

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—

木本昌秀*

1. はじめに

歴代の気象学会賞受賞者の末席を汚す羽目になり、誠に恐縮です。ともかく何かしゃべれということですので、このようなタイトルでお話しさせていただきます。タイトルスライドで使った写真は、十字路に立つ若き日のロバートジョンソン、人形作家の石塚公昭さんの作品です¹⁾。ふてぶてしくも緊張した目つきに、ブルースギターの腕前を手に入れるために魂を悪魔に売ったという伝説の取り引き直前の緊迫感が現れています。

大いに勘違いしている節がありますが、20数年前のことを思い出しているうちにホームページで拝見したこの写真が離れなくなり、お断りして使わせていただきました。

2. 天気図描きの時代

さて、自分のことですが、京都大学の気象学研究室を山元龍三郎先生のご指導により無事卒業した後、学部卒で気象庁に入庁しました。2年間の成田空港での観測の後、本庁の予報課に呼んでいただきました。毎日朝早くから夜遅くまで高層天気図を描く毎日でした。プロが使える天気図が描けるまで当番にも入れてもらえない厳しい職場でしたが、面白かった。天気図を描くのに必要だった総観気象学とか力学とかから始めて、勢いあまって、また、本庁で簡単に手に入るのをよいことに、わかりもしないくせに原著論文などを読み漁るようになりました。あげくのはてには、出たてのパソコンを中古で買い求めて、8インチフロッ

ピーかなんかでデータを移して、論文で見た図のまねをしたりするようになった。感心な若者のように聞こえますが、行き過ぎると不良職員です。

タイトルバックで使ったのが、そうやってこそこそと描いていたブロッキングの天気図です。みなさんマイフェイスリットブロックをお持ちだと思いますが、私のは、この1983年12月、北太平洋のもので（第1図a）。ジェット気流がぐぐっと蛇行を始めたかと思うと、美しいΩ型になり何日も続く。ブロッキングの経度帯の帯状風の時間シークエンスを描くと（第1図b）、シングルジェットとダブルジェットの期間が明瞭に分かれます。こりゃあすごいわ。多重解だ。当時、Charney and DeVore (1979) らの多重平衡理論が流行っていたこともあって、一気にそっち方面へ興味が傾きます。本格的な不良職員化。

とくに好きだったのが、大規模場のブロッキングによって経路を変えられた短周期の移動性高低気圧が、そのことによって逆にブロッキングを維持するような集団効果を持つ、という、いわゆる eddy straining hypothesis でした。当時、英国を中心にそのような研究が盛り上がり、JAS も QJRMS も次の号が来るのが待ち遠しいくらいでした。

いまではよく知られているように、ジェットの分流点付近で南北に伸張を受けた高低気圧は、南の暖かい空気塊を暖かいブロッキング高気圧の方へ、北の冷たい空気塊を冷たいブロッキング低気圧の方へと選択的に運ぶことによって大規模場のブロッキング傾向を維持する、というのが eddy straining hypothesis のエッセンスです（第2図）。たしか1983年に来日した McIntyre は、drip feed hypothesis とも呼んでいました。

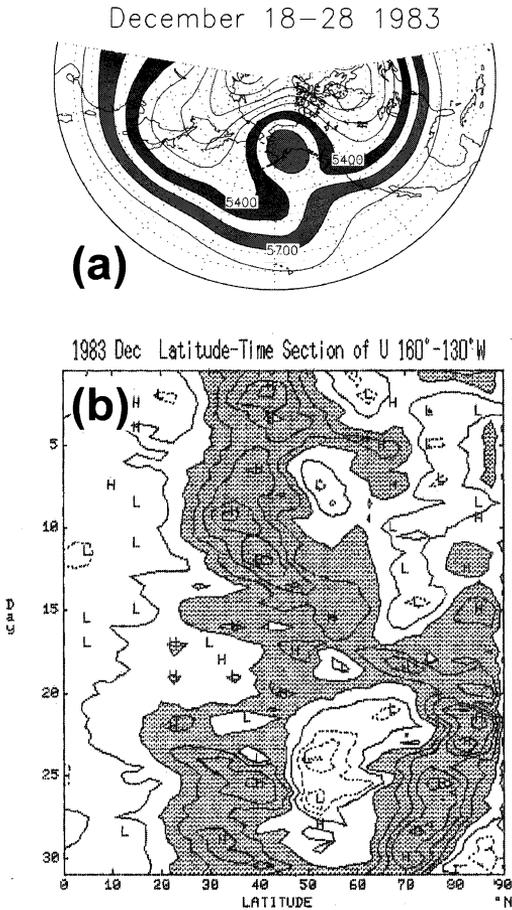
中古のくせに60万もしたパソコンで、eddy によるポテンシャル渦度フラックスとかその収束とか計算していましたが、これも今ではよく知られているとおり、そういう量はなかなか noisy きれいに描けません。

* 東京大学気候システム研究センター。

¹⁾ <http://www.kimiaki.net/> の中の <http://www.kimiaki.net/rjc2.htm>

2005年1月21日受領—

2005年4月1日受理—

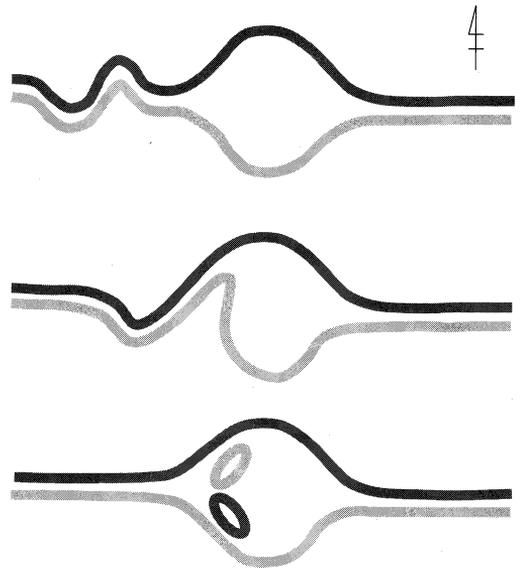


第1図 (a) 1983年12月23日～28日平均の500 hPa高度。(b) 1983年12月東経180°～西経130°で平均した500 hPa 東西風の緯度-時間断面図。陰影は西風ジェットの領域を示す。

そんな最中、Shutts(1983)が溜飲の下がるほど見事な数値実験でブロッキングの eddy straining による維持効果を示します。私が、この論文でとくに好きなのは、大規模場が定常ロスビー波の共鳴条件を満たさないと、eddy straining は働かず、ブロッキングもできないことをはっきりと示したところ。Eddyの集団効果は結局大規模場の関数であり、正のフィードバックはあるが、やはり本質は大規模場が準定常解をサポートすることがより重要ではないかと考えました¹²。これが後に北極振動を3次元的に変化する基本

¹² 当時勉強した内容は、幸い木本(1993)に書く機会を得ました。

Eddy Straining Hypothesis



第2図 Eddy straining hypothesis の模式図。高層の等高度線を模したもの。上流から移動性擾乱が東進してくると、ブロッキングに対応する分流域で南北伸長を受け、暖気が分流の北側へ、寒気が分流の南側へと選択的に運ばれる。

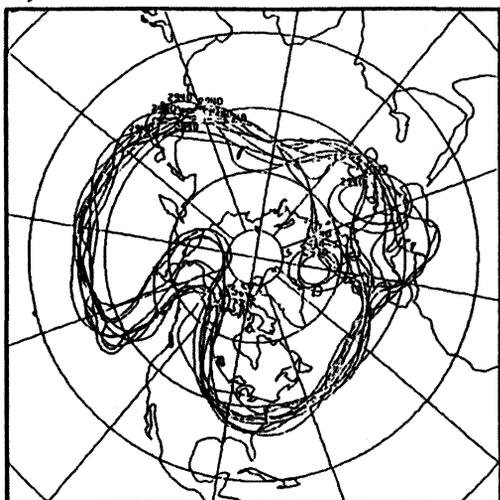
場のもとでの中立モードとして解釈するような研究につながります。ですが、当時はまだ、一不良現業員の私でした。

3. 天候レジームに捕捉される

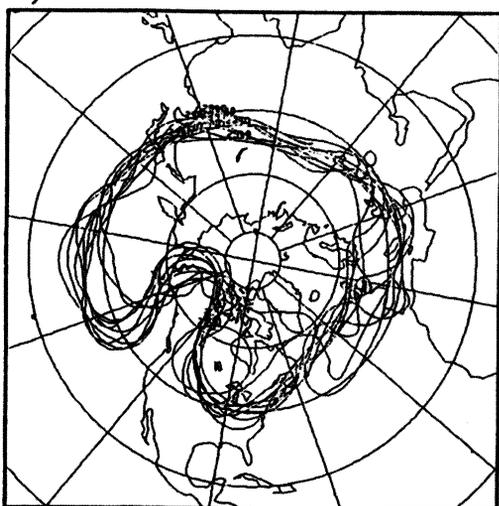
ところが、そんな私に海外の大学院で2年間過ごすチャンスがころがりこんできます。人事院の長期在外研究員制度といい、決して転がり込んできたわけではなく、関係者のご尽力があったはずですが、本人は完全に舞い上がっています。行政や経済を勉強せよと主張する人事院の説得に、気象庁の技官として、気象学以外の可能性は考えられぬ、と横車を押してUCLAに行くことにしました。当時の非礼をここにお詫びします。

UCLAも楽しかった。ちょうど赴任したばかりで数学の得意なMichael Ghil教授が、多重平衡に興味があり、彼のもとで修士論文を書くことになりました。米国の講義は宿題も沢山ありました。また、こそこそとパソコンでスペクトルモデルを組んだりもしてましたが、論文は、多年の観測データから多重平衡性の検討をするというものになりました。37年分の700 hPaデー

a) 2940H 61 1 20 - 61 1 29 0Z



b) 2940H 78 12 31 - 79 1 9 0Z



第3図 引き続き10日間の700 hPa 等高度線を描いたもの。(a) 1961年1月20-29日, (b) 1978年12月31日-1979年1月9日 (Kimoto and Ghil, 1993aより).

タを与えられたので、天気図を描きまくって、第3図のように、確かに普段よりも持続性の高いジェットの蛇行型が再帰的に現れるようすを確認するとともに、数学性の強い Ghil 教授には、多次元位相空間内で、アトラクターの確率密度分布に非均質性があり、その極大を同定すればよいのだ、と翻訳して伝えたりしてお

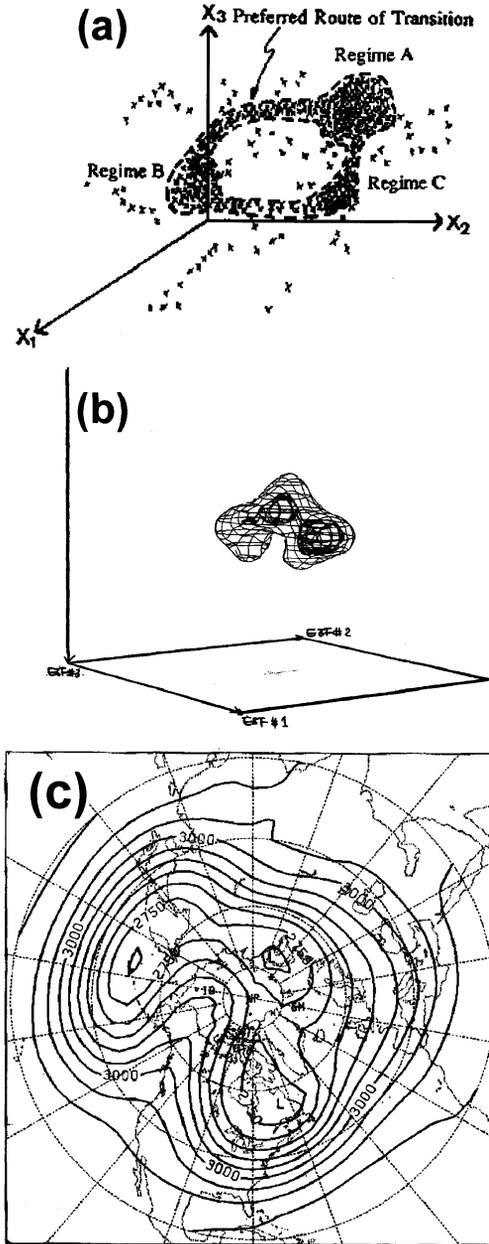
りました。

データ解析では、多次元位相空間は経験的直交関数 (EOF) で構成します。1枚の天気図は、位相空間では一つの点になりますので、その存在確率の極大を探すと、再帰性、持続性のあるパターンを同定することができます。そういうのを天候レジームと呼びます (第4図)。天候レジームは位相空間の他の場所に比べると安定性の高い場所であるはずですが、システムはいずれ他のところへ移るので数学的にいうと不安定です。大気のような散逸系では、不安定な次元数より安定な次元数の方が圧倒的に大きいので、システムは不安定常解の近所を何度も訪れ、しばらく滞在します。数学的には、定常解から遠ざかるときよりそこへ近づくときの方が早いことが期待されますが、データではそのような違いは見つかりませんでした (第5図)。もう少し気象学的に、そもそも他の可能性に比べて、天候レジームなどとして同定されるパターンが高い持続性、準定常性を示す物理は何か、という問いは現在でもうまく答えられていません。3次元的に変化する場のもとでの偏差場の共鳴条件とか高周波 eddy からのフィードバックとかが関っているはずで、GCM がよくなり、大量のデータを捏造できるようになった現在、あらためて挑戦してみる価値はあると思います。

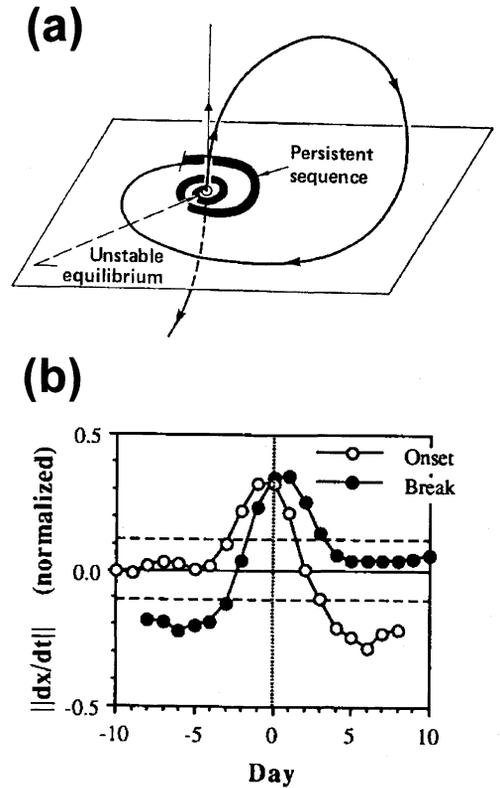
天気図のシークエンスから、大気が複数の天候レジーム間を一見不規則に遷移するようすをマルコフ連鎖として記述するあたりは、Ghil 先生のご指導によるものです。暇だったので、多発する遷移のシークエンスを追いかけてるうち、いくつかの遷移を経て元に戻るような preferred loop of transitions もあることがわかりました。系に潜在的な (季節内) 振動モードが存在しても、不安定性の強い中緯度では、その一周をまっとうすることは稀であります。マルコフ連鎖解析のような統計なら潜在ループの存在を示すことができるのではないかと思います (第6図)。

荒川昭夫、柳井迪雄、両日本人教授のご好意もあって、2年間で Ph. D. candidacy までとらせて頂き、帰国後論文をまとめて1989年に Ph. D. の学位も頂くことができました。(ちなみに、荒川、柳井先生には決して日本語で話さないようお願いしたのが語学習得に役に立ったと思います。失礼ながら、東洋人と英語でしゃべる方ははるかに楽ですから。)

ところで、多次元位相空間は広大ですので、結果の有意性を確保するのが難しく、乱数系列などを用いた検定を駆使するとか、領域に分けて位相空間での解像



第4図 (a) 位相空間で見た大気運動の模式図。位相空間を構成する座標軸は、経験的直交関数 (EOF) などを用いる。一つ一つの×印がある日の北半球の天気図を表す。持続性、再現性があり、地理的に固定したパターンは、×印の密度が高い領域として認識される。(Kimoto and Ghil, 1993a より) (b) 観測データから求めた位相空間での確率密度関数。3次元位相空間での等値面の表示例。(c) 観測データによる確率密度関数極大の解析から見つけた天候レジームの1例。200日分の700 hPa高度の合成図。第3図の事例に対応している (Kimoto and Ghil, 1993b より)。

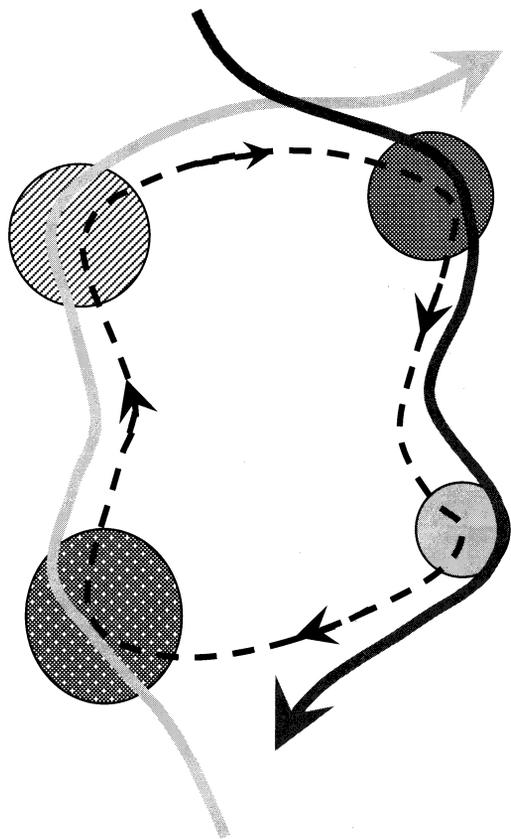


第5図 (a) 不安定定常解近傍での解軌道の振る舞いの模式図。安定な subspace (この場合、水平面) に沿ってゆっくり定常解に近づき、不安定軸 (この場合、鉛直軸) に捕らえられるとすばやく脱出する (Ghil and Childress, 1987 より)。(b) 観測された天候レジームの発現 (Onset; 白丸)、終息 (Break; 黒丸) 時前後の系の軌道のスピード (縦軸) の合成図。横軸は時間 (日)。Day 0 が Onset または Break の日と定義されている。予想通り、天候レジーム内では系の動きは緩慢であるが、Break 時だけでなく、Onset 時もシステムはすばやく動く、という描像は、理論的な予測 (a) とは異なっている (Kimoto and Ghil, 1993b より)。

度を上げるとか、帰国後の内職になってしまったこともあって、実際に論文化するのには長大な紆余曲折を経ることとなってしまいました (Kimoto and Ghil, 1993a, b)。

4. 予測可能性と「空海」

さて、1987年に UCLA から帰国しましたが、案の定、予報課はクビになります。ところが、数値予報課が拾っ



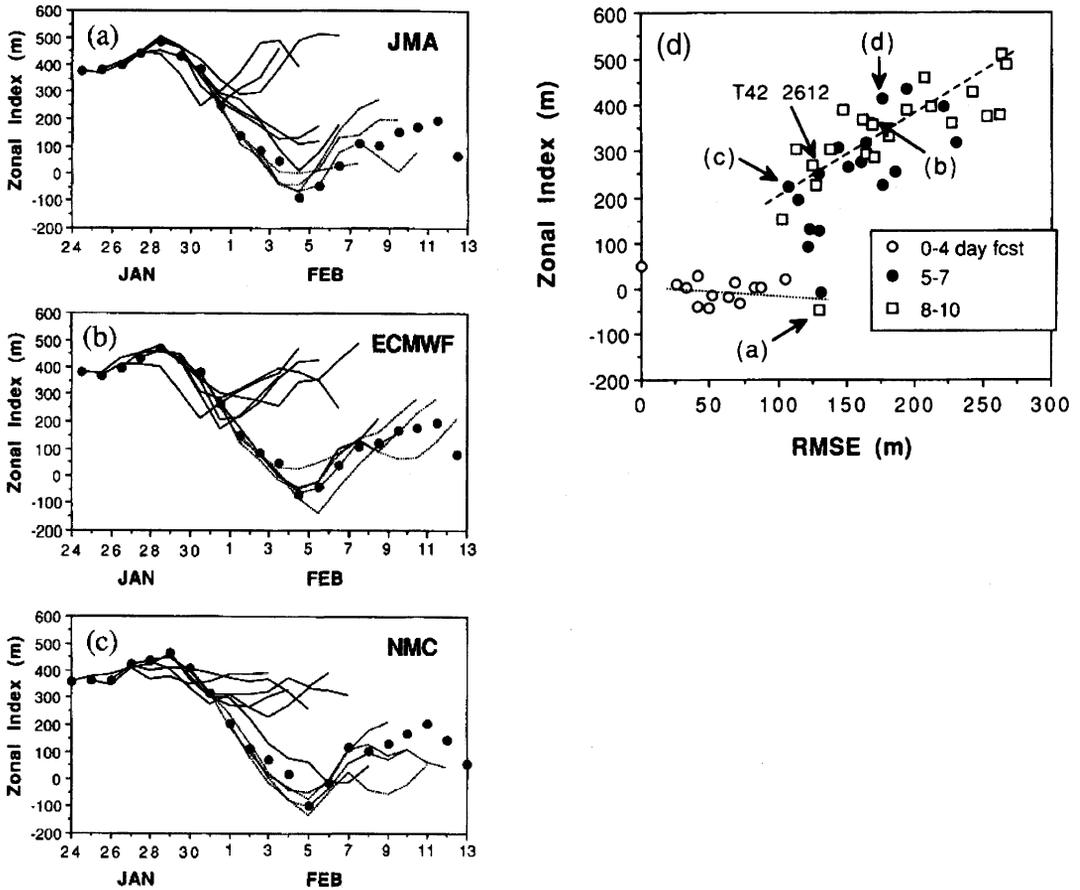
第6図 Preferred loop of transitions の模式図。数十日周囲の不安定なモード(破線)が存在しても、乱れの程度の大きい中高緯度では、1周期をまっとうすることは珍しく、あるときは周期の一部が、別の時には別の一部が実現される(太い矢印)。天候レジーム(陰影)間の遷移解析では、潜在的な周期モードが、起こりやすい遷移のループとして同定できる可能性がある(1周期中の解軌道の速度が遅い部分が天候レジームとして認識される。)

てくれて、いよいよモデルに触れられるようになりました。しかし、ここでもまたぞろ、ブロッキングが気になります。当時は、力学的手法による延長予報の可能性が取り沙汰されていましたが、1回の高解像モデル予報と、低解像ながらアンサンブル手法を取り入れた方がよいかどうか、現場では議論があったと思います。京都大学の先輩の余田さんと少し後輩の向川さんたちと一緒に、予報時の誤差成長が、モデルが悪いせいばかりでなく、場の状態によって誤差成長の大きいときとそうでないときがある、といった予測可能性の話をするようになりました。現場のデータとモデルに

アクセスのあるのをよいことに、ブロッキングの発現時がまさしくそのような、場が不安定になるときであり、その証拠に世界のどの機関の予報もばらつくのだ、というケーススタディを行いました(Kimoto *et al.* 1992; 第7図)。ここでは、初期値を色々に変えた予報を沢山行い、ブロッキングになるか、ならないかは二者択一的である、というような図を描いたりしています(第7図; Ghil 先生に話すときは、フラクタルなアトラクター境界、などと言う)。アンサンブル予報により予報スキルの予測ができる可能性がある、という今ではポピュラーな話です。が、まあ、今思えば、特異モードでアンサンブル初期値を作るとか、今で言う機動的観測の話につなげるとか、その当時妄想していた範囲内でも、もう少しものの役に立つアプローチもあったはずなのに、と思います。

予測可能性みたいな話は、現業予報業務の展望と関係なくはないのですが、現場ではそんな哲学的なことより、実務的に仕事を進めることが優先されます。いつまでも不良職員ではさすがに申し訳ないと思い、数値予報課で与えられた大気海洋結合モデルを立ち上げる仕事は少しまじめにやりました。海洋モデルは気象研究所の人に借りたのをもとに結局書き換えて、大気モデルは、数値予報用のを低解像度にして、結合モデルの体裁はこしらえましたが、いかんせん計算時間がかかります。数か月の積分を何度かやるのが精一杯。天気予報計算の最中でも小ジョブでデバッグができるように、緯度帯ごとに計算してはディスクに書き出し、読み出しを繰り返す、今でいう並列計算をシリアルでやるような風に海洋モデルを書き換えたりもしましたが、I/Oを使うとかえって遅くなって、結局天気予報が終わってから大型ジョブを流す方が早かった・・・などと無益なことに労力を費やしたりしておりました。

結合モデルの調整には長期積分が必要ですが、今は無理。そこで、現場はやはり予報が大事、結合モデルならエルニーニョ予測を目指すべきで、それには海洋の初期値が必要、と考え、まず海洋データ同化システムを作ることになりました。当時の数値予報班長佐藤信夫さんの、「数値モデルにデータを融合(同化)して、双方の利点を生かした気候監視プロダクトを創出することができる、そして、モデルは時に自身の分身を未来に飛翔させて予測を行う」という営業文句を第8図のような漫画にしてプロダクトの出ない間、間(ま)をもたせていたところ、吉川郁夫、石井正好の両君が助っ人に加わってくれて、海洋データ同化システム



第7図 (a)-(c) : 1989年1月24日から2月13日までの北太平洋, 160°E~110°W で平均した帯状風指数(30°N と 60°N の500 hPa 高度の差). 観測値を黒丸で示す. 1月末に西風が急に弱まりブロッキングが発現した. 細かい実線は, 各予報センター(a: 気象庁; b: ヨーロピアンセンター; c: 米国気象局)の中期予報結果. どのセンターもブロッキングの発現の予報に難があるが, 一旦起こり始めると予報はよい. (d) : 初期値をいろいろに変えて行ったアンサンブル予報の結果. 2月3日を対象とした予報についての散布図. 横軸は観測との根二乗平均誤差, 縦軸は上記の帯状風指数 (Kimoto *et al.*, 1992より).

(ODAS) を現業化することができました (Kimoto *et al.* 1997). しばらく後に, 両君のおかげで結合モデルによるエルニーニョ予測も軌道に乗ります. 私の最大の貢献は, 結合モデルに「空海」というナイスなネーミングをしたことくらいでしょうか. データの品質管理やモデルへの同化の機微など現業システムにとって要となる箇所は, 両君の緻密な作業によっています.

5. モデルと共同研究者の支援で更生?

さて, 現業員であるにもかかわらず, さらに1年 UCLA でポストドクをさせてもらったり, 気象研究所に移してもらったりしましたが, いよいよ不良職員はクビになる日が来ます. しかし, ここでもまた, 住さん,

松野先生のご好意により東京大学気候システム研究センターに拾われるというラッキーに恵まれ, 1994年から本職が研究, そして何と教育になってしまいました. (気象研究所でも研究職でしたが, ほとんどの時間 ODAS のプログラムを組んでいた.) とはいえ, 気候センターもモデルを作るというミッションを持ったところなので, やることは決まっています. 空海_{CCSR}とかいってまた結合モデルをやり始めました¹³.

また, 他のアジア人の例にもれず, モンスーンをやりたいという沈学順君と一緒に AGCM も本格的に使

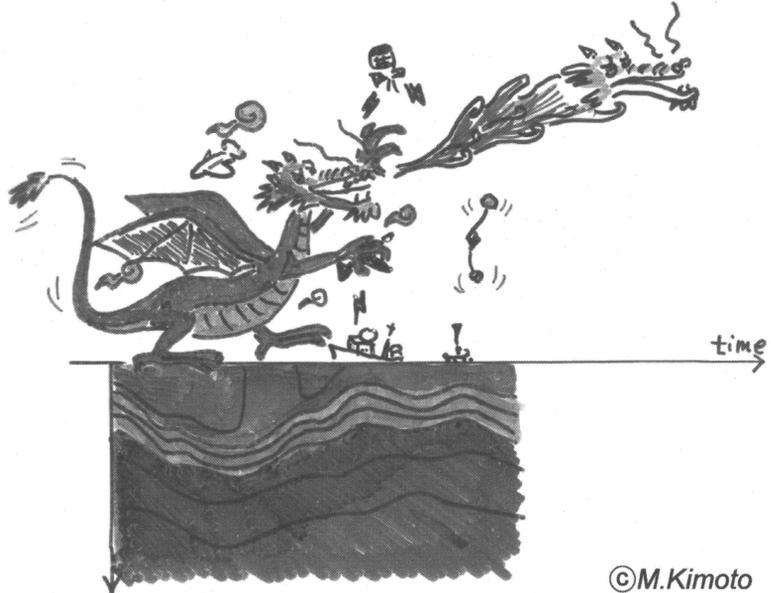
¹³ 現在の CCSR 結合モデルは MIROC. 菩薩に格上げですが, 講演会で笑いが取りにくい.

い始めます。沈さんとはインドモンスーンの変動に陸面過程が影響はあるが、決定的ではない、という趣旨の論文 (Shen *et al.* 1998) や1998年の長江洪水の再現と要因分析 (Shen *et al.* 2001) とかいろいろやっていますが、何しろよく働くので、データ解析、モデル実験に拘らず、目的のためには手段を選ばない、というスタイルの具現化に貢献してくれています。

その一方、暇になった私を見つけて、UCLA で1年一緒だった京都大学の先輩、伊藤久徳さんが共同研究をしようと持ちかけてく

れました。多重平衡や天候レジームをシンプルな傾圧モデルを使って色々調べました。カオスとかアトラクターとか言ったので論文は難解に見えてしまっていますが、比較的自由度の大きいシステムで安定な複数のアトラクター(その一つ一つはカオス的振る舞いをする)が存在し、系が不安定になってくるとそれらの間を不規則に遷移する、という実際の天候レジームとその間の遷移のような振る舞いが見られることがわかりました。複雑系の人たちが同様の挙動を「カオス的遍歴」などと呼んでいたのも、そういう言葉を使ってみたりしました (Itoh and Kimoto, 1996)。これは、伊藤さんが見つけられたことですが、複数アトラクター間の遷移が起こるようになった後でも、より安定だったときのトラジェクトリーの構造を反映して、起こりやすい遷移とそうでないものがあるということもわかりました。つまり、系はパラメータの変化によって挙動を変えますが、それは予測もつかない仕方では起こるのではなく、アトラクターのトポロジカルな性質をおよそ保ったまま起こる、したがって、パラメータを注意深く動かしながら挙動をみることによって、高度に非線型な、大気ライクなシステムでもその大局的振る舞いは理解されうる、ということだと思います (難しいですな; Itoh and Kimoto, 1997)。

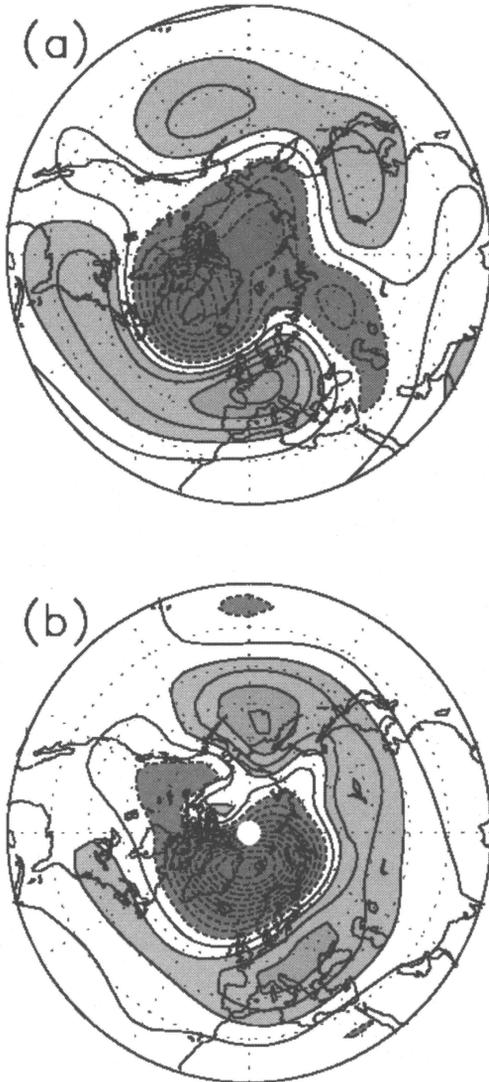
また、伊藤さんとの共同研究の中で出てきた概念の中で、「中立モード」というものがあります (Itoh and



第8図 海洋データ同化システムの宣伝に使っていた漫画。

Kimoto, 1999). 実際の大気と同じくらい複雑な振る舞いをする非線型モデルでも、多次元位相空間でアトラクターが伸びている方向は、アトラクターの重心 (= 時間平均場) を基本場として方程式を線型化したときの特異値の小さい少数の特異モード (= 最小減衰モード、または、簡単に、中立モード) でよく近似されます。このことを実際大気に応用して、北極振動パターンが観測される北半球の気候平均場のもとの第1特異モードで説明されるという研究につながりました (Kimoto *et al.*, 2001; 木本・渡部, 2004; 第9図)。他のパターンに比べて減衰が少ないのは、帯状平均成分とそれからのズレの間に古典的な tilted-trough メカニズムによる正のフィードバックがかかるためです。この研究は、2回目のUCLAで同室だった Fei-Fei Jin が半年気候センターに来てくれたときに行ったもので、私は、絶対北極振動は中立モードだから、と言い続ける役、Fei-Fei は理論的な検討を行う役、そして渡部雅浩君が全部の計算をやらされる役でした。

ついでながら、柳の下にどじょうがもう1匹。冬の第1特異モードは北極振動ですが、全年、他の季節の基本場のもとでは、熱帯の環状モードが第1モードになります。何だこれは? と言いながら観測データを見直したり、気候値海面水温を与えた大気大循環モデル (AGCM) を走らせると同様のモードが第1EOFモードとして見つかります。渡部君が Tropical



第9図 (a) 観測された北極振動に伴う400 hPa高度場偏差。等値線は10 m毎。(b) (a)と同様。ただし、2層モデルで計算された第1特異モード(木本・渡部, 2004より)。

Axisymmetric Mode (TAM) と名付けました (Watanabe *et al.* 2002)。エルニーニョのときに熱帯全体が高温化するはこのモードが励起されるため、ENSO-モンスーン関係や、東アジアの冷夏傾向にも関係していると思います (大学院生の車恩貞が研究中)。

Shutts の大規模場共鳴条件が好きだったり、Ghil と馬が合ったりするのは、システム=力学系の挙動をマ

クロに見るのが性に合ってるということなのだろうと思います。大規模大気場で波動ライクなパターンを見てもそれが分散関係を満たしているかどうかよりは、ソースが何か？ 3次元基本場とのやり取りは？と、そっちの方に考えが行ってしまう。EOF しただけで「モード」と言っただけではいけないと思いますが、力学的な裏付けがあれば気候変動のモードを同定して、そのメカニズムを解き明かし、さらに複数のモード間の相互作用へ話を進めるといのは、複雑な気象力学を Rossby 波や重力波といった概念で整理して理解しやすくするのに通じる作業ではないかと思っています (木本, 2003)。

私の感化があったかどうか知りませんが、学生であった渡部雅浩君もその性癖が強く、彼は、GCM の力学を線型化してしまうという、私が、ハマるとやばいからやめとけと言った作業をあっという間にやって、いまや縦横にそれを用いて沢山の成果を出しています。前述の中立モード云々は彼の線型モデルがあったればこそその結果です。線型モデルを記述した Watanabe and Kimoto (2000, 2001) は彼の博士論文の最後の部分ですが、彼はその前にすでに5, 6本の論文があり、その論文も数値実験の統計解析で北大西洋大気海洋間に正のフィードバックが働くことについては示すことができていました。「もういいでしょ？」状態だったわけですが、ちょっと前にこしらえた線型モデルがまだ十分に使えていません。忘れもしない駒場気候センターの狭いお茶飲み部屋で、私は、「気に入らん。メカニズムが説明されてない。例えばね、海水温がここで上がると、蒸発が増えて、下流で降水が増える。すると高気圧性偏差が作られて、ジェットを北偏させる。そしたら、同じく北偏したストームトラックからのフィードバックで大規模場の南北ダイポール型偏差が強化されて海水温に正のフィードバックを与える。例えばよ、例えば、そういう生々しい解析が欲しいなあ」と、理不尽な要求を突きつけたのでした。言った当人もすぐ忘れてしまったややこしいプロセスの逐一を示す図を、線型モデルを段階的に用いて計算し、彼が持ってきたのはそれから10日もたたないうちだったと思います。

まず、データを解析する、そして GCM 実験で再現する、できれば線型モデルなどでエッセンスを説明する。仮説を立てるだけでなくモデルなどを用いて検証する、というスタイルが理想です。なるべくそれに近づけるように、自分ではもう作業はあまりできないので、

若人をうまくおだててそのようにもっていくように心がけたいと思っています。

最近、地球シミュレータを使った温暖化実験のために若者を叱咤する、新選組の土方歳三のような役をやっています(再び勝手な思い込み)。自分では何の計算もできなくなりましたが、その分多少は物事を大局的に見るようになった気がします。気候センターにいるからというわけではありませんが、自分たちの研究道具は自分たちで責任を持つという姿勢は大事にしたいと思います。K-1プロジェクトチームと呼んでいるこのチーム(K-1は共生課題第1の意)は、近藤勇役の住さんの存在感もあり、江守、野沢、羽角をはじめとして沖田総司が何人もいるようなよいチームだと思います。本物の新選組のように時勢を外れないように導くのはわれわれの責任だと思います。

6. おわりに

明示的には述べませんでしたが、以上色々な所業の数々は、異常気象を説明したい、できれば予報したい、という現業時代からの欲求(格好よくいうと、使命感か?)から来ています。それで今回のタイトルにしました。もう少し本音でいうと、毎年のように異常気象と騒がれても専門家として「わかりません」ばかりでは情けないという意地のようなものでしょうか。

多くの方の寛容とご厚意、そして、すぐれた共同研究者にめぐり会えた運のおかげで本日の機会を与えて頂くこととなりました。お名前を逐一挙げる余裕はありませんが、深く感謝するとともに、自分より百倍立派な後進を送り出すことによって恩返しとさせて頂くことを誓って話を終わることとします。ありがとうございました。

参 考 文 献

- Charney, J. G. and J. G. DeVore, 1979: Multiple flow equilibria in the atmosphere and blocking. *J. Atmos. Sci.*, **36**, 1205-1216.
- Ghil, M. and S., Childress, 1987: *Topics in Geophysical Fluid Dynamics: Atmospheric Dynamics, Dynamo Theory, and Climate Dynamics*, Springer-Verlag, 485pp.
- Itoh, H. and M. Kimoto, 1996: Multiple attractors and chaotic itinerancy in a quasi-geostrophic model with realistic topography: Implications for weather regimes and low-frequency variability. *J. Atmos. Sci.*, **53**, 2217-2231.
- Itoh, H. and M. Kimoto, 1997: Chaotic itinerancy with preferred transition routes appearing in an atmospheric model. *Physica*, **D109**, 274-292.
- Itoh H. and M. Kimoto, 1999: Weather regimes, low-frequency oscillations, and principal patterns of variability: A perspective of extratropical low-frequency variability. *J. Atmos. Sci.*, **56**, 2684-2705.
- 木本昌秀, 1993: ブロッキング現象. 気象研究ノート第179号, 319-367.
- 木本昌秀, 2003: 中緯度および熱帯における再帰的な変動モードとその予測可能性. *グロースベッター*, **41**, 89-94.
- Kimoto, M. and M. Ghil, 1993a: Multiple flow regimes in the Northern Hemisphere winter. Part I: Methodology and hemispheric regimes. *J. Atmos. Sci.*, **50**, 2625-2643.
- Kimoto, M. and M. Ghil, 1993b: Multiple flow regimes in the Northern Hemisphere winter. Part II: Sectorial regimes and preferred transitions. *J. Atmos. Sci.*, **50**, 2645-2673.
- Kimoto, M. F.-F. Jin, M. Watanabe and N. Yasutomi, 2001: Zonal-eddy coupling and a neutral mode theory for the Arctic Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 737-740.
- Kimoto, M., H. Mukougawa and S. Yoden, 1992: Medium-range forecast skill variation and blocking transition: A case study. *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 1616-1627.
- 木本昌秀, 渡部雅浩, 2004: 北極振動の中立モード理論. 気象研究ノート(「北極振動」山崎孝治編), (206) 11-22.
- Kimoto, M., I. Yoshikawa and M. Ishii, 1997: An ocean data assimilation system for climate monitoring. *J. Meteor. Soc. Japan*, **75**, 471-487.
- Shen, X.-S., M. Kimoto and A. Sumi, 1998: Role of land surface processes associated with interannual variability of broad-scale summer monsoon simulated by the CCSR/NIES AGCM. *J. Meteor. Soc. Japan*, **76**, 217-236.
- Shen, X.-S., M. Kimoto, A. Sumi, A. Numaguti and J. Matsumoto, 2001: Simulation of the 1998 East Asian summer monsoon by the CCSR/NIES AGCM. *J. Meteor. Soc. Japan*, **79**, 741-757.
- Shutts, G. J., 1983: The propagation of eddies in diffluent jet streams: Eddy forcing of "blocking" flow fields. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **109**, 737-762.
- Watanabe, M., F.-F. Jin and M. Kimoto, 2002: Tropical axisymmetric mode of variability in the atmospheric circulation: Dynamics as a neutral mode. *J.*

Climate, 15, 1537-1554.

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. and M. Kimoto, 2001: Corrigendum. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 127, 733-734.

Challenging the Mystery of Anomalous Weather

Masahide KIMOTO

Center for Climate System Research, University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8568, Japan

(Received 21 January 2005 ; Accepted 1 April 2005)



第28回極域気水圏シンポジウム開催のご案内

国立極地研究所では毎年極域研究に関わるシンポジウムを開催しております。このうちの大気、雪氷、海洋・海水を研究対象とした極域気水圏シンポジウムを本年も開催することになりました。

南極地域の観測においては、現場観測データ、採取した試料分析、そして人工衛星データなどにもとづく国内外の共同研究が進展しています。他方、スバル諸島、アラスカ、シベリア等の北極地域やネパール・ヒマラヤ等の氷河、そしてオホーツク海などでも多岐にわたる観測・研究が行われています。

このような南北両極・寒冷域を主な対象とした大気科学、雪氷学、海洋・海水学に関する研究成果、研究展望などを議論するシンポジウムを右記のとおり開催いたします。広く発表を受け付けておりますので、ご

応募くださるようご案内申し上げます。

記

日 時：2005年11月30日（水）、12月1日（木）

会 場：国立極地研究所 講堂（管理資料棟6階）

申込締切：2005年9月22日（木）必着

URL：http://polaris.nipr.ac.jp/~pmsg/jp/

問合せ先：大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構

国立極地研究所

極域気水圏シンポジウム係（橋田・岡崎）

〒173-8515 東京都板橋区加賀1-9-10

E-mail：symposium@pmsg.nipr.ac.jp

Tel：03-3962-7125, Fax：03-3962-5719