

Multiple Vertical Panningを用いた 立体音響システムにおける 移動距離及び視聴位置の 奥行表現への影響

木村敏幸

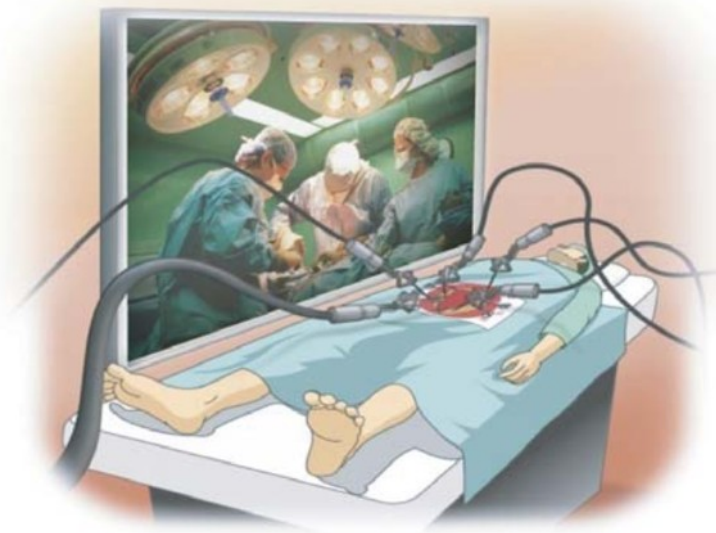
東北学院大学情報学部データサイエンス学科

2026年8月21日

はじめに

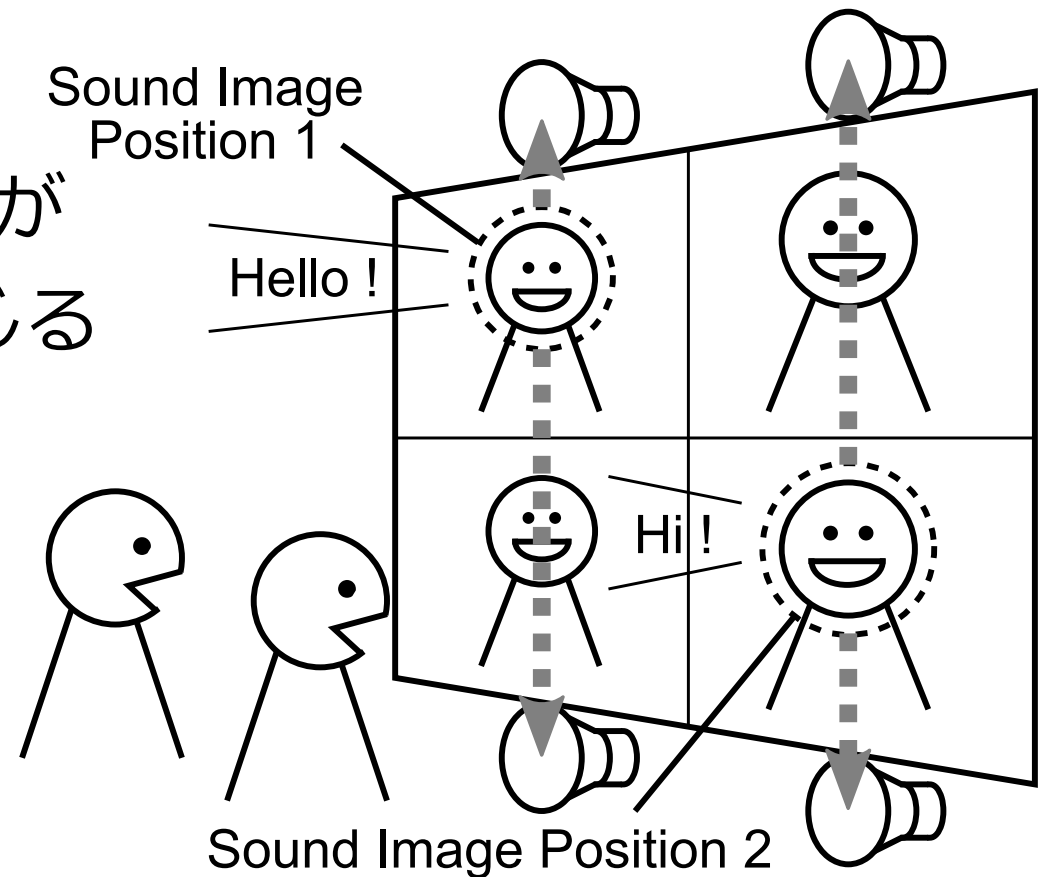
- 超臨場感コミュニケーション技術
 - 「臨場感」を体験させる技術
 - 立体映像や高臨場感オーディオ技術を使用
- 活用事例
 - 立体テレビ，遠隔医療，遠隔通信会議

出典元：榎並，岸野，電子情報通信学会誌，
Vol. 93, No. 5, pp. 363-367, May 2010.



Multiple Vertical Panning方式

- スクリーンの上下にスピーカ対を複数設置
 - 音源位置の上下にスピーカを2個配置
- 音源に音量差をつけ2個のスピーカから音を再生
 - スピーカ2個の間で音が鳴っているように感じる
- 音源ごとに再生するスピーカを選択
 - 視聴者はどこでも映像位置で音が鳴っているように感じる



本研究の目的

- Multiple Vertical Panning（MVP）方式
 - これまで
 - 音の奥行表現手法を検証
 - 移動距離を変化させた場合の検討なし
 - 視聴位置による影響も詳細な検討なし
- 本研究の目的
 - MVP方式による奥行き表現の可能性を検討
 - 奥行き表現を伴った視聴覚提示システムを制作
 - ステレオホニック方式も再生可能
 - 制作システムを用いた評価実験を実施
 - 実験 1：移動距離による影響を検討
 - 実験 2：視聴位置による影響を検討

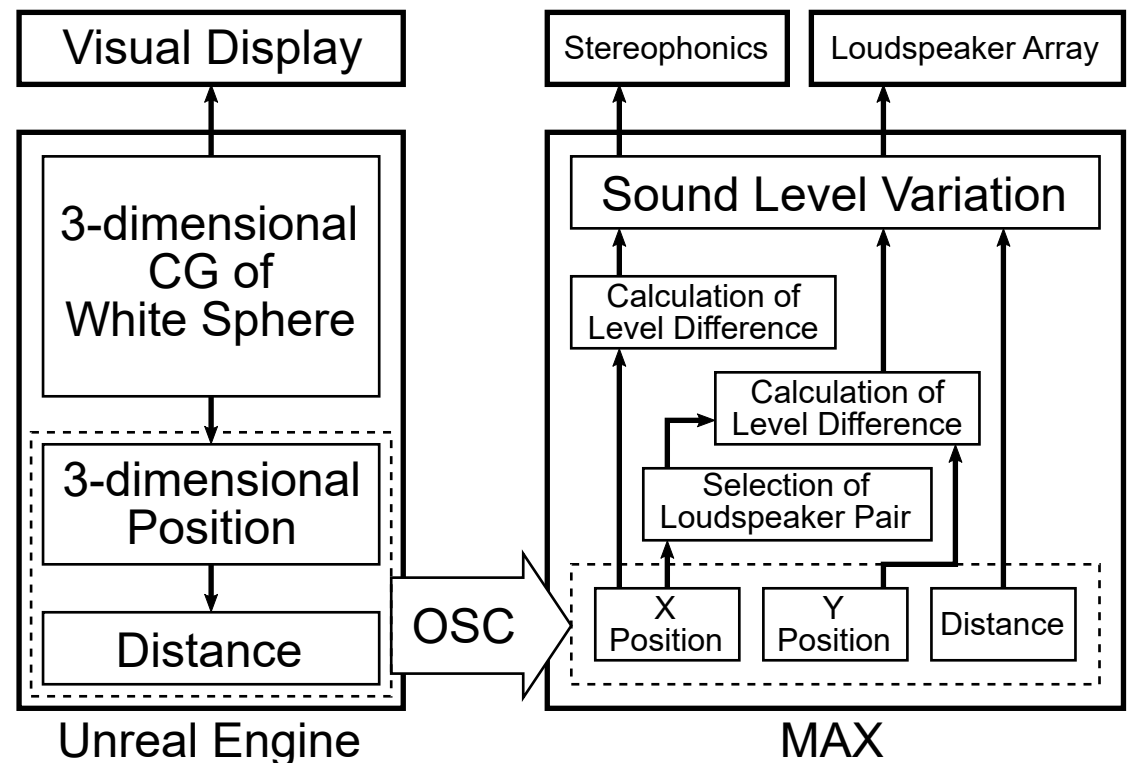
制作システム

- 55インチ映像ディスプレイ
 - TOSHIBA : 55J20X
- スピーカ
 - ユニット
 - ダイターボイス : AR-10N
 - エンクロージャ
 - ダイターボイス : EX-10 BK
 - MVP方式用
 - 計18個
 - ステレオホニック方式用
 - 2個



制作システム

- Unreal Engine
 - 白色球体の3次元CGの奥行き移動映像を表示
 - OSC (Open Sound Control) 信号を送信
 - 再生音方式, 水平・垂直位置, 奥行距離
- MAX
 - OSC信号を受信
 - 音方式を決定
 - スピーカ選択
 - 奥行距離
 - 音量変化



制作システム

- 音量変化手法

- 変化なし $a_z = 1$

- 比例増大

- 距離によって比例的に変化

$$a_z = \frac{\max P_z - P_z}{\max P_z - 1}$$

- 指数増大

- 距離によって逆数的に変化

- 点音源の物理的变化を模擬

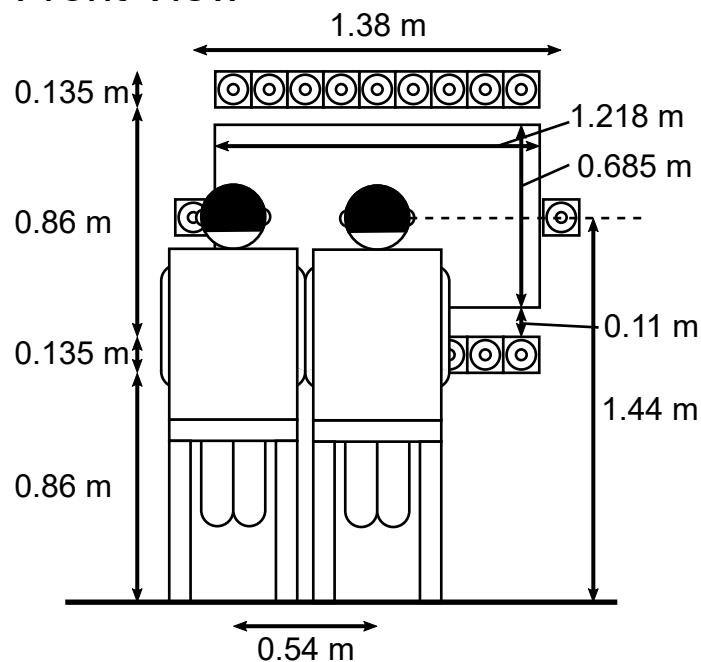
$$a_z = \frac{1}{P_z}$$

- P_z : 距離, $\max P_z$: 最大距離

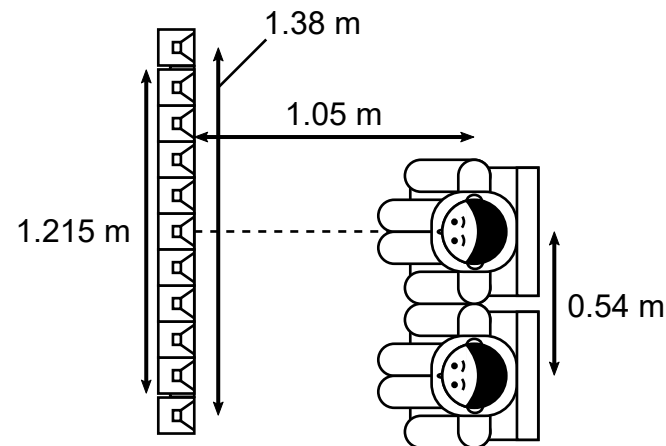
実験 1 環境

- 実験室内の一角
 - 暗騒音：35.8 dBA
 - 音圧レベル
 - 最大70 dBA（中央位置）
 - 視聴距離
 - 1.05 m
 - 視聴高さ
 - 1.44 m
 - 耳位置

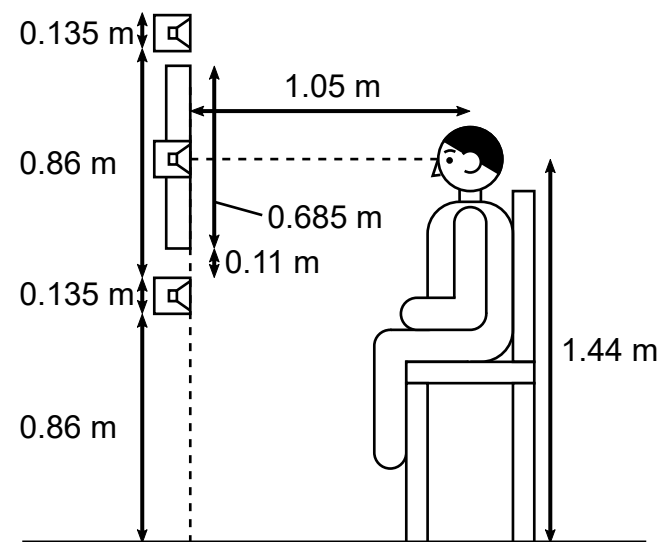
Front View



Plane View

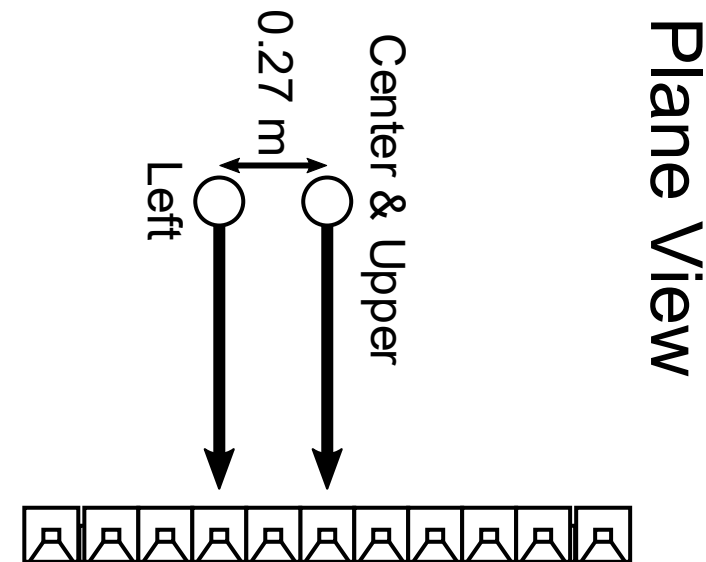


Cross-sectional View

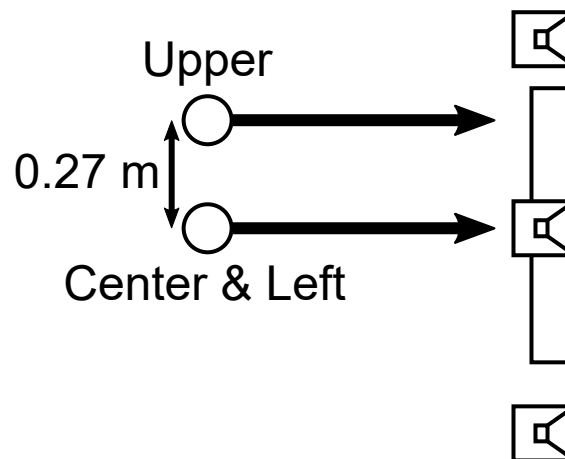


実験 1 条件

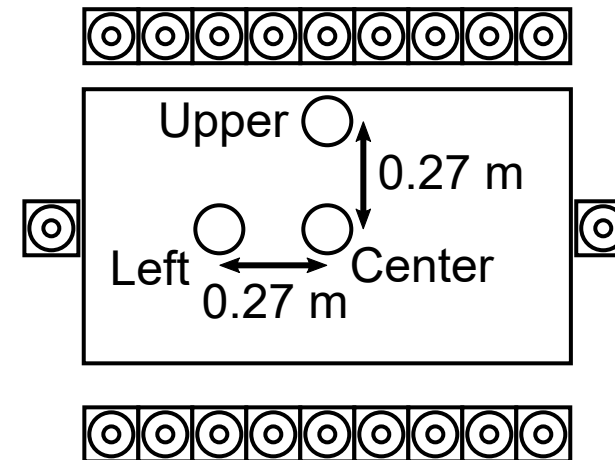
- 球体位置
 - 中央, 左側, 上側
- 音
 - UFO音
 - 先行研究で使用



Cross-sectional View



Front View

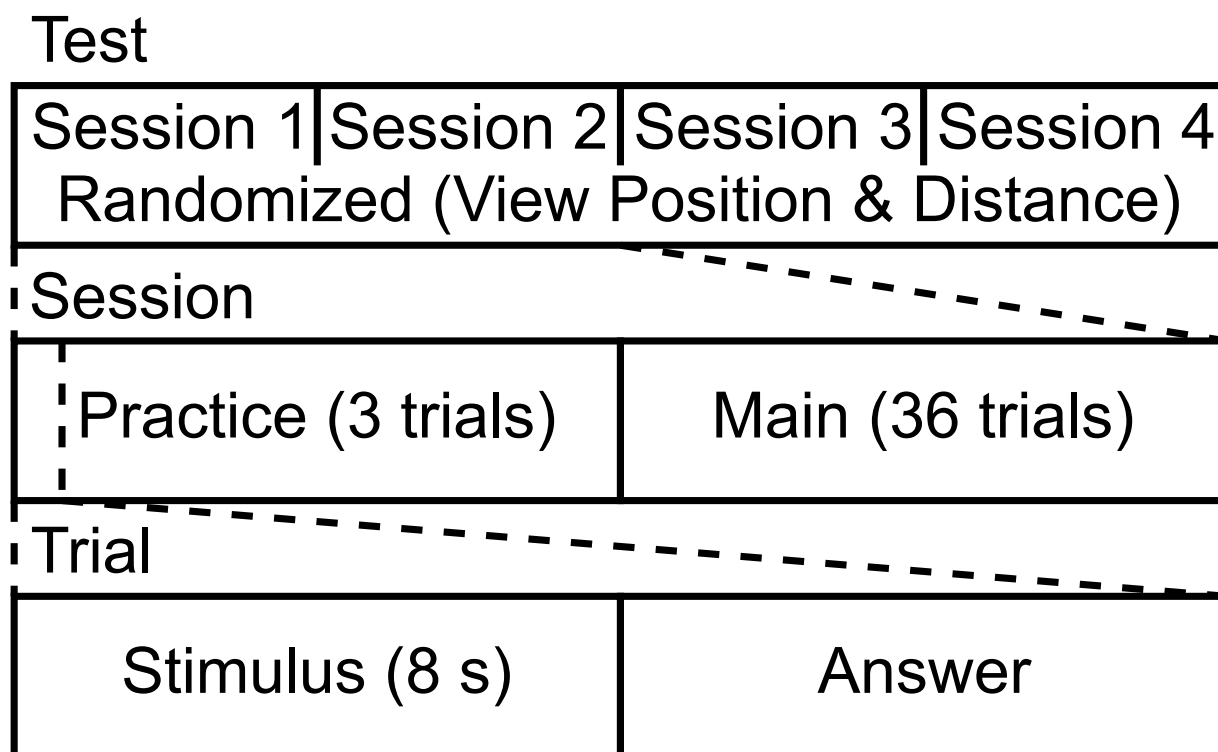


実験 1 条件

- 全36条件
 - 白球位置 (3) : 中央, 上, 左
 - 最大距離 (2) : 10 m, 100 m
 - 音提示手法 (2) : MVP, ステレオ
 - 音量変化手法 (3)
 - 変化なし, 比例増大, 指数増大
- 白球の移動軌跡
 - 最初に最大距離に配置
 - 5秒間で手前方向に一定速度で移動
 - 最小距離 (1 m) に到達後, 3秒間静止

実験 1 計画

- 視聴者
 - 成人10名（男性8名，女性2名）
- 視聴位置，最大距離，提示順序
 - 視聴者ごとにランダムイズ
- 本試行の内訳
 - 18（条件）
 - ×2（繰り返し）



実験1手順

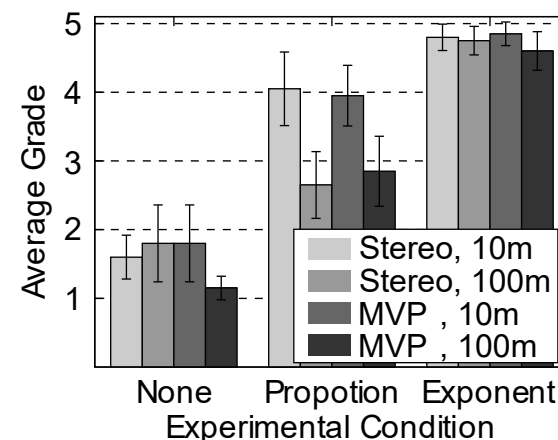
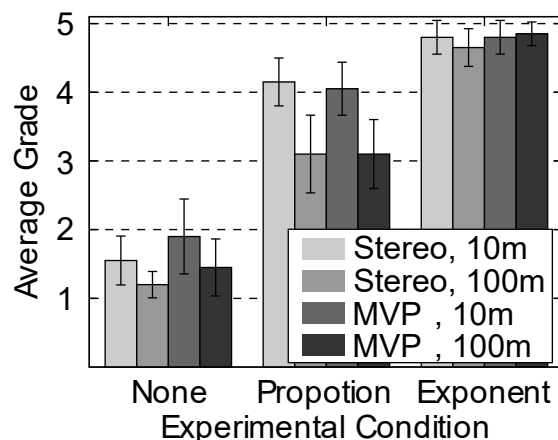
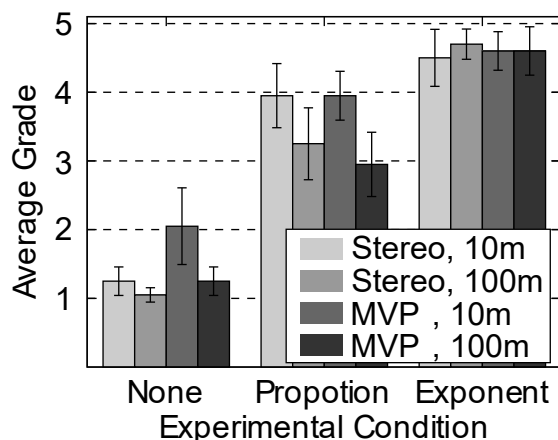
- 視聴者
 - 映像と音の一致度を5段階評定
 - 頭部や上半身は自由に移動可能

値	評定
5	合っている
4	どちらかという合っている
3	どちらともいえない
2	どちらかという合っていない
1	合っていない

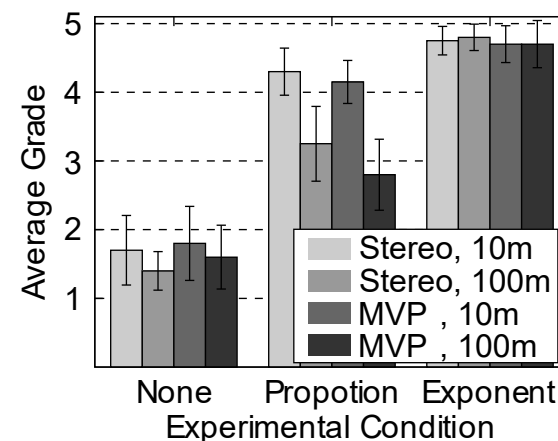
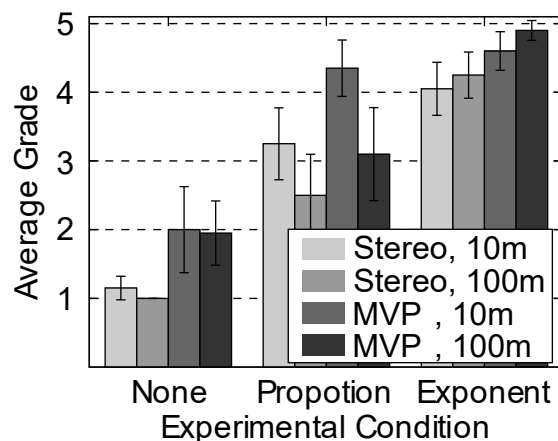
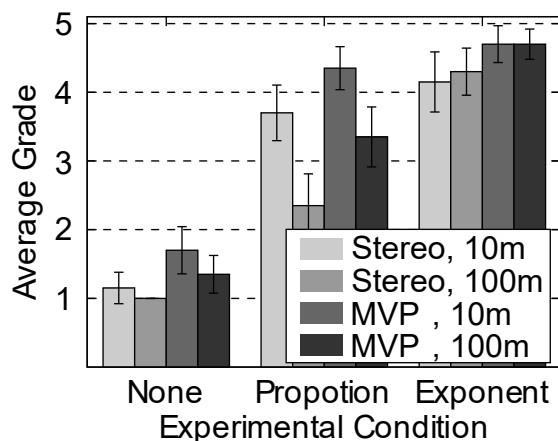
実験 1 結果

- 条件ごとの評定値

- 視聴位置：中央



- 視聴位置：側方



球体位置：中央

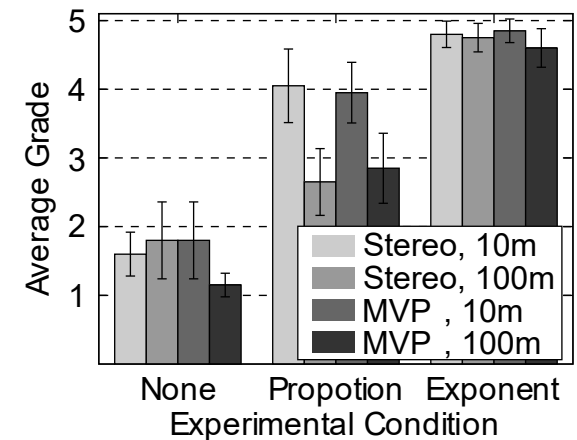
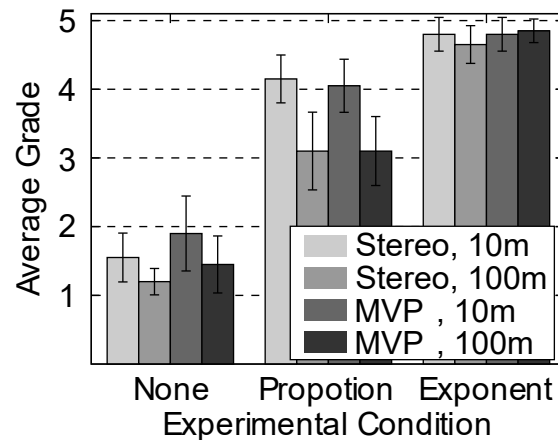
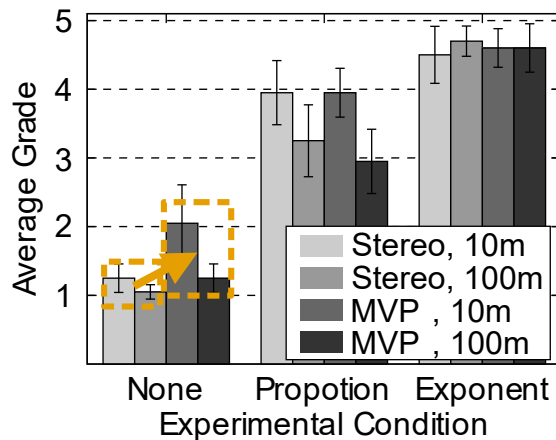
球体位置：上

球体位置：左

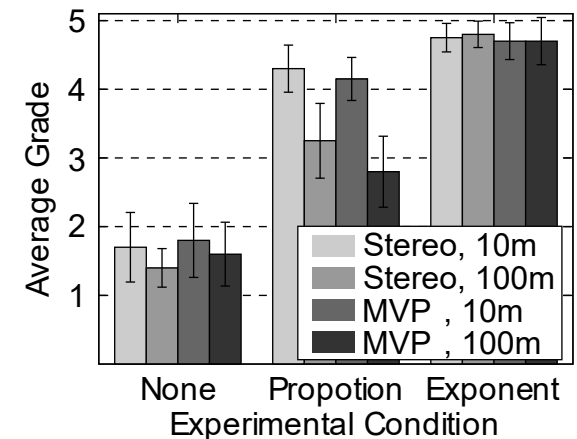
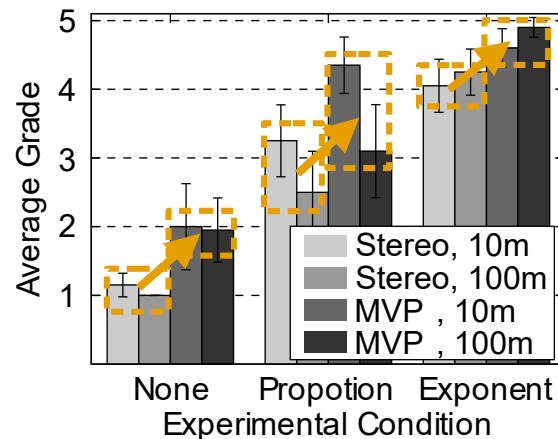
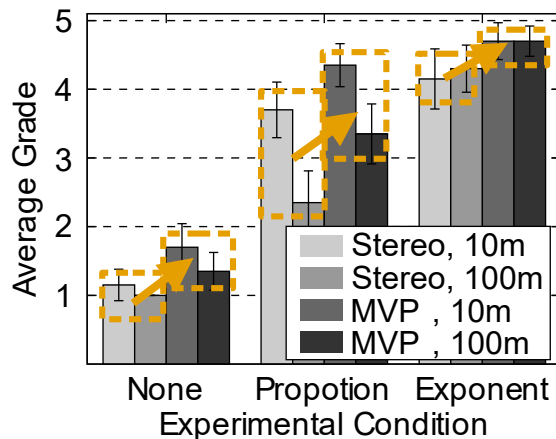
実験 1 結果（音再生手法）

- MVP方式はステレオホニックより良い

– 視聴位置：中央



– 視聴位置：側方



球体位置：中央

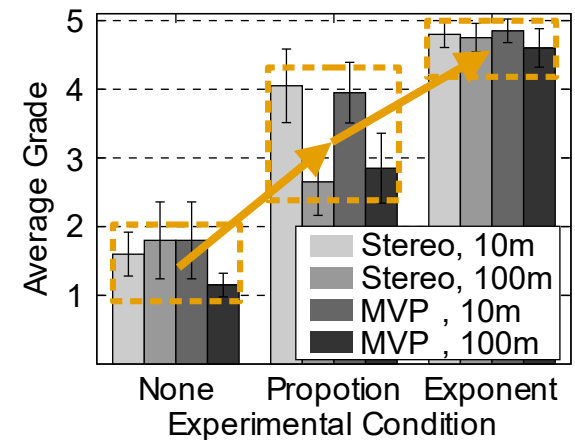
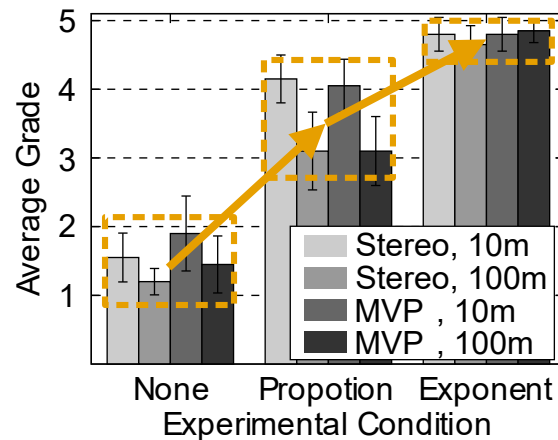
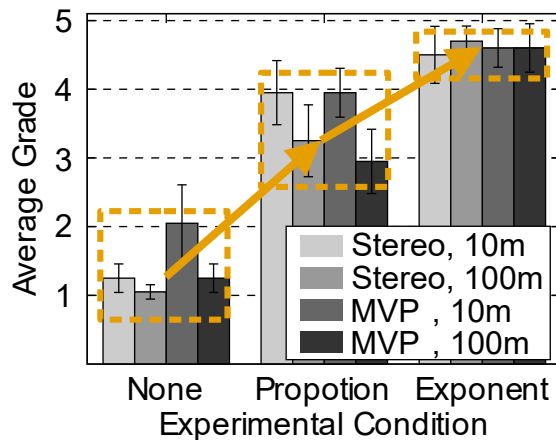
球体位置：上

球体位置：左

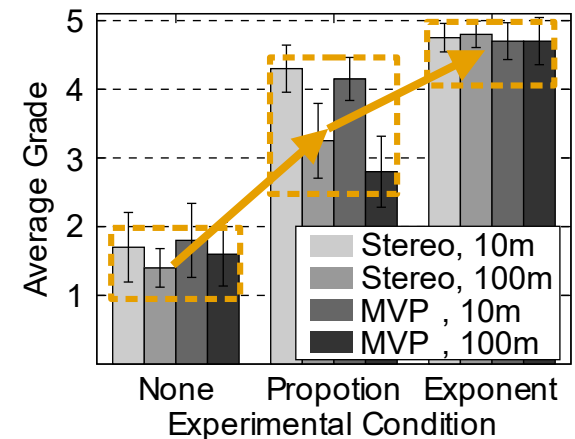
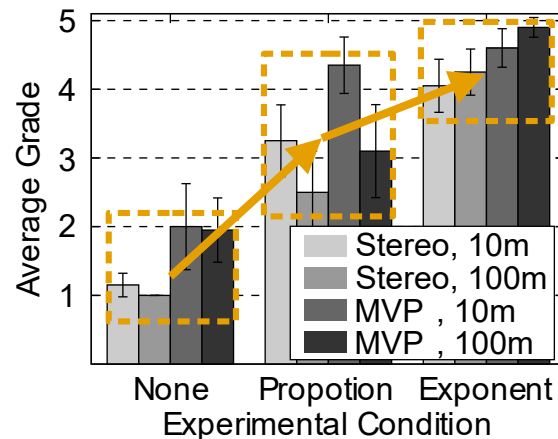
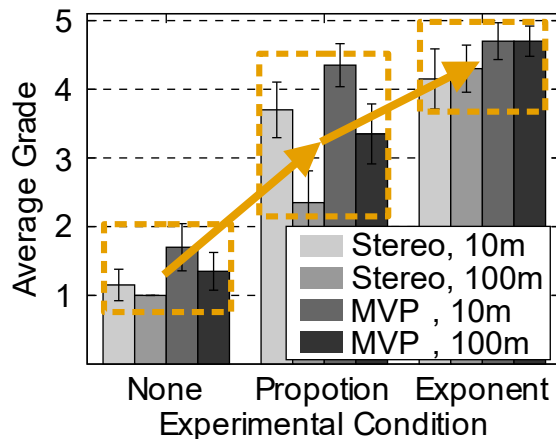
実験 1 結果（音量変化手法）

- 奥行表現には指数増大が最適

– 視聴位置：中央



– 視聴位置：側方



球体位置：中央

球体位置：上

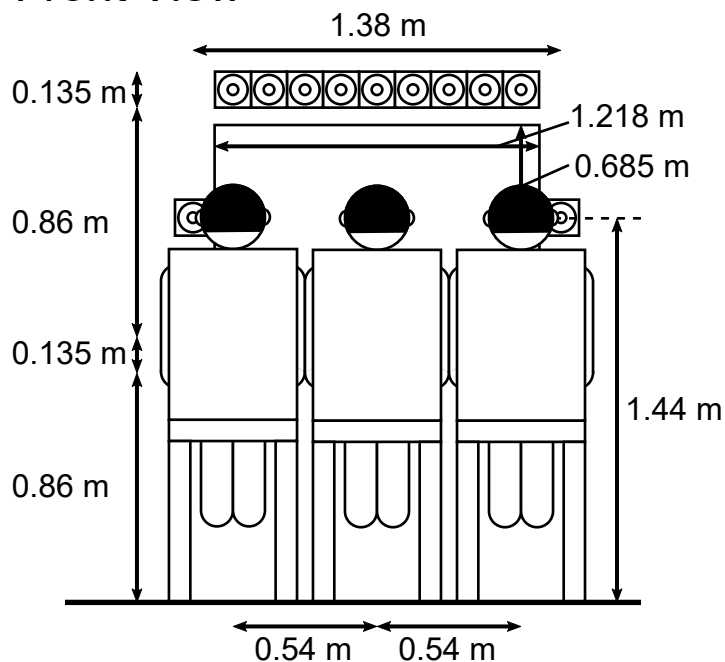
球体位置：左

実験2環境

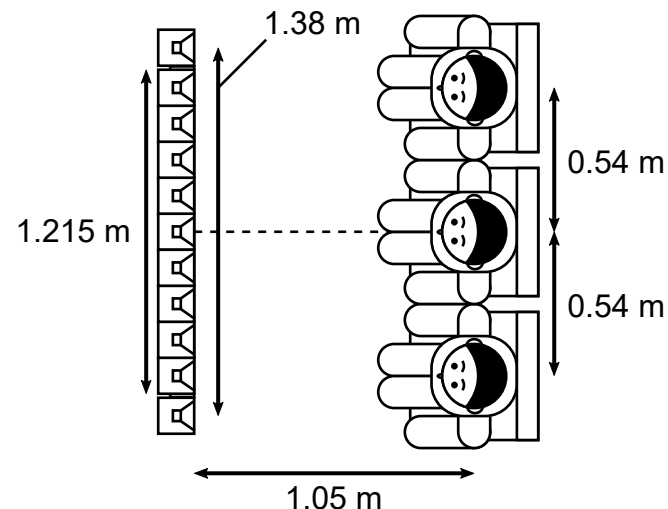
- 実験室内の一角

- 暗騒音：35.8 dBA
- 音圧レベル
 - 最大70 dBA（中央位置）
- 視聴距離
 - 1.05 m
- 視聴高さ
 - 1.44 m
 - 耳位置

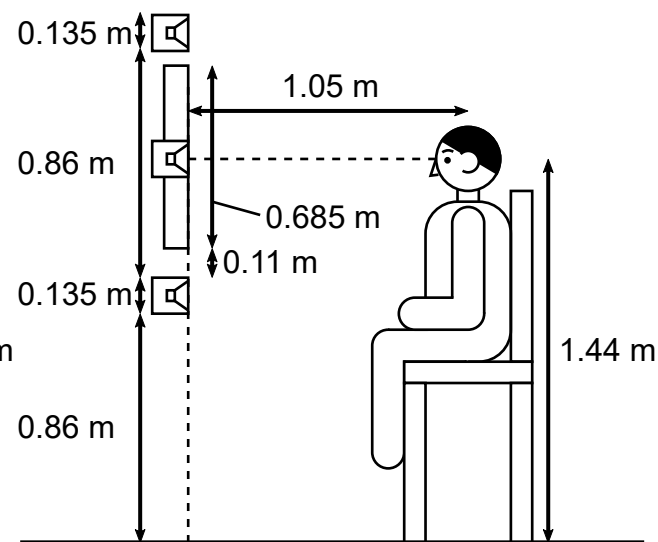
Front View



Plane View



Cross-sectional View

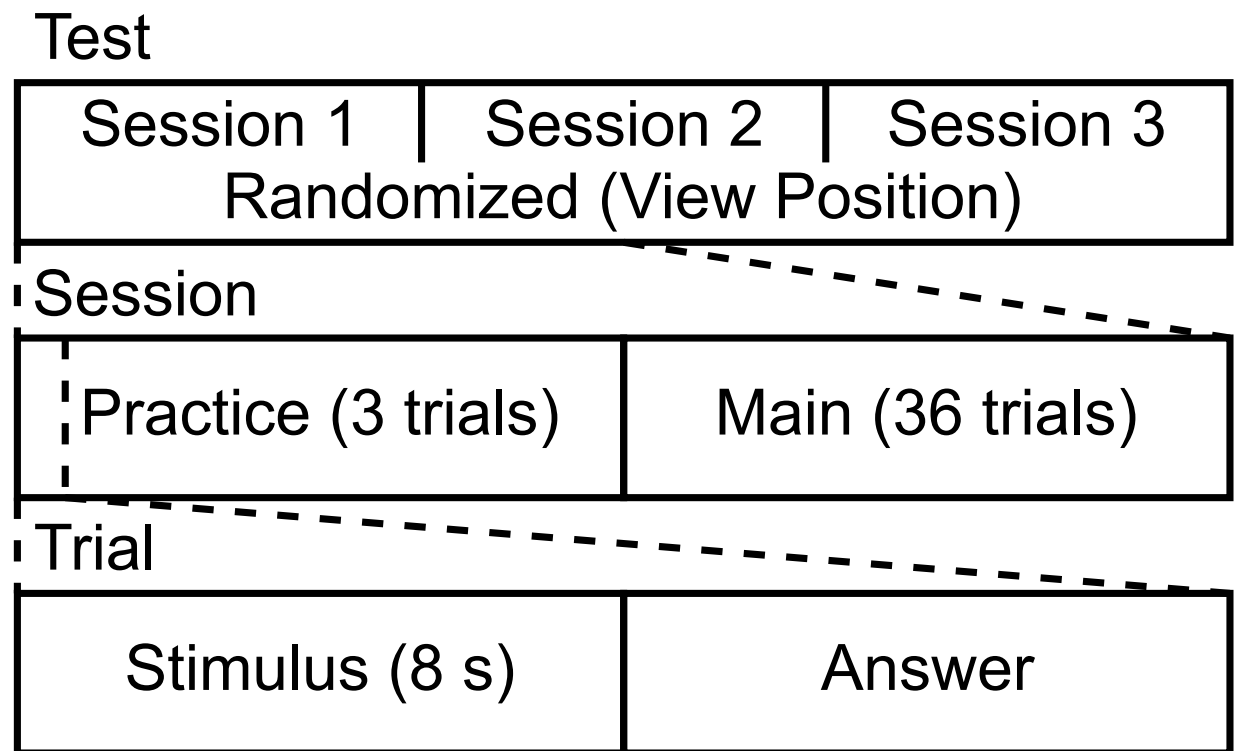


実験 2 条件

- 全18条件
 - 白球位置 (3) : 中央, 上, 左
 - 音提示手法 (2) : MVP, ステレオ
 - 音量変化手法 (3)
 - 変化なし, 比例増大, 指数増大
- 白球の移動軌跡
 - 最初に最大距離 (100 m) に配置
 - 5秒間で手前方向に一定速度で移動
 - 最小距離 (1 m) に到達後, 3秒間静止

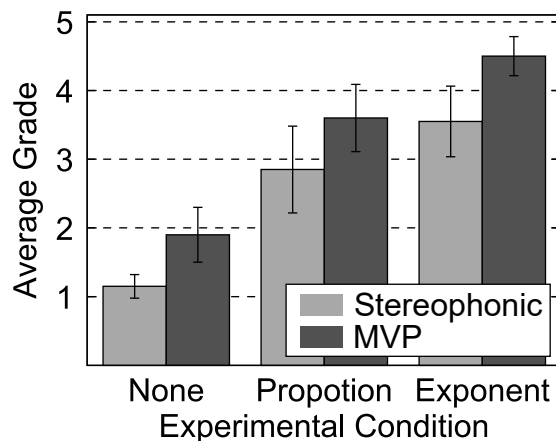
実験 2 計画

- 視聴者
 - 成人男性10名
- 視聴位置, 提示順序
 - 視聴者ごとにランダムイズ
- 本試行の内訳
 - 18 (条件)
 - ×2 (繰り返し)

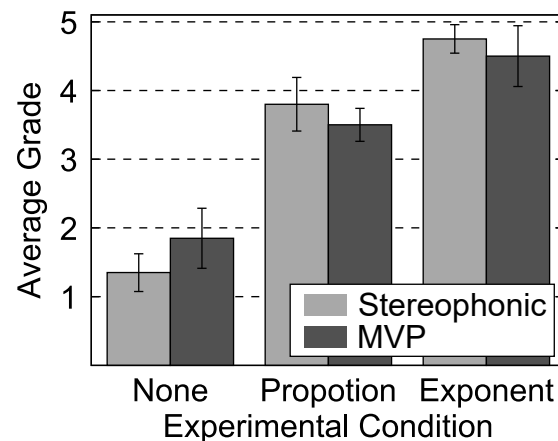


実験 2 結果（白球位置：中央）

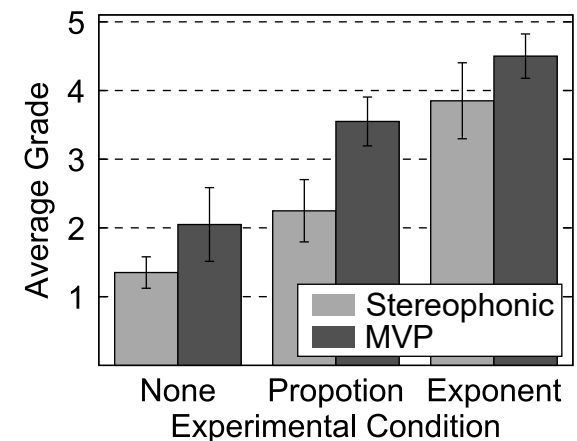
- 奥行表現には指数増大が最適
 - 視聴位置：全て
- MVP方式はステレオホニックより良い
 - 視聴位置：左，右



視聴位置：左



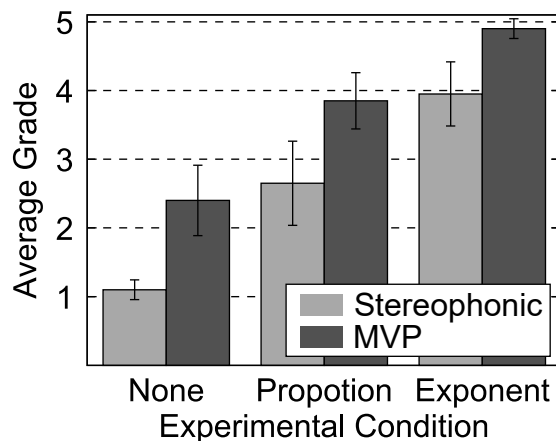
球体位置：中央



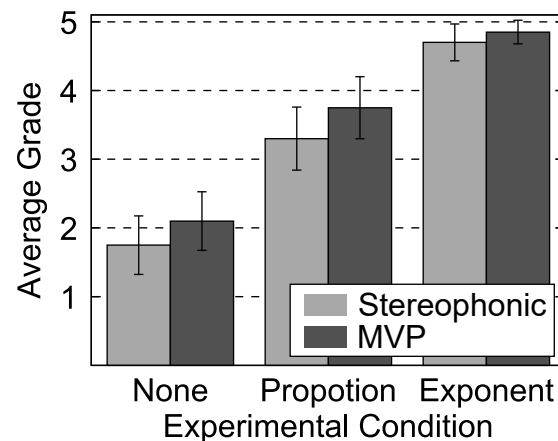
視聴位置：右

実験 2 結果（白球位置：上）

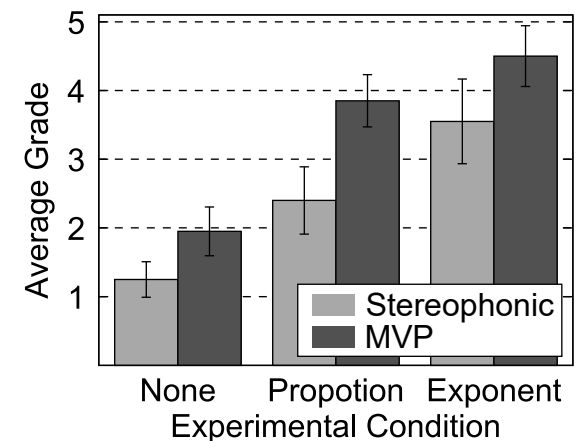
- 奥行表現には指数増大が最適
 - 視聴位置：全て
- MVP方式はステレオホニックより良い
 - 視聴位置：左，右



視聴位置：左



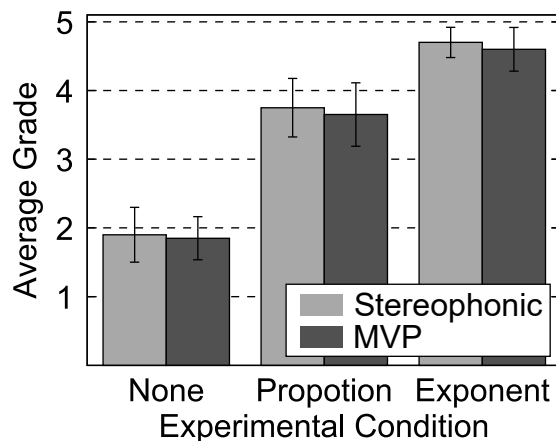
球体位置：中央



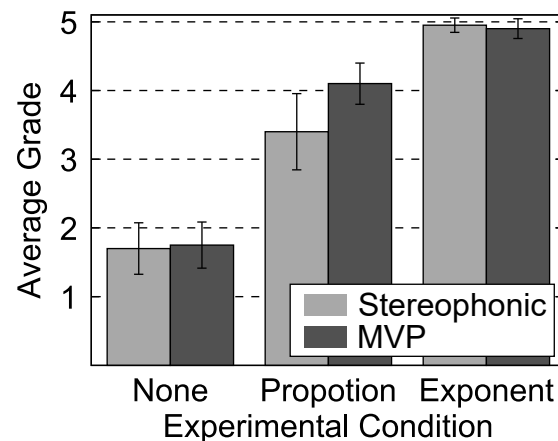
視聴位置：右

実験 2 結果（白球位置：左）

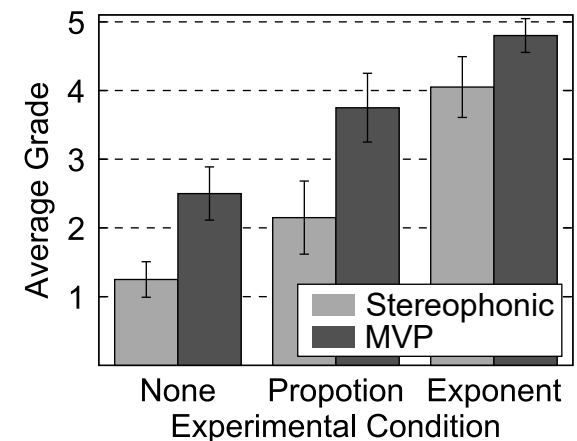
- 奥行表現には指数増大が最適
 - 視聴位置：全て
- MVP方式はステレオホニックより良い
 - 視聴位置：右



視聴位置：左



球体位置：中央



視聴位置：右

まとめ

- MVP方式による奥行表現手法の可能性を検討
 - ステレオホニックも再生できるシステムを制作
- 制作システムを用いた評価実験を実施
 - 映像と音の一致度に基づいて評価
 - MVP方式はステレオホニックよりも良い場合あり
 - 指数的に音量を変化させれば最も良い
- 今後の課題
 - 球体を反対方向に移動させた場合の検討