

大気中 CO₂ 濃度と気温の長期的な時系列変動の解析

宇都宮大学大学院
宇都宮大学工学部
宇都宮大学工学部

○ 学生員 栗山 聡子
正会員 鈴木 善晴
正会員 長谷部 正彦

1. はじめに

現在、世界中の注目を集めている地球温暖化の第一義的な原因として、人間活動による急速な CO₂ 排出量増加の影響が報告され、過去 140 年の気温変動は、大気中 CO₂ 濃度と太陽活動の変動を複合させることによりほぼ説明できるとしている¹⁾。また一方では、Keeling *et al.*²⁾によって、Mauna Loa の大気中 CO₂ 濃度データから傾向変動成分と季節変動成分を除いた「内的変動成分」は、全球平均偏差気温の時系列変動に対して時間的な遅れを示すことが指摘された。このように、近年の気温上昇の支配的要因は大気中 CO₂ 濃度の増加にあると考えられるものの、全球規模の気温変動および CO₂ 濃度変動の詳細な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。そこで、本研究では、気温と大気中 CO₂ 濃度について (1) 緯度ごとの変動の考察 (2) コヒーレンス解析による検討を行った。

2. 解析データ

(1) 大気中 CO₂ 濃度データ

本研究では、WDCGG (温室効果ガス世界資料センター) によって収集された大気中 CO₂ 濃度の月平均実測データを用いた。これらには、現場で継続的に測定 (INSITU)、サンプリング後、室内で測定 (Flask Smpling)、といった 2 通りの測定手法のデータが混在しているが、両手法で測定された 7 地点で検討を行った結果、大きな相違がなかったため³⁾、同様のものと考えた。使用したデータには欠損のあるものがあるため、スプライン関数とフーリエ級数を用いて内挿した。

(2) 気温データ

本研究では、Climate Research Unit が公表している、全球、北半球、南半球の平均偏差時系列データと、その平均偏差時系列データの基となる 5°×5° 格子の月平均時系列データを用いた。また、全球、北半球、南半球の平均偏差時系列データは、1961 年から 1990 年の月毎の平均値を基準とした各格子の平均偏差に、緯度による地表面積の違いを考慮した重みをつけ、更に全球、北半球、南半球、各々の領域で平均した値である。

3. 緯度別の気温と大気中 CO₂ 濃度の変動

本節では、気温は 5°×5° 格子の月平均時系列データを緯度ごとに平均し、年間最高気温を求めたものを用い、大気中 CO₂ 濃度については WDCGG による全 114 地点のデータを用いた。

気温については、年間最高気温を観測期間全体で平均したものを基準に、偏差の計算を行った。偏差気温時系列データの一例を図-1に示す。この結果を見ると、緯度の低い地域での気温は全球の気温変動と同じ変動を示し、近年増加傾向であるのに対し、北緯 50°~55°では 1940 年以降、南緯 50°~55°では 1900 年以降で偏差値は負になっていることが分かる。このことから、緯度ごとに気温変動の傾向に違いがあることが確認された。また、これらのグラフを総合して見ると、近年の気温の変動傾向は、北緯・南緯共に赤道から 40°までの地域で上昇傾向にあるが、北緯、南緯共に 40°~60°の地域では下降傾向にあることが分かった。つまり、近年の気温は、低緯度の気温は上昇傾向にあるのに対し、中緯度の気温は下降傾向にあるといえる。この理由としては、緯度別の植生の分布、陸・海の占める面積の違いが考えられる。

次に、大気中 CO₂ 濃度について、2002 年から 2004 年の年間最大値をプロットしたものを図-2に示す。これによると、北緯 30°~60°の地域で非常に高い濃度が観測されていることが分かる。これは、この地域での化石燃料に由来する CO₂ 濃度の大量放出が原因と考えられる。また、過去 40 年の時系列データを緯度ごとに並べると、全体的に同じ割合で増加していることが確認された。

以上の結果をふまえると、今回の比較では気温と大気中 CO₂ 濃度の対応性は確認できなかった。

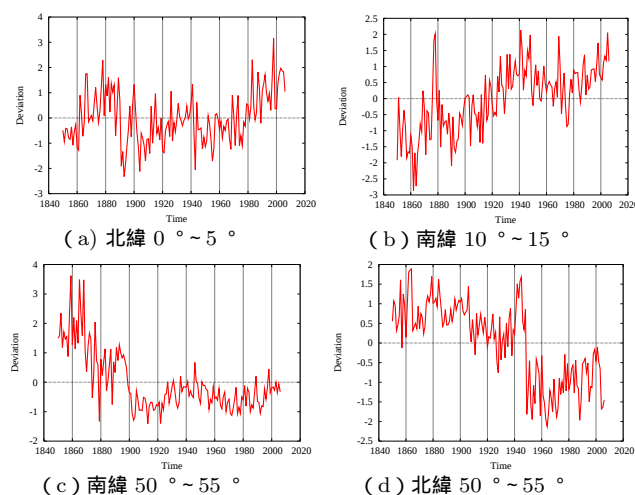


図-1 緯度別偏差気温時系列データ

4. コヒーレンス解析

本節では、各周波数における因果関係を検証する

Key Words: 大気中 CO₂ 濃度, 気温, 時系列解析

〒321-8585 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

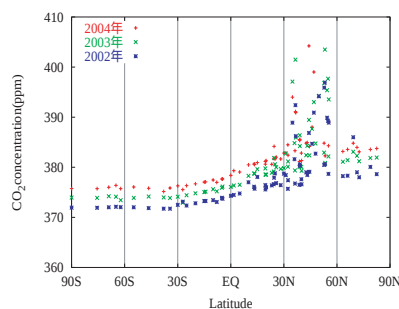
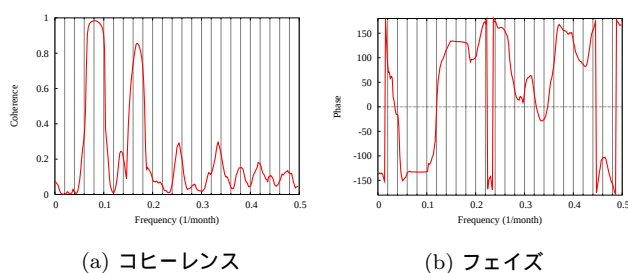
図-2 大気中 CO₂ 濃度の過去 3 年分の年間最大値

図-3 Mauna Loa のコヒーレンス・フェイズ

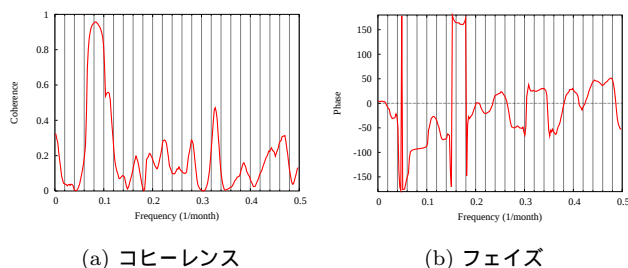


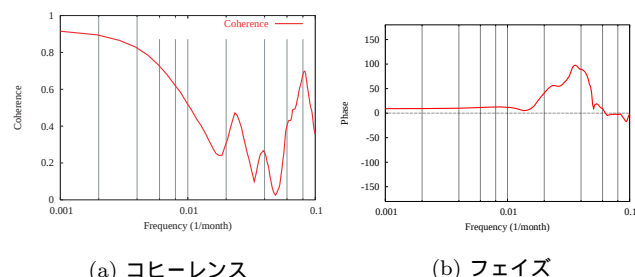
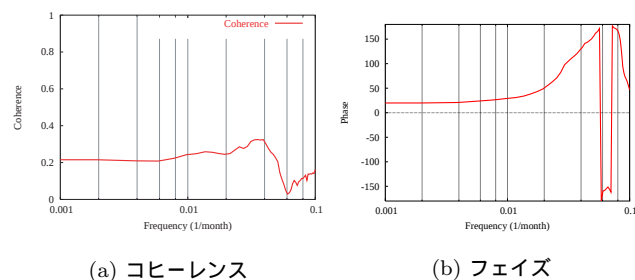
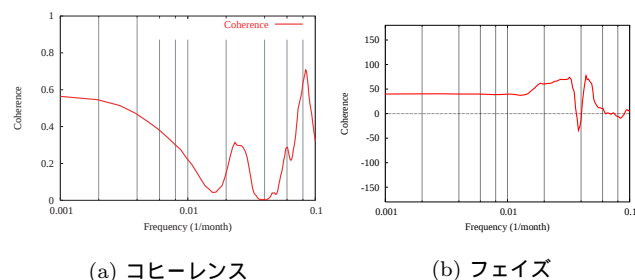
図-4 South Pole のコヒーレンス・フェイズ

ために、コヒーレンス解析を行う。本研究においては、フェイズが正の場合、気温変動に対して、大気中 CO₂ 濃度変動が遅れることを示す。それに対して、フェイズが負の場合、大気中 CO₂ 濃度変動に対して、気温変動が遅れることを示す。

解析結果の一例として、Mauna Loa (19°31'N 155°35'W) の結果を図-3に、South Pole (89°58'S 24°47'W) の結果を図-4に示す。これによると、全球域のほとんどの地点において、1年周期に相当する周波数におけるコヒーレンス値が、0.9 前後の高い値を示すことが明らかとなった。つまり、気温と大気中 CO₂ 濃度の変動には、共に 1 年周期が存在していることを表している。そして、1 年周期に相当するフェイズは、ほとんどの解析地点において負の値を示しており、1 年周期に関しては、気温よりも大気中 CO₂ 濃度が先行していると考えられる。

次に、長期的な特性を把握するために、コヒーレンス解析結果を周期 0.1 以下で表した。一例として、全球の気温と Mauna Loa の大気中 CO₂ 濃度の解析結果を図 5 に、北半球の気温と Barrow の大気中 CO₂ 濃度の解析結果を図 6 に、南半球の気温と South Pole の結果を図 7 に示す。なお、低周波数域におけるコヒーレンス値を検証するため、横軸の周波数は対数で表している。その結果として、22 の解析地点のうち、17 の解析地点において 2~5 年の周期での相関が

確認された。そのときのフェイズは、17 箇所中 12 箇所正の値を示した。つまり、この周期については大気中 CO₂ 濃度よりも気温の変動が先行していると考えられる。

図-5 全球の気温と Mauna Loa の CO₂ 濃度のコヒーレンス・フェイズ図-6 北半球の気温と Barrow の CO₂ 濃度のコヒーレンス・フェイズ図-7 南半球の気温と South Pole の CO₂ 濃度コヒーレンス・フェイズ

5. まとめ

偏差を基準とした気温を緯度ごとに表すと、気温の変動は緯度ごとに異なることが確認されたが、大気中 CO₂ 濃度との対応性は見られなかった。次に、コヒーレンス解析を行うことにより、1 年周期の相関が確認され、この周期に関しては気温よりも大気中 CO₂ 濃度が先行していた。また、2 年から 5 年の周期で大気中 CO₂ 濃度よりも気温が先行して変動しているという結果が導かれた。

参考文献

- 1) Climate Change 2001, The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC, 2002.
- 2) Keeling, C.D. et al.: Aspects of Climate Variability in the Pacific and the Western Americas, 1989.
- 3) 富永・長谷部: 太陽活動、地球規模の大気中 CO₂ 濃度及び気温の因果関係に関する研究, 水工学論文集, 2005.