

# プローブカーデータを用いた リンク別速度の日変動分析

熊谷 成則<sup>1</sup>・中山 晶一朗<sup>2</sup>・山口 裕通<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: kumagai@sc.kanazawa-u.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: hyamaguchi@sc.kanazawa-u.ac.jp

近年、蓄積が進んでいるプローブカーデータを用いることで、トラフィックカウンターや交通センサによるデータと比較して、リンク速度の長期間の日毎の変動情報を特に場所を限定せず広範囲に分析することが可能である。そこで、本研究では石川県内の国道 8 号を対象に、この新しく利用可能となった情報の特徴を概観し、その特徴を整理する。まず、各リンクの年間を通じた平均速度と、日付間での標準偏差から、平日・休日などの基本的な時間変動要因を明らかにする。そのうえで、各リンク間平均速度の相関係数を算出し、日変動が類似したリンクを把握する。その結果、信号がなく分合流もない連続した区間には強い正の相関関係があり、明確にブロックを形成できることが明らかになった。このような相関関係の特徴を活用しながら、トラフィックカウンターのデータと融合させることで、プローブカーではサンプル数が十分に得られない部分においても旅行時間を精度良く推測できる可能性がある。

**Key Words:** probe data, travel time variation, travel time reliability

## 1. はじめに

近年、蓄積が進んでいるプローブカーデータを用いることで、トラフィックカウンターや交通センサによるデータと比較して、リンク速度の長期間の日毎の変動情報を特に場所を限定せず広範囲に分析することが可能である。

これまで旅行時間の変動は、トラフィックカウンター（以下、トラカン）などの定点観測データを用いて観測されてきた。しかし、トラカンは観測地点が限定されるという課題があり、空間的には断片的な情報である。一方で、プローブカーデータはGPS機能を搭載した車両の走行記録データである。そのため、観測地点が限定されずに空間的・時間的な変動情報を得ることができる。

一方、ETC2.0 等のプローブ機器のセットアップ件数は約 161.2 万台（平成 29 年 3 月末時点）と自動車保有台数約 8,126 万台（平成 29 年）の約 2% に満たない搭載率であり、サンプル数が少ないため一部のリンクを走行する自動車のプローブ情報がごく少量、又は蓄積できない可能性がある。

そこで、本研究では石川県内の国道 8 号を対象に、この新しく利用可能となった情報の特徴を概観し、その特徴を整理する。まず、各リンクの年間を通じた平均速度と、日付間での標準偏差から、平日・休日などの基本的な時間変動要因を明らかにする。そのうえで、各リンク間平均速度の相関係数を算出し、日変動が類似したリンクを把握する。

## 2. 使用データ

本研究は、富士通交通・道路データサービスより提供いただいた 1 年間（2015 年 8 月 1 日～2016 年 7 月 31 日）の、商用車プローブカーデータ（以下、商用車プローブ）の約 4 億件のうち、北陸地方の幹線道路である国道 8 号の、石川県 3 市町（白山～金沢～津幡間）の範囲を用いる。

商用車プローブは 1 秒毎の車両の挙動情報を蓄積したものである。そのため、4 億件を超えるビッグデータを扱う必要があるが、EXCEL, ACCESS, TEXT エディタ

等で全体を取り扱うことができないため、膨大なデータ処理に適した、RDBMS (Relational DataBase Management System: リレーショナルデータベース管理システム) を導入し、データベースを構築した。これにより、分析に必要なデータを短時間で容易に抽出することが可能となった。さらに、データベース化することで、商用車プローブの情報に加えて、DRM (デジタル道路地図) 情報に含まれる道路の諸元データを組み合わせた分析も容易に行える環境を構築した。

一般的な交通量と時間帯の関係をみるためにトラカン (石川県金沢市森戸一丁目上り, 321.9kp 地点) データを使用し、道路の構造情報を見るために DRM 情報を使用した。

### 3. 平日・休日別リンク平均速度と標準偏差

#### (1) 対象区間の概要

石川県金沢市を東西に横断している道路の国道 8 号 (白山～金沢～津幡間, 上り 129 リンク 28,575m) を対象とした。

5 分間以上、速度が 0km/h の状態が続いた場合はトリップが終了する。よって、5 分未満の停止は同一車両の連続走行として同一トリップとなる。

トリップの速度は、トリップ毎のリンク速度 (ノード間速度) を平均し、ノード間のドット数の差による偏りを補正した。(ドット列の平均値)

日付 ( $d$ ) にリンク ( $l_A$ ) を通過した単一トリップ ( $t$ ) の速度 ( $V$ )

$$V_{tdl_A} \quad (1)$$

日付 ( $d$ ) にリンク ( $l_A$ ) を通過したトリップ数 ( $N$ )

$$N_{dl_A} \quad (2)$$

日付 ( $d$ ) にリンク ( $l_A$ ) を通過したトリップの集合

$$T_{dl_A} \quad (3)$$

日付 ( $d$ ) にリンク ( $l_A$ ) を通過した複数トリップのリンク平均速度 ( $X$ )

$$X_{dl_A} = \sum_{t=1}^{N_{dl_A}} \frac{V_{tdl_A}}{N_{dl_A}} \quad (4)$$

#### (2) 対象区間道路における平日・休日の速度の平均, 標準偏差

対象区間の全日・平日・休日別リンク平均速度と速度の標準偏差を分析する。この平均速度は、日・リンク単位速度の式(4)を 1 年間で平均したものと、その標準偏差である。

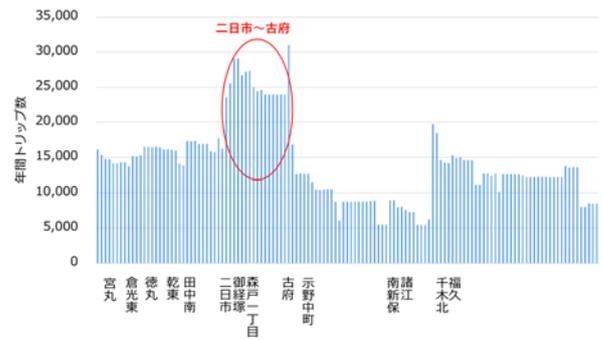


図-1 商用車プローブリンク単位年間トリップ数



図-2 対象区間 (白山～金沢～津幡) の平均速度地図

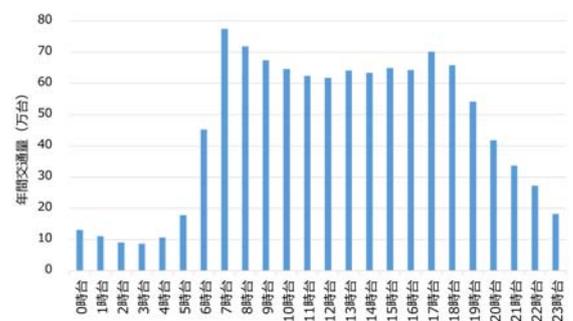


図-3 トラカン (全車種) 時間帯別年間交通量 (森戸一丁目上り)

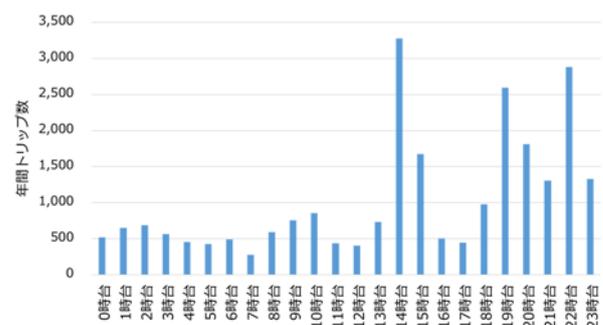


図-4 商用車プローブ時間帯別年間トリップ数 (森戸一丁目上り)

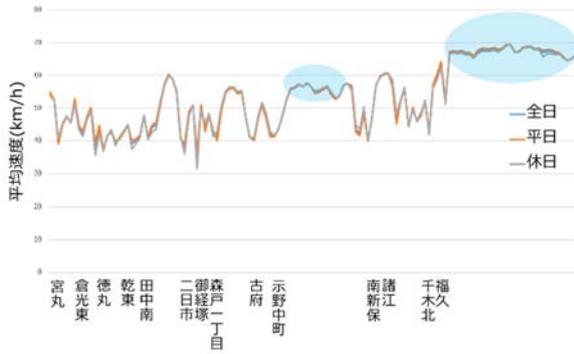


図-5 全日・平日・休日別リンク平均速度

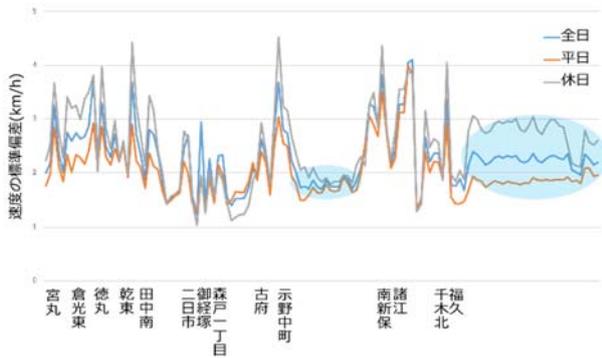


図-6 全日・平日・休日別リンク速度の標準偏差

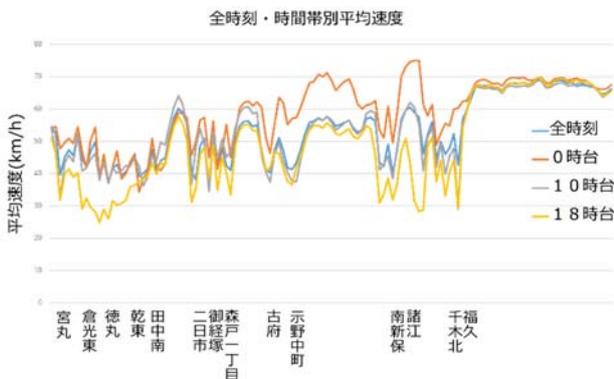


図-7 全時刻・時間帯別平均速度

図-1 に商用車プローブのリンク単位の年間トリップ数を示す。赤丸で囲んだ二日市～古府間が、他のリンクと比べてトリップ数が多い。

図-2 に対象区間（白山～金沢～津幡）の商用車プローブの平均速度地図を示す。

図-3 に森戸一丁目で観測したトラカンデータから、全車種の時間帯別交通量を示す。

図-4 に森戸一丁目リンクの商用車プローブ時間帯別年間トリップ数を示す。

トラカンの交通量のピークが朝（7～8時）と夕（17～18時）に比べ、商用車プローブは昼（14～15時）と夜（19時以降）のトリップ数が多く、森戸一丁目ではトラカン全車種の交通量と商用車プローブのトリップ数

は、明らかにピークの時間帯が違う。

全日・平日・休日別にリンク速度の平均、標準偏差を比較したものを図-5、6 に示す。横軸には国道 8 号上りの対象区間（白山～金沢～津幡間）リンクを西から東へ左から順番に並べた。

平均速度は、平日、休日ともに全日と同様な速度となった。図-5 の青丸で囲んだ区間は信号がなく分合流もない区間で比較的高い速度を維持している。図-6 の青丸で囲んだ同区間は速度のばらつきが小さい。速度のばらつきが平日は小さく休日は大きい結果となり、平日と休日では異なる挙動を示した。よって、対象区間においては、休日に比べ平日の方が時間信頼性が高く、特に青丸で囲んだ区間は時間信頼性がより高い。

### (3) 対象区間道路における時間帯別の平均速度

図 7 に商用車プローブの全時刻の平均速度と代表的な時間帯（0 時台、10 時台、18 時台）のリンク平均速度のグラフを示す。平均速度は、日・リンク単位速度の式(4)を時間帯別に 1 年間で平均したものである。このグラフは代表的な時間帯の平均速度と全時刻の平均速度を比較している。

0 時台に代表される深夜・早朝の時間帯（23 時台～6 時台）の平均速度は全時刻の平均速度よりも高いが、18 時に代表される朝のラッシュ時（7 時台と 8 時台）と夕方ラッシュ時（17 時台と 18 時台）の平均速度は全時刻の平均速度よりも低い。また、10 時台に代表される昼間時間帯（9 時台～16 時台）と夜間時間帯（19 時から 22 時台）は全時刻の平均速度とほぼ同様な平均速度である。よって、全時刻の平均速度と比較して、平均速度が高い、低い、同じの 3 グループに分類できる。

### (4) リンク間の平均速度の相関係数による分析

リンク間の平均速度の空間的な相関を調べるために、相関係数行列で日別の・リンク内速度式(4)の 1 年間 (D) の日変動分析を行った。

$$D = [2015 \text{ 年 } 8 \text{ 月 } 1 \text{ 日} \sim 2016 \text{ 年 } 7 \text{ 月 } 31 \text{ 日}] \quad (5)$$

リンク速度の 1 年間（うるう年のため 366 日）の平均値

$$\bar{X}_l = \sum_{d=1}^{366} \frac{X_{dl}}{366 \text{ (日数)}} \quad (6)$$

リンク ( $I_A$ ) とリンク ( $I_B$ ) の平均速度の相関係数

( $r$ )

$$r_{I_A, I_B} = \frac{\sum_{d \in D} (X_{dl_A} - \bar{X}_{I_A})(X_{dl_B} - \bar{X}_{I_B})}{\sqrt{\sum_{d \in D} (X_{dl_A} - \bar{X}_{I_A})^2} \sqrt{\sum_{d \in D} (X_{dl_B} - \bar{X}_{I_B})^2}} \quad (7)$$

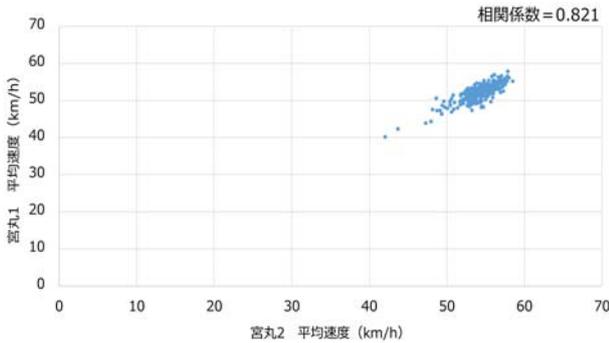


図-8 宮丸1リンクと宮丸2リンクの相関係数

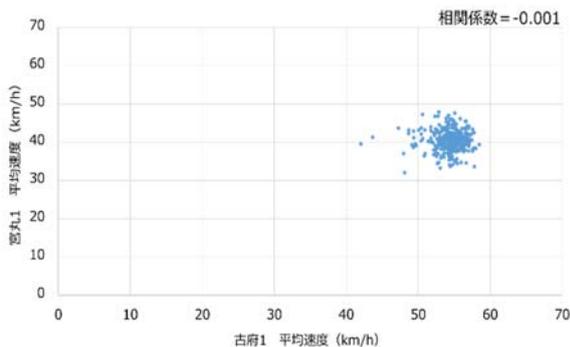


図-9 宮丸1リンクと古府1リンクの相関係数

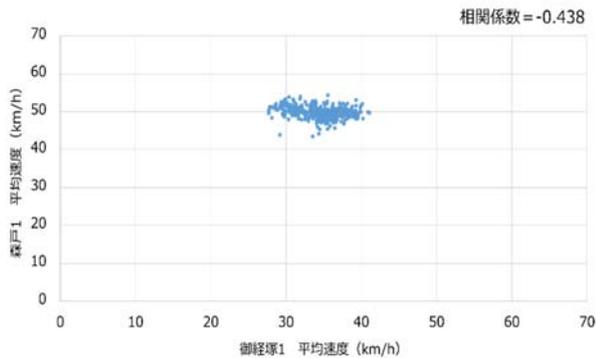


図-10 森戸1リンクと御経塚1リンクの相関係数

まず、図-8の宮丸1リンクと宮丸2リンクは連続したリンクのため、相関係数が0.821と強い正の相関関係がある。次に、図-9の宮丸1リンクと古府1リンクは、相関係数が-0.001と全く相関がない。これは、宮丸1が交差点、信号、分合流もない143mの直線リンクであるのに比べ、古府1は、県道196号との交差点、信号があり、直後に、金沢西インターへの分流がある54mの短いリンクのためであると考えられる。図-10の森戸1リンクと御経塚1リンクについては、相関係数が-0.438と負の相関がある。これは、御経塚1リンクは、県道194号と交差しており、西金沢駅方面への右折専用レーンの2車線と右折信号があり、また、イオン御経塚店方面への左

折専用レーンの1車線と左折信号がある。一方、森戸1リンクは御経塚1リンクの約1,300m先の分合流のない273mの直線リンクである。もし、交通量が多い御経塚1の信号で停車すると、その先にある森戸1では信号で停車することなく走行できるためだと考えられる。

(5) 平均速度のリンク間の相関係数行列による空間的な分析

まず、日・リンク単位速度の式(4)を1年間で平均した平均速度で、DRMリンク行が1年間(366日)の日付、列がDRMリンク(129リンク)の表を作成した。

次に、リンク毎の1年間の日毎の平均速度を算出し、行、列ともにリンク平均速度の相関係数行列を作成した。

図-11に1年間の日毎のDRMリンク間の平均速度相関行列(全日・全時刻)を示す。信号がなく分合流もない連続した(赤い線で囲んだ)区間が、リンク間で強い正の相関関係があることがわかる。

図-12に平日、図-13に休日の1年間の日毎のDRMリンク間の平均速度相関行列を示す。平日、休日の平均速度相関行列についても、信号がなく分合流もない連続した(赤い線で囲んだ)区間が、リンク間で強い正の相関関係があるという結果となった。

ただし、休日については負の相関があるところも目立つ(図-13の赤いグラデーションの部分)。これは、信号がある区間では、休日は交通量が少なく速度のばらつきが大きいので、信号のあるリンクで速度が低下したトリップが、信号のない区間では速度が上昇したからだと推測できる。

図-14に森戸一丁目(上り)のトラカン交通量で少ない時間帯の3時台、図-15に朝のラッシュ時間帯の8時台、図-16に夕方のラッシュ時の18時台の相関係数行列を示す。この代表的な3つの時間帯についても、相関係数行列は上記と同様に、信号がなく分合流もない連続した(赤い線で囲んだ)区間が、リンク間で強い正の相関関係があるという結果となった。

表-1 図11~16の相関係数行列の凡例

相関係数 (r)	グラデーション
$0.7 < r$	濃い緑色
$0.4 < r < 0.7$	緑色
$0.2 < r < 0.4$	薄い緑色
$-0.2 < r < 0.2$	白色
$-0.2 > r > -0.4$	薄い赤色
$-0.4 > r > -0.7$	赤色
$-0.7 > r$	濃い赤色

※黄色リンクは交差点、信号、分合流のない直線区間

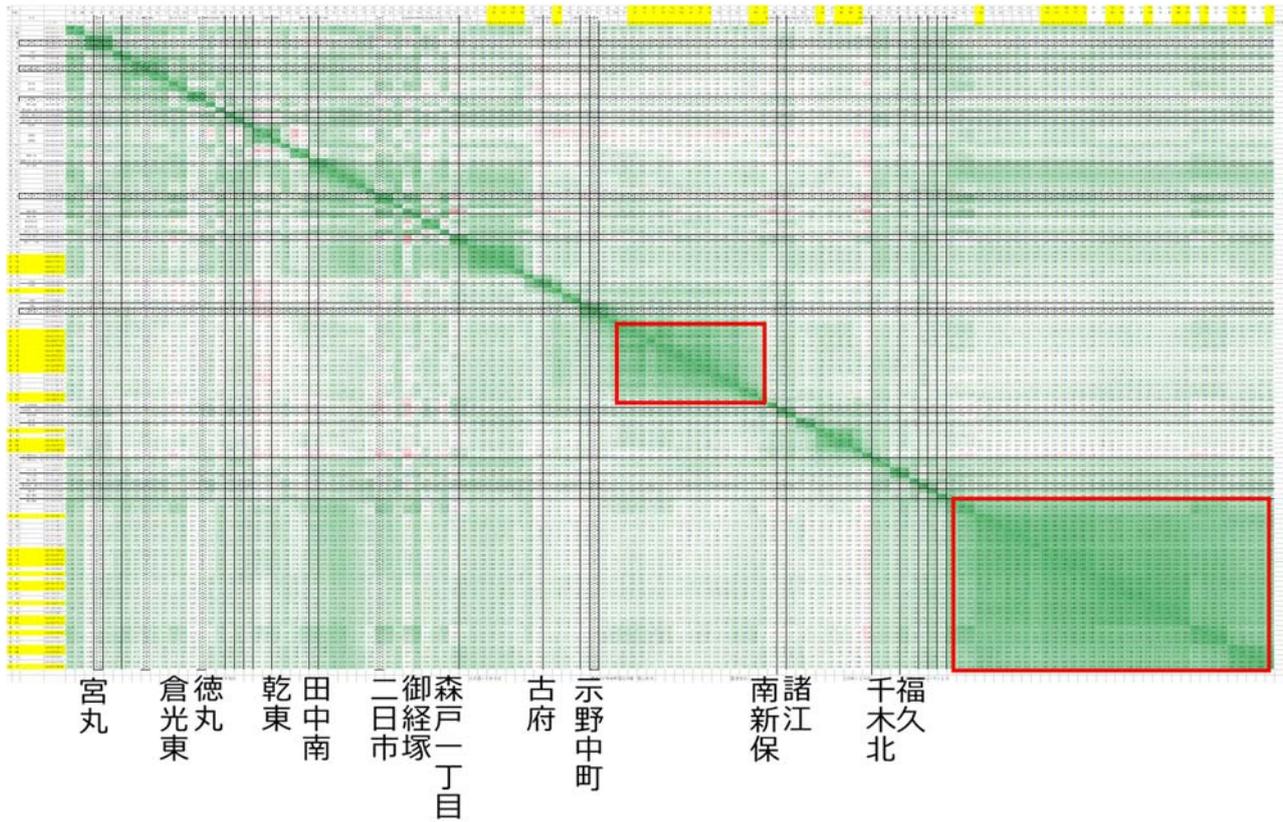


図-11 DRM リンク間平均速度相関係数行列 (全日・全時刻)

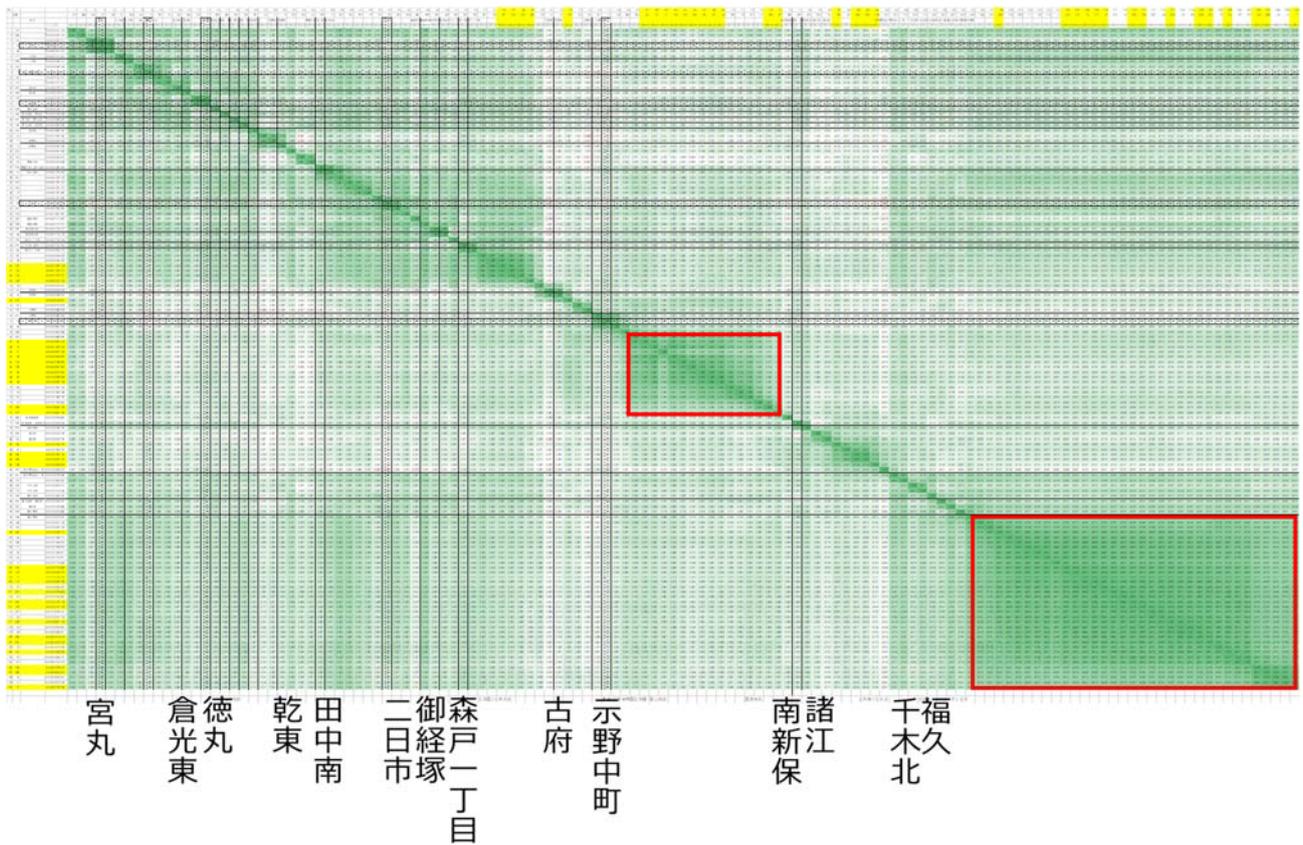


図-12 DRM リンク間平均速度相関係数行列 (平日)

※黄色リンクは交差点、信号、分合流のない直線区間

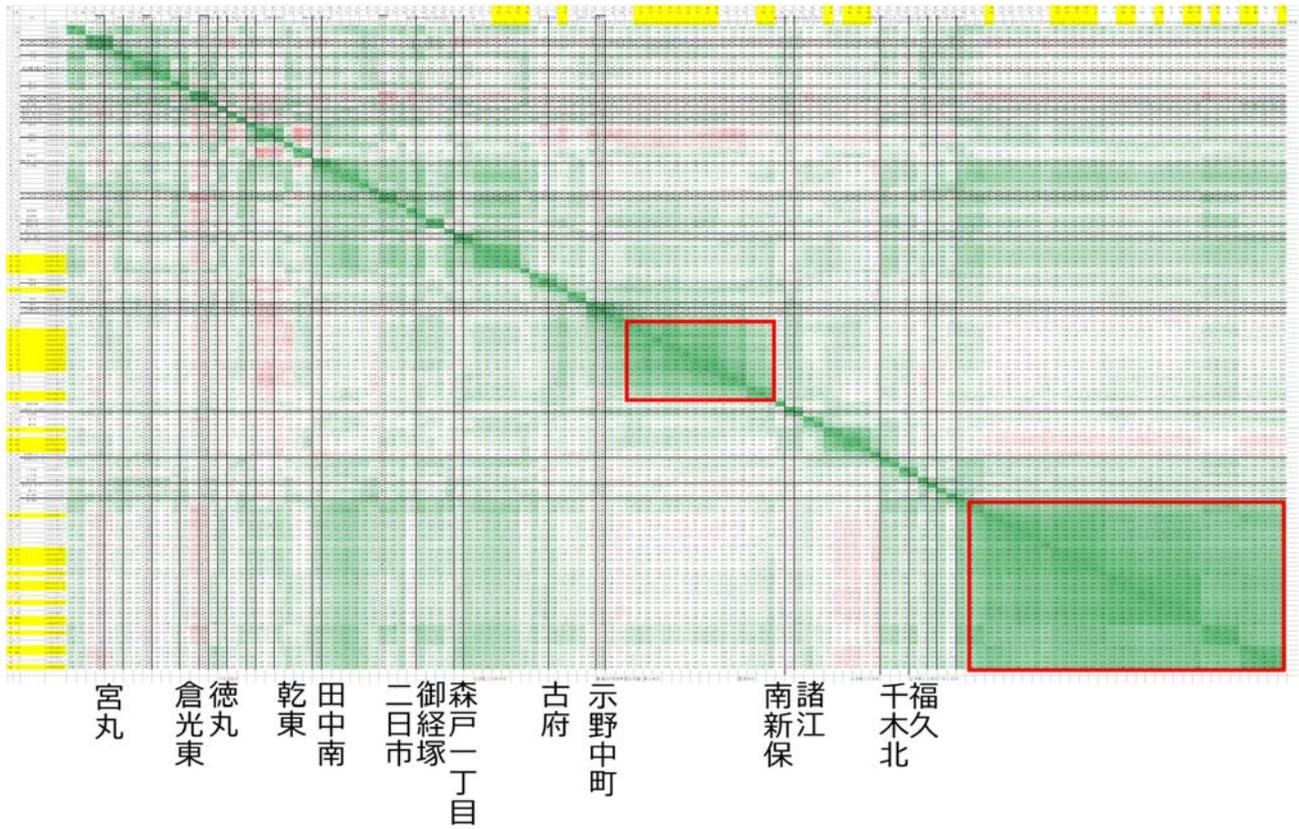


図-13 DRM リンク間平均速度相関係数行列（休日）

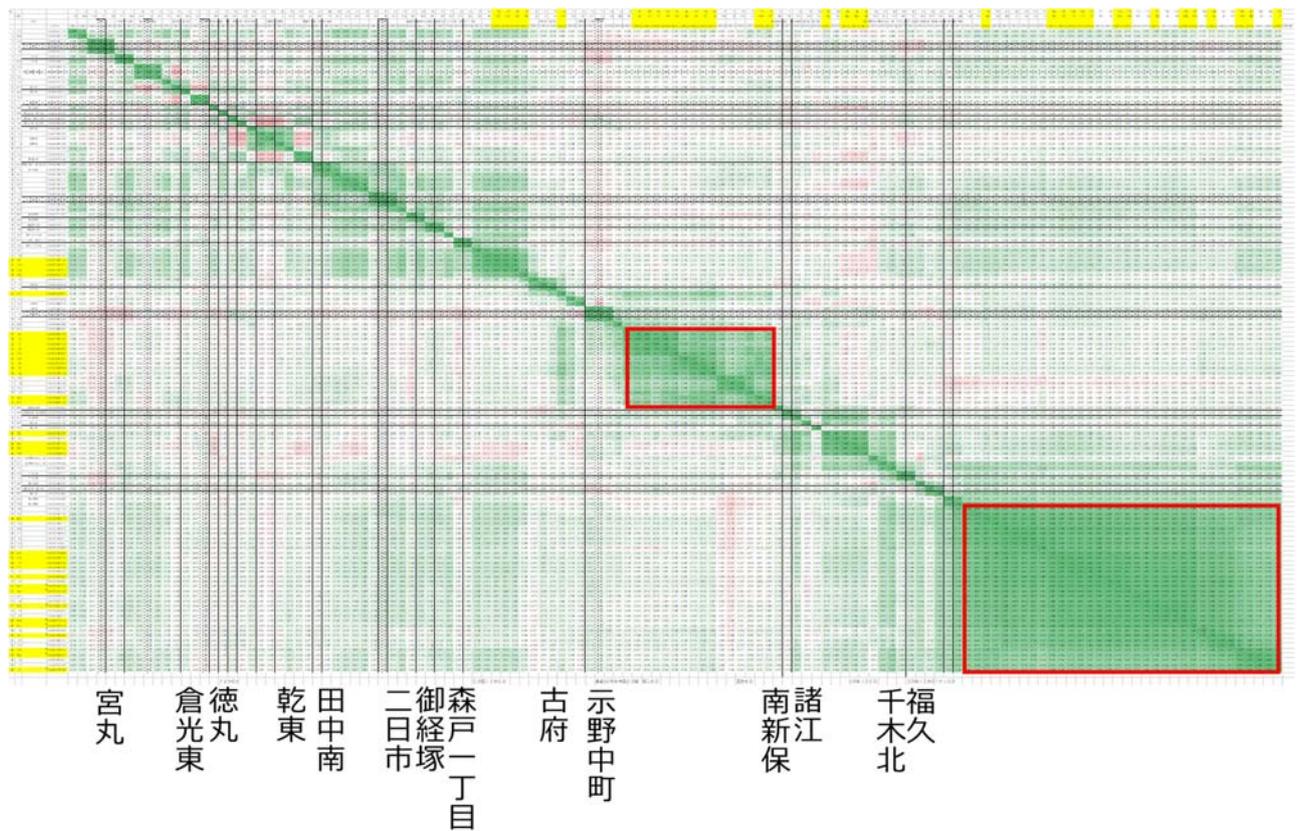


図-14 DRM リンク間平均速度相関係数行列（3時台）

※黄色リンクは交差点、信号、分合流のない直線区間

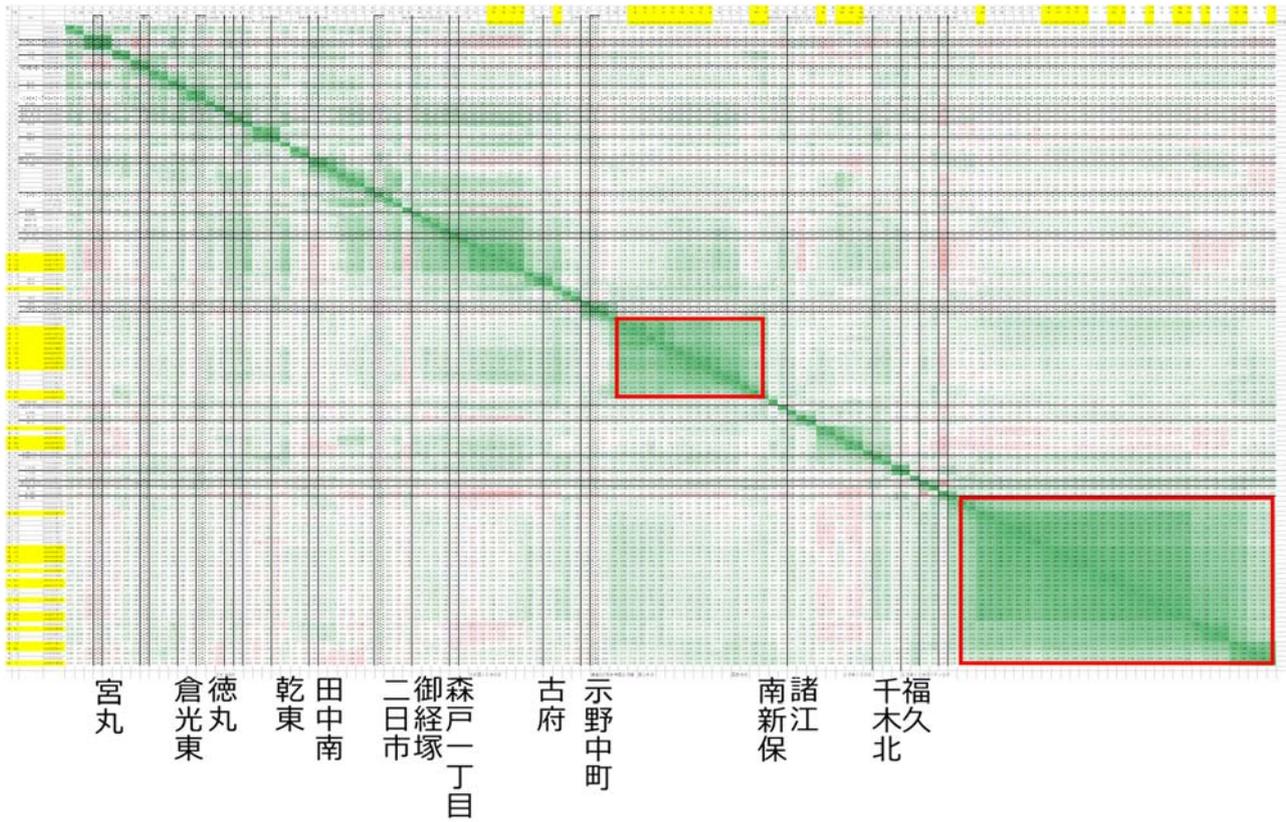


図-15 DRM リンク間平均速度相関係数行列 (8時台)

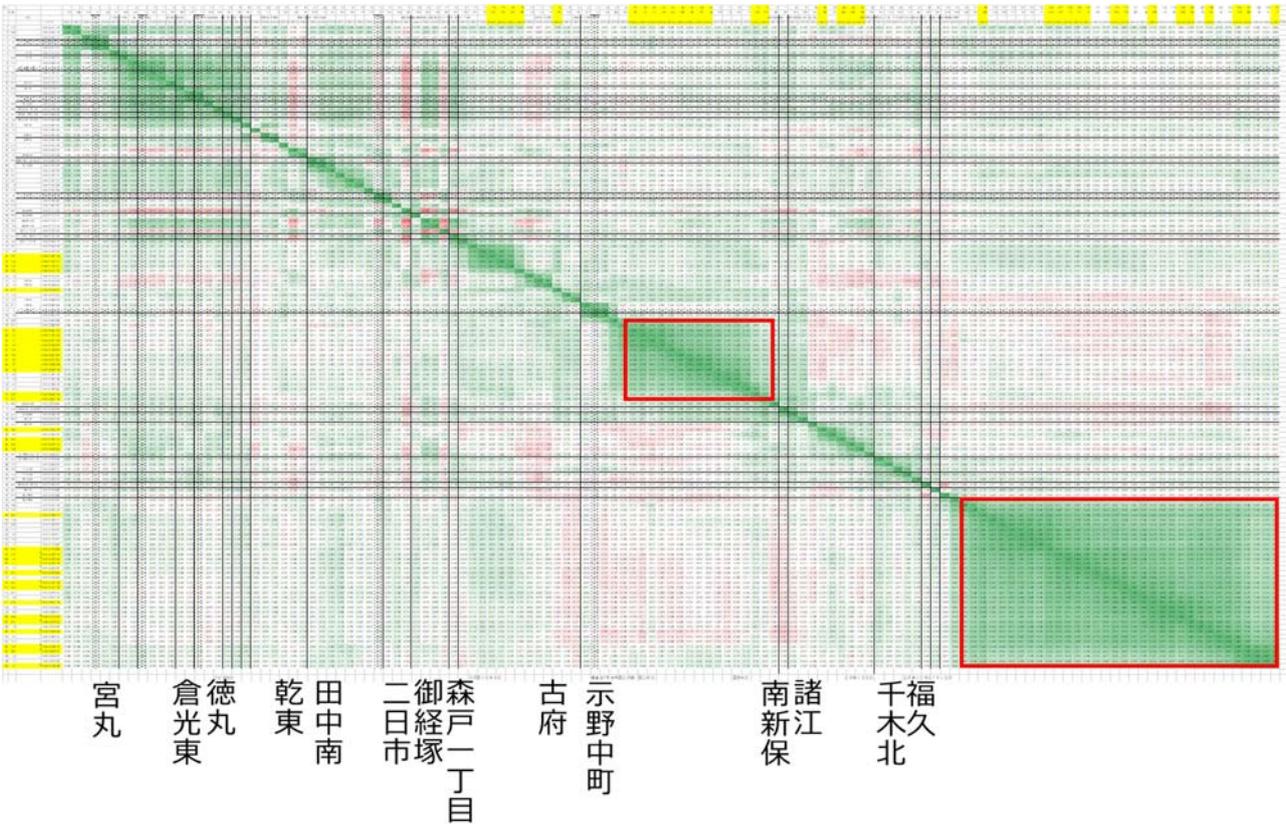


図-16 DRM リンク間平均速度相関係数行列 (18時台)

#### 4. まとめ

今回は、国道8号の対象区間（白山～金沢～津幡）における商用車プローブの1年間のリンク別速度の日変動について基礎的な分析を行った。

まず、平日・休日別のリンク平均速度と標準偏差を分析した。平均速度は、平日、休日ともに全日と同様な速度であったが、速度のばらつきが平日は小さく、休日は大きいという結果となり、平日と休日では異なる挙動を示した。対象区間においては休日に比べ平日の方が時間信頼性が高い。また、信号がなく分合流もない連続した（図-5, 6 の青丸）区間では、高い速度を維持し速度のばらつきが小さいため、その他のリンクと比べて時間信頼性がより高い。

次に、時間帯別に平均速度の分析を行った。全時刻の平均速度と比較して、速度が高い深夜・早朝の時間帯（23時台～6時台）、速度が低い朝夕のラッシュ時間帯（7～8時と17～18時）、同様な速度である昼間時間帯（9時台～16時台）と夜間時間帯（19時から22時台）の、3グループに分類できる。

これは、いくつかの時間帯を集計して分析できることを示唆しており、この様な集計をすることでサンプル数が少ないリンクにおいても精度が高い平均速度が推定できることが期待できる。

最後に、リンク平均速度の相関関係行列で空間的な分析を行い、DRMリンク間の平均速度の関係を考察した。その結果、信号がなく分合流もない連続した（図11～16の赤い線で囲んだ）区間には強い正の相関関係があり、明確にブロックを形成できることが明らかになった。

このような相関関係の特徴を活用しながら、トラフィックカウンターのデータと融合させることで、プローブカーではサンプル数が十分に得られない部分においても旅行時間を精度良く推測できる可能性がある。

今後の課題は、複数の交差する道路との相関関係の分析を進め、面的な旅行速度・時間が予測できるように検討し、時間信頼性向上のための施策の提言を目指す。

**謝辞：**本研究の一部は国土交通省 新道路技術会議において採択され、国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究により実施したものである。また、株式会社富士通交通・道路データサービスからデータを提供いただいた。ここに記して感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 中山晶一郎, 朝倉康夫: 道路交通の信頼性評価, コロナ社, 2014

(???? ?? ?? 受付)