

(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

「情報基盤と利用環境」

(2001-2005 年度)

研究総括 富田真治

2012 年 3 月 31 日

## 目次

目次.....	1
要旨.....	3
第1章 追跡調査について.....	4
1.1 調査の目的.....	4
1.2 調査の対象.....	4
1.3 研究領域の概要.....	4
第2章 研究領域終了から現在に至る状況.....	11
2.1 参加研究者全体の動向.....	11
2.1.1 研究者の職位の推移.....	11
2.1.2 原著論文の発表件数.....	11
2.1.3 特許件数.....	14
2.1.4 研究者の受賞.....	25
2.1.5 研究者の研究助成金獲得状況.....	30
2.2 参加研究者の研究成果の発展状況.....	36
2.2.1 第1期生(7名).....	36
2.2.2 第2期生(6名).....	44
2.2.3 第3期生(4名).....	50
2.3 第2章のまとめ.....	54
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.....	55
3.1 「次世代電子商取引のための質感再現技術の構築」.....	55
3.1.1 研究成果の発展状況や活用状況について.....	55
3.1.2 研究成果の科学技術の進歩への貢献.....	56
3.1.3 研究成果の応用に向けての発展状況.....	59
3.2 「チップ間ダイレクト光接続を用いた高バンド幅コンピューティング」.....	60
3.2.1 研究成果の発展状況や活用状況について.....	60
3.2.2 研究成果の科学技術の進歩への貢献.....	60
3.2.3 研究成果の応用に向けての発展状況.....	62
3.3 「思考支援とコミュニケーションのための3次元CG製作・利用技術の開発」.....	69
3.3.1 研究成果の発展状況や活用状況について.....	69
3.3.2 研究成果の科学技術の進歩への貢献.....	69
3.3.3 研究成果の応用に向けての発展状況.....	75
3.4 「安全で低消費エネルギーなプロセッサに関する研究」.....	77

3.4.1 研究成果の発展状況や活用状況について .....	77
3.4.2 研究成果の科学技術の進歩への貢献 .....	77
3.4.3 研究成果の応用に向けての発展状況.....	82

## 要旨

本資料は、戦略的創造研究推進事業の個人研究（さきがけタイプ）（以下、さきがけ）の研究領域「情報基盤と利用環境」（2001-2007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）事業および事業運営の改善に資する追跡評価のために纏めたものである。

「情報基盤と利用環境」は、10億個のトランジスタがチップ上に集積できる時代、およびインターネットでコンピュータ利用環境が激変する時代における、新しいコンピュータシステムの基盤技術と利用技術に関連した研究を対象とするものである。「超高機能化・超高性能化・超省電力化・モバイル化・情報家電化」などを視野に入れた、「コンピュータシステム・超大規模集積システム設計技術・インターネットマルチメディア」を中心とした新しい利用に関する基礎研究が主体となるが、全く新しい原理に基づいたコンピュータや新しい知的なコンピュータ応用研究も含まれる。その第3期の研究者が研究を終了した時から4年を経過した時点で、参加研究者全員17名を対象として調査を行った。

まず、参加研究者全員について、論文、特許、受賞、研究助成金について調査を実施した。

調査結果から、さきがけ期間中、および終了後から調査時点までの、職位、論文発表件数、特許登録件数、受賞件数、研究助成金獲得状況などを比較し、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を確認した。

職位については、調査時点では教授が6名、准教授が10名、産総研副センター長が1名で、全員が上位職に昇格していることを確認した。

論文発表件数は、総発表件数261件の内、さきがけ終了後から調査時までが207件でその比率は79%である。また、国内学会の学会誌・論文誌・研究報告については、総件数717件の内、さきがけ終了後から調査時までが460件でその比率は64%である。さきがけ終了後も積極的に論文発表を行っていることが確認された。

特許登録件数は、総登録件数50件の内、さきがけ終了後からの件数は9件で総件数の18%に相当する。また出願件数は、総件数が153件であり、さきがけ終了後からの件数は75件で総件数の49%に相当し、出願が継続して行われていることが確認された。

受賞件数は、総受賞件数107件の内、さきがけ終了後からの件数が80件で、総件数の75%に相当し、さきがけ後に多くの研究者が高い評価を受けていることが確認された。

研究助成金獲得件数は、さきがけ開始時からの総件数は79件である。さきがけ終了後には、1名がERATO、2名がSORSTの助成金を獲得、CRESTについては7名が共同研究者として参加し助成金を得ているなど、研究内容の価値が外部から高く評価されていることが確認された。

# 第1章 追跡調査について

## 1.1 調査の目的

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 事業および事業運営の改善に資するために追跡調査を行う。

## 1.2 調査の対象

本追跡調査は、さきがけ研究領域「情報基盤と利用環境(2001-2006 年度)」の17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。なお、さきがけは個人型研究であるため、各研究者がそれぞれに1研究課題を設定し、研究を展開しているので、参加研究者全員を調査した。

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	2001年12月-2005年3月	2005年4月-2011年9月	7
第2期	2002年11月-2006年3月	2006年4月-2011年9月	6
第3期	2003年10月-2007年3月	2007年4月-2011年9月	4

## 1.3 研究領域の概要

「情報基盤と利用環境」の総括責任者は富田真治（終了時：京都大学大学院情報学研究科長 教授、現職：京都大学材料-細胞統合システム拠点特定拠点教授/事務部門長）であり、研究領域の概要は以下の通りである。

この研究領域は、10億個のトランジスタがチップ上に集積できる時代、およびインターネットでコンピュータ利用環境が激変する時代における、新しいコンピュータシステムの基盤技術と利用技術に関連した研究を対象とするものである。

具体的には、超高機能化、超高性能化、超省電力化、モバイル化、情報家電化などを視野に入れたコンピュータシステム(アーキテクチャ、ネットワーク、言語・コンパイラ、OS)、超大規模集積システム設計技術(デザインオートメーション/CAD)、およびインターネット・マルチメディアを中心とした新しい利用に関する基礎研究が含まれる。また、ハードウェアシステムとの関連性を保ちながら行う研究に加えて、全く新しい原理に基づいたコンピュータや新しい知的なコンピュータ応用研究が含まれる。

このように本領域は、計算機アーキテクチャ、並列処理、コンパイラ、OS、VLSI システム設計手法、ハイパフォーマンス・コンピューティング、ネットワークング、情報家電、ソフトウェアエンジニアリング、画像処理、グラフィックスなど幅広い研究分野を含んでいる。

従って、上記の領域の概要に沿って研究を行うため、情報系研究の各分野に造詣の深い大学および産業界の専門家10人の領域アドバイザーを定め、研究者の指導にあった。

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	所属	現役職	任期
今井 良彦	松下電器産業(株)	システムエンジニアリ ングセンター 所長	2004年7月～2007年3月
笠原 博徳	早稲田大学	教授	2001年8月～2007年3月
河田 亨	シャープ(株)	フェロー／河田研究所 所長	2001年8月～2005年6月
木戸出 正継	奈良先端科学技術大学院大学	教授	2001年8月～2007年3月
榎木 好明	パナソニック・モバイル・コ ミュニケーションズ(株)	代表取締役社長	2001年8月～2004年7月
坂井 修一	東京大学	教授	2001年8月～2007年3月
中島 浩	京都大学	教授	2001年8月～2007年3月
中田 登志之	日本電気(株)	部長	2001年8月～2007年3月
林 弘	(株)富士通研究所	常務取締役	2001年8月～2007年3月
安浦 寛人	九州大学	教授	2001年8月～2007年3月

(注) 所属と役職はさががけ終了時点に記載

研究課題(研究者)の公募は2001年度から3年間にわたり、3度行い。総計17件の研究課題を採択した。表 1-3 に各期の研究課題、研究者ならびに所属機関と役職を示す。

選考にあたっては、コンピュータシステムに関わる環境が激変するなかで、「将来のコンピュータ利用環境から生じるニーズ」と「新たな集積回路技術を中心としたシーズ」を融合する、新しい独創性のある「コンピュータシステム構築技術」および「アプリケーションに関する研究」の採用に配慮した。

具体的には3度の選考を通して、計算機アーキテクチャ、ソフトウェア基盤技術、画像処理、ヒューマン・インターフェース、光通信、再帰性投影技術による情報通信、LSI設計法やDA/CADに至る多彩で独創性の高い研究課題を採択した。

さきがけ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が挙げられている。

コンピュータシステム構築技術については、

A. マイクロプロセッサ・アーキテクチャについて、高速化・効率化に加えて、省電力化・高信頼性の観点から、①実行時のソフトウェア・ハードウェアの再構成、②配線構造の再構成、③オンチップ伝送路の高速化、④光デバイスによる高速化、⑤フローコード分離による並列性向上、⑥多重再利用による高速化、⑦算術演算アルゴリズムの開発で、多くの独創性のある提案がなされた。これらの技術の多くは、CREST(ディペンダブルVLSI、超低電力高性能計算、光・光量子科学技術)に発展している。

アプリケーションに関する研究については、

B. 大規模データ処理の高速化・効率化について、①並列化手法、②並列計算ライブラリ、③ダイレクトデータ読み出しで、新たな提案がなされ、その多くは顕著な効果が実証された。これらの技術の多くは、グリッドコンピューティング、クラウドコンピューティングでの利用が期待されている。

C. 画像処理では、①ホログラフィを用いたリアルタイム画像処理、②色や質感を定量化する新しい工学(質感工学)、③三次元CGの制作を画期的に容易にする手法、④多数台カメラによる物体追跡技術、⑤少数の受光素子による高速位置計測で、多くの独創性のある提案がなされた。また、音情報では、特定位置との音声授受手法の提案がなされた。特に、③三次元CGの制作を画期的に容易にする手法は高く評価され、ERATO(五十嵐プロジェクト)に発展している。

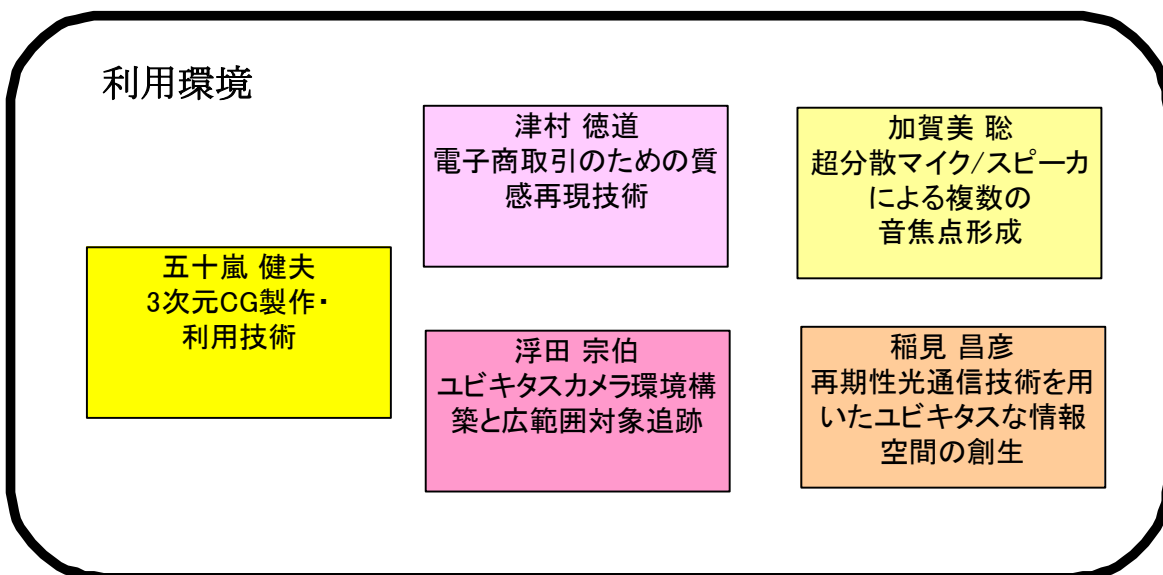
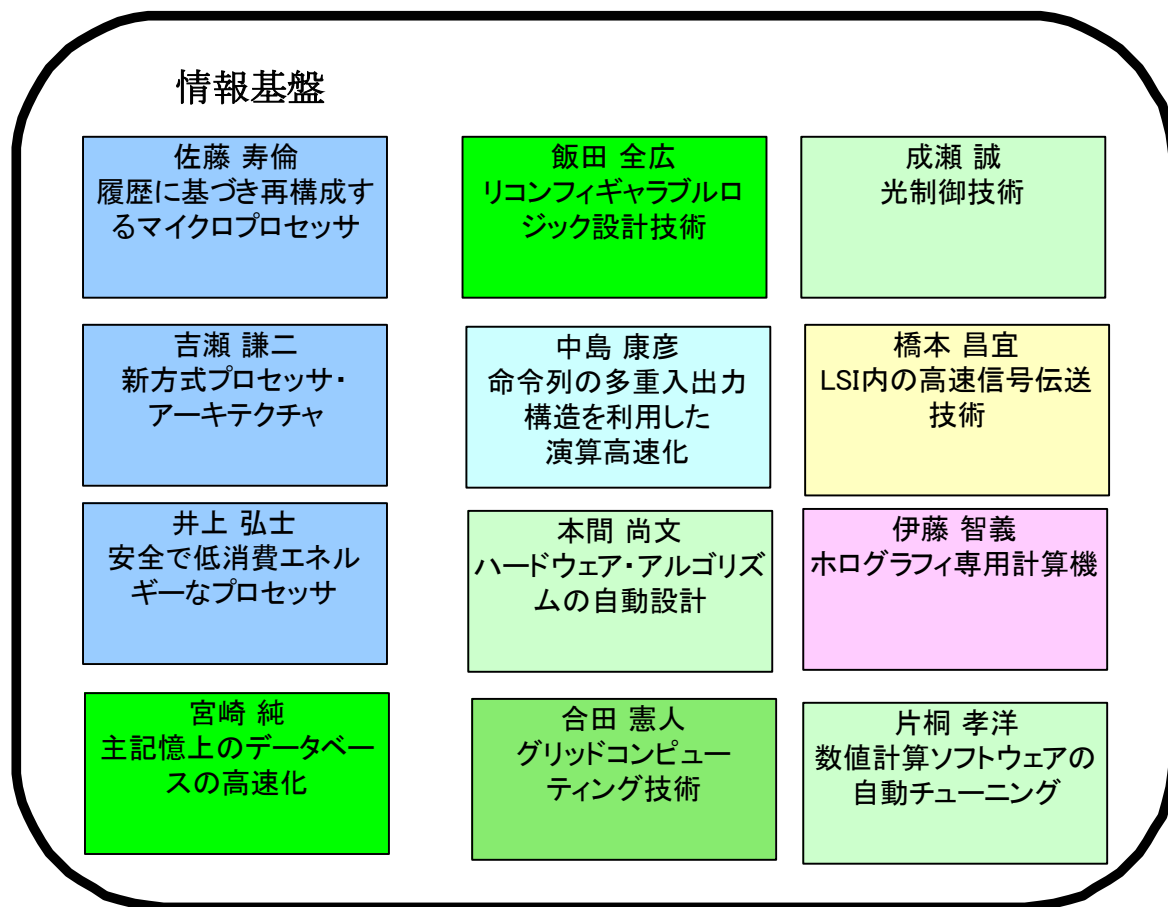


図 1-1 研究領域内研究テーマのMAP



表 1-3 研究課題と研究者（第1期、第2期、第3期）（2011年10月調査）

期（採択年度）	研究課題	研究者	所属		
			さががけ採択時	さががけ終了時	調査時
1期 (2001年度) (7名)	マルチ PC クラスタ上 4 での数値最適化問題求解アプリケーションの開発	合田憲人	東京工業大学大学院総合理工学研究科 講師	東京工業大学大学院総合理工学研究科 助教授	国立情報学研究所リサーチグリッド研究開発センター（アーキテクチャ科学研究系） 教授
	超高速ホログラフィ専用計算機システム	伊藤智義	千葉大学工学部 助教授	千葉大学工学部 教授	千葉大学工学部電子機械工学科 教授
	並列実行環境に依存しない高性能数値計算ライブラリ	片桐孝洋	日本学術振興会 特別研究員－PD	電気通信大学大学院情報システム学研究科 助手	東京大学情報基盤センター 特任准教授
	履歴に基き再構成するマイクロプロセッサの研究	佐藤寿倫	九州工業大学情報工学部 助教授	九州工業大学情報工学部 助教授	福岡大学工学部 電子情報工学科 教授
	次世代電子商取引のための質感再現技術の構築	津村徳道	千葉大学工学部 助手	千葉大学工学部 助教授	千葉大学工学部情報画像工学科 准教授
	チップ間ダイレクト光接続による高バンド幅コンピューティング	成瀬誠	東京大学大学院情報理工学系研究科 助手	独立行政法人情報通信研究機構 主任研究員	独立行政法人情報通信研究機構 主任研究員／東京大学 特任准教授
	超微細 LSI におけるオンチップ高速信号伝送技術の開発	橋本昌宜	京都大学大学院情報科学研究科 助手	大阪大学大学院情報科学研究科 助教授	大阪大学大学院情報科学研究科 准教授

2期 (2002年度)  (6名)	自律再構成可能な論理デバイスの実現	飯田全広	三菱電機エンジニアリング株式会社 鎌倉事業所	熊本大学工学部 助教授	熊本大学大学院自然科学研究科 情報電気電子専攻 准教授
	思考支援とコミュニケーションのための3次元CG製作・利用技術の開発	五十嵐健夫	東京大学大学院情報理工学系研究科 講師	東京大学大学院情報理工学系研究科 助教授	東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻 教授
	柔軟なユビキタスカメラ環境の構築と広範囲対象追跡への応用	浮田宗伯	奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 助手	奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 助手	奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 准教授
	制御フローコードとアドレス計算コードの分離による新しいプロセッサアーキテクチャの研究	吉瀬謙二	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
	命令列の多重入出力構造を利用した演算高速化	中島康彦	京都大学大学院経済学研究科 助教授	京都大学大学院経済学研究科 助教授	奈良先端科学技術大学院大学 教授
	ハードウェアアルゴリズムの進化的合成に関する研究	本間尚文	東北大学大学院情報科学研究科 助手	東北大学大学院情報科学研究科 助手	東北大学院情報科学研究科情報基礎科学専攻 准教授

3期 (2003年度)  (4名)	再帰性光通信技術を用いたユビキタ スな情報空間の創生	稲見昌彦	電気通信大学電気通信学部 講師	電気通信大学電気通信学部 教授	慶應義塾大学大学院メディアデ ザイン研究科 教授
	安全で低消費エネルギーなプロセッ サに関する研究	井上弘士	福岡大学工学部 助手	九州大学大学院システム情報科 学研究院 助教授	九州大学大学院システム情報科 学研究院情報知能工学部門 准 教授
	超分散マイク・スピーカーによる複 数の音焦点形成	加賀美聡	産業技術総合研究所デジタルヒ ューマン研究センター チーム長	産業技術総合研究所デジタルヒ ューマン研究センター チーム長	独立行政法人産業技術総合研究 所デジタルヒューマン研究セン ター 副センター長 (兼) ヒュー マノイドインタラクションチー ム チーム長
	主記憶上のデータの高速かつ高信頼 な処理の実現	宮崎純	奈良先端科学技術大学院大学情 報科学研究科 助教授	奈良先端科学技術大学院大学情 報科学研究科 助教授	奈良先端科学技術大学院大学インタラ クティブメディア設計学 准教 授

## 第2章 研究領域終了から現在に至る状況

### 2.1 参加研究者全体の動向

#### 2.1.1 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、終了時および調査時の職位の推移を図 2-1 に示した。

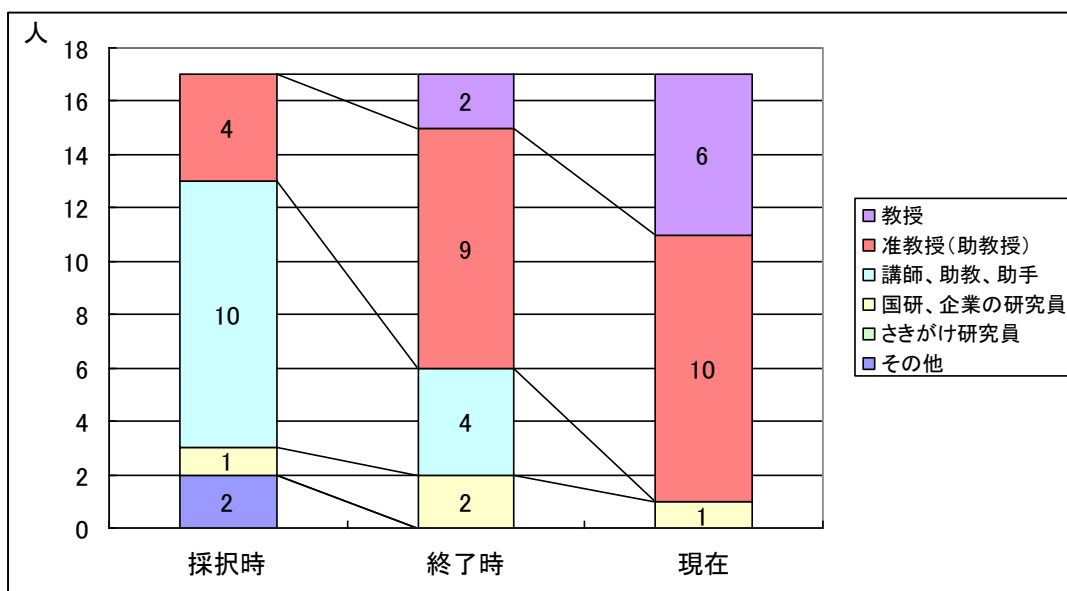


図 2-1 研究者のさきがけ採択時、終了時および調査時の職位の推移

さきがけ採択時には、助教授が4名だったが、さきがけ終了時には2名が教授に昇格し、助教授も新たに6名なされている。さらに、追跡調査時点では本領域の研究者の内教授に6名、准教授に10名なされている。産総研の研究者も上位職に昇格しており、全員が上位職についていることが確認された。

#### 2.1.2 原著論文の発表件数

原著論文の発表件数は、研究成果を客観的に示す一つの指標であり、さきがけ期間と終了後、その比率を調査した。

調査は論文データベース(SCOPUS)から検索し、世界的に認められている論文誌が対象となっている。その調査結果を図 2-2 および表 2-1 に示した。

なお、本研究領域では原著論文(Article)だけでなく、学会報告(Conference Paper)も

評価されている。国内学会の学会誌・論文誌・研究報告・学会発表も評価されているため、その調査結果を参考資料として【添付資料B. 論文・会議報告】に示した。国内論文などは論文データベース(JDream II)から検索した。

原著論文数は、総件数が 261 件、終了後が 207 件、その比率は 79%であり、プロジェクト終了後も積極的に研究を推進していることが判る。掲載誌は、IEEE、IEICE、ACM SGGRAPH、OSA などである。

さきがけ期間と終了後を合わせて 25 件以上の掲載があった研究者は 5 名(伊藤智義、津村徳道、成瀬誠、橋本昌宣、五十嵐健夫)である。また、終了後に 25 件以上の掲載があった研究者も同じ 5 名(伊藤智義、津村徳道、成瀬誠、橋本昌宣、五十嵐健夫)である。なお、学会報告(Conference Paper)については、終了後に 40 件以上の報告があった研究者は 5 名(津村徳道、橋本昌宣、五十嵐健夫、稲見昌彦、加賀美聡)である。

国内学会の学会誌・論文誌・研究報告については、さきがけ期間と終了後を合わせて 717 件、終了後が 460 件、その比率は 64%であり、プロジェクト終了後も積極的に研究を推進していることが判る。終了後に 50 件以上の掲載があった研究者は 7 名(佐藤寿倫、津村徳道、飯田全広、吉瀬謙二、中島康彦、稲見昌彦、井上弘士)である。なお、学会報告については、終了後に 50 件以上の報告があった研究者は 7 名(伊藤智義、津村徳道、成瀬誠、五十嵐健夫、吉瀬謙二、稲見昌彦、加賀美聡)である。

表 2-1 研究者の論文(原著論文)数 (2011年8月末検索 DB:SCOPUS)

期(採択年度)	研究課題	研究者	①PJ開始時からの論文数	②PJ終了後の論文数	% ②/①
第1期 (2001年度)	マルチPCクラスタ上での数値最適化問題求解アプリケーションの開発	合田 憲人	1	1	100%
	超高速ホログラフィ専用計算機システム	伊藤 智義	40	33	83%
	並列実行環境に依存しない高性能数値計算ライブラリ	片桐 孝洋	11	8	73%
	履歴に基き再構成するマイクロプロセッサの研究	佐藤 寿倫	5	0	0%
	次世代電子商取引のための質感再現技術の構築	津村 徳道	38	33	87%
	チップ間ダイレクト光接続による高バンド幅コンピューティング	成瀬 誠	41	36	88%

	超微細LSIにおけるオンチップ高速信号 伝送技術の開発	橋本 昌宜	36	32	89%
第2期 (2002年度)	自律再構成可能な論理デバイスの実現	飯田 全広	5	3	60%
	思考支援とコミュニケーションのための3 次元CG製作・利用技術の開発	五十嵐健夫	28	26	93%
	柔軟なユビキタスカメラ環境の構築と広範 囲対象追跡への応用	浮田 宗伯	8	5	63%
	制御フローコードとアドレス計算コードの 分離による新しいプロセッサアーキテク チャの研究	吉瀬 謙二	6	3	50%
	命令列の多重入出力構造を利用した演算高 速化	中島 康彦	3	3	100%
	ハードウェアアルゴリズムの進化的合成に 関する研究	本間 尚文	15	11	73%
第3期 (2003年度)	再帰性光通信技術を用いたユビキタスな情 報空間の創生	稲見 昌彦	11	4	36%
	安全で低消費エネルギーなプロセッサに関 する研究	井上 弘士	5	4	80%
	超分散マイク・スピーカによる複数の音焦点 形成	加賀美 聡	7	5	71%
	主記憶上のデータの高速かつ高信頼な処理 の実現	宮崎 純	1	0	0%
合計			261	207	79%

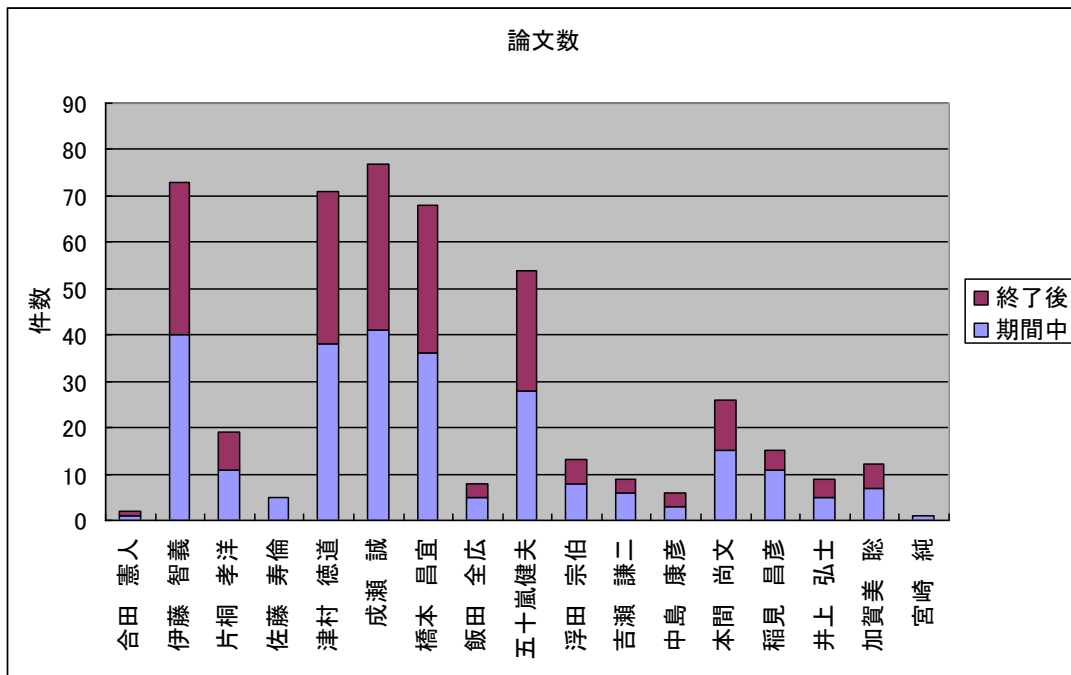


図 2-2 研究者の論文の発表数

### 2.1.3 特許件数

特許件数は、基礎研究から産業への貢献の分析や、個々の研究成果の有効性・独創性を客観的に示す一つの指標と考えられるため、個人別にさきがけ期間と終了後の国内特許登録件数を、図 2-3 および表 2-2 に示した。

さきがけ期間と終了後を合わせた登録総件数は 50 件である。終了後の件数は 9 件で、総件数の 18% に相当する。また出願件数は、さきがけ期間と終了後を合わせた総件数は 153 件(内海外 28 件)であり、終了後の件数は 75 件(内海外 9 件)で、総件数の 49% に相当する。

特許登録件数 50 件の内訳は、コンピュータシステム構築技術関連が 20 件、大規模データ処理の高速化・効率化関連が 3 件、画像処理関連が 27 件である。

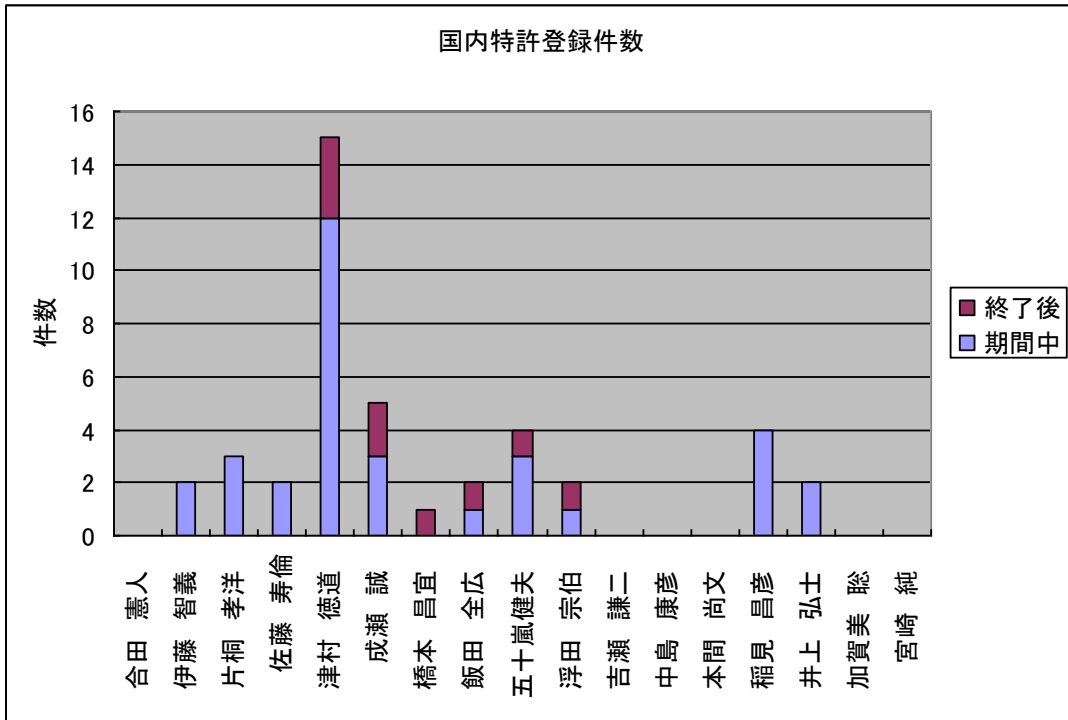


図 2-3 研究者の国内特許登録件数



表 2-2 特許リスト (登録のみ) (2011年8月末検索 DB:ATMS)

研究者	出願番号	公開番号	特許番号	発明者 ／考案者	出願人／権利者	発明の名称	国際出願番号
第1期 (2001年度)							
伊藤智義	特願 2003-298558	特開 2005-071013	特許004187612 号(2008.09.19)	杉江 崇繁, 伊藤 智義, 戎崎 俊一	独立行政法人理化学 研究所	ダイナミックプログラミング法計算を 高速に実行する計算装置	-
	特願 2003-560646		特許004133832 号(2008.06.06)	伊藤 智義	独立行政法人科学技 術振興機構	カラー動画ホログラフィ再生装置	WO03060612 (A1) 2003-07-24 (CA2473549 (C) 2011-02-15 JP4133832 (B2) 2008-08-13 )
片桐孝洋	特願 2003-022792	特開 2004-234393	特許004696282 号(2011.03.11)	片桐 孝洋	独立行政法人科学技 術振興機構	計算装置、プログラム、及び、記録媒 体	-
	特願 2003-149701	特開 2004-355144	特許004565201 号(2010.08.13)	片桐 孝洋	独立行政法人科学技 術振興機構	計算装置、計算方法、プログラムお よび記録媒体	-
	特願 2003-372051	特開 2005-135243	特許004273929 号(2009.03.13)	片桐 孝洋	独立行政法人科学技 術振興機構	計算処理方法、そのプログラム、デ ータ再分散機構、計算処理装置	-
佐藤寿倫	特願 2002-380647	特開 2004-185576	特許004062095 号(2008.01.11)	佐藤 寿倫	独立行政法人科学技 術振興機構	キャッシュメモリ	-

	特願 2003-118596	特開 2004-326330	特許 003893463 号(2006.12.22)	佐藤 寿倫	国立大学法人九州工 業大学	キャッシュメモリ、及びキャッシュメモ リの電力削減方法	-
津村徳道	特願 2002-080938	特開 2003-275179	特許 004098542 号(2008.03.21)	小島 伸俊, 赤崎 秀一, 清水 秀人, 津村 徳道, 三宅 洋一	花王株式会社	肌色測定装置	-
	特願 2002-327291	特開 2004-165840	特許 003731577 号(2005.10.21)	坂谷 一臣, 伊藤 哲也, 三宅 洋一, 津村 徳道	コニカミノルタホール ディングス株式会社	画像処理プログラム	US7298917 (B2) 2007-11-20
	特願 2002-364355	特開 2004-198146	特許 003935836 号(2007.03.30)	山本 昇志, 三宅 洋一, 津村 徳道	三菱重工業株式会社	印刷物色調計測方法、印刷物色調 計測装置、及びそのプログラム	-
	特願 2003-007191	特開 2004-219731	特許 004419393 号(2009.12.11)	二挺木 睦子, 金森 克洋, 三宅 洋一, 津村 徳道, 大石 誠	パナソニック株式会 社	情報表示装置及び情報処理装置	CN100399326 (C) 2008-07-02 US7330189 (B2) 2008-02-12
	特願 2003-078791	特開 2004-283357	特許 004285037 号(2009.04.03)	小島 伸俊, 赤崎 秀一, 佐藤 加代子, 津村 徳道, 三宅 洋一	花王株式会社	肌のシミュレーション画像の形成方 法	-
	特願 2003-080137	特開 2004-289585	特許 004439832 号(2010.01.15)	津村 徳道, 河西 将範, 藤牧 達彦, 三宅 洋一	独立行政法人科学技 術振興機構	画像の取得方法	-

特願 2003-167700	特開 2005-004506	特許004345366 号(2009.07.24)	坂谷 一臣, 伊藤 哲也, 津村 徳道, 三宅 洋一	コニカミノルタホール ディングス株式会社	画像処理プログラムおよび画像処理 装置	-
特願 2003-274049	特開 2005-034355	特許003789911 号(2006.04.07)	鍋島 博英, 白石 光弘, 小島 伸俊, 三宅 洋一, 津村 徳道	花王株式会社	画像処理装置および顔画像処理装 置	-
特願 2004-072620	特開 2005-259009	特許004357997 号(2009.08.14)	津村 徳道, 高瀬 紘一, 三宅 洋一, 中口 俊哉	独立行政法人科学技 術振興機構	物体の双方向反射分布関数の高速 推定方法	-
特願 2004-107348	特開 2005-293231	特許004506245 号(2010.05.14)	小島 伸俊, 沖山 夏子, 赤崎 秀一, 岡口 紗綾, 中口 俊哉, 津村 徳道, 三宅 洋一	花王株式会社	肌のシミュレーション画像形成方法	-
特願 2004-217319	特開 2006-039845	特許004412541 号(2009.11.27)	三宅 洋一, 津村 徳道, 中口 俊哉, 中川 慎司, 松井 優子, 野中 俊一郎	富士フイルム株式会 社	肌色領域分類装置および方法、表面 反射成分変更装置および方法並び にプログラム	-
特願 2004-217320	特開 2006-041804	特許004515846 号(2010.05.21)	三宅 洋一, 津村 徳道, 中口 俊哉, 中川 慎司, 松井 優子, 野中 俊一郎	富士フイルム株式会 社	肌色補正装置および方法並びにプロ グラム	-

	特願 2005-019518	特開 2006-209396	特許004686200 号(2011.02.18)	本村 秀人, 金森 克洋, 三宅 洋一, 津村 徳道, 中口 俊哉, 上村 健二	パナソニック株式会 社	画像変換方法および装置	-
	特願 2005-516842		特許004069136 号(2008.01.18)	本村 秀人, 金森 克洋, 三宅 洋一, 津村 徳道, 中口 俊哉, 菅谷 隆	松下電器産業株式会 社	画像処理方法、画像処理装置、サー バクライアントシステム、サーバ装 置、クライアント装置および画像処理 システム	WO2005067294 (A1) 2005-07-21 (US7203381 (B2) 2007-04-10 JP4069136 (B2) 2008-04-02) CN100493174 (C) 2009-05-27
	特願 2009-003115	特開 2009-082736	特許004692786 号(2011.03.04)	小島 伸俊, 赤崎 秀一, 佐藤 加代子, 津村 徳道, 三宅 洋一	花王株式会社	肌のテクスチャの解析方法	-
成瀬誠	特願 2002-308743	特開 2004-144932	特許004137592 号(2008.06.13)	成瀬 誠, 飯野 哲男, 井 出 義高	独立行政法人科学技 術振興機構	共焦点顕微鏡システム	-
	特願 2002-340057	特開 2004-179694	特許004072850 号(2008.02.01)	三津 博之, 古木 真, 岩 佐 泉, 佐藤 康郊, 辰浦 智, 田 民権, 成瀬 誠	富士ゼロックス株式 会社, 独立行政法人 情報通信研究機構	光パルスタイミング検出装置、光パ ルスタイミング検出方法、光パルス タイミング調整装置、及び光パルス タイミング調整方法	US7245836 (B2) 2007-07-17

	特願 2003-012968	特開 2004-227201	特許 003820450 号(2006.06.30)	成瀬 誠	独立行政法人情報通 信研究機構	光演算装置	-
	特願 2005-134117	特開 2006-309904	特許 004586180 号(2010.09.17)	成瀬 誠, 大津 元一, 八 井 崇	独立行政法人情報通 信研究機構, 独立行 政法人科学技術振興 機構	情報再生装置及び方法	-
	特願 2006-194814	特開 2008-021395	特許 004621895 号(2010.11.12)	大津 元一, 八井 崇, 成 瀬 誠	国立大学法人 東京 大学, 独立行政法人 情報通信研究機構	アクセス記録可能な光メモリ	-
第 2 期 (2002 年度)							
飯田全広	特願 2003-391179	特開 2005-158815	特許 004621424 号(2010.11.05)	飯田 全広	独立行政法人科学技 術振興機構	プログラマブル論理回路およびプロ グラマブル論理回路の配線構造	-
	特願 2006-166387	特開 2007-166579	特許 004438000 号(2010.01.15)	末吉 敏則, 飯田 全広, 尼崎 太樹, 武田 和彦, 瓶子 岳人, 鈴木 伸治	株式会社半導体理工 学研究センター	リコンフィギャラブルロジックブロッ ク、リコンフィギャラブルロジックブロッ クを備えるプログラマブル論理回路 装置、および、リコンフィギャラブルロ ジックブロックの構成方法	-
五十嵐健夫	特願 2004-107691	特開 2005-293259	特許 004318580 号(2009.06.05)	五十嵐 健夫, 岡部 誠	独立行政法人科学技 術振興機構	3次元樹木形状生成装置	-

	特願 2004-165039	特開 2005-346397	特許 004463008 号(2010.02.26)	五十嵐 健夫, 大和田 茂	独立行政法人科学技 術振興機構	切断面画像生成装置、切断面画像 生成プログラム及び記録媒体	-
	特願 2005-106371	特開 2006-285765	特許 004613313 号(2010.10.29)	五十嵐 健夫	国立大学法人 東京 大学	画像処理システムおよび画像処理プ ログラム	WO2006106863 (A1) 2006-10-12 (CN101147172 (B) 2010-05-19)
	特願 2006-188431	特開 2008-015929	特許 004752066 号(2011.06.03)	五十嵐 健夫	国立大学法人 東京 大学	手書き入力処理装置、手書き入力処 理方法、および手書き入力処理用プ ログラム	WO2008004624 (A1) 2008-01-10
浮田宗伯	特願 2003-192146	特開 2005-027166	特許 004503945 号(2010.04.30)	浮田 宗伯, 木戸出 正継	独立行政法人科学技 術振興機構	リモート観測装置	-
	特願 2006-553816		特許 004002983 号(2007.08.31)	満上 育久, 浮田 宗伯, 木戸出 正継	国立大学法人 奈良 先端科学技術大学院 大学	投影装置、投影装置の制御方法、複 合投影システム、投影装置の制御プ ログラム、投影装置の制御プログラ ムが記録された記録媒体	WO2006077665 (A1) 2006-07-27 (JP4002983 (B2) 2007-11-07)
吉瀬謙二	特願 2002-335916	特開 2004-171248	特許 003795449 号(2006.04.21)	吉瀬 謙二	独立行政法人科学技 術振興機構	制御フローコードの分離によるプロセ ッサの実現方法及びそれを用いたマ イクロプロセッサ	-
中島 康彦	特願 2003-047909	特開 2004-258905	特許 003855076 号(2006.09.22)	中島 康彦	独立行政法人科学技 術振興機構	データ処理装置、データ処理プログ ラム、およびデータ処理プログラムを 記録した記録媒体	-

特願 2003-153221	特開 2004-355397	特許003855077 号(2006.09.22)	中島 康彦	独立行政法人科学技 術振興機構	データ処理装置、データ処理プログ ラム、およびデータ処理プログラムを 記録した記録媒体	-
特願 2003-322090	特開 2005-092354	特許003895314 号(2006.12.22)	中島 康彦	独立行政法人科学技 術振興機構	データ処理装置、データ処理プログ ラム、およびデータ処理プログラムを 記録した記録媒体	-
特願 2004-097197	特開 2005-284683	特許004254954 号(2009.02.06)	中島 康彦	独立行政法人科学技 術振興機構	データ処理装置	WO2005093562 (A1) 2005-10-06 (KR100877138 (B1) 2009-01-09 CN100504762 (C) 2009-06-24)
特願 2004-266056	特開 2006-079563	特許004660747 号(2011.01.14)	中島 康彦	国立大学法人京都大 学	データ処理装置	WO2005093562 (A1) 2005-10-06 (KR100877138 (B1) 2009-01-09 CN100504762 (C) 2009-06-24)

	特願 2004-324348	特開 2006-134186	特許004654433 号(2011.01.07)	中島 康彦	国立大学法人京都大 学	データ処理装置、データ処理プロ グラム、およびデータ処理プログラムを 記録した記録媒体	WO2005093562 (A1) 2005-10-06 (CN100504762 (C) 2009-06-24 KR100877138 (B1) 2009-01-09)
	特願 2004-347124	特開 2006-155370	特許004635193 号(2010.12.03)	中島 康彦	国立大学法人京都大 学	データ処理装置、データ処理プロ グラム、およびデータ処理プログラムを 記録した記録媒体	WO2005093562 (A1) 2005-10-06 (CN100504762 (C) 2009-06-24 KR100877138 (B1) 2009-01-09)
第3期 (2003年度)							
稲見昌彦	特願 2005-036548	特開 2006-218214	特許004543172 号(2010.07.09)	稲見 昌彦	国立大学法人電気通 信大学	光線剣	-
	特願 2005-062949	特開 2006-244411	特許004252547 号(2009.01.30)	前田 太郎, 安藤 英由樹, 稲見 昌彦, 杉本 麻樹, 清水 紀芳, 新居 英明	日本電信電話株式会 社	運動伝達装置	-



	特願 2006-188377	特開 2008-015358	特許004721283 号(2011.04.15)	館すすむ, 川上 直樹, 稲 見 昌彦, 久芳 義治, 横 山 篤史	国立大学法人 東京 大学, 川崎重工業株 式会社	投影装置およびそれを使用した航空 機ならびに航空機用シミュレータ	-
	特願 2006-188378	特開 2008-015359	特許004614456 号(2010.10.29)	館すすむ, 川上 直樹, 稲 見 昌彦, 久芳 義治, 横 山 篤史	国立大学法人 東京 大学, 川崎重工業株 式会社	再帰性反射材、投影装置、航空機、 および航空機用シミュレータ	-
井上弘士	特願 2003-411884	特開 2005-173903	特許004497450 号(2010.04.23)	井上 弘士	独立行政法人科学技 術振興機構	プログラム認証システム	-
	特願 2004-153520	特開 2005-338946	特許004374476 号(2009.09.18)	井上 弘士	独立行政法人科学技 術振興機構	キャッシュ・メモリ及びその制御方法	-

### 2.1.4 研究者の受賞

各機関からの受賞件数は、研究者の成果が外部から高く評価されていることを客観的に示す一つの証左であり、個人別のさきがけ期間と終了後の受賞件数を図 2-4 に、受賞内容を表 2-3 に示した。

さきがけ開始時からの総件数は 107 件で、受賞が 5 件以上の研究者は 8 名(伊藤智義、津村徳道、橋本昌宣、飯田全広、五十嵐健夫、浮田宗伯、本間尚文、稲見昌彦)であった。中でも五十嵐健夫は 25 件、稲見昌彦は 16 件、飯田全広は 15 件の表彰を受けている。また、五十嵐健夫は第 6 回日本学術振興会賞(2010 年)を受賞している。

総件数は 107 件の内、さきがけ終了後からの件数が 80 件で、総件数の 75%に相当し、さきがけ後に多くの研究者が高い評価を受けていることが判る。

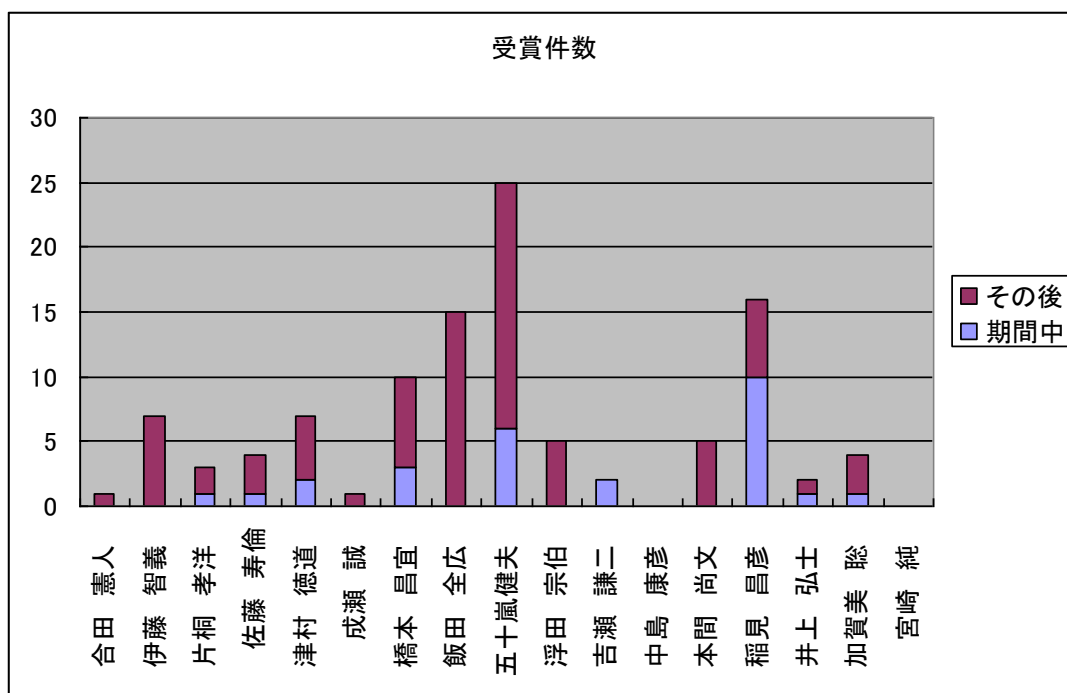


図 2-4 研究者の受賞状況

表 2-3 受賞リスト (2011 年 8 月末検索)

(a) さきがけ期間中

採択年度	受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
2001 年度	片桐 孝洋	山下記念研究賞	情報処理学会	2002
(1 期生)	佐藤 寿倫	山下記念研究賞	情報処理学会	2003

	津村 徳道	日本写真学会論文賞	日本写真学会	2003
		IS&T Charles E. Ives Award	IS&T	2002
	橋本 昌宜	安藤博記念学術奨励賞	財団法人 安藤研究所	2004
		BEST PAPER AWARD	In Proceedings of Asia and South Pacific Design Automation Conference	2004
		山下記念研究賞	情報処理学会	2002
2002 年度 (2 期生)	五十嵐 健夫	日本 IBM 科学賞	日本 IBM	2004
		VC 賞 (Poster 部門)	画像電子学会	2004
		グッドデザイン賞	グッドデザイン協会	2003
		ベスト発表賞	日本ソフトウェア科学会 WISS 2002	2002
		グラフィクスとCAD 研究会優秀研究発表賞	グラフィクスと CAD / Visual Computing 合同シンポジウム	2002
		ベストインタラクティブ発表賞	情報処理学会インタラクシオン 2002	2002
2003 年度 (3 期生)	稲見 昌彦	功労賞	日本バーチャルリアリティ学会	2006
		メディア芸術祭 奨励賞	文化庁	2006
		Excellent Paper Award	ACM ACE2005	2005
		インタラクシオン 2005 ベストインタラクティブ発表賞	情報処理学会	2005
		BEST PAPER AWARD	ICAT2004	2004
		論文賞	日本バーチャルリアリティ学会	2004
		Technopole Mayenne Trophee	Laval Virtual 2004	2004
		学術奨励賞	日本バーチャルリアリティ学会	2004
		BEST PAPER AWARD	IEEE Virtual Reality 2004	2004
		Coolest Inventions 2003	米国情報誌「TIME」	2003
	井上 弘士	奨励賞	第 15 回 回路とシステム(軽井沢)ワークショップ	2003
加賀美 聡	ロボティクスメカトロニクス部門ベストプレゼンテーション賞	日本機械学会	2003	

(b) さきがけ終了後

採択年度	受賞者名	賞の名称	授与機関	受賞年
2001 年度 (1 期生)	合田 憲人	平成 19 年度文部科学大臣表彰・若手科学者賞	文部科学省	2007

伊藤 智義	第 42 回市村学術賞(貢献賞)		2010
	第 27 回教育・文化・スポーツ等功 労者表彰(千葉市)	千葉市	2010
	Award of dedication to IEEE	ACIS International Conference on Information Science, IEEE and ACIS 2010	2010
	優秀研究賞、優秀プレゼンテー ション賞	The 12th IEEE Hiroshima Student Symposium(12th HISS)	2010
	鈴木・岡田賞	ホログラフィック・ディスプレイ研究 会	2007
	コンピュータサイエンス領域奨励 賞	情報処理学会	2007
	自由課題部門 最優秀賞	Cell スピードチャレンジ 2007	2007
片桐 孝洋	平成 23 年度文部科学大臣表彰・ 若手科学者賞	文部科学省	2011
	アカデミック部門、最優秀賞	Microsoft INNOVATAION AWARD 2007	2007
佐藤 寿倫	第 10 回 LSI IP デザイン・アワー ド・MeP 賞	国内 LSI IP デザイン・アワード運営 委員会	2008
	Excellent Paper Awards	International Conference on Computer and Information Technology	2007
	最優秀論文賞	先進的計算基盤システムシンポジ ウム	2007
津村 徳道	"Cum Laude" poster award	SPIE Medical Imaging 2010	2010
	日本写真学会論文賞	日本写真学会	2006
	IS&T Charles E. Ives Award	IS&T	2005
	第 5 回日本 VR 医学会学術大会	日本 VR 医学会	2005
	Journal Award	Society for Imaging Science and Technology	2005
成瀬 誠	平成 19 年度光学論文賞	応用物理学会	2008
橋本 昌宜	飛翔研究フェロー	大阪大学	2010
	SLDM 優秀論文賞	情報処理学会	2010
	ICD 優秀ポスターアワード	LSI とシステムワークショップ 2009	2009
	研究助成賞	第 10 回 LSI IP デザイン・アワード	2008

		Special Feature Award	ASP-DAC 2008, University LSI Design Contest	2008	
		Outstanding Paper Award	SASIMI 2007	2007	
		研究助成賞	第 9 回 LSI IP デザイン・アワード	2007	
2002 年度 (2 期生)	飯田 全広	情報処理学会九州支部奨励賞	情報処理学会九州支部	2010	
		学生研究奨励賞	IEEE 福岡支部	2011	
		情報・システムソサイエティ活動 功労賞	電子情報通信学会・情報・システム ソサイエティ	2009	
		情報処理学会九州支部奨励賞	情報処理学会九州支部	2009	
		若手の会セミナー賞	情報処理学会九州支部	2008	
		STARC フォーラム/シンポジウム 学生プレゼンテーション優秀賞	半導体理工学研究センター	2008	
		第 133 回 SLDM 研究会優秀発表 学生賞	情報処理学会	2008	
		デザインガイアポスト賞	電子情報通信学会、情報処理学会	2007	
		電子情報通信学会九州支部奨 励賞	電子情報通信学会九州支部	2007	
		情報処理学会九州支部奨励賞	情報処理学会九州支部	2007	
		第 9 回 LSI IP デザインアワード 研究助成賞	LSI IP デザインアワード運営委員会	2007	
		第 14 回 FPGA/PLD Design Conference 優秀論文賞	第 14 回 FPGA/PLD Design Conference 実行委員会	2007	
		STARC シンポジウム 学生プレ ゼンテーション優秀賞	半導体理工学研究センター	2006	
		DA シンポジウム 2006 優秀発表 学生賞	情報処理学会 SLDM 研究会	2006	
		第 13 回 FPGA/PLD Design Conference 優秀論文賞	第 13 回 FPGA/PLD Design Conference 実行委員会	2006	
		五十嵐 健夫	第 15 回論文賞	日本ソフトウェア科学会	2011
			ベストペーパー賞	第 18 回インタラクティブシステムとソ フトウェアに関するワークショップ (WISS 2010)	2010
第 1 回 船井学術賞 船井哲良特 別賞	財団法人船井情報科学振興財団		2010		
第 6 回 日本学術振興会賞	日本学術振興会		2010		

	ベストインタラクティブ賞	情報処理学会	2010
	最優秀ポスター賞	芸術科学会 NICOGRAPH 春期大会	2009
	論文発表賞	日本ソフトウェア科学会 WISS 2009	2009
	CG 国際大賞優秀論文賞	第 8 回 NICOGRAPH 春季大会, 芸術科学会	2009
	第 2 回解説論文賞受賞	ソフトウェア科学会	2009
	CG 国際大賞審査員特別賞	第 7 回 NICOGRAPH 春季大会 芸術科学会	2008
	インタラクティブ部門特別賞	Digital Art Awards 2007	2007
	デジタルコンテンツグランプリ技術賞	第 22 回デジタルコンテンツグランプリ	2007
	医療情報学会若手研究奨励賞	医療情報学会	2007
	第 3 回デジタルコンテンツシンポジウム船井賞	映像情報メディア学会	2007
	Significant New Research Award	SIGGRAPH 2006	2006
	第 12 回論文賞	ソフトウェア科学会	2008
	国際CG論文大賞・最優秀論文賞	芸術科学会	2007
	ベストペーパー賞	日本ソフトウェア科学会	2005
	平成 17 年度文部科学大臣表彰・若手科学者賞	文部科学省	2005
吉瀬 謙二	優秀ポスター賞	先進的計算基盤システムシンポジウム SACSIS2010	2010
	最優秀ポスター賞	コンピュータシステム・シンポジウム (ComSys2008)	2008
本間 尚文	船井学術賞	船井情報科学振興財団	2010
	トーキン科学技術振興財団研究奨励賞	トーキン科学技術振興財団	2008
	Best Paper Award	the 14th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed Information technologies	2007
	安藤博記念学術奨励賞	財団法人 安藤研究所	2006
	第 7 回 LSI IP デザイン・アワード IP 賞	日経 BP 社	2005

2003 年度 (3 期生)	稲見 昌彦	平成 23 年度文部科学大臣表彰・ 若手科学者賞	文部科学省	2011
		論文賞	計測自動制御学会	2006
		論文賞	日本バーチャルリアリティ学会	2006
		Excellent Paper Award	ACM ACE2006	2006
		Outstanding Paper Award	ACM ACE2006	2006
		平成 18 年度文部科学大臣表彰・ 若手科学者賞	文部科学省	2006
	井上 弘士	平成 20 年度文部科学大臣表彰・ 若手科学者賞	文部科学省	2008
	加賀美 聡	平成 18 年度文部科学大臣表彰・ 若手科学者賞	文部科学省	2006
		Best Paper Presentation Award	International Conference on Autonomous Robots and Agents (ICARA) 2006	2006
ロボティクスメカトロニクス部門 ROBOMECH 賞(優秀講演論文賞)		日本機械学会	2007	

### 2.1.5 研究者の研究助成金獲得状況

研究助成金獲得件数は、研究内容の価値が外部から高く評価されていることを客観的に示す一つの指標であり、さきがけ期間と終了後の状況を調査した。研究助成金獲得件数を図 2-5 に、具体的な助成金獲得状況を図 2-6 に示した。なお、助成金対象範囲は図 2-6 の下部に記載している。

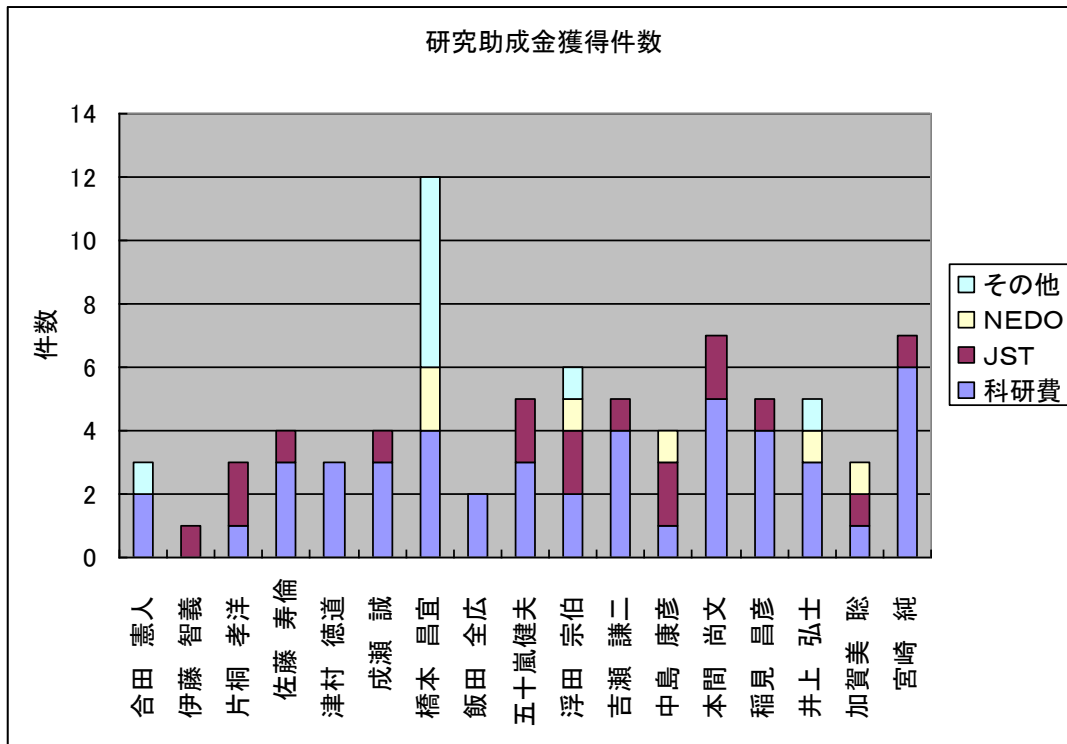


図 2-5 研究者の研究助成金獲得件数



図 2-6 研究者の研究助成金獲得状況 (2011年8月末検索 DB:科研費 DB等)

【1期生】

研究者	研究費	研究テーマ名	1期生				さきがけ期間後							
			'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	
合田 憲人	科研費 奨励研究(A)→若手研究(B)	並列計算機上での資源予約に基づくジョブスケジューリング技術に関する研究	■											
	科研費 基盤研究(B)	ユーザ主導型グリッドコンピューティングを実現する高度スケジューリング技術					■	■						
	特別研究員奨励費	情報技術とリモートセンシング技術を用いた農作物推定									■	■		
伊藤 智義	JST SORST	専用計算機によるホログラフィ動画画像システム				■	■	■						
片桐 孝洋	マイクロソフト産学連携研究機構(IJARC)	Windows CCS上の数値計算ライブラリのためのMS-MPIの実装方式の自動チューニング												
	CREST 超低電力高性能計算(共同研究者)	ソフトウェア自動チューニング												
	科研費 基盤研究(B)	メニーコア・超並列時代に向けた自動チューニング記述言語の方式開発												■
佐藤 寿倫	科研費 基盤研究(B)	高命令レベル並列処理技術を用いるマイクロプロセッサの実現方式に関する研究	■	■										
	科研費 基盤研究(B)	ユビキタス情報端末向け組込みプロセッサにおけるエネルギー利用効率改善に関する研究				■	■							
	CREST ディベンダブルVLSI(共同研究者)	総合的高信頼化設計のためのモデル化と検出・訂正・回復技術												
	科研費 基盤研究(B)	ソフトウェア・ばらつき・経年劣化を考慮可能なプロセッサアーキテクチャの構築												■
津村 徳道	科研費 奨励研究(A)→若手研究(B)	皮膚の酸素飽和率分布の実時間モニタリングに関する研究	■											
	科研費 若手研究(B)	肌の定量的色素成分分離計測法の開発とその応用												
	科研費 基盤研究(B)	複雑な周囲環境の影響を考慮したリアルタイム質感再現とその応用												■
成瀬 誠	科研費 奨励研究(A)→若手研究(B)	面発光レーザーアレイを用いた超並列共焦点顕微鏡システムの研究	■											
	科研費 基盤研究(B)	WDM技術を応用した超高速3次元マイクロイメージングの研究	■	■										
	総務省 戦略的情報通信研究評価タスクフォース開発推進制度(SCOPE)	ナノフォトニクスによる超集積光ノード技術の研究												
	CREST 光・量子科学技術(共同研究者)	局所光を用いた情報処理システムの基盤技術の研究												
	NEDO特別講座 ナノフォトニクス総合的展開(共同研究者)	ナノフォトニクスを核とした人材育成、産学連携等の総合的展開												
	科研費 基盤研究(B)	大規模複雑システムとしてのナノ光電子系に学ぶ情報ネットワーク設計制御												■
	総務省 戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)(研究分担社)	ナノフォトニクスによる情報セキュリティ技術の創成												■
橋本 昌宜	矢崎科学技術振興記念財団	オンチップ高速信号/電源波形観測技術の開発	■											
	科研費 若手研究(B)	超微細LSIIにおける遅延変動要因を考慮した静的遅延解析手法の開発	■	■										
	財団法人C&C振興財団	ナノメートル時代に向けたLSIタイミング解析技術の研究												
	半導体理工学研究センター(STARC)	ばらつきを考慮した回路設計の技術課題検討												
	半導体理工学研究センター(STARC)	ばらつき考慮遅延解析技術の研究												
	NEDO産業技術研究助成事業若手研究 grant	ナノメートル時代のLSIタイミング設計技術の研究												
	半導体理工学研究センター(STARC)	製造ばらつき、電源・温度変動を統一的に取り扱った静的タイミング解析技術												
	科研費 若手研究(A)	四桁の消費電力可変範囲をもつセンサノード向けプロセッサの開発												
	NEDO産業技術研究助成事業	自律的性能補償を実現するVLSI設計技術研究												
	科研費 戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)	乱数品質を保証したオンチップハードウェア乱数発生器の開発												
半導体理工学研究センター(STARC)	プロセス・電圧・温度ばらつきを考慮したタイミング設計技術の研究													
科研費 基盤研究(A)	極小センサノードを用いたリアルタイム3次元モデリングインタフェースiClay												■	
			■											
			■											
			■											
			■											



【3期生】

研究者	研究費	研究テーマ名	3期生						さがけ期間後				
			'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11
稲見 昌彦	科研費 若手研究(B)	触覚増強作業支援システムの研究											
	CREST デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術I(共同研究者)	デバイスアートにおける表現系科学技術の創成、オンラインゲームの制作支援と評価											
	科研費 若手研究(A)	視覚・前庭感覚統合伝送システム											
	科研費 若手研究(A)	光学式時空間フィルタによる速度知覚調整システム											
井上 弘士	科研費 若手研究(A)	予測技術を用いた高性能/低消費電力メモリ・システムの開発											
	科研費 若手研究(A)	高信頼化と低消費電力化の両立を目的とした環境適応型プロセッサに関する研究											
	CREST 情報システムの超低消費電力化	単一磁束量子回路による再構成可能な低電力高性能プロセッサ(高木直史代表研究者に協力)											
	NEDO	エネルギー効率の最大化を目的とした適応型3次元マイクロプロセッサ・アーキテクチャの研究											
	半導体理工学研究センター(STARC)	高性能・低消費エネルギーを可能にする適応型マルチコア											
	科研費 若手研究(A)	オンチップ・スーパーコンピューティングを可能にするメニーコア・プロセッサの研究											
加賀美 聡	科研費 基盤研究(B)	ヒューマノイドロボットの全身把持の研究											
	NEDO 産業技術研究助成事業(若手研究グラント)[情報通信技術分野]	スマートカーペットー 動的なフットプリントからの個人属性計測法の研究											
	CREST ディペンダブルVLSI(共同研究者)	実用化を目指した組込みシステム用ディペンダブル・オペレーティングシステム											
宮崎 純	CREST 高度メディア社会の生活情報技術(研究分担者)	日常生活を拡張する着用指向情報パートナーの開発											
	科研費 若手研究(B)	ハードウェアとソフトウェアの連携による高速主記憶データベース処理の研究											
	科研費 若手研究(B)	木構造スキーマを持つデータベースの分散処理に関する研究											
	科研費 特定領域研究	遍在する大規模構造化文書からの高度情報抽出											
	科研費 若手研究(B)	高性能な軽量XMLデータ問合せ処理に関する研究											
	科研費 若手研究(B)	マルチコアプロセッサ時代における高速データベース処理方式の実現											
	科研費 特定領域研究	情報爆発時代の構造化文書の超高精度検索とその実現											

科研費  
 JST  
 NEDO  
 その他

さきがけ期間中・終了後を合わせた研究助成金獲得の件数は 78 件で、その内訳は科研費(46 件)・JST(17 件)・NEDO(6 件)・その他(9 件)であった。5 件以上獲得した研究者は 8 名(橋本昌宣、五十嵐健夫、浮田宗伯、吉瀬謙二、本間尚文、稲見昌彦、宮崎純)で、橋本昌宣は 12 件を獲得している。なお、終了後に獲得した件数は 36 件で総件数の 46% に相当する。さきがけ期間中に獲得し終了後も継続した案件も含めると 47 件で、総件数の 60% に相当する。

五十嵐健夫は、ERATO「五十嵐デザインインターフェイスプロジェクト」と、SORST「思考支援とコミュニケーションのための 3 次元 CG 制作・利用技術の開発」の代表者として、伊藤智義は SORST「専用計算機によるホログラフィ動画像システム」の代表者として助成金を獲得した。

CREST については片桐孝洋が「超低電力高性能計算」に、佐藤寿倫、吉瀬謙二、加賀美聡が「ディペンダブル VLSI」に、浮田宗伯と宮崎純が「高度メディア社会の生活情報技術」に、稲見昌彦が「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」に、それぞれ共同研究者として参加し、助成金を得ている。

## 2.2 参加研究者の研究成果の発展状況

### 2.2.1 第1期生(7名)

(1) 合田 憲人 (マルチ PC クラスタ上での数値最適化問題求解アプリケーションの開発)

(a) さきがけ期間中の研究成果

グリッドコンピューティング技術は、多くの分野で活用が期待されている。本研究の狙いは、グリッドコンピューティング技術を用いて最適化問題計算を高速に実現する手法を開発することである。このため、新たな並列化手法とアプリケーションスケジューリング手法を考案し、実際にプログラムを開発してその有効性を実証した。具体的には、①従来方式に新たなコンセプトを導入し、階層的マスタ・ワーカ方式による並列化手法を考案し、②PCクラスタ間の負荷分散手法およびPCクラスタ内のタスク粒度調整手法を考案したことにより、逐次計算では9時間半を要するベンチマーク問題(BMI [Bilinear Matrix Inequality] 固有値問題)を4分半で求解することに成功した。また、アプリケーション分野の研究者との交流活動にも力を注ぎ、グリッド技術分野の牽引者として、今後の研究の進展が大いに期待された。

(b) さきがけ終了後の発展状況

引き続き、①2006年度科研費基礎研究(B)「ユーザ主導型グリッドコンピューティングを実現する高度スケジューリング技術」などで、グリッドコンピューティング資源の効率的な活用に貢献した。また研究領域をアプリケーションに広げ、②2009年度文部科学省特別研究員奨励費「情報技術とリモートセンシング技術を用いた農作物データ推定」などで、グリッドコンピューティングを用いて衛生画像などを解析する分野でも貢献している。さらに、e-サイエンスに向けて、③2010年度文部科学省科学技術試験研究委託事業「HPCI(High Performance Computing Infrastructure)の仕様に関する調査検討」に参画し、基本仕様では「ネットワーク基盤・認証基盤に関する仕様策定」、詳細仕様では「認証基盤に関する仕様策定」を担当している。

これらの成果に基づき、文部科学大臣表彰若手科学者賞(2007年)を受賞している。

(c) 主な論文<sup>1</sup>

①Aida K., Osumi T., “A case study in running a parallel branch and bound application on the grid,” Proceedings - 2005 Symposium on Applications and the Internet, SAINT'2005, 1386111, pp.164-173, 2005

②Aida K., Casanova H., “Scheduling mixed-parallel applications with advance reservations,” Proceedings of the 17th International Symposium on High

---

<sup>1</sup> 基本的には、さきがけ採択以降～現在までの論文を SCOPUS を用い、名寄せ、所属等で検索を行い作成した論文リストの中から、基本的には被引用件数の多い方から、さきがけとの関連性を確認し、抽出した。

Performance Distributed Computing 2008, HPDC'08, pp.65-74, 2008

③Aida K., Casanova H., “Scheduling mixed-parallel applications with advance reservations,” Cluster Computing, Vol.12, 2 SPEC. ISS., pp.205-220, 2009

## (2) 伊藤 智義 (超高速ホログラフィ専用計算機システム)

### (a) さきがけ期間中の研究成果

ホログラフィによる動画システムは究極の立体テレビと考えられている。ところが、その情報量が膨大であり、実用化は困難な状況にあった。本研究の狙いは、実用化における最大のボトルネックの解決(計算速度の飛躍的向上、装置のシンプル化)である。このため、専用計算機システムと LCD 表示系を開発し、また新しいカラー電子ホログラフィ再生手法を考案した。具体的には、①汎用の計算機システムに比べて 1000 倍以上効率的(高速)に扱う事が可能な専用計算機システムと LCD 表示系を開発し、3 cm 大と小さい像ながらもリアルタイム(30 フレーム/秒)の三次元画像再生に成功するとともに、②参照光源にレーザーを使わない再生手法(反射型 LCD と LED による飛躍的に小さく、しかも安価な構成)の考案で成果を挙げた。これらの成果は、OSA(米国光学会)論文誌「Optic Express」(2004、2005 年度)などに掲載され、将来の研究の進展が期待された。

### (b) さきがけ終了後の発展状況

引き続き、①2004 年度 SORST「専用計算機によるホログラフィ動画システム」で、実用化を目指した表示システムの研究を行った。さらに②2005 年度科研費基礎研究(C)「実時間で三次元流体速度場の計測を行うためのホログラフィ専用計算機システムの研究」、③2009 年度科研費基礎研究(C)「マルチコア・プロセッサによるリアルタイム電子ホログラフィの研究」などで、高速処理性能と表示映像精度の向上に多くの成果を挙げた。これらの成果は毎年「Optic Express」に掲載され、2009 年度にはダウンロードランキングで 4 ヶ月間 1 位を記録するなど、引き続き光学研究分野から高く評価されている。

これらの成果に基づき、情報処理学会「コンピュータサイエンス領域奨励賞」(2007 年度)、市村学術賞(2010 年度)など 7 件の表彰を受けている。

### (c) 主な論文

①Ito T., Shimobaba T., Godo H., Horiuchi M., “Holographic reconstruction with a 10 $\mu$ m pixel-pitch reflective liquid-crystal display by use of a light-emitting diode reference light,” Optics Letters, Vol.27, No.16, pp.1406-1408, 2002

②Ito T., Masuda N., Yoshimura K., Shiraki A., Shimobaba T., Sugie T., ” Special-purpose computer HORN-5 for a real-time electroholography,” Optics Express, Vol.13, No.6, pp.1923-1932, 2005

③Masuda N., Ito T., Tanaka T., Shiraki A., Sugie T., “Computer generated holography using a graphics processing unit,” Optics Express, Vol.14, No.2, pp.603-608, 2006

### (3) 片桐 孝洋 (並列実行環境に依存しない高性能数値計算ライブラリ)

#### (a) さきがけ期間中の研究成果

既に関連されたプログラムが利用できる環境は限定されている。本研究の狙いは、計算機環境(スーパーコンピュータからPCクラスタまで)に依存せずに、既存プログラムが高い性能で実行できる環境の考案である。このため、「性能可搬性」を達成する「ソフトウェア自動チューニング」という新しい技術を提唱しその効果検証を行った。具体的には、①「ソフトウェア自動チューニング」の仕様を策定しソフトウェアを開発し、②自動チューニング機能付き並列固有値計算ライブラリを開発した。これらのソフトウェアを公開するとともに、技術内容を自費出版し、技術の啓蒙と普及のために活動した。また、当初はPCクラスタやスーパーコンピュータ環境用の数値計算処理の範囲で検討していた自動チューニング技術を、組み込みシステムやGRIDなど汎用的に展開できるように拡大しており、今後の更なる研究進展が大いに期待された。

#### (b) さきがけ終了後の発展状況

引き続き、①2007年度マイクロソフト産学連携研究機構(IJARC)「WindowsCCS上の数値計算ライブラリのためのMS-MPIの実装方式の自動チューニング」、②2009年度科研費基礎研究(B)「メニーコア・超並列時代に向けた自動チューニング記述言語方式開発」のほか、③2007年度CREST「超低電力高性能計算(ULP-HPC)」における自動チューニング研究に参画し、「ソフトウェア自動チューニング」技術を進化させた。具体的には、アーキテクチャ、数値計算ライブラリ(ABCLib)を進化させるとともに、プリプロセッサ(ABCLibScript)、経緯ビジュアライザ(VizABCLib)を開発した。また、組み込みシステム用自動チューニングにも継続して取り組んでいる。

これらの成果に基づき、Microsoft INNOVATION AWARD(2007)、文部科学大臣表彰若手科学者賞(2011年)を受賞している。

#### (c) 主な論文

①Katagiri T., Kise K., Honda H., Yuba T., “FIBER: A generalized framework for auto-tuning software,” Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2858, pp.146-159, 2003

②Tangpongprasit S., Katagiri T., Kise K., Honda H., Yuba T., “A time-to-live based reservation algorithm on fully decentralized resource discovery in Grid computing,” Parallel Computing, Vol.32, No.3, pp.231-250, 2006

③Katagiri T., Kise K., Honda H., Yuba T., “ABCLib\_DRSSSED: A parallel eigensolver with an auto-tuning facility,” Parallel Computing, Vol.32, No.3, pp.231-250, 2006



#### (4) 佐藤 寿倫 (履歴に基き再構成するマイクロプロセッサの研究)

##### (a) さきがけ期間中の研究成果

1チップ上に10億個ものトランジスタが集積可能になり、一層の省電力と信頼性が求められる。しかし両者はトレードオフの関係にある。本研究の狙いは、省電力と信頼性の両者を満足するマイクロプロセッサアーキテクチャの実現である。このため、プログラムの実行時にその動作を特徴付ける履歴を獲得し、これを利用して再構成される環境に適応するアーキテクチャを考案し、シミュレーションによりその効果を実証した。

具体的には、①メモリ要素におけるリーク電流削減問題では非均一アクセス時間キャッシュ方式、②信頼性向上問題では故障の検出とその回復機構、③性能向上問題では演算器配列の直接通信方式、④履歴情報獲得の高速化手法を開発した。動的な実行履歴を利用してハードウェア・ソフトウェアを再構成するという着眼点は新鮮でユニークである。今後、個々の技術を組み合わせた統合システムの構築が期待された。

##### (b) さきがけ終了後の発展状況

引き続き、①2004年度科研費基礎研究(B)「ユビキタス情報端末向け組み込みプロセッサにおけるエネルギー利用効率改善に関する研究」で省電力の研究を、②2008年度科研費基礎研究(B)「ソフトウェア・ばらつき・経年劣化を考慮可能なプロセッサアーキテクチャの構築」で一過性の故障(ソフトウェア)などの信頼性の研究を継続し成果を挙げた。また、③2007年度CREST「ディペンダブルVLSIシステムの基盤技術」の「総合的高信頼化設計のためのモデル化と検出・訂正・回復技術」に主たる共同研究者として参画し、エラーのモデル化やタイミングエラー検出回路設計を担当し、ノイズマージン25%改善などに貢献した。またタイミングエラー発生予測についても研究を継続している。

これらの成果に基づき、International Conference on Computer and Information TechnologyでExcellent Paper Awardsを受賞するなど、3件の表彰を受けている。

##### (c) 主な論文

①Sato T., "Evaluating the impact of reissued instructions on data speculative processor performance," *Microprocessors and Microsystems*, Vol.25, 9月10日, pp.469-482, 2002

②Goto M., Sato T., "Leakage energy reduction in register renaming," *Proceedings - International Conference on Distributed Computing Systems*, Vol.24, pp.890-895, 2004

③Sato T., Funaki T., "Power-performance trade-off of a dependable multicore processor," *Proceedings - 13th Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing, PRDC 2007*, 4459670, pp.268-271, 2007

(5) 津村 徳道 (次世代電子商取引のための質感再現技術の構築)

(a) さきがけ期間中の研究成果

電子商品取引では、商品の色や質感が商品の印象を大きく左右する重要な要素の一つである。しかし色や質感は、表示デバイスや照明環境依存性、表現技術の未成熟さ等からその正確な記録・再現が困難であった。本研究の狙いは、表示デバイスや照明環境に依存しない、正確な色や質感の記録・再現を実現することである。このため、新しい学問領域として質感工学を立ち上げ、その要素技術と応用に関わるフレームワークを作成するとともに、事例研究で有効性を実証した。

具体的には、①3次元印刷色校正システム、②画像に基づく顔画像の解析・合成法、③表示デバイスや視環境に依存しない物体の光沢感再現法、などで成果を挙げた。電子商取引の拡大への貢献が大きい。また、この研究は実用価値の非常に高い研究であると思われ、遠隔医療、化粧品評価など多分野に利用されることが期待された。

(b) さきがけ終了後の発展状況

引き続き、①2004年度科研費若手研究(B)「肌の定量的色素成分分離計測法の開発とその応用」、②2007年度科研費基礎研究(B)「複雑な周囲環境の影響を考慮したリアルタイム質感再現とその応用」で、要素技術の開発を進めた。肌の分光画像を逆光散乱解析でメラニンやヘモグロビンの色素分布を推定し可視化する技術、さらにこれらを再合成して予測に活用する技術に成果を挙げている。

応用対象を医工学・肌・質感・画質に広げ、ACM SIGGRAPH・IEICE・OSA や、日本写真学会・映像情報メディア学会・画像電子学会・日本化粧品学会など様々な学会においてその成果を報告している。論文掲載(英文論文 33 件、邦文論文 43 件)も多く、また特許(出願 11 件、登録 3 件)も多い。これらの成果に基づき、日本写真学会論文賞(2005 年)など、5 件の表彰を受けている。

(c) 主な論文

①Tsumura N., Ojima N., Sato K., Shiraishi M., Shimizu H., Nabeshima H., Akazaki S., Hori K., Miyake Y., “Image-based skin color and texture analysis/synthesis by extracting hemoglobin and melanin information in the skin,” ACM Transactions on Graphics, Vol.22, No.3, pp.770-779, 2003

②Tamura N., Tsumura N., Miyake Y., “Masking model for accurate colorimetric characterization of LCDs,” Journal of the Society for Information Display, Vol.11, 2 SPEC ISS, pp.333-339, 2003

③Bochko V., Tsumura N., Miyake Y., “Spectral color imaging system for estimating spectral reflectance of paint,” Journal of Imaging Science and Technology, Vol.51, No.1, pp.70-78, 2007

(6) 成瀬 誠 (チップ間ダイレクト光接続による高バンド幅コンピューティング)

(a) さきがけ期間中の研究成果

100Gbps を越える速度で動作する光スイッチデバイスや、回折限界と呼ばれる従来の光の集積限界を超えたナノフォトニクスなど近年の光技術の進歩は目覚ましい。本研究の狙いは、この新しい光技術を基盤とした光領域での情報処理システムの実現である。このため、超高速・超高集積・アービトレーションの3つの視点から光コンピューティングのアーキテクチャを示し、現実のデバイスを用いた実証的研究を行った。

具体的には①超高速領域におけるデスクューシステムやタイミング制御に基づく論理演算システムの実証、②データの和算やデータの同報機構を考察し、光ベクトル演算をナノスケールで実現する可能性の提案、③構造と制御のシンプルさを備えたパケットスイッチング方式の提案と多層構造を有する光スイッチデバイスの開発、などにおいて期待以上の成果を挙げた。今後の研究の進展が楽しみである。

(b) さきがけ終了後の発展状況

①2005年度CREST「新機能創生に向けた光・光量子科学技術」の「ナノ光電子機能の創生と局所光シミュレーション」の研究分担グループ長として参画した。「局所光を用いた情報処理システムの基盤技術の研究」を担当し、局所光に特徴的な階層性の解析などに貢献した。また、②JST 戦略的国際科学技術協力推進事業(2008年度:研究分担者)、③JST 二国間交流事業(2007、2008、2010、2011 年度:参加者)のナノフォトニクスに関するテーマに参画した。さらに④2011年度科研費基礎研究(B)「大規模複雑システムとしてのナノ光電子系に学ぶ情報ネットワーク設計制御」に取り組んでいる。

これらの成果に基づく、OSA(米国光学会)論文誌「Optic Express」への掲載など英文論文(36件)も多く、特許(出願10件、登録2件)も多い。2007年度には応用物理学会「光学論文賞」を受賞している。

(c) 主な論文

- ①Naruse M., Miyazaki T., Kubota F., Kawazoe T., Kobayashi K., Sangu S., Ohtsu M., “Nanometric summation architecture based on optical near-field interaction between quantum dots,” Optics Letters, Vol.30, No.2, pp.201-203, 2005
- ②Naruse M., Yatsui T., Nomura W., Hirose N., Ohtsu M., “Hierarchy in optical near-fields and its application to memory retrieval,” Optics Express, Vol.13, No.23, pp.9265-9271, 2005
- ③Kawazoe T., Kobayashi K., Akahane K., Naruse M., Yamamoto N., Ohtsu M., “Demonstration of nanophotonic NOT gate using near-field optically coupled quantum dots,” Applied Physics B: Lasers and Optics, Vol.84, 1月2日, pp.243-246, 2006

(7) 橋本 昌宜 (超微細 L S I におけるオンチップ高速信号伝送技術の開発)

(a) さきがけ期間中の研究成果

超微細 LSI においては、トランジスタの性能が向上しても配線遅延が回路性能の向上を阻害する問題が生じている。本研究の狙いは、通信性能向上の実現である。このため、超微細 LSI における CPU とメモリ間などブロック間の長距離高速信号伝送に、ウェーブパイプライン(オンチップ伝送線路上に短いサイクルで信号を送り込む)技術を考案し、シミュレーションおよび実デバイスでその有効性を実証した。具体的には、①ウェーブパイプライン技術を導入することで、従来方式と比較し伝送容量、消費エネルギー、遅延時間のいずれの観点においても提案方式が優れていることをシミュレーションにより確認し、提案技術の有効性を示し、②実デバイスでプロトタイプを作成し 10Gbps 近い通信が 180nm のテクノロジーで実現できることを実証した。この成果は高く評価でき、将来産業界で現実に用いられるよう、引き続き研究を進めることが期待された。

(b) さきがけ終了後の発展状況

引き続き、①2005 年度 NEDO「ナノメートル世代に向けた LSI タイミング設計技術の研究」、②2009 年度 NEDO「自律性能補償を実現する VLSI 設計技術研究」で、超微細 LSI の性能向上に関する研究を継続している。研究の内容は、何れもオンチップでの回路性能や信頼性向上の技術課題解決であり、①チップ上の熱勾配の解析と温度分布の均一化設計、②電源ノイズの解析とノイズ影響の除去設計、③チップ上に埋め込んだセンサーを使用した遅延の検出と補償、④チップ上に埋め込んだセンサーを使用したクロック歪みの検出と自動補償、などの成果を挙げている。これらの成果を IEEE などの海外の学会誌(32 件)、電子情報通信学会などの学会誌・論文誌・技術研究報告(29 件)で報告している。これらの成果に基づき、情報処理学会「SLDM 優秀論文賞」(2010 年度)など 6 回の表彰を受けている。

(c) 主な論文

① Hashimoto M., Tsuchiya A., Onodera H. “On-chip global signaling by wave pipelining,” IEEE Topical Meeting on Electrical Performance of Electronic Packaging, 2004

② Sato T., Ichimiya J., Ono N., Hachiya K., Hashimoto M. “On-chip thermal gradient analysis and temperature flattening for SoC design,” IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, E88-A, 2005

③ Ogasahara Y., Enami T., Hashimoto M., Sato T., Onoye T. “Validation of a full-chip simulation model for supply noise and delay dependence on average voltage drop with on-chip delay measurement,” IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, Vol.54, 2007

## 2.2.2 第2期生(6名)

(1) 飯田 全広 (自律再構成可能な論理デバイスの実現)

(a) さきがけ期間中の研究成果

多くのエレクトロニクス機器に使用されているシステム LSI に、柔軟性を加える「やわらかいハードウェア」としてリコンフィギャラブルロジックが注目されている。本研究の狙いは、リコンフィギャラブルロジックの新しいアーキテクチャおよび EDA (Electronic Design Automation) ツールの提供である。具体的には、①リコンフィギャラブルロジックに用いられる配線構造の Small-World Network 化の提案、②低消費エネルギー化方式およびその設計手法の提案、③リコンフィギャラブルロジック向け EDA ツールの開発を行い、効果検証によりその有効性を確認した。リコンフィギャラブルロジックは、自律的に回路機能を再構成しながら動作する技術で、システム LSI の有効技術として期待されている。しかし、まだ技術的に多くの課題が残されており、さらに大きな成果となることが期待された。

(b) さきがけ終了後の発展状況

引き続き、①2006 年度科研費若手研究(B)「再構成可能デバイス向け統合 EDA ツールに関する研究」などで、「粒度可変構造を持つ再構成可能論理セル」や、データ通信の高度化、低電力指向のクラスタリングの研究に取り組んだ。これらの成果を電子情報通信学会の学会誌・論文誌・技術研究報告(47 件)で報告している。さらに、②2011 年度科研費若手研究(B)「ディペンダビリティを備えた高性能 FPGA アーキテクチャに関する研究」などで、デバイス構造・VLSI 設計手法・システムソフトウェアなど、ハードウェアとソフトウェアを融合した研究に取り組んでいる。

これらの成果に基づき、電子情報通信学会「情報・システムソサイエティ活動功労賞」(2009 年)など、15 件の表彰を受けている。

(c) 主な論文

①Sueyoshi T., Iida M., “Configurable and reconfigurable computing for digital signal processing,” IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol.E85-A, No.3, pp.591-599, 2002

②Amagasaki M., Shimokawa T., Matsuyama K., Yamaguchi R., Nakayama H., Hamabe N., Iida M., Sueyoshi T., “Evaluation of variable grain logic cell architecture for reconfigurable device,” IFIP VLSI-SoIC 2006 - IFIP WG 10.5 International Conference on Very Large Scale Integration and System-on-Chip, No.4107629, pp.198-203, 2006

③Satou Y., Amagasaki M., Miura H., Matsuyama K., Yamaguchi R., Iida M., Sueyoshi T., “An embedded reconfigurable logic core based on variable grain logic cell architecture,” ICFPT 2007 - International Conference on Field Programmable Technology, No.4439256, pp.241-244, 2007

(2) 五十嵐 健夫(思考支援とコミュニケーションのための3次元CG製作・利用技術の開発)

(a) さきがけ期間中の研究成果

3次元CGは専門家が膨大な時間をかけて作成しているのが現状である。本研究の狙いは、3次元CGを初心者でも簡単に作成できる新たな考え方を提示し、使いやすいインターフェースを開発することである。このため、手書きスケッチによる3次元モデリングソフトウェアなどのインターフェースを提案・実装し、その可能性を示した。具体的には、①形状を即座に表現する技術（手書きの滑らかな表面の表現、内部構造を持った形状の表現、衣服の形状表現）、②動きを即座に表現する技術、③立体構造や中身の理解を助けるための技術について研究し、独創的・画期的な研究を進化させた。多くの国際会議で論文発表を行い、また新聞・雑誌報道などにも取り上げられるなど大きな反響が得られた。今後は、基礎技術をさらに発展させるとともに、医療、デザイン、教育などの応用分野で技術開発や実証実験を行い、実用化を目指すことが期待された。

(b) さきがけ終了後の発展状況

引き続き、①2006年度SORST「思考支援とコミュニケーションのための3次元CG制作・利用技術の開発」で、②2007年度ERATO「五十嵐デザインインターフェースプロジェクト」、③2009年度科研費若手研究「内部構造を持つ3次元モデルの作成手法に関する研究」を行っている。具体的には、①映像表現(3次元CGなど)、②生活デザイン(衣服のデザインなど)、③ロボット行動デザイン(ロボットの直接操作や指示手法など)について、「プロでない普通のユーザがデザインする」ための技術開発を行い、応用分野での発表も多い(繊維製品消費科学会・日本ロボット学会・日本図学会など)。

これらの成果に基づき、文部科学省若手科学者賞(2005年)、日本学術振興会賞(2010年)を受賞したほか、関連学会(情報システム学会・映像情報メディア学会・医療情報学会・芸術科学会)での表彰を含め、16件の表彰を受けている。

(c) 主な論文

①K.Takayama, M.Okabe, T.Ijiri, T.Igarashi, "Lapped Solid Textures: Filling a Model with Anisotropic Textures", ACM Transactions on Graphics, Vol.27, Issue 3 (SIGGRAPH 2008), Article No.53

② Igarashi T., Moscovich T., Hughes J.F., "As-rigid-as-possible shape manipulation," ACM Transactions on Graphics, Vol.24, No.3, pp.1134-1141, 2005

③Nealen A., Igarashi T., Sorkine O., Alexa M., "FiberMesh: Designing freeform surfaces with 3D curves," ACM Transactions on Graphics, Vol.26, No.3, 1276429, 2007

### (3) 浮田 宗伯 (柔軟なユビキタスカメラ環境の構築と広範囲対象追跡への応用)

#### (a) さきがけ期間中の研究成果

セキュリティ目的の監視や交通計画のための流量観測の自動化など、分散配置されたカメラ集合(ユビキタスカメラ)を利用して、広範囲に移動する多数の対象を観測・追跡するシステムのニーズは多い。しかし現状では技術的課題が多く、本研究の狙いは照明の変化による対象の誤検出、カメラ集合間の通信量制約による追跡成功率の低下などの技術的課題の解決である。このため、①監視環境(照明変化・非静止背景・類似色)に影響されず観測画像から対象を検出・追跡する技術、②カメラ集合間で観測対象の情報を交換して協調的に対象の追跡を行う技術、③広範囲にわたる継続的な対象の追跡に有用な対象経路情報を自動的に獲得する技術などを提案し、実環境で実証した。さらに、実時間での広範囲・多数の対象を追跡するシステムなど新たな目標に向けて研究を進展させ、来るユビキタスメディア社会における重要な社会インフラへと成長していくことが期待された。

#### (b) さきがけ終了後の発展状況

①2000年度CREST「高度メディア社会の生活情報技術」の「日常生活を拡張する着用指向情報パートナーの開発」では、研究分担者として「着用型ビジョンインターフェース」を担当し、ハンズフリーの入出力インターフェース開発に貢献した(2001~2006年)。

また、②2006年度NEDO「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」の「サービスロボット分野・高齢者対応コミュニケーションRTシステム」では、研究分担者として「自律機能と遠隔対話を融合した知的インタラクションに基づく対話ロボット開発」を担当した。さらに③2003年度科研費若手研究(B)「広範囲空間における状況認識とナビゲーションのための外部視覚群と人間との協調動作」、④2007年度科研費海外特別研究員としてCarnegie Mellon大学で「自動制御首振り・ズームカメラ群による超高精細3次元ビデオ生成」の研究を行い、ユビキタスカメラ技術の進化に貢献している。

#### (c) 主な論文

①Matsuyama T., Ukita N., “Real-time multitarget tracking by a cooperative distributed vision system,” Proceedings of the IEEE, Vol.90, No.7, pp.1136-1149, 2002

②Ukita N., Matsuyama T., “Real-time cooperative multi-target tracking by communicating active vision agents,” Computer Vision and Image Understanding, Vol.97, No.2, pp.137-179, 2005

③Kanbara M., Ukita N., Kidode M., Yokoya N., “3D scene reconstruction from reflection images in a spherical mirror,” Proceedings - International Conference on Pattern Recognition, Vol.4, 1699979, pp.874-879, 2006

(4) 吉瀬 謙二(制御フローコードとアドレス計算コードの分離による新しいプロセッサアーキテクチャの研究)

(a) さきがけ期間中の研究成果

プロセッサの性能向上には動作周波数向上と並列性向上が求められる。従来通りのプロセッサ性能向上率を維持するには、10年後に命令レベル並列性 50 を達成しなければならない。本研究の狙いは、多数の命令を同時に処理する大規模な並列処理機構に着目し、命令レベル並列性 50 を達成する土台となる新しいアーキテクチャを考案することである。具体的には、①プロセッサ基盤ツール SimCore、②分岐予測器の高性能化、③カスケード ALU による並列性向上など要素技術の開発とその効果確認、④独自の命令形式をもち制御フローコードとメモリフローコードとに命令流を分岐する新しいスーパー命令フローアーキテクチャの提案とその可能性の提示などの成果を挙げた。また、ACM SIGARCH シンポジウムにおいて独創的な分岐予測器 Bimode-Plus を提案し、その性能コンテストにおいて優秀な成績を収め、今後の研究の進展が大いに期待された。

(b) さきがけ終了後の発展状況

プロセッサ性能向上を目指したアーキテクチャの研究を継続している。①2008 年度科研費若手研究(B)「投機技術を積極的に利用するチップマルチプロセッサに関する研究」、②2010 年度科研費若手研究(B)「コア融合機能を持つメニーコアプロセッサに関する研究」において、分岐予測の高度化やコア融合アーキテクチャの研究、シミュレータによる評価で成果を挙げた。また、③2007 年度 CREST「ディペンダブル VLSI システムの基盤技術」の「アーキテクチャと形式的検証の協調による超ディペンダブル VLSI」に主たる共同研究者として参画し、ディペンダビリティ支援ルータを担当し、送受信パケットレベルでの冗長実行の実現に貢献した。

情報処理学会などで多くの報告をしており、2008 年にコンピュータシステム・シンポジウムで最優秀ポスター賞を受賞したほか、3 件の表彰を受けている。

(c) 主な論文

①Katagiri T., Kise K., Honda H., Yuba T., “FIBER: A generalized framework for auto-tuning software,” Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), Vol.2858, pp.146-159, 2003

②Katagiri T., Kise K., Honda H., Yuba T., “Effect of auto-tuning with user's knowledge for numerical software,” 2004 Computing Frontiers Conference, pp.12-25, 2004

③Tangpongprasit S., Katagiri T., Kise K., Honda H., Yuba T., “A time-to-live based reservation algorithm on fully decentralized resource discovery in Grid computing,” Parallel Computing, Vol.31, No.6, pp.529-543, 2005



(5) 中島 康彦 (命令列の多重入出力構造を利用した演算高速化)

(a) さきがけ期間中の研究成果

演算高速化については多方面から研究が行われているが、従来の命令レベル並列処理方式による高速化は限界に近づきつつある。本研究の狙いは、演算高速化のニーズに応えるため、「いかに演算および主記憶アクセスを行わずに処理を済ませるか」との観点から、既存プログラムを大幅に高速化する技術を開発することである。

具体的には、命令区間の再利用性および予測可能性を利用して、①関数やループを対象として命令区間を再利用する高速化方法、②事前実行する多重再利用／並列事前実行に基づく高速化方法を提案し、定量的な評価を行って提案技術の有効性を示した。独創性の高い研究であり、数多くの特許も出しており新規性、進歩性にも優れていると認められる。特殊処理や再コンパイルを必要とせず、既存プログラムをそのまま使うことができるため、早期の実用化が期待された。

(b) さきがけ終了後の発展状況

①2007 年度科研費基礎研究(B)「特性ばらつき隠蔽を特長とする次世代素子向け多重安定化アーキテクチャ」で、演算高速化に加えてそれを補償する安定化アーキテクチャの研究にも取り組んだ。また、②2009 年度 NEDO「線形アレイ型 CPU の研究」、③2010 年度 JSTA-STEP「革新的高速低電力コンピュータ実用化のための演算器アレイ制御方式」では、多くの演算器を使用したアレイにプログラムのループ構造を写像する機能を付与したアーキテクチャの研究を進め、演算高速化と低電力の両立を図る最適なコンピュータ構成確立に成果を挙げている。さらに、④2010 年度 JSTALCA「次世代低電力デバイス安定化計算機構成方式」では、微弱エネルギー化に伴う安定性の懸念に対し、耐故障性能向上・自己安定化の革新的技術開発に取り組んでいる。これらの成果に基づき、FIT2007 船井ベストペーパー賞(共同受賞)を受賞している。

(c) 主な論文

①Satou K., Nakashima Y., Tsuji S., Defago X., Konagaya A., “An integrated system for distributed bioinformatics environment on Grids,” Lecture Notes in Bioinformatics (Subseries of Lecture Notes in Computer Science), 3370, pp.8-19, 2005

②Shimada H., Shimada T., Tabata T., Kitamura T., Kojima T., Nakashima Y., Kise K., “Outline of OROCHI: A multiple instruction set executable SMT processor,” Proceedings of the Innovative Architecture for Future Generation High-Performance Processors and Systems, 4450649, pp.110-117, 2007

③Hirata Y., Nakanishi M., Yamashita S., Nakashima Y., “An efficient method to convert arbitrary quantum circuits to ones on a linear nearest neighbor architecture,” Proceedings of the 3rd International Conference on Quantum, Nano and Micro Technologies, ICQNM 2009, 4782917, pp.26-33, 2009

(6) 本間 尚文 (ハードウェアアルゴリズムの進化的合成に関する研究)

(a) さきがけ期間中の研究成果

EDA (Electronic Design Automation)技術は論理回路を基本として発展しており、算術アルゴリズムに対しては十分な設計環境が整っていない。本研究の狙いは、算術アルゴリズム設計に適した設計環境を考案することである。このため、データパス設計を高水準なアルゴリズムレベルで行える新しい設計パラダイムを開発し、これまで個別に設計されてきた算術アルゴリズムを統一的に設計することが可能になった。具体的には、①算術アルゴリズム記述言語「ARITH」とその言語処理系の開発、②加算アルゴリズムを統一的に表現するデータ構造「Counter Tree Diagram」の開発、③進化的グラフ生成手法に基づく算術アルゴリズムの自動合成などの成果を挙げた。研究成果は乗算器の生成と性能評価など極めて実用的なものである。Web 上で公開された算術演算器モジュールジェネレータには数多くの利用があり、今後大きく発展することが期待された。

(b) さきがけ終了後の発展状況

引き続き、①2006 年度科研費若手研究(B){ハードウェアアルゴリズムの高水準設計技術の開発}、②2008 年度科研費若手研究(B)「計算機代数に基づく高性能 VLSI データパスの形式的設計技術の開発」で、算術演算アルゴリズムの研究を行い、ハッシュ関数の実装などについて成果を挙げた。さらに研究領域を安全性向上ハードウェアアルゴリズムに広げ、③2010 年度科研費若手研究(A)「耐タンパー性を有する超高性能公開鍵暗号プロセッサの開発計算機代数に基づく高性能 VLSI データパスの形式的設計技術の開発」、④2010 年度 JST 国際科学技術協力推進事業「組込みシステムにおける暗号プロセッサの物理攻撃に対する安全性評価」で、暗号プロセッサの耐攻撃性能の評価・解析などで成果を挙げた。これらの成果に基づき、船井情報科学振興財団「船井学術賞」(2010 年)など 4 件の表彰を受けている。

(c) 主な論文

①Sakiyama J., Homma N., Aoki T., Higuchi T., “Counter Tree Diagrams: A Unified Framework for Analyzing Fast Addition Algorithms,” IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, E86-A, No.12, pp.3009-3019, 2003

②Aoki T., Homma N., Higuchi T., “Evolutionary synthesis of arithmetic circuit structures,” Artificial Intelligence Review, Vol.20, pp.199-232, 2003

③Homma N., Miyamoto A., Aoki T., Satoh A., Shamir A., “Collision-based power analysis of modular exponentiation using chosen-message pairs,” Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 5154 LNCS, pp.15-29, 2008

### 2.2.3 第3期生(4名)

(1) 稲見 昌彦 (再帰性光通信技術を用いたユビキタスな情報空間の創生)

(a) さきがけ期間中の研究成果

ロボット制御やコンピュータゲームなどでは、物の動きの取り込みにカメラ入力を利用しているため計算量が非常に多く、装置の性能やコストに課題があった。本研究の狙いは、高性能でシンプル(安価)な位置測定技術を考案することである。このため、プロジェクタや液晶などの画像提示装置を映像提示だけでなく、様々な装置に情報を表示するためのシステム「Display-based Computing」と捉えることを提案した。具体的には、①画像提示装置を用い時空間変調可能な指標画像を表示することで複数個の受光素子のみで高速に位置を計測する技術を確立し、②複数台の小型移動ロボットを同時に計測・制御することを可能にするシステムの試験的実装を行った。本研究はオリジナリティの高い独創性豊かなものであり、ユビキタス社会における情報通信のためのキーテクノロジーの一つになると考えられ、今後の発展が期待された。

(b) さきがけ終了後の発展状況

引き続き、①2005年度CREST「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」に主たる共同研究者として参画し、「デバイスアートにおける表現系科学技術の創成」では先端的インタラクティブガジェットの開発で、「オンラインゲームの制作支援と評価」では嗜好性インターフェースの開発で貢献した。また、②2007年度科研費若手研究(A)「視覚・前庭感覚統合伝送システム」、③2011年度科研費若手研究(A)「光学式時空間フィルタによる速度知覚調整システム」の研究を行い、情報処理学会・日本バーチャリアリティ学会・ヒューマンインターフェース学会など幅広い領域の学会の、学会誌・論文誌・技術研究報告(34件)で報告している。

これらの成果に基づき、文部科学省若手科学者賞を2度受賞(2006年、2011年)など、6件の表彰を受けている。

(c) 主な論文

①Kajimoto H., Kawakami N., Tachi S., Inami M., “SmartTouch: Electric Skin to Touch the Untouchable,” IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.24, No.1, pp.36-42, 2004

②Sugimoto M., Kagotani G., Nii H., Shiroma N., Inami M., Matsuno F., “Time follower's vision: A teleoperation interface with past images,” IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.25, No.1, pp.54-63, 2005

③Kojima M., Sugimoto M., Nakamura A., Tomita M., Nii H., Inami M., “Augmented coliseum: An augmented game environment with small vehicles,” Proceedings of the First IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer Systems, TABLETOP'06, 1579184, pp.3-8, 2006

## (2) 井上 弘士 (安全で低消費エネルギーなプロセッサに関する研究)

### (a) さきがけ期間中の研究成果

コンピュータウイルスなどの悪質プログラムによる被害は深刻な社会問題を引き起こしている。これまでの対策の多くがソフトウェアレベルでの対策であり、ハードウェアレベルでの対策は殆どない。本研究の狙いは、実際に処理を行うハードウェアが「最後の砦」と考え、ハードウェアレベルでの対策を考案することである。このため、ウイルス対策と秘密情報漏洩対策の2点に着目し、なおかつ性能低下と消費電力増加を最小限にするためのハードウェア・アーキテクチャを提案した。具体的には、①バッファ・オーバーフローによる実行制御乗っ取りを動的に検出するセキュア・キャッシュ(SCache)の提案、②実行の振る舞いを鍵情報とする動的プログラム認証方式の提案、③メモリ整合性検証の高速化方式の提案を行い、その有効性を示した。しかしながら、安全性向上のためにはまだ多くの課題が残されているため、引き続き更なる挑戦が期待された。

### (b) さきがけ終了後の発展状況

消費エネルギーに着目した研究を続け、①2008年度 NEDO「エネルギー効率の最大化を目的とした適応型3次元マイクロプロセッサ・アーキテクチャの研究」で、3次元積層デバイスのメモリ・アーキテクチャやアクセラレータ・アーキテクチャを考案し、高いオンチップ・メモリバンド幅の実現に成果を挙げている。また、②2009年度 STARC「高性能・低消費エネルギーを可能にする適応型マルチコア」では、マルチコア・プロセッサの新しい実行方式「コア・オーケストレーション」で消費エネルギー低減を提案した。さらに、③2009年度科研費若手研究(A)「オンチップ・スーパーコンピューティングを可能にするメニーコア・プロセッサの研究」では、メニーコアの評価環境・アーキテクチャ・コンパイラ技術の研究に取り組み、小型高性能プロセッサ化に成果を挙げている。これらの成果に基づき、文部科学省若手科学者賞(2008年)、ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム、最優秀論文賞(2011年)を受賞している。

### (c) 主な論文

①Noori H., Mehdipour F., Murakami K., Inoue K., Sahebzamani M., “A reconfigurable functional unit for an adaptive dynamic extensible processor,” Proceedings - 2006 International Conference on Field Programmable Logic and Applications, FPL, pp.781-784, 2006

②Takagi N., Murakami K., Fujimaki A., Yoshikawaj N., Inoue K., Honda H., “Proposal of a desk-side supercomputer with reconfigurable data-paths using rapid single-flux-quantum circuits,” IEICE Transactions on Electronics, E91-C, No.3, pp.350-355, 2008

③Noori H., Mehdipour F., Inoue K., Murakami K., “A reconfigurable functional unit with conditional execution for multi-exit custom instructions,” IEICE Transactions on Electronics, E91-C, No.4, pp.497-508, 2008

### (3) 加賀美 聡 (超分散マイク・スピーカによる複数の音焦点形成)

#### (a) さきがけ期間中の研究成果

「特定の人だけに音情報を提供」「特定の話者の音声のみを記録」などが可能になれば、家庭・会議・美術館など多くの人が集まる様々な場面における応用が考えられる。しかし十分なS/N比が得られる技術はまだ確立されていない。本研究の狙いは、「スポット状」の高感度・高音圧分布を作り出し、S/N比の高い集音と音声伝送技術を考案することである。このため、千個程度配置した音素子の位相を制御し、多焦点形成(多焦点からの音の取得・多焦点への音の発生)の手法について研究し、種々の技術を提案、実環境で実証する成果を挙げた。具体的には、①遅延和音焦点形成法(Delayed-Sum Beam Forming Method)を用いた多焦点形成・取得、②超分散マイク・スピーカアレイシステムの設計、③会議記録システムの開発を行い、シミュレーションや実装置でその有効性を実証した。本システムは安価で完成度が高く、早期の実用化が期待された。

#### (b) さきがけ終了後の発展状況

引き続き、①2004年 NEDO「スマートカーペットー動的なフットプリントからの個人属性計測法の研究」では、人間の歩行に関する研究により、ロボティクスの基礎となる対象の計測技術や属性推定技術の開発を行った。また、②2008年度 CREST「実用化を目指した組込みシステム用ディペンダブル・オペレーティングシステム」に研究者として参画し、実時間並列ディペンダブル OS とその分散ネットワークの研究を担当した。4つの機能(実時間プログラミング・実時間通信・複数コアの利用・実時間割り込み)を開発し、その結果をロボットに実装して不整地走行実験で安定性を確認するなど、実用化に向けた成果を挙げた。

#### (c) 主な論文

①Sasaki Y., Kagami S., Mizoguchi H., “Multiple sound source mapping for a mobile robot by self-motion triangulation,” IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, 4059011, pp.380-385, 2006

②Kagami S., Thompson S., Nishida Y., Enomoto T., Matsui T., “Home robot service by ceiling ultrasonic locator and microphone array,” Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1642184, pp.3171-3176, 2006

③Nishiwaki K., Kagami S., “High frequency walking pattern generation based on preview control of ZMP,” Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2006, 1642104, pp.2667-2672, 2006

#### (4) 宮崎 純 (主記憶上のデータの高速かつ高信頼な処理の実現)

##### (a) さきがけ期間中の研究成果

最近の小型計算機では、プロセッサとメモリ間の大きな動作速度差を埋めるためにキャッシュが使われるが、大量のデータを扱うデータベース処理に対しては有効に働かない場合が多い。本研究の狙いは、現在利用可能な技術でデータベース処理を高速化する方式を考案することである。このため、データベース処理を効率よく行うためのメモリからのデータ読み出し方法と、データベース演算への適用について研究した。具体的には、①固定ストライドデータ読み出し(SDT)、②ビットマップ形式のアドレス指定に基づくデータ読み出し方式(BDT)、③比較器を利用した読み出し方式(CMP)を提案し、それらがプロセッサの実質的利用効率を著しく高めることを示した。主記憶上のデータベース処理に関して、DRAM の特性およびソフトウェアの両面から検討した研究は独創的であり、水準の高い成果と考えられ、今後の更なる展開や体系化が期待された。

##### (b) さきがけ終了後の発展状況

①2000 年度 CREST「高度メディア社会の生活情報技術」の「日常生活を拡張する着用指向情報パートナーの開発」では、研究分担者として「プラットフォーム基盤のDB機構」を担当し、集合指向によるスケジューリングを行う方式でアクセス効率化に貢献した(2003～2006 年)。引き続き、②2005 年度科研費若手研究(B)「木構造スキーマを持つデータベースの分散処理に関する研究」、③2007 年度科研費若手研究(B)「高性能な軽量 XML データ問合せ処理に関する研究」、④2006 年度科研費特定領域研究「偏在する大規模構造文書からの高度情報抽出」、⑤2009 年度科研費特定領域研究「情報爆発時代の構造化文書の超高精度検索とその実現」、⑥2009 年度科研費若手研究(B)「マルチコアプロセッサ時代における高速データベース処理方式の実現」で、膨大な情報を効率的に取り扱う XML データベースや次世代情報検索技術の研究を進めている。

##### (c) 主な論文

①Miyazaki J., “Hardware supported memory access for high performance main memory databases,” ACM 1st International Workshop on Data Management on New Hardware (DaMoN 2005), 1114263, pp.41-46, 2005

②Kuritat H., Hatano K., Miyazaki J., Uemura S., “Efficient query processing for large XML data in distributed environments,” Proceedings - International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA, 4220910, pp.317-322, 2007

③Yui M., Miyazaki J., Uemura S., Kato H., “XBird/D: Distributed and parallel XQuery processing using remote proxy,” Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing, pp.1003-1007, 2008

## 2.3 第2章のまとめ

さきがけ期間中および終了後から調査時点までの、職位、論文発表件数、特許登録件数、受賞状況、研究助成金獲得状況などを比較して、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、調査時点では教授が6名、准教授が10名、産総研副センター長が1名で、全員が上位職についていることが確認された。

論文発表件数は、総発表件数261件の内、さきがけ終了後から調査時までが207件でその比率は79%である。また、国内学会の学会誌・論文誌・研究報告については、総件数717件の内、さきがけ終了後から調査時までが460件でその比率は64%である。さきがけ終了後も積極的に論文発表を行っていることが確認された。

特許登録件数は、総登録件数50件の内、さきがけ終了後からの件数は9件で総件数の18%に相当する。また出願件数は、総件数が153件であり、さきがけ終了後からの件数は75件で総件数の49%に相当し、出願が継続して行われていることが確認された。

受賞状況は、総受賞件数107件の内、さきがけ終了後からの件数が80件で、総件数の75%に相当し、さきがけ後に多くの研究者が高い評価を受けていることが確認された。

研究助成金獲得件数は、さきがけ開始時からの総件数は79件である。その内訳は科研費(47件)・JST(17件)・NEDO(6件)・その他(9件)であった。また、5件以上獲得した研究者は8名であった。五十嵐健夫はERATO、SORST、伊藤智義はSORSTの助成金を獲得、CRESTについては7名が共同研究者として参加し助成金を得ているなど、研究内容の価値が外部から高く評価されていることが確認された。

### 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

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について、詳しく知るために、第2章の調査結果で得られた、原著論文、特許、および受賞等のデータを基に、富田眞治研究総括と討議して、本領域の情報基盤分野から津村徳道研究者と成瀬誠研究者、利用環境分野より五十嵐健夫研究者と井上弘士研究者の研究課題の展開事例について選定した。

研究者	さきがけ研究課題
津村 徳道	次世代電子商取引のための質感再現技術の構築
成瀬 誠	チップ間ダイレクト光接続による高バンド幅コンピューティング
五十嵐 健夫	思考支援とコミュニケーションのための3次元CG製作・利用技術の開発
井上 弘士	安全で低消費エネルギーなプロセッサに関する研究

#### 3.1 「次世代電子商取引のための質感再現技術の構築」

津村 徳道 (千葉大学 工学部 第1期)

##### 3.1.1 研究成果の発展状況や活用状況について

本さきがけ研究終了後、以下の2件の科学研究費補助金を獲得し研究を進展させている。

表 3.1-1. さきがけ期間中ならびにさきがけ終了以降に獲得した研究助成金

研究者	研究費	研究テーマ名	1期生		さきがけ期間後									
			'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	
津村 徳道	科研費 奨励研究(A)→若手研究(B)	皮膚の酸素飽和率分布の実時間モニタリングに関する研究	■	■										
	科研費 若手研究(B)	肌の定量的色素成分分離計測法の開発とその応用				■	■	■						
	科研費 基盤研究(B)	複雑な周囲環境の影響を考慮したリアルタイム質感再現とその応用							■	■	■	■		

①2004年度科研費若手研究(B)「肌の定量的色素成分分離計測法の開発とその応用」、②2007年度科研費基礎研究(B)「複雑な周囲環境の影響を考慮したリアルタイム質感再現とその応用」で、要素技術の開発を進めた。肌の分光画像を逆光散乱解析でメラニンや



ヘモグロビンの色素分布を推定し可視化する技術、さらにこれらを再合成して予測に活用する技術に成果を挙げている。これら研究予算を獲得し研究を展開している。

### 3.1.2 研究成果の科学技術の進歩への貢献

(1) 科研費若手研究(B)「肌の定量的色素成分分離計測法の開発とその応用」(2004年度)

商品の色や質感を正確に記録・再現を目指したさがけ研究の中から、津村は新しい学問領域として質感工学を立ち上げている。その中で取り組んだ人の肌の色に関するe-コスメティック(電子化粧)を研究発展させている。人の肌色は主に表皮でのメラニン色素、真皮でのヘモグロビン色素で構成されており、津村が考案した独立成分分析を用いて肌画像からメラニン色素成分分析、ヘモグロビン色素分布を分離抽出する技術を使い、画像処理によりさまざまな見えの顔画像を合成した。しかし、この解析手法では肌色に関する経験的な濃度空間線形モデルを用いていたため、抽出された成分量は定量的な値ではなく抽出された成分の相対的な空間分布を得るのが限界だった。

本研究の中で、肌の色に関する成分をそれぞれ独立して分析することにより色素成分・陰影成分と色素の吸収係数・散乱係数等の物理量の関係を明らかにし、それぞれの成分の定量化をおこなった。肌の拡散反射の経験的近似モデルを使い分光測定器により計測した分光反射率から肌色素濃度を推定することを可能とした<sup>1,2)</sup>。

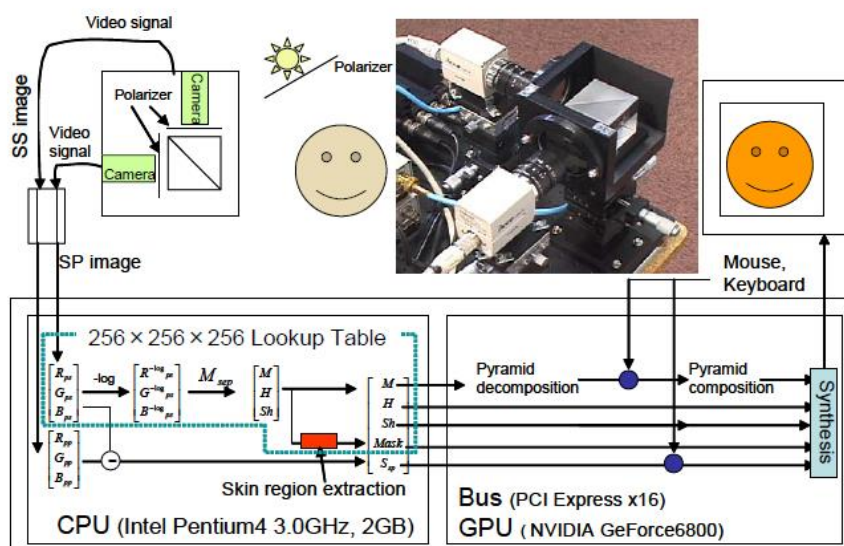


図 3.1-1. 顔の外観分析と連続合成の実時間処理システムの流れ

次に肌拡散反射の経験的近似モデルを用いて様々な人種の顔画像から各色素成分に分離し肌色素濃度を推定した。また非線形濃度空間における独立成分分析を用いた肌色素濃度推定法によって様々な人種の顔画像から各色素成分に分離し肌色素濃度を推定

し、その結果、肌拡散反射の経験的近似モデルでは従来法である線形モデルに比べて 2.5～5 倍のフィッティング精度を持つことを示した。

(科研費若手研究(B)、(<http://kaken.nii.ac.jp/d/p/16760031/2006/3/ja.ja.html>))

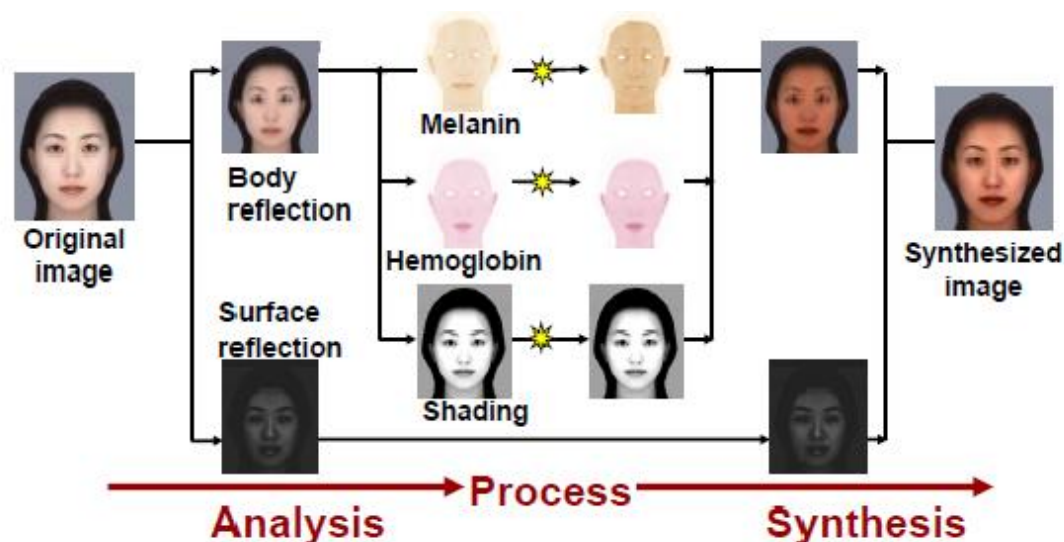


図 3.1-2. 画像に基づく肌の質感解析と合成 (花王 (K 社) と共同研究)

(2) 2007 年度科研費基礎研究 (B)「複雑な周囲環境の影響を考慮したリアルタイム質感再現とその応用」

さきがけ研究において、「次世代電子商取引のための質感再現システムの構築」に取り組み、異なる照明色、視点、表示デバイスにおける正確な色や質感の再現法の開発を行い、その後以下に展開している。

①顔に対する前処理のための撮影システム： 顔に対する前処理のための撮影システムでは、顔の3次元形状をプロジェクタを用いた縞投影法により撮影し、また線光源を顔面の前を左右に操作し、走査中の顔の光沢感の変化を逐次撮影し、顔の形状と偏角反射特性を計測する。また、計測中の顔のずれに対しては顔位置のトラッキング機能を導入することにより、精度の高い3次元形状計測を実現している。3) 4) 7)

②商品の色や質感の再現： 商品の色や質感は、商品の印象を大きく左右する重要な要素の一つであり、開発段階において商品の見えを予測することが重要となっている。しかし、商品の見えは、観測する周囲環境による影響を大きく受けるにも関わらず、これまで一様照明下などの限定された環境でしか予測することができなかった。本研究では、これまで開発してきた“画像に基づく質感解析・合成法”や“計測に基づく質感解析・再現法”の技術を高度に発展させ、複雑な周囲環境の影響を考慮したリアルタイム質感再現法を確立し、これらの技術を産業界に実用的技術として提供した。

本研究では「リアルタイム周囲環境計測・再現システム」と「複雑な見え変化を予測・再現する高度な理論とアルゴリズム」の開発に取り組み、「複雑な光の反射特性や形状予測の難しい物体に対して周囲環境の影響を考慮したリアルタイム質感再現技術」を世界に先駆けて開発した。複雑な周囲環境を考慮し、あたかもディスプレイが存在しないかのような実在感を持って商品を再現することを目指し、周囲環境は、これまで CG の環境マッピングの分野で用いられてきた手法をリアルタイム動画に発展させ、ミラーボールをテレビカメラで撮影し、周囲環境動画として得ている。

撮影された周囲環境動画と飲料缶の CG データを高速レンダリング PC でグラフィックスハードウェアを用いてリアルタイムにレンダリングする。SIMD 型グラフィックスハードウェアにおけるリアルタイムレンダリングを実現するために、並列演算アルゴリズムの開発が重要であった。

さらに、新しい応用として、歴史民族博物館に収蔵されている貴重な国宝を個人の家庭においても実在感を持って鑑賞する技術への応用に展開している。<sup>5-6)</sup>

(科研費基盤研究(B)、<http://kaken.nii.ac.jp/d/p/19360026/2010/3/ja.ja.html>)

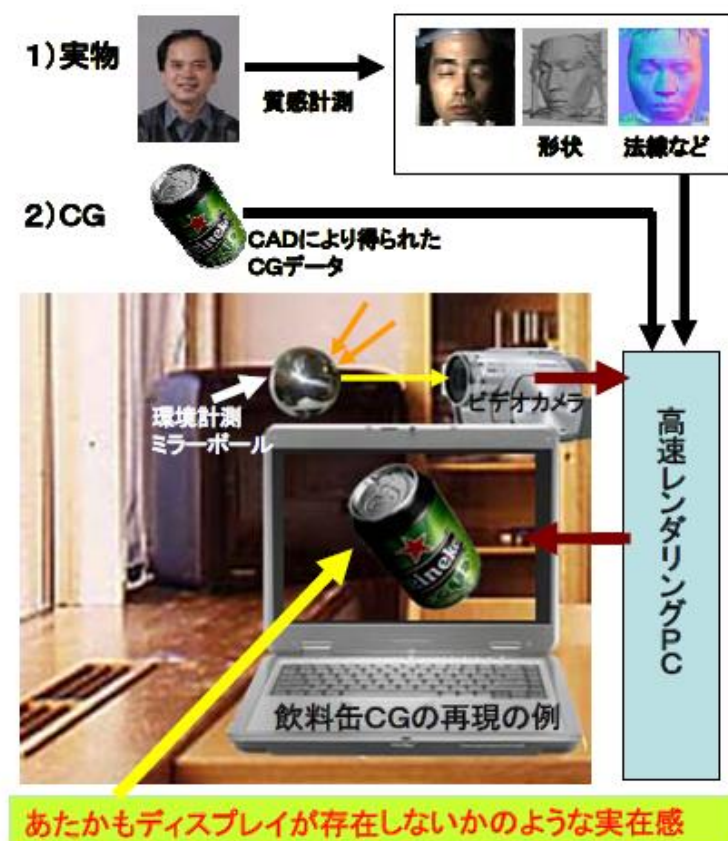


図 3.1-3. 複雑な照明環境を考慮した質感再現の例  
(缶 CG を観察者の周囲環境を考慮して再現している様子)

### 3.1.3 研究成果の応用に向けての発展状況

今日の情報社会の急速な発展により消費者の個性的な嗜好に応えるためには、製品の色や質感を忠実に再現することが製品の印象を大きく左右する重要な要素となっている。津村は新しい学問領域として質感工学の立ち上げ、電子商取引や電子美術館、遠隔医療、化粧品評価、さらには医用モニタリングなど産業界の多様な要求に応えヒューマンセンシング技術としてこの分野をリードし、産業界のニーズに応え新たな技術開発を展開している。例えば、肌のシミュレーション画像形成・肌のテクスチャ解析で花王株式会社、肌色補正方法・装置に関して富士フィルム、画像変換方法ではパナソニック株式会社など多くの会社の技術開発を支援している。

#### 【参考論文】

- 1) N.Tsumura, T.Nakaguchi, N.Ojima, K.Takase, S.Okaguchi, K.o Hori, Y.Miyake: "Image-Based Control of Skin Melanin Texture" Applied Optics 45(25). 6626-6633 (2006)
- 2) Daisuke Kawazoe, Koichi Takase, Norimichi Tsumura, Toshiya Nakaguchi, Yoichi Miyake: "Quantitative Analysis of Skin Pigmentations in Nonlinear Density Space" Proc. 13<sup>th</sup> Color Imaging Conference. 254-260 (2005)
- 3) Norimichi Tsumura, Ryoko Usuba, Koichi Takase, Toshiya Nakaguchi, Nobutoshi Ojima, Nobutoshi Komeda, Yoichi Miyake: "Image-based control of skin translucency" Applied Optics 47. 6543-6549 (2008)
- 4) Norimichi Tsumura, Daisuke Kawazoe, Toshiya Nakaguchi, Nobutoshi Ojima, and Yoichi Miyake: "Regression-Based Model of Skin Diffuse Reflectance for Skin Color Analysis" Optical Review 15. 292-294 (2008), 1
- 5) Kimiyoshi Miyata, Yuka Inoue, Takahiro Takiguchi, Norimichi Tsumura, Toshiya Nakaguchi, Yoichi Miyake: "Application of an Imaging System to a Museum Exhibition for Developing Interactive Exhibitions" Journal of Electronic Imaging Vol.E92-A,No.12. 3328-3335 (2009), 1
- 6) Takao Makino, Norimichi Tsumura, Koichi Takase, Ryusuke Homma, Toshiya Nakaguchi, Nobutoshi Ojima, Yoichi Miyake: "Development of the Measurement System for Facial Physical Properties with the Short-distance Lighting" The Journal of Imaging Science and Technology Vol.53,no.6. 605011-605019 (2009), 1
- 7) Takao Makino, Norimichi Tsumura, Koichi Takase, Keiichi Ochiai, Nobutoshi Ojima, Toshiya Nakaguchi: "Computational Lighting Reproduction for Facial Live Video with RigidFacial Motion" Journal of Imaging Science and Technology 55. 010503-1-010503-7 (2011), 1

### 3.2 「チップ間ダイレクト光接続を用いた高バンド幅コンピューティング」

成瀬 誠（（独）情報通信研究機構 第1期）

#### 3.2.1 研究成果の発展状況や活用状況について

本プロジェクトに引き続き以下の研究プログラムの中で、ナノフォトニクス主体に研究を展開している。

表 3.2-1. さきがけ期間中ならびにさきがけ終了以降に獲得した研究助成金

研究者	研究費	研究テーマ名	1期生				さきがけ期間後							
			'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	
成瀬 誠	科研費 奨励研究(A)→若手研究(B)	面発光レーザーアレイを用いた超並列共焦点顕微鏡システムの研究	■											
	科研費 基盤研究(B)	WDM技術を応用した超高速3次元マイクロイメージングの研究	■	■										
	総務省 戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)(研究分担者)	ナノフォトニクスによる超高集積光ノード技術の研究			■	■								
	CREST 光・光量子科学技術(共同研究者)	局所光を用いた情報処理システムの基盤技術の研究					■	■						
	NEDO特別講座 ナノフォトニクス総合的展開(共同研究者)							■	■	■				
	科研費 基盤研究(B)	大規模複雑システムとしてのナノ光電子系に学ぶ情報ネットワーク設計制御												■
	総務省 戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)(研究分担者)	ナノフォトニクスによる情報セキュリティ技術の創成												■

①2005 年度 JST-CREST 「新機能創成に向けた光・光量子科学技術」研究領域の堀裕和研究代表者の研究課題「ナノ光電子機能の創製と局所光シミュレーション」のグループリーダーとして「局所光を用いた情報処理システムの基盤技術の研究」を担当し、局所光に特徴的な階層性の解析などに貢献した。さらに、②東京大学、大津元一教授の NEDO 特別講座の研究（2006-2010）に委嘱准教授として参加し、また、③東京大学、大津元一教授と共同で戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE、総務省）では、2003 年度に「ナノフォトニクスによる超高集積光ノード技術の研究」を、また 2011 年度からは SCOPE、ICT イノベーション創出型研究開発で「ナノフォトニクスによる情報セキュリティ技術の創成」研究分担者として研究を展開させている。また、上記に加えて 3.2.3(4)に記載のように多くの国際共同研究・国際研究協力プロジェクトに主体的に参画している。

#### 3.2.2 研究成果の科学技術の進歩への貢献

##### (1) ナノ領域における光励起輸送に関する情報システムからの基盤構築

CREST 「新機能創成に向けた光・光量子科学技術」研究領域の堀裕和研究代表者の研究課題（2005 年～2011 年）「ナノ光電子機能の創製と局所光シミュレーション」のグループリーダーとして「局所光を用いた情報処理システムの基盤技術の研究」を担当した。

成瀬は、ナノ領域における近接場光相互作用を介した光励起輸送について、エネルギー散逸が生じる空間スケールという独自の概念を導入して理論的に分析し、従来の電子デバイスにおける信号輸送と光励起輸送に基づく信号輸送では、それに必要なエネルギー

一散逸が前者ではナノデバイス外部のインピーダンス回路、後者ではナノ領域での励起子とフォノン結合に基づくことを明示し、これが信号処理デバイスの耐タンパー性と結びついていることを明らかにした。さらに、光励起輸送に必要なエネルギー散逸の下限が光励起輸送を基礎にした信号輸送の信号ノイズ比を基礎にして接近し、電子デバイスにおけるスイッチングエネルギーの理論限界のおよそ1万分の1にできることを示した(図 3.2-1) 9)。

また、光近接場を介した光励起移動を実現するシステムを、要素となるナノ微粒子(量子ドットなど)間の近接場光相互作用のネットワーク構造ととらえ、最も効率よく光励起移動を実現する相互作用構造を示すとともに、適当な相互作用の組み込みによってシステムのロバストネス(頑健性)が創発することを示した(図 3.2-2) 2,10)。さらに、近接場光を用いた信号処理では、スキュー耐性において従来のシステムとは性質が大きく異なることを理論及び実験で解明している 1)。これらの知見に基づき、最近ではアメーバ状生物粘菌が示す知的計算機能との類似性という画期的着想を東京工業大学青野博士、物質・材料研究機構金博士と共同で提案し、Nature 誌の電子ジャーナル Scientific Reports で報告されるなど大きく発展させている。

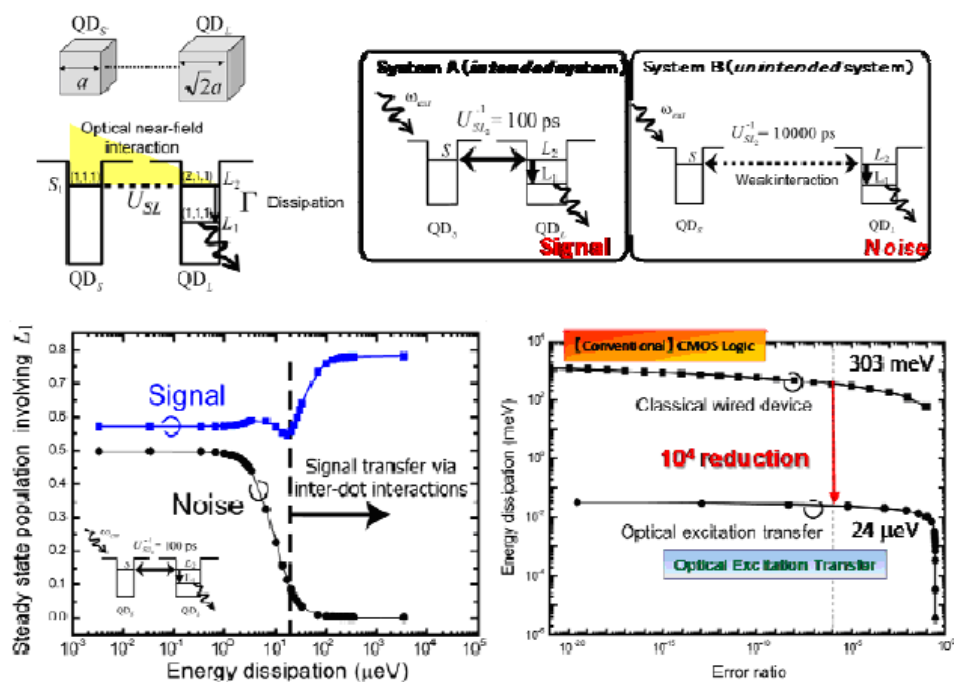


図 3.2-1. 光励起移動型デバイスの消費電力特性の分析 従来の CMOS 論理ゲートにおけるビット反転エネルギーの約 10,000 分の 1



東京大学大津元一教授らが取り組んでいる近接場光を用いた超平坦化基板技術について、成瀬は、現象を解明する新たな数理物理モデルの構築や新しい性能指標の構築を含む性能評価を推進した。近接場光を用いた超平坦化技術は、光デバイス等における基板表面の凹凸によりエネルギー利用効率が低下するのを防ぎ、欠陥の少ない高品質な超平坦化基板を実現する技術等として展開されている。非断熱近接場光エッチングは、任意の機械的接触過程なしに、光学素子の表面を研磨する新規な方法である。主に微細なスケールの粗さの構造を有する部分のあたりで、選択的に近接場光が励起され領域内の表面に光化学反応を誘発することで表面粗さが平坦化する。しかしながら、従来の平坦度の評価指標である平均粗さ( $Ra$ )は、近接場光の効果を明示的に表象することができず、システムの限界性能解明やシステムの最適化に大きな限界があった。そこで成瀬は、独自の統計的分析手法を新たに構築し、非断熱近接場光エッチングによって平坦化する光学素子の表面粗さを分析している。特に、平均粗さ ( $Ra$ ) のような従来の粗さ測定値を使用すると隠れてしまう近接場エッチングの効果を解明した。また、近接場エッチング前後で実験的に得られた表面プロファイルを用いた数値シミュレーションを介して平坦化の効果を詳細に調べている<sup>2)</sup>。(さらにその後、新たな階層的平坦度という新たな性能指標の提案や現象の解明を進めている。) また、平坦化に留まらず、近接場光過程が関与した物質の自己組織的形成の数理物理に関し、特徴的なモルフォロジの生成<sup>3)</sup>、自己組織的ナノ微粒子列形成などにも研究を進展させ、近接場光過程に新たな情報物理の視点から接近することで、エネルギー・環境応用を見据えた展開に貢献している。

## (2) ナノフォトニクスの情報セキュリティ技術の創成

さきがけ研究で得られた知見を基礎として、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度「ナノフォトニクスによる情報セキュリティ技術の創成」に分担者として参画し、東京大学、大日本印刷(株)、横浜国立大学と共同して大きく研究を進展させた。社会経済・生活の根幹にあるクレジットカードや紙幣等の情報資源や価値資源としてのモノの安心・安全を守る確固たる社会基盤の構築のため、既に偽造の危機にある従来のホログラムに基づく光セキュリティの高度化が不可欠である。当該プロジェクトでは、ナノ領域における光と物質の相互作用(ナノフォトニクス)によって耐クローン性等を飛躍的に高めたセキュリティ技術の創成により、成りすまし防止技術等として、大量のモノとモノがつながるユビキタスネット社会の安心・安全の確立に貢献することを目的として着手された。具体的には、成瀬らが世界を先導するナノフォトニクス技術に基づき、伝搬光を用いたホログラムの3次元像再生等の効用を維持した上で、従来の光の回折限界を打破し、ナノ領域における物質の寸法・形状制御と近接場光によって、新たなセキュリティ階層を実現するという斬新な基盤技術(ナノフォトニックセキュリティ技術)を構築し、同時に、耐クローン性などのセキュリティの評価基盤を構築し、飛躍的に機能・性能を向上させた新たな情報セキュリティ基盤技術を創成するという内容である。



特に、成瀬らが提案した階層型ホログラムに関しては、初期の原理実験<sup>28)</sup>の成功ののち、2010年には大日本印刷（株）と共同で実際に社会において使われているホログラムの媒体中に、近接場光によってのみ読み出し可能なナノ構造を埋め込んだデバイスの開発と評価に成功した<sup>14)</sup>。また、階層型ホログラムのみならず、認証機能<sup>20,23)</sup>やトレーサビリティ機能<sup>26,27)</sup>をナノフォトニクスによって実現する原理の提案と実証を示している。これらの成果により先端技術大賞、光学論文賞（堅）、エリクソンヤングサイエンティストアワード（堅）を受賞している。（その後、関連の成果のレビュー論文が *Journal of Optics* 誌における **Highlight** 論文に選出されている。）また、ナノ人工物メトリクスという新たな情報セキュリティ概念及びレジスト倒壊現象を用いた新技術を横浜国立大学及び大日本印刷（株）と共同で提案するとともに実験を成功させ、発展させている。

### (3) ナノフォトニクス技術の人材育成

平成18年度～平成20年度に、成瀬はNEDOの先端技術者育成事業の中で東京大学大津元一教授等とともにナノフォトニクス技術の人材育成に取り組み、新規価値創造のための産学による共同研究の実施を目指した。

民間企業の技術者等に対し、セミナー・レクチャー等の様々な活動を通じて、ナノフォトニクスの知の還元を行い、ナノフォトニクスへの理解を深めるとともに、民間企業の技術者等を受託研究員として大学に迎え入れ、新たな研究テーマに対して実効性と柔軟性ある産学連携を図る活動を実施した。この中で、産学による共同研究及び基幹技術に関する周辺研究の実施、産学による共同研究を通じて人材育成、特許出願にもつながるナノフォトニクスに関連する基礎的研究、近接場加工技術の検討、二重量子ドットにおける温度や照射強度等による相互作用の分析など実験的検証を行っている。また、人材育成のための講義、オープンセミナー等を開催し、研究者の交流及び基幹技術に関する情報発信等に貢献している。なお同セミナーは現在も継続開催され、既に42回開催している。

### (4) 国際共同研究・国際研究交流への貢献

成瀬は下記のように多くの国際共同研究・国際研究交流を発展させている。

1. 二国間交流事業(スウェーデン・共同研究)、H23～H24、分担者(研究代表者:大津元一(東京大学)、Lars Thylen (Royal Institute of Technology (KTH)))
2. 「ナノ領域の光物質相互作用によるエネルギー移動・変換の基礎と応用」、日本学術振興会、二国間交流事業(ドイツ・セミナー)、H22、参加者(研究代表者:大津元一(東京大学))
3. “Australia-Japan Nanophotonics Workshop,” Australia-Japan Foundation, Australia-Japan Foundation Grant Program, 2008, Secretariat (Representative: Prof. M.

Ohtsu (The University of Tokyo), Prof. Chennupati Jagadish (Australian National University)

4. 「近接場光相互作用を介した光励起移動の探求: デバイスと評価」、科学技術振興機構、戦略的国際科学技術協力推進事業、H20～H23、研究分担者(研究代表者: 大津元一(東京大学)、Christoph Lienau(独・オルデンプルグ大学))
5. 「ナノフォトニクスにおける近接相互作用によるエネルギー移動の多面的探求とその応用」日本学術振興会、二国間交流事業(アメリカ・セミナー)、H20、参加者(研究代表者: 大津元一(東京大学))
6. 「ナノフォトニクスのための近接場光相互作用の理論の深化と発展的応用」、日本学術振興会、二国間交流事業(ドイツ・セミナー)、H19、参加者(研究代表者: 大津元一(東京大学))

スウェーデンとの研究協力については参考文献9)、ドイツとの研究協力については参考文献10)などの原著論文にも発展させている。(その後、フランスとの共同研究なども進展し、日本学術振興会の拠点形成事業の分担者としての参画なども行っている。)

#### 【参考文献】

1. M. Naruse, F. Peper, K. Akahane, N. Yamamoto, T. Kawazoe, N. Tate, and M. Ohtsu: Skew Dependence of Nanophotonic Devices based on Optical Near-Field Interactions, *ACM Journal on Emerging Technologies in Computing Systems*, Vol. 8, No. 1, pp. 4:1-4:12, February 2012.
2. M. Naruse, K. Leibnitz, F. Peper, N. Tate, W. Nomura, T. Kawazoe, M. Murata, and M. Ohtsu: Autonomy in excitation transfer via optical near-field interactions and its implications for information networking, *Nano Communication Networks*, Vol. 2, No. 4, pp. 189-195, December 2011.
3. M. Naruse, T. Kawazoe, T. Yatsui, N. Tate, and M. Ohtsu: A Stochastic Modeling of Morphology Formation by Optical Near-Field Processes, *Appl. Phys. B: Lasers and Optics*, Vol. 105, No. 2, pp. 185-190, November 2011.
4. N. Tate, M. Naruse, W. Nomura, T. Kawazoe, T. Yatsui, M. Hoga, Y. Ohyagi, Y. Sekine, H. Fujita, and M. Ohtsu: Demonstration of modulatable optical near-field interactions between dispersed resonant quantum dots, *Optics Express*, Vol. 19, Issue 19, pp. 18260-18271, September 2011.
5. T. Kawazoe, M. Ohtsu, S. Aso, Y. Sawado, Y. Hosoda, K. Yoshizawa, K. Akahane, N. Yamamoto, and M. Naruse: Two-dimensional array of room-temperature nanophotonic logic gates using InAs quantum dots in mesa structures, *Appl. Phys. B: Lasers and Optics*, Vol. 103, No. 3, pp. 537-546, May 2011.

6. T. Yatsui, K. Hirata, Y. Tabata, Y. Miyake, Y. Akita, M. Yoshimoto, W. Nomura, T. Kawazoe, M. Naruse and M. Ohtsu: Self-organized near-field etching of the sidewalls of glass corrugations, *Applied Physics B: Lasers and Optics*, Vol. 103, No. 3, pp. 527-530, May 2011.
7. K. Akahane, N. Yamamoto, M. Naruse, T. Kawazoe, T. Yatsui, and M. Ohtsu: Energy Transfer in Multi-Stacked InAs Quantum Dots, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 50, pp. 04DH05 1-4, April 2011.
8. M. Naruse, H. Hori, K. Kobayashi, T. Kawazoe, and M. Ohtsu: Optical pulsation mechanism based on optical near-field interactions, *Applied Physics B: Lasers and Optics*, Vol. 102, No. 4, pp. 717-723, March 2011.
9. M. Naruse, H. Hori, K. Kobayashi, P. Holmström, L. Thylén, and M. Ohtsu: Lower bound of energy dissipation in optical excitation transfer via optical near-field interactions, *Optics Express*, Vol. 18, pp. A544-A553, October 2010.
10. M. Naruse, E. Runge, K. Kobayashi, and M. Ohtsu: Efficient optical excitation transfer in layered quantum dot nanostructures networked via optical near-field interactions, *Physical Review B*, Vol. 82, No. 12, pp. 125417 1-8, September 2010.
11. T. Yatsui, K. Hirata, Y. Tabata, W. Nomura, T. Kawazoe, M. Naruse, and M. Ohtsu: In situ real-time monitoring of changes in the surface roughness during nonadiabatic optical near-field etching, *Nanotechnology*, Vol. 21, No. 35, pp. 355303 1-5, August 2010.
12. W. Nomura, T. Yatsui, T. Kawazoe, M. Naruse, and M. Ohtsu: Structural dependency of optical excitation transfer via optical near-field interactions between semiconductor quantum dots, *Appl. Phys. B: Lasers and Optics*, Vol. 100, No. 1, pp. 181-187, July 2010.
13. W. Nomura, T. Yatsui, Y. Yanase, K. Suzuki, M. Fujita, A. Kamata, M. Naruse, M. Ohtsu: Repairing nanoscale scratched grooves on polycrystalline ceramics using optical near-field assisted sputtering, *Applied Physics B: Lasers and Optics*, Vol. 99, No. 1-2, pp. 75-78, April 2010.
14. N. Tate, M. Naruse, T. Yatsui, T. Kawazoe, M. Hoga, Y. Ohyagi, T. Fukuyama, M. Kitamura, and M. Ohtsu: Nanophotonic code embedded in embossed hologram for hierarchical information retrieval, *Optics Express* Vol. 18, No. 7, pp. 7497-7505, March 2010. (The Optics Prize for Excellent Papers, JSAP)
15. N. Tate, Y. Tokoro, K. Takeda, W. Nomura, T. Yatsui, T. Kawazoe, M. Naruse, S. Ohkoshi, M. Ohtsu: Transcription of optical near-fields by photoinduced structural change in single crystal metal complexes for parallel nanophotonic

- processing, *Applied Physics B: Lasers and Optics*, Vol. 98, No. 4, pp. 685-689, March 2010.
16. M. Naruse, T. Kawazoe, R. Ohta, W. Nomura, and M. Ohtsu: Optimal mixture of randomly dispersed quantum dots for optical excitation transfer via optical near-field interactions, *Physical Review B*, Vol. 80, No. 12, pp. 125325 1-7, September 2009. (Selected for *Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology*, Vol. 20, Iss. 14, October 5, 2009. <http://www.vjnano.org/dbt/dbt.jsp?KEY=VIRT01&Volume=20&Issue=14>)
  17. M. Naruse, H. Hori, K. Kobayashi, M. Ishikawa, K. Leibnitz, M. Murata, N. Tate, and M. Ohtsu: Information theoretical analysis of hierarchical nano-optical systems in the subwavelength regime, *Journal of the Optical Society of America B*, Vol. 26, No. 9, pp. 1772–1779, September 2009.
  18. N. Tate, W. Nomura, T. Yatsui, M. Naruse, and M. Ohtsu: Hierarchy in optical near-fields based on compositions of nanomaterials, *Applied Physics B: Lasers and Optics*, Vol. 96, No. 1, pp. 1–4, July 2009.
  19. H. Furukawa, N. Wada, H. Harai, M. Naruse, H. Otsuki, K. Ikezawa, A. Toyama, N. Itou, H. Shimizu, H. Fujinuma, H. Iizuka, and T. Miyazaki: Demonstration of 10 Gbit Ethernet/Optical-Packet Converter for IP Over Optical Packet Switching Network, *Journal of Lightwave Technology*, Vol. 27, No. 13, pp. 2379–2390, July 2009.
  20. N. Tate, H. Sugiyama, M. Naruse, W. Nomura, T. Yatsui, T. Kawazoe, and M. Ohtsu: Quadrupole–Dipole Transform based on Optical Near-Field Interactions in Engineered Nanostructures, *Optics Express*, Vol. 17, No. 13, pp. 11113-11121, June 2009.
  21. M. Naruse, T. Yatsui, W. Nomura, K. Hirata, Y. Tabata, and M. Ohtsu: Analysis of surface roughness of optical elements planarized by nonadiabatic optical near-field etching, *Journal of Applied Physics*, Vol. 105, No. 6, pp. 063516 1-4, March 2009.
  22. M. Ohtsu, T. Kawazoe, T. Yatsui, and M. Naruse: Nanophotonics: Application of Dressed Photons to Novel Photonic Devices and Systems, *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, Vol. 14, No. 6, pp. 1404-1417, November/December 2008.
  23. M. Naruse, T. Yatsui, T. Kawazoe, N. Tate, H. Sugiyama, and M. Ohtsu: Nanophotonic Matching by Optical Near-Fields between Shape-Engineered Nanostructures, *Applied Physics Express*, Vol. 1, No. 11, pp. 112101 1-3, October 2008.

24. M. Naruse, K. Nishibayashi, T. Kawazoe, K. Akahane, N. Yamamoto, and M. Ohtsu: Scale-dependent Optical Near-fields in InAs Quantum Dots and their Application to Non-pixelated Memory Retrieval, *Applied Physics Express*, Vol. 1, No. 7, pp. 072101 1-3, June 2008.
25. M. Naruse, T. Yatsui, H. Hori, M. Yasui, and M. Ohtsu: Polarization in optical near- and far-field and its relation to shape and layout of nanostructures, *Journal of Applied Physics*, Vol. 103, No. 11, pp. 113525 1-8, June 2008.
26. M. Naruse, T. Yatsui, J. H. Kim, and M. Ohtsu: Hierarchy in Optical Near-fields by Nano-scale Shape Engineering and its Application to Traceable Memory, *Applied Physics Express*, Vol. 1, No. 6, pp. 062004 1-3, May 2008.
27. M. Naruse, T. Yatsui, T. Kawazoe, Y. Akao, M. Ohtsu: Design and simulation of a nanophotonic traceable memory using localized energy dissipation and hierarchy of optical near-field interactions, *IEEE Transactions on Nanotechnology*, Vol. 7, No. 1, 14-19, Jan. 2008.
28. N. Tate, W. Nomura, T. Yatsui, M. Naruse, and M. Ohtsu: Hierarchical hologram based on optical near- and far-field responses, *Optics Express*, Vol. 16, No. 2, pp. 607-612, Jan. 2008. (Also published in *Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology*, Vol. 17, Iss. 7, February 18, 2008.  
<http://scitation.aip.org/dbt/dbt.jsp?KEY=VIRT01&Volume=17&Issue=7>)
29. M. Naruse, T. Inoue, and H. Hori: Analysis and Synthesis of Hierarchy in Optical Near-Field Interactions at the Nanoscale Based on Angular Spectrum, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 46, No. 9A, pp. 6095-6103, September 2007. (The Optics Prize for Excellent Papers, JSAP)
30. M. Naruse, T. Yatsui, H. Hori, K. Kitamura, and M. Ohtsu: Generating small-scale structures from large-scale ones via optical near-field interactions, *Optics Express* Vol. 15, pp. 11790-11797, August 2007. (Also published in *Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology*, Vol. 16, Iss. 18, October 29, 2007.) (Also published in *Virtual Journal of Biomedical Optics*, Vol. 2, Iss. 10, October 31, 2007. <http://vjbo.osa.org/abstract.cfm?uri=oe-15-19-11790> )
31. M. Naruse, H. Hori, K. Kobayashi, and M. Ohtsu: Tamper resistance in optical excitation transfer based on optical near-field interactions, *Optics Letters*, Vol. 32, Issue 12, pp. 1761-1763, June 2007.
- T. Kawazoe, K. Kobayashi, K. Akahane, M. Naruse, N. Yamamoto and M. Ohtsu: Demonstration of nanophotonic NOT gate using near-field optically coupled quantum dots, *Applied Physics B: Lasers and Optics*, Vol. 84, No.1-2, pp. 243—246, July 2006

### 3.3 「思考支援とコミュニケーションのための3次元CG制作・利用技術の開発」

五十嵐健夫（東京大学 大学院情報理工学系研究科 第3期）

#### 3.3.1 研究成果の発展状況や活用状況について

本プロジェクト後、以下の研究予算を獲得し研究を継続・展開している。

表3.3-1. さきがけ期間中ならびにさきがけ終了以降に獲得した研究助成金

研究者	研究費	研究テーマ名	2期生						さきがけ期間後						
			'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11		
五十嵐健夫	科研費 若手研究(B)	結果ではなく過程を重視した知的生産支援インタフェースの研究													
	科研費 特定領域研究	情報爆発時代における情報流制御のためのユーザインタフェース													
	JST SORST	思考支援とコミュニケーションのための3次元CG制作・利用技術の開発													
	JST ERATO	五十嵐デザインインターフェイスプロジェクト													
	科研費 若手研究(B)	内部構造を持つ3次元モデルの作成手法に関する研究													

さきがけ研究の発展研究として、①2006年度SORST「思考支援とコミュニケーションのための3次元CG制作・利用技術の開発」【2006年4月1日～2008年3月31日】に選ばれた後、②2007年度ERATO「五十嵐デザインインターフェイスプロジェクト」【2007年10月～2012年】に採択された。また、③2009年度科研費若手研究「内部構造を持つ3次元モデルの作成手法に関する研究」【2009年度～2011年度】で要素技術の開発を進めた。

#### 3.3.2 研究成果の科学技術の進歩への貢献

##### (1) SORST研究「思考支援とコミュニケーションのための3次元CG制作・利用技術の開発」

2006年度～2007年度には、JST-SORST研究にてさきがけの発展研究に取り組んだ。このなかでは、専門的知識の無い人でもワープロや電子メールのような日常的な知的生産活動の道具として利用することのできる3次元CGモデルやアニメーションの構築・利用環境を実現することをさきがけ研究に引き続き目指した。このなかで以下の3項目について研究を行い、成果を得ている。

##### ①【3次元モデリング手法の発展】

五十嵐が開発し既に世界的に高い評価を受けている「手書きスケッチによるモデリングシステム」をさらに発展させている。以前のスケッチシステムではいったん作成したモデルをさらに変更しなおすことができなかった。本システムでは、ユーザは最初にスケッチインタフェースを使

用して粗い3Dモデルを作成し、ユーザが書いたこのストロークがモデル表面に残り、これをつまんで動かすことによりさらに形状の制御を加えることができる。ユーザは、追加、削除、および2D線画を扱うかのように、簡単にこれらの制御曲線を変形することができる。曲線は、任意のトポロジーを持っており、このシステムは自動的に機能的な最適化を適用することにより、滑らかな表面を製作できる。このシステムは、制御曲線の変形とその後の表面の最適化の両方にリアルタイムにアルゴリズムを提供することが可能で、このシステムを使用して、洗練されたモデルを作成できることを示した。これらの成果はACM SIGGRAPH 2007 で発表された<sup>1)</sup>。

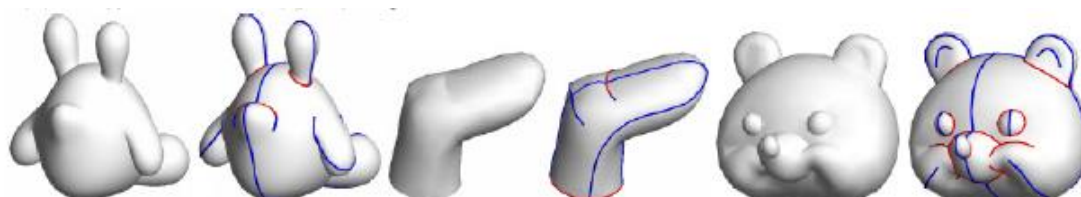


図3.3-1. スケッチから3次元モデリング生成

## ②【縫製玩具の設計支援】

五十嵐は、素人にも自分のオリジナルのぬいぐるみを設計することを可能にする対話型システムを開発した。ぬいぐるみを設計するためには、適切な2次元の型紙パターンを製作する必要がある。本システムでは、最適な2次元パターンを製作することにより、3Dモデリングの際にインタラクティブに簡単な物理シミュレーションを適用することによって、逐次修正を行うことができる。このようにして、画面上でモデリングしていく設計プロセスがはるかに効率的になり、最終的に縫い付けられオリジナルなぬいぐるみが作成できる。本システムによるシミュレーションで、ユーザの入力ストロークと一致するような方法で、型紙の作成工程をコンピュータで支援することによって、素人でもオリジナルなぬいぐるみを設計できることを実証した。これらの成果はACM SIGGRAPH 2007 で発表された<sup>2)</sup>。

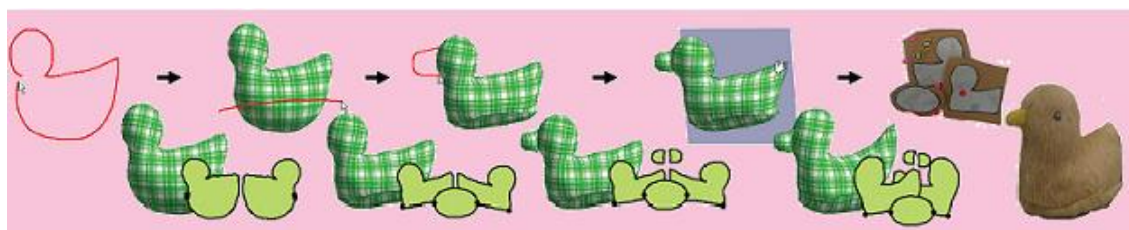


図3.3-2. スケッチ入力から3次元モデルを展開パターンと同時に生成する。

## ③【ライティングデザイン手法の開発】

従来、照明環境でどのように見えるかをデザインするためには、イメージエディタ

ソフトを使い画像を編集する必要があったが、使うにはある程度の習熟が必要であった。イメージベースの照明環境を設計するために、外観ベースのユーザインタフェースを提示した。アプローチは、直接、シーン内のモデルの所望の外観を指定するための直感的なユーザインタフェースのセットを提供することにより、パラメータ編集、レンダリング、および確認の典型的な繰り返しを避けることができる。次いで、システムは自動的に逆シェーディングの問題を解くことによって照明環境を作成、より実際に近い画像を得るために、全波長照明が球状ラジアル基底関数 (SRBF) 表現に使用した。画像の3次元化は、応答速度を達成するために、予め計算された放射輝度伝播 (PRT) を用いている。ユーザによる実験で、以前のアプローチと比較して、提案されたシステムの有効性を実証した。これらの成果は、Pacific Graphics 2007 で発表された<sup>3)</sup>。

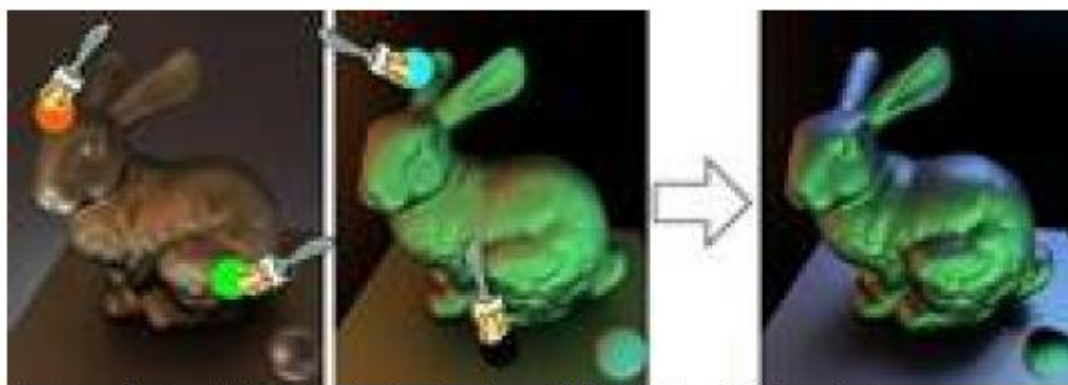


図3.3-3. 3次元モデルに直接ペイントすることで環境照明を実現している。

(JST、H20年度SORST成果報告など、

[http://www.jst.go.jp/kisoken/sorst/hyouka/2008/pdf\\_documents/2008j\\_06.pdf](http://www.jst.go.jp/kisoken/sorst/hyouka/2008/pdf_documents/2008j_06.pdf))

## (2) ERATO「五十嵐デザインインターフェース」プロジェクト

2007年～2013年に、五十嵐はERATOプロジェクトに採択され、この中で「これまでにない高度なビジュアルコミュニケーションおよび自己表現を手軽に行うことを可能にするソフトウェア技術基盤を築き、個々人が創造力を発揮できる社会を実現すること」を目的として研究を展開している。一般のユーザがいろいろのものを自ら手軽にデザインできる新たなユーザインタフェースの実現を目指し、その基盤となる計算手法や表現手法等の情報技術の研究を統合的に行っている。個人の創造性を体現するために、3次元画像やアニメーション等の「映像表現」、靴や衣服等の「生活用品」、将来、家庭において人間等との共生が期待される「ロボットの行動」を具体的なデザインの対象として研究が実施された。この研究の中では、1) 映像表現のための技術、2) 生活デザインのための技術、3) ロボット行動デザインのための技術の3つの技術に関して研究が進められた。



## 1) 映像表現のための技術

従来は 3 次元形状表現やアニメーション表現は、専門技術を有するプロダクションなどによって作られてきた。本研究では、一般ユーザが様々なデザインを自ら簡単に作成することが可能となるユーザインタフェースの実現を目指している。

### ① スケッチによる流体システムの動的イラストレーションの開発

スケッチによって心臓などの複雑な流体システムの動的なイラストレーションを作成するためのシステムの開発を行った。

ユーザは、流体回路の形状や接続を設計するために 2.5 次元の(2.5D)キャンバスに描くと、これらの入力スケッチを自動的に分析し、水力グラフに解析される。そして、イラストに動きを付けるために、新しい複合流体モデルによるシミュレーションがバックグラウンドで行われ、ユーザがさまざまな流体システムを編集するのに合わせ、新たな内部流れパターンをリアルタイムでシミュレーションし提示することができる。本システムは、医療、生物学、工学の様々な流体システムを説明するために使用できるものである。このシステムを医師に試行してもらい、肯定的な評価を得ている<sup>4)</sup>。

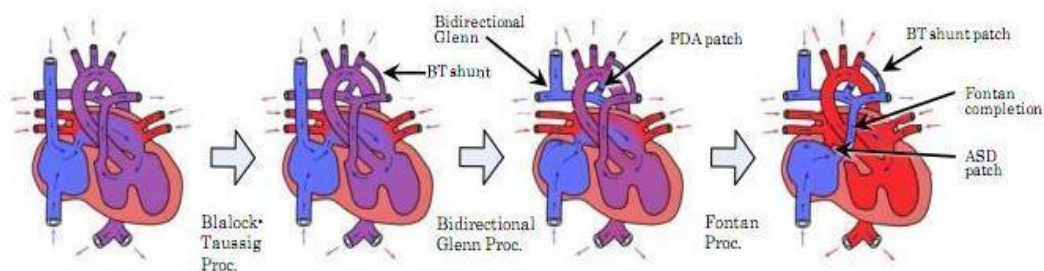


図 3.3-4.三尖弁閉鎖(TA)の外科の処置手順について説明するのに、システムを使用することで作成されたイラスト。ユーザはインタラクティブにイラストを編集し、システムは連続して簡易型の流体シミュレーションで計算された血流を提示する

## 2) 生活デザインのための技術

工場で大量生産された商品からただ選んで使うのではなく、情報処理技術を駆使して自分が本当に欲しい自分にあった「物」を手に入れることが可能になる。たとえば、自ら着る衣服を立体的な形状としてデザインし、さらに動いたときの様子や作成の手間などを実際に作る前に確認することができるようなシステムを開発した。また、普段使う家具なども自ら計算機でデザインし、オーダーメイドできるようになる。

例えば、SketchChair は、初心者でも椅子を設計して組み立てることができるアプリケーション・システムを開発している。椅子は、簡単なスケッチ画ベースのインタフェースおよび設計検証ツールを用いて設計でき、板素材をレーザーカッターあるいは

CNC フライス盤で切断し製作することが可能である。ミニチュアも実物の椅子もこのツールを使用して作ることができる。椅子のデザインワークショップを開催し、初心者でも独自のモデルの椅子をデザインできることを検証されている。

五十嵐は、これらの開発したシステムを以下のような多くの場で公開発表している。ワークショップ「デザイン椅子の制作」を未来館友の会共催により ERATO プロジェクト事務所で開催 (2009/12/13)、「科学未来館・友の会ウィーク(2010/3/13 - 22)」、「科学未来館予感研究所 3 (2010/5/1 - 5)」、「DMY International Design Festival, Berlin (2010/06/09 - 13)」、「DIYDA PLAN 2010, Germany (2010/09/24 - 10/1)」、「European Innovation Festival, Belgium (2010/10/15 - 17)」などで公開された。また招待展示で「京都市立芸術大学・ギャラリー・アクア(2011/10/01 - 11/13)」に出展された。



図 3.3-5. スケッチインターフェースで形状設計した椅子

ERATO プロジェクトホームページの ”SketchChair” のページは、国内外からコンスタントに参照されている。また、“SketchChair は、特に海外のメディアやブログに取り上げられ、代表的なものに、” Huffington Post, Oct. 11, 2011”、“ABC News blog, Sep. 18, 2011”、“NEXT 2011, Beautiful Mistakes, Aug. 27-31”、“fastco design, Apr. 06, 2011”、“CORE 77, Mar. 30, 2011”、“KICK STARTER, Jan. 2011”、“the November issue of Designnet magazine, Korea”、“the November issue of Weave magazine, Germany”、“Livedoor HOMME”、“designboom”、CreativeApplications”、“Make”、“Ponoko”、“ZeitgeiStudios” などがある。

この研究を推進した Greg Saul は、現在、イギリスでデザインスタジオ “Diatom Studio” を立ち上げ、その活動の 1 つとして、“Sketch Chair” システムのビジネス化を進めるためのベンチャー活動を行っている<sup>5) 6)</sup>。

### 3) ロボット行動デザインのための技術

典型的なヒューマンロボットインタラクション (HRI) システムは、利用者が明示的にロボットと相互作用することを前提としている。しかし、ロボットを明示的に制御することは、家事などの家庭内のロボットサービスでは、不要あるいは望ましくない

い場合がある。本研究では明示的な係わりに代わる手法を提案している。利用者は、自動的に実世界の物体や環境に対してコマンドを出すことにより、ロボットはこれらのコマンドに基づき、バックグラウンドでコマンドを実行する。さまざまなセンサが増え続ける家庭環境の中でこのような非明示的なロボット制御をサポートするため、紙タグベースのインタフェースを実装した。この紙タグベースのインタフェースは簡単に使用することができ、家庭内での仕事の計画と想定した家庭環境での家事作業を制御する上での柔軟性を利用者に提供できることが示された。

この研究の成果は、テレビ東京「ビジネスサテライト」での放映(2009/5/28)、日経産業新聞掲載 (2009/5/22)、「CEATEC JAPAN 2009」(2009/10/6-10)と「グッドデザイン 2009」(2009/8/28-30)に出展された。また日本科学未来館・メディアラボ常設展示 (2011/06/11 - 12/27) に展示された。

本研究では、客員研究員であった Shengdong Zhao (現職は、シンガポール国立大学 講師)によって引き続きシンガポールで継続されている<sup>7)8)</sup>。

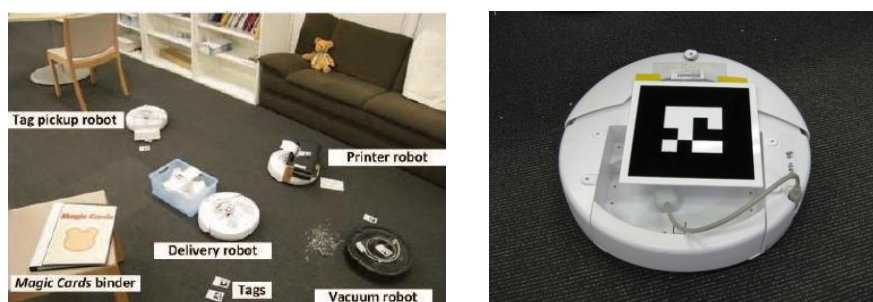


図3.3-6. 非明示的なロボット操作を行うためのカードインタフェース (ERATO五十嵐プロジェクトより提供)

### (3) 科研費若手研究「内部構造を持つ3次元モデルの作成手法に関する研究」

2009年度～2011年度には、内部構造を持つ3次元モデルを簡単にデザインできる実用的な手法の開発に取り組んだ。五十嵐が目指したのは、特殊な計測装置を持たない一般のユーザが手軽に使える手法であり、これにより例えば医療や教育の現場において人々が3次元的な内部構造を含む物体の概念を伝えるのを支援すること等が可能になる。

具体的には、使いやすいユーザインタフェースで、多くの種類のソリッドモデルをデザインできる手法を研究した。断面の写真を元にして、ユーザが適切に対応関係や大体の3次元的な構造を与えると、計算機が自動的に中身の詰まった3次元モデルを生成するようなシステムの開発を行った。内部的には、テクスチャの局所的な特徴を表現した3次元テクスチャサンプルを生成し、それを3次元物体内部に繰り返し貼り付けることで全体的なモデルを表現する。その際に、テクスチャサンプルの合成の仕方を設定したり、繰り返し貼り付けるときの貼り付け方を自由にユーザが指示したりできるように工夫を行う。本年度は特に、層状の2次元の断面のテクスチャから3次元のテクスチャサンプルを作成する方法について研究開発を行った。

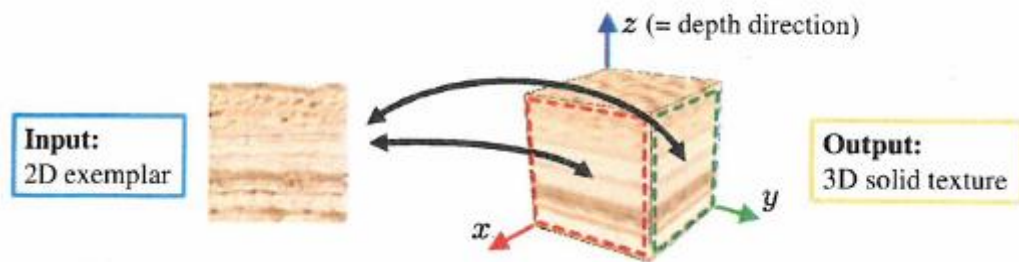


図 3.3-7. 層状構造を持つ 3 次元モデルの合成

単純に既存手法を利用した場合には、繰り返しが現れて不自然な結果になるため、それを回避する手法としてなるべく違う場所からサンプルを取ってくるような制限を加える方法を提案し、有効性を確認した。その成果についてコンピュータグラフィクスに関する権威ある国際学会である SIGGRAPH において学会発表された<sup>9)</sup>。

(URL: <https://kaken.nii.ac.jp/pdf/2011/seika/C-19/12601/21700094seika.pdf>)

### 3.3.3 研究成果の応用に向けての発展状況

さきがけ終了後、SORST、ERATO プログラムを通じて五十嵐は日常的な知的生産活動の道具として利用することのできる 3 次元画像やアニメーション等から、「映像表現」、靴や衣服、椅子のデザイン等の「生活用品」、将来、家庭において人間等との共生が期待される「ロボットの行動」など具体的なデザインの対象として、素人でもユーザが容易使うことのできる様々なデザインインターフェース技術開発に取り組んでおり、応用分野での適用を含めて広範囲にわたって発表・展開されている。

#### [参考文献]

- 1) Andrew Nealen, Takeo Igarashi, Olga Sorkine, Marc Alexa, "FiberMesh: Designing Freeform Surfaces with 3D Curves", ACM Transactions on Computer Graphics, ACM SIGGRAPH 2007
- 2) Yuki Mori, Takeo Igarashi, "Plushie: An Interactive Design System for PLush Toys", ACM Transactions on Computer Graphics, ACM SIGGRAPH 2007
- 3) Makoto Okabe, Yasuyuki Matsushita, Li Shen, Takeo Igarashi, " Illumination Brush Interactive Design of All-frequency Lighting", Proceedings of Pacific Graphics 2007.
- 4) Bo Zhu, Michiaki Iwata, Ryo Haraguchi, Takashi Ashihara, Nobuyuki Umetani, Takeo Igarashi, Kazuo Nakazawa, "Sketch-based Dynamic Illustration of Fluid System", ACM Transactions on Graphics, Volume 30, Issue 6, Proceedings of SIGGRAPH Asia 2011, Hong Kong, Dec. 13-15, 2100.

- 5) G. Saul, M. Lau, 三谷 純、五十嵐 健夫、「SketchChair: エンドユーザによる椅子のデザインシステム」、日本ソフトウェア科学会 18回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2010)、 pp.17-22、2010年12月
- 6) G. Saul, M. Lau, J. Mitani, T. Igarashi, “SketchChair: An All-in-one Chair Design System for End-users”, In Proceedings of the 5th International conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI2011), pp. 357-360, Jan. 2011.
- 7) Shengdong Zhao, Koichi Nakamura, Kentaro Ishii, Takeo Igarashi, “Magic Cards: Using Paper Tags to Support Task-Centric Human-Robot Interaction”, In Proceedings of the 27th ACM/IEEE Conference on Human-Robot Interaction (CHI2009), pp.173-182, April 2009.
- 8) S. Zhao, 中村 晃一、石井 健太郎、五十嵐 健夫、「Magic Cards: 紙カードを利用したロボットとのインタラクション」、情報処理学会 インタラクション 2011、2011年3月。  
[学会発表]
- 9) Kenshi Takayama, Takeo Igarashi: "Layered Solid Texture Synthesis from a Single 2D Exemplar" ACM SIGGRAPH 2009 Posters. (20090803). new orleans, USA

### 3.4 「安全で低消費エネルギーなプロセッサに関する研究」

井上 弘士 (九州大学 大学院システム情報科 第3期)

#### 3.4.1 研究成果の発展状況や活用状況について

井上は、さきがけ研究終了後、消費エネルギーに着目した以下の研究予算を獲得し研究を展開している。

表3.4-1. さきがけ期間中ならびにさきがけ終了以降に獲得した研究助成金

研究者	研究費	研究テーマ名	3期生						さきがけ期間後				合計 (千円)	
			'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10		'11
井上 弘士														76,830
	科研費 若手研究(A)	予測技術を用いた高性能/低消費電力メモリシステムの開発												
	科研費 若手研究(A)	高信頼化と低消費電力化の両立を目的とした環境適応型プロセッサに関する研究												
	CREST 情報システムの超低消費電力化	単一磁束量子回路による再構成可能な低電力高性能プロセッサ(高木直史代表研究者に協力)												
	NEDO	エネルギー効率の最大化を目的とした適応型3次元マイクロプロセッサ・アーキテクチャの研究												
	半導体理工学研究センター(STARC)	高性能・低消費エネルギーを可能にする適応型マルチコア												
	科研費 若手研究(A)	オンチップ・スーパーコンピューティングを可能にするメニーコア・プロセッサの研究												

①CREST「情報システムの超低消費電力化を目指した技術革新と統合化技術」研究領域の高木直史研究代表者のテーマ「単一磁束量子回路による再構成可能な低電力高性能プロセッサ」の中で、九州大学村上和彰グループの大規模再構成可能データパスを有するプロセッサ・アーキテクチャの開発に参加、②2009年度STARC「高性能・低消費エネルギーを可能にする適応型マルチコア」では、マルチコア・プロセッサの新しい実行方式「コア・オーケストレーション」で消費エネルギー低減を提案し研究に取り組んだ。さらに、③2009年度科研費若手研究(A)「オンチップ・スーパーコンピューティングを可能にするメニーコア・プロセッサの研究」では、メニーコアの評価環境・アーキテクチャ・コンパイラ技術の研究に取り組み、小型高性能プロセッサ化に成果を挙げた。また、④2008年度NEDO「エネルギー効率の最大化を目的とした適応型3次元マイクロプロセッサ・アーキテクチャの研究」(2009～2010年)で、3次元積層デバイスのメモリ・アーキテクチャやアクセラレータ・アーキテクチャを考案し、高いオンチップ・メモリバンド幅の実現に成果を挙げている。

#### 3.4.2 研究成果の科学技術の進歩への貢献

(1) CREST「情報システムの超低消費電力化を目指した技術革新と統合化技術」(南谷研究総括)の高木直史研究代表者のテーマ「単一磁束量子回路による再構成可能な低電力高性能プロセッサ」において、九州大学・村上和彰グループに参加協力し、その中で単一磁束量子(SFQ)回路による再構成可能なデータパスプロセッサ(SFQ-RDP)のオペ

ランドルーティングネットワーク（ORN）の開発を行っている。SFQ-RDPは、ORNを介して次の行の中の1つ以上のFPUの入力に接続することができる出力のうち、浮動小数点ユニットの二次元アレイ（FPU）として実装される。マルチプレクサ型とクロスオーバースイッチ型の二つの構成法を比較検討し、クロスオーバースイッチ型が有望と判断し、ネットワークプロトタイプ回路を設計・試作して23.5GHzでの動作を確認している。<sup>1)、2)、3)</sup>

(2) STARC「高性能・低消費エネルギーを可能にする適応型マルチコア」プロジェクト

マルチコア・プロセッサの実行性能最大化を目的として、コア・オーケストレーション技術の開発に取り組んだ。マルチコア・プロセッサの新しい実行方式である「コア・オーケストレーション法」で消費エネルギーの低減を提案し、1個のLSIチップに搭載された複数コアが互いに「助け合い実行」することで高性能化や低消費電力化を実現する。ポイントは、「プロセッサコアを様々な用途で活用し、マルチコアの潜在能力を最大限に引き出す」こと、例えば、単純な並列実行ではなく、一部のコアを適応的にメモリ性能改善用に使用するインテリジェントな実行方式などを提案している。<sup>4)</sup>

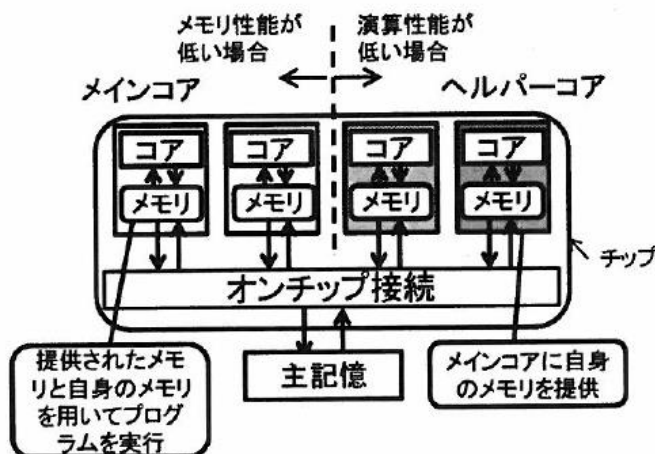


図3.4-1. 提案手法の概要

微細化技術の進歩とともにチップに搭載されるコア数は増加する傾向にあるが、プロセッサメモリー間に性能のギャップが拡大するいわゆるメモリウォール問題が深刻化し、コア数の拡大に応じたプロセッサの性能が確保できるわけではない。この対策としてコア数の増加による演算性能の向上に見合うメモリー性能の改善も重要であり両者のバランス最適化を可能にするオンチップメモリ貸与法を提案し、そのためのコンパイル手法を開発した。

すなわち、当該コアでのプログラム実行を強制的に禁止し、コアが持つオンチップメモリ資源をプログラムの特徴に併せてプログラム実行用のコアに貸し出し、メインコアの

演算性能に見合ったメモリ性能となるようバランスを確保する。この方法により主記憶アクセス回数の削減による高性能化と休止コアによる消費エネルギーの低減化が実現できる。実機を用いた定量的な評価（東芝の Cell Reference Set (CRS) を用いた）では最大 46% の実行時間の削減と、32% の消費エネルギーの削減が達成された。<sup>5)</sup>

### (3) 科研費若手研究(A) 「オンチップ・スーパーコンピューティングを可能にするメニーコア・プロセッサの研究」

数十個から数百個のコアを 1 個の LSI チップに搭載したメニーコア・プロセッサに関する研究を行った。将来的には 1 チップでのスーパーコンピューティングを可能にし、超高性能な処理能力を有する次々世代の携帯型コンピュータ（携帯電話の発展形）や電気自動車、情報家電など様々な分野での応用を目指している。

具体的には、メニーコア向け評価環境の構築、マイクロアーキテクチャ、コンパイラ技術、さらには、OS や仮想マシンといった幅広い分野に焦点を当てた研究開発を実施した。

複数のコアを搭載したメニーコア・プロセッサを対象とし、3 次元積層を前提としたコア・オブザベーション技術の確立、ならびに 3 次元積層マルチコアに関する特性解析に関する研究おこなった。また、高性能計算のための性能評価環境の構築や、スーパーコンピュータへの応用を意識した通信最適化技術に関する研究も行った。(1) コア・オブザベーション技術の開発では、プログラム実行において必要となるメモリ容量をランタイムに検出する方式を考案し、また、それを効率良く実行するためのアーキテクチャサポートを開発、定量的評価に基づいて有効性を明らかにした。(2) コア・オーケストレーション技術の開発では、既の開発した複数コア間でオンチップ・メモリを協調利用する方式を改善し、より高い性能向上を実現した。また、消費エネルギー削減効果も期待できることを明らかにし、様々な条件下における提案技術の有効性を評価した。3 次元積層に基づくマルチコア・プロセッサに関しては、温度制約を考慮した上での詳細な性能解析を実施した。具体的には、3 次元積層すべきダイのフロアプランの違いがホットスポットに与える影響の調査、温度制約下における最大動作周波数の解析、これらを総合した 3 次元積層マルチコア・プロセッサの性能評価を実施した。その結果、協調実行方式の確立が重要である事を明らかにした。<sup>6)</sup>

<http://kaken.nii.ac.jp/d/p/21680005.ja.html>

(4) NEDOプロジェクト研究「エネルギー効率の最大化を目的とした適応型 3 次元マイクロプロセッサ・アーキテクチャの研究」(2009～2012年) (NEDO若手グラントを獲得) : 本NEDOプロジェクトで井上は「半導体デバイスの3次元実装技術」と「アーキテクチャ技術」を



融合した新しい省エネルギーを目指したマイクロプロセッサの開発に取り組んだ。「複数プロセッサ・コア+動的再構成可能アクセラレータ+大容量メモリ」を3次元に積層して、かつ、アプリケーションの特性に対応して最適化を行うことのできる次世代マイクロプロセッサ・アーキテクチャを提案している。その潜在能力を最大限引き出すための協調実行方式ならびにコンパイル技術を確立し、シミュレーションやプロトタイピング等により提案方式の有効性を明らかにするために、次の項目に関して研究開発を行った。

- 1) 適応型 3次元積層メモリ・アーキテクチャの改良として、「SRAM/DRAM ハイブリッド・キャッシュ・アーキテクチャ」では、プログラム実行中に小容量かつ高速なSRAM キャッシュモード、もしくは、大容量かつ低速なDRAM キャッシュモードを、履歴に基づく新たな動的モード決定アルゴリズムを考案し決定する手法についてその有効性を明らかにしている。
- 2) 適応型 3次元積層アクセラレータ・アーキテクチャの開発では、動画像認識処理向けアプリケーションを追加し、その処理内容やメモリ参照パターンに関する分析を行った。また、アクセラレータの基本アーキテクチャに関して、性能ならびに消費エネルギーの見積もり評価を行っている。
- 3) 適応型 3次元アクセラレータ向けコンパイラの開発では、提案するALUアレイ型3次元積層アクセラレータ向け実行コードを生成するためのコンパイラ・フレームワークの開発、ならびにチップ温度を考慮したALUアレイマッピング技術に関する研究開発を行った。

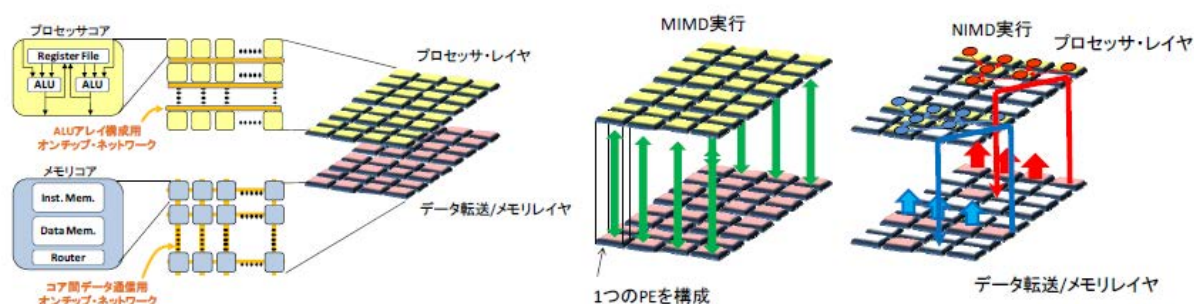


図3.4-2. 3次元積層ALUアレイ型アクセラレータ・アーキテクチャの概念図

(ALU【Arithmetic and Logic Unit】(演算装置) マイクロプロセッサの構成要素の一つで、四則演算や論理演算など算術的な処理を行う回路)

性能/消費エネルギー見積もり評価では、4種類のアクセラレータ実現方式に着目し、性能ならびに消費エネルギーの評価を行った。

評価対象モデルは、MIMDモデル(全ての処理をMIMD方式で実行する)、SIMDモデル(SIMD方式で実行可能な処理はSIMD方式で実行し、極値検出処理のようにイタレーションごとに実行するDFGが変化するような処理はホストCPUにより逐次実行する)、NIMDモデル(ガウシアンフィルタ処理のようなDFGをくり返す処理をNIMD方式で実行する。さらに、処理に応じ

て入出力を行うPE を変更可能である。それ以外の処理はホストCPUが逐次実行する)、NIMD/MIMDモデル(NIMD方式で実行可能な処理はNIMDで実行し、NIMD方式では実行が不可能な場合にはMIMD で実行する。ここで、実行方式の切り替えにかかる性能/消費エネルギーオーバーヘッドはないものとする)、の4つのモデルで評価を行った。

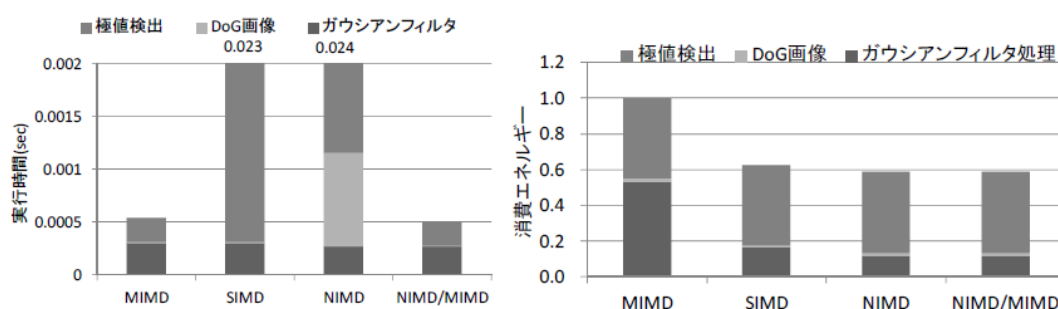


図3.4-3. 性能と消費エネルギーの見積もり結果

アクセラレータはプロセッサ・コア、メモリ・コアがそれぞれのレイヤで縦10、横10個の計100個配置された場合を想定している。各方式における動作周波数は2GHzであり、ホストCPU実行はMIMD方式の1PEで実行した場合と同等と仮定した。本評価では提案アクセラレータの潜在能力を調査することを目的とし、各方式ともにメモリアクセスにかかる時間はゼロ、ならびに、メモリが性能/消費エネルギーに与える影響はないものと考えた。ただし、MIMD方式ならびにSIMD方式において、Load/Store命令を発行・実行する時間は考慮した。また、SIMD方式、NIMD方式の性能向上/消費エネルギー削減効果の上限を示すために、SIMD方式における命令のブロードキャスト、NIMD方式における再構成、NIMD方式におけるコア間通信、NIMD方式におけるデータの整列、に要する時間ならびにエネルギーは全てゼロと仮定している。<sup>7)</sup>

図3.4-3に示す評価結果では、図左は性能を示し、縦軸は実行時間(バーが低いほど高性能)である。実行方式を切り替えないSIMDやNIMDは、DOG画像の生成や極値検出をホストCPU実行するため性能向上が大きく阻害されている。一方、提案手法であるNIMD/MIMDはMIMDに比べ、約7%の性能向上を実現している。図中右は消費エネルギーの評価結果である。

消費エネルギーは、MIMDの総消費エネルギーを1として正規化している。SIMDはMIMDに比べ、消費エネルギーを約37%削減している。これに対し、NIMDならびにNIMD/MIMDではSIMDよりもさらに7%の消費エネルギーを削減している。これより、提案方式によって高い性能を実現しつつ、消費エネルギーを削減できることを示した。

適応型3次元積層アクセラレータ向けコンパイラの開発では、提案するALUアレイ型3次元積層アクセラレータ向け実行コードを生成するためのコンパイラ・フレームワークを検討した。具体的には、LLVM コンパイラ・インフラストラクチャ[2]を基本とし、これに対してALUアレイ型アクセ

ラレータの利用を可能にする拡張フレームワークを決定した。また、ALUアレイにて直接実行すべきデータフローグラフの分割や、温度を考慮したALU アレイマッピングに関する検討を実施した。

(NEDO プロジェクトID08C46588c 研究成果報告書より)

### 3.4.3 研究成果の応用に向けての発展状況

さがけ終了後、井上は、半導体デバイスの消費エネルギーに着目した技術開発を中心に取り組んでおり、2008～2011年度にはNEDOの若手グラント「エネルギー効率の最大化を目的とした適応型3次元マイクロプロセッサ・アーキテクチャの研究」で、3次元積層デバイスのメモリ・アーキテクチャやアクセラレータ・アーキテクチャを考案し、高いオンチップ・メモリバンド幅の実現に成果を挙げ、また、2009～2011年度にはSTARC「高性能・低消費エネルギーを可能にする適応型マルチコア」では、マルチコア・プロセッサの新しい実行方式「コア・オーケストレーション」で消費エネルギー低減を提案、さらには、2010年度からはNEDOクリーンITプロジェクト「低消費電力メモリーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術」で研究代表者として、立命館大学、電気通信大学およびベンチャー企業のフィクスターズ社、トプスシステムズ社と共同で開発に取り組むなど、この分野で応用へ技術展開・発展させている。

#### 【参考論文】

- 1) Kataeva, Irina A. ; Akaike, Hiroyuki ; Fujimaki, Akira ; Yoshikawa, Nobuyuki ; Takagi, Naofumi ; Inoue, Koji ; Honda, Hiroaki ; Murakami, Kazuaki, "An Operand Routing Network for an SFQ Reconfigurable Data-Paths Processor", J.Applied Superconductivity, IEEE Transactions on Volume: 19, No.3, pp. 665-669, 2009
- 2) Takagi N., Murakami K., Fujimaki A., Yoshikawaj N., Inoue K., Honda H., "Proposal of a desk-side supercomputer with reconfigurable data-paths using rapid single-flux-quantum circuits," IEICE Transactions on Electronics, E91-C, No.3, pp.350-355, 2008
- 3) Farhad Mehdipour, Hiroaki Honda, Koji Inoue, Hiroshi Kataoka, Kazuaki Murakami, A design scheme for a reconfigurable accelerator implemented by single-flux quantum circuits", J.Systems Architecture Vol.57, pp.169-179 (2011)
- 4) Hiroshi Sasaki, Teruo Tanimoto, Koji Inoue, and Hiroshi Nakamura, "Scalability-Based Manycore Partitioning," International Conference on Parallel Architectures and Compilation Techniques (PACT'12), pp. 107-116, Sept. 2012.
- 5) 福本 尚人, 井上 弘士, 村上 和彰, "演算/メモリ性能バランスを考慮したマルチコア向けオンチップメモリ貸与法", 情報処理学会論文誌ACS,2011.5.
- 6) Satoshi Imamura, Hiroshi Sasaki, Naoto Fukumoto, Koji Inoue, Kazuaki

Murakami, "Optimizing Power-Performance Trade-off for Parallel Applications through Dynamic Core and Frequency Scaling", 2nd Workshop on Runtime Environments/Systems, Layering, and Virtualized Environments (RESoLVE), in conjunction with ASPLOS 2012, Mar. 2012.

7) 上野伸也, GauthierLovic, 井上弘士, 村上和彰, “画像認識向け3次元積層アクセラレータ・アーキテクチャの検討,” 電子情報通信学会 信学技法, vol.111, no.258, ICD2011-66, pp.7-12, 2011年10月