

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500238

研究課題名(和文) 独立成分分析を利用した超音波画像テクスチャ情報からの肥育牛の脂肪交雑推定

研究課題名(英文) Estimation of the marbled score in live beef cattle based on ICA and US texture information

研究代表者

福田 修 (FUKUDA, OSAMU)

独立行政法人産業技術総合研究所・生産計測技術研究センター・主任研究員

研究者番号：20357891

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円、(間接経費) 1,110,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、肥育牛の脂肪交雑値を評価するために、生牛から計測した超音波エコー画像のテクスチャ情報と、その独立成分分析に基づく脂肪交雑値の推定に取り組む。推定にはニューラルネットを利用する。構築したアルゴリズムを評価するために、肥育牛から計測した実データを用いて評価実験を行った。その結果、提案するアルゴリズムによる推定値と実測値との相関は $R=0.7$ となり、同じデータに対して従来手法である主成分分析を用いた結果 $R=0.62$ よりも高い推定精度を実現することができた。また、専門技術者による推定に匹敵する推定精度を有することも明らかになった。

研究成果の概要(英文)：To accurately estimate the Beef Marbling Standard(BMS) number of live cattle using ultrasound echo imagings, we have developed a image recognition method by use of a neural network. We examine the efficiency of applying Independent Component Analysis(ICA) to the compression of multidimensional image features. We have implemented the estimation tests by use of ultrasound echo imagings measured from live cattles. The estimation accuracy was evaluated based on the cross validation method. The results confirmed that the correlation coefficient between the actual and the estimated values was higher by ICA ($R=0.70$, $p<0.01$) than by PCA ($R=0.62$, $p<0.01$). Also, we conducted the comparison experiments between the ICA based estimation and the estimation by an experienced inspector. The both methods examined the same ultrasound images. As a result, we confirmed that the proposed method had much the same capability as the experienced inspector to estimate BMS number.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報処理・知能ロボティクス

キーワード：超音波 パターン認識 畜産

1. 研究開始当初の背景

我が国の農工連携は、バイオテクノロジーなどの一部の分野を除いてまだ遅れており、当該画像判読技術については、関連する研究報告が増加傾向にあるものの大きなブレイクスルーに至っていないのが現状である。

従来研究の多くは、比較的単純な特徴抽出法やモデリング手法に頼っているため、推定精度や安定性が必ずしも高くないという問題が残されていた。また、小サンプルに対する検証に留まっており、大規模なサンプル群や未知のサンプルに対する精度の保証も不十分であった。

これまでに研究代表者は、テクスチャ解析に基づく多次元特徴量の抽出、主成分分析による次元圧縮、ニューラルによる非線形モデリングを組み合わせた新しい判定アルゴリズムを提案してきた。しかしながら、処理の一部である主成分分析には、多次元特徴量の成分同士の無相関や直交性が仮定されていた。また、屠殺後にしかデータが収集できない事情もあり、サンプル数がまだ十分ではなく、大規模なサンプル群に対する精度の検証は、課題として残されていた。また、専門技術者と推定精度の優劣を比較検討する必要もあった。

2. 研究の目的

牛肉の価値は、屠殺後の格付け（脂肪交雑値）で決定するが、もし、この脂肪交雑値を肥育段階で予測することができれば、肥育技術の向上や肥育経営の安定に極めて有益な情報となることから、畜産農家からの強いニーズがある。超音波画像による肉質判定には高度な専門性が必要であり、脂肪交雑値の判読が可能な技術者は、国内に十数人程しかいないと言われている。そこで本研究では、超音波画像から肥育牛の脂肪交雑自動推定を実現するアルゴリズムを確立することを目標とする。

3. 研究の方法

(1) 独立成分分析を利用した推定アルゴリズムの改良

まず、これまでに構築してきたプログラムに独立成分分析を導入し、アルゴリズムの改良を実施する。独立成分分析には、超音波画像のテクスチャ特徴量を精度良く、かつ効率良く抽出することが期待でき、推定精度の向上や安定につながるものと予想される。これまでの我々の方法は、テクスチャ特徴量（エネルギー、エントロピー、慣性、局所一様性など）を主成分分析により次元圧縮し、そのままニューラルネットの入力に用いていた。しかしながら、主成分分析は、主に多次元データの2次相関を無相関化するような変換であり、基底が直交するという条件がある。この場合、基底が分布に対して必ずしも効果的に適合しない可能性がある。これに対し、独立成分分析は、より高次の統計量や、時間領域を含む相関に基づいて独立性を仮定し、データを分離するものである。つまり、独立成分分析の基底は直交しなくてもよく、最も独立性のある分布に基底をとることができる。

(2) シミュレーションデータによる開発プログラムの検証

(1)にしたがって構築したプログラムを、人工的に生成した数値データを使って検証する。この際、従来のアルゴリズムの仮定には沿わない（基底が直交しない）データを使用する。検証の結果からプログラムの動作を確認するとともに、従来手法とのパフォーマンスの比較を行う。

(3) 実データに対する検証

さらに、実サンプルデータを使って、開発プログラムの妥当性を検証する。実データは、屠殺前の生体より採取するものとし、格付時の脂肪交雑値の値を教師データとする。デー

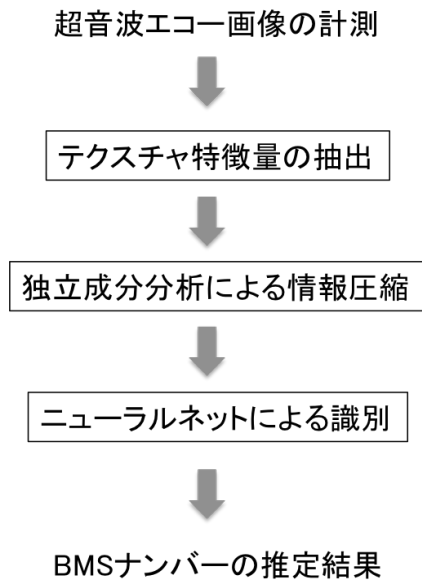


図1 BMS 識別の概略図

タの蓄積は随時実施するものとし、7~8 頭/月程度の頻度でサンプルを蓄積する。既に取得済みのサンプルとも混合して合計 200 頭超を実験に用いることを目標とする。肥育牛の超音波画像は、非圧縮 AVI 方式の動画として保存するものとし、解析はオフラインで実施する。

(4) 従来法や専門技術者との比較検討

①ニューラルネットを使用しない典型的な重回帰分析による推定、②主成分分析とニューラルネットを使用する方法（独立成分分析を用いない）による推定、③専門技術者による推定と比較検討を行う。実験結果を開発アルゴリズムへフィードバックする。

4. 研究成果

(1) 独立成分分析を利用した推定アルゴリズムの改良とシミュレーションデータによる検証

まず、独立成分分析による推定アルゴリズムを構築し、サンプルデータによる基礎的な検証を行った。独立成分分析のアルゴリズムはFastICAを使用した。この方法は評価関数にネグエントロピー、探索法に不動点法を利用

した方法である。アルゴリズムの最大反復数は 2000 回とし、前処理として中心化および白色化を行った。

人工的に発生した 3 次元のサンプルデータによる検証を実施した。この信号は、1 次元信号と 2 次元ノイズを混合したもので、この信号から元の 1 次元信号を復元することを検証した。

3 次元の信号を主成分分析、および独立成分分析し、元の信号を推定した結果、独立成分による識別精度 $R=0.91$ ($p<0.01$) は、主成分を用いた場合 $R=0.67$ ($p<0.01$) に比べて著しく高いことが確認された。

(2) 実データによる検証と従来法との比較検討

次に実データによる検証を実施した。図 1 に BMS 識別の概略図を示す。識別処理は、超音波エコー画像からのテクスチャ特徴量抽出処理、独立成分分析による情報圧縮、およびニューラルネットワークによる識別処理の 3 段階から構成される。まずテクスチャ特徴量抽出処理では、解析領域として (a) 胸最長筋全体の範囲、(b) 胸最長筋中心部の範囲、(c) 胸最長筋の上付近における僧帽筋内中心部の範囲、(d) 胸最長筋の右上付近に隣接する背半棘筋の範囲の 4 領域を設定する。領域 (a) の面積は 220×140 ピクセル、領域 (b) ~ (d) の面積は、 40×40 ピクセルである。各領域から抽出するテクスチャ特徴量は、空間濃度レベル依存法 (SGLDM) により求められるエントロピー、相関、局所一様性、また、濃度レベル差分法 (GLDM) により求められるコントラスト、角度別 2 次モーメント、エントロピー、平均、逆差分モーメント、さらに、濃度ヒストグラム法 (GLHM) により求められる平均、分散、歪度、尖度の合計 12 種類である。ここで、SGLDM および GLDM により得られる 8 種類のテクスチャ特徴量は、0, 45, 90, 135 度の各方向についてそれぞれ算出し、

それらの平均値を計算する。そして各領域から算出された 12 次元のテクスチャ特徴量について、4 領域相互における差分を計算し、72 次元の変数を算出し、1 頭分のテクスチャ特徴量とした。

次に、72 次元テクスチャ特徴量に対して、独立成分分析を行った。独立成分分析のアルゴリズムは FastICA を使用し、前処理として、中心化および白色化を行った。アルゴリズムの最大反復数は 2000 回とした。なお、主成分分析の結果において、固有値が 1 以上になる主成分が 11 個であったことから、独立成分分析においても 72 次元から 11 次元の成分への変換を行った。

最後に、得られた独立成分から BMS ナンバーを識別するために、ニューラルネットによる回帰分析を実施した。ネットワークは、誤差逆伝播型のニューラルネットとし、入力層、中間層 1、中間層 2、出力層の 4 層構造とする。ネットワークは、識別処理を行う前に学習用のサンプルデータを使って適応学習を実施する。この際、ネットワークの中間ユニット数、およびネットワークの初期重み変数をランダムに設定し、1000 種類のネットワークを生成する。初期重み変数は、0~1 の一様乱数とする。そして、学習後に各ネットワークの識別精度を評価し、生成された 1000 個のネットワークのうち、成績の良い 100 個のネットワークを平均化することにより識別精度の評価を行う。

超音波画像は、2 種類の超音波エコー装置により計測された。1 つは、スーパーアイミート（富士平工業社製）で、もう 1 つは、HS2100（富士平工業社製）である。前者は、103 頭分で、BMS は 3 から 12 であり、平均は 6.8、標準偏差は 2.1 であった。後者は 116 頭分で、BMS は 2~12、平均は 6.6、標準偏差 2.3 であった。後者では、BMS2 が 1 頭、BMS12 が 3 頭とデータ数が少なかったため、BMS2 は 3、BMS12 は 11 に置き換えてから各解析を行

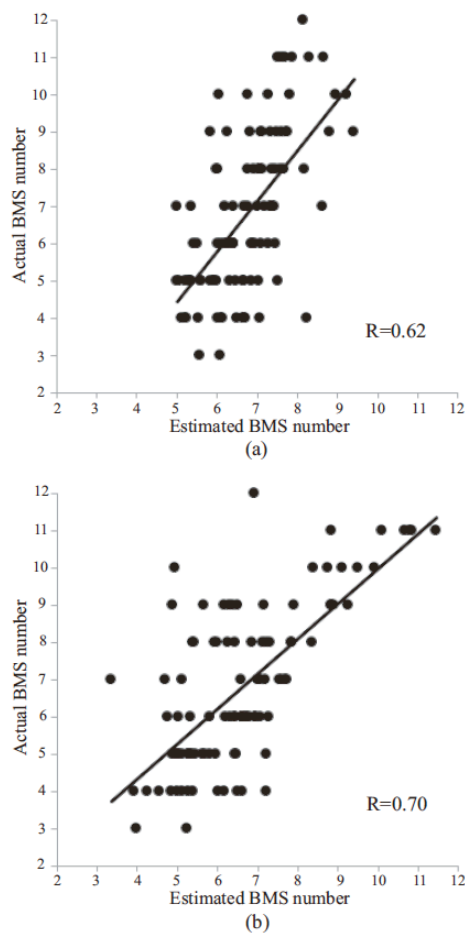


図2 実データの推定精度
(スーパーアイミート)

った。

まず、スーパーアイミートにより計測されたデータについて、検証を行った。生成された 100 個のネットワークによる識別値の平均値と実測値の関係を表したグラフを図 2 に示す。(a)は独立成分分析の代わりに主成分分析による推定を実施した結果である。主成分から識別された BMS ナンバーと実測値の相関係数は $R=0.62$ ($p<0.01$)、平均識別誤差は 1.70 であった。一方、(b)に示すように、独立成分から識別された BMS ナンバーと実測値の相関係数は $R=0.70$ ($p<0.01$)、平均識別誤差は 1.55 であり、主成分を用いた場合に比べて高精度な識別結果が得られた。グラフからも見てとれるように、主成分から識別された BMS ナンバーの大半は 5 から 9 の間に分布が集中

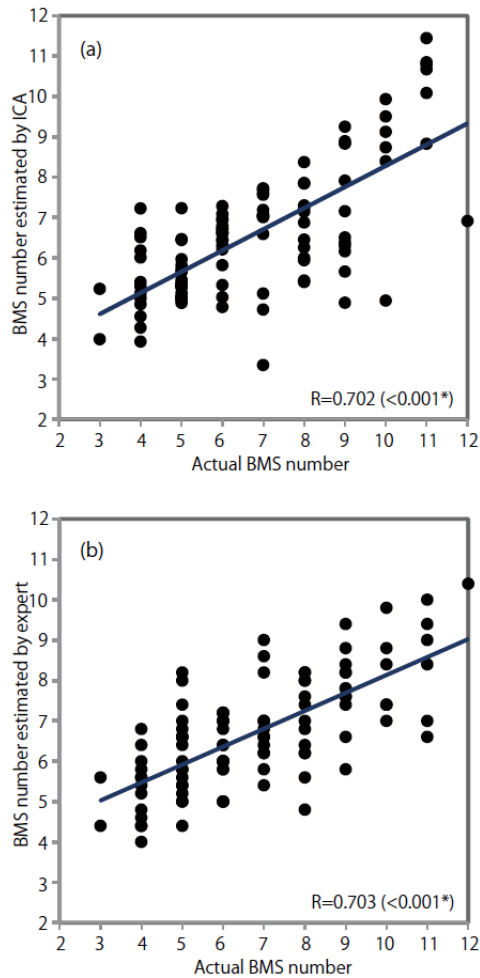


図4 専門技術者による推定との比較

しているのに対して、独立成分から識別されたBMSナンバーはより幅広い範囲に分布しており、独立成分がより忠実にBMSナンバーの持つ情報を再現できる可能性が示された。

次に、HS2100により計測されたデータについて、検証を行った。主成分分析および独立成分分析を施した場合の識別値と実測値の相関係数は、残念ながらいずれも $R=0.44$ と低く、差は認められなかった。両装置には、撮像方式に相違点があり、その影響が考えられる。今後の検討課題として残された。

(3) 専門技術者との比較検討

最後に、熟練専門技術者による識別との比較検討を行った。熟練専門技術者は佐賀県畜

産試験場に勤務する50代男性で、20年以上にわたり肉牛の超音波エコー画像を用いてBMSナンバーを識別してきた実績を持つ。

熟練専門技術者は、通常エコー画像を目視で観察することによりBMSナンバーの識別を行っているが、今回は公正なブラインドテストを実施するために、録画された画像内に記載されている測定日やファイル名などの情報部分を全てトリミングし、超音波エコー部分のみが映っている画像を用意した。ブラインドテストに使用する画像は、測定した動画画像の中の任意の5フレームを選択したものとし、103頭×5画像=515画像をランダムに並べ替えた。熟練専門技術者は数日間に分けて、用意された515画像について目視によるBMSナンバーの識別を行った。

独立成分分析を用いた場合のBMSナンバーと熟練専門技術者により識別されたBMSナンバーの識別パターンとの関係を図4に示す。

(a)(b)は両者の推定値と実測値との関係を示したグラフであるが、同程度の推定精度を有することがわかった。

(4) まとめ

本研究では、超音波画像から肥育牛の脂肪交雑推定を実現することを目的とし、独立成分分析に基づくアルゴリズムの構築と、検証を行った。その結果、

- 独立成分分析の導入により、従来の主成分分析を利用した手法に比べて推定精度を向上できることが示唆された。
- 専門技術者との比較実験により、提案手法は専門技術者に匹敵する推定精度が実現できることが、確認された。

今後は、実用化を目指したシステムの改良を予定している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

1. Fukuda, N. Nabeoka, T. Miyajima: Estimation of Marbling Score in Live Cattle Based on Dynamic Ultrasound Image Using Neural Network, Proceedings of the 19th International Conference on Systems, Signals and Image Processing, 査読有, pp. 1-4, 2014.
2. Fukuda, N. Nabeoka, T. Miyajima: Estimation of Marbling Score in Live Cattle Based on ICA and a Neural Network, Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 査読有, pp. 1622-1627, 2013.

[学会発表] (計4件)

1. Fukuda, N. Nabeoka, T. Miyajima: 0. Estimation of Marbling Score in Live Cattle Based on ICA and a Neural Network, The IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2013.10.15, Manchester, England.
2. 福田修、鍋岡奈津子: 独立成分分析による肉牛の超音波エコー画像識別, ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2012.5.28, 浜松.
3. 0. Fukuda, N. Nabeoka, T. Miyajima: Estimation of Marbling Score in Live Cattle based on Dynamic Ultrasound Image Using Neural Network, The 19th International Conference on Systems, Signals and Image Processing, 2012, 4, 12, Vienna, Austria.
4. 福田修: ニューラルネットを利用した超

音波エコー画像のテクスチャ分類, 第24回バイオエンジニアリング講演会論文集, 2012.1.7, 大阪.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福田 修 (FUKUDA, Osamu)

(独) 産業技術総合研究所・生産計測技術研究センター・主任研究員

研究者番号: 20357891

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし