

3-Q-4 指向性スピーカと境界音場制御を用いた 三次元放射音場再現システムの理論的検討

木村敏幸, 牧勝弘, 勝本道哲 (NICTユニバーサルメディア研究センター)

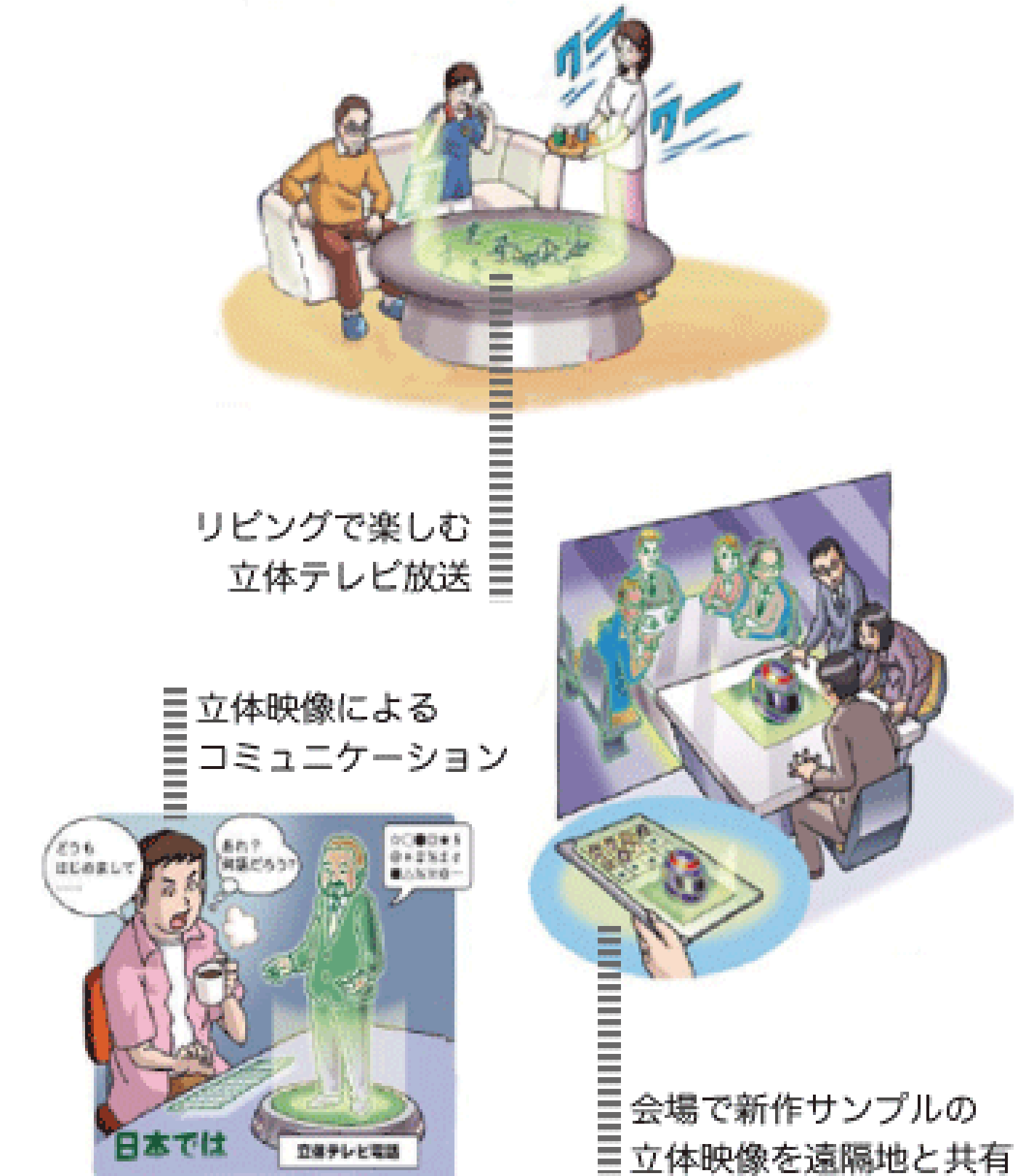
1. はじめに

超臨場感音響技術

- 提示した場所に**立体物の存在感**を表現
- 立体物を前後, 左右もしくは上下から鑑賞することが可能

研究目的

- 今までの従来システム
 - + 指向性スピーカと波面合成法を用いた近接三次元音場再現システムを提案
 - + 包囲型マイクロホンアレイと放射型スピーカアレイを構築し, システムを試作
 - + **スピーカアレイの大きさがマイクロホンアレイと異なる場合,**
マイクロホンアレイで収録した 三次元放射音場を忠実に再生することができない



指向性スピーカと境界音場制御を用いた
三次元放射音場再現システムを新たに提案

2. 理論的検討

従来システム

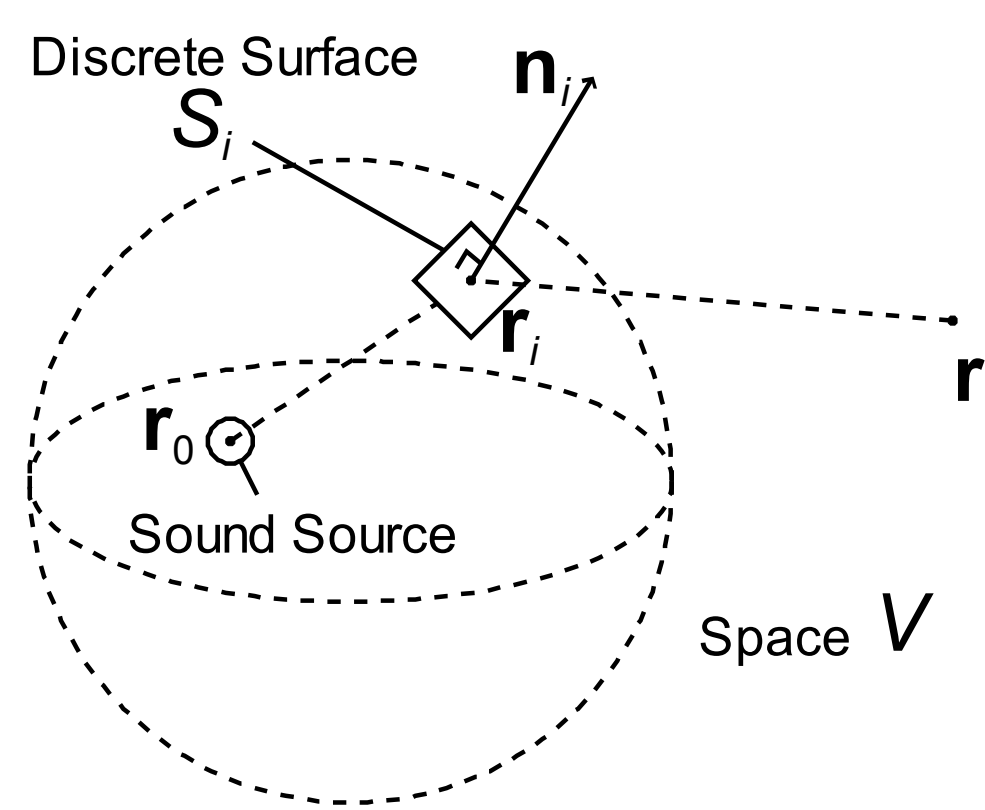
- スピーカアレイの大きさがマイクロホンアレイと同じならば,
空間V内の音圧が忠実に再現される

- + r : 空間Vにおける位置ベクトル
- + S_i : 境界面Sのi番目の要素
- + r_i : S_i の位置ベクトル
- + M : 要素の総数
- + ΔS_i : S_i の面積
- + $D_s(r_i|r)$: r_i におけるスピーカの指向特性
- + $G(r_i|r, \omega)$: r_i から r までの音響伝達関数

$$G(r_i|r, \omega) = \frac{\exp(-jk|r_i-r|)}{4\pi|r_i-r|}$$

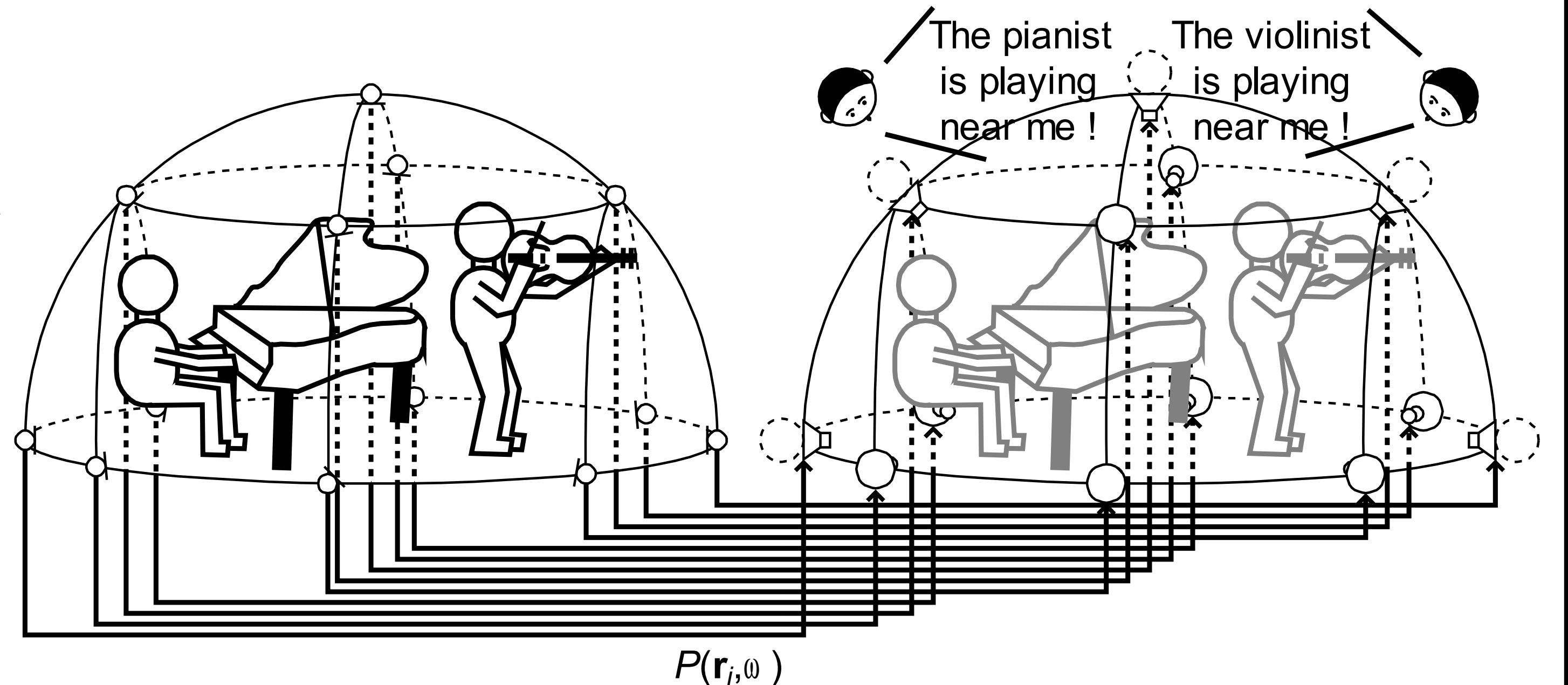
- + $k(\omega/c)$: 波数
- + c : 音速

$$P(r, \omega) = jk \sum_{i=1}^M P(r_i, \omega) D_s(r_i|r) G(r_i|r, \omega) \Delta S_i \quad (r \in V)$$



ダイアグラム

- Sounds are recorded by M microphones
- Sound fields are reproduced by playing M channels



提案システム

- 音場を空間V'において再現
- $$P(r, \omega) = jk \sum_{i=1}^N P(r'_i, \omega) D_s(r'_i|r) G(r'_i|r, \omega) \Delta S'_i \quad (r \in V')$$

- r_i は常に空間V'中に存在
- $$P(r'_i, \omega) = jk \sum_{i=1}^N P(r'_i, \omega) D_s(r'_i|r_n) G(r'_i|r_n, \omega) \Delta S'_i \quad (r_i \in V')$$

$$P(r, \omega) = jk \sum_{i=1}^N P(r'_i, \omega) \left\{ jk \sum_{i=1}^M D_s(r'_i|r_i) G(r'_i|r_i, \omega) D_s(r'_i|r) G(r_i|r, \omega) \Delta S_i \right\} \Delta S'_i$$

$$\rightarrow D_s(r'_i|r) G(r'_i|r, \omega) = jk \sum_{i=1}^M D_s(r'_i|r_i) G(r'_i|r_i, \omega) D_s(r'_i|r) G(r_i|r, \omega) \Delta S_i \quad (r \in V, r_i \in V')$$

- M 入力 N 出力逆フィルタによるシステム

$$P'(r'_i, \omega) = \sum_{i=1}^M H_{ii}(\omega) P(r_i, \omega) \quad \sum_{i=1}^N H_{ii}(\omega) D_s(r'_i|r_n) G(r'_i|r_n, \omega) \Delta S'_i = \begin{cases} 1 & (n=i) \\ 0 & (n \neq i) \end{cases}$$

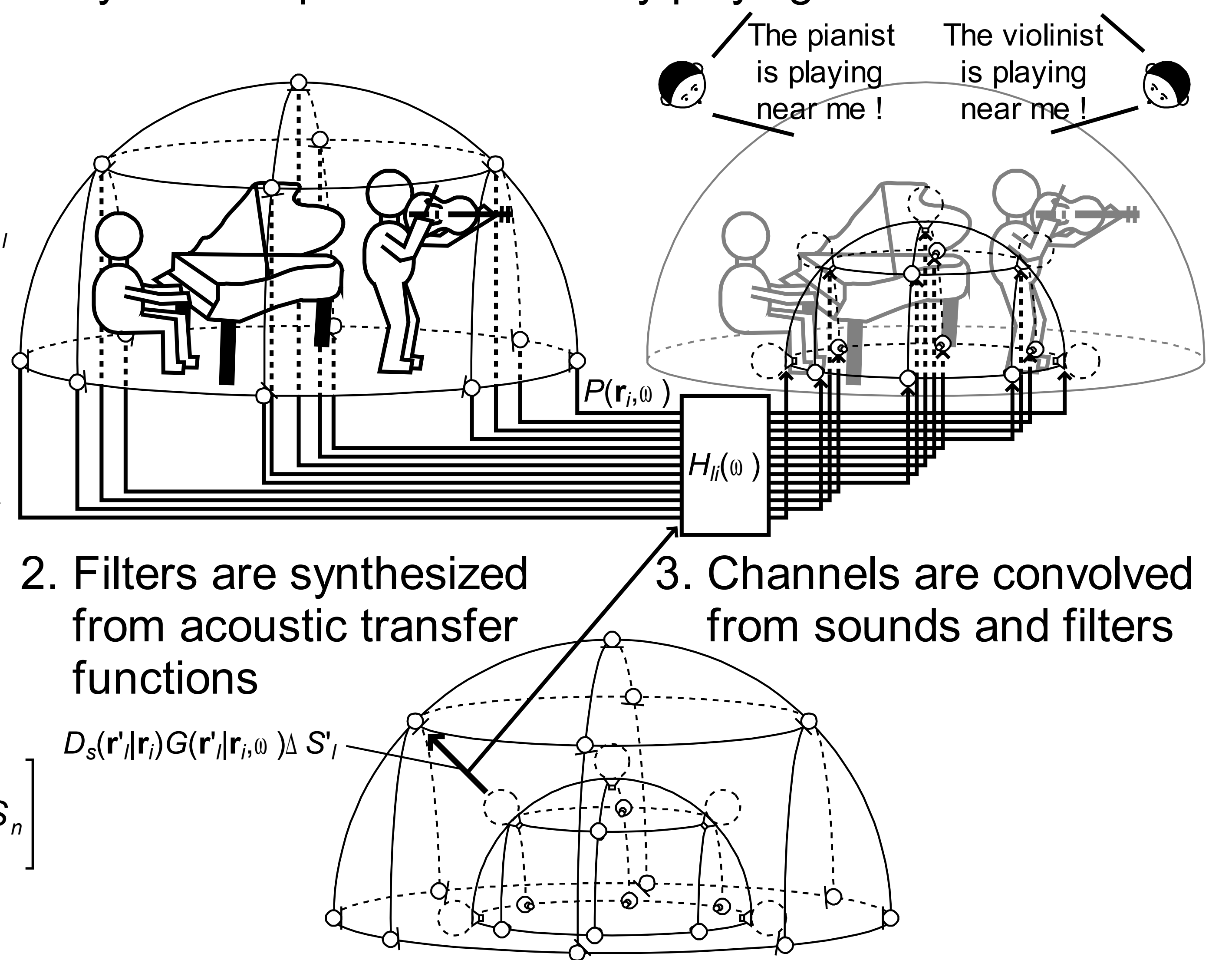
$$P'(r, \omega) = \sum_{i=1}^N P'(r'_i, \omega) D_s(r'_i|r) G(r'_i|r, \omega) \Delta S'_i = \sum_{i=1}^M P(r_i, \omega) \left\{ \sum_{i=1}^N H_{ii}(\omega) D_s(r'_i|r) G(r'_i|r, \omega) \Delta S'_i \right\}$$

$$= jk \sum_{i=1}^M P(r_i, \omega) \left[\sum_{n=1}^M D_s(r_n|r) G(r_n|r, \omega) \sum_{i=1}^N H_{ii}(\omega) D_s(r'_i|r_n) G(r'_i|r_n, \omega) \Delta S'_i \right] \Delta S_n = jk \sum_{i=1}^M P(r_i, \omega) D_s(r_i|r) G(r_i|r, \omega) \Delta S_i = P(r, \omega) \quad (r \in V, r_i \in V')$$

ダイアグラム

- スピーカアレイの大きさがマイクロホンアレイを異なっても
三次元放射音場が忠実に再現される

- Sounds are recorded by M microphones
- Filters are synthesized from acoustic transfer functions
- Channels are convolved from sounds and filters
- Sound fields are reproduced by playing N channels



3. まとめ

- 新たな三次元放射音場再現システムを提案
 - + 指向性スピーカと境界音場制御を使用
 - + 逆フィルタを従来の三次元放射音場再現システムに導入
- スピーカアレイの大きさがマイクロホンアレイと異なっても三次元放射音場の忠実再現が可能**
- 今後の予定: 計算機シミュレーションによる提案システムの性能の数値解析