

無人航空機の実現を目的とした マイコン間通信の実装と慣性計測装置の利用に関する研究

竹下 隼平

動的システム・ロボティクス講座

March 3, 2025

目次

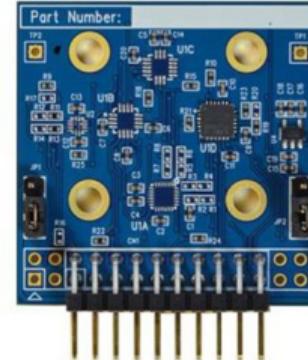
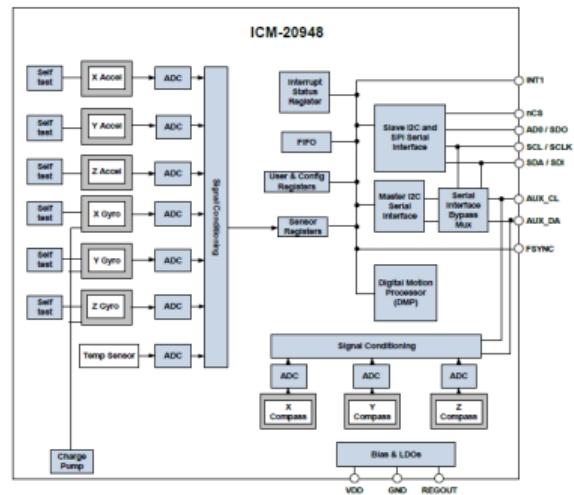
1. 研究背景
2. マイコン間通信について
 - ▶ 全体の構成
 - ▶ 通信インターフェイス
 - ▶ 実験
3. 慣性計測装置について
 - ▶ キャリブレーション
 - ▶ クオータニオン
4. まとめ

慣性計測装置について

本研究で使用する慣性計測装置 ICM20948

原理

- 加速度，角速度：静電容量方式
- 地磁気：ホール素子



慣性計測装置について

慣性計測装置の利用

- ICM20948 によって加速度，角速度，地磁気の測定を行う
- 最終的にこれらのデータを姿勢制御で利用する
- 加速度，角速度に比べ，地磁気センサは外乱による偏りが大きい

慣性計測装置について

慣性計測装置の利用

- ICM20948 によって加速度，角速度，地磁気の測定を行う
- 最終的にこれらのデータを姿勢制御で利用する
- 加速度，角速度に比べ，地磁気センサは外乱による偏りが大きい

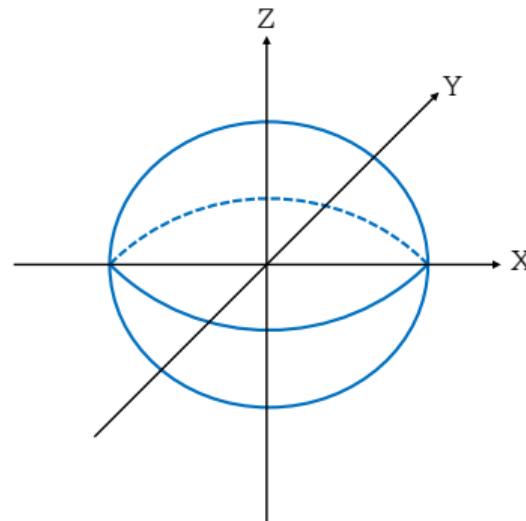


地磁気センサの偏りを補正することが必要

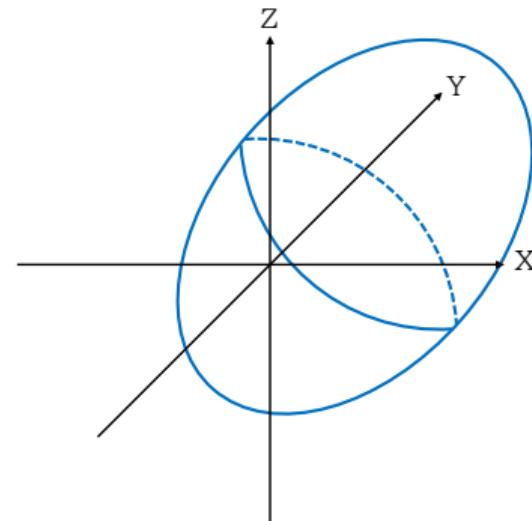
キャリブレーション

地磁気センサの偏り

- Hard Iron Offset : デバイス内の磁性体によって発生する偏り
- Soft Iron Offset : 近くにある金属によって発生する偏り



理想的な地磁気データのイメージ



実際の地磁気データのイメージ

キャリブレーション

- 最小二乗法

n 個のデータ $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots, (x_n, y_n, z_n)$ の散布図に対して、二乗誤差が最小となるような係数を推定する方法

楕円体の最小二乗法

$$J = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \{f(x_k, y_k, z_k)\}^2 \quad (1)$$

$$f(x, y, z) = Ax^2 + By^2 + Cz^2 + 2Dxy + 2Eyz + 2Fxz + Gx + Hy + Iz - 1 \quad (2)$$

係数 $A \sim I$ を求めることで、データから楕円体が推定できる

キャリブレーション

固有ベクトルを用いた方法

- (2) 式を行列式で表現
- 対角化を用いて固有ベクトルを求める
- 回転と平行移動と伸縮を補正

$$P^T A P = \Lambda \quad (3)$$

$$P = [p_1 \ p_2 \ p_3] \quad (4)$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

P : 直行行列 p_1, p_2, p_3 : 固有ベクトル
 Λ : 対角行列 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$: 固有値

係数比較を用いた方法

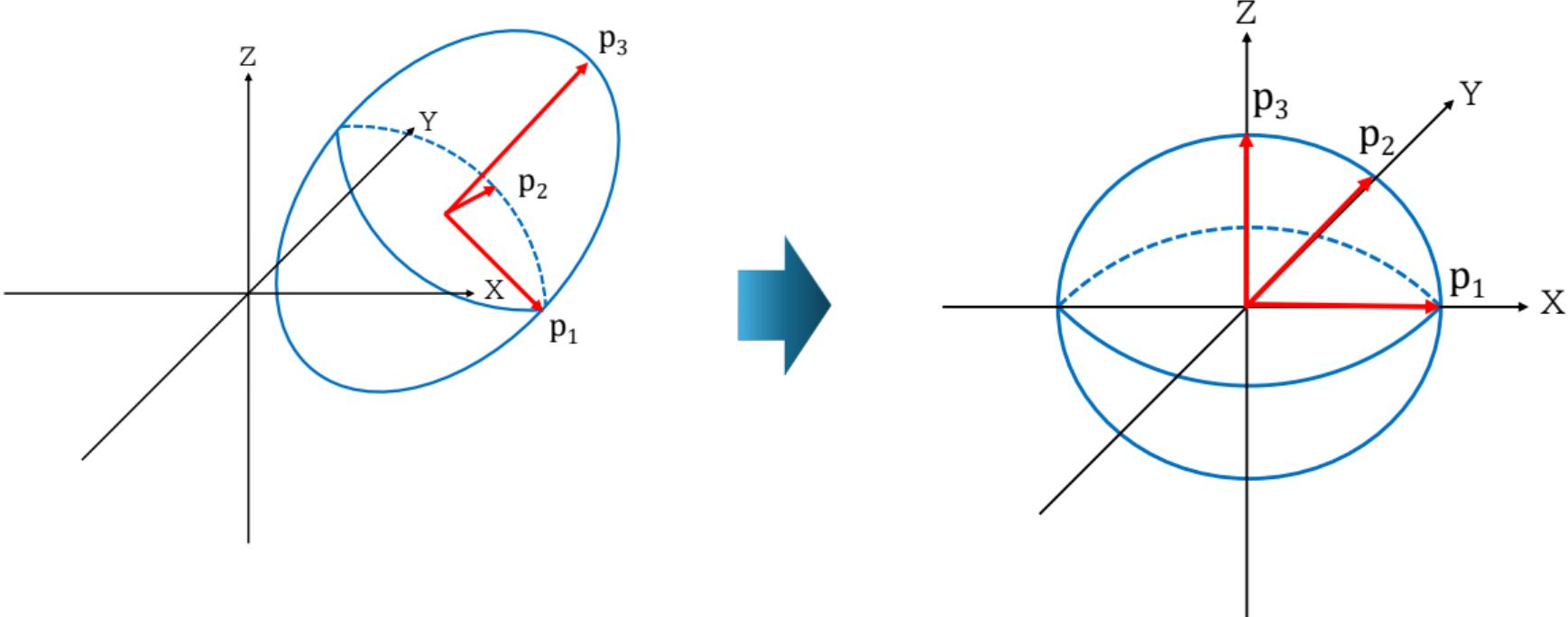
- (6) 式に回転行列 R を適用する
- 回転行列 R を適用した式を展開
- (2) 式と係数比較を行う
- 回転行列, 中心, 半径を求める

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (6)$$

$$R = R_x(\phi)R_y(\theta)R_z(\psi) \quad (7)$$

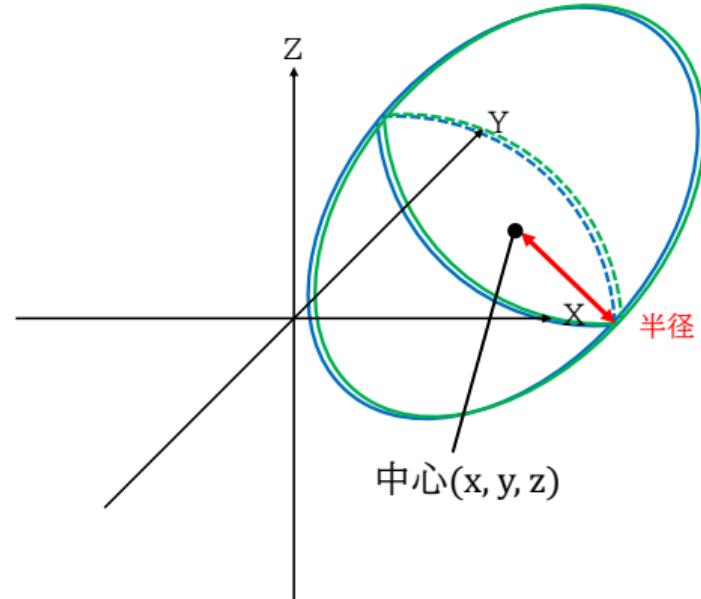
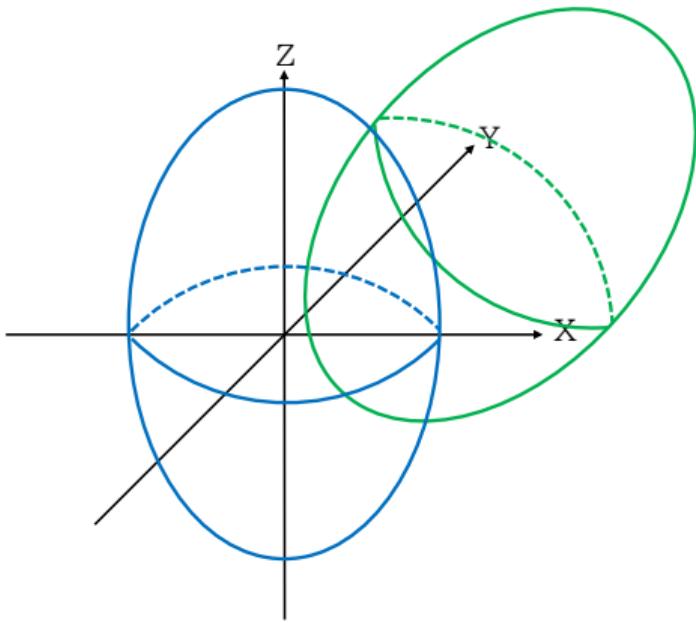
キャリブレーション

固有ベクトルを用いた方法



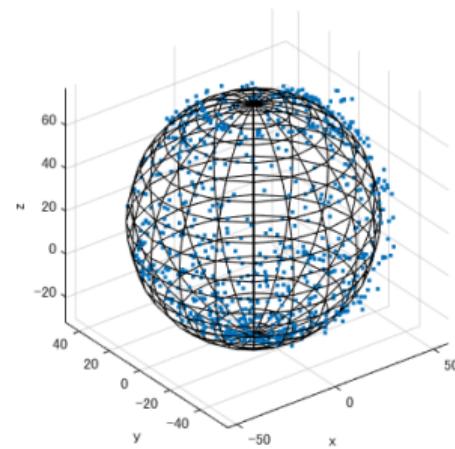
キャリブレーション

係数比較を用いた方法

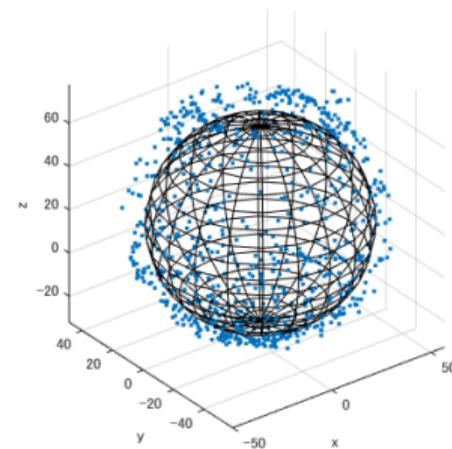


キャリブレーション

実際に計測したデータを用いて、球の推定を行う。



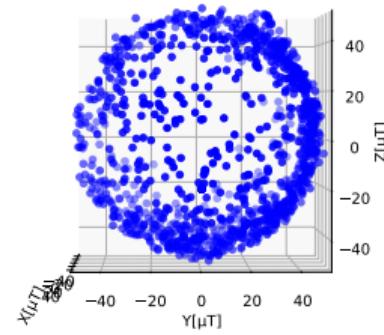
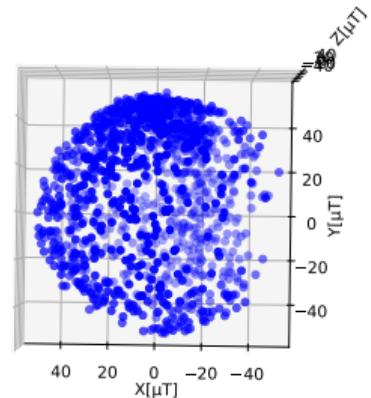
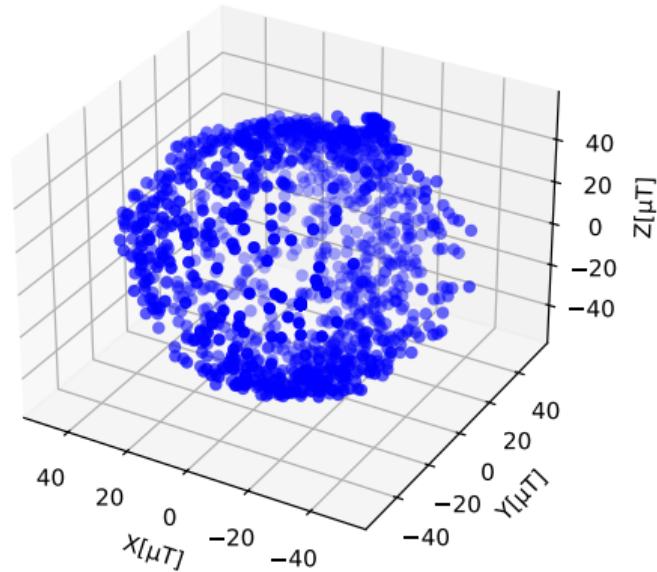
固有ベクトルを用いた方法



係数比較を用いた方法

キャリブレーション

キャリブレーションを行って取得したデータを用いて、球をプロットする。



クオータニオン

回転を表現するための手法の一つで、軸を指定するためのベクトルと回転の大きさを表す数字の4つのパラメータを基本として、回転を定義する。

クオータニオン

$$\mathbf{q} = q_w + q_x i + q_y j + q_z k$$

$$\|\mathbf{q}\| = 1$$

$$i^2 = j^2 = k^2 = -1$$

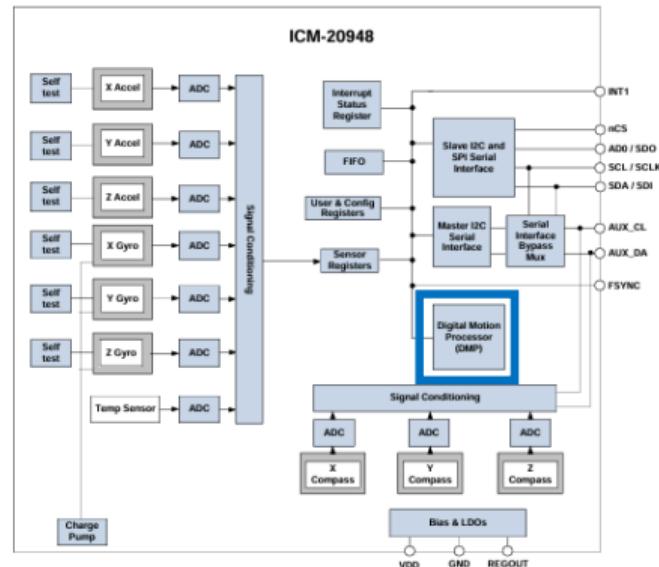
$$ij = k, jk = i, ki = j$$

$$ji = -k, kj = -i, ik = -j$$

クオータニオン

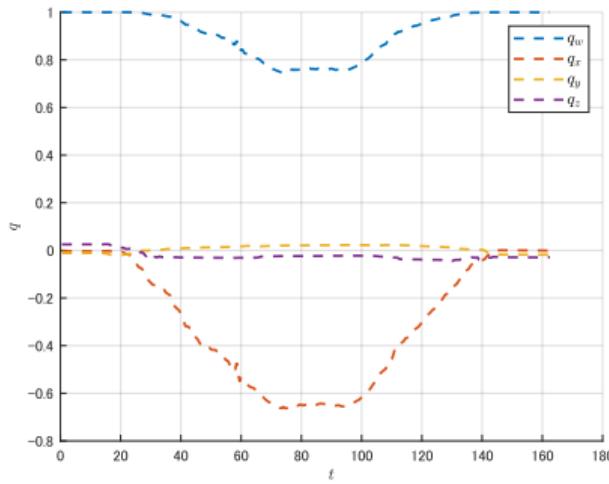
DMP(Digital Motion Processor)

- ICM20948 の内部で動作する組み込みプロセッサ
- オイラー角やクオータニオンを取得できる

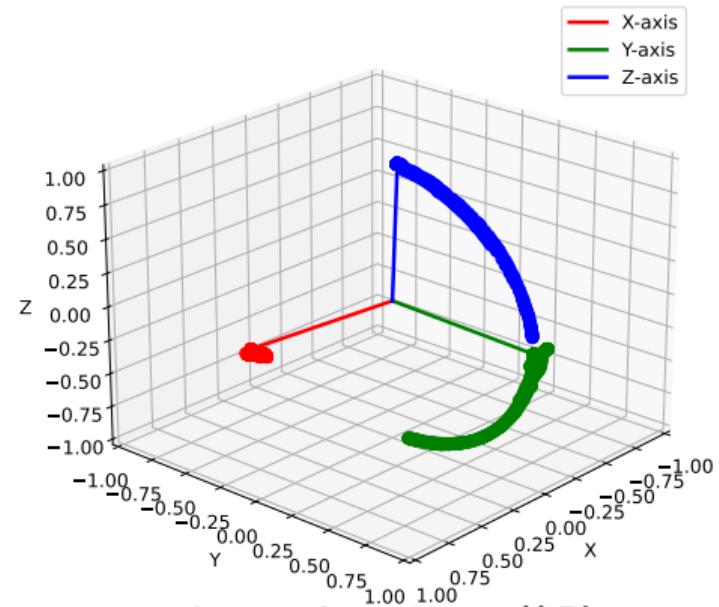


クオータニオン

DMP を使って、 x 軸周りに 90° 回転させ、元に戻すという操作を行う。



取得したクオータニオンのグラフ



クオータニオンの軌跡

