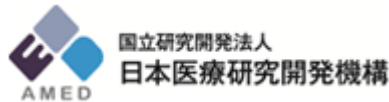


# プレスリリース



2017年 5月 30日

国立研究開発法人海洋研究開発機構

国立大学法人長崎大学

国立研究開発法人日本医療研究開発機構

独立行政法人国際協力機構

## 南アフリカのマラリア発生率に及ぼす気候変動の影響 ～エルニーニョ/ラニーニャ現象・インド洋亜熱帯ダイポール現象と マラリア発生率との関係性～

### 1. 概要

国立研究開発法人海洋研究開発機構（理事長 平 朝彦、以下「JAMSTEC」）アプリケーションラボの池田隆美特任研究員と国立大学法人長崎大学熱帯医学研究所の皆川昇教授らは、南アフリカ北東部に位置するリンポポ州におけるマラリアの発生変動と南アフリカの気候変動および世界の海域でみられる気候変動現象の関係を調べ、熱帯太平洋や南インド洋の気候変動によりもたらされる南アフリカの降水量や気温の変動が、その数ヶ月後に生じるマラリアの発生率に影響を及ぼす可能性があることを示しました。

南部アフリカでは、マラリアや肺炎などの感染症の流行が人々の健康を脅かしています。特にリンポポ州は、毎年雨期（9月-翌5月）に多くマラリアが発生する地域として知られています。しかしながら、マラリアの時空間発生分布や発生変動要因についてはこれまで十分に調べられていませんでした。

マラリア発生率と南アフリカおよび世界の海域でみられる気候変動現象との関連性を調べたところ、雨期の前半（9-11月）と中盤（12-2月）で両者の関係が異なることが示されました。リンポポ州で雨期前半にマラリアが多く発生する年は、リンポポ州の気温がマラリア発生の数ヶ月前（6-8月）に平年より低く、モザンビーク南部とリンポポ州北部の降水量がマラリア発生の数ヶ月前（3-5月）から多い傾向にありました。これらの変動には熱帯太平洋のラニーニャ現象

（※1）が関わっていることが示唆されました。一方、リンポポ州で雨期中盤にマラリア発生率の高い年は、南部アフリカの気温がマラリア発生の数ヶ月前（9-11月）に平年より高く、降水量も多い傾向にありました。これらの変動には南インド洋の気候変動現象であるインド洋亜熱帯ダイポール現象（※2）との関連がみられました。

南部アフリカの降水量や気温の変動を通してマラリア媒介蚊の個体数と分布に影響を与え、結果的にマラリアの発生率に影響を及ぼすことは一般的に知られています。また、南部アフリカ等で気候変動現象とマラリア発生率との関係を調べた研究はいくつかありますが、地区や季節の違いは考慮されていませんでした。

今回の成果では、気候変動現象（エルニーニョ・ラニーニャやインド洋亜熱帯ダイポール等）が、南部アフリカの降水量や気温に変動をもたらし、そして、降水量や気温の変動がリンポポ州におけるマラリア発生率に影響を及ぼすことを、リンポポ州の各地区を季節ごとに詳細に調べ、それらの関係を明らかにしました。その結果、雨期前半と雨期中盤でのマラリア発生率の増加が、それぞれ異なる気候変動現象に関係することがわかりました。また、これまでエルニーニョ・ラニーニャ現象では説明できなかったマラリア発生率の増加が、インド洋亜熱帯ダイポール現象の影響であることもわかりました。今回の成果は、リンポポ州のようなマラリアのハイリスク地区を対象としてマラリア発生を事前に予測できる早期警戒システムの構築する際に、活用されることが期待できます。

本研究は、国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）と独立行政法人国際協力機構（JICA）が連携して推進する地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）の支援を受けて実施されました。本研究の成果は、「Scientific Reports」に5月30日付け（日本時間）で掲載される予定です。

タイトル : Seasonally lagged effects of climatic factors on malaria incidence in South Africa

著者 : 池田隆美<sup>1</sup>、スワディヒン・クマル・ベヘラ<sup>1</sup>、森岡優志<sup>1</sup>、皆川昇<sup>2</sup>、橋爪真弘<sup>2</sup>、都築中<sup>2</sup>、MAHARAJ Rajendra<sup>3</sup>、KRUGER Philip<sup>4</sup>

1. JAMSTECアプリケーションラボ、2. 長崎大学熱帯医学研究所、3. 医学研究評議会、南アフリカ、4. リンポポ州保健局、南アフリカ

## 2. 背景

近年、世界各地で感染症による健康被害が増えています。感染症の1つであるマラリアは、91の国と地域で確認されており（WHO 2017）、マラリア原虫を保有するハマダラカ属の蚊がヒトから吸血することで感染します。マラリアの媒介蚊のライフサイクル（繁殖率、活動など）には、生息地の環境が大きく作用し、特に、気温や降水量の影響が大きいと考えられています。そのため、気候変動や地球温暖化によって気温や降水量が大きく変動・変化すると、これまで報告されていない国や地域で感染症が広く流行する可能性があります。

アプリケーションラボではこれまで、JAMSTECのスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を使って世界の気候変動を数ヶ月以上前から予測する「季節予測システムSINTEX-F（※3）」を開発してきました。特に、マラリアの発生が多い南部アフリカでは、気温や降水量の変動に熱帯太平洋の気候変動現象であるラニーニャ現象や南インド洋の亜熱帯ダイポール現象が関わっており、これらの現象を予測することで、数ヶ月前に南部アフリカの降水量や気温を高分解能（水平

10km程)に予測するシステムを開発してきました(過去に実施したSATREPS課題2010-2013:気候変動予測とアフリカ南部における応用)。

マラリアの媒介蚊の発生には気象条件が大きく関わっていますが、マラリアの発生率の変動と気候変動の関係は十分に理解されていません。気候変動がマラリアの発生率の変動に関係していることが示唆されれば、季節予測システムSINTEX-Fを応用することで、マラリアの発生率の変動を事前に予測することができるかもしれません。

そこで、本研究では南アフリカでマラリアが最も多く発生するリンポポ州を対象に、マラリアの発生率の変動と気候変動の関係について調べました(図1)。リンポポ州は、マラリアが多く発生するモザンビークやジンバブエと国境を接しています。隣国からマラリア患者の流入もあることから、常に大流行の危険性があります。そのため、州マラリア予防対策センターでは、最新の高感度判定装置を導入したほか、媒介蚊の季節的消長を明らかにするための定期的な採集システムを導入するなど、新たな取り組みを進めています。

### 3. 成果

リンポポ州の医療関係機関より得られた5郡25自治体の17年間のマラリア患者情報を用いて、マラリア発生率の季節分布を調べました。その結果、リンポポ州のマラリアは、南半球の春(9-11月)に発生し始め、夏(12-翌2月)に最も流行していることが分かりました(図2a)。マラリア発生率の季節分布と似たように、リンポポ州での降水量も9月から翌年の5月まで多い状態が続きます(図2b)。

次に、マラリアの発生率の空間分布を調べるため、季節ごとに自己組織化マップ(※4)解析を行いました。その結果、リンポポ州のマラリア発生率は主に3つのパターンに分類されることが分かりました(図3)。それぞれのパターンはマラリア発生率が平年より高い、低い、あるいは平年通りの値を示します。

3つのパターンに分類された年を用いて、マラリアが多く発生する年にはどのような気候条件が影響しているかを調べました。その結果、雨期の前半(9-11月)にマラリアの発生率が高い年は、南西インド洋から湿った東風が吹きやすく、6ヶ月前(3-5月)の降水量が平年より増加していることが確認できました(図4a)。その変動には熱帯太平洋の気象変動現象であるラニーニャ現象が関わっていることが示唆されました(図5a)。一方、雨期中盤(12-翌2月)にマラリアの発生率が多い年は、2ヶ月以上前にモザンビークで降水量の増加と気温の上昇が見られました(図4b)。これらの変動には、南インド洋の気象変動現象である正のインド洋亜熱帯ダイポール現象との関係がみられました(図5b)。

このように、南アフリカのリンポポ州におけるマラリアの発生率は、熱帯太平洋や南インド洋に見られる気候変動現象が南部アフリカにおいて降水量や気温の変動を数ヶ月以上前にもたらすことと関係していることが示唆されました。また、モザンビークに集中していた降水量の増加により現地でのマラリア感染率が上昇し、モザンビークからマラリア感染者の南アフリカへの流入

する割合が上がることで予想されるため、隣国からマラリア患者の流入を減らすことが重要な対策であることが考えられます。

#### 4. 今後の展望

今後は、アプリケーションラボで開発した季節予測システムSINTEX-Fで得られた気候変動の予測情報を用いて、機械学習（※5）をベースとしたマラリア発生率の予測モデルを開発し、リンポポ州におけるマラリア発生率がいつ、どこで、どの程度増えるかを予測していく予定です。

また、他の研究機関で開発されたマラリア発生率の予測モデルとともに、リンポポ州をはじめ、南部アフリカのマラリア早期警戒システムを構築することを目指します。このシステムをどのように導入し、現地の医療機関が効果的な予防策や、リスクの高い時期や地域への人材配置、医薬品・診断キットの備蓄など、対応措置を取ることができるかが今後の最も重要な課題です。

さらに、今回使用した解析手法は南部アフリカに限らず、他の国や地域でも応用することができます。またマラリアだけではなく、蚊を媒介とするデング熱など他の感染症にも広く応用することができます。そのため、日本を含む世界の国と地域で、蚊を媒介とする感染症の変動要因の理解とその予測に貢献することが期待されます。

##### ※1 ラニーニャ現象

熱帯太平洋の東部で海面水温が平年より低くなり、西部で水温が高くなる気候変動現象。「ラニーニャ」とはスペイン語で女の子という意味である。この現象が発生することにより、世界各地の天候に様々な影響を与える。例えば日本の夏は猛暑になるが、南アフリカの夏は大量の雨が降り続く。ラニーニャ現象と反対の符号をもつ現象をエルニーニョ現象という。

##### ※2 インド洋亜熱帯ダイポール現象

南半球が夏（12-2月）となる時期に数年に一度南インド洋で発生する現象で、南インド洋の南西部で海水温が高く、北東部で低くなる現象を正のインド洋亜熱帯ダイポール現象という。これまで太平洋の他の気候現象（例 エルニーニョ/ラニーニャ現象）では説明ができなかった南部アフリカの洪水や干ばつに、特に大きな影響を及ぼすものであることが分かった。正のインド洋亜熱帯ダイポール現象が発生すると、南部アフリカでの対流活動が強化され、夏に雨が多く降る。

##### ※3 季節予測システムSINTEX-F

大気海洋結合モデルSINTEX-Fを用いて、世界の気候海洋の季節状態の異常を数ヶ月以上前に予測するシステムであり、その予測はウェブで毎月更新している。

<http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/seasonal/outlook.html>

##### ※4 自己組織化マップ

自己組織化マップはコホネンによって提案されたニューラルネットワークのモデルの一種であり、大脳皮質の視覚野をモデル化したものである。教師なし学習によって入力データを1-3次元へ非線形写像することに用いられ、多次元のデータの可視化が可能である。



## ※5 機械学習

人工知能における研究課題の一つで、人間が自然に行っている学習能力と同様の機能をコンピュータで実現しようとする技術や手法のことである。データ解析を行い、有用な規則、ルール、知識表現、判断基準などを抽出し、アルゴリズムを発展させる。

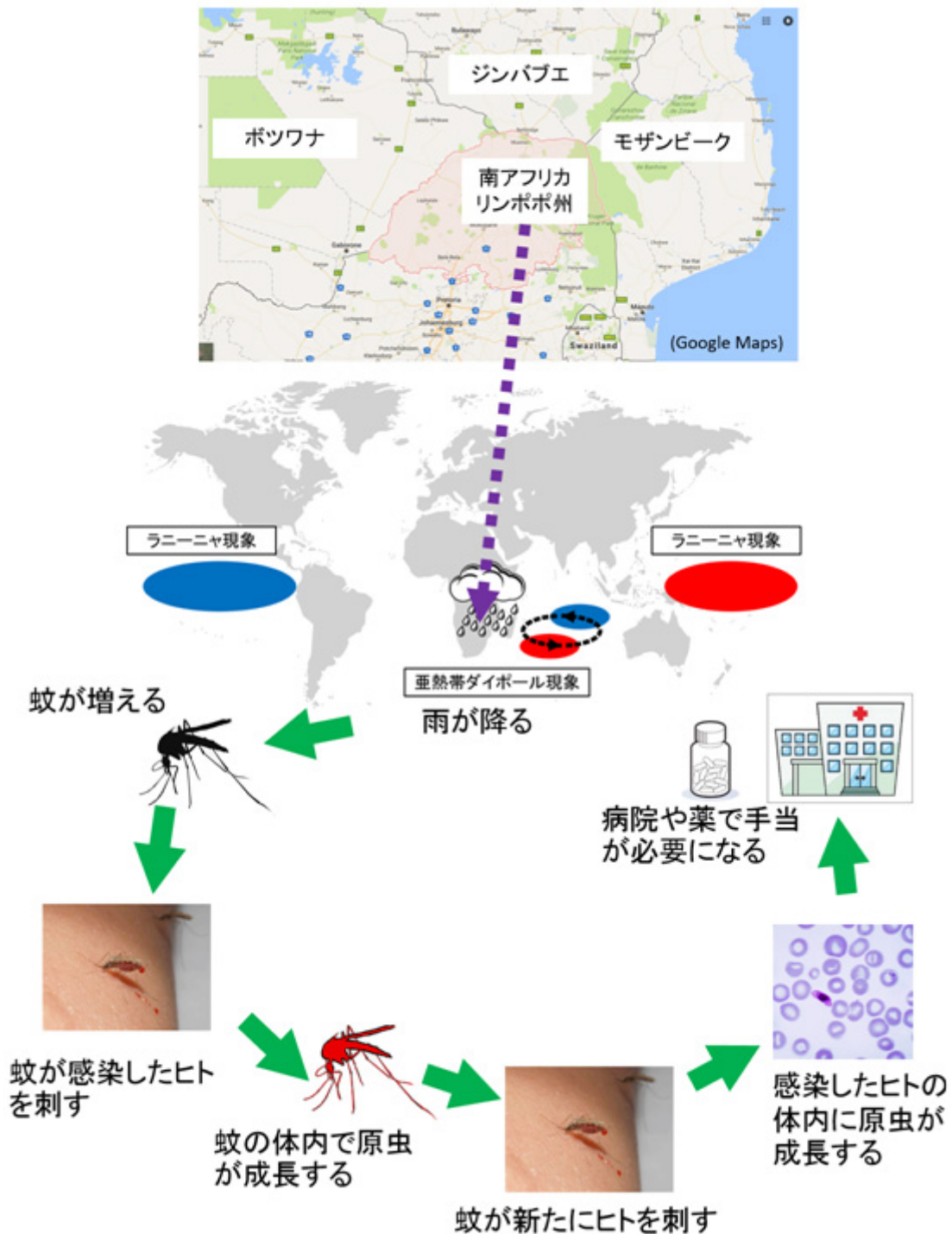


図1 南アフリカ・リンポポ州におけるマラリアの発生と気候変動の関係を表す模式図。リンポポ州はモザンビーク、ジンバブエ、ボツワナと国境を接している。リンポポ州は5つの郡、25の自治体に分かれており、東側にはクルーガー国立公園がある。ラニーニャ現象やインド洋亜熱帯ダイポール現象が発生すると、南部アフリカで降水量が平年よりも増加し、マラリアの媒介蚊が平年より多く発生する。雌の蚊がマラリアの感染者を刺した場合、その蚊は感染し、さらにヒトを刺すことでマラリアは広く流行する。

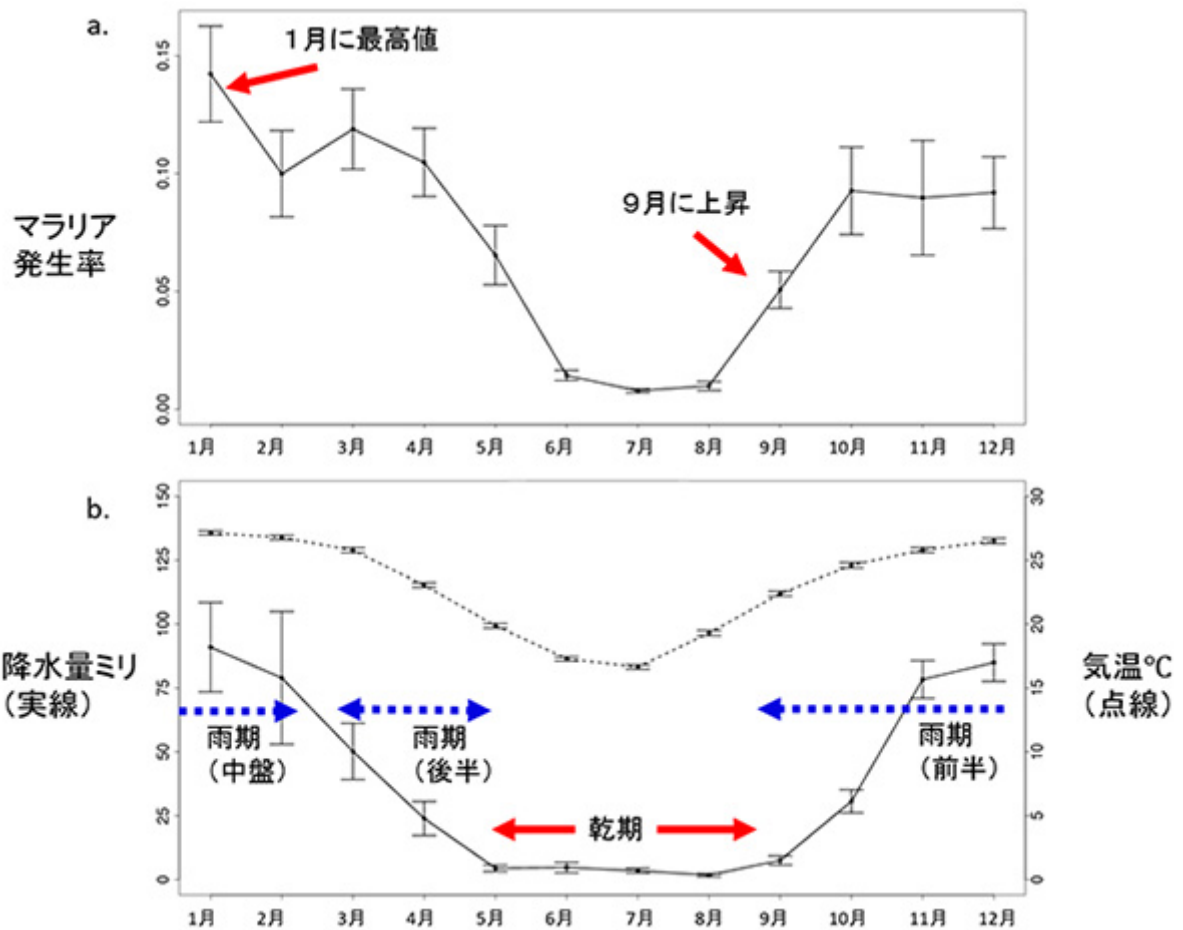


図2 (a) リンポポ州で月ごとに領域平均した発生率と標準偏差。(b) (a)と同様に、気温と降水量の月平均値と標準偏差。

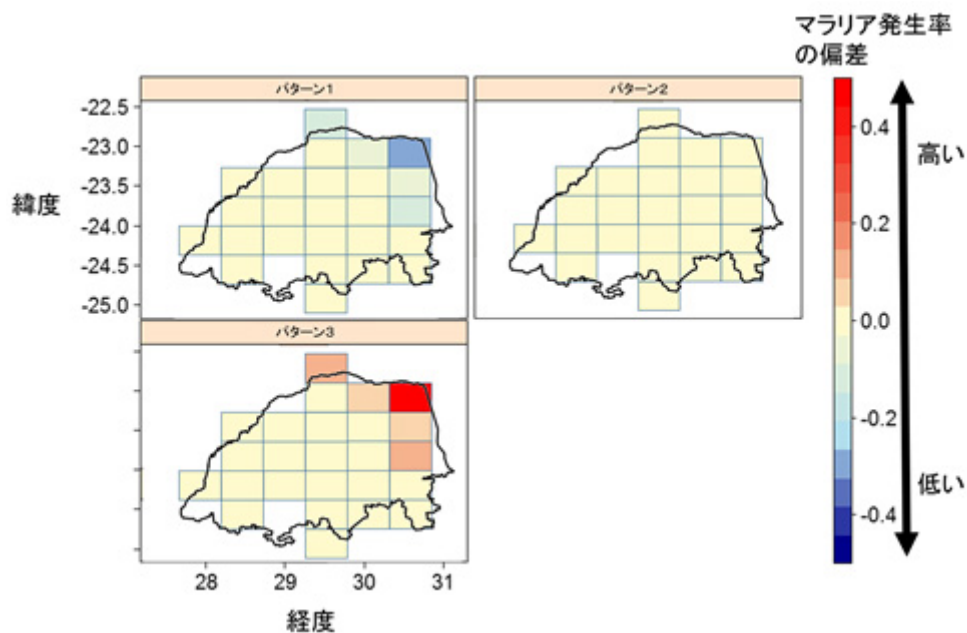


図3 自己組織マップを用いて、リンポポ州の全自治体（それぞれの四角で表す）のマラリア発生率を3つのパターンに分類された。赤色は発生率が平年より高く、州の北東部に位置する自治体に集中していることがわかる。同様に青色は平年より低い発生率を表す。

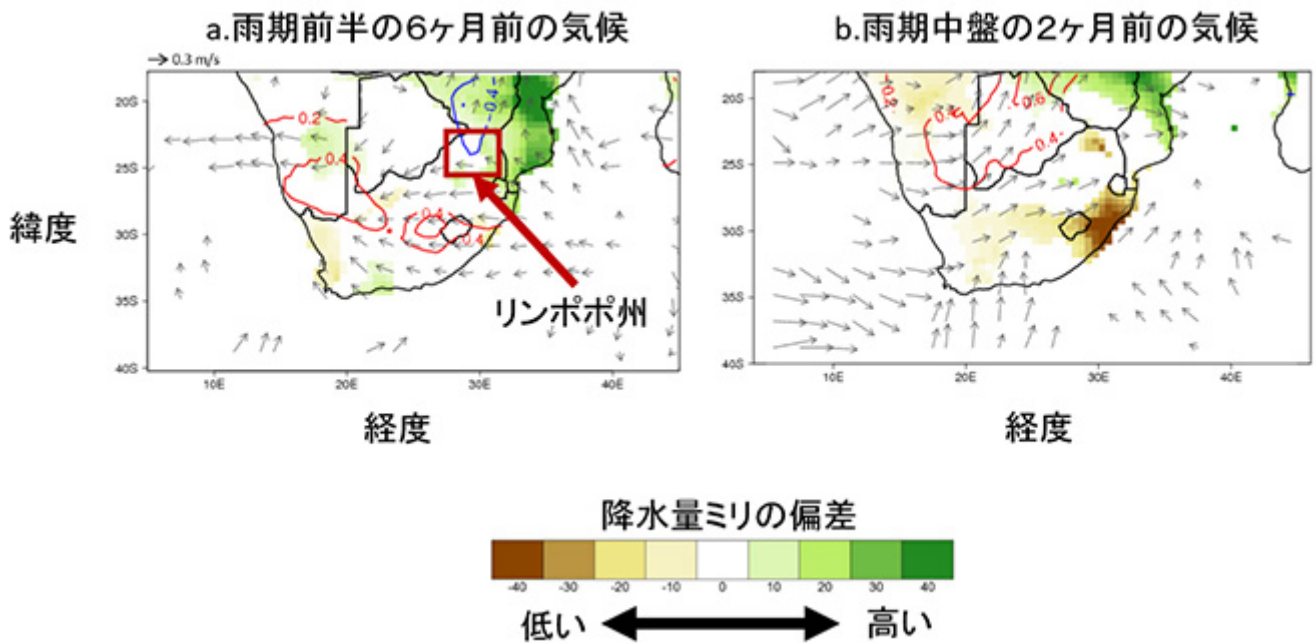


図4 (a) マラリアが雨期の前半 (9-11月) に多い年の6ヶ月前と (b) 雨期中盤 (12-2月) の多い年の2ヶ月前の降水量 (カラー)、気温 (等値線) と海上風 (矢印) の平年差。マラリアが発生する2つの季節には異なる降水量、気温と風が関わっていることが分かる。

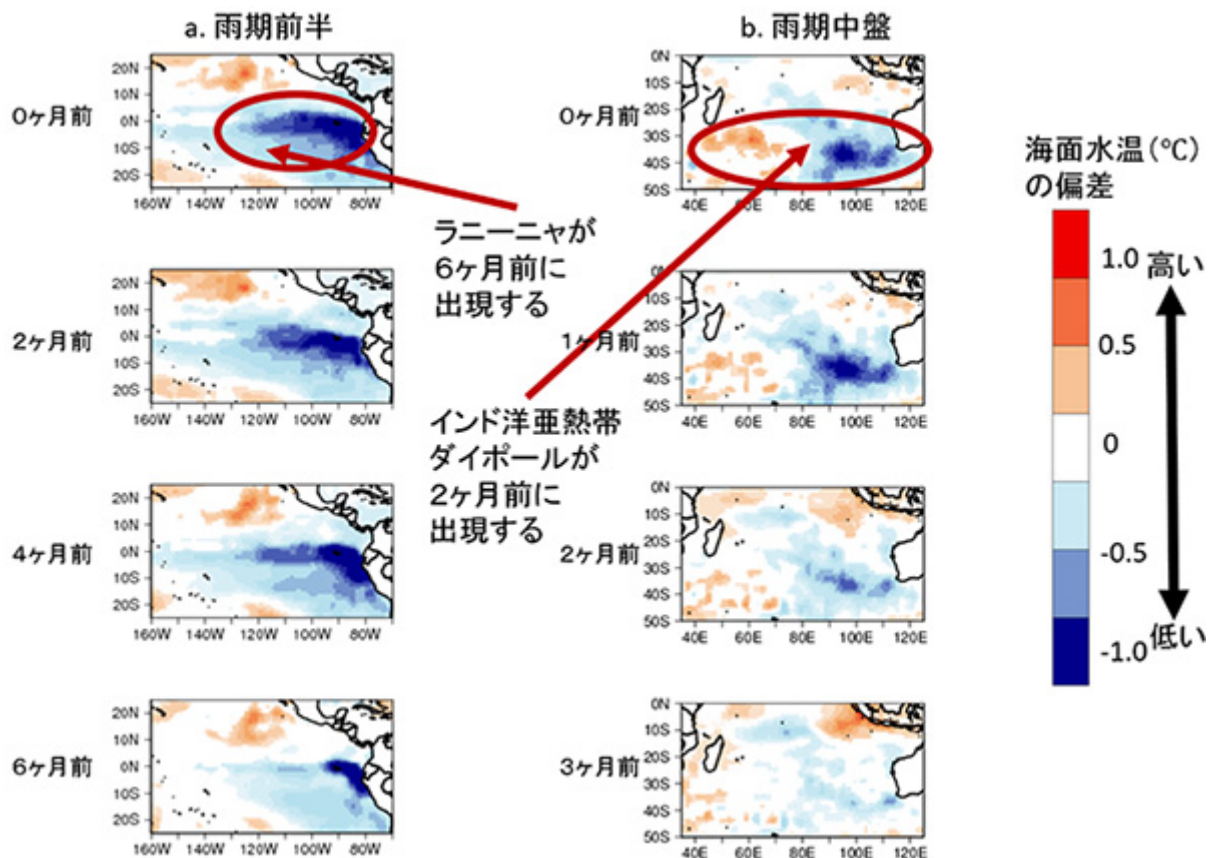


図5 (a) 雨期の前半 (9-11月) にマラリアが多い年の熱帯太平洋における海面水温の平年差。ラニーニャ現象を伴っている。上から順にマラリア発生時の0、2、4、6ヶ月前を表す。(b) 雨期中盤 (12-2月) にマラリアが多い年の南インド洋の海面水温の平年差。正の亜熱帯ダイポールを伴っている。上から順にマラリア発生時の0-3ヶ月前を表す。

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 気候変動予測応用グループ  
特任研究員 池田隆美

国立大学法人長崎大学 熱帯医学研究所 病害動物学分野  
教授 皆川 昇

(SATREPSについて)

国立研究開発法人日本医療研究開発機構 国際事業部国際連携研究課 (SATREPS担当)  
独立行政法人国際協力機構 人間開発部保健第一グループ保健第二チーム 西村 英恵

(報道担当)

国立研究開発法人海洋研究開発機構 広報部 報道課長 野口 剛

国立大学法人長崎大学 広報戦略本部 主査 高藏 祐亮