

Raspberry Pi 3 と Sense Hat を用いた転倒危険早期警告装置

(株)キック 正会員 ○才原 勝敏
(株)まざらん 正会員 西垣 重臣

1. 目的

働き手（オペレータと現場技術者）の状況認識の向上を図るために、建設機械の車体姿勢、振動、衝撃などの物理的手がかり情報をインフォグラフィックスとして作成して、働き手にリアルタイムに提供する施工 AI の研究を行っている。施工 AI が持つ Raspberry Pi 3 と Sense Hat を用いた転倒危険早期警告装置について報告する。本装置は、急勾配の取付道路開設作業時、急斜面で切土作業時などにおいて、転倒危険を早期に警告することで、転倒・墜落事故の未然防止を図る。

2. 転倒危険早期警告機能装置の構成

施工 AI が持つ転倒危険早期警告の仕組みは、(1) 車体姿勢と転倒危険を web 上に表示する転倒早期警告機能と、(2) キャビン室内に設置する転倒危険早期警告装置に分かれる。

(1) 車体姿勢と転倒危険を web 上に表示する転倒早期警告機能

センサとしてスマートフォンに内蔵されている三軸加速度計、三軸角速計、GPS 受信機、送受信機能を活用する。計測データはインターネット経由でサーバの施工 AI システムに送信される。そして三軸加速度と三軸角速度のデータに相補フィルタを適用して、車体のピッチングとローリングを求めるとともに、経時変化を示す時系列グラフ、車体姿勢表示機などのインフォグラフィックスをダッシュボードに表示する。このインフォグラフィックスの例を図 1 に示す。この仕組みの短所はインフォグラフィックス作成まで時間を要することである。通信環境に依存するが、通常 2-3 秒の時間遅延が発生している。

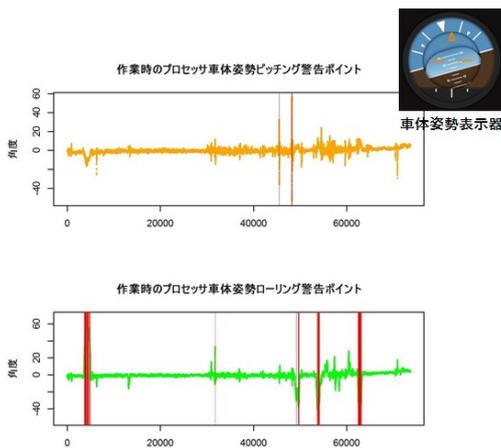


図 1 インフォグラフィックスの例



図 2 Raspberry Pi 3 Model B の概観

(2) キャビン室内に設置する転倒危険早期警告装置

そこで、時間遅延短縮、小型化、単独稼働などを目的し、簡潔な仕様である転倒危険早期警告装置を開発した。この装置は、Raspberry Pi 3 (図 2) と拡張ボードである Sense Hat (図 3) を使用し、転倒危険早期機能を単独稼働させる。Raspberry Pi は、イギリスのラズベリーパイ財団によって開発されている ARM プロセッサを搭載したシングルボードコンピュータである。最近では国内でも生産されている。Sense Hat は、Astro Pi 計画のために設計された、公式の拡張ボードである。Astro Pi 計画とは宇宙ステーションでラズベリーパイを動かそうというプロジェクトである。センサとして 9 軸 IMU、温度計、湿度計、気圧計を持ち、入力デバイスとして、5 ボタンジョイスティックを持つ。表示デバイスとしてはフルカラーが使用可能な、8x8 の、マトリックス LED を備える。また、開発が容易になるように、公式のライブラリが用意されている。

キーワード 転倒危険早期警告, Raspberry Pi, Sense Hat, 連検定

連絡先 〒781-8104 高知県高知市高須 2-18-11-207 (株)キック TEL090-4838-1489

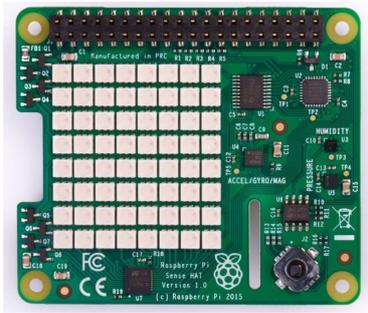
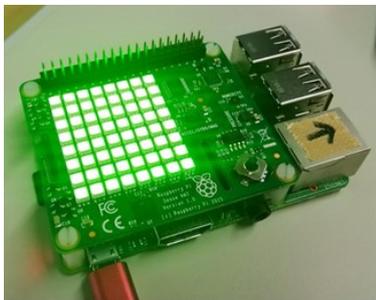


図 3 Sense Hat の概観



図 4 Raspberry Pi 3 に Sense Hat を組み込んだ状態

Raspberry Pi 3 に Sense Hat を組み込んだ状態を図 4 に示す。この装置をキャビン室内に設置することで、滑り転倒危険に係る早期警告をオペレータにインターネットを経由せず直接発報することができたため、時間遅延が大幅に縮小する。建設機械のシガーソケットから USB 変換することで、エンジン ON と同時に OS が起動し、この装置の SCRIPT が自動的に起動する。危険状態による LED の発光変化を図 5 に示す。図 5 で示す写真では色が微妙に感じられるが、実際にはかなり明るく発光するため、色を見間違えることは無いと思われる。

危険が無いと見なされる状態
LED：緑に点灯

危険状態 LED：黄色に点灯

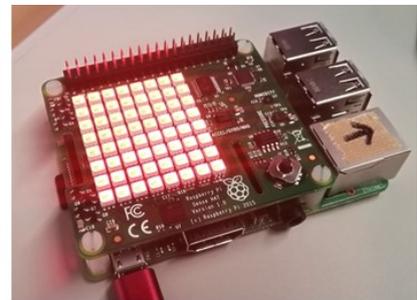
警告状態
LED：赤に点灯

図 5 危険状態による LED の発光変化

3. 早期警告トリガ

動かつ非定常な環境下において、想定される経時変化に潜在する変化パターンを図 6 に示す。

- ① から③の経時変化は風力や衝撃による単なる揺れである。④平均値の急激な変化は走行ルート縦横断勾配の変化である。転倒危険のリスク要因として注視するのは⑤逐次増加/減少変化である。このときは、左右に、または前後に継続的に変化しており、転倒の恐れが非常に強い。

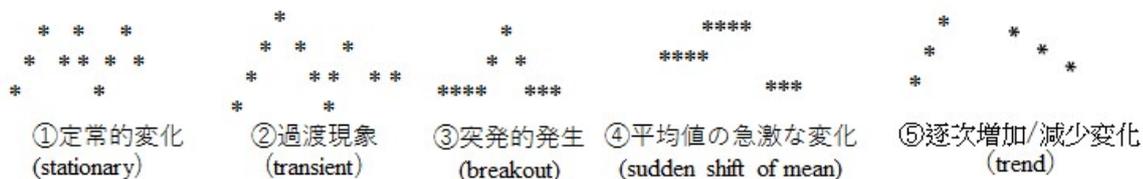


図 6 想定される経時変化に潜在する変化パターン

高い周波数や外れ値の影響を受けないと考えられる連検定の考え方を採用する。ここでは、計測データの連続的な上昇または下降を示す連数に注目する。連数”7”の事象が発生する確率は、一年内に交通事故に遭遇する確率に近似する。本研究では、連数が”7”に達したとき、かつそのときの車体姿勢角が既定の閾値(既定値 15°)に達したときに転倒危険早期警告のトリガを引き、そのときの観測値(計測値, 時刻, 位置)を警告ポイントとする。図 1 中の赤の縦線は警告ポイントである。図 5 中の危険状態の早期警告トリガは、注意状態の閾値：連数 7 & 角度 15° 、警告状態の閾値：連数 13 & 角度 25° である。