

冬期道路環境データと都市間バスの運行との関連性に関する研究

A Study on Relationship between Winter Road Environment Data and Operations of Interurban Bus

北海道大学工学部	○学生員	本田悠真	(Yuma Honda)
北海道大学大学院工学研究院	フェロー	萩原亨	(Toru Hagiwara)
北海道大学大学院工学研究院	正会員	高橋翔	(Sho Takahashi)

1. はじめに

北海道の冬期環境の大きな特徴として挙げられる吹雪・降雪が道路交通に与える影響は極めて大きい。吹雪・降雪および気温低下による路面凍結や視界不良、堆雪に伴う道路幅の減少などにより走行速度が低下し旅行時間の増加に繋がる。これらの課題を踏まえ、冬期の道路交通における時間信頼性向上を目的とした対策の検討が必要である。バスの遅れ時間の予測や遅延要因推定に関する先行研究は数多くある。藤原らは重回帰分析による遅延要因推定¹⁾、今井らは重回帰分析とカルマンフィルタを組み合わせた遅延時間予測²⁾、石長らは運行情報と気象情報の畳み込みによる LSTM を用いた到着時刻予測の手法³⁾を提案している。これらの研究においてもバスの運行状況が天候や交通状況によって左右されやすく正確な予測が難しいことが課題として挙げられている。

本研究では北海道の冬期特有の道路環境がバスの運行状況に与える影響を明らかにし、遅延時間の予測に役立てるため、GNSS データと気象データ、道路環境データを用いてそれらの関連性の分析を行う。具体的には北海道の冬期環境における都市間バスの走行データと走行中に観測した道路環境データを用い、冬期の道路空間上で発生する現象が旅行時間に与える影響の分析を行う。

2. データの取得方法及び具体的なデータ内容

都市間バスで取得したデータの計測方法及び実際に得られたデータ内容について説明する。高橋らは図-1 に示す advanced RVIS⁴⁾ (以降、RVIS) と呼ばれる車載型の道路環境計測システムを開発した。稚内—札幌間を結ぶ都市間バスである宗谷バスわかかない号 4 台にこれを搭載し、道路環境データを 2021 年 9 月から連続的に計測している。

RVIS では車載カメラで撮影された走行映像から、視界状況を定量的に示す WIPS と呼ばれる値の算出と AI 観測による路面状況の判定が行われ、GNSS データ(緯度経度情報、速度情報)とともに約 10 秒間隔に記録が行われる。RVIS から得られる種々のデータによって走行経路や走行時間、任意の地点におけるバスの運行状況、路面や視界などの周辺道路環境の把握が可能となる。

図-2 に 2021 年から 2022 年の冬期に実際に計測された走行経路を示す。わかかない号の標準走行経路を青線で示した。宗谷バスが公表するダイヤグラムによると、2 度の休憩時間を含め所要時間は片道 5 時間 50 分となっている。通常、青線の経路を走行するが、冬期に経路を変更する場合が存在する(赤線)。わかかない号が走行す



図-1 advanced RVIS

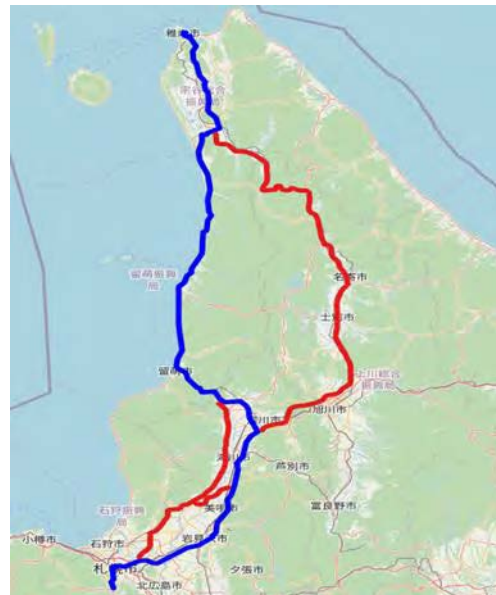


図-2 わかかない号走行経路

る経路上の国道 232 号線は国土交通省北海道開発局が定める異常気象時通行規制区間⁵⁾に指定されており、冬期においては規制区間を避けるため迂回経路を走行する場合があります。迂回経路の走行距離は標準経路と比較して 40km ほど長いので、通常よりも所要時間が長くなる。また、道央自動車道において通行規制となったとき、途中国道 275 号線へと迂回する場合があります、所要時間が長くなる要因の一つとなる。

運行状況を比較する一例としてある 2 日分の午前 6 時 30 分稚内発札幌行きの便を比較した運行時間距離図を図-3 に示す。運行時間距離図とは、横軸を時刻、縦軸を出発地点からの累積距離としたグラフであり、その傾きは平均速度に相当する。稚内駅や札幌駅付近の市街地間では勾配が小さく、国道区間では走行距離は一定の勾配を保ち、高規格道路区間では急勾配となり速度が大きくなるのがグラフから読み取ることが可能である。青線で示すグラフは 2021 年 10 月 29 日における上り便(札

幌行き)である。標準的な所要時間で走行している。赤線は標準所要時間から40分ほどの遅延が発生した2021年12月18日の便である。午前7時の時点では比較する2便に大きな時間差はないが、その時点以降12月の便に速度低下が見られ最終的に約40分の遅れが発生した。

3. 道路環境データを用いた運行データ分析

3.1 全区間所要時間の比較

RVISより得られた2021年9月から2022年2月までの半年間の運行便の走行データを対象として運行状況分析を行った。ここでは、取得した全データの中で標準経路を走行した便、計273便を分析対象とし、上下線に分けてそれぞれ所要時間計測を行った。

図-4、図-5は月ごとの全区間の所要時間分布を示している。9月から11月にかけては概ね一定の所要時間を保っているが、12月になると大幅に所要時間が長い便が発生し、平均所要時間が長くなる傾向が見られる。冬期間の所要時間は長くなっており、冬期道路環境の影響を受けていると言える。

3.2 区間ごとの所要時間変化の特徴

本節では区間別の所要時間の変化について示す。全行路を図-3に示すような区間に分類し、それぞれの所要時間を計測する。区間は制限速度や道路区分、地域の違いに着目し6つに分類した。区間ごとの所要時間計測の方法としては、各区間における始点と終点を示す標準地域メッシュコードを緯度経度情報から算出し、コードを記録した時刻の差を区間所要時間とした。

概ね全区間で冬期間の所要時間は長くなった。図-6、図-7に稚内行き便における深川留萌自動車道及び道央自動車道での所要時間分布を示す。区間ごとの計測においても冬期間の所要時間の増加傾向が見られるものの、全体として大差はなく、比較的安定している傾向にある。

一方、札幌市街地における所要時間分布を見ると(図-8、図-9)、所要時間の増加量が特に大きい。わからない号は大通バスセンター、札幌駅前を降車場所としているが、市街地の走行経路は運行便によって差異がある。また、全経路の中で最も交通量が多い区間であり、交通渋滞による影響が大きいことが、所要時間が長くなる要因となっていると考えられるが、同時に冬期環境による影響も含まれていると考える。

3.3 経路を変更した場合

迂回した経路を走行した場合についてもいくつか事例を示す。迂回経路については標準経路上に問題が生じた場合の走行経路であるため便によって大きく異なる。図-10にダイヤグラム上では6時30分稚内発12時20分札幌着の運行便、図-11に13時札幌発18時50分稚内着の運行便をそれぞれ3便ずつ比較したものを示す。

(1) 国道40号線へと迂回し名寄を走行する経路

赤線が迂回経路を走行した場合のグラフである。上りでは最終的には13時到着となっており40分ほど遅延し

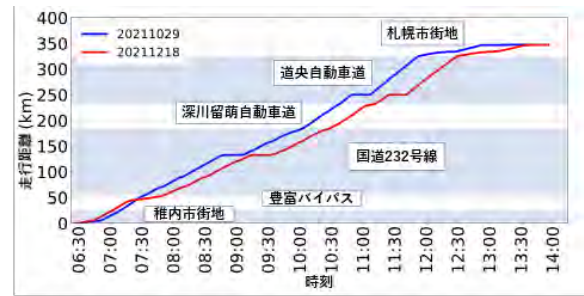


図-3 運行時間距離図

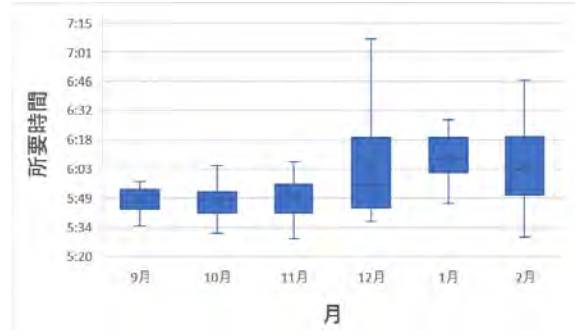


図-4 札幌行きの所要時間推移

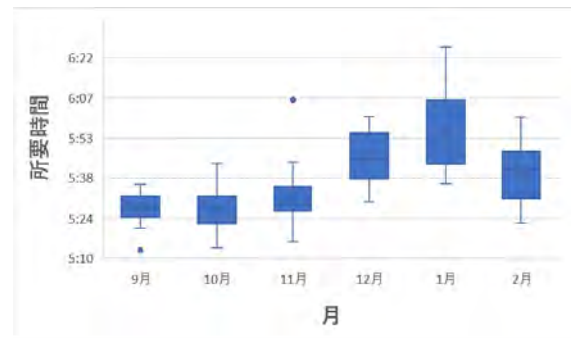


図-5 稚内行きの所要時間推移

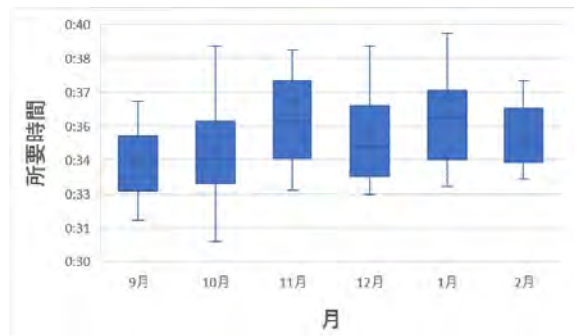


図-6 深川留萌自動車道(稚内行き)の所要時間推移

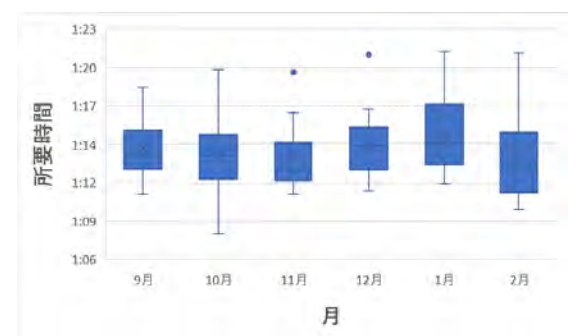


図-7 道央自動車道(稚内行き)の所要時間推移

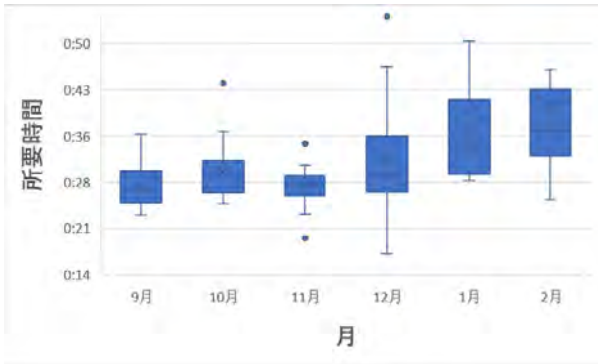


図-8 札幌市街地区間(札幌行き)の所要時間推移

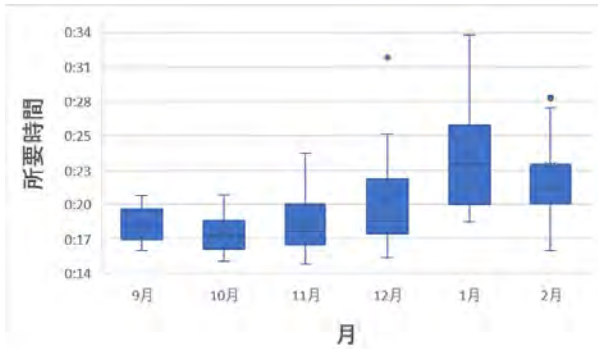


図-9 札幌市街地区間(稚内行き)の所要時間推移

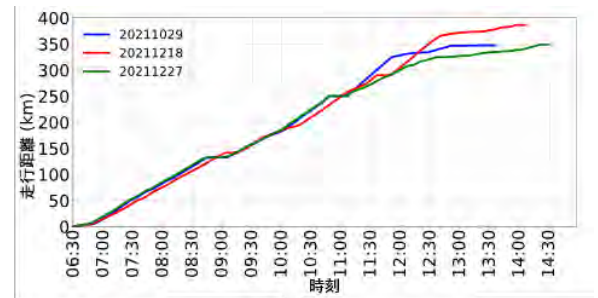


図-10 札幌行きの運行時間距離図の比較

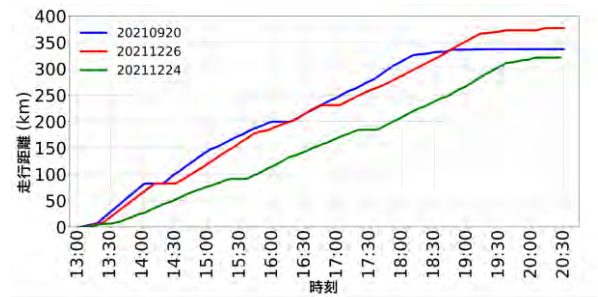


図-11 稚内行きの運行時間距離図の比較

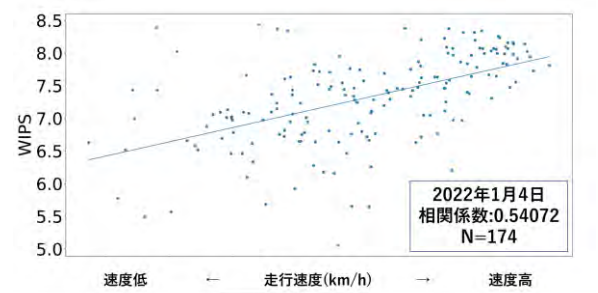


図-12 WIPS と走行速度の関係

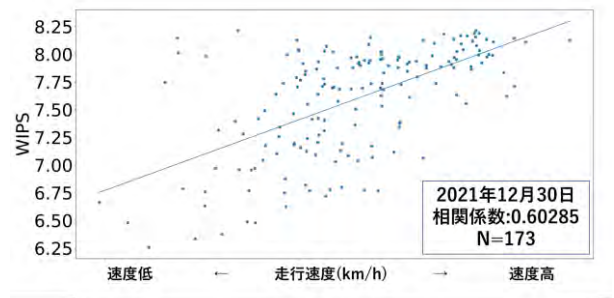


図-13 WIPS と走行速度の関係

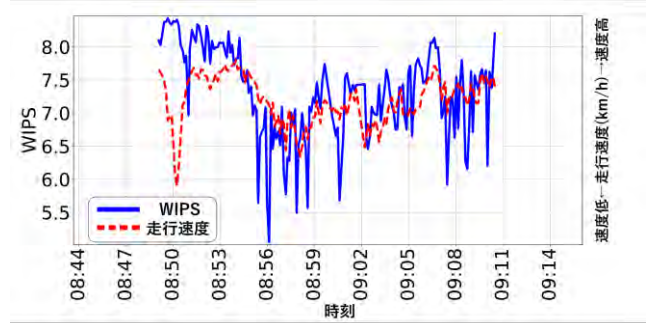


図-14 WIPS と走行速度の変化(2022年1月4日)

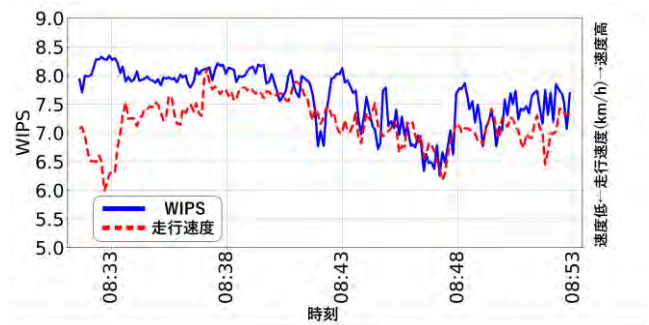


図-15 WIPS と走行速度の変化(2021年12月30日)

ている。下りについても走行距離が長くなっており、19時半着となっている。

(2) 道央自動車道を一部または全区間通行しない経路

緑線に示す。上りについては第2休憩地点である砂川SAまで青線とほぼ一致するような走行挙動が見られるが、奈井江砂川ICから国道へと分岐して以降速度低下が見られ、13時半着となっている。下りについては道央自動車道を全区間回避する経路であり、北竜ひまわりICから深川留萌自動車道に入るまで国道を走行し、最終的には20時着となっている。走行距離については経路とグラフを見てわかる通り標準経路よりも短い、本来高規格道路を走行する区間において国道を走行しているため所要時間は長くなっていることが分かる。

冬期において道路環境による通行規制が発生することで、わからない号は経路変更を余儀なくされ、運行時間は大幅に遅れた。

3.4 視界状況(WIPS)と走行速度の関係性について

視界状況の評価指標であるWIPSと速度の関係を図-12、図-13に示す。分析対象区間は、国道232号線の初山

別一羽幌間の約20kmである。WIPSは値が大きいほど視界が良好であり、吹雪などによって視界状況が悪化するとWIPSの値も小さくなる。2日分の関係から、WIPSと走行速度にはある程度の正の相関があると考えられる。

図-14、図-15は2日分のWIPSと走行速度の時系列変化を示しており、WIPSの低下とともに走行速度が低下する傾向が見られた。視界状況を定量的に示すWIPSによって、視界が走行速度に影響を与えていることが分かる。

4. まとめ・今後

わからない号の走行データを用いて詳細な運行状況の把握および月ごとの変化を比較し冬期環境が交通に与える影響の有無に関して分析を行った。冬期間は運行状況が乱れる場合が多くあり、冬期環境が運行に大きな影響を与えていることがわかった。

今後、わからない号のRVISで計測された視界状況(WIPS)や路面判定結果などの道路環境データに沿線のアメダス観測などによる降水量、積雪量、風速といった気象データを加え、わからない号の遅延要因分析とそのモデルの開発を行っていきたい。

参考文献

- 1) 藤原由美恵,花田智,白石陽, 道路データとバス運行データを用いたバスの遅延要因分析, 情報処理学会第78回全国大会 (2016)
- 2) 今井瞳,廣井慧,河口信夫, バス運行実績データの分析に基づく到着時刻予測モデルの提案と精度検証, 情報処理学会論文誌, Vol.60 No.1 101-107 (Jan. 2019)
- 3) 石長篤人,新井イスマイル,垣内正年,藤川和利,運行情報と気象情報の畳み込みによるバス到着時刻予測手法, 情報処理学会研究報告, Vol.2021-ITS-84 No.6, 2021/3/4
- 4) S. Takahashi, T. Hagiwara, R. Sato, K. Ohashi and Y. Nagata, "Advanced Road Visibility Inspection System for Winter Road Maintenance Using Microcomputer", Proc. In the 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics, October 2021.
- 5) 国土交通省北海道開発局:北海道地区道路情報 https://info-road.hdb.hkd.mlit.go.jp/RoadInfo/index_jize.htm (2022年12月11日アクセス)