

第5回 EMC設計対策コンテスト 最終報告会

チーム：MELCO-わくわくEMC

情報技術総合研究所 EMプラットフォーム技術部 EMCグループ

亀山・神谷

2024/12/5,6

三菱電機株式会社

1. 作品：Star Guide
2. システムについて
3. 動作について
4. 取り組みとスケジュール
5. 設計段階で考えたEMC対策内容
6. 社内プレ評価について
7. ADOX福岡での測定結果について
8. まとめ

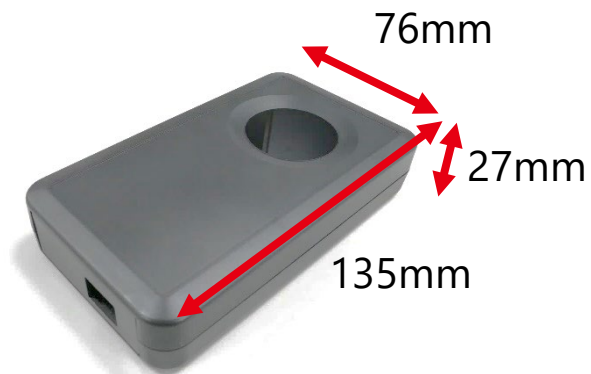
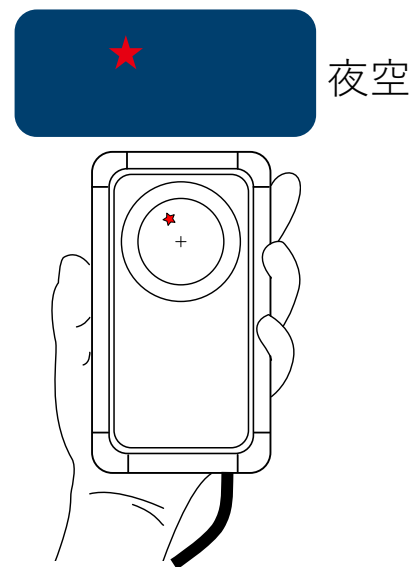
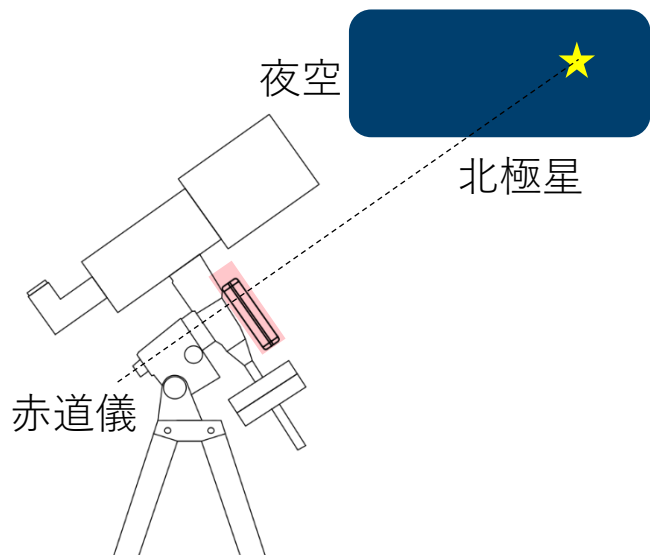
～機能～

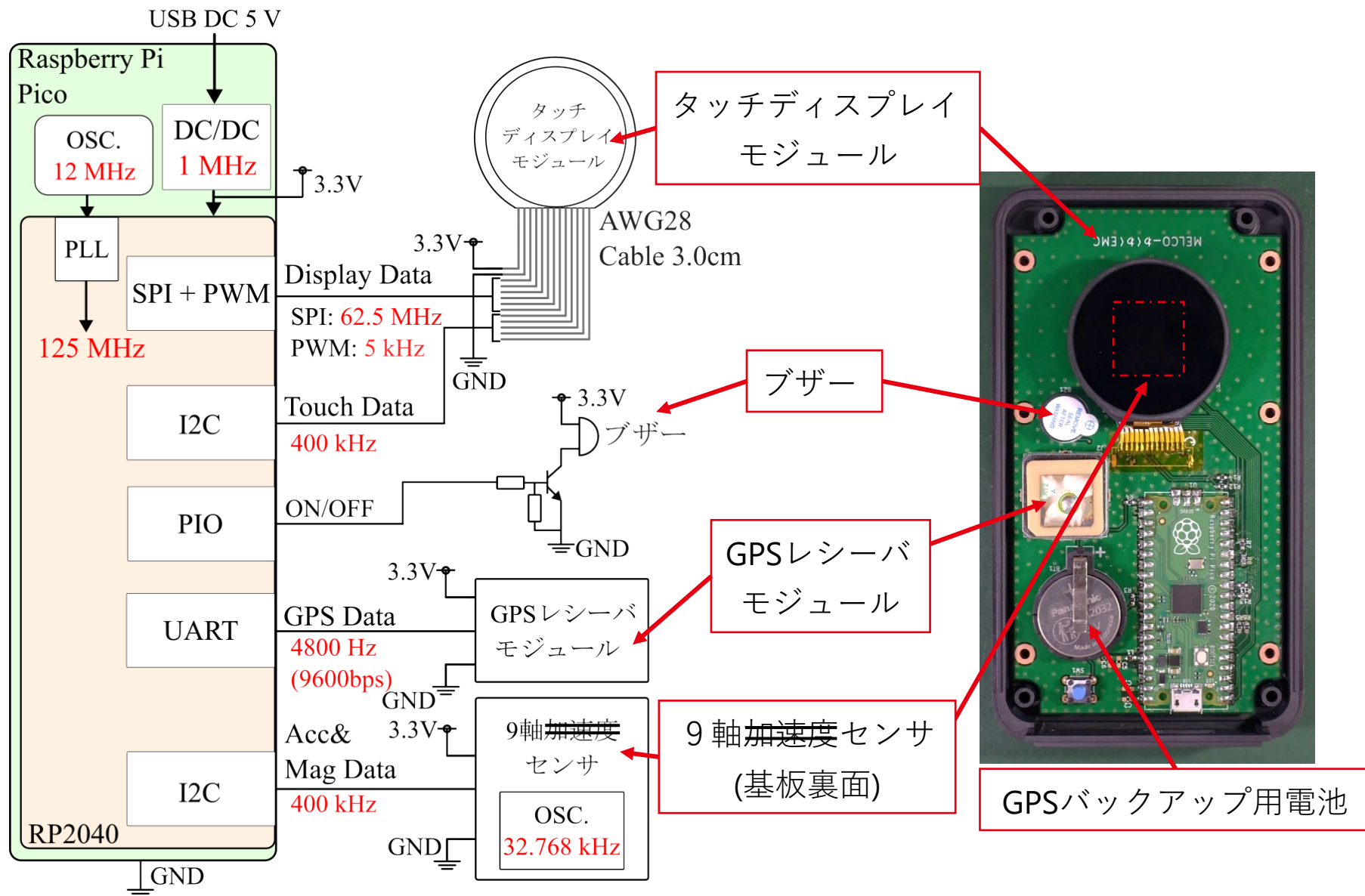
① **Polaris Guide mode**

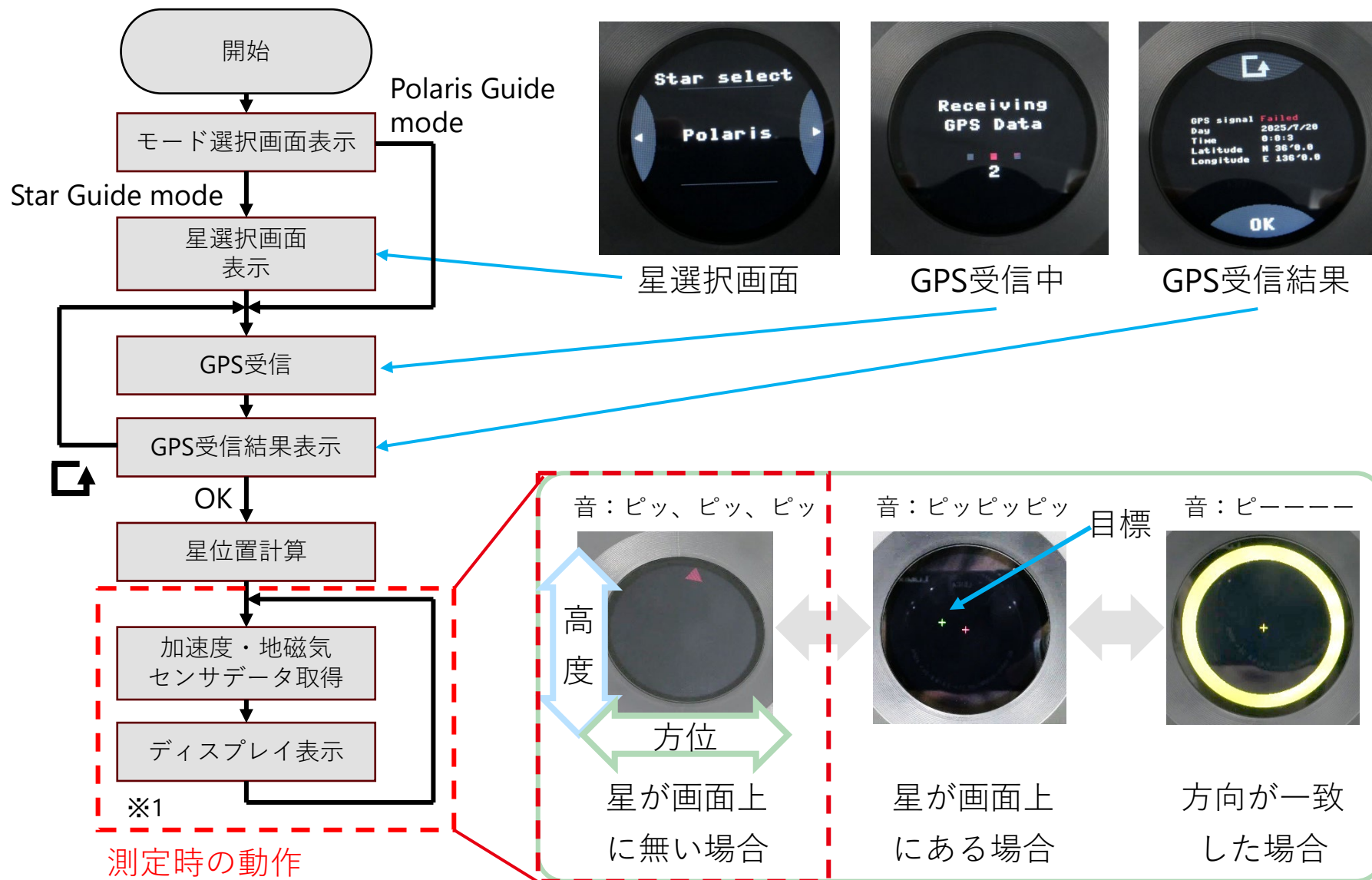
星の日周運動に追従する赤道儀の回転軸を、北極星に合わせるための補助をする

② **Star Guide mode**

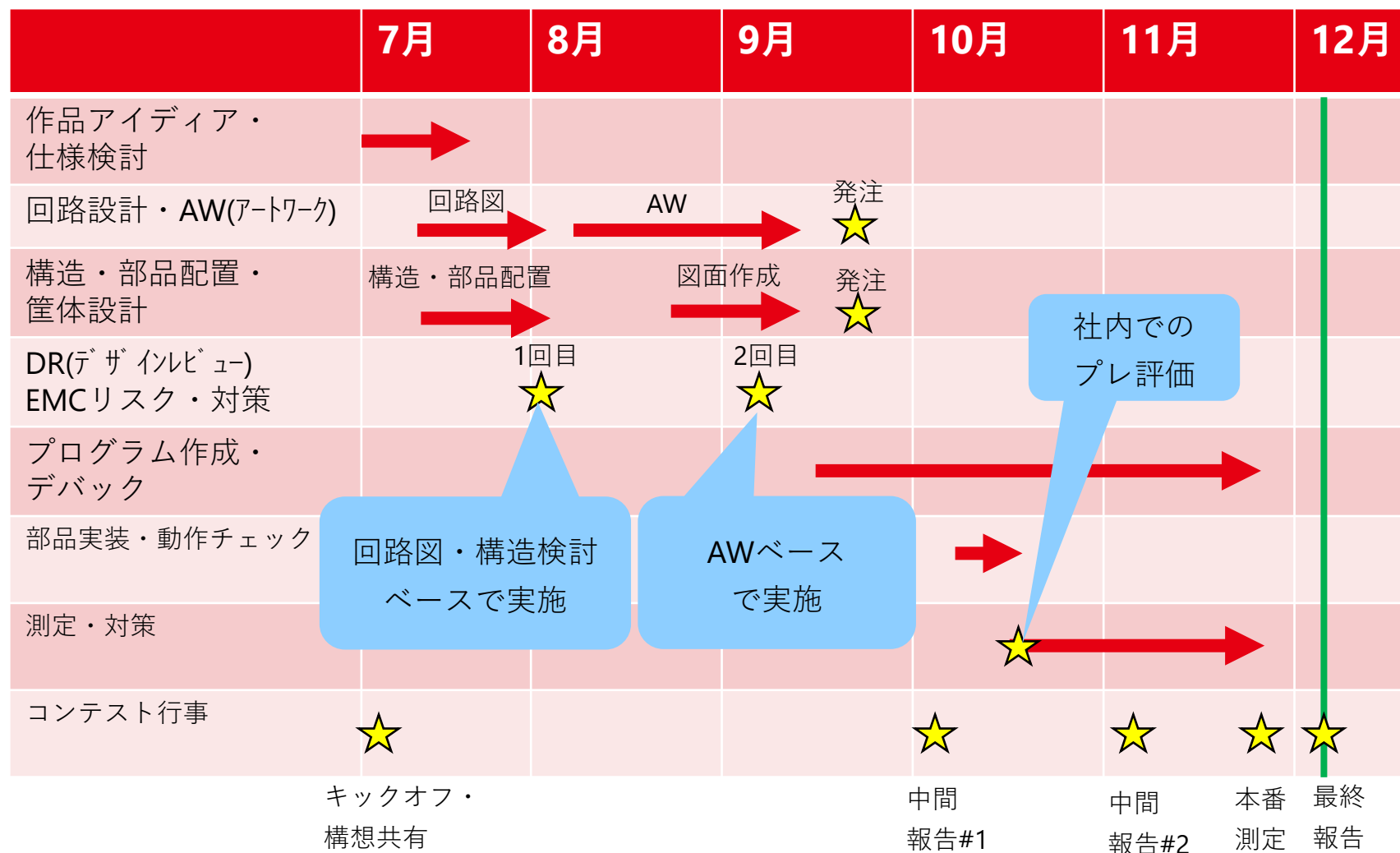
見たい星がある方向をディスプレイ上に表示し、星を見つける補助をする



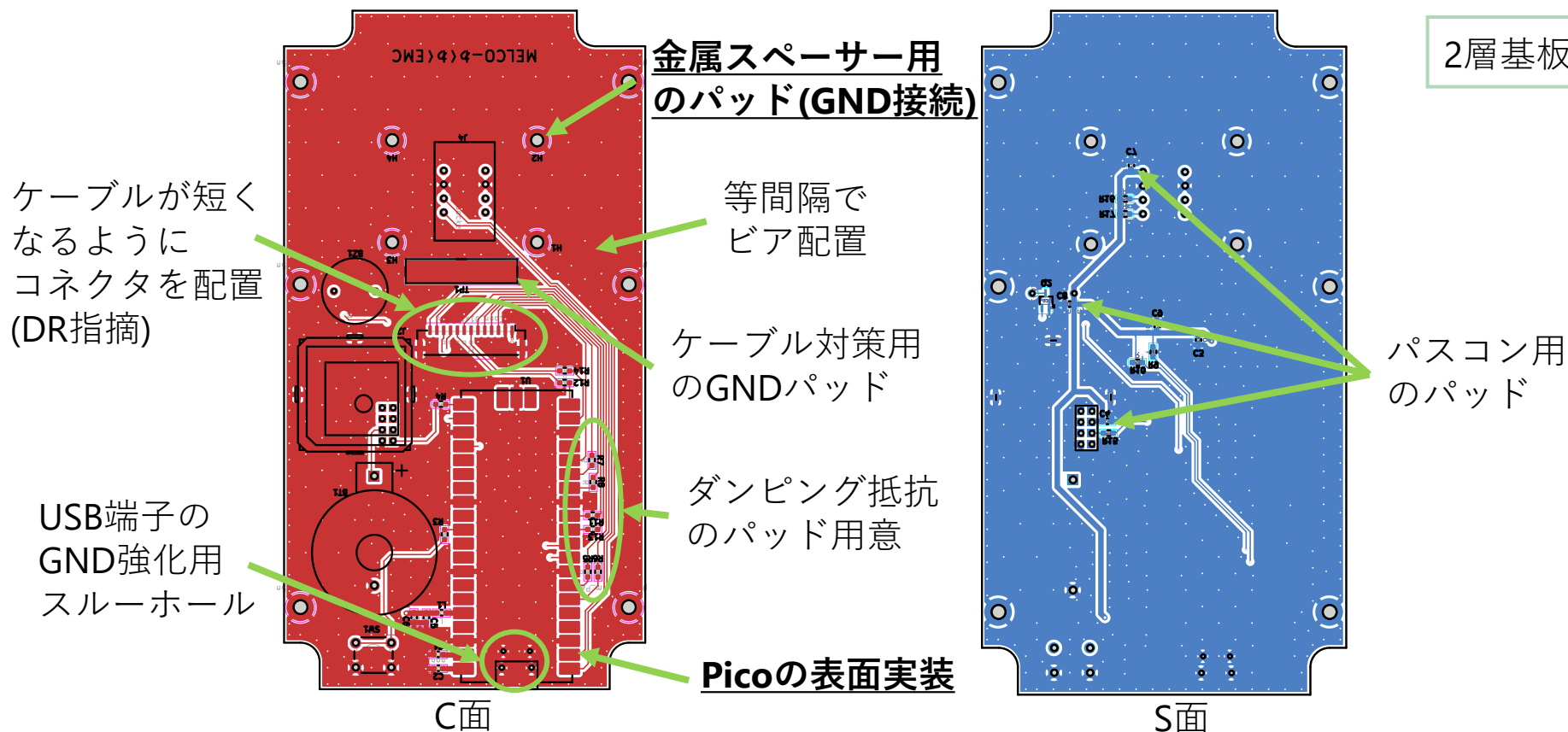




※1 PIOにより別タスクでブザーON/OFF



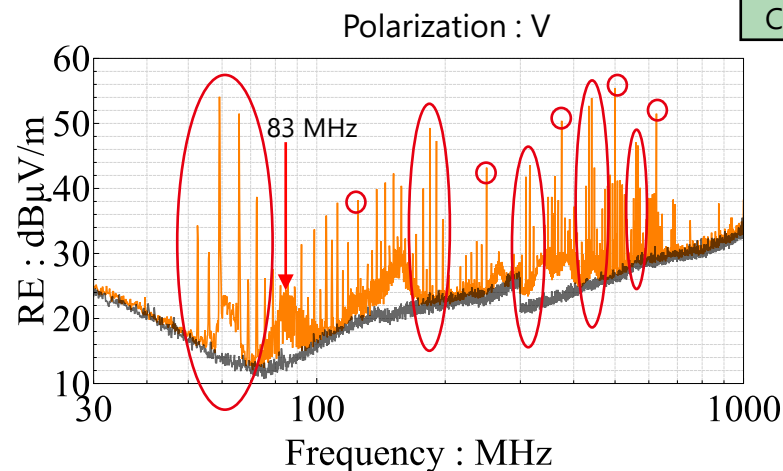
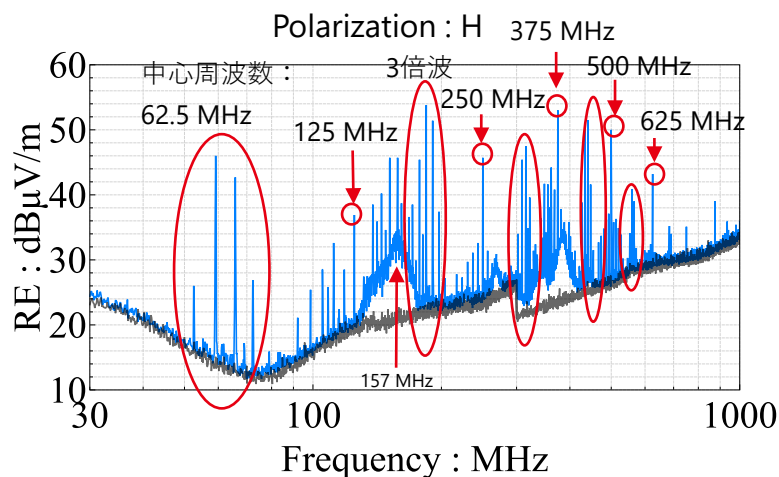
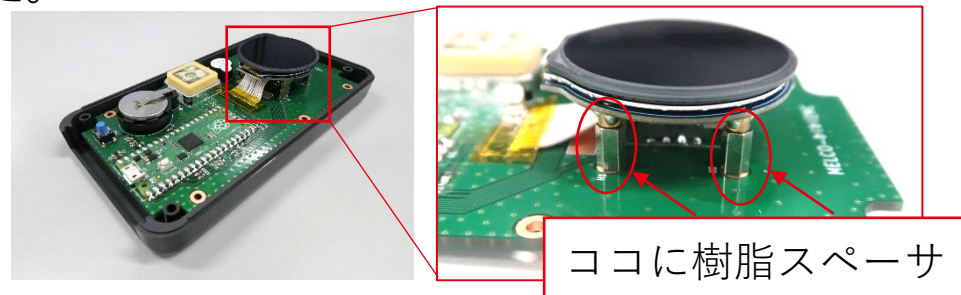
回路図・構造検討ベースで1回、アートワーク・筐体設計完了前に1回と設計段階で2回のDRを実施し、EMC対策を盛り込んだ。



想定されるノイズ源・放射源	EMC設計方針
信号ライン	GNDベタ上にパターンを引く
ブザー	電流が流れるパターンの距離が短くなるように設計
製作基板・購入モジュール	シールドケースを使用できるように設計 (DR指摘)
電源ライン	2層基板と4層基板を作製

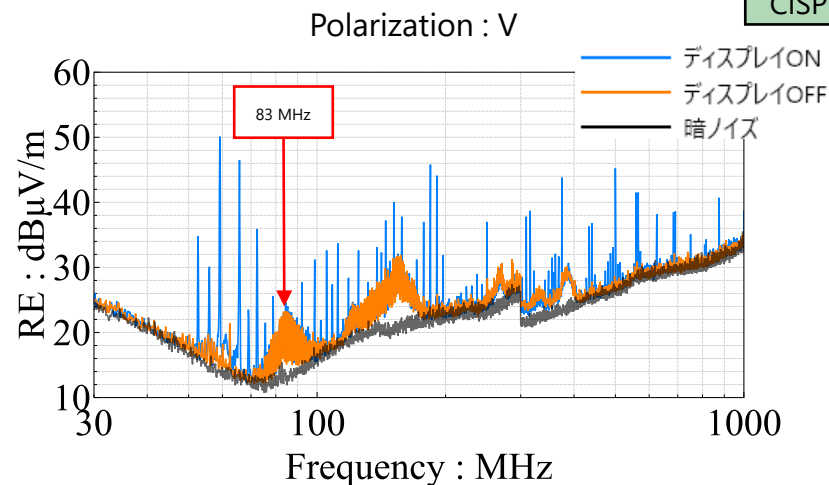
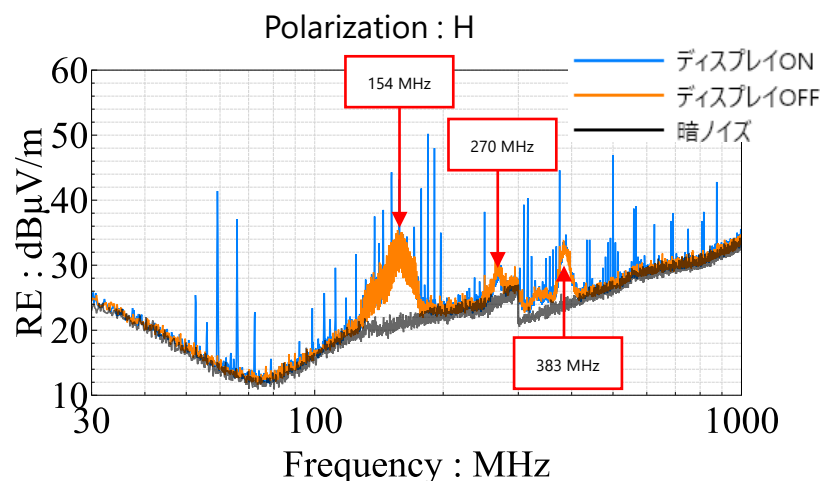
最もノイズが放射されると考えられる状態でプレ評価を実施。

ダンピング抵抗、バイパスコンデンサなし、ディスプレイ用のスペーサーに樹脂スペーサーを4本使用している状態での測定。



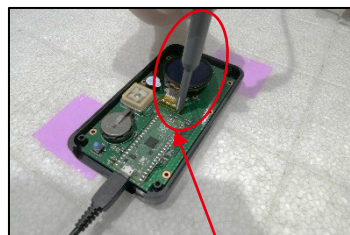
ホワイトボードにPicoのクロック、SPI通信の周波数などのリストを作成し、周波数と照らし合わせながら実施。

放射エミッション測定（機能のON/OFF）

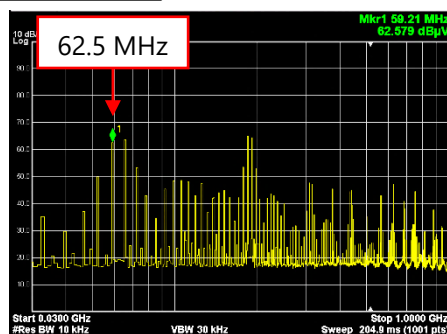


CISPR32

ディスプレイの近傍磁界測定



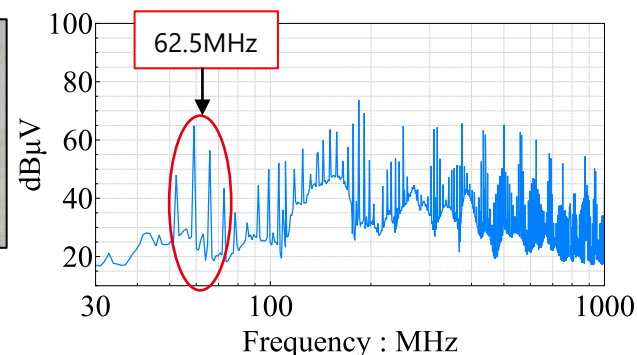
磁界プローブ



USBケーブルのコモンモード電流測定



電流プローブ



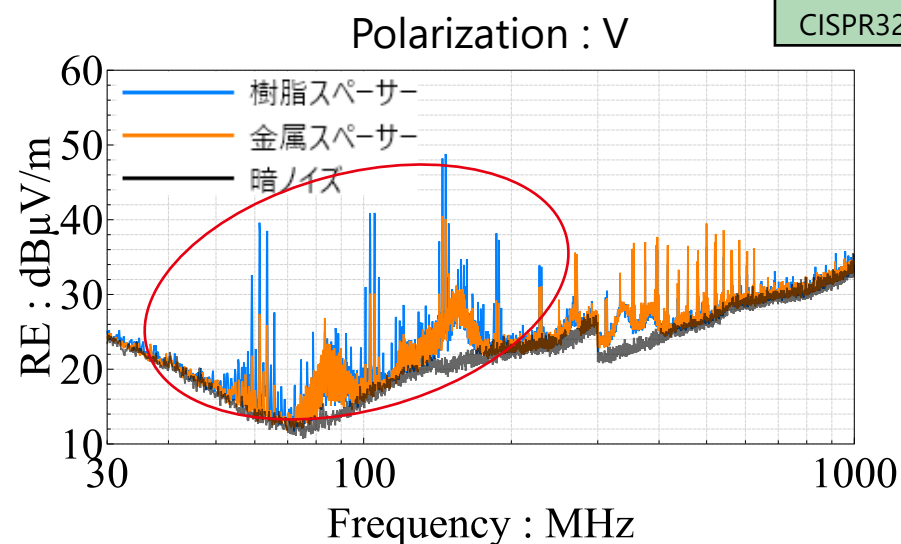
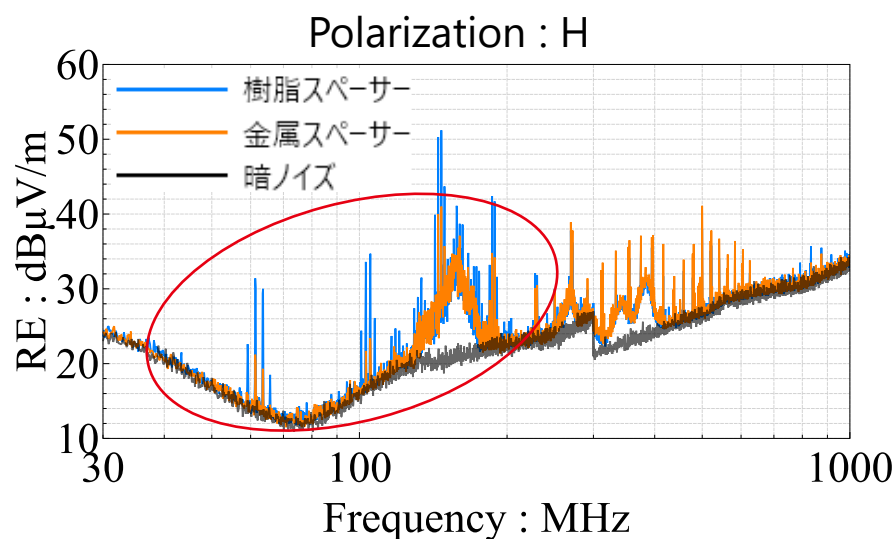
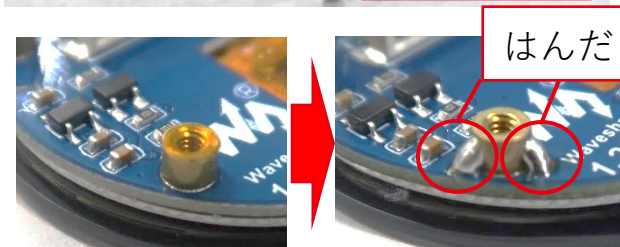
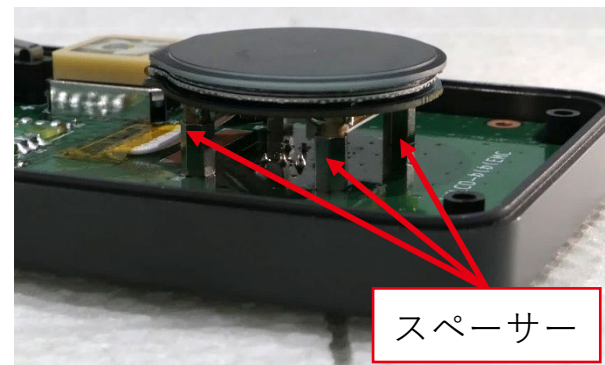
「ディスプレイ本体、ディスプレイ表示のSPI通信ラインからの放射」と「電源ケーブルからの放射」と特定した。ディスプレイモジュールのGNDが電氣的に浮いているためと推測。

対策内容

- ・スペーサーを金属スペーサーとする。
- ・ディスプレイモジュールに実装されている金属スペーサーをGNDにはんだで接続する。

意図

- ・ディスプレイを電氣的に浮いた状態にならないようにする。



CISPR32

自社暗室での対策内容

ディスプレイ、SPI通信ラインからの放射対策

- a. SPI通信周波数 62.5 MHz → 26 MHz, 10 MHz
- b. ディスプレイケーブルへの銅テープ貼付け
- c. ダンピング抵抗の実装
- d. FPCケーブルのシールド(銅テープ)
- e. シールドケースの使用
- f. 部分的なケースのシールド
- g. SPI通信のSCK信号とGND線をツイスト

電源ケーブルからの放射対策

- h. 電源ケーブルへのフェライトコア装着
- i. Picoへ実装されたコンデンサの変更
- j. Pico USB給電部へのコンデンサ追加
- k. フィルターの作製

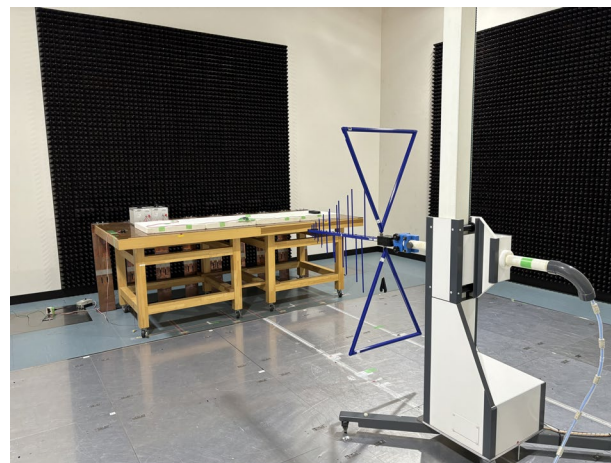
ADOXでの検証内容

効果が高かった対策内容について
検証した。

① + ② + ③
→ ① + ②
→ ①

対策を減らして
いく方向

※拡散クロックSPIも実装してみたが
機能低下のためNG



対策内容

- ・ SPI通信周波数 62.5 MHzを変更する。
→ プログラム：26 MHz（実測:20.8 MHz）

意図

- ・ 通信の基本波（62.5 MHz）を測定帯域外（30 MHz以下）とし、ノイズ抑制する。
- ・ ディスプレイ表示が問題ない周波数とする。

```
self.cs(1)
self.spi = SPI(1,100_000_000,pola
self.dc = Pin(DC,Pin.OUT)
self.dc(1)
self.buffer = bytearray(self.heig
super().__init__(self.buffer, sel
self.init_display()
```

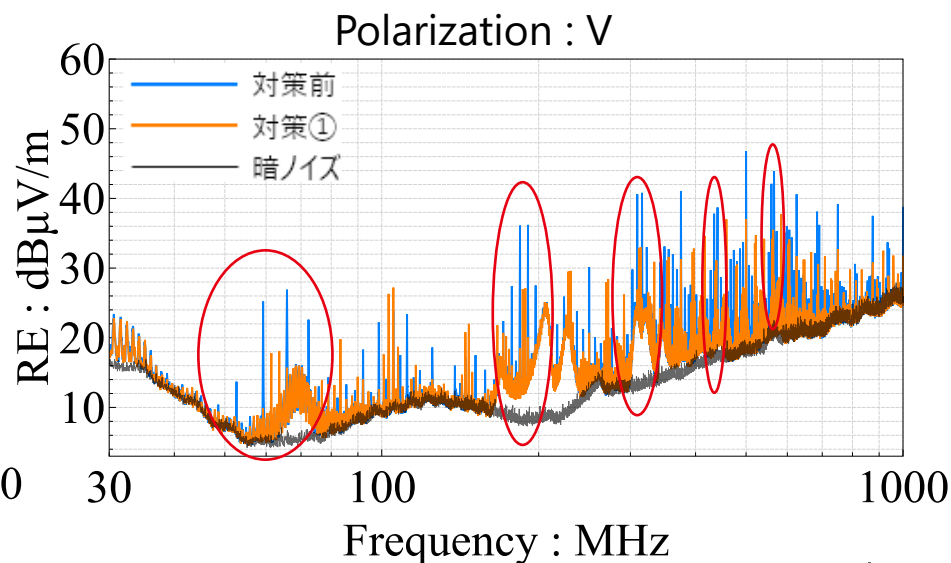
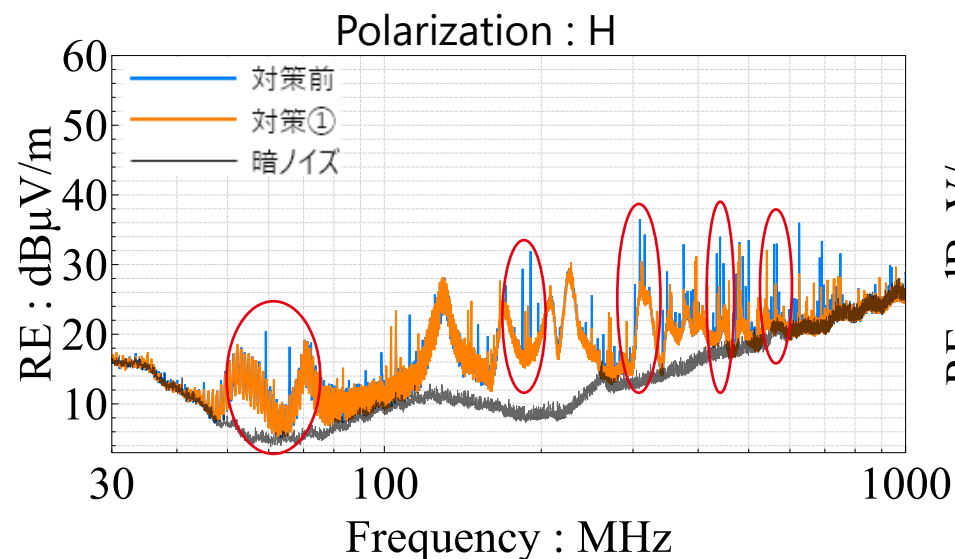
設定値：62.5 MHz

```
self.cs(1)
self.spi = SPI(1,26_000_000,polari
self.dc = Pin(DC,Pin.OUT)
self.dc(1)
self.buffer = bytearray(self.heigh
super().__init__(self.buffer, self
self.init_display()
```

設定値：20.83 MHz

部材	コスト
プログラム 変更	0円
合計	0円

ADOX福岡



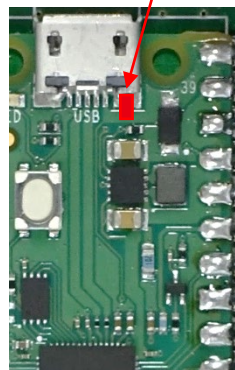
対策内容

- ・ PicoのUSB直近にコンデンサを追加する。

意図

- ・ 電源ケーブルからの放射ノイズが支配的なため、Picoから電源ケーブルへ流出するノイズを低減させる。

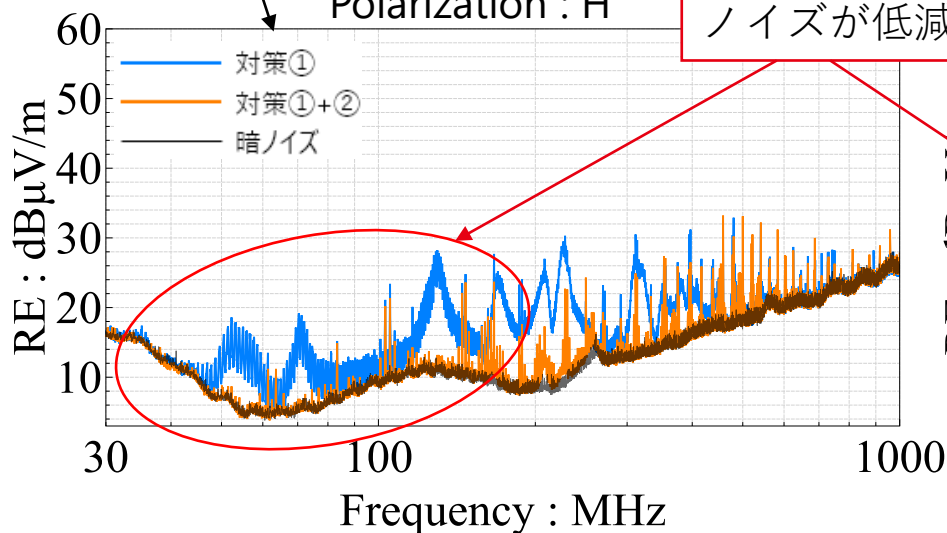
5 Vの電源パターンとUSBコネクタを接続する形で1005サイズ、コンデンサを実装



部材	数量	コスト
コンデンサ @LOT8000個	1	19.8 円
合計	1	19.8 円

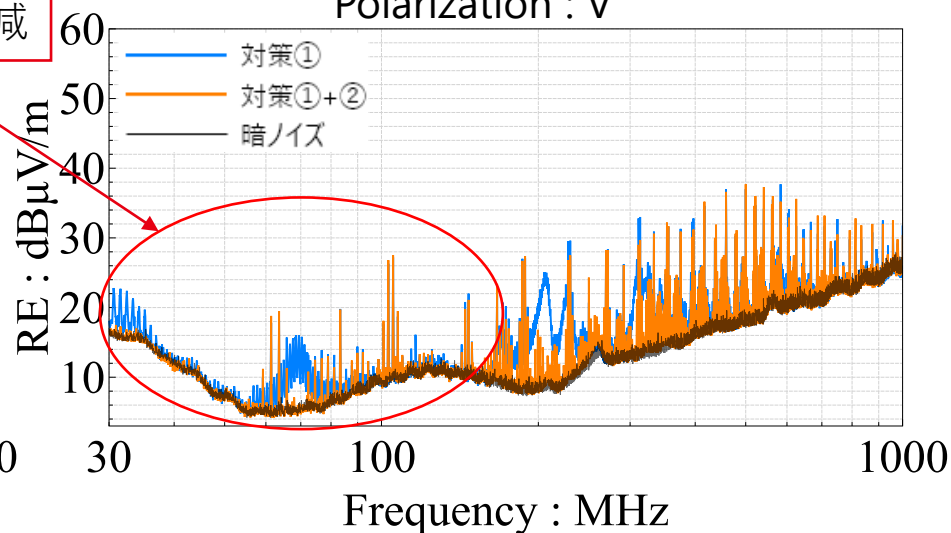
対策① SPI通信周波数の変更

Polarization : H

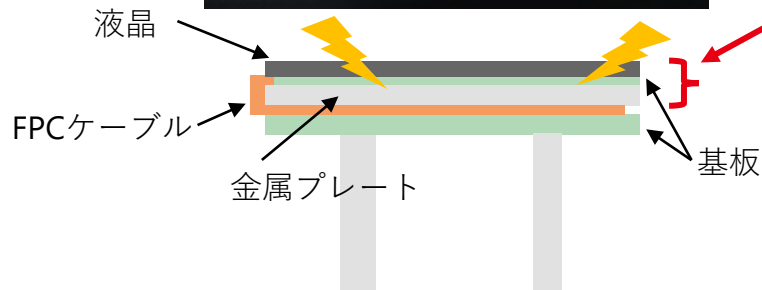
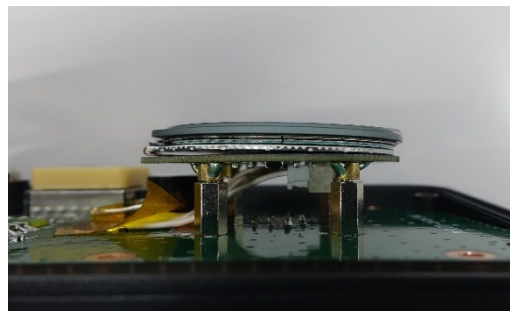
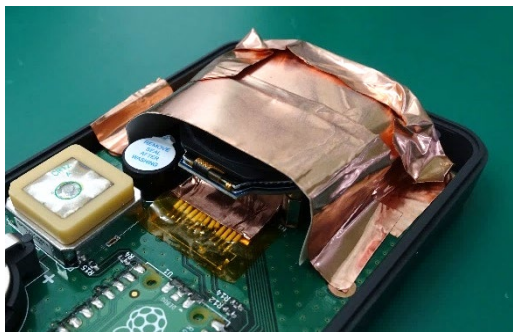


ADOX福岡

Polarization : V



ディスプレイ起因とみられるノイズが抑制できないため放射源の切り分けを実施した。
切り分けは銅テープで覆う場所を変えてエミッション測定を行うことで実施した。



この部分から放射しており
ディスプレイへの対策が難しい

対策内容

- ・ディスプレイ周辺のみシールドを追加する。

意図

- ・ 300 MHz以上のディスプレイ自体からの放射ノイズの低減をする。

対策① SPI通信周波数の変更

対策② USB給電部へのコンデンサ追加



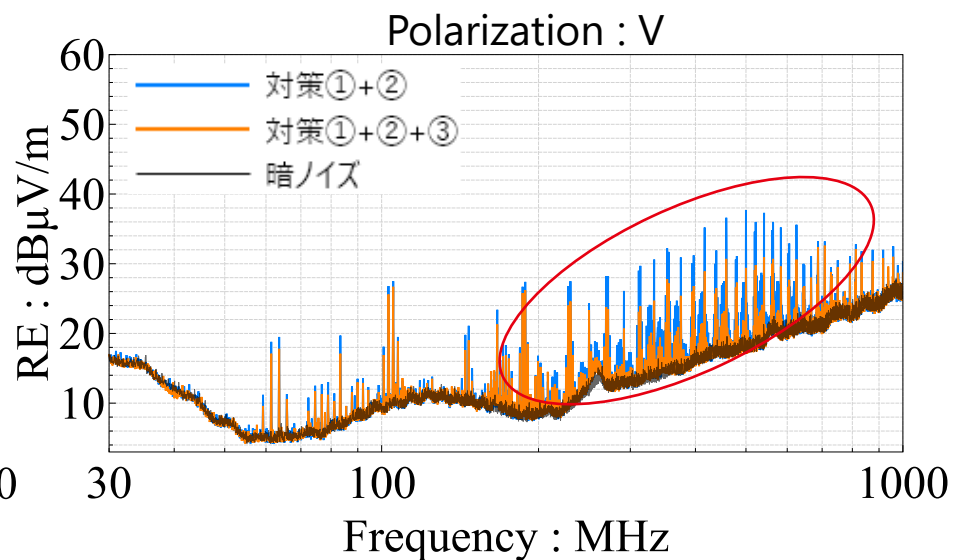
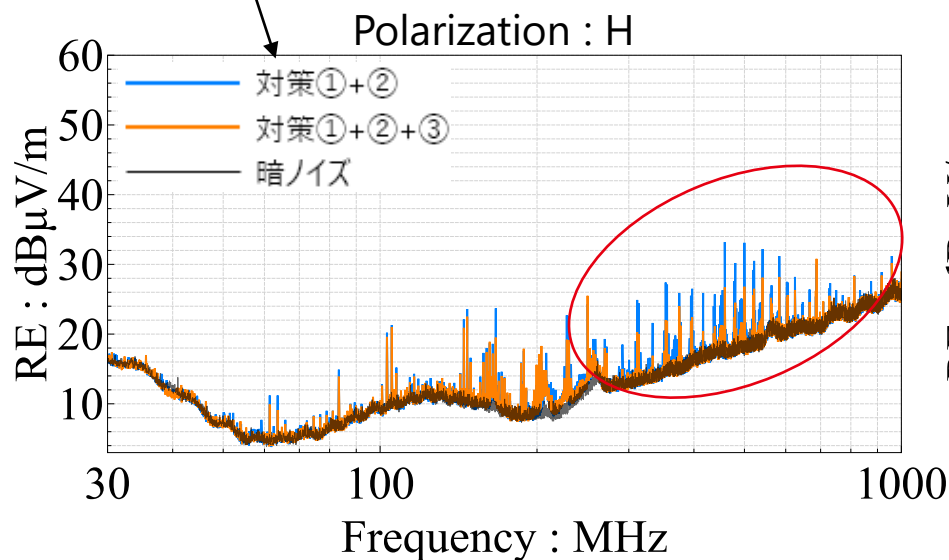
上蓋側



基板側

部材	数量	コスト
銅箔テープ 幅12.7 mm	33.6 cm	295.7円
銅箔テープ 幅25 mm	26 cm	
ハイポイント コンタクト @LOT100個	2	198円
合計		493.7円

ADOX福岡



対策内容

- ・ Picoの電源入力部に
フィルターを追加する。

意図

- ・ 電源ケーブルへ流出する
ノイズを低減する。



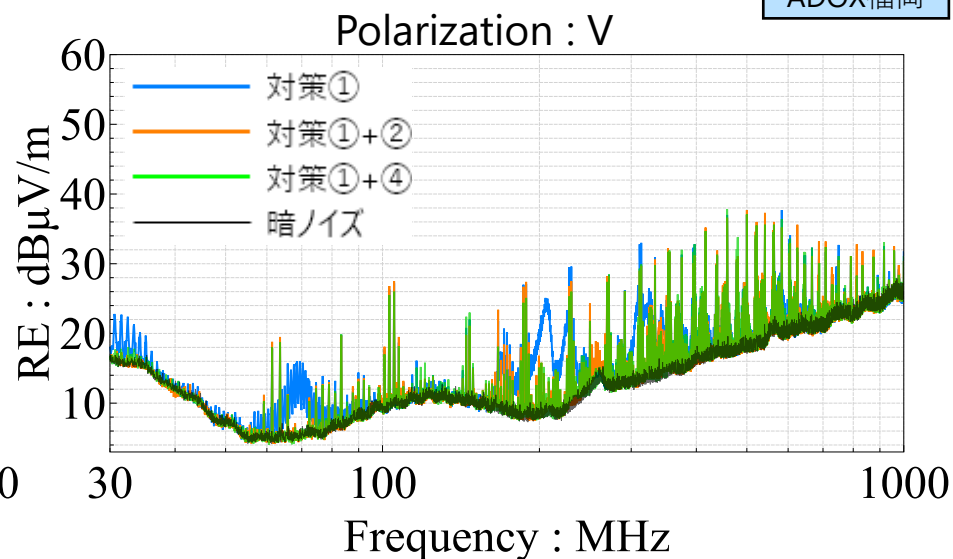
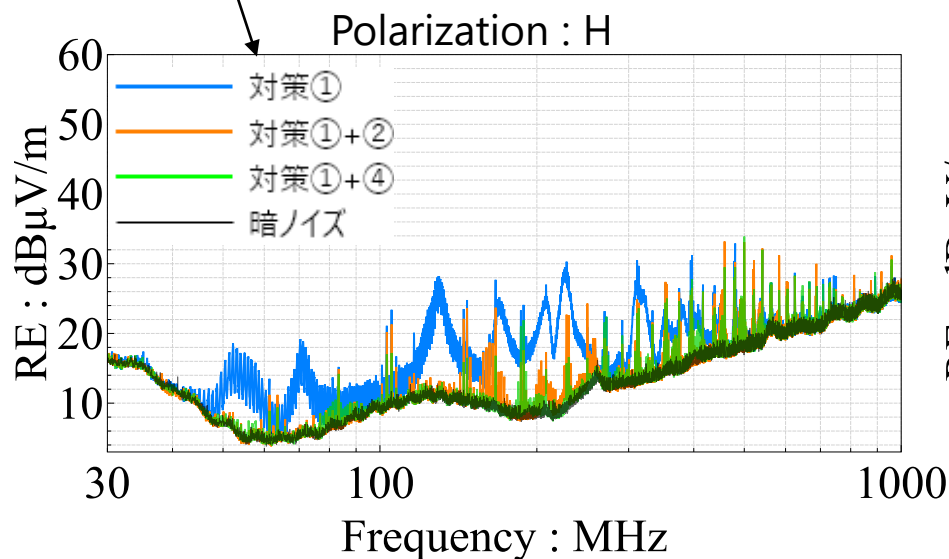
フィルター基板

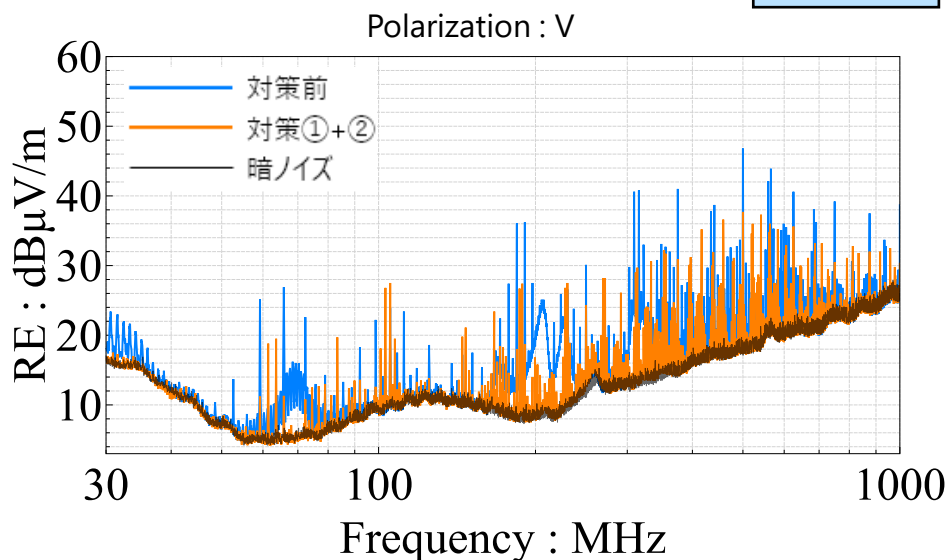
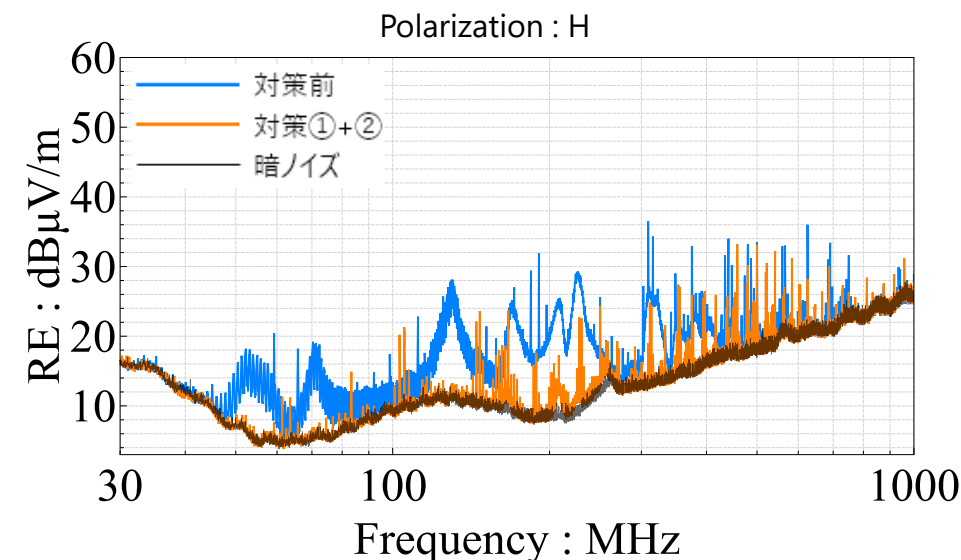
対策① SPI通信周波数の変更

対策② USB給電部へのコンデンサ追加

部材	数量	コスト
CMC @LOT1000個	1	67.7円
オンボード コンタクト	2	38円
銅箔基板	21 cm ²	11.5円
コンデンサ @LOT8000個	1	19円
USBメス @LOT2000個	1	58円
合計		195円

ADOX福岡





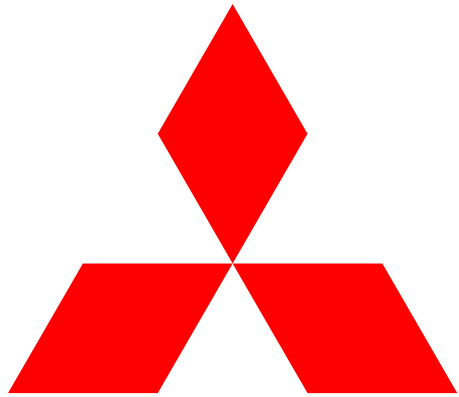
構想段階での対策

金属スパーサー → 300 MHzまでの領域でディスプレイ起因のノイズを抑制

追加の対策

- ①SPI通信周波数の変更 → 広い周波数帯でディスプレイ起因のノイズを抑制
- ②USB給電部へのコンデンサ実装 → 電源ケーブルからの放射を抑制

追加コストは、**コンデンサ×1個 19.8 円**でノイズを抑制



**MITSUBISHI
ELECTRIC**

Changes for the Better