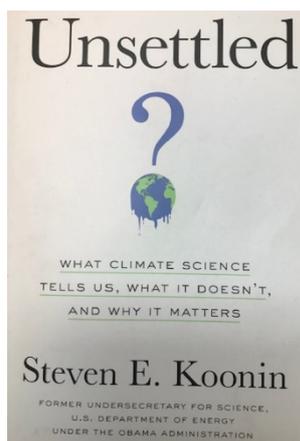


# Steven E. Koonin, “Unsettled – What climate science tells us, what it doesn’t, and why it matters”を読んで

2022年1月15日

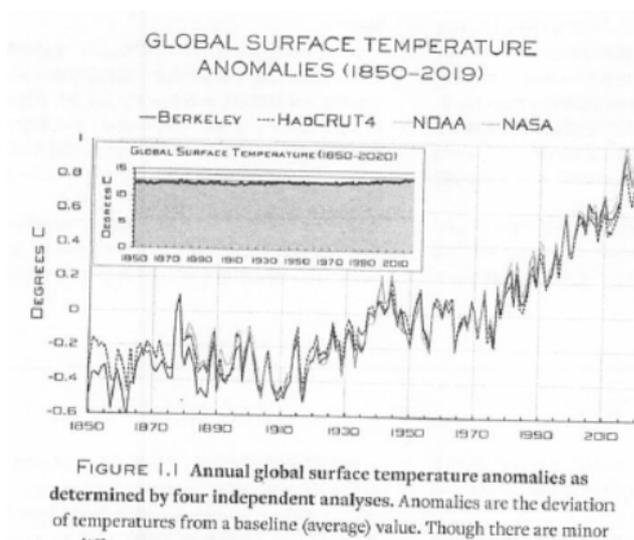
山口光恒

著者はオバマ政権当時エネルギー省の **under- secretary for science** を務めた人物。Caltech の **theoretical physics** の教授兼副学長を務め、Peer reviewed paper も多数ある人物。



構成は第1部が気候変動の科学、第2部が対策。第1部は気候変動の科学、人為的影響、GHG 排出量、気候モデルの問題、熱波、降水量、海面上昇、ゆがめられた科学とその対処など11の章、第2部は脱炭素の現実、アメリカの実情、Plan B の3つの章からなる。最後の Plan B では Geoengineering として SRM と CDR(carbon Dioxide Removal)、それに適応を論じている。

本書の題名が示す通り、本書の狙いは気候変動の科学は（気候変動への人為的影響も含めて完全には）解明されておらず（Unsettled）、かなりの不確実性がある。これを恰も解明済みかのように喧伝する人々がいるが、それは誤りであるという事を手を変え品を変えて説明している。とはいえ本書は所謂気候変動懐疑論（Hoax）とは一線を画し、具体的な数値等を用いて論拠を明確に示している点が好感が持てる。



例えば左図がFigure 1.1として示されている。これはBerkeley、HadCRUT4、NOAA、NASAという代表的な4つの機関の1850-2019年の(baseline比の)気温上昇の偏差(anomaly)を示した図である。この図のBaselineは1951-1980年の30年間の気温である。著者はこの図を論じるに際して、そもそもこれは気温そのものの変化の図ではない点に読者の注意を向けている。具体的に地

球の平均気温などは計れないし、都市の緯度による気温差を考えれば、平均気温の絶対値は意味が無いとしている<sup>1</sup>。その上で、図から気温の長期上昇傾向が明らかで、1850年対比では2019年までに約1°C上昇し、とりわけ1980年以降は上昇が加速されている。また、1900年にはBaseline比-0.3°Cだったが2020年には+0.8°Cで120年で1.1°Cの上昇でこれは10年平均0.09°Cの上昇となると説明している。しかし10年あたりの平均気温の変化を見ると1940—1980年の40年間ではマイナス0.05°Cだが1980—2020年では+0.2°C、1910—1940年では+0.17°Cという具合にどの年代をとるかによって大きな差がある点を指摘しつつ、期間の取り方次第で平均気温の上昇は大きく異なること、このうち自分の主張に合う年代を採用すること(cherry picking)はメディアではよく使われており、時によって(科学的な)評価報告書でもこうした例がある(and occasionally in the assessment reports)と指摘している(31頁)。ここでは明確ではないが、この後でIPCCの評価報告書でさえも一見科学的とみなされているが、必ずしもそうではない点を例を挙げて説いている。

メディアのcherry pickingは枚挙にいとまが無いほどの例が引かれているが、一つ例を挙げると2019年8月13日のWashington PostがNOAA(アメリカ海洋大気庁)のデータを引用してNew Yorkなどアメリカの人口密集地や石油やガスの採掘地であるロッキー山脈付近の帯の気温が急上昇しているのはアメリカが急激な気候変動に襲われている事を示すとのタイトルで記事を書いたが、科学的な見地から気候変動の結果として特定の場所だけにそのようなことが起こることはあり得ない事を説明した上で、メディアの取り上げ方(cherry picking)を批判している。

他方、温暖化の原因物質のうち特に重要なのはCO<sub>2</sub>とメタンである点を挙げ、このうち特にCO<sub>2</sub>についてはその長期滞留性から僅少でも排出されれば必ずそれに応じて気温が上昇する点を指摘し、気温安定化には最終的にCO<sub>2</sub>排出をゼロにする必要があると説いている点は重要且つ説得力がある(第3章)。

第4章では気候変動で多用されているモデルについて非常にわかりやすい説明をしている。その中でモデル結果と現実の間には必ず乖離が生じること、その調整にはどうしてもtuningが必要な理由を説明した上で、それに伴いこれが予め決められた答に合わせる形で利用される(overtuning risks cooking the book)問題点を次の通り指摘している。具体的には世界の指導的な15人の気候モデル専門家の共同論文<sup>2</sup>から次のような箇所を引用している。

Tuning 際には理論的には評価、モデル間の比較、モデル結果の解釈を勘案してな

<sup>1</sup> 図の下部の年代が読みにくいかも知れないが、一番左が1850年、次が1870年、次が1890年という具合に20年ずつ年がふられている。一番右は2010年であるが、図としては2019年まで示されている。

<sup>2</sup> 具体的な論文名は第4章の注8として本書265頁に示されている)。

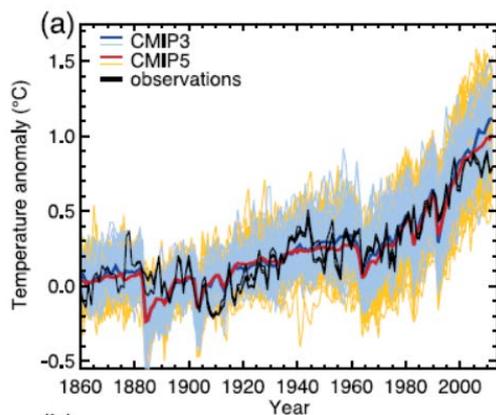
されるべきである。---何故ここにこのような透明性の欠如が生じるのだろうか。その理由は tuning はしばしば避けがたいのだが、気候モデルの **dirty part** で科学と言うよりはエンジニアリングの作業であり、科学の専門論文に載せるような価値のない数字のこね回しだからかも知れない。これ以外に、モデルが tuning されていると言うことを公にすることは気候変動モデルの有効性に疑問を呈する人たちの立場を強めることになるからかも知れない。Tuning はモデルエラーを隠す (compensate) 無言の手法かも知れない。

次いで IPCC でも用いられている CMIP (Coupled Model Intercomparison Project) の説明に移る。これは多くの気候モデルの集合体で、CMIP3 は IPCC 第 4 次報告書、CMIP5 は第 5 次報告書、CMIP6 は昨年公表された第 6 次報告書の基礎をなすものである(いずれも気候変動の科学を扱う第 1 作業部会)。この事実はこれを構成する各モデルの結果はほぼ同じと考えられるかも知れないが、各モデルの結果は実際には相互間及び観測された結果とは大きな違いがある。この問題を正面から扱うと言うことは、著者 (Koonin 博士) がこの点についても高度な専門的知識を有していることを示していると思う。

IPCC 報告書を詳しく読まない限り、モデルの結果として示される図表は、それぞれ内容が大きく異なるモデルの平均値だと言うことは分からないとしている (86 頁以降)。特に問題なのは地球表面の平均気温の絶対値 (baseline からの乖離—**anomaly**—ではなく平均気温そのもの) がモデルによって 3°C も異なっている点で、これは彼らが説明をしようとしている 20 世紀の観察された気温上昇の値の 3 倍である。その上、気温上昇の数値がこの程度異なっている二つのモデルの詳細を見ると大きく異なっている。例えば水が凍る温度は自然界の法則で決まっているので tuning は出来ないが、雪の量、表面を覆う氷の量、従って地球の反射力 (albedos) は大きく異なっているだろうとしている<sup>3</sup>。

---

<sup>3</sup> ここは断言ではなく **might** を使っている。しかし 20 世紀の気温上昇が 3°C になるようなモデルも含まれているのでは CMIP に対する信頼が損なわれるのは明白である。この点については権威ある学術誌で CMIP 関係者の反論を見たいものである。



(IPCC) 評価報告書は平均気温の絶対値ではなくそれぞれのモデルの計算された気温上昇と平均気温の上昇に焦点を当てることでモデルによる平均気温の絶対値の大きな差を軽視 (downplay) しているとして左の図を示している<sup>4</sup>。ここで観察された結果と合うように tuning が行われているとの世界で最も権威あるモデラーの話(名前は出ていない)が紹介されている

が

Koonin はこのうち tuning に関して 1960 年以降は CMIP 3 (図の青色の範囲) よりも CMIP5 (図の黄色の範囲) の方がブレが大きい、換言すれば新しいモデルアンサンブルの方が不確実性が高い (more uncertain) 点を指摘している。つまりモデルがより精緻になればなるほど不確実性は増すというのである。著者はこれも科学が unsettled である証拠としている。

この図のうち黒の線は観察された気温上昇(但し絶対値ではなく Anomaly)、赤は CMIP5 (の平均値か中央値かは不明<sup>5</sup>) であるが、この点に関して著者はもう 1 点大きな問題を指摘している。それは 1910 年から 1940 年の間の急激な気温上昇を捉えられていないという点である。平均すると気候モデルは実際の気温上昇率の半分程度となっている。著者はこの点に関して IPCC 第 5 次評価報告書の説明原文を引用し<sup>6</sup>、はっきり言えば、IPCC はモデルと現実とにこれだけの差が生じた原因は不明であると言っているに等しいとしている。他方 IPCC は 20 世紀後半の急激な気温上昇は、人為的であることが高い信頼度で言えるとしており、何故そう言えるのかという問題提起である。著者は気候科学の専門家であり、このあたりが本書全体を通じて最も躍動感がある記述となっている。

この後は異常気象、ハリケーン、洪水などその原因を何でも気候変動とする考え方を科学の見地から反論し、第 10 章で何故科学がゆがめられたか、換言すれば本来は気候変動の科学には未解明の部分が多くあるにも拘わらず、「科学的には決着がついた (Science is settled)」となったかを論じている。著者はメディア、政治家、科学機関 (National Academy of Science 等)、科学者、活動家 (NGO

<sup>4</sup> 本に示されている図はカラーでなく分かりにくいので、出処が IPCC 第 5 次報告書第 1 作業部会第 10 章の図 10.1 と明記されているので、ここでは山口が直接 IPCC 報告書から当該図をコピーした。

<sup>5</sup> この点 IPCC 第 5 次報告の原文から確認しようとしたが、この図の説明としてはこの点明記がなかった。他を詳しく読めば出ていと思うが、筆者は気候モデルの専門家ではないのでこれ以上の精査は行わず、曖昧なままとした。

<sup>6</sup> It remains difficult to quantify the contribution to this warming from internal variability, natural forcing and anthropogenic forcing, due to forcing and response uncertainties and incomplete observational coverage. 第 5 次報告書第 1 作業部会第 10 章 887 頁

を含む)、一般大衆をやり玉に挙げているが、あくまで事実に基づいた主張をしている点は好感が持てる。ここでは科学者のうち世界でも著名なStephen Schneiderもやり玉に挙げられている<sup>7</sup>。Schneiderについては本書の前書きでも触れられているので、その内容を紹介しよう。著者は大部分の科学者は客観的に研究を進めようとしているが、中には気候変動が人類の生存に与える影響の大きさから、地球を救うのに役立つのであれば提供する情報の一寸した誤りは許容できるとの考えがあることを指摘し、1989年にSchneiderが書いた論文の内容を引用している。その内容を要約すると、自分達は科学者として科学的手法に従い真実を語る道義的義務がある。他方、我々は科学者であると共に人間であり世界を良くしたいと願っている。潜在的に壊滅的な打撃を与えうる気候変動によるリスクを軽減するには一般大衆の支持も受けねばならない。それに向けてはメディアを通して大衆に恐怖のシナリオを示し、単純化され劇的な言葉を用い、疑問点には触れないというやり方もある。正直と効果的のバランスをどうするか、自分(Schneider)はこの両方が必要と思っているとの内容である。これを以て著者は科学者であっても必ずしもhonestではない点もあり、これが気候変動の科学を間違った方向に導く一つの原因としていると主張している。Schneiderの名前を出してこうした主張をするのはそれなりの勇気と信念があるのだと思う。

Kooninの主張でもう一つ興味を引かれるのはred teamの提案である。著者が問題にしているのは気候変動に関する所謂評価報告書(IPCC報告書やアメリカ政府のそれを含む)である。専門誌に掲載される論文は査読を経ておかしな点は修正される。しかしそうした論文を集めて出来る気候変動に関する全体としての評価報告書にはこれが欠けている。その最たるものがIPCCの政策決定者のための評価報告書(Summary for policymakers, SPM)である。著者が指摘している通りこれは各国政府の介入によって影響を受けやすく、勿論査読もない。これは最も極端な例であるが、著者の提案は出来上がった評価報告書についてこれと立場を異にする学者のチーム(red team)を立ち上げ、報告書のおかしな点があればそれを指摘し、原著者(blue team)がそれに反論しつつ、報告書の内容をより客観的にしていこうとの案である<sup>8</sup>。著者はこの案を2017年2月

---

<sup>7</sup> SchneiderのIPCCへの貢献は顕著であったため2010年に同氏が急逝したのを受けて2014年のIPCC第5次報告書統合報告の冒頭に同氏のIPCCへの貢献をたたえ、その死を惜しむ写真と文章が掲載されたほどである。

<sup>8</sup> 実は評者(山口)は3度に亘りIPCCの評価報告書の執筆に関わったが、それを通してやや客観性に欠けると思われる記述がそのままIPCC報告書に採用されている過程を見てきた。一つだけ例を挙げれば第2作業部会報告で最も引用される気温上昇とリスクの関係を表す図である。しかしこの図のリスクの程度はこの章(19章)を担当したLead authorsのみによるvalue judgementによるものであり、図の表現も抽象的でリスクの対象も種の多様性、異常気象など5つの項目が並立し、リスクの定義もなく、数値は皆無であり、対策立案には非常に使いにくいものになっている。それにも拘わらずこの図を元に温暖化したら大変だという主張によく使われている。こうした点を考えるとこの章の著者の価値判断ではなく、どのよ

に提示し、その後このアイデアを4月にWall Street Journalに投稿した。具体的には2014年のハリケーンについてのアメリカ政府の気候科学特別報告書(CSSR)が誤解を招くほどAlarmingなものとなっている点を挙げ、2018年の新たなCSSRの公表を前にread teamを立ち上げて発表前に異なる立場から内容を精査しようというものであった。これには多数の賛成意見が寄せられ、当時のトランプ政権の一部も関心を示したが、政権としては気候問題に関する基礎的理解を受け入れること自体に反対であり、これに加えてオバマ政権当時の科学アドバイザーでCSSRの推進者であるJohn HoldenやNational Academy of ScienceのMarcia McNutt会長らの猛反発を受けた。その主張は気候の調査やその評価報告書はすでに査読を受けており、これ以上のことをする必要が無いというものであった。2019年になると上院議員16名が連邦予算をこのような目的に使うことを禁止する法案を提出する事態になった。この法案自体は成立しなかったが、未だにred team構想は実現していない。著者は著書の中でいくつかの理由を挙げて今でもこの構想の必要性を諦めていないが、科学者の中でも主流派の牙城を崩すのは大変な労力が必要なことが分かる内容となっている(197-205頁)。ここで面白かったのは数年前気候感度で問題を提起し、この関連で評者(山口)も意見交換をしたことがあるJudith Curryがこのアイデアを支持していることである。

ここまでの第1部で、続く第2部は対策編となっている。ここでKooninは、途上国の経済発展や人口増、技術革新の状況、それに気候変動以外の各種重要案件とのバランス等各種観点から見て今世紀中とか2050年までの脱炭素は現実的ではないと公言している。最後にPlan BとしてSRM(Solar Radiation Management)やCDR、それに植林を挙げ、最後に適応の必要性を述べて終わっている。第2部については評者の専門分野で、その観点からするとCCSに触れながらnegative emissionsに触れていないなど詰め甘さが見られるが、基本的な考え方は共有するところである。以上から、本書の価値は矢張り気候変動の科学がunsettleである事を多数の例を引きながら読者に示したところだと思う。それにしてもアメリカでこれだけのことを率直にしかも科学の裏付けを持って言うことは大きな勇気が必要だったと思う。この点は天晴れである。

---

うな情報が真に役立つ情報かを経済学者なども加わって論議すべきと常々思っているところである。