

機関番号：14401  
 研究種目：研究活動スタート支援  
 研究期間：2009～2010  
 課題番号：21860034  
 研究課題名（和文） 液・固の相変化により超なじみ性を実現する包み込み式ロボットグリッパの研究開発  
 研究課題名（英文） Study and Development of the Enfolding Robotic Gripper to Realize Hyper Flexible Fitting by using the Liquid-Solid State Changing  
 研究代表者  
 多田 隈 建二郎 (TADAKUMA KENJIRO)  
 大阪大学・工学研究科・助教  
 研究者番号：30508833

## 研究成果の概要（和文）：

学術的な成果・意義として、これまでのロボットハンド機構では困難であった、様々な種類の対象物を容易に把持することが可能で、またその把持状態を維持するのにエネルギーが不要という点が挙げられる。従って、作業における使用エネルギーを抑えるという観点からも、社会貢献的意義も有する研究課題である。重要性として、社会貢献的には、工場内での搬送する製品の形状が変化しようと、グリッパ機構そのものの取り換えは不要であり、それに伴いライン自体を変更する必要が無いという点が挙げられる。学術分野においても、この内外連続式袋状構造体を、把持機構のみならず、移動体として拡張させ、外環境になじむ探査体として活用するなど、分野発展に寄与できる可能性を有するものである。

## 研究成果の概要（英文）：

This study is especially focused on the development of the morphing omnidirectional gripper which is able to grasp various objects with low melting point alloy, functional fluid, dilatancy fluid, and so on. The deformable part of the gripper changes its shape by covering all direction of objects and makes the contacting area higher. This time, we especially focus on the "Hot-Ice" phenomena to realize higher grasping motion. The basic performance of fluid of CH<sub>3</sub>COONa has been observed.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,080,000	324,000	1,404,000
2010年度	910,000	273,000	1,183,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,990,000	597,000	2,587,000

研究分野：ロボット工学，機構学

科研費の分科・細目：知能機械学・機械システム

キーワード：機構，グリッパ，設計，相変化，なじみ性，包み込み

## 1. 研究開始当初の背景

研究の学術的背景として、我々の身の回りに存在する多様な形状の物体を把持するため、

様々なロボットハンドやグリッパがこれまでで研究開発されてきている。しかしながら、図2に示す機械式のものは、非常に構造が複

雑になりがちであり、把持対象物へのなじみ性能も限られたものであった。

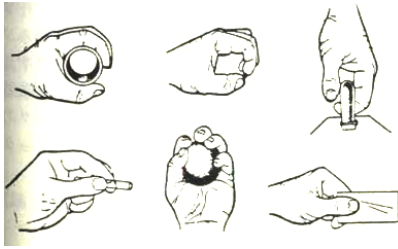


図1：人の手による様々な物体の把持

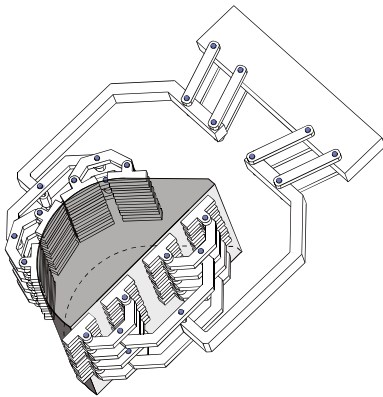


図2：機械式なじみグリッパ  
(複雑な構造にならざるを得ない)

本申請において提案するグリッパは、低融点合金を内外連続式チューブ内に封入した構造を有する。合金が液体時に、なじみ把持動作を行い、固体状態において、対象物を把持し続ける。「連続性」に着目し、膜が外側から内側に動くという構造にしたことにより、把持対象物に対してのなじみ性が従来の機械式のものよりも各段に上がると考えられる。

## 2. 研究の目的

液本研究の目的は、様々な形状の対象物を把持する際に、超なじみ性と高保持力およびゼロエネルギーでの保持力の維持を実現するグリッパ機構の開発である。本研究開発対象のグリッパ機構は、外側から内側にかけて膜が連続して動く内外が連続した袋状構造体を有しており、この膜が把持対象物の全面になじみながら、全体を取り囲むように把持動作を行う。この構造及び動作が、様々な形状の物体の把持を可能にする具体的な原理である。

## 3. 研究の方法

本申請研究では、提案する低融点合金を封

入した次世代ロボットグリッパの機構開発および、そのなじみ性能や高把持力維持の評価を行い、さらに実機の完成度を高めたものにする。また最終版はマニピュレータ等に取り付け、多様な形状の品物が位置決めを気にせずに設置された環境でも確実な把持動作の可能性の確認を実施内容とした。

## 【平成21年度】

### 1) 内外連続式チューブの基本特性

提案するグリッパの基本構造をなす内外連続式2重チューブの有する基本特性を実験を通して明らかにする。また、低融点合金を含んだときの強度と柔軟性の双方の要求仕様を満たすチューブ厚とチューブ硬度についても調べた。

### 2) 温度制御部も含めた基本機構モデルの構築

現在の試作機は温度制御部を含んでいないため、図3のコンセプトに示すような温度制御部を含む機械モデルの構築とその基本特性の解明を行う。また、基本試作機のものなじみ性の基本評価においての検討も次年度の全体的な特性評価に備えて行った。

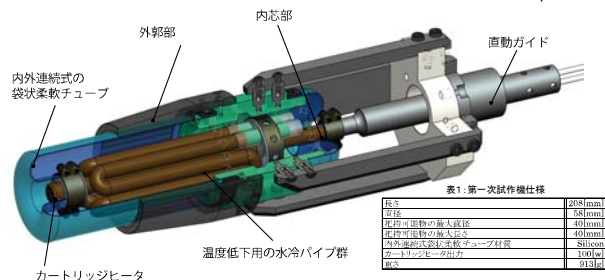


図3：提案するグリッパの試作機設計概要

## 【平成22年度以降】

### 3) 基本特性実験

低融点合金を内外連続包込み式 - 柔軟チューブに封入した後の応答性やなじみ性を基準とした基本特性実験を行う。また、把持対象物に対して、全体に均一な力を加えることができているかどうかを、様々な対象物に塗料を付加し、画像処理よりなじみ性を評価した。

4) 前述した平成21年度に製作した試作機（第一次モデルを図4に示す）において、なじみ性の評価、応答性の向上を図った。また、国内での学会において、研究者らからの意見を取り入れ、各所においてフィードバックを施し、国際学会前に開発対象物としての完成度・研究としての完成度の双方をより高めた。



図4：提案するグリッパの第一次試作機外観

また、最終的には、申請者の研究室が保有するPA-10（マニピュレータ）の先端に、なじみグリッパを搭載し、コンベア上にある把持対象物の形状が異なる場合や、その設置位置がずれている場合でも、容易に把持動作が実現できることを示す。実際に、ライン上での製品の封入型が定期的に変更する会社にそういった多様な形状の対象物の把持が容易に行えるグリッパのニーズがあることを調査済みである。

【研究体制】

申請者の多田隈が所属研究室の下条誠教授がアドバイザーとして、研究全体において助言を適宜行い、申請者の多田隈の指揮のもと、申請者および担当の修士・博士課程の学生（勅使河原誠一、長谷川浩章、大石千種、寺田一貫）が共同で設計・試作・実験を通して研究・開発を行った。

4. 研究成果

学術的な成果・意義として、これまでのロボットハンド機構では困難であった、様々な種類の対象物を容易に把持することが可能で、またその把持状態を維持するのにエネルギーが不要という点が挙げられる。従って、作業における使用エネルギーを抑えるという観点からも、社会貢献的意義も有する研究課題である。重要性として、社会貢献的には、工場内での搬送する製品の形状が変化しようと、グリッパ機構そのものの取り換えは不要であり、それに伴いライン自体を変更する必要が無いという点が挙げられる。学術分野においても、この内外連続式袋状構造体を、把持機構のみならず、移動体として拡張させ、外環境になじむ探査体として活用するなど、分野発展に寄与できる可能性を有するものである。

上記のような利点の極めて多いグリッパ機構の試作を行い（図4,5）、実機実験を通して、その有効性を確認した（図6）。図5,6より、液体時には高いなじみ性を有し、固化後に大きなモーメントにも耐えうる機能を有している事がわかる。

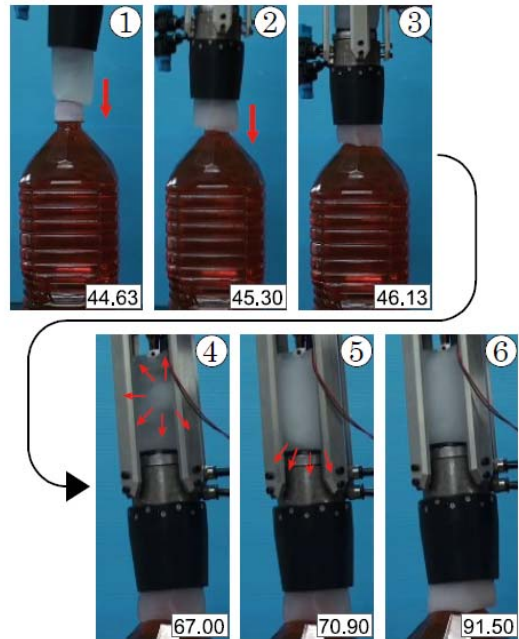


図5：試作機内での相変化の様子

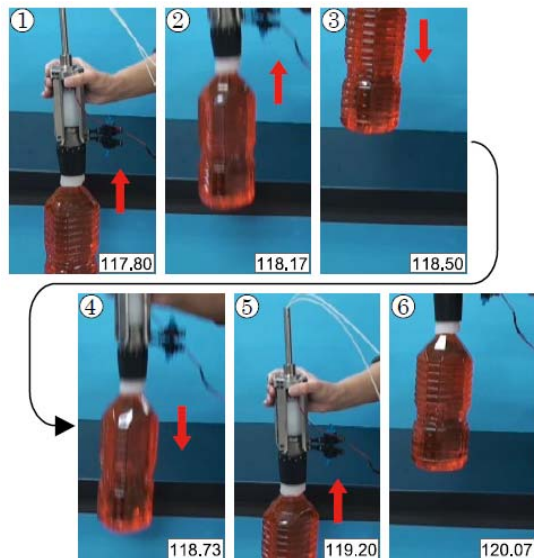


図6：固化による保持力の向上

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7件）

[1] Kenjiro Tadakuma, Riichiro Tadakuma, Hiroki Tanaka, Takuto Fukuda, Mitsuru Higashimori, Makoto Kaneko, “Omnidirectional State-Changing Gripper Mechanism for Various Objects”, The Proceeding of the International Symposium on Artificial Life and Robotics,

ISBN978-4-9902880-5-1, pp.995-998, 2011  
(査読有り)

[2]Tadakuma, K.; Ohishi, C.; Maruyama, A.; Tadakuma, R.; Nagatani, K.; Yoshida, K.; Aiguo Ming; Shimojo, “Connected tracked robot with offset joint mechanism for multiple configurations, The Proceeding of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, ISBN:978-1-4244-6676, pp.3366 - 3371, 2010 (査読有り)

[3]Tadakuma, K.; Tadakuma, R.; Maruyama, A.; Rohmer, E.; Nagatani, K.; Yoshida, K.; Aigo Ming; Shimojo, M.; Higashimori, M.; Kaneko, M., “Mechanical design of the Wheel-Leg hybrid mobile robot to realize a large wheel diameter”, The Proceeding of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, ISBN:978-1-4244-6676, pp. 3358 - 3365, 2010 (査読有り)

[4]Funai, K.; Mizoue, K.; Higashimori, M.; Tadakuma, K.; Kaneko, M., “Empirical based optimal design of Active Strobe Imager”, The Proceeding of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, ISBN:978-1-4244-6676, pp.1896 - 1901, 2010 (査読有り)

[5]Teshigawara, S.; Tadakuma, K.; Aiguo Ming; Ishikawa, M.; Shimojo, M., “High sensitivity initial slip sensor for dexterous grasp”, The Proceeding of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, ISBN:978-1-4244-5040-4, pp. 4867 - 4872, 2010 (査読有り)

[6]Hirose, Y.; Tadakuma, K.; Higashimori, M.; Arai, T.; Kaneko, M.; Iitsuka, R.; Yamanihi, Y.; Arai, F., “A new stiffness evaluation toward high speed cell sorter”, The Proceeding of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, ISBN:978-1-4244-5040-4, pp. 4113 - 4118, 2010 (査読有り)

[7]Hasegawa, H.; Mizoguchi, Y.; Tadakuma, K.; Aiguo Ming; Ishikawa, M.; Shimojo, M., “Development of intelligent robot hand using proximity, contact and slip sensing”, The Proceeding of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, ISBN:978-1-4244-5040-4, pp. 777 - 784, 2010 (査読有り)

[学会発表] (計 20 件)

[1]多田隈建二郎, 田中大貴, 寺田一貴, 大石千種, 長谷川浩章, 勅使河原誠一, 明愛国, 下条誠, 高山俊男, 小俣透, 東森充, 金子真 「全方向包み込み式なじみグリッパ機構 “Omni-Gripper” の研究 — Hot-Ice 現象を活用した液・固相変化式 把持メカニズム —」, 第16回 ロボティクスシンポジウム 2011年3月14-15日 鹿児島 指宿市 (査読有り)

[2]多田隈 理一郎, 多田隈 建二郎, 井岡 恭平, 妻木 勇一, 「全方向駆動歯車機構 “Omni-Gear” の研究 各曲率の駆動ユニット構造と基本動作特性について」, 3B5, 第16回 ロボティクスシンポジウム, 2011年3月14-15日 鹿児島 指宿市 (査読有り)

[3]多田隈 建二郎, 「全方向駆動機構の研究開発」2011年 Brain-IS ワークショップ(招待講演), 福岡県北九州市, 2011年2月9日 (査読無し)

[4]多田隈 建二郎, 福田 拓人, 東森 充, 金子 真, 「円形断面クローラ機構に基づく面状2軸直交駆動力発生機構」, システムインテグレーション部門 講演会 S I 2010, 2011年3月14-15日, 宮城県 仙台市 (査読無し)

[5]木下 宏晃, 多田隈 建二郎, 永谷 圭司, 吉田 和哉 「単純脚・クローラハイブリッド型移動ロボットTrackWalkerによる浅間山での不整地走行実験」, システムインテグレーション部門 講演会 S I 2010, 2011年3月14-15日, 宮城県 仙台市 (査読無し)

[6]多田隈 建二郎, 田中 大貴, 福田 拓人, 東森 充, 金子 真, 「超柔軟形状・剛性可変移動体 “MR Hot-Ice”」, システムインテグレーション部門 講演会 S I 2010, 2011年3月14-15日, 宮城県 仙台市 (査読無し)

[7]Tanaka, N.; Uchida, R.; Higashimori, M.; Tadakuma, K.; Kaneko, M., “Point-type non-contact stiffness sensing of soft tissue with coupling effect”, 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010年8月31-9月4日 Buenos Aires, Argentina (査読有り)

[8]Uchida, R.; Tanaka, N.; Higashimori, M.; Tadakuma, K.; Kaneko, M.; Kondo, M.; Yamato, M., “Cell Sheet Stiffness Sensing

without taking out from culture liquid”, 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010年8月31-9月4日 Buenos Aires, Argentina (査読有り)

[9]Takahiro Doi, Kazunori Miyata, Takamasa Sasagawa, Kenjiro Tadakuma, “Multi-Leg System for Aerial Vehicles”, International Conference on Advanced Mechatronics 2010, ICAM2010, 2010年10月4-6日, Osaka, Japan (査読有り)

[10]K. Nagatani, H. Kinoshita, K. Yoshida, K. Tadakuma, E. Koyanagi, “Development of leg-track hybrid locomotion to traverse loose slopes and irregular terrain”, 2010 IEEE International Workshop on Safety Security and Rescue Robotics, 2010年7月26-7月30日, Bremen, Germany (査読有り)

[11]多田隈 理一郎, 多田隈 建二郎, 井岡 恭平, 妻木 勇一, 「全方向駆動歯車機構 “Omni-Gear”」第28回 日本ロボット学会 学術講演会, 2010年9月22-24日, 愛知県 名古屋市 (査読無し)

[12]則定孝彰, 仲澤佑一, 長瀬功児, 溝上浩司, 多田隈建二郎, 東森充, 金子真, 「チャンネル間の位相特性に着目した新しい事象関連電位抽出法」, 第28回 日本ロボット学会 学術講演会, 2010年9月22-24日, 愛知県 名古屋市 (査読無し)

[13]多田隈建二郎, 田中大貴, 寺田一貴, 大石千種, 長谷川浩章, 勅使河原誠一, 明愛国, 下条誠, 高山俊男, 小俣透, 東森充, 金子真, 「Hot-Ice 現象を活用した全方向包み込み式なじみグリップ機構」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 2010年6月15-16日, 北海道 旭川市 (査読無し)

[14]柴田暁秀, マイケルティオンホーヒー, 多田隈建二郎, 東森充, 金子真, 上村大輔, 坂田泰史, 山本一博, 「輪切りモデルを用いたマウス左心室の弾性センシング」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 2010年6月15-16日, 北海道 旭川市 (査読無し)

[15]廣瀬優紀, 飯塚龍, 山西陽子, 丸山央峰, 新井史人, 新井健生, 多田隈建二郎, 東森充, 金子真, 「マイクロ流路通過時間に着目した高速細胞硬さ評価」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 2010年6

月15-16日, 北海道 旭川市 (査読無し)

[16]多田隈建二郎, 田中大貴, 寺田一貴, 大石千種, 長谷川浩章, 勅使河原誠一, 明愛国, 下条誠, 高山俊男, 小俣透, 東森充, 金子真, 「Hot-Ice 現象を活用した全方向包み込み式なじみグリップ機構」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 2010年6月15-16日, 北海道 旭川市 (査読無し)

[17]多田隈建二郎, 東森充, 金子真, 「2軸直交駆動力を生成する全方向駆動ローラ付指機構」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 2010年6月15-16日, 北海道 旭川市 (査読無し)

[18]多田隈建二郎, 東森充, 金子真, 「2軸球体駆動車輪における摩擦ロス低減機構」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 2010年6月15-16日, 北海道 旭川市 (査読無し)

[19]宮田和典, 笹川敬正, 土居隆宏, 多田隈建二郎, 「飛行ビークルのための多脚型対地適応システムの研究 — 一脚モデルの動作試験 —」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 2010年6月15-16日, 北海道 旭川市 (査読無し)

[20]大石千種, 多田隈建二郎, 丸山央, 明愛国, 下条誠, 永谷圭司, 吉田和哉, 東森充, 金子真, 「2車体連結クローラの形態可変機能のための2重関節機構構成の実験的検討」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2010, 2010年6月15-16日, 北海道 旭川市 (査読無し)

[その他]

ホームページ等

<http://www-hh.mech.eng.osaka-u.ac.jp/robotics/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

多田隈 建二郎 (TADAKUMA KENJIRO)

大阪大学・工学研究科・助教

研究者番号：30508833