

## 質疑応答および総合討論

### 【安田氏の講演後の質疑応答】

**釜江陽一氏 (筑波大) :** 2014年に各国の予測機関がエルニーニョの発達を予測しましたが、実際には発達しませんでした。結局何が足りなかったのでしょうか？

**安田 :** 2014年は3月頃から熱帯西太平洋に暖水が蓄積し、さらにその後暖水の東進が見られ、エルニーニョの発達が予測されました。ですがこのあと一時的に東風が吹き、大気海洋フィードバックが十分に働かなくなり、エルニーニョは弱まったように見えます。この東風がうまく予測できなかったことがポイントと考えています。2015年も同じように暖水の東進が見られましたが、なぜ2014年と同じような状況にならなかったのかなど、メカニズムはまだよくわかっていないと思います。

### 【米山氏の講演後の質疑応答】

**神山 翼氏 (ワシントン大) :** セキュリティクリアランスを取るのが難しいというお話があったが、他にも海賊、ラマダンなど観測を難しくする要因や難しい季節などありますか？

**米山 :** 例えば昨日ラマダンが始まったのですが、観測許可の手続きをそれに間に合わせようと意識することはあります。また現象としては年末年始に活発になるので、当然この時期観測しなければいけないわけですが、参加者は趣旨を理解し、サイエンスを優先してくれています。また海賊については、セキュリティオフィサーが乗船していますし、マラッカ海峡など明らかに海賊が多い海域は船舶観測が認められていないので、観測対象から外すなどしています。

**谷田貝亜紀代氏 (弘前大) :** YMC ではどんな人材育成プロジェクトをお考えか教えて下さい。

**米山 :** 認識のギャップを埋めることがこのキャンペーンの重要な目的です。2年間で幾つかの集中観測をやるのですが、それだけでいろんな現象が理解できるとは思ってなくて、最終的な狙いは2年後に、我々ではなく現地機関がこういった観測を

発案し続けてほしいというのが本当の気持ちで、そのために人材育成が重要になってきます。我々は現地でサイエンスを含めてちゃんと理解している人を育て、リーダーシップをとってもらうことを計画しています。例えば、この期間に観測したデータを使つての学位取得を目指し、大学の方にそのサポートをお願いしていて、アメリカや日本のいくつかの大学がオファーを出してくれています。また例えばゾンデ観測では、ばらばらに行われる観測の品質を統一し共通のデータを作りたいわけですが、そのためにはまず現地機関に行って話をし、理解できる研究者を見つけ、チームを作ってもらいます。現在、フィリピンとインドネシアでは実際に作りましようと言っており、インドネシアでは既にそういうチームが出来ました。また現地に行って指導をし、ただゾンデを揚げてデータを取ればよいというのではなく、こう工夫すればこんなに綺麗なデータが取れて、それにより高度な研究に使える、と伝えていますし、その教育のために日本に招待したこともあります。

### 【小坂氏の講演後の質疑応答】

**山中大学氏 (海洋研究開発機構) :** 熱帯の大気と海洋の間には相互作用があるが、熱帯と中緯度の間には相互作用はないと思っていいのでしょうか？ つまり熱帯が変われば中高緯度は影響を受けるが、中高緯度が変わったために熱帯が影響を受けることはありませんか？

**小坂 :** 大気変動としてのPJパターンのメカニズムについては講演では省略しましたが、この遠隔影響の中では、熱帯から中緯度への影響と中緯度から熱帯への影響の相互作用はあるとは思っています。一方で、中高緯度の海洋がPJパターンを介して熱帯に影響しうるかどうかは、研究がわかりません。

**山中 :** 両方を解明しないと本当のところはわからないという理解でよいですか？

**小坂 :** もちろん現在進行中の研究ですので、完全に解

明されたものではありません。多くの方が研究して下されればありがたいと思っています。

**前田修平氏（気象庁）：**エルニーニョ現象の衰退期の春先に発達するフィリピン海の高気圧が、エルニーニョ現象と IPOC モードの季節的なギャップの間をつなぐということはないのでしょうか？

**小坂：**そうですね、あり得ると思います。インド洋と熱帯北西太平洋の海面水温の差が PJ パターンを駆動するとしたら、どちらかだけである必然性はなく、インド洋昇温に加えてフィリピン海高気圧に伴う海面水温の負偏差が影響することもあると思います。

**大西晴夫氏（気象予報士会）：**新田 勲さんの頃の考え方では、海面水温が上がってそこで対流が活発化して循環偏差を駆動する、という様に水蒸気が主要な役割を果たすものでしたが、今日のお話ではあまり水蒸気が出てきませんでした。PJ パターンはドライモードとして存在して、水蒸気はそれを強めるぐらいのものなのでしょうか？ それとも水蒸気は主要な役割を果たすのでしょうか？

**小坂：**PJ パターンの主要なエネルギー源が対流活動偏差に伴う非断熱加熱であるのは間違いないと思います。PJ パターンあるいは IPOC モードにおいては、大気循環と水蒸気間のフィードバックが重要な役割を果たします。その一例として、赤道ケルビン波がその南北に対流活動偏差を強制するなら、降水偏差は赤道の南北に対称に現れると期待されます。しかし実際には ITCZ が北半球にあり、そこで強い対流フィードバックが働くため、その結果として北半球側で非常に強い降水偏差が観測されると考えられます。

#### 【中村氏の講演後の質疑応答】

**前田修平氏（気象庁）：**正確な見積もりはなかなかまだ厳しいと思いますが、大雑把に言って、中緯度大気海洋結合変動は大気内部変動に比べてどのくらいの大きさでしょうか？

**中村：**お答えするのが非常に難しい質問で、季節や海域、時間スケールによります。またモデルの解像度にも依存します。なかなか大雑把な数字も提示するのが難しいというのが正直なところです。

#### 【猪上氏の講演後の質疑応答】

**堀田大介氏（気象研）：**極域の観測を増やすと熱帯低気圧の進路予報が改善するというお話に大変驚きました。それを説明するようなメカニズムがあるのでしょうか？ それとも現段階ではノイズとの区別は難しいのでしょうか？

**猪上：**ご紹介した事例では、上空のトラフがモンゴル付近から近づいてくるのですが、その予測がうまくできたので、その前面での南風による台風の進路への影響が正しく予測できました。台風がもっと南にいる間は北極観測の影響は小さいと思います。大西洋ではメキシコ湾にドロップゾンドが多く投入されており、これと北極の観測のどちらが強さや進路の予測に効くのか調べているところで

#### 【総合討論】

**司会：**松本 淳（首都大学東京）：今回のシンポジウムのテーマには、枕詞に「最新の気象学」という言葉が入っています。総合討論の最初のテーマとして、最新の気象学でどういうことが分かったのか、またそれに対しどういう観測・モデルなどどういう手法が鍵となっていたのかについて、まずは講演者の方々からお聞かせ下さい。

**安田：**ENSO に関しましては、10～15年前までは熱帯太平洋の中の大気海洋相互作用が中心でしたが、小坂さんのお話にもあったようにインド洋について様々な解析がされるようになり、また大西洋についても、ENSO との関係が明らかになってきました。ENSO がインド洋や大西洋に与える影響だけでなく、これらの海盆での変動が ENSO に与える影響も明らかになってきたことが大きいと思います。また ENSO 自体に関しては、エルニーニョとラニーニャの非対称性、例えば周期や大気海洋相互作用などですが、そういったことも明らかになってきました。

**米山：**YMC のモチベーションとして MJO や対流日変化のお話をしました。MJO に関してかなり理解が進んできて、その発生についても、まだ諸説ありますが研究が進展してきました。では分からないところはどこかということ、MJO の海大陸での変調過程がまったく分かっていないということがあります。そのように考えると、MJO の理解がある程度進んできたが故に、研究ターゲットと

して海大陸が改めて注目されているのかなと思います。海大陸の研究の歴史は長く、日変化の重要性も昔から言われていましたが、日々起きる対流の大規模変動などへのインパクトの強さは調べれば調べるほど実感して、改めてベーシックなところに立ち戻って、我々は本当にそれらを理解しているのかを突き詰める段階に来たのかなと感じています。ですので「最新」について言えば、古いけれどもまさに最新の研究テーマが日変化だと思っています。

**小坂**：従来は熱帯では海洋が能動的、中緯度では海洋が受動的というイメージがあったと思います。それは大きな枠組みでは現在も間違っていないと思いますが、地域的・季節的には必ずしもそうではなくて、熱帯であっても海洋が大気に対して受動的に変動する海域もあるということが近年見出されてきました。この発見には衛星観測に基づく20年程度の統計が不可欠です。そういう意味で、熱帯の大気と海洋の衛星観測データの蓄積が、「最新」の大気海洋相互作用研究の鍵となっていると言えます。もう一つは、私の研究に関してですが、大気大循環モデルや大気海洋結合モデルが高精度化し、なおかつ気軽に使えるようになってきたことだと思います。それによって様々な数値実験が可能になり、様々なプロセスが描き出されるようになってきたことも鍵であると思います。

**中村**：海洋変動が持っている空間スケールは小さく、その時間スケールは長いので、高い空間解像度で、しかも長期のデータの蓄積がなければこういう研究は難しいと言えます。またモデリングに関しても、計算機資源がここ15～20年で飛躍的に増大したことで、モデル自体が高度化・高解像度化し、それによって中緯度海洋から大気への決して強くないシグナルが捉えられるだけの高解像アンサンブル実験が出来るようになりました。また、メソスケール以下に対しては領域気象モデルが使えるようになりました。それとともに様々な素過程への理解も深まりました。このように、技術の発展と、それに伴う我々の認識の深まりの相乗効果で研究が進展してきたと思います。

**猪上**：北極の気象学・海洋物理学はこれまで中緯度に比べて圧倒的に時代遅れで、研究者の人数自体も少ない状況でした。それが最近これだけ研究されるようになってきたのには、例えば北極の海水現

象など環境が急激に変わってきたことで皆さんが着目するようになったことが大きなポイントだと思います。海水がなくなると、それに応答して海と大気が温暖化していくので、そこを観測するわけです。砕氷船を持っている国は、海水を割って高緯度に観測に行くのですが、幸か不幸か日本には砕氷船がなく、氷を割れない船しかなかったもので、ここ10年以上、氷のないところをずっと観測してきました。それが今、海水がなくなったところの方がメジャーになってきて、実はそういう海域の観測においては日本がリーダーシップを取っています。そういう事情で海洋観測において日本は強かったのですが、最近ではさらに気象観測の重要性も認識されてきて、観測手法自体はオーソドックスなものですが、それを北極でやるのが新しい点だと思います。

**松本**：ありがとうございます。フロアの方からもご意見がございませうでしょうか？

**茂木耕作氏（海洋研究開発機構）**：今日の講演者の方々は、出発点の分野はかなり違うと思うのですが、共通項が見いだせるお話だったと思います。個人的にも普段感じていることですが、研究者同士の相互作用が進んだことが重要な進展を生み出していると思います。それぞれの分野でモデルやデータ同化や観測など技術の進展がある一方で、それらを融合するのは研究者です。ちょっと前まではなかなか言葉が通じなかった状況を、この数年で越えてきたのではないかと思います。中村さんの Hot spot プロジェクトや、これから行われる YOPP (Year of Polar Prediction) や YMC (Years of Maritime Continent) といった大型プロジェクトは、研究者同士を相互作用させる役割を担うと思います。それをどうやってこれからさらに押し進めていくかという点で、もう一つ大きな見方ができるのではないかと皆さんの講演を聞いて感じました。

**松本**：テーマが大気海洋結合という事で、大気と海洋の両方を扱う問題です。今日の講演者は気象出身の方ですが、海洋学者との連携によって研究が進んできた部分があると思います。

**那須野智恵氏（海洋研究開発機構）**：今日のお話に共通して、熱帯の研究が熱帯だけに閉じておらず、極域の研究が極域だけに閉じていない。これまで研究分野で限られていたような地球の描像から、

分野を横断した研究が進んできたというふうに感じました。今日のご発表にはありませんでしたが、成層圏の方でも inter-hemispheric な見方へと進んでいます。とても素晴らしいことだと思います。

**松本**：ありがとうございます。気象と海洋の間だけでなく、地域間も含めて見方が広がってきたと思います。観測はどうしても点になりますが、それを広い範囲から意義づけることが進んできたと思います。では次のテーマとして、学問的な意義だけでなく、それが例えば日本の長期予報にどう寄与するのかについては強い関心もあると思います。このテーマについていかがでしょうか？ 新田さんが発見された PJ パターンはまさに日本の長期予報に関連するものだったと思います。

**小坂**：今日お話ししたものは、夏、それもエルニーニョあるいはラニーニャの後に現れる状況に限定した内容でした。PJ パターン自体は ENSO に対する受動応答ではなく、大気内部過程だけで発達する部分もちろんあります。その一方で、エルニーニョの発達期の夏秋冬やその後の春にはどんな遠隔影響が現れるかという問題があります。例えばエルニーニョ時の冬には日本で暖冬傾向、夏は涼しい傾向が統計的には知られています。ですが夏と言っても、エルニーニョ発達期の夏と衰退期の夏とで起こることは違わずで、衰退期については研究が進んで来ましたが発達期についてはまだですし、冬についても意外と研究は多くない印象です。そういう意味でまだまだいろんな研究ができると思っています。

**中村**：日本への影響については時空間スケールによりませんが、今日実はご紹介できなかったことがいくつかあります。一つは、黒潮の蛇行・非蛇行がどうやら低気圧の通り具合に影響するようです。積雲対流スキームの特性などにより、この影響が特に敏感に現れるような数値モデルだと、そこそこの解像度でも、黒潮が蛇行して岸を離れる時は低気圧も離れる傾向があり、冬であれば首都圏の雪の降り方にも影響が出るのではないかという可能性が示されています。また、我々の集中観測からは、暖流域の海面水温について、その分布が利用可能なデータセットにおいて本当に正しく捉えられているのかという疑問を突きつけられました。こうした水温分布の不確実性は集中豪雨の雨量予

測にも影響します。もう一つは、海洋前線や黒潮の状態が東海上の冬のアリューシャン低気圧に少なからず影響する可能性です。それは冬の季節風の吹き方にも影響するでしょう。一方、温暖化の観点からは、黒潮や日本近海の海面水温が全球平均よりもかなり速いペースで上昇してきています。そのため、同じような気圧配置に対しても以前と比べて雨や雪の量が変わるという影響も見えてきています。そういうことを含めて、日本の近くの海の状態が様々な形で日本の天候に影響する可能性を示唆する研究が我々の成果として出てきたことは申し上げておきたいと思います。

**猪上**：海水減少が日本にどう影響するかという話は度々話題に上りますが、現在サイエンスコミュニティとしては、本当に海水が影響したのかどうかという振り出しに戻った議論が行われています。今、研究者のコミュニケーションが増えてきたことで、中緯度の気象海洋の研究者も北極に注目し始めています。その中で、中緯度気象海洋が北極を変えて、その結果中緯度にもう一度影響が及んでいるのではないかということも議論されており、混沌としています。そのメカニズムも日本からのものを含めてたくさん出されていて、どれがどれだけ寄与するかがまだ分かっていない状態です。モデリングが発展してきたことで、これまでは統一された比較実験というのが行われていませんでしたが、今年ぐらいから統一された境界条件で同じ設定で実験する動きがあります。一方でオペレーショナルな方向性としましては、WMO（世界気象機関）が関係しており、予報が当たる必要があります。メカニズムは分からない部分があっても、予測が高精度になるならば観測を増やしてみようという動きもあります。実は私は WMO とサイエンス関係の両方に関わっているのですが、両者のコミュニケーションは思った以上に少なく、もしかしたら日本もそうかもしれません。なので、例えば YOPP である観測をやるときに、サイエンス側が何をやるのがあまり連携がとれていない状況で、これから解決していくべき部分かと思います。

**松本**：ありがとうございます。フロアからのご意見はありますか？

**隈 健一氏（気象研）**：今日は北極圏と海洋大陸の両方のお話を伺いましたが、そこに気象庁や気象研

の影が薄いということに私としては問題意識を持ちました。海洋大陸や北極圏は非常に特殊な地域で、そういったところでのモデルのパフォーマンスや素過程を調べてみることは大事で、その意味で今後どうしたらいいか考えていきたいと思います。一方でインドネシアやフィリピンには気象庁も国際協力で人を派遣し、色々対応させていたでいて、現地の特に気象局を介した連携の余地があると思います。また北極についても、WMOのプロジェクトなので、今後コミュニケーションを取っていく必要があると感じました。逆に、研究者皆さんから気象庁・気象研に対するご要望などありましたら教えていただけますでしょうか？

**猪上：**YOPPでは昭和基地のラジオゾンデ観測を増やそうという動きがあり、現地で取得したデータを気象庁のラインに乗せるテストを今年やりましたが、11月からまたやる方針で南極観測事務室と調整を始めています。来月気象庁と極地研の会合を持つ予定で、そこで情報交換したいと思います。北極については、我々は今ロシアと協力しようとしています、ロシアで追加観測をしてもGTS (Global Telecommunication System) になかなか乗せてくれないという問題があります。それを例えば極地研でデータを受け取り、気象庁に持って行ってもらうことができれば素晴らしい国際貢献になると考えています。

**米山：**YMCとYOPPもそうですが、プロジェクト同士のシナジーはよく言われていて、我々も意識しています。YMCが本格的に動き出したのは2014年ですが、まず始めにWMOやいろんな学会に行きまして宣伝活動を行い、いろんなところを巻き込むことから始めました。同時に、国際的に重要性が認められていることを示すために国際機関や国際プロジェクトから我々の活動に対する推薦状をもらう訳ですが、その中には例えばS2S (Subseasonal-to-Seasonal Prediction Project) からも頂きました。ですので、もしYMCに参加しているつもりがなくても、例えばS2Sに参加していればYMCのデータを利用していたりYMCに貢献する知見を生み出していたりして、意識せずとも自分が参加している国際プロジェクトを介して協力し合っていることがあります。そういう意味で、陽には現れなくともプロジェクト間連携は密に行われているのかなと思います。

また先ほどフィリピンの例が出ましたが、私自身もフィリピン気象局に出かけた際に、気象庁のOBの方がいらっしやって情報を頂いたりしていて、いろんなところでチャンネルが有効に機能していると思います。

**高谷祐平氏 (気象研)：**私は過去10年ほど、気象庁で季節予報モデルの開発を行ってきました。安田さんのお話にあったように季節予報モデルは最近結合モデルになりましたし、小坂さんのお話にあったようにインド洋などの役割についての知見が深まって季節予報は発展してきました。また猪上さんがお話しされた極域についても、今は海水モデルが季節予報モデルに結合されて利用されています。このように、本当に最新の研究が現業の季節予報に役立ってきていると思います。次は中村さんからありましたように、中緯度の細かいスケールの現象の重要性が認識されてきて、気象庁でもより細かいスケールを解像できるような結合モデルの開発に向けて頑張っているところです。ということで、今日お話し頂いたこと全てが季節予報の発展に役立っていると感じていますし、今後もさらに研究と現業が連携しながら発展して行ければと思います。

**堀田大介氏 (気象研)：**YOPPでサイエンスと現業の間でコミュニケーションがあまりうまくいっておらず、どういう観測をするかあまり話し合いが進んでいないということでした。観測が現業予報を良くする方法は二つあると思っています。一つは初期値を良くするような、データ同化に使える観測で、もう一つはモデルの検証に使い、パラメタリゼーションを良くする観測です。両者はかなり違うものだと思います。YOPPではどちらかという初期値に使える観測に重点が置かれているのでしょうか？

**猪上：**半分以上はそうです。ただし、プロセススタディとして、パラメタリゼーションを改善していくという観測もあります。2019年からドイツの砕氷船が1年間北極海に閉じ込められて観測するという計画があり、そこで大気・海洋・海水・生態系の季節変動を捉える計画で、こちらはかなりサイエンス寄りです。YOPPからはオペレーショナルな予報データを提供してフィールドキャンペーンに役立つことを考えていますが、そのフィードバックは今は見えていません。それが見

えてくるのはおそらくプロジェクトが終わって5年10年経ってからになると思います。その時間スケールが違うので、見かけ上は予報寄りになっているのかもしれませんが。

**松本**：ありがとうございました。すでに話にも出てきましたが、北極・南極・海洋大陸・日本近海の観測や、結合モデルの高精度化が進展してきました。当然データの蓄積とその解析は重要ですが、特に YMC と YOPP の連携についてお聞かせくださいませんか？

**米山**：MJO が北極振動に影響するなど、熱帯と北極の相互作用の可能性もあり、2つのプロジェクトが進み観測データが充実するにつれて、両方のプロジェクトがあって初めて可能になるようなテーマに取り組むことも出てくるでしょう。初めから連携まで考えて始まったプロジェクトではないのですが、今後そのような連携が出来るようになれば良いと思っています。直接的には、データ公開が大事で、観測データは極力 GTS に乗せるようにしています。解析をされる方は客観解析データを使われる方が大多数だと思いますが、偶然にも同時期に実施される YMC と YOPP が正しい観測データを公開することで、全球客観解析データを充実させていくことになります。その客観解析データが良ければ、各国が観測データを出し合っただけで充実させていくという気運にも繋がると期待できます。その意味で、プロジェクト連携はサイエンス面だけでなく、間接的には観測データの充実という面もあり、両者の連携は今回だけでなく今後にも繋がると思います。

**猪上**：熱帯については NICAM や CReSS などシミュレーションが活発に行われている印象を受けます。ですが北極ではそういうモデルがありません。これには北極の雲などの再現がそもそも難しいということがあり、例えば NICAM など、まずどれだけ再現できていないのかを見ないといけません。YOPP ではすでにモデル相互比較が予定されていますが、日本国産モデルの参入がないんですね。まずはそういったところに参加して、他の国のレベルを知ることが重要だと思います。これは領域モデルでも同様で、NHM は極地研に移植され、南極昭和基地の予報に使われていますが、気象研の庭野さんがされているようにグリーンランド氷床上の表面熱収支も良く再現され

つつあるので、これを北極海氷上に持って行って、海水の取り扱いをどうすべきかなど、これまでの熱帯・中緯度の知識に加えて北極・南極の困難さを克服していく努力が必要だと思います。そのための検証データは YOPP で取得されるものですから、観測側の努力も重要だと思っています。

**松本**：ありがとうございます。他にフロアから何かありますか？

**高谷**：私は THORPEX (観測システム研究・予測可能性実験) の後継である S2S に関わっております。YOPP や YMC の観測データをどう現業に生かしていくかが大事だと思いますが、一昔前に比べると、気象研究コンソーシアム、TIGGE (THORPEX Interactive Grand Global Ensemble)、S2S など現業の予報データが研究者に公開されるようになってきました。観測されている方にもそういうデータを見て頂けると、モデラーにも知見が得られ、気象庁にとっても、そういった新しい観測データを利用してモデル開発をしていくことが大事だと感じています。

**猪上**：S2S についてコメントいたします。先ほどお話しした ArCS (北極域研究推進) プロジェクトでは、海面水温予測や海水予測を S2S ミュージウムで公開する形で S2S プロジェクトに貢献しています。日本や他の国が海水を予測しているのかどうか、それはどの程度合っているのか、皆様ご確認頂ければと思います。

**茂木**：気象庁からどんどんデータが出てくるのは大変ありがたいと思っていますが、観測側としては、観測データが GTS に乗るところまでは分かるのですが、それが同化に使われたかどうかまで分かるのと良いとよく思います。過去にはお願いして調べて頂いたこともあるのですが、それがもっとスムーズに出せる仕組みも今後考えて頂けるとありがたいと思います。この観測は同化に使われましたが、この観測はこういう懸念があったため同化には使われませんでした、ということは観測側も分かっていた方が良く思います。

**猪上**：私も観測をした際にそのデータが GTS に乗ったか気にしています。ECMWF や NCEP の予報については使われたかどうか分かるのですが、気象庁で使われたかどうかは今ひとつよく分からず、まずどなたに聞けば良いのかも分からなくて

困っています。

**松本**：気象庁の方、是非ご発言いただけますか？

**大野木和敏氏（気象庁）**：GTS で入ってきたデータは、品質管理をパスすれば基本的には使っているはずですが、ただ特定の観測データが来ているかどうかは何らかの連絡がないと分からないかもしれません。気象庁の場合は6時間の同化サイクルですので、同じ場所の観測であれば6時間に1回のデータを使うことになりまして、移動していても場所が近い観測は「間引き」する操作があります。ですので実際に使ったかどうかは後から識別サインを見て確認しないとわかりません。もし問い合わせさせていただくなら数値予報課の誰かに聞いてみるのが良いと思います。

**松本**：ECMWF のような、同化されたデータをモニターできるようなものはないですか？

**大野木**：外部から見られるようなものはないです。庁内であればあるかもしれませんが、特定の担当者だけが見るようなものになっているのではないかと思います。

**堀田**：補足します。WMO のプロジェクトで、まだ完全に実装されてはいませんが、従来型の観測データの品質のモニタリングを地域センター毎にやる仕組みになりました。気象庁は地域センターですので、観測データを観測者にフィードバックする仕組みが出来つつあります。難しいのは軍用など機密データで、これをどこまで公開できるかはまだWMO が検討中であり、完全に一般に公開できるかどうかは不透明です。WMO でも、観測した人に観測の品質をフィードバックする仕組みの重要性は長く議論されており、それがようやく実装される方向に向かっており、状況は改善しつつあります。

**松本**：ありがとうございました。そろそろ最後のテーマに移ります。今後の展望・課題、それからこの場にもたくさんいらっしゃいますが若い研究者へのメッセージをお願いいたします。

**猪上**：若手研究者には、いろんな方とコミュニケーションをとってたくさん議論し、やりたいことをぶつけていって欲しいと思います。私は今大会の実行委員でもあるのですが、昨日の懇親会に来ていた学生の中には積極的に話しかけてきてくれる人も居て、「みらい」の北極航海に参加されるということでした。北極に限らず、こういう研究者

がいるんだ、こういう分野があるんだということの中堅・シニアの方が積極的に示していくことが、裾野を広げていく上で重要だと思います。

**中村**：展望についていくつか申し上げたいことがあります。一つは財政事情などにより、例えば日本近海のパイが維持できない、シッピングが確保できない、など観測にとって厳しい状況になっています。観測研究は初期値を作るだけでなく、モデリングや衛星観測のためのベンチマークとなる重要なものなので、おろそかにならないよう働きかけていく必要がありますし、同時に足りない部分を最新技術で可能な限り補っていくというアプローチも必要だと思っています。もう一つは、今日ご紹介できませんでしたが、海面水温によって大気の成層度が変わると、雲の微物理にまで影響することを示唆する研究結果が出てきました。衛星観測も重要ですが、こういう部分は航空機による現場観測で、エアロゾルや雲粒まで捉えられるようなアプローチで検証していく必要がありますし、そういう観測研究基盤を整えていくことが日本のコミュニティにとっても重要ではないかと思えます。若い研究者が参加できるような観測研究プロジェクトと最先端の数値モデリングとの融合が今後とも重要となるでしょう。もう一点は、高解像度化の重要性で、黒潮主流等がどの程度まで表現出来るか、大陸縁辺海の温暖化はどこまで予測できるか、といった問題にはどれほど高解像度のモデリングが出来るかにかかっています。これは計算資源、いろんなデータの利用、通信速度など様々な制約があり、チャレンジングな課題です。その中で、工夫をしながら温暖化予測や季節予報に繋がるような研究をやっていかなければ行けません。そういうところに若い研究者がどんどん参加し、様々な分野の人々と交流して自分の興味と視野を広げて行ってくれば良いと思います。

**小坂**：ENSO が夏季の日本に影響するメカニズムとして、旧来の見方では、エルニーニョ現象がインド洋を加熱し、エルニーニョ衰退後に今度は暖かいインド洋がPJパターンを励起する、というものでした。それは決して間違っていないのですが、この過程を現象の一部として含むような、より包括的な見方を探索してきたということをお話ししました。このように、なんとなく分かっているように思われていることでも、視点を変え

て考え直してみたりもっと深く掘り下げてみたりすることで、新しい発見があったり理解が得られたりすることがあります。若い研究者に限りませんが、今後の展望として、そういう研究のやり方も重要だと思います。

**米山：**私から二つコメントさせていただきます。一つは自分自身に対して皆さんの前で言うのですが、YMCは2年間ですが2年で終わるようなサイエンスではなく、現地の人たち自身が続けたいと思ってくれることを目指しています。ですので2年間で如何に現地の人たちの理解を得ていくかが鍵だと思っています。そのために一番手っ取り早いのは、成果を出すことです。例えば観測によって数値予報が良くなるということを現地の人たちに実感してもらえれば、自分たちでもやってみようというモチベーションになるでしょう。ですから、この2年間で現象を解明するために努力しつつ、結果的にはそれがYMC以後にもつながるでしょうから、私自身もプロジェクトに参加する人たちも、まず自らが成果を出すことを忘れずに頑張っていきたいという意思表示をここでしておきます。もう一つは、こういうキャンペーンをすると「参加しませんか」と簡単に言うことはできるのですが、敢えて言いたいのは、実はモデラーにこそ参加して欲しいと思っています。その参加の仕方は、観測データを使って研究するというだけでなく、現地に来て頂きたい。そして、自分のモデル結果が実際に現地でどうなっているのかを知るのモチベーションの向上に大事ですし、また現地のモデラーと話して頂いて自分たちのノウハウを提供するというのもできるでしょう。ですから、必ずしも観測キャンペーンは観測屋のものだけではなく、モデラーにとっても参加するチャンスです。特に若手研究者でYMCに興味があれば、専門にかかわらず声を掛けて頂くことが大事だと思います。こういう国際プロジェクトに参加すると国際コミュニティと繋がりが、現にYMCに何百人からなるコミュニティが出来ています。国際会議にも毎回セッションが出来るとし、そういう場で海外の研究者と接する機会も増えるでしょう。そのときに、YMCのメンバーだというだけで敷居が下がって会話できますので、そういう意味でこのプロジェクトを使ってくれればいいなと思います。

**安田：**私からは ENSO の現業予測の立場からお話します。重要なのは、いかに持続可能な観測網を築いていくかということです。ENSO については1980年代から TOGA/COARE など観測網が検討され、ENSO の重要性も比較的よく認識されていて、最も充実した観測網が構築されました。しかし2010年代に入り NOAA が TAO プイを継続できなくなる危機に陥り、現在も TAO/TRITON アレイの維持が難しくなっています。それで TPOS2020 (Tropical Pacific Observing System 2020, 熱帯太平洋観測システム2020) などにより、いかに持続的な観測網を作っていくかという問題が世界中で議論されるようになりました。そこでは、例えばメカニズム的に、あるいはデータ同化や予測実験により、どこを測るのがよいか、ということも考慮しながら話し合われています。ENSO は世界の異常気象の主要なドライバーですから、その持続可能な観測網のために観測・解析・モデルが総力を上げて取り組んでいくことが重要です。またモデルについては、気象庁のモデルの ENSO 予測スキルは2000年代から非常に向上しました。その間にも様々な研究が進み、基本的というよりは詳細なメカニズムが提唱されてきましたが、モデルはそれらを全て再現することはできていません。今後の ENSO 予測のさらなる向上に向けて、観測・解析・モデル開発・同化を集結して、エルニーニョとラニーニャの非対称性・ENSO の多様性・遠隔影響などの詳細を再現し、さらにそれを現業予測にいかに繋げていくかというチャレンジになります。私が学生のとき、指導教官に「一点突破全面展開」と学生運動の頃の言葉をよく言われました。広い視野を持ちいろんなところに目を向けつつ、一点突破すれば全面展開できるので頑張らなさいということでしたが、この言葉を今の若い学生さんに投げかけたいと思います。

**松本：**どうもありがとうございました。フロアからどうしても言いたいことがある方はいらっしやいますか？

**山中：**一般の方がどのくらいいらっしやるかわかりませんが、「最新の気象学」と銘打ったにもかかわらず一般の方にとって気象学として馴染み深いと思われる、天気図とか天気予報の言葉が全然出てこなかったのがこのシンポジウムの特徴だと思います。



ます。それはなぜかと言うと、これは人材育成とも関わりますが、例えば気象予報士の方が熱帯に行っても、うまく予報したり解説したりできないでしょう。それは、一般の人に説明する上でのサイエンスに裏付けられた概念が中緯度のもので、熱帯では通用しないからです。そういう概念をこれから若い人たちが作っていかなくてはいけないのではないかと思います。今の温帯低気圧のモデルや天気図は100年ほど前にノルウェーのビャークネスらが作ったのですが、彼はそのとき19歳でした。そういう話は若い人が作っていかないと、観測精度や計算精度や計算機資源が向上しても、気象学としては前に進まないように思います。

**神山：**私は若手研究者のつもりですが、いま気象学に限らずいろんな分野で、機械学習やニューラルネットワークなどによって、天気図を描くといった作業を自動化できるようになってきています。そういう新しい技術が気象学にどう応用できるか気になっていますが、自戒をこめて、フットワークを軽くして新しい解析手法に挑戦していきたいと思っています。

**岩崎俊樹氏（東北大）：**若手ではないですが、非常に熱のこもった議論をありがとうございました。特に観測データの重要性について、予測へのインパクトなども明確に示して頂いて、感銘を受けました。温暖化している中で今観測をしておかないと、もう再現されません。特に北極では、海氷ばかりが着目されていますが、大気や海洋の状態も含めて、もう将来には実現されない可能性があります。そういう意味でも、観測データがまず最初にあるのだという認識を新たにしました。地球の履歴を捉えるという面でも、しっかり観測してあげると良いと思います。

**松本：**ありがとうございます。今回、YMCとYOPPという、日本の研究者も深く関わる国際観測研究が始まるタイミングでこのようなシンポジウムを開くことが出来ました。気象学の進歩にとって観測は大きな意味を持っており、これから2年間新しい観測データが出てくるのは、新しい飛躍のチャンスであると私も思いました。大変充実したシンポジウムになったと思います。どうもありがとうございました。