

慣性センサの適応試験結果

—MEMS 慣性センサの重機搭載による適応確認試験—

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

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。この建設機械自動化に向けての一つの要素技術として慣性センサの利用が挙げられる。三軸加速度と三軸ジャイロを有するセンサで高精度センサは、航空機器の慣性誘導装置などに应用されている。近年、性能向上の著しいMEMS(Micro Electro Mechanical System)慣性センサの内、実際に利用が可能と思われるセンサを選択して重機に搭載した。そして、重機の動きを慣性センサでモニターすると同時に、外部からポジショニング情報をTS(Total Station)で取得し、両者の適応性を確実化した。

2. 慣性センサと試験方法

MEMS 慣性センサ

(六軸センサ)は3社の製品で性能が良かったA社製の慣性センサを利用した(図-1)。慣性センサはトンネル専用機に実装して、実際のコソク作業時のデータを取得した。また、重機旋回台の後方に



図-1 慣性センサ

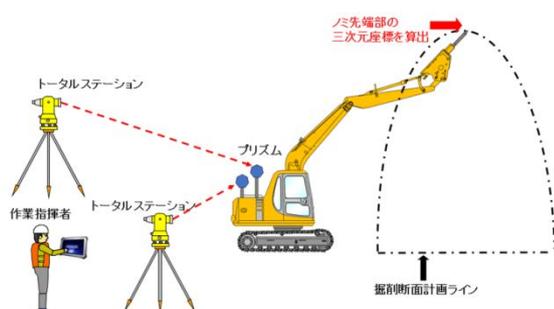


図-2 切羽ガイダンスシステムのイメージ

ターゲットプリズムを2基搭載して、それぞれを自動追尾式TSで常時測位した。重機はトンネル切羽のこそく作業をガイドするためノミ先端の三次元座標がリアルタイムに把握できるようになっている。そのためTSで2台のターゲットプリズムから現場座標系のヨー角を算出しノミ先端座標を算出している。切羽ガイダンスシステムのイメージを図-2に示し、実際の重機と取り付け座標系を図-3に示す。

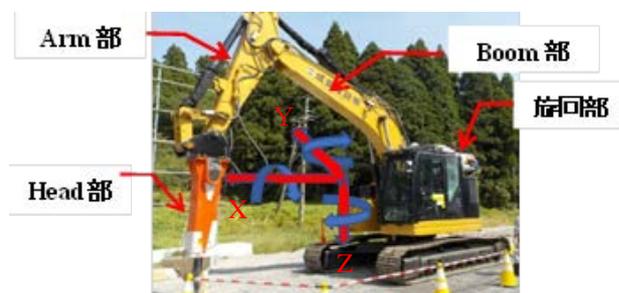


図-3 重機座標系

重機旋回部にはピッチングとローリングを測定する機器が搭載されている。試験では慣性センサの三軸加速度、三軸ジャイロ角速度のデータを1/100秒間隔で、TS2台の測位データと旋回部本体のピッチングとローリングは1/4秒間隔でサンプリングした。これらの観測データは同じ時系列に同期させ収集した。重機旋回部に設置した慣性センサの座標系を図-4に示す。

慣性センサは重機の旋回または移動などで変化するヨー角 ϕ を算出すると同時にピッチング角 θ ・ローリング角 ϕ を求めることができる。

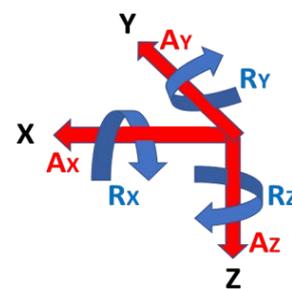


図-4 慣性センサ座標系

キーワード MEMS、慣性センサ、ドリフト量、ヨー角、ピッチ角、ロール角

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 045-814-7252

慣性センサの三軸加速度 (A_x, A_y, A_z), 三軸角速度 (R_x, R_y, R_z) とする。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{-Ax}{\sqrt{Ay^2 + Az^2}} \quad \phi = \tan^{-1} \frac{Ay}{Az} \quad \text{--- (1)}$$

$$\Psi = \int \left(\frac{\sin \phi}{\cos \theta} \cdot R_x + \frac{\cos \phi}{\cos \theta} \cdot R_z \right) dt \quad \text{--- (2)}$$

慣性センサからピッチング角・ローリング角・ヨー角を求め、切羽ガイドのセンサから同じピッチング・ローリング角と2台のターゲットプリズムから求めたヨー角とを比較する。

3. 慣性センサの適応試験結果

実作業 (565 秒間) の測定データを比較する。

切羽ガイダンスシステムは、2台のターゲットプリズムで現地座標における重機の旋回ヨー角をリアルタイムに測定している。

慣性センサは旋回軸平面上に設置されているため、式(2)を用いてヨー角に変換する必要がある。慣性センサで求めるヨー角は現場座標系と合わせるため、初期値を2台のターゲットプリズムから求めたヨー角の値を用いる。

2台のターゲットプリズムから求めたヨー角(TS)と慣性センサによるヨー角(慣性センサ)の結果を図-5に示す。

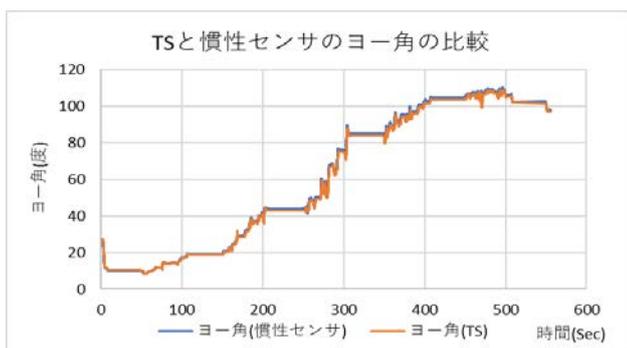


図-5 ユー角の TS/慣性センサの結果比較

作業時の旋回ヨー角は 10~110 度を示している。ほぼ慣性センサ値と同等であるが細部検証のため差分を図-6に示す。慣性センサのドリフトの影響で 1~2 度程度の誤差が発生している。

同様に切羽ガイダンスのピッチング角(ガイド)・ローリング角(ガイド)と慣性センサのピッチング角(慣性センサ)・ローリング角(慣性センサ)の結果を図-7に

示す。

切羽ガイダンスと慣性センサのピッチング・ローリング角は offset の違いはあるがほぼ同等である。

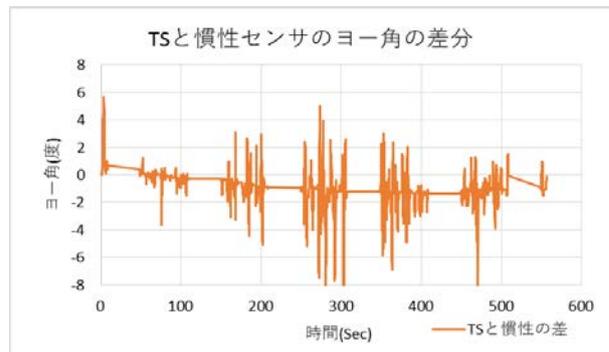


図-6 ユー角の TS/慣性センサの差分結果

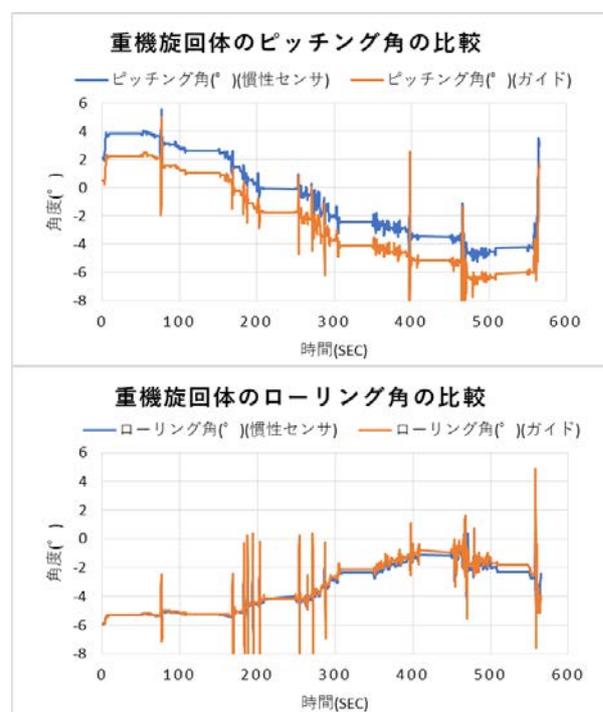


図-7 ピッチング・ローリング角の比較

4. まとめ

重機旋回体のピッチング・ローリング角は慣性センサの測定結果は測定装置と同等であることを確認した。また慣性センサによるヨー角とTS測定 of ユー角の差は実作業565秒間で1~2度程度の誤差が発生することが確認できた。本試験で用いたMEMS慣性センサの有効利用が可能であることが確認できた。今回は慣性センサの建設機への適応例を示すことができた。

今後は本試験で使用した慣性センサの校正方法を検討し更なる精度向上を目指して行きたいと考える。

(参考文献: 第76回年次学術講演会投稿「切羽アタリ取りガイダンスシステムの開発」)