

新潟交通バスにおける現状分析と 持続可能なバス交通のための 施策検討

新潟大学大学院 自然科学研究科 電気情報工学専攻 電気電子工学コース

 鈴木蒼生 (Suzuki Aoi)

1. 研究背景 及び 目的

研究背景

- 経営状況悪化や燃料高に伴うバス運賃の値上げ[1]
 - 運転士不足やコロナ下での需要減少による大幅減便[2]
 - 電車代と比べ、そもそものバス代が高すぎる問題
(電車:新潟駅~新大前駅240円, バス:新潟駅前~新大入口500円
これらはほぼ同じルートにもかかわらず, バス代が電車代の2倍以上もする)
- ↓
- 持続可能な交通への危機...金剛自動車(大阪)の路線バス廃止のニュース[3]

利用者の一人として
不満に感じている！

本分析の目的

- 新潟交通バスの利用者の現状を明らかにし, 持続可能なバス交通のための施策提案をすること

2. データ概要

• バスの利用者データについて

- 新潟交通の公式ホームページ[4]より、2018年4月から2023年8月までの「路線別ご利用人数」と「バス停別ICカード乗降件数」のデータを、PDFファイルにて取得し、Adobe Acrobat ProにてPDFからExcel形式に一括変換を行った。このファイルを起点として、分析を行った。
- 新潟交通の現状を知るデータとして公開されているものがこれくらいしか存在しなかったため、今回は上記のデータを主として用いた。

• JR線の利用者データについて

- JR東日本の公式ホームページ[5]より取得し、手入力にてExcel形式のファイルに転記した。(ウェブスクレーピングを試みたが、できないようであった。)

• 気象データについて(比較データとして)

- 降雨量データを、気象庁の公式ホームページ[6]よりCSVファイルを取得した。

• 平日データについて(比較データとして)

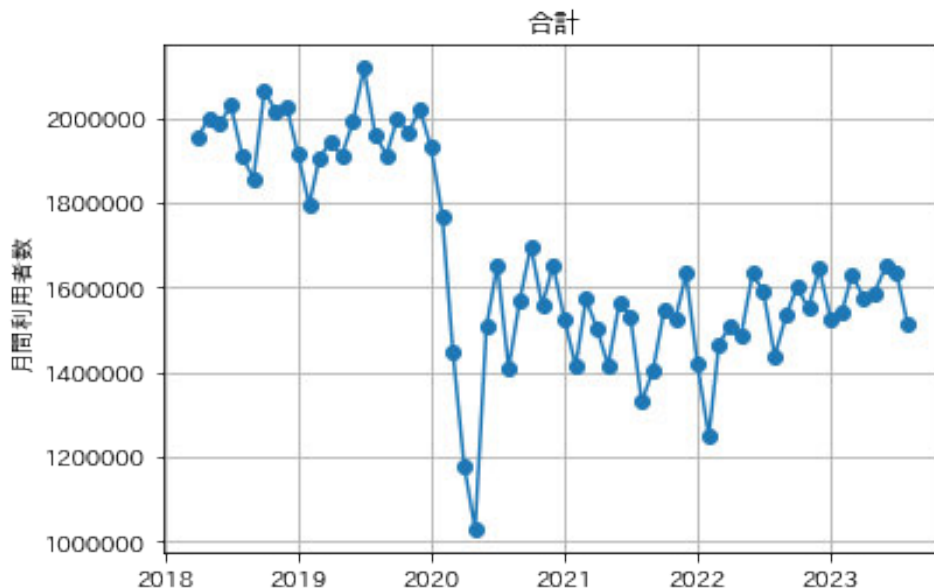
- 一般カレンダーのデータは、2023年のカレンダーより平日数を数え、データフレームとして保存した。ただし、土日祝、年末年始の12/29~1/3、お盆の8/13~8/16を休日としてカウントした
- 学校カレンダーのデータは、2023年の新潟高校のホームページ[7]より取得した授業歴に基づき、授業日数をカウントした。

3. 分析方法

- 各データの前処理(分析可能な形式への整形等)
- 各バス停ごと／路線ごとのデータの可視化
 - matplotlib等のライブラリを使用し、2018年4月から2023年8月までのデータを分析した。
 - 各バス停ごとのデータは、ICカードでカードリーダーにタッチし、正常に認識された件数を乗降各1件として計算されている。各月の利用者数トップ100のバス停のみしかデータが得られなかったため、欠損が一部含まれている。欠損が50以下のカラムは削除し、50以上のデータはその月の100位の利用者数から10を引いた数にて補完した。
 - 路線ごとのデータは、バス車両の乗車口、降車口にあるセンサーでカウントした合計人数 $\div 2$ を「利用者数」、利用者数を全運行便数で割った1便あたりの平均利用人数を「1便平均利用者数」として示されている。これより、利用者数 \div 1便当たり平均利用者数 \div 各月日数の計算をすることにより、「1日当たりの便数」を算出した。
 - 自己相関や偏自己相関の算出も、参考のために行った[8]。
- 時系列データの分解(元データ = **トレンド + 季節性 + 残差**)
 - statsmodelsのseasonal_decomposeライブラリを用い、時系列データの分解を行った[9]。
- 時系列データの予測
 - Prophetを用いて時系列予測を行い、Optunaを用いてパラメータ調整を行い、sklearn.metricsによりMAE, MSE, MAPE(評価指標)を算出した[10]。
 - 予測に際して、直近1年間のデータをテストデータとし、オレンジ色でプロットした。ただし、コロナの強い影響が今後の予測に影響を与えることを防ぐため、予測の際は2020年3月～2020年5月のデータを削除した
- 関係しそうな因子の検討
 - 季節成分に分解した月ごとの利用者数と、月ごとの平日日数(一般カレンダーと学校カレンダーそれぞれ)及び降雨量(月ごとの平年値)の相関を算出し、それらのデータのプロットも行った。
 - JR線と各駅の最寄りバス停を紐づけ、プロットした。
- 分析の過程は、全て添付のノートブックに記載している。

4. 分析結果 | 1. 全体について<現状>

- コロナ禍前とコロナ禍で平均利用者数が大きく変化した。特に、全国一斉休校や緊急事態宣言が出始めた2020年3月から2020年5月にかけては利用者数が急減し、過去最低と思われる2020年5月は、前年同期比の5割程度の利用にとどまった。
- 2割の減少分の一部は、コロナ禍でテレワークに移行した層がそのままテレワークを継続しており、バスを利用しなくなった(定期券を解約した)ものと推察される
- 時系列データを、トレンド成分+季節成分+残差(ノイズ)に分解した。
→全体的なトレンドとして、2020年初頭で急激に利用者数が減少したものの、2022年以降やや増加に転じている。
- 自己相関データ等から12か月の周期性があるとして季節成分を抜き出した。
- コロナ禍前平均 195万5000人, コロナ禍平均153万2000人(22%減)

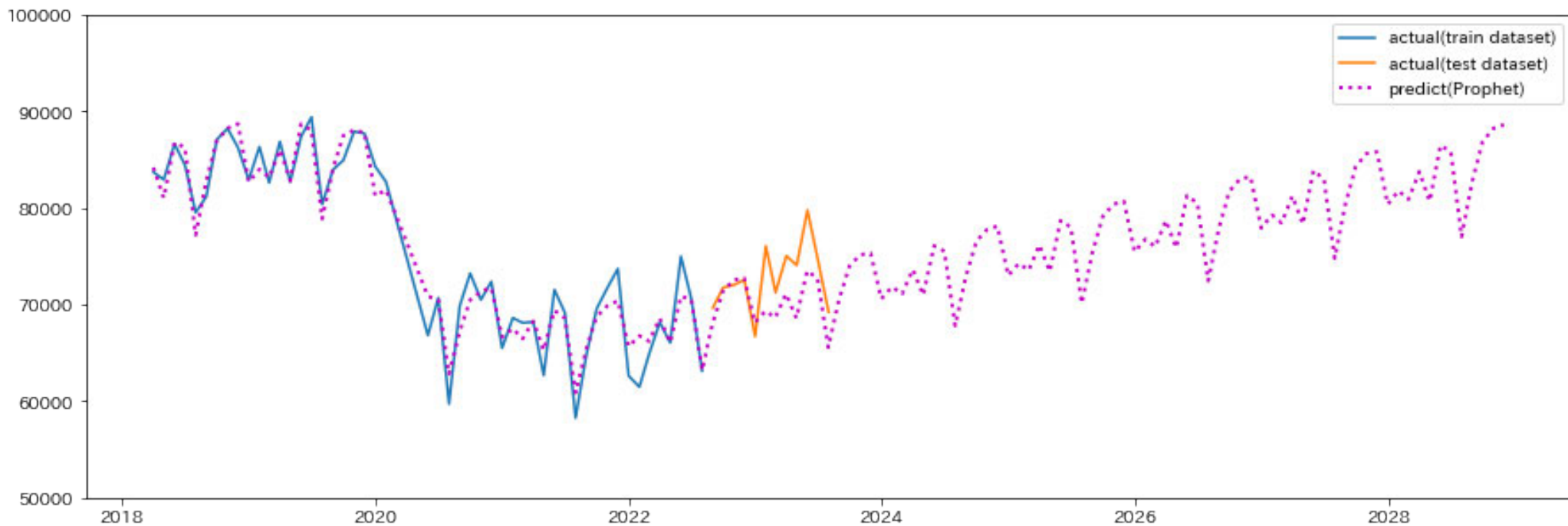


4. 分析結果 | 1. 全体について〈今後の予測〉

- 現状の微増傾向がそのまま続いても、社会情勢が大きく変化する(テレワークの廃止, 人口増加など)ことがない限りは、5年後に目を向けてもコロナ禍前の水準に戻るのには困難なのではないか？

※今回は、Prophetという簡単なライブラリを用いて予測したが、影響を与える何らかの変数を加えれば、より精度の高い予測ができるかもしれない

- 評価指標 | RMSE:3642.0, MAE:2895.9, MAPE:3.9%(学習回数:100)

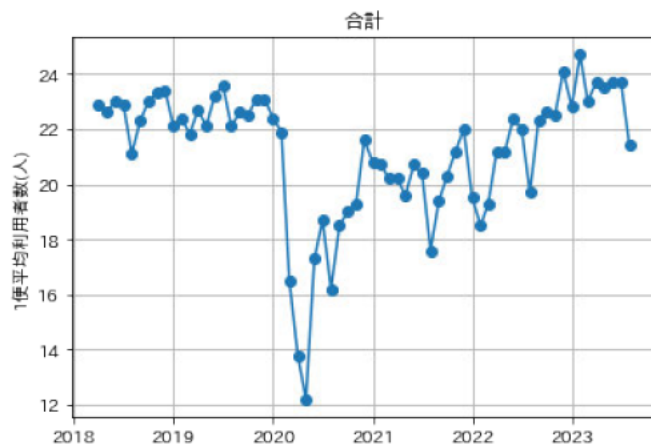


4. 分析結果 | 2. 路線ごとのデータについて<総評>

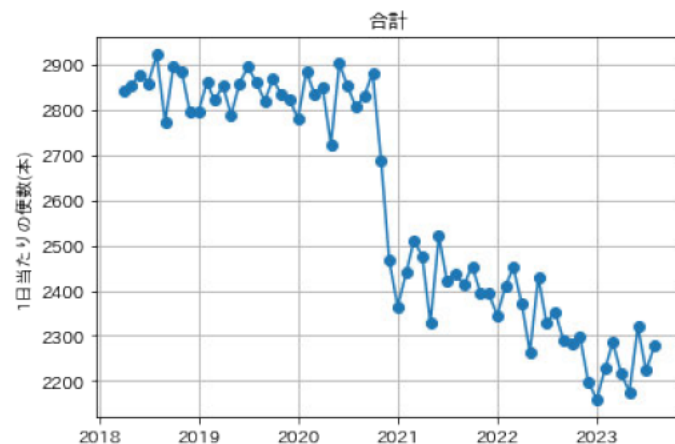
- コロナ禍により、2割ほど利用者数が減っているものの、それに伴い1日当たりの便数も2割減っている。一方、この結果として、1便当たりの平均利用者数はさぼ度変化していない。
- 2018~2020年末にかけては大きく減便はされていないものの、2021年には急激に便を減らし、その後も少しずつ減便していることがわかる(乗客数はセンサデータを用いているため、やや誤差があると思われる)
→路線ごとの利用者数目標があり、そこに合わせてバスの減便を進めているものと推察される。(1便当たりの維持費に関連する?)
→維持費節約のため、小型バスの導入(平均乗員10名程度のバス)を路線ごとに進めるとよいのではないか
- 近年では、乗客数減に加え、乗務員不足も重なり、更なる減便が進んでいるとの報道もある。



月間利用者数の推移



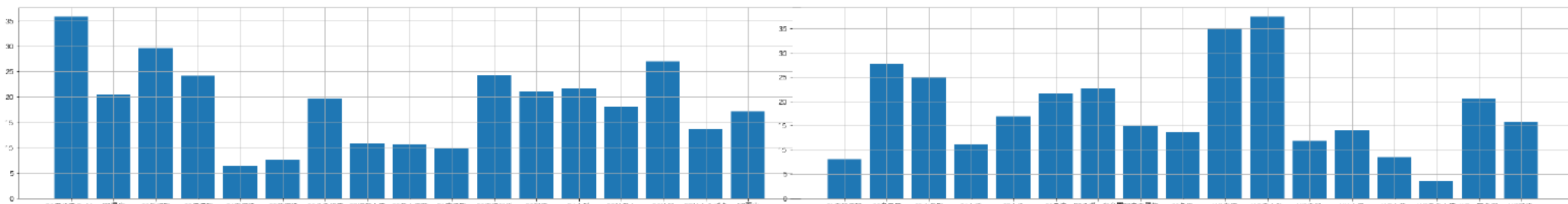
1便当たりの平均利用者数の推移



1日当たりの便数の推移

4. 分析結果 | 2. 路線ごとのデータについて〈バスの1便平均乗客数〉

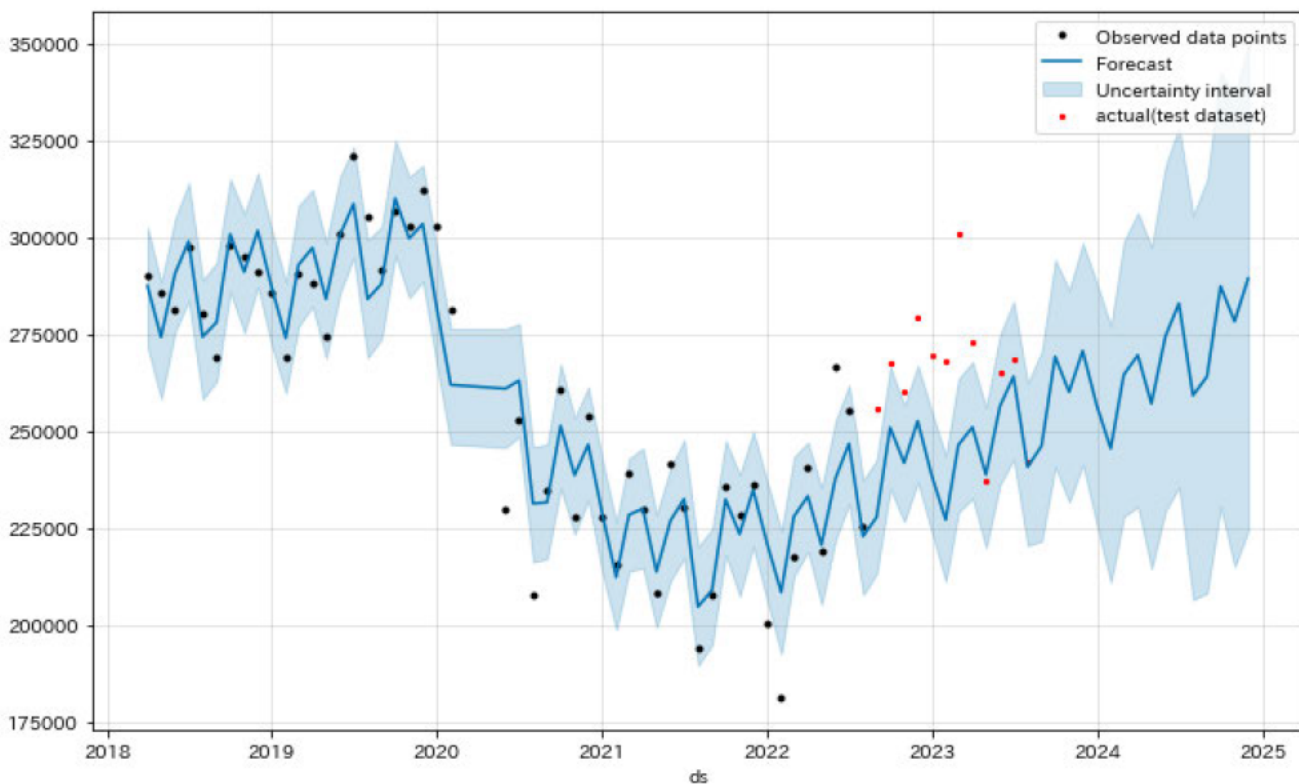
- 路線全体の平均は、1便23人であった
- 平均10人程度の路線は、一部のラッシュ時間以外では空席が多い可能性がある
→小型バスへの移行による燃料費節約へ
- 平均人数が多い路線についても、新潟駅～新潟市役所前の重複路線に人が多いだけである可能性。
→重複路線を「萬代橋ライン」に一本化し、市役所前～郊外を別にすることで、効率的に人を乗せる施策を
 - ※以前にこの施策を取ったことがあったが、乗り換えが大変などの理由で高齢者層を中心に批判を浴び、直行便を増やした経緯がある。これは、市民への説明が不足しており、説明を重ね、実績を積むことにより解決できると思われる。



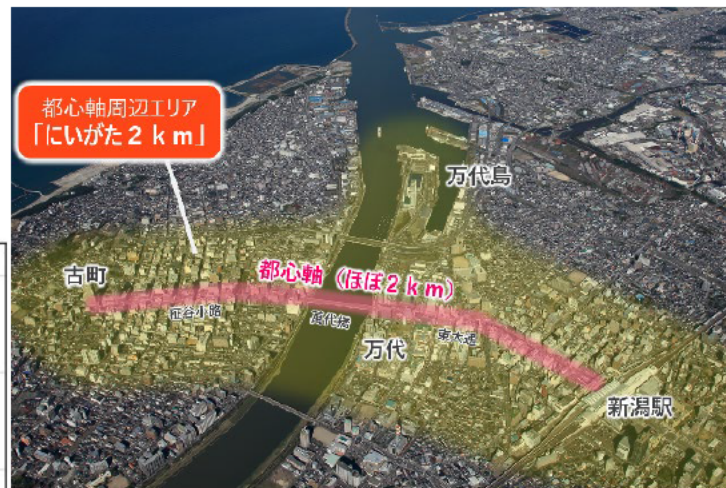
路線ごとの1便当たりの平均乗客数

4. 分析結果 | 2. 路線ごとのデータについて<萬代橋ラインに着目>

- 萬代橋ラインの乗降客数は、近年上昇トレンドにある。
- 萬代橋ラインの一部は、「にいがた2km」対象エリア(画像参照)[11]と被っており、基幹路線といえる。

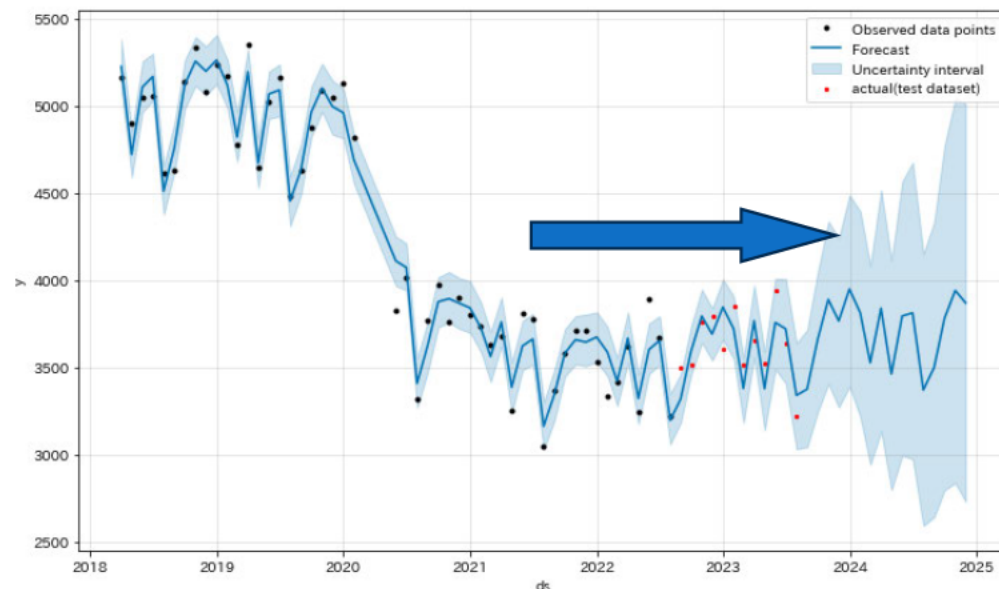
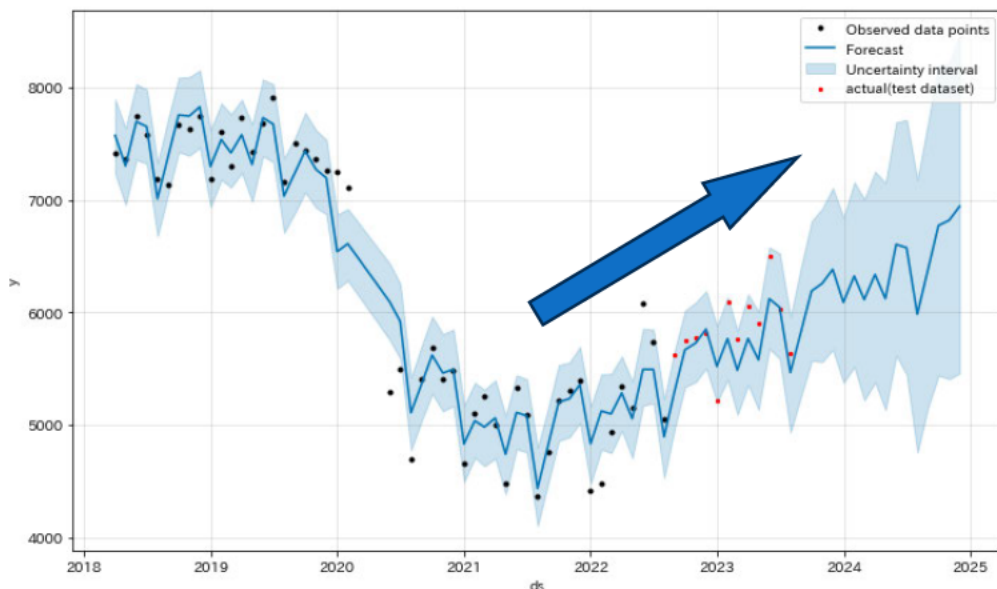


萬代橋ライン(基幹路線)の1日乗降者数の推移と予測



4. 分析結果 | 2. 路線ごとのデータについて<萬代橋ラインに着目>

- 新潟駅～古町では、2022年ごろから上昇傾向にあるが、市役所前～青山にかけては現状維持もしくはやや下降傾向にある。
→2022年初頭から新潟市主導で始まった「にいがた2km」が効果を示している可能性がある(新潟駅～古町は地価が高く、自家用車での移動は駐車料金がかかることが多いことも、効果を示している一因か)
→新潟市と協力した事業を行えば、何らかのインパクトを及ぼす可能性がある。
- 評価指標 | 古町—RMSE:250.0, MAE:214.7, MAPE:3.6%,
市役所前—RMSE:139.2, MAE:128.8, MAPE:3.5%(学習回数40)

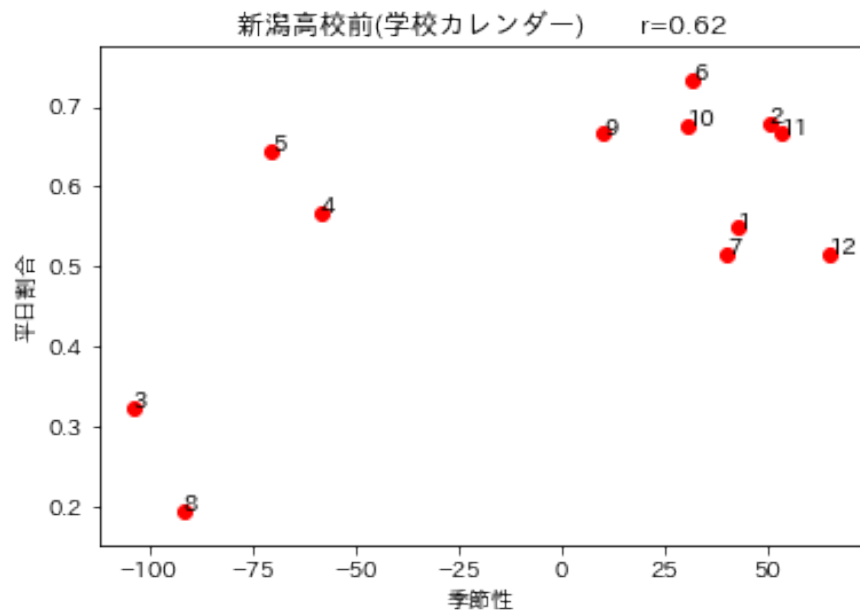


古町バス停(左)及び市役所前バス停(右)の1日乗降者数の推移と予測

4. 分析結果 | 3. バス停ごとのデータについて〈学校周辺のバス停〉

- 徒歩圏内に高校がある場合，平日割合(学校カレンダー)と乗降客数に強い相関があることがわかる
(3月・8月のクラスターに引っ張られている)
→学校近くのバス停は，長期休み期間中の需要が低く，当該路線の利用者減に繋がっている可能性がある。

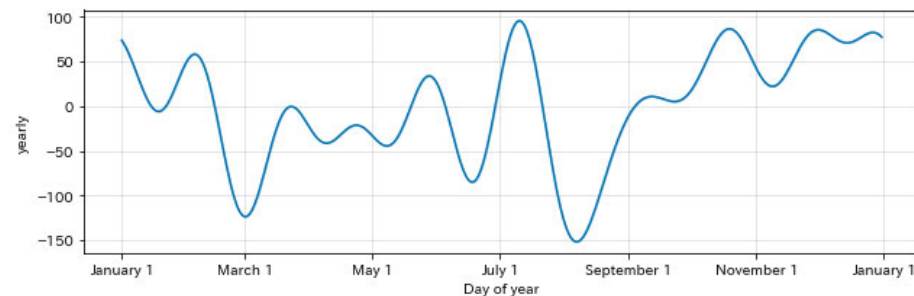
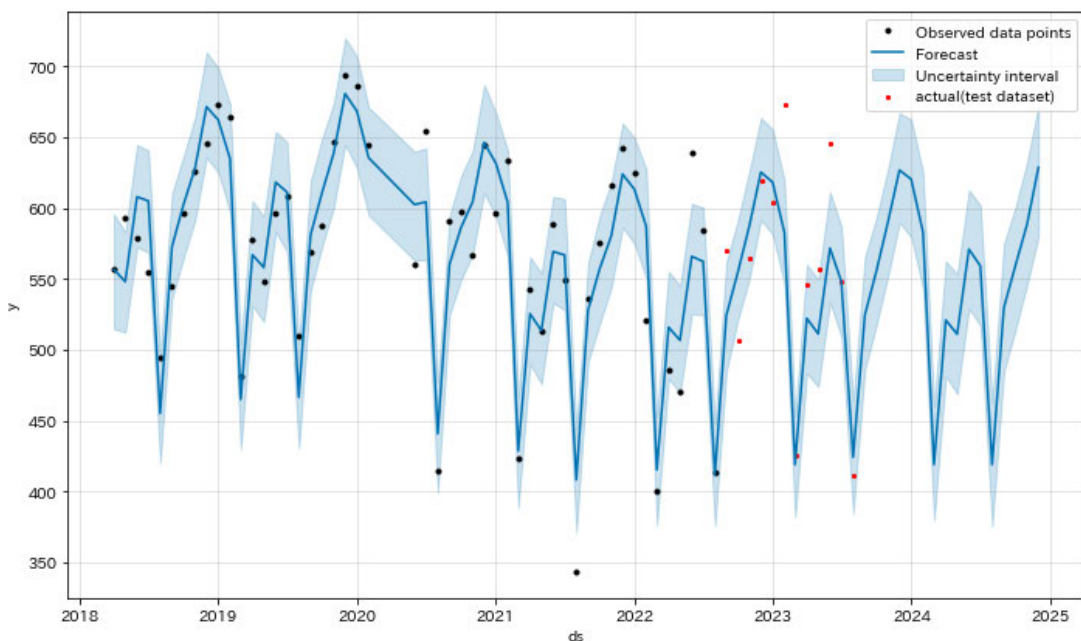
※「平日割合(学校カレンダー)」と季節成分を取り出した乗客数との相関が，「平日割合(一般カレンダー)」との2倍以上のもののみをピックアップした



バス停名	最寄り学校	平日割合	平日割合_school
白山駅前	新潟中央高校など	0.192829	0.503060
南高校前	新潟南高校	0.033111	0.608514
江南高校前	新潟江南高校	-0.007383	0.653800
第一高校前	新潟第一高校	0.134873	0.704679
新潟高校前	新潟高校	0.045193	0.624894
新潟中央高校前	新潟中央高校	0.188837	0.670098
中央埠頭	万代高校	0.032205	0.791442
北谷内	高志中等教育学校	0.180589	0.738701
原の台	高志中等教育学校	0.134259	0.655513
新潟商業高校前	新潟商業高校	0.168152	0.672801
南紫竹一丁目	高志中等教育学校	0.189721	0.589731
大野仲町	新潟西高校(乗換バス停)	0.257525	0.746327
附属学校前	附属新潟小中学校	0.092565	0.906792
産業振興センター前	東京学館新潟高校	0.283131	0.723166
水道町一丁目	新潟青陵高校	0.092637	0.566240
河渡南	新潟東高校	0.306733	0.739796
亀田駅西口	新潟向陽高校	0.184538	0.621390
新潟ふるさと村	※該当なし	0.319849	0.720843

4. 分析結果 | 3. バス停ごとのデータについて〈学校周辺のバス停〉

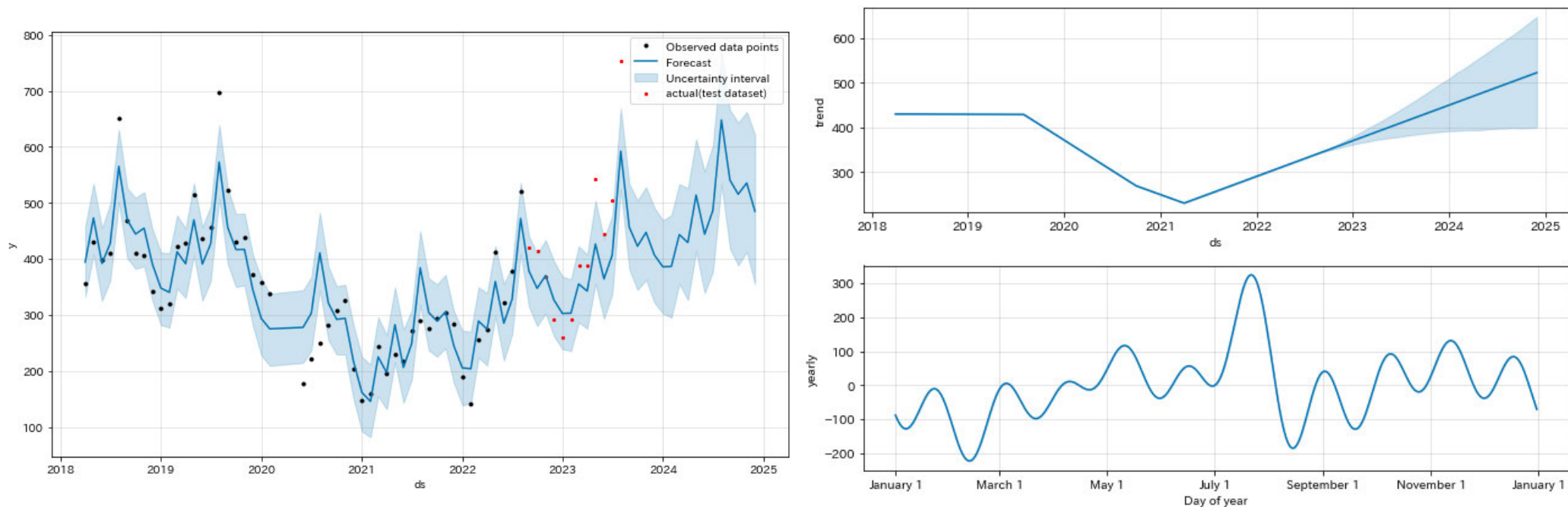
- 学校近くのバス停は、3月と8月に大幅に利用者数が減る傾向にある
→これらの学生層が普段、バスを使っているかどうかはデータからは読み取れないが、休暇の移動を自家用車ではなくバス利用をするよう促す施策を行えば、全体としての利用者増につながる可能性がある。



南高校前バス停の1日乗降者数の推移と予測(左)と季節成分(右)

4. 分析結果 | 3. バス停ごとのデータについて<佐渡汽船バス停>

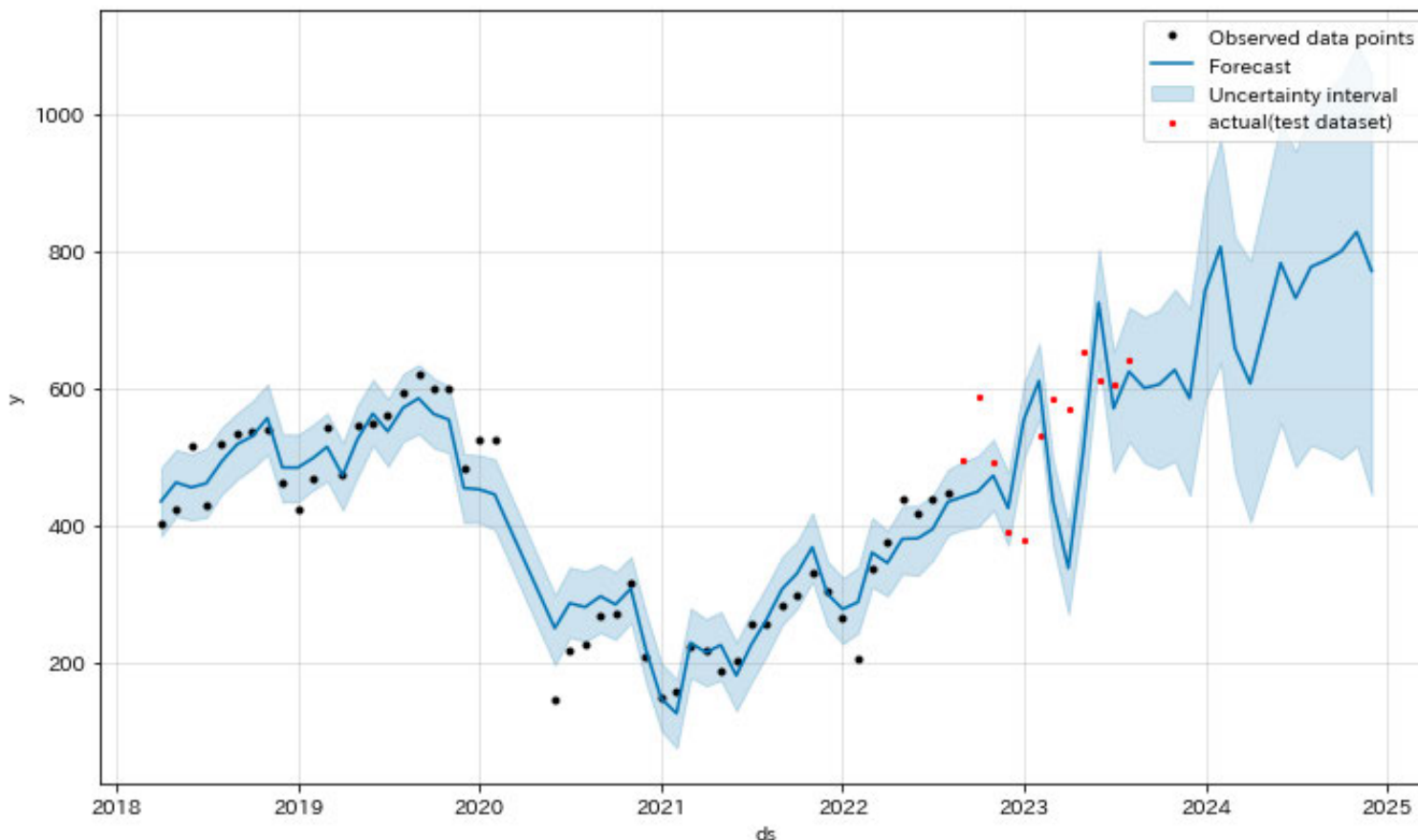
- コロナ禍以降、徐々に佐渡汽船で乗降する人が増え、このままのトレンドが続けばコロナ禍前の需要に戻る可能性がある
- 季節性に着目すると、夏休みの8月ごろの利用が多くなる傾向にある。
→ 平時の佐渡観光を促進すれば、佐渡汽船沿線のバス利用が増える可能性がある
- 評価指標 | RMSE:75.0, MAE:60.7, MAPE:1.3%(学習回数40)



佐渡汽船バス停の1日乗降者数の推移と予測(左), 同バス停のトレンドと季節成分(右)

4. 分析結果 | 3. バス停ごとのデータについて〈新潟空港バス停〉

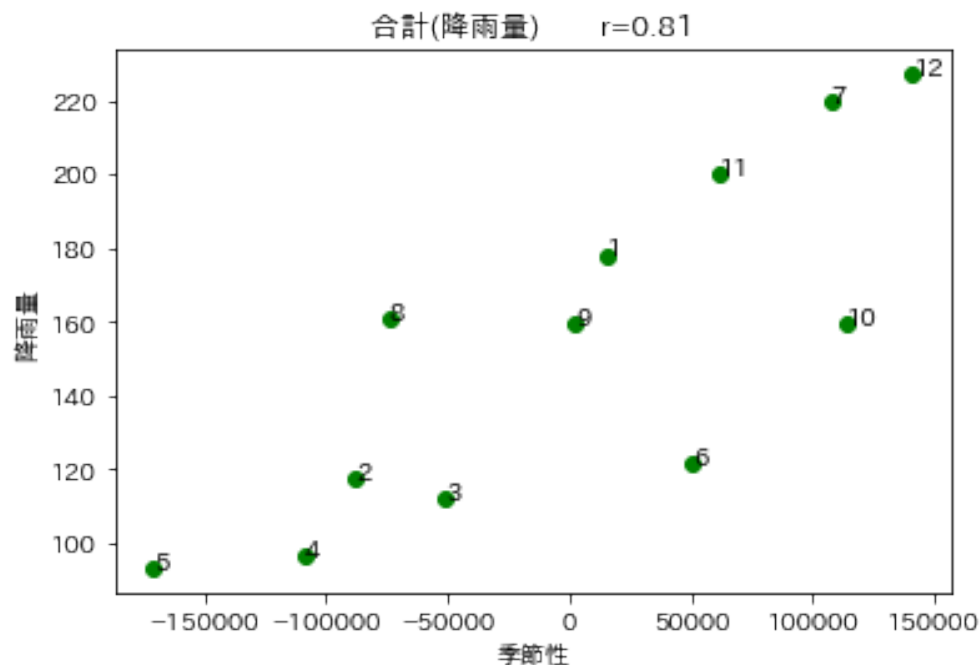
- コロナ禍で抑えられていた旅行需要が近年増え、2023年に入るとコロナ禍前の利用を上回っている。このトレンドが続けば、さらに利用者数が伸びる可能性がある。
→佐渡汽船・新潟空港ともに、新潟市外へ出る／新潟市内に来る観光客の利用が多いことが推察される。観光客へのバス利用を周知することもカギになるだろう。
- 評価指標|RMSE:119.8, MAE:99.4, MAPE:1.8%(学習回数40)



新潟空港バス停の1日乗降者数の推移と予測

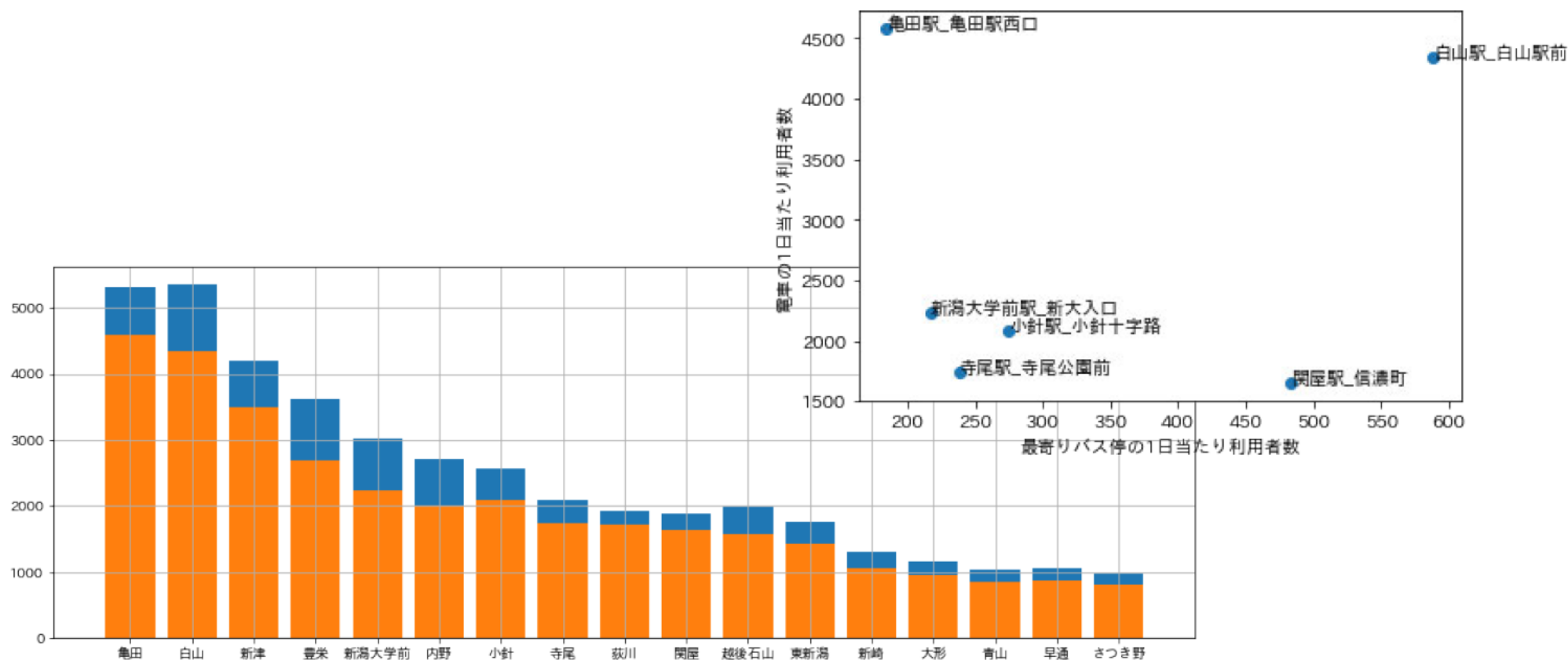
4. 分析結果 | 4. 降雨量との関係

- 季節成分に分解した月ごとの乗降者数と平年降水量(ともに月ごと)の相関係数は、0.81となり、強い正の相関があることがわかった
→雨が降る月は利用が多いという相関が認められた(因果関係があることも否定できない)。日ごとのデータを用いてもこの傾向がみられるならば、天気により、使用バスの大きさや日ごとの増/減便判断をできる可能性がある。



4. 分析結果 | 5. 電車とバスの関係

- JR各駅と最寄りバス停の利用者数をプロットした。
- このデータのみで言えることは限られるが、利用人数の大きな差から、電車⇄バスの乗り換え需要を逃している可能性はある。
- 検証が必要だが、亀田駅利用者や、新大前駅～新大五十嵐キャンパス等の「ちょい乗り需要」が存在することはありうる。



各駅の一日利用者数(青:2018~2019年度平均, オレンジ:2020~2022年度平均)※グラフ外—新潟駅25000人程度

5. 結論

- 本分析の目的：
 - 新潟交通バスの利用者の現状を分析し、持続可能なバス交通のための施策提案をすること
- データを可視化して分かった新潟交通バスの現状
 - コロナ前と比較し、コロナ下では利用者総数が2割も減少し、それに伴い1便あたりの乗客数がコロナ前と同等になるように調整された結果、バスの便数も2割減少した。
 - 萬代橋ラインといった基幹路線や、新潟空港や佐渡汽船などの観光客向けバス停は、利用者数が増加傾向であることがわかった。
 - 予想通りではあるが、降雨量とバス利用の強い相関があること、学校付近のバス停では夏休み期間の利用が極端に少なくなることがわかった
- データから導出した主な提案施策
 - 天気予報に従って、バス利用の需要予測をし、柔軟に増減便を行う(横浜市営バスでは、特定路線において「雨の日臨時便」を運行した実績があるようだ[12])。
 - 市や県と協力して広報することで、新潟空港や佐渡汽船の利用を平時(大型連休等以外)にも促し、周辺バスの利用促進を図る。
 - JR東日本と協力し、電車降車後の「ちよい乗り需要」(新大前駅～五十嵐キャンパス等)を獲得するため、少しの移動の場合にお得感のある施策(乗換割など)を打つなど、短距離の利用を多くすることを促す。(佐賀市の4バス事業者では、地域交通系ICカードを用いてバスを乗り継ぐと、バス代を割引くシステムを導入している[13]。JRもコロナ禍以降の乗客減に苦しんでいることから、非現実的な提案ではないと思われる。)
 - 1便当たり10人程度となる時間帯のバス路線では、小型バスを導入し、燃料費を抑える。(現状でも一部、小型バスでの運用が行われている)。
 - 「にいがた2km」のような、市による一大プロジェクトを市内各所で進め、バスで行きたくなるような観光地づくりを進める。

6. 感想

- データの前処理が思ったよりも大変であった。実務におけるデータ分析も「前処理が8割」などといわれるように大変であることが想像されるため、その一部を体験できたのは非常に勉強になった。
- 今回の結論の価値は、自分がどの立場なのかによって変わってくると思った。会社を立て直すコンサルタントとして分析しているのであれば、売上などにどの程度インパクトをもたらすのかを導出せねばならないし、そのためのデータ集めにも苦心しないといけないのだろうと感じた。
- 一方、一般市民として分析するには、値上げや減便は仕方ないと思わせる分析結果を得ることができたので一利用者としても有益なものとなった。
- 分析に際しては、目的を忘れぬように時折立ち返りながら行っていたので、目的はなんとか達成できたと思う。一方、初めて使うような分析手法(示唆を得られなかったもので資料には記載しなかったが、クラスタリングなども行ってみた)を多く利用できたのもよかった。
- 実際のデータ分析となると、アツと言わせるような発見ができないと(主に経営層に)「無意味である」とみなされるのではないかと不安はある。その意味で言うと、今回はそのような驚くべき結果を見いだせなかったので、仮にデータサイエンティストとして働くとした場合に、どのような価値を発揮できるのだろうかと考えてしまった。

参考文献

- [1] 新潟交通、路線バス運賃値上げへ 9月1日から, 日本経済新聞, 2023年7月28日, <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOCC288BG0Y3A720C2000000/>
- [2] 新潟交通、12月3日から減便拡大 市長「運転士確保を」, 日本経済新聞, 2022年11月17日, <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOCC177EC0X11C22A1000000/>
- [3] 路線バス、運転手足りず廃止 関西は都市路線も, 日本経済新聞, 2023年11月13日, <https://www.nikkei.com/telling/DGXZTS00007720S3A101C2000000/>
- [4] 新潟交通, “お客様ご利用状況”, https://www.niigata-kotsu.co.jp/~norai/passenger/data.html#busstop_ic
- [5] JR東日本, “各駅の乗車人員”, <https://www.jreast.co.jp/passenger/index.html>
- [6] 気象庁, “過去の気象データ・ダウンロード”, <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- [7] 新潟高校, “令和5年度 新潟県立新潟高等学校 年間行事予定表”, <http://www.niigata-h.nein.ed.jp/img/nenkangyoujijyoteihyou.pdf>
- [8] @eg_i_eg, “自己相関, 偏自己相関をpythonでプロットする方法”, Qiita, 2020年05月04日, https://qiita.com/eg_i_eg/items/f690972105eace9173f1
- [9] @shinji_komine, “Pythonのstatsmodelsで時系列データをトレンド、季節性、残差に分解する”, Qiita, 2021年07月29日, https://qiita.com/shinji_komine/items/9dbada69b9128f645660
- [10] 株式会社セールスアナリティクス, “Pythonで時系列解析・超入門(その4) Prophetモデルで予測する方法”, 2022年3月29日, <https://www.salesanalytics.co.jp/datascience/datascience091/#i-4>
- [11] 新潟市, 新潟都心のまちづくり「にいがた2km」, 2023年8月25日, <https://www.city.niigata.lg.jp/shisei/seisaku/jigyoproject/niigata2km.html#cmsCAC0D>
- [12] 乗りものニュース編集部, “「雨の日だけ走るバス」全国に 本来ダイヤにない便や路線 運行の基準は?”, 2020年9月16日, <https://trafficnews.jp/post/100014>
- [13] 佐賀市, “交通系ICカード「nimoca」乗継割引のご案内”, 2020年01月24日, <https://www.city.saga.lg.jp/main/42108.html>