

回帰主成分による作物収量と環境要素の定量的把握

執行盛之 (九州農業試験場)

Moriyuki SHIGYO : Quantitative Settlement between Crop Yields and Environmental Factors by Multi Regression on the Component Score

近年、アメダスやデータベース、メッシュ気象等の膨大な情報を生産現場の生育診断や作付作業計画に活用する農業情報処理技術の進展が著しく、作物生産と環境要素の関係を把握する手法としてはいずれのシステムでも重回帰分析の適用が多い。しかしこの重回帰式を単純な変数選択法で導くと常に低寄与率と多重共線性で悩まされ、一方多くの説明変数を採り込む一般化最少2乗法では自由度補正済の寄与率が低下して安定した重回帰式を得ることは難しい。このような重回帰分析の実際適用上の問題を克服するため、多数の説明変数を一旦主成分分析にかけて2, 3の主成分値に集約し、これを説明変数にして導いた重回帰式は安定度が高く、多数作物の収量予測変数として共通的に利用しうることを明らかにしたので報告する。

1. 試験方法

対象作物として岩手県の主要作物である水稲、小麦、大豆、トマト、ピーマン、リンゴ、青刈トウモロコシをとりあげ、作物統計より盛岡市あるいは北上川上流地区の1977~'86年の12年間の平均収量を調べた。各作物の収量に影響を及ぼす期間は生育全期間とし、その期間内の気温、日照時間、降水量の気象要素を採りあげた。

2. 結果及び考察

①水稲収量を目的変数とし、生育期間の5~9月の月別気象データそのものを説明変数とする単純な重回帰分析では、気温は寄与率が高いが、降水量、日照時間は攪乱要因となっている。また気温の重回帰式で選択された要因は7月と9月の平均気温だけで、寄与率が72%と比

第1表 盛岡・北上川上流地区における主要作物の平均収量

No.	年次	水稲	大豆	トマト	小麦	リンゴ		青刈トウモロコシ
						ふじ	全般	
1	50	560	159	4.73	268	1.95	1.62	4.68
2	51	449	119	4.46	289	1.95	1.57	3.71
3	52	551	141	5.50	282	2.01	1.70	4.67
4	53	590	124	5.39	274	2.04	1.58	3.82
5	54	560	138	5.20	308	1.57	1.35	3.90
6	55	317	98	4.52	243	1.99	1.75	3.13
7	56	397	106	3.58	265	1.67	1.39	5.10
8	57	508	146	4.91	299	1.94	1.78	4.95
9	59	587	141	3.71	179	1.98	1.55	5.08
10	60	578	155	4.62	311	2.05	1.76	4.32
11	61	560	146	4.65	318	2.03	1.85	4.82
単 位		kg/10a	kg/10a	t/10a	kg/10a	t/10a	t/10a	t/10a
生育期間	5~9月	5~11月	5~11月	3~7月	5~11月	5~11月	5~11月	5~11月

第2表 月別気象データと水稲収量の重回帰分析

No.	目的変数(Y)	説明変数	R	R ²	R ² '
1	収 量	月別気温データ (X1-X5, 5~9月)	0.84	0.72	0.65
2	収 量	月別降水量データ (X1-X5, 5~9月)	0.53	0.28	0.18
3	収 量	月別日照時間データ (X1-X5, 5~9月)	0.56	0.32	0.24

No.1 の場合の変数増減法による重回帰式

$$Y = -1323 + 59.7X5 + 27.9X3$$

$$X5 = 9月の平均気温$$

$$X3 = 7月の平均気温$$

$$R = 0.84$$

$$R^2 = 0.72$$

$$R^2 = 0.65$$

較の高いからといって直ちに採用されるほど技術内容の解釈が行われない。

②次に、水稲生育期間を育苗、分けつ、幼穂形成、登熟期等6期間に大別して、その期間内の気象要素の平均値を求め、単純な月別気象データ解析から一歩進んで生育ステージとの関連で気象要素を把握する場合を検討した。これによっても統計的に採用しうる説明変数はいずれも気温の変数で登熟期、幼穂形成期、減数分裂期の順であり、寄与率も0.72と単純な月別データの場合と同様で、精度を向上させることはできなかった。

③同じ水稲の収量を重回帰主成分手法で解析するため気象要素ごとに主成分分析した結果、いずれも第3主成分までとると累積寄与率が84%をこえたので、各主成分の内容を吟味して第3表に示す8個の主成分を採用した。

④説明変数が主要気象要素の主成分値であるため効果の方向、程度は異なっても、各変数は水稲収量に何らかの形で関与しているはずであるからバックワード(変数減少法)による重回帰分析を行う必要があった。この結果5つの主成分値によって $R^2=0.69$ の精度をうることができ、説明変数が気温、降水量、日照時間の3気象要素に亘っていることと、その技術内容が各々解釈しうる等で重回帰式の構造が強固であり、気象データそのものを用いた場合より格段に高い再現性が期待しうる。他の主要作物についても同様な手順で解析した結果、寄与率 R^2 が0.90以上を示した小麦、リンゴ、トウモロコシはこの手法の利点が端的に現われた事例であり、 R^2 が0.70以上の水稲、大豆、トマトでも重回帰式の構造と内容に信頼がおけるので実用的にも十分に採用しうる重回帰式である。回帰主成分手法は今後広い適用分野が期待される。

第3表 水稲期間(5~9月)の月別気象データの主成分分析

項 目	平均気温			降 水 量			日 照 時 間		
	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
5 月	-0.382	0.455	0.363	0.273	-0.13	0.83*	0.53*	-0.27	-0.13
6 月	0.279	0.448	0.684	0.606*	-0.41	-0.009	0.50*	-0.37	0.24
7 月	0.617*	0.379	-0.230	0.458	0.47*	0.18	0.52*	-0.01	-0.53
8 月	-0.102	0.641*	-0.587	0.558*	-0.14	-0.52	0.20	0.78*	-0.33
9 月	-0.620*	0.192	-0.048	0.194	0.76*	-0.06	0.41	0.42	0.73*
固 有 値	1.85	1.45	0.94	1.74	1.26	1.08	2.40	1.22	0.65
寄 与 率	0.38	0.30	0.19	0.35	0.25	0.22	0.48	0.24	0.13
累積寄与率	0.38	0.68	0.87	0.35	0.60	0.82	0.48	0.72	0.85
回帰主成分採用	○	○	○	○	○	×	○	○	○

第4表 主要作物収量の回帰主成分分析

作 目	R	R ²	R ² '	目 的 変 数 Y=収量	説 明 変 数						K	気 象 (生 育 期 間)	
					気 温	降 水 量	日 照 時 間						
	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3				
水 稲	0.83	0.69	0.43	Y=	3	48	-46	-5	-	-	19	473	5~10月
小 麦	0.99	0.98	0.96	Y=	-25	-22	-4	33	-	41	-	275	3~7月
大 豆	0.88	0.75	0.60	Y=	-15	11	-6	-	-10	-	5	137	5~11月
ト マ ト	0.81	0.65	0.48	Y=	-41	40	10	-	-50	-37	-	467	5~11月
リ ン ゴ	0.94	0.88	0.79	Y=	-4.5	-	-10	5	4	-8.7	192	5~11月	
シ 全 数	0.98	0.96	0.94	Y=	-154	27	-25	-86	-	-	1654	5~11月	
青刈トウモロコシ	0.95	0.92	0.81	Y=	-	-276	-512	306	295	-232	613	4482	5~11月