



Pythonで体験

カルマン・フィルタ入門

新連載

第1回 カルマン・フィルタの誕生と活躍する分野

廣川 類

● カルマン・フィルタとは

カルマン・フィルタは、移動体のダイナミクスや動きの不確定性、センサ誤差の確率モデルを考慮して、最適な推定を行ってくれる強力なセンシング技術です。

例えば、ドローンや自動車の自動運転（制御）をする際、カメラや高度計、GNSSなどの各種センサを使って、今の自分の状態（位置や速度、姿勢など）を知ることが必要になります。自分の状態をより正しく知ることによって、正しい判断や制御を行うことができますが、実際にはセンサの出力には何らかの誤差が含まれています。ランダム性の高い誤差は時間をかけて平均化処理をすることで取り除くことができますが、移動するものの場合、単純にセンサの出力を平均すると大きな遅れが発生してしまいます。そのようなときに使われるのがカルマン・フィルタです。

● 今回のテーマ

本連載では、カルマン・フィルタの動作原理や使い方のコツについて、Pythonコードを確認しながら説明します。

今回は、カルマン・フィルタが活躍する分野、カルマン・フィルタ誕生のいきさつ、そして、カルマン・フィルタを使うときの注意点を紹介します。

多くの分野で活用…航空宇宙から自動車、医療、金融まで

カルマン・フィルタは、ダイナミクスを記述できるシステム全般に適用することができ、デジタル計算機の発展に伴い、次のように多くの分野に応用されています⁽³⁾。

● 航空宇宙

カルマン・フィルタは1960年代にアポロ計画をはじめとする航空宇宙分野に適用され、有名になりました。航空機などの位置を求める航法装置やレーダなどの分野で早くから応用が行われています。1980年代以降、組み込み計算機の性能が上がるにつれて、さま

ざまな応用例が生まれました。

● 自動車

自動車の自動運転では、カメラやレーダ、GNSSなどの各種センサの出力を融合し、信頼性と精度を両立させて自己位置などを求めるセンサ・フュージョン技術が用いられています。センサ・フュージョンを実現するための根幹となる技術がカルマン・フィルタです。

自動車のエンジン制御において、エンジンの燃焼室の内部状態を知る用途でもカルマン・フィルタは有効です。エンジンの燃焼室の内部状態をセンサにより直接計測することは困難ですが、燃焼のダイナミクス・モデルが構築できれば、観測可能な状態量から内部の状態を正確に知ることができます。

● 医療機器

医療機器においても、医療用の画像処理や臓器センサの信号からノイズを除去するために利用されています。

● 発電・送電網

電気は発電所で発電され、送電網グリッドを經由して利用者に届けられますが、需要が常に変動する電力を安定的に供給するためには、状態を正確に把握した上で、送電網を制御することが必要となります。

● 気象予報

多くの状態を同時に推定する必要がある大規模な気象予測問題にもカルマン・フィルタおよびその発展形に当たる技術が使われています。

● 金融

金融にリアルタイム推定技術が適用されるイメージは浮かびにくいと思いますが、金融工学は航空宇宙工学をベースに近年発展しており、市場予測などの用途でカルマン・フィルタを基盤とする技術が応用されています。