

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月11日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23650098

研究課題名（和文） ホメオスタシスを有する人間型ハンドの恒常性を利用した物体識別

研究課題名（英文） Object Recognition by Humanoid Robotic Hand utilizing Homeostasis

研究代表者

細田 耕 (HOSODA KOH)

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号：10252610

研究成果の概要（和文）：柔軟な皮膚を持ち、ヒトと類似した構造を持つロボットハンドを開発し、ひずみ振動を連関学習することにより、滑りを未然に防ぐような把握制御を実現した。ヒータを備えたハンドシステムを開発し、ひずみセンサと温度センサによって、さまざまな対象物を識別できることを実験により示した。センサの信号強度がノイズ強度に比較して小さいような環境で安定なセンシングを実現するための、確率共鳴現象を基にしたひずみ測定の方法を提案した。

研究成果の概要（英文）：The project has developed a robot hand whose structure is comparable to humans' and proposed grasping control to avoid slips by learning association between vibration and strain. It has also developed a robot hand with heater, and demonstrated discrimination ability of the manipulating objects. It has proposed a strain estimation method based on stochastic resonance for realizing stable sensing in noisy environment.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：ホメオスタシス，温度恒常性

1. 研究開始当初の背景

これまで、国内外で多くのロボットハンドが開発されている。その研究は主に、対象の器用な操りについてのものであり、ハンドの持つ触覚の識別能力は、ヒトのそれに比較するとまだ貧弱であるといわざるをえない。研究代表者は、世界に先駆けてヒトと同様の物理的プロセスを導入してより高感度の触覚を実現し（基盤研究(B) 16300056「多数の未分化なモダリティの受容器を持つロボット指による発達の技能獲得」）それを実装した人間型多指ハンドを試作、その触覚能力の高さを示している（基盤研究(B) 19300069「柔軟なバイオニックハンドによる適応的

マニピュレーションの獲得」）。その後、IEEE Transaction on Robotics においても接触に関する特集号が編集されるなど、触覚研究に注目が集まっているが、これまでの研究でヒトと同等の認識能力が実現されたとは言い切れない。

2. 研究の目的

ヒトの場合、触った物体の温度と体温の違いから材質を感じたり、長く触っていると物体の局所的な温度が体温と近くなり、異物と感じなったりするなど、ホメオスタシス（生体恒常性）が知覚、特にハプティクスに大きく影響している。本研究では、把持物体の材

質や形状識別を対象とし、このようなホメオスタシスをロボットに持たせることによって、ヒトと同等の知覚能力をもたらすことができるという仮説を提起し、実際に恒常性を持つロボットハンドを開発することによって、これを構成的に証明することを目的とする。

これまでロボットにホメオスタシスを持たせるという考え方、そしてこのホメオスタシスを利用して、ロボットの認識機能を向上しようという考え方は、これまでにない全く新しい着想である。しかも、恒常性が身体の図式として適当ではないかという考え方は、実はこれまで主に視覚で考えられてきた身体の表現としても矛盾なく、ロボットが自己の身体をどのように表現し、それを用いて環境をどのように認識するかを調べる、非常に有効な手段であると考えられる。

また、このような生体恒常性が自己の身体の認識や、環境の認識に大きな影響を及ぼしているという考え方も、申請者の知る限り提案されていない。これまでの研究は主に視覚に頼った身体像の構成についてのものであり、温度や、生体恒常性に着目して身体像を説明する研究は、存在しない。この研究が成果を上げれば、人間の自己身体の認識について、生体恒常性を規範とした新しい枠組みを示すことができると考えられる。また、これまで開発されてきたような、対象物に対する知識をトップダウンに埋め込まれたようなハンドでは実現できなかったような、適応的な操りが、自己身体に関する知見を利用することによって実現されることが期待される。

3. 研究の方法

ひずみ感覚、ひずみ速度感覚、温度感覚など多様な受容器を持つロボットハンドを開発し、これを用いてさまざまな物体の把持実験を行って、異種の感覚上にどのように連関が生じるか、またその連関を用いてどのように物体の識別に役立てることができるかを調べた。

4. 研究成果

ヒトの場合、触った物体の温度と体温の違いから材質を感じたり、長く触っていると物体の局所的な温度が体温と近くなり、異物と感じなくなるなど、ホメオスタシス（生体恒常性）が知覚、特にハプティクスに大きく影響している。本研究では、把持物体の材質や形状識別を対象とし、このようなホメオスタシスをロボットに持たせることによって、ヒトと同等の知覚能力をもたらすことができるという仮説を提起し、実際に恒常性を持つロボットハンドを開発することによって、これを構成的に証明することを目的とする。

(1) このような実験を行うための柔軟な皮

膚を持ち（構造を図1に示す）、人間と類似した劣駆動機構を持つロボットハンドを開発し（図2）、滑りの学習についての実験を行った。このロボットハンドには、ひずみの振動を検知する PVDF フィルムと、ひずみゲージが皮膚内に埋め込まれており、ひずみ振動を検出することによって、初期滑りを知覚することができる。本年の実験を通して、ニューラルネットワークを用いた連関学習によって、このような初期滑りを、ひずみゲージで予測することができることを検証し、この予測を用いて、滑りを未然に防ぐような把握制御を実現した。

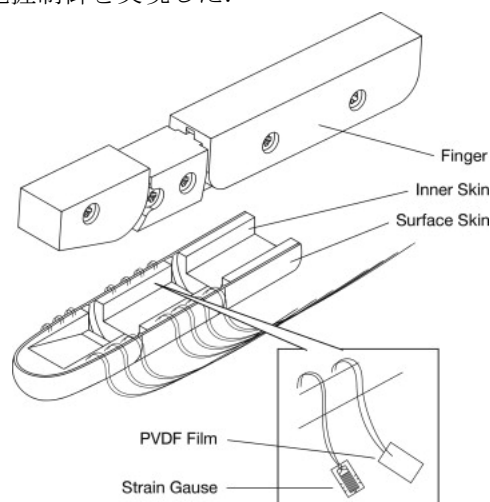


図1: 柔軟な皮膚を持つロボット指、内部に振動を検知する PVDF フィルムとひずみを検知するひずみゲージが内包されている。

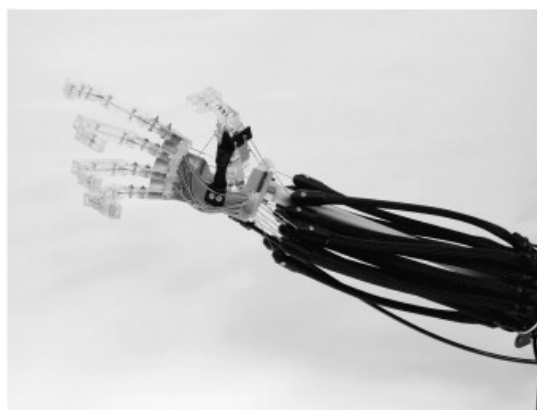


図2: 人と同等の劣駆動機構を持ち、空気圧人工筋によって駆動されるロボットハンド。

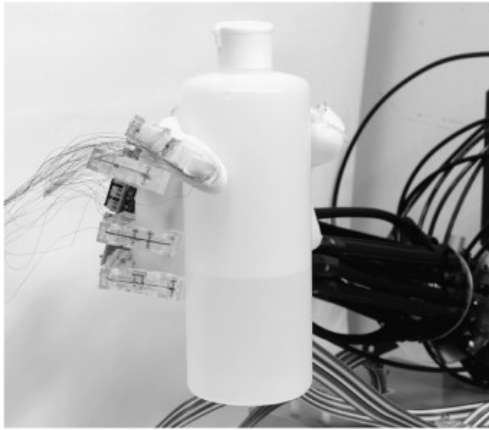


図 3: 開発されたロボットハンドによる振動・ひずみ連関学習の様子。

(2) ヒータを備えたハンドシステムを用い(図 4), ひずみセンサと温度センサによって, さまざまな材質からなる対象物を識別可能であることを, 実験により示した(図 5)。

(3) センサの信号強度がノイズ強度に比較して小さいような, ノイズの大きい環境下においても, 恒常的に安定なセンシングを実現するために, 冗長なセンサ系を利用した, 確率共鳴現象を基にしたひずみ測定の方法を提案した。実際に, シリコン皮膚下に複数のセンサを埋め込み, これらの信号間の確率共鳴現象を利用することによって, ノイズに比較して極めて小さい信号を取り出せることを, 実験により確認した(図 6)。

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 1 件)

- ① Shouhei Shirafuji and Koh Hosoda, "Detection and prevention of slip using sensors with different properties embedded in elastic artificial skin on the basis of previous experience", Robotics and Autonomous Systems, in press.

[学会発表] (計 6 件)

- ① Shouhei Shirafuji, Shuhei Ikemoto, and Koh Hosoda, Design of An Anthropomorphic Tendon-Driven Robotic Finger, 2012 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2012), pp. 372-377, Guangzhou,

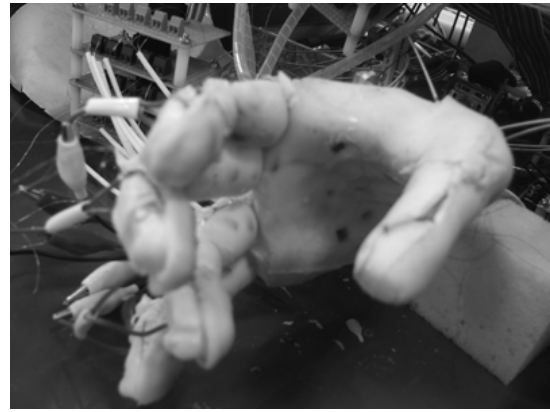


図 4: ひずみゲージ, 温度センサ (サーミスタ) を装備し, ヒータによって常時温めることができるロボットハンド。

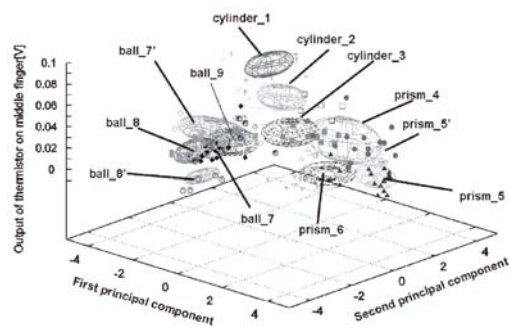
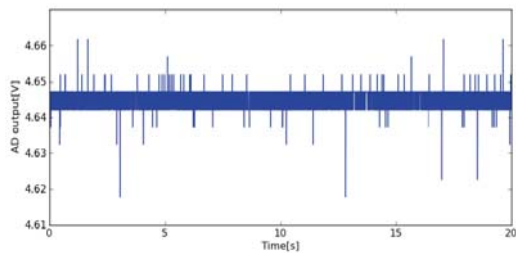


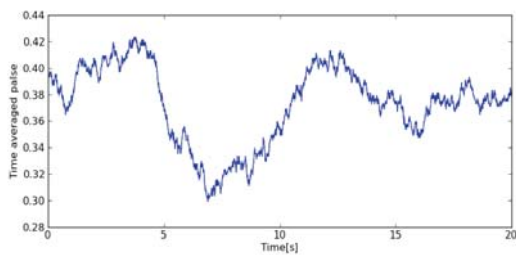
図 5: ひずみゲージ, 温度センサ (サーミスタ) を用いた物体識別の様子。縦軸の温度センサの情報があることによって, 物体がより明快に識別できる(グラフ内で別の集合とみなすことができる)のが見て取れる。

China, Dec. 2012.

- ② Nagisa Koyama, Shuhei Ikemoto, and Koh Hosoda, "Redundant sensor system for stochastic resonance tuning without input signal knowledge", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, (IROS 2012), pp. 139-144, Faro, Portugal, Oct. 2012.
- ③ 小山渚, 池本周平, 細田耕, 確率共鳴の



(a) A/D ボードより直接得られる信号. この場合, ひずみゲージへの入力に極めて小さいため, ノイズレベルにほとんど埋もれてしまい, そのままでは取り出せない.



(b) 確率共鳴を利用して, センサへの入力を推定した結果, 意味のあるアナログ信号に変換されている.

図 6: 確率共鳴を利用した, 微小なセンサ入力からのもとの情報の復元

自動調整を可能とする冗長センサシステム, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 浜松市, 2012年5月.

- ④ Shouhei Shirafuji, Shuhe Ikemoto, and Koh Hosoda, "Tactile Sensitivity Modulation of Elastic Skin by Change of Grasping Force", International Symposium on Adaptive Motion in Animals and Machines, Awaji, Hyogo, Oct. 2011.
- ⑤ 小山渚, 池本周平, 細田耕, ヒト規範触覚センサの開発に向けた確率共鳴強度の最適化, 第29回ロボット学会学術講演会, 芝浦工大, 東京, 2011年9月.
- ⑥ Shouhei Shirafuji and Koh Hosoda, "Detection and Prevention of Slip Using Sensors with Different Properties Embedded in Elastic Artificial Skin on the Basis of Previous Experience", International Conference on Advanced Robotics, pp. 459-464, Tallin, Estonia, Jun.

2011.

[その他]
ホームページ等
<http://www-hi.ist.osaka-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

細田 耕 (HOSODA KOH)
大阪大学・情報科学研究科・教授
研究者番号: 10252610

(2) 研究分担者

池本 周平 (IKEMOTO SHUHEI)
大阪大学・情報科学研究科・助教
研究者番号: 00588353