

2012(平成24)年7月13日

産業競争力懇談会(COCN)フォーラム2012  
「推進テーマの提言」

# 『災害対応ロボットと運用システム』

日立GEニュークリア・エナジー (株)  
取締役 齊藤 莊藏

本資料は、2012年7月13日に、ザ・プリンス パークタワー東京にて開催された産業競争力懇談会COCNフォーラムにおける講演資料です。産業競争力懇談会HP(<http://www.cocn.jp/>)にて公開されています。

## 2 東日本大震災・福島原発事故への災害対応ロボットの初期投入

- ◆ 雲仙普賢岳火砕流事故(1991年)を契機に国交省Prj.で開発された無人化重機が福島原発の瓦礫処理等に活躍
- ◆ 大学等の研究機関が開発したロボットが津波災害現場で水中探索等を実施
- ◆ 東海村JCO臨界事故(1999年)を契機に開発された原子力災害対応ロボットは実戦配備されず
- ◆ 文科省「大都市大震災軽減化特別Prj」(2002～2006年度)や経産省「戦略的先端ロボット要素技術開発Prj」(2006～2010年度)で開発された技術をベースとするQuinceが原発建屋入りの準備をして2011年6月に福島原子炉建屋2～5階の調査を実施(米国製ロボットでは不可能)



### 反省点

- 初期投入が限定的
- 運用体制が未整備



2011 COCN プロジェクト  
「災害対応ロボットと運用システム  
のあり方」

### 3 提案の背景・理由

- 東日本大震災や今後の災害等におけるロボットのニーズへの対応
- 災害対応ロボット分野における産業競争力の強化

- ◆ 被災地や放射能汚染地区における搜索、調査用ロボットのニーズ  
⇒国産ロボットの実戦配備、要員の訓練などの運用体制
- ◆ 瓦礫の撤去や建物解体における遠隔操作等による無人化施工システムのニーズ  
⇒津波被災地の瓦礫処理・運搬など
- ◆ 世界で増加する原子炉解体用ロボットのニーズ  
⇒作業員の被ばく低減、高濃度放射性廃棄物の最少化、原子炉解体費用の削減

## 4 推進体制

---

- ◆プロジェクトリーダー 浅間 一 (東京大学)
- ◆WG1 (防災ロボット) 主査 田所 諭 (東北大学)
- ◆WG2 (無人化施工システム) 主査 鶴岡 松生 (鹿島建設)
- ◆WG3 (原子炉解体ロボット) 主査 齊藤 荘蔵 (日立GE)
- ◆事務局 製造科学技術センター
- ◆メンバ  
鹿島建設、清水建設、新日鐵、東芝、日立、日立GE、富士通、三菱重工、三菱電機、熊谷組、コマツ、大成建設、日立建機、安川電機、大林組、竹中工務店、京大、早大、東大、産総研、ロボット学会、ロボット工業会、情報通信技術委員会
- ◆オブザーバ  
経済産業省、文部科学省、国土交通省、総務省、土木技術研究所、日本原子力研究開発機構、NEDO

## 5 活動状況

---

### ◆ 合同会議開催

- キックオフミーティング (6/27)
- 提案内容の取りまとめ (8/26)
- 最終報告に向けた審議 (1/23)

### ◆ WG開催

下記3分野のWGを開催し、課題を抽出して提案内容を審議

- WG1 防災ロボット (7回開催)
- WG2 無人化施工システム (9回開催)
- WG3 原子炉解体ロボット (7回開催)

### ◆ 関係省庁への提案説明

- 経済産業省 産業機械課、原子力政策課 (9/15)
- 文部科学省 地震・防災研究課 (9/21)
- 国土交通省 公共事業企画調整課、砂防部 (9/22)
- 総務省 電波政策課、基幹通信課 (11/4)
- 災害ロボット研究会 (経産、文科、国交、総務、防衛、電事連) (12/8)

# 6 WG1 : 防災ロボット -1

## 検討内容

- 基盤技術(耐放射線性向上、無線技術等)、調査ロボット(移動プラットフォーム、各種センサーの機能向上等)、遠隔作業ロボット(各種機能)
- 防災ロボットの実戦配備、要員の訓練等の運用体制

## 開発提案

基盤技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 耐放射線電子部品</li> <li>- 簡易設置高出力アドホック無線</li> <li>- 統合化・標準化(運転操作卓、搭載センサインターフェース、収集情報DB、性能試験法等)</li> </ul>
プラント内調査ロボット	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 移動プラットフォーム(階段・瓦礫、壁面、空中、水中)</li> <li>- 情報収集機能(センシング、サンプリング、軽ドア・蓋開閉、作業モニタ、以上点検等)</li> <li>- 性能/環境条件(極限環境、狭隘部移動旋回、軽量コンパクト、狭いコンクリート迷路での安定通信他)</li> </ul>
プラント内遠隔作業ロボット	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 重作業プラットフォーム(移動台車、マニピュレータ、遠隔操作性)</li> <li>- 遠隔重作業ツール(除染、運搬、配管他工事、メンテナンス性)</li> <li>- 性能/環境条件(極限環境、狭隘部移動旋回、安定通信、防塵・防水・簡易防爆)</li> </ul>

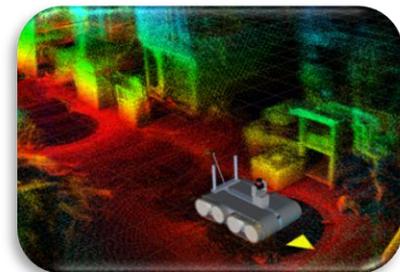
# 7 WG1 : 防災ロボット- 2 ~原子力発電所への適用のイメージ~

## 調査ロボット技術

- どこで何がを可視化
- 移動プラットフォーム
- 情報収集機能

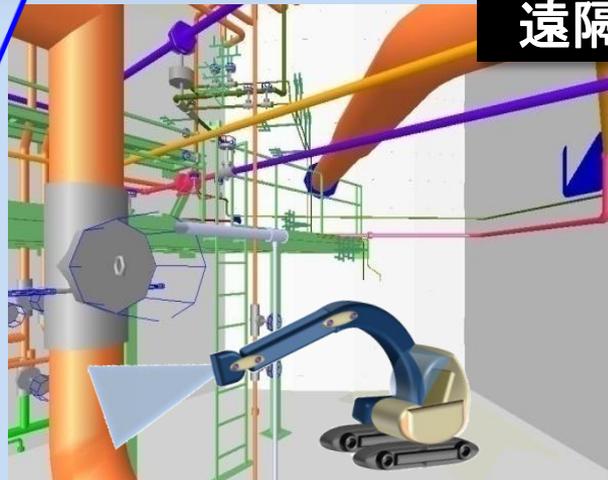


三次元マッピング



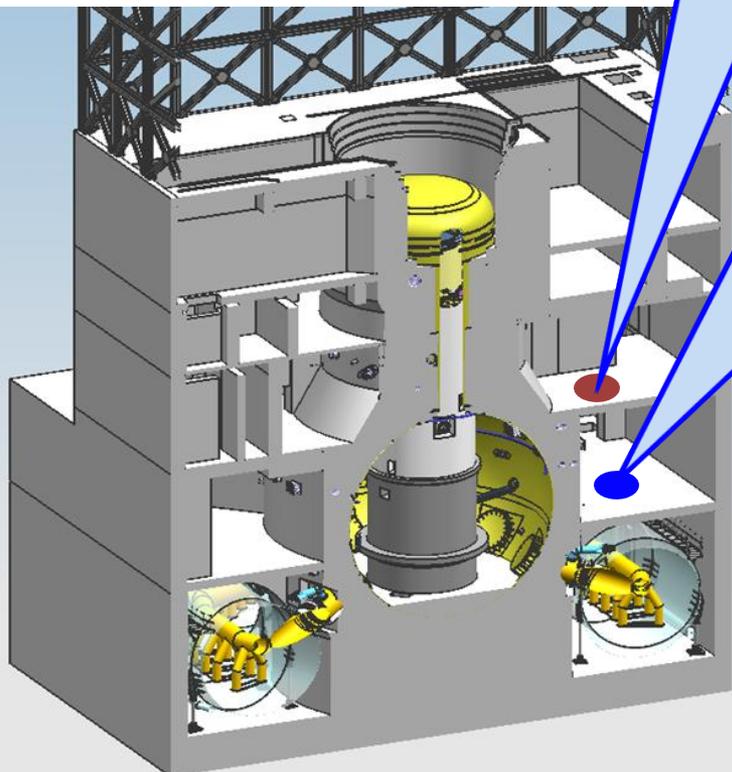
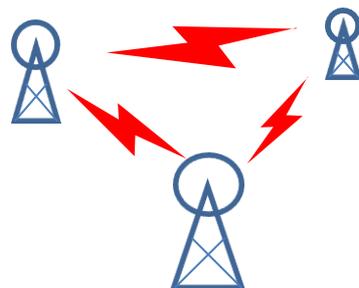
## 遠隔作業ロボット技術

- 資機材重量物運搬
- 配管配線工事
- 壁面、機器等の除染



## 基盤技術

- 高出力アドホック無線
- 耐放射線被ばく性能向上
- 遠隔操作卓仕様等の標準化



# 8 WG2：無人化施工システム -1

## 検討内容

- 遠隔操作能力の向上、瓦礫分別システム、災害対応運搬技術、大規模構造物の躯体解体技術、水中瓦礫処理運搬システム
- 技術の他分野への応用可能性等

## 開発提案

遠隔操作型 瓦礫処理 システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 遠隔操作型双腕作業機(瓦礫処理と瓦礫分別)</li> <li>– 瓦礫分別システム(識別、計測、洗浄)</li> </ul>
災害対応 運搬技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 災害瓦礫や土砂を乗り越える対地適応性の高い運搬手段 (マルチクローラ、形状可変クローラ)</li> <li>– 遠隔での走行制御支援システム (パノラマ画像伝送、姿勢安定制御・障害物回避)</li> </ul>
大型構造物 躯体解体技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 構造物解体無人化施工ロボット</li> <li>– 3次元映像技術による操作支援システム</li> </ul>
瓦礫処理運搬 システム (水中版)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 水陸両用遠隔操作型油圧ショベル、瓦礫運搬車</li> <li>– 水中作業計画支援システム(水底地形3次元マップ作成)</li> </ul>

## 9 WG2：無人化施工システム- 2 ～提案技術のイメージ～

## 遠隔操作型双腕作業機

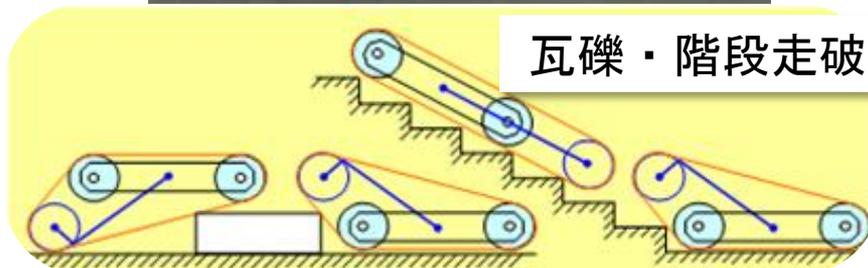


瓦礫分別システム

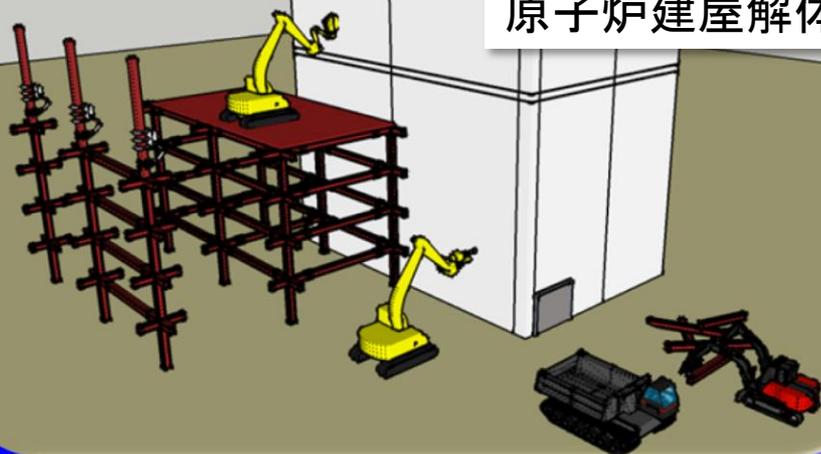
## マルチクローラ・可変クローラ



瓦礫・階段走破

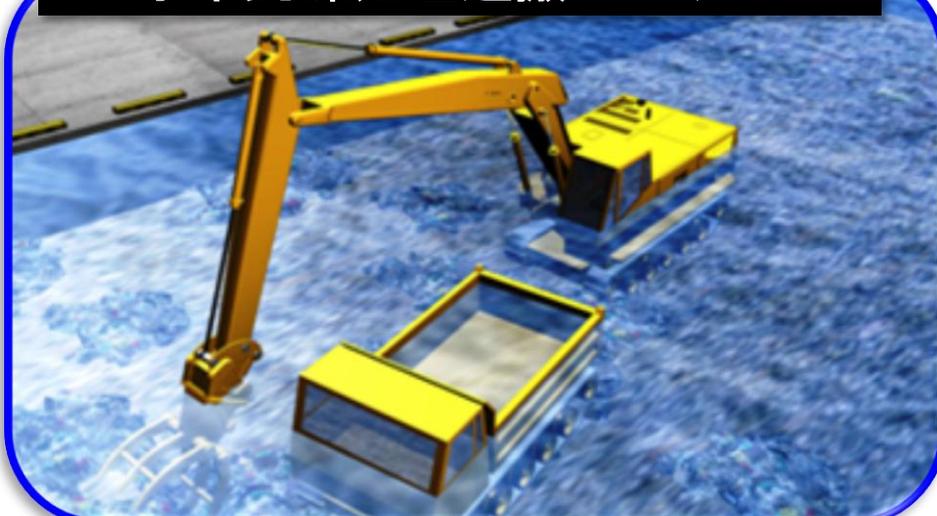


## 躯体解体システム



原子炉建屋解体

## 水中瓦礫処理運搬システム



# 10 WG3 : 原子炉解体ロボット -1

## 検討内容

- 日本及び諸外国で開発された原子炉解体ロボットの調査
- 作業者の被ばく低減、高濃度放射性廃棄物の最少化、原子炉解体費用削減のための解体ロボット技術

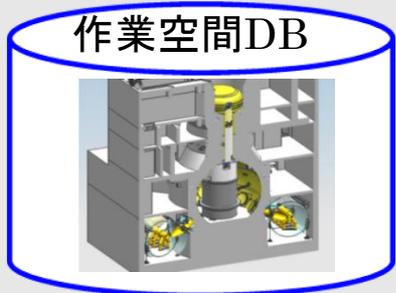
## 開発提案

災害対応 エンジニアリング システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 作業現場の現況計測データに基づき、最新のデジタル技術を活用し現場作業計画作成を支援するシステム</li> </ul>
コンクリート 表面除染ロボット	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 移動プラットフォームに搭載する除染モジュール</li> <li>- 除染時切削粉塵によるサンプリング試験方法</li> </ul>
機械・電気品解体物 放射線計測・除染・分別	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 放射性廃棄物の処分費削減のための線量計測・解体・分別収納技術</li> </ul>
原子炉解体ロボット システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 解体対象物の寸法形状や事故による変形にも対応可能、遠隔メンテナンス可能なシステム</li> </ul>
コンクリート構造物 切断ロボット	<ul style="list-style-type: none"> <li>- コンクリートの放射性レベルに区分して切断処理</li> <li>- 切断片搬出、二次廃棄物回収・処理</li> </ul>

# 11 WG3 : 原子炉解体ロボット -2 ~原子炉解体のイメージ~

## 災害対応エンジニアリングシステム

災害現場計測  
• 線量マップ  
• 三次元計測

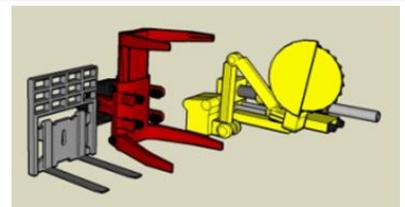


解体作業計画  
• 配管解体、除染  
• コンクリート解体  
• 放射性廃棄物運搬

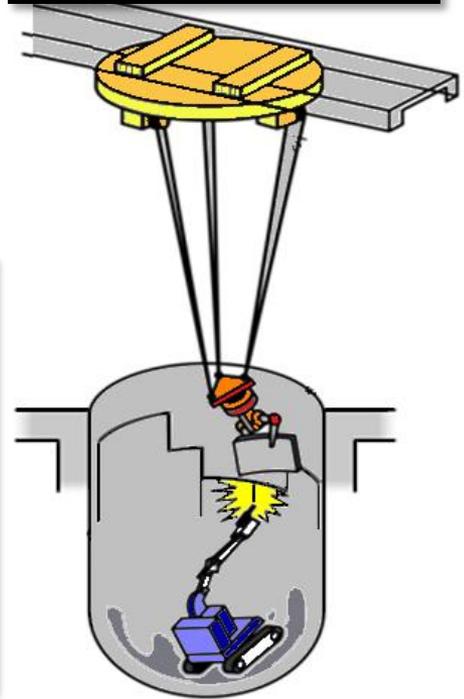
### 表面除染



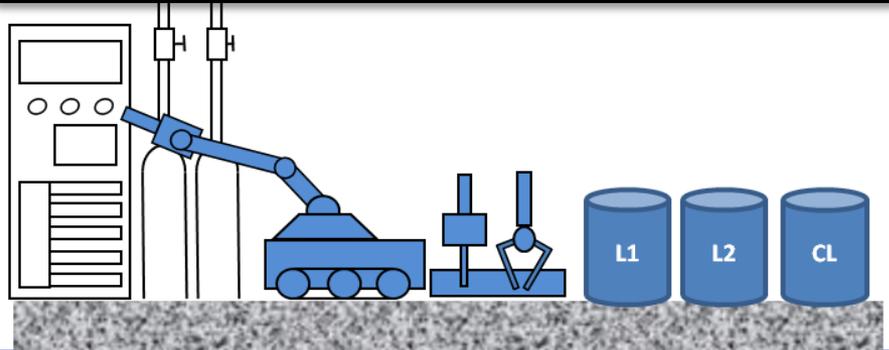
### コンクリート構造物切断ツール



### 原子炉圧力容器切断



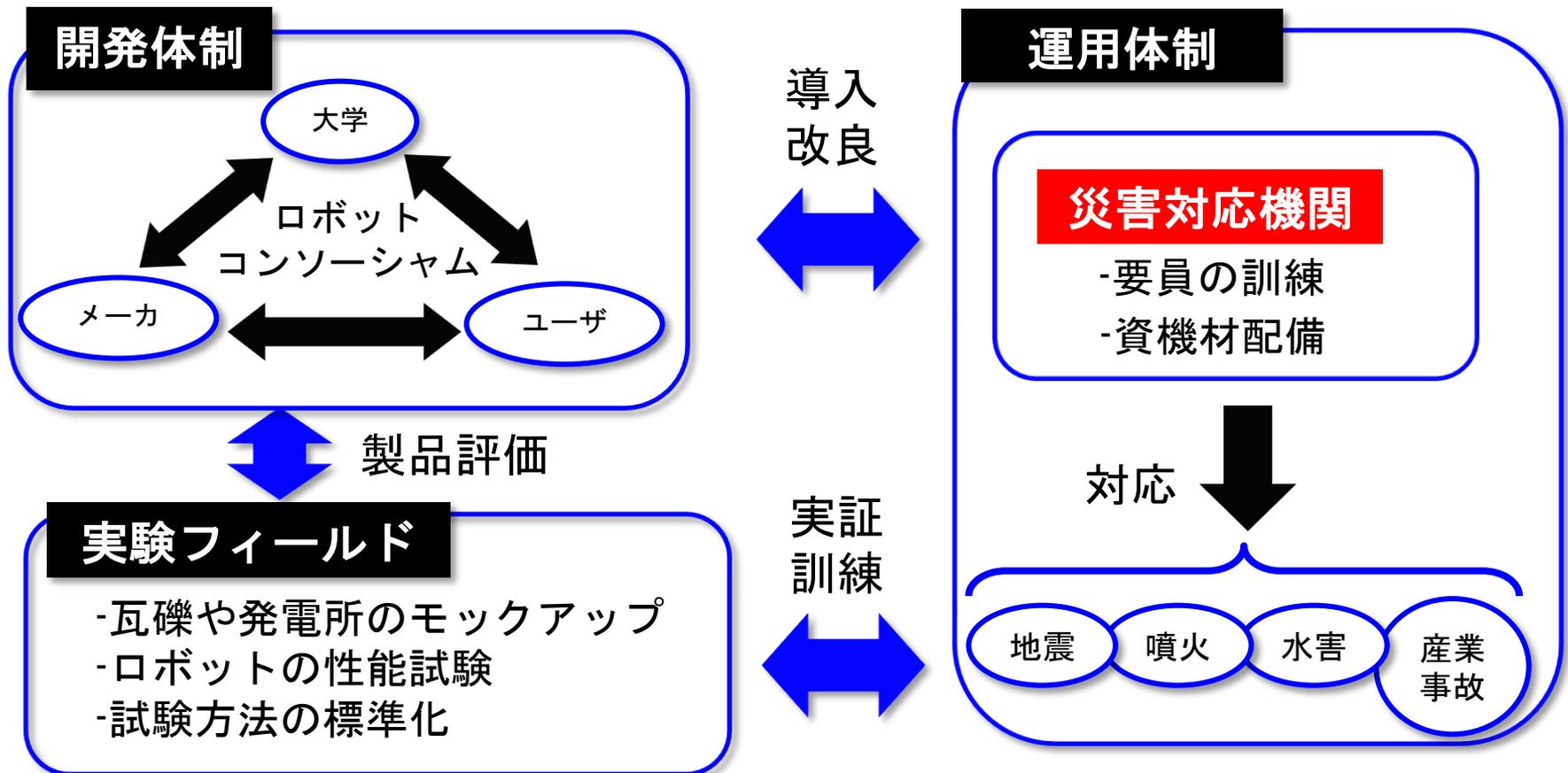
### 解体対象物の計測・除染・解体・分別



遠隔操作卓

# 12 開発・運用体制の検討

- 開発テーマ毎に**ユーザ・大学・メーカーがコンソーシアム**を組み開発
- ロボットの**性能試験を行う実験フィールド**
- 資機材と訓練された人材を配備した**災害対応機関**



# 13 Disaster City<sup>®</sup>視察（参考）

## ◆ 概要

目的： 消防/警察/軍向け災害救助訓練場  
（約8,000人/年）

面積： 約210,000m<sup>2</sup>（東京ドーム4.5個分）

## ◆ 災害対応ロボット実証試験

- 模擬環境でのタスクの達成度や所要時間を評価し、**ユーザ視点で実用性を検証**
- ユーザ(消防,警察等)、メーカー(大学,企業)、評価方法を規格化するNIST(\*)の三者が**集合性能確認、ニーズ調査、調達基準策定**を実施

(\*)NIST : National Institute of Standards and Technology

場所：米国テキサス州



ロボット試験で  
使用したエリア

(写真: TEEX web pageより)



地震崩壊、火災、  
列車事故等  
様々な災害現場を模擬

## ■ 実証試験の様子



模擬爆弾を装着した人形の姿勢を変更

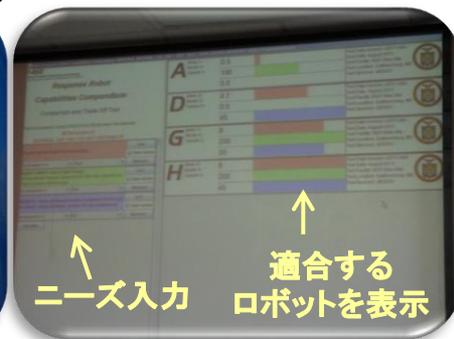


操作は遠隔モニタで実施

## ■ 評価結果の共有



試験項目ごとの評価結果  
（ビジョン性能の例）



↑ ニーズ入力  
↑ 適合する  
ロボットを表示

異なるニーズに対応する  
ロボット表示ソフト

# 14 原子力緊急時の対応体制（参考）

組織名	(独)KHG	(仏)Groupe Intra
設立	1977年	1988年
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (独)原子力防災対応機関</li> <li>• 防災支援用装備、要員の訓練</li> <li>• <b>12時間以内に活動を開始</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (仏)原子力防災支援機関</li> <li>• 防災支援用装備、要員の訓練</li> <li>• <b>24時間以内に活動を開始</b></li> </ul>
体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 24人の<b>常勤スタッフ</b></li> <li>• 140人の専門作業員を動員</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25人の<b>常勤スタッフ</b></li> <li>• 90人の志願者を動員</li> </ul>
任務	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 遠隔操作による高線量下作業</li> <li>• 施設内外の放射線量測定など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 事故状況の把握</li> <li>• 機材管理、土木作業など</li> </ul>
訓練	<b>2週間の訓練を年間5回実施</b>	<b>1週間の訓練を年間8回実施</b>
ロボット	<b>マニピュレータを搭載した遠隔軽作業ロボットを数台配備</b>	

# 15 2011年度の活動まとめ

---

## 【活動のまとめ】

- 防災ロボット、無人化施工技術、原子炉解体ロボットについてニーズを整理し技術開発テーマを提案
- 開発・運用体制についての課題を整理
- 原子力災害対応ロボットを中心に国家プロジェクトがスタート

## 【残された課題】

- 原子炉事故以外の自然災害や大規模産業事故に備える災害対応ロボットの開発
- 開発・運用体制の具体化検討と関連組織への提言

# 16 災害対応ロボット関連の各省庁の予算

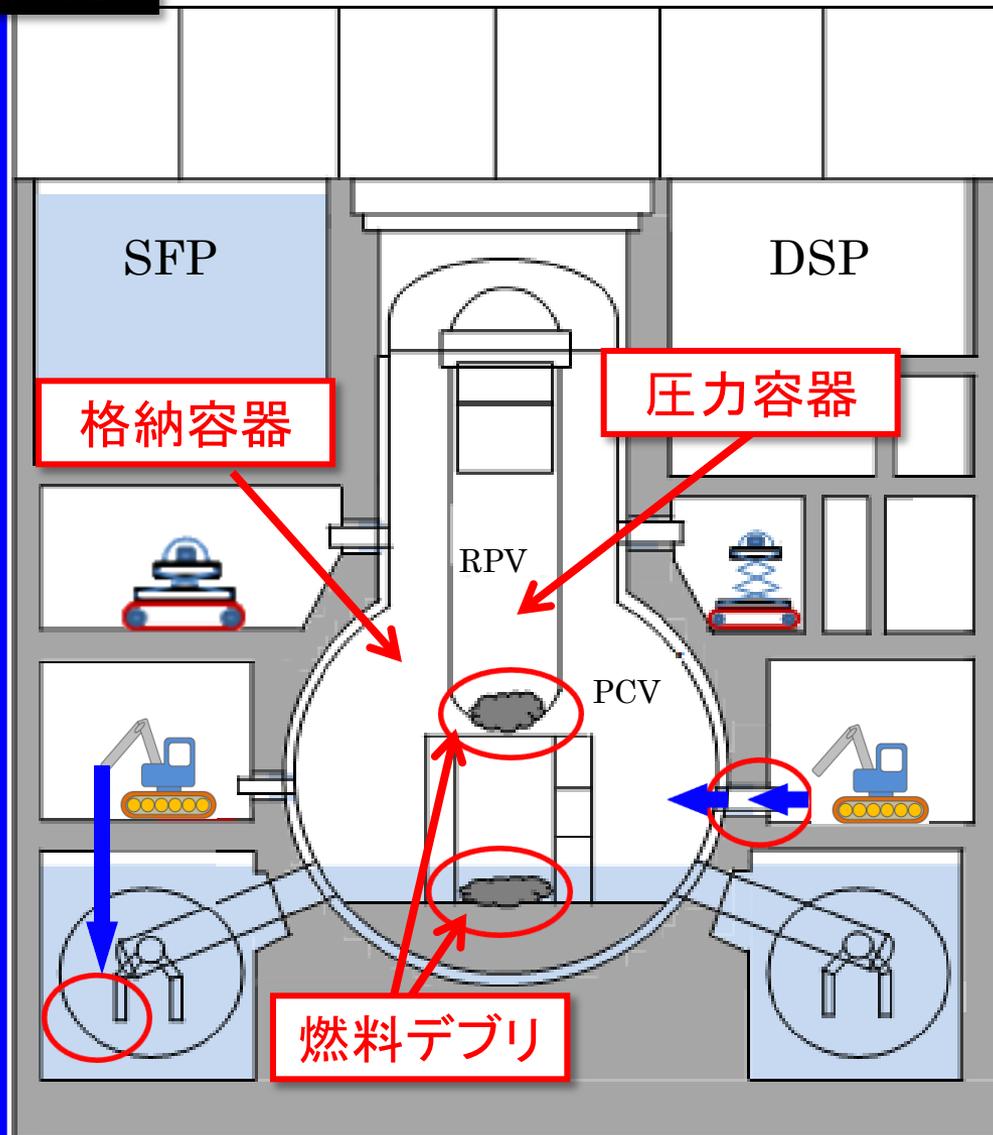
関係府省	テーマ名	予算規模
経済産業省	東京電力福島第一原子力発電所 1～4号機の廃止措置に向けた研究開発	三次補正 20億円 H24年度 20億円
	災害対応無人化システム研究開発プロジェクト	三次補正 10億円
総務省	ライフサポート型ロボット技術の研究開発	三次補正988百万円
国土交通省	大規模災害に迅速に対応可能な無人化施工技術の推進	H24年度 12百万円

# 17 福島第一原子力発電所の中長期対策へのロボット適用事例

## 燃料デブリ取出しに向けた技術開発

- ◆ 建屋内の遠隔除染技術
  - ー 高圧水洗浄
  - ー 表面はつり
  - ー 自走式ブラッシング
  - ー ストリップابلペイント
- ◆ 格納容器内部調査技術
  - ー 格納容器への貫通部
  - ー 圧力抑制室壁面
- ◆ 格納容器漏洩箇所特定技術
- ◆ 格納容器補修技術
  - ー ドライウェル外側補修
  - ー サプレッションチェンバ補修
  - ー トーラス室壁面補修

燃料デブリの取出し



# 18 2012年度の活動計画

- 原子力施設対応以外の災害対応ロボット等について検討
- 関係府省などへの働きかけ

昨年度の検討項目に、**社会インフラ保守点検ロボット**を新規追加  
開発仕様、所要資金、開発体制、運用体制の検討

## ◆ 防災ロボットWG

- 空中、壁面、水中等における探索／作業ロボットプラットフォーム

## ◆ 無人化施工システムWG

- 遠隔操作型瓦礫処理システム、地上及び水中における瓦礫運搬システム

## ◆ 社会インフラ保守点検ロボットWG

- 老朽化した道路、橋梁、パイプラインなど社会インフラの保守点検

## ◆ 運用システム及び事業化WG

- 地震、火山噴火、風水害、大規模産業事故等に対応する防災ロボットや無人化施工システムの運用システムの提言
- 資機材の製造、保守等の事業化のための方策の提言