

世界規模における月単位 CO₂ 濃度の時系列特性と気温との関係

宇都宮大学	学生員	○清水	保
宇都宮大学	正会員	長谷部	正彦
宇都宮大学	正会員	鈴木	善晴

1 はじめに

産業革命以降の工業等の発展に伴い、大気中の CO₂ 濃度が次第に増加している。CO₂ 濃度は化石燃料の消費や森林破壊をはじめとする人間活動の影響により増加している。現在の世界の平均 CO₂ 濃度は、産業革命以前の約 280ppm に比べて、2001 年現在では 369ppm と約 32% 増加している。それに伴い、2100 年までに平均気温は 1.4~5.8℃ 上昇すると予想されている^[2]。ここで、これまで地球温暖化に一番寄与していると言われていた CO₂ について、気温との関連性も含め、時系列解析を用い検討する。本研究において、地球規模における緯度別に見た陸地（海洋）面積の違いによる CO₂ の変動を把握し、また CO₂ 濃度が気温に与える影響を知ることは、現在問題になっている地球温暖化の適切な対策を講ずる上で大変重要である。

地球規模において、観測された CO₂ 濃度の時系列解析を行ない、周期変動や長期変動等の CO₂ 濃度の変動を解明し、陸地（海洋）面積が与える影響を解明するとともに、CO₂ が気温に与える影響も調べる。

2 時系列解析

2.1 水文時系列過程 時系列とは、ある変動を時間の関数としてみた時の系列のことである。一般に時系列は、傾向成分 (trend component)、周期成分 (periodic component)、変動成分 (stochastic component) の 3 成分から構成されている。ある時系列を y_t とすれば、

$$y_t = T_t + P_t + \xi_t$$

となる。ここに、 T_t : 傾向成分、 P_t : 周期成分、 ξ_t : 確率変動成分である。 T_t は最小二乗法、 P_t はフーリエ級数と移動平均を用い決定する。これにより、非決定論的成分である ξ_t が決定する。この成分の時系列を、確率論的に表現した確率過程論により解析することにより、時系列 y_t の変動を把握することができ、また有効な予測を可能にできる。

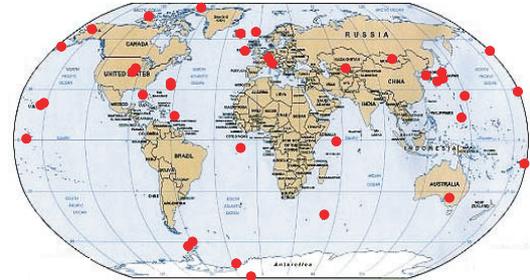


図 1: 解析地点

2.2 傾向成分 水文時系列の傾向成分は、平均値、分散、自己相関係数などの特性値が時間と共に比較的緩慢に変動する過程である。一般に、解析単位が月あるいは年単位のような長期単位の水文時系列の場合には、線形傾向として回帰直線にあてはめて、その回帰係数を統計的に検討して傾向成分の有無を確かめる。本研究では回帰係数を決定するために、最小二乗法を用いた。

2.3 周期成分 月単位での水文時系列には、年周期の周期成分がしばしば検出される。今回の周期成分の解析には自己相関係数とフーリエ級数と移動平均を用いた。

2.4 確率変動成分 時間の経過と共に次々と得られる測定値を時間の順序に従って並べた系列（時系列）の統計的な分析を考える際に、その時系列を確率論的に表現する必要がある。このような時系列を確率論的に表現したのが確率過程である。確率変動成分は、一般に定常確率過程と非定常確率過程の 2 成分に区別される。

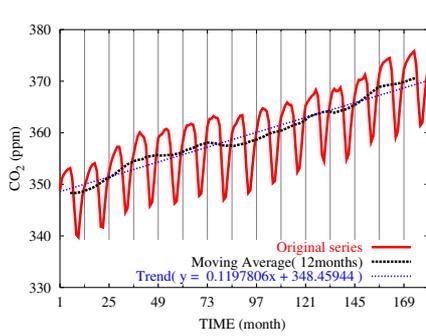
3 解析地点

気象庁のデータにおいて、CO₂ 濃度の解析には全世界 120ヶ所の観測地点における月単位の CO₂ 濃度のデータの中から、欠陥が少なく、ある程度の観測期間を有する地点を選定し、図 1 のような 37ヶ所を解析地点とした。本報告では、Alert (CANADA)、South

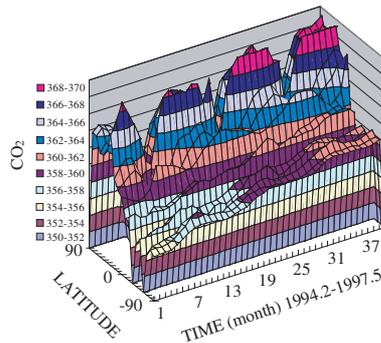
キーワード：CO₂ 濃度，地球規模，地球温暖化，時系列解析

連絡先：〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設棟水工学研究室

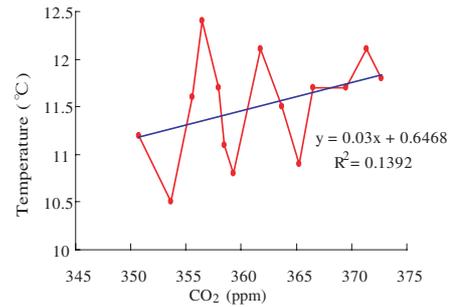
TEL：028-689-6214 FAX：028-689-6230



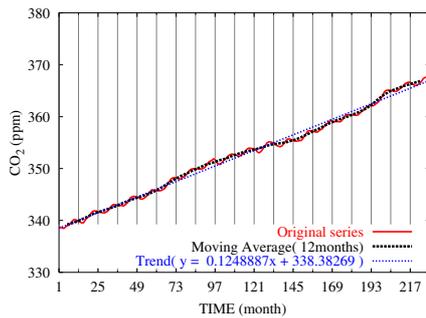
2-(a) Alert (Canada) 82°27'N



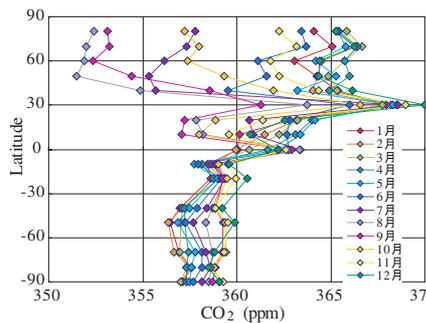
3-(a) TIME - LATITUDE - CO₂



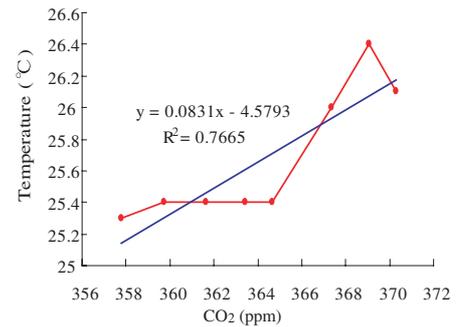
4-(a) Ryori (Iwate) 39°09'N



2-(b) South Pole (Antarctica) 89°59'S



3-(b) 1995 LATITUDE-CO₂



4-(b) Minamitorishima (Tokyo) 24°18'N

図 2： CO₂ 濃度変動（南北極地） 図 3： 地球規模でみた CO₂ 濃度変動 図 4： CO₂ 濃度と気温の相関

Pole (U.S.A.), 日本では岩手県大船渡市綾里 (Ryori) と東京都南鳥島 (Minamitorishima) の解析結果を挙げる。また、気温の解析には日本について、綾里、南鳥島で月平均及び年平均で出されたデータを用いて解析した結果の一部を挙げる。

4 解析結果および考察

CO₂ 濃度の変動では、すべての地点で長期的な増加傾向が見られ、また年単位や長期的な周期性が存在した。増加傾向については、CO₂ の寿命（排出されてから吸収されるまでの空気中に存在する期間）が4年～500年であることより、蓄積された結果と推定される。年周期性について、北半球（図2-a）では激しく見られたが、赤道付近及び南半球（図2-b）ではその周期性の弱화가顕著に見られた。また、南半球は長期的な周期に依存した変動を示していることが明らかになった。

CO₂ 濃度の原系列について、緯度別や経度別に平均化し、時系列で見ることで地球全体へのCO₂ の広がり方や、変動の違いを確認した。これにより、変動の違いの要因の解明を行った（図3）。北半球では7・8・9月でCO₂ 濃度が急激に減少していることが確認された。それに比べ、南半球は変動が小さく、北半球と逆の時期に多かったり少なかったりしているのが分かる。これにより、季節による植物の状態や気温の影

響が大きいと考えられる。

次に日本における年単位の気温の傾向成分を求め統計学的に検討した結果、ほとんどの地点で、長期増加は見られないという結果になった。また、気温とCO₂ 濃度とを比較した結果、MinamitorishimaでのみCO₂ 濃度と気温に相関が良さそうだが、他の3地点では相関が悪いようであった。

5 今後の課題

北半球と南半球のCO₂ 変動の違いの要因を明確にし、また長期的な周期に依存した変動を示した南半球における時系列構造を見直すことで、有効な予測を行っていく必要がある。また、今回使用した気温のデータは期間が短く、地点も少なかったため、地球温暖化の把握を確実にするために、気温のデータを広い範囲でとることで気温とCO₂ の関連性をより深く知る必要がある。

参考文献

1) IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis (Summary for Policymakers), Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC
 2) M.Hasebe, R.Taketaka & H.Inoue, Chronological characteristics of the atmosphere Concentration of carbon dioxide at global scale by using time series analysis, ICWRER 2002, Dresden, pp.240-pp.245, 2002