

デジタル信号処理 (XIV)

物理情報システム専攻
山口雅浩

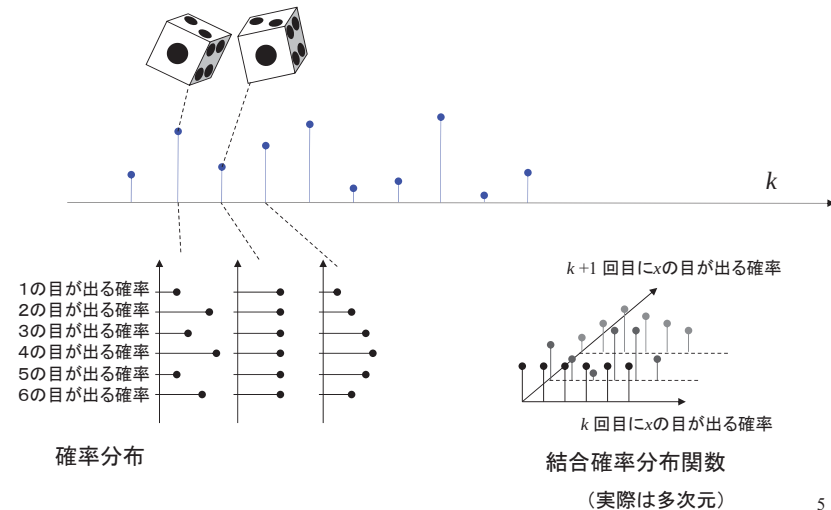
E-mail: yamaguchi.m.aa@m.titech.ac.jp

Web: <http://www-oid.ip.titech.ac.jp>

デジタルフィルタの実現／ 適応信号処理の基礎

- 確率過程としての信号の扱い
- スペクトル解析
- システム推定
- 適応信号処理
- 符号化への応用
- 音声信号処理
- 画像信号処理
- 生体信号処理
- ...

確率過程としての信号の扱い



1

5

確率的な信号

参考: 例えば
電子情報通信学会編『デジタル
信号処理の基礎』辻井重男監修,
電子情報通信学会, 5章・6章

- 例
 - ノイズ(雑音)
 - 音声、画像、波形、... 不規則信号
- 確率過程
 - 定常過程: 確率分布が時間をずらしても変わらない
 - マルコフ過程: 未来の時点の確率分布が、現時点の値で決まる
 - ガウス過程: 確率分布が正規分布(ガウス分布)に従う
- 信号を確率的に扱うことにより、
 - 雑音の数学的モデル化
 - 信号の性質(周期、特徴抽出、...)の推定
 - 適応的处理
 - システムの同定 などが可能。
- さまざまな統計量
 - 期待値 $E\{ \}$, 平均値 $E\{ x(n) \}$
 - 相関関数(自己相関関数) $R(m,n) = E\{ x(m) x(n) \}$
 - 分散 $E\{ x(n) - E\{ x(n) \} \}^2$
 - 共分散 $E\{ [x(m) - E\{ x(m) \}] [x(n) - E\{ x(n) \}] \} = R(m,n) - E\{ x(n) \}^2$
 - 定常過程: $\rightarrow R(l) = E\{ x(m) x(m-l) \}$ (相関関数は一次元関数)
 - 相互相関関数 $R_{xy}(l) = E\{ x(m) y(m-l) \}$

4

6

スペクトル解析

- 相関関数のフーリエ変換＝スペクトル密度
 - Wiener-Khinchineの公式
 - パワースペクトルともいう
 - 不規則信号のスペクトルが周波数領域上でどのように分布しているか、を示す。

スペクトル推定

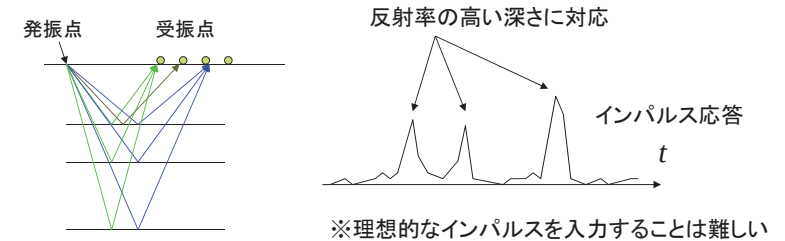
- 相関関数を推定してフーリエ変換
- 真の相関関数の直接的推定は難しい
 - 近似的推定方法
 - モデルの導入

Blackman-Tukey の方法、ARモデル(自己回帰モデル)
最大エントロピー法、etc.

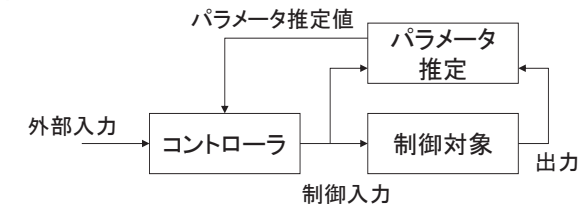
7

システム推定

地中探査



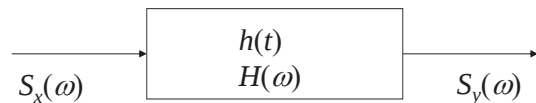
制御システム



9

システム推定

- 未知のシステム $H(\omega)$
入出力信号の統計的性質(相関関数、スペクトル密度)が得られるとき



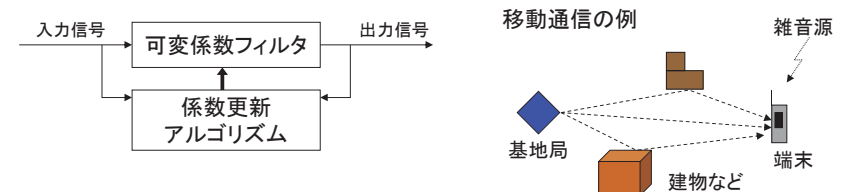
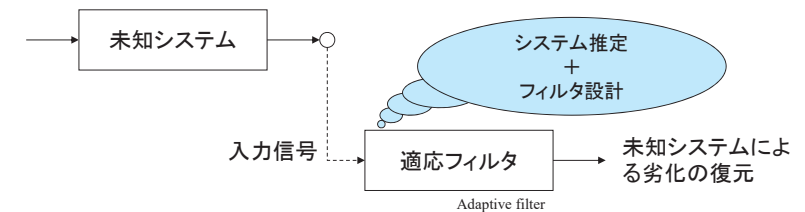
$S_y(\omega) = |H(\omega)|^2 S_x(\omega)$ より振幅特性を推定できる

- 入力 $x(n)$ と出力 $y(n)$ の相互相関関数 $R_{xy}(l)$ のフーリエ変換(相互スペクトル密度) $S_{xy}(\omega)$ を用いれば、

$$S_{xy}(\omega) = H(\omega) S_x(\omega)$$

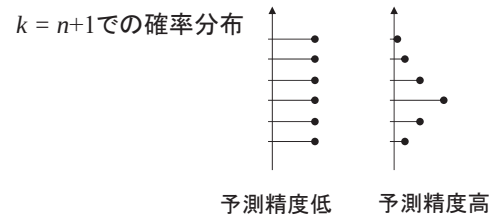
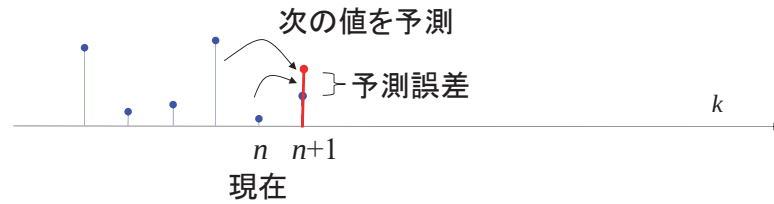
- システム推定の各種方法
線形回帰モデル、最小2乗法、最尤推定法、カルマンフィルタ

適応信号処理



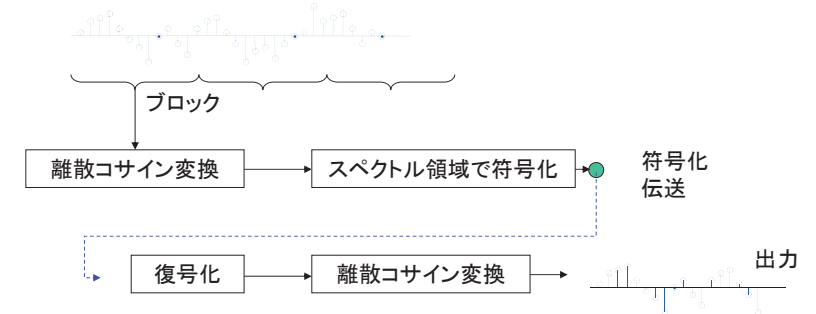
環境によってインパルス応答、ノイズなどが変化する。適応的に受信信号の質を改善。

予測

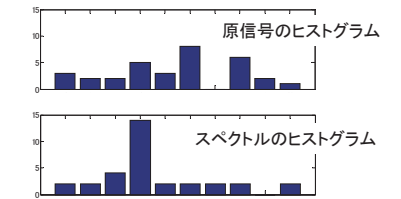
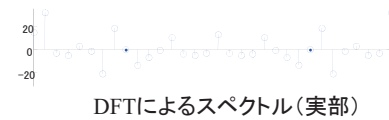


11

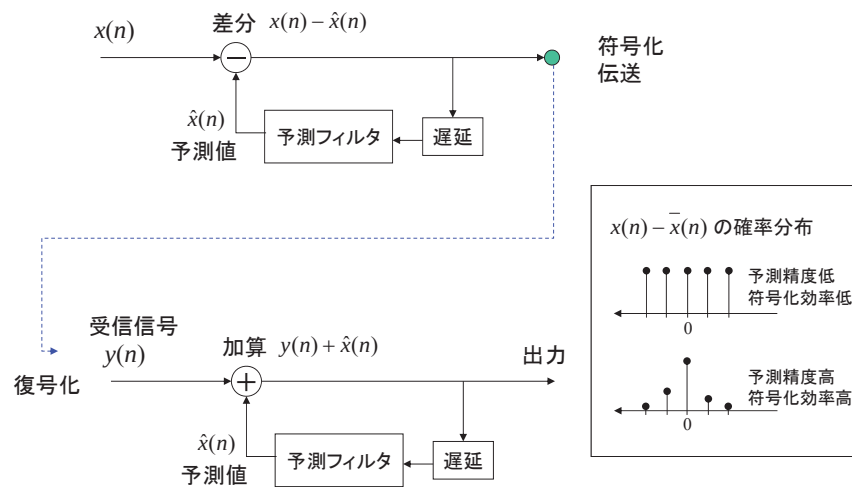
変換符号化



DCTの代わりにDFTを用いた例(実部のみ)

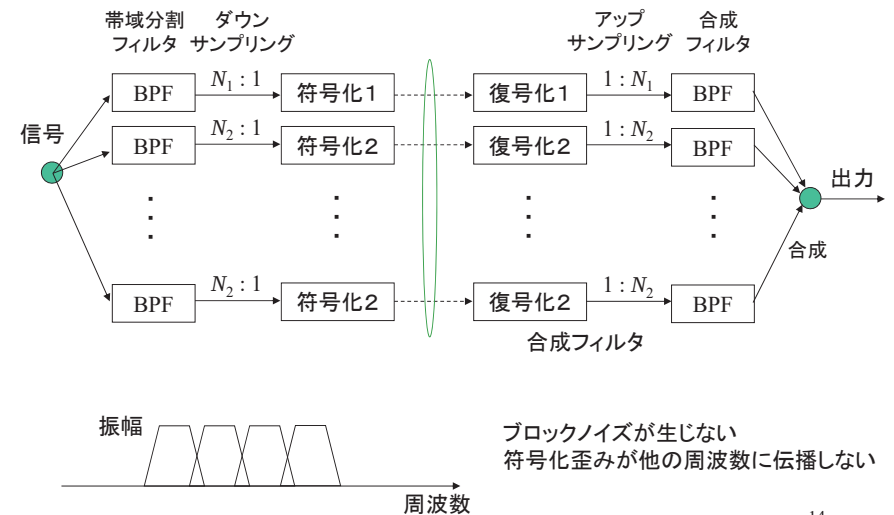


予測符号化



12

サブバンド符号化



ブロックノイズが生じない
符号化歪みが他の周波数に伝播しない

14

音声信号処理

- 音声信号の特性
 - 音声の伝送: 電話、放送
 - 入出力、処理システムの設計、評価
 - 伝送による劣化の回復
 - 符号化
- 音声分析
 - 音声の特徴を捉え、パラメータ化する
 - 基本周波数
 - 短時間自己相関関数、短時間フーリエスペクトル
 - ケプストラム分析 (短時間フーリエスペクトルを逆フーリエ変換)
 - 線形予測分析、最尤法、...
 - 音声認識、音声合成、音声の符号化

15

ディジタル信号処理: 講義内容のまとめ

- 連続時間信号
- 線形システム、線形シフト不変システム
- たたみ込み
- フーリエ変換、フーリエ変換の性質
- ディラックのデルタ関数
- 標本化、標本化信号のフーリエ変換
- 標本化定理、エイリアジング、連続時間信号の再構成
- 離散時間信号
- 離散たたみ込み
- 離散時間フーリエ変換
- 離散フーリエ変換
- 高速フーリエ変換
- z 変換
- 差分方程式
- デジタルフィルタ、デジタルフィルタの周波数特性
- FIRシステム、IIRシステム

19

画像信号処理

- 特徴
 - 2次元、3次元、動画像 (空間2次元 + 時間1次元)
 - 階調、色
 - 視覚特性との関係
- 画像処理
 - 画像復元: 画像入力時の劣化を除去するーデジタルフィルタ
 - 階調変換、ノイズ低減、エッジなどの鮮鋭化...より好ましい画質へ変換
 - 画像再構成: CT (Computed Tomography) など、変換されて撮像されたものから原物体の情報を画像処理によって再生する
 - 画像符号化: 予測処理、直交変換 (離散コサイン変換など)
 - 特徴抽出、画像認識
 - 画像生成 (CG)、画像合成
- 画像システム、映像システム
 - 入力: カメラ、スキャナー
 - 処理、伝送、記録、保存
 - 表示: ディスプレイ、印刷: プリンター

17

おわりに

- 線形システム
- フーリエ変換
- 標本化定理
- 線形時不変システム
- たたみ込み積分
- 離散フーリエ変換

の概念は、ディジタル信号処理に限らず、
様々な分野で応用が可能！

20