

**(独) 科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業
個人型研究(さきがけ)
追跡調査報告書**

**研究領域「相互作用と賢さ」
(2000-2005)
研究総括 原島 文雄**

2010.3.26

<目次>

概要.....	1
第1章 追跡調査・追跡評価について.....	2
1.1 調査／評価の目的.....	2
1.2 調査／評価の対象.....	2
1.3 研究領域の概要.....	2
第2章 全研究課題（研究者）の発展状況.....	5
2.1 参加研究者全員に対するアンケート調査.....	5
2.2 参加研究者全体の動向.....	6
2.2.1 研究者の職位の推移.....	6
2.2.2 論文、総説・解説の発表件数の推移.....	7
2.2.3 著書件数の推移.....	8
2.2.4 特許出願件数の推移.....	9
2.2.5 招待講演件数の推移.....	10
2.2.6 研究者の受賞.....	12
2.2.7 研究者の研究助成金獲得状況.....	27
2.2.8 参加研究者の研究成果と発展状況.....	29
2.2.9 さきがけ研究の意義.....	40
2.3 第2章のまとめ.....	43
第3章 研究成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な波及効果.....	44
3.1 詳細調査の内容.....	44
3.2 代表事例の発展状況.....	44
3.2.1 インテリジェント・バイオマイクロラボラトリ（新井 史人 第1期）.....	44
3.2.2 分散配置されたデバイスと相互作用し賢くなる知的空間 （橋本 秀紀 第1期）.....	47
3.2.3 人間行動を補助するマッスルスーツの開発（小林 宏 第1期）.....	50
3.2.4 人とロボットの共生と学習に関する研究（柴田 崇徳 第2期）.....	53
3.3 第3章のまとめ.....	56

概要

本資料は、戦略的創造研究推進事業の個人型研究（さきがけタイプ）（以下、さきがけ）の研究領域「相互作用と賢さ」（2000-2006年）において、研究終了後一定期間を経過した後、副次的効果を含めて研究成果の発展状況や活用状況等を明らかにし、独立行政法人科学技術振興機構（JST）事業及び事業運営の改善等に資する追跡評価のために調査した結果をまとめたものである。

「相互作用と賢さ」は、人間と機械が相互作用としての物理的関係と情報交換によって、さらに賢くなる人工の空間形成に関して研究を行い、人間の知力と行動力を最大限に発揮させる人工生命体と呼ぶべきシステムを構築しようとするものである。その第3期の研究者が研究を終了してから4年を経過した時点で、参加研究者全員20名を対象としてアンケート調査を行った。

まず、参加研究者全員に関して、論文、特許、研究助成金、招待講演、受賞などに関するアンケート調査を実施し、20名全員から回答を得た。アンケート調査結果及び補足的な調査結果を基に、研究総括と相談の上、代表事例を抽出し、選定された研究者4名に対して、詳細インタビュー調査を実施した。

アンケート結果から、さきがけ期間中及び終了後から追跡調査時点までの、職位、論文発表件数、特許出願件数、研究助成金獲得額などを比較し、さきがけ期間中に比して、終了後に研究活動が発展していることを確認した。職位については、さきがけ期間中あるいは終了後に教授となった研究者は6名おり、それぞれの分野でリーダーとして活躍している。研究成果の発表では、さきがけ期間中、年平均5報以上論文を発表している研究者は9名であったが、さきがけ終了後には13名に増加した。研究費助成金に関しては、さきがけ終了後に1億円以上の大型の研究助成金を獲得した研究者が4名みられた。また、さきがけ研究の意義に対する意見は、回答のあった17名中15名が自身の研究に役立ったと考えており、7名が何らかの制度・運営に関する改善等の意見を持つという結果であった。具体的には、若手研究者に対して非常に大きな自由度と責任を与えてその後の研究の足がかりとなる基礎研究を行うことを可能としたこと、異分野融合への進展、他の研究者との交流は非常に有意義であったこと等の利点についての意見があった。一方で、さきがけ研究の課題としては研究費の分配方法、採択基準の改善、募集テーマの補充などの意見が寄せられた。

詳細インタビュー調査には、事前調査結果及び研究総括のご意見を参考にして、詳細調査対象となる代表的事例を4名抽出した。詳細調査対象となる各研究者から、本研究終了後の継続・発展の状況や、研究成果から生み出された波及効果等をインタビュー形式で調査した。その結果、他の研究分野への貢献、製品実用化、海外研究者とのネットワーク作りの拡大、当該研究領域の拡大等の効果が得られていることが把握できた。

第1章 追跡調査・追跡評価について

1.1 調査／評価の目的

戦略的創造研究推進事業の個人型研究さきがけにおいて、研究終了後一定期間を経過した後、副次的効果を含めて研究成果の発展状況や活用状況を明らかにし、JST 事業及び事業運営の改善等に資するために追跡調査を行う。

1.2 調査／評価の対象

本追跡評価はさきがけ研究領域「相互作用と賢さ」（2000-2006 年）の研究課題全てを対象とする。表 1-1 に調査対象と調査対象期間を示す。

表 1-1 調査対象と調査対象期間

	さきがけ期間	さきがけ終了後調査対象期間	研究課題数
第 1 期	2000 年 10 月 - 2003 年 9 月	2003 年 10 月 - 2009 年 3 月	6
第 2 期	2001 年 12 月 - 2005 年 3 月	2005 年 4 月 - 2009 年 3 月	7
第 3 期	2002 年 11 月 - 2006 年 3 月	2006 年 4 月 - 2009 年 3 月	7

1.3 研究領域の概要

「相互作用と賢さ」の研究総括は原島 文雄（首都大学東京 学長）であり、研究領域の概要は以下のとおりである。

「相互作用と賢さ」は、人間の知力と行動力を最大限に発揮させる人工生命体と呼ぶべきシステムを構築しようとするものである。人間と機械が相互作用としての物理的関係と情報交換によって、さらに賢くなる人工の空間形成に関して研究するものである。例えば、情報の感知と命令の集積・融合化、スマートアクチュエータ、インタフェースなど構成要素のほか、知能ロボット、学習機能、微小機械、人工現実感、メカトロニクス、新システムの設計や構築に向けての研究などを含んでいる。

この領域の概要に沿って研究を行うため、8 人の領域アドバイザーを定め、研究者の指導にあたった。表 1-2 に領域アドバイザーを示す。

表 1-2 領域アドバイザー

領域アドバイザー	さがし終了時の所属・役職
石島 辰太郎	首都大学 東京システムデザイン学部 学部長
井上 恵太	(株)コンボン研究所 顧問
井深 丹	タマティエルオー(株) 代表取締役社長
河内 啓二	東京大学大学院 工学研究科 教授
小菅 一弘	東北大学大学院 工学研究科 教授
谷江 和雄	首都大学東京 システムデザイン学部 教授
福田 敏男	名古屋大学大学院 工学研究科 教授
油田 信一	筑波大学 理事・副学長

研究課題（研究者）の公募は、2000年度から2002年度までの間に3度行い、総計20件の研究課題を採択した。表1-3に各期の研究課題名、研究者ならびに所属と役職を示す。

さがし期間中の成果には世界的に傑出したものが多く、領域事後評価報告書では、特筆すべき成果として下記の事例が挙げられている。

- ✓ 最も特筆すべき研究は、柴田 崇徳によるアザラシ型ロボット「パロ」の研究開発である。この研究では、パロをロボットセラピーとして応用し、福祉施設や病院などの現場において、その有効性の実証に成功した。一部の地方自治体では、医療福祉施設でのパロによるロボットセラピーのために全額あるいは半額補助などの制度を制定した。さらに、ヨーロッパでは医療福祉機器として認定された。さらに、この技術を、ベンチャービジネスとして起業したことは、特筆すべき成果と言える。
- ✓ またこのパロ以外にも、マッスルスーツ（小林 宏）、皮膚感覚ディスプレイ（高崎 正也）などの一般にも分り易い成果、および、コミュニケーションや学習に関する理論や手法などが研究され、それぞれの個別成果は評価に値すると考えられる。

表 1-3 研究課題と研究者（第 1 期、第 2 期、第 3 期）

期（採択年度）	研究課題名	研究者	さががけ採択時の所属・役職	さががけ終了時の所属・役職	追跡調査時の所属・役職
第 1 期（2000 年度）	インテリジェント・バイオマイクロラボラトリー	新井 史人	名古屋大学大学院 工学研究科 助教授	名古屋大学大学院 工学研究科 助教授	東北大学大学院 工学研究科 教授
	人間と共に移動する生活支援ロボット	大矢 晃久	筑波大学 電子情報工学系 講師	筑波大学 電子・情報工学系 助教授	筑波大学大学院 システム情報工学研究科 准教授
	非線形動力学的手法による群知能ロボット	菅原 研	電気通信大学大学院 情報システム学研究科 助手	電気通信大学大学院 情報システム学研究科 助手	東北学院大学 教養学部 情報科学科 准教授
	情報検索における対象知識獲得支援システムの構築	高間 康史	東京工業大学大学院 総合理工学研究科 助手	東京都立科学技術大学 工学部 助教授	首都大学東京 システムデザイン学部 准教授
	分散配置されたデバイスと相互作用し賢くなる知的空間	橋本 秀紀	東京大学 生産技術研究所 助教授	東京大学 生産技術研究所 助教授	東京大学 生産技術研究所 准教授
	成長するネットワーク型知能と人間中心システム	山口 亨	東京都立科学技術大学 工学部 教授	東京都立科学技術大学 工学部 教授	首都大学東京 システムデザイン学部 教授
第 2 期（2001 年度）	新世代ナノ計測の開発と生体分子への応用	石島 秋彦	名古屋大学大学院 工学研究科 助教授	名古屋大学大学院 工学研究科 助教授	東北大学 多元物質科学研究所 教授
	人間行動を補助するマッスルスーツの開発	小林 宏	東京理科大学 工学部 助教授	東京理科大学 工学部 助教授	東京理科大学 工学部 教授
	人とロボットの共生と学習に関する研究	柴田 崇徳	(独) 産業技術総合研究所 知能システム研究部門 主任研究員	(独) 産業技術総合研究所 知能システム研究部門 主任研究員	(独) 産業技術総合研究所 知能システム研究部門 主任研究員
	弾性表面波皮膚感覚ディスプレイの開発	高崎 正也	埼玉大学 工学部 助手	埼玉大学 工学部 助手	埼玉大学大学院 理工学研究科 准教授
	人体へ適応化するウェアラブル・フルイドパワーの開発	塚越 秀行	東京工業大学大学院 理工学研究科 助手	東京工業大学大学院 理工学研究科 助教授	東京工業大学大学院 理工学研究科 准教授
	無意識情報から生成される物語り技法	土佐 尚子	ATR メディア情報科学研究所 客員研究員	(財) イメージ情報科学研究所 所長	京都大学 学術情報メディアセンター 教授
Web におけるコミュニティの発見	村田 剛志	国立情報学研究所 情報学基礎研究系 助教授	情報・システム研究機構 国立情報学研究所情報学基礎研究系 助教授	東京工業大学大学院 情報理工学研究科 計算工学専攻 准教授	
第 3 期（2002 年度）	認識と演出の相互作用に基づくコミュニケーションロボットの実現	今井 倫太	慶應義塾大学 理工学部情報工学科 助手	慶應義塾大学 理工学部 助教授	慶應義塾大学 理工学部 准教授
	賢くなる 2 次元神経回路網によるパターン認識	工藤 卓	(独) 産業技術総合研究所 人間系特別研究体ニューロニクス RG 研究員	(独) 産業技術総合研究所 セルエンジニアリング RI ニューロニクス RG 研究員	関西学院大学 理工学部 准教授
	人間とロボットの相互関係形成のための構造化学習	久保田 直行	福井大学 工学部知能システム工学科 助教授	首都大学東京大学院 工学研究科 准教授	首都大学東京大学院 システムデザイン研究科 准教授
	環境・防災モニタリング用小型 2 重反転回転翼機の開発	砂田 茂	大阪府立大学大学院 工学研究科機械系専攻 助教授	大阪府立大学大学院 工学研究科 助教授	大阪府立大学 工学部 航空宇宙工学科 准教授
	環境とのインタラクションによる空間構造の獲得	友納 正裕	科学技術振興事業団 さががけ研究者	(独) 科学技術振興機構 さががけ研究者	千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター 副所長
	学習によるシーン理解の研究	長谷川 修	東京工業大学 像情報工学研究施設 助教授	東京工業大学 像情報工学研究施設 助教授	東京工業大学大学院 理工学研究科附属像情報工学研究施設 准教授
人間・環境適応型知的歩行支援システム	平田 泰久	東北大学大学院 工学研究科機械知能工学専攻 助手	東北大学大学院 工学研究科 助手	東北大学大学院 工学研究科 准教授	

第2章 全研究課題（研究者）の発展状況

2.1 参加研究者全員に対するアンケート調査

参加研究者全員に対して、さきがけ期間中と終了後の研究実績について問い合わせる調査票を送付し、全 20 名全員の回答を得た。回答率は 100.0%である。研究課題名及びさきがけ採択時、終了時ならびに追跡調査時の所属は表 1-3 に、調査票の質問事項は表 2-1 に示す。

表 2-1 調査票の質問事項

問 1	回答者の情報（氏名、所属、連絡先等）
問 2	さきがけ期間中および終了後の研究で、国際的に高い評価を受けている代表的な研究テーマと成果（5 件以内）
問 3	さきがけ期間中と終了後に公表された原著論文、総説・解説
問 4	さきがけ期間中と終了後に公表された著書
問 5	さきがけ期間中と終了後に出願された特許出願
問 6	さきがけ期間中と終了後に発表された招待講演
問 7	さきがけ期間中と終了後に獲得・継続した研究助成金
問 8	さきがけ期間中と終了後に受賞された賞
問 9	さきがけの成果に関しての応用・実用化や社会的価値の創出につながる取り組み
問 10	その他、アピールしたいこと
問 11	さきがけ研究の意義（良かった点、問題点、その他）
問 12	さきがけ制度、あるいは JST の事業についての意見

なお、以降の調査結果は、基本的にアンケートへの回答結果を基に作成しているが、アンケート回答に明らかな間違いがある場合は、調査のうえ訂正及び削除を行っている。さらに必要に応じて、アンケート回答に基づいて各研究者のホームページや各種データベースでの調査を行った。

2.2 参加研究者全体の動向

2.2.1 研究者の職位の推移

職位は、研究成果の蓄積が社会から認められたことを確認する一つの指標であると考えられるため、研究者全員のさきがけ採択時、終了時及び追跡調査時の職位の推移を図 2-1 に示した。

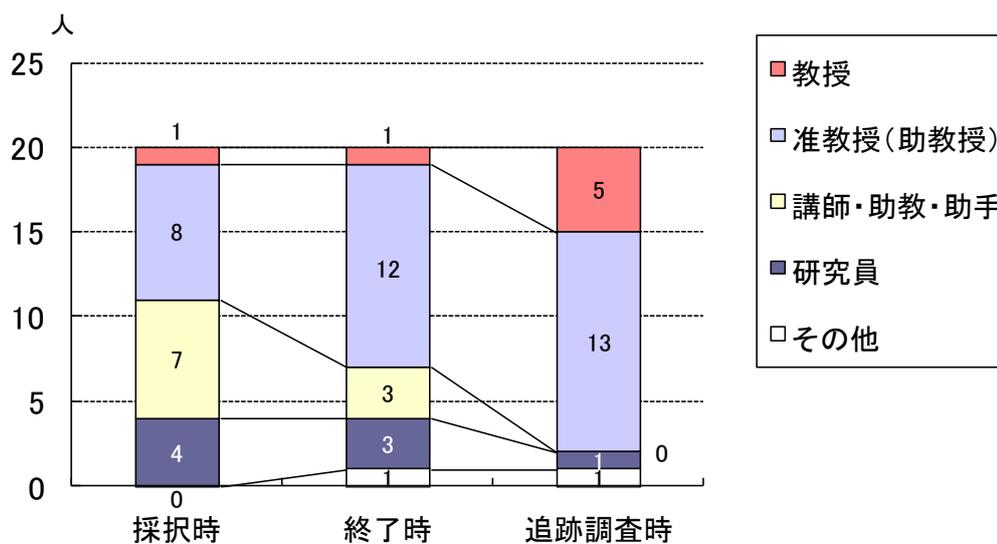


図 2-1 研究者のさきがけ採択時、終了時及び追跡調査時の職位の推移

さきがけ採択時には、助教授が 8 名であったが、さきがけ終了時には 12 名に増加している。さらに、追跡調査時点では、4 名が教授となるなど、13 名は明確に上位の職についていることが確認された。

2.2.2 論文、総説・解説の発表件数の推移

論文発表件数の推移は研究者の研究活動を示す一つの指標であると考えられるため、さきがけ期間中と終了後の論文、総説・解説数（発表件数）の個人別推移（年平均）を図 2-2 に示した。

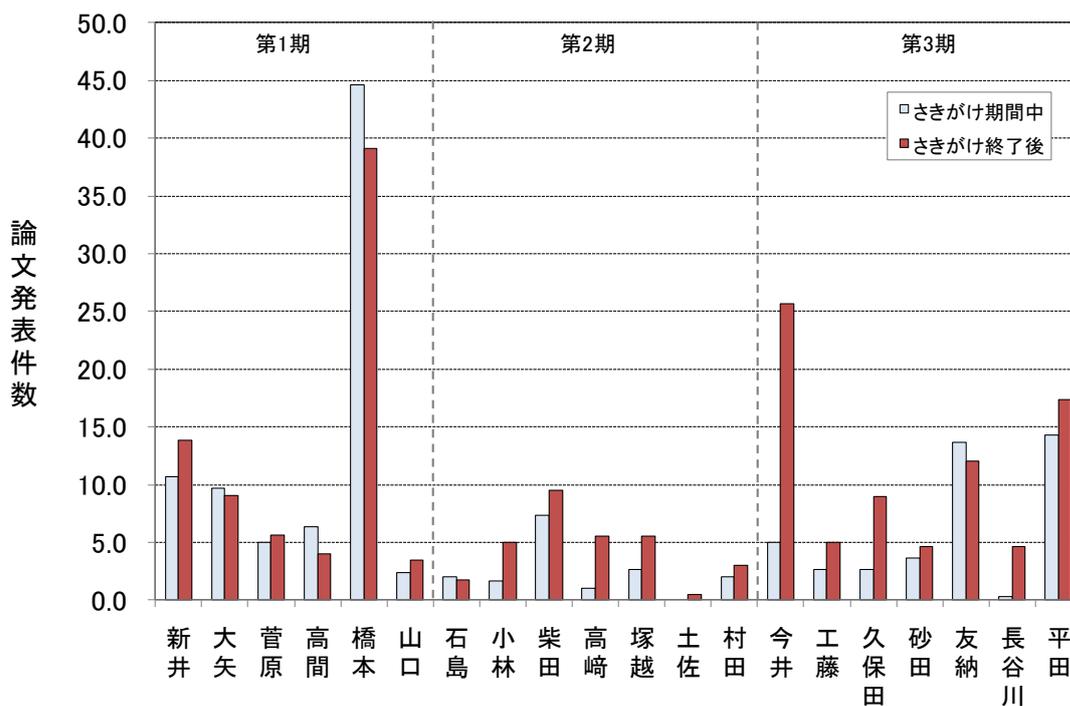


図 2-2 研究者の論文（論文、総説・解説）発表件数（年平均）

さきがけ研究者 20 名の論文発表件数（年平均）を見てみると、さきがけ期間中には、年平均 6.9 報の論文を発表している一方、さきがけ終了後には、平均 9.2 報と 1.3 倍に増加しており、さきがけ終了後の発展状況を見て取ることができる。

また、さきがけ期間中には橋本（44.7 報／年）、平田（14.3 報／年）、友納（13.7 報／年）が多く論文を発表しており、さきがけ終了後には、今井（25.7 報／年）、平田（17.3 報／年）、新井（13.8 報／年）などが論文発表件数（年平均）を大きく増加させている。

2.2.3 著書件数の推移

さきがけ期間中と終了後の著書件数（年平均）を図 2-3 に示した。

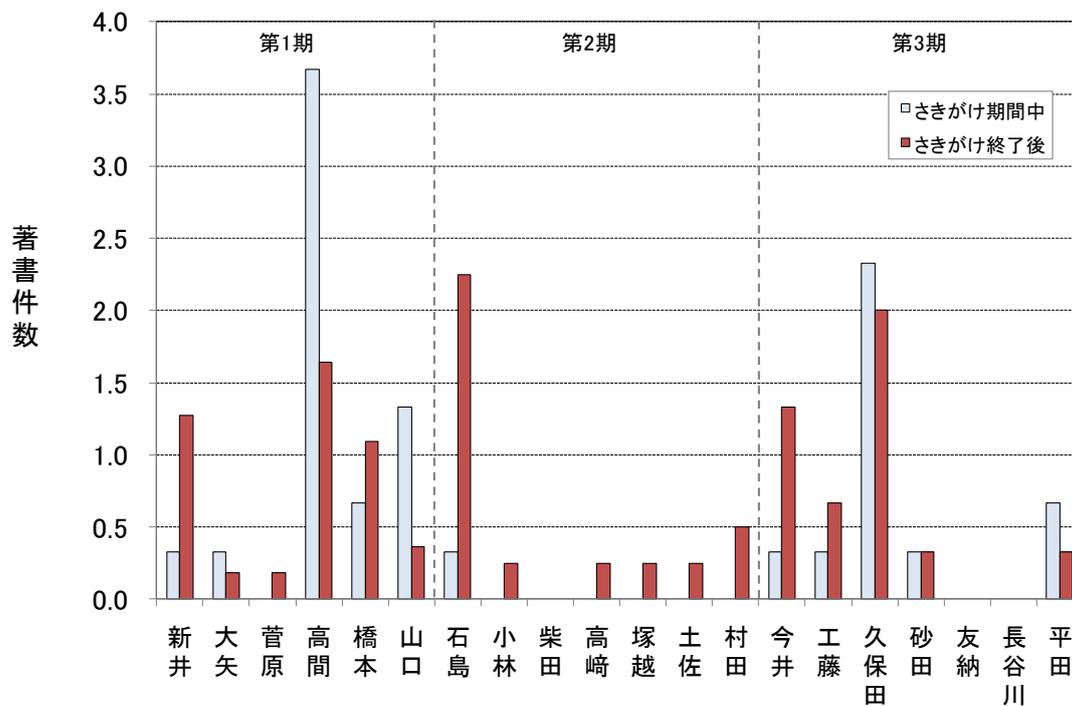


図 2-3 研究者の著書件数（年平均）

全般的に著書の発表件数（年平均）は論文と比較して少ないが、石島（2.3冊／年）や今井（1.4冊／年）、新井（1.3冊／年）はさきがけ終了後に著書を多く発表している。

2.2.4 特許出願件数の推移

特許出願件数は基礎研究から産業への貢献を分析する一つの指標であると考えられるため、さきがけ期間中と終了後の特許出願件数（年平均）の個人別推移を図 2-4 に示した。

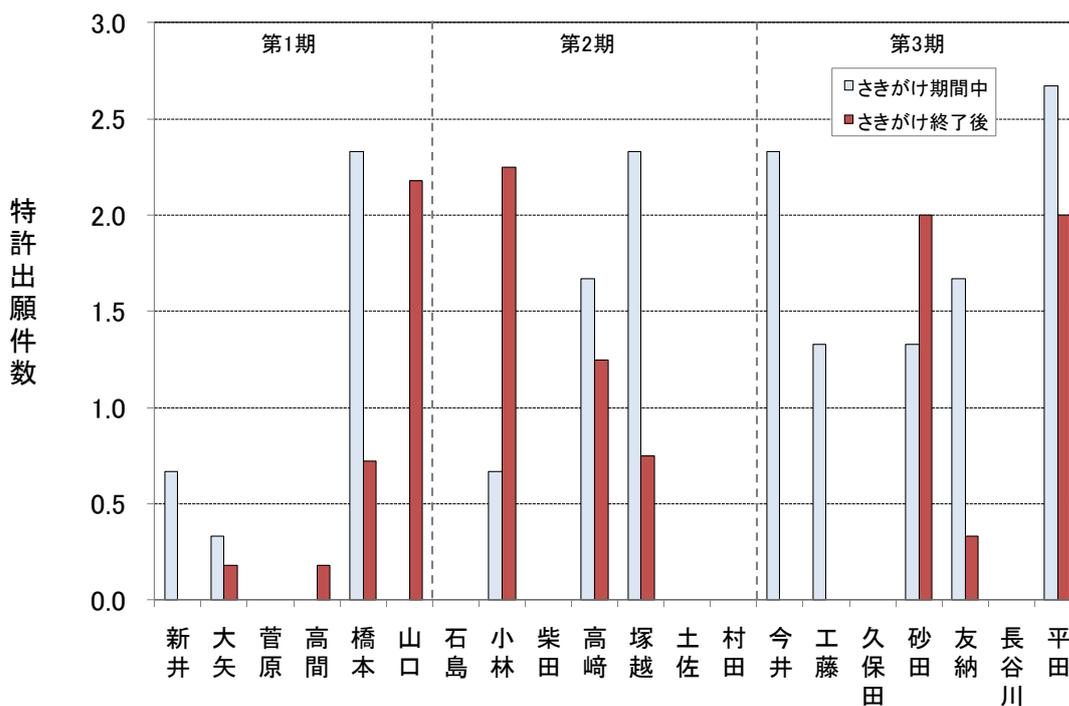


図 2-4 研究者の特許出願件数（年平均）

さきがけ終了後の特許出願件数（年平均）が、さきがけ期間中に比べて増えているのは 20 名中 4 名で、減っているのは 9 名である。

さきがけ終了後に特許出願件数（年平均）が顕著に増加している山口は、さきがけ期間中のオントロジー技術の研究をさきがけ終了後に都市における人間安心化ネットワーク、ヒューマトロニクス指向ユーザ支援、RT ミドルウェアを用いた空間的人支援システムに応用したことで特許出願件数（年平均）が増えていると考えられる。

2.2.5 招待講演件数の推移

招待講演件数は学界での認知の高さを分析する一つの指標であると考えられるため、さきがけ期間中と終了後の招待講演件数（年平均）の個人別推移を図 2-5 に示した。さらに、図 2-5 のうち数として、さきがけ期間中と終了後の国際会議での招待講演件数（年平均）を図 2-6 に示した。

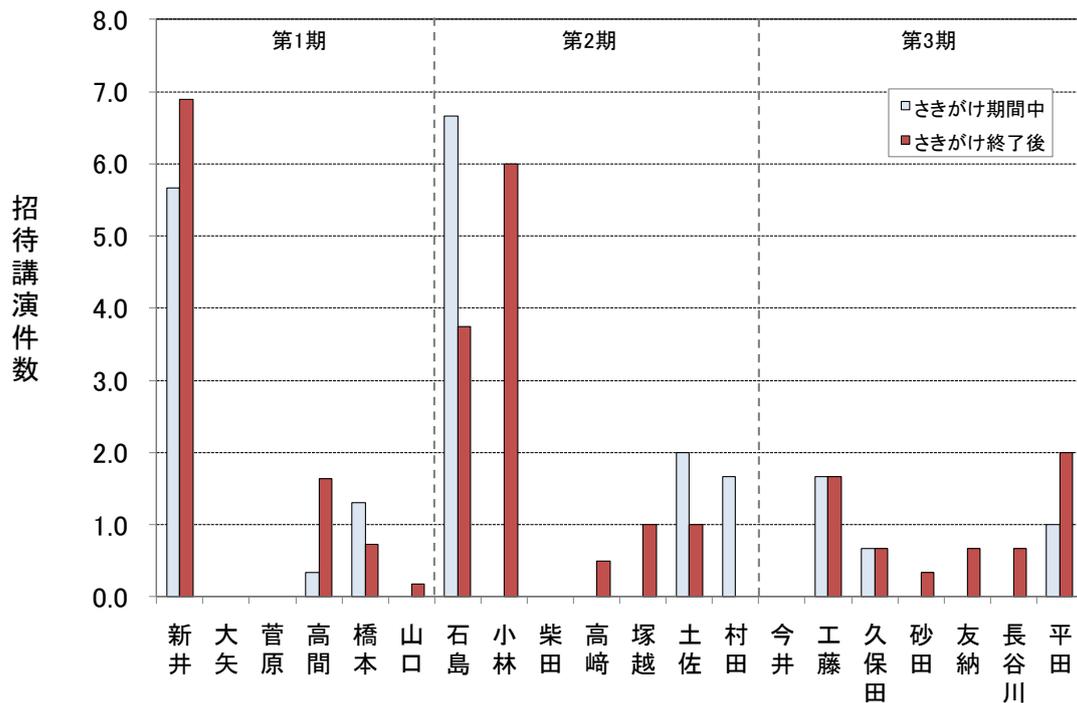


図 2-5 研究者の招待講演件数（年平均）

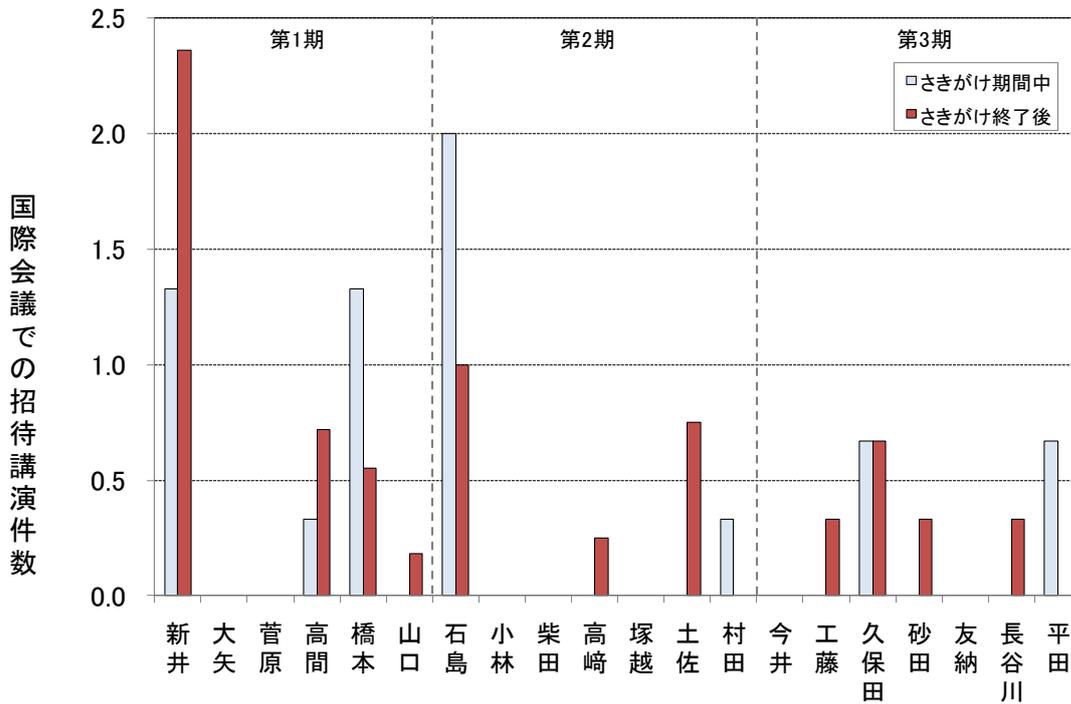


図 2-6 研究者の国際会議での招待講演件数 (年平均)

さきがけ研究者 20 名の招待講演件数 (年平均) を見てみると、さきがけ期間中には年平均 1.0 回であった招待講演件数が、さきがけ終了後には年平均 1.4 回と 1.4 倍に増加しており、さきがけ終了後の発展状況を見て取ることができる。

特に、新井 (6.9 回/年)、小林 (6.0 回/年)、平田 (2.0 回/年) はさきがけ終了後に招待講演件数 (年平均) が多くなっており、国際会議を見てみると、新井 (2.4 回/年)、石島 (回 1.0/年)、土佐 (0.8 回/年) の招待講演件数 (年平均) が多い。

2.2.6 研究者の受賞

さきがけ期間中と終了後の受賞について、表 2-2(a)と表 2-2(b)にそれぞれ示した。

さきがけ終了後には計 62 個の受賞が確認されており、IEEE、ICCSE、日本産業デザイン振興会など幅広い機関から賞が授与されている。

表 2-2 研究者の受賞状況

(a) さきがけ期間中

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
新井 史人、市川明彦、小川 昌伸、福田 敏男、堀尾 浩司、曾根 健司、糸魚川 貢一	ロボティクス・メカトロニクス部門一般表彰 (ROBOMECH 表彰) 「レーザマニピュレーションと流体制御による微生物 1 菌体分離」	日本機械学会	2001
大矢 晃久	第 3 回システムインテグレーション部門講演会 SI2002 ベストセッション賞 「自律移動マニピュレータによる遠隔図書閲覧システム - システム結合によるタスクの実現 -」	計測自動制御学会	2002
高間 康史	2nd Int. Symposium on Advanced Intelligent System Conference 優秀論文賞	ISIS2001(2nd Int. Symposium on Advanced Intelligent System Conference)	2001
高間 康史	論文賞	日本ファジィ学会	2002
高間 康史	奨励賞	日本ファジィ学会	2002

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
高間 康史	Excellent Presentation Award	SCIS&ISIS2002 (Joint 1st International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 3rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems)	2002
橋本 秀紀	The 27th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society - Best Presentation 「ハプティックインターフェースを用いた遠隔微細作業支援システムの開発」	IEEE Industrial Electronics Society	2001
橋本 秀紀	AROB Achievement Award 「The Eighth International Symposium on Artificial Life and Robotics」	AROB 8th '03	2003
<u>T. Yamaguchi</u> (山口 亨), E. Sato, S. Watanabe	Best paper & award 「Human centered Intelligent Robots Using “Ontological Neural Network」	Euro Symposium on CI Proc. of INTELLIGENT TECHNOLOGIE S-THEORY AND APPLICATIONS, Slovakia	2002

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
T. Yamaguchi(山口 亨), E. Sato, H. Murakami	Excellent Presentation Award 「Human Centered Robot System and Ontological Neural Network」	SCIS&ISIS2002(Joint 1st International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 3rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems)	2002
T. Yamaguchi(山口 亨)	The Certificate of Appreciation	ISIS2003(4th Int. Symposium on Advanced Intelligent System Conference)	2003
小林 宏	優秀プレゼンテーション賞 「マッスルスーツの開発 -マスタースレーブ式動作実験-	ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002	2002
小林 宏	The Best Papers Award 「Human Robot Interaction via Wearable Robot」	International Conference on Control, Automation and Systems 2002	2002
柴田 崇徳	ギネス世界記録 「世界で最もセラピー効果があるロボット」	ギネス社	2002
柴田 崇徳	新領域部門グッドデザイン賞 「メンタルコミットロボット・パロ」	(財)日本産業デザイン振興会	2002
柴田 崇徳	人間力大賞、人間力大賞グランプリ	(社)日本青年会議所	2003
柴田 崇徳	内閣総理大臣奨励賞	(社)日本青年会議所	2003

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
柴田 崇徳	Best Technical Exhibition Award 「Ubiquitous Surface Tactile Sensor」	IEEE TExCRA 2004	2004
柴田 崇徳	The Outstanding Young Person of the World	Junior Chamber International	2004
塚越 秀行	手島記念研究発明賞 「流体圧モータ」	財団法人 手島工 業教育資金団	2003
塚越 秀行	学術奨励賞 技術奨励賞 「跳躍・回転 移動体の開発 ー第4報：回転移動時の 踏破能力の向上ー」	計測自動制御学会	2004
塚越 秀行	ベストプレゼンテーション賞 「肩・肘 の複関節動作を支援する簡易着脱式 Tail-arm の開発」	ロボティクス・メカ トロニクス講演会 2003	2004
塚越 秀行	機械力学・計測制御部門 オーディエン ス賞 「身体への簡易着脱式棒状アクチ ュエータ：Tail-arm の動作特性」	日本機械学会	2004
塚越 秀行	ベストセッション賞 「簡易着脱式 Tail-arm の開発」	SI2002	2003
土佐 尚子	デジタル文化遺産コンペ2位 「ZENetic Computer」	ユネスコ	2004
村田 剛志	全国大会優秀論文賞 「Web コミュニテ ィにおけるコアメンバーの発見」	人工知能学会	2002
久保田 直行	Recognition Award 「Computational Intelligence in Robotics」	SOFT (国際シンポ ジウム, ISCIII 2003)	2003
久保田 直行	Recognition Award 「Computational Intelligence for Social Learning of A Partner Robot」	SOFT (国際シンポ ジウム, ISCIII 2005)	2005
友納 正裕	システムインテグレーション部門奨励 賞 「ループ制約と幾何学的な事前知識 を用いた移動ロボットの自己位置推定 とマップ構築」	計測自動制御学会	2003

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
友納 正裕	最優秀論文賞 「スキャンマッチングによる移動ロボットのマップ構築と大域的自己位置推定」	ロボティクスシンポジア ※機械学会, 計測自動制御学会, ロボット学会共催の会議	2004
友納 正裕	論文賞 「不正確さを許すマップと単眼ビジョンによる物体認識に基づく移動ロボットの屋内ナビゲーション」	日本ロボット学会	2005
平田 泰久	ICASE Best Paper Award Finalist	2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems	2003
平田 泰久	ICRA Best Manipulation Paper Finalist	2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation	2004
平田 泰久	研究奨励賞 「パッシブ型歩行支援システムに関する研究」	(財) 青葉工学振興会	2004
平田 泰久	Best Paper in Robotics Award 「Transportation of a Single Object by Multiple Distributed Robot Helpers with Caster-like Dynamics (DR Helpers) in Cooperation with a Human」	2004 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics	2004
平田 泰久	ICASE Best Paper Award Finalist	2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems	2004
平田 泰久	SI2004 ベストセッション講演賞 3件	計測自動制御学会	2004

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
平田 泰久	日本機械学会賞 (論文)	日本機械学会	2005
平田 泰久	ロボティクス・メカトロニクス部門 ROBOMECH 表彰 「Caging を用いた 物体の搬送のための複数ロボットのフ ォーメーション制御の提案」	日本機械学会	2005
平田 泰久	Finalist for Best Conference Paper	2005 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics	2005
平田 泰久	ICASE Best Paper Award Finalist	2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems	2005
平田 泰久	論文賞「キャスト特性を有した複数の人 間協調型移動ロボット(DR Helper)と人 間との協調による単一物体の搬送」	日本ロボット学会	2005
平田 泰久	SI2005 ベストセッション講演賞	計測自動制御学会	2005

(b) さきがけ終了後

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
S. Ikeda, F. Arai (新井 史人) , T. Fukuda, M. Negoro, I. Takahashi	Best Paper Award 「An In Vitro Membranous Arterial Model Based on Individual Information for Intravascular Neurosurgery」	IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers)	2003

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
L.X. Dong, <u>F. Arai</u> (新井 史人), P. Liu, T. Fukuda	Best Paper Award 「Nanofabrication of Carbon Nanotubes through Nanometer-scale Position Control with Nanorobotic Manipulators」	ICCSE (International Conference on Control Science and Engineering)	2003
新井 史人	ロボティクス・メカトロニクス部門 学術業績賞	日本機械学会	2004
新井 史人、小川昌伸、福田 敏男	論文賞 「バイラテラル制御による非接触マイクロマニピュレーションーレーザマイクロマニピュレータによるマイクロツール制御ー」	日本ロボット学会	2004
H. Maruyama, <u>F. Arai</u> (新井 史人), T. Fukuda	Best Paper Award 「Microfabrication of Functional Microtool Using Photo-Cosslinkable Resin」	2004 International Symposium on Micromechatronics and Human Sciences	2004
Ichikawa, <u>F. Arai</u> (新井 史人), T. Fukuda, T. Katsuragi	Best Poster Award 「On-Chip Bio System - Single Cell Analysis by Formation of Air-Liquid Boundary」	2004 International Symposium on Micromechatronics and Human Sciences	2004
Yoshiaki Imaizumi, Yoichiro Arakawa, <u>Fumihito Arai</u> (新井 史人), Toshio Fukuda	Best Poster Award 「Local Growth of Carbon Nanotubes on the Cantilever by Chemical Vapor Deposition with FIB Assist Etching」	IEEE-NANO2005 (5th IEEE Conference on Nanotechnology)	2005

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
K. Motoo, <u>F. Arai</u> (新井 史人), T. Fukuda, T. Matsuno	Best Poster Award 「Piezoelectric Vibration-Type Tactile Sensor with Wide Measurement Range」	2005 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Sciences	2005
新井 史人、遠藤稔明、山内 龍次、福田 敏男	ロボティクス・メカトロニクス部門一般表彰 (ROBOMECH 表彰) 「光ピンセットによる微粒子の3次元6自由度操作」	日本機械学会	2005
Akihiko Ichikawa, Ayae Honda, Miho Ejima, Tamio Tanikawa, <u>Fumihito Arai</u> (新井 史人), Toshio Fukuda	Best Paper Award 「In-situ Formation of a Gel Microbead for Laser Micromanipulation of Microorganisms, DNA and Virus」	2006 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Sciences	2006
Pou Liu, <u>Fumihito Arai</u> (新井 史人), Toshio Fukuda,	Best Poster Award 「Oxygen Gas Assisted Nanofabrication and Nanoassembly of Carbon Nanotubes」	2006 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Sciences	2006
新井 史人	日本機械学会フェロー賞	日本機械学会	2007
丸山 央峰、 <u>新井史人</u> 、福田 敏男	化学とマイクロ・ナノシステム研究会 ベストポスター賞 「複数環境計測のための機能性ゲルマイクロツールのオンチップ作成」	化学とマイクロ・ナノシステム研究会	2007
松野 隆幸、玉置大地、 <u>新井 史人</u> 、福田 敏男	計測自動制御学会論文賞 「トポロジカルモデルと結び目不変量を用いたマニピュレーションのためのロープの形状認識」	計測自動制御学会	2007

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
L. Dong, B. J. Nelson, <u>F. Arai</u> (新井 史人), T. Fukuda	IEEE Transactions on Automation Science and Engineering 2006 Googol Best New Application Paper Award 「Towards Nanotube Linear Servomotors」	IEEE	2006
Tomoyuki Uchida, Hiroyuki Oura, Seiichi Ikeda, Takuma Nakano, <u>Fumihito Arai</u> (新井 史人), Makoto Negoro, Takehisa Matsuda, Toshio Fukuda	Best Paper Award 「Development of biodegradable scaffolds by leaching self-assembled magnetic sugar particles」	2007 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Sciences	2007
Hisataka Maruyama, Masaki Ito, <u>Fumihito Arai</u> (新井 史人), Toshio Fukuda	Best Poster Award 「On-Chip Fabrication of Optical Multiple Microsensor Using Functional Gel-Microbead」	2007 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Sciences	2007
<u>Fumihito Arai</u> (新井 史人), Naoki Inomata, Ryuto Ookawara, Yoko Yamanishi, Yu-Ching Lin	Best Poster Award 「Observation of carbon nanotubes in water by supplying fluorescent reagent with porous structured PDMS supports」	2007 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Sciences	2007
Hisataka Maruyama, <u>Fumihito Arai</u> (新井 史人), Toshio Fukuda	Best Automation Paper 「Fabrication of Functional Gel-Microbead for Local Environment Measurement in Microchip」	2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation	2008

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
Benoît Chapurlat, Hisataka Maruyama, Yoko Yamanishi, Kyosuke Kotani, <u>Fumihito Arai</u> <u>(新井 史人)</u>	Best Paper Award 「Production of Functional Microtool Using Size-Classified Gel-Microbeads」	2008 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Sciences	2008
Taro Itoyama, Takuma Nakano, Hisataka Maruyama, Seiichi Ikeda, Hiroyuki Oura, Toshio Fukuda, Takehisa Matsuda, Makoto Negoro, <u>Fumihito Arai</u> <u>(新井 史人)</u>	Best Poster Award 「Construction of Biodegradable Polymer Scaffold by Photolithography」	2008 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Sciences	2008
<u>新井 史人 他</u>	Award for Excellence in Physical Sciences & Mathematics For Springer Handbook of Robotics, Springer Science+Business Media Professional & Scholarly Publishing Division	Association of American Publishers, Inc.	2008
Aristides Requicha, <u>Fumihito Arai</u> <u>(新井 史人)</u> , Nicolas Chaillet	Most Active Technical Committee Award	Technical Committee on Micro/Nano Robotics and Automation, IEEE Robotics and Automation Society	2009

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
朝倉 歩、福田 敏男、新井 史人	ロボティクス・メカトロニクス部門一般 表彰 (ROBOMECH 表彰)「水晶振動子を用いた超小型力センサの特性評価」	日本機械学会	2009
新井 史人	NTC Distinguished Service Award 「for his dedicated service to NTC during its formative years」	The Nanotechnology Council	2009
大矢 晃久	第6回システムインテグレーション部門 講演会 SI2005 ベストセッション賞	計測自動制御学会	2005
大矢 晃久	Best Poster Paper Award	The 4th International Conference on Autonomous Robots and Agents	2006
大矢 晃久	第7回システムインテグレーション部 門講演会 SI2006 優秀講演賞	計測自動制御学会	2006
大矢 晃久	第8回システムインテグレーション部 門講演会 SI2007 優秀講演賞	計測自動制御学会	2007
菅原 研	研究奨励賞 「化学コミュニケーション型群ロボッ トシステムにおける適応的行動の創発」	石田(實)記念財団	2008
高間 康史	Recognition Award	SCIS&ISIS2004	2004
高間 康史	Excellent Paper Award, Recognition Award	ISCIIA2006	2006
高間 康史	貢献賞	日本知能情報ファ ジィ学会	2007
高間 康史	論文賞	日本知能情報ファ ジィ学会	2007
高間 康史	Best Presentation Award, Recognition Award	ISIS2007	2007

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
Katsutaka Higuchi, <u>T. Yamaguchi</u> (山口 亨), E. Sato	Session Best Presentation Award 「Differentiation Model of Individuality Using Ontological Network for Communication Robot System」	ISIS (Joint 2nd International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 5th International Symposium on Advanced Intelligent Systems)	2004
Eri Sato, Aika Nakajima, <u>Toru Yamaguchi</u> (山口 亨)	NCSP' 05 Student Paper Award 「Collaborative Networked Robot System toward Joint Visual Attention」	NCSP (2005 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processin)	2005
中島 愛華、佐藤 英理、 <u>山口 亨</u>	SI2005 ベストセッション講演賞 「ネットワークロボット空間における意図認識を指向した人とロボットとの相互作用」	SI2005 (SICE System Integration Division Annual Conference)	2005
E. Sato, Aika Nakajima, <u>T. Yamaguchi</u> (山口 亨)	Session Best Presentation Award 「Gestural interaction using pointing movement considering situation」	SCIS & ISIS 2006	2006
T. Yamaguchi (山口 亨)	Excellent Paper Award 「Printing Pressure State Inspection System based on Fuzzy Inference Method」	ISCIIA 2006	2006
Takeshi Sano, <u>Toru Yamaguchi</u> (山口 亨), Eri Sato, T. Yamaguchi	Session Best Presentation Award 「Personal Attribute Information obtaining system for information selection assistance」	SCIS & ISIS	2007

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
小林 宏	平成 18 年度 文部科学大臣表彰 若手科学者賞 「機械工学分野における人間支援知能機械システムに関する研究」	文部科学省	2006
小林 宏	グッドデザイン賞 「マッスルスーツ」	(財)日本産業デザイン振興会	2006
小林 宏	産学官連携功労者表彰 文部科学大臣賞 「自立歩行を可能としたアクティブ歩行器「ハートステップ」の開発」	産官学連携推進会議	2008
小林 宏	商品デザイン部門キッズデザイン賞 「ハートステップ」	キッズデザイン協議会	2008
小林 宏	グッドデザイン賞 「ハートステップ」	(財)日本産業デザイン振興会	2008
柴田 崇徳	第 46 回科学技術映像祭 文部科学大臣賞	文部科学省	2005
柴田 崇徳	第 43 回富山県発明と工夫展・特許庁長官賞	富山県	2005
柴田 崇徳	今年のロボット大賞・優秀賞（サービス部門）	経済産業省	2006
柴田 崇徳	理事長賞	(独)産業技術総合研究所	2007
高崎 正也	One of the six finalists for the Cyberbotics Best Paper Award in Experimental Robotics	2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems	2005
高崎 正也	Best Student Paper Award	2006 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation	2006
高崎 正也	機械力学・計測制御部門 オーディエンス表彰	日本機械学会	2005

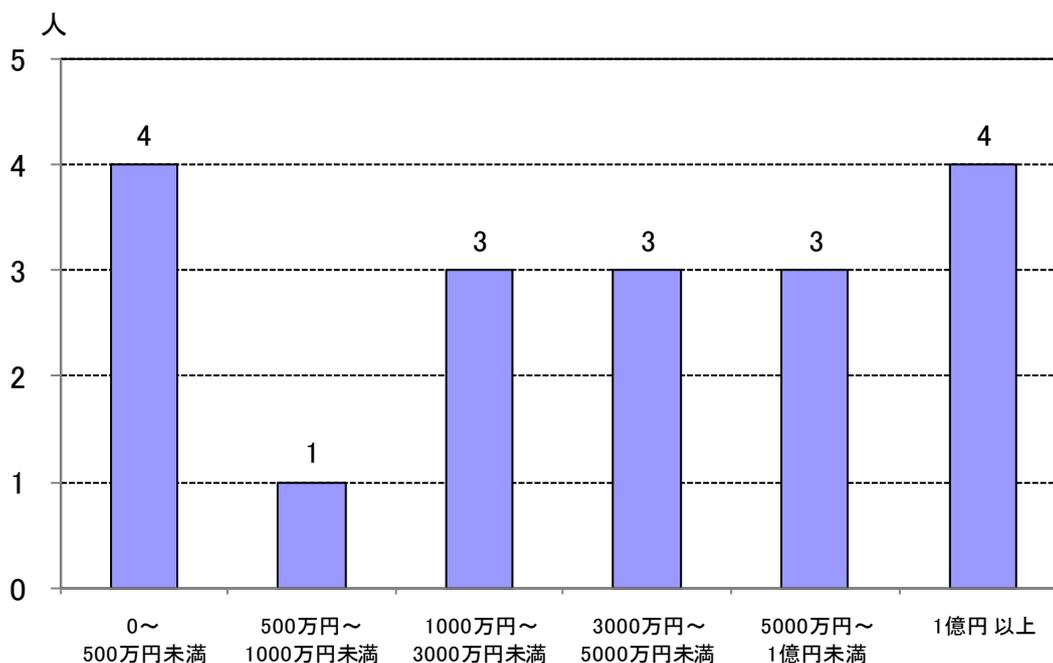
受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
高崎 正也	論文賞	日本 AEM 学会	2006
塚越 秀行	競基弘賞 「跳躍・回転移動体の開発」	国際レスキューシ ステム研究機構	2006
塚越 秀行	平成 19 年度 文部科学大臣表彰 若手 科学者賞 「流体ロボット分野における人命救助 と人間支援システムの研究」	文部科学省	2007
<u>Suguru N.</u> <u>Kudoh (工藤</u> <u>卓, Ai Kiyohara,</u> <u>Takahisa</u> <u>Taguchi</u>	Best Paper Award 「Vitroid - a robot with link between living neuronal network in vitro and robot body」	International Symposium on Micro-NanoMecha tronics and Human Science	2008
久保田 直行	Recognition Award	SOFT (国際会議, SCIS&ISIS 2006)	2006
久保田 直行	貢献賞	日本知能情報ファ ジィ学会	2007
久保田 直行	Recognition Award	KFIS (国際会議, ISIS 2007)	2007
久保田 直行	The Excellent Paper Award 「Topological Map Building on A Genetic Algorithm for Simultaneous Localization and Mapping」	BMFSA (国際会議, ISME' 08)	2008
友納 正裕	第 14 回ロボティクスシンポジア優秀論 文賞 「エッジ点 ICP と失敗復帰機能 によるロバストなステレオ SLAM」	ロボティクスシン ポジア	2009
長谷川 修	船井ベストペーパー賞「ノイズのある環 境下でオンライン学習が可能な自己増 殖型ニューラルネットワークを用いた 連想記憶モデル」	(財) 船井情報科学 振興財団	2007
平田 泰久	論文賞 「不正確さを許すマップと単眼 ビジョンによる物体認識に基づく移動 ロボットの屋 内ナビゲーション」	ファナック FA ロ ボット財団	2005

受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
平田 泰久	SI2006 優秀講演賞 2件	計測自動制御学会	2006
平田 泰久	NTF Award for Entertainment Robots and Systems	New Technology Foundation	2007
平田 泰久	SI2007 優秀講演賞	計測自動制御学会	2007
平田 泰久	Finalist of Best Paper Award	IEEE International Conference on Mechatronics and Automation	2008
平田 泰久	Finalist of the Tzyh-Jong Tarn Best Paper Award	2008 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics	2009

2.2.7 研究者の研究助成金獲得状況

研究者の研究助成金獲得状況について、図 2-8 の下部に示した制度を対象として集計を行った。

さきがけ期間中と終了後の研究費助成金獲得金額合計の分布を図 2-7 に、研究者の助成金獲得状況を図 2-8 示した。



注) 土佐、砂田は獲得した助成金があるが金額が不明なため、上記図表には含めていない。

図 2-7 研究者の研究助成金獲得状況（さきがけ期間中・終了後合計）

金額の幅はあるものの、さきがけ期間中・終了後合わせた獲得総額が 3 千万円を超える研究者が 20 名中 10 名おり、コンスタントに研究助成金を獲得している。特に、小林、新井、石島、塚越の 4 名はさきがけ期間中・終了後合わせた獲得総額が 1 億円を越えている。さきがけ終了後は、金額の幅はあるもののコンスタントに研究助成金を獲得している。

2.2.8 参加研究者の研究成果と発展状況

図 2-9 に、参加研究者の発展状況についての回答分布図を示す。さきがけ研究の進展、新規領域への展開、共同研究の実施、応用可能性の高まり、応用・実用化に向けた取組の 5 項目について分類した。なお、1 つの研究に複数項目該当する場合もある。

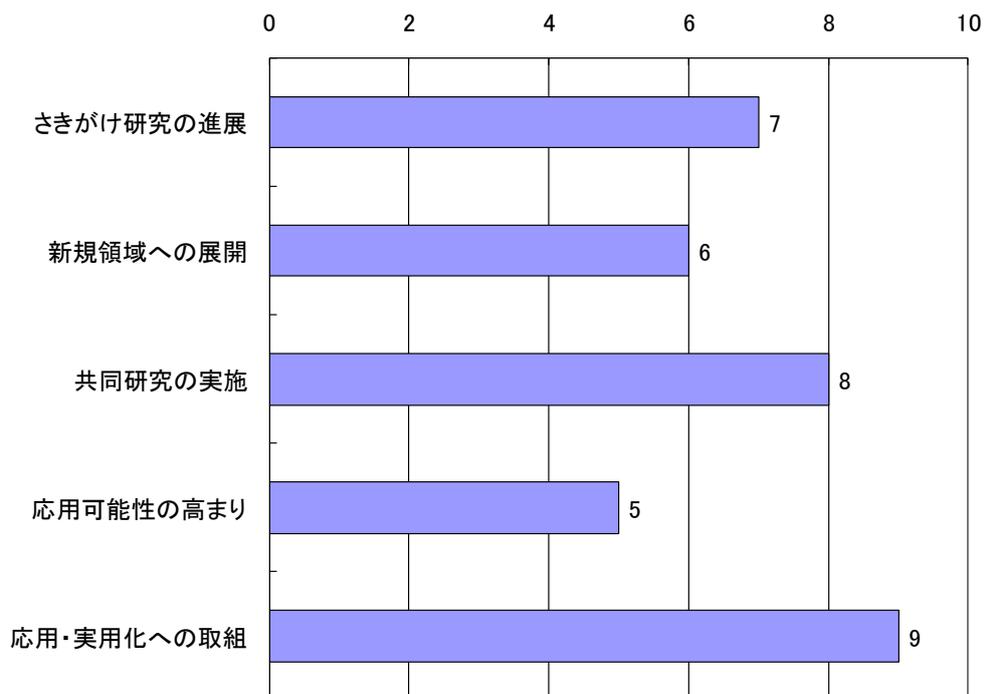


図 2-9 研究成果の発展状況（単位：人）

多くの研究者が現在でもさきがけにおける研究を進展させている一方、3分の1は新規領域へ研究を展開させている。

共同研究、地方自治体との連携にも半数近くの研究者が取り組んでいる。応用・実用化に向けた開発に進展しているものも半数近くにのぼる。

以下に、参加研究者のさきがけ期間中の研究成果とその後の発展状況を個別に示す。

I-1 新井 史人

(i) さきがけ期間中の研究成果

ミクロな環境での作業を行うことが可能な人工空間を構築するインテリジェント・バイオマイクロラボラトリの研究で、マイクロツールの間接操作による細胞分離手法、熱ゲル化反応を利用した細胞分離手法、接触センサによる細胞分離手法の開発、及び分離された

微生物のオンチップ培養と観察評価方法を確立した。人間との相互作用により探し出すことが可能なインテリジェントバイオマイクロラボラトリを世界で初めて構築した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ終了後に、科研費 基盤 (B) 「三次元マルチスケール操作を用いたオンチップ限定空間における細胞計測」(2005 年度～2007 年度)、科研費 特定領域「マイクロ流体素子の非接触駆動と液中微小物体操作への応用」(2005 年度～2006 年度) 及び独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業「マイクロロボティクスを適用した胚操作の自動化」(2005 年度～2009 年度) により、研究を発展させ、ナノ・マイクロレベルでのロボットシステムに取り組んでいる。特に、バイオ・マイクロシステムの研究では、マイクロツールによるオンチップロボティクスを提唱し、学術的に体系化している。

I-2 大矢 晃久

(i) さきがけ期間中の研究成果

人間が普通に暮らしている空間内で働き、人間の生活を支援する移動ロボットを開発することを目的に、人間の移動中、あるいは遠隔地の物体へのアクセス中に、人間とのインタラクション(相互作用)を通じて、人間の生活を肉体面、精神面、また情報面で支援できるようなロボットの実現を試みた。具体的な研究項目として、一つは、人間と共に移動することによって人間をサポートする「インテリジェント・エスコート・ロボット」、もう一つは、遠隔地にある図書を開いて見るための「図書遠隔閲覧ロボットシステム」を取り上げ、それぞれ完成度の高いデモンストレーションを実現した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけの研究成果として開発した人間に追従するロボットの中で、人間に追従するための方法(センサ、処理方法を含む)について、企業と共同研究を開始する話が進んでおり、近い将来実用化される可能性がある。また、遠隔図書閲覧ロボットシステムとして、遠隔地にある図書を、インターネットを通じてロボットを操作することによって閲覧するシステムを構築し、遠隔地の物体操作というロボットのインタフェースとしての新たな応用の可能性を示した。この研究成果は、NHK のニュースで取り上げられたほか、韓国の放送局(KBS) の取材を受け、またオランダの新聞にも紹介記事が掲載されるなど、国内外のメディアの取材を受けて紹介された。

I-3 菅原 研

(i) さきがけ期間中の研究成果

生物システムが有する「個体が群れを形成して集団で行動する」特性に注目した群知能

ロボットシステムの構築の研究で、単純な相互作用力の導入による群れのフォーメーション形成、集団の協調作業、ならびに新しい実験システムの開発に関して、シミュレーションと実ロボットシステムによる実験を通して基本的な概念を確立・検証することで成果を上げた。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ研究を元に科研費 若手 (B)「Antelligent System—非線形動力学に基づいた群知能システムの開発」(2003 年度～2005 年度)、及び科研費 若手 (B)「化学コミュニケーション型群知能ロボットシステムの構築」(2006 年度～2008 年度)において研究を進展させている。さきがけ終了後も引き続き、生物が有する“個体が群れを形成して集団で行動する”特性をテーマとして、物理学的視点から「均質な要素の集団が簡素な相互作用により、効率的な機能や作業を自己組織的に発現する」非線形動力学モデルの構築を行なっている。また、エンターテイメント方面への工学的な応用を目指し、その非線形動力学モデルをロボットシステムに実装する研究を行っている。

I-4 高間 康史

(i) さきがけ期間中の研究成果

Web 上に膨大かつ多様に蓄積された情報源のより高度な活用を実現するための知的インタフェースの開発の研究で、免疫ネットワークモデルに基づく話題分布情報の可視化、キーワードマップに基づく情報可視化システムの開発、既存ブラウザと連携可能なプロトタイプインタフェースの開発、また、画像情報源の発見などで顕著な成果を挙げた。この成果により、4 件の学会賞 (2001 年度 1 件、2002 年度 3 件) を受賞し、また 3 件の国内特許出願がある。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ終了後に、科研費 若手 (B)「Web からの最新トピック検出・追跡技術に関する研究」(2004 年度～2006 年度)により、膨大な情報からより高度により効率的に利用するための研究を進展させている。膨大なデータとそれをうまく活用するためのインタフェースの研究を継続的に行い、企業との共同研究も行っている。

I-5 橋本 秀紀

(i) さきがけ期間中の研究成果

今まで前提として与えられていた環境に知能を与えて、空間全体で高度な知能を実現しようとする試みに挑戦し、多数のセンサを物理的に空間内に分散配置し情報的にネットワーク化し、空間内の事象を観測し適切な処理を行なって必要なサービス等を実現した。さらに、これらの成果を基に、今後の空間知能化に関する実現シナリオを作成し、産学連携

によって研究を進めることを行った。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ終了後に、科研費 基盤 (B)「環境に埋め込まれたセンサと協調する移動ロボットの制御に関する研究」(2006年度～2007年度)、及び科研費 特定領域「高い臨場場を用いた広い作業空間でのテレマイクロ細胞操作に関する研究」(2006年度～2007年度)により、さきがけ研究にて提案した、オントロジーを効果的にモデル化した情報共有手法により、ネットワーク空間上で成長する新たな知能システムへの展開を図っている。また、分散視覚センサによる人間及び人工物(ロボット・メカトロニクス機器)の観測によるサービスの実現を中心として、移動ロボットの制御、異種センサの融合、ロバストトラッキング、空間メモリ、等の研究につながっている。さきがけ研究で支援を得た研究が一層進み、現在、複数の企業と空間知能化研究会を組織し、産学連携に取り組んでいる。

I-6 山口 亨

(i) さきがけ期間中の研究成果

意図でつながりアシストするための「オントロジー技術」を提案し、人間の動作やその意図を認識するためのインテリジェント・スペースソフトウェアの開発し、さらに IT (インフォメーション・テクノロジー)・RT (ロボット・テクノロジー)・AT (オートモーティブ・テクノロジー) の各分野のプロトタイプの実現により「オントロジー技術」の有効性を検証した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけの研究成果は、人やロボットなどの認知・行為主体の身体的能力、認知能力、情報処理能力を拡張する知能化空間に関する拡張身体性の理論的体系化を目的とした空間知へと発展している。この空間知に関しては、認知科学分野、ロボット分野、情報通信分野などが集まり、IEEE の特集号をはじめ、国内外の学術論文誌で特集号を發表している。

II-1 石島 秋彦

(i) さきがけ期間中の研究成果

現在のナノ計測システムに比べ、高時間、空間分解能を有する新世代ナノ計測システムを開発し、ナノメートルレベルで生体分子の運動を正確に計測することを目的として研究を進めた。その結果、新しい光学系の開発において従来の計測法に比べて飛躍的に分解能の向上が見込まれることを示唆できたこと、さらに生体分子の運動メカニズムの解明において新しいキメラ菌体を用いることにより、従来計測できなかった回転中の素過程を初めて明らかにすることができた。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ終了後に、科研費 特定領域「ハイブリッドバクテリアを用いたべん毛モーターのエネルギー変換・情報伝達機構の解明」(2005年度～2009年度)、及び科研費 特定領域「キメラ菌体を用いたバクテリアべん毛モーターの回転計測」(2005年度～2006年度)により、生命現象を1分子レベルでできるだけ、機能を保持したまま、水溶液中で観察、操作、計測する研究を進展させている。

II-2 小林 宏

(i) さきがけ期間中の研究成果

人間行動を補助するマッスルスーツの開発の研究では、「動けない人を動けるようにする」ことを目的に、(基本的に非金属の)「マッスルスーツ」の概念を提案した。このマッスルスーツは、基本的には非金属で構成され、空気圧で駆動する人工筋を使用した軽量で実用的な筋力補助装置である。服のように着るだけで動作の補助が可能となり、着用者はある程度内部で動けるため、体格差や動作に伴う関節中心位置変化を吸収でき、さらに、上肢の全7動作(屈曲、伸転、外転、内転、外旋、内旋、肘曲げ)を着用により実現した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ研究を元に、NEDO 次世代ロボット実用化プロジェクト「筋肉を補助するウェアラブルロボット: 上肢用マッスルスーツの研究開発」(2004年度～2005年度)に進展した。また、さきがけ終了後に、文部科学省の「マッスルスーツの実用化開発」(2005年度～2008年度)、及び東京都高齢者支援技術活用促進事業「介護補助ロボット開発」(2009年度～2010年度)において、さきがけで研究したマッスルスーツを中心に、実用化するまでに研究を進展させている。

また、マッスルスーツは企業との共同研究により、実用化研究に進展している。また、アクティブ歩行器(マッスルスーツの下半身版)は、ハートステップという製品として販売されている。

II-3 柴田 崇徳

(i) さきがけ期間中の研究成果

さきがけ期間中は、犬や猫のようにあまり身近ではないため、かえって違和感なく人から受け入れられやすいアザラシ型のロボット「パロ」を研究開発し、柴田が世界で初めて提唱した「ロボットセラピー」に応用し、デイサービスセンター、介護老人保健施設、特別養護老人ホームなどの高齢者向け福祉施設や、病院の小児病棟などにおいて実験を行い、ロボットセラピーの効果を科学的データによって検証した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ終了後に、JST SORST「人とロボットの持続的相互作用に関する研究」(2004年度～2007年度)により、さきがけでの研究成果であるパロの実用化研究に進展した。現在では、パロの社会への導入が始まっている。日本では、一部の地方自治体が、医療福祉施設でのパロによるロボットセラピーのために全額あるいは半額補助などの制度を制定した。ヨーロッパでは、パロによるロボットセラピーの講習会が開催されている等の社会的なインパクトをもたらしている。

II-4 高崎 正也

(i) さきがけ期間中の研究成果

弾性表面波皮膚感覚ディスプレイの開発の研究において、超音波振動の一種である弾性表面波の機械振動を利用した皮膚感覚提示方法を提案し、その原理に基づいて皮膚感覚ディスプレイを試作すると共に、多数の被験者に体験してもらった評価試験も行った。従来の圧電材料を使用する方法はサイズ・形状とも制限があったが、それに代え、ガラスのような非圧電材料表面に弾性表面波を励振して利用することを提案し、皮膚感覚ディスプレイを実現した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ終了後に、科研費 若手 (B)「皮膚感覚ディスプレイによるボタン操作フィードバックに関する研究」(2005年度～2007年度)、NEDO 産業技術研究助成事業「視覚と皮膚感覚を融合したコンピュータインターフェース」(2006年度～2009年度)、及び科研費 特定領域「セグメント構造ダイヤモンド状炭素膜を摩擦駆動面に用いた高出力超音波モータ」(2007年度～2008年度)により、さきがけ研究を発展させた皮膚感覚ディスプレイ研究、派生したダイヤモンド状炭素膜の超音波モータ摩擦駆動面への研究に進展している。

II-5 塚越 秀行

(i) さきがけ期間中の研究成果

思い通りに身体を動かさないひとにとって、いかにして運動機能を活性化させ、日常生活の自立を図るかは重要な問題であるとの認識から、人体へ適応化するウェアラブル・フルードパワーの開発の研究では、人体に装着して関節動作を支援できる、装着型流体制御システム：ウェアラブル・フルードパワーの開発を目標とした。その実現のため、人間の各関節動作に適した(1) 全く新しい身体装着型流体アクチュエータを考案、(2) 駆動機構を提案すると同時に、それらと装着者との意思伝達手段の役を担う(3) インタフェース、及び(4) 大容量携帯圧力源を考案し、その有効性を実験的に検証した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ終了後に、科研費 若手 (A) 「狭隘空間の移動ロボットに有効な多毛構アクチュエータ」(2005 年度～2006 年度)、NEDO 産業技術研究助成事業「螺旋偏平形ウェアラブルアクチュエータ群の開発とその廃用症候群予防療法への適用」(2005 年度～2008 年度)、科研費 基盤 (B) 「植物成長型アクチュエータの探求とそのレスキュー及び医療機器への展開」(2008 年度～2009 年度)、及び総務省 消防防災科学技術研究推進制度「危険建物内の迅速安全な情報収集を行う投擲型探査装置の開発」(2009 年度～2011 年度)により研究を進展させ、従来にないアクチュエータの研究や、レスキューロボット等に取り組んでいる。

II-6 土佐 尚子

(i) さきがけ期間中の研究成果

いままで定量化できなかった個人の主観・感性・情緒・民族性・物語性といった文化の本質をコンピューティングできる可能性を見いだすと共に、「カルチャラルコンピューティング」の概念を提示し、これを具体化する例として、禅と山水画が作り上げた独特のコミュニケーション空間とイメージ技法をコンピュータに取り入れた **ZENetic Computer** を開発した。また、笑いや気分の非言語情報を「ボケ」「ツッコミ」という対話型で、インタラクティブをする漫才に着目し、「インタラクティブ漫才」システムを構築した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ終了後、アートが持つ感性は、任意の風土が持つローカルな文化に依存することから、感性を支える文化とコンピュータのインタラクティブの研究に挑み、この研究で **MIT** ヘフェローアーティストとして招聘され、日本文化のモデル化に取り組んだ。研究と創作活動の双方を継続して発展させている。

II-7 村田 剛志

(i) さきがけ期間中の研究成果

興味を共有する **Web** ページ集合(**Web** コミュニティ)の発見と、同じ興味を持つユーザ集合(ユーザコミュニティ)の発見、さらに両コミュニティ間の相互作用の解明の3つについて、手法の考案及び実装を行なった。ハイパーリンクやページ閲覧によって構成されるグラフ構造に注目することによって、両コミュニティを発見することができたことは、大きな成果であり、高く評価できる。また、両者の相互作用の解明については非常に大きな研究テーマであるが、視覚化システムを通じて今後の解明に向けた糸口を見出すことができた。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ研究を元に科研費 若手 (A) 「**Web** のハイパーリンク構造のモデル化に関する

研究」(2004年度～2006年度)、及び科研費 特定領域「Webにおけるユーザコミュニティに関する研究」(2004年度～2005年度)においてさきがけでの研究を発展させ、現在では2部ネットワークなどの多種類の頂点から構成されるネットワークからのコミュニティ抽出の研究に進展している。

Ⅲ-1 今井 倫太

(i) さきがけ期間中の研究成果

人間をロボットとのコミュニケーションへと引き込むための要因の発見及び、人間とロボットの出会いを円滑にする手法を実現することがさきがけの目標であった。本研究では、物体に対して人間が持つ感覚を利用する演出手法を考案し、関連性理論に基づくコミュニケーションモデルを具体化した。さらに、被験者実験によってモデルの効果を実際に検証し、その有効性を確かめることができた。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ研究を元に、科研費 若手(B)「状況に依存した行動命令を解釈するためのロボット用状況認識機構の構築」(2004年度～2006年度)に進展した。また、さきがけ終了後に、科研費 特定領域「情報の海に物理制約を付与するセマンティック・センサネットワークに関する研究」(2006年度)、及び科研費 新学術領域「ロボットとの信頼関係と振る舞い」(2009年度)において、研究を発展させている。

Ⅲ-2 工藤 卓

(i) さきがけ期間中の研究成果

賢くなる生体ユニットである培養神経回路と電子デバイスである電極と増幅器・制御コンピュータが相互作用しながら情報を創発する系を構築し、応用システムとしても研究対象としても魅力的な情報体を実現しようとすることを目標に研究を進めた。多点電極皿上に於いて分散培養された神経回路網のネットワークの特性を解析することにより、培養系に於いて、自発的活動時空間パターンはダイナミックに変動する機能的細胞集成体の存在を示唆していること、自律的に構成された回路網がランダムではなく、スケール・フリーネットワークの特徴を持っていることを発見した。さらにこの結果を踏まえ、環境と相互作用する媒体として小型ロボットを接続して継続的に解析できる系を構築した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ終了後に、科研費 特定領域「階層構造スケーリングを考慮した、自己組織神経回路網の環境応答解析」(2006年度～2007年度)、科研費 基盤(A)「機能的結合に基づく神経情報ダイナミクス・デコーディング」(2007年度～2009年度)、及び科研費 特定領域「マルチスケール神経配置操作による神経回路網環境応答特性制御」(2008年度～2009

年度)により研究を進展させ、従来は神経生理学を中心に研究を展開していたが、さきがけ研究の領域の影響を受け、知能ロボティクスを大きく取り入れた。その結果、「生体システムと情報システムの直接的伝達による融合」という研究の根幹の確立に至った。

Ⅲ-3 久保田 直行

(i) さきがけ期間中の研究成果

人間との相互関係を形成するためのロボットの構造化学習の方法論の確立を目指して研究を進めた。本研究では、2種類のパートナーロボットを開発し、コミュニケーションを支えるためのパートナーロボットの知覚システムを開発するとともに、模倣学習に基づく行為システムと人間や環境とのインタラクションを評価するための価値システムを統合した構造化学習の方法論を提案した。さらに、小学校での英会話教育への適用事例では、子供がロボットに身の回りのものを見せながら覚えさせ、ロボットは子供に英語を教えることによる双方向的な学習の効果を示した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ研究を元に、科研費 若手 (B)「行為と注意のダイナミクスに基づく個人識別とコミュニケーション」(2005年度~2006年度)に進展した。また、さきがけ終了後に、JST SORST「人間との相互作用に基づくロボットの認知発達」(2006年度~2007年度)において、研究を進展させている。さらに、人口知能分野の一部である進化的計算を用いたビジョン、SLAMの研究等で、他国の研究機関との共同研究につながっている。

Ⅲ-4 砂田 茂

(i) さきがけ期間中の研究成果

防災・環境モニタリングを行うため、短時間で高高度まで上昇し、上空からの映像、上空大気の取得を可能にする、ロータ直径が約 35 cm、重量が約 450 g の小型回転翼機を開発した。機体の姿勢安定に必要な太陽センサの原理を応用した小型・軽量の姿勢角センサの考案、上空の大気採取を取得するための大気採取器の考案、屋外飛行の開発機の位置を知ることに必要な光による新たな位置制御方法の考案を採り入れるなど、高い独創力を発揮した。さらに、本開発機体を目標位置に向かって自律飛行させ、地上での風速が 2-3m/s 程度であれば、位置制御が可能であることを確認できた。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ終了後に、JST 地域イノベーション創出総合支援事業「業務用屋内小型自律飛行船ロボット(人間活動空間調和タイプ)の開発」(2008年度)に研究を進展させたほか、人間の活動する空間内での小型の航空機の研究を継続している。また、飛行の研究を進展させ、昆虫の飛行の研究にもつながっている。

Ⅲ－５ 友納 正裕

(i) さきがけ期間中の研究成果

ロボットが環境を物体単位に認識して、３次元の空間構造を記した環境地図を構築することを目的として研究を進めた。この実現技術として、大域スキャンマッチング方式、画像特徴量から認識と３次元位置姿勢推定を行う物体認識方式、形状情報と認識特徴を統合した物体モデル構成方式、画像列からの密な物体形状復元方式など、独創性、有用性の高い要素技術を開発した。さらに、これらの技術を統合して、レーザスキャナと単眼カメラを用いて３次元物体地図を構築することに成功した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ期間中の研究を進展させ、複数の物体が混在する複雑環境から特定物体の３次元モデルを抽出する「単眼カメラによる３次元物体モデルの自動分離の研究」、及びステレオカメラを用いてロボット用の３次元地図を構築する「ステレオカメラによる３次元地図の構築」等の研究につながった。

Ⅲ－６ 長谷川 修

(i) さきがけ期間中の研究成果

人の赤ちゃんが知識を持たない状態から徐々に知的に発達するように、視覚や聴覚を介した人との相互作用を通じ、視覚的概念や言語を複合的に学習して発達するロボットを世界で初めて構築した。このロボットの学習機能には、独自に研究開発した「自己増殖型ニューラルネットワーク」を用いた「持続的発達学習メカニズム」を導入している。さらに実験の結果、対話による教示・育成を通じ、ロボットに人間の２歳児程度の知能を持たせることに成功した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ終了後に、NEDO 産業技術研究助成事業「実世界版一般問題解決器の構築とそのヒューマノイドロボットへの実装・評価に関する研究」（2006年度～2009年度）により研究を進展させた。実環境中で人間や環境と相互作用しながら発達する人工物（ロボットなど）の実現を目指して研究を継続している。

Ⅲ－７ 平田 泰久

(i) さきがけ期間中の研究成果

安全性と操作性という観点から歩行支援システムの高機能化を実現する研究開発を行った。ボディフォースセンサを用いることにより安全かつ直感的な操作性を実現するセンサシステムの設計概念を提案するとともに、利用者それぞれの障害に適応することにより操

作性が向上し、かつリハビリテーションにも応用が期待できる全方向移動型歩行支援システムのための運動制御系の提案により、モータを利用したアクティブ型歩行支援システムを、さらには、ブレーキを適切に制御し人間の障害や歩行機の使用状態、環境の情報等に基づいて適切な支援を実現する運動制御手法を構築することにより、ブレーキのみを利用したパッシブ型歩行支援システムを開発した。

(ii) さきがけ終了後の発展状況

さきがけ研究後に、科研費 若手 (A) 「安全かつ高度な人間支援を実現するパッシブモバイルロボティクスに関する研究」(2007年度～2009年度)により研究を進展させた。モータ等を一切用いず人間の力を駆動力とし、その駆動力をブレーキを用いて制御する新しい概念のロボットを開発した。このブレーキ制御技術を用いて、歩行支援機や装着型アシストシステム、物体搬送システム、人間協調型ロボット等の開発を行っている。

2.2.9 さきがけ研究の意義

(1) アンケート回答のまとめ

アンケート回答から、本研究領域の参加研究者にとって、さきがけ研究がどのように意義があったのか意見をまとめ、図 2-10 に示した。本研究領域では、20 名全員からアンケートを回収しているが、そのうちさきがけ制度に対して肯定的意見のみを有する研究者は 10 名、肯定的意見と改善要望の両論を併記していた研究者が 5 名、否定的意見のみを有する研究者が 2 名であり、何らかの評価をしている回答者 17 名のうち 15 名は自身の研究に役に立ったと考えていることが窺える。

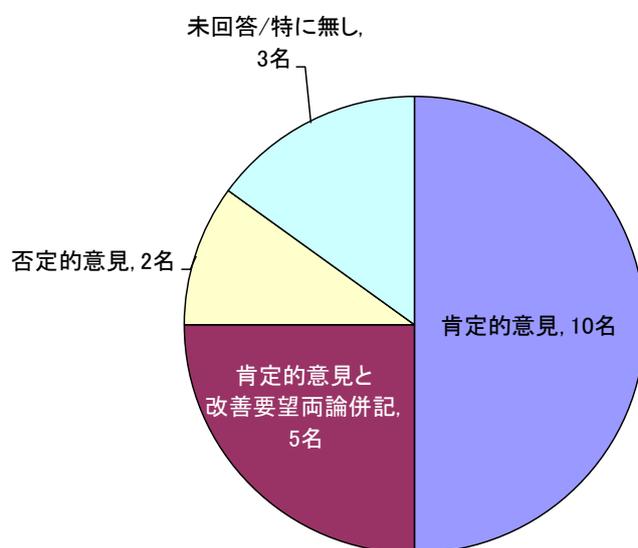


図 2-10 さきがけ研究の意義に対する意見

(2) さきがけ研究の意義に関する肯定的意見の内容

さきがけ研究の意義に関する肯定的意見の内容を図 2-11 に示した。回答者 15 名中 13 名が「研究者間の人的ネットワークの形成」を挙げており、さきがけ期間中に相談に乗ってもらったり、手伝ってもらうなど有意義だったという意見やさきがけ終了後も定期的に会合を開くなど刺激を与え合っている様子が窺える。

また、同数の 13 名が「研究基盤の確立」を挙げており、若く実績もない時点で、非常に大きな自由度と責任を与えられ、その後の研究の足がかりとなる基礎研究を行うことができたと考えるものが多いことが分かった。

さらに、研究総括や領域アドバイザーの指導、年 2 回の領域会議など研究者同士が切磋琢磨する場の提供が有意義であったとする意見もみられた。

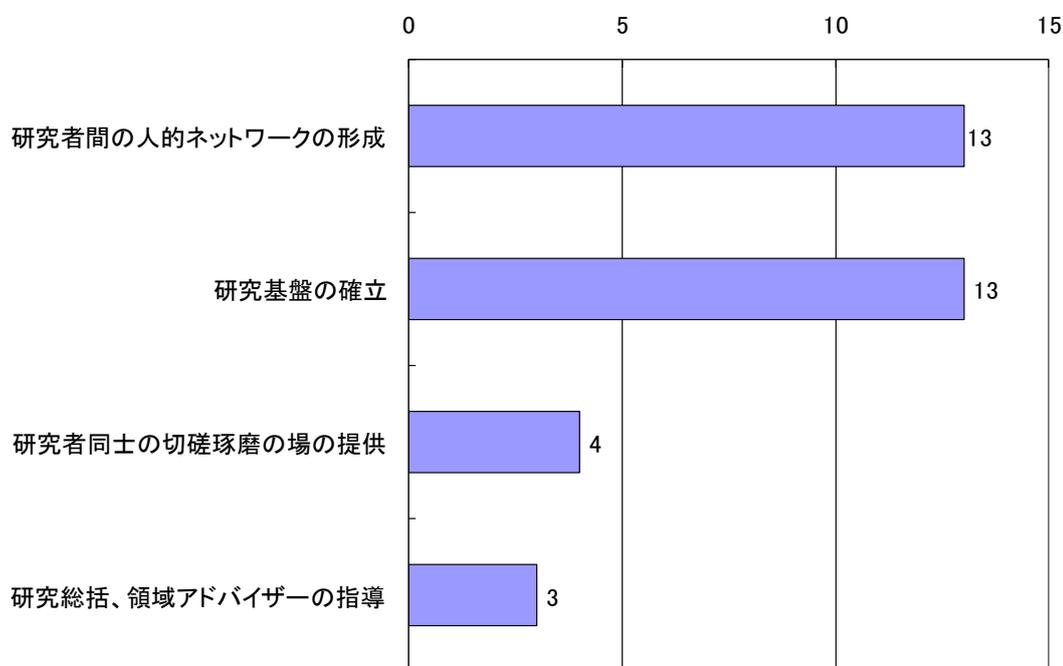


図 2-11 さきがけ研究の意義に対する肯定的意見（単位：人）

(3) さきがけ研究に対する意見の内容

さきがけ研究に対する意見の内容をみると、研究テーマの設定に関する要望が 10 件、研究費の分配方法に関する要望が 3 件、事務手続き・JST のサポートに関する要望が 2 件、アドバイザーの役割に関する要望が 2 件であった。

研究テーマの設定に関する意見については、領域の対象研究課題を広げてほしいといった要望や、募集テーマの柔軟さがほしいとする意見が多くみられた。

研究費の分配方法に関する要望としては、期間内に予算を執行する必要があるため手間が取られる、購入機器が研究者に所属しないことを改善してほしいとする意見がみられた。

事務手続き・JST のサポートに関する要望としては、さきがけ研究後のフォローに対する意見がみられた。

アドバイザーに関する意見では、アドバイザーとの意見の相違についてのコメントがあった一方、アドバイザーに大学や民間など様々な立場の人がおりディスカッションの中で、それぞれの専門の視点からの厳しいご意見、新しいアイデアを頂けたことは、研究を発展させるため非常に有益であったとの意見もあった。他方、研究総括のインタビューからは、さきがけ終了時にアドバイザーの考え方を変化させるほどに、研究者自身が成長したことを認め、アドバイザーと研究者が切磋琢磨した結果、ともに成長した様子が窺

える。

このほか、領域のメンバー構成に関して、研究総括及びさきがけ研究者双方から、当領域は、ロボットに関わる人材が多く、理系中心のプロジェクトであったが、心理学や精神医学など人間を中心に研究している人材を含めた議論の場を持つことが必要とだと思つたとの意見があつた。

2.3 第2章のまとめ

さきがけ期間中及び終了後から追跡調査時点までの、職位、論文発表件数、特許出願件数、研究助成金獲得額などを比較し、さきがけ期間中に比して、さきがけ終了後に研究活動が向上していることが確認された。

職位については、追跡調査時点で教授である研究者は5名いるほか、少なくとも13名は上位の職に就いている。論文発表件数は、さきがけ期間中の平均6.9報/人・年からさきがけ終了後には平均9.2報/人・年と1.3倍に増加している。招待講演件数でも、さきがけ期間中の平均1.0回/人・年からさきがけ終了後には年平均1.4回/人・年と1.4倍に増加しており、さきがけ終了後の発展状況を見て取ることができる。

研究助成金に関しては、さきがけ期間中・終了後合わせて3千万円以上の研究助成金を獲得した研究者が10名（うち1億円以上が4名）みられた。

また、さきがけ研究の意義に対する意見は、回答のあった17名中15名が自身の研究に役立ったと考えており、7名が何らかの制度・運営に関する改善等の意見を持つという結果になった。具体的には、若手研究者に対して非常に大きな自由度と責任を与えてその後の研究の足がかりとなる基礎研究を行うことを可能にしたこと、他の研究者との交流やネットワークの形成がさきがけ期間中及び終了後も引き続き、非常に有意義であったこと等の利点についての意見があった。一方で、さきがけ研究の課題としては、研究テーマの設定、研究費の分配方法、事務手続き・JSTのサポート、アドバイザーの役割などに意見が寄せられた。

第3章 研究成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な波及効果

3.1 詳細調査の内容

アンケート調査結果及び研究総括のご意見を参考にして、詳細調査対象となる代表的事例の研究者4名を抽出した。2010年2月に、それら4名に対して、インタビューによる詳細調査を実施した。インタビューでは主として以下の項目について把握した。

- ① 研究成果の発展状況や活動状況に関して
- ② 研究成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な波及効果
- ③ その他

3.2 代表事例の発展状況

3.2.1 インテリジェント・バイオマイクロラボラトリ（新井 史人 第1期）

(1) 研究成果の発展状況や活動状況に関して

さきがけ期間中はマイクロな環境での作業を行うことが可能な人工空間を構築するインテリジェント・バイオマイクロラボラトリの研究で、マイクロツールの間接操作による細胞分離、熱ゲル化反応を利用した細胞分離手法、接触センサによる分離手法の開発、及び分離された微生物のオンチップ培養と観察評価方法を確立した。この研究によりインテリジェントマイクロラボラトリを世界で初めて構築した。

さきがけ期間中は、単一細胞単位の操作技術とインテリジェンス（マイクロ・ナノレベル）の2点を核とし、マイクロレベルの賢さを育成することであった。Micro Total Analysis System(μ TAS) にバイオ技術を取り入れた研究は当時ほとんど類を見ないものであった。

さきがけ終了後はバイオマイクロシステムの研究を発展させ、マイクロツールによるオンチップロボティクスを提唱し、学術的な体系化に貢献している。インテリジェントマイクロラボラトリ技術は多くの研究者が利用し、研究が進展している。さきがけを契機に発足した特定領域研究のマルチスケール操作によるシステム細胞工学プロジェクトでは、マルチスケール操作技術を基盤とし、工学、バイオ、医学分野が連携する、新しいシステム細胞工学分野に至っている。

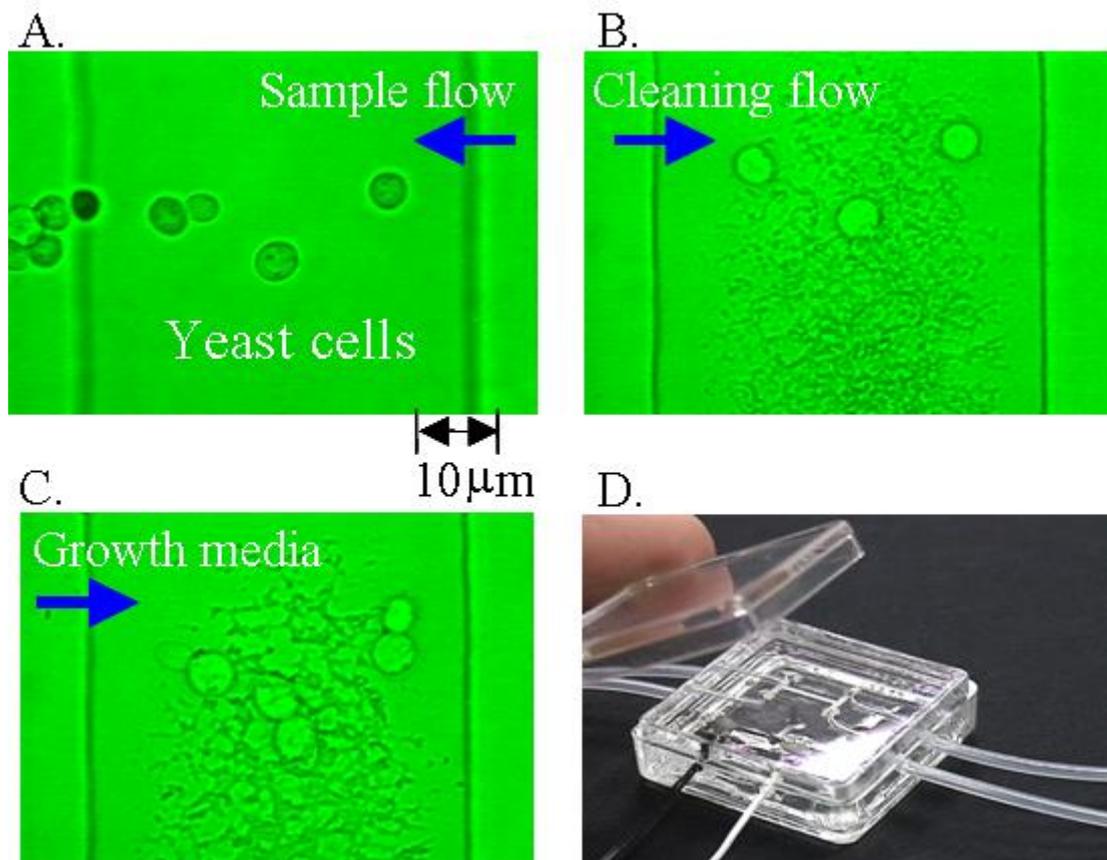


図 3-1 微生物のオンチップ培養モニタリング技術（2003 年，新井史人、新井提供）

(2) 研究成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な波及効果

①研究成果から生み出された科学技術的な波及効果

さきがけが契機となり研究者間の交流ができ、共同研究を通してマイクロ・バイオシステム分野において体系化が進められた。バイオ技術を取り入れた新井氏による一連の研究は化学分野で先導されていたマイクロツールを新しい研究段階へ発展を誘引する起爆剤となった。近年では Chemical and Biological Microsystems Society (CBMS) から発行される Micro Total Analysis System(μ TAS) 誌において、発表される研究内容の半分以上がバイオ関連のキーワードで占められるまでになった。

派生した研究としては、法政大学工学部の石浜教授の大腸菌細胞一つ一つを標的とした単一細胞観察解析系の開発にもつながった。これは、近年、大腸菌が社会構造を形成し、細胞間で役割分担があり、細胞集団として環境適応を行っていることが明らかになってきた。そのため、大腸菌単一細胞レベルでの研究手法が求められていた。石浜教授は新井の研究成果を応用し、大腸菌単一細胞を単離捕捉する細胞チップを開発し、長期間にわたって単一細胞のプロモーター活性変動を観測する画期的実験に成功した。

新井のさきがけ期間以降に発表した論文の被引用件数を図 3-2 に示す。さきがけ期間中に発表された成果は、期間終了後も多くの論文に引用されていることが分かる。特に 2001 年に ELECTROPHORESIS 誌に投稿された「High Speed Separation System of Randomly Suspended Single Living Cells by Laser Trap and Dielectrophesis」は発表時から継続的に引用されている。

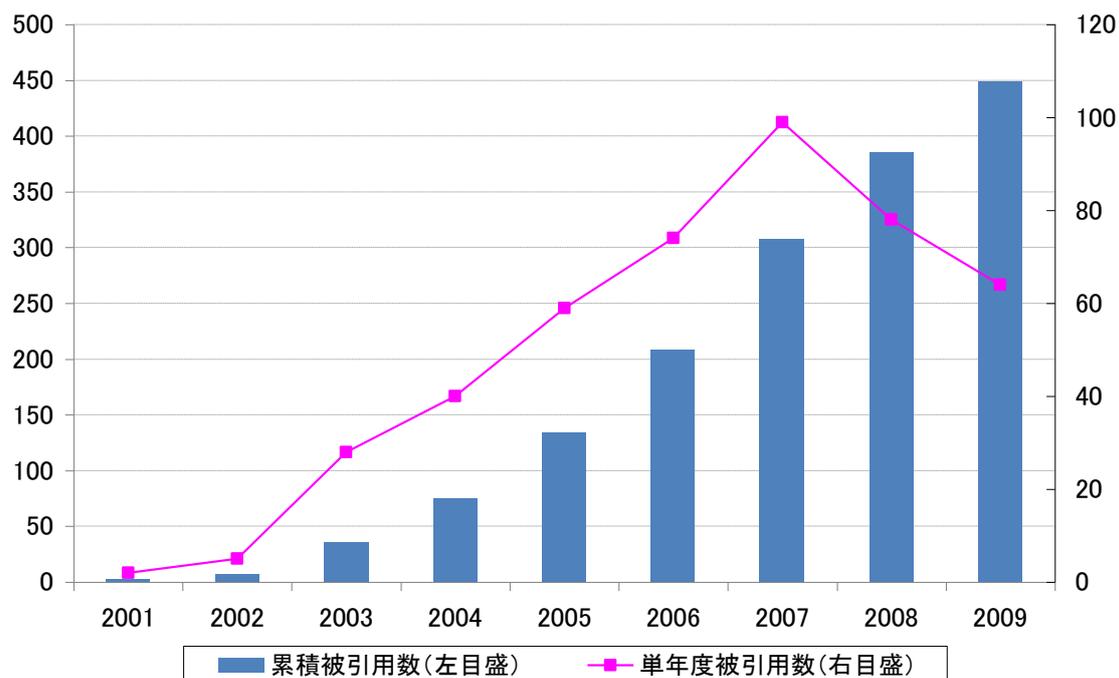


図 3-2 新井の論文被引用数推移

②研究成果から生み出された社会・経済的な効果・効用

バイオ研究において *in vivo* から *in vitro* に至る実験段階の間に高い障壁がある。新井が開発した生体チップを用いることで、障壁が大きい実験段階をより細かく細分化できる。例えば、微生物は、現代社会が直面する医療問題や環境問題を解く鍵として有望視されているが、この分野は十分に進められていない。生体チップを活用した人工空間を構築により、マイクロなスケールでの実験が可能となり、細胞の特性(例えば、細胞の個体差、遺伝子の発現の様子、遺伝の仕組み、複合微生物系の仕組み、好培養条件の探索など)を解明することが可能となる。新井の研究は生体チップの活用分野を *in vivo* から *in vitro* への移行をより細かな段階に分けて実験を行うことを可能とし、工学的分野と生物学的分野の橋渡しとなるものである。

3.2.2 分散配置されたデバイスと相互作用し賢くなる知的空間（橋本 秀紀 第1期）

(1) 研究成果の発展状況や活動状況に関して

さきがけ研究において空間知能化（Intelligent Space : iSpace と略記）という概念を提唱し、その構築と現場への応用可能性について検討を行った。ここでいう空間知能化とは、空間にセンサを分散配置することによって知能を実現し空間内にいる人間に便利性及び安心・安全を提供するというコンセプトである。今まで前提として与えられてきた環境に対して知能を与え、空間全体で高度な知能を実現しようとする試みに挑戦し、多数のセンサを物理的に空間内に分散配置し情報的にネットワーク化し、空間内の事象を観察し適切な処理を行って必要なサービスを実現した。さらに、今後の空間知能化に関する実現シナリオを作成し、また、空間知能化の応用が見込める業界へ働きかけ、産学連携によって研究を進めている。

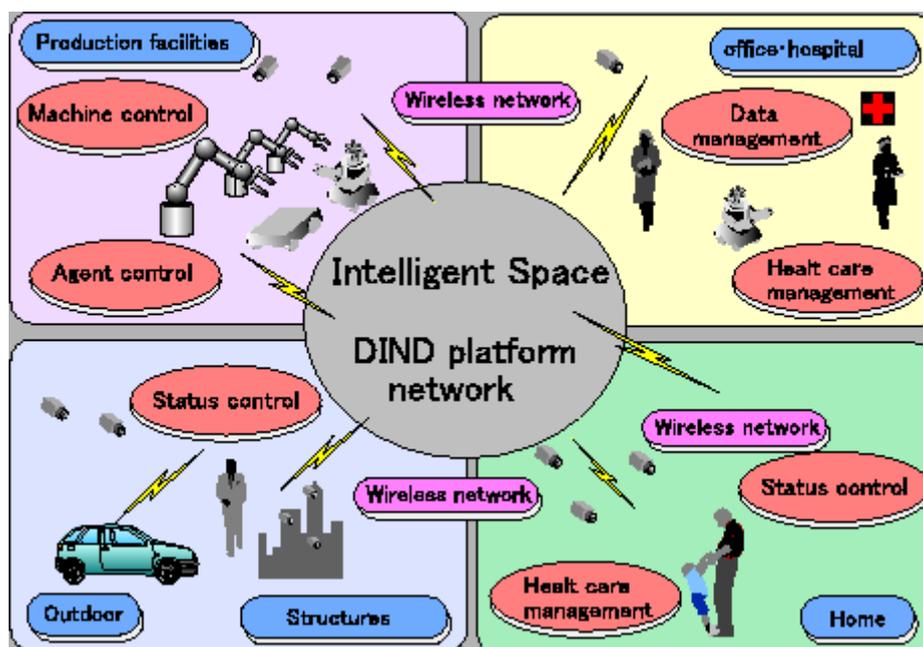


図 3-3 空間知能化の概念（橋本研究室ホームページ）

(2) 研究成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な波及効果

①研究成果から生み出された科学技術的な波及効果

空間知能化には 1996 年頃に、萌芽となる研究に橋本が取り組んでいた。長野オリンピックに向けた ITS 実験が行われる時代背景もあり、自動車にセンサをつけるか、空間にセンサをつけるのかといった研究に取り組んでいた。橋本はさきがけ研究終了後に「環境に埋め込まれたセンサと強調する移動ロボットの制御に関する研究」や「高い臨場感を用いた広い作業空間でのテレマイクロ細胞操作に関する研究」などの中で、センサ同士が協調す

るスキームを考え、ネットワーク空間上で成長する新たな知能システムへの展開を図っている。

橋本の研究成果は、橋本の学生であった新妻（現中央大学工学部助教）と共に人の身体を介して電子空間と実世界を直接結ぶ空間メモリという概念を展開することにつながっている。人間活動において有用な情報の多くはコンピュータ上に存在する。しかし、実際の活動の場である実空間であり両者の間には隔たりが存在する。空間メモリ研究では空間知能化技術を応用し、実空間の中で電子データを直接取り出し可能なシステムを提案する。これらについて論じられた新妻との共同研究である「Spatial Memory as an Aid System for Human Activity in Intelligent Space」（IEEE Trans. on Industrial Electronics）は発表されて間もないが、被引用数が多く今後注目されるテーマとみられる。

さきがけ研究で行われた iSpace プラットフォームという人間の支援を行うインフラに関する研究の方向性が生まれた。さきがけ研究が契機となり国内のみならず国際的な研究グループが発足した。また上述の新妻のように新しい研究者の参入や、アメリカ、ドイツ、ハンガリー、ノルウェー、中国、香港など海外からの研究者と連携により、国際的な研究活動へと発展している¹。

橋本のさきがけ期間以降に発表した論文の被引用件数を図 3-4 に示す。さきがけ期間終了後、空間知能化という概念が一般に定着することにより被引用件数も増加している。橋本が 2003 年に発表した「Intelligent Space-concept and of contents」はこれまで数多くの論文に引用された。

¹ iSpace Laboratory Network として活発な活動が進められている
<http://www.ispace-labnet.org/> 参照。

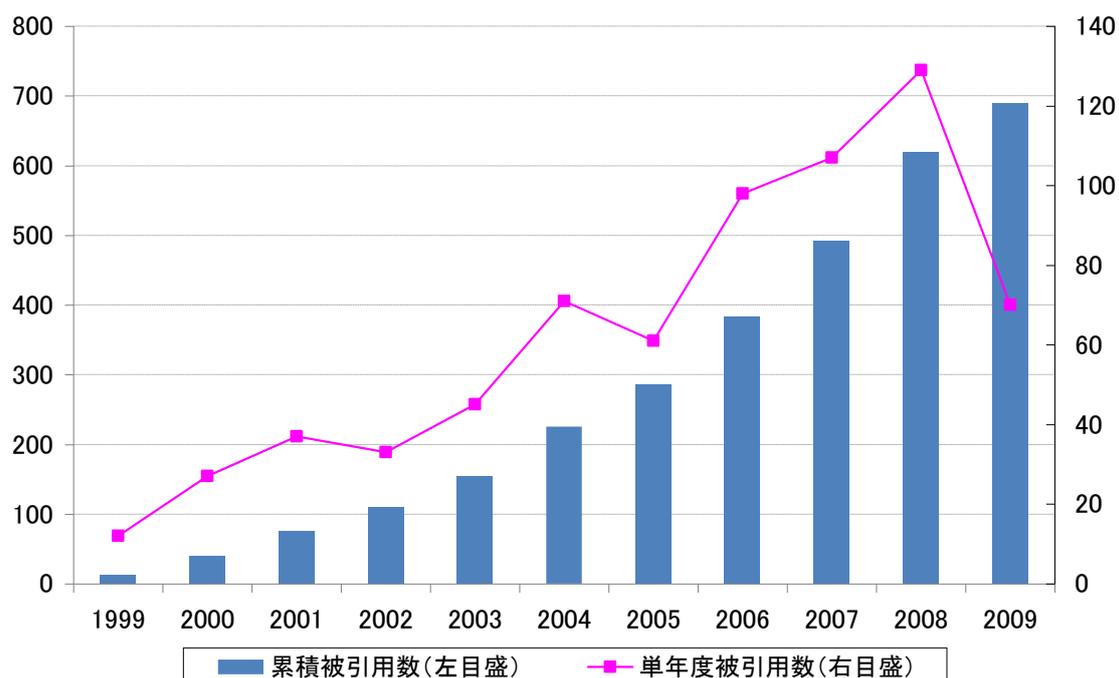


図 3-4 橋本の論文被引用数推移

②研究成果から生み出された社会・経済的な効果・効用

橋本のアプローチはネットワークを利用し環境空間上に知能を分散させたものである。ロボットを単一で知能化するアプローチでは、ロボットに搭載可能なコンピュータやセンサの数、能力は物理的に制限されるため、環境変化に対する柔軟な動作は困難とされた。空間知能化を用いたアプローチは、空間に埋め込まれた多数の知的デバイスが計算の補助、移動ロボットのセンサの死角やセンサ範囲外における情報の提供といった支援を行うことでこのような問題を解決する。これにより、機械システムの高度な知的制御、人間とロボットの共存環境の早期実現が期待できる。

空間知能化研究は、人間の能力の拡大という新たな研究課題を生み出した。橋本は「人間の創造力(Creativity)を引き出す空間に関する研究」において、知的活動を支援するための知能化空間を構築し、人間の創造力を引き出すことを検討した。この研究では空間メモリを使用したシステムを構築し、知能化された空間内では人々がより効率的な行動を取れることを示した。知能化された空間が自立的に人間の情報を取得し、適切に分析し、結果を人間へとフィードバックすることにより、人間とロボットの共存環境の実現と、それに伴う人間活動の効率化が期待できる。

空間知能化による人間のサポートや人間の能力の拡大は、重労働の緩和や危険作業の自動化などに役立つとされる。そのような現場では自動化・ロボット化志向がみられ、橋本は産学連携の取組の一環として、作業現場で使用するロボットの共同研究を行っている。

3.2.3 人間行動を補助するマッスルスーツの開発（小林 宏 第1期）

(1) 研究成果の発展状況や活動状況に関して

「動けない人を動けるようにすること」を目的に「マッスルスーツ」の概念を提案した。マッスルスーツは服のように着るだけで動作の補助が可能となりウェアラブルロボットに位置づけられる。マッスルスーツは体格差や動作に伴う関節中心位置変化を吸収でき、さらに、上肢の全7動作（屈曲、伸転、外転、内転、外旋、内旋、肘曲げ）を実現した。マッスルスーツに使用される人工筋肉は非金属で構成され、軽量で実用的な筋力補助装置である点が特徴的である。空気圧駆動のため、従来のモータ駆動型の課題である防水、防塵が解決されている。

さきがけ終了後は、NEDO 次世代ロボット実用化プロジェクト「筋肉を補助するウェアラブルロボット：上肢用マッスルスーツの研究開発」（2004年度～2005年度）に進展した。また、さきがけ研究終了後に、文部科学省の「マッスルスーツの実用化開発」（2005年度～2008年度）、及び東京都高齢者支援技術活用促進事業「介護補助ロボット開発」（2009年度～2010年度）において、さきがけで研究したマッスルスーツを中心に、実用化するまでに研究を発展させている。

マッスルスーツは企業との共同研究により、実用化研究に進展しており、また、アクティブ歩行器（マッスルスーツの下半身版）は、「ハートステップ」という製品名で販売されている。人工筋肉を応用して首を傾けたり、目や口を動かしたりして感情を表現するなど、人間とインタラクティブな関係を築くことができる人型ロボットの SAYA も開発した。SAYA は表情だけでなく人工知能を搭載し、当該受付業務に必要な約 300 の語彙を持ち、約 700 通りの返事をする事ができる。



図 3-5 マッスルスーツ（小林提供）

(2) 研究成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な波及効果

学会の動向でも機械学会系において人工筋肉やウェアラブル・ロボティクスに関するテーマが当初 4、5 件の発表が現在では 4 セッション位へと増加している。

小林のさがけ期間以降に発表した論文の被引用件数を図 3-6 に示す。小林は社会に役立つものを開発するとの実業化に根ざした研究方針を取っているため、論文発表件数は多くはないが、次ページに示すとおり、社会的、経済的に大きなインパクトを与えている。

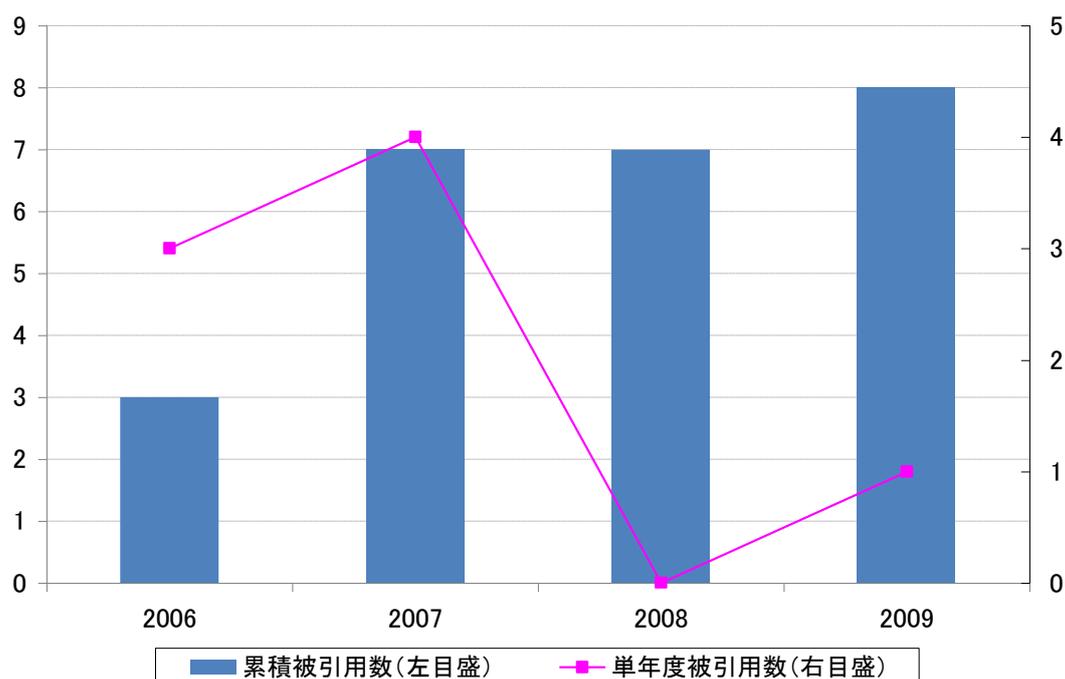


図 3-6 小林の論文被引用数推移

多くの研究機関でロボット開発が行われているが、実用化にまで至った事例はほとんど無い。ここで、小林が開発したマッスルスーツは、世界初の装着型筋力補助装置の実用化に向けて、複数の大手企業と共にフィージビリティスタディーを繰り返し行っている状態にあり、多くのフィードバックを得ている点が特筆すべきである。マッスルスーツは介護者支援向けとして注目されたが、労働環境改善にも役立てられると注目されている。筋力補助機能に着目した企業からの問い合わせにみるように、労働者の肉体的負担を軽減することが期待されており、応用範囲は広い。マッスルスーツは 2010 年に労働者向けに商品化の予定であり、労働環境改善に一役買うことが期待される。マッスルスーツは、学会、新聞、雑誌、テレビ、展示会等など多くの場所で紹介され注目を集めている。

さがけのテーマであるマッスルスーツから派生して、先に述べたハートステップという歩行器も開発された。これは歩行障害のある人の二足歩行をサポートする歩行器であり、

子供用の歩行器は 2009 年に製品化され、現在、世界展開を試みている。成人用も、製品化に向けた開発が進められている。

3.2.4 人とロボットの共生と学習に関する研究（柴田 崇徳 第2期）

(1) 研究成果の発展状況や活動状況に関して

さきがけ期間中は、犬や猫のようにあまり身近ではないため、かえって違和感なく人から受け入れられやすいアザラシ型のロボット「パロ」を研究開発し、柴田が世界で初めて提唱した「ロボットセラピー」に応用し、デイサービスセンター、介護老人保健施設、特別養護老人ホームなどの高齢者向け福祉施設や、病院の小児病棟などにおいて実験を行い、ロボットセラピーの効果を科学的データによって検証した。

さきがけ研究終了後に、JST SORST「人とロボットの持続的相互作用に関する研究」（2006年度～2008年度）により、さきがけでの研究成果であるパロの実用化研究に進展した。現在では、パロの社会への導入が始まっている。日本では、一部の地方自治体が、医療福祉施設でのパロによるロボットセラピーのために全額あるいは半額補助などの制度を制定した。ヨーロッパでは、パロによるロボットセラピーの講習会による免許制度、VAT（付加価値税）の免税等、社会的なインパクトをもたらしている。



図 3-7 アザラシ型ロボット「パロ」((独) 産業技術総合研究所)

(2) 研究成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な波及効果

①研究成果から生み出された科学技術的な波及効果

パロを中心としたロボットセラピーの提唱は、研究者の間にも大きな波紋を呼び、現在では国内外問わず多くの研究者がロボットセラピー研究に従事している。

柴田は「An overview of human interactive robots for psychological enrichment」において、人間とロボットが共存する社会の構築のための基礎的理論を自身の研究成果を踏まえて紹介している。この論文は発表後、継続して他の研究から引用されていることから、ロボットセラピー分野の関心の高さを窺い知ることができ、それら研究分野の発展に寄与していると評価できる。パロの海外進出に伴い、海外の研究者との交流も深めている。例えばコロンビア大学、シエナ大学、フランクフルト大学などの研究者や、マサチューセッツ工科大学、ハーバード大学、スタンフォード大学の附属病院の医師とも関わりが深い。これまで、ロボット研究は工学系の研究者の中でのみ行われてきた。しかし、パロのように人間とのインタラクションを構築するロボットの作成では、心理学や精神医学などを専門とする研究者との議論が不可欠である。柴田はさきがけ研究の中でその必要性を主張し、心理学者や精神医学者との共同研究につながっている。

柴田のさきがけ期間以降に発表した論文の被引用件数を図 3-8 に示す。2004 年に発表された「An overview of human interactive robots for psychological enrichment」「Effects of robots-assist activity for elderly people and nurses at a day service center」が特に被引用件数が多く、ロボットセラピーの浸透に貢献している。

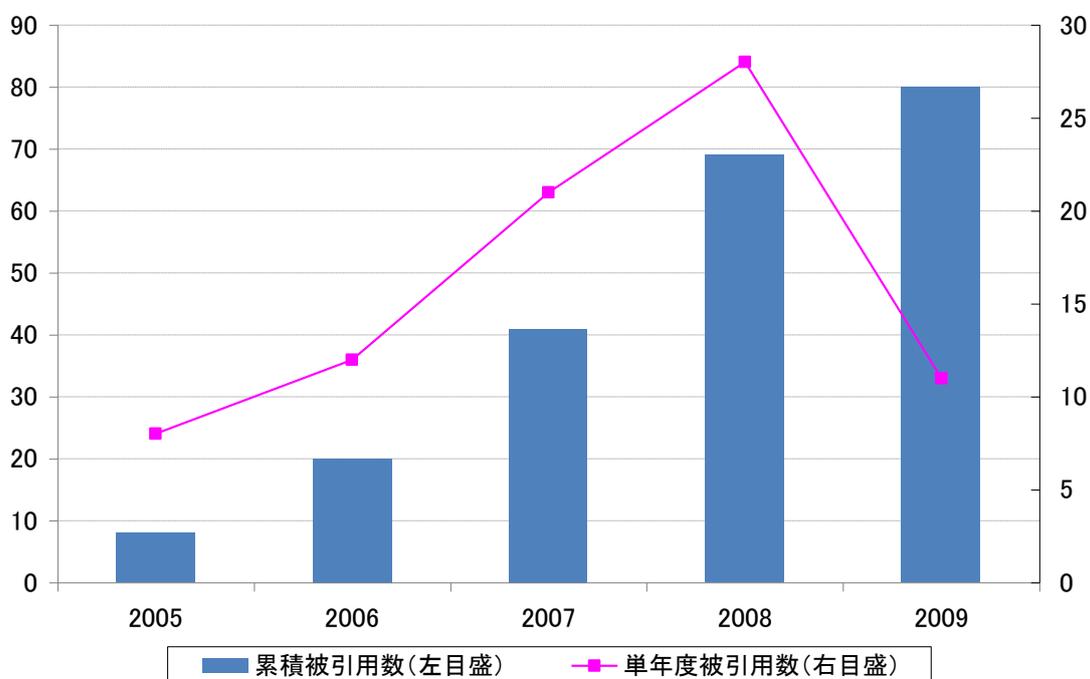


図 3-8 柴田の論文被引用数推移

②研究成果から生み出された社会・経済的な効果・効用

2004年の9月に第8世代のパロが実用化され、2005年には一般法人から商品化された。現在では1500体以上利用されて約70%が個人利用者によるペットの代替として、約20%が医療福祉施設や学校、児童向け施設などで利用されている。

海外では実証実験・共同研究が約10カ国で実現された。アメリカでは、退役軍人省（Department of Veterans Affairs: VA）ワシントンDCメディカル・センター等、これまでに約30体が様々な医療福祉施設にテスト導入され、高評価を得ている。して2009年9月に米国食品医薬品局（FDA）からクラス2の医療機器の承認を得て、12月から正式に販売が始まった。

欧州での動向を見ると、デンマークではこれまでに100体以上導入し、平成23年までに1000体の導入が見込まれているように、本格的な実用化が進んでいる。そのほか、オランダでは約40体、ノルウェー、スウェーデンでも実用化された。そのほか約30カ国で使用されており、医療・福祉機器として、介護の現場、精神障害者施設等で役立てられている。

3.3 第3章のまとめ

研究総括へのヒアリング及び詳細調査対象となる4名の研究者を通じて、さきがけ終了後の発展状況を把握した。

研究総括は、当領域の発展状況として以下のような認識を示した。

- ・ 若い研究者が対象であり、一つの学校ともいえる一体感を醸成した。
- ・ 研究者はもとより、アドバイザーにも影響を及ぼした。企業のアドバイザーも当初は厳しく指導していたが、自身が考えるよりも研究者の成長速度が速かった。
- ・ 当領域のメンバーは、世界のロボットのさきがけ的存在となっている。米国（IEEE ROMAN (IEEE International Symposium on Robots and Human Interactive Communications) のチェアに柴田崇徳がなるなど、欧州、アジアの主要な会議のリーダーとなって活躍している。さらに、当領域のメンバーが中心となって、IEEE TRANSACTION ON ROBOTICS の特集が複数回組まれている。
- ・ 反省すべき点としては、心理学の研究者をより取り入れるべきと思う。人間を研究する上で、心理学を取り入れることは重要である。

詳細調査対象の各研究者へのインタビューを通じて、上記の認識が裏付けられた。また、さきがけ研究を発展させた結果、以下のような社会への貢献事例が認められた。

新井は、インテリジェント・バイオマイクロラボラトリの研究を世界で初めて実現した。当研究は、バイオ・医療分野のブレイクスルーを作るためのツール開発により、社会に貢献している。

橋本は、さきがけ期間以前から提唱していた空間知をさきがけ研究により、コンセプトとしてまとめあげ、より快適で利便性の高い社会作りに貢献している。

小林は、さきがけ期間中にマッスルスーツの開発を行い、さらに継続して研究開発を継続し、実用化に至っている。社会に役立ちたいという思いで、低廉で機能的な導入されるロボット作りで社会に貢献している。

柴田は、「パロ」を開発し、さきがけ期間中に、世界で初めてロボットセラピーの有効性を検証した。既に、欧州、米国でも販売が開始される等、社会に貢献している、さらに研究者ネットワークも世界に拡大しつつある。