

学 位 論 文 題 名

A Deterministic Model to Evaluate
the Breeding Schemes for Dairy Cattle Population
with Overlapping Generations

（世代重複した乳牛集団における最適育種計画の評価法に関する研究）

学位論文内容の要旨

性成熟年齢が高く、繁殖率の低い乳牛などの家畜集団は、一般に、年齢の異なる複数の群から種畜が選抜され世代が重複した集団を構成する。組織的な育種が継続されている集団は若い年齢群ほど能力が高く、群を越えて選抜するとより若い群からより多く選抜され、また同一年齢群内でも若い親からの個体が多く選抜される傾向がある。また、加齢に伴い、それ自身の記録と血縁個体の数が増加するので、遺伝的能力評価ないし選抜の正確度が高まる。集団の遺伝的改良のための、能力検定、能力評価と選抜、増殖交配などを含む育種計画全体を策定する際には、これらの点を考慮する必要がある。しかし、平均能力ならびに選抜の正確度が必ずしも等しくない群から選抜された個体群の年齢構成を予測する適切な方法が確立していないために、最適な育種計画を評価する有効な方法はこれまで確立されていない。

本論文では、まず、新たな選抜方法を含め、種々の年齢群内・間選抜を実施した時の選抜個体群の年齢構成と遺伝的平均能力を予測する演算法を表現型値を基礎にして一般化し、次いで、この演算法を組み入れて長期の改良量を予測し、最適な育種計画を評価する方法を確立することを主な研究目的とした。

本研究で得られた成果は次のように要約される。

1. 長期間の改良量を予測するとき、各年齢群から後代に伝達される遺伝子の比率を正しく予測する必要があります。また、適正な年齢構成で選抜されないと、選抜個体群の年齢構成と次代の選抜個体群の親の年齢構成との間に偏りが生じ、選抜効果を低下させる。この偏りの大きさとその重要性をモンテカルロ模擬実験によって検討した。選抜前の年齢群と同一の比率で群内選抜すると、年齢群ならびに選抜個体の数が数百頭と多い母畜の選抜径路では、年齢間の平均能力差と選抜の正確度が高まるに連れて、若い親からより多く選抜されて平均年齢が若くなり、明かな偏り

が認められた。しかし、年齢群と選抜個体の数が小さい父畜の選抜では、誤差変動が大きく、偏りは無視できる大きさであった。

2. 長期間の改良量を予測する従来の方法の一つであるHill(1974)のGene flow 法は親畜の年齢構成を固定していることに問題点が指摘されている。即ち、育種開始初期において、年当りの改良量が大きく変動し、年齢間の能力差も変動する。1.で認められた次代での選抜による年齢構成の偏りが理論的に生じないと考えられる選抜法として、選抜個体群の平均遺伝的能力が年齢間で等しくなる選抜法を含め、種々の年齢群内・間選抜法について、選抜群の年齢構成（平均年齢）、平均遺伝的能力を予測する演算法を、ニュートン法を用いて、表現型値を基準にして一般化し、完成させた。この方法により4～9回の反復で年齢比率の収束値が得られた。

3. 年齢群の数、群間の能力差、選抜の正確度、選抜圧等の種々の水準を組み合わせた条件の下で、模擬実験により上記の演算法の適用性を検討した。選抜個体群の平均年齢と平均遺伝的能力の理論値と模擬実験データからの計算値とはよく一致し、本演算法が有効であることを示した。本法は各年齢群が正規分布していることを前提にしているが、乳牛は一般に初産記録に基づいて一部淘汰を受け、2産以後の記録を含む成績についてはこの点が必ずしも保証されない。歪んだ分布の対処は残された今後の課題である。

4. 本演算法を用い、表現型値ないしは遺伝的能力推定値に基づく種々の年齢内・間選抜法による1世代の改良効果を予測し、選抜法間の差とその差の大きさに影響する要因を検討した。年齢群内選抜を除いて、年齢群間の遺伝的差が大きくなるに連れて選抜群の平均年齢は若くなるが、選抜の正確度の高まりに対しては表現型値と遺伝的能力推定値に基づく選抜とで変動傾向が異なる。即ち、前者では平均年齢が若くなり、後者では高くなる。年齢群数が多く、選抜圧が高まるに連れて前述の傾向がより明らかになる。期待される年当りの改良量は平均年齢の影響を大きく受け、平均年齢と同様の変動傾向を示した。本論文で新たに提示した選抜法(SS4)は遺伝的能力推定値に基づき年齢を越えての選抜法(SS3)と大きな差はないが、とくに年齢群数が多いとき最も有効な選抜であった。

5. 選抜群の年齢構成と遺伝的能力の予測演算法を組み入れて40年後までの長期の改良量を予測し、従来の方法の1つであるGene flow 法の予測値との比較並びに種々の選抜法の有効性を比較した。Gene flow 法は、年間変動の大きい初期の10年間の改良量を過小に推定する、しかし、改良効果が安定するにつれて、両方法による年当りの改良量の予測値は等しくなる。長期間にわたる改良量で選抜方法を比較すると、特定選抜経路の1世代の選抜予測で認められた新たな選抜法(SS4)と遺伝的能力表価値での年齢群を越えての選抜法(SS3)との差はなく、改良傾向はほぼ一致していた。年当りの改良量は年齢間の能力差が安定し一定になる後期では前者が大き

く、能力差の変動が大きい初期では後者が大きい傾向が認められた。このことは最適な育種計画を策定するに際しては、短期の改良予測のみでなく長期の予測値に基づいて評価、設定する必要があることを示している。

本論文で提示した手法は、世代重複した家畜集団に適用する最適な育種計画を評価する方法であり、外部集団からの家畜ないしは生殖細胞の導入やMOET等の増殖技術の応用が期待される今後の育種計画にも適用され、更に、これらの個々の技術の応用効果の予測も可能である。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 清 水 弘

副 査 教 授 朝 日 田 康 司

副 査 教 授 上 山 英 一

副 査 助 教 授 上 田 純 治

学 位 論 文 題 名

A Deterministic Model to Evaluate the Breeding Schemes for Dairy Cattle Population with Overlapping Generations

(世代重複した乳牛集団における最適育種計画の評価法に関する研究)

本論文は図31、表10、文献105を含む総頁数155の英文論文である。

乳牛等の家畜集団は、複数の年齢群から親畜が選抜され世代が重複した集団を構成する。組織的な育種が継続されている集団では、若い年齢群ほど能力が高く、加齢に伴いそれ自身の記録と血縁個体の数の増加によって遺伝的能力評価（選抜）の正確度が高まる。平均能力ならびに選抜の正確度が必ずしも等しくない複数の年齢群から選抜された群の年齢構成を予測する適切な方法がないために、能力検定、能力評価と選抜、増殖交配等を含む最適な育種計画の適正な評価法はこれまで必ずしも確立されていなかった。

本論文では、まず、新たな選抜法を含め、種々の年齢群内・間選抜を実施した時の選抜群の年齢構成と遺伝的能力を予測する演算法を表現型値を基礎にして一般化し、次いで、この演算法を組み入れて長期の改良量を予測し、最適な育種計画を評価する方法を確立することを主な目的とした。

本研究で得られた成果は次のように要約される。

1. 最適な選抜が実施されないときに生じる、選抜群の年齢構成と次代の選抜群の親の年齢構成との偏りをモンテカルロ模擬実験によって検討した。選抜前と同一の比率で群内選抜すると、年齢群ならびに選抜個体の数が数百頭と多い母畜の選抜径路では、年齢間の平均能力差と選抜の正確度が高まるにつれて、若い親からより多

く選抜され、明かな偏りが認められた。しかし、数が小さい父畜の選抜では、誤差変動が大きく偏りは無視できた。

2. 育種開始初期において、年当りの改良量が年間で大きく変動し、年齢間の能力差も変動する。1.で認められた年齢構成の偏りが理論的に生じない選抜法として、選抜群の遺伝的能力が年齢間で等しくなる選抜法(SS4)を含め、種々の年齢群内・間選抜法を適用した時の、選抜群の年齢構成(平均年齢)と遺伝的能力を予測する演算法を、ニュートン法を用いて一般化し、完成させた。

3. 年齢群の数、群間の能力差、選抜の正確度、選抜圧等の種々の水準を組み合わせた条件下で、模擬実験により上記演算法の有効性を検討した。選抜群の平均年齢ならびに平均遺伝的能力の理論値と模擬実験データからの計算値とはよく一致し、本演算法が有効であることを検証した。

4. 本演算法を用い、種々の方法による1世代の年齢群内・間選抜を実施した時の改良効果を予測し、選抜法間の差異に影響する要因を検討した。年齢群内選抜を除いて、群間の遺伝的差が大きくなるにつれて選抜群の平均年齢は若くなり、選抜の正確度の高まりに対しては表現型値に基づく選抜で若く、遺伝的能力推定値に基づく選抜で逆に高くなる傾向が認められた。年齢群数が多く、選抜圧が高まるにつれて前述の傾向がより明らかになった。年当りの期待改良量は平均年齢と同様の変動傾向を示した。SS4選抜法は遺伝的能力推定値に基づく他の選抜法(SS3)と大きな差はないが、特に年齢群数が多いとき最も有効な選抜法であった。

5. 乳牛集団を想定し、選抜群の年齢構成と遺伝的能力の予測演算法を組み入れて40年後までの長期の改良量を予測し、Gene flow法の予測値との比較並びに種々の選抜法の有効性を比較した。従来のGene flow法は、年間変動の大きい初期の10年間の改良量を過小に推定した。しかし、改良効果が安定するにつれて、両法による年当りの改良量の予測値は等しくなった。長期間の改良量で選抜法を比較すると、4.で認められたSS4とSS3法との差はなく、両選抜法の改良傾向はほぼ一致していた。このことは、最適な育種計画を策定するに際しては、1世代のみの改良予測でなく長期間の予測が必要であることを示している。

本論文で提示した手法は外部集団からの家畜ないしは生殖細胞の導入やMOET等の増殖技術の応用効果の予測にも適用可能であり、学術的のみならず実用的にも家畜育種に大きく貢献するものである。

よって審査員一同は別に実施した最終試験の結果とあわせて、本論文のの提出者アブドウル ガファル は博士(農学)の学位を受けるに十分な資格あるものと認定した。