種豚改良のための経済育種価と選抜指数 に関する事例的検討

杉本隆重・高橋 弘*・新部昭夫・A. SCHINCKEL**

東京農業大学電算機室, 世田谷区 156

* グローバル・ピッグファーム, 群馬県北橋村 377

** パデュー大学畜産学科, Indiana 47907

(1988 年 6 月 9 日 受付)

要 約 最近, 種豚の選抜は, 小型コンピュータの発達により, 推定育種価による方法が用いられるようになってきた。

養豚では, 育種目標に複数の形質が考慮されなければならない。このため, 各形質が遺伝的に 1 単位改良されることによってどれだけの経済価値を生ずるかを考慮し, 各形質を相対的に重み付けした選抜インデックスが必要となる。

本論は, 養豚農家の事例調査を基に, 通常最も選抜に考慮され, しかも経済効果の高い生存産子数, 1 腹当りの総体重, 出荷体重到達日齢, 背脂肪厚, 飼料要求率の各形質について, 改良 1 単位当りの経済価値を計算した。

これらの値を用い, 交配方法によって特定雌の系統作出のためのインデックス, 輪番交配のためのインデックス, 止め雄として用いる場合のインデックスを開発した。特に, 米国では, 背脂肪厚に対する価値が薄くなればなるほど価値が増す指標であるのに対し, 本論では, 厚過ぎても薄過ぎても価値が下がることを考慮した指標を採用している。また, 日本は米国に比べ, 1 母豚当りの人件費や, 飼料費が高いことにより, 1 腹当りの総体重より生存産子数の増加が経済価値を大きくすることが分った。

緒 言

種豚の選抜は, 近親のデータを加味し遺伝的価値がより正確に予測できる推定育種価 (EBV; Estimated Breeding Value) を用いておこなわれるようになってきた。種豚選抜は, 他の畜種に比べ EBV の利用が遅れたのは, 養豚特有の生理的な原因や飼養形態上の理由がある。

豚は世代交代が早く, しかも人工授精技術の普及が未だ難しいことから, 先祖や子孫といった縦の血縁関係よりむしろ兄弟, 半姉妹といった横の血縁関係をもつ近親のデータにより, その農場での迅速な EBV の計算が要求される。また, 選抜の対象となる経済形質も多く, このことが計算をより複雑にしている。

しかし, 近年の育種学の発展と高性能な小型コンピュータの出現は, 種豚農家での EBV による種豚選抜を可能にし, 生存産子数や 21 日齢 1 腹子豚総体重等の遺伝率の低い形質にその利用が有効であることから, EBV による種豚選抜は益々普及するものと思われる¹⁾。

多数の量的形質を同時に改良してゆく手法として最も広く用いられているのが, 選抜指数^{2,3)}による方法である。この方法には, 各形質について, 相対的経済価値を基準に重み付けをおこなう方法と, 各形質の改良目標が明確である場合には, その育種目標に即した改良方法⁴⁾とがある。

いずれの方法においても, 選抜指数の設定は, 育種計

A case study on the economic breeding value and the selection indices for swine seedstock improvement.

T. SUGIMOTO, H. TAKAHASHI*, A. NIIBE and A. SCHINCKEL**.

Computer Center, Tokyo University of Agriculture, Setagaya-ku, Tokyo, 156.* Global Pig Farms Inc., Hokkitsu-mura, Gumma 377.

**Department of Animal Science, Purdue University, West Lafayette, Indiana 47907

画面上最も重要であるが、長期にわたる目標や価値、価格を想定するという点で大変難しい。この設定に関する論文や実用的な観点から記述されたものは極めて少ないのが現状である⁵⁻⁷⁾。

本論では、養豚農家の事例調査を基に、経済価値の大きい生存産子数、21 日齢 1 腹子豚総体重、出荷体重到達日齢、背脂肪厚の 4 形質について単位当りの収益と費用を推定し、選抜のためのインデックスを開発したので報告する。また、著者らの一人である A. SCHINCKEL らがアメリカで進めている改良プログラム⁸⁻¹¹⁾において用いられた選抜インデックスとの比較検討も併せておこなった。

材料および方法

選抜指数（インデックス）を作るには、考慮に入れる形質を 1 単位改善することにより経済価値がどれだけ増加するか知るため、各形質の改善に係わる費用の調査をおこなった。本論で選抜の対象とした形質は、最も一般的に用いられ、種豚農家で計測が容易であり、かつ経済価値の大きな母豚能力を示す生存産子数、21 日齢 1 腹子豚総体重および肥育豚の能力を示す飼料要求率、出荷体重 230 ポンド（約 105 kg）に到達する日齢（以後、単にこれを出荷体重到達日齢と呼ぶ）、背脂肪厚とした。ただし、飼料要求率は、種豚ごとに測定することは現実には困難であることから、選抜インデックスには含めず、経済目標を規定する偏回帰係数（Genetic Regressions）によって、出荷体重到達日齢と背脂肪厚にその経済価値の影響分を含めることとした。

調査対象となる農家は、長期的に経営が安定し、生産成績も良好な農家が好ましい。改良に伴う費用調査が目的であるから、農家の立地条件が極めて良いとか、生産規模や設備投資が極端に大きい農家、規模が小さく環境や生産成績の悪い農家も好ましくない。このような条件を考慮して、秋田県、新潟県および群馬県において、法人組織の一貫経営を営む専業養豚農家 10 戸を調査対象とした。

調査対象農家の飼養規模は、母豚数で 70 頭以上 100 頭未満が 2 戸、100 頭以上 150 頭未満が 2 戸、150 頭以上 200 頭未満が 3 戸、200 頭以上 250 頭未満が 3 戸である。

調査データは、全農場の昭和 59 年から昭和 61 年までの損益計算書、固定資産台帳、生産記録帳票を用い、また労働時間は昭和 61 年 11 月の 1 ケ月間についてのアンケート調査をおこなって収集した。

各農家での調査期間における固定費対総費用比率の幅

は、40.81% から 51.43% であり、変動費対総費用比率の幅は、50.23% から 59.19% であった。また、その間の生産指標を表 1 に示す。

表 2 には、全農場を平均した繁殖部門と肥育部門および共通部門の飼料消費量、薬品・衛生費、減価償却費、労働時間の割合を示した。

労働時間は、母豚・雄豚舎（18%）、分娩舎（23%）、肉豚を離乳から約 30 kg までを肥育する離乳育成舎（13%）、約 30 kg から出荷までを肥育する子肉豚舎（24%）、除糞や飼料配布等の共通作業（14%）、記帳・集会参加等の経営管理（8%）に分けて調査した。共通作業時間は、飼料消費量の割合を用いて繁殖部門（母・雄豚舎および分娩舎）と肥育部門（離乳育成舎および子肉豚舎）に分割して配分した。また、1 日当りの平均労働時間は、1 ケ月を 30 日とした場合、6.23 時間であった。

飼料消費量は、授乳期間あるいは妊娠中の母豚、雄豚、肉豚の三種類に分けて調査した。飼料単価は調査期間の各農家における平均飼料購入価格を用い、母豚・雄豚用で 1 kg 当り 51 円とし、肉豚用は 1 kg 当り 40 円とした。

薬品・衛生費は、繁殖、肥育、共通の三部門に分けて添加剤、予防衛生費、ワクチン、獣医診療、薬品、その他に区分して集計した。最終的に共通費用は、飼料消費

表 1 調査農家の基本データ

指標項目	59 年	60 年	61 年	平均値
母 豚 数 (頭)	143.70	163.30	171.90	156.30
分 娩 率 (%)	85.17	84.68	85.01	84.95
平均生存産子数 (頭)	10.20	10.43	10.82	10.48
平均離乳子豚数 (頭)	9.37	9.70	9.98	9.68
平均離乳日数	26.1	24.9	25.2	25.4
平均離乳体重 (kg)	6.9	6.6	6.5	6.7
一日増体重量 (g)	561.32	558.00	563.94	561.02
飼料要求率	2.82	2.86	2.85	2.84

表 2 繁殖・肥育および共通部門における費用と労働時間の割合

項 目	繁殖部門 (%)	肥育部門 (%)	共通およびその他 (%)
飼料消費量	16.5	83.5	—
飼 料 費	16.2	83.8	—
薬品・衛生費	30.6	59.6	9.8
償 却 費	30.0	47.0	23.0
労働時間	43.3	48.7	8.0

量の割合を用いて繁殖部門と肥育部門に再分配した。

減価償却費は、種豚舎、分娩舎、離乳育成舎、子豚肉豚舎、その他の費用について調査した。畜舎は、償却期間を10年、機械設備では5年とした。その他の償却費は、糞尿処理設備費が大半を占めるので、飼料消費量の割合を用いて、繁殖部門と肥育部門に分割した。

繁殖部門の費用を基に、生存産子数は1頭増す毎に軽減する費用を、21日齢1腹子豚総体重では1ポンド増体する価値を計算した。肥育部門の費用を基に、出荷体重(105 kg)に到達する日齢が1日遅くなる費用を計算した。この計算には、調査期間3年における10農場での平均育成日数(分娩日から出荷日まで)210日と離乳日から出荷日までの平均事故率(斃死および淘汰率)3.9%を用いた。飼料要求率は、肥育豚が約27 kg(60ポンド)から肥育終了時体重約105 kg(230ポンド)までに1単位改善される飼料費を計算した。背脂肪厚は、昭和58年6月から昭和61年5月までの格付け価格と日本食肉格付協会における背脂肪厚の格付け¹³⁾を参考に、1 cmあるいは1インチ改善される価値を計算した。

次に、各形質には遺伝的な相関関係があるため、相互の価値も影響し合う。このため、偏回帰係数(表5)によりそれらの影響し合う経済価値を計算した。ただし、ポンドあるいはインチの単位を用いたのは、通常EBV計算では、産子数についてはその分娩回数に応じて、21日齢1腹子豚総体重については泌乳開始頭数や離乳日数で21日齢時点の体重に補正をおこなう。また、出荷体重到達日齢や背脂肪厚も測定までの肥育日数によって補正をおこなう必要がある。これらの補正值や偏回帰係数は、日本では正式に発表されたものがなく、全米種豚改良協会(NSIF)¹²⁾のものをを用いることとした。また、比較対象に用いたUSAの経済価値^{8,9,14)}は、総て1\$を160円で換算したものである。

次に、雄がどのような交配方法で使われるかによって遺伝子が伝わる子孫の数と経済価値に及ぼす影響の大きさは異なる。インデックスの作成には、形質の経済価値と遺伝的影響を及ぼす子孫の数あるいは腹数を考慮した。

本論では、交配方法として広く用いられている(1)輪番交配として使う場合(Rotational)、(2)特定雌の系統作出に使う場合(Maternal)、(3)止め雄として使う場合(Terminal)の各インデックスを計算した。

各世代への経済価値の伝播は、経過日数を考慮する投下資本に対する割引率¹⁵⁾と同様の手法を用い、形質を1単位改良する経済価値EV(Economic Value)は現在価値に換算するため、次式で計算することとした。

$$EV = \sum_{j=1}^n A(P_j/T_j)N_j$$

ただし、

EV: 形質1単位改良による経済価値。

A: 形質の現在における経済価値。

P_j/T_j : 実質金利による割引き後の現在価値と実際の価値との比率(以後、単に「割引き後の比率」と呼ぶ)。

P_j : 形質の現在価値に換算した価値(最高指し値又は損益分岐点価格)。

T_j : 雄豚の形質に対する実際の価値。

N_j : j段階での形質の発現回数。

結果および考察

1. 単位当たり改良される形質の価値

調査データを基に、本論で対象とした形質が、1単位改善されることによる経済価値の計算をおこなった結果は下記の通りである。

1) 1腹当り子豚1頭増加する価値

1腹当り子豚が1頭増す経済価値は、1分娩に要する費用を計算し、それを基に子豚1頭当りの費用を計算する。さらに、1分娩当り子豚が1頭増加した場合の費用を計算し、増頭前の費用との差額を掛けた金額が、1腹当り子豚が1頭増す経済価値として計算される。

1分娩に要する費用は、表3に示すように人件費、飼料費、畜舎・設備減価償却費、動力費、雄豚母豚の償却費、医薬・衛生費に区分して計算した。

1分娩当りの人件費は、10農場3年間における1ヶ月当りの平均人件費(1,179,556円)と1農場1ヶ月当りの平均分娩数(28.28頭)および表2に示した繁殖部門の労働時間(43.3%)により、1分娩当りの人件費を計算すると18,060円となる。飼料費は、母豚の妊娠期間、授乳期間に要した飼料費と雄豚の飼料費を、分娩数当りで計算すると、27,714円であった。畜舎・設備の減価償却費は、1農場1年当りの平均種豚舎・分娩舎設備に関する費用を年間の分娩数当りで計算し、1,308円であった。動力費は、1分娩当り4,253円であった。ただし、電力費と水道料については、表2に示す繁殖部門の飼料消費量割合を適用し、燃料費は、分娩舎での使用が大半であるので繁殖部門に総て含めた。雄豚と母豚の償却費は、1分娩当り3,406円であった。ただし、雄豚と母豚の購入価格をそれぞれ1頭当り18万円と8万円と仮定した。また償却期間を3年とし、その間の生存率を96%、年間当りの分娩回数を2.2として計算した。薬品・衛生費は、調査農場の年間平均費から、繁殖部門の割合

表3 単位当りに要する費用

項 目	1分娩に要する費用(円)	1日当り母豚に要する費用(円)	項 目	出荷日齢が1日遅くなる費用(円)
人件費	18,060	108.3	人件費	3.4
飼料費	27,714	166.0	事故損	8.1
畜舎設備			畜舎設備	
減価償却費	1,308	7.8	減価償却費	8.1
動力費	4,253	25.6	動力費	0.8
雄・母豚			金 利	8.3
償却費	3,406	20.4		
医薬品費	7,516	45.1		
合計金額	62,257	373.2	合計金額	28.7

(35%)と平均年間分娩回数2.2により計算すれば、1分娩当り7,516円であった。

以上の計算より、分娩に要する総費用は62,257円であり、USAでは54,400円であるので7,800円高いことになる。

次に、1分娩当り子豚が1頭増加することによる必要経費は、人件費、母豚の増加飼料費、医薬品費の追加によって計算した。

人件費は、子豚1頭当り去勢および耳刻等の労働時間が5分増加するとして、子豚1頭当り150円とした。

母豚の増加飼料費は、子豚1頭当り1日0.5ポンド(約0.23kg)の飼料を多く母豚が摂取するものと仮定し、平均授乳日数を25.4日、1kg当りの飼料単価51円から子豚1頭当り291円とした。医薬品費は、1分娩当りの医薬品費を平均生存産子数(表1参照)で割り、1子豚当りの薬品費272円、予防衛生費264円、添加剤187円の合計723円を子豚1頭当りの医薬品費とした。

したがって、1分娩当り子豚が1頭増加する費用は、総計1,164円となる。

ここで、1分娩当りの生存産子数を仮に10頭から11頭に増加する価値を計算する。生存産子数が10頭の分娩費用を62,257円とすれば、1頭当りの経費は6,226円となる。生存産子数が11頭に増加した場合は、子豚1頭増加分の費用1,164円を加えて分娩費は63,421円となり、子豚1頭当りの経費は、5,766円となる。したがって、生存産子数が10頭から11頭に増加することにより、1頭当りの経費が460円減少したことになる。このため1腹当り1頭増す価値(a_L)は、5,060円となる。

2) 21日齢1腹子豚総体重の増加する価値

調査データから1日当り母豚に要する費用を1分娩に要する費用と同様に、人件費、飼料費、畜舎設備減価償却費、動力費、母豚償却費、医薬品費の項目を表3に示

す。

この結果、1日当りの母豚総経費は、373.2円であった。USAではこれを346円と計算している。日本の経費がUSAに比べ、約27円高くなっているのは、大半が飼料費の割高分であった。

次に、21日齢における1子豚当り1ポンド(約0.45kg)体重を増す価値を計算した。表1の調査データから、1腹当りの平均離乳子豚数は9.7頭、1子豚当りの平均離乳体重は6.7kg、平均離乳日数は25.4日であった。

離乳日数(AGE)で離乳体重(LW)を21日齢の離乳体重に補正する式 $(32 \times LW / (AGE + 11))^{12)}$ を用いて、調査データの平均離乳体重を補正すると5.9kgとなる。この補正体重を1ポンド増すと、6.3kgとなる。実際の平均離乳体重6.7kgが21日齢の離乳体重で6.3kgになるには、先の補正式を逆算して22.8日で離乳することになる。すなわち、実際の平均離乳日数25.4日が22.8日に短縮され、離乳が2.6日早くなったことになる。

1日当りの母豚経費は373.2円であるから、2.6日の短縮で970.3円の価値を生じたことになる。ただし、1子豚当り1ポンド体重を増すと、1腹では4.4kg(9.7頭 $\times$ 0.45kg/頭)の体重を増すことになる。母豚は、1腹当り1kgの体重増加で、飼料量を約1kg多く摂取するものとする。また、4.4kg体重の増加で約4.4kgの飼料量を多く摂取し、その経費は、224.4円(4.4kg $\times$ 51円/kg)となる。

1腹当り1ポンドの体重が増加する価値(a_W)は、76.9円となる。USAでは、1子豚当り1ポンド増加を115円と算出している。

3) 出荷体重到達日齢の1日減少する価値

肥育豚が出荷体重に到達する日齢を1日少なくなるこ

とによる価値を計算する。このことは、表3に示すように、1日当り肥育に要する費用を計算することになる。肥育に係わる1日当りの人件費は、1日当りの労賃(11,233円)、1日平均労働時間(6.23時間)、肥育部門の労働割合(48.7%)から5,470円となる。1農場当りの平均在庫頭数が1,593頭であったことから、肥育豚1頭当り1日の人件費は、3.4円となる。

肥育に係わる動力費は、電力費と水道費を肥育部門の動力費割合(83.5%)をかけて、肥育豚1頭当り1日0.8円となる。

肥育豚1頭当りの価値を38,006円とし、それぞれに対する年間利率を8%とすれば、1頭当り1日の金利額は8.3円となる。また、肥育豚の事故による損失金額は、平均肥育期間185日と事故率3.9%として、1頭当り1日8.1円であった。

肥育舎と肥育に係わる設備費の減価償却費は、償却期間をそれぞれ10年、5年とし、年間の平均出荷頭数を用いて計算すると、1頭当り1日8.1円であった。

以上の費用を合計すると、肥育豚1頭当り1日(a_D)28.7円となり、1日早く出荷できれば、1頭当り28.7円の価値を生ずることになる。USAでは30.4円としている。

4) 飼料要求率1単位改良する価値

飼料要求率は、肥育豚が60ポンド(約27.22kg)から肥育終了体重230ポンド(約104.33kg)までの肥育期間について計算した。

この期間において、肥育豚は170ポンド(約77.11kg)の増体がなされ、飼料要求率が1単位改善された場合は、3,084.4円(a_F)の飼料費節約となる。ただし、肥育用の飼料費を1kg当り40円とした。USAでは、飼料費を1kg当り26.1円として、飼料要求率の1単位改善で2,016円の価値と計算している。

5) 背脂肪厚を1センチ薄く改善する価値

昭和58年6月より昭和61年5月までの東京食肉卸売市場における格付の平均価格を比べると、格付け上を1としたとき、中、並の比率は、0.926, 0.838であった。また、この期間での出荷肉豚1,371頭における背脂肪厚と格付けとの関係を調査した結果、背脂肪厚が1.1~2.4cmの範囲で上、0.8~1.1cmおよび2.4~3.0cmで中、0.8cm以下および3.0cm以上で並の格付けであった。

したがって、ここでは背脂肪厚の価値を次の三段階に分け、価値は、肉豚1頭当りの枝肉を72.8kg、1kg当り600円とし、格付け比率を加味して計算した。

(i) 背脂肪厚が1.8cmより薄くなる改善は、価値

を生じないものとする。

- (ii) 1.8cm以上、2.2cm未満では、肉豚価値に単回帰式をあてはめ、1頭当りXcmの価値を次式で計算する。

$$Y = -871.2X \quad (R^2 = 0.974)$$

- (iii) 2.2cm以上の背脂肪厚から急激に価値を落とすことから二次回帰式をあてはめ、1頭当りXcmの価値を次式で計算する。

$$Y = 2106.53 - 6438.01X + 143.157X^2 \quad (R^2 = 0.956)$$

単位当りの改善価値は、(i), (ii), (iii)の各式を微分した値(a_B)となる。

USAの背脂肪厚1インチ当り改善する価値は、総ての厚さの範囲で1,072円となっている。この適用は、悪環境や疾病等により痩せた豚が、背脂肪厚が薄いため経済価値が大きくなってしまふ危険性を含んでいる。

2. 交配方法による期待腹数および期待頭数

主な交配方法の中で、1単位改良された形質を受け継ぐ子孫の頭数と腹数について計算をおこなった。

i) 輪番交配

一般的な交配として、表4に示すように、雄豚1頭に対し16頭の雌豚を使い、各雌豚に対し3分娩させ、合計48分娩させる。平均離乳子豚数を8.25とし、396頭の子豚を生産する。その内16頭を候補豚に繰り上げ、380頭の肉豚を販売するものとする¹⁴⁾。

雄豚は、購入後2ヶ月で種付けが開始され、12ヶ月使用されるものとする。雌の妊娠期間を4ヶ月、子豚の成長に6ヶ月、平均出荷期間を6ヶ月とすれば、合計18ヶ月の世代(支払い)間隔となる。したがって、18ヶ月目で第一回目の1/2を支払い、以後18ヶ月目ごとに1/4, 1/8, 1/16……と支払うものとすれば、割引き後の比率(P/T)は、

$$P/T = 1/(1 + 2r) = 0.8034$$

となる¹⁵⁾。ただし、rは1年間の金利を8%とした18ヶ月の金利である。

雄豚の増体および屠体形質が子孫に及ぼす期待頭数は、現在価値で表わせば305.28頭(380頭×0.8034)となる。

生存産子数と21日齢1腹子豚総体重の価値は、第一世代(娘)で評価されるので、先の18ヶ月後に更に18ヶ月を加えた36ヶ月目に第一回目の支払い(1/2)、その後は18ヶ月ごとの支払いとなる。この支払い方法による割引き後の比率は、0.7158となる。

したがって、雄1頭が、生存産子数および21日齢1腹子豚総体重に及ぼす期待腹数は、34.35(48腹×

表 4 交配方法における期待頭数と期待腹数

交配方法	分娩腹数および離乳頭数	計 算 項 目			期待頭数 No.
		N_j	P_j/T_j	$N_j \cdot (P_j/T_j)$	期待腹数 N_L
Rotational	♂×16♀(各3腹)	380 頭	0.8034	305.28	305.28
	平均離乳頭数 8.27	(396-16)			
	396 (16×8.27×3) 頭中 16 頭候補豚	48 腹 (16×3)	0.7158	34.35	34.35
Maternal	母系祖々父の収益				
	♂ ♀	96頭(14 × 7.8-14)	0.7913	75.96	
	母系 L × L	256頭(36 × 8.5-50)	0.3458	88.52	
	祖々父 (5.6%)	1900頭(200×9.5)	0.1511	287.10	467.75
			(計)	451.58)	
	母系祖父の収益				
	母系 Y × L	256頭(36 × 8.5-50)	0.8909	114.04	
	祖父 (14.4%)	1900頭(200×9.5)	0.7787	369.88	
			(計)	483.92)	
	最終 T × YL	200	9.5		
	交配 (80%)	母系祖々父の収益			
		50腹(14+36)	0.6916	34.58	
	計 250	200腹	0.3022	60.44	
			(計)	95.03)	86.45
	雌 4回分娩	母系祖父の収益			
	平均世代間隔 21ヶ月	200腹	0.7787	77.87	
Terminal	♂×70腹	665 頭	0.8909	296.25	296.25
	平均離乳頭数 9.5	(70×9.5)			

0.7158) となる。

ii) 特定静止交配

特定静止交配には、雌雄の種々な組合せや頭数が存在するが、ここでは、表4に示す以下の基本的な交配方法¹⁴⁾を設定した。

第一段階の交配として、出荷豚からみて純粋豚の母系祖々父(L)が14頭の雌に分娩させ、1腹当りの平均離乳頭数を7.8頭とし、110頭の純粋豚(L)を生産する。その中から14頭を繁殖用の雌(L)として残し、96頭を出荷する。

第二段階の母系祖父(Y)の交配では、96頭中の雌(L)36頭に分娩させ、1腹当りの平均離乳頭数を8.5とし、306頭の豚(YL)を生産する。この中から50頭を最終繁殖用の雌(YL)として残し、256頭を出荷する。

第三段階の最終止め雄(T)との交配では、50頭の雌(YL)に各4回分娩させ、1腹当りの平均離乳頭数を9.5とし、1,900頭を出荷する。

平均世代間隔は、雄が種付け開始までの2ヶ月、妊娠期間4ヶ月、子豚の成長に6ヶ月、4回分娩に対する平均出荷期間9ヶ月の合計21ヶ月となる。

この交配システムでは、母系祖々父と母系祖父からそれぞれ形質が伝わる子孫の期待頭数を求める必要がある。

ii-a) 母系祖々父(L)から形質が伝わる期待頭数と期待腹数

第一段階の交配では、増体および屠体形質に関する割引き後の比率(P/T)は、18ヶ月目で第一回目の1/2を支払い、以後21ヶ月目ごとに支払うので、0.7913となる。このときの期待頭数は、75.96頭(96頭×0.7913)となる。

第二段階では、39ヶ月(18ヶ月+21ヶ月)後に第一回目の1/4を支払い、以後21ヶ月目ごとに支払う。このときの割引き後の比率は0.3458となり、期待頭数は88.52頭(256頭×0.3458)となる。

第三段階では、60ヶ月(18ヶ月+21ヶ月+21ヶ月)後に第一回目の1/8を支払い、以後21ヶ月目ごとに支

払う。このときの割引き後の比率は0.1511となり、期待頭数は287.10頭(1,900頭×0.1511)となる。

この交配方法での母系祖父による第一段階から第三段階までの合計期待頭数は、451.58頭となる。

次に、生存産子数と21日齢1腹子豚総体重の形質が及ぶ子孫の期待腹数を計算する。

第一段階から第二段階では、39ヶ月(18ヶ月+21ヶ月)後に第一回目の1/2を支払い、以後21ヶ月目ごとに支払う。このときの割引き後の比率は0.6916となり、期待腹数は34.58腹(14×0.6916+36×0.6916)となる。第三段階では、60ヶ月(39ヶ月+21ヶ月)後に第一回目の1/4を支払い、以後21ヶ月目ごとに支払う。このときの割引き後の比率は0.3022となり、期待腹数は60.44腹(200腹×0.3022)となる。

この交配方法での母系祖父からの期待腹数は、第一段階から第三段階までを合計して95.02腹となる。

ii-b) 母系祖父(Y)から形質が伝わる期待頭数と期待腹数

第一段階の交配において、増体および屠体形質は18ヶ月後に1回のみの支払いとなり、割引き後の比率は、0.8909となる。血縁係数は1/2であるから、このときの期待頭数は114.04頭(256頭×0.8909×0.5)となる。

第二段階では、39ヶ月後に1回のみの支払いとなり、割引き後の比率は0.7787となる。血縁係数は1/4となるので、このときの期待頭数は369.88頭(1,900頭×0.7787×0.25)となる。

母系祖父からの期待頭数は、第一段階と第二段階を合計した483.92頭となる。

次に、母系祖父からの生存産子数と21日齢1腹子豚総体重の形質が及ぶ期待腹数は、39ヶ月後(18ヶ月+21ヶ月)に1回のみの支払いとなり、割引き後の比率は0.7787となる。血縁係数は総て1/2になるので、このときの期待腹数は77.87腹(200腹×0.7787×0.5)となる。

以上の結果より、この特定静止交配における母系祖父と母系祖母による増体・屠体形質の影響が及ぶ平均期待頭数は、両者の影響頭数を平均して467.75頭となる。同様に、生存産子数と21日齢1腹子豚総体重の形質の影響が及ぶ平均期待腹数は、両者を平均して86.45腹となる。

iii) 止め雄としての交配(Terminal)

止め雄は、表4が示すように平均70分娩に関与し、平均離乳頭数を9.5頭と仮定すれば、出荷頭数は665頭となる。

18ヶ月後に1回のみの支払いとなり、割引き後の比

率(P/T)は0.8909となる。血縁係数は1/2となるので期待頭数は296.25頭(665頭×0.8909×0.5)となる。

3. 交配方法における選抜指数

生存産子数(添字記号L)、21日齢1腹子豚総体重(添字記号W)、出荷体重到達日齢(添字記号D)及び背脂肪厚(添字記号B)の各形質における真の遺伝的価値を、それぞれ G_L 、 G_W 、 G_D 、 G_B とし、各形質の経済的価値を A_L 、 A_W 、 A_D 、 A_B とすれば、総合経済育種価は、次式で与えられる。

$$H = A_L G_L + A_W G_W + A_D G_D + A_B G_B$$

また、各形質の推定育種価をそれぞれ EBV_L 、 EBV_W 、 EBV_D 、 EBV_B とすれば、選抜指数値Iは次式で与えられる。

$$I = B_1 EBV_L + B_2 EBV_W + B_3 EBV_D + B_4 EBV_B$$

HとIの相関関係が最大となるように、重み付け係数 $B_1 \sim B_4$ を計算すると、各重み付け係数は次式で与えられる^{2,3)}。

$$B_1 = a'_L + a'_W \cdot b'_{WL} + a'_D \cdot b'_{DL} + a'_F \cdot b'_{FL}$$

$$B_2 = a'_W + a'_L \cdot b'_{LW}$$

$$B_3 = a'_D + a'_L \cdot b'_{LD} + a'_B \cdot b'_{BD} + a'_F \cdot b'_{FD}$$

$$B_4 = a'_B + a'_D \cdot b'_{DB} + a'_F \cdot b'_{FB}$$

a'_L 、 a'_W 、 a'_D 、 a'_B 、 a'_F は、先に計算した各形質の1単位改善される価値 a_L 、 a_W 、 a_D 、 a_B 、 a_F と表4で示した各種交配方法での期待頭数 N_0 と期待腹数 N_L の積である。すなわち、改善された形質が子孫まで及ぶ経済価値を示している。 b_{ij} は、j形質からi形質への偏回帰係数である。表5¹²⁾に示した形質間の偏回帰係数を用いて、各交配方法における重み付け係数 $B_1 \sim B_4$ を表6に示す。

表6には、ここで計算した値(JPN)とパデュー大学(USA)で用いている各形質の経済価値を比較して掲載した。ただし、1ドルを160円で換算している。このレートでは、生存産子数、21日齢1腹子豚総体重、背脂肪厚の経済価値はUSAに比べJPNの方が小さい。出荷体重到達日齢に対する経済価値は、USAに比べJPNの方が大きいことが分る。

表6で示した指標を実際に用いる場合は、各係数を10,000程度の値で割り、極端に大きな数値を避け、指標全体に100を加え平均が100になるようにしている。

表6の背脂肪厚の経済価値における β_R 、 β_M 、 β_T は、先に説明したように背脂肪厚が三段階に価値基準を分けた値を意味している。JPNとUSAの背脂肪厚における経済価値が、EBVに対しどのように変化するかを図1に示す。

表6の出荷体重到達日齢(B_3)における経済価値

表 5 形質間の偏回帰係数¹⁾

項目	偏回帰係数 ²⁾	項目	偏回帰係数	項目	偏回帰係数
b _{LW}	0.0458 P/lb	b _{BD}	-0.00263 I/D	b _{FL}	-0.0315 U/P
b _{WL}	3.392 lb/P	b _{FB}	0.593 U/I	b _{DL}	-2.278 D/P
b _{DB}	-23.73 D/I	b _{FD}	0.0146 U/D	b _{LD}	-0.0395 P/D

1) Genetic Regression, 文献 No.9 参照.

2) P: pig, lb: pound, D: day, I: inch, U: unit

表 6 交配方法における指標値

係数 (単位, 円/頭)	国名	交 配 方 法		
		Rotational	Maternal	Terminal
B ₁	J P N	232,367	535,955	48,152
	U S A	246,400	598,400	39,360
B ₂	J P N	10,595	27,379	
	U S A	12,800	33,600	
B ₃	J P N	-29,374- α_R ²⁾	-51,767- α_M	-21,843- α_T
	U S A	-24,960	-46,400	-16,960
B ₄	J P N	-350,461- β_R ³⁾	-536,976- β_M	-340,094- β_T
	U S A	-472,000	-721,600	-457,600

 $\alpha_R, \alpha_M, \alpha_T$: 背脂肪からの影響分, $\beta_R, \beta_M, \beta_T$: 増体からの影響分

$\alpha_R, \alpha_M, \alpha_T$ は, 背脂肪厚による経済価値の影響分を示す。背脂肪厚が 2.2 cm 以上の場合, 出荷体重到達日齢の経済価値は JPN と USA ではほぼ同じ値を示した。2.2 cm 以下では, USA より JPN の数値が若干大きな値となった。

母豚を繁殖能力や母性能力に応じてランク付けするには, 生存産子数と 21 日齢 1 腹子豚総体重の経済価値に基づいて母豚生産性育種指数 (Sow Index) を計算することができる。

$$B_1 = a_L + a_W \cdot b_{WL}$$

$$B_2 = a_W + a_L \cdot b_{LW}$$

各記号は, 前節で計算した形質 1 単位当り改良の価値であり, その値は表 5 に示した通りである。

$$\text{Sow Index} = 100 + 17.2 \text{EBV}_L + 1.0 \text{EBV}_W$$

従来の母豚生産性インデックス (SPI)¹²⁾とは異なり, このインデックスは, 個々の形質に対し EBV が使われ, 母豚とその肉親のデータを含んだものとなっている。USA でのこのインデックスは, 生存産子数が 21 日齢 1 腹子豚総体重の 1.0 に対し, 16.1 の重み付けをおこなっている。JPN では 17.2 であり, 生存産子数に対する経済価値が大きいことが分る。

以上, 著者らが進めている育種改良プログラムにおいて, 種豚選抜の為に使われているインデックスについて述べた。また, 本論で比較した USA のインデックスは, 同様の手法において, 著者の一人である A. SCHINCKEL らが中心となり, U.S. Swine Breed Association で進める育種改良プログラム「STAGES」¹¹⁾でも用いられている。これらのインデックスと本論のインデックスとの違いについても述べた。

ここでは, 経済価値が高く, しかも現実的に測定が可能な生存産子数, 21 日齢 1 腹子豚総体重, 出荷体重到達日齢, 背脂肪厚についてのインデックスを用いた。今後, 種付け間隔, 母豚における初産の分娩日齢, 実際の飼料要求率, 赤肉割合といった形質の導入も考えられる。しかし, 多くの形質を考慮すればそれだけ改良が遅くなることも考慮しなければならない。

このインデックスは, 異なった農場での交配プログラムに対して, 個々に正しくランク付けをすることも可能になり, 顧客が購買するときのサービスとしても使うことができる。また今後の育種改良方法として, BLUP 法¹⁶⁻¹⁹⁾が中心になってくると思われるが, この場合でも多形質を考慮し, しかも回転が早く, 育種目標がはっ

図 1 EBV に対する背脂肪厚の経済価値

きりと定めにくい種豚改良では、このインデックスの利用が有効と思われる。更に、各形質の遺伝率や形質間の偏回帰係数も、日本の種豚群によって求め、その精度を高める必要がある。

文 献

- 1) 杉本隆重・高橋 弘・新部昭夫：日本養豚学会第 48 回大会，要旨 3，名古屋，1987。
- 2) HAZEL, L.N. : Genetics, 28, 476-490, 1943.
- 3) 内藤元男：畜産学大事典，養賢堂，東京，178-179, 206-208, 1978.
- 4) 山田行雄・横内圀生・西田 明：日本家禽学会誌，11, 143-146, 1974.
- 5) 杉本隆重・高橋 弘・新部昭夫・A. SCHINCKEL：日本養豚学会第 49 回大会，要旨 33，東京，1988.
- 6) BRASCAMP, E.W. : Model Calculations Concerning Economic Optimization of AI-breeding with Cattle. Agri. Res. Rep. 846, Agri. Univ., Wageningen, the Netherlands, 1975.
- 7) McLAREN, D.G. and A. SCHINCKEL : The Economic Impact of Genetic Improvement. Swine Genetic, Fact Sheet No. 1, Purdue Univ., 1988.
- 8) SCHINCKEL, A. : The Purdue Swine Improvement Program. Animal Sciences Swine, AS-435, Purdue Univ., 1984.
- 9) SCHINCKEL, A. : Using Estimated Breeding Values for Swine Improvement. Animal Sciences Swine, AS-436, Purdue Univ., 1984.
- 10) SCHINCKEL, A. : Programming Outline for Calculating Estimated Breeding Values in Swine. Station Bulletin No. 450, Purdue Univ., 1984.
- 11) SCHINCKEL, A., D.L. HARRIS, T.S. STEWART and D.L. LOFGREN : Swine Testing and Genetic Evaluation System: Concepts. Animal Sciences Swine, AS-446, Purdue Univ., 1987.
- 12) HUBBARD, DIXON D. : Guide Lines for Uniform Swine Improvement Program. 2, NSIF, 1981.
- 13) 最近における豚枝肉の格付動向，日本食肉格付協会，1986.
- 14) ARNOLD, G. : Nebraska Swine Report. Extension Service, Nebraska Univ., 1982.

- 15) 千住鎮雄・伏見多見雄：設備投資計画法, 290, 日科技連, 東京, 1974.
- 16) HENDERSON, C.R.: J. Dairy Sci., **57**, 963-972, 1974.
- 17) BLAIR, H.T. and E.J. POLLAK: J. Anim. Sci., **58**, 1090-1096, 1984.
- 18) KENNEDY, B.W.: J. Anim. Sci., **58**, 338-345, 1984.
- 19) HENDERSON, C.R.: J. Anim. Sci., **60**, 111-117, 1985.

A CASE STUDY ON THE ECONOMIC BREEDING VALUE AND THE SELECTION INDICES FOR SWINE SEEDSTOCK IMPROVEMENT

Takashige SUGIMOTO, Hiroshi TAKAHASHI*, Akio NIIBE and Allan SCHINCKEL**

Computer Center, Tokyo University of Agriculture,
Setagaya-ku, Tokyo, 156

* Global Pig Farms Inc., Hokkitsu-mura, Gumma 377

** Department of Animal Science, Purdue University,
West Lafayette, Indiana 47907

Due to the development of high-speed and efficient computers of small sizes in recent years, EBV's (Estimated Breeding Values) which account for not only own records but also relatives' records have been used for selection of swine seed-stock. Multiple traits must be simultaneously taken into consideration for swine genetic improvement. For this reason, the selection index method which accounts for the relative economic values of each trait per unit of genetic improvement is required.

In this paper, the economic values per unit of improvement in terms of number of baby pigs born alive (NBA), litter weight adjusted for 21 days of age (LW 21), number of days required for reaching body weight of 105 kg (DAY) and back fat thickness adjusted for the body weight of 105 kg (BF) are calculated by using the data obtained from swine producers in Japan.

The coefficients of the selection indices for maternal line, rotational line and terminal sire line are calculated with the Japanese economic values. In the U.S.A., the lower the value for BF, the higher will be the indice, while, in Japan, negative quadratic value is adopted; i.e. both overly fat and overly lean carcasses are subject to deduction of economic values.

It was realized that the larger NBA will contribute more in Japan to the economic values than the larger total LW per litter due to the higher costs of feed smaller number of sows per farm labor than the counter-parts in the U.S.A.

Jpn. J. Swine Science **25**, 4 : 171-180