

## Computed Tomography を用いた黒毛和種胸最長筋におけるあらい脂肪交雑の推移

山下直樹<sup>1</sup>・山口 悠<sup>1</sup>・阿佐玲奈<sup>1</sup>・山田一孝<sup>1</sup>・大井幹記<sup>2</sup>・口田圭吾<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

<sup>2</sup> 地方独立行政法人北海道立総合研究機構農業研究本部畜産試験場, 北海道新得町 081-0038

(2014. 10. 27 受付, 2015. 4. 13 受理)

**要 約** 黒毛和種胸最長筋の CT 画像を用いて最もあらい脂肪交雑割合の推移を調査した。供試牛は黒毛和種去勢牛 46 頭であり, 27~29 ヶ月齢で屠畜された。リブロースブロック (第 7~12 肋骨間) について屠畜から約 1 週間後に CT 撮影を行い, 画像解析によって最もあらい脂肪交雑割合 (%) を算出した。CT 画像を筋肉頭側, 筋肉尾側, 肋骨頭側, 肋骨尾側の 4 つの位置に分類し, 1 頭のブロック肉毎にそれぞれの位置で最大の値を代表値とした。最もあらい脂肪交雑割合の位置ごとの平均は筋肉頭側, 筋肉尾側, 肋骨頭側, 肋骨尾側でそれぞれ 7.4, 5.6, 5.1 および 6.7% となり, 筋肉頭側は筋肉尾側および肋骨尾側と比較して 2% 程度最もあらい脂肪交雑割合が高く ( $P < 0.05$ ), 肋骨尾側は肋骨頭側と比較して 1.6% 高かった ( $P < 0.05$ )。また, 最もあらい脂肪交雑割合の種雄牛による差はほとんど見られなかったことから, 極端にあらい脂肪交雑は種雄牛に関わらず発生することが示された。

日本畜産学会報 86 (3), 379-384, 2015

わが国では牛枝肉の肉質等級の格付において, 第 6-7 肋骨間切開面にあらわれる胸最長筋 (以下, 6-7 ロース芯) 内に含まれる脂肪交雑が非常に重要視され, 牛枝肉価格を決定する大きな要因となっている。現在は第 6-7 切開面における脂肪交雑の評価値が枝肉全体の評価値へ大きく影響している状況にあるが, その他の部位における最長筋の脂肪交雑の状態は, 経済的な観点から買参者や生産者にとって大きな関心のあるところである。

丸山ら (1998) はロース芯を連続的に切断し, ロース芯面積および脂肪交雑の量について調査することで, 脂肪交雑程度がロイン内で増減することを報告した。また中橋ら (2007) は黒毛和種のロース芯を 2 cm 間隔でスライスし, 画像解析を用いて脂肪交雑粒子に関する形状のスライス断面による変化を調査することで, 6-7 切開面だけでは評価できない形質が多くあることを報告した。これらの報告は, 第 6-7 肋骨間切開面と他の部位における脂肪交雑の状態が異なることを示すものである。

他方, 枝肉を非破壊的に調査する方法として Computed Tomography (CT) 診断 (Navajas ら 2010), 超音波 (Williams 2002), Magnetic Resonance Imaging (MRI) (Baulain 1997) などがあげられる。特に CT 診断は, 枝肉構成の非破壊的な調査が可能ということで注目されつつある。口田ら (2014) は, CT 診断を用いることで牛部分肉の切開面以外の脂肪交雑を非破壊的かつより連続的に評価を行うことが可能であること, さらにには特に

あらい脂肪交雑の評価に高い信頼性があることを報告した。

脂肪交雑のあらさは, 現状では BMS 判定の指標とはされていないが, 6-7 ロース芯に極端にあらい脂肪交雑粒子が存在する枝肉は買参者から敬遠され, 枝肉取引などにおいて安く取引される傾向にある。また, 口田ら (2006) および Osawa ら (2008) によって, 第 6-7 切開面におけるあらさ指数および最大あらさ指数の遺伝率が報告されているが, 胸最長筋におけるあらい脂肪交雑の推移に関する遺伝性は報告されていない。そのため胸最長筋内のあらい脂肪交雑の推移を調査し, 極端にあらい脂肪交雑の発生箇所や発生要因が判明すれば今後の育種改良への利用や枝肉市場での価格決定の際に参考となるかもしれない。

そこで本研究の目的は CT を用いて黒毛和種胸最長筋におけるあらい脂肪交雑割合の推移を調査し, それに対する種雄牛の影響を検討することであった。

### 材料および方法

#### 1. CT 画像の撮影

供試牛には 2010 年 6 月から 2012 年 5 月の間, 地方独立行政法人北海道立総合研究機構農業研究本部畜産試験場から出荷された黒毛和種去勢牛 46 頭を用いた。これらは 27~29 ヶ月齢で屠畜され, その後第 6-7 肋骨間から第 12-13 肋骨間までの脱骨されていない状態のリブロースブロック (以下, ブロック肉) が採取された。採取され

連絡者: 口田圭吾 (fax : 0155-49-5462, e-mail : kuchida@obihiro.ac.jp)

たブロック肉について、屠畜から約1週間後に4列多列検出器を有するCT装置(Asteion Super 4; 東芝, 東京)を用いて撮影した。またCT装置では撮影間隔を調整することができ、撮影間隔が大きくなるほど部分容積効果により脂肪交雑と筋肉の境界が不明瞭になり、脂肪交雑を認識しづらくなる。本研究では複数のブロック肉を連続撮影する必要があったため、CT装置の管球温度の限界と画像解析を行う際の妥当性から撮影間隔を2mmとし撮影を行い、1mm間隔で再構成を行った。再構成されたCT画像の枚数は1頭当たり298枚~385枚(298mm~385mmに相当)であった。

## 2. 高精細画像の撮影、解析およびCT画像の解析

CT撮影後、ブロック肉の第11-12肋骨間を切断し、ミラー型高精細枝肉撮影装置(HK-333; 早坂理工, 札幌)を用いて撮影して11-12肋骨間の高精細画像を得た。CT画像を解析する際の閾値を設定するため、撮影された高精細画像と同一のスライス面と思われるCT画像(対応する画像)を目視にて選択した。CT画像(512×512画素)は、筋肉が明色、脂肪が暗色で表現されるため、Photoshop(Adobe Systems, Inc., San Jose, CA, USA)を用いて階調反転した。高精細画像ならびにCT画像に対して専用の画像解析ソフトBeefAnalyzer-G(CSソリューション, 札幌市)を用いてロース芯の輪郭を抽出し、高精細画像については判別分析二値化法により、CT画像については閾値160~190まで5ずつ値を変更した固定閾値による二値化を実施した。両者の二値化結果を目視にて確認し、高精細画像の二値化結果に最も近いCT画像の最適な閾値を調査した。本研究におけるCT画像の閾値は175に設定した( $r = 0.935$ ,  $P < 0.01$ )。

その後、全CT画像で同様の処理を行い、口田ら(2002)の方法に従いロース芯面積(画素)、脂肪面積(画素)、最大あらさ指数の3形質を算出した。さらに、ロース芯内での最大の脂肪交雑の面積がロース芯に占める割合を最もあら脂肪交雑割合とした。

## 3. 位置の設定

ブロック肉は脱骨されていないため肋骨のある部分とない部分が存在し、CT画像においては肋骨が写っている画像と写っていない画像に大別される。そこであら脂肪交雑が発生しやすい部分が存在するかを調査するために、画像に肋骨が写っていない部分を「筋肉部分」、肋骨が写っている部分を「骨部分」と定義した。撮影されたCT画像を個体ごとに第6-7肋骨間切開面側から尾側に向かって連続的に確認し、それぞれのCT画像を筋肉部分もしくは骨部分に分類した。さらに詳細に評価を行うために、筋肉部分および骨部分についてそれぞれ頭側と尾側に2等分した。なおCT画像の枚数が奇数だった場合には、必ず頭側が1枚多くなるように設定した; 例えば第8肋骨~第9肋骨間の筋肉部分のCT画像が21枚だった場合は頭側11枚、尾側10枚とした。したがって、すべてのCT画

像は筋肉部分頭側、筋肉部分尾側、骨部分頭側あるいは骨部分尾側のいずれかに分類された。

## 4. サイズ補正および統計分析

撮影されたブロック肉の長さには個体差があったため、長さが等しくなるよう補正を行った。まず、分類された筋肉部分および骨部分の位置がそれぞれの個体で等しくなるように、骨部分であれば第n肋骨部分、筋肉部分であれば第n~n+1筋肉部分、と区分した( $n = 7 \sim 12$ )。その後、それぞれの区分におけるCT画像の全個体平均枚数を求めた。また、各区分において頭側から尾側に向かってCT画像に1, 2, 3, と番号を付けていき、これを画像番号とした。各区分でのCT画像の全個体平均枚数にその区分での画像番号を乗じたものを、それぞれの個体の各区分におけるCT画像の枚数で除し、四捨五入することで各区分の画像番号の開始と終了が等しくなるようにし、便宜的に長さが等しいものとした; 例えばある個体の第8肋骨部分(CT画像26枚、全個体平均枚数23枚)の画像番号5の画像は、 $(23 \times 5) \div 26 \approx 4.42$ となり、四捨五入され便宜的に4枚目のCT画像となる。

統計にはSAS(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)のGLMプロシジャを用い、最もあら脂肪交雑割合を従属変数に、位置を独立変数にして分散分析を行った。

## 5. 種雄牛の影響

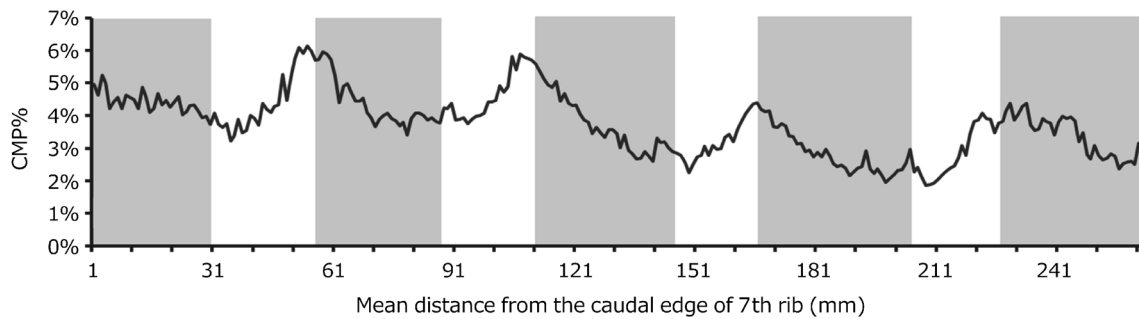
種雄牛(カッコ内は産子数)にはA(11頭), B(7頭), C(4頭), D(4頭), E(3頭), F(3頭), G(3頭), H(2頭), I(2頭), J(2頭), K(2頭), L(1頭), M(1頭), N(1頭)が用いられていた。種雄牛ごとに最もあら脂肪交雑割合の平均を算出し、脂肪交雑割合の影響を考慮して比較するために標準化を行った。標準化は各データ $X_i$ から平均 $\mu$ を引き、その値を標準偏差 $\sigma$ で割ることで実行された。なお、産子数が3頭以下の種雄牛では個体差の影響が大きくなるため、産子数が4頭以上の種雄牛のみを用いた。

## 結果および考察

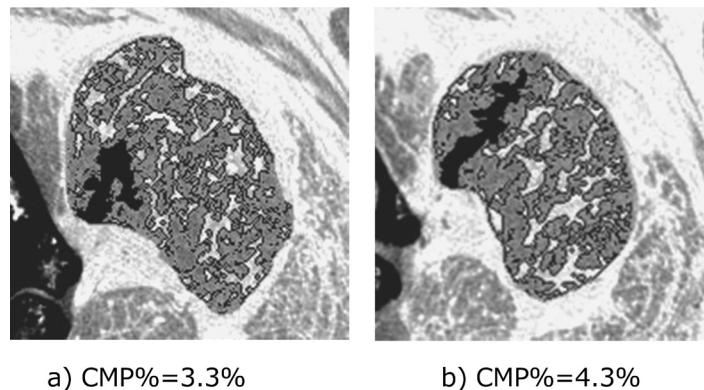
画像解析によって得られた最もあら脂肪交雑割合の全頭平均値の推移を図1に示した。網掛けになっている部分は筋肉部分、白抜きの部分は骨部分である。最もあら脂肪交雑割合は増加と減少を繰り返す、およそ2%から6%の範囲に収まった。肋骨部位間では極端にあら脂肪交雑が発現する特定の部位は認められなかった。骨部分の尾側終端から筋肉部分の頭側始端にかけて値が高く、筋肉部分の尾側終端から骨部分の頭側始端にかけて値が低い傾向にあった。

また、最もあら脂肪交雑割合の位置ごとの最小二乗平均値を表1に示した。骨部分尾側(4.5%)や筋肉部分頭側(4.3%)は筋肉部分尾側(3.3%)や骨部分頭側(3.3%)と比較して最もあら脂肪交雑割合が1%程度高かった( $P < 0.05$ ) (図2)。また骨部分尾側と筋肉部分頭側では、

CT を用いたあらい脂肪交雑の推移



**Figure 1** Change in average of the coarsest marbling particle percent (CMP%) from the caudal edge of 7th rib to the cranial edge of 12th rib.  
Shaded color area : Part of muscle, White area : Part of bone



**Figure 2** Example of coarse marbling.

**Table 1** Mean and SD of coarsest marbling particle percent by the position

Position	Coarsest marbling particle (%)
Cranial aspect of muscle	4.3 ± 3.7 <sup>b</sup>
Caudal aspect of muscle	3.3 ± 3.7 <sup>c</sup>
Cranial aspect of rib bone	3.3 ± 3.0 <sup>c</sup>
Caudal aspect of rib bone	4.5 ± 3.9 <sup>a</sup>

Values within a column with different superscripts were significantly different among positions ( $P < 0.05$ ).

その差は 0.2% と非常に小さいものの有意な差が見られた。これらのことから、最もあらい脂肪交雑の中でも極端にあらい脂肪交雑は骨部分尾側や筋肉部分頭側、特に各肋骨の尾側終端付近で存在しやすく、骨部分頭側や筋肉部分尾側、特に各肋骨の頭側始端付近には存在しにくい傾向にあるといえる。

中橋ら (2007) は最大あらし指数が高くなる特定の部位は存在せず、大きな脂肪交雑粒子は突発的に発生するということを報告したが、本研究の結果とは一致しなかった。これは彼らが 2cm 間隔でスライスを行い、第 6-7 切開

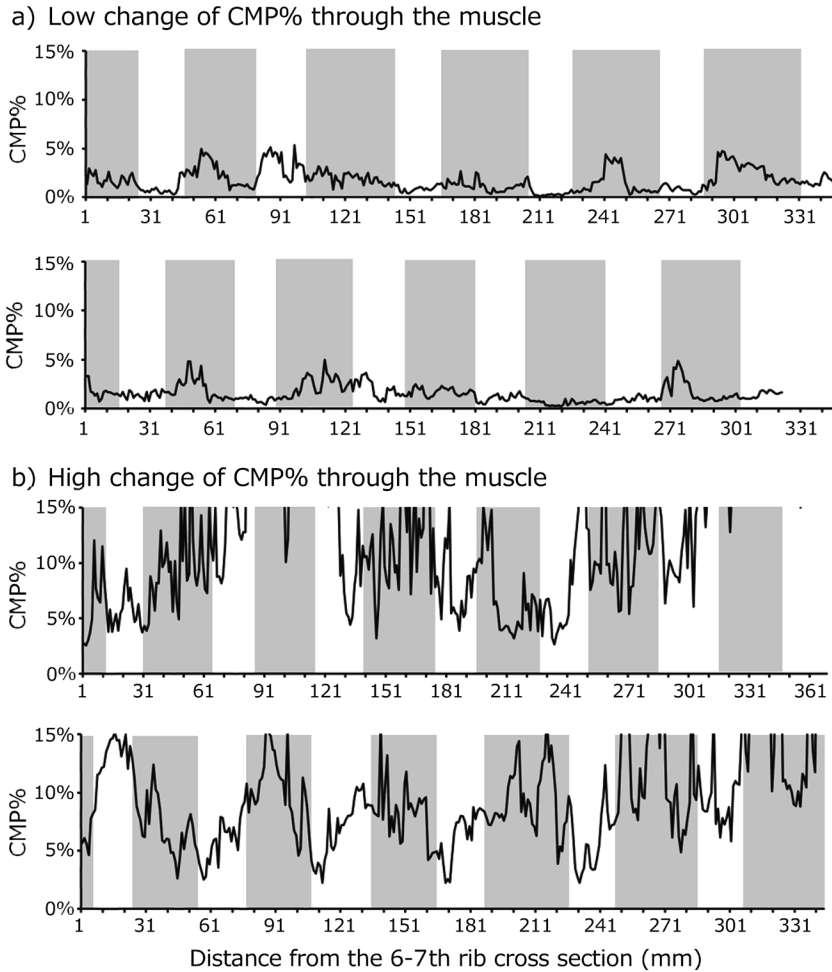
面からの距離を基準に分析したのに対し、本研究では 1mm 間隔と非常に詳細な調査を行い、骨や筋肉の位置を考慮して分析したためであると考えられる。

また、筋肉への脂肪蓄積は筋肉内に分布する血管の周辺から始まるため血管の分布が多い外筋周膜により多く脂肪交雑が形成される、および筋束の太さには系統や個体間に違いが見られ二次筋束の外周膜に脂肪が多く蓄積されるとあらい脂肪交雑になりやすい(北海道酪農畜産協会 2006) といった報告がある。これらにより肋骨終端に極端にあらい脂肪交雑が発生しやすくなったと推察した。

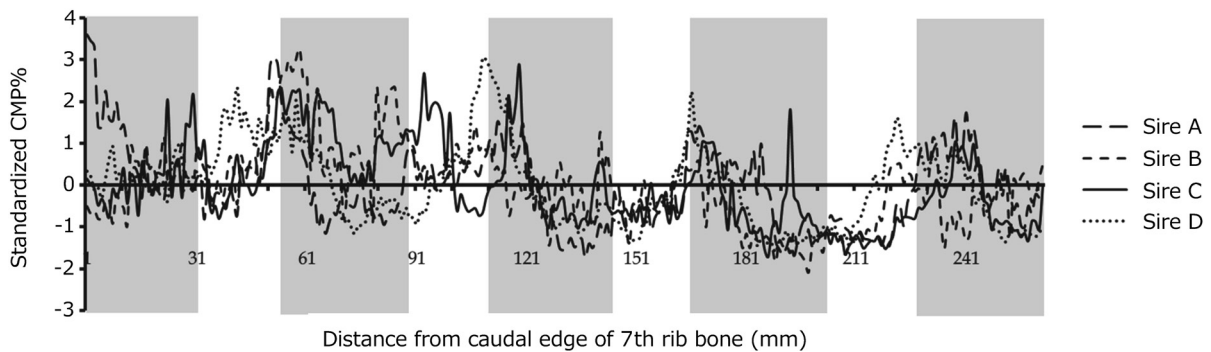
多くの個体において全頭平均の推移と同様に最もあらい脂肪交雑割合が規則的に増加と減少を繰り返していたが、比較的低い値で推移する個体 (図 3-a) や、高い値で推移する個体 (図 3-b) もみられた。したがって、必ずしも肋骨の尾側終端であらい脂肪交雑が発生するとは限らず、あらい脂肪交雑の発生要因を調査することであらしの改善が可能であると考えられた。

種雄牛の最もあらい脂肪交雑の出現位置に関する検討を行う際、脂肪交雑割合の影響を考慮して比較するために、平均値を標準化して 6-7 横断面からの距離と最もあらい脂肪交雑割合との関連性を図 4 に示した。最もあらい脂肪交雑割合の出現位置に関する種雄牛による差はほとんど





**Figure 3** Change of the coarsest marbling particle percent (CMP%) through the muscle for individual animals.



**Figure 4** Change of standardization of the coarsest marbling particle percent (CMP%) for individual sire average.

見られなかった。このことから極端にあらい脂肪交雑は種雄牛にかかわらず発生することが示された。

CT画像を用いた解析により、極端にあらい脂肪交雑は各肋骨の終端付近で存在しやすく、各肋骨の始端付近には存在しにくい傾向にあることが明らかになった。しかしながら、CT画像を用いた解析は脂肪交雑割合の高いロース

芯において困難であるため、撮影時や解析時の設定をより詳細にする必要があると考えられる。

今回の結果は、第6-7肋骨間を切開する際の微妙な違いが6-7ロース芯における極端にあらい脂肪交雑の存在に影響し、買参者の枝肉評価に影響を与えることを示唆した。しかし、極端にあらい脂肪交雑は周期的に発生するも

の連続しないことから、第6-7切開面で極端にあらい脂肪交雑が見られても全体であらいとは限らない。現行の格付では筋間脂肪に接する大きな脂肪交雑をコース芯内の脂肪交雑としてみなさず格付が行われているが、本研究の結果は、公平性の観点からこのことの妥当性を裏付けるものとなった。一方で、最もあらい脂肪交雑割合の推移における種雄牛の影響は確認できず、第6-7肋骨間切開面における最大あらし指数の遺伝率は0.10（村澤ら2010）と低いことから、極端にあらい脂肪交雑を減らす方向への育種改良は難しいと考えられる。

## 謝 辞

本研究は、平成20年度グローバルCOEプログラム『アニマル・グローバル・ヘルス』開拓拠点—地球規模の畜産衛生管理に向けた高度専門家育成—の経費で実施した。

## 文 献

- Baulain U. 1997. Magnetic resonance imaging for the in vivo determination of body composition in animal science. *Computers and Electronics in Agriculture* **17**, 189-203.
- 北海道酪農畜産協会. 2006. 新 黒毛和種肥育の手引. pp. 47-48. 社団法人北海道酪農畜産協会, 北海道.
- 口田圭吾, 大澤剛史, 堀 武司, 小高仁重, 丸山 新. 2006. 画像解析による牛枝肉横断面の評価とその遺伝. *動物遺伝育種研究* **34**, 45-42.
- 口田圭吾, 鈴木三義, 三好俊三. 2002. 画像解析による牛最長金ない脂肪交雑粒子のあらしに関する評価法の検討. *日本畜産学会報* **73**, 9-17.
- 口田圭吾, 高長拓也, 山下直樹, 山口 悠, 李 奇子, 山田一孝. 2014. X線 Computed Tomography (CT) 画像による牛部分肉の脂肪交雑形状の評価とその精度. *日本畜産学会報* **85**, 345-350.
- 丸山 新, 向島幸司, 坂口慎一, 中丸輝彦. 1998. 粗飼料比率をかえた早期肥育牛の牛肉成分およびコース芯断面について. *肉用牛研究会報* **66**, 31-32.
- 村澤七月, 中橋良信, 浜崎陽子, 堀 武司, 加藤貴之, 口田圭吾. 2010. 黒毛和種コース芯内脂肪交雑の配置バランスに関する遺伝的パラメータとその遺伝的趨勢. *日本畜産学会報* **81**, 315-323.
- 中橋良信, 丸山 新, 関 晋司, 日高 智, 口田圭吾. 2007. 黒毛和種コース芯内脂肪交雑の断面部位による変化の画像解析. *日本畜産学会報* **78**, 441-446.
- Navajas EA, Glasbey CA, Fisher AV, Ross DW, Hyslop JJ, Richardson RI, Simm G, Roehe R. 2010. Assessing beef carcass tissue weights using computed tomography spirals of primal cuts. *Meat Science* **84**, 30-38.
- Osawa T, Kuchida K, Hidaka S, Kato T. 2008. Genetic parameters for image analysis traits on *M. longissimus thoracis* and *M. trapezius* of carcass cross section in Japanese Black steers. *Journal of Animal Science* **86**, 40-46.
- Williams AR. 2002. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. *Journal of Animal Science* **80**, E183-E188.

## Change of coarse marbling in *M. longissimus dorsi* in Japanese Black used Computed Tomography

Naoki YAMASHITA<sup>1</sup>, Haruka YAMAGUCHI<sup>1</sup>, Reina ASA<sup>1</sup>, Kazutaka YAMADA<sup>1</sup>,  
Motoki OOI<sup>2</sup> and Keigo KUCHIDA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555, Japan

<sup>2</sup> Hokkaido Research Organization, Agriculture Research Department Animal Research Center,  
Shintoku, Hokkaido 081-0038, Japan

Corresponding : Keigo KUCHIDA (fax : +81 (0) 155-49-5462, e-mail : kuchida@obihiro.ac.jp)

Evaluation of marbling of Japanese beef carcass is focused mainly on the rib eye (*M. Longissimus dorsi*) at the cross section of the 6<sup>th</sup>-7<sup>th</sup> rib. Coarse marbling particles in the rib eye are regarded as undesirable on overall carcass evaluation. However the degree of marbling that is made up of the coarsest marbling particle is not equally distributed through the *M. Longissimus dorsi*. Computed Tomography (CT) was used to investigate the changes of coarse marbling in Japanese Black in this study. The two major benefits of using CT were that it is non-invasive and yields a continuous data set along the length of the *M. Longissimus dorsi*. 46 Japanese Black cattle raised under the same environmental conditions underwent CT scanning of the *M. Longissimus dorsi* at seven days from the postmortem. Subsequently, image analysis of the CT scans were undertaken with calculations to determine : the percentage of area of the coarsest marbling particle to rib eye area (coarsest marbling percent : CMP%). CT images were classified to four positions ; cranial aspect of muscle, caudal aspect of muscle, cranial aspect of rib bone and caudal aspect of rib bone. Analysis of variance was performed by using SAS GLM procedure. Results of this study indicate the coarsest marbling exist near the caudal aspect of each rib bone. The mean value for CMP% of each cranial aspect of muscle, caudal aspect of muscle, cranial aspect of rib bone and caudal aspect of rib bone were 7.4, 5.6, 5.1 and 6.7% respectively. CMP% for cranial aspect of muscle was approximately 2% higher than that of caudal aspect of muscle ( $P < 0.05$ ), and CMP% for caudal aspect of rib bone was 1.6% higher compared to cranial aspect of rib bone ( $P < 0.05$ ).

*Nihon Chikusan Gakkaiho* 86 (3), 379-384, 2015

**Key words** : coarse marbling, computed tomography, image analysis, Japanese Black.