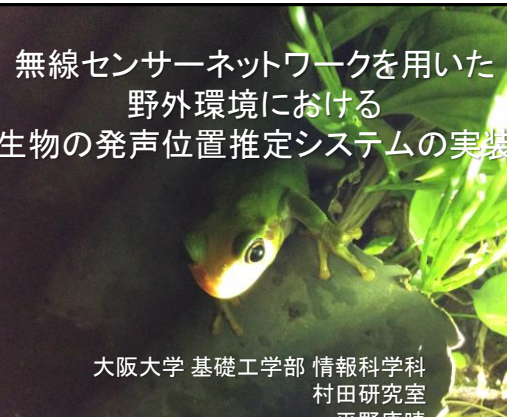


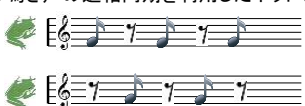
# 無線センサーネットワークを用いた 野外環境における 生物の発声位置推定システムの実装



大阪大学 基礎工学部 情報科学科  
村田研究室  
平野康晴

## 研究背景

- 生物の生態のモデル化と、情報通信分野への応用
  - ◆ アリやハチの採餌行動モデルを利用した経路制御<sup>[1]</sup>
  - ◆ カエルの鳴き声の逆同期を利用したネットワーク制御<sup>[2]</sup>



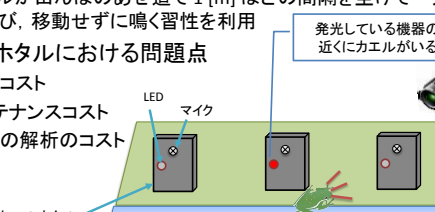
- 更なるカエルの行動のモデル化とその応用に着目
  - ◆ 発声と休憩のダイナミクス、異なる鳴き声の使い分け

個体同士のコミュニケーションのモデル化には  
いつ、どの個体がコミュニケーションを取ったかが重要

[1] Naomi Kato, Daichi Kominami, Masayuki Murata, "A predictive mechanism for enhancing adapt- ability of self-organised routing," to appear in International Journal of Bio-Inspired Computation (IJBIC), 2015.  
[2] D. Sutanjyo, "A bio-inspired tdma scheduling algorithm for underwater robotic swarms", In Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2013.

## 既存のカエル観測システム

- カエルホタルを用いた観測システム<sup>[3]</sup>
  - ◆ 音が鳴るとLEDが発光する機器(カエルホタル)を数十センチ間隔で配置し、その発光の様子をカメラで撮影して分析
  - ◆ カエルが田んぼのあぜ道で1[m]ほどの間隔を空けて一列に並び、移動せずに鳴く習性を利用
- カエルホタルにおける問題点
  - ◆ 設置コスト
  - ◆ メンテナンスコスト
  - ◆ 映像の解析のコスト



[3] 水本武志, 合原一実, 高橋敏, 尾形智也, 奥乃博, "フィールドにおける音源定位のための音声視覚化デバイス「カエルホタル」の設計", 情報処理学会第71回全国大会, 2009

## 研究目的

- カエルのコミュニケーションの分析のためのシステム
  - ◆ 低い設置コスト
  - ◆ 低いメンテナンスコスト
  - ◆ 低い解析コスト

- ◆ 無線センサーネットワークの利用
- ◆ 音(カエルの鳴き声)の到着時間差を解析することによる定位

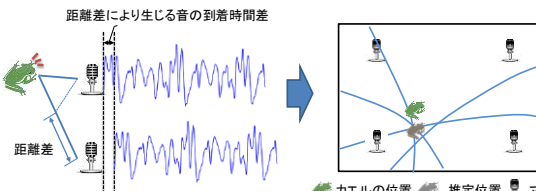
音の到着時間差を利用し位置推定を行う研究が盛んだが、その多くはシミュレーションレベルであり、特に無線センサーネットワークを用いたものは少数

無線センサーネットワークを用いた  
カエルの位置推定システムを実装しその精度を調査

4

## 音の到着時間差を用いた位置推定手法<sup>[4]</sup>

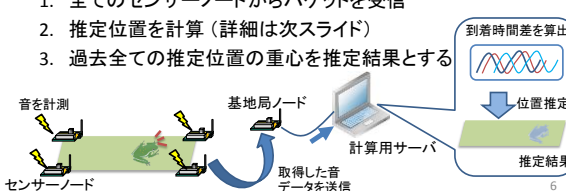
- 複数のマイクの組への音の到着時間差を利用する
  - ◆ 各マイクは時刻同期をしている
  - ◆ 各マイクの組について、焦点をマイク位置、距離差を(到着時間差 × 音速)とした双曲線が得られ、その交点を音源の推定位置とする



[4] Sian Gezi, "A Survey on Wireless Position Estimation", Wireless Personal Communications, 2008


## 実装するシステムの概要

- センサーノード (IRIS Mote)
  1. 2.4 [kHz]でサンプリング(32 [ms] 間)
  2. サンプリング結果をパケットに格納し計算用サーバに送信
  3. サンプリング終了から500 [ms]後に1.に戻る
- 計算用サーバ
  1. 全てのセンサーノードからパケットを受信
  2. 推定位置を計算(詳細は次スライド)
  3. 過去全ての推定位置の重心を推定結果とする



6

## 推定位置の計算方法



波形データの取り出し

- 受け取ったバケットから 32 [ms] 分の波形データを取り出す

Sensor1 からの波形    Sensor2 からの波形

波形データの補間

- スプライン補間を用いて離散的な波形データを連続化

Sensor1 からの波形    Sensor2 からの波形

相互相関の比較

- 位相差を取得して到着時間差を計算


位相差 → 到着時間差

推定位置の計算

- 到着時間差を用いて推定位置を計算

7

## 実験目的・方法



■ 実験目的

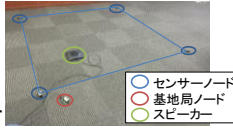
- 作成した音源位置推定システムの推定精度の評価

■ 実験方法

- A 棟 2 階会議室にて実施
- センサーノードを一辺 2 [m] の正方形の各頂点に配置
- 1 個のスピーカーからカエルの声を約 40 秒流し位置を推定
  - 基本周波数の異なる 2 種の鳴き声を使用

アマガエル: 2,000 [Hz]    ウシガエル: 500 [Hz]


本発表では (0.5 [m], 0.5 [m]) にスピーカーを設置した場合の結果のみを紹介



実験風景

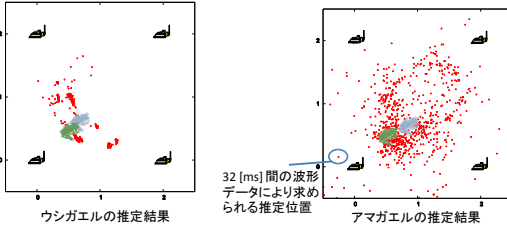
8

## 実験結果



■ ウシガエルの鳴き声を用いた場合, 誤差 19.2 [cm]

■ アマガエルの鳴き声を用いた場合, 誤差 36.7 [cm]




ウシガエルの推定結果    アマガエルの推定結果

カエルの位置 (0.5, 0.5)  
推定結果 (全推定位置の重心)

32 [ms] 間の波形データにより求められる推定位置

9

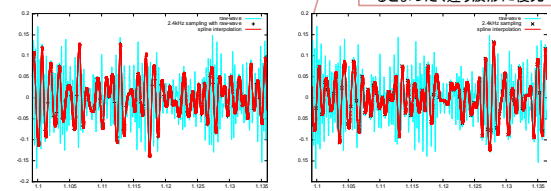
## アマガエルの位置の推定誤差の原因



■ 鳴き声の波形を十分に取得できなかったことが原因

- 今回用いたセンサーノードのサンプリングレートは 2.4 [kHz]
- アマガエルの鳴き声の取得に必要なサンプリングレートが 4 [kHz]

アマガエル波形




サンプリングタイミングがずれるとまったく違う波形に復元

アマガエルの鳴き声を 2.4 [kHz] でサンプリングを行った波形

10

## まとめと今後の課題



■ まとめ

- 音源位置推定システム作成の第一歩として, 単一音源の推定誤差を調べた
- サンプリングレートが十分ならば目標とする推定精度を得られることが分かった

■ 今後の課題

- スペックの高い機器へ変更
  - マイクロホンの感度
  - サンプリングレート
  - 通信速度
- 複数音源への対応
- 実際のカエルを対象にした野外実験

11