

第23回国際測地学・地球物理学連合総会 (IUGG2003・札幌) の報告 (3)*

宮崎雄三*¹・金谷有剛*²・松浦知徳*³・児玉安正*⁴
鬼頭昭雄*⁵・松本淳*⁶・福富慶樹*⁷・谷田貝亜紀代*⁸
荻野慎也*⁹・齋藤尚子*¹⁰・岩尾航希*¹¹・江口菜穂*¹²
富川義弘*¹³・日尾泰子*¹⁴・河谷芳雄*¹⁵・内藤陽子*¹⁶
村上正隆*¹⁷・藤部文昭*¹⁸・野田彰*¹⁹・佐藤康雄*²⁰
阿部彩子*²¹・堀之内武*²²・野沢徹*²³・花輪公雄*²⁴
廣田勇*²⁵・山下晃*²⁶・平松和彦*²⁷・住明正*²⁸

1. 気体・エアロゾル成分の大陸間長距離輸送とそのグローバル・リージョナル規模でのインパクト (MC01: Inter-continental Transport and Global and Regional Impacts of Emissions of Atmospheric Trace Gases and Aerosols from Different Continents)

本シンポジウムでは近年、大気化学において最も重要な研究トピックスの1つである、大気微量成分の大陸間長距離輸送や、それに伴う遠隔地での大気質変動に関する最新の研究成果が報告された。Gille (米・NCAR) は、衛星センサーMOPITTが捕らえた全球CO (一酸化炭素) 濃度分布データを、化学輸送モデル

* Report on the XXIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG2003) (3)
*¹ Yuzo MIYAZAKI, 東京大学先端科学技術研究センター.
*² Yugo KANAYA, 地球フロンティア研究システム.
*³ Tomonori MATSUURA, 防災科学技術研究所.
*⁴ Yasumasa KODAMA, 弘前大学理工学部.
*⁵ Akio KITOH, 気象研究所気候研究部.
*⁶ Jun MATSUMOTO, 東京大学大学院理学系研究科.
*⁷ Yoshiaki FUKUTOMI, 地球フロンティア研究システム.
*⁸ Akiyo YATAGAI, 総合地球環境学研究所.
*⁹ Shin-Ya OGINO, 神戸大学大学院自然科学研究科.
*¹⁰ Naoko SAITOH, 国立環境研究所.
*¹¹ Koki IWAO, 九州大学大学院理学部.
*¹² Nawo EGUCHI, 北海道大学大学院地球環境科学研究科.
*¹³ Yoshihiro TOMIKAWA, 国立極地研究所.

*¹⁴ Yasuko HIO, 京都大学大学院理学研究科.
*¹⁵ Yoshio KAWATANI, 東京大学気候システム研究センター.
*¹⁶ Yoko NAITO, 京都大学大学院理学研究科.
*¹⁷ Masataka MURAKAMI, 気象研究所物理気象研究部.
*¹⁸ Fumiaki FUJIBE, 気象研究所予報研究部.
*¹⁹ Akira NODA, 気象研究所気候研究部.
*²⁰ Yasuo SATO, 気象研究所環境・応用気象研究部.
*²¹ Ayako ABE-OUCHI, 東京大学気候システム研究センター.
*²² Takeshi HORINOUCI, 京都大学宙空電波科学研究センター.
*²³ Toru NOZAWA, 国立環境研究所.
*²⁴ Kimio HANAWA, 東北大学大学院理学研究科.
*²⁵ Isamu HIROTA, 京都大学名誉教授.
*²⁶ Akira YAMASHITA, 大阪教育大学名誉教授.
*²⁷ Kazuhiko HIRAMATSU, 北海道旭川西高等学校.
*²⁸ Akimasa SUMI, 東京大学気候システム研究センター.

MOZART を用いて同化した結果を用い、2～3月には中国において地表付近の高濃度 CO を含む気塊が寒冷前線によって持ち上げられ、太平洋上500 hPa 面付近を7日程度かけて輸送されていく様子を示した。Wild (地球フロンティア) は、ヨーロッパからアジアへとユーラシア大陸を越える輸送は春に起こりやすく、低高度・高緯度を通過する輸送パターンが重要であることを示し、対流等により高高度に達してから輸送されることの多いアジアから北米へ、または北米からヨーロッパへの輸送と対照的であることを明らかにした。Wang (米・MIT) も、三次元モデルを用いて東アジア/ヨーロッパ/北米/南アジアから放出された黒色炭素エアロゾルの輸送を解析することにより、ヨーロッパからの放出はより高緯度側へと輸送されることを明らかにするとともに、南アジアからの放出は熱帯に大きな影響を与えることを示した。小池(東京大学)は、FTIR 観測によって得られた北海道の母子里・陸別における高度0～4 km での CO カラム量を地表での観測結果と比較することで、測定された変動には日本北部での代表性があるとした。さらに日本北部での季節変動について、冬期はヨーロッパで放出された CO が、夏季は炭化水素の酸化による CO 生成が、それぞれアジア域での化石燃料燃焼起源の CO と同程度に寄与していることを GEOS-CHEM モデルとの比較・解析結果から示した。McConnell (カナダ・ヨーク大学) は、気相化学反応及びサイズ別エアロゾルとそれらの不均一反応を考慮でき、ネスティングによりグリッドサイズを細かいところで0.9度四方から0.0033度まで可変にすることで、全球から都市スケールまで対応可能なマルチスケール大気化学輸送モデルの開発について紹介した。南北両半球間の輸送については Linter (米・カリフォルニア大学バークレー校) が、輸送の時定数はインドモンスーンの強弱の影響を強く受け年々変動する、という結果を全球輸送モデルによるトレーサー実験から示した。Naja (地球フロンティア) は、日本・ヨーロッパ・北米における70年代以降のオゾンデータ解析を行い、オゾンの光化学的生成が盛んな夏季の境界層オゾン濃度は90年代にヨーロッパでは減少傾向、日本では増加傾向にあるが北米ではほぼ変化がなく、それぞれの地域での NO_x 放出量変化のトレンドを反映しているとした。一方、ヨーロッパと日本では、冬期の境界層内オゾン濃度では共通して80年代に急増する様子がみられたこと、自由対流圏下部では季節を問わず長期傾向が一致したことを、大陸間

輸送と関連付けて議論した。

NASA の航空機観測 TRACE-P で得られたデータをもとに、近藤(東京大学)は東南アジアでのバイオマス燃焼が、窒素酸化物の組成やオゾンの光化学生成に与える影響について定量的に議論した。宮崎(東京大学)は同航空機観測のデータ及び気象解析から、西太平洋域での温帯低気圧に伴う Warm Conveyor Belt (WCB) と対流輸送の2つの上方輸送過程について示し、WCB が支配的な上方輸送プロセスであること、総窒素酸化物の50～80%が硝酸ペルオキシアセチルの形態で輸送され、NO_x や硝酸はその大部分が輸送過程で酸化・除去されていることを明らかにした。Edwards (米・NCAR) は MODIS (エアロゾルの光学的厚み)、MOPITT (前出の CO) という2種類の衛星観測結果を組み合わせることで、南アフリカでのバイオマス燃焼に伴うエアロゾルと CO の長距離輸送の事例について示した。この事例では比較的下層での輸送により熱帯収束帯まで CO などが運ばれる様子や、その途中でエアロゾルの選択的な除去による減少の様子がよくとらえられていた。河村(北海道大学)は地上での観測データをもとに、北極域でのジカルボン酸濃度が春季に極大となる季節変化について示し、OH 以外に臭素原子からのジカルボン酸の光化学生成メカニズムを提唱した。

本シンポジウム全体を通して、全球規模での観測データの充実や、人工衛星による対流圏大気成分の新たな観測及び3次元化学輸送モデルによる諸々のパラメーターの定量化が急速に進んでいることを実感するとともに、大陸間においては全球をとりまく大気成分の多様な化学・輸送プロセスが今後、さらに加速度的に明らかにされていく印象を強く持った。

(宮崎雄三・金谷有剛)

2. アジアにおける台風の固有なすがた (MC02 : Typhoons in Asia : Their Unique Features)

アジアにおける台風のシンポジウムは栗原(地球フロンティア)のコンビナーのもとに①グローバルな場との関連としての台風の変動、②台風の構造・形成及び③台風へのまわりの環境の影響とモデリングの項目から構成された。②と③の項目は台湾等の海外からの発表が多く予定されていたが、SARS の影響でかなり発表がキャンセルされた。しかしながら、②と③の項目におけるポスター発表を含めた台風予測と結びつく研究、及び①に新たな台風研究の方向性が見

られ充実したシンポジウムであった。7月7日の午前中の「台風の変動」では、まず栗原(地球フロンティア)が「北西太平洋上の気候的条件」と題して台風の挙動と大気・海洋上の関係について、最近の知見も含めて総合的なレビューを行った。特に、熱帯低気圧の変遷の過程において、熱帯域では季節内変動としてのマッデン・ジュリアン振動、西風バーストや混合ロスビー重力波が影響していることが指摘された。その後、具体的な台風の挙動の経年変動として、過去50年の台風の発生数に対して多い年と少ない年の大気と海洋のグローバルな場との関係が示され、経年変動の部分だけを分離した場合、エルニーニョの年は台風発生数が少なく、インド洋のダイポールモードイベントの発生している年は多い傾向にあることが指摘された(湯本, 防災科学技術研究所)。松本(東京大学)は特に、インドシナ半島に接近する熱帯低気圧に着目し、多い年と少ない年の一般場の関係及びモンスーンの影響、ENSOとの関係を示した。さらに、NCARのCCM3大気大循環モデルを使った、熱帯低気圧の年々変動に関するアンサンブル実験が発表され、日本においても台風と気候変動のアンサンブル実験の結果がやっと出てきた(筒井, 電力中央研究所)。松浦(防災科学技術研究所)とChu(米・ハワイ大学)は異なる解析手法で台風発生数の数十年変動と北太平洋のグローバルなSST、相対渦度、発散場の差異との間に相関があることを示し、この結果は熱帯域の10年変動と関連していることが示唆された。最後に、社会的に最も注目されている温暖化による熱帯低気圧発生数の変化について、大気大循環モデルのシミュレーション結果が示された(吉村, 地球フロンティア)。全球的な熱帯低気圧発生数はCO₂(二酸化炭素)濃度を固定して海面水温を上昇させた実験ではあまり大きな変化はないが、海面水温を固定してCO₂濃度を上昇させる実験では発生数の大きな減少が報告された。

午後の「台風の構造」では4件の発表がなされた。最初の講演(児玉, 弘前大学)は、TRMMのPRとIRによる1998年から2000年間の71例の台風に関する中心位置の決定と強さの検知に関するもので、PRでは台風の寿命のすべての段階で検知可能であるが、IRでは上層大気雲のさざぎりのためしばしば検知できないことが示された。次に、上延(北海道大学)は、台風の1日の間における構造変化として、TBBの解析から4つのパターン分けをした。1999年から2000年までの37個の台風では、雲の占める領域の割合が1日に

1回の最大と最小をとるOパターンが最も多く、次に2回のピークが存在するDパターンが多いことを示した。板野(防衛大学校)は楕円形の眼の台風(T9609)の解析をし、気圧や降水分布等の接線波数2の構造を客観的に示し、接線流の高気圧性シアーによる順圧不安定が原因であることを示唆した。この現象は孤立した渦の力学としても興味深い。最後に筆保(防災科学技術研究所)は、台風のpressure dipが発生するときの構造と条件を観測事例とそれに対するMM5を使ったシミュレーションから明らかにし、台風が中緯度に位置する日本を通過するときの非対称性への変化の現れであると結論づけた。

7月8日の午前中は「台風の形成」と「台風へのまわりの環境の影響とモデリング」について7件の発表があった。台風の形成のテーマは、それに関連していくつかの外的な条件が指摘されているがまだよく分かっていない。今回のシンポジウムで、衛星データの解析から「すでに発生している熱帯低気圧によって誘起されたロスビー波の影響」、「偏東風波動の伝播による熱帯低気圧発達」、「総観スケールの波動内での熱帯低気圧の発達」が指摘された(Li, 米・ハワイ大学)。森(気象庁)は、3つの台風の解析から、台風の形成には中規模対流システム(MCS)の形成とそれに伴うwind surgeの発生が重要であることを示した。また、吉岡(地球フロンティア)は、地球シミュレータ上でAFESの2つの異なる解像度(T319 L24; T1279 L96)の台風の目が再現された台風形成シミュレーションの結果を示し、モデル中での発生に対するまわりの環境の好ましい条件を提示した。台風形成の解明のためにも今後のさらなる研究の進展が望まれる。

中緯度台風の衰弱の主な原因は、台風の温暖核の衰弱と、台風上層における負渦位偏差の発達にあることが、台風9918号の例をもとにして吉野(京都大学)によって示された。Hong(韓国・プキョン大学)は台風通過時に海洋上で海面冷却が -3°C 〜 -6°C 起きていることをパイ観測結果から示し、その様子を3次元海洋学循環モデルPOMで再現した。またセントロイド解析による、北太平洋西部海域におけるバイナリー台風系(BTS)の出現状況、経路の特徴的モードの出現度数及び出現背景が、石島(NPO沖縄台風センター)によって報告された。最後に、台風研究は長い歴史があるが、地球シミュレータの出現や若手の研究者の台頭もあり、大きな進展の可能性が感じられた。

(松浦知徳)

3. モンスーンシステムの力学と変動 (MC03 : Dynamics and Variability of Monsoon System)

(1) 大気海洋相互作用 (9日午前)

MC03の最初で、出席者も比較的多く議論が盛り上がった。Cook (米・コーネル大学) は、アフリカ西岸ギニア湾の SST (海面水温) が上昇すると沿岸部で降水が活発化し、北半球側のサヘルは逆に乾燥する傾向が見られることを指摘し、そのメカニズムを論じた。Vecchi (米・ワシントン大学) は、ソマリア沖の SST が5、6月に高い年には、インド西岸で南西モンスーン (以下 M で示す) オンセット後の降雨活動が強まる傾向を見だし、これが南西 M の降雨活動の先行指標となるとした。Yu ら (米・カリフォルニア大学) は、インド M-オーストラリア M の準2年周期における海洋の役割を大気海洋結合モデルを用いて調べた。インド M の活動度アノマリはインド洋の SSTA (SST アノマリ) を風による冷却で変化させるが、太平洋域の SSTA への影響は小さい。一方、オーストラリア M の活動度アノマリは、太平洋の SSTA をケルビン波により変化させる作用があるが、インド洋の SSTA への影響は小さい。これらの原理から、強いインド M →強いオーストラリア M →弱いインド M →弱いオーストラリア M →強いインド M →という準2年変動を説明してみた。(児玉安正)

(2) 全球規模のモンスーン変動 (9日午後)

Hoskins (英・レディング大学) は、2002年夏季のインド M 域での少雨とその北西部に当たる地中海での下降流の弱まり (雨が降りやすい) を関係づけるとともに、同時期の北ヨーロッパの洪水とは関係はなくブロッキングが主原因であるとした。7~8月にはインド M 域から東へ地球を一回りしてきた事象があり、ブロッキングはこれと関係しているようだ (この事象は8日昼食時の寿司ランチレクチャーにおいて Shapiro (米・NOAA) も THORPEX の一環として Hovmoller 図とともに示していた)。

Annamalai (米・国際太平洋研究センター) は1976年気候シフト前後での ENSO-モンスーン関係の変化について論じた。1975年以前はエルニーニョ時にインド M が弱いという相関があったが、1976年以降はその相関が小さくなっている。両者の海面水温パターンを比較すると1976年以降のエルニーニョ時には東部赤道インド洋 (スマトラ、ジャワ付近) の海面水温が負と

なっており、大気大循環モデルの実験から、この海面水温の差が M の違いをもたらしたことを示した。谷口 (東京大学) は NCEP 再解析データを用いてチベット高原の加熱が M 西風オンセットにもたらす役割を調べ、アラビア海での西風とインド北部のオンセットにはラグ関係があることを示した。Dunkerton (米・ノースウェスト研究所) は、アジア M の上流側の経度帯での7月の南北風は150 hPa で最大だが50 hPa でも3 m/s に達することなどを示し、成層圏-対流圏物質交換に果たす夏季アジア M の役割を論じた。山中 (神戸大学) はインドネシアを結節点とする南北循環・東西循環・M 循環を、南北対称成分と非対称成分、発散成分と非発散成分を分離することで整理する試みについて論じた。鬼頭 (気象研究所) は、チベット高原等の大規模山岳が夏季北太平洋亜熱帯高気圧の形成とその位置・強度および梅雨前線の形成に及ぼす役割を、大気海洋結合大循環モデルを使った一連の実験結果から示した。また同様の実験を大気大循環モデルでも行い、大気海洋結合過程があることにより応答が質的にも異なることを示した。(鬼頭昭雄)

(3) 南米夏季モンスーン (10日午前)

南米夏季 M はアジア夏季 M に次ぐ規模があり、研究が盛んになりつつある。Fu (米・ジョージア工科大学) は、アマゾン南部の乾期から雨期への遷移過程について、この領域ではオンセット前からある程度降水があり、その重要性を強調した。乾期の終わりに地面が乾いていると背の高い対流が起こりにくく、雨期の開始が遅れる。逆に湿っていると背の高い対流が発生しやすく開始が早まる。南米夏季 M のユニークな現象として、アンデス山脈の東縁に沿って発達する南米下層ジェット (SALLJ)、およびアマゾンから南西大西洋に伸びる南大西洋収束帯 (SACZ) がある。Ambrizzi (ブラジル・サンパウロ大学) は、SALLJ を対象とした特別観測の成果を報告した。SALLJ は中緯度への多量の水蒸気を輸送し、その下流の SACZ やラプラタ川流域の MCS による降水への影響が大きい。Mechoso (米・カリフォルニア大学) は、南米夏季 M の良くまとまったレビューをした。SALLJ の他、太平洋から伝播してくる定在ロスビー波や南大西洋の SST も SACZ の降水活動に影響を与える。児玉 (弘前大学) は、SACZ の降水は大気熱源として SACZ での下層の水蒸気収束を強める循環場を作っており、水蒸気輸送を介した正のフィードバックの存在を指摘した。

(4) アジアモンスーン (10日午後, 11日午前)

Mapes (米・Climate Diagnostics Center) は, 北アメリカ大陸の南東部で初夏に降水が多くなる現象を指摘し, 東アジアの梅雨との共通性を示唆した. Loehrer (米・UCAR) は, モンスーン研究に関係した UCAR でのデータアーカイブについて説明し, CEOP の紹介もなされた. Wu (中国・大気物理学研究所) は, 亜熱帯高気圧軸線の鉛直方向での南北傾度によって M の開始を定義することを提唱し, この変化が, ベンガル湾, 南シナ海, インドの順に3段階で生じるプロセスを示した. またチベット高原上空での春の温度上昇傾向から経験的に南シナ海の M 開始を予測する手法を紹介した. 従来モンスーン開始の指標とされてきた対流活動とは必ずしも一致していない点が議論になった. 江川 (北海道大学) は, アジア M の強弱を示す先行指標となる循環が, 先行する春には統計的に有意なものが得られるものの, 冬にはほとんど得られないことを示した. (松本 淳)

(5) モンスーン域の季節内変動 (11日午前)

熱帯を中心とした季節内変動に関する発表は, 別会場にて同時並行で行われた MC17 (MJO) シンポジウムの方に (聴衆さえも) 集約されてしまった感があり, 本シンポジウムにおいて季節内変動を話題として含むエントリーは残念ながらわずかにとどまった. ここでは, MJO スケールよりも時空間構造の小さい Submonthly (30日以下) スケールの季節内変動に関する発表を紹介する. 横井 (京都大学) は1998年夏季に東南アジアから南アジアで現れた10~20日周期西進波動を解析し, 興味深いことにこの年の事例では, 対流圏下層で赤道対称型 ($n=1$) Rossby 波の水平構造を持っていたことを示した. また, 西進に伴う波動の鉛直構造の変化はモンスーン平均流の構造の地域性に依存していることを主張した. 福富 (地球フロンティア) は南半球冬季のインド洋上での中緯度-熱帯結合系に着目した. 東インド洋上で発生する Submonthly スケールの下層南風サージは南半球亜熱帯ジェット上を東へ伝播する Rossby 波の増幅によって引き起こされ, この南風サージは中緯度の乾燥寒気の赤道方向への侵入を伴い, これらの効果は対流圏下層の不安定化を誘発して赤道付近 (スマトラ島沖西) の対流活動を励起することを23年分の解析から示した. (福富慶樹)

(6) 水循環 (11日午後)

座長は Ting (米・イリノイ大学) の予定であったが, コロンビア大学に異動中のため来られず, Fu (米・ジョージア工科大学) が代わりを務めた. 彼女とは, GEWEX や IAMAS などでも知り合っていたので, 多少の気持ちの余裕をもつことができた. 谷田貝 (総合地球環境学研究所) は TRMM などを使った南アジアの水循環の発表を, Xu (地球フロンティア) と奥 (京都大学) は, チベットを含む中国の熱収支や気候変動の発表を行った. 以前第2回再解析国際会議でも会った Yeshanew (エチオピア・気象庁) は, アフリカの気候変動について, ENSO や南米の大気循環とあわせて解説した. 私にとっては普段見慣れない南大西洋を中心とした循環の話だったが, アマゾンプロジェクトに関わっている Fu は, シンポジウム終了後もいろいろ話をしていた. チベットやアジアの話をした日本の参加者の発表も, そのメカニズムや, 手法やアプローチの仕方により見いだされる見積もりや傾向の違いについてフランクな議論がなされ興味深かった.

(谷田貝亜紀代)

(7) ポスター発表

木口 (東京大学) は, インドシナ半島のプレモンスーン期における早雨のメカニズムについて調べ, 中緯度からの総観規模擾乱の侵入と南シナ海からの水蒸気の流入とが同期した時に降水現象が起こる, という興味深い事実を紹介した. 領域スケールの現象が夏季 M オンセットなど, 季節の進行を決定するのに重要であるとの認識が高まっていると感じた. ポスター発表のコアタイムが設けられていなかったため, ポスター会場に足を運ぶ人が非常に少なかったのは大変残念であった. (荻野慎也)

(8) 感想

キャンセルが多く, 盛り上がりには欠けた点は否めない. IUGG 2週目の後半で, MC03が, 他の関係の深いシンポジウム; MC17 (MJO), MI05 (Large Scale Patterns) などとスケジュールが重複していたことはたいへん不適当であった. その点では1週目の JSP01 (Decadal and Centennial Variability), JSP02 (Coupled Tropical Ocean-Atmosphere Dynamics) は週の前半と後半にうまく振り分けられていて, 会場では同様な参加者層がみられたことから, 2週目のスケジュールの組み方にはいささか疑問を感じた.

じざるを得ない。

(福富慶樹)

4. 中層大気科学 (MC05: Middle Atmosphere Science)

MC05: Middle Atmosphere Science (中層大気科学) のシンポジウムは、7月4日(金)と7日(月)~11日(金)の計6日間にわたって開催された。報告は日毎に分けて、その日に口頭発表をした若手に執筆をお願いした。

(内藤陽子)

4日は計4件もの講演キャンセルがあったものの、大気化学(特にオゾン)および中層大気観測について興味深い講演が行われた。

Tabazadeh(米・NASA)は、過冷却液相粒子表面上で、粒子核化が内側からではなく外側から起こることを示し、近藤(東京大学)、齋藤(国立環境研究所)は粒子表面上での核化を考慮して、それぞれ脱室のメカニズム、PSCsの組成について議論した。松見(名古屋大学)は、O(1S)が高度40 km付近でのOH生成に大きく寄与していることを示し、Lehmann(独・アルフレッド・ウェーゲナー極地海洋研究所)は、モデル中である反応に関連するすべての系を自動的に決定・評価するアルゴリズムなどを提案した。Schlager(独・DLR大気物理研究所)は、2003年冬季極渦内で1月中旬にすでに脱室、硝化が起こっていたことを明らかにし、Khosrawi(国立環境研究所)は、ILASのN₂OとO₃の相関から化学的なオゾン量の変化を見積もった。また、二次元モデルを用いてDyominov(ロシア・ノボシビルスク大学)は、人為起源物質のオゾン層への影響の度合いを評価した。

水野(名古屋大学)は、ClOの高感度ミリ波観測の成功を報告し、Kirkwood(スウェーデン宇宙物理研究所)は、極域レーダー観測から冬季中間圏に荷電エアロゾルがある可能性を示した。広野(京都大学)は、大気のシアー乱流からのエコーを観測した結果を報告し、村山(通信総合研究所)は、夏季中層大気平均風速の経度差について議論した。

(齋藤尚子)

7月7日は中層大気における、オゾンを含む大気微量成分の化学・輸送過程に関する研究に焦点が当てられ、7件の招待講演を含む15件の口頭発表、15件のポスター発表が行われた。

午前中はトレーサーガスの成層圏分布とその変動に関する発表が集中していた。神沢(国立環境研究所)

は、ILASにより観測された微量成分の分布から、両極における極渦内外の水平混合及び極渦内の下降運動を見積もった。南極ではHALOEのデータを用いて同様の解析が行われてきたが、北極に関する例は少ない。

午後はオゾンに関する発表に焦点が絞られた。中でも筆者に印象深かったのは、中高緯度のオゾン全量の年々変動に寄与する力学の影響を調べたShepherd(カナダ・トロント大学)の研究であった。彼は、北極におけるオゾンの強い年々変動は、北極への輸送の変動が化学過程により増幅される結果であり、近年の北極域でのオゾン減少は、輸送の負の変動が、ハロゲン元素の化学過程により、強く増幅されたものである可能性を示した。その他、オゾン一つとっても発表内容は多岐にわたり、長期変動、MLT領域のオゾン、1997年北極オゾン減少、他の局所的オゾン減少など、様々であった。もちろんモデルの話も数多くあった。

英語での発表を理解するのは難しい。次回国際学会では、席取り、予習などまず心構えから改めて挑もうと思う次第である。

(岩尾航希)

7月8日は、熱帯対流圏界面遷移層(TTL)内での対流圏-成層圏間の物質交換過程(STE)に関する発表が目立った。Folkins(カナダ・ダルフハウジー大学)はTTL内の物理過程を議論し、Sherwood(米・エール大学)は対流による圏界面付近の非断熱的な冷却効果を示し、Gettelman(米・NCAR)は空気塊がゆっくりとした上昇流また圏界面に到達する対流によって極低温を経験し成層圏へ入る過程を再確認した。Rosenlof(米・NOAA)は80年代から増加傾向であった成層圏の水蒸気量がここ2年間で減少し、熱帯域の南北への伸縮とそれにとまなう循環場の変化が影響していることを示唆した。山崎(北海道大学)は空気塊が対流上空の高気圧循環に沿って旋回しながら低温域を通り成層圏に入ることを示した。また江口(北海道大学)は季節内変動にとまなう圏界面付近の低温域で巻雲が発生しそれがTTL内の水蒸気に影響を与えていることを示唆した。さらにTTL付近の微細構造が、太平洋域のゾンデ観測(SOWER)(塩谷、京都大学)や赤道大気レーダー(EAR)(深尾、京都大学)によって明らかにされつつある。一方Gille(米・NCAR)は2004年打上げ予定のAURA衛星(米国)から期待される成果を報告した。今後これらの新しい観測によって、TTLから上層の微量気体成分の変動が解明され、STEメカニズムの一層の理解が期待される。

(江口菜穂)

MC05シンポジウム4日目となる7月9日(水)には、一般講演14件と招待講演3件が行われた。午前中は対流圏・成層圏大気交換過程に関する発表4件と熱帯下部成層圏の力学(QBO, 鉛直流等)に関する発表4件、午後は中間圏・下部熱圏のプラネタリ波・潮汐波等に関する発表5件と成層圏の波の力学に関する発表4件という構成であった。特に興味を引いたのはSmith(米・NCAR)の中間圏・下部熱圏で観測される準停滞性プラネタリ波に関する招待講演で、成層圏に存在する停滞性プラネタリ波に伴う重力波フィルタ効果の経度依存性が、中間圏での重力波砕波に伴うwave dragの経度非一様性を作り出し、冬季中間圏界面近傍に卓越する波数1の準停滞性プラネタリ波の生成に寄与していることを、明快な図と共に示していた。さらに、冬季中間圏から夏季下部熱圏に連なる西風領域が準停滞性プラネタリ波の導波管の役目を果たし、夏季下部熱圏で時折観測される準停滞性プラネタリ波をもたらしていることを示した。筆者の発表もこの日であったが、シンポジウムも4日目とあって参加者も減少&お疲れ気味で、全体的に静かな1日であった。(富川義弘)

10日の午前中は成層圏突然昇温についての発表が中心であった。その中でも2002年9月に衛星観測開始以来初めて南半球で大昇温が起こったことを受け、この事例に関する研究が多かった。一例を上げると廣岡(九州大学)は予報モデルの結果を用いた予測可能性について、西井(東京大学)は昇温前に見られた対流圏でのロスビー波列について、Swinbank(英・UKMO)は6月頃から見られる東西風の周期的な変動に着目し、簡単なメカニスティックモデルを用いた実験についての報告というように研究内容は多岐に渡っていた。

午後は8講演中5講演が招待講演で、成層圏-対流圏結合系での変動についての話が多かった。Baldwin(米・NWRA)は北極環状モード(NAM), Thompson(米・コロラド州立大学)は南極環状モード(SAM)についての発表であった。両氏とも単にインデックスの符号で現象を語るのではなく、インデックスの鉛直構造の違いで区別し、波活動度とインデックスの関連を調べ、力学的な解釈に踏みこんだ解析を行っていた。また、小寺(気象研究所)はENSOや太陽活動の違いで北極振動(AO)のモードの違いがあり、それと対応して成層圏との繋がりが違うことを示した。これらの

発表はNAM, SAMの力学的な解釈に踏み込む上で、インデックスのみで現象を認識するのは危険であることを示唆するものであった。

この日はMI05で成層圏-対流圏結合系の変動についての発表があったため、聴衆の移動が激しく、発表が掛持ちである人もおり、慌ただしい雰囲気であった。非常に似通った内容のシンポジウムが重なっているというのは残念であった。成層圏の大規模な変動を対流圏と結合してとらえるべきだという認識が浸透しているので、この日についてだけ言えば中層大気という括りではなく次回には新たにシンポジウムが作られていることを期待している。(日尾泰子)

11日は、柴田(気象研究所)が太陽活動の変化による対流圏-成層圏変動を発表した以外は、殆どが重力波に関するものであった。Alexander(米・NWRA)は観測結果を重力波抵抗パラメタリゼーションに組み込む時の問題点を述べた。雲解像モデルを用いた研究では、Chun(韓国・ヨンセイ大学)が重力波生成に効く項を詳細に見積もり、堀之内(京都大学)はMLT領域までカバーした3次元モデルを用いて、対流とクラスターから生成される重力波の特徴を述べた。またChen(独・ヴッパータル大学)は台風によって生成された重力波の構造を発表した。衛星観測による研究は、Ern(独・ICG-1)による重力波の運動量フラックスと水平波長の全球分布、Preusse(独・ICG-1)による重力波の全球的な季節変化を示した発表があった。Marquardt(英・UKMO)はGPS/MET観測で、ノイズと重力波を区別する手法について発表した。辻野(京都大学)は赤道大気レーダーによって観測された高度2~20 kmにおける波動活動を解析した。津田(京都大学)はDAWEXの観測で重力波活動を調べ、15~20 km, 25 km以上の領域で波動活動が見られたが、その間の20~25 kmの領域では波状構造が見られないという、興味深い現象を発表した。GCMを用いた研究では、高橋(東京大学)が重力波の全球分布と、励起源や3次元伝播特性を、辻(東京大学)はQBOに及ぼす重力波の役割が東西半球で異なることを、河谷(東京大学)は熱帯大西洋上空で見られた重力波エネルギーの生成メカニズムを発表した。(河谷芳雄)

5. メソスケール気流系と境界層過程 (MC06 : Mesoscale Flow Regimes and Boundary Layer Processes)

MC06はNielsen-Gammon (米・テキサス農工大学) がコンピーナーをつとめ、サイトCで7月1日午後から2日午後まで3つの口頭発表セッションと1つのポスター発表セッションに分かれて行われた。

1日午後のセッションはSmith (独・ミュンヘン大学) が座長を務め、当初6題の発表が予定されていたがキャンセルなどで実際には4題の発表があった。Conzemius (米・オクラホマ大学) がシアーによる対流混合層発達促進という題で発表した。雲・降水を含まないドライなケースをLESモデルを用いて感度実験を行い、シミュレーションの結果をカラフルなアニメーションで示した。シアーのない場合は混合層発達に寄与する下部境界からの上向きの熱フラックスと混合層トップの安定層 (逆転層) からの下向きの熱フラックスは一般的に1対0.2程度といわれているが、シアーがある場合にはこの値が1対0.5程度になるとのことである。3番目に村上 (気象研究所) が研究用航空機で観測された対流混合層の発達と雲の形成という題で、戦略的基礎研究「メソ対流系の発生・発達に関する研究」の一環として冬季日本海上で観測した浅い層積雲の観測結果を発表した。海面からの上向き熱フラックスの値に近い下向き熱フラックスを混合層トップで観測して、どう解釈したらよいのかと悩んでいた。Conzemiusの結果を大変興味深く聞いた。そのほかに、Mazraeh (イラン・テヘラン大学) による準地衡風エクマン境界層解析モデルによる風の日変化とドップラーソーダー観測の比較に関する発表と、植松 (京都大学) によるミリ波ドップラーレーダーとドップラーソーダーを用いた釧路の霧観測に関する発表があった。

2日午前のセッションは筆者が座長を務め、5題の発表が予定されていたが、実際には3題の発表が行われた。Smithが大気ボアの最近の観測と題して、オーストラリア北部で観測された下層収束線の形成と変質過程を、主に地上観測データを用いて示した。この収束線に伴って夜間に海上で雲が形成され、朝に陸に向かって移動してくるもので、その壮観な雲の形成にちなんでmorning gloryと呼ばれているとのことである。最近航空機を用いた観測も実施したとのことである。その解析結果が楽しみである。仁科 (湘南国際女子短期大学) は冬季、中部日本におけるメソスケールの気

圧分布の日変化と局地前線の関係という題で、相模湾小低気圧およびそれから伸びる房総前線と高山高気圧の日変化の関係を発表した。Crook (米・NCAR) は加熱された地形による対流の生成という題で発表した。線形モデルを用いた場合、孤立した熱源をおくとその風下側で上昇流が最大になるが、孤立峰をおいた場合は風下側は下降流場となり、加熱した山塊の風下側が上昇流になるか下降流になるかは熱源と地形効果の相対的な寄与で決まる。非線形の数値モデルを用いて、風向を変えてロッキー山脈での対流の発生実験を行ったところ、地形の長軸と風向が一致した場合にもっとも発達するという興味深い結果を示した。

(村上正隆)

引き続き、2日午後には以下のテーマによる発表が行われた。

[前半 (座長: Smith)] スマトラの降水のレーダー観測 (柴垣, 大阪電気通信大学) / 東京の強雨日の局地風系 (藤部, 気象研究所) / トルネード発生に関する数値実験 (Gavrikov, ロシア・モスクワ国立大学) / インドシナ上空の大規模逆転層の長期観測 (野津, 神戸大学)

[後半 (座長: 藤部)] インド沿岸の海風観測 (Babu, インド・Cochin 大学) / ヒューストンの海風と大気汚染 (Nielsen-Gammon) / 数値予報モデルへの大気汚染モデルの組み込み (Halenka, チェコ・Charles 大学) / 対流混合層の乱流パラメタリゼーション (Soares, ポルトガル・リスボン工業高専)

このうちコンピーナーでもあるNielsen-Gammonは、1990年ごろにはNielsenの名前でニューイングランドの沿岸前線の研究をした人である。今はヒューストンの大気汚染や雷に関連した局地気象の研究しており、今回はそれに関する予備的な解析結果を発表していた。現在、このテーマのプロジェクトが立ち上がりつつあるとのことである。今後が楽しみである。

また、2日の午前中には以下のポスター発表があった。降水による衛星通信障害 (前川, 大阪電気通信大学) / 冬の日本海沿岸の雷雲観測2件 (前川・緒方, 大阪電気通信大学) / 梅雨時の降水系のプロファイラー観測 (荒木, 大阪電気通信大学) / 六甲おろしの観測的研究 (清原, 神戸大学) / 黄砂の長距離輸送モデル実験 (清野, 気象研究所) / 釧路の霧のレーダー観測 (山本, 気象研究所)。

シンポジウム全体としては27件の発表申し込みがあり、うち4つはキャンセルになった。発表テーマを見

渡してみると、多様というか雑多というか、境界層や局地風その他メソ気象関係の論文が寄せ集まった感じがした。これは、シンポジウムの応募要領に掲げられていたテーマが、大気境界層内の流れや対流、局地循環・局地風、それらに伴う大気汚染・降水系・気候シミュレーション・・・というように「何でもあり」だったことによるのだろうが、大気境界層関係のシンポジウムが他に見当たらない中で、関連する各テーマの発表を寄せ集めての27件という申込数は、ちょっと寂しい気もする。口頭発表会場も、100人入れる部屋に20人ぐらいいかないなくて、終始ガランとしていた（特に、最後は座長や発表者を含めて10人になり、座長は楽だったが発表者が気の毒だった）。境界層の研究そのものは盛んなのだが、研究の多くは気候システムとか数値予報技術のような大課題の中のサブテーマという位置づけになりつつあるのかも知れない。ただ、会場ではSmithやCrook, Nielsen-Gammonらからいろいろな意見が出て、それなりに議論は活発だった。

(藤部文昭)

6. 全球のおよび地域的将来気候変化 (MC08 : Future Change in Global and Regional Climate)

このシンポジウムの標題に対する社会的関心は高いし、世界の研究者も多い。しかし、9月にハンブルグのマックスプランク気象研究所でほぼ4年周期で開かれている気候モデルの国際会議と時期的に近いことの影響からか、登録された講演はあまり多くなく、更に、SARSの影響で講演のキャンセルも多かったことは残念であった。

Bengtsson (独・マックスプランク気象研究所) の基調講演は、郵送されたポスターだけの発表となった。海面水温を与えた大気モデルによる海面水温と海水の関係、及び大気海洋結合モデルによる気候再現実験の結果を解析して、20世紀初頭の北極域の温暖化は自然変動によるものであり、西風の強化によるバレンツ海への海流の流入と海水の減少の間の正のフィードバック効果によって引き起こされたことを示した。

全球的予測に関して、気象研究所結合モデルによる結果から、3題の講演があった。野田 (気象研究所) は、大気・海洋結合モデルを用いてCO₂倍増実験と太陽放射2%増実験の初期の時間発展を調べ、放射加熱の変化と降水量の変化のメカニズムについて議論し、温室効果気体としての水蒸気的重要性を指摘した。内

山 (気象研究所) はエーロゾルの直接効果について、IPCC IS92a シナリオを用いた世界の研究機関の気候モデルによるモデル間相互比較と、気象研究所気候モデルによる複数のシナリオ実験によるシナリオ間相互比較を行って調べた (後者については途中成果)。いずれの場合も、地域的な影響よりも、温室効果による全球温暖化パターンを弱める効果があることを示した。保坂 (気象研究所) は、現在と温暖化時の海面水温を与えて、改良された陸面過程を組み込んだ大気大循環モデルを用いたタイムスライス実験を行った。6時間出力のデータを用い、温暖化が水循環特に異常降雨や異常乾燥などの統計分布に及ぼす影響を調べた。東南アジアなどでは年平均降水量は増加しても、乾燥期間が長くなる地域があることを示した。

Zhao (東京大学 CCSR) は、CCSR/NIES 結合モデルによるIPCCのSRESシナリオA1, A2, B1, B2についての21世紀気候予測実験の結果を用いて、主に中国、東南アジアの気候変化を調べた。大気T21の分解能の結果をどのように解釈するか問題があるが、大雨、温帯低気圧、熱帯低気圧の頻度分布についての変化についても調べ、熱帯低気圧の発生数は温暖化気候では減少するとの結果を得た。

Sexton (英・ハドレーセンター) は、大気・海洋混合層結合モデルを用いて、初期状態のアンサンブルと物理過程のパラメータに関するアンサンブル実験 (メンバー数53) を行い、モデルの温暖化予測に含まれる不確実性の定量化を試みた。

その他、IPCCに集められたSRES A2及びB2シナリオ実験のモデルアンサンブルを用いた解析結果をMin (韓国気象研究所) が紹介した。気候モデルの結果と観測の相関関係を示すテララーダイアグラムを用いて、現在気候の再現性がよい4つのモデル結果について、東アジアの気候変化を解析し、A2とB2シナリオの降水変化のパターンに差がみられないことを示した。ポスターでは、早坂 (北海道大学) が東シベリアのヤクーツク付近で森林火災が増加傾向にあることを示した。

(野田 彰)

次に、地域的気候変化予測に関して、佐藤 (気象研究所) は、気象研究所全球気候モデル第1版 (経度5度、緯度4度、鉛直15層) による温暖化漸増実験結果にネスティングした地域気候モデルによる温暖化時の冬の日本列島の降水量、降雪量変化予測について、気象庁気候情報課と共同で行った結果を発表した。全球

気候モデルによって計算された温暖化(CO₂倍増)時のシベリア高気圧の弱まりに対応して、2段ネスティングしたアジア域120 km 分解能、日本域40 km 分解能の地域気候モデルは、日本海側の降水量の減少、低気圧が日本列島南岸近くを通りやすくなるために、そこの降水量の増加を示した。Von Storch (独・沿岸海洋研究所) は温暖化したときの北海、バルチック海での風、高潮、波浪予測に対してスペクトル境界結合法を用いた地域気候モデルの計算結果から、その将来見通しを述べた。自然変動と温暖化による将来の変化との区別がなかなか難しい問題のようであった。Halenka (チェコ・Charles 大学) は、チェコで2001年から、領域メソ予報モデルを改良して始まった、中部ヨーロッパ、とくにチェコに対する地域気候変化実験の初期の結果を紹介した。モデルの水平分解能が20 km というのは、(我々気象研究所グループも現在実行中であるが、) 日本の地球シミュレータを用いた5 km 雲解像非静力気候モデルを除けば、この種のモデルの水平分解能としては世界最先端に並んでいると言えよう。しかし、まだ感度実験その他のテスト段階であるように筆者には感じられた。

シンポジウム終了後、フロアでの意見交換のとき、Von Storch は、半分ジョークではあろうが、スペクトル境界結合法を採用していない我々以外世界のすべての地域気候モデルは誤りであると豪語しており、筆者は苦笑するしかなかった。筆者の知る限り、世界中で気象研究所、彼のところ、米国 NCEP (元数値予報課におられた金光氏が同じような手法の地域気候モデルを定着させた。)、そしてソウル国立大学が、地域気候モデルのネスティングでスペクトル境界結合法 (あるいは、スペクトルナッジング) を採用しているからである (他の大部分の地域気候モデルは境界緩和法のみを採用)。 (佐藤康雄)

7. 気候システムの非線形性、しきい値、意外性： 予想と過去の事例 (MC10: Prospects for and Past Examples of Unexpected Nonlinearities, Thresholds, and Surprises in the Climate System.)

過去の気候変動復元の技術の開発により時空間的にデータの分解能がますます高くなり、予想外に有意な「急激な」気候変化や単純な説明では済まない過去の気候の証拠も知られるようになった。このシンポジウムはそんな「意外な」気候変化の側面をモデリングと観

測の両面からの研究を集めようとした。Michael MacCracken (次期 IAMAS 会長) と (古気候研究をとりまとめる) IGBP/PAGES 事務局の Keith Anderson が発案してできたシンポジウムに、あとから依頼されて私もコンピーナーに加わった。当初の2人のコンピーナーは大気海洋科学だけでなく、最近話題になっている生態系の非線形性に関する研究まで含むような幅広いものを期待して多方面に声をかけていたようだが、締め切りまでに10の講演の応募にとどまった。さらに、プログラム発刊までに3つがキャンセル、直前にもう1つキャンセルしたため大変講演数の少ないシンポジウムになったが、開会式の日だったので早く終わったのは幸いした。かなり複雑な気候変動現象をエレガントに力学系理論の言葉を駆使してまとめるのは魅力的ではあるが、やはりまだ時期早尚の印象である。しかし、高分解能になった過去の (現実の) 気候データから示唆されることを整理して将来の気候予測につなげてゆくために気候モデルによる研究も工夫をしようという漠然とした意図は各講演に感じられた (と私は思う)。真鍮は大気海洋大循環モデルの中で融け水を想定した淡水フラックスが引き金となって海洋深層循環の変化および数十年振動が大きく変化する様子や、地理的遠隔地である南半球などにその影響が生じる様子を紹介し、水期末期の気候データとの関連を示した。Wood (英・UKMO) は地球温暖化にともなう海洋循環の変化がモデルによって異なることを問題提起したあと、大気海洋結合大循環モデルを用いて、与えられた局所的淡水フラックスに対する熱塩循環について議論した。一連の変化に伴って熱帯収束帯の位置の移動と亜熱帯の表面塩分分布の変化が起こったこと、このことが北大西洋深層循環の回復に影響する可能性を議論し、より単純なモデルに新たなプロセスを含めて地球温暖化予測をすることを提案した。大陸規模の水床の変動で象徴される氷期間氷期サイクルに関しては、究極の原因が比較的規則的な数万年スケールのゆっくりとした地球軌道要素であることと考えられており、その結果が線形に期待されるものではないことが、様々ないわゆる「シンプルモデル」で説明されてきた。阿部は2次元と3次元の水床モデルと大気大循環モデルを使って、大きな氷床ができたり消えたりするのにそれぞれしきい値があること、システムの非線形性が急激な融解をもたらすことを示した。Moore (カナダ・トロント大学) はアラスカの氷河コアの年々の (雪の) たい積データが PNA (太平洋北米) テレコネクション

を反映しており、さらに19世紀以来の多雪シグナルが熱帯の温暖なアノマリと局所的ハドレー循環の強化と関係があると発表した。(阿部彩子)

8. 気候モデルの評価：モデルは観測をどれだけ再現するか (MC11: Climate Model Evaluation: How Well Do Models Represent Observations)

本シンポジウムは2週に渡るIUGGの最後の2日間に開かれた。コンペーナはAMIP (Atmospheric Model Intercomparison Project: 大気モデル相互比較プロジェクト) のリーダーの一人のPeter Gleckler (米・ローレンスリバモア研究所) 他であった。講演が予定されていたのは、口頭31件、ポスター6件であったが、キャンセルは多かったようだ。筆者はピンチヒッターとして本稿を書くことになったのであるが、初日のみ、しかも午前の途中からの参加であったので、それ以外の講演について触れないことをお許し願いたい。

AMIPやGRIPS (GCM Reality Intercomparison Project for SPARC: 成層圏版AMIPといったもの) などのモデル相互比較の国際プロジェクトからの報告は主に2日目に集り、初日は個別研究の発表が中心であった。その中で唯一モデル比較プロジェクトの成果の発表であったのは、手前味噌で恐縮であるが、堀之内らによる、低緯度の大気波動に関する発表であった。これはGRIPSのサブプロジェクトとして行われた研究で、中層大気をカバーする10以上の大気大循環モデルにおける、低緯度成層圏・中間圏における各種大気波動を、エネルギー・運動量フラックスという観点から量的に把握し、モデル間の違いを明らかにし、さらにその原因を対流圏に遡ってかなりの程度まで究明した研究である。今後の、特に低緯度の中層大気モデリングで参照すべき研究となるのみならず、相互比較の仕方の1つの指針となるであろう。Xu (米・NASA ラングレー研究センター) は大気大循環モデルにおけるサブグリッドスケールの雲の統計量のバリデーションを行う方法に関する提案を行った。筆者が参加した範囲では、本シンポジウムの趣旨から照らして記すべき発表は、これら以外にはなかったように思う。なお、初日の午後はキャンセルが集中して、発表はなんと計2件であった。

以下、紙面が余ったので雑談。昨今、大小様々のモデル相互比較プロジェクトが行われている。その筆頭

は無論、規模も組織も大きいAMIPであろう。筆者はそれよりはかなり小さいGRIPSに、ここ数年関わってきた。GRIPSはほとんど手弁当で運営されており、データセンターも存在しない。そのようなプロジェクトにおけるごく狭い経験から、思ったことについて書き連ねることをお許し頂きたい。大気大循環モデルは多くの部品からなり、また再現・予測・研究の対象も広範囲に及ぶ。従って、どの相互比較プロジェクトも必然的に複数のサブプロジェクトを持ち、全体の成否は各サブプロジェクトの成否に大きく依存する。そしてサブプロジェクトの成否は、恐らく個人またはごく少数である担当者の熱意と粘りと力量に大きく依存する様を、GRIPSというプロジェクトを通して見てきた。一口に比較といっても、漫然としているだけでは、役に立つ知見が得られるとは限らない。対象に適切に切り込むこと、そして粘り強くまとめることが欠かせない。GRIPSでも、多くのサブプロジェクトが、「わかったような、わからないような」比較結果とともに、関係者の個人的な記憶に留まるだけで消えていった。複雑で様々な要素が絡み合う大循環モデリングの健全な発展のためには、相互比較からの系統的な知見が重要であることは論をまたない。比較の中に、サイエンスとして重要な課題を見いだし、じっくり上手に料理すること、あるいはそのような研究を指導できること、そして利用できる形で知識を集積すべく、然るべき出版等を行うことが、比較プロジェクトを担う研究者に求められよう。(堀之内 武)

9. 人間活動に伴う初期的な気候影響の検出およびその要因推定 (MC14: Detecting and attributing the early signs of human influences on the climate)

本シンポジウムでは、気候モデルによる過去の気候変化の再現性、および、過去の気候変化と様々な外部強制との因果関係の推定に関する研究発表が行われた。比較的関係の深い他のシンポジウム (古気候、気候感度、高解像度モデリング、雲・放射・エアロゾル等) が並行して行われていたため、参加者は数十人程度と寂しかったが、講演のキャンセルはほとんどなく、活発な議論が行われた。

気候モデルを用いて過去100年程度の気候変化を再現する試みは1990年頃から始められた。最初は観測されたGHG濃度変動を与えるのみであったが、硫酸エアロゾルの増加に伴う直接放射の影響を考慮するよう

になり、現在ではそれら人為起源の気候影響に加えて、太陽定数変動や火山噴火などの自然起源の気候影響も考慮され始めた。Stott (英・ハドレーセンター) は、IPCC TAR でも大きく取り上げられた、HadCM3を用いた20世紀の気候再現実験について講演を行った。自然起源のみ、人為起源のみ、両方の外的気候影響を考慮した3種類の実験をそれぞれ数本ずつ行い、モデルで再現された20世紀前半における地上気温の上昇は太陽定数の増大に、20世紀後半における気温上昇はGHG濃度の増加に、それぞれ起因していることを示した。しかし、20世紀前半における太陽定数変動の気温上昇へのインパクトについては意見の分かれるところであり、更なる研究が必要であろう。これに対して、野沢 (国立環境研究所) は、Stottらが考慮している各種外部強制に加え、多種類のエアロゾルによる第2種間接効果をも考慮したCCSR/NIES/FRSGC AGCMを用いて20世紀の気候再現実験を行い、エアロゾル間接効果による気候影響が無視し得ないことを指摘した。百年以上の時間スケールを持つ気候変化に関しては、Ammann (米・NCAR) がNCAR CSMに過去の太陽定数変動と大規模火山噴火の推定データを与えた実験を行い、過去1000年間の地上気温推定データに見られる低周波変動を再現した結果を報告した。

一方で、これら気候モデルを用いた過去の気候再現実験のデータと観測データとを統計的に解析し、様々な物理量に見られる気候変化シグナルを検出し、その要因を推定する発表も幾つかあった。Santer (米・PCMDI) (講演はAmmann, 米・NCAR) は最近20年間で対流圏界面高度が2000 m程度上昇したことを示し、圏界面高度が気候変化シグナルの検出に有効ではないか、と提唱した。Hegerl (米・デューク大学) (講演はStott, 英・ハドレーセンター) は日最高・最低気温に見られる人為的な気候影響はモデルによるばらつきが小さく、そのシグナルは検出可能であるが、降水量についてはモデル間の差が非常に大きく、検出が難しいことを示した。Gillett (カナダ・ビクトリア大学) は海面気圧に着目し、最近50年間における北半球冬季の線形トレンドはGHGと硫酸エアロゾルの増加に起因する可能性が高いことを示した。Wild (スイス工科大学) はGHG増加に伴う気候変動の検出には地上気温よりも地表面における下向き長波放射量が有効であると報告した。また、Banganza (オーストラリア・モナシュ大学) は地上気温の全球平均値だけでなく、海陸温度差や年較差、南北温度傾度、南北半球間温度差

など、同じデータから容易に得られる指標についても統計解析を行い、これらの簡易指標が全球平均値だけでは得られない有用な情報を持ち得ることを報告した。

他に興味深い研究としては、Thorne (英・ハドレーセンター) がゾンデ観測データを解析し、最近20年間では熱帯の自由対流圏における気温が有意に寒冷化トレンドを示していることを報告した。この傾向は気候モデルによる再現結果と大きく異なっている。さらに、彼らの解析結果では、深い対流が卓越している領域で観測とモデルの違いが大きいことを示唆しており、モデルにおける積雲対流スキームを再考する必要があることを指摘した。従来、過去20年程度では対流圏全体で温暖化していると思われていたこともあり、(少なくとも筆者には) 非常に新鮮で、かつ、にわかには信じがたい結果であった。

シンポジウム全体を通して感じたことは、国内で開催されているにも拘らず、本シンポジウムに参加している日本人が極端に少なかったことである。もちろん、関係の深いシンポジウムが並行して行われていたこともあるのだろうが、国内の温暖化研究者層の薄さを改めて痛感させられた。(野沢 徹)

10. 10年/数十年変動の理解と予測 (MC16: Understanding and Predicting Decadal-Multidecadal Variations)

標記シンポジウムが7月3～4日の1日半、サイトC (札幌教育文化会館) を会場にして行われた。コンピナーはMehta (米・CRCES) と筆者である。このシンポジウムでは、以下に概説するように16件の講演があった。

Robock (米・ラトガース大学) は、土壌水分量の観測データから長期変動があることを示し、それに対する数値モデルシミュレーションの結果が述べられた。まだ再現は十分でなく、今後の改善が望まれる。Kononov (ロシア・地理学研究所) は、カスピ海に注ぐ河川流量の長期変動を示し、気温との相関は高くないことを指摘した。安中 (東北大学) は、全球SST場に出現するレジームシフトとENSOイベントの関係について論じた。1910年代から1990年代まで5回のレジームシフトが検出されたが、いずれもENSOイベントと同期していることを指摘した。中村 (東京大学) は、北太平洋上における総観規模擾乱の活動度の長期変動を議論した。1980年代と1990年代は活動中心の位

置が大きく異なることを指摘し、その要因を議論した。Singhrratna (米・コロラド大学) はタイの降水量の長期変動を示し、経年変動は ENSO イベントの影響を受けるものの、長期的にはインドモンスーンによって支配されていることを指摘した。佐々木 (防災科学技術研究所) は、平塚観測塔で計測された長期の波浪データを用いて、エルニーニョ時に波高が高くなること、1980年代後半から急激に波高が高まっていることを指摘し、大気循環場との関係を議論した。Bader (独・MPI-Met) はマックスプランク気象研究所のモデル結果から、サヘル地方の降水量の長期変動に及ぼす各海洋の SST の影響を論じ、インド洋の SST に対する敏感度が一番高いことを指摘した。鈴木 (地球フロンティア) は、全球の NDVI (植生指数) と蒸発散量の比較を行い、植物活動が活発となる 5~6 月の双方の相関が高くなることを指摘した。長谷川 (東北大学) は、海洋表層貯熱量の長期時系列から、赤道域に 10 年程度の変動があり、これが ENSO イベントを变調しているとの仮説を提出した。Bromwich (米・オハイオ州立大学) は、南大洋に及ぼす大気循環場の長期変動をレビューし、海洋の応答の例を示した。

Mehta は、西部太平洋の暖水プールの長期変動を示し、PDO や NAO との関連を議論した。暖水の蓄積量の大小で、これら大気循環場との関係 (相関) が異なることを指摘した。Lee (米・ウイスコンシン大学気候研究センター) は中緯度海域における大気海洋結合度を見る手始めとして、大気海洋間の潜熱や顕熱フラックスを熱的な効果と風の効果に分離して、それぞれの効果の度合いを議論した。Kuusisto (フィンランド) は、フィンランドの河川や湖の凍結の開始日と終了日の 17 世紀以来の長期観察結果を示し、全球規模の気候変動との関連を論じた。NAO の活動とは、ある期間は位相が合うものの、また、別の期間では合わない結果であった。Wu (英・UKMO) はハドレーセンター数値モデルを用いて大西洋の循環と NAO との関係を論じた。結論は秋のガルフストリームの状態が冬季の NAO の活動を決定しているというもので、海洋が主導権を握っているというものであった。

シンポジウム全体として、至るところで、様々な形で、10 年/数十年変動が存在していることが再確認されたと言える。しかし、その出現の時期は地域、物理量によって異なっており、未だ変動の記述が明快に整理されていないとの印象を得た。10 年/数十年変動の実態解明にも、まだ時間がかかりそうである。

当初このシンポジウムには 26 の講演が予定されていたが、10 本の講演がキャンセルになった。事前に連絡があったものは 4 本のみで、残りの 6 本は会場で知るような有り様であった。このような大きな大会ではいつものこととはいえ、研究者のモラルが厳しく問われてよいのではないかと考えている。また、このシンポジウムは 10 年/数十年変動に関する研究の中でも、特に社会的インパクトと水循環に焦点を当てていたとは言え、前日までほぼ同じ内容のシンポジウムが JSP01 として行われていた。筆者自身は事前に調整の上、合同したシンポジウムとして行った方が実り豊かではなかったかと思っている。(花輪 雄雄)

11. アウトリーチ活動

IUGG 総会に関連して下記のようないくつかの行事が行なわれた。アウトリーチ (Outreach) とはふだんあまり馴染みのない言葉だが、「延長拡大」の意味で、IUGG 総会を研究者間の発表討論のみに閉じることなく地球科学の最新のトピックスを研究者以外の人々にも知ってもらおうとする一種の啓蒙活動のことである。これは今回の IUGG 開催に当って種々の支援を行なってくれた北海道庁および札幌市に対する学会側からの感謝の意も込められている。

今回は IUGG アウトリーチ部会長の岐阜大学佐々木教授のアレンジで、関連する国内・国際学会の会長に講演依頼があり、気象学会もその趣旨に賛同し教育と普及委員会とも相談の上、以下の諸活動に参加した。

(1) 市民大学講座

気象学会は 7 月 5 日 (土) の午後の部を担当し、理事長の廣田が「宇宙から見た大気」の題で大気科学における衛星観測の歴史と意義、及び将来像について講演した。IAMAS 会長の Huw Davies 氏 (スイス工科大学教授) は「天気現象の理解と予測」の題で数値予報の歴史と現状について英語による講演を行なった (通訳は国際学術交流担当理事の住明正氏)。会場には約 200 名の聴衆が集まり各講演後に熱心な質疑応答がなされるなど気象学に対する一般市民の関心の深さが伺われるものであった。

(2) 中学生ミーティング

同じく 5 日 (土) の午後の前半には、別会場で札幌市内の 4 つの中学校から夫々生徒約十名と理科担当教師および傍聴の関係者が出席し「青い地球は誰のもの」のテーマのもとに、中学生による身近な環境問題の調査研究結果の発表会が行われた。これには気象学会側

から廣田と住の両名、および外国人学者として Davies 氏と次期 IAMAS 会長の M. MacCracken 氏がアドバイザーとして出席し、生徒達の発表への指導コメントを与えるとともに、地球温暖化問題などに関する疑問質問に専門家の立場から答えた。通訳は東京大学気候システム研究センターの小倉知夫氏が担当した。

(3) 小学校出前授業

7月10日(木)には廣田が母校である札幌市立桑園小学校に出向き、5年生約80名の児童を対象に「気象の不思議：大空を見上げて考えよう」と題して2時限(90分)の授業を行った。内容は上空での雲の成りたちと働きを題材に取り上げ、頭上の現象が地球全体の気温や風と繋がっていることを地球儀を片手にわかり易く語りかけた。子供達には大自然に接してその摂理を目で見、肌で感じて考えることの面白さ大切さを理解して貰えたと思う。熱心に聞き多くの質問をしてくれた子供達の瞳の輝きが印象的であった。(廣田 勇)

(4) 科学館特別プログラム

総会終了後の週末、12日(土)と13日(日)の2日間、山下と平松が札幌市青少年科学館の「雲の実験室—彩雲と雪の結晶を作ろう—」を担当し、彩雲・光環・ダイヤモンドダスト・雪結晶などを作る実験と雪結晶写真などの展示を多くの市民に見てもらった。大型フラスコを使った雲を作る装置(本号「カラーページ」参照)、雪結晶を成長させる多くの簡易実験装置、北海道大学の冷凍庫などを並べ、広い特別展示室に相応しいものとなったこの実験室では、見事なダイヤモンドダストや彩雲ができる度に歓声が上がリ、ペットボトル中に成長する雪結晶を熱心に観察する参加者の姿が見られた。

8月5日(火)には、平松が滝川市こども科学館に出向いて「水の変化を学ぶ—雪と氷をつくる—」と題した子供のための実験教室を行なった。参加者一人一人が自分の雪結晶を作ったり試験管中の水が氷に変わる瞬間を観察したりするこの教室には、実験を見学させるだけで済ませるイベントとは違った良さがあることを再認識させられた。

この他にも、気象学会北海道支部第21回夏季大学(天気2003年6月号「支部だより」参照)などが科学館特別プログラムとして実施された。

(山下 晃, 平松和彦)

12. IUGG 開催に向けての裏話

IUGG は終わってみると、結構、大きなイベントであったと思う。当初から、気象学会を代表して組織委員会などに参加していたので、IUGG 実現までの舞台裏について感想を述べてみたい。あくまでも、筆者が見聞きした個人的な感想であることを申し添えておく。

IUGG は、上田誠也委員長(東海大学)、末広 潔総務幹事(海洋科学技術センター)の熱意の下に実現したとつくづく思う。1999年のバーミンガムの IUGG に立候補したいということで集まったのは、その1年まえあたりだと思う。「アジアで初めてなので、ぜひとも、IUGG をやりたい」というのが、上田、末広両氏の決意であったが、そのほかの人間の反応は冷たかった。気象学会にしても、1993年の IAMAS で疲弊しており、「年寄りの見栄で引き回されるのは御免だ」というような拒否反応が強かったように思われる。

問題は、どこが事務局をサポートしてくれるか、ということであった。多くの人の頭には、1992年に京都で開かれた「万国地質学会」が、地質調査所の全面的なサポートの下で行われ、多くの資金が残ったことがあった。ところが、1992年と当時とは経済・社会状況が完全に異なっていた。「気象庁ではどうか?」とか「地震研では?」、「ESTO(地球科学推進機構)ではどうか?」など、仕事の押し付け合いが行われた。結局のところ、海洋科学技術センターに落ち着いたのであるが、ここまでの苦労は大変なものであったと想像する。

次は、場所である。全国各地の候補地が挙げられ、やがて、札幌と京都に候補地が絞り込まれた。筆者は、夏の日本の蒸し暑さが悪評高いのと、1993年の IAMAS のときの梅雨の経験から、札幌を強く支持した。最後の決め手は、北海道と札幌市が3000万円程度の資金提供をしてくれるという上出洋介副委員長(名古屋大学太陽地球環境研究所)の話であったように思われる。

このようにして、札幌で行く、ということになったが、次に問題が生じたのは、地元北海道大学と中央との関係である。「勝手に東京で決めて、負担だけこちらに押し付けてくる」という感情的な問題である。上田委員長はじめ、北海道大学との話し合いを続けながら徐々に活動をはじめて行った。

バーミンガムでの競争相手は、インドであり、投票については、それほど問題もなく決定したと思う。

問題は、決定してからのことである。とりわけ、問題は、資金である。登録料は4万円にして5000人程度の参加者があっても、なお、1億以上の寄付金が必要となる。本当に、この程度の寄付金が集まるのか、組織委員会を開くたびに気がかりの毎日であった。

それと印象深かったのは、河野長 IUGG 委員長の活躍である。インスブルックでの IAMAS のビューローの会議に来て、IUGG の今後について辛抱強く説明していた。IUGG といっても、各 Association の思惑はそれぞれあり、一枚岩ではない。所詮、世の中こんなものともいえるが、そのような中で辛抱強く事に当たるという対応には感心させられた。

準備の段階では、結構、業者の世話になった。なんとなく「会議の業者はいかがわしい」と思いがちだが、少なくとも、業者の存在なくしては、このような会議の開催は不可能と強く実感した。

筆者は、情報部会長として、会場のネットワークを担当した。当初は、さまざまなアイデアがあったが、所詮、費用がかかることとなり、最後は、「月並みでよい」という路線となった。特に、ホテル側から通信回線や計算機の提供があり、経費は、大幅に安くできた。具体的な設定などについては、北海道大学地球環境の渡部雅浩助教授に大いに世話になった。このときでも、参加者の要求は肥大化する一方なので、「あえて不満がでてでも仕方がない」という態度で対応した。現場で対応した業者の人は大変ご苦労されたことと思われる。はじめは、「業者の単価は高いな」と思っていたが、会議が実際開かれるのを見て、「料金は妥当だな」と思うようになった。

最後のほうになって財政的な問題が起きそうになったので、筆者のほうから、これだけの多くの人が海外から参加するのだから、日本の研究機関が研究成果の展示を行い、その成果を広く世界に知ってもらい、そのついでに、お金をもらおう、ということ提案した。幸い、この提案は、皆の支持を受け、多くの研究機関が参加してくれた。とりわけ、天皇・皇后両陛下が視察される、ということになり、各機関の力の入れ方が違って来たように思う。筆者の所属する気候システム研究センターも成果を展示したが、人々の関心を引く展示とはなかなか難しいものという感じをもった。やはり、NASA などは、一日の長がある、と感じ入った次第である。

どんなことでもそうであるが、1つの事を成そうとすると多くの人の貢献が必要である。そして、それら

をまとめてゆく中心的な部分が本当に大事であると思う。特に、SARS などの予期しない事態が発生したときの事務局の対応など大変であったらと想像する。ともあれ、赤字にならなかったそうであるから、ほっとしているところである。(住 明正)

略語一覧

- AFES : AGCM for Earth Simulator 地球シミュレータ用に開発された大気大循環モデル
- AGCM : Atmospheric General Circulation Model 大気大循環モデル
- AO : Arctic Oscillation 北極振動
- CCM3 : Community Climate Model NCAR の全球大気モデル
- CCSR : Center for Climate System Research 東京大学気候システム研究センター
- CEOP : Coordinated Enhanced Observation Period 合同強化観測実験
- CRCES : Center for Research on the Changing Earth System
- CSM : Climate System Model 米国立大気研究所全球気候モデル
- DAWEX : Darwin Area Wave Experiment
- DLR : Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (German Aerospace Center)
- EAR : Equatorial Atmosphere Radar 赤道大気レーダー
- ENSO : El Nino and Southern Oscillation エルニーニョ/南方振動
- FRSGC : Frontier Research System for Global Change 地球フロンティア研究システム
- FTIR : Fourier-transform Infrared spectrophotometer フーリエ変換赤外分光光度計
- GEO-CHEM (全球3次元化学輸送モデルの名称)
- GEWEX : Global Energy and Water cycle Experiment
- GHG : Greenhouse gases 温室効果気体
- GPS/MET : Global Positioning System/Meteorology
- HadCM3 : Hadley Centre Climate Model ver.3 英 Hadley Centre の第3世代大気海洋結合モデル
- HALOE : Halogen Occultation Experiment ハロゲン掩蔽観測装置 (UARS 衛星搭載)
- IAMAS : International Association for Meteorology and Atmospheric Sciences 国際気象学・大気科学協会
- ICG : Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre (Institute of Chemistry and Dynamics of the Geosphere)

- IGBP : International Geosphere-Biosphere Program
地球圏—生物圏国際協同研究計画
- ILAS : Improved Limb Atmospheric Spectrometer
改良型大気周縁赤外分光計 (環境観測技術衛星
ADEOS「みどり」搭載の大気センサー)
- IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change
気候変動に関する政府間パネル
- LES : large eddy simulation ラージエディシミュ
レーション
- MCS : Mesoscale Convective System
- MIT : Massachusetts Institute of Technology マサ
チューセッツ工科大
- MJO : Madden-Julian Oscillation
- MLT : mesosphere-lower thermosphere
- MM5 : The Fifth-Generation NCAR/Penn State
Mesoscale 米国ペンシルバニア州立大学と NCAR
共同開発のメソモデル
- MODIS : Moderate Resolution Imaging Spectro-
radiometer 地球観測衛星 TERRA・AQUA 搭載の
中分解能撮像分光放射計
- MOPITT : Measurements of Pollution in the Tropo-
sphere 地球観測衛星 TERRA 搭載の対流圏大気汚
染物質センサー
- MOZART : Model of Ozone And Related chemical
Tracers NCAR の全球 3 次元化学輸送モデル
- NAM : Northern Annular Mode 北極環状モード
- NAO : North Atlantic Oscillation 北大西洋振動
- NASA : National Aeronautics and Space Adminis-
tration 米国航空宇宙局
- NCAR : National Center for Atmospheric Research
米国大気研究センター
- NCEP : National Centers for Environmental Predic-
tion 米国立環境予報センター
- NIES : National Institute for Environmental Studies
国立環境研究所
- NOAA : National Oceanic and Atmospheric Admini-
stration 米国海洋大気庁
- NWRA : NorthWest Research Associates, Inc.
- PAGES : Past Global Changes 古環境変遷研究計画
(IGBP のコアプロジェクトの1つ)
- PCMDI : Program for Climate Model Diagnosis and
Intercomparison 気候モデル診断相互比較プログ
ラム
- PDO : Pacific Decadal Oscillation 太平洋 (数) 十年
振動
- POM : Princeton Ocean Model プリンストン大学の
海洋大循環モデル
- PR : Precipitation Radar TRMM 搭載の降雨レー
ダー
- PSC : Polar Stratospheric Cloud 極成層圏雲
- QBO : Quasi-Biennial Oscillation 準2年周期振動
- SACZ : South Atlantic Convergence Zone
- SAM : Southern Annular Mode 南極環状モード
- SOWER : Soundings of Ozone and Water in the
Equatorial Region
- SRES : Special Report on Emissions Scenarios 排出
シナリオに関する特別報告書
- SST : Sea Surface Temperature 海面水温
- STE : Stratosphere-Troposphere Exchange 成層圏-
対流圏間の物質交換過程
- TAR : Third Assessment Report 第3次報告書
- TBB : Equivalent Black Body Temperature 等価黒
体温度
- THORPEX : The Observing System Research and
Predictability Experiment 観測システム研究・予測
可能性実験計画
- TRACE-P : Transport and Chemical Evolution over
the Pacific アメリカ NASA の大規模航空機観測
ミッション
- TRMM : Tropical Rainfall Measuring Mission 熱帯
降雨観測衛星 (1997年11月に打ち上げられた日米共同
のミッション衛星)
- TTL : Tropical Tropopause (Transition) Layer 熱
帯対流圏界面遷移層
- UCAR : University Corporation for Atmospheric
Research
- UKMO : United Kingdom Meteorological Office 英
国気象局