

Johnny C. L. CHAN・Wanxiu AI・Jianjun XU：南シナ海における1998年夏のモンスーンの維持機構

Johnny C. L. CHAN, Wanxiu AI, and Jianjun XU : Mechanisms Responsible for the Maintenance of the 1998 South China Sea Summer Monsoon

本研究では、1998年に行われた南シナ海モンスーン実験(SCSMEX)のデータを用いて、南シナ海における夏のモンスーンの維持機構についての力学的・熱力学的解析を行い、モンスーンの強弱を決める物理的なプロセスを調べた。この年のモンスーンの強弱は、主に30-60日周期の季節内変動にコントロールされる一方で、10-20日周期の変動の影響も受けている。モンスーン強度はOLRのアノマリで測られ、卓越する30-60日周期のバンドパスフィルターにより2つの活発期(5月25-30日と6月23-7月5日)および2つの不活発期(6月6-18日と7月13-26日)を定義した。

南シナ海の夏のモンスーン開始の後、30-60日周期のモードの北進により活発期と不活発期が現れた。活発(不活発)期には南シナ海への大気下層のトラフ(リッ

ジ)の進入に伴い正(負)の相対渦度と収束(発散)域が生じ、それにより対流活動が活発(不活発)になる。下層の正の相対渦度に伴い上層では発散場が形成される。

一方、10-20日周期のモードの渦度場や発散場の構造は、30-60日周期のモードの構造と類似するものであるが、前半の活発期にこのモードは南シナ海へ向かって西進し、この領域の対流活動を強化したが、後半の活発期には中緯度から南下して対流活動を弱めるように作用した。南シナ海における1998年夏のモンスーンは、北上する30-60日周期が基本場となり、そこに性質の異なる10-20日周期の変動が重なって変調を受けたものとして解釈することができる。

Ming-Cheng YEN・Tsing-Chang CHEN：寒気吹き出しに伴う東アジアの熱帯-中緯度間相互作用の再調査

Ming-Cheng YEN and Tsing-Chang CHEN : A Revisit of the Tropical-Midlatitude Interaction in East-Asia Caused by Cold Surges

最近、熱帯南東アジアから発し、北アメリカに達する短い波長の波列が同定され、それが東アジアと北アメリカの冬の気候システムの年々変動を結びつけていることが分かってきた。この波列は東アジアの寒気吹き出しの活動度に影響を与えているかもしれない。東アジアにおける寒気吹き出しとプラネタリー規模の冬のモンスーン循環の相互作用はWinter Monsoon Experiment (WMONEX)以降、精力的に研究されてきた。しかしながら、この北太平洋の波列の発見は、寒気吹き出しに関係する東アジアの循環を再調査する動機を与えていると言える。ここでは、東アジアの波

動の効果に焦点を当て、3つの側面について研究した。

結果は以下の通りである。まず第一に、寒気吹き出しによって強化された局所Hadley循環は、東アジアの定常波と熱帯の対流をカップルさせる。すなわち東アジアの熱帯-中緯度間相互作用を促進する。第二に、寒気吹き出しに続く東アジアのジェット強化は、寒気吹き出しによる東アジアの定常波の振幅増大に帰せられる。最後に、東アジアにおける局所Hadley循環の下降域は大陸の高気圧を強め、それが東アジアの寒気吹き出しの発達を強めるという関係がある。

K. M. LAU · Xiaofan LI · H. T. WU : 1998年5月の南シナ海モンスーンに関係した循環場, 雲構造および局地水循環の季節進行

K. M. LAU, X. LI, and H. T. WU : Evolution of the Large Scale Circulation, Cloud Structure and Regional Water Cycle Associated with the South China Sea Monsoon during May-June, 1998

本研究は1998年の5月から6月にかけての南シナ海モンスーンの季節進行について, 循環場, 対流活動, 雲の構造および局所的な水収支に着目し, その特徴を明らかにした. 解析には SCSMEX による現地観測データと熱帯降雨観測衛星 (TRMM) データを用いた.

南シナ海モンスーンが開始する前の5月初旬は, MJO に関連した活発化した対流活動が赤道インド洋上で見いだされた. この時は太平洋高気圧に伴う東風が南シナ海を支配していた. その後, MJO が90°E 付近に達すると, バンガル湾の対流活動が発達し, 下層の西風はインドシナ半島まで到達する. 南シナ海モンスーンの開始は5月の18-20日頃に生じており, 東アジアの陸域から南へ進入する中緯度前線に伴う擾乱によって引き起こされている.

TRMM のマイクロ波と降水レーダーの解析から, オンセット期間中の対流活動は中緯度のメソスケールに似た雲構造とスコールタイプの雲が混在していることが明らかになった. レーダーの反射因子強度は2-3

km 付近に30 dBz 以上と8-10 km 付近に25 dBz 以上の極大を持ち, それらは5 km 付近のプライトバンドによって示される融解層によって分離されている.

南シナ海における水収支は大気循環場と海面水温に密接に関係している. 対流不活期には北部南シナ海での海面水温は相対的に暖かく, 蒸発が降水よりも大きくなっており, 結果として水蒸気ソース ($E-P > 0$) となっている. 対流活発期には北部 SCS は冷却化され, 大きな水蒸気減少 ($E-P < 0$) が観測された. 北部南シナ海においては対流システムによる水の再利用が顕著で, 降水効率 (大規模な水蒸気収束と海洋上での蒸発に対する地上降水の比) は96%に達している. 南シナ海からインドシナ半島への西向きの水蒸気輸送および北向きの水蒸気輸送などを通し, 北部南シナ海は1998年の6月中頃の揚子江周辺での豪雨の水蒸気源となっていた. 本研究によって南シナ海において水蒸気および有効位置エネルギーの蓄積と放出が南シナ海モンスーンの active-break サイクルを支配していることを示唆された.

Tim LI · Yongsheng ZHANG : 南アジアモンスーンの準二年振動および長周期変動をもたらすプロセス Tim LI and Yongsheng ZHANG : Processes that Determine the Quasi-Biennial and Lower-Frequency Variability of the South Asian Monsoon

領域平均のインド降水量, NCEP/NCAR 再解析, Reynolds SST を用いて, 準二年 (2-3年) 及び長周期 (3-7年) 変動についてインドモンスーン降水量と関連する大気循環, SST の時空間構造を調べた. 時間フィルターで周期成分を抽出しコンポジット解析を行った. 解析の結果から, 2-3年周期と3-7年周期のモンスーン降水量変動は異なる物理プロセスに起因することが見出された. モンスーンの準二年周期変動は主にインド洋の局所的なプロセスによって決定されている. 局所的な SST 及び水蒸気フラックス収束偏差は3-6か月のタイムラグでモンスーンと高い相関がある. インド洋の SST 正偏差は活発な蒸発量により局所的な水蒸気量を増加させ, これらの水蒸気の蓄積は夏季平均

流による水蒸気移流を通して強いモンスーンをもたらす.

モンスーンの長周期変動は主に遠隔の強制力に起因している. 三つの物理プロセスが3-7年周期のモンスーン変動に寄与している可能性がある. 第一は東部太平洋 SST 偏差によって生じる大規模東西循環の変化によるものである. 第二としてモンスーントラフに沿う対流活動の強化 (あるいは弱化) を通しての北西太平洋 SST 偏差の影響があげられる. 最後は熱帯-中緯度テレコネクションである. すなわち, 湿潤モンスーンの6か月前に生じる南北の海陸間の強い熱的コントラストが冬季から夏季にかけて持続し, モンスーン強度の変化に寄与している.

鬼頭昭雄：大規模山岳の地表気候への効果—大気海洋結合大循環モデルによる研究

Akio KITOH: Effects of Large-Scale Mountains on Surface Climate—A Coupled Ocean-Atmosphere General Circulation Model Study—

山岳の存在が地表温度などの気候に与える効果を、全球大気海洋結合大循環モデルの山岳無し実験(NM)と山岳有り実験(M)とを比較することで調べた。山岳があると標高差による気温変化があるのでこのlapse-rate効果を除くと、大陸内部では水蒸気輸送が少なく乾燥して雲量が少なく暖かくなる。一方南アジアや東アジアでは、夏季モンスーン降水量が多くなり地表面を湿らせ雲量を増加させるため、山岳がある方が地表気温は下がる。山岳の存在は東部亜熱帯域の海面水温を下げる役割もする。これは山岳があることに

よりモンスーンが強くなり亜熱帯高気圧が強化され、下層雲が多くなり地表に入射する日射量が減少することと強い貿易風で蒸発が増えるためである。亜熱帯ジャイアはMランの方が強く黒潮も強い。海洋循環を含まない海洋混合層モデルで実験を行うと、シベリアからのコールドサージの影響で日本付近の海面水温はMランで低くなるが、大気海洋結合大循環モデルでは海洋循環の変化により海面水温偏差は緩和されることが分かった。

C. PRABHAKARA・R. IACOVAZZI, Jr.・J.-M. YOO: TRMM 降雨レーダーとマイクロ波イメージャーによる、陸上の対流性と層状性降雨の観測とその理論的考察

C. PRABHAKARA, R. IACOVAZZI, Jr., and J.-M. YOO: TRMM Precipitation Radar and Microwave Imager Observations of Convective and Stratiform Rain over Land and Their Theoretical Implications

TRMMのマイクロ波イメージャー(TMI)で観測した陸上の輝度温度 T_b を、降雨レーダー(PR)のレーダー反射強度因子 Z の鉛直分布のデータを援用しながら解析した。この解析は、対流性と層状性の降雨域別々に行った。TMIとPRデータの間には明瞭な相関があった。そこで、放射伝達計算を行ってこの相関を理論的に説明することを試みた。この計算によって、TMIの85GHzの測定結果は Z の鉛直分布の観測データからほぼ再現できることが分かったが、19GHzと37GHzの測定結果はうまく再現できなかった。その理由は、これらのチャンネルでは地表面からの放射が測定輝度温度に混ざってしまうことと、空間分解能が粗いため降水粒子がその領域内で一様に分布しているとい

う仮定が成り立たないためである。一方、19GHzと37GHzのチャンネルの輝度温度差($T_{19}-T_{37}$)を使うと、両チャンネル単独の輝度温度を使うよりも降雨強度の見積もり誤差が少ないことを見出した。PRで測定した対流性降雨域内の Z の鉛直分布を用いて($T_{19}-T_{37}$)を計算した再現実験からも、この結論が支持された。本研究の結果から、TMI85GHzチャンネルは、熱帯の陸上の降雨を推定するのに最も有効であることが示唆された。その理由は、陸面からの放射の影響が少ないこと、大気減衰が大きいこと、そして相対的に空間分解能が高いことである。19GHzと37GHzの輝度温度差($T_{19}-T_{37}$)は、85GHzチャンネルによって得られる情報を補完することができる。

谷本陽一・謝 尚平：大西洋の海面水温，海上風，熱フラックス，雲量に見られる両半球で同期した10年スケール変動

Youichi TANIMOTO and Shang-Ping XIE : Inter-hemispheric Decadal Variations in SST, Surface Wind, Heat Flux and Cloud Cover over the Atlantic Ocean

大西洋の10年スケール変動について調べるために、海面水温・海面気圧偏差場に対し経験的直交関数(EOF)解析を施した。両半球間で相関するシグナルのみを人為的に取り出してしまうことを避けるために、対象海域を北大西洋と南大西洋海域に分けて行っている。10年スケール海面水温変動場における第1主成分は北半球側で3つの活動中心域、南半球側で2つの活動中心域をもつ。そのうち、赤道を挟み緯度15度付近に見られる活動中心域は緯度方向の双極子構造を示している。海面気圧変動場における活動中心域は海面水温のものに対し極方向にずれていて、緯度30度付近に見られる。北大西洋における海面気圧偏差は順圧的な変化の一部であり、熱帯域における海上風の変化に大きく寄与している。

2つの変数に対する2つの海域の変動場(総計4)は統計的に独立でありながら、それぞれの場でのEOFに対応する時係数は互いによく相関している。このことは両半球にまたがる環大西洋10年スケール変動の存在を示唆している。客観解析より求められたより長期

間の海面水温変動場に対する同様の解析もこの変動が20世紀全般にわたり存在していたことを示唆している。

EOFの時係数に基づいた北大西洋の海上風、海面熱フラックス偏差場に対する合成図解析は海面水温偏差の形成に潜熱放出が主要な働きをしていることを示している。一方、南大西洋の合成図解析では海上風のシグナルが空間的に組織化されておらず、海面気圧偏差とも地衡流バランスを満たしていない。人工衛星観測による海上風との比較によると、船舶観測の誤差要因は観測頻度が小さいことによるサンプリングエラーであることを示唆している。

赤道を挟む海面水温の双極子構造に伴い、冷たい(暖かい)水温上では下層雲量の増加(減少)が見られる。下層雲の変化と大気下層の収束発散とは関連が見られず、これは赤道付近の対流雲とは異なった特性である。下層雲の変化は太陽放射を遮ることにより局所的な海面水温偏差の符号を維持しており、この効果により海面水温偏差の減衰率を30%程度に小さくしている。

Jianhua SUN・Tae-Young LEE：コリア半島上の強い準定常的対流バンドの数値実験

Jianhua SUN and Tae-Young LEE : A Numerical Study of an Intense Quasi-stationary Convection Band over the Korean Peninsula

1998年8月5-6日にコリア半島の中部に出現した強い準定常的な対流バンドを観測データおよび数値実験により調べた。

この対流バンドは10時間以上にわたり持続し、半島西岸で最大619 mmの降水をもたらした。レーダー観測は、バンドの中は20-30 km、その最盛期における全長は300 kmに達したことを示した。対流バンドは、複数の長寿命の降水セルから成り立っていた。幾つかの降水セルは西岸で発達し、バンドに沿って北東に移動した。この対流バンドは、中緯度の低気圧と太平洋亜熱帯高気圧との中間の収束流のあらわれた半島中部で出現した。

メソモデル(MM5)の予測実験により再現された対流バンドの発達と変化はほぼ観測事実と一致していたが、その発生初期の状況、総降水量、持続時間につい

ては観測との差異がみられた。

シミュレートされた対流バンドは下記の経過により発達した。まず、西岸で発生し東北に移動する対流セルが、持続するセルのバンドを形成し、ついで、セル発生地点の上流側で下層収束線が速やかに形成され、これに沿ってセルが移動する。そして幾つかのセルが高い対流に成長し、長時間持続した。このような過程を経て長時間持続した長い対流バンドが形成された。総観場の条件(特に、収束流)および、総観場と積雲対流との相互作用がこのケースの対流バンドの発達にとって重要であったと思われる。

幾つかの感度実験を行った。対流不安定の形成に寄与する潜熱フラックスが、対流システムの発生に重要な役割を果たしていた。これに対し、この対流バンドの形成に対しての地形効果は本質的ではなかった。

三角幸夫：レーダーエコー合成図上のメソ α スケールまでの降水雲の分布

Yukio MISUMI : Distribution of Precipitating Clouds up to the Meso- α scale in Radar Echo Composite Charts over Japan

レーダーエコー合成図は、総面積が200万平方キロメートル以上で、合成域内を5 km グリッド毎の降水強度レベルで表示している。本研究では、レーダーエコー合成図上の連続した個々の降水域を、1つの降水雲とみなした。

降水雲の頻度分布は、年間を通じて、水平規模が大きくなるとともにがぼぼなめらかに減少するが、400 km 超の部分に盛り上がりを持つ。最大降水強度も加えた降水雲の頻度分布では、ピークが同じ水平規模の45 mm/h 付近に存在する。このピークはマクロ β 及びメソ α スケール擾乱に伴う大規模降水雲によって生

じている。

6月から9月にかけて陸上では、降水分布は水平規模15-200 km の範囲、降水強度で8 mm/h 以上の降水雲にも集中する。このピークは、境界層内で生じる様々な過程で発生する各種の対流雲を含む積雲規模の降水雲によって生じている。低気圧通過後の北西の寒気流中では、主に冬季、大気海洋相互作用によって降水雲が発生する。この降水雲は、水平規模5-200 km の、夏季の積雲規模降水雲より降水強度が弱い領域に卓越して存在する。

児玉安正・玉置篤志：衛星観測にもとづく亜熱帯・中緯度域の降水活動の再評価

Yasu-Masa KODAMA and Atsushi TAMAOKI : A Re-examination of Precipitation Activity in the Subtropics and the Mid-latitudes Based on Satellite-derived Data

亜熱帯・中緯度域の広域の降水活動とその季節変化を以下の新しい降水気候データを用いて調べた。用いたデータは、GPCP の衛星雨量計結合データと衛星搭載降雨レーダー観測にもとづく TRMM のレベル3データである。亜熱帯・中緯度域の海上に大規模な降水帯（以下 SMPZ と呼ぶ）がみられる。これらの降水帯が海上に存在するため、帯状平均した降雨強度の緯度分布は海陸で大きく異なる。海上では、緯度40度付近に中緯度の極大が現れるが、陸上では中緯度の極大はみられない。海上の緯度40度付近の極大は秋から冬にかけて降水強度が最大になる。緯度20度付近の亜熱帯域の降水強度は海陸とも夏に最大となる。

夏季、SMPZ は熱帯モンスーンの降雨域から亜熱帯・中緯度域にむけて斜めに伸び、大洋の西側に位置する。一方、秋から冬にかけては夏と同じ強度を保ち

ながら中緯度海上を東西方向に広がる。SMPZ の中緯度部分は、活発な傾圧波動で特徴づけられるストームトラックと重なる部分が多いが、冬季には降水帯がストームトラックより低緯度側に位置する領域が多くみられる。夏に活発化する SMPZ の亜熱帯部分は、ストームトラックとは関係があまりない。TRMM の降雨レーダー観測によると、夏の SMPZ の降水には、背の高い層状性および対流性の降水が卓越する。一方、秋から冬にかけての降水には、背の高い層状性の降水と背の低い層状性および対流性の降水が寄与している。背の低い降水は寒気が温暖な海上に吹き出す際の気団変質と関係があると思われ、降水帯がストームトラックよりも低緯度側にずれる原因の一つと考えられる。

佐々木秀孝・清野直子・佐藤純次・千葉 長：三宅島における火山ガス拡散モデルの開発

Hidetaka SASAKI, Naoko SEINO, Junji SATO, and Masaru CHIBA : Development of a Dispersion Model for Volcanic Gas over Miyake Island

三宅島における火山ガスの広がりをシミュレートする超微細格子の拡散モデルの開発をおこなった。そのモデルは気象場の予測部分と拡散部分からなっている。総観規模の気象場に依存した詳細な気象場を表現するため、ここではマルチネスティング法を用いた。その一番内側のモデルの格子間隔は100 mである。モデルの性能の検証のため、比較的高濃度のSO₂が観測された日を4ケース選び、24時間積分を行った。その

結果、以下のようなことが分かった。まず、どの場合においても火山ガスは風下に流れる。次に、濃度は風向の微妙な変化に影響される。そして、風の弱い夜間には火山ガスは広い領域に広がる。濃度の時系列を見ると、ピークの時間のずれや過大・過少評価はあるが、モデルはどのケースにおいてもかなり良く火山ガスの濃度を再現していると言える。

富田智彦・謝 尚平・野中正見：中緯度北太平洋における十年規模海面水温変動に対する表層、亜表層強制の算定

Tomohiko TOMITA, Shang-Ping XIE, and Masami NONAKA : Estimates of Surface and Subsurface Forcing for Decadal Sea Surface Temperature Variability in the Mid-Latitude North Pacific

北太平洋の上層海洋、大気、そしてそれらの相互作用には十年から数十年規模変動の卓越していることが知られている。本研究は、海洋混合層の深さと温度の大きな季節変動、そして亜表層の地衡流移流を考慮し、冬季海面水温 (SST) の十年規模変動について、その熱収支を解析する診断方程式を提案する。そして大気海洋の4次元同化データを用い、特に亜表層移流、そして表層風による乱流熱フラックスとエクマン移流による強制のバランスを診断する。なお海洋4次元同化データの有効性は、TOPEX/Poseidon データと一部比較検証されている。解析にあたっては、まず十年規模のSST変動の大きな二つの領域、180°E、42°N付近 (Region A) と155°W、35°N付近 (Region B) を設定する。

Region Bは、アリューシャン低気圧の直接的な影響を受ける領域で、表層変動の効果が支配的に効く。一方Region Aは、黒潮親潮続流域の一部で、冬季混合層が深く、亜表層移流が冬季SSTの長周期変動に有効に働く。本研究は、さらに地衡流移流の偏差の正負がその東部での風の変動による海洋循環の応答の結果として、38°Nを境に南北で変わることを示す。一方表層強制は、北太平洋スケールの大気変動の応答として、中緯度北太平洋全域を覆うより大きな構造をもつ。冬季SSTの十年規模変動に及ぼす海洋循環と大気循環には空間スケールに違いがあり、メカニズムの解明には、この二つの空間構造、スケールの違いを考慮する必要がある。

金久博忠：対流性擾乱に対する Helicity 公式の非線形系への拡張

Hirota KANEHISA : A Nonlinear Extension of the Helicity Formula for Convective Storms

対流的擾乱の、回転を伴った上昇流 (及び或いは下降流) と、擾乱に相対的な環境の Helicity の間には強い関係がある。既に知られている公式は、これは線形近似および擾乱が形を保つと言う仮定の下に導かれたものだが、この関係を定性的に上手く記述している。

この小論では、形を保つ仮定は置くが、線形の近似をせず、同じ様な公式を導く。

非線形項は、擾乱の移動の加速度、及び或いは成長率の時間変化を惹き起こす。これらは線形公式には存在しないが、導かれた非線形公式に入ってくる。