

超音波による肉豚の評価法

誌名	畜産試験場研究報告 = Bulletin of the National Institute of Animal Industry
ISSN	0077488X
巻/号	53
掲載ページ	p. 23-29
発行年月	1993年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



超音波による肉豚の評価法

池田 敏雄*・安藤 四郎・田邊 亮一・秋田 富士・中井 博康

要 約

供試豚は三元交雑種 (LWD 種), デュロック種 (D 種), 梅山豚 (M 種) を用い, カラー超音波スキャンニングスコープによって非破壊的にロース部位の断層像をスキャンニングし, この画像からロース芯の大きさ, 皮下脂肪層の厚さおよび枝肉の赤肉割合を求めるための検討を行った。その結果, 胸椎 5:6 節部 (前位), 胸椎 12:13 節部 (中位) および腰椎 3:4 節部 (後位) の測定部位の生体での適合率は枝肉に比べ, それぞれ 85%, 100%, 77% であった。

これら 3 部位の画像からロース断面積を求めるための作図は, スキャンニングによる情報から求めることができた。しかし品種間では LWD 種, D 種が実測値に対して近似的な値を示したが, M 種では推定値が若干大きくなる傾向を示した。また部位間では前位の適合性が低かった。

皮下脂肪の厚さは 3 部位とも推定値が実測値より若干少ない値を示した。

枝肉における 3 部位の測定値から赤肉割合を推定するための回帰式として次式が得られた。

$$Y = 65.42 - 2.17X_1 - 1.55X_2 - 1.62X_3 - 1.28X_4$$

ただし X_1 : 前位 B 点脂肪の厚さ, X_2 : 中位 B 点ロース芯径, X_3 : 中位 B 点脂肪の厚さ, X_4 : 後位 B 点脂肪の厚さである。この場合 B 点はロース芯中央部の径であり, スキャンニング画像から B 点を求めるためには, プローブの走行曲線の弧の中心点とロース芯の中央部を結ぶ線上で求めることができる。

これらの位置で求めた値から赤肉割合を推定した実測値に対する推定値は LWD 種 (65:64%), D 種 (63:63%) で近似的な値が得られたが, M 種 (52:55%) は推定値が実測値より多かった。

緒 言

豚の生体においてロース部位の断層が非破壊的に測定できれば, 仔豚の段階での種豚候補の選抜や肉豚の飼養管理上に重要な情報が得られる。

このため従来から超音波を利用して皮下脂肪層の厚さや胸最長筋 (ロース芯) 断面積の測定に関して種々の検討が行われてきた¹⁻¹²⁾ が, B モード法では超音波の反射波の情報量が少なく, 断層像が不鮮明となるので, ロース断面積を求めるために複雑な作図法を要した¹⁰⁾。

この点でカラー超音波スキャンニングスコープは超音波の反射波の強さをカラー化し, 色相別に示すので情報量が多く得られ, 断層像が鮮明となりロース芯の断面積を求めることが容易となる。

そこで本報告でカラー超音波スキャンニングスコープを用いて, 非破壊的にロース部位の断層像を測定した情報を得, ロース芯の大きさおよび脂肪付着状態から枝肉の赤肉割合を推定できるかを検討した。

材料及び方法

供試豚は交雑種 (LWD 種) 36 頭, デュロック種 (D 種) 24 頭, 梅山豚 (M 種) 26 頭, 計 86 頭を用いた。絶食体重は LWD 種 99.0 ± 11.3 kg, D 種 107.7 ± 3.9 kg, M 種 86.0 ± 3.6 kg であった。

カラー超音波スキャンニングスコープは海上電気製 USL-12 型を用いた。スキャンニングは肉豚を保定框で保定し, 測定部位は図 1 に示すように背線上で前位, 中位, 後位の 3 部位とした。前位は肩甲棘を触診によって求め, これより遠位に 10 cm の部位, 中位は体長の 1/2 部位, 後位は寛結節より近位 15 cm の部位とした。各部位はそれぞれ剪毛した後流動パラフィンを塗布し, スキャンニングを行い, スクリーン上に写し出された断層像をポラロイドカメラで撮影し測定に用いた。

スキャンニング後肉豚はと畜し, 枝肉で各スキャンニング部位を計測し, さらに赤肉, 脂肪, 骨に分離して重量測定を行った。なお赤肉および脂肪量

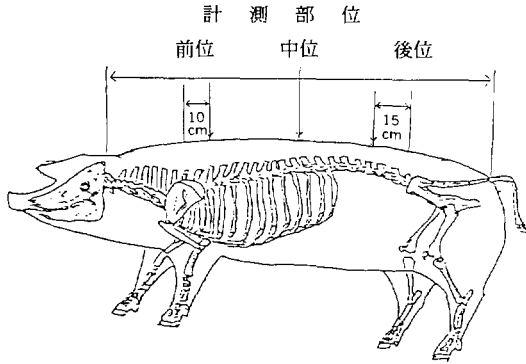


図1 超音波計測装置による計測部位

の測定は筋間脂肪を赤肉に、皮筋は脂肪とする簡易法で行った。

胸最長筋（ロース芯）の断面積はスキヤニングした画像の情報を基に作図し、その大きさを重量法で求めた。

背脂肪層の厚さの測定は画像の棘突起上の距離から求めた。

結果及び考察

1. スキヤニングの位置と椎骨節部位との関係

スキヤニングした部位が枝肉の椎骨節部位のどの位置にあったかを表1に示した。

前位の胸椎5：6節部は枝肉を3分割する場合の前軀切断部位である。そこで生体でこの部位を想定するため肩甲棘の位置が胸椎の2：3節部に

あることから、胸椎一節当りの長さの平均値を3 cmとして肩甲棘から遠位に10 cmとしたが、その適合率は85%でほぼ想定した部位が得られた。

中位は体長を基準に求めたが、体長は測定の際、頭の位置が動くことによって影響を受け、体長の1/2部位は胸椎の12～14節部になることが報告されている^{2,7,11,13)}。一方ロース芯の断面積は、12節以遠ではその大きさがほぼ一定していることから^{7,11)}、12～14節部位内にあることを想定したが、その結果は12：13節部が64%、13：14節部が36%であった。

後位についてはロース芯の断面積が腰椎3：4節部で最大値を示すことから、この部位を想定するために寛結節を基準とした。すなわち寛結節は最後腰椎の近位端に相当することから、腰椎1節の平均長3.7 cmを考慮して近位15 cm部位としたが適合率は77%であった。

2. ロース芯断面積の測定

スキヤニングした画像の情報を基にロース芯断面積を推定した結果と、と殺後の実測値は表2に示す通りである。

推定値は前位、中位、後位とも実測値とほぼ等しい値であった。実測値に対する推定値の標準偏差は、LWD種が1.6～2.6 cm²、D種が2.1～2.4 cm²であったのに対し、M種は1.2～1.6 cm²でM種のほうが少なかった。しかしM種は実測値が9～16 cm²でLWD種やD種の22～38 cm²に較べてロース芯断面積が小さい。したがって実測

表1 椎骨節とスキヤニング位置

(n=100)

節	前 位		中 位		後 位		
	5：6	6：7	12：13	13：14	1：2	2：3	3：4
%	85.0	15.0	64.0	36.0	11.0	77.0	12.0 %

表2 胸最長筋断面積の測定

		LWD 種			D 種			M 種		
		前位	中位	後位	前位	中位	後位	前位	中位	後位
実測値	(cm ²)	21.9	37.5	37.3	22.0	36.9	37.3	9.1	14.8	16.0
推定値	(cm ²)	20.8	37.3	37.3	22.1	37.6	37.3	9.8	15.8	16.4
標準誤差	(cm ²)	2.6	1.6	2.3	2.1	2.4	2.2	1.2	1.3	1.6
実測値に対する標準誤差の割合	(%)	11.6	4.2	6.0	9.6	6.6	5.9	13.6	8.8	10.3

値に対する標準誤差の占める割合はLWD種の4～12%，D種の6～10％に較べてM種は9～14％でM種が大きかった。また3部位間では中位，後位に較べて前位がいずれの品種においても大きかった。

なお3品種をこみにした測定部位別にロース芯断面積の推定値と実測値の相関係数は前位0.95，中位0.99，後位0.98であった。この点についてMERSMANN⁷⁾は体長の1/2部位で0.51，PRICEら⁹⁾は最後腰椎部で0.74を報告しているのに対し，宮沢ら¹⁰⁾は1/2部位で0.94であったことを報告している。これらに対し本報の相関係数の高かったことはM種を含めているため，断面積の大小異なるものを含んでおり，分布の幅が広がったことによるものと考えられる。

つぎにスキニングした画像を基に作図する場合，中位および後位で多裂筋と胸最長筋の接する部位の情報の少ない画像がある。この場合の対応について宮沢ら¹⁰⁾はBスコープで背多裂筋の厚さを考慮して棘突起の中心線と平行に3.8mm

を除き，さらに乳頭突起および前関節突起と横突起間筋が背中心線と交わる角度を35°として作図することを提起している。

我々はこの部分の情報不足を補って作図するため，簡便化を前提にロース芯と背多裂筋の接する線と肋間筋あるいは肋骨上面と胸最長筋の接する線（ロース芯底部）の示す角度を測定した。その結果は表3に示す通りで，胸椎7：8節部以遠における角度は胸椎部が120°，腰椎部では後位になるほどその角度は大きくなる傾向があった。これらをスキニング部位に対応させてみると中位は120°，後位は140°となった。

いっぽう椎骨の棘突起の中心線と背多裂筋横突起間筋の示す角度を測定した結果は表4に示す通りで，中位20°，後位30°であった。

そこでこれら2種の角度を用いて作図したものと，画像の情報のみから直接求めた断面積を比較してみると表5に示す通りである。これらの結果は角度法を用いたものと直接求めたもので測定値がともに近似しており，角度法を用いても精度の

表3 胸最長筋の多裂筋と肋間筋上面における角度

節	胸 椎					腰 椎	
	7：8	9：10	11：12	13：14	15：16	1：2	3：4
\bar{X}	130	125	120	120	120	130	150
SD	6	5	4	2	3	5	7

表4 背正中線（棘突起）と多裂筋との角度

節	7：8	9：10	11：12	13：14	15：16	1：2	3：4
\bar{X}	30	25	20	20	30	30	30
SD	5	5	0	0	0	0	5

向上が認められなかった。したがって直接求めるほうが実用上簡便であると判断した。なお中位における棘突起との角度20°は宮沢ら¹⁰⁾の35°より小さかったが，平均値では2辺の角度を用いたものより実測値に近い値を示した。

3. 皮下脂肪層の厚さの測定

皮下脂肪層の厚さを推定した結果は表6に示す通りである。

画像からの推定値は実測値よりも各部位とも若干小さい値であった。このことは宮沢ら¹⁰⁾，三上ら⁴⁾の傾向と類似していた。なお品種をこみにした

表5 胸最長筋断面積の実測値と画像からの測定値

	画像の測定値 (cm ²)		実測値 (cm ²)
	中位	後位	
2辺の角度120°	34.5 (0.90)		
棘突起との角度20°	37.4 (0.95)		37.4
直接	37.1 (0.89)		
2辺の角度140°	38.1 (0.90)		
棘突起との角度30°	39.5 (0.95)		39.8
直接	39.6 (0.92)		

()内数字は相関係数を示す

表6 背脂肪層の厚さの測定値

	LWD 種			D 種			M 種		
	前位	中位	後位	前位	中位	後位	前位	中位	後位
実測値 (cm)	2.8	1.9	2.4	2.5	2.0	2.4	3.3	2.1	2.3
推定値 (cm)	2.6	1.9	2.0	2.4	1.9	2.0	3.2	2.2	2.2
標準誤差 (cm)	0.7	0.3	0.6	0.7	0.4	0.6	0.8	0.4	0.5

実測値と推定値の相関係数は前位が0.70, 中位0.85, 後位0.90で, 三上ら⁴⁾の0.78, 0.81, 0.88と同様の傾向であったが, 前位は若干低かった。

そこで脂肪層の蓄積状態をみるため, 体表面に沿って棘突起から腹側に脂肪の厚さを測定した(表7)。

脂肪層は棘突起より1~2 cm離れた位置で若干厚くなり, その先6 cmまで徐々に薄くなった。このことは枝肉を背割りする際, 背正中線に沿って鋸で2分割するが, 必ずしも棘突起上で2分割されているとは限らないことを示している。このことが枝肉の背割状態での実測値と断層像の棘突起上の測定値で一致しないことの原因と考えられる。

4. 赤肉割合の推定

ロース断面の測定値から枝肉の赤肉割合を推定するため, 図2に示すようにA, B, C点を設定して, それぞれの測定値を用いて重回帰分析を行い

次式を得た。

$$Y = 65.42 - 2.17x_1 + 1.55x_2 - 1.62x_3 - 1.28x_4$$

X_1 : 前位 B 点脂肪の厚さ, X_2 : 中位 B 点ロース径, X_3 : 中位 B 点脂肪の厚さ, X_4 : 後位 B 点脂肪の厚さ。

この回帰式にとり込まれた測定値はいずれも各断面の B 点での測定値であった。そこでスキニ

表7 皮下脂肪層の蓄積状態

棘突起からの距離 (cm)	蓄積状態						
	0	1	2	3	4	5	6
前位	(\bar{x}) 4.0	4.4	4.1	3.8	3.6	3.4	3.1
	(SD) 0.1	0.4	0.2	0.5	0.4	0.4	0.5
中位	(\bar{x}) 2.3	2.6	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0
	(SD) 0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3
後位	(\bar{x}) 3.8	4.1	4.0	2.9	2.6	2.6	2.5
	(SD) 0.6	0.4	0.9	0.5	0.5	0.4	0.3

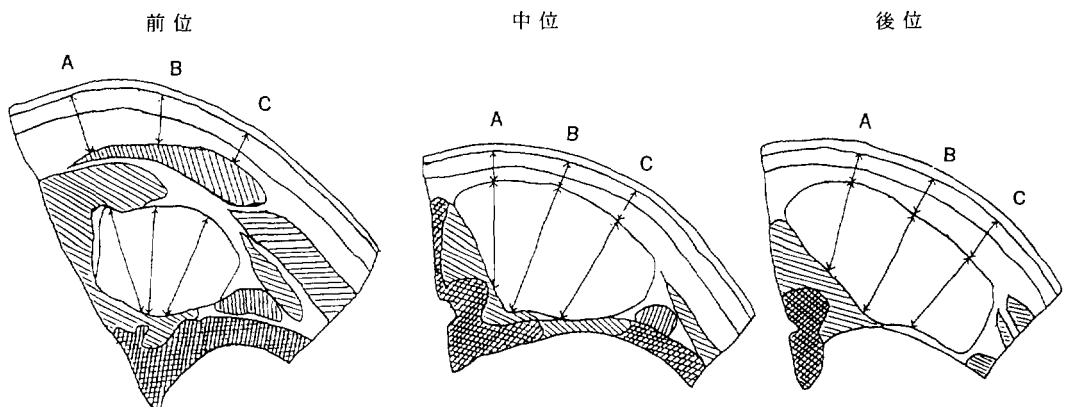


図2 各ロース断面のロース芯の厚さと背脂肪の厚さの計測部位

A, B, C: ロース芯を短径方向にほぼ4等分するように線分を引き, その背側への延長線上で背脂肪の厚さを示す線分をさらに引き, それぞれの線分を棘突起に近い方からA, B, Cとして示した。

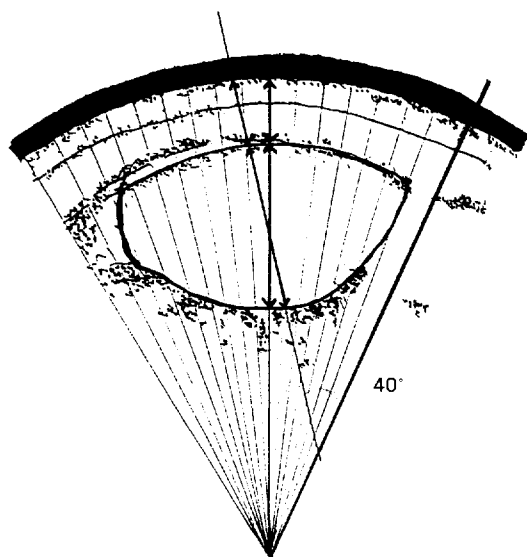


図3 ロース断面からB位置の測定

ロース断面の測定値から枝肉赤肉割合の推定式

$$Y = 65.42 - 2.17X_1 + 1.55X_2 - 1.62X_3 - 1.28X_4$$

- X_1 —前位 B 脂肪の厚さ
 X_2 —中位 B ロース径
 X_3 —中位 B 脂肪の厚さ
 X_4 —後位 B 脂肪の厚さ

ングの画像からB点を求めるための検討を行った。

枝肉においてロース断面のB点を求めると棘突起の中心線に対する角度はほぼ40°であった。いっぽうスキニングにおけるプローブの移動軌跡は画像上で円弧状を描く。そこで円弧状軌跡の

中心点を求め、ロース芯断面の中央部を通る直線を求めると図3に示すように角度40°で求めた位置とほぼ近似的になる。これらのことから画像上における処理の容易な中心点を結ぶ直線上のロース芯の径および脂肪の厚さを測定して、回帰式に代入して赤肉割合を求めた結果は表8に示す通りである。

表8 赤肉割合の測定値

	LWD種	D種	M種
実測値 (%)	65.10	63.00	51.51
推定値 (%)	64.24	62.98	55.23
標準誤差 (%)	1.81	1.59	4.78

LWD種は実測値の65%に対し推定値64%、D種はともに63%で、ほぼ満足できる値であったが、M種は52%に対し55%と推定値が若干大きかった。しかも実測値と推定値の標準誤差はLWD種1.8%、D種1.6%であったのに対しM種は4.7%で誤差割合が大きかった。このことはM種は脂肪蓄積が多く、画像上で筋肉と脂肪の接する部位で反射波の情報が不鮮明となり、ロース芯の断面積を大きくし、赤肉割合を多くしているものと考えられる。

この点について中井ら¹¹⁾は品種別に生体計測値とロース芯断面積を用いて枝肉の赤肉量の推定重回帰式を提起しており、この回帰式にとり込まれた要因は品種によって若干異なることを指摘している。これらのことから体型の異なるM種については、さらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) BOWMAN, G. H., J. A. WHATLEY Jr, and L. E. WALTERS: Physical Indices of Leanness in Swine, *J. Animal Sci.*, **21**, 955—959, 1962
- 2) 永作義一・新井忠夫・林 隆: 超音波測定機による豚の背脂肪層ならびにロース断面積の測定, *日豚研誌*, **16**, 183, 1979
- 3) 丹羽太左エ門・山本雅之・三塚宗広・佐藤鉄郎: 豚の成長に伴うロース断面積と背脂肪層の厚さ等について, *日豚研誌*, **15**, 45, 1978
- 4) 三上仁志・甲斐勝利・佐藤 勲・阿部猛夫: プタの背脂肪層の厚さの選抜における超音波測定法の利用について, *日畜会報*, **45**, 381—386, 1974
- 5) ADAMS, J. P., I. T. OMTVEDT, J. V. WHITEMAN and L. E. WALTERS: Live and Carcass

- Measurements as Indicators of Lean Cut Yield in Swine, *J. Animal Sci.*, **35**, 25—30, 1972
- 6) JONES, S. D. M., and C. R. HAWORTH: Instrument Prediction of the Lean Content of Pork Carcasses Using Ultrasound or Light Reflectance, *J. Animal Sci.*, **56**, 418—425, 1983
 - 7) MERSMANN, H. J.: Ultrasonic Determination of Backfat Depth and Loin Area in Swine, *J. Animal Sci.*, **54**, 268—275, 1982
 - 8) MERSMANN, H. J.: The Utility of Ultrasonic Measurements in Growing Swine, *J. Animal Sci.*, **54**, 276—284, 1982
 - 9) PRICE, J. F., A. M. PEASON and J. A. EMERSON: Measurement of the Cross-Sectional Area of the Loin Eye Muscle in Live Swine by Ultrasonic Reflections, *J. Animal Sci.*, **19**, 786—789, 1960
 - 10) 宮沢一男・菅野幸基・田畑正彦: 超音波測定機による豚生体のロース断面積の推定, 日豚研誌, **14**, 963—971, 1977
 - 11) 中井博康・池田敏雄・安藤四郎・小堤恭平・神部昌行・前田昭二: 食品の非破壊評価法の確立及び装置の開発に関する研究, 農林水産技術会議事務局研究成果, **194**, 76—84, 1987
 - 12) 矢野幸男・池田敏雄・安藤四郎: 生体における背脂肪層の厚さと胸最長筋断面積の測定, 日豚研誌, **13**, 1—5, 1976

Ultrasonic Evaluation for Live Pigs Using a Color Scanning Scope

Toshio IKEDA*, Shiro ANDO, Ryoichi TANABE, Tomiji AKITA and Hiroyasu NAKAI

Summary

The purpose of this study was to nondestructively estimate the rib-eye area, the thickness of subcutaneous fatty tissue and the percentage of lean meat in a dressed carcass through the use of an ultrasonic colour scanning scope. Three varieties of pigs were used in this study: three-way crossbred pigs (produced by F₁ female from Landrace dam and Large White sire × Duroc terminal sire), Duroc pigs, and Meishan pigs. Three sites (front, middle and rear) were chosen for ultrasonic measurement, corresponding to the 5: 6 rib, the 12: 13 rib and the 3: 4 lumbar vertebra. After the pigs were slaughtered, the accuracy for finding the proper measuring sites were found to be 85 %, 100 % and 77 %, respectively.

The estimated configuration of the rib-eye area from the image scanning was gotten readily from information of the image on the display. The rib-eye areas of three-way crossbred and Duroc pigs from the image scanning showed approximate values to the same location of actual rib-eye areas from carcasses but the rib-eye areas of Meishan pigs calculated from the image scanning showed a tendency toward having a little larger values in comparison with the actual rib-eye areas. The accuracy of this method for all of these breeds is lower for the fore site than the middle site and the hind site.

The thickness of subcutaneous fat of the three sites from the image scanning showed lower values than the thickness from the carcasses.

The equation developed to predict lean meat ratios using the thickness of subcutaneous fat and rib-eye muscle tissue is as follows.

$$Y = 65.42 - 2.17X_1 - 1.55X_2 - 1.62X_3 - 1.28X_4$$

X₁: thickness of the fat at cross section B of the fore site

X₂: distance across rib-eye muscle at cross section B of the middle site

X₃: thickness of the fat at cross section B of the middle site

X₄: thickness of the fat at cross section B of the hind site

Cross section B refers to the cross section line across the center of the rib-eye muscle.

When the mean of the predicted lean ratios from the above equation and the mean of the actual lean ratios from carcasses were compared, the mean from the equation was similar to the mean from the carcasses in the three-way crossbred and the Duroc pigs, but in Meishan pig the mean (55 %) from the equation was higher than the mean (52 %) from the carcasses.

* at present : Japan Meat Technology Institute