

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災時には東京都内でグリッドロック現象が発生した。これは、大きく迂回して走行したことによる総走行台キロの増加が一因と考える。従って、非常時にはカーナビ等による非常時特有の経路を考慮した経路提供等により、ドライバーを上手に誘導することで迂回行動を抑制し、走行台キロを軽減させることが重要である。そのためには、震災時特有のドライバーの経路選択特性を分析する必要がある。また、パスベースの従来型経路選択モデルでは、選択肢集合を与える必要があり、選択肢が膨大にある道路ネットワーク（以下、道路NW）上での推定は困難である。一方で、Fosgerau(2013)¹⁾のリンクベースの再帰型経路選択モデル（Link based Recursive Logit model 以下、L-RL モデル）は、選択肢集合の設定をせずに次にどのリンクに遷移するか逐次選択を繰り返すモデルであるため、道路NWに適用可能となる。しかし、L-RL モデルは、無限周回経路を含めた推定を行っている点が課題に挙げられる。そこで、RL モデルをパスベースにすることで、無限周回を発生させずに、現在地の時刻の道路状況を反映した推定が可能になると考える。

そこで、本研究では各地点の道路状況を反映したパスベースの時空間 RL モデル（以下、時空間 RL モデル）を用いて、災害時のドライバーの経路選要因を分析することを目的とする。

2. L-RL モデルの概要と課題

図1における選択経路 σ の選択確率 $P(\sigma)$ は、L-RL モデルの式(1)で表せる。ここで、 μ ：スケールパラメータ、 β ：空間割引率、 $v(k_{i+1}|k_i)$ ：各リンク間の効用、 $V(k_0)$ ：選択候補経路のログサム（以下、ログサム）である。式(1)の $e^{-\frac{1}{\mu}V(k_0)}$ は、式(2)によって算出される。従って、L-RL モデルは、実績経路情報とネットワーク内のリンク情報のみで推定可能であり、選択肢集合の設定が不要になる。一方で、式(3)は吸収マルコフ連鎖によって表せられる。ここで、 M ：全リンクペアの効用関数 $\delta(k_{i+1}|k_i)e^{\frac{1}{\mu}v(k_{i+1}|k_i)}$ を要素に持つ $|A| \times |A|$ の行列、 $\delta(k_{i+1}|k_i)$ ：リンクが接続されていれば1、そうでなければ0となる指示変数、 I ： $|A| \times |A|$ の単位行列、 b ：終点リンクは1、その他のリンクでは0となる $|A| \times 1$ 行列である。そのため、L-RL モデルは、ドライバーは無制限周回を含む膨大な経路から1つの経路を選択する確率を算出することを意味する。

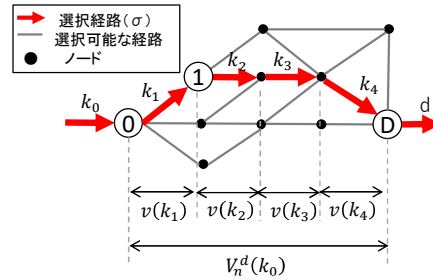


図1 RLモデルのイメージ

表1 使用データ概要

データ名	集計時間区分	観測データ	DRMリンク情報	日付
HITACHIタクシブローブ	5分	リンク旅行時間(秒)	有	3/4.3/11
民間ブローブ	15分	リンク旅行時間(秒)	有	3/4.3/11
NAVITIME点列データ	秒単位	リンク旅行時間(秒)経路情報	無	3/4.3/11
JARTIC	5分	速度区分から算出したリンク旅行時間(秒)	無	3/4.3/11
渋滞統計データ	5分	-	-	3/4.3/11
三社統合データ	5分	-	-	3/4.3/11
統合データ	5分	-	-	3/4.3/11

これは、人間の経路選択行動としては現実的ではないため、周回の制御あるいはパラメータ推定で生成される選択肢集合の限定が課題である。また、ドライバーは出発地点で目的地までの効用を全て把握していることを意味する $\beta = 1$ を仮定している点も課題点である。

$$P(\sigma) = e^{-\frac{1}{\mu}\beta V(k_0)} \prod_{i=0}^{l-1} e^{\frac{1}{\mu}v(k_{i+1}|k_i)} \quad (1)$$

$$\sigma = \{k_i\}_{i=0}^l \quad (l=d) \quad (2)$$

$$e^{\frac{1}{\mu}V_k} = (I - M)^{-1}b \quad (3)$$

3. L-RL モデルのパラメータ推定

L-RL モデルが道路NW上で適用可能か検証するため、東日本大震災時のデータを使用してパラメータ推定を行った。

3.1. データ概要

本研究では、表1のDRMネットワークにマッチングさせた3種のブローブデータの統合データと渋滞統計データを使用する。三者統合データの欠損は渋滞統計データで補完し統合データを作成し、以下の2つのデータセットを作成した。

(1) 実績経路データ

NAVITIME点列データから東京駅周辺を通過したサンプルを抽出して実績経路データを作成した。サンプル数は31サンプルである。

(2) リンクデータ

1サンプル以上通過した地域2次メッシュの全リンクからリンクデータを作成した。

3.2. パラメータ推定結果

極めて少ないサンプルでの推定結果であるが、 $V = -0.0100628T + 0.01043423RD$ が推定された。ここで T : 所要時間 (分), RD : 主要道路ダミーである。 t 値は算出できなかったが、尤度比 0.3 を得られた。従って、道路 NW 上でパラメータ推定が可能であることが明らかになった。

4. 時空間 RL モデルの検討

ログサムに時間の概念を持たせた時空間 RL モデルの検討をする。

時刻 t_{ki} 時点でリンク k_i を走行するドライバーがリンク k_{i+1} を選択する確率 $P_{t_{ki}(k_{i+1}|k_i)}$ は、式(4)で表せる。ここで、 $V_{t_{ki+1}(k_{i+1})}$: リンク k_{i+1} からリンク d に至る経路集合 (以下、ログサム経路) を設定し、時刻 t_d 時点から式(5)を用いて、逆向き計算をして算出する。そして、パス σ の選択確率 $P_{(\sigma)}$ は式(6)で表せる。

$$P_{t_{ki}(k_{i+1}|k_i)} = \frac{e^{\frac{1}{\mu}(v_{t_{ki}(k_{i+1}|k_i)} + \beta V_{t_{ki+1}(k_{i+1})})}}{\sum_{k'_{i+1} \in A(k)} e^{\frac{1}{\mu}(v_{t_{ki}(k'_{i+1}|k_i)} + \beta V_{t_{k'_{i+1}(k'_{i+1})})}} \quad (4)$$

$$V_{t_{ki}(k_i)} = \begin{cases} \mu \ln \sum e^{\frac{1}{\mu}(v_{t_{ki}(k_{i+1}|k_i)} + \beta V_{t_{ki+1}(k_{i+1})})} & k_i \neq d \\ 0 & k_i = d \end{cases} \quad (5)$$

$$P_{(\sigma)} = \prod_{i=0}^{l-1} P_{t_{ki}(k_{i+1}|k_i)} \quad (6)$$

4.1. 時空間 RL モデルの課題

時空間 RL モデルの検討段階の大きな課題点は以下の2つである。

(1) ログサムの設定が困難

時空間 RL モデルでの推定では、ログサム経路を設定してから、実績経路のリンク毎のログサムを算出する必要がある。図3のような簡易ネットワークでリンク a のログサムを算出するには図3右のツリーを逆向きに計算していくことになるため、OD 間にリンクがあればあるほど、ツリーが複雑になる。従って、道路 NW 上では経路が膨大にあるため、ログサムの設定が困難である

(2) μ の推定が困難

スケールパラメータ μ は、地震発生後急激に道路状況が変化する時間帯で変動すると考えられるため、推定が困難である。そのため、 μ を推定せず、外生してパラメータ推定を行うことを考えている。

5. データの補間方法

表1の各データと統合データの時間帯別リンク

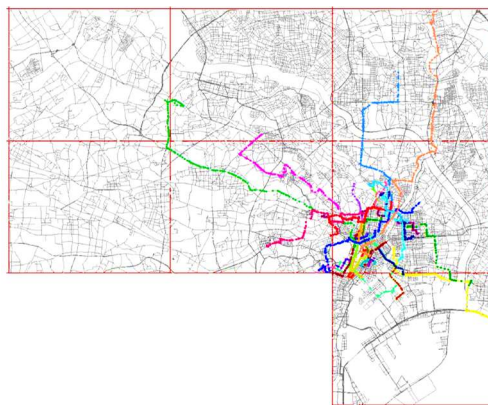


図2 分析対象範囲と経路

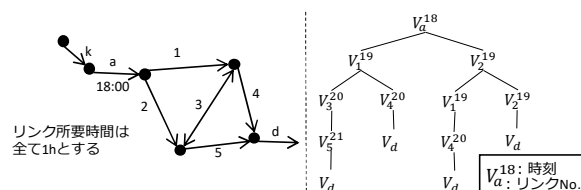


図3 ログサム計算イメージ

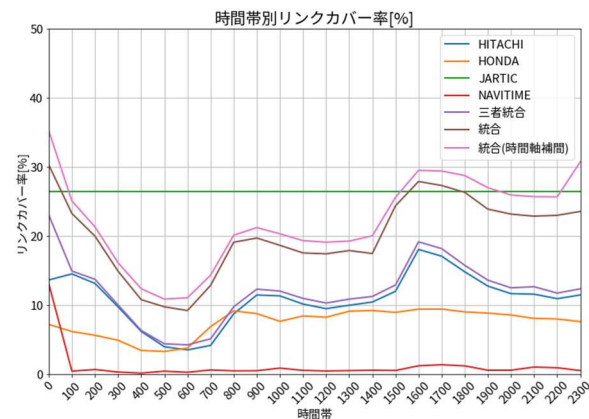


図4 時間帯リンクカバー率 (3月11日)

カバー率を図4に示す。15時以降の統合データの最大カバー率は16時の27.9%であった。そのため、リンクの欠損時間帯の前後の時間帯の調和平均速度で補間を行った。(図4中の統合(時間軸補間)) その結果、わずかにカバー率は上昇し、15時以降のカバー率は平均で2.8%上昇した。

6. まとめ

Link based RL モデルは道路 NW に適用可能であるが、時間変化する道路状況を反映できないため、時間変化する道路状況を反映した時空間 RL モデルを検討中である。時空間 RL モデルはいくつかの課題があるものの、当時の状況を表現できる可能性があり、5章のリンク所要時間データを用いて、今後パラメータ推定を試みる。

参考文献

- 1) Mogens Fosgerau, Emma Frajinger, Anders Karlstorm : A link based network route choice model with unrestricted choice set, Transportation Research Part B, Vol.56, pp.70-80, 2013