

最終報告

2023/11/9

三菱電機株式会社

EMプラットフォーム技術部 電磁制御グループ

古谷航一・赤松真裕美

作品概要

4段階に

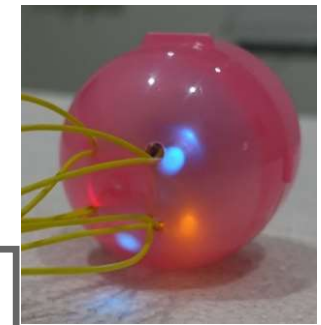
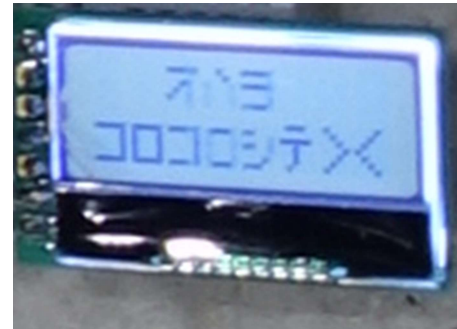
コロコロするとピカピカ・ワチャワチャするおもちゃ

Raspberry Pi Pico

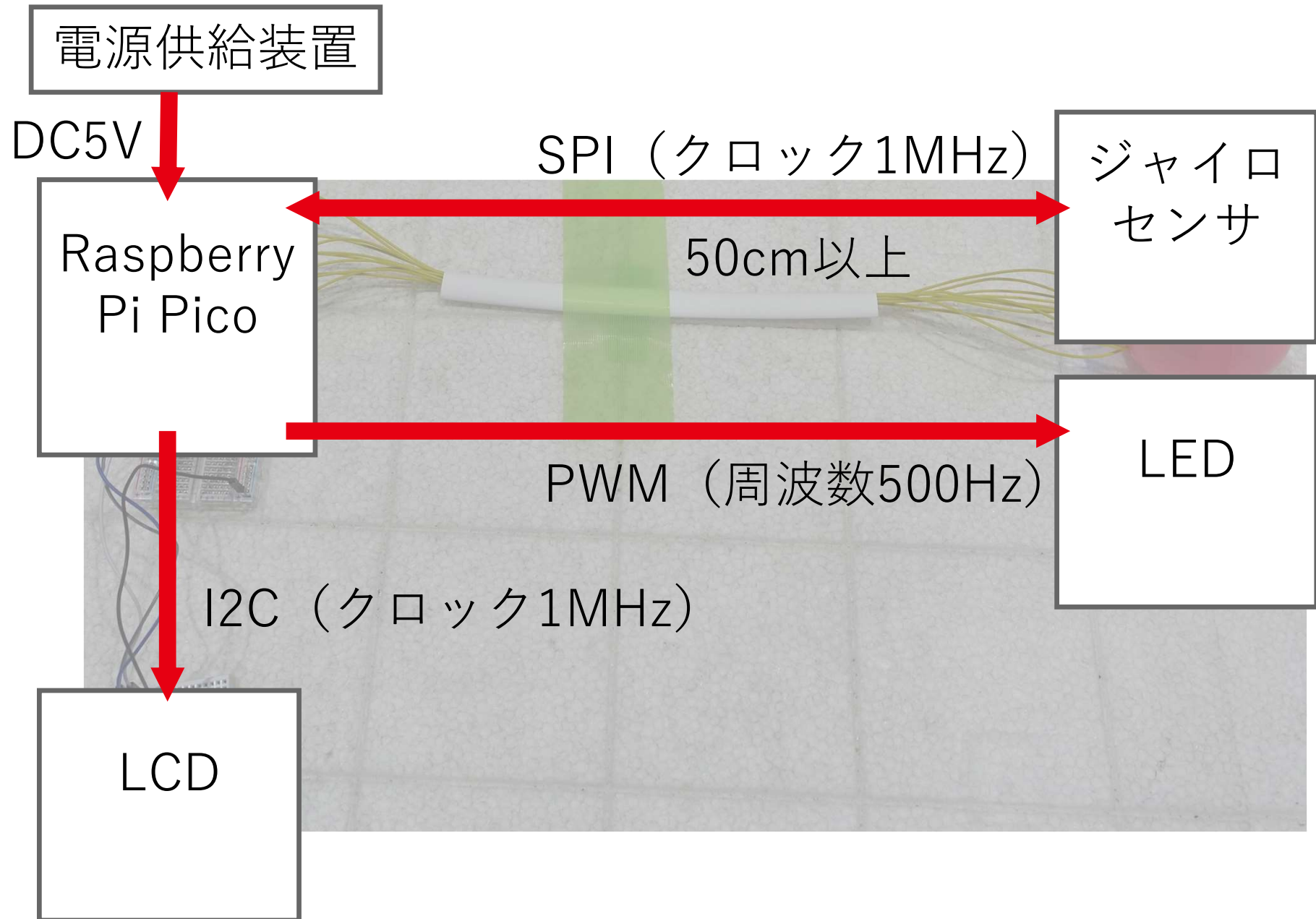
ジャイロセンサー

LED

LCD



作品概要

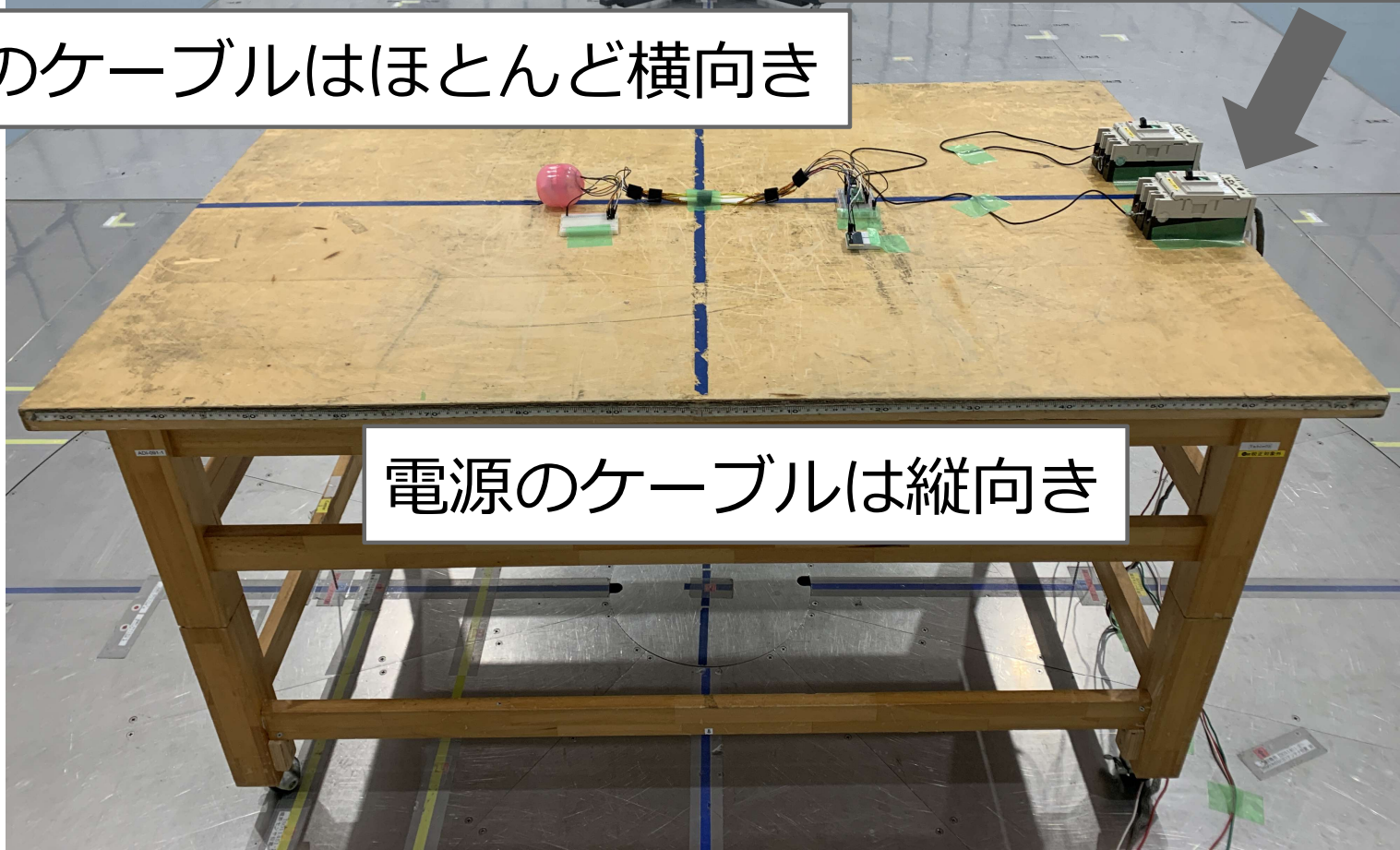


測定系 (@ADOX福岡)

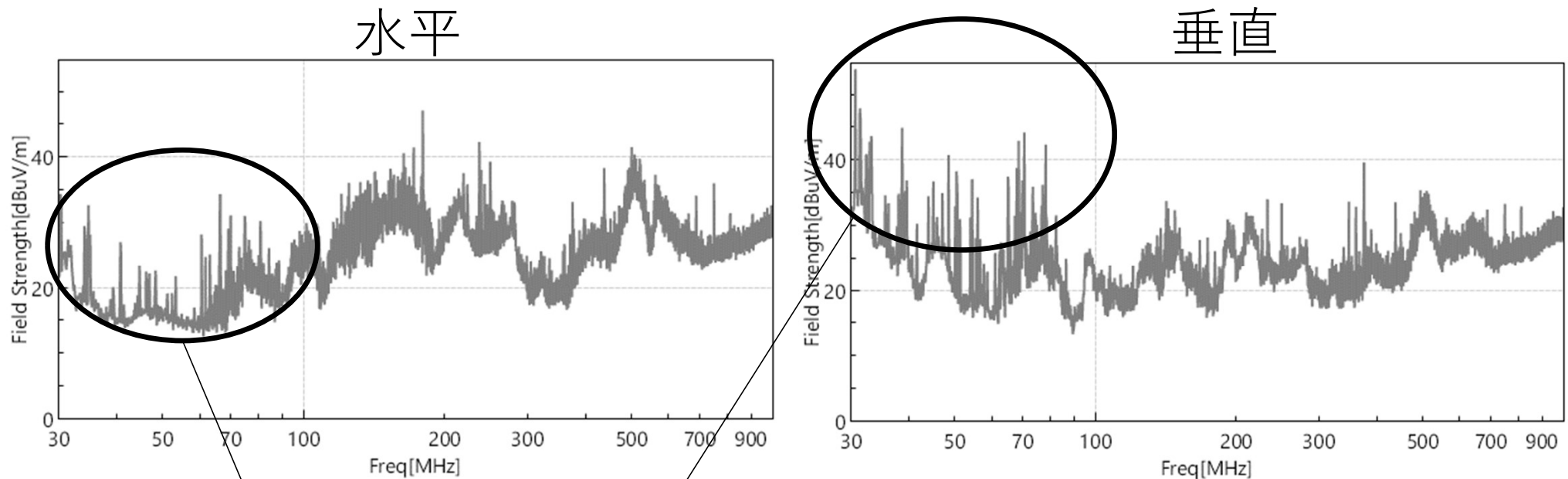


CVCFから電源供給
(電源からのノイズはない)

作品のケーブルはほとんど横向き



電源のケーブルは縦向き



2MHzおきに単発的なノイズが発生

LCDやジャイロセンサのクロック（1MHz）が要因か？

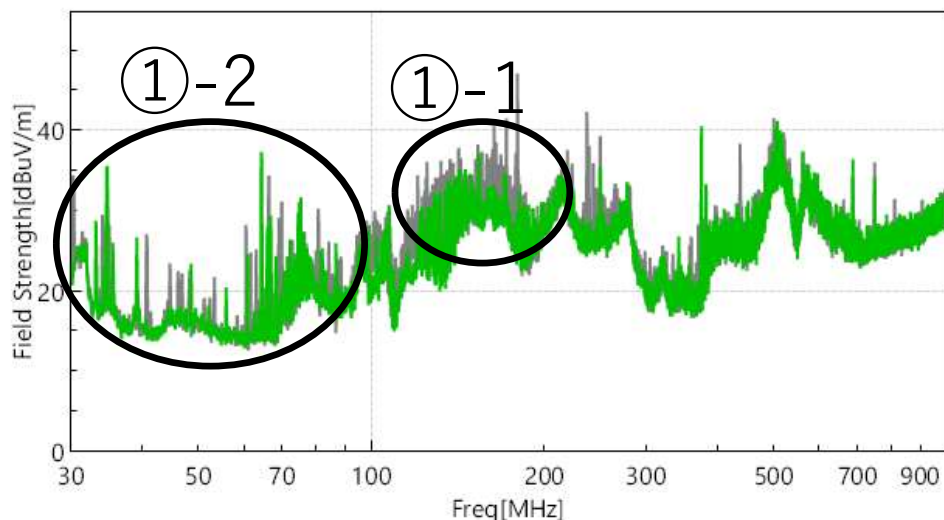
対策案

- ①-1 LCDのクロックを 1MHz → 300kHz
- ①-2 動作1サイクルの周期を 0.01s → 0.3s

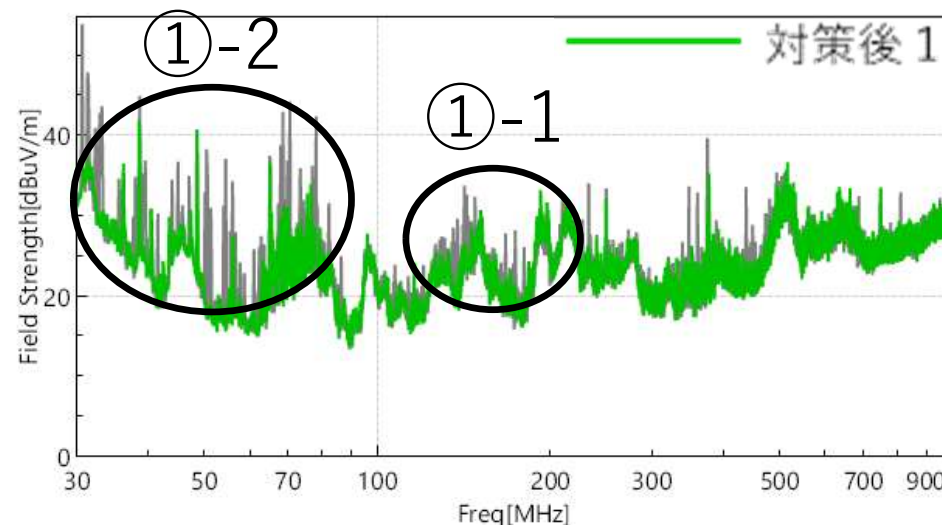
※動作1サイクル：Raspberry Pi Picoがセンサから情報を取得し、LCD、LEDに命令を送る一連の動作

対策①～対策効果～

水平



垂直



対策効果

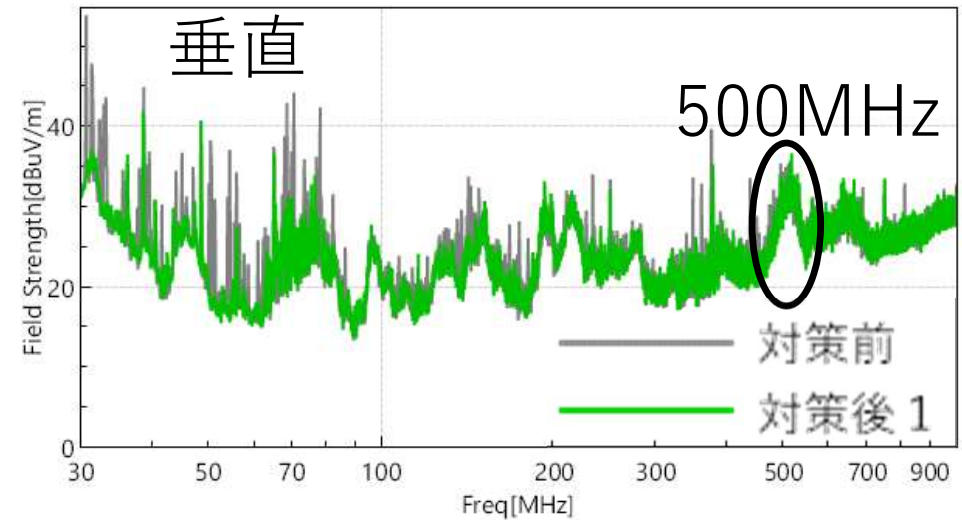
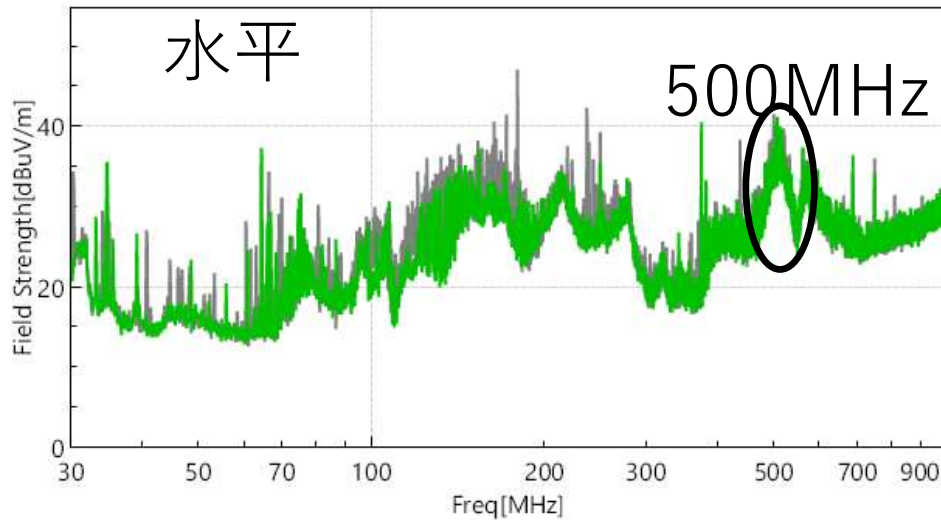
①-1 LCDのクロックを 1MHz → 300kHz

110MHz～180MHzのピークが低くなった

①-2 動作1サイクルの周期を 0.01s → 0.3s

単発的に発生するノイズだったため、ノイズの発生回数を減少

対策①～次なる課題・対策～

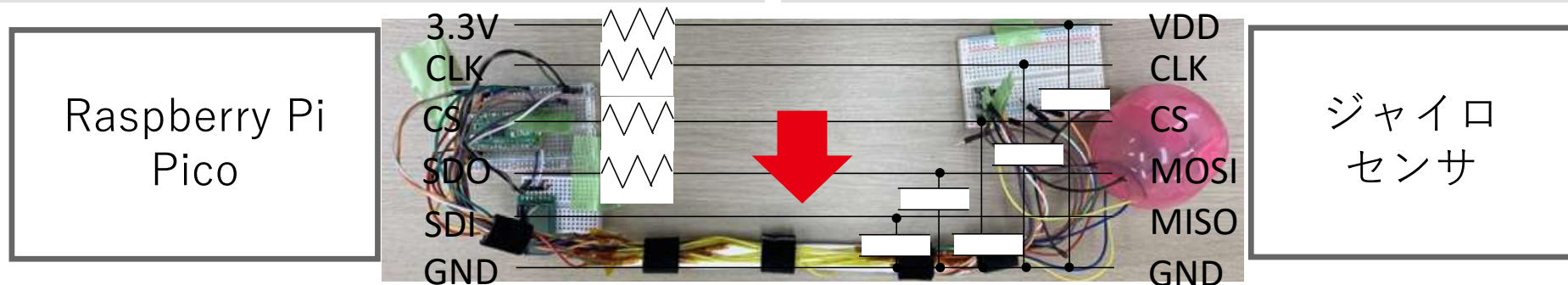


次なる課題

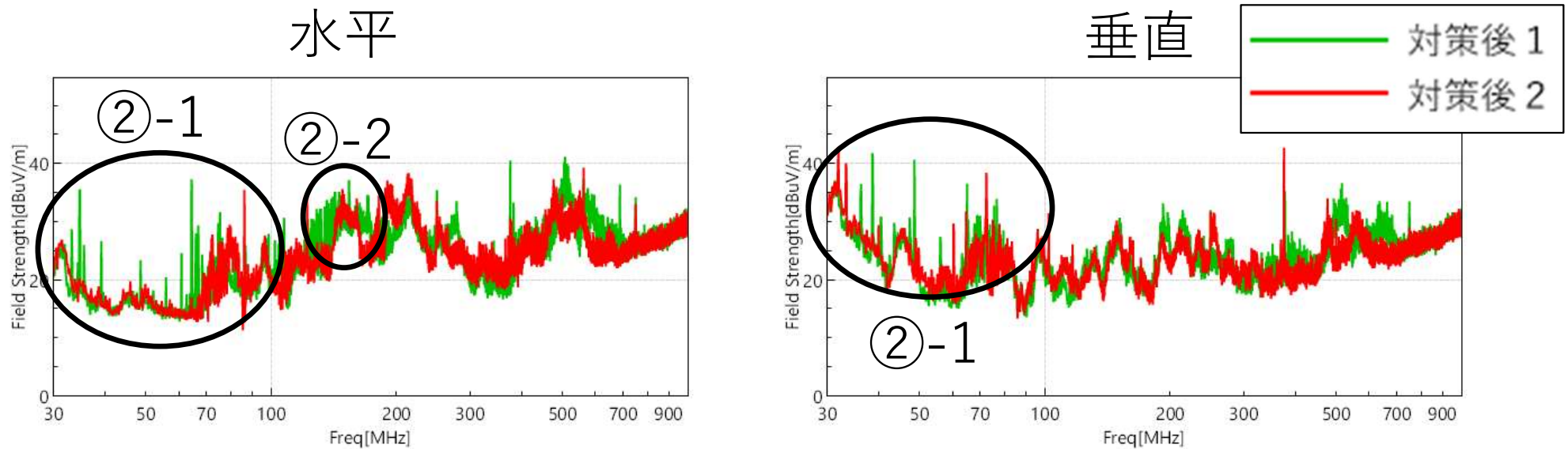
500MHzのノイズが目立つ
ノイズ源はpicoのクロック
(125MHz)、アンテナは
センサとLEDのケーブル?

対策案

- ②-1 グラウンドを増やし、
ケーブルに巻きつける
- ②-2 PICO-センサ間にパソコン
とダンピング抵抗



対策②～対策効果～



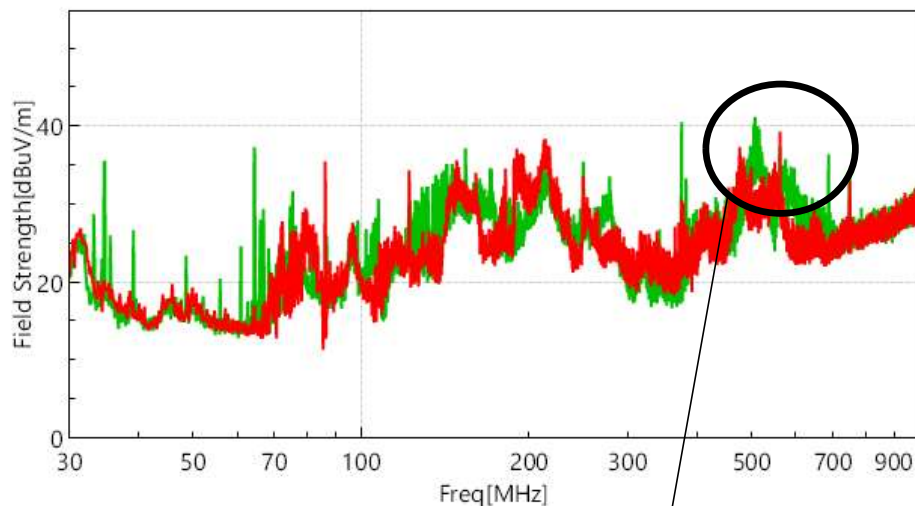
対策効果

②-1 グラウンドを追加
単発的な放射が抑えられた

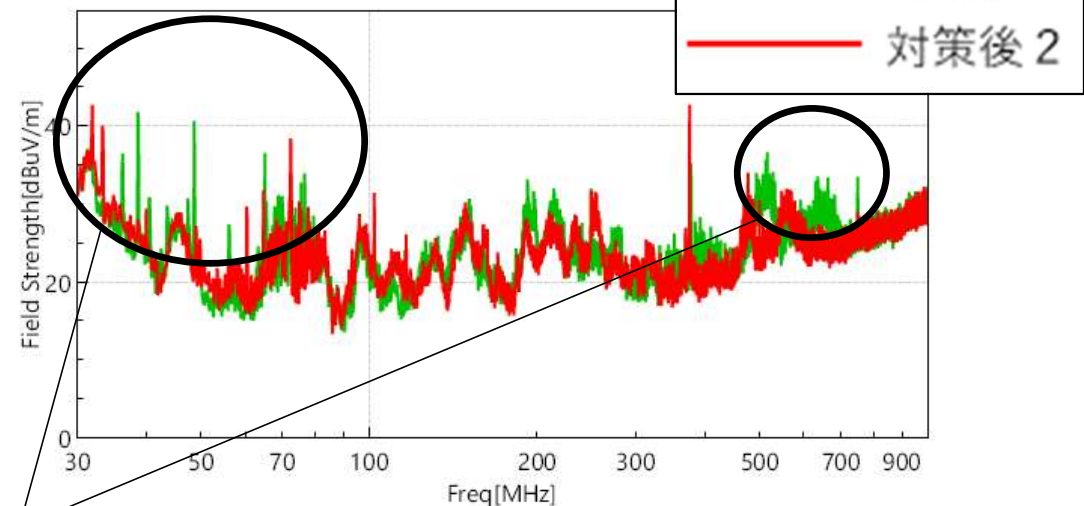
②-2 22pFパスコン（共振周波数419MHz）と10Ω抵抗追加
120MHz～170MHzが抑えられた

対策② ～次なる課題・対策～

水平



垂直



次なる課題

- 500MHz付近の波形が変化 (日を跨いだことによる電源供給用ケーブルの配置の違い?)
- 垂直が高いのは電源のケーブルから放射?

対策案

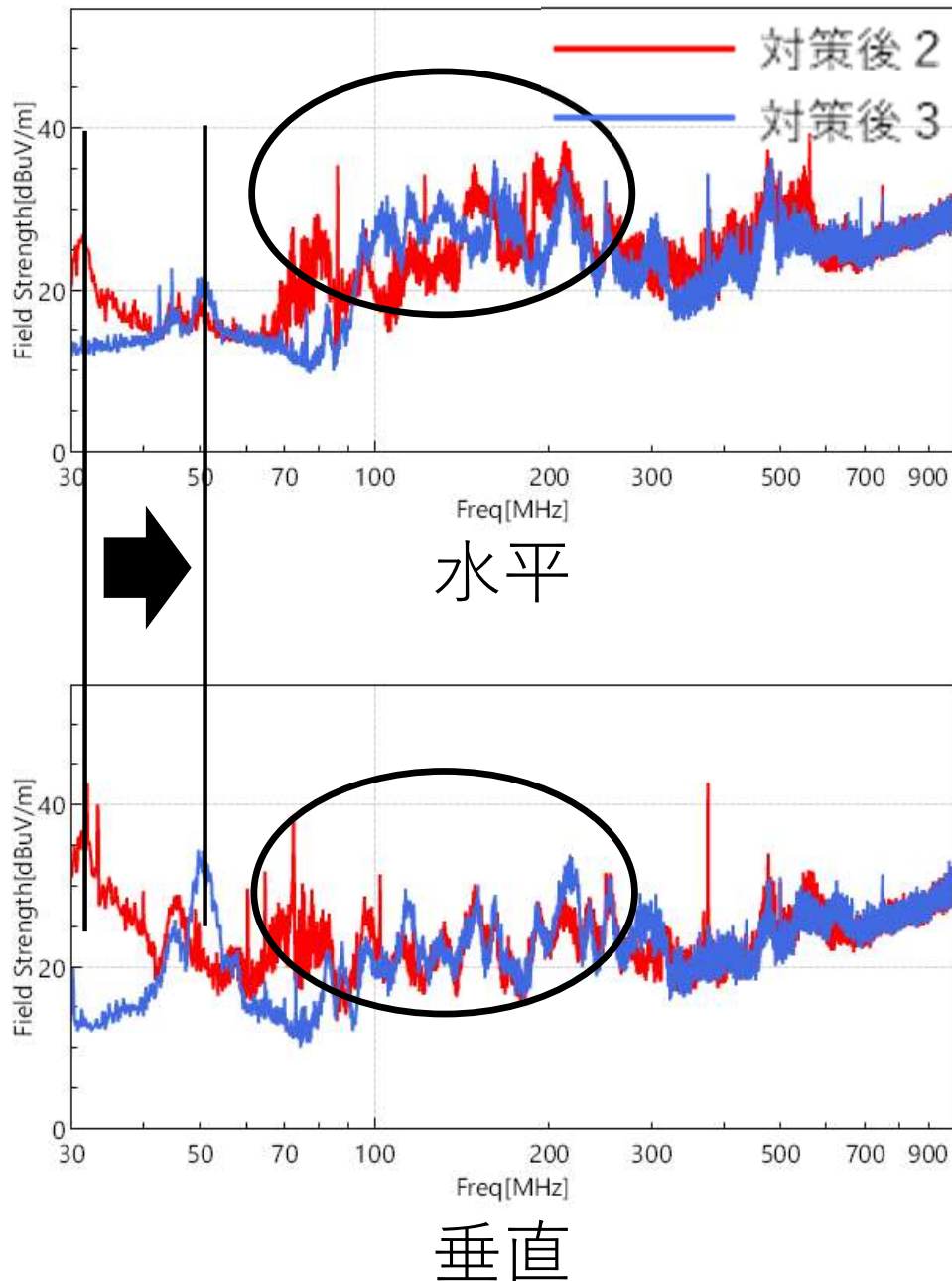
- ③ Picoに給電するケーブルにフェライトコアを巻く

Raspberry Pi Pico



電源供給装置

対策③～対策効果～



対策効果

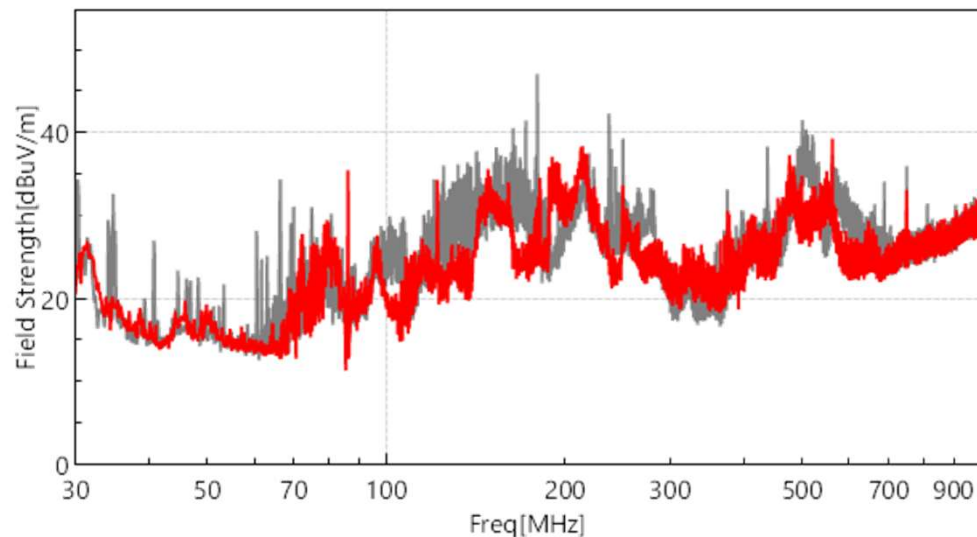
- ③ フェラライトコアを巻く (3回)
- ケーブルが短くなったことにより、ピークが高周波にシフト
- その他ノイズ減少というより、伝搬経路や特性が変化し波形が変化
- 効果的でなく、コスパが悪い (対策②で規格を満たしていそう)

結論

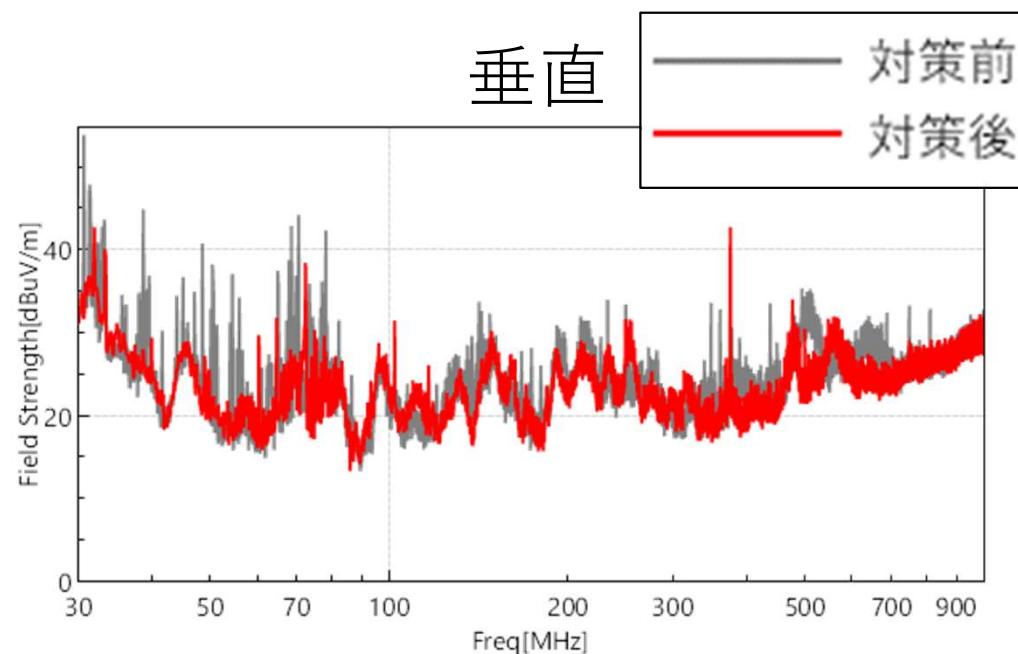
以下の対策が効果的かつ低コスト

- 動作1サイクルの周期を長く → ノイズ発生の回数を減少
- LCDのクロックを下げる → 180MHz周辺のピークを減少
- センサのグラウンドを増やす → ~70MHzまでを抑制
- Pico - センサ間にパスコン・ダンピング抵抗
→ 120MHz~170MHzを抑制

水平



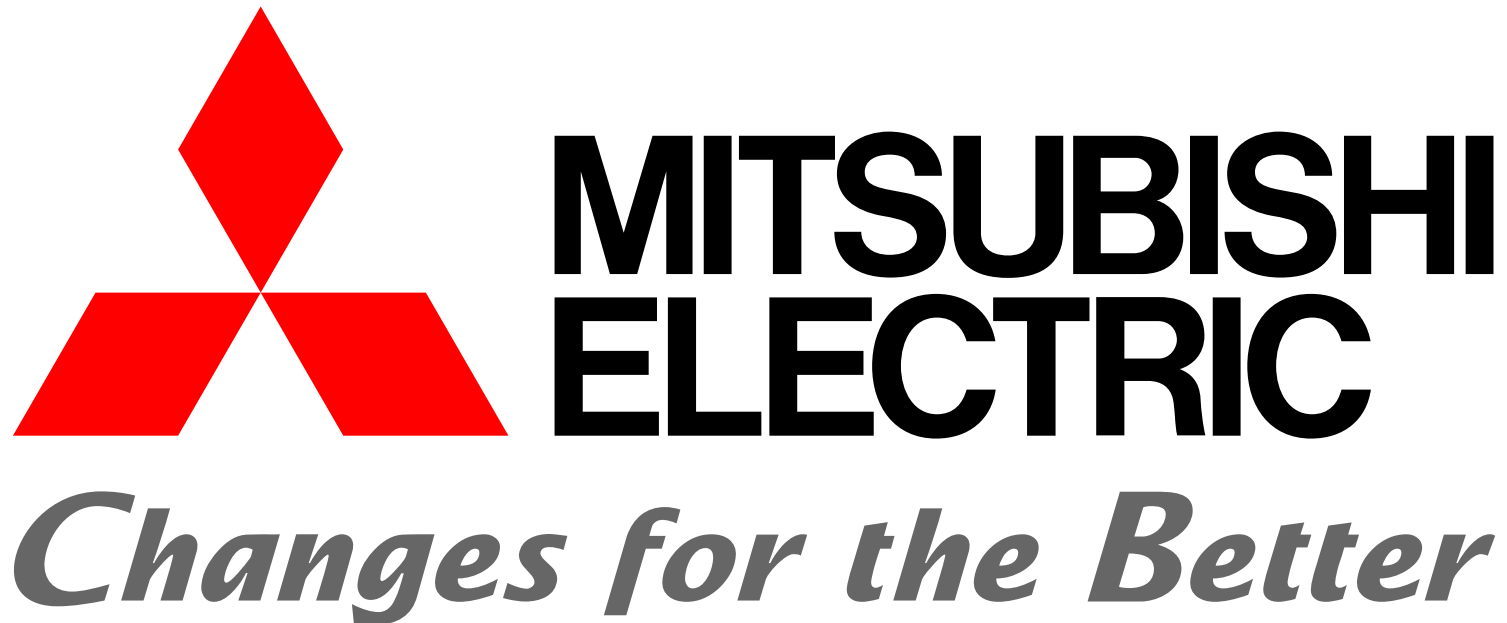
垂直



以下の対策が効果的かつ低コスト

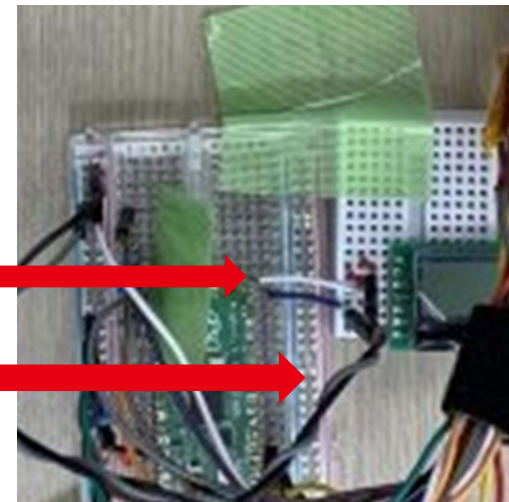
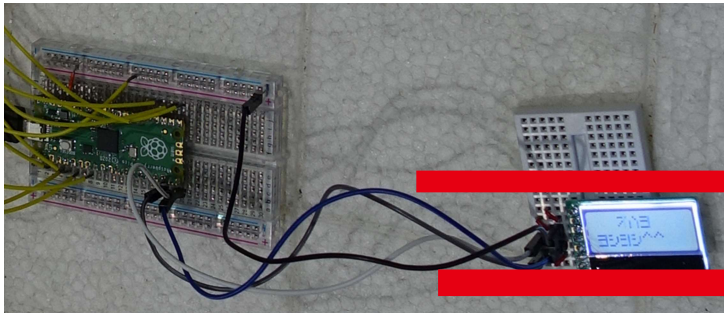
- 動作1サイクルの周期を長く
- LCDのクロックを下げる
- センサのグラウンドを増やす
- Pico - センサ間にパスコン・ダンピング抵抗

対策部品	対策コスト
プログラム変更	¥0
グラウンド(ジャンパー線12本)追加	¥40
グラウンド(電線20cm×6本)追加	¥23
コンデンサ22pF×6本	¥78
抵抗10Ω×3本	¥5
合計	¥146



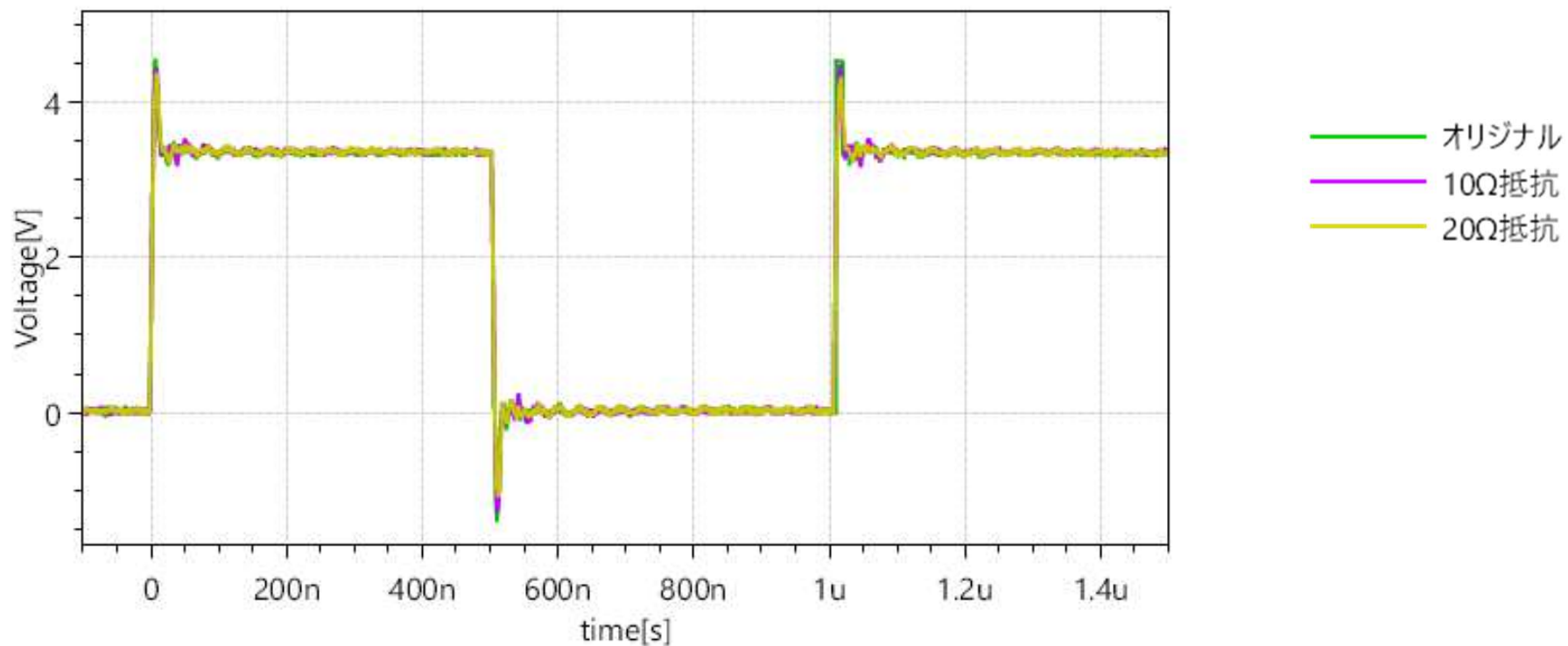
その他の対策（実施したもの）

- LCDのケーブルを短く、電源グラウンドをツイスト
オシロを用いた通信線からの放射の予備測定では放射が抑えら
れていることを確認



- パソコン、ダンピング抵抗の値の調整
CLKは22pFより大きいコンデンサを入れることはできないが、グラウンドにもう少し大きいコンデンサを入れたい（垂直30MHz辺りを抑えたい）
- センサのケーブルに平編線やアルミホイル
グラウンドを増やすことで効果は十分出た。

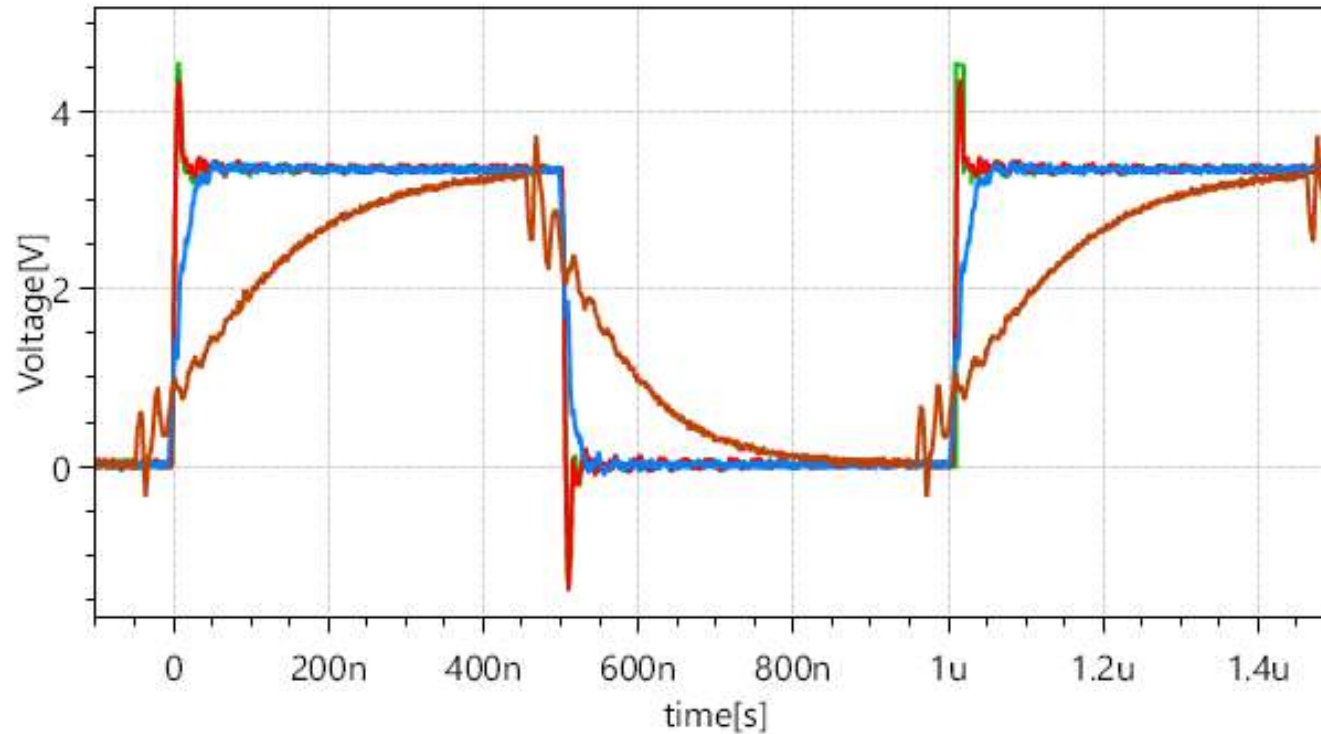
ダンピング抵抗挿入によるCLK変化



少しずつピークは下がっている

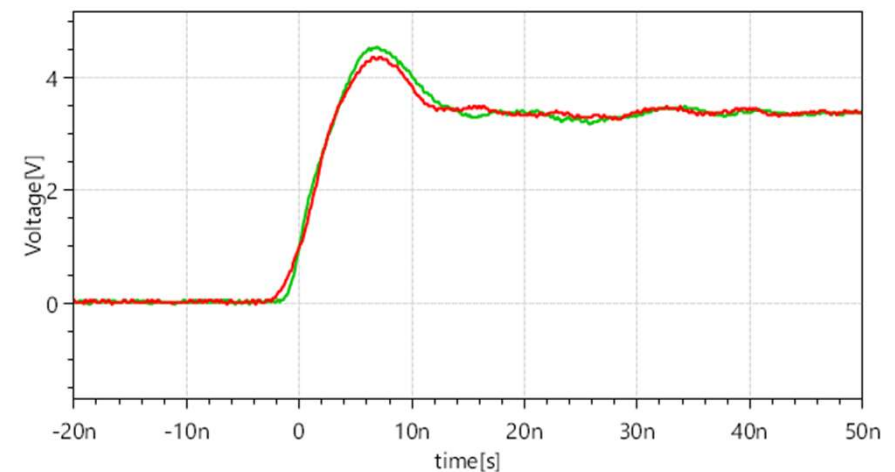
もう少し抵抗を大きくしても問題なさそう？

パソコン挿入によるCLK変化

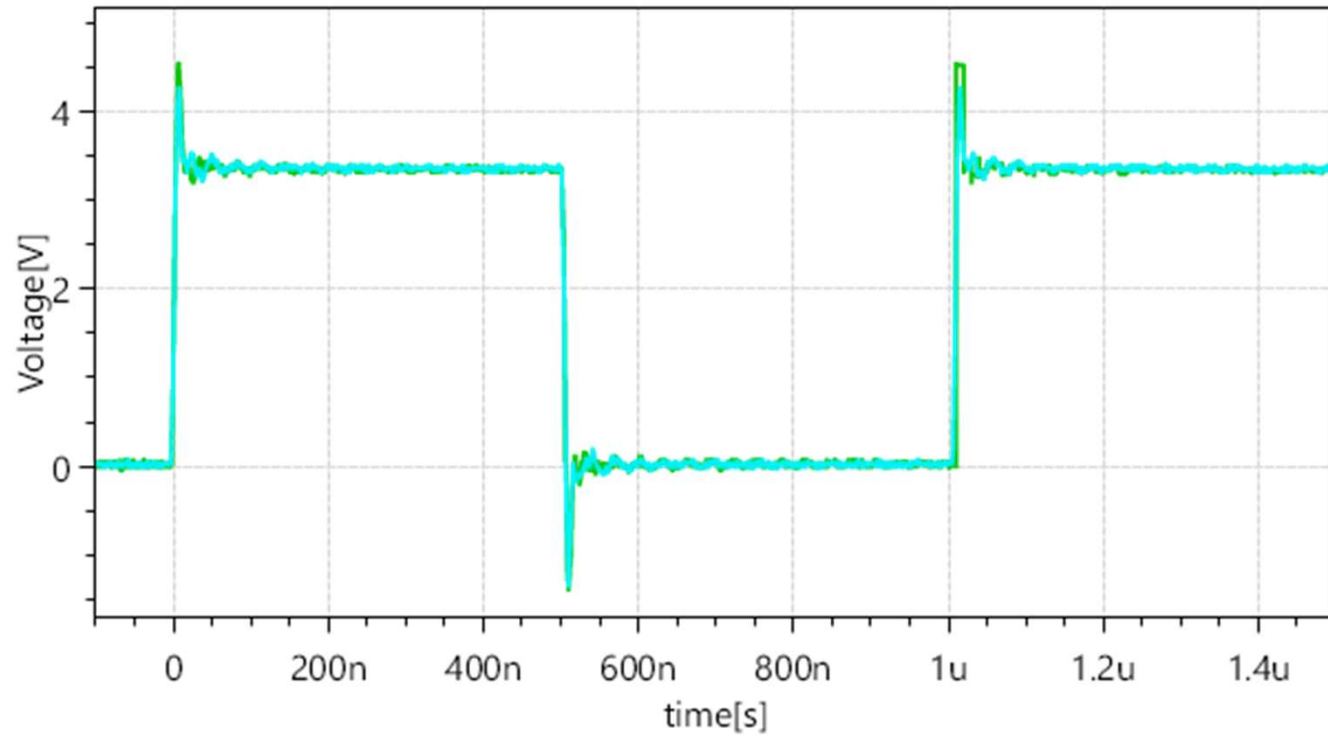


- オリジナル
- 22pFコンデンサ
- 220pFコンデンサ
- 2200pFコンデンサ

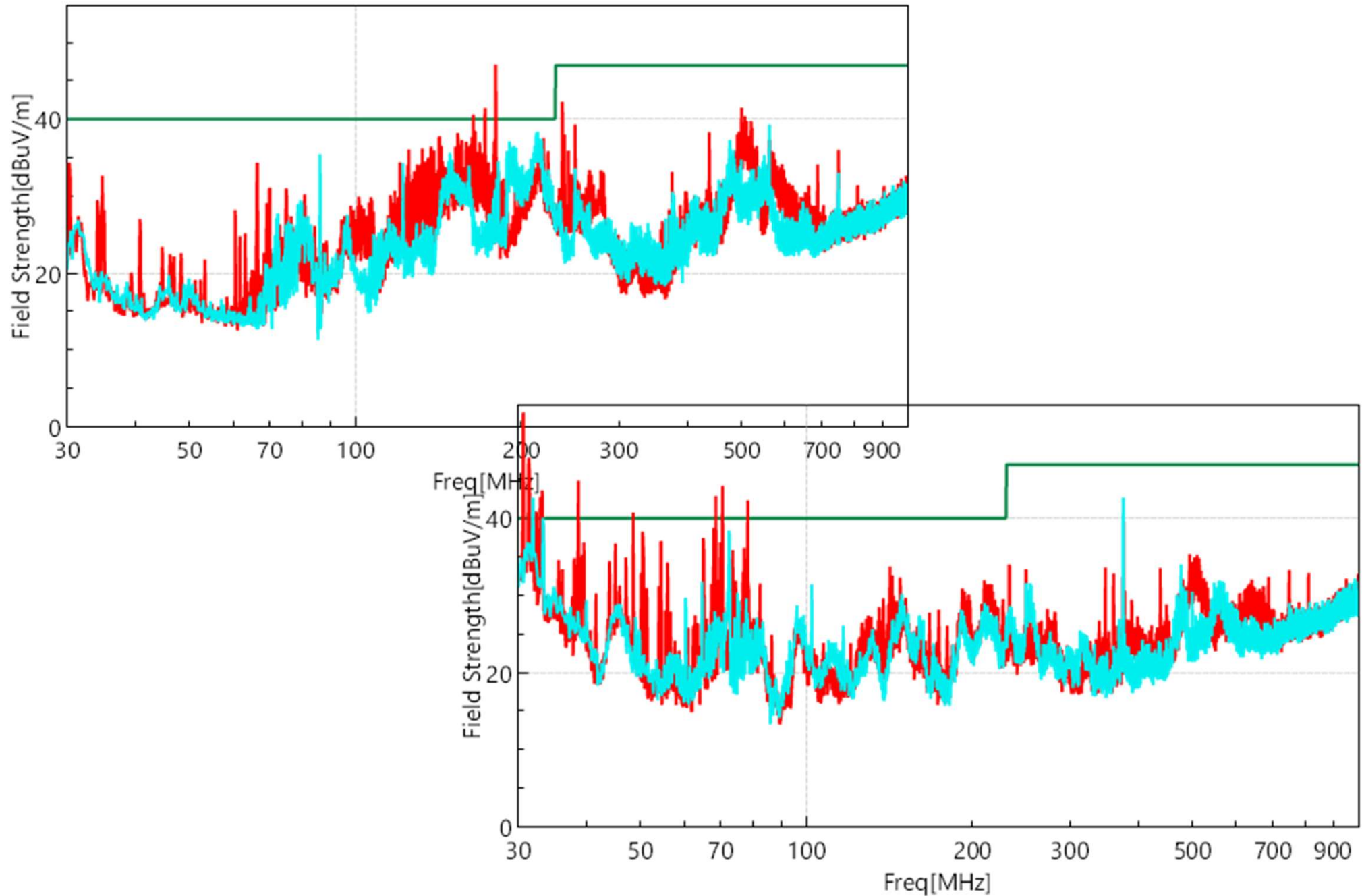
220pF（共振周波数132MHz）から
誤動作するように
立ち上がりの鋭さが大事？
電源にはもう少し大きな容量を入れても
よかったかも（今後の課題）



10Ω抵抗+22pFコンデンサ

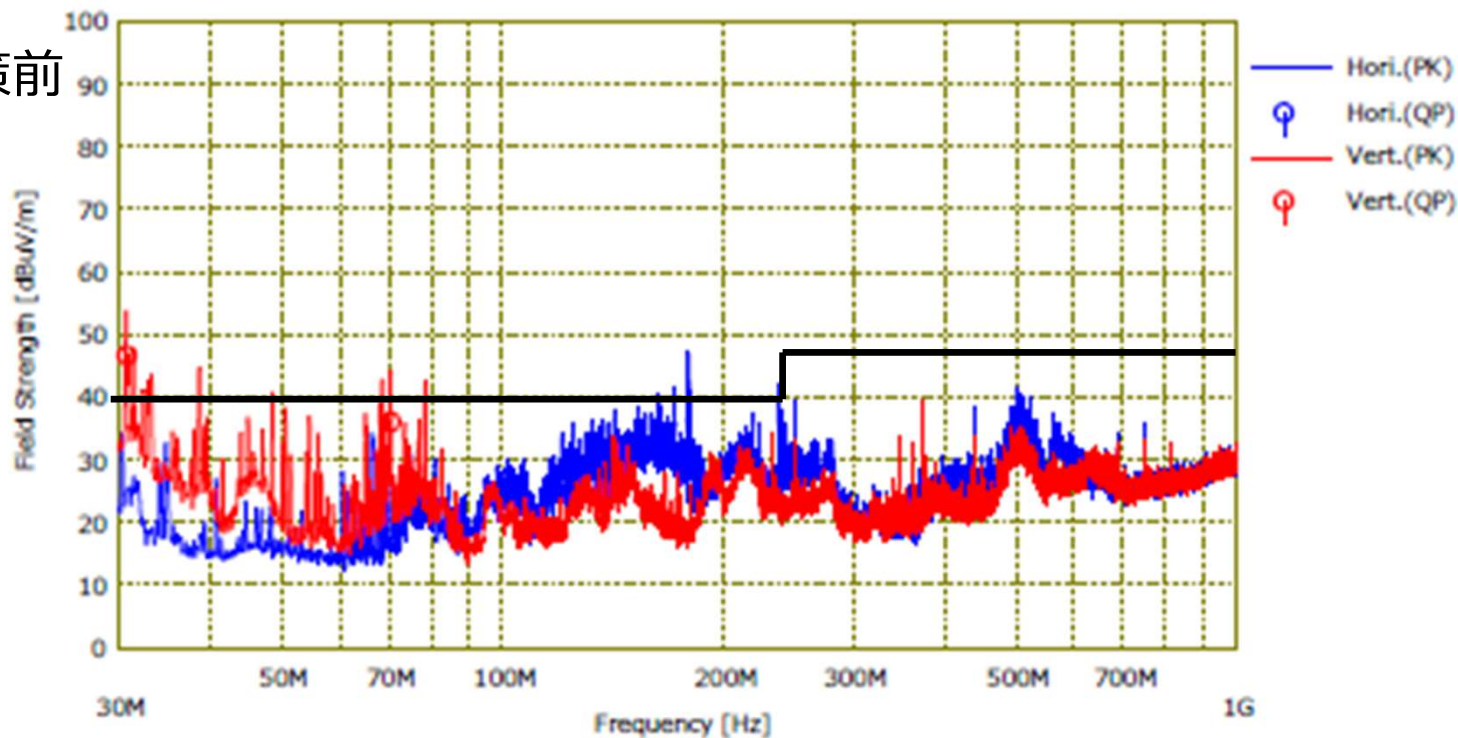


規格を満足しているか

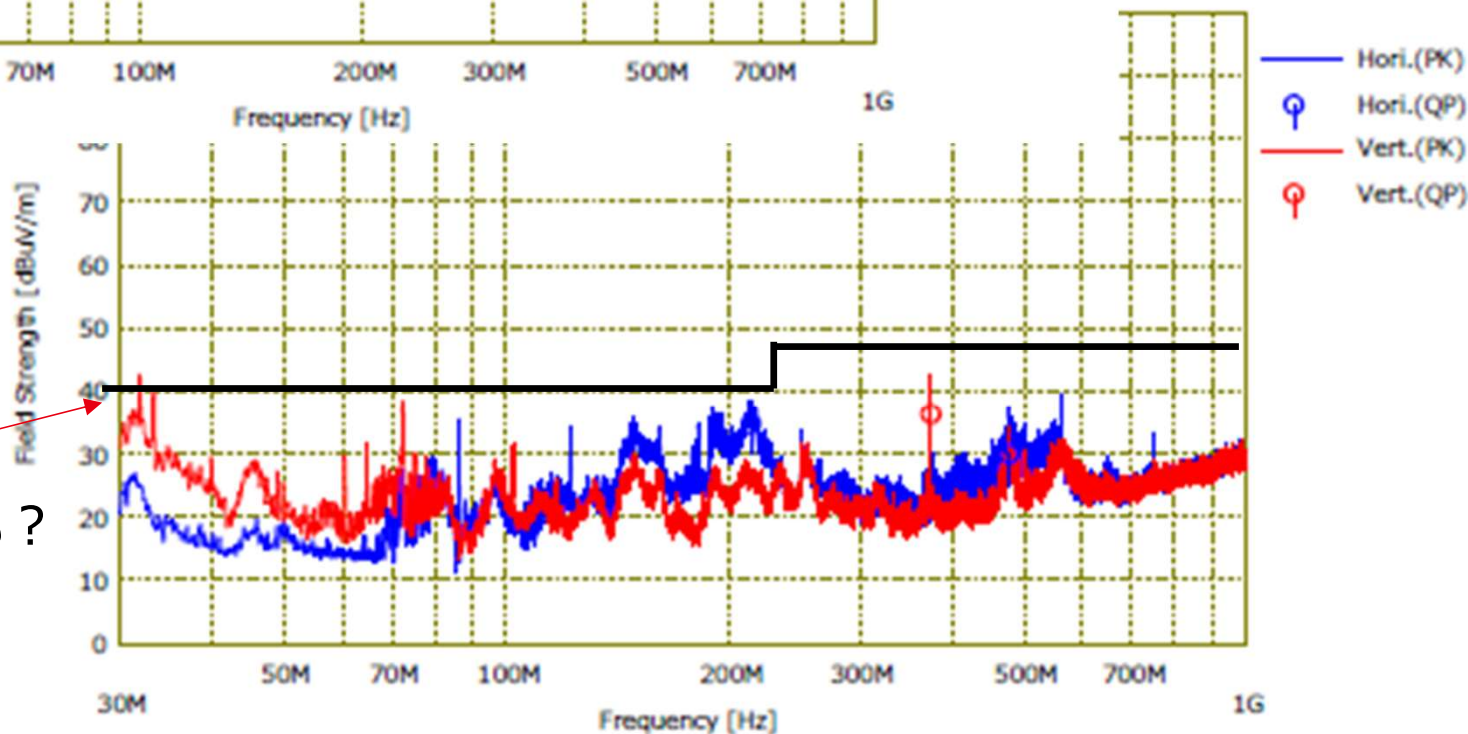


規格を満足しているか

対策前



対策後



ここは怪しいかも？