

本連載では、牛群改良の基本を理解する上で重要な、ゲノミック評価や体型評価の専門用語、雌雄選別済み精液や牛群検定情報の活用術、さらにはショーが果たしてきた役割について解説する。

若齢牛のゲノミック育種価計算に必要なSNP情報

遺伝情報の専門用語を知る その1

帯広畜産大学生命・食料科学研究部門准教授 萩谷 功一

1970年代の牛群検定事業の開始以来、ホルスタインの遺伝的改良に関する情報は増え続けている。現在までに、乳量をはじめとした泌乳能力、体型形質、気質や搾乳性などの管理に関連する形質、難産や死産などの分娩に関わる形質、受胎率に代表される繁殖形質、さらには長命性に関する形質など、多くの情報が公表されてきた。情報の充実に伴って遺伝的能力の表示方法、それに関わる用語も多様化している。本稿では牛群改良の話題に出てくる専門用語について解説する。(筆者)

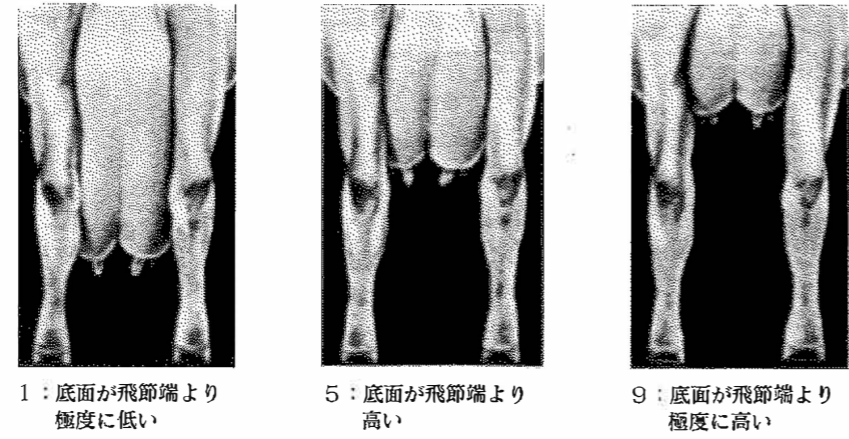
体型形質の中で長命性との関連最も深い「乳房の深さ」

遺伝的能力評価(genetic evaluation)：乳牛の乳量や体細胞数など、測定された記録を観測値と呼ぶ。観測値には、遺伝的能力の他、牛群ごとの飼養管理、雌牛の月齢、産次の違いなど多くの要因が影響を与えている。そこで、アニマルモデルやサイアーモデルと呼ばれる統計育種分野の解析技術を使い、各要因の影響の大きさを適切に推定する必要がある。そのための一連の分析作業が遺伝的能力評価である。

乳牛で遺伝評価されている形質は泌乳形質、体型形質、長命性、管理形質など多様である。国内種雄牛について公表されている泌乳形質は乳量、乳脂量、乳脂率、無脂固形分量、無脂固形分率、乳タンパク質量、乳タンパク質率の7形質である。それぞれの数値は、乳期当たりの総生産量の目安として分娩後305日間の生産量の平均

値(遺伝ベース)と比較し、それより高ければプラス、低ければマイナスの記号を付けて表される。体型形質は得点5形質(体貌、骨格、肢蹄、乳用強健性、乳器)と線形18形質の遺伝的能力が公表されている。体型形質は主に乳牛の疾病や故障を減らす、つまり耐久性を高める目的で改良に利用されている。体型形質の中で長命性との関係が最も大きいことが分かっている形質は乳房の深さ(図1)であり、スコア5の乳牛と比べ、スコ

図1 乳房の深さに関する線形スコア



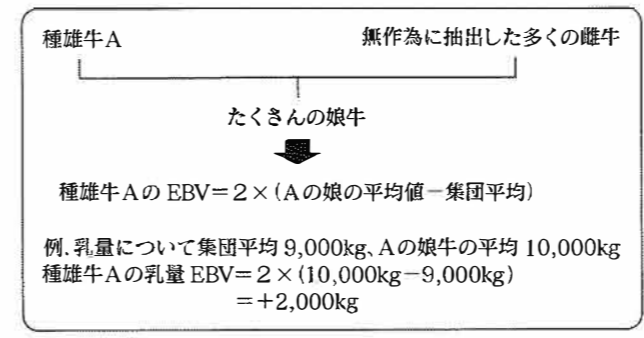
1：底面が飛節端より極度に低い
5：底面が飛節端より高い
9：底面が飛節端より極度に高い

日本ホルスタイン登録協会北海道支局発行「体型審査と線形評価法」から引用

ア1の乳牛は2倍以上の淘汰率であることが明らかにされている。長命性には牛群に滞在し、生産活動を続けられる長さを表す在群能力、管理形質には気質と搾乳性が含まれる。その他、分娩状況を表す難産率や死産率、健全性に関わる体細胞スコアなどの遺伝的能力評価値が公表されている。多くの遺伝評価形質がある中で泌乳能力、耐久性と健全性をバランス良く改良するために開発された日本の指数がNTP(総合指数)である。種雄牛のランキングは、NTP順に表され、上位の中から各牧場で重要視する形質が特に優れた牛や近親交配を避けられる牛を選択することが多い。

推定育種価(EBV, Estimated Breeding Value)：乳量や体型、繁殖能力など、多くの遺伝子が関与するとともに環境の影響を受ける形質を量的形質という。そうし

図2 推定育種価(EBV)のイメージ



た形質において、親から子へと伝えられる遺伝子の加算的な効果(相加的遺伝子効果)の和が育種価(BV)で、その推定値がEBVである。種雄牛が娘牛を無数に生産できると仮定した場合、図2のように考えてもらいたい。つまり、ある種雄牛(種雄牛A)の娘牛の観測値の平均と集団平均との差が種雄牛の遺伝的能力を表す。父が持つ遺伝子の1/2が娘へ伝わるため、父の遺伝的能力は、娘の平均値と集団平均の差の2倍である。

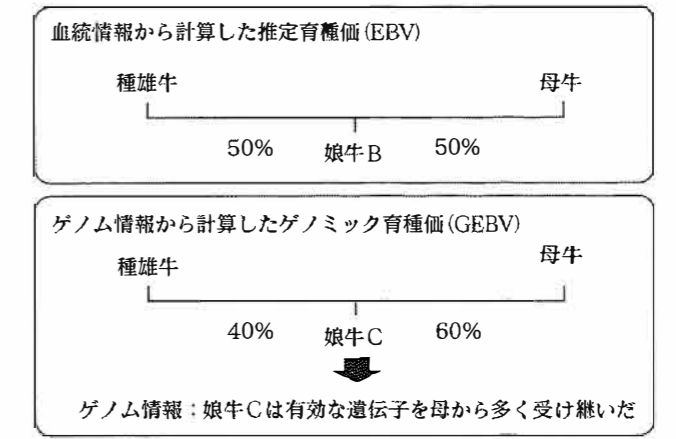
実際には、種雄牛の遺伝的能力を調べる仕組みである後代検定で生産できる娘牛は50頭程度である。

そこで、50頭の娘牛からできる限り正確にEBVを計算するため、前述のアニマルモデルやサイアーモデルが使われる。親から子へ伝わる遺伝的能力はEBVの1/2で、それらは推定伝達能力(ETA)あるいは予測伝達能力(PTA)と呼ばれる。乳牛の泌乳形質の遺伝的能力を表す際、多くの国でEBVかつキログラム単位が使われるが、アメリカではPTAかつポンド単位が使われるので海外種雄牛の凍結精液を使用する場合、その点に注意する必要がある。

GENVの精度維持には 検定・審査の継続が必要

ゲノミック育種価(GEBV, Genomic Enhanced Breeding

図3 血統情報に基づくEBVとゲノム情報に基づくGEBV



Value)：通常のEBVは両親から1/2ずつ遺伝子を受け継ぐことを前提としており、ある形質に有効な遺伝子を父あるいは母からどれだけ受け継いだかは、後代の成績が判明するまで分からない。ゲノミック育種価(GEBV)は、SNP(スニップ、一塩基多型)と呼ばれる遺伝子マーカーの情報を利用し、両親のそれぞれから有益な遺伝子をどれだけ受け継いでいるか(父親似であるか母親似であるか)といった情報を含めてEBVを推定したものであり(図3)、EBVよりも信頼度が高い。

SNPは一般に毛根を採取して検査するが、検査を実施した個体のみGEBVが判明する。後代検定済み種雄牛はすでに多くの娘牛の成績が判明していることから、SNPに関する情報による恩恵は少ないが、後代を持たない若雄牛や雌牛においてSNP情報が有効である。SNPが判明することでGEBVの計算が可能になるため誤解されがちであるが、GEBVを推定する過程で泌乳形質や体型形質の観測値と血縁情報を使用するため、牛群検定、牛

群審査(体型調査)と血統登録システムを継続しなければ、GEBVの精度は維持できない。

また、EBVと各SNPの関係の強さを調べ、対象とする形質に対する各SNPの影響の大きさを数値化すること(ここではSNP育種価とする)ができる。若齢牛のSNPが明らかであれば、その個体の各SNP育種価の総和を計算することでその若齢牛のGEBVが得られる。SNP育種価からGEBV推定のための手順は複雑なので以下は読み飛ばしても構わないが、興味がある人はイメージ図(図4)を見ていただきたい。図4は、各ゲ

図4 SNP育種価とGEBV推定のイメージ

登録個体	EBV (kg)	SNP情報
1	+100	0 1 2
2	0	0 0 1
3	-100	2 0 0
4	?	1 2 0

SNP育種価推定のための連立方程式を解く

$$\begin{aligned}
 +100 &= 0 \times SNP_1 + 1 \times SNP_2 + 2 \times SNP_3 \\
 \pm 0 &= 0 \times SNP_1 + 0 \times SNP_2 + 1 \times SNP_3 \\
 -100 &= 2 \times SNP_1 + 0 \times SNP_2 + 0 \times SNP_3 \\
 \Rightarrow & SNP_1 = -50 \quad SNP_2 = +100 \quad SNP_3 = 0
 \end{aligned}$$

登録番号4のGEBVを推定

$$\begin{aligned}
 4 \text{ の GEBV} &= 1 \times SNP_1 + 2 \times SNP_2 + 0 \times SNP_3 \\
 &= 1 \times (-50) + 2 \times (+100) + 0 \times 0 \\
 &= +150
 \end{aligned}$$

ノムの組み合わせを数値化(染色体上のゲノムの組み合わせをAA、AB、BBと表したとき、Bを幾つ持つかで数値化)し、4個体、3つのSNPだけに単純化したGEBV推定手順のイメージである。4個体全てのSNP情報が明らかであり、そのうち3個体のEBVが判明していると仮定した。

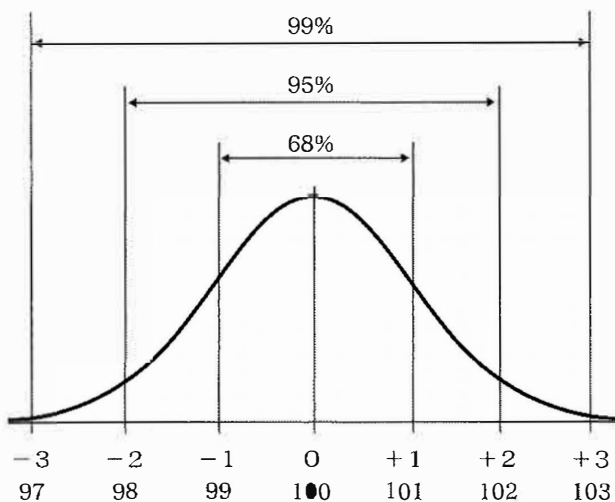
ここで、EBVが不明である個

体4のGEBVを推定する。推定手順は、まずEBVを左辺、各個体のSNP情報とSNP育種価を右辺に含めた連立方程式を利用し、3個体のゲノム育種価($SNP_1 \sim SNP_3$)を推定する。次に個体4の3つのSNP情報に対し、各SNP育種価を代入して得られた値が個体4のGEBVである。

標準化推定育種価(SBV, Standardized Breeding Value)：体型形質や気質、搾乳性など、集団全体における

遺伝的な位置付けを形質間で比較できるように表した育種価を標準化育種価という。体型形質はゼロ(遺伝ベース)を中心にしてほとんどが-4~+4の範囲の数値で少数点以下第2位まで示されている。-1から+1の範囲に全体の68%、-2~+2の範囲に全体の95%、-3~+3の範囲に全体の99%の個体が含まれる。気質や搾乳性は100を加えて四捨五入することにより、100を中心に97~103の整数で表されている(図5)。

図5 標準化推定育種価(SBV)のイメージ



プロフィール

はぎや こういち

1970年生まれ、札幌市出身。93年帯広畜産大学畜産学部畜生産学科卒業。94~98年十勝家畜人工授精所入り、この間、帯広畜産大学大学院修了、98~2001年岩手大学連合大学院連合農学研究科修了、同年(株)日本ホルスタイン登録協会北海道支局入り。(株)家畜改良センター、農研機構北海道農業研究センター勤務を経て15年から現職



未来は、ミルクの中にある。
雪印メグミルク



恵 megumi

ガセリ

菌SP株

ヨーグルト

トクホのガセリ



内臓脂肪を減らすのを助ける

恵 megumi

ガセリ

菌SP株

ヨーグルト

食生活は、主食、主菜、副菜を基本に、食事のバランスを。

【特定保健用食品】 許可表示：ガセリ菌SP株(Lactobacillus gasseri SBT2055)の働きにより、食事とともに召し上がることで脂肪の吸収を抑え、内臓脂肪を減らすのを助けるので、肥満気味の方で内臓脂肪が気になる方の食生活の改善に役立ちます。食生活は、主食、主菜、副菜を基本に、食事のバランスを。