

## 改良型 Stochastic Cell Transmission Model を用いた交通シミュレーションの実装

徳田 渉

金森 亮

伊藤 孝行

名古屋工業大学

### 1 はじめに

本研究では、道路の需要と供給の不確実性を実現し、一般道路に対して適用が可能である改良型 Stochastic Cell Transmission Model (改良型 SCTM) を実装した。背景として、自動車は多くの国民にとって必要不可欠な交通手段である。しかし、交通渋滞によるドライバーの時間損失や交通渋滞による二酸化炭素などの温室効果ガスの排出が問題となっている。ドライバーの時間損失問題や温室効果ガスの排出問題などに対して、国土交通省は ITS (Intelligent Transport Systems) を推進している。ITS とは、最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報で繋げることにより、交通事故や渋滞などといった道路交通問題の解決を目的とした新しい交通システムである。ITS は最先端の技術を用いて新しく構築するシステムであることから、実用化を図っていく上では、研究開発の成果を適切に評価するための試験運用が重要であり、シミュレータの開発を適切に行うことが重要となる。

交通シミュレーションの流体近似モデルには、Cell Transmission Model (CTM) や Stochastic Cell Transmission Model (SCTM) などが提案されている。しかし、CTM は道路の需要と供給の不確実性を実現できない。また SCTM は一般道路のような複雑なネットワークに対して適用が困難である。そこで本研究では、道路の需要と供給の不確実性を実現し、一般道路に適用できる改良型 SCTM を実装し再現性を示す。

本論文では、第2章で関連研究について説明する。第3章では本研究で提案する改良型 Stochastic Cell Transmission Model について説明する。第4章ではシミュレーション実験について示す。第5章では本研究のまとめを示す。

### 2 関連研究

CTM は Daganzo[1] により考案されたモデルである。CTM において、予測対象である道路ネットワークはセルと呼ばれる1つの固まりを複数連結させることにより表現される。また車両はセル間を移動することにより出発地から目的地へ到達する。CTM は比較的大規模なネットワークに対しても適用が可能であるが、道路の需要と供給の不確実性を実現できず、正確な道路状況予測ができない。

また、SCTM は Sumalee ら [2] により考案されたモデルである。CTM と同様にセルによって道路ネットワークを表現するが、SCTM ではさらに2つのセルを連結させたサブシステムを複数連結させることによって道路交通ネットワークの状況をより正確に把握することを可能とし、道路の需要と供給の不確実性を実現する。

しかし、SCTM は一般道路のような複雑な構造のネットワークや大規模なネットワークに対しての適用が困難である。Zhong ら [3] は SCTM を一般道路に近いネットワークに適用させた。実験で使用されたネットワークを図1に示す。図1において、車両の出発地と目的地はそれぞれ1箇所しか存在しない。また車両の双方向の移動が実現されておらず、分岐点では分岐率が設定されている。一般道路は図1よりもさらに複雑な構造をしており適用が困難である。

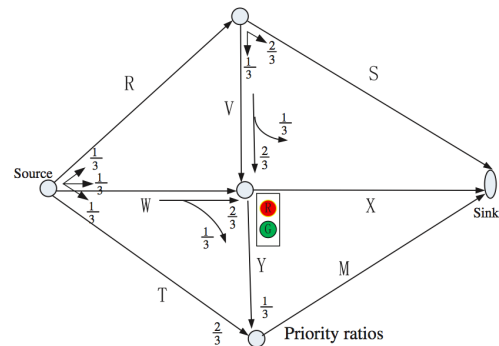


図1: Zhong ら [3] の実験で使用されたネットワーク

### 3 改良型 Stochastic Cell Transmission Model

#### 3.1 車両の経路選択

SCTM は分岐率が設定されていないネットワークに対して適用が困難である。分岐率はどの程度の車両がどの方向へ進めばよいのかを決定する値であるが、分岐率が設定されていなければ、車両の進行方向が定まらず目的地へ到達できない車両が発生してしまう。一般道路のような複雑なネットワークへの分岐率の設定は、車両の起終点が複数存在する場合において困難である。そこで本研究では車両の通過経路を探索することにより、分岐率が設定されていないネットワークに対して適用をおこなった。経路探索をおこなうことによって、車両の進む経路が決定されるので目的地へ到達することができる。車両の起終点が複数存在する場合であっても、個々の車両の出発地と目的地の組み合わせによって経路探索をおこなえば問題ない。

経路探索の方法としてダイクストラ法を採用しており、発見した最短経路を車両が通過する経路に設定する。車両は混雑しているリンクを避けると仮定し、経路コストはセルの通過に必要な時間を設定した。セルの通過に必要な時間はセルの長さでセルに存在する車両の速度で求めることができる。セルに存在する車両の速度はグリーンシールズ&オルコットの式 [4] を用いることで求めることができる。グリーンシールズ&オルコットの式を式 (1) に示す。

$$v = v_f \left(1 - \frac{k}{k_j}\right) \quad (1)$$

式 (1) の  $v$  はセルに存在する車両の速度,  $v_f$  は自由速度,  $k$  は交通密度,  $k_j$  は飽和密度を示す.

### 3.2 計算コストの削減

車両を移動させる処理の過程で各セルに対して車両の移動台数を算出しなければならない. SCTM は, サブシステムの混雑の生起確率と混雑度合に対する移動台数に対して, 近似処理をおこなうことで車両の移動台数を求めている. しかし, 近似処理にはコストの高い計算をおこなわなければならないので, 大規模なネットワークを対象とするとシミュレーションとして実用的ではなくなってしまう. 本研究では, 車両の移動台数の平均値を求めることによって計算コストを削減した.

## 4 シミュレーション実験

### 4.1 実験設定

本研究の評価実験では交通シミュレーションクリアリングハウス [5] の吉祥寺, 三鷹のデータセットを使用する. 吉祥寺と三鷹のデータセットはネットワーク, 車両の移動, および信号現示の変化に関する情報が含まれており, データセットに基づきシミュレーションをおこなう. 吉祥寺と三鷹のネットワークを図 2 に示す.

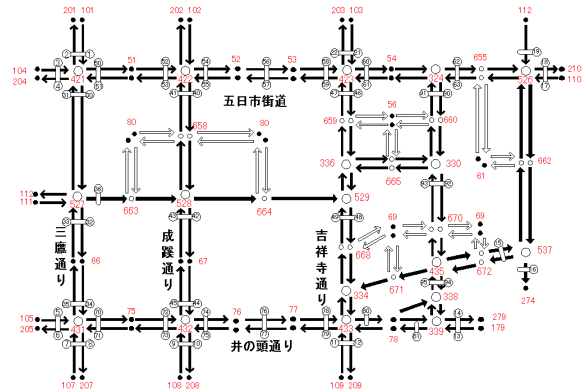


図 2: 吉祥寺と三鷹のネットワーク

評価実験では CTM に対して, 各車両の所要時間とあるリンクにおける 10 分間の断面交通量について実測値との平均二乗誤差の値を比較した. 平均二乗誤差の値が小さいほど現実の道路ネットワークの状況により近いシミュレーションをおこなっていることを示す.

### 4.2 実験結果

各車両の所要時間について, 改良型 SCTM と CTM のシミュレーションの結果を図 3 に示す. 図 3 の横軸は所要時間の実測値, 縦軸は所要時間の推定値を示しており. 推定値がグラフ中の直線に近いほど実測値に近いことを意味している. 図 3 から, CTM の推定値と比較して改良型 SCTM の推定値が実測値に近いことがわかる. また実測値に対して, 改良型 SCTM の所要時間の推定値の平均二乗誤差と CTM の所要時間の推定値の平均二乗誤差を算出した結果, 改良型 SCTM が約 4.6, CTM が約 3.8 となった.

次にあるリンクの 10 分間の断面交通量について, 改良型 SCTM と CTM のシミュレーションの結果を図 4 に示す. 図 4 の横軸は 10 分は時間, 縦軸は断面交通量を示している. 図 4 から, CTM の推定値と比較して改良型 SCTM の推定値が実測値に近いことがわかる. また実測値に対して, 改良型 SCTM の 10 分間の断面交

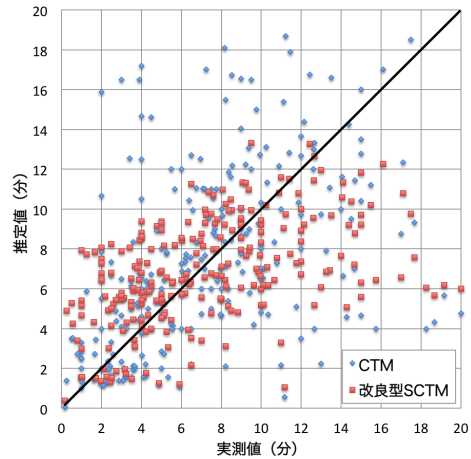


図 3: 各車両の所要時間の実測値と推定値

通量の推定値の平均二乗誤差と CTM の 10 分間の断面交通量の推定値の平均二乗誤差を算出した結果, 改良型 SCTM が 14.4, CTM が 20.6 となった.

シミュレーション実験の結果から, 改良型 SCTM は CTM と比較して再現性が高いことが示された.

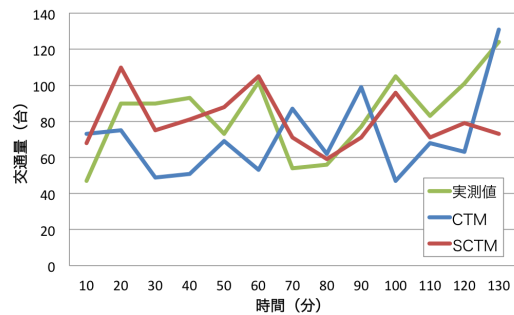


図 4: 10 分間の断面交通量の実測値と推定値

## 5 まとめ

本研究では, 道路の需要と供給の不確実性を実現し, 一般道路のような複雑なネットワークに適用できる改良型 SCTM を提案した. 経路探索をすることによって分岐率の設定が困難であったネットワークにも対応することを可能とした. また各車両の所要時間とある道路の 10 分間の断面交通量について, CTM との実測値の比較実験をおこない, 現実のネットワークを精度良く予測できることを確認した.

## 参考文献

- [1] Carlos F. Daganzo: "The cell transmission model, Part II: Network traffic", Transportation Research Part B: Methodological Volume 29, Issue 2, April 1995, Pages 79-93.
- [2] A. Sumalee, R.X. Zhong, T.L. Pan and W.Y. Szeto: "Stochastic cell transmission model (SCTM): A stochastic dynamic traffic model for traffic state surveillance and assignment", Transportation Research Part B 45 (2011) 507-533.
- [3] R. X. Zhong, A. Sumalee, T. L. Pan and W. H.K. Lam: "Stochastic cell transmission model for traffic network with demand and supply uncertainties", Transportmetrica A: Transport Science 2013.
- [4] 佐佐木綱, 飯田恭敬: "交通工学", 株式会社 国民科学社.
- [5] 交通シミュレーションクリアリングハウス: "AVENUE 研究グループ 吉祥寺・三鷹ベンチマークデータセット公開サイト", <http://www.i-transportlab.jp/bmdata/KichijojiBM/ave-dataset/ave-index.html>.