

〈仮訳〉

米国農務省生理学的成熟度検証研究：
米国肥育牛群における月齢と生理学的成熟度の関連の検証

2007年12月

序文

2004年11月から、米国政府(USG)は、牛の月齢と枝肉になったときの生理学的成熟度の関連性を決定する研究を行った。日本政府(GOJ)及びUSG両政府によるデータ分析の後、生理学的成熟度A40の閾値が、全ての対日輸出牛肉製品が20ヵ月齢以下の牛由来であることを保証する適切な限界であることが確認された。2005年1月にオリジナルの研究が終了し、最終報告がGOJに提出された後、USGは、A40の閾値が適切な限界であることを検証する研究の実施に同意した。研究は2006年1月に開始されたが、2006年冬期には誕生日が判明した牛の供給が不十分であったため、データ収集は4月末まで開始されなかった。

序論

牛肉及び牛肉製品の貿易の再開の手続きを記した日米両国間の共同記者発表(2004年10月23日)後、農業販売促進局(AMS)畜産種子(LS)部門は、月齢の判明した去勢牛及び未経産牛を特定し、と畜・冷蔵された後に評価する研究を実施した(2004年11-12月)。生理学的成熟度の評価は、牛枝肉等級米国基準(1997年1月31日発効)に従って行われた。オリジナルの研究の目的は、両国が合意可能な輸出証明プログラムにしたがって対日輸出製品の認可を行うために、20ヵ月齢以下の去勢牛及び未経産牛のグループと21ヵ月齢以上のグループを効果的に分類する成熟度の総合スコア(例えばA20, A30, A40, A50など)を決定することであった。GOJ及びUSG両政府によるデータ分析の後、生理学的成熟度A40の閾値が、全ての対日輸出牛肉製品が20ヵ月齢以下の牛由来であることを保証する適切な限界であることが確認された。

本レポートの結果を述べる今回の研究は、オリジナル研究の結果を検証するために実施されたものである。

背景

約160人のUSDA/AMS格付け官は、毎年およそ2千7百万頭分の牛枝肉の生理学的成熟度やその他の等級要素を評価している。格付けされる去勢牛及び未経産牛のうち、およそ90%は20ヵ月齢以下であり、米国の飼養管理体制からはずれた一部のものだけが24ヵ月齢超であると推定される。去勢牛肉及び未経産牛肉の等級の公式基準は、枝肉格付けにおいて生理学的骨成熟度(骨化)をより重視するために1965年に改定された。牛の月齢が進むにつれて、生理学的な成熟は筋肉におけるコラーゲン結合の増加を及ぼし、結果

として固い肉となることから、骨格の生理学的成熟度の進んだ枝肉は筋肉の生理学的成熟度も進んだものであり、USDAプライム、チョイス、セレクト及びスタンダードの各特別等級からは除外されるべきである。生理学的成熟度は、等級基準に追加されて以来、成熟度の分類や格付け官が牛枝肉の品質(つまり、調理された食肉製品の期待される口当たりの良さ)を決定する際の一助として用いられてきた。と殺から 36-48 時間後に格付けされる際、USDA/AMS 格付け官は、品質等級を決定するために枝肉を一つ一つ評価する。USDA/AMS 格付け官は、最終的な USDA 品質等級の決定に資する、生理学的成熟度とその他の要素をいずれも評価する。本システムは、格付け官が商品価値を決定するために、米国牛群内の品質格差に応じて枝肉を識別し、分別することを可能とする。そうした分別は、市場システムにおいて、市場の川上及び川下に向けて経済的なシグナルを送るために使われ、結果として商品価値本位の市場においてより高品質な牛肉となる。USDA/AMS 格付け官は、枝肉評価と品質等級付与のバラツキをなくし、精度を担保するため、評価決定の重要なポイントを写した写真を用いる(画像 1 及び 2)。

1985 年以来、業界全体の格付けの正確性を維持するため、USDA/AMS は格付けの監査を定期的に行ってきた。食肉格付け・認証室(MGC)において、訓練中の格付け官、ベテラン格付け官(最低 2 年間の勤務経験を有する格付け官)及び専門格付け官(監督官)による格付けの正確性を担保するため、採用当初の 2 年間は徹底的な訓練が実施されるとともに厳格な資格要件が決められている。現行の格付けシステムでは格付け官 9 人に対して一人の監督官が配置されており、正確な評価と公式な USDA 品質及び産肉等級の適用を確保する、AMS/LS/MGC の実践的な責務遂行の高さを現している。

現在の枝肉を特徴付け、オンライン格付け官の能力評価を行うため、(内部及び独立した第三者による)検証が実施されている。この検証は、格付け官が配置されている主要な加工施設各々において無作為に実施されている。こうした徹底的な検証が開始されて以来、3 万頭を超える枝肉に対して付与された枝肉等級の正確性に影響する全ての要因が、USDA 品質等級及び産肉等級の両方に関して正しく評価されてきた。こうした検証のデータは 1985 年以降と殺されたおよそ 5 億頭に適用された格付け工程の正確性を保証するものである。

USDA 品質等級を決定する主要な要因の一つが生理学的成熟度である。生理学的成熟度による分類システムは、A(最も若い)、B、C、D 及び E(最も成熟)の 5 つの成熟度群に牛を分けている。枝肉成熟度は、第 12 肋骨断面の赤身肉の色及びきめとともに、背割りされた枝肉のせき柱に沿って、そのサイズ、形態、骨及び軟骨の骨化を評価することにより決定されている。成熟度 A の枝肉の最も大きな差異が背割りされた椎骨の表面から現れ始めるため、特に、椎骨断面に注目している。椎骨断面において、視覚的に認められる骨化の変化(つまり、軟骨の骨化の程度)は、成熟度の初期段階ではせき柱の後軀側(仙椎)に現れ、

成熟が進むにつれ徐々に腰椎、胸椎及び前駆部の椎骨に現れてくる。骨化の変化は、胸椎断面の上端(背側端)に位置する棘突起の軟骨部分に現れ、その変化は生理学的成熟度の評価にとりわけ有効であり、等級基準で頻繁に言及されている。肋骨のサイズ及び形態もまた、生理学的成熟度の識別に重要な点である。

成熟度 A の中で最も若い枝肉(A00)では、椎骨端の軟骨は全く骨化しておらず、せき柱全体に渡って椎骨全てに軟骨が認められ、仙椎は明瞭に分離している。また、椎骨断面は通常軟らかく多孔性でとても赤みがかっている。そうした枝肉では、肋骨は比較的丸みを帯び扁平化はわずかに兆しだけである。一方、最も進んだ成熟度 A の枝肉においては、やや赤みを帯びやや軟らかい椎骨を持ち、胸椎先端の軟骨の骨化が見られる。また、仙椎は完全に融合しており(つまり、各椎骨が分離していない)、腰椎の先端の軟骨はほぼ完全に骨化するとともに肋骨はやや幅広く扁平である。

評価者によって A40 と見なされる枝肉については、(1)全ての椎骨において軟骨が認められ、(2)仙骨が明瞭に分離し、また、キャップが認められることにより、相当程度の軟骨の存在を示す(3)腰椎上のキャップが一部骨化の傾向を示し、(4)胸椎に骨化が認められず、(5)椎骨断面は軟らかく多孔性で、赤みがかっている傾向を示しており、(6)肋骨は扁平化の傾向をいくらか示しており、(7)赤身肉はきめがとて細かく明るい赤色をしているものでなければならない。

一方、A50 と判定される枝肉については、(1)全ての椎骨において軟骨が認められ、(2)仙骨の分離及びキャップにより軟骨の存在を示す、(3)腰椎上のキャップがほぼ中程度に骨化してきており、(4)胸椎に骨化が認められず、(5)椎骨断面は中程度に軟らかく多孔性で中程度に赤みがかっており、(6)肋骨は扁平化の傾向をいくらか示し狭くなっており、(7)赤身肉はきめがとて細かく中程度に明るい赤色をしているものでなければならない。(画像 1 及び 2、表 1)

材料及び方法

生年月日が既知の牛の特定:

2004 年の研究においては様々な困難があったが、基本的に、最も大きなものは、正確な生年月日が把握できるか、又は比較的短い期間に生年月日が収まっている(生誕から 62 日間以内だと把握できている)牛を特定することであった。本検証研究においては、研究者は、正確な生年月日が把握できるか、又は生誕から 30 日以内であると把握できている牛のみを対象とした。21 ヶ月齢以上の牛は、米国の牛肉生産システムでは一般的ではないため、正確な生年月日が把握できるか又は 30 日以内と把握できるものが限られている。本研究においては、すべての牛とその枝肉は、1 ロットを除き正確な生年月日が把握できており、除かれた 1 ロットについては、生誕から 54 日以内であると把握できるものであった。生年月

日に幅を持った牛は全て 21 ヶ月齢超であった。正確な生年月日が把握できない牛を本研究の対象とすることにより、その牛群内の若い牛は、そのロットの中で最も月齢の進んだ牛の月齢が割り当てられるため、月齢推定は、より安全を見たものとなった。

データ収集:

データの収集中、情報はデータベースに蓄積され、最後の枝肉情報が収集された後、データ分析が開始された。収集されたデータは、骨格・赤身肉及び総合的な生理学的成熟度スコア、生年月日及びと殺年月日(日齢を計算するための正確な日付または生誕期間)、品種(英国種、大陸種)、性別及び背景情報(直接肥育されたか、ドライロットにいったん入ってから肥育されたかなど)であった。牛の月齢は、生年月日からと殺日までの差を計算し、それを 30 で除して得られたものである。生理学的成熟度、完全な月齢及び生産情報が収集され統計学的分析のために処理された(n=991)。加えて、月齢情報のない牛枝肉のデータも収集された。これは、データ収集に当たって格付け官に対するブラインド(盲検)性を確保するために使われた。

本研究に際しては、格付け官の対応可能性とと殺施設への距離を考慮して、10 人の MGC 専門格付け官が任務に当たった。

結果及び考察

分析された 991 頭分の枝肉のうち、87%(n=866)は、正確な生年月日がわかっており、125 頭分は 54 日の範囲で誕生日がわかっている(表 2)。正確な生年月日がわからない 125 頭の月齢の算出に当たっては、最も月齢の進んだ個体の月齢が牛群全体の月齢として用いられた。また、本研究には、657 頭(66.3%)の去勢牛と 334 頭(33.7%)の未経産牛が用いられた(表 3)。

今回の研究では、主に正確な生年月日がわかる牛という制約を受けていたことから、品種はオリジナル研究よりも限られていた(表 4)。たとえば、*Bos indicus*の影響が強い(50%以上)牛の飼養者は、分娩には立ち会わないことが多く、90 日かそれ以上の生年月日の幅を持ち、そのうち最も早く生まれた個体の月齢を牛群全体の月齢として月齢証明するのが一般的である。また、大陸種の純粋種がフィードロットで肥育されることは一般的でないため、本研究の対象外となっている一方、大陸種と英国種の交雑種は広く分布しており、本研究でも十分対象となっている(n=776)。純粋種の英国種は、依然として高品質米国産牛肉の主要な供給源となっており、これも本研究の対象となっている(n=215)。最後に、ホルスタイン種については、米国でと殺される最も若い去勢牛であるが、正確な日付よりもむしろ生誕期間により月齢証明されているため、本研究の対象とはならなかった。

米国では、若牛生産や牛肉生産には幾つかの選択肢があるが、離乳からフィードロットでの肥育までの間の一般的な飼養方法は、(1)フィードロットに入るまでドライロット(しばしば、

「グローイングヤード」又は「バックグラウンド」と呼ばれる、飼槽から採食することを学習させるために肥育馴致用飼料(mild ration)を与える方式)にて飼養するか、(2)フィードロットに入るまで、牧草及び/又は麦類の放牧地で放牧するかである。ドライロット及び放牧はそれぞれ本研究において対象となっており、その割合は、それぞれ、76.0%と16.0%であった(表 5)。加えて、21 ヶ月齢以上の牛を十分確保するため、放牧とドライロットの両方を含む生産システム由来のサンプル集団が、8.0%であった(表 5)。

本研究に用いられた牛の83%(n=823)は20ヶ月齢以下の牛であり、20ヶ月齢超は17%(n=168)であった(表 6)。各枝肉の生理学的成熟度スコアは、統計学的分析のために数値に変換された(A40=140、A70=170、B20=220 等)。20 ヶ月齢以下の牛の生理学的成熟度の平均は158.5(A50に該当、21 ヶ月齢以上のグループでは179.3(A70に該当)であった(表 7)。

表 8 は 20 ヶ月齢以下と 20 ヶ月齢超の 2 群における生理学的成熟度の分布を示している。この表はまた、生理学的成熟度が進むにつれ、20 ヶ月齢以下の枝肉の割合が減少し、逆に 20 ヶ月齢超の牛の割合が増加していることを示している。全サンプル(n=991)のうち、20 ヶ月齢超の枝肉が A50 未満のスコアになることはなかった(表 9)

結論

本研究で得られたデータは、オリジナルの研究の結果を裏付けるものである。生理学的成熟度 A40 による閾値は、全ての対日輸出牛肉製品が 20 ヶ月齢以下の牛由来であることを保証する適切な限界である。

また、枝肉が 21 ヶ月齢であった場合に、当該枝肉が A40 かまたはそれ以下に格付けされる確率推定を付属 A に添付している。

付属A

枝肉が 21 ヶ月齢であった場合に当該枝肉が A40 かまたはそれ以下に格付けされる確率推定について

いかなるサンプリング環境においても、21 ヶ月齢以上の枝肉が A40 に格付けされる可能性は 0 ではない。以下に述べる分析の目的は、そうしたことが起こる理論的な確率を算出することである。

垂直方向の分析

基本的には高齢になることでより生理学的成熟度も進むこと、及び、サンプルの選抜が成熟度ではなく月齢に基づいて行われることから、統計学的分析は、月齢をリグレッサーとして実施される(垂直方向の分析)。従って、推定結果は、21 ヶ月齢の牛において、枝肉の生理学的成熟度が A40(以下)に格付けされるものが少なくとも1つ見つかる確率によって表されることとなる(21 ヶ月齢閾値以下にサンプリングターゲットを絞っているため、22 ヶ月齢以上の牛は除外されることが適当である。)

サブ・サンプル

21 ヶ月齢であり、かつ A40 に格付けされる牛由来の枝肉が少なくとも一つ見つかる確率は、実験群全体の集団から選抜された 2 つの異なるサブ・サンプルを用いて推定された。実験群全体とは、オリジナル研究時に収集されたデータ及び今回の検証研究において収集されたデータからなる集団である(n=4,329)。サブ・サンプル 1 は、21 ヶ月齢であり、かつ、A50 以上に格付けされた枝肉の集団(n=242)である。サブ・サンプル 2 は、19-21 ヶ月齢であり、かつ、A50 以上に格付けされた枝肉の集団(n=1,454)である(サブ・サンプル 2 にはサブ・サンプル 1 の 242 頭分の枝肉が含まれている)。これらのサブ・サンプル集団は、22 ヶ月齢以上の枝肉を含まないように選抜されており、後者のサブ・サンプルは、実験群全体を通じて、18 ヶ月超で A40 以下に格付けされた枝肉が 1 つもなかったという観測を反映している。

分析

分析は、実験群全体から得られた 2 つのサブ・サンプルである、(a)ちょうど 21 ヶ月齢の集団、及び、(b)ちょうど 21 ヶ月齢に加え 19 及び 20 ヶ月齢からなる集団を用いて、20 ヶ月齢超であり、かつ、生理学的成熟度 A40 かそれ以下に格付けされる枝肉を検出する確率を表すことを意図して実施されている。

標準有意差検定のため、タイプ 1 の統計学的誤差 $\alpha=0.01$ のレベルで、これら「垂直方向」のノンパラメトリックな分析手法が選ばれた。確率は、以下の様に計算された。

$$P \leq 1 - \alpha^{1/n} \quad [(1-P)^n \geq \alpha \Leftrightarrow P \leq 1 - \alpha^{1/n}]$$

$\alpha=0.01$ では、サブ・サンプル 1(n=242)では、1 頭が A40 かそれ以下の生理学的成熟度に格付けされる確率は $P=0.01885$ であり、一方、観測値が増え統計学的検出力がより優れたサブ・サンプル 2(n=1,454)を使った結果では、確率は、 $P=0.003162$ であった。オリジナル研究において同じ基準で選抜したサブ・サンプルを用いて計算すると、それぞれ、サブ・サンプル 1 では $P=0.01924$ 、サブ・サンプル 2 では $P=0.003175$ であった。

結論

これらの結果から、21 ヶ月齢以上でかつ A40 またはそれ以下の格付けが見つかる可能性は理論的に低いことが示唆される。

表

付属 表 1: 実験群全体(オリジナル研究及び検証研究)における最終生理学的成熟度スコアの月齢 分布表

付属 表 2: オリジナル研究群における最終生理学的成熟度スコアの月齢分布表