

慣性センサの基本試験結果

—各種 MEMS 慣性センサの性能確認試験—

大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 正会員 ○近藤 高弘 名合 牧人

1. はじめに

近年、省力化・安全確保のために建設機械の自動化施工(無人化・ロボット化)の開発が進められている。重機は、オペレータがアーム動作、走行、旋回等の操作を行っており、自動化するためのセンシングセンサは搭載されていない。このため現状では重機を自動化するためには後付けでセンシングセンサ等の設置を行うことが一般的である。しかし、旋回角を検知するセンサは、旋回軸にエンコーダ等の装置を大がかりな作業を行って取り付けしており容易には設置できない。一方で簡易に設置可能な旋回角検知装置として慣性センサがある。

技術進展が目覚ましい複数の MEMS 慣性センサを用いて、慣性センサの特性を把握するため基本試験等を行い、検知手法およびデータ処理に関する試験を実施した。その内容に関して報告を行う。

2. 慣性センサの選択と試験方法

MEMS 慣性センサ(六軸センサ)はA・B・C社製の性能の異なる3種類を選択し仕様を表-1に示す。

表-1 各社 MEMS 慣性センサの仕様

仕様	A社：慣性センサ	B社：慣性センサ	C社：慣性センサ
型番	M-G364PDCA	ADIS16364BMLZ	LSM9DS1
角速度	±100dps 16bit(0.000375dps)	±300dps 14bit(0.05dps)	±245dps 16bit
加速度	±3G 16bit(0.125mG)	±5G 14bit(1mG)	±4G 16bit
角度ランダムウォーク	0.059dps/√hr	2dps/√hr	
0点バイアス偏差	0.1dps (1σ)	3dps (1σ)	
外観			

慣性センサ試験には、専用の旋回試験台を製作しロータリーエンコーダで旋回角度を測定した。旋回試験台は旋回方向および旋回速度を自由に可変でき、試験台テーブル上に慣性センサを設置しデータを1/100秒間隔で慣性センサの出力データとエンコーダ出力を同期して記録した。各慣性センサは、同一条件のもとで同期してデータ収集を行った。

旋回試験台上の各慣性センサはZ軸方向の旋回値を示す。そのためZ軸の回転角速度を積分した値を慣性センサの回転角とした。各慣性センサの回転角についてエンコーダ値を真の値として比較評価を行った。最大回転数は10rpmとした。(実際の重機の最大旋回速度が10rpm程度であるため)

図-1に旋回試験台と試験状況を示す。

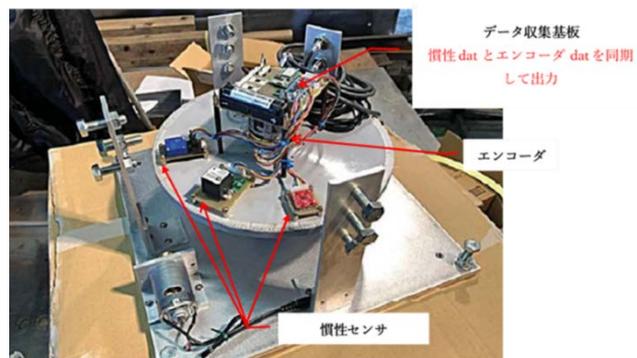


図-1 慣性センサ旋回試験台の状況

旋回テーブル上の各慣性センサは、同じ座標系で設置されている。図-2に示すようにセンサの直交三軸

(X, Y, Z)は軸方向の加速度(A)と回転角速度(R)を出力するよう

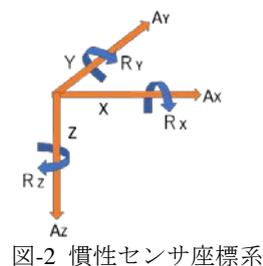


図-2 慣性センサ座標系

キーワード 慣性センサ, ドリフト量, Scale Factor, MEMS, 旋回角, 同期計測

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設技術センター TEL 045-814-7229

設置した。

旋回角検知試験台仕様

- ・エンコーダ：最小分解能 0.35 度
- ・旋回速度：正反転可能，可変式 0～20 rpm

3. 慣性センサの基本確認試験結果

単純な基本試験として旋回試験台を右旋回に一定速の 3rpm で約 1 分間旋回した時の慣性センサの積分値と旋回台のエンコーダ旋回角との差（ドリフト量）の結果を図-3 に示す。

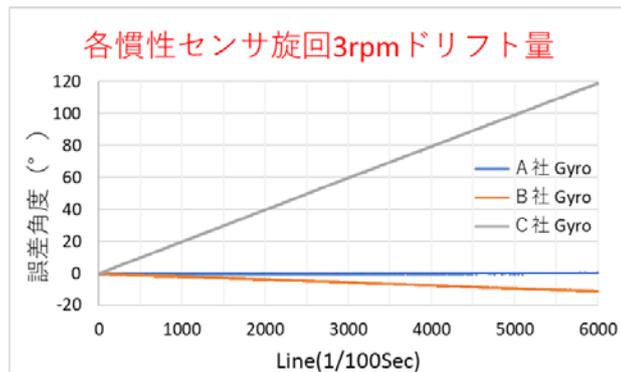


図-3 旋回試験によるドリフト量の変化

実際にテーブルが 3 回転した時刻は 59500ms で実際の平均回転数は 3.0252rpm であることがわかる。この結果から慣性センサの精度を比較すると A, B, C 社製の順に精度が良いことが確認できた。結果を表-2 に示す。

表-2 各慣性センサのドリフト量の結果

旋回時間ms	エンコーダ(度)	A社 Gyro	B社 Gyro	C社 Gyro
59500	1080	0.1575	-11.092	118.116

ジャイロの精度を示す指標として以下の 4 項目がある。

1. Scale Factor 誤差（理論出力の Scale に対する測定データ偏り）。以降 SF は Scale Factor を示す。
2. 0 点バイアス偏差（静止時の出力誤差）
3. 直線性誤差（直線性の確度の誤差）
4. 分解能（識別可能な最小入力）

各センサの旋回試験を実施したデータからジャイロの SF を求め評価する。

本試験では 1/100 秒でセンサデータを収集しているので 1 秒単で、旋回試験台の回転角（エンコーダ値）と 1 秒間のセンサ積分値から以下の式で SF を求める。

$$SF(\%) = \frac{(\text{センサ1秒間積分値} - \text{エンコーダ1秒間移動角度}) \times 100}{\text{エンコーダ1秒間移動角度}}$$

図-4 に基本試験で行った各慣性センサの SF の度数分布を以下に示す。

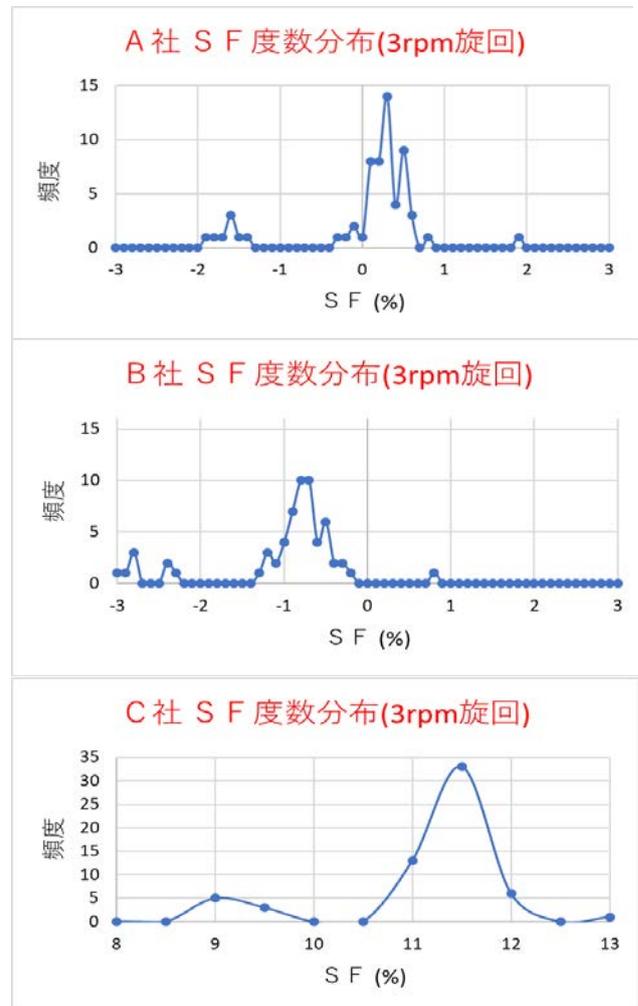


図-4 各慣性センサの SF の結果

A 社製の SF は 0% 付近に集約されるが、B 社製の SF は 1% 付近で集約されている。C 社製の SF は中心値から大きく外れ変動幅も大きい。各センサのドリフト量に相当する SF の分布が把握できた。

4. まとめ

- ・特定の慣性センサは初期の目的である重機旋回角を検出するに十分な性能を有している。
- ・MEMS 慣性センサは、集積化、付加価値創出と低コスト化により、各種の慣性センサの性能は大きく異なり使用目的により選別する必要がある。
- ・センサの性能によりスマホへの低機能品の利用から自動運転、およびロボットへの利用が可能な高機能なものまで存在する。