

肉用牛の高度生産体系確立・普及事業について

その4 事業の取り組みにおける主な成果について③

事業部 上席専門役 吉奥 努

今回は、「SNPを活用した遺伝的距離・近交度情報による近交係数の上昇を避けつつ、遺伝的能力も考慮した交配」についての事例を紹介します。

1. 相対的遺伝的距離

黒毛和種においては、特定の種雄牛の交配が進むことによる近交係数の上昇や、このことに伴う遺伝的多様性の減少が懸念されています。家畜改良事業団では、従来から実施している個体の遺伝的能力と血統を考慮した改良をより効率的、効果的に進めるため、父系分類による血統分類以外にSNP情報を活用し、個体間の血縁のつながりの程度を示す方法を新たに開発しました。ここでは、新たな方法を活用し、我が国固有

の品種である黒毛和種の将来にわたる育種・改良を意識し、近交係数の上昇や遺伝的多様性の維持を考慮した育種・改良を進める方法について説明いたします。

この方法は、従来の父系分類による血統図ではとらえることのできない個体間の遺伝的距離を相対的遺伝的距離散布図で視覚的に表現する方法です。図1に示しているのは、当団の種雄牛案内2023に掲載している種雄牛間の相対的遺伝的距離を表したもので、当団の雄（歴代の供用種雄牛と後代検定種雄牛）と平成28年～令和2年生まれの雌（肥育牛）の合計5,100頭について、約38,000か所のSNPを検査したデータに対して主成分分析*を実施し、種雄牛1,093頭を表示したものです。

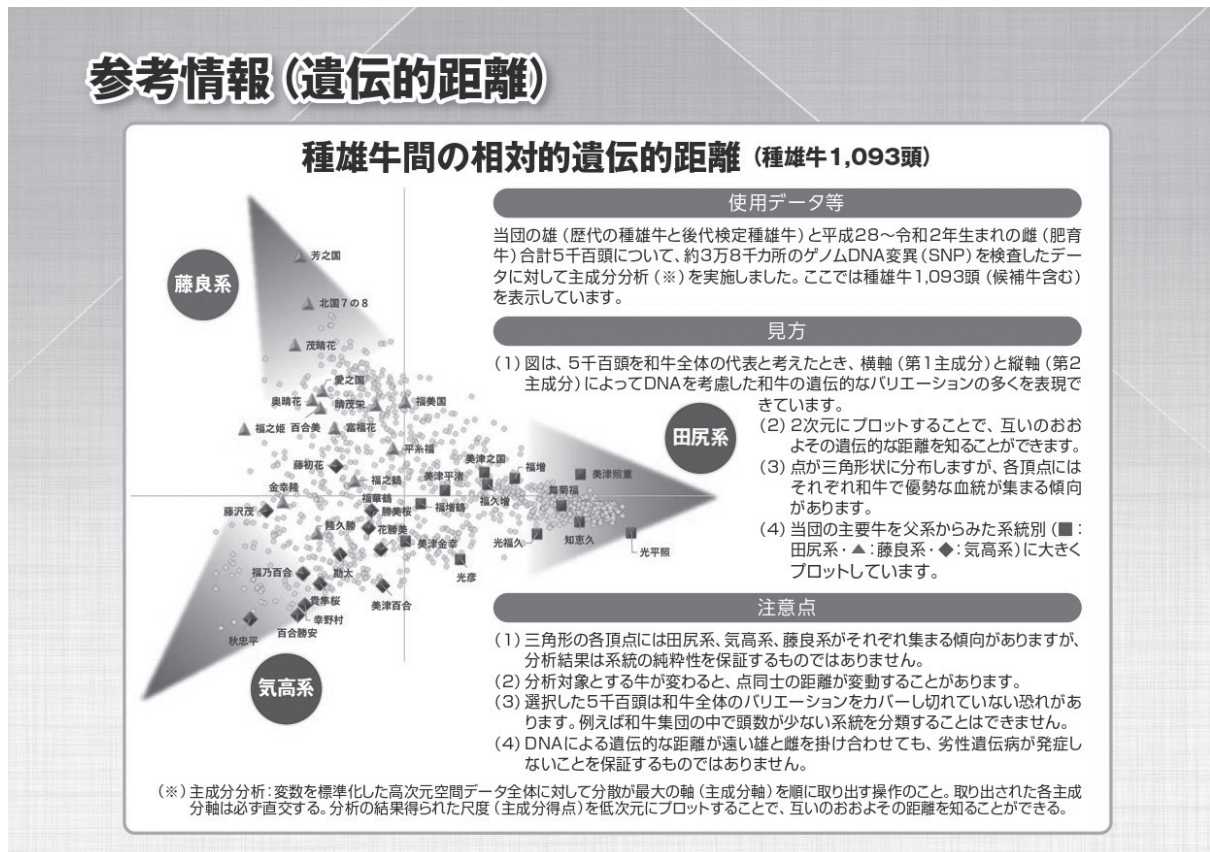


図1 種雄牛間の相対的遺伝的距離（種雄牛案内2023）

本来3次元にプロットされる個体の遺伝的な位置関係を主成分分析を用いて2次元にプロットすることで、お互いのおおよその遺伝的距離を把握することができます。結果として点が三角形状に分布しますが、各頂点には和牛における主な血統が集まる傾向がみられます。この傾向は、血統図から見てその系統を色濃く持つ種雄牛が各頂点部分に集まることから、便宜上、「田尻系」、「藤良系」、「気高系」としてはいますが、血統の純粋性を保証するものではありません。しかし、この方法であれば田尻系、藤良系、気高系の血統が複雑に混じりあっている個体についても、集団における個体の位置を把握することができます。

※主成分分析：変数を標準化した高次元空間データ全体に対して分散が最大の軸（主成分軸）を順に取り出す操作のこと。取り出された各主成分軸は必ず直交する。分析の結果得られた尺度（主成分得点）を低次元プロットすることで、互いのおおよその距離を知ることができます。

2. 個体の遺伝的距離と近交係数

また、遺伝的距離は数値としても示すことができ、両親の遺伝的距離の数値が大きくなるほど両親は遺伝的に離れた位置にあることとなります。また、これらの両親から産まれる産子の近交係数を計算したところ、図2のとおりとなりました。遺伝的距離が近いもの（数値が小さいもの）ほど近交係数は大きく、遺伝

的距離が遠いもの（数値が大きいもの）ほど近交係数は小さくなります。遺伝的距離と近交係数の相関は0.79と高く、遺伝的距離から近交係数の把握が可能と考えられます。

肉用牛の高度生産体系確立・普及事業では、4か所のモデル地区を設定し、母牛のゲノミック育種価を考慮しつつ、相対的遺伝的距離も参考に交配する種雄牛を選定し、実際に得られた産子の能力ならびに相対的遺伝的距離について検証しました。

事業におけるモデル地区は、岩手、茨城、岡山、広島県下の4か所（場所）で、母牛および産子の相対的遺伝的距離を分析しました。母牛とその産子と2代のデータが混ざっていますが、全体的に三角形の中心付近の広範囲にプロットされています（図3）。

上述した繁殖雌牛については、交配において近親交配を避けるようにそれぞれ注意が払われているものと思われませんが、結果として血統的な特徴が薄らいでいます。そこで、遺伝的距離を考慮して種雄牛を選定して交配したときに、得られた産子と両親の関係を遺伝的距離で見てみたときに、どのような位置関係になるかを示したものが図4です。父親は、福之姫と茂晴花です。いずれにおいても、産子（●）と両親（父：□、母：△）の遺伝的距離は、両親のほぼ中間に産子が位置することが示されました。このように、個体の遺伝的距離を把握することで、父系分類による同系統の種雄牛についても、交配の選択に加えることできるとともに、遺伝的多様性を確保しながら特色を生かした牛

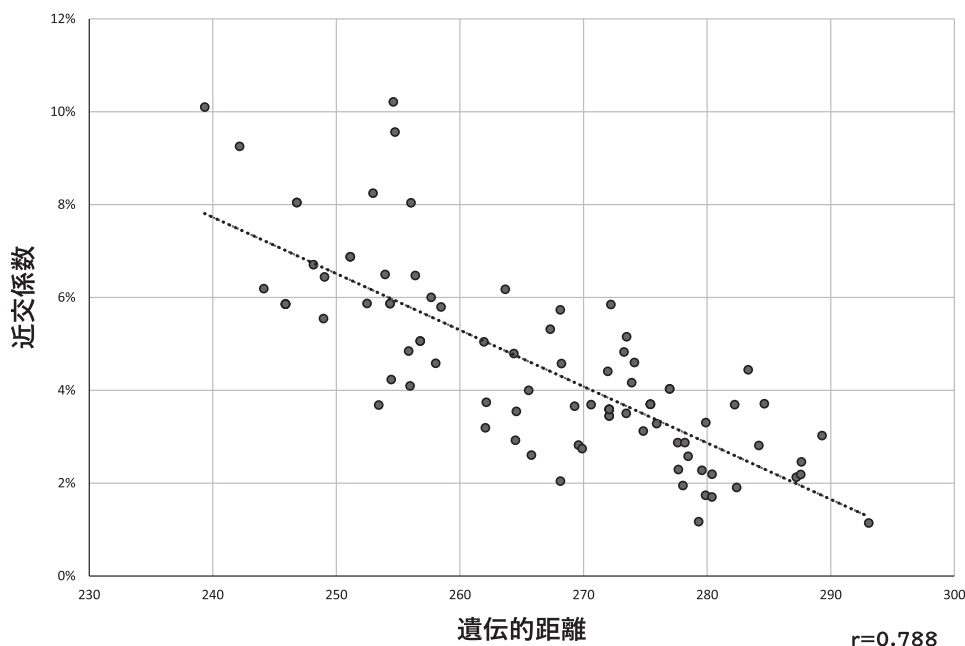


図2 両親の遺伝的距離と産子の近交係数

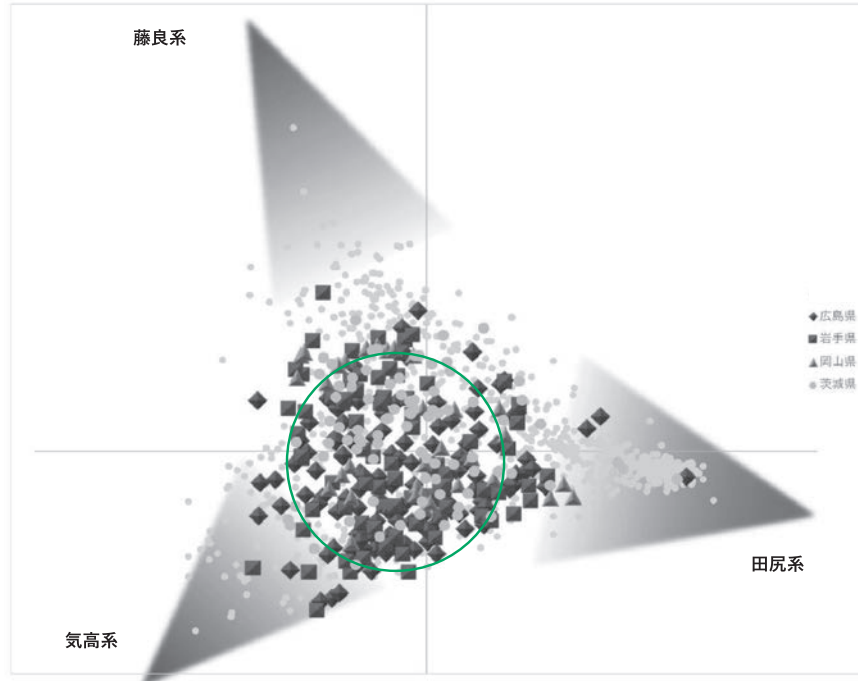


図3 本事業で確認された繁殖牛の相対的遺伝的距離

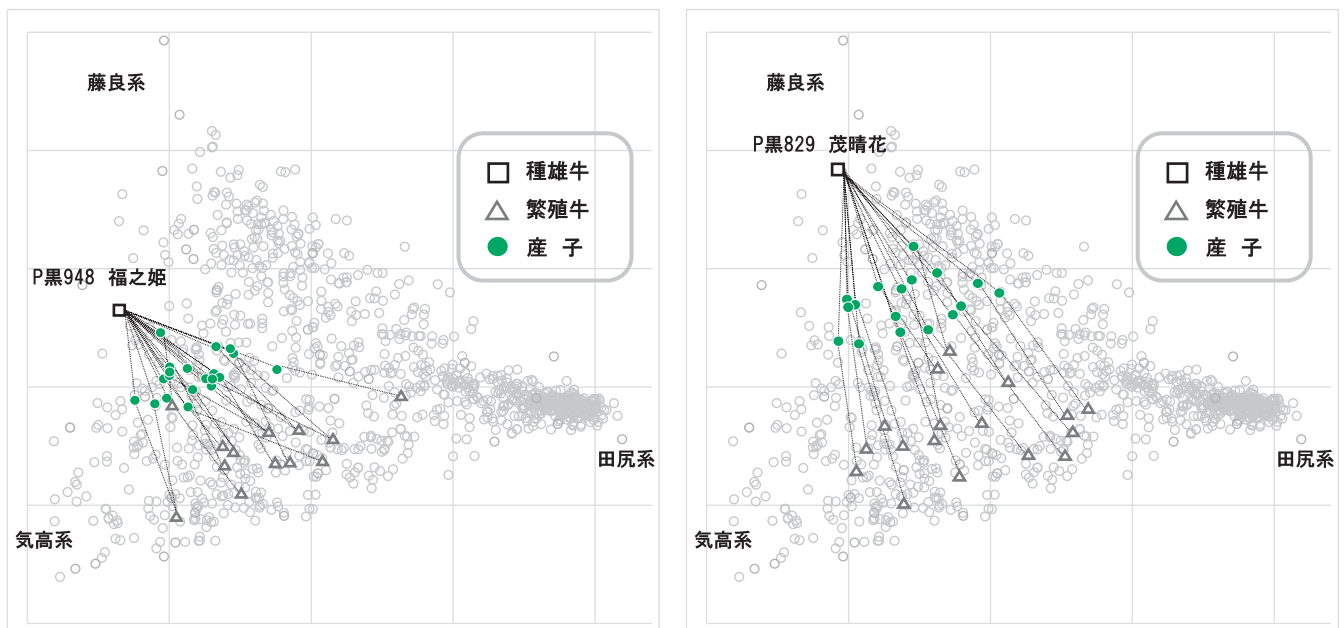


図4 両親と産子の位置関係

群改良が可能であることが示唆されました。

3. 遺伝的距離を考慮した育種改良

本稿の「その2」、「その3」では、ゲノミック評価値を活用することで、枝肉成績や脂肪酸組成の良い産子の生産が可能であること、母牛の評価値と交配する種雄牛の評価値を考慮することで、枝肉形質と脂肪酸

組成の両方を改良することが可能であることを示しました。(LIAJ News No.200、201をご参照ください。)

実際に、母(かいりょう)に貴隼桜を交配して得られた産子(改良之子)の期待育種価(PA)と実際のG育種価、ならびに父母から推定した遺伝的距離と実際の遺伝的距離をまとめたものを図5に示しました。左下の六角形のグラフ(標準化G育種価)を見ると、

肉用牛の高度生産体系確立・普及事業

産子の期待G育種価

本牛個体識別番号	本牛名号	父牛	母個体識別番号	母名号	母の父名号
1234567890	改良之子	貴牛桜		かいりょう	美園桜

産子期待育種価 (PA: 標準化G育種価)

	枝肉重量	ロース芯面積	パラの厚さ	皮下脂肪厚	歩留基準値	BMS No.
かいりょう 標準化G育種価	-0.153	-0.302	0.647	0.939	0.337	-0.713
貴牛桜 標準化G育種価	1.833	2.566	1.021	1.140	1.937	0.708
本牛のG育種価	0.405	1.026	0.516	1.129	1.166	0.475
本牛の期待育種価(PA)	0.840	1.132	0.834	1.039	1.137	-0.003

産子期待育種価 (PA: G育種価)

	枝肉重量	ロース芯面積	パラの厚さ	皮下脂肪厚	歩留基準値	BMS No.	C18:1	MUFA
かいりょう G育種価	-4.754	-1.725	0.246	-0.459	0.343	-0.971	0.991	-0.302
貴牛桜 G育種価	61.067	15.700	0.433	-0.531	2.004	0.966	5.950	5.068
本牛のG育種価	13.504	6.276	0.218	-0.526	1.207	0.649	x	x
本牛の期待育種価(PA)	28.156	6.988	0.339	-0.495	1.173	-0.003	3.470	2.383

※皮下脂肪厚の標準化はプラスマイナスの符号を逆に表示

両親と産子の位置

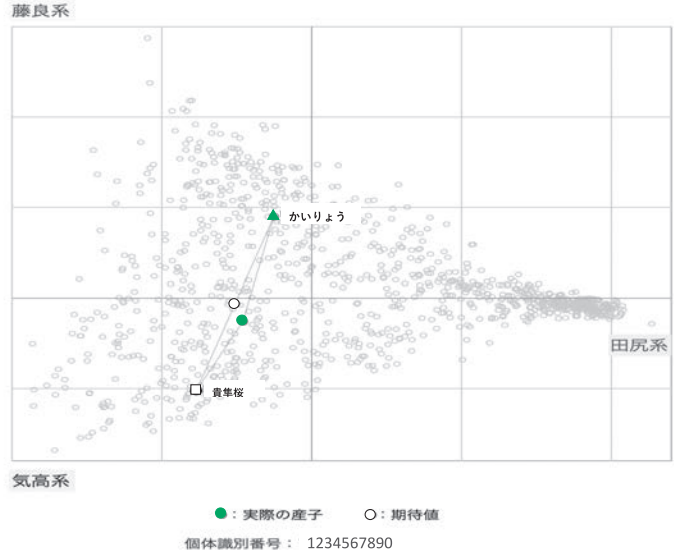
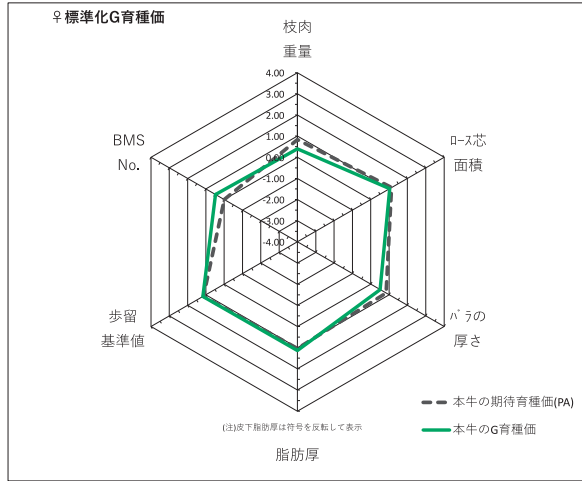


図5 産子の期待G育種価と遺伝的距離

期待される標準化育種価（点線）と実際の標準化G育種価（実線）は非常に類似しています。また、右下の遺伝的距離の図からは予想された産子（○）とはほぼ同様の位置に実際に産子（●）があることが確認できました。このように、遺伝的距離と枝肉形質や脂肪酸組成などのゲノミック育種価を活用することで、近交係数の上昇を回避しつつ希望する形質の改良を進めることに加えて、系統を意識した交配への応用が期待できることが分かりました。

4. Web情報提供サービス (G-Eva) への応用

当団では、ゲノム検査から得られた結果を効率的かつ効果的に利用していただくためにゲノム評価を実施された生産者に対して、Web情報提供サービス (G-Eva: ジーバ) による情報提供を無料で行っています。これにより、ゲノム評価を実施しゲノミック育

種価を持っている雌牛全ての評価成績をPC、タブレット、スマートフォンで確認いただくことができます（詳細はHPをご覧ください）。今回の検証結果を受けて、令和5年5月よりG-Evaの機能に「交配種雄牛自動選定機能」を追加しました。これは、繁殖予定の雌牛に対して希望の改良形質と交配する種雄牛を決定すれば産子に期待される遺伝的能力と遺伝的距離が計算され、どの種雄牛が適切かを自動で選んでくれる便利なシステムです（詳細はLIAJ News No.201）。是非ご活用ください。

今後もゲノミック評価の形質を増やしつつ、G-Evaの利用を推進することで、長期的な視野に立った和牛改良、和牛生産に貢献できるよう取り組んでまいります。