天　　気
1991年10月
Vol. 38, No. 10
〔シンポジウム〕　　602（エルニーニョ；南方振動「ENSO」）

「エルニーニョ・南方振動に関する日米ワークショップ」（1990年9月10日～14日，米国シアトル）に参加して[*]

中澤哲夫[*1]・住　明正[*2]・竹内謙介[*3]
高藪　縁[*4]・鬼頭昭雄[*1]・岩坂直人[*5]
金子　新[*6]・中村　尚[*7]・藤谷徳之助[*1]
升本順夫[*6]・見延庄士郎[*3]

はじめに

中澤　哲夫

「エルニーニョ・南方振動（ENSO）に関する日米ワークショップ」は，シアトルのワシントン州立大学のメインキャンパスの南東，ユニオン湾を隔てたところにある植物園のグラハムビジターズセンターにおいて1990年9月10日から14日にかけて開催された．日本からの参加者は松野太郎東大教授を代表とする14名，アメリカからは17名の参加があった．このほか，アメリカに滞在していた黒田（アメリカ海洋大気庁（NOAA）/太平洋海洋環境研究所（PMEL），和方（ワシントン州立大学），中村（ワシントン州立大学），篠田（ハワイ大学），木本（カリフォルニア州立大学）諸氏もこのワークショップに参加した．アメリカ側のまとめ役は Edward Sarachik ワシントン州立大学教授（彼についての詳しい記事は「素顔 '91」（91年4月号）に掲載）であった．

本ワークショップは，5つのセッションからなり，① 観測的研究，② 熱帯域における対流活動，③ 診断的研究，④ 大気海洋結合系，⑤ アジアモンスーンとエルニーニョ・南方振動のそれぞれのセッションについて一編30分の発表時間が保障され，討論にも十分な時間がとれるように配慮されていた．

今回の報告では，日本の参加者から，セッション別のまとめ，ワークショップに参加しての感想を寄せていただいた．読者の方が，ワークショップの熱心な議論やあたたかいアメリカ側のもてなしなどの雰囲気を少しでもつかんでいただけたら幸いである．このワークショップ参加のためにお骨折りいただいた関係者の方々に，この場を借りてお礼申し上げます．

---

[*] Report of US-Japan Bilateral Workshop on ENSO, September 10–14, Seattle, U.S.A.

[*1] Tetsuo Nakazawa, Akio Kitoh, Tokunosuke Fujitani, 気象研究所.
[*2] Akimasa Sumi, 東京大学.
[*3] Kensuke Takeuchi, Shoushirou Minobe, 北海道大学.
[*4] Yukari Takayabu, 国立環境研究所.
[*5] Naoto Iwasaka, 東京商船大学.
[*6] Arata Kaneko, Yukio Masumoto, 九州大学.
[*7] Hisashi Nakamura, 米国ワシントン州立大学.

経　緯

住　明正

今回の日米ワークショップは，1987～88年に行われた日米共同研究に引続き行われたものである．

この共同研究は，ENSOに関連するもので，その源は，1986年12月に熱海で開かれた「40日振動とENSOに関するワークショップ」にさかのぼる．この熱海でのワークショップで，水惑星モデルや，QBOとENSOなどが議論されたのである．

日米共同研究の一環として，1987年11月に，ENSOに関する日米ワークショップが東京で開かれた．このときのワークショップの米国からの参加者は，Zebiak（コロンビア大学），Rasmusson（メリーランド大学）などであった．このワークショップでは，これまでのENSOに関する日本の研究が，強く米国の参加者に印象づけられ，次回もぜひ引き続き日米共同の会議を続けようということになった．

そこで，1988年に筆者らが米国に行ったとき，Blackmon（NOAA/ERL，環境研）やWallace（ワシントン州立大学）と話し合った結果，米国の若い人が多く参加でき，日米の若手研究者の交流を目的として次回は米国で開催することにしようということになった．それが，今回のシアトルでの日米ワークショップである．

1. セッション「観測的研究」

竹内　謙介

前回1987年に日米で開かれたワークショップでは観測的研究の発表は殆ど無かったし，いわゆる観測屋と呼ばれるような研究者の参加も少なかった．今回，1セッションが観測的研究に当てられたことは，この間のENSO研究の変化を物語っている．研究者も簡単に理論屋とかモデル屋とか観測屋と色分けができなくなっている．これはENSO研究が気象と海洋というような分野間の垣根を崩してしまったばかりでなく手法的にも有機的な関係が必要になってきたことを象徴しているように思われる．

発表としては藤谷（気象研）が観測船での渦相関法による海上大気の乱流の測定，金子（九州大学応力研）が音響ドップラー型の海流プロファイラーによる流速測定，アメリカ側からはHalpern（JPL，ジェット推進研究所）がGEOSATによる水位変動の観測，Lukas（ハワイ大学）が西太平洋における塩分の変動，McPhaden（PMEL）は太平洋赤道域に展開されている海面係留系のデータに基づいて最近のENSOの状況，の各々の紹介があった．また，まとめのセッションでHayes（PMEL）がTOGA-TAOの紹介をした．数十個の係留系で赤道域を網羅し，リアルタイムでモニターしようという壮大な計画は，ENSOばかりでなくこれからの気象・海洋学に大きな影響を与える可能性があると感じた．

2. セッション「熱帯域における対流活動」

高薮　緑

2日目のランチボックスの中身は確か分厚いターキーサンドイッチ，青林檎1個，チョコレートクッキー2枚，おまけにポテトチップスというようなものだったと思う．気持ちのいい天気だったので，色とりどりの花の咲く庭に出て食欲を満たした．皆さん大きくて甘いクッキーなどもぺろりと平らげてしまうのを見て，これがパワフルの議論を楽しむエネルギー源かと納得できるような気がした．

セッションの中身は，私の拙いメモによると……午前のトップバッターの中澤（気象研）は2台のOHPをフルに活用し，82—83，86—87 ENSO年におけるスーパークラスターの振る舞いを，大気—海洋系の結合の強さという新たな視点の下に総括した．また，スーパークラスターの東進に関してインド洋が重要である点を指摘した．D. Battisti（ウイスコンシン大学）は，巻毛のブロンドでよく質問する若手研究者だった．彼はITCZはなぜ赤道直下にないのかという問題に大循環モデルを使ってアプローチした．積雲対流スキームの影響など，東大グループ（沼口等）の発想に近く，同時代には同じような研究がなされるものだと思った．Transientな混合ロスビー重力波の果たす役割を強調していた．高薮（環境研）は，1986年6月に赤道域を東進した4個のスーパークラスターに伴う循環場の詳しい構造についての解析結果を報告した．また，スーパークラスターの内部構造として知られている西進モードが変調を受けた偏東風波動擾乱の構造を持っていることを示した．

午後は有名なK. Trenberth（NCAR，国立大気研究センター）から始まった．栗毛色の口髭を蓄えたなかなかスリムな風貌であった．彼は1988年のアメリカ大旱魃をもたらした気候パターンのアノマリの要因を，NMCデータによる水蒸気収支，OLR（外向長波放射）の88年と87年の差から求めた断熱加熱のみつもりなどから示した．冷アノマリよりも温アノマリの重要性を指摘した．

住（東京大学）は，熱帯域における対流活動の組織的な分布や動きを決定する要因を探るために，GCMを用いて，地球の回転，大気安定度，SSTの役割について系統的に調べた結果を報告した．この3要素の強弱関係によって，対流の組織化に結合する力学の様相が変わることを示した．最後のT. Mitchell (NASA/Goodard)は，Wallace教授の下で博士号をとったばかりのやはりよく喋る明るい若手研究者だった．彼は地域毎に調べた熱帯対流活動およびSSTの緯度方向の年変動について報告した．対流活動，SSTと結合する要素として，南北風の重要性を示した点が面白かった．

対流活動と大気系，海洋系の結合の仕方は，現段階で"典型例"を示せるような単純なものではなく，様々な場合が存在するようだ．まだまだおいしいところのたくさん残っているテーマであると思った．

3. セッション「アジアモンスーンとエルニーニョ・南方振動」

鬼頭 昭雄

このセッションは4題で，Shukla（メリーランド大学），升本（九州大学），鬼頭（気象研），安成（筑波大学）が発表した．Shuklaはまず Mooley がまとめた過去100年間のモンスーン低気圧統計の労作を紹介した．それによるとモンスーン多雨年はモンスーン低気圧がベンガル湾からインドを西まで横切るが小雨年にはインド中部までしか達しない．インドを横切るモンスーン低気圧の数が総降水量を決めている．またモンスーン雨量6～9月の間は持続性があり，季節中どの月も雨量が多いか少ないかであるが，小雨の方が持続性が高いとのことである．また線形モデルを使って傾圧性が大きい方が500 mb リッジが南偏することを示し，ユーラシア大陸の多雪年に500 mb リッジが南偏しモンスーン降水量が少ない事実の解釈を試みた．さらにCOLAスペクトルモデル (NMCR 40+SiB) の性能評価も紹介したがこの点については全く説得力がなかった．升本は太平洋とインド洋を含む0.5°×0.5°の海洋モデルで西太平洋の季節変化を詳細に調べた．特にフィリピン付近にできるミンダナオドームは，秋から冬にかけて強い北東モンスーン気流によって励起される湧昇流で生成されている．従って冬のモンスーンの強弱により西太平洋の蓄熱量アノマリーができ，ENSOにつながる可能性があるそうである．安成はENSO関連の年々変動が季節固定されていること，アジアの夏のモンスーンもユーラシア大陸の冬から春の陸面（積雪）異常や大気条件に影響を受けていることから，海洋・大気・陸面を一つのシステムとして捕え，その中でENSOを位置づけようとする発表を行なった．鬼頭は1970年から1989年の実測の年々変動する海面水温で強制した大気モデルの振る舞いについて述べた．とりわけインド洋から中部太平洋まで1年半かけて東進するシグナルが，特に850 mb 東西風アノマリーで顕著である．また熱帯太平洋の東西風応力場の主成分解析から，その第1・第2モードで現わされる東進成分が，モデル結果でも観測と同様に得られた．但しENSO発達段階である西太平洋において，モデルの東西風応力は観測よりやや小さいことなどを指摘した．総じて日本勢3人は（インド洋から）西太平洋に目をむけようという発表内容であったと思うが，ENSOは太平洋なりとする他のセッションとどれだけかみ合えたか疑問が残る．一日の発表題数が7題という環境は，次から次へと演題が変わる大きいコンファレンスと違って疲れないし内容の理解には最適であった．

4. 参加感想

岩坂 直人

ワシントン大学のキャンパスとはユニオン湾をはさんだ南側に位置し，観光客や散歩・ジョギングを楽しむ人々がやってくるのんびりとした雰囲気のワシントンパーク植物園のグラハムビジターズセンターで開催されたこのワークショップは，一人当たりの講演時間もたっぷりあり充実したものだった．また，比較的小規模で若手参加者も多く，形式ばったところがないことから研究者間の交流にとっては良い会合であったと思う．筆者の興味で印象に残った講演は，D. Battisti（ウィスコンシン大学）のITCZ形成に関する数値実験，R. Lukas（ハワイ大学）の西部熱帯太平洋上層等温層の2層構造形成に関する講演，D. Deser（コロラド大学）の東部熱帯太平洋の冷舌付近の海面エネルギーフラックスのcold eventとwarm eventとでの違いについての研究などである．ワークショップ最終日にはTOGA-TAOなどの観測計画についてのセッションがあったが，次回のワークショップではぜひその観測結果を聞きたいと思う．それにしても観測計画における日本の寄与が小さいことが残念だ．予算と人員が共に少ないのだから仕方がないとはいえ…….

5. ADCP への期待

金子　新

本ワークショップに，文部省新プログラム「西太平洋における大気・海洋結合系のダイナミックスの観測」の援助の基に参加する機会を得ましたので感想などを簡単に述べさせて頂きます．ワークショップでは，現時点で最も進歩した海流計である超音波ドップラー流速プロファイラー（ADCP）による日本周辺の黒潮観測結果と西部熱帯太平洋の観測計画について発表しました．近年，海流観測における ADCP の有用性についての認識が急速に高まっていることもあり，ADCP 観測計画に対する期待を強く感じましたが，ENSO の発生機構についての白熱した議論が繰り広げられる中で，ENSO に関連した海域のデータを今回提案できなかったことを非常に残念に思いました．ワークショップの期間中，我々と同じ海域で観測計画を持つハワイ大学や NOAA/PMEL の人たちと共同観測について具体的に議論する機会をもてたこと，日頃なじみの薄い気象分野の方々と親交を深めることが出来たことは，今回の渡米の最大の成果でした．ワークショップへの派遣に際し，いろいろとお世話下さった皆様に心から御礼申し上げる次第です．

6. "TOGA" 音頭

中村　尚

私は中緯度の力学をやっている門外漢ではあるが，たまたま地元ワシントン州立大学で仕事をしている関係で会議に参加させて頂いた．全体に発表討論の時間が十分にとられた肩のこらない会議でした．詳細は専門家に任せ，夜の部の報告を少々．二日目の晩はシアトル市北部の海辺に建つレストランで名物の鮭を中心とした夕食．最終日には中心街近くの日本料理店で日本からの参加者をもてなす夕食．途中 Wallace 教授が炭坑節のメロディーにのせ，とっておきの替え歌を披露，宴は盛り上がりました．以下にそれを揚げますが，教授自身の作であり，私は一切関与しておりませんので念のため．替え歌の主旨は「活発な会議で議論百出，エルニーニョの予報も出そうだが，さてこれからどうなるのか．」といったところでしょう．（yoy yoy はニューヨークあたりではちょっと困った時に発する語．）

"TOGA 音頭"（炭坑節で） by Mike Wallace
TOGA "deta(でた) deta(でた)"
TOGA "deta(でた)" yoy(ヨイ) yoy(ヨイ)
Cane and Zebiak Matsuno "deta"
Kelvin Wave ENSO Sumi Aqua-Planet
Interannual Prediction
We Will Have It Soon. "Sano(さの)" yoy yoy

7. ENSO と境界層

藤谷徳之助

大気大循環に対する大気境界層過程の重要性については常に指摘され，またフラックス測定の必要性などについてもモデル関係者から色々と要求が出されてきているが，これまでは具体的な要求が余り示されず，したがって我々境界層の関係者（少なくとも私）にとっては，境界層過程と大気大循環との関連性についての具体的なイメージを描くことが難しかった．

しかし TOGA 関連の研究に関係するようになってからは，境界層過程と ENSO 現象の結び付き，さらにはモンスーンとの関連等が示され，またフラックスの観測精度などについても具体的な努力目標が示されるなど，境界層関係者として非常に興味深くプロジェクトに参加している．この様な状況において，今回の ENSO 現象に関する専門家の研究集会に参加出来たことは，私にとっては非常に有意義かつ有益であった．特にアメリカ側の関係者の観測に対する情熱，観測システムに対する整合性のとれた提案，またそれを支える技術水準・研究体制について，得るところが大であった．

十数年ぶりで訪れたシアトルは超高層ビルが林立し，スペースニードルもビルの谷間に埋もれていた．当時，ワシントン州立大学には Businger 教授がおられ，境界層の研究が盛んであったが，最近は境界層の研究は余り行われておらず，会議にも関係者が参加されていないのがちょっと寂しく感じられた．また最終日に Wallace 教授の述べられた「20年前に GATE を計画したとき，当初は太平洋を対象に考えていたが，結局は大西洋で行うようになってしまった．TOGA 計画は当時の計画の規模を遙かに超えている．」という言葉と共に，この十数年の時の流れを感じさせられた．

8. 大気海洋結合モデル

升本　順夫

今回のワークショップは5日間と長く，日が経つにつれ皆の疲労感も募っていったようである．しかし参加人数を制限したというだけあり，時間的な制約は少なかった．発表内容は2カ月前に行われた TOGA 国際科学会議（ハワイ）の時とほぼ同じものが多かったが，個人的

に討論できたことは有意義であった.

大気海洋結合 GCM モデルの解釈では，混沌とした状態に陥っている印象を受けた．データ解析とモデルの結果とを照らし合わせながら，個々の過程をさらに詳しく調べることが必要ではないだろうか．一方で，熱帯域の季節変動を大気海洋陸面結合系の結果として捉える研究が多くなってきたようである．特に，T. Mitchell (NASA/Goddard) の東太平洋熱帯域における SST と ITCZ の位置との関係の話は興味深かった.

また，オプショナルツアーとして参加したNOAA/PMEL の見学では，アメリカの研究所の圧倒的なパワー（マンパワー，施設共）を見せ付けられた気がした.

9. PMEL（太平洋海洋環境研究所）訪問記

見延庄士郎

今回のワークショップにおいて，日本人研究者のための小ツアーで訪問した NOAA の PMEL の紹介をしたい.

PMEL と NOAA の他の二機関が入っているのは，広い緑の敷地に建つ，3階ほどの白亜のビルで，未来映画に出てくる研究所といった雰囲気であった.

まず，PMEL 全体の活動について説明を受ける．研究者1人につき技術者が平均4人と聞いて溜息をつく．この後，熱帯海洋の研究者のオフィスや実験室を巡る．廊下には，衛星経由でブイから送られてきた昨日まで！の赤道での鉛直海水温度プロファイルの絵が貼られていた.

GCM の結果は，動画，静止画ともに，ワークステーションからレーザー・ディスクをコントロールすることで，見たいところがすぐに見れるシステムになっていた．技術の進歩で，昔は一カ月かかっていた仕事が，一日で出来るようになった，との説明を聞く.

観測機器はさすがに，安いものから高いものまで様々なものが豊富にある．測器の，テストとキャリブレーションの体制が充実している．変温器や変温室が温度センサーの検定に使われ，実際の使用条件に近い状況で，長い時間をかけてテストが行われていた．また，屋外では気象センサーのテストが行われており，幾つもの風速計がくるくる回っていたのが印象的だった.

他人の芝生は緑に見えるものだし，PMEL は NOAA の中でも経済的に恵まれている方らしい．それにしても日米の足腰の違いが痛感された.

まとめ

住　明正

1987年から1990年の3年間に，日本の状況が大きく変化した．否，ENSO を取り巻く状況が変化したというのが，筆者の印象である.

今回のワークショップの前にも，ハワイで TOGA 国際科学会議が開かれた．これにも数多くの日本人が参加するようになった．そんなわけで今回のワークショップでも前に聞いた話が多かった.

それは日米のつきあいが，昔より格段に日常化していることを意味する．とりわけ，TOGA 計画の日米での進展は，相互の研究者の交流を加速することになった．そのことが，一面では緊張感を失わせているのであろう．しかし，それは，やっと日米が対等に物事を始められるようになったことを示すのかもしれない.

今回のワークショップでの成果は，日本の若い人が数多く参加したことであろう．日米の「団塊の世代」も少々くたびれており，それに次ぐ新しい人が，次の「post-TOGA」の時代を作ってゆくのであろう．このワークショップがそのような未来への飛躍になることを確信しつつまとめとしよう.