
湯沢ワークショップ（最終報告会）

第5回EMC設計対策コンテスト

日立Astemo株式会社

第一インバータ設計部

宇佐美 徹

藤江 大知

2024/12/05-12/06

Contents

1. 作品について
2. 無対策品の測定結果
3. ノイズの分析と対策内容
4. 対策結果
5. まとめ

Contents

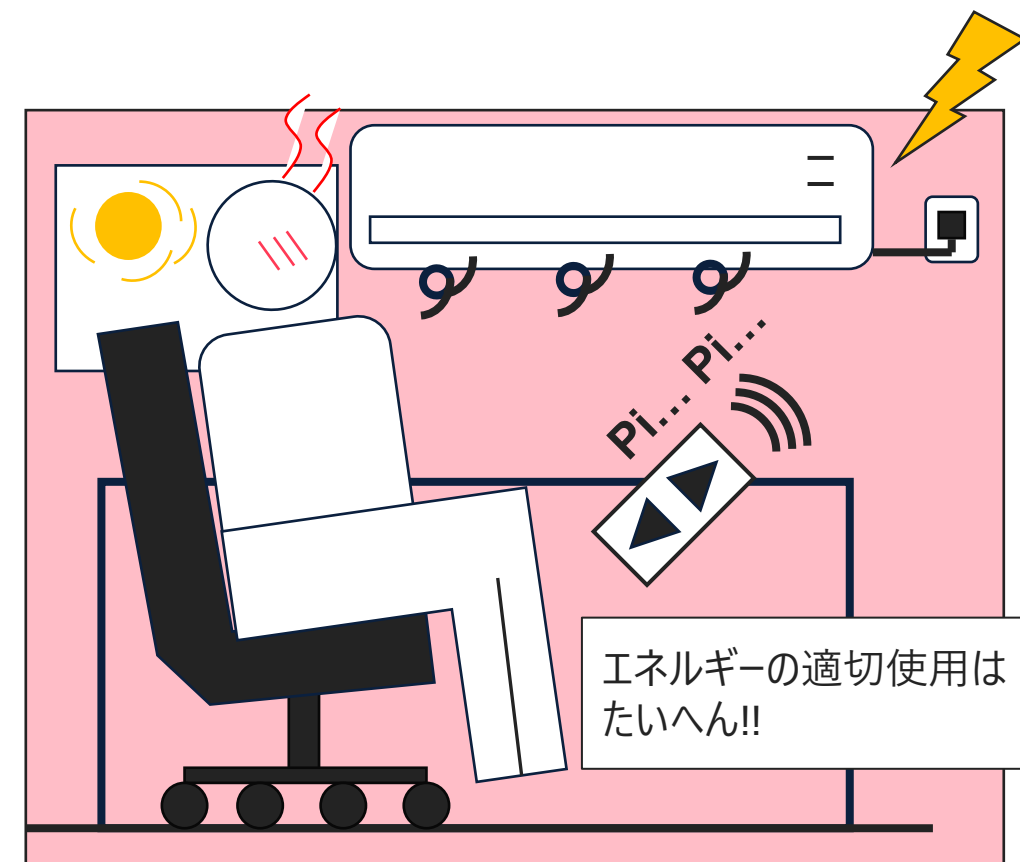
1. 作品について
2. 無対策品の測定結果
3. ノイズの分析と対策内容
4. 対策結果
5. まとめ

1.1 作品コンセプト

【背景】

- 環境問題の進行を身近に感じる機会の増加（酷暑、寒冬、大雨etc.）
 - これ以上の進行を抑えるため、よりいっそうの省エネが必要
 - 一方、過酷な気候での健康維持には、エネルギー使用が不可欠
→エネルギーのよりいっそうの適切仕様が求められる。
- 省エネと健康維持を両立させるうえでの“適切さ”とは.....
 - 必要な時に動作させること
機器の操作や使用判断が難しい子どもや老人、
手が離せない作業環境.....
→必要な人が必ず動作させられるわけではない
 - 必要な分だけ動作させること
冷房で冷え続ける部屋、なかなか温まらない部屋...
→過剰な動作はエネルギーを浪費するものの、
その都度調整することはとても手間がかかる。

これらを人力で実現させることは難しいため、
センサ情報とマイコン処理から機器を“適切に”動作させる構造を検討



イメージ

1.2 作品内容

【製作物】

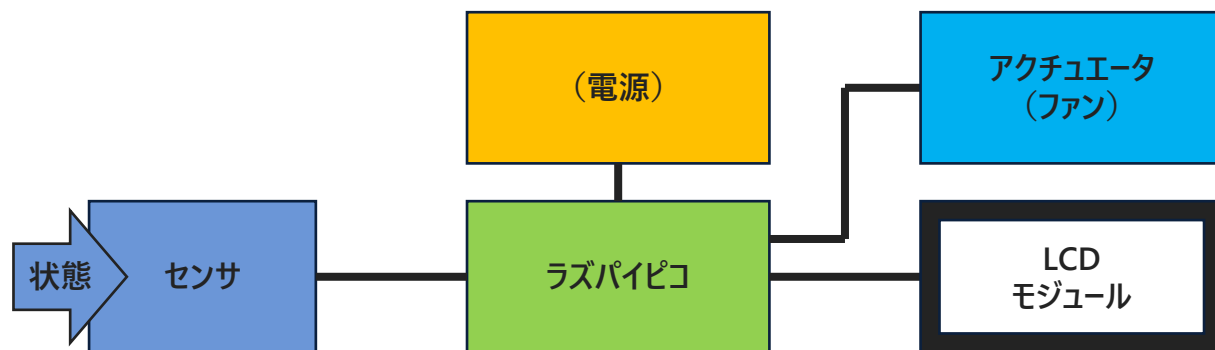
マイコン / センサ / ファン / LCDのミニマムな構成から、温度検知しファン動作が自動制御される装置を検討する。

【想定される使用用途】

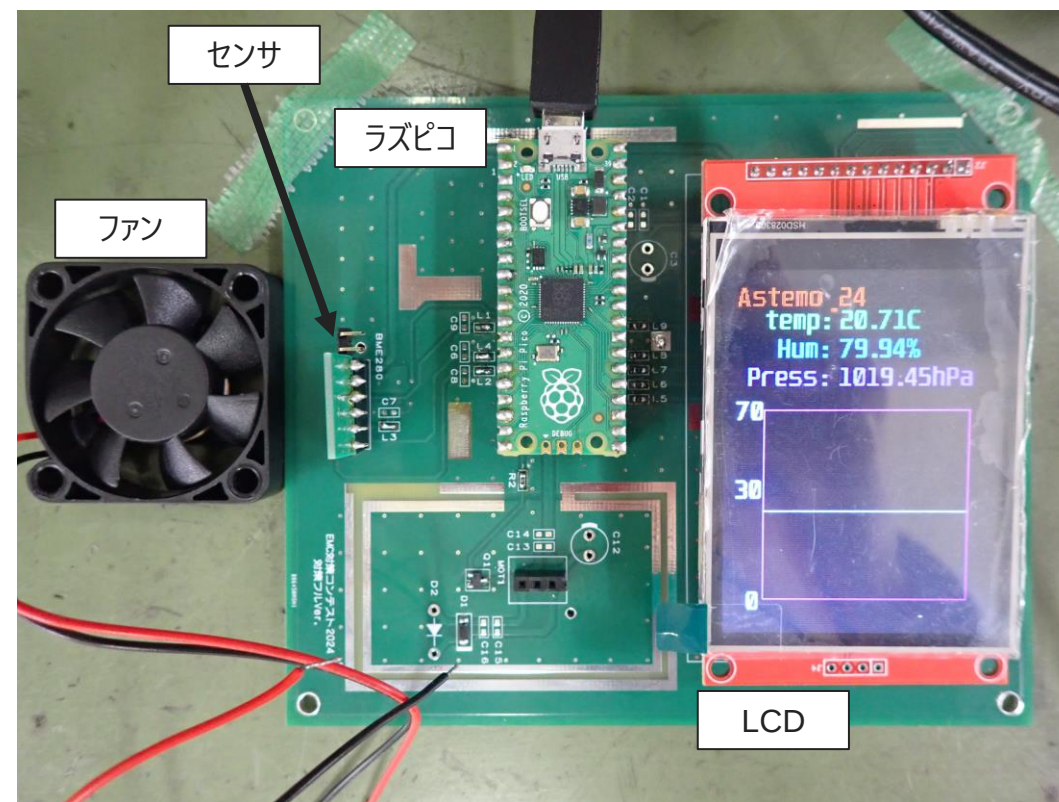
ウェアラブル送風機、室温均一化用のサーキュレータ等

【主な部材】

- ・ マイコン : Raspberry Pi Pico (ラズピコ)
- ・ 温湿センサ : BME280モジュール
- ・ ファン : OD4010-05HSS
- ・ LCD : HSD028309



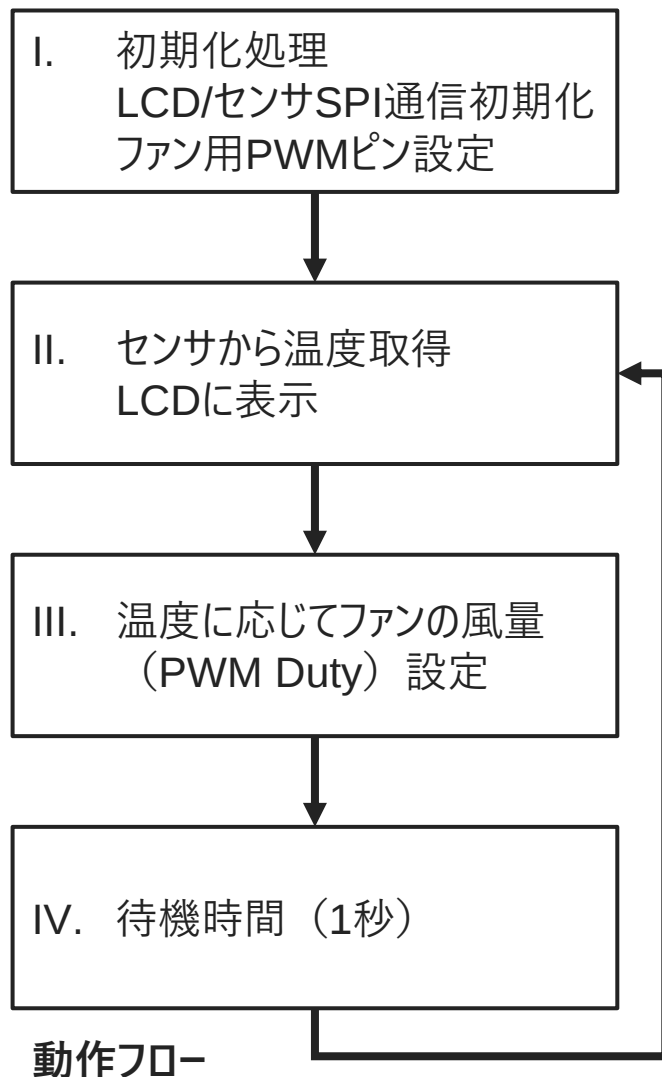
製作物の構成



製作物

1.3 想定動作

作品の動作フローチャートならびに、Raspberry Pi Picoでの動作プログラムを示す。



初期設定 (I)

```
from machine import Pin, SPI, PWM
from xglcd_font import XglcdFont
import ili9341
import time
from bme280_spi import BME280
import math

times = 0

# DCDCコンバータをPWM動作させる
Pin(23, Pin.OUT, value=1)

# SPI設定 (ILI9341ディスプレイ用)
spi_display = SPI(0, baudrate=5120000, sck=Pin(18), mosi=Pin(19))
display = ili9341.Display(spi_display, dc=Pin(20), cs=Pin(22), rst=Pin(21))
font = XglcdFont("Unispace12x24.py", 12, 24)

# SPI設定 (BME280センサー用)
spi_sensor = SPI(1, baudrate=1000000, sck=Pin(10), mosi=Pin(11), miso=Pin(8))
cs = Pin(9, Pin.OUT, value=1)

# モーターピン設定
mot_pin = PWM(Pin(14, Pin.OUT, value=0))
mot_pin.freq(1000)
```

動作プログラム

動作処理 (II ~ IV)

```
while True:
    # BME280からデータを読み取る
    bme = BME280(spi=spi_sensor, cs=cs)
    temp, press, hum = bme.values

    # BME280からデータを読み取る (単位抜きデータ)
    temp_N = bme.read_compensated_data()[0]/100
    press_N = bme.read_compensated_data()[1]/25600
    hum_N = bme.read_compensated_data()[2]/1024

    # 背景色 (黒)
    background_color = ili9341.color565(0, 0, 0)

    # 温度だけ小数点2桁になってなくて表示が23.0CCになっちゃうのでFormat
    temp = f"{temp_N:.2f}C"

    # 温度、湿度、気圧をILI9341ディスプレイに表示
    display.draw_text(100, 30, temp, font, ili9341.color565(96, 255, 128))
    display.draw_text(100, 55, hum, font, ili9341.color565(80, 208, 255))
    display.draw_text(100, 80, press, font, ili9341.color565(160, 32, 255))

    # 温度プロットをILI9341ディスプレイに表示
    display.draw_rectangle(times+36,121,1,168, ili9341.color565(0, 0, 0))
    display.draw_hline(times+35,math.floor(temp_N)*-2 + 250, 5, ili9341.color565(255, 255, 255))
    if times < 174:
        times = times + 1
    else:
        times = 0

    # 温度が閾値を超えたらモータを回す
    if temp_N > 20:
        mot_pin.duty_u16(int(0.8*65536))
    else:
        mot_pin.duty_u16(int(0*65536))
    time.sleep(1)
```

1.4 構成から想定されるノイズ

作品中の主な周期要素から、作品に適用するノイズ対策を検討

【主な周期要素】

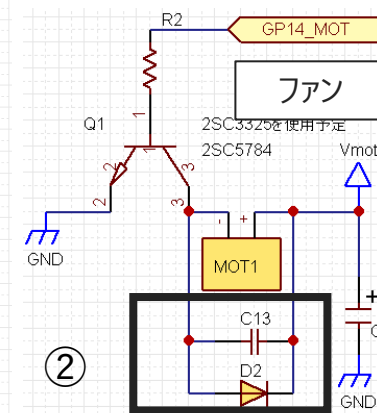
- Raspberry Pi Pico
マイコン動作周波数 : 125 MHz
水晶動作周波数 : 12 MHz
- LCDモジュール(ディスプレイ)
SPI通信速度 : 50 MHz
- 温湿センサ
SPI通信速度 : 1 MHz
- モータ動作

作品中の対策箇所 / 対策案

	対策箇所	対策案
①	ラズピコ-LCD間 SPI通信線からノイズ	• フェライトビーズの挿入
②	ラズピコ-ファン間 ファンの動作ノイズ	• パスコンの設置 • モータ並列コンデンサ • AGNDの分離
③	ラズピコ-センサ間 SPI通信線からノイズ	• フェライトビーズの挿入 • フィルタ追加
④	電源-GND間	• パスコンの追加
⑤	その他	• 配線のツイスト処理

Astemo
Mobility Beyond

- ① ラズピコ-LCD間
- ② ラズピコ-ファン間
- ③ ラズピコ-センサ間
- ④ 電源-GND間



回路図

Contents

1. 作品について
- 2. 無対策品の測定結果**
3. ノイズの分析と対策内容
4. 対策結果
5. まとめ

2.1 測定仕様

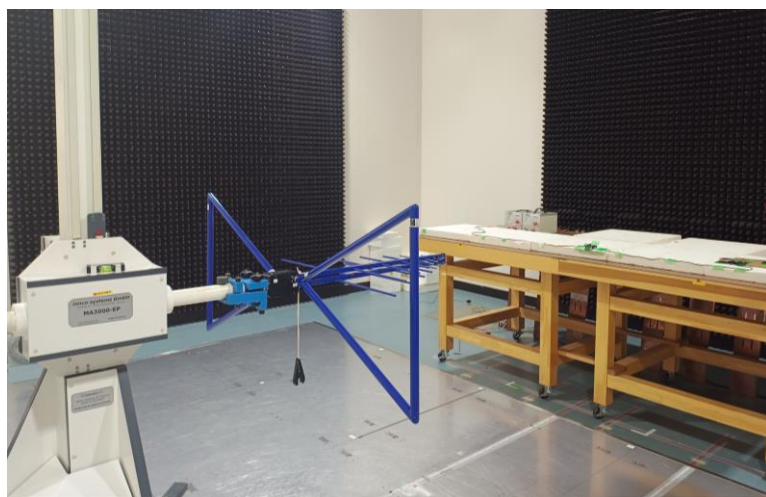
ADOX福岡様の車載機器用電波暗室にて、CISPR25にならった測定を実施

【測定時の仕様】

- アンテナ種類 : バイログアンテナ
- アンテナ高さ : 1 m
- 測定周波数 : 30～1000 MHz
- 測定方法 : MaxHold
- 配置 : 右記

【測定時の動作】

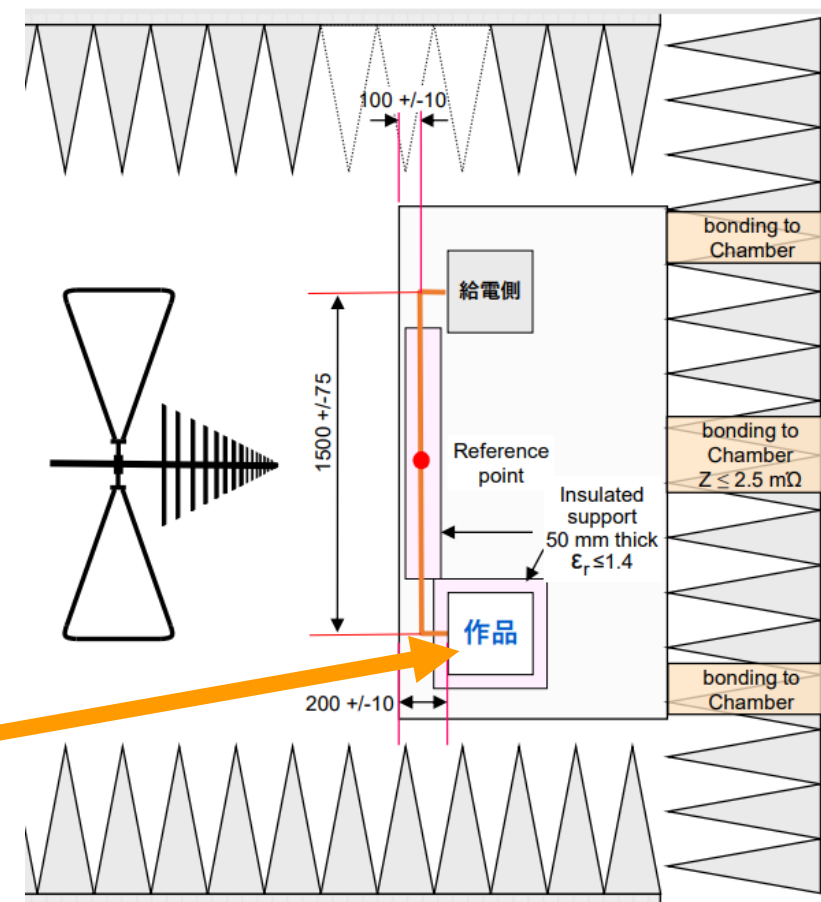
- 温度閾値を低くし、ファン風量がPWM 1kHz 80%で連続動作するように設定



暗室の様子



測定時の基板配置



暗室内セッティング

2.2 無対策品の測定結果 / 対策箇所の検討

無対策品とファン無し品の測定結果から対策内容を確認した。

【無対策品の測定結果】

175 MHz & 250 MHz 周辺および 300~700 MHz での基準値超えを確認

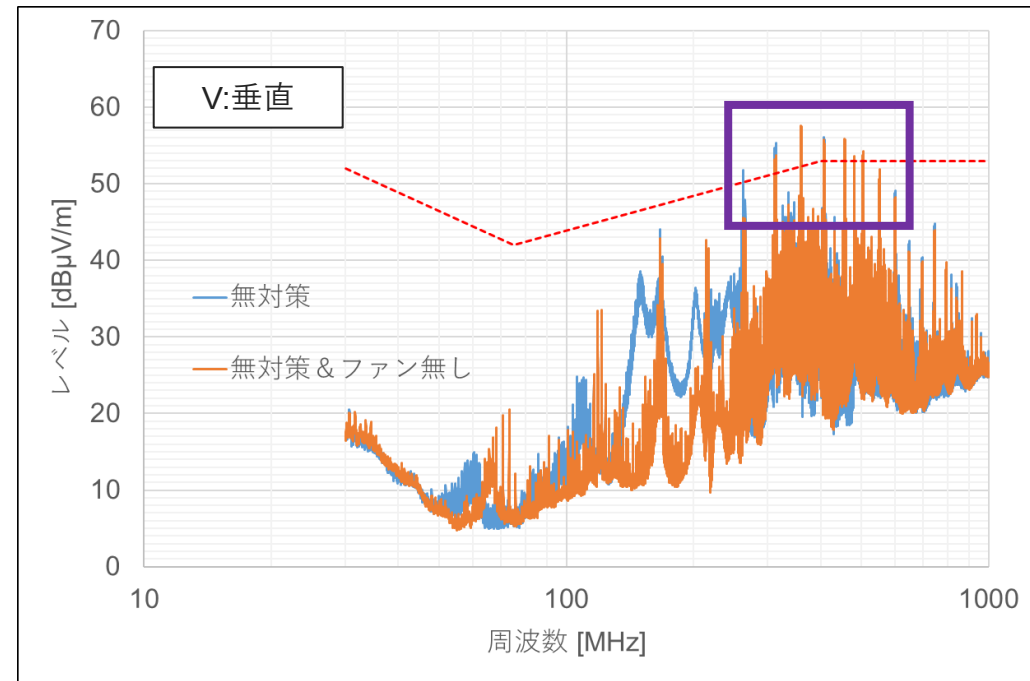
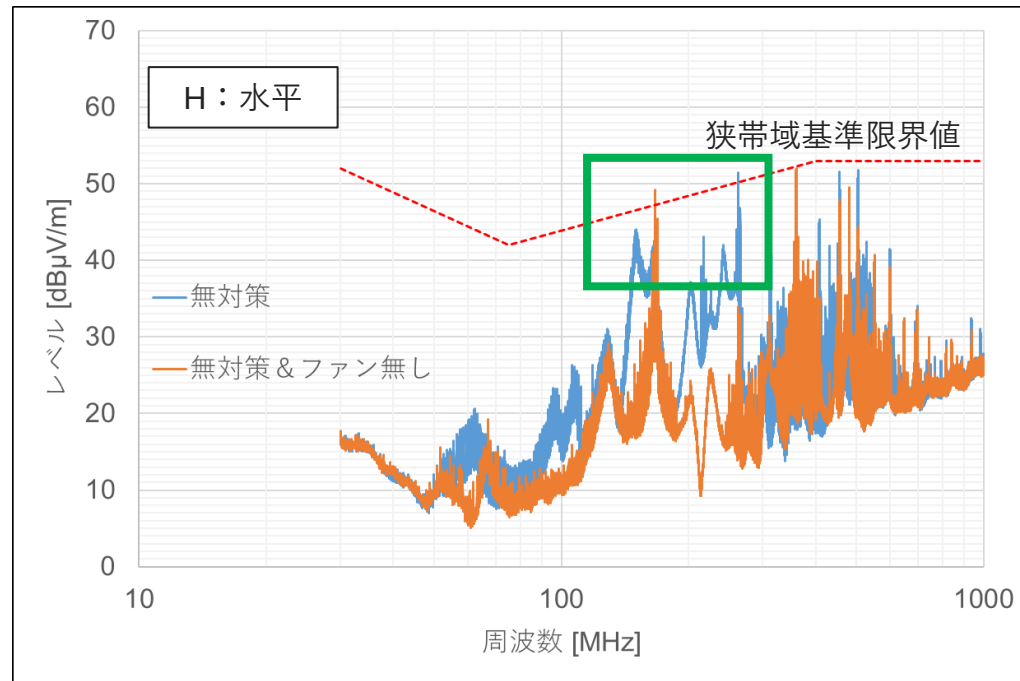
【ファン構成の有無から推測したノイズ源】

- 150 / 200 / 240 MHz : ファン構成/動作由来と推測
- 300~700 MHz : 50 MHz 間隔から LCD 通信周波数由来と推測

基準値

周波数 [MHz]	30	75	400	1000
狭帯域基準限界値 [dB μ V/m]	52	42	53	53

※ 参照：ECE R10.05 ESA
測定時の設定となっていたことから検討の指標とした。



Contents

- 1. 作品について
- 2. 無対策品の測定結果
- 3. ノイズの分析と対策内容**
- 4. 対策結果
- 5. まとめ

3.1 ノイズ発生メカニズムへの考察

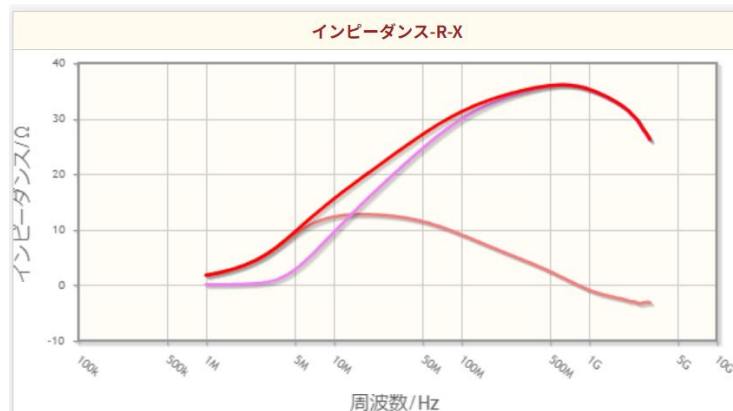
無対策品の測定結果からメカニズムおよび対策を考察する。

【ファン】

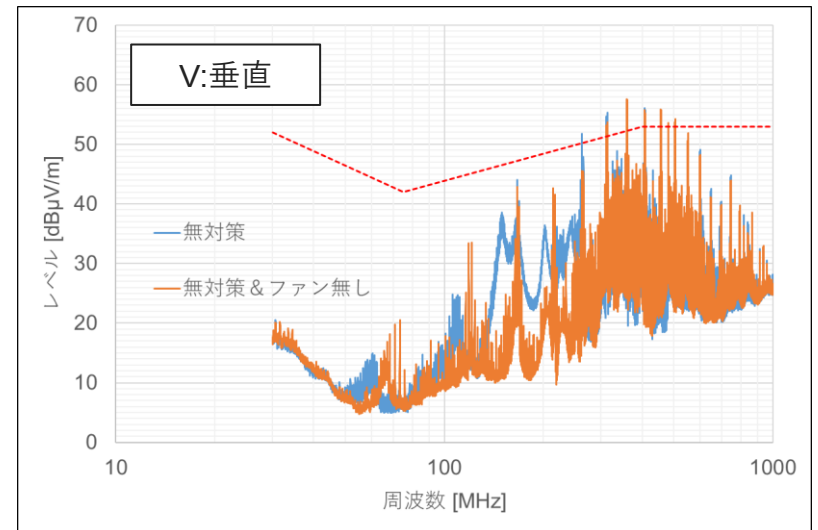
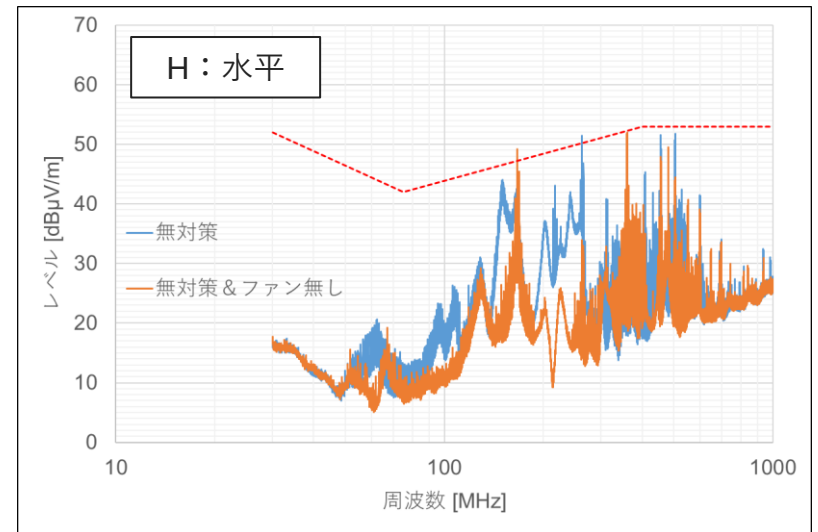
- 周波数 : 150～300 MHz（青と橙の差異）
- 原因 : 線長30 cmのファン配線がアンテナ化したと推測
250 MHz の1/4波長は30 cm
- 対策 : 配線にのらないようにパスコンでGNDに逃がす。

【LCD】

- 周波数 : 300～700 MHz（50MHz間隔の狭帯域ノイズ）
- 原因 : 信号線が12 cmと長いことで、信号が反射しリンギング
信号線がアンテナ化したと推測
600 MHz の1/4波長は12.5 cm
- 対策 : フェライトビーズでリンギングを抑制



LCD通信線に付けるフェライトビーズの周波数特性



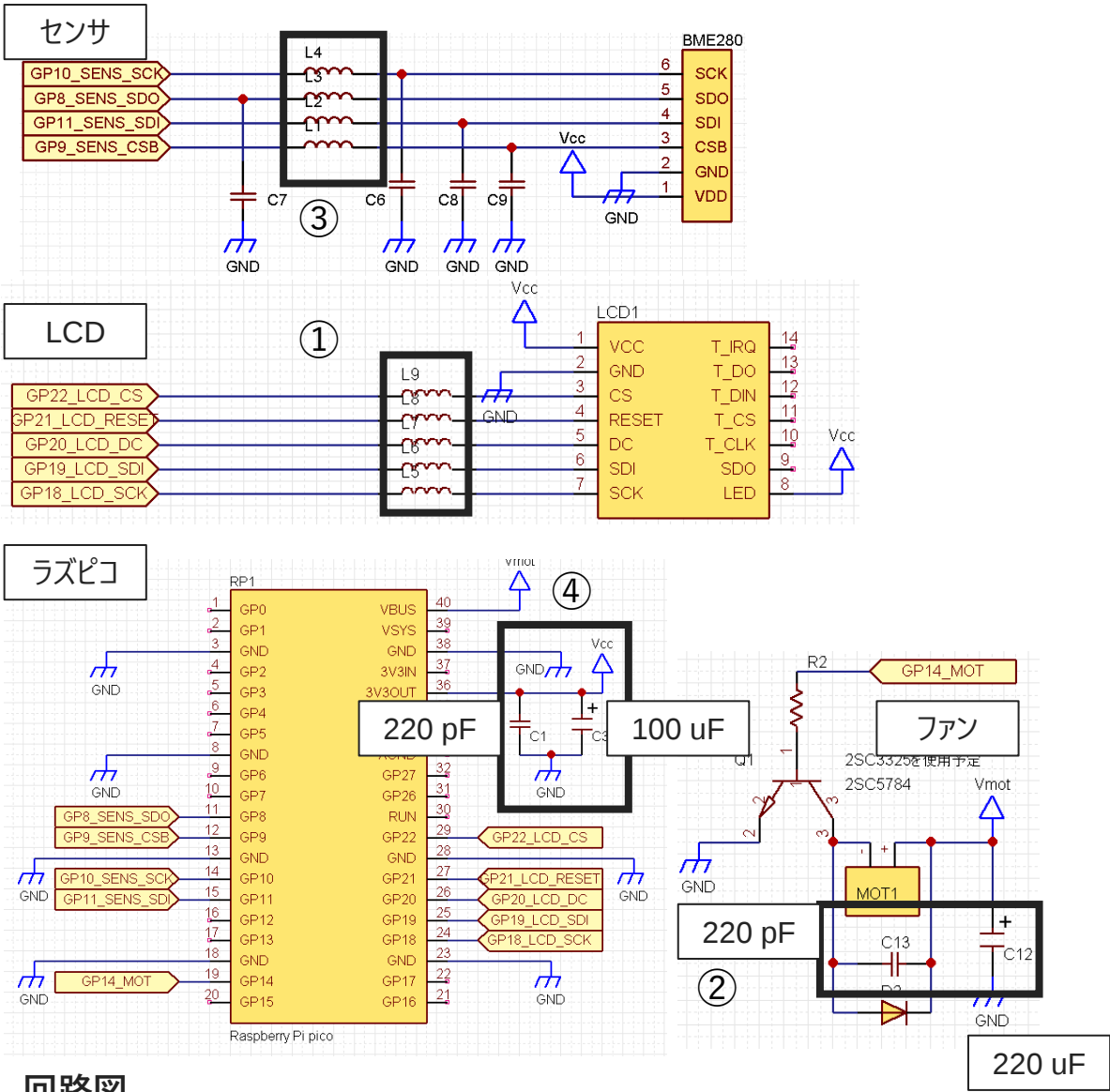
3.2 対策内容

前ページの検討に基づき、基板に対策部品を実装した。
下表の想定対策をベースに3つの対策パターンを報告する。

- 1. 想定対策（設計段階で想定した①～④すべての対策）
- 2. 想定対策 + LCD通信線 C追加
- 3. 想定対策 + LCD通信線 C追加 + 3.3 V電解コンデンサ削除

設計段階で想定していた対策

	ノイズ源	対策	ねらい
①	LCD	フェライトビーズ	300～700MHz 50 MHz間隔の高調波
②	ファン	PN間コンデンサ パスコン	100～300 MHz付近の ノイズレベル低減
③	センサ	フェライトビーズ	50～80MHz 1 MHz間隔の高調波
④	3.3 V 電源ライン	チップパスコン 電解パスコン	電源インピーダンス低減

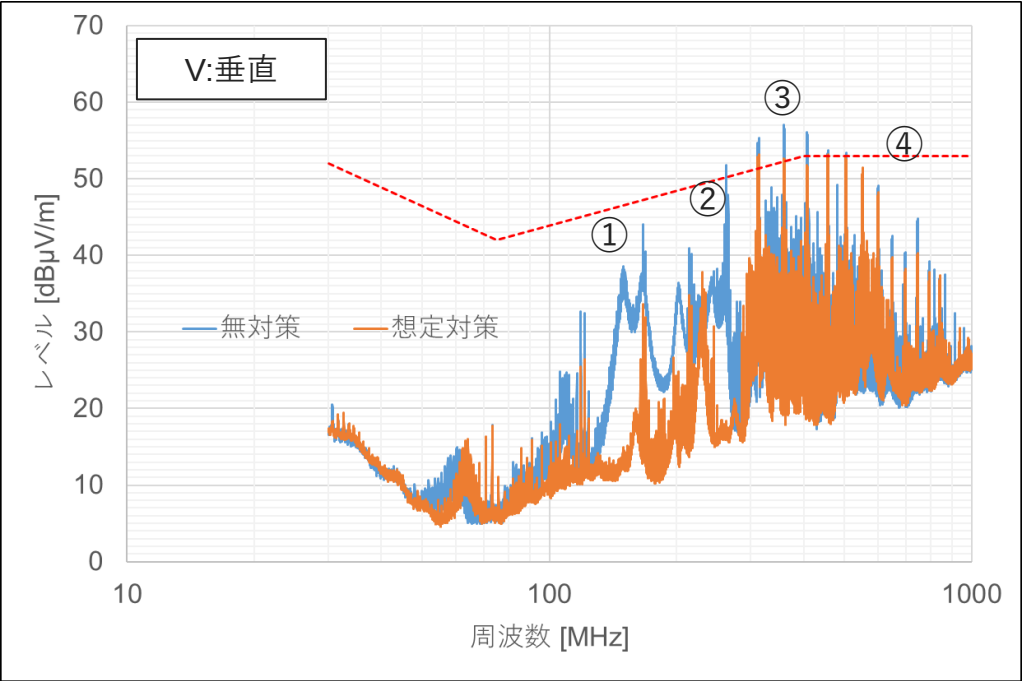
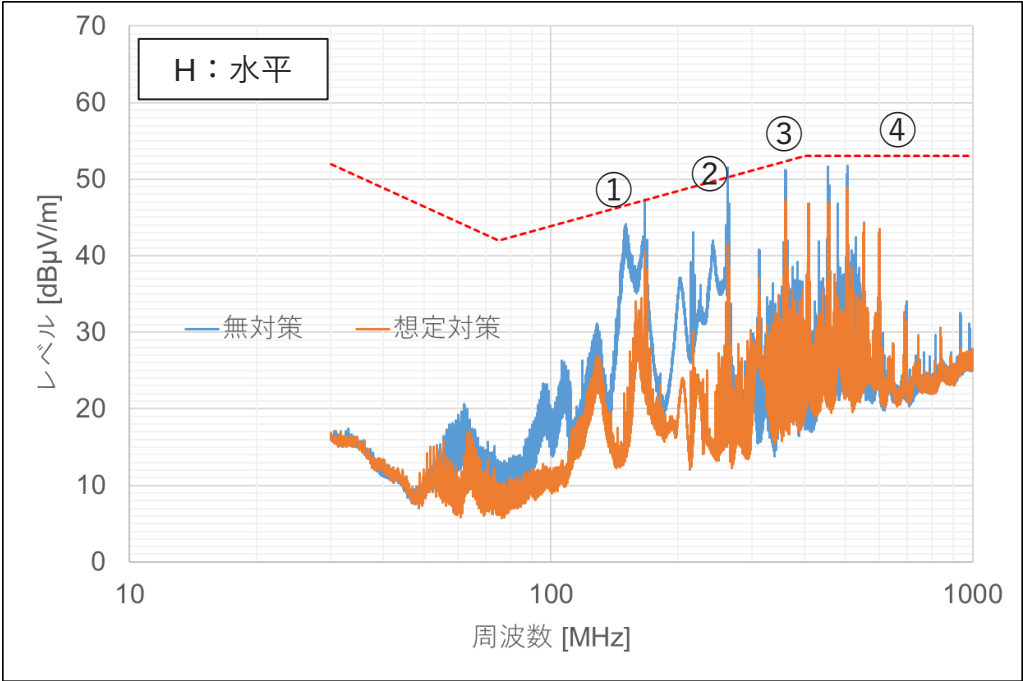


回路図

Contents

1. 作品について
2. 無対策品の測定結果
3. ノイズの分析と対策内容
- 4. 対策品での測定結果**
5. まとめ

4.1 対策結果（1. 設計段階での想定対策）



対策費用

部品	価格
220 pF ×2	¥12
100 uF 220 uF	¥20
フェライト ビーズ	¥52
合計	¥84

比較地点		① : 151 MHz		② : 242 MHz		③ : 361 MHz		④ : 505 MHz	
		H	V	H	V	H	V	H	V
測定結果 [dBμV/m]	無対策	44	38	42	35	51	56	52	53
	想定対策	20	20	18	18	47	53	49	52
効果 [dB]		-24	-18	-24	-27	-4	-3	-3	-1

対策効果

- ファン端子付近への対策によって
151 MHzでの低減を確認
- 50 MHz間隔ノイズは低減されたものの、
クライテリアオーバーあり
→ **50 MHz間隔ノイズの追加対策が必要**

4.2 追加対策の検討

LCD通信線由来と推測される50 MHz間隔のノイズ対策を検討

【ノイズ放射原因の推測】

- 配線が12 cmと長いことで、信号が反射しリンギングが発生
- フェライトビーズの場合リンギングが収束後も立ち上がり時間が早く、高調波が残り、配線長でアンテナが形成され放射

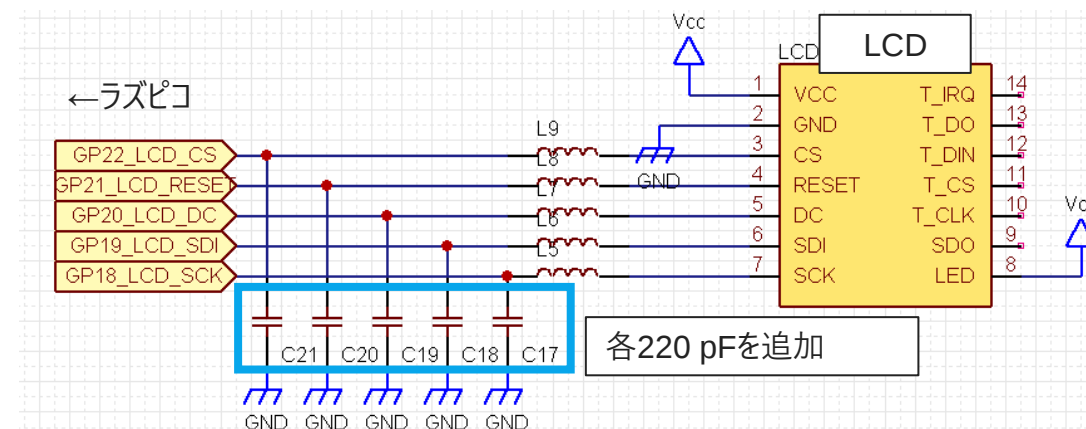
【対策】

- LCD通信線のラズピコ端子直下にチップコンデンサを配置
波形をなまらせ、立ち上がり時間の抑制を図る。

【部品選定】

- カットオフ周波数が100 MHz以上になる静電容量かつ1 GHz以上で自己共振周波数をもつコンデンサを選定

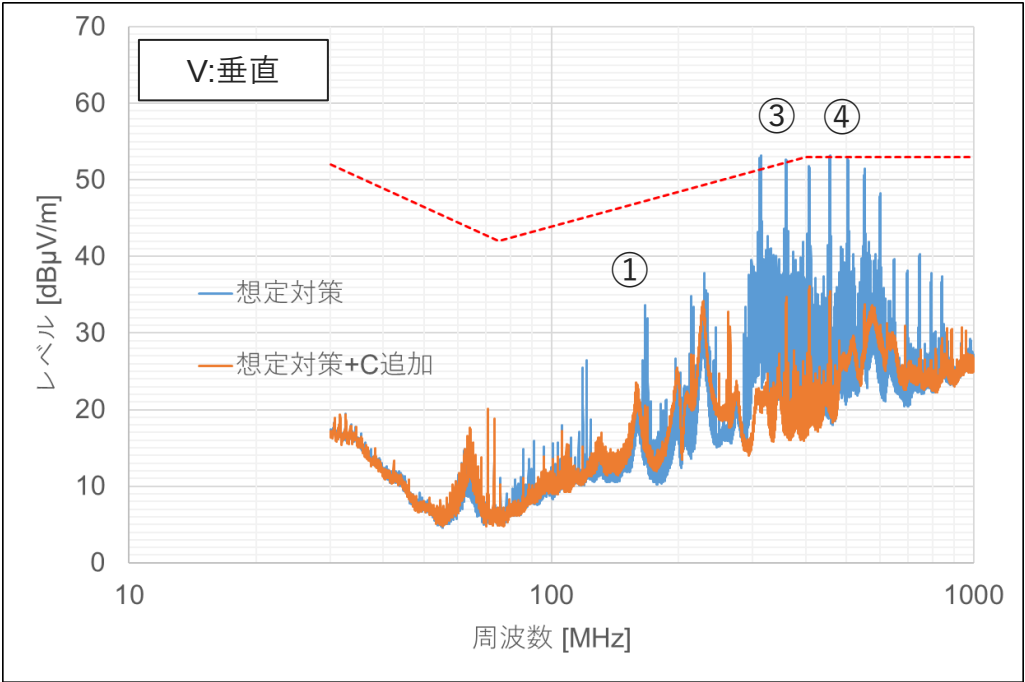
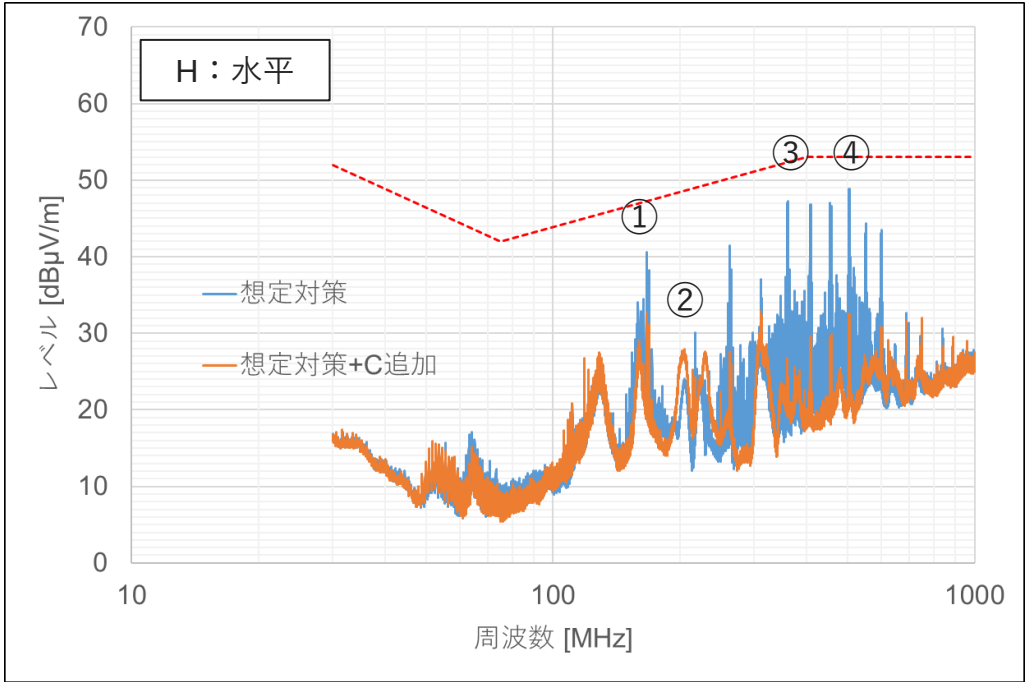
パターンの寄生インダクタンス5~20 nH程度に対し、220 pFの追加でカットオフ周波数76~152 MHzを想定した。



基板裏面のラズピコGND端子を
銅テープで拡張し部品追加

チップコンデンサ取り付け箇所

4.3 対策結果（2. 追加対策）



対策費用

部品	価格
220pF ×7	¥42
100uF 220uF	¥20
フェライト ビーズ	¥52
合計	¥114

比較地点		① : 166 MHz		② : 205 MHz		③ : 358 MHz		④ : 505 MHz	
		H	V	H	V	H	V	H	V
測定結果 [dBμV/m]	想定対策	41	34	24		47	53	49	52
	C追加	32	23	28		27	34	32	27
効果 [dB]		-9	-11	(+4)		-20	-19	-17	-25

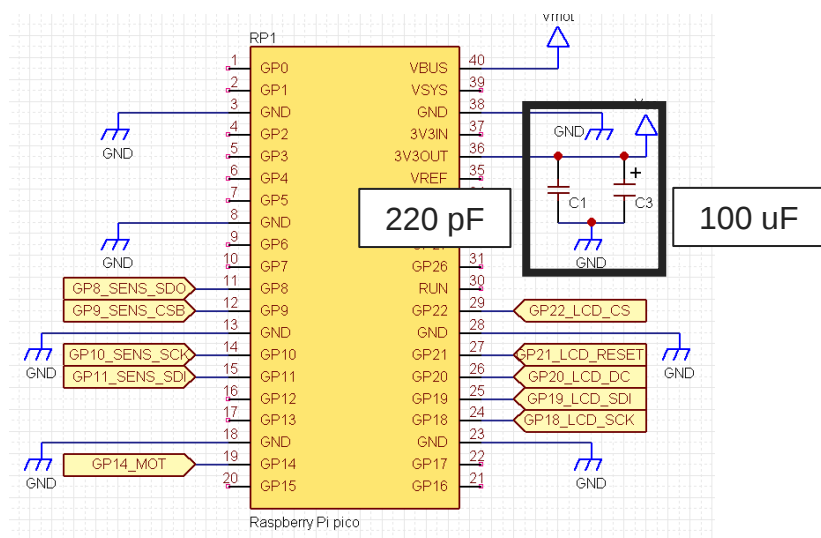
対策効果

- ラズパイ-LCD間へのチップコンデンサ追加で300～700 MHz帯のノイズ低減効果大
- チップコンデンサ5個の追加にて¥30コスト増→コスト削減を検討

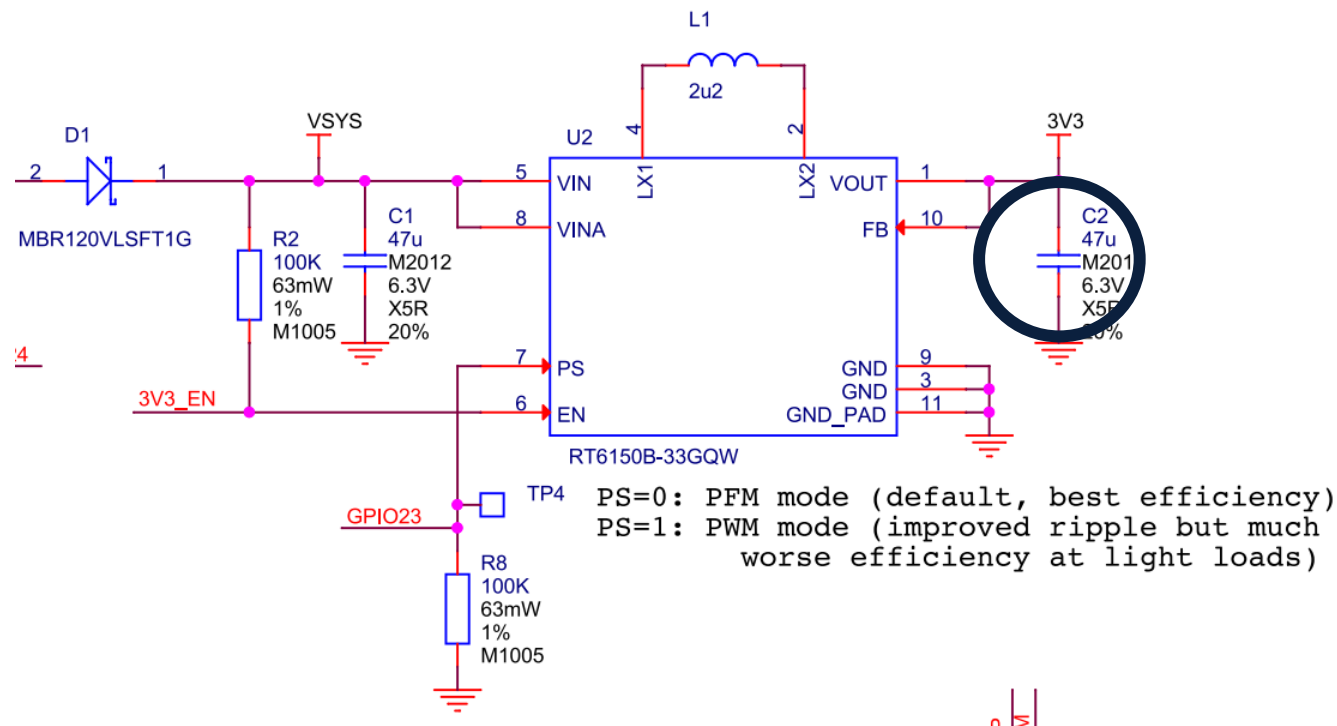
4.4 コスト削減の検討

【コスト削減案】

- 3.3 V電源ラインの100 μ Fの電解コンデンサの削除
ラズパイ本体に47 μ Fのパスコンが既に実装されており、設計基板上に実装した100 μ Fの対策効果は小さいと推測

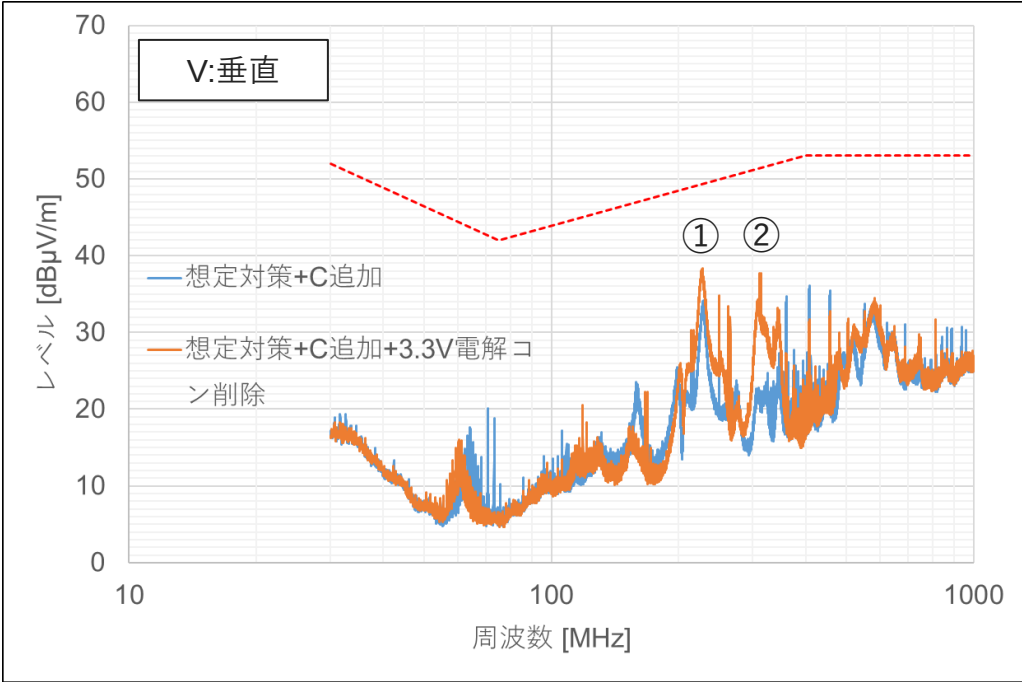
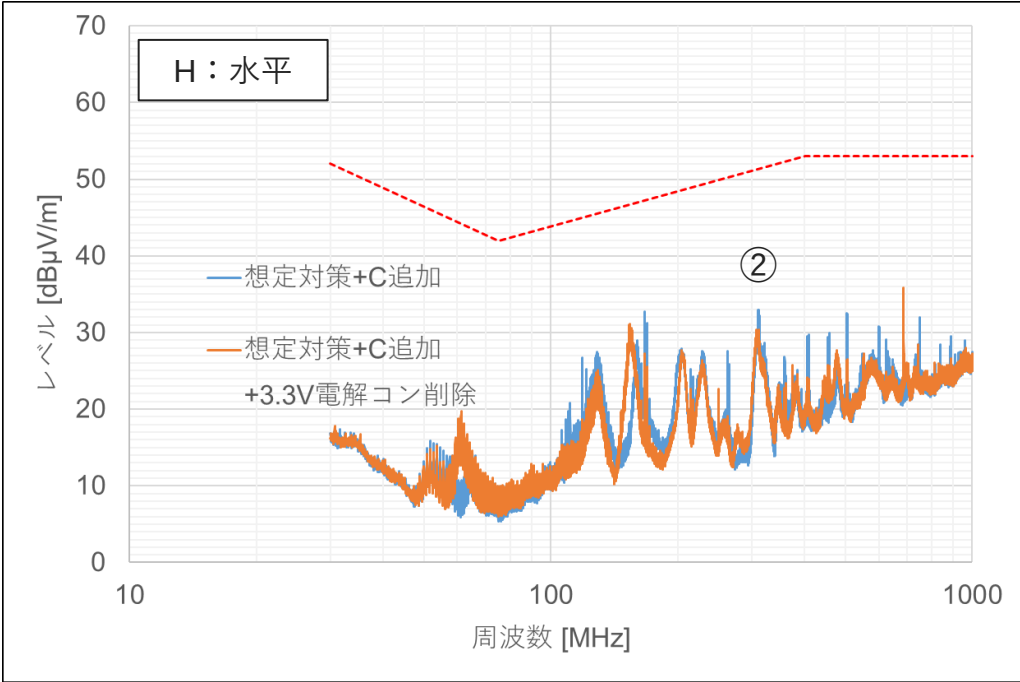


本作品ラズパイ周辺の回路図



Raspberry Pi Pico本体のDCDCコンバータの回路図

4.5 対策結果（3. コスト検討）



対策費用

部品	価格
220 pF ×7	¥42
220 uF	¥10
フェライト ビーズ	¥52
合計	¥104

比較地点		① : 226 MHz		② : 313 MHz	
		H	V	H	V
測定結果 [dBμV/m]	C追加		34	32	23
	電解コン削除		38	29	34
効果 [dB]			(+4)	-3	(+11)

対策効果

- 垂直313 MHzで約11 dB悪化が見えるが、クライテリアに対して余裕あり。
（電解コンデンサを削減したほうが水平結果は良い）
- ピンヘッドを通る電流が増えたためか

→p.14で提示した対策案2（¥114）から¥10のコスト削減

Contents

1. 作品について
2. 無対策品の測定結果
3. ノイズの分析と対策内容
4. 対策結果
5. まとめ

5 まとめ

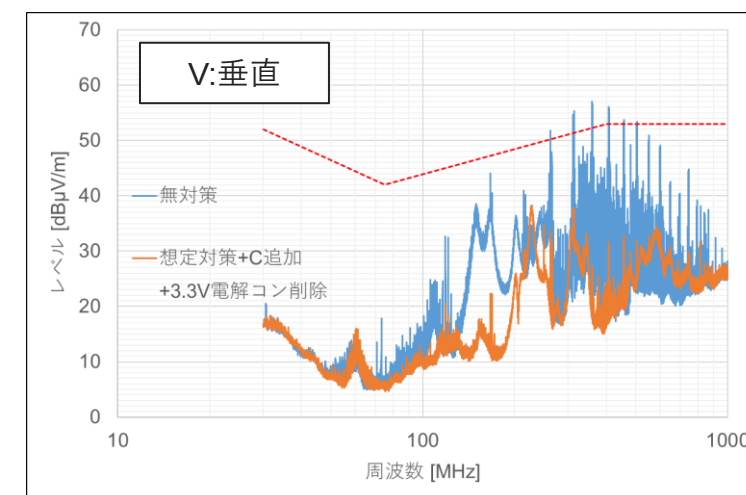
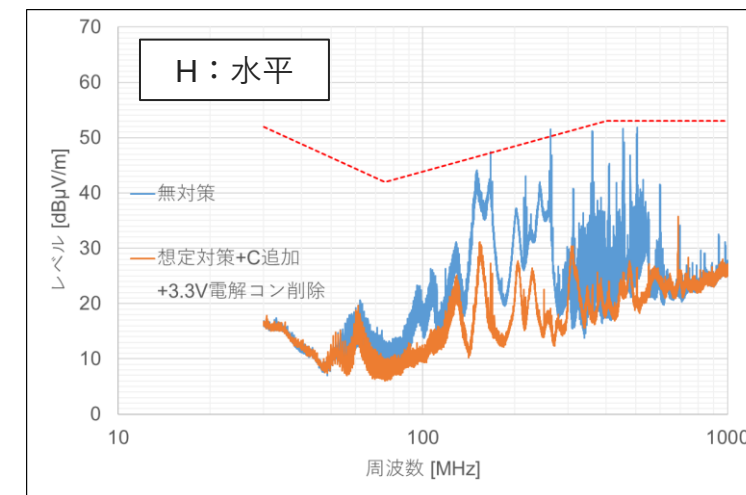
【結論】

温湿センサとマイコンにてファン動作が自動制御される構成を検討した。
放射ノイズについての対策を実施し、対策3にて最大25 dB低減する設計を実現した。
あわせて、各測定から効果が見込まれた対策および費用を以下にまとめる。

	対策箇所	対策内容	費用	対策効果
①	LCD 通信線	・ フェライトビーズ ・ C追加	¥20 ¥30	300～700 MHzで25 dB低減
②	ファン動作ノイズ	・ 電解パスコン ・ PN間コンデンサ	¥10 ¥ 6	150～300 MHzで15 dB低減
③	センサ 通信線	・ フェライトビーズ	¥32	50～80 MHzで4 dB低減
④	3.3 V電源ライン	・ チップパスコン ・ (電解パスコン)	¥ 6 ¥10	垂直200～400 MHzで11 dB低減

【今後の課題】

- 対策コストの追求
別測定から以下の部品はノイズ対策効果が小さいことを確認済み。
フェライトビーズ / 3.3 Vチップパスコン / ファンPN間コンデンサ
- 部品追加に頼らない対策検討（部品配置や線長等、プログラム等）



対策3でのノイズ低減効果

Astemo

Mobility Beyond