

## 豚の閉鎖群育種における BLUP 法アニマルモデルの利用

農水省畜産試験場育種部 佐藤正寛

### はじめに

これまで閉鎖群育種において選抜候補豚の遺伝的能力を評価・選抜する方法として、選抜指数法が広く用いられてきた。しかし、最近では当該世代の選抜候補豚自身の記録だけでなく、選抜候補の血縁情報を活用する多形質の BLUP 法アニマルモデルが利用されるようになってきた。1970年代に開発されたこの理論は、当初計算量が膨大であったため実用的ではなかったが、コンピュータの能力の向上とともに育種現場での利用が可能となった。世界的にみても、選抜候補豚の評価は多形質の BLUP 法アニマルモデルが主流になりつつある。わが国でも、豚の閉鎖群育種における遺伝的能力の評価法として、多形質の BLUP 法アニマルモデルが利用されるようになってきた。本文では、豚の種畜評価法としての多形質の BLUP 法アニマルモデルについての概要とその利用の現状について述べることにする。

### 1. 育種価とは何か

豚の一日平均増体重、背脂肪厚、産子数などの形質は量的形質とよばれ、これらの形質には数多くの遺伝子が関与していると考えられている。いま、豚の一日平均増体重 (DG) を改良することを考える。われわれが実際に把握できる DG の測定データ (表型価) は、個体の持つ遺伝子の DG に関する能力 (遺伝的能力) と気温、日長時間、飼料成分、畜舎の構造といった環境による影響の

双方が関与していると考えられる。そのため、DG の表型価の高い豚を選抜したとしても、必ずしも選抜された豚の DG の遺伝的能力が高いとはいえない場合がある (図1)。

遺伝的能力を直接測定することはできないが、もしこれが直接測定できるとすれば豚の改良効率は飛躍的に向上するだろう。しかし、遺伝的能力の高い親から必ずしも遺伝的能力の高い子が生まれるとは限らない。例えば、DG に関連する遺伝子座の一つが優性遺伝子と劣性遺伝子の2種類の対立遺伝子からなり、優性遺伝子を持った場合にはプラスの効果、劣性遺伝子を持った場合にはマイナスの効果が発現するとする。一方、ヘテロシス効果のように優性遺伝子と劣性遺伝子を1つずつ

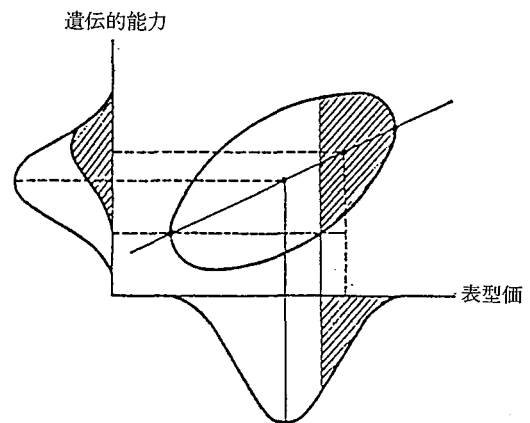


図1 表型価で切選された集団における遺伝的能力の分布

## 豚の閉鎖群育種における BLUP 法アニマルモデルの利用

つ持つ場合にもプラスの遺伝的能力が発現するでしょう。したがって、優性遺伝子を2つ持つ親も、優性遺伝子と劣性遺伝子を1つずつ持つ親もプラスの遺伝的能力を有する。しかし、前者を親とした子は常に優性遺伝子を受け継ぎ、後者を親とした子は優性遺伝子と劣性遺伝子を受け継ぐ確率がともに2分の1となる。したがって、前者の遺伝子を有する親はDGに関しプラスの効果を持ち、後者の遺伝子を有する親は平均的にプラスマイナスゼロの効果を持つことになる。このように、親の能力ではなく遺伝子が伝えられた子に生じる遺伝的能力を、その親の相加的遺伝子効果という。また、ヘテロシス効果のように相加的遺伝子効果以外の遺伝的效果を非相加的遺伝子効果という。

選抜によって遺伝的能力の優れた豚を育種改良するためには、相加的遺伝子効果の高い豚を種豚として選ぶ必要がある。そのため、相加的遺伝子効果は育種価とよばれ、選抜は一般に育種価を指標にして行われるのである。

## 2. 育種価の推定方法

われわれが実際に把握できる表型価は、育種価、非相加的遺伝子効果および環境効果の和として表される。それでは表型価からどのように育種価を推定すればよいのだろうか。もし選抜候補の間に血縁関係がなく同一環境下で選抜候補の表型価が得られるならば、表型価そのものを育種価の推定値として用いることができよう。また、選抜候補自身の表型価に加えて選抜候補の両親の表型価が得られるならば、それらを利用することによって育種価の推定精度を高めることができよう。育種価は親から子に相加的に伝わる遺伝子

の効果であるため、一般に、選抜候補の血縁個体の表型価を利用することによって育種価の推定精度を高めることができる。

一方、異なる環境条件下で飼育された選抜候補の育種価を推定するためには、表型価を環境効果で補正する必要がある。環境効果の補正值としては、各環境下で得られた表型価の平均値を用いることが考えられる。しかし、ある環境下で飼育されている集団の育種価の平均がたまたま他の環境下で飼育されている集団のそれよりも高い場合には環境効果が過剰推定されるため、結果として育種価は低く推定されてしまうことになる。このような場合、環境効果の補正に各環境下で得られた形質の表型価平均を用いることは妥当ではないことがわかる。

これまで種豚の評価には、同一環境を仮定するか表型平均による環境効果の補正を行い、個体自身の表型価の利用を中心とする選抜指数法が用いられてきた。一方、血縁情報を積極的に利用し、環境効果を偏ることなく補正することによって育種価を推定する方法がBLUP法アニマルモデルである。通常豚の選抜形質は一つではないため、豚では一般に多形質のBLUP法アニマルモデルが用いられる。

## 3. BLUP法アニマルモデルの特徴

BLUP法アニマルモデルを種畜評価に用いる最大の理由は、選抜指数法などの従来の種畜評価法に比べて育種価の推定精度、すなわち選抜の正確度が高くなることにある。選抜の正確度が高くなる理由としては、「選抜候補個体の血縁情報の利用」および「年次や群などの異なる環境下で得られたデータの最小二乗平均による補正」の2つ

があげられる。すなわち、血縁情報量の増加による遺伝的能力のより正確な推定と母数効果の補正による環境効果のより正確な推定の両者により、選抜の正確度が従来の方法以上に高まることになる。選抜の正確度が高まれば、これに比例して年あたりの遺伝的改良量が大きくなる(図2)。また、BLUP法アニマルモデルでは、記録の得られた時期が異なる場合や異なる豚群における種豚の遺伝的能力の比較も可能である。さらに、コントロール集団(無作為選抜集団)を持たない場合でも遺伝的趨勢(遺伝的能力の変化)を推定することができるため、育種目標に即した選抜がなされているかどうかをチェックすることが可能である。

以上のように、BLUP法アニマルモデルの利用には多くの優れた側面があるにもかかわらず、乳牛等の大家畜に比べてその利用が遅れていた。その原因として、①豚は多胎であるため選抜候補のきょうだい数が多く、選抜指数法による選抜の

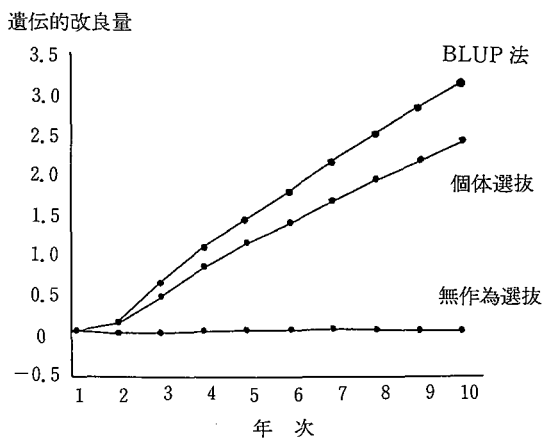


図2 個体選抜とBLUP法アニマルモデルで選抜した場合の遺伝的改良量の推移  
(遺伝率=0.3, 遺伝的改良量の単位は1表型標準偏差; Belonsky & Kennedy, 1988)

正確度が比較的高いこと、②育種計画に基づいた斉一性のある(欠測記録のない)データを収集することが容易であること、③防疫などの理由により種豚の群間交流が少ないこと、④数多くの個体を同一環境下で飼育できるため、環境補正の必要性が少ないこと、⑤世代間隔が短いため、短時間のうちに種畜を評価して選抜する必要があること、⑥種畜の頭数が多くかつ選抜形質が複数であるため、キングサイズの行列計算を必要とすること、などがあげられる。しかし、豚の閉鎖群育種では先にあげたようなことはほとんど問題にはならない。

#### 4. 閉鎖群育種への利用

豚の閉鎖群育種において、BLUP法アニマルモデルを用いた種豚評価を行い、すでに系統として確立されたものとしては、愛知県で造成されたランドレース種および東京都で造成された合成系統があげられる。前者は主に産子数をBLUP法アニマルモデルによって改良した系統であり、後者は北京黒豚、パークシャー種およびデュロック種の3品種を基礎豚として、増体や肉質を中心に複数の形質をBLUP法アニマルモデルによって改良した系統である。この他にも多くの県、家畜改良センター、民間などにおいて、豚の閉鎖群育種にBLUP法アニマルモデルが取り入れられ、現在育種改良がすすめられているところである。

#### 5. 育種現場への応用

種豚評価にBLUP法アニマルモデルを用いるためのコンピュータやそれに対応するソフトウェアなどの技術的な問題点は、すでに解決済みであるといっても過言ではない。すなわち冒頭でも述

べたように、近年におけるコンピュータの著しい技術革新により、大型コンピュータを用いれば数百万頭、パソコンでも数万頭規模の複数形質の育種価を同時に推定することが可能となってきたのである。したがって、豚の閉鎖群育種のような比較的小規模の集団では BLUP 法アニマルモデルの利用は十分可能である。しかし、畜産先進国と同様、わが国においても今後は全国レベルでの種豚評価システムの確立が急務である。

BLUP 法アニマルモデルを豚の育種現場に応用するために問題となるのは、具体的な種豚評価システムをどのように構築していくかという点である。豚の育種改良をすすめる上で、農場で飼育されている豚のデータ、すなわちフィールドデータは欠くことのできない重要な情報である。この情報をいかに正確に、またいかにスムーズに収集するか、そしてその情報から得られた能力評価の結果を育種の現場にいかにフィードバックさせるかということ、種豚評価を行うための根幹をなす課題である。そのためには、どのようなデータを収集するのかという一定のルールづくりを行い、必要な情報を最小の労力で短時間に収集するシステムを構築する必要がある。また、これらの情報を随時分析するとともにその情報を蓄積することによって、より正確度の高い種豚評価を行い、情報の提供者に対して有益な分析結果を公表していくことが大切である。

育種改良では、情報量の増加は最終的に有益な効果をもたらす。しかし、理論的な情報分析の技術が確立していても、より正確なより多くの情報を短期間に集約するシステムが確立されていなければ、その技術は育種改良に還元されず陽の目を見ないことになりかねない。わが国の豚の育種改

良は、ようやくこのような情報収集システムを構築するために動き始めたところにあり、今後のさらなる進展に期待したい。

## 6. 理論上の問題点

BLUP 法アニマルモデルは現在のところ、豚の種畜評価を行う上で最も優れた手法の1つである。しかし、BLUP 法アニマルモデルでは、遺伝的パラメータが既知でなければならないため、あらかじめ分析したい集団の遺伝的パラメータを推定しておく必要がある。このことに関しては、近年 REML 法アニマルモデルの利用が可能になってきたため、豚の閉鎖群育種集団の規模であれば特に問題ない。しかし、より大きな規模の集団では、REML 法アニマルモデルの利用はコンピュータの演算時間や記憶容量に限界があるため困難である。また、BLUP 法アニマルモデルでは種畜評価を行う者が数学モデルを選択しなければならないが、数学モデルの選択方法に明確な基準があるわけではない。さらに、背脂肪のように薄すぎても厚すぎても枝肉としての市場性が下がる形質、すなわち利益関数が非線形である形質が選抜目標に含まれている場合には、個々の形質において推定された育種価の総合評価法が確立されていない。このような問題を含め、BLUP 法アニマルモデルにはいくつかの解決すべき問題点が残されている。これらの点については、畜産先進国をはじめとする養豚業界においても今後の研究成果を待ち望んでいるところである。

## 7. おわりに

BLUP 法アニマルモデルによって種畜の能力を正確に評価するためには、測定データと血統情

報が必要不可欠である。産子数などに比べて背脂  
肪厚や1日平均増体重などは測定が厄介であるた  
め、データの収集が難しい。しかし、選抜の対象  
となる形質に関するデータの測定をきちんと行わ  
なければ豚の育種改良は進展しない。また、血統  
情報を記録していても、これまで能力評価を伴わ  
ない利用がなされてきた。一方、BLUP法アニ  
マルモデルでは、各個体ごとの測定データの利用  
とともに選抜候補の血縁関係を利用するため、血  
統情報の管理と収集が重要な鍵となる。

先にも述べたように、豚の閉鎖群育種では、東

京都畜産試験場、愛知県畜産研究所、農水省家畜  
改良センター等をはじめとするいくつかの場所で  
BLUP法アニマルモデルが種畜評価に利用さ  
れ、新たな成果を生みつつある。また、わが国に  
おいても日本種豚登録協会を中心に、BLUP法  
アニマルモデルによって種豚の能力評価を行うた  
めの「新育種評価体制の整備」がすすめられてい  
る。このように、BLUP法アニマルモデルは今  
後ますます豚の能力評価の中心的存在となってい  
くことであろう。