学生員 栗山 聡子

正会員 鈴木 善晴

大気中CO2濃度と気温の長期的な時系列変動の解析

宇都宮大学工学部

宇都宮大学工学部

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,(1)緯度ごとの気温の変動の考察, (2)地球規模で見た気温と大気中 CO₂ 濃度の短・長期 的な関係をコヒーレンス解析により検討することで, 大気中 CO₂ 濃度と気温の時系列変動の解析を行った.

2. 解析データ

(1) 大気中 CO₂ 濃度データ

本論文では,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.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. 緯度別の年間最高気温の変動

本節では,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 いた.

まず,1890年から20年ごとの年間最高気温を緯度別にプロットしたものを図-1に示す.これによると,



北緯・南緯共に 30 °以下の地点では 2006 年の値が最 大であるのに対し,それより高緯度では変動にばら つきが見られる.次に,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-2に示す.この結果 を見ると,緯度の低い地域での気温は増加傾向であ 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.これらのことから,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.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.

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 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.

- (1) 短期的観点からみたコヒーレンス・フェイズ 各地点において気温と大気中 CO₂ 濃度の生のデー
- タを扱い、コヒーレンス解析を行った.

一例として, Alert (82°26 N 62°31'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.



(2) 長期的観点からみたコヒーレンス・フェイズ 気温データとして, Climate Research Unit が公 表している全球,北半球,南半球平均偏差気温を扱 う.それの比較対象の大気中 CO2 濃度データとして, 赤道付近に位置する Mauna Loa,北半球の高緯度に 位置する Barrow,南半球の高緯度に位置する South Pole を用いた.各地点の大気中 CO₂ 濃度に関して は,長期的な変動特性を把握するために,1年周期を 12ヶ月の移動平均を適用することで取り除き,解析 を行った.これらのコヒーレンス解析結果と80%の 信頼限界線を,それぞれ図-5,図-6,図-7に示す.

これにより,全球の平均偏差気温と Mauna Loa に おける大気中 CO₂ 濃度の 100ヶ月以上の周期変動に ついては,コヒーレンス値が 80%信頼限界を上回る ことが確認できた.それに対して,北半球の平均偏 差気温と Barrow の大気中 CO₂ 濃度のコヒーレンス 値は低く,80%信頼限界を超える周波数領域は存在 しなかった.また,全球,北半球,南半球において, フェイズは全体的に正の値を示しており,大気中 CO₂ 濃度よりも気温の変動が先行していることが確認で きた.

これは,現在一般的に言われている「CO₂による気温上昇」とは相反する結果であるが,CO₂ 濃度の傾向変動と季節変動を除いた「内的変化(internalvariations)」よりも,気温の変動が先行し ているという Keeling *et al.*の結果²⁾を定性的に裏付 けるものである.

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.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 の違いと考えられる.また、全球規模で1年周期を 取り除いたデータを使ってコヒーレンス解析を行う ことにより、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.