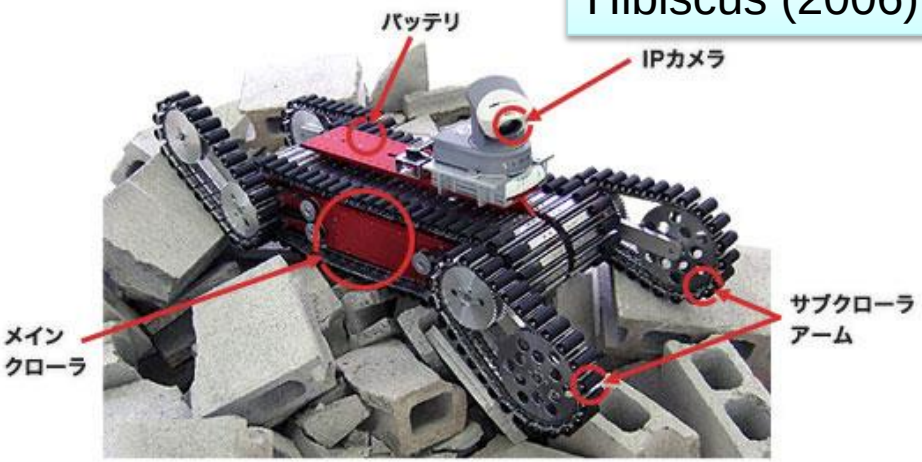
小型移動ロボット

千葉工業大学
未来ロボット技術研究センター
吉田 智章

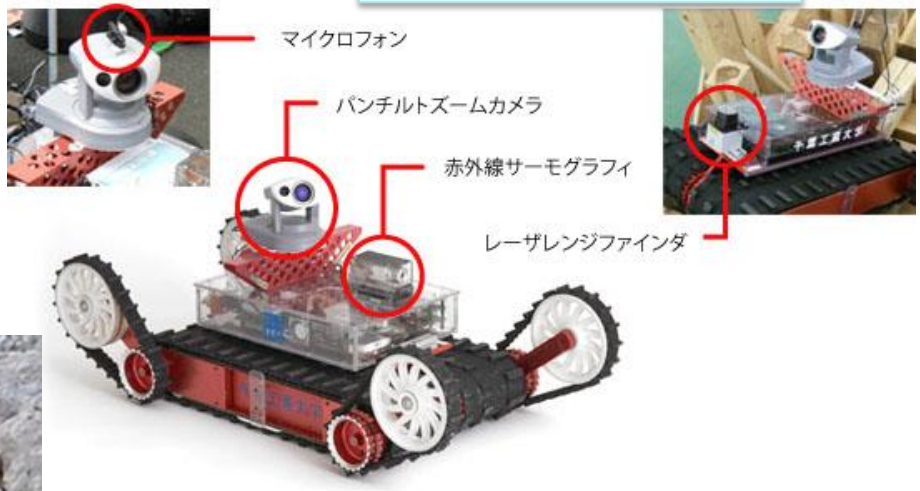
背景

過去に開発した災害対応ロボット

Hibiscus (2006)



Kenaf (2007-2009)



Quince (2009-2010)

大都市大震災軽減化特別プロジェクト
(文科省)

戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト
(NEDO) 2006-2010

2002 2006 2011 2012

Kenaf

Quince

原発対応
Quince1

原発対応
Quince2,3

東北大学
千葉工業大学
筑波大学
岡山大学
NPO法人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
など

先端ロボット要素技術開発プロジェクト
2006-2010

災害対応無人化システム研究開発プロジェクト
(NEDO) 2011-2012

2011　　2012

naf

Quince

原発対応
Quince1

原発対応
Quince2,3

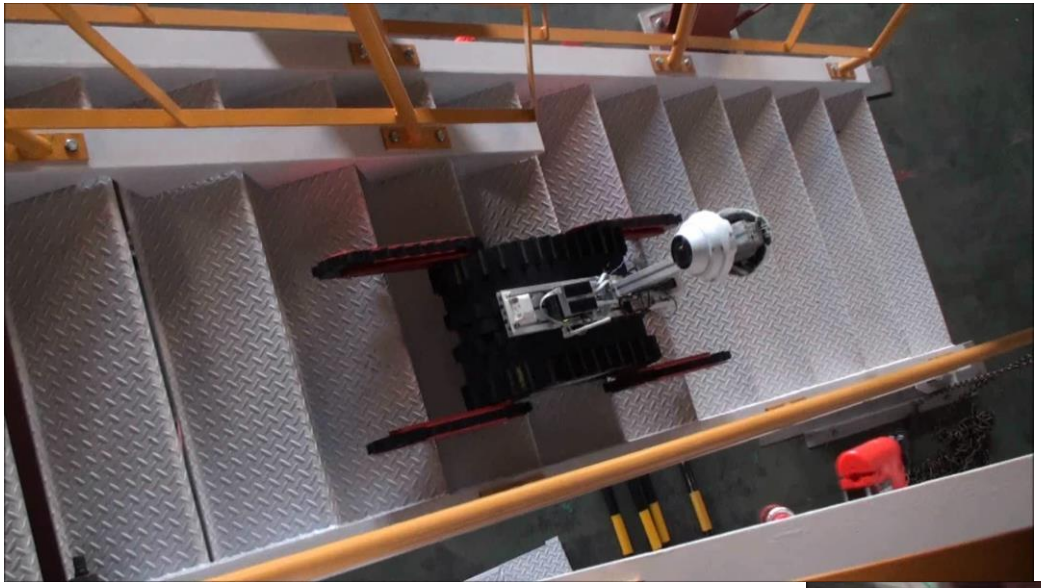
小型移動ロボット

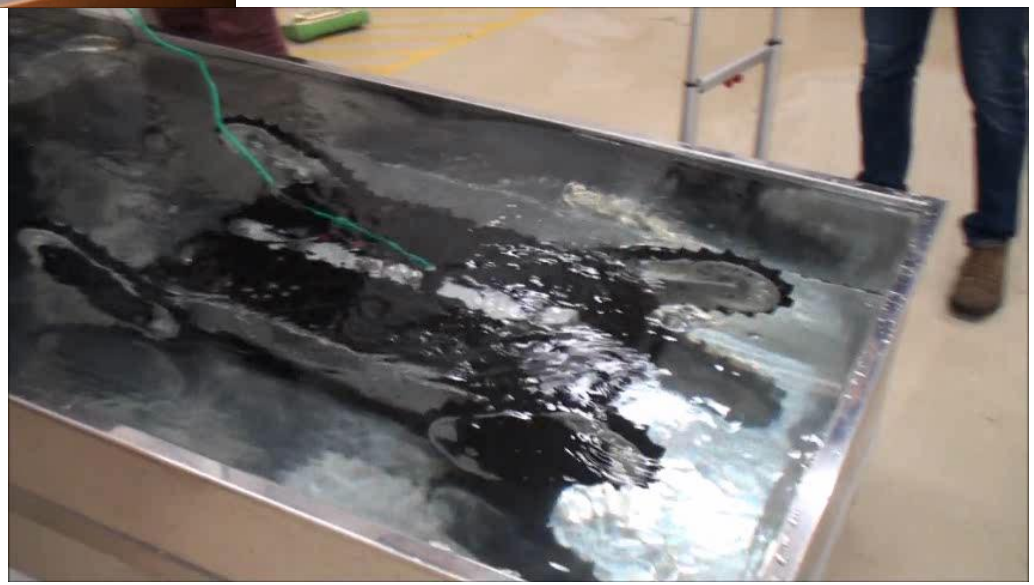
汚染状況マッピング

操縦シミュレータ

学
業大学
学
学
人国際レスキューシステム研究機構
政法人産業技術総合研究所
政法人情報通信研究機構

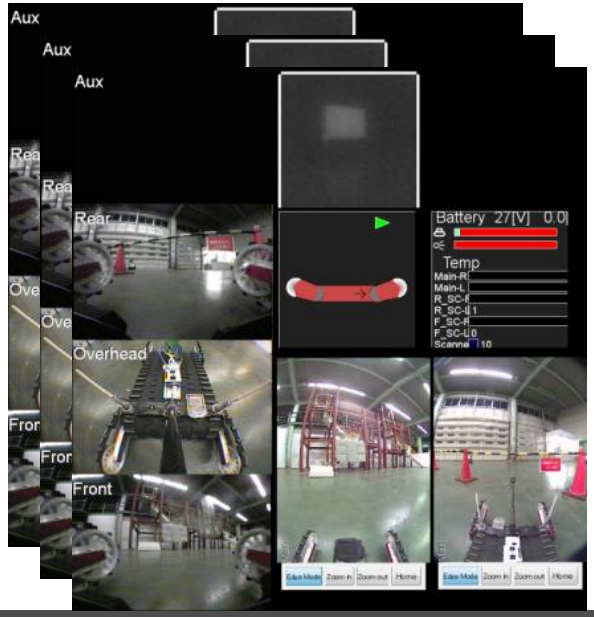
クローラ型小型移動ロボット

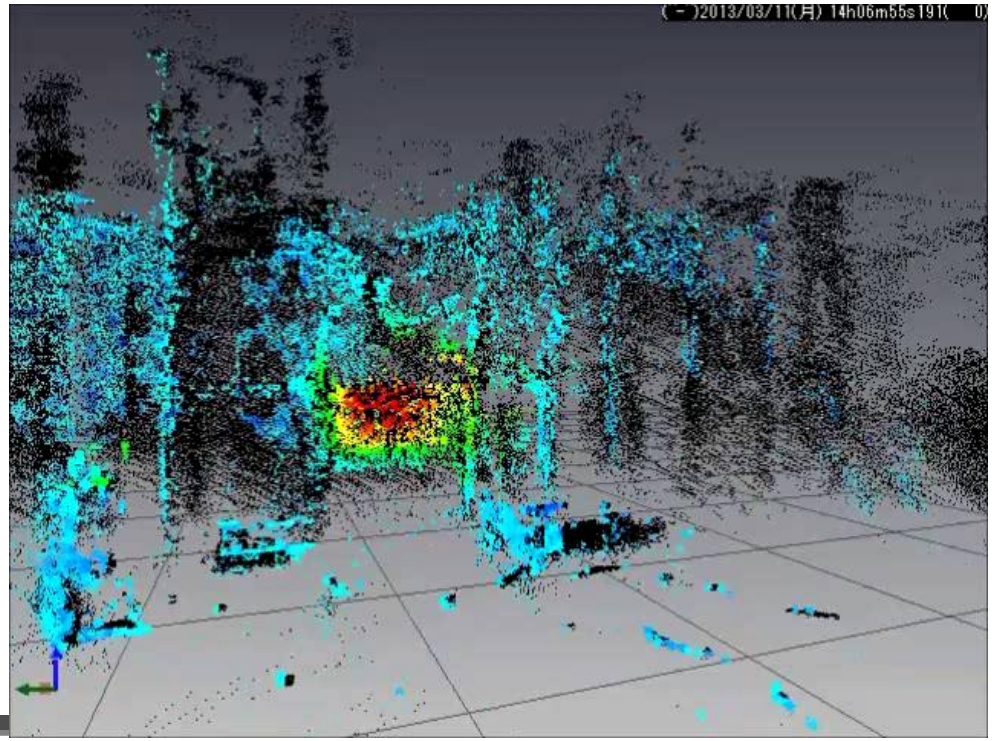




訓練用ロボット操縦シミュレータ

汚染状況マッピングシステム





Quinceから櫻壱號 と 櫻弐號へ

クローラ型小型移動ロボット

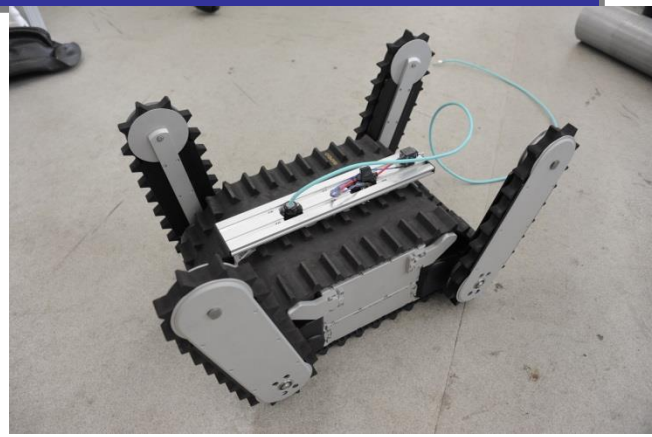
Quinceの評価

- 5階まで自走して到達
- 鮮明な画像の撮影
- 操作卓の操作性と画面
- 搭載機器用カメラ

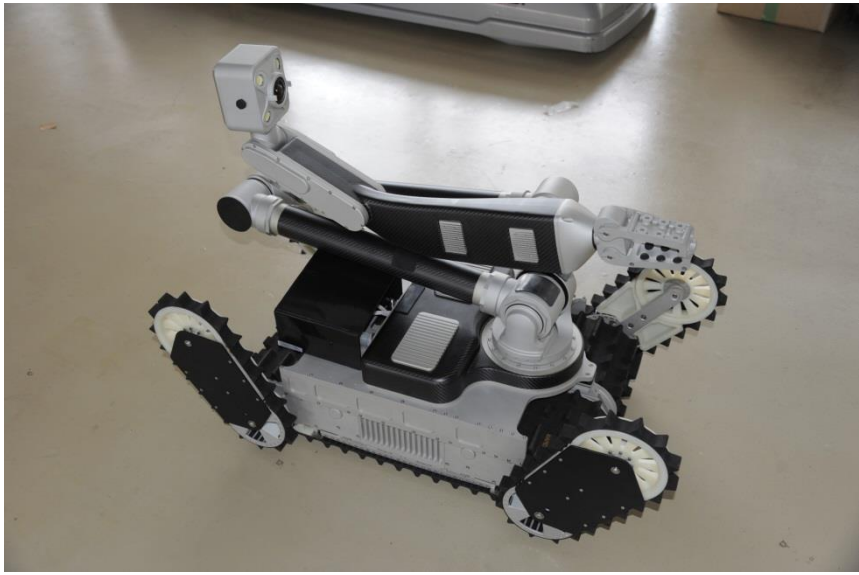
Quinceの課題

- 階段の踊り場通過にコツが必要
- 一部の狭い階段は通過できない
- より重量物の運搬
- 物体ハンドリング、作業
- さらなる信頼性の向上

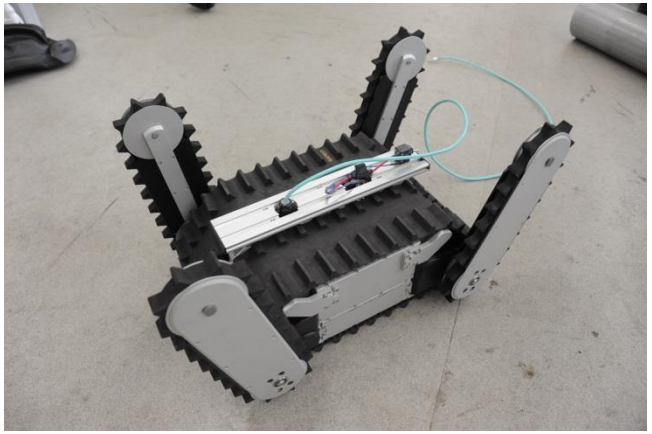
開発の方向性

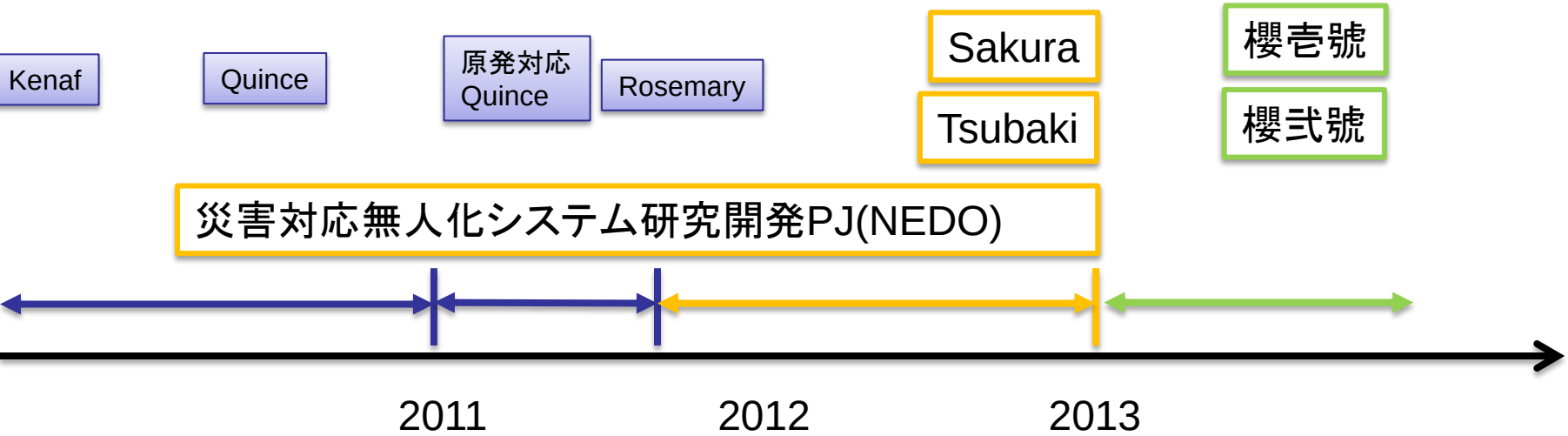


- より小型ロボット
  - 狭い階段を走行する
- より強力な動力をもつロボット
  - 重い計測機の搬送
  - マニピュレータの搭載



小型ロボットの開発 Sakura と 櫻壱號





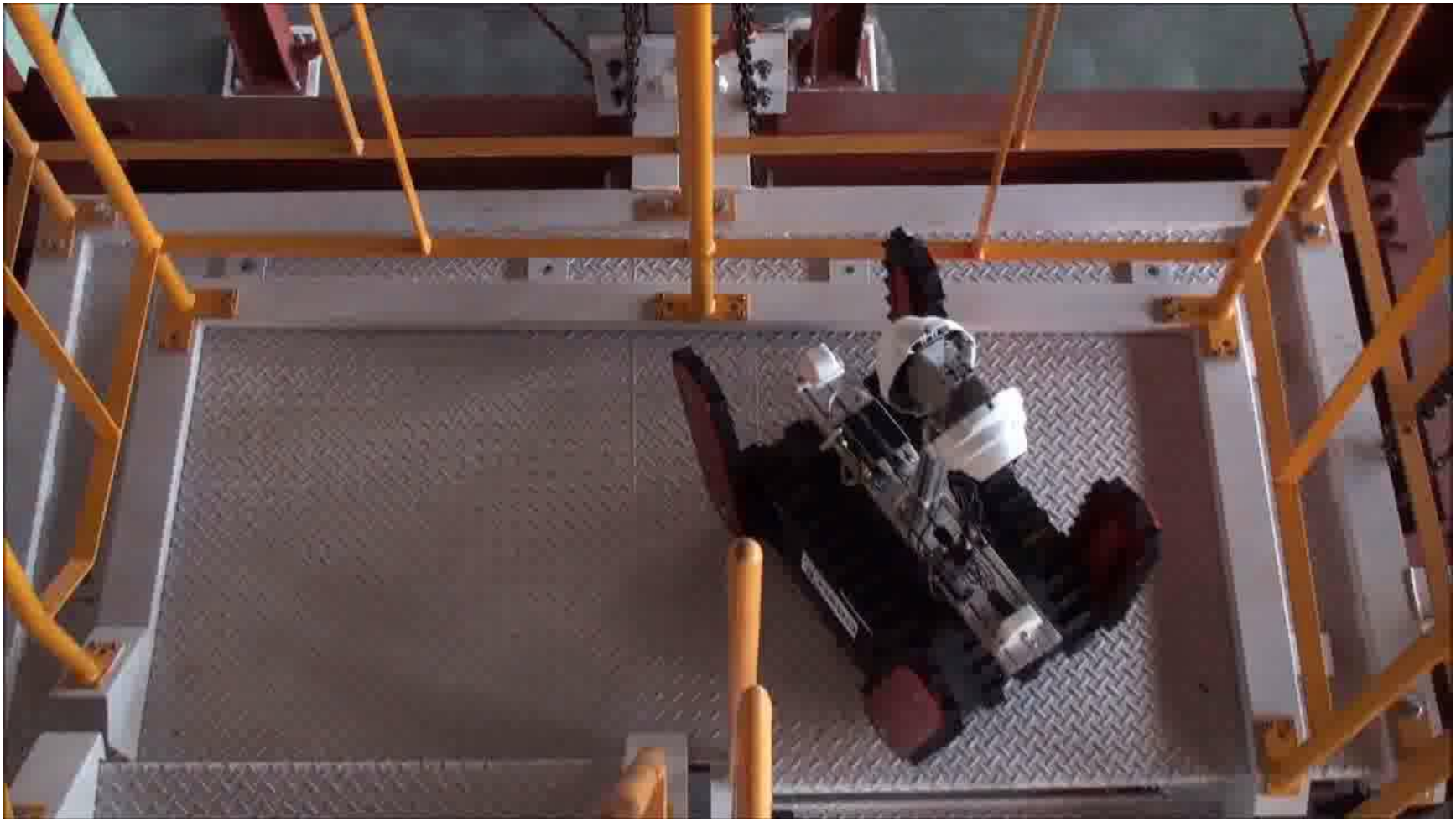
Sakura

ポイント
小型で70cm幅の踊り場でも旋回可能

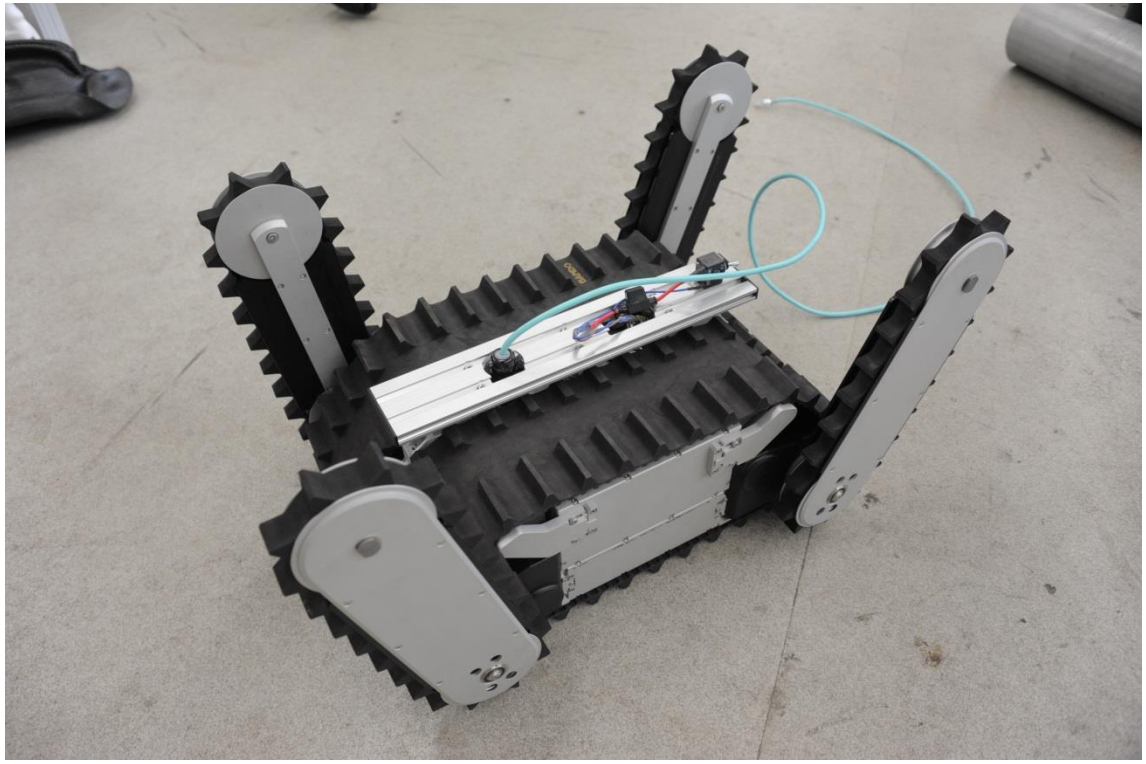
・幅　370mm
・高さ　220mm
・全長　540mm
　　1050mm
・重量　35kg

・バッテリ容量　350Wh
・最大積載量　20kg
・移動速度　20cm/s

Sakura

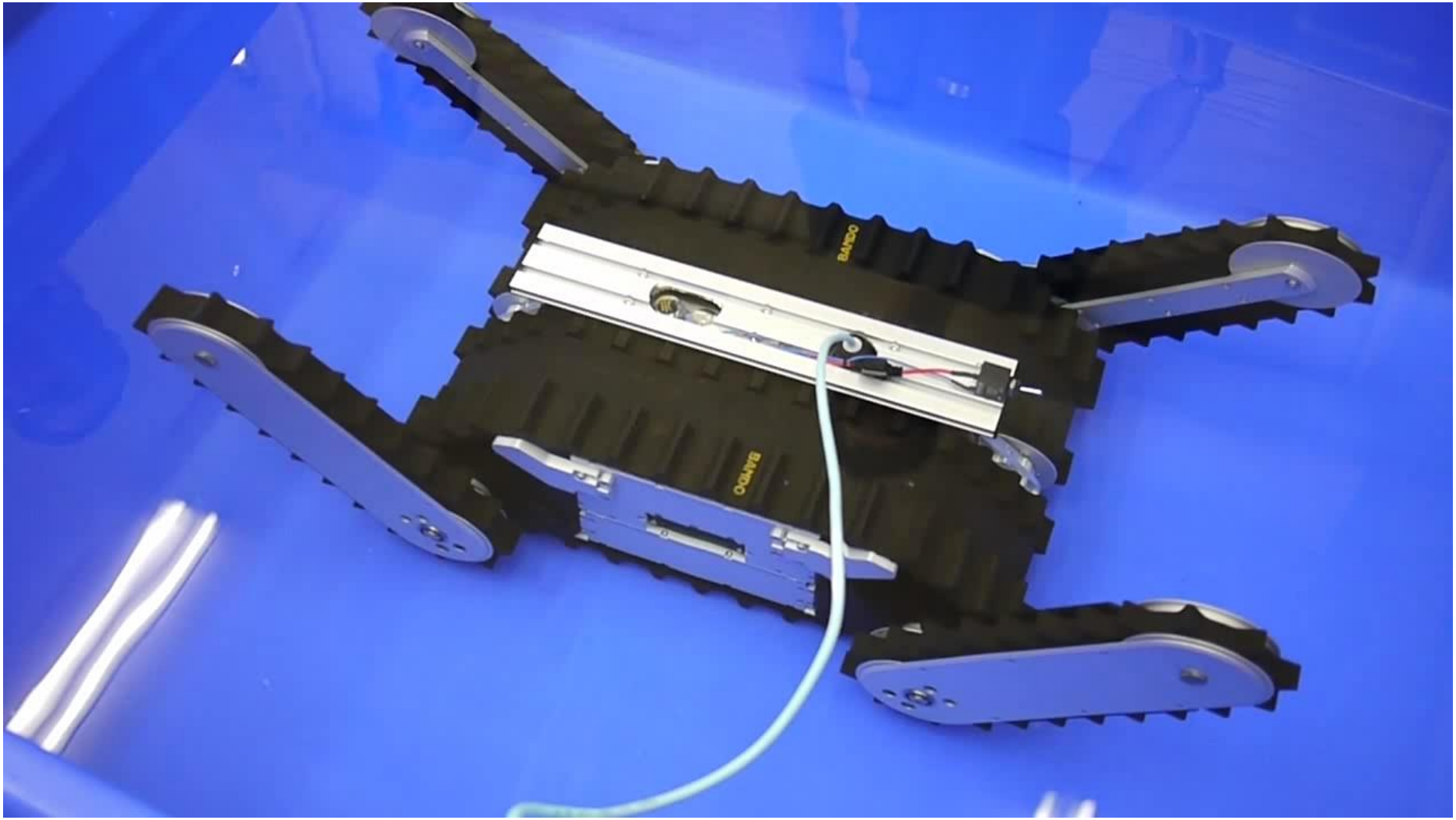


櫻壱號

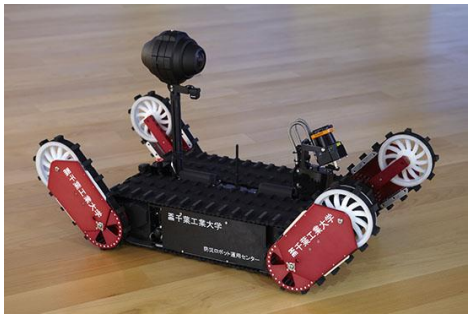


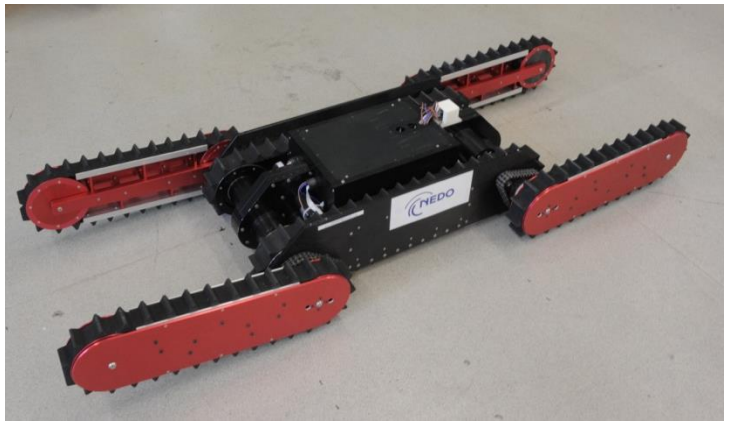
櫻壱號

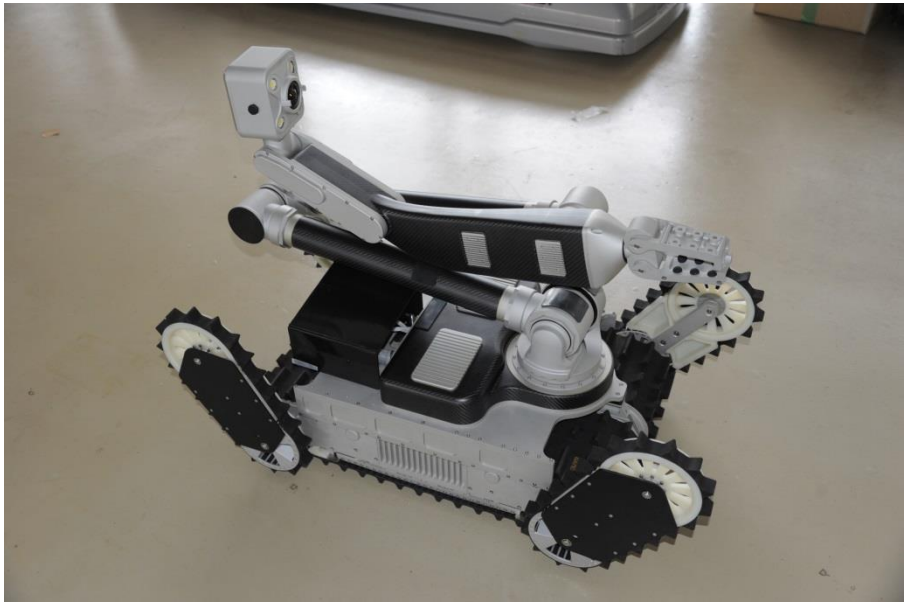
櫻壱號



パワーのあるロボットの開発　櫻弐號へ







Kenaf

Quince

原発対応
Quince

Rosemary

Sakura

Tsubaki

櫻壱號

櫻弐號

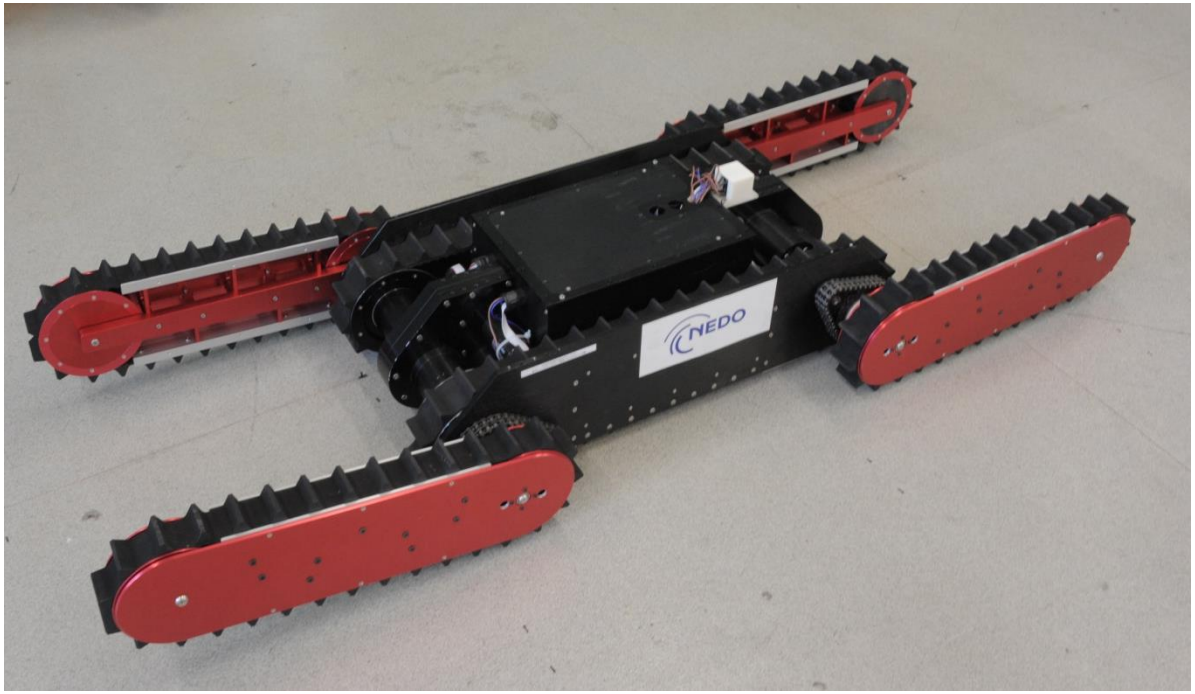
災害対応無人化システム開発PJ(NEDO)

2011

2012

2013

Tsubaki



ポイント

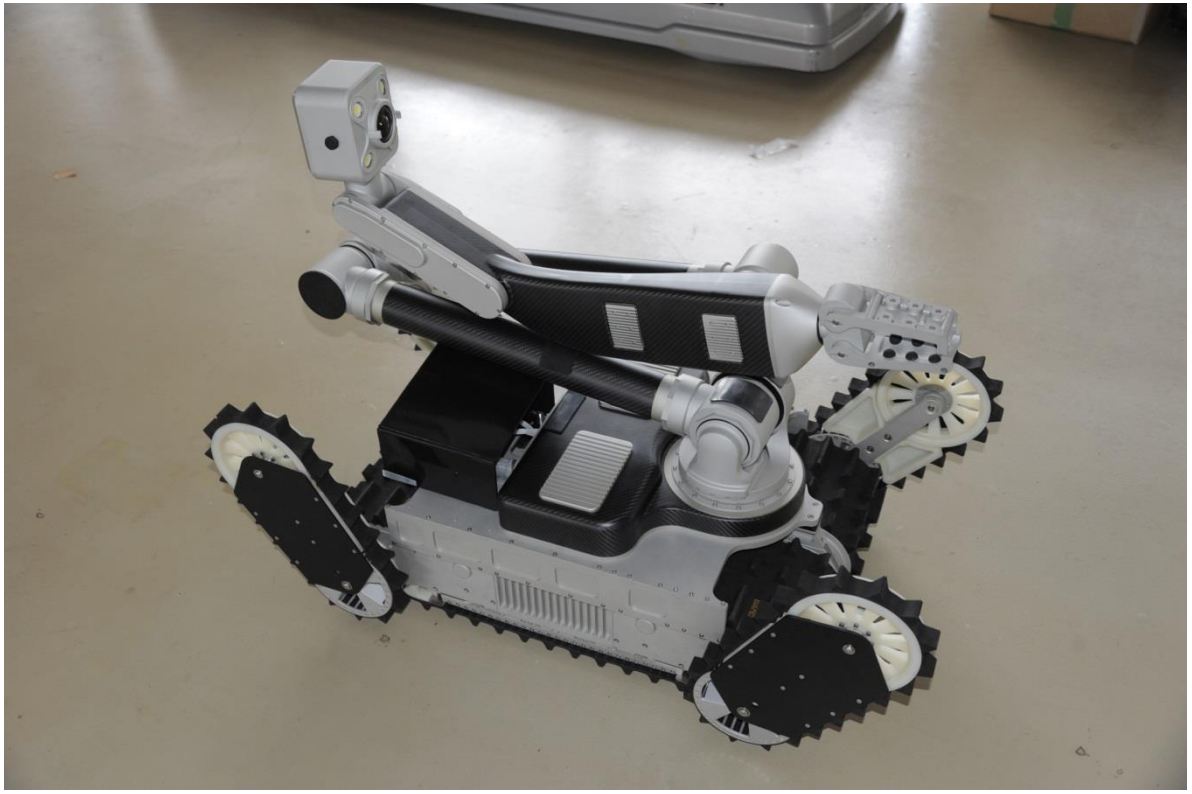
重量物を搭載して
階段を移動

・幅　520mm
・高さ　210mm
・全長　720mm
　　1490mm
・重量　78kg

・バッテリ容量　700Wh
・最大積載量　100kg
・移動速度　15cm/s

Tsubaki

櫻弐號



ポイント
50kg積載可能
防水性能

・幅　510mm
・高さ　180mm
・全長　720mm
　　1040mm
・重量　48kg

・バッテリ容量　700Wh
・最大積載量　50kg
・移動速度　50cm/s

櫻弐號

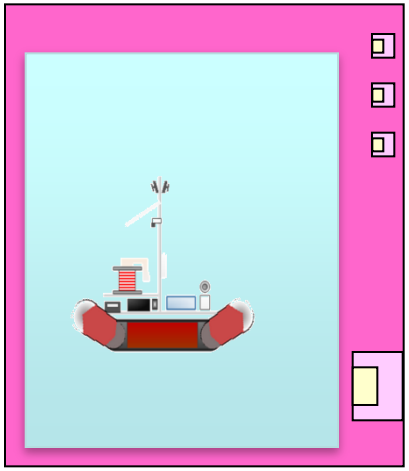
櫻弐號

実機を使わずに操縦練習

訓練用操縦シミュレータ

シミュレータの開発

- レスキューロボットのメイン、サブ・クローラー作動モデル
- 動力学計算（重力バランス）
- カメラが捕らえた模擬画像生成
- 実機と同じ操縦装置を利用
- 操縦感覚に必要な実時間性



OpenHRP

模擬された各カメラからの映像信号

操縦信号

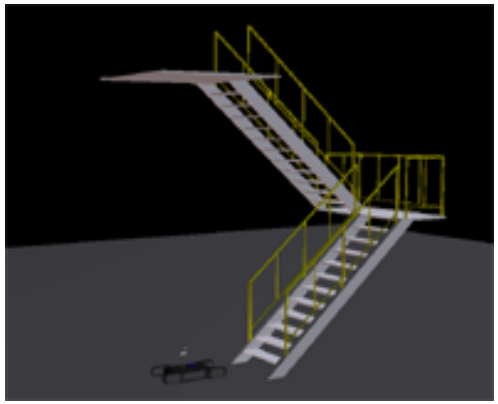
シミュレータ

Quince操縦用PC

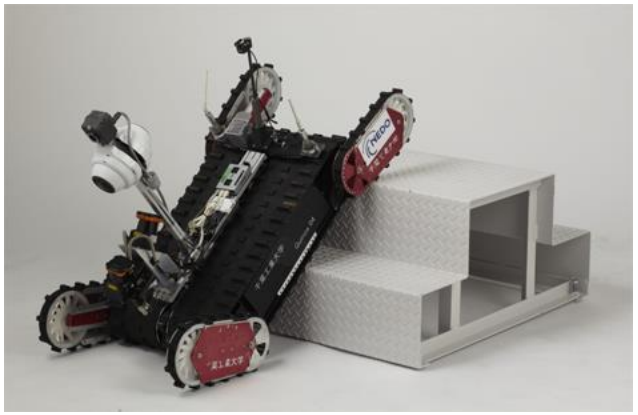
モックアップでの実機走行を模擬

モックアップ全景

階段昇降



シミュレータの中の階段



段差乗り越え

訓練システム操作の模様

計算機のスペック

ロボット操縦PC

NEC　ShieldPRO

CPU：
第3世代インテル Core i7-660UE
(1.33GHz、4M キャッシュ)
OS：
Windows 7 Professional
ディスプレイ：
12.1インチ(1024x768)
タッチパネル機能付
メモリ：
4GB DDR3 SDRAM (800MHz)

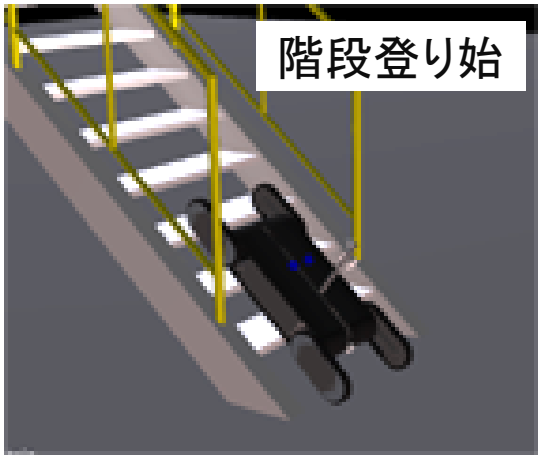
シミュレータPC

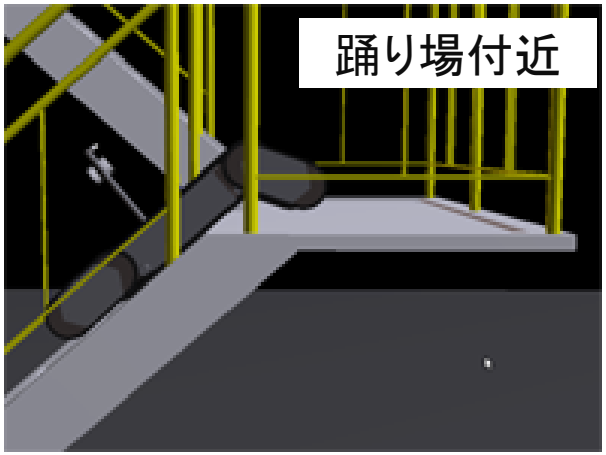
DELL Precision M6700

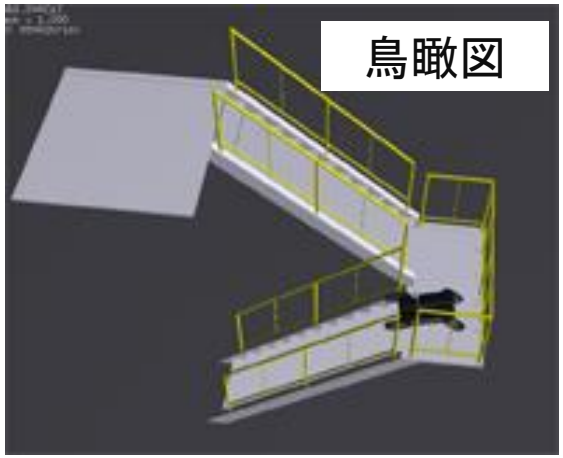
CPU：
第3世代インテル Core i7-3820QM
(2.70GHz、8M キャッシュ)
メモリ：
8GB (2GBx4) DDR3 SDRAM(1866MHz)
グラフィックス:
nVidia Quadro K4000M 4GB GDDR5
OS：
Ubuntu 12.04LTS

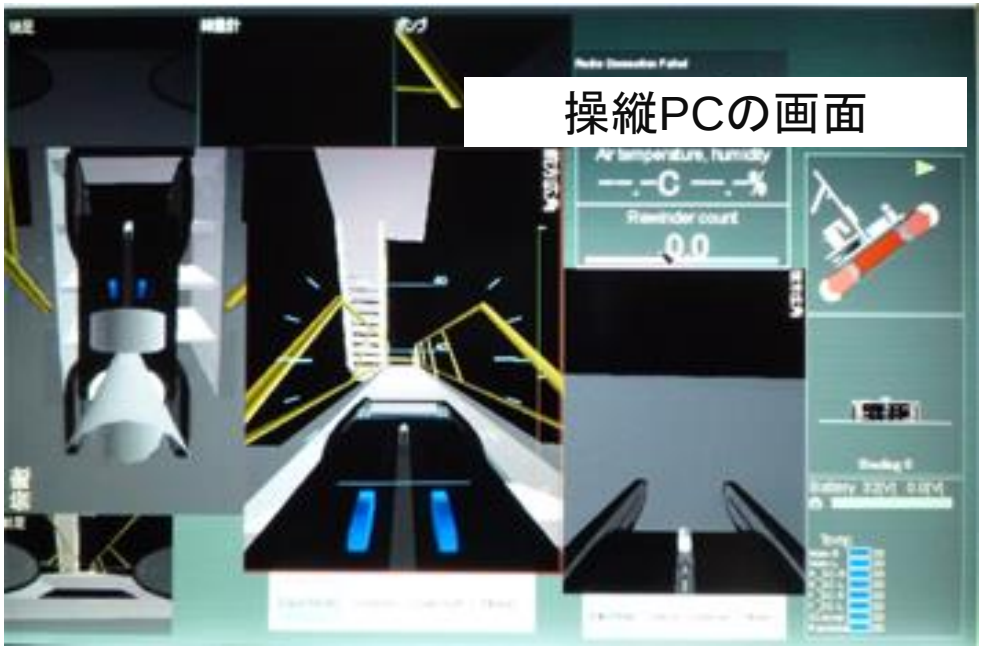
カメラ6台を模擬して、20FPS前後で作動

シミュレーションの模様

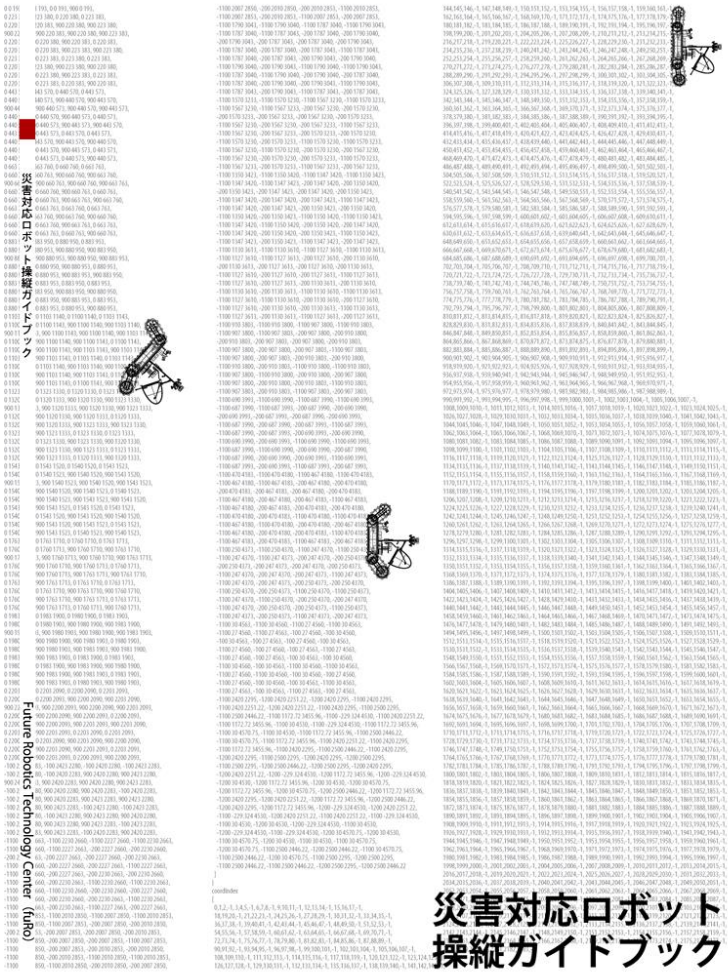








操縦訓練マテリアル

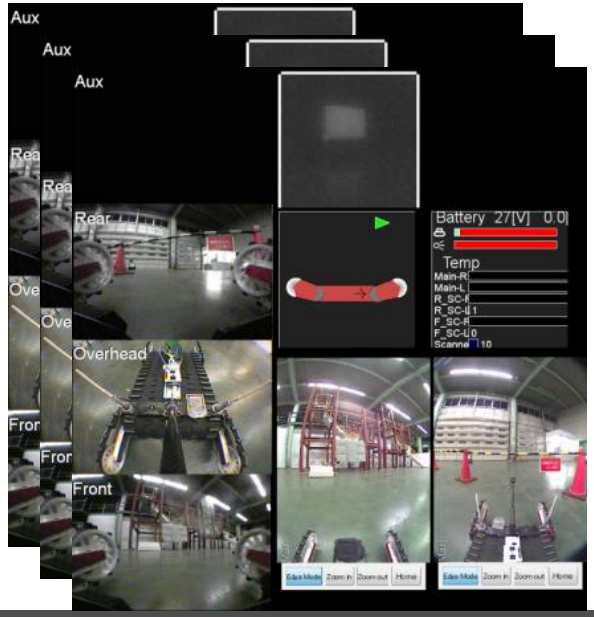


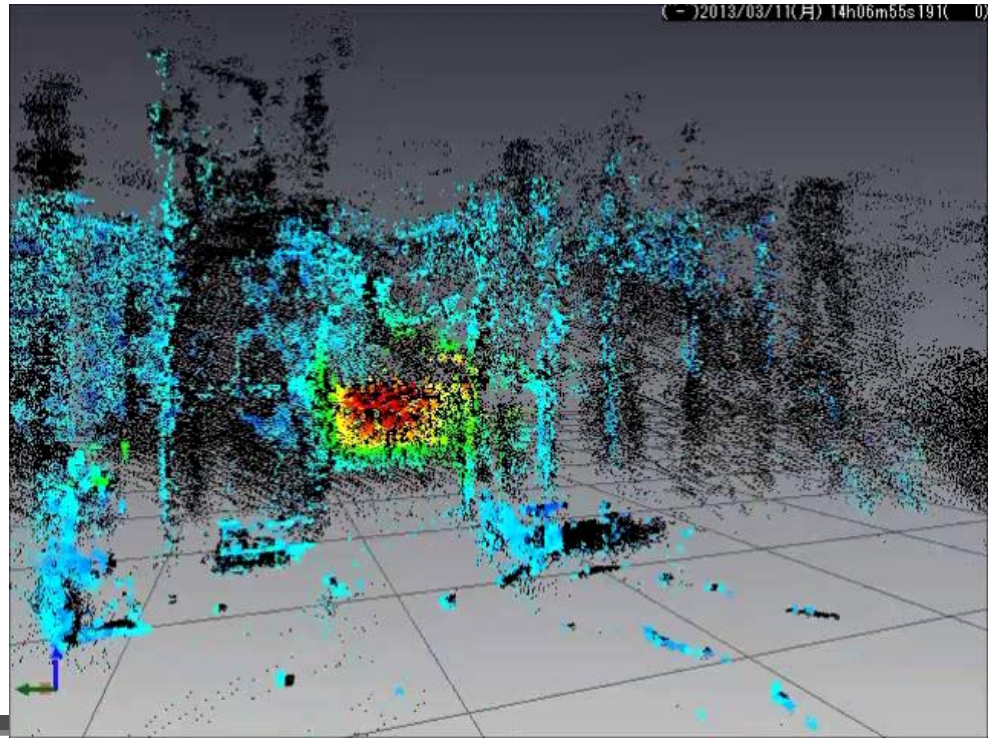
第1章　レスキューロボットとは
第2章　クインスの特質を理解する
第3章　操縦訓練システムを準備する
・システムの概要
・システムの起動の仕方
・システムの終了の仕方
第4章　シミュレータで操縦を練習する
・基本操作
・段差乗り越え
・階段の昇降
・ステップアップ
第5章　次のチャレンジへ

ガンマカメラ、サーモグラフィのデータを三次元的に可視化

汚染状況マッピング

汚染状況マッピングシステム





手法の概要

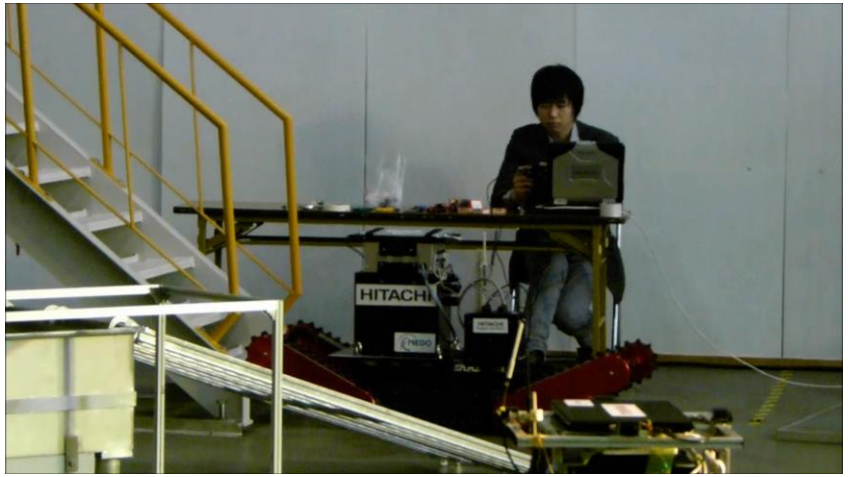
- 移動ロボットで対象環境の情報を収集
- 事後処理により汚染状況地図を出力する

- 環境の三次元モデル
- ガンマカメラ計測結果
- ガンマカメラ視点位置
- （サーモグラフィー計測結果/視点位置）

- 環境モデル構築
- 計測結果の投影

- 対話的に3Dモデルを提示

データ収集



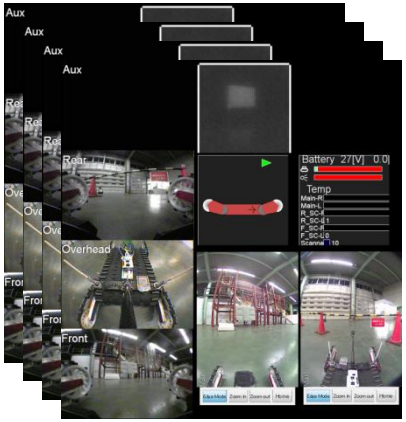
ロボットを遠隔操縦して計測データを記録

- オドメトリ
- レーザスキャナ
- ガンマカメラ
- （サーモグラフィー）

移動軌跡

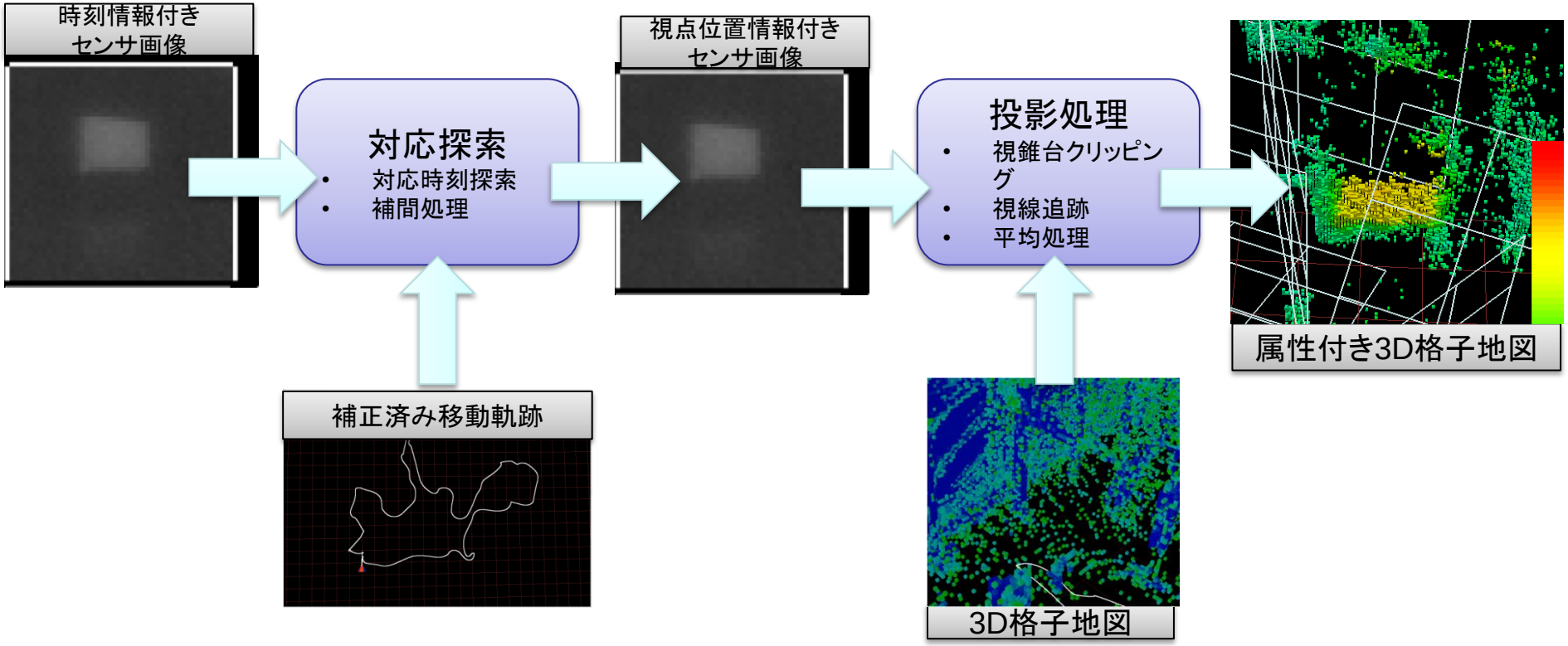
3D点群

センサ画像

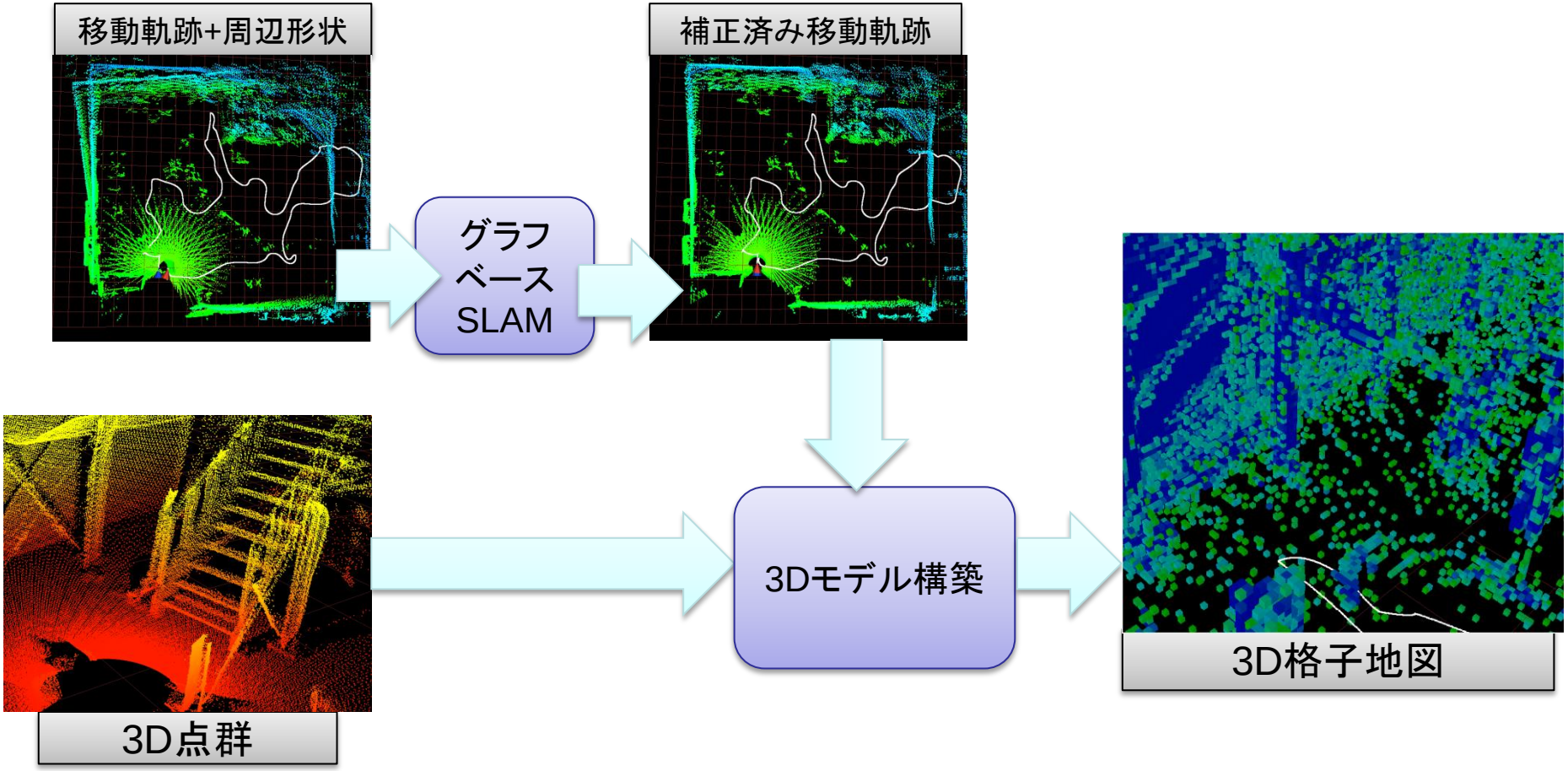


センサ
DB

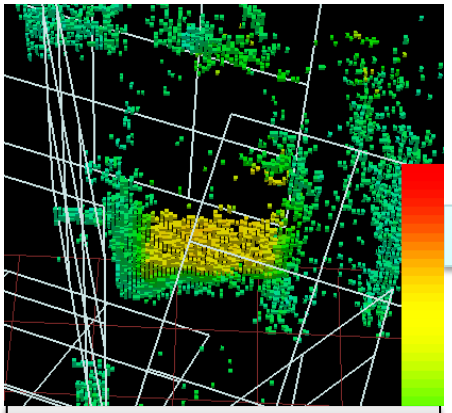
センサデータの投影（オフライン処理）



3Dモデル構築（オフライン処理）

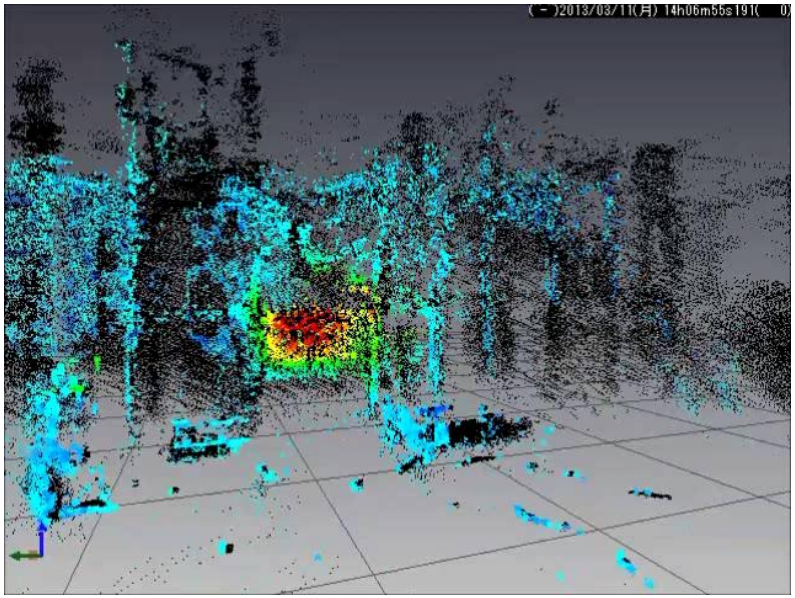


出力



属性付き3Dモデル

3Dデータ
交換用
ファイル
.xyz
.ply
etc

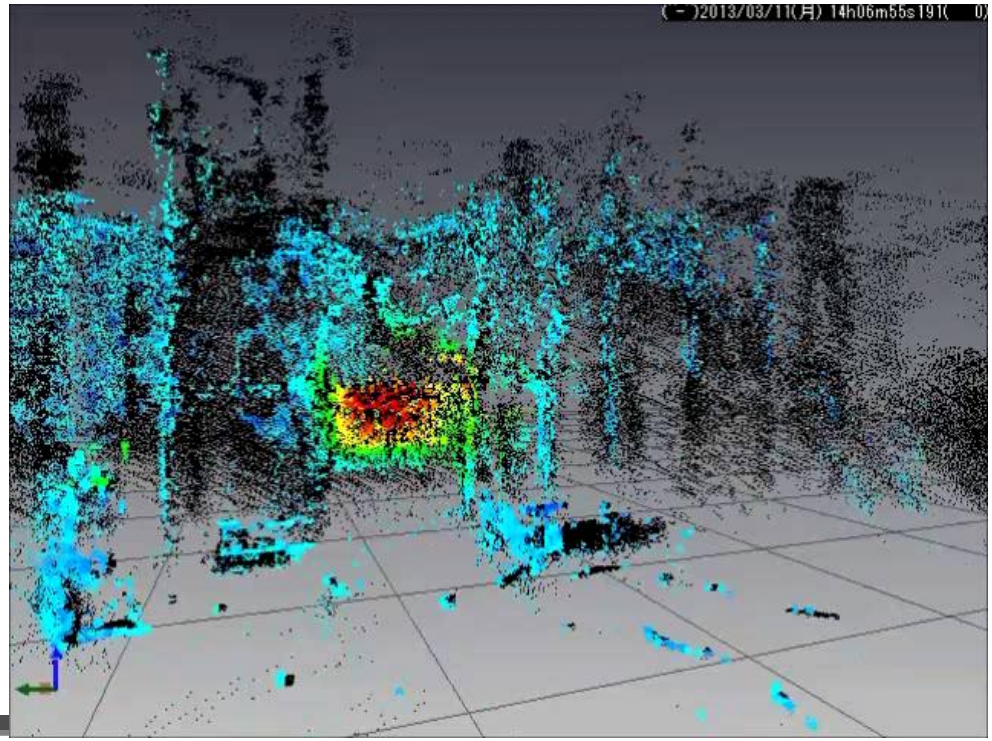


検証

利用した計算機

- HP Z420
- CPU Intel Xeon E5-1620 (3.6～3.8GHz 4Core)
- RAM 16GB
- GPU nVidia Quadro K5000

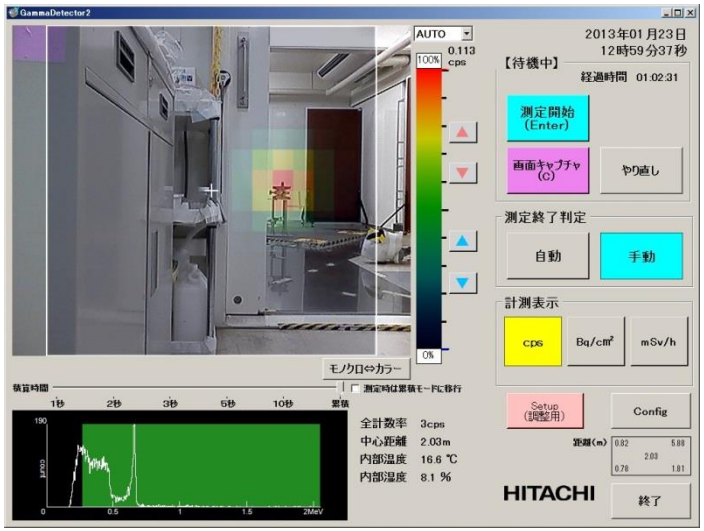
サーモグラフィーを使った試験

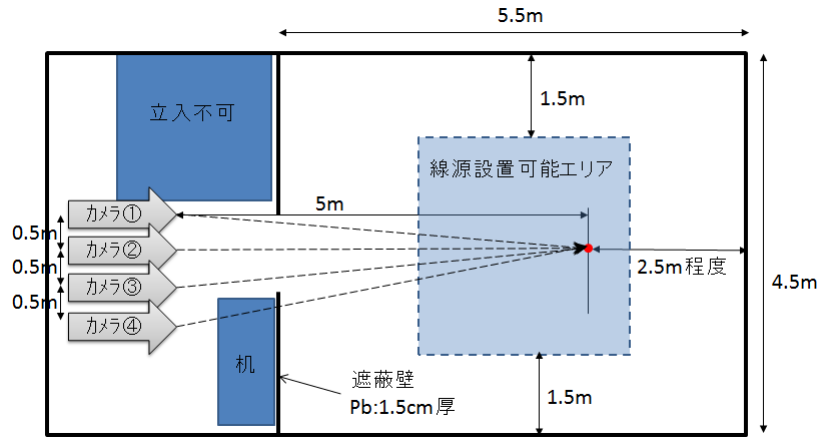


- Quince搭載3Dレーザスキャナ
- Quinceのオドメトリ機能
- 熱画像カメラ
  （48x49画素, 視野角60度）

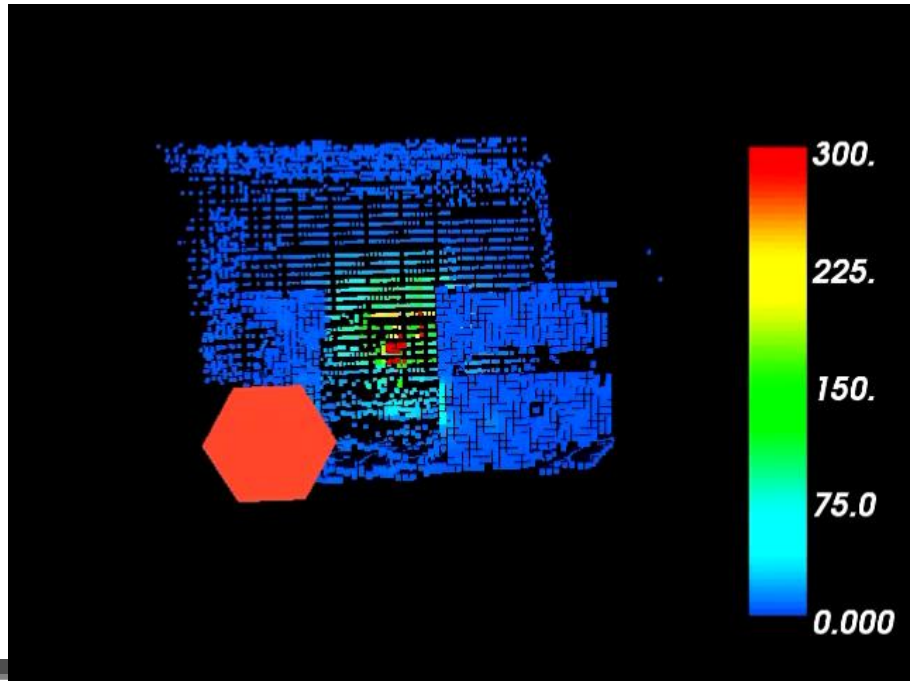
- 処理時間 約9分

ガンマカメラを使った試験





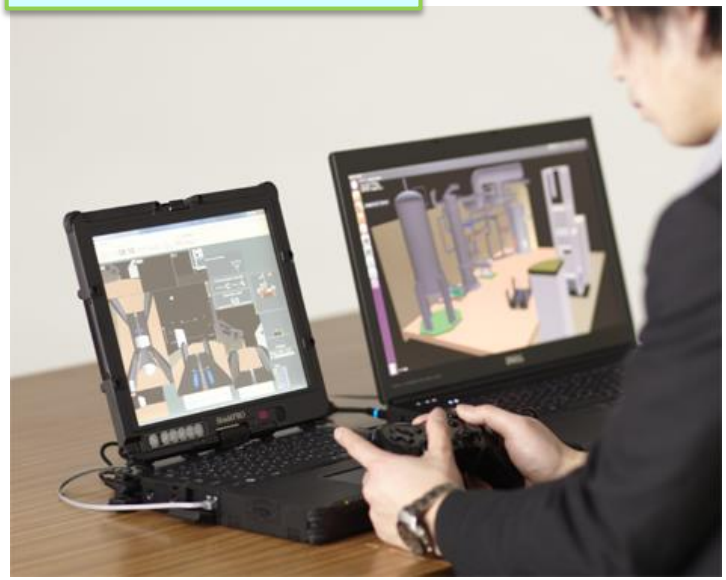
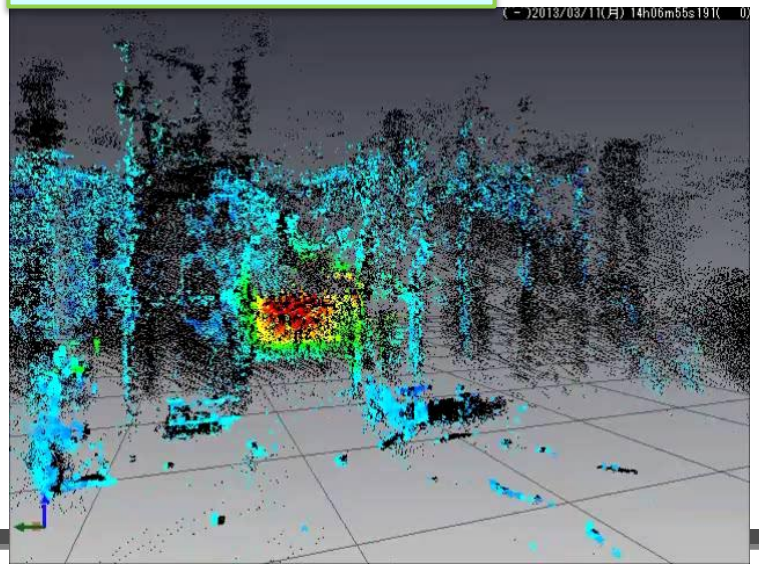
- 日立製ガンマカメラ（16x16画素, 視野角42度）
- ガンマカメラ内蔵レーザスキャナ
- 人が記録した視点位置



本日のまとめ

小型移動ロボット

操縦シミュレータ



汚染状況マッピング