

## 地球規模的な二酸化炭素の時系列特性

宇都宮大学 学生員 竹高 麗子  
宇都宮大学 正会員 長谷部正彦

### 1.はじめに

近年、二酸化炭素による地球温暖化が問題となっている。二酸化炭素は化石燃料の消費や森林破壊をはじめとする土地利用の変化など、多くは人間活動に伴って増加し、量が多いだけでなく、大気中の寿命が長いこと、温室効果が最も大きい。二酸化炭素の大気中濃度の変化を把握することは、将来の気候変動を予測し、適切な対策を講ずる上で特に重要である。

そこで、本研究では、「地球温暖化」の要因の1つである二酸化炭素の増加について地球規模で相関分析・時系列特性を解明し、年間を通しての月単位での二酸化炭素の変動、さらに周期的要因の有無などについて把握する。

### 2.相関分析

相関分析とは、もとの変数や他の変数との相関関係を分析する方法である。

相関行列を、北半球から19地点、南半球から11地点の計30地点で1987～1993、1993年～1997年までの9年間の月ごとで求めた。各地点との相関係数を分かりやすく等相関線図で表した(図-1, 2)。月ごとの相関分析から、ヨーロッパ付近は、他の観測地点との相関が弱いことが分かる。特に2月は、ヨーロッパ付近の二酸化炭素濃度がその他の観測地点との相関係数が弱い月である。年での相関係数から、北半球と南半球とでは二酸化炭素の変動の違いが明らかにされた。

### 3.時系列解析

一般に時系列は、 $X_t = T_t + P_t + y_t$  のように  $T_t$ : 傾向成分・ $P_t$ : 周期成分(決定論的成分)、 $y_t$ : 確率変動成分(非決定論的成分)の3成分から構成されている。

(1)傾向成分: 傾向成分の傾きは月平均二酸化炭素増加量となっている。

(2)周期成分: 図-3, 4からも明らかであるが、二酸化炭素濃度の自己相関係数を求めると、12ヶ月周期が存在するので、周期成分を12ヶ月周期のフーリエ級数を用いて表わす。北半球の周期成分は、フーリエ級数でよく表されているが、南半球の周期成分は原系列から、傾向成分を引いたものと比べると、あまりよく表されていないことが分かる。(図-5, 6)

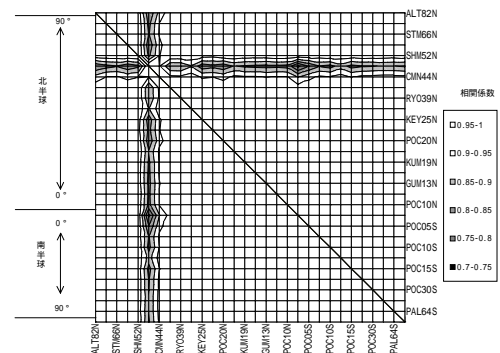


図-1 相関係数(2月)の等相関線図

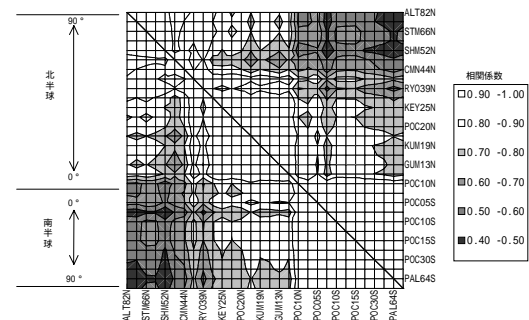


図-2 相関係数(年)の等相関線図

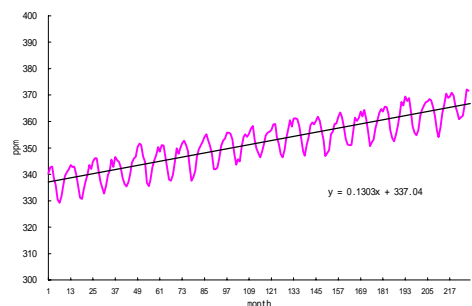


図-3 北半球の二酸化炭素濃度と傾向成分

キーワード: 時系列 相関分析 自己相関係数 非正常性 純偶発成分

連絡先: 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科水工学研究室 TEL028-689-6214FAX028-689-6230

(3)確率変動成分:  $y_t = X_t - T_t - P_t$  の式から, 確率変動成分を決定する. この成分の自己相関係数を求めると, 自己相関係数がほぼ0であった(図-7)ことから, ヨーロッパのチモネ山(イタリア):44 11'N 10 42'E 2165m が定常確率過程でとみなされる. その他の観測地点は, 自己相関係数が0ではなく, 徐々に減少していき, ある程度減少すると増加する(図-8). 定常性が成り立たない場合には, 定常モデルは利用できないので, データの階差  $\nabla y_t = y_t - y_{t-1}$  (1階の階差)をとることによって定常化法は達成される. 2階の階差は  $\nabla^2 y_t = (y_n - y_{n-1}) - (y_{n-1} - y_{n-2}) = y_n - 2y_{n-1} + y_{n-2}$  となる. どのような成分も高階の階差をとっていくと, いずれは除去されることになるが, 同時に変動の激しいノイズはかえって増幅されるので, 階差の回数  $d$  をどのように決定するかについては, 確率変動成分の規則成分と純偶発成分から判断する. 1階の階差と2階の階差の自己相関を求めたところ, 1階の階差でほぼ自己相関係数が0になり, 2階の階差でも0になった. このAR(1)係数を求めると, チモネ山(イタリア)は定常確率過程であり, その他の解析地点は, AR係数から規則成分と純偶発成分を求め, 1階の階差で定常化できる非定常であることが以下の表-1から分かる.(Cape Grim, Tasmania AUSTRALIA 40 41' S 144 41' E の例)

表-1 規則成分と純偶発成分

	AR(1)	規則成分(%)	純偶発成分(%)
定常	-0.95179	90.59023005	9.409769948
非定常(1階)	-0.19978	3.991124928	96.00887507
非定常(2階)	0.116536	1.35806393	98.64193607

4.結論と課題

北半球と南半球では, 二酸化炭素濃度の変動が異なる. 傾向成分は, ほぼ, 同じだが, 周期成分に, 北半球と南半球の違いが現れる. チモネ山(イタリア):44 11'N 10 42'E 2165m 二酸化炭素濃度は定常確率過程であり, その他の地域は非定常確率過程であった. 非定常確率過程は, 規則成分の割合から, 1階の階差(1階の微分式)をとることで定常化できる.

今回の研究では, 現象理解にとどまっているため, 二酸化炭素濃度の時系列に具体的に何が影響しているかは, 分からなかった. 今後は, 物理的要因などとの関係も検討する必要がある.

参考文献(1)世界気象機関 温室効果ガス世界資料センター: WMO WDCGG CD-ROM No.6, 2000. (2)長谷部正彦: 確率過程論手法による流出解析について, 東京工業大学土木工学科研究報告, No.28, pp.10-31, 1981

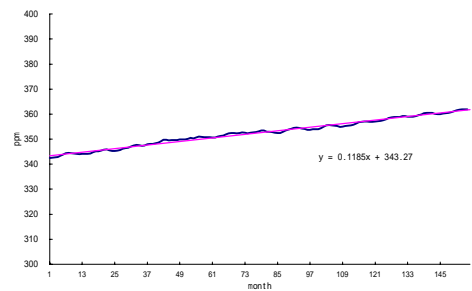


図-4 南半球の二酸化炭素変動と傾向成分

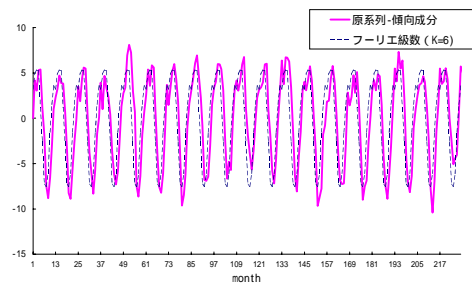


図-5 北半球の周期成分

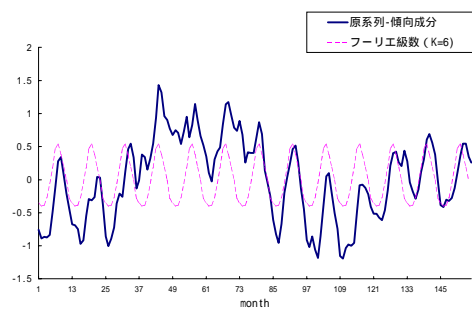


図-6 南半球の周期成分

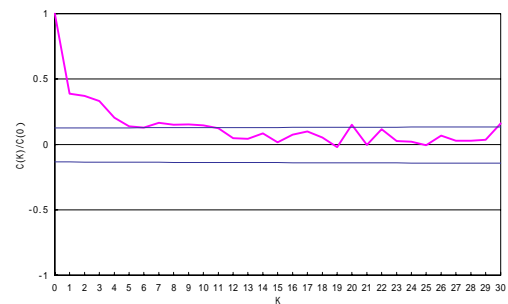


図-7 北半球確率変動成分の自己相関係

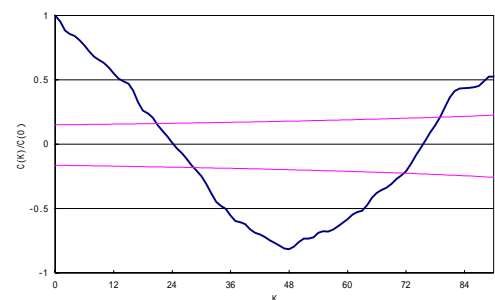


図-8 南半球確率変動成分の自己相関係