

素人による素人のための

地球温暖化論と懐疑論

- 地球温暖化, そして温室効果ガス原因説は, どの程度, 確かなのか?
- 根強い懐疑論に妥当性はあるか?

気候学者でも, 物理学者でもない素人による調査と暫定的結論
(少しずつ勉強しながら改定しています)

<http://kjs.nagaokaut.ac.jp/yamada/info/globalwarming.pdf>

長岡技術科学大学 山田耕一

そもそものきっかけ

2006年 An Inconvenient Truth (不都合な真実)

本 : アル・ゴア著(元米副大統領), Rodale Books 出版
映画:アカデミー賞 長編ドキュメンタリー賞および歌曲賞

2007年 本は日本語に翻訳され, 映画も日本で公開

アル・ゴアとIPCC(気候変動に関する政府間パネル)が
ノーベル平和賞を受賞

一方で, 日本を代表する論壇誌が, 懐疑論の特集号を組む

保守系雑誌:文藝春秋(2007年5月号) 文芸春秋社
中道系雑誌:中央公論(2007年7月号) 中央公論社
革新系雑誌:論座(2007年7月号) 朝日新聞社

人間活動による温室効果ガス原因説の本を何冊も立ち読みしたが, 懐疑論に
正面から答える本はなかった。懐疑論の本も非常に多く, 疑問は自然に思えた。

- ⇒ 両者のディベートとして見れば, 温室効果ガス原因説側に立証・説明責任あり
- ⇒ 政策・社会に影響を与えるのだから, 素人でも納得できる説明が必要

素人が調査する意味はあるか？

専門家達の公式発言を、本当に信じてよいのか？

・原子力発電についてのかつての発言

- ・日本では、スリーマイル島やチェルノブイリのような事故は絶対に起きない！
原子力発電に故障診断システムは不要！？ 避難計画も不要！？ 故障はしないのだから。

・地震予知はできる？

- ・1960年代終盤から、国は地震予知に多額の税金を投入してきた
しかし、昔から、本音では、地震予知などできないと言う学者が多かった。
最近ではほとんどが諦めている。でも、未だに税金垂れ流しは止まらない。
黒沢大陸:「地震予知」の幻想-地震学者たちが語る反省と限界, 新潮社(2014)

・悪玉(LDL)コレステロール正常値(男)は？

- ・119 mg/dlを超えたら異常と言われ、高い薬を飲まされていた。
 - 2010年、日本脂質栄養学会はLDLの高い群のほうが総死亡率は低いと発表。
 - 2014年、日本人間ドック学会は、178mg/dl までは正常範囲と、基準を改定。
 - 動脈硬化学会は140 mg/dl 以上を異常とする(1997年ガイドライン以降)。
- 多くの医者が、未だに昔の基準で薬を処方する

3

素人が調査する意味はあるか？ (続き)

・がん検診で、総死亡率は下がらない？

- 早期発見で治癒率向上と説明し、脅迫的なほどがん検診を勧める。
その一方で、いくつかのがん検診で、総死亡率は下がらないという研究が相次ぐ。
しかし、この矛盾に対する整合的な説明がほとんどない。

・多くの公害や薬害で、科学者や専門家達は、「科学的に証明されていない」との理由で、被害者を追い詰めた。

- 水俣病、イタイイタイ病、エイズ薬害、東京環七の排気ガス公害、等で。
- 統計学による科学的証明は、非常に保守的な結果しか出さず、被害者には不利。

・人工知能が拓く20年後の未来

- 人工知能学者が語る20年後の夢物語は、実現したことがない！？。

**我々の文明にとって最大の脅威は、
無教養な専門家による脅威である。**

ロバート・ハッチンス シカゴ大学総長 1949年

4

気象庁の公式見解

地球温暖化の原因

20世紀半ば以降に見られる地球規模の気温の上昇、すなわち現在問題となっている地球温暖化の支配的な原因は、人間活動による温室効果ガスの増加である可能性が極めて高いと考えられています。

大気中に含まれる二酸化炭素(炭酸ガス)などの温室効果ガスには、海や陸などの地球の表面から地球の外に向かう熱を大気に蓄積し、再び地球の表面に戻す性質(温室効果)があります。18世紀半ばの産業革命の開始以降、人間活動による化石燃料の使用や森林の減少などにより、大気中の温室効果ガスの濃度は急激に増加しました。この急激に増加した温室効果ガスにより、大気の温室効果が強まったことが、地球温暖化の原因と考えられています。

気象庁ホームページ(2014年6月)より

http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/portal/chishiki_ondanka/p02.html

5

温室効果ガス

二酸化炭素(炭酸ガス)、メタン、一酸化二窒素など数種類あるが、IPCCによれば、地球温暖化への影響としては、炭酸ガスが最も大きいとされる。(という訳で、本資料では炭酸ガスに焦点を当てる)

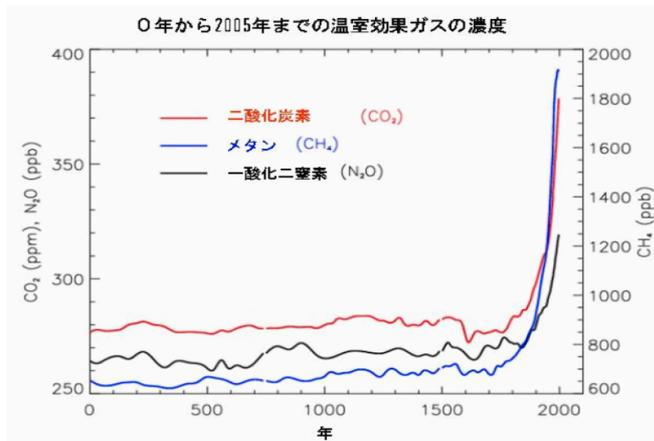


図 1-3 過去 2000 年間の主要な温室効果ガスの大気中濃度の変化。メタン(CH₄)濃度が右軸で、二酸化炭素(CO₂)濃度と一酸化二窒素(N₂O)濃度が左軸。濃度の単位は 100 万分の 1 (ppm)あるいは 10 億分の 1 (ppb)。(気象庁, 2007b)

気象研究所:地球温暖化の基礎知識 (2008年6月)

<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/cl4/ondanka/text/ondan.pdf>

6

気候変動に関する政府間パネル(IPCC) INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

- 地球温暖化についての科学的な研究の収集、整理のための政府間機構
- 地球温暖化に関する最新の知見を評価し、対策技術や政策の実現性、効果、被害想定などに関する科学的知見の評価を提供
- 世界的な異常気象を契機に、国際連合環境計画(UNEP)、世界気象機関(WMO)が1988年に共同で設立。専門家は大半が気候学者達

気候学(Climatology): 気候(天気, 気温, 降水量等, 大気の状態の傾向)に関する学問。

気象学(Meteorology): 地球の大気で起きる諸現象(気象)や流体現象を研究する学問。地球科学, 物理学の一分野。

- 2007年に、アル・ゴアとともに、ノーベル平和賞を受賞

過去には失敗したノーベル平和賞の例もあるが。。

1974年-佐藤栄作【非核三原則:つくらず, もたず, 持ち込ませず】

1994年- アラファト, ペレス, ラビン【オスロ合意:パレスチナとイスラエルの和解】

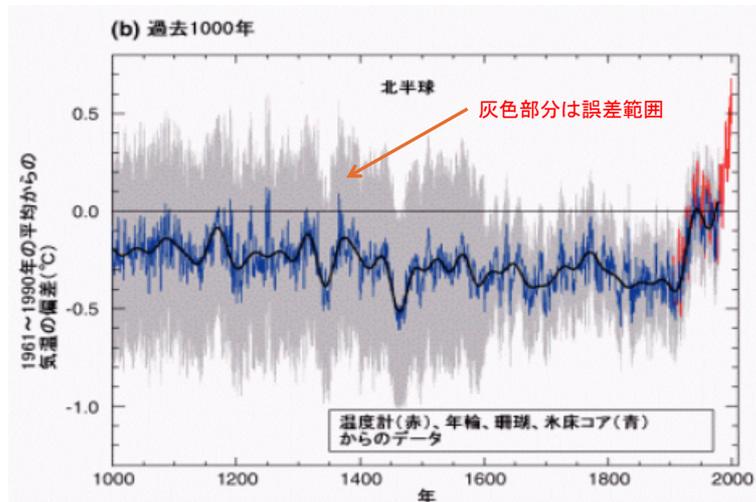
2009年- バラク・オバマ:【核なき世界】の提唱

IPCC報告概要 (気温上昇についてのエッセンス)

- 第1次報告(1990):人間の活動による炭酸ガス放出は温室効果による気温上昇をもたらし、2100年には気温が1~3度上昇する。
- 第2次報告(1995): 1400年以降、現在の気温は最高で、それは自然現象だけでは説明できず、人間活動の影響があるのは明らか
- 第3次報告(2001): 気温は1900年頃から急激に上昇した(有名なホッケースティック曲線)。2100年の気温上昇は1.4~5.8度。
- 第4次報告(2007): 1900年代中頃から起きた気温上昇の大部分は、人間活動による温室効果ガスによるものである可能性が非常に高い(確率90%以上)。
- 第5次報告(2013): 地球温暖化の原因は人間が出した温室効果ガスである可能性が極めて高い(確率95%以上)。2000年前後から上昇が止まったように見える現象は、自然界のゆらぎによるもの。今世紀末の気温上昇は0.3~4.8度。

注意:上記の「確率」は、統計学における客観確率ではありえず、ベイズ理論における主観確率でもたぶんない。おそらく、研究者らの「確信度」と同程度のもと考えられる。

IPCC第3次報告: ホッケースティック曲線 過去1000年の気温変化



気象庁ホームページより(2014年6月)

オリジナルは, Mannらの以下の研究

M.E.Mann, R.S.Bradley, M.K.Hughes: Northern Hemisphere Temperature During the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations, *Geophysical Research Letters*, Vol.26, No.6, 759-762 (1999)

ホッケースティック曲線への批判

・ホッケースティックには、 ± 0.5 度の誤差範囲があるというものの、様々な科学的証拠や歴史的記録で示される**中世温暖期**(10世紀~13世紀)、**小氷期**(14世紀~19世紀半ば)が存在しない。

* **懐疑論者**(温暖化の原因は温室効果ガスではないとする者)は、世界中の年輪、氷床コア、海底堆積物のデータや歴史文書の記録が、中世温暖期や小氷期の存在を証明しているとする。

(例えば, S.F.シンガー, D.T.エイヴァリー: 地球温暖化は止まらない, 東洋経済社, 2008)

* **人為説論者**(人為的温室効果ガス原因説の支持者)の多くは、中世温暖期、および小氷期が地球規模の現象ではなかった(欧州のみ)、とする。

(例えば, 中島映至, 田近英一: 正しく理解する機構の科学, 技術評論社, 2013)

- 人為説論者でも、中世温暖期/小氷期は気球規模で存在したと言う者もいる。彼らは、それでも今の方が気温が高いとする。

(例えば, B.フェイガン: 千年前の人類を襲った大温暖化, 河出書房新社, 2008)

- 日本気象学会の機関紙「天気」の過去記事でも、中世温暖期は世界規模で存在したと報告がある。

田上義夫: 「中世温暖期」研究集会の報告, 天気, Vol.39, No.8, 453-456 (1992)
http://www.metsoc.jp/tenki/pdf/1992/1992_08_0453.pdf

IPCC第1次報告書: 過去1000年の気温変化

- ・ IPCC第1次報告書には、中世温暖期とその後の小氷期があった。第2次報告もそれに基づく（1400年以降、現在の気温は最高との表現）。しかし、3次報告書では消え、ホッケースティックが現れた。
- ・ このグラフによれば、中世の温暖期は（人間起源の温室効果ガスの影響がなかったにもかかわらず）現在より暖かかったように見える。

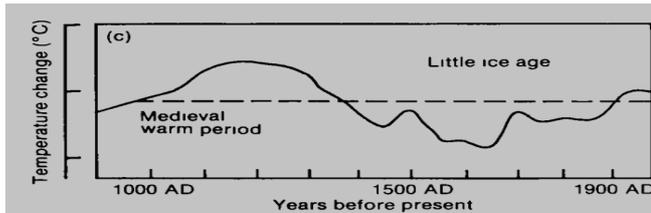


Figure 7.1: Schematic diagrams of global temperature variations since the Pleistocene on three time scales (a) the last million years (b) the last ten thousand years and (c) the last thousand years. The dotted line nominally represents conditions near the beginning of the twentieth century

IPCC第1次報告書 (1990)より

追記: 明日香壽川他, 地球温暖化懐疑論批判, IR3S/TIGS叢書, 東京大学 (2009) によれば, ホッケースティックのグラフには ± 0.5 度の誤差範囲が設定されているので, 既存の気温変化研究の多くが誤差範囲に収まり, 問題ないと反論する。しかし, その論理に従えば, ± 0.5 度範囲内に自由に気温グラフを書いても誤りでないということになる。反論というより言い訳にしか聞こえない。

11

IPCC第3次報告が用いた論文には誤り? — 誤りを訂正したグラフ —

- ・ ホッケースティックは、Mannらの年輪等に基づく研究に基づく。
- ・ その後、Mannらの研究は、データ処理に誤りがあると指摘する論文が現れた。訂正グラフはIPCC第1次報告書、第2次報告書にほぼ合致する。

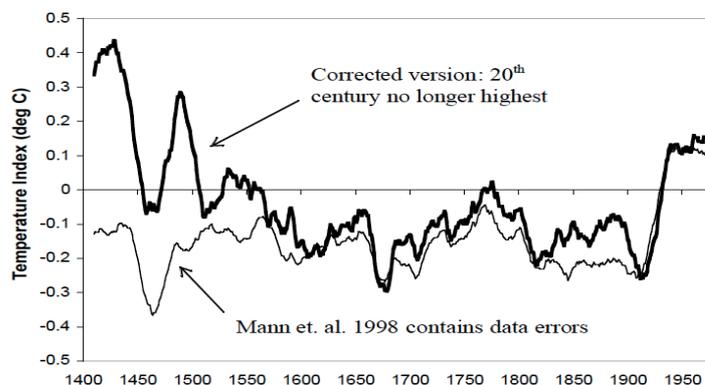


Figure 8. As Figure 7, using 20-year running mean to smooth.

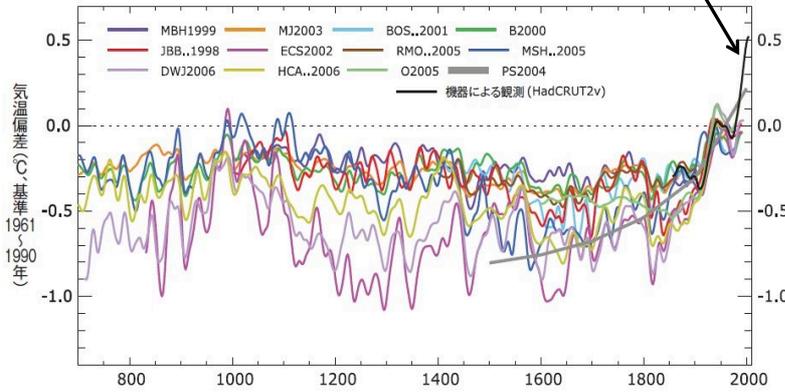
S.McIntyre, R.McKittrick: Corrections to the Mann et. al. (1998) Proxy Data Base and Northern Hemispheric Average Temperature Series, *Energy & Environment*, Vol. 14, No. 6, 751-771 (2003)

12

IPCC第4次報告

世界中で計測した地上の気温から求めたもの。米国、カナダ、欧州、日本のデータが多く、ヒートアイランド現象等、データの信頼性には疑問もつきない。例えば、
 深井有：気候変動とエネルギー問題、中公新書、(2011)

復元された北半球の気温



黒線が観測で、他の色は年輪などから過去の気温を復元した12の研究。縦軸は気温、横軸は西暦。1900年以降、気温が大きく上昇した。(IPCC第4次評価報告書第1作業部会技術要約(気象庁版)の38ページ)

- ・12の異なる古気候研究結果を重ね、温度計データを接ぎ木したもの。温度計データを除けば、ESC2002, MSH2005は、1000年頃、(中世温暖期頃)現在とほとんど同じに見える。
- ・12の中にMannらのグラフが入っているが、前ページのS.McIntyre, R.McKittrickのグラフは入ってない。

13

前ページのECS2002

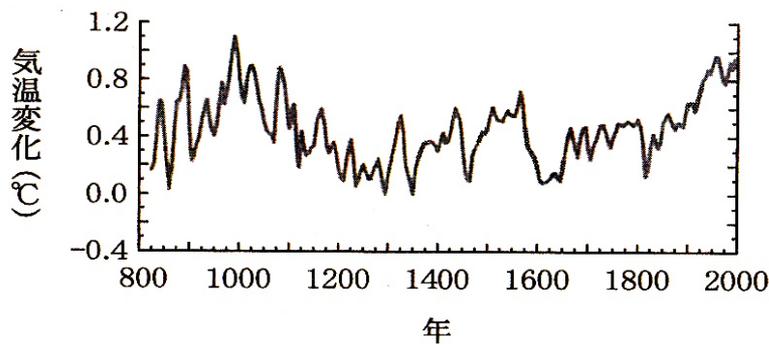
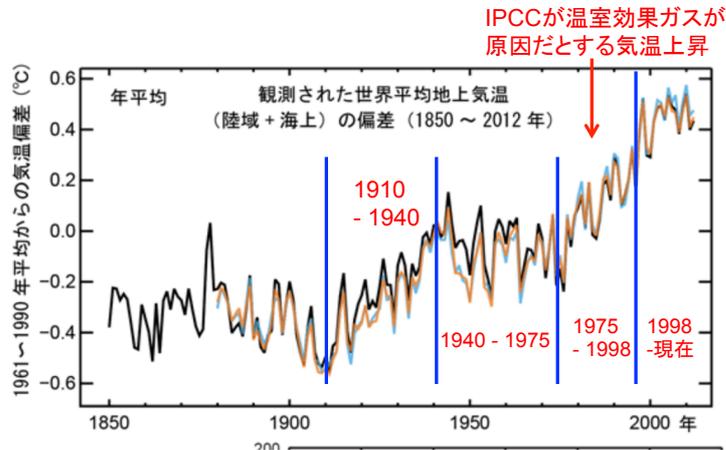


図 2-17 北半球冷帯と温帯で採取した年輪サンプルを基にしたエスパーらの気温データ (Esper et al., Science, vol. 295, p. 2250 (2002)). データは論文の図から読み取った。

伊藤公紀：地球温暖化一埋まってきたジグソーパズル、日本評論社 (2003)

14

20世紀以降の気温の変化



- ・ 1910~1940の上昇, 1940年~1975年の下降, 1998年以降の停滞はなぜ起きた?

* 人為説論者は、二酸化炭素+火山活動+太陽活動によって、1880~1980までの気温の動きを説明する。(次ページ後のスライド)

グラフは気象庁ホームページより(2014年6月) オリジナルは、IPCC第5次報告書
http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/portal/chishiki_ondanka/p07.html

15

CO₂, 火山, 太陽によるシミュレーション例: 1880-1980

IPCCも、1940年までの気温上昇は、CO₂だけでは説明できない。
 1940年までの急上昇は、火山と太陽放射熱によって説明する。

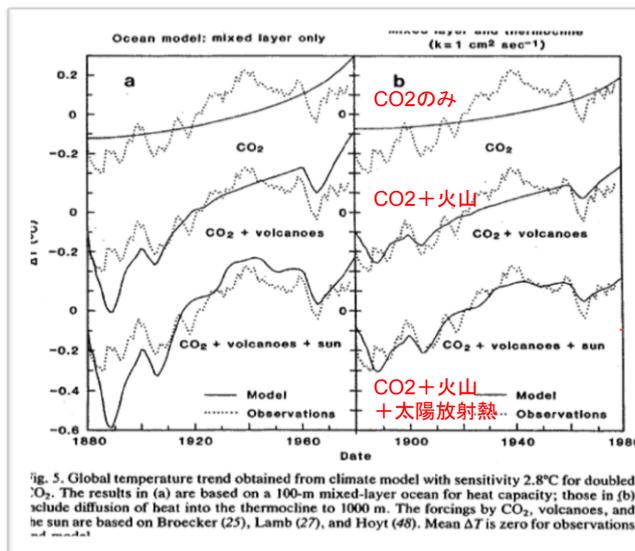


Fig. 5. Global temperature trend obtained from climate model with sensitivity 2.8°C for doubled CO₂. The results in (a) are based on a 100-m mixed-layer ocean for heat capacity; those in (b) include diffusion of heat into the thermocline to 1000 m. The forcings by CO₂, volcanoes, and the sun are based on Broecker (25), Lamb (27), and Hoyt (48). Mean ΔT is zero for observations.

J. Hansen : Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide, Science, Vol. 213, 957-966 (1981)

300ppmの二酸化炭素濃度が600ppmになったときに、気温が摂氏 2.8度上昇(Sensitivity)と仮定した時のシミュレーション。

実際には、CO₂は1880年頃に280ppm~300ppmであったが1980年に335ppm~340ppmになっている。

なお、Sensitivityを2.8度でなく、1.4度や5.6度にしても海洋の熱吸収により結果はほぼ同じだったとする。

左と右のグラフは、海洋の熱容量モデルの違いによるもの

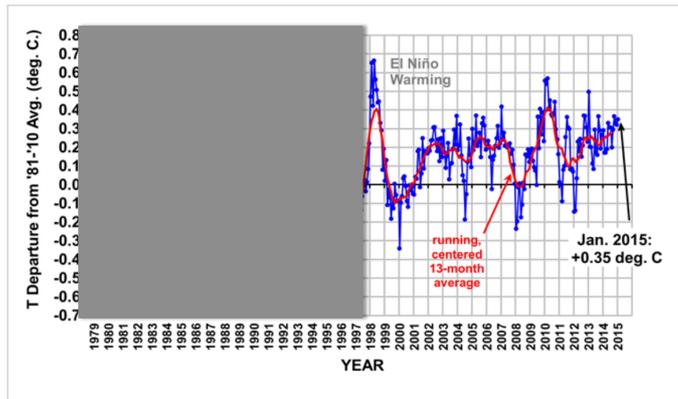
この結果は、CO₂, 火山, 太陽が気温変動の主要因であることを示唆するが、パラメータ・チューニングによるシミュレーションであることに注意。

16

21世紀の気温変化(低層大気温度)

- ・ 1998年以降、気温上昇が止まって見える (ハイエイタス) のは何故？
 - 炭酸ガスが海洋に吸収された、熱が深海にたまった、ハイエイタス現象などない、(付録2を参照) などの説があるが、理由は不明。

UAH Lower Atmosphere Temperature Anomalies – 1979 to Present



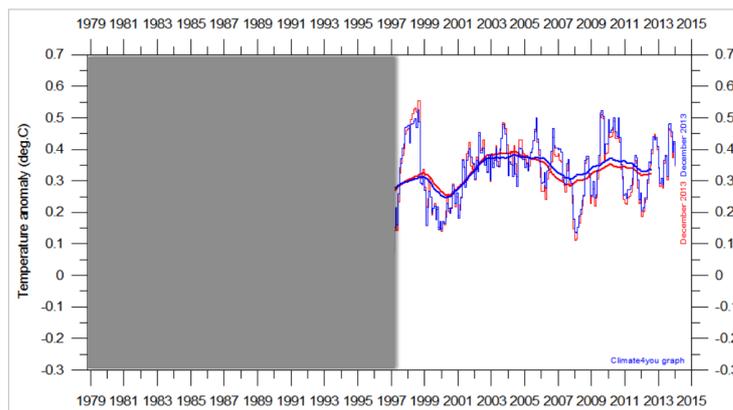
University of Alabama – Huntsville (UAH) – Dr. Roy Spencer – Base Period 1981-2010 – Click the pic to view at source

<http://wattsupwiththat.com/reference-pages/global-weather-climate/global-temperature/> (2015/4/17)

17

21世紀の気温変化(海水面温度)

Global Sea Surface Temperature Anomaly – HadSST2 and HadSST3



climate4you.com – Ole Humlum – Professor, University of Oslo Department of Geosciences – Click the pic to view at source

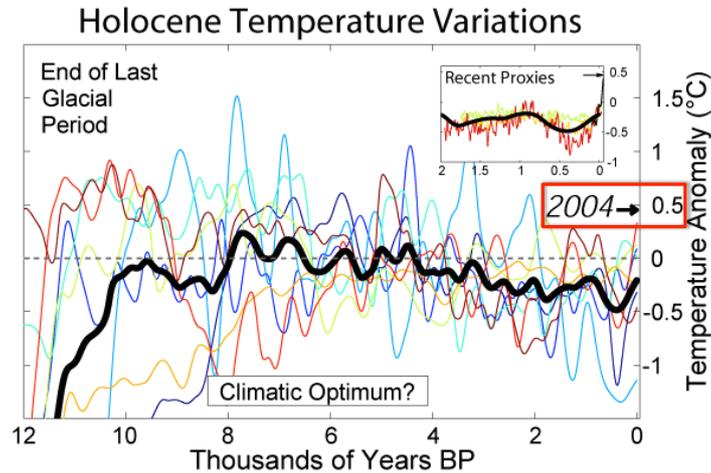
The Met Office Hadley Centre's sea surface temperature data set, HadSST2 is a monthly global field of SST on a 5° latitude by 5° longitude grid from 1850 to date. The data are neither interpolated nor variance adjusted.

<http://wattsupwiththat.com/reference-pages/global-weather-climate/global-temperature/> (2015/4/17)

18

長期間でみる地球の気温変化: 過去1万年

氷河期終了後の完新世(最近1万年の間氷期)の気温変化。異なる8種類の気温変化の研究の平均をとったもの。平均値は安定しているが、個別にみると、気温は数百年周期で振動し、人間起源の温室効果ガスがなくても、半数の4つの研究では、2004年の気温より高い時期がある。

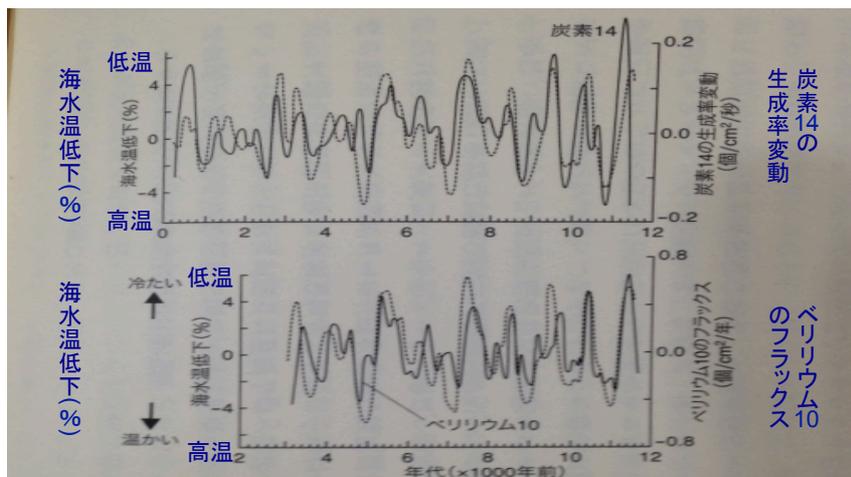


http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holocene_Temperature_Variations.png

19

気温と太陽活動は数百年周期で変動し、相関する

G.Bond et al. は、気温と太陽活動が数百年単位で変動し、過去1万年間相関していたことを示した。年輪に含まれる炭素14、氷床に含まれるベリリウム10の増加は、太陽活動低下を表す。海水温低下は北大西洋海底地層に含まれる氷河性砕屑物から得たもの。



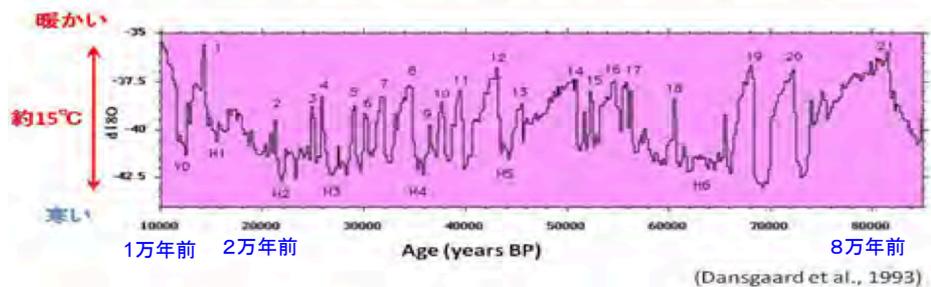
宮原ひろ子: 地球の変動はどこまで宇宙で解明できるか、化学同人 (2014)
 オリジナル: Gerard Bond et al.: Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate during the Holocene, *Science*, Vol. 294, 2130-2136 (2001)

20

約2～3千年周期の気温変動も存在する

ダンスガード・オシュガー・イベント: 最終氷期に起きた2000～3000年周期の急激な
気温変化(数十年で10度という急激な変化も)

グリーンランドのアイスコア(柱状に掘り抜いた試料)から得た過去8万年分の酸素同位体比率
(質量の違う酸素同位体の比率によりその時代の天候を知ることができる)



第4回環境サイエンスカフェ(日立環境財団 環境サイエンス・カフェ)
http://www.hitachi-zaidan.org/reference-room/pdf/work04_08.pdf

W.Dansgaard et al.: North Atlantic Climatic Oscillations Revealed by Deep Greenland Ice Cores, in *Climate Processes and Climate Sensitivity*, eds. F.E.Hansen and T.Takahashi (Washington, D.C.: American Geophysical Union, 1984), *Geophysical Monograph* 29, 288-298.

W. Dansgaard et al.: Evidence for general instability from a 250kyr ice-core record, *Nature* Vol. 264 218-220 (1993)

21

ダンスガード・オシュガー・イベントの原因は何か？

(1) 中島映至・田近英一: 正しく理解する気候の科学, 技術評論社(2013)

- この変動は北大西洋周辺で明瞭に見られ, 南極では逆(温暖化)の変動を起こしている。
- したがって, 気候システム内部における「南北間の熱分配変動」が原因。
(北の冷たく塩分の多い海水が沈み, 大西洋深部を南下して南極へ。
表層ではメキシコ湾の温かい海水が北上し, 欧州西岸の暖流となる)

(2) S.F.シンガー, D.T.エイヴァリー: 地球温暖化は止まらない, 東洋経済社(2008)

- G.Bond et al. は, 北大西洋の2つの深海コア中のプランクトン化石の炭素同位体とベリリウム同位体の分析をし, 2～3千年周期の太陽活動の変化と, グリーンランドの氷床コア分析による気候周期が一致することを見出した。

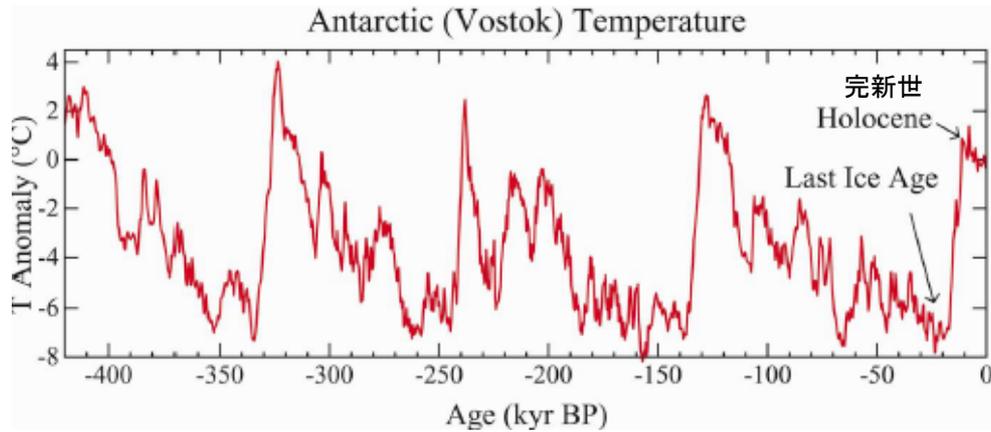
Gerard Bond et al.: Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate during the Holocene, *Science*, Vol. 294, 2130-2136 (2001)

- 他の研究者達も, 様々な研究手段で, 西アフリカ, アラビア半島, 北アメリカ, アラスカ, フィリピン, ドイツ, パキスタン等で, 同様の周期を発見。それらの分析により気候システム内部の上下動ではありえず, 外部(=太陽など)から強制された周期と結論。

S.F.シンガーとD.T.エイヴァリーは, 20世紀の温暖化は, 太陽を原因とする
ダンスガードオシュガーイベントに起因すると主張。

22

超長期でみる地球の気温: 10万年周期の変化



40万年間の南極(Vostok)における気温変化

約10万年ごとに氷期(氷河期)が訪れる。「ミランコビッチ・サイクル」と呼ばれ、地球の公転軌道変化(10万年周期)や自転軸振動(4万年周期)の影響であることがほぼわかっている。

オリジナル: J.R. Petit, et. al.: Historical Isotopic Temperature Record from the Vostok Ice Core (2000)
http://cdiac.ornl.gov/trends/temp/vostok/jouz_tem.htm

23

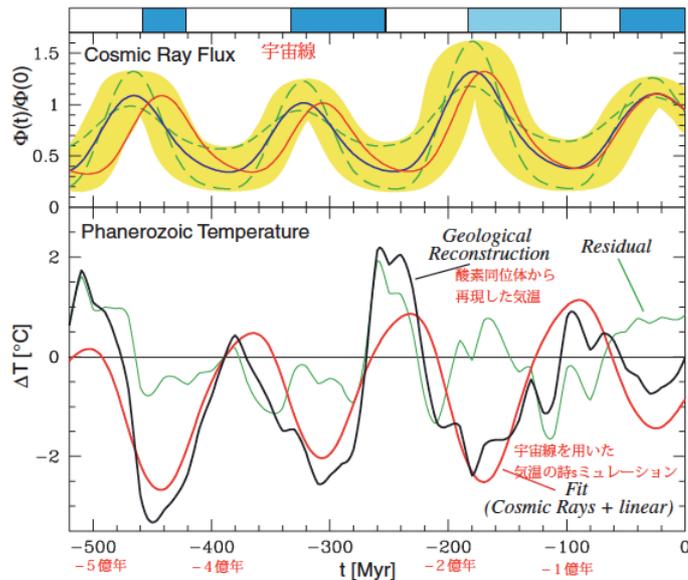
億年単位の気温の周期的変化

地球に降り注ぐ宇宙線には、1億4300万年 \pm 1千万年の周期がある(右上図: 太い黄色部分)は誤差範囲)

過去5億4500万年の古気候には1億3500万年 \pm 9百万年の周期がある。(右下の黒線)

右下赤線は、宇宙線を入力としてシミュレーションモデルに入力した温度変化。

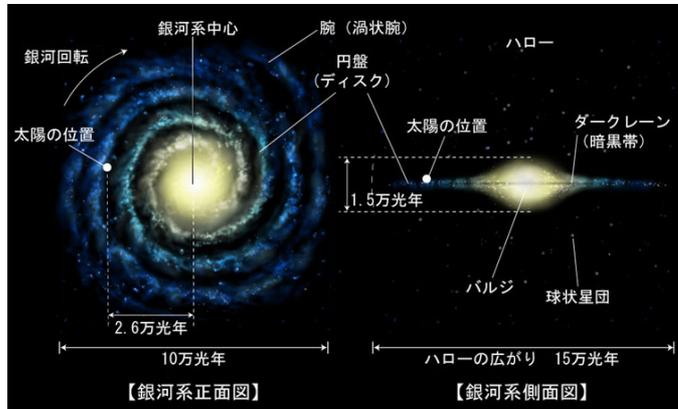
過去5億年の温度変化のうち75%は、この宇宙線の変化によるもの、とされる



N. J. Shaviv, J. Veizer: Celestial driver of Phanerozoic climate?, Geological Society of America, Vol. 13, 4-10 (2003)

24

銀河系内の移動による宇宙線量変化



独立行政法人 科学技術振興機構 <http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0320/study/html/F07002.html>

宇宙線量の振動は、銀河系の星々が作るスパイラルの腕の中を太陽系が1億4300万年±1千万年の周期で通過するため。腕の中では星々が密集し、超新星爆発による宇宙線が多い。

N. J. Shaviv, J. Veizer: Celestial driver of Phanerozoic climate ?, Geological Society of America, Vol. 13, 4-10 (2003)

25

地球気温の変化に関する主張のまとめ

懐疑論者の主張

- 地球の気温変化は、宇宙を含む自然現象により、1億年、10万年、数千年、数百年の単位周期で大きく変動する。
- 人為説論者の気候モデルは、過去の気温変化(中世温暖期や小氷期)を説明できず、あるいは無視していて、信頼できない。
- IPCCは、太陽活動の影響や、大気中の水蒸気や雲の影響など、都合の悪いものを無視したり、過小評価したモデルでシミュレーションしている。
(例えば、赤祖父俊一: 正しく知る地球温暖化, 誠文堂新光社, 2008)

人為説論者(IPCC)

- 中世温暖期やその後の小氷期(小氷河期)は、ヨーロッパ等一部地域の話で、全世界的な現象ではない。
- 自然現象のすべてがわかっているわけではないが、モデルは進歩し、精度は上がっており、信頼に足るレベル。
(例えば、江守正多: 地球温暖化の予測は「正しい」か?, 化学同人(2008))
- 現在の温暖化停滞は、温暖化流れの中のゆらぎ/小休止、あるいは時間遅れで、複雑な自然現象にそうしたことがあっても不思議でない。

26

二酸化炭素原因説に関する主張はどうか

○人為説論者の主張

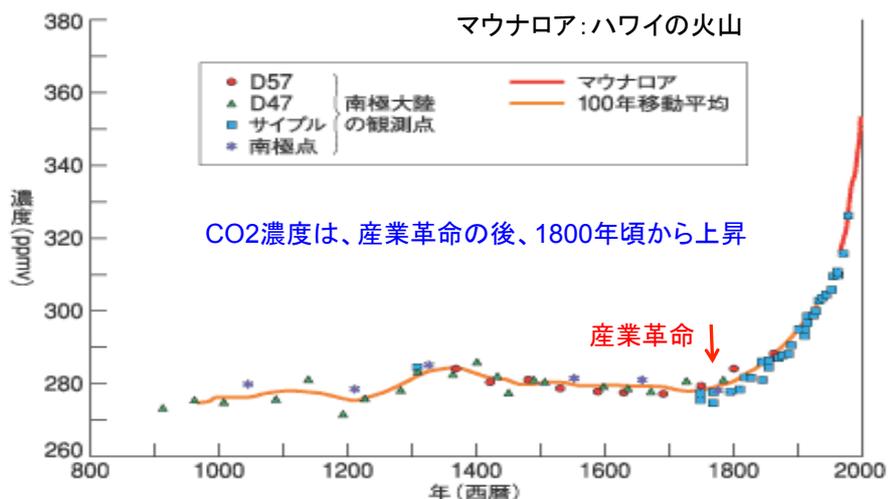
- 太陽活動の影響, その他の自然現象だけでは, 20世紀以降の温暖化を説明できない。人間活動に起因する**温室効果ガス** (主に**二酸化炭素**)の影響抜きに, (シミュレーションによって) **現在の温暖化は説明できない。**

○懐疑論者の主張

- 都合の良いもの(温室効果ガス)を過大評価し, 都合の悪いもの(太陽活動の影響, 雲, 他)を過小評価。
- 温室効果としては, **大気中の二酸化炭素よりも水蒸気や雲の影響の方がはるかに大きい。** 科学的にわからないからといって, **わからない部分を過小評価したモデル**でシミュレーションしても結果は信用できない。

27

長期的な二酸化炭素濃度の変化: 過去1000年

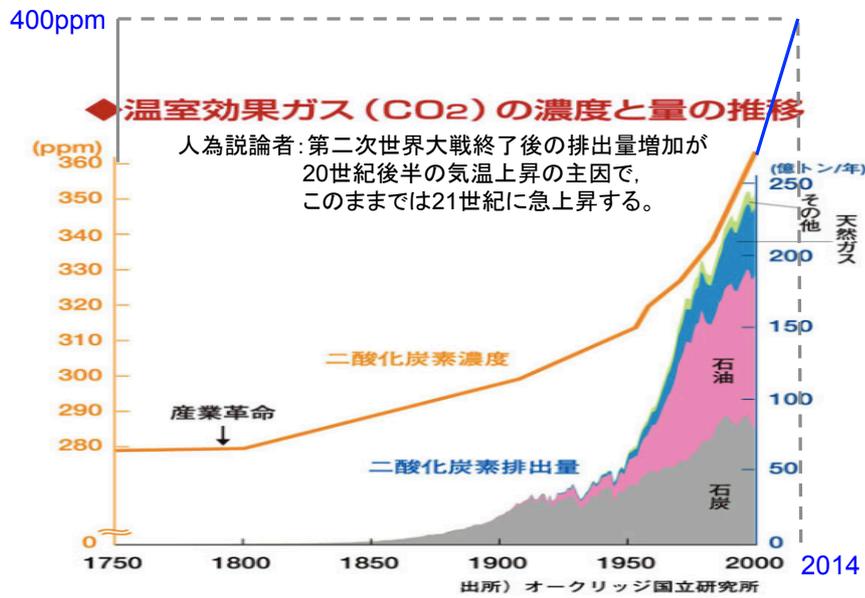


出典: IPCC(1995): 気象庁訳 / 環境庁「図で見る環境白書」(2000)

28

二酸化炭素排出量と濃度

2014年5月、北半球のCO2濃度は400ppmを超えたと新聞報道あり

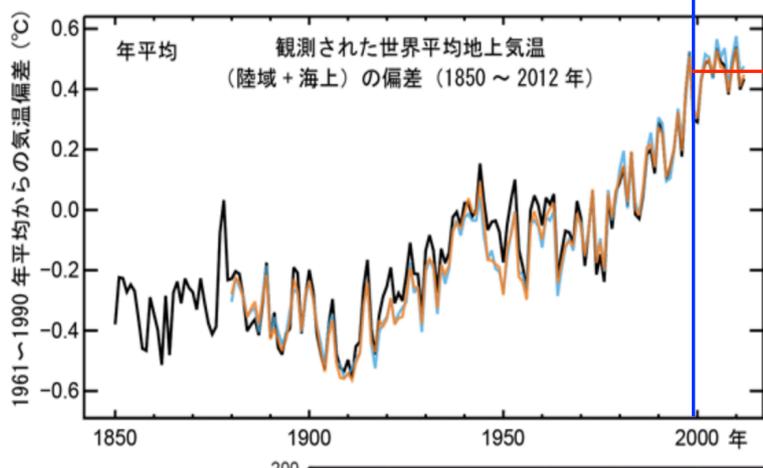


29

21世紀に入ってから気温

21世紀に入ってから炭酸ガス急増と気温停滞について、納得のできる説明が欲しい(付録2参照)。

CO₂濃度が急増しても温度はほとんど上がっていない
(ハイエイトス現象)



グラフは気象庁ホームページより(2014年6月) オリジナルは、IPCC第5次報告書
http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/portal/chishiki_ondanka/p07.html

30

二酸化炭素濃度と気温

炭酸ガスは1800年頃から、気温は1900年頃からで、100年ずれている

懐疑論者 : 上昇時期が気温とは100年以上ずれていておかしい。
 人為説論者 : 海洋による吸収、濃度上昇率などの理由により、
 反応に遅れがあっても不思議でない。

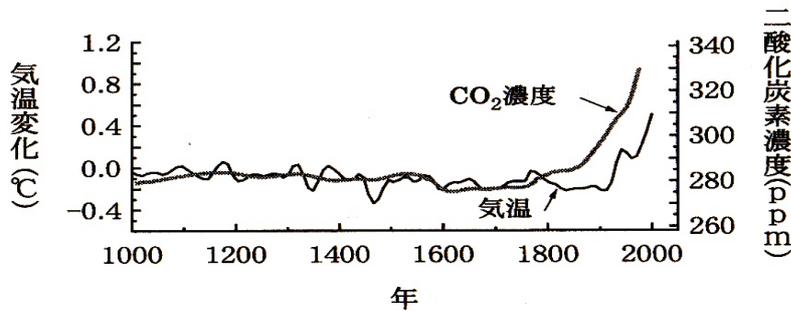


図 2-37 二酸化炭素濃度と気温 (マンのデータ) の関係。期間を長く取ったとき、二酸化炭素濃度データは <http://cdiac.esd.ornl.gov/ftp/trends/co2/lawdome.smoothed.yr75>

伊藤公紀: 地球温暖化一埋まってきたジグゾーパズル, 日本評論社 (2003)

31

気温上昇時期の不確かさ

懐疑論者の一部は、小氷期の回復時(1700年頃)から気温は上昇と主張。これが正しければ、CO2増加より前から気温が上昇している。

- もっとも基本的なものであるべき過去の気温データが研究者で異なる。.....

屋久島の
気温

北半球の
気温

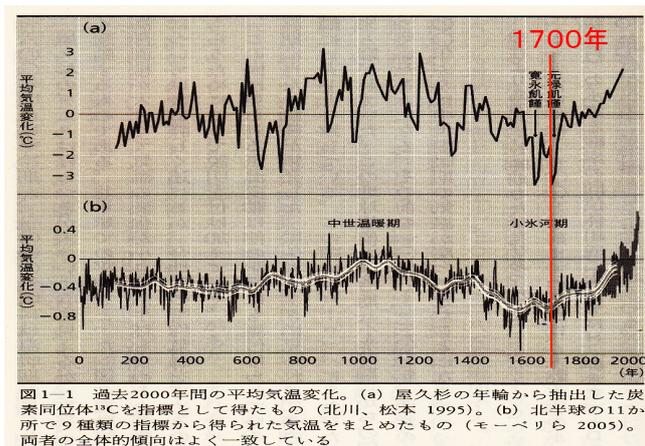


図 1-1 過去2000年間の平均気温変化。(a) 屋久杉の年輪から抽出した炭素同位体¹³Cを指標として得たもの(北川、松本 1995)。(b) 北半球の11か所での種類の指標から得られた気温をまとめたもの(モーベリら 2005)。両者の全体的傾向はよく一致している

深井有: 気候変動とエネルギー問題、中公新書(2011) オリジナルは、

H. Kitagawa, E. Matsumoto: Climatic implications of $\delta^{13}C$ variations in a Japanese cedar during the last two millennia, *Geophysical Research Letters* 22, 2155 (1995)

A. Moberg et al.: Highly variable northern hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data, *Nature* 433, 613 (2005)

32

その他の二酸化炭素説への批判

- 太陽活動、水蒸気、雲などによる影響について、不明点が多く、検討が不十分という指摘もある。

* 右図は地表面からの放射を吸収する熱量（温室効果）

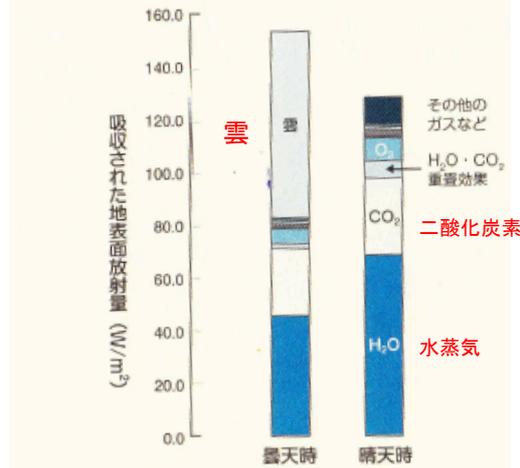
* 二酸化炭素より、水蒸気や雲の影響の方がはるかに熱の吸収量は大きい

* ただし、高層の雲は気温を上げる効果、**低層の雲は太陽を遮り、気温を下げる効果が大きい**

- 人為説論者は、それらの影響も考慮していると主張。

- 懐疑論者は、IPCCは都合の良い仮説を立て、その仮説に基づいた気候モデルを作り、シミュレーションしているにすぎない、都合の悪い仮説を無視していると批判する（例えば、赤祖父ら）

図 1-6 大気組成ガスによる地表面放射の吸収



中島映至, 田近英一: 正しく理解する機構の科学, 技術評論社, 2013)

33

42万年前からの気温、炭酸ガス、海面水位

長期レンジで見ると、気温とCO2が同期しているのは確か。つまり、問題は、

CO2 ⇒ 気温 ⇒ 海面水位 **それとも**
 気温 ⇒ CO2 and 海面水位

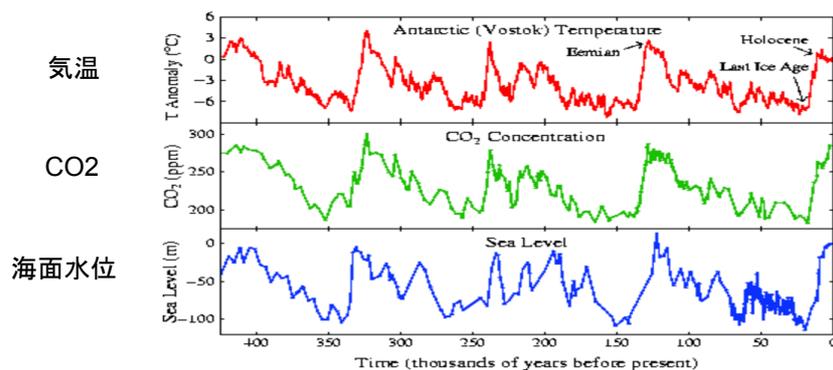


FIGURE 3. Temperature change, atmospheric carbon dioxide amount, and sea level as a function of time for the past 425,000 years.

The horizontal axis shows time in thousands of years before present. Time zero ["present" refers to the date 1750, just before the industrial revolution. (Figure from Hansen et al., "Target Atmospheric CO₂" See sources for chapter 8. For the original data, see sources for chapter 3.)

James Hansen: Storms of My Grandchildren: The Truth About the Coming Climate Catastrophe and Our Last Chance to Save Humanity, Bloomsbury USA (2010)

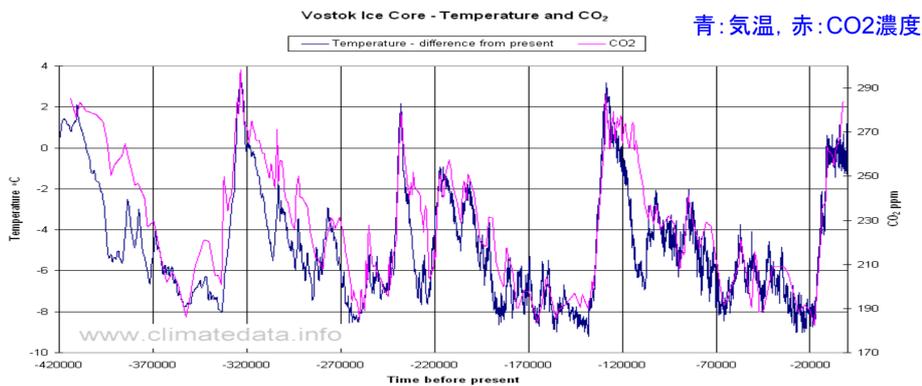
34

南極(VOSTOK)の氷分析によるCO2濃度と気温

このデータでは、気温の変化が先に起き、CO2の濃度が変化している

懐疑論者：温度上下動が原因となって、海洋からCO2が排出・吸収された

人為説論者：温度変化が原因でCO2濃度が変化し、正フィードバックで温度変化が加速



J.R. Petit, et al. : Historical Isotopic Temperature Record from the Vostok Ice Core (2000)

http://cdiac.ornl.gov/trends/temp/vostok/jouz_tem.htm

J.M. Barnola, et al. : Historical Carbon Dioxide Record from the Vostok Ice Core (2003)

<http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/co2/vostok.html>

35

22万年前からの南極の気温、CO2、メタン濃度

懐疑論者の主張

- 複数の研究結果によれば、CO2上昇は、気温に数百年～2000年程度遅れる
- CO2とメタンは同期するが、それは、気温上昇が原因だからでは？

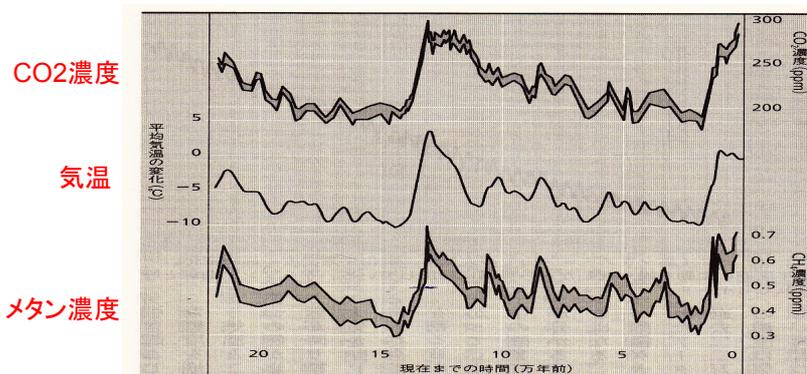


図1-7 南極氷床のヴォストーク・コアから得られた22万年前までの大気中二酸化炭素濃度、メタン濃度、平均気温の経時変化。いずれもまったく同じ形の変化を示している (ジャーゼルら 1993)

深井有：気候変動とエネルギー問題、中公新書 (2011)

オリジナル J. Jouzel et al.: Extending the Vostok ice-core record of paleoclimate to the penultimate glacial period, *Nature* 364, 407 (1993)

36

気温と二酸化炭素の関係のまとめ

○ 懐疑論者のさまざまな主張 (決して統一されているわけではない)

- CO₂濃度上昇から100年遅れて気温が上昇し始めたことや、CO₂濃度が増え続けているのに最近の気温が上昇していないことは、CO₂が温暖化の原因でないことを示す。
- 20世紀の気温上昇は、CO₂が原因なのではなく、14世紀半ば～18世紀半ばの小氷期、あるいは2000年周期のダンスガード・オシュガー・イベントからの回復のため。
- 炭酸ガス濃度の上昇が気温を上昇させたのではなく、気温（海水温）が上昇したから海洋が炭酸ガスを放出したのだ。

○ 人為説論者の主張

- 人間起源の温室効果ガスの影響が主要因だと考えなければ、現在の気温上昇を（計算機シミュレーションでは）説明できない。
- 気温が先に上昇して海洋が炭酸ガスを放出したとしても、炭酸ガスによる正のフィードバックが働いて、さらに気温が上昇する。
- 炭酸ガス濃度上昇から100年遅れて気温が上昇し始めたことは、不思議でない。例えば、海洋が炭酸ガスを吸収して、時間遅れが生じたかもしれない。もっと別の、炭酸ガス濃度が限界値を超えると気温が上昇する複雑な物理的仕組みがあるかもしれない。

37

太陽の活動について

- ・ 懐疑論者の多くは、太陽活動が地球の気温に大きな影響を与えると主張

太陽活動による放射エネルギーの変動は1%以下であるため、放射エネルギーの影響は小さい、次の2つのしくみで温暖化/寒冷化が増幅される。

(S.F.シンガー, D.T.エイヴァリー: 地球温暖化は止まらない, 東洋経済社, 2008)

(1) 太陽の磁気活動による地球に降り注ぐ宇宙線量の変化

(2) 太陽の紫外線が酸素分子を壊し一部がオゾンになる。オゾンは紫外線付近の放射エネルギーを吸収し大気温度を上げる。放射エネルギーが0.1%増えると、オゾン濃度が2%増える。

- (1)は、後述のスペンマルク、宮原ひろこ、その他の研究成果。
- 長期的な気温変化には、地球の公転軌道(太陽との距離変化)の影響も大きい。

- ・ 人為説論者の多くは、太陽の放射エネルギーだけでは温暖化は説明できないと否定する。その他の(1)や(2)の効果は科学的に不確かと主張する。

- ・ 太陽の活動状況を知る一つの方法が、黒点数の変化

黒点：太陽の表面に見られるもので、周囲より温度の低い部分が黒いしみのように見える。太陽の活動状況を表す指標として知られ、太陽活動が活発化すると増える、約11年周期で増減する。

38

19世紀後半からの気温と黒点数の変化

- ・人為説論者: 20世紀後半は、気温が上昇しているのに太陽活動は減少しており、黒点数では(太陽活動では)説明できない
- ・宇宙気候学(後述)の研究者達は、20世紀後半の太陽活動は活発だったというのだが、

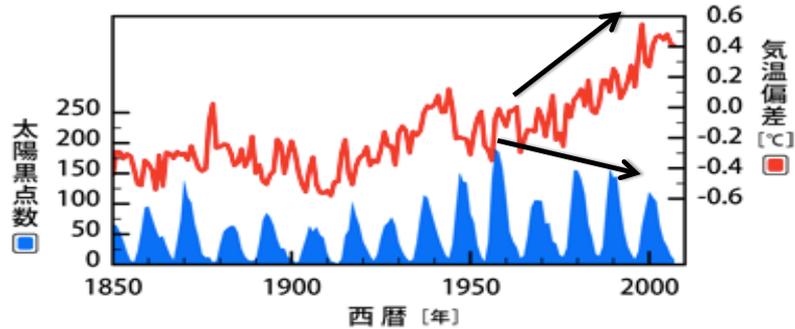


図1 太陽黒点数(青く塗られた部分)と地球の平均気温(赤線)の経年変化。(Solar Influences Data Analysis Center [<http://sidc.oma.be/>]の太陽黒点数のデータおよび、Climatic Research Unit [<http://www.cru.uea.ac.uk/>]の地球の平均気温のデータを元に作成)地球の平均気温は1961~1990年の30年平均値からの偏差を示している。

国立環境研究所 地球環境センター 大気物理研究室長 野沢徹
http://www.cqer.nies.go.jp/ja/library/qa/17/17-1/qa_17-1-j.html (2014年6月)

39

19世紀後半からの気温と黒点数の変化(2)

以下のグラフでは、気温と黒点数に関係があるように見える。ただし、

$$\text{黒点数} = \text{黒点群の数} \times 10 + \text{黒点群の中の暗部の数}$$

また、黒点数データは20年移動平均

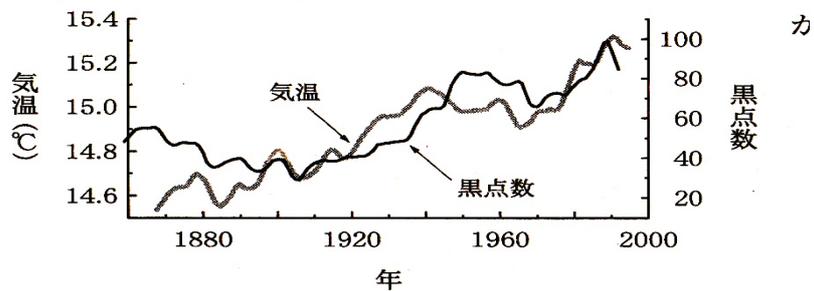
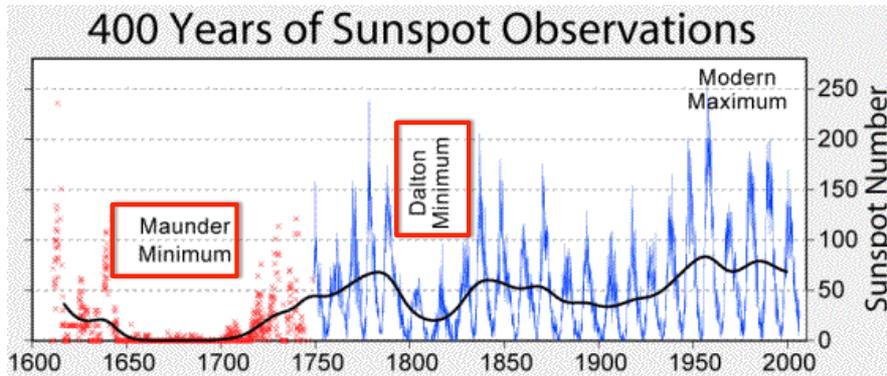


図 3-1 黒点数とハンセンの北半球平均気温の関係。リードの解析にならった。

伊藤公紀: 地球温暖化一埋まってきたジグソーパズル, 日本評論社 (2003)
 リードとは, Reid, G. C.: Influence of solar variability on global sea surface temperatures, Nature 329, p. 142 (1987)

40

1600年代以降の黒点数の変化



黒の実線は、約11年周期の青色の変動をスムージングしたもの

マウンダー極小期 : 1645年頃～1715年頃の黒点数減少期
 ダルトン極小期 : 1790年頃～1830年頃の黒点数減少期

小氷河期(1300年代半ば～1800年代半ば)とほぼ時期が一致

J. L. Casey: The existence of 'relational cycles' of solar activity on a multi-decadal to centennial scale, as significant models of climate change on Earth (2008)
<http://www.spaceandscience.net/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/ssrcresearchreport1-2008therctheory.pdf>

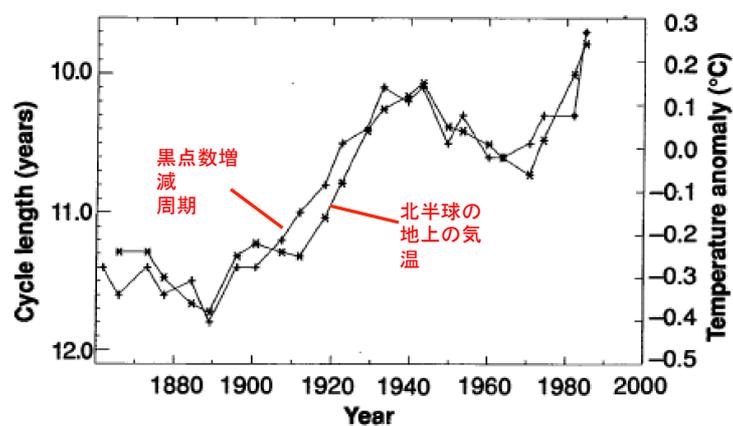
41

黒点数増減周期と気温(1)

・太陽活動の強弱の指標としては、黒点数よりも、黒点数増減周期を見るほうがよい(E. Friis-Christensen and K. Lassen)

- 黒点数と黒点数増減周期については、以下の本がわかりやすい

宮原ひろこ: 地球の変動はどこまで宇宙で解明できるか, 化学同人 (2014)

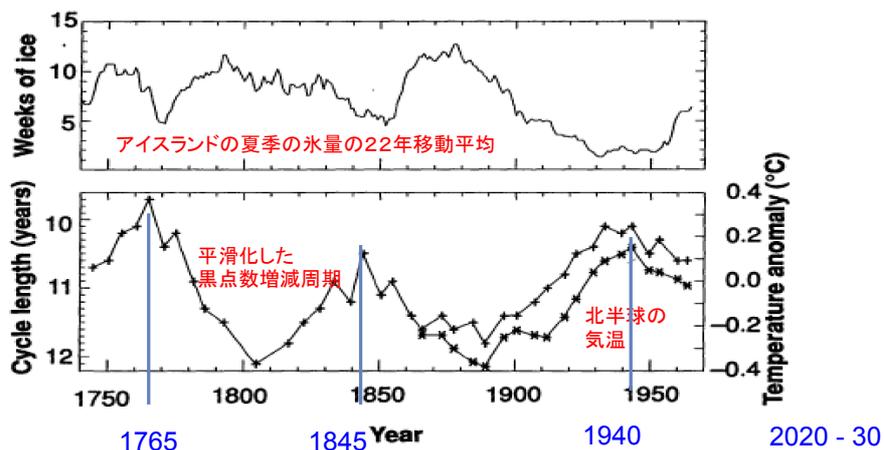


E. Friis-Christensen and K. Lassen : Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely Associated with Climate, *Science*, **254**, 691-700 (1991)

42

黒点数増減周期と気温(2)

- ・ 気温について、ほぼ正確な数値がわかるのは直近の130年程度。
- ・ 黒点数は1715年以降、公式データがある。それによれば、黒点数が増減する周期の長さは、約80~90年周期で変動する(Gleissberg周期)

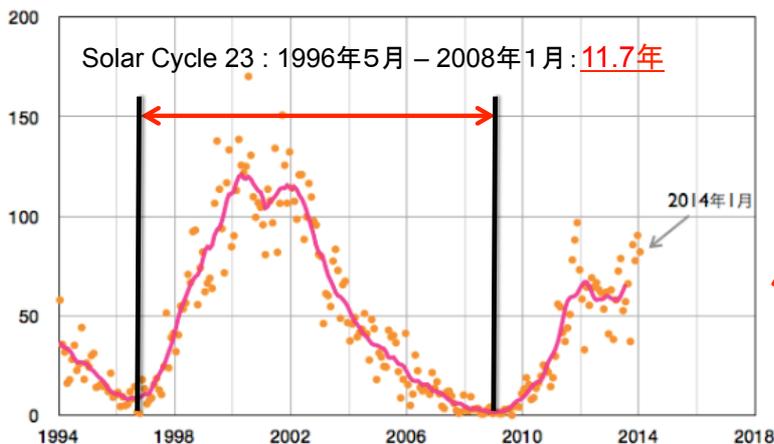


E. Friis-Christensen and K. Lassen : Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely Associated with Climate, *Science*, **254**, 691-700 (1991)

43

最近の黒点数の変化: SOLAR CYCLE 23

黒点相対数・月平均値の長期変化

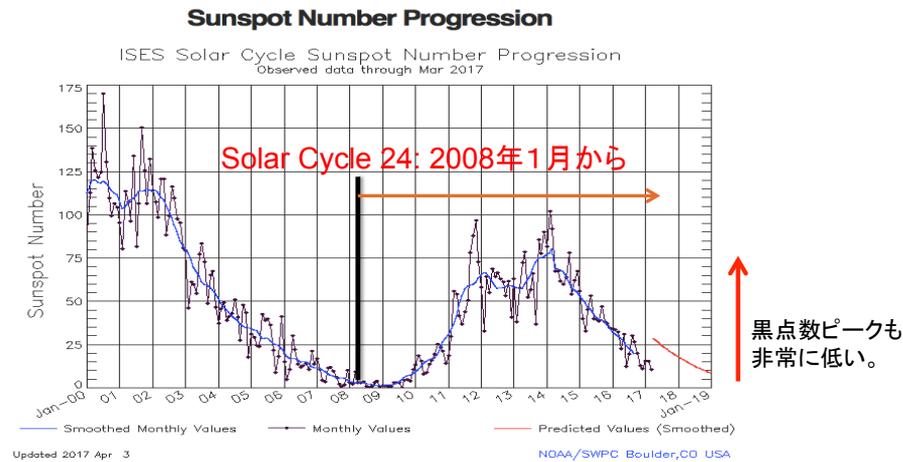


2014年2月第1週の黒点情報・・・黒点数は、一時、240台まで増加。

SWC宇宙天気情報センター

44

最近の黒点数の変化: SOLAR CYCLE 24



Solar Cycle 24は、2017年4月現在、まだ終わっていないが、12年以上に伸びそうだとされている。

Space Weather Prediction Center, NOAA <http://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>

45

太陽黒点と気温変動について

○太陽活動原因説の主張

- 太陽の黒点数の増減データを長期的に見ると、黒点数(太陽活動)の変化が気温変化に影響を与えている可能性が高い。
- 黒点数増減周期(11年)の変動を見ると、地球の地上気温の変化とよく一致する。
- 11年周期の太陽活動は2000年頃にピークを迎え、80~90年周期の活動もピークをすぎて不活発になりつつある。それと歩調を合わせるように、2000年頃から地球の気温は上昇していない。

○人為説論者の主張

- 太陽放射の変化による日射量(可視光)の変化は0.1%程度で、地球の温暖化は説明できない。日射量以外の物理的なメカニズム(宇宙線やオゾン)については不明であり、それが原因と結論できない。
- 天候モデルに太陽放射の影響も組み込んだが、それだけでは温暖化を説明できず、二酸化炭素等の温暖化ガスの影響は明らか。

(前述のFriis-Christensen and Lassenによれば、太陽の影響は小さいと結論した論文の一つは、ある時期における気温と太陽活動の関係を、感度の異なる他の時期の予測に使用したと指摘している)

46

太陽活動, 宇宙線, 雲, 気温について

太陽活動が、地球の温度に与える影響の物理的な因果関係については、次のような仮説(スベンスマルク効果)がある。

H. Svensmark: Astron. Geophys., 48, 118 (2007)

- 太陽風(太陽から四方に噴出されるプラズマ:陽子や電子の風)は強い磁場を持ち、地球にやってくる銀河宇宙線の侵入を妨げる働きがある。
 - 太陽活動(一つの指標が黒点数)が盛んになると、太陽風が強くなり、それによって地球に来る宇宙線は減少する。逆に、太陽活動が弱まると、地球に届く宇宙線は増大する。
 - 宇宙線は冷却効果の大きい低層雲(高層雲には影響しない)を作るので、太陽活動が弱まると、宇宙線が増え、低層雲が増え、地球の気温が下がる。太陽活動が強まると宇宙線が減り、低層雲が減り、地球の気温が上がる。
- 気候学の世界では、根拠が無いとして、ほとんど無視されていたとされる。
- しかし、上記の各現象については、**宇宙気候学**と呼ばれる新しい分野で、検証され始めている。

47

太陽活動と地球に来る宇宙線量

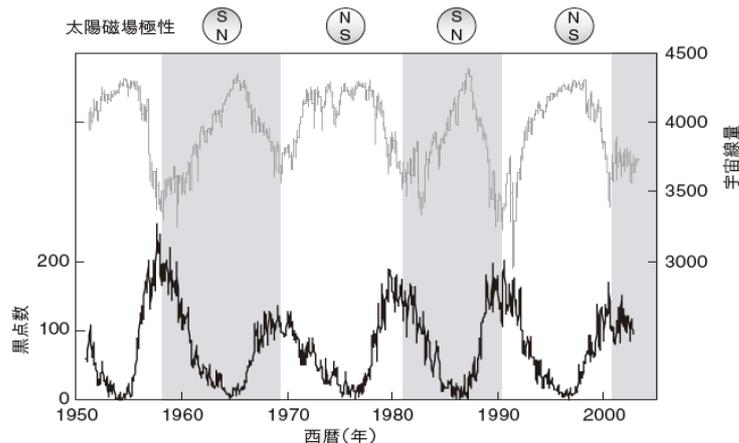


図2——黒点数(黒)および宇宙線量(灰)の変動。影をつけた時期は太陽磁場の極性が負の時期に対応する。宇宙線量は、極性が負のときは鋭いピークをもつが、極性が正のときは、比較的なだらかなピークを示す。

宮原ひろこ:太陽活動と宇宙線,そして気候変動,科学,1380(Dec.2009)

48

宇宙線の変動と低層雲量の変動

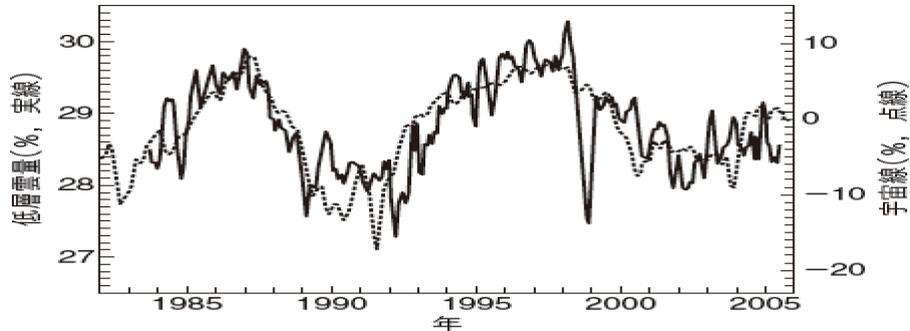


図1 ——衛星観測による低層雲の変動と、中性子モニターによる宇宙線量の変動。文献(4)より。

H. Svensmark: Astron. Geophys., 48, 118 (2007)

低層および中層の雲は地球の気温を下げる方向に働き、高層の雲は温める方向に働く。

J. Hansen : Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide, Science, Vol. 213, 957-966 (1981)

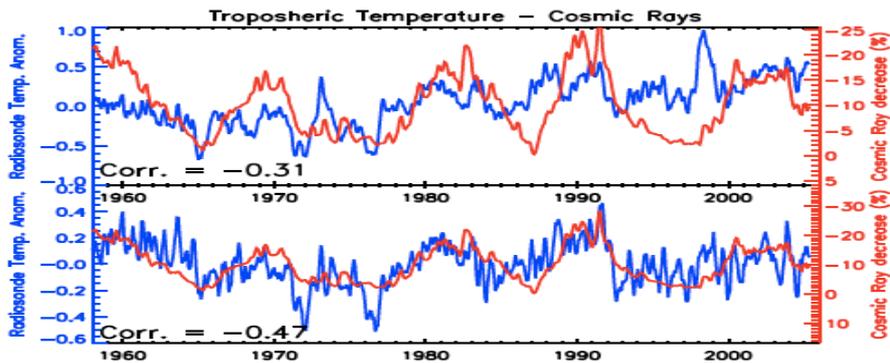
S. F. Singer, D. T. Avery:地球温暖化は止まらない, 東洋経済新聞社 (2008)

また、全体として雲は気温を下げる方向に働く。

中島映至, 田近英一:正しく理解する機構の科学, 技術評論社, 2013)

49

宇宙線の変動と気温の変動(1960年以降)



青:対流圏の気温, 赤:宇宙線量

上図:観察データ,

下図:エルニーニョ現象, 北大西洋振動(周期的気圧変動), 火山活動によるエアロゾル(大気中の微粒子)の影響, および10年当たり0.14度Kの上昇を除いたグラフ。

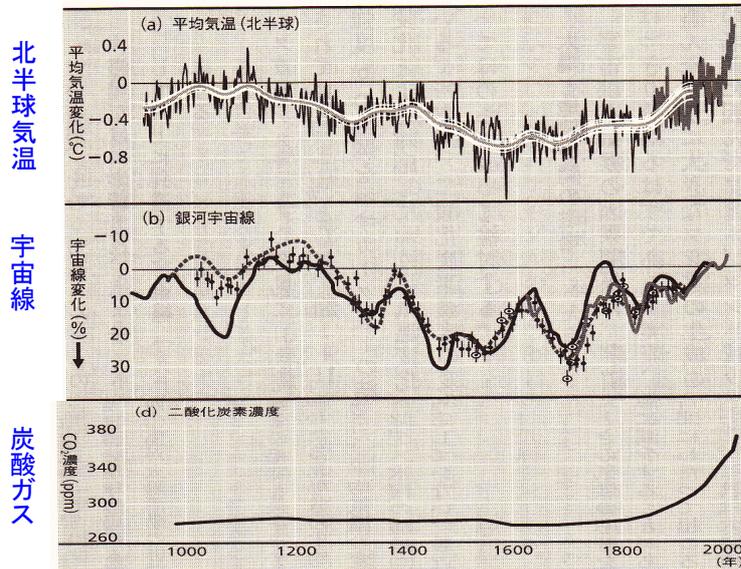
これは、何を意味するか不明。
温室効果ガスかもしれない

FIG. 2: The solar cycle and the negative correlation of global mean tropospheric temperatures with galactic cosmic rays are apparent in this ESA-ISAC analysis (ref. [2]). The upper panel shows observations of temperatures (blue) and cosmic rays (red). The lower panel shows the match achieved by removing El Niño, the North Atlantic Oscillation, volcanic aerosols, and also a linear trend (0.14 ± 0.4 K/Decade).

H.Svensmark, E. Friis-Christensen: Reply to Lockwood and Frohlich – The persistent role of the Sun in climate forcing, Science Report 3/2007, Danish National Space Center (2007)

50

気温・宇宙線・炭酸ガスの変動(過去1200年)

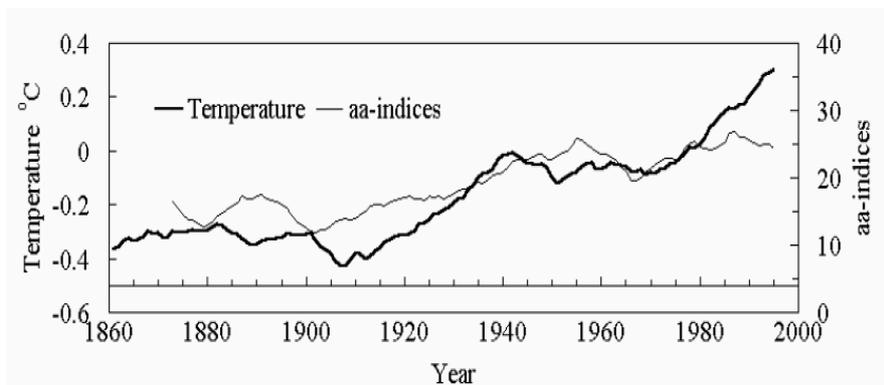


深井有: 気候変動とエネルギー問題、中公新書(2011) オリジナルは、
上: A. Moberg et al.: Highly variable northern hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data, *Nature* 433, 613 (2005)
中: J. Kirkby: Cosmic rays and climate, *Survey of Geophysics* 28, 333 (2007)

51

太陽の磁気活動と気温の関係

aa指数(aa-index): 太陽の活動によって、地球磁場は影響を受けるが、aa指数は太陽の磁気活動による地磁気攪乱の程度を表す。
太陽の磁気活動に関する指標。



Dimitar Valev: Statistical relationship between the surface air temperature anomalies and the solar and geomagnetic activity indices, *Physics and Chemistry of the Earth* 31, 109-112 (2006)

52

太陽の磁気活動と気温の関係(2)

他の研究者も、同様の関係を指摘する。

なめらかな実線:
地表面温度(10年移動平均)

破線: aa指数サイクルの下限値を
プロット

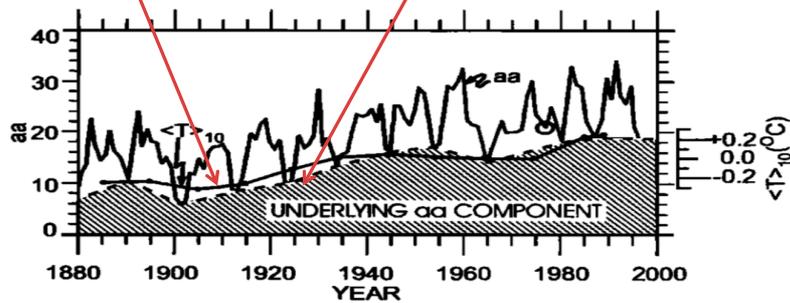


Figure 3. Comparison of the record of geomagnetic activity (aa) and the global surface temperature of the Earth ($\langle T \rangle_{10}$) over the last ~120 years. Solar cycle minima of the aa index are connected by dashed lines and the underlying component of aa is shaded.

E.W. Cliver, V. Boriakoff, J.Feynman: Solar variability and climate change: Geomagnetic aa index and global surface temperature, *Geophysical Research Letters*, Vol.25, No. 7, 1035-1038 (1998)

53

太陽の磁気活動と気温の関係(3)

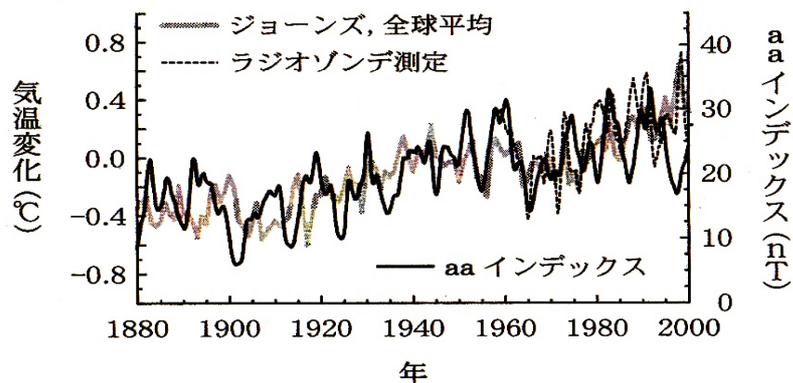


図 3-17 気温と aa インデックスの関係. 年平均データを使った.

伊藤公紀: 地球温暖化一埋まってきたジグゾーパズル, 日本評論社 (2003)

54

宇宙線が雲を作るしくみの仮説

スペインマルクらの研究によれば、大気圏に届いた宇宙線（一次粒子）が大気圏でミュオンという名の二次粒子を生成し、ミュオンが超微細な荷電粒子を作り、これが低層雲のシード（種）となる

- ・ 高エネルギーの一次粒子は、1) 太陽磁場をくぐり抜け、次に 2) 地球磁場をくぐりぬけ、3) 大気圏に突入し、4) 低層に届くミュオンの約60%を作る。しかし、高エネルギー粒子は、太陽磁場の強弱変化に影響を受けない。
- ・ 中エネルギーの粒子は、太陽磁場の強弱に影響を受け、磁場が強い時は、大気圏に届く粒子が減る。弱い時には大気圏に届く粒子が増える。低層に届くミュオンの約37%は中エネルギー粒子によるもの。ただし、地球の磁場の強弱変化にはほとんど影響を受けない。
- ・ 低エネルギーの粒子は、太陽磁場と地球磁場の両方の活動の影響を受け、大気圏まで届くものは少ない。その結果、低エネルギー粒子により生成されるミュオンは約3%と少ない。

以上の仕組みにより、低層雲の量（地球気温の変化）に影響を与える宇宙線粒子の大半は、約37%の中エネルギー粒子であり、太陽の磁場に影響を受けが、地球磁場の変化にはほとんど影響を受けない。

H.スベンスマルク、N.コールダー：不機嫌な太陽、恒星社厚生閣 (2010)

55

宇宙線が雲を作るしくみの仮説(2)

- ・ 2011年、8月25日、欧州原子核研究機構CERNが、雲(エアロゾル：気体の中に微粒子が多数浮かんだ物質)は、大半は、宇宙線によって作られる、という研究を発表。

<http://press-archived.web.cern.ch/press-archived/PressReleases/Releases2011/PR15.11E.html>
<http://www.nature.com/news/2011/110824/full/news.2011.504.html>

- ・ CERNのCLOUDプロジェクト (<http://cloud.web.cern.ch>) の研究結果によれば、
 - 宇宙線は、対流圏中程より上において、エアロゾル生成を著しく促進し、エアロゾルはやがて雲の水滴となる。
 - 以前は大気中の水蒸気から低層のエアロゾルが作られると信じられていたが、それはごく一部にすぎない。
- ・ 一方、スペインマルク効果の影響は非常に小さいと否定する論文も複数ある。

A.D.Erlykin, A.W.Wolfendale : Cosmic ray effects on cloud cover and their relevance to climate change, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 73, 1681-1686 (2011)

- ・ スペインマルクらは、それらに反論、効果を補強する論文も出している。

H.Svensmark, M.B.Engelhoff, J.O.P. Pedersen : Response of cloud condensation nuclei (> 50nm) to changes in ion-nucleation, Physics Letter A, Vol.377, Issue 37, 2343-2347 (2013)

H.スベンスマルク、N.コールダー：不機嫌な太陽、恒星社厚生閣 (2010)

<http://physicsworld.com/cws/article/news/2013/sep/09/physicists-claim-further-evidence-of-link-between-cosmic-rays-and-cloud-formation>

56

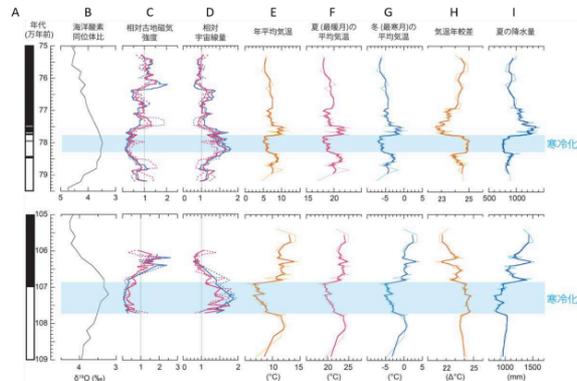
地磁気と宇宙線の影響

・スペンスマルクによれば、低層雲量（地球気温変化）に影響を与える宇宙線粒子は、太陽の磁場に影響を受けるが、地球磁場の変化にはほとんど影響を受けない。

・しかし、日本の研究者達が地球磁場の変化に起因する宇宙線量の変化で過去の気温が変化したとの論文を発表。

I. Kitaba, et al.,: Geological support for the Umbrella Effect as a link between geomagnetic field and climate, *Scientific Reports*, Vol. 7, Article no: 40682 (2017)

<http://www.nature.com/articles/srep40682>



78 万年前（上图）と 107 万年前（下图）の地磁気逆転期に観測された気候変化 A: 地磁気極性。黒は、現在と地球磁場の方向が同じ正極性、白は逆極性（現在とは南北逆向き）の時代を示す。B: 本来、このカーブのような気温変化が観測されると予想されていた。C: 過去の地球磁場の強さ。1 が現在の値。D: 宇宙線量の変化。1 が現在の値。E-I: 花粉化石から推定された気候変化。気温年較差 (H) は、F から G を差し引いた値。A,C: Hyodo et al. (2006), Kitaba et al. (2013), B: Lisiecki & Raymo (2005), D: Wagner et al. (2000), Kitaba et al. (2013)

<http://www.ritsumei.ac.jp/file.jsp?id=317767>

57

太陽活動と気温変動について

・懐疑論者

・多くの宇宙物理学者、地球物理学者による「太陽活動と気温変動」に関係するこれらの研究を見ると、太陽活動が気温変動の大きな要因であることは否定できない。また、CO2では説明のできない21世紀に入っからの気温変化も説明できる。

・最近の温暖化傾向は、地球だけでなく、火星、木星、海王星、トリトン（海王星の衛星）、冥王星等で観測されている。これは太陽活動説を支持する。

深井有: 気候変動とエネルギー問題、中公新書(2011)

・人為説論者

・太陽活動の変化は地球の温度変化に影響は、多少はあるかもしれない。

・でも、太陽活動と気温変動の関係はまだよくわかっていない。

・太陽活動だけで、地球温暖化のすべてを説明できるとは思えない。

・2酸化炭素を始めとする温暖化ガスが大きな原因であることに疑いはない。

典型的な説明例

国立環境研究所 地球環境センター 大気物理研究室長 野沢徹

http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/17/17-1/qa_17-1-j.html (2014年6月)

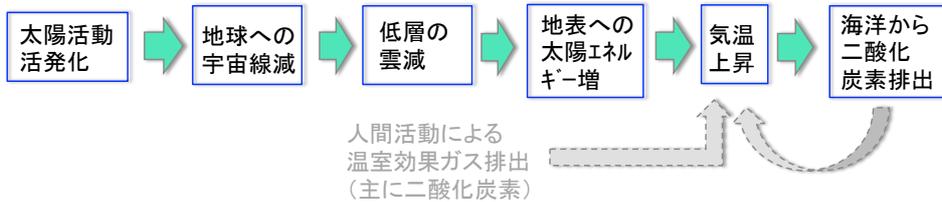
58

非常に大雑把なまとめ

人間起源の温室効果ガス説 (IPCC説)



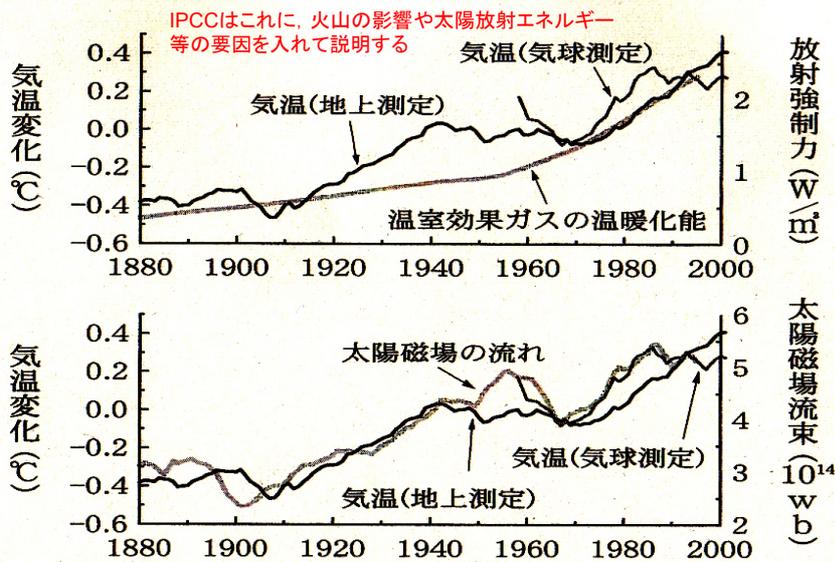
太陽活動説 (スペンスマルク効果)



- ・スペンスマルク効果は、NHKの「コズミックフロント 迫りくる太陽の異変 (2011年6月7日放送)」の34分以降がわかりやすい
http://www.dailymotion.com/video/xk0z29_yyyyyyyyyy-yyyyyyyyy_tech
- ・より詳しくは、ドキュメンタリー・ビデオ「雲の神秘」がある。ユーチューブあるいは次のサイトで、「雲の神秘」で検索 <http://www.dailymotion.com/>.

59

温室効果ガスの放射強制力, 太陽磁場流速, 気温



伊藤公紀: 地球温暖化一埋まってきたジグソーパズル, 日本評論社 (2003)

60

気温上昇原因に対する主張のまとめ

・IPCCの主張

- ・20世紀後半(1975年から1997年)におきた気温上昇は、温室効果ガスによるものである可能性が非常に高い。(確信度95%)。
- ・1910~1940の上昇, 1940年~1975年の下降は火山や太陽の影響もあり
- ・21世紀のハイエイタス(気温停滞)の原因は不明(深海に蓄熱?)
ハイエイタスなど存在しなかったとの主張も(付録2を参照)

・懐疑論者の主張(いろいろあるが)

- ・過去100年の気温上昇のうち、 0.47 ± 0.19 度(摂氏)は宇宙線、 0.14 ± 0.36 度が温室効果ガスによる分
N.J. Shaviv : On climate response to changes in the cosmic ray flux and radiative budget, Journal of Geophysical Research 110, A08105 (2005)
- ・現在進行中の温暖化のおよそ5/6が自然変動によるもので、1/6が温室効果ガスによる分
赤祖父俊一: 自然変動の解明なしに気温予測は不可能-温暖化が止まる理由、現代科学 2009年5月号、36 (2009)

61

結局, どうなのか。

- ・スペンスマルク仮説(宇宙線が天候・気温に影響する仕組み)はまだ正しいと断定できないらしいが、温室効果ガス説も不確実性は高いと思われる。
 - ⇒ 以下の本では、他の仮説も含めて仕組みの複雑さを解説している。仕組みは不確定だが、宇宙線が天候・気温に大きな影響を与える状況証拠は十分にあると考えられる。
宮原ひろこ: 地球の変動はどこまで宇宙で解明できるか、化学同人 (2014)
 - ⇒ 温室効果ガス説の支持者は、「正しいシミュレーションの結果」、「世界中の一流科学者の結論」というものの、われわれ素人に分かりやすい説明をしていない。
 - ⇒ 彼らは、太陽、水蒸気、宇宙線等は、大きな影響のあることが確実だが、まだよくわからないという。わからないと言いつつ、気候モデルを作り、シミュレーションをし、不確実な結果をひとり歩きさせているように見える
- 決着はついてないように思える。**
- ⇒ 地球温暖化は政治化した上に、排出権取引の制度ができビジネスになった。**ビジネス(利権)**と**政治と学会(研究予算獲得)**が結びつくともう止まらない。原子カムラも支援する。(石油メジャー利権は懐疑説を支援する)
 - ・懐疑論者には、宇宙/地球物理学者が多いようだが、これまで、IPCCのような組織的な対応をしてこなかったようだ。
 - ⇒ 最近、宇宙気候学(Space Climatology)という学問分野ができたようで、以下の学会誌において小特集が組まれている。

http://www.jspf.or.jp/Journal/PDF_JSPF/jspf2014_02/jspf2014_02-jp.pdf

62

我々素人はどう考えればよいか。

- ・温室効果ガス説も、太陽活動説も、確実でない、と判断せざるを得ない。
 - 両者の論争は互いの誤りを指摘しあうだけに見えるが、国連や国家の政策を左右する以上、立証責任は人為説論者にあるはず(ディベートの基本)。
 - 温室効果ガス説が正しければ、地球温暖化はさらに進むだろう。
 - 太陽活動説が正しければ温暖化は止まり、寒冷化する可能性もある
- ・地球温暖化が進むなら、生活する地域、町の天候は変わる。
が、地球全体で見て、温暖化は本当に「悪」なのかもよくわからない。
(IPCCは、マイナス面のみを喧伝するという指摘もある。プラス面はないのか)。
 - 地球が温暖化したときに文明や国は栄え、冷却化したときに苦しんだという話もある。
(例えば、永田諒一:ヨーロッパ近世「小氷期」と共生危機—宗教戦争、不作、魔女狩り、流民の多発は寒い気候のせい吗? 岡山大学大学院社会文化科学研究科, 文化共生学研究, 第6号, 31-52 (2008.3))
 - 一方で、温暖化すると、大干ばつが人類を苦しめる、という話もある
(例えば、B. フェイガン: 千年前の人類を怒った大温暖化, 河出書房新社, 2008)
- ・温暖化するにせよ、寒冷化するにせよ、あと20年で結論は出るだろう。
それまでどうするか? ⇒ **【確実な答え】は、私には見えない**

63

おわりに

- ・地球温暖化論(温室効果ガス説)と懐疑論の対立は根深い。
近年、一部では個人攻撃的な様相を呈しており、発言には勇気が必要。
- ・懐疑論は様々で統一されているわけではないが、「温室効果ガスで地球は温暖化する」がテーマであれば、立証責任は人為説論者にある。
- ・懐疑論に対するまとまった批判には、例えば次の資料がある。
(専門外の研究者や技術者が納得できる説明があるかと期待したが、断定と懐疑論者への攻撃が目立つ資料で、失望した。これが、科研費=税金を使って作られた報告書というから、驚く。)
地球温暖化懐疑論批判 http://www2.ir3s.u-tokyo.ac.jp/web_ir3s/sosho/all.pdf
- ・上記の「懐疑論批判」に対する批判・反論としては、例えば次の資料がある
(攻撃された側の反論だから、こちらもかなり攻撃的だ)
地球温暖化懐疑論批判の誤謬
<http://www.env01.net/fromadmin/category/ir3stigs/ir3stigs.html>

その後、エネルギー・資源学会誌に掲載された討論を発見。これは、人為説論者と懐疑論者の真摯な討論だと思う。一読の価値あり。ただし、IPCC側に立つ江守正多氏には、人為説側に立証責任があるという認識に欠けている。それでも、「地球温暖化懐疑論批判」に比べれば、ずっとましである。

<http://www.jser.gr.jp/activity/e-mail/boutou2.pdf>

<http://www.jser.gr.jp/activity/e-mail/honbun.pdf>

<http://www.jser.gr.jp/activity/e-mail/2009.3/09.03honbun.pdf>

64

付録1:シミュレーションモデルについて

- ・人為説論者は、シミュレーション結果に絶対の自信を持っているようだ
 - 温室効果ガスぬきで、(シミュレーションでは)20世紀以降の気温上昇を説明できない
 - 多くの科学者(正しくは気候学者?)の知見に基づく物理的方程式によるシミュレーション
- ・しかし、水蒸気、雲、太陽活動等による気温への影響の詳細は不明で、気候モデル(シミュレータ)への組み込みも限定的。宇宙線については全く考慮していない。

- ・では、不明な部分が多々あるのに、なぜ自信満々なのか？

- 江守正多(地球温暖化の予測は「正しい」か？化学同人,2008)によれば、

「今のところそれ(注:十分にわかっていない要因のこと)によって実際に何度くらい温度が変わってきたのかを量的に計算できるものではありません。(中略)それぞれが地球の温度をどれくらい上げたか下げたかというのがわかったとしても、その影響は大きくないはずでしょう。なぜならば、実際の気温上昇量は、温室効果ガスの増加によって大部分が説明されてしまっているのですから。」

つまり、詳細のわからない要因を考慮しない現在の気候モデルでも、十分に精度よく説明できるのだから、それ以外の要因は大したものではなく、不要、と主張していると考えられる。

65

付録1:シミュレーションモデルについて(2)

- ・シミュレーションに使われる気候モデルは、実は、気温に関する複雑で多様な物理現象を、すべて、詳細に、ミクロレベルで忠実に模擬するものではない。
- ・様々な要因(二酸化炭素濃度の増加等)が、対流圏と成層圏の間のエネルギー収支に与える影響の強さ(放射強制力)と、それが地球の平均気温変化に与える影響の強さ(気候感度)を、様々なデータから推定し(とはいえ、宇宙線による影響は全く考慮していない)、推定した強さ(パラメータ)を元に、近似的なシミュレーションをする。
- ・気候モデルには、様々な仮定と近似と推定パラメータが含まれており、それらがすべて適切である場合に、妥当なシミュレーションが行われる。しかし、それらが適切と断定することはできず、不確実性が含まれる。
- ・そこで、シミュレーション結果と、実際の観測データを比較し、妥当性を判断する。ただし、通常、観測データを再現できる仮定、近似、パラメータは1通りではなく、一般に複数の組合せがある。誤った仮定のもとでパラメータチューニングをし、誤ったモデルを作った場合でも、観測データを再現できることがある。

「一般に気候科学で問題なのは、(中略)理論家が、氷、水、空気、および各種の分子をチェスの駒のようにあちこちに動かして、終わりのないゲームをすることにより、最終的に、いかに気候変動も彼らの好きなように説明できる点である。」

H.スベンスマルク、N.コールダー:不機嫌な太陽、恒星社厚生閣(2010)

66

付録1:シミュレーションモデルについて(3)

- ・「観測データを説明できる」だけでは、モデルの正しさを証明したことにならない。
- ・正しくは、パラメータを推定するために使うデータ(トレーニングデータ)と、推定されたモデル(仮定とパラメータ)が正しいかを検証するデータ(テストデータ)を分離し、前者で推定したモデルを用いて、後者のデータでテストすべき。(交差検証)
- ・これまでに読んだ書物、論文を見る限りでは、人為説論者達の気候モデルで、交差検証をしているように見えない。簡単でないことは想像できるが、きちんと交差検証してみせれば、シミュレーションの信頼性は増すだろう。
- ・相手が専門家(気候学者)でないからといって、ただ、「温室効果ガスぬきで、20世紀以降の気温上昇を説明できない」、「多くの科学者(気候学者)の知見に基づく物理的方程式によるシミュレーション」と説明するだけで、素人を納得させようとするのは無理である。
- ・モデルが不完全であるのに、正しいと強弁するのは正しい態度でない。モデルの前提条件・モデルの限界を、正直に、分かりやすく、説明する良心が必要。
- ・懐疑論者の多くは、地球温暖化については専門家でなくても、様々な分野の研究者、技術者である。誠実に、正しい方法で、分かりやすくモデルの前提条件と限界を説明すれば、人為説論者に対する「不信感」も消えるだろう。

79

付録1:シミュレーションモデルについて(4)

- ・3ページ前の説明は、素人をバカにした説明に見え、正しい説明とはいえない。懐疑論者は、ますます不信感を深めるだけだろう。

さらにダメ押しに言えば、(中略)この成層圏の気温の低下も20世紀後半に実際に観測されています。太陽活動などほかの原因で気温上昇が起こった場合には、この成層圏の気温低下は説明できません。(同書)
- ・上記主張も、懐疑論者を納得させるのは難しい。なぜ、20世紀後半の成層圏のオゾン層破壊でこれが説明できず、二酸化炭素増加でしか説明できないかを、ていねいに説明すべきだろう。

(地球環境研究センターサイトによれば、オゾン層破壊で説明できそうに見える)

<http://www.cger.nies.go.jp/cgernews/201311/276001.html>
- ・また、以下の記述については、12個あるIPCC4次報告の古気候研究のどれを説明したのかを明らかにする必要があるだろうし(まさか、Mannのデータ?)、肝心の21世紀のハイエイタスを、温室効果ガスをいれて説明する必要があるだろう。

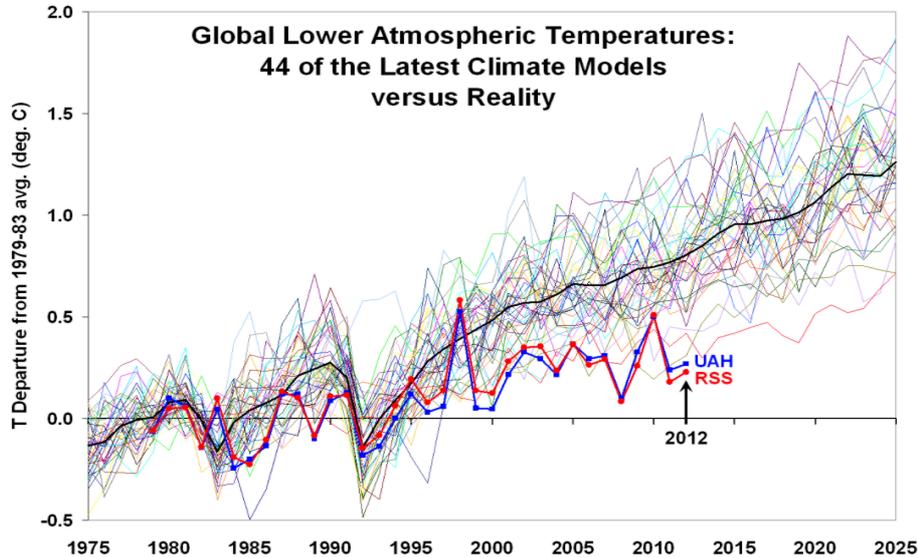
(気候モデルを使えば)数百年スケールの変動は太陽活動の変動と火山噴火でおおむね説明できる一方で、20世紀の温暖化は人間活動の影響をいれないと説明できない。

江守正多:温暖化問題、討論のすすめ:いまさら温暖化論争?、パリテイ、Vol. 27, No.02, pp. 52-55 (2012)

68

付録1: シミュレーションモデルについて(5)

44の気温シミュレータと、2つの人工衛星による低層大気圏の測定データ



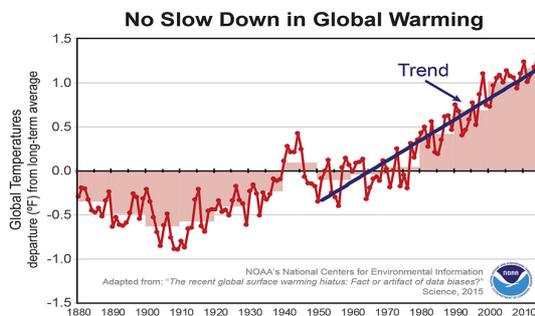
<http://www.drroyspencer.com/2013/04/global-warming-slowdown-the-view-from-space/>

69

付録2: ハイエイタスはなかった? それはデータねつ造?

- ・ 2015年, NOAA (米国海洋大気庁) の研究者たちは, 21世紀直前から観測されているハイエイタス (気温上昇の停止) は誤りで, 実際には上昇し続けている, という論文を発表.

T.R. Karl, et. al. : Possible artifacts of data biases in the recent global surface warming hiatus, Science, Vol.348, Issue 6242, pp. 1469-1472 (Jun. 26, 2015) DOI:10.1126/scoemce.aaa5632 <http://science.sciencemag.org/content/348/6242/1469.full>



NOAA's National Centers for Environmental Information
Adapted from: "The recent global surface warming hiatus: Fact or artifact of data biases?" Science, 2015

<http://www.noaanews.noaa.gov/stories2015/>

noaa-analysis-journal-science-no-slowdown-in-global-warming-in-recent-years.html (2017/02/23)

左図は, 上記論文を解説した NOAAのサイトから

これまでは, 1998年以降, 温度上昇が止まったか, 鈍っているように見えたが, 正しくは左のようであって, 止まっていない, とのこと。

70

付録2:ハイエイタスはなかった？ それはデータねつ造？ (2)

- ・主な修正点は、過去、船を使って測定した海洋温度データの補正を改善したこと、および地上の温度測定データを充実させたこと。
- ・この論文は、パリ協定の採択(2015)、発効(2016)に大きな影響を与えたとされるが、2017年になって、この論文にデータねつ造疑惑が浮上した。ネットニュースを見る限り、ねつ造かどうか、本当のところはわからない。

<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4192182/World-leaders-duped-manipulated-global-warming-data.html>

<http://www.washingtontimes.com/news/2017/feb/5/climate-change-whistleblower-alleges-noaa-manipula/>

<https://science.house.gov/news/press-releases/former-noaa-scientist-confirms-colleagues-manipulated-climate-records>

<https://www.nytimes.com/2017/02/07/science/2015-climate-study-data.html>

<http://www.factcheck.org/2017/02/no-data-manipulation-at-noaa/>

- ・論文が述べる新たな温度データは、と地上と海上の測定のデータを使ったもの。人工衛星で測定した温度データ(例えば、本資料の17,18,および69ページ)でも、ハイエイタスとみられる現象が起きているが、それに関する説明はない。。。

(地球温暖化について調べていて困るのは、どのデータが信用できるのか、権威のある組織や研究者の発言が本当に信用できるのかがわからない点。権力欲と金銭欲とメンツが渦巻いているようで、うんざりする)