

被曝量低減のための放射線提示 振動インタフェースに関する研究

松澤直輝^{*1}, 新聞大輔^{*2}, 原園友規^{*3}, 上田樹美^{*3},
石井裕剛^{*3}, 下田宏^{*3},

^{*1}京都大学工学部電気電子工学科

^{*2}株式会社日立製作所

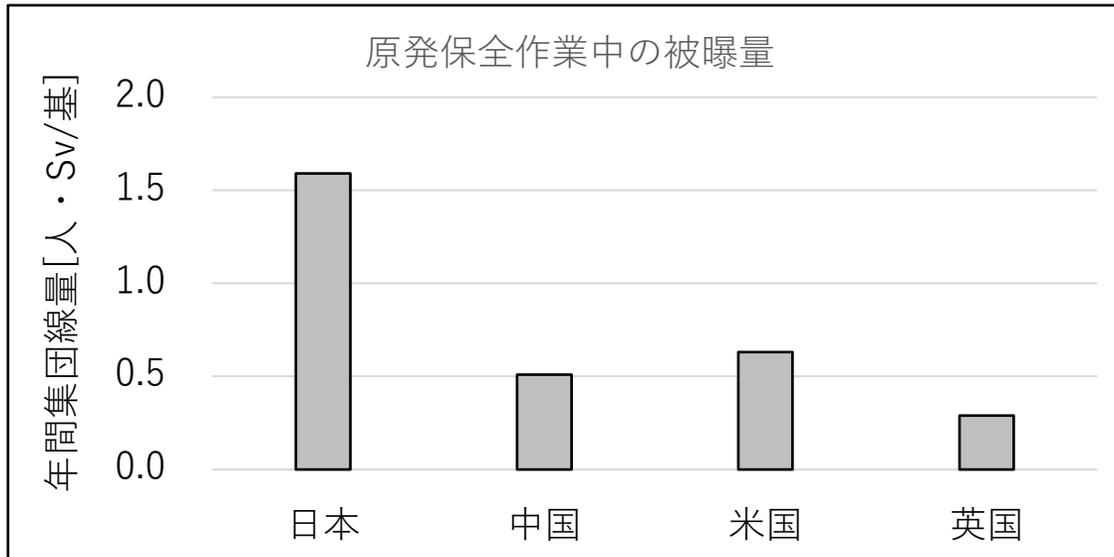
^{*3}京都大学大学院エネルギー科学研究科

HIステップアップキャンプ2022

2022/3/6

京都大学 下田研究室 松澤直輝

背景



- 日本は他国に比べ原発保全作業中の被曝量が多い^[1]
- 放射線は直接知覚できない点で回避行動が困難

本研究の目的

- 振動で感覚的に線量提示するインタフェースを開発
- 被験者実験を通じ適切な伝達方法を検討

[1]ISOE, ISOE プログラム 第20回年次報告書(2010年), 国別及び原子炉型式別の1基当たり3カ年移動平均年間集団線量(加圧水型原子, 2008~2010年), (<http://www.nsra.or.jp/isoe/activities/pdf/nen20.pdf>, February 28, 2022).

検討1. 線量提示方式

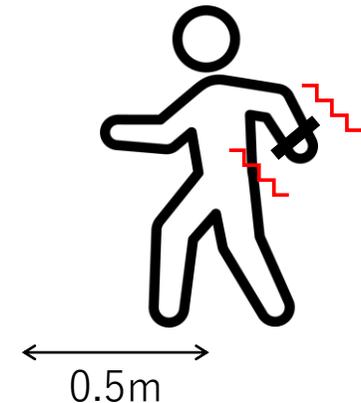
従来手法 — 線量計

- 利点1：現在地線量の直接的な把握が可能
- 欠点1：線量の読み取りと作業の両立が困難
- 欠点2：周囲の線量の事前把握が不可能

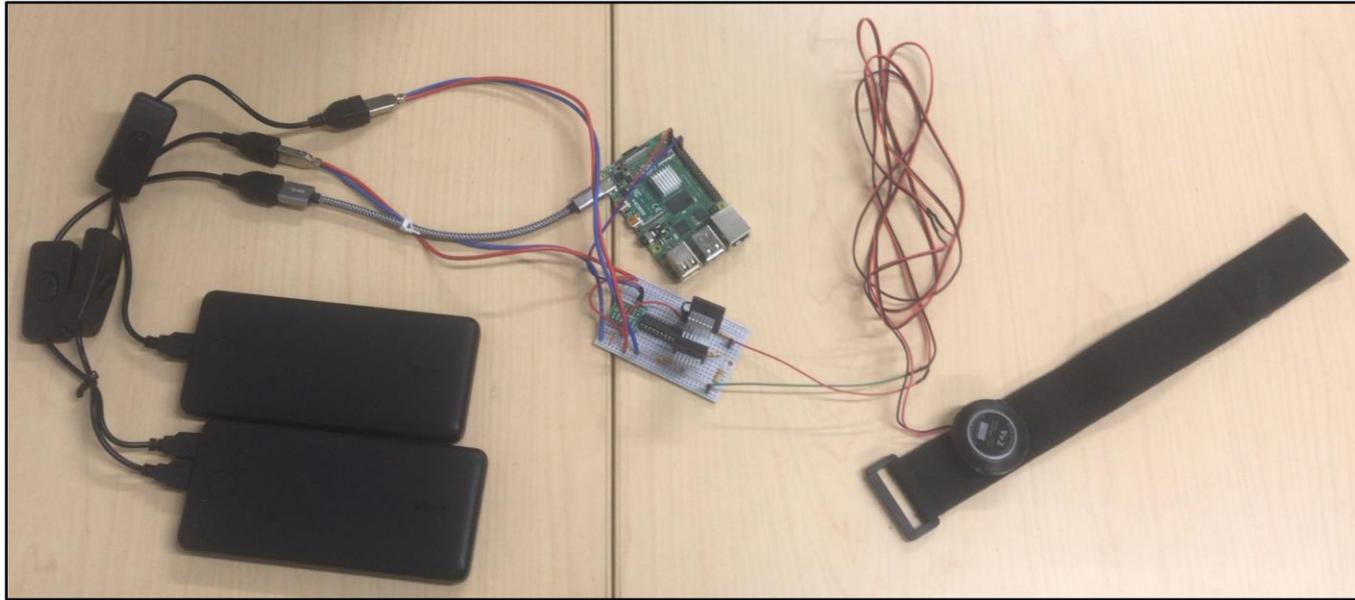


提案手法 — 目先線量提示方式

- 利点1：作業を中断せず感覚的に線量が把握可能
- 利点2：見渡すことで周囲の線量を把握可能
- 欠点1：現在地線量の直接的な把握が不可能



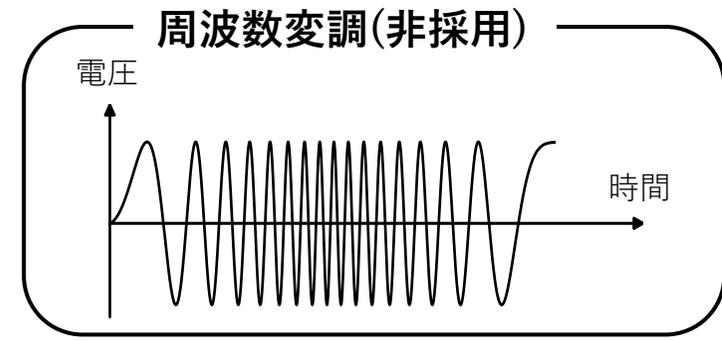
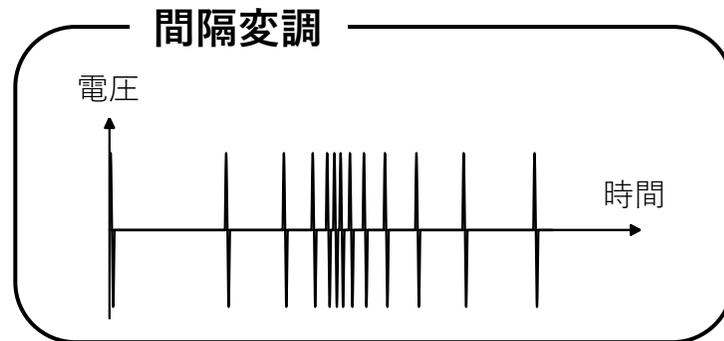
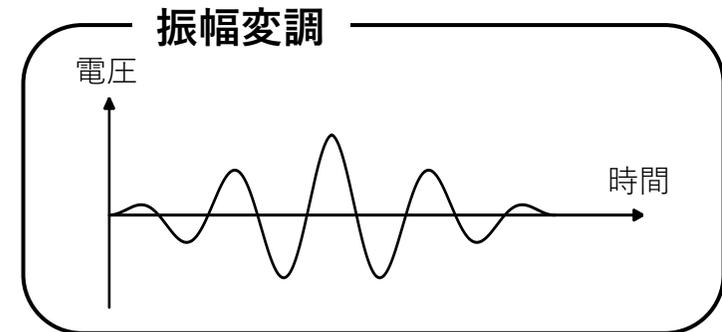
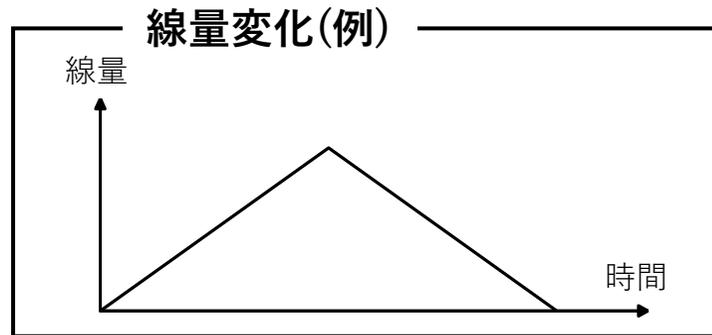
検討2. 振動発生装置



- 持ち運び可 (振動命令はWi-Fiで通信、電源はバッテリー)
- 振動素子はベルトを使用して手首に装着
- Raspberry Piおよび電力増幅回路を使用

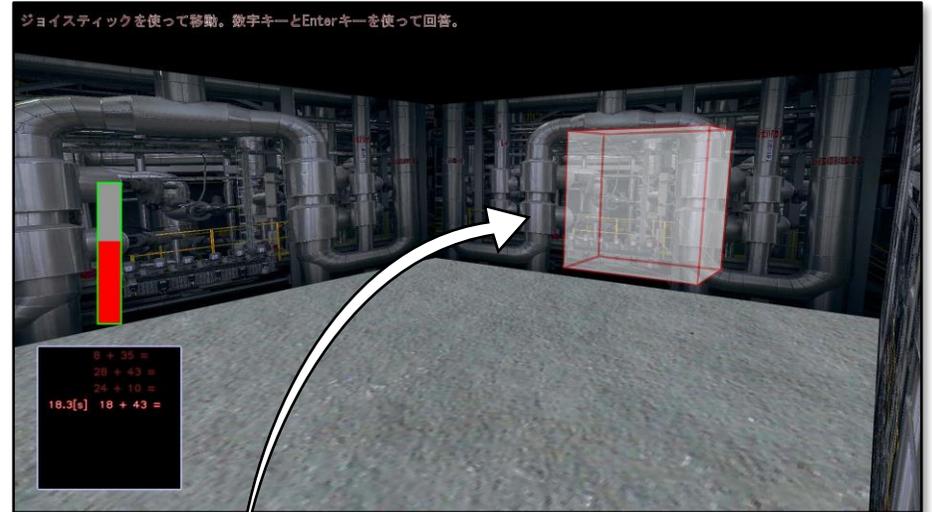
検討3. 線量変調方式

線量変調方式の候補一覧

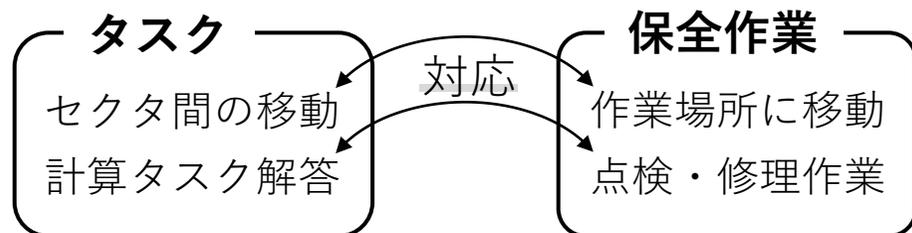


- 振動の周波数変化は知覚しにくいため、周波数変調は非採用
- 振幅変調、間隔変調、振動なしを被験者実験で比較

仮想プラント空間を用いた実験 — n=24



- セクタに移動し計算タスク取得
- 低線量地点を探索しタスク解答
- 解答終了時点での被曝量を測定

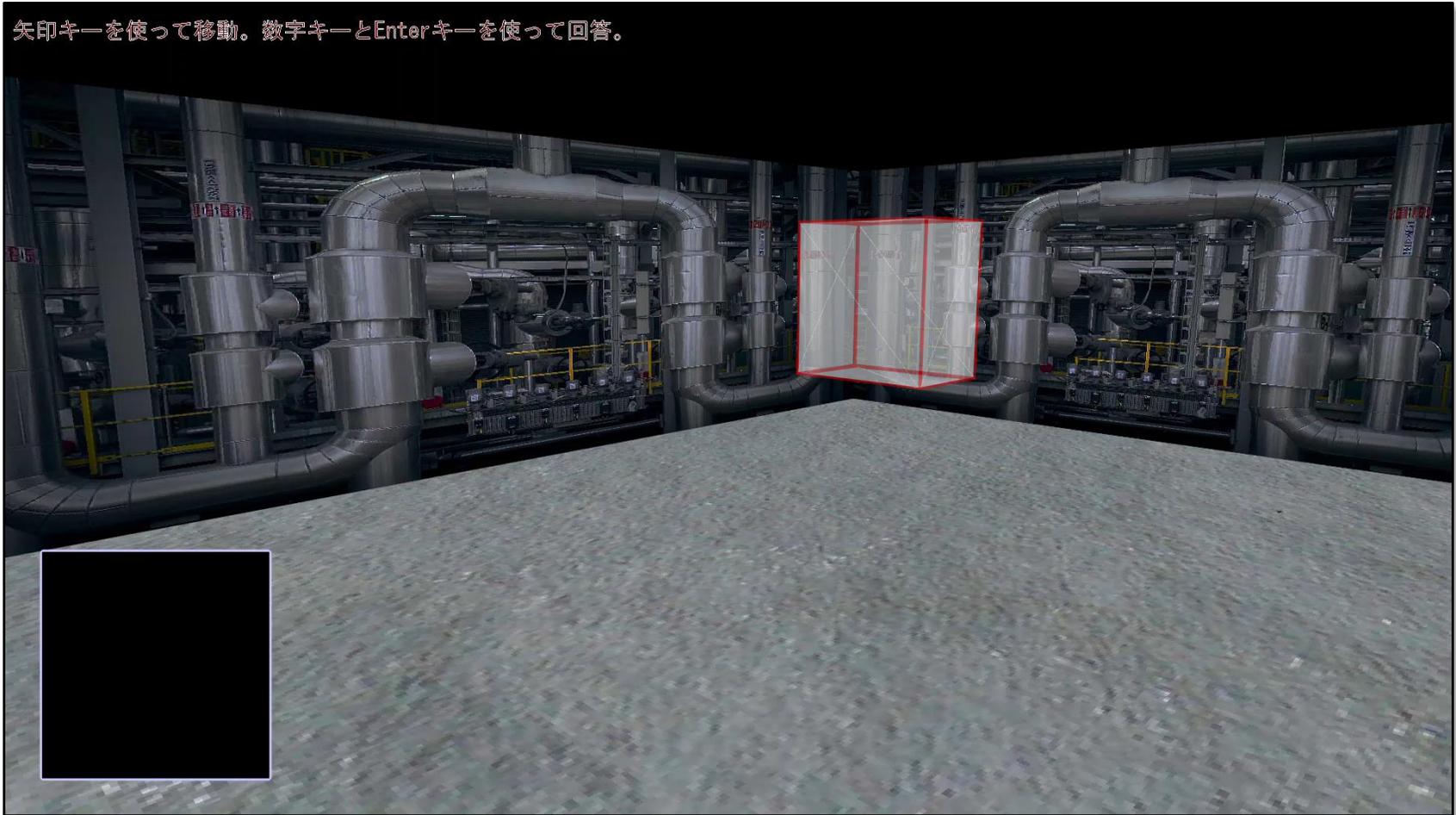


↓

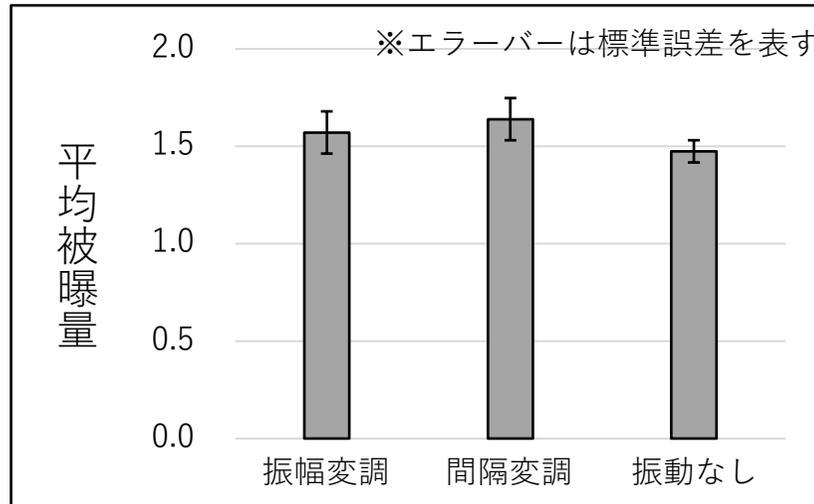
各振動変調方式の被曝量を比較

実験の様子(動画)

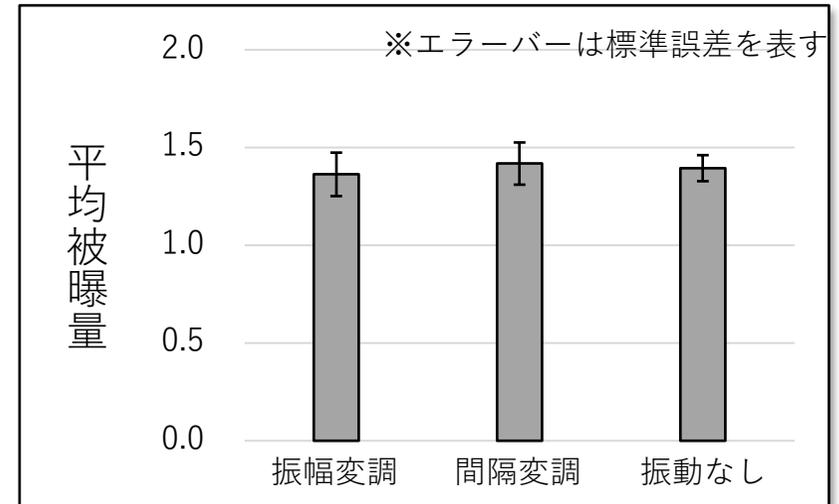
矢印キーを使って移動。数字キーとEnterキーを使って回答。



結果1. 被験者全体の仮想被曝量



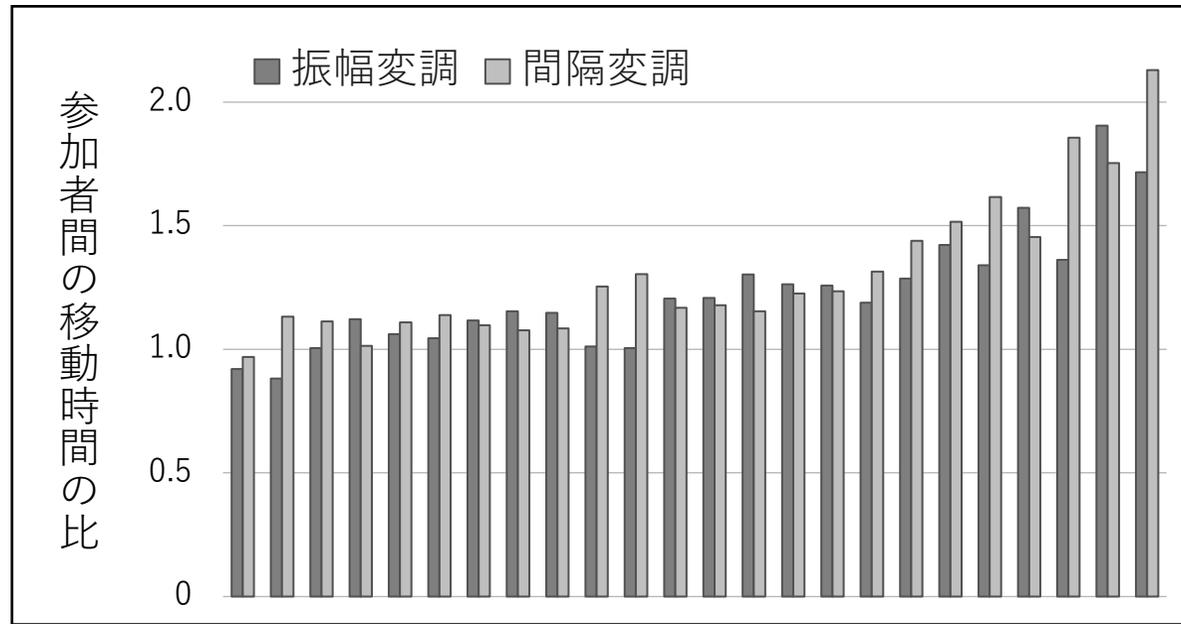
補正なし仮想被曝量



補正あり仮想被曝量(解答時間:移動時間=10:1)

- 振動なし条件の被曝量が最低(有意差なし)
- 解答時間(=作業時間)の時間を増やす補正をすると差が縮まる

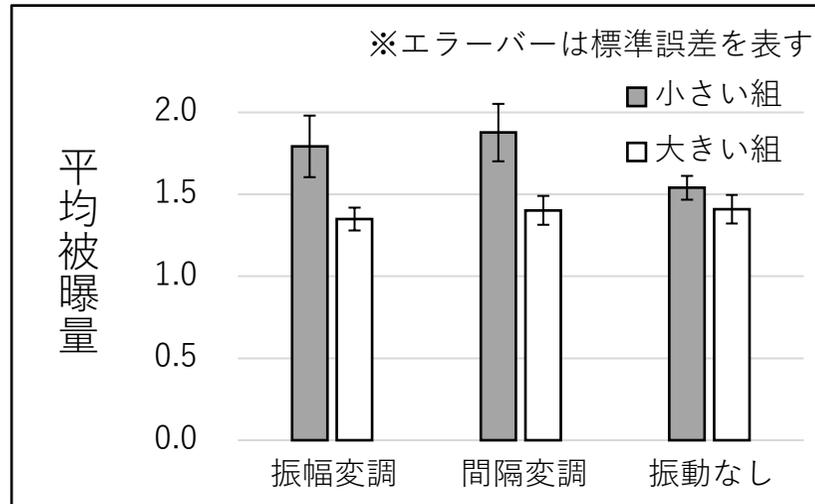
結果2. 条件間の移動時間の比



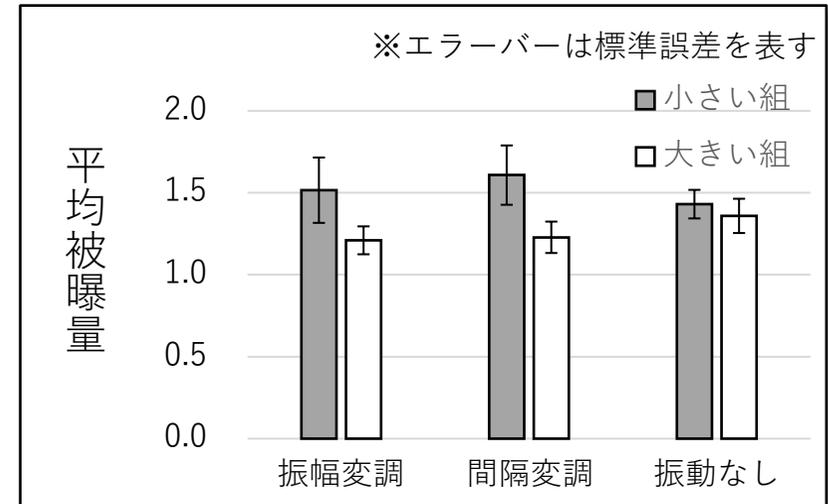
各参加者における振動なし条件の移動時間を1とした振動あり条件の時間比

- 振動あり条件と振動なし条件の移動時間の比に個人差
↳ 計算タスクに解答する低線量地点の探索時間に個人差
- この比が大きい組と小さい組に分け被曝量再算出(次ページ)

結果3. 被験者全体の仮想被曝量



補正なし仮想被曝量



補正あり仮想被曝量(解答時間:移動時間=10:1)

- 大きい組(=慎重に解答地点を吟味した組)では振動なしが最適
- 小さい組(=大胆に解答地点を決定した組)では振幅変調が最適

考察

- 探索時間の目安や低線量地点を事前に伝えるべき？

まとめ

結論

- 低線量な解答地点探索時間に個人差あり
- 大胆な人には振幅変調が、慎重な人には振動なしが最適
- 放射線分布や作業内容が変われば結果も変わる可能性

今後の課題

- 実際の保全作業に近い環境で再実験
- 他の感覚や提示方式を使用したインタフェースとの比較
- 長時間使用した際の心身への影響を検証