

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月28日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22310115

研究課題名（和文）熱帯アジア域の沿岸豪雨強風帯：スマトラ島西岸に災害をもたらすメソ気象の発生機構

研究課題名（英文）Coastal heavy rainbands over the tropical Asian region: Mechanism of hazardous meso-scale weather on the western coast of Sumatera Island, Indonesia

研究代表者

森 修一 (MORI SHUICHI)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・チームリーダー

研究者番号：00344309

研究成果の概要（和文）：インドネシア・スマトラ島に災害をもたらす沿岸豪雨強風帯の形成過程について、観測的研究を行った。長期衛星観測からは、エルニーニョ現象など年々変動に伴う沿岸豪雨帯の盛衰ほか、その気候学的特徴が明らかになった。また、レーダー等による集中観測から、沿岸豪雨強風帯を構成するメソ降水系の発達には、インド洋を東進する大規模な対流季節内変動とスマトラ沿岸を西進する日周期対流の相互作用が重要であること等が示された。

研究成果の概要（英文）：We observationally examined hazardous coastal heavy rainbands (CHeR) on Sumatra Island, Indonesia. Climatology of the CHeR, e.g., its inter-annual variation associated with El Niño event, was clarified base on long-term satellite observations. In addition, we confirmed it is important for development of meso-scale precipitating systems, which compose the CHeR, that interaction between westward moving diurnal local convections across the Sumatera coastline and eastward moving large scale convections (MJO) over the Indian Ocean.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
2011年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2012年度	2,600,000	780,000	3,380,000
年度			
年度			
総計	13,400,000	4,020,000	17,420,000

研究分野：熱帯気象学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，自然災害科学

キーワード：自然災害，熱帯降水システム，沿岸豪雨帯，海大陸気候，レーダー気象学，メソ気象学，無人航空機（UAV）ゾンデ，インドネシア

1. 研究開始当初の背景

近年の TRMM 衛星観測等から、インドネシア・スマトラ島やインドシナ半島など熱帯・亜熱帯アジアモンスーン域の沿岸部には、海岸線に沿って非常に強く幅の狭い豪雨帯が形成されていることが分かってきた。アジア各国

で人口集中する沿岸域における豪雨帯の形成やその時空間変動は、当該地域における農業や水力発電等の水資源管理に大きな影響を与えるほか、洪水や早魃など災害に直結する。また、これらの豪雨に伴い家屋倒壊を引起す突風・強風の存在も報告されているなど、

この沿岸豪雨強風帯の形成・維持機構は気象学的に興味深い現象であるだけでなく、防災を含めた社会的に重要な問題である。

これら沿岸豪雨強風帯の形成には沿岸部に沿った山脈地形と南西モンスーンの相互作用が重要であると示唆されているが、客観解析データ等を基とした平均的な大規模場の議論が中心のため、沿岸豪雨帯の形成・維持機構やその時空間変動は全く不明である。

当研究グループによる先行研究成果から、沿岸豪雨強風帯の形成・維持機構には日周期変動を基本としたメソスケール降水系の発達過程が強く寄与しており、これと大規模環境（モンスーン）、および沿岸海洋との相互作用が重要である可能性が高い。したがって、これらメソスケール降水系の動態を高時空間分解能で把握可能な先進的現地観測に基づき、沿岸豪雨強風帯の科学的理解進展を目指す本研究計画を申請した。

2. 研究の目的

熱帯・亜熱帯アジアモンスーン域には海岸線に沿って広がる強い降水帯が数多く存在し、その時空間変動により沿岸域に豪雨・強風被害を引き起こす。本研究は、豪雨関連災害の多いインドネシア・スマトラ島南西海岸を対象として、衛星観測等から沿岸豪雨強風帯の気候学的特性を示した上で、これを構成する日変化メソスケール降水系の形成・維持機構を、雲物理過程まで観測可能なマルチパラメータ (MP) レーダー、無人航空機 (UAV) ゾンデを用いた広域機動観測、および数値モデル計算から調べる。

3. 研究の方法

初年度には衛星およびレーダーの長期観測データからスマトラ島南西沿岸部における豪雨強風帯の形成・維持・変動に関する気候学的特性を解析する。また、インドネシア研究協力者等による豪雨関連災害データの集積を行い、データベース化を行う。

第2年度には、MP レーダーと UAV ゾンデを用いた広域機動観測、および現地気象局と協同した高層ゾンデ強化観測を実施し、沿岸降雨強風帯内外の (熱) 力学的データを高時空間分解能で得る。これらから沿岸豪雨強風帯を構成するメソスケール降水系の構造と動態を雲物理過程まで考慮して解析する。

以上を基に、第2年度と最終年度には領域数値モデル計算による感度実験を行い、豪雨強風を引き起こす要因の特定および寄与を明らかにする。特定された要因から豪雨強風変動の予測実験を行い、これを短期追加観測により検証すると共に、現地協力機関への予報配信により科学的成果の社会還元を試みる。

4. 研究成果

(1) 沿岸豪雨強風帯の気候学的解析

沿岸豪雨強風帯の気候学的解析開始：TRMM 衛星 10 年観測およびスマトラ島西岸に設置されているドップラーレーダー3 年観測を中心として、熱帯アジアモンスーン域における沿岸豪雨強風帯の気候学的解析を行った。先行研究結果を念頭に、本研究における沿岸豪雨強風帯の定義、大規模環境場、気候学的平均像を確立した上で、日変化/季節内変動/季節変化/年々変動の抽出を行い、次年度以降の研究基礎データを整備した。特にスマトラ島南西沿岸およびカリマンタン (ボルネオ) 島北西岸における各沿岸豪雨帯に関して、衛星観測データを基に沿岸豪雨帯の特性を ENSO のエルニーニョ期/ラニーニャ期および IOD ポジティブ期/ネガティブ期の別、さらに各々の雨季/乾季の別に気候学特性を示した。

この中で、例えば雨季のカリマンタン (ボルネオ) 沿岸豪雨帯はエルニーニョ (ラニーニャ) 期に活発 (不活発) になること、雨季のスマトラ島沿岸豪雨帯は IOD ポジティブ期にも北部の降水量は変化せず、IOD ネガティブ期には特に南部の降水量増加が激しい、など従来の定説とは異なる新しい知見を得た (図 1, Arbain et al. 2012)。また、また、スマトラ島沿岸豪雨帯に関しては、スマトラ島南西沿岸に設置した MIA-X バンドドップラーレーダー (XDR) 長期観測結果に基づき、MJO (Madden-Julian Oscillation) 位相変化に伴う沿岸豪雨帯が持つ日周期変化の変調を明らかにし、沿岸豪雨の生成には局地的な日周期対流および総観規模擾乱である MJO の相互作用が重要であることを示した (図 2, Kamimera et al. 2012)

一方、以上の観測成果、気候学解析、および現地豪雨関連データを統合し、現地協力機関であるインドネシア技術評価応用庁 (BPPT) が管理する「地球観測データ統合システム (NeoNet)」上に沿岸豪雨情報データベース構築し、研究機関へのデータ提供をはじめ一般市民への情報公開も開始し、研究成果の社会還元を行っている (図 3, 継続中)。

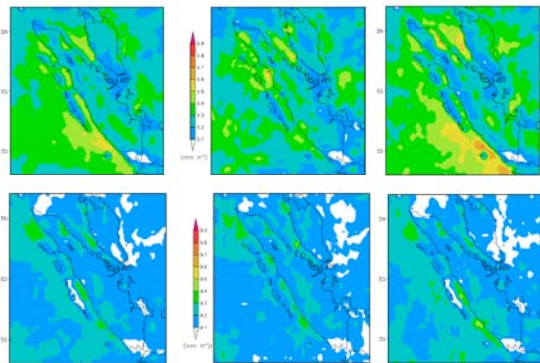


図 1 スマトラ島における 9 年 (1998-2006) 平均 (左列), IOD+ (中列), および IOD- (右列) に対する GSMaP 降水量で、上段は雨季 (10-12 月), 下段は乾季 (4-6 月) を示す。

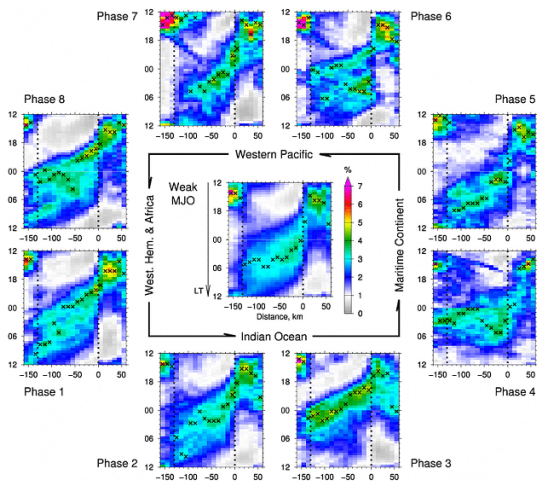


図2 Distance-time sections of normalized 30-min rainfall for weak MJO condition (central panel) and for each MJO phase. The horizontal axis shows the distance (km) from the west coast of Sumatera (positive toward inland), and the vertical axis shows local time (UTC + 7 h) over one day. Two vertical dotted lines at distances of 0 km and -130 km show the coastlines of Sumatera and Siberut islands, respectively. Cross indicates the peak time of rainfall DC at each distance.

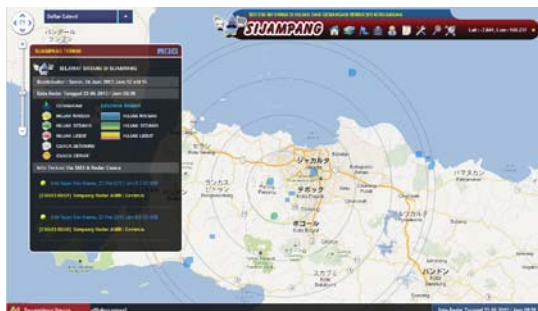


図3 インドネシア技術評価応用庁 (BPPT) が管理する「地球観測データ統合システム (NeoNet)」上に表示されている沿岸豪雨情報 (ただし、本画面はジャワ島, ジャカルタ). <http://neonet.bppt.go.id/sijampang/>

(2) スマトラ島集中観測 (HARIMAU2011)

上記の気候学的解析に基づき, スマトラ島沿岸豪雨強風帯が活発な雨季1ヶ月間(12月)を対象として, スマトラ島 MIA 観測点に Xバンドドップラーレーダー (MIA-XDR), Muara Putus 観測点に MP レーダー (MPR) を配置し, 沿岸豪雨強風帯が形成されるメンタワイ海峡上空の降水, ドップラー速度, 雲物理諸量の稠密連続観測を実施した. また, メンタワイ海峡を挟む両岸2地点, MIA 隣接の現地気象局 (BMKG) 観測所およびシポラ島にて1日4-8回の高層ゾンデ強化観測を実施し, 日変化像可能な環境場データを得た (図4). さらに, 無人航空機 (UAV) ゾンデによる MIA 近接空港からメンタワイ海峡までの観測飛行を試行した (ただし, UAV ゾンデ飛行観測

はトラブルのため実質的には1回のみで終了). これら MP レーダー観測および UAV ゾンデ飛行観測は, いずれも海大陸域において史上初めての試みであった.

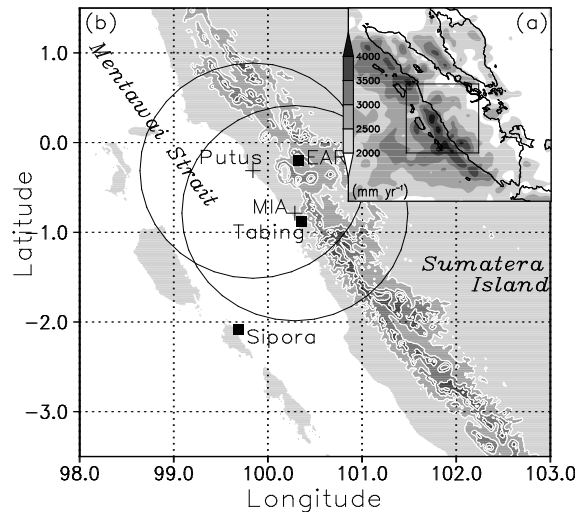


図4 (a) スマトラ島全図と TRMM 観測年平均降水量 (1998-2008年). (b) HARIMAU2011 観測配置図で, パネル (a) 内の矩形に対応. Sipora および Tabing はゾンデ観測点. 2つの円は MIA-XDR および MPR の観測範囲 (共に半径 160km), 等値線は 500m 毎の等高線を示す.

この結果, 期間中にスマトラ島を通過した MJO と同定される季節内変動 (ISV) の活発期/不活発期における沿岸豪雨強風帯を多数捉えることができた. また, 沿岸豪雨帯を構成するメソスケール降水系の形成・維持機構および時空間変動について, 沿岸域に豪雨強風災害をもたらす可能性のある降水システムの抽出を行い, 雲・降水過程も含めた定量的な事例解析を実施した. 特にスマトラ島に対する MJO など大規模擾乱の状況, 沿岸豪雨強風帯内外の環境場, および降水雲内の雲物理過程や注目した MP レーダー観測ならではの解析を行い, インド洋を東進する MJO とスマトラ沿岸を西進する日周期メソ対流の統合による豪雨の発生過程を明瞭に捉えることができた (図5).

以上と同時に, 集中観測期間中には気象庁非静力数値モデル (NHM) を用いた沿岸豪雨帯の再現実験ならびに沿岸域における豪雨強風予報実験を試行し, 熱帯気におけるモデル検証および事例解析に用いた.

(3) 今後の展望

本課題の取り纏めおよび今後の研究展開を議論するため, 2013年2月28日にジャカルタ/インドネシアにおいて研究総括ワークショップを実施した (図6). ワークショップでは, 日本人研究者12名, インドネシア人研究者163名が参加し, スマトラ島沿岸豪雨帯の気候学的特性やメソ構造に関する議論だけでなく, 過去3年間にわたる沿岸豪雨

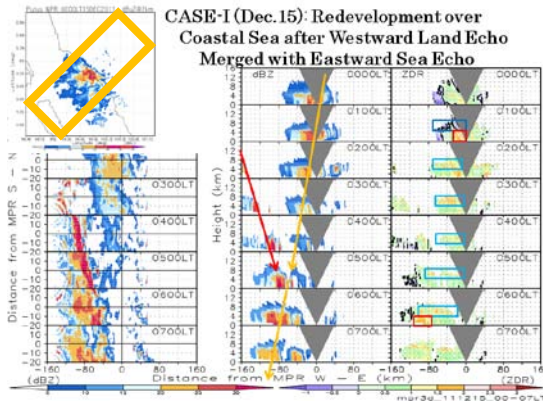


図5 2011年12月15日におけるMPレーダー観測結果。左上図内の矩形領域内を解析対象とした、レーダー反射強度（高度2km）水平分布時系列（左）、レーダー反射強度鉛直断面（中）、および反射強度差（ZDR）鉛直断面（右）。横軸はレーダー（海岸線）からの水平距離を示し、負が南西（海）側、正が北東（陸）側に対応する。



図6 2013年2月28日にジャカルタ/インドネシア、技術評価応用庁（BPPT）にて実施された研究総括ワークショップの発表者および主要参加者。

強風帯研究に大きく貢献した地上レーダー観測やUAVゾンデ等による防災応用に力点を置いた議論が行われた。特に日本で先行しているMPレーダー網による沿岸（都市）豪雨の稠密観測、および当該観測データを同化したメソ数値モデルによる豪雨予報に関して、強い期待が示された。その上で、今後の沿岸豪雨強風帯の研究展開について解決すべき課題として、以下の3点を挙げる。

①無人航空機（UAV）ゾンデ

UAVゾンデ飛行観測にあたっては、UAV製作会社の技術者と共に長期間の技術検討を行い、豪雨強風など様々な気象環境下における最適飛行観測パターン検討、機材トラブル発生による不時着水等を想定した観測飛行失敗シミュレーションを実施し、機体リカバリー方法や再飛行の実施検討など、万全の支援体制を構築した。しかしながら、結果としてはUAV操縦担当者（UAV製作会社技術者への委託業務）によるヒューマンエラーにより、UAVゾンデは離着陸に使用する空港内に墜落大破し、現地における修復は不可能と判断し、観測継続が不可能となった。主たる問題点は、長距離・長時間の観測が可能な大型UAVゾンデを採用したことから、予算上の制約により代替UAV機体を準備することができなかった

ことにある。したがって、今後は予算範囲内で代替UAV機体を準備可能とする観測計画に縮小するか、あるいは、例えば準備や調整に多大な労力を必要としない disposal 可能な小型UAVゾンデを多数飛行（散布）させるなど冗長性の高い機動観測手法の開発が必要である。

②熱帯対流再現可能な数値モデル

集中観測データに基づくモデル計算結果の検証、ならびに沿岸豪雨強風帯の再現事例解析を現在も実施中であるが、降水域の分布や強度だけではなく力学場の再現にも問題があることが分かってきた。現在はモデル計算の初期値データセットや計算設定の変更、対流パラメタリゼーションのチューニング等を実施し、その修正結果を検討中である。本課題で用いたNHMだけではなくその他の非静力モデルにあっても熱帯対流システムの再現性が（中緯度と比較して）悪いことは広く知られている。災害に直結する沿岸豪雨強風帯の形成維持機構や、その時空間変動要因の特定など予測研究を進めていくためにも、今後も現地観測データに基づくモデル検証とその改良を継続していく必要がある。

③MPレーダー観測結果の検証

豪雨災害研究に必要な定量的降水量評価（QPE）について、MPレーダーの有効性は広く認識されている。その一方、豪雨や雷の生成や強化に重要な対流雲内における雲物理過程について、MPレーダーによる降水粒子判別機能は大変有力であるが、その利用には雲内における降水粒子の直接観測が可能なビデオゾンデ（HYVIS:HYdrometeor VIdeoSonde）等による検証が必須であり、今後の研究展開時にはMPレーダーおよびHYVISゾンデの同時観測が期待される。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計13件、すべて査読あり）

①Suwarman, R., K. Ichianagi, M. Tanoue, K. Yoshimura, S. Mori, M. D. Yamanaka, N. Kurita, and F. Syamsudin, 2013: The variability of stable isotope and water origin of precipitation over maritime continent. *SOLA*, **9**, 72-75, doi:10.2151/sola.2013-017.

②Wu, P., A. A. Arbain, S. Mori, J.-I. Hamada, M. Hattori, F. Syamsudin, and M. D. Yamanaka, 2013: The effects of an active phase of the Madden-Julian oscillation on the extreme precipitation event over western Java Island in January 2013. *SOLA*, **9**, 76-79, doi:10.2151/sola.2013-018.

- ③Hamada, J.-I., S. Mori, H. Kubota, M. D. Yamanaka, U. Haryoko, S. Lestari, R. Sulistyowati, and F. Syamsudin, 2012: Interannual rainfall variability over northwestern Jawa and its relation to the Indian Ocean Dipole and El Niño–Southern Oscillation events. *SOLA*, **8**, 69–72, doi.org/10.2151/sola.2012-018.
- ④Kamimera, H., S. Mori, M. D. Yamanaka, and F. Syamsudin, 2012: Modulation of diurnal rainfall cycle by the Madden–Julian oscillation based on one-year continuous observations with a meteorological radar in west Sumatera. *SOLA*, **8**, 111–114, doi.org/10.2151/sola.2012-028.
- ⑤Marzuki, H. Hashiguchi, M. K. Yamamoto, M. Yamamoto, S. Mori, M. D. Yamanaka, R. E. Carbone, and J. D. Tuttle, 2012: Cloud episode propagation over the Indonesian maritime continent from 10 years of infrared brightness temperature observations. *Atmos. Res.*, **120–121**, 268–286, doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.09.004.
- ⑥Mori, S., Hamada J.-I., N. Sakurai, H. Fudeyasu, M. Kawashima, H. Hashiguchi, F. Syamsudin, A. A. Arbain, R. Sulistyowati, J. Matsumoto, and M. D. Yamanaka, 2011: Convective systems developed along the coastline of Sumatera Island, Indonesia, observed with an X-band Doppler radar during the HARIMAU2006 campaign. *J. Meteor. Soc. Japan*, **89A**, 61–81, doi.org/10.2151/jmsj.2011-A04.
- ⑦Fudeyasu, H., K. Ichiyanagi, K. Yoshimura, S. Mori, N. Sakurai, Hamada J.-I., M. D. Yamanaka, J. Matsumoto, and F. Syamsudin, 2011: Effects of large-scale moisture transport and mesoscale processes on precipitation isotope ratios observed at Sumatera, Indonesia. *J. Meteor. Soc. Japan*, **89A**, 49–59, doi.org/10.2151/jmsj.2011-A03.
- ⑧Fujita, M., K. Yoneyama, S. Mori, T. Nasuno, and M. Satoh, 2011: Diurnal convection peaks over the eastern Indian Ocean off Sumatra during different MJO phases. *J. Meteor. Soc. Japan*, **89A**, 317–330, doi.org/10.2151/jmsj.2011-A22.
- ⑨Hattori, M., S. Mori, and J. Matsumoto, 2011: The cross-equatorial northerly surge over the maritime continent and its relationship to precipitation patterns. *J. Meteor. Soc. Japan*, **89A**, 27–47, doi.org/10.2151/jmsj.2011-A02.
- ⑩Kawashima, M., Y. Fujiyoshi, M. Ohi, T. Honda, S. Mori, N. Sakurai, Y. Abe, W. Harjupa, F. Syamsudin, and M. D. Yamanaka, 2011: Case study of an intense wind event associated with a mesoscale convective system in west Sumatera during the HARIMAU2006 campaign. *J. Meteor. Soc. Japan*, **89A**, 239–257, doi.org/10.2151/jmsj.2011-A15.
- ⑪Sakurai, N., S. Mori, M. Kawashima, Y. Fujiyoshi, J.-I. Hamada, S. Shimizu, H. Fudeyasu, Y. Tabata, W. Harjupa, H. Hashiguchi, M. D. Yamanaka, J. Matsumoto, Emrizal, and F. Syamsudin, 2011: Migration process and 3D wind field of precipitation systems associated with a diurnal cycle in west Sumatera: Dual Doppler radar analysis during the HARIMAU2006 campaign. *J. Meteor. Soc. Japan*, **89**, 341–361, doi.org/10.2151/jmsj.2011-404.
- ⑫Tabata, Y., H. Hashiguchi, M. K. Yamamoto, M. Yamamoto, M. D. Yamanaka, S. Mori, F. Syamsudin, and T. Manik, 2011: Lower tropospheric horizontal wind over Indonesia: A comparison of wind-profiler network observations with global reanalyses. *J. Atmos. Solar Terr. Phys.*, **73**, 986–995, doi.org/10.1016/j.jastp.2010.09.016.
- ⑬Tabata, Y., H. Hashiguchi, M. K. Yamamoto, M. Yamamoto, M. D. Yamanaka, S. Mori, F. Syamsudin, and T. Manik, 2011: Observational study on diurnal precipitation cycle in equatorial Indonesia using 1.3-GHz wind profiling radar network and TRMM precipitation radar. *J. Atmos. Solar Terr. Phys.*, **73**, 1031–1042, doi.org/10.1016/j.jastp.2010.10.003.

[学会発表] (計 80 件)

- ①Mori, S., Hamada J.-I., M. Hattori, H. Kamimera, P. Wu, K. Ichiyanagi, F. Syamsudin, A. A. Arbain, S. Lestari, R. Sulistyowati, and M. D. Yamanaka, 2013: Coastal heavy rainbands formed along Sumatera Island studied by HARIMAU project in Indonesia. *Japan Geoscience Union Meeting 2013*, AHW02-02, 19–24 May 2013, Makuhari, Japan.
- ②Mori, S., M. Hattori, Hamada J.-I., H. Kamimera, P. Wu, K. Ichiyanagi, F. Syamsudin, A. A. Arbain, S. Lestari, and M. D. Yamanaka, Coastal heavy rainband formed along Sumatera Island, Indonesia observed with X-band Doppler Radars during HARIMAU2011 campaign. *EGU General*

Assembly 2013, EGU2013-1652, 07-12 April 2013, Vienna, Austria.

③Mori, S., M. Hattori, Hamada J.-I., H. Kamimera, P. Wu, K. Ichiyanagi, F. Syamsudin, A. A. Arbain, S. Lestari, and M. D. Yamanaka, 2013: Coastal heavy rainband formed along Sumatera Island during CINDY/DINAMO - Overview of the HARIMAU2011 campaign and its data inventory -. *CINDY/DYNAMO MJO Field Data and Science Workshop*, 04-08 March 2013, HI, USA.

④Mori, S., Hamada J.-I., M. Hattori, H. Kamimera, P. Wu, K. Ichiyanagi, A. A. Arbain, S. Lestari, R. Sulistyowati, F. Syamsudin, and M. D. Yamanaka, 2013: Coastal heavy rainbands (CHeR) along Sumatera Island observed by MPR and XDR during HARIMAU2011 campaign. *Workshop on MCCOE Radar Meteorology/Climatology in Indonesia: Progress on Weather Radar Technology and Its Applications to Societal Benefits*, 28 February - 01 March, 2013, Jakarta, Indonesia.

⑤Mori, S., N. Endo, and J. Matsumoto, 2013: Asian monsoon and water cycle - variability of wind and precipitation -. *Workshop on Asian Monsoon and Biogeochemical Cycles Research*, 04-05 February 2013, Yokohama, Japan.

⑥Mori, S., M. D. Yamanaka, F. Renggono, T. H. Seto, A. A. Arbain, S. Lestari, R. Sulistyowati, and F. Syamsudin, 2013: Multi-scale climatology of coastal heavy rainbands over the Indonesian maritime continent using satellite and ground based radar observations. *JAXA Joint PI Workshop of Global Environmental Observation Mission*, 29 January - 01 February 2013, Tokyo, Japan.

⑦森 修一, 濱田純一, 服部美紀, 上米良秀行, 一柳錦平, 伍 培明, A. A. Arbain, S. Lestari, F. Syamsudin, 田上雅浩, 松本 淳, 山中大学, 2012: インドネシア・スマトラ沿岸豪雨帯の形成過程について - HARIMAU2011 集中観測結果概要 (第2報) -. *日本気象学会 2012年度秋季大会*, 102, B154, 2012年10月03-05日, 札幌.

⑧森 修一, 濱田純一, 服部美紀, 上米良秀行, 伍 培明, 一柳錦平, F. Syamsudin, A. A. Arbain, S. Lestari, 松本 淳, 山中大学, 2012: インドネシア・海大陸域におけるメソ観測研究. 第38回メソ気象研究会 / TOGA-COARE20周年記念研究会, 2012年10月02日, 札幌.

⑨森 修一, 濱田純一, 服部美紀, 上米良秀行, 伍 培明, 一柳錦平, F. Syamsudin, A. A. Arbain, S. Lestari, 松本 淳, 山中大学.

2012: HARIMAU2011 MPレーダー観測によるスマトラ沿岸豪雨帯の特徴. 第6回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, 6, 63-65, 2012年08月30-31日, 京都.

⑩森 修一, 濱田純一, 服部美紀, 上米良秀行, 一柳錦平, 伍 培明, A. A. Arbain, S. Lestari, F. Syamsudin, 田上雅浩, 松本 淳, 山中大学, 2012: インドネシア・スマトラ沿岸豪雨帯の形成過程について - HARIMAU2011 集中観測結果速報 -. *日本気象学会 2012年度春季大会*, 101, D105, 2012年05月26-29日, つくば.

[その他]

スマトラ沿岸豪雨帯集中観測ホームページ
<http://www.jamstec.go.jp/iorgc/harimau/2011/>
<http://satreps-iop2011.blogspot.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森 修一 (MORI SHUICHI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境
変動領域・チームリーダー
研究者番号: 00344309

(2) 研究分担者

橋口 浩之 (HASHIGUCHI HIROYUKI)
京都大学・生存圏研究所・准教授
研究者番号: 90293943

伍 培明 (GO BAIMEI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境
変動領域・主任研究員
研究者番号: 00360751

服部美紀 (HATTORI MIKI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境
変動領域・技術研究副主任
研究者番号: 50533519

荻野慎也 (OGINO SHIN-YA)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境
変動領域・主任研究員
研究者番号: 80324937

山中大学 (YAMANAKA MANABU)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境
変動領域・上席研究員
研究者番号: 30183982

(3) 連携研究者

松本 淳 (MATSUMOTO JUN)
首都大学東京・都市環境科学研究科・教授
研究者番号: 80165894