

平成 21 年 6 月 1 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2004～2008

課題番号：16078101

研究課題名（和文）ブレイクスルーを生み出す次世代アクチュエータ研究

研究課題名（英文）Next-Generation Actuators Leading Breakthroughs

研究代表者

樋口 俊郎（HIGUCHI TOSHIRO）

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：10111569

研究成果の概要：本研究課題は、特定領域研究「ブレイクスルーを生み出す次世代アクチュエータ研究」の総括班としての活動に関わるものである。本特定領域は、従来、個々に研究が進められてきたアクチュエータ関連分野の研究者を結集することで、様々な分野にブレイクスルーを生み出す次世代アクチュエータ研究を推進することをめざし創設された。総括班では、領域の方針策定、広報企画、研究者交流などをはじめとする領域全般の企画運営を実施した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2004年度	6,500,000	0	6,500,000
2005年度	7,300,000	0	7,300,000
2006年度	7,300,000	0	7,300,000
2007年度	7,300,000	0	7,300,000
2008年度	8,100,000	0	8,100,000
総計	36,500,000	0	36,500,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：

キーワード：アクチュエータ，機能性材料，精密位置決め，MEMS，ロボット，人工筋肉，リハビリテーション，特殊環境

1. 研究開始当初の背景

(1) アクチュエータの重要性

アクチュエータ技術は、現代のあらゆる科学・産業の基盤となる技術であり、優れた次世代アクチュエータの実現は、産業界、先端科学、人間社会、等々、多岐の分野に大きなブレイクスルーをもたらす可能性を有している。例えば、近年、人間型ロボットやペットロボットが社会的に注目され、その実用化が期待されている。これら自律型ロボットの実現に関しては、知的な情報処理技術に目が

向きがちであるが、実用化への最大のブレイクスルー技術の一つはアクチュエータである。現在のアクチュエータは、エネルギー密度やエネルギー効率において生物の筋肉に大きく劣っているのが現状であり、高度な自律型ロボットの実現を妨げている大きな要因になっている。

科学技術分野における近年のマイクロ化・ナノ化の動きに関しても、アクチュエータの果たすべき役割は極めて大きい。例えば、軽薄短小・高集積の情報機器、低侵襲医療用マイクロロボット、マイクロリアクタにおける微量流体制御素子、生命科学や材料科学分

野におけるナノマニピュレーション技術等々において、優れたマイクロアクチュエータやナノポジショニングアクチュエータが最大のブレイクスルー技術の一つとなっている。

以上のような先端的な機器に限らず、アクチュエータは産業界の様々な製品の最も基本的なデバイスの一つである。世界のエネルギー消費の6割をアクチュエータが占め、高効率アクチュエータの実現はCO₂削減にも大きく寄与すると言われている。

これらを鑑みると、産業、技術、科学、環境対策を飛躍的に展開させる一つの鍵を次世代アクチュエータが握っていると言っても過言ではない。優れた次世代アクチュエータの出現は、科学技術、経済産業の発展のみならず、地球環境保護や人々の生活文化水準向上にまでも大きく寄与することが期待できる。

(2) 従来のアクチュエータ研究と問題点

1990年代後半以降、アクチュエータの研究は、マイクロアクチュエータ、ナノポジショニングアクチュエータ、静電アクチュエータ、新しい機能性材料を用いたアクチュエータ、柔軟アクチュエータ、多自由度アクチュエータ、生物模倣アクチュエータ、等々、多様な形で大きく進展してきた。また、希土類磁石を用いたハイパワーの電磁モータ、圧電アクチュエータ、超音波モータの実用化・普及も大きく進んだ。このように様々な特徴や性能を持ったアクチュエータ技術が多様な形で進んできた現在、アクチュエータの研究者が協力して効率的な研究を進めることで、より高機能、高性能な次世代アクチュエータの実現が期待できる。

これらアクチュエータの研究において、これまで日本は世界をリードする立場を築いてきた。しかし、特定領域開始前の我が国においては、個々のアクチュエータ研究者が、それぞれの関連分野において個別に研究活動を進めてきたのが実情であり、アクチュエータ研究全体をとりまとめる大きなプロジェクトは存在しなかった。これに対し、海外では、様々なアクチュエータプロジェクトが推進されるようになりつつあり、日本のプレゼンスの低下が懸念される状況にあった。

2. 研究の目的

上記の状況を鑑み、平成16年度(2004年度)より、特定領域研究「ブレイクスルーを生み出す次世代アクチュエータ研究」が開始された。特定領域全体のイメージを図1に示す。大勢の研究者が集まる特定領域研究においては、領域の方針策定、研究者間の交流、

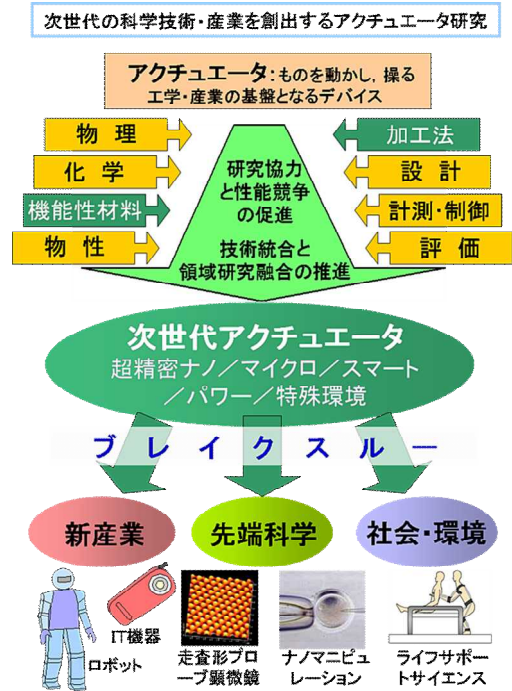


図1 特定領域活動の概観

領域の成果発信、広報活動などを効率的に実施することが必要であり、本総括班は、それら領域の効率的運営を行うことを目的として設置された。

3. 研究の方法

(1) 総括班の構成

総括班は実施グループと評価グループからなり、後述する各研究班と緊密な連絡をとりつつ、効果的な特定領域推進を実現することをめざした。

実施グループは、領域の研究方針策定、各研究項目の企画調整、領域全体の成果の発信、広報、等を担当した。この際、各研究項目の研究の進行状況および領域外の関連技術動向を踏まえつつ、領域の研究方針の策定を行うとともに、各研究班に共通する基盤技術、および、研究開発動向の共有化を進めた。

一方、評価グループは産業界や学会で優れた実績を有する外部評価者により構成し、領域の活動状況や運営に関する評価や助言を行った。外部評価者は次の4名である(所属は領域開始時のもの)。

- ・梅谷陽二
(有限会社知能システム研究所代表、東京工業大学名誉教授)
- ・上羽貞行
(東京工業大学 精密工学研究所所長)
- ・海老豊
(株式会社リコー 執行役員 画像技術本部)

本部長)
 ・坂本正文
 (日本サーボ株式会社 技師長, 群馬大学 非常勤講師)

(2) 領域全体会議

本特定領域内には, 総括班の他に, 実際の研究を担当する5つの研究班が存在する。各研究班には, それぞれ3つの計画研究と, 5つ前後の公募研究が, 個別の研究課題に基づいて研究を実施してきた。総括班は, 年2回の領域全体会議を主催し, これを通じて, 研究班間の研究情報の交換, アクチュエータ製作や評価に関わる基盤技術の共有, 研究班間の技術融合による新たな研究展開を促進するなど, 特定領域全体の研究推進体制作りを積極的に進めた(図2)。

(3) 領域の情報発信・広報

研究成果が, 将来, 産業界, 先端科学, 人間社会等, 多岐の分野で, 展開・応用・実用化されるためには, 領域外への成果公表と交流が重要である。そのため, 総括班が主体となって, 公開シンポジウムの開催, 大規模展示会でのデモンストレーション, 領域全体会議の公開等, に積極的に取り組んだ。

また, 総括班メンバーを中心として, 学会誌や学術講演会においてアクチュエータ関連の特集を企画する, あるいは, 特定領域研究の概要を紹介するキーノート講演を行うなどして, 学术界にむけても, 領域の情報発信を積極的に進めてきた。

4. 研究成果

以上に述べた方針に基づき行った, 各種会議, シンポジウム等の実施実績を述べる。

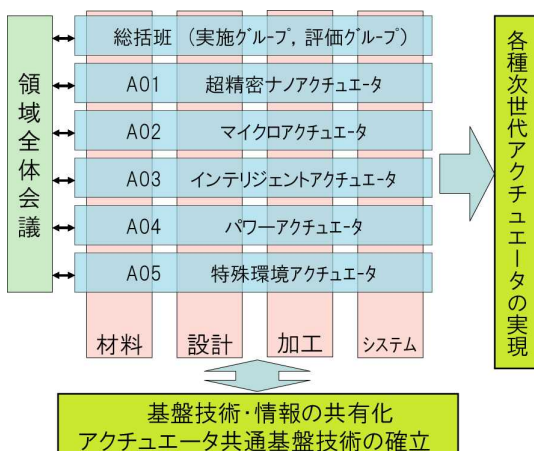


図2 研究推進体制

(1) 領域全体会議

領域全体会議を計画通り, 各年2回開催した。開催の記録は以下の通りである。

- ・2004年度: 2004/10/4, 2005/1/24
- ・2005年度: 2005/6/28, 2005/12/1
- ・2006年度: 2006/4/21, 2006/12/19
- ・2007年度: 2007/6/1, 2007/11/20
- ・2008年度: 2008/4/17, 2008/12/9

いずれも全体会議開催前には, 総括班会議を行い, 会議の運営等について議論を行った。領域全体会議では, 新規課題の内容紹介, 各研究班の活動状況報告, 広報企画の議論などを行い, 研究班間の情報共有と融合促進が促された。

(2) 公開シンポジウム等の開催

領域外に向けて広く成果を公開するために, 公開シンポジウムを各地で開催した。アクチュエータ研究においては, 実際の装置に触れてみる事が重要であることを鑑み, 大半のシンポジウムにおいては, 口頭やポスターでの研究発表に加え, アクチュエータ試作品を持ち込んだデモンストレーションを実施し, 参加者から好評を博した。

- ・第1回公開シンポジウム (2005/1/25, 東京工業大学)
- ・第2回公開シンポジウム (2005/12/1-2, 岡山大学)
- ・第3回公開シンポジウム (2006/12/18-19, 仙台国際センター)
- ・第4回公開シンポジウム(英語実施) (2007/11/19-20, 沖縄コンベンションセンター)
- ・第5回公開シンポジウム (2008/12/8-9, 東京大学)
- ・第1回国際シンポジウム (2006/4/20-21, 幕張プリンスホテル)
- ・第2回国際シンポジウム (2008/4/17, アパホテル幕張ベイ)

これらのシンポジウムでの発表内容は, それぞれ冊子にまとめ, 発表資料集として配布した。さらに, 最終年度において, これまでの一連の発表資料集を一つにまとめたCD-ROM資料集を製作した。

(3) 産業関連展示会への出展

領域内のアクチュエータ研究に関する情報を広く産業界に発信するため, 毎年4月に開催される「テクノフロンティア・モーションエンジニアリング展」に特定領域として出展し, 様々なデモンストレーションを行った(図3)。多くの来場者に恵まれ, 好評を得た。

(4) 学術講演会・学会誌等での企画

IEEE 主催の国際シンポジウム Mirco-Nano Mechatronics and Human Science を2006年から2008年の3年間、特定領域として共催した。

この他、各種学術講演会でオーガナイズドセッションの企画や基調講演を実施し、特定領域の紹介を行った。また、学会誌においても以下の特集企画を行った。

- ・電気学会 E 論文誌 2006 年 4 月号
「特集：ブレイクスルーを生み出すマイクロアクチュエータ」
- ・日本 AEM 学会誌 2006 年 6 月号
「ブレイクスルーを生み出す次世代アクチュエータ」
- ・電気学会誌 2007 年 5 月号
「特集：ブレイクスルーを生み出す次世代アクチュエータ」

(5) 書籍出版

特定領域初期において、それまでのアクチュエータ研究の状況を概観し体系化を進めることをめざし、研究計画代表者らを中心として専門書をまとめ出版した(「アクチュエータ工学」養賢堂)。この書籍は、2006年11月に日本 AEM 学会著作賞を受賞した。

また、特定領域としての5年間の研究結果を踏まえ、最新の研究成果を盛り込んだ専門書を英文で発行することを企画し、現在、執筆が進んでいる。本書は、Springer 社より出版される予定である。



図3 テクノフロンティアでの展示

筆が進んでいる。本書は、Springer 社より出版される予定である。

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 3件)

樋口俊郎, 「アクチュエータ」, 精密工学会誌, Vol. 75, pp. 87-88 (2009) 【査読無】

樋口俊郎, 「次世代アクチュエータの展望とトライボロジーの役割」, トライボロジスト, Vol. 53-2, pp. 70-75 (2008) 【査読無】

樋口俊郎, 「アクチュエータ特集記事に当たって」, 日本 AEM 学会誌, Vol. 14-2, p. 167 (2006) 【査読無】

〔学会発表〕(計 7件)

樋口俊郎, 「新アクチュエータ研究開発の動向」, 日本 IFToMM 会議 第14回シンポジウム, 2008/7/12, 東京工業大学

Toshiro Higuchi, “New Actuators for Advanced Mechatronics”, International Conference on Control, Automation and Systems, 2007/10/20, Seoul, Korea

Toshiro Higuchi, “Sophisticated Electrostatic Motors”, JSME-KSME Joint International Conference on Manufacturing, Machine Design, and Tribology, 2007/7/2, 旭川

横田真一, 「機能性流体を応用したマイクロアクチュエータ(基調講演)」, 平成18年度秋季フルードパワーシステム講演会, 2006/11/9, 静岡

則次俊郎, 「ソフトメカニズムによるウェアラブル人間支援ロボット(基調講演)」, 平成18年度春季フルードパワーシステム講演会, 2006/6/8, 札幌

Toshiro Higuchi, “Innovative Actuators and Tools for Micro-Nano Mechatronics” (Invited), 2005 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science, 2005/11/8, 名古屋

Shinichi Yokota, “Micro Actuators using Functional Fluids and the Systems” (Invited), 6th International Conference on Fluid Power Transmission and control, 2005/4/5, 中国

〔図書〕(計 1件)

樋口俊郎, 他15名, 「アクチュエータ工学」, 養賢堂(2004) 総ページ数228ページ

〔その他〕

ホームページ

<http://yokota-www.pi.titech.ac.jp/index-A.html>

公開シンポジウム資料集（第1回～5回）
国際シンポジウム資料集（第1, 2回）
和文広報パンフレット（初版～4版）
和文リーフレット（初版, 2版）
英文リーフレット
CD-ROM資料集（上記をまとめたもの）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

樋口 俊郎 (HIGUCHI TOSHIRO)
東京大学・大学院工学系研究科・教授
研究者番号：10111569

(2) 研究分担者

鈴森 康一 (SUZUMORI KOUICHI)
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：00333451

(3) 連携研究者

黒澤 実 (KUROSAWA MINORU)
東京工業大学・総合理工学研究科・准教授
研究者番号：70170090

服部 正 (HATTORI TADASHI)
兵庫県立大学・高度産業科学技術研究所・教授
研究者番号：70326297

則次 俊郎 (NORITSUGU TOSHIRO)
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：70043726

横田 眞一 (YOKOTA SHINICHI)
東京工業大学・精密工学研究所・教授
研究者番号：10092579

吉田 和弘 (YOSHIDA KAZUHIRO)
東京工業大学・精密工学研究所・准教授
研究者番号：00220632

山本 晃生 (YAMAMOTO AKIO)
東京大学・大学院工学系研究科・准教授
研究者番号：40313035

神田 岳文 (KANDA TAKEFUMI)
岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号：30346449