

大豆の収量推定モデル

—収量と播種期、栽植密度との関係—

織田 健次郎・窪田 哲夫

(東北農業試験場)

Estimation of Soybean-yield

—Nonlinear regression model of seed yield on plant density and seeding period—

Kenjiro ODA and Tetsuo KUBOTA

(Tohoku National Agricultural Experiment Station)

1 はじめに

大豆収量の推定モデルを作成するため、播種期、栽植密度、気象条件を選び、その影響の評価を試みている。これらは複雑な交互作用の結果、収量に影響するものと考えられるので、研究の一環として、播種期、栽植密度の影響を込みにして評価するモデルを試作した。既存の、収量と栽植密度との関係を表わすモデルを、「栽植密度及び播種期の収量に対する効果試験」のデータに適用して最も適したモデルを選びだし、これを任意の播種期に対応できるように拡張した。また本モデルの応用として、播種期、栽植密度試験区における一部の組合せの効率的な省略法を検討した。

2 モデルの作成

単一播種期における、収量と栽植密度との関係を表わす

モデルは、下記のようにいくつか提唱されている。

$$\text{モデル1: } Y = x / (a + b x)$$

$$\text{モデル2: } Y^c = x / (a + b x)$$

$$\text{モデル3: } Y = x / (a + b x + c x^2)$$

(ただし、Yは栽植密度をxとした時の単位面積当りの収量、a, b, cはそれぞれモデルのパラメーターである。)

モデル1¹⁾は、漸近的に最大値に達する関数であり、大豆のようにある栽植密度で最大収量を示す場合には適していない。またモデル2²⁾は、必ずしも条件を満たす解が求められないのに対し、モデル3²⁾では安定した推定が行えた。このモデル3へ播種期の影響を付加するため、表1の各ケースについて、播種期ごとにパラメーターを推定し、その経時変化を調べた。図1に代表として、ケース2)の例を示すが、各パラメーターは、おおむね播種期の二次式で近似できるので、次式のようにモデルを拡張した。

表1 大豆の収量データ

1) 納豆小粒(宮城農業センター 1985年)

栽植密度 (本/㎡)	播種期(月/日)		
	6/15	6/25	7/5
25	20.0	21.3	19.2
30	19.1	22.3	20.3
35	20.2	25.2	21.4
40	21.9	24.6	20.9
45	18.5	20.1	19.7

2) 東北82号(秋田農試 1985年)

栽植密度 (本/㎡)	播種期(月/日)			
	5/25	6/5	6/15	6/25
10	16.2	22.2	20.5	20.0
14	18.8	22.9	21.6	21.2
18	22.3	23.4	25.1	25.5
22	18.3	21.4	25.2	24.2

3) コスズ(宮城農業センター 1988年)

栽植密度 (本/㎡)	播種期(月/日)				
	6/15	6/25	7/5	7/15	
25	11.8	12.6	13.3	13.0	
35	13.5	13.8	13.8	13.1	
45	13.2	14.5	14.3	14.3	
55	11.5	13.6	13.7	13.1	

注. 1) 1), 2), 3)の各ケースにおける表の数値は、子実重(kg/a)である。

2) 以上のデータは、1), 2)は昭和60年度、東北農業試験研究成績・計画概要集-畑作(夏作)-、農林水産省、東北農業試験場編から、3)は昭和63年度、東北農業試験研究成績・計画概要集-畑作(夏作)-、農林水産省、東北農業試験場編から引用した。

表2 収量推定値の精度

(全組合せ)

栽植密度 (本/㎡)	播種期(月/日)		
	6/15	6/25	7/5
25	0.95	0.94	0.96
30	1.05	1.08	1.03
35	1.00	0.98	1.01
40	±0.89	0.92	0.99
45	1.00	0.99	0.98

最大収量の推定値: 24.8kg

(播種期: 6月26日)

(栽植密度: 33.5本)

2) 東北82号

栽植密度 (本/㎡)	播種期(月/日)			
	5/25	6/5	6/15	6/25
10	1.00	±0.93	1.06	0.95
14	1.08	0.99	1.08	1.04
18	0.92	0.99	0.97	0.94
22	1.02	1.05	0.99	1.05

3) コスズ

栽植密度 (本/㎡)	播種期(月/日)				
	6/15	6/25	7/5	7/15	
25	0.99	1.00	0.98	0.99	
35	1.01	1.02	1.02	1.04	
45	0.99	0.97	1.00	±0.96	
55	1.01	0.99	1.03	1.01	

最大収量の推定値: 14.3kg

(播種期: 7月2日)

(栽植密度: 43.4本)

(タイプA)

播種期(月/日)	6/15	6/25	7/5
	0.93	0.91	
	0.93	0.97	
	±0.80	0.90	0.95
		0.93	0.94
		1.10	0.97

最大収量の推定値: 24.8kg

(播種期: 6月28日)

(栽植密度: 38.8本)

(タイプB)

播種期(月/日)	6/15	6/25	7/5
	1.09	0.96	0.94
	1.05		
	0.94	±0.88	1.07
			1.05
	0.99	1.01	1.01

最大収量の推定値: 23.0kg

(播種期: 7月3日)

(栽植密度: 34.8本)

播種期(月/日)	5/25	6/5	6/15	6/25
	1.00	0.98		
	0.99	0.98	1.08	0.99
	1.04	1.00	0.97	1.01
		±0.93	1.04	

播種期(月/日)	6/15	6/25	7/5	7/15
	1.00	0.98		
	0.99	1.02	1.01	0.99
	1.05	0.97	1.00	1.01
		±0.95	1.03	

最大収量の推定値: 14.4kg

(播種期: 7月4日)

(栽植密度: 40.7本)

播種期(月/日)	5/25	6/5	6/15	6/25
	1.03	±0.93	1.05	0.97
	1.00		1.09	
		0.96		0.93
	1.01	1.03	0.97	1.05

播種期(月/日)	6/15	6/25	7/5	7/15
	0.99	0.98	0.97	1.01
	1.01		1.06	
		1.00		±0.96
	1.02	0.98	1.01	1.01

最大収量の推定値: 14.9kg

(播種期: 7月1日)

(栽植密度: 39.8本)

注. 各ケースとも、全組合せ、タイプA、タイプBの欄の表でそれぞれ(収量推定値/実測値)の比の値を、また±の記号で最大値と最小値を示す。なお、タイプAとタイプBにおける空白のセルは、当該セルの組合せを省いたことを意味する。

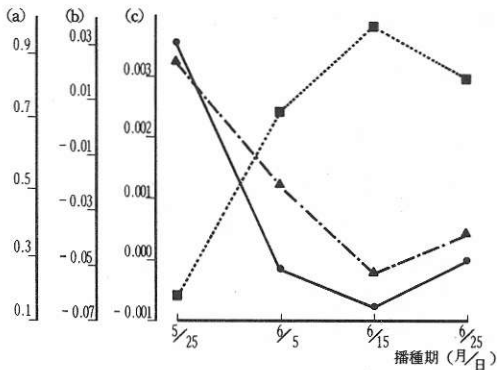


図1 パラメーターの経時的変化

注. ケース2), 東北82号の事例を示す。パラメーター a, b, c をそれぞれ●, ■, ▲の記号で示す。

モデル4: $y = x / (a + bx + cx^2)$

$$a = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$$

$$b = b_0 + b_1 t + b_2 t^2$$

$$c = c_0 + c_1 t + c_2 t^2$$

ただし, t は播種期, $a_0, a_1, \dots, c_2$ はモデルのパラメーターである。

なお, モデル4はシンプレックス法を用いて数値解を求めるが, 逆数を取り線形化して初期値を求めるため, 少なくともパラメーターの数と同数のデータが必要となる。

3 モデルの検証と適用例

(1) 表1の各ケースについて, モデル4を用いた収量推定値の当該実測値に対する比を表2の(全組合せ)の欄に示す。推定値の偏差は, おおむね実測値の±10%以内にあり, 実測値の凹凸を吟味すればほぼ妥当な結果であると考えられる。また, 推定した収量曲面によって求めた最大収量の推定値を同欄下段に示した。ただし, ケース2)の場合, 範囲内には最大収量の存在は認められなかった。

(2) 前記試験では, 播種期, 栽植密度の一部の組合せを省く場合(組合せ省略型試験とする)があるが, これが収量推定に与える影響について, モデル4を用いて検討した。組合せ省略型試験は通常, 播種期が遅くなるにつれて栽植密度を大きくする方向へずらすことが多く, この現行の形式を模したものをタイプA, また栽植密度の適用範囲をより広くとったものをタイプBとして, 両タイプを推定値の精度で比較した。表2の例では, ケース1)で多少タイプBの方がよいが, それほどの差はない。ただし, この判定基準では, 省略した組合せの, モデルの適合度に及ぼす影響のみを分別して評価できないので, 新たに「ある組合せを省いても, 全組合せから推定される事柄に重大な影響を与えないこと」とし, 比較した。図2に, 収量推定曲面へ実測の播種期を代入して得た(収量/密度)曲線を示すが, 全組合せに対する曲線の形状により近い方は明らかにタイプBである。すなわち, モデル4による推定方式を用いるならば, 栽植密度の適用範囲を広くとったタイプBの方が, より全組合せに近い推定が行えると考えられる。

4 摘 用

(1) 播種期, 栽植密度を込みにした評価モデルを試作した。本モデルによれば, ほぼ妥当な収量推定が行えた。

(2) 本モデルを用いて, 組合せ省略型試験について検討した。現行のものより, 栽植密度を広くとる方がより全組合せに近い推定が行えると考えられた。

引 用 文 献

- 1) 穂積和夫. 1973. 植物の相互作用. 共立出版. p.124
- 2) Willey, R. W. ; Heath, S. B. 1969. The quantitative relationships between plant population and crop yield. *Advances in Agronomy* 21: 281-321.

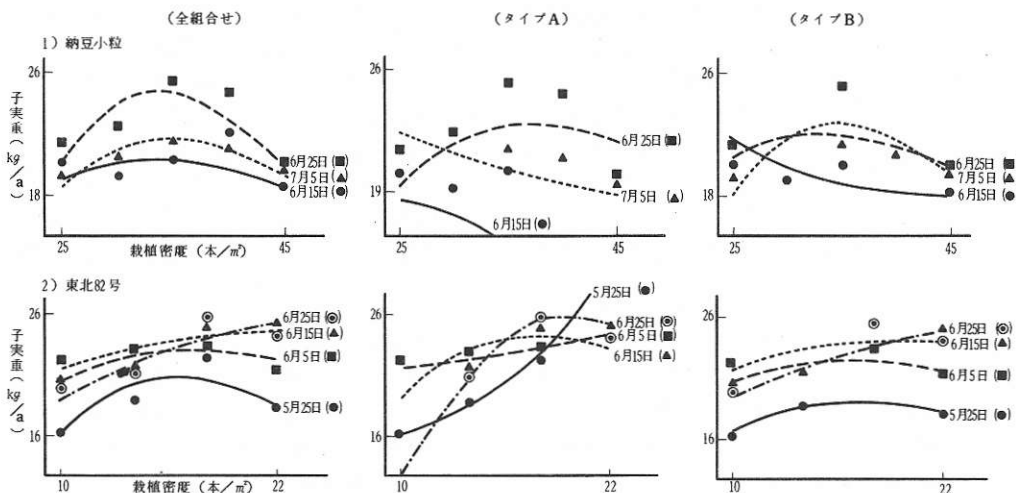


図2 組合せ省略型試験の比較