



## 第1回 MONEX 研究会の報告\*

日本学術会議国際協力事業特別委員会 GARP 分科会\*\*

### 1. はしがき

GARP 副計画の MONEX に関するわが国の研究計画が国際共同事業の一つとして採択され、昭和53年度から4年計画で実施されることになった。その経緯や研究計画の概要は、既に天気第25巻第8号「モンスーン実験計画」に述べられている。わが国の研究計画の実施にあたって、参加各機関の研究分担者によるそれぞれの研究の計画や進捗状況についての報告会が、1978年8月31日と9月1日の両日、東京大学海洋研究所で開催された。

最初に山本義一研究代表者 (National Focal Point) の挨拶、浅井冨雄幹事の経過報告の後、16編の研究報告が行なわれた。引き続き、今後の研究の進め方、運営などについての検討がなされた。

### 2. 研究報告

浅井冨雄、斎藤直輔、藤原滋水、近藤純正、文字信貴がそれぞれ座長をつとめ、16編の研究報告が行なわれた。要旨は以下の通りである。

#### (1) 岸保勘三郎・松野太郎・新田 勲・中村 一 (東京大学理学部) : 夏期モンスーン期の大気大循環の数値実験について

夏の北半球の大気大循環の様相は他の季節とかなり異なっている。すなわち、南北の気温傾度が小さく東西風が弱く、傾圧不安定波の活動は盛んでない。むしろ、海洋と大陸の熱的コントラストやチベット高原などの大山塊の熱源としての効果が、大規模な運動を推進している。たとえば、インド・モンスーンに見られる南北の循環や、チベット高気圧と Mid Pacific Trough や Mid Atlantic Trough との間の東西循環などが顕著である。

このようなプラネタリー・スケールの運動に関する数

値モデルを用いた研究としては、観測から求めた熱源や発散の分布を単純化した数値モデルに与えてチベット高気圧などを再現しようとする試みや、大気大循環モデルによる数値シミュレーションなどがある。しかし、これらの結果に見られるチベット高気圧の強さや位置などはまだ観測とへだたりがある。その原因として、熱源の南北スケールの問題や、他の擾乱との非線形相互作用などが指摘されているが、まだ十分に解決されていない。今までの研究の欠点を補うモデルを作り、チベット高原などの熱源と大規模な擾乱との関係を定量的に調べ直す必要があるだろう。

#### (2) 吉野正敏・田中 実 (筑波大学地球科学系) : アジア、オーストラリア地域における冬と夏のモンスーンに対する 150mb 面の循環の役割

アジア・オーストラリア地域において冬と夏におけるモンスーンの変動の総観的な研究を進めている。これまでの結果によると、冬季モンスーンは熱帯大気の変動である南方振動 (Walker Circulation) によって変動していることが分かった。シンガポール上空 150mb 面で観測される東風が強い冬は、冬季モンスーンが活発で南太平洋の海面気圧が高くインド洋東部の気圧が低い。またこのような冬には、ITCZ が二本でき易い。また、亜熱帯西風ジェットは Hadley 循環の発達に伴ってインドシナ半島およびオーストラリア上空で赤道から離れる。夏のモンスーンの変動は現在研究を継続中であるので次報にゆずる。

#### (3) 山元龍三郎・廣田 勇・岩嶋樹也 (京都大学理学部) : 北半球の夏季低緯度循環における対流圏成層圏カップリングに関する研究

夏季の中高緯度下部成層圏以上では、ゾンデ等の観測でも冬季ほど顕著な波動擾乱が見られず、また、偏東風が卓越していることから擾乱の上層伝播が期待できない等のため、依然として下部成層圏の解析は少なく、大循環・大規模波動の実体把握は必ずしも十分ではない。そ

\* A report of the First Study Conference on MONEX in Japan, Tokyo, 31 August-1 September, 1978.

\*\* Japanese National Committee for GARP

れゆえ、まずレーウィンゾンデ実況データ (TEMP-A)、航空機データ (AIREP) を主体に、気象衛星資料を加えた解析により、平均循環、各高度の波動擾乱の振舞いや気象衛星放射データをも利用してエネルギー過程について明らかにする。結果の信頼度について議論可能な最適内挿法により客観解析を行なう。極めて疎な低緯度観測網を補うため、メソ擾乱解析で用いられる time-space conversion の方法の有用性を最適内挿法の範囲でテストし、可能ならこれにより解析精度の向上を目指す。上記の実測データ解析と同時に、線型バランス全球スペクトルモデル(鉛直7層~8層)を用いた数値シミュレーションにより、チベット高気圧を含む対流圏擾乱の下部成層圏への影響あるいはそれらの相互作用を明らかにする。可能なら、プリミティブモデルによる数値シミュレーションも行なう。なお、チベット高気圧生成に対するヒマラヤ山系の熱的・力学的影響と大洋の海面水温あるいは極氷との関係の検討も目指す。

(4) 木田秀次・千葉 長・桜井 徹 (気象研究所) :  
ヒマラヤの熱的影響に関する数値実験

MONEX に関連して、数値実験によりモンスーン循環の研究をしたい、その基本的な興味は次の二点にある。

1) ヒマラヤ周辺における大気上層でのチベット高気圧および地表付近でのインド低気圧の形成機構 2) インドの夏のモンスーン循環を引き起こす上でのヒマラヤ高地の熱的影響 以上の数値実験を行なうために、 $\sigma$  系のプリミティブ方程式による対流圏二層の大気大循環モデルを使用する予定である。第一段階は、下層の境界条件(地形、アルベド、海水温など)に観測値を組み込んで対流圏大循環の年変化の標準的なシミュレーションを行なうことに絞りたい。この実験の目的は、東南アジアでのモンスーン循環系が季節変化という面で実際に近く表現されるかどうか調べることである。第二段階は、モンスーン循環に対するヒマラヤの熱的影響の考察に向けられるだろう。たとえば、地表面から熱フラックスをとめる、あるいはヒマラヤ高地におけるアルベドを変える(覆雪面積を変える)などの数値実験を行ない、その効果を検証する予定である。

(5) 金光正郎 (気象大学校) : 熱帯西部太平洋域における移動性擾乱の実験予報

この研究の主目的は、熱帯数値予報モデルを開発し、それを用いて熱帯西部太平洋に発生発達する擾乱を調べることである。モデルはプリミティブ系で、格子間隔は100~200km、鉛直には対流圏に4層程度の限られた領域を

扱うものを予定している。物理過程には、水蒸気の子報、各種の凝結過程、境界層等を考慮する。低緯度におけるイニシャルゼーション、各種のパラメタリゼーションや境界条件等にさまざまな問題が残されているが、これらを解決するのも主目的の一部である。また、初期値の解析には、GMS による風ベクトルや FGGE のデータセットを十分に活用する。このモデルを用いて、偏東風波動や upper level cold low 等を3~4日にわたって予報し、その結果を用いて擾乱のエネルギー収支や力学的不安定等の解析を行なう。

(6) 沢田竜吉・瓜生道也・守田 治 (九州大学理学部)  
大気大循環の季節変化に関する実験的研究

モンスーン期の大気大循環には、チベット高気圧の存在が大きく影響しており、そのチベット高気圧の形成には、ヒマラヤ山系の熱的效果が重要な要素であると言われている。われわれは、回転水槽実験により、大規模山系の力学的・熱的效果による大規模な定常渦の形成過程、およびその渦と傾圧不安定波との相互作用を調べることを目的とする。まず、予備実験として大規模山系の力学的効果について調べた。すなわち、回転水槽の底に円柱形の障害物を置き、表面の流速分布、熱輸送量の測定等を行なった。結果は次の様に要約できる。1) 傾圧不安定波の変形(障害物の風上での波の縮み、風下での伸び) 2) 卓越波数の変化(長波長の波が出現) 3) 熱輸送の効率が向上(定常渦が熱を運ぶためと思われる) 今後の実験計画としては、1) 力学的障害物の場合の内部温度場の測定等を考えており、小型回転水槽と併せ、大型回転水槽を用いる予定である。

(7) 井沢龍夫 その他 (気象研究所) : 気象衛星資料等による熱帯擾乱の研究

西太平洋は熱帯擾乱が一年中発生し、その頻度は最大である。このことは、フィリピン東方海上で一年中最大降雨量が観測される事実からも理解される。熱帯擾乱の発生に導く多くの発生パラメータが統計的に調べられているが、観測網が乏しいため未解決問題が残されている。1977年に静止衛星 GMS が打ち上げられて以来西太平洋から東インド洋にかけて詳細な風資料が得られるようになり、また、赤外とマイクロ波衛星資料による気温、湿度等の鉛直分布の決定も可能となり、これ等の資料は GARP 計画にとって極めて有効なものと期待されている。本研究課題では上記衛星資料を用いて次の研究が計画されている。1) 冬期フィリピン東方海上の熱帯擾乱の発生と構造 2) 冬期南半球の熱帯擾乱の発生と構造

3) 夏期西部北太平洋の熱帯擾乱の発生と構造 以上の研究において得られた詳細な風, 気温, 湿度等の分布は, 熱帯の客観解析法の開発にも役立つ。

(8) 浅井富雄・木村竜治・遠藤昌宏・吉崎正憲(東京大学海洋研究所): 西太平洋熱帯海域における大気・海洋境界層の変動過程および熱帯擾乱との相互作用に関する研究

熱帯気象の特徴の一つは貿易風と熱帯収束帯であるが, 西太平洋では東太平洋に比してそれらはともに変動に富んでいる。西太平洋熱帯域はモンスーンの影響をより強く受けているからであろう。赤道海流・赤道反流域の海洋混合層, 大気混合層(あるいは大気境界層)の構造と変動過程のモデル化を試みる。それを通して, 海洋・大気間のエネルギー・運動量の交換, 大気境界層中における水蒸気の蓄積と潜熱の解放機構について考察する。この研究では, 対流圏中の熱帯擾乱についての知識も必要であり, 熱帯高層気象観測, 気象衛星資料に基づく解析も利用される。

(9) 寺本俊彦・平 啓介・竹内謙介(東京大学海洋研究所): 赤道海域における海洋表層の水温構造の研究

南・北赤道海流, 赤道反流, 赤道潜流からなる赤道循環系の生成とその変動に関する従来の研究のレビューを行なった。多くの観測が移動しながら行なわれている。これに対して, 今回の白鳳丸観測が一点に14日間も停船して行なわれることが大きな特徴である。半日潮や赤道海域にトラップされた4~5日の周期の内部重力波や, 赤道海流系の短周期変動を測定することは画期的なことであろう。海気相互作用の研究の一環として, 海洋表層の水温構造の観測を行なう。一方, 往路および帰路の長い南北の測線について XBT を主体にして, 赤道までの海流系と中規模渦の観測を行なう。

(10) 蔵重 清(気象研究所): 熱帯気象擾乱に伴う海水温の鉛直分布の時間変動の研究

熱帯海域の海面の水温が高いほど海から大気中への水蒸気の補給が多くなり, その結果, 気象擾乱の発生・発達が増盛となる。ところが, 発達した気象擾乱は強い風を伴い, それが海面に作用する結果海水中に湧昇運動を引き起こす。この湧昇流は海面温度を低下させ, したがって, その結果として気象擾乱の発達は抑制されるであろう。このような機構を定量的に研究するために, 海水温の鉛直分布を X-BT を用いて観測する。X-BT の投下方式は自動とし, 測定深度は460mである。

(11) 青柳二郎・飯田陸治郎・吉留英二(気象研究所): 赤道帯におけるオメガ高層風観測システムによる観測的研究とオメガ電波の伝搬特性に関する研究

1979年5月の FGGE/MONEX 観測に用いるオメガ高層風観測装置の予備実験を, 1977年11月~12月に館野の高層気象台で行なった。実験では, オメガ・エコー両ゾンデを連結飛ばし, 6例の比較観測を行なった。このうち5例は良好な結果が得られたが, 残り1例はノルウェー局の電波が弱く風の観測はできなかった。

オメガゾンデの測風計算には, 対島, ノルウェー, ハワイ局のオメガ電波を用い, 2分から4分の単純移動平均を行なった。また, エコーゾンデの測風計算は1分毎の方位角, 高度角, 距離データから行なった。両者の間に平均的差異は認められなかったが, 3分間の単純移動平均を行なった場合, 風速2m/s, 風向2°位の標準偏差があった。この差異はエコーゾンデに対するオメガゾンデの測風誤差と理解されるが, 絶対的な誤差とは言えない。しかし, 仮にエコーゾンデの測風結果が正しいとすると, オメガゾンデで測風した平均時間3分の風は正しい風ベクトルの先端にランダムな位相(実際には方向性がある)を持った長さ約3m/sのノイズベクトルが加わったものでモデル化される。ノイズベクトルは場所の関数になるが, 赤道海域では空電が大きいことを考慮すると, いくらか大きめに見積もっておく必要があり, 測風誤差として3分平均で3m/s位を見込んでおく方がよいと思われる。

(11) 横山長之 その他(公害資源研究所): 赤道海域上大気境界層中の風と温湿度の鉛直プロフィールの測定

MONEX 期間中, 白鳳丸において, 海上約1kmまでの風向, 風速, 温湿度および風の変動の大きさの測定を, 係留気球, 低層ラジオゾンデ, 音波レーダおよび赤外線測定による気温鉛直分布測定装置により行なう。研究の目的は以下のようなものである。1) 潜熱が重要なファクターとなっている赤道海洋上での混合層構造の解明 2) 混合層, 特に上部付近の微細構造 3) 大気境界層の日変化, 水平変化 4) 雲中の乱流, 温度プロフィール, 測器および観測計画は京都大学と共同である。

(13) 光田 寧・文字信貴・塚本 修・伊藤芳樹・末延龍雄・西岡淳一・羽野淳介(京都大学防災研究所), 水間満郎・岩本智之(京都大学原子炉研究所): 赤道海域における大気境界層の観測

研究目的は次の通りである。1) 熱帯海域におけるエ

観測項目	計測器	観測回数
海面近くの乱流観測		
風速変動	超音波風速計	可能な限り連続観測
乾湿球温度変動	熱電対乾湿計	〃
比湿変動	赤外線湿度計	〃
海面温度	赤外線放射温度計	〃
比湿変動(高周波)	Ly- $\alpha$ 湿度計	適宜観測
境界層観測 (2 km 以下)		{ 定点通常 4回/日 強化時 8回/日 緯度変化 1回/日
温湿度・風	低層ゾンデ(自動追尾)	6回/日を2日間
風向・風速	パイロット・バルーン	弱風時連続
温湿度・ (下層部詳細)	係留気球	
遠隔測定		
温度変動 } 分布	音波レーダ	ファクシミリは常時
鉛直風速 } 分布	PITS	磁気記録は適宜
温度鉛直分布		常時

エネルギー輸送過程の解明とバルク輸送係数の決定 2) 強い日射, 高温高湿条件下での熱帯海面におけるエネルギー収支 3) 熱帯海域の高温高湿な大気境界層内における水蒸気変動の特性 4) コリオリ力が小さい低緯度での境界層の構造, 風, 温湿度の分布とそのシノプティック変化および日変化 5) 海面近くでの現象と対流圏下部の対流活動の相互作用 6) 境界層の緯度変化 上記研究のための観測計画を上表に示す。(観測は公害資源研究所および気象研究所と共同で行なう)。

(14) 大塚 伸・安田延壽・藤谷徳之助(気象研究所)  
: 熱帯大気境界層の熱的構造の観測

本研究の主目的は熱帯海洋上の大気境界層の熱的構造を研究し, 微小現象から大規模現象へのエネルギー輸送に関連した物理量の再配分過程を明らかにすることである。海洋上の接水気層の乱流輸送過程を研究することもまた重要な問題である。この目的のために, 他の機関と協力して気温と湿度の鉛直分布を低層ゾンデによって観測し, また, 運動量, 顕熱, 水蒸気の乱流輸送量を測定する。放射フラックスや関連した種々の気象要素も様々な方法で測定する。

観測は右の表に要約されるように啓風丸と白鳳丸で行なわれる。

(15) 光易 恒・水野信二郎・本田忠夫(九州大学応用力学研究所): 西太平洋熱帯海域における波, ならびに大気海洋間の各種輸送量に及ぼす効果の研究

	啓風丸	白鳳丸
運動量, 顕熱, 潜熱の乱流輸送量	(変動量法) 熱電対温度計, リーマン・アルファ湿度計	(渦相関法) 超音波風速計, 熱電対乾湿計, 回転儀による安定装置に設置された加速度計
接水気層の風速, 気温, 湿度	三杯風速計 通風乾湿計	三杯風速計 通風乾湿計
海面温度	抵抗型温度計 放射温度計	抵抗型温度計
表面近くの水温鉛直分布	抵抗型温度計	
放射フラックス	ジンバルに設置された放射計と日射計	
大気境界層の気温と湿度の鉛直分布	低層ゾンデ	

海洋波は, 大気・海洋間の各種の量の乱流輸送過程において重要な役割を果たしている。すなわち, 大気から海洋に輸送される大量の運動量は風波を通して行なわれ, 一方, 最近の研究によると海洋から大気への熱や水蒸気の輸送は, 風波やうねりの存在によって, 非常に増大することが知られている。この研究は, 西太平洋熱帯海域における MONEX 観測期間中における海洋波の2次元スペクトルを測定することを第一の目的とするものである。さらに, そのデータを同時に観測される大気・海

洋間の各種の輸送量のデータと比較することによって、両者の関連を明らかにすることを目的とするものである。

#### (16) 近藤純正(東北大学理学部)：西太平洋の海面における熱収支の研究

モンスーン観測では、西太平洋の海面熱収支を、すでに実施の気団変質観測で用いたと同じ方法で評価してみたい。予想されるように、熱帯海域では海面に入射した過剰の放射熱は主として蒸発熱と海洋運搬熱の二者によって、それぞれ大気側および他の高緯度海域に輸送されてバランスしている。海面熱収支の各項の大きさは広範囲の気象場に支配されるであろうが、特に大きな台風が発生した時は莫大な海面蒸発熱の放出によって海洋変動が期待される。過去の大型台風について概算してみると、台風が海面から奪う熱は $10^{15}$  ワットであるため、台風が通過すると広範囲にわたる上層海洋の0~50m層の水温が平均的に $0.5^{\circ}\text{C}$  降下する。一方、海面ストレスによって台風域に湧昇流の発生が予想される。これら海況異常の回復にはかなりの日数を要する。

#### 3. 今後の運営

研究報告が終了した後、岸保勘三郎幹事が座長を務め、共同研究の進め方について話し合いが行なわれた。観測資料、研究活動、運営などについて、藤原、浅井らによる話題提供や提案があり、いずれ運営組織を固めなければならないが、当面、山本義一、岸保勘三郎、

浅井富雄、藤原滋水が運営に当たることとなった。さらに、観測資料に関する coordinator は藤原幹事、研究の coordinator は浅井幹事、全体の総括は岸保幹事が分担する。全体の研究会は年1~2回開催すること、MONEXに関連した論文、総合報告などの別刷10部を浅井幹事宛送付すること、MONEXに関するニュース、研究会記事、研究紹介などをできるだけ多く「天気」に投稿すること、などが決定された。

#### 4. グループ別会合

次に、(1)モンスーン・大規模循環の理論・解析を主としたグループ(Aグループ)と(2)西太平洋熱帯海域の大気・海洋境界層観測を主としたグループ(Bグループ)に分かれ、それぞれ岸保幹事、浅井幹事が司会を務めて今後の計画について話し合いが行なわれた。

Aグループでは、各研究機関の間で中間段階での研究成果の交流に努力すること、必要な資料、共通な資料を交換使用できるよう連絡を密にすること、来年1月頃に次の会合をもつことなどが合意された。

Bグループでは、東大海洋研究所の白鳳丸と気象庁啓風丸による観測に関して、各参加機関の観測項目、観測分担者などについての計画が出された。観測機器の設置や船上での観測方法についての問題点などを明らかにするために、浅井、平、近藤、文字の4人が世話人となって、9月14日、東京港停泊中の白鳳丸船上で、船長ら船側の関係者を交えて検討会を開くことにした。