

新たな流通戦略を目指した肉用牛の品質評価システムの開発

— 画像解析による牛枝肉評価 —

新居 康生, 岡久 靖司, 林 和徳

要 約

画像解析ソフトを用い、牛枝肉の客観的評価手法について検討した。撮影機材はドーム型撮影装置、デジタルカメラとし、採取した格付面のロース芯画像についてロース芯面積、ロース芯内脂肪率、脂肪粒子の粗さ値と、格付値である牛脂肪交雑基準 (BMS)No. との関連性について調査を行った。結果、重回帰分析により推定された BMSNo. と格付値には高い相関 ($r=0.86$, $p<0.01$) が認められ、画像解析ソフトによる枝肉の客観的評価の可能性が示唆された。また格付面の切開幅が狭い枝肉を想定し、カラーイメージスキャナーにより画像の取り込みについて検討を行った結果、ドーム型撮影装置、デジタルカメラにより求めたロース芯内脂肪率との相関はそれぞれ 0.97, 0.95 であり、スキャナーでの取り込みが可能であると思われた。平成 13 年度から 3 年に四国地区で格付された格付値と画像解析による脂肪率を比較した結果、実際の格付値とスタンダードの間にはかなり大きな格差や年度による変動が認められ、BMSNo. の判定は、ロース芯内に占める脂肪交雑粒子の面積比のみではなく、脂肪粒子の粗さ (いわゆる大ザシ, 小ザシ)、市場相場等総合的に判断しているものと思われた。

目 的

牛枝肉の格付は、1988 年に牛脂肪交雑基準、牛肉色基準 (以下、BCS) 等のスタンダードを用いる方法に改正され、これにより旧規格に比較すると客観性の向上が図られた。しかし、BMSNo. の判定はロース芯内に占める脂肪交雑粒子の面積比のみでなく、脂肪交雑粒子の粗さ (いわゆる「大ザシ」, 「小ザシ」) や形状等を総合的に絡めて判断しており、格付員により若干の数値の違いが認められることも否めない。口田ら¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾は牛枝肉横断面撮影装置で得られた画像から画像解析によるロース芯断面に占める脂肪交雑粒子の面積比、脂肪交雑粒子それぞれの面積及び形状を数値化するソフトを開発し、BMSNo., BCSNo. の推定を行うとともに育種改良への応用も試みている。また、米丸⁷⁾はデジタルカメラで撮影したカット牛肉を画像解析により脂肪割合の推定が正しく評価できることを報告している。

今回、口田が開発した画像解析ソフト Marbling, Ribeye 及び汎用画像解析ソフトを用い、四国内食肉処理場で採取した画像データについて解析を行い、枝肉格付値との関連について解析を行うとともに牛枝肉の客観的評価手法について検討を行った。

材料及び方法

四国内食肉処理場で採取した枝肉画像を供試サンプルとした。撮影機材はドーム型撮影装置とし、徳島県についてはデジタルカメラ (Nikon coolpix950) も併せて使用した。供試ソフトは口田の作成したロース芯画像抽出ソフト (Ribeye)、脂肪交雑評価用ソフト (Marbling)、ロース芯の面積測定は Winroof (株三谷商事)、脂肪交雑粒子の粗さ判定には Popimaging (有)デジタル・ピーング・キッズ) を使用した。なお、一般的画像処理は Photoshop (adobe 社) を用いた。

1) ロース芯断面撮影条件の検討

ドーム型撮影装置については口田ら⁴⁾の方法に準じた(写真1)。徳島で使用したデジタルカメラについては撮影対象となる枝肉サンプルの両サイドに蛍光灯(6W)を置き、ロース芯断面にほぼ均一に光が照射されるよう配置した。明るさは照度計(株カスタム LX-1330)を用い、ロース芯断面上下左右の4部位で計測した。光の反射のない画像を得るため、デジタルカメラには、偏光フィルターを装着するとともにストロボは使用せず、撮影直前にキムワイプ等でロース芯表面の水分を拭き取った。距離は直角定規を用い、ほぼ35cmの距離とし、ロース芯断面に対し、90度の角度で撮影するようにした。なお撮影時にはロース芯横にスケールを置き、ロース芯面積の計測用とした(写真2,3)。デジタルカメラの設定は、NORMALモード(72pixels/inch)のフルサイズ(1600×1200

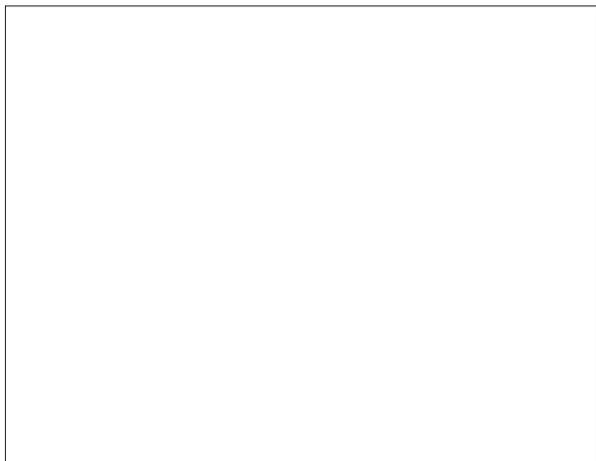


写真1 ドーム型撮影装置

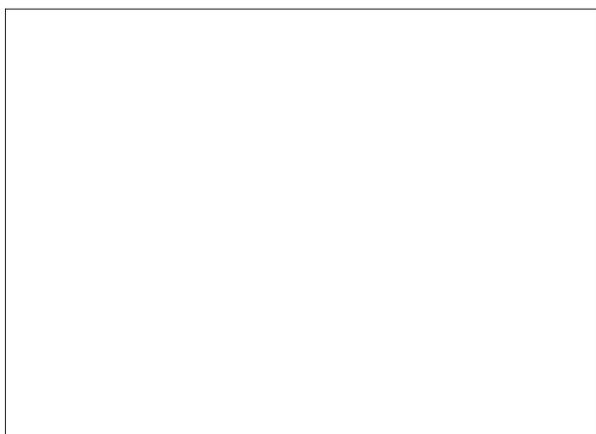


写真2 デジタルカメラでの撮影

ピクセル)とし、Photoshopで読み込んだ画像は709×531pixelsの大きさに縮小後処理を行った。撮影条件の要因の一つである明るさの影響を調べるため、両サイドの蛍光灯の距離を変え、80, 100, 120, 150, 200ルクスの条件下で撮影を行い、脂肪割合値をそれぞれ算出した。

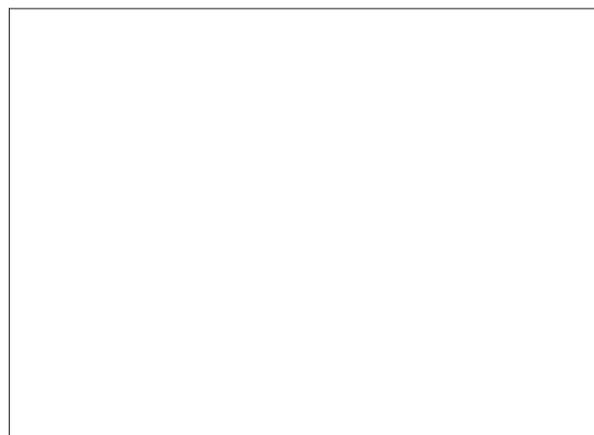


写真3 デジタルカメラでの撮影

2) 脂肪交雑評価用ソフト(Marbling)の精度確認

撮影した画像はRibeyeによりロース芯の抽出を行い(図1,2)、Marbling(図3)でロース芯内の脂肪率を算出した。Marblingの精度を確認するため、口田ら¹⁾の方法によりデジタルカメラで撮影した画像をカラープリンター(ヒューレットパッカード DeskJet815C)にて印刷し、ロース芯とそれを囲む脂肪の境界部分で切り取り、ロース芯の紙片の重量の計測を行い、脂肪交雑粒子の面積比を求めた後、Marblingによる解析結果との比較を行った。なお、Marblingの環境設定はロース芯抽出閾値範囲:0~255, 最小粒子画素数:10, 閾

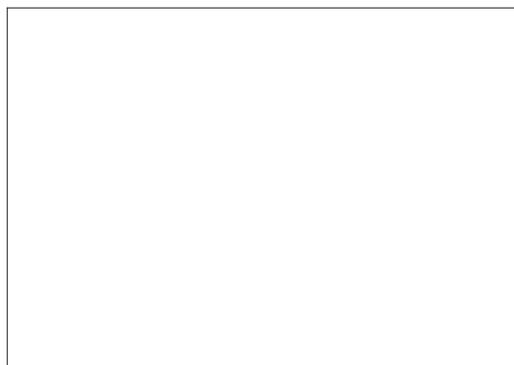


図1. Ribeyeによるロース芯抽出処理1

値微調整：0で、撮影条件を一定にしたことに併せ、固定化した。

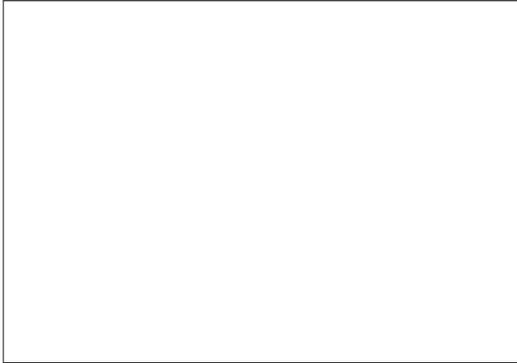


図2 Ribeyeによるロース芯抽出処理2

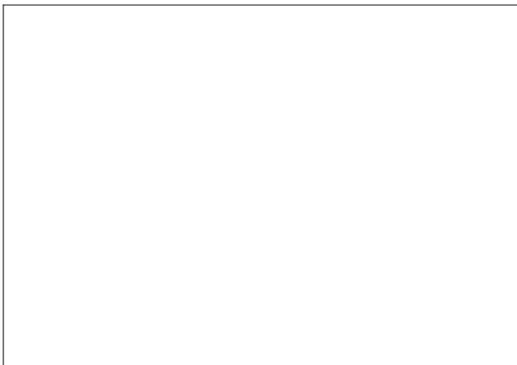


図3 Marblingによるロース芯内脂肪率の算出

3) 成分分析（エーテル抽出法）及び Marbling によるロース芯内脂肪率の比較

Marblingにより算出したロース芯内脂肪率（粒子面積：全体）とエーテル抽出法により求めた成分値の比較により画像解析法の精度確認を行った。

4) 格付値（BMSNo.）と脂肪粒子面積によるロース芯内脂肪率の関係

Marblingでは脂肪粒子の大きさ毎にそれぞれ脂肪率が算出されるが、各値と格付値（BMSNo.）との関係について検討を行った。

5) ロース芯面積の測定

デジタルカメラによる撮影時、ロース芯横のスケールを基準値とし、Winroofにてロース芯面積を計測し、格付値との比較を行った（図4）。

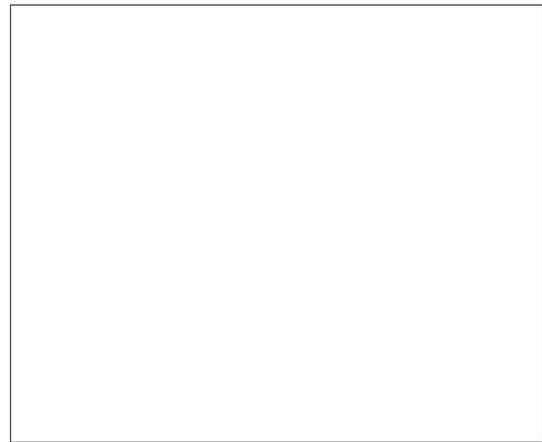


図4 ロース芯面積の測定（Winroof）

6) ロース芯内脂肪交雑粒子の粗さの数値化

BMSNo.の判定はロース芯内に占める脂肪交雑粒子の面積比だけでなく、脂肪交雑粒子の粗さや形状等を総合的に絡めて判断しているが、現在の枝肉取引規格には脂肪交雑粒子の粗さに係る基準は設けられていない。そこで脂肪交雑粒子の粗さを数値化し、その程度を客観的に評価する手法について検討を行った。まず Ribeye でロース芯を抽出処理したファイルを Photoshop で読み込み、ロース芯部分を自動選択ツールにより選択・コピー後、600×600ピクセル（ドーム型撮影装置による画像については709×709ピクセル）の新規ファイルに貼り付け、ファイル保存した。なお、新規ファイルの背景色はロース筋肉色の色合いよりもやや暗い暗赤色とした。保存ファイルは Popimaging において2値化処理を行い（動的閾値決定方法は部分画像分割法により緑色で実施）、白黒反転した。この画像について順次、膨張処理を実施し、画像が完全に消失したときの処理回数を計測した。脂肪交雑粒子が粗いほど処理回数は多くなり、ロース芯面積を処理回数で除した値を脂肪交雑粒子の粗さ値（膨張係数）とした（図5）。

なお、本処理は当初、Winroofで実施していたが、2値化を Photoshop で前処理として実施する際、単一の閾値での肉眼による判断となるため Popimaging の動的閾値決定方法を利用することとした。



図5 脂肪交雑粒子の粗さ測定

7) 格付値 (BMSNo.) と重回帰式により推定した BMSNo. の比較

徳島県内食肉処理場においてデジタルカメラにより採取した画像について4), 5) で求めたロース芯面積, 脂肪交雑粒子の粗さ値及びロース芯内脂肪率を独立変数とし, 格付員により判断されたBMSNo. を従属変数とし重回帰分析を行った。

8) カラーイメージスキャナーによるロース芯断面の画像取り込み

牛枝肉は流通上の理由から, 業者によって第6～7肋骨間の胸椎部分を切断しなかったり, 仮に切断したとしても切開面が極めて浅い場合が見受けられる。四国内においても高知では全頭, 完全切開の形態をとるが, 徳島では僅か1業者のみにとどまっている。愛媛の処理業者では, その切開幅は約20cm程度であり, 撮影については通常の鉛直方向からではなく, 斜めからの撮影となる(写真4)。今回, 完全切開した枝肉断面の鉛直方向での撮影が可能な検体についてデジタルカメラによる撮影と併せて, 愛媛のような枝肉を想定し, カラーイメージスキャナー(写真5, 表1)での画像の取り込みが可能かどうか検討を行った(図6)。画像を取り込む際, 透明シートを格付面に貼り付け, 十分, 密着させた後, スキャンを行い, シートは使い捨てとした。

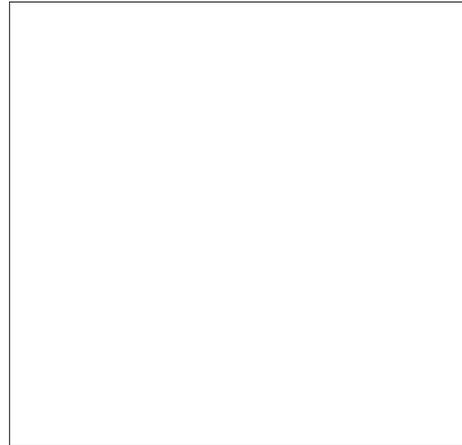


写真4 浅い枝肉切開面

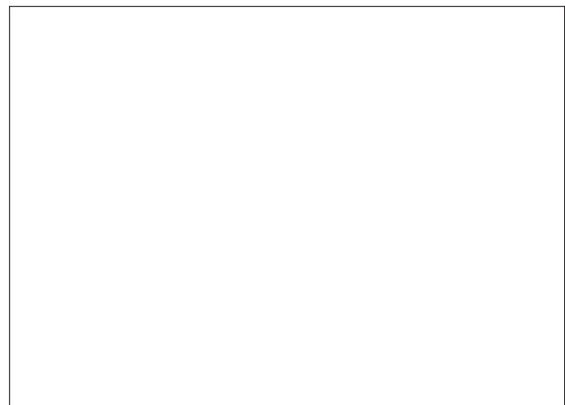


写真5 カラーイメージスキャナー (NEC MR800U3)

表1 カラーイメージスキャナー仕様

機種	: NEC MR800U3
サイズ (L, D, H) mm	: 136×213×30
解像度	: 100～600dpi
読みとり方式	: CIS
環境設定	
使用解像度	: 150dpi
読みとり対象	: 高画質カラー画像
Bright	: 6
Contrast	: 5



図6 カラーイメージスキャナーによる
ロース芯断面の取り込み

9) ロース芯内脂肪率による撮影装置の比較（デジタルカメラ，ドーム型撮影装置，カラーイメージスキャナー）

同一検体についてそれぞれ算出したロース芯内脂肪率により今回，用いた撮影装置の比較を行った。

10) 四国内格付成績のBMSNo. と画像解析による脂肪率の年度推移

四国内で格付された455検体について画像解析により算出したロース芯内脂肪率と格付員により判定されたBMSNo. との関係について検討を行った。

結果及び考察

1) ロース芯断面撮影条件の検討

撮影時の明るさの違いによる脂肪交雑粒子の解析結果を表2に示す。いずれの明るさにおいても解析値に大きな違いはなく，誤差の範囲内と思われた。撮影時に問題となりうる光の反射及び光ムラのうち，前者は偏光フィルター，キムワイプ等による水分の拭き取りで対処できるが，後者については，左右からの光源だけでは不完全であり，ドーム型撮影装置のように外部からの光を遮断し，均一に照射できるタイプのものが有効であると思われた。しかし，焦点が定まっていれば光ムラを最小限に抑えることで十分，脂肪率算定用の供試サンプル画像としての利用は可能であると考えられた。

表2 撮影時の明るさの違いが画像解析値に及ぼす影響
(単位：%)

ルクス 粒子面積	80	100	120	150	200	最大一 最小値
全ての粒子面積	44.03	43.99	43.79	44.39	44.92	1.13
粒子面積が 0.01 cm ² 以上	43.34	43.24	43.18	43.72	44.27	1.09
〃 0.02 cm ² 以上	42.22	42.20	41.93	43.04	43.20	1.27
〃 0.05 cm ² 以上	40.68	40.40	40.54	41.65	41.62	1.25
〃 0.1 cm ² 以上	39.86	39.55	39.26	41.03	41.05	1.79
〃 0.2 cm ² 以上	38.86	38.20	37.71	39.17	39.61	1.90
〃 0.5 cm ² 以上	36.22	36.07	35.51	36.60	38.24	2.73
〃 1 cm ² 以上	36.22	35.02	35.51	36.60	36.46	1.58

2) 脂肪交雑評価用ソフト(Marbling)の精度確認

表3に脂肪交雑部分の紙片重量法により算出した脂肪割合と画像解析により算出した脂肪割合を示す。BMSNo. 2から10までのサンプル9検体について調べた結果，サンプルNo. 3 (BMSNo. 4) で2.17%の違いを認めましたが，全検体の平均では0.8%となり，画像解析による脂肪交雑粒子割合の算出が口田³⁾の報告同様，正確であることが示された。

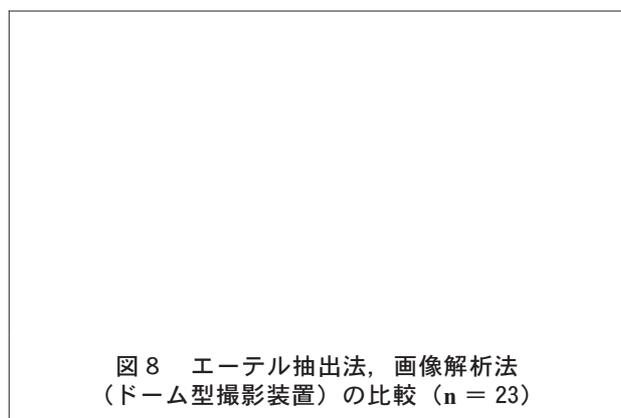
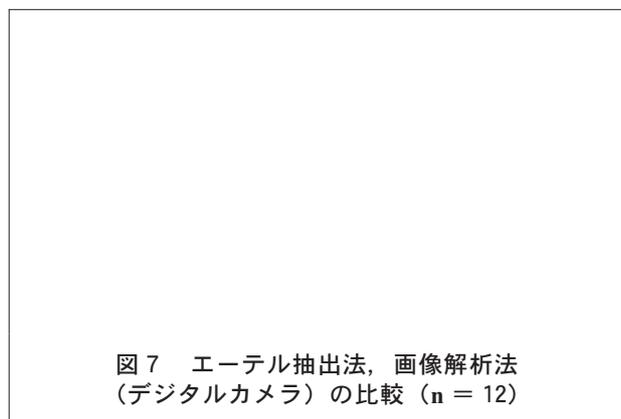
表3 紙片重量法及び画像解析値

サンプル No.	BMS No.	紙片重量法 (%)	画像解析値 (%)
1	2	18.32	18.60
2	3	30.56	30.84
3	4	33.09	30.92
4	5	36.14	36.71
5	6	37.90	39.25
6	7	46.17	45.17
7	8	39.23	39.39
8	9	46.99	47.53
9	10	56.31	55.49

3) 成分分析(エーテル抽出法)及びMarblingによるロース芯内脂肪率の比較

画像解析法と成分分析(エーテル抽出法)によるロース芯内脂肪率をドーム型撮影装置とデジタルカメラについて比較した結果，画像解析によって脂肪率の測定が可能であり，デジタルカメ

ラよりもドーム型撮影装置による画像解析の方が精度が高いことが判明した（図7, 8）。



4) 格付値（BMSNo.）と脂肪粒子面積によるロース芯内脂肪率の関係

Marbling で算出された脂肪粒子の大きさ毎の脂肪率について格付値である BMSNo. との関係について検討を行った。その結果，脂肪粒子の大きさ 0.1 cm²以上の占める脂肪率との関係が最も高い結果となった（r=0.7701）。よって以降，解析に用い

表4 格付値（BMSNo.）と脂肪粒子面積による脂肪率の関係

脂肪粒子面積	相関係数
全体	0.7458
1 cm ² 以上	0.7036
0.5 cm ² 以上	0.7337
0.2 cm ² 以上	0.7539
0.1 cm ² 以上	0.7701
0.05 cm ² 以上	0.7661
0.02 cm ² 以上	0.7687
0.01 cm ² 以上	0.7658

るロース芯内脂肪率は 0.1 cm²以上の粒子の占める値を用いることとした（表4）。

5) ロース芯面積の測定

徳島県内食肉処理場で採取した 222 検体について画像解析により算出したロース芯面積と格付値との関係を図9に示す。ロース芯の輪郭の取り方によって若干，数値の差が認められたが，ほぼ同様な結果となった。



6) ロース芯内脂肪交雑粒子の粗さの数値化

BMS 模型はロース芯内に占める脂肪率に応じて作成されているが，脂肪割合がほとんど同一であっても BMSNo. が一致しない検体が多数認められた。図10に示す2検体の脂肪率は No.1 が 44.51%，No.2 が 45.01% とほぼ同じであるのに対し，BMSNo. では No.1 が 5，No.2 が 9 となり格付値に大きな差異を認めた。No.2 の検体では全体に均一な大きさの脂肪交雑粒子（小ザシ）が入っているのに対し，No.1 ではロース芯左上部に大きな脂肪交雑粒子の塊，いわゆる大ザシが認められ，これにより格付員の評価が下がったものと思われた。先述の方法により脂肪交雑粒子の粗さ値を算出したところ，No.1 が 2.1，No.2 が 4.1 であり，粗さ値により脂肪交雑粒子の粗さ判定が可能であると思われた。BMSNo. の判定に影響を及ぼす要因として考えられる脂肪交雑粒子の粗さについては，現在，牛枝肉取引規格に基準は設けられていないが，いまのように脂肪交雑に偏重した改良が

今後とも進んでいくと仮定すると、なお一層、こうした要因が BMSNo. の判定に大きな影響を及ぼすものと推察される。

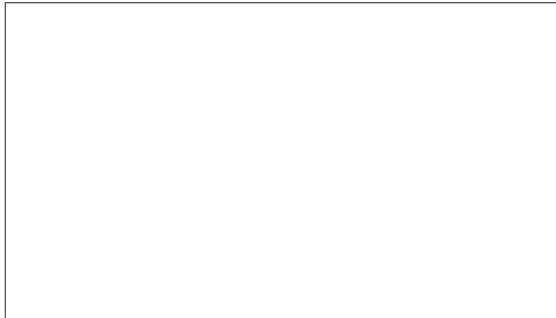


図 10 脂肪交雑粒子の粗さ

7) 格付値 (BMSNo.) と重回帰式により推定した BMSNo. の比較

Marbling により算出されるロース芯内脂肪率は脂肪交雑粒子の大きさ毎に算出され (粒子面積 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1 cm² 以上), 格付員により判断された BMSNo. と最も関連性が高かったのは粒子面積 0.1 cm² 以上のものであった。このため、ロース芯内脂肪率は粒子面積 0.1 cm² 以上の値を用いることとした。5, 6) で算出したロース芯内脂肪率, ロース芯面積, 脂肪交雑粒子の粗さ値と格付員により判定された BMSNo. について重回帰分析を行った結果を図 11 に示す (重回帰式: $BMSNo. = 0.0351 \times \text{ロース芯面積} + 0.0564 \times \text{粗さ値} + 0.1664 \times \text{ロース芯内脂肪率} - 2.579$)。重回帰分析により推定した BMSNo. と格付員により判断された BMSNo. との相関は 0.86 (P<0.01) であり, 画像解析値から BMSNo. の推定が可能であると思われた。ロース芯面積は BMSNo. の判定要因として通常, 考慮には入れないが, 今回, 重回帰分析により算出された相関係数はロース芯面積を含めることにより, 含めない場合 (r=0.85) よりも高くなり, ロース芯面積が BMSNo. の判定に影響を及ぼしているものと思われた。

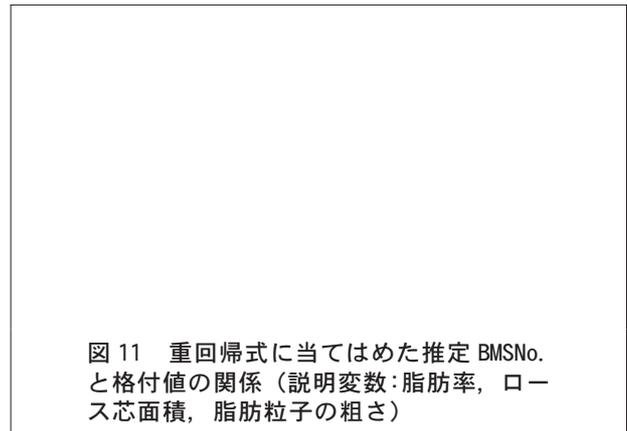


図 11 重回帰式に当てはめた推定 BMSNo. と格付値の関係 (説明変数: 脂肪率, ロース芯面積, 脂肪粒子の粗さ)

8) カラーイメージスキャナーによるロース芯断面の取り込み

市販されているハンディスキャナーには手動による取り込みタイプのものと同走式タイプに大別される。今回, 富士通のペン型スキャナー RS-C40U についても検討を試みたが, 手動式の場合, 手技により取り込み速度が一定しないこと, 枝肉切開面の状態により取り込みに影響を受けることからハンドリング及び画像の安定度を考慮し, NEC の機種を用いることとした。ロース芯断面の画像取り込みは枝肉切開面の上面, 下面のいずれか操作の容易な面で行った。カラーイメージスキャナー, デジタルカメラにより取り込んだ画像について Marbling によりロース芯内脂肪率を算出・比較を行った結果を図 12 に示す。相関係数は 0.97 (P<0.01) であり, スキャナーでの取り込みが可能であると考えられた。しかし, スキャナーは通常, 水平物の取り込みを想定しており, 読みとり際に, 切開面に凹凸がある場合, ロース芯断面とスキャナー面との間に隙間を生じ, 正確な解析ができない検体が認められた。また, 切開後, 時間が経過した枝肉については切開面が低温貯蔵により硬化し, このことも取り込みにおいて隙間を生じさせる要因となった。今回, 用いた機種は取り込みに CIS 方式を採用しており, 光源を LED 化することでスキャナー本体の軽量化と薄型化を可能にしている。これに対し, CCD 方式の場合, 光源に蛍光灯を用いる為, 厚みと重量は増すも

の、多少の立体物でのスキャンも可能とすることから、今後、小型ハンディタイプにおいて CCD 方式によるスキャナーの試用が可能となれば枝肉断面の取り込みの精度向上が期待できるものと思われる。今回、CCD 方式の機種 (EPSON GT7200U) についても検討を試みたが、ロース芯断面部分が平滑であれば読み込み可能なハンディタイプのものに比べ、本体サイズが 40cm×28cm と大型であることからほとんど実用性は認められなかった (写真 6)。

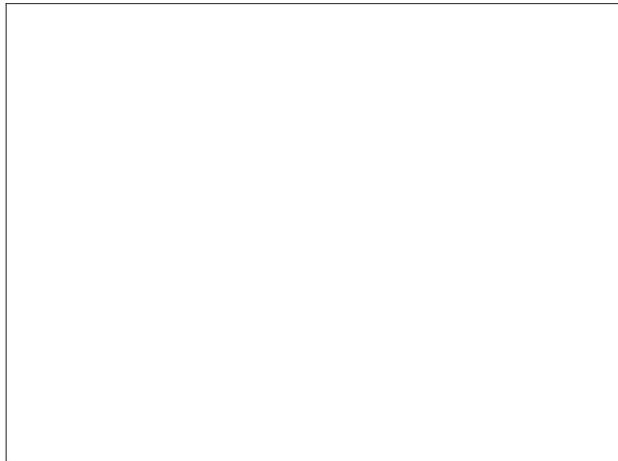
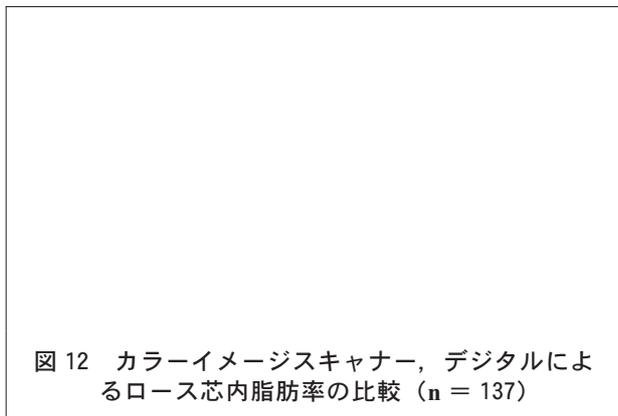
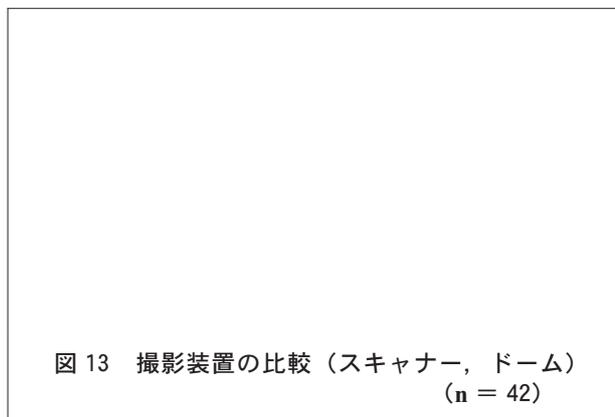


写真 6 ベン型スキャナー, CCD 方式カラー
スキャナー

9) ロース芯内脂肪率による撮影装置の比較 (デジタルカメラ, ドーム型撮影装置, カラーイメージスキャナー)

各撮影装置で採取した画像についてロース芯内脂肪率を算出した結果、相関係数は 0.96 ~ 0.98 であった (図 13, 14)。カラーイメージスキャナーについては画像の採取が困難な検体も認められた

が、デジタルカメラ, ドーム型撮影装置については撮影面が確保できれば、ほぼ同様に使用可能であると思われた。



10) 四国内格付成績の BMSNo. と画像解析による脂肪率の年度推移

格付員により判定された BMSNo. と同一 BMSNo. における脂肪率のバラツキを表 5 に示す。同一 BMSNo. 内の脂肪率の変動幅は年度毎に若干、異なっており、このことは、格付けが単にロース芯内の脂肪割合のみで判断されていないことを意味し、脂肪交雑粒子の粗さ等が関与しているものと思われる。向井⁸⁾によると種雄牛の検定方法が平成 6 年度より繁殖雌牛の育種価を取り入れた方法等に変更されたことを受け、種雄牛の脂肪交雑平均値が長い間 2.1 と変化が認められなかったものが、1994 年以降急激に上昇し、BMS 模型作成時と比較し、ロース芯内脂肪率が明らかに上昇したものと思われる。このため、BMSNo. の推定にはロース芯内脂肪率のみならず、ロース

芯の大きさ、脂肪交雑粒子の粗さが、より BMSNo. の推定に大きな影響を及ぼしているものと考えられた。

表5 四国内格付成績の BMSNo. と画像解析による脂肪率の年度推移

BMSNo.	スタンダード 脂肪率	脂肪率 (%)		
		H13 年度	H14 年度	H15 年度
2	3.3	17.50±4.57(5)	16.45±4.84(19)	12.23±4.88(13)
3	6.7	21.69±4.27(27)	22.30±4.34(56)	22.42±4.78(56)
4	10.0	28.63±3.77(29)	30.80±4.20(43)	26.70±3.90(31)
5	13.3	31.15±4.18(19)	34.86±4.68(31)	32.40±3.02(23)
6	16.7	34.47±3.06(12)	37.16±5.44(15)	33.41±2.84(8)
7	20.0	38.39±5.00(12)	38.18±4.25(7)	39.60±3.81(8)
8	23.3	38.87±5.23(11)	44.99±5.58(6)	38.40±2.75(5)
9	26.7	42.65±5.69(5)	45.13±2.84(3)	43.54±3.34(5)
10	30.0	49.81±4.28(2)	45.97 (1)	43.40±3.54(3)
() は検体数		(122)	(181)	(152)

ま と め

牛枝肉の格付は、1988年に牛脂肪交雑基準等のスタンダードを用いる方法に改正され、これにより旧規格に比較すると客観性の向上が図られた。BMS 模型はロース芯内脂肪率と BMSNo. が直線回帰状に作成されており、BMSNo. 12におけるロース芯内脂肪率は44%程度となっている。一方、種雄牛の、特に脂肪交雑を中心とした改良がここ数年、急激に進んだことによりロース芯内脂肪率が4等級において40%を超える肥育牛も最近では珍しくなくなってきた。このため、BMSNo. の推定には単にロース芯内の脂肪率のみならず、ロース芯の大きさ、脂肪交雑粒子の粗さ等を総合的に絡めて判断しているものと思われる。ロース芯内の脂肪率、脂肪交雑粒子の粗さ等を数値化し、BMSNo. を客観的に判断しようという試みは口田らを中心とした取り組みにより、専用の画像撮影装置が開発され、一定の枝肉評価手法も確立されつつある。今回、口田らの脂肪交雑評価用ソフト及び市販画像解析ソフトを用い、枝肉の客観的評

価についての検討を、更にカラーイメージスキャナーによりロース芯断面の画像採取について併せて検討を行った。その結果、格付員により判断された格付値と画像解析値との間には高い相関が認められ、牛枝肉の客観的評価が可能であると思われる。操作的には数種のソフトの使用により若干の煩雑さはあるが、現場レベルでの利用は十分可能であると判断される。ただ、解析にかけるためにはロース芯断面の画像が安定的に採取できる必要があり、愛媛の処理業者のような狭い枝肉切開面でも安定的に画像が撮影できる手法の確立が今後望まれる。画像解析法の応用範囲としては、超音波診断装置により BMSNo. を推定する際、従来の格付員により判断された BMSNo. との対比ではなく、画像解析値を用いることにより、より超音波診断技術の精度向上が期待できるものと思われる。また各地の試験研究機関で取り組まれている肉牛の肥育試験の効果分析は現在、格付成績を主体に行われているが、併せて画像解析値を用いることにより肥育試験の効果分析がより詳細で客観的なものになると思われる。種雄牛保有県が実施している間接検定の格付成績にも画像解析法を応用することで今後、種雄牛の能力評価がより客観的で分かり易いものになると思われる。本技術は画像の採取が安定的に実施可能となれば、今後、各県の指導機関においても十分、利用可能な技術であると思われる。

参 考 文 献

- 1) 口田ら 日本畜産学会報, 68:853-859. 1997
- 2) 口田ら 日本畜産学会報, 68:878-882. 1997
- 3) 口田ら 日本畜産学会報, 70:106-110. 1999
- 4) 口田ら 日本畜産学会報, 71:224-231. 2001
- 5) 口田ら 日本畜産学会報, 73:9-17. 2002
- 6) 口田ら 日本畜産学会報, 73:521-528. 2002
- 7) 米丸ら 畜産研究成果情報, 14:65-66. 2001
- 8) 向井文雄 日本畜産学会報, 65:890-905. 1994