

プローブタクシーデータによる自動車旅行時間のばらつきの時空間分布分析

三浦英俊

Space-Time Analysis of Travel Time Variability by Probe Taxi Data

Hidetoshi MIURA

Abstract: Some properties of travel time by car are empirically known to drivers. Travel times are longer in the rain, on Friday, and on days ending in 0 or 5 ("Go-To-Bi" in Japanese). Many drivers recognize the properties as average of travel times. But variabilities of travel times are not well studied. Does travel time vary more in congestion road? Is travel time in city center more quite-variable than suburb? This paper formulates and verifies three hypotheses about travel time variabilities. The probe taxi data collected in Nagoya between 2001 and 2002 are used to verify hypotheses.

keywords: プローブカーデータ (probe-vehicle data), 旅行時間のばらつき (travel time variability), 旅行時間の予測 (travel time prediction)

1 はじめに

自動車による移動は、旅行時間のばらつきがつきものである。

本研究は、名古屋地域を走行したプローブタクシーデータを用いて、自動車の旅行時間のばらつきの地理分布と時間分布について述べる。

旅行時間のばらつきが旅行者の経路選択や交通機関選択に影響を与えることを考慮して新しい公共交通機関を検討した研究がある (Uno et al. 2009)。また、旅行時間のばらつきが与える経済損失を考慮する交通計画評価の枠組みに関する研究も発展しつつある (高山ほか, 2006)(福田, 2010)。いずれも個人の選好や行動の記述において旅行時間のばらつきが考慮されている。

一方で、そもそも旅行時間のばらつきは都市中心部ほど大きいのか、あるいは混雑時間帯と夜間ではばらつきはどのくらい異なるのか、といったばらつきの基本的な性質に関する知見を既往研究から得る

ことは簡単ではない。なぜなら、旅行時間のばらつきを取り扱った研究は、バス路線や高速道路など特定の道路を対象としているものが多く、都市中心部のように混雑が激しい地域におけるばらつきの時空間的な分布にまで言及したものはほとんど見られないからである (Cohen et al. 1999)(He et al. 2002)。

旅行時間のばらつきに関する時空間的性質を把握することは、2つの観点から重要である。第一に、時空間における旅行時間のばらつきの性質の把握は、将来改善すべき道路網の地域選定に資する。第二に、三浦 (2009) で提案されたクリギングを用いた旅行時間予測手法において、ばらつきの時空間分布はコバリオグラムの推定に直接利用できる結果となる。ここでは旅行時間を推定するたびごとにサンプルデータからコバリオグラムを推定しているが、旅行時間のばらつきの性質が明らかとなれば、コバリオグラムの推定が容易になることが期待できる。

2 プローブタクシーデータ

本研究で使用するタクシー移動データは、2002-2003年にインターネット ITS 共同研究グループが

*三浦英俊: 南山大学情報理工学部
〒489-0863 愛知県瀬戸市せいれい町 27, Tel. 0561-89-2000
e-mail: hmiura@nanzan-u.ac.jp



図 1: 名古屋市内の 12 の代表点

実施した高度交通システムの実証実験によるものである (三輪ほか, 2003) . これは GPS 装置と通信装置を備えたプローブタクシーとよばれるタクシー約 1500 台の走行データであり, タクシーの緯度経度位置情報や速度, 実車空車の区別, 天気などを知ることができる .

図 1 に示す名古屋市内 12 地点を設定する . 2002 年 11 月から 2003 年 1 月の 3 ヶ月間にこれらのうち 2 地点間を実車つまり客を乗せて走行したタクシー移動データを観測データとして取り出す . 移動データには実車走行中に 2 地点を起点終点として移動したデータに加えて, 2 地点の半径 100 メートル以内をともによぎったタクシーも含む .

代表地点のうち 2 地点間を実車状態でよぎった 1 台分のタクシーを 1 観測データとして, 収集できた観測データ数は 31928 であった . 観測データの旅行時間の確率分布が正規分布に従うと仮定し, 31928 データのうち両側 5 % に含まれる観測データを外れ値として除外する . すなわち通過地点別平日休日別に移動データの旅行時間の平均および標準偏差を計算し, 平均 $\pm 1.64 \times$ 標準偏差の範囲外となる移動データを外れ値として取り除いた . 旅行時間が何らかの理由で距離に対して短すぎたり長すぎたりした異常データを取り除くためである . 残った正常データ 30969 個を分析に使用する .

正常データを起点終点ペア別に集計し, さらに出

発時刻を 2 時間単位の時間帯で分割する . 分けられた旅行時間データを標本として, 標本平均と標本分散から起点終点ペア別時間帯別の旅行時間の期待値と標準偏差を推定する . ただし, 標本数が 5 に満たない時間帯は推定値の精度に問題があると見なして, 分析から除外した . このため旅行時間の期待値と標準偏差が推定できない時間帯を持つ起点終点ペアがある .

3 3 つの仮説の設定と検証

ここで 3 つの仮説を設定し, タクシープローブデータからそれぞれ検証する .

- 仮説 1 「旅行時間が長いときほど旅行時間のばらつきは大きい」 . 仮説の根拠 : 起点終点ペアを固定して考える . 交通量の少ない時間帯は旅行時間が短い . このとき旅行時間のばらつきを生じる大きな要因は信号だけである . 交通量が多い時間帯は旅行時間が長くなり, ばらつきの要因として混雑が加わるので, 旅行時間のばらつきが大きくなる . したがって, 旅行時間が長いときほど旅行時間のばらつきが大きくなる .
- 仮説 2 「距離が長いほど旅行時間のばらつきは大きい」 . 仮説の根拠 : 走行を妨げる信号や混雑に出会う回数は, 距離が長くなるほど増える . 信号や混雑による旅行時間の損失がそれぞれ独立であるとする, 旅行時間のばらつきは距離が長くなるほど増える . 旅行時間帯別に検証する .
- 仮説 3 「都心に近いほど旅行時間のばらつきは大きい」 . 仮説の根拠 : 都心に近いほど信号や混雑に出会う機会が増えると予想される . したがってばらつきは都心に近いほど増える . 起点終点の midpoint と都心として設定する地点との距離を計測して検証する .

3.1 仮説 1：旅行時間と旅行時間のばらつきの仮説の検証

起点終点ペア別に検証する。ただし標本数が 5 つ以上ある時間帯が 6 つ以上の起点終点ペア 38 個のみを検証対象として使用する。

起点終点ペア別に、時間帯ごとの旅行時間期待値を説明変数として、旅行時間の標準偏差を被説明変数とする回帰直線ならびに決定係数を求める。このとき、決定係数が大きいならば、旅行時間とばらつきの相関が高いことを示している。さらに、回帰直線の傾きが正値で大きければ、旅行時間が長いほどばらつきが大きい。すなわち、速度が速いほど旅行時間のばらつきが小さいことを示していることになる。したがって、決定係数の値が大きく、回帰直線の傾きが正値である起点終点ペアでは仮説は正しいと言える。

図 2 は 38 個の起点終点ペア別に決定係数と回帰直線の傾きを横軸縦軸として描いた図である。必ずしも全ての起点終点ペアに関して決定係数は高いとは言えない。回帰直線の傾きは、38 の起点終点ペアのうち 30 が正値である。傾きが負となっている起点終点ペアの決定係数は低く、旅行時間が長くなるほどばらつきが小さくなる起点終点ペアはないことが分かる。

これらのことから、仮説 1 は全ての路線について成立するとは言えない。すなわち、名古屋都市圏における自動車の移動は、旅行時間が長くなるほどばらつきが大きくなる場合と、旅行時間とばらつきにはほとんど関係がない場合があることが明らかとなった。

3.2 仮説 2：距離と旅行時間のばらつきの仮説の検証

時間帯別に検証する。2 時間区切りで 12 ある時間帯のうち、10-12 時、18-20 時、午前 0-2 時について、距離と旅行時間の標準偏差の散布図を描いた(図 3)。10-12 時、18-20 時については、距離と旅行時間のば

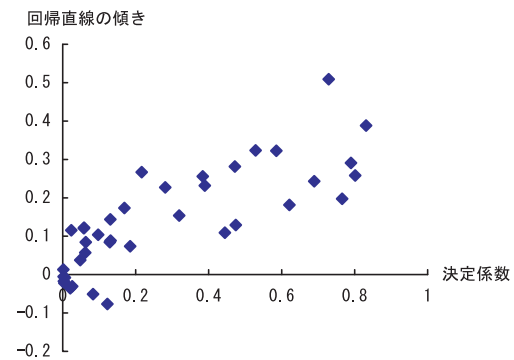


図 2: 起点終点ペアの決定係数と回帰直線の傾き

らつきとの相関が高い。これらの時間帯では、仮説 2 は正しいと言える。しかし、最も道路混雑が少なく、ばらつきを生じる原因は信号停止が大半と考えられる 0-2 時は、ほかの 2 つの時間帯と比べて、ばらつきが小さい起点終点ペアとばらつきの大きい起点終点ペアがともに増加しており、全体として距離とばらつきの相関が小さくなっている。深夜時間帯は、仮説 2 は成り立たないと判断すべきであろう。

3.3 仮説 3：都心からの距離と旅行時間のばらつきの仮説の検証

栄交差点を名古屋都市圏の都心とする。起点終点ペアと都心からの距離の定義として、起点終点の midpoint と栄交差点を使用する。ただし、深夜時間帯を除いて仮説 2 が成り立っていることを考慮し、旅行時間の標準偏差を起点終点間の距離で除した距離あたり旅行時間の標準偏差を比較した。図 4 のうち、18-20 時時間帯は、都心からの距離が離れるほどばらつきが小さくなっていることを示しているが、ほか 2 つの時間帯は明確な相関を認めることができない。特に 0-2 時時間帯は、都心から遠いほどむしろばらつきが大きくなっているように見える。よって、深夜時間帯を除けば仮説 3 は成立すると判断される。

謝辞 この研究は、2011 年度南山大学パッヘ研究奨励金 - A - 1 の助成のもとで行われた。

参考文献

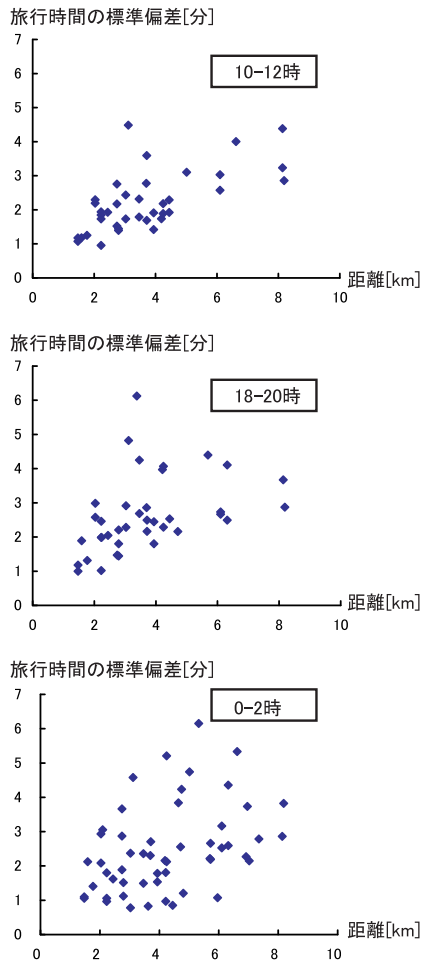


図 3: 時間帯別の距離とばらつきの散布図

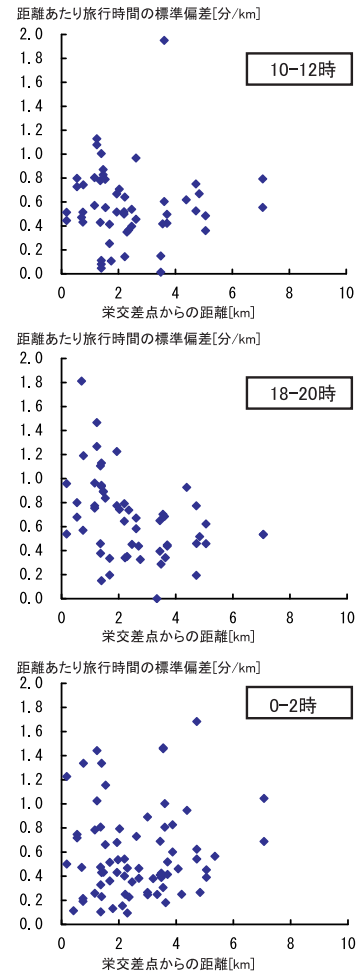


図 4: 都心からの距離とばらつきの散布図

高山純一，中山晶一朗，小松良幸 (2006): 交通需要の不確実性による時間信頼性指標を用いた道路整備に関する研究，都市計画論文集，41(3)，79-84．

福田大輔 (2010): 旅行時間変動の経済評価: 研究動向のレビューと実適用に向けた課題の整理，交通工学，45(2)，9-15．，2010]．

三浦英俊 (2009): 時空間クリギングとプローブタクシーデータを利用した都市内の自動車旅行時間推定，都市計画論文集，44(3)，793-798．

三輪富生，境隆晃，森川高行 (2003): プローブカーデータを用いた経路特定手法と旅行時間推定に関する研究，第 2 回 ITS シンポジウムプロシーディングス，277-282，2003．

Cohen, H. and Southworth, F., 1999. On the Mea-

surement and Valuation of Travel Time Variability Due to Incidents on Freeways, *Journal of Transportation and Statistics*, 2(2), 123-131．

He, R. R. , Liu, H. X., Komhauser, A. L. and Ran, B., 2002. Study Travel Time Variability from Probe Vehicle Data, *Applications of Advanced Technologies in Transportation (2002) Proceedings of the Seventh International Conference*, 16-23.

Uno, N. , Kurauchi, F., Tamura, H. and Iida, Y., 2009. Using Bus Probe Data for Analysis of Travel Time Variability, *Journal of intelligent Transportation Systems*, 13(1), 2-15.