

一塩基多型 (SNP) 情報を利用した沖縄アグー豚の 遺伝能力評価

眞嗣平 我那覇紀子 親泊元治 光部柳子
野中克治

I 要 約

一塩基多型 (SNP) 情報を利用した沖縄アグー豚 (アグー) の遺伝能力評価法を検討するため、沖縄アグーブランド豚推進協議会 (協議会) の指定生産農場である 1 農場で生産されたアグー交雑種 200 頭の肉質分析値と Illumina 社の Porcine SNP60 Genotyping BeadChip の SNP 型からゲノム関係行列 (G 行列) による遺伝率とゲノム育種価を推定した。筋肉内脂肪含量, 加圧保水性, ステアリン酸およびオレイン酸において文献値と近い値が推定され, それぞれ 0.38, 0.36, 0.48, 0.30 と中程度を示した。G 行列を用いることで形質データを持たない, 農場内の全アグー種雄豚 29 頭についてゲノム育種価が推定された。今後、データを蓄積し推定精度を高める必要がある。

II 緒 言

アグーは産肉能力, 繁殖性などの経済性において西洋品種に比べ劣るものの, 消費者から高い評価を受けている¹⁾。筆者ら²⁾は, アグーの肉質に関し, 遺伝的差異が大きいことから改良の可能性と遺伝能力評価の必要性を報告した。種畜評価の指標として推定育種価が広く用いられている。育種価を推定するためには, 対象とする形質データおよび血統情報が必要であるが, アグーは登録体制が整備されて日が浅いため, 血統情報が十分ではない。そのため, アグーにおいて従来法による育種価推定は困難である。

近年, ゲノム全域を網羅した大量の SNP マーカーを用い種畜評価を行うゲノム選抜法^{3~9)}が注目されている。ゲノム選抜法においては, 血統情報の代わりにゲノムの関係性から個体間の遺伝的関係すなわち G 行列¹⁰⁾を利用することで, ゲノム育種価を推定する方法もある。この手法を用いてアグーの肉質に関して遺伝能力評価が可能であれば, アグーの肉質向上に有効である。よって, アグー交雑種の肉質形質と SNP 情報を用いて肉質形質について遺伝率とゲノム育種価を推定しアグーの遺伝的能力評価に向けた検討を行った。

III 材料および方法

1. 供試豚肉および DNA 抽出

協議会の指定生産農場である 1 農場から出荷されたアグー交雑種 200 頭のと畜後 1 週間以内の最後胸椎部分のロースを供試した。豚肉は, 肉質分析用と DNA 抽出用に選別し, 肉質分析用は真空パック後, 分析に供すまで -30°C で保存した。

アグー交雑種 200 頭とアグー種雄豚 29 頭について, 耳介組織および肉片組織を用いプロテイナーゼ K を含んだ抽出バッファー (1.2%SDS, 12.0mM EDTA, 100mM Tris-HCl [pH8.5], 0.5%NP-40) で溶解後, 自動核酸抽出装置 (プレジジョンシステムサイエンス社) で DNA を抽出した。

2. 分析項目

常法¹¹⁾に準じ上記サンプルの脂肪融点, 水分含量, 筋肉内脂肪含量, 加圧保水性, 圧搾肉汁率, 加熱損失率, 破断応力および脂肪酸組成を分析した。脂肪酸の抽出は Folch の方法¹²⁾で行い GC-MS (Agilent 7890GC/5975MSD) で測定を行った。カラムはキャピラリーカラム (DB-23) を用いた。

3. SNP マーカーのジェノタイピング

Illumina 社の Porcine SNP60 Genotyping BeadChip. Ver2 を用いて SNP 型を決定した。62163 個の SNP マーカーからアリル頻度が 0.01 以下, ハーデーワインベルグ平衡検定が 0.001 以下および性染色体に配

置かれた SNP を除外し、最終的に 45939 個の SNP を解析に用いた。

4. 肉質形質の遺伝率とゲノム育種価の推定

統計モデルは、以下に示すように性を母数効果、個体の育種価を変量効果とする混合モデルとした。

$$Y = Xb + Zu + e \cdots \cdots (1)$$

ただし Y; 各肉質測定値

X; 性の効果に対する計画行列

b; 性の効果

Z; 個体育種価に対する計画行列

u; 個体育種価

e; 誤差

(1)のモデルについて統計プログラム R の rrBLUP パッケージ¹³⁾を用いて各肉質測定値の遺伝率を REML 法アニマルモデルにより推定し個体のゲノム育種価を算出した。その際の混合モデル方程式は式(2)のとおりである。(2)においては従来の BLUP 法における分子血縁逆行列(A⁻¹行列)の代わりに G⁻¹行列を用いた。

$$\begin{bmatrix} X' & X & X' & Z \\ Z' & X & Z' & Z + G^{-1}(\frac{1}{h^2} - 1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X' & Y \\ Z' & Y \end{bmatrix} \cdots \cdots (2)$$

ただし, h²; 推定遺伝率

b; 性の効果

u; 個体の推定育種価

G⁻¹; ゲノム関係行列の逆行列

IV 結果および考察

表1にアグー交雑種における肉質形質の基本統計量を示した。

筋肉内脂肪含量は平均 5.7%と我那覇ら²⁾が食肉卸業者より購入し分析した一般豚肉(LWD)の値 2.9%よりも高い値を示した。しかし、1.6%~14.3%と変動が大きく、変動係数が 41.1%であった。その他、破断応力の変動係数が大きかった。

表1 アグー交雑種における肉質形質の基本統計量

形質	平均	標準偏差	最大	最小	変動係数(%)
脂肪融点(°C)	34.4	2.7	41.8	29.0	7.9
水分含量(%)	71.7	2.5	86.8	64.4	3.5
筋肉内脂肪含量(%)	5.7	2.3	14.3	1.6	41.1
加圧保水性(%)	83.6	2.8	91.2	71.6	3.4
圧搾肉汁率(%)	49.4	2.6	55.3	41.5	5.2
加熱損失率(%)	24.2	2.8	32.6	18.0	11.6
破断応力(kgf/cm ²)	19.3	7.2	45.0	3.9	37.1
脂肪酸組成(%)					
ミリスチン酸	1.4	0.2	2.1	0.9	13.9
パルミチン酸	26.7	3.1	34.0	19.3	11.6
パルミトリン酸	2.2	0.5	4.1	1.3	21.8
ステアリン酸	16.4	1.7	21.3	12.2	10.6
オレイン酸	44.5	3.6	52.7	34.7	8.0
リノール酸	8.2	1.3	12.9	5.3	15.9

表2に肉質形質について推定した遺伝率およびアグー種雄豚のゲノム育種価を示した。文献値と比較すると鈴木ら¹⁴⁾によるデュロック種の報告と、筋肉内脂肪含量、ステアリン酸およびオレイン酸にお

いて近い値が推定された。水分含量、加圧保水性および圧搾肉汁率の遺伝率推定の報告は少ないが加圧保水性においてLoら¹⁵⁾がデュロックおよびランドレースの純粋種や交雑種の集団で推定した値と比較的であった。ゲノム育種価の推定について、G 行列によるゲノムを通じた関係性を基に形質データを持たないアグー種雄豚 29 頭についても育種価推定値を得ることができ、能力評価が可能であった。重要なのはその推定精度であるが、佐藤ら¹⁶⁾は、豚系統造成において精度の高い遺伝率と育種価推定値を得るためには 400 頭程度の記録が必要であり、データ数が少ないと推定値に偏りが生じる可能性を報告している。現時点では 200 頭からの推定であり、データの蓄積が必要である。ゲノム育種価について、荒川ら¹⁷⁾は、デュロック閉鎖集団において血縁行列を用いた従来の BLUP 法による育種価と G 行列によるゲノミック育種価を比較し、相関係数は高かったと報告している。いっぽう乳牛においては、従来法より若干精度が高いもののこれまでの評価システムを変えるほどではない^{6, 9)}とする報告もある。また、今回用いた SNP は主に西洋種から開発されたことから、アグーの遺伝能力を反映しきれない可能性も考慮する必要がある。ゲノム選抜法は世界中で盛んに研究されている分野であり、今後の研究動向を踏まえつつ、引き続き検討する必要がある。

表2 肉質形質における遺伝率およびアグー種雄豚の推定ゲノム育種価

形質	遺伝率	遺伝率	推定ゲノム育種価	
	文献値		最大	最小
脂肪融点(°C)	0.61 ¹⁵⁾	0.18	0.44	0.06
水分含量 (%)	0.14 ¹⁶⁾	0.68	0.44	-0.37
筋肉内脂肪含量 (%)	0.39 ¹⁵⁾	0.38	3.39	0.12
加圧保水性 (%)	0.25 ¹⁶⁾	0.36	1.60	-2.74
圧搾肉汁率 (%)	0.12 ¹⁶⁾	0.58	1.45	-5.20
加熱損失率 (%)	0.09 ¹⁵⁾	0.83	3.90	-3.17
破断応力(kgf/cm ²)	0.38 ¹⁵⁾	0.11	2.34	-1.80
脂肪酸組成 (%)				
ミリスチン酸	0.15 ¹⁵⁾	0.75	0.23	-0.11
パルミチン酸	0.30 ¹⁵⁾	0.37	2.46	-1.11
パルミトレイン酸	0.36 ¹⁵⁾	0.50	0.76	-0.01
ステアリン酸	0.51 ¹⁵⁾	0.48	0.70	-2.11
オレイン酸	0.28 ¹⁵⁾	0.30	2.30	-1.62
リノール酸	0.32 ¹⁵⁾	0.53	0.07	-1.63

注) 文献値の列の肩番号は文献番号を表す

V 引用文献

- 1) 日本食肉消費総合センター (2010) 消費者調査 第VI章消費者の肉の好み, H22-6月, 132
- 2) 我那覇紀子・當眞嗣平・安里直和・野中克治 (2014) 沖縄アグー豚 (アグー) と三元交雑豚の肉質分析の比較, 沖縄畜研研報, 52, 23-25
- 3) Meuwissen T.H.E., B.J. Hayes and M.E. Goddard (2001) Prediction of total genetic value using
- 4) genome-wide dense marker maps, *Genetics*, 157, 1819-1829
- 5) 長嶺慶隆 (2012) SNP マーカーを用いたゲノム研究と今後の家畜育種, 日畜会報, 83, 1-8
- 6) 長嶺慶隆 (2013) ゲノム情報と家畜育種, 動物遺伝育種研究, 41, 15-22
- 7) 広岡博之 (2010) 家畜の育種価推定の変遷—選抜指数法からゲノム選抜法まで—, 動物遺伝育種研究, 38, 93-98
- 8) 長嶺慶隆 (2014) ゲノミック選抜, 畜産技術, 2, 40
- 9) 佐分淳一 (2010) ジェノミックを利用した遺伝的能力評価の試み, 畜産技術, 11, 2-5
- 10) A Nejadi-Javaremi, C Smith and J P Gibson (1997) Effect of total allelic relationship on accuracy of evaluation and response to selection. *Journal of Animal Science*, 75, 1738-1745
- 11) 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル, 独立行政法人家畜改良センター

-
- 12) Folch, J., M. Lees and G. H. Sloane Stanley (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues: *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509
 - 13) Endelman, J. B. (2011) Ridge regression and other kernels for genomic selection with R package rrBLUP. *Plant Genome* 4:250-255
 - 14) 鈴木啓一・門脇宏・柴田知也・西田朗 (2004) 豚の産肉性、肉質及び生理的形質間の遺伝的関連、動物遺伝育種研究, **32**, 29-42
 - 15) Lo LL, McLaren DG, McKeith FK, Fernando RL, Novakofski J (1992) Genetic analysis of growth, realtime ultrasound, carcass and pork quantity traits in Duroc and Landrace pigs. II. Heritabilities and correlations. *Journal of Animal Science*, **70**, 2387-2396
 - 16) 佐藤正寛・古川力・石井和雄 (1999) 豚系統造成において個体数が単一形質の REML 法による分散成分および育種価の推定に及ぼす影響, 日豚会誌, **36**, 130-135
 - 17) 荒川愛作・奥村直彦・松本敏美・廣瀬健右・普川一雄・伊藤哲也・林武・上西博英・美川智 (2012) デュロック閉鎖集団におけるゲノム育種価の正確度の検討, 日本畜産学会第 115 回大会講演要旨, 165
-