

VII-97

非直交多元配置型分散分析による琵琶湖水質指標間相関特性の検討

昭建 正会員 林 徹 クボタ 正会員 大川雅之
立命館大学理工学部 正会員 藤井滋穂 立命館大学大学院 古賀大輔
京都大学大学院 正会員 宗宮 功 三協アルミ 正会員 西村典恭

1. はじめに 湖沼水質の場合、実測値を用いた従来の方法で異なる指標間の関係を数値や図に置き換えてみても、それらの相関が明らかになることはあまりない。それは、測定データ自体が時間的・空間的な多様な因子による影響を数値的に含んでいるためと考えられる。そこで本研究では、一連の琵琶湖調査により得られた水質データに対して非直交多元配置法による分散分析を適用し、各測定値を年・季節・水深・地点などの影響を数値的に集約したものとみなして、各因子ごとに指標間の関係を抽出することを試みた。その結果をここに報告する。

2. 琵琶湖調査データ解析適用範囲 本調査は、1995年4月より3カ月ごと年4回のペースで、22地点75の測点で実施している¹⁾。採取した試料については、N・P、イオン・元素類など水質指標約50項目の2年分のデータを得た。本分散分析はこれらのうち底層および南湖を除いた54箇所、8回分の調査データに対して実施した。

3. 多元配置モデル 本分散分析では、年(A_i,2水準)・季節(B_j,4水準)・水深(C_k,5水準)・東西(D_m,5水準)・南北(F_n,4水準)の5因子による5元配置法を用いた。この場合、測定値 x_{ijkmn} は以下のモデル式で表される。

$$x_{ijkmn} = x_0 + a_i + \dots + f_n + (ab)_{ij} + \dots + (bcdf)_{jkmn} + e_{ijkmn}$$

ここで、 x_0 は適用データの総平均値であり、 $a_i \sim f_n$ は因子 A_i~F_nの主効果を、 $(ab)_{ij} \sim (bcdf)_{jkmn}$ は2~4因子間の交互作用を、 e_{ijkmn} はそれらでは説明不可能な成分(残差)を示す。ただし $a_i \sim (bcdf)_{jkmn}$ は、適用データが各水準で直交的に得られていないため、水準ごとの平均値などから直接求められない。そこで、各係数値の和がゼロとなるよう設定したうえで、 $Se = \sum \sum \sum \sum \sum e_{ijkmn}^2 \rightarrow \min$ を条件として各係数値を推定した¹⁾。なお、推定計算には表計算ソフトExcel中のSolverを用いた。

4. 因子別寄与特性の比較 表1には、非直交分散分析の適用結果について水質指標7項目を例に、 x_{ijkmn} の全分散に対する各因子の寄与率(各因子中の自由度による影響を補正済み)を示した。

表より、非直交5元配置モデルで湖内水質変動の80%以上が説明可能であり、季節・水深の主効果、および年×季節・季節×水深の2因子交互作用の寄与がとりわけ大きいことが分かる。さらに、水温変動に呼応し易いとみられるChl.a・NO₃-Nは季節・水深・季節×水深の3作用の影響が顕著であり、種々物質の総合値であるTP・T-COD_{Mn}は主効果~4因子交互作用まで幅広い寄与を受ける傾向にある。また、金属元素のCa²⁺・Na⁺は年・季節・年×季節の3因子の寄与が大きいことが確認できる。

5. 各因子別の指標間相関関係 前項の寄与率による検討から、例えばChl.aとTPのように指標の持つ性

表1 分散分析による自由度および寄与率

		自由度	水温	NO ₃ -N	Chl.a	TP	T-COD _{Mn}	Ca ²⁺	Na ⁺
主因子作用	年A	1	-	-	*	+	-	○	○
	季節B	3	●	○	-	○	◎	●	●
	水深C	4	●	●	◎	○	◎	+	+
	東西D	4	-	-	○	○	*	+	+
	南北F	3	+	+	+	+	+	+	-
2因子交互作用	AB	3	+	○	◎	○	○	●	●
	AC	4	+	+	○	+	+	-	-
	AD	4	-	+	+	+	+	+	+
	AF	3	-	+	+	+	*	*	+
	BC	12	●	●	◎	○	○	+	+
	BD	12	-	+	*	*	○	+	*
	BF	9	+	+	+	○	*	*	○
	CD	9	-	-	+	*	+	+	-
	CF	12	+	+	+	*	+	-	+
	DF	8	-	-	+	*	*	+	+
3因子交互作用	ABC	12	+	*	○	○	*	-	-
	ABD	12	-	+	+	+	+	+	*
	ABF	9	+	+	+	○	○	*	○
	ACD	9	-	-	-	+	+	-	-
	ACF	12	-	-	+	+	*	-	-
	ADF	8	-	-	+	*	*	+	+
	BCD	27	-	-	+	+	*	-	+
	BCF	36	+	-	+	○	*	-	+
	BDF	24	-	+	+	○	○	+	*
	CDF	13	*	*	-	*	+	-	+
4因子交互作用	ABCD	24	-	-	+	+	*	+	-
	ABCF	24	+	+	+	○	○	+	+
	ABDF	15	+	+	*	○	○	+	*
	ACDF	13	-	-	-	*	+	+	-
	BCDF	39	*	+	*	*	○	+	+
残差E(%)		63	1	13	9	19	9	6	13

注) 寄与率(%):<0.1(-),0.1~1(+),1~2.5(*),2.5~10(○),10~25(◎),>25(●)

琵琶湖、非直交多元配置モデル、寄与率、相関

〒525 草津市野路町 1916 立命館大学理工学部環境システム工学科 TEL0775-66-1111 FAX0775-61-2667

質でその寄与特性も異なることが分かった。この結果からは、両者の挙動に大きな差異が生じることが予想されるが、一般にTPは藻類増殖に大きく関わっているといわれている。そこで、本項ではChl.aとTPに注目し、非直交分散分析の結果から両者の関係を各因子ごとに検討してみる。

図1にTPとChl.aとの関係を示した。図(a)には生データでの相関を、(b)には非直交分散分析で得られる主効果～4因子交互作用の全係数値（偏差）をプロットし、(c)には各因子別の相関係数が絶対値で0.8以上あるものを抜粋して図示した。図中の直線は藻類組成比²⁾Chl.a/P(=0.79)を示すものである。

図(a)(b)より、実測値および全因子による条件では両者の間に一定の関係は確認できない。しかし、図(c)のように各因子の共通項を抽出することで、TPとChl.aが凡例中4作用の条件下で明確な正の相関を示すことが分かる。さらに、その傾きが藻類組成比0.79にほぼ一致することも確認できる。なお、(c)で示す4作用は、ともに大きな寄与率を与えていた因子であり、直線に沿って広範囲に分布する水深および季節×水深の2作用は、各測定値へ与える影響も大きいものと考えられる。

これらのことより、一定の条件下では、TPが増えればChl.a/P=0.79に沿って藻類も増殖するという関係が明らかに存在することが確認された。すなわち、その条件下では藻類の増殖はTPに支配され、しかもその変化率は、加わったTP分だけ藻類が増殖することを示している。また、様々な時空間的作用は、TPとChl.aとの関係に一定の方向性を与えるような因子とランダムな水質形成を誘う因子とが複雑にからみあいながら、水質変動を左右しているものと考えられる。

6. まとめ 本報告では、琵琶湖水質データに対する非直交分散分析の適用結果から、時間的・空間的因子の各水質への寄与特性と各因子別にみた指標間の関係について検討してきた。以下に、その成果を記す。

(1) 本5元配置モデルにより琵琶湖水質の80%以上の変動が説明可能で、全体的には季節・水深の主効果と、年および季節と水深との2因子交互作用が大きな寄与を与える傾向にある。また、水温変動に伴いやすい $\text{NO}_3\text{-N}$ やChl.aなどの指標は季節・水深の関わる因子の影響を、TP・T-COD_{Mn}など総合的指標は主効果～4因子交互作用まで幅広い寄与を、 Ca^{2+} ・ Na^+ など金属元素は年・季節の関わる時間的因子の影響を大きく受ける傾向にある。(2) 分散分析により測定値を各構成要素ごとに分離することで、TPとChl.aとの関係のように、様々な要因に覆い隠されていた両者の関係を抽出することができた。なお、相関関係の成立条件には、両項目に共通して大きな寄与を与える因子が関与する傾向にある。

最後に、本研究にあたり、琵琶湖工事事務所、ウエスコ土木技術振興基金、立命館・京都大学の人々の協力を得たことを記し、関係者各位に謝意を表す。

参考文献：1) 藤井滋穂，非直交多元配置分散分析による琵琶湖水質変動特性の検討，日本水環境学会年会講演集Vol.31(1997)

2) 酒井彰，酸化池における生物量と水質変化，京都大学修士論文(1976)

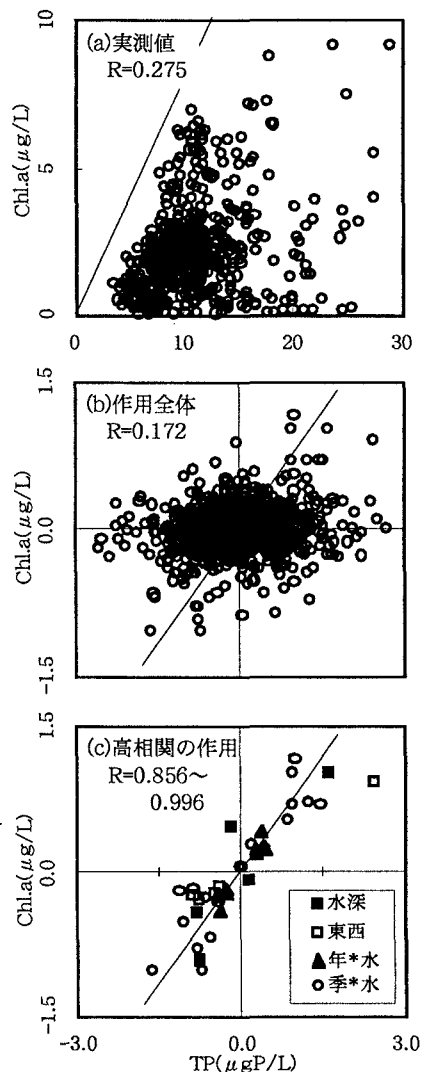


図1 TPとChl.aとの関係