

# 地球規模の気温変動と太陽活動および大気中 CO<sub>2</sub> 濃度との関係に関する研究

宇都宮大学工学部 正会員 長谷部 正彦  
住友林業ホームテック 非会員 富永 綾乃  
宇都宮大学工学部 正会員 鈴木 善晴

## 1. はじめに

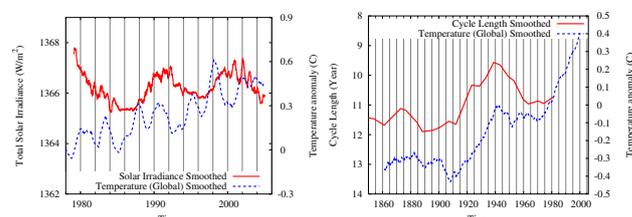
ヨーロッパが共同で進めている EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica) の南極でのアイスコア分析によって、現在 380ppm に達した大気中 CO<sub>2</sub> 濃度は、約 65 万年前に遡っても過去最高であることが確認されている<sup>1)</sup>。そして、この大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の傾向変動は、化石燃料消費による CO<sub>2</sub> 排出量の 55.9% (industrial trend) とほぼ一致することが報告されており<sup>2)</sup>、CO<sub>2</sub> 濃度の増加原因は化石燃料消費に帰すると考えられる。しかし、Keeling *et al.* によって<sup>3)</sup>、Mauna Loa の大気中 CO<sub>2</sub> 濃度から傾向変動と季節変動を除いた内的変化 (internal variations) は、全球平均偏差気温に追従することが確認されている。そして彼らは、この理由として、エルニーニョ現象や火山噴火によって気候が変動し、大気 陸上生物圏間の CO<sub>2</sub> 交換に不均衡が生じることを挙げている。

よって、現在では「CO<sub>2</sub> による気温上昇」が世界的な見解となっているが、気温上昇の支配的な原因が CO<sub>2</sub> にあるとは言い切れず、そのメカニズムは未だ十分に解明されていないのが現状であると考えられる。そこで、本研究では、気温、大気中 CO<sub>2</sub> 濃度、太陽活動の時系列変動に着目し、特に、気温と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の変動を長期的及び短期的に捉え、これらの因果関係を検証することを目的とする。

## 2. 気温と太陽活動指標の相互比較

はじめに、気温変動の要因として太陽活動に着目し、これらの相互比較を行う。ここで、太陽活動は、地球全域に影響を与えられられるため、気温データとして、Climatic Research Unit が公表している全球平均偏差気温を用いた。また、太陽活動を表す指標として、太陽黒点相対数、太陽放射強度、紫外線放射量、地表面日射量、太陽活動の周期長を用いた。比較する際、それぞれのデータに対して、移動平均による平滑化を行った。代表的な比較図および相関係数を図-1、表-1 に示す。

これらの結果より、視覚的、定量的に、気温と太陽活動の周期長の相関が高いことが確認でき、太陽の活動周



(a) 平均気温と太陽放射強度 (b) 平均気温と太陽活動の周期長  
図-1 全球平均気温と太陽活動指標の比較結果（代表例）

表-1 全球平均偏差気温と太陽活動指標の相関係数

平均偏差気温との比較対象	対象期間	相関係数
太陽黒点相対数	1858.5 ~ 2002.11	0.4109
太陽放射強度	1979.2 ~ 2005.1	0.3392
紫外線放射量	1947.7 ~ 2001.12	0.1412
地表面日射量	1983.7 ~ 1991.6	0.0941
太陽活動の周期長	1858.5 ~ 1981.1	0.7243

期が短くなると、地球の気温が上昇する傾向があることが分かった。同様のことは、Lassen *et al.* も報告しており<sup>4)</sup>、その理由として、太陽の活動周期が短い時、太陽活動が活発化しており、地球への放射量が増加することを挙げている。しかし、本研究では、気温と太陽放射強度の相関は確認できなかった。つまり、太陽活動の周期長のデータ期間が 1858 ~ 1981 年、太陽放射強度のデータ期間が 1979 ~ 2005 年であるため、1980 年以前は、太陽活動の周期長と気温の相関が高く、両者の関連性が示唆できるが、1980 年以降は、太陽活動のみでは説明付けられない気温変動が起きている可能性が考えられる。

## 3. 気温と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の相互比較

過去 140 年の全球平均気温と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の変動を図-2 に示す。これを見ると、1970 年から現在に至る約 30 年間に於いて、両者は顕著な増加傾向を示しているが、大気中 CO<sub>2</sub> 濃度が急上昇する以前の 1910 年から 1940 年にも、現在と同程度の気温上昇があったことが確認できる。よって、気温と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の相互関係を一概に捉えることはできない。

### (1) スペクトル解析

そこで、各解析地点における気温と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度について、各々の周期的な変動特性を把握するため、スペクトル解析を行った。気温と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の 1 年

Key Words: 大気中 CO<sub>2</sub> 濃度、太陽活動、スペクトル解析、コヒーレンス解析

〒 321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel : 028-689-6214 Fax : 028-689-6213

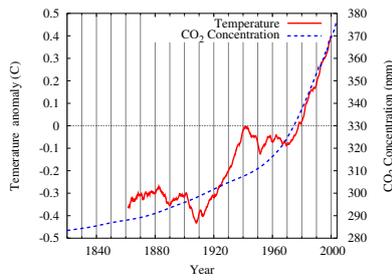
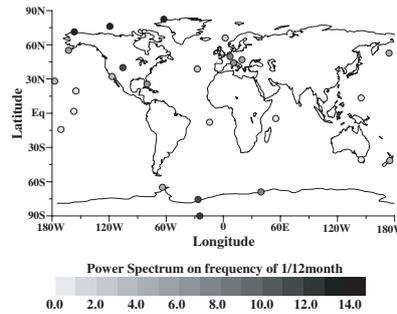
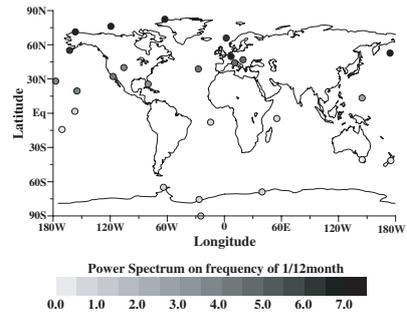


図-2 過去 140 年間に於ける気温変動と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度変動



(a) 気温のスペクトル強度分布



(b) 大気中 CO<sub>2</sub> 濃度のスペクトル強度分布

図-3 気温および CO<sub>2</sub> 濃度の 1 年周期に相当するスペクトル強度分布

周期に相当するスペクトル強度分布を図-3 に示す。これにより、気温は、北・南半球の極地から赤道に近くに連れて、1 年周期が弱化する傾向が確認できた。それに対して、大気中 CO<sub>2</sub> 濃度は、北半球では南下するに連れて弱化する傾向が見られ、南半球では半球全域で一様であることが確認できた。よって、これらの 1 年周期変動の空間分布特性が異なることから、1 年周期変動つまり季節変動については、気温と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の相互作用は少ないことが考えられる。

## (2) コヒーレンス解析による広域的、長期的な比較

次に、全球域における平均偏差気温と、赤道付近に位置する Mauna Loa の大気中 CO<sub>2</sub> 濃度（季節変動を除去した成分）を用いて、各解析地点における気温と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の周波数成分毎の相関（コヒーレンス）及び位相差（フェイズ）を求めることにより、2 者の因果関係を検討した。結果を図-4 に示す。これより、全球規模の気温と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度にも高い相関があることが確認できた。そして、フェイズが正の値を示すことから、解析地点毎に見た場合と同様、大気中 CO<sub>2</sub> 濃度に対して気温が先行していることが示唆された。これは、一般的に言われている「CO<sub>2</sub> による気温上昇」とは相反する結果であるが、Keeling *et al.* の報告<sup>3)</sup>を定性的に裏付けるものである。

## 4. 気温変動と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の内的変化

最後に、近年の気温と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度を比較した。季節変動を除いた全球平均偏差気温の変動と、Mauna Loa の大気中 CO<sub>2</sub> 濃度からスプライン関数に基づく傾向変動、フーリエ級数に基づく季節変動を除いた内定変化を図-5 に示す。この図から、Keeling *et al.* が報告した 1958～1988 年以降も、大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の内的変化に対して、気温が先行していることが確認できる。大気中 CO<sub>2</sub> 濃度に対して気温が先行する理由として、エルニーニョ現象が考えられる。エルニーニョ現象は、全球規模の気温上昇と降水低下をもたらす、その結果、旱魃

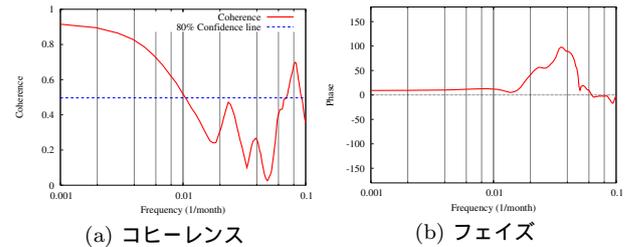


図-4 全球域の気温と CO<sub>2</sub> 濃度のコヒーレンス解析結果

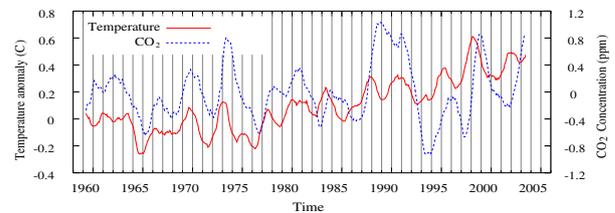


図-5 気温変動と大気中 CO<sub>2</sub> 濃度の内的変化

による陸域生態系の生産力低下、昇温による土壌有機物の分解促進、乾燥による森林火災を招くため、大気中 CO<sub>2</sub> 濃度が上昇すると推測できる。

## 5. まとめ

本研究では、気温変動の原因として大気中 CO<sub>2</sub> 濃度と太陽活動に着目し、時系列解析の考えを基に解析を行った。その結果、1 年以上の長期的な変動については、CO<sub>2</sub> 濃度に対して気温が先行して変動していることなどを確認することができた。今後は、さらに多くのデータを収集することでより詳細な解析を行う予定である。

## 参考文献

- 1) Nature News: Greenhouse-gas levels highest for 650,000 years, Nature, news051121-14, 24 November 2005
- 2) C.D.Keeling *et al.* : Interannual extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980, Nature, vol.375, pp.666-670, 1995
- 3) C.D.Keeling *et al.* : A three-dimensional of atmospheric CO<sub>2</sub> transport based on observed winds: 1. Analysis of observational data, Geophysical Monograph, vol.55, pp.165-236, 1989
- 4) Lassen K. *et al.* : Variability of the solar cycle length during for the past five centuries and the apparent association with terrestrial climate, Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics, vol.57, pp.835-845, 1995