

PARAMICS の基本検証

平成 19 年 5 月

(株) 社会システム研究所

目 次

	頁
1. はじめに	- 2 -
2. 車両の発生	- 3 -
2.1 車両発生総量の検証	- 3 -
2.2 発生車頭時間分布	- 4 -
2.3 超過交通需要の処理	- 6 -
3. モデルパラメータと交通流特性の関係	- 7 -
3.1 自由流側の Q-K 曲線/ボトルネック容量	- 7 -
3.2 渋滞流側の Q-K 曲線/ボトルネック容量	- 10 -
3.3 飽和交通流率	- 12 -
3.4 渋滞の延伸と解消及びショックウェーブの伝播	- 14 -
3.5 信号現示が赤から青に変わること、滞留が下流から解消していく状況 ..	- 18 -
4. 合流部の容量と合流比	- 22 -
5. 信号交差点での対向直進交通による右折容量低下	- 26 -
6. 経路選択行動	- 28 -

1. はじめに

Paramics は、イギリスエジンバラ大学の並列コンピュータセンターで開発された交通ミクロシミュレータで、高度なビジュアル表現に突出した交通ミクロシミュレーションソフトである。

本書では、(財)交通工学研究会シミュレーションクリアリングハウスの手順書ののっとり、交通ミクロシミュレーション Paramics (バージョン 5.2) の Verification を行うものである。

なお、交通ミクロシミュレーション Paramics の車両挙動は追従タイプモデルを用いているため、本書では追従タイプモデルの検証手順に従うこととする。

まず、Paramics のシステム限界を以下に整理する。

表 1 Paramics の限界について¹

項目	システム上の項目名	最大値
ノード個数最大値	Max Nodes	1,000,000
ゾーン数最大値	Max Zones	32,000
車線数最大値	Max Lanes	32
駐車場個数最大値	Max Car parks	32,000
公共交通ルート数最大値	Max PT Lines	1,024
車種最大値	Max Vehicle Types	128
リンクカテゴリ最大値	Max Categories:	128
背景画像数最大値	Max Overlays:	64
信号現示最大値	Max Signal Phases:	64
車線規制最大値	Max Restrictions:	64
コストテーブル最大値	Max Cost Tables:	32
マーキングルール最大値	Max Marking Rules:	64
3D レイヤグループ最大値	Max Layer Groups:	10

¹ Modeller Reference Manual より。

2. 車両の発生

Paramics で車両が走行することが可能な最小単位の構成は、以下の図 2.1 のようなノード 4 個、リンク 3 本、Zone2 個から成るネットワークである。リンクの半分以上がゾーンの範囲に入ってなければ車両が発生することができない場合があるためこれに注意して設定する。

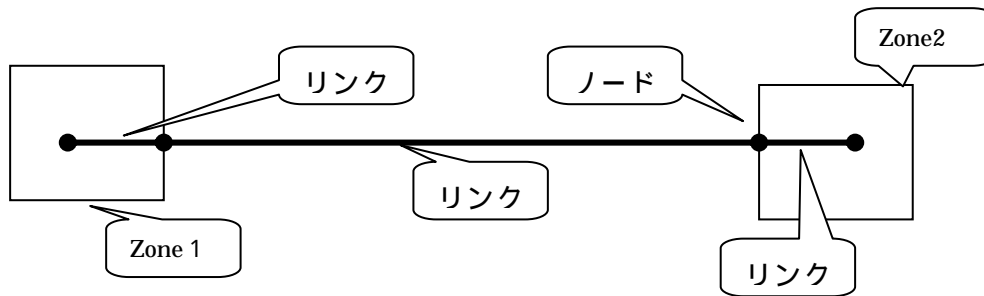


図 2.1 Paramics ネットワーク構成

2.1 車両発生総量の検証

以下の図 2.2 のような 2 車線のネットワークを用いて、交通需要を 500、1000、2000[台/時]の 3 段階の需要を与え、各 1 時間のシミュレーションを行う。Paramics の車両の発生は乱数系列によって変わるため、各交通需要に対して乱数系列を変えて 5 回ずつシミュレーションすることとした。毎回の 1 時間の車両発生総量が、設定した 500 台、1000 台、2000 台と比べてどの程度増減しているか確認する。図 2.3 にその検証結果を示す。

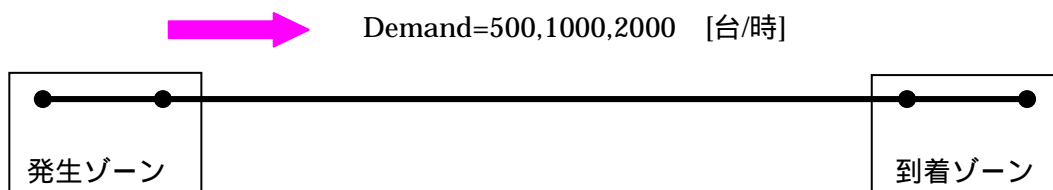


図 2.2 車両発生用のネットワーク

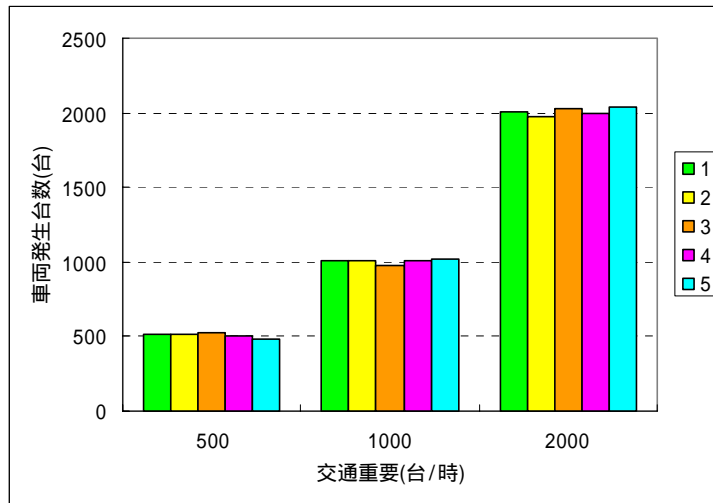


図 2.3 車両の総発生量

2.2 発生車頭時間分布

それぞれ 500、1000、2000[台/時]の3段階の交通需要を与え、図 2.2 のネットワークを用いて 1 時間シミュレーションを各 5 回繰り返す。毎回シミュレーションごとに、車両が発生した時の車頭時間の検証結果を以下の図に示す。

交通需要が 500[台/時]の場合

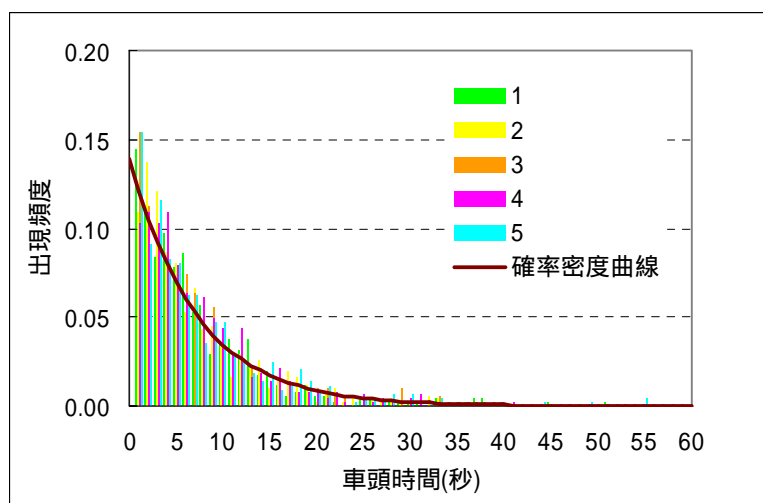


図 2.4 発生車頭時間間隔の分布

交通需要が 1000[台/時]の場合

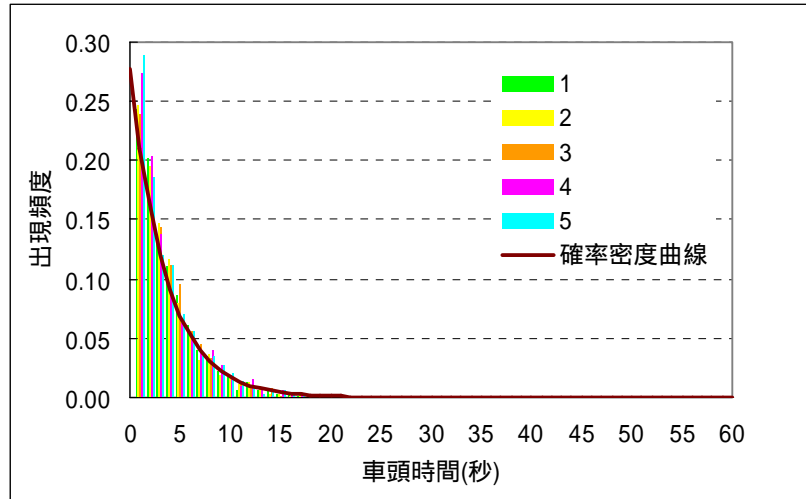


図 2.5 発生車頭時間間隔の分布

交通需要が 2000[台/時]の場合

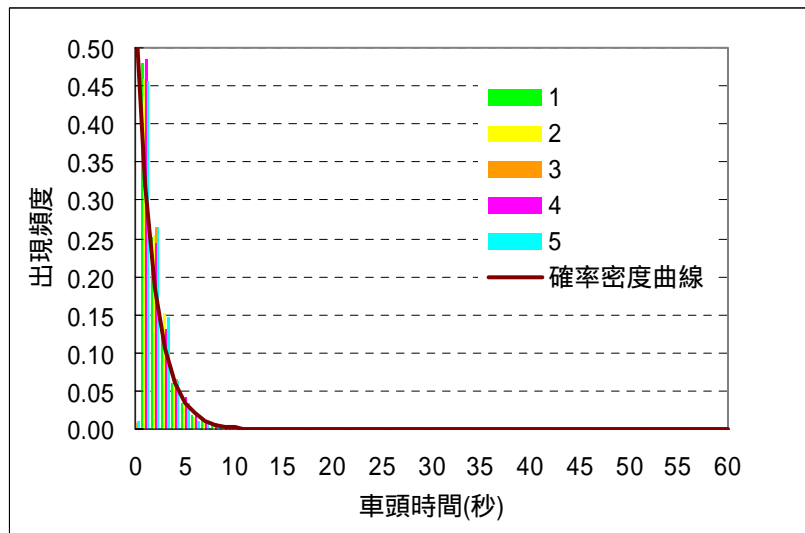


図 2.6 発生車頭時間間隔の分布

2.3 超過交通需要の処理

指定した時間内にリンク容量を超えた交通量を与えられた場合、残りの車両が消滅せずに次の時間帯において発生しているかを検証するため、以下のような2車線のネットワークを作成した。最初の1時間は4400[台/時]の交通需要を与え、次の時間帯では交通需要を0[台/時]に設定してシミュレーションを行うことで確認した。リンク上流端で観測された通過交通量の累計曲線を図2.8に示す。

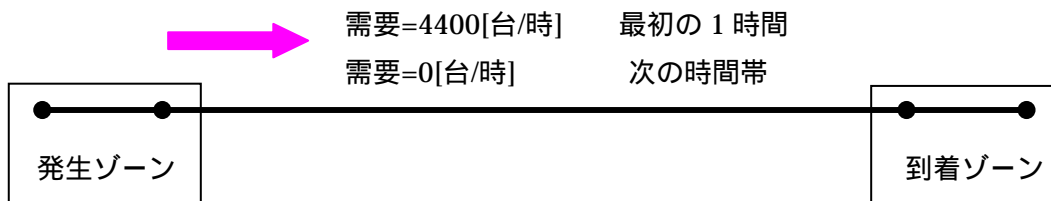


図 2.7 超過交通需要処理用のネットワーク

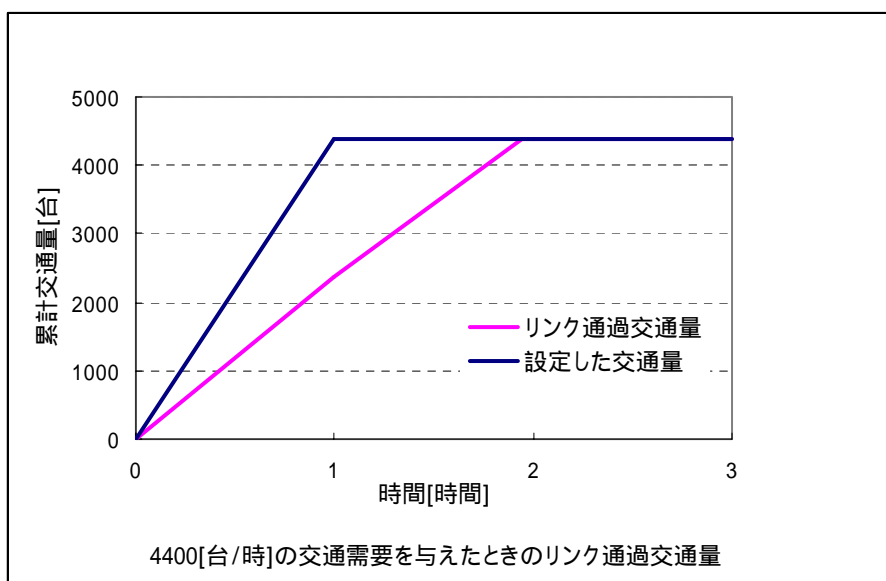


図 2.8 設定した交通量とリンク通過交通量

3. モデルパラメータと交通流特性の関係

Paramics は追従タイプのモデルを採用しているため、車両運転挙動に関するパラメータ及び交通需要に関するパラメータ、または、リンク性能に関するパラメータの設定が異なることによって、結果に違いがどの程度あるか検証する。まず再現される Q-K 曲線を求め、リンクの容量値、あるいは飽和交通流率の範囲を出力し、検証することとした。

リンク容量の再現性に影響されると考えられるパラメータの標準値と設定範囲を以下の表 3.1 で示す。

表 3.1 各パラメータの標準値と設定範囲

a) 車両の運転挙動に関するもの				
名称	項目	標準値	最小値	最大値
a-1)	平均反応遅れ時間 ²	1.0s	0.4s ¹	1.6s ¹
a-2)	希望ヘッドウェイ ³	1.0s	0.6s ¹	2.4s ¹
a-3)	最大加速度	2.5m/s ²	0.2m/s ²	2.5m/s ²
a-4)	最大減速度	4.5m/s ²	0.2m/s ²	4.5m/s ²
a-5)	最大速度(大型)	160km/h(130km/h)	リンクの制限速度	160km/h(130km/h)
b) 交通需要に関するもの				
名称	項目	標準値	最小値	最大値
b-1)	需要		必要に応じて任意に設定	
b-2)	大型車混入率	7.20%	必要に応じて設定	
c) リンク性能に関するもの				
名称	項目	標準値	最小値	最大値
c-1)	制限速度	50km/h	5km/h	200km/h
c-2)	リンクコスト	道路種別別(1~3)	>0	必要に応じて設定
c-4)	希望ヘッドウェイ ³	1.0s	0.6s ¹	2.4s ¹
c-5)	車線幅員	3.7m	3.7m	29.3m

3.1 自由流側の Q-K 曲線/ボトルネック容量

図 3.1 からなるネットワークを作成し、次のような手順でシミュレーションを行い、自由流側の Q-K 曲線を求めた。



(赤色のラインは感知器の位置を示す。安定した交通流を測定するため、リンク始点とは少し離れた箇所に設定した)

図 3.1 ボトルネック容量検証用ネットワーク

¹ 参考: (Der-Horng Lee, Xu Yang, P Chandrasekar : Parameter Calibration for PARAMICS Using Genetic Algorithm, 80th Annual Meeting Preprint CD-ROM, Transportation Research Board, 2001.)

² 平均反応遅れ時間は、Paramics では Mean Reaction Time と呼ばれる。

³ 希望ヘッドウェイは、Paramics では Mean Target Headway と呼ばれる。

表 3.2 のように、希望ヘッドウェイを例としてパラメータセットを用意する。自由流では、ボトルネックが検出されないため、リンクの性能に関するパラメータは変化させないようにした。

表 3.2 自由流でのパラメータセット

base case	全て標準値としたもの
Free-1	希望ヘッドウェイを最小値とし、他の全て標準値としたもの
Free-2	希望ヘッドウェイを最大値とし、他の全て標準値としたもの

選択したパラメータセットについて、始めは渋滞が起こらないよう、交通需要を 400 台/時と設定した。

当該リンクが自由流で「定常状態」となるのを待ち、「定常状態」¹ になってからの該リンクの上流側と下流側累計交通量を観測する。大型車については、乗用車換算係数を 1.7 としてカウントする。

ある 10 分間について、1 分ごとにリンク上流端と下流端の累計交通量の差で区間内の車両台数を求め、これらを平均してその 10 分間の車両密度とし、下流端を通過した車両台数を交通量として求める。

この結果を Q-K 平面上にプロットする。

次の 10 分間で ~ を繰り返し、同様にプロットする。

これを 10 回、すなわち 100 分間のシミュレーションについて行い、Q-K 平面上にプロットする。

一旦シミュレーションを終了し、つぎに交通需要を段階的に増加させて ~ を繰り返す。交通需要がある程度を超えると、リンク通過交通量が飽和する。このときの交通量を、このパラメータ設定でのリンク容量値と考え、リンク容量が観測されたら次のステップに進む。

各パラメータセットにおける平均値のプロットを補間する曲線を引く。これがあるパラメータ設定での自由流側の Q-K 曲線となる。

に戻り、パラメータセットを変えて同様の手順を繰り返す。

検証結果を以下の図 3.2、図 3.3、図 3.4 に示す。図 3.3 に示したように、希望ヘッドウェイが標準値より小さい場合の飽和リンク容量は、標準値を用いたときとはほぼ変化がない結果が得られた。

¹ ここでは、定常状況とするため、シミュレーション開始から 10 分間の間は評価しないものとする。

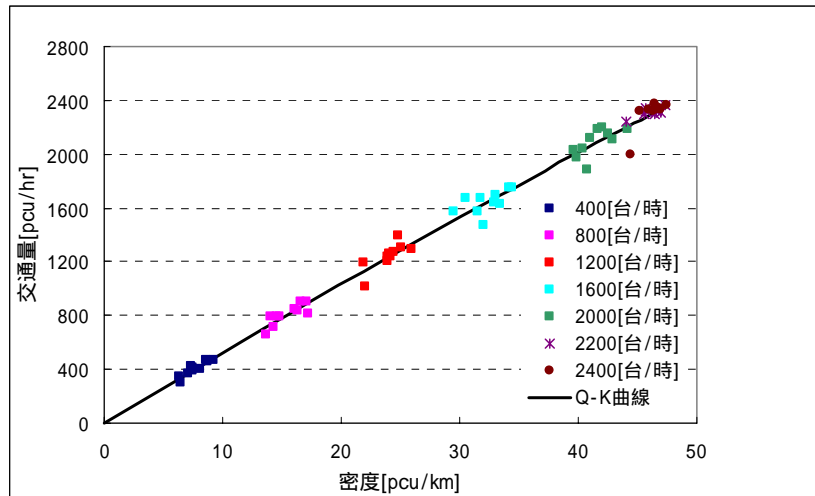


図 3.2 Q-K 曲線(base)

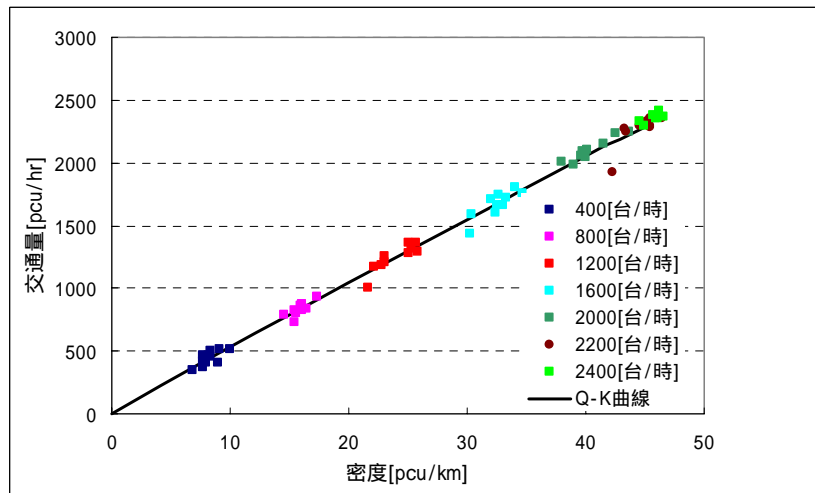


図 3.3 Q-K 曲線(Free-1)

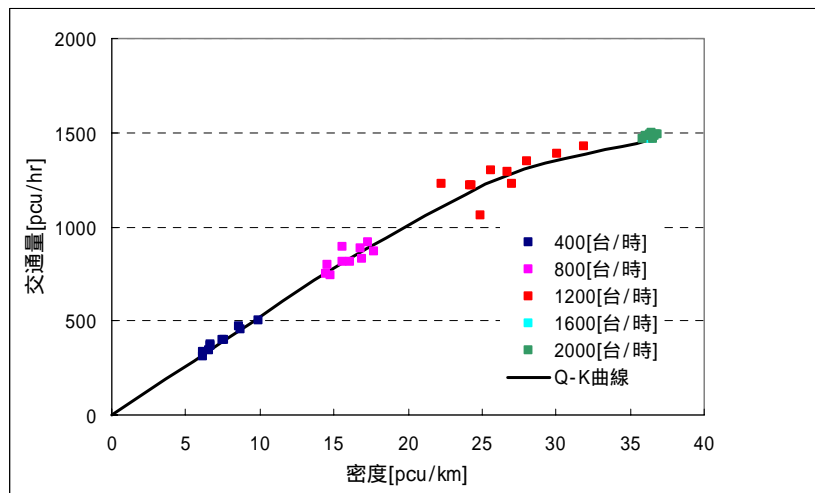


図 3.4 Q-K 曲線(Free-2)

3.2 渋滞流側の Q-K 曲線/ボトルネック容量

上述 base と Free-2 のパラメータセットに対し、下流側にボトルネックになるリンクに関するパラメータを変化させ、次のような手順でシミュレーションを行う。

表 3.3 に示す 2 通のパラメータセットを用意する。

表 3.3 渋滞流でのパラメータセット

Jam-1	base+下流側リンクの速度を[10km/h ~ 50km/h]
Jam-2	Free-1+下流側リンクの速度を[10km/h ~ 50km/h]
Jam-3	Free-2+下流側リンクの速度を[10km/h ~ 50km/h]

ボトルネックで渋滞が発生するよう、下流端のリンクの速度を 40[km/hr]に設定し、交通需要は 2400[台/時]を与える。

上流側リンクが渋滞流で「定常状態」となるのを待ち、「定常状態」となってからの上流側リンクの上流端及び下流端累計交通量を観測する。

ある 10 分間について、1 分ごとにリンク上流端と下流端の累計交通量の差で区間内の車両台数を求め、これらを平均してその 10 分間の車両密度とし、下流端を通過した車両台数を交通量とする。

この結果を Q-K 平面上にプロットする。

次の 10 分間で ~ を繰り返し、同様にプロットする。

これを 10 回、すなわち 100 分間のシミュレーションについて行い、Q-K 平面上にプロットする。

一旦シミュレーションを終了し、つぎに下流側リンクの速度を変えて ~ を繰り返す。各パラメータセットにおける平均値のプロットを補間する曲線を引く。これがああるパラメータ設定での渋滞流側の Q-K 曲線となる。

に戻り、パラメータセットを変えて同様の手順を繰り返す。

検証結果を以下図 3.5、図 3.6、図 3.7 に示す。

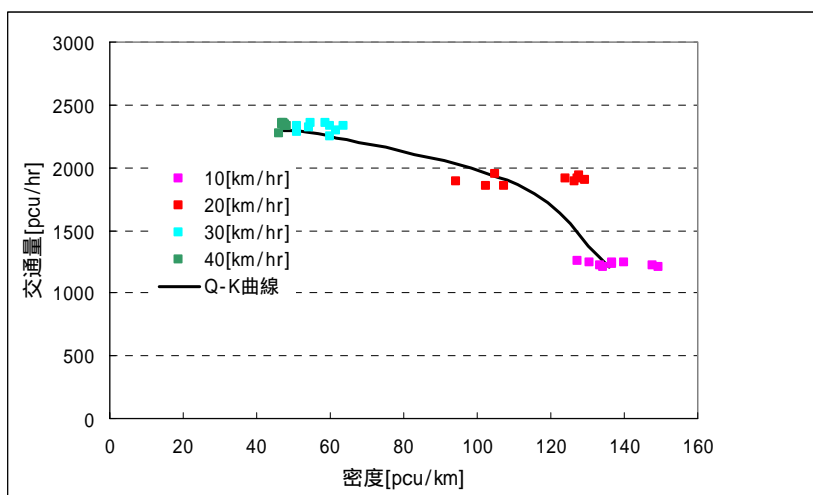


図 3.5 Q-K 曲線(Jam-1)

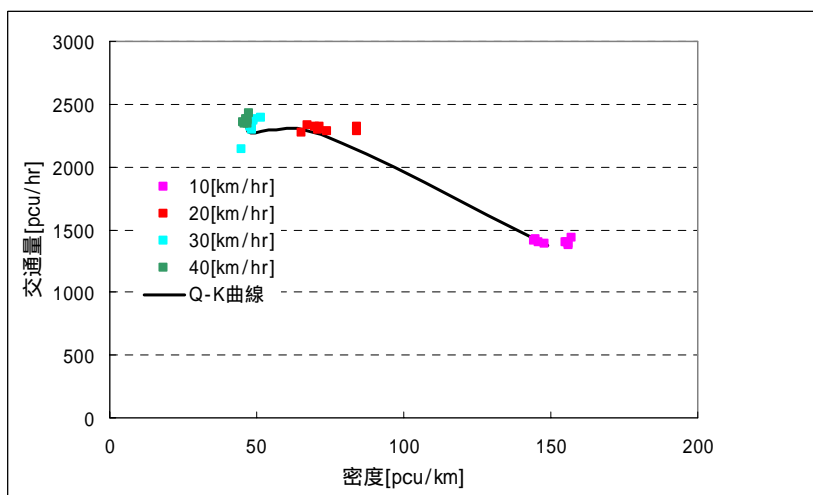


図 3.6 Q-K 曲線(Jam-2)

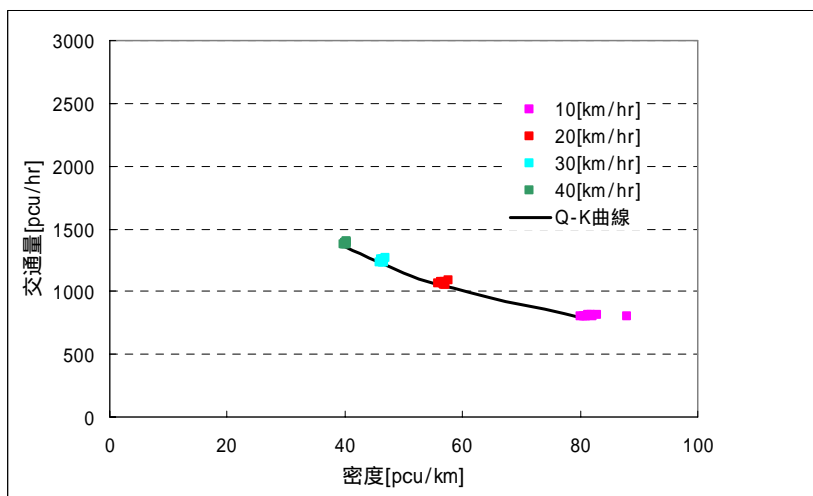


図 3.7 Q-K 曲線(Jam-3)

3.3 飽和交通流率

リンク下流端の飽和交通流率再現性の検証は、赤現示の間に滞留した車両が、青現示の間に流出していく様子を確認するものである。

手順は以下の通りである。

図 3.8 に示したような、下流端が信号で制御される 2 車線のリンクからなるネットワークを作成する。

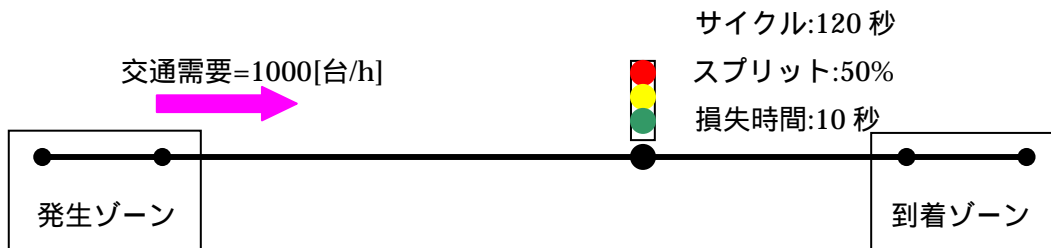


図 3.8 飽和交通流率検証用ネットワーク

上流からの到着需要を 1000[台/時]とし、表 3.4 に示すパラメータセットについて、それぞれ 1 時間のシミュレーションを実行する。

表 3.4 飽和交通流率の検証に使われるパラメータセット¹

SFR-1	全て標準値としたもの
SFR-2	希望ヘッドウェイを最小値とし、他の全て標準値としたもの
SFR-3	希望ヘッドウェイを最大値とし、他の全て標準値としたもの

シミュレーション開始後 10 サイクルが経過してから、10 サイクル程度の間、リンクからの流出量を観測する。観測する時間間隔は、モデルの単位スキャン時間として 0.5 秒とする。

各パラメータセットについて、青現示が始まってからの 1 サイクルごとの流出交通量を累計曲線にして、10 サイクル分を重ねて図示する。

SFR-1,SFR-2,SFR-3 の検証結果を下図に示す。

¹ 本書では、参考文献を参考に、希望ヘッドウェイの最小値を 0.6 秒、最大値を 2.4 秒と設定した。
(Der-Horng Lee, Xu Yang, P Chandrasekar : Parameter Calibration for PARAMICS Using Genetic Algorithm, 80th Annual Meeting Preprint CD-ROM, Transportation Research Board, 2001.)

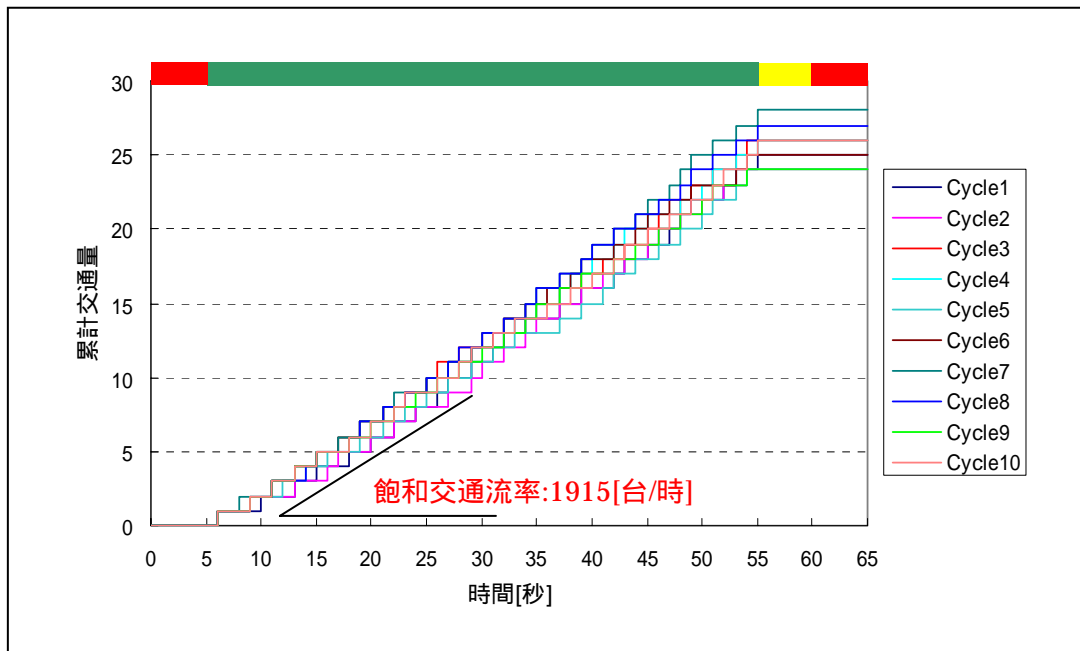


図 3.9 リンク下流端で観測された飽和交通流率 (SFR-1)

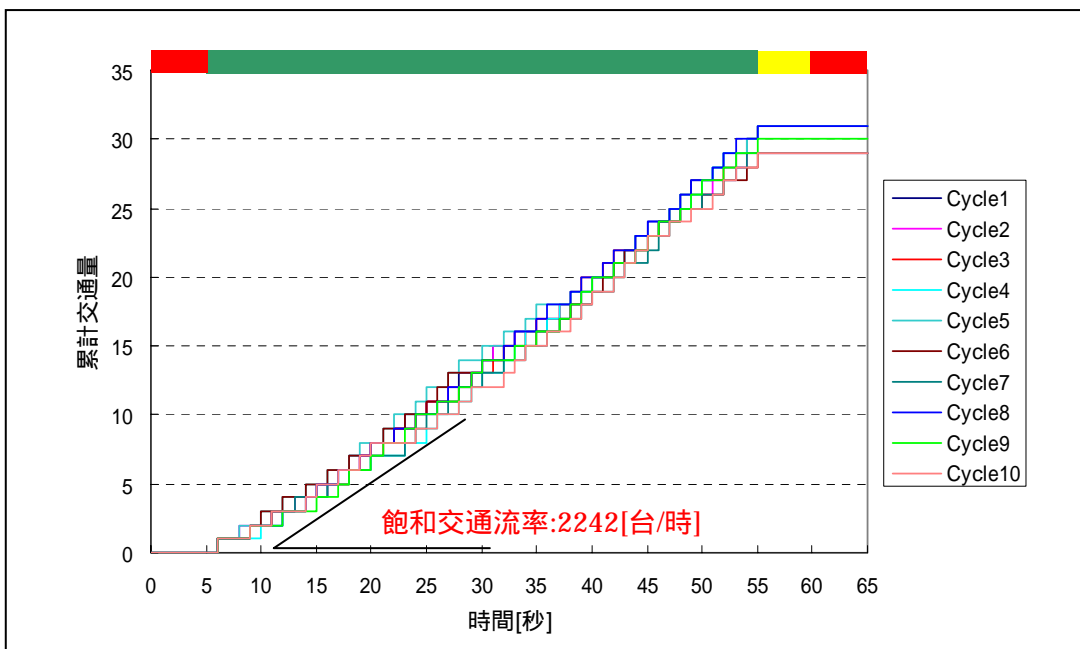


図 3.10 リンク下流端で観測された飽和交通流率 (SFR-2)

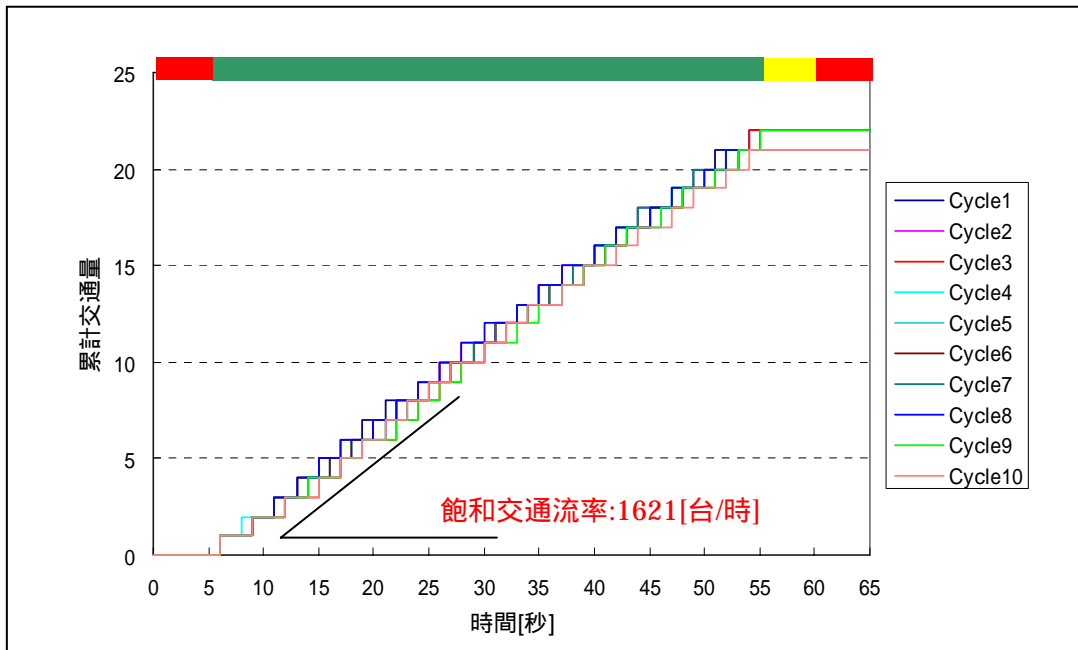


図 3.11 リンク下流端で観測された飽和交通流率 (SFR-3)

3.4 渋滞の延伸と解消及びショックウェーブの伝播

ボトルネックを含む単路部において、

- a) 需要がボトルネック容量を上回り、渋滞が上流に延伸する状況
- b) 需要がボトルネック容量を下回り、渋滞が上流から解消していく状況

について、渋滞の延伸と解消がショックウェーブ理論と比べてどのように再現されているか図 3.12 のデータセットを作成して検証を行う。

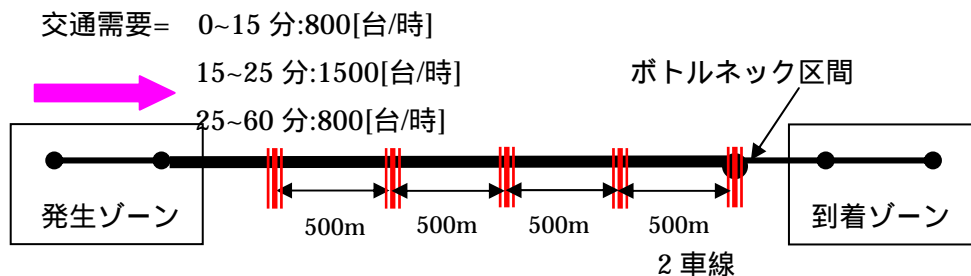


図 3.12 渋滞の延伸と解消の検証用データセット

検証は以下の手順で行う。

表 3.5 のようなパラメータセット、図 3.12 のように各時間帯別の交通需要を与え、1 時間のシミュレーションを行う。

渋滞が延伸し、解消の様子を各観測段面で累計通過交通量を記録し、通過交通量累計曲線を作成する。

各パラメータセットが示す Q-K 曲線から求められるショックウェーブの伝播速度を求め、ボトルネック上流側での交通量遷移図を作成する。

で得られた通過交通量累計曲線と で得られた交通状態遷移図を重ね、渋滞の延伸と解消が理論と比べてどのように再現されているかを確認する。

ここでは、正解にショックウェーブ理論に基づいているか確かめるため、Behaviour の Awareness, Aggression の分布を全て標準値とした。

表 3.5 渋滞の延伸と解消の検証用パラメータセット

Base Case	全て標準値としたもの
SW1	希望ヘッドウェイを最大値とし、他の全て標準値としたもの

検証結果を以下の図に示す。

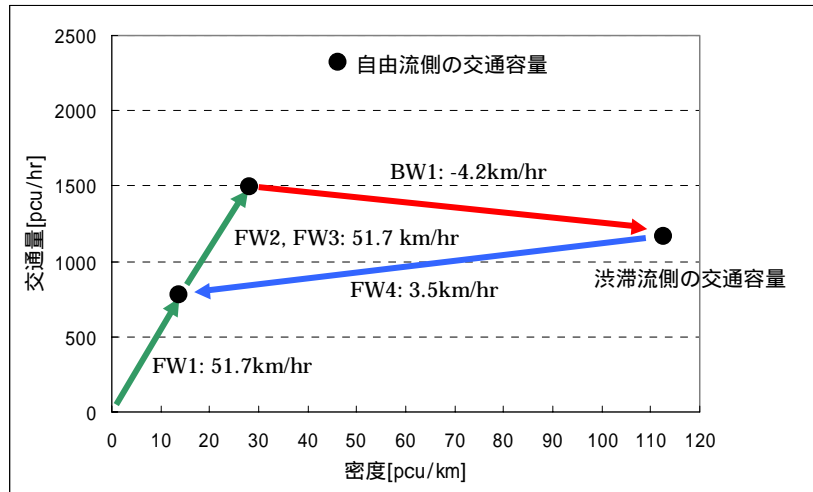


図 3.13 Base Case の Q-K 曲線から求められるショックウェーブ伝播速度

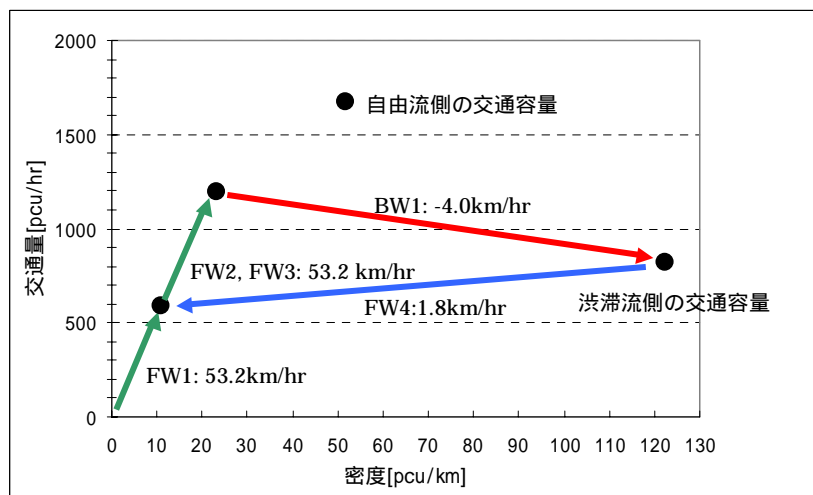


図 3.14 SW1 の Q-K 曲線から求められるショックウェーブ伝播速度

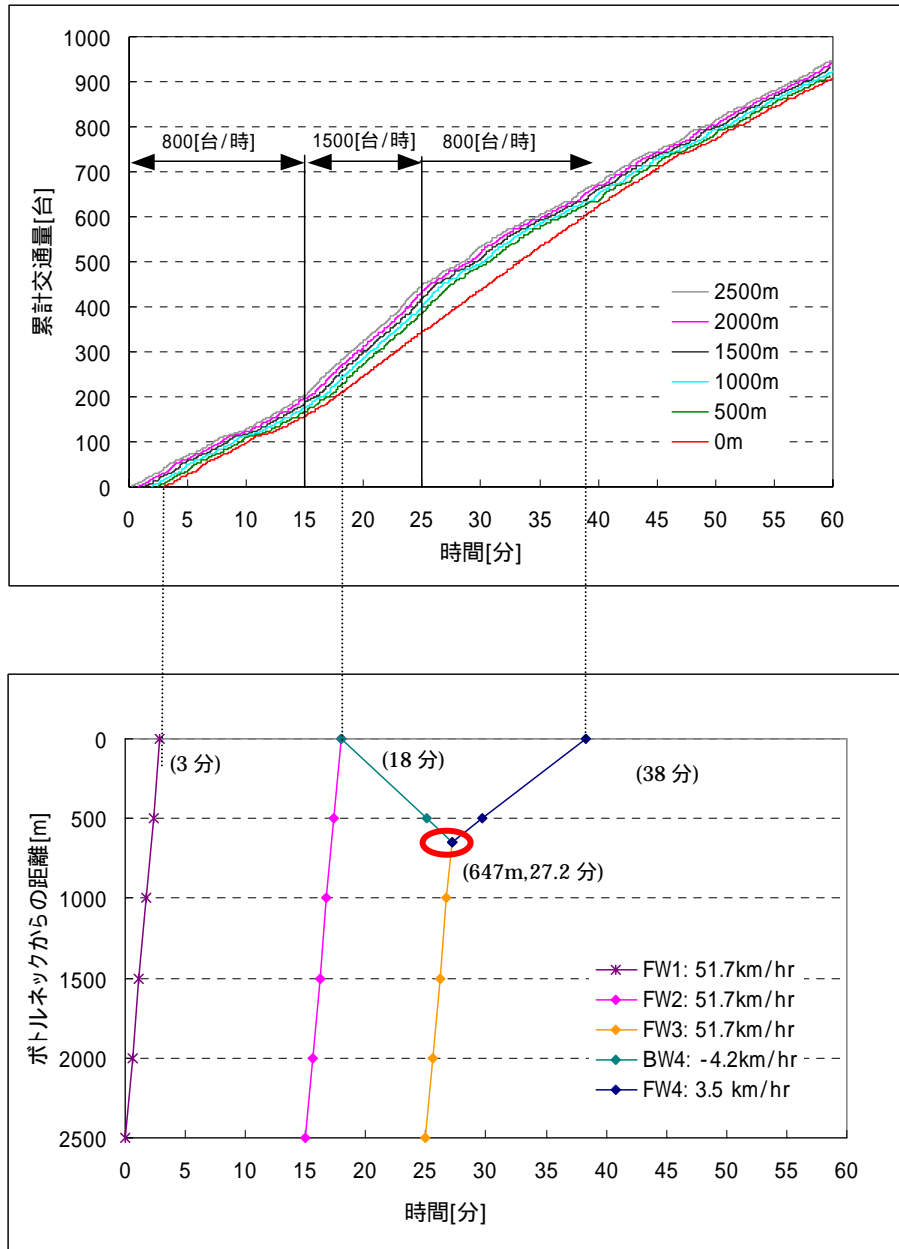


図 3.15 Base Case のボトルネック上流の交通状態遷移図(下)と各観測断面での通過交通量累積曲線(上)

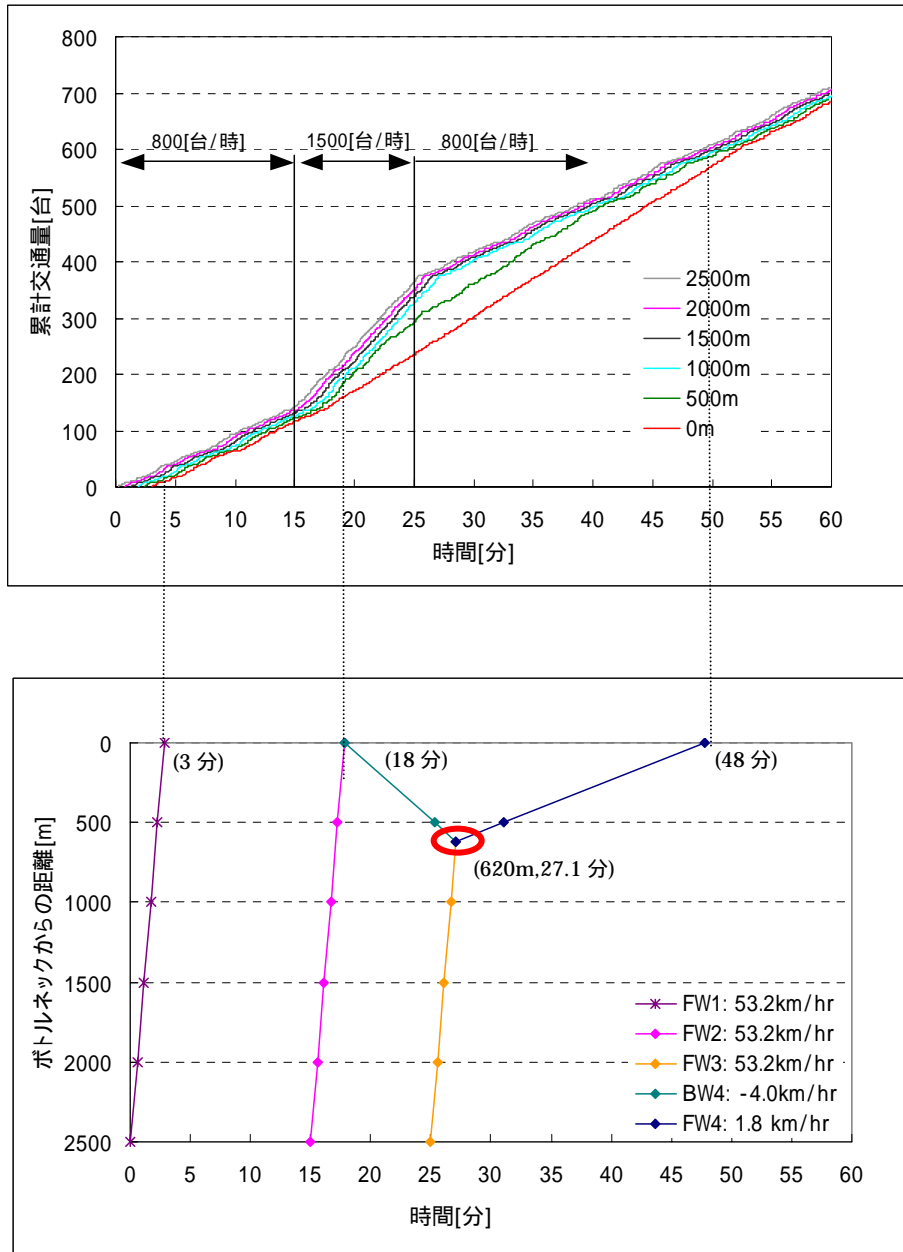


図 3.16 SW1 のボトルネック上流の交通状態遷移図(下)と各観測断面での通過交通量累積曲線(上)

3.5 信号現示が赤から青に変わることで、滞留が下流から解消していく状況

ここでは、赤現示の間に滞留した車両が、青現示の間に流出していく様子を確認するものである。検証は信号による発進波と停止波の伝播速度をショックウェーブ理論から求められる理論値と比較する。

以下の手順で検証を行う。

下図 3.17 のような信号交差点を含む単路状のネットワークを作成する。信号のサイクル長は 120[秒]、スプリット 50%、損失時間 10[秒/サイクル]の定周期制御とする。信号交差点の上流側には 20m ごとに通過交通量を観測する断面を設定する。

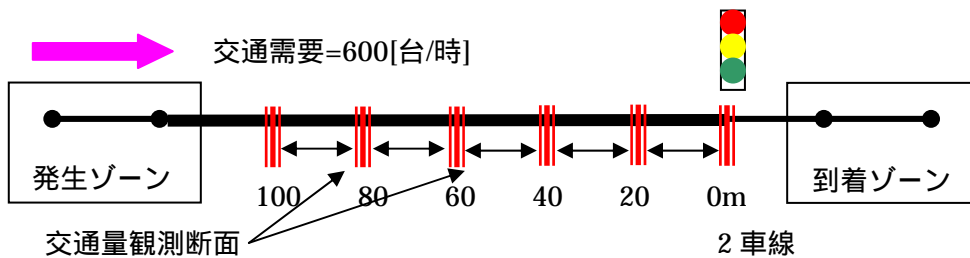


図 3.17 信号による発進波/停止波の再現性検証用ネットワーク

下表 3.6 のようなパラメータセットを用いて、それぞれに 600[台/時]の交通需要を与えてシミュレーションを行う。この時、各断面の観測時間間隔は 1 秒とする。また、到着のランダム性が大きいと停止波が一様に伝播せず、比較が難しくなるため、車両の発生は一様到着になるように設定する。

表 3.6 発進波/停止波の検証用パラメータセット

Base Case	全て標準値としたもの
SW1	希望ヘッドウェイを最大値とし、他の全て標準値としたもの

与えたパラメータセットに対応する Q-K 曲線と飽和交通流率からそれぞれのパラメータセットの発進波と停止波の伝播速度を求め、信号交差点の上流の交通状態遷移図を作成する。

赤現示で始まる適当な 1 サイクルの時間帯について、交通量観測断面の通過交通量の累計曲線を重ねて図示する。これを交通状況遷移図と重ね、傾きが変化する時点が一致するかどうかを確認する。

ここでは、正解にショックウェーブ理論に基づいているか確かめるため、Behaviour の Awareness, Aggression の分布を全て標準値とした。

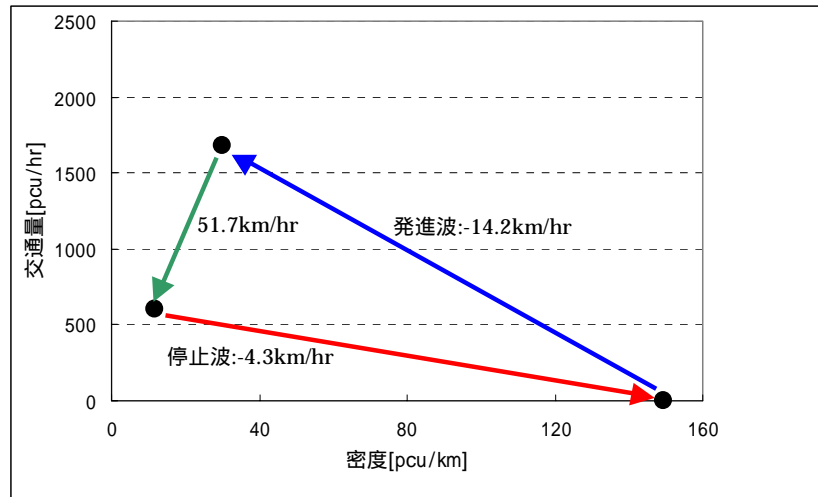


図 3.18 Base Case の Q-K 曲線から求められる発進波と停止波の速度

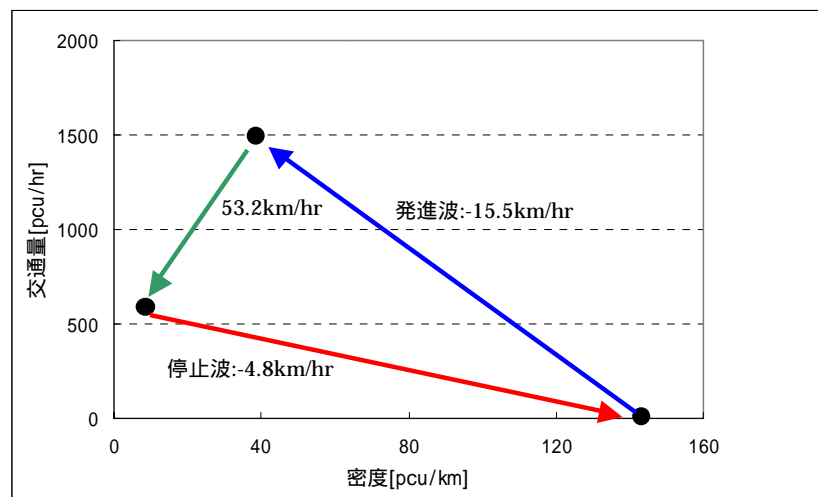


図 3.19 SW1 の Q-K 曲線から求められる発進波と停止波の速度

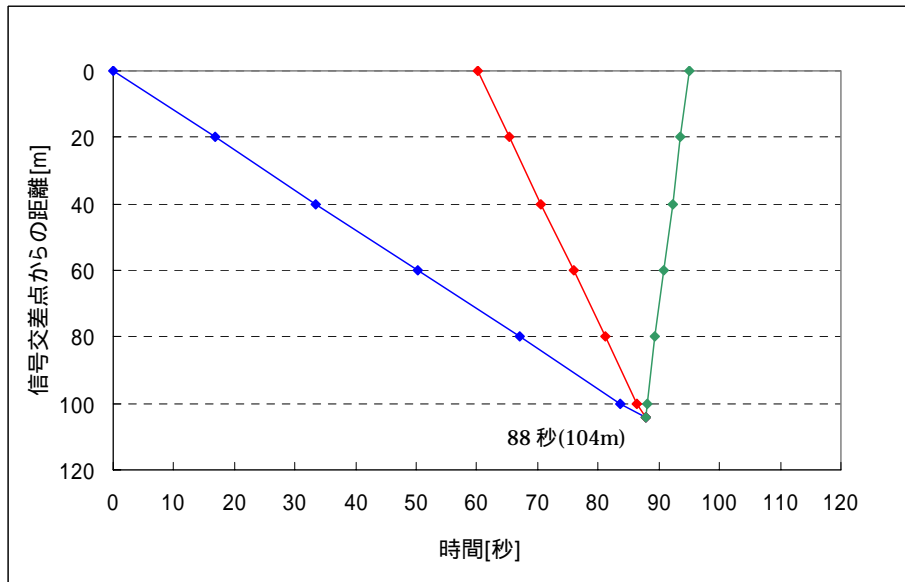
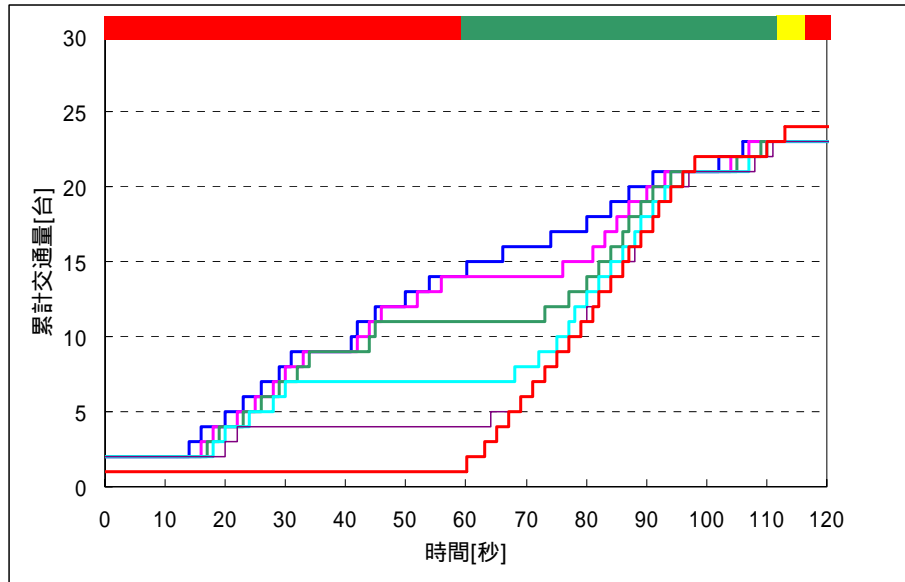


図 3.20 Base Case の発進波と停止波の伝播の様子と各地点での累計交通量

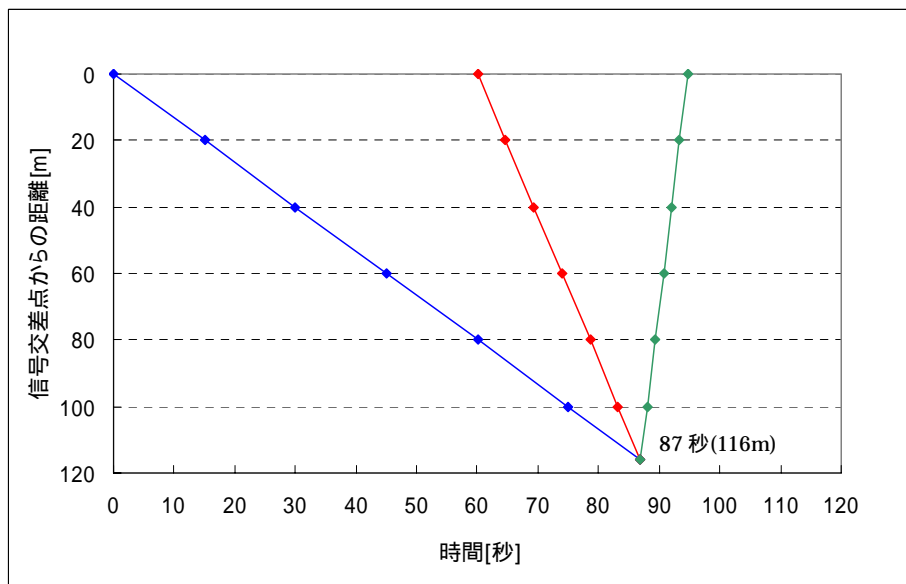
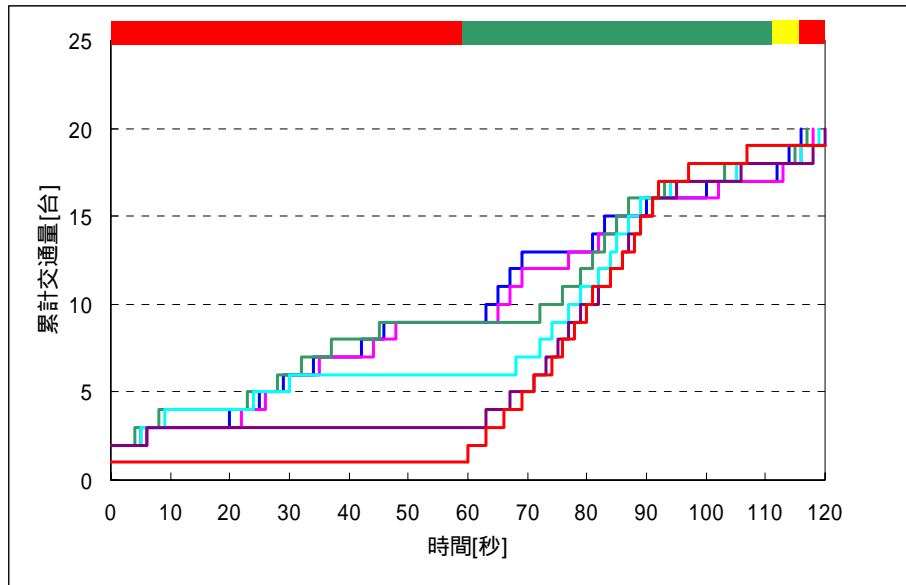


図 3.21 SW1 の発進波と停止波の伝播の様子と各地点での累計交通量

4. 合流部の容量と合流比

合流挙動に影響するものについて、その標準値と設定範囲を下表 4.1 に明示する。

表 4.1 合流挙動に影響する主要な入力項目とパラメータ

a) 車両の運転挙動に関するもの				
名称	項目	標準値	最小値	最大値
a-1)	Minimum Ramp Time	2s	0s	3s
a-2)	Headway Factor	1s	0.6s	2.4s
a-3)	Ramp Aware Distance	-	1m	関るリンク上流から合流点までの距離
b) 合流区間に関するもの				
名称	項目	標準値	最小値	最大値
b-1)	合流区間長		必要に応じて設定	
b-2)	合流枝からの最大進入速度		必要に応じて設定	
c) 合流枝と本線の需要比率				
名称	項目	需要比率		
c-1)	合計2000[台/時]	3:7	1:9	5:5
c-2)	合計2500[台/時]	3:7	1:9	5:5

なお、本検証では、a)車両の運転挙動に関するものと、b)合流区間に関するものについて下表のように設定し、合流枝と本線の需要比率を変化させたときの合流部での容量と合流比率を確認する。

a) 車両の運転挙動に関するもの			b) 合流区間に関するもの		
名称	項目	設定値	名称	項目	
a-1)	Minimum Ramp Time	0s	b-1)	合流区間長	150m
a-2)	Headway Factor	1s	b-2)	合流枝からの最大進入速度	50[km/h]
a-3)	Ramp Aware Distance	200m			

下図 4.1 に示すようにネットワークを用いて、それぞれの需要比率について 1 時間程度のシミュレーションを行なう。

それぞれのケースについて、合流枝と本線の下流端の交通量(Passage)を観測する。それぞれの累計交通量と合計の累計交通量 (=合流部の累計交通量) をグラフにする。グラフには合流枝と本線が渋滞しているかどうかを判別するために、需要(Demand)の累計曲線も記入する。また、合流枝と本線の通過交通量から求められた合流比もグラフ中に明記することにした。

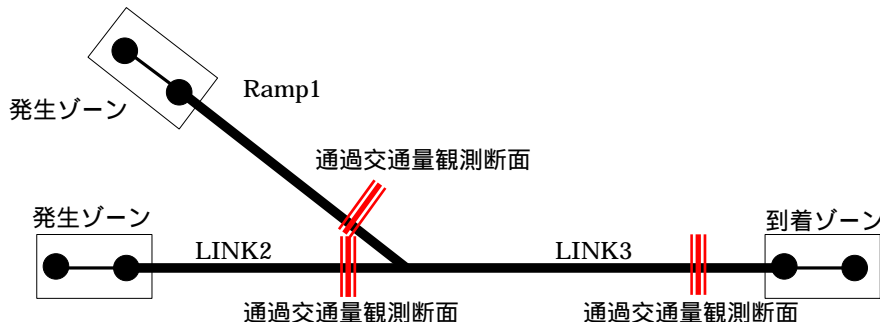


図 4.1 合流部の容量と合流比の検証用ネットワーク

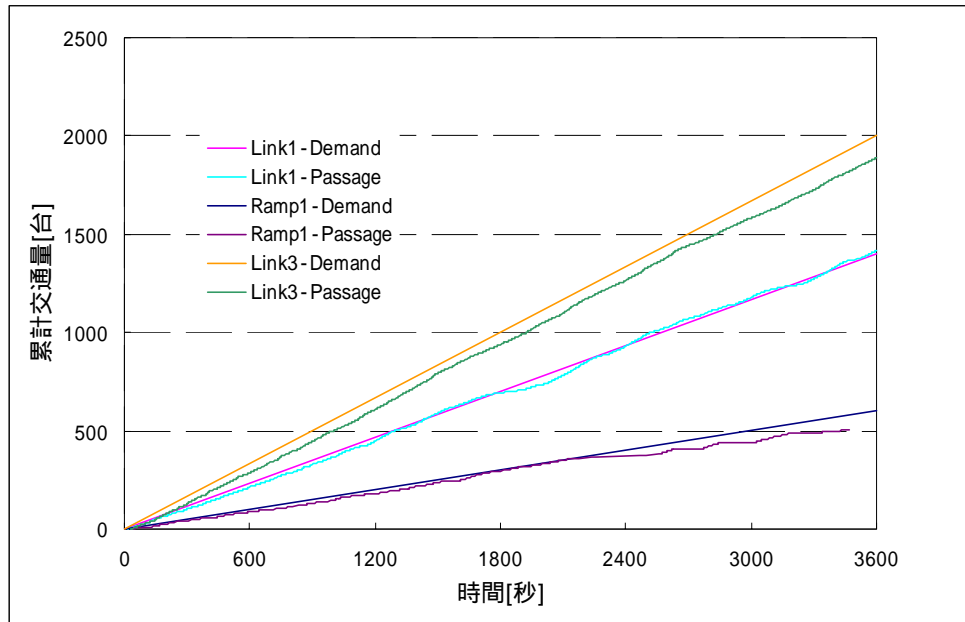


図 4.2 需要合計が 2000[台/h] - 需要比例が 3:7 の場合のシミュレーション

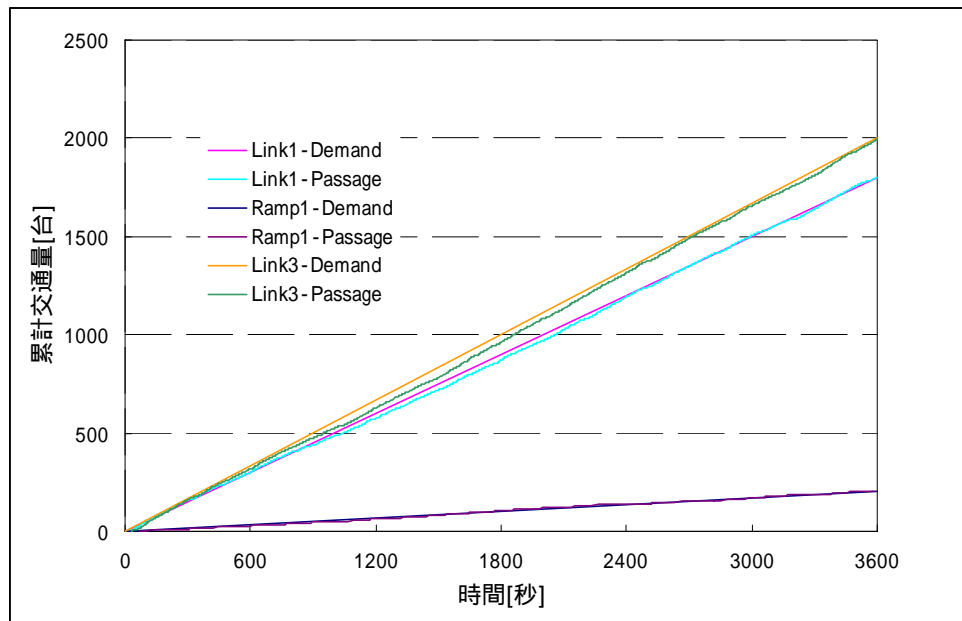


図 4.3 需要合計が 2000[台/h] - 需要比例が 1:9 の場合のシミュレーション

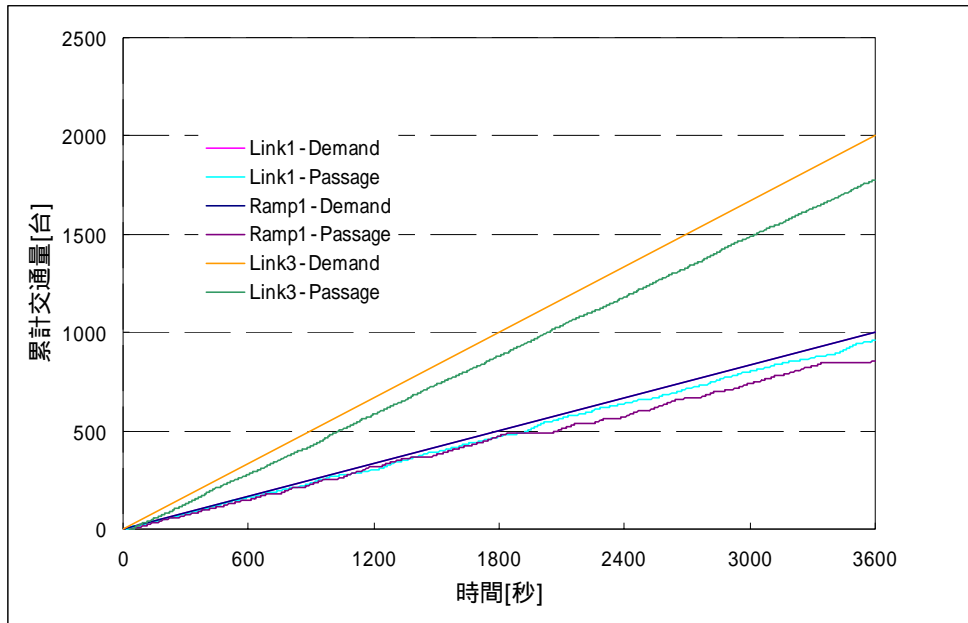


図 4.4 需要合計が 2000[台/h] - 需要比例が 5:5 の場合のシミュレーション

パラメータが標準値の場合は、下流端のリンクの交通容量は 2200[台/h]となっているため、渋滞が発生しないはずだが、需要比例が 1:9 のケースではランプと本線リンクに渋滞が発生している結果を得た。

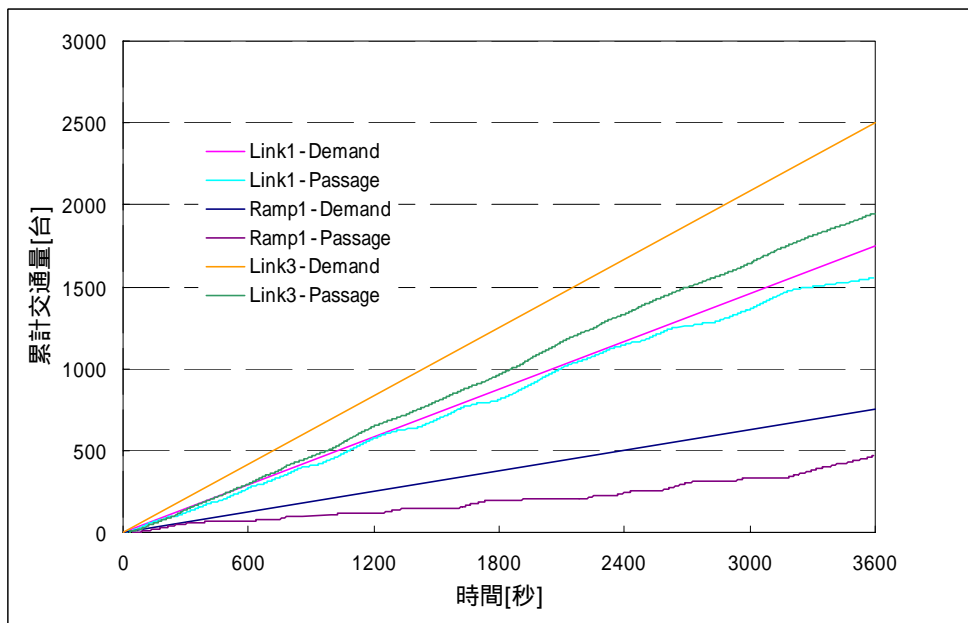


図 4.5 需要合計が 2500[台/h] - 需要比例が 3:7 の場合のシミュレーション

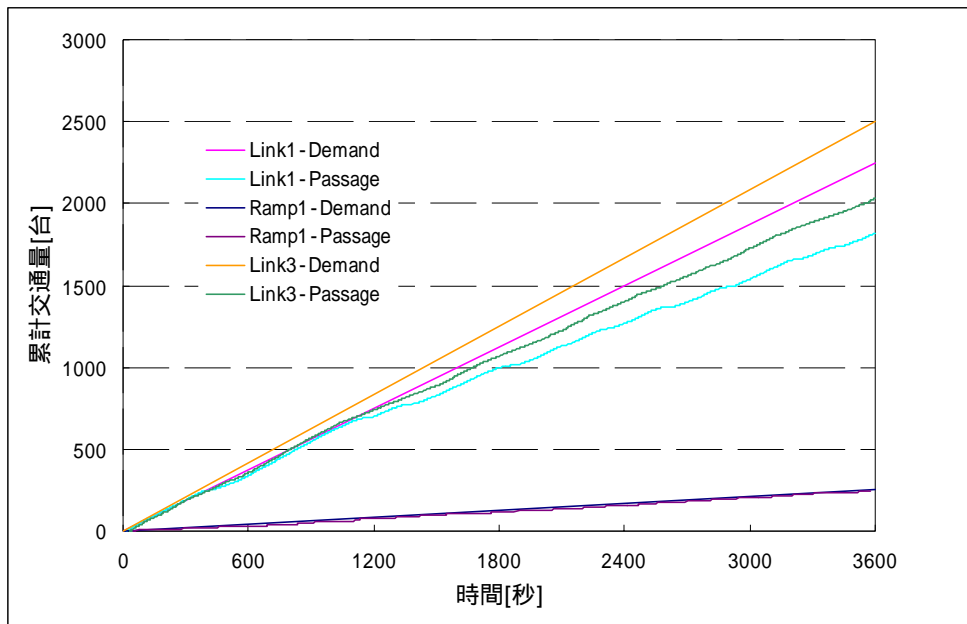


図 4.6 需要合計が 2500[台/h] - 需要比例が 1:9 の場合のシミュレーション

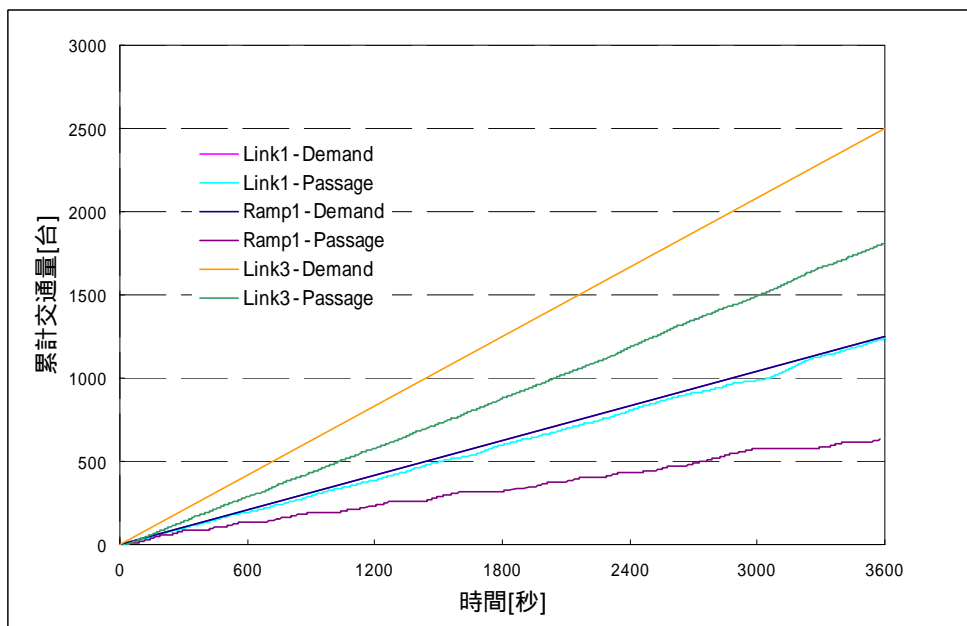


図 4.7 需要合計が 2500[台/h] - 需要比例が 5:5 の場合のシミュレーション

需要合計が 2500[台/h]のケースでは、下流端のリンクの交通容量が 2200[台/h]のため、三ケースとも渋滞が発生している結果を得た。

5. 信号交差点での対向直進交通による右折容量低下

信号交差点での対向直進交通による右折容量低下の検証は、国内で広く用いられている交通工学研究会の右折容量の以下の算定式 と比較しながら検証する。

$$S_R = 1800f(SG - qC)/(S - q)/C + 3600K/C \quad \dots$$

ここで、

S_R …… 右折交通容量 [Veh/h]

S …… 対向直進交通の飽和交通流率 [Veh/有効青 1 時間]

q …… 対向直進流入部の交通量 [Veh/h]

C …… サイクル長 [s]

G …… 有効青時間[s]

K …… 信号現示の変り目で捌ける車両の台数 [台/サイクル] (小交差点:2 台)

f …… ギャップアクセプタンス確率

$f = 1.00(q = 0)$ 、 $0.81(q = 200)$ 、 $0.65(q = 400)$ 、 $0.54(q = 600)$ 、
 $0.45(q = 800)$ 、 $0.37(q = 1000)$ 、 $0.0(q > 1000)$

検証の手順は以下の通りである。

下図のようなネットワークを用意する。

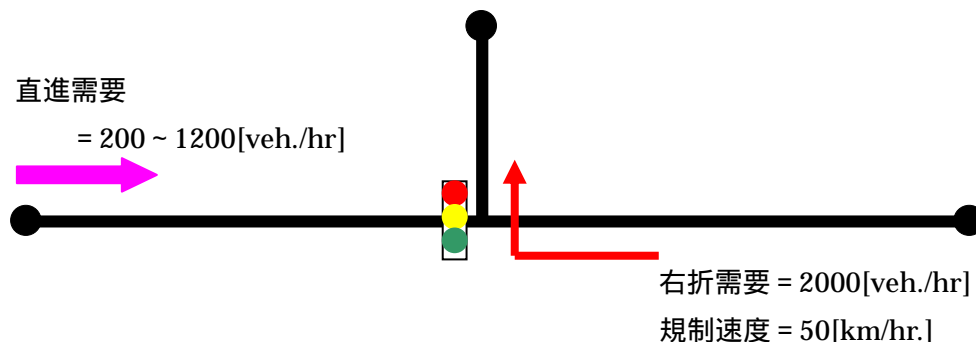


図 5.1 右折容量の検証用データセット

シミュレーションの各パラメータに関しては、基本的にデフォルト値を用いるが、対向直進ギャップアクセプタンスに関しては、デフォルト値と cross gap¹を用いた二種類の方法で確認する。

信号パラメータはサイクル長を 120 秒とし、有効青時間を 40、60、80 秒の 3 段階に変える。対向直進の交通需要を 200、400、600、800、1000、1200 の 6 段階に変えながら、1 時間のシミュレーションを行ない、計 18 ケースの右折交通量を観測する。

¹ ここでいう cross gap とは、ギャップアクセプタンスに近い意味を持つ設定である。Paramics の Demo Network を参考に、-0.001m を最小値として設定した。(Paramics Modeller Reference Manual, 12.2.4, p.84) また、Paramics では進入方向別の優先度(Major, Medium, Minor)を決めることができるが、今回の検証では直進を Major, 右折を Medium と設定した。

シミュレーション結果と算定式の結果を、横軸に対向直進交通量、縦軸に右折交通量 (= 通過交通量) とした信号パラメータ設定ごとのプロット図を作成する。

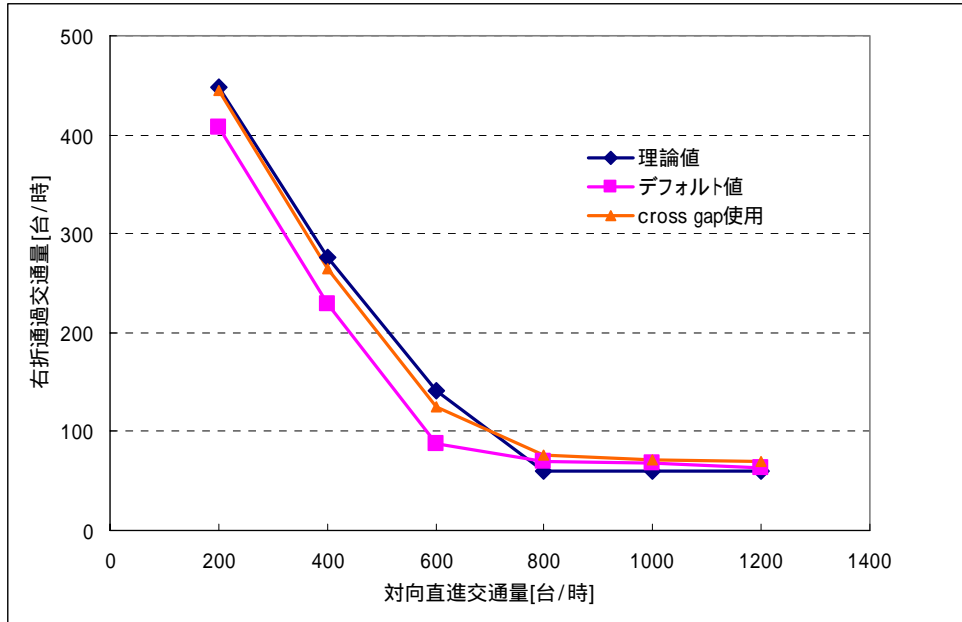


図 5.2 右折容量のシミュレーション結果と理論値の比較 - 信号の有効青時間が (40s)

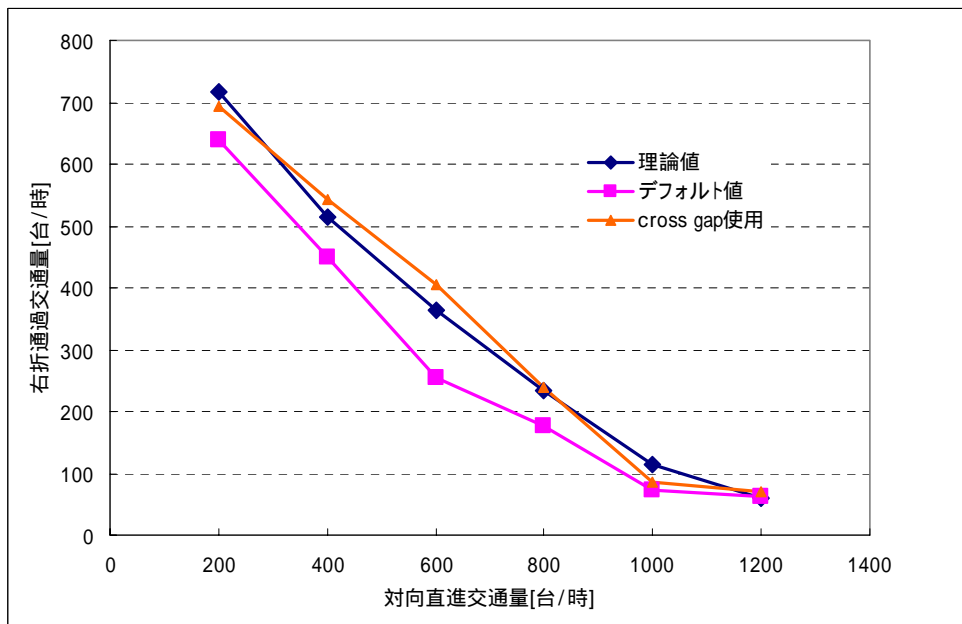


図 5.3 右折容量のシミュレーション結果と理論値の比較 - 信号の有効青時間が (60s)

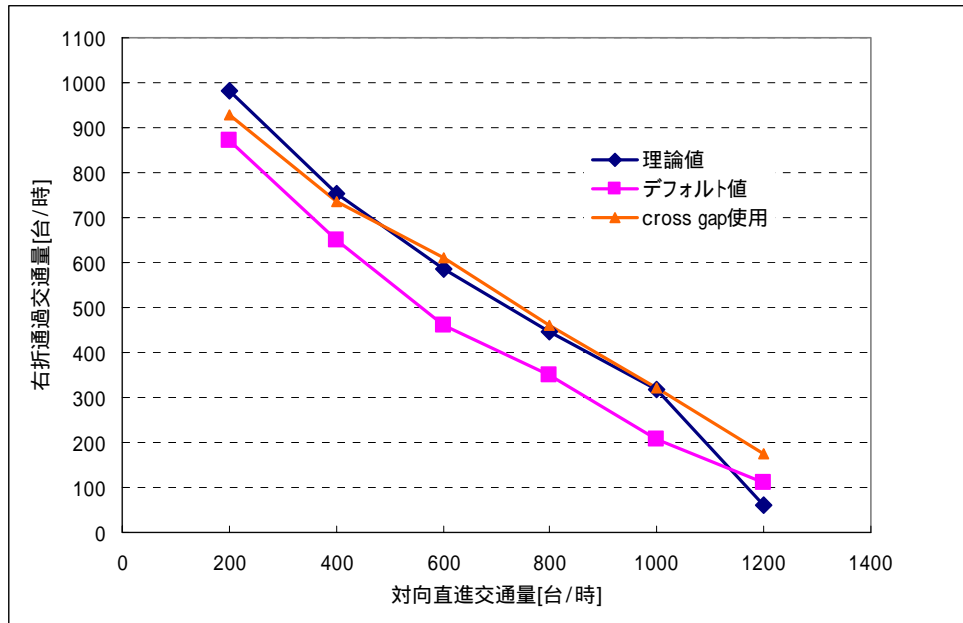


図 5.4 右折容量のシミュレーション結果と理論値の比較 - 信号の有効青時間が (80s)

6. 経路選択行動

Paramics の経路選択には、all-or-nothing 法、確率的配分、ダイナミックフィードバック法の三つがある。

“all-or-nothing” 法は、同一の発生 - 到着ゾーン間を走行する車両は全て同じ経路を選択し、リンクコストが交通の状況に依存しない方法であり、Paramics で再現できる。

“確率的配分” 法は、ネットワーク上のリンクにおける一般化費用の可変性を考慮することで、確率的に経路選択量を決定する方法である。

“ダイナミックフィードバック” 法は、土地勘のあるドライバーは現在の交通状況を経路選択にフィードバックし、経路を変更するものと考える方法で、フィードバック間隔を設定することにより、経路選択のタイミングを設定できる。

なお、これらの経路選択の決定方法は、経路選択時の交通状況のデータを考慮しながら適用可能かを判断する必要があると考えられている¹。

以上の三つの経路選択法に関して、以下の検証手順で各自検証を行なう。

¹ 参考:Paramics Reference Manual

all-or-nothing 法による検証

同一の発生 到着ゾーン間を走行する車両を全て同じ経路を選択させることを実現させる配分方法である。All-or-nothing を実現するには、Paramics の各パラメータに関して、デフォルト値を用いて、configuration の perturbation¹ のチェックが外れているかどうかを確認する。

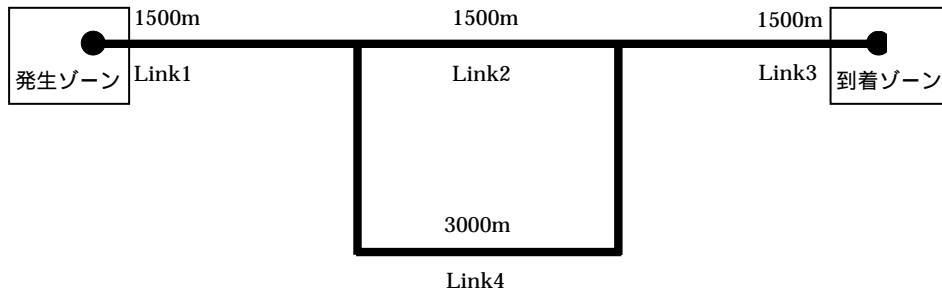


図 6.1 検証用ネットワーク

上図を使用して、交通需要は最初の 1 時間は 1800[台/時]で、次の 1 時間を 900[台/時]に設定する。自由流速度(Link1,Link2,Link4)を 50km/hr.とし、下流端のリンクである Link4 の速度を 15km/hr.とする。

Link2 の流入と流出の累計交通量を観測し、理論値のフローパターンと比較した図を次図に示す。次図の結果から分かるように、最初の 1 時間はリンク下流端で渋滞が発生しているため、上流端の通過累計交通量が設定需要を下回っている。次の 1 時間は設定交通需要が少ないため、上下流端の累計交通量が設定需要を上回っている結果を得た。

¹ perturbation とは、ばらつきのことであり、これをチェックすることでコストのばらつきを考慮したモデルとするか指定可能である。perturbation をチェックすると、Square Root Algorithm が Percent Algorithm が指定することが可能で、下式のように各経路コストにばらつきを持たすことが可能である。Paramics のリファレンスマニュアルでは、経路選択モデルは、時間帯や経路選択の経験を含む他の多くの要素を考慮し、実際の交通状況を考慮しながら設定することを推奨しており、これらのモデルが経路選択行動の精度を直接確保するものではないことを述べている。

Percentage Algorithm の修正後コスト C' :
$$C' = \left(\frac{100 - P}{100} + N_1 \right) C$$

Square Root Algorithm の修正後コスト C' :
$$C' = C + \frac{(N_2 - 5)P\sqrt{C}}{500}$$

N_1 は 0 から $\frac{2P}{100}$ までの乱数を示す。

N_2 は 0 から 10 までの乱数を示す。

P は perturbation を示す。

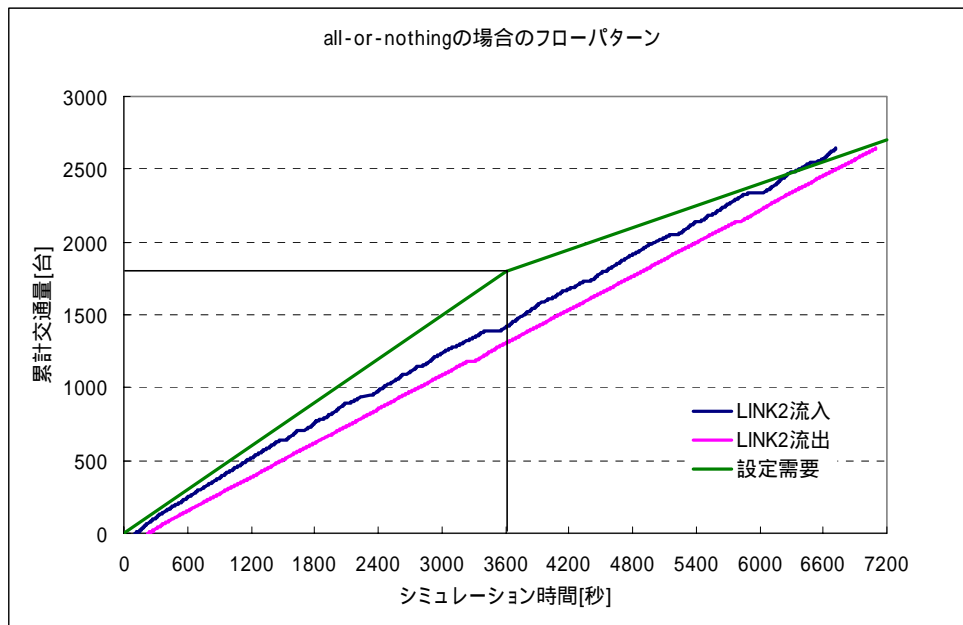


図 6.2 all-or-nothing の場合のフローパターン

“確率的配分”法による検証

“確率的配分”は、ネットワーク上のリンクにおける旅行コスト、あるいはドライバーのコスト意識の可変性を表現することで、経路選択を確率的に変更させる方法である。

ここで、確率的配分を実現するために、configuration の perturbation - Percentage のチェックを行い、車種設定(Vehicle type Manager)における perturbation を 100、50、10 としたケースを用意しておく。

シミュレーション用のネットワークについては、all-or-nothing 法と同じ図 6.1 のネットワークを用いる。

図 6.3、図 6.4、図 6.5 に確率配分法を適用したときのフローパターンを示す。perturbation が 100 の場合、シミュレーション開始から 1 時間後では、設定需要の約 1/2 が Link2 を通過している。perturbation が 50 の場合、シミュレーション開始から 1 時間後では、設定需要の 7 割が Link2 を通過している。perturbation が 10 の場合、シミュレーション開始から 1 時間後では、設定需要の 9 割が Link2 を通過している。この結果から、perturbation の値を小さく設定するほど、Link2 を通過する交通量は増加し、迂回路の Link4 の交通量は減少する結果を得ることがわかる。

確率的配分法では、経路選択におけるコストの変動を考慮して交通量をばらつかせているため、ハンチング現象は起こりにくい方法となっている。また、図 6.6 に示すように、perturbation を 0 にすることで、all-or-nothing 法とほとんど変わらない結果を得ていることから、この方法がコストを順次更新し、考慮している方法ではないことがわかる。

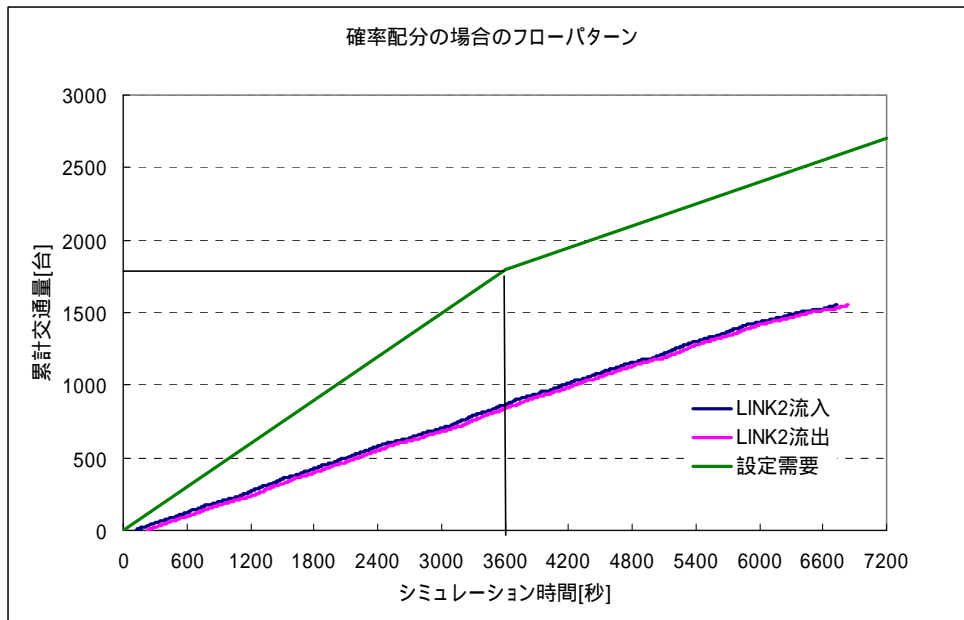


図 6.3 確率的配分の場合のフローパターン (perturbation:100)

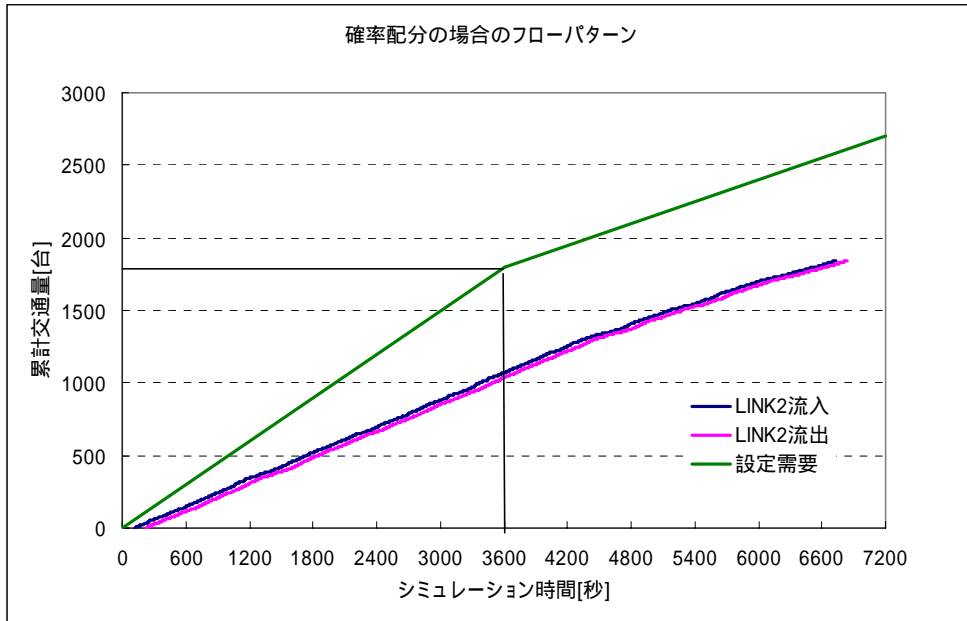


図 6.4 確率的配分の場合のフローパターン (perturbation:50)

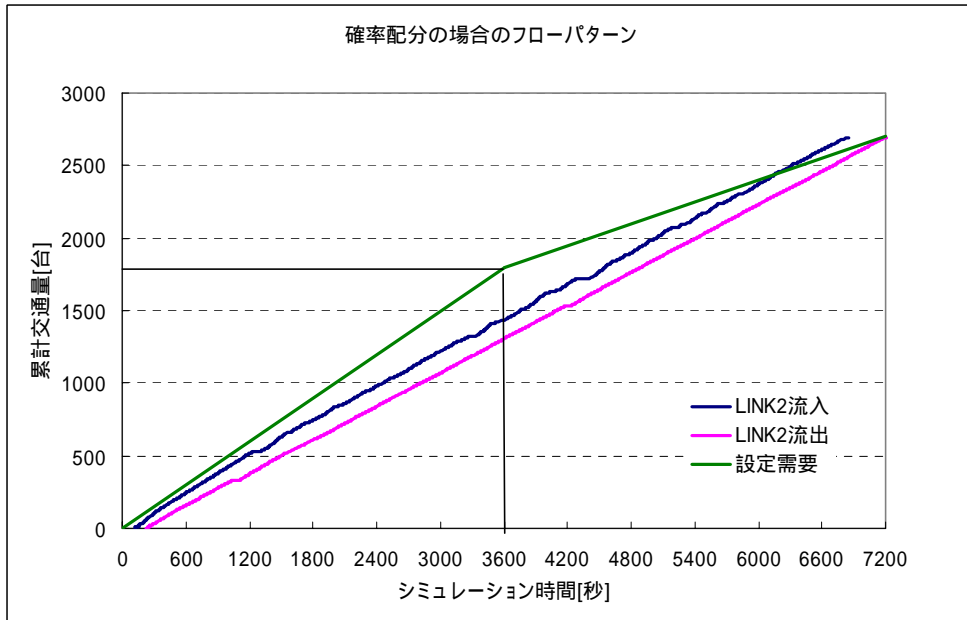


図 6.5 確率的配分の場合のフローパターン (perturbation:10)

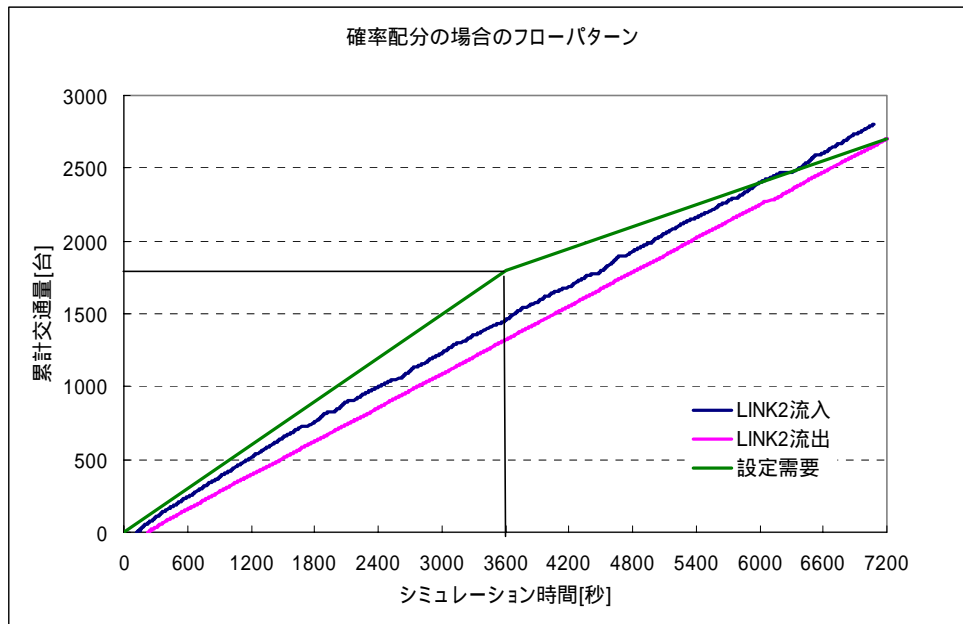


図 6.6 確率的配分の場合のフローパターン (perturbation:0)

“ダイナミックフィードバック”法による検証

“ダイナミックフィードバック”法は、土地勘のあるドライバーは現在の交通状況を経路選択にフィードバックし、経路を変更するものと考える方法で、フィードバック間隔を設定することにより、経路選択のタイミングを変更することもできる。

ここで、ダイナミックフィードバックを実現するために、configuration の perturbation のチェックを外し、経路コストを更新する時間間隔を各 1 秒、3 秒、5 秒と設定した。

なお、シミュレーション用のネットワークについては、all-or-nothing 法と同じ図 6.1 のネットワークを用いる。

“ダイナミックフィードバック”法を用いて、経路コストを更新する時間間隔を各 1 秒、3 秒、5 秒と設定の場合のシミュレーション結果を下図 6.7、図 6.8、図 6.9 に示す。

ダイナミックフィードバック法では、設定された時間間隔によって経路コストが更新されるが、Paramics では、更新された経路コストが有効となるのは、車両発生時のため、結果が示すようにハンチング現象が起きている。また、更新時間間隔が長くなるにしたがって、ハンチングする間隔が長くなる傾向になっている。なお、この方法は、と異なる原理で経路選択を設定しており、図 6.10 から図 6.12 に示すように の方法と組み合わせることも可能である。図 6.12 では、perturbation を 0 とすることでばらつきがなくなるため、図 6.7 とほとんど同様のフローパターンを示していることがわかる。

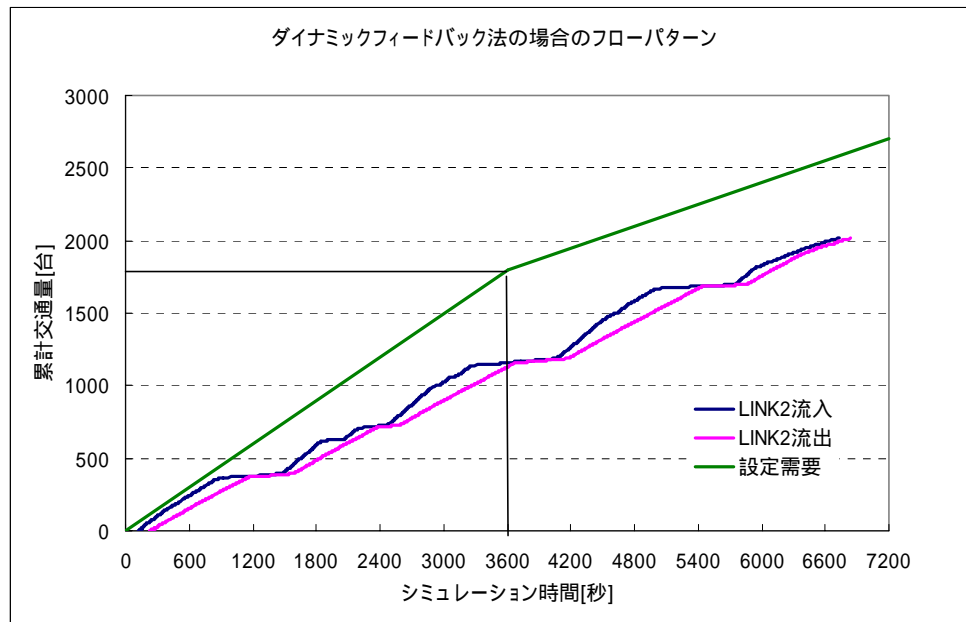


図 6.7 ダイナミックフィードバック法の場合のフローパターン(1s)

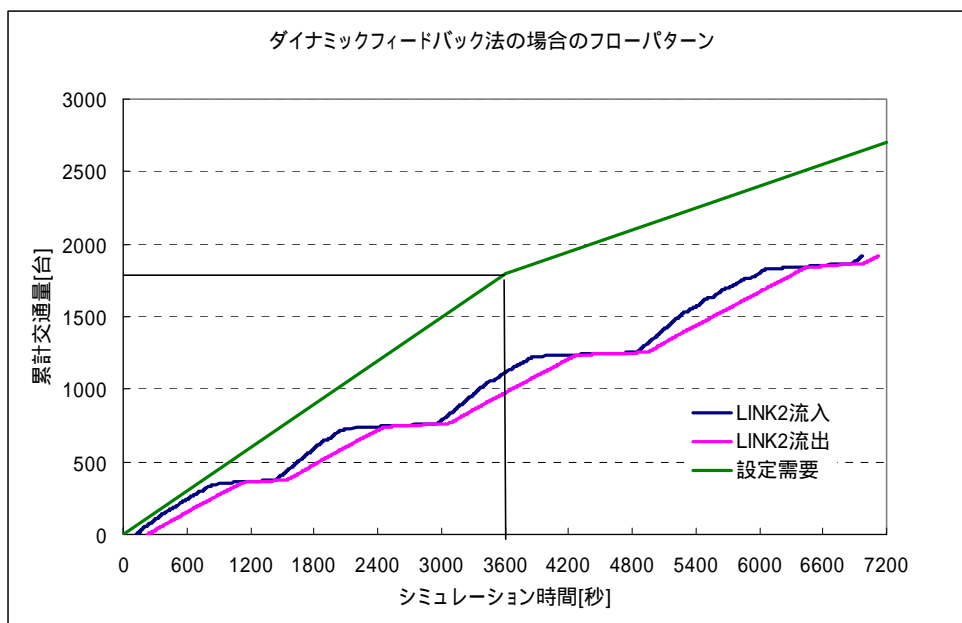


図 6.8 ダイナミックフィードバック法の場合のフローパターン(3s)



図 6.9 ダイナミックフィードバック法の場合のフローパターン(5s)

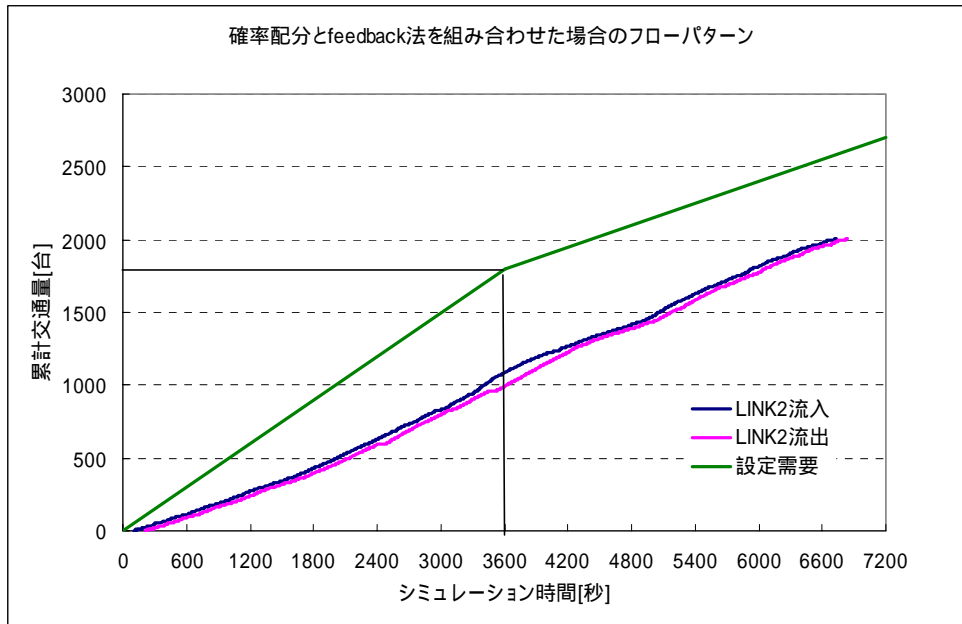


図 6.10 ダイナミックフィードバック法 (時間間隔 1s) と
確率的配分 (perturbation100) を組み合わせた場合のフローパターン

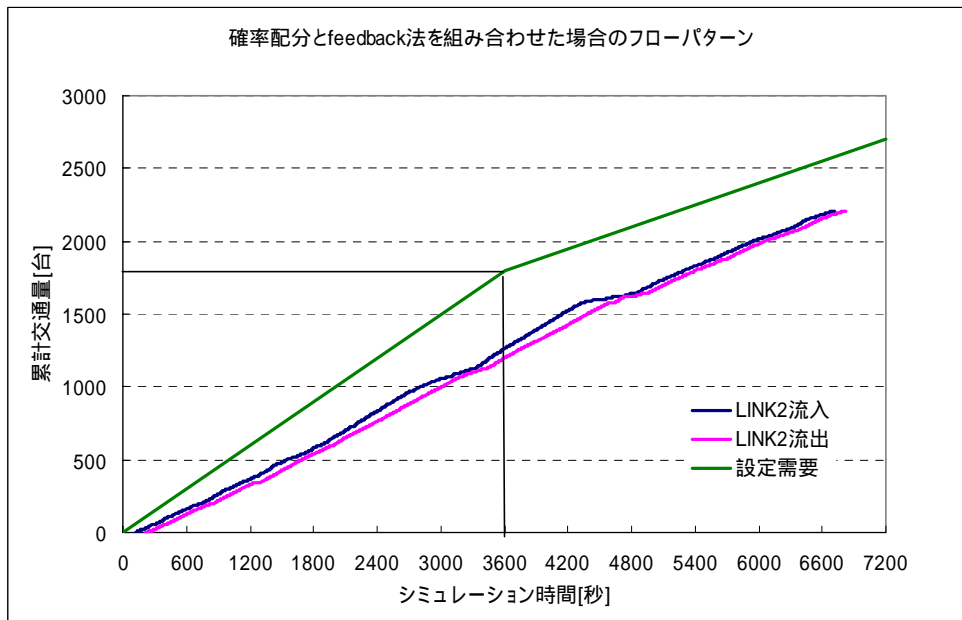


図 6.11 ダイナミックフィードバック法 (時間間隔 1s) と
確率的配分 (perturbation50) を組み合わせた場合のフローパターン

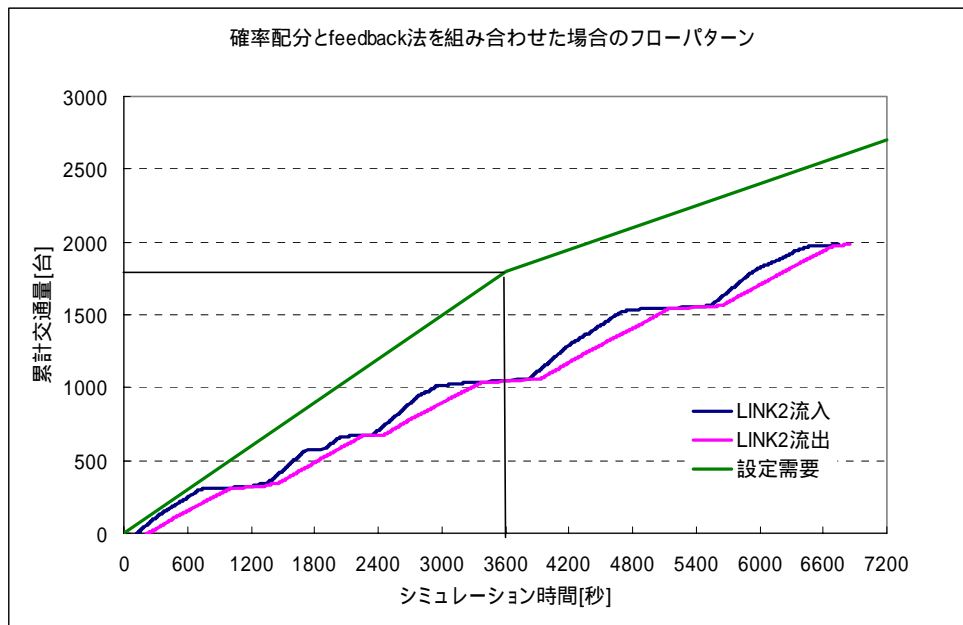


図 6.12 ダイナミックフィードバック法（時間間隔 1s）と確率的配分（perturbation0）を組み合わせた場合のフローパターン

7. おわりに

本書では、（財）交通工学研究会シミュレーションクリアリングハウスの手順書にのっとり、交通マイクロシミュレーション Paramics（バージョン 5.2）の Verification を行った。

ここで紹介した検証方法（パラメータセットや項目）や結果は、意見などを反映し、今後変更する可能性がある。

なお、お問い合わせは以下まで。

株式会社 **社会システム研究所**

〒150-0011
東京都渋谷区東1-26-30 渋谷イーストビル
TEL.03-5468-1111 FAX.03-3486-0986

URL : <http://www.visualand.co.jp/>

Paramics 担当メールアドレス : paramics@visualand.co.jp