

光学式PPGセンサーの 外光除去技術

SFH7074の3フォトダイオード差動計測方式

PROJECT: BloodFlowSignal

PPG信号への影響

光学式PPGセンサーは微弱な反射光変化を検出しますが、環境光（外光）は信号より数桁大きい場合があります。

外光の成分

- ⚠ 太陽光: 可視光 + 強力な赤外線
- ⚠ 蛍光灯: 可視光 + フリッカー（点滅）
- ⚠ LED照明: 可視光 + 赤外線混合

従来対策の限界

単純なIRカットフィルターでは、外光に含まれる可視光成分を除去できず、LED ON-OFF方式では高速な体動に追従できない場合があります。

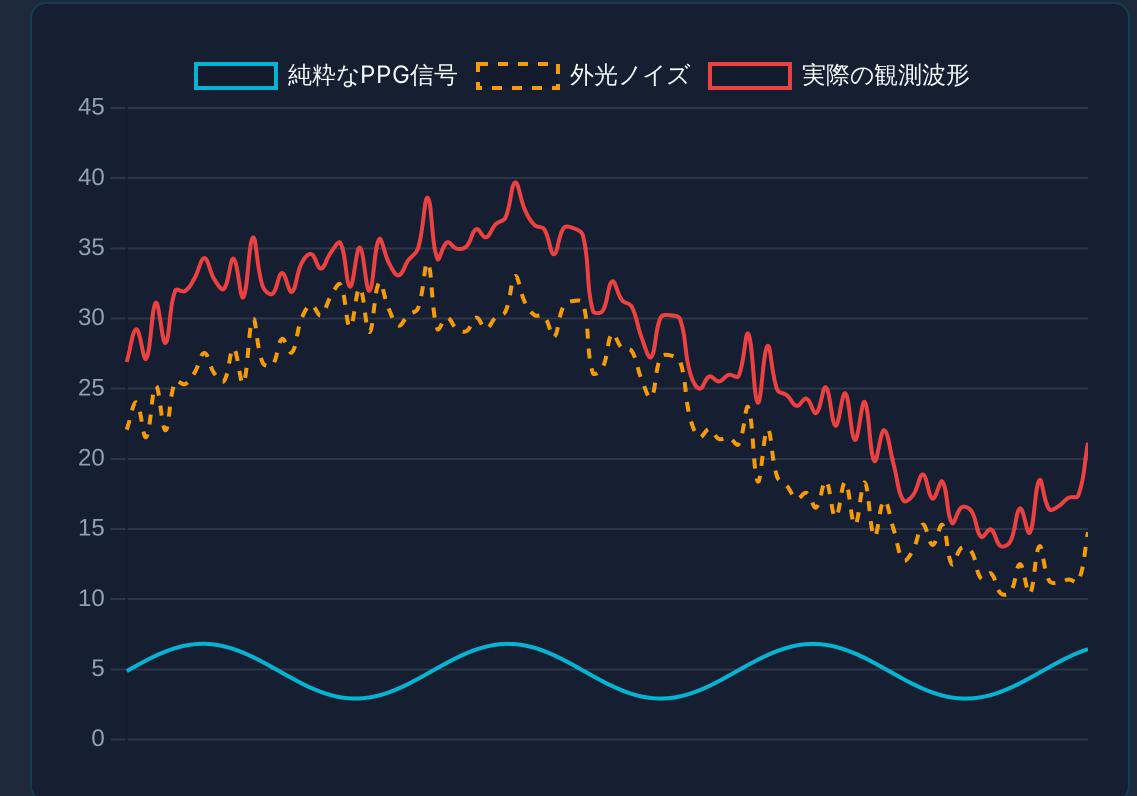
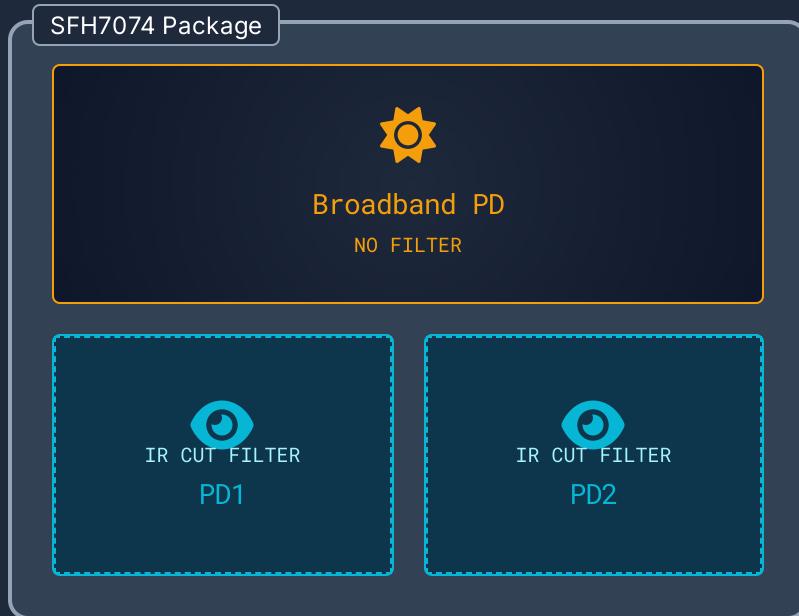


図1: 外光ノイズによるPPG信号の埋没



※ 概念図：実際のチップ配置とは異なる場合があります

Broadband Photodiode

広帯域

感度波長: 400 ~ 1100 nm

特徴: 可視光 + 赤外線の両方を検出

IR-Cut Photodiode (PD1 & PD2)

可視光のみ

感度波長: 400 ~ 660 nm

特徴: 赤外線をカット、可視光のみ検出

3つのLEDエミッター

- Green (530nm)
- Red (660nm)
- IR (940nm)

外光除去の原理

04 / 10



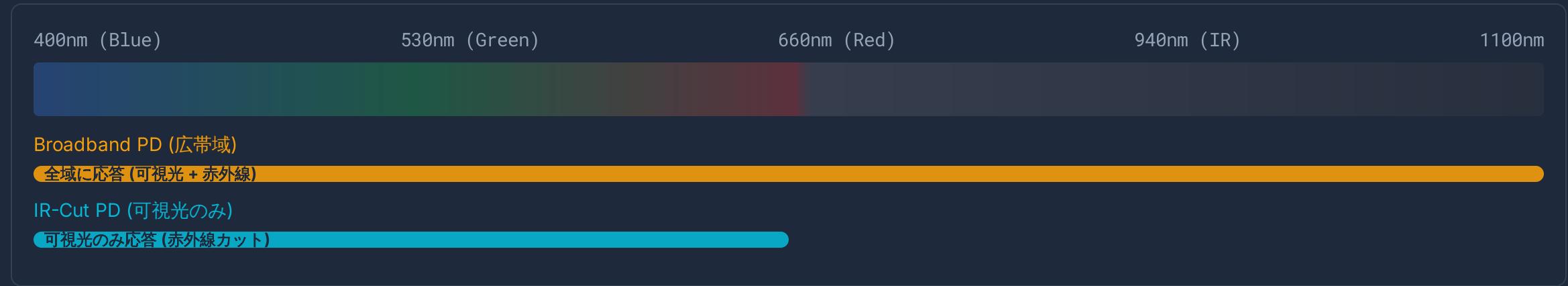
差動計測によるノイズ分離

Broadband PDとIR-Cut PDの差分を取ることで、外光に含まれる赤外線成分のみを抽出できます。

太陽光や白熱電球など、強力な赤外線を含む外光ノイズの強度を正確に把握し、信号処理によって除去することが可能になります。

波長感度特性の比較

05 / 10



光源（波長）	Broadband PD	IR-Cut PD	役割・結果
緑色 LED (530 nm)	✓ 応答	✓ 応答	PPG信号 (メイン)
赤色 LED (655 nm)	✓ 応答	✓ 応答	PPG信号 / SpO2
赤外 LED (940 nm)	✓ 応答	✗ カット	外光検出用リファレンス
太陽光 (可視光成分)	✓ 応答	✓ 応答	同相ノイズ (差分で低減可)
太陽光 (赤外線成分)	✓ 応答	✗ カット	外光除去の鍵 (差分で抽出)

※ IR-Cut PDは赤外線を感じないため、Broadband PDとの差分を取ることで「外光に含まれる赤外線量」を特定できます。



STEP 1: 複数LED駆動

緑(530nm)・赤(660nm)・IR(940nm)を制御。
外光検出用にIR LEDも駆動パターンに含める。



STEP 2: 同期サンプリング

LED点灯時に3つのPD (Broadband, PD1, PD2) から同時に値を取得。

Freq: 125Hz (8ms)



STEP 3: デジタル演算 (外光除去)

Broadband PDとIR-Cut PDの差分から外光成分を算出・除去。

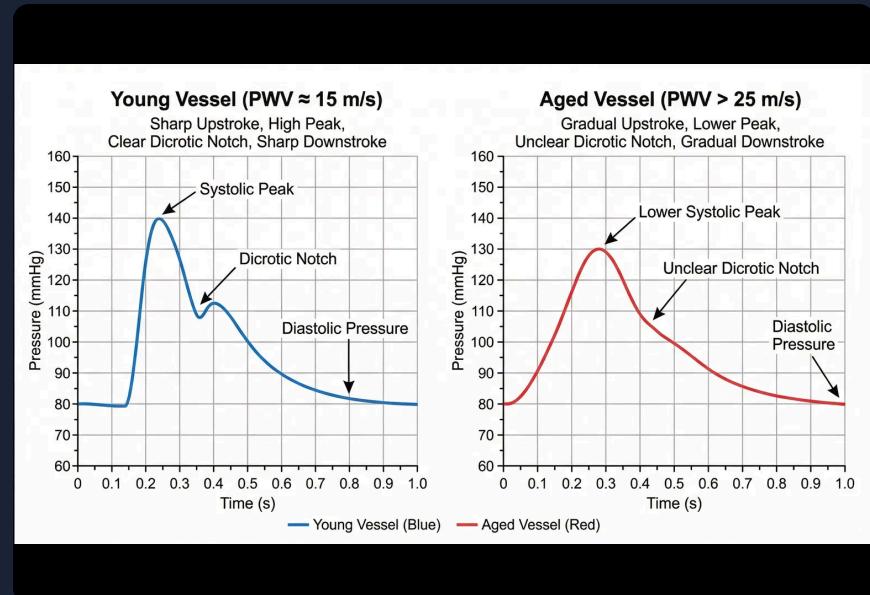
Noise = BB - IR_Cut



STEP 4: フィルタリング

HPF(0.5Hz)でDC除去、LPF(5Hz)でノイズ低減。

✓ 処理結果

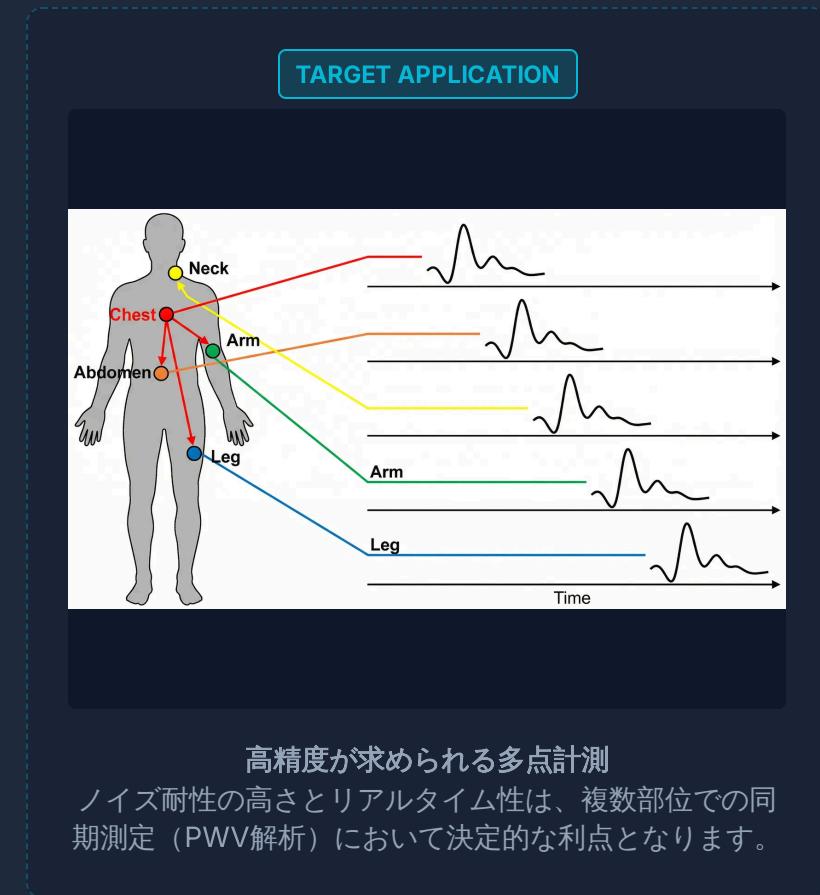


外光ノイズを除去することで、
血管硬化度 (PWV) 解析に耐えうる
高精細な波形を取得可能

従来方式との比較

07 / 10

比較項目	LED ON-OFF方式	SFH7074 差動計測方式
外光除去原理	時間的差分 (ON時 - OFF時)	波長特性の差分 (Broadband - IR Cut)
処理遅延	⌚ あり (デジタル演算)	⚡ なし (リアルタイム)
ノイズ耐性	🛡 中程度 (高速体動に弱い)	高い (物理的に除去)
消費電力	▣ 高い (頻繁なスイッチング)	⚡ 低い (効率的駆動)
実装コスト	⌚ 低い (汎用部品で可)	coins 高い (専用モジュール)





センサー配置戦略

- 複数部位配置: 胸部、腹部、腕、脚にSFH7074を設置
- 各部位での脈波到達時間を測定し、**PWV** (脈波伝播速度) を算出
- 血管硬化度の空間的分布をマッピング



LED駆動・同期

- 全センサーで**125 Hz**の同期サンプリングを実施
- 3つのLED (緑・赤・赤外) をシーケンシャルに点灯
- 外光検出用の赤外LED駆動タイミングを最適化



信号処理アルゴリズム

- 差分演算: Broadband PD - IR-Cut PD で外光成分を抽出
- リアルタイムでベースライン変動を除去
- デジタルフィルタ (0.5-5Hz) で脈波成分のみを抽出



プロジェクトへの利点

- 高信頼性: 外光変化の激しい環境でも安定測定
- 非侵襲・安全: 光学式のため、長時間の連続モニタリングが可能
- 従来のPPDでは困難だった部位でも測定可能

実装上の注意点

09 / 10



LED電流の最適化

皮膚の色に応じて調整が必要。

推奨範囲:

10 ~ 30 mA

⚠ 過電流による発熱に注意



PDバイアス電圧

応答速度確保のため逆バイアスを印加。

推奨電圧:

VR = 5 V

Dark Current: 0.1 - 5 nA (Typ/Max)



アナログ回路設計

TIA (電流-電圧変換) のゲイン設定。

推奨ゲイン:

100 ~ 1000 V/A

※ 外光飽和を防ぐためダイナミックレンジを確保



ADC設定

LED駆動周波数(125Hz)の2倍以上でサンプリング。

サンプリングレート:

250 Hz 以上

分解能: 12 bit 以上 推奨



温度補正

Broadband PDは温度依存性あり。

温度係数:

-0.3 %/K

※ 体温変化(36-38°C)によるベースライン変動を考慮



高精度な外光除去

波長特性の差分を利用した物理的な除去により、信号品質を劇的に向上。



複数部位対応

同期測定が容易で、全身の血管ネットワーク評価に最適。



リアルタイム処理

アナログ演算に近い処理で遅延を排除し、瞬時の脈波変化を捕捉。



低消費電力

効率的なLED駆動戦略により、長時間の連続モニタリングを実現。

PROJECT RECOMMENDATION

SFH7074の採用により、**血管硬化度の空間的分布**という新しい評価指標の確立が可能になります。

これは従来のPPDの限界を超え、**次世代の血管ヘルスケア**を実現する鍵となります。