

## 第1節

### カルマン・フィルタの計算式に至る道筋

#### ● 誤差を取り除くフィルタ

本章では、カルマン・フィルタの動作原理について解説します。カルマン・フィルタは、「モデルから得た予測値」と「センサから得た測定値」の2つの情報をもとにして、対象の「真の値」を推定するための信号処理アルゴリズムです。このことから、カルマン・フィルタは「測定値から誤差を除くフィルタ」としてイメージすることができます。

#### ● 統計的信号処理

デジタル信号処理といえば、FFTやFIRフィルタなどが思い浮かびます。これらは、値として確定している信号を扱うことが前提となっています。計算結果は唯一のものであり、それ以外の可能性については考えません。

これに対して、カルマン・フィルタで扱う信号は不確定であることが前提となっています。測定データは正しくないかもしれません。推定値も正しくないかもしれません。現実世界では、あらゆる値があり得ます。

そこで確率・統計の考え方を導入して、あらゆる値の中でもっとも可能性が高い値(信頼できる値)を見つけようというアプローチがとられました。このような考え方は、「統計的信号処理」(statistical signal processing)と呼ばれています。いわゆるAI(人工知能)も、この統計的信号処理の一種であると考えられます。

#### ● 本章の流れ

図1に、本章の流れを示します。最初に、統計的信号処理でよく出てくる「時系列解析」の用語について確認します。

続いて、統計学における「最大事後確率推定」について解説します。これは、「手元の情報をもとにして

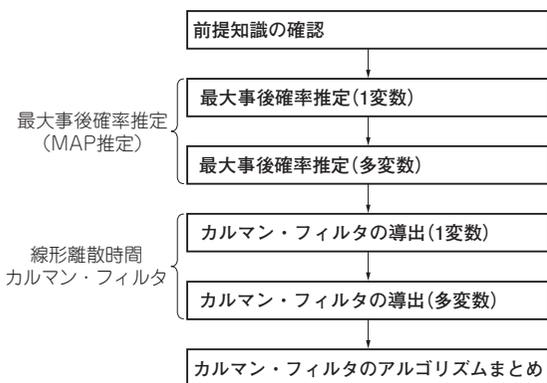


図1 本章の流れ

未知の値を推定する」というカルマン・フィルタのコアとなる部分です。今回はノイズや外乱が正規分布に従うと仮定して、最大事後確率推定の流れを手計算で追っていきます。1変数の場合と多変数の場合の両方を考えます。

次に、本題のカルマン・フィルタのアルゴリズムを導出します。まずは簡単な1変数だけを扱うカルマン・フィルタを導出して、おおまかな計算の流れを把握します。続いて、多変数を同時に扱うシステムにおけるカルマン・フィルタを導出します。

最後に、カルマン・フィルタのアルゴリズムを整理して、マイコンなどに実装しやすい形にまとめます。

## 第2節

### その① ノイズはランダムな時系列データである

#### ● 時系列データ

マイコンで、ロボットなどのシステムを制御する状況をイメージしてみます。通常、制御対象には何らかのセンサが取り付けられているはずですが、マイコンはそのセンサの値をもとにして、制御のための計算処理をすることになります。

マイコンは時間経過にしたがって次々とセンサの値を読み出していくわけですが、このようにして得られた「時間の推移にともなう一連のデータ」のことを、「時系列データ」(time series data)といいます(図2)。

時系列データは決して珍しいものではありません。くだけて言えば、「測定を繰り返して次々と記録していったもの」は何でも時系列データになります。電気的な信号に限らず、人口、株価、降水量などさまざまな時系列データが世の中で使われています。

#### ● 統計学と時系列解析

時系列データの挙動を分析すれば、非常に有益な情報を引き出すことができます。例えば、台風の進路を記録した時系列データを分析すれば、今後の台風の進

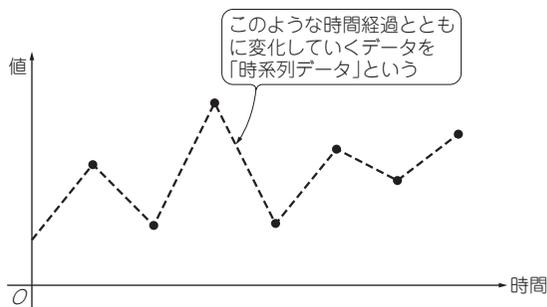


図2 マイコンがセンサから得る測定値は、時系列データだと言える