枝肉横断面撮影装置で撮影されたデジタル画像を利用した BCS ナンバーの判定

口田圭吾・長谷川未央・鈴木三義・三好俊三

帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

(2001. 2. 1 受付, 2001. 5. 16 受理)

要 約 デジタルカメラと照明装置とを一体化した枝肉横断面撮影装置（以下、撮影装置）を、より多くの枝肉に適用可能とするよう改良し、得られた画像を利用して、牛肉色基準（BCS）ナンバーを推定することを目的とした。撮影装置は、リング照明方式を採用し、装置の高さを従来型より 12 cm 低い 33 cm とした。内部には、1,002 個の白色発光ダイオードが配置され、均一で安定した光を枝肉横断面に照射可能である。BCS 標準模型について撮影装置からの画像より得られた赤（R）、緑（G）、青（B）各階調値および輝度と BCS ナンバーとの相関係数は、それぞれ -0.98 、 -0.91 、 -0.82 および -0.99 であり、BCS ナンバーと輝度との関係がもっとも直線的であった。北海道内の食肉処理場において、第 6～7 肋骨横断面の画像を採取し（ $n=1,208$ ）、変数逐次増減法による重回帰分析を行い、BCS ナンバーを画像解析形質から推定した。推定された BCS ナンバーと格付員によるそれとが一致した割合は 76.8%、それが ± 1 以内であった割合は、100.0% となった。

日本畜産学会報, 72 (9) : J321-J328, 2001

牛肉の格付時に切開される第 6～7 肋骨間における枝肉横断面は、脂肪交雑の程度や肉色、脂肪色などを観察することができ、牛肉質の評価において非常に重要な部分である。また、肉色は、消費者が食肉の購入を決定する初期情報であり、その選択性と強く関係するとされている¹⁾。八巻ら²⁾は、仙台中央食肉卸売市場で得られた約 24 万頭のデータから、買参人の牛枝肉価格の値付け要因を解析し、黒毛和種の枝肉単価には、BMS ナンバーに次いで肉色等級が重要な要因であると報告した。また、全国の食肉中央卸売市場でセリに参加する買参人を対象に、肉質等級が 4 および 5 である枝肉を購入する時に、価格の決め手とする優先順位についてアンケート調査を行った結果によると、その 90% が脂肪交雑を、67% が肉色を重視していた¹⁰⁾。

1988 年の牛枝肉取引規格の改正により、第 6～7 肋骨間における胸最長筋の肉色は、牛肉色基準（以下、BCS）という尺度を利用して、ある程度、客観的に評価されるようになった⁹⁾。しかしながら、胸最長筋内の筋肉部分において色が均一でない枝肉や、胸最長筋と他の周囲筋との肉色に差がある枝肉などでは、肉色評価が非常に困難になることなどから、より一層の客観性が望まれてい

る。また、1999 年度に全国の食肉処理場で格付けされた黒毛和種における BCS ナンバーの出現頻度をみると¹³⁾、99.9% の枝肉が BCS ナンバー 2 から 6 の範囲で評価されており、さらに、97.2% の枝肉が BCS ナンバー 3 から 5 のわずか 3 段階で評価されている。BCS ナンバーを小数点以下一桁程度の連続変量として評価することは、育種改良をより効率よく実施するために望ましいことである。

一方、著者ら⁶⁾は、鮮明な枝肉の画像を採取可能な枝肉横断面撮影装置（以下、撮影装置）を開発し、撮影装置から得られる画像より牛脂肪交雑基準を高い精度で推定可能であると報告した。しかしながら、開発した装置は、その高さが 45 cm と高く、現状の食肉処理場における横切断面に対応させるためには、装置の高さを低くすることが課題であった。本研究では、撮影装置を数多くの枝肉横断面に対応できるように改良すると同時に、得られた画像から、肉色を客観的に測定し、従来の牛枝肉格付に用いられている BCS ナンバーを判定することを目的とした。

連絡者：口田圭吾（fax：0155-49-5414, e-mail：kuchida@obihiro.ac.jp）

Fig. 1. Photographing equipment for the cross section of carcass (a) and the basal surface (b) contacts with the meat surface.

材料および方法

1. 枝肉横断面撮影装置の改良

ロース芯の表面に光の反射がない画像を撮影するには、間接光を利用することが有効であり、照明光にムラがない画像を得るには、制御された配光と外部光の影響を排除する必要がある。これらの条件を満たすための撮影装置を開発した⁶⁾が、装置の高さが45 cmと高く、撮影の支障になっていた。新しく改良した装置は、装置の高さを33 cmと低くし、より多くの枝肉を撮影できるようにした。なお、旧装置では、同軸落射方式を採用したが、装置の小型化のためにリング照明に変更した。改良した撮影装置の外観を図1に示した。ドーム部の底面には、旧装置と同様に上方向に向かって570個の白色発光ダイオード（白色LED）がリング状に配置されている。また、リング照明部には、下方向に向かって432個の白色LEDが配置されている。リング照明部からの光は、透過率80%の乳白色拡散板を透過した後、被写体に照射される。

被写体との接触面におけるドーム部の内径は330 mmで、装置全体の高さは330 mm、被写体までの距離は210 mmである。被写体である枝肉横断面と、20 mm幅のドーム部の基底面とが接触するため、枝肉横断面に対して、鉛直方向かつ常に一定距離からの撮影が可能である。なお、旧装置は、100 VのAC電源を必要としたが、改良した装置は、バッテリーで駆動するため、食肉処理場内における機動性が確保された。

デジタルカメラには、FinePix2900Z（富士フイルム社製）を使用した。また、撮影範囲が広角であるため、ワイドコンバージョンレンズWL-FX29（富士フイルム社

製）を装着して撮影を行った。肉色を安定的に測定するため、F値を4、シャッタースピードを1/200に固定し、マニュアルモードで撮影を行った。記録モードは1,800×1,200画素の画像が700~900 KB程度のJPEG（Joint Photographic Experts Group）型式のファイルとして記録されるモード（Fineモード）を用いた。

2. BCS標準模型ならびに実際の胸最長筋における肉色の測定

BCS標準模型のNo. 1からNo. 7について、分光測色計（ミノルタ社製：CM-503C）を用い、同一の標準模型について3回の測定を実施し、平均値および標準偏差を求めた。同様に、改良した撮影装置を用い、BCS標準模型を3回撮影し、赤（R）、緑（G）、青（B）各階調値および次式⁷⁾によりグレースケールに変換した値（以下、輝度）の平均値と標準偏差を求めた。

$$\text{輝度} = 0.2989 \times R + 0.5891 \times G + 0.1107 \times B$$

なお、R、G、B各階調値および輝度は、画素ごとにそれぞれ0から255の値を取りうるものである。また、撮影装置で得られた各BCS標準模型の画像からの値は、多数の画素（約20,000画素）の平均値である。

2000年9月に北海道内の食肉処理場において、第6~7肋骨を横切断し、さらに、胸椎を完全に切開した枝肉について、撮影装置を用いた画像の採取ならびに分光測色計を用いた L^* 、 a^* および b^* 値の測定を行った。分光測色計の口径は、携行可能な測色計としては最小の部類に入る3 mmであるが、脂肪交雑が比較的多い黒毛和種等の胸最長筋内で、脂肪交雑の影響を受けず、筋肉色だけを測定できる枝肉は、きわめて少なく、分光測色計で測定できた枝肉は、177頭中わずか16頭であった。

撮影装置により得られた画像から、著者らの作成した

ソフトウェア^{3,4)}などを用いて、脂肪と筋肉の分離（2 値化）を行った。2 値化の後、胸最長筋内部の筋肉部分について、R, G, B 各階調値および輝度の平均値を算出した。したがって、本方法により得られた値は、脂肪交雑の色の影響を受けない、筋肉色を反映した値であると推察される。分光測色計を用いた測定が可能であった枝肉（n = 16）に対して、格付員により評価された BCS ナンバーと、胸最長筋筋肉部分の R, G, B 各階調値と輝度の平均値ならびに分光測色計で計測された L^* , a^* , b^* 値との関係を調査した。

撮影ならびに測定は、格付直後に実施した。また、時間の経過による肉色の変化を確認するために、格付後、2 時間経過した時点において、撮影を再度実施した。なお、格付直後と格付後 2 時間経過時の撮影は、126 頭について実施した。

3. 改良型撮影装置から得られた画像を用いた BCS 推定

2000 年 8 月～12 月までに、北海道内の食肉処理場において、第 6～7 肋骨を横切断し、さらに、胸椎を完全に切開した枝肉について、撮影装置を用いた画像の採取を実施した。後述するように、画像の中心部に比較し、周辺部では照度が不均一になる傾向があるため、胸最長筋が画像の中心付近に位置する枝肉のみを対象とした。また、格付員により瑕疵があると判定された枝肉は除外した。その結果、分析に供した頭数は、1,208 頭となった。品種別頭数は、黒毛和種が 974 頭、交雑種（黒毛和種 $\times$ ホルスタイン種 $\times$ ）が 226 頭および褐毛和種が 8 頭であった。撮影した画像から、以下に示す 108 変数の画像解析形質を算出した。

1. 胸最長筋全体、筋肉部分および脂肪交雑部分の R, G, B 各階調値と輝度の平均値、標準偏差、最小値、最大値および最頻値（計 60 変数）
2. 上記 3 部位について、全画素の R, G, B 各階調値および輝度をそれぞれ降順に並べ替え、それらのうち上位 10%、上位 20%、下位 20% および下位 10% における値（計 48 変数）

である。なお、最小値や最大値は、1 画素でも極端な値が存在すると、その影響を受けるが、上位ならびに下位 10 および 20% における値は、枝肉の色合いを代表する比較的安定した値となると推察された。

格付員により判定された BCS ナンバーを従属変数、108 変数からなる画像解析形質を説明変数候補とした重回帰分析を変数逐次増減法により行った。重回帰式から実数として推定される BCS ナンバーについて、小数点以下を四捨五入したものを推定 BCS ナンバーとした。

これらの統計処理には、SAS¹¹⁾を用いた。

結果および考察

1. 枝肉横断面撮影装置の改良

改良した撮影装置で、枝肉横断面の撮影を行った。1,208 頭の枝肉サンプルにおいて、ロース芯表面で乱反射をおこした画像はなく、旧装置と同様に、本撮影装置を使用することで、安定的に鮮明な画像を採取できることが明らかとなった。本撮影装置は、バッテリー駆動であるため、食肉処理場において、より機動的に撮影することが可能となり、200 頭の枝肉の撮影に要する時間は 1 時間程度と、旧装置に比較し 2 倍程度の撮影速度となった。

BCS ナンバー 3, 4, 5 および 6 の枝肉について、撮影装置を用いて得られた画像を図 2 に例示した。撮影装置のドーム部内部には、BCS 標準模型のナンバー 4 が取り付けられているが、図 2 の 4 枚の画像における BCS 標準模型ナンバー 4 の輝度は、51.7 から 53.7 の範囲にあり、撮影が安定的に行われていることを示した。しかしながら、周辺部分と中心部分との明るさに、肉眼的にも若干の差が生じたため、後述する BCS 標準模型のナンバー 4 における輝度とは、異なる値が得られた。これらのことから、本システムを利用して肉色を測定するには、ロース芯を画像の中心付近で撮影することの必要性が示唆された。

2. BCS 標準模型ならびに実際の胸最長筋における肉色の測定

BCS 標準模型のナンバー 1 からナンバー 7 について、分光測色計で計測した L^* , a^* および b^* 値、本撮影装置で採取した画像からの R, G, B 各階調値と輝度の平均値および標準偏差を表 1 に示した。BCS ナンバーと L^* , a^* および b^* 値との相関係数は、それぞれ -0.96, 0.77 および -0.69 であり、BCS ナンバーと L^* 値との関係がもっとも直線的であった。同様に、BCS ナンバーと、画像から得られた R, G, B 各階調値および輝度との相関係数は、それぞれ -0.98, -0.91, -0.82 および -0.99 であり、BCS ナンバーと輝度との関係がもっとも直線的であった。また、BCS 標準模型における L^* 値と輝度との相関係数は 0.94 と非常に高く推定された。

実際の枝肉に対し、格付直後に撮影ならびに分光測色計による計測を実施し、格付員により評価された BCS ナンバーと、得られた L^* 値および胸最長筋筋肉部分の輝度との関連性を、図 3 に示した。BCS ナンバーと輝度との相関係数 ($r = -0.94$) は、BCS ナンバーと L^* 値とのそれ ($r = -0.67$) より高く、画像を 2 値化し、筋肉

Fig. 2. Sample images of each Beef Color Standard number taken by the photographing equipment.
a) BCS No. 2, b) BCS No. 3, c) BCS No. 4, d) BCS No. 5

Table 1. Mean and standard deviation of color values obtained by spectrophotometer and image analysis method for the standard model of Beef Color Standard

BCS No.	Spectrophotometer			Image analysis method			
	L*	a*	b*	R	G	B	Luminance
1	32.34±0.52	20.28±0.18	11.20±0.23	166.27±0.49	19.49±0.30	0.75±0.09	61.47±0.28
2	29.64±0.45	21.26±0.77	10.64±0.33	165.33±0.26	13.99±0.19	0.48±0.03	57.88±0.20
3	27.90±0.46	21.75±1.43	11.18±0.23	153.71±0.39	8.37±0.19	0.05±0.02	51.06±0.17
4	26.95±0.92	24.41±0.51	11.48±0.50	138.04±0.12	1.87±0.15	0.00±0.00	42.47±0.12
5	26.08±0.88	25.82±0.44	10.98±0.22	119.79±0.70	3.26±0.09	0.00±0.00	37.84±0.22
6	22.69±1.89	25.51±1.37	10.31±0.94	116.38±0.59	1.53±0.07	0.00±0.00	35.77±0.15
7	23.98±0.56	23.26±0.63	9.14±0.73	96.41±0.16	1.46±0.06	0.00±0.00	29.76±0.06

Fig. 3. Relationship between L* from spectrophotometer and luminance from digital image with Beef Color Standard number assigned by grader.

Fig. 4. Luminance from digital images at the time of grading and at 2 hours after grading.

部分の色のみを抽出することで、肉色を的確に捉えることが可能であると示唆された。

伊藤ら²⁾は、ホルスタイン去勢肥育牛における格付員による BCS ナンバーと L* 値との関連性 ($n=474$) について報告したが、その中で、BCS ナンバー 2, 3, 4, 5, および 6 の L* 値の平均値は、それぞれ 33.0, 32.6, 31.5, 32.3 および 32.3 であり、BCS 間に L* 値の大きな差異は認められなかったと述べた。本研究における L* 値は、BCS ナンバー 3 での 42.0 が、ナンバー 5 (34.5) および 6 (33.0) に対して有意 ($P<0.01$) に高い値であり、サンプル数は非常に少ないものの、本研究の結果は、伊藤らのそれと異なったものであった。BCS 標準模型の各段階は L* 値の等差級数で設計されており⁸⁾、本来、BCS ナンバーと L* 値との関係は、直線的であることが期待され

る。しかしながら、本研究における実際の枝肉での BCS ナンバーと L* 値の関係は、BCS 標準模型で得られた関係のように直線的なものではなかった。すなわち、脂肪交雑の程度が低い枝肉であっても、口径 3mm の分光測色計で測定した L* 値のみを利用した BCS ナンバー判定の困難性が明らかとなった。したがって、胸最長筋内の筋肉色について、正確な L*, a* および b* 値を得るには、据置型であるが試料面を多数の測定点で計測可能な 2 次元測色システムか、または測定口径がより小さい測色計の利用が望まれる。さらに、これらの結果は、格付員により判定される BCS ナンバーが、L* 値や輝度などに代表される明るさのみで決定されているものでないことを示唆した。

時間の経過による肉色の変化を調査し、撮影時間に留

意する必要性の有無を検証するため、格付直後ならびに格付後2時間経過した時点での肉色を、画像解析により得られる輝度をもとに調査した。格付直後および2時間後の輝度の関係を図4に示した。格付2時間後の輝度(T_2)を従属変数、格付直後の輝度(T_0)を独立変数とした下記の回帰式が推定された。

$$T_2 = 1.0067 \times T_0 \quad (r^2 = 1.00, n = 128)$$

また、同一の枝肉での2時間経過時点における輝度から、格付直後の輝度を減じた値の平均値と標準偏差は、 0.51 ± 0.81 であり、その最大値は2.64、最小値は-1.50であった。これらのことは、2時間の経時により、輝度が大きくなる傾向を示すものであるが、これらの値は、全体の輝度の変動に比較した場合に、相対的に小さい値であった。

3. 改良型撮影装置から得られた画像を用いたBCS推定

分析に供した枝肉($n=1,208$)について、格付員によるBCSナンバーの平均値±標準偏差は、 3.99 ± 0.66 であり、BCSナンバー2, 3, 4, 5および6の割合は、それぞれ0.3, 19.6, 62.7, 15.4および1.9%であった。これは、1999年度における全国の傾向と一致するものであった¹³⁾。格付員により判定されたBCSナンバーと、108変数の画像解析形質との相関係数を推定した。それらの係数の中で、その絶対値の大きかった画像解析形質は、胸最長筋全体のR階調値の標準偏差($r=0.68$)、胸最長筋脂肪交雑部分のR階調値の標準偏差($r=0.66$)、胸最長筋全体の輝度を降順に並べ替えた時の下位10%の値($r=-0.66$)、胸最長筋筋肉部分の輝度を降順に並べ替えた時の下位10%の値($r=-0.65$)などで、いずれも有意($P<0.01$)であった。なお、胸最長筋筋肉部分の平均輝度と、格付員によるBCSナンバーとの相関係数は、 -0.63 ($P<0.01$)が推定され、前項において16頭で推定した相関係数($r=-0.94$)に比較し、低い値が推定された。前項では、分光測色計で計測可能な脂肪交雑程度の低い枝肉のみを対象としたが、本項では、脂肪交雑の少ないものから多いものまでを対象としたことなどが原因として考えられる。

変数逐次増減法による重回帰分析を行い、格付員により判定されたBCSナンバーを108変数の画像解析形質から推定した。推定された重回帰式には、胸最長筋全体のR階調値の標準偏差、胸最長筋全体のG階調値を降順に並べ替えた時の上位20%における値、胸最長筋全体のB階調値を降順に並べ替えた時の上位20%における値、胸最長筋内脂肪交雑部分のR階調値の標準偏差および胸最長筋内筋肉部分の輝度の標準偏差が説明変数と

Table 2. Frequencies for the difference between Beef Color Standard numbers predicted by image analysis and assigned by grader

DIFBCS	Total	BCS by grader					
		2	3	4	5	6	
-1	143(11.8%)	0	0	63	65	15	
±0	928(76.8%)	1	154	646	119	8	
+1	137(11.3%)	3	83	49	2	0	

$$\text{DIFBCS} = (\text{BCS number predicted by image analysis}) - (\text{BCS number assigned by grader})$$

して選択され、その決定係数は0.62 ($P<0.01$)であった。推定BCSナンバーから格付員によるBCSナンバーを減じたもの(以下、BCS格付の差とする)の頻度を、表2に示した。BCS格付の差が±0である割合が76.8%、±1以内の割合が100%となった。これらのことから、画像解析を利用した本システムにより、高い精度でBCSナンバーを判定することが可能であると判断した。

108変数の画像解析形質のうち、格付員によるBCSナンバーとの相関係数の絶対値がもっとも大きい形質は、胸最長筋全体のR階調値の標準偏差であり、その符号は、正であった。このことは、胸最長筋内の筋肉部分と脂肪交雑部分のR階調値の変異が大きいものほど、BCSナンバーが高い、すなわち肉色が濃いと判断されていることを示唆する。本研究では、画像解析形質として取り上げなかったが、胸最長筋内脂肪交雑部分のR階調値の平均値から胸最長筋内筋肉部分のR階調値の平均値を減じたもの(以下、R階調値の差とする)と、格付員によるBCSナンバーとの相関係数は、0.73 ($P<0.01$)と高く推定された。これらのことから、筋肉色の輝度そのものよりも、胸最長筋内の脂肪と筋肉のコントラストが、BCSナンバーの格付に大きく影響していることが推察された。しかしながら、変数逐次増減法による重回帰分析の説明変数候補にR階調値の差を加えた場合も、それが選択されることはなかった。

格付員により判定されたBCSナンバーごとにBCS格付の差の頻度を表2に併記した。肉色の淡いナンバー2および3において、BCS格付の差が+1である割合が高く、逆に肉色の濃いナンバー5および6において、BCS格付の差が-1である割合が高くなる傾向にあった。格付員によるBCSナンバーが2と判定され、かつBCS格付の差が+1であった3例について、画像解析により推定されたBCSナンバーを実数で示すと、サンプルAが

2.73, Bが2.86およびCが3.23であった。サンプルAおよびBは、BCSナンバー3と評価してはいるものの、その中でも淡い肉色であると評価していることが認められた。また、サンプルCはロース芯内部に瑕疵とは判断されない程度のシミが存在し、それがBCSナンバー推定値を高めたものと推察された。反対に、BCSナンバーが大きいサンプルについて、画像解析が過小評価する傾向が認められたが、解析した枝肉の中には、ロース芯の色は淡いが、周囲筋の色が非常に濃いサンプルが複数認められた。このような枝肉については、ロース芯の肉色よりも若干高めのBCSナンバーとして評価される傾向にあった。

以上のように、本研究で改良した撮影装置は、旧装置に比較し、装置全体の高さが12cm低くなった。それでもなお、本装置を枝肉横断面に挿入するには、第6~7肋骨横断面において胸椎を完全に切開し、なおかつ、その間隔が35cm程度必要となる。著者ら^{5,6)}は、画像解析によるBMSナンバーの推定法を論じ、推定したBMSナンバーと格付員によるそれとの差が±1以内であった割合が97.0%であったと報告した。画像解析の手法を用いる本システムは、面積や距離の測定に対して非常に高い再現性を有しているため、BCSナンバーやBMSナンバーのみならず、ロース芯面積や皮下脂肪の厚さの測定も可能であると考えられる。しかしながら、本システムを通常の牛枝肉格付の一助として使用するにしても、わが国の食肉処理場のうち、本装置を挿入可能な程度に枝肉を切開している処理場はほとんど存在しないのが現状である。本システムを利用することは、肉質を重視するわが国の牛枝肉市場や、肉用牛の育種改良などの面において、多大な貢献をもたらすと考えられるが、本システムを実際に利用していくには、さらなる装置の改良および関係諸団体の合意が必要であると考ええる。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、撮影にご協力いただいた社団法人日本食肉格付協会の格付員各位、帯広畜産大学の丸山仁子さんに感謝の意を表す。分光測色計を快くご貸与下さったミノルタ(株)の関係各位に感謝する。本

研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金(課題番号11760189)による研究費の援助によって行われたものである。

文 献

- 1) Faustman C, Cassens RG. The biochemical basis for discoloration in fresh meat : A review. *Journal of Muscle Foods*, 1 : 217-243. 1990.
- 2) 伊藤 良・有原圭三・近藤 洋・樽見和幸・宮下 裕・池田 登. ホルスタイン種去勢牛枝肉の牛肉色基準に影響する諸要因の解析. 日本畜産学会報, 61 : 520-526. 1990.
- 3) 口田圭吾・栗原晃子・鈴木三義・三好俊三. 画像解析によるロース芯断面内脂肪割合の正確な算出法の開発. 日本畜産学会報, 68 : 853-859. 1997.
- 4) 口田圭吾・栗原晃子・鈴木三義・三好俊三. 画像解析によるロース芯断面内脂肪交雑粒子に関する客観的評価法. 日本畜産学会報, 68 : 878-882. 1997.
- 5) Kuchida K, Tsuruta S, Van Vleck LD, Suzuki M, Miyoshi S. Prediction method of beef marbling standard number using parameters obtained from image analysis for beef ribeye. *Animal Science Journal*, 70 : 107-112. 1999.
- 6) 口田圭吾・鈴木三義・三好俊三. 枝肉横断面撮影装置の開発と得られた画像を利用したBMSナンバーの推定. 日本畜産学会報, 71 : J224-J231. 2001.
- 7) Math Works Inc. Image processing toolbox for use with MATLAB User's guide. Version 2. Chapter 11, 1-178. Math Works Inc. Natick, MA. 1997.
- 8) 中井博康・池田敏雄・安藤四郎・小堤恭平. 牛標準肉色模型の製造方法. 特許出願番号昭和60年特許願第93298号. 1985.
- 9) (社)日本食肉格付協会. 牛・豚・枝肉・部分肉取引規格解説書. 6-29. 日本食肉格付協会. 東京. 1989.
- 10) (社)日本食肉格付協会. 牛枝肉取引規格調査事業牛枝肉肉質調査報告書. 1-30. (社)日本食肉格付協会. 東京. 1999.
- 11) SAS Institute Inc. SAS User's guide : Statistics. Ver. 5 ed. 433-506. SAS Institute Inc. Cary, NC. 1985.
- 12) 八巻邦次・長谷部正・伊藤房雄・氏家 哲. 買参人の牛枝肉価格の値付け要因. 1996年度日本農業経済学会論文集. 175-179. 1996.
- 13) 全国肉用子牛価格安定基金協会・日本食肉格付協会. 牛枝肉格付情報(黒毛和種等肉質向上緊急対策事業): 黒毛和種. 1-28. 全国肉用子牛価格安定基金協会・日本食肉格付協会. 東京. 2000.

Prediction of Beef Color Standard Number from Digital Image Obtained by Using Photographing Equipment for the Cross Section of Carcass

Keigo KUCHIDA, Mio HASEGAWA, Mitsuyoshi SUZUKI and Shunzo MIYOSHI

Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi 080-8555, Japan

Corresponding : Keigo KUCHIDA (fax : +81 (0) 155-49-5414, e-mail : kuchida@obihiro.ac.jp)

The photographing equipment integrating the digital camera and the illumination device for the cross section of carcass was able to take a clear image. The first aim of this study was to improve the photographing equipment in order to adapt for more carcasses. The second aim was to predict the Beef Color Standard (BCS) number by using the obtained image from the equipment. Height of the photographing equipment was 12 cm lower ($H=33$ cm) than the previous model with the adaptation of a ring illumination method instead of a coaxial epi-illumination method. The photographing equipment has 1,002 white LEDs (light emitting diodes) internally, which can irradiate a steady light to the cross-section of carcass uniformly. The correlation coefficients of R, G, B components and luminance from image with BCS number of the standard model of BCS were -0.98 , -0.91 , -0.82 , and -0.99 , respectively. These results indicated that the relationship between luminance and BCS number of standard model was highly linear. Images around the rib eye at 6th-7th rib cross-section were collected ($n=1,208$) at a meat processing plant in Hokkaido. BCS number assigned by grader was predicted by multiple regression analysis using image analysis traits. Ratios of the difference between BCS number assigned by grader and BCS number predicted by image analysis being ± 0 and within ± 1 were 76.8% and 100.0%, respectively. *Animal Science Journal* 72 (9) : J321-J328, 2001

Key words : Beef Color Standard, Image analysis, Digital image