

## 肉用牛産肉形質改良への超音波診断装置 (SEM-900) の利用

徳永忠昭・原田 宏・坂東島直人・川田洋一<sup>1)</sup>・大山 敏<sup>1)</sup>・横山喜世志<sup>2)</sup>・徳丸元幸<sup>2)</sup>  
清野滋美<sup>2)</sup>・石田孝史

宮崎大学農学部動物生産科学講座, <sup>1)</sup>宮崎県家畜改良事業団, <sup>2)</sup>鹿児島県肉用牛改良研究所

(2003年2月14日受理)

### Application of Ultrasound (SEM-900) to Improvements of Carcass Traits of Beef Cattle

Tadaaki TOKUNAGA, Hiroshi HARADA, Naoto BANDHOJIMA, Yoichi KAWATA<sup>1)</sup>,  
Toshi OYAMA<sup>1)</sup>, Kiyoshi YOKOYAMA<sup>2)</sup>, Motoyuki TOKUMARU<sup>2)</sup>, Shigemi KIYONO<sup>2)</sup>,  
Takafumi ISHIDA

Division of Animal Science, Faculty of Agriculture, Miyazaki University, <sup>1)</sup>Livestock Improvement Association of Miyazaki, <sup>2)</sup>Beef Cattle Improvement Laboratory of Kagoshima

**Summary:** Ultrasonic techniques are widely used for genetic improvements of meat production performance in live beef cattle. The study was conducted in order to clarify the performance of ultrasonic imaging of SEM-900 that had been developed by our laboratory of animal breeding and to determine the growth patterns of carcass traits in fattening steers during progeny testing. SEM-900 showed the clear images for needles or sticks irrespective of sizes or distributions of these subjects. The fattening steers on station testing showed the similar growth patterns of *M. longissimus thoracis* area during fattening period compared with those of the field testing. The marbling score of fattening steers on the field testing were lower than that on the station testing. The growth patterns of fat, intermuscular fat and rib thicknesses during fattening period were similar each other. However, these thicknesses of steers on field testing were thinner than those of station testing.

**Key words:** Beef cattle, Carcass traits, Ultrasound

#### 緒言

牛肉の輸入自由化が1991年に実施され、わが国肉用牛が産肉能力の点で国際競争を生き抜いていくためには、肉質が優れているとされる黒毛和種の産肉能力の斉一性の向上、生産性の向上、とりわけ種雄牛や繁殖雌牛の正確かつ効率的な選抜方法の確立や肥育技術の改善が緊急の課題となっ

ている。これらの課題を牛生体において改善していく方法として超音波診断装置が広く利用されている。肉用牛の皮下脂肪厚や胸最長筋横断面積を推定する研究が主としてアメリカ (Farris *et al.* 1978; Stouffer & Westervelt 1977; Watkenis *et al.* 1967) やオーストラリア (Campbell *et al.* 1968; Campbell & Herve 1971 a, 1971 b; Tulloh

et al. 1973) で行われてきた。また、わが国においても、原田ら(原田, 熊崎1979, 1980; 原田1982; 原田他1985; 原田1995a, 1995b; 原田1996) によって肉量に加えて産肉形質を高い精度で、予測可能なことが報告されている。本研究では、最近、当研究室が中心となって開発した超音波測定器スーパー・アイ・ミートSEM-900を用いて、主としてその画像分解能について検討を行った。また、超音波測定器により後代検定調査牛における枝肉形質の発育様相を検討した。

## 材料および方法

### 1. 供試材料

超音波診断装置の画像分解能を検討するため、市販のこんにゃくに針・爪楊枝・串等をそれぞれ挿入したものをを用いた。

また、牛生体における画像分解能を検討するため、宮崎県家畜改良事業団および鹿児島県肉用牛改良研究所において、産肉能力検定間接法(以下、間接検定とする)に供用された、宮崎県15セット138頭および鹿児島県39セット309頭の調査牛(平均開始時体重256.0 kg)、また現場後代検定調査牛として宮崎県9セット95頭(うち去勢牛51頭、平均開始時体重249.7 kg)を用いた。

### 2. 超音波測定方法

基本モデルにおける超音波測定は、Fig. 1.に示すように、針あるいは串をそれぞれ、探触子に対して重ならないように挿入したこんにゃくと、針、爪楊枝および串を混在させて挿入したこんにゃ

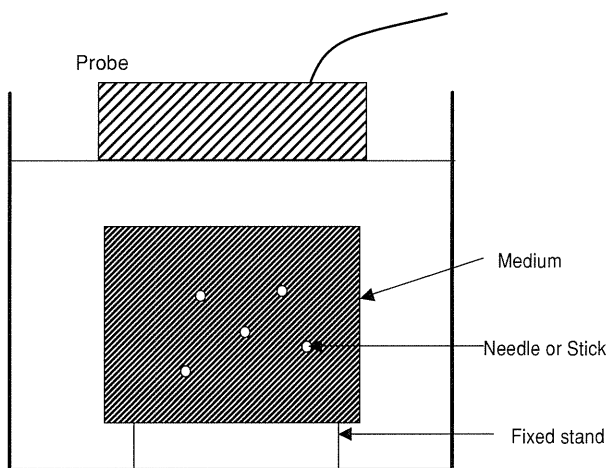


Fig. 1. Basic model set-up

くを水槽中に固定したものを基本モデルとし、超音波を水面から照射させた。

また、牛生体の超音波測定は、生体左側第7胸椎部に接触媒体として、植物性油を塗布し、測定を行った。間接検定調査牛は10, 12, 14, 16, 18および20ヶ月齢時に、現場後代検定調査牛は14, 16, 20および26ヶ月齢時に超音波測定を行った。

なお、測定には、リニア探触子による多重周波数の超音波測定器(スーパー・アイ・ミートSEM-900, 富士平工業株式会社)を用いた。

### 3. 統計分析方法

後代検定調査牛の胸最長筋横断面積、皮下脂肪厚、筋間脂肪厚、バラ厚および脂肪交雑の超音波推定値を分析対象形質としてHarvey (1990)の最小自乗分散分析を行い、月齢区分ごとの各形質推定値の発育曲線を推定した。なお、要因効果として種雄牛、測定回次を母数効果に、また測定月齢および体重への一次回帰を取り上げた。なお、現場後代検定調査牛については、性の要因効果を加えた。各検定調査牛における最小自乗分散分析に用いた数学モデルは、それぞれFig. 2.に示すとおりである。

## 結果および考察

### 1. 超音波画像分解能

#### 1.1 基本モデルにおける超音波画像

基本モデルによる超音波画像の性質について検討を行った。針(I)および串(II)のみを挿入したものとそれらを混在させたもの(III)による基本モデル(A)と超音波画像(B)を示すとFig. 3.のとおりである。

これによると、いずれのモデルにおいても、媒体であるこんにゃくの輪郭、すなわち水とこんにゃくの境界面からの反射波は明瞭に認められた。次に、太さが異なる挿入物体に注目してみると、針および串の存在は、容易に確認できた。しかし、串に比べ針の超音波画像において多重反射が多く観察された。これは、挿入物体の材質が金属であることが関係しているものと考えられる。また、串の超音波画像において、挿入物体の下方が若干黒く抜けることが観察された。これは挿入物体により下方へ超音波の伝播量が低下したためと考えた。

$$\hat{Y}_{ij} = \mu + S_i + T_j + \alpha (A_{ij} - \bar{A}) + \beta (W_{ij} - \bar{W}) + e_{ij}$$

where,

$\hat{Y}_{ij}$  : each observation,

$\mu$  : overall mean common to all observed values,

$S_i$  : fixed effect of the  $i^{\text{th}}$  sire  
(fattening steer of progeny testing :  $i=1\sim 54$ , fattening steer of field progeny testing :  $i=1\sim 6$ ,

$T_j$  : fixed effect of the  $j^{\text{th}}$  stage of testing period  
(As for fattening steer of progeny testing :  $j=1$  : 10 months of age after the birth, 2 : 12 months of age after the birth, 3 : 14 months of age after the birth, 4 : 16 months of age after the birth, 5 : 18 months of age after the birth, 6 : 20 months of age after the birth. As for fattening steer of field progeny testing :  $j=1$  : 14 months of age after the birth, 2 : 16 months of age after the birth, 3 : 20 months of age after the birth, 4 : 26 months of age after the birth)

$\alpha$  = coefficient of linear regression of initial months of age (A),

$A_{ij}$  : months of age at progeny testing start,

$\bar{A}$  = mean of initial months of age of each observation,

$\beta$  : coefficient of linear regression of initial weight (W)

$W_{ij}$  : coefficient of linear regression of initial weight (E),

$\bar{W}$  : weight at progeny testing start,

$e_{ij}$  : residual effect of each observation.

As for fattening steer of field progeny testing,

$G_k$  : fixed effect of the  $k^{\text{th}}$  sex ( $k=1$  : steer, 2 : cow).

Fig. 2. LSMLMW PC-2 ver. of Harvey also be used by fitting the model.

次に、実際の胸最長筋における交雑脂肪を想定した太さが異なる挿入物体を混在させたモデルであるが、挿入物体の存在は、超音波画像において、対象物の太さに対応した大きさを容易に確認することができた。今回用いた全ての基本モデルにおいて、若干挿入物体の側面、すなわち、超音波の照射方向に対して平行面の反射波を十分にとらえられない場合もあった。これは、超音波の特徴である指向性が鋭いということにより、球状の側面での反射波が探触子面に対して斜めに返って来るため受信能力が低下するものと考えられるが、対象物の形状を確認する上では支障なく、超音波診断装置スーパー・アイ・ミートSEM-900の画像分解能が優れていることが認められた。

## 1.2 牛生体における超音波画像

肥育牛生体の超音波測定を行い、脂肪交雑評点 $1^+$ および5と判定された調査牛について、それぞれの記録写真とその解析図および枝肉横断面の写真をFig. 4.にA-I, II, IIIおよびB-I, II, IIIと示した。

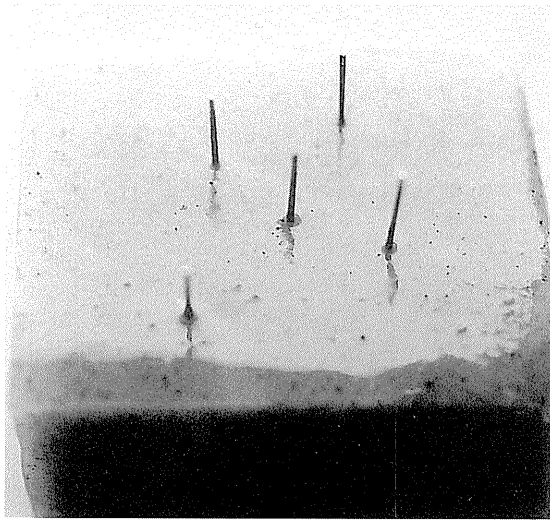
枝肉における胸最長筋横断面の写真と超音波画

像における胸最長筋の形が異なるのは、屠殺後解体され、検印および冷却されるために胸最長筋の形状が変化するためである。これは、原田(1996)およびTullohら(1973)も報告しているとおりである。

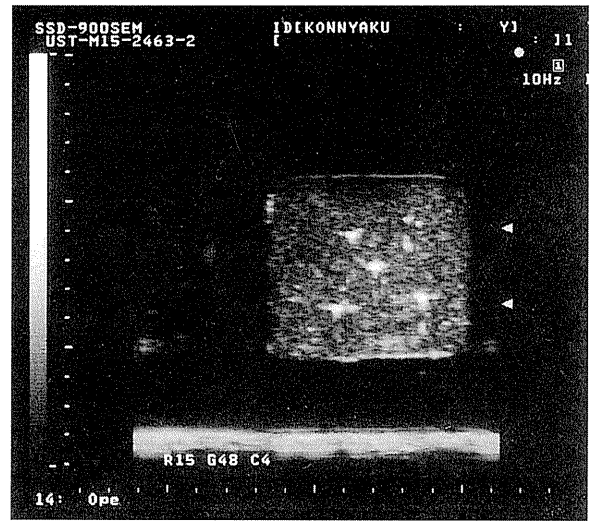
胸最長筋 (*M. longissimus thoracis*) 周辺の僧帽筋 (*M. trapezius*) や背棘筋 (*M. spinalis thoracis*) 等の輪郭が明瞭に確認できることから、胸最長筋の輪郭で不明瞭な箇所は、他の筋肉層より推定が可能である。脂肪交雑評点 $1^+$ の画像に比べ5の超音波画像の方が輝点の量が明らかに多くなることが認められた。また、脂肪交雑が高く評価される場合、胸最長筋の輪郭、とくに胸最長筋の体深部を解析し難くなることが認められた。

皮下脂肪厚 (Fat thickness) については、僧帽筋や広背筋 (*M. latissimus dorsi*) が明瞭に判別できることより、生体のままで十分に推定できることが確かめられた。

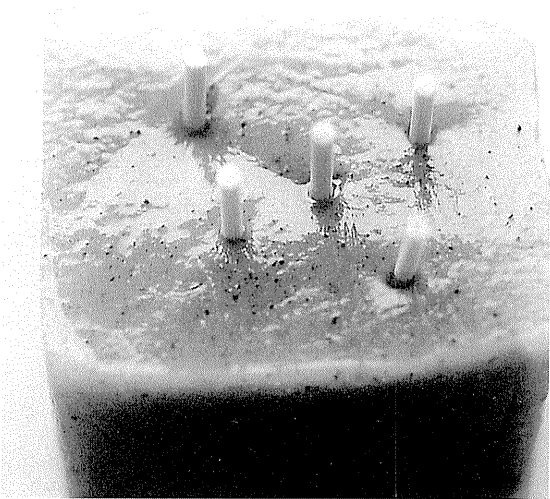
以上、枝肉形質を解析する際に必要な筋肉層や脂肪層を示す輪郭は、従来の装置による場合(小木曾1978)に比較してかなり鮮明でかつ、輝点や輝線が微細になり誤差が小さくなることが認めら



A-I



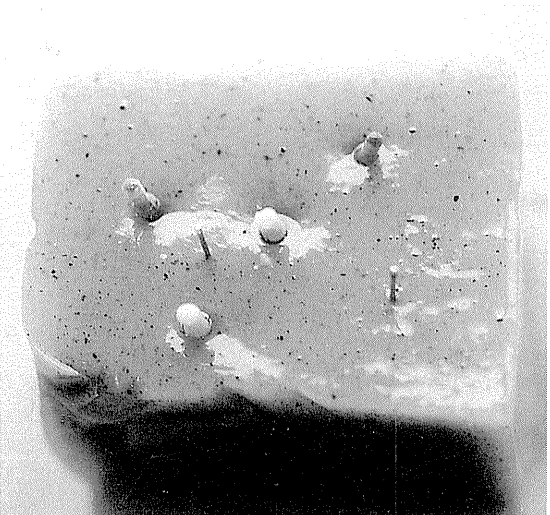
B-I



A-II



B-II

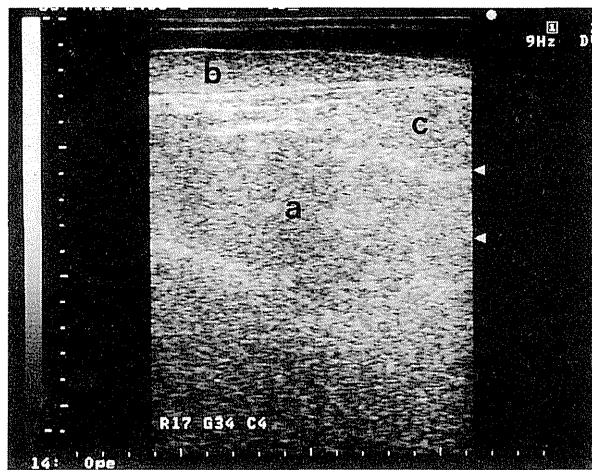


A-III

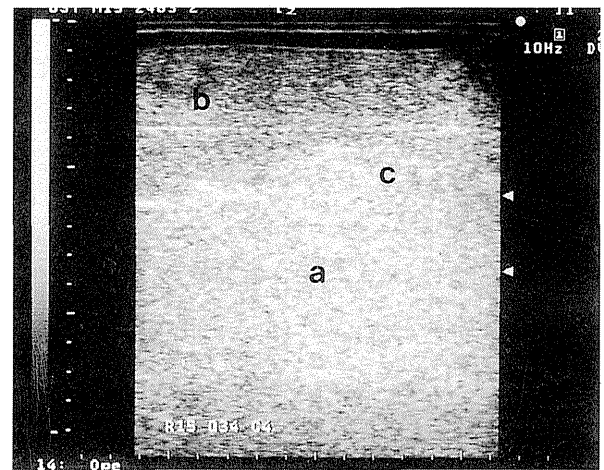


B-III

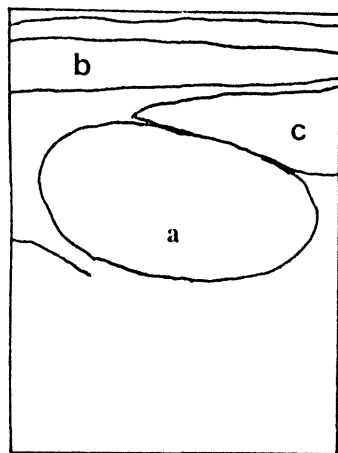
Fig. 3. The photographs (A-I, II and III) and these ultrasonic images (B-I, II and III) of basic model.



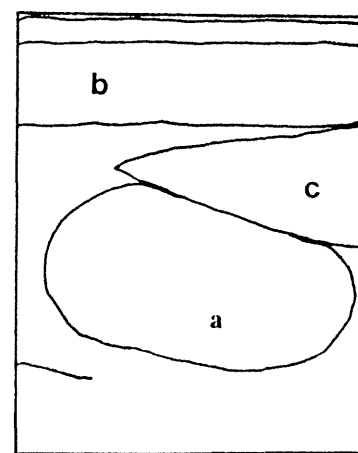
A-I



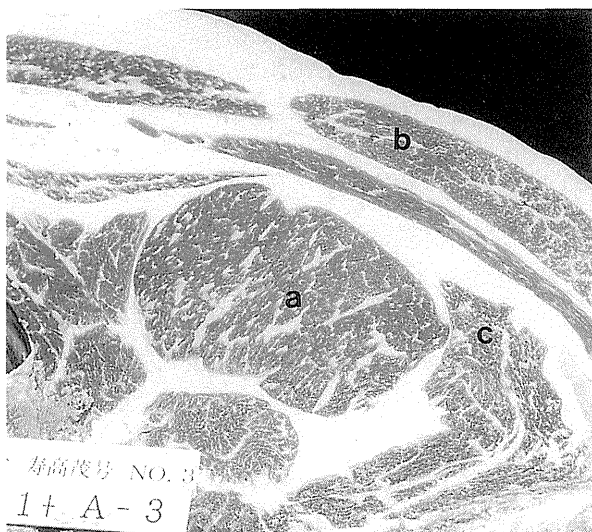
B-I



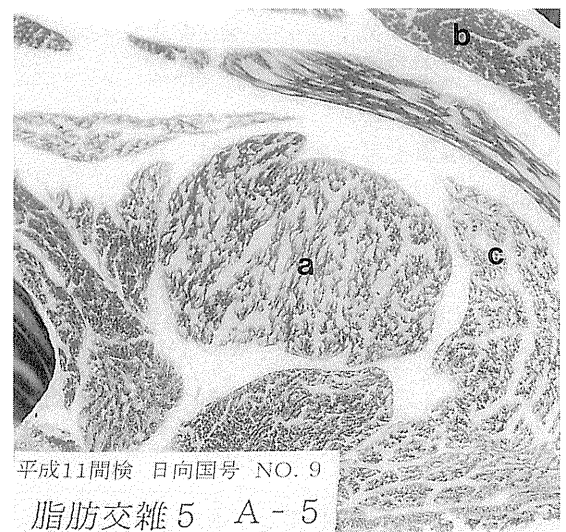
A-II



B-II



A-III



B-III

Fig. 4. Ultrasonic images of marbling score 1+(A-I) or 5 (B-I), these interpretative figures (A-II or B-II) and cross sectional views (A-III or B-III) between the 6 th and 7 th ribs of fattening steers. The numbers in these figures are as follows: a-*M. longissimus thoracis* area, b-*M. trapezius*, c-*M. spinalis thoracis*.

**Table 1.** Analysis of variance of ultrasonic estimates of carcass traits at several stages of testing period.

<Station testing>		Mean Squares				
Source	df	MLTA	SFT	IMFT	RT	MS
Sire	53	8,354.36**	11,147.72**	83,685.11**	85,192.25**	167.02**
Stage	5	144,771.39**	47,556.80**	427,568.51**	788,228.38**	1,613.12**
Regression :						
IA (Linear)	1	0.19	8.50	101.65	13.45	1.01*
IW (Linear)	1	1,412.14**	1,290.22**	3,152.73**	14,915.23**	2.56**
Remainder	2,614	28,584.67	22,129.41	123,766.38	158,923.80	528.08
<Field testing>						
Sire	8	81.82**	47.59**	262.34**	255.78**	0.58**
Sex	1	2.47	117.50**	32.57	319.00	0.01
Stage	3	4,939.85**	1,732.76**	15,136.58**	29,663.37**	13.43**
Regression :						
IA (Linear)	1	55.76*	14.71	41.95	129.97	0.34
IW (Linear)	1	9.15	300.71**	1,317.19**	2,417.98**	0.03
Remainder	324	11.79	10.74	45.69	91.25	0.11

MLTA=*M. longissimus thoracis area at 7th*;  
 SFT=Fat thickness;IMFT=Intermuscular fat thickness;  
 RT=Rib thickness;MS=Marbling score.  
 IA=test start age;IW=test start weight.  
 \*\*: p<0.01  
 \* : p<0.05

れた。これらのことより、超音波診断装置スーパー・アイ・ミートSEM-900が、生体内の筋肉や蓄積脂肪の構成を明瞭に識別できる画像分解能を備えていることが確認でき、生体のままで十分に産肉形質推定できることが確かめられた。

## 2. 枝肉形質推定値の発育様相

超音波測定により得られたデータをもとに、各検定調査牛における最小自乗分散分析の結果はTable 1. に示すとおりである。種雄牛および測定回次の効果は、両検定とも全ての形質において1%水準で有意な影響が認められた。また現場後代検定調査牛において取り上げた性の効果は、皮下脂肪厚に対して1%水準で有意な影響が認められた。

以上のような要因効果により求められた最小自乗平均値をもとに作成された胸最長筋横断面積および脂肪交雑における各検定調査牛（実線：間接検定調査牛，点線：現場後代検定調査牛）の発育様相は、それぞれFig. 5, 6に示すとおりである。胸最長筋横断面積は、両検定調査牛とも10ヶ月齢

時でおよそ25.0 cm<sup>2</sup>、26ヶ月齢時でおよそ53.0 cm<sup>2</sup>と近似した発育様相を示した。これは、胸最長筋の大きさが、育成期から肥育前期にほぼ決定することより、極端に栄養条件が変わらない限り、環境要因（検定様式）の影響を受けにくいとと考えられた。また、宮崎・鹿児島両県において胸最長筋横断面積の改良がなされ、斉一化が進んでいることも要因であると考えられた。

また脂肪交雑は、開始時両検定調査牛ともに0~0<sup>+</sup>であったが、20ヶ月齢では間接検定調査牛で2<sup>+</sup>~3<sup>-</sup>、現場後代検定調査牛で1~1<sup>+</sup>であった。これは、検定種雄牛の遺伝的な違いも存在するとともに、飼料の給与内容や方法の違いが影響しているものと思われた。すなわち間接検定の場合、指定された検定用の飼料を自由摂取させるため、飽食状態であるが、現場後代検定は、飼料の給与内容は検定場により異なり、増体量を考慮しながらの制限給与であることが主な要因ではないかと考えた。

蓄積脂肪（皮下脂肪厚，筋間脂肪厚）およびバラ厚における各検定調査牛の発育様相は、それぞれ

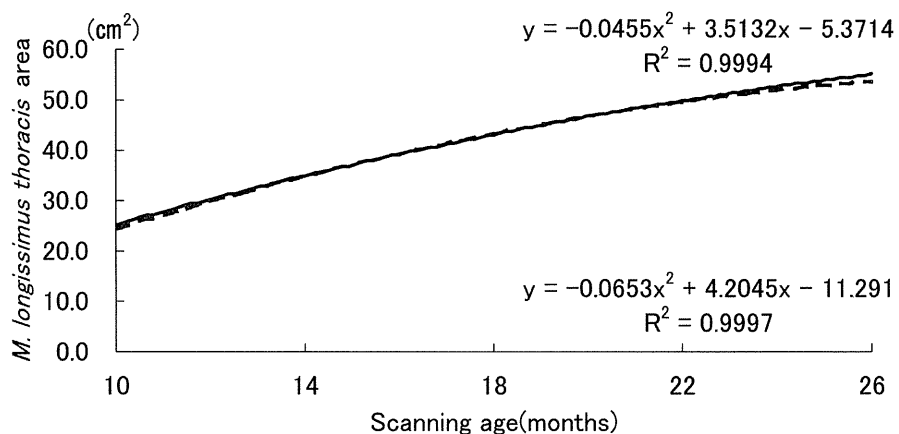


Fig. 5. Growth pattern of *M. longissimus thoracis* area.  
 — station testing — field testing

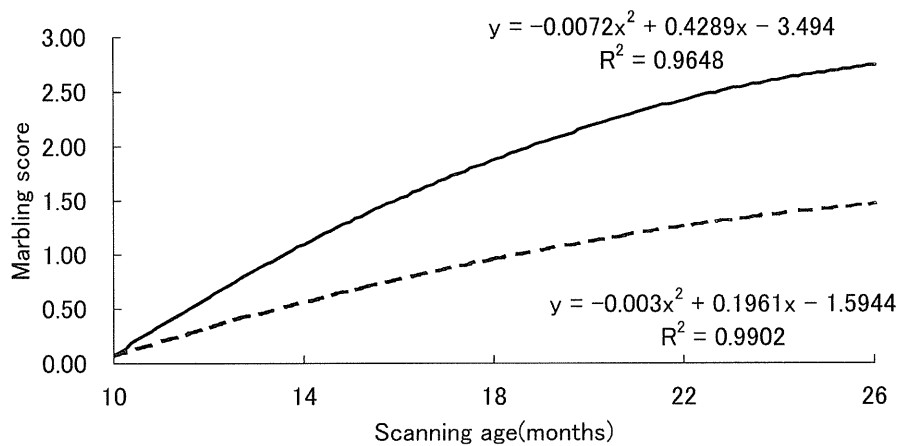


Fig. 6. Growth pattern of marbling score.  
 — station testing — field testing

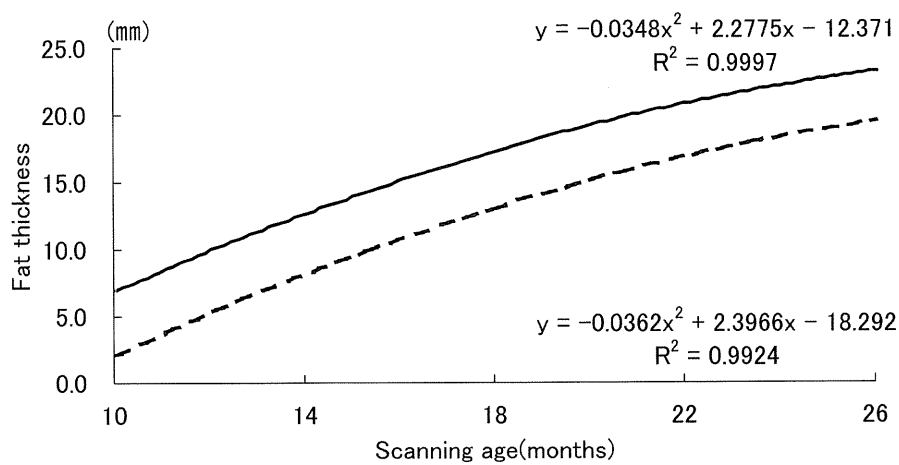


Fig. 7. Growth pattern of fat thickness.  
 — station testing — field testing

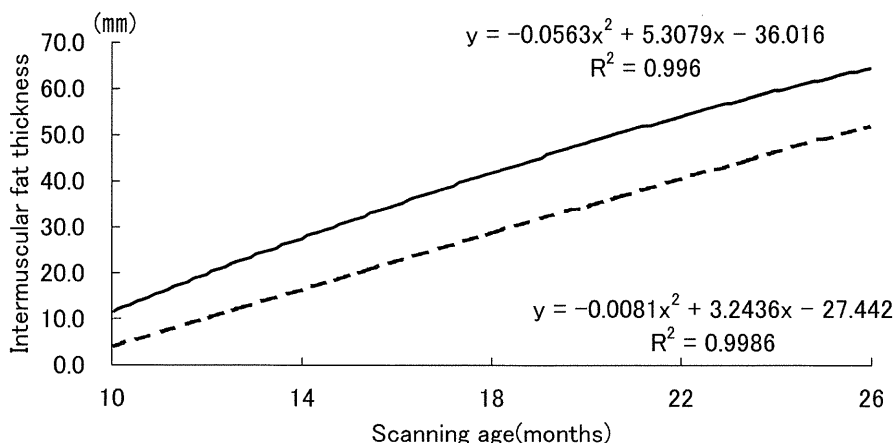


Fig. 8. Growth pattern of intermuscular fat thickness.  
 — station testing — field testing

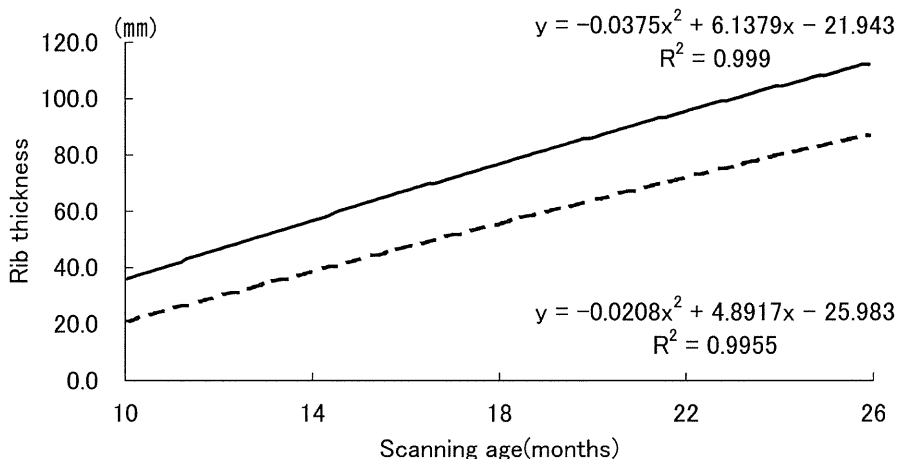


Fig. 9. Growth pattern of rib thickness.  
 — station testing — field testing

れFig. 7, 8および9に示した。これらのいずれの形質についても各肥育ステージにおける発育パターンは近似していたが、間接検定調査牛より現場後代検定調査牛の方が薄くなることが認められた。これらについて前述したように、飼料の給与内容や方法の違いが影響しているものと思われる。

## 要約

肉用牛生体の産肉能力を改良する手段として超音波診断装置が広く利用されている。本研究では、最近、当研究室が中心となって開発された超音波測定器スーパー・アイ・ミートSEM-900を用いて、その画像分解能について検討を行った。また、本装置による後代検定調査牛の枝肉形質間の発育

様相について検討した。

超音波診断装置スーパー・アイ・ミートSEM-900は、基本モデルの針や串等の対象物の大きさや分布状況にかかわらず高い画像分解能を示した。

肥育期間中経時的測定による検定調査牛の胸最長筋横断面積は、間接検定および現場後代検定調査牛ともに近似した発育様相を示した。脂肪交雑は、間接検定調査牛より現場後代検定調査牛の方が低くなることが認められた。皮下脂肪厚・筋間脂肪厚・バラ厚は、それぞれ肥育期間中の発育パターンは近似していたが、間接検定調査牛より現場後代検定調査牛の方が薄くなることが認められた。



**キーワード**：枝肉形質，超音波，肉用牛

## 謝 辞

本研究の超音波測定に際し，貴重な検定調査牛を御提供頂き多大なる御協力を賜りました宮崎県家畜改良事業団と鹿児島県肉用牛改良研究所関係職員の方々に心より厚く謝意を表します。また，本研究に終始御協力頂いた原 好宏氏，Tahir Djide Sri Rachma Aprilita，道下殊代，大瀧夕希氏ならびに宮崎大学農学部家畜育種学研究室の学生諸氏に感謝の意を表します。

## 引用文献

- Campbell, E. A., Herve, M. P. (1971 a) Influence of technique on the repeatability of ultrasonic prediction of total muscle in the half carcass in the field. *Res. Vet. Sci.* **12**, 420-426.
- Campbell, E. A., Herve M. P. (1971 b) Prediction of the weight of the *Mm. longissimi thoracis et lumborum* by ultrasonic measurements. *Res. Vet. Sci.* **12**, 433-437.
- Campbell, E. A., White, A. (1968) Estimation of total muscle in live cattle using ultrasonic measurements. *Aust. Vet. J.* **44**, 97-100.
- Farris, J. W., Fitzhugh, H. A. Jr., Cartwright, T. C. (1972) Estimating carcass loine-eye area and fat thickness from ultrasonic measurea on live bulls. *Texas Agr. Exp. Sta.* PR3127, 59-63.
- 原田 宏 (1982) 肉用牛における屠肉形質の超音波推定法に関する研究. 宮崎大学農学部研究報告 **29**, 1-65.
- 原田 宏 (1995a) 和牛改良への超音波利用の試み (I). 全国和牛登録協会誌 **194**, 3-13.
- 原田 宏 (1995b) 和牛改良への超音波利用の試み (II). 全国和牛登録協会誌 **195**, 3-11.
- 原田 宏 (1996) 肉用牛および豚の屠肉形質推定への超音波利用. 日畜会報 **67**, 651-666.
- 原田 宏・熊崎一雄 (1979) 超音波スキヤニングスコープによる肉用牛全体における皮下脂肪厚，胸最長筋横断面積および脂肪交雑の推定値. 日畜会報 **50**, 305-311.
- 原田 宏・熊崎一雄 (1980) 超音波利用による肉用牛生体の皮下脂肪厚，胸最長筋横断面および脂肪交雑の推定値と屠体実測値との関係. 日畜会報 **51**, 261-266.
- 原田 宏・守屋和幸・福原利一 (1985) 超音波利用による黒毛和種雄牛の選抜法に関する研究. 伊藤記念財団 食肉に関する助成研究調査成果報告書 **3**, 53-59.
- Harvey, W. R. (1990) User's guide for LSMLMW and MIXMDL PC-2 version mixed model least-squares and maximum likelihood computer program. Ohio State Univ., Columbus.
- 小木曾光利 (1978) センサ実用便覧 (大森豊明編), フジテクノシステム. 東京. pp.582-597.
- Stouffer, J. R., Westervelt, R. G. (19A review of ultrasonic applications in animal science. *J. Clin. Ultrasound* **5**, 124-128.
- Tulloh, N. M., Truscott, T. G., Lang, C. P. (1973) An evaluation of the scanogram for predicting the carcass composition in live cattle. *A Report Submitted to the Australian Meat Board.*
- Watkenis, J. L., Sherritt, G. W., Ziegler, J. H. (1967) Predicting body tissue characteristics using ultrasonic techniques. *J. Anim. Sci.* **26**, 470-473.