

世界月平均気温偏差—大気中 CO₂ 濃度変化率の散布図の解釈

HP 管理者 近藤邦明

0. はじめに

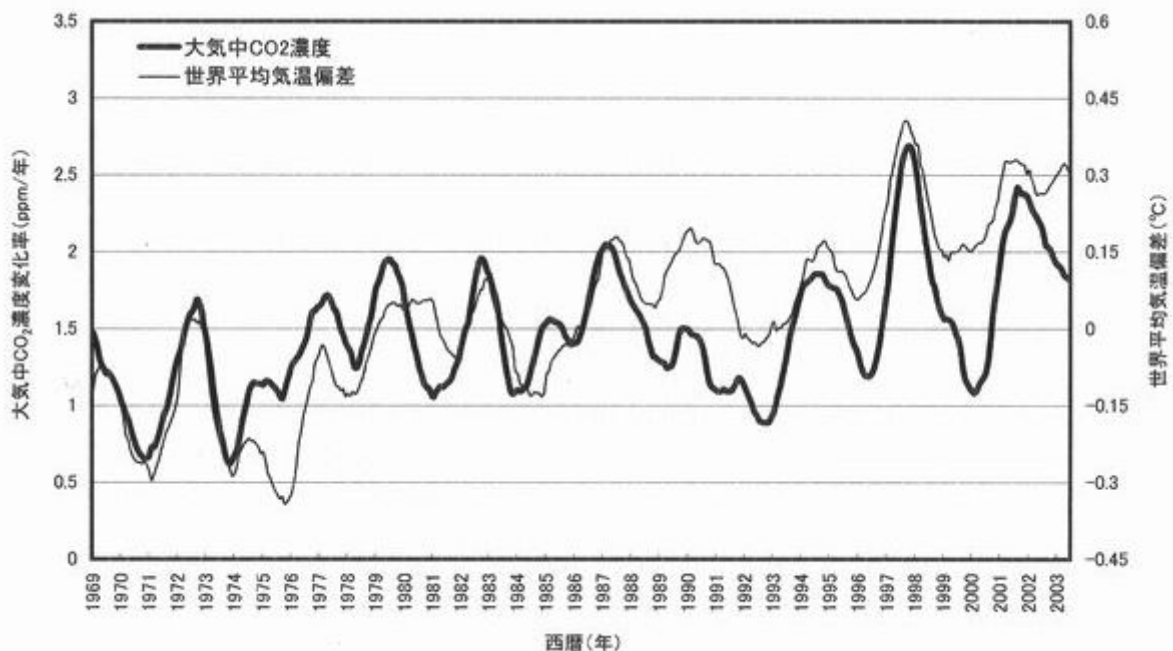
日本気象学会誌「天気」への投稿論文『大気中 CO₂ 濃度増は自然現象であった I. その原因は気温高である』における分析データの解釈において、日本気象学会は短期的（数年程度）な傾向を以って長期的な傾向（数十年程度）を論じようとしているという理由で論文の掲載を拒否している。しかし、これは非科学的な主張である。

日本気象学会誌「天気」の編集部は、我々の用いたデータを時系列に沿って表示すると、エルニーニョ／ラニーニャ・スケールに対応する数年周期の不規則変動を示していることを以って、我々の分析がこの数年周期の不規則変動についての分析であると誤解しているのである。

我々の分析は、分析対象期間である約 34 年間にわたる月毎の観測データを分析して得られた、全期間において世界月平均気温偏差と大気中 CO₂ 濃度の時間変化率との間に成り立つ関係を明らかにしたものである。

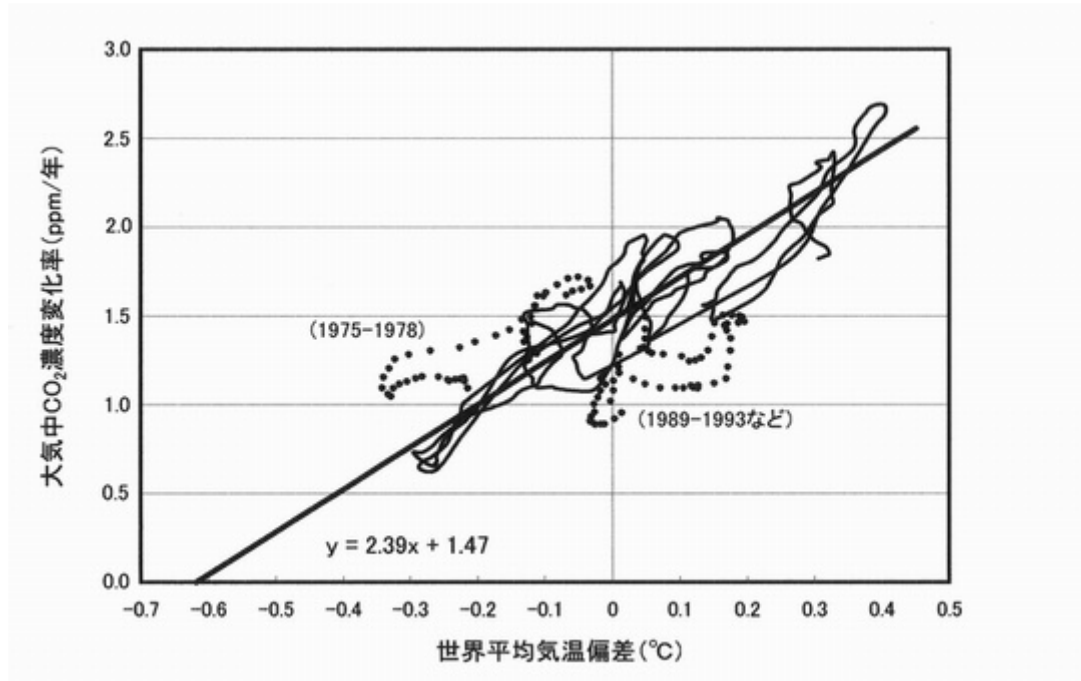
本稿では、「天気」投稿論文において、分析対象期間において大気中 CO₂ 濃度が上昇傾向を示した主要な理由を、1971～2000 年の平均気温が大気中 CO₂ 濃度が定常状態になる気温よりも 0.6℃程度高温であったためだと結論した理論的な背景を、我々の用いた散布図の意味を通して明らかにする。

1. 「天気」投稿論文で示した分析結果



我々は一連の考察から、大気中の CO₂ 濃度の時間変化率 (ppm/年) の経年変化が、世界月平均気温偏差 (°C) の経年変化と極めてよく同期することを発見した。大気中の CO₂ 濃度の時間変化率に影響を与える環境因子は無数に存在するが、我々の得た曲線から気温 (世界月平均気温偏差) が主要な決定因子のひとつであると判断した。

そこで、両者の関係を更に明らかにするために、同じデータについて世界月平均気温偏差を横軸、大気中 CO₂ 濃度変化率を縦軸とする散布図にまとめた。



散布図の実曲線で示したデータに対する回帰直線から、大気中 CO₂ 濃度変化率が 0 になる世界平均気温偏差を求めると -0.62°C を得た。

2. 大気中 CO₂ 濃度を表す関数

ここで、大気中の CO₂ 濃度を表す関数 F を形式的に次のように表すことにする。

$$F = F(T, X_1, X_2, X_3, \dots)$$

ここに、

T : 世界月平均気温偏差 (°C)

X_1, X_2, X_3, \dots : 大気中 CO₂ 濃度に影響を与える環境条件を表す変数

更に、 T, X_1, X_2, X_3, \dots の各変数は、時間 t の関数である。

大気中 CO₂ 濃度を表す関数 F (ppm) の時間変化率 dF/dt (ppm/年) は、単位時間に大

気に供給される CO₂ 量 q_{in} (Gt/年) と大気から地表環境へ吸収される CO₂ 量 q_{out} (Gt/年) の差に比例する。比例定数を C とすれば、次のように表すことができる。

$$dF/dt = C (q_{in} - q_{out})$$

また、大気中 CO₂ 濃度 F (ppm) の時間変化率は、関数 F の時間微分なので形式的に次のように表すことができる。

$$\frac{dF}{dt} = \frac{\partial F}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial X_1} \frac{\partial X_1}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial X_2} \frac{\partial X_2}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial X_3} \frac{\partial X_3}{\partial t} + \dots$$

3. 散布図と回帰直線は何を表すか？

我々が自然現象について観測する場合、極めて複雑な地球環境システムからの出力として得られる情報は、時空的に離散的なごく限られたものである。今、我々が対象としている観測データは大気中の CO₂ 濃度と世界月平均気温偏差という二つの離散的（月平均の）物理量である。

大気中 CO₂ 濃度 F (ppm) は、世界月平均気温偏差 T だけではなく、地表環境の様々な条件 (X_1, X_2, X_3, \dots) によって変化すると考えられる。

ここでは、我々の分析方針を読者に理解しやすいように単純化するために世界月平均気温偏差 T と、それ以外の地表条件を単一の変数 X によって次の線形関数で表せるものとして議論を進める。

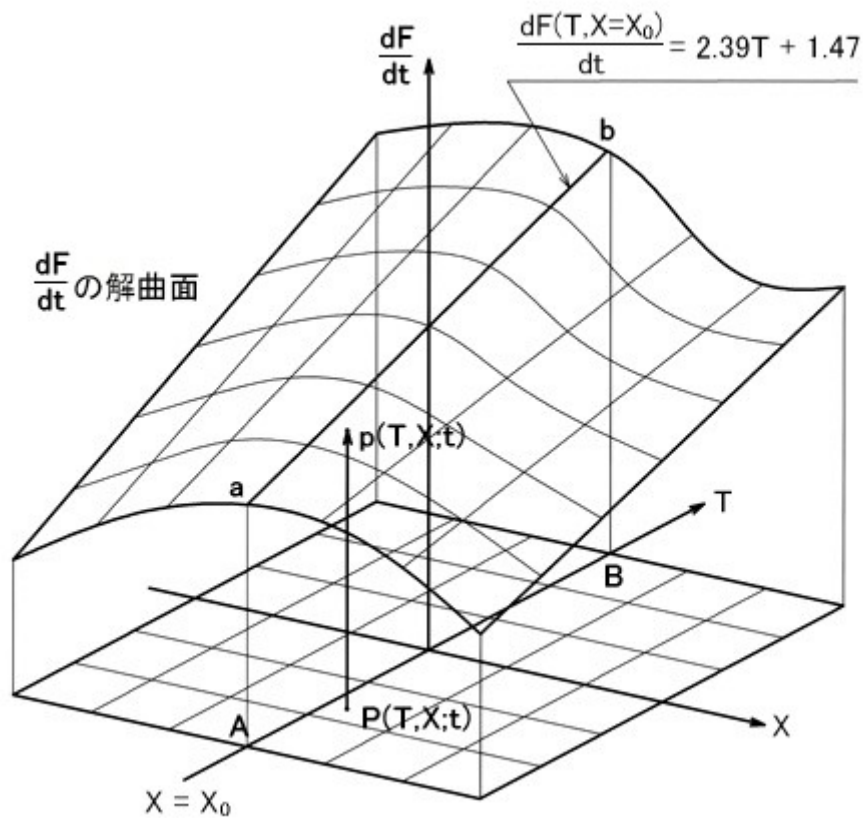
$$\frac{dF}{dt} = \frac{\partial F}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial X} \frac{\partial X}{\partial t}$$

次頁に示す模式図は、世界月平均気温偏差 T と地表環境条件 X によって定まる大気中 CO₂ 濃度の時間変化率 dF/dt を表す曲面を示している。この解曲面が地球の真の姿であり、この真の解曲面上のいくつかの点をサンプルとして採取したものがわれわれの過去 34 年間の観測データであり、これは統計用語では実現値 (realization) と呼ぶ。

ここでも説明をわかりやすくするために解曲面と X 軸に直交する平面（例えば平面 $ABba$ ）の交線は直線（例えば直線 ab ）になるとする。

勿論、一般的には交線も曲線とすべきであるが、観測対象期間の世界月平均気温偏差 T の変動幅が十分に小さければ、交線を直線で近似することができる（実際には、我々の分析対象期間中の T の変動幅は 0.7°C 程度である。地球上で観測される気温の範囲は、概ね

−90°C〜50°C程度、変動幅では140°C程度であるから、これに比較して0.7°Cの変動幅は十分小さいと見なせる。)



さて、我々の得た散布図とは、解曲面上の点 $p(T, X; t)$ を X 軸に直行する平面上に投影した点の集まりである。ここで $X-T$ 平面上の点 $P(T, X; t)$ 、は世界月平均気温偏差 T と地表環境条件 X を指定していることを表している。 t は観測時刻を示し、 $X-T$ 平面上の点 P あるいは解曲面上の点 p の値が時刻 t における観測値であることを示す。

点 P は $X-T$ 平面上の任意の位置を取ることができるが、現実には地表面環境の条件は短期間にはそれ程大きく変動することはない。我々の分析対象期間である34年間の平均的な環境条件を $X=X_0$ の直線で表せば、点 P は直線 $X=X_0$ の周辺で主に T 軸の方向に移動することになる。

点 P の軌跡が直線 $X=X_0$ 上だけを移動すると仮定すると、世界月平均気温偏差 T と大気中 CO_2 濃度変化率の経年変化を示す曲線は完全な相似形になり、散布図は直線 ab 上の点の集まりになる。

しかし実際にはこの分析対象期間内においても地表環境の条件は $X=X_0$ の周辺で多少変動するため、世界月平均気温偏差 T と大気中 CO_2 濃度変化率の経年変化を示す曲線は完全には相似形にならず、散布図の点は直線 ab 近傍に分布することになる。

例えば、世界月平均気温偏差と大気中 CO₂濃度変化率の経年変化のグラフにおいて、ピナツボ山の噴火という環境条件の激変のあった時期を含む 1989～1993 年の観測データは、環境条件を表す変数 X の変動が大きいため二つの曲線間に大きな開きが生じ、散布図上では回帰直線からの隔たりが大きくなっていると考えられる。

実際には世界月平均気温偏差 T 以外の環境条件を表す数量 X₁, X₂, X₃, …を完全に（または厳密に定量化して）指定して観測することは不可能である。そこで、我々は観測データの中で気温以外の環境条件が大きく変化したと考えられるピナツボ山噴火前後の時期などのデータ（散布図において点で示すデータ）を除外して回帰直線を求めることにした。

つまり、回帰直線を求めた元になるデータでは平均的な環境条件 X₀からの偏差が小さいので $\partial T/\partial t \gg \partial X/\partial t$ であり、このことは近似的に $\partial X/\partial t \doteq 0$ とすることができる。よってこの直線が表す意味は、

$$\frac{dF}{dt} \cong \frac{\partial F}{\partial T} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{dF(T, X = X_0)}{dt} = 2.39T + 1.47$$

であり、したがってこの直線は分析対象期間の平均的な環境条件 $X=X_0$ に対する大気中 CO₂濃度の時間変化率 dF/dt の世界月平均気温偏差 T に対する特性の第一次近似を示したものである。

4. 結論

以上の考察から、我々の得た回帰直線は次のように解釈できる。

『この第 6 図（散布図）において、第一次近似として実曲線の部分だけを用いて回帰直線を作ると、大気中 CO₂濃度変化率がゼロ ppm/年となるのは気温偏差がマイナス 0.6℃程度のときである。このことから、1971 年から 30 年の世界平均気温は大気と陸海の間で CO₂の移動が実質的にない温度よりも 0.6℃程度高温であり、この図の範囲での結論として大気中 CO₂濃度が毎年上昇していることが示される。』

謝辞

本稿を取りまとめるにあたって、気象観測データの統計学的な意味について国立沖縄高専の中本教授にアドバイスいただいたことをここに感謝する。

(2009.08.28)