

スキー場における動的地図制作のための基盤データ開発

松原剛*, 金杉洋**, 柴崎亮介**, 杉田暁***

*東京大学地球観測データ統融合連携研究機構, **東京大学空間情報科学研究センター,

***中部大学中部高等学術研究所

1. はじめに

GPS デバイスが搭載されているスマートフォンの普及に伴い、一般的な環境における歩行者用ナビゲーションシステムの機能は大幅に向上してきている。一方で、環境変化が激しく、通過可能な経路が頻繁に変わるような状況下においては、経路探索用のネットワークデータの整備が困難になりがちであり、実用的なナビゲーションシステムの実現が困難となっている。仮に初期投資を行い、地図データの整備を行ったとしても、その後の継続的なデータ更新をするためのメンテナンスコストが肥大化し、データを常に最新の状態に保つことが難しくなるケースが多い。

そこで本研究では、利用者によって提供される情報をリアルタイムに経路情報に反映し、案内経路を動的に変化させる手法の提案を行う。状況変化が頻発し、かつ経路案内システムが必要とされる例として、スキー場が挙げられる。山岳地帯特有の変化しやすい気象条件によって、リフトやゲレンデの閉鎖が頻発し、経路情報は分単位で変化する。そこで、実験フィールドとして複数のスキー場を対象に、現地のネットワークデータをリアルタイムに更新できる環境、および、リフトの運休情報等を通知できるシステムを構築し、課題抽出とフィードバックを重ねることにより、基盤技術の開発と検証を行った。

2. 方法

プロトタイプ開発を行うにあたり、一般的なサーバクライアントシステムを採用した。

サーバ側には WebAPI を構築し、現地スキーヤー・スノーボーダー（以降滑走者）からの GPS 軌跡やリフトの運休といった情報提供を受け付けられる仕組みを構築し、経路案内（以降ナビ）用のネットワークデータの更新を行える仕組みを実装した。ネットワークデータを現地ユーザの情報提供のみで一から作成することは困難であるため、基礎データとして、OpenStreetMap（以降 OSM）（文献：1）のデータを利用した。OSM はボランティアにより作成されるオープンな地理情報データベースであり、自由に利用することができる。

スキー場等のゲレンデ情報も登録されており、2019 年 4 月現在で日本国内の 1,824 本のリフト、および 3,081 本のゲレンデパス情報が利用できる。スキー場のデータは、中空の移動手段を表す「aerialway」および、ゲレンデを表す「piste」によって地理情報が登録されている（図 1, 2）。データは XML 形式や、データベースで取り込み可能な形式でダウンロードが可能である。

しかし、登録されているデータの構造は一般的な地理情報であり、必ずしもナビ用途として使用されることを前提として入力されていないため、リフトの接続情報等が欠落しているケースもあり、ナビとして使うために個別の調整を行った。

まず、リフト・ゲレンデ共に一方通行のパスとして設定し、リンクが繋がっていない個所を現地ユーザの情報提供により補完できるような仕組みを構築した。



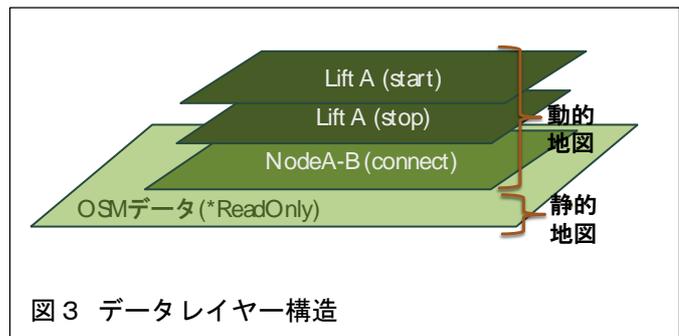
図 1 ニセコ全山スキー場の地理データ

```
<way id="22650015" visible="true" ...>
  <nd ref="242920053"/>
  <nd ref="242920052"/>
  <tag k="aerialway" v="chair_lift"/>
  <tag k="aerialway:duration" v="6"/>
  <tag k="aerialway:occupancy" v="2"/>
  <tag k="name" v="Ace Family Pair"/>
</way>
<way id="159119368" visible="true" ...>
  <nd ref="1712230791"/>
  :
  <tag k="piste:difficulty" v="intermediate"/>
  <tag k="piste:type" v="downhill"/>
</way>
<node id="1712230791" ... lat="42.8644732" lon="140.6611332">
```

図 2 OSM に登録されているゲレンデ情報

また, OSM のデータベースは本システムとは独立して更新が行われるため, 取り込んだ OSM データの部分を直接書き換えることは行わず, ユーザから提供された情報は差分情報として扱い, OSM 側で更新された変更を容易に反映できるようなデータ構造とした (図 3).

クライアント側は Android 端末上に基本的なナビとデータを更新するためのユーザインターフェース, および地図データを動的にダウンロードし, ナビルートを変更できる仕組みを実装した (図 4).

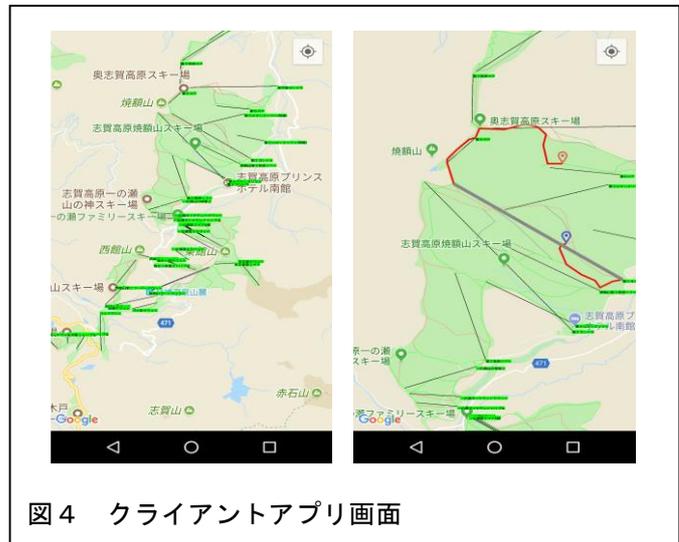


3. 現地調査

地図データの更新方法を検討するため, 志賀高原スキー場, 上越国際スキー場, ニセコ全山スキー場において, ケーススタディとして現地で実際にナビを試用し, 課題の抽出と機能の調整を行った。

3.1. GPS 軌跡調査

昨今のスキー場においては, 滑走者が GPS を利用し, 自らの行動軌跡を記録し活用することが一般的となりつつある (文献:2) ため, 本研究でも現地ユーザの GPS 軌跡情報を地図生成に活用することを検討した。



3.1.1. GPS 軌跡計測方法の検討

ナビを行うにあたり, 最短経路探索を行うためには, ゲレンデの滑走時間を予測することが必要となる。基本的にはリフトやゲレンデの長さに応じて時間を算出するが, OSM に登録されているゲレンデ形状は省略されて直線で表現されている箇所もあるため, 正確な滑走時間を計算することが困難である。そこで, 滑走者の GPS 軌跡から形状を補正する方法を検討した。基礎調査として, 3 種類の GPS 機器を同時に携帯し, 同一コースを滑走し比較を行った。図 5 はそれぞれ MobileAction 社 i-gotU GT820pro(1 秒間隔測位), 同 i-gotU GT600(5 秒間隔測位), スマートフォン(SH-03G) (1 分間隔測位)での計測結果をプロットした図である。結果として, 5 秒間隔での計測であれば, 林道コースのようにカーブの多い複雑な形状であっても比較的正確に形状を取得できることが分かった。一方で, スマートフォンを利用して 1 分間隔で計測した場合は, 細かいカーブを再現できなかつた。しかし, それ以上の頻度で測位を行った場合はスマートフォンのバッテリー消費が激しく, 1 時間程度でバッテリーを使い切ってしまうため, ナビとしての実用性が著しく落ちることが判明した。

3.1.2. リフト乗車検出

経路を動的に変化させるためには滑走者の現在位置情報が重要となり, 滑走者が現在リフトに乗車しているか否かの判定が必要となった。そこで, GPS の軌跡とリフトの運行経路形状を比較し, 滑走者の乗車中判定を試みた (図 6) (文献:3)。赤線が乗車判定に成功したリフト, 青線が失敗したリフトである。スマートフォンによる 5 分間隔計測では 34 回のリフト乗車中 19 回



を正しく捕捉できたが、精度が高いとは言えず、判定を行うためには測位頻度を上げる必要があることが判明した。

3.2. ネットワークデータ編集

OSMには有志ユーザにより、ある程度の地理的情報が登録されているが(図7-左)のようにリンクが繋がっていない箇所も多く、現地調整を必要とした。Androidアプリにネットワークデータを繋ぐためのUIを実装し、現地ユーザにネットワークデータを修正してもらった仕組みを実装し、現地での編集作業を行った(図7-中、右、表1)。

図8は現地データ編集を行う前後でのナビ網羅率を比較した結果である。ナビ網羅率は、全てのリフト

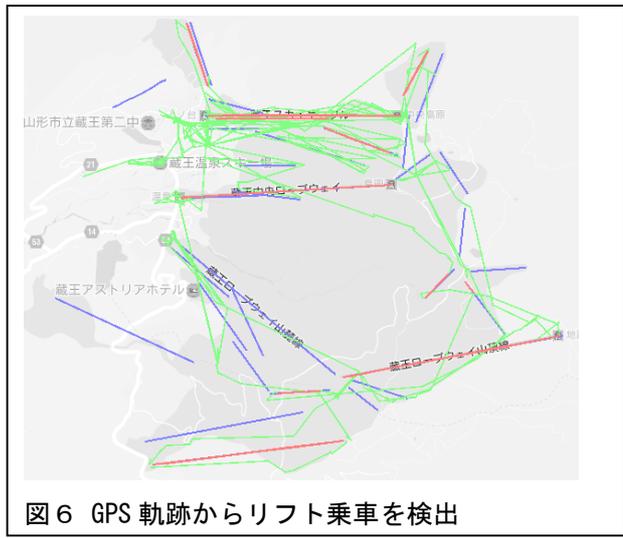


図6 GPS軌跡からリフト乗車を検出

の乗降車ノードを総当たりでナビを実行し、経路が見つかるか否かを数値化したものである。ナビを意識したデータ構造になっているスキー場のデータは未編集状態でも網羅率が高い傾向が表れた。また、もともと網羅率が低いスキー場のデータであっても、本アプリで調整を行うことにより、最終的には9割前後まで上昇し、ナビとして実用的になることがわかった。(リフト休止状態について、一時的な運休か、恒久的な廃止かの判断がつかない箇所があったため、調査終了後も網羅率は100%にはならなかった)

OSMオリジナル 接続情報変更画面 変更された地図データ

図7 現地ユーザによるネットワークデータ修正UI

3.3. 動的経路変化

動的な経路変化をナビに反映させる方法として、経路探索時に、定期的にサーバから新規ネットワークデータを取得する仕組みを実装した。実際に現地にて一時的に運休されたリフトの情報を入力することにより、10秒程度で他のユーザの端末の経路が変更されることを確認できた(図9)。×印が運休されたリフト、赤色のラインが変化した迂回経路を示す。

3.4. その他の課題

天候が悪く吹雪等の場合や、山の谷間などではGPS電波が取得できない箇所もあり、数時間に渡って現在地を手動で入力する必要があった。また、リフトの停止状態に関して、「悪天候による一時的な休止」「当日の営業の終了」「シーズン中の閉鎖」「リフト自体の撤去」等、様々なステータスがあるため、

表1 データ編集作業内容

	調査日	OSMデフォルト		データ補完作業数			
		リフト数	ゲレンデ数	追加リフト	追加パス	閉鎖リフト	
志賀高原	2018/12/25-27 (1名)	41	100	1	3	42	
上越国際	2019/01/08-10 (2名)	24	31	3	0	117	
ニセコ	2019/02/04-11 (3名)	29	120	3	0	29	

それらの区別が必要であり、一時的な閉鎖を自動的に回復する等の仕組みが必要であることが分かった。

また、経路探索中に常にネットワーク情報を受信し続けた場合、バッテリー消費が激しくなり、すぐにスマートフォンが使えなくなるといった問題があった。push 通知の仕組みを活用し、バッテリーの消費を抑える必要があることが分かった。

4. まとめ

本研究では環境変化が激しい状況下や継続的にデータをメンテナンスする運用が取れない状態でもユーザー主導でリアルタイムにデータを更新できる経路探索システムの実現を目指し、プロトタイプ作成を行い、課題抽出とフィードバックを行った。

基礎データとしてクラウドソースでデータが集められる OSM のデータを利用し、現地ユーザーの提供情報をレイヤー構造として重ねることにより、実用的な経路探索が可能となるアプリケーションを構築した。OSM データはナビとして使用することを前提に作られてはいないため、初期段階では到達不可能なノードや探索不可能な経路が多く存在したが、現地ユーザーの情報が集まるにつれ網羅率が向上し、ほぼ全ての経路が補完されるといった結果が得られた。また現地の経路封鎖情報をリアルタイムに経路情報に反映することにより、自動的に迂回経路を提示する機能が実現できた。

本システムでは OSM 上に、ある程度のデータが登録されている施設やエリアであれば、容易に応用が可能であるため、アミューズメント施設や、ゴルフ場、災害時にスポットでのナビシステムを構築するといったことが可能になると考えられる。

5. 謝辞

本研究は中部大学問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究 IDEAS201807 の助成を受けたものです。

参考文献・データ

1. OpenStreetMap <https://openstreetmap.jp/>, (参照 2019-04-15)
2. 吉村暢彦, 山中康裕, 田中 大介, 上林宣夫, “スキーヤーの行動把握のための GPS データの分析フレームワーク,” GIS - 理論と応用, Vol. 25, No.2, pp.45-55, 地理情報システム学会, Dec. 2017.
3. 松原剛, 金杉洋, 柴崎亮介, “スノーリゾートにおける GPS 履歴を活用した動線把握と誘導方法の検討,” 第 26 回地理情報システム学会講演論文集, Vol.26, D-6-3, 地理情報システム学会, 2017

