

通番	001		
機器名	RQ-16 T-Hawk		
開発元	米国 Honeywell International 社		
1. 機器概要／諸元			
<ul style="list-style-type: none"> 垂直離着陸方式の超小型無人飛行機であり、回転翼タイプの小型 UAV（無人航空機）の一種である。T-Hawk 最大の特徴は、ホバークラフトやラジコン飛行機の推進器として採用されるダクトファンを搭載し、空中でホバリングしながら静止できる点にある。内蔵 GPS により、眼下にある目標物に対し高精度で静止し、スナップ写真や動画を取ることが可能^[1]。 システム自体は、T-Hawk 本体 2 機と地上ステーション 1 基で構成されている。地上ステーションは Panasonic の TOUGHBOOK（過酷な現場でも利用可能なモバイルノート）をベースにした PC を使い、コントロールを担っている。撮影した動画は、地上ステーションに 240 分ほどストアすることが可能^[1]。 			
表 T-Hawk 諸元 ^{[2][6]}			
総重量 (機体重量)	7.3kg (ペイロード最大 0.9kg)	最高時速	風速 27km/h 条件下で 74km/h
動力	水平対向 2 気筒 ピストンエンジン (56cc×1 基)	滞空可能時間	40～50 分
エンジン 出力	1 基あたり 4hp (英馬力)	上昇限度 (サーブスシーリング)	約 3000m 上空まで、 毎秒 7.6m 程度の速度で上昇
2. ミッション ^[3]			
<ol style="list-style-type: none"> ① 福島第一原子力発電所 1 号機 原子炉建屋を撮影 (2011 年 4 月 14 日) ② 1 号機、3 号機、4 号機原子炉建屋を撮影 (2011 年 4 月 15 日) ③ 1～4 号機原子炉建屋およびタービン建屋間の状況を撮影 (2011 年 4 月 21 日、27 日) ④ 2 号機上空空気中放射性物質測定 (2011 年 6 月 24 日) 			
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション			
<ul style="list-style-type: none"> ミッション①②③では建屋の画像および撮影に成功。 ミッション④において、2 号機建屋の開口部分でのサンプリング中にエンジントラブルが発生し、屋上に不時着した。コンクリートポンプ車で状況を確認したところ、屋上に横倒しになった様子がわかったが、特に目立った損傷はなかった。 			



図 (ミッション①) 福島第一原子力発電所 1号機 原子炉建屋 T-Hawk からの撮影画像^[4]



図 (ミッション④) 2号機原子炉建屋屋上 T-Hawk 不時着状況^[5]

参考資料

- [1] 井上 猛雄, 『災害とロボット—大震災から見えてきたロボットのあり方』, オーム社, 2012年
- [2] Honeywell 社 Web サイト <http://www.thawkmav.com/>
- [3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」<http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.html>
- [4] 東京電力 写真・動画集「福島第一原子力発電所 1号機 原子炉建屋 T-Hawk からの撮影画像」
<http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201104-j/110415-02j.html>
- [5] 東京電力 写真・動画集「2号機原子炉建屋屋上 T-Hawk 不時着状況」
<http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201106-j/110624-01j.html>
- [6] army-technology.com, Honeywell T-Hawk Micro Air Vehicle,
<http://www.army-technology.com/projects/honeywell-thawk-mav-us-army/>

通番	002-1
機器名	510 PackBot
開発元	米国 iRobot 社

1. 機器概要／諸元

- ・ 偵察や爆弾処理等の危険な任務を遠隔操作で行うために、軍事用に開発された多目的小型自走ロボットで、用途に応じ様々なオプションの搭載が可能。
- ・ ロボット本体と専用コントロールユニット(OCU)で構成され、デジタル無線方式で通信が行われる。リアルタイムの映像やセンサー情報を中継し、安全な場所から遠隔操作が出来る。また、ゲームコントローラを使用し、簡単に操作することが可能^[1]。
- ・ 危険物質を検出する「HazMat」仕様をベースにした PackBot で原発に対応。^[2]
- ・ HazMat センサーは、酸素濃度、温度・湿度、爆発性ガスや蒸気、揮発性有機化合物、ガンマ線、有害産業化学物質、化学兵器の検出が可能^[1]。

表 510 PackBot 諸元^[1]

外観 ^[3]	総重量 (本体重量)	10.89kg	自走時速	9.3km/h
	バッテリー	リチウムイオン電池	稼働時間／ 走行距離	4 時間 約 16km
	通信系	2.4GHz、4.9GHz デジタル無線、 双方向オーディオ		
	オプション	Small Arm Manipulator (SAM)等のアーム類、 HazMat Kit (危険物探知)、Flir Fido® Explosives Detection Kit (爆発物探知)、LWIR Thermal Camera 等のセンサー類 等		

2. ミッション^[3]

- ① 福島第一原子力発電所 1~3 号機原子炉建屋内を撮影 (2011 年 4 月 17・18 日)
- ② 福島第一原子力発電所 1 号機原子炉建屋の現場確認 (2011 年 4 月 26 日)
- ③ 福島第一原子力発電所 1 号機原子炉建屋の現場確認 (2011 年 4 月 29 日)
- ④ 福島第一原子力発電所 1 号機原子炉建屋 1 階の湯気確認 (2011 年 6 月 3 日)

3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション

- ・ ミッション毎に体制は異なるが、通信や視認性の面でのサポートを目的とし、PackBot 2 台体制を仕様とする。
- ・ ミッション①では、二重扉の開閉、建屋内の線量等の測定。また画像や動画を撮影し、状況確認を実施^[4]。2 号機の調査では、建屋内の湿度が高く、蒸気の影響で搭載していたカメラが曇ってしまった^[2]。後日の調査にて、当初の目的どおり建屋内の調査を実施

した。

- ・ ミッション②、③では、1号機建屋内の線量測定、格納容器からの水漏れがない事を確認^{[5][6]}。
- ・ ミッション④では、1号機建屋1階の湯気を確認^[8]。



図 (ミッション②) 1号機原子炉建屋 PackBot の撮影画像^[7]
[4]



図 (ミッション④) 1号機原子炉建屋1階 PackBot による湯気確認^[8]

参考資料

- [1] iRobot 社 Web サイト <http://www.irobot.com/en/us/robots/defense/packbot.aspx>
- [2] 井上 猛雄, 『災害とロボット—大震災から見てきたロボットのあり方』, オーム社, 2012年, P16-24
- [3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」 <http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm>
- [4] 東京電力 プレスリリース (2011年4月19日)
http://www.tepco.co.jp/nu/f1-np/press_f1/2011/htmldata/bi1450-j.pdf
- [5] 東京電力 プレスリリース (2011年4月26日)
http://www.tepco.co.jp/nu/f1-np/press_f1/2011/htmldata/bi1465-j.pdf
- [6] 東京電力 プレスリリース (2011年4月29日)
http://www.tepco.co.jp/nu/f1-np/press_f1/2011/htmldata/bi1471-j.pdf

- [7] 東京電力 写真・動画集「パックボットによる1号機原子炉建屋の現場確認」
<http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201104-j/110427-01j.html>
- [8] 東京電力 写真・動画集「福島第一原子力発電所1号機の原子炉建屋1階における湯気確認状況」
<http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201106-j/110604-02j.html>

通番	002-2			
機器名	510 PackBot			
開発元	米国 iRobot 社			
1. 機器概要／諸元				
<ul style="list-style-type: none"> ・ 偵察や爆弾処理等の危険な任務を遠隔操作で行うために、軍事用に開発された多目的小型自走ロボットで、用途に応じ様々なオプションの搭載が可能。 ・ ロボット本体と専用コントロールユニット(OCU)で構成され、デジタル無線方式で通信が行われる。リアルタイムの映像やセンサー情報を中継し、安全な場所から遠隔操作が出来る。また、ゲームコントローラを使用し、簡単に操作することが可能^[1]。 ・ 危険物質を検出する「HazMat」仕様をベースにした PackBot で原発に対応。^[2] ・ HazMat センサーは、酸素濃度、温度・湿度、爆発性ガスや蒸気、揮発性有機化合物、ガンマ線、有害産業化学物質、化学兵器の検出が可能^[1]。 				
表 510 PackBot 諸元 ^[1]				
外観 ^[3]	総重量 (本体重量)	10.89kg	自走時速	9.3km/h
	バッテリー	リチウムイオン電池	稼働時間／ 走行距離	4 時間 約 16km
	通信系	2.4GHz、4.9GHz デジタル無線、 双方向オーディオ		
	オプション	Small Arm Manipulator (SAM)等のアーム類、 HazMat Kit (危険物探知)、Flir Fido® Explosives Detection Kit (爆発物探知)、LWIR Thermal Camera 等のセンサー類 等		
2. ミッション ^[3]				
<p>① 3号機原子炉建屋1階の通路上干渉物移動 (Warrior により実施) と干渉物移動後の線量測定 (PackBot により実施) (2011年11月2・3日)</p> <p>② 3号機原子炉建屋内調査・清掃 (2011年11月14日)</p> <p>③ 3号機原子炉建屋 ロボットによる雰囲気線量の測定 (2011年11月19日)</p>				
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション				
<ul style="list-style-type: none"> ・ ミッション①では、Warrior により 3号機原子炉建屋1階の通路上にある干渉物を撤去し、PackBot により線量測定を実施^[4]。 ・ ミッション②では、3号機原子炉格納容器の機器ハッチレールの水有無確認作業や、雰囲気線量の測定を実施^[5]。 ・ ミッション③では、PackBot2台を使用して、3号機原子炉格納容器の機器ハッチレールの水拭き取り作業を行い、拭取り後の雰囲気線量の測定を実施^[6]。 				

- ・ ミッション②・③は一連のミッションであった。

[4]



図 (ミッション③) 3号機原子炉格納容器機器ハッチレールの拭取り作業^[6]

参考資料

- [1] iRobot 社 Web サイト <http://www.irobot.com/en/us/robots/defense/packbot.aspx>
- [2] 井上 猛雄, 『災害とロボット—大震災から見えてきたロボットのあり方』, オーム社, 2012 年, P16-24
- [3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」 <http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm>
- [4] 東京電力【参考資料】福島第一原子力発電所 3号機原子炉建屋 1階ロボットによる通路上干渉物移動ならびに干渉物移動後の線量測定
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_111105_02-j.pdf
- [5] 東京電力【参考資料】福島第一原子力発電所 3号機原子炉建屋 1階 ロボットによる雰囲気線量の測定結果 http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_111116_02-j.pdf
- [6] 東京電力【参考資料】福島第一原子力発電所 3号機原子炉建屋 1階 ロボットによる雰囲気線量の測定結果 http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_111122_03-j.pdf

通番	002-3			
機器名	510 Packbot			
開発元	米国 iRobot 社			
1. 機器概要／諸元				
<ul style="list-style-type: none"> ・ 偵察や爆弾処理等の危険な任務を遠隔操作で行うために、軍事用に開発された多目的小型自走ロボットで、用途に応じ様々なオプションの搭載が可能。 ・ ロボット本体と専用コントロールユニット(OCU)で構成され、デジタル無線方式で通信が行われる。リアルタイムの映像やセンサー情報を中継し、安全な場所から遠隔操作が出来る。また、ゲームコントローラを使用し、簡単に操作することが可能^[1]。 ・ 危険物質を検出する「HazMat」仕様をベースにした PackBot で原発に対応。^[2] ・ HazMat センサーは、酸素濃度、温度・湿度、爆発性ガスや蒸気、揮発性有機化合物、ガンマ線、有害産業化学物質、化学兵器の検出が可能^[1]。 				
表 510 PackBot 諸元 ^[1]				
外観 ^[3]	総重量 (本体重量)	10.89kg	自走時速	9.3km/h
	バッテリー	リチウムイオン電池	稼働時間／ 走行距離	4 時間 約 16km
	通信系	2.4GHz、4.9GHz デジタル無線、 双方向オーディオ		
	オプション	Small Arm Manipulator (SAM)等のアーム類、 HazMat Kit (危険物探知)、Flir Fido® Explosives Detection Kit (爆発物探知)、LWIR Thermal Camera 等のセンサー類 等		
2. ミッション ^[3]				
<p>① 「建屋内の遠隔除染技術の開発」ロボットによる 1 号機原子炉建屋調査 (2012 年 5 月 14~18 日)</p> <p>② 「建屋内の遠隔除染技術の開発」ロボットによる 2 号機および 3 号機原子炉建屋調査 (2012 年 5 月 28~31 日、6 月 11~15 日)</p> <p>③ 3 号機原子炉格納容器 (PCV) ガス管理システムダクトの状況確認 (2012 年 11 月 27 日)</p>				
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション				
<ul style="list-style-type: none"> ・ ミッション①では、1 号機原子炉建屋内の線源／線量率調査を実施。通路上にある干渉物を撤去し、線量測定を実施した^[4]。線源調査では、γカメラの仰角、回転角度を変えて撮影を行い、線量率測定では、高さ約 0.05m、約 1.5m に線量計を設置し、縦横約 				

3m ピッチで測定を行った^[4]。

- ・ ミッション②では、2号機、3号機原子炉建屋内の線源／線量率調査を実施^[5]。
- ・ ミッション③では、FRIGO-MA が不具合で使用できなかったため、PackBot 1台と Quince2 1台を使用して PCV ガス管理システムダクトの状況確認や原子炉建屋1階北東エリアの雰囲気線量率測定及び床面の状況確認を実施した^[6]。



図 (ミッション①) 1号機原子炉建屋内の線源／線量率調査^{[4][4]}



図 (ミッション③) 3号機原子炉格納容器 (PCV) ガス管理システムダクトの状況確認^[6]

参考資料

- [1] iRobot 社 Web サイト <http://www.irobot.com/en/us/robots/defense/packbot.aspx>
- [2] 井上 猛雄, 『災害とロボット—大震災から見えてきたロボットのあり方』, オーム社, 2012年, P16-24
- [3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」 <http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm>
- [4] 東京電力「建屋内の遠隔除染技術の開発」 ロボットによる1号機原子炉建屋 調査結果について http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120525_04-j.pdf
- [5] 東京電力「建屋内の遠隔除染技術の開発」 ロボットによる2号機および3号機原子炉建屋調査結果について http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120705_01-j.pdf

[6] 東京電力 福島第一原子力発電所3号機原子炉格納容器（PCV）ガス管理システムダクトの状況確認結果について http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_121128_01-j.pdf

通番	003			
機器名	Talon			
開発元	米国 QinetiQ North America 社			
1. 機器概要／諸元				
<ul style="list-style-type: none"> 同時多発テロの WTC ビルやアフガニスタンの爆弾処理でも使用された多目的軍事ロボット。用途に応じ様々なオプションの搭載が可能。 クローラーロボット本体と Operator Control Unit(OCU)や Laptop Control Unit(LCU)で構成され、ジョイスティックや Xbox コントローラーで簡単に操作することが可能^[1]。 原発向けの Talon は、化学・生物・放射性物質・核・爆発物に対応できる CBRNE/Hazmat モジュールを追加し、放射線センサ、化学センサや、遠隔で温度測定が可能なプローブなどを付けた。これらと GPS 機能によって、放射能の汚染をマッピングすることが可能^[2]。 				
表 Talon(Standard)諸元 ^[1]				
外観 ^[3]	総重量 (本体重量)	52kg	自走時速	8.37km/h
	バッテリー	鉛電池 (本体)	稼働時間	3 時間
	通信系	多数の無線オプションが可能 無線範囲は見通しで 800m 超		
	モデル	Standard TALON(2DOF) TALON with Heavy Lift Arm(3DOF) CBRNE/HAZMAT TALON		
2. ミッション ^[4]				
① 3号機原子炉建屋大物搬入口付近の瓦礫除去 (2011年5月10日~6月中旬)				
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション				
<ul style="list-style-type: none"> ミッション①では、3号機原子炉建屋大物搬入口付近のガレキ撤去作業において線量調査を行った実績がある^[2]。また、その際 Talon は 3号機周辺で装備しているカメラを用いて監視を行った。 				
参考資料				
[1] QinetiQ 社 Web サイト http://www.qinetiq-na.com/products/unmanned-systems/talon/				
[2] 井上 猛雄, 『災害とロボット—大震災から見えてきたロボットのあり方』, オーム社, 2012年, P63-64				
[3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」 http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm				
[4] 東京電力 福島第一原子力発電所 3号機原子炉建屋大物搬入口のガラ撤去について http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_110510_03-j.pdf				

通番	004			
機器名	Bobcat T300 (T750)			
開発元	米国 Bobcat Company 社			
1. 機器概要／諸元				
<ul style="list-style-type: none"> スキッドステアローダーの機能、性能をそのままに、足回りをゴムクローラー化し、通常のスキッドステアローダーでは入り込めない軟弱な地盤での作業でも高い安定性と走破性を実現したトラックローダー^[1]。 放射線計測や高線量の瓦礫の撤去・処理にあたるように、遠隔装置付の特殊仕様である。今回採用された無線装置は、カメラ映像を見ながら遠隔操作できる QinetiQ North America の軍事向け無線キット「Applique Robotic Kit」である^[2]。 ARK は、赤外線カメラ×7 台のほか、無線装置×3 台、放射線量計測器、専用コンピュータなどから構成されるキットで、Xbox のコントローラを使って、約 3km 離れた地点からでも遠隔操縦できる^[2]（理想的な条件下でのスペック値）。 				
Bobcat T300 (T750) 諸元 ^[1]				
外観 ^[3]	常用荷重	1,508kg	最大走行時速	10.6km/h
	空車重量	4,684kg	バケット容量	0.44 m ³
	エンジン型式	V3800T	総排気量	3,769cc
	付属品	幅広い用途に対応した豊富なアタッチメント「ボブタッチシステム」でワンタッチ交換が可能。		
2. ミッション ^[3]				
① 3号機原子炉建屋大物搬入口付近の瓦礫除去（2011年5月10日~6月中旬）				
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション				
<ul style="list-style-type: none"> ミッション①では、3号機原子炉建屋大物搬入口前の瓦礫撤去作業を実施^[4]。 				
参考資料				
[1] 株式会社ボブキャット Web サイト http://www.bobcat.co.jp/				
[2] 井上 猛雄, 『災害とロボット—大震災から見てきたロボットのあり方』, オーム社, 2012年, P87-90				
[3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」 http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm				
[4] 東京電力 福島第一原子力発電所の状況 http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_110514_01-j.pdf				

通番	005			
機器名	Brokk90			
開発元	スウェーデン Brokk 社			
1. 機器概要／諸元				
<ul style="list-style-type: none"> 遠隔操作が可能な電気・油圧式解体ロボット。小型、軽量でトラックでの輸送が容易^[1]。 海外では原子力関連施設での豊富な解体実績がある。耐放射線性については「保障値はないものの、経験的に 300Sv 程度の集積線量まで耐えられる」（国内総販売代理店 ビージーイー）^[2]。 				
Brokk90 諸元 ^[1]				
外観 ^[3]	本体重量	1,015kg	最大走行時速	2.6km/h
	モーター出力	11kW	制御方法	コントロールボックス
	通信	ケーブル方式、無線方式（約 400m）		
	付属	油圧ハンマー、各種バケツ、把持ツール、コンクリートクラッシャーなど 140kg まで各種アタッチメントを装着可能		
2. ミッション ^[3]				
① 3号機原子炉建屋大物搬入口付近の瓦礫除去（2011年5月10日～6月中旬）				
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション				
<ul style="list-style-type: none"> ミッション①では、5月10日から3号機原子炉建屋大物搬入口前の瓦礫撤去作業を実施^[4]。Brokk90は、原発内で主に瓦礫撤去のほか、建屋の内部観察・線量調査に活用された^[2]。 				
参考資料				
[1] Brokk 社 Web サイト http://www.brokk.com/90/#techspecs				
[2] 井上 猛雄, 『災害とロボット—大震災から見えてきたロボットのあり方』, オーム社, 2012年, P83-86				
[3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」 http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm				
[4] 東京電力 福島第一原子力発電所の状況 http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_110514_01-j.pdf				

通番	006			
機器名	Brokk330			
開発元	スウェーデン Brokk 社			
1. 機器概要／諸元				
<ul style="list-style-type: none"> 遠隔操作が可能な電気・油圧式解体ロボット。重量級の解体作業に活用可能^[1]。 Brokk330 は Brokk400 のディーゼルエンジンモデルである。 600kg までの油圧ブレイカー、コンクリートクラッシャー、ドリル装置、各種バケツなどのツールを装着できる。 海外では原子力関連施設での豊富な解体実績がある。耐放射線性については「保障値はないものの、経験的に 300Sv 程度の集積線量まで耐えられる」（ピージーイー）^[2]。 				
Brokk330 諸元 ^[1]				
外観 ^[3]	本体重量	4,800kg	最大走行時速	2.5km/h
	モーター出力	11kW	制御方法	コントロールボックス
	通信	ケーブル方式、無線方式		
	付属	油圧ハンマー、各種バケツ、把持ツール、コンクリートクラッシャーなど各種アタッチメントを装着可能		
2. ミッション ^[3]				
① 3号機原子炉建屋大物搬入口付近の瓦礫除去（2011年5月10日～6月中旬）				
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション				
<ul style="list-style-type: none"> ミッション①では、5月10日から3号機原子炉建屋大物搬入口前の瓦礫撤去作業を実施^[4]。 				
参考資料 [1] Brokk 社 Web サイト http://www.brokk.com/330d/ [2] 井上 猛雄, 『災害とロボット—大震災から見てきたロボットのあり方』, オーム社, 2012年, P83-86 [3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」 http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm [4] 東京電力 福島第一原子力発電所の状況 http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_110514_01-j.pdf				

通番	007			
機器名	Quince1号機			
開発元	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			
1. 機器概要／諸元				
<ul style="list-style-type: none"> ・ 災害の際に、消防等の隊員に代わって現場に進入して状況調査を行うことを目的に開発されたレスキューロボット。福島仕様として改造した上で、現場に投入された。 ・ 複数台の Quince からの情報の統合と記録が可能で、有線の Quince1号機（ケーブル車）と無線 LAN 通信（2.4GHz）の Quince6号機（先行車）を組み合わせて使用する想定システム構成となっている^[1]。実際に、現場では有線の Quince 1台を使用。 ・ ロボットの操縦は、ゲームパッドを利用して操作^[1]。 ・ 駆動系は本体部の全面クローラと、その前後に付いた 2組のサブクローラで構成される。メインクローラの駆動ユニットは密閉構造で、防水・防塵対策が施され、浅い水たまりや散水なら問題ない^[2]。 ・ 原発対応版 Quince は東京電力の要請を受けて開発を行い、水位計、線量計、各種カメラ等を装備^[1]。重量は Quince ベーシックモデルの約 2倍（約 47kg）となった^[2]。 				
Quince（ベーシックモデル）諸元 ^[1]				
外観 ^[3]	重量	26.4kg	最高速度	1.6m/秒
	最大積載量	90kg	防塵・防水	IP67 準拠
	オプション	パンチルトズームカメラ、6 DOF マニピュレータ、赤外線サーモグラフィ、CO2 センサ・3D レーザレンジファインダ		
2. ミッション ^[3]				
<ol style="list-style-type: none"> ① 2号機原子炉建屋で水位計設置作業（2011年6月24日） ② 2号機原子炉建屋内の状況調査（2011年7月8日） ③ 3号機原子炉建屋 Quince による現地調査（2011年7月26日） ④ 2、3号機原子炉建屋 Quince による現地調査（2011年9月23・24日） ⑤ 2号機原子炉建屋 1～5階の雰囲気線量・温度の測定（2011年10月20日） 				
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション				
<ul style="list-style-type: none"> ・ ミッション①では、階段幅を正確に把握しきれなかったことも要因の一つとなり、成功しなかった。 ・ ミッション②では、2号機・原子炉建屋内上層階のダストサンプリングを実施^[4]。 ・ ミッション③では、3号機原子炉建屋内の2階部分の線量測定や配管系の撮影を実施^[5]。 				

- ・ ミッション④では、格納容器内の圧力を大気圧程度に低減するガス管理システムの設置に向けた事前調査として行われ^[2]、線量計測を実施。
- ・ ミッション⑤では、2号機原子炉建屋内の1階から5階の線量測定を実施。通信ケーブルが切断したため、帰還不能となった^[7]。この事は、Quince2の機能に反映された。



図 (ミッション③) 福島第一原子力発電所3号機 原子炉建屋内 Quince の撮影画像^[5]



図 (ミッション⑤) 福島第一原子力発電所2号機 原子炉建屋内 Quince の撮影画像^[6]

参考資料

- [1] 千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター (fuRo) Web サイト
<http://www.furo.org/ja/robot/quince/index.html>
- [2] 井上 猛雄, 『災害とロボット—大震災から見えてきたロボットのあり方』, オーム社, 2012 年, P34-41
- [3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」<http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm>
- [4] fuRo 福島原発対策緊急研究開発 2011 年 7 月 19 日
<http://www.furo.org/ja/robot/quince/110719.html>
- [5] 東京電力 福島第一原子力発電所 3 号機原子炉建屋 Quince による現地調査
<http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201107-j/110727-01j.html>
- [6] 東京電力 福島第一原子力発電所 2 号機原子炉建屋 1~5 階 ロボットによる雰囲気線量・温度の測定結果 <http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201110-j/111021-01j.html>
- [7] fuRo 福島原発対策緊急研究開発 2012 年 1 月 30 日
<http://www.furo.org/ja/robot/quince/120130.html>

通番	008			
機器名	Quince2 号機・3 号機			
開発元	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			
1. 機器概要／諸元				
<ul style="list-style-type: none"> Quince1 号機のケーブルの断線トラブル等の課題を受け、その対策が反映された。 機能面でシステムの信頼性を向上し、ケーブル断線時には救援ロボットによる通信支援を受けて同時帰還できるよう対応^[2]。 Quince2 号機・3 号機は、共通装備として、線量計、温度計、湿度計、前後高機能カメラ、全自動通信ケーブル巻き取り装置、無線機を装備し、2 号機にはダストサンプラー、3 号機には 3 次元スキャナが搭載された^[2]。 				
Quince (ベーシックモデル) 諸元 ^[1]				
外観 ^[3]	重量	26.4kg	最高速度	1.6m/秒
	最大積載量	90kg	防塵・防水	あり (IP67)
	オプション	パンチルトズームカメラ、6 DOF マニピュレータ、赤外線サーモグラフィ、CO2 センサ・3D レーザレンジファインダ		
2. ミッション ^[3]				
<p>① 福島第一原子力発電所 2 号機原子炉建屋 5 階オペレーティングフロア ロボット (クインス 2) による調査 (2012 年 2 月 27 日)</p> <p>② 福島第一原子力発電所 2 号機 原子炉建屋 1 階 TIP 室調査 (2012 年 3 月 21 日)</p> <p>③ 福島第一原子力発電所 3 号機 原子炉建屋 1 階 TIP 室内環境調査 (2012 年 5 月 23 日)</p> <p>④ 福島第一原子力発電所 2 号機 原子炉建屋内調査 (3 階～5 階) (2012 年 6 月 13 日)</p> <p>⑤ 福島第一原子力発電所 1 号機原子炉建屋 1 階 TIP 室内及び南エリアにおける環境調査 (2012 年 7 月 4 日)</p> <p>⑥ 福島第一原子力発電所 3 号機 PCV ガス管理システムダクトの状況確認 (2012 年 11 月 27 日)</p>				
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション				
<ul style="list-style-type: none"> ミッション①では、5 階フロアの線量測定やダストサンプリングを実施^[4]。 ミッション②では、2 号機原子炉建屋 1 階の TIP 室調査を実施。TIP 系統機器に目立った損傷が見られない事を確認^[5]。 ミッション③では、3 号機原子炉建屋 1 階の TIP 室内環境調査を行ったが、吹き飛んだ TIP 室扉が障害となり、奥へ侵入できなかつたため、人が目視で確認を行った^[6]。 				

- ・ ミッション④では、2号機原子炉建屋3階～5階の線量測定を実施^[7]。
- ・ ミッション⑤では、1号機原子炉建屋1階の線量測定やTIP室内の調査を実施^[8]。
- ・ ミッション⑥では、FRIGO-MAが不具合により使用できなかったため、PackBot1台とQuince2 1台により実施。高線量エリアである3号機原子炉建屋内のPCVガス管理システムダクトの状況確認を行い、特に異常がない事を確認した^[9]。



図 (ミッション①) 福島第一原子力発電所2号機 原子炉建屋5階の画像^[4]

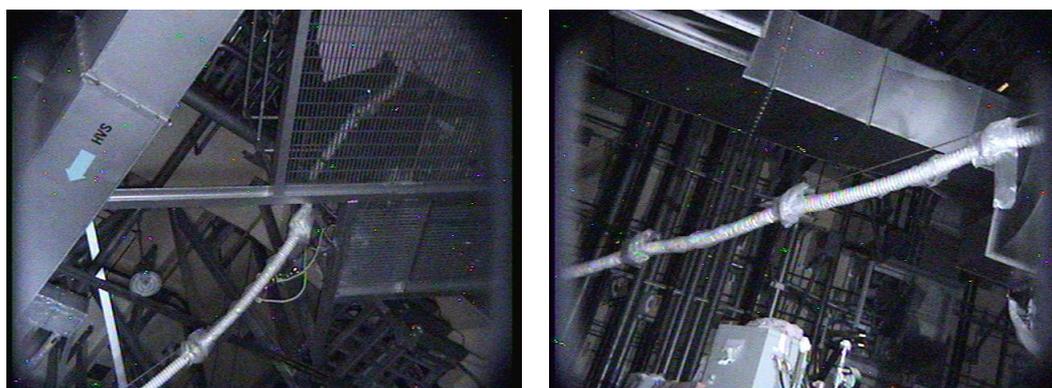


図 (ミッション⑤) 3号機PCVガス管理システムダクトの状況確認画像^[8]

参考資料

- [1] 千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター (fuRo) Web サイト
<http://www.furo.org/ja/robot/quince/index.html>
- [2] fuRo 福島原発対策緊急研究開発 2012年1月30日
<http://www.furo.org/ja/robot/quince/120130.html>

- [3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」<http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm>
- [4] 東京電力 【参考資料】福島第一原子力発電所2号機原子炉建屋5階オペレーティングフロアロボット（クインス2）による調査結果
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120228_04-j.pdf
- [5] 東京電力 【参考配布】福島第一原子力発電所2号機 原子炉建屋1階 T I P室調査結果
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120322_03-j.pdf
- [6] 東京電力 【参考配布】福島第一原子力発電所3号機 原子炉建屋1階 T I P室内環境調査結果
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120524_08-j.pdf
- [7] 東京電力 【参考配布】福島第一原子力発電所2号機原子炉建屋内調査結果（3階～5階）
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120614_02-j.pdf
- [8] 東京電力 【参考配布】福島第一原子力発電所1号機原子炉建屋1階T I P室内及び南エリアにおける環境調査の結果について
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120705_03-j.pdf
- [9] 東京電力 【参考配布】福島第一原子力発電所3号機原子炉格納容器（P C V）ガス管理システムダクトの状況確認結果について
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_121128_01-j.pdf

通番	009			
機器名	710 Warrior			
開発元	米国 iRobot 社			
1. 機器概要／諸元				
<ul style="list-style-type: none"> 710 Warrior は、起伏の多い地形上を移動する強力かつ堅牢な軍事用の多目的用遠隔ロボット。510 PackBot と比べ、大型のロボットである。 目的に応じてさまざまなアクセサリを搭載し、各種ミッションを遂行できるロボット。ハイパワーで用途も広く、瓦礫処理や清掃作業なども可能。 2リンク・アームは、伸縮時は 136.1kg、伸長時は 31.6kg の重量物を持ち上げることが可能^[1]。 				
710 Warrior 諸元 ^[1]				
外観 ^[3]	総重量 (本体重量)	165.6kg	自走時速	12.9km/h
	バッテリー	リチウムイオン電池	稼働時間	4-10 時間
	ペイロード	68kg	通信範囲	800m
	通信系	2.4GHz、4.9GHz デジタル無線、 双方向オーディオ		
	その他	防塵・防水 IP67 準拠 米軍の MIL-STD-461、MIL-STD-464 適合		
2. ミッション ^[3]				
① 福島第一原子力発電所 3 号機原子炉建屋ロボットによる清掃作業 (2011 年 7 月 1 日)				
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション				
<ul style="list-style-type: none"> ミッションによっては、Warrior は単体で運用されるのではなく、PackBot 2 台とチーム編成で使われた^[2]。 ミッション①では、2011 年 7 月 1 日に Warrior によって約 100 m²の清掃作業を敢行。Warrior のアーム先端部に集塵ノズルを固定し、真空掃除機と接続した約 40m のホースを引き回しながら作業を行った^[2]。 				



図 (ミッション①) 福島第一原子力発電所 3号機 1階清掃システムの画像^[4]

参考資料

- [1] iRobot 社 Web サイト <http://www.irobot.com/en/us/robots/defense/warrior.aspx>
- [2] 井上 猛雄, 『災害とロボット—大震災から見えてきたロボットのあり方』, オーム社, 2012 年, P74-78
- [3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」<http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm>
- [4] 東京電力 福島第一原子力発電所 3号機 1階清掃システム
<http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201106-j/110630-03j.html>

通番	010			
機器名	サーベイランナー			
開発元	トピー工業株式会社			
1. 機器概要／諸元 ^{[1][2]}				
<ul style="list-style-type: none"> トピー工業の既存クローラ走行システムを再構築し、階段昇降が可能な移動モジュールを大幅に小型化。 原子炉建屋内部の階段は急勾配で狭く、かつ濡れて滑りやすいことが想定されるが、角度 45°、幅 70cm の濡れた階段でも確実に昇降可能。 建屋内では、無線通信による遠隔操作が困難であるため、独自に開発した自動巻取・繰出機構付き有線通信装置（光ファイバーケーブル 400m）を搭載し、建屋内での遠距離運用を可能とした。 原子炉建屋内で活動する他の作業ロボットの無線通信トラブルに対応するための中継機を搭載。 リアルタイムでの放射線量計測や映像の録画、データベース作成等の記録機能を充実。 				
サーベイランナー諸元 ^[1]				
外観 ^[3]	総重量	45kg	最大走行時 速	約 2km/h
	稼働時間	5 時間 (バッテリー)	最大昇降角	45 度
	通信系	有線 400m 光ファイバー		
	その他機能	転倒防止機能、防塵・防水保護 線量計、広角カメラ 4 台、 線通信装置（自動巻取・繰出機構付） 高性能カメラ 1 台（パン・チルト・光学ズーム）		
2. ミッション ^[3]				
① ロボットによる福島第一原子力発電所 2 号機 トーラス室調査（2012 年 4 月 18 日）				
② 福島第一原子力発電所 3 号機原子炉建屋地下階トーラス室内調査（2012 年 7 月 11 日）				
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション				
<ul style="list-style-type: none"> ミッション①では、トーラス室内の雰囲気線量の測定、画像の撮影を実施^[4]。 ミッション②では、トーラス室の現状調査を実施。サーベイランナーの有線通信が遮断したため途中で調査を中止したが、目視確認及び線量率測定についてはほぼ計画通り実施。トーラス室内の音響採取については、サーベイランナーがトーラス室内にあるため音響装置は回収できていない^[5]。 				

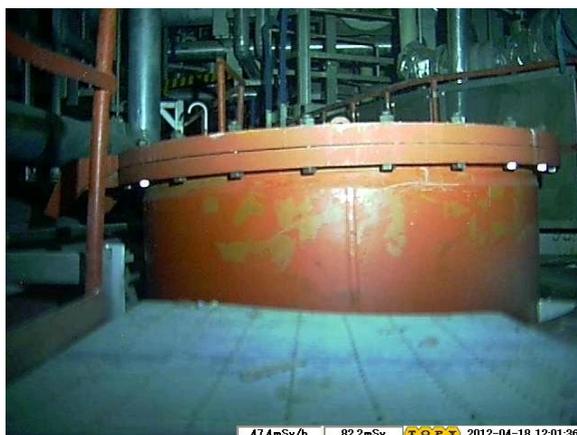


図 (ミッション①) 福島第一原子力発電所 2号機 トーラス室調査の画像^[4]



図 (ミッション②) 福島第一原子力発電所 2号機 トーラス室調査の画像^[5]

参考資料

[1] トピー工業株式会社 Web サイト

<http://www.topy.co.jp/release/archives/2012/03/06/entry502.html>

[2] 東京電力 【参考資料】

http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120417_09-j.pdf

[3] 東京電力「ロボットによる調査・作業」 <http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm>

[4] 東京電力 ロボットによる福島第一原子力発電所 2号機 トーラス室調査状況写真

<http://photo.tepco.co.jp/date/2012/201204-j/120418-02j.html>

[5] 東京電力 福島第一原子力発電所 3号機原子炉建屋地下階トーラス室内調査の結果について

http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_120712_03-j.pdf

通番	011	
機器名	FRIGO-MA	
開発元	三菱電機特機システム株式会社	
1. 機器概要／諸元		
<ul style="list-style-type: none"> 上方向を確認可能なパンチルト機能を有したカメラや録画機能等、原子炉建屋内のダクトの調査に適した機能を有していた。 		
FRIGO-MA 諸元 ^[2]		
外観 ^[2]	自重	約 38kg
	サイズ	全長 650mm、全幅 490mm、全高 750mm
	通信系	有線ケーブル ケーブル断線時は無線による救援機能あり
	機能	階段昇降、録画・録音、線量率測定、 温度・湿度測定
2. ミッション ^[3]		
① 福島第一原子力発電所 3 号機原子炉格納容器 (PCV) ガス管理システムダクトの状況確認		
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション		
<ul style="list-style-type: none"> ミッション①では、FRIGO-MA のカメラ視界の明るさ補助のため PackBot を投入し、FRIGO-MA は有線操作、PackBot は FRIGO-MA を中継機にした無線操作とし、ケーブル断線による通信トラブル時の救援機として Quince2 を待機する予定であったが、FRIGO-MA が有線ケーブルの巻き取り機構の不具合により使用できず、PackBot 1 台、Quince2 1 台で実施された^[3]。 		
参考資料		
[1] 東京電力「ロボットによる調査・作業」 http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm		
[2] 東京電力 福島第一原子力発電所 3 号機 PCV ガス管理システムダクトの状況確認について http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_121126_04-j.pdf		

通番	012			
機器名	4足歩行ロボット			
開発元	株式会社東芝			
1. 機器概要／諸元 ^[1]				
<ul style="list-style-type: none"> カメラや線量計を搭載し、遠隔操作で原子力建屋内の状況把握が可能な作業ロボット。 東芝が独自開発した不整地や段差での歩行を制御するアルゴリズムと多関節構造により、4足で障害物を避けながら歩行し、階段の登り降りが可能なため、従来の車輪やクローラタイプのロボットでは困難だった場所での作業が可能。 狭隘路の先や構造物の陰にある設備・機器・配管の状態を撮影する小型走行車は、4足ロボットに有線で接続する。 				
4足歩行ロボット諸元 ^[1]				
外観 ^[3]	総重量	65kg	歩行時速	1km/h
	稼働時間	2時間 (バッテリー)	通信系	無線
	外形寸法	624mm(L) × 587mm(W) × 1066mm(H)		
2. ミッション ^[3]				
<p>① 福島第一原子力発電所2号機ベント管下部周辺調査（モックアップ試験） （2012年12月10日）</p> <p>② 福島第一原子力発電所2号機ベント管下部周辺調査（2012年12月11日）</p>				
3. ミッション結果およびその結果を受けたアクション				
<ul style="list-style-type: none"> ミッション①では、モックアップ試験を実施。 ミッション②では、格納容器と圧力抑制室をつなぐ計8本のベント管のうち1本を調査し、トラブルなく終了した⁵。 翌12日の調査では、ロボットがトラス室へ入域後、キャットウォーク上へアクセスする際に体勢を崩し動作不可となり、調査を中断。ロボットの足先が階段のグレーチングの隙間ひっかかり、足が拘束され、歪みが生じたことにより体制を崩した事が原因である。グレーチング上に鉄板を設置し、隙間のない状態にする事、拘束によってロボットの足に歪み加わらないようソフトを改善するという対策を行う⁵。 12月18日には、小型走行車をトラス表面上に配置するために、4足歩行ロボット 				

のアームを動作させた際に不具合が発生。アーム旋回原点検出用の金属板（センサードグ）に何らかの原因で外力が加わり反ってしまったため、金属板とセンサー間の隙間が広がり、センサーが感知できず、本来止まるべき位置でアームが停止しなかった事が原因である。旋回原点検出センサーの撤去、アームの初期位置を旋回原点として認識させる対策を行う⁴⁾。

- ・ 12月21日には、4足歩行ロボットと小型走行車をつなぐケーブルの巻き取り装置の操作を遠隔で制御できなくなり、調査を中断。ケーブルがサプレッションチェンバ（S/C）上の障害物と接触し、小型走行車の駆動力でケーブルを引き出せなくなった事に起因する。アーム先端にケーブル送り機構の追加、ケーブル巻き状態の監視用カメラを追加する対策を行う⁴⁾。

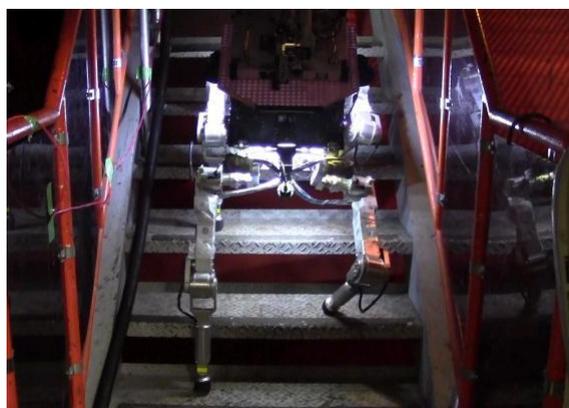


図 （ミッション①）福島第一原子力発電所2号機ベント管下部周辺調査（モックアップ試験）の画像⁴⁾

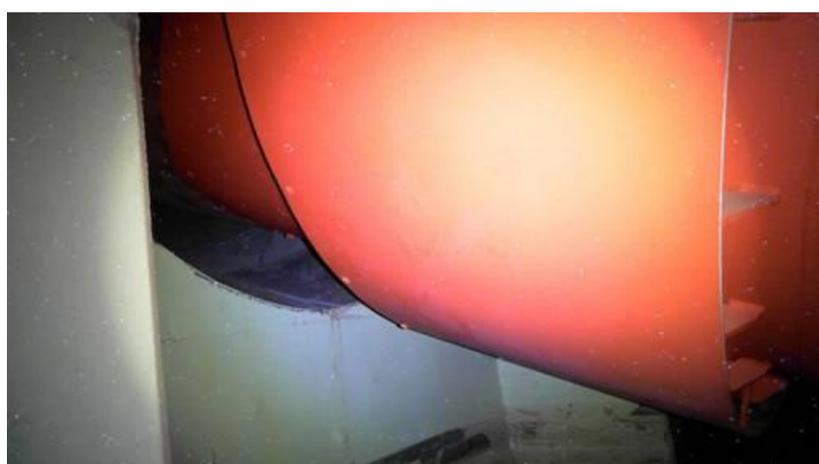


図 （ミッション②）福島第一原子力発電所2号機ベント管下部周辺調査の画像⁵⁾⁴⁾

参考資料

- [1] 株式会社東芝 Web サイト http://www.toshiba.co.jp/about/press/2012_11/pr_j2101.htm
- [2] 東京電力「ロボットによる調査・作業」 <http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.htm>
- [3] 東京電力 福島第一原子力発電所 2号機ベント管下部周辺調査（モックアップ試験）
<http://photo.tepco.co.jp/date/2012/201212-j/121211-01j.html>
- [4] 東京電力 福島第一原子力発電所 2号機ベント管下部周辺調査結果について
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_121211_02-j.pdf
- [5] 遠隔技術タスクフォース（TF） 4足歩行ロボット技術ワーキング（WG）での技術検討状況について 平成 25 年 2 月 25 日