〔原著論文〕

# 黒毛和種枝肉横断面における皮下ならびに筋間脂肪の実面積および面積割合の新しい推定方法

# Prediction method of subcutaneous and intermuscular fat area and their area percentage on the carcass cross section in Japanese Black cattle

大澤剛史[1]・浜崎陽子[1]・日高 智[1]・関川三男[1]・佃 秀雄[2]・口田圭吾[1]
Takefumi Osawa[1], Yoko Hamasaki[1], Satoshi Hidaka[1], Mitsuo Sekikawa[1], Hideo Tsukuda[2], Keigo Kuchida[1]

[1] 帯広畜産大学，帯広市　080-8555
[2] 家畜改良事業団，北海道幕別町　089-0625
[1] Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi, 080-8555
[2] Livestock Improvement Association of Japan, Makubetsu-cho, Hokkaido, 089-0625

## 要約

黒毛和種間接検定材料牛404頭の枝肉横断面画像（以下，枝肉画像）を用い，横断面上の皮下脂肪や筋間脂肪の実面積および面積割合について，より的確で簡易な測定方法を検討することを目的とした。枝肉画像から，僧帽筋および広背筋外側の皮下脂肪，内側の筋間脂肪，皮下脂肪の和（皮下脂肪〔全体〕），筋間脂肪の和（筋間脂肪〔全体〕）および皮下脂肪と筋間脂肪の和（合計脂肪）の実面積を測定した。また，筋間脂肪と合計脂肪は，筋間脂肪に菱形筋を含まない筋間脂肪1ならびに合計脂肪1および菱形筋を含む筋間脂肪2ならびに合計脂肪2を用いた。枝肉画像から，安定的かつ簡易に長さを計測できる部位として，胸椎端部外側から胸椎棘突起までの基準長，胸最長筋と僧帽筋を結んだ接線，胸椎棘突起から基準長に対して垂直な直線，腸肋筋左側端を通る直線，基準長に対して30度の直線の全長，各直線の皮下脂肪および筋間脂肪部を測定対象とした。404頭の記録を，重回帰分析で推定式を決定するためのデータセット1（n=202）と，推定精度を検証するためのデータセット2（n=202）に分類した。3変数に制限した重回帰式の決定係数は，皮下脂肪〔全体〕で0.89，筋間脂肪2〔全体〕で0.85，合計脂肪2で0.87と高い値を示した。また，データセット2により推定精度を検証したところ，0.81～0.87と高い決定係数を示したことから，3ヵ所の脂肪厚の測定により，枝肉横断面上の脂肪面積を高い精度で推定する可能性が示された。

**キーワード**：画像解析，皮下脂肪，筋間脂肪，黒毛和種
Key words ：Image analysis, Subcutaneous fat, Intermuscular fat, Japanese Black

## 緒　言

和牛では，これまで脂肪交雑の程度に重点をおいた改良が進められてきたが，最近ではより収益性の高い枝肉の生産が求められる傾向にあり，肉質とともに肉量の点からも改良を行う必要性が指摘されている[1)]。現在の格付基準において，部分肉歩留に影響すると考えられる脂肪の量の評価値は，皮下脂肪厚や筋間脂肪厚のみであり，その測定箇所も1ヵ所だけであることから，牛枝肉の皮下脂肪や筋間脂肪の全体量について十分に評価しきれていない可能性が考えられる。また，皮下脂肪厚の測定方法は，第6～7肋骨間切開面において，腸肋筋側端から枝肉表外側に直角に上げた線上で，広背筋外側から枝肉外側までの長さと規定され，また，筋間脂肪厚については，腸肋筋側端から広背筋内側までの長さと定義されている[2)]。しかし，枝肉外側面が歪んでいたり，凹凸がある場合，測定者間で皮下脂肪厚や筋間脂肪厚の測定値に差が生じる可能性があり，正確で，客観的な脂肪厚の評価を行いにくいことがうかがえる。さらに，筋間脂肪厚は，通常，間接検定等の枝肉調査事業以外では記録として残っていない。

これまでに，Karnuah ら[3)]，撫ら[4)]および長谷川ら[5)]

受付 2005年8月19日　受理 2005年12月28日

により，画像情報を用いて枝肉構成や部分肉歩留を推定する研究が行われ，それらに対して脂肪面積が関係することが報告された。すなわち，横断面の解析により脂肪や筋肉の量などの部分肉歩留を予測できる可能性が示された。本研究は，牛枝肉横断面画像から皮下脂肪や筋間脂肪の実面積を測定し，それら実面積および面積割合を，より的確に予測可能とするための新しく簡易な測定方法を検討することを目的とした。

## 材料および方法

本研究で用いた材料牛は，2002年4月から2003年7月にかけて，㈳家畜改良事業団の肉用牛産肉能力平準化促進事業による間接検定をうけた黒毛和種去勢材料牛404頭である。枝肉左半丸の第6～7肋骨間で切開された枝肉横断面が，口田ら[6]により開発された牛枝肉横断面撮影装置（以下，撮影装置）を用いて撮影された。今回使用した撮影装置は，ドーム部とデジタルカメラ部からなり，ドーム部には1,000個以上の白色発光ダイオードが配置され，また，ドーム部底面が枝肉に接触することから，枝肉横断面に鉛直方向かつ一定距離から撮影でき，枝肉横断面画像（以下，枝肉画像）からロース芯の実面積などを正確に測定することが可能である[6]。しかし，撮影装置の撮影可能な領域は，横30cm×縦20cmとそれほど大きくないため，1つの枝肉に対し複数枚の画像を撮影し，得られた画像を，顕微鏡画像結合ソフト（タイリングブティック，サンヨー社製，大阪）を利用し，1枚に結合した。

脂肪の実面積および面積割合を計測するにあたって，一定の領域で枝肉画像の解析を行う必要があるが，枝肉ごとに切開の程度に差があるために，それぞれの枝肉で撮影領域に差が生じる。そこで，胸椎端部外側から胸椎棘突起までを基準長（100%：図1-X）として，枝肉画像が比較的多く収集可能であった，基準長を1.25倍した範囲までで切り出した。ここで，この条件で切り出された枝肉横断面を，解析対象領域と定義した。解析対象領域に対して，まず汎用の画像処理ソフトウェア（Adobe Photoshop6.0, Adobe Systems Inc., CA, USA）を使用して，脂肪を分離した。図1に解析対象領域における各皮下脂肪ならびに筋間脂肪面積の測定箇所の詳細を示した。脂肪を詳細に解析するため胸最長筋と僧帽筋を結んだ接線（図1-Y）で区分した僧帽筋と広背筋外側の皮下脂肪（以下，皮下脂肪〔僧帽筋〕と皮下脂肪〔広背筋〕：図1-①と②），僧帽筋と広背筋内側の筋間脂肪（以下，筋間脂肪〔僧帽筋〕と筋間脂肪〔広背筋〕：図1-③と④）に分類した。画

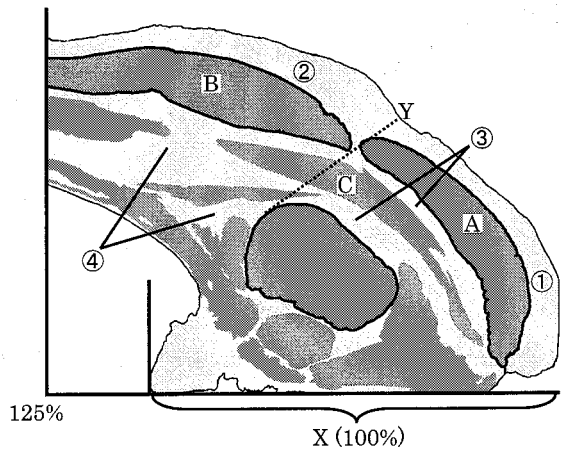



図1 枝肉横断面における解析対象領域，各皮下脂肪および各筋間脂肪面積の測定箇所
A＝僧帽筋；B＝広背筋；C＝菱形筋
①＝皮下脂肪〔僧帽筋〕；②＝皮下脂肪〔広背筋〕；
③＝筋間脂肪〔僧帽筋〕；④＝筋間脂肪〔広背筋〕
X＝胸椎端部の外側から胸椎棘突起までの基準長(100%)
Y＝胸最長筋と僧帽筋を結んだ接線；

像解析により分類した皮下および筋間脂肪の実面積および面積割合を測定した。ここで，面積割合とは解析対象領域に対して各部位の実面積が占める割合である。また，解析対象領域全体の皮下脂肪と筋間脂肪を表すために，皮下脂肪〔僧帽筋〕と皮下脂肪〔広背筋〕の和，ならびに筋間脂肪〔僧帽筋〕と筋間脂肪〔広背筋〕の和をそれぞれ皮下脂肪〔全体〕および筋間脂肪〔全体〕とし，さらに，皮下脂肪〔全体〕と筋間脂肪〔全体〕の和を合計脂肪とした。

次に，定規を利用して確実に測定できる新たな測定部位候補として，図2に示す長さについて検討した。すなわち，胸椎端部外側から胸椎棘突起までの基準長X，胸椎棘突起から基準長Xに対して，垂直な直線(a)，胸椎棘突起から腸肋筋左側端を通る直線(b)，胸最長筋と僧帽筋を結んだ接線(c)，胸椎棘突起から基準長Xに対して，30度の直線(d)の各全長を測定した。また，a，b，cおよびdの各直線における皮下脂肪部に相当する部位をそれぞれa1，b1，c1およびd1，筋間脂肪部に相当する部位をそれぞれa2，b2，c2およびd2として測定した。上記の解析対象領域において測定した13項目を画像解析形質とし，図2に詳細を示した。

現在の格付基準による脂肪の厚さが，どの程度的確に枝肉横断面上の脂肪の実面積および面積割合を推定可能かについて調査するために，格付により測定された皮下脂肪厚および筋間脂肪厚と，画像解析により測定した皮下脂肪面積および筋間脂肪面積との関係を調

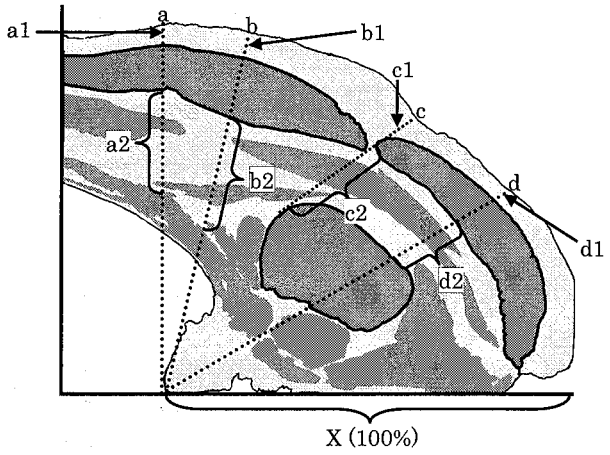



図2 解析対象領域における各皮下脂肪および筋間脂肪厚の測定箇所

X＝胸椎端部の外側から胸椎棘突起までを基準長(100%)
a＝胸椎棘突起から基準長 x に対して，垂直な直線
b＝胸椎棘突起から腸肋筋左側端を通る直線
c＝胸最長筋と僧帽筋を結んだ接線
d＝胸椎棘突起から基準長 X に対して，30 度の直線
a1, b1, c1 および d1＝各直線における皮下脂肪部に相当する部位
a2, b2, c2 および d2＝各直線における筋間脂肪部に相当する部位

査した。続いて，404 頭のデータを無作為にデータセット 1（n＝202）とデータセット 2（n＝202）に分類した。データセット 1 では，各脂肪の実面積と面積割合を推定する式を決定するため，従属変数として，枝肉画像から算出した皮下脂肪面積および筋間脂肪面積を取り上げ，前述した 13 の画像解析形質を独立変数候補とした重回帰分析を行った。統計分析には，SAS[7] の REG プロシージャを用い，変数の選択には最大 $R^2$ 改良法を使用した。また，測定部位の数を実用的な範囲とするために，選択される変数の数を 1～4 変数の間に制限した。データセット 2 は，データセット 1 で推定された重回帰式を用い，各脂肪の実面積と面積割合を推定し，得られた推定値と実測値と比較することで，重回帰式の推定精度を検証した。

## 結果および考察

各データセットの枝肉形質の基礎統計量を表 1 に示した。間接検定材料牛は出荷月齢が一般出荷牛よりも若齢であるため，冷と体重（データセット 1：346.2 kg，データセット 2：350.9kg）などは，日本食肉格付協会[8]が集計した全国平均（437.6kg）と比較して，低い値となった。各データセットの画像解析で得られた皮下脂肪，筋間脂肪および合計脂肪の実面積ならびに面積割合の平均値と標準偏差を表 2 に示した。なお，僧帽筋と広背筋の内側に存在する菱形筋（図 1-C）は，切開の際の包丁の位置や角度によって見え方が大きく変わる可能性があり，僧帽筋および広背筋内側の筋間脂肪の面積に影響を与えることが懸念される。そこで，筋間脂肪については，筋間脂肪に菱形筋を含まない筋間脂肪（以下，筋間脂肪 1）と，筋間脂肪に菱形筋を含む筋間脂肪（以下，筋間脂肪 2）の 2 種類を用いた。また，合計脂肪についても，筋間脂肪 1 を用いる場合（以下，合計脂肪 1）と筋間脂肪 2 を用いる場合（以下，合計脂肪 2）の 2 種類を用いることとした。各データセットの画像解析形質の基礎統計量を表 3 に示した。格付による皮下脂肪厚(データセット 1：2.03cm，データセット 2：2.03cm）と，その測定部位に近い b 1(データセット 1：2.11cm，データセット 2：2.15cm)が，平均値で最も近い値を示し，相関係数は，最も高い値（データセット 1：0.88，データセット 2：0.91）を示した。また，筋間脂肪部においては，格付による筋間脂肪厚の測定部位に近い b 2 が，最も高い相関係数（データセット 1：0.89，データセット 2：0.89）を示した（相関係数は，表には示していない）。

まず，従来の格付員による皮下脂肪厚および筋間脂肪厚によって，皮下脂肪，筋間脂肪および合計脂肪の実面積ならびに面積割合がどの程度推定しているかを表 4 に示した。推定の際の説明変数として，皮下脂肪面積の推定においては皮下脂肪厚を，筋間脂肪面積の

表 1．各データセットの枝肉形質の基礎統計量

| | データセット 1（n＝202） | | | | データセット 2（n＝202） | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 枝肉形質 | 平均値 | 標準偏差 | 最小値 | 最大値 | 平均値 | 標準偏差 | 最小値 | 最大値 |
| 冷と体重（kg） | 346.2 | 38.9 | 244.0 | 491.0 | 350.9 | 36.4 | 271.0 | 456.0 |
| ロース芯面積（cm²） | 46.8 | 5.6 | 31.0 | 63.0 | 47.4 | 6.3 | 32.0 | 64.0 |
| ばらの厚さ（cm） | 6.20 | 0.71 | 4.80 | 8.20 | 6.30 | 0.73 | 4.30 | 8.60 |
| 皮下脂肪厚（cm） | 2.03 | 0.52 | 0.90 | 4.30 | 2.03 | 0.56 | 1.00 | 4.00 |
| 筋間脂肪厚（cm） | 6.14 | 0.80 | 4.00 | 8.50 | 6.24 | 0.80 | 3.90 | 8.60 |
| 歩留基準値 | 73.48 | 0.92 | 70.30 | 75.60 | 73.56 | 1.03 | 70.99 | 76.48 |

表2　各データセットの画像解析で得られた皮下脂肪，筋間脂肪および合計脂肪の実面積ならびに面積割合の基礎統計量

| 脂肪形質[b] | データセット1（n=202） | | データセット2（n=202） | |
|---|---|---|---|---|
| | 実面積（㎠）<br>平均値（標準偏差） | 面積割合（%）[a]<br>平均値（標準偏差） | 実面積（㎠）<br>平均値（標準偏差） | 面積割合（%）[a]<br>平均値（標準偏差） |
| 解析対象領域 | 435.38（50.17） | 100.00（0.00） | 437.78（45.46） | 100.00（0.00） |
| 皮下脂肪〔僧帽筋〕 | 19.82（ 5.27） | 4.55（1.08） | 20.18（ 5.35） | 4.60（1.11） |
| 皮下脂肪〔広背筋〕 | 41.42（10.77） | 9.47（2.04） | 42.32（11.51） | 9.60（2.10） |
| 皮下脂肪〔全体〕 | 61.24（14.88） | 14.02（2.81） | 62.50（15.49） | 14.20（2.84） |
| 筋間脂肪1〔僧帽筋〕[c] | 32.89（ 6.59） | 7.53（1.08） | 33.19（ 6.27） | 7.56（1.09） |
| 筋間脂肪1〔広背筋〕[c] | 52.88（11.55） | 12.07（1.73） | 53.90（ 9.59） | 12.26（1.46） |
| 筋間脂肪1〔全体〕[c] | 85.77（17.17） | 19.60（2.48） | 87.09（14.85） | 19.82（2.22） |
| 筋間脂肪2〔僧帽筋〕[d] | 46.21（ 8.60） | 10.61（1.53） | 45.39（ 8.75） | 10.35（1.61） |
| 筋間脂肪2〔広背筋〕[d] | 59.70（11.48） | 13.66（1.64） | 60.13（ 9.67） | 13.70（1.38） |
| 筋間脂肪2〔全体〕[d] | 105.92（18.32） | 24.27（2.61） | 105.52（16.81） | 24.05（2.50） |
| 合計脂肪1[c] | 147.02（27.19） | 33.62（3.71） | 149.58（26.44） | 34.03（3.89） |
| 合計脂肪2[d] | 167.16（27.50） | 38.29（3.49） | 168.02（27.30） | 38.25（3.76） |

[a]：解析対象領域に対して各部位の実面積が占める割合　[b]：脂肪の名前の略語は図1を参照.
[c]：菱形筋を筋間脂肪として含めない　[d]：菱形筋を筋間脂肪として含む

表3　枝肉画像から得られた画像解析形質の各データセットにおける基礎統計量

| 形質[a] | データセット1（n=202） | | | | データセット2（n=202） | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平均値 | 標準偏差 | 最小値 | 最大値 | 平均値 | 標準偏差 | 最小値 | 最大値 |
| X　(cm) | 24.04 | 1.18 | 21.63 | 27.55 | 24.01 | 1.06 | 20.52 | 26.47 |
| a　(cm) | 20.70 | 1.44 | 16.60 | 25.07 | 20.71 | 1.29 | 17.27 | 23.53 |
| a 1 (cm) | 1.44 | 0.48 | 0.63 | 3.40 | 1.40 | 0.47 | 0.47 | 3.15 |
| a 2 (cm) | 4.60 | 0.74 | 3.22 | 6.80 | 4.58 | 0.71 | 2.78 | 6.53 |
| b　(cm) | 21.27 | 1.55 | 16.97 | 25.80 | 21.43 | 1.43 | 17.28 | 24.65 |
| b 1 (cm) | 2.11 | 0.56 | 0.84 | 4.33 | 2.15 | 0.60 | 0.86 | 3.81 |
| b 2 (cm) | 5.91 | 0.78 | 3.94 | 8.09 | 5.97 | 0.79 | 3.46 | 8.02 |
| c　(cm) | 8.11 | 0.89 | 5.39 | 10.36 | 8.16 | 0.96 | 4.60 | 10.55 |
| c 1 (cm) | 1.89 | 0.56 | 0.42 | 4.03 | 1.95 | 0.57 | 0.70 | 3.67 |
| c 2 (cm) | 6.22 | 0.74 | 4.12 | 8.56 | 6.21 | 0.74 | 3.45 | 7.61 |
| d　(cm) | 23.12 | 1.38 | 19.43 | 26.37 | 23.26 | 1.22 | 20.00 | 26.56 |
| d 1 (cm) | 0.98 | 0.27 | 0.37 | 2.10 | 0.99 | 0.25 | 0.50 | 1.76 |
| d 2 (cm) | 3.50 | 0.58 | 1.78 | 5.17 | 3.50 | 0.59 | 1.70 | 5.29 |

[a]：各画像解析形質の詳細は，図2を参照

推定においては筋間脂肪厚のみを用い，合計脂肪面積の推定については，皮下脂肪厚と筋間脂肪厚を用いた。実面積において全体的に0.6程度の決定係数（0.34～0.66），面積割合においては皮下脂肪を除き低い決定係数（0.04～0.44）を示した。

画像解析形質から，最大$R^2$改良法による（重）回帰分析によって選ばれた変数と，それに伴う決定係数を，選択された変数の数（1～4変数）ごとに表5および表6に示した。従来の格付基準による皮下脂肪厚と筋間脂肪厚を用い，皮下脂肪面積ならびに筋間脂肪面積を推定した結果（表4）に比べ，画像解析形質のうち1変数を用いた皮下脂肪面積ならびに筋間脂肪面積を推定した結果の方が，全体的に高い決定係数（実面積：0.52～0.80，面積割合：0.22～0.75）を示した。すなわち，脂肪厚について1ヵ所のみを測定して枝肉横断面上の脂肪の実面積および面積割合を評価する場合，今回選ばれた測定部位を使用するほうが，従来の測定方法より予測精度が高いことが示唆された。

実面積（表5）において，皮下脂肪の決定係数は，皮下脂肪〔僧帽筋〕（0.52～0.76）が，最も低い値とな

表4 格付員による皮下脂肪厚および筋間脂肪厚を用いて推定された各脂肪形質の実面積と面積割合の決定係数

| 脂肪形質[a] | 実面積 | 面積割合 |
|---|---|---|
| 皮下脂肪〔僧帽筋〕 | 0.35 | 0.27 |
| 皮下脂肪〔広背筋〕 | 0.66 | 0.67 |
| 皮下脂肪〔全体〕 | 0.64 | 0.62 |
| 筋間脂肪1〔僧帽筋〕 | 0.45 | 0.14 |
| 筋間脂肪1〔広背筋〕 | 0.63 | 0.40 |
| 筋間脂肪1〔全体〕 | 0.63 | 0.37 |
| 筋間脂肪2〔僧帽筋〕 | 0.34 | 0.04 |
| 筋間脂肪2〔広背筋〕 | 0.64 | 0.35 |
| 筋間脂肪2〔全体〕 | 0.60 | 0.23 |
| 合計脂肪1 | 0.63 | 0.44 |
| 合計脂肪2 | 0.63 | 0.37 |

a：各脂肪形質の詳細は図1および表1を参照

り，皮下脂肪〔広背筋〕(0.80～0.90) ならびに皮下脂肪〔全体〕(0.76～0.90) において高い値を示した。また，選択される変数を3変数に制限した場合と，選択される変数を4変数に制限した場合において，各皮下脂肪推定の決定係数はわずかにしか増加しなかった。さらに，3変数を用いた皮下脂肪〔全体〕の実面積における決定係数は0.89と高い値を示したことから，皮下脂肪の実面積を予測する場合，3ヵ所の測定値を用いることで十分な精度が確保されると考えられた。すなわち，枝肉横断面上の皮下脂肪の実面積を推定する場合，b1，cおよびd1を測定することで，高い推定精度が期待できる。筋間脂肪の実面積の決定係数は，菱形筋を筋間脂肪として扱わない筋間脂肪1において，筋間脂肪1〔僧帽筋〕で0.53～0.65，筋間脂肪1〔広背筋〕で0.74～0.78および筋間脂肪1〔全体〕で0.73～

表5 画像解析形質を用いて各脂肪形質の実面積を推定したときの決定係数（選択された変数）

| | 決定係数（選択された変数[b]） | | | |
|---|---|---|---|---|
| 脂肪形質[a] | 1変数モデル | 2変数モデル | 3変数モデル | 4変数モデル |
| 皮下脂肪〔僧帽筋〕 | 0.52 (d1) | 0.64 (c, d1) | 0.72 (c1, d1, X) | 0.76 (a1, c1, d1, X) |
| 皮下脂肪〔広背筋〕 | 0.80 (b1) | 0.88 (b1, c) | 0.89 (a1, b1, c) | 0.90 (a1, b1, c, X) |
| 皮下脂肪〔全体〕 | 0.76 (b1) | 0.85 (b1, c) | 0.89 (b1, c, d1) | 0.90 (b1, c, d1, X) |
| 筋間脂肪1〔僧帽筋〕 | 0.53 (b2) | 0.59 (b2, d2) | 0.64 (b2, d, d2) | 0.65 (b1, b2, d, d2) |
| 筋間脂肪1〔広背筋〕 | 0.74 (b2) | 0.77 (a, b2) | 0.77 (a2, b2, d) | 0.78 (a1, a2, b, b2) |
| 筋間脂肪1〔全体〕 | 0.73 (b2) | 0.77 (a, b2) | 0.78 (a2, b2, d) | 0.79 (a2, b2, d, d2) |
| 筋間脂肪2〔僧帽筋〕 | 0.60 (d2) | 0.70 (a2, d2) | 0.75 (a2, d2, X) | 0.76 (a2, c2, d2, X) |
| 筋間脂肪2〔広背筋〕 | 0.78 (b2) | 0.81 (b2, X) | 0.83 (a2, b2, X) | 0.84 (a, a2, b2, X) |
| 筋間脂肪2〔全体〕 | 0.75 (b2) | 0.81 (b2, d2) | 0.85 (a2, d2, X) | 0.88 (a2, b2, d2, X) |
| 合計脂肪1 | 0.65 (b) | 0.80 (b1, b2) | 0.83 (b1, b2, d) | 0.85 (a, b1, b2, c) |
| 合計脂肪2 | 0.67 (b) | 0.76 (a, c) | 0.87 (a2, b1, X) | 0.89 (a2, b1, c, X) |

a：各脂肪形質の詳細は図1および表1を参照　　b：各画像解析形質の詳細は，図2を参照

表6 画像解析形質を用いて予測された各脂肪形質の面積割合の決定係数（選択された変数）

| | 決定係数（選択された変数[b]） | | | |
|---|---|---|---|---|
| 脂肪形質[a] | 1変数モデル | 2変数モデル | 3変数モデル | 4変数モデル |
| 皮下脂肪〔僧帽筋〕 | 0.53 (d1) | 0.61 (c1, d1) | 0.66 (c1, d, d1) | 0.71 (c1, d, d1, X) |
| 皮下脂肪〔広背筋〕 | 0.75 (b1) | 0.80 (a1, b1) | 0.83 (a, a1, b1) | 0.86 (a, a1, b1, c1) |
| 皮下脂肪〔全体〕 | 0.69 (b1) | 0.78 (b1, d1) | 0.83 (b1, d, d1) | 0.88 (b1, c1, d, d1) |
| 筋間脂肪1〔僧帽筋〕 | 0.22 (d2) | 0.26 (a2, d2) | 0.28 (b, b2, d2) | 0.30 (a, b, b2, d2) |
| 筋間脂肪1〔広背筋〕 | 0.45 (b2) | 0.49 (b2, X) | 0.51 (b2, c, X) | 0.53 (a1, b2, c2, X) |
| 筋間脂肪1〔全体〕 | 0.41 (b2) | 0.45 (b, b2) | 0.47 (a2, b, b2) | 0.47 (a2, b, b2, c) |
| 筋間脂肪2〔僧帽筋〕 | 0.38 (d2) | 0.48 (d, d2) | 0.53 (a2, d, d2) | 0.54 (a2, c1, d, d2) |
| 筋間脂肪2〔広背筋〕 | 0.43 (a2) | 0.48 (a1, a2) | 0.57 (a2, b, b2) | 0.59 (a2, b, b2, c) |
| 筋間脂肪2〔全体〕 | 0.40 (a2) | 0.49 (a2, d2) | 0.58 (a2, d, d2) | 0.61 (a1, a2, d, d2) |
| 合計脂肪1 | 0.45 (b1) | 0.54 (a2, b1) | 0.61 (a2, b1, d1) | 0.66 (b, b1, b2, d1) |
| 合計脂肪2 | 0.37 (b1) | 0.51 (a2, b1) | 0.61 (a2, b1, d) | 0.66 (a2, b1, d, d2) |

a：各脂肪形質の詳細は図1および表1を参照　　b：各画像解析形質の詳細は，図2を参照

0.79と全体的に皮下脂肪より低い決定係数となった。今回測定した筋間脂肪部において菱形筋が存在し，この筋肉は，切開の際の包丁の位置や角度によって見え方が大きく変わる可能性があり，このことが推定精度が高くならなかった原因と推察した。そこで，菱形筋を筋間脂肪として扱った時の各筋間脂肪2について推定したところ，その決定係数は，筋間脂肪2〔僧帽筋〕で0.60～0.76，筋間脂肪2〔広背筋〕で0.78～0.84，筋間脂肪2〔全体〕で0.75～0.88となり，菱形筋を筋間脂肪として扱わない場合に比べ，決定係数が高い値となった。菱形筋は横断面での表れ方が大きく変化し，不安定であるため，筋間脂肪の実面積を推定する上で，菱形筋を筋間脂肪の領域として扱った筋間脂肪2を用いるべきであると考えられる。また，皮下脂肪の場合と同様に，選択される変数を3変数に制限した場合と4変数に制限した場合において，決定係数はわずかにしか増加しなかった。3変数を用いた筋間脂肪2〔全体〕における決定係数は0.85と高い値を示したことから，3ヵ所の測定値を用いることで，十分に筋間脂肪の実面積を推定可能であると考えられた。したがって，枝肉横断面上の筋間脂肪の実面積を推定する場合，a2，d2およびXを測定することで，高い推定精度が期待できる。皮下脂肪と筋間脂肪を合わせた合計脂肪の決定係数は，筋間脂肪1を用いた場合の合計脂肪1で0.65～0.85，筋間脂肪2を用いた場合の合計脂肪2で0.67～0.89となり，筋間脂肪2を用いた方が，若干，決定係数が増加した。筋間脂肪と同様に，合計脂肪においても菱形筋を筋間脂肪として扱う合計脂肪2を，実面積の推定に用いるべきであると考えられる。また，合計脂肪においても，3変数を用いた場合と4変数を用いた場合において決定係数がわずかにしか増加せず，3変数を用いた合計脂肪2の決定係数が0.87と高い値を示したことから，3ヵ所の測定値を用いることで十分に枝肉横断面全体の脂肪の実面積を推定可能であると考えられる。したがって，枝肉横断面上の全体的な脂肪の実面積を推定する場合，a2，b1およびXを測定することで，高い推定精度が期待できる。

面積割合（表6）において，各皮下脂肪の決定係数は，皮下脂肪〔僧帽筋〕で0.53～0.71，皮下脂肪〔広背筋〕で0.75～0.86および皮下脂肪〔全体〕で0.69～0.88となり，実面積と比較して決定係数は低下したが，皮下脂肪〔広背筋〕において2変数以上，皮下脂肪〔全体〕おいて3変数以上を用いた場合，0.80以上の高い決定係数を示した。また，実面積の時と同様に3変数を用いた場合と4変数を用いた場合において決定係数がわずかにしか増加しないことから，3ヵ所の測定値を用いることで，十分に皮下脂肪の面積割合を推定可能であると考えられた。すなわち，枝肉横断面上の皮下脂肪の面積割合を推定する場合，b1，dおよびd1を測定することで,高い推定精度が期待できる。しかしながら，菱形筋を筋間脂肪として扱わない筋間脂肪1の決定係数は，0.22～0.53と低い値となり，菱形筋を筋間脂肪として扱った場合の筋間脂肪2の決定係数はそれぞれ0.38～0.61と筋間脂肪1と比較して若干増加した。また，各合計脂肪の決定係数においても，筋間脂肪1を用いた場合の合計脂肪1と筋間脂肪2を用いた場合の合計脂肪2において，それぞれ低い値（合計脂肪1：0.45～0.66，合計脂肪2：0.37～0.66）となった。面積割合は枝肉横断面に対する実面積の割合なので，長さの実測値のみでは推定困難であることが予想される。そこで，測定部位の実測値とともに，各直線の皮下脂肪部あるいは筋間脂肪部を各直線の全長で除した補正値（例えば，a1の補正値＝a1/a）を用いた場合，各皮下脂肪，筋間脂肪および合計脂肪の面積割合において，実測値のみを用いた場合と比較して，決定係数に若干の増加が見られるものもあったが，ほとんど差がなかった（表には示していない）。

データセット1で決定係数が高かった,皮下脂肪〔全体〕，筋間脂肪2〔全体〕，および合計脂肪2の実面積および皮下脂肪〔全体〕の面積割合について，推定された3変数による重回帰式を用いて，データセット2のそれらの値を推定し，その決定係数を算出したところ，皮下脂肪〔全体〕の実面積において，0.87と高い決定係数を示し，また，面積割合においても0.87と高い値を示した。菱形筋を筋間脂肪に含めた筋間脂肪2〔全体〕の実面積の決定係数は，皮下脂肪〔全体〕より低いものの0.81と比較的高い値を示し，さらに，合計脂肪2の実面積の決定係数も0.85と高い値を示した。したがって，データセット1で推定された3変数による重回帰式は，高い推定精度で，枝肉横断面上の全体的な脂肪の実面積および面積割合を推定可能であることが示唆された。以下に，推定に使用した重回帰式を示す。

実面積：

1)皮下脂肪〔全体〕＝
$-28.716+16.153\times b1+5.4356\times c+12.089\times d1$

2)筋間脂肪2〔全体〕＝
$-125.67+13.409\times a2+7.9916\times d2+5.9077\times x$

3)合計脂肪2＝

−182.56＋17.664×a2＋23.281×b1＋ 9.1272×x

面積割合：

1)皮下脂肪〔全体〕＝

14.278＋3.6089×b1−0.4958×d＋3.6790×d1

Karnuah ら[3]，撫ら[4]および長谷川ら[5]により，部分肉歩留に脂肪面積が関係することが報告された。したがって，脂肪面積は部分肉歩留を推定する上で重要な値であると考えられる。しかしながら，枝肉横断面上の皮下脂肪，筋間脂肪または全体的な脂肪の面積の測定は，鉛直方向からの画像を撮影しなければならないなど,一般の流通段階においては,比較的困難である。本研究で実施した方法により，枝肉横断面上の全体的な脂肪面積に相当する合計脂肪2の実面積が高い推定精度を示したことから，枝肉横断面上の脂肪面積の推定は可能であると考えられる。また，推定式に用いられた測定部位は，胸椎端部の外側から胸椎棘突起までの基準長（X)，胸椎棘突起から基準長Xに対して，垂直な直線（a）の筋間脂肪部（a2）および胸椎棘突起から腸肋筋左側端を通る直線（b）の皮下脂肪部（b1）であり，個人による測定部位の違いがあまり発生せず，定規による測定が比較的容易であると考えられる。今後，本研究で推定された脂肪の実面積や面積割合などが，どの程度実際の脂肪量について説明可能かを調査する必要がある。しかしながら，本研究で推定された重回帰式による枝肉横断面上の脂肪の実面積および面積割合の推定が，実際の格付や肥育試験などの現場において応用されることも期待できる。

## 謝　辞

枝肉横断面の撮影に協力していただいたホクレン農業協同組合連合会，北海道畜産公社十勝事業所の関係各位に深謝する。本研究は，文部科学省「21世紀COEプログラム」補助金（A-1），岩手大学21世紀COEプログラムの支援を得て行われたものであり，ここに感謝の意を表する。

## 参考文献

1）㈳日本食肉格付協会，平成14年格付結果の概要．8-9．日本食肉格付協会．東京．2003.

2）㈳日本食肉格付協会，牛・豚枝肉，牛・豚部分肉取引規格解説書．8-9．日本食肉格付協会．東京．1988.

3）Karnuah AB, Moriya K, Nakanishi N, Nade T, Mitsuhashi T, Sasaki Y. Journal of Animal Science, 79 : 2851-2856. 2001.

4）撫 年浩，アーサー ボブ カヌーア，増田恭久，平原さつき，藤田和久．日本畜産学会報，72 : J313-J320. 2001.

5）長谷川未央，口田圭吾，齋藤邦彦，熊谷周一郎，小西一之，撫 年浩．日本畜産学会報，75 : 213-220. 2004.

6）口田圭吾，鈴木三義，三好俊三．日本畜産学会報，72 : J 224-J 231. 2001.

7）SAS Institute Inc, SAS User's guide : Statistics. Ver 5 ed. 433-506. SAS Institute Inc. Cary, NC. 1985.

8）㈳日本食肉格付協会，平成15年格付結果の概要．12-18．日本食肉格付協会．東京．2004.