

共分散構造分析を用いた大気中CO₂濃度変動のメカニズムに関する研究

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
静岡県立富士宮北高等学校

学生員 佐々木 絵美
正会員 鈴木 善晴
正会員 長谷部 正彦
非会員 山口 香

1. はじめに

近年,地球温暖化は急激に深刻化しており,その結果,人類にも多大な被害を及ぼすことが懸念されている.地球温暖化を引き起こす原因としては,温室効果ガスであるCO₂の影響が大きく,その中でも人為起源によるCO₂排出が主な原因であると考えられている¹⁾.そのため,地球温暖化対策を講ずる上でCO₂の挙動を把握することは重要であり,CO₂に関する様々な研究が行われている.従来の研究より,大気中CO₂濃度変動には季節変動以外に経年変動という数年間にわたる変動の存在が明らかになっている²⁾.しかし,大気中CO₂濃度に対し,どのような影響因子がどのようなプロセスでどの程度影響しているのか明確でないのが現状である.

清水・富永らの研究によれば大気中CO₂濃度の周期変動には,1年周期を表す短周期成分と,10年程度の長期的な周期を表す長周期成分が存在することが明らかになっている³⁾.短周期成分は季節変動を示し主な影響因子は植生活動とされているが,長周期成分は地球環境変動因子と人為的CO₂排出の影響を複合的に受けて生じるため,影響が複雑に絡み合いその変動メカニズムは明らかになっていない.そこで,本研究では大気中CO₂濃度の観測データを用い共分散構造分析を行うことで,大気中CO₂濃度変動の長周期成分に影響を与える因子の把握及びそれらの因果関係を解明することを目的とする.

2. 相互相関分析によるタイムラグの決定

本研究では,大気中CO₂濃度の長周期成分に影響を与える因子として,人為的CO₂排出量,地球環境変動因子である植生活動・土壌呼吸量・気温・太陽活動・エルニーニョ・ラニーニャ現象などを考慮し分析を実行した.またこれらの影響因子がCO₂長周期成分に影響を及ぼすには,ある程度の時間が必要であると考え,上記の影響因子とCO₂長周期成分及び影響因子同士での相互相関分析を行い,各因子間の関連性を確認すると共にタイムラグを決定していった.タイムラグの決定方法としては,図-1に示す相互相関図より得られる相関係数がピーク付近の値をとる期間内を各因子のタイムラグとした.

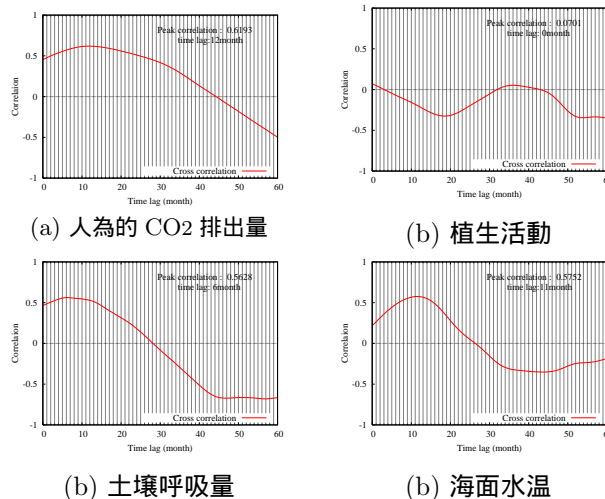


図-1 各影響因子と大気中CO₂濃度長周期成分の相互相関分析

3. 共分散構造分析による因果関係の解明

(1) 共分散構造分析の概要

共分散構造分析とは,社会・自然現象の因果関係を調べるための統計手法であり,パス図によりモデル化することで,視覚的な資料分析が可能になる.分析方法としては,図-2に示すようなパス図より得られる母数(パス係数,分散・共分散)と観測されたデータより得られる分散・共分散を適合するよう,最尤法により最適な母数を決定していく.同図において,矢印上に記載された α, β などの数値をパス係数という.観測変数は実際に観測データが得られている変数(図中の長方形),潜在変数は観測データが得られていない変数(図中の楕円形)である.変数の右肩に示される a, b などの数値は寄与率を表している.なお,本研究では共分散構造分析ソフト Amos を使用し分析を実行した.

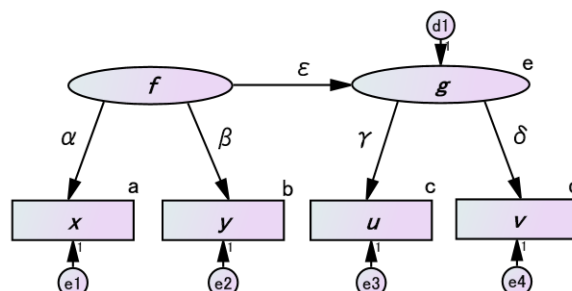


図-2 共分散構造分析に用いる簡単なパス図の例

表-1 全球における各因子の CO₂ 長周期成分に対する寄与率

	影響因子	直接効果	間接効果	寄与率	総寄与率
地球環境変動因子	植生活動	7.3	-12.2	-4.9	31.7
	土壌呼吸量	35.5	-0.6	29.5	
	海面水温	3.1	4.0	7.1	
人為起源因子	人為的 CO ₂ 排出量	58.2	-	58.2	58.2
全寄与率					89.9

(2) 因果関係モデルの構築

本研究では、まず、全球域において大気中 CO₂ 濃度に直接影響を与えられ、人為的 CO₂ 排出量・植生活動・土壌呼吸量・海面水温のデータを用いて、図-3 に示すような直接影響モデルを作成した。同モデルは植生活動・土壌呼吸量・海面水温を独立であると考えているが、実際これらの因子は地表面日射や地温などの様々な因子を通して太陽放射が影響を与えていると考えられる。そこで、この直接影響モデルを基にして、影響因子の因果関係を具体的に検討するために図-4 に示すような間接効果を考慮したモデルを考えた。また、同じモデルで半球ごとでも分析を実行した。同図に示されるパス係数より、CO₂ 長周期成分に大きな影響を与えているのは人為的 CO₂ 排出量と土壌呼吸量であることが分かる。また、表-1 に示す各因子の寄与率より、CO₂ 長周期成分は、人為起源因子から大きな影響を受けて変動しているが、CO₂ 長周期成分を説明しきれていない。よって、ここでは考慮していない地球環境変動因子が影響している可能性も考えられる。

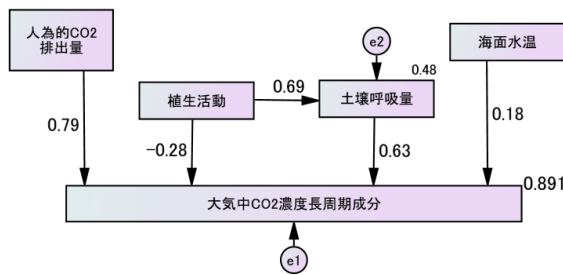


図-3 直接影響モデル

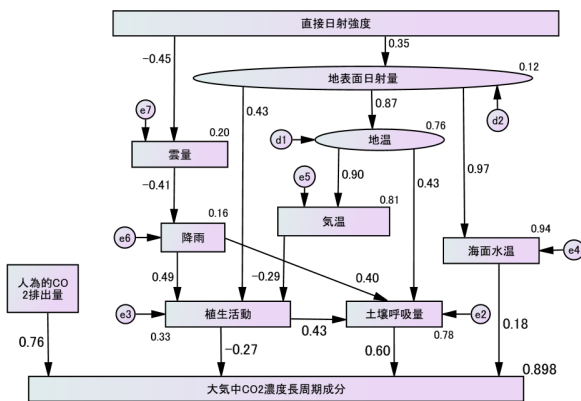


図-4 間接効果を考慮したモデル

(3) 大気中 CO₂ 濃度長周期成分の再現

図-4 のモデルより得られた直接影響因子のパス係数を用いて、大気中 CO₂ 濃度長周期成分の再現を行った。この再現結果を図-5 に示す。同図を見ると、細かい変動までは再現しきれていないものの、全体の形としては、よく再現できており、本研究で用いた影響因子で大気中 CO₂ 濃度の長周期成分をある程度再現できたといえる。

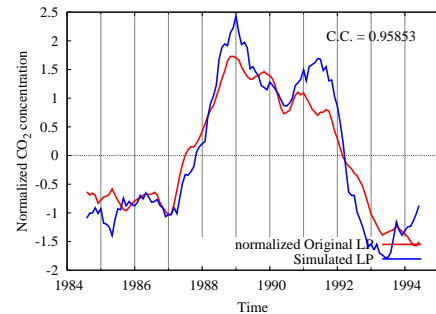


図-5 パス係数を用いた大気中 CO₂ 濃度長周期成分の再現

4. まとめと今後の課題

本研究では、大気中 CO₂ 濃度変動に影響を与える因子の把握及びそれらの因果関係を解明することを目的として、共分散構造分析を行った。その結果、人為的 CO₂ 排出量の他に土壌呼吸量も大気中 CO₂ 濃度変動に大きな影響を与えるという結果が得られた。しかし、本研究で用いた影響因子だけでは長周期成分を十分に再現できていない部分もあることから、今後は他因子の影響も考慮しながら分析を行っていく必要があると考えられる。また、タイムラグを変えることによりパス係数と寄与率は大きく変動するため、最適なタイムラグを検討していく必要がある。

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) C.D.Keeling et al.:A three-dimensional of atmospheric CO₂ transport based on observed winds:1.Analysis of observational data, Geophysical Monograph, vol.55,pp.165-236,1989
- 3) 清水保, 富永綾乃, 長谷部雅彦, 鈴木善晴, 日野幹夫:大気中 CO₂ 濃度の時系列変動特性とそのメカニズムに関する基礎研究, 土木学会水工学論文集, 第 49 巻,pp.31-36,2005.