重回帰分析による豚枝肉出荷成績の検討

石岡宏司・新井 肇

東京農業大学畜産学科, 世田谷区, 156

(1990 年 5 月 14 日 受付)

要 約 豚枝肉出荷成績の最終的目標を「平均枝肉単価」に置き, 出荷時に得られる各指標を総合的に検討するために重回帰分析の適用を試み, 平均枝肉単価を規制する要因を分析し, 次の結果を得た。

1. 平均枝肉単価を構成する要因としては出荷日上物単価, 上物率, 平均枝肉重量の標準偏差の 3 つが説明変数として有効である。

2. これらの説明変数からなる重回帰式の自由度調整済決定係数 ($\bar{R}^2$) は 0.967, 回帰からの標準誤差 (Se) は 0.963 (円) である。

3. これら 3 つの説明変数の平均枝肉単価に対する相対的な寄与の程度を標準回帰係数により求めると, その値の高いのは出荷日上物単価 (0.833) で, 次いで上物率 (0.439), 平均枝肉重量の標準偏差 (-0.158) の順となる。したがって, 平均枝肉単価を高めるためには, 枝肉市況の良い時期により多くの肥育豚を出荷できるような生産体制の確立が経営上重要なポイントであり, さらに上物率を向上せしめる生産技術が重要であることが示唆された。

緒 言

養豚経営の収益性に関する最大の要因は生産コストであるが, 販売単価の差もそれに次いで大きい。これに対応するためには出荷技術の改善が重要であり, その具体的な改善方法を得るためには肥育豚出荷時に得られる各種の技術指標 (出荷成績) を分析する必要がある¹⁾²⁾。出荷成績各指標間にはそれぞれ因果関係, 相関, 代替性などがあるが, 出荷成績の最終的な指標を平均枝肉単価とし, それを構成する要因を個々の指標間の単純相関関係からではなく, 各指標を総合的に検討して枝肉単価の要因分析を試み, 出荷技術の具体的な改善方法に接近する。

材料及び方法

分析対象は, 1987 年における A 県の一貫経営 30 戸の肉豚枝肉成績の農家別集計値である。なお, 出荷豚は全て同一市場に出荷され, その出荷総頭数は 25,968 頭であり, この中に繁殖豚の廃用は含まれていない。対象

とした出荷成績を示す指標は出荷頭数の他に, 1 頭当たり平均販売額, 平均枝肉単価, 平均枝肉重量, 平均枝肉重量の標準偏差, 出荷日上物単価, 高値月出荷頭数割合, 平均格落額, 上物率 (極上含), 中物率, 並物率, 等外物率の 11 項目である。これらの各指標をその因果関係によって整序すると, 1 頭当たり平均販売額を構成する技術指標は, 図 1 に示すように出荷のタイミングを示す ① 市場対応技術, 製品の品質を示す ② 品質管理技術, 出荷適期を示す ③ 狭義出荷技術 (出荷適期決定技術) の 3 つの独立した指標群 (カテゴリ) に分けられる³⁾。これら独立した指標群の中から, 出荷成績の最終的な目標である「平均枝肉単価」を規制し, これに影響を与える要因であり, さらに経営者が管理し得る (operational な) 指標を分析対象として重回帰分析の適用を試みた。

結 果

1. 出荷成績の概要

調査対象である養豚一貫経営 30 戸の出荷成績の概要は次の通りである (表 1)。出荷総頭数は 25,968 頭であり, 一経営当たりでは最大 1,900 頭, 最小 407 頭, 平均 865.6 頭となっている。

「1 頭当たり販売額」の平均は 33,399.7 円であるが, 最大値と最小値の差は 2,842 円である。

「平均枝肉単価」の平均値は 477.6 円で, 最大値と最

Multiple regression analysis on carcass traits of pig carcass

H. ISHIOKA and H. ARAI

Department of Zootechnical Science, Tokyo University of Agriculture, Setagaya-ku, Tokyo, 156

図 1 出荷成績を構成する各指標の因果関係

表 1. 出 荷 成 績 の 概 況

	平均値	最大値	最小値	標準偏差	変動係数
(1) 出 荷 頭 数 (頭)	865.6	1,900.0	407.0	406.9	0.47
(2) 1 頭当たり 販 売 額 (円)	33,399.7	34,453.0	31,611.0	620.4	0.02
(3) 平 均 枝 肉 単 価 (円)	477.6	486.8	464.3	5.3	0.01
(4) 平 均 枝 肉 重 量 (kg)	69.9	71.8	67.3	1.1	0.02
(5) 同 標 準 偏 差 (kg)	4.6	6.2	3.2	—	—
(6) 出 荷 日 上 物 単 価 (円)	494.9	501.8	486.5	4.0	0.01
(7) 高 値 月 出 荷 頭 数 割 合 (%)	55.3	64.0	41.1	5.3	0.10
(8) 平 均 格 落 額 (円)	17.1	23.1	12.5	3.1	0.18
(9) 上 物 率 (%)	49.1	60.6	32.2	7.1	0.14
(10) 中 物 率 (%)	40.4	55.9	30.9	5.3	0.13
(11) 並 物 率 (%)	8.5	14.4	3.5	2.5	0.30
(12) 等 外 物 率 (%)	2.0	5.5	0.7	1.0	0.49

注) A県一貫経営 30 戸を集計, 年間出荷頭数 25,968 頭 (1987 年)

小値に 22.5 円の差がある。これは、市場対応と品質管理の技術格差の表れである。

「平均枝肉重量」の最大値と最小値には 4.5 kg の差があり、「平均枝肉重量の標準偏差」も最大値 6.2 kg, 最小値 3.2 kg で、枝肉重量にかなりのバラツキがある。

「出荷日上物単価」は、出荷日にこれが高いほど有利な市場対応をしたことを示す。平均値は 494.9 円で、最大値、最小値の差は 15.3 円である。したがって、この差額と平均枝肉重量を用いて 1 頭当たりの差額を求めると 1,069.5 円となり、市場対応の如何によって 1,000 円以上の差がでることになる。

「高値月出荷頭数割合」の最大値は 64% であり、これは全出荷頭数の 64% が「高値月」に出荷されていることを意味している。最小値は 41.1% で農家間に格差が

みられるが、平均値は 55.3%, 標準偏差が 5.3% と、過半数の肉豚が高値月に出荷されている。なお、高値月出荷頭数割合とは当該食肉市場における月別平均価格（上物）が年間平均価格（上物）を上回った月に出荷した頭数の割合（各農家の年間出荷頭数に対する）である。因みに、当年度の当該出荷市場の年間平均枝肉 1 kg 当たり価格は 498.7 円³⁾であった。

「平均格落額」は、品質管理技術に属し、最大値と最小値の格差は 10.6 円で、変動係数も 0.18 と他の指標と比べると比較的高く、これはバラツキが大きいことを示している。

「上物率」「中物率」「並物率」「等外物率」も品質管理技術に属し、「上物率」の最大値は 60.6%, 最小値は 32.2%, 「中物率」の最大値は 55.9%, 最小値は 30.9%

と農家間にはかなりの差があり、これらの格付等級が格落額に大きく影響している。

2. 各指標間の相関

出荷成績を規定する 3 つの独立した指標群の内、①市場対応技術の指標である出荷日上物単価は、これが高ければそれだけ市場価格の高い日に出荷したことを示している。この指標と平均枝肉単価は 0.819、高値月出荷頭数割合とは 0.816 と強い相関関係を示し、品質と共に高値時出荷が高値販売に結びついていることを示している。②品質管理技術に属する平均格落額は少ないほど品質の良いことを示し、この指標と原因指標である上物率とは -0.921、中物率とは 0.769、並物率とは 0.820 の強い相関関係を示しているが、結果指標である平均枝肉単価とは -0.666、同標準偏差とは 0.763 の相関関係が認められ、出荷枝肉重量の管理が収益性に強く影響することを示している。③狭義出荷技術（出荷適期決定技術）を表す平均枝肉重量は、1 頭当たり平均販売額とは 0.801 の強い相関関係がある。しかし、同標準偏差は平均格落額と 0.763、上物率とは -0.629 の相関関係が認められるので、枝肉重量のパラッキ度合が格付等級を介して格落額に影響することを示している。

3. 枝肉単価の要因分析

養豚経営の最終的目標を 1 頭当たり利益とするのか、1 頭当たり販売額に置くかという問題はがあるが、本稿では出荷成績から得られたデータの中から「平均枝肉単価」を目標指標とする。これに影響を与える要因で、経営者が管理し得る指標として 3 つの独立した指標群の中から、説明変数として ①市場対応技術から「出荷日上物単価」を X_1 、「高値月出荷頭数割合」を X_4 、②品質管理技術から「上物率」を X_2 、③狭義出荷技術（出荷適期決定技術）から「平均枝肉重量」を X_5 、「平均枝肉重量の標準偏差」を X_3 として、「平均枝肉単価」を目的変数 Y とする推計式を求めた。また技術指標を推計式へ組込むに当たって、各指標の推計値への寄与を評価するために、これらを対象として重回帰分析の手法を適用した⁴⁻⁷⁾。なお、重回帰式の推計に当たっては変数増加法を用いた。

4. 回帰からの残差平方和

目的変数 Y に対する説明変数 ($X_1, X_2, X_3 \cdots X_n$) の選定にあたり、その説明力は回帰からの残差平方和によって求められる。説明変数の増加にともなう回帰からの残差平方和は、次式で算出される。

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

計算結果は表 3 に示すように、説明変数を X_1 から X_3 まで増加させると残差平方和は 268.342 から 24.131

へ減少しているが、 X_4, X_5 の組込みによる減少は 23.798, 23.792 と極めてわずかである。これらの説明変数の決定係数 (R^2) は、説明変数を組込むにしたがってその値が大きくなれば、取込んだ説明変数の説明力が強いと判断され、説明変数として推計式に取込まれることになる。決定係数 (R^2) は、 X_1 から X_3 までは 0.671 から 0.970 へと増加しているが、 X_4, X_5 の組込みによる増加は 0.971, 0.971 と殆ど変化がない。さらに自由度調整済決定係数 ($\bar{R}^2$) によって推計式への組込みを検討すると、自由度調整済決定係数 ($\bar{R}^2$) は、説明変数 X_1, X_2, X_3 を組込むにともない 0.660 から 0.967 へ増加しているが、 X_4, X_5 の組込みによって逆に 0.966, 0.965 へと減少している。

5. 残差分散の変動比

推計式に説明変数を取込むにしたがって残差平方和がどの程度減少するのかを、「回帰からの残差平方和」と「回帰からの分散」を用いて残差分散の変動比 (F_j) で求める。説明変数を p 個とすると、回帰からの残差平方和を、

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2_p$$

とすると、

$$F_j = \frac{(\sum y_i - \hat{y})^2_{p-1} - \sum (y_i - \hat{y})^2_p}{\sum (y_i - \hat{y})^2_p / (n - p - 1)}$$

F_i : 自由度 $f_1=1$ (分子), 自由度 $f_2=(n-p-1)$ (分母) の F 分布をする。

なお、回帰からの分散 Se^2 は、

$$Se^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2 / (n - p - 1)$$

但し、 p は説明変数の数

したがって、 X_1 に X_2 を取込んだ場合

$$\frac{268.342 - 35.932}{1.331} = 174.613$$

残差分散の変動比 (F_j) は 174.613 となる。以下同様に、 X_1, X_2 に X_3 を組込むと変動比 (F_j) は 12.716、 X_1, X_2, X_3 に X_4 を組込むと変動比 (F_j) は 0.350、 X_1, X_2, X_3, X_4 に X_5 の組込むと変動比 (F_j) は 0.006 になる。

この変動比 (F_j) の計算結果を F 分布に基づいて F 検定すると、表 4 に示すように X_1 に X_2 を取込んだ場合、変動比 (F_j) = 174.613、自由度が $f_1=1, f_2=30-2-1=27$ であるから $F_0(\alpha=1\%)=7.68$ である。有意水準 α での回帰の有意性は、

$$F_j \geq F_{n-k-1}^1(\alpha)$$

であるから、説明変数 X_2 の取込みは有意である。同

表 2. 出 荷 成 績 各 指 標

	(1) 出荷頭数	(2) 1頭当たり 平均販売額	(3) 平 均 枝肉単価	(4) 平 均 枝肉重量	(5) 同標準 偏 差
(1) 出 荷 頭 数	1.000				
(2) 1頭当たり平均販売額	-0.116	1.000			
(3) 平 均 枝 肉 単 価	0.057	0.533**	1.000		
(4) 平 均 枝 肉 重 量	-0.185	0.801**	-0.079	1.000	
(5) 同 標 準 偏 差	0.157	-0.628**	-0.574**	-0.338	1.000
(6) 出 荷 日 上 物 単 価	-0.058	0.288	0.819**	-0.242	-0.177
(7) 高値月出荷頭数割合	0.098	0.105	0.722**	-0.393*	-0.182
(8) 平 均 格 落 額	-0.174	-0.549**	-0.666**	-0.178	0.763**
(9) 上 物 率	0.205	0.418*	0.513**	0.131	-0.629**
(10) 中 物 率	-0.213	-0.423*	-0.311	-0.278	0.529**
(11) 並 物 率	-0.132	-0.231	-0.595**	0.147	0.549**
(12) 等 外 物 率	0.014	-0.153	-0.513**	0.180	0.298

注) A県一貫経営 30 戸を集計, 年間出荷頭数 25,968 頭 (1987 年) *P<0.05 **P<0.01

表 3. 説明変数の増加による残差平方和

説 明 変 数	回帰からの残 差平方和 $\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$	決 定 係 数 R^2	自由度調整済 決定係数 R^2	回帰からの 分散 Se^2	回帰からの標 準誤差 Se	左の自由度 ($n-p-1$)
x_1	268.342	0.671	0.660	9.584	3.096	28
x_1, x_2	35.932	0.956	0.953	1.331	1.154	27
x_1, x_2, x_3	24.131	0.970	0.967	0.928	0.963	26
x_1, x_2, x_3, x_4	23.798	0.971	0.966	0.952	0.976	25
x_1, x_2, x_3, x_4, x_5	23.792	0.971	0.965	0.991	0.996	24

但し, 説明変数 X_1 : 出荷日上物単価, X_2 : 上物率, X_3 : 平均枝肉重量の標準偏差, X_4 : 高値月出荷頭数割合, X_5 : 平均枝肉重量

表 4. 残差分散の変動比及び標準回帰係数

説 明 変 数	残差分散の変動比 F_j	F 分布の上側 $F_0 (\alpha=1\%)$	標準回帰係数 β^*_{*j}
x_1	174.613	$F_{27}^1 = 7.68$	0.833
x_1, x_2	12.716	$F_{26}^1 = 7.72$	0.439
x_1, x_2, x_3	0.350	$F_{25}^1 = 7.77$	-0.158
x_1, x_2, x_3, x_4	0.006	$F_{24}^1 = 7.82$	-0.038
x_1, x_2, x_3, x_4, x_5			-0.003

但し, X_1 : 出荷日上物単価, X_2 : 上物率, X_3 : 平均枝肉重量の標準偏差, X_4 : 高値月出荷頭数割合, X_5 : 平均枝肉重量

$F_j \geq F_{n-k-1}^1(\alpha)$ ならば, 有意水準 α で回帰は有意。

様に, X_1, X_2 に X_3 を組込んだ場合の変動比 (F_j) は 12.716 で, $f_1=1, f_2=26, F_0(\alpha=1\%)=7.72$ であるから説明変数 X_3 の取込は有意となる。しかし, X_1, X_2, X_3 への X_4 の組込みは変動比 (F_j)=0.350, f_1

=1, $f_2=25, F_0(\alpha=1\%)=7.77$ であるから,

$$F_j \leq F_{n-k-1}^1(\alpha)$$

となり, 説明変数としての追加は有効でないと判断される。さらに, X_1, X_2, X_3, X_4 への X_5 の組込みも変

間の単純相関係数

(6) 出荷日上物単価	(7) 高値月出荷頭数割合	(8) 平均格落額	(9) 上物率	(10) 中物率	(11) 並物率	(12) 等外物率
1.000						
0.816**	1.000					
-0.118	-0.188	1.000				
-0.025	0.115	-0.921**	1.000			
0.177	-0.037	0.769**	-0.912**	1.000		
-0.161	-0.161	0.820**	-0.785**	0.480**	1.000	
-0.356	-0.218	0.425*	-0.314	-0.015	0.533**	1.000

図 2 平均枝肉単価と推計値の関係

動比 (F_j) = 0.006 で, $f_1=1$, $f_2=24$, $F_0(\alpha=1\%)=7.82$ であるから, 説明変数の追加は有効でない。

したがって, 有意水準 1% では「出荷日上物単価」「上物率」「平均枝肉重量の標準偏差」までが有効と判断され, 推計式に説明変数として組込まれることになる。

6. 標準回帰係数

また, 各説明変数の寄与を評価するために説明変数 X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 , 目的変数 Y を平均 0, 分散 1 に標準化した上で標準回帰係数を求めると, X_1 : 出荷日上物単価 = 0.833, X_2 : 上物率 = 0.439, X_3 : 平均枝肉重量の標準偏差 = -0.158, X_4 : 高値月出荷頭数割合 = -0.038, X_5 : 平均枝肉重量 = -0.003 となる。したがって, 説明変数として高値月出荷頭数割合, 平均枝肉重量を取込んだとしても目的変数 Y への寄与は非常

にわずかである。

7. 平均枝肉単価の推計式

以上, 回帰からの残差平方和, 自由度調整済決定係数, 残差分散の変動比, 標準回帰係数の計算結果から平均枝肉単価を目的変数 Y とした推計式には, 説明変数 X_1 : 出荷日上物単価, X_2 : 上物率, X_3 : 平均枝肉重量の標準偏差が取込まれる。この推計式の定数項, 回帰係数を求めると,

定数項: -60.563

X_1 の回帰係数: +1.067

X_2 の回帰係数: +0.323

X_3 の回帰係数: -1.211

したがって, 推計式は次のようになる。なお, 括弧内の数字はそれぞれの標準誤差である。

$$\hat{Y} = -60.563 + 1.067X_1 + 0.323X_2 - 1.211X_3$$

$$(0.046) \quad (0.033) \quad (0.340)$$

$$R^2 = 0.970, \bar{R}^2 = 0.967$$

$$Se = 0.963, d. f = 26$$

なお、回帰からの標準誤差は次式で求められる。

$$Se = \sqrt{Se^2}$$

平均枝肉単価とこの求められた推計式によって計測された推計値の関係は図2の通りで、回帰からの標準誤差(Se)は0.963(円)とあてはまりが良い。

考 察

以上、標準回帰係数の計測結果から、平均枝肉単価を高めるためには、上物単価の比較的高い(枝肉市況の良い)時期に出荷する市場対応技術が一番重要であることが分かった。このことは、枝肉市況の良い時期により多くの肉豚を出荷できるような生産体制を確立することが経営上重要なポイントであることを示唆している。即ち、肥育開始時期、子豚分娩時期、種付時期、繁殖豚の管理及び更新・導入時期等を良い枝肉市況が予想される時期から逆算して生産管理計画を立案すると同時に産子、育成、肥育頭数の向上を図ることが要求されている。

なお、豚枝肉価格には一定の周期変動が認められているので、市場対応技術が実践技術として適用可能となる。

次いで、上物率を高めるといふ品質管理技術、更に枝肉重量のバラツキを小さくする狭義の出荷技術の重要性が指摘できる。これは、高品質の肉豚を恒常的に生産で

きる生産技術の重要性を示唆しているもので、経営者が常に安定した生産技術水準を保つと同時に、これの向上を図ることが要求されている。

これら、いずれの指標も経営者がコントロールし得るものである。

また、重回帰式による推計式が実際値とよく一致することから、この推計式を用いて出荷時期、出荷技術の格差やその変動に対応して枝肉販売単価がどのように変動するのかの予測が可能である。

謝 辞

本研究の実施に当り、財団法人伊藤記念財団から研究助成を得た。記して謝意を表したい。

文 献

- 1) 新井 肇・石岡宏司：昭和63年度食肉に関する助成研究調査結果報告書 Vol. 7, 509-515, 伊藤記念財団, 1989.
- 2) 新井 肇・石岡宏司：日豚会誌, 26-3, 225-231, 1989.
- 3) 農林水産省：食肉流通統計, 1987.
- 4) 堀内徳高：統計調査の理論と方法, 125-196, 農林統計協会, 東京, 1979.
- 5) 堀内徳高：統計情報入門, 282-345, 農林統計協会, 東京, 1988.
- 6) 田中 豊・垂水共之・脇本和昌編：パソコン統計解析ハンドブックⅡ多変量解析編, 1-37, 東京, 共立出版, 1984.
- 7) 藤澤偉作監修：コンピュータ統計処理入門, 59-78, 東京, パーソナルメディア, 1987.

MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS ON CARCASS TRAITS OF PIG CARCASS

Hiroshi ISHIOKA and Hajime ARAI

Department of Zootechnical Science, Tokyo University of Agriculture,
Setagaya-ku, Tokyo, 156

The analysis was based on the data of pig carcasses from 30 local hog farms in 1987. Twelve items of the carcass were evaluated, such as unit price, average weight, standard deviation of average weight per farm, market price of the excellent (Jo) on the marketed day, average loss of market price from that of the excellent, etc.

These items can be classified into three categories : 1) Marketing techniques to meet the market conditions, 2) Quality control techniques to attain better prices, and 3) Carcass weight control techniques.

These groups are independent of each other.

In order to define the factors affecting the unit price, multiple regression equation (by forward method) of which the response variable (Y) was the carcass unit price and the rest of items were explanatory variables.

These computations resulted in the identification of three most effective factors. The following conclusions were obtained.

1. The multiple regression equation was as follows :

$$\hat{Y} = -60.563 + 1.067X_1 + 0.323X_2 - 1.211X_3$$

(0.046) (0.033) (0.340)

$$R^2 = 0.970 \quad \bar{R}^2 = 0.967 \quad Se = 0.963 \quad d. f = 26$$

where, X_1 was the unit price of "Jo" on the marketed day, while X_2 was the proportion of "Jo" carcass to the total marketed amount, and X_3 was the standard deviation of the mean weight per farm.

2. The adjusted coefficient of multiple determination ($\bar{R}^2$) was 0.967, indicating that 96.7 % of the total variations in the unit price could be explained by the three variables included in the equation, and the standard error was 0.963.

3. Standardized regression coefficients were 0.833, 0.439 and -0.158, respectively, for the variables of X_1 , X_2 and X_3 .

As the result of these coefficients, the market price of "Jo" carcass on the marketed day proved to be the most important factor for the improvement of the mean carcass unit price.

Jpn. J. Swine Science 27, 3 : 146-152

Key words : pig carcass, carcass unit price, carcass trait, multiple regression.