

独立行政法人**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)
追跡評価用資料
(追跡調査報告書)

研究領域「状態と変革」
(1997～2002)

研究総括 国府田 隆夫

目次

はじめに	1
第 1 章 評価用資料の概要	2
1-1 評価の目的	2
1-2 評価の対象	2
1-3 領域の概要	2
第 2 章 個別研究課題の発展状況	5
2-1 参加研究者の所属と職位	5
2-2 原著論文発表数の推移	6
2-3 特許出願件数の推移	9
2-4 研究助成金	10
2-5 受賞	12
2-6 さきがけ研究制度に対する意見	14
2-7 参加研究者の研究成果の発展状況	16
第 3 章 代表的研究課題の発展状況	29
3-1 電子・格子・光子結合系での非平衡相転移の研究（小川哲生（第 1 期））	29
3-2 同位体制御による半導体物性デザイン（伊藤公平（第 2 期））	30
3-3 木星の海を地球に創る（奥地拓生（第 2 期））	32
3-4 発光性金属錯体による構造秩序識別システムの構築（加藤昌子（第 2 期））	34
3-5 超高速画像観測法による化学反応の可視化（鈴木俊法（第 3 期））	35

はじめに

本評価用資料は、戦略的創造研究推進事業の個人型研究(さがけタイプ) (以下、さがけ)の研究領域「状態と変革」(1997-2002 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整理したものである。「状態と変革」領域は、物質の構造秩序が急激に変革する現象(広義の相転移)、すなわち多様な可能性を秘めた安定秩序状態がどのように他の状態に変革するか、そのダイナミクスと機構を研究することを目指した領域である。その第3期の研究者が研究を終了したときから5年を経過した時点で、参加研究者全員38名を対象として調査を行った。

まず、参加研究者全員に関して、原著論文、特許、研究助成金、招待講演、受賞を含む研究実績データの事前調査を行った。

参加研究者全員についての、さがけ期間中とさがけ終了後から調査時点までの、職位、原著論文数、特許出願数、研究助成金獲得額の比較から、さがけ期間中に比して、さがけ終了後に研究活動が活発化していることが確認された。なかでも、さがけ終了後に教授となった研究者が17名おり、それぞれの分野でリーダー的存在として活躍している。さがけ期間中、1年に平均5報以上原著論文を公表している研究者は11名であったが、さがけ終了後には21名に増加した。研究助成金に関しては、さがけ終了後に2億円以上の大型の研究資金を獲得した研究者が9名みられた。また、さがけ研究制度に対しては、若手にチャンスを与えていること、目先の成果にとらわれることなく自由に研究を進めることができること、領域会議における優秀な研究者との活発な意見交換が研究に対する励みになること等の利点についての意見があった。

次に、領域全体を代表する典型的な研究者5名について詳細をインタビューで調査した。これらの研究者はさがけ終了後に、JSTのCREST、科研費の特定領域研究などの大型研究助成金を獲得して、さがけ期間中に得られた研究成果を着実に展開させるとともに、さがけ期間中に新しく発見した課題に取り組んでいる。例えば、①科学・技術の進歩に貢献する成果としては、相転移の理論研究における新しいパラダイムの開拓、高圧の水をNMRで観測する装置の更なる高性能化、発光銀錯体の合成などが認められた。②代表的な研究者は、研究者としてキャリアアップしていることが分かった。③社会的、経済的な波及効果としては、研究成果による新しい事実の教科書や専門書への掲載、若手の研究者の教育等への貢献等があった。また、有機EL材料の研究は企業との共同研究に結びついており、経済的効果が期待される。

第1章 評価用資料の概要

1-1 評価の目的

追跡評価は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等を明らかにし、JST事業及び事業運営の改善等に資ために行う。

1-2 評価の対象

調査の対象は研究領域「状態と変革」（1997-2002年）の参加研究者全38課題38名である。評価対象期間と研究者は表1-1に示した。

表 1-1 調査対象期間、調査対象者数

	さきがけ期間(3年間)	さきがけ終了後	研究者
第1期	1997年10月－2000年9月	2000年10月－2008年3月(7.5年間)	10名
第2期	1998年10月－2001年9月	2001年10月－2008年3月(6.5年間)	20名
第3期	1999年10月－2002年9月	2002年10月－2008年3月(5.5年間)	8名

1-3 領域の概要

「状態と変革」領域は、物質の構造秩序が急激に変革する現象（広義の相転移）、すなわち多様な可能性を秘めた安定秩序状態がどのように他の状態に変革するか、そのダイナミクスと機構を研究する。例えば、分子、クラスター、液体、固体物質を研究対象とし、構造秩序変化の理論的・計算科学的研究、非線形光学など新手法による実験的研究、光誘起構造変化、スピン秩序変化など新規な物性を示す物質の創製研究を含む¹。表1-2には、本領域の38研究課題の位置づけを示した。また、参加研究者のさきがけ期間中、終了時、調査時の所属については、表1-3に示した。

¹ 「状態と変革」研究領域活動・事後評価報告書—平成12年度終了研究課題

表 1-2 研究課題の位置づけ

	物理・応用物理など	無機・有機化学など
理論的研究	小川（1期、電子・格子・光子結合系での非平衡相転移の研究） 初貝（2期、基底状態の質的变化としての量子相転移）	
実験的研究	阿波賀（1期、有機・無機複合ナノコンポジットの動的な磁気的性質） 鹿野田（1期、分子配列の精密制御による分子性伝導体の研究） 柴田（1期、分子内プロトン移動過程における分子振動の選択的励起の効果） 宗片（1期、Ⅲ－Ⅴ族磁性半導体超構造の光誘起磁性） 守友（1期、二重交換強磁性体における光励起磁性制御） 岡本（2期、光によって生成する遷移金属錯体の新しい電子相） 奥地（2期、木星の海を地球に創る） 河口（2期、偏光双安定面発光半導体レーザー） 木塚（2期、点接触境界のスピントロニクス原子直視観察） 桑原（2期、スピントロニクス電荷－軌道結合系における電子物性の磁場制御） 河野（2期、半導体中非平衡電子系のテラヘルツ・ダイナミクス） 多辺（2期、2次元液晶性水面上単分子膜の光誘起非平衡スピントロニクス） 斗内（2期、磁束の量子化過渡現象と新規物性の解明） 小川（3期、ナノ構造金属薄膜における光励起スピントロニクス） 古川（3期、強磁性と超伝導の共存と自己誘起磁束格子の探索） 木村（3期、赤外磁気光学イメージングによる局所電子構造） 田中（3期、量子常誘電相の解明と光誘起強誘電相転移）	手木（1期、レーザー励起分子場による有機磁性体のスピン整列制御） 持田（1期、有機金属系電荷移動錯体における電子相・物質相転換） 芥川（2期、動的イオン場を介した電子物性制御） 石田（2期、機能性分子自己組織化膜の相分離およびその局所的物性） 加藤（2期、発光性金属錯体による構造秩序識別システムの構築） 河合（2期、不均一磁場を用いたクラスター質量分析装置の開発） 北森（2期、液相微小空間における単一クラスター計測と反応スピントロニクス） 小堀（2期、高速分光法による交換相互作用発現の直接観測） 坪井（2期、レーザーで創るタンパク質のマクロな形態・ミクロな構造） 百瀬（2期、超低温・超高压下の固体水素の分光学的研究） 鈴木（3期、超高速画像観測法による化学反応の可視化）
物質の創成研究	寺崎（1期、強相関電子系による熱電変換材料の設計と合成） 伊藤（2期、同位体制御による半導体物性デザイン） 谷垣（2期、遷移元素を含むⅠⅤ族クラスター固体における状態転移とその応用） 朝光（3期、スピントロニクス軌道偏極固体材料の創製と物性制御）	山下（1期、多様な電子相と相転移を有する低次元無機・有機ハイブリッド化合物） 村越（2期、金属ナノ細線の集積自己形成） 島田（3期、分子層制御溶液成長による有機半導体超格子の作成と物性） 松下（3期、スピントロニクスデバイスに基づく環境応答型機能の開発）

表 1-3 さきがけ研究課題名と所属（採択時、終了時、調査時）

期	採択年度	氏名	課題名	所 属		
				さきがけ採択時	さきがけ終了時	調査時
第1期	平成9年度	阿波賀 邦夫	有機・無機複合ナノコンポジットの動的な磁氣的性質	東京大学大学院総合文化研究科助教授	東京大学大学院総合文化研究科助教授	名古屋大学大学院理学研究科、物質科学国際研究センター教授
	平成9年度	小川 哲生	電子・格子・光子結合系での非平衡相転移の研究	東北大学大学院理学研究科助教授	大阪大学大学院理学研究科教授	大阪大学大学院理学研究科教授
	平成9年度	鹿野田 一司	分子配列の精密制御による分子性伝導体の研究	東京大学大学院工学系研究科助教授	東京大学大学院工学系研究科教授	東京大学大学院工学系研究科教授
	平成9年度	柴田 穰	分子内プロトン移動過程における分子振動の選択的励起の効果	レーザー技術総合研究所研究員	レーザー技術総合研究所研究員	名古屋大学大学院理学研究科助教
	平成9年度	手木 芳男	レーザー励起分子場による有機磁性体のスピン整列制御	大阪市立大学理学部助教授	大阪市立大学理学部助教授	大阪市立大学理学部教授
	平成9年度	寺崎 一郎	強相関電子系による熱電変換材料の設計と合成	早稲田大学理工学部助教授	早稲田大学理工学部助教授	早稲田大学理工学部教授
	平成9年度	宗片 比呂夫	Ⅲ－Ⅴ族磁性半導体超構造の光誘起磁性	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教授	東京工業大学大学院理工学研究科、像情報工学研究施設教授
	平成9年度	持田 智行	有機金属系電荷移動錯体における電子相・物質相転換	東邦大学理学部講師	東邦大学理学部講師	神戸大学大学院理学研究科化学専攻教授
	平成9年度	守友 浩	二重交換強磁性体における光励起磁性制御	名古屋大学理工科学総合研究センター助教授	名古屋大学理工科学総合研究センター助教授	筑波大学大学院数理物質科学研究科教授
第2期	平成9年度	山下 正廣	多様な電子相と相転移を有する低次元無機・有機ハイブリッド化合物	名古屋大学情報化学学部助教授	東京都立大学大学院理学研究科教授	東北大学大学院 理学研究科 化学専攻教授
	平成10年度	芥川 智行	動的イオン場を介した電子物性制御	北海道大学電子科学研究所助手	北海道大学電子科学研究所助手	北海道大学電子科学研究所准教授
	平成10年度	石田 敬雄	機能性分子自己組織化膜の相分離およびその局所的物性	オングストロームテクノロジー研究機構サチサイエンティスト	（独）産業技術総合研究所械システム研究部門研究員	（独）産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門主任研究員
	平成10年度	伊藤 公平	同位体制御による半導体物性デバイス	慶應義塾大学理工学部専任講師	慶應義塾大学理工学部専任講師	慶應義塾大学理工学部教授
	平成10年度	岡本 博	光によって生成する遷移金属錯体の新しい電子相	東京大学大学院工学系研究科助教授	東京大学大学院新領域創成科学助教授	東京大学大学院新領域創成科学教授
	平成10年度	奥地 拓生	木星の海を地球に創る	名古屋大学理学部助手	名古屋大学理学部地球惑星科学科助手	岡山大学地球・物質科学研究センター准教授
	平成10年度	加藤 昌子	発光性金属錯体による構造秩序識別システムの構築	奈良女子大学理学部助教授	奈良女子大学大学院人間文化研究科助教授	北海道大学大学院理学研究院化学部門教授
	平成10年度	河合 明雄	不均一磁場を用いたクラスター質量分析装置の開発	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手	東京工業大学大学院理工学研究科准教授
	平成10年度	河口 仁司	偏光双安定面発光半導体レーザー	山形大学工学部教授	山形大学工学部教授	奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科教授
	平成10年度	北森 武彦	液相微小空間における単一クラスター計測と反応デバイス	東京大学大学院工学系研究科助教授	東京大学大学院工学系研究科教授	東京大学大学院工学系研究科教授
	平成10年度	木塚 徳志	点接触境界のデバイスの原子直視観察	名古屋大学難処理人工物研究センター講師	名古屋大学難処理人工物研究センター講師	筑波大学数理物質科学研究科物性・分子工学専攻准教授
	平成10年度	桑原 英樹	スピノー電荷－軌道結合系における電子物性の磁場制御	上智大学理工学部講師	上智大学理工学部助教授	上智大学理工学部教授
	平成10年度	河野 淳一郎	半導体中非平衡電子系のテラヘルツ・ダイナミクス	スタンフォード大学主任研究員兼講師	ライス大学助教授	ライス大学電気・コンピューター学科准教授
	平成10年度	小堀 康博	高速分光法による交換相互作用発現の直接観測	東北大学反応化学研究所助手	東北大学反応化学研究所助手	静岡大学大学院理学研究科構造化学講座准教授
	平成10年度	谷垣 勝己	遷移元素を含むⅠⅤ族クラスター固体における状態転移とその応用	大阪市立大学大学院理学研究科教授	大阪市立大学大学院理学研究科教授	東北大学大学院理学研究科教授
	平成10年度	多辺 由佳	2次元液晶性水面上単分子膜の光誘起非平衡デバイス	工業技術院電子技術総合研究所主任研究官	（独）産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門主任研究員	早稲田大学理工学部応用物理学科 教授
	平成10年度	坪井 泰之	レーザーで創るタンパク質のマクロな形態・ミクロな構造	京都工芸繊維大学繊維学部助手	北海道大学大学院理学研究科助教授	北海道大学大学院理学研究科准教授
	平成10年度	斗内 政吉	磁束の量子化過渡現象と新規物性の解明	大阪大学超伝導エレクトロニクス研究センター助教授	大阪大学超伝導フォトニクス研究センター教授	大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻量子電子デバイスコース教授
	平成10年度	初貝 安弘	基底状態の質的変化としての量子相転移	東京大学大学院工学系研究科助教授	東京大学大学院工学系研究科助教授	筑波大学大学院数理物質科学研究科物理学系教授
	平成10年度	村越 敬	金属ナノ細線の集積自己形成	大阪大学大学院基礎工学研究科助手	大阪大学大学院基礎工学研究科助教授	北海道大学大学院理学研究院化学部門教授
	平成10年度	百瀬 孝昌	超低温・超高压下の固体水素の分光学的研究	京都大学大学院理学研究科助教授	京都大学大学院理学研究科助教授	The University of British Columbia, Faculty of Science 教授
第3期	平成11年度	朝光 敦	スピノー軌道偏極固体材料の創製と物性制御	東京大学大学院低温センター助教授	東京大学大学院低温センター助教授	東京大学低温センター准教授
	平成11年度	小川 晋	ナノ構造金属薄膜における光励起デバイス	（株）日立製作所基礎研究所研究員	（株）日立製作所基礎研究所主任研究員	（株）日立製作所日立ヨーロッパケンブリッジ研究所主任研究員
	平成11年度	古川 はづき	強磁性と超伝導の共存と自己誘起磁束格子の探索	お茶の水女子大学理学部助教授	お茶の水女子大学理学部助教授	お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科教授
	平成11年度	木村 真一	赤外磁気光学イメージングによる局所電子構造	神戸大学大学院自然科学研究科助教授	神戸大学大学院自然科学研究科助教授	自然科学研究機構分子科学研究所准教授
	平成11年度	島田 敏宏	分子層制御溶液成長による有機導体超格子の作成と物性	東京大学大学院理学系研究科助手	東京大学大学院理学系研究科助教授	東京大学大学院理学系研究科准教授
	平成11年度	鈴木 俊法	超高速画像観測法による化学反応の可視化	岡崎国立共同研究機構分子科学研究所助教授	岡崎国立共同研究機構分子科学研究所助教授	（独）理化学研究所中央研究所主任研究員
	平成11年度	田中 耕一郎	量子常誘電相の解明と光誘起強誘電相転移	京都大学大学院理学研究科助教授	京都大学大学院理学研究科助教授	京都大学大学院理学研究科教授
第3期	平成11年度	松下 未知雄	スピントロニクスに基づく環境応答型機能の開発	東京都立大学大学院工学研究科助手	東京大学大学院総合文化研究科助手	名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻（化学系）准教授

第 2 章 個別研究課題の発展状況

2-1 参加研究者の所属と職位

対象研究者の所属の機関がさがけ採択時から調査時までどのように変化しているかを図 2-1 に示した。さがけ採択時には 38 名中で 33 名が大学、3 名が公的研究機関、2 名が民間研究機関であったが、調査時には、33 名が大学、4 名が公的研究機関、1 名が民間研究機関に所属していた。所属が変更しているのは、大学から公的研究機関に変更が 1 名、公的研究機関から大学と民間研究機関へそれぞれ 1 名であり、所属には大きな変化がない。

		さがけ採択時の所属			調査時所属 合計
		大学	公的 研究機関	民間 研究機関	
調査時 の 所属	大学	32	1		33
	公的研究機関	1	2	1	4
	民間研究機関			1	1
採択時所属合計		33	3	2	

図 2-1 所属の推移

図 2-2 は、職位の推移を示したもので、大部分の研究者がさがけ採択時から終了時、調査時にかけて、より上位の職位についているのが分かる。特に、採択時に 2 名であった大学教授は、さがけ終了時には 7 名、調査時では 24 名と増加しており、研究者としての地位を築いている様子が窺える。

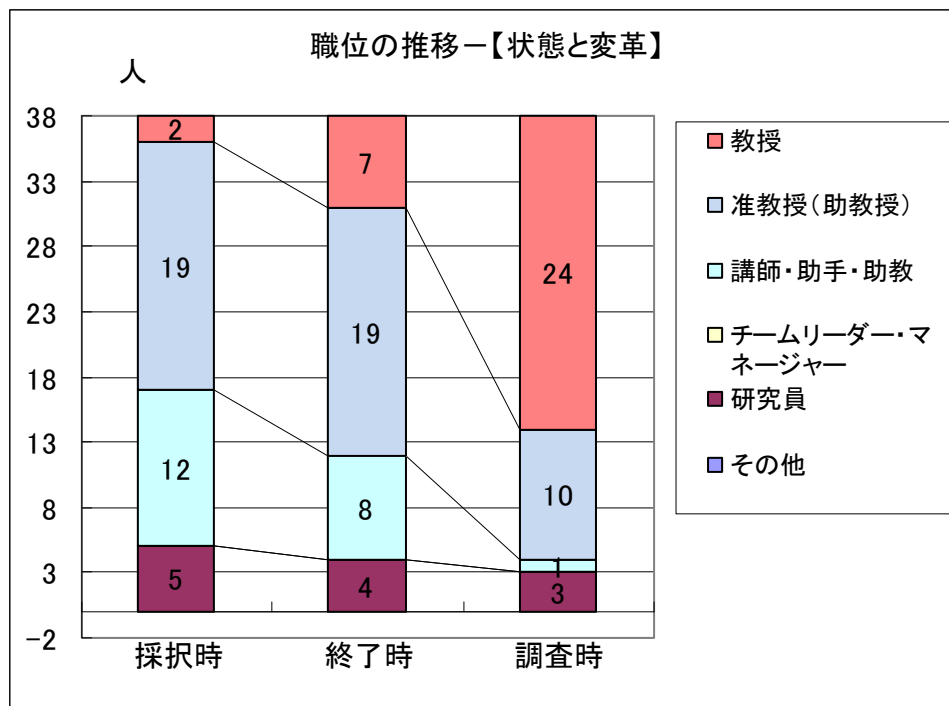
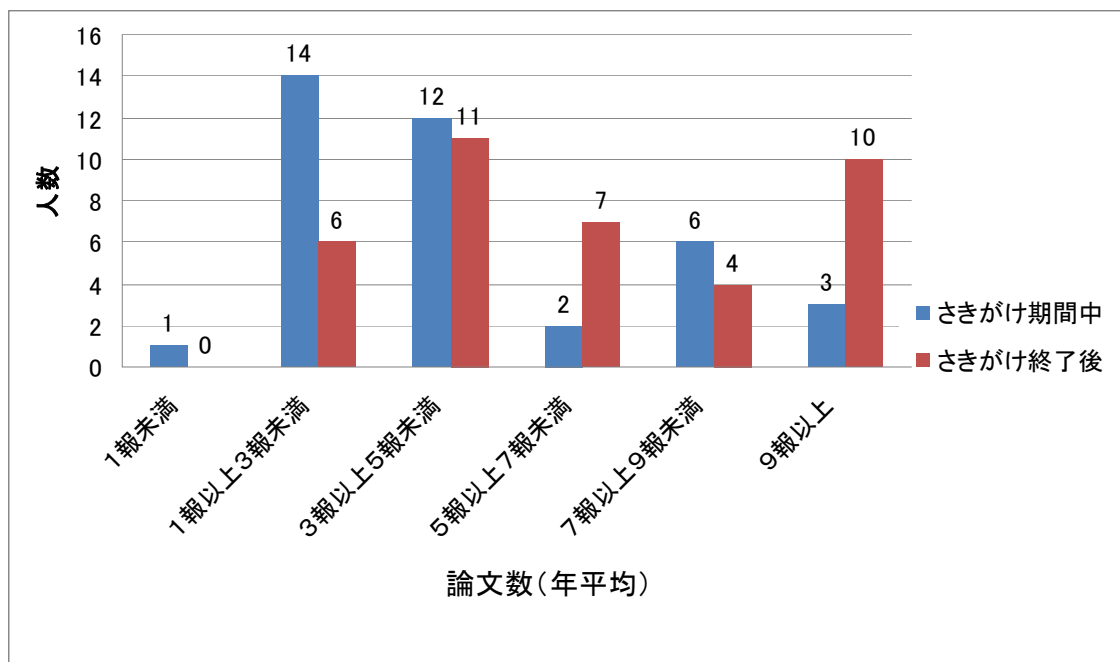


図 2-2 職位の推移

2-2 原著論文発表数の推移

(1) 年平均原著論文発表数の推移

図 2-3 は、さががけ期間中とさががけ終了後の年平均原著論文発表数を示している。さががけ期間中は 5 報未満が 38 名中で 27 名、5 報以上は 11 名であったが、さががけ後では、5 報以上が 21 名に増加しており、9 報以上の者も 10 名いる。このことから、研究活動がさががけを通して活発になっていることが分かる。



(注) 横軸の論文数（年平均）は、さきがけ期間中と終了後の論文数をそれぞれ該当する年数で割って得られた値である。

図 2-3 原著論文発表数（年平均）の分布

また、さきがけの特徴のひとつに、研究分野の異なる研究者がネットワークを作って、お互いに異分野の研究成果を自らの研究に取り込む相互作用がある。さきがけ研究者が共同で著者となった研究論文（共著論文）²を図 2-4 に示す。

さきがけ期間中		さきがけ終了後	
共著者の組み合わせ	共著論文数	共著者の組み合わせ	共著論文数
岡本-山下	19	岡本-山下	10
芥川-阿波賀	3	芥川-阿波賀	4
		河合-小堀	2
		河野-宗片	2
		芥川-持田	1
		阿波賀-岡本	1
		桑原-古川	1
		田中-斗内	1
		谷垣-守友	1
		寺崎-守友	1
共著者の組み合わせ数	2	共著者の組み合わせ数	10
共著研究者数	4	共著研究者数	16
共著論文数	22	共著論文数	24

図 2-4 さきがけ期間中および終了後の共著論文の推移

² 著者に「状態と変革」領域のさきがけ研究者（研究総括とアドバイザーは含まない）が複数入っている論文。

図 2-4 は、すでにさきがけ期間中にさきがけ研究者による共著論文が 2 組 4 名 22 報発表されていることを示す。このことは、専門分野の異なる研究者が、さきがけ研究の中で交流を始めたことを示している。さらに特徴的なことは、さきがけ終了後には、さきがけ研究者間の共著論文が 10 組 16 名 24 報まで増加していることである。これはさきがけ研究で培った研究者どうしのネットワークがさきがけ終了後に拡がりを見せ、自らの研究に活用する者が増加したことを示す。終了後の研究者数 16 名は、この領域のさきがけ研究者が全体で 38 人であることに照らし合わせると 42%にものぼる割合である。

ネットワーク形成については、論文のほかに、さきがけの研究活動で意見交換をすることなどで目に見えない形でも進められている³。

(2) さきがけ期間中と終了後の個人別推移

さきがけ期間中とさきがけ終了後の原著論文数の個人別推移を、図 2-5（第 1 期）、図 2-6（第 2 期）および図 2-7（第 3 期）に示した。さきがけ期間中の 3 年間およびさきがけ終了時から調査時点までの、7.5 年間（第 1 期）、6.5 年間（第 2 期）、5.5 年間（第 3 期）の総論文数で示している。中にはさきがけ期間中に比し、数十倍の論文を公表している研究者も見られた。

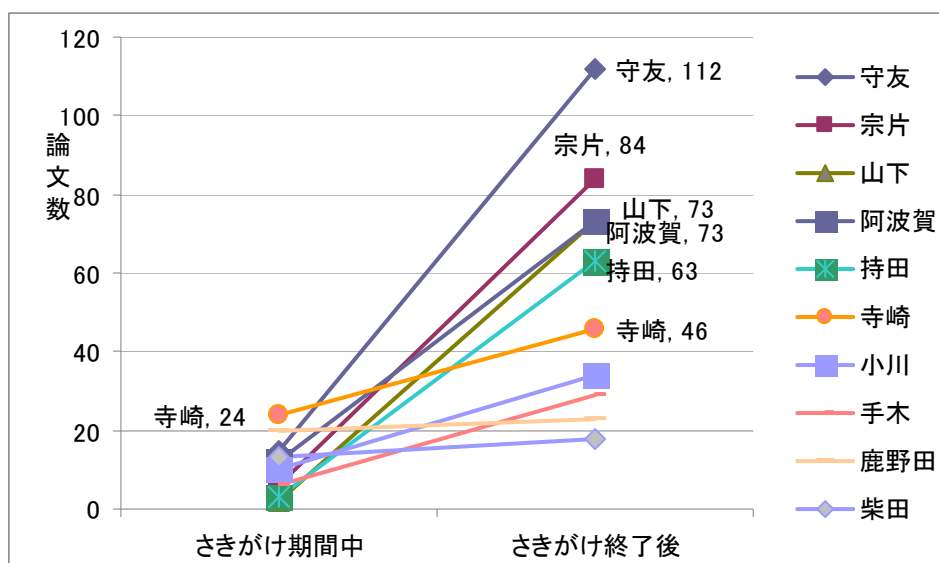


図 2-5 原著論文数の推移（第 1 期）

³ P16. 「(iii) 研究総括・アドバイザーの指導、異分野の研究者との交流」

P31. 「(4) 人材育成の面からの参加研究者の活動状況」

P34 「(4) 人材育成の面からの参加研究者の活動状況」 参照

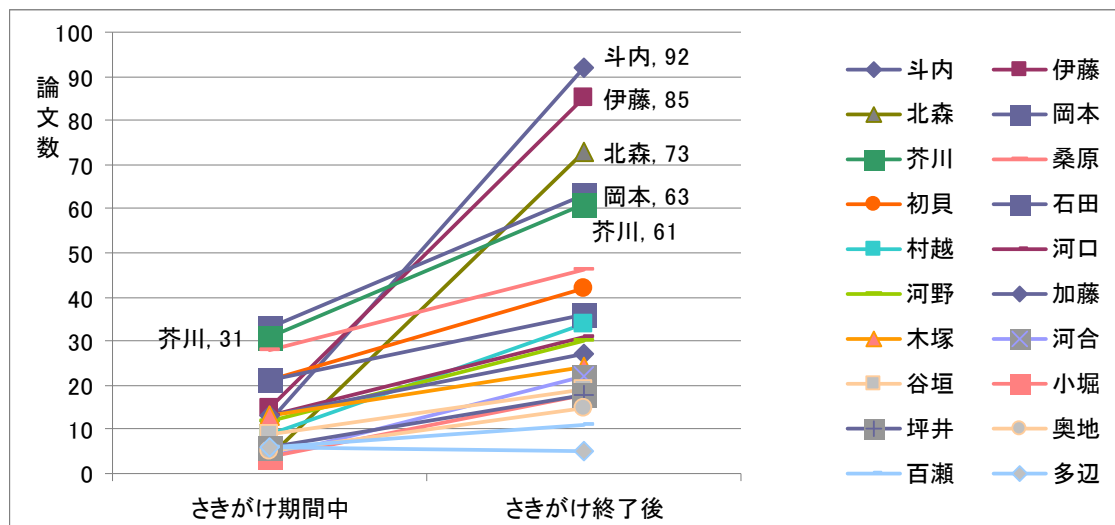


図 2-6 原著論文数の推移（第 2 期）

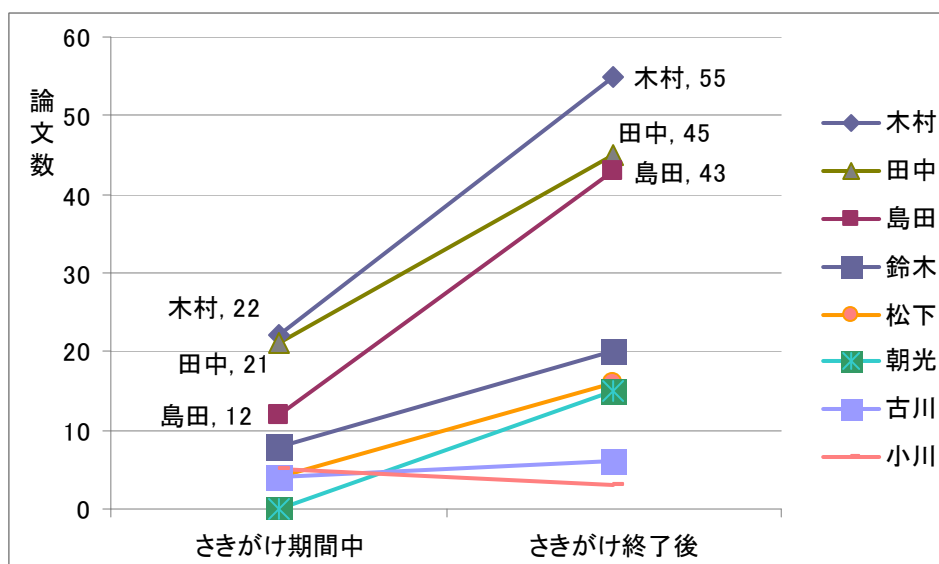


図 2-7 原著論文数の推移（第 3 期）

2-3 特許出願件数の推移

特許出願件数は図 2-8 に示すように大きく増えている。なお、調査時において成立が確認されている特許は、さきがけ終了後に出願されたもので 17 件であった。

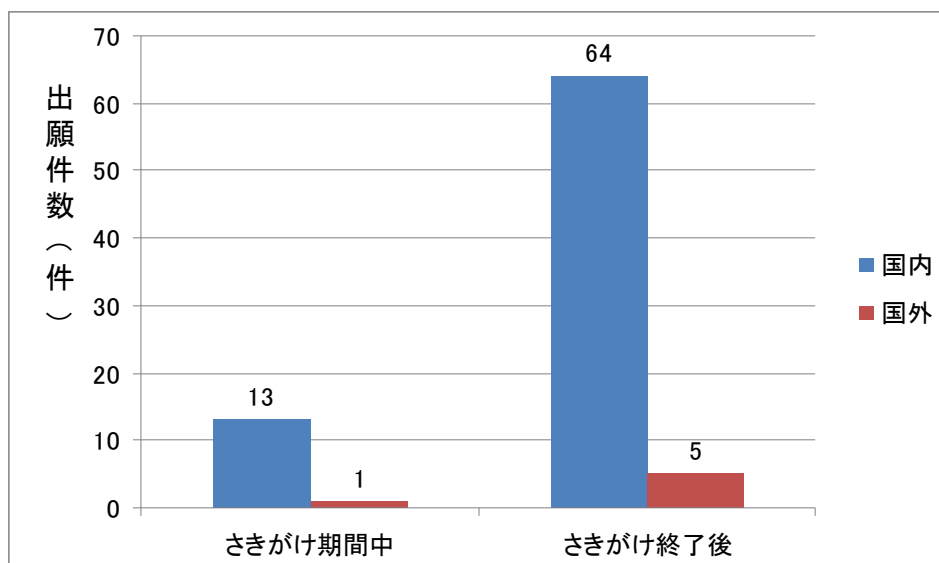


図 2-8 特許出願数の推移

2-4 研究助成金

さきがけ終了後の研究費獲得金額の分布を図 2-9 に示した。研究費の総額が 2 億円以下の研究者は 19 名、2 億円以上の研究者は 9 名であった。2 億円以上の研究助成金を獲得している研究者について、科研費の特定領域研究や JST の CREST、SORST などの大型の研究助成金の獲得実績を図 2-10 に示した。これらより参加研究者は高額の研究助成金を獲得して研究を展開していることが分かる。

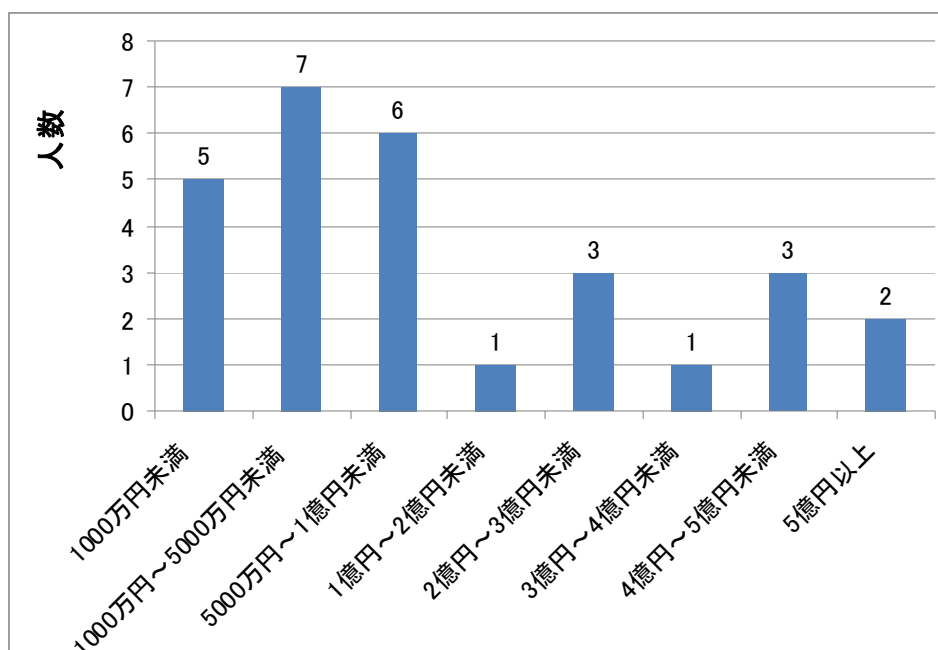


図 2-9 研究助成金獲得額（さきがけ終了後）

図 2-10 さきがけ参加研究者の研究助成金獲得実績 (合計2億円以上の研究者)

研究者	研究費	研究者マ名	年 度	追跡調査・追跡評価	合計 (百万円)
1 小川 哲生	研究費	量子細線レーザーの作製とデバイス特性の解	1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010		250
2 寺崎 一朗	科学技術振興機構CREST さきがけ研究(変換と制御領域) 科学技術振興機構戦略的創造研究 科学技術特定研究(計画研究) 科学技術特定研究(計画研究)	量子細線レーザーの作製とデバイス特性の解 廃熱から電気を作る環境にやさしいセラミックス ナノブロック・インテグレーションによる膜状酸化物質材料の創製 B系高温超伝導体母物質の良質単結晶作製と電荷ダイナミクスの測定 異常磁気伝導を示す量子物質の開発	第1期 80 25 1 68		174
3 守友 浩	科学技術振興機構さきがけ「光と制御」 特定領域研究 科研費 基盤研究S	放射光X線粉末構造解析による光誘起相転移の研究 マンガニ酸化物の電荷整列相に及ぼすBサイト置換効果 放射光粉末構造解析による光励起状態の構造決	第1期 75 2 88		165
4 山下 正廣	科学技術振興機構戦略的研究(CREST) 科研費「学術創成研究」	量子スピン系ナノ分子磁石の創製	第1期 368 305		673
5 岡本 博	特定領域研究(秋光) 特定領域研究(名古屋大:岸田) 産学連携(CREST)	超高速集団光応答により生じる新物質相の創出 次世代半導体デバイスにおける巨大非線形光子管と超高速光ベクトル空間の開拓 電子相関による光と電子の双方向制御の実現	第2期 27 3 31		61
6 奥地 拓生	科学研究費補助金 学術創成研究費	強カハルズ中性子源を活用した超高压物質科学の開拓	第2期 433		433
7 河口 仁司	文部科学省、革新的技術開発研究推進費補助金 科研費(特定領域研究(2)) 科学技術振興機構、戦略的創造研究推進事業(CREST) 経済産業省、NEDO、光産業技術振興協会、フロンティアネットワーク技術の開発事業 科研費(特定領域研究) 総務省、戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)	超高速・高密度波長多量光通信のための光非線形素子に関する研究 半導体光増幅器中の4波混合を用いた波長選択信号再生の研究 シフトレジスタ機能付超高速光メモリの研究 金光/有機発光ダイオードの光電変換特性の向上 金光/有機発光ダイオードを用いた全光型信号処理 偏光双安定面発光半導体レーザーを用いた全光型信号処理 高速光情報処理装置実用化に向けた金光/有機発光ダイオードに関する研究開発	第2期 182 7 225 62 66 45		587
8 斗内 政吉	戦略的情報通信研究開発制度 戦略的創造研究推進事業 振興調査費 科研費・基盤A	電子材料からのテラヘルツ電磁波励起と機能デバイス応用に関する 単一磁束量子テラヘルツ 違法薬物・危険物質の非開波探知装置の開発 テラヘルツエミッジョン顕微鏡の開発とLSI故障解析への応用	第2期 73 52 100 39		264
9 百瀬 孝昌	戦略的創造研究推進事業CREST	分子の電子・振動・回転状態を用いた量子演算基盤技術の開発	第2期 500		500

2-5 受賞

さきがけ期間中とさきがけ終了後の受賞について、表 2-2 と表 2-3 に示した。さきがけ終了後には、日本 IBM 賞、学会、学術誌の賞などの受賞が見られ、研究が高い評価を受けていることが分かった。

表 2-8 さきがけ期間中の受賞リスト

受賞者	賞の名前	受賞年
北森 武彦	日本分析化学会論文賞	1998
北森 武彦	ポーランド化学会賞	2000
木塚 徳志	Sir Martin Wood賞	2000
谷垣 勝巳	2000年大阪科学賞： IV 族クラスタ固体の伝導と磁性	2000
木村 真一	第5回若手奨励賞	2001

表 2-9 さきがけ終了後の受賞リスト

受賞者	賞の名前	受賞年
阿波賀 邦夫	分子科学研究奨励森野基金	2001
J. Inoue, H. Sotobayashi, W. Chujo, and H. Kawaguchi	A Best Paper Award, "80 Gbit/s carrier-suppressed RZ signal transmission over 208 km standard fiber using an optical phase conjugation"に対して	2002
河合 明雄	光化学協会奨励賞	2002
持田 智行	分子科学奨励森野基金	2002
山下 正廣	井上学術賞受賞	2002
阿波賀 邦夫	日本IBM科学賞	2003
鈴木 俊法	Broida Award (International Symposium on Free Radicals)	2003
安坂幸師, Deng Fei, 木塚徳志	2004年ナノ学会第2回講演会若手優秀発表賞「孤立単層カーボンナノチューブの作製と力学特性の解析」	2004
安坂幸師, Deng Fei, 木塚徳志	最優秀ポスター発表賞 日本顕微鏡学会関東支部第28回講演会「バイオ・ナノテクノロジーとそれを支える顕微鏡技術」 「単層カーボンナノチューブのその場引っ張り変形観察」	2004
K. Asaka, F. Deng and T. Kizuka	Int. Metallographic Contest, 3-rd (2004) in Class in Unique, Unusual, and New Techniques in Microscopy “Atomistic Analysis of Preparation, Deformation, Fracture and Joining Single-walled Nanotubes”	2004
小川 哲生	丸文研究奨励賞	2004
河合 明雄	電子スピンスイエンズ学会奨励賞	2004
Tokushi Kizuka and Yasuhiro Takatani	Int. Metallographic Contest, 2-nd (2004) in Class in Electron Microscopy-Transmission and Analytical “Images of Silicon Wires of Nanometer Width”	2004
木塚徳志, 安坂幸師, 高谷恭弘	2004年日本金属学会組織写真賞（学術部門，1位）「ナノホール制限成長法によるシリコンナノワイヤー作製」	2004
小林 猛、斗内 政吉	第26回応用物理学会論文賞（解説論文賞）	2004

持田 智行	分子構造総合討論会奨励賞	2004
木塚 徳志	科学技術映像祭 総理大臣賞 未来を創る科学者達2004 アトムファクトリー 原子の世界からのライブ中継	2005
山下 正廣	日本化学会学術賞受賞	2005
伊藤 公平	日本IBM科学賞	2006
奥地 拓生	Gordon Research Conference 2006 "High Pressure, Research At" Best Poster Award	2006
河口 仁司	フェロー、「半導体光非線形機能デバイスに関する先駆的研究」に対して	2006
松田知子, 安坂幸師, 木塚徳志	日本金属学会ポスター賞「その場電子顕微鏡法によるPdナノメートル接点のすべり過程の解析」	2006
山下 将嗣, 二川清, 斗内 政吉, 大谷 知行, 川瀬晃道	レーザー学会業績賞・論文賞(オリジナル部門)	2006
鈴木 俊法	第二十回日本IBM科学賞	2006
木塚 徳志	日本金属学会功績賞「金属変形の原子ダイナミックス研究」	2007
安坂 幸師, 加藤良栄, 宮澤薫一, 木塚徳志	2007年日本金属学会組織写真賞(学術部門, 1位)「カーボンナノカプセルの靱性」	2007
岡本 博	第二十四回井上学術賞	2008

2-6 さきがけ研究制度に対する意見

(1) 満足度調査

アンケート調査の回答者の満足度を、図 2-11 に示した。回答者 27 名の全てがさきがけ研究制度に満足あるいは非常に満足すると回答している。

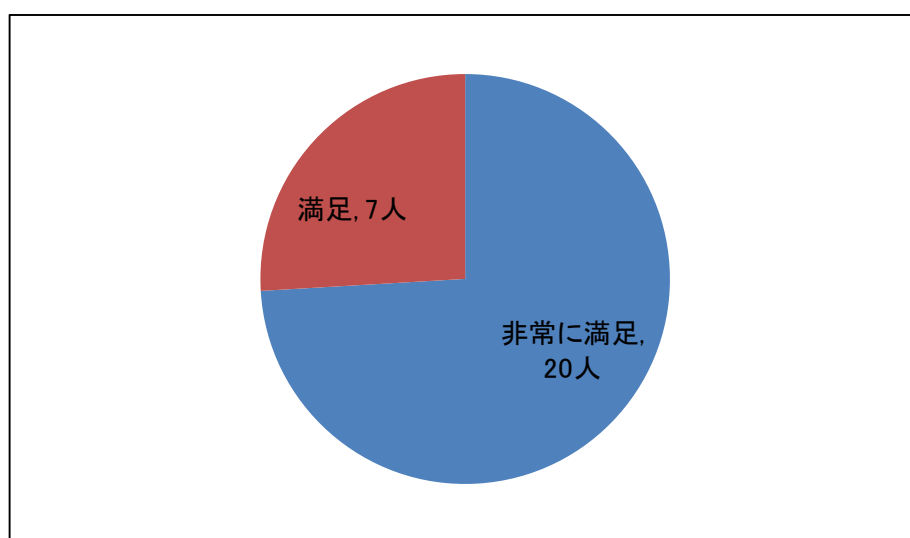


図 2-11 さきがけ研究制度評価

(2) 自由記述の意見

さきがけ研究制度に対する自由記述をもとに、(i) 若手研究者に対する支援、(ii) 研究の自由度、(iii) アドバイザーの指導、異分野の研究者との交流、(iv) その他について内容を整理した。

(i) 若手研究者に対する支援

- ・ 一定のまとまった額の研究費を個人研究という形で与えてもらう事ができ、名実ともに独立した形での自分自身の研究を本格的にスタートできる。若手にチャンスを与えるという意味で非常に良い制度である。
- ・ まだ成果のない時点で、研究者の意欲とテーマの魅力だけで採用している。研究室の立ち上げの時期に、急速に世界と戦える環境を与えられた。それ以後の研究活動に対し、推し量れないほどのインパクトがある。
- ・ さきがけ研究制度は、研究成果にではなく若手研究者それ自身への投資を目的としたシステムとして十分に機能しており、欧米のシステムを見てもこれに匹敵するものはなく非常にユニークである。
- ・ わが国における若手の自立した研究者の支援、特に将来的な研究の芽を作る上で、非常に優れた支援制度である。関係者の見識により、期間内の性急な成果主義に走らず、

期間終了後の展開まで見据えた長期的な視点から若手研究者を選考・支援している。

(ii) 研究の自由度

- ・ 十分な研究費を貰い、自由に研究することができる。
- ・ 当時は、講座制が厳しい大学が多かったが、さきがけ研究を行っている研究者は、そういった中でも独立した研究が出来ていた。
- ・ 目先の成果にそれほどとらわれることなく、自由に研究を進めることができる。研究の進行によって、目標や研究内容に修正を加えながら研究を進めることができる。
- ・ トップダウンの特定のテーマに関する成果を求めないところが学術研究の本来の姿に沿っている。
- ・ 実用化に即結しない萌芽的な研究に対して十分な研究資金を得ることは困難であるが、さきがけ研究では、新しい現象を高度な装置を使って追跡する研究を自由に続けることができる。

(iii) 研究総括・アドバイザーの指導、異分野の研究者との交流

- ・ 研究費だけでなく、年 2 回の領域会議は非常に啓発的で、他の優秀な研究者との意見交換は、研究に対する励みになる。そこで知り合った何人かの研究者とは交流が続く。
- ・ 様々な分野の第一線の研究者が集まっていたため、多くの刺激、アイデア、人脈に恵まれる。さきがけの研究グループで知り合った仲間とは、その後さまざまな共同研究を行っている。
- ・ 国府田総括は、先の読める研究よりも大いに挑戦しブレイクスルーを為すような意欲的な研究を推奨した。さきがけ研究の精神を大いに研究者に奨励した。
- ・ さきがけ研究は、高い見識の総括と領域アドバイザーの協力があれば、類を見ない成功を収める。総括が、アウトプットの量に拘らない、挑戦的な研究を奨励することが大事である。

(iv) その他

- ・ 必ずしも期間中に研究が完結するばかりではないので、期間終了後しばらく経ってからの特許出願などに関わるサポートがあるとより発展的である。
- ・ JST プログラムの採択は、多くが有名大学の研究者だが、研究環境の良くない研究者に大きな課題実施の機会を与えることは、研究終了後にわたって、予想外の効果をもたらす場合がある。
- ・ 最近では領域事務所がなくなり、科研費若手研究との差も明らかでなく極めて残念である。
- ・ 現在は、応用研究に主眼が置かれているように見受けられる。
- ・ さきがけは非常にすばらしい制度であるが、枠（領域）に当たらないと参加（申請）

できない。

2-7 参加研究者の研究成果の発展状況

アンケート調査において、さきがけ研究が終了した時点以降の研究課題と研究成果についての記述を求めた。この節においては、その記述の抜粋を記した。

I-1 阿波賀 邦夫

未回答

I-2 小川 哲生

さきがけ研究の期間中は、主として「光誘起構造相転移」の理論的研究に従事したが、さきがけ研究が終了した以降は、構造相転移だけでなく、「光誘起電子相転移」に関する分野にも研究範囲を広げている。

I-3 鹿野田 一司

未回答

I-4 柴田 穰

光合成系で、光を集める役割をするアンテナと呼ばれる分子複合体がある。クロロソームという光合成系アンテナの1種について、1つの分子の蛍光スペクトルを測定した。クロロソームは、色素の巨大な会合体がミセル状に脂質膜に覆われた構造をしているが、内部の色素会合体の詳細な構造は分かっていない。1つのクロロソームからの蛍光スペクトルの偏光異方性を測定することで、クロロソーム内部の遷移双極子分布を明らかにした。そこから、クロロソームの色素会合体構造について、これまでになく知見を得た。

I-5 手木 芳男

最近の主要な成果としては、アントラセンを励起状態スピンカップラーとして用い、2つのラジカルを交換相互作用が異符号となる位置に付けることにより、4つの不対電子から形成される特異な最低励起三重項状態とそれに極近接した五重項状態の検出に成功した。また、励起状態でのエネルギー移動や電子移動とスピン整列がカップルした系を研究する過程で、「さきがけ研究」で見出した励起高スピン状態をとる分子に光合成活性中心の励起三重項状態で見られるのと類似のイオンペア状態を経由した特異な分極を、光励起四重項状態において初めて検出することにも成功した。この分子で見られた特異な動的スピン分極のパターンは、アントラセン部位からアクセプター部位への光誘起電子移動により形成されるイオン対状態からの分子内電荷再結合過程により誘起された動的スピン分極形成機構により説明する事ができた。これらの成果は、内外の研究者に大きなインパクトを与え、

我々の提唱した概念と分子をモデル計算した研究や、光機能分子素子への発展を目指した理論研究が相次いで発表されている。また、*Angew. Chem.* の *Review* においても 1 頁以上にわたって紹介された。

I-6 寺崎 一郎

- ・ 4d, 5d 系酸化物による熱電変換材料の設計と合成
Pd, Ru, Rh, Ir 酸化物の新物質を開発、その熱電物性を 3d 系と比較した。
- ・ 電荷秩序を示す有機導体の巨大非線形伝導
低温で電荷秩序が形成されるために上昇する抵抗を、電流印加によって電荷秩序を融解させることで制御。抵抗率がわずかな電流で 1000 倍変化する現象を発見。
- ・ 室温で強磁性を示す層状コバルト酸化物の発見
転移温度が 340K になる層状コバルト酸化物の強磁性体を発見。この系は転移温度が高いだけでなく様々な異常な物性を示す。

I-7 宗片 比呂夫

未回答

I-8 持田 智行

- ・ 錯体超分子集合体の構築と機能性に関する研究（現在）
フェロセン系有機金属錯体を用いた超分子結晶、イオン液体、微粒子の合成と電子物性に関する研究を行っている。
- ・ 有機金属系電荷移動錯体の合成と電子物性に関する研究
フェロセン、ビフェロセン類を用いた電荷移動錯体の合成と物性評価を行った。価数転移や高温スピンパイエルズ転移など、特徴ある電子相転移を多数見出した。特に、分子結晶において「イオン性(I)ーイオン性(II)相転移」という新しい相転移を実現した点は特筆される。
- ・ 有機金属系超分子錯体の構築に関する研究
酸化還元能や光学活性など特徴ある付加機能を持つ架橋配位子をデザインし、それらの金属錯体を合成した。次元性・トポロジーに富んだ集積型錯体を構築した。

I-9 守友 浩

本研究では二重交換系マンガן酸化物を対象にして、光励起された伝導担体を媒介にした光によるスピン系の制御の可能性を探索した。これらの化合物は、化学的な元素置換により系に伝導担体を導入すると常磁性絶縁体から強磁性金属へ転移する。これは、伝導担体が局在スピン系と相互作用しながら動きまわることにより、強磁性的相互作用(二重交換相互作用)が誘起されるためである。そこで、強いパルス光照射により系に伝導担体を注入

し、強磁性の発現等の磁性の制御を目指した。

この3年間の研究により、研究計画に打ち出したほぼ全ての項目の研究を行うことができ、十分な研究成果が得られた。特に、マンガン酸化物膜の抵抗率の光制御では、変化率が70%と大きいため、光センサー等に使用できる可能性がある。

I-10 山下 正廣

- 1) 新しい単一次元鎖量子磁石の創製
- 2) 伝導性分子性量子磁石の創製
- 3) 光スイッチング機能をもつ分子性量子磁石の創製
- 4) 単分子量子磁石と古典磁石の狭間における新規現象の発見

II-1 芥川 智行

- ・ 超分子ローター構造の設計に関する研究

固体中で分子回転が可能な分子ローター構造と磁性のハイブリッド材料の開発を行い、新規な分子性強誘電体の開発などの開発を行っている。研究成果は、JACS 誌に掲載され、Chem. Asian. J 誌の中表紙を飾った。

- ・ 分子集合体ナノ構造の設計とデバイス化に関する研究

電子活性なナノワイヤやナノドットの設計と電気物性評価に関する研究。初期の研究成果は、PNAS 誌に掲載され、また Angew. Chem. Int. Ed 誌の VIP 論文として掲載された。

- ・ 分子性強誘電体に関する研究

水素結合や分子ローター構造を利用した有機強誘電体の開発に関する研究。その研究成果は、JACS 誌に掲載され、今後の発展が期待できる研究テーマである。

- ・ ポリオキシメタレートクラスターの材料化に関する研究

2004 年より開始したイギリス・グラスゴー大学との共同研究で、巨大ポリオキサメタレートクラスターの薄膜化による材料作製に関する研究テーマである。その成果は、Inorg. Chem および Langmuir 誌に掲載された。

II-2 石田 敬雄

さきがけ研究終了後もこれまで培ってきた有機分子自己組織化膜作製・評価技術を利用して、有機分子素子を目指した基礎研究を行った。まず分子膜の基礎的な電気特性の評価を導電性カンチレバーを使った原子間力顕微鏡や走査型トンネル顕微鏡で評価し、共役系単分子膜の電気特性評価を世界に先駆けて行った。またその展開として可動分子を利用した単一分子機械の動作機構解明や分子センサーへの応用研究も行った。また金上の有機硫黄化合物自己組織化膜を利用した分子トランジスタ作製へ展開した。一方、自己組織化膜の別の応用方向として MEMS などへの潤滑剤への適用が考えられる。そこで自己組織化単分子膜の摩擦特性を通常のトライボテスターで測定し、単分子膜に10時間以上の耐久性があ

ることや、多層化による摩擦係数の低減などを実証した。現在トライボロジー研究に関しては京都大学との共同でシリコン基板上の自己組織化膜にも展開を広げている。また単分子膜の耐久性の向上についても用いる分子種の変更により熱的安定性や紫外光安定性の向上に成功した。また東北大学との共同で中性ビームへの自己組織化膜上のダメージを最小にした単一原子の化学変化（分子膜への化学修飾）に成功するなどの成果も上げた。またさきがけ研究以後科学技術振興調整費若手任期付支援、科学研究費補助金若手A等に代表者として採択されている。また NEDO ナノ機能合成プロジェクトにも参加した。業績においても 20 件以上の招待・依頼講演を行うなどの高い評価を得ている。また、これまでの研究論文についても自己組織化膜に関しては 100 報以上引用されているものもあり、世界的にも認識されている。またこの研究を通じて、外部機関との多数の共同研究（東北大学、中央大学、京都大学の他、いくつかの企業など）を行った。ポスドクや大学院学生、韓国からのウインターインスチュート生の受け入れなども積極的に行い、人材育成の実績も上げてきた。

II-3 伊藤 公平

(i) 研究課題と研究成果

さきがけ研究において半導体同位体のナノテクノロジーの構築と基礎物性の探索ができたので、そこで開発された同位体ナノテクノロジーや新しい同位体効果を利用して、日本発としては極めて珍しい世界に認められたシリコン量子コンピュータの構想を発表した。当該構想はさきがけ研究の最終段階で思考実験として練られたものであり、その実験室における研究をさきがけ最終年度に当時の戦略的基礎研究事業（CREST）に研究代表者として提案して採択された。H13-18 は CREST 研究を遂行し、量子物理学・半導体工学・表面物理・情報科学といった多岐にわたる分野で多くの学術論文を発表し、多くの招待講演を行った。特に重要なのは半導体物理の最高峰とされる半導体物理の国際会議（International Conference on Physics of Semiconductors）における基調講演で、H18 年にはエレクトロニクス分野において日本 IBM 科学賞を受賞した。CREST 研究の後半には、量子コンピュータ用に開発されたシリコン同位体ナノ構造が、次世代半導体プロセス・デバイスシミュレータ（通称 TCAD）に不可欠な物理パラメータを抽出するために最適な試料であることが明らかにあり、H18 後半に TCAD を開発する（株）半導体先端テクノロジーズ半導体と共同で JST 産学共同シーズイノベーション事業を開始した。シリコン量子コンピュータ研究は科研費特別推進研究の一部として続行しており、最新の成果は電子素子分野の最高峰、電子素子国際会議（International Electron Device Meeting）における招待講演で発表される。

(ii) 応用・実用化や社会的価値の創出につながる取り組み

上述の TCAD 開発は日本半導体産業の発展の鍵を握る技術で、その商品開発に、さきがけ、CREST、産学共同シーズイノベーション事業という JST 研究の成果が直接結びついている。

また、現在は文科省や経産省といった関係省庁が電子素子およびナノテクノロジー関連施策の設定時に頻繁に照会をする International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) の長期的な視点を執筆する重職を米国 Intel、SRC、HP などの依頼で務めており、すなわち、電子素子やナノテクの社会的な価値に対する指針を世界的な観点から考察している。基礎研究が生み出す社会的意義と経済効果を常に考えている。

II-4 岡本 博

(i) 研究課題と研究成果

- ・ 低次元モット絶縁体の非線形光学効果

低次元モット絶縁体の三次非線形光学応答の系統的測定を進め、三次非線形感受率の次元依存性、物理パラメータ依存性を詳細に調べた。結果をもとに、三次非線形感受率が増大する機構を解明した。さらに、モット絶縁体の中で最も大きな三次非線形感受率を有する臭素架橋ニッケル錯体の良質な光学薄膜の作製に成功し、テラヘルツ領域の光スイッチング動作を実証した。

- ・ 超高速光誘起絶縁体―金属転移

ハロゲン架橋ニッケル錯体やマンガン酸化物等のモット絶縁体において、100 フェムト秒のレーザーパルスで光励起を行うと、電子秩序の融解を通して瞬時に絶縁体―金属転移が生じ、光誘起金属状態が数ピコ秒で元の絶縁体状態に回復することを見出した。

- ・ 超高速磁化制御

強磁性体やフェリ磁性体である遷移金属酸化物およびハロゲン化物にフェムト秒パルスを照射すると、10 ピコ秒の時間スケールで磁化の減少や磁化の増加が生じること、その時定数の逆数（変化速度）がスピン軌道相互作用でスケールされることを見出した。また、軌道秩序を有するバナジウム酸化物にフェムト秒パルスを照射すると、数ピコ秒で軌道秩序が融解することを見出した。

- ・ 分子性半導体の超高速相制御

電子供与性を持つ分子と電子受容性を持つ分子からなる電荷移動錯体と呼ばれる分子化合物において、その光誘起中性イオン性転移のダイナミクスを詳細に調べた。分子価数の変化と分子変位の変化をエネルギーおよび時間領域で分離して検出することによって光誘起相転移の機構を解明した。また、光誘起相転移に伴って生じるコヒーレントな分子価数の振動を、複数のパルス列によって増幅し、相転移ダイナミクスを制御することにも成功した。その他、ET-F2TCNQ における光誘起絶縁体―金属転移、K-TCNQ における光誘起スピンパイエルス相融解など、多数の新規超高速光誘起相転移現象を見出した。

- ・ カーボンナノチューブの非線形光学応答

半導体カーボンナノチューブにおいて、光シュタルク効果を見出した。この効果によって、励起子吸収帯近傍で大きなコヒーレント非線形光学応答が現れることを示した。

II-5 奥地 拓生

未回答

II-6 加藤 昌子

(i) 研究課題と研究成果

さきがけ研究で得られた成果を土台として、種々の発光性金属錯体の構築、開発研究を展開している。折から、次世代型の薄型ディスプレイとして有機エレクトロルミネッセンス (EL) 素子の開発が世界的に活発になり、高効率発光材料として、りん光性の金属錯体が注目され、材料としても大いに注目されるようになった。本研究者も企業とも共同研究を行いながら、新しい発光性金属錯体の開発を行っている。本研究の発展として開発した白金複核錯体も EL 素子化に成功し、特許を取得している。また、本研究で見出した発光性白金複核錯体のベイボクロミズムについては、その後いくつかの科学研究費補助金の研究課題として、構造化学的な観点からの機構解明を行った。従来ほとんど知られていなかった現象であるベイボクロミズム (気体分子が誘起する色変化) の例を蓄積することにより、関連分野で認知されるようになった。また、配列制御置換基や分子間相互作用により構造制御ができる置換基等を導入した関連錯体の開発を行って、より優れたセンシング機能や光触媒能を引き出すことに成功している。

II-7 河合 明雄

(i) 研究課題と研究成果

- ・ 常磁性のラジカル分子の分子線生成とレーザー分光

さきがけで製作したラジカルの質量選別のための分子線装置では、適用するラジカルの効率的かつ種選択的な検出をレーザーで行う。このために必要なレーザー分光情報を様々なラジカルに対して収集している。主に比較的安定な有機ラジカルを中心に行っているが、今後は、大気環境を支配する重要な不安定ラジカル種を中心に行う予定である。

- ・ 分子の動的な電子スピン偏極発生

外部磁場と分子間相互作用の組み合わせを利用した電子スピン偏極発生およびその光化学反応観測への応用を行っている。光励起された分子が常磁性分子と衝突する際、外部磁場および微細相互作用が常磁性分子の電子スピン分布を非熱平衡状態に導く現象を様々な分子に対して検討した。いくつかの系では電荷移動相互作用が大きく関わることを示した。特に、活性酸素の一種である一重項酸素の場合、大きなスピン偏極が得られることがわかり、これを利用した ESR による一重項酸素寿命測定を実践し、また分子線での質量選別の可能性を検討している。

(ii) 応用・実用化や社会的価値の創出につながる取り組み

社会での実用化にはいたっていない。さきがけ研究に関わったスピンの偏極については、

現在行っている古河電気工業との共同研究に関連しており、企業の生産で使われる素材の評価法への応用を模索している。

II-8 河口 仁司

(i) 研究課題と研究成果

さがけ研究の発展として、平成 14 年 11 月～平成 20 年 3 月まで独立行政法人科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業（CREST）で「シフトレジスタ機能付超高速光メモリの創製」に関する研究を実施している。その主要な研究成果は以下のとおりである。

- ・ 980 nm VCSEL が自作できるようになり、この素子で偏光双安定性が実現できたこと。
- ・ ここ数年前まで、一般には VCSEL の偏光スイッチ特性、又は、偏光双安定スイッチ特性は、素子構造や作製プロセス、マウントなどに依存し、制御が困難な特性と考えられていた。他の研究所で作製された VCSEL と、我々が作製した VCSEL とでは、その構造や作製プロセス、マウントなどが大きく異なるにもかかわらず、両方で全く同様の偏光双安定性が得られたことから、極めて一般性のある現象であることを示した。この結果は我々の行った理論解析でも裏付けられている。
- ・ 全光型フリップ・フロップ動作で世界最小のスイッチングパワー（0.2～0.3 fJ）、世界最高速（10 GHz）を実現した。
- ・ 10 Gbit/s RZ 信号の光バッファ動作を世界で初めて実現した。
- ・ シフトレジスタ機能を実現した。
- ・ 1.55 μm 帯 VCSEL による偏光双安定を実現した。

光通信波長帯で偏光双安定を実現したことにより、光通信への応用が進むものと期待される。

(ii) 応用・実用化や社会的価値の創出につながる取り組み

平成 19 年度から、さがけ研究および CREST 研究の成果を、より実用に近くするため、総務省、戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）により、「長波長偏光双安定面発光半導体レーザを用いた全光パケットスイッチノードに関する研究開発」（平成 19 年度～平成 21 年度）を行っている。この研究の目的は以下のとおりである。

本研究では、光通信波長帯である 1.55 μm 帯で光バッファメモリを実現する。具体的には、面発光半導体レーザの光導波路の断面形状を正方形にすることにより直交する発振偏光間に双安定性をもつ、長波長帯（1.55 μm 帯）面発光半導体レーザを実現するとともに、光信号を電気信号に変換することなく、時系列の光信号を偏光双安定面発光半導体レーザアレイの各レーザに偏光情報として 1 ビットずつ記録し、必要なタイミングにあわせ時系列信号として記録信号を読み出すことができる光バッファメモリの実現を目指す。

本研究期間の終了時である平成 21 年度末までに、1.55 μm 帯 2 次元アレイ偏光双安定面発光半導体レーザを作製し、光バッファメモリ動作を実現する。又、2 次元アレイ内で信

号を一括して転送できるシフトレジスタ機能を実現する。メモリの大きさは 2 ビット並列×シフトレジスタ機能の 4 ビットを目指す。さらに多ビット化への見通しを得るため、2 次元空間並列のバッファメモリモジュールのプロトタイプを作製する。

II-9 北森 武彦

マイクロ・ナノ化学システムを研究課題にして研究をすすめている。数十～数百ナノメートルの空間（拡張ナノ空間と名づけた）での水の挙動を調べるなど、新しい研究に取り組んでいる。

II-10 木塚 徳志

- ・ 原子直視法によるナノコンタクトの光機能探索

さきがけ状態と変革で開発したその場透過型電子顕微鏡にさらに光物性研究の実験法を複合した。これにより、ナノ粒子の個別分光が原子直視観察と同時に可能になった。

- ・ 半導体ナノ構造の物性

さきがけで開発した手法を利用し、半導体ナノ構造の物性を解明した。

II-11 桑原 英樹

未回答

II-12 河野 淳一郎

未回答

II-13 小堀 康博

機能性分子における電子伝達機能を時間分解磁気共鳴法で解析した。長距離電荷分離状態の交換相互作用機構の解明を行うとともに、人工光合成系やタンパク質複合体における光誘起プロトン共役電子移動系などで、短寿命電荷分離状態における立体構造や分子運動および電子的相互作用の定量化を行うことに成功し、他の手法では得られない反応初期のタンパク質特定領域の立体構造や分子運動を特徴付けた。現在ではタンパク質や酵素の反応初期段階で、タンパク質におけるどの部位がラジカル状態となり、その中間体がどのような立体構造変化を受けて酵素活性に寄与するのか、酵素反応の初期過程のメカニズムと分子機能の詳細を時間分解 ESR 法や光検出磁気共鳴法で解明している。タンパク質活性領域におけるアミノ酸残基ラジカルの立体構造を室温で決定し、酵素活性に直接係わるラジカルおよびラジカル対の立体構造とその構造変化および電子的相互作用から、酵素反応におけるタンパク質の分子機能を分子論的に明らかにする。タンパク質立体構造やヘムポケット内の電子伝達機能の詳細を明らかにしている。

II-14 谷垣 勝己

未回答

II-15 多辺 由佳

未回答

II-16 坪井 泰之

未回答

II-17 斗内 政吉

(i) 研究課題と研究成果

- ・ 課題 1 高温超電導体およびその他強相関係酸化物薄膜における光テラヘルツ波機能の創成。超伝導から、マンガン酸化物・マルチフェロイック薄膜の物性研究に展開し、テラヘルツ放射が様々な物性を反映することや新たな光機能を見出すなど、世界的にもユニークな研究を展開してきた。強相関物質のテラヘルツ物性研究では世界をリードしている。多くの国際会議招待講演を依頼されている。
- ・ 課題 2 超伝導フォトニックデバイスへの展開。高温超電導体の光応答機能を SFQ 回路の光インターフェイス・光演算回路を開発するなど、世界でも唯一の研究テーマ取り組んでおり、世界に先駆けた研究成果を上げている。
- ・ 課題 3 さきがけ研究で構築したテラヘルツ波発生観測システムを展開し、独自の時間領域分光装置ならびにテラヘルツ波放射顕微鏡を開発するなど、大きな成果を上げており、国際会議での多くの招待講演を依頼されている。

(ii) 応用・実用化や社会的価値の創出につながる取り組み

現在、テラヘルツ波放射顕微鏡を応用した LSI 不良個所特定装置の開発に取り組んでおり、関係者から大きな期待が寄せられている。また、 $1.5\mu\text{m}$ 帯フェムト秒ファイバーレーザーを用いたテラヘルツ波時間領域分光法は、独自の開発であり、技術移転により今年度中に民間企業から販売が開始されるに至った。また、テラヘルツ電磁波・テラヘルツフォトニクス・テラヘルツエレクトロニクスを包括的にまとめことで、テラヘルツ分野の重要性を社会に説明・啓蒙し、新しい分野としての構築に尽力した。その成果は世界的にも大きな評価を得ている。

II-18 初貝 安弘

(i) 研究課題と研究成果

さきがけ研究の直接の延長として「トポロジカル秩序」「量子秩序」等とよばれる量子液体相、スピン液体相における新しい秩序に関して独創的な手法を提案し、関連の研究を現

在活発におこない、その成果を現在活発に公表中である。

(ii) 応用・実用化や社会的価値の創出につながる取り組み

近年多くの注目を集めている単層炭素 2 次元系の発見の以下の論文

Novoselov-Geim et al. Nature 438, 197 (2005)

の理論的基礎として私の理論的な論文が文献 27 として引用され、物質中でのいわゆる Dirac Fermion に関するさきがけ的研究であったともいえるかと思う。

II-19 村越 敬

未回答

II-20 百瀬 孝昌

(i) 研究課題と研究成果

先駆け終了以降は主として以下の 5 つのテーマについて取り組んでいる。これらはすべて、超低温分子の関与する新しい物理と化学に関する研究であり、全てが「さきがけ研究」で取り組んだ「超低温分子の分光研究」の発展であるといえることができる。これまでの主な成果の概略を以下に示す。

・ 固体水素、超流動ヘリウム液滴などの量子凝縮相中の分子の超高分解能分光

成果：これは「さきがけ研究」の直接的発展研究である。固体水素場を用いて低温分子固有の化学反応を解明した。特にトンネル化学反応速度の直接観測、化学反応における核スピン保存則の検証など、他の手法では得ることのできない低温分子の化学的性質の解明に貢献した。また固体水素の超高分解能性を利用した中赤外高輝度ラマンシフターの開発にも成功し、中赤外領域の分光の発展に貢献した。一方、超流動ヘリウム液滴分光法を用いることで、水素分子の極低温状態における新しい相であるボーズ・アインシュタイン凝縮状態の生成及び観測をめざしている。現在 0.4K の水素クラスターが液体的性質を示すことを見出し、現在これがボーズ・アインシュタイン凝縮状態かどうかの検証を行っている。

・ 星間空間に存在する様々な分子の観測と星間化学の解明

成果：星間空間は 10K 程度の低温空間であることから、そこでの化学反応の解明も低温化学反応研究の一つの重要な課題である。星間に広く分布する C₃H₂ という分子の核スピン状態比が星雲の化学進化度と密接な相関を持つことを明らかにした。この成果を用いることで、さまざまな星雲の化学進化を明らかにすることができ、そこから星間化学の新しい情報が得られると期待されている。現在は、星間化学で重要となる水素陽イオンクラスター (H₃⁺) (H₂)_n の検出を目指している。

・ 超低温分子生成法の開発

成果：2 年前から新たに取り組み始めたテーマである。気相の分子を空間的に捕捉す

るための技術を開発している。現在 10mK 程度の並進温度を持つ分子ビームの発生に成功した。これは世界的に見ても現段階のほぼ最先端の温度である。また、10mK の分子を光を使ってさらに冷却捕捉する新しい手法を考案し、現在実際にその装置を組み立てているところである。

- ・ 化学反応のコヒーレントコントロール

成果：2 年前から新たに取り組み始めたテーマである。化学反応のコヒーレントコントロールに必要な位相安定化した赤外レーザー装置の開発に着手し、現在 1kHz のオーダーで周波数を安定化できるところまで達成した。さらに安定化することで、赤外光の光位相ロックを世界に先駆けて達成することを目指している。

- ・ 分子の振動回転状態を用いた分子量子コンピューターの実現に向けた基礎研究

成果：3 年前から現在新たに取り組み始めたテーマである。分子量子コンピューターの実現に不可欠な量子もつれ状態を生成するための、波形整形した中赤外極短パルスレーザー光の発生装置を開発した。一方、簡単な 2 原子分子の振動回転波束の計算から、実際に実験で得られる光を使って、振動回転状態を用いた量子演算が高いフィデリティで得られることを示した。現在、実際の分子の振動回転状態の量子もつれ状態の生成及び観測に取り組んでいるところである。

(ii) 応用・実用化や社会的価値の創出につながる取り組み

上記のうち固体水素を用いた中赤外高輝度ラマンシフターは、いくつかのグループですでに使用されている。

III-1 朝光 敦

異常ホール効果や異常ネルンスト効果における量子位相（ベリー位相）の効果の実験的研究を行った。具体的には、様々な強磁性金属に対して、異常ホール効果と異常ネルンスト効果を測定し、その全体像を明らかにした。異常 Hall 効果の起源については従来より、不純物による skew 散乱や side-jump 散乱などの、いわゆる “extrinsic” な効果として理解されてきたが、最近になって、量子ホール効果に見られるような Hall 電流の非散逸性やそのトポロジカルな起源 (“intrinsic” な起源) が強磁性金属の異常ホール効果を理解する上でも重要であることが徐々に明らかになってきた。この intrinsic な効果は理論的に、Hall 伝導率 σ_{xy} が Bloch 波動関数の接続から作ったゲージ場フラックス (Berry 曲率、“電子が感じる仮想磁場”) の積分で表されることになり、バンド分散の詳細によって、特にバンド反発交差点付近に特異的なゲージ場分布が現れ、その位置・分布によって異常ホール効果が決定されるとするシナリオである。

Ⅲ-2 小川 晋

(i) 研究課題と研究成果

さきがけ研究においては、金属多層膜中に生じる特殊な電子状態の超高速ダイナミクスを調べる研究を行ったが、その後、さきがけ研究で培った磁性多層膜作製技術を基に金属磁性多層膜中の磁化を局所電場により制御しようとする課題や、ナノ領域の磁化を高感度で検出するスピントロニクス関連の研究課題に取り組んでいる。

(ii) 応用・実用化や社会的価値の創出につながる取り組み

上述の研究課題は、次世代のハードディスクにおける書き込み、読み取り技術、不揮発メモリ技術につながる取り組みである。

Ⅲ-3 古川 はづき

研究課題は、「新奇超伝導体の磁性と超伝導の関係に関する研究」で、さきがけ研究時代の研究内容を継承しつつ、新しい課題にも挑戦している。最近の成果としては、新規重い電子系超伝導体 CeCoIn_5 の磁性と超伝導の関連性に関する研究が上げられる。 CeCoIn_5 は関連物質と比較して 10 倍以上も高い超伝導転移温度をもち、かつ、極低温・強磁場下で FFL0 相とよばれる特異な磁束状態の存在が示唆されたことから、近年非常に注目される超伝導体の一つである。さらに CeCoIn_5 は次期転移を示さないが、反強磁性相に隣接することから、その超伝導発現機構には反強磁性揺らぎが関係していると考えられている。我々は最近、 $\text{Ce}(\text{Rh}, \text{Co})\text{In}_5$ 系の中性子散乱実験を行ない、この系の磁気秩序と超伝導の関係を調べた、その結果、超伝導発現に関わるフェルミ面を特定することに成功した。重い電子系超伝導体で超伝導の発現に寄与するフェルミ面が特定されたのは、これが初めての例となった。

S.Ohira-Kawamura, H.Shishido, A.Yoshida, R.Okazaki, H.Kawano-Furukawa, T. Shibauchi, H.Harima and Y.Matsuda, Competition between unconventional superconductivity and incommensurate antiferromagnetic order in $\text{CeRh}_{1-x}\text{Co}_x\text{In}_5$, Phys. Rev. B76, 132507 (2007)

Ⅲ-4 木村 真一

さきがけ研究での目標の 1 つである二次元有機伝導体の低温磁場下での赤外イメージング測定に成功し、超伝導・絶縁体転移の起源を特定した。また、これまで不可能であった低温・高圧・高磁場下での赤外分光を可能にし、強相関電子系 CeSb に適用した。これらの結果によって、さきがけ研究で取り組んできた「赤外磁気光学イメージング」を完成させることができた。

現在は、この研究の発展として、エネルギー範囲をさらに低エネルギーに拡張し、多重極限下テラヘルツイメージングの開発に取り組んでいる。

Ⅲ-5 島田 敏宏

未回答

Ⅲ-6 鈴木 俊法

(i) 研究課題と研究成果

さきがけ期間終了後 2 年間（形式的には 3 年間）の発展研究を行い、さらなる挑戦的な研究への取り組みを行った。テーマは、時間分解光電子画像観測法による化学反応の研究で、とりわけ液体の微粒化と真空中への導入による液滴の光電子分光であった。時間分解分光については、世界最先端の成果を継続し、分子固定系での光電子波動関数の決定や光化学反応の実時間観測を行った。液体の微粒化に関しては、微粒化ノズルの特許申請を行い、光電子分光の実現に向けて研究の大詰めを迎えている。さらに、文部科学省の XFEL プロジェクトなどへの応用展開を図っている。

(ii) 応用・実用化や社会的価値の創出につながる取り組み

液体微粒化ノズルについて発展研究期間中に特許申請を行った。

Ⅲ-7 田中 耕一郎

未回答

Ⅲ-8 松下 未知雄

未回答

第3章 代表的研究課題の発展状況

これまでの調査をもとに、領域全体を代表しうる典型的な研究課題 5 件を抽出し、研究者の終了後の研究動向を詳細に追跡した。これによって領域全体の発展状況を把握することができる。対象とした研究者は以下の 5 人である。

電子・格子・光子結合系での非平衡相転移の研究（小川哲生（第1期））

同位体制御による半導体物性デザイン（伊藤公平（第2期））

木星の海を地球に創る（奥地拓生（第2期））

発光性金属錯体による構造秩序識別システムの構築（加藤昌子（第2期））

超高速画像観測法による化学反応の可視化（鈴木俊法（第3期））

3-1 電子・格子・光子結合系での非平衡相転移の研究（小川哲生（第1期））

(1) 研究期間中の達成度

(i) 次元局在電子-格子系での「ドミノ倒し」機構の解明：光誘起ドミノ倒しによる大規模な構造転移を引き起こすことがわかった。ドミノ倒しには決定論的ドミノ倒しと確率的ドミノ倒しがあることを見だし、性質の差異を明らかにした。しかし、さきがけ 3 年間で新たにわかった課題がいくつかある。例えば①複数の単位胞が同時励起された場合、②断熱極限と透熱極限とをつなぐ量子的過程の導入、③次元性の解明などが課題として残った。これらの課題には、さきがけ研究の後で取り組むことになった。

(ii) 光誘起スピン状態転移の現象論的研究：腰原グループ（東工大）との共同研究である。空間相関効果を取り入れた数値シミュレーションも行ったが平均場近似でほとんど十分であることがわかったため、研究の優先度を下げた。

(iii) 寿命のある多粒子系でのスピノーダル分解ダイナミクス：寿命を伴う古典粒子の相分離ダイナミクスを追跡する理論を構築した。これは、さきがけ後に量子的な系での計算に発展した。

(2) 研究期間終了後の展開

(i) さきがけ後の研究は、さきがけ研究の発展、さきがけ研究の中で新しく発見した課題について取り組んだ。とくに光誘起相転移のドミノ倒し、すなわち光による構造変化の次の展開としては、光が当たったときの電子の状態変化が課題となる。これはまさしく半導体レーザーの課題で、CREST での研究につながった。

(ii) さきがけの後、CREST「超高速・省電力高性能ナノデバイス・システムの創製」量子細線レーザーの作製とデバイス特性の解明（研究代表者 秋山英文；H14-H18）で理論を担当した。実験系の秋山グループと密接な連携を保ち、実験結果を理論解析と詳細に比較することでレーザー発振のメカニズムを解明し、素子設計の指針も与えた。

(iii) スピノーダル分解の課題は、さきがけでは古典粒子として扱ったが、その展開として量子的な系で大規模な計算を試みた。計算時間がかかりすぎて計算が終了しなかったので、これからさらにモデルを単純化して計算する必要がある。

(3) 科学・技術の進歩に貢献する成果

光誘起相転移(Photo-Induced Phase Transitions)の研究は世界から注目されて国際会議 PIPT に発展した。これは相転移の理論研究に新しいパラダイムを拓いたといえる。

(4) 人材育成の面からの参加研究者の活動状況

(i) 理論家にとって、実験家と交流ができたことは有意義であった。実験家とのつきあいは新鮮であった。実験家と理論家がお互いの考え方を知って研究をすることで、実験のための理論、理論に裏付けられた実験が可能になる。

(ii) 理論家にとって、考えた理論を人と話して意見を聞くというのは重要なことである。さきがけでは十分な旅費を使うことができたので、いろんな研究者と活発にディスカッションができた。

(5) 社会的な効果・効用

教科書、解説記事、一般向け科学書の執筆など

(6) さきがけ研究制度に対する評価

高い質の研究成果を大量に出すようにという明瞭な指導はなかったが、暗黙の内により業績を出すような動機付けがうまくされていた。研究総括、アドバイザー、研究者に一体感が生まれ、自発的に努力する気持ちになった。

さきがけ 3 年、その後の CREST の 5 年でわかったことが 1 に対してわからないことが 10 に増えた。これらは、基礎科学にもどって考えないとわからないことである。科学技術への基礎的なアプローチの重要性を認識したファンディングが望ましい。

3-2 同位体制御による半導体物性デザイン（伊藤公平（第 2 期））

(1) 研究期間中の達成度

(i) さきがけ研究ではシリコン同位体、ゲルマニウム同位体の高純度・高品質単結晶の成長に成功した。

(ii) MBE でゲルマニウム同位体超格子を成長、ラマン分光による評価法を確立。

(iii) ゲルマニウムバルクの金属－絶縁体転移の臨界指数は確定していなかったが、信頼できるデータを実験的に提示した。

(iv) シリコン同位体超格子の電気伝導については進捗なし。

- (v) ゲルマニウム同位体超格子の、励起光が連続の場合と短パルスの場合で光学フォノンの発生機構が異なることを発見した。
- (vi) 全シリコン量子コンピュータの提案：これは、さきがけ期間中に着想し、さきがけの研究課題に追加したもの。全シリコン量子コンピュータの概念を着想した後、さきがけ期間中にカリフォルニアを縦断していろいろな人と同位体工学のディスカッションを行った。その中で山本喜久先生と知り合った。全シリコン量子コンピュータについて最初は否定的な意見をいただいたが、その後考えを深耕していった。後日、別の機会に再び山本先生とお会いしたときに一緒にアイデアを考えていただいた。
- (vii) 全シリコン量子コンピュータの概念を提案した。

(2) 研究期間終了後の展開

- (i) 全シリコン同位体量子コンピュータの研究については CREST「情報社会を支える新しい高性能情報処理技術」の中で研究代表者として「全シリコン量子コンピュータの実現」のテーマに取り組んだ。量子コンピュータの研究を実現するためには技術者と物理学者の連携が不可欠と考える。量子コンピュータは、すぐに実用化されるものではないが、さきがけを契機に研究を進めている。
- (ii) シリコン同位体の熱伝導測定は、マックスプランク研究所に先を越され、さきがけ期間中にはできなかった。さきがけ研究後にマックスプランク研究所のデータを詳細に検討し、熱伝導率の値の誤りを発見、論文は訂正された。
- (iii) SELETE の次世代半導体シミュレータのため、シリコン同位体を利用してシリコン中のシリコンの拡散係数の温度依存性を調べた。これによって、低温での拡散係数は高温側からの外挿では小さく算出されることを明らかにした。

(4) 社会的な効果・効用

- (i) 研究者向け教科書への執筆。
- (ii) 次世代半導体シミュレータが開発されれば、現在は海外に頼っているシミュレーションを国内でできるようになる。開発途上の半導体の設計を海外に開示しなくてよくなるので企業の競争力向上に大きな役割を果たすと期待される。
- (iii) 特許 6 件出願

(5) さきがけ研究制度に対する評価

- (i) 研究をこぢんまりとまとめようとする、さきがけの主旨ではないと叱咤され、大きな目標に向かって進むように指導された。三谷先生のような厳しいアドバイザーもおられてよい勉強になった。
- (ii) 国府田総括にもアドバイザーの誰にも面識がないのに、他に誰もやっていないようなマイナーな研究をさきがけに採択してもらって感謝している。

3-3 木星の海を地球に創る（奥地拓生（第2期））

(1) 研究期間中の達成度

- (i) 高圧力、高温で水の NMR を測定し、木星型惑星内の水の物性を解明することをねらう。さきがけ研究開始当初から、期間内の 3 年で達成できない長期的な課題であることはわかっていた。さきがけの研究期間は高圧の水を NMR で観測する装置の製作に費やした。装置を使つての観測、研究はさきがけ終了後に行った。
- (ii) さきがけ期間内には、ダイヤモンドアンビルセル(DAC)を製作した。加熱用電気炉を製作した。観察用倒立型蛍光分光顕微鏡を製作した。高周波送受信装置を製作した。研究に必要な圧力や分解能のものは既製品にはないので、みずから設計して製作した。
- (iii) さきがけ期間中にはダイヤモンドアンビルセルにヘルムホルツコイルを装着して NMR 信号を検出。水の融解曲線を測定し、従来よりも高温の結果を実証した。
- (iv) 研究の独創性は、物性物理学と地球・惑星物理学の融合にある。物性物理学と地球・惑星物理学を融合させた研究のできる人は少ない
- (v) また、高圧のダイヤモンドアンビルセルも NMR も手法そのものはよく知られた手法であるが、氷惑星で存在するような高圧の氷の相転移が観測できるほど高分解能のものはなかった。全く新しい装置である。
- (vi) 地球科学の分野の中で高圧実験は日本が伝統的に強い分野。地球中心核で鉄に水素がとけ込んでいる状態を博士論文で研究した。この研究を通じて水素の関心を持ち、展望を得た。
- (vii) 氷の研究は地球科学としてはメジャーではなく、北大と奥地先生の 2 グループしかない。国際的な評価は高い。

(2) 研究期間終了後の展開

- (i) さきがけ期間をいっぱいに使って装置の開発を行ったことで、さきがけ後にその装置を使って研究を発展させることができた。
- (ii) さきがけ期間の後の発展としては、装置のさらなる高分解能化である。分解能を高くするためには装置を大きくする方法を磁場を強くする方法の 2 つのアプローチがある。大きな試料で感度の高い NMR 測定を行うためには試料を入れる大きな空間のある DAC が必要だが、通常の DAC では試料を大きくすると力が均等にかからない。そこで圧力が均等にかかるような構造上の工夫をしたり、銅ベリリウム合金のガスケットを使うなどの工夫をして力のかけられる DAC を作った。感度を上げるためのもうひとつのアプローチはコイルを試料に近づけること。このため、いろいろと工夫したが、最終的にはダイヤモンドに穴を開けてコイルの線を通すことにした。これで、感度が 2 桁上がった。
- (iii) ダイヤモンドの穿孔はレーザー加工で行うが、これはさきがけ終了後米国に滞在していたときに、加工をする人がいてそこで経験を積んだ。日本でも、今年の 1 月に同じ装置

が東京の会社に入り、そこで加工してもらっている。

(iv) このほか、ダイヤモンドの磁化の影響を受けない工夫をしたり、ガスケットに銅ベリリウム合金を使うなどの工夫をしている。

(v) このような改良の積み重ねで、この測定方法の限界の分解能、磁場 7T、周波数 300MHz での測定が可能になった。

(3) 応用に向けて発展状況

(i) 我々の太陽系だけでも天王星、海王星や、最近発見された 250 もの小惑星など多くの氷惑星がある。これらの氷惑星では氷の中で陽子が動いて磁場を作っていると考えられているが。このような状態の氷を作って観察することは、惑星科学の発展に貢献する。

(ii) 水素ハイドレートは、水素分子が水分子の籠の中に入った状態である。水素分子は籠の中で振動してぶつかっている。また、籠の間を通り抜ける。それぞれに対応する緩和時間 T_1 (縦緩和) と T_2 (横緩和) を解析し、水素ハイドレートの拡散定数が大きな値 $D=10^{-8}\text{cm}^2/\text{s}$ であることがわかった。水素の拡散係数が圧力にあまり依存しないことがわかった。

(iii) 水分子の観察には NMR のほかに中性子を使う方法がある。日本は、中性子回折の装置がなかったので中性子を使った研究は欧州にくらべて劣勢である。今年、日本で中性子が使えるようになるので、巻き返しを狙っている。

(iv) 高感度の NMR による水分子の観察を生体に应用すると、細胞内の物質輸送を高感度で観察することができる。さきがけ以来の課題である「木星の海を地球に創る」が一段落したら行ってみたい。

(4) 人材育成の面からの参加研究者の活動状況

国府田総括の指導はすばらしかった。また、さきがけで得た人的ネットワークは得難いもの。同窓会には日本にいるときはいつも参加している。

(5) 社会的な効果・効用

プレートテクトニクスで地球内部に水が取り込まれると通常は高温で蒸発するが、高圧下では融点が高いので氷のまま取り込まれることが考えられる。これが一瞬に爆発すると地震を起こす可能性がある。この研究も関心があるが、さきがけの課題に集中して研究するようにアドバイザーから指導を受け、現在は中止している。論文も出版していないが、防災に関する基礎研究として重要であると思う。

(6) 経済的な効果

水素ハイドレートを水素貯蔵に使うと、金属のように高温にしなくても水素を取り出すことが出来る。金属に比べて環境負荷も低い。この研究は ENEOS 水素基金で行っている。

(7) さきがけ研究制度に対する評価

- (i) 自分の科学者人生は「さきがけ」に参加することで決まった。
- (ii) 氷の地球・惑星科学は理解する人が少ない状況で長期的な課題の最初の一步に 3000 万円もの研究費をいただいたことで勇気づけられた。

3-4 発光性金属錯体による構造秩序識別システムの構築（加藤昌子（第 2 期））

(1) 研究期間中の達成度

- (i) ジイミン白金 2 核錯体の発光特性を調べ、構造化学的要因を追求することで、2,2'-ビピリジン白金(II)複核錯体 $\text{syn}[\text{Pt}_2(\text{L})_2(\text{bpy})_2](\text{PF}_6)_2$ のベイポクロミズムを発見。
- (ii) 同様に、直鎖構造系の $[\text{PtCN}_2(\text{bpy})]$ 結晶の水分子によるベイポクロミズムを発見。
- (iii) 複核ユニットの構造変化による発光状態の変化が期待されることから $\text{syn}[\text{Pt}_2(\text{pyt})_2(\text{bpy})_2](\text{PF}_6)_2$ のアセトニトリル、アルコール蒸気によって赤色 暗赤色のベイポクロミズムを発見。その構造を解明した。
- (iv) $[\text{PtCN}_2(\text{bpy})]$ 結晶の赤色 黄色ベイポクロミズムのメカニズムを解明し、スタックのわずかな歪みが白金間相互作用の大きな変化をもたらすことを明らかにした。
- (v) 白金錯体のベイポクロミズムは、さきがけ以後に白金以外の錯体にも研究対象を広げて発展している。
- (vi) 白金錯体には多くの研究があるが構造の研究と物性の研究が独立に行われている。構造と物性の関係を追求して解明した例は他にない。
- (vii) 白金の ligand にビピリジン系を使うのはほとんど他に例がない。
- (viii) ベーポクロミズムの発見。溶液洗浄中に、赤色に発光するはずのものがたまたま黄色に発光するのを発見。詳細に研究し構造的な原因を解明した。

(2) 研究期間終了後の展開

白金以外の金属錯体による発光の研究：量子効率が銀による高効率（量子効率 ≈ 1 ）の白色発光錯体の合成。

(3) 人材育成の面からの参加研究者の活動状況

科研費の特定研究では研究分野の近い人と交流することができたが、「さきがけ」では研究分野の異なる人と交流できた。全く知らない分野の人と交流することから、新しい知識を得たし、多くのことを学ぶことができた。異分野の人と夢を語り合えたのは大きな収穫である。

(4) 社会的な効果・効用

- (i) 発光銀錯体の合成は、安価で入手しやすい材料への代替に道を開くもので、元素戦略の

観点からも重要である。

(ii) ベイポクロミズムは、簡便なセンサーとして使用できるので、社会的な応用範囲は広い。

(5) 経済的な効果

白金錯体の赤色発光に着目した有機 EL 材料の研究は、白金錯体が赤色に発光することに着目した有機 EL 応用のため企業との共同研究に発展、有機 EL の試作や特許出願に発展した。また、蒸着の容易さなど工業化のための課題が明らかになった。

(6) さきがけ研究制度に対する評価

(i) さきがけでは、自由に研究させてもらえた。国府田総括は「放し飼い」とおっしゃっていたが、アドバイザーからは厳しく指導された。

(ii) 研究費も充分いただいたので助かった。

3-5 超高速画像観測法による化学反応の可視化（鈴木俊法（第3期））

(1) 研究期間中の達成度

(i) 本研究は、ライフワークともいえる長期的な課題である。さきがけ研究への採択時点からリスクが高いことは認識されていた。さきがけ終了後も SORST や科研費等で長期的な研究課題として継続・発展させている。さきがけ期間中に行ったことは長期的課題の端緒となるところである。

(ii) フェムト秒レーザーを用いた pump-probe 法と 2 次元検出器を用いた光電子散乱分布の画像観測を結合、高精度の光電子角度分布ができるようになり、時間変化の詳細な解析が可能になった。これによって、画像分光によって化学反応を可視化する新しい測定方法を確立した。ピラジン分子にこの方法を適用し、項間交差過程の前後で回転運動が変わらないことを確認した。

(iii) 化学反応の実時間観測

(iv) 分子固定系での光電子角度分布の観測ではピラジンと NO について観測を行ったが、NO については実験と理論に顕著な差が確認された。

(v) 微小な液滴中の分子の電子状態を高時間分解能で観察する点

(vi) 交差分子線散乱法にレーザー分光を組み合わせた後部差分視線散乱イメージング

(vii) 真空中への微小液的噴射装置（特許出願）

(viii) 同様の研究を行っている者が世界で他にいないこと、また自らの発想による研究手法が、X 線自由電子レーザーやコンピュータ技術の発展でようやく実現しようとしていることから、研究の独創性を裏付けることができる。

(2) 研究期間終了後の展開

(i) 超高速光電子イメージングは、さきがけでの研究を継続したものである。化学反応は溶

液中で起きるため、溶液中での分子の挙動、とくに電子状態の変化を観察、解析することが重要。そのために考えたのが液滴を真空中に噴射してその中の電子の運動を観察する方法。さきがけでは、液滴を噴射する装置の開発を行っていたが、その後に 20nm の液滴は作れるようになった。より大きい液滴で観測するため Spring-8 に X 線自由電子レーザーが完成すればそれを利用することを計画している。ペタフロップスコンピュータによって液体中の電子状態のシミュレーションも可能になりつつある。「さきがけ」の頃から研究しようとしていたことが、このような技術進歩のおかげで、ようやくできるようになってきた。エネルギーの高い X 線自由電子レーザーを利用すると、表面から深い場所での電子を取り出すことが出来るので、大きな液滴の中での反応を見る、すなわち実際の化学反応と近い状態での電子の状態を観察することができる。

(ii) 交差分子線散乱法は、真空中で分子を衝突させて分子の散乱から化学反応を分析する方法であるが、これにレーザー分光法を組み合わせることで、分子の振動や回転が観測できるようになった。これは、さきがけ以後に科研費で行った研究である。

(iii) 光電子イメージングも交差線分子散乱法もアプローチは異なるが研究対象は「化学反応の電子状態の変化の観察」と一貫している。さきがけとは独立して研究されている研究もふくめ、「さきがけ研究」が基になって発展している。

(3) 社会的な効果・効用

液滴噴射ノズルの開発、特許出願（特開 2007-38124）は内燃機関への応用が可能である。

(4) さきがけ研究制度に対する評価

さきがけでは、議論の内容よりも他の研究者の人間性から受けた影響が大きい。ユニークは研究を真剣に行っている人といっしょに仕事をしたということは大きな刺激であった。国府田研究総括は、若手研究者が 2-3 年で成果がでるわけではないといい、長期的な課題に取り組むように指導された。このような指導は有益であった。

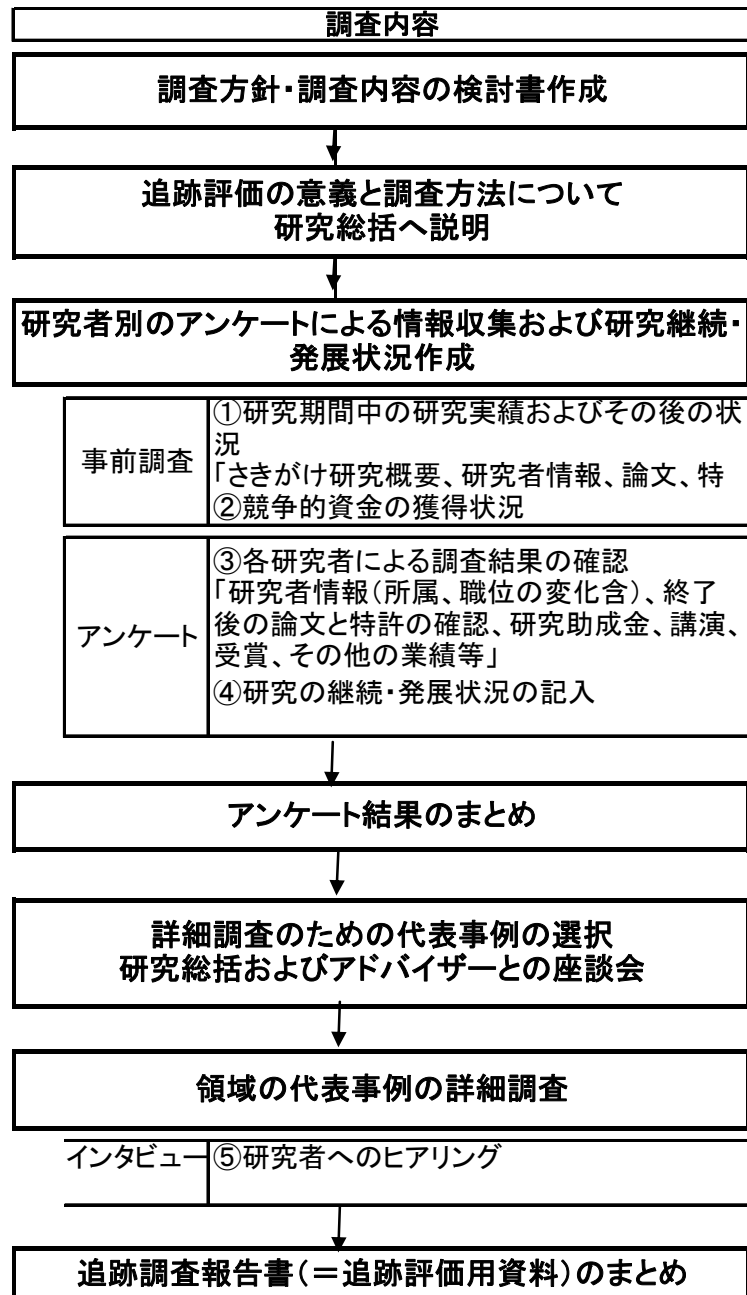
当時のさきがけは経理も JST が行っていて研究者の負担にならなかった。今は大学に委託しているようだが、研究者にとっては以前のほうが良かった。

以上

Appendix

調査の方法

調査の方法とプロセスを簡単にまとめた。まず①研究期間中の研究実績およびその後の状況、研究助成金の中の②競争的資金の獲得状況について事前調査をした後、③研究者へのアンケート調査により事前調査の結果の確認と、④研究の発展状況等について調査する。①から④の結果をまとめた報告書を基に、研究総括と領域アドバイザーを交えた座談会を開催し、本領域の代表的な研究者を選定し、インタビューにより詳細調査を行った。これらの調査を追跡調査報告書としてとりまとめた。



調査方法とその流れ