

平成 28年度 委託研究開発成果報告書

I. 基本情報

事業名：(日本語) 医療分野国際科学技術共同研究開発推進事業  
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)  
(英語) International Collaborative Research Program  
Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS)

研究開発課題名：(日本語) 南部アフリカにおける気候予測モデルをもとにした  
感染症流行の早期警戒システムの構築  
(英語) Establishment of an Early-warning System for Infectious Diseases  
in Southern Africa Incorporating Climate Predictions

研究開発担当者 (日本語) 国立大学法人長崎大学 熱帯医学研究所 教授 皆川昇  
所属 役職 氏名：(英語) Nagasaki University, Institute of Tropical Medicine, Professor, Noboru Minakawa

実施期間：平成28年4月1日 ～ 平成29年3月31日  
(全研究実施期間は平成25年5月20日～平成31年3月31日)

研究開発分担者 (日本語) 国立研究開発法人 海洋研究開発機構 アプリケーションラボ  
ラボ所長 Swadhin K. Behera  
所属 役職 氏名：(英語) Japan Agency for Marine-Science and Technology, Application Laboratory,  
Director, Dr. Swadhin Behera

II. 成果の概要 (総括研究報告)

(和文)

マラリア研究におけるデータ収集が継続に加え、コミュニティから感染データを取得するため、LAMP法を用いたマラリア無症候感染者の検出を試みた。さらに、南ア国保健省マラリアコントロールプログラムの携帯電話を用いた通報システムとの連携について協議を行い、機材を調整することでリアルタイムでのデータ取得が可能となった。南ア国周辺国のマラリア発生国のうちモザンビークからのマラリア罹患データを取得することができた。

下痢用及び肺炎においては、グレーターギヤニ地区の中心的な病院から得られたデータの整理及びデジタル化が終了し、データの解析が進められている。そのほか、2度にわたりフィールド調査を行い、コミュニティからの住民情報や水や大気サンプル等の環境情報を収集した。また、上記の取得済み病院データに加え、南ア国側カウンターパートを中心に、政府機関職員医療スキーム(日本の共済組合にあたる)での保険記録や、リンポポ州保健局が保有する州内症例数のデータを得られるよう交渉を行って

る。

気象データについては、プロジェクトで設置した複数の自動気象観測装置からデータを継続的に得ているほか、平成28年9月に南ア国気象局から地上観測による過去の気象データを入手し、整理を行っている。

感染と気候変動の関連性の解明においては、対象地域でマラリア媒介蚊のサーベイランスシステムを構築して、定期的な観測を開始したほか、時空間的統計解析手法を用いてリンボポ州のマラリア患者発生率とアフリカ南部における気候変動の関係を調べた。その結果、雨期の前半（9-11月）にマラリア患者発生率が高い年には、モザンビーク南部の降水量が3ヶ月のラグを持って多く、熱帯太平洋のラニーニャ現象と正の相関が見られた。一方、雨期の後半（12-2月）にマラリア患者発生率が高い年には、降水量が多く、気温も高めで、南インド洋の亜熱帯ダイポールモード現象との関係が認められた。アフリカ南部の気候変動が、マラリア媒介蚊の個体数と分布に影響を与え、マラリアの発生率の経年変動に関わっていることを示唆することができた (Ikeda et al. 2017, revised)。

感染症流行モデルの開発については、マラリア流行モデルにおいては、時系列統計学手法をベースにモデルを開発した。改良を加えながら予測精度を向上させる作業を継続した。数理モデルに関しては、VECTRI モデルをベースに開発を行い、実際に気候のダウンスケーリングデータを導入して試験を行い、精度の向上を目指した。

短期気候変動予測システムの高度化については、新たに力学的な海水モデルを組み込んだ季節予測システム (SINTEX-F2) を開発し、アフリカ南部の夏の気温と降水量の予測精度を30%ほど向上することができた (Doi et al. 2016)。また、SINTEX-F2 の長期積分結果を用いて、南極のウェッデル海水の変動が、南大西洋の亜熱帯高気圧の変動を通して、アフリカ南部の降水量に影響を及ぼす可能性を示唆することができた (Morioka et al. 2017, submitted)。さらに、アフリカ南部の降水量の長期変動をもたらす、南大西洋と南インド洋の10年規模変動の詳細な物理メカニズムを明らかにし (Morioka et al. 2017b, submitted)、アフリカ南部の気候に見られる十年規模変動とマラリアの発生率の関係を示唆することができた (Behera et al. 2017, submitted)。一方、力学的ダウンスケーリング技術の開発により、アフリカ南部の複雑な地形の影響を考慮できるようになり、地域的な気温や降水量の予測精度が向上した (Ratnam et al. 2016)。

感染症流行予測モデルの開発については、VECTRI モデルに力学的ダウンスケーリングによって得られたアフリカ南部の気候変数を取り入れ、マラリアの流行再現実験を行った。VECTRI モデルは、空間的な感染の拡散にも広く応用できることが示唆された。

\*iDEWS 運用指針策定については、第一回導入準備委員会が開催され、プロジェクト終了後のシステム運用機関から選出された委員により、機関の各々の役割分担や必要な投入のほか、警報発令の基準や警報告知の方法、運用基準の設定等についても協議がなされた。

iDEWS 実証の活動項目の「地域及び周辺地域の関係者へのワークショップの開催」について、平成28年10月には iDEWS Scientific Meeting を開催した。リンボポ州保健局担当者やモザンビーク国保健省代表者等を招き、プロジェクトの研究成果や州内の感染症の現況、隣国のモザンビークのマラリア予防対策などの情報交換を行い、今後のシステム導入への足がかりとすることができた。

\*注 iDEWS: infectious Diseases Early Warning System(感染流行早期警戒システム)

(英文)

For the malaria research, data collection was continued and additionally, in order to detect asymptomatic infected residents in target communities, the LAMP technique was deployed. Collaboration with a separate project was discussed. The project is developing a mobile phone

application for the real-time report for the Malaria Control Program. Malaria incidence data from Mozambique was also acquired.

A vector mosquito surveillance system in the target area has been developed and implemented the regular monitoring.

The relation between malaria incidence rates in Limpopo Province and climate variability over southern Africa as well as over the global oceans was also investigated using the Spatio-temporal Statistical Analysis. It is found that the rainfall in southern Mozambique anomalously increased, positively correlated with La Nina phenomenon in the tropical Pacific, 3-month ahead of the observed high Malaria incidence rates in Limpopo during early rainy season (Sep-Nov). On the other hand, in years when the high incidence rates were observed during late rainy season (Dec-Feb), the rainfall as well as the temperature shows anomalously high values associated with the subtropical dipole phenomenon in the southern Indian Ocean. These results suggest that climate variability over southern Africa in addition to neighboring oceans has potential impacts on interannual variations in the malaria incidence rates through associated variations in the distribution of malaria mosquitoes.

Malaria incidence models were constructed, using time series statistic techniques, and were improvement in their performance. A mathematical model was also further developed and tested, based on the VECTRI modelling system

In the diarrheal diseases and pneumonia research, clinical data from major hospitals in the Greater Giyani area was digitized, and currently under the analysis. Additionally, the South African Medical Research Council (SAMRC) conducted field survey twice in the fiscal year. Residential information and environmental samples (water and air) were also collected from the target communities. Additional data is also being sought through negotiation with the Government Employees Medical Scheme and the Limpopo Department of Health.

Climate data was continuously collected and managed from the Automatic Weather Stations (AWS) deployed for project. Past climate data was provided by the South African Weather Service, and the data is currently being processed and utilised in the respective covariance analyses of the diseases under investigation.

A seasonal climate prediction system (SINTEX-F2) incorporating a dynamical sea-ice model was newly developed to consider the influences of climate variations in the polar region on the southern African climate in addition to that of the tropics and mid-latitudes. This results in an increase of prediction skills by 30% for summertime temperature and rainfall over southern Africa (Doi et al. 2016). Also, a long-term simulation of the SINTEX-F2 model suggests potential impacts of Weddell sea-ice variability on the southern African rainfall through modulation of the South Atlantic subtropical high (Morioka et al. 2017a, submitted). In addition, physical mechanisms behind decadal variability in the South Atlantic and southern Indian Oceans affecting southern African climate are identified (Morioka et al. 2017b, submitted). The observational analysis further suggests a possible link of decadal climate variability over southern Africa to long-term change in the malaria incidence rates (Behera et al. 2017, submitted). Further development of dynamical downscaling technique led to an increase in prediction skills of local temperature and rainfall in South Africa (Ratnam et al. 2016).

A retrospective experiment of malaria incidence was conducted using a dynamical Malaria

prediction model (VECTRI) which was forced with climate variables over southern Africa obtained from the dynamical downscaling. Although high applicability of the VECTRI model to estimating spatial distribution of malaria incidence is suggested.

For the preparation of iDEWS operational implementation, the 1<sup>st</sup> iDEWS Preparatory Committee (PrepCom) Meeting was took place. The committee members from the future operation institutes after the project discussed on the institutional roles, necessary inputs, and criteria for outbreak alerting, communication flow, operational guidelines.

As an activity for system verification, the iDEWS Scientific Meeting was took place in October, 2016. Representative and high-level members of the health departments in the Mozambique National Government and the Limpopo Provincial Government were invited and shared the valuable information for future system installation, such recent malaria incidence, prevention, and countermeasures.

\*Abbreviation iDEWS: infectious Diseases Early Warning System

### III. 成果の外部への発表

(1) 学会誌・雑誌等における論文一覧（国内誌 0 件、国際誌 0 件）

本項目該当なし。

(2) 学会・シンポジウム等における口頭・ポスター発表

(国際会議、国際学会)

1. Hashizume M., Indian Ocean Dipole and human health. (Workshop on "Application of Ocean and Climate Predictions", Yokohama, Japan, 25 January 2017).
2. Hashizume M., Behera S.K., Kim Y., Imai C., Doi T., Morioka Y., Ikeda T., Ratnam J. V., Iwami S., Tsuzuki A., Kruger P., Maharaj R., Minakawa N. Understanding climate link to malaria: challenges for malaria early warning in Africa. Dasan Conference 2016, Jeju, South Korea, 7-9 November 2016.

(3) 「国民との科学・技術対話社会」に対する取り組み

本項目該当なし。

(4) 特許出願

本項目該当なし。

平成28年度 委託研究開発成果報告書

I. 基本情報

- 事業名：(日本語) 医療分野国際科学技術共同研究開発推進事業  
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)  
(英語) International Collaborative Research Program  
Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS)
- 研究開発課題名：(日本語) 南部アフリカにおける気候予測モデルをもとにした  
感染症流行の早期警戒システムの構築  
(英語) Establishment of an Early-warning System for Infectious Diseases  
in Southern Africa Incorporating Climate Predictions
- 研究開発担当者 (日本語) 国立研究開発法人 海洋研究開発機構 アプリケーションラボ  
ラボ所長 Swadhin K. Behera
- 所属 役職 氏名：(英語) Japan Agency for Marine-Science and Technology, Application Laboratory,  
Director, Dr. Swadhin Behera
- 実施期間：平成28年4月1日 ～ 平成29年3月31日

II. 成果の概要 (総括研究報告)

研究開発代表者：長崎大学熱帯医学研究所 教授 皆川昇による総括研究報告を参照のこと。

III. 成果の外部への発表

- (1) 学会誌・雑誌等における論文一覧 (国内誌 0件、国際誌 9件)
1. Behera, S. K., Morioka, Y., Ikeda, T., Doi, T., Ratnam, J. V., Tsuzuki, A., Imai, C., Kim, Y., Hashizume, M., Iwami, S., Kruger, P., Maharaj, R., Sweijd, N., and Minakawa, N. A. Decadal climate shift southwest Indian Ocean and its link to malaria downturn in South Africa. Scientific Reports (submitted). 2017.
  2. Behera, S. K., and Yamagata, T. The Dynamics of El Nino Modoki. Oxford Encyclopedia (submitted). 2017.
  3. Chen, L, Li, T., Yu, Y., and Behera, S. K. A possible explanation for the divergent projection of ENSO amplitude change under global warming. Climate Dynamics (in press), 2017.
  4. Behera, S. K. Variability and predictability of climate linked to extreme events, World Scientific Series on

Asia-Pacific Weather and Climate, 10, (in press), 2017.

5. Doi, T., Behera, S. K. and Yamagata, T. Improved seasonal prediction using the SINTEX-F2 coupled model, Journal of Advances in Modeling Earth Systems. 2016, 8, 1847–1867
6. Ikeda, T., Behera, S. K., Morioka, Y., Minakawa, N., Hashizume, M., Tsuzuki, A., Maharaj, and R. Kruger, P. Seasonally lagged effects of climatic factors on malaria incidence in South Africa. Scientific Reports (revised), 2017.
7. Morioka, Y., Engelbrecht, F., and Behera, S. K. Role of Weddell Sea ice in atmospheric variability over the South Atlantic. JGR-Oceans (submitted), 2017.
8. Morioka, Y., Taguchi, B., and Behera, S. K. Eastward-propagating decadal temperature variability in the South Atlantic and Indian Oceans. JGR-Oceans (revised), 2017.
9. Ratnam JV, Behera S.K., Doi T, Ratna S, Landman W. Improvements to the WRF seasonal hindcasts over South Africa by bias correcting the driving SINTEX-F2v CGCM fields. Journal of Climate. 2016. 29: 2815-2829.

(2) 学会・シンポジウム等における口頭・ポスター発表

1. Behera, S. K., Doi, T., Morioka, Y., and Ratnam, J. V., Climate variability and predictability studies at JAMSTEC for societal applications. Delhi University, India, 31 January 2017, Oral
2. Behera S.K., Climate and disease modeling for societal applications, Symposium on "Past, Present, Future of Predicting Ocean and Climate Variability", University of Tokyo, 26 January 2017.
3. Behera, S. K., Doi, T., Morioka, Y., and Ratnam, J. V., Climate Variability Prediction and Application. JAMSTEC-VIGMR Workshop, Hanoi, Vietnam, 7 November 2016, Oral
4. Behera, S. K., Doi, T., Morioka, Y., Ratnam, J. V. and Ikeda, T., Climate and disease modeling. SATREPS Symposium, JAMSTEC, Yokohama, 22 November 2016, Oral
5. Behera, S. K., Doi, T., Morioka, Y., Ratnam, J. V. and Ikeda, T., Climate predictability and applicability in malaria early warning system, JAMSTEC-CMCC Symposium. Aizu, 13 October 2016, Oral
6. Behera, S. K., Doi, T., Morioka, Y., Ratnam, J. V. and Ikeda, T., iDEWS: Climate link to Malaria, SATREPS Workshop. Pretoria, South Africa, 29 September 2016, Oral
7. Behera, S. K., Hashizume, M., Tsuzuki, A., Imai, C., Doi, T., Morioka, Y., Ikeda, T., Ratnam, J. V., Shingo, I., Kruger, P., Maharaj, R., and Minakawa, N., Malaria early warning systems: Experience from South Africa. Adaptation Future 2016, Rotterdam 10 April 2016, Oral
8. Behera, S. K., Doi, T. and Morioka, Y., The SINTEX-F seasonal predictability and its applicability for southern Africa. WGNE Workshop, Pretoria, 26-27 April, 2016, Oral
9. Doi, T., Behera, S. K., Yamagata, T. SINTEX-F2 seasonal prediction system. 日本地球惑星連合 (JpGU) 連合大会2016, 2016.5.23. 幕張, 口頭
10. Doi, T., Storto, A., Behera, S. K., Yamagata, T. 海洋垂表層観測データを用いた初期値補正とインド洋ダイポールモード現象の予測精度向上について. 2016年度海洋学会秋季大会, 2016.8.4, 鹿児島, 口頭
11. Doi, T., Behera, S. K., Yamagata, T. The SINTEX-F2 seasonal prediction system. 2016 Asia Oceania Geosciences Society, 2016.8.4, China, Oral (invited).
12. Ikeda, T., Behera, S.K., Morioka, Y., Minakawa, N., Hashizume, M., Tsuzuki, A., Maharaj, R., Kruger, P., Linking malaria in Limpopo, South Africa to climate using self-organizing maps. ISEE, 1-4 Sep 2016, Italy, Oral.
13. Ikeda, T., Behera, S.K., Morioka, Y., Minakawa, N., Hashizume, M., Tsuzuki, A., Maharaj, R., Kruger, P., Linking malaria in Limpopo, South Africa to climate using self-organizing maps. SASAS, 31 Oct- 1 Nov 2016, Cape

Town, Oral.

14. 森岡 優志, Engelbrecht, F., Behera, S. K., Weddell Sea ice variability and its potential impact on southern African climate, 日本海洋学会, 鹿児島大学, 2016年9月14日, 口頭
15. 森岡 優志, Engelbrecht, F., Behera, S. K., Role of Weddell Sea ice variability in southern African climate. SASAS, Cape Town, 31 Oct 2016, Oral.
16. 森岡 優志, Engelbrecht, F., Behera, S. K., Potential impact of Weddell Sea ice variability in southern African climate. NIPR The Seventh Symposium on Polar Science, Tokyo, 30 Nov 2016, Oral.
17. 森岡 優志, Engelbrecht, F., Behera, S. K., Role of Weddell Sea ice variability in southern African climate. AGU2016, San Francisco, 13 Dec 2016, Oral.
18. 森岡 優志, 田口 文明, Behera, S. K., Eastward propagating decadal SST variability in the South Atlantic and Indian Oceans. 日本海洋学会, 鹿児島大学, 2016年9月12日, 口頭
19. Morioka, Y., Engelbrecht, F., and Behera, S. K. The role of mid and high latitude air-sea interactions in interannual to multiyear climate variations over southern Africa. WCRP 31st WGNE meeting, 28 Apr 2016, Oral (Invited).
20. Morioka, Y., Engelbrecht, F., and Behera, S. K. Role of Weddell Sea ice variability in southern African climate. JpGU 2016, 24 May 2016, Oral.
21. Morioka, Y., Engelbrecht, F., and Behera, S. K. Role of Weddell Sea ice variability in southern African climate. 日本気象学会2016年春季大会, 21 May 2016, Oral.
22. Tozuka T, Relative importance of the processes contributing to the development of SST anomalies in the eastern pole of the Indian Ocean Dipole and its implication for predictability, APL Workshop on "Past, Present, Future of Predicting Ocean and Climate Variability", JAMSTEC, 25 January 2017, Oral.
23. Tozuka T, Is predictability of Indian Ocean Dipole events dependent on the developing mechanism?, Asia Oceania Geosciences Society 2016, Beijing, China, 3 August 2016, Oral (Invited).
24. Tozuka T, Two flavors of the Indian Ocean Dipole, CLIVAR Open Science Conference, Qingdao, China, 20 September, 2016 (Poster).

(3) 「国民との科学・技術対話社会」に対する取り組み

1. (中学生以上対象)ポスター「気象予測で感染症から人々を守れ」、森岡優志、池田隆美、平成28年度サイエンスアゴラ会場(日本科学未来館)南アフリカ共和国ブース、2016/11/05-2016/11/06、国内
2. (小学生対象)ポスター「天気をあててびょうきをふせごう」、森岡優志、池田隆美、平成28年度サイエンスアゴラ会場(日本科学未来館)南アフリカ共和国ブース、2016/11/05-2016/11/06、国内

(4) 特許出願

本項目該当なし。