

平成 30 年 6 月 16 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K13907

研究課題名(和文)Giacometti Roboticsの可能性実証

研究課題名(英文)Feasibility study on Giacometti Robotics

研究代表者

鈴森 康一 (SUZUMORI, Koichi)

東京工業大学・工学院・教授

研究者番号：00333451

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：申請者は、「超軽量、超長尺、超シンプル」を特徴とする新しいロボット設計の考え方として、「Giacometti(ジャコメッティ)Robotics」を提案し、2種のロボットの試作を通し、その可能性を実証した。

「細脚軽量歩行ロボット」は、長さ1.5m、質量4kgの6脚ロボットで、野外での走行試験や階段からの落下試験を行い、「可搬性」、「本質安全性」を実証した。「超軽量・超長尺ロボットアーム」は、ヘリウムガスで中性浮力化した全長20m、総質量980g、動作軸数20のバルーン型アームで、高所建造物の模擬試験点検作業を実施し、「可搬性」および「本質安全性」を実証した。

研究成果の概要(英文)：We have proposed a concept of a new robot design, Giacometti Robotics, which features "light, long, simple" and demonstrated its great potential through prototyping two kinds of robots.

"Legged lightweight walking robot" is a 6-legged robot with a length of 1.5 m and a mass of 4 kg, and has been demonstrated "portability" and "essential safety" with walking experiments in outdoors and dropping tests from stairs. "Ultra light weight, super long length robot arm" is a balloon type arm with a length of 20 m, a mass of 980 g, and 20 joints, which has neutral buoyant with helium gas. Its "Portability" and "intrinsic safety" were demonstrated by conducting an inspection test for high buildings.

研究分野：Robotics

キーワード：Giacometti robotics Artificial muscles

1. 研究開始当初の背景

これまでのロボット研究は、ひたすら「高機能化・重装備化」の道を進んできたと言えないだろうか。高剛性のリンク機構に、高性能のモータや各種センサを多数搭載することによって、「力、速度、精度」を求め、正確に動作する高機能なロボットを実現してきた。その結果、社会に大きく貢献するロボットを生み出してきた。

しかし一方で、こうした進め方は、ロボットの「重量化」と「システムの複雑化」を招き、実フィールドへのロボット適用の際に、「落下/転倒時の危険性対策」、「現場への投入法/故障時の回収法」、「信頼性/想定外環境に対するタフネスの確保」等々、主に安全性や信頼性に関する様々な現実的な対策が必要となり、しばしば実フィールドへのロボット投入のハードルとなってきたのも現実である。

申請者は、従来の「高機能化・重装備化」路線のロボット研究を否定するものでは決していないが、これとは真逆とも言える考え方に、新しいロボティクスの一領域を形成しうる可能性があると考えている。それが本研究課題名にもなっている Giacometti (ジャコモッティ) Robotics である。

Giacometti は、20 世紀に活躍したスイスの彫刻家で、針金のように細く、長い人物や動物の彫刻で知られる。Giacometti Robotics とは、研究代表者が考える新しいロボット像を示すわかりやすいネーミングとして、この彫刻家の名前にちなんで研究代表者が名付けたものであり、「超軽量、超長尺、超シンプル」を特徴とする新しいロボット形態を目指す考え方である。余分なものを徹底的にそぎ落とし、本質的な要素のみで構成するロボット設計の考え方は、Giacometti の考え方と一致する。

2. 研究の目的

本研究では Giacometti Robotics の実例として、(1)約 20m 長の片持ち細径ロボットアームと、(2)超軽量歩行脚ロボットを試作することで、Giacometti Robotics の持つ大きな可能性を実証する。同時に、どのような設計条件ならなにが実現できるか、どのような限界や問題点があるかも、試作、実験を通して明らかにする。この新しい概念を他の研究者に伝え、同時に研究代表者自身の考えを改めて整理する上でも、本研究で計画する Giacometti Robots の試作は極めて重要な意義がある。

3. 研究の方法

Giacometti Robotics に似た考え方はこれまで皆無という訳ではないが、現実には、軽量で発生力が大きいアクチュエータがなかったため、その思想を十分に具現化した試作は行われず、従ってその考え方は概念的にも明示されてはこなかった。

これに対して、近年研究代表者らは細径マッキベン型人工筋の開発に成功した。これは、

外径が 1~3mm 程度の細い空圧人工筋で、例えば外径 1.3mm の人工筋の例では、質量 1g/m、発生最大収縮力 5.5N、収縮量 32% という、従来のアクチュエータ(例えばモータ+プーリ+ワイヤ)に比べて 2~3 桁程度大きな「発生力/自重比」を示す。

この人工筋を用いれば、これまでとは格段に本格的な「超軽量、超長尺、超シンプル」ロボットが実現できる。いままで見たこともない超長尺・超軽量の細径ロボットアームの実現に挑戦する。

このような「超軽量、超長尺、超シンプル」ロボットが実現できる、ということになれば、Giacometti Robotics について、地に足がついた具体的な議論や学術展開が進められる。ロボティクスの新領域候補として明確に Giacometti Robotics という概念を掲げ、その確立と展開に挑戦する。

4. 研究成果

4.1 6脚 Giacometti 歩行ロボット

開発例の一つが図 1 に示す 6 脚ジャコモッティロボットである(雑誌論文、学会発表)。体長 1.5m の大型ロボットだが、総質量は 4kg しかない。脚は細く弱いので、小型カメラや軽量の計測器程度しか運べない。速度も遅い。しかし、持ち運びは容易である。階段から誤って落下しても周囲やロボット自身のダメージはほとんどない。「可搬性」や「安全性」を持つ Giacometti Robot と言える。



図 1 6 脚 Giacometti 歩行ロボット(上:歩行の様子, 下:階段転落実験)

4.2 バルーン型長尺ロボットアーム

図 2 に示すのは軽量長尺のジャコモッティアームである(雑誌論文、学会発表)。

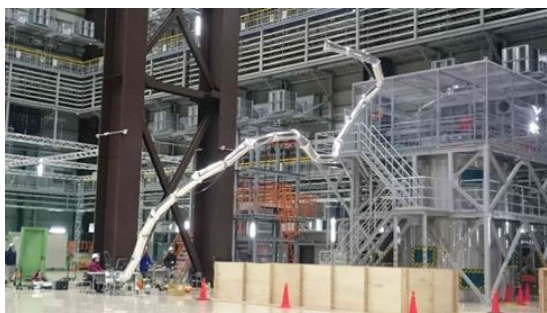
このアームは長さ 20m で、20 個の関節を持つ .20m 長の薄い樹脂フィルムを溶着して 20 個のバルーンを一体成型し、ヘリウムガスを充填して中性浮力化したボディからなる。各関節は 2 本の軽量な人工筋肉で拮抗駆動されるので、計 38 本の人工筋肉がこのアームを駆動している。先端には小型カメラが搭載され、大型建造物の点検等へ利用できる。

図 2 の下図はジャコメッティアームが建造物の天井の窓から内部に入り込んで、中にあるパイプの様子を観察するためにアプローチしている様子である。アーム先端を天井窓に突っ込んだ後、ゴソゴソとアームを動かして進路を探りながら侵入していく。アームは軽く柔らかいので建造物にぶつかっても相手やアーム自身が壊れることはない。建造物に接触しないように慎重に侵入していく従来のロボットあるいはドローンの考え方とは対象的なアプローチと言える。

総質量は 980g .万一ヘリウムガスが抜けて落下しても薄い樹脂シートがゆっくり落ちてくるだけで、アーム下に人がいても全く危なくない。搬入/搬出も容易である。

ただ、従来のロボット設計の観点では全くの「ダメ」ロボットである。速度は出ない。可搬能力は小さい。位置決め精度も悪い。風には弱い。しかし、性能や用途を絞込み、従来とは違った価値観に基づくロボットの考え方が「ジャコメッティロボット」である。

ジャコメッティロボットは、「可搬性」や「安全性」といった機能をシンプルに実現する。



Giacometti arm Roof window Pipe



図 2 バルーン型長尺ロボットアーム(上:全景, 下: 建造物に接触しながらパイプにアプローチする 20m 長ジャコメッティアーム)

4.3 Giacometti Robotics の概念発信 一般に、従来型ロボットは高性能の反面、

重量がかさみ、実フィールド適用にあたって安全性確保に関する現実的課題に直面する場合がしばしばある。これに対し、数 10m 長の長尺、軽量、多自由度の片持ちロボットアーム(Giacometti Robot の一つ)が実現できれば、全く違った発想のロボット探索が行える。

その他、万一落下しても危険が小さい高所作業ロボット、転倒しても壊れない/周囲を壊さない軽量歩行ロボット、等々、これまでにない形態/機能のロボットが実現できる。

Giacometti Robot の試作を通じ、その概念をわかりやすく示すとともに、上記のような可能性を実証することができた。

本研究のもう一つの目的は、この新しい概念を国内外に発信することである。この目的のため、国内外の招待講演(学会発表)や、学術誌での解説記事(雑誌論文)執筆を積極的に進めた。

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 6 件)

Ahmad Athif Mohd Faudz, Gen Endo, Shunichi Kurumaya, Koichi Suzumori. Long-Legged Hexapod Giacometti Robot Using Thin Soft McKibben Actuator, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 3, No. 1, pp. 100-107, Jan. 2018, 査読あり

M. Takeichi, K. Suzumori, G. Endo, H. Nabae. Development of Giacometti Arm With Balloon Body, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 2, No. 2, 951-957, Jan. 2017, 査読あり.

鈴森康一. いいかげんなロボット, 設計工学(日本設計工学会誌), Vol. 52, No. 10, pp. 585-589, Oct. 2017.(解説記事), 査読あり

鈴森康一. 空圧ラバーアクチュエータの応用展開「力,速度,精度」から「適応,安全,軽量」へ, 油空圧技術, 日本工業出版, Vol. 56, No. 7, pp. 15-18, Jul. 2017, 査読あり

鈴森康一. 細径人工筋肉の研究と実用化, 日本フルードパワーシステム学会誌, Vol. 48, No. 3, pp. 48-51, May. 2017, 査読あり

鈴森康一. 細径人工筋が切り拓くソフトロボティクス, 計測と制御, Vol. 56, No. 4, pp. 243-247, Apr. 2017, 査読あり

[学会発表](計 8 件)

Masashi Takeichi, Koichi Suzumori, Gen Endo, Hiroyuki Nabae. Development of a 20-M-Long Giacometti Arm with Balloon Body Based on Kinematic Model with Air Resistance, 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Sep. 2017.

Ahmad Athif Mohd Faudzi, Koichi Suzumori, Gen Endo. Giacometti Six-legged Walking

Robot - Giacometti Gait and Walking Experiment -, JSME Conference on Robotics and Mechatronics, No. 17-2 Proceedings of the 2017 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, JSME, No. 17-2, 1A1-B07(1-2), May. 2017.

武市 将, 鈴森 康一, 遠藤 玄, 難波江 難波江 裕之. 20m バルーン型ジャコメッティアームを用いたモックアップ施設における機能検証実験, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017 講演論文集, May. 2017.

武市将, 鈴森康一, 遠藤玄, 難波江裕之. バルーン型ジャコメッティアーム2号機の試作, 第34回日本ロボット学会学術講演会, 第34回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, RSJ2016AC2U1-05, Sep. 2016.

Ahmad Athif MOHD FAUDZI, Koichi SUZUMORI, Satoshi KITANO, Shunichi KURUMAYA. Giacometti Six-legged Walking Robot — Leg Design Mechanism using Soft actuator —, The 2016 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Proceedings of the 2016 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Proceedings of the 2016 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, 1A1-06b6, Jun. 2016.

Koichi Suzumori. Soft robots as an E-kagen artifact, The first IEEE-RAS International Conference on Soft Robotics 2018 (RoboSoft 2018), Apr. 2018.(招待講演)

鈴森 康一. ニューアクチュエータとロボティクス, 日本化学会第98春季年会2018, 日本化学会第98春季年会2018講演予稿集, Mar. 2018.(招待講演)

Suzumori Koichi. Thin Artificial Muscles Pioneering New Robotics, MHS 2017-International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, p. 2, Dec. 2017.(招待講演)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.robotics.mech.e.titech.ac.jp/home.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

鈴森康一 (SUZUMORI Koichi)

東京工業大学・工学院・教授

研究者番号: 00333451

(2) 研究協力者

遠藤玄 (Endo Gen)

難波江裕之 (NABAE Hiroyuki)

アハマド アティフ モハド ファウジ
(Ahmad Athif Mohd Faudz)

武市将 (TAKEICHI Masashi)