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) | 化学繊維ロープを用いた協働リールユニット ” ReelBot ” の開発 |
| Title(English) | Development of ” ReelBot ” : A cooperative reel unit using synthetic fiber rope |
| 著者(和文) | 島津裕貴, 難波江裕之, 鈴森康一, 遠藤玄 |
| Authors(English) | Yuki Shimazu, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori, Gen Endo |
| 出典(和文) | 第23回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 予稿集, , , pp. 2801-2802 |
| Citation(English) | Proceedings of the 23rd SICE System Integration Division Annual Conference, , , pp. 2801-2802 |
| 発行日 / Pub. date | 2022, 12 |
| 権利情報 / Copyright | 本著作物の著作権は公益社団法人計測自動制御学会に帰属します。<br>(c) 2022 The Society of Instrument and Control Engineers |

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

# 化学繊維ロープを用いた協働リールユニット”ReelBot”の開発

○島津　裕貴（東工大），難波江　裕之（東工大），鈴森　康一（東工大），遠藤　玄（東工大）

# Development of ”ReelBot”: A cooperative reel unit using synthetic fiber rope

○ Yuki SHIMAZU (Tokyo Tech), Hiroyuki NABAE (Tokyo Tech),
Koichi SUZUMORI (Tokyo Tech), and Gen ENDO (Tokyo Tech)

Abstract : This research aims to develop a robot system that can transport heavy objects over a wide area in areas where it is difficult to enter by land, such as landslide disaster sites. For this purpose, we are developing a portable cooperative reel unit ”ReelBot” that is lighter and more powerful than conventional portable reel units by using a synthetic fiber rope. In this paper, we present a concept of a robot system that can function even when multiple ”ReelBot”s are arranged according to the environment.

## 1. 緒言

土砂災害現場の不安定な崩土上での災害対応や山の急斜面で行われる林業などでは，重機の陸路進入が困難な領域において重量物を広範囲にわたって搬送する必要がある．そのため，我々は可搬性を持つ小型なロボットを複数台協調させる手法の開発を目指している．我々はワイヤパラレル機構に注目し，複数台協調させた際にワイヤパラレルロボットとして機能するリールユニットである”ReelBot”を開発する．

可搬性を持つリールユニットとして，田所らがレスキュー用の主に屋内で用いるリールユニット [1] を提案している．我々はそれを拡張し，災害対応や林業など自然環境で作業を行うことができるリールユニットの開発を目指している．

本稿では，協働リールユニット”ReelBot”とそれを複数台用いたロボットシステムの構想を示す．そして，”ReelBot”の試作機を作製し，物体の搬送動作をスモールスケールで実験することで，基本的動作を検証した．

## 2. 協働リールユニット”ReelBot”の開発

### 2.1 ”ReelBot”の概要

”ReelBot”は重機が容易に進入できない山の斜面などに人やドローンによって運び入れ，地面や木に固定することによって機能するリールユニットである．そのため，”ReelBot”は人やドローンが持ち運べる程度の重量や大きさである．全長 2 m 程度のドローンでの輸送を考えると質量は 30 kg 以下，大きさは $400 \times 300 \times 150$ mm 以内である．

”ReelBot”は 1 台でも複数台でも利用可能なリールユニットとして考えている．1 台での活用法としては，急斜面を人が昇り降りするための補助などを考えている．また，

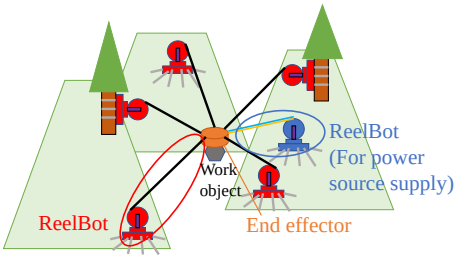


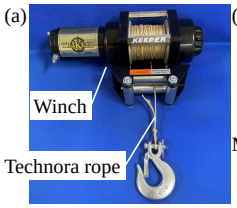

Fig. 1: Simplified image of work mechanism using cable-driven parallel mechanism with ”ReelBot”.

複数台での活用法としては，ワイヤパラレルロボットとして山の急斜面での搬送作業や土壌が不安定な領域における搬送作業などを考えている．

田所らが提案したリールユニット [1] との違いとしては，化学繊維ロープを用いることによる高出力化や軽量化が挙げられる．また，化学繊維ロープは径が小さくても大きな張力に耐えられるため，ロープの長尺化が可能となり，広い作業範囲を実現できることも挙げられる．他にも，福島らが提案したハイパーテザー [2] の考え方を応用した，エンドエフェクタへの動力源供給用リールユニットを導入する．

### 2.2 ”ReelBot”を用いたワイヤパラレル機構として機能するロボットシステム

”ReelBot”を複数台協調させることで機能するワイヤパラレルロボットの概要図を示す（図 1）．”ReelBot”が環境に合わせて複数配置され，中央のエンドエフェクタによって岩などの作業対象物を移動させる．その際，エンドエフェクタの動力源が必要となるため，動力源を供給するための”ReelBot”も配置する．この動力源供給用の”ReelBot”はロープの代わりに電線・チューブなどでエンドエフェクタと連結し，電力・流体圧を伝送するユニッ




(b)

| | |
|---|---|
| Power source | DC12 |
| Size | $\phi 122 \times 300(L)$ mm |
| Weight | 6.8 kg |
| Maximum towing force | 1361 kg |
| Cable material | para-aramid (Technora) |

Fig. 2: (a) Overview of "ReelBot" prototype. (b) Specifications of "ReelBot" prototype.

トである．もちろん化学繊維ロープと組み合わせ張力伝達を担うことも考えられる．

## 3. "ReelBot"の原理試作

"ReelBot"の試作機として，図 2(a) のような市販のウィンチ（Keeper：KT3000）を用いた簡易的な試作機を作製した．価格は 1 台当たり 6 万円と安価である．ウィンチにもともと巻かれていたワイヤを化学繊維ロープであるテクノーラロープ（$\phi$2 mm）に巻き替えている．

試作機の仕様は図 2(b) の通りとなる．屋外で用いることを考えるとバッテリーで駆動させることができ，人やドローンが持ち運べる大きさ及び重量であることが条件になるが，この試作機はどちらも満たしている．また，ウィンチの最大牽引力は 1361 kg である．しかし，テクノーラロープの破断荷重が 4.37 kN であるため，試作機の最大牽引力は約 450 kg である．これは文献 [1] の 20 倍以上である．

この"ReelBot"の試作機 4 台を図 3 のようにアルミフレームに取り付け，協調させることで物体の搬送動作を行わせた．アルミフレームのサイズは幅 2m，奥行き 2m，高さが 1m とした．エンドエフェクタとしては編物で強化したパワーソフトグリッパー [3] を用いた．

"ReelBot"の試作機におけるロープの巻き取り・繰り出しは 2 つのメカニカルリレーによって切り替え，巻き取り速度は PWM 制御によって操作できるようにした．また，1 つのマイコンで 8 つのメカニカルリレーに指令を送り，試作機 4 台のロープの巻き取り・繰り出し及びその速度を同時に制御できるようにした．そして，"ReelBot"の試作機 4 台のロープの巻き取り速度及び巻き取り時間をフィードフォワード制御することで物体の搬送動作を行わせた．結果として図 4 のように物体の搬送が行えることが確認できた．

## 4. 結言

本稿では，化学繊維ロープを用いた協働リールユニット"ReelBot"の開発を目指し，複数の"ReelBot"を環境に

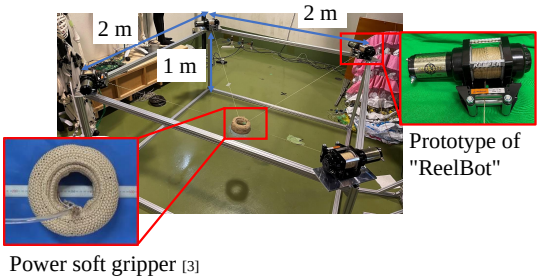



Fig. 3: Experimental site to confirm transport operation.

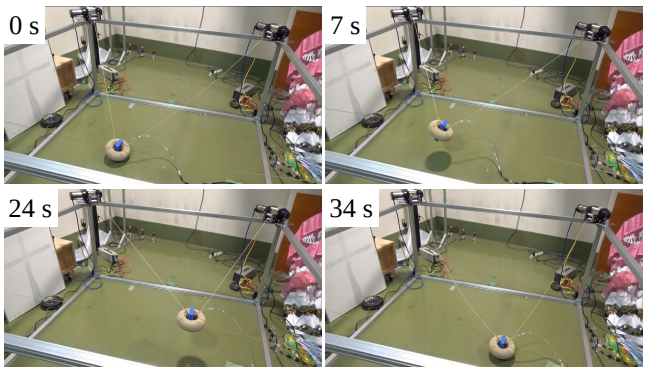



Fig. 4: Scene of the transport operation test.

合わせて配置しても機能するロボットシステムの構想を示した．また，"ReelBot"の試作機を作製し，4 台の試作機を協調させて動かすことで，物体の搬送が行えることを確認した．

今後はモーションキャプチャなどを用いたフィードバック制御を行い，より物体の搬送精度を高める．また，屋外でも機能検証実験を行うことで，より具体的に実現可能性を検証する．

## 謝辞

本研究は，JST【ムーンショット型研究開発事業】グラント番号【JPMJMS2032】の支援を受けたものです．

## 参考文献

[1] S. Tadokoro et al., A portable parallel manipulator for search and rescue at large-scale urban earthquakes and an identification algorithm for the installation in unstructured environments. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. pp. 1222–1227, 1999.

[2] E.F. Fukushima, N. Kitamura, and S. Hirose. A new flexible component for field robotic system, IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 2583–2588, 2000.

[3] 島津裕貴，難波江裕之，遠藤玄，鈴森康一．ゾウの鼻型パワーソフトロボットアーム．ロボティクス・メカトロニクス講演会，2A1-R09，2022.