

気候モデルの開発を通じた我が国の地球温暖化研究の推進と 気候変動にかかわる社会への情報発信

—2015年度藤原賞受賞記念講演—

木 本 昌 秀*

このたび日本気象学会藤原賞を頂きありがとうございます。お天気博士藤原咲平先生にちなんだこの賞は、長年気象学、気象学会に貢献された大先輩方が受賞リストに名を連ねています。このため、最初に知らせを受けたとき、「そりゃまずいだろう、気象学会…」と思いました。しかし、気が付けば、そろそろ年も年だし、受賞名目を見ると本稿タイトルのようなことで、「十年以上にわたって若手のみなさんとやってきたことに対するものだ。ここで辞退などしては、彼らの面目も立たないではないか」と都合のよい理屈を思いつきましたので、結局ありがたく頂戴することにしました。

本稿では、受賞講演で実際に言ったこと、言い損ねたこと、言いたかったが止めといたことなど、あまりサイエンスの中身には立ち入らず、雑感的に自分の周辺事象について好きに語らせていただくことにします。タイトルは、当日の演題とともに、受賞名目そのままです。私の人生観、みたいな気の利いたものにしたかったのですが、思いつかなかったのと、なぜこの人が受賞したのかわかってもらえなくなる恐れもあったので、このようにしました。本文が柔らかくなってしまうでしょうから、タイトルぐらいは硬くてもよろしいかも…。

1. 気候モデル (MIROC) 開発

1.1 地球シミュレータ前夜

さて、学会の人に見せてもらった「選定理由」をもとに、「なぜこの人が」の言い訳をまずさせて頂きます。以前気象学会賞を頂いたときの御礼文(木本2005)にも書きましたが、学部を卒業して14年間気象庁で働いたあと、縁あって東京大学気候システム研究センター(CCSR)に入れてもらえることになりました。測地審議会の建議にもとづいて1991年に設置されたこの研究センターは、住(明正)さんや松野(太郎)先生が提唱し、全国のコミュニティも後押ししてくれた、「大学でもモデルを作る」という新たなミッションを担うものでありました(東京大学大気海洋研究所気候システム研究系となった今でもそうです)。私は気象庁でエルニーニョ予測のための大気海洋結合モデルを作っていました(があまり人の言うことを聞かない)ので、同じ気象庁出身の住さんに引き受けて頂いたのだと思います。

CCSRではしばらく好きなようにやっていましたが、大気海洋結合モデルは道具として欲しかったので、GCM検討会という仲間うちの会を開き始めました。メールをひっくり返すと1995年からやっていたようです。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第3次報告書に引用される結合モデル相互比較実験(CMIP)に初めてモデル結果を提出しようと、CCSRの阿部彩子さんや、山中康裕さん、当時国立環境研にいた故沼口 敦さん、おなじく江守正多、野沢 徹さんらと何とかでっち上げた記憶があります。この頃はあまり、地球温暖化研究をやっている意識はありませんでした。

CMIPという1994年、その立ち上げの会議(米国サンディエゴ)に私はなぜか出ていたのを思い出し

* 東京大学大気海洋研究所。

kimoto@aori.u-tokyo.ac.jp

—2016年7月7日受領—

—2016年8月16日受理—

ました。結合モデルの会議をやるらしい、モデルセンターなんだから誰か行かないと、という訳で住さんにどんと背中を押されたのですが、その頃 CCSR には結合モデルがありませんでした。多少の計算はしていた大気モデルの図と海洋グループにもらった図を組み合わせて、結合まじりの雰囲気を出すのが一苦勞でした。

さて、新世紀が近づいて来るとセンター長の住さんのテンションが（いつもにも増して）上がってくるのを感じました。思えば1990年代中盤以降、世界一の計算機、地球シミュレータを作り、それに合わせて JAMSTEC（海洋研究開発機構）に地球フロンティアという気象、海洋分野の研究者をたくさん集めた研究部門を作るということで、先輩方は色々とお忙しかったのでしょう。が、私はまだ子供でしたので、松野先生のかばん持ちでお台場近辺の地球フロンティア入居ビルの物色に行った時も、何のこともよくわかっていませんでした。それでも、地球シミュレータ稼働予定の2002年はどんどん近づいてきます。高解像度モデル、並列化、などのキーワードのついた会議やプロジェクトを住さんが持ってきます。世紀が変わる頃には、さすがの私も、「とりあえずモデルは並列化しておかねばなるまい」と思うようになります。気象庁では計算機の都合で、海洋モデルを今でいう並列プログラムに組み直したりしたことはあるので、最後は自分でやってもいいわ、くらいの感じで、廊下を歩いていた気の利いた院生に作業を頼むことにしました。齋藤冬樹（現 JAMSTEC）、渡部雅浩（現大気海洋研）、それに卒業して民間にいった輪木 博君です。とくに、齋藤くんにはD論前に申し訳ないことをしました（しかも、D論の主査になって思い切り書き直させている…）。が、さすがは抜群の人選センスを備えた私、彼らはほぼ予定通りの半年で、故沼口 敦さんの作った CCSR 大気大循環モデルを見事に並列プログラムに書き換えてくれました。海洋は、羽角博康（現大気海洋研）がいるので何の心配もありませんでした。後に、彼らのモデルは、気候モデル MIROC と呼ばれるようになります。

2002年予定の地球シミュレータ（ES）稼働に向けて業界のテンションは上がってきます。ある月の（当時月いちだった）GCM 検討会で、住さんにこう尋ねたことがあるのをよく覚えています：「（大学にいる）われわれが本当に温暖化をやらなきゃいかんのでしょうか？」住さんは即答：「うん、だって CCSR も ES

もそう言って取って来てるんだからね。」——「！」このときようやく私は子供から大人になりました——「ES で GCM 検討会の連中を男にする！」（なんか、まだ子供…）。初めて横浜新杉田の地球フロンティアに一族郎党で乗り込むころには、すっかり健さんか文太兄いの気分。ES で予定の T106, T213程度の解像度は、10年以上前に数値予報課で毎日のように見ていたので、気候モデルとしては「世界最高解像度」かもしれないけれど、別に恐怖感はありません。ただ、大気海洋結合は、予期しない気候ドリフトを生むので、細心の注意が必要です。

1.2 共生プロジェクト（2002-2007）

地球シミュレータを用いて世界最高解像度の気候モデルで IPCC に貢献する、という名目で、文部科学省が「人・自然・人間共生プロジェクト」（共生 P；2002-2007年）という「大型」プロジェクトの準備を始めました。「オールジャパンのプロジェクトだ。気象研究所と一緒にやれないか？」「それはできません」のようなやりとりもありました。気象研は CCSR に移る前にお世話になったところですが、何の恨みもありますが、当時無名の CCSR は、気象研と対等に渡り合えるところまでまずたどり着く必要があったのです。そうこうするうちに GCM 検討会もますます緊迫の度を増してきます。何度となく罵声も飛び交いました。

大気は江守、海洋は羽角を中心に入念に調整してくれましたが、大気海洋を結合したら予想もしないフィードバックが働いて、単独では目立たなかった弱点が顕在化することは、UCLA で結合モデルをやっていた荒川昭夫先生や Carlos R. Mechoso からいやほど聞かされていました。案の定、100年以上の積分を目指すはずの世界最高解像度モデルは、積分開始数年で南極の海水消滅の危機に瀕します。低解像度では、野沢（当時環境研、現岡山大学）、岡 顕（現大気海洋研）らが結合の塩梅を見てくれており、そこそこ場数は踏んだつもりでしたが、まだまだ甘かった。一族郎党は、一旦（地球シミュレータのある）新杉田からすすろと引き揚げて、数か月ああでもないこうでもないという苦悶のときを過ごします。

水平解像度 1°程度の低解像度海洋モデルでは、中規模渦による混合をパラメタリゼーションで表現するのですが、今回海洋は20-30 km まで解像度を上げたので、もうそのような小技は不要、とばかりにはずしてしまっていたのが原因であったことが、すったもん

だの末に判明しました。この程度の解像度では、ロスビー変形半径が小さくなる高緯度で、渦混合パラメタリゼーションを併用せざるを得ないと気づき、無事に南極の海水は取り戻しました。なお、海洋高解像度モデルの実作業は JAMSTEC の鈴木立郎君が引き受けてくれました。

——なつかしい昔話をしているだけなのですが、そして、余分なことを喋るのは主義に反するのですが、時節柄言っておきますと、モデルでも、もちろん観測でも、データセットでもそうですが、研究道具、インフラが高度化して初めて次に進む研究ができるのだろーと思います。よくなった道具を使ってよい論文を書くことはよいことですが、プロたるもの道具をよくする作業もおろそかにすべきではなからうと思います。本物の職人がこんなことを言うとは嫌味ですが、ほとんど手を動かさない号令係の私なので許してください。実際われわれの気候モデル MIROC (Model for Interdisciplinary Research On Climate, 命名：羽角) が何とかものになったのは、そのために新杉田に引っ越した江守や、羽角、野沢らのおかげで、私はひたすらテンションを保つ係でした。プログラミング、モデル調整は全部若者たちがやってくれました（しかし、信用されなくてよいですが、私は当時、「最後は自分でやるからいい」と本気で思っていました。ま、そういう覚悟くらいはあった、という話です）。今も、有志の若者がモデルを開発してくれています。重ねて、開発スタッフの評価は論文数だけでしないでやってください。

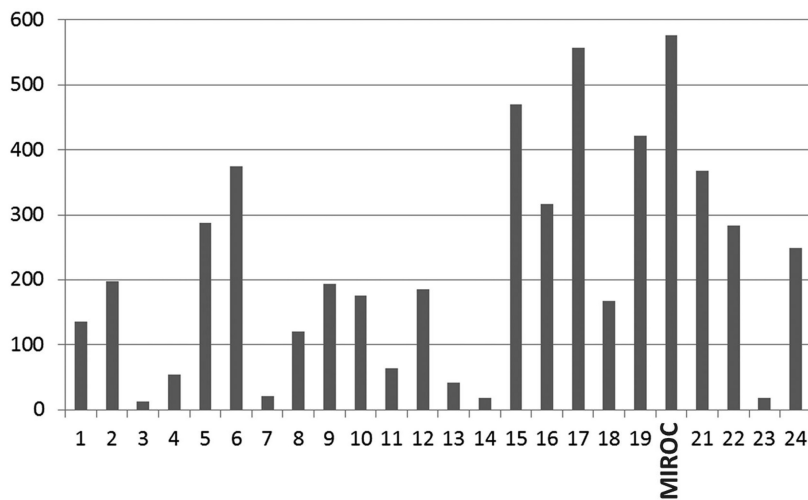
ともあれ、そんなこんなで2年以上をかけて開発し、3か月間毎日小刻みにESに計算ジョブを投入して「世界最高解像度気候モデル」の200年積分が終わったのは2004年の夏です。冷夏だった前年の夏から一転して猛暑の夏。神風とはよく言ったもので、環境省の役人さんのアドバイスに従って、江守くんが大急ぎで準備してくれた「地球温暖化、真夏日・強雨日増加」の記者発表は、東京の真夏日記録更新と重なり、これを境に私の営業（取材、講演など）の回数もうなぎのぼりに増加しました。しかし、江守さんがスポーツマンの役を率先してやってくれたので、とても助かりました。とくに温暖化に懐疑的な方々との接触がミニマムに保たれたのは幸運でした。おかげで、モデルをこしらえる傍ら、サイエンス的な活動も進めることができました。このときの実験のメッセージを「温暖化したら日本は強雨増加に注意」にすることは実験

する前から決めていました (Kimoto *et al.* 2005)。低解像度のモデルでは梅雨前線が東西でなく、大陸の沿岸に沿って北東－南西の走向を持つことが多いですが、それではメッセージに信憑性がなくなるので、梅雨前線の再現性には気を使いました (Kimoto 2005)。どこにも書いてないですが、東西走向の最終仕上げには重力波抵抗の調整が有効でした。

1.3 モデルを用いた気候研究展開

さて、GCM 検討会では、かなり早い時期から気候感度問題について時間を割いていたと思います。気候システムが外部強制の変化に如何に応答するかを理解することは、気候システムの働き方を理解することに他ならないからです。とくに雲の働き、パラメタリゼーション、その理解は最重要課題としてきました。当初、われわれのモデルは（他の多くのものと同様）水雲と氷雲の割合を気温でパラメタライズしていましたが、その関数に気候感度は大きく依存します (Tsushima *et al.* 2006)。サブグリッドスケールの雲水分布を扱うスキーム (Watanabe *et al.* 2009) や雲水・雲氷を別々に扱うスキーム (Wilson and Ballard 2009; 小倉智夫が実装) などを導入しました。そして、大気大循環モデルの心臓、積雲パラメタリゼーションも千喜良 稔くんが Arakawa-Schubert を大幅改良した新スキームを作ってくれました (Chikira and Sugiyama 2010)。境界層には中西一新野スキームを入れ、共生 P の次の21世紀気候変動予測革新プログラム (革新 P; 2007-2012) のときには、パラメタリゼーションはほぼ国産、と誇れる MIROC5 を完成させることができました。頼んだ覚えもないのに、MIROC5 の開発を率先して担ってくれたのは、洋行と北海道暮らしから帰って来た渡部雅浩です (Watanabe *et al.* 2010)。

MIROC5 の頃には、地球シミュレータの計算力をふんだんに生かし、それまでとは桁違いの実験数をこなすようになっていましたので、モデル開発、温暖化に限らず、モデルを縦横無尽に使って論文を大量生産できるようになりました。Chikira 積雲スキームのお蔭で、長年の懸案だった double ITCZ も取れ (Hirota *et al.* 2014)、弱くて恥ずかしかった ENSO の振幅も自在に調整できるようになりました (Watanabe *et al.* 2011)。少し後になりますが、桁違いの場数は、世界で初めてフラックス調整を用いない大気海洋結合モデルで、物理パラメタリゼーションを差し替え、各種パラメータ値を大きく振った摂動アンサンブルモデ



第1図 MIROCは、地球システムモデル MIROC-ESMも含めて、第5次結合モデル国際相互比較実験 (CMIP5) に提出された24のモデルグループ (横軸) 中、しばらく (2年以上の間) 引用数 (縦軸) 世界一でした (図は2014年6月14日時点のCMIP5 HPのデータをもとに作ったもの)。律儀にバッチを守って実験結果を提出したことが奏功しただけで、だいいち引用数とモデルの性能は何の関係もないのですが、何かちょっと嬉しかった…。図は、「シャレですから、冗談ですから」と言いながらお世話になった役所の人たちに見せて回っていたものです。もちろん、程なく本命老舗の某モデルセンターに抜かれました。

ル群作成の成功ももたらしました (Shiogama *et al.* 2013)。このアンサンブルを用いて、気候感度を律する物理過程の特定、そして観測データによる律速を試みています (Kamae *et al.* 2016)。

革新Pの次の気候変動リスク情報創生プログラム (創生P; 2012-2017) では、CCSR卒業生の小倉智夫君 (環境研) が気候感度グループの取りまとめをしてくれており、私の「お前しかいない」おだてに乗った建部洋晶 (JAMSTEC) がMIROC6を完成させようとしています。忘れてはいませんが、大気海洋結合モデルを作るわれわれの隣ではいつも JAMSTEC の河宮未知生率いる地球システムモデル (ESM) グループがESM版MIROCを作ってくれており、われわれの苦手なエアロゾルや大気化学は、竹村俊彦 (九大)、須藤健悟 (名大) が引き受けてくれます。GCM検討会メンバーが全国に散るようになり、今では年一回程度になってしまいましたが、その分メンバーの多くが各種プロジェクトでPIを務め、分科会の類も盛んです。

地球シミュレータというナイスな道具の真骨頂は、すぐに他所に抜かれてしまうような「世界最高解像度

モデル」ではなく、われわれ開発グループが「モデル」を (そして望むらくは自然を) 格段によりよく知るようになったことだと信じています。再び自慢話で恐縮ですが、私は中心人物でないので許してもらうこととして、佐藤正樹氏 (東大大気海洋研) のNICAMグループも含め、ジャパンの気候感度研究グループはすでに世界でも指折りのチームに成長してきたと思います (気候感度については、天気誌面を大幅にお借りして気象学会のみなさまにご説明させて頂いております; 吉森ほか 2012a, b, c)。

革新Pでは、かねてからの念願であった初期値化気候予測に挑戦することも

できました。それまで温暖化等の気候予測と言えば、外部強制に対するシステム応答を求める、いわゆる境界値問題でしたが、観測データに基づいた今日の状態から天気予報のように初期値問題として予測計算を行うのです。

あるとき、2007年のIPCC第4次評価報告書の後、次期結合モデル国際比較実験の設計の会議に行ったら、炭素循環を計算する地球システムモデルは当然ですが、同時に、初期値化した近未来予測や (気象研が共生で打ち上げた) 高解像度タイムスライス実験というようなアジェンダもあって、驚いた覚えがあります。共生から革新Pへ、私たちはこんなことをやりたいんだ、と日本で役所の人に言っていたとおりの展開になっていたからです。思えば、当時日本のIPCC関係の調整役をやっていた近藤洋輝さんが、あちこちで日本の計画を宣伝してくれていた後押しもあったのだと思います。外国のみなさんも、地球シミュレータでポッと出てきたジャパンの連中を多少は気にしてくれていたのかとも思いました。ま、近未来 (十年規模) 予測は、すでにイギリス気象局 (UKMO) のScience論文 (Smith *et al.* 2007) が出

ていましたし、われわれの計画が世間感覚とずれてなかった程度のことだと思いますが、ちょっとよい気分になったのは確かです。

近未来予測は2013年刊行の IPCC 第5次評価報告書第1作業部会編で新たに1章を設けられ、われわれもそれなりの初期成果を挙げることはできましたが、ENSO を越えた先の予測は、中々簡単ではありません。温暖化が進むというのは間違いありませんが、自然変動の動向の予測については、近年の“ハイエイトス”（渡部 2014）をはじめ、課題満載であります（Kirtman *et al.* 2013）。しかし、初期値化気候予測というのは、大きな方向性であることは間違いなく、WCRP も新たに Grand Challenge 課題の一つとして近未来予測を加えようとしています（木本 2015）。

われわれの初期値化気候予測への挑戦を可能にしたのは、気象庁でエルニーニョ予測システムを作っていたときの同志、石井正好のお蔭です。私の呑み仲間である彼とは、CCSR に移ってから海洋表層のデータセットを作り、さらにそのデータを結合モデルに入れる話をずっとしていました（その昔は、気象庁本庁でチームを組んでいた吉川郁夫とともに、「3人で気象研に勝つ」と気炎を上げていた恥ずかしい記憶があります）。彼の海洋表層水温塩分データセット（Ishii and Kimoto 2009）は、Ishii データとして IPCC にもふんだんに引用されています。仏頂面の職人であった彼が、若者の面倒をよく見るナイスなおじさんに変身したのは、プロジェクトに引き込み、学位も取らせてあげた私のお蔭です。今ではアンサンブルカルマンフィルタ（借りて来ないで自分たちで作った）を使うようにもなった気候初期値化システムを用いて、19世紀末以来の気候再解析・再予測—「150年気候再解析」をやるのが目下の大きな夢の一つです。

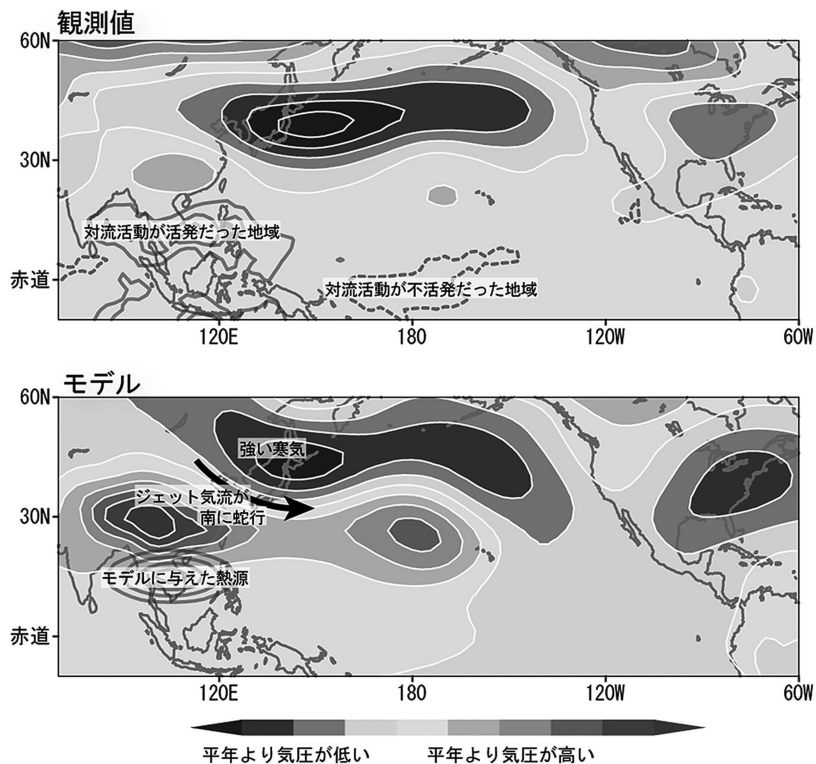
横柄、なように見えるためか、敵の多い（ように思う）私ですが、地球シミュレータとその関係者には常々感謝の言葉を忘れないように心がけています。われわれのチームを一人前にしてもらったからです。その地球シミュレータが、本賞を頂いた2015年に6年振りに更新され、計算力が一段と向上しました。向上しすぎて稼働当初使用率が下がることを恐れた ES の人たちが特別推進課題という事業を作ってくれましたので、自分たちのやりたい計算も多々あったのですが、関係者への恩返しの意味も込めて、政府が推進しようとしている温暖化適応策への貢献のための大アンサンブルデータセットを作ることにしました。極端気象も

含めて温暖化リスクの定量化を可能にするために、現在気候および温暖化気候時の条件で全球大気モデル（AGCM）と日本域領域モデルを数千年分計算する、総量2ペタバイトに及ぶデータセットで、水文、農業等々の適応策の定量策定に、貢献したいと思いました。本来、革新Pの後、2012年からやっている創生Pでやるべき仕事ですが、当初計算量の目処が立てられなかったのが、事情も好転したので、数か月頑張つてやり遂げましょう、ということで、（安定性と世間体を考えて）気象研のモデルを用いることとして、イベントアトリビューション（森ほか 2013）研究で培ったわれわれのアンサンブルノウハウも実験デザインに入れて、そして、気象研、京大防災研をはじめとする創生Pの若者の情熱を焚き付けて、やり遂げることができました（“d4PDF”でweb検索すると解説ページが出てきます；記述論文群は現在投稿・準備中）。ここであらためてチームのみなさんについて思いましたが、調子に乗せた若者のパワーは大したものだなあ、加えて、データセットを作るという作業的な仕事なのですが、上手に論文ネタにもしてくれるようになったなあ——感慨に耽るようになったのは年取った証拠ですな…。

2. 異常気象？

予想通り、モデル開発の話が無駄に長くなってしまいました。異常気象分析検討会の話も少しします。気象庁が2007年に設置したこの会（以下、検討会）は、「平成18年豪雪のような社会経済に大きな影響を与える異常気象が発生した場合に、大学・研究機関等の専門家の協力を得て、異常気象に関する最新の科学的知見に基づく分析検討を行い、その発生要因等に関する見解を迅速に発表することを目的としています」（気象庁 HP）。気象庁と検討会委員のみなさんのご寛容により、私が発足時より会長を務めさせて頂いております（もう辞めます、ご心配なく）。

自分が気象庁にいた関係もあり、会の発足以前から、異常天候などの際のマスコミ取材等の際には、長期予報課（現気候情報課）に電話して、様子を聞いたり、大量の資料をFAXしてもらったりしていたものです。長期予報課の熱血漢、プロッキング仲間の前田修平さんとは普段からよく話をしました。そう、その頃は気象庁外からは、リアルタイムの天気図、とくに長期予報関係の図を見るのは、簡単ではありませんでした。



第2図 2005年末、後に平成18年豪雪と呼ばれるようになる寒波襲来の際に、気象庁の前田修平さんのアイデアをもとに渡部雅浩が計算した図。2005年12月の月平均場で、ラニーニャの影響を受けた熱帯西太平洋の対流偏差(太い実線と破線)が日本に寒波をもたらすようす(陰影と細い実線は500 hPa 高度偏差)が線形モデルで説明できた。

忘れもしない2005年末、早々と休暇モードの私に、前田さんから電話がありました。「予報を見ると正月にかけてけっこうな寒波が来そうだ。木本さんここにも取材が来ると思いますよ。ラニーニャ海水温の影響を受けた熱帯の降雨偏差の影響だと思うんだが、証拠がないと解説しづらい。」「じゃ、渡部君(当時北大)に頼んでみたら?」「休暇時期だし、悪いなあ…。」「いいんじゃないの」…というような顛末で、渡部君が自分の作った線形傾圧モデル(Watanabe and Kimoto 2000)を使って手際よく計算してくれた図は、見事に赤道西太平洋の非断熱加熱偏差が日本付近の冬型の強化をもたらすようすを示していました(第2図; 念のために言っておきますが、こんなにうまくいくことは、そうそうありません)。大喜びした前田さんが正月休みもそこそこに、この図を振りかざして、マスコミに普段の3倍増しのテンションで解説して回ったことは言うまでもありません。

2009年の第3回世界気候会議で気候情報の社会提供を推進することが謳われ、気象庁も、民間気象会社も、一昔前に比べれば格段に向上した気候・気象情報をなんとかもっと有効に社会活用してもらいたいと願う昨今ですが、多くの人が「天気予報はタダ」だと思っているせいか、産業界での積極利用は捗々しくは進んでおりません。こんな場でよく言われるのが、「成功例を作る」。うまくいった例を見れば、「あ、それならうちでも」となるはずだからです。上記、平成18年豪雪の「要因分析」に関わる「官学連携」事例は、見事な成功例として、前田さんのただでさえ高いテンションを一層持ち上げ、検討会設置が実現しました。気象庁内、とくに高野清治先輩をはじめとする長期予報人脈からも情熱的

な支援がありました。

前田さんの検討会構想には、私の願っていた「プロフェッショナルな天気図をリアルタイムで見ることができる」仕組みも入っています。異常気象分析webと呼んでいる検討会委員(＋作業部会)向けのページで、長期予報官が見ている図や、iTacsと呼ぶツールで自分なりの分析図も描くことができます。検討会発足以来、マスコミからの電話を一旦切る必要なく、天気図で確認しながら取材に応じることが可能になりました。スバラシイ…。

異常気象分析検討会は、「大気大循環の異常が主要因で、比較的長期(2週間程度)にわたって持続した異常気象を分析検討の対象とし」ています。「異常」は、気象庁やWMOの定義にならって、30年に1回以下の頻度を想定しています。気象災害は頻繁に起こりますが、その度に分析、見解の公表まではできません。ですが、定例会や臨時会で検討した内容について

は、仮に定義上異常気象でなくても記者レクのような形で解説するようにしています。気象庁の担当者は責任もあり、言いにくいようなことも大学の自営業教授なら、「専門家の見解」と称して解説できますから。

これまでに何回検討会長として記者発表、レクチャーをやったのかは覚えていませんが、記憶に残っているのは、2014年9月3日に行ったものです。このときは、「2014年8月の不順な天候の状況とその要因」として、主として8月前半の西日本の大雨を中心に臨時会合を開いた結果を解説したのですが、その直前8月20日未明に広島でバックビルディング型の集中豪雨が土砂崩れを起し、わずか3時間で75人の命を奪っていました。地球温暖化に伴って強雨の頻度、強度が増加する傾向にあるということは2004年、はじめて地球シミュレータで計算をした頃から言っていたつもりですが、このときばかりは、肝心の天候解説をさておき、会見の最初数十分をかけて、気象庁記者クラブのみなさんに「温暖化しようがしまいが極端気象、災害は起こる。まして、温暖化とともに増える傾向がある。広島規模の雨はまた必ず来る。どうやって逃げるのか自分のこととして考えてほしい。そのことを国民のみなさんに伝えてほしい」ということを、私にはめずらしく熱弁しました（そう言えば、猛暑にもかかわらず、スーツ、ネクタイを着用して出かける私の気合の入りように、家族も驚いておりました…）。後で聞いた話では、広島災害をきっかけに防災について有識者会合を開こうとしていた国交省大臣の一喝で、気象庁の方は徹夜で私の話のテープ起こしをさせられたそうです。先走ったことを言って怒られたなら申し訳ないと言ったら、そうではなくて、大臣が参考にしたというような穏便な話だったようです。

国交省の有識者会議には、私も呼んで頂けたので、気象庁の人からネタを仕入れて、少しでも早く避難をしてもらうために、観測や予測の開発を支援してほしいこと、水蒸気ライダーとか船載GPSなどよい飛び道具が出つつあることなど言ってみました。御嶽山が噴いたり、選挙があったりもしたためか、なんとなく終わってしまいました。

しかし、これを機に、私の防災に対する熱意に火が付きまして。といいますか、年食って役所の委員会などで発言できる機会も増え、気象庁の人では言いにくいことを言うのが仕事だとやっと気が付いたのでしょう。「温暖化はもういい。異常気象は、済んだことをぐちぐち言うばかり。これからは防災だっ。」がしば

らく口癖になっていました。今は少し落ち着いて、もう少しまともに言うように心がけています。「ゲリラ豪雨の予測は現時点では無理。なぜなら測っていないから。しかし、測ることができて、そのデータをモデルに同化できるなら予測は全く不可能という訳ではない。リードタイムを少しでも伸ばし、広島の悲劇を繰り返さないで済むよう、気象予測を支援してもらいたい。新しい飛び道具もある。気象庁の仕事？ 気象庁に予算の余裕は無く、その開発計画にはひまわり8号2分毎の“Big”データ同化は視野にも入っていない。従来開発の延長では達成できない可能性を、ポスト京コンピュータで何か月かかったとしても、しかるべくデータ同化をすれば8月19日就寝前に避難勧告が出せた可能性を、研究で示すので、ぜひとも気象観測と予測向上の支援をしてほしい。」これを繰り返しております。そう、文科省のポスト京スパコン研究で、気象研究所の瀬古 弘さんや、理化学研究所の三好健正くんの目指しているところです。役所からの「成果はいつ出る？」コールがあまりにうざったいので、私はスパコン京関連のプロジェクトから離れましたが、年寄りなりに側面から援護射撃をしたいと考えております。そう言えば、飛行機のレンタルのみを大型計画と認定している気象学会ですが、世間の認める気象学会の使命、「防災」を軸に、もう少しスケールの大きい計画を立てられるのではないかと常々思っております。新しい観測器の開発、それらを用いた予測、とくに気象庁の開発計画を越えた“Big”データ処理・計算、温暖化に伴う変化も視野に入れれば、時間スケールの長いところもカバーできるはずなのですが…。

3. おわりに

モデル開発や、地球温暖化のような世間が求める研究をやり続けるのはけっこうしんどいことですが、「数値気候モデルは、自分たちの研究に絶対に必要なものだ、そして、それを作る力がなければやりたい研究を推進してゆくことはできないのだ」という信念（～思い込み）と、それに共鳴してくれた多くの仲間のお蔭で何とか格好がついたように思います。GCM 検討会は、途中から「21世紀のNPグループ」

[†] 1960年代日本の数値予報（Numerical Prediction；NP）の黎明期に活発に活動していた研究グループ。岸保勘三郎、荒川昭夫、真鍋淑郎ら気の遠くなるようなメンバーが名を連ねる。私の理解では、松野太郎先生ですら末席（！）。



第3図 2005年日経科学技術賞をもらってお祝い会。数少ないグループ集合写真の一つ。住さんに新撰組の半被を着せたのは当時大河ドラマに嵌っていた私ですが、今どき従来型の GCM を律儀にやる、というグループの性格が新撰組のアナクロニズムに通じるものもあり、案外洒落が効いていて、私は好きです。

にしたいと秘かに思うようになりました。先輩方には苦笑されそうですが、それなりに活動の足場のような感じにはなったのかと思います。受賞名目にある「社会への情報発信」については、給料分にも足りてないように思います。世間のためにも、そして、脂の乗った若手の負担を減らすためにも、年寄りが世間と研究の橋渡しに貢献すべきかと思っています。

読んで頂いてお分かりのとおり、本稿の主人公は、私に本賞受賞をもたらしてくれた仲間たちです。ときにはさん付け、ときには呼び捨てになっていますが、私がそう感じたのであえてそのままにしました。こういう原稿では、最後に「謝辞」というのをつけるものだと思いますが、本稿は全体が謝辞となっております。さらに、事実関係を克明に記録することにはあまり興味がありませんでしたので、記憶するままに書き連ねました。ご了解のほどよろしくお願いします。ありがとうございました。

参 考 文 献

- Chikira, M. and M. Sugiyama, 2010: A cumulus parameterization with state-dependent entrainment rate. Part I: Description and sensitivity to temperature and humidity profiles. *J. Atmos. Sci.*, **67**, 2171–2193.
- Hirota, N., Y. N. Takayabu, M. Watanabe, M. Kimoto and M. Chikira, 2014: Role of convective entrainment

in spatial distributions of and temporal variations in precipitation over tropical oceans. *J. Climate*, **27**, 8707–8723.

Ishii, M. and M. Kimoto, 2009: Reevaluation of historical ocean heat content variations with time-varying XBT and MBT depth bias corrections. *J. Oceanogr.*, **65**, 287–299.

Kamae, Y., H. Shiogama, M. Watanabe, T. Ogura, T. Yokohata and M. Kimoto, 2016: Lower-tropospheric mixing as a constraint on cloud feedback in a Multi-parameter Multiphysics Ensemble. *J. Climate*, **29**, 6259–6275, doi:10.1175/JCLI-D-16-0042.1.

木本昌秀, 2005: 異常気象の謎を追って—2004年度日本気象学会賞受賞記念講演—. *天気*, **52**, 439–448.

Kimoto, M., 2005: Simulated change of the east Asian circulation under global warming scenario. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L16701, doi: 10.1029/2005GL023383.

木本昌秀, 2015: 世界気候研究計画 (WCRP) 合同科学委員会 (JSC) 一第36回会合の報告と所感—. *天気*, **62**, 813–817.

Kimoto, M., N. Yasutomi, C. Yokoyama and S. Emori, 2005: Projected changes in precipitation characteristics around Japan under the global warming. *SOLA*, **1**, 85–88.

Kirtman, B., S.B. Power, J. A. Adedoyin, G.J. Boer, R. Bojariu, I. Camilloni, F.J. Doblas-Reyes, A.M. Fiore, M. Kimoto, G.A. Meehl, M. Prather, A. Sarr, C. Schär, R. Sutton, G.J. van Oldenborgh, G. Vecchi and H.J. Wang, 2013: Near-term Climate Change: Projections and Predictability. In: *Climate Change 2013: The*

- Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 森 正人, 今田由紀子, 塩竈秀夫, 渡部雅浩, 2013: Event Attribution (イベントアトリビューション). 天気, **60**, 413-414.
- Shiogama, H., M. Watanabe, T. Ogura, T. Yokohata and M. Kimoto, 2013: Multi-parameter multi-physics ensemble (MPMPE): a new approach exploring the uncertainties of climate sensitivity. *Atmos. Sci. Lett.*, **15**, 97-102.
- Smith, D. M., S. Cusack, A. W. Colman, C. K. Folland, G. R. Harris and J. M. Murphy, 2007: Improved surface temperature prediction for the coming decade from a global climate model. *Science*, **317**, 796-799.
- Tsushima, Y., S. Emori, T. Ogura, M. Kimoto, M. J. Webb, K. D. Williams, M. A. Ringer, B. J. Soden, B. Li and N. Andronova, 2006: Importance of the mixed-phase cloud distribution in the control climate for assessing the response of clouds to carbon dioxide increase: a multi-model study. *Clim. Dyn.*, **27**, 113-126.
- 渡部雅浩, 2014: ハイエイタス. 天気, **61**, 277-279.
- Watanabe, M. and M. Kimoto, 2000: Atmosphere-ocean thermal coupling in the North Atlantic: A positive feedback. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **126**, 3343-3369.
- Watanabe, M., S. Emori, M. Satoh, and H. Miura, 2009: A PDF-based hybrid prognostic cloud scheme for general circulation models. *Clim. Dyn.*, **33**, 795-816.
- Watanabe, M., T. Suzuki, R. Oishi, Y. Komuro, S. Watanabe, S. Emori, T. Takemura, M. Chikira, T. Ogura, M. Sekiguchi, K. Takata, D. Yamazaki, T. Yokohata, T. Nozawa, H. Hasumi, H. Tatebe and M. Kimoto, 2010: Improved climate simulation by MIROC5: Mean states, variability, and climate sensitivity. *J. Climate*, **23**, 6312-6335.
- Watanabe, M., M. Chikira, Y. Imada and M. Kimoto, 2011: Convective control of ENSO simulated in MIROC. *J. Climate*, **24**, 543-562.
- Wilson, D. R. and S. P. Ballard, 1999: A microphysically based precipitation scheme for the UK Meteorological Office unified model. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **125**, 1607-1636.
- 吉森正和, 横畠徳太, 小倉知夫, 大石龍太, 河宮未知生, 塩竈秀夫, 對馬洋子, 小玉知央, 野田 暁, 千喜良稔, 竹村俊彦, 佐藤正樹, 阿部彩子, 渡部雅浩, 木本昌秀, 2012a: 気候感度 Part 1: 気候フィードバックの概念と理解の現状. 天気, **59**, 5-22.
- 吉森正和, 横畠徳太, 小倉知夫, 大石龍太, 河宮未知生, 塩竈秀夫, 對馬洋子, 小玉知央, 野田 暁, 千喜良稔, 竹村俊彦, 佐藤正樹, 阿部彩子, 渡部雅浩, 木本昌秀, 2012b: 気候感度 Part 2: 不確実性の低減への努力. 天気, **59**, 91-109.
- 吉森正和, 横畠徳太, 小倉知夫, 大石龍太, 河宮未知生, 塩竈秀夫, 對馬洋子, 小玉知央, 野田 暁, 千喜良稔, 竹村俊彦, 佐藤正樹, 阿部彩子, 渡部雅浩, 木本昌秀, 2012c: 気候感度 Part 3: 古環境からの検証. 天気, **59**, 143-150.

Promotion of Global Warming Research in Japan
through Development of Climate Models and Dissemination of
Information on Climate Variability and Change

Masahide KIMOTO*

* *Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 5-1-5, Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba, 277-8568, Japan.*

(Received 7 July 2016; Accepted 16 August 2016)
