解 説

先端ロボット開発を核とした創造技術の革新
—東京工業大学21世紀COEプログラム—

Innovation of Creative Engineering through the Development of Advanced Robotics
—COE 21, Tokyo Institute of Technology—

多田 隈 建二郎* 広 瀬 茂 男* *東京工業大学

Kenjiro Tadakuma* and Shigeo Hirose* *Tokyo Institute of Technology

1. はじめに

本「21世紀COEプログラム」は先端ロボット開発を核とした創造技術の革新というタイトルを掲げている。本COE拠点では、先端ロボットを広範な学問領域を有機的に総合して開発し、極限的な環境で作業できる実用的なロボットを世の中に提供すると同時に、そのようなロボット開発の過程で創造技術革新のための学問体系の構築を試み、世界最高水準の機械システム創造技術を世に発信して創造的若手研究者を育成することを目的としている。

そしてこの COE プログラムが取り組むのは、東工大機械系が世界に誇る最先端の機械系工学技術、構造・機構学、制御・情報学、計測学、エネルギー工学、人間・環境工学などの関連分野の研究者を大岡山キャンパス（機械系 4 専攻）とすずかけ台キャンパス（機械系 1 専攻）から選りすぐり、さらに産業界、地域中小企業、さらに海外の大学・研究機関などの研究者技術者と密接に連携して、上述のような極限環境で活躍できる真に実用的なロボット群の開発に取り組んでいる（図 1）。

さらに、このようなプロジェクト推進型の開発を推し進めることは、機械工学系の各専門分野に新たな創造技術の革新を促し、さらに広い視野を持った創造性あふれる若手研究者を育成することも実現するであろうと我々は考えている。

2. スーパーメカノシステム開発センター

原始的工学は「もの作り」の学問であり、多くの知識や技能の集合体であった。しかしこの工学は、時代を経るにしたがってその内容を高度化していき、多くの学問分野に分岐しながらその専門性を深めてきた。このような工学をさらに先鋭化し高度化することは、もちろん各専門分野での専門性を深めることが基礎になることは明らかであるが、

原稿受付 2007 年 1 月 15 日

キーワード: Creative Engineering, Advanced Robotics, Super-Mechano Systems, Synthesis of Mechanical Engineering, Tri-Star

*〒 152-8552 目黒区大岡山 2-12-1

*Meguro-ku, Tokyo

図 1 21 世紀 COE プログラム拠点形成計画

図2 スーパーメカノシステム研究開発センターでの研究開発の方向性

同時に本来の「もの作り」のための技術という側面を再認識し、解析 (analysis) だけでなく総合 (synthesis) の技術を含む本来の工学としての特性を重視することが、新しい方向への発展を促すと我々は考えている。

そのため機械系 21 世紀 COE プロジェクトにおいては、上述したような先端ロボット群を広範な学問領域を有機的に総合して開発する拠点として図 2 に示す「スーパーメカノシステム開発センター」を創設した。そこでいろいろなプロジェクトからのプロジェクト指向型研究開発によって人類に貢献できる極限環境ロボットを開発し、同時にこのような専門分野の強制的な融合化で各専門分野に創造技術の革新を促し、さらに創造性あふれる若手研究者の育成に

取り組んでいる (図 2)。

研究の拠点としての新たな活動として、以下のことを行っている。

(i) COE コースの新設

各専門分野からそれぞれの専門分野を生かしながら、先端ロボット開発に参画できる博士後期課程進学者および若手研究者を選抜する。マネジメント能力を備えた研究者を養成するため、ビジネスの現場で使える実践的な知識を習得させ、それを実際に活用するため、本来の研究テーマとは別なプロジェクト研究にこれらの学生・若手研究者を参加させ、創造開発研究に取り組ませる。

(ii) 異分野交流の推進

プロジェクト研究を中核として、異なる研究分野の学生・研究者、開発関連企業、地元産業体との交流を積極的に推進する。

(iii) 国際化の推進

国際的なプロジェクト開発の展開を推進し、その過程で大学院学生・若手研究者に、国際会議への参加、海外の一流研究機関への留学などを促す。また一流の外国人研究者の招聘や語学力強化プログラムなどを積極的に推進し国際的に活躍する人材を育成する。

(iv) 教育環境の高度化

拠点における最先端の教育遂行に必要な環境整備 (計算機・文献・実験空間・試作支援体制) を推進する。

(v) 学生への研究費援助

COE コースの学生に研究費を支給し、積極的に RT・TA に採用して重点支援を行う。

「スーパーメカノシステム研究開発センター」におけるプロジェクト指向開発研究から生まれるものとしては、下記の内容を考える。

(a) 人類に貢献する極限環境ロボット群の開発

— 救助・防災・福祉・宇宙極限環境などで活躍する独創的な実用ロボットを多数世の中に送り出す。例えば、アフガニスタンに対して人道的対人地雷探知除去ロボットを支給できるようにする、大震災時における人命探査救助を行うレスキューロボットを開発し実戦配備を行えるようにするなど。

(b) 創造的設計開発のできる若手研究者技術者の輩出

— プロジェクト指向博士課程教育プログラムを確立し普及する。

— 企業に多くの博士課程修了生を送り込む。

— 修了生によるベンチャービジネスの起業。

(c) 創造技術の革新を機械系学問分野に促す

— 統合型開発研究遂行を通じて、各専門分野に社会的にインパクトのある革新的研究プロジェクトを立ち上げる。

3. 水平多関節式展開型 3 輪惑星探査ローバ 「Tri-StarIII」

前章までで説明した東工大 21 世紀 COE プログラムで開発しているロボットの一つの例として、筆者らが研究を進めている惑星という極限的な環境を踏破するローバの開発事例を紹介する。これまでに車輪・脚式・クローラ式など、様々な種類の惑星探査ローバが研究・開発されてきた [1]。本章においては、搬送される際にはコンパクトな形態をとり、走行時には大きく展開して安定性・走破性を高めて移動する展開型ローバの基本概念を取り入れ、新しく水平多関節式のアーム機構を採用した「Tri-StarIII」の基本構成、また、展開用の機構を不整地走破にも用いるという移動概念について説明する。

Tri-StarIII はローバ本体に水平多関節アームを 3 本装備し、それぞれのアームの先端に垂直支持軸を有する車輪モジュールが搭載された構造となっている。展開動作は図 3 の左下に示す図から右上の図のように、水平多関節型のアームを回転させて行う。このアームの関節はフリーとロックをそれぞれ切り替えることが可能で、関節がフリーに回転できる状態のときに車輪を駆動させると、車輪は車両本体に対して推進力を発生せずに関節角度を変える動作を行う。関節がロックの際に車輪を駆動させると、車両本体に対して推進力を発生させる。関節を直接駆動させるモータなどのアクチュエータが搭載されているわけではないので、非常に軽く低コストに構成できるのが特徴である。また、車輪の個数が三つであるがゆえに、静的に安定であるため、サスペンションのような比較的複雑な機構なしにも常に全ての車輪が走行面に接地することが可能となる。また車輪の個数が少ないことにより、それ自体で機体を軽量・安価

図 3 Tri-StarIII の外観

図4 各種走行実験

に構成可能である。このように、Tri-Star は比較的シンプル、最低限必要要素による構成にもかかわらず、走行時はホイールベースを大きく展開することにより、走破性能も確保できるという特徴を有する機体である。

Tri-StarIII においては以下のように様々な点を考慮して開発を行った。

- (i) 防塵性能向上
- (ii) 車輪水平支持軸の無限回転可能構成
- (iii) ローバ単体での展開動作が可能な構成
- (iv) 重心高さが不変な展開動作
- (v) 展開用アームの不整地移動への活用

本機では展開後もアームの関節角を変化させることを想定している。展開用の3本のアームの相対位置を積極的に変えることで、不整地走破性を向上させることが可能であることが期待できる。具体的には、狭い場所や斜面において、環境に合わせて様々な形態をとるものである。展開動作においては三つのアーム共に、第一関節のブレーキを利かせ、第二関節のジョイントをフリーにした状態で車輪を回転させている。各種走行実験の様子を図4に示す。図4(a)の段差踏破実験において設定した段差の高さは385[mm]である。実機の段差踏破性能を簡易的にはあるが確認し

た。また斜面走行の様子を図4(b)に示す。38[deg]程度の傾斜面であれば、実機が安定して乗り越え可能であることを確認した。また、図4(c), (d)に示すように狭隘地走行などの実験も、災害地探索ロボットとしての応用も考慮に入れて行っている。以上、それぞれ簡易的ではあるが、実際に設計・製作した Tri-StarIII の基本動作については実験を通して確認できた。

21世紀COEの国際交流事業の一環として筆者(多田隈)は、Massachusetts Institute of Technologyにおいて、客員研究員として全方向移動機能の特徴とする惑星探査ローバの開発に携わるチャンスを得ることができた。この活動内容についても、プロジェクトが一区切りつき次第、何らかの形で報告できればと考えている。

4. お わ り に

先端ロボットを広範な学問領域を有機的に総合して開発し、極限的な環境で作業できる実用的なロボットを世の中に提供すると同時に、そのようなロボット開発の過程で創造技術革新のための学問体系の構築を試み、世界最高水準の機械システム創造技術を世に発信し、創造的若手研究者を育成することを目的としている当COEプログラムについて紹介した。特にCOEコースは筆者にとって学生間での交流を深めるうえでも非常に有意義であったと感じている。

本拠点の詳細については、下記サイトをご覧ください。うえでより理解を深めていただければと考える。

<http://www-coe21.sms.titech.ac.jp/Japanese/index.html>

参 考 文 献

- [1] 久保田孝: “惑星別探査ローバ”, 日本ロボット学会誌, vol.21, no.5, pp.468-471, 2003.
- [2] S. Hirose, H. Kuwahara, Y. Wakabayashi and N. Yoshioka: “The Mobility Design Concepts/Characteristics & Ground Testing of an Offset-Wheel Rover Vehicle,” Proc. Int. Conf. On Mobile Planetary Robots & Rover Roundup, pp.1-14, 1997.
- [3] K. Tadakuma, M. Matsumoto and S. Hirose: “Mechanical Design of Joint Braking Mechanism and Underactuated Performance of Horizontal Polyarticular Arm Equipped 3-Wheeled Expandable Mobile Robot; “Tri-Star3,” The IEEE/RSJ International Conference on Robotics and Automation, 2006.

IEEE 会員。

多田隈建二郎 (Kenjiro Tadakuma)

1979年1月29日生。2004年東京工業大学大学院理工学研究科機械宇宙システム専攻修士課程修了。現在同大学大学院博士課程在学中(2007年3月修了予定)。2006年9月より Massachusetts Institute of Technology 客員研究員として惑星探査ローバの開発に従事。(日本ロボット学会学生会員)

広瀬茂男 (Shigeo Hirose)

1976年東京工業大学制御工学専攻修了(工学博士)。1992年以降東京工業大学機械宇宙システム専攻教授。紫綬褒章(2006年春), Pioneer in Robotics and Automation Award (IEEE Robotics and Automation Society, 1999年)など受賞。

(日本ロボット学会正会員・フェロー)