

日本気象学会誌 気象集誌
(Journal of the Meteorological Society of Japan)

第 89A 巻 2011年 2 月 目次と要旨
特別号「MAHASRI モンスーンアジア水文気候研究計画」

論 文

- 耿 驃・米山邦夫・城岡竜一・吉崎正憲：2008年西部北太平洋における夏のモンスーンオン
セット期に観測された降水システムと環境場の特徴……………1-25
- 服部美紀・森 修一・松本 淳：海大陸における赤道越え北風サージとその降水量分布
との関係……………27-47
- 筆保弘徳・一柳錦平・芳村 圭・森 修一・濱田純一・櫻井南海子・山中大学・松本 淳・
Fadli SYAMSUDIN：インドネシアのスマトラ島で観測された降水同位体比に
対する大規模水輸送とメソスケール過程の効果……………49-59
- 森 修一・濱田純一・櫻井南海子・筆保弘徳・川島正行・橋口浩之・Fadli SYAMSUDIN・
Ardhi A. ARBAIN・Reni SULISTYOWATI・松本 淳・山中大学：HARIMAU
2006キャンペーン期間中に X バンドドップラーレーダーで観測されたインドネシア・
スマトラ島沿岸に発達する対流システム……………61-81
- Chen-Jeih PAN・Uma DAS・Shih-Sian YANG・Chow-Jeng WONG・Hsin-Chih LAI：
FORMOSAT-3/COSMIC 気温観測による赤道ケルビン波の諸特性の研究……………83-96
- 岩崎博之・藤井秀幸：AMSR-E 土壌水分量を用いたモンゴル国ウランバートル周辺における
土壌水分量が深い対流に及ぼす影響……………97-109
- 久保田尚之・城岡竜一・濱田純一・Fadli SYAMSUDIN：海大陸東部における降水量の年々
変動……………111-122
- Esperanza O. CAYANAN・Tsing-Chang CHEN・Josefina C. ARGETE・Ming-Cheng YEN・
Prisco D. NILO：フィリピンにおける南西モンスーン降水に与える熱帯低気圧の
影響……………123-139
- Yanju LIU・Yihui DING・Yafang SONG：揚子江-淮河流域の梅雨と北西太平洋における
熱帯低気圧発生頻度との関係……………141-152
- Renhe ZHANG・Yongqi NI・Liping LIU・Yali LUO・Yehong WANG：中国南部豪雨
科学観測 (SChEX)……………153-166
- 村田文絵・寺尾 徹・木口雅司・福島あずさ・高橋宏児・林 泰一・Arjumand HABIB・
Md. Shameem Hassan BHUIYAN・Sayeed Ahmed CHOUDHURY：プレモン
スーン季のバングラデシュ北東部における日中の熱力学構造および気流構造：2010年
4月25日の事例解析……………167-179
- 高橋 洋・福富慶樹・松本 淳：冬季アジアモンスーンの長期間持続する北風サージによる
熱帯低気圧の発生とその季節進行……………181-200
- Sugunyanee YAVINCHAN・Robert H.B. EXELL・Dusadee SUKAWAT：タイ南部における
大雨予報のためのモデル内の対流パラメタリゼーション……………201-224
- 徐 健青・増田耕一・石郷岡康史・桑形恒男・萩野谷成徳・早坂忠裕・安成哲三：中国における

日下向き日射量の推定と検証について	225-238
川島正行・藤吉康志・大井正行・森 修一・櫻井南海子・阿部義子・Wendi HARJUPA・ Fadli SYAMSUDIN・山中大学：HARIMAU2006期間中に西スマトラで観測され た対流システムに伴う突風現象の解析	239-257
Ming-Cheng YEN・Tsing-Chang CHEN・Hao-Lin HU・Ren-Yow TZENG・DINH Duc Tu・ NGUYEN Thi Tan Thanh・Chow Jeng WONG：中部ベトナムにおける秋季降雨の 年々変動	259-270
Xiuzhen LI・Zhiping WEN・Wen ZHOU：近年数十年間の中国南部における水蒸気輸送の 長期変化	271-282

要報と質疑

Rosbintarti Kartika LESTARI・渡部雅浩・木本昌秀：南シナ海の夏季モンスーン変動に おける大気海洋結合の役割	283-290
山島亮二・高田久美子・松本 淳・安成哲三：1700年から1850年にかけて進行した耕地化が モンスーンアジアの水循環の季節変化に及ぼした影響の数値研究	291-298
里村雄彦・山本恵子・Bounteum SYSOUPHANTHAVONG・Souvanny PHONEVILAY： インドシナ半島中央部のレーダーエコー面積日変化	299-305
Hsin-Chih LAI：梅雨前線雲帯の鉛直構造のウィンドプロファイラ観測	307-316
藤田美希子・米山邦夫・森 修一・那須野智江・佐藤正樹：異なる MJO フェーズにおける スマトラ島西岸の対流活動の日変化	317-330
伍 培明・福富慶樹・松本 淳：2008年10月30日から11月1日にかけてベトナム北部で発生 した豪雨の解析	331-344
Yaoming MA, Yongjie WANG・Lei ZHONG・Rongsheng WU・Shuzhou WANG：ヒマラヤ 北斜面上での大気乱流と放射エネルギー輸送の特徴と大気境界層構造	345-353
渡部哲史・小森大輔・青木正敏・Wonsik KIM・Samakkee BOONYAWAT・Piyapong TONGDEENOK・Saman PRAKARNRAT・Somchai BAIMOUNG：タイ国に おける日照時間による日射量の推定	355-364

.....◇.....◇.....◇.....◇.....

取 驛・米山邦夫・城岡竜一・吉崎正憲：2008年西部北太平洋における夏のモンスーンオンセット期に 観測された降水システムと環境場の特徴

Biao GENG, Kunio YONEYAMA, Ryuichi SHIROOKA, and Masanori YOSHIKAZAKI: Characteristics of Precipitation Systems and Their Environment Observed during the Onset of the Western North Pacific Summer Monsoon in 2008

西部北太平洋における2008年6月の夏のモンスーンオンセットに伴う降水システムと環境場の振る舞いを、観測船「みらい」に設置されたドップラーレーダーとラジオゾンデの定点観測データ (12°N, 135°E) を用いて調べた。モンスーンオンセットは6月中旬に起こり、その際、明瞭で大規模な大気循環場の変化が現れた。

統計的な分析によると、モンスーンオンセットに伴って降水システムが広域で発達し、より多くの降水量が観測された。降水システムの伝播は、モンスーン入り前とモンスーンオンセット前期には下層風向と一致しており、モンスーンオンセット後期になるとより高い高度の環境風と一致し、降水システムの走向は下層シアの方向とほぼ直交していた。さらに、降水シ

テムの高度及び面積の発達と下層シア及び中層湿度の強化には強い相関関係があった。

異なった環境場で観測された二つの降水システムの内部構造も調べた。オンセット前期に観測された下層シアにほぼ平行した降水システムは、乾いた中層大気と弱い下層シアの環境で発生しており、中層の後方流入が下層まで降下し、その前方に弱い上昇気流が観測された。一方、オンセット後期に観測された下層シア

とほぼ垂直した降水システムは、湿った中層大気と強い下層シアの環境で発生しており、中層の後方流入が一定の高度を保ちながら降水システムの先頭に達し、その前方に強い上昇気流が現れた。

以上の観測結果は、西部北太平洋における夏のモンスーンオンセット期に、降水システムと大気下層シア及び中層湿度の間に相互作用が生じることを示唆する。

服部美紀・森 修一・松本 淳：海大陸における赤道越え北風サージとその降水量分布との関係

Miki HATTORI, Shuichi MORI, and Jun MATSUMOTO: The Cross-Equatorial Northerly Surge over the Maritime Continent and Its Relationship to Precipitation Patterns

10月から4月にかけて、赤道域で断続的に出現する北風として赤道越え北風サージ (CENS) の特徴と、海大陸における降水量分布との関係について調べた。本研究では、QuikSCATの海上風データを基に東経105度から115度、南緯5度から赤道の間の領域で平均した 5 ms^{-1} を超える北風をCENSと定義している。1999年12月から2009年3月の冬季10年間に、CENSは62例抽出され、南シナ海北部のコールドサージを伴うCSパターン11例、熱帯季節内振動の対流活発域を伴うMJOパターン20例、コールドサージと熱帯季節内振動の対流活発域の両方を伴うCS-MJOパターン16例、どちらも伴わない15例に分類された。CSパ

ターンではコールドサージの発達および衰退の過程がみられ、ジャワ島の北で降水量の増加が顕著であった。MJOパターンでは、南緯10度付近の低圧域周辺において広範囲にわたる北風がCSパターンより長時間持続し、スマトラ島の西およびジャワ島の南での降水量の増加が顕著に見られた。CS-MJOパターンでは、CSパターンとMJOパターン両方の北風の特徴を持ち、海大陸では特にジャワ島北西部とジャワ島の北および南で3パターンの中で最も多くの降水量の増加が見られた。CENSの発生は、海大陸に広く正の降水量偏差をもたらす重要な環境要因であることがわかった。

筆保弘徳・一柳錦平・芳村 圭・森 修一・濱田純一・櫻井南海子・山中大学・松本 淳・Fadli SYAMSUDIN：インドネシアのスマトラ島で観測された降水同位体比に対する大規模水輸送とメソスケール過程の効果

Hironori FUDEYASU, Kimpei ICHIYANAGI, Kei YOSHIMURA, Shuichi MORI, HAMADA Jun-Ichi, Namiko SAKURAI, Manabu D. YAMANAKA, Jun MATSUMOTO, and Fadli SYAMSUDIN: Effects of Large-scale Moisture Transport and Mesoscale Processes on Precipitation Isotope Ratios Observed at Sumatra, Indonesia

2006年11月、インドネシアのスマトラ島西岸において、HARIMAU2006集中観測が行われた。その期間、降水同位体比変化に対する大規模水輸送とメソスケール過程の影響を調べるために降水サンプリングを行った。11月における降水の水素安定同位体比では、 $+10\sim-65$ パーミルの大きな幅で起きる季節内変化が観測された。この長期的な同位体比の変化は10~15日の時間スケールを持つ季節内変動に伴う大規模水輸送

の変化に対応していたが、層状性と対流性に分けた降水タイプの違いとは関係がなかった。同位体大気大循環モデルにより観測された降水同位体比の長期的な変化が再現されたことから、この時間スケールでの降水同位体比変化は大規模水輸送が主要因であることが裏付けられた。

短時間降水サンプリングによると、降水イベントそれぞれの降水同位体比の平均値は大規模水輸送の影響

が大きいが、同位体比の短時間変化はレーダー観測により分類されるイベントの違いと関係があった。降水システム進行方向前面に対流性の雲が発達して後面に層状性の雲が広がるよく組織化されたイベントでは、降水の水素安定同位体比が約20パーミルも低下した。この急激な低下はレイリー蒸留過程で説明ができる。対流性の雲が組織化されていないイベントでは、降水

同位体比は低下した後に再び上昇した。これは、先行した対流性降水の同位体比低下の後に後続の対流性降水の高い同位体比が観測されたことが原因と考えられる。層状性降水イベントでは、対流性の雲は発達せずに層状性の雲が形成されているために、降水同位体比の大きな短時間変化は観測されなかった。

森 修一・濱田純一・櫻井南海子・筆保弘徳・川島正行・橋口浩之・Fadli SYAMSUDIN・Ardhi A. ARBAIN・Reni SULISTYOWATI・松本 淳・山中大学：HARIMAU2006キャンペーン期間中にXバンドドップラーレーダーで観測されたインドネシア・スマトラ島沿岸に発達する対流システム

Shuichi MORI, HAMADA Jun-Ichi, Namiko SAKURAI, Hironori FUDEYASU, Masayuki KAWASHIMA, Hiroyuki HASHIGUCHI, Fadli SYAMSUDIN, Ardhi A. ARBAIN, Reni SULISTYOWATI, Jun MATSUMOTO, and Manabu D. YAMANAKA : Convective Systems Developed along the Coastline of Sumatera Island, Indonesia, Observed with an X-band Doppler Radar during the HARIMAU2006 Campaign

インドネシア・スマトラ島沿岸域で実施された HARIMAU2006キャンペーン (2006年10月26日~11月27日) において、Xバンドドップラーレーダーおよびレーウィンゾンデ集中観測により得られた対流活動の概要について、沿岸域の海上と陸上との違い、および季節内変動 (ISV) の活発期と不活発期との違い、を中心に調べた。また、これら沿岸対流の日周期変化および沿岸豪雨帯 (CHeR) の形成について、沿岸対流システム日周期海陸間移動の観点から検討した。

ISV 不活発期 (PP1) における対流性降水の比率は層状性降水に対して約2倍に達するのに対し、ISV 活発期 (PP2) では対流性および層状性の降水比率はほぼ同等であった。層状性降水のレーダーエコー被覆率鉛直プロファイルはPP2がPP1に対して大きく、特に沿岸海上の対流圏下層で顕著であった。一方、対

流性降水のレーダーエコー被覆率鉛直プロファイルは、PP1およびPP2の両期間を通じて地表付近から高度6 kmまで、沿岸海上が沿岸陸上に対して約2倍の大きさであった。

沿岸対流は、午後早い時間 (12~15 LT) にスマトラ島脊梁山脈の南西山麓部に発生し、その一部は引き続き沿岸陸上で発達した後、翌朝まで広い範囲で弱い反射強度を維持していた。その他の対流は約 4 ms^{-1} の速度で沿岸海上に移動し、21 LT頃まで沿岸海上で発達を続けた。また、これら沿岸陸上起源とは独立な対流セルが沿岸海上で早朝に発達していた。これらの結果から、スマトラ島沿岸豪雨帯 (CHeR) は、主として 1) 沿岸陸上から移動し夜間に沿岸海上で再発達する対流、および 2) これとは独立に沿岸海上で早朝に発生する対流、の2つから構成される日変化沿岸対流により形成されていることが示唆された。

Chen-Jeih PAN・Uma DAS・Shih-Sian YANG・Chow-Jeng WONG・Hsin-Chih LAI : FORMOSAT-3/COSMIC 気温観測による赤道ケルビン波の諸特性の研究

Chen-Jeih PAN, Uma DAS, Shih-Sian YANG, Chow-Jeng WONG, and Hsin-Chih LAI : Investigation of Kelvin Waves in the Stratosphere Using FORMOSAT-3/COSMIC Temperature Data

台湾第三次地球観測衛星計画/気象・電離圏・気候観測小型衛星群 (FORMOSAT-3/COSMICあるいはF-3/C) の全地球測位システム電波掩蔽 (GPS

RO) 観測による気温データを用いて、ケルビン波の諸特性を詳しく研究した。2006年8月~2009年8月の時間・空間的高分解能データから、1日ごとのケルビ

ン波活動度が得られる。卓越成分である波数1および2の波(W1およびW2)を、19、25および30 kmの3高度で詳しく調べ、全観測期間中6割の期間にわたりW1の振幅はW2より大きいことが示された。W1およびW2の振幅の統計的解析から、どちらの波も0.5~1.0 K程度の振幅が卓越することがわかる。下層(高度19 km)ではW1の振幅は上層より大きく、分布領域も広い。どちらの波も成層圏準2年周期振動(QBO)の東風領域内で増幅し、帯状風向が東風から西風に変化するところで最大振幅となる。対流圏界面に近いこの下層高度では、背の高い対流の指標である外向き長波放射の大きなところで振幅が大きい。F-

3/Cデータを用いれば、ケルビン波の周期と位相速度を良い精度で求めることも可能である。全期間を平均したW1の周期は、高度19、25および30 kmにおいてそれぞれ 15 ± 3 、 13 ± 4 および 10 ± 3 日であり、またW2についてはそれぞれ 10 ± 2 、 7 ± 2 および 6 ± 2 日である。これらの結果に示された標準偏差は、地球物理学的に意味があり、個々のケルビン波出現期間内でも周期が変動していることによっており、一つのケルビン波の周期の値の誤差は ± 1 日である。両波長成分とも、ケルビン波は低高度で遅く、高高度で速い。また、周期は高度と共に次第に減少する。これらのことが本研究で最も重要な成果である。

岩崎博之・藤井秀幸：AMSR-E 土壌水分量を用いたモンゴル国ウランバートル周辺における土壌水分量が深い対流に及ぼす影響

Hiroyuki IWASAKI, and Hideyuki FUJII : A Study on the Influence of Soil Moisture on Deep Convection around Ulaanbaatar, Mongolia, as an Arid Environment Using AMSR-E Soil Moisture

この研究の目的は、乾燥域であるモンゴル国ウランバートル周辺を対象に、土壌水分量が積乱雲などの深い対流に及ぼす影響について、観測データに基づいた記述を行うことである。土壌水分量と対流活動度は、それぞれ、AMSR-E マイクロ波放射計とCバンド空港レーダーのデータから推定した。解析の結果は以下のとおりである。

1. 領域平均した土壌水分量の値は、降水量の変動に強く影響されていた。
2. 土壌水分量の高い日には、深い対流が発生する時間と対流活動が最大に達する時間は、土壌水分量の低い日に比べて、1~2時間遅れていた。

3. 領域平均した土壌水分量の低い日には、土壌水分量が正の偏差を示す場所で、深い対流が発生する傾向にあった。

4. 土壌水分量の低い日には、 $+1.0$ から $+5.0^{\circ}\text{C}$ という比較的高いSSI(シュワルター安定度指数)であっても深い対流が発生していた。一方、土壌水分量の高い日には、 $+1.0^{\circ}\text{C}$ よりも低いSSIが深い対流の出現に必要であった。

5. 山岳域の土壌水分量が11%よりも高くなると、午後の早い時間における山岳域の対流活動度は弱まる傾向にあった。

久保田尚之・城岡竜一・濱田純一・Fadli SYAMSUDIN：海大陸東部における降水量の年々変動

Hisayuki KUBOTA, Ryuichi SHIROOKA, HAMADA Jun-Ichi, and Fadli SYAMSUDIN : Interannual Rainfall Variability over the Eastern Maritime Continent

海大陸東部の降水量の年々変動についてパラオ共和国(1923年~2009年)とインドネシア東部(1973年~2008年)の地点降水量データを用いて調べた。アラフラ海とバンダ海周辺でのエルニーニョ南方振動に対応した降水量の年々変動を説明する、2つのメカニズムを提案した。

降水量ははじめに赤道域でエルニーニョ発達年の夏

に減少し、赤道から離れたパラオ本島などの地域では秋に減少する。インドネシア東部では一般に北半球夏季に乾期があり、エルニーニョ年は乾期が一段と乾いた状態になる。雨期のはじまりも遅れる。雲データからエルニーニョ年の7月から11月にはカリマンタン島東岸からニューギニア島西岸にかけて対流が抑えられている。

これらの変動を説明するメカニズムの一つは、バンダ海とアラフラ海での大気海洋相互作用である。エルニーニョ年には西部北太平洋モンスーンに伴った南寄りの季節風がより強まり、バンダ海とアラフラ海の海面水温を低下させ、他の年よりも対流活動を抑制する。もう一つのメカニズムはオーストラリア夏期モン

ソーンのプレモンスーン期に、バンダ海とアラフラ海で見られる沈降場である。オーストラリアとその周辺海との間での海陸の熱的コントラストは、エルニーニョ年には強化される。エルニーニョ年10月には、浅い熱対流がバンダ海とアラフラ海に沈降をもたらし、その周辺地域に極端な乾燥した状況を拡大させる。

Esperanza O. CAYANAN • Tsing-Chang CHEN • Josefina C. ARGETE • Ming-Cheng YEN • Prisco D. NILO : フィリピンにおける南西モンスーン降水に与える熱帯低気圧の影響

Esperanza O. CAYANAN, Tsing-Chang CHEN, Josefina C. ARGETE, Ming-Cheng YEN, and Prisco D. NILO : The Effect of Tropical Cyclones on Southwest Monsoon Rainfall in the Philippines

フィリピン西岸部に沿って大規模な地すべりや洪水を引き起こした、南西モンスーンの極端な降水イベントを調査した。これらの降水イベントでは、熱帯低気圧 (TC) が直接的な原因ではないが、ルソン島から北または北東方向の離れたところに熱帯低気圧が位置していた。多量の降水は強い鉛直流を励起するルソン島西岸に沿う山脈と強いモンスーン西風との相互作用によって引き起こされていると考えられる。そこで、極端な降水イベント4事例について、フィリピン周辺のTCの存在や地理的位置がどのようにこれらの降水イベントに影響を与えているのかを明らかにした。4事例の内、3事例はフィリピン周辺海域内にTCが位置している事例で、残り1事例はTCが周辺に存在していない事例である。東経20度から西経140度、南緯

5度から北緯35度の領域における、水平解像度が緯度 $1^\circ \times$ 経度 1° のNCEP FNLデータにフーリエ展開を適用して、流線関数分布を波数0~1のモンスーン基本流と、波数2~23のTC擾乱による流れとに分離した。その結果、ルソン島北東にTCが位置する時には、ルソン島西岸に強い南西風を生じさせており、モンスーン気流と複合してルソン島西岸に沿うコルディレラ山脈との間で相互作用して南西風を強化している。一方、TCがルソン島の北方または北北西に位置している時には、モンスーン南西気流との間で収束する北西風を生み出し、ルソン島西部における上昇流の強化をもたらす。そして、非常に強い西風が励起されると、コルディレラ山脈上で上昇し、結果的に多量の降水をもたらす強い鉛直流が形成される。

Yanju LIU • Yihui DING • Yafang SONG : 揚子江-淮河流域の梅雨と北西太平洋における熱帯低気圧発生頻度との関係

Yanju LIU, Yihui DING, and Yafang SONG : Relationship between the Meiyu over the Yangtze-Huaihe River Basins and the Frequencies of Tropical Cyclone Genesis in the Western North Pacific

1951年~2006年における揚子江-淮河流域 (YHRB) の梅雨期の降水量と、北西太平洋 (WNP) の熱帯低気圧 (TC) 発生頻度との関係を調査した。その結果、両者には有意な負の相関関係が見出され、その原因として、モンスーン気流の大規模な変化とそれに関連する東アジアおよびWNP地域への水蒸気輸送があげられる。TC発生数が少ない年には、WNP地域の亜熱帯高気圧の中心位置はかなり西偏、南偏しており、その勢力も極端に強い。モンスーントラフもかなり西偏し、トラフ自体も弱い。こ

の状況下で、モンスーン気流と対応する水蒸気輸送はWNP地域へ拡がることはできないが、南シナ海 (SCS) 上の亜熱帯高気圧の西縁に沿って東アジア地域へ向かうことになる。その間、中緯度の偏西風はより強い状態で南偏している。この種の大気循環場は、中高緯度からの寒冷で乾燥した空気と低緯度からの暖湿気流がYHRB上で収束し、多量の降水をもたらす好適な条件となっている。

TC発生数が多い年には、WNP地域の亜熱帯高気圧はかなり北偏、東偏しており、その勢力も弱い。モ

ンスーントラフはWNP地域へ帯状に拡がっている。熱帯インド洋からのモンスーン気流とそれに関連した水蒸気輸送の一部は、SCS地域から東アジアの梅雨領域へと輸送されるが、残りの大部分WNP地域に到達するため、WNP地域のTC発生・発達にとって

好適である。同時に、中緯度の偏西風は北偏しその強さも弱く、YHRB上の降水発生に適していない。この種の負の相関関係は、TCと中国における雨季にあたる梅雨期の季節予報に寄与すると考えられる。

Renhe ZHANG · Yongqi NI · Liping LIU · Yali LUO · Yehong WANG : 中国南部豪雨科学観測 (SChER-EX)

Renhe ZHANG, Yongqi NI, Liping LIU, Yali LUO, and Yehong WANG : South China Heavy Rainfall Experiments (SChEREX)

中国南部豪雨科学観測(中国南方暴雨野外科学試験, SChEREX)は、2008~2009年に中国南部で、中国科学技術省および中国気象局の支援を受けて、中国気象科学研究院により実施された。SChEREXの目的は、メソβスケールまで十分に観測できるデータの取得、中国南部における豪雨システムの構造と時間変化の理解、豪雨監視・予測の現業体制確立の第一歩、および豪雨監視・予測能力の向上である。SChEREXでは4地域が集中的に観測された。すなわち、中国南端部、揚子江中流域、淮河流域および揚子江下流域である。観測期間は、中国南端部では5月1日~6月10日、他の3地域では6月10日~7月20日である。

降水システムをメソβスケールまで詳しく観測できるように、増強された観測網を構築した。収集されたデータに基づくメソスケール客観再解析は、降水システムの微細構造を解明するためのみならず、メソスケール短期数値予報モデルの初期条件を改善するためにも活用されている。ドロップゾンデデータ同化により、台風Goni(T0907)およびMorakot(T0908)の位置や強さの解析が改善された。この観測プロジェクトでは、実時間の観測量を予報システムに取り込むことにより、観測システムと予報システムとの間により効果的な相互作用が生まれ、その結果としてメソスケール豪雨予報能力を向上させることができた。

村田文絵・寺尾 徹・木口雅司・福島あずさ・高橋宏児・林 泰一・Arjumand HABIB・Md. Shameem Hassan BHUIYAN, Sayeed Ahmed CHOUDHURY : プレモンスーン季のバングラデシュ北東部における日中の熱力学構造および気流構造 : 2010年4月25日の事例解析

Fumie MURATA, Toru TERAOKI, Masashi KIGUCHI, Azusa FUKUSHIMA, Koji TAKAHASHI, Taiichi HAYASHI, Arjumand HABIB, Md. Shameem Hassan BHUIYAN, and Sayeed Ahmed CHOUDHURY : Daytime Thermodynamic and Airflow Structures over Northeast Bangladesh during the Pre-Monsoon Season : A Case Study on 25 April 2010

バングラデシュにおける3地点(北東部シレット, 中央部ダッカ, 北西部ボグラ)において、2010年4月25日に実施したゾンデ同時観測と地上気象自動観測データを用いて、三次元の熱力学構造及び気流構造を明らかにした。この日はシレットにおいて、明瞭な夜雨がみられた。ゾンデ観測は日中(12, 15, 18時)に実施されたため、日周期をもつ対流の不活発なフェーズが観測された。シレットにおいては、局地循環は不

明瞭であり、より大きなスケールの気流が卓越していた。ゾンデ観測の結果は、ダッカおよびボグラにおいて、高度1~5kmに強い沈降流の存在を示した。シレットにおいては、強い沈降流の存在は高度4~5kmにみられる一方で、高度1~3kmに南西風の気流の地形による強制上昇がみられた。シレットにおいて、高度3km以下の温度が他の2地点に比べて低く、地表付近において東風が観測された。

高橋 洋・福富慶樹・松本 淳：冬季アジアモンスーンの長期間持続する北風サージによる熱帯低気圧の発生とその季節進行

Hiroshi G. TAKAHASHI, Yoshiki FUKUTOMI, and Jun MATSUMOTO : The Impact of Long-lasting Northerly Surges of the East Asian Winter Monsoon on Tropical Cyclogenesis and Its Seasonal March

冬季アジアモンスーンの熱帯まで到達する寒気の吹き出しに伴い、東インド洋と海洋大陸において熱帯低気圧が発生する現象について、1979/1980年から2006/2007年までの10月から3月までの各6ヶ月間について、事例解析と合成解析によって調べた。南シナ海上の6日から30日の時間スケール（月内変動、もしくは季節内変動）の長期間持続する北風サージイベントに着目した。また、その北風サージによる熱帯への影響について、季節による違いについても考慮した。南シナ海上の北風サージは、10月から3月まで頻繁に観測され、南シナ海上の長期間持続するサージは、熱帯へと侵入する傾向が見られる。東インド洋及び海洋大陸では、長期間持続する北風サージに伴い、熱帯低気圧の発生が確認された。これらの様相は、季節により異なる。10月と11月には、サージに伴い、熱帯低気圧が南シナ海上で発生する傾向がある。また、11月のみ、東インド洋上では、赤道に対称な低気圧のペアが出現

する。これはサージに伴う東西風の水平傾度の強化に対応している。一方で、12月～2月には、赤道に非対称な低気圧のペアがボルネオ島付近の海洋大陸に現れる。3月には、サージに伴う熱帯低気圧の発生は少ない。長期間持続する北風サージの熱帯低気圧への影響の季節による違いは、東インド洋と海洋大陸上の下層の背景場の違いに対応している。11月には、下層で平均的に低気圧性の渦度が見られる。このような背景場とサージによる低気圧性の渦度の強化によって、熱帯低気圧の発生に適している環境が準備されていると考えられる。他の月には、このような背景場は見られない。一方、12月～2月には、気候学的な北風が、ボルネオ島とスマトラ島間の海峡まで達しており、この背景場により北風サージが海洋大陸まで深く侵入すると考えられる。また、この海峡付近の流れは、海洋大陸の海陸分布と地形に強く影響を受けている可能性が高い。

Sugunyanee YAVINCHAN・Robert H.B. EXELL・Dusadee SUKAWAT：タイ南部における大雨予報のためのモデル内の対流パラメタリゼーション

Sugunyanee YAVINCHAN, Robert H.B. EXELL, and Dusadee SUKAWAT : Convective Parameterization in a Model for the Prediction of Heavy Rain in Southern Thailand

タイ南部に洪水災害を発生させた北東季節風期の3つの大雨事例について、数値予報実験を行った。予報モデルはPSU/NCARメソスケールモデルMM5を用い、5kmでの解像度でBetts-Miller (BM), Grell (GR), 新Kain-Fritsch (KF2)の各積雲パラメタリゼーションを用いた結果、および雲微物理 (EX) スキームを用いた結果の4つの計算結果を比較し、降水予報として見込みのある方法を探した。積算雨量についてTRMM降水分布図と定性的に比較すると共に、異なる降水閾値でのスコア指数によって定量的に比較した。また、地表近くの総観場はNCEP FNL解析

と、風速、気温、混合比の鉛直分布はソクラーにおけるゾンデ観測と、それぞれ比較した。

相対湿度を過剰に予報している以外、モデルは概ね総観場を良く予報していた。調査した3つの大雨事例においては、北東風と暖湿な南寄りの風とが相互作用する場所にある小さな渦が関係していた。モデルは大雨域の降水量の値を過小評価し、また、それぞれの降水スキームで大きく異なった降水分布を予報した。KF2スキームとEXスキームは、一般的にBMスキームとGRスキームより良い結果となった。

徐 健青・増田耕一・石郷岡康史・桑形恒男・萩野谷成徳・早坂忠裕・安成哲三：中国における日下向き日射量の推定と検証について

Jianqing XU, Kooiti MASUDA, Yasushi ISHIGOOKA, Tsuneo KUWAGATA, Shigenori HAGINOYA, Tadahiro HAYASAKA, and Tetsuzo YASUNARI : Estimation and Verification of Daily Surface Shortwave Flux over China

中国の地上気象観測点での地上下向き短波放射フラックス値を現業気象観測から得られる日照時間のデータから導いた。ジョルダン式日照計について得られている変換式に基づき、地形、観測所周辺の状況、標高、大気混濁度の効果について補正を加えた。計算されたフラックス値を現場観測によって検証した。この方法によって日ごとのフラックス値を中国の190以上の地点について計算した。それに基づく月ごとの気

候値を公開している。この日照時間に基づく短波フラックス値と衛星観測に基づくデータセットとの比較検討を行なった。NASA ラングレー研究センターで作成された衛星に基づく地表放射収支データセットの2つの版 (SRB 2.0とSRB 3.0) を対象とした。SRB 2.0版に比べて3.0版は、とくに中国西部やチベット高原で地上気象データに基づく計算値に近づいており、改良されたと考えられる。

川島正行・藤吉康志・大井正行・森 修一・櫻井南海子・阿部義子・Wendi HARJUPA・Fadli SYAMSUDIN・山中大学：HARIMAU2006期間中に西スマトラで観測された対流システムに伴う突風現象の解析

Masayuki KAWASHIMA, Yasushi FUJIYOSHI, Masayuki OHI, Shuichi MORI, Namiko SAKURAI, Yoshiko ABE, Wendi HARJUPA, Fadli SYAMSUDIN, and Manabu D. YAMANAKA : Case Study of an Intense Wind Event Associated with a Mesoscale Convective System in West Sumatera during the HARIMAU2006 Campaign

海大陸レーダーネットワーク構築 (HARIMAU : Hydrometeorological ARay for Isv-Monsoon AUtomonitoring) の第1回キャンペーン観測期間中 (HARIMAU2006) にスマトラ島西部で観測された突風現象の成因について調べた。

観測期間中の2006年11月19日、対流システムの通過に伴いXバンドドップラーレーダーサイトでは 17 ms^{-1} の強い風と5Kの急激な気温の降下が観測され、周辺の家屋に甚大な被害がもたらされた。対流システムは赤道ロスビー波の東風位相に伴う強い下層東風シアのもとに発生した。対流システムの北側部分には下降するrear-inflow jetを伴う進行方向に張り出した対流性降水域が存在し、rear-inflow jetの両側にはメソ渦が存在するなど、中緯度域でしばしば観測されるボウエコー (bow echo) と定性的に良く似た構造

が確認された。対流システム後方の下層風は山岳域の比較的標高の低い領域を抜ける際、舌状の強い東風を形成した。この地形により強化された東風が対流システム北側部分のボウエコー状構造の形成に寄与していたと考えられる。この東風rear-inflow jetは対流システム中でさらに加速されて先端付近で下降し、地表付近で強い発散流を形成した。

対流システム通過直後の高層観測では、下部対流圏の南風成分の強化に伴う乾燥空気の侵入が確認された。客観解析データの解析から、この南風は周期5日程度の混合ロスビー重力波に伴うものであると示唆された。この乾燥空気が対流システムの後方から侵入して降水粒子の蒸発冷却を強めた結果、地形と対流により強化された東風運動量が効果的に下層に運ばれたと示唆される。

Ming-Cheng YEN • Tsing-Chang CHEN • Hao-Lin HU • Ren-Yow TZENG • DINH Duc Tu • NGUYEN Thi Tan Thanh • Chow Jeng WONG : 中部ベトナムにおける秋季降雨の年々変動

Ming-Cheng YEN, Tsing-Chang CHEN, Hao-Lin HU, Ren-Yow TZENG, DINH Duc Tu, NGUYEN Thi Tan Thanh, and Chow Jeng WONG : Interannual Variation of the Fall Rainfall in Central Vietnam

地上雨量計データを基にして作成されたグリッド降水量データ (APHRODITE) を用いて、ベトナムにおける降水の気候学的記述を行った。APHRODITEのデータによる結果を、2007年の163地点での地上雨量計データによって検証しながら解析した結果、10月～11月に降雨がある中部ベトナムと、5月～10月に降雨がある北部および南部ベトナムという2つの降雨レジームがあることがわかった。ベトナム西部でラオス・カンボジアとの国境をなすアンナン (チュオンソン) 山脈が、10月～11月に降雨がある中部ベトナムと他地域での主要な雨季を隔している。1979年～2007年の10月～11月の雨季における降雨の年々変動は、EOF解析による主要モードによって良く記述できる。このモードの年々変動は、NINO3.4の海面水温指標とは負相関になっており、NINO3.4領域で海面水温が高い (低い) 時に、中部ベトナムでは乾燥 (湿潤)

化する関係がある。水蒸気輸送の解析からは、海面水温が低い (高い) 時には、南アジアでの低気圧 (高気圧) 性偏差をもつ循環場が、西部北太平洋での高気圧 (低気圧) 性偏差をもつ循環場とともに出現する。これらの循環場の偏差により、南シナ海とフィリピン海の東経150度以西で、水蒸気は収束 (発散) する。他方、南アジアにおける低気圧 (高気圧) 性偏差をもつ循環場によって、インドシナ半島の中でもベトナムへ向けての水蒸気輸送が強化 (弱) される。これら2対の循環偏差場に伴って水蒸気は収束 (発散) し、東南アジア域では海面水温が低い (高い) 時に、降水量が多く (少なく) なる。このような熱帯太平洋における海面水温偏差によって生じる発散循環場の応答によって、中部ベトナムにおける10月～11月期における降水量の年々変動が生じる。

Xiuzhen LI • Zhiping WEN • Wen ZHOU : 近年数十年間の中国南部における水蒸気輸送の長期変化

Xiuzhen LI, Zhiping WEN, and Wen ZHOU : Long-term Change in Summer Water Vapor Transport over South China in Recent Decades

本研究は、中国南部 (SC) における北半球夏季 (JJA) 水蒸気循環の長期変化について調べた。SCにおける全可降水量 (TPW) と水蒸気収束は明らかに増加し、その傾向は局所的なものではなく広域循環で見られる偏差によるものである。過去数十年で、南半球と亜熱帯域西太平洋からの水蒸気輸送は強化される一方、東アジア付近の北方への水蒸気輸送は弱体化し、主にフィリピン周辺で水蒸気収束が増加している。SCの正味フラックスは、「気候シフト」として広く知られる1970年代終わりには有意なシフトが見られず、1990年代初め以降に著しく増加する。このことは、SCでの水蒸気循環が「気候シフト」による変動のないことを意味するわけではない。事実、東西南北の境界面における水蒸気輸送量と全正味フラックスとの関係は、1970年代終わりに変化した。正味フラックスとの相関関係は、1979/80年以前は北側境界面にお

ける水蒸気輸送量と大きな負相関、東側及び西側境界面における水蒸気輸送量と正の相関関係にあったが、1979/80年以降は南側境界面における水蒸気輸送量とのみ大きく正の相関関係となる。

この変化は、西太平洋の亜熱帯高気圧 (WPSH) の南北移動と密接に関係している。1979/80年以前では、WPSHの尾根はより北方に位置し、その結果、北部境界面における水蒸気輸送量と正味フラックスとの有意な相関関係をもたらすと考えられる北部境界面で、より強い外へ向けた水蒸気の流れが生み出される。一方、1979/80年以降では、WPSHの尾根はより南方にシフトし、南部境界面における水蒸気輸送量と正味フラックスとの有意な相関関係をもたらすと考えられる南部境界面で、より強い水蒸気のSC内への流れをもたらされる。

Rosbintarti Kartika LESTARI・渡部雅浩・木本昌秀：南シナ海の夏季モンスーン変動における大気海洋結合の役割

Rosbintarti Kartika LESTARI, Masahiro WATANABE, and Masahide KIMOTO : Role of Air-sea Coupling in the Interannual Variability of the South China Sea Summer Monsoon

南シナ海の夏季モンスーン年々変動に対する大気海洋結合の役割を、大気海洋結合モデル (CGCM) およびその大気部分 (AGCM) を用いて調べた。CGCM の50年積分は、観測される南シナ海モンスーン変動における、海面西風偏差の強化を伴う下層低気圧性循環偏差と降水偏差との正相関をよく再現する。強いモンスーンの年には南シナ海に負の海面水温 (SST) 偏差がみられ、これは大気が風速偏差による蒸発を介して、SST 偏差を強制していることを示している。CGCM から得られる SST で駆動した AGCM

の50年積分では、CGCM の結果に比べてモンスーン変動は約50%増幅した。大気海洋結合がない場合、南シナ海の SST は強いモンスーンの年でも高く、局所的に蒸発・降水が増加する。降水の増加は海面西風を強化するような大規模循環を生じ、それが水蒸気フラックス収束を強めることで、さらに降水偏差を強めると考えられる。この結果は、大気海洋結合が水蒸気輸送と風による局所的な蒸発を通じて、南シナ海のモンスーンの変動を抑制し、モンスーンを安定化するように働いていることを示唆している。

山島亮二・高田久美子・松本 淳・安成哲三：1700年から1850年にかけて進行した耕地化がモンスーンアジアの水循環の季節変化に及ぼした影響の数値研究

Ryoji YAMASHIMA, Kumiko TAKATA, Jun MATSUMOTO, and Tetsuzo YASUNARI : Numerical Study on the Impacts of Land Use/Cover Changes between 1700 and 1850 on the Seasonal Hydroclimate in Monsoon Asia

本研究は、陸面モデル MATSIRO を結合した大気大循環モデル (GCM) MIROC3.2を用い、1700年から1850年にかけて進行した森林の耕地化がインド亜大陸・中国南部の水循環の季節変化に及ぼした影響及びそのメカニズムを調査した。同じ GCM 数値実験による先行研究では、1700年から1850年にかけて進行した耕地化が、2つの地域の夏季 (6月~8月) 降水量の減少を引き起こすことが示されたが、本研究ではさらに、蒸発散量がインド亜大陸では特に春において顕著に減少し、中国南部では年間を通じて若干減少するこ

とが示された。耕地化が両地域の春の蒸発散量に及ぼす影響の違いは、両地域の乾季における降水量によって説明できると考えられる。また、インド亜大陸の春における蒸発散量の減少は、同時期の降水量の減少を引き起こした。一方、中国南部の3月~4月においても降水量に顕著な減少が生じた。この中国南部における降水量減少は、蒸発散量の減少よりも広域的な大気場の変化に伴う水蒸気フラックスの収束の減少が大きく寄与していた。

里村雄彦・山本恵子・Bounteum SYSOUPHANTHAVONG・Souvanny PHONEVILAY：インドシナ半島中央部のレーダーエコー面積日変化

Takehiko SATOMURA, Keiko YAMAMOTO, Bounteum SYSOUPHANTHAVONG, and Souvanny PHONEVILAY : Diurnal Variation of Radar Echo Area in the Middle of Indochina

インドシナ半島中央部に位置するラオスの首都ビエンチャンに設置された気象レーダーの運用が、2007年から始まった。この研究は、ビエンチャンのレーダーによって観測されたエコー面積日変化の最初の報告で

ある。2008年4月から10月までの7ヶ月間を解析に用いた。

エコー面積の月平均日変化は、4月には午後遅くに最大となり、7月には真夜中に最大となっていた。日

変化の中で最大エコー面積となる時刻において、4月のエコーひとつ当りのエコー面積は約600 km²であり、約1200 km²となった7月よりも小さかった。レーダー観測範囲を南西から北東へ6つの帯状域に分割し、それぞれの帯状域のエコー面積日変化の位相の

違いも調べた。その結果、各帯状域のエコー面積日変化の位相は、南西にある帯状域から北東にある帯状域に行くにつれて遅れていることが分かった。エコー面積日変化の位相のずれから算出した位相速度は約14 ms⁻¹であった。

Hsin-Chih LAI : 梅雨前線雲帯の鉛直構造のウィンドプロファイラ観測

Hsin-Chih LAI : Wind Profiler Observation on Vertical Structure of a Mei-yu Front Cloud Bands

台湾南部の高雄市近郊の工業団地内 (120.38°E, 22.6°N) に設置されたウィンドプロファイラを用いて、2006年6月9～11日に梅雨前線降水雲システムの鉛直構造を観測した。梅雨前線に伴う数個のメソスケール対流システムが、台湾島に豪雨をもたらしたことがわかっている。雲システムの接近時、通過時および遠ざかっていく際の反射率の信号・雑音比 (SNR) およびドップラー速度の鉛直分布から、梅雨の降水雲は対流性、対流性・層状性混合、層状性の3つに分類される。梅雨前線の雲の接近時および通過直

前には、ブライトバンドの不明瞭な対流性降水が卓越して観測される。これと対照的に、高度4 km付近に顕著なブライトバンドが、層状性降水を伴う前線雲の通過直後や遠ざかっていく際には観測される。ドップラー速度鉛直分布から、層状性降水の場合には、5 km高度付近の降水粒子 (氷晶あるいは雪) や4 km高度以下の雨滴の存在がわかる。梅雨前線帯の層状性降水においては、ブライトバンド内で融解粒子の落下速度が1 kmあたり3.3 ms⁻¹だけ増加していることも観測されている。

藤田実季子・米山邦夫・森 修一・那須野智江・佐藤正樹：異なるMJOフェーズにおけるスマトラ島西岸の対流活動の日変化

Mikiko FUJITA, Kunio YONEYAMA, Shuichi MORI, Tomoe NASUNO, and Masaki SATOH : Diurnal Convection Peaks over the Eastern Indian Ocean off Sumatra during Different MJO Phases

インドネシア・スマトラ島西岸の対流活動日変化について、MJOのフェーズとの関係を調査した。Wheeler and Hendon (2004) で定義されたMJOフェーズの2～3において、スマトラ島西岸で明瞭な対流活動の日変化が観測された。この対流活動日変化は夕方からスマトラ島上で、早朝に西岸海上で極大となる。西岸沖のGPSデータからは、スマトラ島の陸面加熱に伴う補償下降流を示した、可降水量の顕著な減少が夕方から夜間にかけて観測された。一方深夜から

早朝では、スマトラ島からの対流活動の伝搬に対応した可降水量の増加が観測された。これら日変化の特徴は、Miura *et al.* (2007) のNCAMによる数値実験結果でも確認された。MJOフェーズの2～3では、インド洋の下層大気は湿潤であり、海洋大陸周辺では、平穏で陸面加熱による局地循環が卓越しやすい。このような環境場により、スマトラ島西岸域の対流活動日変化が顕著になると考えられる。

伍 培明・福富慶樹・松本 淳：2008年10月30日から11月1日にかけてベトナム北部で発生した豪雨の解析

Peiming WU, Yoshiaki FUKUTOMI, and Jun MATSUMOTO : An Observational Study of the Extremely Heavy Rain Event in Northern Vietnam during 30 October - 1 November 2008

現地気象観測データ、衛星観測降水量と海上風デー

タ、気象庁気候データ同化システムJCDASによる大

気再解析データを用いて、2008年10月30日から11月1日にかけて北ベトナムハノイで発生した豪雨イベントの解析を行った。大気再解析データを用いた大規模場の解析の結果、低気圧性熱帯総観規模擾乱がフィリピン南沖付近から発達しながら南シナ海上を北西に移動し、インドシナ半島南部を通過したことが、持続した降雨をもたらす直接的な要因であった。この熱帯擾乱の構造を調べた結果、相対渦度の正偏差場は300 hPa高度まで及ぶ鉛直に近い構造を示し、その極大値は850~600 hPaに現れていた。一方、この期間中にユーラシア大陸側では、地上高気圧が中国大陸から西日本にかけて東西に帯状に停滞し、この高気圧南縁に

位置している華南沿海、トンキン湾一帯では、強い北東よりのモンスーン気流が持続していた。このモンスーン気流は北ベトナム付近の収束場、水蒸気輸送や風の鉛直シア一場強化の役割を果たし、降雨強化に貢献していたと考えられる。また降雨期間中のハノイ地点のラジオゾンデデータでは、北ベトナム付近対流圏上部300~150 hPaに、 15 ms^{-1} 以上の強い南風が観測され、500 hPa高度より上層では相当温位が著しく上昇していた。結論として、この豪雨イベントは熱帯総観規模擾乱と持続した北東よりのモンスーンの共同作用によってもたらされた。

Yaoming MA · Yongjie WANG · Lei ZHONG · Rongsheng WU · Shuzhou WANG : ヒマラヤ北斜面上での大気乱流と放射エネルギー輸送の特徴と大気境界層構造

Yaoming MA, Yongjie WANG, Lei ZHONG, Rongsheng WU, and Shuzhou WANG : The Characteristics of Atmospheric Turbulence and Radiation Energy Transfer and the Structure of Atmospheric Boundary Layer over the Northern Slope Area of Himalaya

ヒマラヤ山脈は、北半球の接地境界層と対流圏との質量交換における重要な経路である。この山脈はチベット高原上の接地境界層と上空の自由大気とを、山谷風や氷河風などを含むさまざまな循環システムで結んでいる。チョモランマ（エベレスト）は世界で最も高い山であり、その周辺地域はヒマラヤ山脈の代表的な例である。まず中国科学院の大気環境観測研究のためのチョモランマ観測ステーション（QOMS/CAS）の設立の背景と、そのヒマラヤ地域での大気陸面間相互作用の研究における役割について説明する。そして、大気境界層の構造や大気乱流および放射エネルギー輸送の特徴などの予備的な観測結果や解析結果を

報告する。結果によると、熱粗度の力学的粗度に対する関係を表す kB^{-1} は夜間に低く、日中に高い顕著な日変化を示し、低周波数の変動は全ての風速成分の乱流スペクトルの変動に大きな影響を及ぼす。中周波数の変動は鉛直風にのみ影響を与え、中立付近の場合、運動量と顕熱フラックスのコスペクトルを変化させる。この地域での下向き短波放射は他の地域よりも顕著に大きい。5月の北京標準時12時頃には、チョモランマ北斜面では明瞭な等定温位層が存在し、この期間2200 mの厚さがあった。さらに他の地域での研究結果との比較により、ヒマラヤ地域の独自性および共通性のいくつかを示すことができた。

渡部哲史 · 小森大輔 · 青木正敏 · Wonsik KIM · Samakkee BOONYAWAT · Piyapong TONGDEENOK · Saman PRAKARNRAT · Somchai BAIMOUNG : タイ国における日照時間による日射量の推定

Satoshi WATANABE, Daisuke KOMORI, Masatoshi AOKI, Wonsik KIM, Samakkee BOONYAWAT, Piyapong TONGDEENOK, Saman PRAKARNRAT, and Somchai BAIMOUNG : Estimation of Daily Solar Radiation from Sunshine Duration in Thailand

これまでタイ国では、日照時間に関しては長期間の観測が行われているが、日射量に関しては行われていなかった。そこで本研究では、タイ国の広い範囲で日

射量の観測を行い、タイ国における日射量と日照時間の関係を調査し、両者の間の経験式を推定した。提案した経験式を用いて日射量の予測を行い、その結果を

観測値と比較したところ、以下のことが明らかとなった。(1) 日照時間が0の場合を除くと推定の誤差は10%程度であった。(2) タイ国全土で推定した経験式により各観測点の日射量の推定を行った場合と、各観測点で推定した経験式により推定した場合の誤差は同

程度であった。(3) 経験式の推定精度は、5月から11月の期間のものが12月から4月の期間のものよりも良好であった。(4) 12月から4月の期間の日照時間と日射時間との関係は、観測地点による傾向の差が5月から11月の期間のものよりも大きかった。