

# 大災害に立ち向かうロボットの開発

久武 経夫・中里 邦子

東日本大震災に誘起された福島第一原発事故での災害現場に於いて、現場の調査や瓦礫撤去などを行うロボットが求められた。欧米のロボットが活躍する中、国産ロボットは出遅れた感があったが、発電所建屋内での調査等では「Quince」、屋外での瓦礫撤去等では「無人化施工」が出動し面目を保った。スリーマイル事故、東海事故を契機に原子力災害対応のロボットが開発されたが成果を出せなかった。採用された「Quince」と「無人化施工」は、開発後継続的に活用場を得て、改良が進められてきた。運用の場を前提としたロボット開発の必要性が立証された。

キーワード：災害、ロボット、無人化施工、原発事故

## 1. はじめに

原子力災害、火山噴火、地震の大災害が発生する度に、被災地調査・救援・復旧を目的としたロボットの研究開発が始められ、多くのロボットが開発された。しかしながら、福島原発の現場に採用されたのは、現場経験を有する「Quince(クインス)」と「無人化施工」のみであった。

「Quince」は、NEDO(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)が2006年～2010年の間に行った「戦略的先端ロボット要素技術開発」の内の「閉鎖空間内高速走行探査群ロボットプロジェクト」で誕生した。2009年以降は、国土交通省砂防部が立入禁止区域が設定されている桜島や浅間山で走行実験の場を提供、走行性、耐環境、操作性等の実験と改良を行っている。

「無人化施工」は、島原市の雲仙普賢岳噴火災害の復旧工事を目的に1994年に当時の建設省が採用した工法で、以来全国150超の現場で採用されている。実現場での改良の実績(表—5)が採用に繋がった。

研究開発後の継続的な現場実証を欠かした原子力対応ロボットの多くは研究終了時に破棄され保存されていたロボットも稼働の機会是与えられていない。研究助成対象の主体が民間企業で、技術基盤の整備が目的であったための必然である。

何時起こるか解らない大災害時に出動するロボットは、開発後も実証、改良を継続する仕組みが必要である。「無人化施工」も「Quince」共に、国土交通省等

から実動の機会を与えられ機能改良を繰り返していた。本稿では、緊急時の対応性を前提としたロボット開発の在り方を明確にするために、上述の2例が最新機能を維持し、現場で採用された必然性を検証する。

## 2. 福島原発事故現場で活躍したロボット

事故現場では情報収集と瓦礫撤去等の作業がある。情報収集ロボットは、原子炉建屋内部の放射線濃度、温湿度等の計測、搭載カメラによる現場の現状調査、試料のサンプリングに用いられた。作業ロボットは、放水、瓦礫撤去、砂やほこりの清掃、搬送、覆いなどに活躍した。

表—1に、東日本大震災で活躍したロボット例を示す。表中の「モニロボット(原子力安全技術センター)」は現地近傍で待機したが、稼働実績がないため現場投入に至らなかった。

建屋内部の情報収集を行った唯一の国産ロボット「Quince」は、神戸震災後に企画された被災地の瓦礫上の走行や地下街を探索するレスキューロボットとして誕生した「Hibiscus」、「Kenaf」を母体としている。国土交通省河川局砂防部の支援で行っている火山調査ロボット実験を通じた機能改善も進めていた。同じ構造で小型化した「Iris」は床下点検ロボットとして実用に供せられている。これらを含めて数十台のファミリーが稼働中である。

今回は、千葉工業大学、東北大学、国際レスキューシステム研究機構等のプロジェクトチームが対応して

表一 東日本大震災で活躍したロボット例

ロボット名称	Quince	UMRS2009	モニロボ A	モニロボ B
開発者	千葉工業大学他	レスキューシステム研究機構	原子力安全技術センター	
外観				
用途	情報収集	被災者発見情報収集	情報収集	
重量 kg	26.4 kg	23 kg / 台車 / 背負搬送可	600 kg	
可載・牽引能力 kg	可載 90 kg	牽引 100 kg 台車牽引可		
寸法 mm	480 W × 665 ~ 1099 L × 225 H mm	495 W × 590 L × 250 H mm / サブクロラ収納時	600 W × 1500 L × 1500 H mm	
走行	履帯 6 / 階段がれき走破	履帯 6 / 凹凸路面	履帯 2 / 300 mm 乗越え	
走行速度 km/h	1.6 km/h	5 km/h	履帯 2.4 km/h	
登坂能力	60°	45° / 階段等も可	35°, 20° / バンク	
操縦方式	無線遠隔	無線遠隔	無線遠隔	
無線装置	2.44.9 GHz	遠隔無線操作		
補助伝送路	光ファイバー			
作業装置	アーム&ハンド	アーム&ハンド / ドアノブ開放	アーム&ハンド	
作業能力	ドア開閉他	ドア開閉他	サンプル採取, 障害物除去	
情報収集機能	撮像 カメラ 3 / 前後・俯瞰 / 旋回俯仰型 放射線量 必要時 その他 音声, PSD	前後各 1 (照明付), 鳥瞰カメラ 1...計 3 個 温度, CO <sub>2</sub> , 可燃物他	4 台, サーモグラフィ γ線空間線量率	中性子線量 可燃性ガス
照明装置		前後に LED 照明		
連続使用時間		1.5 Hr / 使用条件に依る		
同型の製造実績	同型 120			
その他		JIS 保護等級 IP64 / 耐じん・防まつ形		
備考	原発事故	被災地救援	原発事故 / 待機 / 出動機会なし	

ロボット名称	タロン	ドラゴンランナー	510 PackBot	710 Warriort
開発者	QinetiQ 社 (仏)		アイロボット社 (米)	
外観				
用途	爆発物の探知・処理	屋内, 車両底部探査, 他	多目的	多目的
重量 kg	52 kg	10 ~ 20 kg	35 kg	157 kg
可載・牽引能力 kg			45 kg	68 kg
寸法 mm	W × 900 L × H mm	200 W × 230 L × 750 H mm	530 W × 700 L × 180 H mm / 格納時	768 W × 889 L × 457 H mm
走行	履帯 2	履帯 2	履帯 4	履帯 4
走行速度 km/h	最速		5.8 mile/h	8 mph
登坂能力			60°	45°, 47 cm 段差
操縦方式	無線遠隔	無線遠隔	無線遠隔	無線遠隔 800 m
無線装置			2.4, 4.9 GHz	
補助伝送路			光ファイバー	
作業装置	アーム&ハンド	アーム&ハンド	アーム&ハンド	アーム&ハンド
作業能力	不審物調査	ドア開閉他	ドア開閉他	
情報収集機能	撮像 カメラ 4 台, 暗視 1 放射線量 濃度分布地図化 その他	カメラ	旋回俯仰型 濃度測定 温湿度	複数装備 100 kg
照明装置				
連続使用時間	長い		酸素濃度	
同型の製造実績		販売実績 3000	販売実績 3000	販売実績 3300
その他	GPS 位置認識, IP67			
備考	原発事故	原発事故	原発事故	原発事故

表二 福島第一原子力発電所に出動した「Quince」の仕様

Quince 製造連番	センサ				把持等		信号伝送路	備考
	旋回俯仰カメラ	熱画像カメラ	3次元距離センサ	放射線測定センサ	6自由度アーム	中継器	ケーブルリール	
2号機	○				○			
3号機			○					
4号機	○							6号機と組
5号機	○	○		○		○	○	
6号機	○			○			○	4号機と組
用途, 機能, 構造等	走行, 観察用	温度分布	3次元地図俯瞰 視点映像合成		ドアの開閉等	可搬中継器 大容量バッテリー	POE ケーブル	

いる。表一2に、福島第一原子力発電所に出動した5台の「Quince」の役割り分担を示す。

尚、作業ロボットとして表一1以外に、瓦礫撤去を行う無人化施工用の遠隔操縦建機（バックホウ、クローラダンプ）と補助機材（カメラ車、移動操作室）、建屋内部や入口部の瓦礫撤去用の小型作業機械（ボブキャット（米）、ブロック90及び330（スウェーデン））が投入された。

### 3. 日本における災害対応ロボットの開発

#### (1) 災害対応ロボットの開発経緯

表一3に、原発事故や大災害を想定したロボット研究例を示す。表中の1～4項が原子力発電設備等、5～7が震災等で活動するロボット、8、9は国土交通省が関わったロボットシステムの開発例である。

図一1は、表一3の研究例を図示したものである。図中の「☆」が福島原発に投入されたロボットである。

#### (2) 原子力災害等を対象に開発されたロボット

原子力プラントの事故対応時に被ばくや火災・爆発等の危険な環境で稼働するロボット研究の事例とし

て、極限作業ロボット（1983～1990年）、原子力基盤技術（1999～2003年）、情報遠隔収集ロボット（2001～2003年）などがあり、総額で400億円の研究投資が行われたが、今回の原子力設備の災害には生かされていない。

#### 1) 極限作業ロボット（1983～1990年）

「極限作業ロボット」プロジェクトは、18の企業と2公益法人、2国立研究機関が参加し、放射線、高温、高圧環境下で設備点検、補修、救援活動を行う3種のロボットを開発した。

- ①原子力ロボット：実用原子力発電施設作業ロボット（放射線）
- ②防災ロボット：石油生産施設防災ロボット（高温）
- ③海洋ロボット：海底石油生産支援ロボット（高水圧）

写真一1が、その内の「原子力施設作業ロボット」である。4脚歩行で段差乗り越えや階段昇降を行い、マスター／スレーブ制御で触覚を持った腕を遠隔で動かす、ドアの開閉、バルブの開け閉め等の作業を行う。

#### 2) 防災モニタリングロボット（1998～2000年）

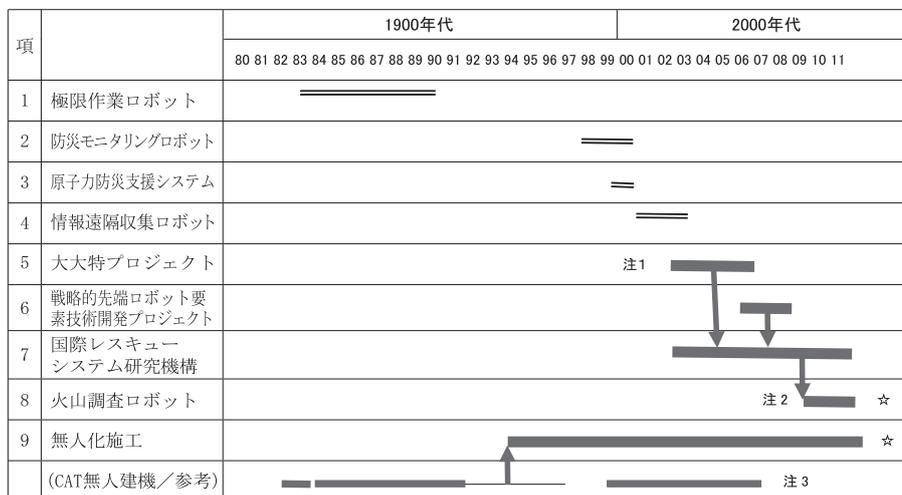
原子力安全技術センター（防災技術センター）は、原子力施設事故時に災害施設周辺の情報収集を迅速、

表一3 原発事故や大災害を想定したロボット研究例

項	開発期間	開発者	ロボット開発の目的／期待される能力	備考
1	1983～1990	通産省	極限作業ロボット／原子炉建屋内ドア開閉他	スリーマイル(1979)が契機 約200億円
2	1998～2000	原子力安全技術センター	防災モニタリングロボット	東海村臨界事故(1999.9)が契機
3	1999～2000	製造科学技術センター	原子力防災支援システム／6ロボット	通商産業省 30億円
4	2001～2003	原子力安全技術センター 日本原子力研究所	情報遠隔収集ロボット	東海村臨界事故(1999) 文科省今回活用提案
5	2002～2006	文科省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」	大震災における緊急災害対応（人命救助など）のための人体検索・情報収集・配信等を支援	神戸震災等が契機（大大特プロジェクト）「Hibiscus」を開発
6	2006～2010	NEDO「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」	「閉鎖空間内高速走行探査群ロボット」	「Kenaf」, 「Quince」を開発
7	2002～	国際レスキューシステム研究機構 IRS	瓦礫や狭隘な現場に侵入し、生存者の探査と救援	神戸震災が契機
8	2009～	火山エリアに於ける遠隔ロボット技術調査研究会 <sup>注1</sup>	火山の危険区域に侵入して、必要なデータを採取する	IRSのロボットが母体「Quince」を改良
9	1994～	国土交通省	土木作業機械の遠隔操縦技術	雲仙普賢岳噴火が契機

注1：火山エリアに於ける遠隔ロボット技術調査研究会（主査：油田信一筑波大学教授）（2008～）

注2：http://www.rescuessystem.org/IRSweb/robot\_DDT.html



凡例：「＝」：開発したロボットは活用されず  
 「☆」：福島原発に投入された  
 「→」：技術継承ルート

注1：文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト

注2：火山エリアに於ける遠隔ロボット技術調査研究会（主査：油田信一筑波大学教授）

注3：キャタピラー・ジャパンに依る無人コンパクトの開発（1982～1983）、無人ダンプトラックの開発（1984～1991、1999～2007）、細線部は無人ダンプトラックの実稼働期間

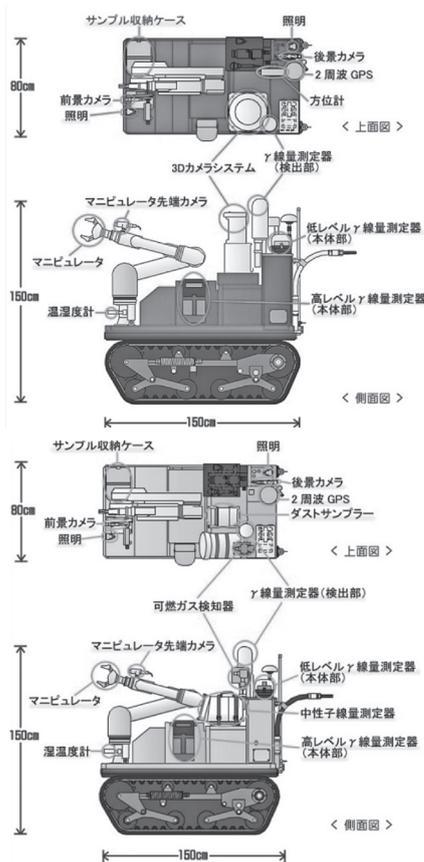
図一1 ロボット開発プロジェクト



写真一 原子力施設作業ロボット



写真二 モニロボ



パンフレット：「防災モニタリングロボット」(財原子力安全技術センター 図一 2 「モニロボ A (上), B (下)」の構成

的確に行う遠隔操作防災モニタリングロボット(「モニロボ」)を開発した。

放射線(γ線)計測および映像取得機能を持つ2台の「モニロボ」が協調して、視覚情報取得、雰囲気計測等、収集情報の種類による役割分担を行い情報収集活動を行う。

①モニロボ A (視覚情報取得を重視)：

γ線計測およびカメラ撮影、視界不良時の映像取得や周辺の配置を把握(3次元レーザー距離測定器)、により表面温度分布計測(赤外線カメラ)

②モニロボ B (雰囲気計測を重視)：

γ線計測およびカメラ撮影、中性子線量測定および放射能測定のためのダスト収集、可燃ガス濃度検知をして火災・爆発の危険性を察知

専用の運搬車で作業者の安全を確保できる限界まで

災害現場に接近。到着後、数10分程度で設営、運搬車からモニロボを遠隔制御(有線若しくは無線)。時速2.4 km/hrで自走可能。ロボットが収集した計測結果や各種画像は運搬車内に設置したモニター等で確認・記録する。

3) 原子力防災支援システム(1999～2000年)

視覚・音声・温湿度・γ線センサ・水素・酸素濃度等の情報で作業支援、高放射線下でのドアやバルブ開閉・現場盤スイッチ操作・炉ガスや炉水サンプリング・散水や除染等の作業、運搬を行う6種のロボットを4社で開発。設計・製作期間は1年間。表一4に概要を示す。写真一3に作業ロボット、写真一4に重量物搬送用ロボットを例示した。

表一4 原子力防災支援ロボット

ロボット名称	型式	形状	機能
1 作業監視支援ロボット-I	SMERT-K	2連クローラ	現場状況の把握
2 作業監視支援ロボット-II	SMERT-M	4輪	現場状況の把握
3 小型系作業ロボット	SWAN	可変型クローラ	採取、操作盤操作
4 作業ロボット	MARS-A	2連クローラ	ドア・弁開閉
5 重量物運搬用ロボット	MARS-T	2連クローラ	ホース・遮蔽板運搬
6 耐高放射線性対応ロボット	MENHIR	対地適応型クローラ	高放射線下での重作業



写真一3 MARS-A



写真一4 MARS-T

4) 情報遠隔収集ロボット(2001～2003年)

原子力災害時に現場の放射線量などの情報を収集するRESQ(Remote Surveillance Squad/レスキュー)ロボットは、-A、-B、-Cの3台で構成されている。ロボット操作はロボット搬送車両の操作盤から遠隔操作する。各ロボットは下項の機能分担を

①初期情報収集ロボット(RESQ-A:2台)：放射線量、映像・音声、機器類の温度を収集(写真一5)。

②詳細情報収集ロボット(RESQ-B:1台)：マニピュレータで扉の開閉等を行う。放射線量、映像・音声、機器類の温度、室内の雰囲気、障害物等の位置情報を収集。階段昇降等が可(写真一6)。

③試料等情報収集ロボット(RESQ-C:1台)：階段の昇降可。マニピュレータを2台装備し、扉の開閉、試料採取(気体・液体・固体・表面汚染試料の採取等)を行う(写真一7)。



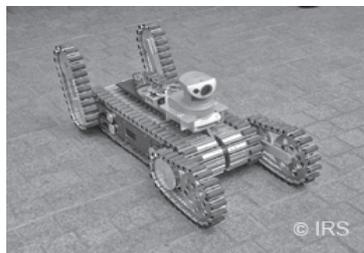
写真一五 RESQ-A 初期情報収集 写真一六 RESQ-B 詳細情報収集 写真一七 RESQ-C 試料等情報収集  
 注：「日本原子力研究所」と「核燃料サイクル開発機構」は2005年10月に「㈱日本原子力研究開発機構」に統合。

(3) 「Quince」の開発経緯

「Quince」はレスキューロボットとして誕生した不整地走行ロボット「Hibiscus」, 「Kenaf」を母体としている。研究開発は、大規模災害から人を救い出すレスキューシステム構築を目的に2002年4月に設立された「特定非営利法人 国際レスキューシステム研究機構(会長：田所諭東北大学教授)(以下 機構)」を中心に進められている。機構は、レスキューシステムに関する様々な研究開発のプロジェクトを中核機関として受託し、産官学の知識を結集した研究開発を行っている。

①大都市大震災軽減化特別プロジェクト(2002～2006年度)：文部科学省

略称：大大特プロジェクト。都市再生プログラムのひとつで、阪神淡路大震災(1995)等の大都市地震災害における被害の減少のための技術開発を目的とした研究開発プロジェクト。機構は、その内の「Ⅲ 被災者救助等の災害対応戦略の最適化, 4. レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発」を担当した。倒壊建築物・地下街などの危険な環境下で、ロボット等が被災者の検索等を行う技術である。「Hibiscus(千葉工業大学)」が、地下街探査用レスキューロボットとして開発された。



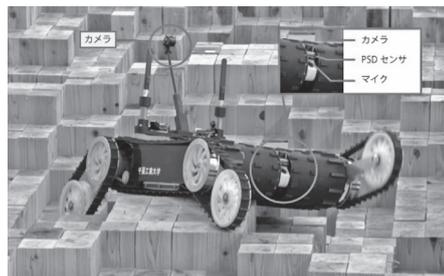
写真一八 地下街探査用レスキューロボット「Hibiscus」

②戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト(2006～2010年度)：NEDO

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のプロジェクト。機構は、その内のⅢ. 特殊環境用ロボット分野の「被災構造物内移動RTシステム」を分担。複数移動体RTシステムを用いてガス漏れ等プラ

ント事故時に災害現場で情報収集するロボットの研究開発を行った。有線・無線を合わせたハイブリッド方式で、約700m離れた操縦ステーションへの映像やセンサ情報のリアルタイム伝送を達成。

「実用化救助作業用無線操縦ロボット(2010年度)」では不整地移動ロボット「Kenaf」を開発した。「Quince」は、制御基板をロボット本体に収納する等の改良を施したものである。これらロボットは、千葉工大、東北大学田所研、筑波大学、岡山大学、情報通信研究機構(NICT)、産業技術総合研究所(AIST)等との共通プラットフォームとして活用している。



写真一九 Quince / 地下街探査用

③火山エリアに於ける遠隔ロボット技術調査研究会(主査：油田信一筑波大学教授)

(財)計測自動制御学会に設けられた委員会で、研究期間は2010年6月～2012年3月。

突発的な火山噴火時に、遠隔操作より立ち入り禁止区域内で火山活動の調査を行い、住民の避難計画の策定や噴火予測を行う情報を入手するための遠隔操作型火山探査技術の開発が目的。

桜島(2009年)、三原山(2010年)、浅間山(2010～2014年)で現場実験を行っている。

写真一十, 一十一が、レスキューロボット、桜島実験、浅間山実験に用いた「Quince」である。



写真一十 Quince / 桜島



写真一十一 Quince 改良型 / 浅間山

(4) 無人化施工

無人化施工は、1994年に国土交通省(当時の建設省)が雲仙普賢岳の災害復旧工事で採用以来、18年間の150件を超える施工実績を通じた技術開発を継続した。表一五に施工実績と開発技術を示す。

表一 5 無人化施工例

年	施工件数		雲仙普賢岳関連以外の無人化施工例		無人化など新技術導入例 (遠隔操縦化された機械や作業, その他)
	全	雲仙	工事名称	発注者	
1991	6	0	鳥原市雲仙普賢岳噴火, 1995年初頭まで流動性溶岩を噴出, 1994年1月に除石工事		無人化施工(その1~6)が発注された
1994	11	11	中部処理場水処理施設基礎築造工事	姫路市	SS無線/150m, 無人化施工(転石, 転石破碎), 無人ダンプ実験, GPS施工管理, 移動カメラ車, 移動捜査室
1995	5	5	この年の無人化施工は雲仙普賢岳関連のみ		無線中継局実験, 50GHzアンテナ自動追尾, 解体, RTK-OTF-GPS採用, GPS敷均し・転圧管理, GPS搭載建機で測量
1996	4	3	宮の平地造成A工区(その4)工事	建設省近畿地方建設局	建設無線(2.4GHz, 400MHz/1W/800m)認可取得
1997	13	4	濁川災害関連緊急治山工事	林野庁長野営林署	/地域限定, 建設無線協会設立 ・地域振興のための電波利用に関する調査研究会「災害復旧時におけるデータ通信システムに関する調査研究報告書」(九州テレコムセンター)
			針原川災害関連緊急工事	鹿児島県出水土木事務所	
			蒲原沢災害復旧工事	建設省北陸地方建設局	
			災害関連緊急砂防工事	秋田県鹿角土木事務所	
			白糸トンネル災害岩塊除去他一連工事	北海道	
1998	7	5	馬路村災害復旧工事/人命救助	高知県安芸土木事務所	型枠設置, 護床ブロック設置, 土嚢設置
1999	12	6	一般国道玉里水沢線道路災害復旧(仮応急)工事	岩手県水沢地方振興局	無線中継方式で1.5km, SS無線で多重伝送, SSデジタル/500mW, 共用変換器, ロボQ, 無人測量車
			国道102号道路災害復旧工事	青森県十和田土木事務所	
2000	21	6	有珠山災害復旧工事関連10件	北海道室蘭土木現業所	1.2km長距離無線/2.4GHz, 橋梁撤去, 無人調査機械, 無人化施工協会設立
2001	11	7	有珠山災害復旧工事関連1件	北海道室蘭土木現業所	無線LAN実験, 小エリア簡易無線モデム, SSデジタル映像, 1.2GHz映像, スーパー, 散水車。(助先端建設技術センター「緊急時の無人化施工ガイドブック」2001.7)
			坪田地区緊急清流対策工事	東京都三宅支庁	
2002	8	4	熊野川河川災害復旧工事	山形県	鋼製スリット堰堤, コンクリート運搬車, 支持力測定器, 簡易無線のオムニアンテナ
			雲川災害復旧工事	国土交通省近畿地方整備局	
2003	11	3	谷沢川第四砂防堰堤工事	国土交通省関東地方整備局	無線LANによる超遠隔施工
2004	8	4	中越地震時の無人化施工機械に依る被災者収容	国土交通省北陸地方整備局	丁張およびライン引き
2005	8	1	国道291号地震災害応急復旧(1工区)工事	国土交通省北陸地方整備局	PHSによるデータ伝送利用
2006	7	3	橋梁災害復旧工事17年災83号(県単)除雪工事	福井県	GPSによる無人測量, ブルドーザ排土板自動制御, MC, 削り作業
			第地滑-2砂防-2号公共災害関連緊急地すべり対策	岐阜県	
2007	8	2	石狩川災害復旧工事(全応急)	北海道	シヨベルガイダンスシステム
2008	6	0	付替国道397号崩落土砂除去工事	国土交通省東北地方整備局	岩手・宮城内陸地震に出勤/天然ダム地区の不明者探索
2009	10	5	公共道路災害復旧事業工事	岐阜県	5GHz帯無線LANによる施工, ブルメタル設置, アーチカルバート設置
2010			災害関連緊急砂防工事(根占山本地区11~20工区)	鹿児島県	RCC先行打設(特殊法肩締固め機)
合計	149	69			建設無人化施工協会HP( <a href="http://www.kenmukyou.gr.jp/">http://www.kenmukyou.gr.jp/</a> )等より

#### 4. おわりに

福島原子力発電所事故に出動した「Quince」と無人化施工。何れも10年単位の継続的な研究開発が行われていた。前者は、支援する行政組織は異なるが研究者集団が共通であったこと、研究者の所属組織が企業ではなく大学であったこと、が連続とした開発で成果を上げた原因である。後者は、国内86の活火山や各地に地滑り地帯を抱える国土を管理している国土交通省砂防部が施策として技術の涵養が行われてきた結果である。

人間に勝る機能を持ったロボットが存在しない、危険は伴っても何とか人間で対応できる、ロボットに依存しないと対処できない災害はめったに起こらない、数十年単位の間隔で発生する災害対応のロボットを開発しても災害発生時には技術が陳腐化してしまい開発投資の高価を發揮できないなどの理由で開発や開発したロボットの維持と改良が見送られてきた。今回の大災害を機に、ロボット化への取組み体制の見直しが必要である。



#### 《参考文献》

- 1) 久武「大災害に立ち向かうロボット技術」土木コスト情報(助建設物価調査会2011.7)

- 2) 中村「震災復興にむけてロボット技術のいま「災害ロボティクス・タスクフォースが中長期的に果たす役割について」公開シンポジウム2011.5
- 3) 浅間「対災害ロボティクス・タスクフォースの活動」公開シンポジウム2011.5
- 4) パンフ「通商産業省工業技術院 大型プロジェクト 極限作業ロボットの研究開発」技術研究組合
- 5) 間野・他(助製造科学技術センター)「原子力防災支援システムの開発」日本ロボット学会誌 Vol.19 No.6, pp.714~721, 2001
- 6) パンフ「防災モニタリングロボット」(助原子力安全技術センター2009.5)
- 7) 永谷圭司・他「火山探査を目的としたクローラ型移動ロボット Kenaf による桜島での遠隔操作実験」
- 8) 久武・他「シリーズ 進化する土木ロボット⑦「無人化施工」土木コスト情報(助建設物価調査会2010.10)
- 9) 久武「災害復旧時の無人化施工の課題と現状」建設機械2008.12
- 10) 大和田(雲仙復興事務所)「普賢岳における無人化施工の現状と課題」

#### 【筆者紹介】

久武 経夫(ひさたけ つねお)  
(株)インロッド・ネット



中里 邦子(なかざと くにこ)  
(株)インロッド・ネット

