平成30年度 生体電磁環境研究及び電波の安全性に関する評価技術研究 終了研究成果報告

ミリ波ばく露時の温熱知覚閾値に関する研究

(平成27年~平成30年)

宇川義一(福島県立医科大学・神経内科)

平成30年7月17日

研究実施体制

代表研究者: 宇川 義一 (福島県立医科大学)

実刺激装置開発・改良・保守

担当

研究リーダー:西方敦博 (東京工業大学)

研究補助者(1名)

使用する主な研究機器

パワーメータおよびパワーセンサ(購入設備)

サーモグラフィ (購入設備)

アクセサリ類 (購入設備)

ノートPC (購入設備)

USB/GPIB インターフェース (購入設備)

数値計算用 PC (購入設備)

ミリ波の刺激条件による閾値への影響について

・担当

研究リーダー:宇川 義一(福島県立医大)

研 究 者: 榎本 博之(福島県立医大)

小林 俊輔(福島県立医大)

榎本 雪 (福島県立医大)

西方敦博 (東京工業大学)

研究補助者(3名)

・使用する主な研究機器

ミリ波刺激装置一式 (東京工業大学で開発)

ミリ波の閾値の年齢・性による差異に関する研究

・担当

研究リーダー: 宇川 義一(福島県立医大) 研 究 者: 榎本 博之(福島県立医大) 小林 俊輔(福島県立医大)

榎本 雪 (福島県立医大)

門脇 傑 (福島県立医大)

西方敦博 (東京工業大学)

研究補助者(3名)

・使用する主な研究機器

ミリ波刺激装置一式(東京工業大学で開発)

- 皮下神経の皮膚からの距離の測定

・担当

研究リーダー: 宇川 義一(福島県立医大) 研 究 者: 伊藤 栄一(福島県立医大) 瀬川 茉莉(福島県立医大)

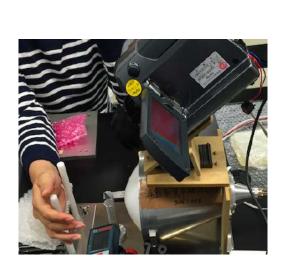
暴露評価

・担当

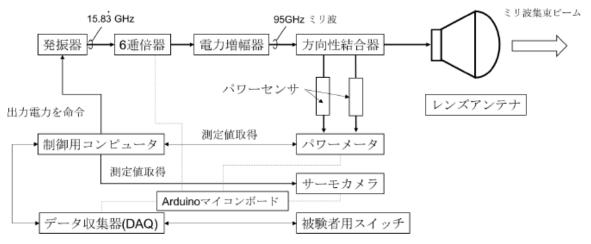
研究リーダー: 西方敦博 (東京工業大学) 研究補助者 (1名)

実験装置に関する研究(平成27年度)

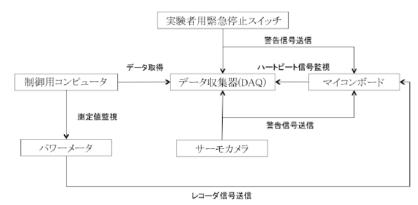
- 95GHz刺激装置の構築
- ばく露位置固定機構
- 安全装置
- 効率化アルゴリズムの検討



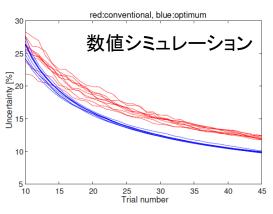
ばく露位置固定機構



95GHz刺激装置の概略図



PCとマイコンボードによる2重化安全装置



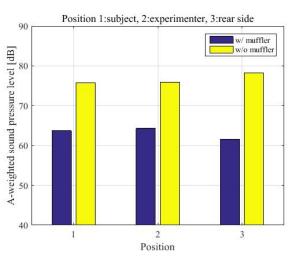
効率化アルゴリズムの効果

実験装置に関する研究(平成28年度)

- 40GHz刺激装置の構築
 - ばく露量メーターを実装し、被験者のばく露量を実時間で把握可能に
 - 無停電電源を導入し進行波管増幅器と制御系を不意の停電から保護
- 騒音レベル評価
 - 進行波管増幅器の空冷音の騒音レベル(A特性)を実測 弱音器なしで76dB以上、消音器ありでも63dB以上、 会話に支障の出始めるレベル
 - ノイズキャンセリングヘッドホンにより対策

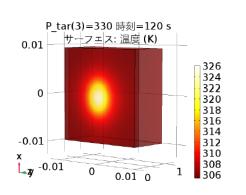


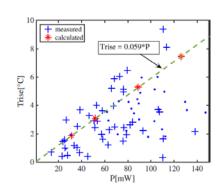
騒音レベル実測値

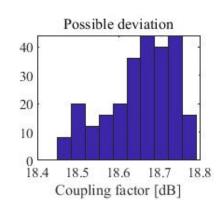


実験装置に関する研究(平成29年度)

- サーモグラフィの時間同期改良
 - 被験者の反応記録とサーモグラフィ記録の時間同期を実現(従来の時間同期を推定する手間を回避)
- パワーモニタの不確かさ評価
 - 方向性結合器の導波管接続部の機械的遊びによる、 結合係数のばらつき: CF = 18.55 +0.24/-0.10 [dB] 最大で0.34dB、8%のずれが起こり得る(大きくはない)
- ばく露評価、温度上昇モデル計算
 - 表皮+真皮+脂肪の3層モデルで数値計算



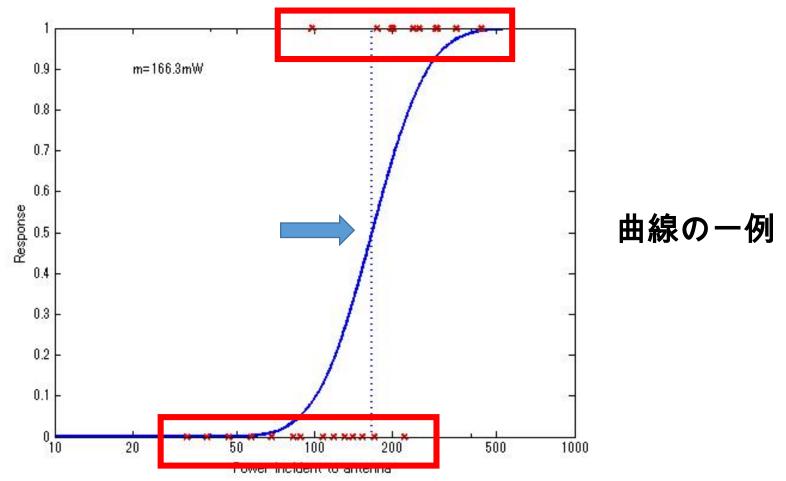




実験データのばらつきの上限に近い 温度上昇を数値的に再現

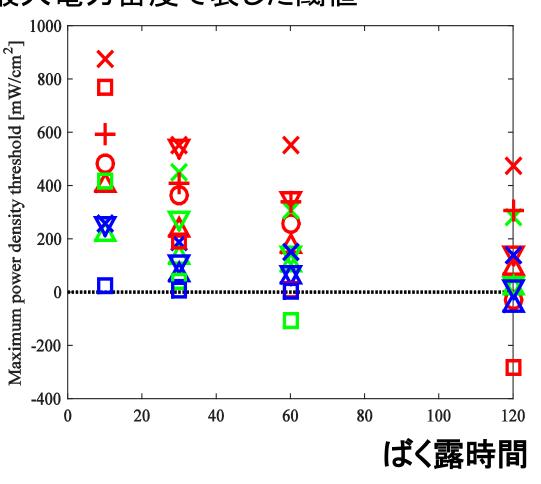
恒常法による閾値の測定

- 様々な刺激強度の刺激をランダムに20回与える
- 被検者は刺激を感じか、感じなかったかを一回ごとに判断
- •一回ごとのトライアルの結果を感じたを1,感じないを0としてプロット
- •知覚確立曲線を作成する
- •50%の確率の時の指摘強度を閾値とする



95GHzビームによる照射面積&照射時間と閾値(平成27年度)

最大電力密度で表した閾値

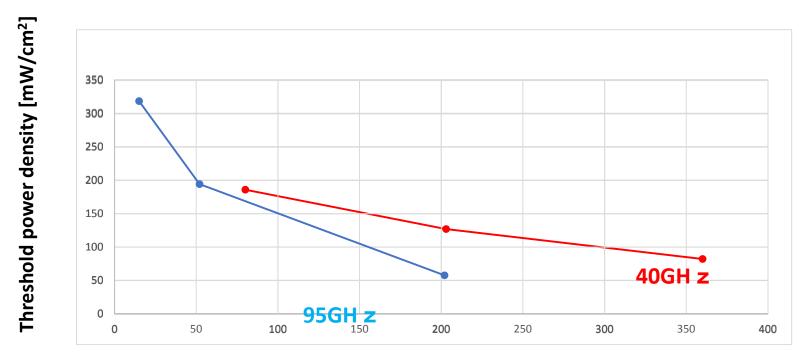


- ばく露時間増加 → 閾値減少
- ばく露面積増加 → 閾値減少
- 被験者ごとの個人差が大きい
- 閾値が負と出る場合がある
 - 無刺激なのに知覚確率50%以上→ 負と出る
 - 一般に、恒常法の閾値は心理バイアスの影響を受けやすい

ばく露面積: 0.15cm2, 0.52cm2, 2.0cm2

マーカー :被験者

複数の周波数ビームを用いた温感閾値測定(平成28年度)



Exposed area [mm²]

- ・2種類の周波数のミリ波とも、ばく露面積増加とともに閾値減少した
- 実験時間が長くなると測定が不安定になり、閾値を決められないことがあった
 - 大規模研究では、1種類の周波数、1種類の面積で測定を繰り返すと決定

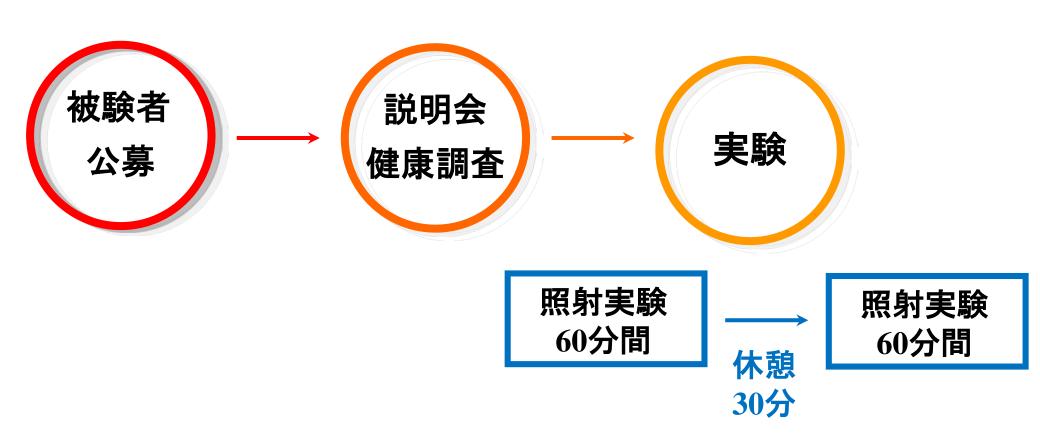
40GHz

200mm²

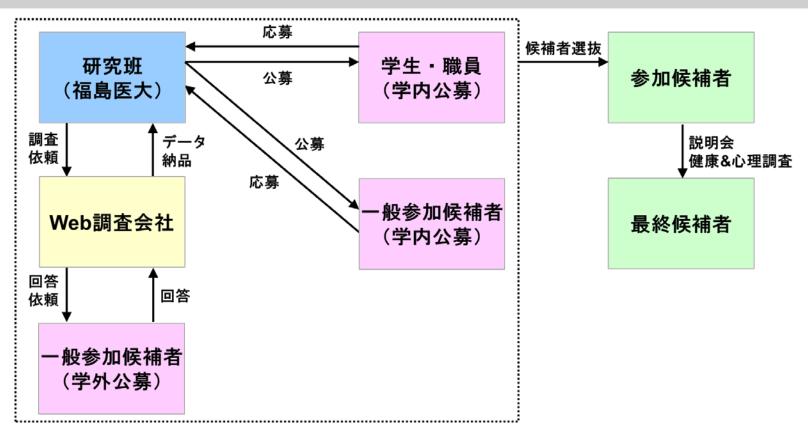
平成29年度実験

平成27,28年度の結果をふまえて、

- ・さまざまな年齢層の健康な男女の温感閾値を測定する
- 刺激ビームの種類は1種類とする(40GHz, 200mm²)



被験者公募



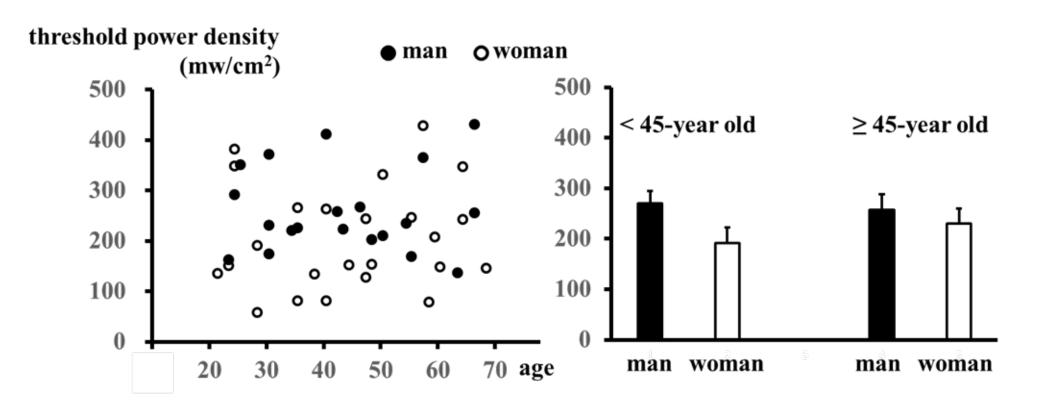
- 学外公募を基本とし、不足分は学内公募も行う。
- 満20~ 70歳未満までの、問題となる既往症のない健康な男女を対象とする。
- 20~45歳未満、45~70歳未満の男女、それぞれ10人ずつ(合計40人)を目標にする。 (実際には、脱落を想定して60人程度の実験予定を組む)
- 健康調査の際、質問紙法健康調査 & 質問紙法心理調査(日本版 Minnesota Multiphasic Personality Inventory)で問題がないことを確認する。

対象

46人の正常成人 男性 22名, 女性24名

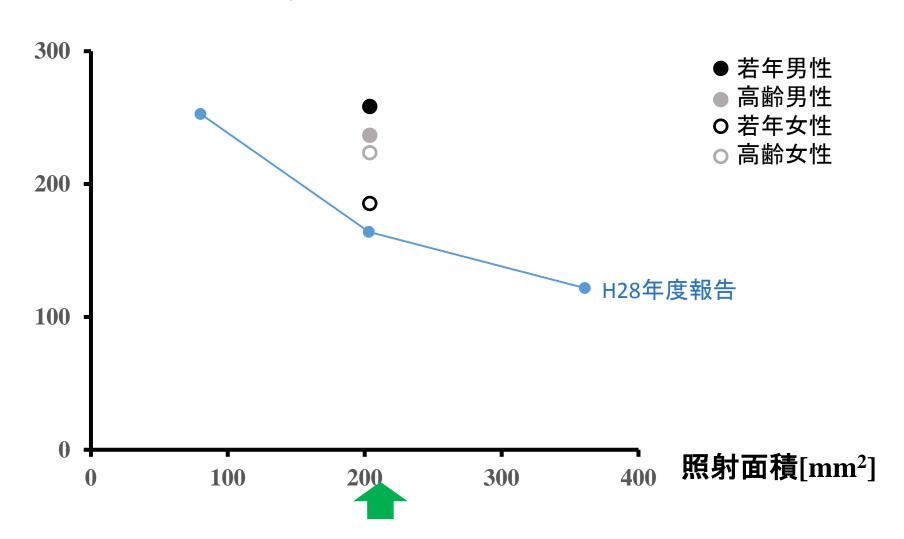
Sex	人数	平均年齡
男	22	45.0 + 14.7
< 45	11	32.4 + 2.1
≥ 45	11	57.4 + 2.3
女	24	44.0 + 14.6
< 45	12	31.7 + 2.3
≥ 45	12	56.4 + 2.1

平成29年度実験結果



40GHzビーム30秒照射時温感閾値測定(平均値)

最大電力密度で表した閾値(mw/cm²



平成29年度実験結果

■4群の群間比較(2元配置ANOVA)

年齢 $F_{1,40}=0.181, p=0.816$ 性 $F_{1,40}=3.218, p=0.080$ 交互作用 $F_{1,40}=0.757, p=0.389$

■4群の群間比較(t検定)

若年男 vs 若年女 t = 1.982, p = 0.061 高齢男 vs 高齢女 t = 0.621, p = 0.542 若年男 vs 高齢男 t = 0.335, p = 0.741 若年女 vs 高齢女 t = 0.894, p = 0.381

男女差の傾向はあるが、いずれの群間でも有意差はない