

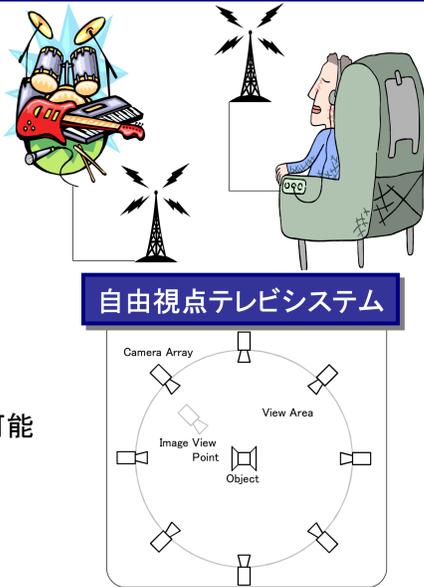
# 頭部伝達関数を用いた自由聴点立体音場の構築と評価

3-Q-29

◎水野渉 木村敏幸 西野隆典 武田一哉 (名大・情報科学)

## 研究の目的

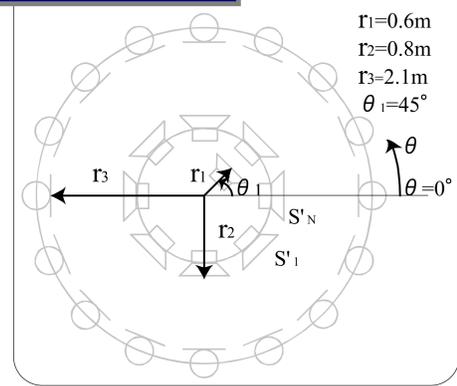
- ◆ある空間内の任意の場所(自由聴点)で受聴される音場を再現するシステムの構築
    - ・音源・マイクロホンアレーが設置されている空間に居るような臨場感の再現
  - ◆自由視点テレビシステムとの統合
    - ・マルチモーダルな高臨場感システムの構築
  - ◆自由視点テレビシステム
    - ・対象物に対して複数カメラを用いて映像を収録
    - ・カメラのない位置(任意視点)における映像を生成可能
- ↓
- ◆任意視点に対する音響情報を生成できないか?



## システムの評価

- ◆シミュレーションにより検討
- ◆伝達関数の設定
  - ・遅延と距離減衰により推定されるデルタ関数によって近似
- ◆入力(マイク)信号の生成
  - ・実音源信号と伝達関数を利用
- ◆2つの評価実験
  - ・波形の推定精度による客観評価
  - ・方向定位実験による主観評価
- ◆波形の推定精度の評価
  - ・SDR : Signal to Deviation Ratio
  - ・ $s(n)$  : 実音源が作る2次音源信号
  - ・ $s'(n)$  : 推定した仮想音源信号

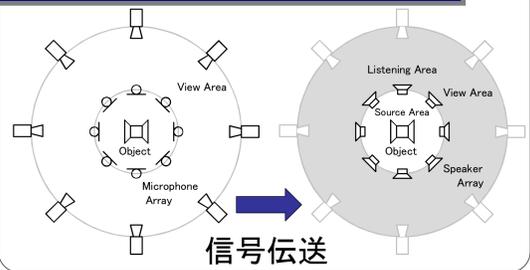
### 実験時の機器の配置



$$SDR = 10 \log_{10} \frac{\sum_n s^2(n)}{\sum_n [s(n) - s'(n)]^2}$$

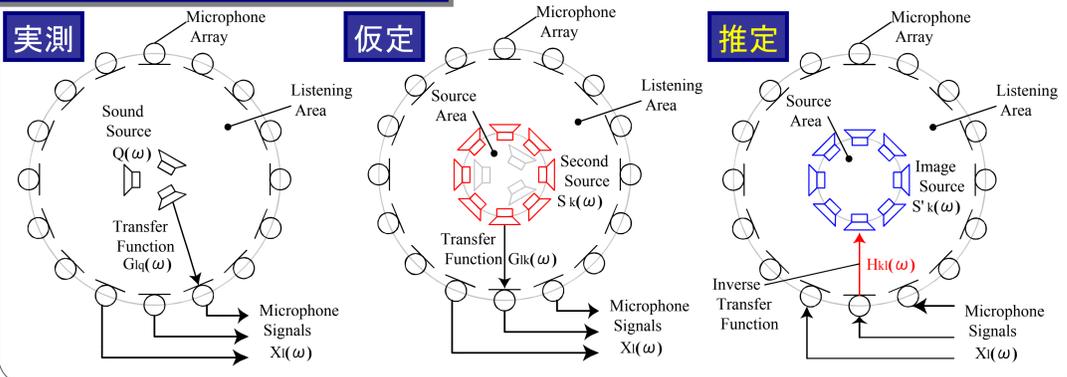
## システムの構築

### 波面合成法による収録と再現のモデル



- ◆波面合成法を利用したシステムの構築
  - ・対象物の周囲にマイクロホンアレー
  - ・収録信号の伝送、スピーカへの入力
  - ・スピーカの外側に再現領域を生成
- ◆カメラにマイクロホンが映ることが問題
  - ・カメラアレーの内側にマイクロホンは設置できない
- ◆カメラ位置に設置したマイクの信号から内部のマイク信号を推定し、音場を再現

### カメラ位置からマイク信号の推定手法



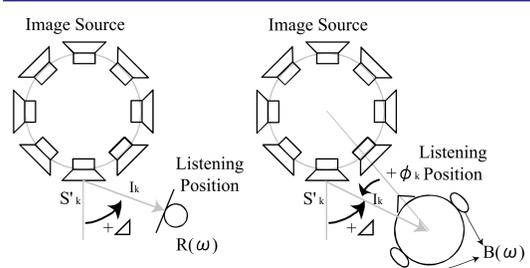
- ◆マイクロホン信号Xは実音源信号によって得られる
- ◆マイクロホン信号Xは2次音源信号Sによって得られたと仮定

- ◆逆伝達関数Hとマイクロホン信号Xを用いて仮想音源信号S'の算出
  - ・Moore-Penrose擬似逆行列を利用

$$G(\omega)H(\omega) = D(\omega) \quad H(\omega) = G(\omega)^+ D(\omega)$$

H(omega)の算出

- G(omega) : 伝達関数行列
- H(omega) : 逆伝達関数行列
- + : Moore-Penrose 擬似逆行列



- ◆外部のマイクロホン信号と伝達関数を用いて内部のマイクロホン信号を推定
  - ・伝達関数はあらかじめ測定するか、モデル化することが必要

$$D(\omega) = \begin{cases} 1 & S_k = S'_k \\ 0 & S_k \neq S'_k \end{cases}$$

- ◆マイクロホン位置から仮想音源位置に対するビームフォーミング
  - ・マイク数 > 仮想音源数で安定

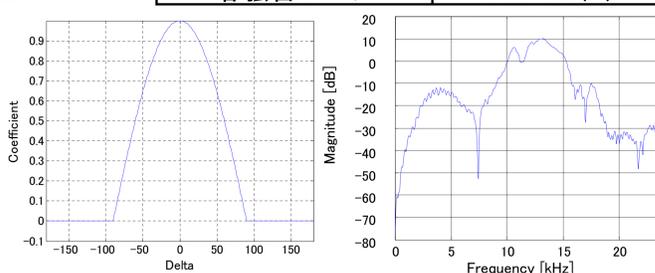
### 近距離HRTFの測定

- ・仮想音源と受聴位置が近い
- ・測定距離: 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100cm

音圧レベル	69.0 dB(A) (1m)
サンプリング周波数	48kHz
暗騒音レベル	13.8 dB(A)

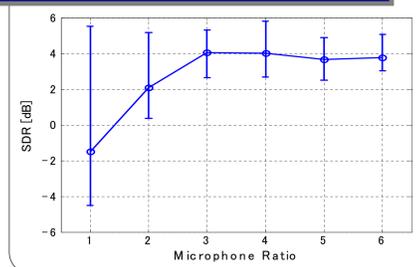
### 仮想音源信号の算出後

- ・任意の受聴位置の設定
- ・各仮想音源から受聴位置までの伝達関数を利用
- ・方位に対するスピーカ補正
- ・各仮想音源が作る音場の算出
- ・仮想音源について重ね合わせ



- ◆仮想音源信号の推定
  - ・仮想音源数を12に固定
  - ・マイクロホン数を仮想音源数の1倍から6倍に変化させて検討

### 仮想音源信号の推定とマイク数の比

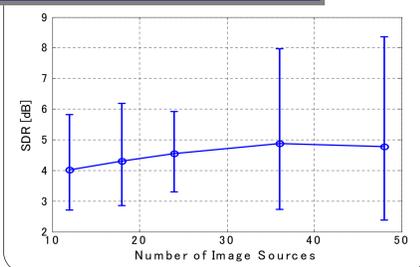


- ◆マイクロホンは仮想音源の3倍から4倍必要
- ◆最低推定精度が上昇

### 仮想音源信号の推定

- ・マイクロホン数を仮想音源数の4倍に固定
- ・仮想音源数を12から48まで変化させて検討

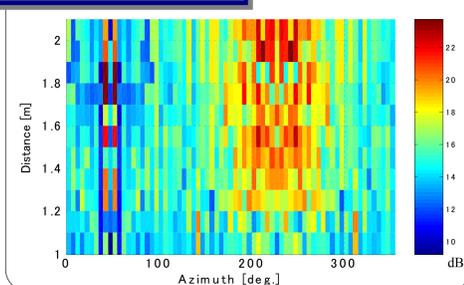
### 仮想音源信号の数と推定精度



- ◆仮想音源信号の平均SDRは4dBから5dBでほぼ一定

- ◆受聴位置での音圧の推定
  - ・仮想音源数を36に固定
  - ・水平方向5°刻み
  - ・距離方向10cm刻み

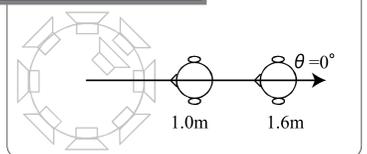
### 聴取位置での再現精度



- ◆実音源に近い方位
  - ・角度による差が大きい
- ◆実音源から遠い方位
  - ・距離による差が大きい

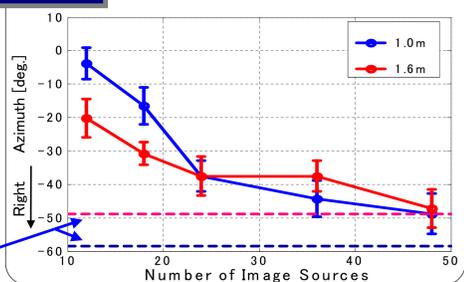
- ◆仮想音源数と方向定位
  - ・仮想音源数を12から48まで変化させて検討
  - ・中心から受聴位置までの距離: 1.0m, 1.6m
  - ・受聴位置の方位角:  $\theta = 0^\circ$
  - ・音像は右側に定位

### 実験時の位置関係



- ◆実験条件
  - ・提示音: ピアノ音(5秒)
  - ・提示機器: audio-technica ATH-A1000
  - ・被験者数: 5名 (1名につき4試行)
  - ・音圧レベル: 61.2dB(A)
  - ・サンプリング周波数: 32kHz

### 実験結果



- ◆仮想音源数が増えると正しい方向に定位する
- ◆仮想音源から離れた受聴位置ほど正しい方向に定位する

## まとめと今後の課題

- ◆自由聴点音場再生システムの構築
  - ・波面合成法を用いることで音場を再現
  - ・内部のマイクロホン信号を外部のマイクロホン信号から推定
  - ・仮想音源数を増やし、仮想音源から離れることで再現精度が上昇
- ◆実環境での収録、映像信号との組み合わせによる実験