

口之島野生化牛の筋組織に関する組織計測学的研究

松元光春^{1)*}・安田 研¹⁾・三好宣彰²⁾・安田宣紘²⁾

矢吹 映¹⁾・鈴木秀作¹⁾・西中川 駿^{1,3)}

(¹⁾基礎獣医学講座解剖学分野, ²⁾病態予防獣医学講座病理学分野, ³⁾放送大学鹿児島学習センター)

平成18年8月10日 受理

要 約

日本在来牛の一つである口之島野生化牛を稀少な動物遺伝資源として保護し活用するための基礎的な知見を集積する一環として、筋組織の特性を明らかにすることを目的に、体の各部位の代表的な筋の組織構造を組織学的、組織化学的および組織計測学的に検索し、黒毛和種およびホルスタイン種と比較検討を行った。野生化牛の筋線維は他品種に比べて数が多く、直径が小さく、また、前肢より後肢の方が太い傾向にあった。一方、筋線維の組織化学的観察から3品種とも型筋線維の占める割合が高い傾向にあり、その直径も他の筋線維型より大きかった。以上の観察結果から、野生化牛の筋組織は筋線維の密度が他品種よりも高いが、筋線維型構成は同じ傾向にあるという特性を有することが明らかになった。

キーワード：口之島野生化牛，筋組織，筋線維型，組織計測

緒 言

哺乳動物の骨格筋を構成している筋線維には、生理学的および形態学的特質に基づき、基本的には型筋線維、型筋線維および中間型筋線維の3型がある。哺乳動物の各部位の骨格筋は、その機能要求に基づいてこれらの型の筋線維を種々の割合で含有している。また、同一筋であっても、それぞれの動物の運動機能上の特性に基づき、各筋線維型の割合が異なることも推測される。

家畜の筋線維に関する形態学的および組織化学的研究は、肉質の改良を目的として行われ、牛については岩元ら[4, 6]が黒毛和種、褐毛和種およびホルスタイン種の去勢雄牛の間で比較し、褐毛和種とホルスタイン種では型筋線維の構成比が黒毛和種より多いと報告している。一方、鈴木ら[19]は黒毛和種およびホルスタイン種の去勢雄牛の間で比較し、型筋線維の割合は胸最長筋でホルスタイン種より黒毛和種が多く、太さも黒毛和種の方が大きいと報告し

ている。また、日本在来牛の一つで国の天然記念物に指定されている見島牛について、守田ら[10]はその去勢牛や交雑去勢牛の筋線維型が黒毛和種の構成パターンと類似していることを報告している。

口之島野生化牛(以下、野生化牛)は、鹿児島県トカラ列島の口之島に生息する野生化牛で、大正年間に放牧、飼育されていた未改良和牛が山奥の原生林に逃げ込み、そこで自然繁殖してきた牛群である。昭和36年に日本在来家畜調査団の調査でその存在が確認され[3]、その後数度の学術調査が行われ、わが国の古代牛の形質を残した純度の高い在来牛であることが証明されている。

そこで本研究では、稀少な動物遺伝資源としての野生化牛を保護し活用するための基礎的な知見を集積する一環として、筋組織の特性を明らかにすることを目的として、体の各部位の代表的な筋の組織構造を組織学的、組織化学的および組織計測学的に検索し、黒毛和種およびホルスタイン種と比較検討を行った。

* : 連絡責任者：松元光春（鹿児島大学農学部基礎獣医学講座解剖学分野）

Tel/Fax: 099-285-8711, E-mail: matumoto@agri.kagoshima-u.ac.jp

材料および方法

材料には、口之島野生化牛雄1例、雌1例、黒毛和種雌4例、ホルスタイン種雌4例を用いた。牛は麻酔下で放血屠殺し、以下に示すような筋を一般組織用ならびに組織化学用に採材した。

一般組織用に、咬筋、胸最長筋、外肋間筋、横隔膜、外腹斜筋、上腕頭筋、深胸筋、棘上筋、上腕三頭筋、上腕二頭筋、総指伸筋、浅指屈筋、大腰筋、中殿筋、大腿直筋、半腱様筋、長趾伸筋、腓腹筋、ヒラメ筋および浅趾屈筋の筋腹中央部の筋組織を採取し、10%中性緩衝ホルマリンで固定後、パラフィン包埋し、常法により横断切片を作製し、HE染色を施した。各筋とも1個体当たり3枚の切片からランダムに選んだ3視野について、一定面積(0.25mm²)内の筋線維の数と直径について画像解析装置(Nikon Cosmozone Is)を用いて測定した。得られた値から差の検定(t-test)を行い、さらに関係偏差図を作成して比較した。

次に、組織化学用に、上腕二頭筋、上腕三頭筋、大腿直筋、半腱様筋、ヒラメ筋、大腰筋および胸最長筋の筋腹中央の筋組織を採材し、直ちにOCT compound (Tissue-tek) に包埋した後液体窒素で凍結し、クリオスタットで6μmの凍結横断切片を作

製し、succinic dehydrogenase (SDH) 液で37℃、60分間反応後、水洗してグリセリンゼリーで封入した。SDH反応の強度に基づいて、筋線維をI型、II型および中間型線維に分類し、各筋とも1個体当たり3枚の切片からランダムに選んだ3視野について、一定面積(0.25mm²)内の各筋線維型の数、直径および面積比について画像解析装置を用いて測定した。得られた測定値は差の検定(t-test)や主成分分析などを行って比較した。

結 果

1) HE染色による比較

a) 筋間の比較

各筋の一定面積内の筋線維の数と直径をTable 1に示した。

筋線維の数は、黒毛和種の雌では42.5(上腕三頭筋)~85.1(咬筋)で平均60.5、ホルスタイン種の雌では49.8(外肋間筋)~95.0(咬筋)で平均61.9、野生化牛の雄では62.6(半腱様筋)~155.0(咬筋)で平均97.5、雌では60.0(ヒラメ筋)~189.3(咬筋)で平均91.2であった。

直径は、黒毛和種の雌では28.7(総指伸筋)~49.1μm(上腕三頭筋)で平均38.4μm、ホルスタイン種の雌

Table 1. Measurements of muscle fibers per unit area (0.25mm²). Each value indicates mean ± SE.

Muscle	Number				Diameter			
	Kf	Km	JBC	Hol	Kf	Km	JBC	Hol
M. longissimus thoracis	69.33 ± 1.45	76.00 ± 2.08	54.00 ± 1.80	59.33 ± 1.66	27.75 ± 0.16	30.17 ± 0.38	41.16 ± 1.62	35.44 ± 1.19
M. psoas major	123.66 ± 1.76	87.33 ± 5.17	61.33 ± 2.22	59.66 ± 2.25	21.10 ± 0.24	28.30 ± 2.19	37.14 ± 1.78	37.27 ± 1.58
M. biceps brachii	90.33 ± 2.40	119.66 ± 5.04	51.75 ± 0.93	54.41 ± 1.70	32.28 ± 1.18	24.57 ± 0.36	46.60 ± 0.75	42.02 ± 0.94
M. triceps brachii	69.66 ± 3.66	83.66 ± 5.36	42.58 ± 0.94	57.50 ± 1.47	33.78 ± 0.30	26.42 ± 1.87	49.16 ± 0.91	42.61 ± 0.67
M. rectus femoris	70.66 ± 4.05	89.00 ± 5.68	56.25 ± 1.37	66.91 ± 3.74	32.14 ± 1.45	27.65 ± 0.28	38.58 ± 0.97	37.13 ± 0.65
M. semitendinosus	65.33 ± 0.88	62.66 ± 2.18	50.91 ± 0.54	58.08 ± 1.81	35.82 ± 0.55	35.32 ± 0.58	42.41 ± 0.74	37.34 ± 1.17
M. soleus	60.00 ± 3.51	98.00 ± 1.15	61.25 ± 1.72	56.88 ± 2.90	30.13 ± 0.34	28.39 ± 1.34	41.20 ± 0.78	37.79 ± 1.36
M. masseter	189.33 ± 1.16	155.00 ± 0.57	86.16 ± 4.87	95.00 ± 6.15	20.03 ± 0.94	22.81 ± 0.29	32.55 ± 0.95	35.46 ± 2.15
M. intercostales externi	98.00 ± 1.73	115.66 ± 3.52	56.66 ± 3.36	49.83 ± 3.97	25.11 ± 0.27	22.33 ± 1.04	35.80 ± 1.89	40.56 ± 3.09
Diaphragm	147.33 ± 6.98	150.33 ± 4.80	74.16 ± 3.28	88.33 ± 2.07	18.43 ± 0.17	21.59 ± 0.40	28.81 ± 1.09	24.98 ± 1.29
M. obliquus externus abdominis	78.66 ± 1.85	89.00 ± 1.73	77.00 ± 3.03	60.33 ± 2.34	33.56 ± 0.39	26.99 ± 0.32	31.72 ± 1.61	41.32 ± 1.10
M. brachiocephalicus	81.00 ± 2.99	76.00 ± 1.52	79.00 ± 3.54	84.00 ± 7.62	27.85 ± 1.51	32.48 ± 1.49	33.20 ± 0.88	32.95 ± 2.04
M. pectoralis profundus	87.66 ± 2.40	104.33 ± 5.54	70.33 ± 1.42	69.66 ± 4.12	31.24 ± 0.54	26.53 ± 0.49	33.44 ± 1.52	37.67 ± 1.56
M. supraspinatus	119.66 ± 8.41	122.00 ± 8.50	61.50 ± 2.83	54.33 ± 1.96	23.18 ± 0.58	23.08 ± 0.45	37.91 ± 0.36	41.91 ± 0.87
M. extensor digitorum communis	89.66 ± 4.40	103.66 ± 2.96	75.16 ± 3.45	59.50 ± 2.01	27.12 ± 0.79	23.08 ± 0.45	28.70 ± 1.35	39.67 ± 3.01
M. flexor digitorum superficialis*	70.00 ± 2.51	77.66 ± 1.20	62.33 ± 5.12	51.33 ± 1.02	28.30 ± 0.64	29.79 ± 0.21	36.15 ± 0.70	40.68 ± 2.18
M. gluteus medius	91.00 ± 3.21	93.00 ± 7.23	65.00 ± 1.71	61.83 ± 3.89	28.28 ± 0.98	27.82 ± 2.10	35.78 ± 1.30	37.04 ± 2.53
M. gastrocnemius	76.66 ± 1.33	80.33 ± 4.17	59.33 ± 0.80	57.00 ± 2.85	30.38 ± 1.47	29.94 ± 0.21	40.13 ± 0.96	37.45 ± 1.49
M. extensor digitorum longus	76.66 ± 2.40	91.33 ± 2.33	58.00 ± 2.38	64.50 ± 4.03	33.39 ± 0.62	29.20 ± 0.77	36.51 ± 1.31	36.69 ± 2.51
M. flexor digitorum superficialis#	70.66 ± 1.66	76.66 ± 2.84	56.00 ± 2.14	50.16 ± 3.76	29.79 ± 1.05	32.67 ± 1.24	34.44 ± 0.70	36.59 ± 3.05

Kf: female Kuchinoshima feral cattle, Km: male Kuchinoshima feral cattle, JBC: Japanese black cattle, Hol: Holstein steer.

*: thoracic limb, #: pelvic limb.

では24.9 (横隔膜)~42.6 μm (上腕三頭筋)で平均37.8 μm , 野生化牛の雄では21.5 (横隔膜)~35.3 μm (半腱様筋)で平均27.5 μm , 雌では18.4 (横隔膜)~35.8 μm (半腱様筋)で平均28.4 μm であった。

筋線維の数は, どの品種の牛も咬筋が最も多く, 最も少ない筋 (黒毛和種: 上腕三頭筋, ホルスタイン種: 外肋間筋, 野生化牛雄: 半腱様筋, 雌: ヒラメ筋) の2~3倍あった。黒毛和種およびホルスタイン種では, 横隔膜, 上腕頭筋が次に多く, 野生化牛では雌雄とも横隔膜, 棘上筋の筋線維の数が多かった。直径は横隔膜が最も小さかった。黒毛和種では棘上筋, ホルスタイン種では上腕頭筋が次に小さく, 野生化牛では雌雄とも咬筋, 棘上筋が小さかった。

b) 雌雄間・品種間の比較

野生化牛では, 筋線維の数はほとんどの筋で雄の方が雌よりも多い傾向にあり, 直径は雌の方が雄よりも若干大きい傾向にあった。

品種間で比較すると, 筋線維の数は黒毛和種, ホルスタイン種よりも野生化牛の方が平均値で約1.5倍多く, 各筋ごとに比較してもほとんどの筋で野生化牛の方が黒毛和種, ホルスタイン種よりも多かった。直径では逆に黒毛和種, ホルスタイン種が野生化牛よりも平均値で約10 μm 大きかった。各筋ごとに比較しても黒毛和種, ホルスタイン種が野生化牛よりも大きかった。

2) SDH染色による比較

筋間全体の一定面積内の各筋線維型構成を比較すると (Fig. 1, Table 2), 黒毛和種とホルスタイン種では同様の傾向を示し, 型線維 (黒毛和種: 47~

68%, ホルスタイン種: 44~66%) が型 (黒毛和種: 14~27%, ホルスタイン種: 14~33%), 中間型線維 (黒毛和種: 18~26%, ホルスタイン種: 18~27%) より多かった。野生化牛では, 雄は他の品

Table 2. Proportion of the area of each myofiber type. Each value represents mean \pm SE (%).

Muscle/Myofiber type	Kf	Km	JBC	Hol
<i>M. longissimus thoracis</i>				
Type I	17.25 \pm 1.39	12.87 \pm 1.72	21.16 \pm 1.87	24.70 \pm 2.42
Type II	62.23 \pm 0.13	71.29 \pm 2.49	57.78 \pm 4.13	56.59 \pm 1.67
Intermediate	20.49 \pm 1.52	15.82 \pm 1.76	21.03 \pm 2.39	18.68 \pm 1.52
<i>M. psoas major</i>				
Type I	20.94 \pm 3.70	13.74 \pm 0.75	22.79 \pm 2.14	32.70 \pm 1.59
Type II	67.06 \pm 4.12	65.36 \pm 2.92	58.50 \pm 2.14	49.08 \pm 2.36
Intermediate	11.97 \pm 0.59	20.88 \pm 2.90	18.68 \pm 0.76	20.88 \pm 2.90
<i>M. biceps brachii</i>				
Type I	28.30 \pm 3.55	19.30 \pm 1.94	23.28 \pm 1.16	27.96 \pm 2.49
Type II	49.35 \pm 4.94	60.65 \pm 2.29	53.82 \pm 1.56	45.31 \pm 2.99
Intermediate	22.32 \pm 1.56	20.03 \pm 2.09	22.46 \pm 1.07	26.70 \pm 1.00
<i>M. triceps brachii</i>				
Type I	18.26 \pm 2.00	26.77 \pm 2.54	22.61 \pm 1.35	20.48 \pm 1.49
Type II	61.95 \pm 2.01	48.08 \pm 5.80	57.39 \pm 1.25	58.13 \pm 1.71
Intermediate	19.76 \pm 0.60	25.12 \pm 3.41	20.56 \pm 0.45	21.36 \pm 0.91
<i>M. rectus femoris</i>				
Type I	9.19 \pm 1.22	24.68 \pm 0.80	20.57 \pm 1.87	19.30 \pm 2.31
Type II	78.65 \pm 1.23	50.42 \pm 2.02	55.79 \pm 2.77	56.82 \pm 3.71
Intermediate	12.13 \pm 0.97	24.88 \pm 1.86	24.09 \pm 1.29	23.49 \pm 2.35
<i>M. semitendinosus</i>				
Type I	8.20 \pm 2.01	11.76 \pm 0.92	14.26 \pm 1.10	14.38 \pm 1.58
Type II	80.58 \pm 3.19	70.35 \pm 1.30	67.62 \pm 1.70	65.57 \pm 1.54
Intermediate	11.19 \pm 1.26	17.87 \pm 0.59	18.08 \pm 1.47	20.02 \pm 1.68
<i>M. soleus</i>				
Type I	20.44 \pm 3.61	21.58 \pm 2.47	27.39 \pm 1.68	29.07 \pm 1.99
Type II	38.82 \pm 3.59	44.08 \pm 2.87	46.92 \pm 2.77	43.83 \pm 1.90
Intermediate	40.71 \pm 3.55	34.32 \pm 0.55	25.66 \pm 1.97	27.07 \pm 1.76

Kf: female Kuchinoshima feral cattle, Km: male Kuchinoshima feral cattle, JBC: Japanese black cattle, Hol: Holstein steer.

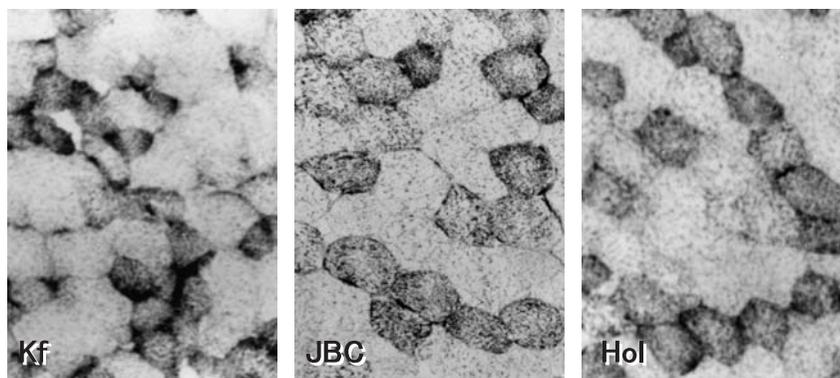


Fig. 1. Histochemical micrographs for SDH in *M. longissimus thoracis*. Kf: female Kuchinoshima feral cattle, JBC: Japanese black cattle, Hol: Holstein steer. Original magnification = $\times 100$.

Table 3. Measurements of myofiber types per unit area (0.25mm²). Each value represents mean ± SE.

Muscle/Myofiber type	Number				Diameter			
	Kf	Km	JBC	Hol	Kf	Km	JBC	Hol
M. longissimus thoracis								
Type I	13.00 ± 1.00	11.66 ± 2.33	11.83 ± 1.09	15.08 ± 1.93	28.01 ± 2.63	29.27 ± 0.49	34.04 ± 1.93	33.51 ± 1.84
Type II	29.66 ± 1.76	36.33 ± 2.18	27.83 ± 2.09	26.33 ± 1.10	41.09 ± 0.37	40.39 ± 2.19	38.38 ± 1.12	38.31 ± 1.35
Intermediate	14.33 ± 0.88	14.00 ± 1.15	11.08 ± 0.94	10.08 ± 0.94	33.25 ± 0.62	29.15 ± 0.53	33.77 ± 1.60	34.24 ± 1.15
M. psoas major								
Type I	17.66 ± 1.15	13.00 ± 0.57	19.50 ± 2.18	21.83 ± 1.52	24.36 ± 1.09	27.03 ± 1.75	27.01 ± 1.11	29.45 ± 2.72
Type II	31.33 ± 1.76	28.66 ± 0.88	28.33 ± 1.23	25.58 ± 1.94	36.48 ± 0.59	41.71 ± 1.21	38.69 ± 2.09	34.35 ± 2.68
Intermediate	9.66 ± 1.20	17.00 ± 3.21	13.16 ± 1.33	9.33 ± 0.77	27.45 ± 1.67	27.82 ± 1.12	29.93 ± 1.42	35.53 ± 2.59
M. biceps brachii								
Type I	14.00 ± 2.08	12.33 ± 1.20	13.58 ± 0.87	10.00 ± 1.16	34.63 ± 1.72	30.52 ± 0.34	35.05 ± 1.72	44.61 ± 1.53
Type II	22.33 ± 2.33	36.00 ± 2.30	27.00 ± 1.23	17.16 ± 1.19	36.83 ± 1.36	30.57 ± 1.48	39.10 ± 1.10	41.98 ± 0.93
Intermediate	13.66 ± 1.20	11.33 ± 0.88	13.00 ± 1.14	9.41 ± 0.79	27.56 ± 1.47	27.41 ± 1.31	34.86 ± 1.19	43.73 ± 1.10
M. triceps brachii								
Type I	14.00 ± 1.15	19.33 ± 2.33	12.75 ± 0.76	10.91 ± 0.93	32.37 ± 1.69	23.74 ± 0.32	33.62 ± 0.98	34.27 ± 1.86
Type II	31.66 ± 1.85	21.66 ± 2.40	26.58 ± 1.23	23.75 ± 1.20	40.00 ± 2.22	30.91 ± 1.31	39.39 ± 0.96	39.97 ± 1.98
Intermediate	14.66 ± 0.88	15.66 ± 3.18	11.58 ± 0.48	10.00 ± 1.00	29.95 ± 2.12	25.30 ± 2.00	34.46 ± 0.85	34.96 ± 1.57
M. rectus femoris								
Type I	7.00 ± 1.15	16.00 ± 2.08	11.16 ± 0.71	8.91 ± 0.94	27.98 ± 1.49	32.33 ± 0.47	33.26 ± 1.42	34.92 ± 1.92
Type II	31.33 ± 1.76	29.00 ± 2.08	25.91 ± 1.84	21.66 ± 2.67	45.99 ± 1.05	34.58 ± 1.06	37.59 ± 1.08	42.26 ± 1.48
Intermediate	8.66 ± 1.20	15.33 ± 1.33	11.83 ± 0.56	8.83 ± 0.34	30.42 ± 0.74	34.65 ± 0.50	36.09 ± 2.19	38.92 ± 1.93
M. semitendinosus								
Type I	9.66 ± 2.33	14.66 ± 0.66	9.58 ± 0.84	7.16 ± 0.72	24.25 ± 2.62	22.63 ± 2.01	36.02 ± 1.17	39.68 ± 1.63
Type II	38.66 ± 1.12	32.66 ± 2.18	27.41 ± 1.10	25.25 ± 0.89	39.99 ± 2.18	36.94 ± 0.62	45.92 ± 1.36	42.91 ± 1.22
Intermediate	10.00 ± 0.57	13.66 ± 1.20	9.58 ± 0.48	8.66 ± 0.58	27.10 ± 1.80	29.34 ± 1.95	38.83 ± 1.80	40.22 ± 1.45
M. soleus								
Type I	9.00 ± 2.08	11.33 ± 0.66	12.50 ± 1.37	12.66 ± 0.85	36.61 ± 0.45	28.28 ± 2.01	39.18 ± 2.01	33.92 ± 1.41
Type II	18.00 ± 1.52	25.00 ± 1.52	18.83 ± 1.33	15.66 ± 0.81	35.74 ± 1.52	27.95 ± 0.52	41.86 ± 1.15	39.13 ± 1.52
Intermediate	14.33 ± 2.02	17.00 ± 1.73	11.66 ± 1.11	12.00 ± 1.77	41.77 ± 2.49	31.10 ± 2.15	39.38 ± 1.65	35.46 ± 2.10

Kf: female Kuchinoshima feral cattle, Km: male Kuchinoshima feral cattle, JBC: Japanese black cattle, Hol: Holstein steer.

種と同様に、型線維 (44~71%) が型 (12~27%)、中間型線維 (16~34%) よりも多かったが、雌ではヒラメ筋で中間型線維 (41%) が型線維 (39%) よりも若干多かった。しかし、残りの筋では他の品種同様型線維 (49~81%) が型 (8~21%)、中間型線維 (11~22%) よりも多かった。各品種とも半腱様筋の型線維が他の筋よりも多い傾向にあった。

野生化牛の雄を除き、各品種とも半腱様筋の型線維の割合が最も多かった。野生化牛の雄は、胸最長筋の型線維の割合が最も多く、次いで半腱様筋の型線維の割合が多かった。

各品種の筋線維型の数を比較すると (Table 3)、三品種とも型線維が他の筋線維型に比べ多い傾向にあった。各筋線維型の直径を比較すると、黒毛和種では各筋とも型線維 (37.5~45.9 μ m) が型 (27.0~39.1 μ m)、中間型線維 (29.9~39.3 μ m) より大きかった。ホルスタイン種でもほとんどの筋で型線維 (34.3~42.9 μ m) が型 (29.4~44.6 μ m)、

中間型線維 (34.2~43.7 μ m) よりも大きかった。野生化牛では雌雄ともほとんどの筋で型線維 (雄: 27.9~41.7 μ m, 雌: 35.7~45.9 μ m) が型 (雄: 22.6~32.3 μ m, 雌: 24.2~36.6 μ m)、中間型線維 (雄: 25.3~34.6 μ m, 雌: 27.1~41.7 μ m) よりも大きかった。

各筋ごとに品種間の大きさを比較すると、野生化牛の雄の型および中間型線維は、黒毛和種、ホルスタイン種のものと同じかそれより小さかった。型線維は大腰筋と最長筋を除いて黒毛和種、ホルスタイン種および野生化牛の雌よりも小さかった。

3) 主成分分析による比較

主成分分析は多変量解析の一つで、一般に第一主成分は大きさを、第二主成分は形状を表すといわれている。各筋別に分析を行ったところ、どの品種も型線維が、第一主成分のプラス領域にまた第二主成分のプラスからマイナス領域にかけて分布し、型および中間型線維より区分された。型および中間型線維は、各筋とも区分されなかったが、黒毛和

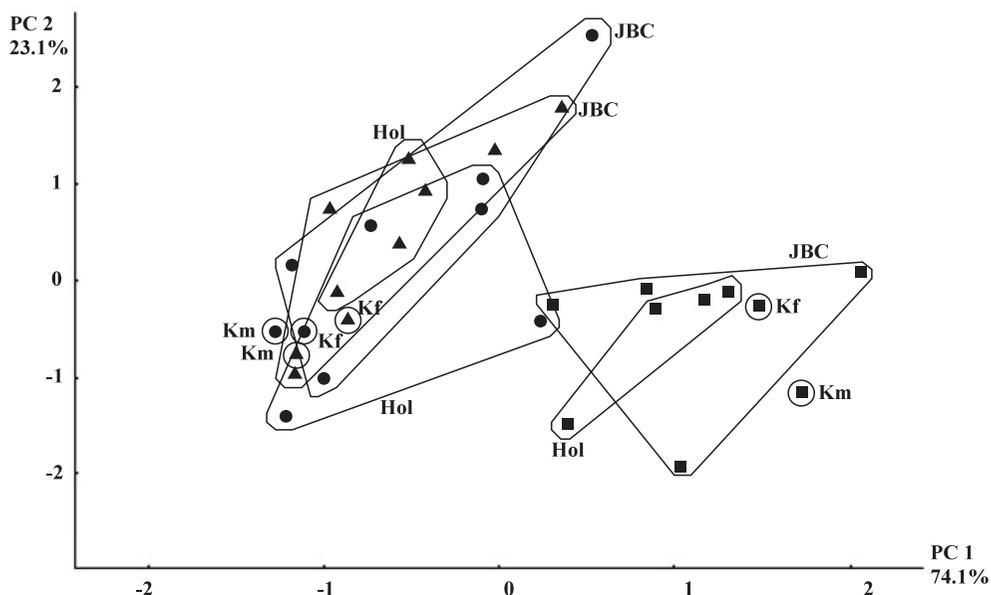


Fig. 2. Principal component chart for the first and second transformed variable of myofiber types of *M. longissimus thoracis*. \bullet : type I myofiber, \blacktriangle : type II myofiber, \blacksquare : intermediate type of myofiber. Kf: female Kuchinoshima feral cattle, Km: male Kuchinoshima feral cattle, JBC: Japanese black cattle, Hol: Holstein steer.

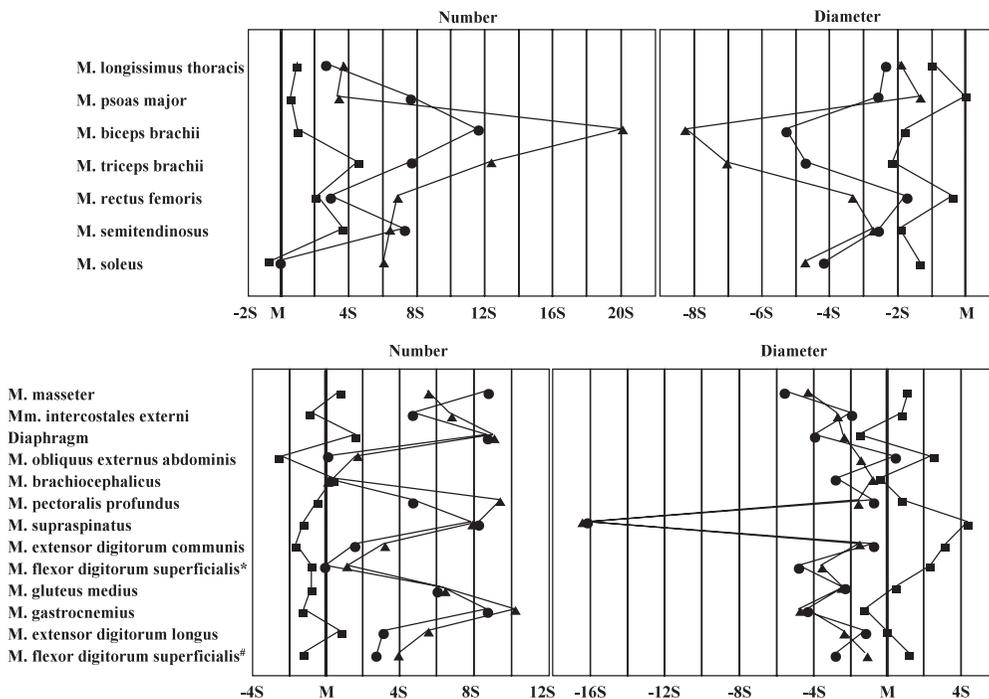


Fig. 3. Deviation graphs on the number and diameter of muscle fibers. M: mean of Japanese black cattle, S: standard deviation. \bullet : female Kuchinoshima feral cattle, \blacktriangle : male Kuchinoshima feral cattle, \blacksquare : Holstein steer. *: thoracic limb, #: pelvic limb.

種とホルスタイン種では品種ごとにある程度まとまる傾向にあった (Fig. 2)。

4) 関係偏差図による比較

黒毛和種の筋線維の数と直径を基準にした関係偏差図 (Fig. 3) により品種間の比較を行うと、ホルスタイン種は数、直径ともに -2S ~ 4S内に分布していた。野生化牛は筋線維数ではほとんどの筋でプラス領域に、直径ではマイナス領域にそれぞれ分布していた。

考 察

今回検索した各筋の筋線維の直径は、黒毛和種、ホルスタイン種に比べ野生化牛が小さい傾向を示した。筋線維の直径は高栄養水準によって飼育された肉用牛は低栄養水準で飼育されたものよりも筋線維が太くなるという報告[17]や、山地放牧が筋の性質に影響を及ぼすという報告[8]もあり、野生化牛と他の牛種との形態学的差異は、野生化牛の体格が小さいということだけでなく、急峻な山地の地形に野生状態で生息していること[11]も影響していると考えられる。

咬筋の筋線維は他の筋に比べ数が多く直径が小さい傾向にあり、黒毛和種、ホルスタイン種に比べ野生化牛の直径が小さかった。また、外肋間筋、横隔膜などの臓器を支える胸部および腹部の筋の筋線維は、ホルスタイン種、黒毛和種、野生化牛の順に大きく、臓器重量と関係していることが示唆される。前肢と後肢の筋線維の直径についてみると、黒毛和種、ホルスタイン種では両者にあまり差がないのに対して、野生化牛では後肢の筋の筋線維が前肢より若干太い傾向にあった。野生化牛は野生状態で生息しているために舍飼されている黒毛和種やホルスタイン種より厳しい環境のもと激しい運動をせざるをえないためと思われる。

筋線維型の分類には、本研究で用いたsuccinic dehydrogenase (SDH)の他に、reduced nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) diaphorase, myosin adenosine triphosphatase (ATPase) などの活性を調べる方法があり、種々の方法を組み合わせることによって、筋線維型を細分類できる。鈴木ら[13-17, 19, 20]は綿羊の筋線維型を5型に分類しているが、本研究では一般的な型、型および中間型の線維型に分類し比較した。筋線維型の構成比は、品種お

よび筋によって異なっていたが、型線維の割合が型線維や中間型線維の割合に比べ多い傾向にあった。このことは鈴木ら[19]の報告と一致したが、岩元ら[4, 6]は黒毛和種の上腕三頭筋は型線維の割合が多いと報告している。本研究では、黒毛和種の上腕三頭筋は型線維が約22%、型線維が約57%と他の品種同様に型線維が多かった。筋線維型の構成比は同一筋内であっても部位によって異なるという報告[1, 2, 7]もあることから、今回の不一致は採材部位の違いを反映しているものと思われる。

胸最長筋における型筋線維の割合は黒毛和種21.2%、ホルスタイン種24.7%、野生化牛の雄12.9%、雌17.3%であり、野生化牛が最も低かった。型筋線維は脂肪交雑と関係があるという報告[9]があることから、野生化牛が筋線維型の割合からも肉用牛として改良の進んでいない牛であることが裏付けられたことは興味深い。また、型筋線維は運動時に推進力を生み出す筋に多いことが報告[20]されている。そのような筋の一つである半腱様筋における型筋線維の割合をみると、黒毛和種67.6%、ホルスタイン種65.6%、野生化牛の雄70.4%、雌80.6%であり、野生化牛が最も高かった。このことは、野生化牛が急峻な地形を行動していること[12]を反映しているものと思われる。

本研究により、筋肉の組織構造からも野生化牛の特徴が示されたが、今後更に例数を追加して検討する必要がある。

謝 辞：本研究は日本学術振興会科学研究費（基盤研究(B)(2)、研究課題番号：12556045）の助成を受けて行われた。

参 考 文 献

- [1] Gonyea, W. J. and Ericson, G. C.: Morphological and histochemical organization of the flexor carpi radialis muscle in the cat. *Am. J. Anat.*, 148, 329-344 (1977)
- [2] Gonyea, W. J.: Fiber size distribution in the flexor carpi radialis muscle of the cat. *Anat. Rec.*, 195, 447-454 (1979)
- [3] 林田重幸・野澤 謙：口之島におけるいわゆる野生牛について。日本在来家畜調査報告, 1, 27-29 (1964)
- [4] 岩元久夫・尾野善孝：黒毛和種、褐毛和種およびホルスタイン種間での筋線維型構成に関する比較検討。食肉に関する助成研究調査報告書, 7, 164-170 (1989)
- [5] 岩元久夫・尾野善孝・後藤貴文・中西良孝・梅津頼三郎：去勢雄牛における筋線維型構成と肉質。食肉に関する助成研究調査報告書, 8, 174-177 (1991)

- [6] 岩元久夫・尾野善孝・後藤貴文・西村正太郎・中西良孝・梅津瀬三郎・高原 斉: 黒毛和種, 褐毛和種およびホルスタイン種の子牛間での筋線維型構成に関する比較検討. 日畜会報, 62, 674-682 (1991)
- [7] Latorre, R., Gil, F., Vazquez, J. M., Moreno, F., Mascarello, F. and Ramirez, G.: Morphological and histochemical characteristics of muscle fiber types in the flexor carpi radialis of the dog. *J. Anat.*, 182, 313-320 (1993)
- [8] 真鍋 昇: 脊椎動物における骨格筋線維の比較組織化学的研究. p.131-177, 京都大学博士論文 (1985)
- [9] Melton, C., Dikeman, M., Tuma, H. J. and Schalles, R. R.: Histological relationships of muscle biopsies to bovine meat quality and carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 38, 24-31 (1975)
- [10] 守田 智・松本道夫・住尾善彦・後藤孝一・木場俊太郎: 見島牛交雑種の子牛間における胸最長筋の筋線維型構成について. 西日本畜産学会報, 36, 56-58 (1993)
- [11] Ozutumi, K. and Okada, M.: The effects of mountainous grazing on type and cross-sectional area of muscle fiber in Holstein steers. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 52, 741-748 (1981)
- [12] 佐藤衆介: 口之島野生化牛の行動. 日畜会報, 62, 390-397 (1991)
- [13] Suzuki, A.: Histochemical classification of individual skeletal muscle fibers in the sheep. I. On *M. semitendinosus*, *M. longissimus dorsi*, *M. psoas major*, *M. latissimus dorsi* and *M. gastrocnemius*. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 42, 39-54 (1971a)
- [14] Suzuki, A.: Histochemical classification of individual skeletal muscle fibers in the sheep. II. On *M. serratus ventralis*, *M. supraspinatus*, *M. infraspinatus*, *M. semimembranosus*, and *M. triceps brachii*. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 42, 463-473 (1971b)
- [15] Suzuki, A.: Histochemical classification of individual skeletal muscle fibers in the sheep. III. On the *M. masseter*. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 43, 161-166 (1972)
- [16] Suzuki, A.: Histochemical observations of individual skeletal muscle fibers in starved sheep. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 44, 50-58 (1973a)
- [17] Suzuki, A.: Fatty change in skeletal muscle fibers in starved sheep. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 44, 258-265 (1973b)
- [18] Suzuki, A., Tamate, H. and Okada, M.: The effect of a high plane of nutrition during a given period of growth on size and proportion of skeletal muscle fiber types in the cattle. *Tohoku J. Agr. Res.*, 27, 20-25 (1976)
- [19] 鈴木 惇・大和田修一・玉手英夫: 黒毛和種とホルスタイン種の骨格筋における筋線維内脂肪滴の有無と各筋線維型の割合と太さ. 日畜会報, 49, 262-269 (1978)
- [20] Suzuki, A. and Tamate, H.: Distribution of myofiber types in the hip and thigh musculature of sheep. *Anat. Rec.*, 221, 494-502 (1988)

Histometrical Study on the Muscular Tissue of Kuchinoshima Feral Cattle

Mitsuharu MATSUMOTO^{1)†}, Ken YASUDA¹⁾, Noriaki MIYOSHI²⁾, Nobuhiro YASUDA²⁾,
Akira YABUKI¹⁾, Shusaku SUZUKI¹⁾ and Hayao NISHINAKAGAWA^{1,3)}
(¹⁾Laboratory of Veterinary Anatomy, ²⁾Laboratory of Veterinary Pathology,
³⁾Kagoshima Study Center, The University of the Air)

Summary

As a part that accumulates basic findings on Kuchinoshima feral cattle, one of Japanese native cattle for the conservation and use of the rare and endangered animal genetic resources, the characteristics of musculature were investigated histometrically on typical muscles of each part of the body, and compared with those of Japanese black cattle and Holstein steer. The muscle fibers of Kuchinoshima feral cattle tended to be abundant in number and smaller in diameter in comparison with the other two strains, and those of the pelvic limb muscles to be larger in diameter than the thoracic limb. On the other hand, the proportion of the muscle fiber type showed a tendency to be higher in type II muscle fiber than other muscle fiber types; the diameter of the type II was also larger. It was evident that the musculature of Kuchinoshima feral cattle had the characteristics of tending to be high density of muscle fiber though the muscle fiber composition tended to be the same in the three breeds of cattle.

Key words : Kuchinoshima feral cattle, muscular tissue, myofiber type, histometry

†: Correspondence to: Mitsuharu MATSUMOTO (Laboratory of Veterinary Anatomy)
Tel/Fax: 099-285-8711, E-mail: matumoto@agri.kagoshima-u.ac.jp