

音源方向推定と映像情報を用いた鶏の発声個体の推定*

☆ 仁平善久, 照沼卓磨, 矢田部浩平, 瀬口瑛子, 新村毅 (農工大)

1 はじめに

鶏は鳴き声や仕草でコミュニケーションを行う社会的な生き物であり, 20 種類以上の鳴き声を用いてコミュニケーションを行うと考えられている [1]. 特に母子間コミュニケーションは雛の成長に好影響をもたらすことが知られている. その一例として, 商業的な養鶏と同様の母鶏不在下での飼育実験において, スピーカから母鶏の鳴き声を再生し, コミュニケーションを再現することで同様の効果を得られることが示されている [2]. また, 新たな音声コミュニケーションを明らかにし, それを再現することができれば, 雛の福祉性向上に寄与できる可能性がある.

鶏の音声コミュニケーションを理解する上では, 複数羽での生活の様子を映像や音声として記録し, それらを解析することが必要である. 採餌や砂浴びなど群れで行う様々な様子を解析するためには, 長時間の記録をしなければならない. しかし長時間データに対して手でラベル付けや解析を行うことは, 大きな時間的コストがかかる. また, 親鶏と雛が 1 対 1 で存在するような単純な状況を除き, 音響情報や映像情報から直接発声個体を特定することは困難である. そこで, 本稿では効率的なコミュニケーションの解析や行動のラベル付けを目的として, 音源方向推定と物体検出による鶏の位置推定を組み合わせた発声個体推定システムを提案する.

2 システムの構成要素

我々は以前, 鶏の母子間音声コミュニケーションの再現性向上を目的として, 音響情報と映像情報を統合した鶏モニタリングシステムの検討を行った [3]. このシステムでは, 複数個体が存在する状況においても, 各個体の識別と位置の把握により個体ごとに適切なインタラクションを行える可能性が示唆された.

本稿では, [3] で得られた知見を踏まえつつ, 発声個体の推定に焦点を当てたシステムを構築する. 本システムは, 鳴き声区間の抽出, 音響情報に基づく鳴き声の到来方向推定, 映像情報に基づく鶏の個体位置推定で構成する. 図-1 に示すように, 推定した音源方向とその時間区間における映像中の鶏の位置関係から, 空間的に最も整合する個体を発声個体として推定することで, 複数個体が存在する環境下においても

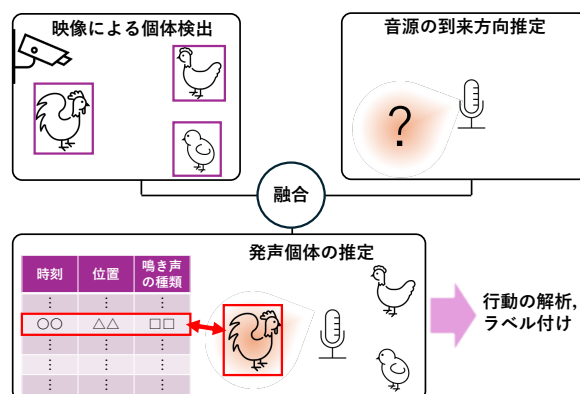


図-1 システムの構成.

発声個体を特定することが可能になると考えられる.

まず, 鳴き声区間の抽出は線形予測分析を用いた検出手法 [4] を使用する. この検出手法により, 長時間の音声から鳴き声と考えられる区間を抽出し, 抽出した時間区間に対して鳴き声の到来方向推定と個体の位置推定を行う.

次に, ビームフォーミング手法の一つである MVDR (Minimum Variance Distortionless Response) 法を用いて, 音響情報から鳴き声の到来方向を推定する. 円形マイクロホンアレイ信号から, 全ての方向に対する空間スペクトルを求めることで鳴き声の到来方向を推定する. 空間スペクトルは, 一方向からの音に対して鋭いピークを形成する一方で, 拡散ノイズ等の特定方向を持たない音については, 緩やかに変化するスペクトルを形成する. この性質を利用することで, 鳴き声の到来方向を推定できる.

最後に, 物体検出手法の一つである YOLO11 [5] を, 鶏の画像でファインチューニングしたモデルを用いて映像情報から鶏の位置推定を行う. MVDR 法により得られた音の到来方向と, YOLO11 により得られた各個体の位置情報を組み合わせることで動画内における発声個体の位置を推定する.

3 システム構成と実験条件

本章では, 2 章で述べた要素技術を組み合わせたシステムの構築と, 実験環境において発声個体の推定精度を確認するための実験条件について述べる. システムは, 図-2 に示すように円形マイクロホンアレイ, カメラおよび指向性マイクロホンで構成した. 円形マイクロホンアレイには, 8 個のマイクロホンで構成

* Estimation of vocalizing chickens by using sound source localization and video information. By Yoshihisa NIHEI, Takuma TERUNUMA, Kohei YATABE, Akiko SEGUCHI and Tsuyoshi SHIMMURA (Tokyo University of Agriculture and Technology).

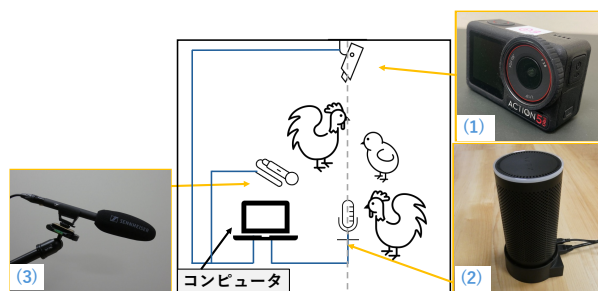


図-2 システムのセッティング例。

(1) から (3) はそれぞれ録画用カメラ，円形マイクロホンアレイ，指向性マイクである。

された円形マイクロホンアレイを縦に2層重ねた16チャンネルマイクロホンアレイであるTumbler (ST-01, Fairy Devices Inc.)を用いた。また，指向性マイクロホンにSenheiser MKE600 ショットガンマイクを使用した。音響情報と映像情報の空間的な整合性を確保するため，マイクロホンアレイとカメラは鉛直方向を揃えて配置した。なお，指向性マイクとTumblerには粉塵防止のため白い不織布を使用しており，YOLO11での推論時にこれらを誤検出してしまうことを防ぐため，後処理として該当部分を黒塗りした。

発声個体推定の検証には，図-2のシステムで取得した鶏の雌2羽によるコミュニケーションの音響データおよび映像データを使用した。なお，発声個体とその正確な位置情報には正解がないため，マイクロホンアレイから作成したステレオ音声を聴取しつつ，映像を見ながら人手により発声個体を特定した。

4 結果

図-3に検出結果を示す。図-3より下段は一方に鋭いピークを形成したのに対し，上段は2つの方向に同程度のピークを形成した。また，ピークが形成された方向は鳴き声を発した鶏の方向と一致しているが，このフレームにおいてYOLO11による検出はできなかった。この原因として，ファインチューニングに用いた鶏の画像データに，上方向から撮影した画像が少なかったことが挙げられる。

また表-1に，検出したすべての鳴き声に対して行った発声個体推定の正解割合を示す。これは，聴取により判断した発声個体とシステムにより推定した発声個体が一致しているかをまとめたものである。表-1で判別不可としたものは，2羽が非常に近い距離に存在したりTumblerから見て奥行き方向に重なっていたりすることで，どちらの鶏が鳴いたかを判別することができなかった鳴き声である。また，上段と下段のマイクロホンアレイで方向推定の結果が異なる音声が存在したため，それぞれを分けて精度をまとめた。上下のマイクロホンアレイで異なるのは，マイク

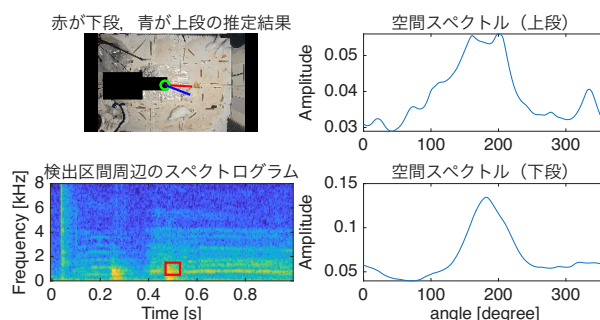


図-3 本システムによる鳴き声の推定結果。

右のグラフはTumblerの上段と下段それぞれの信号から算出した空間スペクトルを示している。左上はこの時間区間におけるカメラ映像である。画像中赤と青の線は，上段下段それぞれから算出した空間スペクトルの最大値を示している。左下はこの時間区間を中心に1秒間のスペクトログラムである。グラフ中の橙の部分は空間スペクトルの算出に用いた部分を示している。

表-1 発声個体推定における正解・不正解の割合

	正解	不正解	判別不可
上段のマイクロホンによる推定	40	75	6
下段のマイクロホンによる推定	44	66	11

ロホンアレイ内部で生じる反射音や地面からの反射音が異なることが原因と考えられる。鳴き声121個に対して判定を行ったところ，正解率はそれぞれ約35%，40%にとどまった。原因として，検出された時間区間に鳴き声以外の音が入り込んでいたことで，本来2つの方向から到来していた音を1つの方向から到来した音として推定してしまったことが挙げられる。また，到来方向推定に使用した時間区間が短い音ほど不正解となる傾向があった。今後，精度向上を目指す上で鳴き声の検出が重要になると考えられる。

5 むすび

音響情報と映像情報を組み合わせることで，発声個体を推定するシステムを構築した。結果より，複数羽の鶏がマイクロホンアレイに対して角度を持って存在する場合，発声個体を推定できる可能性が示唆された。今後は，それぞれの要素技術の精度向上を図り，全体的なシステムの推定精度向上を目指す。

参考文献

- [1] N. E. Collias, "The vocal repertoire of the red jungle fowl: a spectrographic classification and the code of communication," *Condor*, 510–524 (1987).
- [2] T. Shimmura, K. Hayakawa, K. Ichishima, Y. Tategaki, N. Nozaki and R. O. Tachibana, "Chick-computer interaction using sounds," *11th Int. Symp. Adapt. Motion Anim. Mach.*, pp. 134–135 (2023).
- [3] 仁平善久，照沼卓磨，矢田部浩平，新村毅，"鳴き声と映像情報を併用した鶏モニタリングシステムの検討," 日本音響学会講演論文集, pp. 879–880 (2025,9).
- [4] 照沼卓磨，矢田部浩平，新村毅，福田信二，"線形予測分析による周波数特徴を用いた鶏の雛の鳴き声検出," 日本音響学会講演論文集, pp. 883–884 (2025,9).
- [5] G. Jocher and J. Qiu, "Ultralytics YOLO11," <https://github.com/ultralytics/ultralytics> (2026).