

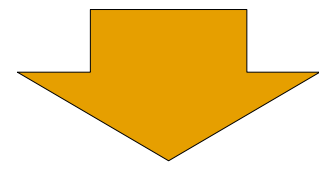
3-Q-8 指向性スピーカと波面合成法を用いたスケーラブル三次元放射音場再生システムの理論的検討

○木村敏幸 (東北学院大)

1. はじめに

未来の3Dテレビ

- ・ 三次元空間中に立体像を提示
- ・ 立体像を前後左右上下から鑑賞可能
- + 何のデバイスも身に付けていない

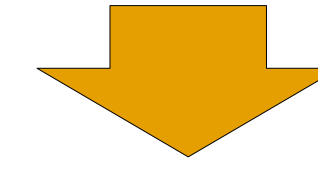


- ・ 立体音響技術の開発が必要
- + 複数人が取り囲んで鑑賞可能
- + 誰もヘッドホンに身に付けていない



本研究の目的

- ・ 従来の三次元放射音場再生システム
- + マイクロホンアレイとスピーカアレイの大きさが同じ
- ・ デモ展示のための試作システム
- + スピーカアレイの大きさはマイクロホンアレイの1/4
- + 直接収録・再生しても三次元放射音場の再現を実感



音場が再現されていると感じる原因を理論的に検討

2. システムの理論的検討

従来システム

$$P(\mathbf{r}, \omega) = \frac{jk}{4\pi} \sum_{i=1}^M P(\mathbf{r}_i, \omega) D(\theta_i) \frac{e^{-jk|\mathbf{r}-\mathbf{r}_i|}}{|\mathbf{r}-\mathbf{r}_i|} \Delta S_i \quad (\mathbf{r} \in V)$$

$$P(\mathbf{r}_i, \omega) = \frac{AD_0(\theta_0, \phi_0) e^{-jk|\mathbf{r}_i-\mathbf{r}_0|}}{|\mathbf{r}_i-\mathbf{r}_0|} \quad k = \frac{\omega}{c}$$

- ・ \mathbf{r} : 境界より外側の位置ベクトル
- ・ \mathbf{r}_i : 境界面上の位置ベクトル
- ・ \mathbf{r}_0 : 境界内の音源の位置ベクトル
- ・ $D(\theta_i)$: スピーカの放射特性
- ・ $D_0(\theta_0, \phi_0)$: 音源の指向特性
- ・ k : 波数
- ・ ω : 角周波数
- ・ c : 音速

提案システムの原理

- ・ 原音場の制御領域の大きさを再生領域の α 倍に設定

$$\mathbf{r}'_i = \alpha \mathbf{r}_i \quad \mathbf{r}'_0 = \alpha \mathbf{r}_0 \quad |\mathbf{r}'_i - \mathbf{r}'_0| = |\alpha \mathbf{r}_i - \alpha \mathbf{r}_0| = \alpha |\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_0|$$

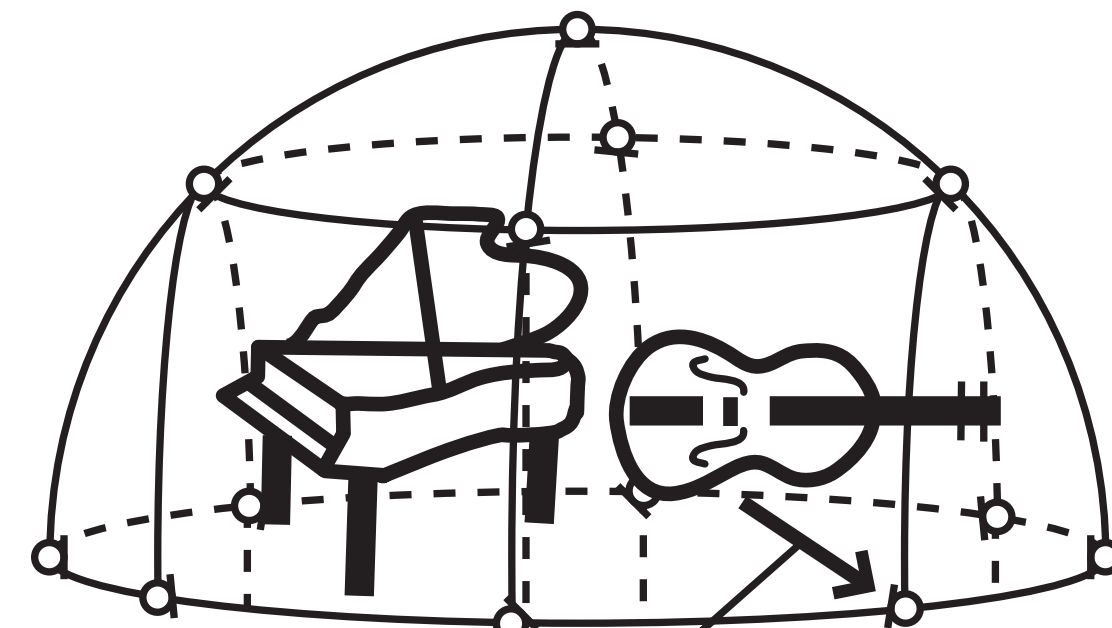
$$P(\mathbf{r}'_i, \omega) = \frac{AD_0(\theta_0, \phi_0) e^{-jk|\mathbf{r}'_i-\mathbf{r}'_0|}}{|\mathbf{r}'_i-\mathbf{r}'_0|} = \frac{AD_0(\theta_0, \phi_0) e^{-jk\alpha|\mathbf{r}_i-\mathbf{r}_0|}}{\alpha|\mathbf{r}_i-\mathbf{r}_0|}$$

$$= \frac{AD_0(\theta_0, \phi_0) e^{-jk'\alpha|\mathbf{r}_i-\mathbf{r}_0|}}{\alpha|\mathbf{r}_i-\mathbf{r}_0|} \quad k' = \alpha k = \frac{\alpha\omega}{c} = \frac{\omega}{\frac{c}{\alpha}} = \frac{\omega}{c'}$$

- ・ \mathbf{r}'_i : 制御領域面上の位置ベクトル
- ・ \mathbf{r}'_0 : 制御領域内の音源の位置ベクトル
- ・ k' : 新たに設定した波数

音速が1/α倍に変化した音場が忠実に再現

2. Multichannel audio signals $P(\mathbf{r}_i, \omega)$ are synthesized

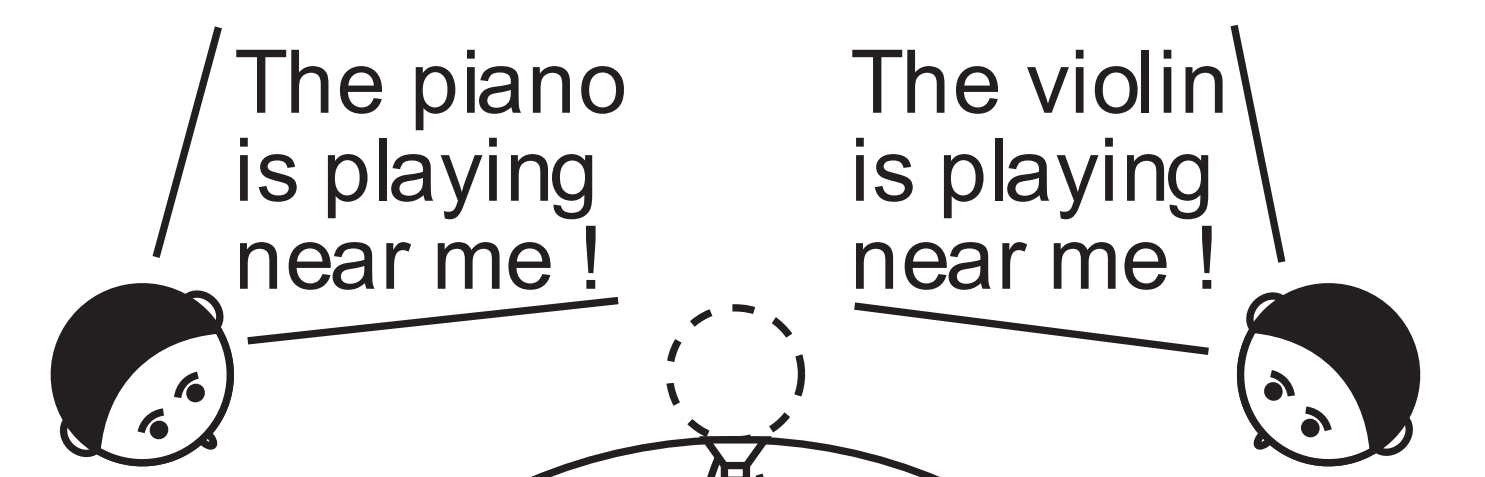


Acoustic Transfer Function



Sound Source Signal

1. Radiated loudspeaker array is placed



$P(\mathbf{r}_i, \omega)$

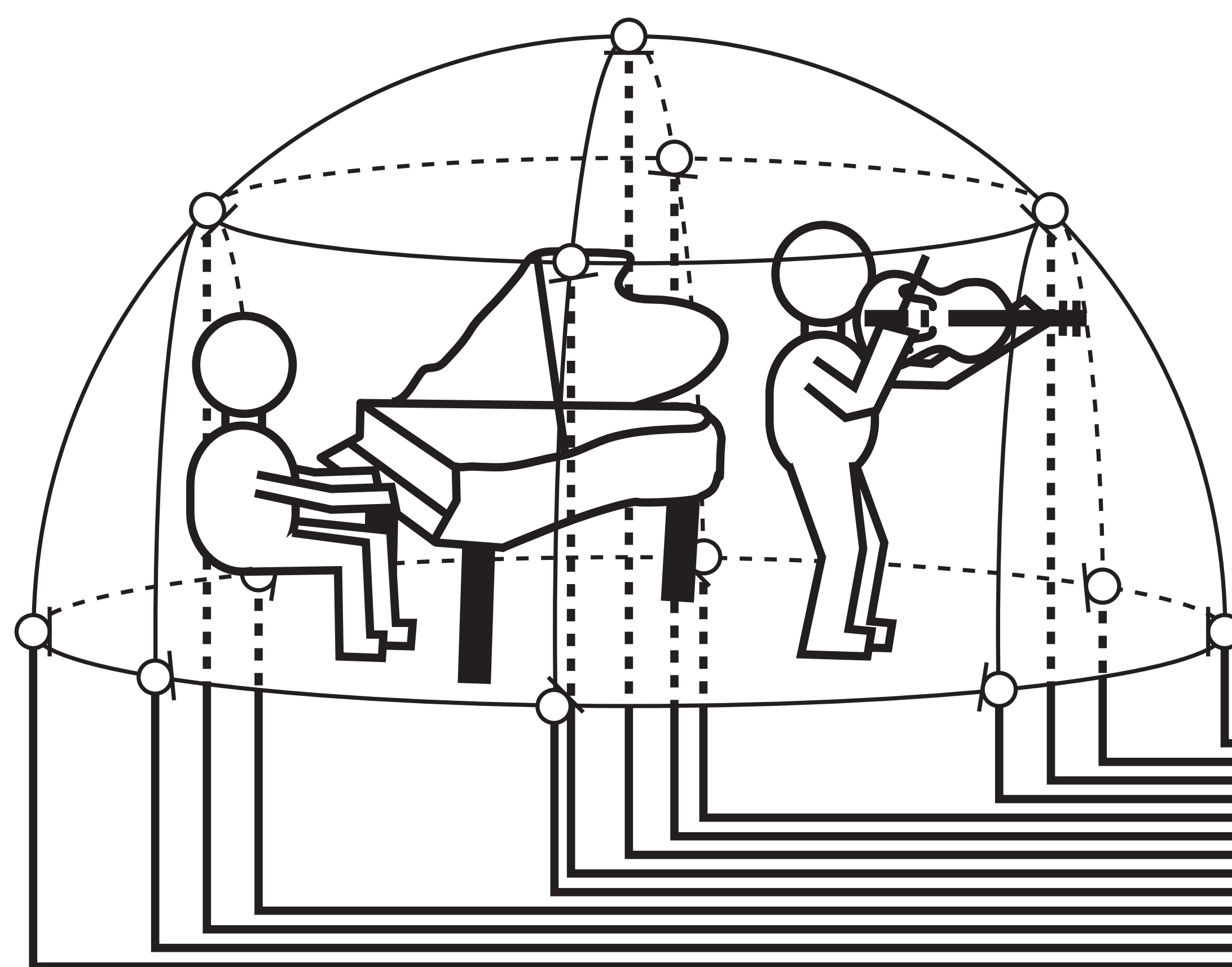
Radiation directivity of loudspeaker units

3. Synthesized multichannel audio signals are played from radiated loudspeaker array

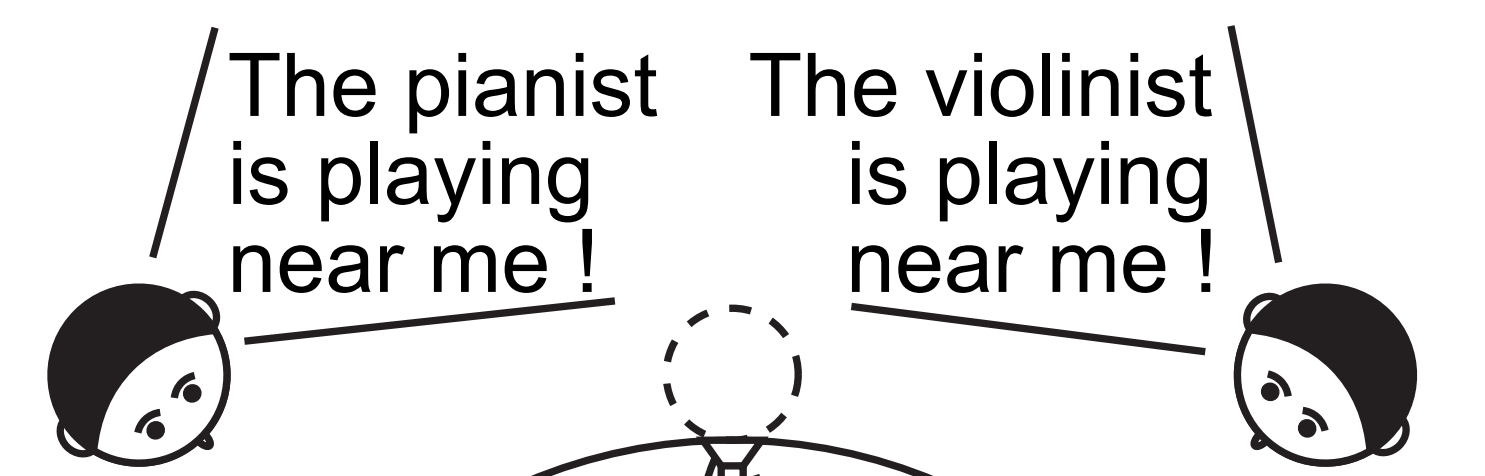
提案システムの概要

- ・ 放射型スピーカアレイを配置
- + 指向性スピーカは境界面の外側に向ける
- ・ 大きさを変化させた制御領域を設定
- ・ 制御領域の境界面にマイクロホンを配置
- + マイクロホンの位置は指向性スピーカと相似
- ・ マイクロホンアレイで音場を収録
- ・ 収録した音を直接指向性スピーカで再生

Original Sound Field



Reproduced Sound Field



3. まとめ

- ・ アレイの大きさが異なる場合に三次元放射音場が忠実に再現される条件を理論的に検討
- + **マイクロホンと指向性スピーカの配置が相似ならば、音速が変化し、大きさが拡大・縮小**
- ・ 今後の方針
- + 計算機シミュレーションによる提案システムの妥当性の検討
- + スピーカアレイやマイクロホンアレイの再試作