

3D 画像解析による牛の尻のフェイス面積と生産形質の関連

高橋 茂¹⁾・河原 孝吉²⁾・栗生 要³⁾
今井 敬⁴⁾・堂地 修⁵⁾

Using 3D Image Analysis to Elucidate the Relationship between the Face Area of Cows' Rumps and Production Traits

Shigeru TAKAHASHI¹⁾, Takayoshi KAWAHARA²⁾, Kaname KURIU³⁾, Kei IMAI⁴⁾ and Osamu DOCHI⁵⁾
(Accepted 10 December 2015)

緒 言

近年、3D プリンターの目ざましい普及により、これまで解析が不可能とされた立体画像からいろいろな物体の分析評価が可能となった。牛の体型評価やボディコンディションスコア (以下 BCS) にも応用が可能となり、乳用強健性と BCS との関連では強い相関が見られたという報告¹⁾もある。また、ある搾乳機械メーカーは 3D スキャナで収録した画像を群や個体ごとに分析し、牛の健康管理に役立てている²⁾。さらに、牛の背脂肪厚の測定や体重の推定³⁾について研究した例もある。しかし、牛の尻の表面積 (以下フェイス面積) と BCS、泌乳量および繁殖との関連さらに生産形質との関連を研究した報告はあまり見られない。

そこで、本研究では牛の尻のフェイス面積の変化に着目し、面積の変化と泌乳量そして繁殖がどのように関連しているのかを解明するとともに目視による BCS 判定を 3D 画像から定量的に推定が可能かについても予備的に調査した。

材料および方法

供試牛は酪農学園フィールド教育研究センター酪農ステーションのホルスタイン種 14 頭と肉畜ス

テーションの黒毛和種 8 頭を対象とした。調査期間は 2014 年 10 月~2015 年 8 月までとし、撮影回数はホルスタイン種および黒毛和種でそれぞれ延べ 76 回および 35 回、撮影時期は分娩前 (2 日~28 日)、分娩後約 1 カ月月間隔で実施した。フェイス面積および周囲長そして最大曲率の測定は腰角と臍骨、坐骨の中心部に白いテープを貼り (図 1)、それぞれの部位を 3D スキャナー (Hapimo3D ノア社) で収録した。フェイス面積と周囲長および最大曲率の解析は ZW3D (実践マシンウェア社) のソフトを用いてそれぞれ 3 部位 (ABC 間) を立体的に計測した (図 2)。乳牛の BCS 判定は目視により Ferguson ら⁴⁾の方法を用いた。また、統計処理は t 検定と相関係数は 2 変量間の回帰分析を実施した。なお、測定項目のフェイス面積とは 3D 表面積を指し、尻の 3 部位を結ぶ表面の起伏に則した面積をいう。また、周囲長とは 3 部位を結ぶ三角形の長さを合計した値を指し、最大曲率とは三角形内面積の中で最も起伏の高い部位を表し、数値がゼロに近づくほど平坦になることを意味する。

結 果

表 1 にはホルスタイン種の分娩前後のフェイス面積と最大曲率を示した。フェイス面積は分娩前後で

¹⁾ 酪農学園大学農食環境学群循環農学類家畜改良学研究室
Practical Animal Improvement Technologies, College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Department of Sustainable Agriculture, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan
²⁾ 北海道ホルスタイン農業協同組合
Hokkaido Holstein Agricultural Cooperation, Sapporo, Hokkaido, 001-8555, Japan
³⁾ 北海道酪農畜産協会
Hokkaido Livestock Industry Association, Sapporo, Hokkaido, 060-0004, Japan
⁴⁾ 酪農学園大学農食環境学群循環農学類動物生殖工学研究室
Animal Reproductive Biology and Technology, College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Department of Sustainable Agriculture, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan
⁵⁾ 酪農学園大学農食環境学群循環農学類家畜繁殖学研究室
Animal Reproduction, College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Department of Sustainable Agriculture, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

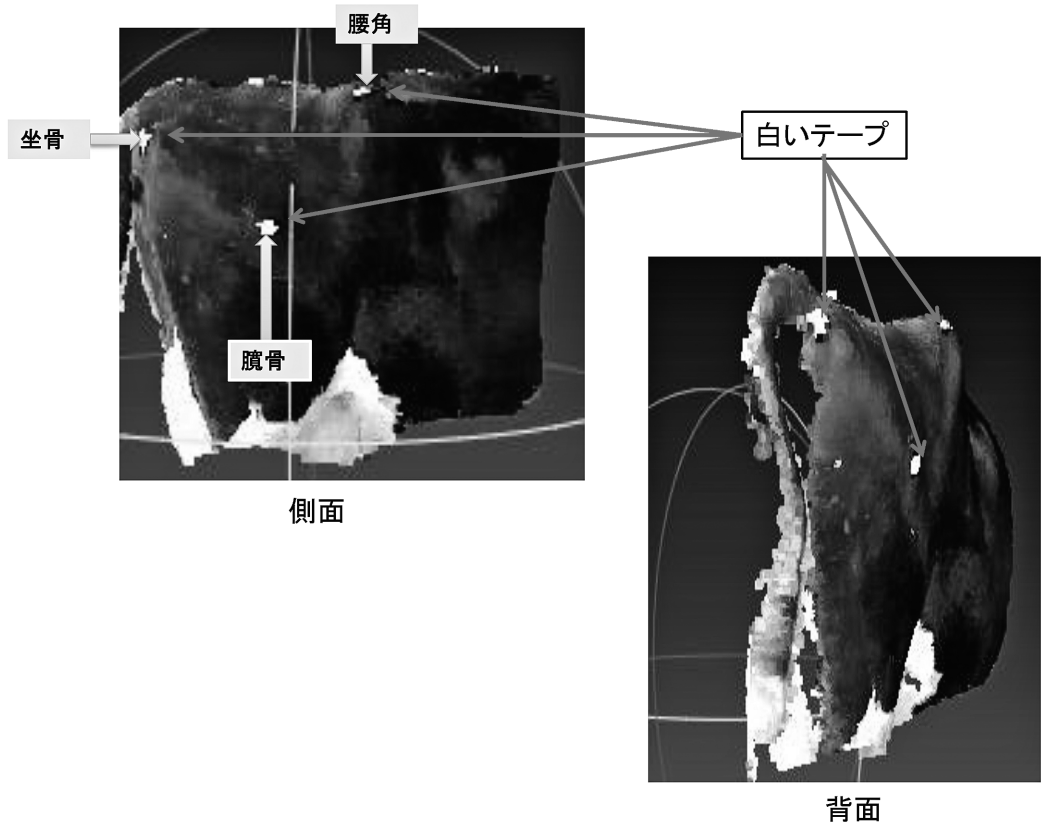


図1 測定部位（3部位）に目印となる白いテープの貼りつけ

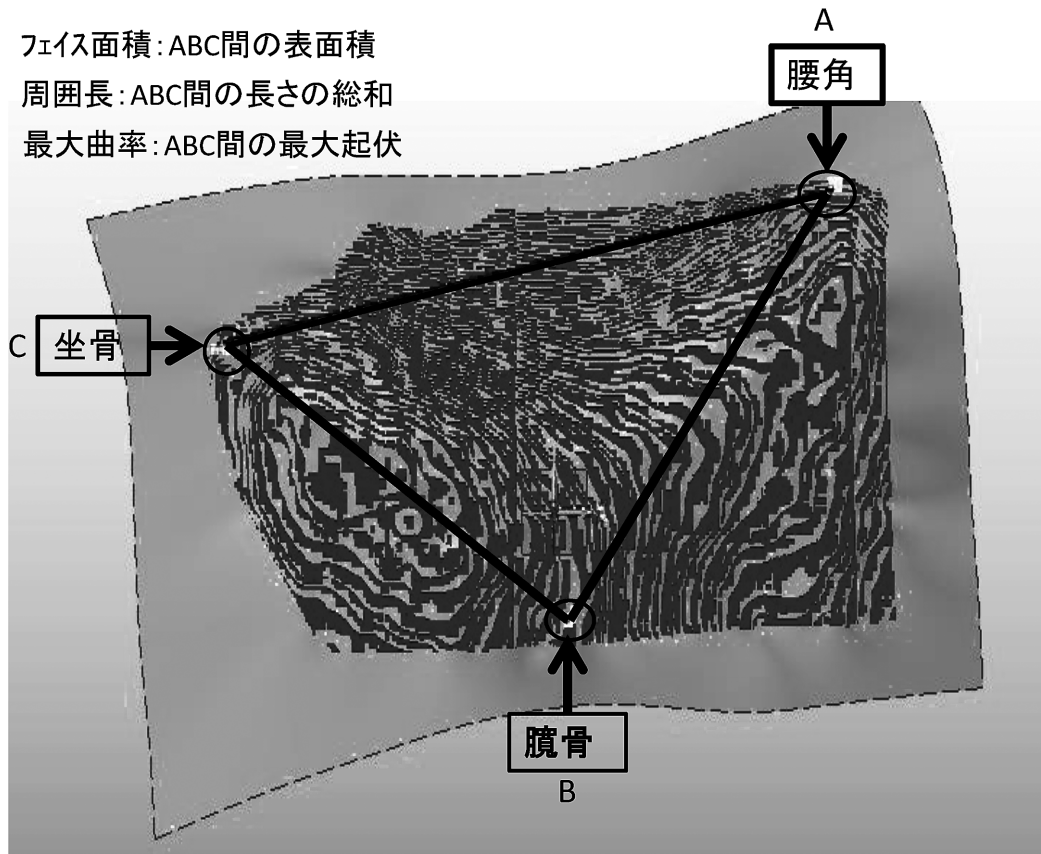


図2 尻の3部位を結ぶフェイス面積，周囲長と最大曲率の測定

表 1 ホルスタイン種の分娩前後のフェイス面積と最大曲率の関連

供試牛	分娩前		分娩後 1 カ月		2 カ月		3 カ月		4 カ月		5 カ月		6 カ月		7 カ月	
	フェイス面積	最大曲率	フェイス面積	最大曲率	フェイス面積	最大曲率	フェイス面積	最大曲率	フェイス面積	最大曲率	フェイス面積	最大曲率	フェイス面積	最大曲率	フェイス面積	最大曲率
756	56.3	0.2260	46.8	0.4514	61.9	0.0790	54.4	0.0898	61.5	0.1285	61.8	0.1957	61.2	0.2536	66.7	0.1354
1009	51.4	0.1208	53.6	0.1761	54.7	0.1695	63.0	0.1518	53.0	0.1129	60.5	0.1957	59.6	0.1250	65.0	0.1818
945	54.2	0.1342	40.9	0.1721	50.1	0.1407	54.9	0.1495	47.0	0.1192	48.0	0.1971				
410	56.7	0.2546	45.5	0.1721	41.9	0.1783	55.7	0.1599	52.8	0.1346	60.3	0.1715				
1016	48.5	0.1342	40.3	0.2634	40.2	0.1322	49.6	0.1677	52.5	0.1899	58.9	0.1715				
996	44.3	0.2043	41.4	0.1827	41.0	0.1618	55.3	0.1497	52.3	0.1518	58.2	0.2271				
1078	39.4	0.0953	39.7	0.1691	47.7	0.1441	45.2	0.1020	56.6	0.1760	60.8	0.1628				
950	44.6	0.1129	40.6	0.1757	40.7	0.1544	48.2	0.2031	41.4	0.2150	58.7	0.1343				
424	46.2	0.2540	43.2	0.2963	48.7	0.1409	47.5	0.1218	50.4	0.1444						
1076	46.1	0.1633	45.4	0.1019	47.9	0.2276	48.7	0.2809								
1002	47.1	0.1504	55.4	0.1239	63.3	0.2576	65.6	0.1496								
1036	43.2	0.1075	38.0	0.1354	51.1	0.1313	46.9	0.1776								
1103	58.7	0.2963	57.7	0.1692	64.2	0.2231	62.1	0.2174								
1049	66.3	0.2401	64.8	0.2020	67.8	0.1277										
平均値	50.2 _a	0.1678	46.7 _b	0.1849	51.5	0.1564	53.6	0.1553	51.9	0.1090	58.4	0.1819	60.4	0.1268	65.8	0.1586
標準偏差	7.1	0.0922	78.0	0.8945	9.1	0.0934	6.4	0.7878	5.3	0.6756	4.1					

ab 異符号間で有意差あり (P<0.05)

大きな違いが見られ、14 頭中 11 頭 (79%) が分娩後で面積が小さくなり、平均値では 3.5 cm² 小さくなった (P<0.05)。また、分娩後 1 カ月と 7 カ月では 7 カ月が 19.2 cm² 大きくなり、分娩後の経過とともにフェイス面積が大きくなる傾向にあった。最大曲率は大きな違いは見られなかった。図 3 にはフェイス面積の代表例として供試牛 4 頭と平均値を示した。表 2 には分娩前後の尻の周囲長を示した。周囲長はフェイス面積と同様に分娩後に短くなり、その後徐々に長くなった。しかし、有意差は認められなかった。

図 4 にはホルスタイン種の分娩までの日数とフェイス面積の関連を示した。分娩までの日数が長い個体はフェイス面積は大きくなる結果となり、逆に日数が短い個体は面積が小さくなった。分娩までの日数とフェイス面積の間には正の相関 (r=0.78) があり、有意差 (P<0.05) が認められた。図 5 にはフェイス面積と BCS の関連を示した。フェイス面積は分娩後 1 カ月で小さくなり、その後徐々に大きくなったが、BCS の判定は分娩後、下降し分娩後 4 月からやや上昇する傾向にあった。図 6 は分娩前後の尻のフェイス面積と平均乳量について見たものである。毎月の乳量は分娩後 3 カ月でピークに達しその後徐々に低下している。図 7 には尻のフェイス面積と受胎との関連を示した。フェイス面積の分娩後の変化は受胎牛と不受胎牛または妊否不明で若干違いが見られた。受胎牛 (供試牛 14 頭中 5 頭) は分娩後、フェイス面積が大きくなっていくが、不受胎牛または妊否不明 (供試牛 14 頭中 9 頭) 牛は分娩後大きくならない結果となった。

一方、黒毛和種の尻のフェイス面積と周囲長および最大曲率を表 3 に示した。分娩前のフェイス面積の平均値は 31.7 cm² 対し分娩後は 36.9 cm² と 5.2 cm² 大きくなり (P<0.05)、供試牛のほとんどは分娩後大きくなった (8 頭中 7 頭)。また、周囲長は分娩後 1 カ月で有意差は認められなかった。最大曲率は分娩前後でほとんど変化なく推移した。

考 察

本研究では牛の尻のフェイス面積と生産形質の関連を 3D 画像解析技術を用いて分析し、フェイス面積の変化が泌乳量や受胎にどのような影響を与えているのかを検討した。また、3D 画像を解析して BCS 判定を目視による判定から客観的な評価法の開発について可能性を探った。その結果、フェイス面積はホルスタイン種で分娩後に小さくなり、一定の共通した変化が見られた。これは分娩による体重減少や

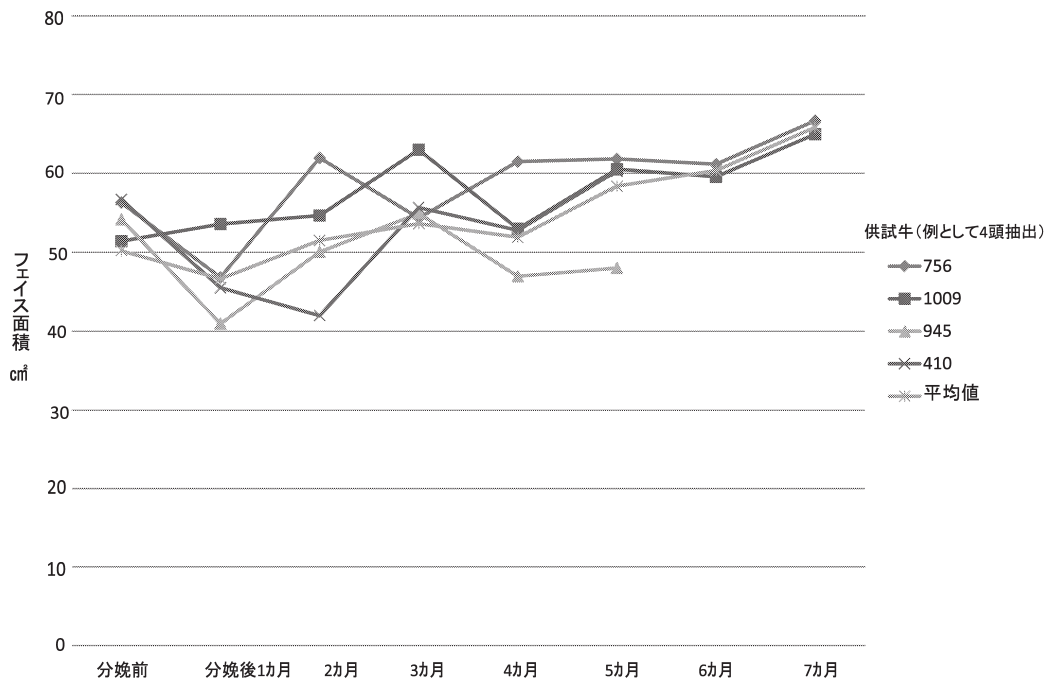


図3 ホルスタイン種における分娩前後の尻のフェイス面積 (代表例)

表2 ホルスタイン種の分娩前後における尻の周囲長

単位: cm

供試牛	分娩前	分娩後1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	5カ月	6カ月	7カ月
756	133.1	121.7	118.6	115.1	120.0	120.9	118.3	119.7
1009	126.0	117.1	114.5	117.7	113.5	120.2	115.3	118.4
945	114.5	99.5	112.2	117.7	114.6	113.3		
410	118.1	112.9	110.1	111.4	112.3	118.6		
1016	112.2	109.6	107.9	111.1	112.7	118.1		
996	111.8	108.7	108.0	118.6	113.4	123.1		
950	106.8	105.8	105.6	107.8	102.3	112.2		
1078	103.2	106.0	108.2	112.0	117.3	114.2		
424	114.8	105.0	111.6	116.5	115.8			
1076	105.6	110.8	109.4	107.7				
1002	116.4	120.1	124.6	124.2				
1036	113.2	116.5	121.2	116.2				
1103	105.0	104.7	106.5	110.6				
1049	122.7	121.9	121.0					
平均値	114.5 _a	111.5 _b	112.8	114.3	113.6	117.6	116.8	119.0
標準偏差	8.5	7.1	6.2	4.8	4.9	3.9	2.1	9.1

ab 異符号間に有意差なし

ストレスが影響しているものと推察され、それらが原因で尻の表面積が小さくなったと考えられる。その後、フェイス面積は少しずつ回復して乳期後半には 19.2 cm² 大きくなった。Anglart³⁾ は乳牛の体重測定値と BCS 評価には R=0.87 (P<0.01) の相関があると報告しているが、フェイス面積と体重にも関連があるのか今後さらに検討する必要がある。一方、黒毛和種は分娩後フェイス面積が大きくなり (P<0.05)、ホルスタイン種とは逆の結果が示された。また、最大曲率は分娩前後ほとんど変化がなかつ

たことから黒毛和種の場合、ホルスタイン種と異なり体重減少や泌乳に伴うストレスが小さいためではないかと推察される。

フェイス面積と泌乳量との関連では乳期後半に泌乳量の下降にともないフェイス面積は大きくなった。フェイス面積と BCS の関連ではフェイス面積が分娩後大きくなるにつれ BCS 評価が若干高くなることからフェイス面積と BCS との間には何らかの関連があると考えられる。Kuzuhara ら⁵⁾ は BCS と泌乳生産形質との間には高い関連が見られたと報

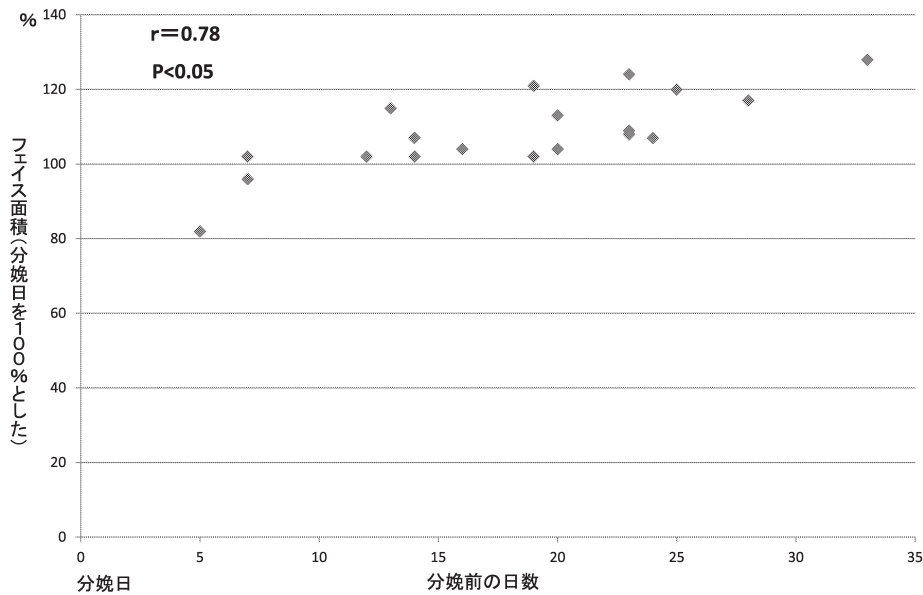


図4 ホルスタイン種の分娩までの日数と尻のフェイス面積の関連

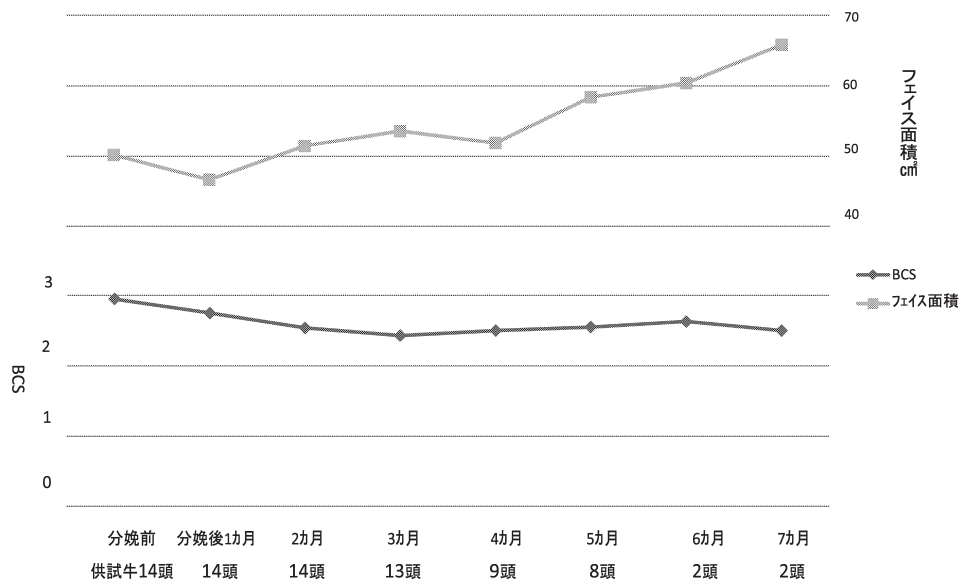


図5 ホルスタイン種のフェイス面積とBCSの関連

告した。本研究でもフェイス面積とBCSそして泌乳量との間には相互に関連があるものと考えられる。フェイス面積と受胎との関連はフェイス面積は分娩後1ヵ月で79%の個体が小さくなり、その後面積が徐々に大きくなって行く共通した特徴が見られた。このようにフェイス面積が大きくなっていく供試牛は受胎し、分娩後、フェイス面積が大きくならない供試牛や乳期中途中で小さくなる供試牛は不受胎または妊否不明という結果になった。

従来からBCS判定にはFergusonら⁴⁾の方法を採用してきたが、目視による判定は個人差があり正確な判定ができないという指摘があった。そこで機

器を用いて客観的に判定する方法の開発が進み、Fischerら⁶⁾は3D表面とBCS評価の方法から3D画像を利用したBCS評価は非常に有効な手段であると報告している。今回の調査ではフェイス面積の測定値に一定の変化が見られたことから回帰式を作成して回帰係数を求めBCSを判定することは可能であると考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、供試牛の提供に便宜を与えていただきました酪農学園フィールド教育研究センター酪農ステーションおよび肉畜ステーショ

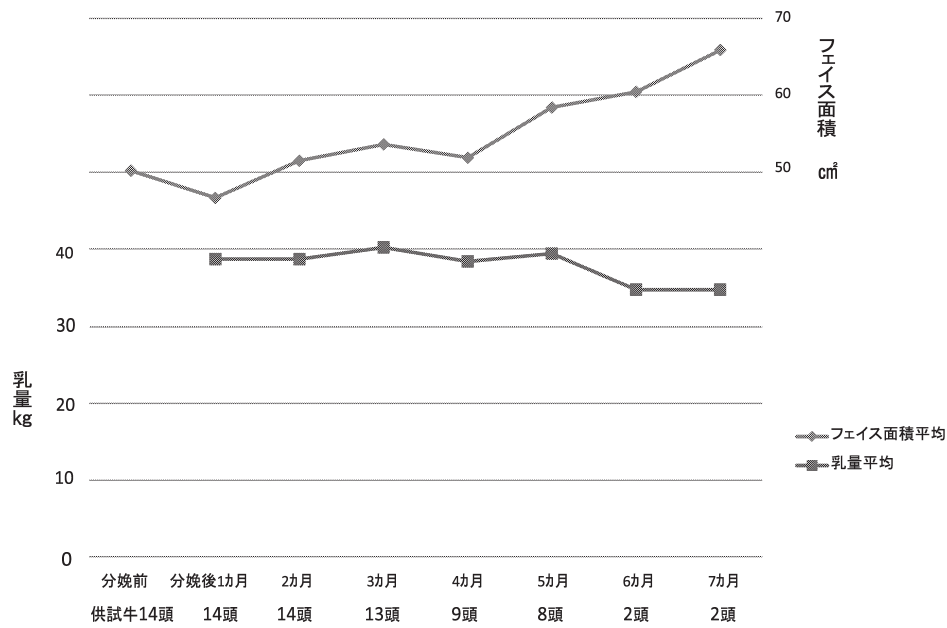


図6 分娩前後の尻のフェイス面積と平均乳量の関連

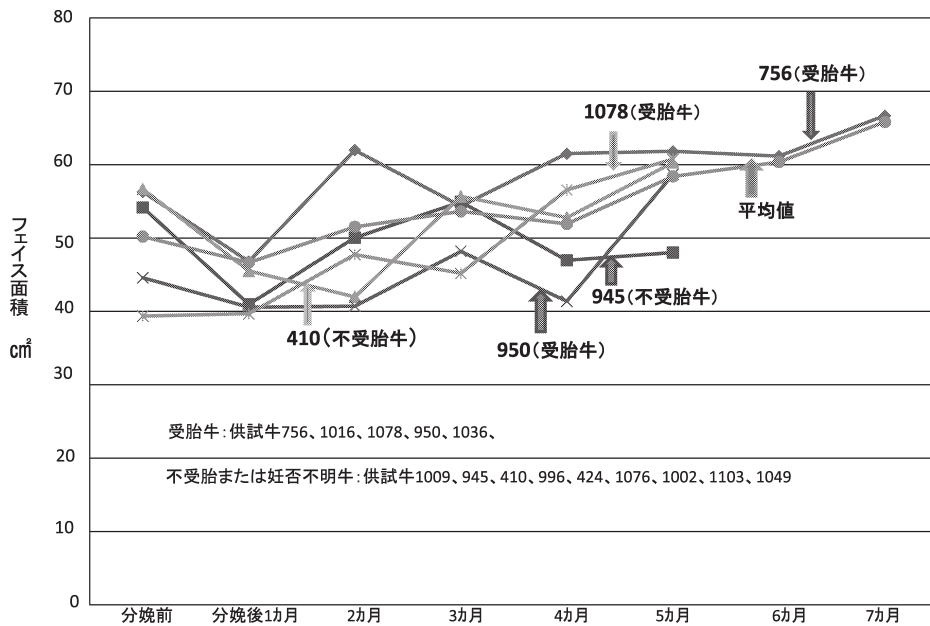


図7 尻のフェイス面積と受胎との関連 (代表例)

ンの方々に心より感謝いたします。また、3D スキャナーや画像解析の操作でご指導いただきました株式会社ノアの長枝 浩様ならびに株式会社実践マシンウェアの長島 秀幸様に心より感謝申し上げます。

さらに、本研究は酪農学園大学共同研究資金の助成をいただいで実施しましたことにも感謝申し上げます。

参考文献

1) Mark Hansen, Melvyn Smith, Lyndon Smith,

Ian Hales, and Duncan Forbes. 2015 Workshop: Machine vision of animals and their behaviour MVAB.

2) Delaval 2014: Delaval Body Condition Scoring BCS www.delaval.com.

3) Dorota Anglart 2014, Automatic estimation of body weight and body condition score in dairy cows using 3D imaging technique. Dorota Examensarbete.

4) James D. Ferguson, David T. Galligan, and

表3 黒毛和種の尻のフェイス面積と周囲長および最大曲率の比較

供試牛	分娩前			分娩後 1カ月			2カ月			3カ月			4カ月		
	フェイス面積	周囲長	最大曲率	フェイス面積	周囲長	最大曲率	フェイス面積	周囲長	最大曲率	フェイス面積	周囲長	最大曲率	フェイス面積	周囲長	最大曲率
17	30.8	103.7	0.1667	38.6	104.6	0.1602	40.9	106.3	0.0796	39.3	103.5	0.2720	30.8	100.6	0.2680
24	31.1	102.4	0.1112	33.7	100.4	0.1317	39.6	101.0	0.1681	30.1	99.3	0.1878	39.1	103.8	0.1303
14	32.2	99.1	0.2376	31.3	100.1	0.1319	43.1	103.4	0.2941	32.6	102.0	0.2145	35.2	100.0	0.1906
15	23.8	94.7	0.1202	36.7	103.2	0.2201	32.8	92.5	0.1477	37.5	100.2	0.2593			
11	31.7	91.9	0.2593	39.2	101.1	0.3107	38.5	101.3	0.1687	38.8	101.9	0.2481			
7	29.9	93.5	0.3087	43.9	104.1	0.1826	34.4	99.7	0.2439	39.8	101.5	0.2218			
3	35.6	100.6	0.2955	35.9	97.3	0.2239	37.8	102.5	0.2114	41.2	101.6	0.2561			
2	38.5	107.7	0.2369	38.6	103.3	0.2565	38.9	105.5	0.1976	43.1	109.7	0.2261			
平均	31.7 _a	99.2 _c	0.217	36.9 _b	101.8 _d	0.202	38.3	101.5	0.190	37.6	102.5	0.231	35.0	101.5	0.160
標準偏差	4.0	9.0	0.071	12.7	9.4	0.059	3.1	7.7	0.06	13.1	4.6	0.079	3.4	3.3	0.079

ab 異符号間に有意差あり (P<0.05)
cd 異符号間に有意差なし

neal Thomsen 1994. Principal Descriptors of Body Condition Score in Holstein cows. J. Dairy Sci. 77: 2695-2703.

- Yukako Kuzuhara, Kensuke Kawamura, Rena Yoshitoshi, Toru Tamaki, Shun Sugai, Mai Ikegami, Yuzo kurokawa, Taketo Obit-su, Miki Okita. Toshihisa Sugino, Taisuke Yasuda 2015. A preliminarily study for predicting body weight and milk properties in lactating Holstein cows using a three-dimensional camera system. Computers and Electronics in Agriculture Volume111: 186-193.
- A. Fischer, T. Luginbuhl, L. Delattre, J.M. Delouard. P. Faverdin 2015. Rear shape in 3 dimesions summarized by principal component analysis is a good predictor of body condition score in Holstein dairy cows. J. dairy sci. 98: 4465-4476.

要 約

本研究ではホルスタイン種と黒毛和種の尻の部位を3Dスキャナーで収録し、フェイス面積および周囲長と最大曲率を求め体型形質との関連を検討した。フェイス面積と泌乳量、受胎そしてBCSとはどんな関連になっているのかも検討した。供試牛は酪農学園フィールド教育研究センター酪農ステーションおよび肉畜ステーションで飼養されているホルスタイン種14頭と黒毛和種8頭を用い、延べでホルスタイン種76回、黒毛和種35回それぞれ撮影した。調査期間は2014年10月～2015年8月とした。3DスキャナーはHapimo3D(ノア社)を用い、画像解析はZW3D(実践マシンウェア社)を利用した。BCSの評価は目視による判定とした。ホルスタイン種のフェイス面積は分娩前後で大きく変化し、分娩後1カ月で79%(14頭中11頭)の個体が3.5cm²小さくなった(P<0.05)。これには分娩による体重減少やストレスが関与したものと推察される。一方、黒毛和種は逆にフェイス面積が分娩後に大きなり(P<0.05)、ホルスタイン種とは逆の結果となった。また、最大曲率はほとんど変化がないことから分娩や泌乳のストレスがないため大きくなったものと考えられる。フェイス面積と受胎の関連は分娩後フェイス面積が徐々に大きくなっていく個体は受胎し、乳期途中に小さくなる個体は不受胎または妊否不明となった。

また、3D画像からBCS評価が可能か検討したと

ころフェイス面積の測定値に一定の規則正しい変化が見られたことから回帰式を作成し、回帰係数から BCS を判定することは可能と考えられた。

Summary

For this study, the dimensions of rump parts of Holstein and Japanese Black cattle were measured using a 3D scanner to derive face area, circumference and maximum curvature and consider the relationship of these parameters to type traits. We investigated how rump face area changes from before and after calving in conjunction with lactation, and examined the relationship between face area and milk yield, conception and BCS. We used 14 Holstein and 8 Japanese Black cows kept at the Dairy Station and Beef Animal Station of the Rakuno Gakuen University's Field Education and Research Center. The Holsteins were scanned 76 times, and the Japanese Blacks 35 times. The study was conducted between October 2014 and August 2015. We used a Hapimo: 3D scanner (Noa Co., Ltd.) for scanning, and ZW3D (Zissen Machineware Co., Ltd.). We evaluated BCS by visual observation. The rump face area of the Holstein cows changed considerably after calving, decreasing by 3.5 cm² in 79% of the sample (11 out of 14 cows) after one month ($P < 0.05$). We assume this to be a result of weight loss and stress associated with calving. In contrast to the Holsteins, the rump face area of the Japanese Black cows increased after calving ($P < 0.05$). Since the maximum curvature remained almost unchanged, the increase in rump face area observed in the Japanese Black cows is thought to be due to absence of calving and lactation stress. Face area increased as milk yield decreased in the latter half of the lactation period. Regarding the relationship between face area and conception, individuals whose face area increases steadily after calving have conceived, while cows whose face area decreases during the lactation period have not conceived.

We also considered the possibility of evaluating BCS from 3D images. Since change in face area measurement values showed a certain degree of regularity, we think that it should be possible to create a regression equation and evaluate BCS from the regression coefficient.