

自然と共生する知能情報機械系に関する基盤研究

研究代表者 橋本 周司
(先進理工学部 応用物理学科 教授)

1. 研究課題 (到達目標)

本研究では、固定観測点に加えて移動するロボットを導入した動的なフィールドネットワークにより環境情報を収集すると共に、様々な環境内で自律作業を実現する知能情報機械系の基盤技術の研究する。最近のビッグデータあるいは IOT に関わる世界的な動向のなかで、研究目標を適宜再検討しながら研究を進めている。

2. 主な研究成果

本年度は、基本要素技術として、センサ系の研究課題として環境センシングにおける新しい距離計測技術 (橋本, 高西, 小林), アクチュエータ系の研究課題としてコントロール・モーメント・ジャイロスコープを用いた力生成 (橋本) などの研究が進展した。また、災害被災地用の屋外ロボットの实用実験 (藤江, 高西, 菅野), 身体拡張を目指した「第 3 の腕」などのシステム開発 (橋本, 岩田) についても研究を行なった。ここでは、研究は初期段階にあるが、経済産業省“Innovative Technologies 2015”に選定されたので、平面への印刷のみによって、ロボットの立体構造生成および駆動と制御のメカニズムの全てを自立的に実装することを目指す「ペーパーメカトロニクス」本年度の主な研究成果として紹介する。

2.1 印刷法を用いたロボット作製法 -ペーパーメカトロニクス-

紙に機能性インクを塗布することで電子部品を作製する「ペーパーエレクトロニクス」と呼ばれる分野が確立されつつあり、紙面上に電子部品を作製する技術が蓄積されている。本研究では、小規模な装置を用いて簡便に多様なロボットを作製する系統だった設計・製作法の開発を目的として、紙に機構・アクチュエータ・配線・制御部・エネルギー源を印刷することでロボットを作製する「ペーパーメカトロニクス」を提案した (図 1)。印刷によってロボットを作製するフルプリンテッドロボットの技術を確立することで、機構を自動で組み立てるプリンテッドロボティクスと紙面上にデバイス作製を行うペーパーエレクトロニクスを統合した新しい研究領域を拓くものである。

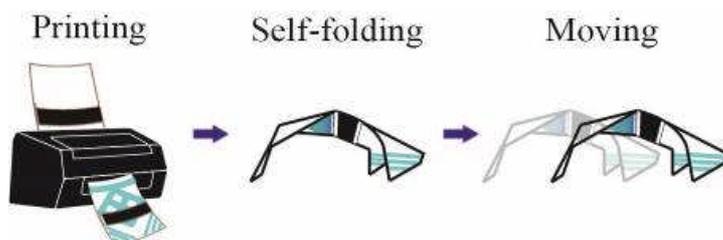


図 1 ペーパーメカトロニクスの概要。

2.2 要素技術開発 -自動立体構造形成-

ロボットの構造形成には、高揮発性インクの揮発や紙の湿度の変化によって起こる紙の収縮過程を利用する。インクジェットプリンタによって印刷したパターンに沿って紙が自律的に折れ曲がり、立体構造を形成可能であることを見出した。また、インクジェットプリンタに加えて複雑なパターンを切断可能なカッティングプロッタを導入し、カッティングプロッタによって切断した紙を用いて構造形成することで、多様な構造に対応することに成功した。切断された紙が自動構造形成する様子を図2に示す。

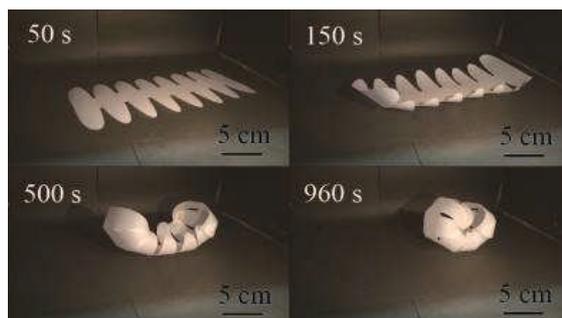


図2 自動立体構造形成の様子。

2.3 要素技術開発 - 電子回路要素 -

印刷ロボットの駆動を目的として、電気熱アクチュエータの開発を行った。カーボンインクと銀インクを用いて異なる特徴を持つ印刷アクチュエータを二種類開発した。銀インクは、インクジェットプリンタを用いて複雑な配線も数分で紙面上に印刷することが可能である。また、印刷トランジスタの作製にも着手した。紙面上にカーボンナノチューブ (CNT) を印刷することで、電気熱アクチュエータを駆動する電流を制御するトランジスタを形成するのである。現在までに、厚膜 CNT を用いることで、3 mA の電流供給に成功している。

2.4 開発した要素技術の統合によるロボット作製

開発した要素技術を統合することで、機構・アクチュエータ・配線を印刷法によって形成したロボットの作製に成功した。さらに移動や把持をおこなうロボットの作製にも成功した (図3)。



図3 印刷法による把持ロボットを用いた物体運搬の様子。

2.5 まとめ

印刷法を用いたロボット作製法「ペーパーメカトロニクス」の実現に向けて、フルプリンテッ

ドロボットの実現に必要な要素技術を開発した。また、それらを統合することで機構・アクチュエータ・配線を印刷法によって形成したロボットを作製した。今後は、制御部・エネルギー源の形成手法を開発し、ロボットに搭載することを目標とする。

3. 共同研究者

前田 真吾 (芝浦工業大学 工学部 助教授)

原 雄介 (産業技術総合研究所 ナノシステム研究部門 研究員)

4. 研究業績

4.1 学術論文

1. Hiroki Shigemune, Shingo Maeda, Yusuke Hara, Uori Koike, Shuji Hashimoto, "Kirigami Robot: Making Paper Robot Using Desktop Cutting Plotter and Inkjet Printer," Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2015), pp.1091-1096, Hamburg, Germany, September28-October2, 2015.
2. Enriquez Guillermo, Destephe Matthieu, Hashimoto Shuji, Takanishi Atsuo, "A novel approach to low cost, wide range motion capture system: Validation and application to human behavior analysis," in Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 37th Annual International Conference of the IEEE , vol., no., pp.7768-7771, 25-29 Aug. 2015.
3. Tito Pradhono Tomo, Guillermo Enriquez, Shuji Hashimoto, "Indonesian puppet theater robot with gamelan music emotion recognition", Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2015), pp.650-655, Zhuhai, China, December6-10 2015.
4. Takahiro Mori, Guillermo Enriquez, Huei Ee Yap, Shuji Hashimoto, "Control Moment Gyroscope for Swing Motion Control", Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2015), pp.650-655, Zhuhai, China, December6-10 2015.

4.2 受賞・表彰

早稲田大学 先進理工学部 橋本研究室, "Innovative Technologies 2015「ペーパーメカトロニクス:印刷で作るロボット」," 経済産業省.(2015)

4.3 学会および社会的活動

" Digital Contents Expo 2015"にて招待デモンストレーション, 日本科学未来館, 2015年10月22日(木)~25日(日)

5. 研究活動の課題と展望

本長期プロジェクトも後半に入ったことから, 全体の取りまとめに向けて研究を展開する。特に固定観測点に加えて移動するロボットを導入した動的ネットワークによるビッグデータ解析とAIによるネットワークコンフィギュレーション制御がプロジェクト発足当時にはなかった視点として考慮する必要があると考えている。次世代ロボット技術の発展には, 従来の自律移動ロボットとは異なる新しい「自律」のための要素技術の確立が求められている。