



地球温暖化：その科学的真実を問う (2)

Global warming: What is the scientific truth? (2)

赤祖父俊一 Syun-Ichi Akasofu 米国 アラスカ大学 名誉教授
 伊藤公紀 Kiminori Itoh 横浜国立大学 工学研究院 教授
 江守正多 Seita Emori 国立環境研究所 地球環境研究センター 温暖化リスク評価研究室長
 草野完也 Kanya Kusano 海洋研究開発機構 地球シミュレータセンター プログラムディレクター
 丸山茂徳 Shigenori Maruyama 東京工業大学 理工学研究科 教授
 コーディネーター：編集実行委員会 副委員長 吉田英生 Hideo Yoshida 京都大学 工学研究科 教授
 e-mail: yoshida@mbox.kudpc.kyoto-u.ac.jp

3月号では1月号に収録できなかった討論を引き続き掲載します。本e-mail討論は、2009年1月9日の学会誌発行と同時に学会ホームページ <http://www.jsr.gr.jp/index.html> でも一般公開しました。

20世紀後半の気温上昇の原因は？ 第1部	1. 導入討論	
	1.1 赤祖父俊一 温暖化が止まった	1.2 伊藤公紀 温度上昇 = 自然変動 + 人為影響 + 観測誤差
	1.3 江守正多 反対意見には誤解多く、整合性と定量性が欠如	
	1.4 赤祖父俊一 現在の地球温暖化の原因である二つの自然変動	
	1.5 江守正多 IPCCは自然変動を無視していないし、予測を外してもいない	
	2. 温度測定の不確かさ	
	2.1 伊藤公紀 IPCCは結論を急ぎすぎ - 拙速は危険	3. 気候感度の大小
	2.2 江守正多 不確か性はもちろんあるが、不確か性を示唆する知見にも吟味が必要	3.1 伊藤公紀 観測による気候感度の見積もりは、やはり小さめ
		3.2 江守正多 気候感度が小さいという証拠は弱い
	4. 太陽活動の評価からリアルタイムのメール討論へ	
	4.1 江守正多 太陽黒点数グラフの真偽を問う	
	4.2 丸山茂徳 江守君への回答、古気候学の役割、今後の研究方向について	
	4.3 江守正多 将来予測は古気候データでは決まらない	
	4.4 丸山茂徳・江守正多 われわれはリアルタイムでメール討論を行った	
	今後の予測は？ 第2部	5. 数値シミュレーションの現状と能力、予測モデル
5.1 草野完也 未来予測における数値シミュレーションの信頼性		
5.2 江守正多 予測モデルの信頼性は過小評価、未知の要因は過大評価されている		
5.3 草野完也 人為起源温暖化説は未だ仮説：実証の為には様々な変動機構の解明こそ重要		
5.4 江守正多 宇宙線説等の理解により「実証」がもたらされるとは思えない		
5.5 草野完也 相互理解のために		
5.6 江守正多 人為起源温暖化説そのものの妥当性の議論と定量的な精度の議論を明確に区別すべき		
5.7 草野完也 定量的な予測精度や不確か性評価を論じることの重要性		
5.8 江守正多 相互理解に至ったかもしれませんが		
5.9 伊藤公紀 予測モデルについて		
5.10 江守正多 IPCCは素朴な手法による予測を排除していない		
5.11 伊藤公紀 予測とモデルについて		
5.12 江守正多 予測とモデルについて		
6. 今後の地域・局所気候を支配する因子		
6.1 伊藤公紀 地域的・局所的な気候変動の観点からはCO ₂ は小物 - しかし大物の理解は不十分		
6.2 江守正多 近未来の地域・局所規模では確かに温室効果ガス以外も重要		
その他 第3部	7. その他	
	7.1 伊藤公紀 IPCCへの本質的な批判とは？	
	7.2 伊藤公紀 IPCC報告書の科学は要注意：ハリケーンの例	
	7.3 伊藤公紀 気温とCO ₂ 濃度との関係について	
	7.4 江守正多 「事実関係」と「ものの見方」	
7.5 伊藤公紀 理解し合えないのも悪くはない？		

おねがい：以下の討論で論拠となるデータは、オリジナルカラー表示をそのまま伝えると同時に本誌の省スペース化をはかる目的から<http://www.jserr.gr.jp/index.html>にPDFファイルをアップロードしておりますので、ご参照の上お読み下さい。

第1部 20世紀後半の気温上昇の原因は？

1. 導入討論

1.4 現在の地球温暖化の原因である二つの自然変動

赤祖父俊一 Syun-Ichi Akasofu
2009年2月4日

皆様

前回のコメントを繰り返すことになるが、20世紀後半（実際は1975年ごろより）の温暖化は炭酸ガスによるとするのは仮定でしかない。不幸にしてその仮定から推定された気温上昇が大災害を惹き起こすということになり、一挙に人類の大問題ということになってしまった。ここではそれに関係する二つの問題を論ずる。第一は自然による気候変動、第二はスーパーコンピューターによるシミュレーションについての問題である。

自然原因の気候変動

地球温暖化は複雑な現象である。したがって炭酸ガスによると考えられる現象が多くある。同様に自然変動によるものとしてもそれに合う現象も多くある。しかし、自然変動が全くないといえる者はいないはずである。地球の気候は過去人間活動に関係なく種々の変動を繰り返してきたからである。

したがって、まず冷静に自然変動の成分を見極めて取り出し、その部分を差し引いてはじめて人類活動による部分が正確に同定できるのである。過去の気温変動から自然変動を研究することはそれほど困難なことではない。第一近似として炭酸ガスが急速に増えだした1946年以前の変動を自然変動と考えてもよい。

小氷河期からの回復、すなわち温暖化

前回のコメントで既に述べたように、1400年から1800年まで地球全体が寒冷化を経験した。当時寒かったことについては非常に多くの記録があり、この期間は「小氷河期」と呼ばれている。さらに地球は1800-1850年ごろよりその寒冷期から回復しつつある。そしてその回復が現在まで続いている。その証拠に1800-1850年頃から現在までの気温及び海面上昇は直線的である。 $T = at$ にちかく、 $T = bt^2$ または $T = ct^3$ ではない。この直線の変化は湖川の氷結、融解をはじめ小麦の産出、桜の満開日の年変化などにも見られる。氷河の後退も北極海の海水の減少も1800年頃から始った。温暖化は1946年からの現象ではない。

最近、「2000年から2008年までの平均気温は1900年代の

気温と比較すると最高である。」と発表されており、これは直ちに炭酸ガスによる温暖化に違いないと思うように一般市民は勿論、多くの科学者まで洗脳されてしまっている。小氷河期からの回復が現在まで直線的に続いているので、炭酸ガスだけによるものではないことが分かる。

この直線勾配a(上昇率)は $0.5^{\circ}\text{C}/100$ 年であり、IPCCによると、過去100年の温度上昇率は $0.6^{\circ}\text{C}/100$ 年である。したがって、現在までの直線的温度上昇は大部分は小氷河期からの回復である。

50-60年準周期変動

この直線の上昇に乗った50-60年の準周期変動があるが、この変動は1910年から1940年までポジティブであり、1940年から1975年までネガティブ、そして1975年から2000年まで再びポジティブであった(図1.4.1)。したがってIPCCが強調している1975年からの気温上昇は、小氷河期からの回復と準周期変動の相俟ったものによる可能性が高い。驚くことはない。

実は1910年から1940年頃まで温暖化があった。その上昇率も上昇度も1975年から2000年までのそれと殆ど同じである(図1.4.1)。したがって、この上昇を自然変動か人類の活動によるものかについて充分研究しなければならない。それを怠って1975年から2000年までの上昇だけを炭酸ガスによると決め付けるのはおかしい。同種の現象かも知れないからである。しかも、1946年から炭酸ガスの放出量が急増したにも拘らず、気温は1940年から1975年まで降下した。この原因さえ充分研究されていない。同様な変動は以前に何回もあった。これは50-60年の準周期変動である。

自然変動が重要であることの確実な証拠は2000年頃より地球温暖化が止まってしまったことである。準周期変動率は $0.1-0.15^{\circ}\text{C}/10$ 年であるので、小氷河期からの回復率より大きい。しかもこの準周期変動は1975年から2000年までポジティブで、2000年ごろピークに達していた。したがってこの準周期変動はネガティブになりつつある。いずれにせよ、IPCCの予測では気温は上昇を続けることになっているが、2000年の最初から既に予測が誤ってしまった。彼ら

は、これは一時的、例えば「ラニーニャ」であると主張しているようであるが、たとえ一時的なものであるとしても、炭酸ガスは急速に増え続けているので、少なくとも炭酸ガスによる温暖化を抑える何かがあることを示している。その「何か」は現在自然変動としか考えられない。

これは一時的なものではない。実は太平洋振動 (PDO) という自然変動がある。太平洋の海水温度が50-60年周期で変動しているのである。現在、太平洋の中央部の全域の海水温度も全海洋の水温も低下している。したがって数年の単位の現象ではない。しかもこの太平洋水温は地球全体の平均気温変動に強く影響している。IPCCの予測に反して世界の海水面も低下している。一時的などとお茶を濁すことは出来ない。

2100年における推定気温について

したがって、もし小氷河期からの回復が今後100年続くとすれば、小氷河期からの回復による温度上昇は2100年には0.5℃である。それに乗った準周期変動がポジティブかネガティブかによって2100年の気温が決まる。振幅は0.4℃程度であるので両方を加えても1℃ほどであろう。いずれにせよ、2100年の気温はIPCCが主張している4℃とか6℃とは考えられない。更にこれからの25年間の気温上昇は極めて少ないと予想される。

IPCCは2100年までに6℃気温上昇の可能性があると述べている。従って2000年から現在までに約0.6℃上昇しているはずである。これは過去100年間の上昇度と同じである。しかし温暖化は止まってしまったということである。これはIPCCの推測の大きな誤りである。

コンピューターシミュレーションについて

次はコンピューターによる将来の気温予測であるが、まずコンピューターは論理的スーパー頭脳ではない。ロボットと同じであり、即ち教えられたことをするだけである。IPCCは1975年からの気温上昇は炭酸ガスによると教えて、それによって2100年の気温を推定したのである。このインストラクションが誤っていれば、2100年の推定も当然誤りということになる。実際既に2000年の最初の時点で推定は誤っている。気温は上昇していない。誤った教えは、1975

年からの気温上昇は炭酸ガスだけによるとしたことである。既に述べた小氷河期からの回復、準周期変動の原因をコンピューターに教えてあげればこんな誤りを犯さなかったはずである。問題はこの二つの自然変動についてはコンピューターに教えることが出来ないのである。何故ならこれらの変動の原因がまだ分かっていないからである。即ち、最初に述べたように自然変動を充分理解せず、1975年からの温暖化を炭酸ガスによるとしたことが問題なのである。少なくとも1910年からの温暖化をまず充分研究すべきであった。

日本の一般市民は「ノーベル賞をもらったIPCC (2500人のトップレベルの専門家グループと理解されている。) が炭酸ガスによると言っているから」と質問が交わされてしまい、討論を続けることができない。それでも学者の責任はないのであろうか。

エネルギー資源には限界がある。省エネは大切である。しかし地球温暖化で大災害が起きるとして一般市民を脅す必要はない。科学的根拠がない。

地球温暖化問題を純学問の問題に戻せ

地球温暖化問題で気象学、特に古気候学が軽視されてきた。IPCCは大気物理学とコンピューター・シミュレーションを特に重要視してきたようであるが、すでに述べたように1910年から1940年までの温暖化、1940年から1975年までの寒冷化さえ十分に研究していない。IPCCが小氷河期があったことを認めれば当然それからの回復 (すなわち温暖化) も考慮しなければならなかったはずであるが、有名な「ホッケー・スティック」の図を使って小氷河期を無視した。更に温室効果の95%は水蒸気によるのであるが、IPCCに参加した専門家間でさえ炭酸ガス増加がどのように水蒸気増加につながるのか答えられない者が多い。しかも大気中の水蒸気量測定は困難で、その増減さえモニターされていないのである。既に述べてきたように、地球温暖化問題はまだその基本的問題さえ解明されていない。地球温暖化問題で無駄金を使う前にまず純学問の問題に戻すべきである。IPCCは学界ではない。IPCCは直ちに2008年までの推定が誤っていることを研究すべきである。

1.5 IPCCは自然変動を無視していないし、予測を外してもいない

江守正多 Seita Emori

2009年2月16日

赤祖父様、皆様

赤祖父様の1.4の応答は、残念ながら私の1.3の応答および問題提起とほとんどかみ合っていないと思います。赤祖父様の主張は、IPCCは自然変動を無視しているし、自然変動の原因は誰にもわからない、ということのようです。

これに対して1.3以来の私の主張は、IPCCは自然変動を考慮に入れているし、その原因の考察もしている、ということです。

これだけかみ合わない理由は、IPCCで論じられている内容を赤祖父様が詳しく理解しようとなさっていないため

であると、私には思われます。

以下に、赤祖父様のご理解されていないと思われる点を再確認します。また、準周期変動については、1.4で赤祖父様が太平洋十年規模振動（PDO）を念頭においておられることが新たにわかりましたので、IPCCの予測が外れているかどうかという問題とも関連して、新たに論じます。

小氷河期は考察されている 以前の資料1.3.2でお示したように、IPCCには小氷河期を含む過去700年の北半球の気温変化を火山噴火等の外部強制力で整合的に説明できることが示されています。その上で、20世紀後半の気温上昇は温室効果ガスの増加がないと説明できないとしています。もちろん過去の気温および強制力の復元には大きな不確実性がありますし、これで解明されたといえるものではありません。しかし、このような説明がある以上、「原因は誰にもわからない」とおっしゃるためには、この説明を一旦受け止めた上で、科学的に精度の高い批判をなさるべきではありませんか。

20世紀前半の温暖化とその後の寒冷化も考察されている 赤祖父様は1910-1940年の温暖化と1940-1975の寒冷化の原因が充分研究されていないとおっしゃいます。しかし、以前の伊藤様の図1.2.1-2にありますように、自然および人為の強制力を与えた気候モデル計算により、1940年前後の海上のピークを除いて、観測された気温変化を再現できています。1940年前後の海上のピークは1.3で述べたようにデータに問題があることが明らかになっています。これも「充分に解明された」とよべるものではありませんが、IPCCの理論と過去の変動が少なくとも整合的であることは示されているのです。（ただし、これは実際の観測された変動がPDOなどの自然変動の影響を受けていることを否定するものではありません。）

気候モデルはPDOを再現している 赤祖父様は、準周期変動の原因もわからないのでモデルに教えることができないとおっしゃいます。しかしこれは誤解で、赤祖父様も注目しておられるPDOなどのいくつかの自然変動を気候モデルは再現することができています（IPCC WG1 AR4 8.4.2, [資料1.5.1]）。PDOは内部変動モードなので、これを再現するためにモデルに「原因」、すなわち外部強制力を教える必要はありません。大気と海洋の方程式を素直に解けば、PDOは勝手に現れるのです。

IPCCの予測は外れていない これに関連して、2000年以降の実際の気温変化とIPCCの予測との関係について説明します。1998年のエルニーニョによる高温と2008年のラニーニャによる低温が目立っているせいもありますが、近

年10年程度だけに注目すると世界平均気温が上昇していないように見えるのはたしかです。そして、その原因としてPDOの位相が関係している可能性があることは赤祖父様に同意します。しかし、これをIPCCの予測と比較する際のやり方が赤祖父様は間違っています。

気候モデルはPDOを再現できますが、PDOはカオス的な内部変動ですので、その位相（いつ正になっていつ負になるか）は予測できません。初期条件などを少し変えれば様々な答えが出てきます。つまり、1本1本の気候モデル計算はPDOなどの内部変動を含んでおり、あるものはその位相がたまたま現実と合っていたり、あるものは合っていないかったりしています。そして、多数の計算の平均をとると、内部変動は互いに打ち消されて消えてしまい、温暖化によるほほまっすぐなトレンドが残ります [資料1.5.2]。この平均化されたものを、変動を含む現実のデータと比較しても、合うはずがありません。従って、IPCCの予測は外れたという批判は全般的な外れなものです。

なお、6.2で述べたように、このような内部変動の予測も含めた近未来の温暖化予測については、現在研究が進行中です。

他にもある誤解 他に、赤祖父様は100年間で6℃上昇するなら10年間で0.6℃上昇していないとおかしい、とされています。しかし、6℃はIPCCの予測の幅の上限に近い値ですし、近未来の気温上昇についてIPCCでは10年間で平均0.2℃のペースと予測しています。また、大気中水蒸気量はモニターされていないとおっしゃっていますが、そんなことはなく、人為的な温暖化により既に水蒸気が増加していることを示した研究もあります（Santer et al.¹⁾）。赤祖父様のIPCC批判の大部分がこういった誤解や無理解に基づいているのは、たいへん残念です。

謝辞

本稿の作成にあたり、国立環境研究所の野沢徹様、塩竈秀夫様、北海道大学の島和裕様、東京大学の吉森正和様、山本政一郎様、国立極地研究所の川村賢二様、気象研究所の吉村純様の協力を得ました。

引用文献

- 1) B. D. Santer, C. Mears, F. J. Wentz, K. E. Taylor, P. J. Gleckler, T. M. L. Wigley, T. P. Barnett, J. S. Boyle, W. Bruggemann, N. P. Gillett, S. A. Klein, G. A. Meehl, T. Nozawa, D. W. Pierce, P. A. Stott, W. M. Washington and M. F. Wehner; Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content, PNAS, 104, (2007), 15248-15253.

4. 太陽活動の評価からリアルタイムのメール討論へ

4.2 江守君への回答, 古気候学の役割, 今後の研究方向について

丸山茂徳 Shigenori Maruyama

2009年2月12日

江守様, 皆様

江守君の質問は, 多分, ①太陽黒点数には, 厳密には, 観測者による違い(形, 数など), 更に観測した時代の違いが加わるので, 論文によって, 違いがでてくることからの懸念でしょう. もう一つは, ②恐らく, 地球の平均気温との相関を見るときに, 11年周期, 55年, 100-110年周期, 更にもっと大きな周期との関係性を考えないといけない. これらの周期の中で, 大きな周期ほど, 温度差が大きいので見やすいが, 小さいものほど, 原理的には温度変化幅が小さくなり, 他の要素の影響が強く現われる. 太陽との相関をみる場合, 55年周期は見えるのだろうか, 見えないとすれば, 100年程度の周期以上なのか, ということでしょう.

1 私が使用した太陽のデータ

私の太陽活動のデータソースは, Kirby (CERN, IACI Workshop, 2001-2002) は1610-2001年の太陽の黒点数の変化で, 天体望遠鏡が発明されて3年後からLippershey in Hollandによって観測蓄積されてきたものです. 私が引用した資料(宝島新書)はこれですが, 最初の解説書(講談社)は東大の吉村さんのまとめ(彼はあれを吉村サイクルと呼んで心血を注いできたので, 彼のを入れました). どちらをとっても, 太陽の黒点周期, 100-110年の平均と気温変化には明瞭な相関がありますが, 吉村さんの55年周期との関係はぼやけてきて, 11年との関係は不明になります. 太陽の黒点数は前回にもご紹介したように, 1960年以降のデータはインターネットで簡単に入手できる. 太陽黒点数と太陽活動の関係で, 重要なのはマウンダー極小期や, それ以前のシュペーラと, ウォルフの時代の黒点数激減時代と気温との関係でしょう. これらに, ついては, 更に大きな重要性をもつけけれども, 直接的な観測がなく, オーロラの出現記録(低緯度での)などの古文書まで動員しないといけなくなる. それでもEddy, J. A. (1976, Science, 192, 1189-1202)以降, Eddyはほぼ一生を太陽の研究に費やしたように, 信用できないわけではない. ただし, 1600年以前は, 年輪の炭素同位体やBe同位体のほうが定量的になります. 年輪からまとめた古気温記録が, Stuiver M. and Reimer, P.J. (Radiocarbon, 35, 215-230, 1993)で, これを私も引用しましたが, 日本では小泉格(北大名誉教授, 古気候学者)さんも, 殆ど一致した見解のようです. 詳細は朝倉書店のシリーズ, 『文明と環境』15巻(1995-)が専門外の人には便利でしょう.

2 古気候データがもっとも重要でGCMモデルも決めてしまう

さて, このメール討論での恐らく一番重要な問題は, 古気候問題で, 確定論的な扱いが気象現象には適用できないので, パラメータ化, チューニングを行って, 古気候データに合わせるしか, GCMモデルを作れないことにある. 過去1300年間の気温を一定(Mann et al.¹⁾)とすると解釈し, 過去50年間だけ, 急激に気温が上昇し, その勾配が過去1300年間に例がないとして, この古気候データに合わせたパラメータ化やチューニングをすれば, 未来予測が一方的な温暖化になるのは当たり前でしょう.

古気候データのどれを採用するかが, GCMの全てを決めている. もちろん, こうしてできあがったGCMモデルで, 過去1300年間の気温変化を推定すれば, 当然, 過去1300年間は気温が一定で, 過去50年間だけが異常な上昇になる, これは当然でしょう. では, 同じ手法でカナダのグループが古気候を復元し, 西暦1400-1500年ごろは現在よりも高温であったと反論している. GCMモデルでパラメータ化やチューニングしてあわせるデータをカナダのグループのデータにしてみたらどうなりますか? これが江守君に対する私の質問です.

3 もっと精度の良い古気候のデータを求めるにはどうか?

IPCCの古気候データ(Mannを全面的に信用した)がまるく信用できない代物であることに衝撃を受け, 私が積極的にこの問題に乗り出す気になった理由です. IPCCが採用した年輪幅を主として復元した古気候のデータ(①)と全く同じ手法で復元した結果(②), および, 両者の折衷案(③, Usoskin et al., 2003, PRL, 91, 211101-2)がありますが, 何故手法が同じなのに, これだけ違うのか驚くでしょう. 問題はどちらが正しくて, どちらが間違っているのか, の判断です. 或いは全く新しい手法を開発しないと論争は終結しないのか, ということです.

古気候の分野は実に学際的ですが, IPCCが偏って採用したマン達の考えは古気候分野の常識とは著しく違います. ただし, 花粉, 珊瑚や有孔虫を利用した酸素温度計, 年輪幅, 氷床(例えば, 南極やグリーンランド)のCO₂濃度と酸素温度計, など, これらは全部局所的な気候を反映して, 地球大気の平均気温を定量化するのが困難です.

そこで, 新しい地球の平均温度の指標になる古気候の指標が必要で, それを検討した結果, 屋久島やハワイなどの

ように閉鎖的でない空間に育つ杉などの年輪炭素同位体がベストと考えます。何故なら、海水と違って、大気の運動は極めて速いから、炭素同位体の13は地球のバイオマス総量を反映し、それは気温を反映するはずだという理論的背景と、それを過去100年程度の高精度気温変化と比較検討し、正しいことを評価することです。

こうして私は文献学から、データを集め、北川(1995)²⁾の屋久島の測定データにたどり着きました。そうして、上記のIPCC推薦のマンのデータはまるで間違いで、②と③ともやや違う結論になりました(宝島新書)。

大気のコ₂の同位体を年輪は反映する。一方、1940年以前では炭素同位体の14は宇宙線照射量を記録するから、一つの年輪のデータで、宇宙線強度と地球の平均気温という、最も重要な変数を同時に測定できる。屋久島の杉で過去2000年程度のデータがあるので、それをIPCCの過去140年の平均気温データと比較した。

4 新しい指標から見た古気候変化と気温の上昇或いは減少率

わかったこと、①地球の平均気温は、±1℃で変化してきた。これを超えない理由は、地球には頑丈な緩衝機構があるということです。

次に知りたい問題：縄文海進の時代の南極氷床のコ₂濃度(380ppmよりも高いはず)は生のデータを見ると、残念ながらデータがあまりないのですが、ゼロ(380ppmではない)だったりする。これは多分、圧雪の過程で解けたりするもので、そのときにコ₂を失ったのでしょう。実際に測定に関係する人達の間ではこういう問題の存在は常識的なのですが、主観的に、いろいろな角度からデータを検討して、再測定しないとイケない。これが正確にもとまれば、コ₂が先か後かの論争に新しいデータが加わり、理解は前に進むでしょう。

私たちのグループは、北川さんが5年間隔でしか測定しなかった炭素同位体を1年或いは1/2年間隔で過去1万年を測定し高精度な古気候温度を測定する予定です。予算と人間がついたので、この計画を2-3年で終わらせる予定です。他の指標を使った古気候全球復元を行います。過去

1万年間の前半5000年は、北半球を覆っていた巨大氷床が縮退し、その結果、ユーラシアと北米は、2/3が淡水の湖(気象学的には海)で覆われ、湿気の循環が、その以降の5000年間とまるで異なった。これがエジプト、北アフリカ、メソポタミア、中東、シルクロードの乾燥化の原因です。これを全球の古気候データと合わせて、GCM研究者にも参加していただいて、実証する計画です。

5 予言能力を持つGCMの改造に向けて

古気候の精度をまずは1年、次は6ヶ月にアップして、精密な曲線を描く、次に変化曲線が温度上昇から下降に転じるまでの曲線のパターンを精密に分析し、温度変化を促進した暴走効果、緩衝機構の実態を解析する。とりわけ過去100年間は独立した多種多様な観測データがあるので、それを加えた解析を行う。

更に近年100年間のパターンと酷似した過去の例を探し出して、それを未来予測の根拠とする。これは天気予報と同じ原理である。その為になが非常に長い時間の気候データが必要になります。

6 GCMモデルからの21世紀の気候予測

江守さんによると、パラメータ化やチューニングに研究者による違いは殆どないとおっしゃるが(実際、IPCC報告書の4つのモデルは2030年ごろまで全部同じ結果ですね)、それは同じ古気候データを共有するからなのでしょう。GCMグループで私が主張する上記の古気候データ(今後2年間以内に過去6000年間の1年間隔の精密データを出す予定です、次の2年間に12000年前まで拡張しましょう)にあわせるようにパラメータ化をして、過去1万年間の大局的变化(前半と後半)から更に特定の時代に焦点をあててモデルを磨いてみてはいかがでしょうか。

- 1) M. E. Mann, R. S. Bradley and M. K. Hughes; Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, 392, (1998), 779-787.
- 2) 北川浩之; 屋久杉に刻まれた歴史時代の気候変動, (吉野正敏・安田喜憲編; 講座文明と環境第6巻)(1995), 朝倉書店: 47-55.

4.3 将来予測は古気候データでは決まらない

丸山様、皆様

私の4.1の質問に対して、丸山様から満足な回答が頂けたとは残念ながら思いません。まずこれに関連して、近年の観測データにみられる太陽活動と気候変動の関係をどう評価なさるのかを改めて聞きたいと思います。次に、丸山

江守正多 Seita Emori
2009年2月18日

様からご質問のあった気候モデルによる将来予測と古気候データの関係についてお答えします。結論からいえば、気候モデルによる将来予測が古気候データに強く拘束されているという丸山様のお考えは全般的な外れです。最後に、丸山様のお考えになっている古気候復元に関して批判的にコ

メントします。

近年のデータを直視して頂きたい。まず、4.1の直接の質問であるデータの出典に関していえば、丸山様が新たに提示されたのは「正しい方」の図(図4.1.1-2)です。丸山様の文章から推測すれば「間違っている方」(図4.1.1-1)の出典は「吉村サイクル」の図ということでしょうか。しかし、近年のデータですので、観測者などによってあれば異なるとは考えられません。図をトレースする際に間違いがあったのか、出典の記載は誤記だったのかなど、不明なままです。

それはともかく、この件についての丸山様の応答でわかったことは、丸山様は近年数十年のデータの詳細には関心が薄く、100年程度の周期やさらに長い時間スケールが重要とお考えのようだということです。そのような観点で研究されるのはもちろん結構ですが、それならばなぜ、最近数十年の気温上昇の原因や将来数十年の気温の予測について、断言にも近い言及ができるのですか。

太陽活動についても、気候についても、近年数十年はデータの精度が圧倒的に高いはずですが、その期間のデータとご自身の説の整合性を検討しようとは、なぜなさらないのですか。近年のデータから少なくとも以下の点がいえるはずですが。

1. 1985年以降、太陽活動は低下傾向だが気温は上昇傾向 [資料1.3.3]
2. 成層圏の寒冷化は太陽活動による温暖化では説明困難 [資料1.3.4]
3. 人為起源の温室効果ガス等による放射強制力は近年の気温上昇と整合的 [資料1.2.1]

また、4.2では触れていらっしゃいませんが、太陽活動の変化が大きな放射強制力をもたらす仕組みとして宇宙線を通じた雲の変化を仮定されるのだとすれば、以下も重要です。

4. Forbush decrease イベントにおいて宇宙線量と雲の整合的な関係がみられない (5.2参照)

近年の気候変動の主因が太陽活動と主張されるのであれば、少なくとも上記の4点について合理的な説明がなされる必要があるでしょう。それができない場合、太陽活動主因説を興味深い仮説として研究されるのは結構だとしても、「CO₂主因説は間違いで、太陽活動主因説が正しい」などと主張される根拠は全く無いと思います。

将来予測は古気候データでは決まらない。次に、丸山様から頂いたご質問にお答えします。IPCC TARで大きく採り上げられたMann et al.¹⁾による気温の最良推定が直線的であったことは、確かに議論をよびました。赤祖父様も1.4で言及していらっしゃる、いわゆる「ホッケースティック」論争です。丸山様がおっしゃるカナダのグループと

は、McIntyre and McKittrickのことでしょう。この論争については、海洋研究開発機構の増田耕一様の解説²⁾を一読されることをお勧めします。ご存じとは思いますが、その後、古気候復元の論文が多数現れ、IPCC AR4には、大きな変動を示す複数のグラフが引用されています [資料4.3.1]。

さて、丸山様は「古気候データのどれを採用するかが、GCMの全てを決めている。」と堂々と言いつついらっしゃいますが、その認識は全くの誤りです。通常、気候モデルのチューニングに古気候データは使用されません。それにもかかわらず、適切な強制力を与えれば、気候モデルは古気候データと整合的な気候を再現することが示されています。例えば、図4.3.2は温暖化予測に用いられる気候モデルの一つを用いて、過去1,000年の気候の計算を行ったものです。丸山様の思い込みに反して、気候モデルは過去の気温の大きな変動を表すことができます。もちろんこれはモデルに与える強制力に依存します。ちなみにこの研究では、太陽活動変動の振幅を大きめに仮定すると復元された気温データにむしろ合わなくなることが示されています。また、気候モデルに21,000年前の最終氷期最盛期や6,000年前の完新世中期の強制力を与えて計算すると、復元された当時の気候と概ね整合的な計算結果が得られることが、複数のモデルを用いて確かめられています (IPCC WG1 AR4 6.4.1.3, Braconnot et al.³⁾ など)。

丸山様の古気候復元について 古気候復元については私の専門ではありませんが、丸山様が前提としておられる樹木年輪の $\delta^{13}\text{C}$ と世界平均気温の関係については専門の研究者から以下のような多くの批判を聞いています。

1. 樹木年輪の $\delta^{13}\text{C}$ は局所的な生育環境を大きく反映しており、大気中CO₂の $\delta^{13}\text{C}$ のみを表していない (図4.3.3に示すように、年輪の $\delta^{13}\text{C}$ は氷床コアの $\delta^{13}\text{C}$ に比べて変動がずっと大きい)。
2. 大気中CO₂の $\delta^{13}\text{C}$ と世界平均気温の関係は単純でない。数年スケールでは、気温が上昇すると呼吸や土壌有機物の分解が促進されて陸域生態系のバイオマスがむしろ減少し、大気中CO₂の $\delta^{13}\text{C}$ は低下することが考えられる (丸山様の仮定と逆方向)。それ以上の時間スケールでは海洋の寄与も重要である (Trudinger et al.⁴⁾ など)。
3. 産業革命以降、化石燃料燃焼により $\delta^{13}\text{C}$ が低いCO₂が大気中に注入されており、大気中CO₂の $\delta^{13}\text{C}$ を低下させている (図4.3.3のように、屋久杉のデータにもその影響がみとれ、これはKitagawa and Matsumoto⁵⁾ も認めている)。

以上のような理由から、年輪の $\delta^{13}\text{C}$ のデータは世界平均気温の指標になっていないと認識しています。

また、1年以下の時間分解能で過去1万年の精密な古気候復元をされる計画とのことですが、仮にそれが世界平均気温の指標であったとしても、それを気候モデルの検証・改良に役立てるためには、同期間の強制力が（太陽放射量だけでなく火山噴火なども）同じく高い精度で復元されなければならないことにご留意ください。さらに、1年以下の変動はほとんどが自然変動ですので、年々の値を気候モデルの結果と比較することは当然できません。

5.4などでも述べたように、気候モデルは物理法則に拘束されていますので、チューニングの余地は限られています。気候モデルの改良に役立つような古気候データについて検討して頂くのはたいへん結構なことですが、気候モデルがどういうものかをもう少しよくご理解なさってから、改めてご検討頂く方が生産的だと思います。

謝辞

本稿の作成にあたり、国立極地研究所の川村賢二様、東京大学の阿部彩子様、吉森正和様、山本政一郎様、海洋研究開発機構の増田耕一様の協力を得ました。

引用文献

- 1) M. E. Mann, R. S. Bradley and M. K. Hughes; Northern Hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties, and limitations,

Geophys. Res. Lett., 26, (1999), 759-762.

- 2) <http://web.sfc.keio.ac.jp/~masudako/memo/hockey.html>
- 3) P. Braconnot, B. Otto-Bliesner, S. Harrison, S. Joussaume, J.-Y. Peterchmitt, A. Abe-Ouchi, M. Crucifix, E. Driesschaert, Th. Fichet, C. D. Hewitt, M. Kageyama, A. Kitoh, A. Laine, M.-F. Loutre, O. Marti, U. Merkel, G. Ramstein, P. Valdes, S. L. Weber, Y. Yu and Y. Zhao; Results of PMIP2 coupled simulations of the mid-Holocene and Last Glacial Maximum Part 1: experiments and large-scale features, *Clim. Past*, 3, (2007), 261-277.
- 4) C. M. Trudinger, I. G. Enting, R. J. Francey, D. M. Etheridge, and P. J. Rayner; Long-term variability in the global carbon cycle inferred from a high-precision CO₂ and $\delta^{13}\text{C}$ ice-core record, *Tellus*, 51B, (1999), 233-248.
- 5) H. Kitagawa and E. Matsumoto; Climatic implications of $\delta^{13}\text{C}$ variations in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) during the last two millenia, *Geophys. Res. Lett.*, 22, (1995), 2155-2158.

4.4 われわれはリアルタイムでメール討論を行った

丸山茂徳 Shigenori Maruyama 江守正多 Seita Emori
2009年2月19~20日

丸山：太陽の活動度のデータは先日送ったのが、私が判断するところのベストだと思います。他にもたくさんありますが、実際に観測したものとしてはあれがベストでしょう（しかも西暦1600年過ぎからの一貫した観測）。最近の時代100年については複数の機関からでており、Webで入手できる。これらは、多少の違いはあっても、百年単位の平均をとり、マウンダー極小期以降との気温を比較すれば正の相関は明瞭でしょう。複雑な気候の主因が何かを判読するには、時間を長く取り、大きな温度変化から次第に小さな温度変化までカバーして、原因を探るようになるしか方法がない。百年単位よりも小さな変化は、観測だけで原因を探るのは困難。太陽の活動度の微小な変動の評価が研究機関によってばらつくのは事実ですが、そのことと私の議論は関係が無い。

次に、気温の指標についての炭素同位体 $\delta^{13}\text{C}$ ですが、ポイントは、海に開いた場所で、高度も一定で、一本の木から測定するのがポイントです。北川さんも予察的に、高度の違う杉で測定し、その温度差を議論していますが、それが分配係数の温度依存性です。高度や木の種類の違い

（代謝反応の違い）を除くには、一本の木で長い時間をカバーし、それを世界各地のデータと比較するのが次のステップです。たぶん、パターンとしては同じになる。

更に化石燃料（低い炭素同位体）が与える、大気炭素同位体比への影響ですが、1ppm（毎年）程度の変化は無視できる数値です。ただし、これは彼のデータ（1995年までの5年間隔）を更に時間間隔をちじめて検証すればもっと詳しくわかるでしょう。

炭素同位体があらゆる指標の中でベストな理由とその検証は、過去130年のIPCC推薦の気温変化との対比で検証いたしました。IPCC推薦の過去130年の気温は絶対値はともかく、地表各地の氷河の消長と対応するので、傾向はあっていると思います。それを信じる限り、ほとんど一致するからです。次の課題は、実際に我々が、もっと精度良く測定し、高度依存性、化石燃料の影響（超高分解能で測定）、代謝反応依存性を実測することです。他の指標、年輪などは問題外、氷床のCO₂は生のデータをみると悲観的（雪の固化、再結晶で二次移動、年代推定が困難）、珊瑚などの酸素同位体も局所温度を反映してしまう。以上です。

江守：早速のお返事ありがとうございます。この内容は僕宛になっていますが、メール討論の原稿としては提出されないのですか？ まだ今日明日時間がありますので、吉田さんに送ればこのままで討論原稿になると思います。その場合、メール討論上で僕も短い応答をしたいと思います。メール討論原稿としての使用の可否を至急ご連絡ください。

丸山：こういう専門的なものはメールのような社会への普及を目的としたものにくっつけても誰もわからんでしょう。このE-mail討論の一連の内容は、専門雑誌のコメント&議論になっており、しかし媒体が専門雑誌ではないという、奇妙なことが進行している。私の独自性についての論文は2つの論文（査読中）の中にありますから、それが受理の段階で君にも送りましょう。その中に引用論文（数百）がまとめて入れてあります。

江守：僕は今回のは、専門的な話をできるだけ一般の人にもわかってもらう（詳細は分からなくても論理の筋道や証拠の有無だけでもわかってもらう）つもりで対応しています。

丸山：これは多分、誰もわからないと思う。たとえば、炭素同位体の話でもそうで、君の反論は私の主張とずれていて、私のいうのは一本の木を、できるだけ年代を広げて測定しないとイケない。同じ木でも高度が違えば温度依存性がでるので少し違う。しかし、パターンは同じはず。代謝の反応が少し違う、杉以外の木を使う場合は、その補正が必要になる。北川君のデータだけが現時点で一番よい。この原理は、全部理解できる人は少ない。

結局、普通の読者は、だれかが質問し、その答えを書き、なーんだ、結局、複雑で何がなんだかわからないと思うか、丁寧な回答や議論をすれば真相とは無関係にそちらに心理的に正しいと錯覚して終わりというイメージですね。こういう議論は、どの雑誌にもあって、私の経験だと、行司がしっかりして、徹底的にどちらが正しいかをつめて、両論併記はなしとする、という強い覚悟がないとイケない。これは雑誌でもなく、雑談でもない。だから、最後まで徹底的な論戦をするという覚悟で、専門の雑誌を越えるという覚悟でやるなら徹底的にやりましょう。

江守：もちろんその覚悟です。ただ、最終的には読者がいるものですので、読者に理解してもらうことにも重きを置いています。しっかり読んで考えてくれる読者も、中にはいるものですよ。

丸山：ついでに北川さんのオリジナル論文はGeochemical

Journal（正確には覚えていないが）に投稿中になっており（1995年）、その最終的な印刷はどこになったのか、追跡確認していません。データは、下に、江守君が付記した、朝倉書店の本の中の図と同じデータです。

江守：それがGRLのKitagawa and Matsumoto (1995)ではないのですか？

丸山：これは直接彼から聞いておきましょう。投稿先を変更したのかもしれない。

パラメータ化とチューニングは、どのデータに合わせるのか、そして、過去のどの気候を説明できたら、それでOKなのか、それは過去1300年の気候と過去50年の観測データ、つまり、古気候ではないのか、君の回答には、何に合わせるのか書いていないからわからない。昨年半ばから、ドイツのグループなどが、自然の要素が強いからしばらくは温暖化しないといっているが、その計算と君の計算のどこが違うの？

江守：パラメータ化とチューニングは、主に現在の気候の再現を重視します。ただし、さまざまな変数、3次元構造、さまざまな時間スケールの変動特性、変数間の相関関係などをできるだけうまく表せるように検証しながら、モデルの改良とチューニングを進めます。そのあたりは、お送りさせて頂いた僕の本「地球温暖化の予測は「正しい」か？」にできるだけわかりやすく書きましたので、ぜひご一読ください。

丸山：僕にとっては昨日の気候まで古気候なんです。そしてそれは年輪炭素同位体でわかる。

江守：そうですか。でも、それはもっと質の高いデータからわかります。昨日の気候を知るのに年輪炭素同位体を使う必要はありません。

ドイツのグループの件は、僕が先日 赤祖父さんに書いたメール討論原稿 (1.5) をご覧ください。ただ、ドイツのグループが目しているのは、PDOではなくて別の変動（大西洋）ですが。

ついでにもうひとつ伺ってよいですか。氷床コアは生データを見るといろいろ問題があるということですね。特に値がゼロになってしまうところがあるとのことですが、その根拠は何を見れば、あるいはどなたに聞けばわかりますか。僕の協力者の氷床コア研究者（具体的には極地研の川村賢二さん）は、そんなことはないはずだとおっしゃるのですが。

丸山：僕にとっては昨日までの気象は古気候なのですよ（編集者注：前出の文章であるが理解しやすいように繰り返した）。ただし、問題は、短期間の気候は、何が最も重要で大きな変数なのか（太陽、CO₂ほか）が分からない。これはミランコビッチのサイクルのように、10万年のような大きなサイクル（大きな温度変化）はわかるが2万年になると他の要素がからんで、小さな温度の効果に何が効いているのかが見えにくくなる、というのと同じ関係です。地球の気候は10億年程度の大振幅（温度変化は+40℃から-40℃）、もっと小さな氷河期と非氷河期との変化、次が最近の時代の氷河期・間氷期で、この順番で温度幅は次第に小さくなる。その次が過去2000年です。このような順番でみてゆくと、何が最も大きくて重要な要素かがわかる。地球初期の頃、かつてはCO₂温暖化ガスが主因だとされてきたが実測するとCO₂は少ない。海水にさえ不飽和、それで、他の要素が主流になりはじめ、宇宙線と雲、さらにはゲノム進化が関係し、それは宇宙のシステム変動で統一的な説明が可能になった。

江守：短期間の気候をよくわからないとおっしゃる一因は、近年数十年のさまざまな直接観測データ（衛星データも含む）を詳しく検討していらっしゃらないからではないですか。古気候のデータはダイナミックな変化が見える一方で不確実性が大きく、近年のデータは不確実性が比較的小さい一方で変化も小さいです。両方をうまく使って、両者に照らして整合的な仮説を立てていかなければならないではありませんか。

丸山：そこで君への質問は、君のいう現在の気候とはいつまでの気候をさすの？

江守：それは話している文脈によります。

丸山：これは原理的な問題です。気温が非常に大きく変化するような変動から小さな日常的な変動までを扱うとき、それぞれの変数を定量化するとき、大きいほうから小さいほうは可能だが、逆はできない。やっても間違う。これが根本的で原理的な問題です。

江守：外挿的にのみ考えようとする、そうかもしれませんが。しかし、近年の高精度のデータからはプロセスの考察ができます。プロセスの考察から積み上げていったものと、過去のダイナミックな変化から示唆されるものを矛盾なく理解しなければなりません。丸山さんの議論は前者があまりにも軽視されています。これは根本的で原理的な問題です。

丸山：短期間の気象を議論すると、物理的プロセスであまりにも複雑で分らないことが多い。成層圏の温度と表層の気温があわないとか、ラビツカ効果でしたか、成層圏の最下部の風の向きが規則的に変化するという話、観測もまたしかり、微弱な気温変化の測定は難しい。両方の観測が重要だということを否定する気はないが、それはある意味で王道だが、どちらがうまく行くかは、古気候で帰納的アプローチしかないと思う。これはこういう複雑系の科学的宿命の問題だと思う。

江守：短期間の気象を全て理解できるかどうかは別の問題です。全て理解できなくても、理解できた部分、信頼性の高い部分を使わない手はありません。少なくとも、近年のデータに照らして明らかに矛盾する帰納的仮説は再考されねばなりません。複雑系の科学にとって、帰納のみ／演繹のみに頼るより、帰納と演繹を両方合わせて使った方がよいに決まっています。

丸山：最近50年の衛星他のデータは重要ですが、気温のほんのわずかな変化（0.5-0.7℃程度）を定量的（これも問題がないわけではない）にとらえ、たくさんのパラメータ個々の役割を定量化できると江守君はいうが、誤差が多すぎて何を見ているのかさえ十分にはわからないと私は考える。時間を長く取り、2000年間（プラスマイナス1-2℃の変動）、1万年間（±2-3℃）、過去数十万年（±4℃）、過去数億年（±10℃）、地球史40億年（±40℃）を調べられると何が最も重要な変数か、定量的なことがわかる。最近50年程度のわずかな変化の観測は、雲ができる物理プロセスを知るとか、雷の原因とか、成層圏最下部の雲の流れや温度、対流圏の温度の関係とか、よく分っていない物理的プロセスを理解することに重大な貢献ができるでしょう。私はそれを否定する気はない。それはそれで重要だが、気候原理の定量化にはだめだ。

パラメータ化、チューニングした後で、過去の気候の再現ができるかどうかのテストに過去130年の気候を使って、たとえ、それがうまく説明できたとしても、ここのパラメータの妥当性はあやしい。万能ではないだろう。私は、地球平均気温の指標がおかしいことに気づいて、どれが一番妥当性があるかを検討して、縄文杉の炭素同位体にとどりついた。そのデータに基づいて、過去2000年間の宇宙線照射量（炭素同位体14）、太陽活動度（黒点数）、気温（正確にはバイオマスの総量の変化で赤道から±20-30度緯度内の生物生産量は気温に敏感に反応）、の三者間の相関関係を調べた。その結果、見事な相関がみられ、それが、宇宙線照射量、太陽活動、および気温の三者が雲の量をコント

ロールしているとするSvensmarkの説を支持していることに気づき、彼の説に傾いた。次に時間を次第に長くしていった。途中の詳細は省略するが、一番大きな変動、すなわち、地球の気温を2億年間で $\pm 40^{\circ}\text{C}$ も変動させた全球凍結の事件にいそついた。これはスターバースト（銀河の中で無数の恒星が誕生したので大量の宇宙放射線が充満した）の時代に対応する。すると、大量の雲が生まれ全球凍結を説明できる。さらに地球史で2回起きた全球凍結直後に生物の爆発的進化がおきたことも説明できる。ゲノムの変異の蓄積速度の加速がおきたからです。太陽系の寿命は100億年ですが、普通にゲノムの変異蓄積速度では動物誕生に約100億年かかる。地球は何故、それが40億年で終わり、動物から人間まで誕生したのかが、これで説明できる。他にも幾つかの重要なイベントがありますが、気候と生命進化を含め天文学からゲノムまで統一的に説明することが可能になりました。次は過去の宇宙線照射量の定量的測定です。

これまで、初期地球の気候や全球凍結を説明しうる考えとして温暖化ガス（ CO_2 ）の出し入れで説明してきましたが、実際に観測しても CO_2 の増減の証拠がない。海水に無機的に沈殿した証拠がないのです。それで、一部の研究者は、別の温暖化ガスであるメタンに傾き、しかしそれでも解凍のためにマントルから火山ガスとしてメタンをだせない（火成岩成因論としては異常）。宇宙線はすべてを説明しうる新しい仮説です。実は私がこの1年夢中になって書いている論文が、これで、Galaxy to Genome: A Perspective View of Snowball Earth and Cambrian Explosion, という論文です。この中に、全部書きました。これは宇宙システムの変動が気象だけでなく、生命進化まで全てを統一的に説明するという新説です。

話が脱線しましたが、ようするに、長時間の気温変化から原因を帰納的に追求するしか、この複雑系の現象の解明には手がない。もし、江守君が今のGCMモデルでいける自信がおりなら、130年間の気候の再現だけでなく、2000年、1万年――40億年の気候を再現できるでしょう。僕はできないと思います。

江守：ゆっくり読んでお返事したいと思います。それはともかく、今朝の僕への最初のメールをメール討論の原稿と

なさいますか？ 吉田さん宛にご連絡ください。僕にもccをお願いします。

丸山：僕が送ったメールはなんでもオープンにしてください結構です。吉田さんあてにもその旨伝えました。ただ、君を相手に議論していたので吉田さんにどれが届きどれが届かなかったのか今すぐにはわかりませんが、何でも自由にオープンにしてくれて結構です。君は今後の日本のホープなので、君がいやだと思っるのはやめてもらって結構です。ご自由に。

江守：僕は昨日からの一連のメールのやりとりを全てそのまま討論原稿にすることは想定していませんでしたが、それもまた臨場感があってよいと思います。公開に同意します。

丸山さんの最後の問いかけへの返事ですが、もちろん現在の気候モデルで40億年の気候の変化を再現することはできません。しかし、適当な強制力や境界条件を与えれば、そして必要ならば適当なプロセスを追加すれば、気候モデルの枠組み自体はかなり広い範囲の気候状態に適用可能なはずで

本質的な問題は、丸山さんの考えてらっしゃるような地球史的な理論と近年の気候の精密なプロセスの理論をどう両立させるかです。気候モデルを古気候のさまざまな時点に適用して、モデルと古気候データの双方の問題点を探り理解を深めていく取り組みは精力的に進んでいます。ですから、丸山さんも丸山さんの理論を近年のプロセスの理論でもっと検証してください。宇宙線説が地球史を理解する上で魅力的な仮説であることはわかりましたが、それと両立しないという理由で近年の気候変動の理論（人為起源温暖化）を十分な根拠無く否定したら、丸山さんの理論を科学として鍛えていくことを途中で放棄したことになりませんか。

地球史の理論と近年の気候変動の理論が互いに矛盾の無い統一的な理論に発展するために、共通の言語である科学的論理性と実験観測的証拠を尊重して、お互い謙虚になって話を進めるべきではありませんか。これに同意して頂けるなら、「人為起源 CO_2 温暖化説は間違い」という主張は取り下げて頂けるはずと信じています。

2009年1月号における訂正と補足

1. 赤祖父俊一氏のお名前のローマ字表記（2箇所）は、“Shun-Ichi”ではなく“Syun-Ichi”でした。お詫びして訂正させていただきます。
2. 伊藤公紀氏の3.1における参考文献のページが確定しました。1) 伊藤公紀; 観測による気候感度の推定, 現代化学, 456 (3月号), pp. 48-52 (2009).

第2部 今後の予測は？

5. 数値シミュレーションの現状と能力、予測モデル

5.9 予測モデルについて

伊藤公紀 Kiminori Itoh

2009年2月10日

皆様

最近、予測科学の一般的方法の観点からIPCCの方法論について検証する試みが見られます。例えば、予測科学分野の先駆者とも言える米ペンシルバニア大のArmstrongは、IPCC報告書が予測科学の一般論に則っていないと述べています¹⁾。彼は、そもそもIPCCでの予測が気候の専門家によってなされることに異論を唱えています。これには驚きますが、予測科学の分野の研究者が参加していないという指摘であり、彼らの論文を良く読めばその主張に納得が行きます。この議論は、問題解決には多様性が重要であるという最近の複雑系研究の成果²⁾とも対応しているように思います。

私にもわか勉強ですが、予測科学の方法論を参考にして、以前の議論を見直してみようと思います。例えば、CO₂濃度が二倍になると何度上がるかを示す気候感度は、予測の一つと見ることができます。すると私が気候感度について行った議論（本討論3.1）は、「グローバル気候モデルを用いたコンピューターシミュレーション」と「実測値に基づいた外挿」とを予測モデルとして比較したと見ることができます。

予測科学の常套手段として、まずナイーブ（素朴）モデルが試されます。これには外挿法が良く用いられます。CO₂二倍時気温上昇の解析においては、CO₂濃度とエルニーニョ指数および大西洋数十年振動から気温の実測値を説明するIllisのモデル（資料3.1の図3.1、文献3.1.1）などが相当します。これらのモデルからは、CO₂二倍時気温上昇として0.6℃～1.8℃が得られています。（ただし、地表気温データについての疑問点を考慮すると、上限値は過大評価されていると考えるべきでしょう。）これらの解析に色々な欠点を指摘することは可能ですが、この素朴モデルとしての外挿法は、予測科学では立派な予測手法の一つです。

外挿法が極めて安価な多重回帰分析に基づくものである一方、超大型コンピューターを駆使するグローバル気候モデルによる予測は、高級モデルによる予測と言えます。したがって、コストパフォーマンスを含めた多面的な評価の対象となります。高級な予測モデルは、この素朴モデルよりも優れていれば使う意味がありますが、そうでなければ採用されないのが普通のようなようです。

グローバル気候モデルの中には、CO₂二倍時の平衡気温上昇としては7℃といった大きな気候感度が得られる場合もありますが、二倍になった時点での気温上昇（過渡温度上昇）で見れば、どの気候モデルも1～2.5℃程度に収まります（資料3.1の図3.1.4）。この値は、素朴モデルから得られる値に近いと言えるでしょう。つまり、安価な素朴モデルでも、高価な高級モデルでも、得られる値に極端な差はないと言えます。

こうして見ますと、政策に直結する予測科学の立場からは、グローバル気候モデルに素朴モデルを凌駕するような意味を持たせるのは、コストパフォーマンスを含めると無理があるという結論が導かれそうです。誤解の無いように書きますと、もちろん、気候科学の観点からは、気候モデルには大きな意味があります（検証の過程は必要ですが）。これを予測に用いることに政策科学として適当かどうか、また気候モデルの役割として予測を重要視することが疑問だということです。

なお、地域気候学の大家であるR. Pielkeは、グローバル気候モデルについて、「基礎・診断・予想」の発展段階の中で、現在はまだ基礎的検討の段階であると指摘しています。従って、地域・局所の気候の予測においても、（少なくとも現段階では）グローバル気候モデルが素朴モデルに対して有利とは言えません。

そこで、気候政策にも予測科学の手法を取り入れ、例えば素朴モデルの一層の充実を図るのも、実効性とコストパフォーマンスの点で意味のあることと思われる。また、社会の発展のためには手法の多様性が重要という指摘²⁾から言っても、現象論的な素朴モデルを排除する理由はないでしょう。

参考文献

- 1) K. C. Green and J. S. Armstrong, Global Warming: Forecasts by Scientists Versus Scientific Forecasts, Energy & Environment, 18 (2007) 997-1021
- 2) スコット・ペイジ『「多様な意見」はなぜ正しいのか』, 日経BP: L. Hong and S. Page, "Groups of Diverse Problem Solvers Can Outperform Groups of High-Ability Problem Solvers," Proc. Nat. Acad. Sci., 101 (2004) 16385-16389

5.10 IPCCは素朴な手法による予測を排除していない

江守正多 Seita Emori

2009年2月16日

伊藤様、皆様

伊藤様の5.9の結論は、素朴モデルによる予測を排除すべきでないということのようですが、IPCCも私も、予測の手法が素朴であるというだけの理由で予測結果を排除することはないでしょう。従って、伊藤様の主張は今回もIPCCへの本質的な批判ではないと思いますが、以下にくつか関連することをコメントしておきます。

「予測科学」からの批判について 伊藤様ご紹介された「予測科学」の論文 (Green and Armstrong) を読みましたが、景気予測などの主に社会現象の未来予測に当てはまるような基準を気候モデルによる温暖化予測に適用して、的外れな批判をしている印象を受けました。RealClimate (ブログ)¹⁾ では痛烈な皮肉とともに紹介されています。一般論としては興味深い点を含みますので、今後の参考にしたいと思います。

IPCCも素朴な手法を採用している 以前の資料1.3.5に示しましたように、IPCCにおける気候感度の推定でも、観測データのみもしくは比較的単純なモデルと観測データの組み合わせに基づく推定値を積極的に引用しています。気候モデルによる推定と観測データによる推定の範囲が概ね一致することで推定の信頼性が高まっており、素朴な手法の役割は重要です。このように、IPCCでは手法が素朴であるというだけの理由で予測結果を排除することはないと思います。一方で、手法が素朴か高級かにかかわらず、手法に致命的な問題があれば結果を排除することがあるでしょう。

高級な気候モデルは必要である 伊藤様は「多様な手法」の重要性を指摘されていますので、まさか素朴モデルを充実させれば高級な気候モデルは不要とおっしゃっているわ

けではないでしょうが、私はより積極的に、高級な気候モデルが必要であることを主張できます。

仮に今われわれが素朴モデルのみを用いて将来の気温を予測していたとしましょう。するとおそらく「放射伝達をきちんと考えない予測は信用できない」という批判が出るでしょう。同様に「大気循環の変化を考えないと信用できない」、「水循環の変化も」、「海洋の変化も」、「雲の変化も」…というように次々に批判が出るでしょう。もうおわかりのように、気象学者や海洋物理学者がこれらの課題を自らに課すことによって、必要なプロセスを一つずつ加えていったのが、現在われわれが手にしている気候モデルなのだと思います。従って、素朴モデルの答えを信用するためには、同時に高級な気候モデルが利用可能である必要が常にあります。

整合性のある主張を 伊藤様は素朴モデルの例として3.1のIllisの研究を再び採り上げ、気温上昇の低い予測値を採用すべきことを主張する材料にしておられます。伊藤様は1.2でエアロゾルの重要性を積極的に指摘しておきながら、エアロゾルを無視しているIllisの研究を好んで引用されておりますが、私にはその整合性の欠如が看過できません。さらに、Illisの手法はGreen and Armstrongの原則9.3, “Do not use fit to develop the model” に抵触しているではありませんか。率直に申し上げて、IPCCの予測を不確かに見せる材料であれば、整合性を気にせず無節操に採り上げていらっしゃるのを見てしまい、残念です。

引用文献

- 1) <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2007/07/green-and-armstrongs-scientific-forecast/>

5.11 予測とモデルについて

伊藤公紀 Kiminori Itoh

2009年2月17日

江守様、皆様

「予測科学」からの批判 Armstrongの批判は、Green & Armstrongの短い論文だけからは読み取れないでしょう。“Principles of Forecasting - A Handbook for Researchers and Practitioners”¹⁾ の内容を勉強する必要があります。800ページ以上ありますので、私も十分に理解できているわけではありませんが、ここは謙虚に、「IPCC第4報告書には予測科学の文献が引用されていな

い」というArmstrongの批判を受け入れ、来る第5報告書に新たに一節を設けるくらいの余裕が必要なのではないでしょうか。そうでこそ、IPCCの信頼度も高まるでしょう。

気候感度についてのIllisの議論 予測科学について私が理解した限りでは、Illisの素朴モデルは時系列を用いた外挿です。当然ですが、外挿は簡単かつ重要な予測手段の一つです [文献1, p.217-243]。さらに、Illisが行っているAMOなどによる気温データの再現は、外挿の一般論にお

ける「領域知識を用いた要素分解」に当たります。つまり、時系列の形式的な外挿ではなく、その中身に踏み込んで外挿の効果を上げるということです。なお、Illisはエアロゾルを顕わに考慮しなくても地球平均気温データを再現できると主張しているだけで、地域気候に人為的エアロゾルの影響が大きいということと直接の関係はありません。私は実際、毎月の局所気温データ（中国等）に基づいて、Illisの方法から人為的なエアロゾルの効果を調べるのは大変面白いと考えているところです。ちなみに、エアロゾルを考慮した素朴モデルもあります（文献3.1.5）。これらの素朴モデルでは通常の回帰分析を使っていますが、予測科学ではニューラルネットワークなども有効な手段ですので、改良のために使うのも良さそうです（文献1, p.245-256）。

また、江守様は「fitは避けるべきだ」と書いてあると主張されましたが、これは、複雑なモデルにパラメータを多く使ってデータと合わせることについての戒めのようなのです。

気候モデルによる予測について Armstrongの批判は外部からの意見ですので、見当違いだとすることもできると思いますが、専門家からの批判もあります。前回も書きましたように、R. Pielkeは彼のブログ（Climate Science）で、気候モデルによる予測について厳しく評価しています。つまり、まだ診断や予測に使う段階ではない、という主張です。現在の気候モデルは基礎的段階にあり、江守様が言われるように、「放射伝達」や「大気循環」、「水循環」、「海洋」、「雲」といった要素を組み込みつつ発展しているところでしょう。だからこそ、気候モデルに無理に予測をさせることには抵抗を感じます。

5.12 予測とモデルについて

伊藤様、皆様

伊藤様の5.11のうち、狭い意味で科学的な議論についてのみ一点だけ簡単にコメントします。「先達からの苦言」については、個人のものが見方が入ってくる問題だと思いますので、狭い意味の科学と一緒くたになるのを避け、伊藤様の7.1, 7.2, 7.3への応答と併せて7.4でまとめてコメントします。

気象学の草分けの一人J. Simpsonは、Pielkeのブログに次のような意見を出しています²⁾。「私は現在どの組織にも属していないので自由にものが言える。今の気候変動については、まだ研究が十分ではない。気候モデルは脆すぎて頼るのは危険だし、観測データも十分ではない。……。私は一科学者として、この問題に対しては懐疑的だし、はっきりしたことが言えるようになるまでは静観したい」。

また、京大の廣田勇先生は、かつて気候モデルの使い方について大変厳しいことを書かれました³⁾。刺激的なのであまり書きたくはないのですが、やむを得ず具体的に引用させていただきますと、「21世紀の気候予測などという試みは、社会的要請はあっても、学問的意義の不明な行為であるとしか言いようがない。これもまた、哲学の欠如した悪しき例である」とあります。これを10年以上前の記述だから、と退けることもできるでしょうが、廣田先生の御主張は変わっておられないと認識しています [資料5.11.1]。

江守様からは是非、これらの気候・気象学の先達からの苦言についてのご意見を聞きたく思っています。

参考文献

- 1) J. S. Armstrong (ed.) "Principles of Forecasting - A Handbook for Researchers and Practitioners," Springer, 2001.
- 2) <http://climatesci.org/2008/02/27/trmm-tropical-rainfall-measuring-mission-data-set-potential-in-climate-controversy-by-joanne-simpson-private-citizen/>
- 3) 廣田勇; グローバル気象学, (1992), 東京大学出版会, p.141.

江守正多 Seita Emori

2009年2月20日

エアロゾルの影響について 伊藤様はエアロゾルが地域気候のみに重要で地球平均には重要でないとお考えでしょうか。図1.2.13-2でエアロゾルの地球平均放射強制力を強調していらっしゃるの、その重要性はおわかりのはずです。そうであれば、Illisの研究がエアロゾルを考慮しないのはおかしいと伊藤様がいわないのは、やはり主張の不整合だと思います。

第3部 その他

7. その他

7.1 IPCCへの本質的な批判とは？

伊藤公紀 Kiminori Itoh

2009年2月17日

江守様、皆様

江守様の「批判のための批判は良くない」という主張は分からないでもないですが、私の意見がそう見えるのにはいくつか理由があります。一つは、エネルギー政策に関することなので、ここでは詳しくは述べられませんが、参考文献を挙げます [文献1a, p.215-271; 1b, p.147-183].

もう一つは、江守様が本質的ではないとする事柄の中に、外から見ると重要なものがあるからです。(私は「神は細部に宿る」また「悪魔は細部に宿る」と思っていますので。)

しかしここでは、「伊藤様の主張は今回もIPCCへの本質的な批判ではないと思います」について考えたいと思います。

IPCCへの「本質的な批判」とは 本質的な批判とは何でしょうか。これは余りにも漠としています。そこで、どこまで議論すれば本質的か、ということを考えたいと思います。

まず、本討論で指摘させていただいた観測点の劣化による気温データの不備は、極めて重要ではありますが、本質的な批判ではないかもしれません。それは、科学的なデータは改良されるのが普通だからです。また、考えられている因子が不十分(エアロゾルや土地利用の影響、太陽磁気の影響など)なのは、これからの課題ではあっても、科学的知見が増すことも普通なので、本質的でないと主張はできます。(注: これは科学的な側面の話であり、本討論では触れない政策的側面では、本質的な批判につながると考えています。)

IPCCへの本質的な批判となり得るのは、IPCCの重要な方針に懸かることでしょう。私を知る限りでは、1) 気候モデルによる予測に関すること、2) 気候影響として大気全体を暖めるか冷やすかという指標である放射強制力の偏用、3) 地表平均気温を指標とすること、また3) 科学に対する責任、ということになるでしょうか。

放射強制力について 予測モデルについては、前回書きました。放射強制力については強力と思える批判があります。一つは放射強制力だけでは不足だということ、もう一つは空間分布が重要だということです。

例えば文献2では、気候変動要因を理解するためには、放射強制力だけでは不十分だと主張されています。例えば、植物の蒸散作用などによる非放射的な強制力が、特に地

域・局所の気候に大きな影響を与えていることは確かになってきました。植生の変化によるアルベド変化は放射強制力の議論の範疇ですが、蒸散作用の変化は埒外です。R. Pielkeがこの点についてIPCCのアプローチを批判しているのは、彼の地域気候モデルを使ったことがあると言われていた江守様もご存知なのではないでしょうか。

Pielkeはまた、放射強制力(特に着色エアロゾルが大気を暖める成分)の空間微分が地域気候にとって重要だと指摘しています。これは、エアロゾルが集中して発生する領域の周辺部で影響が特に大きいということなので重要でしょう。

平均気温について Pielkeの批判でもう一つ重要な点は、平均気温、特に地表気温に基づく平均気温の使用に疑問を呈していることです。そもそも地上2mで測定される気温にはバイアスがかかっており、あまり科学的な意味はないと彼らは解析しています(本討論1.2参照)。これを裏付けることがJ. Hansen自身のNASAのサイトのQ & Aにも書いてあります。「正確な地表気温とは何かということについて一般的な解答はありません」というものです³⁾。そうしてみると、Pielkeの「地球平均気温は当てにならないから海洋蓄積熱を指標とすべき」⁴⁾という主張はもっともに思えます。

科学に対する責任 IPCCの科学的責任については不満があります。例えば、M. Mannのホッケースティック曲線(討論2.1)を使わないことになったのなら、きちんと清算していただきたい。これだけ社会的影響の大きいデータが知らないうちに見放されていたというのでは、科学としての信頼度が損なわれます。なにしろIPCC第3報告書では目玉だったのですから。私は、IPCC第4報告書の著者候補(最終的にはエキスパートレビュー)として、国内連絡会準備会に出席しましたが、その際、主査の茅陽一先生が「過去気温データに問題があるという話があるので心配している」とおっしゃったのを聞きました(議事録 [5] 参照)。茅先生の心配は当たっていたと思います。

予測科学の原則に、「良質なデータの使用」というのがあります。データ観測点の劣化(討論1.2)やホッケースティック曲線におけるデータ扱いの問題は、まず第一にIPCC自身が問題にすべきことなのではないでしょうか。

A. Goreの「不都合な真実」も良い例です。その内容は、IPCC第4報告書等に照らして科学的な間違いが多数含まれています。英国判事の判決 [文献1a, p.181-210] に任せるのでなく、IPCCから積極的に指摘して欲しかったところ です。

参考文献

- 1) a) 伊藤公紀・渡辺正; 地球温暖化論のウソとワナ, (2009), KKベストセラーズ; b) 伊藤公紀; 地球温暖化, (2003), 日本評論社.
- 2) Climate Research Committee, National Research

Council, "Radiative Forcing of Climate Change: Expanding the Concept and Addressing Uncertainties Committee on Radiative Forcing Effects on Climate," National Academic Press, 2005

- 3) Elusive Absolute Surface Temperature.
http://data.giss.nasa.gov/gistemp/abs_temp.html
- 4) R. Pielke Sr., Heat Storage Within The Earth System, Bul. Amer. Meter. Soc., 84 (2003) 331-335.
- 5) 第2回 IPCC第4次評価報告書に向けての国内連絡会 準備会議事録 (平成15年10月9日), p.6

7.2 IPCC報告書の科学は要注意：ハリケーンの例

伊藤公紀 Kiminori Itoh
2009年2月18日

皆様

気候科学が発展途上であることは誰しも認めるところでしょう。IPCCの報告書も例外ではありません。その例を示したいと思います。時間が無いので、典型例を一つだけ挙げます。

IPCC第4報告書WG-1の第3章に、熱帯低気圧の変化について述べられている箇所があります。特に、1970年以降に熱帯低気圧の活動が活発になったとするEmanuelの論文¹⁾が引用されています。Emanuelはその後、M. Mannと同様な趣旨の共同論文を発表しました²⁾。彼らの結論は、熱帯低気圧の活動度は海面温度でほとんど決まるというものでした(資料図7.2.1参照)。ただし、20世紀半ばより前のデータは推定値です。

彼らのデータ(資料図7.2.1)を見る限り、確かに彼らの結論はうなずけるもので、IPCCのまとめも妥当ということになります。しかし、その後出た論文により、彼らの結論はほぼひっくり返ったと言って良いと思います。Nybergらは、過去のハリケーン活動を海底のサンゴ礁に残る擾乱等から推定する手法を開発し、過去250年に亘るハリケーン数の変動についてのデータを示しました[文献3]。その結果を資料図7.2.2に示しました。この結果を見ると、Emanuel & Mannの熱帯低気圧活動度の推定が過小評価だった

め、海面温度との対応が良いように見えたと言えます。

Nybergらの考察によれば、ハリケーンの数を決めているのは主としてハリケーン発生域(アフリカ西岸沖)での風の強さです。1970-1990年は、この領域で風が強かったためにハリケーンの卵が成長できなかったと結論されました。彼らはさらに、風の強さと太陽活動が良い対応を示しているとしています。

このように、かなり重要な点で、最新のIPCC報告書の結論は変更を余儀なくされています。他の極端現象についても、データそのものや変動の原因を良く調べるとIPCC報告書の調査とかなり異なってきていることが見られます。「要注意」です。

参考文献

- 1) Emanuel, K., 2005a: Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436, 686-688.
- 2) M. E. Mann and K. A. Emanuel, Atlantic Hurricane Trends Linked to Climate Change, *Eos*, Vol. 87, No. 24, 13 June 2006 PAGES 233, 238, 241
- 3) J. Nyberg et al., Low Atlantic hurricane activity in the 1970s and 1980s compared to the past 270 years, *Nature*, 447 (2007) doi:10.1038/nature05895

7.3 気温とCO₂濃度との関係について

伊藤公紀 Kiminori Itoh
2009年2月18日

皆様

コーディネーターの吉田先生のご要望がありましたので、読者のために、気温とCO₂濃度の関係について(気は進みませんが)簡単にコメントさせていただきます。丸山

様は、植田敦氏や根本順吉氏の論と同様、現在のCO₂濃度の変動は気温変動によるものであると主張されておられる^{1) 2) 3)}と理解しておりますが、それでよろしいでしょうか(資料図7.3.1¹⁾参照)。

気温が変化すると、海洋や生物活動の寄与が変わり、CO₂の濃度に影響することは良く知られています。特に、過去10万年以上の気温変化やCO₂濃度変化の詳細な検討から、氷期・間氷期のサイクルに伴うCO₂濃度変化は気温変化に追従していることははっきりしています。(ゴア氏の『不都合な真実』では逆のことが示唆されています。)

しかし、現在のCO₂濃度上昇のほとんどが化石燃料の燃焼由来であることははっきりしています。一つの理由は、現在の気温上昇が小さく、CO₂濃度上昇を説明できないからです。もう一つの理由は、いわゆるSuess効果の存在です⁴⁾。燃料中にかつて含まれていた放射性の¹⁴Cは、現在では減衰しきっていますので、燃せば¹⁴Cが含まれないCO₂が排出されます。そのため、大気中の¹⁴CO₂濃度は薄まってしまう。これは、CO₂濃度上昇が化石燃料由来であることを示すということだけではなく、¹⁴Cの地球科学的利用には大変妨害になっています。例えば、太陽活動変動は¹⁴C量が指標となりますが、特に20世紀後半ではこの手法が使えません。10Beは使えますが、降水量の影響を大きく受けます。私も¹⁴Cを太陽活動指標に使おうとして、最近のデータが「汚染」されているのを知り、大変残念に思ったことがあります。

では、資料図7.3.1では、なぜ気温変化がCO₂濃度の変化に専攻していることが強調されているのでしょうか。それは、気温変動による成分をはっきりさせるために、ゆっくりした変動を除いてあるからです(ハイパスフィルターを使ってある)。従って、縦軸はCO₂濃度そのものではなく、ゆっくりした変動からの速いずれであり、CO₂濃度変化と書かれるべきものです。Suessは、ゴア氏の先生だった

Revellの共同研究者で、洋と大気間のCO₂交換について研究していた人です。

折角ですので、CO₂濃度測定に関して、ゴア氏『不都合な真実』の記述の訂正をさせていただきたく存じます。ゴア氏はRevell先生を大気中のCO₂濃度を測った先駆者として讃え、実際の功労者Keelingを唯の雇われ人のような書き方をしています。しかし、これは科学史にもとる記述です。RevellはKeelingに研究継続の機会を与えたことは確かですが、それ以上のことではありません。だから、CO₂濃度変化のグラフはKeeling曲線と呼ばれているのです。正確なことは、文献5に詳しく解説されています。

IPCCは、なぜ、自らの科学の信頼を損ねかねないゴア氏の間違いを訂正しないのでしょうか。発明や発見のオリジナリティを明確にし、科学史をきちんと把握することも科学の重要な要素です。廣田先生のご意見[資料5.11.1]を拝見すると、このような基本的な事柄に対してIPCCがあまりにも鈍感だと感じるのは私だけではないようです。

参考文献

- 1) 丸山茂徳；「地球温暖化」論に騙されるな！、講談社、(2008) 59.
- 2) 丸山茂徳；地球温暖化対策が日本を滅ぼす、PHP研究所、(2008)、44.
- 3) 武田邦彦・丸山茂徳；「地球温暖化」論で日本人が殺される！、講談社、(2008)、79.
- 4) http://en.wikipedia.org/wiki/Suess_effect
- 5) スペンサー・R. ワート (Spencer R. Weart) 「温暖化の“発見”とは何か」(増田耕一・熊井ひろ美訳、みすず書房) 関連サイト:<http://www.aip.org/history/climate/>

7.4 「事実関係」と「ものの見方」

江守正多 Seita Emori

2009年2月20日

伊藤様、皆様

伊藤様の5.11, 7.1, 7.2, 7.3に対して、まず事実関係に関してまとめてコメントしたいと思います。その後に、5.11で引用された「気候・気象学の先達からの苦言」への私の意見を含めて、狭い意味の科学的議論からはみ出した部分について発言したいと思います。

このe-mail討論を通じて、ここまで私は温暖化科学の研究者を代表する立場で発言してきたつもりです。しかし今回の後半部分だけは私個人のもの見方にやや大きく依存する発言になることをあらかじめお断りしておきます。

事実関係①：Joanne Simpsonの意見 伊藤様が5.11で引用されていたJoanne Simpsonの意見を読みました。その上で、伊藤様の訳と引用の仕方に偏りを感じました。

Simpsonは「不完全なモデルの予測に頼らざるを得ない一方で、一部の科学者が温暖化をでたらめ呼ばわりし、両者の罵り合いになっていることが問題だ」とした上で「自分が建設的に貢献できるようになるまでは、この論争に口をはさまないように決めていた」といっています(しかし今から、熱帯降雨観測衛星のデータでモデルを検証することで貢献できる、と話は続きます)。伊藤様の引用とはだいぶニュアンスが異なります。

事実関係②：ホッケースティック曲線 伊藤様は7.1で、IPCCがTARで大きく扱ったMann et al.¹⁾による過去1000年の気温復元データ(俗にいうホッケースティック曲線；4.3も参照)をAR4で使わないならそのことをよく説明すべきだと批判されているようです。しかし、図4.3.1を見

て頂ければ、多数の復元データのうち一つとしてMann et al.¹⁾の曲線がAR4でも引用されているのがわかります(記号はMBH1999)。論争についてもIPCC WG1 AR4 6.6.1.1に詳しく説明してあります。また、TARのときのグラフも最良推定値は直線的でしたが大きな不確実性幅がついていました。以上から、伊藤様の批判は的確でないと思います(ただし、直線的な最良推定値の印象がメッセージとして一人歩きしてしまったという科学コミュニケーション上の問題は確かにあったのではないかと私も思います)。

事実関係③：ハリケーン研究 伊藤様は7.2で、IPCC AR4では熱帯低気圧の活動度は海面水温でほとんど決まるとしているが、その後のNyberg²⁾の研究でその主張は覆されたとおっしゃっています。しかし、IPCC WG1 AR4 第3章のBox3.5では熱帯低気圧の活動度は海面水温以外に安定度や風のシアに依存することを説明していますし、第9章の9.5.3.6ではMann and Emanuel³⁾を引用しながらも、海面水温以外の影響も考えられるため、人為影響により熱帯低気圧の活動度が強まっている可能性はmore likely than not (>50%)と控えめに判断しています。Nybergの研究も過去の復元データは不確実性が大きいでしょうから、この問題は未決着とみるべきです。以上のように、この件の伊藤様の解説はかなり不正確です。

事実関係④：「不都合な真実」に関する判決 伊藤様が7.1で言及していらっしゃる、映画「不都合な真実」に関する英国の裁判所の判決⁴⁾についてですが「科学的に不正確なところがあることを認めるが、その点に注意した上で、学校の教材として視聴してよい」という趣旨のもと理解しています。伊藤様の言及では判決が「不都合な真実」の間違いを非難するものだったように聞こえますが、だいぶニュアンスが異なります。

事実関係⑤：「不都合な真実」におけるRoger Revelleの扱い 伊藤様は7.3の最後で、「不都合な真実」でCharles D. KeelingでなくRoger RevelleがCO₂観測の先駆者として扱われていることを問題視しています。しかし、伊藤様の史実の引用元である「温暖化の“発見”とは何か」の訳者、増田耕一様は、研究プロジェクトのリーダーであったRevelleに、その立場からの貢献があったことは間違いない、というご意見です⁵⁾。それに、ゴア氏の映画なので、ゴア氏に直接かかわった人が紹介されるのは自然なことだと思います。

「先達からの苦言」について さて、ここから先の発言には私個人のものの方が入ってきます。そうならざるを得ない理由は、「先達」の意見にも、各人のものが入っていると思うからです。気候モデルによる温暖化予測の科学的な意義もしくは政策的な有効性について、気象学・気候学の専門家の間でもさまざまな意見があることは理解で

きます。意見のばらつきの一部は、温暖化予測という研究の詳細をどの程度ご存じかに依存すると思いますが、それだけでは説明がつかない部分も大きいでしょう。いわゆる「哲学」の違いによるといってもよいかもしれません。

Roger Pielke Sr.については、blogのMain Conclusions⁶⁾を読みました。最初から地域・局地規模にこだわるという前提であれば、かなり同意できる内容と思いました。しかし、必要以上に地球規模を軽視しているように見える点が、やはり私には理解し難かったです。「哲学」の違いかもしれません。ただ、近年のIPCCで重要視されるようになってきたCO₂の生態系への効果や土地利用変化の重要性をPielke Sr.は10年以上前から主張していたのを覚えています。その意味では、Pielke Sr.の主張はIPCCよりもずっと先に進んでいた部分があったため、IPCCと意見が合わなかったのかもしれませんが。

廣田勇様については、科学不在(あるいは「哲学」不在)の温暖化予測を戒めていらっしゃるのだと私は理解しています。私は拙著⁷⁾で詳しく述べたように温暖化予測は科学たりえと考えています。検証、不確実性評価、メカニズムの考察などを可能な限り科学的に行おうとするのが現在の温暖化予測であり、そのような取り組みを廣田様は否定されないはずで、温暖化予測研究者にもいろいろな人がいるので、中にはこの問題に科学的にとりくむ意識と覚悟が足りない人もいるかもしれません。そのような研究者に対しては、廣田様は批判的でしょうし、私も同様に批判的です。

伊藤様のもの見方 ところで、上記の事実関係①～⑤からわかるように、伊藤様の主張にも伊藤様のもの見方が表れていると思います。伊藤様は、IPCCあるいは「不都合な真実」が「間違っている」というニュアンスを持つ材料ばかりを集めてきて解説しているように、私には見えます。もっとも、メディアにより単純化されたIPCCの結論などへの人々の妄信を戒める意味では、そういう人もいた方がよいのかもしれませんが。しかし、伊藤様の解説はしばしば「間違っている」というニュアンスを強める方向に少しずつデフォルメされています。そして人々がこれを見抜くのは困難です。ちょうど、人々がメディアによる情報の単純化を見抜くのが困難なのと同じように、です。「神は細部に宿る」、それはもちろん結構です。しかし、細部のみにとらわれて大局を見失う方向に人々を導いたり、しかも、その細部が不正確だったりすれば、科学者からの情報発信として良心的とは言い難いと思います。

謝辞

本稿の作成にあたり、国立極地研究所の川村賢二様、東北大学の明日香壽川様、東京大学の山本政一郎様、国立環境研究所の野沢徹様、気象研究所の吉村純様の協力を得ま

した。

引用文献

- 1) M. E. Mann, R. S. Bradley and M. K. Hughes; Northern Hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties, and limitations, *Geophys. Res. Lett.*, 26, (1999), 759-762.
- 2) J. Nyberg, B. A. Malmgren, A. Winter, M. R. Jury, K. H. Kilbourne and T. M. Quinn; Low Atlantic hurricane activity in the 1970s and 1980s compared to the past 270 years, *Nature*, 447, (2007), 698-701.
- 3) M. E. Mann and K. A. Emanuel; Atlantic hurricane trends linked to climate change, *Eos*, 87, (2006), 233-241.
- 4) <http://www.bailii.org/ew/cases/EWHC/Admin/2007/2288.html>
- 5) http://macroscope.world.coocan.jp/ja/reading/gore_inconvenient_truth.html
- 6) <http://climatesci.org/main-conclusions/>
- 7) 江守正多; 地球温暖化の予測は「正しい」か? (2008), 化学同人.

7.5 理解し合えないのも悪くはない?

伊藤公紀 Kiminori Itoh

2009年2月20日

江守様、皆様

きちんと文献に当たってのご回答ありがとうございます。特に、Pielke氏の主張(7.4の文献6)に基本的な納得を頂いたのは、それだけで意義のあることと思います。(編集者注: この一文は校正段階の2月23日に追加)しかし残念ながら、多くの点で少しずつ論点がずれているのを感じます。お互いの立場がありますので、それは仕方ないことなのかもしれません。ご指摘のように、私は特に、間違っている点(科学的にも他の面でも)を強調します。それは、間違いが拡大することで大きな環境政策的失敗を生む可能性があると感じるからです。江守様は、ゴア氏の記述に寛大なことでも分かるように、合っている点を強調されます。もちろん、その方が建設的な場合もありますが、そうでない場合もあります。

M. Mannのホッケースティック曲線は良い例です。私は、彼らのデータの扱いの不備を問題にしており、IPCCがそれを指摘しないことに不満を持っています。特に、20世紀になって急に気温が上昇したように見えるのは、彼らが使った代替指標の一部に問題があったためであることは、かなり明白です。一度、データを良くお見せして議論したいと思います。なお、最近ホッケースティックがあまり登場しないのは確かです(IPCC AR4には、ひっそりと入っていますが)。

もちろん、私が強くそう思うのは、私がかかなり誤差にうるさい実験物理化学の分野出身だからかも知れません。またあるいは、かつて苦い経験をしているからかも知れません。ある意味、科学研究の裏側を知っていますので、データの質や研究者の態度に敏感なのだと思います。

逆に、江守様が、大きな誤差の範囲で合っていれば良いというお考えなのは、きっと理由があることなのでしょう。例えば江守様は、Hansenのシミュレーションは実測とあ

っていると主張されますが、我々から見ると、むしろ外れていることが目立ちます。ある気象学の大家から、気候感度について、「3℃を中心として半分から2倍の範囲に実測値が入っていれば、理論家としては満足です」と聞いたことがあります。そのときは大変びっくりしました。今回、このような考え方の違いがはっきりしてきたのは、大変有意義だったと思います。

なお、「木を見て森を見ない」が困るのは当然のことで、「神は細部に宿る」とのバランスが必要です。今回議論できなかった環境マネジメントは、四つ玉ジャグリングと言われるほど、難しい作業です。多様な観点から見ないと失敗します。私はそれを常に意識しています。多様な観点と戦略が、より良い解を導くというのは、最近の複雑系の数学的結論の一つです¹⁾。これらの多様な観点には、矛盾も生じるでしょう。私は、それをよしとします。江守様が私の主張に不整合を感じるのも、そのような理由からかも知れません。モデルの中に不整合があると困るでしょうから、江守様はそのような見方に慣れているのだと拝察します。

面白いことに、観点多様性の研究の結論によれば、多様性が維持されるためには、あまり当事者同士が仲良く討論しないほうが、質の差が保たれて良いそうです。

とは言いましても、機会があれば、また是非このような異分野討論をさせていただきたく存じます。気候変動の問題には、まだまだ多様性が必要と感じますので。

最後に、コーディネートの労を執られた吉田先生には、深く感謝いたします。

参考文献

- 1) L. Hong and S. E. Page, Groups of diverse problem solvers can outperform groups of high-ability problem solvers, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 101 (2004) 16385-16389.

編集実行委員会便り

〈e-mail討論について〉

1月号発行の直前に、討論者のご賛同と編集実行委員会の承諾を得て、本会としては異例の本文記事のインターネット公開を冊子発行と同時に実現することができました。インターネットの効果はやはり絶大で、会員数(約2000名)をはるかに超える世間一般の皆様にご覧いただき、大きな反響が寄せられました。Google等で検索しても、おびただしい数のサイトで紹介、引用、コメントがなされています。それらのコメントの中には、企画者の意図を必ずしも適切に汲み取っていただいていないようなものも見受けられますが、ともあれ地球温暖化の科学につき多くの関心を喚起でき、また貴重な情報を中立的に提供できたことにより嬉しく思います。3月号では1月号で積み残した議論を掲載し、今後まだまだ議論は出て来る可能性はあるものの、ひとまずこの段階でe-mail討論を閉じさせていただきます。

〈特集について〉

“Sustainable Development”という言葉は比較的新しい。「持続可能な開発」の和訳で用いられているこの語句は、環境と開発に関する世界委員会の1987年報告書(“Our Common Future”)の中心的概念として示され、「将来の世代の欲求を満たしつつ、現在の世代の欲求も満足させるような開発」を意味するとされる。“Development”が「開発」と訳されることが多かったこともあり、食糧や天然資源を対象とし、これらをいかにして持続的に取得することができるかに当初は主な焦点があてられてきたように思う。Hotellingの定理やHerman Dalyの3原則などはこれらに対する解を示唆する古典的な洞察といえよう。最近では“Development”が「発展」と訳されて、「持続可能な発展」という和訳が多用されている。地球環境問題の顕在化とあいまって、その意味する対象も広がり、世代間の公平性ばかりでなく、経済と環境を両立した途上国の発展という文脈でも用いられることも多くなった。

日本語としても近年定着しつつある「サステナビリティ」という言葉は、そのような背景から、必然的に非常に広範な背景において用いられているといえる。今回の特集企画の「サステナビリティ学の創生」では、学問としてのサステナビリティを採り上げた。Integrated Research System for Sustainability Science (IR3S)を研究拠点として立ち上がったサステナビリティ学の包含す

きます。

前号発行から今日(2月20日)までの間で、世界ではいいことがあまり起こっていませんが、その中にあってひときわ感動を与えてくれたのは1月15日に起きたUS Airways 1549便の“Miracle on the Hudson”でした。そのSullenberger機長の言葉“We were simply doing the job we were trained to do.”はプロの厳しい姿勢を象徴するものとしてさらなる感動を与えてくれました。公益性が求められる学会誌の編集に際しては、“We were simply doing the job we were required to do.”と言えるようにしたいと願う次第です。

吉田 英生
(京都大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻教授)
E-mail: yoshida@mbox.kudpc.kyoto-u.ac.jp

る内容は極めて幅広いが、それがどのような学問であるのかが本特集を通じて多くの方に伝われば幸いである。機械や化学といった伝統的な学問分野が、目的を達成するための手段がその名になっているのに対して、サステナビリティ学は目的自体が名称に表れている。しかしその英語表記がSustainability scienceであるように、目的達成のための手段としては、伝統的な学問としてのscienceの各分野を取り込んでいる。と同時に、サステナビリティの観点から様々な学問分野をコーディネートすることが不可欠であり、必然的にサステナビリティ学は学際的な意味合いを持つことになる。

世の中に目を向ければ、1年後に迫ったバンクーバーオリンピックは経済、環境、社会、生活など6つの項目に対してサステナブルな大会を目指すことを掲げている。このように一般の人々の生活にサステナビリティという概念が定着しつつあることは喜ばしいことであると同時に、サステナビリティとは何かを改めて考えるきっかけにもなる。サステナビリティ学の今後の発展に期待したい。

最後に、ご多忙の中原稿をご執筆頂いた方々に心より御礼を申し上げます。

吉田 好 邦
(東京大学大学院新領域創成科学研究科准教授)