



Estimation of the growth patterns of carcass composition by use of ultrasound measurements in fattening Japanese Black cattle.

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 徳永, 忠昭, 石田, 孝史, 高見, 哲也, 大山, 敏彦, 原田, 宏, 森田, 哲夫, Takami, Tetsuya, Oyama, Satoshi メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10458/5733">http://hdl.handle.net/10458/5733</a>

〔原著論文〕

## 超音波診断による黒毛和種肥育牛の枝肉構成発育の推定

## Estimation of the growth patterns of carcass composition by use of ultrasound measurements in fattening Japanese Black cattle.

徳永忠昭<sup>1</sup>・石田孝史<sup>1</sup>・高見哲也<sup>1</sup>・大山 敏<sup>2</sup>・原田 宏<sup>1</sup>・森田哲夫<sup>1</sup>Tadaaki Tokunaga<sup>1</sup>, Takafumi Ishida<sup>1</sup>, Tetsuya Takami<sup>1</sup>,Satoshi Oyama<sup>2</sup>, Hiroshi Harada<sup>1</sup>, Tetsuo Morita<sup>1</sup><sup>1</sup> 宮崎大学農学部 宮崎市 〒889-2192<sup>2</sup> 宮崎県家畜改良事業団 児湯郡 〒884-0005<sup>1</sup> Faculty of Agriculture, University of Miyazaki, Miyazaki-shi, Miyazaki 889-2192<sup>2</sup> Livestock Improvement Association of Miyazaki, Koyu-gun, Miyazaki 884-0005

## 要約

本研究では、超音波診断装置を用いて黒毛和種肥育牛生体で経時的に枝肉構成の計測を行い、超音波測定値と実際の屠体実測値間の関連性を調査（896頭）し、その発育様相を推定し早期出荷の可能性について検討した。屠体実測値と超音波測定値との関連性は、出荷2ヵ月齢前における同形質間で中程度から高い相関が得られ、生体時において枝肉構成を把握できることが示唆された。また、枝肉を構成する各形質の発育様相が明らかとなり、各筋肉および脂肪で発育パターンが異なることが示唆され、体重およびロース芯面積のみを考慮すると早期出荷の可能性が窺われた。体表面に近い筋肉や脂肪層に関する超音波測定においては、今後枝肉の整形や懸垂冷蔵の影響などをより詳細に検討する必要があると思われた。

**キーワード：**超音波診断, 枝肉形質, 黒毛和種, 後代検定調査牛

**Key words :** Ultrasound diagnosis, Carcass traits, Japanese Black cattle, Progeny test research cattle

## 緒 言

わが国固有の肉用種である黒毛和種は、特に優れた脂肪交雑と皮下脂肪の薄さにおいて優れた品種<sup>1)</sup>であり、その特有の風味の評価も高い。一方で他品種と異なり、質の良い枝肉を生産するために長期間肥育し、かつ穀物を多給する肥育形態をとっており、その飼料穀物の多くは輸入に依存している。肉用牛肥育用配合飼料の農家購入価格は、バイオエタノールの需要増によりトウモロコシ価格が高騰しており、最も高かった2008年度と比較し2010年度に下落してきてはいるものの高値で推移しており、生産効率を高めることが必要と思われる。生産効率を高める手段の一つとして、肥育期間の短縮が挙げられる。肥育牛はある程度肥育が進むと維持要求量の増大により飼料の利用性が低下する。そのため、肥育期間の短縮は飼料の効率的な利

用による、コスト低減に繋がる可能性があり、さらに牛舎の回転率を高め、生産量の増加が期待できると考えられる。

一方、枝肉市場価格の決定は基本的に「牛枝肉取引規格」に沿って社団法人日本食肉格付協会により評価された格付を参考にして決められる。肉質等級の格付は胸最長筋、背半棘筋および頭半棘筋における脂肪交雑の程度によって決定され、これが最も枝肉単価に大きく影響を与える。加えて、様々な諸要因が価格に関与すると考えられ、特にバラや僧帽筋といった筋肉量の充実度も考慮されると思われる<sup>2)</sup>。そのため生産者は、市場のニーズに対応した筋肉量に優れ、収益性の高い枝肉を生産していく必要があり、脂肪交雑のみならず枝肉を構成する各筋肉の発育様相や、筋肉間および蓄積脂肪との関連性を把握し、出荷適期を早期に予測できることが重要になると考えられる。近年、超音

受付 2012年6月15日 受理 2012年9月21日

連絡者：石田孝史 (tel: 0985-58-7198, fax: 0985-58-7198, e-mail: t-ishida@cc.miyazaki-u.ac.jp)

波診断装置を用いた肥育牛の出荷適期を生体で予測するなどの報告<sup>3,6)</sup>もあるが、僧帽筋や広背筋を検討した研究はあまり見られない。

そこで本研究では、超音波診断装置を用いて生体で経時的に、画像上で枝肉を構成する筋肉および脂肪の断面における形状を計測し、超音波測定値と実際の屠体実測値間の関連性ならびにその発育様相を推定した。

### 材料および方法

宮崎県家畜改良事業団において2002年6月から2010年9月までに肉用牛産肉能力検定現場後代検定法を終了した種雄牛77頭の後代調査牛896頭を供試牛とし、各測定月齢において測定を実施できなかった個体や超音波画像が不明瞭で計測をできなかった形質についてそれぞれ除き検討した。分析対象形質は、検定開始時(8~9ヵ月齢時)、14ヵ月齢時、20ヵ月齢時、および検定終了時(28ヵ月齢時)に計測した体重(BW)および14、16、20、および26ヵ月齢時の超音波測定値とした。超音波測定項目は生体左側第6-7肋骨間におけるロース芯面積(LMA)、バラ厚(RT)、皮下脂肪厚(SFT)、脂肪交雑(BMS)、僧帽筋厚(TMT)、広背筋厚(LDMT)および筋間脂肪厚(IMFT)の7項目とした。BMSは脂肪交雑評点<sup>7)</sup>に基づいて判定し、0~5にプラスの場合は0.33を、マイナスの場合は-0.33

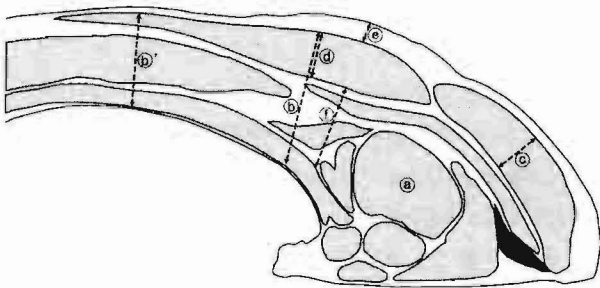


図1 第6-7肋骨間横断面における超音波による各形質測定位置

Ⓐ: LMA (ロース芯面積), Ⓑ: RT (バラ厚, 超音波測定位置), Ⓒ: TMT (僧帽筋厚), Ⓓ: LDMT (広背筋厚), Ⓔ: SFT (皮下脂肪厚), Ⓕ: IMFT (筋間脂肪厚), Ⓑ': RT (バラ厚, 枝肉測定位置)

を加算した。第6-7肋骨間横断面における各形質の測定位置は図1に示すとおりで、RTについては、屠体での実測時には第6-7肋骨間切開面における肋骨全長のほぼ中央の胸腔の胸膜内面から広背筋外側までの厚さを計測するが、牛生体において超音波測定を行う上で位置が特定し難いため、SFTおよびIMFT測定部位から腹部へ実測値で3.4cmの位置における広背筋上端から肋骨までを測定した。またTMTはLMA中心の上層に位置する僧帽筋の厚さを、LDMTはRTと同位置で広背筋の厚さを計測した。同様に屠体実測値は枝肉格付時のLMA, RT, TMT, SFT, IMFTおよびBMSの6形質とした。

測定に用いた超音波測定装置はSEM-900 (富士平工業株式会社) およびHS-2000 (富士平工業株式会社) である。なお、これら2機種間には解析上差が無いことを事前に確認した。また、探触子は2MHzリニアモデルを使用し、測定によって得られた画像はビデオコピー機エコーコピーSSZ-305, SSZ-307 (アロカ株式会社)あるいはAP-03M(三菱電機)により記録しスキャナで取り込んだ後、画像解析ソフトImageJ1.37vを用いて各形質の計測を行った。

分析に用いた供試牛の測定回時別基本統計量をBWは表1に、超音波測定による枝肉形質および枝肉屠体での実測値を併せて表2に示した。各形質の発育様相を推定するために、非線形発育モデルのうちBertalanffy, Brody, GompertzおよびLogisticモデルの発育推定曲線にそれぞれBWならびに各超音波測定値を当てはめ、最も寄与率の高かった推定式を用いた。その結果、BW, LMA, RTおよびIMFTにおいてはGompertz曲線が<sup>8)</sup>、TMT, LDMT, SFTおよびBMSについてはBertalanffy曲線が最も寄与率が高く、本研究ではこれらの推定式を用いた。なお、推定曲線の数学モデルは次に示すとおりである。

$$\text{Gompertz曲線: } Y = A \exp(-\lambda \exp(\beta t))$$

$$\text{Bertalanffy曲線: } Y = A(1 - \lambda \exp(-\beta t))^{1/\lambda}$$

但し、

Y: t月齢における推定値

A: 推定成熟値

λ: 相対成長

表1 現場後代検定調査牛における体重の測定回次別基本統計量

形質	1			2			3			4		
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD
測定月齢	825	8.6	0.6	371	14.1	0.6	341	20.1	0.6	826	28.0	0.5
体重(kg)	825	268.9	29.7	371	425.1	37.5	341	595.4	49.9	826	734.4	59.5

表2 現場後代検定調査牛における体重の測定回次別産肉形質超音波測定値および屠体実測値の基本統計量

形質	超音波測定形質												枝肉形質		
	1			2			3			4			N	Mean	SD
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD	N	Mean	SD			
測定月齢	855	14.3	0.5	871	16.3	0.5	875	20.3	0.5	836	26.2	0.5	896	28.0	0.5
LMA	855	33.9	3.8	871	41.4	4.6	875	50.2	5.4	836	58.2	7.5	896	58.5	8.8
RT	855	41.0	8.1	871	50.2	8.9	875	67.8	11.5	836	86.2	11.8	896	79.8	8.4
TMT	613	13.1	2.0	615	15.8	2.3	712	20.1	3.1	712	25.4	3.9	244	38.1	5.7
LDMT	614	13.1	2.5	615	15.8	2.9	712	20.3	3.4	712	24.8	3.6			
SFT	855	8.7	2.4	871	11.0	2.9	875	14.6	3.7	836	18.4	5.0	896	27.5	6.5
IMFT	855	16.3	4.9	871	23.7	7.2	875	36.7	9.2	836	51.7	10.4	456	80.8	10.3
BMS	855	0.32	0.11	871	0.50	0.19	875	0.89	0.27	836	1.44	0.53	896	1.52	0.61

LMA: ロース芯面積 (cm<sup>2</sup>), RT: パラ厚 (mm), TMT: 僧帽筋厚 (mm), LDMT: 広背筋厚 (mm), SFT: 皮下脂肪厚 (mm), IMFT: 筋間脂肪厚 (mm), BMS: 脂肪交雑評点

$\beta$ : 成熟速度

t: 月齢

である。

## 結果および考察

### 基本統計量

分析に用いた供試牛は、表1にBW測定値を示したとおりであり、2010年の全国における黒毛和種の子牛市場における去勢子牛の平均体重は、9.3ヵ月齢において287kgと報告<sup>8)</sup>されており、月齢差や本研究で用いた供試牛が2000年に検定を開始したデータを含むことを考慮すると、平均的な重量であった。また、表2に示した枝肉形質における超音波測定値の回次別基本統計量においては、LMAおよびRTの超音波測定値における成長の推移は、黒毛和種を用いたRahimら<sup>9)</sup>および徳丸ら<sup>10)</sup>の報告と同様の推移を示した。

### 超音波測定値と屠体実測値間の関連性

14, 16, 20, および26ヵ月齢時における後代調査牛の超音波測定値と枝肉構成に関する屠体実測値との関連性について検討するために単相関分析を行い、その結果を表3に示した。超音波と枝肉実測による同形質間における相関は、すべて1%水準で有意な正の相関が認められ、中でもLMA, SFTおよびBMSは、26ヵ月齢時の超音波測定値と枝肉実測値間において高い相関係数を示した。RT, TMTおよびIMFTは中程度の相関係数であったが、原田<sup>11)</sup>は枝肉の整形や懸垂冷蔵による脂肪層のズレを指摘しており、本研究においてもIMFT, さらには筋間脂肪層を含むRTに対して影響した可能性が考えられ、特にRTにおいては、図1に示したとおり屠体と超音波での測定位置の違いが影響したものと思われた。また、TMT間においても高い相関とならなかったが、X線CT装置を用いて

生体での僧帽筋面積の測定を行ったNadeら<sup>12)</sup>は、本研究と同様にLMAおよびSFTで高い相関が得られたのに対し、僧帽筋面積については中程度の相関しか得られなかったことを報告している。このことから、枝肉の整形や懸垂冷蔵により体表面に近い筋肉である僧帽筋は変形しやすいのではないかと考えられたが、測定位置等のさらなる検討が必要であると思われた。

LDMTはすべての月齢時において、枝肉のTMTに対して他の形質よりも高い相関関係が認められ、26ヵ月齢時において0.34と最も高い有意な正の相関が認められた ( $p<0.01$ )。大澤ら<sup>13)</sup>および長谷川ら<sup>14)</sup>は、屠畜後の枝肉実測による広背筋面積および僧帽筋面積間の相関係数が0.45および0.60と報告しており、本研究では測定時期のズレはあるものの、それより小さい値となった。広背筋が含まれる枝肉のRTに対しては14, 16, 20および26ヵ月齢時においてTMTに次ぐ高い有意な正の相関を示した ( $p<0.01$ )。26ヵ月齢時におけるLDMTは、枝肉におけるSFT, IMFTおよびBMSに対して有意な相関は認められなかった。

### 発育様相

Gompertz曲線で推定したBWの発育曲線を図2に示した。成熟値は927.6kgであり、寄与率は99.9%と高い値が得られた。破線は全国和牛登録協会が示した去勢肥育牛の正常発育曲線<sup>15)</sup>であり、本研究と同じGompertz曲線で推定されている。本研究で推定された発育曲線は、正常発育曲線の平均と20ヵ月齢まで同様に推移するものの、その後平均を上回る傾向を示した。これは、遺伝的影響や給与形態による影響があるのではないかと考えられた。正常発育曲線における近年の平均出荷月齢とされる30ヵ月齢時の値は、本研究では25~26ヵ月齢の値であったため、BWのみを考慮すると早期出荷の可能性が窺えた。

次に超音波測定による枝肉構成形質における発育曲

表3 現場後代検定調査牛における屠体実測値と産肉形質超音波測定値の単純相関係数

超音波測定 形質	測定 月齢	枝肉形質					
		LMA	RT	TMT	SFT	LMFT	BMS
LMA	14	0.21**	0.29**	0.13*	0.05	0.08	0.14**
	16	0.46**	0.25**	0.25**	-0.02	0.07	0.24**
	20	0.78**	0.17**	0.17**	-0.11**	0.13**	0.37**
	26	0.90**	0.12**	0.24**	-0.14**	0.18**	0.45**
RT	14	-0.01	0.16**	0.08	0.04	0.04	0.06
	16	0.01	0.32**	0.21**	0.13**	0.16**	0.01
	20	0.00	0.40**	0.20**	0.24**	0.20**	-0.03
	26	0.16**	0.56**	0.34**	0.18**	0.42**	0.15**
TMT	14	-0.08	0.22**	0.40**	0.08*	0.09	0.05
	16	-0.09*	0.23**	0.42**	0.05	0.12*	0.06
	20	-0.10**	0.24**	0.46**	0.18**	0.08	0.04
	26	-0.07	0.29**	0.43**	0.17**	0.14**	0.05
LDMT	14	-0.09*	0.16**	0.27**	0.07	0.10*	-0.01
	16	-0.11**	0.17**	0.28**	0.05	0.09	0.01
	20	-0.08*	0.19**	0.30**	0.07*	0.04	-0.04
	26	0.01	0.29**	0.34**	0.05	0.07	0.05
SFT	14	-0.16**	0.18**	-0.01	0.41**	0.07	-0.02
	16	-0.18**	0.17**	0.04	0.45**	0.05	-0.05
	20	-0.26**	0.23**	-0.03	0.62**	0.08	-0.16**
	26	-0.25**	0.23**	-0.02	0.70**	0.14**	-0.17**
IMFT	14	-0.08*	0.31**	0.10	0.18**	0.29**	-0.03
	16	-0.07*	0.29**	0.19**	0.13**	0.27**	-0.04
	20	-0.06	0.36**	0.19**	0.22**	0.23**	-0.03
	26	0.11**	0.42**	0.23**	0.18**	0.40**	0.11**
BMS	14	0.04	0.16**	0.06	0.01	0.01	0.11**
	16	0.00	0.20**	0.25**	0.03	-0.04	0.18**
	20	0.26**	0.25**	0.16*	-0.07*	0.06	0.53**
	26	0.38**	0.22**	0.12	-0.16**	0.10*	0.75**

\*\*p<0.01, \*p<0.05, 略称は表2と同様

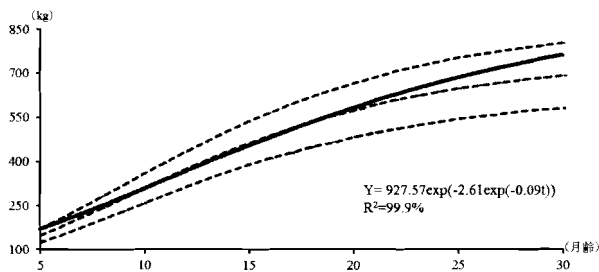


図2 体重の発育様相

実線：BW発育曲線，破線：正常発育曲線（全国和牛登録協会2004；上から上限，平均および下限）

線の分析結果を図3-1～図3-2に示した。LMAにおける発育曲線はBW同様Gompertz曲線において推定され，寄与率は99.9%と非常に高い値を示した。Haradaら<sup>16)</sup>はLMAの発育曲線を本研究と異なるLogistic曲線において推定しているが，その供試牛は種雄牛であり，本研究で用いた去勢肥育牛と異なる発育パターン示した可能性があると思われた。また本研究における成熟値は64.0cm<sup>2</sup>であったのに対し，測定位置が異なるがHaradaら<sup>16)</sup>は第7-8肋骨間にお

るLMAの成熟値が50.6cm<sup>2</sup>と報告があるが，供試牛の年代等の違いが影響したのではないかと考えられた。表2に示した枝肉出荷月齢の平均28ヵ月齢時でのGompertz曲線による推定値は59.1cm<sup>2</sup>であり，屠体実測値の58.5cm<sup>2</sup>と非常に近似した値が得られており，精度の高い発育曲線であることが窺えた。また，26ヵ月齢前後で成熟値の90%に達することから，LMAのみを考慮すると早期出荷の可能性が示唆された。

RTにおいてもGompertz曲線が最も寄与率が高く，99.8%と非常に高い値となった。成熟値は115.1mmであり，その90%に達するのは28ヵ月齢を超える月齢であった。28ヵ月齢時での推定値は90.0mmと屠体実測値のおよそ10mm厚い値を示したが，これは図1に示した様にその測定位置のずれによって生じたと考えられる。またRTには筋間脂肪も含まれ，Hammondら<sup>17)</sup>の提唱する理論では脂肪の蓄積速度は骨や筋肉より遅れて進むとされていることを考えると，その蓄積の程度にも注意する必要があると思われた。

LMAおよびRTと同じく筋肉量を示すTMTおよびLDMTは，Bertalanffy曲線が最も寄与率が高く，両形

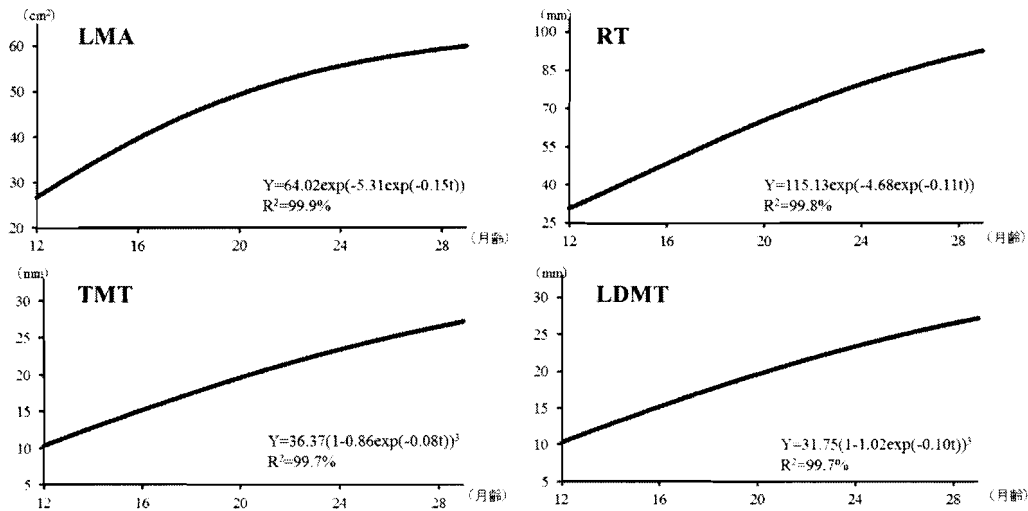


図3-1 超音波測定による枝肉構成形質の発育様相  
LMA：ロース芯面積，RT：バラ厚，TMT：僧帽筋厚，LDMT：広背筋厚

質とも99.7%と非常に高かった。TMTおよびLDMT両形質は、12ヵ月齢時で10.3mmおよび10.0mm、16ヵ月齢時で15.1mmおよび15.2mmと若齢期ではほぼ同程度の厚さで推移しているが、成熟値はTMTが36.4mm、LDMTが31.8mmとややTMTがLDMTに比べ肥育後期における発育が良好であることが窺えた。28ヵ月齢時でのTMT推定値は26.4mmと屠体実測値の38.1mmより小さな値を示したが、これは前述の通り枝肉の整形や懸垂冷蔵により体表面に近い筋肉である僧帽筋が変形しやすいことに起因すると考えられた。またLDMTはRTを構成する筋肉であるが、RTと同様に成熟値の90%に達する月齢が28ヵ月齢を超えるため、LDMTの発育もRTの発育に寄与していることが示唆された。

蓄積脂肪を示すSFTの発育曲線は、Bertalanffy曲線が最も寄与率が高く99.2%と非常に高い値を示した。成熟値は23.0mmであり、その90%に達するのは28ヵ月齢を超える月齢であるため、肥育期間を延長することにより、さらに皮下脂肪を蓄積させることが窺えた。坂下ら<sup>18-20)</sup>は皮下脂肪蓄積の最大発育時期が14～20ヵ月齢であると報告しており、本研究においても20ヵ月齢より前と後では、前の方が発育曲線の発育量がやや大きいことから、同様の傾向を示したと考えられる。

IMFTの発育曲線は同様に蓄積脂肪を示すSFTと異なりGompertz曲線が最も寄与率が高く、99.4%と非常に高い値となった。成熟値は69.3mmであり、SFT同様90%に達するのは28ヵ月齢を超える月齢であるため、肥育期間の延長による筋間脂肪の蓄積が窺われた。

RTと同じGompertz曲線となったが、これはRTとIMFTの測定位置が異なるものの、筋間脂肪を含んでいるために同様の曲線に適する発育パターンを示したのではないかと考えられた。また徳永ら<sup>6)</sup>の報告において曲線モデルは異なるものの、IMFTおよびRTの発育パターンは近似していると報告している。

これら蓄積脂肪を示すSFTおよびIMFTの28ヵ月齢時における発育曲線による推定値はそれぞれ18.8mmおよび54.1mmであり、屠体実測値のそれぞれ27.5mmおよび80.8mmより薄い値を示した。これらは枝肉の整形や懸垂冷蔵による脂肪層のズレに起因すると考えられるが、精度の高い超音波診断のためには更なる検討も必要と考えられた。

BMSの発育曲線においてはGompertz曲線が最も寄与率が高く、他の形質に比べ若干低いものの97.8%と高い値を示した。脂肪交雑の形成開始時期については、山崎<sup>21)</sup>が12ヵ月齢、宮島ら<sup>22)</sup>が15～16ヵ月齢、徳丸ら<sup>10)</sup>が14ヵ月齢と報告しているが、本研究では14～15ヵ月齢で0.33を上回っており、宮島ら<sup>22)</sup>および徳丸ら<sup>10)</sup>と近い結果となった。また、28ヵ月齢時でのGompertz曲線による推定値が1.50と屠体実測値の1.52に非常に近似した値が得られ、本研究において推定された発育曲線の精度が高いことが窺えた。

以上の結果より、屠体実測値と超音波測定値との関連性は、出荷2ヵ月齢前における同形質間で中程度から高い相関が得られ、生体時において枝肉構成を把握できることが示唆された。また、枝肉構成の発育様相が明らかとなり、各筋肉および脂肪で発育パターンが異なることが示唆され、BWおよびLMAのみを考慮

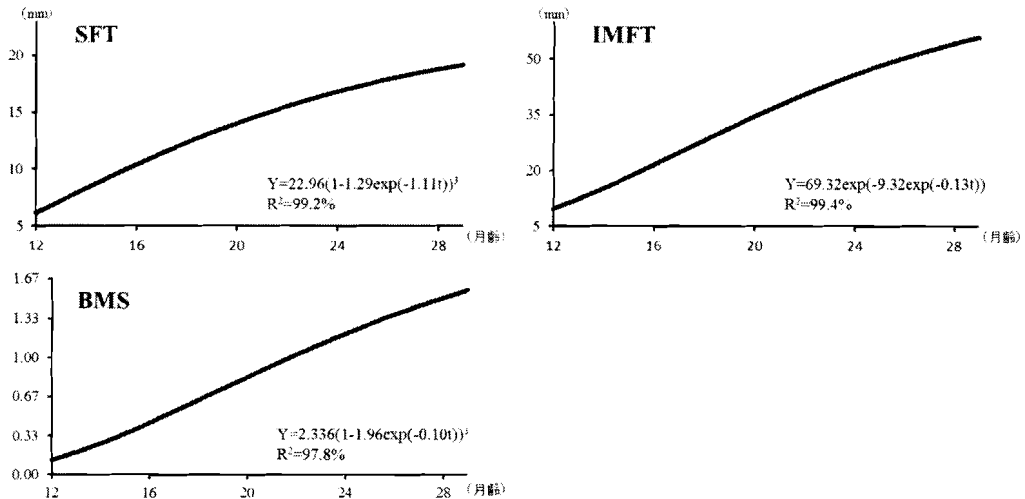


図3-2 超音波測定による枝肉構成形質の发育様相  
SFT：皮下脂肪厚，IMFT：筋間脂肪厚，BMS：脂肪交雑評点

すると早期出荷の可能性が窺われた。しかしながら、体表面に近い筋肉や脂肪層に関する超音波測定においては、今後枝肉の整形や懸垂冷蔵の影響などをより詳細に検討する必要があると思われた。

これらのことから、超音波診断を現場後代検定における生体時の後代調査肥育牛に行うことで、枝肉構成を推定することが可能であることが明らかとなり、肉量および肉質の双方に優れた種雄牛の早期選抜の可能性が窺えた。また、更なる検討が必要と思われるが、黒毛和種肥育現場に応用することで、早期出荷による肥育コスト低減につながる可能性も示唆された。

### 引用文献

- 1) Xie YR, Busboom JR, Gaskins CT, Johnson KA, Reeves JJ, Wright RW, Cronrath JD. Meat Science, 43 : 167-177. 1996.
- 2) 小島浩一・神辺佳弘・櫻井由美・久利生正邦. 栃木県畜産試験場研究報告, 17 : 1-8. 2001.
- 3) 原田宏・熊崎一雄. 日本畜産学会報, 51 : 261-266. 1980.
- 4) 宮島恒晴. 西日本畜産学会報, 44 : 35-42. 2001.
- 5) 徳永忠昭・原田宏・坂東島直人・川田洋一・大山敏・横山喜世志・徳丸元幸・清野滋美・石田孝史. 宮崎大学農学部研究報告, 49 : 49-57. 2003.
- 6) 徳永忠昭・原田宏・坂東島直人・川田洋一・大山敏・横山喜世志・徳丸元幸・清野滋美・石田孝史. 宮崎大学農学部研究報告, 50 : 11-17. 2004.
- 7) 西村健・守屋和幸・佐々木義之. 日本畜産学会報, 66 : 527-532. 1995.
- 8) 農畜産業振興機構, 配合飼料の価格動向農家購入価格. 東京. 2011.
- 9) Rahim L, Harada H, Fukuhara R. Animal Science and Technology (Japan), 68 : 622-630. 1997.
- 10) 徳丸元幸・久徳輝幸・山元隆志・川久保耕三・横山喜世志. 鹿児島肉用牛改良研究報, 6 : 9-14. 2001.
- 11) 原田宏. 社団法人 全国和牛登録協会誌 和牛, 194 : 3-13. 1995.
- 12) Nade T, Fujita K, Fujii M, Yoshida M, Haryu T, Misumi S, Okumura T. Animal Science Journal, 76 : 513-517. 2005.
- 13) 大澤剛史・長谷川未央・口田圭吾・日高智・関川三男・佃秀雄. 日本畜産学会, 75 : 521-526. 2004.
- 14) 長谷川未央・大澤剛史・日高智・宝寄山裕直・酒井稔史・山本裕介・佐藤幸信・口田圭吾. 北海道畜産学会報, 48 : 39-44. 2006.
- 15) 全国和牛登録協会, 黒毛和種正常发育曲线. 京都. 2004.
- 16) Harada H, Moriya K, Fukuhara R. Japanese Journal of Zootechnical Science, 60 : 185-191. 1989.
- 17) Hammond J, Mason IL, Robinson TJ, Hammond's Farm Animals 4th ed. Edward Arnold. London. 1971.
- 18) 坂下邦仁・川畑健次・岡野良一・堤知子・西村健一・大園正陽・西博己・米丸光政. 西日本畜産学会報, 44 : 51-54. 2001.

- 19) 坂下邦仁・西博巳・別府成・田原則雄. 西日本畜産学会報, 47 : 67-71. 2004.
- 20) 坂下邦仁・岡野良一・西博巳・川畑健次・大園正陽・米丸光政・別府成・田原則雄. 鹿児島県畜産試験場研究報告, 35 : 16-27. 2002.
- 21) 山崎敏雄. 草地試験場研究報告, 18 : 69-77. 1981.
- 22) 宮島恒晴・森田三郎・白石恭二. 西日本畜産学会報, 43 : 57-62. 2000.