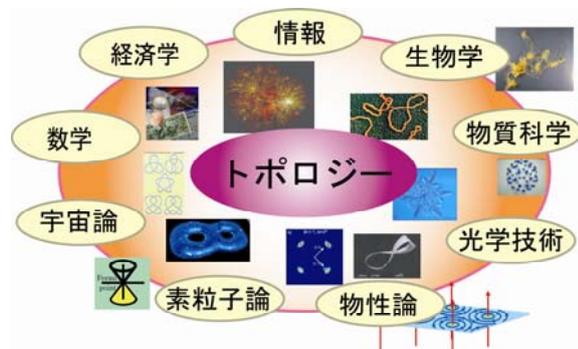


21世紀COEプログラム 平成16年度採択拠点事業結果報告書

機 関 名	北海道大学	学長名	佐伯 浩	拠点番号	K01	
1. 申請分野	K〈革新的な学術分野〉					
2. 拠点のプログラム名称 (英訳名)	トポロジー理工学の創成 (Topological Science and Technology)					
研究分野及びキーワード	〈研究分野:応用物理学・工学基礎〉(物質創製)(トポロジー)(ネットワーク)(生命現象)(量子光学)					
3. 専攻等名	工学研究科応用物理学専攻、理学研究院(物理学部門、生命理学部門、数学部門) 電子科学研究所、医学研究科病態制御学専攻、エネルギー変換マテリアル研究センター 経済研究科					
4. 事業推進担当者	計 23名					
ふりがな<ローマ字> 氏 名	所属部局(専攻等)・職名	現在の専門 学 位	役割分担 (事業実施期間中の拠点形成計画における分担事項)			
(拠点リーダー)						
Tanda Satoshi (50) 丹 田 聡	工学研究科(応用物理学専攻)・教授	物性物理学・博士(工学)	拠点リーダー:事業総括とトポロジー理工学の開拓 A.トポロジカル物質創製プロジェクト			
Oda Migaku (50) 小 田 研	理学研究院(物理学部門)・教授	固体物理学・博士(理学)	サブリーダー:巨視的量子状態におけるトポロジカル秩序			
Toda Yasunori (40) 戸 田 泰 則	工学研究科(応用物理学専攻)・准教授	量子光学・博士(工学)	トポロジカル物質の時系列秩序			
Asano Yasuhiro (43) 浅 野 泰 寛	工学研究科(応用物理学専攻)・講師	物性理論・博士(工学)	巨視的量子状態におけるトポロジカル伝導			
Ishikawa Goo (51) 石 川 剛 郎	理学研究院(数学部門)・教授	トポロジー・理学博士	メビウスの帯などの可展面のトポロジー			
Ishi masa Tsutomu (57) 石 政 勉	工学研究科(応用物理学専攻)・教授	結晶物理学・理学博士	局所的トポロジカル秩序をもつ準結晶			
Ichimura Koichi (43) 市 村 晃 一	理学研究院物理学部門・准教授(平成18年3月14日追加)	電子物性物理学・博士(理学)	トポロジカル物質の局所電子物性			
Akiyama Tomohiro (50) 秋 山 友 宏	エネルギー変換マテリアル研究センター・教授(平成9年4月16日追加)	エネルギー科学工学・博士(工学)	機能性トポロジカル物質の新合成			
Yakubo kou suke (49) 矢 久 保 考 介	工学研究科(応用物理学専攻)・教授	物性理論・博士(工学)	サブリーダー:臨界的トポロジーとそのダイナミクス			
Ami tsuka Hiroshi (45) 網 塚 浩	理学研究院(物理学部門)・教授	低温物理学・博士(理学)	量子相転移の臨界的トポロジー			
Takeuchi Shigeki (40) 竹 内 繁 樹	電子科学研究所・教授	固体物理学・博士(理学)	量子もつれトポロジー			
Machino Kazuo (50) 町 野 和 夫	公共政策大学院・教授(平成20年6月30日辞退)	経済学理論・Ph.D	経済ネットワークトポロジーの理論			
Nakagaki Toshiyuki (45) 中 垣 俊 之	電子科学研究所・准教授	生物物理学・学術博士	サブリーダー:粘菌ネットワークトポロジー			
Nemoto Koji (49) 根 本 幸 児	理学研究院(物理学部門)・准教授	統計物理学・理学博士	トポロジーの統計理論			
Kawahata Kazushige (52) 川 端 和 重	理学研究院(生命理学部門)・教授	生物物理学・理学博士	ホメオスタシスとトポロジー			
Yamada Hideto (50) 山 田 秀 人	医学研究科(医学専攻)・准教授	生殖免疫・博士(医学)	生体組織ネットワークトポロジー			
O B W r i g h t (52) O.B. Wright	工学研究科(応用物理学専攻)・教授	フォノン物性・Ph.D	サブリーダー:フェムト秒領域のトポロジカルダイナミクス			
Nishiguchi Norihiko (53) 西 口 規 彦	工学研究科(応用物理学専攻)・教授	物性理論・工学博士	フォノンボルテックスの研究			
Matsuda Osamu (45) 松 田 理	工学研究科(応用物理学専攻)・准教授	光物性・理学博士	トポロジカル物質のフェムト秒スペクトロスコーピー			
Moriga Ryuuji (47) 森 田 隆 二	工学研究科(応用物理学専攻)・教授	非線形光学・工学博士	光渦非線形光学			
Muto Shunichi (58) 武 藤 俊 一	工学研究科(応用物理学専攻)・教授	半導体工学・理学博士	量子もつれのトポロジカル自己組織化			
Inagaki Katsuhiko (39) 稲 垣 克 彦	工学研究科(応用物理学専攻)・助教(平成18年3月14日追加)	固体物理学・博士(工学)	トポロジカル・デバイスの開発			
Oka Kazuhiko (46) 岡 和 彦	工学研究科(応用物理学専攻)・准教授(平成9年4月16日追加)	光工学・博士(工学)	トポロジカル偏光渦の開発			
5. 交付経費(単位:千円) 千円未満は切り捨てる () : 間接経費						
年 度(平成)	1 6	1 7	1 8	1 9	2 0	合 計
交付金額(千円)	172,000	152,000	142,960	135,000 (13,500)	136,000 (13,600)	737,960

6. 拠点形成の目的

本拠点では、**トポロジー**という「広く適用可能な普遍的概念」を切り口にした革新的学問分野を構築する。数理学・物理工学・計測情報工学・物質科学・生命科学の各分野を有機的に連携させることにより、世界に例のない、基礎と応用の真の独創的かつ学際的な若手による研究教育拠点の形成をめざす。そもそもトポロジーとは、「構造を連続変形したときの不変の性質を探る」学問として数学の一分野で生まれ、曲がった時空を記述する一般相対性理論や量子論などの基礎物理分野において利用されてきた。さらに、DNAや液晶・超伝導体のトポロジカル欠陥の発見に伴い、物性においても応用され、現在では、非平衡相転移や量子相転移などの臨界現象を扱う複雑系分野や、システムとしての関係性を重んじる生命科学、カーボンナノチューブ、各種ネットワーク、量子情報科学とも密接な関係があることが明らかになっている。それはトポロジーが「**ミクロな性質(部分)とマクロな性質(全体)の相関を解明する**」という**普遍的な科学的手法**に立脚した学問であるためであり、単に数学や物理学に留まらず、自然科学・社会科学・医学・先端工学分野に対して適用可能な、新しいアプローチ手法として注目されている(図)。



これまでトポロジーの応用研究が横断的・系統的に捉えられることはなかった。多くの分野に共通する複雑現象(多自由度・非線形系・非平衡系・階層構造)をトポロジーの観点から統一的に理解し、これらの異分野を貫く共通の基礎を与えることによって、これまで発見・発明されていなかった新現象・新法則・新技術を探る。特に、トポロジカルな計測技術を開発し、その**トポロジカル不変量を定量化**することによる**生体組織のネットワーク異常**や欠陥・転位などに対する新しい解析法の確立を目指す。このようなトポロジー応用研究の学問を構築するには、広範な学問分野をトポロジーという観点から横断的に見渡せる能力を有する人材育成を行わなければならない。

そのため本拠点では、多専攻に在籍する学生の単位互換制度を進めトポロジー理工学の専門研究者を養成する。

本拠点では、**世界初のメビウス結晶の発見**(Nature誌)、**粘菌ネットワークの知性発見**(Nature誌)、**トポロジカル量子コンピュータの提案**など拠点メンバーの独創的研究実績をもとに、若手による新しい研究・教育組織を構築するものであり、他に例のない試みとなっている。この研究組織を発展させ**トポロジー理工学研究センター**を設立していくことが目標である。特に重要課題である「トポロジカル物質の探索」、「臨界現象のトポロジカルな性質」、「生命系ネットワークトポロジー」とそれらに共通する普遍的性質を抽出・統合する研究とその応用により、革新的学問分野「**トポロジー理工学**」を開拓する。本COE拠点のユニークな点は、多彩な分野を含むトポロジー理工学を最先端技術により解明していくことを念頭に、基礎(物理・生物・数学)と応用(応用物理・医学・経済学・電子科学)分野から組織されていることである。事業後に期待される研究教育の成果は以下のとおりである。

1. トポロジー理工学の構築

トポロジカル物質の創製を目指すグループ、臨界現象をはじめとした数理現象をトポロジーの観点から理解するグループ、生命組織ネットワークの本質解明を目指すグループ、およびトポロジー関連新技術を開発するグループが有機的に連携することにより、トポロジーという「広く適用可能な普遍的概念」を切り口にした革新的学問分野を構築する。

2. 教育拠点形成

- トポロジー理工学研究センターの設立
- 広範な学問分野を横断的に見渡せる能力を有する人材育成
- トポロジーの科学・技術分野をリードする大学院生・PD・若手教官の研究推進能力の向上
- トポロジーの科学・技術に関連テーマとする博士号取得者の躍増による若手研究者の活性化

3. 国際的な情報発信力の充実

- 国際会議や国際共同研究などの活動を通じた世界的な交流拠点の構築
- 「トポロジー理工学」を世界に向けて発信する“Topological Science”誌の発行
- 研究員や留学生の受け入れ体制の充実による国際的な情報発信力の向上

7. 研究実施計画

前頁に記載した拠点形成の目的を達成するために、柔軟で横断的な4グループを形成し、これらを有機的に連携させ、世界レベルの拠点としての基盤を整える。

事業推進室の設置

拠点リーダーを中心とするマネジメント体制の確立をはかる。この推進室は、拠点リーダーおよび4名のサブリーダーで構成する。事業内容を協議して事業方針を決定するなど、拠点としての迅速な意志決定をはかる。後述する各種事業プログラムを企画し、推進する。徹底した情報公開により、公平かつ厳正な自己点検評価を毎年おこない、本COE事業内容の見直しをおこなう。

本拠点形成におけるマネジメント体制



研究事業計画

本拠点プログラムでは以下の4グループの研究を有機的に連携させて推進する。

A. トポジカル物質の創製: 新しいトポロジーをもつ物質創製とその量子現象

メビウス結晶に代表される大局的特異トポロジーを持つ新奇物質を創成し、幾何学的位相が織り成す新現象の発見を目指す。特に、物質・生体組織のトポロジーを計測するためのトポジカル・デバイスの開発を行う。具体的には「トポジカル結晶における新奇量子輸送現象の探索とその機構の解明」、「リング状CDW結晶創製と高感度電位分布測定の実現」、「高温超伝導体におけるトポジカル欠陥(磁束)の可視化」などを行う。

B. 臨界系トポロジーの理論: 量子・非平衡相転移点のトポジカル不変量と臨界指数の間の普遍則

物理現象、生命現象および社会現象など様々な非平衡・非線形複雑現象において、多くの系は自己組織的に臨界へと推移する。このメカニズムをトポロジーの観点から理解し、A, Dグループにより得られたトポロジー構造を定量解析する手法を確立する。また、臨界性とトポロジーとの間の関係を主に理論的に解明する。具体的には、「トポロジーの観点からの臨界現象の理解」、「各種トポジカル不変量

の時間発展を自己組織的臨界性の観点から理解」、「A, Dグループにより得られた知見の定量的な解析および生体組織のトポジカル診断に最も適した情報の抽出」などを行う。

C. 生体組織のトポロジー: 異常細胞組織のトポジカル診断

生体組織異常や血流異常をネットワークのトポロジーの観点から解析し、正常細胞組織と異常細胞組織の識別を、外科手術することなしに実現する技術を確立する。また、粘菌ネットワークに見られるような知性の出現の成因を探る。具体的には、「生体組織の異常ネットワーク構造とトポジカル不変量の関係を解明」、「A, B, Dグループから提供されるデータを基にした血流異常のトポジカル診断技術の提案」、「粘菌の結合非線形振動子系パターン形成の仕組みの解明」、「トポジカルな最短経路導出のメカニズムの探求」などを行う。

D. トポロジー関連新技術開発プロジェクト

「トポロジー理工学」研究の基本ツールとなる新しい加工技術・測定技術・解析技術の開発および「トポロジー理工学」の成果を活用する技術の開発を行う。具体的には、「光を用いたトポロジー構造の非破壊可視化技術およびトポジカル不変量の定量計測技術の確立」、「波面制御によるトポジカル光電場の発生とそれを用いたトポジカル物質の作製」などを行う。

国際競争力の強化

国際競争力を強化するために、本拠点では特に若手研究者の育成に力を注ぐ。①RA、COE特別研究員(PD)制度、②PDの海外派遣(中長期滞在)、③外国人RA・PD採用、④RA・PDによる研究会の企画・開催、⑤COE若手プロジェクト制度による渡航支援などを行うことにより、国際感覚を持った大学院生および若手研究者の育成を行う。また、「トポロジー理工学」を世界に向けて発信するための新しい科学雑誌学術雑誌“Topological Science”誌を刊行する。さらに、国際会議“Topology in Ordered Phases”をはじめとする様々な国際シンポジウムを本拠点主催で開催する。

人材育成

RA・PDを継続的に採用し研究活動に関与・従事させることで次世代人材の促成を図る。これら若手研究者に国際会議への主催関与・参加や長期海外派遣を促し自由闊達な議論の場を提供することにより、分野横断的な視野と豊かな国際性を併せ持つ研究者を養成する。

8. 教育実施計画

本拠点の継続的遂行を担う次世代の若手研究者には、高い国際性と強力なリーダーシップが求められる。このような人材育成を目的とし、以下のプログラムを実施する。

研究者育成プログラム

工学研究科、理学研究科、医学研究科、経済学研究科および電子科学研究所を横断した研究教育組織としての新しい研究センターを構想する。基礎科学と工学を融合し、狭い専門分野に偏重することなく広い視野を持って研究を推進できるようにする。トポロジーの観点に立脚した応用的研究は断片的ではあるものの諸外国でも始まりつつあり、本研究拠点形成に伴うトポロジー理工学分野の教育システムの設立は急務である。この目的遂行のため、以下に列挙したプログラムを並行して実行することにより、世界に先駆けた系統的トポロジー理工学教育システムを構築する。



[1] 学生教育プログラム

本拠点を形成する研究科・研究所にまたがる横断型教育を大学院学生におこなうために、「位相幾何学特論」、「トポロジカル物質特論」、「臨界的トポロジー特論」、「ネットワークトポロジー特論」、「トポロジー工学特論」からなるトポロジー理工学専修科目を開講する。この科目では、理工学・医学・経済学にわたる幅広いテーマをトポロジーの観点から俯瞰する。単位認定については、現行カリキュラムの単位互換制度を拡大して対応する。さらに、この教育拠点を利用し、本学の新しい横断的な教育運営体制の構築を目指す。

[2] 若手研究者支援プログラム

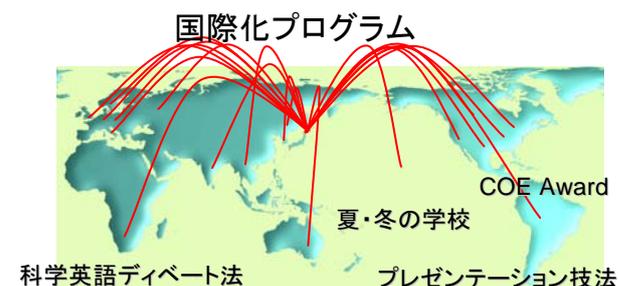
博士後期課程への進学を断念する大きな理由に、在学中の経済的な要因と修了後の就職問題があげられる。前者の問題を解決するため、博士後期課程院生の多数を RA として採用し、院生が研究に専念できる環境づくりをおこなう。後者に関しては、就職担当教官を配置し対応する。

[3] 国際化推進プログラム

海外の著名な研究者を招へいし、年2回程度の国際会議、研究集会を開催する。また、先進的研究テーマのミニ研究会を毎年数回程度開催し、若手研究者・院生の企画への参加を奨励する。海外拠点校と連携して、交換留学生支援をおこなう。現在締結している学部間国際交流協定に基づく活動の充実を図ると共に、海外の研究交流拠点校との連携を推進する。また、英語による「科学英語ディベート法」や「プレゼンテーション技法」等の講義・演習をおこなう。

[4] 研究リーダーシップ養成プログラム

北海道の恵まれた自然環境を十全に活かす院生向けの夏および冬の学校を主催し、院生に運営、プログラム作成、講師折衝などを直接関与させ、リーダーシップの養成をはかる。院生による独自研究テーマ設定による研究会を組織・主催することを支援し、研究リーダーシップの養成をおこなう。



[5] 研究活性化プログラム

トポロジー理工学に関するワークショップを開催し、研究センター設置の基礎を固める。独創的研究プロジェクト公募による若手研究者の事業参加を奨励する。本事業の理念を発展させる独創的研究プロジェクトを若手研究者 (PD、助手、講師、助教授等) から公募し、本事業へ参加させる。毎年、修士・博士論文から優秀賞を選定し、これを表彰するとともに、研究助成金を授与する。国際会議参加や外国研究機関への留学を支援する。これにより学生の研究意欲を高める。

9. 研究教育拠点形成活動実績

① 目的の達成状況

(1)世界最高水準の研究教育拠点形成計画全体の目的達成度

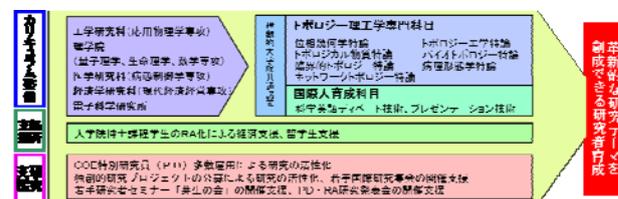
本COEプログラムにおける4つのプロジェクトが単なる寄せ集めではなく高度な有機的連携を保つことにより、トポロジーを切り口とした領域横断的革新学術分野の形成は着実に進展した。具体的な研究目標の設定、COE全体会議における討論、若手研究者・大学院博士課程学生への支援体制の強化、研究科・研究院・研究所の枠を越えた強い連携、まさにトポロジカルネットワーク的組織の恒常的な維持を通じた研究・教育の推進などの結果、所期の目標が十分達成された。主な成果として以下が挙げられる。

1. 組織の恒常的な維持のため「トポロジー理工学教育研究センター」を設置
2. 国内外に向けた情報発信として新科学雑誌「トポロジカ」の発刊
3. Diracメダル賞を受賞したJackiw教授、Berry卿、外村博士の参加を含むTOP2005、TOP2006、TOP2007などの国際会議の開催
4. 文部科学大臣表彰受賞、国際的な賞であるイグノーベル賞受賞・ストークス賞受賞
5. Science、Nature、Phys. Rev. Lett.等、高IF論文の出版
6. 水素吸蔵トポロジカル物質の研究等で大型プロジェクト採択

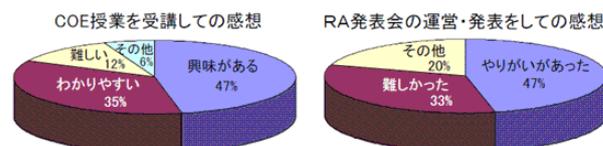
(2)人材育成面での成果と拠点形成への寄与

本COEでは、分野横断的な視野と豊かな国際性を併せ持つ人材の主幹養成機関としての役割を果たすため、以下に示す教育・人材育成プログラムを実施した。まず、大学院学生に対する教育として、大学院共通授業科目「トポロジー理工学特別講義I・II」を創設した(第1・2学期計4単位開講、講師11名、履修者・聴講者約40名)。また、国際性豊かな人材の輩出を目的とする国際化推進プログラムでは、本学理学院共通講義「国際理学コミュニケーション特論」との提携による英語プレゼンテーション教育(講師:英国人の事業推進担当者)を実施した。一方、RAやPD等の若手研究者には、国際研究集会派遣制度や長期海外研修制度を設け、海外の研究者との交流を積極的に推奨した。さらに、外国人のPDとRAを採用し、若手研究者間の日常的な国際交流の場を提供した。本COEの最も特徴ある人

材育成の取組である「研究リーダーシップ養成プログラム」では、研究リーダーシップに不可欠な独創的研究の発案能力養成を目的として「若手研究者研究発表会」を開催し、研究成果を異分野研究者も参加する場で発表・議論する機会を提供した。



これらが大学院生・若手研究者に対する活きた教育として機能したことは、プロジェクト研究の公募事業で数多く提案された独創性豊かな研究テーマや、RA・PDが主催するセミナー「芽生の会」や国際研究集会の発案・企画・運営者の出現、さらに、以下に示す国際的な学術賞や論文賞、研究奨励賞、新聞・テレビ報道、大型研究プロジェクト採択等に輝く数多くの人材の輩出などから知ることができる。さらに、RAに対して実施したアンケート調査結果からも本COEの教育プログラムが若手研究者にとって有益であったと言える。



【若手による評価の高い研究成果・実績の例】

- ・手老PD: 粘菌ダイナミクス研究の功績でイグ・ノーベル賞を受賞
- ・立崎RA: 表面弾性波の研究結果が認められ論文賞を受賞
- ・早崎PD: バイナリブラックホール研究の成果に対する新聞およびNHK報道
- ・斉田RA: 水素吸蔵トポロジカル物質の研究で大型プロジェクト採択

(3)研究活動面での新たな分野の創成や、学術的知見等

本拠点の中核をなすメンバーは物理学、応用物理学、数学、生物学、高分子科学、化学工学、経済学、医学の各分野で国際的に活躍している科学者である。これらの拠点メンバーが有機的に連携することにより、トポロジーを機軸とした様々な研究テーマに取り組み各方面で特筆すべき学術的新知見が創出された。主なものとして以下が挙げられる。(a)電荷密度波転移を示す低次元物質の微小リング結晶・メビウス結晶・ホップリンク結晶などのトポロジカル結晶の創製に成功し(Nature

誌)、CDWのAB効果の発見を含むフレイリッヒ超伝導の前駆現象等の興味深い現象を発見した。(b)粘菌のユニークなトポロジカル・ダイナミクスの性質を解明した(Nature誌、報道多数、2008年のイグ・ノーベル賞受賞)。現在、このダイナミクスの数理モデル化を目指しており、多目的自己最適化問題への新しいアプローチを提示しようとしている。(c)スピン3重項超伝導体の輸送現象を理論的に解明した(最近3年でPhysical Review Letters誌6編)。(d)黄斑部変性症における血流異常をマルチフラクタル解析により早期発見できる可能性を示した(国内・国際特許出願)。(e)国際共同研究により、銅酸化物高温超伝導体で世界初のトポロジカル欠陥(磁束渦)四角格子の観測に成功した(Physical Review Letters 誌掲載論文9編)。(f)量子光学的手法を用いてトポロジカル電子秩序の準粒子ダイナミクス観測に成功した。(g)フラストレーション系を研究する画期的な数値計算法を開発し、その有効性を実証した。(h)量子状態のトポロジカルな性質を利用したトポロジカル量子コンピュータの可能性を示した(文部科学大臣表彰受賞)。独創性豊かな拠点メンバーによって展開されたこれらの研究はいずれも国内外で高い評価を受けている。

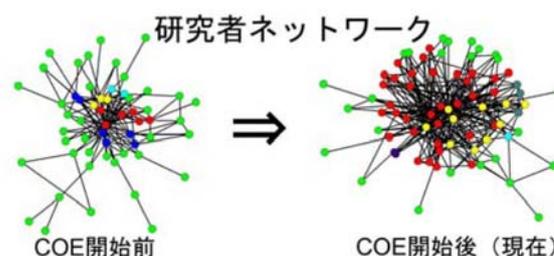
当該COEプログラムで育成した**若手研究者によっても多大な学術的知見が得られている**。例えば、RAの齊田はマグネシウム基水素吸蔵物質に関する物質合成法の開発に成功し、環境省「地球温暖化対策技術開発事業」として数億円規模の大型プロジェクト事業を発足させた。また、宇宙物理学の未解決問題であるラストパーセク問題解決の糸口につながるモデルを考案し数値シミュレーションを用いてこのモデルの有効性を実証した。この成果は新聞報道されると共にNHKのニュースでも取り上げられている。さらに、2次元電子系で起こる量子ホール効果のトポロジ構造にヒントを得て、回転する**新しい銀河描像**を提案した。この研究はダークマター問題として広く知られる未解決問題を解明する可能性があり、Diracメダル受賞者Jackiw教授との国際共同研究へと発展している。自由な発想に基づいた斬新なアイデアを具現化することを若手研究者に奨励してきた本プログラムにおいて、彼等が予想を上回る成果を挙げた事実は、今後トポロジー理工学教育研究センターを運営・推進するうえでの重要な指針となる。

以上のように、本COE拠点では拠点メンバーおよび若手研究者による質・量ともに十分な学術的

知見を得ており、「トポロジー理工学」という新しい学問分野を創成することができた。この学問分野に対する国際的認知度を向上するため、本プログラムでは様々な国際発信を展開してきた。プログラムの実施期間中には、参加者数100人規模の国際会議を3回、国際シンポジウム・ワークショップを5回、海外からの招聘研究者による講演会を50回程度開催した。また、3編の会議録を出版している。これらの国際交流を基盤として、海外著名研究者を編集委員に加えた国際学術雑誌“**Topologica**”を創刊した。これにより、トポロジー理工学に関する知の集積と国際発信を行うための礎が築かれた。

(4) 事業推進担当者相互の有機的連携

COE運営委員会を組織して機動的に運営することにより、リーダーばかりでなくサブリーダーも研究・運営ネットワークの実質上の**ハブ**となってきた。これにより、各事業推進担当者間の有機的連携が密に保たれている。また、拠点リーダーの求心力のもと週1回のペースで開催される**研究セミナー「エンレイソウの会」**は、このような連携を促進・発展させるための中心的な役割を担い、広い分野に亘る研究交流と新規テーマの創出へと繋がった。たとえば、**理学、工学、および医学の融合による生体組織異常・網膜血流異常のネットワーク診断法の開発**や、**経済学と理学・工学の融合による組織の管理・運営の効率度を測るネットワーク解析手法の開発**などの新テーマが生まれた。



本拠点が複数の(ロケーションの異なる)研究組織に跨るため、**サテライト・オフィス**と称する事業推進分室を理学研究院などに設置して事務系職員を常駐させている。これにより、“トポロジーCOE”が**既存の組織の枠を超えた新たな研究・教育組織**となり、構成員が一丸となった運営が図られている。また、**情熱のある事務系職員による研究支援体制**を図り、国際研究集会・広報活動・拠点運営に関わる実務がスムーズに行えるシステムも確立した。上図は、COE開始前と最近の研究・運営に関するネットワークポロジを图示したものであり、本拠点形成により**有機的連携が圧倒的に密**になったことを示している。

(5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

本プログラムの実施期間中には、参加者数100人規模の国際会議3回、国際シンポジウム・ワークショップ5回、海外からの招聘研究者による講演会50回程度を主催もしくは共催し、3編の会議録を出版した。これらの国際交流を基盤として、海外著名研究者を編集委員に加えた国際学術雑誌Topologicaを創刊した。これにより、トポロジー理工学に関する知の集積と国際発信を行うための礎が築かれた。本拠点では、各研究部門において海外の協力拠点を設定し、**大学院生の交換留学、海外からの博士研究員の採用**、国際会議の共同開催、集中講義における協力体制を敷いている。例えば、ヘルシンキ工科大学、サンパウロ大学、トゥエンテ大学などと協力関係を結び、アリゾナ大学、ライデン大学、ソウル大学などと連携して交換セミナーやワークショップを共催した。**教育研究戦略に関して既に高い実績のあるヘルシンキ工科大学と重点的な協力体制を敷いた。**同大学と本拠点は長年に亘る交流関係(1999年丹田が同大学を訪問、2002年文科省日芬研究動向調査員として浅野・市村・丹田・稲垣が同大学に滞在、2005年ハコネン教授が本拠点を訪問、2008年ヴォロビック教授がTopologica編集委員)にあり、共通する教育研究の戦略に関して議論を深めてきた。

(6) 国内外に向けた情報発信

本拠点では、トポロジー理工学の成果を国際発信するため、トポロジーの概念を基軸とした融合学問分野をカバーする新雑誌「**Topologica**」を発刊した。また、事業期間中に本拠点の事業推進者らによる686編におよぶ国際学術雑誌での論文が掲載されている。さらに、**トポロジー理工学教育研究センターの設立、大学院共通授業「トポロジー理工学特別講義」の開設**、若手研究者研究発表会の開催などを通して当該分野に従事する若手研究者の育成を積極的に行ってきた。また、ウェブページの活用は、国内外への本拠点活動の周知だけでなく、本拠点の成果の社会還元にも役立った。

(7) 拠点形成費等補助金の使途について(拠点形成のため効果的に使用されたか)

拠点形成費は全体的に効果的に使用された。人件費の占める割合も設備費の割合もバランスが取れており効果的に補助金を活用できた。研究に関する多くの部分は事業推進担当者の獲得した研究費でカバーした。

② 今後の展望

トポロジーは自然・社会科学に広く適用可能な概念であり、この概念を基軸として分野横断的な教育研究を実施することは、異分野連携科学の中心となりうる優れた人材の育成や革新的学際学問の構築に必要な不可欠である。21世紀COE事業により、異なる分野を連携・融合させた新規な学問分野を創成するための組織的基盤として「**トポロジー理工学教育研究センター**」が発足した。今後、事業で構築した人的ネットワークや教育手法を維持・発展させる上で重要な機能を担う。また事業の母体となった「**エンレイソウの会**」の**継続的な開催**を軸として、トポロジー理工学の世界拠点として機能していく。

トポロジー理工学は、異分野間にコミュニケーションの回線を開く一つの考え方を提供した。こうしたコミュニケーションの回線をより多く持つことは、質の高い教養をより広く獲得する手段である。こうした経験を持つ大学院生を社会に送り出すことによって、異分野の知識を総合する能力を持つ人材を今後も輩出していく。彼らは、卓越した研究者としてだけでなく、多彩な職業においてトポロジー理工学の理念を活かし、活躍すると期待される。

トポロジー理工学は異分野専門学問間のコミュニケーションから派生する科学であり、「多様性のある調和」の上に築かれる学問である。トポロジー理工学の研究拠点とは、いかなる学問分野の研究者でも集まりセミナーをし、胸襟を開いて議論できる時空間のことに他ならない。こうした異分野科学交流の場が成長することを展望する。

③ その他(世界的な研究教育拠点の形成が学内外に与えた影響度)

本拠点形成により、北海道大学がトポロジー理工学研究の世界拠点であることを国の内外に示し得た。本COEの活動によって北海道大学の開拓者精神を次世代に継承することができた。新設されたトポロジー理工学教育研究センターは、本プログラムの理念を継承したうえで、大学院共通授業「トポロジー理工学特別講義」の開講、新学術雑誌「Topologica」の発刊など、世界拠点としての役割を引き続き担っている。また、本プログラムが一般市民を対象に北海道新聞社の協力を得て開催した公開講座「トポロジー・ニューサイエンス」は、社会への有意義な啓蒙活動として高い評価を得た。

21世紀COEプログラム 平成16年度採択拠点事業結果報告書

機 関 名	北海道大学	拠点番号	K01
拠点のプログラム名称	トポロジー工学の創成		
1. 研究活動実績			
①この拠点形成計画に関連した主な発表論文名・著書名【公表】			
<p>1. "Direct Observation of the Coexistence of the Pseudogap and Superconducting Quasiparticles in $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ by Time-Resolved Optical Spectroscopy", Y. H. Liu, Y. Toda, <u>K. Shimatake</u>, N. Momono, M. Oda, and M. Ido, Phys. Rev. Lett., 101, 137003-137006, (2008)</p> <p>2. "Superconducting gap and pseudogap structure in $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ probed by STM/STS", K. Ichimura, J. Ishioka, <u>T. Kurosawa</u>, K. Inagaki, M. Oda, S. Tanda, H. Takahashi, H. Okada, Y. Kamihara, M. Hirano, and H. Hosono, Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 77, Supplement C, pp. 105002-1-2 (2008).</p> <p>3. "Field-induced discommensuration in charge density waves in o-TaS_2", K. Inagaki, <u>M. Tsubota</u>, <u>K. Higashiyama</u>, K. Ichimura, S. Tanda, K. Yamamoto, N. Hanasaki, N. Ikeda, Y. Nogami, T. Ito, and H. Toyokawa, Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 77, pp. 093708-1-4 (2008).</p> <p>4. "Multipod Crystals of Perovskite SrTiO_3" <u>T. Toshima</u>, <u>H. Ishikawa</u>, S. Tanda, and T. Akiyama, Crystal Growth & design, Vol.8, No.7, pp2066-2069 (2008).</p> <p>5. "Field-Angle-Dependent Specific Heat Measurements and Gap Determination of a Heavy Fermion Superconductor URu_2Si_2", K. Yano, T. Sakakibara, T. Tayama, M. Yokoyama, H. Amitsuka, Y. Homma, P. Miranović, M. Ichioka, T. Tsutsumi, and K. Machida, Phys. Rev. Lett. 100 (2008) 017004-1-017004-4.</p> <p>6. "An entanglement filter", R. Okamoto, J. L. O'Brien, H. F. Hofmann, T. Nagata, K. Sasaki, S. Takeuchi, Science 323, pp483-485 (2009).</p> <p>7. "Observing Quantum Correlation of Photons in Laguerre-Gauss Modes Using the Gouy Phase" Daisuke Kawase, Yoko Miyamoto, Mitsuo Takeda, Keiji Sasaki, and Shigeki Takeuchi, Phys. Rev. Lett. 101, pp 050501/1-4(2008)</p> <p>8. "Flow-network adaptation in Physarum amoebae", Atsushi Tero, Kenji Yumiki, Ryo Kobayashi, Tetsu Saigusa, Toshiyuki Nakagaki, Theory in Biosciences. Vol. 127, 89-94 (2008)</p> <p>9. "Amoebae anticipate periodic events", Tetsu Saigusa, Atsushi Tero, Toshiyuki Nakagaki and Kuramoto Yoshiki: Physical Review Letters, Vol. 100, 018101 (2008)</p> <p>10. "Coherent shear phonon generation and detection with picoseconds laser acoustics", O. Matsuda, O. B. Wright, D. H. Hurley, V. Gusev, and K. Shimizu, Physical Review B Vol. 77, pp.224110-1-16 (2008).</p> <p>11."Direct production of high-power radially polarized output from a side-pumped Nd:YVO4 bounce amplifier using a photonic crystal mirror", J. Hamazaki, A. Kawamoto, R. Morita, T. Omatsu, Opt. Express 16 (2008) 10762--10768.</p> <p>12."Discrimination of quantum dots using an optically created nuclear field" Sasakura H, Kaji R, Adachi S, et al. Appl. Phys. Lett. 92 (4) 041915 (2008)</p> <p>13."Evidence of Circulating Charge Density Wave Current: Shapiro Interference in NbSe_3 topological crystals" Toru Matsuura, Katsuhiko Inagaki, and Satoshi Tanda, Phys. Rev. B 79, 014304 (2009).</p> <p>14. "Flat Rotation Curves in Chern-Simons Modified Gravity", K. Konno, T. Matsuyama, Y. Asano, and S. Tanda, Physical Review D Vol. 78, 024037(1)-(4) (2008).</p> <p>15. "Selective optical probing of the charge-density-wave phases in NbSe_3", <u>K. Shimatake</u>, Y. Toda, S. Tanda, Phys. Rev. B Vol. 75, 115120-1-5 (2007).</p> <p>16. "Conductance Spectroscopy of Spin-triplet Superconductors", Y. Asano, Y. Tanaka, A. A. Golubov, and S. Kashiwaya Physical Review Letters Vol. 99, 067005(1)-(4) (2007).</p> <p>17. "Josephson Effect due to Odd Frequency Pairs in Diffusive Half-metals", Y. Asano, Y. Tanaka, A. A. Golubov, Physical Review Letters Vol. 98, 107002(1)-(4) (2007)</p> <p>18. "Theory of Tunneling Spectroscopy in the Larkin-Ovchinnikov State", Y. Tanaka, Y. Asano, M. Ichioka, and S. Kashiwaya, Physical Review Letters Vol. 98, 077001(1)-(4) (2007).</p> <p>19. "Lattice dynamics of the Zn-Mg-Sc icosahedral quasicrystal and its Zn-Sc periodic 1/1 approximant", M. de Boissieu, S. Francoal, M. Mihalkovic, K. Shibata, A.Q. R. Baron, Y. Sidis, T. Ishimasa, Nature Materials, Vol.6, pp 977 - 984 (2007).</p> <p>20. "Process for Recycling Waste Aluminum with Generation of High-Pressure Hydrogen", <u>T. Hiraki</u>, S. Yamauchi, M. Iida, H. Uesugi and T. Akiyama, Environmental Science & Technology, 41, No.12, pp.4454-4457, (2007).</p> <p>21. "Non-fractal critical clusters at the percolation transition" K. Yakubo and <u>M. Mitobe</u> Journal of the Physical Society of Japan, 76, 034004 (2007)</p> <p>22. "Interplay between Fermi Surface Topology and Ordering in URu_2Si_2 Revealed through Abrupt Hall Coefficient Changes in Strong Magnetic Fields" Yoon Seok Oh, Kee Hoon Kim, P. A. Sharma, N. Harrison, H. Amitsuka and J. A. Mydosh Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 016401.</p> <p>23."Beating the Standard Quantum Limit with Four Entangled Photons", T. Nagata, R. Okamoto, J. L. O'Brien, K. Sasaki and S. Takeuchi, Science Vol.316 pp726-729 (2007)</p> <p>24. "Minimum-risk path finding by an adaptive amoebal network" T. Nakagaki, M. Iima, T. Ueda, Y. Nishiura, T. Saigusa, A. Tero, R. Kobayashi and K. Showalter, Phys. Rev. Lett., 99 : 068104 (2007).</p> <p>25. "Nanoscale thermoelastic probing of megahertz thermal diffusion" <u>M. Tomoda</u>, O. B. Wright, and R. Li Voti, Appl. Phys. Lett. 91, 071911 (2007)</p> <p>26. "Decoherence of exciton complexes in single InAlAs quantum dots measured by Fourier spectroscopy" S. Adachi, H. Sasakura, N. Yatsu, R. Kaji, S. Muto, Appl. Phys. Lett. 91 (16): 161910 (2007).</p> <p>27. "Snapshot Mueller matrix spectropolarimeter", N. Hagen, K. Oka, and E. L. Dereniak, Opt. Lett., Vol. 32, pp. 2100-2102 (2007).</p> <p>28. "$4a \times 4a$ electronic charge order enhanced in the inhomogeneous pseudogap state of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$", Y. H. Liu, <u>K. Takeyama</u>, <u>T. Kurosawa</u>, N. Momono, M. Oda and M. Ido Phys. Rev. B 75 2125071-2125074 (2007).</p> <p>29. "Nature of the magnetic order in the charge-ordered cuprate $\text{La}_{1.48}\text{Nd}_{0.4}\text{Sr}_{0.12}\text{CuO}_4$" N. B. Christensen, H. M. Ronnow, J. Mesot, R. A. Ewings, N. Momono, M. Oda, M. Ido, M. Enderle, D. F. McMorrow and A. T. Boothroyd Phys. Rev. Lett. 98, 197003 (2007).</p> <p>30."Muons as Local Probes of Three Body Correlations in the Mixed State of Type-II Superconductors" G. I. Menon, A. Drew, U. K. Divakar, S. L. Lee, R. Gilardi, J. Mesot, F. Y. Ogrin, D. Charalambous, E. M. Forgan, N. Momono, M. Oda, C. Dewhurst and C. Baines N. Momono, <u>A. Hashimoto</u>, Y. Kobatake, S. Nakamura, M. Oda and M. Ido, Phys. Rev. Lett., 97, 177004-177007 (2006).</p>			

31. "Effects of Vortices on Nuclear Spin Relaxation Rate in Unconventional Pairing States of an Organic Superconductor (TMTSF)₂PF₆", M. Takigawa, M. Ichioka, K. Kuroki, Y. Asano, and Y. Tanaka, *Physical Review Letters* Vol.97, 187002(1)-(4) (2006)
32. "Anomalous Josephson Effect in p-wave Dirty Junctions", Y. Asano, Y. Tanaka, and S. Kashiwaya, *Physical Review Letters* Vol.96, 097007(1)-(4) (2006).
33. "Harmonic vibrational excitations in graded elastic networks: Transition from phonons to gradons" J. J. Xiao, K. Yakubo, and K. W. Yu *Phys. Rev. B* 73, 054201 (2006).
34. "Phonon Thermal Transport of URu₂Si₂: Broken Translational Symmetry and Strong Coupling of the "Hidden Order" to the Lattice" P.A. Sharma, N. Harrison, M. Jaime, Y.S. Oh, K.H. Kim, C.D. Batista, H. Amitsuka, and J.A. Mydosh, *Phys. Rev. Lett.* 97, 156401 (2006).
35. "Irreversible Dynamics of the Phase Boundary in U(Ru_{0.96}Rh_{0.04})₂Si₂ and Implications for Ordering" A.V. Silhanek, M. Jaime, N. Harrison, V.R. Fanelli, C.D. Batista, H. Amitsuka, S. Nakatsuji, L. Balicas, K.H. Kim, Z. Fisk, J.L. Sarrao, L. Civale, and J.A. Mydosh, *Phys. Rev. Lett.* 96, 026403 (2006)
36. "Nonequilibrium relaxation analysis of a quasi-one-dimensional frustrated XY model for charge-density waves in ring-shaped crystals" T. Nogawa and K. Nemoto, *Phys. Rev. B* 73, 184504 (2006)
37. "Real Space Renormalization Group Analysis with the Replica Method for the Two Dimensional Ising Edwards-Anderson Model" T. Hasegawa and K. Nemoto, *J. Phys. Soc. Jpn.* 75, 074401 (2006)
38. "Imaging ripples on phononic crystals reveals acoustic band structure and Bloch harmonics" Dieter M. Profunser, Oliver B. Wright, and O. Matsuda *Phys. Rev. Lett.* 97, 055502 (2006)
39. "Topological effects of charge density waves in ring-shaped crystals of NbSe₃," Toru Matsuura, Taku Tsuneta, Katsuhiko Inagaki, and Satoshi Tanda, *Physical Review B*, 73 (16)p. 165118 (2006).
40. "Formation and Growth of NbSe₃ Topological Crystals", T. Tsuneta and S. Tanda, *Journal of Crystal Growth* 264, 223-231 (2004).
41. "Fabrication of nanoscale charge density wave systems", K. Inagaki, T. Toshima, S. Tanda, K. Yamaya and S. Uji, *Applied Physics Letters* 86, 073101(1)-(3) (2005). (K01-1)
42. "Direct observation of the flux-line vortex glass phase in a type II Superconductor", U. Divakar, A. J. Drew, S. L. Lee, R. Gilardi, J. Mesot, F. Y. Ogrin, D. Charalambous, E. M. Forgan, G. I. Menon, N. Momono, M. Oda, C. D. Dewhurst and C. Baines, *Physical Review Letters* 92, 237004(1)-(4) (2004).
43. "STM/STS Study on 4a × 4a Electronic Charge Order of Superconducting Bi₂Sr₂CaCu₂O_{8+δ}", N. Momono, A. Hashimoto, Y. Kobatake, M. Oda and M. Ido, *Journal of the Physical Society of Japan* 74, 2400-2403 (2005).
44. "Anomalous coherent phonon oscillations in the commensurate phase of the quasi-two-dimensional 1T-TaS₂ compound", Y. Toda, K. Tateishi, and S. Tanda, *Physical Review B* 70, 033106(1)-(4) (2004).
45. "Josephson Interferometer in a Ring Topology as a Proof of Sr₂RuO₄", Y. Asano, Y. Tanaka, M. Sigrist, and S. Kashiwaya, *Physical Review B* 71, 214501(1)-(7) (2005).
46. "Spin Current in p-wave Superconducting Rings", Y. Asano, *Physical Review B* 72, 092508(1)-(4) (2005). IF: 3.075
47. "Classifying singular Legendre curves by contactomorphisms", G. Ishikawa, *Journal of Geometry and Physics*, Vol. 52-2, 113-126 (2004).
48. "Diffuse Scattering and Phason Fluctuations in the Zn-Mg-Sc Icosahedral Quasicrystal and its Zn-Sc Periodic Approximant", M. de Boissieu, S. Francoual, Y. Kaneko and T. Ishimasa, *Physical Review Letters* 95, 105503(1)-(4) (2005).
49. "Critical level statistics and anomalously localized states at the Anderson transition", H. Obuse and K. Yakubo, *Physical Review B* 71, 035102(1)-(7) (2005).
50. "Anomalously localized states and multifractal correlations of critical wave functions in two-dimensional electron systems with spin-orbital interactions", H. Obuse and K. Yakubo, *Physical Review B* 69, 125301(1)-(7) (2004).
51. "Nexus between Quantum Criticality and Phase Formation in U(Ru_{1-x}Rh_x)₂Si₂", K. H. Kim, N. Harrison, H. Amitsuka, G. A. Jorge, M. Jaime and J. A. Mydosh, *Physical Review Letters* 93, 206402(1)-(4) (2004).
52. "Quantum Critical 5f Electrons Avoid Singularities in U(Ru,Rh)₂Si₂", A. V. Silhanek, N. Harrison, C. D. Batista, M. Jaime, A. Lacerda, H. Amitsuka, and J. A. Mydosh, *Physical Review Letters* 95, 026403(1)-(4) (2005).
53. "Distinguishing genuine entangled two-photon-polarization states from independently generated pairs of entangled photons", K. Tsujino, H. F. Hofmann, S. Takeuchi and K. Sasaki, *Physical Review Letters* 92, 153602(1)-(4) (2004).
54. "Fano resonance in a multimode tapered fiber coupled with a microspherical cavity", A. Chiba, H. Fujiwara, J. Hotta, S. Takeuchi and K. Sasaki, *Applied Physics Letters* 86, 261106(1)-(3) (2005).
55. "Demonstration of an optical quantum controlled-NOT gate without path interference", R. Okamoto, H. F. Hofmann, S. Takeuchi and K. Sasaki, *Physical Review Letters* 95, 210506(1)-(4) (2005).
56. "Collective movement of epithelial cells on a collagen gel substrate", H. Haga, I. Chikako, R. Kobayashi, T. Nakagaki and K. Kawabata, *Biophysical Journal* 88, 1-7 (2005).
57. "Obtaining multiple separate food sources: Behavioural intelligence in the Physarum plasmodium", T. Nakagaki, R. Kobayashi, T. Ueda and Y. Nishiura, *Proceedings of the Royal Society London B* 271, 2305-2310 (2004).
58. "Ordered Phase of the Dipolar Spin Ice under [110]-Magnetic Fields", S-I. Yoshida, K. Nemoto, and K. Wada, *J. Phys. Soc. Jpn.* 73, 1619-1622 (2004).
59. "Static Friction of Agar Gels: Formation of Contact Junctions at Frictional Interface", T. Nitta, H. Kato, K. Nemoto, and K. Kawabata, *Journal of the Physical Society of Japan* 74, 2875-2879 (2005).
60. "Divergence of natural killer cell receptor and related molecule in deciduas from sporadic miscarriage with normal chromosome karyotype", H. Yamada, S. Shimada, M. Morikawa, K. Iwabuchi, R. Kishi, K. Ono, and H. Minakami, *Molecular Human Reproduction* 11, 451-457 (2005).
61. "Coherent shear phonon generation and detection with ultrashort optical pulses", O. Matsuda, O. B. Wright, D. H. Hurley, V. E. Gusev, and K. Shimizu, *Physical Review Letters* 93, 095501(1)-(4) (2004).
62. "Acoustic phonon generation and detection in GaAs/Al_{0.3}Ga_{0.7}As quantum wells with picosecond laser pulses", O. Matsuda, T. Tachizaki, T. Fukui, J. J. Baumberg, O. B. Wright, *Physical Review B* 71, 115330(1)-(13) (2005).
63. "Probing subpicosecond dynamics using pulsed laser combined scanning tunneling microscopy", O. Takeuchi, M. Aoyama, R. Oshima, Y. Okada, H. Oigawa, N. Sano, R. Morita, M. Yamashita, and H. Shigekawa, *Applied Physics Letters* 85, 3268-3270 (2004).
64. "Photon-spin qubit-conversion based on Overhauser shift of Zeeman energies in quantum dots", S. Muto, S. Adachi, T. Yokoi, H. Sasakura, and I. Suemune, *Applied Physics Letters* 87, 112506(1)-(3) (2005).
65. "Long spin relaxation in self-assembled InAlAs quantum dots observed by heterodyne four-wave mixing", T. Watanuki, S. Adachi, H. Sasakura, and S. Muto, *Applied Physics Letters* 86, 063114(1)-(3) (2005).

著書

1. *Topology in Ordered Phases --Proceedings of the 1st International Symposium on TOP 2005*
S. Tanda, T. Matsuyama, M. Oda, Y. Asano, and K. Yakubo
World Scientific, Singapore, 2006.
2. *Topological Aspects of Critical Systems and Networks*
K. Yskubo, H. Amitsuka, G. Ishikawa, N. Kichiji, K. Machino, T. Nakagaki, S. Tanda, and H. Yamada
World Scientific, Singapore, 2007.

②国際会議等の開催状況【公表】

(事業実施期間中に開催した主な国際会議等の開催時期・場所、会議等の名称、参加人数(うち外国人参加者数)、主な招待講演者(3名程度))

1. 2004年10月1日, 京王プラザホテル札幌, Symposium on Topology in Life Science, 46(2), H. Fujii (Kyusyu Inst. of Tech), M. Nishibori (Hokkaido Univ.), Y. Yasuno (Univ. of Tsukuba)
2. 2004年10月27-30日, サン・リフレ函館, Singularity Theory Working Days, 40(2), K. Bekka (IMR, Universite de Rennes1), M. van Manen (Hokkaido Univ.), O. Saeki (Kyusyu Univ.)
3. 2005年2月21-22日, 北海道大学, International Workshop on "Mathematical Biology and Cell Dynamics", 30(10), A. Mikhailov (Fritz-Haber Institut der Max-Planck-Gesellschaft), R. Guy (Univ. of Utah), C. F. Lee (Univ. of Oxford)
4. 2005年3月7-10日, 札幌グランドホテル, International Conference on "Topology in Ordered Phases", 120(20), Sir M. Berry (Univ. of Bristol, UK), R. Jackiw (MIT, USA), A. Tonomura (Hitachi, Japan)
5. 2005年8月29-9月1日, 北海学園大学, Active OB-Stars, 77(59), K. Bjorkman (Univ. of Toledo, USA), G. Meynet (Geneva Observatory, Swiss), S. Owocki (Univ. of Delaware, USA)
6. 2005年9月15日, 北海道大学, Workshop on Network Flow in Microorganisms and Related Theoretical Topics, 20 (4), M. D. Fricker (Univ. of Oxford, UK), A. Tero (Hiroshima Univ.), S. Takagi (Hokkaido Univ.)
7. 2005年12月13-15日, 北海道大学, Phase singularities and topology, 40(5), T. D. Visser (Vrije Universiteit Amsterdam), K. Aoki (Kyotosangyo Univ.), N. Kaneko (Ochanomizu Univ.)
8. 2006年2月13-14日, 北海道大学, International Symposium on "Topological Aspects of Critical Systems and Networks", 150(20), S. N. Dorogovtsev (Univ. of Aveiro), Y. C. Lai (Arizona State Univ.), M. Marek (Prague Institute of Chemical Technology)
9. 2006年3月25-26日, 北海道大学, 第十回進化経済学会北海道大会, 200(2), 大東正虎(関西大学), 郡司ペギオ-幸夫(神戸大学), 吉野裕介(京都大学)
10. 2006年11月21-25日, 北海道大学, 6th Japan-Brazil Symposium on "Dust Processing Energy Environment in Metallurgical Industries", 72(23), Marcelo Breda Mourao (The University of Sao Paulo), Naoyuki Takeuchi (Kyushu Univ.), Jose Carlos D'Abreu (University of Rio de Janeiro)
11. 2006年11月24日, 北海道大学, トポロジカル物性連帯強化シンポジウム "次元界面ナノ接合の新展開" 40(3), K. Tanaka (Tokyo Univ), J. Ogami (TIT), T. Teranishi (Tsukuba Univ.)
12. 2007年1月24-26日, 北海道大学, 9th Hokkaido University + Seoul National University Joint Symposium" 48(6) Yung Woo Park (Seoul National University), T. Tsuneta (Helsinki University of Technology), H. Tsuchiura (Tohoku University)
13. 2007年7月23-24日, 北海道大学, International Symposium on "Topology and Singularity in Optical Physics", 87(21), M. Dennis (Univ. of Southampton, UK), K. Helmerson (NIST, USA), Y. Kivshar (Australian National University, Australia)
14. 2007年9月3-8日, 北海道大学, 11th International Conference on "Ferroelectric Liquid Crystals", 154(56), M. A. Osipov (University of Strathclyde), P. Barois (Domaine Univ.), D. M. Walba (Colorado Univ.)
15. 2008年3月5-6日, 北海道大学, International Symposium on "Topological Science and Technology for Young Researchers 2009, 40(3), Antonino Flachi (Kyoto Univ.), N. Kichiji (Asahikawa Univ.), A. Tero (JST Sakigake)
16. 2008年9月3日, 北海道大学, International workshop on Biological group behaviors and nonlinear dynamics, 50(5), David Sumpter (Uppsala Univ.), Martin Middendorf (Leipzig Univ.), Madeleine Beekman (Sydney Univ.)
17. 2009年3月3-5日, 札幌後楽園ホテル, TOP WINTER SCHOOL 2009, 51(5), Martin Middenforlf (Leipzig Univ.) 高橋 博樹(日本大学), 西崎 照和(東北大学)

2. 教育活動実績【公表】

博士課程等若手研究者の人材育成プログラムなど特色ある教育取組等についての、各取組の対象（選抜するものであればその方法を含む）、実施時期、具体的内容

1. COE教育プログラム【対象:大学院博士前期・後期課程学生】

内容:本拠点を形成する研究科・研究所にまたがる横断型教育を、事業推進担当者が行う。

実績:大学院共通授業「トポロジー理工学特別講義IおよびII」の開設(第1および第2学期に各2単位ずつ開講):講師11名、履修者約30名、その他約10名が聴講

2. 若手研究者養成プログラム(リサーチアシスタント)【対象:大学院博士後期課程学生】

内容:リサーチアシスタントとして本拠点の関連事業に従事させる。

選考方法:本拠点のプログラムに関わる大学院生の学内公募を行い、研究テーマ、研究業績に基づく書類選考により人事委員会で採否を決定。募集は各年度の学期毎に行った。

支給額:各学期当り約12,000千円(採用人数:17名程度)

3. 若手研究者支援プログラム(COE特別研究員)【対象:博士号取得者】

内容:本COE拠点形成に関する研究プログラムの遂行

選考方法:本拠点のプログラムに関わる研究テーマの公募を行い、研究計画、研究業績に基づく書類選考により人事委員会で採否を決定

支給額:平成16年度-20年度:152,272千円(のべ59名)

4. 国際化推進プログラム【対象:COE特別研究員および本学若手研究者】

内容:(a)長期海外派遣、(b)国際研究集会派遣、(c)外国人留学生・若手研究者支援

実績:(a)長期派遣:早崎 公威(COE特別研究員):平成16年11月15日～平成17年3月1日(106日間)平成17年6月6日～平成17年8月14日(68日間)平成17年11月11日～平成18年2月26日(118日間)オーストラリア/スインバーン工科大学、島田 茂樹(COE特別研究員):平成17年6月16日～平成18年2月26日(256日間)アメリカ/スクリプス研究所、金野 幸吉(COE特別研究員):平成20年9月1日～10月3日、アメリカ/マサチューセッツ工科大学・Jackiew教授研究室

(b)平成19年度と20年度に実施、2年で21件

(c)外国人留学生・若手研究者支援:平成16年度:PD1名・RA1名、17年度:PD3名・RA3名、18年度:PD1名・RA1名、19年度:PD3名・RA3名、20年度:PD3名・RA3名

5. 研究リーダーシップ養成プログラム【対象:博士後期課程学生およびCOE特別研究員】

内容:独自テーマ設定に基づくPD・RAによる研究会の組織・主催を支援、リーダーシップを養成

実績:PD・RAによる研究発表会(月1回)、成果報告会(年1回)、ランチタイム・セミナー(芽生の会)開催(隔週毎)

6. 若手研究者養成プログラム(研究集会への参加)【対象:博士後期課程学生】

内容:第一線研究者による研究集会へ参加させ、研究発表能力向上と国際性の涵養をはかる。

実績:拠点主・共催国際シンポジウム(10回)・研究セミナー「エンレイソウの会」(130回)への参加

7. 研究活性化プログラム【対象:博士後期課程学生、COE特別研究員・本学若手研究者】

内容:研究プロジェクト公募による若手研究者に対する研究助成

選考方法:本拠点のプログラムに関する独創的プロジェクト研究の公募を行い、研究活動計画、研究業績に基づく書類選考により人事委員会で採否を決定

支給額:平成16年度:14,170千円(12名)、17年度:10,500千円(11名)、18年度:10,500千円(11名)(19年度および20年度は国際研究集会派遣プログラム(4. (b))として支援)

21世紀COEプログラム委員会における事後評価結果

(総括評価)

設定された目的は概ね達成された

(コメント)

拠点形成計画全体については、「トポロジー理工学」という新しい学問分野の創設を目指した数々の施策を行い、相応の効果をあげたが、目標である新理念「トポロジー理工学」の内容が未だに鮮明でなく、また、今後活動を長期にわたって維持するために必要な各成果を統合する理念の構築がなされたとは言い難く、「拠点形成の端緒に就いた」という位置付けである。しかしながら、本事業によって培われた活力は、統合されなくても多くの分野で新しい展開を生むことが十分期待される。

人材育成面については、従来の学問区分を超えた教育研究システムが整備され、優れた若手研究者が育成されており、特筆すべきは、本拠点の特徴であるトポロジー理工学特別講義により、若い研究者の間にもトポロジー研究の雰囲気醸成することに繋がったと思われる。しかしながら、課程博士授与数から判断される拠点としての実績は明確ではなく、また、国際交流面において、若手を海外に送り出す人数については、十分とは言い難い。

研究活動面については、中堅、若手ともに多くの優れた成果を輩出しており、特に若手の粘菌ダイナミクス、バイナリブラックホールの研究などは高く評価できる。しかしながら、これらの成果が必ずしも、トポロジー理工学より派生した結果ではなく、各分野個別の成果以上の、拠点としての成果の実体が見え難い。

補助事業終了後の持続的展開については、トポロジー理工学教育研究センターを設立し、これを中心にトポロジー理工学を世界に根付かせようとする展開であり、評価できる。