

高精度位置情報を活用した除雪作業アシストシステムの検討

大林道路株式会社 佐藤 正憲
田原 康平
ソフトバンク株式会社 吉川 正夫

1. はじめに

積雪寒冷地域における空港の除雪作業は、離着陸のスケジュールに合わせて短時間で実施し、運航に支障を来たすことのない状態としなければならない。作業は気象状況、昼夜間を問わず実施しなければならない。作業中の安全は勿論のこと空港施設の損傷にも注意する必要がある。その一つに航空灯火（以下、灯火とする。）がある。灯火は、夜間や悪天候で視程の悪いときに航空機の航行を援助する重要な地上保安施設である。積雪および暴風雪の状況下であっても除雪作業により損傷することのないよう注意しているものの、時間制約により作業スピードも要求されていることから作業時の視界不良により接触してしまうケースも散見される。国土交通省においても2020年10月に「空港除雪の省力化・自動化に向けた実証実験検討委員会」が設置され、検討が進められている。除雪作業の自動化は各道路管理者において実証実験も含め取り組みはあるものの、現行の車両を改良または新規に車両を取得いずれにおいても管理者のコスト増加となり、数年で自動化へ変わることは難しいと認識している。そのような中、当社においても業務委託を受けている函館空港における灯火破損防止対策および除雪車両の作業補助を目的として、ソフトバンク株式会社が提供する高精度測位サービス「ichimill（イチミル）」を利用したシステムの検討を進めてきた。本報文はその検討結果を報告するものである。

2. 課題の整理

2.1 空港除雪作業の現状

システム開発の検討にあたり、函館空港における実際の除雪作業のヒアリングを行った結果を表-1に示す。

表-1 函館空港における除雪作業の現状

項目	現状	想定する課題
作業方法	【スノーパー除雪】 ・時速25km程度で作業を実施。 ・ブローにより雪を飛ばすことが可能。 【ブラウ除雪】 ・時速40km程度で作業を実施。 ・路面の雪を押し出しながら作業を行うため40km以下となった場合、排土板に雪が溜まり連続作業に支障となる。	・複数台の除雪車両が並走して作業を行うため、1台の車両が遅延すると全体の作業時間に影響する。 ・悪天候による視界不良であっても、運航している限り離着陸に支障の無い状態としなければならない。
作業時間	・離着陸間約40分程度で作業を実施。 ・降雪時は作業開始を早めても再び積雪することから、始発着便の直前に実施。	・短時間で効率よく作業を完了しなければ、航空機の運航に支障が出る。

表-1に記載のとおり、実際の除雪作業は限られた時間内に効率よく作業を完了することが求められており、作業にあたっては灯火を含め空港施設の損傷に十分留意する必要がある。作業状況写真を図-1に示す。



図-1 除雪作業状況

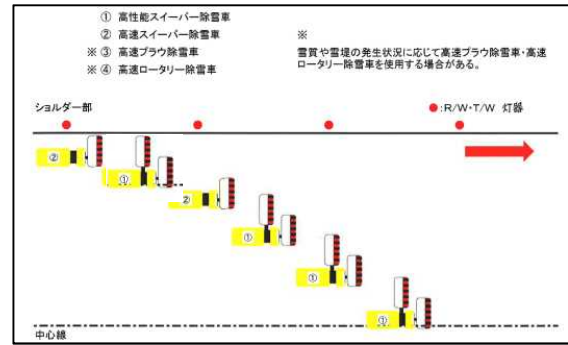


図-2 除雪作業隊列図

図-2に除雪作業隊列図を示す。天候不良により視界が悪いと雪煙により車体のサイドミラーで灯火の位置を確認しづらくなることから、徐々に灯火に接近して破損してしまうケースが想定される。

2.2 課題対処方法の検討

作業の現状を確認した結果より、限られた時間に効率的に作業を行う必要があることから、管理者からの出動要請後直ちに準備をして開始しなければならないため、灯火に目印を立てることは難しくまた、何らかの機材を設置しても退出時に回収を忘れて残置してしまう可能性も考えられる。以上より、現地へ新たに機材を設置する対策は検討より除外し、機器の位置情報を利用する方法で既存技術を含めて調査・検討を行った。既存技術の調査結果を表-2に示す。

表-2 GNSS測位を利用した既存技術の検討結果

番号	内容	測位の概要	検討結果	判定
1	路面清掃車出来形管理システム（自社開発品）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空港維持工事の路面清掃車の出来高管理（清掃範囲、時間、運転アシスト）を目的に開発 ・ 専用の受信機を利用、現在は1セットのみ保有（UAVにも利用しており、受信機が高額） ・ RTK測位、誤差は1cm以下 ・ CAD図へ時刻と軌跡を表示 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 灯火破損目的で利用する場合はゾーニング機能が必要となりシステムの大幅な改修を伴う。 ・ RTK測位だが基地局の設置が必要。 	×
2	ソフトバンク社製「ichimill」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同社が独自に設置する基準点を利用したネットワーク型RTK-GNSS。誤差は数センチ。 ・ 専用受信機の購入とWebアプリの利用契約により利用できる。 ・ GoogleMap上に位置情報を表示、ゾーニング機能がありアラート表示が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 提供されている機能がそのまま活用できれば安価に利用できることから、本システムをベースに検討を行った。 	○
3	携帯電話を利用したA-GPS測位	<ul style="list-style-type: none"> ・ A-GPSによる補正情報により、誤差1～2mの精度で位置情報をGoogleMapに表示。 ・ 基地局設置は不要、携帯アプリで利用できる。 ・ 1Hzで測位 ・ ゾーニング機能の開発が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 誤差1～2mとタイムラグを考えると時速40kmの実作業における適用は難しいと判断。 	×
4	スマートフォンの位置情報を利用した測位	<ul style="list-style-type: none"> ・ スマートフォンのGPSを利用し、GoogleMapへ表示可能だが、誤差は数m程度。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 誤差を考えると時速40kmの実作業における適用は難しいと判断。 	×
5	3DLiDARの利用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3DLiDARと4台のカメラ（基地局）で高精度で位置を追跡できる。 ・ 追跡範囲1台のカメラで半径25m程。 ・ ゾーニング、アラート機能有。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 直線上の障害物管理に適さないことから、検討より除外。 	×

2.3 既存システムを利用したテスト結果

前述の比較検討結果より、ソフトバンク社製 ichimill の標準機能を利用して検証を行った。はじめに、灯火の位置座標を取得し、灯火を中心に左右 5m のゾーンニングを行った (図-3)。ichimill は基本機能で、ゾーンニングしたエリアの侵入を検知すると、画面上にアラート表示を行うことが可能である (図-4)。

当初の検討段階では運転席付近にタブレットを置き、運転手自身が自己車両位置と灯火の位置を視覚的に確認しながら作業を行うことを想定していたが、運転手が画面を確認しながら作業を行うことは容易でなくまた、クラウドサーバを介してタブレットに位置情報が表示されるタイムラグが 4~5 秒程度発生することが確認された。これは時速 40km で除雪作業を行っていることが原因ではあるものの、1 秒間に 1 回位置情報を取得する機器であることから、実作業に利用するためには、運転手の認知方法、作業速度およびクラウドサーバを介したタイムラグの全ての条件を含めて再考が必要となった。以降に課題を解決してこの度開発したシステムについて記載する。



図-3 灯火位置のゾーンニング

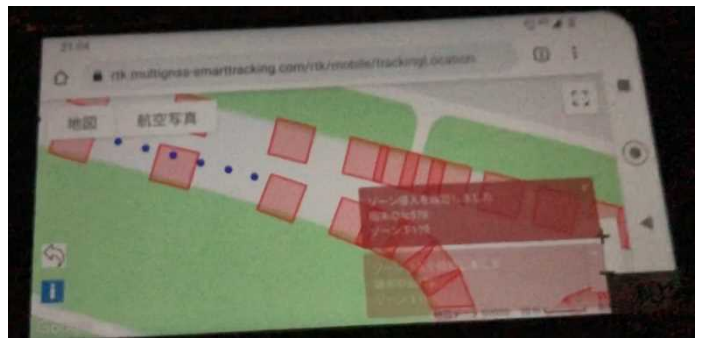


図-4 画面上のアラート表示 (右下)

3. システム概要

3.1 特徴

開発したシステムの概要を図-5 に示す。時速 40km で除雪作業を行う滑走路 (直線部分) を対象とし、任意に指定した灯火の開始地点と終了地点を結ぶ直線に対して、車両位置より下ろした垂線の長さをプログラムによりリアルタイムに算出し、その長さでアラートを出す仕組みとした。また、運転手へは視覚的に安全、危険を伝えるために赤、青 2 種類の回転灯を使用することとした。なお、回転灯の赤は危険、青は警告を意味しており、現在位置と 1 秒前の位置の差分をシステムで管理し、設定した閾値 (設定により変更可能) を超えた場合に青の回転灯を点灯させる仕組みとした。このロジックにより、運転手は感覚的に真っ直ぐ走行していても雪を抱えながら走ることによる車体のズレを視覚的に認識することで、ハンドル操作をアシストすることが可能になると考えた。また、灯火の基準線は滑走路の両側を設定することが可能であるため、作業中に設定変更は不要である。

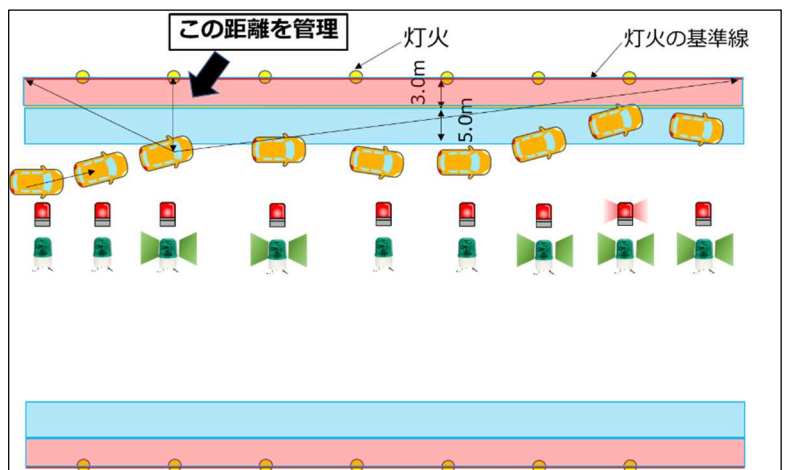


図-5 システム概要図

3.2 システム構成

システム構成を図-6 に示す。ichimill は様々なアプリケーションおよびソフトウェアとの連携が可能な API (Application Programming Interface) が提供されている。本システムはクラウドサーバ (Microsoft Azure) 上に実装し、WebSocket を

介して ichimill サーバとの双方向通信を実現している。また、回転灯の制御コマンドは Virtual Machines より発信され、IoT Gateway を介して信号を送信している。基準線の設定等パラメータの変更は PC 上で事前に行い、現地の操作について簡素化した。また、車両の搭載する機器は図-7 のとおり 1 つのボックスに集約して、現地での複雑な配線作業が発生しないよう工夫した。

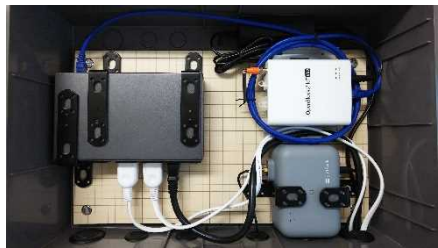


図-7 機器収納状況

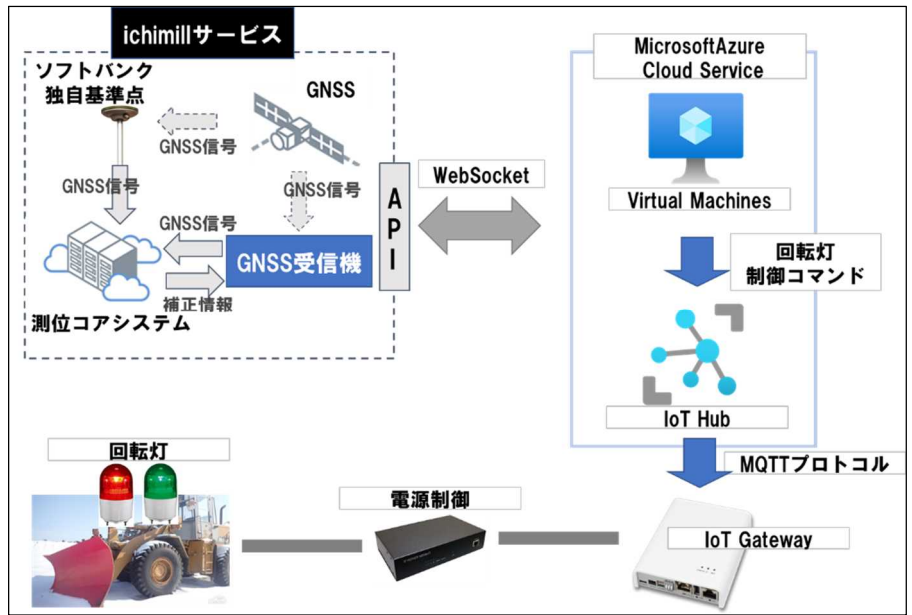


図-6 システム構成図

4. 検証結果と今後の展開

開発したシステムを乗用車に実装し、実際の作業速度である時速 40km の走行で複数回のテストにより動作確認と設定する閾値の検証は完了しており、今期の函館空港における実証を進めていく所存である。今回開発したシステムは一部開発要素があったものの、既存のシステムの組合せで構築したものとなっている。将来的に除雪作業は自動化・無人化に向けての開発が進んでいくものの、本システムは現在の過渡期において有効に活用できるツールとなるのではないかと考えている。今後の実証により有効性が確認できた場合は、業界で安価に利用して頂ける形で提供していきたいと考えている。

謝辞

検証にあたりソフトバンク株式会社の大浜氏、高橋氏また、今回のシステム開発業務を委託させて頂いた、株式会社システナの担当者の皆様には多大なご協力を頂き、この場を借りて感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 空港除雪の省力化・自動化に向けた実証実験検討委員会資料，国土交通省 HP