

6. 拠点形成の目的

本拠点は、理学・工学の研究者が連携して先端地球科学技術を開発し、それをを用いて以下の3領域の地球ダイナミクスを解明、そして地球の未来像を構築する地球科学分野の拠点である。1) 地球中心部と全地球の変動の解明と地震と噴火の機構を解明する固体地球研究(地震学、超高圧地球科学、火山学、地球工学など) 2) 堆積物の精密分析と気象・海洋物理学手法を融合して長期の気候変動と太陽活動の影響を解明する気候変動・太陽地球系ダイナミクス研究(気候学・気象学・海洋物理学、超高層物理学) 3) 小天体衝突など全地球のシステムの激変とその修復過程を解明し、地球の未来像を構築する地球進化史(地史学、地球進化学、地球工学)の研究を推進することを目的とする。

本拠点では、実績のある先端的地球科学技術の開発を組織として強力に推進し、独自技術に根ざした地球科学のフロンティアを切り開く。個人の研究者レベルで行われている海外との共同研究と海外調査研究を促進し、理学・工学の連携と国際的な研究教育機関と連携することにより、世界最先端の地球科学研究を推進する。このような先端的な研究と教育活動を一体化して推進し、幅広い視野と柔軟な発想、国際性のある独創的な研究リーダーを育成する。

本拠点は1) 地球中心から超高層まで、数億年スケールの核・マントルの進化から小天体衝突・岩石破壊現象のようなマイクロ秒イベント

に至るまでの広大な時間領域の地球システム変動を対象とし、地球変動を激変とその緩和修復過程と捉えて解明する視点、2) 理学・工学が連携して先端地球科学技術を開発し活用して研究教育を推進する点、3) 地球物理学・地学・地球工学に加えて、世界的な実績のある地球物理学系の研究センター・流体科学研究所・東北アジア研究センター等が連携し諸外国の研究教育機関とも連携しつつ研究教育を推進する地球科学の統合的拠点を構築する点、4) このような統合的拠点を活用することにより、技術開発力に優れ、高度の観測や野外調査能力を有する、独創的な研究リーダーを育成することを目的とする点に特色がある(図1参照)。

本拠点の研究教育の成果として期待されるのは、1) 様々な時間スケールの地球現象の変動の理解が可能になる点、2) 理学・工学の連携によって開発された地球科学技術が、環境科学、材料開発、惑星探査、防災科学などの分野へ波及効果が期待できること、3) 地球進化の全容を解明する先端的な研究が行われ、地球環境の保全と災害軽減への貢献も可能になり、特に地震(宮城県沖地震等)や火山噴火の予測により災害軽減に資することができる点である。4) 技術開発力に優れた世界をリードする若手研究者を多数輩出し、わが国の地球科学を独自性と独創性のある学問分野に発展させることができた。

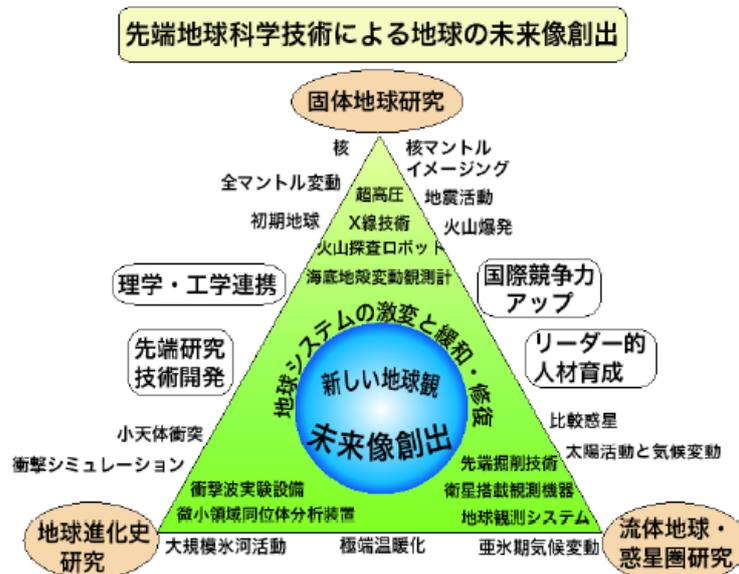


図 1

8. 教育実施計画

本拠点の研究目的は、過去と現在の地球惑星システムのダイナミクスを解明することによって様々な時間・空間スケールにおける地球の未来像を構築することである。地学、地球物理学、地球工学などの理学と工学がその利点を活かして連携し、新しい先端地球科学技術を創出することによって上記の目的を実現してきた。この研究技術の開発現場を大学院教育活動の場として積極的に活用することによって高度な研究開発能力を有する人材を養成することが、本拠点の教育カリキュラムの基本であった。観測・フィールド・実験における独創的技術開発力に秀でた実践的人材、全地球を対象にしたデータの解析やモデリング等の理論面において優れた研究者の育成に重点を置いた。このような指針の下に、本拠点は、現在の地球惑星科学の研究分野を国際的にリードする若手研究者養成の拠点となってきた。

初年度に設置した地学、地球物理学、環境科学研究科（旧工学研究科・地球工学専攻）にまたがる「先端地球惑星科学拠点大学院コース」のカリキュラムおよび教育支援制度を充実し、「教育運営委員会」がこの拠点大学院コースの運営に当たった。このコースでの教育においては、すでに設置されている留学生専門コース（先端理学国際大学院コース）と一体で運用し、英語による講義、実習指導、外国人客員教員による講義など国際的な環境のもとで、優秀な留学生と日本人大学院生が切磋琢磨できる教育研究環境を整備・充実させた。具体的には次ぎの施策を行った。

（1）教育運営委員会の下に各大学院生に対して、分野横断型のアドバイザーボードによって、研究科・専攻の枠を超えた学位論文指導を行った。先端的研究を指導する外国人の客員教員および非常勤教員を雇用し、英語による授業や論文指導を通して、大学院生の英語による表現力、情報収集力、コミュニケーション能力を飛躍的に向上させた。

（2）既存カリキュラムの改善と新カリキュラムの充実を行った。すなわち、すでに導入されている大学院と学部授業間の単位互換制度を充実し、異なる分野の基礎教育と高度先端教育をより自由に受講できるようカリキュラムを

改善した。

最先端地球科学技術の基礎力および開発力を高めるために、講義及び実習のカリキュラムを充実させた。

インターンシップを制度化し、海外研究連携拠点、および国内外の研究所等に当コースの院生を派遣し、先端科学技術を用いた研究を推進した。これらの研修実績を単位として認定してきた。国際研究教育拠点として、国内外の大学の研究者や大学院生も受け入れて共同研究を実施した。総合学術博物館を活用して特別展示、講演会等を行い、積極的に研究成果を社会に発信した。

毎年行われた国際シンポジウム・国際会議に合わせ、大学院生を対象としたサマースクールを開校した。

（3）大学院生の研究活動の支援：博士課程在籍者のうち優秀な学生を特待大学院生（SDC）として採用して研究を支援した。拠点あるいは外国で開催される国際会議において、研究成果を積極的に発表することを奨励し旅費などの支援を積極的に行った。

（4）先端理学国際大学院コースとの連携

優秀な外国人留学生を受け入れ、留学生専門コースである先端理学国際大学院コースと先端地球惑星科学拠点大学院コースを一体で運用し、英語による授業を充実させた。

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

本拠点では、独自の観測・実験機器開発や、観測・モニタリングという先端地球科学技術の開発を、理学分野と工学分野が連携して組織的に推進してきた。高度な研究能力と国際性を持ち、手法開発能力に優れ、幅広い視野と柔軟な発想を有する独創性のある研究者を養成した。

このCOEの成果を取りまとめ発展させるために国際会議を主催しその成果を世界に発信した。また、総合学術博物館を用いた公開展示や普及講演会を開催し、本COEの成果を市民に還元した。平成18年には、海外の著名研究者を含む外部評価委員会による評価を行い、この拠点が計画通り優れた教育研究の成果が得られているとの高い評価を得た。また、以下で述べるように、多数の若手のポスター賞、奨励賞を受賞し、内外の研究機関に優れた研究者を送り出した。以上のことから拠点の目的は十分達成されたと考えられる。今後、国際的な交流をさらに協力を推進し、拠点の研究教育成果を定着させたいと考えている。

2)人材育成面での成果と拠点形成への寄与

本事業では、海外の著名研究者や教員、延べ126名を招聘し、延べ253回のCOE特別セミナーを実施した。さらに、5年間で11回の国際会議、5回の国際サマースクールを実施し、大学院生に国際的な研究交流の場を与えた。21世紀COEの先端地球惑星科学大学院コースと、留学生対象の先端理学国際コースを統合して運用し、英語による講義・セミナー（毎年24単位）を実施し、国際性を涵養する教育を行った。年間約50名の博士課程後期学生をRAとして雇用し経済的支援をするとともに、優れたものを年間10名程度SDC（特待大学院生）として、より大きな経済的支援を行った。東北大学国際高等研究教育機構の講義を毎年14単位開講し、学内の大学院教育の国際化・学際化・高度化に貢献した。

本拠点の先端地球惑星科学拠点大学院コースでは（1）幅広い視野を獲得させるため、専攻間の障壁を低くし、講義を自由に受講できる

カリキュラムに改善した。（2）海外を含む他大学・他機関における研究やフィールドワークに対して単位を認定するインターンシップ研修を導入した。（3）各院生にアドバイザーボードを設置し、複数専攻にまたがる複数指導教員体制を推進した。

その結果、東大地震研等の中核的研究機関の常勤の助教、准教授など常勤教員18名、国内外のPD等30名など多くの研究者を育成した。学振の博士特別研究員DCの数が5年間で8名から24名(H18年)に増加し、これは定員比率で地球科学分野では全国1位、数ではH17年は全国1位、H18年は東大に次いで全国2位であった。大学院生とPDが受賞したポスター賞・講演賞等は、5年間で28件にのぼった。国際会議での講演やポスター発表は平均170件/年とCOE開始前の3倍に増加した。また若手の受賞は学会奨励賞(IAVCEIのGeorge Walker Award、井上研究奨励賞、日本鉱物学会奨励賞など)や論文賞(日本地震学会など)の受賞が2003-2008年度に11件に及んだ。また学会発表賞・ポスター賞(AGU、日本高圧力学会など)は28件に及んだ。

3)研究活動面での新たな分野の創成や、学術的知見等

本拠点事業では、地球科学の広い分野で新技術を開発しつつ地球のダイナミクスを解明する研究に取り組んだ。そして、核マントル境界条件の達成、マントル内部における水の移動と存在量の解明、プレート境界地震のアスペリティモデルの確立、地震波トモグラフィにもとづくウエッジマントルでのマグマ作用の解明、対流圏や成層圏の温室効果気体のモニタリング、JAXA等の宇宙開発機関との連携による各種衛星による超高層大気観測・月惑星観測、衝撃波によるアミノ酸生成など生命の起源に迫るアミノ酸の新しい合成法の発見と生命発生モデルの提案など、世界をリードする本拠点独自の研究成果を挙げた。具体的には以下のような成果が得られた。

(1) プレート境界地震に関するアスペリティ・モデルを確立し(Hasegawa et al., 2007)、島弧沈み込み帯の詳細な不均質構造のイメージングによりマグマ生成・上昇および内陸地震発生モデルを提案した(Hasegawa et al., Tectonophys,

2005)。不均質構造における短周期地震波エンベロープに関する数理的モデルを構築した。

(2) 核マントル境界を超えた条件下（305GPa, 3600K）における高温高压X線回折測定技術を開発した。海洋地殻に含まれる水が核マントル境界までにまで輸送されることを明らかにし（Sano et al., GRL, 2007）、スラブ直下のマントル遷移層に水が局在することを明らかにした。マントル遷移層最上部に周りよりも重い含水のマグマが存在することを高温高压実験によって明らかにした（Sakamaki et al., Nature, 2006）。

(3) 地殻内部がたんぱく質を作る格好の場であるという説を提案した（Ohara et al., OLEB, 2007）。理工の連携により独自の衝撃波実験法を開発し、海洋への隕石衝突に伴うアミノ酸生成（Furukawa et al., EPSL, 2007）や生物大量絶滅の影響（Saito et al., IJIE, 2006）を解明するなど、本拠点独自の生命発生・進化研究を展開し世界に発信した。

(4) 北太平洋亜熱帯モード水の再出現が時間依存することを示し、これがアリュウシャン低気圧の活動と一定の位相関係を持つことを明らかにした（Hanawa and Sugimoto, GRL, 2004）。複数の衛星搭載センサーによる新世代海面水温デジタルデータをリアルタイムで処理し、一般に公開するとともに、ホットイベントと呼ばれる数十日の時間スケールを持つ熱帯域の高海面水温現象を発見した。

(5) 温室効果気体の濃度と同位体比を世界で最も高い精度で測定する技術を開発し、これを用いて地上基地に加え、大気球・航空機など様々な手段を用いて、それらの地球規模における時間・空間変動の実態を明らかにし、変動を支配するメカニズムを解明した。

(6) 衛星観測によって、超高層の発光現象（エルプス）を発見しそのメカニズムを解明した。JAXAと共同で月探査衛星のレーダー電波探査装置を開発・搭載して月地下のグローバル電波探査に世界で初めて成功した。

以上の研究成果と若手研究者の育成等が評価され、拠点のメンバーは、2003年以降現在までに、米国地球物理学連合フェロー、米国地球物理学連合火山地球化学岩石学部門のN.L.Bowen賞、島津賞、地球化学会三宅賞、気象学会堀内賞、地震学会論文賞、火山学会論文

賞などの、国内外の学術賞およびGeorge Walker Awardや高圧科学会奨励賞などの国内外の学会の若手奨励賞など17件を得ている。また、若手の発表賞・ポスター賞を28件受賞している。

4) 事業推進担当者相互の有機的連携

理・工学の研究者の連携を推進するために、連携分野にポスドクを採用し、理工連携の研究を支援した。さらに、連携を推進する若手研究者に、審査の上、優秀なものに研究費等を支給し研究支援を行った。また、理工連携の国際ワークショップWater Dynamicsを継続的に開催した。このような施策の結果、理学系と工学系の教員の相互理解が進み、連携の研究成果とともに大学発の人工衛星コンテストに理学・工学合同学生チームが第一位となるなど教育活動も共同で行われた。また、両部局の教員の指導を受けた広い視野を持つ既存の分野に捉われない柔軟な若手研究者が育成された。連携研究の成果は以下のようなものである。

(1) 衝撃波シミュレーション実験を行い二畳紀・三畳紀境界での隕石落下に伴う環境変動を示した（地学専攻、流体科学研究所の連携）。(2) 地震発生に対する水の影響およびそれに伴う自然災害の研究が進展した（地球物理学専攻、地震・噴火予知研究観測センター、地学専攻、環境科学研究科、東北アジア研究センターの連携）。(3) 小天体衝突の影響評価：海洋への隕石衝突による大量絶滅の影響の数値シミュレーションを実施した（地学専攻、流体研、災害制御研究センターの連携）。(4) 過去の火山噴火に伴う津波現象を解明（地学専攻、東北アジア、工学研究科災害制御研究センター）した。この研究を博士論文としてまとめた本拠点の若手研究者はその成果を国際的に高く評価され、東大地震研の助教として就職している。(5) 有機物の衝撃波合成に成功した（地学専攻、物質材料研究機構）。(6) 地震学（理学）と物理探査（工学）の研究者が共著で執筆した新しい雑微動解析法に関する総合報告が論文賞として評価された（地球物理学専攻、地学専攻）。

5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

学術交流協定締結や2国間共同研究などの交流実績がある海外研究教育機関との連携を一層深め研

究と教育を活性化した。本拠点は、世界の研究機関と多くの共同研究を行い、21世紀COE事業によって更に交流規模が拡大した。同時に各種国際シンポジウムやワークショップを積極的に主催・共催し、この分野の研究を主導的に推進した。また、以下のような国際交流の実績を挙げた。(1) アラスカ大学・イェール大学を交流拠点としさらにパイロイト大学シカゴ大学放射光研究施設など2003年以降現在までに院生のインターンシップによる滞在8名を含む延べ32名の若手研究者を派遣し研究に従事させた。(2) 2003年以降現在までに、延べ640人以上の大学院生の国際会議における成果発表を支援した。

(3) 外国人教員をCOE准教授として採用し英語による授業を開講した。さらに、招聘外国人による英語による授業は地球科学関係のみで19年度では12科目24単位に及んでいる。(4) 海外の著名研究者を客員教授/非常勤講師として金森教授(Caltech) Kirby博士(USGS)など21名を招聘し年に4回の講義演習セミナーによる教育指導をお願いした。(5) 外国人研究者の招聘実績：21世紀COEの5年間に延べ126名の研究者を招聘し、講演会(先端地球惑星科学セミナー)を延べ253回開催した。招聘研究者を講師にした英語による「夏・秋の学校」を延べ3回開催した。(6) 外国人留学生(IGPAS等)とインターンシップによる外国人学生の受け入れ実績：地学・地球物理学専攻で合計2003年2名; 2004年6名; 2005年7名; 2006年: 8名; 2007年: 8名。これによって、国際競争力のある大学づくりに貢献した。

6) 国内外に向けた情報発信

本拠点は、これまで活発な研究活動を行い、地球惑星科学を代表する評価の高い国際誌に成果を公表している。2003年から2007年までの主な国際誌への論文発表状況は以下の通りである。Nature(7編)、Science(5編)、Geophys. Res. Lett.(100編)、J. Geophys. Res.(88編)、Earth Planet. Space(67編)など。さらに、米国地球物理学連合など国際会議の招待講演を年間50件以上行うなど、研究成果を国際的に発信した。これらの研究は、アラスカ大学、イェール大学など、15以上の海外の教育研究機関に若手研究者を派遣し、ここから著名研究者を招聘した。本拠点が推進する国際交流協定は10件以上に及んでいる。

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)

補助金は本COE拠点の事業の重要な部分を占める若手研究者をPDとして、大学院生をSDCとRAとして雇用、拠点運営のための事務員の雇用などの人件費に59.8%(内52.6%はPDの雇用費、33.2%は大学院生のSDCおよびRAとしての経済支援、11.3%は拠点の事務支援員の雇用費、2.9%は客員教授の雇用費および謝金)、海外への大学院生やスタッフの派遣、外国人研究者、客員教員の招聘等に旅費に14.6%を使用した。また、国際的に成果を発信するための国際ワークショップの開催に経費の9.1%を使用し、拠点の教育研究を推進するための若手研究費として16.2%を使用した。これによって、拠点の教育研究に大きな成果が得られた。

②今後の展望

地球の深い理解のためには、地球に関する一次データの取得が不可欠である。一方、現在の地球惑星科学においては、観測・実験・シミュレーションが非常に重要であるが未だ不十分である。このような状況のもとで、現場に強い技術開発力の旺盛な研究者そして世界を先導できる国際的な研究者を育成することは、現在我が国の地球惑星科学に課せられた重要な課題である。

我々は、21世紀COE拠点において理・工学の連携を推進しつつ若手研究者の育成に努め、数々の奨励賞、ポスター賞・学会発表賞を受賞するなど若手研究者が多くの顕著な成果を生み出した。今後、21世紀COEプログラムの研究の成果を定着させ、さらに発展させることによって地球の変動現象と進化に着目した研究を強力に推進することができると考えている。

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)

東北大学においては、21世紀COEプログラムの拠点の融合を目指すために国際高等研究教育機構が設置された。この組織は21世紀COEプログラムの成果を、プログラム終了後にも定着させるための大学の支援組織である。本21世紀COE組織は、この機構に積極的に参加し先端基礎科学領域基盤の融合カリキュラムを実施し、拠点の研究成果を融合研究として定着させ、東北大学の大学院教育の高度化に大きく貢献している。

21世紀COEプログラム 平成15年度採択拠点事業結果報告書

機 関 名	東北大学	拠点番号	G03
拠点のプログラム名称	先端地球科学技術による地球の未来像創出 (Advanced Science and Technology Center for the Dynamic Earth)		
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】			
<ul style="list-style-type: none"> ・事業推進担当者(拠点リーダーを含む)が事業実施期間中に既に発表したこの拠点形成計画に関連した主な論文等〔著書、公刊論文、学術雑誌、その他当該プログラムにおいて公刊したもの〕 ・本拠点形成計画の成果で、ディスカッション・ペーパー、Web等の形式で公開されているものなど速報性のあるもの ※著者名(全員)、論文名、著書名、学会誌名、巻(号)、最初と最後の頁、発表年(西暦)の順に記入 波下線(~~~~~) : 拠点からコピーが提出されている論文 下線(_____) : 拠点を形成する専攻等に所属し、拠点の研究活動に参加している博士課程後期学生			
<p>Ohtani, E., Ed., Advance in High Pressure Mineralogy, Geol. Soc. Am., Monograph vol. 421, 2007</p> <p>Sakamaki, T., A. Suzuki, E. Ohtani, Stability of hydrous melt at the base of the Earth's upper mantle. Nature, Vol.439, 192-194, 2006.</p> <p>Hirao, N., E. Ohtani, T. Kondo, N. Endo, T. Kuba, T. Suzuki and T. Kikegawa, Partitioning of potassium between iron and silicate at the core-mantle boundary. Geophys. Res. Lett., 33, 2006.</p> <p>Ohtani, E., N. Hirao, T. Kondo, M. Ito and T. Kikegawa, Iron-water reaction at high pressure and temperature, and hydrogen transport into the core. Phys. Chem. Minerals, 78, 77-82, 2005.</p> <p>Ohtani, E., Water in the Mantle. Elements, 1, 25-30, 2005.</p> <p>Nakajima, J., and A. Hasegawa, Tomographic evidence for the mantle upwelling beneath southwestern Japan and its implications for arc magmatism. Earth Planet. Sci. Lett., 254, 90-105, 2007.</p> <p>Nakajima, J., and A. Hasegawa, Deep crustal structure along the Niigata-Kobe Tectonic Line, Japan: is origin and segmentation. Earth Planets Space, 59, e5-e8, 2007.</p> <p>Ariyoshi, K., T. Matsuzawa, and A. Hasegawa, The key frictional parameters controlling spatial variations in the speed of postseismic slip propagation on a subduction plate boundary. Earth Planet. Sci. Lett., 256, 136-146, doi:10.1016/j.epsl.2007.01.019, 2007.</p> <p>Zhao, D., Z. Wang, N. Umino, A. Hasegawa, Tomographic Imaging Outside a Seismic Network: Application to the Northeast Japan Arc. Bull. Seismol. Soc. Am., 97, 1121-1132, 2007.</p> <p>Hasegawa, A., J. Nakajima, S. Kita, T. Okada, T. Matsuzawa, and S. Kirby, Anomalous deepening of a belt of intraslab earthquakes in the Pacific slab crust under Kanto, central Japan: Possible anomalous thermal shielding, dehydration reactions, and seismicity caused by shallower cold slab material. Geophys. Res. Lett., 34, L09305, doi:10.1029/2007GL029616, 2007.</p> <p>Sato, H. and M. C. Fehler, Synthesis of Seismogram Envelopes in Heterogeneous Media, in "Advances in Wave Propagation in Heterogeneous Earth" (Eds. R. S. Wu and V. Maupin) in Vol. 48 of "Advanced in Geophysics (Series Ed. R. Dmowska), Academic Press, 561-596, 2007.</p> <p>Sawazaki, K., H. Sato, H. Nakahara, and T. Nishimura, Temporal Change in Site Response Caused by Earthquake Strong Motion as Revealed from Coda Spectral Ratio Measurement, Geophys. Res. Lett., 33, L21303, doi:10.1029/2006GL027938, 2006.</p> <p>Sato, H., Synthesis of vector wave envelopes in three-dimensional random elastic media characterized by a Gaussian autocorrelation function based on the Markov approximation: Plane wave case, J. Geophys. Res., 111, B06306, doi:10.1029/2005JB004036, 2006.</p> <p>Tanaka, S., M. Ohtake, and H. Sato, Tidal triggering of earthquakes in Japan related to the regional tectonic stress, Earth Planets Space, 56, 511-515, 2004.</p> <p>Kido, M., Osada, Y., and Fujimoto, H., Temporal variation of sound speed in ocean: a comparison between GPS/acoustic and <i>in situ</i> measurements. Earth Planet. Space, 59, 1-6, 2007.</p> <p>Kido, Motoyuki, and Fujimoto, H., Detecting horizontal gradient of sound speed in ocean. Earth Planet. Space, 59, e33-e36, 2007.</p> <p>Muto, J., H. Nagahama, T. Miura, and I. Arakawa, Frictional discharge at fault asperities: Origin of fractal seismo-electromagnetic radiation. Tectonophysics, 431, 113-122, 2007.</p> <p>Yajima, T. and H. Nagahama, KCC-theory and geometry of the Rikitake system. Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, 40, 2755-2772, 2007.</p> <p>Kawada, Y., H. Nagahama, and N. Nakamura, Time-scale invariances in preseismic electromagnetic radiation, magnetization and damage evolution of rocks. Natural Hazards and Earth System Sciences, 7, 599-606, 2007.</p> <p>Tsuchiya, N. and N. Hirano, Chemical Reaction Diversity of geofluids revealed by hydrothermal experiments under sub- and supercritical states. Island Arc, 16, 6-15, 2007.</p> <p>Nemoto, K., H. Moriya, H. Mitsuma, N. Tsuchiya, Mechanical and hydraulic coupling of injection-induced slip along pre-existing fractures. Geothermics, 37(2), 157-172, 2008.</p> <p>Honda, S., T. Yoshida, K. Aoi, Spatial and temporal evolution of arc volcanism in the northeast Honshu and Izu-Bonin Arcs: Evidence of small-scale convection under the island arc?. Island Arc, 16(2), 214-223, 2007.</p> <p>Aizawa, K., V. Acocella, T. Yoshida, How the development of magma chambers affects collapse calderas: insights from an overview. Geological Society of London, 269, 65-81, 2006.</p> <p>Kubanza, M., Nishimura, T. and Sato, H., Evaluation of strength of heterogeneity in the lithosphere from peak amplitude analyses of teleseismic short-period vector P-waves. Geophys. J. Int., 171, 390-398, 2007.</p> <p>Maeno, F. and H. Taniguchi, Spatiotemporal evolution of a marine caldera-forming eruption, generating a low-aspect ratio pyroclastic flow, 7.3 ka, Kikai caldera, Japan: implication from near-vent eruptive deposits. J. Volcanol. Geotherm. Res., 167, 212-238, 2007.</p> <p>Maeno, F., F. Imamura, H. Taniguchi, Numerical simulation of tsunamis generated by caldera collapse during the 7.3 ka Kikai eruption, Kyushu, Japan. Earth Planets and Space, 58(8), 1013-1024, 2006.</p> <p>Imamura, F., K. Goto, A. Ohkubo, A numerical model for the transport of a boulder by tsunami. J. Geophysical Research - Ocean, Vol.113, C01008, doi:10.1029/2007JC004170, 2008.</p> <p>Maeno, F., F. Imamura, Numerical investigations of tsunamis generated by pyroclastic flows from the Kikai caldera. Japan. Geophys. Res. Lett., 34, L23303, doi:10.1029/2007GL031222, 2007.</p> <p>Imamura, F., S. Koshimura, K. Goto, H. Yanagisawa, Y. Iwabuchi, Global disaster: The 2004 Indian ocean tsunami. Journal of Disaster Research, Vol.1.No.1, pp.131-135, 2006.</p> <p>Yanagisawa, K., F. Imamura, T. Sakamiyama, T. Annaka, T. Takeda, N. Shuto, Tsunami Assessment for Risk Management at Nuclear Power Facilities in Japan. Pure and Applied Geophysics, Vol.164, pp.565-576, 2007.</p>			

- Sugimoto, S., Hanawa K., Further evidence for non-reemergence of winter SST anomalies in the North Pacific eastern subtropical mode water area. *J. Oceanogr.*, 63(4), 625-635, 2007
- Hasegawa, T., K. Hanawa, Upper ocean heat content and atmospheric anomaly fields in the off-equatorial North Pacific related to ENSO. *J. Oceanogr.*, 63(4), 561-572, 2007.
- Yasunaka, S., K. Hanawa, Interannual temperature variations over Japan and their relation to large-scale atmospheric circulation field in summer. *J. Meteor. Soc. Japan*, 84(4), 641-652, 2005.
- Hanawa, K., S. Sugimoto, 'Reemergence' areas of winter sea surface temperature anomalies in the world's oceans. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L10303, doi:10.1029/2004GL 019904, 2004.
- Stephens, B. B., K. R. Gurney, P. Tans, C. Sweeney, W. Peters, L. Bruhwiler, P. Ciais, M. Ramonet, P. Bousquet, T. Nakazawa, S. Aoki, T. Machida, G. Inoue, N. Vinnichenko, J. Lloyd, R. Langenfelds, P. Steele, R. Francey, and S. Denning, Weak northern and strong tropical land carbon uptake from vertical profiles of atmospheric CO₂, *Science*, 316, 1732-1735, doi:10.1126/science.1137004, 2007.
- Kawamura, K., F. Parrenin, L. Lisiecki, R. Uemura, F. Vimeux, J. P. Severinghaus, M. Hutterli, T. Nakazawa, S. Aoki, J. Jouzel, M. Raymo, K. Matsumoto, H. Nakata, Y. Fujii and O. Watanabe, Northern Hemisphere forcing of climatic cycles over the past 360,000, *Nature*, 448, 912-916, doi:10.1038/nature06015, 2007.
- Le Quere, C., C. Rodenbek, E.T. Buitenhuis, T. J. Conway, R. Langenfelds, A. Gomez, C. Labuschagne, M. Ramonet, T. Nakazawa, N. Metzl, N. Gillet and M. Heimann, Saturation of the Southern ocean CO₂ sink due to recent climate change, *Science*, 316, 1735-1738, doi: 10.1126/science.1136188, 2007.
- Morimoto, S., S. Aoki, T. Nakazawa and T. Yamanouchi, 'Temporal variations of the carbon isotopic ratio of atmospheric methane observed at Ny Ålesund, Svalbard from 1996 to 2004, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L01807, doi:10.1029/2005GL024648, 2006.
- Qin, H., H. Kawamura and Y. Kawai, Detection of hot event in the equatorial Indo-Pacific warm pool using advanced satellite SST, solar radiation and wind speed, *J. Geophys. Res.*, 112, C07015, doi:10.1029/2006JC003969, 2007.
- Kawai, Y. and H. Kawamura, Spatial and temporal variations of model-derived diurnal amplitude of sea surface temperature in the western Pacific Ocean, *J. Geophys. Res.*, 110 (C8): Art. No. C08012, 2004.
- Nishizawa, T., H. Okamoto, N. Sugimoto, I. Matsui, A. Shimizu, K. Aoki, An algorithm that retrieves aerosol properties from dual-wavelength polarized lidar measurements. *J. Geophys. Res.*, 112, D06212, doi:10.1029/2006JD007435, 2007.
- Takayanagi, H., Y. Iryu, T. Yamada, M. Oda, K. Yamamoto, T. Sato, S. Chiyonobu, A. Nishimura, T. Nakazawa and S. Shiokawa, Carbonate deposits on submerged seamounts in the northwestern Pacific. *Island Arc*, vol. 16, no. 3, 394-419, 2007.
- Yamamoto, K., Y. Iryu, T. Sato, S. Chiyonobu, K. Sagae, E. Abe, Responses of coral reefs to increased amplitude of sea-level changes at the Mid-Pleistocene Climate Transition. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 241(1), 160-175, 2006.
- Ono, T., A. Kumamoto, Y. Yamaguchi, A. Yamaji, T. Kobayashi, Y. Kasahara, and H. Oya, Instrumentation and observation target of the Lunar Radar Sounder (LRS) experiment on-board the SELENE spacecraft, *Earth Planets Space*, 59 (in press), 2008.
- Shinbori, A., T. Ono, M. Iizima, A. Kumamoto, S. Shirai, A. Hanaoka, K. Okamoto, M. Ohashi, and H. Oya, Electrostatic electron cyclotron harmonic waves observed by the Akebono satellite near the equatorial region of the plasmasphere, *Earth Planets Space*, 59, 613-629, 2007.
- Uemoto, J., T. Ono, A. Kumamoto, and M. Iizima, Comparison of the IRI 2001 model with electron density profiles observed from topside sounder on-board the Ohzora (EXOS-C) and the Akebono (EXOS-D) satellites, *Advances in Space Research*, 34, 750-75, doi:10.1016/j.asr.2006.10.019, 2007.
- Kawada, Y., H. Nagahama, N. Nakamura, Time-scale invariances in preseismic electromagnetic radiation, magnetization and damage evolution of rocks. *Natural hazards and Earth system Sciences*, 7(5), 599-606, 2007.
- Uehara, M., N. Nakamura, Scanning magnetic microscope system utilizing a magneto-impedance sensor for a nondestructive diagnostic tool of geological samples. *Review of Scientific Instruments*, 78(4), 2007.
- Furukawa, Y., H., Nakazawa, T. Sekine and T. Kakegawa, Formation of ultrafine particles from impact-generated supercritical water. *Earth Planetary Science Letter*. 258. 543-549, 2007.
- Ohara, S., T. Kakegawa and H. Nakazawa, Pressure effects on the abiotic polymerization of glycine. *Origin of Life and Evolution of Biosphere*, 37. 215-223, 2007.
- Ando, A. and T. Kakegawa, Carbon isotope records of terrestrial organic matter and occurrence of planktonic foraminifera from the Albian stage of Hokkaido, Japan: Ocean - atmosphere delta C-13 trends and chronostratigraphic implications. *Paleos* 22, 417-432, 2007.
- Goto, K., S.A. Chavanich, F. Imamura, P. Kunthasap, T. Matsui, K. Minoura, D. Sugawara, H. Yanagisawa, Distribution, origin and transport process of boulders deposited by the 2004 Indian Ocean tsunami at Pakarang Cape, Thailand. *Sedimentary Geology*, 202(4), 821-837, 2007.
- Minoura, K., F. Imamura, U. Kuran, T. Nakamura, G.A. Papadopoulos, D. Sugawara, A.C. Yalciner, A tsunami generated by a possible submarine slide: Evidence for slope failure triggered by the North Anatolian Fault movement. *Natural Hazards*, 36(3), 297-306, 2005.
- Ishida, H., Kaiho, K., Asano S., Effects of sulfate aerosols induced by a large asteroid impact on ultra-violet radiation in the atmosphere. *Geophysical Research Letters*, 34, L23805, doi:10.1029/2007GL030697, 2007.
- Kaiho, K., K. Takeda, M.R. Petrizzo, J.C. Zachos, Anomalous shifts in tropical Pacific planktonic and benthic foraminiferal test size during the Paleocene-Eocene thermal maximum. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 237, 456-464, 2006.
- Kaiho, K., Y. Kajiwara, Z.Q. Chen, P. Gorjan, A sulfur isotope event at the end of the Permian. *Chemical Geology*, 235, 33-47, 2006.
- Tsukamoto K., and P. Dold, Interferometric Techniques for Investigating Growth and Dissolution of Crystals in Solutions, pp. 329-341, in: Perspectives on Inorganic, Organic, And Biological Crystal Growth: From Fundamentals to Applications, ed. A. Skowronski, J. J. DeYoreo and C. Wang, American Institute of Physics, Melville, New York, 2007.
- Nagashima, K., K. Tsukamoto, H. Satoh, H. Kobatake, and P. Dold, Reproduction of chondrules from levitated, hypercooled melts. *J. Crystal Growth*, 293, 193-197, 2006.[
- Sano, A., E. Ohtani, T. Kondo, N. Hirao, T. Sakai, N. Sata, Y. Ohishi, T. Kikegawa, Aluminous hydrous mineral delta-AlOOH as a carrier of hydrogen into the core-mantle boundary. *Geophysical Research letters*. 35(3), 2008.
- Kuo, C.-L., A.B. Chen, Y.J. Lee, L.Y. Tsai, R.K. Chou, R.R. Hsu, H.T. Su, L.C. Lee, S.A. Cummer, H.U. Frey, S.B. Mende, Y. Takahashi, and H. Fukunishi, Modeling elves observed by FORMOSAT-2 satellite. *J. Geophys. Res.*, 112, A11312, doi:10.1029/2007JA012407, 2007.
- Saito, T., K. Kaiho, A. Abe, M. Katayama, K. Takayama, Numerical Simulations of Hypervelocity Impact of Asteroid/Comet on the Earth. *International journal of impact engineering*, 33(1), 713-722, 2006.

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3月15-17日・仙台国際センター(仙台市)、北方圏環境変動研究計画に関する国際レビュー会議、参加人数: 94名(外国人参加者11名)、主な招待講演者: 赤祖父俊一(米国、アラスカ大学)、真鍋淑郎(米国、プリンストン大学)、J. Walsh(米国、アラスカ大学)
2. 2004年3月17-19日・東北大学青葉記念会館(仙台市)、1st International Workshop on Water Dynamics、参加人数: 104名(外国人参加者8名)、主な招待講演者: B. Yardley教授(英国、リーズ大学)、G. A. Codd教授(英国、ダンディー大学)、R. J. Bodnar教授(米国、ヴァージニア工科大学)
3. 2004年11月11-12日・仙台国際センター(仙台市)、2nd International Workshop on Water Dynamics、参加人数: 180名(外国人参加者12名)、主な招待講演者: R. Hemley博士(米国、カーネギー地球物理学研究所)、S. Saxena教授(米国、フロリダ国際大学)、J. Kirschvink教授(米国、カリフォルニア工科大学)
4. 2004年11月9-13日・東北大学理学部(仙台市)、The Short Course on Role of Water: The Geophysical and Geochemical Constrains on the Distribution, the State and Reaction of Water in the Earth、参加人数: 98名(外国人参加者11名)、主な招待講演者: M. Rosing教授(デンマーク、コペンハーゲン大学)、L. Becker教授(米国、カリフォルニア大学)、B. Nadeau博士(米国、パークレー地震研究所)
5. 2004年11月22日・東北大学青葉記念会館(仙台市)、Workshop on "Probing Earth Media Having Small-Scale Heterogeneities"、参加人数: 53名(外国人参加者12名)、安芸名誉教授(米国、南カリフォルニア大学)、M. Fehler博士(米国、ロスアラモス国立研)、M. Campillo教授(仏、フーリエ大学)
6. 2005年7月22日~24日・仙台市戦災復興記念館(仙台市)、21COE International Symposium 2005 Spatial and Temporal Fluctuations in the Solid Earth -Clues to the Future of Our Planet-、参加人数: 147名(外国人参加者14名)、主な招待講演者: Stephen H. Kirby博士(米国、地質調査所)、Jeffrey T. Freymueller教授(米国、アラスカ大学フェアバンクス校)、Robert M. Nadeau博士(米国、カリフォルニア大学パークレー校)、Ray Weldon教授(米国、オレゴン大学)、Stephen R. McNutt教授(米国、アラスカ大学)、Bruce Buffett教授(米国、シカゴ大学)
7. 2005年11月16日~17日・仙台国際センター(仙台市)、3rd International Workshop on Water Dynamics、参加人数: 150名(外国人参加者12名)、主な招待講演者: Derek Elsworth教授(米国、ペンシルバニア州立大学)、Peter Grathwohl教授(ドイツ、テュービンゲン大学)、Ho-Kwang Mao博士(米国、カーネギー研究所)、Cornel E. J. de Ronde博士(ニュージーランド、地質・核科学研究所)、Richard Secco教授(カナダ、ウェスタンオンタリオ大学)、Yong Cai博士(台湾、国立放射光科学研究センター)
8. 2006年11月6日~9日・仙台国際センター(仙台市)、21 COE International Symposium on "Climate Change: Past and Future"、参加人数126名(外国人参加者24名)、主な招待講演者: Dean Roemmich教授(米国、Scripps Institution of Oceanography)、Yves Tourre博士(フランス、MEDIAS-France)、Niklas Schneider博士(米国、University of Hawaii at Manoa)、William Crawford博士(カナダ、Institute of Ocean Sciences)、Miklos Kazmer博士(ハンガリー、Eotvos University)
9. 2006年11月7日~8日・東北大学青葉記念会館(仙台市)、4th International Workshop on Water Dynamics、参加人数200人(外国人参加者6名)、主な招待講演者: Richard Sibson教授(ニュージーランド、University of Otago)、Craig Manning教授(米国、Univ of California, Los Angeles)、Steve Banwart教授(英国、University of Sheffield)、PROSERPINA L. GOMEZ-ROXAS教授(フィリピン、Mindanao State University at Naawan)
10. 2007年9月10日~11日・仙台国際センター(仙台市)、The 1st Asia Science Forum、参加人数約200名(外国人参加者54名)、主な招待講演者: Bayong Tjasyono Hanggoro Kasih教授(インドネシア、バンドン工科大学)、Wen ZhiPing教授(中国、中国中山大学)、TANG Danling教授(中国、中国科学院)、HUANG Qinghua教授(中国、中国北京大学)、GAO Rui教授(中国、中国地質科学院)
11. 2007年9月18日~21日・仙台戦災復興記念館(仙台市)、EASTEC symposium 2007 Dynamic Earth -Its origin and future-、参加人数205名(外国人参加者32名)、主な招待講演者: Jeffery T. Freymueller教授(米国、アラスカ大学地震研究所)、Stephen Kirby博士(米国、米国地質調査所)、Bradley R. Hacker教授(米国、カリフォルニア大学サンバレー校)
12. 2007年9月25日~27日・仙台国際センター(仙台市)、5th International Workshop on Water Dynamics、参加人数200名(外国人参加者21名)、主な招待講演者: Patrick R. Brown教授(ニュージーランド、オークランド大学)、Mark H. Reed教授(米国、オレゴン大学)、Yuri Palyanov教授(ロシア、ロシア科学アカデミーシベリア支部地学・鉱物学研究所)、Ho-Kwang Mao博士(米国、ワシントンカーネギー研究所)

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

21世紀COEプログラムでは、先端地球惑星科学拠点大学院コースを設置し以下の施策を行った。

1) 大学院講義相互乗り入れカリキュラム：

対象：大学院博士課程学生（前期課程および後期課程）

実施期間：平成15年10月より現在まで

具体的内容：幅広い視野を獲得させるため、専攻間の障壁を低くし、地学専攻、地球物理学専攻、環境科学専攻の講義を自由に受講できるカリキュラムに改善した。

2) インターンシップ研修、インターンシップ特別研修

対象：大学院博士課程学生（前期課程および後期課程）

実施期間：平成16年4月より現在まで

具体的内容：研究の機会を本大学院のみに限定せず、海外を含む他大学・他機関における研究やフィールドワークに対して単位を認定するインターンシップ研修（大学院博士課程前期）およびインターンシップ特別研修（大学院博士課程後期）を導入・実施した。

3) 各院生にアドバイザーボードの設置

対象：大学院博士課程学生（前期課程および後期課程）

実施期間：平成15年10月より現在まで

具体的内容：拠点の大学院生の学位指導のために、アドバイザーボードを導入し、複数専攻にまたがる複数指導教員体制を推進した。

4) リサーチアシスタント(RA)、博士課程特待生 (Super Doctoral Course candidate: SDC)

対象：本拠点を構成する部局に属する大学院後期課程の大学院生（留学生を含む）

実施期間：平成15年10月より平成20年3月まで

選抜方法：RAについては、研究計画書（学振DCの申請書に準じたもの）を提出させ、その中で申請者の研究課題と本COEの研究教育目標との関連について説明を求める。本COEも目的と合致するものを拠点大学院生と認定し、RAとして経済支援を行った。認定は21世紀COEの教育運営委員会が行った。SDCについては、①研究目的が拠点の目的と合致しているか否か、②論文発表の実績（国際誌特にISI登録誌に論文を報告していることを高く評価する）、③研究発表の実績（特に国際会議での発表を高く評価する）を基準として、RA申請者のなかから、優れているもの上位20%程度を選抜した。なお、この選抜基準は、拠点のウェブサイトで大学院生に周知した。

具体的内容：現21世紀COEに関連する分野の大学院生の全員に5年間に延べ242名をRAとして雇用し月5万円の財政的支援を行い、さらに特に優れた実績を示した者延べ53名に特待大学院生（SDC）として月10万円の財政的支援を行い教育・研究の経験を積ませた。

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、人材育成及び研究活動の両面において、設定された目的は概ね達成されたと評価できる。

人材育成面については、複数専攻間にまたがる先端地球惑星科学大学院コースを設け、複数教員による分野横断型の指導体制を確立し、また外国人客員教員を含めた英語講義やインターンシップを実施するなど、新しい試みを意欲的に行い、大学院教育に成果をあげ、有能な若手研究者を育てたことは、評価できる。しかしながら、事業後半において、事業推進担当者が指導教員となっている博士課程入学者が減少しており、改善が望まれる。

研究活動面においては、新しい観測・実験技術の開発を行うとともに、拠点形成目的である地球内部ダイナミクス及び地球表層変動に関する研究を精力的に進め、多くの研究成果をあげており、評価できる。しかしながら、ほとんどは従来の個々の分野の研究の延長線上での成果であり、当初の目的である理学・工学の連携による地球変動現象解明のための地球科学の統合的拠点構築の具体的成果はまだ十分には見受けられない。

補助事業終了後の持続的展開については、これまでの実績から見て、十分に期待できる。