

平均車頭時間の確率分布を用いた左直混用車線の飽和交通流率推定手法

高橋 翼¹・小根山 裕之²・柳原 正実³

¹学生会員 東京都立大学大学院 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

E-mail: takahashi-tsubasa@ed.tmu.ac.jp

²正会員 東京都立大学大学院教授 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

³正会員 東京都立大学大学院助教 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1)

本研究は、観測データから飽和交通流率を設定する手法として、飽和交通流率の逆数である平均車頭時間の確率分布を用いて推定するモデルを提案する。平均車頭時間の確率分布としてガンマ分布を適用し、平均車頭時間に影響を与える要素として大型車混入率、左折率を用いてパラメータを表現するモデルを構築し、これに設定したい大型車混入率、左折率を代入して平均車頭時間及び飽和交通流率を算定する手法を提案した。この手法に対して、左直混用車線を有する一般的な交差点を対象とした交通流シミュレーション VISSIM による実験を行い、平均車頭時間の確率分布モデルのパラメータを推定するとともに、これを用いて飽和交通流率を推定してその精度を検証し、その適用可能性について考察した。

Key Words: saturation flow rate, shared left-turn lane, average headway, traffic flow simulation

1. 研究の背景と目的

飽和交通流率（以下、SFR）は、交通信号制御の設計において、その性能を評価する為の極めて重要な指標である¹⁾。設計ではこの値をもとに、需要率や青時間スプリット、サイクル長といった信号制御パラメータが決定され、最終的にはSFRから算出される交通容量の値をもとに、交差点の性能照査が行われる²⁾。一般道路における交通渋滞の主な要因として、信号交差点が挙げられるゆえ、信号交差点の渋滞対策を行うにあたり、現状のSFRを適切に設定し、把握することは必要不可欠なことである。これまでは、推定モデル式により設定されてきたが、現状の交通状況を適切に反映しきれていないという問題があった³⁾。そこで現行のマニュアル⁴⁾では、原則として、観測により設定を行うこととされている。しかし、観測による設定にも問題点が存在している。SFRの設定値は、設計条件下におけるSFRである一方、実際に観測を行う場合、設計条件と全く同じ交通条件下でSFRを観測することは困難であり、観測したSFRをそのまま設定値として用いることは適切でない場合が多い。したがって、観測したSFRをもとに、設定値を求める必要があるが、設定値を算出するための観測データの処理方法に関する具体的な記載が現行のマニュアルにはなく、

現場では喫緊の課題となっている。また、車線の運用方法によっても設定に問題が生じる。直進車線の場合は、SFRの変動要因は主に大型車混入率であるが、左直混用車線の場合、左折率（青時間中に停止線を通過した車両における左折車の比率）や大型車混入率（青時間中に停止線を通過した車両における大型車の比率）、歩行者数、有効青時間など様々な要因により、SFRが変動する⁵⁾ため、その設定が困難なものとなる。

このような背景を踏まえて本研究では、ガンマ分布を適用した設定手法を提案することを目的として、SFRの逆数である平均車頭時間の確率分布としてガンマ分布を適用してSFRを設定する手法を取り上げ、交通流シミュレーションを用いて得られた結果から特性分析やSFR設定値の精度の検証を行い、提案設定手法の適用可能性を示した。なお、設定対象とする車線運用方式として、事例も多く、上述の通りSFR設定上問題となることが多い左直混用車線を対象とした。

2. 研究手法

(1) 研究概要

本研究では、交通シミュレーション VISSIM で再現さ

れる交通現象を仮想現実として捉え、シミュレーションの観測に基づき得られたデータを用いて、混用車線における平均車頭時間のモデルとしてのガンマ分布を適用し、その特性を明らかにする。また、観測データを当該モデルを用いて設定 SFR を算出する手法を提示し、その精度を検証することで、ガンマ分布およびそれを用いた設定手法の適用可能性を示す。

以下、本研究の全体の枠組みと、関連する用語の説明を行う。需要が十分にあり、捌け残りが存在する飽和している条件において生成されるサイクルごとの SFR の分布を設計条件における SFR 分布とする。また、この分布から 398 の SFR をサンプリングした場合の平均値を設計 SFR とし、この平均値の分布を設計条件における設計 SFR の分布とする。一方、任意の交通条件で観測したサイクルごとの SFR (観測 SFR とする) を複数サンプリングした観測データに対して、ある設定手法を適用した SFR を、その設定手法における SFR 設定値とする。この SFR 設定値を得る試行をそれぞれの交通条件、設定手法に対して 1000 回行うことで、それぞれの SFR 設定値の分布を得る。

設計 SFR の分布と、各交通条件における SFR 設定値の分布との比較に基づいた精度検証を行う (図-1)。

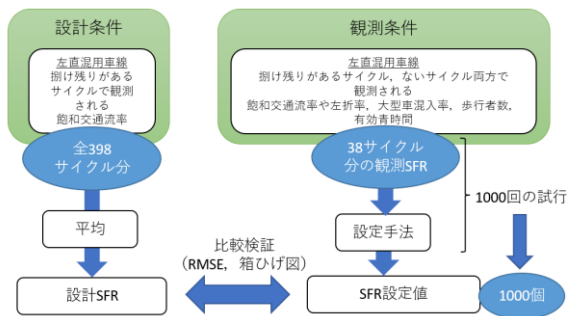


図-1 研究の概要

本研究では、設計条件として設計時間交通量 (1000 台/時間)、左折率 (30%)、大型車混入率 (30%)、歩行者数 (300 人時間)、青時間 (40 秒/1 サイクル)、サイクル長 (90 秒) を与える。交差点幾何構造は図-2 のような左直混用車線と直進車線がある、一般的な十字路とする。

ただし、右折交通の影響のない分析を行う為、右折交通の需要を 0 とし、右折車線は設置していない。また、同一方向の車両用信号と歩行者用信号が同時に青表示となる信号制御とし、左折車と歩行者が交錯する条件とする。

また、交通容量算定の際には流入部断面で SFR を考えていることを踏まえ、本研究では、左直と直進両方を

含んだ断面における SFR を対象に分析を行う。なお、左折率が異なる場合においてのみ、車線別の SFR について触れる。

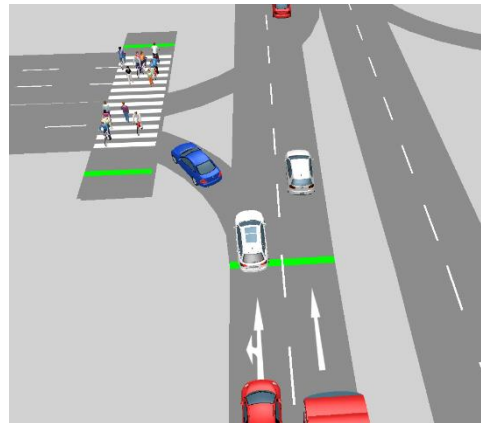


図-2 交通シミュレーションの様子

(2) サイクルごとの SFR の算出方法

設計 SFR をシミュレーション結果から算出する方法は、マニュアルの交通容量算定手法との整合性を考慮する。具体的には、交通容量が 1 時間で捌くことのできる最大台数を表し、例えば、直進車線の交通容量算定の式は式(1)のように算定されることから、この交通容量算定の整合性を確保するために SFR は式(2)のように表される必要がある。

$$c_T = s_T \times \frac{G_e}{C} \quad (1)$$

ここに、

c_T : 直進車線の交通容量[台/1 時間]

s_T : 直進車線の飽和交通流率[台/青 1 時間]

G_e : 直進現示の有効青時間の長さ [秒]

C : 信号サイクル長 [秒]

$$s_T = \frac{N}{G_e} \times 3600 \quad (2)$$

ここに、

N : 最大捌け台数[台]

設計 SFR を対象とする場合、需要が十分にあり、捌け残りがある飽和状態が対象であるため、1 サイクル当たりには捌けた台数が最大捌け台数 N に相当する。また、マニュアルによれば、有効青時間 G_e は青表示時間に 1 秒を加えた値となる。

一方、観測 SFR は図-3 および式(3)のように、3 台目から最終通過車両までが一定の流率で流れるとしたときの

有効青時間中に通過する台数から最大捌け台数 N を求める。観測の場合、時間上の制約で観測できるサイクル数に限りがあり、必ずしもそのすべてが捌け残りのあるサイクルのみを観測データとして収集できるとは限らない。そこで、途中で待ち行列が途切れた観測データにも対応できるように観測 SFR の算出をこのような方法としている。

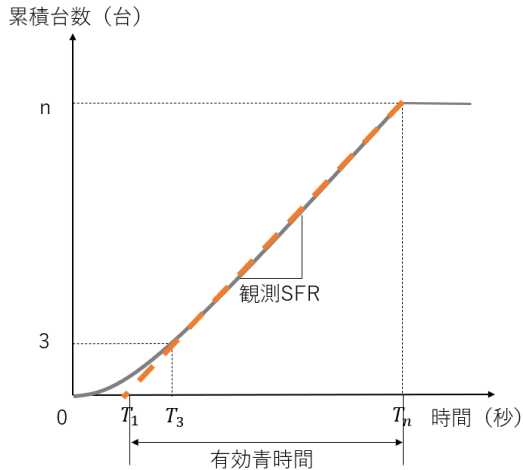


図-3 累積台数と時間および有効青時間の関係

$$S = \frac{n - 3}{T_n - T_3} \quad (3)$$

S : 観測 SFR [台/青 1 時間]

n : 通過車両台数 [台]

T_n : 最終通過車両の通過時刻 [秒]

T_3 : 先頭から 3 台目の通過時刻 [秒]

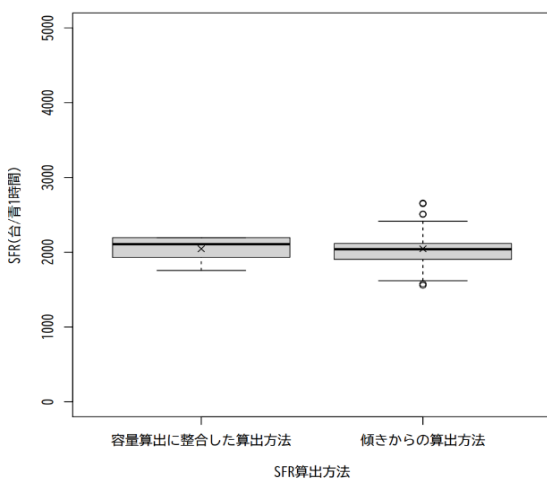


図-4 算出方法による SFR の違い

以上のような、マニュアルでの容量算出に整合した SFR 算出方法と、交通累積図の傾きに基づく理論的な SFR 算出方法がある。これらの算出方法の違いによる差についても設計 SFR と設定 SFR との違いに反映されると考えられる。図-4 は設計条件下において捌け残りのあるサイクルで 2 通りの算出方法により算出された SFR を箱ひげ図にまとめたものである。

図-4 を見ると、平均値はほぼ同じ値であることが分かる。よって両算出方法の違いによる SFR の違いはあまりないと言え、両 SFR を同列に比較してよいと考える。

3. 平均車頭時間モデルへのガンマ分布の適用

本章では、SFR の観測データを適用して設定 SFR を算出する際に用いる平均車頭時間のモデルとして、ガンマ分布の適用可能性を検討する。なお、ここで用いるデータデータは、第 4 章(2)項に示す表-2 の番号(1)~(8)で得られたサイクルごとのデータ (計 266,000 サンプル) である。また、平均車頭時間としては、第 2 章(2)項で説明した SFR の算出方法のうち、交通累積図の傾きに基づく理論的な算出方法により得られた SFR の逆数を取ったものを用いた。

サイクルごとの左折率 L、大型車混入率 T の値で平均車頭時間を分け、それぞれの誤差分布にガンマ分布のフィッティングカーブを重ねた。

左折率 L と大型車混入率 T はそれぞれ 0%~60% を 10% ごとに分け、 $6 \times 6 = 全 36$ 通りの組み合わせとした。その中の 1 例として、左折率 L が 40~50%、大型車混入率 T が 20~30% の場合を図-5 に示す。

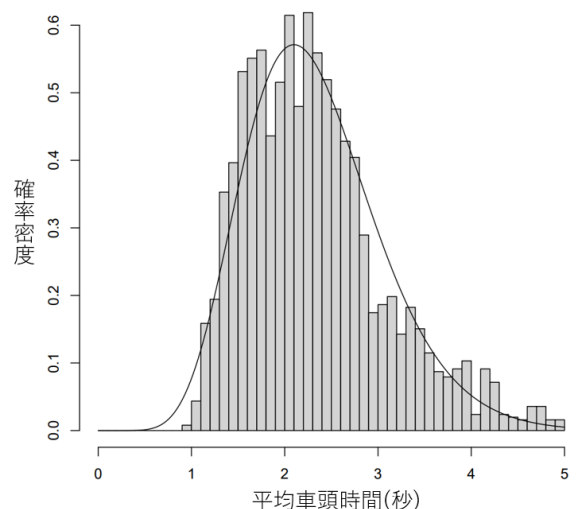


図-5 左折率 L : 40~50%、大型車混入率 T : 20~30% における平均車頭時間の誤差分布とガンマ分布のフィッティングカーブ

平均車頭時間に仮定する確率分布としてガンマ分布を選定した理由は、図-5 を見れば明らかなように、平均車頭時間が常に正の値であり、正の方に裾野が伸びている左右非対称な分布であるからである。

続いて、フィッティングしたガンマ分布の期待値と左折率 L 、大型車混入率 T の関係を見てみる。プロットしたものが図-6 である。

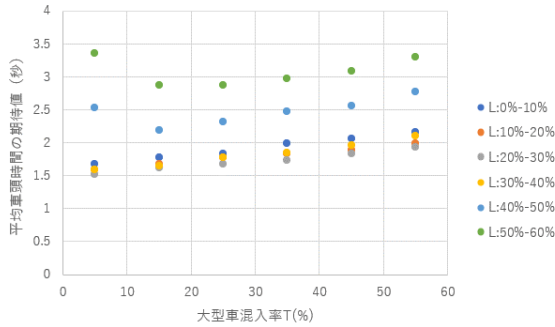


図-6 平均車頭時間の期待値と左折率 L 、大型車混入率 T のプロット図

この図より、平均車頭時間の期待値と左折率 L 、大型車混入率 T は線形結合で表現できると考え、重回帰分析を行った。この結果を表-1 に示す。

表-1 重回帰分析の結果

	係数	t値	p値	自由度調整済み決定係数
切片	1.24143	8.360	1.17E-09	0.598
大型車混入率 T	0.00718	2.211	0.034065	
左折率 L	0.02279	7.017	5.00E-08	

自由度調整済み決定係数は約 0.60 であり、 p 値は左折率 L 、大型車混入率 T とともに 5% 有意となった。したがって、この仮定は適切であるとして式(4)、(5)のように表した。

$$\text{期待値} = \frac{\text{shape}_i}{\text{rate}_i} = \beta_0 + \beta_1 \cdot T_i + \beta_2 \cdot L_i \quad (4)$$

$$\text{分散} = \frac{\text{shape}_i}{\text{rate}_i^2} = \sigma^2 \quad (5)$$

ここに、

- L_i : サイクル i における左折率[%]
- T_i : サイクル i における大型車混入率[%]

shape_i : ガンマ分布の形状母数

- rate_i : ガンマ分布の比率母数
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2$: パラメータ
- σ^2 : 定数

式(4)、(5)より、 shape_i と rate_i は式(6)、(7)のように表せる。

$$\text{shape}_i = \frac{(\beta_0 + \beta_1 \cdot T_i + \beta_2 \cdot L_i)^2}{\sigma^2} \quad (6)$$

$$\text{rate}_i = \frac{\beta_0 + \beta_1 \cdot T_i + \beta_2 \cdot L_i}{\sigma^2} \quad (7)$$

最尤推定法により4つのパラメータ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \sigma^2$ を求める。対数尤度関数は以下の通りである。

$$\sum_{i=1}^n \{ \text{shape}_i \cdot \log(\text{rate}_i) + (\text{shape}_i - 1) \cdot \log(\text{headway}_i) - \text{rate}_i \cdot \text{headway}_i - \log(\Gamma(\text{shape}_i)) \} \quad (8)$$

推定したパラメータを用いて設計条件下での平均車頭時間を推定する。

$$\frac{3600}{S_h} = h = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 \cdot T + \widehat{\beta}_2 \cdot L \quad (9)$$

ここに、

- S_h : 設定手法で算出した SFR 設定値[台/青 1 時間]
- h : 設定手法で推定した平均車頭時間[秒]
- $\widehat{\beta}_0, \widehat{\beta}_1, \widehat{\beta}_2$: 最尤推定法により推定したパラメータ
- T : 大型車混入率の設計値[%]
- L : 左折率の設計値[%]

4. ガンマ分布平均車頭時間モデルの設定 SFR 算出への適用と精度検証

(1) 概要

ここでは、観測データをガンマ分布を用いた平均車頭時間モデルを用いて、設定手法により処理して得られた設定 SFR を算出する手法を提示し、その精度を検証することで、設定手法への適用可能性を示す。

ガンマ分布平均車頭時間モデルの適用方法は、モデルに観測データを当てはめてパラメータを算出し、得られたモデルに設定条件を代入することで設定 SFR を得る。

なお、ここでは第 3 章で推定したパラメータを適用しない点に注意したい。

検証は設計条件下で生成される SFR の分布と、観測データをガンマ分布を適用した設定手法により処理して算出された SFR 設定値の分布それぞれを箱ひげ図や RMSE、標準偏差、設計値に対する過大評価、過小評価の割合により比較検証を行う。RMSE は設計 SFR を真値としたときの値とする。また、設計値 +5% 以上の設定値を過大評価、設計値 -5% 以下を過小評価とする。

(2) 検証シナリオ

表-2 シミュレーション設定条件

番号	左折率 (%)	大型車混入率 (%)	歩行者数 (人h)
(1)	15	30	300
(2)	30		
(3)	45		
(4)	60		
(5)	30	15	300
(6)		30	
(7)		45	
(8)		60	
(9)	30	30	100
(10)			300
(11)			500

表-3 検証シナリオ

case	設計値と観測値の差異	シミュレーション設定条件	設計値と差異のある観測値の範囲
1	左折率 L (%) (設計値 30%)	(1)、(2) (3)、(4)	22±1
			25±2
			37±5
			48±3
2	大型車混入率 T (%) (設計値 30%)	(5)、(6) (7)、(8)	13±1
			27±2
			34±5
			46±3
3	歩行者数 P (人h) (設計値 300 人h)	(9)、(10) (11)	100±7
			280±7
			320±8
			480±13

設計値と、SFR の変動に影響を与えうる観測値の差異に着目し、設定の異なるシミュレーションを行い、多数の観測 SFR を取得した。シミュレーション設定条件は表-2 の通りである。シミュレーション設定条件と観測 SFR が得られたサイクルにおける左折率などの観測値に基づ

いて、表-3 のように検証シナリオを設定した。

また、観測するにあたり朝、昼、夜など異なる条件の観測データを幅広く取得して処理をし、SFR 設定値を得ることも想定される。そこで、表-4 から複数条件のデータを混合させることを考え、その混合のさせ方に着目して表-5 のようにシナリオ設定した。

表-4 取得した観測データの条件

		大型車混入率 T (%)				
		平均観測値	13±1	27±2	34±5	46±3
左折率 L (%)	22±1	①	②	③	④	
	25±2	⑤	⑥	⑦	⑧	
	37±5		⑨	⑩	⑪	
	48±3		⑫	⑬		

※取得した観測データは○数字がある箇所である。

表-5 検証シナリオ(表-4 における観測条件の混合)

case	混合条件数	混合条件
4	2	設計値以下 (①+⑥)
		設計値近傍 (⑥+⑩)
		設計値以上 (⑩+⑪)
		設計値遠方 (⑤+⑪)
5	4	T*1 変動 (⑤+⑥+⑦+⑧)
		L*2 変動 (②+⑥+⑨+⑫)
		L 微小変動 T 変動 (⑤+⑥+⑩+⑪)
		T 微小変動 L 変動 (②+⑥+⑩+⑬)
6	全て	①~⑬

*1: T は大型車混入率(%), *2: L は左折率(%)

また、観測するサイクル数の違いによって精度に違いが表れるのかどうか検証する為、表-6 のようにシナリオ設定した。

表-6 検証シナリオ

case	観測データにおける サンプリングサイクル数
7	19
	38
	76
	114

(3) 検証結果

以降では、表-3、表-5、表-6 の case ごとに 1 節にまとめて結果と考察を行う。

a) case1 左折率L

図-7, 図-8, 表-7に左折率Lが設計条件と異なる場合の断面での設定SFRを結果を示す。

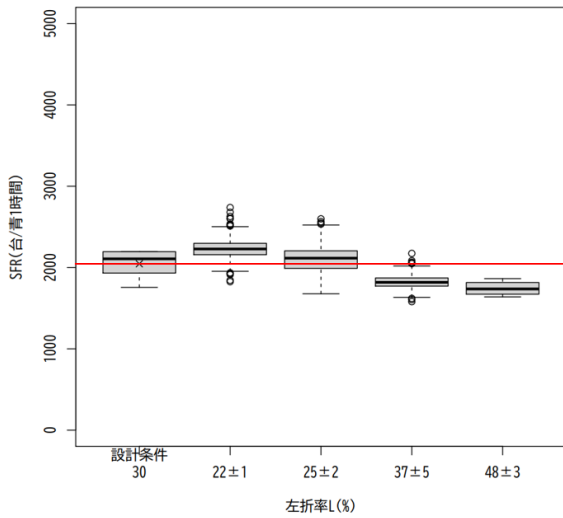


図-7 左折率Lの変化と SFR 設定値の分布 (断面ベース)

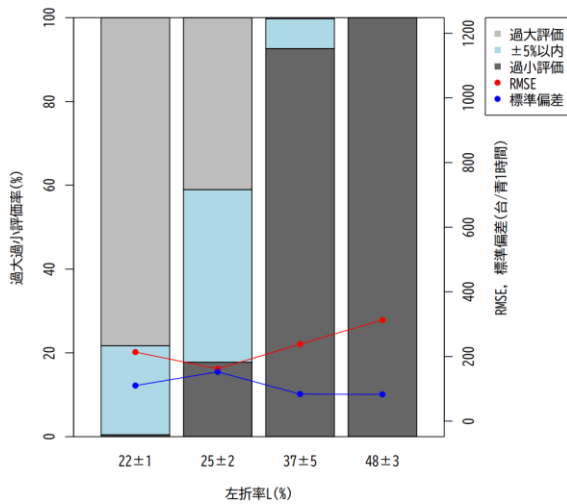


図-8 左折率Lの変化と SFR 設定値の精度評価値 (断面ベース)

表-7 左折率Lの変化に対する精度評価値 (断面ベース)

左折率L (%)	RMSE (台/青1時間)	過大評価 (%)	±5%以内 (%)	過小評価 (%)
22±1	214	78.3	21.3	0.5
25±2	162	41.0	41.2	17.8
37±5	238	0.3	7.1	92.6
48±3	313	0.0	0.0	100.0

図-7にある赤線は設計SFRを表している。Lが設計値から離れるほどRMSEが大きくなる傾向が見られる。また、Lが設計値よりも小さい場合は過大評価、Lが設計

値よりも大きい場合は過小評価の傾向が見られる。SFRを設定する場合、安全側に考慮すべきであり、過大評価の状況は望ましくない為、Lが設計値よりも小さい場合は注意が必要である。また、Lが設計値より大きい場合、標準偏差は比較的小さく、過小評価側に固まっていることが分かる。したがってLが設計値に近いほど精度は高く、離れるほど精度は低くなるといえる。

車線別にSFRを算出し、同様の処理を行った結果が図-9～図-12, 表-8, 表-9である。

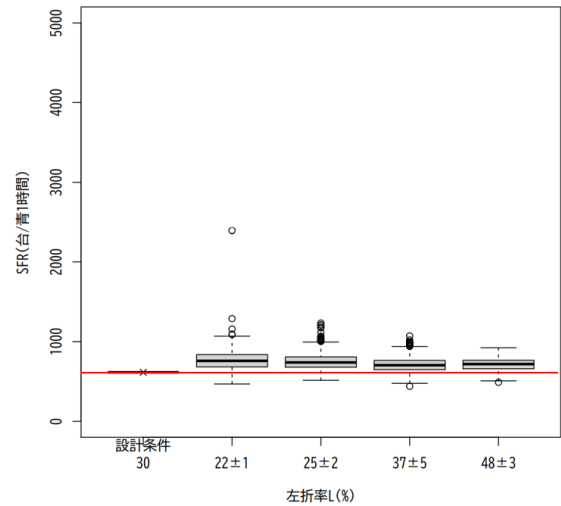


図-9 左折率Lの変化と SFR 設定値の分布

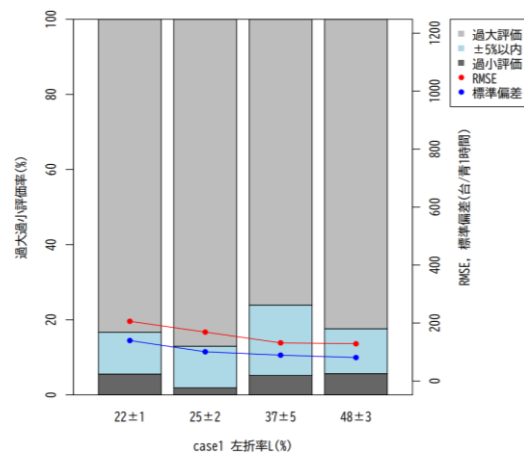


図-10 左折率Lの変化と SFR 設定値の精度評価値 (左直混用車線)

表-8 左折率Lの変化に対する精度評価値 (左直混用車線)

左折率L (%)	RMSE (台/青1時間)	過大評価 (%)	±5%以内 (%)	過小評価 (%)
22±1	206	83.3	11.1	5.6
25±2	169	87.0	11.1	1.9
37±5	132	76.1	18.8	5.2
48±3	128	82.4	11.9	5.7

直進専用車線において過大評価、過小評価の偏りの傾向は断面ベースと同様であるが、左直混用車線の場合、SFR 設定値ほどの L においても過大評価の傾向がみられる。SFR を設定する場合、安全側に考慮すべきであり、設計値よりも設定値が上回る状況は望ましくない。この点、左直混用車線をもつ交差点において、車線別に SFR を算出する場合は注意する必要がある。また、RMSE に関しては、左直混用車線の場合、L と設計値との差異の大きさに関係なく、L が大きくなるほど RMSE は大きくなった。直進専用車線では、断面ベースと同様の傾向が見られた。したがって、車線別に SFR 設定値を算出する場合、左直混用車線では L の設計値との差異の大きさに関係なく設定手法の適用可能性は低く、直進専用車線では L が設計値に近いほど精度が高く、離れるほど精度が低くなるといえる。以降の分析では全て断面ベースで行う。

表-9 左折率 L の変化に対する精度評価値 (直線専用車線)

左折率 L (%)	RMSE (台/青1時間)	過大評価 (%)	±5%以内 (%)	過小評価 (%)
22 ± 1	216	92.3	6.4	1.3
25 ± 2	174	69.8	19.4	10.8
37 ± 5	276	6.2	15.7	78.2
48 ± 3	446	0.0	1.9	98.1

b) case2 大型車混入率 T

図-13, 図-14, 表-10 に大型車混入率 T が設計条件と異なる場合の設定 SFR の結果を示す。

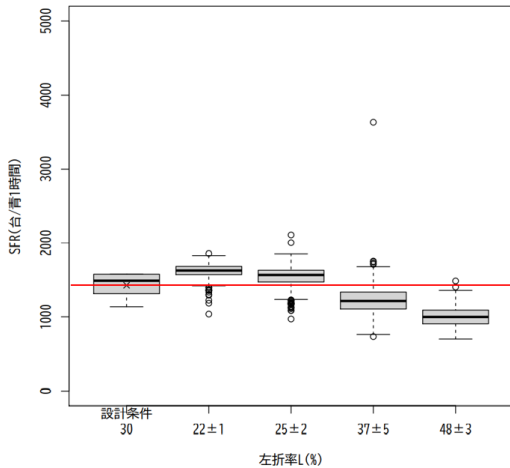


図-11 左折率 L の変化と SFR 設定値の分布 (直進専用車線)

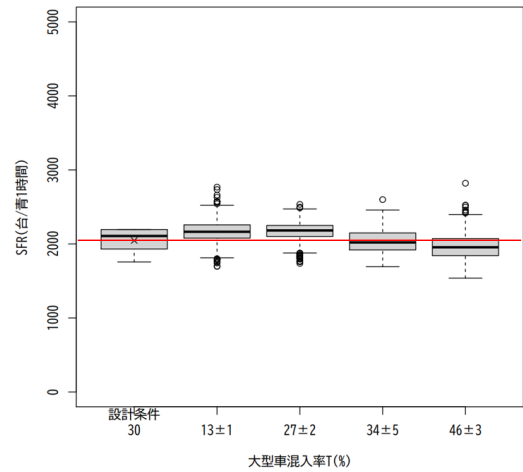


図-13 大型車混入率 T の変化と SFR 設定値の分布

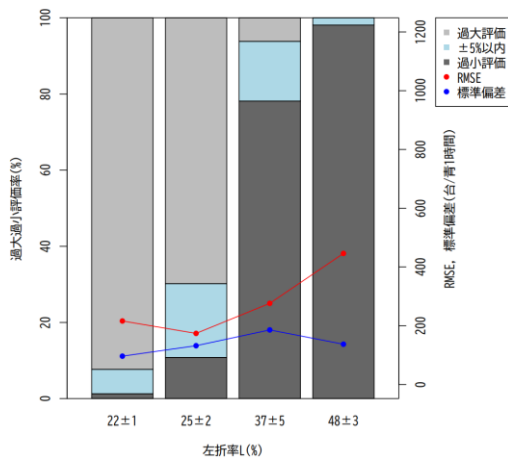


図-12 左折率 L の変化と SFR 設定値の精度評価値 (直進専用車線)

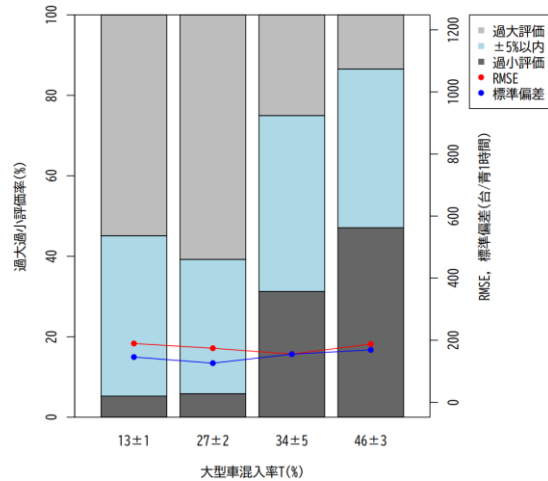


図-14 大型車混入率 T の変化と SFR 設定値の精度評価値

T の設計値との差異の大きさにかかわらず、RMSE や標準偏差はほぼ同じような値となった。また、過大、過小評価の傾向については case1 の左折率 L と同様の傾向であった。したがって、T が設計値に近いほど精度が高

く、離れるほど精度が低くなるといえる。ただし、**case1** の左折率 **L** と比べて±5%の割合が大きい場合が多く、左折率 **L** に差異がある条件よりも大型車混入率 **T** に差異がある条件の方がこの設定手法の精度は比較的高いといえる。

表-10 大型車混入率 **T** の変化に対する精度評価値

大型車混入率 T (%)	RMSE (台/青1時間)	過大評価 (%)	±5%以内 (%)	過小評価 (%)
13 ± 1	189	54.9	39.9	5.2
27 ± 2	174	60.8	33.4	5.8
34 ± 5	155	25.0	43.8	31.3
46 ± 3	188	13.4	39.5	47.1

P が設計値よりも大きく下回る場合、他の差異と比べて **RMSE** が大きく、過大評価側に大きく偏っている。また、設計値近辺の条件にも関わらず、過大評価の傾向が見られた。これらより、歩行者数 **P** が設計値よりも小さい、または設計値近辺の条件において、この設定手法の精度は低いといえる。設計値よりも大きい場合は **RMSE** や過大、過小の偏りは比較的小さく、精度は高くなる。

表-11 歩行者数 **P** の変化に対する精度評価値

歩行者数 P (人/h)	RMSE (台/青1時間)	過大評価 (%)	±5%以内 (%)	過小評価 (%)
100 ± 7	426	100.0	0.0	0.0
280 ± 7	187	70.1	29.0	0.9
320 ± 8	164	64.4	34.4	1.2
480 ± 13	168	30.0	36.0	34.0

c) **case3** 歩行者数 **P**

図-15, 図-16, 表-11 に歩行者数 **P** が設計条件と異なる場合の設定 **SFR** の結果を示す。

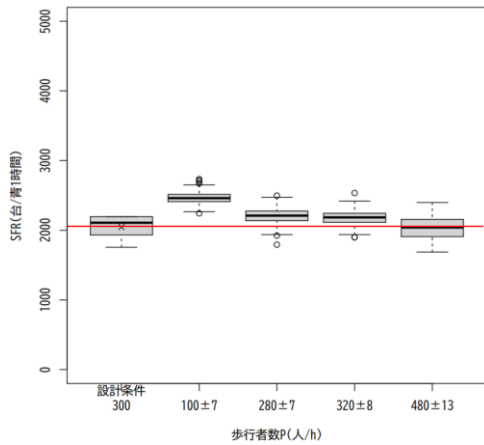


図-15 歩行者数 **P** の変化と **SFR** 設定値の分布

d) **case4** 2条件混合

図-17, 図-18, 表-12 に設計条件と異なる 2 条件での観測 **SFR** から算出した設定 **SFR** の結果を示す。

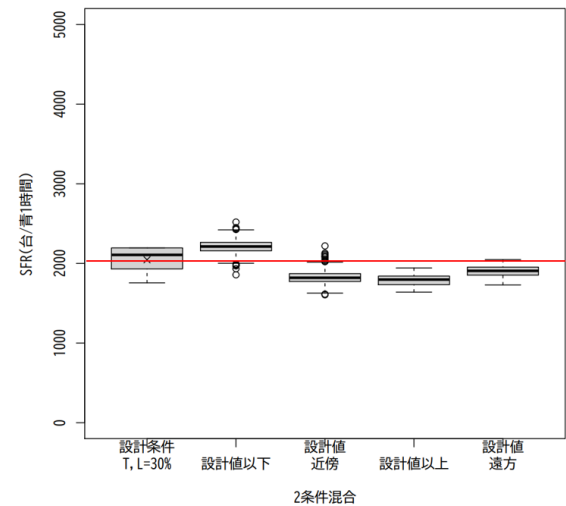


図-17 2混合条件の変化と **SFR** 設定値の分布

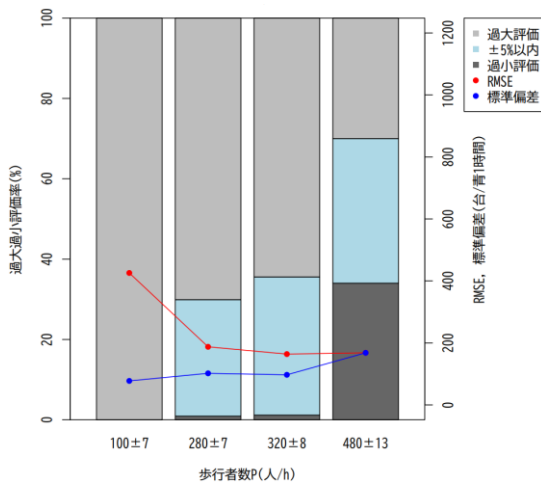


図-16 歩行者数 **P** の変化と **SFR** 設定値の精度評価値

表-12 2条件混合に対する精度評価値

2条件混合	RMSE (台/青1時間)	過大評価 (%)	±5%以内 (%)	過小評価 (%)
設計値以下	190	78.5	20.7	0.8
設計値近傍	233	0.2	8.0	91.8
設計値以上	271	0.0	0.0	100.0
設計値遠方	166	0.0	35.9	64.1

設計値以下の 2 条件混合の場合、**RMSE** は比較的小さいが、過大評価側に大きく偏っている為、精度は低い。また、設計値以上の場合、**RMSE** が高く、過小評価に大きく偏っている為、精度は低い。設計値を挟み込むような設計値遠方では **RMSE** が低く、比較的過大、過小の偏りは小さい。したがってこのような条件においては精度

が高いといえる。また、同様に設計値を挟み込むような設計値近傍では、RMSE は比較的高めであり、過小評価に大きく偏っているため、精度が高いとは言えない。

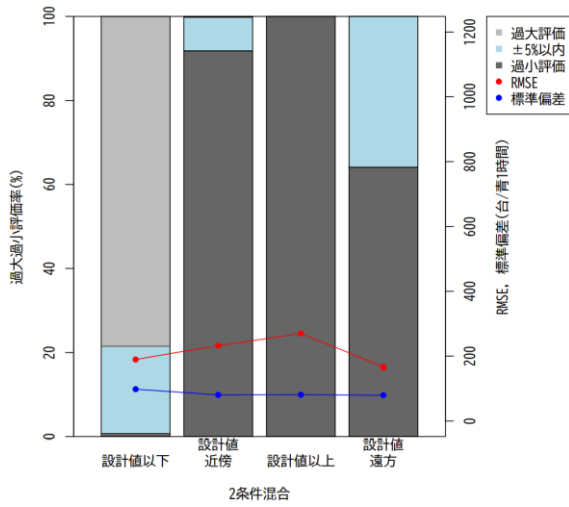


図-18 2混合条件の変化と SFR 設定値の精度評価値

e) case5 4条件混合

図-19, 図-20, 表-13 に設計条件と異なる 4 条件での観測 SFR から算出した設定 SFR の結果を示す。

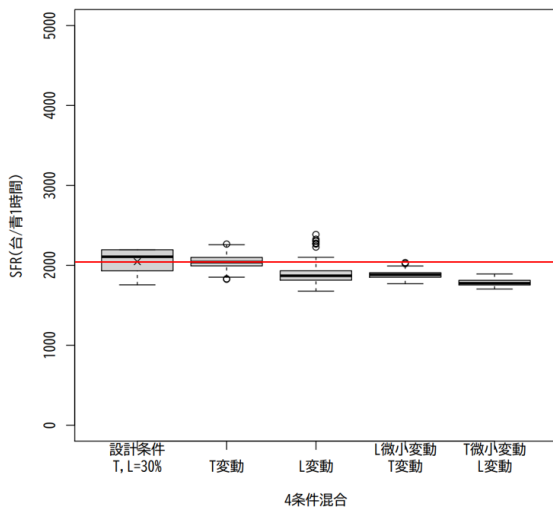


図-19 4混合条件の変化と SFR 設定値の分布

表-13 4条件混合に対する精度評価値

4条件混合	RMSE (台/青1時間)	過大評価(%)	±5%以内(%)	過小評価(%)
T変動	82	10.7	80.7	8.6
L変動	191	1.8	21.1	77.0
L微小変動 T変動	173	0.0	15.4	84.6
T微小変動 L変動	267	0.0	0.0	100.0

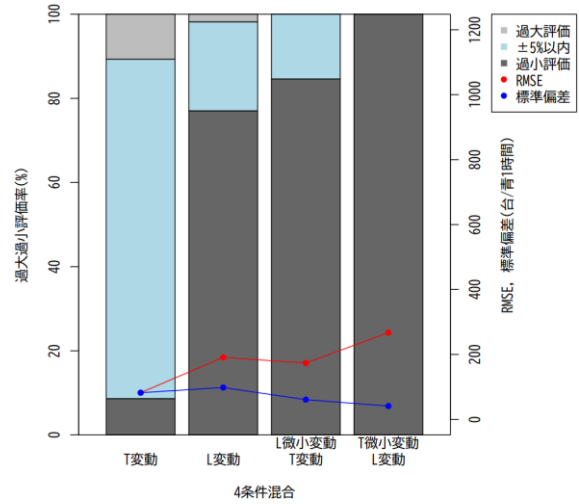


図-20 4混合条件の変化と SFR 設定値の精度評価値

T が変動する条件において、最も RMSE が小さくなった。一方で L が変動する条件では過小評価側に偏りつつ、RMSE は T 変動と比べて大きくなった。また、L 微小変動 T 変動の条件よりも T 微小変動 L 変動の条件の方が過小評価側に偏り、RMSE が大きくなった。したがって 4 条件を混合する場合、大型車混入率 T が異なる 4 条件を混合すると精度が高くなるといえる。

f) case6 全条件混合

図-21, 表-14 に設計条件と異なる全条件での観測 SFR から算出した設定 SFR の結果を示す。

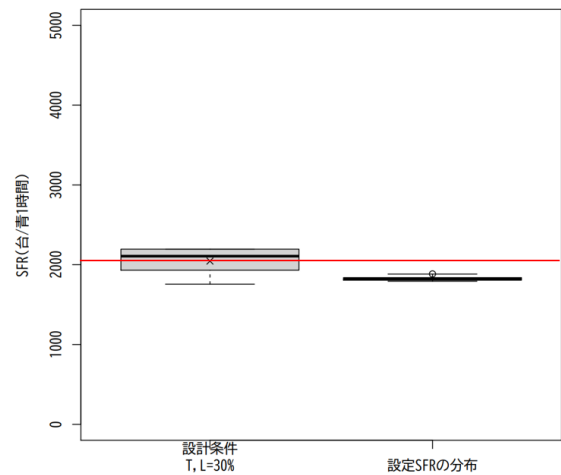


図-21 全混合条件における SFR 設定値の分布

表-14 全条件混合に対する精度評価値

RMSE (台/青1時間)	過大評価(%)	±5%以内(%)	過小評価(%)
221	0.0	0.0	100.0

これまでの2条件混合や4条件混合と比較すると、過小評価に完全に偏っており、RMSE に関しても精度が高いとは言えない。したがって、異なる混合条件数を増やすほど精度が向上するとは言えない。

g) case7 観測サイクル数

図-22, 図-23, 表-15に観測 SFR のサンプル数が異なる観測データから算出した設定 SFR の結果を示す。

表-15 観測サイクル数の変化に対する精度評価値

観測サイクル数	RMSE (台/青1時間)	過大評価(%)	±5%以内(%)	過小評価(%)
19	189	52.0	38.2	9.8
38	169	47.2	39.0	13.8
76	144	43.2	46.1	10.7
114	132	38.6	54.2	7.2

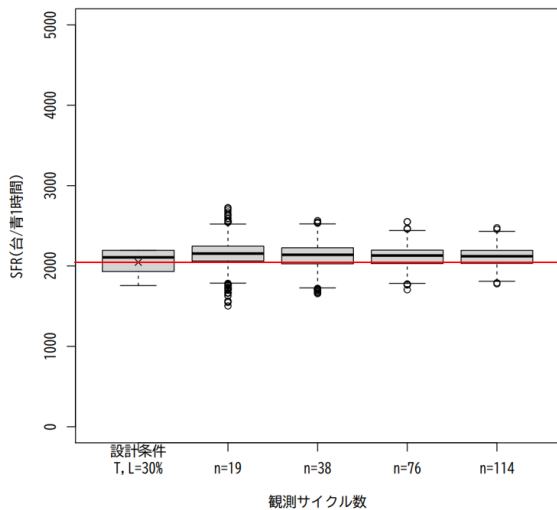


図-22 観測サイクル数の変化と SFR 設定値の分布

観測サイクル数が多いほど過大、過小の偏りは小さくなり、RMSE も小さくなっている。したがって、観測サイクル数が多いほど精度は高くなるといえる。

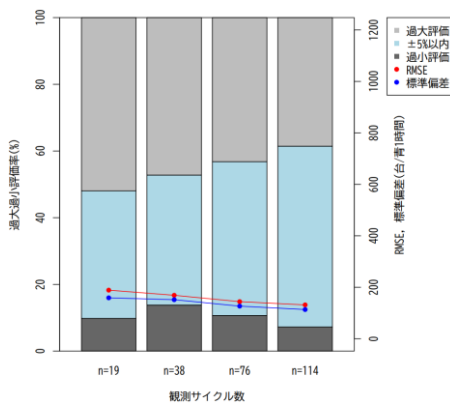


図-23 観測サイクル数の変化と SFR 設定値の精度評価値

5. 結論

本研究では、交通シミュレーション結果を用いて、ガンマ分布を適用したときの特性分析を行い、設定手法により観測データを処理して得られた設定 SFR の精度を検証することにより、その適用可能性について考察した。

本研究で得られた成果を以下に示す。

まず、交通シミュレーションのデータを用いて、ガンマ分布を用いた平均車頭時間分布の適用について検討を行い、期待値を LT の線形結合により設定するモデルが成立することを確認した。

また、上記モデルを用いて、観測 SFR データから SFR を設定する手法を検証した。ある一定条件の観測データを用いる場合、観測された左折率 L や大型車混入率 T が設計値と差異が小さい場合には一定の推定精度が確保できるが、差異が大きい場合は精度が低くなった。また、複数条件のデータを混合する場合には、より差異のある条件のデータを混合した方が推定精度が確保できることなどがわかった。上記の条件以外では、モデル適用による推定精度の確保には限界があることがわかった。さらに、観測サイクル数に関しては、多いほど推定精度が確保できることが示された。

今後の展望としては、右折車滞留によるブロッキングや需要変動などといった SFR の設定を困難にするような交通現象をシナリオに入れた分析を行うことや、今回あまり深堀りできなかった車線別および断面ベースで SFR を算出することの利点や欠点についてさらなる検証をおこなうことが挙げられる。

参考文献

- 1) 一般財団法人交通工学研究会：平面交差点の計画・設計基礎編 ～計画・設計・交通信号制御の手引き～第 1 版, pp.125-129
- 2) 一般財団法人交通工学研究会：道路交通必携 2018, p.97, pp.131-151
- 3) 鹿田成則, 片倉正彦, 大口敬, 河合芳之, :飽和交通流率の基本値変動の実態解析
- 4) 青山恵理：信号交差点における飽和交通流率の変化とその要因に関する研究
- 5) 鹿田成則, 片倉正彦, 大口敬：信号交差点における飽和交通流率の変動と基本特性, 土木計画学研究会論文集 No.14, pp.877-882, 1997.9

(Received ?)
(Accepted ?)

Estimation method of saturation flow rate for shared left-turn lane using probability distribution of average headway

Tsubasa TAKAHASHI, Hiroyuki ONEYAMA and Masami YANAGIHARA

In this research, as a method of setting saturation flow rate from observed data, we propose a model that estimates using probability distribution of the average headway, which is the reciprocal of saturation flow rate. We applied the gamma distribution as probability distribution of average headway and built a model that expresses parameters using large car mixing ratio and left-turn mixing ratio as factors affecting average headway then we proposed method to calculate the average headway and saturation flow rate by substituting large car mixing ratio and left-turn mixing ratio which we want to set. For this method, we conducted an experiment using traffic flow simulation VISSIM targeting a general intersection with shared left-turn lane and estimated parameters of the probability distribution model of average headway. Using this, we estimated saturation flow rate, verified its accuracy, and considered applicability of those method.