

超音波診断装置を用いた黒毛和種肥育牛の脂肪交雑判定法の検討

Determination of technique to judging marbling score in live beef cattle using the ultrasonic scanogram

佐藤 文明 高野 太志¹⁾

要 旨

超音波診断装置による黒毛和種肥育牛の脂肪交雑判定精度を向上させ、本技術の普及拡大を図る目的で、2006～2007年に県内外で開催された枝肉共励会に出品した170頭について、撮影画像をデジタルビデオカメラで録画しその動画ファイルを作成した。動画ファイルの一部から胸最長筋横断面(ロース芯)部の静止画コピーファイルを作成し、画像解析ソフトを用いてロース芯、背半棘筋、腸筋各部の輝度の違いを濃度値として算出した。それぞれの平均濃度値と格付 BMS ナンバーとの関連性を検討した結果、ロース芯、背半棘筋、腸筋とも BMS ナンバーが同じ画像であっても平均濃度値のばらつきが大きく、BMS ナンバーとの間に有意な相関は認められなかった。そこで脂肪交雑判定の基準となる BMS ナンバーごとのスタンダード動画を選定し、判定したい肥育牛の動画をパソコンの同一画面上で再生しながら BMS ナンバーを判定する手法を用いた。その結果、実際の格付 BMS ナンバー値との判定誤差 ± 2 以内が79.9%と、従来の超音波画像のハードコピーによる判定法に比べ判定精度が向上し、動画による脂肪交雑判定法の有用性が確認された。

(キーワード：肉用牛、超音波診断、脂肪交雑、動画判定)

背景及び目的

超音波診断装置(以下 USG)を用いた家畜の生体診断技術は、特に産肉形質の診断研究として原田ら^{4) 5)}、宮島¹⁰⁾など多くの報告が見られる。^{6) 9) 11) 16)}しかし肉質の診断精度は個々によって異なっており、特に脂肪交雑の推定は黒毛和種肥育牛における肉質診断を行う上で最も重要であるにもかかわらず、技術者の熟練度によって精度に開きがあり、このことが USG を用いた肉質評価技術の普及が困難な一因となっている。

本県においても、山岡ら¹⁷⁾、安部ら¹⁾により間接検定牛等を用いた経時的な超音波測定結果に基づき、屠畜後の枝肉形質を推定する方法で生産現場での応用を試みてきたところである。これらの手法は USG のモニター画像を専用コピー装置でプリントアウトし、その静止画像をもとに判定を行う診断法で、技術者によって画面静止のタイミングが異なり、実際のモニター画像との輝点の出現頻度の違いやプリントアウト後の画像劣化等の理由により判定精度

にばらつきがあることが大きな問題となっていた。またロース芯及びその周囲筋群からの脂肪交雑の測定は、技術者の主観によって評価され、その評価基準も技術者個々で異なることから、限られた技術者による特殊な技術との認識が強いのが現状であった。

そこで USG による肥育牛生体での肉質判定技術を普及するためにはより客観性のある判定法が必要であると考えられることから、モニター画像のデジタル録画により、動画を用いて脂肪交雑を判定する手法を取り入れ、これまでの静止画による判定法と比較しその有効性を検討した。

材料及び方法

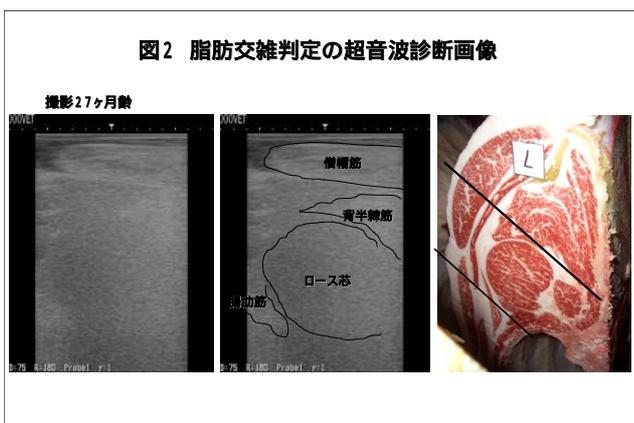
超音波画像の撮影は、本多電子製 HS-2000 の USG 本体に周波数 2.0MHz のプローブを用いて行った。肥育牛を自然な状態で保定した後、左側肩甲骨の尻側端から肋骨に対し平行に約 15cm 幅程度、背部から肋骨中央付近まで食用油を十分馴染ませ、プロー

1) 畜産振興課

ブを枝肉格付部位である第6 - 7 肋間に相当する場所で僧帽筋横断面が最も厚くなる部位に強く密着させる。モニター画像を見ながら背側から徐々にプローブを肋骨に沿って平行に下方へ移動させ、ロース芯部からバラ部を撮影した。(図1)

再度食用油を十分塗布しながら、ロース芯部分を中心にゆっくりとプローブを上下させ、脂肪交雑判定のための周囲筋(背半棘筋、腸肋筋)とロース芯の位置関係が判る画像を撮影した。

撮影した画像は、USG 本体と接続したデジタルビデオカメラ(SONY : DCR-VX2100)を用いて動画として録画した後、記録テープをパソコン(SONY VAIO : VGC-RM52DL9、VGCHX63B7)の画像処理ソフト(Windows Movie Maker)によりデジタル画像として取り込み、1 個体について2 ~ 3 分の動画ファイルとして編集保存した。



まず本県でこれまで実施されてきた専用コピー機による静止画像を用いた脂肪交雑判定法について検討した。2006 ~ 2007 年に県内外で開催された枝肉共励会に出品した肥育牛 170 頭について、出荷前

概ね 1 ヶ月以内に記録保存した動画ファイルをパソコンの Windows Media Player で再生しながら、ロース芯、背半棘筋、腸肋筋が確認できる部位で動画を停止し、そのコピーファイルを作成した(図2)、画像ファイルは停止のタイミングを変えることで各個体について3ファイルを作成した。これらを画像解析ソフト(WinROOF Ver.5.7 : 三谷商事株式会社)を用い、ロース芯、背半棘筋、腸肋筋に相当する部分をトレースすることで、画像の輝度データを濃度値としてテキスト表示させそれぞれの平均濃度値として算出した。各個体の各部位における平均濃度値は3ファイルの平均値を用いた。さらに脂肪交雑判定を行う場合、これら各部位の輝度の差も判定要因となることから、ロース芯と背半棘筋の濃度差、ロース芯と腸肋筋の濃度差をそれぞれ屠畜格付後のBMS ナンバーと比較しその関連性を検討した。

次に動画による脂肪交雑判定の有用性を検討するため、BMS ナンバーの判明したサンプル動画の中から BMS ナンバー 3 ~ 12 まで計 38 画像をスタンダード画像として選定した。同様の肥育牛 170 頭の画像ファイルをパソコンの市販ソフト Windows Media Player で動画再生し、脂肪交雑判定の基準となるスタンダード画像と同一画面上で再生し、比較することで BMS ナンバーを判定した。判定した BMS ナンバー値と共励会の格付 BMS ナンバー値により動画判定の誤差と精度を検討した。

結果及び考察

肥育牛 170 頭の画像ファイルから作成した静止画ファイルから画像解析ソフト(WinROOF)を用いて算出したロース芯、背半棘筋、腸肋筋の平均濃度値及びロース芯と背半棘筋の平均濃度の差、ロース芯と腸肋筋の平均濃度値の差を BMS ナンバーの格付値ごとに表 1 に示した。また 170 頭それぞれのロース芯部分の平均濃度値、ロース芯と背半棘筋部分の濃度値の差、ロース芯と腸肋筋部分の濃度値の差を BMS ナンバーごとにプロットしたものをそれぞれ図3、図4、図5に示した。

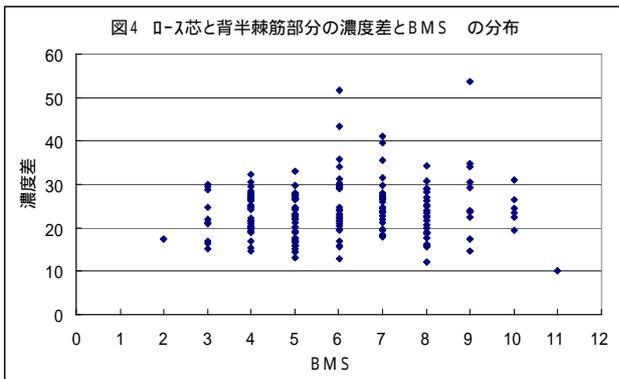
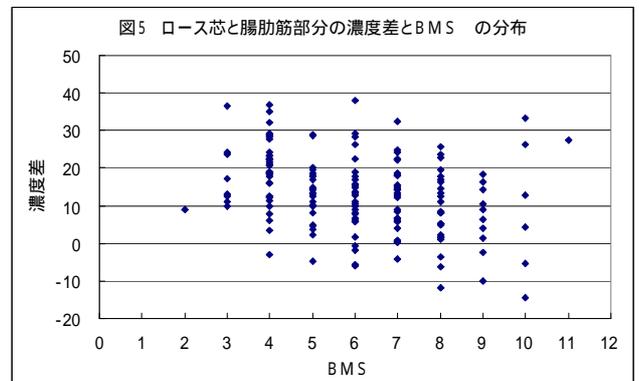
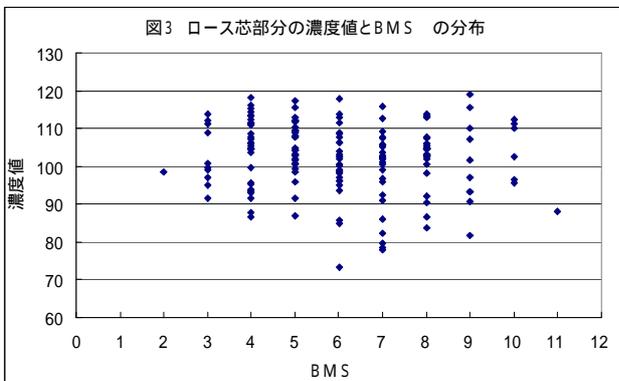
ロース芯部分の平均濃度値は BMS ナンバー 3 以下で 102.48 ± 7.25 、BMS ナンバー 10 以上で 102.32

± 8.68、BMS ナンバー 4 ~ 9 においてもほぼ 100 前後と BMS ナンバーの違いによる明らかな差は認められなかった。背半棘筋、腸筋それぞれ平均濃度値についても BMS ナンバーの違いによる有意な差は認められなかった。また BMS ナンバーが同

じであってもロース芯、ロース芯と背半棘筋の濃度差、ロース芯と腸筋の濃度差いずれにおいても個々の数値のばらつきが大きく、BMS ナンバーとの間に有意な相関は認められなかった。

表1 画像処理ソフトを用いた超音波画像写真各部の濃度値とBMS

	BMS							
	3	4	5	6	7	8	9	10
ロース芯 (A)	102.48 ± 7.25	104.63 ± 8.52	105.40 ± 6.87	100.89 ± 9.20	98.96 ± 10.16	102.40 ± 7.44	100.93 ± 11.31	102.32 ± 8.68
背半棘筋 (B)	124.54 ± 7.33	127.97 ± 8.79	127.41 ± 6.70	126.43 ± 5.52	124.77 ± 7.86	125.03 ± 6.86	129.40 ± 10.64	124.82 ± 12.62
腸筋 (C)	120.12 ± 10.59	124.16 ± 10.84	118.68 ± 9.93	113.25 ± 13.79	111.47 ± 11.65	111.51 ± 12.95	107.71 ± 10.51	114.39 ± 13.00
(B) - (A)	22.06 ± 5.24	23.34 ± 4.35	22.01 ± 5.16	25.54 ± 8.30	25.81 ± 5.79	22.63 ± 5.36	28.47 ± 10.49	22.50 ± 6.12
(C) - (A)	17.64 ± 8.09	19.53 ± 8.78	13.28 ± 7.00	12.36 ± 10.23	12.51 ± 8.56	9.12 ± 9.42	6.78 ± 8.39	12.07 ± 16.76
n	11	34	29	28	27	24	10	7



ことは USG 本体のモニター画像を静止画としてコピーし判定する従来の手法では、画像静止のタイミングやプリントアウトした画像の画質等の問題により、同一個体でありながら得られる静止画像そのものがロース芯内脂肪組織の形態的特徴を十分反映しえないことが推察された。また BMS ナンバーの格付値が同じであっても個体の違いによりロース芯内の脂肪面積割合やサシのあらさの度合の違い等により得られる画像データが異なることが示唆され、本県において、これまでこの手法による脂肪交雑の判定精度が上がらない理由のひとつとして、技術者の熟練度だけでなく画像そのものに起因する判定結果のばらつきが考えられた。

WinROOF による画像輝度のテキスト表示では、輝度の低い領域の濃度数値が低く、輝度の高い領域の濃度数値が高く表示される。超音波画像を用いた脂肪交雑の客観的判定法を普及させるには、より簡易な方法であることが好ましいと考えられるが、今回脂肪交雑の判定領域であるロース芯部分の輝度を格付 BMS ナンバーごとに数値化した場合、ナンバーの違いによる明確な差は認められなかった。この

山岡ら¹⁷⁾、安部ら¹⁾は間接検定牛による枝肉形質の実測値と USG(富士平工業株式会社製 スーパーアイ・MEAT)のモニター画像からの静止画を専用コピー機で複写した画像で判定した推定値との相関は、BMS ナンバーでそれぞれ 0.70、0.57 であった

と報告している。これは肥育終了月齢が概ね 21 ヶ月前後と若齢で比較的判定し易かったことが考えられ、その後 2006 年度に実施した同様の手法による判定では肥育牛 48 頭の 24 ヶ月齢における判定結果と実際の格付値を A B C 3 段階で評価した結果、BMS ナンバーの格付が一致したものは 15 頭(31.3%)と低かった。これは判定手法の問題と判定から出荷格付までの期間が長かったことにも起因すると考えられる。本研究に供した 170 頭の中には 24 ヶ

表2 静止画による肉質判定結果

判定区分	区分	枝肉格付結果			計
		A	B	C	
		BMS 8	BMS 5~7	BMS 4	
A	頭数	0	6	4	10
	割合	0.0%	12.5%	8.3%	21%
B	頭数	3	13	18	34
	割合	6.3%	27.1%	37.5%	70.8%
C	頭数	0	2	2	4
	割合	0.0%	4.2%	4.2%	8.3%
計	頭数	3	21	24	48
	割合	6.3%	43.8%	50.0%	100.0%

月齢でも超音波診断を実施した個体が含まれており、出荷前の画像と比較して明らかに脂肪交雑の発達を確認される個体が見られた。宮島¹⁰⁾、徳丸ら¹⁴⁾¹⁵⁾、川田ら⁷⁾は 22 ヶ月齢程度で脂肪交雑の格付値の推定が可能であると報告しているが、川田らは 27 ヶ月から 30 ヶ月齢の肥育後期においても脂肪交雑の発達が見られ、最終的には肥育末期にならないと脂肪交雑の正確な予測は困難であると考察しており、脂肪交雑の判定時期と出荷時期の間隔が長くなればその間の飼養管理状況や血統的要因などにより判定結果と異なることが考えられる。したがって本技術の成果を普及させるためには、より出荷時期に近いところで脂肪交雑を判定し、その精度を向上させる必要があると考えられた。

デジタル保存された超音波診断画像を用いた脂肪交雑の客観的推定については、板東島ら²⁾が市販の汎用ソフト Photoshop6.0 のヒストグラム機能を利用した画像解析を行い、BMS ± 1 の範囲で 71.5% が推定できたと報告している。川田ら⁷⁾⁸⁾は超音波画像のテクスチャー解析により胸最長筋と僧帽筋との画像特徴量の差分及び胸最長筋面積を説明変数、BMS ナンバーを目的変数として重回帰分析を行い

重相関係数 0.75 が得られ、脂肪交雑の客観的推定が可能であると報告している。また原ら⁶⁾も WinROOF Ver.2.34 を用いた輝度測定を行い、BMS ナンバーについて重回帰分析を行った結果、推定 BMS ナンバーからの格付等級適合率は 5 等級で 77.3% であったと報告している。今回は本県で実施してきた手法について客観的判定法としての普及の可能性を検討するため、これまでの視覚的判定法に近い画像処理法として、ロース芯並びに周囲筋の輝度の平均濃度値を用いたが、今後は画像ファイルをもとにさらに客観的な脂肪交雑判定法について画像処理法及び解析法を検討する必要があると考えられる。

2007 年度から実施した USG 本体の画像信号をデジタル画像として保存し、脂肪交雑判定の基準となるスタンダード画像と同一画面上で動画再生しながら肉質を判定する手法について、BMS ナンバーの判定値と格付値を比較した結果を表 3 及び図 6 に示した。判定の基準としたサンプル画像は、BMS ナンバー 3 ~ 12 まで各 ごとに 1 ~ 7 画像で合計 38 画像を用いた(ナンバー 11、12 は各 1 サンプル)。なお、画像判定に用いた肥育牛 170 頭のうち、その後格付値が判明したもののいくつかは後にスタンダード画像として用いた。

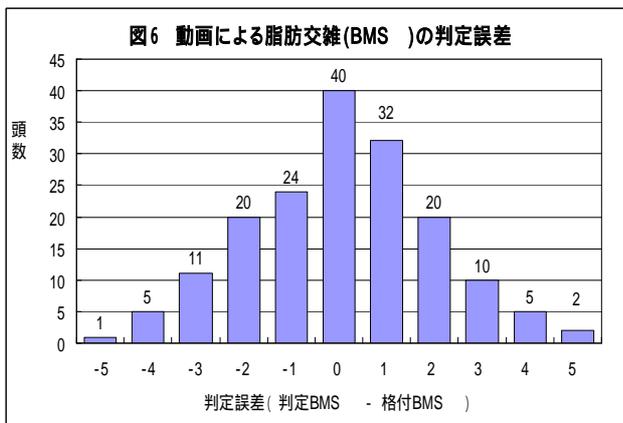
動画による判定結果では、判定 BMS ナンバー値と実際の格付 BMS ナンバー値が一致したものが 170 頭中 40 頭(23.5%)であった。判定結果が一致したものを含め判定誤差が ± 1 の範囲内であったものが 96 頭(56.4%)、同様に ± 2 の範囲内であったものが 136 頭(79.9%)であった。± 3 以内の判定誤差では全体の 92.3% であったが、± 4 以上判定値と異なるものが 13 頭(7.6%)あり、20.1% が格付 BMS ナンバー値と 3 以上違う結果となった。BMS ナンバーの格付値については、同一の枝肉であっても判定者により BMS ナンバーの評価にばらつきが生じるとされており、田口ら¹³⁾は、16 名により評価された 100 頭の BMS ナンバーの平均値は最も低かった判定者と最も高かった判定者の差は 4.02 と非常に大きかったと報告している。今回動画を見ながらの脂肪交雑判定により、BMS ナンバーの判定

誤差が ± 2 の範囲で 79.9 % 推定できたことはかなりの高い精度で判定が可能となったと評価している。しかし一方で判定誤差が ± 4 以上のものが 7.6 % あり、特に実際の BMS ナンバーが高くなるにつれて低く判定した例数が多くなる傾向がみられた。

川田ら⁸⁾は胸最長筋内領域における輝度平均は BMS ナンバー 5 ~ 7 の限定された範囲内では比例関係がみられたが、BMS ナンバー 3 ~ 5 の脂肪交

表3 動画による脂肪交雑判定結果

判定 BMS	格付BMS											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2												
3			1									
4		1	10	2	3	2	2					
5		6	8	10	11	3	3	1	1			
6			7	11	4	6	8	5	2			
7	1	1	7	3	5	10	4	4				
8		1	2	1	3	5	5		2	1		
9				2	2	1	2					
10												
11												
12												
計	1	10	34	29	28	27	24	10	6	1		



雑の低い区間と 7 ~ 9 の高い区間では反比例の関係を示したと報告している。また脂肪組織の脂肪蓄積が極端に増加することにより、むしろ胸最長筋内に均一性の高い領域が局所的に増加する可能性も考慮する必要があり、超音波肉質診断においては、脂肪交雑の程度が単純に胸最長筋内の輝点レベルにより示されるものでなく、各 BMS ナンバーにおける脂肪組織の特異的な数、大きさ、形状などを反映した画像反応が示されると考えられると報告している。

このことから判定誤差の大きかったものについては BMS ナンバーの格付値だけでなく、脂肪交雑の

面積比、粒子の大きさやロース芯の形状などについて検証し、動画との関連性を検討する必要があると考えられた。また BMS ナンバーを高く判定したもので実際の格付値が低かったもののなかには、僧帽筋のシコリが数例見られたことから、これら瑕疵の判別についても今後検討する必要があると考えられた。しかし一方でこれらの動画は、判定誤差 ± 2 の動画と類似する画像であることから、これらを意識することでかえって判定精度を落とすことも懸念される。したがって動画による脂肪交雑判定をする上では、今回判定に用いたスタンダード画像をもとに、輝点の密度、大きさ、動きを中心に判定するほうがより普及性のある手法であると考えられた。特に輝点の大きさとその動きの早さの遅速が脂肪交雑の程度に大きく影響しており、動画による判定はより有効性が高いと考えられた。また動画は静止画に比べ得られる情報量が圧倒的に多く、画像の劣化もないことから繰り返し判定できるため、今後例数を重ねることでさらに判定精度の向上が期待できる。

宮島¹⁰⁾は佐賀県における超音波診断技術の普及例として、動画による判定手法を用いることで画像解析を始めて 1 年目の農業改良普及員の判定精度が向上したと報告している。

今回の結果から基準となるスタンダード動画と同一画面上で比較する方法を用い、BMS ナンバーごとの画像判定ポイントを技術者が共有することで技術の普及が十分可能であると考えられた。

また超音波診断技術を普及する上で、超音波測定位置の決定は判定精度に影響する重要な要素であるが、本研究では技術者(解析者)自らが第 6 - 7 肋間に相当する場所で僧帽筋横断面が最も厚くなる部位を決定し、その部位を基準に画像を撮影した。川田ら⁸⁾は僧帽筋の厚みが最も厚く、先端が丸みを帯びて見える位置で胸最長筋面積の測定誤差が小さく、僧帽筋の形態が測定位置を判断する上で有効な指標となると報告しており、画像撮影においては、僧帽筋の形態を指標とすることで撮影者の違いによる画像のばらつきは少なくなると考えられる。

本県では今回の成績を踏まえ、2007 年度新たに USG(HS-2000) 2 台を導入したところである。今後

は研修会等を開催し超音波診断技術の普及拡大を図るとともにより多くの例数を重ねることによりさらなる判定精度の向上に努めたい。

文 献

- 1) 安部行倫, 山岡達也, 川辺卓郎. スキャニングスコープによる肉用牛の産肉性調査. 大分県畜産試験場試験成績報告書, 29: 36-40. 2000.
- 2) 板東島直人, 石田孝史, 原田 宏. 超音波画像解析による牛枝肉脂肪交雑の客観的推定法. 日本畜産学会報, 78: 305-310. 2007.
- 3) 独立行政法人 家畜改良センター. 超音波診断装置による牛の肉質診断法, 家畜改良センター技術マニュアル 12. 2004
- 4) 原田 宏, 熊崎一雄. 超音波スキャニングスコープによる肉用牛生体における皮下脂肪厚, 胸最長筋横断面積, 脂肪交雑の推定. 日本畜産学会報, 50: 305-311. 1979.
- 5) 原田 宏, 熊崎一雄. 超音波利用による肉用牛生体の皮下脂肪厚, 胸最長筋横断面積, 脂肪交雑の推定値と屠体実測値との関係. 日本畜産学会報, 51: 261-266. 1980.
- 6) 原 恵, 矢内清恭, 森口克彦. 超音波診断装置を活用した黒毛和種肥育牛の脂肪交雑推定手法. 福島県畜産試験場研究報告 第 10 号: 41-44. 2003.
- 7) 川田智弘, 堀井美那, 半田真明. 肉用牛における早期能力推定技術の確立に関する研究. 栃木県畜産試験場研究報告, 22: 35-39. 2007.
- 8) 川田智弘, 福井えみ子, 吉澤 緑. テクスチャー解析による超音波診断画像評価に基づいた牛肉生体の脂肪交雑基準値の客観的推定について. 日本畜産学会報, 79: 173-183. 2008.
- 9) Lellah R, Harada H, Fukuhara R. Early prediction on carcass traits of fattening steers by use of real-time ultrasonography. *Animal Science and Technology* 68 : 622-630. 1997.
- 10) 宮島恒晴. 黒毛和種における超音波を用いた肉質の早期判定法. 西日本畜産学会報, 44: 35-42. 2001
- 11) 小堤恭平, 千国幸一, 小石川常吉, 加藤貞雄, 伊藤 健, 小林正和, 江畑富夫, 玉田裕志, 古武充. カラースキャニングスコープによる肉用牛生体の胸最長筋の横断面積および脂肪含量の推定について. 日本畜産学会報, 59: 916-921. 1988.
- 12) 社団法人 畜産技術協会. 肉用牛の産肉形質推定評価のための超音波診断装置利用マニュアル. 1998
- 13) 田口圭吾, 高橋健一郎, 長谷川未央, 酒井稔史, 森田善尚, 堀 武司. 牛脂肪交雑基準の評価に対する判定者間の偏差に関する検討. 日本畜産学会報, 75: 573-579. 2004.
- 14) 徳丸元幸, 原田 宏, 田崎道弘, 竹迫良和, 野崎聡, 西仲間公文, 青木孝夫, 津曲兼晴. 黒毛和種産肉能力間接検定の産肉形質早期推定に関する研究. 鹿児島県肉用牛改良研究所研究報告, 3: 1-5. 1998.
- 15) 徳丸元幸, 久徳輝幸, 山元隆志, 川久保耕三, 横山喜世志. 超音波測定による去勢肥育牛の枝肉形質の発育様相ならびに脂肪交雑等級の早期予測. 鹿児島県肉用牛改良研究所研究報告, 6: 9-14. 2001.
- 16) 渡辺 彰, 滝本勇治, 常石英作, 西村宏一, アーク機械走査式超音波カラースキャニングスコープによる牛のロース芯面積の推定. 日本畜産学会報, 57: 813-817. 1986.
- 17) 山岡達也, 木下正徳. 黒毛和種産肉能力検定牛を用いた早期枝肉形質推定のための超音波診断装置利用の試み. 大分県畜産試験場試験成績報告書, 28: 115-119. 1999.