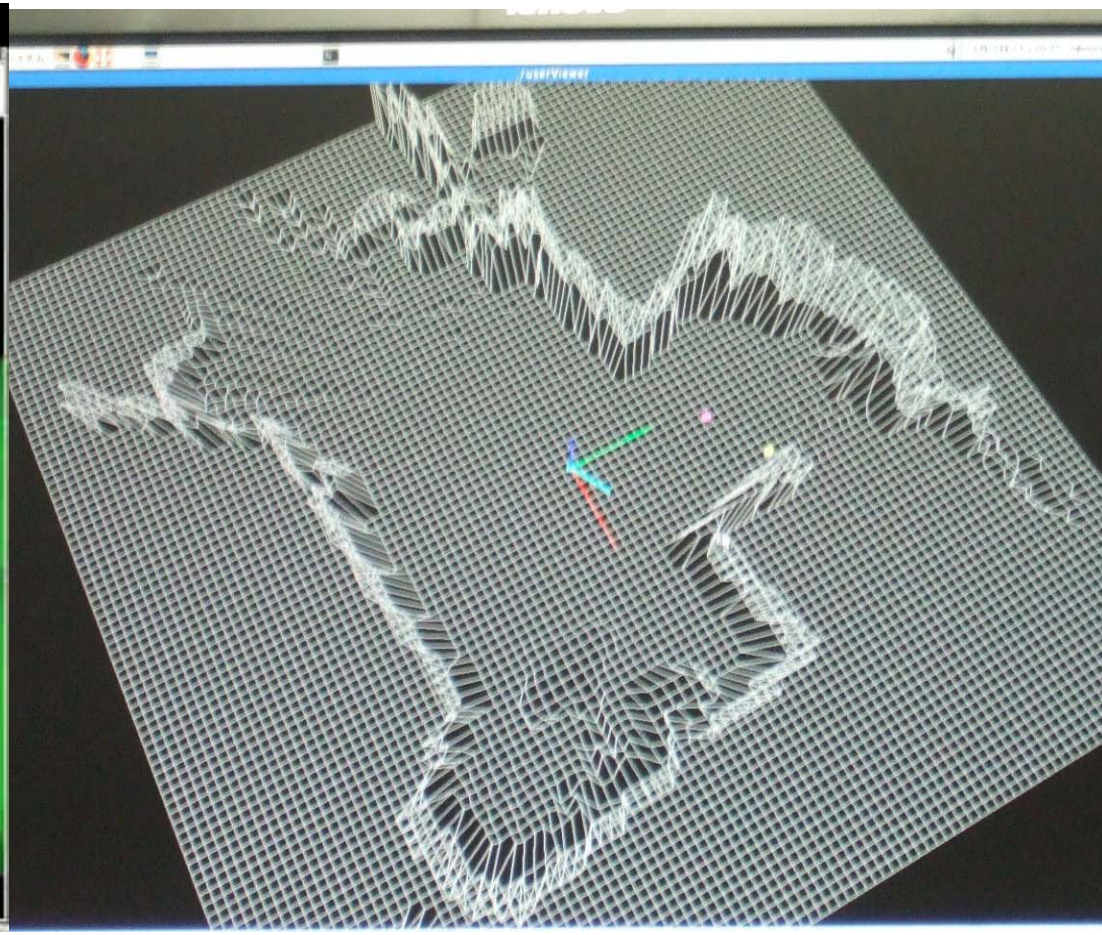
- 動画像の欠点
  - なめらかな動画を得るためには高帯域が必要
  - 暗闇では照明が必要
  - 視点がロボットに固定されていると全体把握が難しい
- レーザー測距センサの利点
  - 暗闇の中でも計測できる
  - 少ないデータ量で効率的に情報伝送できる
  - ３次元データとして地図作成等に活用しやすい
  - オペレータ側で任意に視点を選んで提示できる

128kbps モード通信時の通信遅延時間（実効

動画ストリーム：約10秒の遅れ

レーザーレンジセンサ計測による３次元マップの例





低解像度表示（平成19年11月実験

高解像度表示（平成21年3月実験

「きく8号」利用実験実施記録

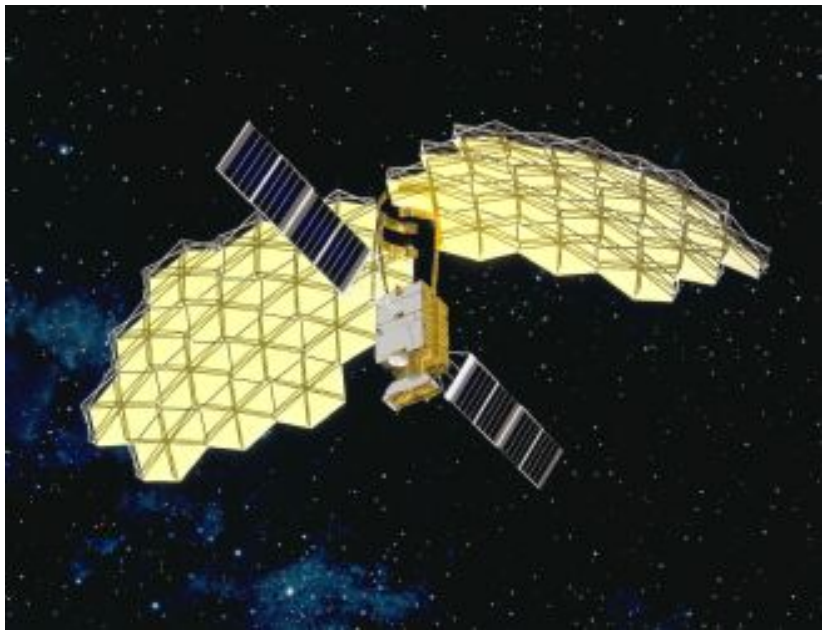
災害救助・不整地走行ロボット遠隔制御技術の実証実験

①平成19年11月23日（金）～11月24日（土）
サイエンスアゴラ会場・東京国際交流館（江東区青海）
伝送速度：128kbps

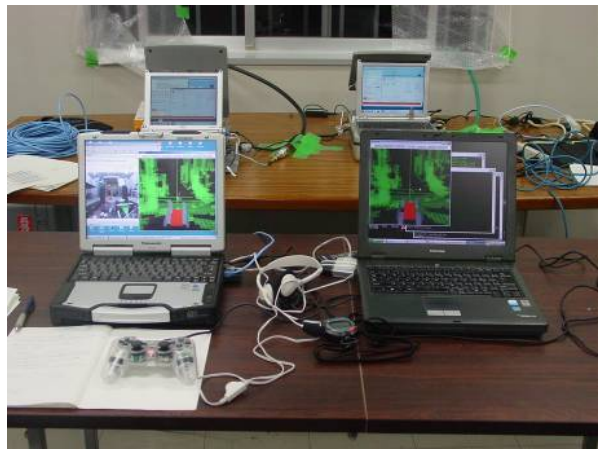
②平成21年3月5日（木）～3月7日（土）
東北大学青葉山キャンパス一仙台市天文台
伝送速度：384kbps，768kbps

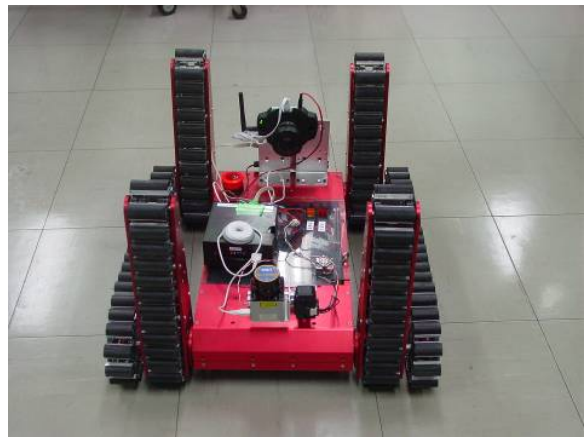
共同実験者：NICT（情報通信研究機構）

①平成19年11月23日（金）～11月24日（土）
サイエンスアゴラ会場にて公開デモ

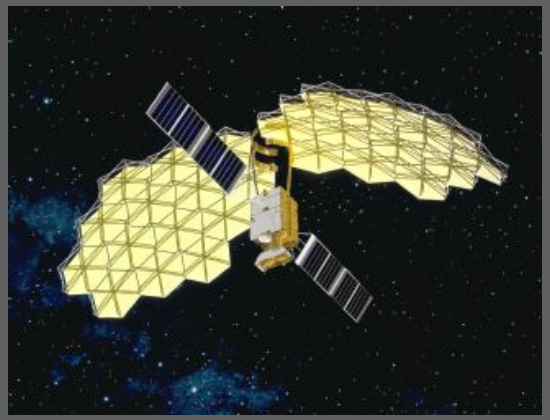


- 1.2 m パラボラアンテナを使用し，128kbps モードで双方向通信.
- → ロボット動作コマンド
  ← 3次元環境地図（DEM）および動画像
- 通信遅延時間（実効値）
  ・動作コマンド：1秒以内
  ・動画ストリーム：約10秒
- 通信遅延を補償する遠隔操縦インターフェースにより，ロボットの遠隔操縦が可能なことを検証した.

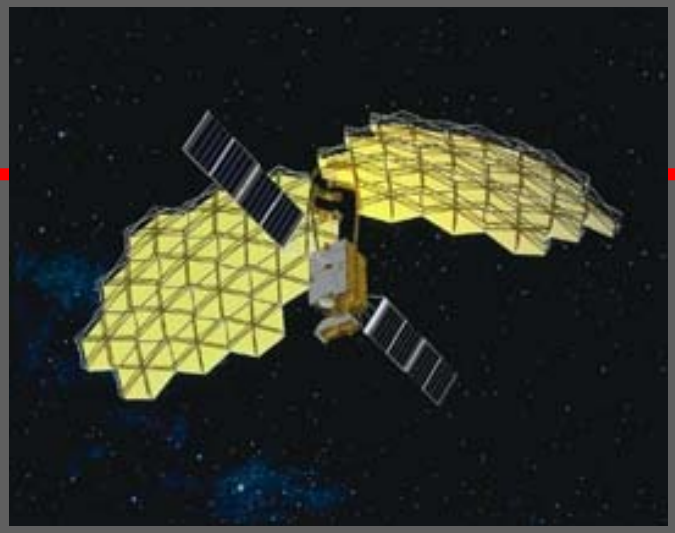




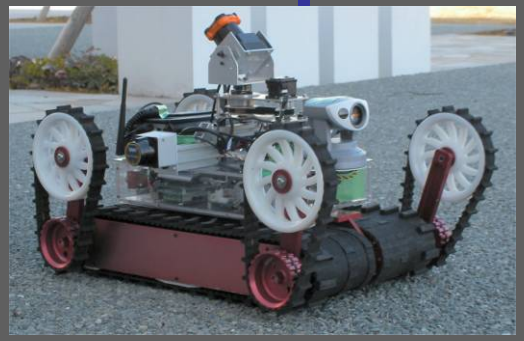
「きく8号」利用通信実験（一般公開実験）
(2007年11月24日＠サイエンス・アゴラ)



②平成21年3月5日（木）～3月7日（土）
東北大学青葉山キャンパス－仙台市天文台
（公開実験）



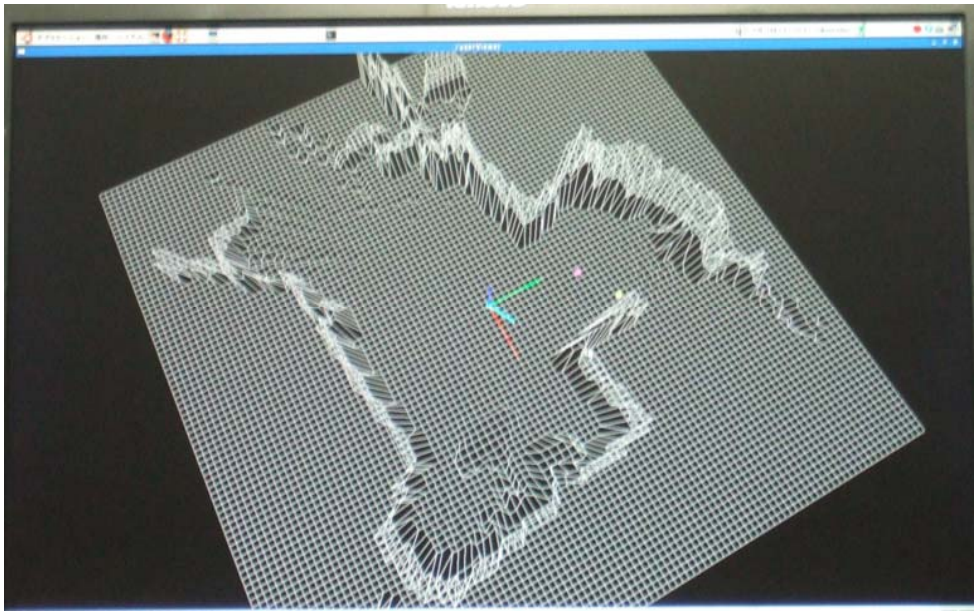
伝送速度：384kbps,
768kbps

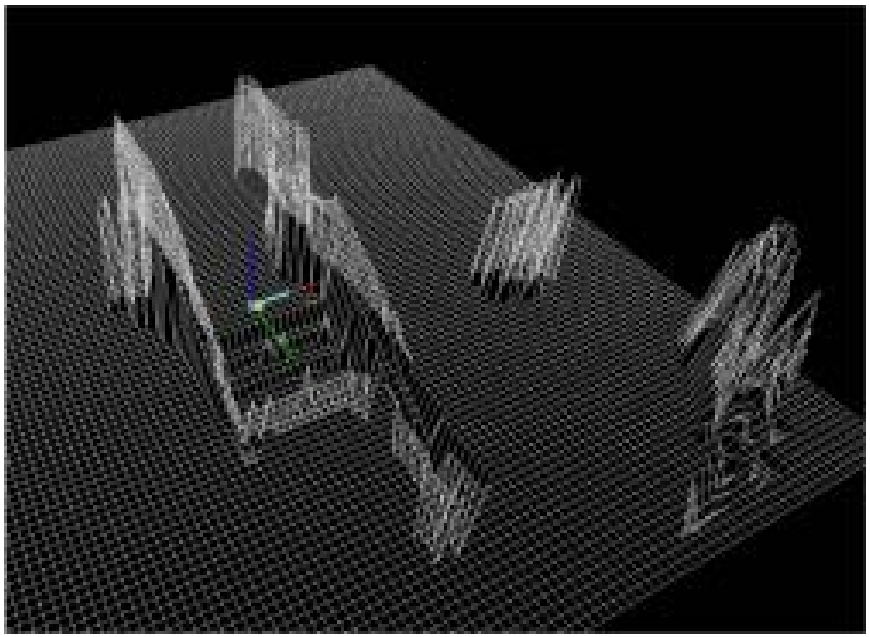


東北大

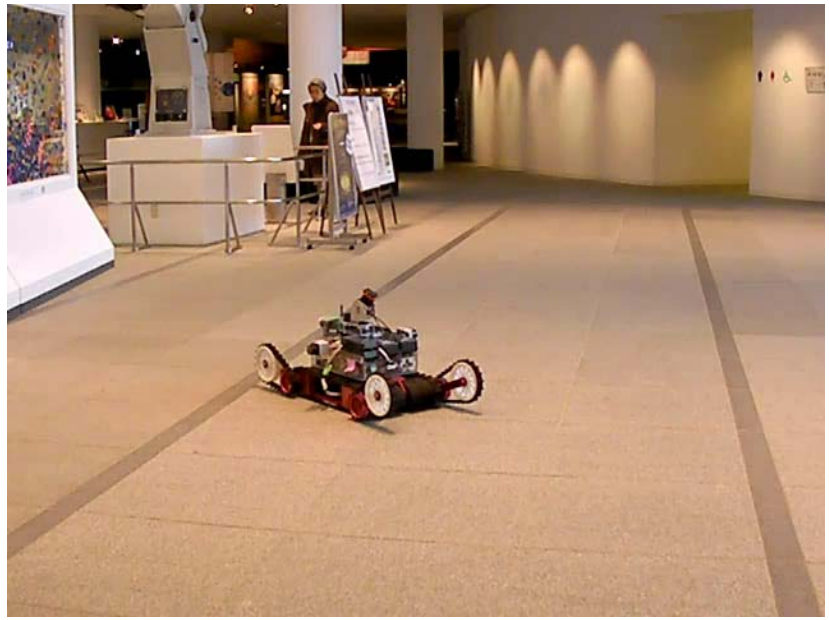
仙台市天文台

東北大学の遠隔操作画面





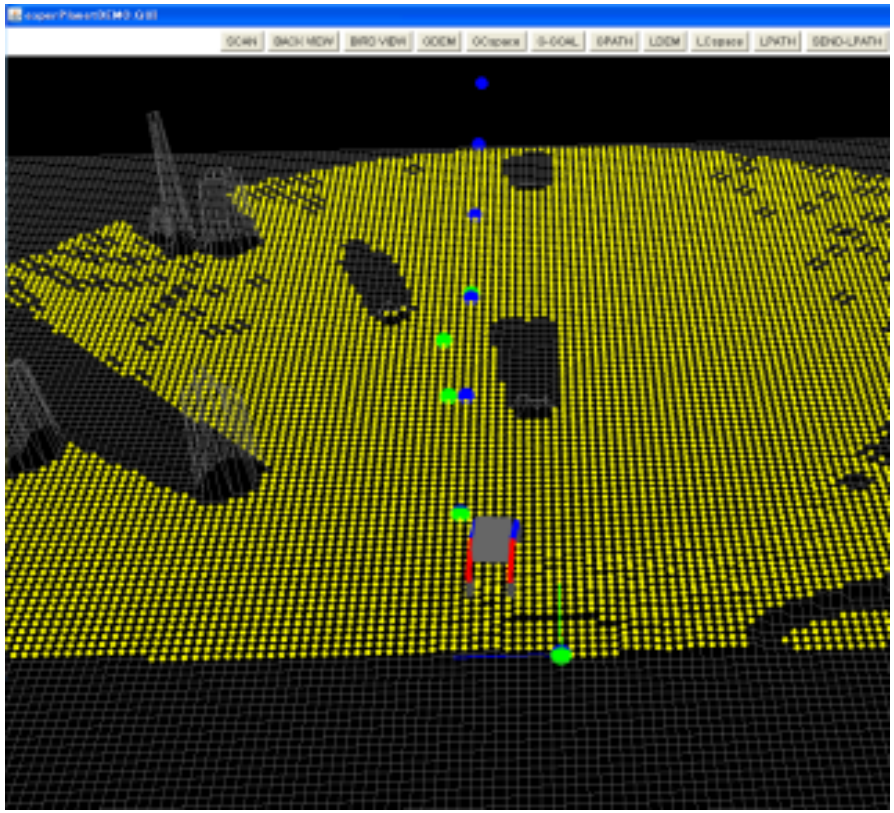
仙台市天文台の実験現場



館内1F→2F：約150mを遠隔操縦にて走行

月惑星探査ロボットへの応用

東北大学の遠隔操作画面



仙台市天文台の実験現場

月惑星探査ロボット実験モデル：El-Dorado-II

通信時間遅れの評価と補償

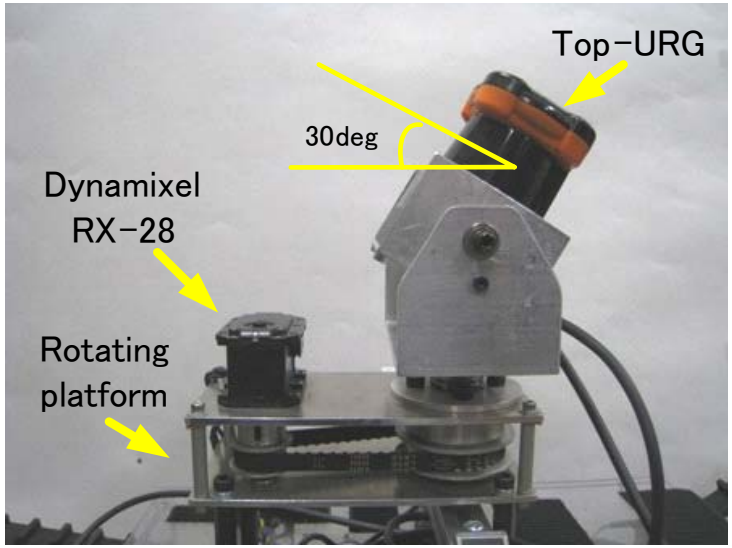
Raw Speed	Effective Speed	Average time-delay
768Kbps	704Kbps	561msec
384Kbps	352Kbps	554msec

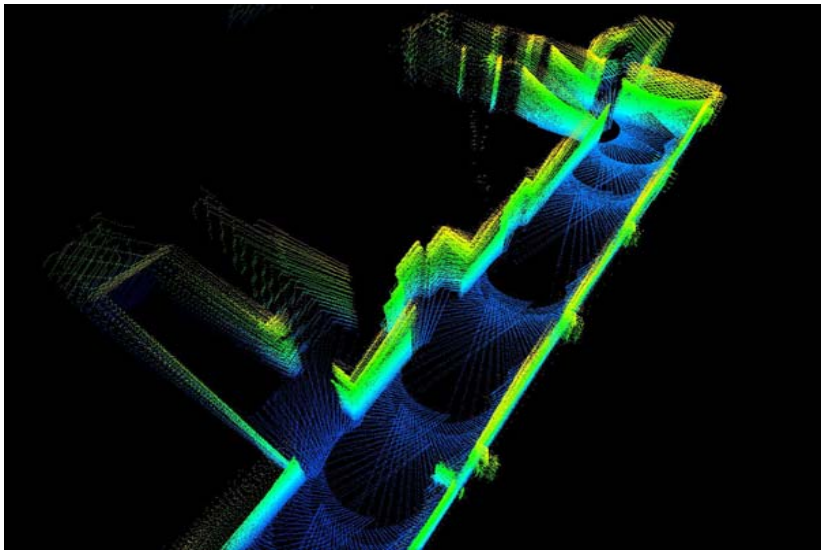
(1) カメラ画像のみを用いた速度指令操作
→ ×（障害物に衝突）

(2) カメラ画像と３次元環境提示システムを用いた速度指令による操作
→ ×（障害物に衝突）

(3) カメラ画像と３次元環境提示システムを用いたポインティング遠隔操作システムによる操作
→ ○（天文台の１階から２階へ移動成功）

３次元環境計測システム

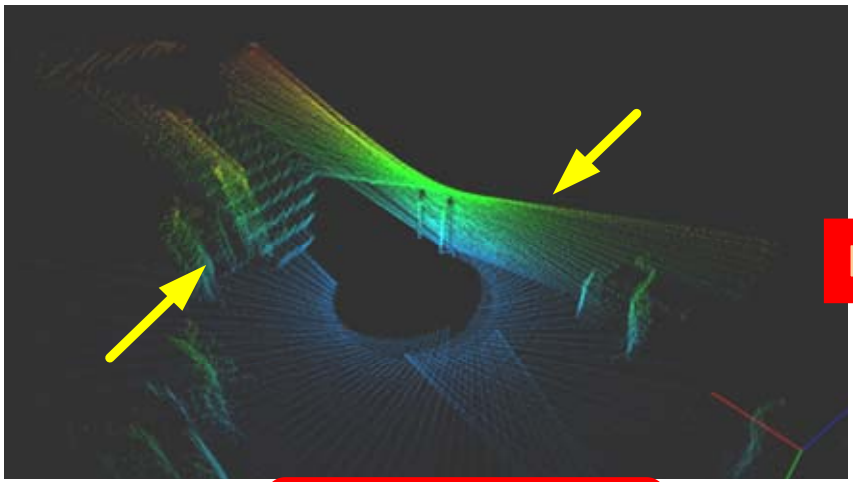




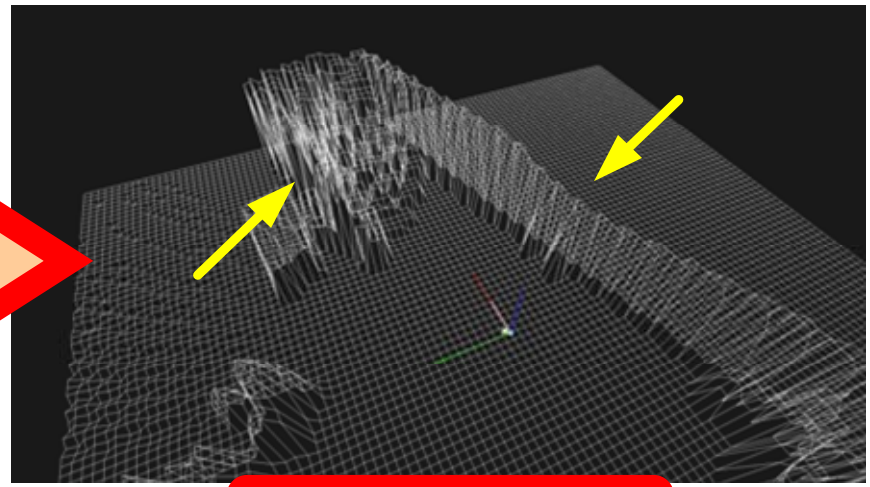
３次元オドメトリ情報と3次元環境計測装置（レーザーレンジセンサ）から得られる距離情報の時間同期を厳密に行うことでロボットを停止させることなく，３次元環境情報を逐次獲得する.

通信帯域に負担をかけないための対処

通信に負担をかけないため，点集合による3次元環境情報を，Digital Elevation Map (DEM)に圧縮変換して送信する．DEMは，高さ情報を各グリッドに格納し，環境の凹凸を表現する．



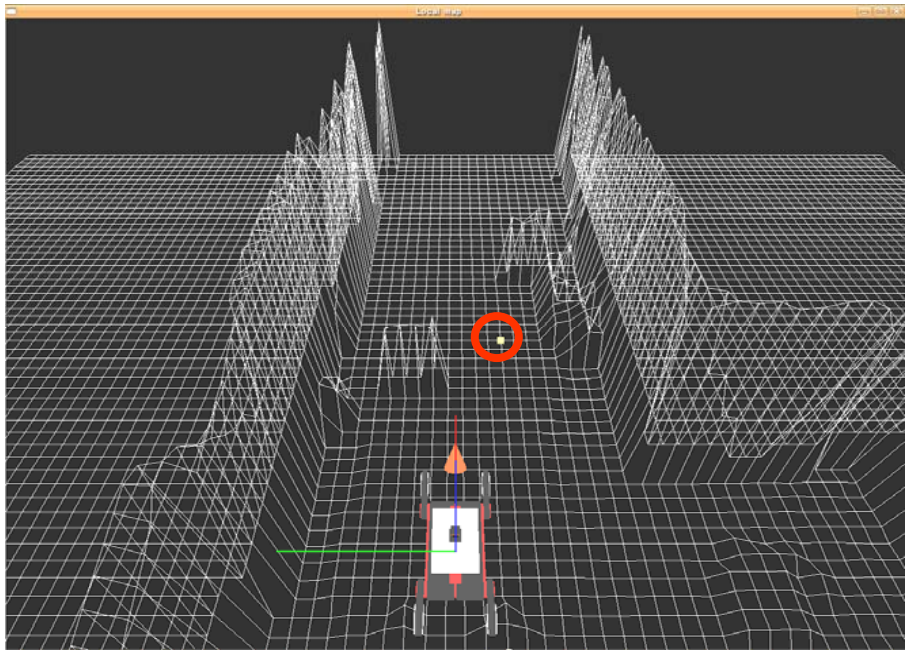
4 [Mbyte]



25 [Kbyte]

ポインティング遠隔操作システム

通信の時間遅れに対応するため，速度指令ではなく，サブゴール位置を指示する手法を用いる．オペレータが，右図（左）の赤丸の位置を指示することで，ロボットは右図（右）に示す経路を走行し，指示された位置へと向かう．



まとめ

- 無線遠隔操縦可能な，不整地探査用ロボットシステム MURROS / KENAF を開発し，模擬災害地での動作検証を行った.
- レーザーセンサを用いた3次元環境計測および臨場感提示システムを開発し，その有効性を確認した.
- 通信速度および帯域に制限がある場合における効率的な環境把握と遠隔操縦法を開発し，きく8号を用いた利用実験によって，その有効性を確認した.
  - 128/384/768kbps 通信時の実効的な通信時間遅れを評価した.
  - 動画ではなく，3次元地形情報を伝送し，地形情報に基づいてロボットを遠隔操縦することが有効であることを確認した.
  - 通信負荷を減らすため，点集合による3次元環境情報を，Digital Elevation Map (DEM)に圧縮変換することが有益である.
  - ポインティング指示型の遠隔操作システムが有効であることを検証した.