



ニホンアマガエルの合唱情報収集のための位置推定システム

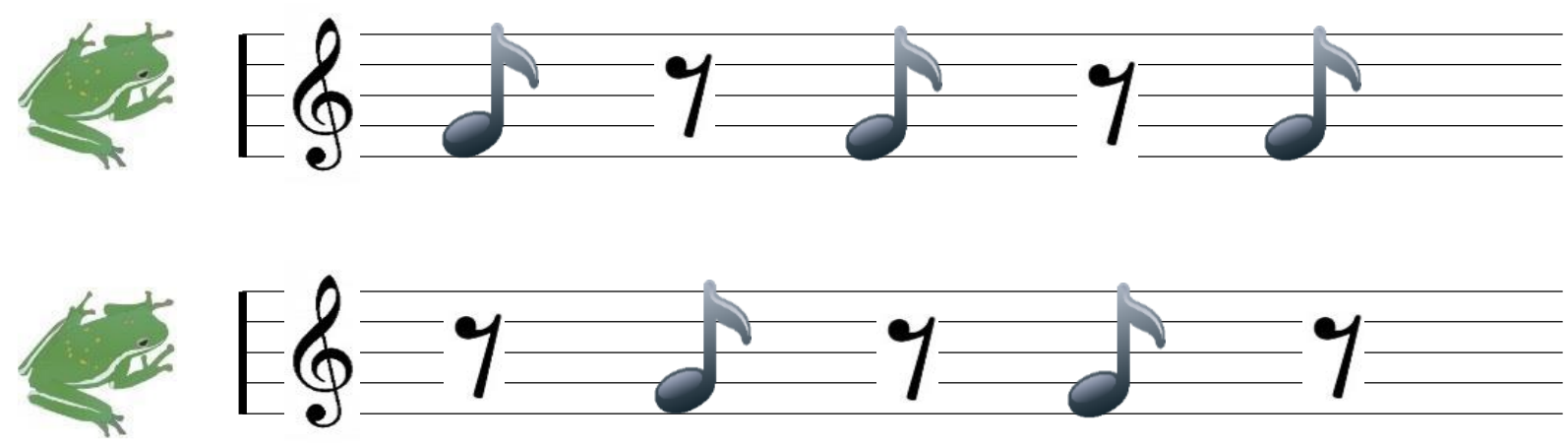
小南大智¹、平野康晴¹、合原一究²、村田正幸¹
大阪大学¹、筑波大学²



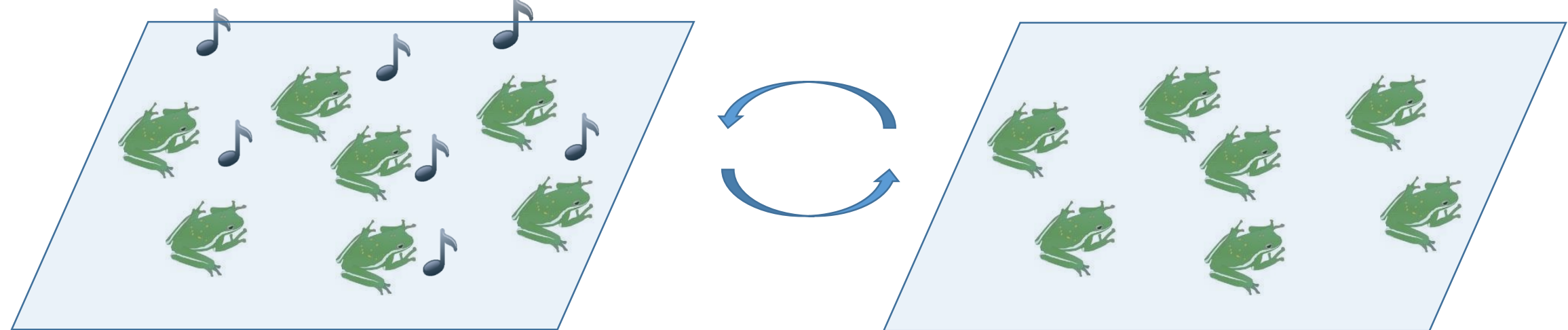
生物の群知能への興味とモデル化

ニホンアマガエルの独特な習性

- 短期間、数個体に着目したときの逆相同期発声



- 長期間、多数の個体に着目したときの同相同期合唱



モデル化には個体識別、発声位置、発声時刻が必要

→ 以下の目標で計測装置を作成する

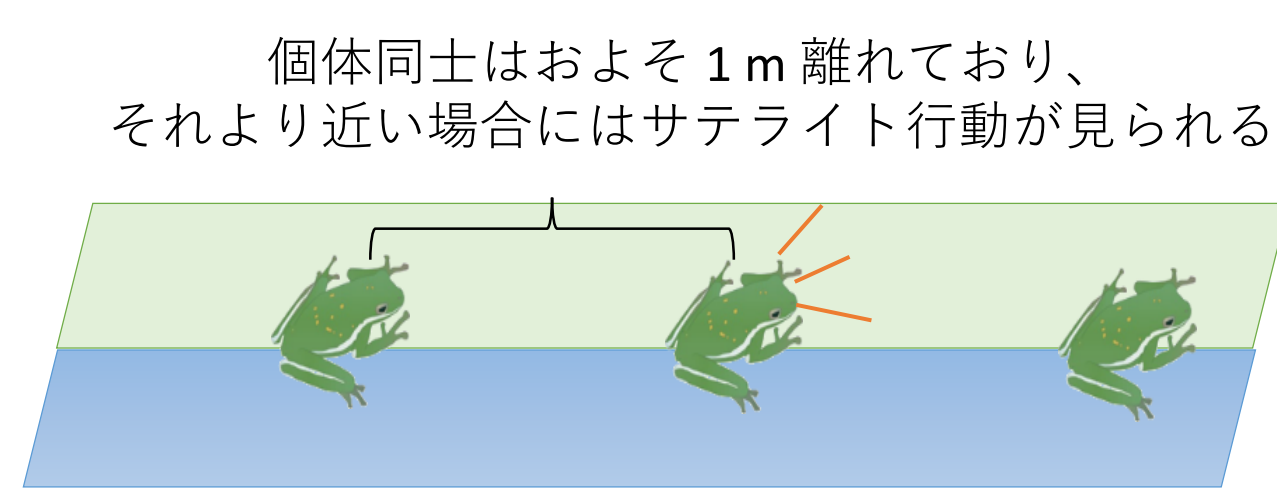
- 推定精度 : 誤差 50 cm 以内
- 計算時間 : 5 分以下
- その他要件 : 複数個体に対応可能、設置が容易

ニホンアマガエルの特徴

- 体長は 20~45 mm
- 田んぼの水面と畦の境目あたりに生息する
- 夜行性で、オスの鳴き声を聞いてメスが移動する
- 鳴き声の周波数はおよそ 2~4 kHz
- 合唱時間はおよそ 5 分で発声中は移動しない



フィールドワーク時に撮影した実験場



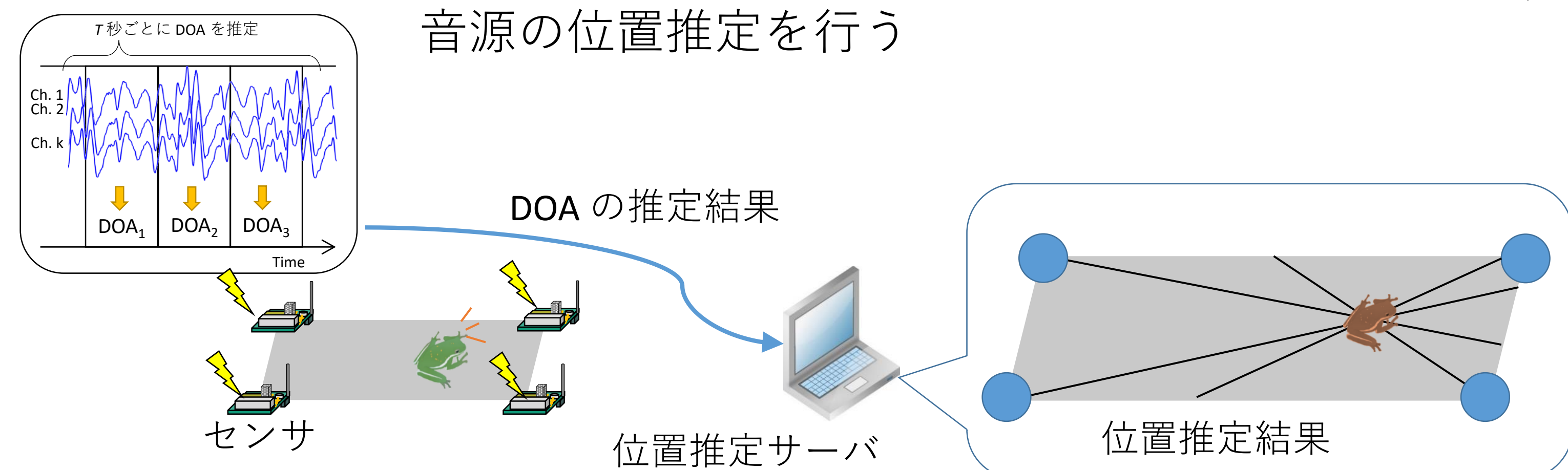
位置推定システムの設計

- (1) 設置の容易さ、(2) 推定精度、(3) 計算時間、(4) 複数個体の発声への対応についてどのように実現するか？

1. 無線通信機器の利用 → (1)
2. マイクロホンアレイにより計測を行い、音声到着角 (DOA) を MUSIC 法^[1]により取得する → (2), (4)
3. DOA、位置推定を分散的に実施する → (3)

- 使用する機器と動作

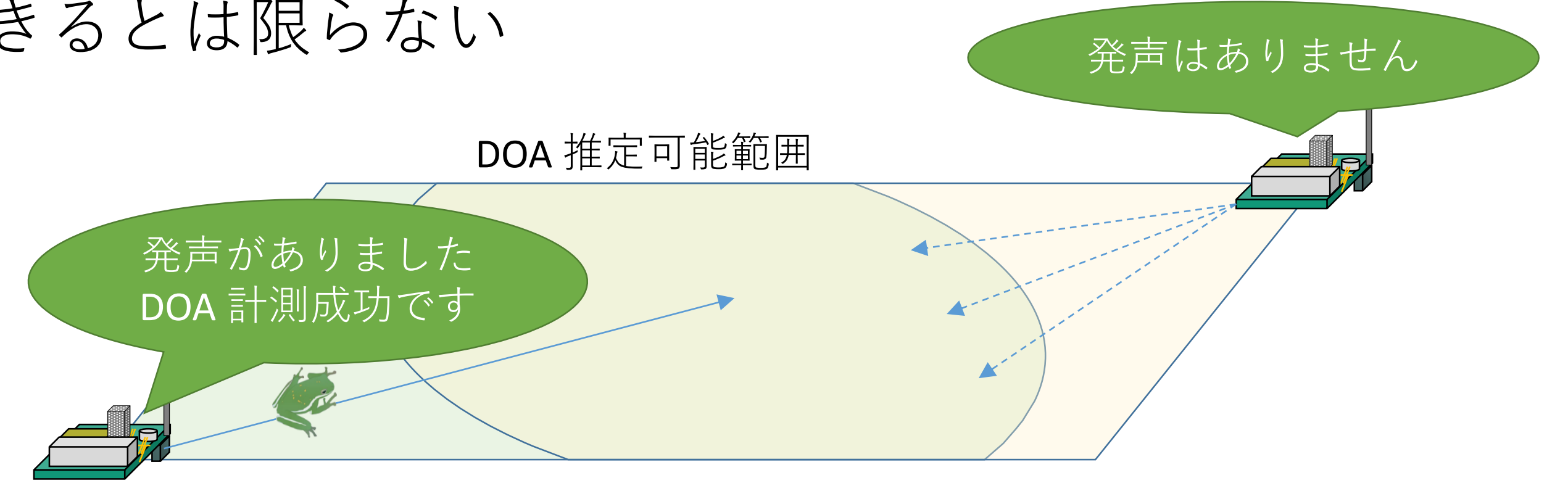
- 8-ch マイクロホンアレイである TAMAGO-03 を接続した raspberry pi 2 B+ を使用 (音センサ)
 1. 一定時間録音を行う
 2. 録音データについて、数秒ごとに分割し、分割したスロットごとに、MUSIC 法で DOA の推定を行う
 3. DOA の推定結果を位置推定サーバに送信する
- 位置推定サーバ
 - 無線通信を介して、録音命令を音センサに送る
 - 一定時間後音センサから送られてきた DOA を元に、音源の位置推定を行う



[1] Schmidt, Ralph. "Multiple emitter location and signal parameter estimation." IEEE transactions on antennas and propagation 34.3, 1986.

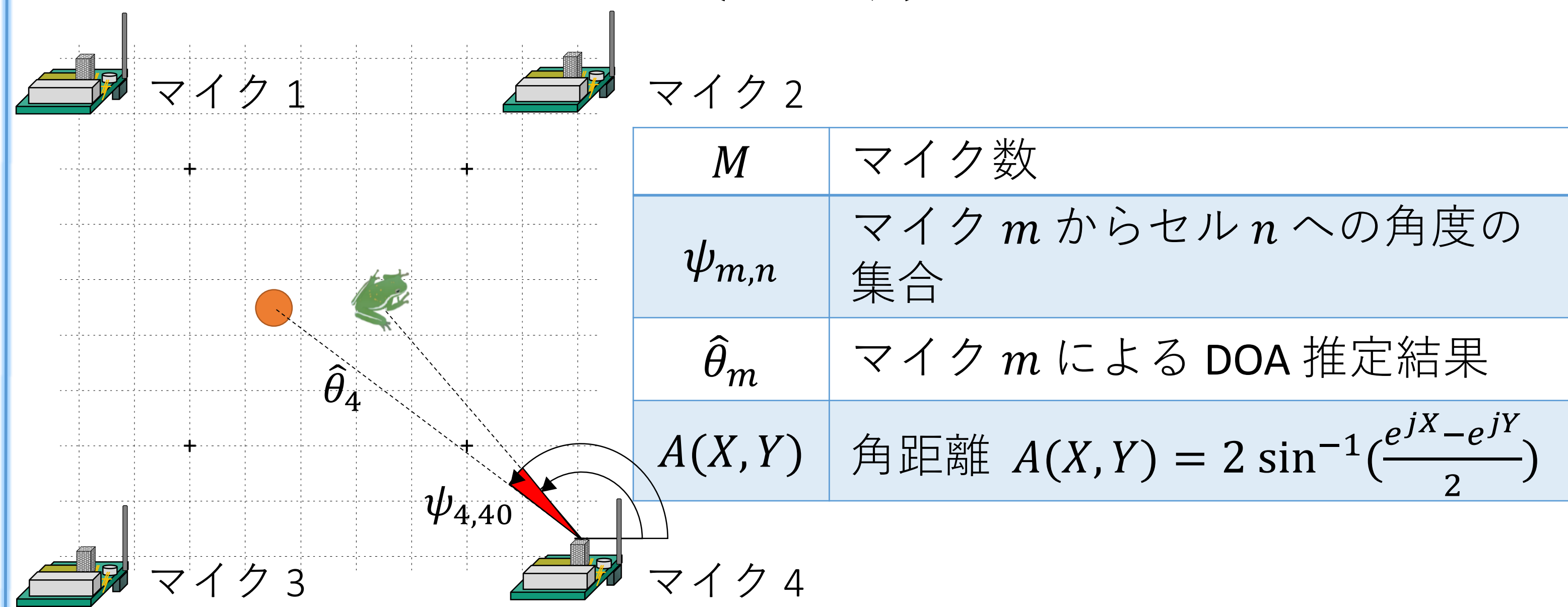
屋外環境で想定される問題

- 既存研究の多くは観測領域を囲むように計測機器を設置するが、必ずしも全ての計測機器で十分な音量が計測できるとは限らない



位置推定手法

- グリッドベース手法^[2]
 1. 位置推定の対象となる領域を N 個のセルからなるグリッドに分割
 2. 各マイクから各セルの中心への角度集合 Ψ を求める
 3. 総角距離 $\sum_{m=1}^M [A(\hat{\theta}_m, \psi_{m,n})]$ が最小のセルが推定結果



- グリッドベース手法の拡張

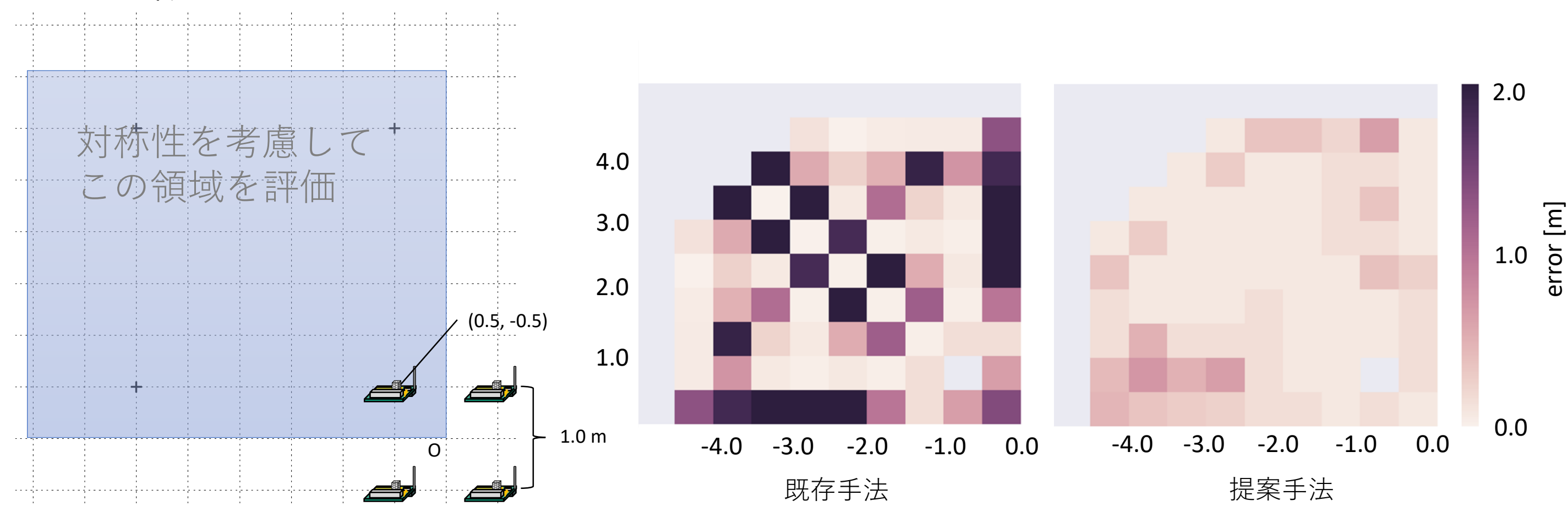
方針: 3 台以上のマイクを近距離に設置し、各マイクで観測できる領域を重複させる。また、観測音源がマイクで囲まれる領域の外にある場合に拡張する

→ 問題点: 各マイクが計測する DOA が互いに近い値を取り、セルのサイズが大きい場合には、音源から離れたセルで総角距離が最小となる可能性が増加する。セルを小さくすることで解決できるが、計算量が増大する

1. 十分小さいセルサイズとなるように観測領域を分割
2. 全マイクの重心から、各マイクが推定した DOA との角距離の総和が最小となるような線分を引く
3. 線分と交わるセルを対象にグリッドベースの位置推定を行い、推定結果を得る

位置推定シミュレーション結果

- シミュレーションの設定
 - 四台の音センサを一辺 1m の正方形の四隅に設置
 - マイクロホンアレイが DOA を推定可能な距離を 5m に設定
 - 推定が成功した際には正確な値が得られると仮定
 - 四台全てから DOA が得られた場合に位置推定を実施する
 - 各セルの中心に音源が存在する際の、推定結果との距離を誤差とする



- 提案手法の平均誤差: 17.7 cm
- 計算時間: : MUSIC 法に約 30 秒, 位置推定に約 30 秒
 - 位置推定サーバは Xeon E5-2600 を搭載

[2] Griffin, Anthony, et al. "Real-time localization of multiple audio sources in a WSN." in Proc. 22nd European Signal Processing Conference, 2014.