

阪神高速 ETC 統計データの時間的規則性

榎本大悟^{1,2}, 上東貴志¹

¹ 神戸大学 計算社会科学研究センター

² 理化学研究所 計算科学研究センター

概要

マルチケース並列交通シミュレーションに使用できる現実的な典型的 OD(Origin-Destination) 需要を得ることを目的に、阪神高速道路(株)により提供された、2013 – 2020 年における ETC 統計データを解析した。その結果、データには強い規則性があり、平日ピーク時の利用台数は約 4.5 万台/hr で、午前と午後、週半ばと週末の間で周期的に増減していることが判明した。各料金所を出入口として利用する車両数は、日付、曜日によって典型的な値を持つことが判明し、現実的な OD セットを生成することが可能であることが判明した。また、災害時においては大阪北部地震による利用者数の急激な変化や、COVID-19 による利用者数の減少と回復が確認された。

Temporal regularity of Hanshin Expressway ETC statistics

Daigo Umemoto^{1,2}, Takashi Kamihigashi¹

¹ Center for Computational Social Science, Kobe University

² R-CCS, RIKEN

Abstract

We analyzed the ETC statistics provided by Hanshin Expressway Co., Ltd. for the period 2013–2020 in order to obtain realistic typical OD(Origin–Destination) demand that can be used for multi-case parallel traffic simulation. The results show that there is a strong regularity in the data, with a peak weekday usage rate of around 45,000 vehicles/hr, with periodic increases and decreases between morning and afternoon, midweek and weekend. The number of vehicles using each toll gate as an entrance and exit was found to have typical values for different dates and days of the week. This allows to generate realistic OD sets. In the case of disasters, a sharp change in the number of users due to the Northern Osaka Earthquake and a decrease and recovery in the number of users due to COVID-19 were identified.

1 はじめに

近年、1次元の交通流は物理現象としてもよく理解されるようになった一方で [1]、複雑に結合した道路の上で成り立つ都市規模の交通はよく理解されたいとはいえない。都市規模の交通現象を理解するにあたり、シミュレーションを用いた試みがなされてきたが [2, 3]、長期的・普遍的な交通計画を目的としたシナリオベースのシミュレーションが主流であり

[4]、日変動などの特徴を捉えた現実的かつ予測誤差の導出も視野に入れた中期的なタイムスケールに合致したシミュレーションの試みは例に乏しい。

都市交通全体の再現を目的とする場合、現実の OD 需要の大半を含む典型的 OD が必要である。都市スケールの実交通を分析対象とした研究として ETC 統計データの分析が過去に試みられた例 [5, 6, 7] が存在するが、分析対象を全交通量の 20 – 30%程度しか代表しない上位 50 位の OD に絞るなどの手法が

用いられており、新たに独自の分析が必要である。

本研究では、阪神高速から提供を受けた ETC 統計データを分析することにより、シミュレーションの入力として利用可能な典型的 OD の生成を試みる。また、大阪北部地震や、新型コロナウイルスおよび緊急事態宣言により生じた道路の使用状況における変動を提示し、災害時の交通予測についても考察する。

2 ETC 統計データの特徴

2.1 ETC 統計データの概略

阪神高速は料金徴収のため、ETC 料金所を通過した自動車の車種・ID を収集している。特定の個人を識別不可能な状態とするため、時間分解能を 1 時間に粗くし、各時間 (9:00-10:00 等) の間に、各料金所から特定の料金所を目的地として入場した自動車の台数および車種 (普通車またはトラック) が記録された、2013/9/1 から 2020/10/31 までの 8 年分にわたる ETC 統計データの提供を受けた。阪神高速道路は総延長約 300 km、212 種の入口料金所、236 種の出口料金所があり、ETC 統計データは計 $212 \times 236 =$ 約 50 万通りの OD ペアの情報を含む。

図 1 に、24 時間の時間分解能で、2017/1/1 - 2020/10/31 までの全利用台数の総和を示す。1 日を均した需要はほぼ 3 万台/hr であることが読み取れる。2020 年中頃には急激な現象が見られるが、これは後述する通り COVID-19 の影響である。

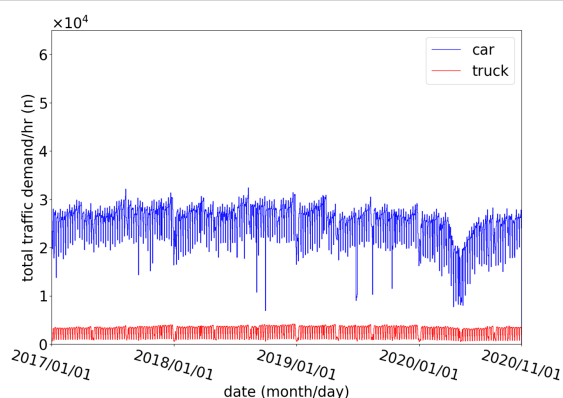


図 1: 24 時間の時間分解能で示した、2017/1/1 から 2020/10/31 までの全 OD 需要台数の変動。青・赤はそれぞれ普通車・トラック

図 2 に示す通り、週スケールに着目すると、際立って周期的な変動が見られる。5 日間の平日の間はピーク時に 4.5 万台の水準であり、続く土曜日には 3.5 万

台の水準、日曜日には 3 万台程度のピーク水準となる。朝昼の総交通需要にも周期的な増減が見られ、典型的な日変動の存在が示唆される。

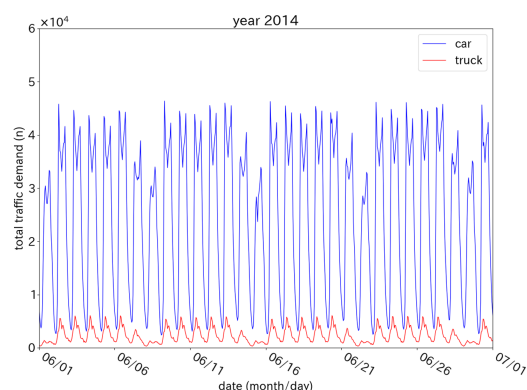


図 2: 1 時間の時間分解能で示した、2014/6/1 から 2014/7/1 までの全 OD 需要台数の変動

2.2 日変動

日変動が日によってどの程度異なるか観察するため、2013 年における日変動を重ねて描いたものを図 3 に示した。図 2 においても見られたように、土日と平日で変動が異なることが読み取れる。各時間の通行台数を成分とした 24 次元のベクトルは k-Means 法により平日・土曜日と日曜・祝日の 2 つのクラスターに分類できることが判明した。

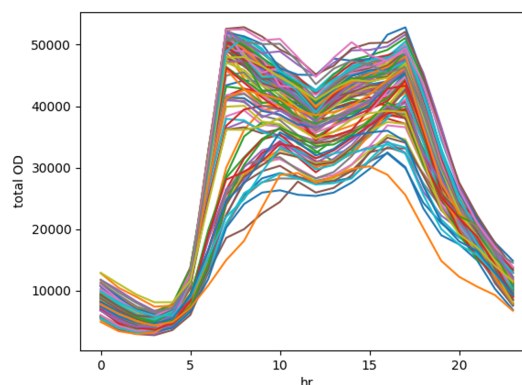


図 3: 2013 年における、各 1 日の 24 時間にわたる OD 需要の変動

実用上において、深夜から早朝の全 OD 需要から、その日の 24 時間にわたる通行台数が予測できると有用である。特に需要の多い平日・土曜における交通

需要の時間変動を 0:00–6:00 の全需要の総和で割ってスケールしたものが図 4 である。平日の時間変動はさらに月曜・土曜・それ以外の曜日の三つに分類可能であることが確認できる。

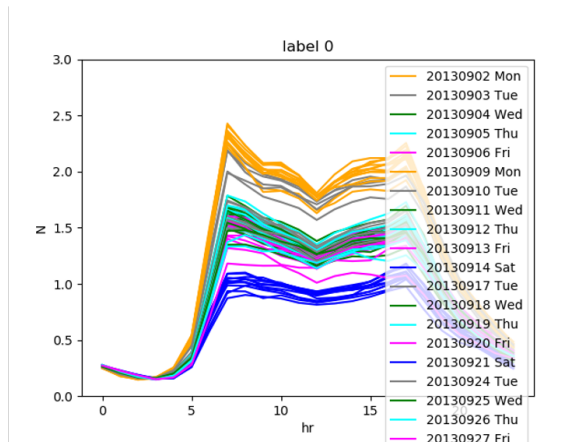


図 4: 0:00 – 6:00 の総需要で土・月曜に分類された日変動をスケールしたもの。オレンジ・青・それ以外の色はそれぞれ月曜・土曜・土・月曜以外の曜日

各分類の各時刻における平均値を代表値として用いると、おおよそ $\pm 10\%$ 程度のゆらぎを生じている。このゆらぎの範囲内において、交通需要が正規分布することが [5] 等によって指摘されているため、平均値の 10% 程度の幅を持つ正規分布による乱数を加えれば全 OD にゆらぎを付加した出力誤差を含むシミュレーションの実装が可能である。

2.3 OD 需要の傾向

シミュレーションの入力として利用可能な OD を生成するには、以上で論じた総需要に加え、各 OD が全需要と同様に、曜日と時間帯によって代表的な値を持つことを示す必要がある。図 5 では、最も需要が大きかった上位二つの OD ペア (安治川 → 北津守 と 北津守 → 安治川) を例にとり、OD 需要を縦軸・横軸座標とし、各時間帯を 1 点として描いた。4 年分のデータであるため 4 年 × 約 365 日 × 24 時間個の点が打たれている。図 10 は明確に複数のクラスタに分かれているため各クラスタに含まれるデータをひとつずつ調べたところ、特定の曜日・時刻に対応していた。図 5 では一例として、7:00 台の交通需要を予め曜日によって色を変えて示した。

各クラスタ内部での相関は弱く、互いに独立な確率変数として扱えることが示唆される。各クラスタ

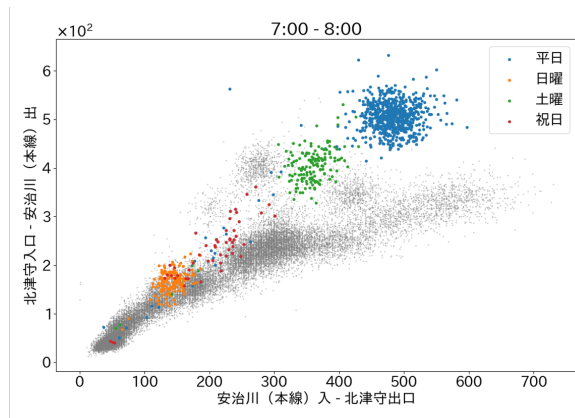


図 5: 需要が上位 2 位だった二つの OD ペア (安治川 → 北津守 および 北津守 → 安治川) に対し、1 時間あたりの需要台数を横軸・縦軸にとって描いたスキャタープロット。一つの点がある日のある時間に対応。7 時台の需要について、平日・土曜・日曜・祝日をそれぞれ青・緑・オレンジ・赤で表示

の分布の幅は、平均値の 10% 程度であり、時刻と曜日を指定すれば典型的な値を持つ様子が確認できる。他の OD ペアについても分析したところ、同様の振る舞いが確認できた。

3 災害に対する交通需要の応答

図 6 に 2018/6/18 日付近の全 OD 需要台数の変動を示した。地震直後に大幅な需要台数の減少が観察され、翌日の午前中の需要ピークが 10% 程度高まっている。さらに翌日の需要はその前の週の同じ曜日と比較して、5% ほど低い水準に留まっている。

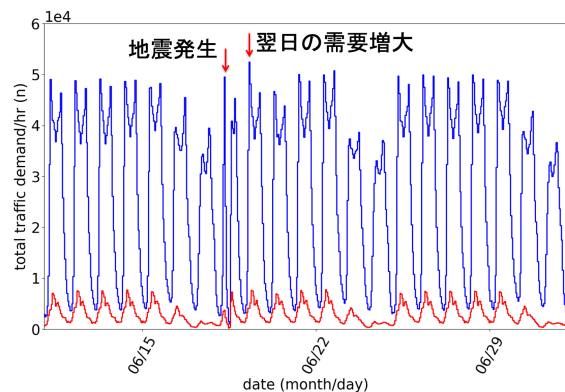


図 6: 大阪北部地震発生時における全 OD 需要の変動

図 7 には 2020 年の変動を通年にわたりデータが取得できた箇所まで細い青線 (普通車)・赤線 (トラッ

く)で示した。COVID-19の感染拡大に伴う需要減少が確認できる。黒い垂線により阪神地域における緊急事態宣言の発令(4/7)・解除(5/21)、および厚生労働省が公開しているCOVID-19のPCR陽性者数を太い青線で示した。交通需要の減少ピークは陽性者数のピークに先んじ、2ヶ月ほどで回復している。第2波に相当する交通需要減少は見られない。需要の減少は緊急事態宣言の発出にも先んじている。

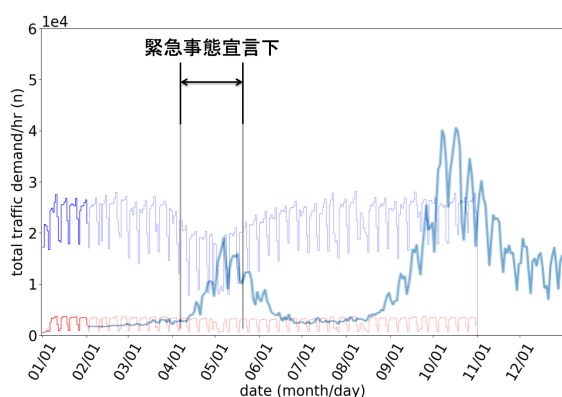


図7: 2020年における全OD需要の変動を細い青線(普通車)と赤線(トラック)で示した。右端の空白の箇所はデータ未取得区間。阪神地区における緊急事態宣言の開始・終了時を黒い垂線で、COVID-19陽性者数の推移を太い青線で示した

4 まとめと考察

阪神高速から提供された2013年9月1日から2020年10月31日までのETC統計データを分析し、規則的な日変動・週変動があることを確認した。総需要の日変動は曜日によって分類することができ、各時刻における実際の利用台数は、平均値に対し±10%程度の変動を持つことが判明した。また、ODペア台数には曜日と時間帯によって典型的な値があり、ゆらぎは平均値に対して±10%程度であることが判明した。これらの結果から、シミュレーションの入力として実データの他に、典型的な利用パターンの存在を仮定できると考えられる。実際にODを生成する際には、曜日と時刻を固定した上で実交通を測定し、該当するODの平均値を求め、それらに対し独立な乱数によってゆらぎを与えることによって、現実的なデータを生成できると考えられる。

災害発生時について、大阪北部地震発生時には発生直後に利用台数が急減し、翌日の台数が増え、さらに翌日に減少する様子が確認された。これは地震

発生当日に満たせなかった需要を翌日の増加によって補ったものと解釈できる。さらにCOVID-19の感染拡大に伴って需要が減少した。大阪においては陽性者数のピークはさらに遅く8月であったという別の事実もあり、需要の減少は緊急事態宣言発出にも先んじていたため、交通需要と感染者数の増減や緊急事態宣言そのものとの強い関連性は認められず、事前に自主的な外出自粛が生じたことが示唆される。

上記の結果によれば、平常時においては典型値を用いることができるが、災害発生時には全く異なる需要が実現することが明らかである。災害時の交通予測を試みる場合、本研究に類する多数の事例を含む知見に基づいた、災害時における人の行動に関する深い洞察が必要であると考えられる。

5 謝辞

本研究で用いたデータは阪神高速道路株式会社と神戸大学の共同研究「大規模計算機及びAI技術を用いた交通・防災に関する応用研究」に基づいて提供され、遂行にあたりJST、未来社会創造事業、JPMJMI20B4の支援を受けた。記して謝意を表する。

参考文献

- [1] Schadschneider, A., *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 313(1-2), 153-187, (2002).
- [2] 内種岳詞 & 伊藤伸泰, 計測自動制御学会論文集, 52(10), 545-554, (2016).
- [3] Y. Asano et al., In *Proceedings of the International Conference on Social Modeling and Simulation, plus Econophysics Colloquium 2014*, 255-264, (2015).
- [4] 坂本邦宏 & 久保田尚, 電気学会誌 128.10: 684-687, (2008).
- [5] 飯田恭敬 & 高山純一, *高速道路と自動車*, Vol.24, No.12, pp22-32, (1981).
- [6] 西内裕晶, 吉井稔雄, 桑原雅夫, & 割田博, *土木計画学研究・論文集*, 27, 941-950, (2010).
- [7] 横田孝義, 玉川大, 谷口栄一, & 河本一郎, 第40回土木計画学研究・講演集, (2009)
- [8] D. Umemoto & N. Ito, *Journal of Computational Social Science*, 1, 493-500, (2018).