T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	ケーブル牽引を補助するCrank Tether Thruster の開発
Title(English)	Crank Tether Thruster : A Thruster Mechanism for Teleoparated Robots
著者(和文)	古村博隆, 広瀬茂男, 山田浩也, 遠藤玄, 鈴森康一
Authors(English)	Hirotaka Komura, Shigeo Hirose, Hiroya Yamada, Gen Endo, Koichi Suzumori
出典(和文)	ロボティクス・メカトロニクス講演会2016講演概要集, Vol. , No. , 2A2-08a2
Citation(English)	Proceedings of the 2016 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Vol. , No. , 2A2-08a2
発行日 / Pub. date	2016, 6

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

ケーブル牽引を補助する Crank Tether Thruster の開発

Crank Tether Thruster : A Thruster Mechanism for Teleoparated Robots

○正　古村博隆 (東工大)　　正　広瀬茂男（(株) ハイボット）
正　山田浩也（(株) ハイボット）　正　遠藤玄（東工大）
正　鈴森康一（東工大）

Hirotaka KOMURA, Tokyo Institute of Technology, diag_komura.h.aa@m.titech.ac.jp
Shigeo HIROSE, HiBot Corp.
Hiroya YAMADA, HiBot Corp.
Gen ENDO, Tokyo Institute of Technology
Koichi SUZUMORI, Tokyo Institute of Technology

The movable range of tethered teleoperated robot which has no cable reels is quite limitted since the cable generate large friction force with ground and obstacles. In this research, we will propose a novel system which consists of many thruster module, and supports teleoperated robot pulling its cable. As a prototype of this system, we developed "Crank Tether Thruster"(CTT) modules which consist of crank wheel mechanism, tension sensors, and an accelerometer. As a result of comparative experiment pulling cable with / without CCT modules, it is confirmed that cable pulling tension became lower in both straight corridor and edge corner.

Key Words: Tether Robot, Crank Wheel, Mobile Robot

1　緒言

福島第一原子力発電所原子炉建屋内を始め，屋内であってもロボットによる探査が望まれる場所は多く存在する．これらに用いられる探査ロボットはクローラ型や歩行型等多くの形式が開発されている [1, 2]．一方で，これらのロボット機構は無線通信のしづらい屋内環境における稼働時間や信頼性，バッテリーを廃する事による軽量化といった観点から，多くの場合は有線による通信あるいは電源供給が行われている．しかし，探査ロボットにケーブルを単に取り付けただけでは探査ロボットはこのケーブルを引きずることになり，床や曲がり角の壁，障害物などとケーブルが強く摩擦することからごく少範囲でしか行動できないという問題が発生する．この問題を解決するためには，ロボットにケーブルリールを搭載し移動距離に応じてケーブルを繰り出すことが一般的であるが，それでは移動距離に応じて積載されるケーブルリールの体積や重量が大きくなり，探査ロボットの移動性能や積載能力を低下させることに繋がる．

これらの問題を解決する手段として，ケーブルにローラなどを取り付けて地形の摩擦力を減らす，あるいはケーブルに推進力を発揮できる車両を取り付ける手法が考えられる [3, 4, 5, 6]．ローラなどの受動機構のみでは，摩擦力が低減できても全く無くなることはないため，機構的に探査ロボットの移動範囲は有限なままである．このことから，本研究ではケーブルに推進能力を持った車両を複数個取り付け，有線ロボットの機構的な移動範囲の制限を取り払うことを目的とする．図 1 は，本研究で試作したクランク車輪型ケーブル牽引補助機構"Crank Tether Thruster"モジュール (以下 CTT モジュール) である．

2　コンセプト

ケーブルに取り付けるという性質上，同じ推進機構をケーブルに沿って多数配置することで，あるモジュールが踏破不能な状態に陥っても前方のモジュールあるいは探査ロボットがケーブルを牽引することで補助するなど，協調的な機能を付加させることが可能である．この場合，探査ロボットの移動距離に応じてモジュール数が増加する．これらを個別に遠隔操縦することは必要な操縦者の人数を膨大なものにしてしまうため，本研究では各々のモジュールが自律する方式とした．

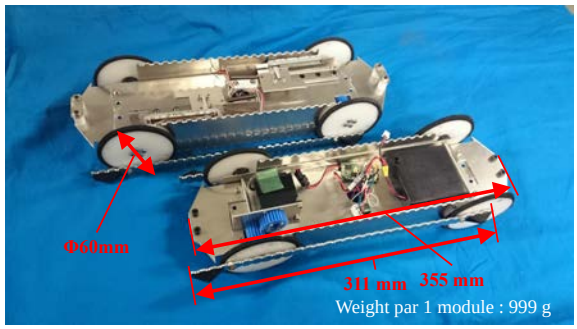

Fig.1 Crank Tether Thruster.

また探査ロボット本体が踏破可能な不整地や隙間などにも対応できればシステム全体として探査ロボット本来の移動能力を損なわない．従って，モジュール単体はできるだけ小さく，かつ高い不整地踏破性能を持つ必要がある．また実環境では防水防塵といった性能が不可欠であるため，こういった対環境性能の付加が容易な機構であることが望ましい．以上のことから，本研究ではクランク車輪機構 [7, 8] を推進機構として採用した．

なお，本試作ではより単純な機構によって目的達成可能であるかを検証するため，各モジュールは前進後退の 1 自由度のみ付加されている．

2.1　クランク車輪機構による前後輪の動力伝達

より単純な機構とするため，CTT では R-Crank[8] と同様の，クランク脚を左右合わせて一組持つ構成とした．またクランク車輪に関する先行研究においては採用されていないが，前後輪の回転を一致させるためにクランク脚によって構成される平行リンク機構を前後輪の動力伝達をおこなうリンクとして利用し，左右の平行リンク機構に 30 °程度の位相差を与えることで平行リンク機構の死点を回避して連続的に回転を伝達する機構とした．

2.2　ケーブル張力制御

自律動作のアルゴリズムとして，各 CTT モジュールに張力センサを取り付け，各モジュールの先頭側のケーブル張力が一定と

なるようフィードバック制御を行う方式を採用した．これにより各 CTT モジュールはある程度のケーブル張力により前方から牽引されるとそれに追従するように前進し，ケーブル張力が低下すると停止する．これにより，各 CTT モジュールに個別に指令値を与えなくても，自動的に先頭の探査ロボットの速度に追従する事が可能である．

2.3 横転状態からの復帰

CTT モジュールは場合によって前方のモジュールや探査ロボット本体に牽引されることで自身の推進機構に起因しない動きが発生する事が考えられる．これらによる横転時においても，クランク脚の厚みが十分であれば，図 2 に示すように復帰することが出来る．なお，この復帰動作はクランク脚及び車輪が回転することで実行されるため，上述の張力制御によってケーブルが引っ張られれば自ずと復帰する．また 180 ° 転倒した場合や，クランク脚による復帰動作によってひっくり返ってしまった場合においては搭載した加速度センサーによって検知し，車輪の回転方向を逆にすることで対応可能である．

3 被牽引実験

移動ロボットに 15m のケーブルを取り付け，図 3 に示す位置に CTT モジュールを 2 つ設置した実験装置を製作した．この実験装置の移動ロボット側におけるケーブルの張力を計測する実験を，CTT モジュールがある場合とない場合，及び直線移動と曲がり角の二通りの地形で実施した．

3.1 直線移動

平地を直線状に走行した場合のケーブル張力の時系列変化を図 4 に示す．この結果から，CTT が必要なケーブル牽引力を低減させる効果が有ることが確認できた．

3.2 角の回り込み

続いて図 5 に示すような角形状の回りこみに関する実験を行った．本実験では，CTT が 2 つとも曲がり角に差し掛かる前の状態から，CTT が 2 つとも曲がり角を通過し切るまで牽引ロボットを前進させた．図 5 に，牽引ロボット側の CTT モジュールが曲がり角を通過するときの様子を示す．ここに示す通り，曲がり角に内側のクランク脚が乗り上げつ通過していることがわかる．図 6 に示した結果から，CTT が無いケーブルのみの場合は必要張力が直線移動時に比べて大きく増加しているのに対し，CTT を取り付けた場合には同じく必要牽引力の低下を確認できた．

4 結論と今後の課題

有線ロボットのケーブル牽引を補助する Crank Tether Thruster 機構の試作を行った．また，試作機による実験により直線移動及び角の回り込み時にケーブルのみの場合よりも探査ロボットの必要牽引力が低下することを確認した．

今後は階段や瓦礫などのより複雑な地形において実験を通じてその効果を確認し，さらなる改良を目指す．

参考文献

[1] Elic Rohmer, Tomoaki Yoshida, Kazunori Ohno, Keiji Nagatani, Satoshi Tadokoro, and Eiji Koyanagi. Quince: A collaborative mobile robotic platform for rescue robots research and development. In *ICAM*, pp. 225–230, 2010.

[2] 上原拓也, 湯口康弘. 災害時調査・復旧作業用 4 足歩行ロボットの開発 (特集地震・原子力災害へのロボット技術の利用). 電気評論, Vol. 98, No. 6, pp. 28–33, jun 2013.

[3] 新井雅之, 広瀬茂男. 球形トレーラ型ケーブルリール機構の開発：機構設計と基礎動作実験. 設計工学, Vol. 43, No. 3, pp. 148–156, mar 2008.

[4] 古村博隆, 山田浩也, 広瀬茂男. 原発などの狭隘環境で作業を行う能動車輪ヘビ型ロボットの開発. ロボティクス・メカトロニクス講演会, pp. 2A2–P1, 2013.

[5] 市村友哉, 昆陽雅司, 田所諭. 有線遠隔操作ロボットのためのケーブル移動機構の開発—第 1 報：移動機構の試作と検証—. ロボティクス・メカトロニクス講演会, pp. 2P1–Q09, 2015.

[6] 放射性物質の除染・洗浄 | 技術開発 | アトックス/atox. http://www.atox.co.jp/technique/remove_wash/.

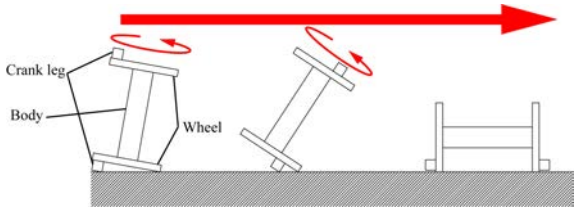

Fig.2 Recorvering motion from tumble.

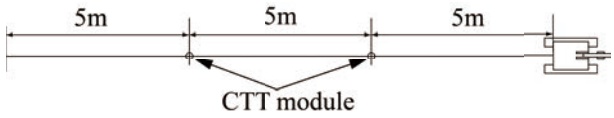

Fig.3 Arrengement of CTT modules in experiment.

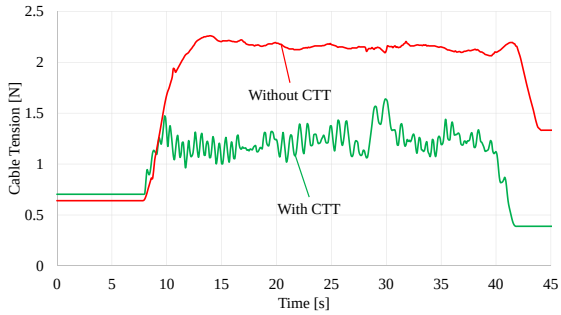

Fig.4 Tension log in straight transfer experiment.

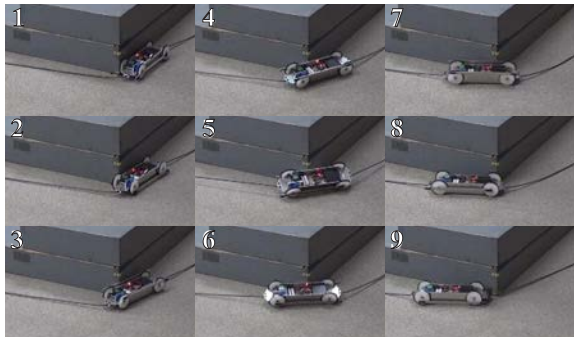

Fig.5 Traversing edge corner.

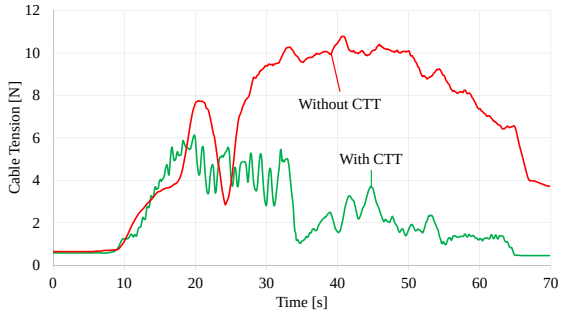

Fig.6 Tension log of edge corner traverse experiment.

[7] Hisami Nakano and Shigeo Hirose. Crank-wheel: A brand new mobile base for field robots. In *IROS*, pp. 4608–4613. IEEE, 2012.

[8] 山田晋太郎, 佃武典, 堀米篤史, 福島 E. 文彦, 鈴森康一, 広瀬茂男. クランク車輪型移動機構を用い不整地用汎用移動プラットフォーム"r-crank"の開発. 日本ロボット学会学術講演会, pp. 3D2–02, 2014.