

目次

- [I. 序文](#)
- [II. 体測定値および牛群滞在期間の遺伝的パラメータ推定](#)
 - [1. 緒言](#)
 - [2. 材料および方法](#)
 - [3. 結果](#)
 - [4. 考察](#)
- [III. 非線形成長曲線への当てはめによる体測定値に最適な成長曲線モデルの決定](#)
 - [1. 緒言](#)
 - [2. 材料および方法](#)
 - [3. 結果](#)
 - [4. 考察](#)
- [IV. 体測定値の成長パラメータと牛群滞在期間との関連性](#)
 - [1. 緒言](#)
 - [2. 材料および方法](#)
 - [3. 結果](#)
 - [4. 考察](#)
- [V. 分娩前後の体重変化と牛群滞在期間との関連性](#)
 - [1. 緒言](#)
 - [2. 分娩前後の体重変化を線形指標として捉えた場合の牛群滞在期間との関連性](#)
 - [3. 分娩前後の体重変化を非線形指標として捉えた場合の牛群滞在期間との関連性](#)
- [VI. 体測定値情報を用いた牛群滞在期間に関する総合選抜指標の検討](#)
 - [1. 緒言](#)
 - [2. 材料および方法](#)
 - [3. 結果](#)
 - [4. 考察](#)
- [VII. 総括](#)
- [VIII. 摘要](#)
- [謝辞](#)
- [引用文献](#)
- [Summary](#)

平成18年12月6日原稿受理

自給飼料酪農研究チーム

[次へ進む](#)

1. 序文

乳牛においては乳生産性が非常に重要な経済形質である。我が国では近年、後代検定事業の普及や輸入精液の利用により、1頭当たりの乳量は飛躍的に増加した。経産牛1頭あたりの平均乳量は、後代検定事業の始まった1975年の約4,500kgから、2003年の約7,600kgへと、20年弱で3,000kg超の増加を示している（（社）家畜改良事業団推定）。

しかし、このような乳量増加の一方で、乳牛の供用年数は短縮の傾向にある。北海道における平均産次数の推移を見ると、1983年から短縮の傾向が現れ、当時の3.5産から2003年には2.8産にまで低下している。

これら平均産次数の短縮の要因として、主に次の2つが考えられる。1つは計画的更新による自発的な淘汰であり、もう1つは非計画的更新による非自発的な淘汰である。前者によって産次数の減少が進む理由として、更新によって世代間隔を短縮し改良量を増大させようという酪農家の意図が考えられる。しかし実際には、更新による改良量増大に基づいた生涯日乳量の増加よりも、長く乳生産を続けさせることによる増加の方が大きい（[第1表](#)）。さらに大きな問題となるのは、経営者の意図に反して乳牛の傷害や疾病により思わぬ淘汰を強いられる後者の場合である。非自発的淘汰を減少させることにより、乳牛生産寿命を長くすることは、1) 高乳量を発揮する3, 4産次までの利用, 2) 寿命延長にともなう雌牛数の増加による牛群の選抜淘汰圧の拡大, 3) 雌牛の更新費用の減少につながる。

ここで、「機能的生涯生産性 (functional longevity)」の考え方が重要となる

([DUCROCO, 1988a](#))。すなわち、乳牛の持つ淘汰を遅らせる能力を真の生涯生産性 (true longevity) と定義し、非自発的淘汰を遅らせる能力である機能的生涯生産性と区別しようという考え方である。DUCROCOは前者には高乳生産性、後者には乳生産以外の要素が関与しているとした。したがって機能的生涯生産性とは、乳量の高低に関わらず、牛群に健康で存在し続ける能力を表す。この機能的生涯生産性を乳牛の選抜指標に取り入れることで、長命性と乳生産性の両方を考慮した選抜が可能となる。

乳牛の生涯生産性を表す形質としては、除籍月齢・在群寿命、産次数、在群期間、生産期間、生涯産乳量、在群性などが一般的に使用されている。ここで、除籍月齢・在群寿命は牛群から除籍された年月日までの月齢を表し、産次数は除籍された年月日までに分娩した回数を表している。しかしこれらの形質はいずれも、当該個体が牛群から除籍されるまで記録を得ることができない。そのため、基準となる月齢あるいは産次を設定し、その時点までの月齢もしくは産次を記録として扱う方法も用いられている。例えば、72ヶ月齢を基準とした場合、72ヶ月齢で生存していればその個体の除籍月齢は72ヶ月齢となり、それ以前に除籍されていれば除籍された時点までの月数が除籍月齢となる。在群期間は初産分娩月齢から基準となる月齢までの月数あるいは日数で示され、生産期間は在群期間のうち実際に搾乳した月数あるいは日数で示される。生涯産乳量は生産期間内の総乳量や総乳成分量である。在群性とは、あらかじめ設定したある月齢や産次において、当該個体が牛群に在籍しているか否かを0か1かで表すものである。

これら生涯生産性を表す形質を用いて、直接選抜を行うことは困難と考えられる。その理由として、以下の2つが挙げられる。1つは、記録を得るまでに長い時間を要することである。除籍月

齢・在群寿命，産次数といった形質は前述したように当該個体が淘汰されるまで記録を得ることはできない。また，あらかじめ基準点を設定し，データを切断して記録を得た場合でも，低い月齢で切断した除籍月齢とより高い月齢での除籍月齢との間の遺伝相関はあまり高くない（河原ら，1996）ことから，結局ある程度の期間を経なければ精度の高い記録を得ることはできない。もう1つは，これまでに推定されたこれらの形質の遺伝率が一般的に低いことである。河原ら（1996）は0.02～0.12，VANRADENとKLAASKATE（1993）は0.05～0.085，BOLDMANら（1992）は0.03，SHORTとLAWLOR（1992）は0.02～0.10，HUDSONとVAN VLECK（1981）は0.02～0.05と，ほとんどの形質について0.1以下の低い遺伝率を推定している。

そこで，これら生涯生産性と相関のある形質を早期に利用することが考えられるが，生涯生産性は体型形質と中程度の相関が存在することが知られている。BURKEとFUNK（1993）は14の線形式体型審査形質が，牛群寿命の変動の14%を説明するとした。またDEKKERSら（1994）は主に乳房に関連した体型審査形質と機能的牛群寿命との間に，0.2から0.3程度の遺伝相関が存在すると推定した。さらに河原ら（1996）による推定では，機能的生涯生産性と後乳房の高さとの間に0.22～0.37，乳房の懸垂との間に-0.02～0.29など，やはり乳房に関連した形質との間に低から中程度の遺伝相関が認められた。今後，これらの形質に加え，さらに早期に選抜可能な，あるいはより高い相関を持つ形質の特定が必要である。

以上の背景から本研究では，乳牛の生涯生産性と相関を持つ，早期に選抜可能な体重・体型形質を探索することを目的とした。まずIIにおいて，対象集団における体測定値および牛群滞在期間に関する遺伝的パラメータの推定を行った。IIIにおいては育成段階の体測定値を利用した早期の選抜を目標として，乳牛の早熟性と牛群滞在期間との関連について調査するため，非線形回帰を用いて体測定値の成長曲線への当てはめを行った。IVではIIIにおいて決定された成長曲線モデルを用い，推定された各成長パラメータと牛群滞在期間との間の相関を調査した。Vでは，乳牛において分娩が牛群滞在期間に与える影響を考慮し，分娩前後における体重変化と牛群滞在期間との関連を明らかにするため，体重の推移から線形および非線形パラメータを推定し，それらと牛群滞在期間との間の相関を調査した。最後にVIでは，III，IVおよびVにおいて推定された体測定値に関する各パラメータを用いて牛群滞在期間への重回帰分析を行い，生涯生産性改良に有用な指標について総合的に検討を行った。

[次へ進む](#) [目次に戻る](#)

II. 体測定値および牛群滞在期間の遺伝的パラメータ推定

1. 緒言

乳牛の体型形質はかつて、産乳能力を間接的に判断する手段として利用されてきた（[GRANTHAMら, 1974](#), [VAN VLECKら, 1980](#)）。しかし、今日のように牛群検定事業が普及した状況においては、産乳能力の間接選抜指標としての意義は薄れてきている。また体型形質のみでは、多種多様な環境要因に支配される産乳能力を推定することは困難であるという報告もあり（[西村ら, 1986](#)）、乳牛の体格は連産性、強健性や持久性との関わりから、生涯生産性との関連を論ずる方向に推移してきている。例えば体測定値の中でも胸深は粗飼料の消化能力に関係すると言われており、寛幅や腰角幅は分娩難易度に影響することが知られている（[日本ホルスタイン登録協会北海道支局, 2005](#)）。

そこで本章では、体測定値と生涯生産性との関連を調べるため、初産分娩後の体測定値および牛群滞在期間について遺伝的パラメータの推定を行った。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

II. 体測定値および牛群滞在期間の遺伝的パラメータ推定

2. 材料および方法

材料としては、1980年から2000年の間に北海道農業研究センター（以下北農研と略す）で飼養されていたホルスタイン種雌牛244頭の記録を用いた。体測定値として考慮したのは、体重記録および10部位の体尺測定記録である。詳細な測定部位および名称については第1図に示した。測定は北農研総合畜舎内で行われ、生後24ヶ月齢から48ヶ月齢までは6ヶ月おきに、48ヶ月齢以降は12ヶ月おきに行われた。また生涯生産性を表す形質として、牛群滞在期間（herd life）を取り上げた。これは生まれてから淘汰されるまでの日数である。

体重および体型測定値に影響を与える要因はいくつか知られている（HAYESとMAO, 1987, FUNKら, 1991）が、今回は事前に最小二乗分散分析（HARVEY, 1975）を行い、有意な影響を及ぼす要因を調べた。その際、取り上げた要因は測定時年次、測定時月齢および測定時泌乳ステージである。ここで、測定時年次については1984年以前と2000年以降をそれぞれ1クラスとし、1985年から1999年までは1年1クラスとして計19クラスに、測定時月齢については24ヶ月齢から6ヶ月齢毎に5クラス、48ヶ月齢から12ヶ月毎に5クラスの計10クラスに、測定時泌乳ステージについては乾乳期、分娩後100日まで、101～200日、201日以降の4クラスに、それぞれクラス分けを行った。

分散分析の結果1%水準で有意であった測定時年次（year）、測定時月齢（age）および測定時泌乳ステージ（SOL）の3つを母数効果として取り込んだ数学モデル（1）を用いて遺伝的パラメータの推定を行った。

$$Y_{ijklm} = year_{n:i} + age_{n:j} + SOL_{n:k} + bv_{n:i} + e_{n:ijklm} \quad (1)$$

ここで、

$Y_{n:ijklm}$: n 番目の形質における l 番目の個体の記録

$year_{n:i}$: n 番目の形質における i 番目の測定時年次の母数効果

$age_{n:j}$: n 番目の形質における j 番目の測定時月齢の母数効果

$SOL_{n:k}$: n 番目の形質における k 番目の測定時泌乳ステージの母数効果

$bv_{n:i}$: n 番目の形質における l 番目の個体の育種価（変量効果）

$e_{n:ijklm}$: n 番目の形質における残差効果（変量効果）

である。

一方、牛群滞在期間については以下の2つのモデルを取り上げた。1つめは真の牛群滞在期間（true herd life, THL）モデルである。このモデルでは、淘汰に与える乳生産の影響を特に考慮しない。すなわち、低乳量による自発的・計画的淘汰と、疾病や傷害による非自発的・非計画的淘汰との区別を行わず、ただ牛群に滞在する期間を推定するものである。しかし、本来望ましくないのは経営者の意図しないところで起こる後者の非自発的・非計画的淘汰であり、両者は区別して考える必要がある。

そのため、2つめのモデルとして機能的牛群滞在期間（functional herd life, FHL）モデルを考慮した。これは淘汰に与える乳生産の影響を取り除くことで、産乳能力とは切り離された、乳牛の

非自発的淘汰を遅らせる能力を推定するという考え方 (DUCROCOら, 1988a) に基づく。この機能的牛群滞在期間と産乳能力を同時に改良していくことで、高い乳生産と長命性を両立することが可能となる。

具体的なモデルについては以下に示す。まずTHLモデルにおいては、影響を与える要因として、出生年 (BY) , 初産分娩月齢 (AFC) および初回搾乳期間 (FLL) の3つの母数効果を考慮した。数学モデルは以下のように表される。

$$Y_{ijklm} = BY_i + AFC_j + FLL_k + bv_l + e_{ijklm}$$

ここで、

Y_{ijklm} : l 番目の個体の牛群滞在期間記録

BY_i : i 番目の出生年の母数効果

AFC_j : j 番目の初産分娩月齢の母数効果

FLL_k : k 番目の初回搾乳期間の母数効果

bv_l : l 番目の個体の育種価 (変量効果)

e_{ijklm} : 残差効果 (変量効果)

である。

次にFHLモデルにおいては、THLモデルで考慮した各母数効果に加えて、標準化乳量 (当該個体の淘汰直前の305日予測乳量を、その年の全個体の平均305日予測乳量からの偏差で表したものの) の効果を共変量として考慮した。すなわちFHLはTHLから乳量の効果を取り除いたものである。数学モデルでは以下のように表される。

$$FHL_{ij} = THL_{ij} - bz_{ij}$$

ここで、

FHL_{ij} : i 番目の個体の j 番目の年次における機能的牛群滞在期間

THL_{ij} : i 番目の個体の j 番目の年次における牛群滞在期間記録

bz_{ij} : i 番目の個体の j 番目の年次における標準化乳量の効果

である。

ただし、標準化乳量 z_{ij} は以下の式から求められる。

$$z_{ij} = \frac{y_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j}$$

ここで、

z_{ij} : i 番目の個体の j 番目の年次における標準化乳量

y_{ij} : i 番目の個体の j 番目の年次における淘汰直前の305日予測乳量

\bar{x}_j : j 番目の年次における全個体の305日予測乳量の平均

σ_j : j 番目の年次における全個体の305日予測乳量の標準偏差

である。

いずれのモデルにおいてもBYについては1981年以前を1クラス、以降1年1クラスとして2000年まで計20クラスに、AFCについては23ヶ月齢以前と30ヶ月齢以降をそれぞれ1クラスとし、24ヶ月齢から29ヶ月齢までを1ヶ月齢につき1クラスとして計8クラスに、FLLについては100日以前と320日以降をそれぞれ1クラス、その間を20日刻みに1クラスずつとし計12クラス

に、それぞれクラス分けを行った。

最小二乗分散分析にはSAS (Ver.9.1, SASインスティテュートジャパン) のGLMプロシジャを用いた。また遺伝的パラメータおよび標準誤差の推定にはREML法によるVCEプログラム ([KOVACとGROENEVELD, 2003](#)) を用いた。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

II. 体測定値および牛群滞在期間の遺伝的パラメータ推

3. 結果

北農研における牛群滞在期間記録の頻度分布を第2図に示した。1,000日で最初のピークが現れているが、これは初産分娩後に行われた淘汰を示している。またその後1,300日から1,600日の間に2つ目のピークが現れているが、これは2産分娩後の淘汰が、この日齢あたりで行われていることを示している。

事前に行った体測定値に関する最小二乗分散分析の結果を第2表に示した。測定時年次および測定時月齢に対する変動は、すべての形質で1%の有意性を示した。測定時泌乳ステージについての変動は体高・十字部高以外の全形質において1%の有意性を示した。また各母数効果の体重に対する影響を第3図に示した。体重は年次および月齢とともに上昇し、乾乳期が泌乳期より高い傾向を示した。

体測定値の平均値とその標準偏差および遺伝率とその標準誤差を第3表に示した。体測定値の遺伝率は、体高、十字部高でやや高い値を示し、胸幅では低い値を示した。他は中程度の値であった。

事前に行った牛群滞在期間に関する最小二乗分散分析の結果を第4表に示した。また各母数効果の牛群滞在期間に対する影響を第4図に示した。出生年が後になるほど牛群滞在期間は短縮される傾向が認められた。また初産分娩月齢は23ヶ月齢の若い場合に、初回搾乳期間は160日以下の短い場合に、それぞれ牛群滞在期間が短くなる傾向が認められた。さらにFHLモデルにおける乳量の牛群滞在期間に及ぼす影響を第5図に示した。分散分析において標準化乳量に対しては1%の有意性を示し、乳量の多いものほど牛群滞在期間が長くなる傾向が認められた。

牛群滞在期間の平均値とその標準偏差および遺伝率とその標準誤差を第5表に示した。牛群滞在期間の遺伝率は、THL・FHLいずれのモデルにおいても低い値を示した。

体測定値と牛群滞在期間との間の表型および遺伝相関係数とその標準誤差を第6表に示した。体測定値と牛群滞在期間との間の相関は、いずれの形質についてもまた表型相関でも遺伝相関でも、THLモデルにおいてFHLモデルより高めの値が推定された。THLモデルにおいては体長、胸深、尻長、腰角幅、寛幅で0.22~0.32の中程度の値が推定されたが、FHLモデルにおいては11形質中7形質で0.1未満の非常に低い値しか示さなかった。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

II. 体測定値および牛群滞在期間の遺伝的パラメータ推定

4. 考察

乳牛における体型形質の遺伝率について、発表されている論文の多くは体型審査形質（体型得点形質および線形式体型形質）を取り上げたものであるため、今回推定された体測定値の遺伝率と単純に比較を行うことは難しい。しかし似通った形質については、比較することが可能である。例えば、線形式体型形質における「高さ」は、体測定値における「体高」「十字部高」におきかえて考えることができるし、「体の深さ」と「胸深」、「尻の幅」と「寛幅」についても同様である。以上のことを踏まえて河原ら（1994, 1996）が北海道のホルスタイン種乳牛集団における体型審査形質について推定した遺伝率と比較すると、「高さ」で0.34および0.37の推定値に対し「体高」で0.45、「十字部高」で0.43と比較的近い値を示し、体型形質の中では最も高いという点でも一致している。また「体の深さ」で0.26および0.28の推定値に対し「胸深」で0.34、「尻の幅」で0.29および0.28の推定値に対し「寛幅」で0.23と、いずれも近い値を示している。また和田ら（1996）の推定では、「高さ」の0.46が最も高く、「体の深さ」で0.30、「尻の幅」で0.29であり、今回の結果と似通っている。さらにMISZTALら（1992）、BROTHERSTONEとHILL（1991）やHARRISら（1992ab）の報告と比較しても、共通点が多い。

また北海道のホルスタイン種乳牛集団を用いて河原ら（1996）が推定した生涯生産性に関する形質の遺伝率の値は0.02~0.12であった。ここで河原ら（1996）が取り上げた形質は、基準となる月齢あるいは産次を設定し、その時点までの月齢もしくは産次を記録として扱う切断型の記録である。よって本研究において取り上げた牛群滞在期間とは異なる形質である。河原ら（1996）の報告ではより遅い時点で切断した形質の方が早い時点で切断した形質よりも遺伝率が高いことが認められており、本研究におけるやや高めの推定値は取り上げた形質が淘汰されるまでの実期間であったことによると考えられる。他の文献においても0.05~0.09（VANRADENとKLAASKATE, 1993）、0.03（BOLDMANら, 1992）、0.02~0.10（SHORTとLAWLOR, 1992）、0.02~0.07（HARRISら, 1992ab）と一様に低い値が示されており、取り上げる形質および対象とする乳牛集団の違いによって遺伝率の大きな差は認められていない。またTHLとFHLの両モデル間において遺伝率の差はほとんど認められなかったが、これはDUCROCQら（1988b）による報告と一致している。

さらに体測定値と牛群滞在期間との相関をみると、THLとの間において体長（0.29）胸深（0.19）胸幅（0.26）尻長（0.22）の各形質で、他より高めの正の遺伝相関が推定された。またこれらの形質とFHLとの間の相関はいずれも低い値であった。大型で後躯の充実した体躯は発達した乳器をよく支え、安定した乳生産を行うと考えられることから、これらの体測定値とTHLとの間の相関には産乳能力の関与する部分が大きいと推測される。

またFHLにおいてもTHLと同程度の相関を持つ形質も存在した。胸深は粗飼料の利用能力に関係があるといわれ、胸囲とともに代謝病の発生などに関与するという報告（VAN DOPEら, 1998）もあり、長命性に関与する部分が大きいと推測される。しかし全般的に体測定値とFHLとの間に推定された遺伝相関は、0.00~0.16と低い値であった。単独に測定された体測定値は測定誤差を含むことから、より精度の高い値を利用することが望ましいと考えられる。

III. 非線形成長曲線への当てはめによる体測定値に最適な成長曲線モデルの決定

1. 緒言

ある時点での単独の体測定値は、IIでも述べたように、測定時の年次や月齢、泌乳ステージの環境要因の影響を受ける。それら以外にも、採食量など飼養環境の影響も大きい。しかし、それらを厳密に補正することは困難である。さらに、測定にあたっては誤差がつきまとう。

このような環境要因の影響や測定の誤差を軽減して、個体に特有の成長特性を捉えるために、育成時の体測定値記録を成長曲線へ当てはめ、到達する体測定値をはじめとした成長パラメータを推定するという方法が考えられる (BROWNら, 1976)。これら成長パラメータと牛群滞在期間との間に相関が存在すれば、それは早期の選抜指標となりうる。

本章では、乳牛雌牛の体測定値に最適な成長曲線モデルを決定するため、体測定値記録の非線形回帰曲線への当てはめを行った。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

III. 非線形成長曲線への当てはめによる体測定値に最適な成長曲線モデルの決定

2. 材料及び方法

IIにおいて使用した記録に、初産分娩以前の育成時の記録を加えた体重・体型測定値の6,955記録を用いた。初産分娩以前の測定間隔については、生後18ヶ月齢までは1ヶ月おきに測定が行われ、18ヶ月齢以降は6ヶ月おきに行われた。BROWNら(1976)は成長パラメータの推定に未補正の体重記録を用いている。これは単独の測定値には環境要因が大きな影響を及ぼすが、長いスパンで見た経時的な記録においてはその影響は減少するという考えに基づいたものである。本研究では基本的にこの考え方に倣い、年次や季節などの環境要因による補正は行わなかったが、乳牛記録であることを考慮し、初産分娩以降に測定された記録について測定時泌乳ステージで補正を行った。方法としては測定時の泌乳ステージに対する各体測定値のBLUEをREMLF90プログラム(MISZTAL, 1990)によって算出し、その値を測定値から引くことによって補正を行った。

Logistic (VERHULST, 1845), Brody (BRODY, 1945), Bertalanffy (VON BERTALANFFY, 1957), Richards (RICHARDS, 1959), Gompertz (GOMPERTZ, 1832), Asymptotic (NELDER, 1961)の6種類の成長曲線モデルについて当てはめを行った。Logistic, Brody, Bertalanffy, Gompertz, Asymptoticは3つのパラメータ, Richardsは4つのパラメータを持つ成長曲線モデルである。それぞれのモデルを、以下に示す。

$$\text{Logistic ; } y_n = A / (1 + Be^{-kn})$$

$$\text{Brody ; } y_n = A (1 - Be^{-kn})$$

$$\text{Bertalanffy ; } y_n = A (1 - Be^{-kn})^3$$

$$\text{Richards ; } y_n = A (1 - Be^{-kn})^M$$

$$\text{Gompertz ; } y_n = A \exp(-Be^{-kn})$$

$$\text{Asymptotic ; } y_n = A + B (1 - Be^{-kn})$$

ここで、

y_n : 月齢 n における体測定値

A : 成熟値

B : 積分定数

k : 成熟率

M : 変曲点のパラメータ

e : 自然対数の底

である。

非線形回帰分析にはSAS (Ver.9.1, SASインスティテュートジャパン) のtnlinプロシジャを用いた。最も適合性に優れたモデルの選択は、赤池(1976)の情報量基準(AIC)および決定係数(R^2)により総合的に判断した。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

III. 非線形成長曲線への当てはめによる体測定値に最適な成長曲線モデルの決定

3. 結果

体測定値記録の各成長曲線への当てはめた結果を第6-1図, 第6-2図, 第6-3図に示した。形質によって成長曲線の形に大きな差異は認められなかったが, 胸幅でやや記録にばらつきがあった。一方体高, 十字部高ではばらつきが少なく, 各成長曲線もほぼ同じ曲線をトレースした。

成長曲線の月齢による当てはまりの違いを見るために, 体重記録について18ヶ月齢を境として図を2分割し, 第7図および第8図に示した。第7図は全月齢記録のうち18ヶ月齢以下の部分を拡大したもので, 第8図は同じく18ヶ月齢以上の部分を拡大したものである。18ヶ月齢以下の部分では, logisticモデルでは5ヶ月齢までは過大評価, 以降過小評価する傾向にあった。またBrodyとAsymptoticモデルの結果は非常に似通っていたが, 共に3ヶ月齢までを過小評価し, 以降を過大評価する傾向にあった。さらにGompertzのモデルは3ヶ月齢までを過大評価する傾向があった。一方18ヶ月齢以上の部分では, データにばらつきがあったものの, logisticモデルは漸近値を過小評価する傾向があり, 反対にBrody, Asymptoticモデルは過大評価する傾向があった。最後に体測定値の当てはめられた回帰推定値における赤池の情報量基準 (AIC) および決定係数 (R^2) について, 第7表に示した。赤池の情報量基準は数値が小さいほど回帰曲線の当てはまりが良いことを示し, 決定係数は1.0に近似するほど当てはまりがよい。各形質において最も当てはまりのよかったモデルについて, 斜体で表記した。Bertalanffyモデルが7つの形質で, Richardsモデルが4つの形質でそれぞれ最も当てはまりのよいことを示した。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

III. 非線形成長曲線への当てはめによる体測定値に最適な成長曲線モデルの決定

4. 考察

BROWNら (1976) は成長曲線の当てはまり具合が時期によって異なってくることに言及している。主に肉牛記録を用いたBROWNら (1976) の報告によると、logisticモデルは初期を過大評価、後期を過小評価する傾向にあり、一方Gompertzモデルは初期を過大評価する傾向にあるとなっており、今回の結果とよく一致している。また彼らはBertalanffyおよびRichardsのモデルが全期間を通すとよく適合するとしているが、これも今回の結果と一致している。このように当てはまり具合が時期によって異なることを解決するためには、記録をある一定の時点で区切り、それぞれの時期でベストなモデルを選択するという方法が考えられる。しかし区切る時点には何らかの生物学的根拠がなくてはならず、その根拠を見いだすことは難しい。

体測定値の成長曲線への当てはめは、肉牛ではいくつか報告がある

(BROWNら, 1976, FITZHUGH, 1976, MARSHALLら, 1984, BELTRANら, 1992, 和田, 1983)

が、乳牛、特にホルスタイン種ではこれまでほとんど報告がない。まとまった記録を得ることが困難なこと、乳牛では肉牛ほど発育と経済形質との関わりが論じられないことが、その理由と考えられる。その中で西村ら (1985ab) は北海道ホルスタイン種雌牛53頭を用いて、体測定値を成長曲線に当てはめている。その結果からlogisticモデルの初期の過大評価およびBrodyモデルの後期の過大評価が報告されており、本研究とよく一致した。

各記録を回帰曲線へ当てはめた時の決定係数は、0.97から1.00の範囲内で非常に高かった。全体的に良い当てはまりを示したモデルはBertalanffyとRichardsのモデルである。Richardsモデルは4つのパラメータを持つが、4番目のパラメータ M は、関数の変曲点を表すパラメータである。変曲点を持たないBrodyモデルおよび成熟値により変曲点が固定されるその他のモデルと異なり、Richardsモデルでは M の関数によって変曲点が変化するので、より当てはまりがよくなると考えられる。しかしRichardsモデルはその特性上、収束に非常に時間がかかることで知られている (BROWNら, 1976, FITZHUGH, 1976)。本研究においても収束までに他モデルの約3倍の時間を要したこと、また初期値の選択が非常にシビアなことから、全頭記録の当てはめは困難と判断し、Richardsモデルが最適であった4形質において、次に当てはまりのよいモデルを用いることとした。胸深および腰角幅においてはBrodyおよびBertalanffyモデルが適合度でほぼ一致していたが、より全期間を通して当てはまりのよいBertalanffyモデルを採用することとした。結果的に、いずれの形質においてもBertalanffyモデルを用いて、成長パラメータの推定を行うこととした。

本研究では成熟後の体測定値をより正確に推定するため、可能な限り遅い時期までを含めた全記録を用いている。しかし本来の目的は、牛群滞在期間に対して、より早い時期の選抜を可能とする指標を見つけることであり、あまり遅い時期の測定記録を利用することは目的にそぐわない。選抜指標として有用性を見いだすためには早期の記録、例えば初産前の育成記録から、ある程度の精度で成長パラメータを推定することが可能であることが望ましい。

IV. 体測定値の成長パラメータと牛群滞在期間との関連性

1. 緒言

体測定値の経時的記録を成長曲線に当てはめることにより、各成長パラメータの推定値を得ることができる。肉用牛ではこのようにして得られた成熟値や成熟率のようなパラメータに発育状況を反映させ、これらと生産性との関連を検討している（[小畑ら, 1982](#), [DE TORREら, 1992](#), [JENKINSら, 1991](#)）。また乳牛においても成長パラメータと乳生産性との関連について報告がなされている（[西村ら, 1985a](#), [1985b](#), [BONCZEKら, 1992](#)）。しかしこれら成長パラメータと牛群滞在期間など長命性形質との関連性は今までほとんど報告されていない。本章では III において決定された成長曲線モデルに体測定値記録の推移を当てはめ、推定された各成長パラメータと牛群滞在期間との関連性について検討を行った。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

IV. 体測定値の成長パラメータと牛群滞在期間との関連性

2. 材料および方法

III で用いたのと同じ北農研に飼育されていた、あるいは現在も飼育されている乳牛244頭の6,955体測定値記録を用いた。1頭あたりの記録数は平均28.5記録であった。

各個体ごとに成長パラメータを推定した。当てはめた成長曲線はBertalanffyのモデル（1957）である。数学モデルは以下のように示す。

$$y_n = A (1 - Be^{-kn})^3$$

ここで、

y_n ：月齢 n における体測定値

A ：成熟値

B ：積分定数

k ：成熟率

e ：自然対数の底

である。

パラメータ A 、 B および k について、推定を行うにあたってはその生物学的な解釈が重要である。特に重要なパラメータは、 A および k である。 A は体測定値の成熟値を示す。しかし、体測定値の最大値を意味するわけではない。成熟に達した時点での、平均の体測定値を表す。単独の体測定値における種々の要因による値の変動を低減し、安定した値を得ることが可能と考えられる。

一方パラメータ k は成熟率もしくは成熟速度を表す。パラメータ k の大きな値はその個体が早熟であることを示し、小さな値はその個体が晩熟であることを示す。

パラメータ B はグラフの左側、すなわち低い方の漸近値を示す。この値は成長曲線において、あまり重要な値ではない。従って本章では推定されたパラメータのうち、 A および k についてのみ、遺伝率の推定を行った。さらにパラメータ A および k と、牛群滞在期間との間の表型並びに遺伝相関係数の推定を行った。牛群滞在期間のモデルについてはIIで示したものと同じく、真の牛群滞在期間（THL）およびそこから乳量の影響を取り除いた機能的牛群滞在期間（FHL）の2つを考慮した。

非線形回帰分析にはSAS（Ver. 9.1, SASインスティテュートジャパン）のtnlinプロシジャを用いた。遺伝的パラメータおよびその標準誤差の推定にはREML法によるVCEプログラム（[KovacとGroeneveld, 2003](#)）を用いた。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

IV. 体測定値の成長パラメータと牛群滞在期間との関連性

3. 結果

パラメータ A および k の関係を示すため、小さい k の値をもつ個体 1 と大きい k の値をもつ個体 2 について、その体重の成長曲線への当てはめ結果を [第 9 図](#) に示した。個体 1 は $A = 754$, $k = 0.06$, 個体 2 は $A = 643$, $k = 0.11$ である。成熟値を表すパラメータ A が大きければ、成熟率を表すパラメータ k は小さくなる傾向を示した。

パラメータ A および k の遺伝率推定値を [第 8 表](#) に示した。 A の遺伝率推定値は 0.29~0.42 の間であり、単独の体測定値の遺伝率推定値 (0.13~0.45) と大きな違いは認められなかった。また k の遺伝率推定値は 0.33~0.41 の間であり、 A 同様中程度の値を示した。

パラメータ A および k と牛群滞在期間との間の表型および遺伝相関係数を [第 9 表](#) および [第 10 表](#) に示した。パラメータ A に関しては THL との間に 0.06~0.32 の表型相関および -0.05~0.40 の遺伝相関が、FHL との間に -0.09~0.37 の表型相関および -0.08~0.39 の遺伝相関が認められた。またパラメータ k に関しては THL との間に -0.23~0.00 の表型相関および -0.46~-0.02 の遺伝相関が、FHL との間に -0.30~-0.03 の表型相関および -0.46~-0.02 の遺伝相関が認められた。すなわちほとんどの形質において THL・FHL のいずれとの間にも牛群滞在期間と A との間には正の相関が、 k との間には負の相関が認められた。

また A , k いずれのパラメータにおいても、THL と FHL との間で推定値に大きな差は認められなかった。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

IV. 体測定値の成長パラメータと牛群滞在期間との関連性

4. 考察

パラメータ A の遺伝率は、いずれの形質においても中程度の値が推定された。これらの値と II において推定された単独の体測定値の遺伝率とを比較すると、胸幅の他は大きなものでも 0.1 程度の差しか認められなかった。単独の体測定値では最も大きな値が推定された体高、十字部高について、本章ではやや低い遺伝率が推定された。III における [第 6-1 図の b\) および c\)](#) からも見取れるように、体高および十字部高は測定時による記録のばらつきが少なく、単独の測定値において測定誤差が少なかったものと考えられる。逆に胸幅では単独の体測定値では 0.13 であった遺伝率が、成長パラメータでは 0.42 と非常に高い値が推定された。これは III の [第 6-1 図の f\)](#) から見取れるように、測定時によって記録のばらつきが大きく、測定誤差が大きかったため、成長曲線への当てはめによって成長パラメータを推定することにより、より正確な体測定値の推定値が得られたものと考えられる。

成熟個体の平均値となる推定されたパラメータ A の値と、牛群滞在期間との間の相関は、THL・FHL のいずれにおいても II で推定した単独での体測定値との間の相関よりも高い。これは BROWN ら (1976) も述べているように、多くの記録を用いて成熟値を推定することにより、1 回の測定によって値を得るよりも、環境などの要因に影響されにくく、その個体本来の体測定値を推定することができたと考えられる。

また牛群滞在期間はパラメータ A と正の相関、パラメータ k と負の相関があることから、より晩熟で大型の体躯を持つ個体の方が、牛群に長くとどまる傾向にあるといえる。今回の検討では早熟・晩熟という言葉はあくまで体格面のみに対する言葉として用いており、繁殖的に早熟である、あるいは晩熟であることを必ずしも意味しない。SOLKNER (1989) や ESSL (1989) は繁殖面から見た早熟性と生涯生産性との間に負の相関が存在することを指摘しているが、本研究で調査した牛群においては未検討であり、今後の課題である。HANSEN ら (1998) は大型個体と小型個体とで、牛群滞在期間に影響を与える要素によって、どちらが好まれるか異なることを報告している。すなわち乳器に関しては大型個体が望ましい傾向にあり、肢蹄に関しては小型個体が望ましい傾向にあるということである。今回の結果からは、より大型の個体ほど牛群に長くとどまる傾向が認められたが、これは本検討に用いた牛群固有の結果であるとも考えられる。最終的に到達する体格と牛群滞在期間との間の関係については、他の牛群記録による結果も踏まえて結論を出す必要がある。

パラメータ A と牛群滞在期間との遺伝相関を見ると、単独の推定値の場合と同じく、THL との間でより高い相関が認められた。これは II 章でも述べたように、高泌乳牛において発達した乳器を支えるにはより大型の体躯が必要になり、乳生産に関与する部分が大きいからと推測される。しかしながら単独の推定値の場合には非常に低いものであった FHL との相関が、体高の 0.39、胸深の 0.30 をはじめとしていくつかの形質で中程度認められたことは、これらのパラメータ推定値の、選抜指標としての有効性を示すものである。体高は乳房の床面からの距離と密接な関係があり、乳房炎の指標である体細胞スコア (SCC) との相関の推定値は多数報告されているが

([ROGERS ら, 1991, 1994, 1998](#), [SHUTZ ら, 1993](#))、いずれも負の相関であり、体高が低く乳房が床面に近いほど SCC が増加する傾向が認められている。SCC と生涯生産性との間には負の相

関が存在するため ([MRODEら, 2000](#)) , FHLと体高との相関が中程度の正の値を示したと考えられる。また粗飼料の消化能力と関連があると言われる胸深および分娩難易度と関連があると言われる腰角幅との相関 (0.29) は, 機能的牛群滞在期間に占める成長パラメータの大きさを示していると推察される。

今回の結果から, 最終的に到達する体格を示すパラメータ A だけでなく, 成長のパターンを示すパラメータ k と牛群滞在期間との間に一定の相関が存在することが明らかになった。今後は III でも言及したように, より早い段階で推定された成長パラメータと牛群滞在期間との関連性について調べる必要がある。例えば育成期間での記録から推定した成熟値と牛群滞在期間との間にある程度の相関が存在すれば, そのパラメータは有力な選抜指標となりうる。そのためには早い段階の記録から, ある程度正確に成熟時の値を予測する必要がある。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

V. 分娩前後の体重変化と牛群滞在期間との関連性

1. 緒言

乳牛は分娩によって多大な負荷を受ける。特に高泌乳牛ほど分娩後の乳生産にエネルギーを要し、採食からのエネルギーでは追いつかず、エネルギーバランスが負に傾きがちである (DE VRIESとVEERKAMP, 2000)。このような負のエネルギーバランスは代謝病や繁殖障害を誘発し (VEERKAMPら, 2000)、乳牛の非自発的淘汰を招く。このようなエネルギーバランスを分娩前後の体重変化やボディーコンディションスコアの変化を用いて指標化し、繁殖性との相関を調べた報告はいくつかある (BERRYら, 2003, VEERKAMPら, 2000, PRYCEら, 2001) が、ほとんどにおいて負の相関が推定されている。しかし、さらに進んで牛群滞在期間など直接長命性を表す形質との相関を調べた報告はない。

エネルギーバランスを表す指標として、BERRYら (2003) は分娩後5日目、60日目、120日目、180日目のそれぞれの時点で測定された体重、5日目と60日目との体重差および5日々と180日目との体重差を取り上げている。またVEERKAMPら (2000) は分娩後1週目と15週目の時点で測定された体重および1週目と15週目との体重差を取り上げている。本研究では体重差に加え、測定時点のばらつきおよび測定誤差を軽減するため、単独の値ではなく回帰直線に当てはめた場合の回帰係数を用いることを試みた。また分娩前から分娩直後、さらに分娩直後から泌乳最盛期までの体重の落ち込みおよびその後の体重の戻り具合を一連の流れとして捉えるため、回帰曲線に当てはめて、そのパラメータを用いることを試みた。

本章では分娩前後の体重変化と牛群滞在期間との関連性を調べるにあたり、2つの方法で体重変化の指標化を行った。まずV-2においては単純な体重差および体重値の線形回帰直線への当てはめによる回帰係数を線形指標とした。さらにV-3においては体重値を非線形回帰曲線へ当てはめ、そのパラメータを非線形指標とした。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

V. 分娩前後の体重変化と牛群滞在期間との関連性

2. 分娩前後の体重変化を線形指標として捉えた場合の牛群滞在期間との関連性

分娩前後の体重変化について、分娩前と分娩後の体重差、あるいは分娩後の体重の戻り具合を回帰直線に当てはめた場合の回帰係数などの線形指標で表し、それらと牛群滞在期間との間の相関係数の推定を行った。

1) 材料および方法

1988年から2004年の間に北農研で飼養されていたホルスタイン種乳牛192頭の、分娩前後の体重についての5,109記録を用いた。体重は北農研総合畜舎内で原則として2週間に1回測定されたが、欠測値を減らすために同月内で複数記録を持つ場合は平均値を該当月の記録として採用し、1ヶ月1記録とした。その結果分娩前1ヶ月から分娩直後、分娩後1ヶ月～6ヶ月までの8記録を1個体1産次につき持つことになる。産次別に見た分娩前後の体重変化を第10図に示した。体重記録に影響を与える要因として、分娩年次および測定時の産次を考慮し、記録の補正を行った。補正は分娩年次および測定時の産次に対する体重のBLUEをREMLF90プログラム (MISZTAL, 1990) によって算出し、その値を測定値から引くことによって行った。

第10図に示したように、分娩直後に低下した体重はさらに分娩後1ヶ月まで低下し続け、その後上昇する。この変化を表す線形指標として、以下の四つについて検討を行った。

- (a) 分娩後1ヶ月から6ヶ月までの体重変化を線形回帰に当てはめた際の回帰係数
- (b) 分娩前1ヶ月から分娩直後までの体重差
- (c) 分娩前1ヶ月から分娩後1ヶ月までの体重差
- (d) 分娩直後から分娩後1ヶ月までの体重差

すなわち (a) は分娩後の体重の戻り具合を、(b) (c) は分娩前から分娩後にかけての体重の落ち込みを、(d) は分娩直後の体重の落ち込みを表す。これら4つの線形指標の遺伝率およびそれらと牛群滞在期間との間の表型並びに遺伝相関係数の推定を行った。

牛群滞在期間についてはこれまでと同様、生年、初産分娩時月齢および初回搾乳期間の影響を考慮した真の牛群滞在期間 (THL) と、それらの効果に加え乳量の影響をも考慮した機能的牛群滞在期間 (FHL) の2つについて検討を行った。遺伝的パラメータとその標準誤差の推定にはREML法によるVCEプログラム (KOVACとGROENEVELD, 2003) を用いた。

2) 結果

分娩前1ヶ月から分娩後6ヶ月までの各測定時点における体重記録に与える母数効果の影響を第11図に示した。測定時の産次に対するBLUEの値は3産まで直線的に上昇し、その後一定もしくはゆるやかに低下する傾向を示した。分娩年次に対するBLUEの値は年次が進むにつれ上昇する傾向を示した。

分娩前後の体重変化に関する線形指標 (a) ~ (d) の遺伝率推定値を第11表に示した。分娩後の体重の戻り具合を示す指標 (a) については0.13、分娩前後の体重の落ち込み具合を示す指標 (b) (c) (d) については0.2程度の遺伝率であった。

また分娩前後の体重変化に関する線形指標 (a) ~ (d) と牛群滞在期間との間の表型並びに遺伝相関係数を、第12表に示した。回帰係数 (a) はTHL・FHLのいずれとの間にも、非常に低い

が負の相関を示した。また分娩前後の体重差 (b) , (c) および (d) は, (b) とTHLとの間の表型相関を除き, THL・FHLのいずれとの間にも負の相関を示した。(b) (c) (d) の中では, 分娩前1ヶ月から分娩直後までの体重差である (b) とFHLとの間の相関が最も大きく中程度の値を示した。それ以外との間の相関はいずれも0.1程度かそれ以下の値であった。

3) 考察

分娩前後の体重の落ち込み具合を示す指標 (b) , (c) および (d) の遺伝率推定値は0.19~0.24の値を示したが, これはV_{EERKAMP}ら (2000) の報告による泌乳期間中の体重変化 (15週目と1週目の体重差および15週目までで最小の体重であった時点と1週目の体重差) の遺伝率0.24および0.17とよく一致していた。本節では欠測値の問題から落ち込み具合を示すのに3種類の指標を用いたが, この指標間で特に大きな遺伝率の差は認められなかった。しかし, 分娩前後は短期間で大きな体重変化が起こることから, 本来は前後1週間程度の短いスパンでの体重変化を指標化するのが望ましいと考えられる。また本節では子牛体重を考慮していないが, 双胎と単胎では当然ながら子牛体重は大きく変化する。そのような差が分娩前後の体重変化に含まれてしまうことは本来の目的に沿わないため, 記録が整っていれば子牛体重によって補正を行うことが望ましい。

また (a) (b) (c) (d) のいずれの指標ともTHLおよびFHLとの間に負の相関が推定された。V_{EERKAMP}がまとめた報告 (1998) によると, 泌乳期中の体重変化と乳量との間には, -0.37~-0.84の高い負の相関がこれまでに報告されている。これは本節における指標とTHLとの間の負の相関を説明するものと考えられる。また泌乳期中エネルギーバランスと繁殖性との間には負の相関が報告されているが (BERRYら, 2002) , これら負のエネルギーバランスは激しい体重の増減に表れるとされている (V_{EERKAMP}ら, 2000) 。これは本節における指標とFHLとの間の負の相関を説明するものと考えられる。

結論として, 牛群滞在期間を延長させるには (1) 分娩前後および分娩直後の体重の落ち込みが少なく, (2) 分娩後の体重の戻りがゆるやかである, ことが望ましいと示唆される。すなわち分娩前後における体重変化がゆるやかな個体ほど, 牛群に長くとどまる傾向にあることが示された。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

V. 分娩前後の体重変化と牛群滞在期間との関連性

3. 分娩前後の体重変化を非線形指標として捉えた場合の牛群滞在期間との関連性

前節では単純にいくつかの線形指標について考えたが、本節では分娩前後の体重変化を一連の流れとして捉え、指標化を試みた。第12図に示したように、体重変化は泌乳曲線とほぼ反対のカーブを描く。そこで本節では、一般に泌乳曲線モデルとして知られるWOOD (1967) のモデルを用いて、非線形回帰曲線への当てはめを行った。その際、隔週で測定した分娩前後の細かいデータおよび子牛体重を考慮に加えた。当てはめた回帰曲線から推定されるパラメータを体重変化の特徴を示す非線形指標とし、牛群滞在期間との間の表型および遺伝相関係数を推定した。

1) 材料および方法

1999年から2004年の間に北農研で飼養されていたホルスタイン種乳牛128頭について、分娩前1週から分娩後25週までの間に隔週で測定された体重4,048記録を用いた。V-2では欠測値を減らすため、隔週で測定された記録の平均を取るなどして1ヶ月1記録としていたが、本節では曲線への当てはめを行うため、2週間に1回の記録をそのまま用いた。さらに分娩直前の体重記録から子牛の体重を引いた値を算出し、これを分娩後0週の記録とした。

V-2と同様に体重記録に影響を与える要因として、分娩年次および測定時の産次を考慮し、記録の補正を行った。補正は分娩年次および測定時の産次に対する体重のBLUEをREMLF90プログラム (MISZTAL, 1990) によって算出し、その値を測定値から引くことによって行った。分娩年次および測定時の産次に対するBLUEの値は、V-2と同様の傾向を示した。

補正を行った体重記録の、回帰曲線への当てはめを行った。当てはめはSAS (Ver.9.1, SASインスティテュートジャパン) のtnlinプロシジャを用いた。モデルはWOOD (1967) のモデルを用いた。数学モデルは以下の通りである。

$$y_n = A n^B e^{-Cn}$$

ここで

y_n : 分娩後 n 週における体重値

A , B および C : 曲線におけるパラメータ

e : 自然対数の底

である。

推定された各パラメータ A , B および C を分娩前後の体重変化を表す非線形指標とし、牛群滞在期間との相関について推定を行った。牛群滞在期間については、出生年、初産分娩月齢および初回搾乳期間の影響を考慮した真の牛群滞在期間 (THL) と、それらの効果に加え乳量の影響をも考慮した機能的牛群滞在期間 (FHL) の2つについて検討を行った。遺伝的パラメータの推定にはREML法によるVCEプログラム (KOVACとGROENEVELD, 2003) を用いた。

2) 結果

分娩前後の体重変化にWoodモデルを当てはめた場合の変化曲線を、2個体の例について、第13図に示した。Woodモデルにおいて、その曲線を表すパラメータは3つ推定されるが、このうち上方および下方への傾きを表すパラメータが B および C である。本節ではこの曲線から、体重変

化が緩やかであるか激しいものであるかを読み取ることを目的とする。よって、このパラメータ B および C に着目する。第13図を見ても明らかであるように、ゆるやかな体重変化を示す個体はより大きなパラメータ B および C の値を持ち、激しい体重変化を示す個体はより小さなパラメータ B および C の値を持つ。

パラメータ B および C の遺伝率推定値を第13表に示した。遺伝率は0.28および0.20の値が推定された。またパラメータ B および C と牛群滞在期間との間の表型および遺伝相関係数を第14表に示した。THL・FHLのいずれともパラメータ B との間により高い正の相関を示した。パラメータ C はTHL・FHLのいずれとの間にもほとんど無相関に近い低い相関を示した。

3) 考察

パラメータ B および C のいずれも、THLおよびFHLとの間にほとんどの場合で正の相関が存在した。第13図にも示したように、より大きな B および C の値はよりゆるやかな体重変化のカーブを表す。すなわち正の相関が存在したということは、より体重変化のカーブがゆるやかな個体ほど、牛群に長くとどまる傾向を示したということである。

またパラメータ B はTHL・FHLのいずれとの間にも0.2前後の相関を示したが、パラメータ C はTHLとの間に0.1程度、FHLとの間には0に近い低い相関を示した。パラメータ B はグラフの前半の下方への傾き、すなわち分娩前から分娩後および泌乳前期までの体重の落ち込み具合を示す。またパラメータ C はグラフの後半の上方への傾き、すなわち分娩後泌乳前期以降の体重の戻り具合を示す。牛群滞在期間とパラメータ B との間により大きな相関が認められたということは、全体としてゆるやかな体重変化の中でも特に分娩前後の体重の落ち込み具合がゆるやかであることが、牛群滞在期間を延長することを示唆している。このことはV-2の第12表に示された結果からも見て取ることができる。FHLと分娩後の体重の戻り具合である指標 (a) との間の遺伝および表型相関 (-0.06および-0.14) よりも、分娩前後の体重の落ち込み具合である (b) との間の遺伝および表型相関 (-0.25および-0.43) の方がより大きい値を示している。分娩後の体重の戻り具合は、分娩前後の体重の落ち込み具合に左右されるものであり、単独で体重変化の緩やかさやエネルギーバランスの回復度合いを判断することはできない。分娩前後の体重の落ち込み具合、すなわちエネルギーバランスの低下が直接表れるパラメータ B の方が、より体重変化指標として利用しやすいのではないかと推察される。

BERRYら (2002) やDE VRIESとVEERKAMP (1999) は、このような泌乳期間中のエネルギーバランスの変化を調べるためにボディコンディションスコア (BCS) を指標として用いている。BCSは彼らの報告において体重よりも遺伝率が高く、乳量との相関も高い。また各部位を測定することによって、体重のみには現れない体型の変化を知ることが可能である。しかしBCSは測定者の技術に左右されがちなこと、測定が面倒であるため記録の収集が困難であることから、より客観的で簡易な手法の確立が望まれる。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

VI. 体測定値情報を用いた牛群滞在期間に関する総合選抜指標の検討

1. 緒言

ここまでの章において、体測定値に関するさまざまな指標と生涯生産性形質である牛群滞在期間との関連性を調べてきた。その中でも機能的牛群滞在期間と特に関連性の高かった指標は、成長パラメータにおいては体重、体高、体長、胸深および腰角幅の成熟値および成熟率であり、分娩前後の体重変化指標においては分娩前後の体重の落ち込み具合を表す線形および非線形指標であった。

そこで、本章では、牛群滞在期間をよりよく説明する指標を重回帰分析により選択した。さらに、それらを総合した選抜指標について検討した。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

VI. 体測定値情報を用いた牛群滞在期間に関する総合選抜指標の検討

2. 材料および方法

材料はそれぞれの章で用いた記録と基本的に同一である。すなわち分析1では1980年から2000年の間に北農研で飼養されていたホルスタイン種雌牛244頭について、生後24ヶ月齢から48ヶ月齢までは6ヶ月おきに、48ヶ月齢以降は12ヶ月おきに測定された体重・体尺測定値の11形質1,088記録を、分析2では同じ個体の記録に生後18ヶ月齢までは1ヶ月おきに行われ、18ヶ月齢以降は6ヶ月おきに測定された育成期の体重・体尺記録を加えた244頭6,955記録を用いた。分析3では1999年から2004年の間に北農研で飼養されていたホルスタイン種乳牛128頭について、分娩前1週から分娩後25週までの間に隔週で測定された体重4,048記録を用いた。それに伴い、V-2で定めた線形指標については以下のように変更した。

- (a) 分娩後3週から分娩後25週までの体重変化を回帰直線に当てはめた線形回帰係数
- (b) 分娩前1週から分娩後1週までの体重差
- (c) 分娩直後から分娩後1週までの体重差
- (d) 分娩後1週から分娩後3週までの体重差

最後に分析4として、分析1から分析3までに得られた結果から、それぞれ最もよく牛群滞在期間を説明する変数のセットを選び、それら全てを含めてさらに重回帰分析を行った。記録は1999年から2004年の間に北農研で飼養されていたホルスタイン種乳牛85頭の体測定値記録を用いた。目的変数を牛群滞在期間とし、説明変数を体測定値（分析1）、成長パラメータ（分析2）、分娩前後の体重変化指標（分析3）および分析1から分析3より選ばれた指標（分析4）として、重回帰分析を行った。牛群滞在期間については、出生年、初産分娩月齢および初回搾乳期間の影響を考慮した真の牛群滞在期間（THL）と、それらの効果に加え乳量の影響をも考慮した機能的牛群滞在期間（FHL）の2つについて検討を行った。

分析にはSAS (Ver. 9.1, SASインスティテュートジャパン) のregプロシジャを用いた。回帰の当てはまりの良さを判断するために、寄与率 (R^2)、自由度調整寄与率 ($Adj R^2$) および M_{ALLOWS} (1973) の C_p 統計量を算出し、変数の選択を行った。寄与率はモデルの説明率、自由度調整寄与率は寄与率に加えて説明変数の数を考慮するために自由度を用いて調整を行った寄与率である。寄与率および自由度調整寄与率は1に近いほど当てはまりがよいモデルである。自由度調整寄与率を基準とした場合、経験的に回帰式に取り込まれる説明変数が多すぎるといわれている。それに対して M_{ALLOWS} が提唱した C_p 統計量は、取り入れた変数の数 q のペナルティを自由度調整寄与率の約2倍にしたものであって、次の式で定義される。

$$C_p = \frac{S_e}{\sigma^2} + 2(q + 1) - n$$

ここで σ^2 はすべての候補変数を含む回帰式の残差分散である。残差平方和 S_e は q が増えると減少する。第2項がペナルティであり、無意味な変数が含まれると、第1項の減少量以上に第2項がはたらか、 C_p 統計量の値が増加する。この値が小さいほど妥当な回帰式となる。

VI. 体測定値情報を用いた牛群滞在期間に関する総合選抜指標の検討

3. 結果

牛群滞在期間への体測定値の重回帰分析（分析1）の結果を第15表に示した。 R^2 、 $Adj R^2$ および C_p 統計量のそれぞれについて、上位5通りまでを示した。

THLに対する変数選択の結果、すべての体測定値を独立変数として取り込んでも、 R^2 値は0.068にとどまった。またFHLの場合は、さらに低い0.060であった。 $Adj R^2$ による順位と C_p による順位は、 C_p の方が取り入れた変数の数に対するペナルティがより大きいため少ない変数のモデルが上位になったが、選択された形質に大きな差はなかった。THLにおいては上位5通りまでのいずれのモデルでも十字部高、体長、胸深、胸幅が必ず選択され、管囲も多くのモデルで選択された。またFHLにおいては同じく十字部高、胸深、管囲は選択されたが、THLではまったく選択されなかった体重、腰角幅が選択され、逆にTHLで選択されていた胸幅はほとんど選択されなかった。牛群滞在期間への体測定値から推定された成長パラメータの重回帰分析（分析2）の結果をパラメータAについて第16表に、パラメータkについて第17表に、パラメータAとkの両方を考慮した場合について第18表に示した。分析1と同じく、 R^2 、 $Adj R^2$ および C_p のそれぞれで上位5通りの組み合わせについて示した。

成熟値であるパラメータAについては、選択された変数は単独の体測定値による分析1の結果とほとんど同じ結果であった。すなわちTHL・FHL両方で十字部高・胸深・管囲が多く選択され、THLではそれに加えて体長、胸幅が、FHLでは体重、腰角幅が選択された。しかし分析1で0.06程度にとどまった寄与率は、パラメータAではTHLに対して0.178、FHLに対して0.185と、大きく上昇した。一方成熟率であるパラメータkについては、体測定値およびパラメータAの結果と異なり、THLにおいても体重が説明変数として多くのモデルで選択された。パラメータkではすべての変数を取り込んだ場合の寄与率は、THLで0.228、FHLで0.159とTHLにおいてパラメータAよりも上昇した。

さらにパラメータAとkの両方を考慮した場合、THLにおいては、両方が選択される傾向にあったのは体重、十字部高、体長、腰角幅、胸囲であり、Aのみが選択される傾向にあったのは体高、胸深、胸幅、尻長であった。また寛幅はkのみが選択される傾向にあり、十字部高は C_p 統計量を優先させて説明変数の数を減らした場合、kのみが選択される傾向にあった。またFHLにおいてはTHLと大きな差はなかったが、 $Adj R^2$ および C_p を基準にした場合、THLよりも説明変数の数が減少していた。パラメータAおよびkの両方を考慮した場合の寄与率はTHLで0.331、FHLで0.278まで上昇した。またAのみあるいはkのみと同程度の10前後の変数を取り込んだ場合でも、THLで0.296、FHLで0.242と、いずれも単独のパラメータのみによる場合より上昇した。

牛群滞在期間への分娩前後の体重変化を表す指標の重回帰分析（分析3）の結果を線形指標（a）、（b）、（c）および（d）について第19表に、Wood曲線への当てはめによる非線形指標BおよびCについて第20表に、線形指標と非線形指標の両方を考慮した場合について第21表に示した。分析1および分析2と同じく、 R^2 、 $Adj R^2$ および C_p のそれぞれで上位5通りの組み

合わせについて示した。

THLに対する線形指標では、線形指標のみの場合および非線形指標も考慮した場合いずれも分娩前1週から分娩後1週までの体重差である（b）が最も多くモデルに取り込まれていた。それに対してFHLに対する線形指標では、いずれの場合も分娩直後から分娩後1週までの体重差である（c）が最も多くモデルに取り込まれていた。また非線形指標では、選択された変数の種類にTHLとFHL間で差はなかった。

線形指標および非線形指標の両方を考慮した場合は、THLに対しては（b）およびBが多くのモデルで選択された。FHLに対しては線形指標（a）、（b）および（c）が多くのモデルで選択された。すべての変数を取り込んだ場合の寄与率はTHLで0.096、FHLで0.103であった。

最後に牛群滞在期間への体測定値の成長パラメータおよび分娩前後の体重変化指標の重回帰分析（分析4）の結果を第22表に示した。これまでの分析と同じく、 R^2 、Adj R^2 および C_p のそれぞれで上位5通りの組み合わせについて示した。すべての変数を考慮した場合の寄与率はTHLで0.526、FHLで0.603に達した。THLでは C_p を基準として選択された最適なモデルにおける説明変数は、分娩前後の体重変化指標WoodのパラメータB、体長の成熟率、胸幅の成熟値、尻長の成熟率、管囲の成熟値および成熟率であり、寄与率は0.346、自由度調整寄与率は0.287であった。同じくFHLでは、分娩前後の体重変化指標線形（a）、（b）、（c）、WoodのパラメータB、C、体重の成熟値および成熟率、体高の成熟率、十字部高の成熟率、体長の成熟率、尻長の成熟率、腰角幅の成熟率、胸囲の成熟率および管囲の成熟値であり、寄与率は0.536、自由度調整寄与率は0.422であった。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

VI. 体測定値情報を用いた牛群滞在期間に関する総合選抜指標の検討

4. 考察

高泌乳牛において乳房は非常に発達し、それを支えるにはある程度の高さが必要である。乳房の位置が床面から近いと乳房炎の指標となる体細胞スコアが増加するという報告もあり

([ROGERSら, 1998](#)) , 分析1においてTHL, FHLともに選択された十字部高はその部分を説明すると考えられる。また胸深は粗飼料の利用能力に関連があることが知られており、そのために選択されたと考えられる。さらに管囲は肢蹄に關与する唯一の形質であり、高泌乳の大型化した乳牛の体軀を支える中で増加傾向にある蹄病に關連して選択されたと考えられる。すなわちTHL・FHLともに選択された十字部高, 胸深, 管囲は、それぞれ乳牛の乳房, 粗飼料利用性, 肢蹄の健全性を説明する変数として、モデルに取り込まれたと解釈できる。

分析1においてTHLとFHLの間で差が認められた変数は、体重, 体長, 胸幅, 腰角幅であった。このうち体長および胸幅については、[第5表](#)にも示されているように、THLとFHLにおいて相関で0.2以上の大きな差があったことから、取り込まれ方に差が生じたものと考えられる。また腰角幅については分娩難易度に関連するといわれており、そのためにFHLを説明するモデルに選択され、同じ後軀の幅でも後乳房の体積に直接的に影響してくる寛幅が、THLを説明するモデルにおいて選択されたと考えられる。さらにVでも言及したように、エネルギーバランスが負に傾き身を削って乳生産を行う状況になれば代謝病や繁殖障害を誘発し、高泌乳であっても健全であるとは言い難い。体格が同程度の個体であれば体重変化が激しくなく、常に安定した体重を保っている方が、健全性という面では好ましいと言え、その部分がFHLを説明するモデルで体重が選択される理由になっていると考えられる。

分析2において、パラメータAを説明変数として取り込んだ場合の寄与率は、THL・FHLいずれの場合も分析1より大きく上昇した。IVにおいて述べたように、成長曲線を当てはめることによって環境要因の影響や測定誤差が相殺され相関が上昇したことが、この結果につながったと考えられる。

またパラメータkを説明変数として取り込んだ場合、分析1とは異なりTHLにおいても体重が説明変数として多くのモデルで選択された。体重は単独の測定値あるいは成熟時の平均値として見れば、乳生産性と長命性の2つの側面を持っているため、THLにおいてはそのいずれの面が作用しているのか判断しづらい点がある。しかし成熟速度として考えればより早熟な個体は繁殖面で障害を抱えやすいという報告もあり ([ESSL, 1998](#)) , 長命性に及ぼす影響がより大きくなっていくものと考えられる。

さらにパラメータAとkを説明変数として取り込んだ場合、Aとkの両方が選択される形質、Aのみが選択される形質、kのみが選択される形質と3通りの傾向に分かれた。これらの中で特にAよりもkが関与していた寛幅については、後乳房の幅の発達速度が大きく影響しているものと考えられる。

パラメータAおよびkの両方を考慮した場合の寄与率はTHL・FHLのいずれを目的変数とした場合でも、それぞれ単独に考慮した場合より上昇した。形質によって成熟値Aの関与が大きい場合、成熟速度kの関与が大きい場合があることから、両方の値を考慮することにより、寄与率が上昇したのものと考えられる。

分析3において、線形指標ではTHLに対して（b）が最も多く選択されていた。それに対してFHLに対しては（c）も併せて選択されていた。（b）は子牛の体重を含む数値であるのに対して、（c）は子牛の体重には影響されない、分娩直後からの体重差である。子牛の体重は交配した種雄牛にも依存するため、例えば高泌乳の経産牛に大型種雄牛を交配し、初産牛に小型種雄牛を交配するなどの影響を受けられる。こういった子牛の体重による影響を排除した（c）が、乳牛本来の長命性を表すFHLをよく説明する結果になったと考えられる。

線形指標および非線形指標を説明変数とした場合は、FHLに対する寄与率がTHLを上回った。分娩前後の体重変化指標は単独ではあまり大きな寄与率を示さないが、成長パラメータとは全く異なる指標であるため、成長パラメータと同時に考慮した場合の寄与率の上昇が期待できる。

分析4において、成長パラメータおよび体重変化指標をすべて考慮した場合、寄与率は分析2および分析3と比較して大きく上昇した。記録数が少なく（85記録）変数の数が多い（28変数）ため、単純に寄与率のみでは説明率を判断できない面もあるが、自由度調整寄与率についても分析2および3の結果を大きく上回った。選択された変数については、基本的に分析2および3で選択された傾向と似通っていた。FHLでは成熟率 k が成熟値 A よりも多くモデルに取り入れられたが、これはFHLを説明する上での成長曲線の有用性と、早期選抜指標の可能性を示している。またFHLでは分娩前後の体重変化指標が多く選択された。これは分析3で分娩前後指標を取り込んだ場合、FHLの方が寄与率の上昇がより大きかったことと併せて、分娩前後の体重変化指標がTHLよりもFHLを多く説明することを表しており、体重変化指標の有用性をうかがわせる。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

VII. 総括

近年、乳牛の供用年数は短縮の傾向をたどっている。高乳量を発揮する3, 4産次の実現のためにも、乳生産性と、非自発的淘汰を遅らせる能力である機能的生涯生産性を同時に改良していくことが必要である。しかし、生涯生産性は遺伝率が低く、記録を得るために時間を要するため、それ自体による選抜は難しい。そこで、生涯生産性と関連性のある体型指標を探索し、早期の選抜指標として利用することが考えられる。本研究では牛群滞在期間の選抜指標の探索を目的とし、体重および体尺測定値すなわち体測定値に関連したいくつかの指標について検討を行った。まずIIにおいて、単独の体測定値と牛群滞在期間との関連性について検討を行った。単独の体測定値と真の牛群滞在期間（THL）との間の相関は中程度の値であったが、機能的牛群滞在期間（FHL）との間の相関は低い値であった。今後はこれら体測定値の組み合わせ、たとえば体高および十字部高に対する胸深の比率、尻長に対する腰角幅および寛幅の比率などと牛群滞在期間との関連を検討する必要がある。

次にIIIにおいて、体測定値の成長曲線への当てはめを行い、IVにおいて推定された成長パラメータと牛群滞在期間との関連性を調べた。体測定値を成長曲線に当てはめることによって得られた成熟値Aは、特にFHLとの間に単独の体測定値よりも高い正の相関が得られた。これは環境要因や測定誤差による影響を取り除くことができたことによると推察される。また成熟率kはTHLおよびFHLとの間に負の相関を示し、晩熟の個体ほど牛群に長くともどまる傾向を示した。育成期など早い段階の体測定値を成長曲線に当てはめることによって、ある程度信頼性のある成長パラメータの値が得られれば、それは早期選抜という意味で有用な指標となりうる。どの程度早期にどの程度の精度で成長パラメータの推定を行うことができるか、今後さらに検討を行う必要がある。

続いてVにおいて、分娩前後の体重変化を線形および非線形指標として表し、それらと牛群滞在期間との関連性を調べた。線形指標との相関、非線形指標との相関のいずれも、分娩前後の体重変化がよりゆるやかであるほど牛群に長くともどまる傾向を示した。すなわち分娩前後および泌乳期間中の負のエネルギーバランスが牛群滞在期間にも影響を及ぼすという結果が得られた。今後はこれら負のエネルギーバランスを表す指標と繁殖障害や代謝病などの疾病との関連性について検討する必要がある。また体重やボディコンディションスコア（BCS）よりもさらに的確にエネルギーバランスを表し、客観的かつ簡易に測定可能な体型指標を得ることが課題となる。そのためにはデジタルカメラによる撮影画像等を解析して、牛群滞在期間と相関の高い体型指標を得る手法の確立が必要である。

最後にVIにおいて、これまでに検討した各体型指標を用いた総合選抜指標に関する検討を行った。FHL延長のために総合的に望ましい体型は、体重、十字部高、胸深、腰角幅、管囲を中心に取り入れたモデルであった。それぞれエネルギーバランス、乳房炎を中心とした乳房の疾病、粗飼料利用性や代謝病、分娩難易度など繁殖障害、蹄病という長命性に関連する指標を表したものと解釈できる。また牛群滞在期間への各体測定値指標の重回帰分析において、成長パラメータおよび分娩前後の体重変化指標を説明変数に取り入れることにより、寄与率は大きく上昇した。FHLを目的変数としたモデルでは特に成熟率kが多くの形質で選択され、成長パラメータの有用性と共に早期選抜の可能性が示された。しかし記録数が少ないため、より精度の高い結論を得るためには、さらに他の牛群記録を含めたデータを収集して分析を続ける必要がある。また本

研究では重回帰式に取り入れる変数についての検討にとどまったが、選抜指数式を導くにあたっては、遺伝的解析が必要であり、今後の課題である。

今後はこれらの結果から得られた知見をよりフィールドに近い記録に応用して、実用性の高い選抜指標を得ることが生涯生産性改良のために必要であり、課題として残されている。本研究で用いた記録は農業研究センターの記録であるので、一般農家では定期的測定が困難であるような細かい記録が得られる反面、淘汰理由などで一般農家とはやや異なる面を持つ。しかしながら今後よりフィールドに近い環境に応用していく上で、本研究の結果は十分にそのベースとなりうるものと推察される。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

VIII. 摘要

乳牛においては乳生産性が非常に重要な経済形質である。我が国では近年、1頭当たりの乳量は飛躍的に増加したが、乳牛の供用年数は短縮の傾向にある。乳牛生産寿命を長くすることは、1) 高乳量を発揮する3、4産次までの利用、2) 寿命延長にともなう雌牛数の増加による牛群の選抜淘汰圧の拡大、3) 雌牛の更新費用の減少につながる。

乳生産性と長命性を同時に向上させるためには、乳生産の能力と切り離された、淘汰されにくい能力を改良することが必要である。単純に牛群にとどまり続ける能力を示す「真の生涯生産性」に対し、乳量の高低には関係なく、牛群に健康でとどまり続ける能力のことを「機能的生涯生産性」と定義する。この機能的生涯生産性を乳牛の選抜指標に取り入れることで、長命性と乳生産性の両方を同時に改良することが可能となる。

しかし生涯生産性の直接選抜は困難と考えられる。その理由として、1) 当該個体が淘汰されるまで記録を得ることができないため、記録を得るまでに長い時間を要する、2) 遺伝率が低い、ことが挙げられる。そこで、これら生涯生産性と相関のある形質を早期に利用することが考えられる。生涯生産性は体型形質と中程度の相関が存在することが知られており、今後、さらに早期に選抜可能な、あるいはより高い相関を持つ指標の探索が必要である。

以上の背景から本研究では、乳牛の生涯生産性と相関を持つ、早期に選抜可能な体重・体型形質を探索することを目的とし、体測定値に関連したいくつかの指標について検討を行った。

まずIIにおいて、対象集団における体測定値および牛群滞在期間に関する遺伝的パラメータの推定を行い、単独の体測定値と牛群滞在期間との関連性について検討を行った。単独の体測定値と真の牛群滞在期間 (THL) との間の相関は中程度の値であったが、機能的牛群滞在期間 (FHL) との間の相関は低い値であった。

次にIIIにおいて、乳牛の成長パターンと牛群滞在期間との関連について調査するため、非線形回帰を用いて体測定値の成長曲線への当てはめを行った。6種類の成長曲線モデルについて検討を行い、決定係数および赤池の情報量基準 (AIC) による当てはまりの良さ、また収束時間などから総合的に判断して、Bertalanffyの成長曲線モデル ($y_n = A (1 - Be^{-kn})^3$) を採択した。

さらにIVにおいて、体測定値のBertalanffy成長曲線への当てはめにより推定された成長パラメータと牛群滞在期間との関連性を調べた。成熟値Aは、特にFHLとの間に単独の体測定値よりも高い正の相関が得られた。また成熟率kはTHLおよびFHLとの間に負の相関を示し、晩熟の個体ほど牛群に長くとどまる傾向を示した。

続いてVにおいて、分娩前後の体重変化を線形および非線形指標として表し、それらと牛群滞在期間との関連性を調べた。線形指標との相関および非線形指標との相関のいずれも、分娩前後の体重変化がよりゆるやかであるほど牛群に長くとどまる傾向を示した。

最後にVIにおいて、これまでに検討した各体型指標を用いた総合選抜指標に関する検討を重回帰分析により行った。FHLを目的変数とした重回帰分析では、説明変数として体重、十字部高、胸深、腰角幅、管囲が主に選択された。また成長パラメータおよび分娩前後の体重変化指標を説明変数に取り入れることにより、寄与率は大きく上昇した。FHLを目的変数としたモデルでは特に成熟率kが多くの形質で説明変数として選択された。

体測定値を牛群滞在期間の選抜指標として考える場合、単独に測定した値は測定誤差や様々な環

境要因の影響を受け、それらを厳密に取り除くことは困難である。しかし体測定値の推移から推定した成熟値と、牛群滞在期間との間に中程度の相関が得られたことは、これらの影響をある程度軽減することができたと考えられる。さらに成熟率が牛群滞在期間との間に中程度の相関を示したことは、最終的に到達する体格の大きさだけでなく、成長のパターンが牛群滞在期間に関連していることを表している。また分娩前後の体重変化は、推定された相関の値および重回帰分析の結果のいずれからでも、特にFHLとの間に強い関連が認められた。分娩後、泌乳に要するエネルギーに採食から得るエネルギーが追いつかず、エネルギーバランスが負に傾くことが、繁殖障害や代謝病を誘発し、牛群滞在期間の低下につながっていると考えられる。

これらの結果から、成長パラメータおよび分娩前後の体重変化指標の、牛群滞在期間との関連性が明らかになった。また成熟率が牛群滞在期間に関係していたことから、成長の過程の重要性和早期選抜の可能性が示唆され、選抜指標としての有効性が示された。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

謝辞

終わりに臨み、本論文をまとめるにあたって、ご多忙な中終始懇切丁寧なご指導、貴重なご助言を賜った京都大学農学部佐々木義之教授（現、名誉教授）に深甚なる謝意を表す。また多くのご助言をいただいた京都大学農学部久米新一教授に深く感謝の意を表す。東北大学農学部西田朗教授、京都大学農学部広岡博之教授、京都産業大学工学部野村哲郎教授をはじめとした、統計遺伝育種学研究会の皆様には、研究の遂行にあたり度重なるご助言と激励を賜り、心から感謝の意を表す。そして、本研究を開始するにあたり適切なお助言を頂いた北海道農業研究センター畜産草地部富樫研治部長（現、研究管理監）ならびに竹下潔元部長に深く感謝の意を表す。また研究の遂行からとりまとめに至るまで、多大なるご助言、激励を賜った北海道農業研究センター家畜育種研究室武田尚人室長（現、自給飼料酪農研究チーム上席研究員）にさらなる謝意を表す。さらに北海道農業研究センター業務第3科（現、第1科）の職員の方々のデータの収集のご努力に感服するとともに心から感謝の意を表す。加えて、研究生活にあたり多大なご迷惑をおかけしたにもかかわらず、貴重な研究時間を割いてまでご助言、ご協力を頂いた近畿中国四国農業研究センター育種繁殖研究室山本直幸室長（現、粗飼料多給型高品質牛肉研究チーム長）、北海道農業研究センター家畜育種研究室山崎武志研究員（現、自給飼料酪農研究チーム研究員）、飼料評価研究室大下友子主任研究官（現、自給飼料酪農研究チーム主任研究員）をはじめとする旧畜産草地部の方々に感謝の念はたえない。最後に、本研究に様々な形でのご協力を下さった上記の方々の、家畜育種に対する熱意ならびに研究に対する真摯な姿勢に、深く感動すると同時に厚く敬意を表して筆を置く。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

引用文献

1. 赤池弘次 (1976) : 情報量基準AICとは何か. 数理科学, 153, 5-11.
2. BELTRAN, J.J., BUTTS, J.W.T., OLSON, T.A. and KOGER, M. (1992) : Growth patterns of two lines of Angus cattle selected using predicted growth parameters. J.Anim.Sci., 70, 734-741.
3. BERRY, D.P., BUCKLEY, F., DILLON, P., EVANS, R.D., RATH, M. and VEERKAMP, R.F. (2002) : Genetic parameters for level and change of body condition score and body weight in dairy cows. J.Dairy Sci., 85, 2030-2039.
4. BERRY, D.P., BUCKLEY, F., DILLON, P., EVANS, R.D., RATH, M. and VEERKAMP, R.F. (2003) : Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield and fertility in dairy cows. J.Dairy Sci., 86, 2193-2204.
5. BOLDMAN, K.G., FREEMAN, A.E., HARRIS, B.L. and KUCK, A.L. (1992) : Prediction of sire transmitting abilities for herd life from transmitting abilities for linear type traits. J.Dairy Sci., 75, 552-563.
6. BONCZEK, R.R., RICHARDSON, D.O., MOORE, E.D., MILLER, R.H., OWEN, J.R., DOWLEN, H.H. and BELL, B.R. (1992) : Correlated response in growth and body measurements accompanying selection for milk yield in Jerseys. J.Dairy Sci., 75, 307-316.
7. BRODY, S. (1945) : Bioenergetics and Growth. Reinhold Publ. Co., New York.
8. BROTHERSTONE, S., and HILL, W.G. (1991) : Dairy herd life in relation to linear type traits and production. 1. Phenotypic and genetic analyses in pedigree type classified herds. Anim.Prod., 53, 279-287.
9. BROWN, J.E., FITZHUGH, J.H.A. and CARTWRIGHT, T.C. (1976) : A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. J.Anim.Sci., 42, 810-818.
10. BURKE, B.P. and FUNK, D.A. (1993) : Relationship of linear type traits and herd life under different management systems. J.Dairy Sci., 76, 2773-2782.
11. DE TORRE, G.L., CANDOTTI, J.J., REVERTER, A., BELLIDO, M.M., VASCO, P., GARCIA, L.J. and BRINKS, J.S. (1992) : Effects of growth curve parameters on cow efficiency. J.Anim.Sci., 70, 2668-2672.
12. DE VRIES, M.J. and VEERKAMP, R.F. (2000) : Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. J.Dairy Sci., 83, 62-69.
13. DEKKERS, J.C.M., JAIRATH, L.K., and LAWRENCE, B.H. (1994) : Relationships between sire genetic evaluations for conformation and functional herd life of daughters. J.Dairy Sci., 77, 844-854.
14. DUCROCQ, V., QUAAS, R.L., POLLAK, E.J. and CASELLA, G. (1988a) : Length of productive life of dairy cows. 1. Justification of a Weibull model. J.Dairy Sci., 71, 3061-3070.
15. DUCROCQ, V., QUAAS, R.L., POLLAK, E.J. and CASELLA, G. (1988b) : Length of productive life of dairy cows. 2. Variance component estimation and sire evaluation. J.Dairy Sci., 71,

3071-3079.

16. ESSL, A. (1989) : Estimation of the genetic correlation between first lactation milk yield and length of productive life by means of a half-sib analysis: A note on the estimation bias. *J.Anim.Breed.Genet.*, 106, 402-408.
17. ESSL, A. (1998) : Longevity in dairy cattle breeding: a review. *Livest.Prod.Sci.*, 57, 79-89.
18. FITZHUGH, J.H.A. (1976) : Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J.Anim.Sci.*, 42, 1036-1051.
19. FUNK, D.C., HANSEN, L.B. and FUNK, D.A. (1991) : Adjustment of linear type scores from Holstein classification for age and stage of lactation. *J.Dairy Sci.*, 74, 645-650.
20. GOMPERTZ, B. (1825) : On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Phil.Trans.Roy.Soc.London.*, 115, 513-585.
21. GRANTHAM, J.K.A., WHITE, J.M. and VINSON, W.E. (1974) : Genetic relationships between milk production and type in Holsteins. *J.Dairy Sci.*, 57, 1483-1488.
22. HANSEN, L.B., COLE, J.B., MARX, G.D. and SEYKORA, A.J. (1999) : Productive life and reasons for disposal of Holstein cows selected for large versus small body size. *J.Dairy Sci.*, 82, 795-801.
23. HARRIS, B.L., FREEMAN, A.E. and METZGER, E. (1992a) : Analysis of herd life in Guernsey dairy cattle. *J.Dairy Sci.*, 75, 2008-2016.
24. HARRIS, B.L., FREEMAN, A.E. and METZGER, E. (1992b) : Genetic and phenotypic parameters for type and production in Guernsey dairy cows. *J.Dairy Sci.*, 75, 1147-1153.
25. HARVEY, W.R. (1975) : Least-squares analysis of data with unequal numbers. *A.R.S.*, H-4. U.S.D.A.
26. HAYES, A.E., and MAO, I.L. (1987) : Effects of parity, age, and stage of lactation at classification on linear type scores of Holstein cattle. *J.Dairy Sci.*, 70, 1898-1905.
27. HUDSON, G.F.S. and VAN VLECK, L.D. (1981) : Relationship between production and stayability in Holstein cattle. *J.Dairy Sci.*, 64, 2246-2250.
28. JENKINS, T.G., KAPS, M., CUNDIFF, L.V. and FERRELL, C.L. (1991) : Evaluation of between- and within-breed variation in measures of weight-age relationships. *J.Anim.Sci.*, 69, 3118-3128.
29. 河原孝吉・梶谷智史・中田稔・鈴木三義・光本孝次. (1994) : 線形式体型形質におけるホルスタイン種雄牛集団の遺伝的パラメータの推定. *日畜会報*, 65, 1051-1056.
30. 河原孝吉・鈴木三義・池内豊. (1996) : ホルスタイン種牛集団における産乳と体型形質および長命性の遺伝的パラメータ. *日畜会報*, 67, 463-475.
31. KOVAC, M., and GROENVELD, E. (2003) : VCE-5 User's Guide and Reference Manual Ver.5.1.
32. MALLOWS, C.L. (1973) : Some comments on Cp. *Technometrics*, 15, 661-667.
33. MARSHALL, T.E., MOHLER, M.A. and STEWART, T.S. (1984) : Relationship of lifetime productivity with mature weight and maturation rate in Red Poll cows. *Anim.Prod.*, 39, 383-387.
34. MISZTAL, I. (1990) : Restricted maximum likelihood estimation of variance components in animal model using sparse matrix inversion and a supercomputer. *J.Dairy Sci.*, 73, 163-172.

35. MISZTAL, I., LAWLOR, T.J., SHORT, T.H. and VANRADEN, P.M. (1992) : Multiple-trait estimation of variance components of yield and type traits using an animal model. *J.Dairy Sci.*, 75, 544-551.
36. MRODE, R.A., SWANSON, G.J.T. and LINDBERG, C.M. (2000) : Genetic correlations of somatic cell count and conformation traits with herd life in dairy breeds, with an application to national genetic evaluations for herd life in the United Kingdom. *Livest.Prod.Sci.*, 65, 119-130.
37. NELDER, J.A. (1961) : The fitting of a generalization of the logistic curve. *Biometrics*, 17, 89-110.
38. 日本ホルスタイン登録協会北海道支局. (2005) : 体型審査と線形評価法. 日本ホルスタイン登録協会北海道支局. 北海道札幌市.
39. 西村和行・峰崎康裕・塚本達. (1985a) : 非線形発育モデルの当てはめによるホルスタイン雌牛の副次部位の発育様相把握. *新得畜試研究報告*, 14, 41-48.
40. 西村和行・峰崎康裕・塚本達. (1985b) : ホルスタイン雌牛の発育様相形質と泌乳能力の関係. *新得畜試研究報告*, 14, 49-52.
41. 西村和行・峰崎康裕・塚本達. (1986) : 乳用牛群の体重および体格測定値と産乳能力との遺伝相関. *新得畜試研究報告*, 15, 11-18.
42. 小畑太郎・向井文雄. (1982) : 黒毛和種雌牛の発育様相と生産能力の関係. *日畜会報*, 53, 605-611.
43. PRYCE, J.E., COFFEY, M.P. and SIMM, G. (2001) : The relationship between body condition score and reproductive performance. *J.Dairy Sci.*, 84, 1508-1515.
44. RICHARDS, J.F. (1959) : A flexible growth function for empirical use. *J.Exp.Bot.*, 10, 290-300.
45. ROGERS, G.W., HARGROVE, G.L., LAWLOR, J.T.J. and EBERSOLE, J.L. (1991) : Correlations among linear type traits and somatic cell counts. *J.Dairy Sci.*, 74, 1087-1091.
46. ROGERS, G.W., HARGROVE, G.L. and COOPER, J.B. (1995) : Correlations among somatic cell scores of milk within and across lactations and linear type traits of Jerseys. *J.Dairy Sci.*, 78, 914-920.
47. ROGERS, G.W., BANOS, G., NIELSEN, U.S. and PHILIPSSON, J. (1998) : Genetic correlations among somatic cell scores, productive life, and type traits from the United States and udder health measures from Denmark and Sweden. *J.Dairy Sci.*, 81, 1445-1453.
48. SAS/STATソフトウェアユーザズガイド, Ver.6, First Edition, SAS出版局
49. SHORT, T.H. and LAWLOR, T.J. (1992) : Genetic parameters of conformation traits, milk yield, and herd life in Holsteins. *J.Dairy Sci.*, 75, 1987-1998.
50. SHUTZ, M.M., VANRADEN, P.M., BOETTCHER, P.J. and HANSEN, L.B. (1993) : Relationship of somatic cell score and linear type trait evaluations of Holstein sires. *J.Dairy Sci.*, 76, 658-663.
51. SOLKNER, J. (1989) : Genetic relationships between level of production in different lactations, rate of maturity and longevity in a dual purpose cattle population. *Livest.Prod. Si.*, 23, 33-45.
52. VAN DOPE, T.E., DEKKERS, J.C.M., MARTIN, S.W. and NOORDHUIZEN, J.P.T.M. (1998) : Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk yield and

- conformation traits of registered Holstein cows. *J.Dairy Sci.*, 81, 2264-2270.
53. VAN RADEN, P.M. and KLAASKATE, E.J.H. (1993) : Genetic evaluation of length of productive life including predicted longevity of live cows. *J.Dairy Sci.*, 76, 2758-2764.
 54. VAN VLECK, L.D., KARNER, P.J. and WIGGANS, G.R. (1980) : Relationships among type traits and milk yield of Brown Swiss cattle. *J.Dairy Sci.*, 63, 120-132.
 55. VEERKAMP, R.F., OLDENBROEK, J.K., VAN DER GAAST, H.J. and VAN DER WERF, J.H.J. (2000) : Genetic correlation between days until start of luteal activity and milk yield, energy balance, and live weights. *J.Dairy Sci.*, 83, 577-583.
 56. VEERKAMP, R.F. (1998) : Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review. *J.Dairy Sci.*, 81, 1109-1119.
 57. VERHULST, P.F. (1845) : Resherches mathematiques sur la loi d'accroissement de la population. *Nouv.mem.de l'Academie Royale des Sci.* 18, 1-41.
 58. VON BERTALANFFY, L. (1957) : Quantitative laws in metabolism and growth. *Quart.Rev.Biol.*, 32, 217-231.
 59. 和田康彦. (1983) : 非線形発育モデルの当てはめによる黒毛和種雌牛の体重の発育様相の把握. *日畜会報*, 54, 46-51.
 60. 和田康彦・池内豊・松本成生・小畑太郎. (1996) : アニマルモデルを用いたわが国のホルスタイン種の体型審査形質の遺伝的パラメータの推定. *畜産試験場研究報告*, 57, 1-6.
 61. WOOD, P.D.P. (1967) : Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, 216, 164-165.

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

Summary

In recent years, milk yield per cow, one of the most important traits in dairy cattle, increased very much in Japan. On the other hand, herd life of a cow is getting shorter. A long herd life enables a cow to achieve her maximum capacity of performance when attaining full maturity (3 or 4 parity) and decreases the replacement cost.

It is necessary that we improve the ability to delay involuntary culling except the reason of the milking ability for improving milk production and longevity simultaneously. We call the ability to delay involuntary culling functional longevity or functional herd life (FHL). It is different from true longevity or true herd life (THL) which is simply the ability delays culling, which is voluntary or involuntary. We can use FHL as one of the selection criteria to improve milk production and longevity simultaneously.

However, it is considered difficult to select cows directly on longevity because of the length of the term to getting data of herd life and the low estimated heritabilities of traits concerning longevity. There are some genetic correlations between type traits and herd life, but those in early stage are not enough high to make efficient improvement. We need to examine other indicators from type traits, for example, weight-age data.

The aim of this study is to investigate new indicator for functional longevity of dairy cows which can be used in earlier period and has higher genetic correlations.

1. Genetic parameters of the measurements of body size and herd life were estimated using data of Holstein cows in National Agricultural Research Center for Hokkaido Region. Estimates of genetic correlations between body size and THL ranged from 0.02 to 0.29, and those between body size and FHL ranged from 0.00 to 0.16.

2. Body size data was applied to growth model by non-linear regression to research the relationship between herd life and growth pattern. 6 patterns of growth model were examined and Bertalanffy growth model ($y_n = A(1 - Be^{-kn})^3$) was adopted judging from goodness of fit by coefficient of determination and Akaike's Information Criteria (AIC), and convergence time.

3. The relationship was analysed between herd life and growth parameters estimated in 2. Two parameters were revealed to be important. One is growth parameter A , means mature body size, and the other is growth parameter k , means maturing rate. Higher positive correlations with FHL were estimated in growth parameter A than the measured body size data. On the other hand, negative correlations were estimated in growth parameter k both with THL and FHL. The results show that late maturing cows tend to stay longer in herd.

4. The relationship was analysed between herd life and linear and non-linear indices for changes of body weight. A cow which has smaller change of body weight one month before calving to six months after calving tends to stay longer in herd.

5. All indicator variables for herd life were analysed using multiple regression analysis in

which the dependent variable was herd life. In the analysis for FHL, weight, height of hip cross, chest depth, hip width and leg girth were adopted as the independent variables. And growth parameters k of many traits of body size were adopted as the independent variable. The contribution ratio was high when growth parameters (estimated in 3) and changes of body weight before and after calving (estimated in 4) were taken into account.

The measured data of body size are largely influenced by the environmental effects. However, we can remove some environmental effects by applying measured data to growth model. It may read us to the higher correlations between herd life and estimated mature body size (growth parameter A). The moderate correlations between herd life and estimated maturing rate (growth parameter k) shows not only mature body size but also growth pattern has some relationship with herd life. High correlation coefficients were estimated between FHL especially and indices for changes of body weight before and after calving. It suggests that the negative energy balance after calving cause reproductive disorders or metabolic diseases and made herd life shorter.

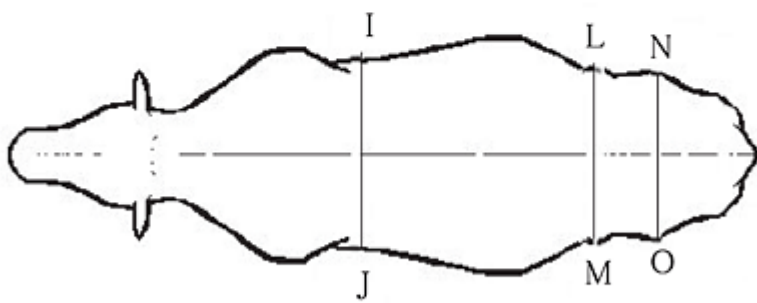
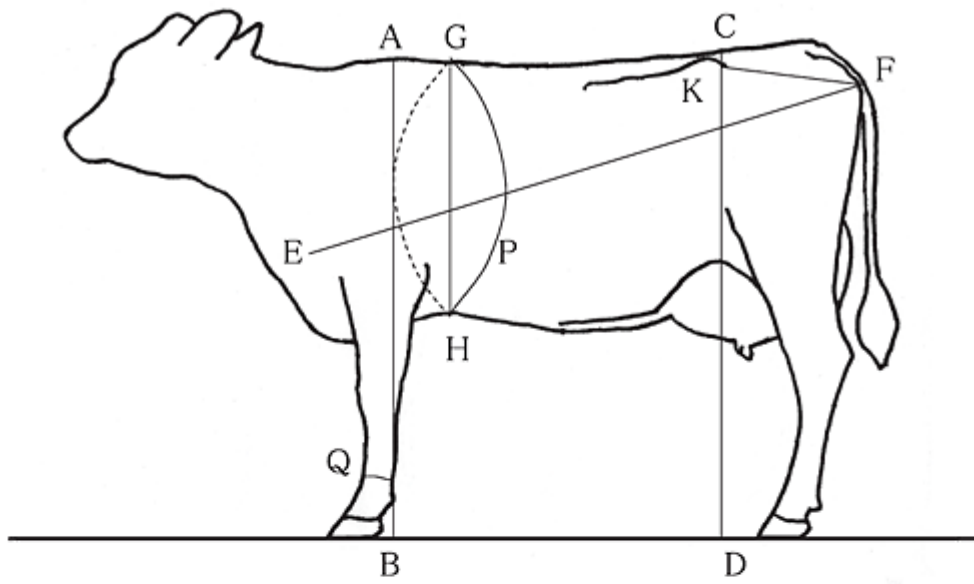
In this study, herd life shows relationships with growth parameters and changes of body weight before and after calving. It is suggested that growth pattern has important affect to herd life and possible to be used as an early selection index.

[前に戻る](#) [目次に戻る](#)

第1表. 生涯日乳量の比較

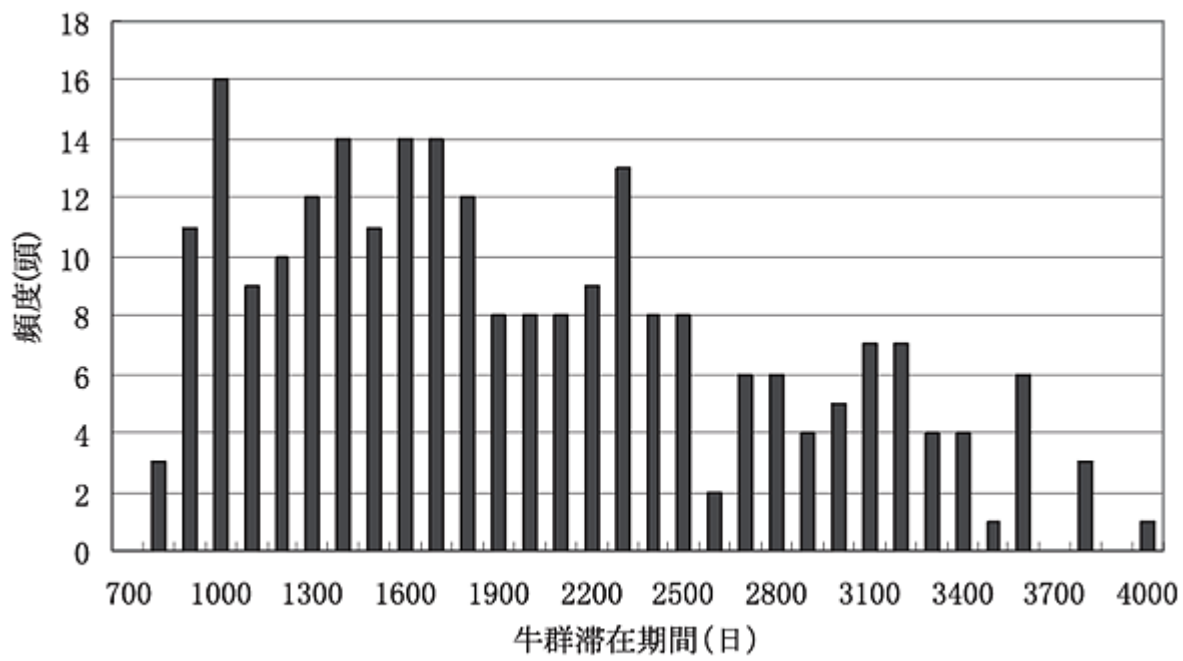
産次	1	2	3	4	5
平均乳量 (kg)	7908.44	9074.23	9408.03	9361.1	9178.02
累積乳量 (kg)	7908.44	16982.67	26390.7	35751.8	44929.82
牛群滞在期間 (日)	1095	1460	1825	2190	2555
生涯日乳量 (kg/日)	7.22	11.63	14.46	16.33	17.59
能力差 (kg/年)	0	-100	-200	-300	-400
生涯生産差 (kg)	0	-300	-900	-1800	-3000
生涯日乳量能力差(kg/日)	0	-0.21	-0.49	-0.82	-1.17
生涯日乳量 (adj)	7.22	11.43	13.97	15.50	16.41

平成18年12月6日原稿受理
 自給飼料酪農研究チーム



- | | | |
|-----------|----------|---------|
| AB : 体高 | I : 胸幅 | JP : 胸囲 |
| CD : 十字部高 | KF : 尻長 | Q : 管囲 |
| EF : 体長 | LM : 腰角幅 | |
| GH : 胸深 | NO : 寛幅 | |

第1図. 体尺測定部位およびその名称

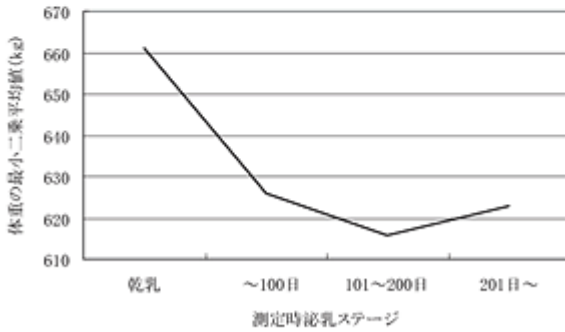
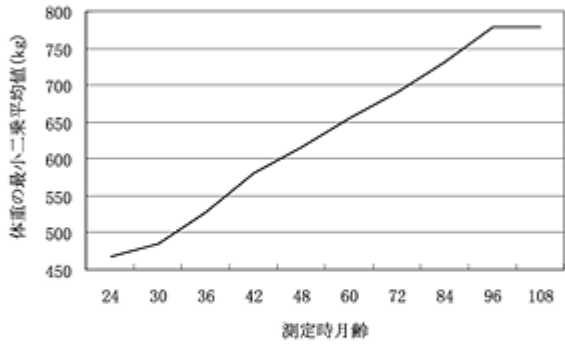
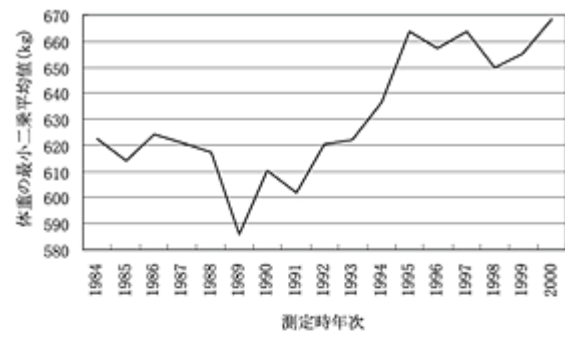


第2図. 北農研データにおける牛群滞在期間の頻度分布

第2表. 体測定値に関する最小二乗分散分析表

形質	要 因								誤差		
	測定時年次 (16)			測定時月齢 (9)			測定時泌乳ステージ (3)		平均平方	df	
	平均平方	F 値	**	平均平方	F 値	**	平均平方	F 値			**
体重	3801477.0	11.3	**	23617369.0	70.2	**	18962093.0	56.4	**	336462.0	1038
体高	12481.2	10.6	**	22718.4	19.2	**	2611.5	2.2		1168.7	1047
十字部高	15676.0	11.8	**	4807.0	3.6	**	1319.2	1.0		1328.4	1047
体長	14081.5	5.2	**	160107.6	59.4	**	15736.9	5.8	**	2697.3	1046
胸深	8271.0	14.3	**	44299.2	76.7	**	4520.3	7.8	**	577.6	1045
胸幅	111317.9	74.6	**	27077.3	18.2	**	14206.0	9.5	**	1491.9	1046
尻長	7358.5	15.7	**	15443.9	32.9	**	5596.3	11.9	**	469.1	1046
腰角幅	6043.9	12.2	**	45946.8	93.1	**	4077.3	8.3	**	493.7	1046
寛巾	4712.6	11.2	**	18053.2	43.0	**	2584.1	6.2	**	420.0	1043
胸囲	62461.8	12.6	**	319892.5	64.7	**	132580.3	26.8	**	4941.8	1046
管囲	285.2	7.0	**	311.8	7.6	**	411.1	10.0	**	40.9	1043

() 内の数値は各要因の自由度 ** : P < 0.01



第3図. 北農研牛群データにおける体重に対する測定時年次, 測定時月齢および測定時泌乳ステージの効果

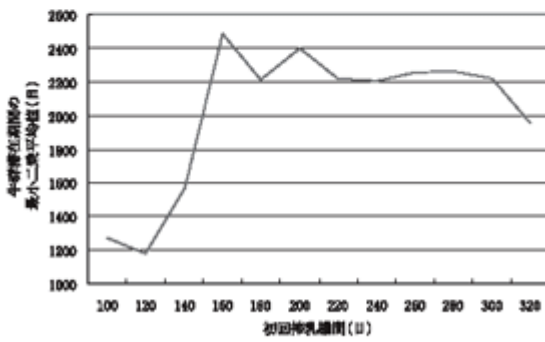
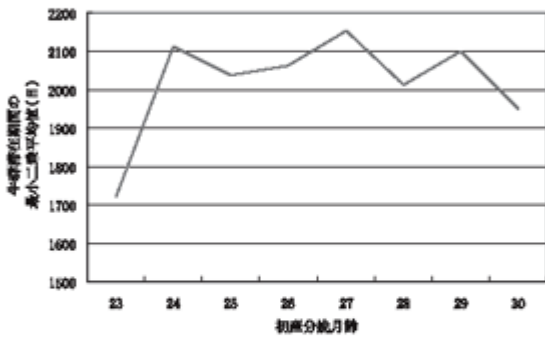
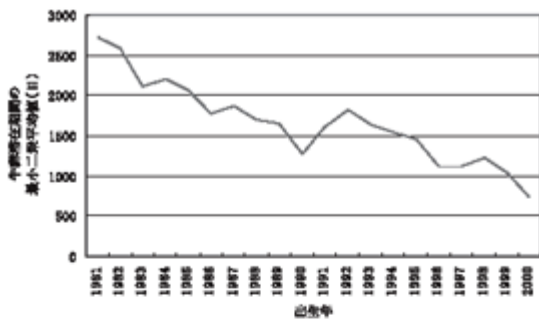
第3表. 体測定値の平均値と標準偏差および遺伝率推定値と標準誤差

体測定値	平均値±S.D.	遺伝率±S.E.
体重 (kg)	6,367.6±858.3	0.24±0.03
体高 (cm)	1,433.8±39.7	0.45±0.04
十字部高 (cm)	1,438.3±39.7	0.43±0.02
体長 (cm)	1,667.8±67.4	0.29±0.02
胸深 (cm)	764.9±33.8	0.34±0.02
胸幅 (cm)	478.4±58.9	0.13±0.03
尻長 (cm)	539.4±27.5	0.31±0.03
腰角幅 (cm)	563.2±32.4	0.34±0.03
寛幅 (cm)	516.8±25.9	0.23±0.02
胸囲 (cm)	2,035.7±99.2	0.27±0.03
管囲 (cm)	189.7±7.0	0.29±0.03

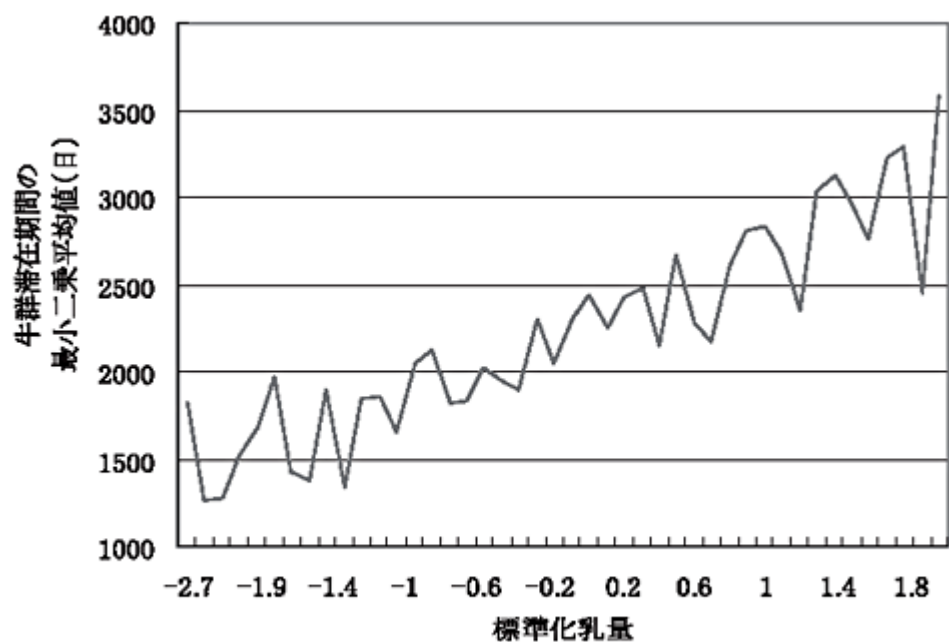
第4表. 牛群滞在期間に関する最小二乗分散分析表

変動因	自由度	Type III 平方和	平均平方	F 値	
出生年	14	17466905.96	1247636.1	2.71	**
初産分娩月齢	7	708620.84	101231.55	0.22	*
初回搾乳期間	11	16406037.22	1491457.9	3.24	**
誤差	163	75108963.6	460791.2		

* : $P < 0.05$, ** : $P < 0.01$



第4図. 北農研牛群データにおける牛群滞在期間に対する出生年, 初産分娩月齢および初回搾乳期間の効果



第5図. 北農研牛群データにおける牛群滞在期間に対する標準化乳量の効果

第5表. 牛群滞在期間の平均値とその標準偏差
および遺伝率とその標準誤差

パラメータ	牛群滞在期間 (日)
平均値 ± S.D.	1930.9 ± 786.1
遺伝率 ± S.E.	THL 0.13 ± 0.03
	FHL 0.14 ± 0.04

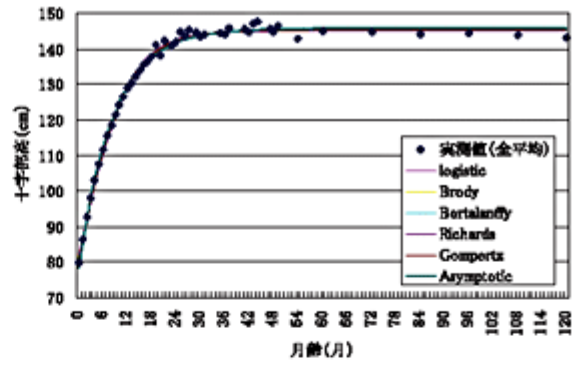
THL : 真の牛群滞在期間を示す。
FHL : 機能的牛群滞在期間を示す。

第6表. 体測定値と牛群滞在期間との表型および遺伝相関とその標準誤差

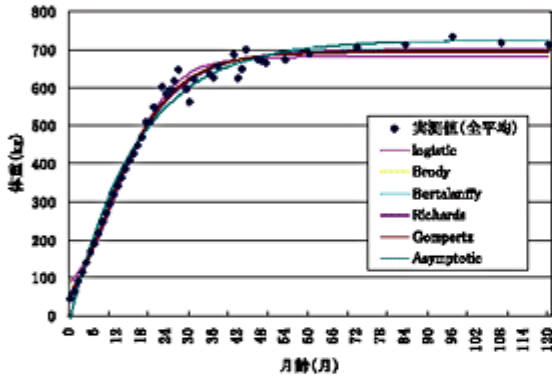
体測定値	THL		FHL	
	遺伝相関	表型相関	遺伝相関	表型相関
体重	0.17±0.02	0.25±0.02	0.16±0.00	0.04±0.01
体高	0.17±0.01	0.15±0.01	0.07±0.02	0.04±0.02
十字部高	0.14±0.01	0.08±0.01	0.04±0.03	0.02±0.03
体長	0.29±0.01	0.32±0.01	0.06±0.02	0.03±0.02
胸深	0.19±0.01	0.28±0.01	0.14±0.01	0.13±0.01
胸幅	0.26±0.01	0.29±0.02	0.06±0.01	0.07±0.01
尻長	0.22±0.01	0.28±0.01	0.16±0.01	0.16±0.01
腰角幅	0.16±0.01	0.26±0.01	0.09±0.01	0.07±0.01
寛幅	0.10±0.02	0.20±0.01	0.03±0.00	0.00±0.01
胸囲	0.14±0.03	0.29±0.02	0.12±0.01	0.11±0.01
管囲	0.02±0.01	0.05±0.01	0.00±0.02	-0.02±0.01

THL：真の牛群滞在期間を示す。

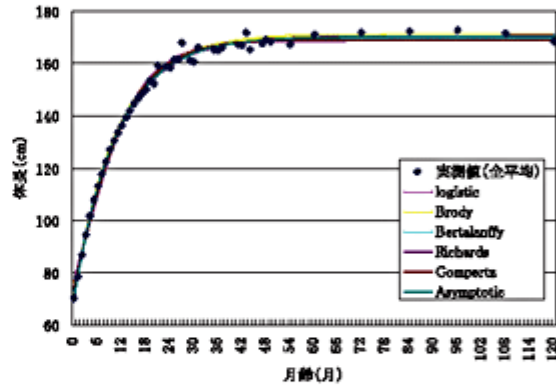
FHL：機能的牛群滞在期間を示す。



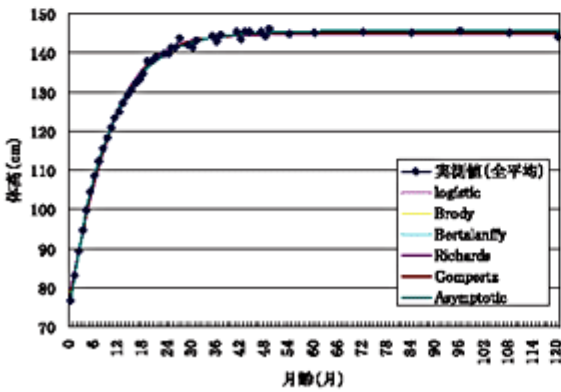
c) 十字部高



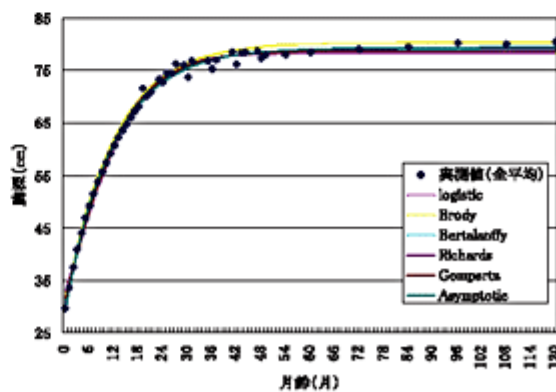
a) 体重



d) 体長

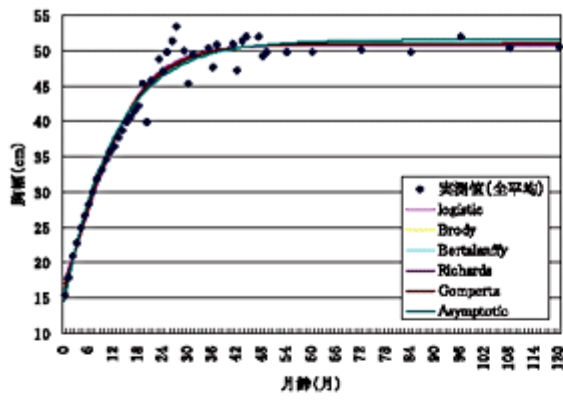


b) 体高

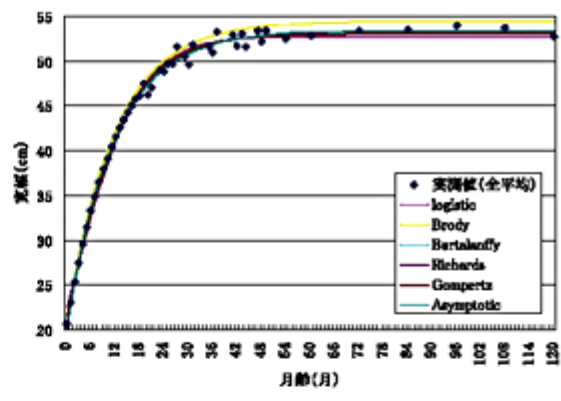


e) 胸深

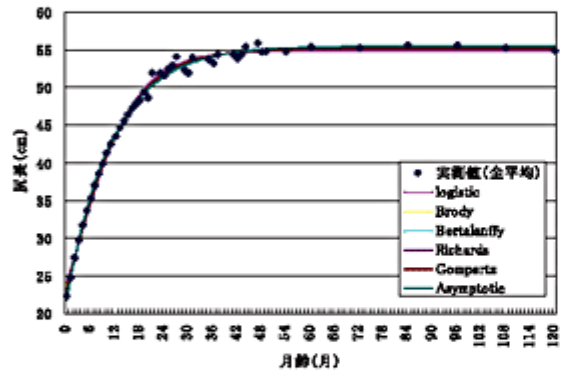
第6-1図. 体測定値の成長曲線への当てはめ



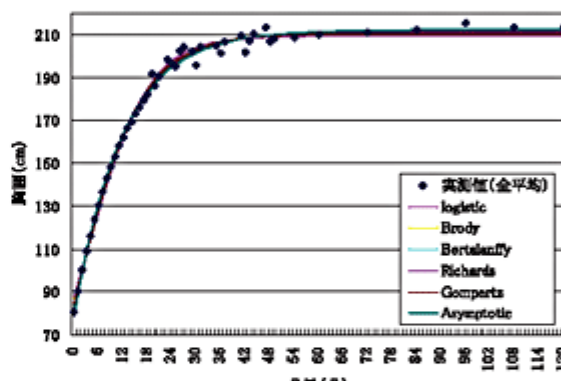
f) 胸幅



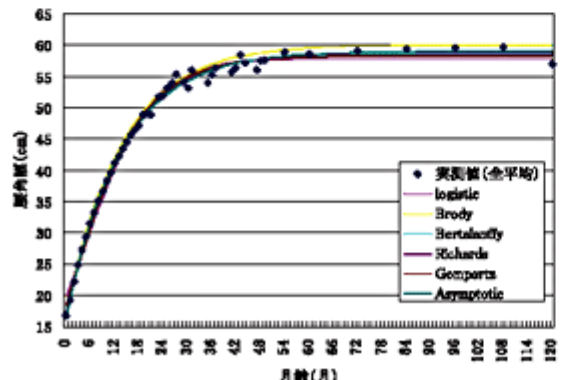
i) 寛幅



g) 尻長

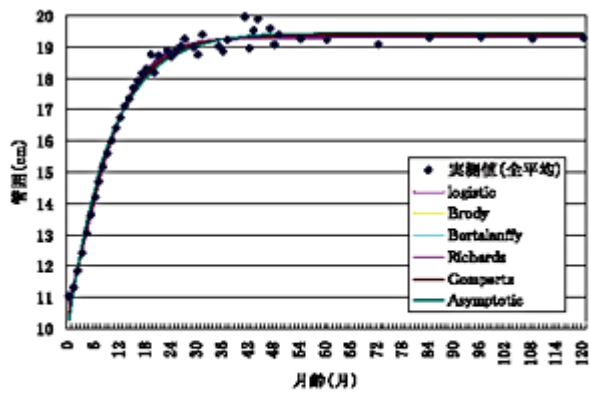


j) 胸囲



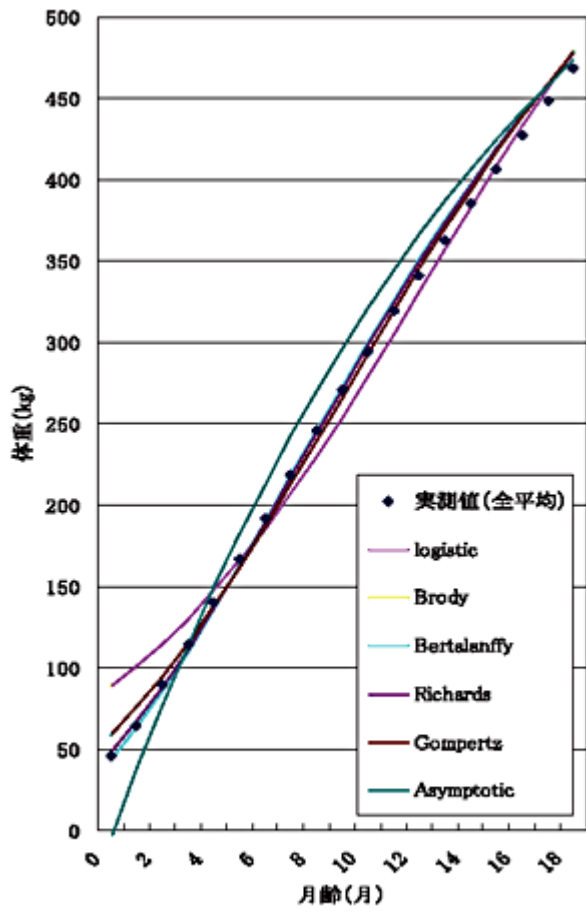
h) 腰角幅

第6-2図. 体測定値の成長曲線への当てはめ

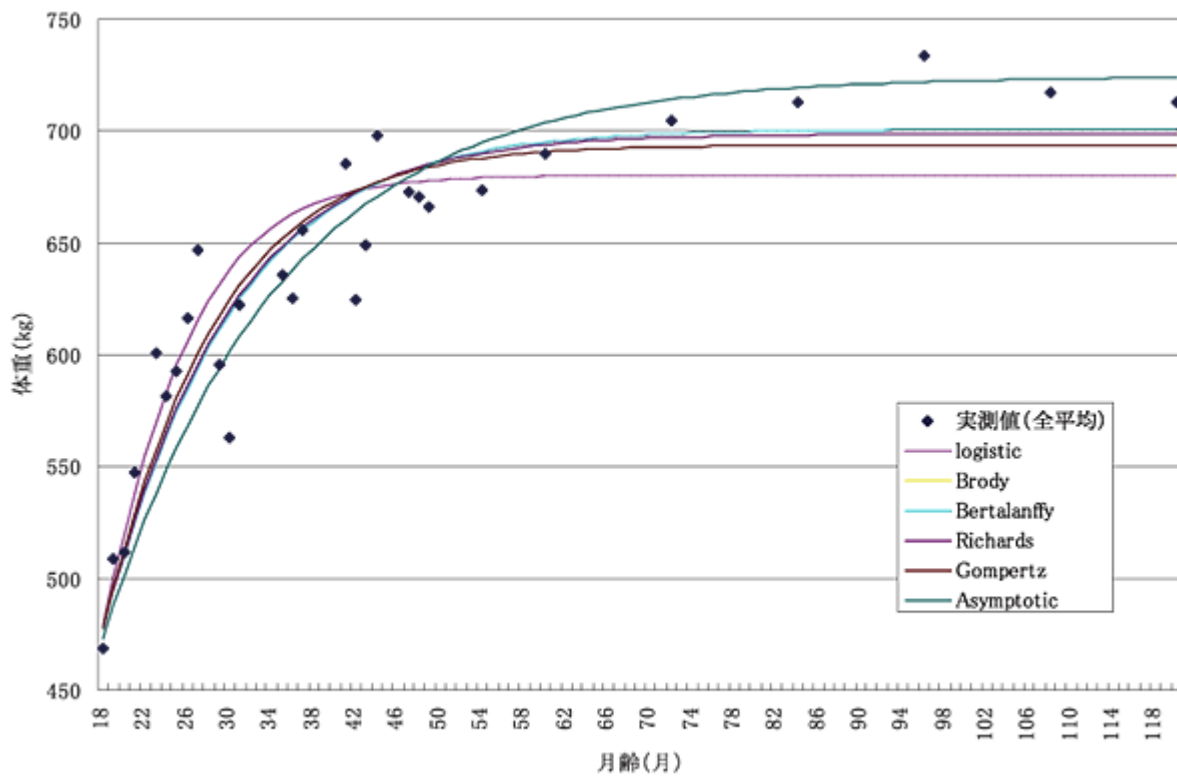


k) 管囲

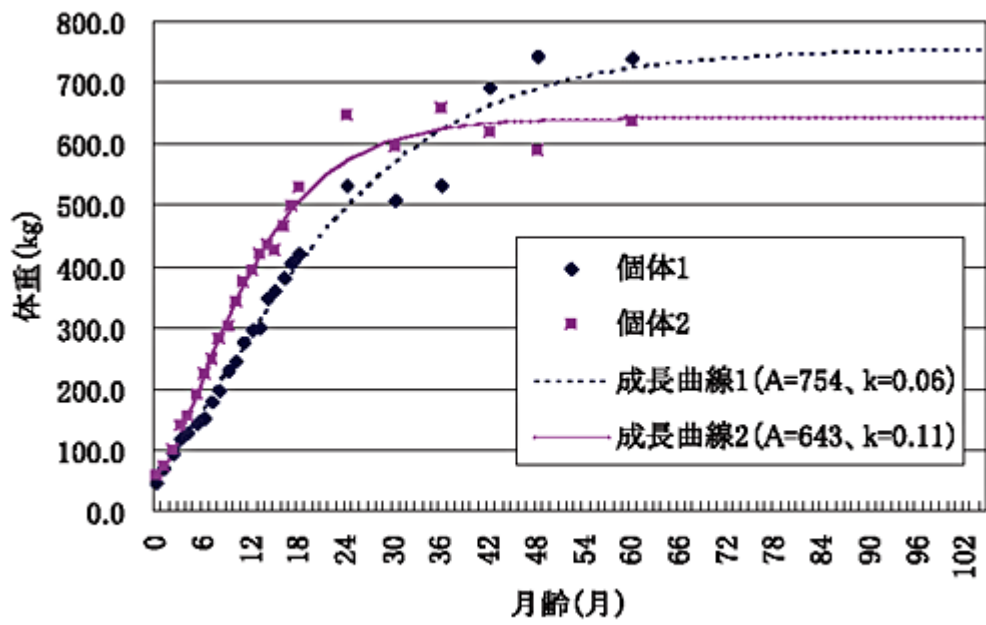
第6-3図. 体測定値の成長曲線への当てはめ



第7図. 体重記録の成長曲線への当てはめ (18ヶ月齢以前抜粋)



第8図. 体重記録の成長曲線への当てはめ (18ヶ月齢以降抜粋)



第9図. 成長曲線におけるパラメータ A と k の関係

第8表. 体測定値の Bertalanffy 成長曲線への当てはめによって得られた成長パラメータ A および k の遺伝率推定値並びに標準誤差

体測定値	遺伝率推定値 ± S.E.	
	A	k
体重	0.29 ± 0.04	0.33 ± 0.03
体高	0.32 ± 0.04	0.38 ± 0.04
十字部高	0.38 ± 0.04	0.41 ± 0.04
体長	0.40 ± 0.04	0.38 ± 0.03
胸深	0.37 ± 0.03	0.37 ± 0.04
胸幅	0.42 ± 0.02	0.33 ± 0.02
尻長	0.37 ± 0.02	0.38 ± 0.02
腰角幅	0.32 ± 0.01	0.34 ± 0.01
寛幅	0.35 ± 0.02	0.35 ± 0.02
胸囲	0.33 ± 0.03	0.34 ± 0.03
管囲	0.39 ± 0.02	0.36 ± 0.01

A : 成熟値を示す。
 k : 成熟率を示す。

第9表. 体測定値の Bertalanffy 成長曲線への当てはめ
 によって得られた成長パラメータ A と牛群滞
 在期間との遺伝および表型相関とその標準誤差

体測定値 A	THL		FHL	
	遺伝相関	表型相関	遺伝相関	表型相関
体重	0.36±0.05	0.22±0.04	0.24±0.06	0.20±0.04
体高	0.15±0.05	0.22±0.04	0.39±0.05	0.17±0.04
十字部高	0.14±0.05	0.11±0.03	0.21±0.05	0.01±0.03
体長	0.40±0.05	0.32±0.04	0.28±0.05	0.27±0.04
胸深	0.31±0.05	0.30±0.05	0.30±0.05	0.37±0.04
胸幅	0.36±0.06	0.18±0.05	0.14±0.05	0.06±0.04
尻長	0.17±0.05	0.23±0.05	0.23±0.05	0.27±0.04
腰角幅	0.30±0.03	0.32±0.04	0.29±0.05	0.33±0.04
寛巾	0.15±0.03	0.21±0.04	0.11±0.05	0.15±0.04
胸囲	0.18±0.05	0.27±0.04	0.19±0.04	0.32±0.04
管囲	-0.05±0.05	0.06±0.04	-0.08±0.03	-0.09±0.04

A : 成熟値を示す。

THL : 真の牛群滞在期間を示す。

FHL : 機能的牛群滞在期間を示す。

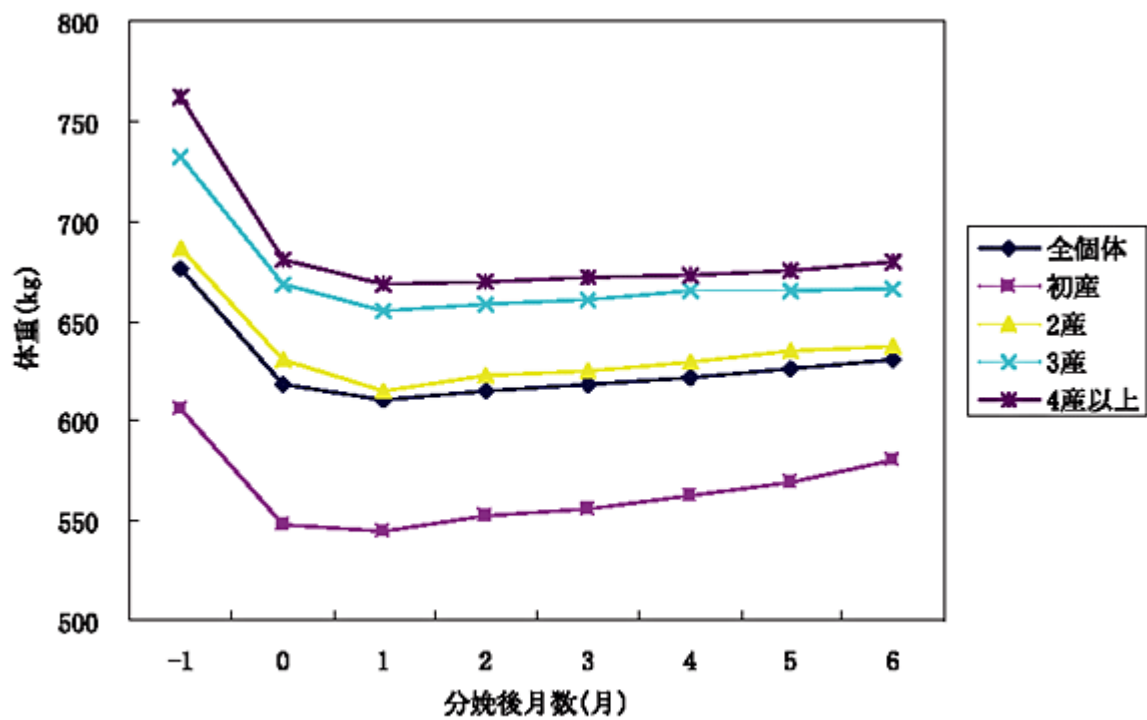
第10表. 体測定値の Bertalanffy 成長曲線への当てはめ
 によって得られた成長パラメータ k と牛群滞在
 期間との遺伝および表型相関とその標準誤差

体測定値 k	THL		FHL	
	遺伝相関	表型相関	遺伝相関	表型相関
体重	-0.46±0.05	-0.23±0.05	-0.46±0.05	-0.11±0.05
体高	-0.26±0.05	-0.04±0.05	-0.26±0.05	-0.06±0.04
十字部高	-0.14±0.04	0.02±0.05	-0.06±0.05	-0.02±0.04
体長	-0.31±0.04	-0.10±0.05	-0.33±0.05	-0.12±0.04
胸深	-0.33±0.06	-0.10±0.05	-0.33±0.05	-0.13±0.05
胸幅	-0.31±0.07	-0.14±0.05	-0.22±0.06	-0.12±0.05
尻長	-0.15±0.05	-0.05±0.05	-0.21±0.04	-0.30±0.05
腰角幅	-0.32±0.05	-0.10±0.05	-0.30±0.05	-0.12±0.05
寛巾	-0.22±0.05	-0.08±0.05	-0.23±0.05	-0.12±0.05
胸囲	-0.18±0.05	-0.08±0.05	-0.19±0.05	-0.10±0.04
管囲	-0.02±0.04	0.00±0.05	-0.06±0.03	-0.03±0.04

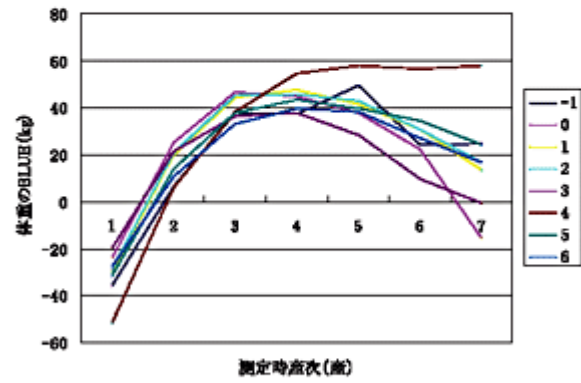
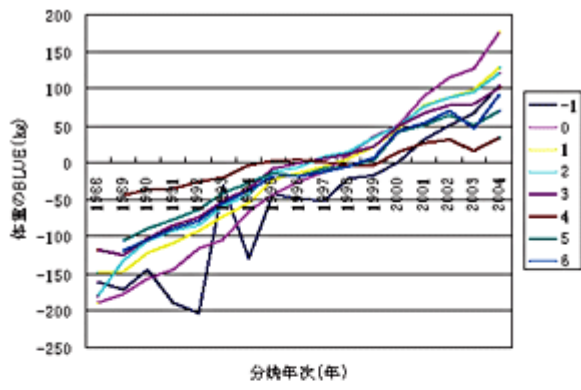
k : 成熟率を示す。

THL : 真の牛群滞在期間を示す。

FHL : 機能的牛群滞在期間を示す。



第10図. 産次別に見た分娩前後の体重変化 (未補正データ)



-1:分娩前1ヶ月, 0:分娩直後,
1~6:分娩後1ヶ月~6ヶ月を示す。

第11図. 分娩前1ヶ月から分娩後6ヶ月までの各測定時点における体重に対する分娩年次および測定時の産次の効果

第11表. 分娩前後の体重変化に関する線形指標
(a)~(d)の遺伝率と標準誤差

指標	遺伝率± S.E.
(a)	0.13±0.06
(b)	0.19±0.12
(c)	0.21±0.08
(d)	0.24±0.08

(a) 分娩後1～6ヶ月までの体重を回帰直線に当てはめた回帰係数を示す。

(b) 分娩前1ヶ月から分娩直後までの体重差を示す。

(c) 分娩前1ヶ月から分娩後1ヶ月までの体重差を示す。

(d) 分娩直後から分娩後1ヶ月までの体重差を示す。

第12表. 分娩前後の体重変化に関する線形指標(a)~(d)と牛群滞在期間との遺伝および表型相関とその標準誤差

指標	THL		FHL	
	遺伝相関	表型相関	遺伝相関	表型相関
(a)	-0.10±0.02	-0.20±0.04	-0.06±0.06	-0.14±0.04
(b)	-0.07±0.05	0.17±0.04	-0.25±0.05	-0.43±0.04
(c)	-0.07±0.03	-0.06±0.03	-0.06±0.05	-0.04±0.03
(d)	-0.09±0.03	-0.18±0.04	-0.09±0.05	-0.19±0.04

THL：真の牛群滞在期間を示す。

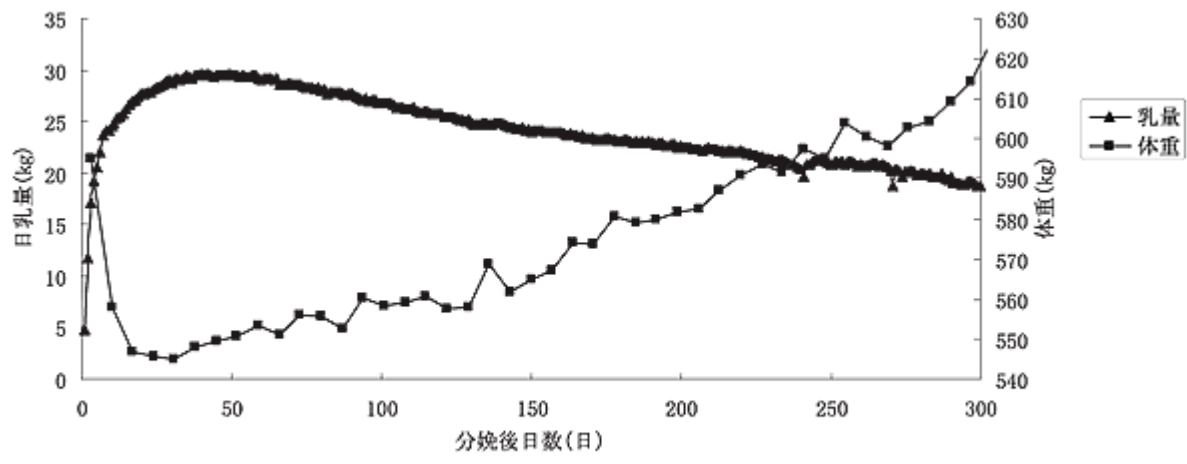
FHL：機能的牛群滞在期間を示す。

(a) 分娩後1～6ヶ月までの体重を回帰直線に当てはめた回帰係数を示す。

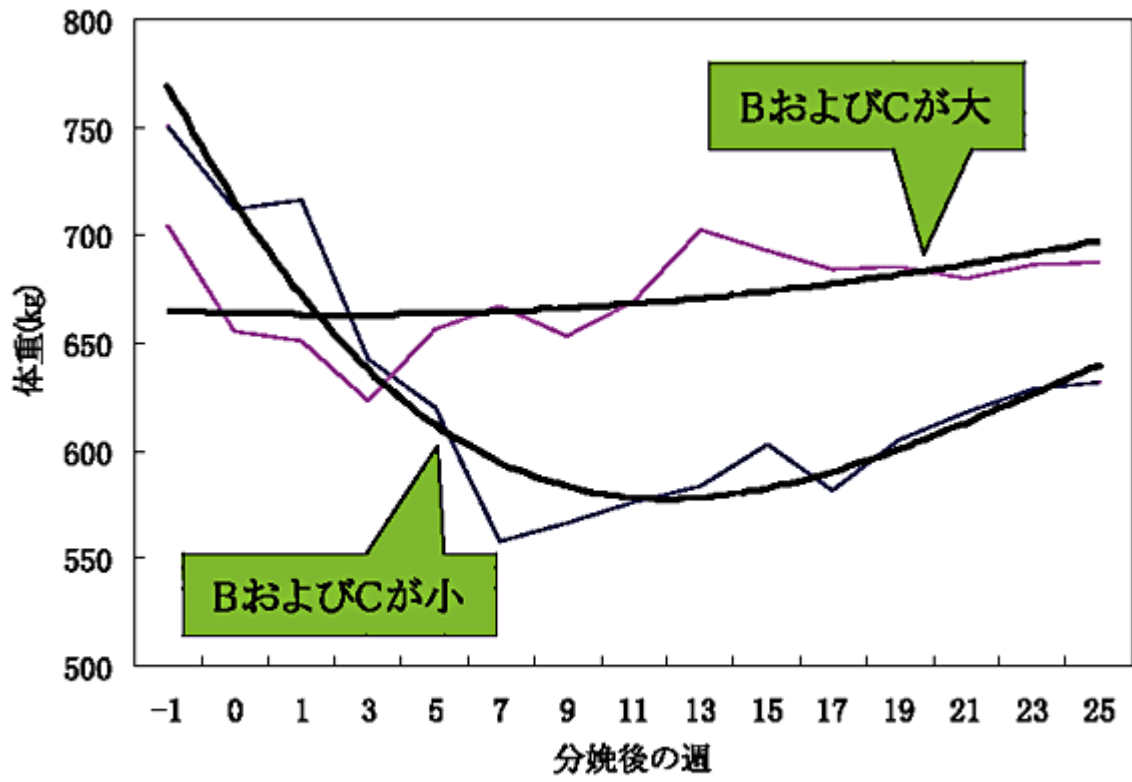
(b) 分娩前1ヶ月から分娩直後までの体重差を示す。

(c) 分娩前1ヶ月から分娩後1ヶ月までの体重差を示す。

(d) 分娩直後から分娩後1ヶ月までの体重差を示す。



第12図. 北農研の初産牛における泌乳曲線と体重変化の関係



第13図. 分娩前後の体重記録の Wood モデルへの当てはめ例

第13表. 分娩前後の体重記録の Wood モデルへの当てはめによるパラメータ推定値の遺伝率とその標準誤差

パラメータ	遺伝率± S.E.
B	0.28±0.11
C	0.20±0.10

BおよびC：曲線における Wood パラメータを示す。

第14表. 分娩前後の体重記録の Wood モデルへの当てはめによるパラメータ推定値と牛群滞在期間との遺伝および表型相関とその標準誤差

パラメータ	THL		FHL	
	遺伝相関	表型相関	遺伝相関	表型相関
B	0.19±0.07	0.22±0.06	0.25±0.10	0.22±0.07
C	0.09±0.03	0.10±0.04	-0.02±0.05	0.00±0.04

THL：真の牛群滞在期間を示す。

FHL：機能的牛群滞在期間を示す。

BおよびC：Wood 曲線におけるパラメータを示す。

第15表. 牛群滞在期間への体測定値の重回帰分析の結果

目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数										
THL	11	0.068	0.057	12.000	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	10	0.068	0.058	10.011		体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	10	0.068	0.058	10.098	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅		管囲
	9	0.068	0.059	8.169		体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅			管囲
	10	0.068	0.058	10.359	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長		寛幅	胸囲	管囲
	6	0.066	0.061	3.827			十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長				管囲
	7	0.067	0.060	4.899			十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長		寛幅		管囲
	5	0.065	0.060	3.240			十字部高	体長	胸深	胸幅					管囲
	7	0.067	0.060	5.314		体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長				管囲
	8	0.067	0.060	6.479		体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長		寛幅		管囲
	5	0.065	0.060	3.240			十字部高	体長	胸深	胸幅					管囲
	4	0.063	0.059	3.469			十字部高	体長	胸深	胸幅					管囲
	6	0.066	0.061	3.827			十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長				管囲
	5	0.064	0.059	4.238			十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長				管囲
	6	0.066	0.060	4.509			十字部高	体長	胸深	胸幅			寛幅		管囲
	目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数									
FHL	11	0.060	0.049	12.000	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	10	0.060	0.050	10.001	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	10	0.060	0.050	10.148	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	9	0.060	0.051	8.148	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅		管囲
	10	0.060	0.050	10.261	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅		胸囲	管囲
	7	0.059	0.052	4.927	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅			管囲
	6	0.058	0.052	4.011	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅			管囲
	5	0.057	0.052	3.102	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅			管囲
	8	0.059	0.052	6.461	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅			管囲
	8	0.059	0.051	6.544	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅			管囲
	5	0.057	0.052	3.102	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅			管囲
	6	0.058	0.052	4.011	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅			管囲
	5	0.056	0.051	4.270	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅			管囲
	6	0.057	0.051	4.497	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅			管囲
	6	0.057	0.051	4.611	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅			管囲

THL：真の牛群滞在期間を示す。

R²：寄与率を示す。

C_p：MallowsのC_p統計量を示す。

FHL：機能的牛群滞在期間を示す。

Adj R²：自由度調整寄与率を示す。

第16表. 牛群滞在期間への成長パラメータ A の重回帰分析の結果

目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数										
THL	11	0.178	0.133	12.000	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	10	0.178	0.137	10.000		体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	10	0.177	0.136	10.197	体重		十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	9	0.177	0.140	8.214			十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	10	0.176	0.135	10.338	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅		管囲
	5	0.167	0.147	2.499			十字部高	体長	胸深	胸幅					管囲
	6	0.170	0.146	3.801			十字部高	体長	胸深	胸幅		腰角幅			管囲
	6	0.169	0.145	4.149			十字部高	体長	胸深	胸幅				胸囲	管囲
	6	0.169	0.145	4.174		体高	十字部高	体長	胸深	胸幅					管囲
	7	0.173	0.144	5.209			十字部高	体長	胸深	胸幅		腰角幅	寛幅		管囲
	5	0.167	0.147	2.499			十字部高	体長	胸深	胸幅					管囲
	4	0.155	0.139	3.473			十字部高	体長	胸深						管囲
	6	0.170	0.146	3.801			十字部高	体長	胸深	胸幅		腰角幅			管囲
	4	0.153	0.136	4.094				体長	胸深	胸幅					管囲
	6	0.169	0.145	4.149			十字部高	体長	胸深	胸幅				胸囲	管囲
	FHL	11	0.185	0.135	12.000	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲
10		0.185	0.140	10.018	体重	体高	十字部高	体長	胸深		尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
10		0.185	0.139	10.054	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅		胸囲	管囲
9		0.185	0.144	8.067	体重	体高	十字部高	体長	胸深		尻長	腰角幅		胸囲	管囲
10		0.184	0.139	10.162	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅		管囲
6		0.182	0.156	2.577	体重		十字部高		胸深		尻長	腰角幅			管囲
6		0.180	0.153	3.096	体重	体高			胸深		尻長	腰角幅			管囲
7		0.183	0.152	4.407	体重		十字部高	体長	胸深		尻長	腰角幅			管囲
7		0.183	0.152	4.479	体重		十字部高		胸深		尻長	腰角幅	寛幅		管囲
7		0.183	0.151	4.486	体重	体高	十字部高		胸深		尻長	腰角幅			管囲
4		0.164	0.147	2.499	体重				胸深			腰角幅			管囲
6		0.182	0.156	2.577	体重		十字部高		胸深		尻長	腰角幅			管囲
5		0.172	0.150	2.804	体重		十字部高		胸深			腰角幅			管囲
3		0.153	0.140	2.967								腰角幅		胸囲	管囲
5		0.171	0.149	3.040	体重	体高			胸深			腰角幅			管囲

THL : 真の牛群滞在期間を示す。
FHL : 機能的牛群滞在期間を示す。

R² : 寄与率を示す。
Adj R² : 自由度調整寄与率を示す。

C_p : Mallows の C_p 統計量を示す。

第17表. 牛群滞在期間への成長パラメータ k の重回帰分析の結果

目的変数	変数の数	R^2	Adj R^2	C_p	選択された説明変数										
THL	11	0.228	0.186	12.000	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	10	0.228	0.190	10.005	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	10	0.228	0.190	10.059	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	9	0.228	0.194	8.062	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	10	0.227	0.189	10.282	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	8	0.227	0.197	6.416	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	7	0.223	0.197	5.404	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	8	0.225	0.195	6.844	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	9	0.228	0.194	8.062	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	8	0.224	0.193	7.245	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	7	0.223	0.197	5.404	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	6	0.214	0.191	5.801	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	6	0.213	0.190	5.973	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	8	0.227	0.197	6.416	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	8	0.225	0.195	6.844	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
	FHL	11	0.159	0.108	12.000	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲
10		0.159	0.113	10.014	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
10		0.159	0.112	10.093	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
10		0.159	0.112	10.113	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
9		0.159	0.117	8.115	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
6		0.154	0.126	3.180	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
5		0.147	0.124	2.551	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
7		0.156	0.124	4.662	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
7		0.155	0.123	4.921	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
7		0.155	0.123	4.925	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
3		0.133	0.119	1.664	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
4		0.140	0.122	2.136	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
4		0.139	0.120	2.372	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
5		0.147	0.124	2.551	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲
4		0.136	0.117	3.067	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲

THL : 真の牛群滞在期間を示す。
FHL : 機能的牛群滞在期間を示す。

R^2 : 寄与率を示す。
Adj R^2 : 自由度調整寄与率を示す。

C_p : Mallows の C_p 統計量を示す。

第18表. 牛群滞在期間への成長パラメータ A およびの k 重回帰分析の結果

目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数										
					THL	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲
管囲	22	0.331	0.253	23.000	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
	21	0.331	0.257	21.113	Ab	Ab	Ab	Ab	A	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
	21	0.330	0.256	21.368	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	k	Ab	Ab
	21	0.330	0.255	21.405	Ab	A	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
	21	0.329	0.255	21.470	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	A	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
	17	0.326	0.267	14.438	Ab	A	Ab	Ab	A	A	A	Ab	k	Ab	Ab
	16	0.322	0.267	13.455	Ab	A	Ab	Ab	A	A	A	Ab	k	Ab	k
	16	0.322	0.266	13.533	A	A	Ab	Ab	A	A	A	Ab	k	Ab	Ab
	17	0.325	0.265	14.801	Ab	Ab	Ab	Ab	A	A	A	Ab	k	Ab	k
	18	0.327	0.265	16.037	Ab	A	Ab	Ab	A	A	A	Ab	Ab	Ab	Ab
	11	0.296	0.258	10.817	Ab	A	k			A	A	Ab	k	A	k
	11	0.296	0.257	10.834	A	A	k			A	A	Ab	k	A	Ab
10	0.288	0.253	11.033	Ab	A	k			A	A	k	k	A	k	
9	0.280	0.248	11.394	Ab	A	k					A	k	k	A	
12	0.301	0.259	11.429	A	A	k	A		A	A	Ab	k	A	Ab	
目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数										
					FHL	体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲
管囲	22	0.278	0.184	23.000	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
	21	0.278	0.189	21.014	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	k
	21	0.278	0.189	21.040	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	A	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
	20	0.278	0.193	19.061	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	A	Ab	Ab	Ab	Ab	k
	21	0.278	0.188	21.112	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	k	Ab	Ab	Ab	Ab
	14	0.268	0.210	9.399	A	Ab	Ab	Ab	Ab	A		Ab	k	Ab	k
	15	0.271	0.209	10.669	A	Ab	Ab	Ab	A	A		Ab	k	Ab	k
	15	0.271	0.209	10.734	A	Ab	Ab	Ab		Ab		Ab	k	Ab	k
	15	0.270	0.208	10.868	A	Ab	Ab	Ab	Ab	A	k	Ab	k	Ab	k
	14	0.266	0.208	9.902	A	Ab	Ab	Ab	Ab	A	A	Ab	k	Ab	Ab
	9	0.242	0.204	5.577		Ab	k	k	A			A		Ab	k
	9	0.241	0.203	5.740		k	Ab	k				Ab		Ab	k
8	0.232	0.198	5.767		k	k	k	A			A		Ab	k	
8	0.232	0.198	5.880		Ab	k	k				A		Ab	k	
9	0.240	0.202	6.066		k	k	k	A			Ab		Ab	k	

THL：真の牛群滞在期間を示す。
 FHL：機能的牛群滞在期間を示す。
 R²：寄与率を示す。

Adj R²：自由度調整寄与率を示す。
 C_p：Mallows の C_p 統計量を示す。
 A：成熟値を示す。

k：成熟率を示す。

第19表. 牛群滞在期間への分娩前後の体重変化に関する線形指標(a)~(d)の重回帰分析の結果

目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数			
THL	4	0.0634	0.0393	5	(a)	(b)	(c)	(d)
	3	0.0625	0.0444	3.1616		(b)	(c)	(d)
	3	0.0623	0.0443	3.1841	(a)	(b)		(d)
	2	0.0615	0.0496	1.3195		(b)		(d)
	3	0.0595	0.0414	3.6472	(a)	(b)	(c)	
	1	0.0571	0.0511	0.0569		(b)		
	2	0.0615	0.0496	1.3195		(b)		(d)
	2	0.0586	0.0466	1.795	(a)	(b)		
	2	0.0577	0.0457	1.9446		(b)	(c)	
	3	0.0625	0.0444	3.1616		(b)	(c)	(d)
目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数			
FHL	4	0.0576	0.0331	5	(a)	(b)	(c)	(d)
	3	0.0576	0.0394	3.0008		(b)	(c)	(d)
	3	0.0576	0.0393	3.0031	(a)	(b)	(c)	
	2	0.0576	0.0455	1.0035		(b)	(c)	
	3	0.0382	0.0196	6.1663	(a)		(c)	(d)
	2	0.0576	0.0455	1.0035		(b)	(c)	
	3	0.0576	0.0394	3.0008		(b)	(c)	(d)
	3	0.0576	0.0393	3.0031	(a)	(b)	(c)	
	4	0.0576	0.0331	5	(a)	(b)	(c)	(d)
	1	0.0369	0.0308	2.3774			(c)	
	2	0.0576	0.0455	1.0035		(b)	(c)	
	1	0.0369	0.0308	2.3774			(c)	
	3	0.0576	0.0394	3.0008		(b)	(c)	(d)
	3	0.0576	0.0393	3.0031	(a)	(b)	(c)	
	2	0.038	0.0257	4.1983	(a)		(c)	

THL：真の牛群滞在期間を示す。

FHL：機能的牛群滞在期間を示す。

R²：寄与率を示す。

AdjR²：自由度調整寄与率を示す。

C_p：Mallows の C_p 統計量を示す。

(a) 分娩後3週～25週までの体重を回帰直線に当てはめた回帰係数を示す。

(b) 分娩前1週から分娩後1週までの体重差を示す。

(c) 分娩直後から分娩後1週までの体重差を示す。

(d) 分娩後1週から分娩後3週までの体重差を示す。

第20表. 牛群滞在期間への分娩前後の体重変化に関する非線形指標BおよびCの重回帰分析の結果

目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数	
THL	2	0.0559	0.0457	3	B	C
	1	0.0421	0.0369	3.69	B	
	1	0.0186	0.0133	8.2727		C
目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数	
FHL	2	0.0247	0.014	3	B	C
	1	0.006	0.0006	4.5112	B	
	1	0.0002	-0.0053	5.6045		C

THL：真の牛群滞在期間を示す。

FHL：機能的牛群滞在期間を示す。

R²：寄与率を示す。

Adj R²：自由度調整寄与率を示す。

C_p：Mallows の C_p 統計量を示す。

BおよびC：Wood 曲線におけるパラメータを示す。

第21表. 牛群滞在期間への分娩前後の体重変化に関する線形指標(a)~(d)および非線形指標B~Cの重回帰分析の結果

目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数					
THL	6	0.0961	0.0606	7	a	b	c	d	B	C
	5	0.0942	0.0648	5.3169	a	b		d	B	C
	5	0.0905	0.061	5.9459	a	b	c		B	C
	5	0.0863	0.0566	6.6577		b	c	d	B	C
	5	0.0847	0.055	6.9294	a		c	d	B	C
	3	0.0852	0.0676	2.845		b			B	C
	4	0.0901	0.0666	4.0165	a	b			B	C
	2	0.0778	0.0661	2.0937		b			B	
	5	0.0942	0.0648	5.3169	a	b		d	B	C
	3	0.0818	0.0641	3.4184	a	b			B	
	2	0.0778	0.0661	2.0937		b			B	
	1	0.0634	0.0574	2.5409					B	
	2	0.0736	0.0618	2.8067					B	C
	3	0.0852	0.0676	2.845		b			B	C
	2	0.0709	0.0591	3.2578	a				B	
目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数					
FHL	6	0.1028	0.0674	7	a	b	c	d	B	C
	5	0.1028	0.0735	5.0055	a	b		d	B	C
	5	0.0958	0.0662	6.1929	a	b	c	d		C
	5	0.0855	0.0556	7.9317	a	b	c	d	B	
	5	0.0789	0.0488	9.0486		b	c	d	B	C
	5	0.1028	0.0735	5.0055	a	b	c		B	C
	4	0.092	0.0684	4.8275	a	b	c			C
	6	0.1028	0.0674	7	a	b	c	d	B	C
	5	0.0958	0.0662	6.1929	a	b	c	d		C
	5	0.0855	0.0556	7.9317	a	b	c	d	B	
	4	0.092	0.0684	4.8275	a	b	c			C
	5	0.1028	0.0735	5.0055	a	b	c		B	C
	5	0.0958	0.0662	6.1929	a	b	c	d		C
	3	0.0703	0.0523	6.5103		b	c		B	
	2	0.0576	0.0455	6.6641		b	c			

THL：真の牛群滞在期間を示す。

FHL：機能的牛群滞在期間を示す。

R²：寄与率を示す。

Adj R²：自由度調整寄与率を示す。

C_p：MallowsのC_p統計量を示す。

(a) 分娩後3週～25週までの体重を回帰直線に当てはめた回帰係数を示す。

(b) 分娩前11週から分娩後週までの体重差を示す。

(c) 分娩直後から分娩後1週までの体重差を示す。

(d) 分娩後1週から分娩後3週までの体重差を示す。

BおよびC：Wood曲線におけるパラメータを示す。

第22表. 牛群滞在期間への成長パラメータ, 分娩前後の体重変化に関する線形指標(a)~(d)および非線形指標B~Cの重回帰分析の結果

目的変数	変数の数	R ²	Adj R ²	C _p	選択された説明変数																				
					体重	体高	十字部高	体長	胸深	胸幅	尻長	腰角幅	寛幅	胸囲	管囲	a	b	c	d	B	C				
THL	28	0.526	0.224	29,000	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	ak	a	b	c	d	B	C		
	27	0.526	0.241	27,000	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	ak	ak	ak	a	b	c	d	B	C		
	27	0.526	0.241	27,001	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	ak	ak	ak	a		c	d	B	C		
	27	0.525	0.241	27,006	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	ak	A	ak	ak	a	b	c	d	B	C		
	27	0.525	0.241	27,010	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	A	ak	ak	ak	ak	ak	ak	ak	a	b	c	d	B	C		
	16	0.493	0.348	8,027	Ak	Ak	Ak	k	k	A	k	k					ak	a					B	C	
	16	0.492	0.347	8,062	Ak	Ak	Ak	k	k	A	A	k					ak	a					B	C	
	16	0.492	0.347	8,072	k	ak	ak	k	k	A	k	k	A				ak	a					B	C	
	15	0.483	0.347	6,909	k	ak	ak	k	k	A	k	k					ak	a					B	C	
	17	0.501	0.347	9,265	k	ak	ak	k	k	A	ak	k					ak	a			d		B	C	
	6	0.346	0.287	1,601				k		A	k						ak							B	
	7	0.362	0.293	2,152				k		A	k						ak							B	C
	7	0.362	0.293	2,200			k	k		A	k						ak							B	
	7	0.361	0.293	2,208	k			k		A	k						ak							B	
	9	0.404	0.319	2,273		k	ak	k	k	A	ak													B	
	FHL	28	0.603	0.344	29,000	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	Ak	ak	ak	ak	a	b	c	d	B	C	
		27	0.603	0.359	27,001	Ak	Ak	Ak	ak	A	ak	ak	ak	ak	ak	ak	ak	ak	a	b	c	d	B	C	
27		0.602	0.358	27,057	ak	ak	ak	ak	ak	ak	ak	ak	ak	ak	ak	A	a	b	c	d	B	C			
26		0.602	0.373	25,063	ak	ak	ak	ak	A	ak	ak	ak	ak	ak	ak	A	a	b	c	d	B	C			
27		0.602	0.357	27,129	ak	ak	ak	k	ak	ak	ak	ak	ak	ak	ak	ak	ak	a	b	c	d	B	C		
18		0.574	0.430	12,094	ak	ak	ak	k	A		k	k				ak	a	b	c	d	B	C			
19		0.581	0.428	13,363	ak	ak	ak	k	A		ak	k				ak	a	b	c	d	B	C			
19		0.581	0.428	13,394	ak	ak	ak	k	A	A	k	k				ak	a	b	c	d	B	C			
17		0.564	0.427	11,225	ak	ak	ak	k	A		k	k				ak	a	b	c				B	C	
18		0.572	0.427	12,359	ak	ak	ak	k	A		k	ak				ak	a	b	c				B	C	
14		0.536	0.422	8,239	ak	k	k	k			k	k				ak	a	b	c				B	C	
13		0.509	0.399	9,155	ak	k	k	k			k	k				ak	a	b	c				B	C	
13		0.508	0.398	9,248	ak	k	k	k			k	k				ak	a	b	c				B	C	
15		0.545	0.423	9,290	ak	ak	k	k			k	k				ak	a	b	c				B	C	
12	0.489	0.386	9,299	ak	k	k	k			k	k				ak	a	b	c				B	C		

THL : 真の牛群滞在期間を示す。

FHL : 機能的牛群滞在期間を示す。

R² : 寄与率を示す。

Adj R² : 自由度調整寄与率を示す。

C_p : Mallows の C_p 統計量を示す。

A : 成熟値を示す。

k : 成熟率を示す。

(a) 分娩後3週~25週までの体重を回帰直線に当てはめた回帰係数を示す。

(b) 分娩前1週から分娩後1週までの体重差を示す。

(c) 分娩直後から分娩後1週までの体重差を示す。

(d) 分娩後1週から分娩後3週までの体重差を示す。

BおよびC : Wood 曲線におけるパラメータを示す。