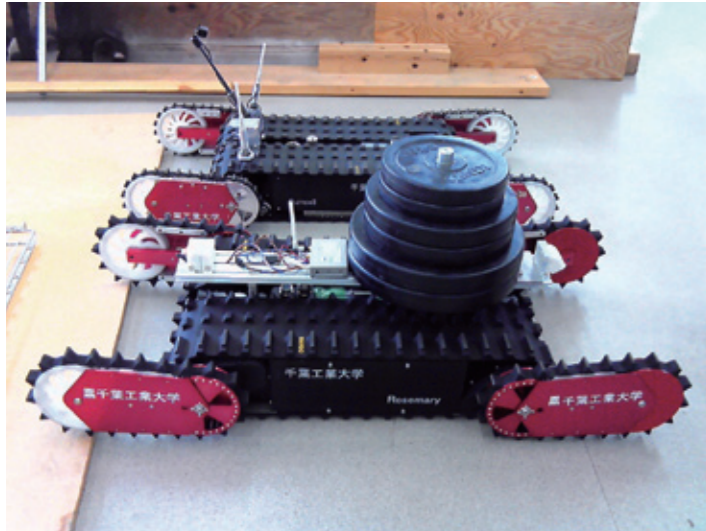


原発対応ロボット「Quince/Rosemary」

千葉工業大学



原発対応ロボットで大きく社会貢献



受賞担当者のコメント

原発対応版Quince 1～3号機は福島第一原子力発電所の事故に対応して千葉工業大学が開発したものです。その高い走行性能により、事故現場の状況の観察、線量分布の測定など、重要なデータの収集に貢献しました。とくに冷温停止実現のためのバルブ操作作業を行うための建屋内部の撮影・線量分布計測は重要な貢献でした。今も様々な観測や計測に使われています。現場の作業員と密なやり取りを行いながら様々な工夫や改良を施すとともに、学内にモックアップを構築して操縦訓練・運用試験を行うなどユーザの視点に立った開発を行ったことで使いやすいロボットが実現され、この成果につながったものと考えています。

千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター
副所長 小柳 栄次氏
首席研究員 吉田 智章氏
研究員 西村 健志氏

■原発対応版Quince 1号機の開発

2011年3月11日、東北地方を前例の無い巨大地震と津波が襲いました。福島県にある東京電力福島第一原子力発電所も大きな損傷を受けました。一刻を争う事態の一方、強い放射線にさらされて内部の探査も困難を極める状況で、ロボットの投入が計画されました。レスキューロボットで実績のあった千葉工業大学も打診を受け、急遽、期待されるミッションを発電所建屋内の階段や通路等の条件のもとで実現できるロボットの開発に取り掛かりました。



ロボット開発、訓練・運用試験の様子

今回用いられたロボットは、既存のQuinceをベースにしたものですが、東京電力から要請されたさまざまな観測のために必要となる多数の機器を積んだ状態でも、狭い通路の通過、急斜度の階段の昇降ができるように走行性能が強化されました。通信も確実な有線で行うことにしました。搭載された観測機器は、水位計、カメラ(前方用、後方用、俯瞰用など多数)、線量計、温度計、湿度計、および通信・水位計ケーブルの巻取り器などです。これらを新たに搭載したため総重量の増加に加え、斜面走行でバランスを崩しやすい恐れがあることから、サブクローラ先端に着けたカウンターウェイトを利用した動的バランス機能も開発しました。また、階段昇降において特に有効な手段として、クローラベルトのピッチ・高さを、同発電所内の階段に合わせて最適化することで、踏み面の状態が良い場合には最大60度、踏み面エッジ部が丸みを帯びていたり、濡れている場合でも45度までの上り下りを実現できました。



さまざまなセンサを搭載した1号機

■活動開始

完成した1号機は6月20日に千葉工大を出発して福島に向かい、作業が始まりました。最初に予定していた地下の汚水サンプリングこそできませんでしたが、2号建屋2、3階のダストサンプリング、3号建屋2階スプレー冷却系の保全状態調査、2、3号建屋1階詳細な線量測定と写真撮影など行いました。この成果は冷温停止のための作業計画に必要な重要なデータであり、大きな貢献となりました。



2011年10月20日に行われた2号建屋、1～5階の探索

そして、10月20日には、2号建屋1～5階の線量分布測定や5階燃料プールの撮影に成功しました。唯一このQuinceだけが強力な走行性能により、上階に上がって行けたからです。なお、この探索の帰路、3階でケーブルの破断事故がおき、1号機は帰れなくなってしまいました。

■操作インターフェースの工夫

原子力発電所の作業員はこれまでにロボットの操縦経験もなく、さらに放射性物質から身を守るための全身防護服を着け、とくに手袋を三重にしているなど動作的な面での拘束も考慮した操作インターフェースとする必要がありました。ロボットの姿勢をグラフィクスで表示し、ロボットの傾き状態、サブクローラの開閉状態を直感的に把握できるようにしたり、狭い通路での方向変換が困難なことから進行方向逆転モードを備え、合わせて前方モニタカメラ画像が操縦画面の中で自動的に中央に入れ替わるようにしました。これにより、移動ロボットの操縦に不慣れた作業員でもスムーズな操縦ができるようになりました。手先が自由に動かせない点については、各種ボタンの大きさなど詳細なチューニングを行いました。

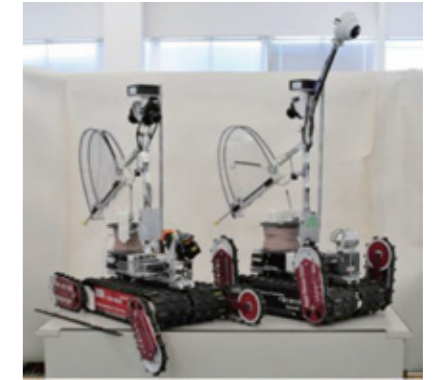
■操縦訓練と運用試験

開発された「原発対応版Quince」を提供するにあたっては、キャンパス内に原発建屋内環境を模擬したモックアップフィールドを構築し、ロボット搭載のカメラのみによる遠隔操縦、外部照明の存在

しない暗闇での操縦、高温多湿を模擬した環境での操縦、原子炉建屋内階段を再現した狭隘空間にて水位計を投下する操縦訓練など、作業員を対象に実ミッションを想定した訓練を行いました。これは受け入れ側として運用上の問題がないか、受け入れ可能かどうかという試験でもありました。このような密なやり取りが今回の成功の鍵だったと考えています。

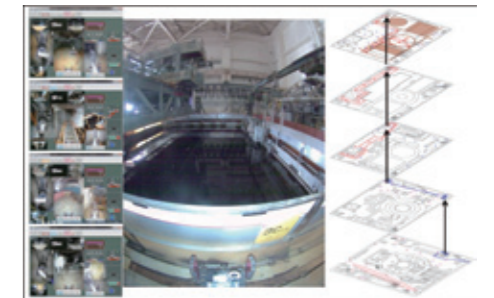
■後継機の開発

1号機の使用経験を元に、次のミッションに向け、さまざまな改良を加えた2,3号機が開発されました。ケーブル巻き取り装置の改良や、有線・無線の併用によりケーブルの破断事故にも対応できるようにしました。この2,3号機は2月20日に千葉工大から福島におくられ、現在に至るまでさまざまな調査に使われています。



さまざまな改良が施されたQuince 2,3号機

6月には再び2号建屋1～5階の探査を行い、燃料プールの鮮明な撮影にも成功しました。



改良された2,3号機による燃料プールの撮影

より強化した後継機としてRosemaryが開発されています。外形的にはQuinceと変わりませんが、走行性能、稼働時間、積載重量を増強、またプラグイン充電方式を取り入れることで電池交換時の二次的被曝を低減できるようにしたもので、さらなる活躍が期待されています。

(一部の画像はTEPCOホームページ掲載のもの)