

④索道搬器の動揺モニタリングに関する取組

交通システム研究部

※千島 美智男

一柳 洋輔

山口 大助

八木 誠（客員研究員）

1. はじめに

索道の搬器は風の影響を受けやすい構造のため、風による搬器の動揺を把握することは運行の可否を判断するうえで重要な事項であり、一般的には支柱や停留場に設置した風速計の情報を基に運転規制等を行っている。定常風を受ける搬器の傾斜角度は、支柱等の風速計や気象観測所による風の観測情報、搬器形状等から推定できるが、風速計から離れた位置を走行中の搬器に実際に作用する風や搬器動揺の動的な変化を常時把握することは難しい（図1上段）。

近年の小型高性能化した各種センサ等を活用して走行中の搬器の動揺などの状態をモニタリングし、現状の支柱等における局所的な観測から連続的な状態監視（図1下段）へ移行すれば、リアルタイムな動揺の測定値から異常を検知でき、運行停止を素早く判断することで運行の安全性向上が期待できる。また、搬器が風を受けて動揺し建造物と接触する様な事象^{1,2)}の防止にも有効であり、蓄積したデータを点検・保守に活用できる。

そこで、活用可能なセンサやデータ伝送方法を含む

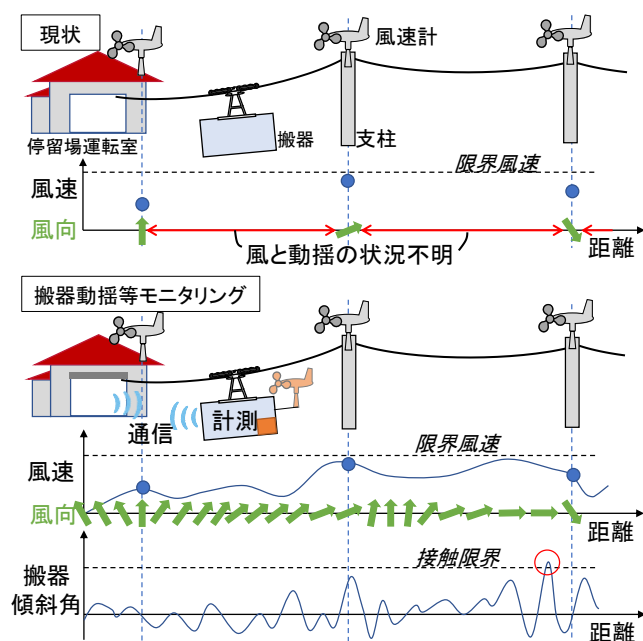


図1 本研究で提案するモニタリングのイメージ

搬器動揺等のモニタリングシステムについて検討したので報告する。

2. モニタリングシステムの概要

本研究では交走式ロープウェイを対象とした搬器動揺等のモニタリングを想定し、機能の要件を以下のとおり整理した。

- ・停留場間を走行中の搬器の位置と速度、搬器動揺（加速度、回転角度）、搬器位置における風向及び風速を搬器内で連続的に自動収録できること
- ・搬器動揺、風向及び風速の測定値を、搬器位置の情報とともに搬器から運転室や監視室、クラウドサーバー等にリアルタイムで無線伝送できること
- ・搬器内や運転室、監視室等から各測定値の状況を随時確認でき、設定した閾値を超過した際は係員に通知すること
- ・日々の測定結果を運転室や監視室、クラウドサーバー等に一定期間蓄積できること
- ・外部からの電源供給がない搬器内において、可搬型バッテリーによって十分に動作すること
- ・以上の機能を安価で簡素に構築可能であること

上記の要件に基づくモニタリングシステムの概略を図2に示す。

3. モニタリングシステムの構成要素

前述の機能要件を踏まえ、モニタリングシステムのための構成機器や通信方式を選定した。構築中のシス

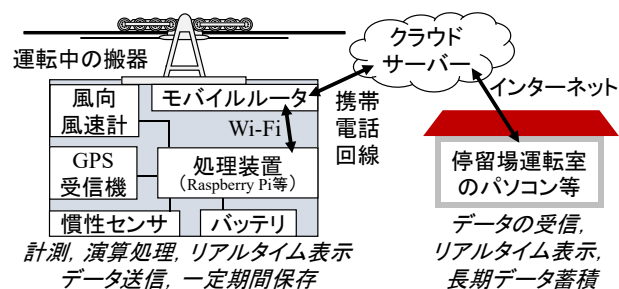


図2 搬器動揺等モニタリングシステムの概略図

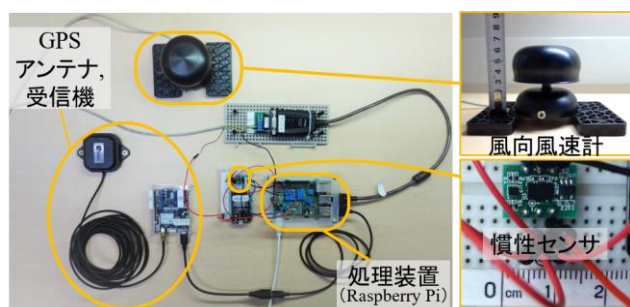


図3 構築中のシステムの搬器搭載部

テムの搬器搭載部を図3に示す。

3. 1. センサ

3. 1. 1. 搬器動揺

水準器等の傾斜計では、搬器の静的な傾斜は測定できるが、動的な角度変化には追従しない。そのため、本研究では搬器の動的な角度変化を測定可能な小型の9軸（加速度、角速度、磁力の各3軸）慣性計測モジュールを用いる。直接測定できないロール角とピッチ角については、カルマンフィルタ等に基づき加速度と角速度から推定する。

3. 1. 2. 風向と風速

搬器の前後、左右方向の動揺にそれぞれ影響する線路方向の風、横風の把握を目的とし、風杯型や風車型に比べて風向の早い変化に対応可能な超音波風向風速計を用いる。また、小型で低消費電力な機種を選定し搬器の外に設置する。

搬器が支柱付近を走行する場合と、支柱から離れた位置を走行する場合とでは、搬器の動特性に違いがみられる²⁾。また、地形等により搬器が受ける風の影響も変化する。風向と風速、搬器動揺を搬器位置と同時に収集できれば、どの場所で著大な風や動揺が生じたかを把握できる。

3. 1. 3. 搬器位置及び走行速度

搬器の移動距離や速度は、一般的に滑車の回転速度から検出し、運転室等の表示器に表示される。本研究では前述の機能要件から、搬器の位置と速度を測定するためのGPS（Global Positioning System）受信機を搬器に設置する。

3. 2. データ伝送方法

搬器から運転室等へ測定データを伝送する方法として、モバイルルータによる携帯電話回線を用いた方法の他、通信契約を必要としないWi-Fi（Wireless Fidelity）のローカルネットワークや、低消費電力のLoRa（Long Range）等がある。本研究では線路長が3

km程度の交走式ロープウェイを想定し、各通信方法を比較する。

ローカルネットワークやLoRaを用いた場合は支柱等に複数の中継点を設ける必要があり、保守に負担が生じるため、搬器にモバイルルータを設置し、携帯回線を経由してクラウドサーバーへデータを送信する。

運転室や監視室等に配置したパソコン等では、インターネットを経由してクラウドサーバー上の情報を読み込んで表示し、必要に応じて状況を係員に通知する。

3. 3. 処理装置

搬器内の処理装置では、各センサからの信号の受信に加え、前述のロール角とピッチ角の推定演算を行い、それらの情報を同期して処理装置のWi-Fi通信モジュールからモバイルルータを経由してクラウドサーバーに送信する。また、収集した各種データは、メモリカードを用いて搬器内で一定期間保持する。外部から電源供給のない搬器内に設置することから、処理装置も小型でかつ低消費電力であることが求められる。本研究ではWi-Fi通信モジュールを内蔵し、各センサとシリアル通信が可能なRaspberry Piを用いてデータの収集、処理、保存、通信を行う。なお、本システムの運用に必要な可搬型バッテリーを搬器内に設置する。

4. まとめ

運転中の交走式ロープウェイ搬器の動揺と搬器位置における風向及び風速を、搬器の走行位置とあわせて収集し、リアルタイムで運転室や監視室等へ伝送し表示するための搬器動揺モニタリングシステムについて検討した。これまでにハードウェアや通信方式を選定し、システムを構築中である。今後はシステムの実装及び実際の搬器を用いた評価試験を実施し、本システムの実運用に向け課題を整理していく予定である。

参考文献

- 1) 佐藤ほか，“ロープウェイ施設における風分析と搬器の突風応答シミュレーション”，交通安全環境研究所フォーラム2015，pp.129-132 (2015)
- 2) 一柳ほか，“支柱通過前後の索道搬器のロール振動に関する考察”，交通安全環境研究所フォーラム2021，pp.89-90 (2021)