

慣性センサユニットの応用

—MEMS 慣性センサの重機搭載に向けての確認試験—

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。この建設機械自動化に向けてMEMS(Micro Electro Mechanical System)慣性センサの利用技術として先ずはトンネル切羽のこそく作業をガイドするため重機(切羽ガイダンス)への応用を考え、慣性センサを利用する技術開発を行った。ここで慣性センサには、リアルタイムにピッチングおよびローリング角が高精度に検出できかつドリフト量の少ない精密なヨー角を出力できることが課題となる。慣性センサユニットを開発してこの課題の適応性の確認試験を実施した。

2. 慣性センサユニットと試験方法

慣性センサユニットの構成と重機への取り付け座標系を図-1に示す。

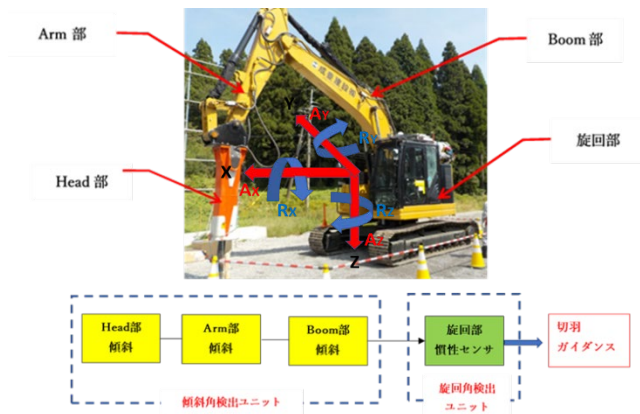


図-1 慣性センサユニット取付と座標系

図-2に重機のHead・Arm・Boom部ではピッチングとローリング角の検出を行い、旋回部はピッチングとローリング角とヨー角を検出する慣性センサユニットを示す。

慣性センサユニットは三軸加速度(Ax,Ay,Az), 三軸角速度(Rx,Ry,Rz)の六軸を出力する。慣性センサ出力よりピッチング角 θ ・ローリング角 ϕ ・ヨー角 Ψ を以下のように算出する。



図-2 慣性センサユニット

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

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

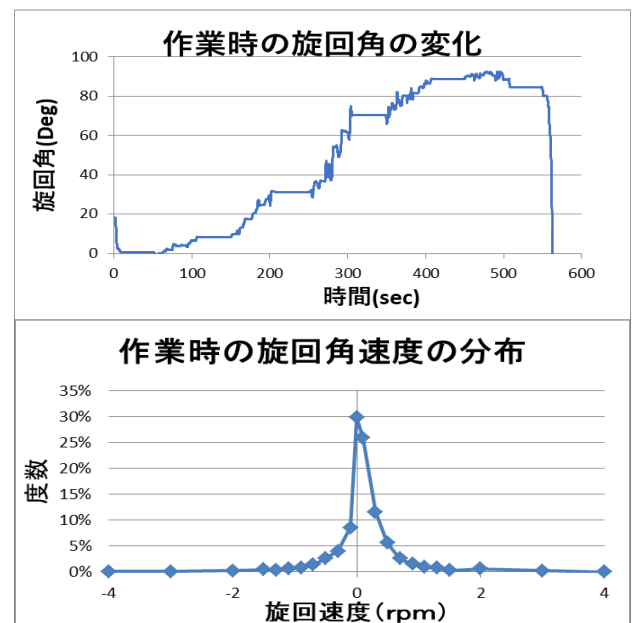


図-3 実作業時の旋回範囲と旋回速度の分布

キーワード MEMS、慣性センサ、校正、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 TEL090-4914-5667

実際にトンネル切羽こそく作業の重機旋回データを収集した。実作業時の重機旋回範囲は約 100 度程度で作業時間は 5～10 分程度である事が確認できた。作業時の旋回角度速度の分布から±3rpm の範囲で旋回作業が行われている事を図-3 に示す。これら実測データより有効な慣性センサユニットからのヨー角のドリフト量の許容範囲を 3 分間で 0.5 度以内とした。またピッチング・ローリング角の分解能は 1/100 度とした。

慣性センサユニットのヨー角確認に、外部から重機旋回台 2 点のポジショニング情報を TS(Total Station) で取得しヨー角を求めこれを真値の基準として両者を比較確認した。

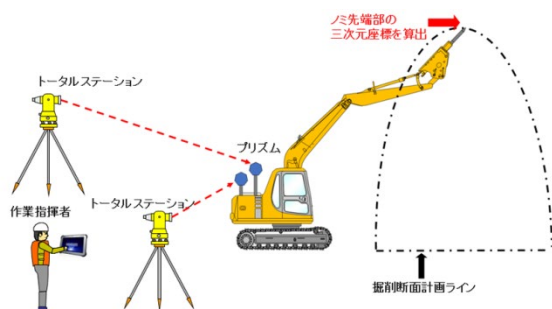


図-4 TS を用いてヨー角を求める

3. 慣性センサユニットの応用試験結果

慣性センサからの角速度の出力からヨー角を求めても目標とする精度を確保することが困難と考え、実際の作業旋回範囲±3rpm の範囲でセンサ出力の角速度を校正してヨー角の補正を行った。角速度の校正には現場で取得した旋回角速度の再現が可能な慣性センサ校正用の旋回試験台（図-4 に示す。）を作成し校正係数を求めた。

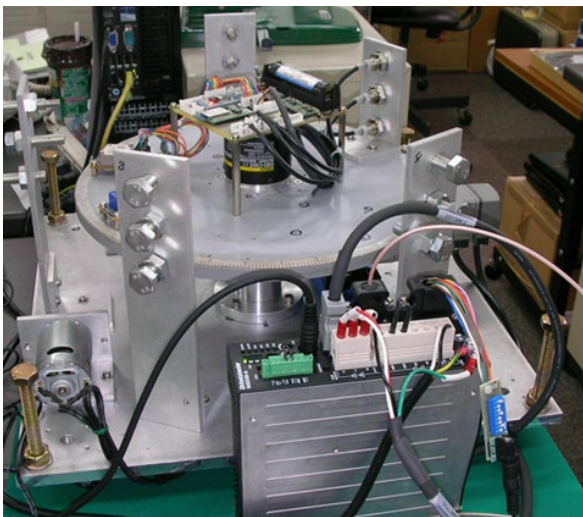


図-4 慣性センサ校正用試験架台

実機に慣性センサユニットを設置しヨー角の校正前と校正後の比較試験を図-5 に示す。

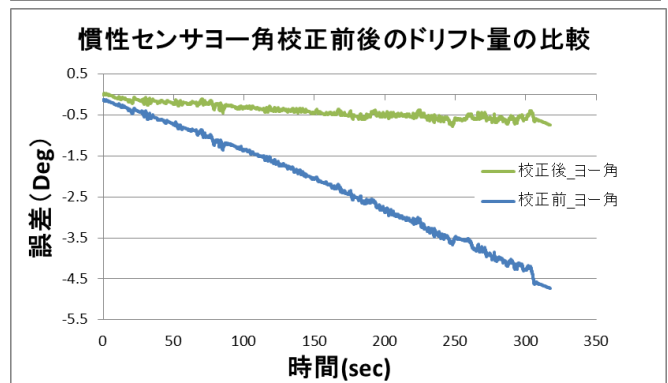
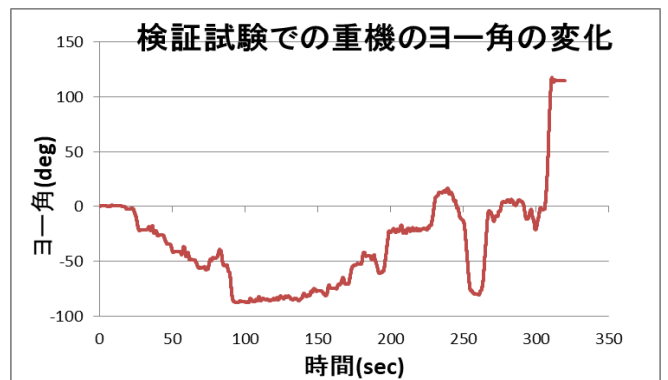


図-5 慣性センサユニットのヨー角の結果比較

4. まとめ

重機の Head・Arm・Boom 部に設置したピッチング・ローリング角は所定の精度を確保する事ができた。また慣性センサユニットによるヨー角と TS 測定のヨー角の比較では、センサ校正を行う事で所定の 3 分間のドリフト量を 0.5 度以内におさえる効果があり有効であると考えられる。本試験で用いた MEMS 慣性センサの有効利用が確認できたがセンサ校正に関しては個体ごとに特性が異なるため個別に対応が必要である。今回は慣性センサの建設機械への応用を示すことができた。今後はさらなる精度向上に向けた校正方法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「慣性センサの適応試験結果」)