

Bird song explorer: 野鳥の歌行動体験のための 立体音響に基づく仮想森林アプリケーション

娜仁† 鈴木麗璽‡ 有田隆也‡ 中臺一博§ 奥乃博¶

名古屋大学 情報文化学部†

名古屋大学 大学院情報科学研究科‡

東京工業大学 工学院システム制御系, (株) ホンダ・リサーチ・インスティテュート・ジャパン§

早稲田大学 実体情報学博士プログラム¶

1. はじめに

野鳥（鳴禽類）のオスは、繁殖期において異性に対するアピールや縄張りの主張のために、比較的長い鳴き声である歌（さえずり）を歌う[1]。この歌に関して、種間や個体間で様々な相互作用がある。例えば、歌を効率的に異性に伝達するため、近隣個体との時間的な重複を避けて歌う場合がある[2]。

我々は、野鳥の歌に基づく相互作用を複雑系の観点から観察・分析するために、市販のマイクロホンアレイとロボット聴覚オープンソースソフトウェア HARK (Honda Research Institute Japan Audition for Robots with Kyoto University) [3]を用い、複数の野鳥の歌行動のタイミングと方向、および、各歌の音源を抽出する簡易なシステム HARKBird を開発しており、相互作用パターンの分析に活用している[2, 4]。

このような近隣の多数の種や個体の歌がつくる複雑な音空間を臨場的に体験することは、野鳥の歌行動の詳細な把握に限らず、生態の理解に関する教育や啓蒙など幅広い活用が期待される。しかし、従来このような目的で野鳥の歌の録音を臨場的に再生する仕組みは皆無であった。そこで、本研究では、HARKBird で得られた歌行動を仮想の森林において立体音響で再現するアプリケーション Bird song explorer を試作した。本稿では、アプリケーションの概要と、いくつかの活用事例について報告する。また、現在試作中である種名の注釈づけへの応用を念頭に置いたクイズ機能等についても述べる。

2. 野鳥の歌行動体験のための立体音響に基づく仮想森林アプリケーション (Bird song explorer)

Bird song explorer は HARKBird で録音し、音源定位・分離した野鳥の歌を、実環境と同じタイミングと方位で仮想的な森林に配置し再生する、言わば、『歌環境の 3D プレイヤー』である。利用者は、図 1 に示す仮想森林上のアバターを動かして野鳥を能動的に探索し、立体音響でさえずりを臨場的に聴くことができる。以下、詳細を述べる。

2.1 開発環境

アプリケーション開発にはゲームエンジンであるユニティ・テクノロジーズ社の Unity 5.4 を採用した。プログラミング言語には C# を用いた。また、配布に関しては、5.1ch 等の音声のサラウンド出力が可能な OS ネイティブアプリ版と、音声はステレオだがブラウザで容易に利用できる Web アプリ版が提供可能である。

Bird song explorer: A virtual forest application based on a surround sound for experiencing singing behavior of birds

†Naran, School of informatics and Sciences, Nagoya University

‡Reiji Suzuki, Takaya Arita, Graduate School of Information Science, Nagoya University

§Kazuhiro Nakadai, Dept. of Systems and Control Engineering, Tokyo Institute of Technology, Honda Research Institute Japan Co., Ltd.

¶Hiroshi G. Okuno, Graduate program for embodiment informatics, Waseda University



図 1 : Bird song explorer のプレイ画面

2.2 歌行動データ

アプリケーションで使用する歌行動データは、市販の USB マイクロホンアレイ (TAMAGO (8-ch, システムインフロンティア社製) 等) をノート PC に接続し、森林や都市公園等で HARKBird を用いて録音・分析 (詳細は [2] 参照) したものである。本アプリケーションでは、録音中で定位された各音源の録音開始時からの相対時刻、マイクアレイから見たその音源の定位方向、その音源の分離音の音声ファイルを利用する。なお、定位音源には歌以外に環境音やノイズ等も含まれるため、用途に応じて適宜不要な音源を間引く場合がある。また、目的に応じて任意の歌や任意の位置情報を利用することも可能である。

2.3 仮想森林

我々は、主に大学演習林等に棲息する森林性の野鳥の歌を分析対象にしているため、歌行動を再現する環境として、図 2 に示されるような、Unity で制作した仮想森林フィールドを主に用いている。環境によって棲息する野鳥の種類は異なるため、録音環境に合わせた地形や植生を再現するのが望ましいが、必ずしも実生態と厳密に一致しなくても、仮想の森林上に歌行動を再現することで臨場感が高まることが期待できる。

2.4 歌音源の配置と再生

利用者が操作するアバターの初期位置にマイクアレイを配置したと仮定する。そこを中心として、既定の距離 R を半径とする円周上に、各定位音源の時刻と方向の情報に従って分離音を配置し再生する。距離を一定としたのは、現在使用しているマイクアレイ単体では野鳥の実際の距離を求められず、すべての野鳥が同じ距離だけ離れていると仮定したためである。アプリケーションの初期状態では、マイクアレイと同じ位置に立った状況での歌行動の音空間を体験することができる。なお、音源再生時には、同じ位置の既定の高さに野鳥のオブジェクトを出現させ、視覚的にも把握できるようになっている。

また、森林で録音したデータには周りの環境音も入っており、それを HARKBird で分離しても、一つ一つの分離音に環境音がある程度は混じるため、分離音を再生していない時に不自然な静かさが生じてしまう。これを軽減するために、フィールド全体に流れる環境音として川の音を追加した結果、より自然に聞こえるようになった。

2. 5 操作

利用者はアバターを方向キーで操作（上下左右は前進、後退、左回転、右回転に対応）できる。また、視点の高さをキーボードの「Z」キーと「X」キーで、視点のアバターからの距離を「C」キーと「V」キーで調整できる。ただし、利用者が実際に聴く音はアバターの位置における音空間である。

利用者は立体音響で空間的に野鳥の位置を把握できるのに加え、仮想森林で歩き回ることによって、能動的に音環境を認識することができる。これは、ステレオ音声のみが利用可能な Web アプリ版を利用する上においてより活用できることが期待される。

2. 6 種名注釈付け・クイズ機能

野鳥の個体間・種間の相互作用を分析するには、複数の種や個体が同時に歌う録音を長時間多数注釈付け（種の判別）する必要があるが、これを手作業だけで行うのは容易でない。そこで、本アプリの活用法として、まだ注釈付けされていない歌行動データを再現するアプリケーションを提供し、利用者がその中で再生される音源がどんな種の鳥かをクイズ形式で答える機能を試作中である。

図 3 に示すように、利用者が探索中に音源に出会うと、その録音環境に棲息するいくつかの種名が選択肢として提示される。利用者の選択結果はデータベースに記録されると同時に、その音源に対するこれまでの選択頻度が示され、自身の選択が最も正しいか確認できるものを想定している。この仕組みにより、利用者は森の中で野鳥の種名を当てるクイズゲームのような体験をしながら、野鳥の歌の注釈付けに貢献できることが期待される。



図 2: 野鳥の位置設定方法



図 3: クイズ画面

3. 活用事例

Bird song explorer の具体的な活用事例を紹介する。図 2 中に示されるいくつかの種は、名古屋大学大学院生命農学研究科附属フィールド科学教育研究センター稲武フィールドにおいて HARKBird で録音・分析した複数種の歌行動の分布の一部を示している。歌の分布の構造を 3D 空間で表すことができるため、鳥類研究者がその場の音環境をより臨場的に聴くことができ、新たな発見や実験環境を説明する際に役立つ。

図 4 は、同フィールドにおいて、ウグイスに対してスピーカで同種の歌を再生し、その反応を調べるプレイバック実験 [4] を行なった際の環境を再現したものである。仮想森林（右）は実環境（左）を模倣して構築し、ウグイスの歌の種類（縄張り宣伝かライバル威嚇か）によって鳥のオブジェクトの見た目を変更した。結果として、ウグイスのプレイバックに対する反応を立体音響で空間的に、また、視覚的にもわかりやすく理解できた。



図 4: 実際の実験フィールドとアプリの実験フィールドとの比較

また、一般においても、Bird song explorer を使って野鳥に関する知識を深めたり、様々な環境における野鳥の歌環境を体験したりできる。その試みとして、鳥類の調査や啓蒙活動等を行う NPO 法人バードリサーチによる、視覚障害者向けの山の鳥講座¹において、アプリのデモを行った。その結果、体験者から森の中に居るような癒された気持ちになるなどといった感想が得られた。さらに、講座の内容に即して様々な地形に生息するいろいろな種類の野鳥に出会える山登りアプリを試作した（図 5）。講師から様々な鳥を探して回る面白さがあるという評価を得られた。

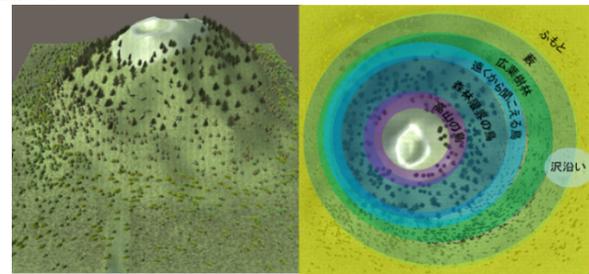


図 5: 山登りアプリのフィールドと野鳥分布

4. おわりに

本稿では、マイクロホンアレイで録音した野鳥の歌行動を仮想森林で再生することによって、野鳥の歌行動を立体音響で空間的に体験することができるアプリの概要と活用事例を示し、野鳥の歌行動の理解等に役立つことを示した。制作したアプリは改良の上公開予定²である。

謝辞

高木憲太郎氏（バードリサーチ）の山登りアプリ作成協力、炭谷晋司氏（名古屋大学）のプレイバック実験アプリ作成協力に謝意を表す。本研究の一部は JSPS 科研費 15K00335, 16K00294, 24220006 の助成を受けた。

参考文献

- [1] Catchpole, C. K. and Slater, P. J. B.: *Bird Song: Biological Themes and Variations*, Cambridge University Press (2008).
- [2] Suzuki, R., Matsubayashi, S., Hedley, R. W., Nakadai, K. and Okuno, H. G.: HARKBird: Exploring acoustic interactions in bird communities using a microphone array, *Journal of Robotics and Mechatronics*, 27(1) (in press).
- [3] Nakadai, K. et al.: Design and implementation of robot audition system "HARK"- open source software for listening to three simultaneous speakers. *Advanced Robotics*, 24: 739-761 (2010).
- [4] 炭谷晋司, 松林志保, 鈴木麗麗: ウグイスに対するプレイバック実験におけるマイクロホンアレイを用いたさえずりの方向分布分析, 第 46 回 AI チャレンジ研究会, SIG-Challenge-046-04 (7 pages) (2016).

¹ <https://db3.bird-research.jp/news/201611-no2/>

² http://www.alife.cs.is.nagoya-u.ac.jp/~naran/bird_song_explorer/