

平成28年度畜産関係学術研究委託調査報告書

ビッグデータを活用したリピートブリーダーを呈す黒毛和牛の受胎率に寄与する環境要因の調査

代表者

国立大学法人宮崎大学テニュアトラック推進機構

テニュアトラック准教授 佐々木羊介

共同研究者

国立大学法人宮崎大学農学部 教授 大澤健司

NOSAI みやざき家畜診療部生産獣医療課 上松瑞穂

要約

本研究では、生産現場で構築されるビッグデータを活用し、黒毛和種繁殖雌牛の受胎率に関連する要因の探査を実施した。本研究より、未経産牛では3回目の交配まで、経産牛では2回目の交配まで受胎率の低下がみられないことが明らかになった。また、黒毛和種牛では約半数の牛が不受胎を経験しており、交配回数によって、受胎率に影響する因子が異なることが明らかになった。特に初回交配では、冬または春において交配された繁殖雌牛や、分娩後早期に初回交配を行われた繁殖雌牛において受胎率が低下する傾向が認められた。また、再交配間隔に関して、交配回数や産次に関わらず、再交配間隔18-24日で最も受胎率が高くなった。再交配間隔の延長は受胎率の低下や空胎日数の増加につながるため、不受胎であった個体の早期発見と早期の再交配が重要である。

緒言

黒毛和種牛の飼養戸数は小規模農場を中心に年々減少傾向にあり、過去 10 年間で 8 万 2300 農場から 5 万 1900 農場まで 45%減少している [1]。その一方で 1 戸当たりの飼養頭数は肥育牛を中心に年々増加しており、少頭数飼育から多頭経営へと推移してきている [1]。この多頭化と反比例して、黒毛和種牛の繁殖成績は年々低下しており、家畜改良事業団の調査によると、黒毛和種牛の初回受胎率は平成元年の 67.5%から平成 26 年の 55.0%へと 10%以上低下している (図 1) [2]。さらに、平成 20 年以降、子牛価格は右肩上がりが高騰しており、全国の家畜市場で取引される黒毛和種子牛 1 頭当たり取引価格は、平成 20 年と比べて、平成 28 年の時点では二倍近くまで高値となった (図 2) [3]。また、黒毛和種牛繁殖農場は、国際競争力の激化や飼料や資材の高騰などの問題を抱えており、生産現場では繁殖成績を向上させる効率的な飼養形態の確立が求められている [4]。国内における和牛生産の生産効率を改善するためには、子牛の供給頭数の増加が急務であり、そのためには受胎率の向上が求められる。受胎率の低下は子牛の生産効率を低下させ、農場経営の損失へと繋がるため、受胎率の低下に影響を及ぼす要因を探索することは重要である。特に、不受胎を何回も繰り返すリピートブリーダーの存在は母牛群の受胎率を低下させる主要な原因であるため、その原因の究明は急務とされている。

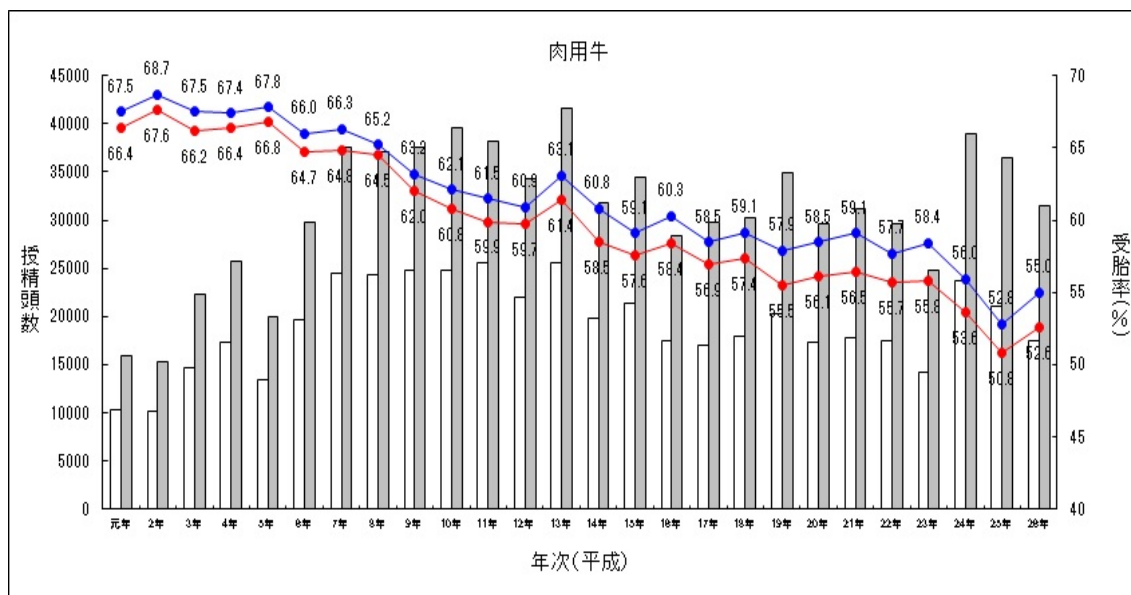


図 1. 年次別の受胎率の推移 (引用元：家畜改良技術研究所受胎調査成績；青線が初回受胎率、赤線が 1～3 回受胎率、白色棒が初回受精頭数、灰色棒が 1～3 回受精頭数)

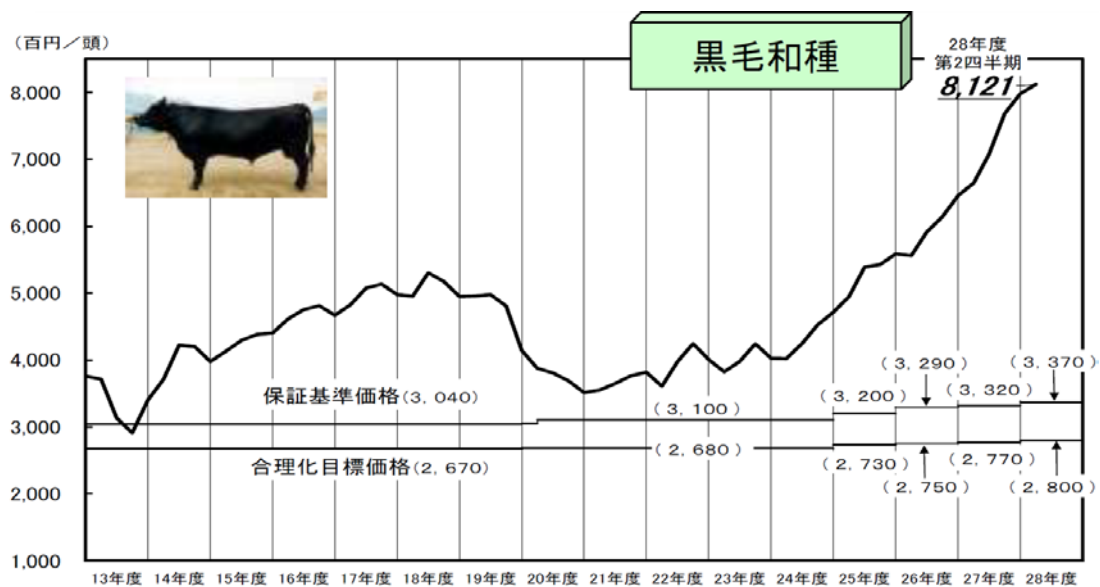


図 2. 黒毛和種子牛1頭当たり取引価格の推移 (引用元: 農林水産省 畜産環境をめぐる情勢)

日本では全てのウシに個体識別番号が割り振られており、各個体の分娩や種付けといった生産イベントが記録・保持されている。これらの情報は、情報通信技術の発達により、大規模なデータベースを構築している。黒毛和種牛に関連するビッグデータの活用は、死産率や難産率に関連するリスク因子の探査 [5] およびその後の繁殖成績の追跡調査 [6] などで実施されているが、受胎率を対象とした調査はあまり実施されていない。黒毛和種牛以外の肉用牛や乳牛を対象とした過去の研究では、受胎率に関連する要因として、初回交配日齢、産次、分娩後初回交配日数、交配季節などが挙げられており [7-12]、黒毛和種繁殖雌牛の受胎率においても、これらの要因が関連する可能性がある。また、リピートブリーダーに関連する研究は、国内・海外ともに乳牛を対象として実施されており、肉牛を対象とした調査はほとんど実施されていない。交配後に不受胎であった繁殖雌牛に関して、再交配を行うまでの間隔が長引いてしまうと空胎日数が長くなり、分娩間隔の延長および繁殖効率の低下を招いてしまう。

そこで本研究では、大規模データベースを活用して、年々低下している黒毛和種繁殖牛の受胎率の改善のために、リピートブリーダーの母牛における低受胎率に寄与する要因を探査することを目的とした。初めに繁殖雌牛の受胎率に関連する因子の探査として、初回交配日齢や産次、交配回数、分娩後初回交配日数、交配季節との関連性を分析する。次に、不受胎を呈した繁殖雌牛を対象として、再交配までの日数が受胎率に及ぼす影響を分析する。これらの分析により、低受胎率に関連しているリスク因子の特定を行い、そしてそれらの因子におけるリスク値の定量を行った。

材料と方法

調査対象とした農場

本研究は宮崎県に所在する黒毛和種牛繁殖農場を対象として調査を実施した。調査対象地域における和牛繁殖農場のうち、表 1 に示した項目に関する電子記録を保有していた 1,006 農場を調査対象とした。調査対象とした農場より、2005 年 7 月 1 日から 2010 年 4 月 30 日までに種付けされた 6,952 頭の未經産牛における 11,634 交配記録および 14,287 頭の経産牛における 74,714 交配記録を収集した。収集したデータセットに関して、不正確な記録や欠如している項目の有無の確認を行った。この確認において、以下の項目がデータセットより除外された：未經産牛において、初回交配日齢が 730 日以上である交配記録（71 頭の未經産牛における 164 交配記録）、未經産牛において、初回交配日齢の記録が欠如している交配記録（140 頭の未經産牛における 288 交配記録）、経産牛において、分娩後初回交配日数が 730 日以上である交配記録（9 頭の経産牛における 14 交配記録）、経産牛において、分娩後初回交配日数の記録が欠如している交配記録（1,139 頭の経産牛における 13,398 交配記録）。最終的に、本研究では 977 農場における 6,741 頭の未經産牛における 11,182 交配記録および 13,139 頭の経産牛における 61,302 交配記録を分析に用いた。

表 1. 調査対象農場が保有する電子記録の項目

繁殖雌牛の個体情報：	個体識別番号、繁殖雌牛の出生日、農場に導入されてから初めて交配された日、産次、廃用された日
分娩に関する記録：	各産次における分娩日、分娩時における分娩状態、難産や死産の有無、産子の生死、産子の頭数
交配に関する記録：	分娩後に初めて交配された日、分娩後に受胎した日、全ての交配回数、各交配に対する受胎の有無

分析に用いた農場における繁殖雌牛の平均飼養頭数は 16 頭であり、幅は 1-454 頭であった。飼養規模別の農場割合を図 3 に示した。繁殖雌牛は主にフリーストール牛舎で飼養されており、分娩前後では分娩房で飼養されていた。繁殖雌牛の分娩房への移動は分娩予定日の約一ヶ月前に行われ、分娩してから約一ヶ月後に再び移動された。子牛の離乳は出生後 3~4 ヶ月で行われ、離乳後は繁殖雌牛と子牛は別々に飼養された。全ての交配は人工授精師による人工授精（AI）で行われた。給餌は一日二回行われ、給与飼料として、主に飼料イネ、イタリアン、エンバクが用いられていた。

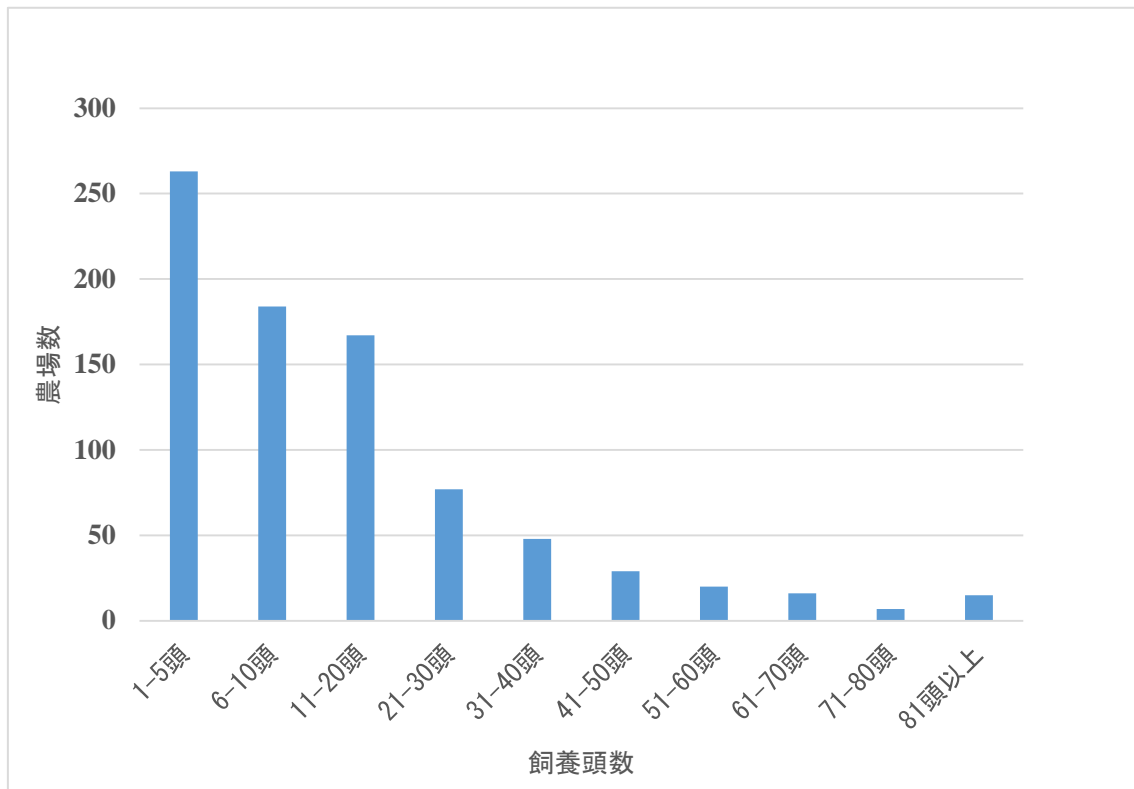


図3. 飼養規模別の農場数

分析に用いた項目の定義と分類

収集したデータセットを元に、各繁殖雌牛における個々の繁殖成績を算出した。本研究では、調査1として全ての繁殖雌牛を対象として、受胎率に関連する要因の探査を行った。関連する因子として、未経産牛では初回交配日齢、交配季節および交配回数を、経産牛では産次、分娩後初回交配日数、交配季節および交配回数をを用いた。また調査2として、初回交配において不受胎であった繁殖雌牛を対象として、再交配間隔と受胎率の関連性を調査した。

調査1における各項目の定義として、初回交配日齢は、繁殖雌牛が出生後に初めて交配された日齢とした。初回交配日齢は25、50、75パーセンタイルの値を基に、以下の4グループに分類した：374日以下、375-396日、397-423日、424日以上。交配回数は1回、2回、3回、4回以上の4グループに分類した。交配回数の2回目とは、1回目の交配において不受胎であった繁殖雌牛に対する1回目の再交配である。また、交配季節は交配した月を基に4つに分類された：冬（12月から2月）、春（3月から5月）、夏（6月から8月）、秋（9月から11月）。分娩後初回交配日数は、経産牛が分娩後に初めて交配された日までの日数とした。分娩後初回交配日数は25、50、75パーセンタイルの値を基に、以下の4グループに分類した：48日以下、49-64日、65-89日、90日以上。産次は0産、1-2産、3-5産、6-7産、8産以上に分類された。

調査2における各項目の定義として、再交配間隔は、前回の交配日から次の交配日までの日数とした。再交配間隔は以下の7グループに分類された：11-17日、18-24日、25-38日、39-45日、46-59日、60-66日、67日以上。ウシの発情周期は21日であるため、再交配間隔18-24日、39-45日、60-66日を正常発情周期、それ以外の再交配間隔を非正常発情周期と定義した [13]。再交配間隔以外の項目に関する定義および分類は調査1と同様に行った。

統計分析

統計解析には SAS ソフトウェア Version 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) を用いた。統計モデルとして、GLIMMIX procedure による多変量混合効果ロジスティック回帰分析を用い、受胎率に関連する因子の分析を行った。

調査1では未経産牛と経産牛で別々に分析を行い、受胎率に関連する因子の探査を行った。未経産牛では被説明変数は受胎率とし、説明変数は初回交配日齢、交配季節および交配回数を用いた。変量効果には農場を用いた。経産牛では被説明変数は受胎率とし、説明変数は産次、分娩後初回交配日数、交配季節および交配回数を用いた。変量効果には農場×交配年×交配月を用いた。有意な主効果が認められた項目は、各因子間の交互作用についても検定を行い、交互作用が有意でない場合は最終モデルからその交互作用を除外した。また、有意であった項目に関してはオッズ比と95%信頼区間の算出を行った。

調査2では1回以上不受胎であった繁殖雌牛を対象として分析を行い、再交配間隔と受胎率の関連性を分析した。被説明変数は受胎率とし、説明変数は再交配間隔、産次、交配季節および交配回数を用いた。変量効果には農場×交配年×交配月を用いた。有意な主効果が認められた項目は、各因子間の交互作用についても検定を行い、交互作用が有意でない場合は最終モデルからその交互作用を除外した。また、有意であった項目に関してはオッズ比と95%信頼区間の算出を行った。

結果

調査1

本研究で分析に用いた977農場で飼養されていた6,741頭の未経産牛における11,182交配記録および13,139頭の経産牛における61,302交配記録の記述統計を表2に示した。未経産牛の初回交配日齢の平均±標準誤差は 429.1 ± 3.7 日、受胎時の交配回数は 1.6 ± 0.02 回であった。また、経産牛の平均産次は 4.8 ± 0.1 産、分娩後初回交配日数は 77.0 ± 0.2 日、受胎時の交配回数は 1.7 ± 0.01 回であった。妊娠期間、分娩から受胎までの日数、分娩間隔の平均日数は、それぞれ 290.2 ± 0.1 日、 113.1 ± 0.5 日、 392.9 ± 70.5 日であった。

表2. 分析に用いた繁殖雌牛の生産成績に関する記述統計

生産成績	未経産牛		経産牛	
	N	Mean ± SEM	N	Mean ± SEM
受胎率, %	11,346	47.0 ± 0.5	61,302	47.8 ± 0.2
産次			35,762	4.8 ± 0.1
初回交配日齢	6,812	429.1 ± 3.7		
分娩後初回交配日数			35,762	77.0 ± 0.2
受胎時の交配回数	5,406	1.6 ± 0.02	29,010	1.7 ± 0.01

未経産牛の受胎率の平均は、 $47.0 \pm 0.5\%$ であった。受胎率は交配回数と関連がみられたが ($P < 0.05$)、初回交配日齢および交配季節とは関連がみられなかった。各項目における受胎率の数値を表3に示した。交配回数に関して、4回目以上に交配された牛の受胎率は1回目、2回目および3回目に交配された牛よりも低かった ($P < 0.05$)。しかし、1回目、2回目および3回目に交配された牛の受胎率の間には差がみられなかった。

表3. 未経産牛における交配季節、初回交配日齢、交配回数別の受胎率

	受胎率, %		
	N	Mean ± SEM	オッズ比 (95%信頼区間)
交配季節			
冬 (12月から2月)	2,610	46.4 ± 1.0	-
春 (3月から5月)	2,758	45.8 ± 0.9	-
夏 (6月から8月)	3,007	48.9 ± 0.9	-
秋 (9月から11月)	2,807	47.8 ± 0.9	-
初回交配日齢			
374日以下	2,902	39.7 ± 0.9	-
375 - 396日	2,803	48.3 ± 0.9	-
397 - 423日	2,890	50.7 ± 0.9	-
424日以上	2,587	50.9 ± 1.0	-
交配回数			
1回	6,731	51.4 ± 0.6a	1.85 (1.58 - 2.16)
2回	2,447	45.7 ± 1.0a	1.67 (1.41 - 1.98)
3回	1,002	41.1 ± 1.6a	1.52 (1.25 - 1.86)
4回以上	1,002	29.6 ± 1.4b	Reference

a-b 異なる記号は有意差を示す ($P < 0.05$)

経産牛の受胎率の平均は、 $47.8 \pm 0.2\%$ であった。受胎率は産次、交配季節、分娩後初

回交配日数、交配回数と関連がみられた ($P<0.05$)。有意であった主効果間の交互作用を分析した結果、交配回数×分娩後初回交配日数と交配回数×交配季節が有意であり、この2つの交互作用を最終モデルに加え、それ以外の交互作用は除外した。最終モデルにおいて、交配季節の主効果に有意差はみられなかった。各項目における受胎率の数値を表4に示した。受胎率は産次が高くなるにつれて低くなり ($P<0.05$)、産次1では受胎率が $55.1\pm 0.4\%$ であったが、産次8以上では $34.4\pm 0.4\%$ であった。分娩後初回交配日数が90日以上の牛は、それ以外の牛よりも受胎率が低かった ($P<0.05$)。交配回数に関して、受胎率は2回目に交配された牛で最も高く、1回目、3回目、4回目以上における交配の順で低くなった ($P<0.05$)。

表4. 経産牛における産次、交配季節、分娩後初回交配日数、交配回数別の受胎率

	受胎率, %		
	N	Mean \pm SEM	オッズ比 (95%信頼区間)
産次			
1-2産	15,368	55.1 \pm 0.4a	2.38 (2.26 - 2.50)
3-5産	20,405	52.2 \pm 0.3b	2.09 (1.99 - 2.19)
6-7産	12,353	45.6 \pm 0.4c	1.60 (1.51 - 1.68)
8産以上	13,176	34.4 \pm 0.4d	Reference
交配季節			
冬 (12月から2月)	14,102	45.3 \pm 0.4	-
春 (3月から5月)	16,387	46.8 \pm 0.4	-
夏 (6月から8月)	15,195	49.1 \pm 0.4	-
秋 (9月から11月)	15,618	49.7 \pm 0.4	-
分娩後初回交配日数			
48日以下	15,284	46.5 \pm 0.4a	1.56 (1.30 - 1.87)
49-64日	15,185	48.0 \pm 0.4a	1.38 (1.15 - 1.65)
65-89日	16,033	49.2 \pm 0.4a	1.48 (1.23 - 1.78)
90日以上	14,800	47.3 \pm 0.4b	Reference
交配回数			
1回	35,586	49.7 \pm 0.3b	3.40 (2.83 - 4.09)
2回	14,831	51.3 \pm 0.4a	3.17 (2.60 - 3.86)
3回	5,749	43.1 \pm 0.7c	2.03 (1.61 - 2.56)
4回以上	5,136	29.4 \pm 0.6d	Reference

a-d 異なる記号は有意差を示す ($P<0.05$)

表5には経産牛の受胎率に対する交配回数×分娩後初回交配日数の交互作用の数値を

示した。経産牛の受胎率に対する分娩後初回交配日数の効果は交配回数によって異なった ($P<0.05$)。初回交配では、分娩後初回交配日数が 48 日以下の牛で受胎率が最も低くなった ($P<0.05$)。分娩後初回交配日数が 90 日以上の牛と比較して、分娩後初回交配日数が 48 日以下の牛の受胎率に対するオッズ比は 0.46 倍 (95%信頼区間 : 0.38 - 0.56) であった。しかし、2 回目の交配では、分娩後初回交配日数間における受胎率の差はみられなかった。4 回以上の交配では、初回交配とは逆に、分娩後初回交配日数が 48 日以下、49 - 64 日、65 - 89 日の牛は分娩後初回交配日数が 90 日以上の牛よりも受胎率が高かった ($P<0.05$)。

表 6 には経産牛の受胎率に対する交配回数×交配季節の交互作用の数値を示した。経産牛の受胎率に対する交配季節の効果は交配回数によって異なった ($P<0.05$)。初回交配では、冬および春に交配された牛は、夏および秋に交配された牛よりも受胎率が低くなった ($P<0.05$)。しかし、交配季節間における受胎率の差は、2 回目、3 回目、4 回目以上の交配ではみられなかった。

表 5. 経産牛の受胎率に対する交配回数×分娩後初回交配日数の交互作用

交配回数	分娩後初回交配日数							
	48 日以下		49 – 64 日		65 – 89 日		90 日以上	
	N	Mean ± SEM	N	Mean ± SEM	N	Mean ± SEM	N	Mean ± SEM
1 回	8,347	45.0 ± 0.5cz	8,643	50.1 ± 0.5by	9,545	52.0 ± 0.5ax	9,051	51.3 ± 0.5axy
オッズ比 (95%信頼区間)	0.46 (0.38 - 0.56)		0.67 (0.55 - 0.81)		0.69 (0.57 - 0.84)		Reference	
2 回	4,086	53.9 ± 0.8a	3,687	52.0 ± 0.8a	3,764	50.1 ± 0.8a	3,294	48.6 ± 0.9a
オッズ比 (95%信頼区間)	NS		NS		NS		NS	
3 回	1,548	46.3 ± 1.3bx	1,476	43.5 ± 1.3by	1,470	44.2 ± 1.3ax	1,255	37.4 ± 1.4bxy
オッズ比 (95%信頼区間)	0.87 (0.69 - 1.11)		0.93 (0.73 - 1.18)		0.91 (0.71 - 1.16)		Reference	
4 回以上	1,303	33.2 ± 1.3dx	1,379	29.3 ± 1.2cx	1,254	30.7 ± 1.3bx	1,200	23.8 ± 1.2cy
オッズ比 (95%信頼区間)	1.56 (1.30 - 1.87)		3.17 (2.60 - 3.86)		2.03 (1.61 - 2.56)		Reference	

a-d 各分娩後初回交配日数グループ内において、交配回数間の異なる記号は有意差を示す (P<0.05)

x-z 各交配回数グループ内において、分娩後初回交配日数間の異なる記号は有意差を示す (P<0.05)

NS : 有意差なし

表 6. 経産牛の受胎率に対する交配回数×交配季節の交互作用

交配回数	交配季節							
	冬 (12月から2月)		春 (3月から5月)		夏 (6月から8月)		秋 (9月から11月)	
	N	Mean ± SEM	N	Mean ± SEM	N	Mean ± SEM	N	Mean ± SEM
1回	7,686	47.3 ± 0.6by	9,543	48.2 ± 0.5by	9,263	50.8 ± 0.5bxy	9,094	52.2 ± 0.5abx
オッズ比 (95%信頼区間)	0.80 (0.67 - 0.96)		0.70 (0.59 - 0.84)		NS		Reference	
2回	3,476	49.3 ± 0.8a	3,945	50.7 ± 0.8a	3,620	52.5 ± 0.8a	3,790	52.6 ± 0.8a
オッズ比 (95%信頼区間)	NS		NS		NS		NS	
3回	1,480	42.0 ± 1.3b	1,537	42.6 ± 1.3b	1,265	43.6 ± 1.4b	1,467	44.3 ± 1.3b
オッズ比 (95%信頼区間)	NS		NS		NS		NS	
4回以上	1,460	28.5 ± 1.2c	1,362	30.5 ± 1.2c	1,047	29.7 ± 1.4c	1,267	28.8 ± 1.3c
オッズ比 (95%信頼区間)	NS		NS		NS		NS	

a-d 各交配季節グループ内において、交配回数間の異なる記号は有意差を示す (P<0.05)

x-z 各交配回数グループ内において、交配季節間の異なる記号は有意差を示す (P<0.05)

NS : 有意差なし

調査 2

1 回目の交配で不受胎であった繁殖雌牛 11,769 頭の 32,639 交配記録における再交配間隔の平均 \pm SEM は 57.0 ± 0.3 日であった。表 7 には再交配間隔毎の繁殖雌牛の割合を示した。全体の記録のうち、正常発情周期であった割合は 47.1% であり、非正常発情周期であった割合は 52.9% であった。再交配間隔のなかで、最も割合が高かった再交配間隔は 18–24 日であり、30.3% であった。次いで、25–38 日、39–45 日、46–59 日、60–66 日という順番であった。また、再交配間隔が 67 日以上であった繁殖雌牛の割合は 28.8% であった。

表 7. 再交配間隔毎の繁殖雌牛の割合

再交配間隔	N	割合、%
11–17 日	1,030	3.2
18–24 日	9,877	30.3
25–38 日	3,781	11.6
39–45 日	3,438	10.5
46–59 日	3,074	9.4
60–66 日	2,056	6.3
67 日以上	9,383	28.8
正常発情周期	15,371	47.1
非正常発情周期	17,268	52.9

正常発情周期：再交配間隔が 18–24 日、39–45 日、60–66 日

非正常発情周期：再交配間隔が 11–17 日、25–38 日、46–59 日、67 日以上

受胎率は再交配間隔、産次、交配回数と関連がみられたが ($P < 0.05$)、交配季節とは関連がみられなかった。再交配間隔毎の受胎率の数値を表 8 に示した。受胎率は再交配間隔が 18–24 日であった牛で最も高くなった ($P < 0.05$)。再交配間隔が 67 日以上であった牛と比較して、再交配間隔が 18–24 日であった牛は受胎率に対するオッズ比が 1.26 倍 (95%信頼区間：1.18–1.34) 高くなった。再交配間隔が 39–45 日であった牛は、再交配間隔が 25–38 日および 46–59 日であった牛と受胎率に差がなかった。再交配間隔が 11–17 日、60–66 日、67 日以上であった牛は最も受胎率が低かった ($P < 0.05$)。また、再交配間隔が正常発情周期であった牛は、非正常発情周期であった牛よりも受胎率が高くなった ($P < 0.05$)。産次、交配回数は受胎率と関連していたが、再交配間隔との間に有意な交互作用はみられなかった。

表 8. 再交配間隔毎の繁殖雌牛の割合

再交配間隔	受胎率		
	N	Mean ± SEM	オッズ比 (95%信頼区間)
11-17 日	1,030	39.6±1.5c	NS
18-24 日	9,877	46.8±0.5a	1.26 (1.18-1.34)
25-38 日	3,781	44.6±0.8b	1.10 (1.01-1.19)
39-45 日	3,438	46.9±0.9ab	1.26 (1.16-1.37)
46-59 日	3,074	46.1±0.9ab	1.20 (1.10-1.31)
60-66 日	2,056	42.3±1.1c	NS
67 日以上	9,383	42.0±0.5c	Reference
正常発情周期	15,371	46.2±0.4a	1.12 (1.07-1.17)
非正常発情周期	17,268	43.1±0.4b	Reference

正常発情周期：再交配間隔が 18-24 日、39-45 日、60-66 日

非正常発情周期：再交配間隔が 11-17 日、25-38 日、46-59 日、67 日以上

a-c 異なる記号は有意差を示す (P<0.05)

考察

本研究では、生産現場で構築されるビッグデータを活用し、黒毛和種繁殖雌牛の受胎率に関連する要因の探査を実施した。本研究では多変量混合効果ロジスティック回帰分析を用い、一つの要因が受胎率に与える影響だけを調査するのではなく、複数の要因の関連性を数値に基づいて解析した。家畜の生産現場で起こる問題は、単独ではなく、複数の要因が相まって発生することが多いため、繁殖成績に関連する因子の探査では単変量解析ではなく、多変量解析の実施が必要である。また、複数の要因間の関連性を明らかにするためにも、交互作用の有無を明らかにすることが重要である。

本研究では、黒毛和種牛の受胎率の平均が、未経産牛で $47.0 \pm 0.5\%$ 、経産牛で $47.8 \pm 0.2\%$ であった。生産農場を対象とした黒毛和種牛の受胎率の調査報告はあまりなく、過去の報告では、胚移植時における黒毛和種牛の受胎率が 51.7% [14] または 47.1% [15] であったと報告されている。

交配回数別の経産牛の受胎率に関して、受胎率は1回目の交配よりも2回目の交配で高くなり、その後低下していった。この結果より、生産者は初回交配で不受胎であった経産牛に対して、最低でも1回はもう一度交配を行う必要があることが示唆された。また、繁殖雌牛群として高い受胎率を達成するためには、交配回数が早い段階で牛を受胎させる必要があると考えられる。さらに、交配回数と産次間に交互作用がなかったことより、この交配回数と受胎率との関係性はどの産次においても共通することが示唆された。一方未経産牛では3回目の交配まで受胎率に差がみられなかったことより、生産者は初回交配で不受胎であった未経産牛に対して、最低でも2回は再交配を行う必要があることが示唆された。

未経産牛、経産牛両方において、交配回数が4回以上の繁殖雌牛は受胎率が最も低くなった。これらの繁殖雌牛は、繁殖器官に何らかの異常を持っていた可能性がある。不受胎を繰り返す繁殖雌牛の特徴として、繁殖器官の異常、排卵不良、交配後6日目での低プロゲステロン濃度、1-3mmの卵胞の不足、染色体異常などが原因として考えられると報告されている [16]。他にも、乳牛では卵管疎通異常などの奇形も低受胎率の原因として報告されている [17]。不受胎を繰り返す未経産牛および経産牛は、これらの個体における繁殖器官に異常がないかを確認し、異常が認められた際は治療を行うこと、そして治療を施しても改善が認められない際は廃用することが推奨される。しかし、未経産牛に関しては、経済的な面より一回の産子創出もなく廃用することは経済的な被害が高いことより、未経産牛の段階では受精卵移植などを実施し、その後の飼養計画に関して注意深い観察が必要であると考えられる。

本研究では、黒毛和種未経産牛の初回交配日齢の平均が 429.1 ± 3.7 日であった。これは過去の肉用牛を対象とした研究で報告されている 480 日 [18] や 420 - 480 日 [19] よりも早い日齢であった。本研究における調査地域では、繁殖雌牛を集約的な牛舎で飼養しているため、未経産牛の発情発見が用意であった可能性が考えられる。また、本研究

では、初回交配日齢は未經産牛の受胎率と関連性がみられなかったことより、生産効率を向上させるためにも、交配適期になった段階で、なるべく早期に交配を行うことが推奨される。交配適期を大きく過ぎてから交配を行った場合、繁殖雌牛が過肥になる可能性があり、受胎率が低下する可能性がある [20,21]。

経産牛における産次別の受胎率に関して、産次 1 から 8 以上に産次が増加するにつれて、受胎率が $55.1 \pm 0.4\%$ から $34.4 \pm 0.4\%$ へと低下した。これは加齢に伴う繁殖能力の低下が原因として考えられる。黒毛和種牛では産次の増加に伴って子宮回復に要する期間が延長すると報告されている [22]。乳牛でも高齢の牛は周産期疾患を罹患しやすく、その後の繁殖障害を引き起こす可能性があると報告されている [23]。本研究では、8 産以上の高産次の割合が 21.5% であり、過去の研究で報告されている 8 産以上の繁殖雌牛の割合 3% と比較して [24]、高産次の割合がかなり多いことが伺える。群内の産次構成を適切に維持し、農場の群成績を向上させるためにも、高産次の繁殖雌牛に対する廃用基準の設定や更新計画の立案が重要である。

受胎率に対する分娩後初回交配日数の効果は交配回数によって異なった。初回交配では、分娩後初回交配日数が 48 日以下である経産牛で受胎率が低下した。これはこの群の経産牛では子宮回復がまだ終わっていなかったことが要因として考えられる。子宮回復には分娩から最低 40 日が必要であると報告されており [25]、個体差もあるため、交配の準備が整っていない牛が存在していた可能性がある。しかしながら、受胎率に対する分娩後初回交配日数の効果は 2 回目の交配ではみられなくなった。これは、分娩後初回交配日数が 48 日以下であった牛でも、初回交配にて不受胎であったために子宮回復までの時間が十分に確保したことが理由として考えられる。一方、分娩後初回交配日数が 90 日以上であった経産牛は、3 回目以上の交配では受胎率が低下していた。発情回帰が遅く、不受胎を繰り返す繁殖雌牛に対しては注意深く観察を行い、必要に応じて治療を施す必要性があるかもしれない。

受胎率に対する交配季節の効果も交配回数によって異なった。初回交配では、冬・春に交配された繁殖雌牛が夏・秋に交配された繁殖雌牛よりも受胎率が低下した。このことより、黒毛和種繁殖雌牛の受胎率は、夏場の暑熱ストレスよりも冬場の寒冷ストレスに影響を受けていることが明らかになった。この一因として、調査地域における牛舎構造が考えられる。宮崎県は開放型のフリーストール牛舎が多く、牛舎内と牛舎外の気温差があまりない。また、夏季における暑熱対策が十分に施されている一方、冬季における寒冷対策が十分に実施されていないことが示唆される。冬場は夜間で零下付近まで気温が下がるため、分娩後における子宮回復や体温維持のために代謝エネルギーが増量していることが考えられる。このことより、寒冷ストレスの負の影響を軽減するためにも、飼料給餌プログラムの見直しや冬場における飼養管理の改善が推奨される。しかし、この冬場の受胎率低下は初回交配時においてのみ認められ、2 回目の以降の交配では季節間における受胎率の差がみられなかった。これは分娩後からある程度の時間が経過した

ため、繁殖雌牛のボディコンディションが回復したことが考えられる。

本研究では、再交配間隔の平均が 57.0 ± 0.3 日であった。正常発情周期グループで再交配された繁殖雌牛の割合は 47.1% であり、約半数の繁殖雌牛は正常発情周期の期間にて再交配されていた一方、残り半数の繁殖雌牛は非正常発情周期の期間にて再交配されていたことが示された。再交配間隔で最も牛の割合が高かった期間は再交配間隔 18–24 日であり、これは牛の正常発情周期が 21 日であることに起因すると考えられる [13]。また、再交配間隔が 18–24 日であった繁殖雌牛は、産次や交配回数に関わらず受胎率が最も高かった。このことより、どの産次やどの交配回数であっても正常発情周期で発情が回帰した繁殖雌牛は受胎する確率が高くなることが示唆された。

再交配間隔 39–45 日は正常発情周期の期間であったものの、再交配間隔が 25–38 日および 46–59 日であった牛と受胎率に差がみられなかった。再交配間隔が 39–45 日であった牛は、交配後 18–24 日にて、発情微弱などの理由により生産者により発情を見落とされた個体である可能性が考えられる。また、再交配間隔が 11–17 日、60–66 日、67 日以上であった繁殖雌牛は受胎率が最も低かった。再交配間隔が 11–17 日であった繁殖雌牛は偽発情の可能性が考えられる。また、再交配間隔が 60–66 日、67 日以上であった繁殖雌牛は、早期胚死滅を経験した繁殖雌牛である可能性がある。また、再交配間隔が 67 日以上であった繁殖雌牛は全体の約 30% も存在していた。再交配間隔の延長は繁殖雌牛の空胎日数を増加させ、分娩間隔の延長につながる。再交配間隔を短くするためにも、不受胎であった個体の早期発見が重要であり、そのためには直腸検査やエコーでの画像診断による妊娠確認が推奨される [26]。

結論

本研究では、生産現場で構築されるビッグデータを活用し、黒毛和種繁殖雌牛の受胎率に関連する要因の探査を実施した。本研究より、未經産牛では 3 回目の交配まで、経産牛では 2 回目の交配まで受胎率の低下がみられないことが明らかになった。また、黒毛和種牛では約半数の牛が不受胎を経験しており、交配回数によって、受胎率に影響する因子が異なることが明らかになった。特に初回交配では、冬または春において交配された繁殖雌牛や、分娩後早期に初回交配を行われた繁殖雌牛において受胎率が低下する傾向が認められた。これらの要因の影響を低減させるために、重視すべき飼養管理の改善点や改善計画を明確にする必要がある。また、高産次の経産牛は受胎率が大きく低下していたため、これらの牛に対する飼養管理の改善や淘汰基準の設定が重要である。再交配間隔に関して、交配回数や産次に関わらず、再交配間隔 18–24 日 で最も受胎率が高くなった。再交配間隔の延長は受胎率の低下や空胎日数の増加につながるため、不受胎であった個体の早期発見と早期の再交配が重要である。

引用文献

- [1] 農林水産省. 2016. 畜産統計調査. URL: <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan/>
- [2] 一般社団法人家畜改良事業団 家畜改良技術研究所, 受胎調査成績. 2015. URL: <http://liaj.or.jp/giken/gijutsubu/seiki/jyutai.htm>
- [3] 農林水産省. 2016. 畜産環境をめぐる情勢. URL: http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/lin/l_hosin/attach/pdf/index-37.pdf
- [4] Osawa, T. 2014. International perspectives on the impacts of reproductive technologies on food production in Asia. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 752, 213-228.
- [5] Uematsu, M., Sasaki, Y., Kitahara, G., Sameshima, H., and Osawa, T. 2013. Risk factors for stillbirth and dystocia in Japanese Black cattle. *The Veterinary Journal*, 198, 212-216.
- [6] Sasaki, Y., Uematsu, M., Kitahara, G., Osawa, T., and Sueyoshi, M. 2014. Effects of stillbirth and dystocia on subsequent reproductive performance in Japanese Black cattle. *The Veterinary Journal*, 200, 462-463.
- [7] De Kruif, A. 1978. Factors influencing the fertility of a cattle population. *Journal of Reproduction and Fertility*, 54, 507-518.
- [8] Kuhn, M. T., Hutchison, J. L., and Wiggans, G. R. 2006. Characterization of Holstein heifer fertility in the United States. *Journal of Dairy Science*, 89, 4907-4920.
- [9] Maufti, M. M. R., Alam, M. K., Sarker, M. S., Bostami, A. B. M. R., and Das, N. G. 2010. Study on factors affecting the conception rate in Red Chittagong cows. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 39, 52-57.
- [10] Sharifuzzaman, Jalil. A. M., Barman, S. C., Matin, M. A., Rokonuzzaman, Md., and Ashadul Haque, Md. 2015. Comparative study on conception rate in indigenous and crossbred cows after artificial insemination. *Bangladesh International Journal of Natural and Social Sciences*, 2, 9-12.
- [11] Shiddiqui, M. A. R., Das, Z. C., Bhattacharjee, J., Rahman, M. M., Haque, M. A., Parrish, J. J., and Shamsuddin, M. 2013. Factors affecting the first service conception rate of cows in Smallholder dairy farms in Bangladesh. *Reproduction in Domestic Animals*, 48, 500-505.
- [12] Jeong, J. K., Choi, I. S., Kang, H. G., Hur, T. Y., and Kim, I. H. 2016. Effects of gonadotropin-releasing hormone administration or a controlled internal drug-releasing insert after timed artificial insemination on pregnancy rates of dairy cows. *Journal of Veterinary Science*, 17, 577-582.
- [13] Crowe, M. A. 2011. Reproduction, Events and Management: Estrus Cycles: Characteristics. *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)*, 428-433.
- [14] Nishigai, M., Kamomae, H., Tanaka, T., and Kaneda, Y. 2002. Improvement of pregnancy rate in Japanese Black cattle by administration of hCG to recipients of transferred frozen-thawed embryos. *Theriogenology*, 58, 1597-1606.

- [15] An, L., Ling, P. P., Zhu, X., Liu, Y., Zhang, F., Ma, X., Xu, B., Wang, Y., Du, Z., Yang, L., Xue, F., Bella, A., Presicce, G. A., and Du, F. 2016. Successful vitrification of in vivo embryos collected from superovulated Japanese Black cattle (Wagyu). *Reproduction in Domestic Animals*, 51, 255-261.
- [16] Maurer, R. R., and Echtenkamp, S. E. 1985. Repeat-breeder females in beef cattle: influences and causes. *Journal of Animal Science*, 61, 624-636.
- [17] Kauffold, J., Groeger, S., Bergmann, K., and Wehrend, A. 2009. Use of contrast sonography to test for tubal patency in dairy cattle. *Journal of Reproduction and Development*, 55, 335-338.
- [18] Komatsu, M., and Malau-Aduli, A. E. O. 2014. Japanese beef production. *Beef Cattle Production and Trade*, 143-160.
- [19] Sprott, L. R., and Troxel, T. R. 2012. Management of replacement heifers for a high reproductive and calving rate. *Agrilife Extension*, 1213-1221.
- [20] Fouz, R., Gandoy, F., Sanjuan, M. L., Yus, E., and Dieguez, F. J. 2011. Factors associated with 56-days non-return rate in dairy cattle. *Pesquisa Agropecuaria Brasilia*, 46, 648-654.
- [21] Mekonnen, T., Bekana, M., and Abayeh, T. 2010. Reproductive performance and efficiency of artificial insemination smallholder dairy cows/heifers in and around Arsi-Negelle, Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, 22, 42.
- [22] 居在家義昭、岡野彰、鈴木修、島田和宏、小杉山基昭、大石孝雄. 1989. 肉用牛における分娩後の子宮修復に及ぼす産次、ほ乳量、ほ乳刺激の影響. *家畜繁殖学雑誌*, 35, 45-49.
- [23] Chebel, R. C., Santos, J. E. P., Reynolds, J. P., Cerri, R. L. A., Juchem, S. O., and Overton, M. 2004. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 84, 239-255.
- [24] Manfredi, E., Foulley, JI., Cristobal, M. S., and Gillard, P. 1991. Genetic parameters for twinning in the Maine-Anjou breed. *Genetics Selection Evolution*, 23, 421-430.
- [25] 岡野彰、福原利一. 1980. 黒毛和種雌牛における分娩後の子宮復故の組織学的研究. *日本畜産学会報*, 51, 284-292.
- [26] Lamb, G. C., and Fricke, P. M. 2015. Ultrasounddearly pregnancy diagnosis and fetal sexing. URL: <http://www.beefusa.org/Udocs/PR101-UltraSound.pdf>