

林業用スマート・テキスタイルの開発

～低サンプリングレート IMU データの利用～

松村哲也（信州豊南短大・東京大学）

林業作業時に作業者を保護する方策のひとつに、作業者が着用する衣服（作業服・防護服）の安全機能性をより高めようとする取り組みがある。たとえば高視認性色彩デザインの採用や、高強度ポリエステル繊維素材の採用などはわが国においても普及が進んでいる例である。本稿では、さらなる機能性向上策として、衣服・繊維製品と電子回路・センサ技術を融合させた「スマート・テキスタイル」技術に着目し、代表的センサである慣性計測装置 (IMU) について、10Hz 未満の低サンプリングレート (SR) データの利用について検討した。実験の結果、低 SR でも緩やかな人体動作の検出は可能であり、生存確認情報の取得に有効であることが確認できた。

キーワード：労働安全、防護服、センサ、IMU、スマート・テキスタイル

I はじめに

林業作業時に発生する事故等の被害から作業者を保護する方策のひとつとして、作業者が着用する衣服（作業服・防護服）が発揮する安全への機能性を高める取り組みがある。たとえば蛍光オレンジ色など高視認性色彩をデザインに採用する例や、高強度ポリエステル繊維素材を用いた薄く軽量で夏季の高温環境にも配慮したチェーンソー防護パンツ製品などは、わが国においても既に普及が進んだものである。

一方、建設・土木・警察・消防など、林業と同様に重篤な危険から作業者・従事者を保護する必要がある他業種の動きに目を向けると、こうした安全機能性の向上・進化への動きは活発で、なかでも衣服・繊維製品と電子回路・センサ技術を融合させた「スマート・テキスタイル」「e-テキスタイル」と呼ばれる技術の導入は、これまでに無い機能性を作業服・防護服に付与するものとして広く関心を集めている。筆者らも、わが国の林業作業環境に適した「林業用スマート・テキスタイル」の開発を進めているところであり、本報告では、代表的なセンサである慣性計測装置(IMU)による計測データの利用方法について、主として 10Hz 未満の低サンプリングレートデータを対象として、その有効性を検討し、活用法を考察した。

II 慣性計測装置 (Inertial Measurement Unit)

慣性計測装置(IMU)とは、物体の運動状態の把握に汎用されるセンサで、加速度計によって XYZ の三軸方向における加速度を、ジャイロスコープによって同じく三軸における角速度（あるいは角度）を同時に測定することができる。さらに、加速度と角速度の計測値を相互に反映させることにより、物体の位置や姿勢変化を高精度に求めることが可能であり、自動車や航空機、ロボットなどの姿勢制御に利用されてきた。昨

今では装置の小型化が進展し、スマートフォンやデジタルカメラ、家庭用ゲーム機のコントローラなど身近な機器にも搭載されるようになった。

本報告では、小型で低消費電力であり、さらに低価格で入手も容易な TDK - InvenSense 社製 MPU-6050 装置を使用した (1)。

II 低 SR による三軸加速度測定実験

1. 実験装置の概要

制御装置として Arduino Pro Mini 互換ボード (3.3V 8MHz 駆動) を用いて、MPU-6050 センサの SR を 5Hz に設定し、三軸の加速度値を計測した。

計測結果は装置内の Micro SD カードに追記され、終了後に PC へ読み込んだ上で分析に供した (図-1)。

2. 実験の概要

測定者の着用するシャツ左胸部位にあるポケットに装置一式 (W55mm,L55mm,H22mm) を収納し、コンクリート製階段 (段数 19 段) の昇降を行い、階段昇降動作によって装置にかかる加速度値の変化をとらえた。

階段昇降動作は、「普通ペース」「速いペース」の 2 種類とし、昇り方向・降り方向について計測を行った。



図-1. 実験装置の外観

MATSUMURA Tetsuya, E-Mail: tetzmat@gmail.com

Shinshu Honan Junior College., Grad. School. of Agri. and Life Sci., The University of Tokyo.

Utilization of low sampling rate IMU data for improving the performance of forestry PPE.

Ⅲ 実験結果

図-2, 3および4, 5に, 階段を昇降する動作における加速度値の変化を示す。グラフ横軸はサンプリング実施回を, 縦軸は三軸の加速度値を示している。グラフ中でY軸値として記録されているのは, 測定者立位における頭部-脚部の縦方向のものであり, 足を踏み込んだ際の衝撃の様子を反映している。

「普通ペース」での昇り動作(図-2)では, 全19段を踏み込んだ際の一步一步の動きをよく検知しており, 階段の段数に応じた19個のピークを認めることができる。一方, 「速いペース」(図-3)では, 13個ほどのピークしか認められず, サンプリングが追いつかず, 動作を取りこぼしていることがうかがえる。

図-4および5は, 降り動作についてとらえたグラフであるが, 昇りと比較して降りでは着地時の衝撃が大きくなることから, 「普通ペース」ではより明確に一步一步の動作を検知できている。一方, 「速いペース」では取りこぼしは一層激しくなり, 約半分の動作しか検知できない結果となった。

Ⅳ 考察

実験結果から, 5Hz という低SRでの加速度計測では, 素早い動作ではレート不足による取りこぼしが発生し動作の全容を検知できないことがあるが, 緩やかな動作では十分に検知が可能であることが認められた。

たとえば, 林業用作業服・防護服のスマート化において, 具体例として着用者のバイタル・サインの検知, 特に危機的状況の検知機能が求められる。第一に脈拍センサの活用が想定されるが, 心停止状態の検知には有効であっても, 心拍はあるが身体が動かせない, といった場面では不向きである。そこで, 低SRのIMUによる姿勢変化情報を併用することで, より精密に, 着用者の生存確認情報を取得することが可能になる。

また, 低SRが導く利点として, メモリ消費量, 計算量そして消費電力を小さく抑えられることが挙げられる。こうした点はシステム全体の小型化と低価格化に寄与するのみならず, 近年実用化が進む遠隔給電技術との適合性も高く, 将来のオンデマンド作動型センサIoTへの展開に向けた端緒となるものである。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 15K00683 「林業労働の死傷事故を予防低減する機能性色彩デザイン」の助成を受けたものである。

引用・参考文献

- (1) TDK, DSMPU-6000 Datasheet (Online PDF)
<https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf>
(2018年11月10日参照)

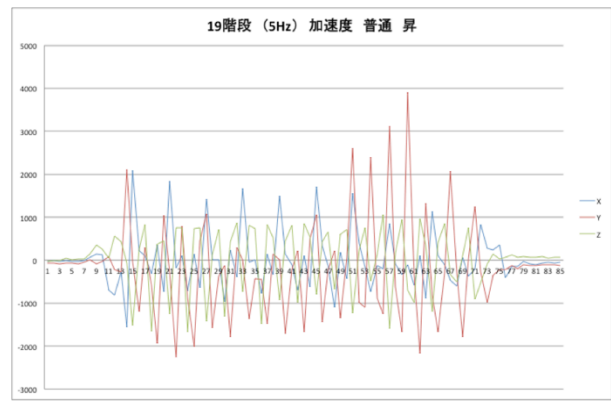


図-2. 加速度値(昇り動作 普通ペース)

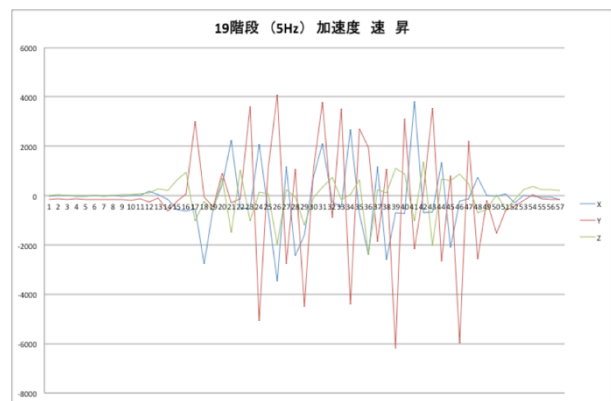


図-3. 加速度値(昇り動作 速いペース)

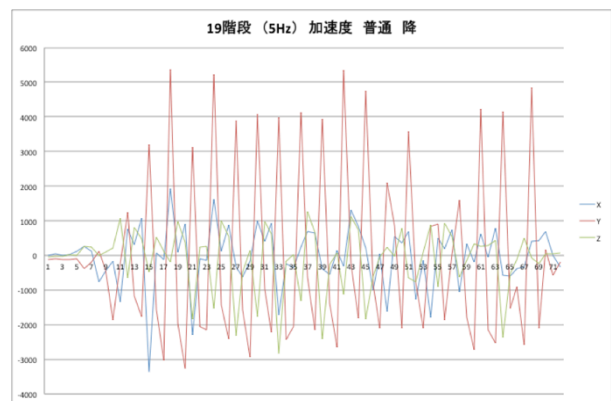


図-4. 加速度値(降り動作 普通ペース)

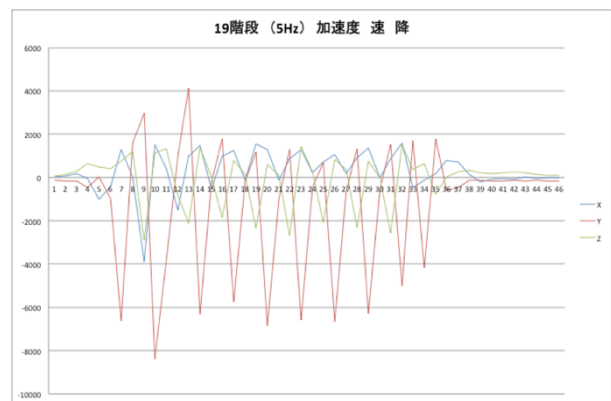


図-5. 加速度値(降り動作 速いペース)