

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

「マルマラ海域の地震・津波被害軽減とトルコの防災教育」(2012年6月～2018年3月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者： 金田 義行

(海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター 招聘上席技術研究員)

2. 2. 相手国側研究代表者： Haluk Ozener

(トルコ共和国 ボアジチ大学 カンデリ地震観測研究所 (KOERI) 所長／教授)

3. 研究概要

トルコのマルマラ海地方は経済発展の中心地イスタンブールを含む人口密集地域であるが、海底下に巨大地震の空白域があり、1999年にその東側で発生したイズミット地震と同様の大きなリスクを抱えている。それにもかかわらず、トルコには耐震不適格な建物が多数存在するなど防災上の課題が多く残る。そこで、海底や周辺地域での地震観測等に基づくマルマラ海地震・津波被害の評価と、シミュレーションによる災害リスクの可視化を行い、地方自治体等との「地域防災コミュニティ」構築やメディアを通じた情報発信等により、社会に防災対策の意識を根付かせる。具体的には、以下4つの研究活動グループで研究を行う。

(1) 震源モデルの構築

(2) 地震発生サイクルシミュレーションに基づく津波予測

(3) 地震特性評価及び被害予測

(4) 研究結果に基づく防災教育

4. 評価結果

総合評価： A+

(所期の計画をやや上回る取り組みが行われ、大きな成果が期待できる。)

今後予測されるマルマラ海域での地震とその災害予測について、最新の科学技術を用いて、そのシナリオを提案し、特に、横ずれ断層の構造の解明と相対変位速度の計測に基づいて、断層モデルを構築するとともに、高度な津波シミュレーションで被害予測を行った。研究成果は国際誌に公表され、国際的に高い評価を得ており、地球規模課題の解決並びに科学技術の発展に大きく寄与している。

さらに、現地研究者が独自に海域調査を行えるための技術移転も確立しており、今後、社

会実装を担うことになる相手側機関であるカンデリ地震観測所（KOERI）の研究者に対しても十分なトレーニングがなされている。

また、研究成果を住民に還元する手法として、相手国研究機関（KOERI）における防災教育拠点の拡充整備への協力、防災アニメをはじめとする防災教育のための教材の作成、地域セミナーの開催などを積極的に行うとともに、発災時の情報伝達を担うことになる相手国メディアが災害報道の在り方を検討するメディアサイエンスカフェを開催する等、相手国の防災・減災への貢献度は高い。

以上のように、科学技術の発展、地球規模課題の解決への貢献、相手国の防災への貢献などが高く評価される。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

【課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト】

将来的に地震発生が予測される、マルマラ海域の北アナトリア断層の詳細な構造を明らかにし、海底部の断層の変位速度を測定するなどの成果を挙げた。本プロジェクトでは、解決へのプロセスに先進的な技術を導入して、断層近傍の地下構造を明らかにするとともに断層変位速度を計測し、それに基づく断層モデルを構築した。さらには、この新たな断層モデルを用いた高度なシミュレーションにより災害予測を実施したことは、防災対策を立てる上で大いに役立ち、その科学的・技術的インパクトは高い。

さらに、今後 KOERI が陸上での被害想定を実施する上で必要になる素材が、プロジェクトにて十分に出来上がったことに加え、他地域の海域部における地震断層解析に対しても適用可能な手法を開発するなど、地球規模課題の解決に与えるインパクトは大きいと評価できる。

【国際社会における認知、活用の見通し】

本プロジェクトの成果や進展状況は、EPS（Earth, Planets and Space）誌における特集号の刊行を含め、国際誌にも十分な数の論文が掲載されていること、毎年開催される EGU（ヨーロッパ地球物理学連合）の特別セッションで継続的に成果が報告されていること、相手国だけでなく、他の先進国の研究者とも十分な交流が行われていたことなどから、国際社会における認知度はきわめて高い。

【他国、他地域への波及】

他地域では、本プロジェクトのような、海域での地震観測、地殻変動観測という先端科学技術を活用して、地震や津波の防災・減災に役立てる仕組みはできていないため、本研究の活用のニーズは高く、この技術が波及すればその効果はきわめて高いと思われる。ただ、きわめて高度な科学技術を使用しているため、単純な技術移転という訳にはいかず、今回と同様のプロジェクトを実施しない限り、他国、他地域への波及は容易ではないと考えられる。

【国内外の類似研究と比較したレベル】

地震・津波・地盤動災害予測に関わる研究としては、国内外で多くの事例があるが、本研

究では津波の陸域での遡上解析に最新の 3 次元解析が利用されているなど、各種調査技術や津波シミュレーション技術のレベルは他の研究と比べても高いと判断できる。

4-2. 相手国ニーズの充足

【課題の重要性とプロジェクトの成果が相手国ニーズの充足に与えるインパクト】

将来発生が予測される、北アナトリア断層に起因するマルマラ海域での地震に対する総合防災課題であり、相手国にとっては極めて重要な課題である。未解明であったマルマラ海域での断層モデルを構築したことは、地震・津波予測や防災対策を立てる上で大いに役立つものである。特に、海域での断層運動がイスタンブール地域への津波災害をもたらす影響を見積もり、直接的な被害が少ないと結論付けた一方で、地震により引き起こされる海底地すべりが予想以上に重大なことを見出した。今後相手国がどのような対策をとるべきか明確化したことにより、相手国ニーズの充足に与えるインパクトは高いと評価できる。

【課題解決、社会実装の見通し】

本プロジェクトで整備された観測解析システムは、KOERI が引き続き運営していくことになっており、さらに、KOERI の人材育成もプロジェクトのなかで十分に実施してきたことから、社会実装の期待が持てる。また、地震時の情報伝達のあり方を改善するためのメディア教育手法の導入や防災教育拠点の整備により、相手国における地震・津波災害の軽減に役立つものと思われる。

ただし、同国の津波警報システムに成果が活用され、本プロジェクトで開発した先進的手法がトルコ全土で普及するためには、同国の防災政策を担当する災害危機管理庁 (AFAD) に継続的に働きかけることが肝要である。

【継続的発展の見通し（人材育成、組織、機材の整備等）】

プロジェクトでは、カウンターパートが海域観測を独自に実施できるような人材の育成が行われた。さらに、海底地震計に付随するアンカーとその切り離し装置の現地調達が可能となるような技術移転も行われ、地震計そのものが故障しない限り、相手国研究者のみで投入、回収を繰り返し行うことが可能となったので、継続的発展の見通しは高い。

また、我が国の研究者とトルコ側研究者との間で持続的な共同研究の体制ができあがっており、本プロジェクト終了後も KOERI を中心とする相手国機関と連携して共同研究が継続される予定となっている。

【成果を基とした研究・利用活動が持続的に発展していく見込み（政策等への反映、成果物の利用など）】

津波のシミュレーションは 3 次元流動解析に基づいていることから、局所流の解析などへの展開やさらに複雑な解析ができるため、今後、現実に近い解析ができることが期待される。今後、このシミュレーション技術の活用によって、地震と津波の複合的な災害として捉えた被害想定も進展すると考えられる。

KOERI は本研究成果を発展させ社会実装を目指す意欲があり、本プロジェクト中に完成で

きなかったハザードマップや津波シナリオについても、今後完成に向けて研究を進めることが期待される。

防災教育については、KOERI 内にその活動拠点が整備されたこともあり、また、相手国の防災に関する政府機関である AFAD の防災広報センターに本プロジェクトの成果のパネル等が展示されることも予定されており、成果を利用した防災活動が持続的に発展する見込みは高い。

4-3. 付随的成果

【日本政府、社会、産業への貢献】

本プロジェクトに代表される、我が国の地震・津波対策を支える科学技術は、相手国研究界から高く評価されており、日本政府の科学技術外交にとっての貢献は高いと評価できる。

また、現段階では、本課題の成果を利用してわが国の企業が相手国に進出するという状況にはなっていないが、建設会社などが多数事業を行っている国であるため、本研究成果は、今後建設業界にも貢献ができるポテンシャルを有している。

【科学技術の発展】

断層モデルの構築（横ずれ断層に対する評価、断層変位速度の測定など）、3次元解析を用いた津波シミュレーションなど、我が国の海底地震の研究にとっても重要な手法の開発・改善が達成され、科学技術の発展への寄与は高いと評価できる。

【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

国立研究開発法人を主体としたプロジェクトであることから、大学院生などの人材育成は必ずしも著しくはないが、日本側若手研究者と相手側研究者とによる共著論文の公表や国内外の学会での発表が多くなされており、若手人材の育成につながっていると評価できる。

本プロジェクトの中で、防災教育システムの構築に関わった日本の人文系研究者の活躍はめざましい。アニメ等、日本が得意とする分野の活用事例であり、今後、世界をリードしていくことも可能である。

【知財の獲得や、国際標準化の推進、生物資源へのアクセスや、データの入手】

3次元津波シミュレーションなど、我が国が独自に開発したコードを足がかりにして、今後の国際標準化に向けた取り組みが期待される。

【その他の具体的成果物（提言書、論文、プログラム、試作品、マニュアル、データなど）】

国際誌である EPS に特集号が組まれるなど、論文の公表度は高い。また、防災教育のツールには、マンガやアニメ等の日本が得意とするものを教材に反映しており、具体的成果物は比較的多い。

【技術および人的ネットワークの構築（相手国を含む）】

相手国研究者に日本での学位取得者がかなり含まれていたこと、文部科学省の国費留学生のスキームを利用した留学生をはじめ、多数の短期留学生がわが国に滞在していたこと

から、我が国の研究者とトルコ側研究者との間には強いネットワークが構築されている。

また、成果を活用した地域防災セミナーを5地域で開催するとともに、国際シンポジウムでのワークショップ開催などを通じて、広範な人的ネットワークを構築している。

4-4. プロジェクトの運営

【プロジェクト推進体制の構築（他のプロジェクト、機関などとの連携も含む）】

海域断層に関する基礎研究の結果を津波解析やハザードマップに反映していく際に理学、工学の連携は概ね問題なく行われている。さらに、研究成果の防災教育への反映もよく行われるような体制が構築されている。また、今後の社会実装を担うことになる KOERI とは密接な関係が築かれており、今後の展開も含め十分な体制となっている。

【プロジェクト管理および状況変化への対処（研究チームの体制・遂行状況や研究代表者のリーダーシップ）】

トルコ国内の政情不安があったが、相手国の政治的な状況変化に対して臨機応変に対応した。また、カウンターパートとの信頼関係を築けていたことはプロジェクト推進にとって有益であった。

【成果の活用に向けた活動】

メディアサイエンスカフェの開催により、現地メディアに対して地震時の報道のあり方を再考させるというユニークな試みや、アニメや漫画を活用した防災教育、各種セミナーの実施、KOERI 地震教育センターでの成果展示など、様々な面から成果の活用に向けた活動が積極的に行われた。

【情報発信（論文、講演、シンポジウム、セミナー、マスメディアなど）】

EPS における特集号の刊行も含め、国際誌などに十分な数の論文が発表されており、研究成果の十分な情報発信が行われている。また、相手国のメディアと連携したセミナーや防災教育は、それ自体高い情報発信能力を有しており、情報発信は効果的に行われているといえる。

【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

他の SATREPS の防災プロジェクトと比較して機材の調達がスムーズであった。また、海底地震のモニタリングシステムなどの機材供与は積極的に行われ、よく活用されている。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

・防災に関する政府機関である AFAD に研究成果を十分に説明、納得させることが重要である。これには相手国研究機関である KOERI の努力に依拠するところが大きいので、日本側機関は今後とも協力関係と影響力を維持することが肝要である。

・震源モデルの開発においては、基礎研究の進展により、新規性のある研究成果が得られている。今後、被害想定の研究が主流になると思われるが、各研究成果を単に組み合わせるにとどまらず、社会実装を見据えた新規性のある研究を志向することが望ましい。

・実存する備蓄タンクの地震被害解析では、スロッシングだけでなくスワーリング現象も現れている。回転方向の解析には流体力学など基礎的な考え方が必要であり、それに習熟した若手研究者の育成などが望まれる。

・4月以降に予定されているアンカラでのセミナーでは、プロジェクトの成果共有だけでなく、日本の耐震技術の紹介もされる予定である。日本の技術の活用という点で、このセミナーの成果が SATREPS 終了後の活動に反映されることが望ましい。

・本プロジェクトにおける現地メディアとの協同は、他の SATREPS のプロジェクトにもおおいに参考になる取り組みであり、社会実装を推進する上で、検討する価値があると思われる。

以上

成果目標シート

| | |
|--------------------|--|
| 研究課題名 | 「マルマラ海域の地震・津波災害軽減とトルコの防災教育」 |
| 研究代表者名 (所属機関) | 金田 義行(国立研究開発法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター) |
| 研究期間 | 平成24採択(平成24年6月1日～平成30年4月30日) |
| 相手国名/主要 相手国研究機関 | トルコ共和国/ボアジチ大学、イスタンブール大学、 中東工科大学、首相府災害管理組織 |

付随的成果

| | |
|-------------------------------|---|
| 日本政府、社会、産 業への貢献 | ・イスタンブール近郊の海底巨大地震の評価と対策は、首都圏直下型地震や東海・東南海・南海地震の運動性評価やその対策を検討する上で有益 |
| 科学技術の発展 | ・日本が開発した海底観測機器やスーパーコンピュータを駆使することで、理学・工学に加え、計算科学の世界展開が期待される ・地震・津波の即時解析システムにより、災害時における日本の情報発信の正確性・迅速性・有効性を国外にも示すことでこの分野をリードする |
| 知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等 | ・信頼性の高い日本の耐震基準や耐震設計に対する理解を深めトルコでの標準化に資する ・災害発生時に迅速に対応できる防災教育をテキスト化し、その標準化を図る |
| 世界で活躍できる日本人人材の育成 | ・相手国での共同研究活動(観測・解析等)を通じて、出口として社会実装まで考えられる人材の育成に資する |
| 技術及び人的ネットワークの構築 | ・観測機器の観測技術を修習するにあたり、トルコ・日本両国で研修を実施 ・観測機材の一部のトルコ国内での製造技術継承 ・トルコの行政機関・マスコミ関係者と研究機関をつなぐコミュニティを立ち上げ、地震災害への意識向上を図る |
| 成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど) | ・トルコ研究者との共同による査読付き論文掲載 ・書籍の出版 ・新聞・雑誌での掲載 ・TV・ラジオでの出演 ・災害教育プログラム向けの映像コンテンツの作成 ・防災教育のテキスト化 ・日本側観測機材の運用マニュアル |

上位目標

イスタンブール & マルマラ海周辺地域 ⇒ トルコ全土への拡大

科学技術的根拠に基づく提言が政策に反映され、
防災施策・計画の実行に着手される。

プロジェクト目標

科学的根拠に基づく想定マルマラ地震に対する防災計画の提言

□ 今後着手予定
■ 実施中
■ 実施完了

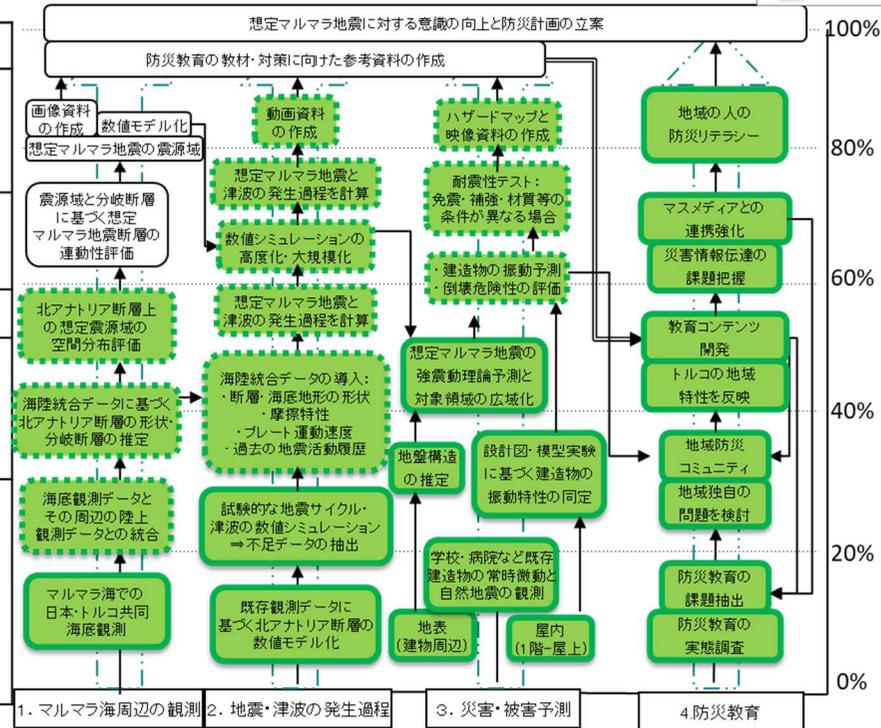


図1 成果目標シートと達成状況(2018年1月時点)