

**平成30年度研究拠点形成事業
(B. アジア・アフリカ学術基盤形成型) 実施計画書**

1. 拠点機関

日本側拠点機関：	立命館大学
(南アフリカ)側拠点機関：	ウィットワータースランド大学
(インド)側拠点機関：	インド工科大学ハイデラバード校
(イスラエル)側拠点機関：	テルアビブ大学

2. 研究交流課題名

(和文)：南アフリカとインドの国際科学地震掘削計画を軸にした研究交流

(英文)：Research cooperation between ICDP projects to drill into seismic zones in South Africa and India

研究交流課題に係るウェブサイト：http://www.ritsumeai.ac.jp/research/center/disa_fro/

3. 採択期間

平成29年4月1日 ～ 平成32年3月31日

(2年度目)

4. 実施体制

日本側実施組織

拠点機関：立命館大学

実施組織代表者(所属部局・職名・氏名)：学長・吉田 美喜夫

コーディネーター(所属部局・職名・氏名)：理工学部・教授・小笠原 宏

協力機関：なし

事務組織：研究部 BKC リサーチオフィス

相手国側実施組織(拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。)

(1) 国名：南アフリカ共和国

拠点機関：(英文) University of the Witwatersrand

(和文) ウィットワータースランド大学

コーディネーター(所属部局・職名・氏名)：(英文)

School of Geoscience, Professor, Raymond John DURRHEIM,

協力機関：(英文) Council for Geoscience

(和文) 地球科学評議会

(2) 国名：インド

拠点機関：(英文) Indian Institute of Technology Hyderabad

(和文) インド工科大学ハイデラバード校

コーディネーター (所属部局・職名・氏名)：(英文)

Department of Civil Engineering, Assistant Professor, Surendra Nadh SOMALA

協力機関：なし

(3) 国名：イスラエル国

拠点機関：(英文) Tel-Aviv University

(和文) テルアビブ大学

コーディネーター (所属部局・職名・氏名)：(英文)

Department of Geosciences, Research Associate, Neta WECHSLER

協力機関：なし

5. 全期間を通じた研究交流目標

本研究交流課題のコーディネーターは、南アフリカ（以下南ア）金鉱山の地下 3km などから M5.5 などの地震発生場を掘削するという計画（Drilling into Seismogenic zones of M2-5.5 earthquakes in South African goldmines; 以下、南ア DSeis 計画）の PI である。この掘削計画は、2016 年 8 月 31 日に国際陸上掘削科学プログラム (ICDP) によって採択されたもので、採択された掘削費用は 100 万ドルである。日本と南アが主導し、スイス、米国、ドイツやインド、豪州、イスラエルなどが協力して進める。一方、インドではダム貯水に応答する地震活動（最大マグニチュード M 6.3）の謎を解明するための国際陸上科学掘削 (ICDP) 計画が始まっている（以下、印 Koyna 計画）。南ア DSeis 計画は地下の大深度から掘削を始めることができ、サイズが異なる地震発生場に複数の掘削を行って、何が地震発生をコントロールするかを直接的にさらに精査する。先行する印 Koyna 計画と知見や技術・経験を本研究交流課題で共有し、両者の成果の質を総合的に高めることが目標である。南ア DSeis 計画は、JST-JICA 地球規模課題対応科学技術協力 (SATREPS) 「鉱山での地震被害低減のための観測研究(2015 年 8 月まで)」などを発展させるものである。SATREPS は、南ア政府と JICA/JST などの MoU や契約の下、本課題のコーディネーターが主導した。SATREPS 南ア代表者は南アのコーディネーターであり、また、アフリカ大陸の地球物理学的知見の共有と若手育成のための AfricaArray の活動も主導している。立命館大学は、G30、SGU、理工系学部とインドとの「大学の世界展開力強化事業」、院生の海外実習促進などを実施しており、本課題によって南アとインドの学術的に重要な研究と若手育成とをより強く結びつける。

6. 前年度までの研究交流活動による目標達成状況

ICDP 予算（本事業経費外）による地震発生帯掘削が、南アでは 2017 年 6 月に始まった。2018 年 4 月に終了する予定である。インドでは 2017 年に ICDP 予算によるパイロット掘

削が終了した。これらの掘削によって学術的に貴重な成果が得られると期待される。

本研究交流課題は、最適な時機に掘削情報や課題を共有すること、および、南アフリカと日本における掘削コアや関連するデータ解析を促進することについて、中心的で重要な役割を果たした。

南ア DSeis 計画に関連する成果の詳細は以下の通りである。

南ア DSeis 計画では 2017 年 6 月から ICDP 予算（本事業経費外）による掘削が始まった。モアブ・コツォン金鉱山の地下 2.9km からの 2 本目の掘削（700m 長）が 2018 年 3 月に完了し、M5.5 余震発生帯の上縁部を貫通することができた。この貫通孔では、ドイツ研究者も参加する形で米国 NSF の地球微生物学的研究が始まった。その前に行われた 1 本目の掘削（817m 長）では M5.5 の余震発生帯からの距離を数十 m に保ちながら、M5.5 余震発生帯の上縁部から余震発生帯の中心に向かって百数十 m にわたってコアを回収することができた。クック 4 鉱山の高応力の堅坑残柱（堅坑を守るために計画的に掘り残された領域）では、採掘前線の前方に成長した数十 m の広がりを持つ複数の破壊面を貫通する掘削に成功し、南アフリカ・イスラエル・ドイツの間で、構造地質学的な破碎の共同研究調査が行われはじめた。

本研究交流計画では、南ア DSeis 計画によるモアブ・コツォン金鉱山の 1 本目の掘削が始まった直後に、南アフリカとインドの研究者計 12 名を日本に招聘し、国際地震学地球内部物理学会（2017 年 7-8 月；神戸）で、投稿論文数が最大規模のセッション（人工誘発地震）とそれに引き続く本事業のセミナーによって成果の発信と共有を行い、先行する印 Koyana 計画から経験を学び、南ア DSeis 計画の掘削コア解析の準備を十分に行うことができた。これらに参加した日本と南アのメンバーが中心となり、日本の夏休み前後を中心に、日本、インド、イスラエル、スイス（第三国の本事業登録者）の研究者、掘削現場でのコア解析や関連するデータ解析を行った。M5.5 余震発生帯の地質と物理学的物性と応力の詳細を描き出すことができた。これらの活動には、院生・学部生 10 名や若い助教 3 名が参加した。AfricaArray Workshop では日本人院生による成果発信も行った。

印 Koyana 計画（本事業経費外）は、ICDP Post-operation ワークショップに JSPS Core-to-Core 日本人メンバーが 3 名招待された。ワークショップでは、完了した ICDP 先導掘削（地表から地下 3km）、インド政府の予算による本掘削（地表からダム誘発地震帯の深度まで）とそれに続く孔内観測計画の議論に参加した。この際にインド人地球微生物学者 Prof. Sar（新規参入）と DSeis 計画の地球微生物学研究の情報を交換し、2018 年 3 月が南アに渡航し、M5.5 余震帯貫通孔からの水と微生物サンプルの採集をさせることができた。

7. 平成 30 年度研究交流目標

本年度は、南アにおける、地震発生帯の掘削コアと掘削孔での研究が最も重要な年度である。ICDP 予算（本事業経費外；104 万ドル）は、2018 年 5 月か 6 月までの南ア地震発生場掘削と掘削孔の地球物理検層（ともに現在進行中）や掘削機の撤収などを完了する。

本課題では、地球物理検層を追加して行い、得られたコアや地球物理検層の結果の分析す

る活動や成果発表に関する以下の交流活動を行う。

- ・4月のヨーロッパ地球物理学会での成果発表（イスラエルの構造地質学研究者 4-1）。別予算で南アフリカの地球物理研究者 2-1 と 2-4、スイスの地質工学研究者 1-21 も参加し、研究成果と議論を共有する。

- ・日本人研究者 1 名(1-32)のスイスでの地質工学研究者(1-22 および 1-24)との打ち合わせの後の南ア渡航（南ア一週間）、

- ・コーディネータの春の連休時の2週間前後の南ア渡航、

- ・6月に南ア研究者 2-1 が主催する Africa Array Annual Seminar（別予算）に続き、本課題によってセミナーを開催する。

- ・日本の夏休みの院生達(1-25、26、28)の南アでの2ヶ月前後の期間の活動。この時期には、既存の地震反射法探査データの再解析も行う。これらの南アでの研究活動は南アの研究者達（2-1～21）と行う。

- ・時期は未定であるが、構造地質学者・地球化学者・地球微生物学者が、南アでコアを目の前に置いて、綿密な打ち合わせをする必要がある。地球微生物学者は掘削コアをすりつぶして DNA の検出と分析を始めるが、微生物学者が分析を始める前に、構造地質学者や地球化学者が必要な情報（破壊構造・地質構造・応力情報）をそのコアから得ておく必要があるからである。

<研究協力体制の構築>

本年度は、南アにおける、地震発生帯の掘削コアと掘削孔での研究が最も重要な年度である。現場では、本事業の日本、南ア、インド、イスラエル、スイス（第三国の本事業登録メンバー）が核となって、掘削コアと掘削孔で、地震・地質・地球物理学的研究を進める。米国 NSF やドイツの地球微生物学者達の水やガスの採取と分析研究とも連携する体制ができている。本年度は、日本人の地球化学者が本事業に新規参入し、米国 NSF 計画で得られる断層帯の水と断層岩との相互作用の研究が始まる。

<学術的観点>

地球物理学・地球化学・構造地質学的には、掘削コア、孔内物理検層、地震発生帯の母岩と断層岩と破壊構造と応力、および、水とガスの研究を進め、地震発生帯の理解を深める。これらの地震発生帯の精査は過去に行われたことがないため、貴重な成果が得られると期待される。地球微生物学的にも掘削コアの解析や水とガスの分析によって、貴重な成果が得られると期待される。孔内地震観測（別予算；申請中）が実現すれば、より多くの成果が得られると期待される。

<若手研究者育成>

国や職位・学年による若手参加者は以下の表の通りである。彼らの学位論文執筆やキャリアアップの支援を続ける。南アの掘削現場を中心とする、多国籍の若手の研究交流は、彼らにとって貴重な経験の機会となると期待される。

表1 本年度、共同研究に関わる本事業の登録若手メンバー

	院生	Post Doc	若手の助教・研究者
日本	3	0	2
南アフリカ	3	2	1
インド	2		1
イスラエル	2		1
スイス	1		1
アメリカ		1	
合計	10	3	6

<その他（社会貢献や独自の目的等）>

日本においては、日本掘削科学コンソーシアム(J-DESC；事務局は海洋研究開発機構 JAMSTEC)と連携し、成果報告会や大学院生を対象とするワークショップ等の機会があれば、一般や若手研究者に対してアウトリーチ活動を行う。

本事業で使用される新しい応力測定技術は、岩盤工学や世界の大深度鉱山での安全管理での応用が期待され、独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）と連携しチリやブラジルでの技術移転も視野に入れて取り組む。

8. 平成30年度研究交流計画状況

8-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成 29 年度	研究終了年度	平成 31 年度
共同研究課題名	(和文) 南アフリカとインドの国際科学地震掘削計画を軸にした研究交流 (英文) Research cooperation between ICDP projects to drill into seismic zones in South Africa and India				
日本側代表者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(和文) 立命館大学・教授・小笠原 宏 (1-1) (英文) OGASAWARA Hiroshi, Ritsumeikan University, Professor (1-1)				
相手国側代表者 氏名・所属・職名・ 研究者番号	(英文) Raymond J. DURRHEIM, School of Geoscience, University of the Witwatersrand, Professor (2-1)				
30年度の 研究交流活動 計画	<p>※全期間を通じた研究交流目標の達成に向け、どの機関(国)とどのような共同研究を推進していくのか。</p> <p>DSeis 計画の掘削や孔内物理検層が行われているモアブコツォン金鉱山(南ア)や、掘削コアが管理される CSIR や Witwatersrand 大学(南ア)を活動場所として、立命館大学・東北大学・大阪大学・京都大学(日本)、Witwatersrand 大学・CSIR・Free State 大学・鉱山地震研究所(南ア)、ETH Zurich (スイス)、Tel Aviv 大(イスラエル)、Princeton 大(アメリカ)が、掘削コアの地質学的・岩盤工学的・地球化学的・地球微生物学的な解析を進める。また、立命館大学(日本)が Witwatersrand 大学(南ア)と、地震反射探査結果の再解釈を進める。</p> <p>※共同研究にかかる国内の協力機関および相手国との進捗状況の確認・共有の方法や頻度等について。</p> <p>以下および本計画書の第9項に記載した派遣時、および、日常的なメールや月に2~3回の頻度で行われるインターネット会議(Skype、Google Handouts、もしくは、Zoom)</p> <p>※相手国との研究交流にかかる派遣・受入について、相手国・人数・期間。</p> <p>相手国：南アフリカ</p> <p>4月：日本人研究者1名・スイスで打合わせの後南ア渡航・二週間。</p> <p>4-5月：本事業のコーディネータ・南ア渡航・二週間。</p>				

	<p>6月：イスラエル研究者1名と院生1名・南アで掘削コア地質調査・二週間。</p> <p>7－9月：日本人院生2名・南アで掘削コア地質調査・1～2.5ヶ月。</p> <p>相手国：インド 時期未定：インド人1名・日本に招聘・一週間</p> <p>相手国：イスラエル 4月：イスラエル研究者1名；欧州地球物理学会で成果発信と研究打合せ・一週間。</p>
<p>30年度の 研究交流活動 から得られる ことが期待さ れる成果</p>	<p>掘削コア、孔内物理検層、地震発生帯の水とガスの研究を進める。これらの地震発生帯の精査は過去に行われたことがないため、貴重な成果が得られると期待される。1990年代、あるいは、2000年代に行われた既存の地震反射法探査データの再解析が進むことによって、M5.5の地震発生場の地質構造がより明かになる。孔内地震観測が実現すれば、より多くの成果が得られると期待される。</p>

8-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業「南アフリカ金鉱山での地震発生場掘削に関するセミナー」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “The Seminar on Drilling into Seismogenic zones in South African gold mines”
開催期間	平成 30 年 6 月 27 日 ~ 平成 30 年 6 月 27 日 (1 日間)
開催地(国名、都市名、会場名)	(和文) 南アフリカ、ヨハネスブルグ
	(英文) South Africa, Johannesburg
日本側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号(参加研究者リストに記載している研究者番号を記入)	(和文) 立命館大学・教授・小笠原 宏 (1-1)
	(英文) OGASAWARA Hiroshi, Ritsumeikan University, Professor (1-1)
相手国側開催責任者 氏名・所属・職名・研究者番号(参加研究者リストに記載している研究者番号を記入) (※日本以外での開催の場合)	(英文) Raymond J. DURRHEIM, School of Geoscience, University of the Witwatersrand, Professor (2-1)

参加者数

派遣先 派遣元		セミナー開催国 (南アフリカ)	備考
日本	A.	3/ 21	うち2名は別予算
	B.	0	
南アフリカ	A.	10/ 10	
	B.	20	
イスラエル	A.	2/ 14	
	B.	0	
インド	A.	1/ 7	
	B.	0	
スイス	A.	1/ 7	
	B.	0	
アメリカ	A.	0/ 0	
	B.	1	
ドイツ	A.	0/ 0	
	B.	1	
合計 〈人／人日〉	A.	17/ 80	
	B.	22	

A. 本事業参加者（参加研究者リストの研究者等）

B. 一般参加者（参加研究者リスト以外の研究者等）

※人／人日は、2／14（＝2人を7日間ずつ計14日間派遣する）のように記載してください。

※日数は、出張期間（渡航日、帰国日を含めた期間）としてください。これによりがたい場合は、備考欄にその内訳等を記入してください。

セミナー開催の目的	6月に完了する科学掘削と、それによるコア試料・検層結果や、掘削地域の地表地震反射法探査の解析結果を共有し、共同研究をどの様に発展させるかを議論する。	
期待される成果	6月に完了する科学掘削と、それによるコア試料・検層結果や、掘削地域の地表地震反射法探査の解析結果を共有し、共同研究をどの様に発展させるかを議論する。ドイツに本拠を構える科学掘削の支援機関や、AfricaArray Workshop に参加するアフリカ大陸諸国やアメリカからの参加者とも成果を共有する。	
セミナーの運営組織	Witwatersrand 大学、立命館大学、東北大学	
開催経費 分担内容	日本側（本課題）	内容 登録研究者の南アフリカまでの旅費
	（南アフリカ）側	内容 本課題に登録されている南アフリカ研究者の国内旅費と参加費。

8-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

共同研究、セミナー以外の交流（日本国内の交流を含む）計画を記入してください。

所属・職名 派遣者氏名・研究者番号	派遣時期 (●月・●日間)	訪問先・内容
Tel Aviv Univ. ・ Research Associate N Wechsler ・4-1	4月8-13日	訪問先：オーストリア 内容：European Geophysical Unionにて、本事業以外の予算で参加する研究者(1-21、1-24、1-21)やICDP関係者と打合せを行う。

※1名につき1行で記入してください。

9. 平成30年度研究交流計画総人数・人日数

9-1 相手国との交流計画

派遣先 派遣元	日本 〈人/人日〉		南アフリカ 〈人/人日〉		インド 〈人/人日〉		イスラエル 〈人/人日〉		オーストリア (第三国) 〈人/人日〉		合計 〈人/人日〉	
日本 〈人/人日〉			4/147	(5/35)	0/0	(1/1)	0/0	(0/0)	1/2	(0/0)	5/149	(6/36)
南アフリカ 〈人/人日〉	0/0	(2/14)			0/0	(0/0)	0/0	(0/0)	0/0	(2/14)	0/0	(4/28)
インド 〈人/人日〉	1/14	(0/0)	0/0	(2/21)			0/0	(0/0)	0/0	(0/0)	1/14	(2/21)
イスラエル 〈人/人日〉	0/0	(0/0)	2/28	(0/0)	0/0	(0/0)			1/7	(1/14)	3/35	(1/14)
スイス 〈人/人日〉	0/0	(0/0)	0/0	(1/7)	0/0	(0/0)	0/0	(0/0)			0/0	(1/7)
合計 〈人/人日〉	1/14	(2/14)	6/175	(8/63)	0/0	(1/1)	0/0	(0/0)	2/9	(3/28)	9/198	(14/106)

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流する人数・人日数を記載してください。(なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。)

※相手国側マッチングファンドなど、本事業経費によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。

※相手国以外の国へ派遣する場合、国名に続けて(第三国)と記入してください。

9-2 国内での交流計画

	交流予定人数 〈人/人日〉
合計	10 / 10 (2 / 2)

10. 平成30年度経費使用見込み額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	400,000	国内旅費、外国旅費の合計は、研究交流経費の50%以上であること。
	外国旅費	4,500,000	
	謝金	0	
	備品・消耗品 購入費	0	
	その他の経費	1,000,000	掘削孔の地球物理学検層
	不課税取引・ 非課税取引に 係る消費税	500,000	
	計	6,400,000	研究交流経費配分額以内であること。
業務委託手数料		640,000	研究交流経費の10%を上限とし、必要な額であること。また、消費税額は内額とする。
合計		7,040,000	