

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

自然、あるいは人体を対象とした知能情報機械系の基盤技術の確立を目的として、対象の変化に適応して働くセンサ・アクチュエータ系の理論的および実験的研究を行なう。また、既存の研究課題の深化に加えて、ロボット製作の新しい方法、より柔軟なモビリティの探求、多自由度ヒューマンインタフェースなど新しい研究分野の開拓を行う。

2. 主な研究成果

本プロジェクトは多くの共同研究者による研究であることから、多種多様な研究成果が生れている。ここでは、新しい研究課題の成果を紹介することとする。その他の主な成果については、研究業績に挙げた学術論文を参照されたい。

2.1 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。ここでは、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」を検討した(図1)。

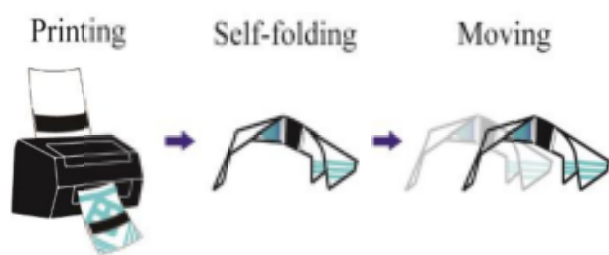


図1 印刷法によるロボットの製作

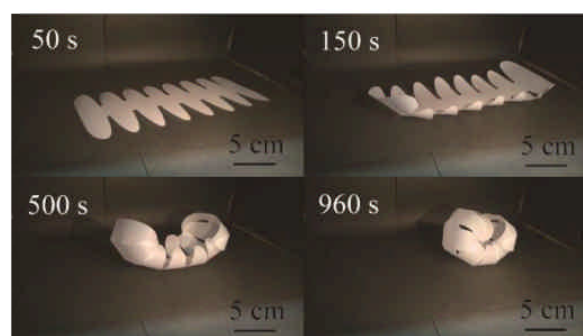


図2 印刷紙の自動構造生成過程

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に印刷することで、多様な構造の自動生成に成功した。切断された紙が自動構造形成する様子を図2に示す。

次に、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。マニュアルで電流を断続的に供給して曲げ伸ばしを行い、ロボットを動かすことに成功した。現在はカーボンナノチューブによる印刷トランジスタの作製を試みており電流スイッチングの自律化を進めている。

2.1 災害対応ロボット

4 アーム 4 クローラの高度災害対応ロボット「OCTOPUS」を開発した。災害対応ロボットは、非常に不安定な地面上の狭いスペースへの進入、複雑な瓦礫の解体作業などの作業性の両方の可能性が期待される。しかし、従来の災害対応ロボットは、移動性または作業性のいずれかに特化している。さらに、モビリティのためのクローラ能力および作業のためのアーム能力を独立して向上させると、ロボットのサイズおよび重量を増加させることになる。そこで、OCTOPUS では環境への適応性と移動性と作業性を両立させるために、アームとクローラの相互補完的に制御することとした。これにより、4 本のアームは、階段を登るときに機体を支えて安定を保ちながら複雑な作業を行うことができる。また、4 台のクローラは不整地で解体作業を行いながらの移動を可能にする。OCTOPUS は油圧駆動で、2 人のオペレータによって遠隔操作される。予備実験では、高いステップを登り、4 本のアームを使って取り付けられたオブジェクトを取り除く作業に成功した。

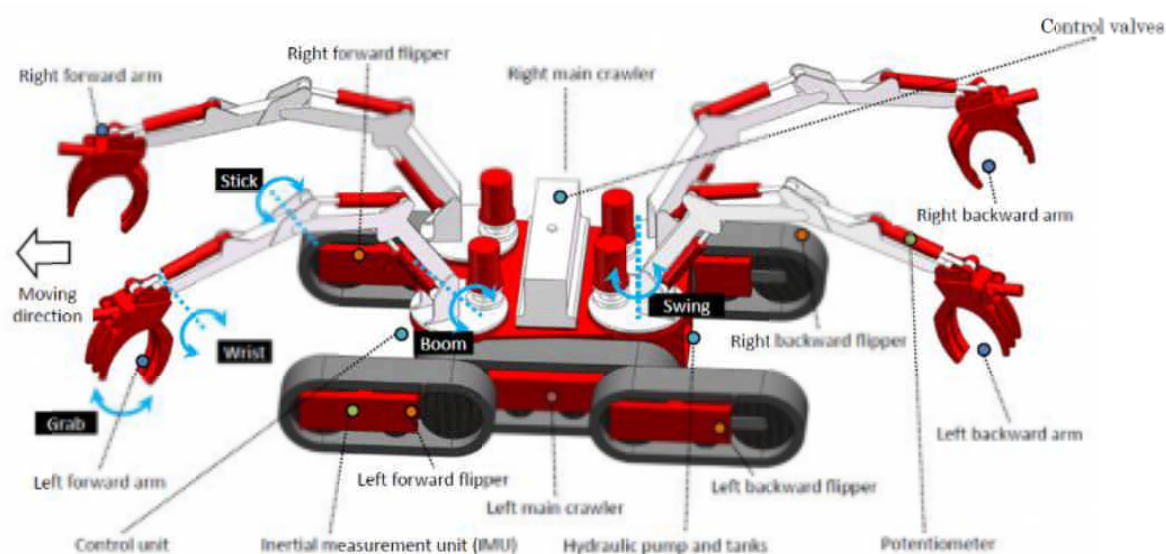


図3 災害対応ロボット「オクトパス」の概要

3. 共同研究者

山川 宏（理工学術院 教授）、三輪 敬之（理工学術院 教授）、高西 淳夫（理工学術院 教授）、小林 哲則（理工学術院 教授）、菅野 重樹（理工学術院 教授）、藤江 正克（早稲田大学 名誉教授）、梅津 光生（理工学術院 教授）、岩田 浩康（理工学術院 教授）、小林 洋（研究院准教授－7月まで）、石井 裕之（理工学術院 准教授）

4. 研究業績

<主要な学術論文>

1) H. Shigemune, S. Maeda, Y. Hara, N. Hosoya and S. Hashimoto, "Origami Robot: A

Self-folding Paper Robot with an Electrothermal Actuator Created by Printing," in IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol.21, no.6, pp.2746–2754, 2016.

2) H. Shigemune, S. Maeda, V. Cacucciolo, Y. Iwata, E. Iwase, S. Hashimoto and S. Sugano, "Printed paper robot driven by electrostatic actuator," IEEE Robotics and Automation Letters, vol.2, no.2, pp.1001–1007, 2017.

3) Tito Pradhono Tomo, Alexander Schmitz, Guillermo Enriquez, Shuji Hashimoto, and Shigeki Sugano, "Wayang Robot with Gamelan Music Pattern Recognition", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.29, No.1, Feb. 2017

4) Gabriele Trovato*, Josue G. Ramos, Helio Azevedo, Artemis Moroni, Silvia Magossi, Reid Simmons, Hiroyuki Ishii, and Atsuo Takanishi, "A receptionist robot for Brazilian people: study on interaction involving illiterates", Paladyn, J. Behav. Robot, Volume 8, Issue 1, , Pages 1-17, April 2017.

5) Mitsuhiro Kamezaki, Junjie Yang, Hiroyasu Iwata, and Shigeki Sugano, " Visibility Enhancement using Autonomous Multicamera Controls with Situational Role Assignment for Teleoperated Work Machines" , Journal of Field Robotics, 33(6)p.802 – 824, 2016.

6) Kui Chen, Mitsuhiro Kamezaki, Takahiro Katano, Junjie Yang, Tatsuzo Ishida, Masatoshi Seki, Ken Ichiryu, and Shigeki Sugano,"Development of a Virtual Reality Simulator for Four-Arm Disaster Rescue Robot OCTOPUS", Proceedings of 2016 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM2016), pp.721 – 726, 2016.

7) Udara E. Manawadu, Mitsuhiro Kamezaki, Masaaki Ishikawa, Takahiro Kawano, and Shigeki Sugano, "A Haptic Feedback Driver-Vehicle Interface for Controlling Lateral and Longitudinal Motion of Autonomous Vehicles", IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, (AIM2016), pp.721 – 726, 2016.

8) Mitsuhiro Kamezaki, Hiroyuki Ishii, Tatsuzo Ishida, Masatoshi Seki, Ichiryu Ken, Yo Kobayashi, Kenji Hashimoto, Shigeki Sugano, Atsuo Takanishi, Masakatsu G. Fujie, Shuji Hashimoto, Hiroshi Yamakawa,"Design of Four-Arm Four-Crawler Disaster Response Robot OCTOPUS", Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2016), 2016.

9) Yo Kobayashi, Mariko Tsukune, Tomoyuki Miyashita, and Masakatsu G. Fujie, "Simple empirical model for identifying rheological properties of soft biological tissues", Phys. Rev. E 95, 022418, 28 February 2017.

5. 研究活動の課題と展望 (MS ゴシック、太字、11 ポイント)

本長期大型プロジェクトは 2017 年に最終年度を迎えることから、これまでの研究活動を総括するとともに、印刷方式による構造形成、新しい移動方式など要素技術研究の成果を社会実装するために、いくつかの応用システムの構築を行いたい。当面の課題は、自己組織型組立によるロボット生産方式の確立、不整地の自在に移動する災害対応ロボットの現地動作検証、医療用能動器具に実装するロボット技術、自然環境で活動するロボットのための I O T 技術などである。また、ロボットの自由度を自在に制御するインタフェースのデザインに加えて、ロボットを駆動するエネルギーの供給方式も自然あるいは人体と共生する知能機械には重要な課題である。