

鳴き声の線形予測残差を用いた牛の個体識別

The individual identification of cattle using LP-residual signal extracted from cattle sound

入部 百合絵^{*1}
Yurie Iribe

曾我 真子^{*1}
Mako Soga

児嶋 朋貴^{*2}
Tomoki Kojima

増田 達明^{*2}
Tatsuaki Masuda

^{*1} 愛知県立大学
Aichi Prefectural University

^{*2} 愛知県農業総合試験場
Aichi Agricultural Research Center

In order to reduce the time and effort of the individual identification, a method for easily identifying individuals of animals using ICT is required. Our research have focused on animal call as one of the features useful for individual identification. Although there is research on individual identification using linear prediction coefficients extracted from animal's voice in previous research, the correct rate is not sufficient. Therefore, it is necessary to perform individual identification using various acoustic features useful for individual identification as well as the linear prediction coefficients. In this research, we extract various kinds of acoustic features suitable for individual identification of cattle, and identify individuals using these acoustic features of cattle sound.

1. はじめに

近年、牛などの家畜を飼養している畜産農家は、高齢化や若者の就業数の減少などの理由により年々減少する傾向にある。しかし、飼養される家畜の数は一定であるため、農家一戸当たりの家畜の数は年々増加する傾向にある。また、家畜の個体識別や状態把握を行う際、飼養者は家畜を捕獲して識別や計測を行うための機器を取り付ける必要があるため、飼養者と家畜の両者に負担がかかる。このことから畜産農業の分野においても ICT による支援が重要と考えられる。特に個体識別は、家畜個々の健康状態や発情時期を把握するために必要となるため、本研究では ICT を用いて個体識別を簡便かつ正確に行うための手法を提案する。特に本研究では牛が自然に発する情報の一つである鳴き声を用いた個体識別法を提案する。牛の鳴き声は人間と同様に発声方法や声質に違いがある可能性が高いため、個体識別の判定材料として有用であると考えられる。

牛の鳴き声を用いた個体識別には石井らによる線形予測係数を用いた研究がある[石井 00]。個体識別や状態識別を目的とし、鳴き声の周波数特性の線形予測係数を用いて、マハラノビスの汎距離を判別基準として判別分析による識別を行っている。識別率は個体によってばらつきが大きく、平均は 59.8%という結果であった。また、牛の鳴き声から得られた音響情報を用いて分析を行っているが、使用した音響情報は線形予測係数のみであるため、他にも有用な音響情報を抽出する必要がある。また、池田らは個体識別を目的とし、2 頭の牛に対して線形予測誤差、基本周波数、およびスペクトル勾配を用いた識別を行っている[池田 01]。これらの特徴量を用いることで 2 頭の牛の



図 1 実験風景

識別が可能であることを示しているが、複数頭の牛に対して個体識別を行う必要がある。

本研究では、牛の個体識別に有用な音響的特徴を明らかにするとともに、複数の牛に対し個体識別を行う。

2. 鳴き声からの音響的特徴量抽出と分析

2.1 収集した牛の鳴き声

本研究では、愛知県農業総合試験場のホルスタイン種乾乳牛 6 頭から 1 日約 4～6 時間程度の収録を 5 日間に亘って実施した。収録実験の様子を図 1 に示す。収録機器はビデオカメラ 2 台とレコーダー 1 台(TASCAM PCM-RECORDER)である。

収集した牛の鳴き声データは、牛が鳴いていない部分や背景雑音によって鳴き声がかき消されている部分を消去し、計 259 回の鳴き声を得た。前処理として、鳴き声データに対してスペクトル引き算法による雑音除去を施した。ラベリングは収録と同時にビデオカメラで撮影した映像をもとに、目視により鳴いている牛を特定し、牛毎に鳴き声を分類した。特に、牛は鳴く際に首を高く上げて遠くに向かって口を開ける、腹部を大きく膨らませるため、これらの状態を参考に鳴き声データに対し牛番号を付与した。本研究に用いる牛の鳴き声データの内訳を表 1 に示す。

表 1 収集した牛の鳴き声

牛番号	発声回数(回)	発声時間(s)
牛 1	136	246
牛 2	45	53
牛 3	46	70
牛 4	24	38
牛 5	2	3
牛 6	6	10

連絡先: 入部 百合絵, 愛知県立大学 情報科学部, 愛知県長久手市茨ヶ廻間 1522-3, iribe@ist.aichi-pu.ac.jp

2.2 抽出する音響的特徴量

人間と同様に牛の鳴き声にも声帯情報と声道情報が含まれ

ていると考えられる。そこで、声帯特性に関わる特徴として基本周波数 F0、線形予測残差(以降、残差波形)の MFCC(Mel-Frequency Cepstrum Coefficients)および Δ MFCC を牛の鳴き声から抽出する。また、声道の長さや発声時の調音運動にも個性が現れると考えられるため、声道特性に関わる情報として、音声波形の MFCC と Δ MFCC を抽出した。加えて、話者認識に用いられている RMS energy (パワー) の変化幅や残差波形の RMS energy についても確認した。一方、人と同じように牛の鳴き声も音韻毎に異なる特性を持っている可能性があるため、牛の鳴き声を/m/と/o/の区間に分け、音韻毎に MFCC と Δ MFCC を求めた。

2.3 分析結果と考察

牛の鳴き声に含まれる音響的特徴量が個体毎に異なっているかを確認するため、多重比較検定 (Tukey-Kramer 法) を用いて分析を行った。有意差の認められた特徴量の結果を表 2 に、/m/と/o/に対する分析結果を表 3 に示す。表中の低次数とは MFCC の 1 次～6 次、高次数とは MFCC の 7 次～12 次を示している。また、有意差の確認されたその他の特徴量に関しては紙幅の関係で割愛する。

予備実験より RMS energy の最大値や最小値には有意差は認められなかったが、RMS energy の高低差は有意な差が確認された。RMS energy の高低差は個体の鳴き方によって変化が現れやすいため、個性が現れたと考えられる。また、残差波形の MFCC と Δ MFCC に有意差が生じたことから、牛毎に声帯の特性が異なる可能性が示唆され、残差波形が個体識別に有用であることが分かった。音声波形の MFCC にも有意な差が認められたため、牛の声道の長さや形状、発声動作に個性が現れる可能性も示された。

表 3 より、/m/と/o/に対する分析では MFCC の高次数に有意差が認められている。MFCC の高次数は人間の感情や状態推定に用いられる音響情報であり、ここに有意差が生じていることから、今回の収録では牛の状態の違いが MFCC の高次数に現れた可能性がある。

3. 鳴き声の音響的特徴量を用いた個体識別

3.1 識別方法

本研究では 2.3 の分析結果で明らかとなった有意差の認められた 93 次元の特徴量を用いて個体識別を行った。用いた特徴量は単位やスケールが異なるため、特徴量に対し標準化処理を行った。事前に実施した複数の機械学習による予備実験を受けて、識別には SVM (Support Vector Machine) の線形カーネルを採用した。評価方法は 10-fold cross validation である。また、比較のため先行研究と同様に線形予測係数のみを用いた識別を行った。結果を表 4 に示す。また、牛毎の識別結果を確認するため表 5 に Confusion Matrix を示す。

3.2 識別結果

提案手法では約 96.8%という高精度な結果を得ることができた。また、先行研究の結果は約 67.3%であった。この結果より、本研究の提案手法は従来の研究よりも約 30%も識別率を向上させることができた。線形予測係数は MFCC と同じように声道情報の一つであるが、本研究では MFCC などの声道情報だけでなく、残差波形などの音源に関わる声帯情報も用いている。このことから、牛の個体識別には声道情報だけでなく声帯情報も用いることが有効であることが分かった。特に声帯特性を示す

表 2 有意差の認められた特徴量

音響的特徴量	p 値	
	低次数	高次数
音声波形の MFCC		5.74E-3**
音声波形の Δ MFCC	6.22E-3**	6.70E-4**
残差波形の MFCC		1.42E-2*
残差波形の Δ MFCC	2.60E-3**	1.03E-2*
RMS energy(高低差)	2.38E-12**	

*p<0.05, **p<0.01

表 3 鳴き声/m/と/o/に対する分析結果

音響的特徴量	/m/	/o/
MFCC(高次数)	2.63E-2*	8.35E-3**
Δ MFCC(高次数)	1.26E-3**	3.30E-7**

*p<0.05, **p<0.01

表 4 個体識別の結果

	Correct rate
提案手法	96.8%
先行研究	67.3%

表 5 Confusion Matrix

		予測値					
		牛 1	牛 2	牛 3	牛 4	牛 5	牛 6
真 値	牛 1	135	0	1	0	0	0
	牛 2	1	43	1	0	0	0
	牛 3	2	1	43	0	0	0
	牛 4	3	0	0	21	0	0
	牛 5	0	0	0	0	1	1
	牛 6	2	0	0	0	0	3

残差波形の MFCC やパワーが牛の個体識別に有用であることを確認した。

4. おわりに

本研究では牛の鳴き声から個体間で有意差の認められた音響的特徴量を用いて個体識別を行った。識別の結果、提案手法は 96.8%という高い識別率を得ることができた。また、先行研究の線形予測係数のみを用いた場合よりも、識別率が約 30%向上したことを確認した。これにより、鳴き声の音響情報には声道情報だけでなく声帯情報も用いることが個体識別に有用であることが明らかとなった。

実際の飼育環境を考えると多数頭での個体識別が必要であるため、長期間に亘り鳴き声データを収集するとともに、多頭数での高精度な牛の個体識別が今後の課題である。

参考文献

- [石井 00] 石井洋平, 池田善郎: 鳴き声による肉用牛の個体識別および状態識別, 農業機械学会誌, 第 62 巻 1 号, p.50-58, 2000.
- [池田 01] 池田善郎, 石井洋平: コンピュータによる牛音声の理解, 農業機械学会誌, 第 63 巻, 1 号, p.4-9, 2001.