家畜の体内伝導音による呼吸器疾患の早期罹患検知手法

Respiratory Disease Monitoring on Early Stage

by Body-Conducted Sound for Livestock

成澤 健太 [†] 成 亦兵 [†] 石光 俊介 [†] 中山 仁史 [†] 飯島 聡志 [†] 三上 修 [‡] 高木 道浩 [‡] 井上 寛暁 [‡]

Kenta Narusawa † Cheng Yibing † Shunsuke Ishimitsu † Masashi Nakayama † Satoshi Iijima †

Osamu Mikami ‡ Michihiro Takagi ‡ Hiroaki Inoue ‡

*広島市立大学大学院 情報科学研究科 * 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

1 緒言

現在,日本における養豚経営は大規模化が進行し [1],生産者による豚の効率的な管理が求められてい る.このような状況下で,生産者が罹患した個体を 看過する可能性がある.これにより,疾病の蔓延や 重症化の進行による経済的な損失が生じる.そのた め,生産現場において罹患した個体の早期発見が求 められている.

生産者や獣医師らによると、呼吸音の変化は豚の 罹患を判定における重要な指標の1つである[2]. このことから、呼吸音を対象とした音響分析による 呼吸器疾病の診断手法が提案されてきた [3, 4]. こ れまでに、豚舎内において群飼養されている豚を対 象に,マイクロフォンとビデオカメラによる監視を 行い、咳やくしゃみの特徴量解析による評価から罹 患の判定方法が提案された [3]. この手法では、呼 吸器疾患の特徴を検出することで、群単位での罹患 の判定が可能である。しかし、実際の豚舎において は他個体の鳴き声や行動音、環境音等の騒音の影響 を受けやすく、罹患判定精度が低下する。このこと から、我々は騒音に頑強で個体ごとに収録が可能で ある体内伝導音に着目し, 罹患判定を試みることに した。まず、豚の体内伝導音を収録する無線システ ムを提案し、実際の豚を対象に収録実験を行い、シ ステムの有効性を確認した [5].

本稿では、このシステムを用い、罹患個体および 健常豚の体内伝導音による生体情報の抽出と罹患判 定の可能性について報告する.

2 罹患判定に有効な音響特徴量の検討

2.1 無線通信による収録システム [5]

生産現場において豚をリアルタイムで監視する ために, FM 方式による無線収録システムを提案した. Fig. 1 に本システムの概略図を示す.

2.2 罹患個体を対象とした収録

前述のシステムを用いて、PRRS(Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome) ウイルス Kagoshima 株 (10^5 TCID₅₀/ml) を接種した 5 週齢 の豚 4 頭の体内伝導音の収録を行った。本収録は体 内伝導音を採取するためのピエゾセンサを豚の耳に 装着し,接種前日,接種 3,5,7 および 10 日後に無麻

酔,無鎮静状態で実施した.獣医師による臨床症状 および病理検査によって,4頭中2頭の感染の成立 が確認された.Fig.2に感染が成立した豚の体内伝 導音のスペクトログラムを示す.Fig.2より,黒枠 で囲まれた呼吸音がウイルス接種前(2(a))と比較 して,接種後(2(b))は周波数帯域が広く,長時間に わたっていることが確認できる.これはPRRS に よる肺炎の影響で,豚が努力性の呼吸を行っている ためと考えられる.

2.3 体内伝導音による罹患前後での比較

Fig. 2 より,罹患前後における呼吸音の変化を確認した.そこで,罹患判定に資する音響特徴量として広く音声認識で用いられているゼロクロスおよびMFCC(Mel-Frequency Cepstram Coefficient)[6]による特徴量抽出を感染が成立した 2 頭の体内伝導音に対して行った.さらに,各収録日ごとの結果についてTukey-KramerのHSD(Honestly significant difference)検定で統計解析を行った.Fig. 3 にMFCC(3)に対して検定を行った結果を示す. Fig. 3 より,接種前に対して接種後各日の特徴量に有意差があることを確認した.以上のことから,ゼロクロスおよびMFCCによるPRRSの罹患判定が期待できる.



Fig. 1: Wireless recording system for respiratory disease monitoring



(a) Before inoculation of PRRS virus



(b) 7 days after inoculation of virus

Fig. 2: Comparison by spectrograms of body-conducted sound



Significance at *:5% level, **:1% level Fig. 3: Statistical result for MFCC(3)

3 体内伝導音による生体情報の抽出

3.1 健常個体を対象とした収録

12 週齢の健常豚 1 頭を対象に,鎮静,麻酔状態 にて体内伝導音の収録を行った.本収録では,ピエ ゾセンサを耳に装着した.Fig.4 に収録された体内 伝導音の波形を示す.Fig.2(a)より,健常豚の呼 吸音が約2秒毎に確認できることから,Fig.4 にお ける長周期の波形は呼吸音であると考えられる.ま た,豚の心拍数が120~140回/秒程度であることか ら[7,8],Fig.4 における短周期の波形は心音であ ると考えられる. 3.2 ウェーブレット変換による生体情報の抽出

Fig. 4 に示す体内伝導音に対しウェーブレット変換を行い,生体情報の抽出を行った.ウェーブレット変換とは,マザーウェーブレットと呼ばれる基底関数を圧縮伸長し,解析対象の信号との相関を計算する解析方法である [9].解析信号 x (t) のウェーブレット変換 T (a, b) は以下のように定義される.

$$T(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$$

ここでは、ψ はマザーウェーブレット、α はスケー ル、b は時間位置である.スケールは実際の周波数 軸と対応付けることが可能である.ウェーブレット 変換は、低周波数領域では周波数分解能が高く、高 周波数領域では多重解像度の時間分解能が高い時間 周波数解析を行うことが可能である.この性質を利 用し、ウェーブレット変換を用いて体内伝導音の低 周波数帯域に含まれる呼吸音および心音の抽出を試 みた.

Fig. 5(a) に, Fig. 4 に示す信号をウェーブレッ ト変換のエネルギー表現であるスカログラムを示 す. なお,本解析でのマザーウェーブレットは時間 周波数分解能に優れ,生体信号の解析に使用される Morlet Wavelet を用いた [10]. Fig. 4 および 5(a) を比較すると, Fig. 4 において確認される長周期で の波形と Fig. 5(a) のスケール 440 周辺において同 期して確認できる. Fig. 5(b) にスケール 440 にお ける係数を示す. Fig. 5(b) のピーク位置が Fig. 4 の長周期の波形と同期していることから,ピークを 抽出することで呼吸回数の抽出が可能であると言 える.

4 結言

本稿では、実際に収録した体内伝導音を解析する ことで罹患の早期発見に有効である解析手法につい て検討を行った.まず、PRRS に罹患した個体の体 内伝導音に対して、ゼロクロスや MFCC といった 音響特徴量による評価を行い、罹患前後において有 意差があることを確認した.このことから、これら の特徴量による評価での罹患判定が期待できる.そ して、低周波音が十分に収録可能なシステムを提案 し、このシステムで収録した信号に対してウェーブ レット変換を行うことで、呼吸回数や心拍数といっ た生体情報の抽出が可能であることを確認した.



Fig. 4: Waveform of body-conducted sound recorded by new system



(a) Scalogram of body-conducted sound



(b) Waveform around Scale 440 on Scalogram



謝辞

本研究は農研機構生研支援センター「革新的技術 開発・緊急展開事業(うち人工知能未来農業創造プ ロジェクト)」の支援を受けて行った。

参考文献

- [1] 農林水産省,"畜産統計,"2017.
 http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tikusan/index.html
- [2] 高木道浩, "豚繁殖・呼吸器症候群 (PRRS) とは,"社団法人中央畜産会, 2011.
- [3] Z. Moussavi, "Fundamentals of Respiratory System and Sounds Analysis," Morgan & Claypool Publisher, Manitoba, 2006.
- [4] Y. Chung, S. Oh, J. Lee, D. Park, H. Chang and S. Kim, "Automatic Detection and Recognition of Pig Wasting Diseases Using Sound Data in Audio Surveillance Systems," Sensors, Vol. 13, No. 10, 12929– 12942, 2013.
- [5] Y. Cheng, K. Narusawa, S. Iijima, M. Nakayama, S. Ishimitsu, A. Ishida and O. Mikami, "Fundamental Research of an Early Detection System to Find Respiratory Diseases for Pigs Using Body-Conducted Sound," ICIC Express Letters, Part B: Applications, Vol. 10, No. 8, 737–742, 2019.
- [6] S. Davis and P. Mermelstein, "Comparison of Parametric Representations for Monosyllabic Word Recognition in Continuously Spoken Sentences," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 28, No. 4, 357–366, 1980.
- [7] J. E. Skinner, S. D. Beder and M. L. Entman, "Psychological stress activates phosphorylase in the heart of the conscious pig without increasing heart rate and blood pressure," Proceedings National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 80, No. 14, 4513–4517, 1983.
- [8] 福原弘紀、山本禎紀、"肉豚の心拍数と熱発生 量の関係について、"日本畜産学会報、Vol. 55、 No. 6, 394-398, 1984.
- [9] M. Sifuzzaman, M.R. Islam and M.Z. Ali, "Application of Wavelet Transform and its Advantages Compared to Fourier Transform," Journal of Physical Sciences, Vol. 13, No. 121 121–134, 2009.
- [10] P. S. Addison, "Wavelet transforms and the ECG: a review," Physiological Measurement, Vol. 26, No. 5, 155–199, 2005.