

主専攻実験第9回

信号の前処理2

- フーリエ/STF/ウェーブレット
- 周波数フィルタ



フーリエ変換の基本的な考え方

信号



一回見たので省略！

変換



短時間フーリエ変換と ウェーブレット変換

フーリエ変換：対象となる時間の間、波が定常的なこと前提
→世の中そんな信号はほとんどない．．．

「短い時間」であれば定常的な波が仮定できる
→短時間フーリエ変換

長周期の波と短周期の波を同じ窓幅で考えるのは変では？
→ウェーブレット変換
：マザーウェーブレット（特定周波数の波）との
畳み込み計算

短時間フーリエ変換と ウェーブレット変換

フーリエ変換：対象となる時間の間 波が定常的なこと前提

→世
「短
→使う上では
「時間軸ベースの信号を周波数成分に分解する方法」
とっておけばOK.

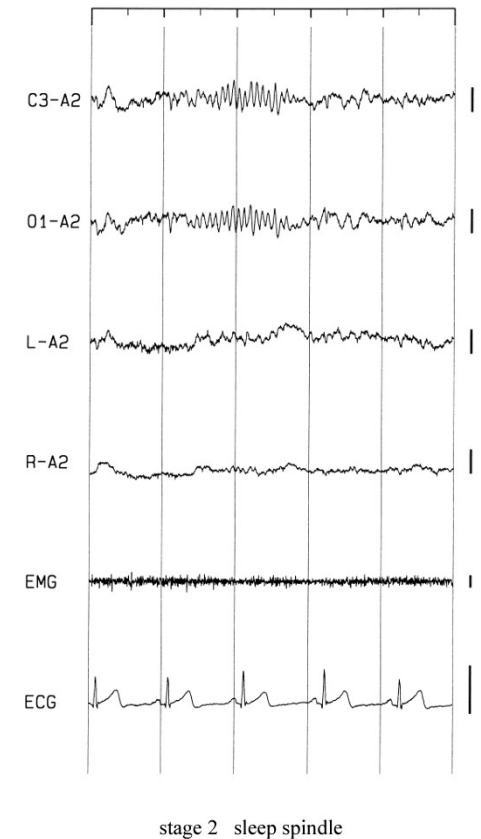
長周
→対象となる周波数範囲や計算時間の許容を踏まえて
ベストのものを選択しよう.

：マザーウェーブレット（特定周波数の波）との
畳み込み計算

睡眠特徴波と周波数特性（おさらい）

- 脳波
 - α 波 : 8-13Hz
 - δ 波 : 0.5-2Hz
 - Spindle : 11-16Hz
- 眼電位
 - 緩徐眼球運動 : 0.5Hz以下

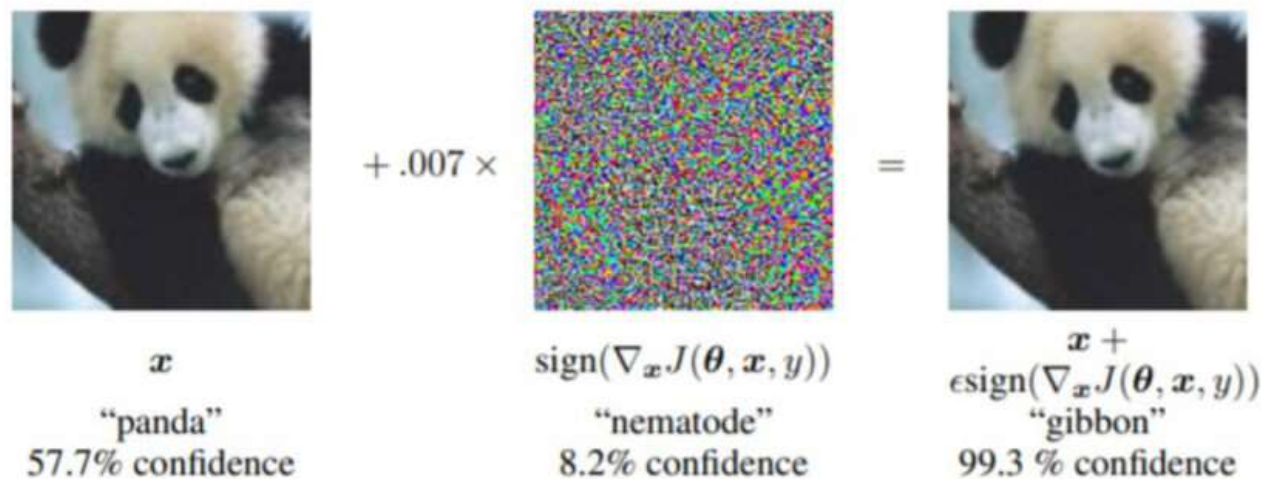
睡眠時生体信号解析においても周波数情報は重要
脳波・眼電位なら0.35-30Hz, 筋電は10-100Hzだけ
考慮すればステージ判定上は問題ない



余計な周波数成分はない方がいい？

→YES.

特に深層学習によるステージ判定の場合,
「高周波成分（というかパルス入力）」は判定精度低下に
例）Adversarial Attack



周波数フィルタをかけよう.

- ハイパス：高周波成分を通す
- ローパス：低周波成分を通す
- バンドパス：〇〇以上××以下の周波数成分を通す
- ノッチ：特定の周波数成分をカットする

などなど.

回路上でフィルタを実装するほか、
計算機上で再現して適用する「デジタルフィルタ」も

デジタル周波数フィルタ

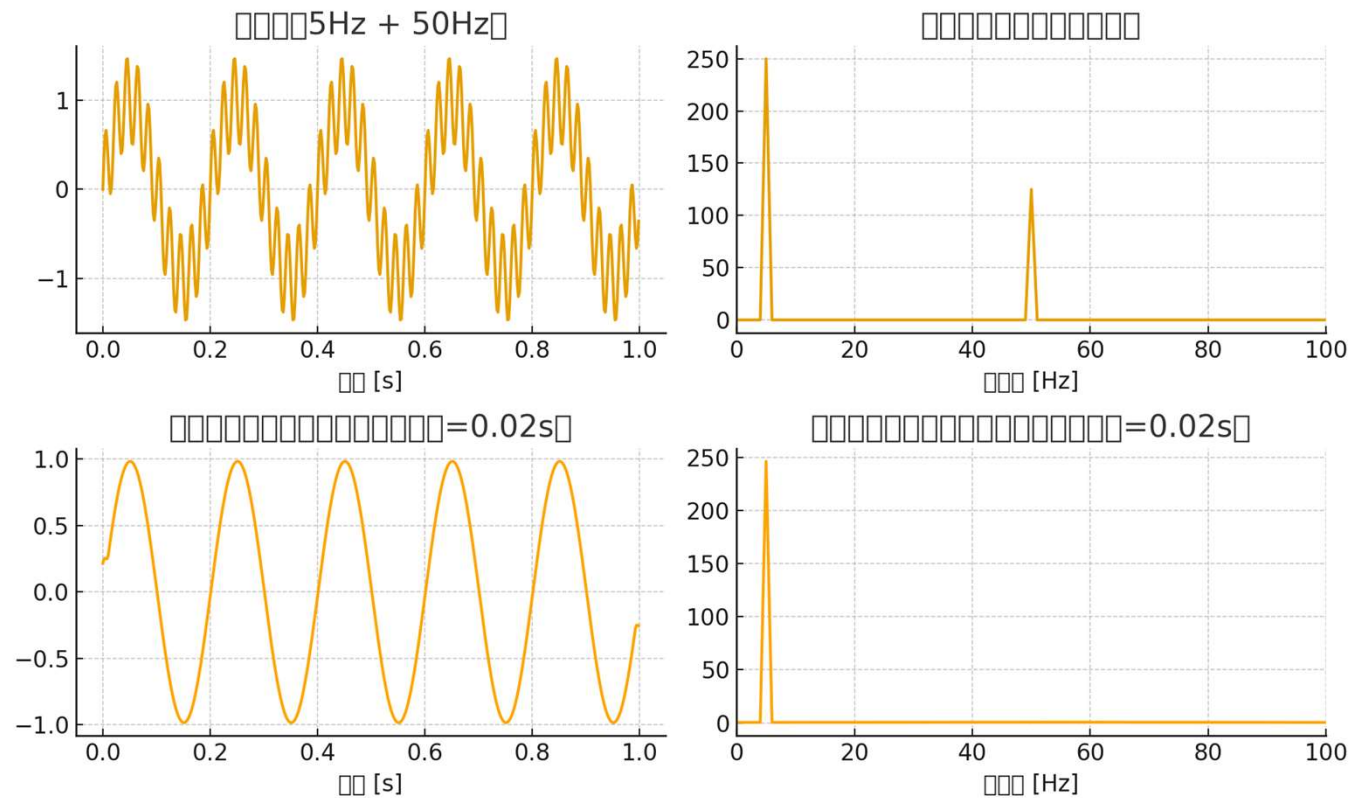
- FIRフィルタ
→「移動平均」をベースとしたフィルタたち
- IIRフィルタ
→「内部フィードバックを持つ」フィルタたち.
アナログフィルタのシミュレーションみたいなもの

の2種類が存在.

FIRフィルタ

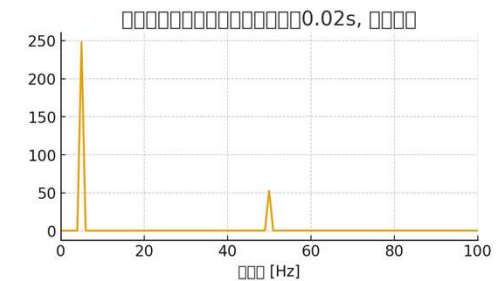
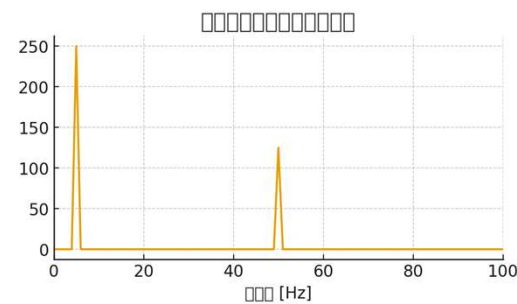
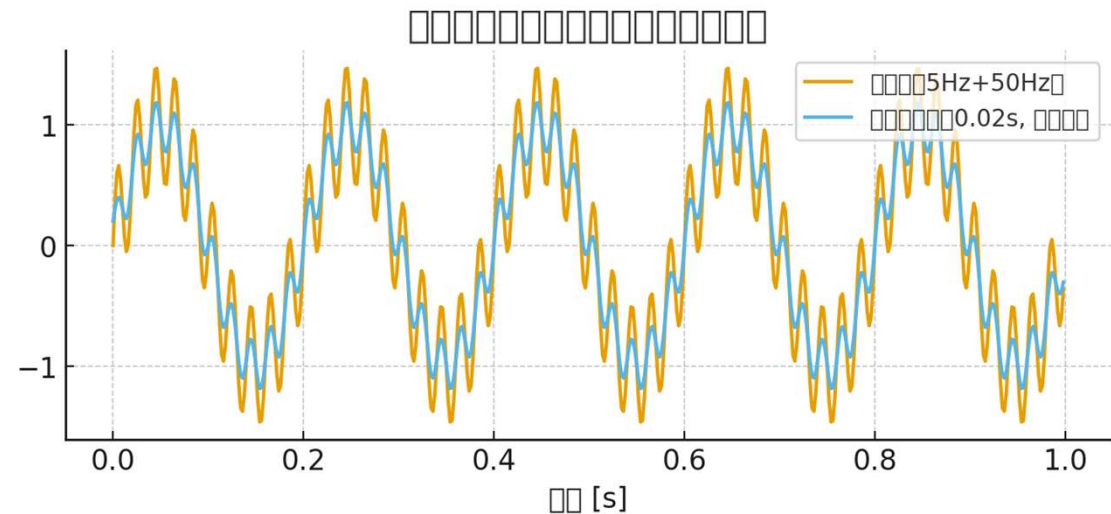
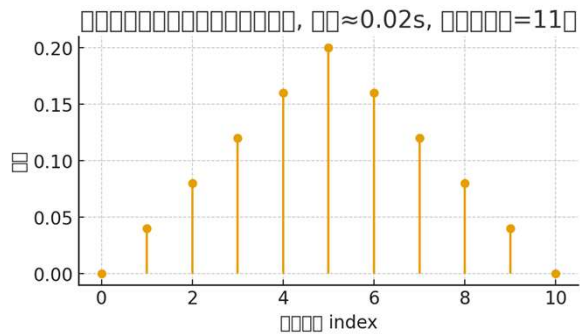
移動平均でフィルタリングができる

例)



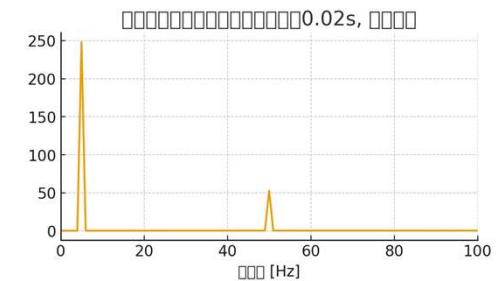
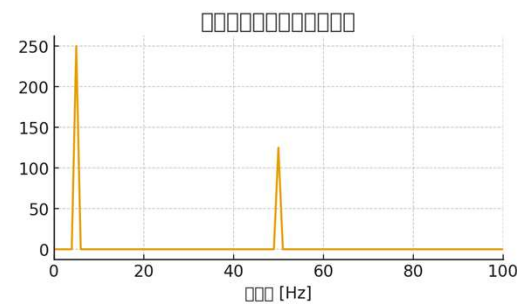
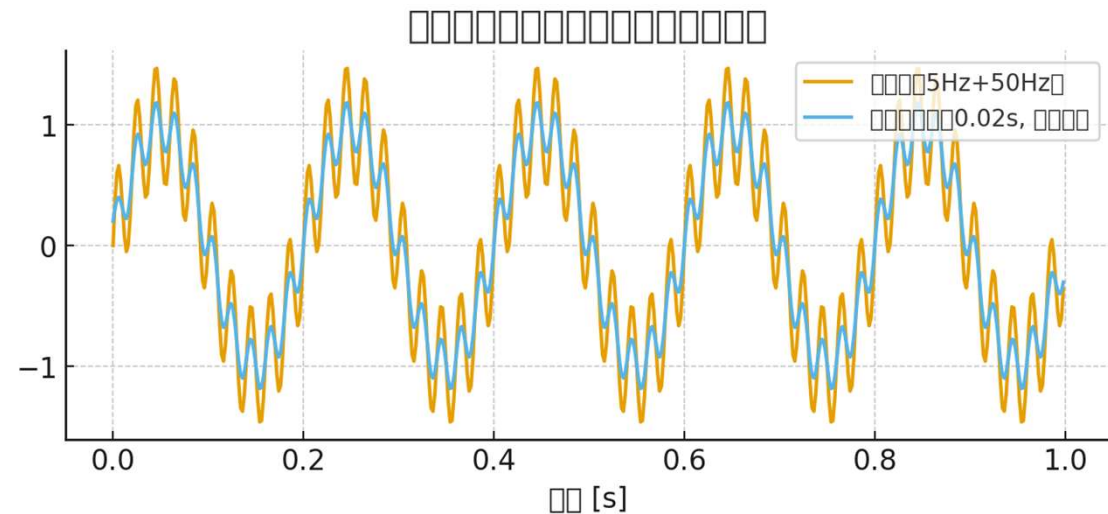
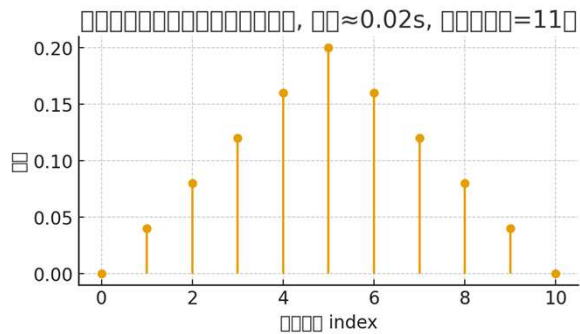
FIRフィルタ

移動「重み付き」平均にすれば，フィルタ特性を変えられる
→これがFIRフィルタ



FIRフィルタ

移動「重み付き」平均にすれば、フィルタ特性を変えられる
→これがFIRフィルタ

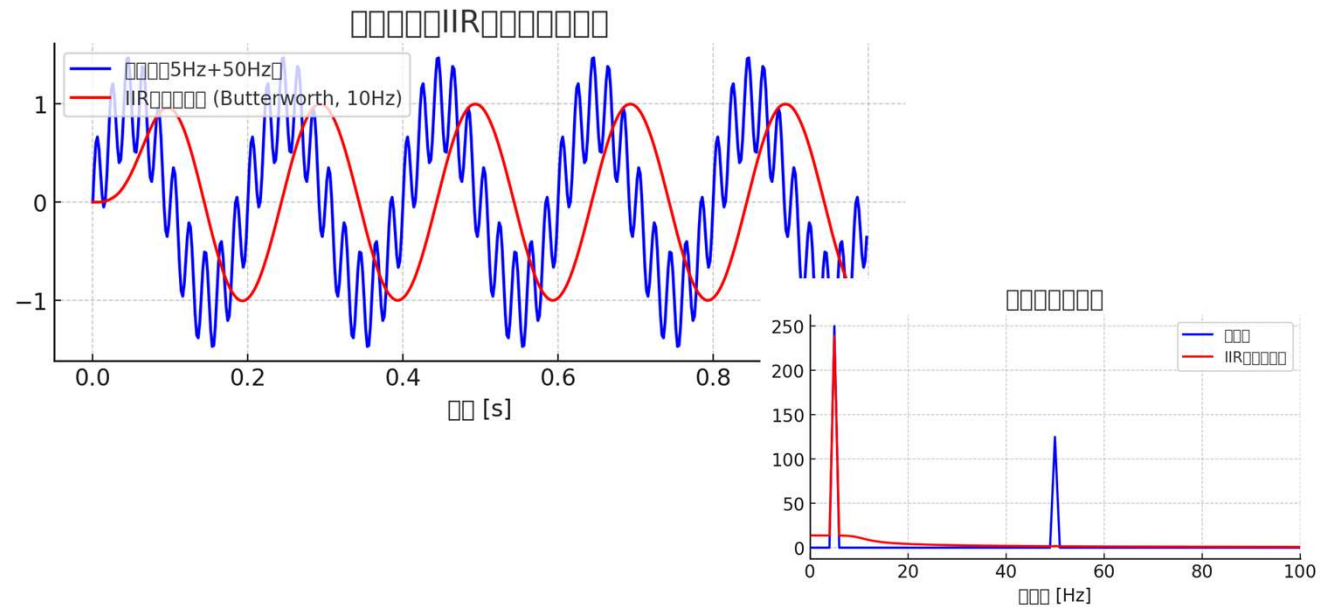
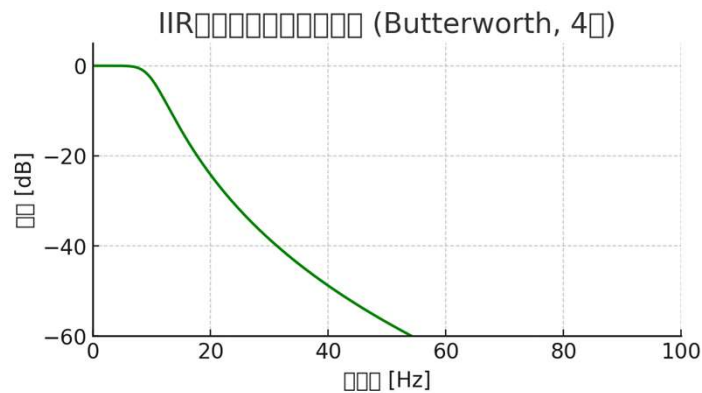


FIRフィルタ

- 👍 自由度が高い
- 👍 必ず安定する（無限発散したりしない）
- 👍 波形がゆがまない（全成分同遅延になる）
- 👎 未定係数（調整が必要なパラメータ）が多くなりがち.

IIRフィルタ

IIRフィルタは、
「内部にフィードバック（積分器）を持つ」ことで、
少ないパラメータ数で複雑な動きをさせられるフィルタ。



IIRフィルタ

👍 設定が簡単

👎 波形がゆがむ

👎 発散する可能性がある

といった問題が、
ただ、簡単なのでIIRは使いがちでもある。

フィルタの設計時に 必要なパラメータ（FIR編）

- **次数（タップ数 / 窓長）**

- 値が大きい → 遮断特性が鋭くなる（遷移帯域が狭くなる）
- 代償として計算量が増える（リアルタイム処理では遅延も増加）

- **窓関数の種類（矩形, Hamming, Hanning, Blackmanなど）**

- 矩形窓 → 遷移帯域は狭いがサイドローブ（リップル）が大きい
- Hamming/Hanning窓 → サイドローブが小さくなる代わりに遷移帯域が広がる
- Blackman窓 → サイドローブを強力に抑制できるが、遷移帯域がかなり広がる

- **カットオフ周波数**

- ローパス / ハイパス / バンドパス / バンドストップ の指定
- カットオフを下げればより多くの成分が落ちるが、目的信号も削られる可能性あり

パラメータ変更による特性の変化（FIR）

- **次数 ↑** → 遷移帯域狭く、急峻なフィルタ特性。ただし演算負荷 ↑
- **窓関数のサイドローブ抑圧能力 ↑** → 雑音抑制は良いが、遷移帯域が広がる
- **カットオフ周波数変更** → 通過帯域の範囲が変わり、対象周波数の保持/抑制が変化

フィルタの設計時に 必要なパラメータ（IIR編）

- **次数（極の数）**
 - 小さい次数でもFIRより鋭い特性を実現可能
 - 次数を上げすぎると数値安定性が悪化する
- **フィルタ形式（種類）**
 - **Butterworth**：通過帯域がフラット、滑らかな特性
 - **Chebyshev I**：通過帯域にリップルあり、遮断域は急峻
 - **Chebyshev II**：遮断域にリップルあり、通過域はフラット
 - **Elliptic (Cauer)**：通過域と遮断域の両方にリップル、最も急峻
- **カットオフ周波数（FIRと同様）**
 - 低めにするとより多くの成分を削除
 - 高めにすると通過成分が増える
- **リップル許容度（Chebyshev, Ellipticで必要）**
 - リップルを小さくすると安定な波形だが、次数が大きくなる必要になる
 - リップルを大きく許容すると次数を抑えられる

パラメータ変更による特性の変化（IIR）

- **次数↑** → より急峻な遮断が可能。ただし数値誤差や安定性に注意
- **フィルタ形式変更** → 位相特性やリップルの有無が変わる
- **カットオフ周波数** → 通過帯域が変化
- **リップル許容度** → 設計自由度を調整できる（急峻 vs なめらか）

カットオフ周波数は大事だけど、

他の情報もないとフィルタを再現できない！

ということだけは覚えておきましょう.