

# 自然災害に関する情報を用いた路線バス経路探索システムの開発

高濱 亜実<sup>†</sup> 白石 修二<sup>‡</sup>

福岡大学理学研究科<sup>†</sup> 福岡大学理学部応用数学科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

近年の日本では、地震や豪雨を始めとした自然災害が相次いで発生し激烈化している。それらは、人々や地物をはじめとして、交通インフラや公共交通機関にも多大な被害や影響を及ぼす。悪天候や自然災害時の公共交通機関の対応を巡って JR 各社では、降水雨量や風速に一定の基準値を定め、運転規制の指標を設けているが、路線バスにおいては悪天候や自然災害時の運行に係る対応は各事業者の独自の判断に委ねられている。道路運送法第十七条条文では、悪天候時の一般乗合旅客自動車の事業者に対し、運行に関する具体的な対応の義務付け等は行っていない。災害発生時等において通常通りに運行され得るかという判断は、複雑なバス路線において、各停留所や道路状態等の状況もあり混乱すると考えられる。乗客としては、目的地までを普段利用する路線がもし使用できない場合にはどのような代替路を用いればいいのか、ということこそ知りたいことなのだが、一般乗客が移動手段として最も頼りにするものであるにも関わらず、災害時の対応が混乱しややすいというような脆弱さを持っていることが難点だと考えられる。このようなバス運行形態を踏まえて、本稿では、自然災害の影響により複数の経路の使用が不可能あるいは危険とされる状況が発生した場合を想定し、予めそれらを回避する経路を探すことを目的とした、路線バス経路探索システムを開発した。

## 2. 既存の経路検索アプリ

ジョルダン乗換案内、乗換 NAVITIME、駅すぱあとをはじめ、既存の多くの経路検索アプリで、基本的な経路検索機能以外に、電車、バスの遅延や運休、混雑状況等を加味した経路検索機能は既に実装されている。これらのリアルタイム情報は迂回路等を推薦もしている。また、多くの経路検索アプリが持つ地図機能では、通過するバス停の名称や所要時間等の一般的な情報のみを記載しているものがほとんどである。近年の相次ぐ自然災害により、ハザードマップ活用の重要性が増している。本システムでは、過去の降雨や土砂災害に関するデータにより作

られた災害予想地図いわゆるハザードマップのデータを活用することにより、災害時における危険な経路の探索に利用し、通過する各バス停が持つ一般的な情報だけでなく、災害情報を兼ねるものとした。

## 3. 路線バス経路探索システム

### 3.1 テーブル・DB の作成

次の2種類のオープンデータ

- ・データ 1: GTFS-JP オープンデータ [1]
- ・データ 2: 災害に関するシェープファイル [2]

を基に4つのテーブルからなるDBを作成した。

データ 1 は、熊本都市バスの路線データ、データ 2 は、洪水浸水想定区域データ「想定最大規模・浸水継続時間」、土砂災害警戒区域データの2種類のデータからなる。

上記を基に作成した DB は、Table1:各バス停についての基本情報、Table2:各バス停の災害情報、Table3:各路線についての情報、Table4:一意な名称であるバス停の一覧の4つのテーブルによって構成される。

(図1参照)

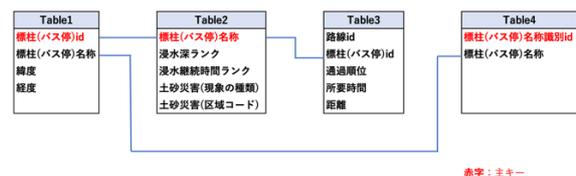


図1 4つのテーブルと関係図

Table2 に関しては、空間結合を行うことにより、作成した。空間結合とは、あるポイントデータに対し、それと重なるポリゴンデータの情報を取り込みたい場合に用いる結合方法のことを指す。Table2 の作成においては、ポイントデータとして各バス停の緯度・経度のデータ、ポリゴンデータとして想定最大規模、浸水継続時間、土砂災害警戒区域の各データを用いての空間結合を行なった。ここでは、DE-9IM モデル [3] における空間関係定義の、intersect (交差) を用いた。Table2 の作成により、後の探索において、自然災害時を想定したグラフの作成及び経路探

索を実行することを可能とした。

### 3.2 システムの概要と実行結果

本システムは、3.1 で作成した DB を基に平時と災害時の 2 つの場合についてのグラフを生成し、それを基に任意の 2 地点間の最短経路探索を行う。但し、災害時においては、以下の 2 項目

- ・想定最大規模降雨の浸水深：ランク 3(3.0m～5.0m)以上

- ・土砂災害警戒区域：該当するすべての地点に該当する値を「特に危険である」と定め、危険領域に含まれるバス停及びそのバス停と隣接するエッジを予め探索対象から除外した上で、グラフを生成する。尚、危険とされる値は、資料[4], [5], [6]を基に、浸水深と自動車通行の関係性や土砂災害発生時の危険性等を考慮した上で定めるものとした。

上記を基に 2 種類のグラフを生成した結果、平時の場合はノード数 658 エッジ数 787、災害時の場合はノード数 570 エッジ数 647 の有向グラフが生成された。また、予め危険と定めた地点に属するバス停は、一級河川・二級河川といった重要度が高い河川の流域周辺及び、山沿いに多く見られ、当該地点周辺のバス停を出発地又は目的地と定めた場合に特に、災害時における有効な経路数の減少が見られた。(図 2, 3 参照)

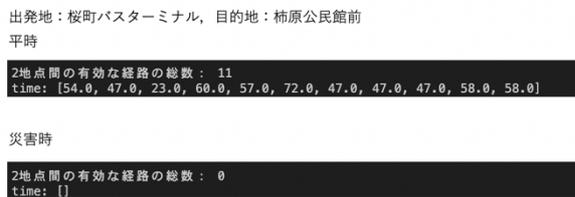


図 2 経路探索の実行結果例 (桜町 BT→柿原公民館前)

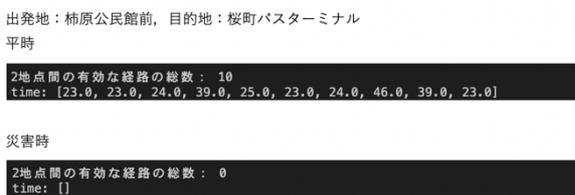


図 3 経路探索の実行結果例 (柿原公民館前→桜町 BT)

また、今回用いたデータでは、主要なバスターミナルや行政・商業施設が密集した地域内にあるバス停が危険区域内及びその周辺に位置していたことから、これらを出発地あるいは目的地と定めた場合においても、災害時における有効な経路数の大幅な減少が見られた。

(図 4, 5 参照)

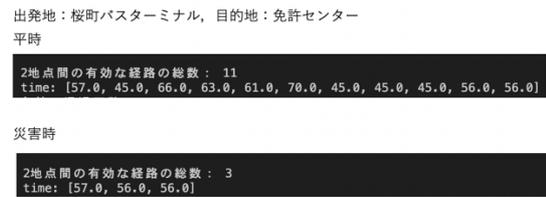


図 4 経路探索の実行結果例 (桜町 BT→免許センター)

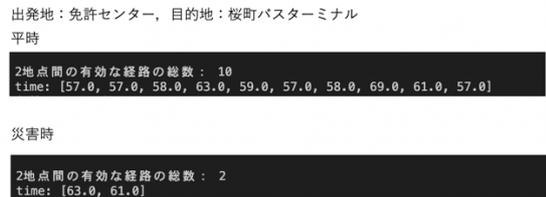


図 5 経路探索の実行結果例 (免許センター→桜町 BT) バスターミナルは多くの場合において、県内外の多方面への路線バスや高速バスの発着・乗換の拠点という機能を有している。このことから、バスターミナルが危険区域やその周辺に所在することは、自然災害発生時には、数少ない運行路線に利用者が集中する可能性がある等、多くのバス利用者の移動に悪影響を及ぼす可能性があることも上記の実行結果により、確認できる。上のグラフ及び実行結果を基に、これをモバイルアプリとしても実装し、2 地点間の各バス停が持つ一般情報と災害情報との連携を実現した。

### 4. まとめ

今回は、想定最大規模降雨及び土砂災害情報が持つデータを適用させた路線バス経路探索システムを開発した。生成されたグラフと探索結果により、大規模な自然災害の発生時には、多くの区間において有効な路線数が減少あるいはなくなる恐れがあることを確認した。特にそれがバスターミナル等、主要なバス停であるほど多くのバス利用者の移動に悪影響を及ぼす恐れがあることも確認できた。

### 参考文献

[1]熊本都市バス株式会社  
<https://www.kumamoto-toshibus.co.jp>

[2]国土数値情報ダウンロードサービス. 国土交通省  
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>

[3]E. Clementini, P. D. Felice, P. Oosterom: A small set of formal topological relationships suitable for end-user interaction, International Symposium on Spatial Databases (SSD1993), Advances in Spatial Databases, pp. 277-295(1993)

[4]水害の被害指標分析の手引き. 国土交通省水管理・国土保全局 (2013)  
[https://www.mlit.go.jp/river/basic\\_info/seisaku\\_hyouka/gaiyou/hyouka/pdf/higaisihyou\\_h25.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/seisaku_hyouka/gaiyou/hyouka/pdf/higaisihyou_h25.pdf)

[5]冠水路走行テスト (JAF ユーザーテスト). JAF  
<https://jaf.or.jp/common/safety-drive/car-learning/user-test/submerge/waterway-driving>

[6]土砂災害防止法の概要. 国土交通省  
[https://www.mlit.go.jp/river/sabo/tokushu\\_dosha/tokushu\\_dosha\\_1\\_sanko2.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/sabo/tokushu_dosha/tokushu_dosha_1_sanko2.pdf)

Development of bus routes search system based on natural hazard maps  
† Ami Takahama, Graduate School of Science, Fukuoka University  
‡ Shuji Shiraishi, Department of Applied Mathematics, Fukuoka University