

機関番号：11301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21760181

研究課題名（和文）人間とロボットの自律性の共有と競合を調整する柔軟な遠隔操縦システム

研究課題名（英文）Remote control system for sharing autonomy of operator and robot

研究代表者

大野 和則（OHNO KAZUNORI）

東北大学・未来科学技術共同研究センター・客員准教授

研究者番号：70379486

研究成果の概要（和文）：本研究では、操縦者の操作入力に基づきクローラロボットの未来の走行軌跡を予測し提示する操縦インタフェースの開発と、操縦者が進行方向を指示するだけで段差や階段を乗り越える動作をロボットが自動生成する自律性を開発した。操縦者は、ロボットの予測軌跡に基づき、走行後のロボットの安全性を確かめながら操縦出来るようになった。

研究成果の概要（英文）：We aim at development of a remote control system for sharing autonomy of an operator and a robot. In this study, we developed a control interface that displays the tracked vehicle trajectory estimated on the basis of the operator's control inputs. We also developed a semi-autonomous control system for the tracked vehicle. Using the display and the control system, the tracked vehicle can be safely controlled.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：人間機械システム

1. 研究開始当初の背景

遠隔地にいる人間とロボットが協調して作業を行う、レスキューロボット、建設ロボット、工場の点検ロボットに対する需要が高まっている。申請者は、レスキューロボットの遠隔操縦システムに関して研究開発を行っている。遠隔地にいる人間が、安全かつ効率的にロボットを操縦し探査を行うためには、人間の簡単な指示でロボットが移動しつつ、ロボット自身の安全を確保する自律性が必要となる。また、ロボットの自律性が向上

すると人間の意志との競合が起こり、競合を調整する機能が必要となる。

2. 研究の目的

本申請では、ロボットを智能化することで操縦者にかかる負担を軽減しつつ、人間とロボットの自律性の競合を調整する柔軟な遠隔操縦システムに関して研究開発を行う。具体的な開発項目として、ロボットの自律性と、人とロボットの接点である遠隔操縦のインタフェースに注目し「人間とロボットの自

律性の競合を調整する機能を有する操縦インターフェースを構築」する。

3. 研究の方法

著者らは、サブクローラを有するクローラロボット（図1）を用いた遠隔操縦型の探査システムを開発している（発表論文①）。

本申請では、(1)段差や障害物を踏破しながら人間の指示した方向に移動するロボットの自律性、(2)ロボットの走行予測を提示するインターフェースや、力覚インターフェースを用いた人間とロボットの自律性の競合を調整する機能を開発する。(1)(2)の処理の出力を、ロボットの速度 v 、角速度 w 、フリッパーの角度 θ の段階で融合する（図2）。



図1 レスキュークローラロボット

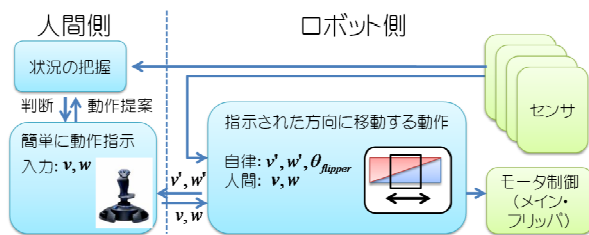


図2 人間とロボットの自律性を共有した操縦システムの概要

(1) 段差や障害物を踏破しながら人間の指示した方向に移動するロボットの自律性は、クローラと地面の接触にもとづく方法を開発する。

接触にもとづく手法を開発する理由は、煙やほこりなどが充満した環境では、レーザ距離計を用いて地形を計測することができないからである。その様な環境でも、提案する手法は煙やほこりの影響を受けることなく、地面とクローラの接触を検出することができ、段差を踏破する動作を生成できる可能性がある。

前後のサブクローラの接触状態と、図3に示すロボットモデルから踏破動作を設計する。動作を設計する際は、図の中の地形の高さが未知として扱う。

(2) ロボットの走行予測を提示するインターフェースや、力覚インターフェースを用いた人間とロボットの自律性の競合を調整する機能を開発する。操縦者のジョイパッドの入力、ロボットの3次元モデル、ロボット周囲の3次元地形から、ロボットの未来の走行軌跡を推定し、衝突や転倒の危険性を検出する。また、それを回避する動作をロボット側から提案する。

人間のジョイパッドによる入力は速度と角速度の v, w であり、ロボット側の提案する安全な経路も速度と角速度で提案することにより、それぞれの自律性を調整可能になる。

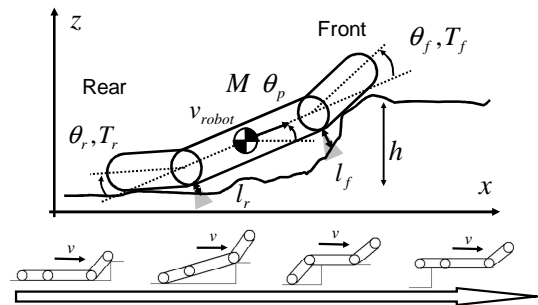


図3 ロボットの力学モデルと踏破動作

4. 研究成果

(1) 段差や階段を踏破する半自律操縦支援システムの開発を行った。申請者が開発しているクローラロボットは、瓦礫を乗り越えるために、サブクローラで20kg以上の本体を持ち上げることができる。減速比の大きいギアを利用している。サブクローラと地面の接触を検出する場合、大きな減速比が原因で、弱い外力を検出することが困難である。著者らは、ギアの摩擦を考慮した接触力判定方法の開発を行った（発表論文②）。また、力学モデルを用いて段差を踏破する動作を作成した。開発した手法をKenafに搭載し、動作検証を行った。また、開発した手法を、新型ロボットQuinceに移植し、実際の環境で実証試験を行い有効性を確認した（図4）（発表論文⑤⑥）。



図4 米国 DisasterCity での実証試験

(2) 操作者操作入力に基づくロボットの走行予測と提示手法を開発した。ジョイパッドから入力されたロボットの走行速度と角速度、ロボットの3次元モデル、ロボットの走行する3次元地形から、ロボットがこれから走行する軌跡を予測した。予測に必要な3次元地図をロボットに搭載したレーザ距離計を用いて実時間で構築するソフトの開発も行った。さらにロボットの全周囲の隠れの少ない3次元計測方法の開発も行った(発表論文④)。

また、予測した軌跡から、ロボットの衝突、転落、転倒の危険性の判定を行い、回避可能な走行速度と角速度をロボット側から提示する方法を開発した。力覚を用いた操縦インタフェースの実装を行った。

兵庫県三木市の訓練施設で実証実験を行い、予測機能の有効性を確認した(図5)(発表論文③)。しかし、力覚インタフェースに関しては、実証試験は行うことができなかった。理由は時間的な問題であり、引き続き実装と検証を行うことを予定している。

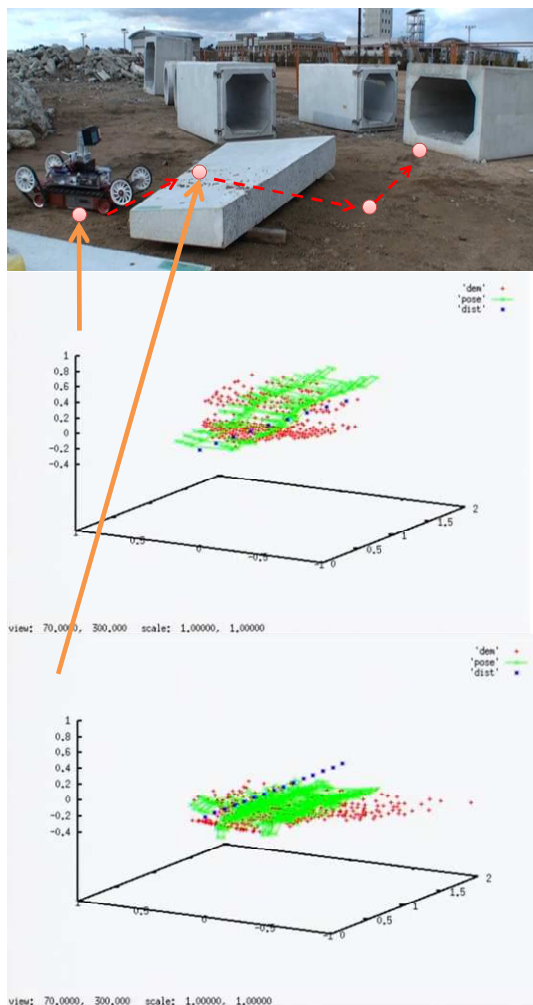


図5 三木市の訓練所の瓦礫を用いた走行軌

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 大野和則, 城間直司, レスキューロボットの遠隔操縦支援技術, 日本ロボット学会誌, 査読有, 28 巻, 2010, pp.169-172.
- ② 大野和則, 永谷圭司, 秋山英久, レスキューロボットの地図構築, 日本ロボット学会誌, 査読有, 28 巻, 2010, pp.160-163.

[学会発表] (計 11 件)

- ① 大野 和則, 閉鎖空間探査ロボット **Quince** の遠隔操縦型地図構築システム, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2F2-4, 2010 年 12 月 24 日, 仙台.
- ② 宮原 直紀, 大野 和則, 竹内 栄二郎, 田所 諭, 動力伝達系の摩擦モデルに基づくサブクローラ機構への接触力の推定, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 1H3-4, 2010 年 12 月 24 日, 仙台.
- ③ Ken SAKURADA, Shihoko SUZUKI, Kazunori OHNO, Eijiro TAKEUCHI, Satoshi TADOKORO, Akihiko HATA, Naoki MIYAHARA, Kazuyuki HIGASHI, "Real-Time Prediction of Fall and Collision of Tracked Vehicle for Remote-Control Support," Proc. of 2010 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, A2-2, 2010, 21 Dec., Sendai.
- ④ Akihiko HATA, Kazunori OHNO, Eijiro TAKEUCHI, Satoshi TADOKORO, Ken SAKURADA, Naoki MIYAHARA, Kazuyuki HIGASHI, "Development of a Laser Scan Method to Decrease Hidden Areas Caused by Objects Like Pole at Whole 3-D Shape Measurement," Proc. of 2010 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, D3-1, 2010, 21 Dec., Sendai.
- ⑤ Eric Rohmer, Kazunori Ohno, Tomoaki Yoshida, Keiji Nagatani, Eiji Konayagi, Satoshi Tadokoro, "Integration of a Sub-Crawlers' Autonomous Control in Quince Highly Mobile Rescue Robot.," Proc. of 2010 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, A3-4, 2010, 21 Dec., Sendai.
- ⑥ Eric Rohmer, Tomoaki Yoshida, Kazunori Ohno, Keiji Nagatani, Satoshi Tadokoro,

Eiji Koyanagi, "Quince: A Collaborative Mobile Robotic Platform for Rescue Robots Research and Development," Proc. of International Conference on Advanced Mechatronics, pp. 225-230, 2010, 4 Oct., Osaka.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://www.rm.is.tohoku.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大野 和則 (OHNO KAZUNORI)

東北大学・未来科学技術共同研究センター・客員准教授

研究者番号: 7 0 3 7 9 4 8 6

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: