

# 近接4点法を用いた 音源位置推定と分離

2003.12.05

早稲田大学

国際情報通信研究科博士課程

中沢 誠

## はじめに

- 音空間の把握
  - 人間が音の到来方向や位置を把握する過程
- 人間の優れた聴覚センサ
  - 到来方向を把握
  - 3次元位置を把握
- 場の記録, 記述の道具

# 耳の能力

- 人間
  - 2つの耳で到来方向を把握
  - 3次元位置の把握
- フクロウ
  - 人間をはるかに凌ぐ音空間認知能力



シロフクロウ:フクロウ目フクロウ科  
目の感度は人間の100倍とも言われる

- 耳介による多様な伝達特性
  - 上下方向の到来方向を正確に把握
- 広域を補う柔らかな首
  - 視野110°
- 可動部分を必要としない測定
  - アレイ処理による指向性制御

## 音源位置の推定

- 人間の耳の音源位置推定能力を実現
- 人間の耳の能力を超えた位置推定
- 近接4点法による測定
- 一般化調和解析による分析
  - 周波数解析手法
  - 音源の定位

## 近接4点法

- 空間上の1点の座標の決定には4点の観測点が必要
- 近接した同一平面上に無い4つのマイクロホンを用いた測定手法
- 1976年来, 空間情報の計測に用いられてきた



## 一般化調和解析

- 1933年, N. Wienerにより提案された周波数分析手法
- 観測区間内で原信号との残差が最小になる正弦波を抽出し, 残差成分に対して同じ処理を繰り返す
- 窓の影響を受けることなく非定常信号の解析を行うことが可能
- 任意の周波数で残差を最小とする正弦波を求められる

観測区間長 $L$ の時, 任意の周波数におけるフーリエ級数

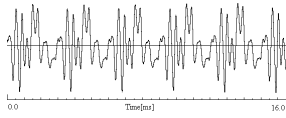
$$S(f) = \frac{2z}{L} \frac{s(z + \sin z) - c(1 - \cos z)}{z^2 - 2(1 - \cos z)}$$

$$C(f) = \frac{2z}{L} \frac{s(z - \sin z) - c(1 - \cos z)}{z^2 - 2(1 - \cos z)}$$

$$z = 4\pi fL$$

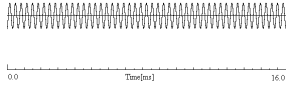
$$s = \int_0^L x \sin(2\pi ft) dt$$

$$c = \int_0^L x \cos(2\pi ft) dt$$

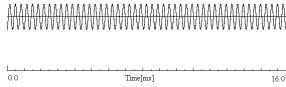


2970Hz

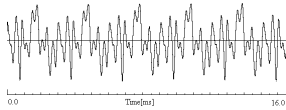
原信号



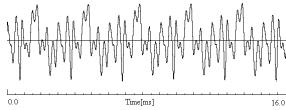
1本目の抽出成分



抽出成分の再合成信号

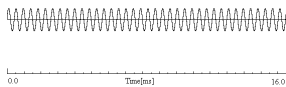


1本目抽出抽出後の残差信号

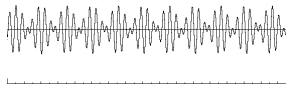


2308Hz

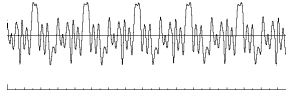
1本目抽出抽出後の残差信号



2本目の抽出成分

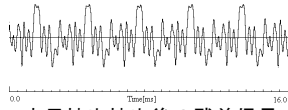


抽出成分の再合成信号

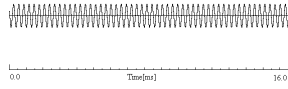


2本目抽出抽出後の残差信号

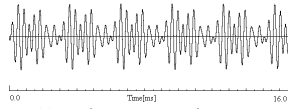
3300Hz



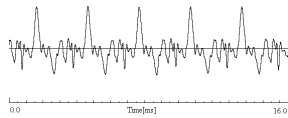
2本目抽出抽出後の残差信号



3本目の抽出成分

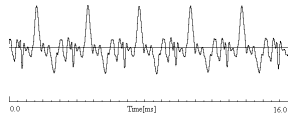


抽出成分の再合成信号

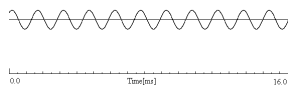


3本目抽出抽出後の残差信号

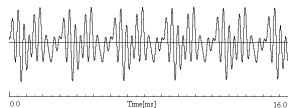
654Hz



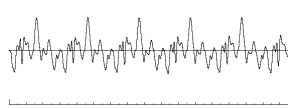
3本目抽出抽出後の残差信号



4本目の抽出成分



抽出成分の再合成信号



4本目抽出抽出後の残差信号

## 音源位置の推定

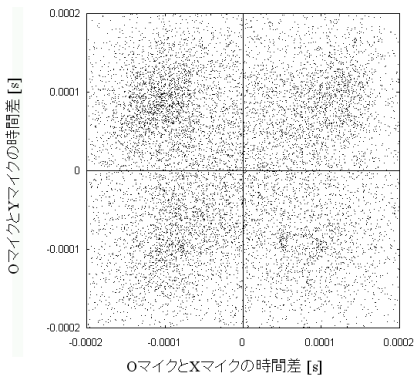
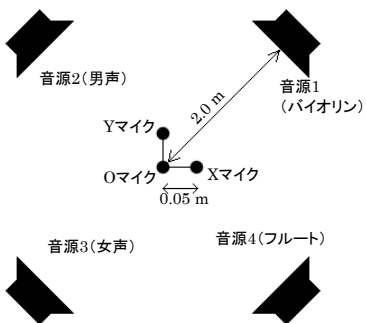
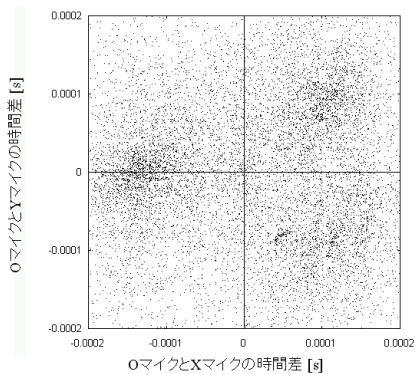
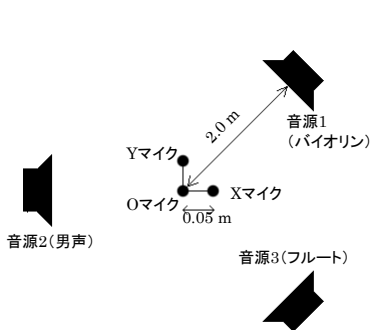
- 周波数成分の位相差
- 音源の定位

## 周波数成分の位相差

- Oマイクの信号に対して一般化調和解析
- 解析周波数でX, Yマイクの信号を解析
- 半波長がマイクロホンの間隔より短くなる周波数成分を取り除く
- O-X, O-Y間の位相差を計算, 正負の組み合わせから振り分け



# 音場の収録と解析結果



- 観測時間が長くなるほどはっきりと音の塊が見えてくる
- 高域成分はマイク間の位相差では一概に特定できない
- 高域をカバーするアルゴリズム

## 音源の定位

- 周波数成分毎の各マイクロホンへの到達時間差
- 振幅の時間変化に着目
  - 1/標本化周波数(秒)で変動を観測
- わずかな到達時間差
  - マイクロホン間隔5cmでは僅かな差  
(マイクロホン間隔/音速[s])
  - 一般化調和解析の導入

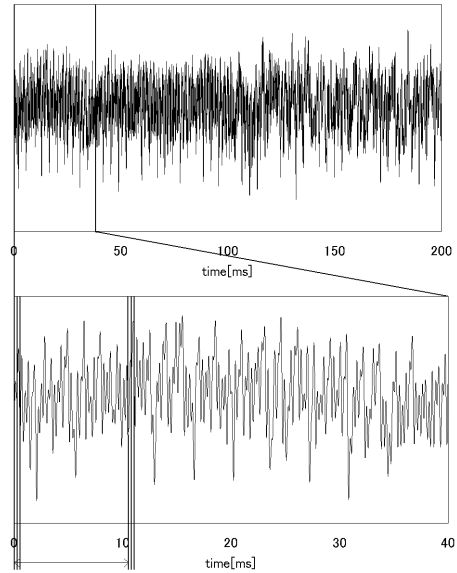
振幅の時間変化を求める

1/標本化周波数[s](1サンプル)  
ずらしながら周波数解析

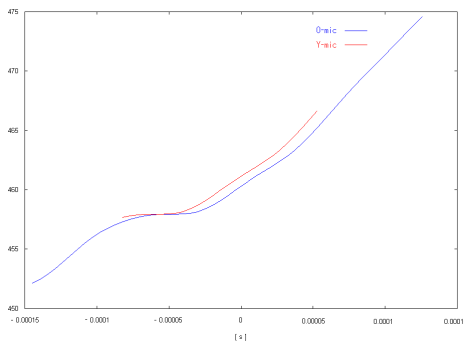
各マイクロホンの振幅の変動を  
相関にによって特定することが  
できる。

標本間の変動の把握手法,

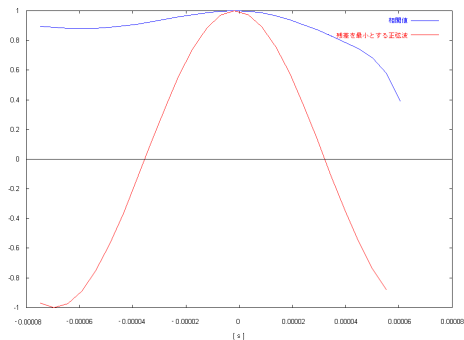
•アップサンプリング



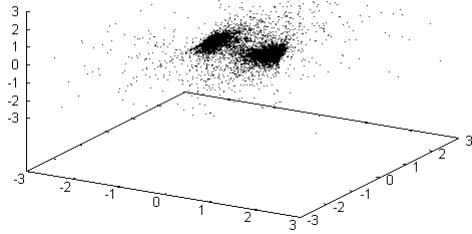
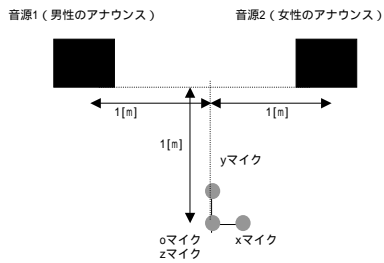
### 周波数成分毎の到達時間差の計算



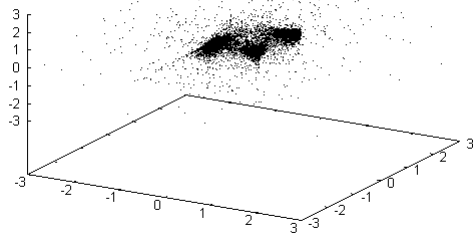
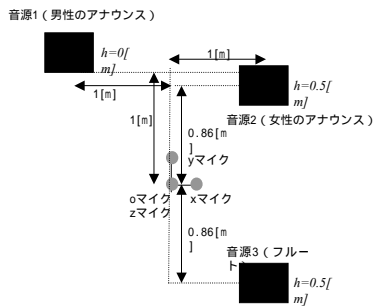
相関行列を1周期とする正弦波  
を求める事で到達時間を知ること  
ができる。



## 2つの音源を用いた実験



## 3つの音源を用いた実験



## 音源分離

- 空間座標にマッピングされた音像の定位
  - 音の塊を取り出す
  - 音源位置の推定手法
- アレイ処理による音源強調
  - 耳を傾ける

## むすび

- 定位に着目した手法
- 計算機による音源位置の推定
- 音環境認識
- 場の記録、記述
  - シーンアナライザ