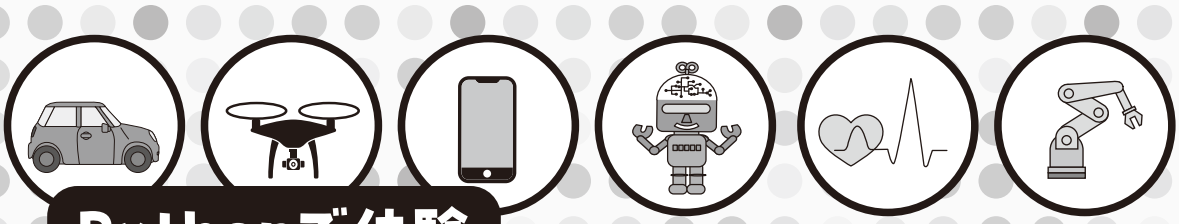

Pythonで体験

ダウンロード・データあります

カルマン・フィルタ入門

ご購入はこちら

第9回 距離より計測が容易…無香カルマン・フィルタの観測量を角度にしてみる

廣川 類

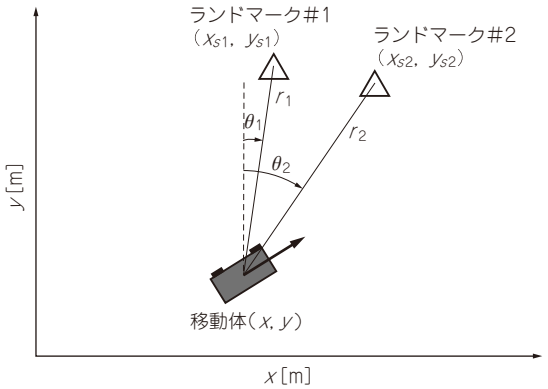

図1　今回の観測モデル(ランドマーク)の位置と角度を定義

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，最適な推定を行う強力なセンシング技術です．

ディジタル計算機の普及と共にカルマン・フィルタの応用範囲が広がるにつれ，比較的なシンプルな手法である拡張カルマン・フィルタ(Extended Kalman filter．以下，EKF)では，非線形性の高い系において十分な推定精度が得られないことが課題となってきました．このため，1990年代以降，ダイナミクスの非線形性が強いケースに対応する新しいカルマン・フィルタの派生版が提案されています．その代表として，無香カルマン・フィルタ(Uncented Kalman Filter，以下，UKF)があります．

● 今回のテーマ…角度を観測量として無香カルマン・フィルタを試す

前回，UKFの計算式を解説し，UKFを使った位置推定シミュレーションを行いました．このときは観測量を移動体からの距離で計算しましたが，今回は角度で計算します．カメラ画像などのセンサを用いた角度計測は，道路標識などの判別のしやすいランドマークを扱う場合，距離計測に比べて比較的容易であり，実際にUKFを使う際，観測量を距離にするのか角度にするのかは検討事項になります．

リスト1　UKFによる推定シミュレーション(距離を観測)を行うクラスUKFSimを定義

```
class UKFSim(EKFSim): # UKFシミュレーションクラス
    def ffun(self,x,u): # 状態方程式
        x = self.Phi@x
        return x

    def hfun(self,x): # 観測方程式(観測量：距離)
        dx = x[0:2]-self.xl
        r = np.sqrt(dx[:,0]**2+dx[:,1]**2)
        return r

    def update(self,k): # UKF観測更新
        self.xsm[:,k],self.Pm[:,:,k] = \
            ukf_propagate(self.xs[:,k-1],self.us[
          :,k-1],self.P[:,:,k-1],self.ffun,self.Qd)
                                # UKFの予測ステップを実行
        self.xs[:,k],self.P[:,:,k],self.md[k] = \
            ukf_update(self.xsm[:,k],self.Pm[
              :,:,k],self.hfun,self.zm[:,k],self.R)
                                # UKFの更新ステップを実行
```

観測量の定義式

図1に示すように，移動体のランドマークまでの方向θ_iは，ランドマークまでの相対位置(r_{xi}，r_{yi})を用いて次のように計算できます．

$$\theta_i = \tan^{-1}\frac{r_{xi}}{r_{yi}} \quad \cdots\cdots(1)$$

2つのランドマークまでの角度が観測できるとすると，観測モデル$\boldsymbol{h}(\boldsymbol{x})$を次のように定義できます．

$$\boldsymbol{h}(\boldsymbol{x}) = \begin{bmatrix} \tan^{-1}\dfrac{r_{x1}}{r_{y1}} \\ \tan^{-1}\dfrac{r_{x2}}{r_{y2}} \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots(2)$$

UKFのこの他の定義式は，観測量が距離の場合と同様です(前回，連載第8回参照)．

コード実装

前回，UKFによる推定シミュレーション行うクラス(観測量が距離の場合)として，UKFSimというクラスを作成しました(**リスト1**)．今回，観測量を距離

第1回　カルマン・フィルタの誕生と活躍する分野(2024年10月号)
第2回　カルマン・フィルタで1次元運動を推定①(2024年11月号)
第3回　カルマン・フィルタで1次元運動を推定②(2025年2月号)