

時系列解析による全球規模の大気中 CO₂ 濃度の 時間変動特性について

宇都宮大学大学院工学研究科
宇都宮大学大学院工学研究科
宇都宮大学大学院工学研究科

○ 学生員 佐々木 絵美
正会員 鈴木 善晴
正会員 長谷部 正彦

1. はじめに

近年、地球温暖化は悪化の一途をたどっており、現在では異常気象や海水面の上昇等、世界各地でその影響が顕在化してきている。その一義的要因は CO₂ などの人為的温室効果ガスによるものであり、IPCC の第 4 次評価報告書によれば、現在のまま CO₂ が増加し続ければ、今世紀末には平均気温が 2.4~6.4 °C 上昇すると予測されている¹⁾。その気温上昇に対して適切な対策を講ずる上でも大気中 CO₂ の挙動を把握することは大変重要ではあるが、大気中 CO₂ と気温の変動の関係は未だ十分に解明されていないのが現状である。そこで本論文では、季節変動に着目し、時系列解析及び HYSPLIT による移流・拡散シミュレーションを行うことによって大気中 CO₂ 濃度変動の詳細を把握することを目的としている。

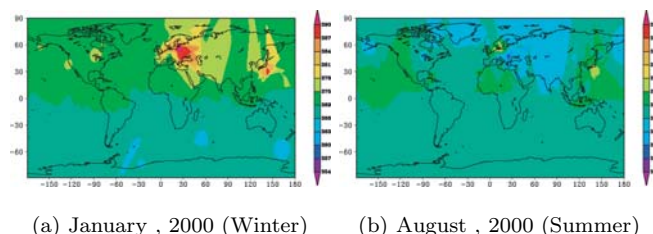
2. 大気中 CO₂ 濃度の空間変動特性

(1) 大気中 CO₂ 濃度の季節別濃度分布

はじめに、大気中 CO₂ 濃度を季節毎に濃度分布で表わすことで、空間的に濃度変動の検討を行った。解析に用いたデータは、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である²⁾。なお使用したデータには欠損部分があるため、スプライン関数とフーリエ級数を用いて内挿した。顕著に違いが現われている 2000 年の 1 月 (Winter)、7 月 (Summer) における濃度分布を図-1 に示す。同図から、南半球では季節変動が確認できないのに対して、北半球では大きく変動しているのがわかる。これは、北半球において大部分が陸地で覆われているために、植生活動の影響が強く反映しているのではないかと考えられる。

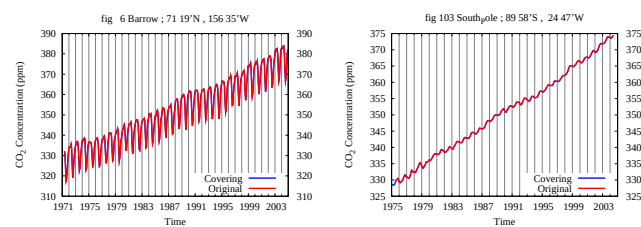
(2) 大気中 CO₂ 濃度時系列データ

比較的データ期間の長い北半球の Barrow と南半球の South Pole における大気中 CO₂ 濃度の月平均時系列データを図-2 に示す。その結果、大気中 CO₂ 濃度は各解析地点において上昇傾向であることがわかる。また、北半球の Barrow では大きな季節変動が見られ、南半球の South Pole でもわずかながら季節変動を確認することができる。このことより、濃度分布では確認できなかった南半球の季節変動は、極めて小さいが存在することが分かった。



(a) January, 2000 (Winter) (b) August, 2000 (Summer)

図-1 大気中 CO₂ 濃度の季節別コンター図



(a) Barrow

(b) South Pole

(71°19'N 156°36'W)

(89°59'S 24°48'W)

図-2 大気中 CO₂ 濃度の月平均時系列データ

3. 大気中 CO₂ 濃度の時系列解析

(1) 大気中 CO₂ 濃度の周期的な変動特性

各解析地点において大気中 CO₂ 濃度の周期的な変動特性を定量的に捉えるために、大気中 CO₂ 濃度の原系列から曲線的な増加傾向を示す傾向成分を除き、その成分に対してスペクトル解析を行った。結果を図-3 に示す。同図より、ほとんどの解析地点において 1 年周期が卓越していることが確認できる。また、各解析地点において 1 年周期以外にどのような周期が含まれているのかを確認するために、原系列から傾向成分を除き、更に 1 年の短周期成分を除いた成分に対しても、同様にスペクトル解析を行った。その結果、図-4 に示すように各解析地点において約 10 年前後の長周期成分が存在することがわかった。

(2) 大気中 CO₂ 濃度の長周期成分の確認

スペクトル解析によって明らかになった長周期成分が見かけ上の周期ではないことを確認するために、周期の時間変化も見ることができる連続ウェーブレット解析を行った。その結果、図-5 より各解析地点によって卓越する周期に違いはあるものの、約 8~15 年の長周期成分が時間変化を伴いながら存在していることが確認された。この長周期成分は、同様に 11 年程度の周期を持つ太陽活動が何らかの影響をもたらしていると考えられる³⁾。

キーワード：大気中 CO₂ 濃度、時系列解析、スペクトル解析

宇都宮大学大学院工学研究科地球環境デザイン学専攻 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 TEL(FAX): 028-689-6214(6213))

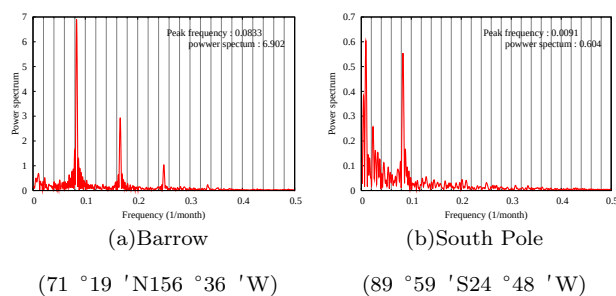


図-3 大気中 CO₂ 濃度から傾向成分を除いた成分のスペクトル強度

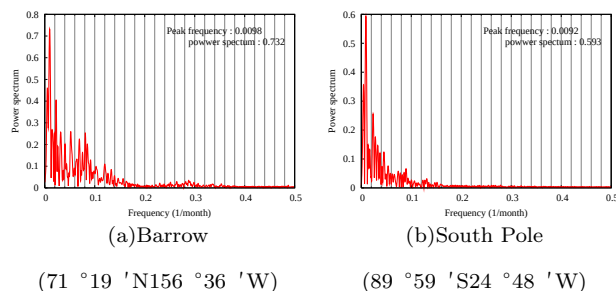


図-4 大気中 CO₂ 濃度の長周期成分のスペクトル強度

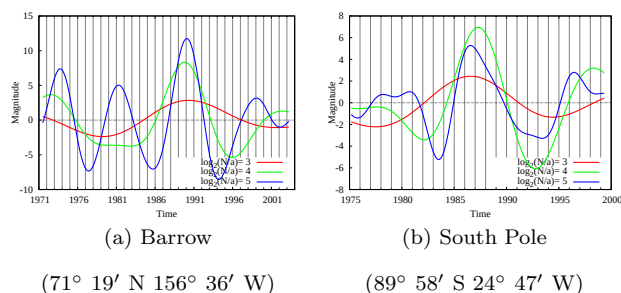
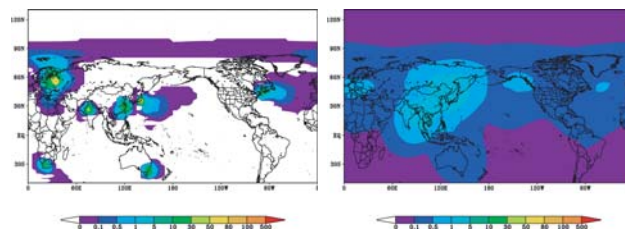


図-5 大気中 CO₂ 濃度の長周期成分における低周波域のウェーブレット変換

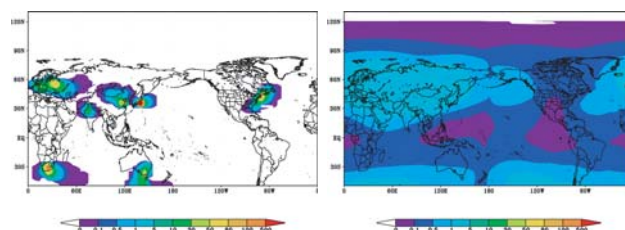
4. HYSPLIT を用いた移流・拡散シミュレーション

全世界から排出された CO₂ がどのように移流、拡散していくのかを検討するために、移流拡散モデル HYSPLIT4 を用いた物質輸送シミュレーションを行った。HYSPLIT4 は、物質をパフや微小の粒子と仮定して、それらをラグランジュ的に追跡することで大気中の物質濃度を計算する。本研究では、モデルの初期条件となる気象データとして、NOAA による 2.5° × 2.5° の再解析データ使用し、国別 CO₂ 排出量データ⁴⁾には、気象庁から公表された各国のエネルギー排出量を基に算出されたデータを用いた。2000 年の 1 月 (Winter)、7 月 (Summer) における 20 日間の移流・拡散シミュレーションの結果を図-6・図-7 に示す。同図から、冬季に放出された CO₂ は主に北半球に向かって移流していき、南半球における CO₂ 濃度は相対的に低くなっている。一方、夏季においては北半球だけでなく南半球においても CO₂ 濃度の高い地域が見て取れる。解析が不十分なため現時点で詳細は明らかではないが、このシミュレーションから季節によって CO₂ の移流・拡散の様子が異なることが確認された。



(a) 5 日後, Winter (b) 20 日後, Summer

図-6 2000 年 1 月 (20 日間) における移流・拡散シミュレーション



(a) 5 日後, Winter (b) 20 日後, Summer

図-7 2000 年 7 月 (20 日間) における移流・拡散シミュレーション

5. まとめ

本研究では、大気中 CO₂ 濃度の挙動を明らかにするために季節変動に着目し、スペクトル解析およびウェーブレット解析を行った。また、放出された CO₂ の移流・拡散をシミュレートするために HYSPLIT を利用した。得られた知見を以下に示す。

1. 北半球における季節変動は顕著に現われており、一方、南半球における季節変動は極めて小さい。これは陸地面積、つまり植生活動の影響を大きく反映していると考えられる。
2. ほとんどの解析地点において、約 10 年前後の長周期成分が存在する。
3. 季節により、CO₂ の移流・拡散に相違がある。本研究では、大気中 CO₂ 濃度変動のメカニズム解明を目指して、周期特性という観点から解析を行うことで、CO₂ 濃度の変動特性を定性的に示すことができた。しかし今回は、各周期成分と影響因子の関係について定量的な検討を行っていない。また、HYSPLIT による移流・拡散シミュレーションにおいては条件設定が不十分である。したがって、今後はその点を考慮にいれながら更に解析を行っていく予定である。

参考文献

- 1) IPCC: Climate Change 2007: The Scientific Basis (Summary for Policy maker). Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC, 2007.
- 2) WDCGG: JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY in cooperation with WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2008.
- 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.
- 4) 国別 CO₂ 排出量データ: 国際エネルギー機関 (IEA), CO₂ Emissions from Fuel Combustion, 2000.