

ミクロ交通流シミュレータ VISSIM による 高速道路サグ部渋滞現象再現性の定性評価

中井 万理子¹・塩見 康博²

¹学生員 立命館大学大学院 理工学研究科 環境都市専攻 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1)

E-mail:rv0046hs@kankyosystem.jp

²正会員 立命館大学 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1)

E-mail:shiomi@fc.ritsumeai.ac.jp

我が国では、交通渋滞による時間損失は移動時間の約4割といわれており、高速道路における渋滞発生箇所約58%をサグ部が占めているといわれている。交通流シミュレーションはハード面及びソフト面共に対応可能な解決策の検討ツールとして有効である。しかしながら、サグ渋滞は比較的我が国固有の課題であり、世界的に普及している商用のシミュレーションツールではサグ渋滞の再現は容易ではない。そこで本研究では、ミクロ交通流シミュレータ VISSIM を使用して高速道路サグ部における渋滞現象を再現するための手順を示すことを目的とする。

本研究では、シミュレータに搭載されている様々なパラメータの調整による定性的なサグ渋滞の再現を行う。道路勾配の影響を表現するパラメータ及び運転挙動に影響するパラメータの抽出・分析、また相互作用が発生すると考えられるパラメータの分析結果から、サグ部における渋滞を再現する上での適切なパラメータ調整方法を示した。

Key Words : Sag, Traffic Congestion, Bottleneck, Simulation, VISSIM

1. はじめに

(1) 背景

日本の高速道路における渋滞発生箇所の約58%をサグ部が占めているといわれている。サグ部とは下り勾配から上り勾配にさしかかる区間をさす。上り勾配におけるドライバーの無意識の速度低下が原因で後続車との車間距離が縮み、後続車にブレーキが連鎖することが、渋滞が発生するメカニズムである。これに加え、経年的にサグ部における交通容量が低下¹⁾していることが判明している。これについては、高齢ドライバーの増加や自動車の性能の変化等が原因となっている可能性があると考えられる。

こういったサグ部における問題に対して、道路拡張に伴う付加車線設置による車線の増設などが行われ、交通容量を高める解決策が実施されている。しかし、都市部近郊といった道路拡幅が困難な箇所も多く、多大な費用と時間がかかってしまうという問題がある。一方、近年開発が進められているコネクティッド車両や自動走行車両の普及を想定し、それらの車両の車間距離や加速度といった挙動を制御することで渋滞の緩和を図る対策が注目されている。そういった対策を検討する際には、ミクロ交通流シミュレータを用いてサグ渋滞を再現し、多様な制御手法を検討することが有効な手段となる。しかし、

現状として VISSIM をはじめとする商用シミュレーションソフトではサグ部における渋滞の再現が難しく、一般的にサグ部の渋滞対策を検討するには独自のシミュレーションを開発して検討する事例が多い。このような場合、シミュレーションの開発コストがかかるため、対策の検証をする上で障壁となる。そこで本研究では、商用シミュレーションソフト VISSIM を使用したサグ部の渋滞の再現に影響するパラメータの設定を明らかにすることは重要な意義をもつと考えた。

(2) ミクロ交通流シミュレータ VISSIM について

VISSIM は高速道路及び公共交通に対応可能なミクロ交通流シミュレータであり、自由度が高く、精度の高いシミュレーションが可能となっている。車両の走行に関するパラメータについて、①重量分布・パワー分布、②希望速度分布、③加速度・減速度関数、④追従挙動パラメータの4点があげられる。①は、発生する車両及び出力パワーに対して割り当てる重量を確率分布で表現したものである。この二つの分布に関しては車両性能を大型車に設定した場合のみ操作可能なパラメータである。②は車両の希望速度を確率分布で表現したものである。③は、車両の速度に対する加速度及び減速度の値を関数として表現したものである。④は、Wiedemann の追従モ

デルを基にした、追従時の運転挙動を操作するパラメータである。

(3) 本研究の目的

VISSIMには膨大な数のパラメータが存在し、これらのパラメータがサグ部における運転挙動にどのように影響するのかが不明であり、さらにパラメータ同士で相互作用が発生する可能性があることも考えられる。これより、本研究では、VISSIM上に作製したサグ部における渋滞及び交通容量の低下に影響するパラメータを追求し、パラメータの制御によるサグ部の渋滞現象の再現方法について提案することを目的とする。研究方法として、はじめに道路勾配の影響を表現するパラメータの抽出及び分析を行う。極端な道路勾配に設定したサグ部を作製し、シミュレーション動画及び車両軌跡から上り勾配にて速度低下が発生する車両を特定する。その後減速した車両を特徴づけるパラメータを抽出し、そのパラメータの設定値の変動による影響について分析する。次に運転挙動に影響するパラメータの感度分析を行う。道路勾配の影響を表現するパラメータを除いた各パラメータが、上り勾配における運転挙動にどのように影響するのかがについて、分析を行う。続いて、感度分析より相互作用が発生すると考えられるパラメータを抽出し、相互作用の分析を行う。ここでは、COMインターフェース（Pythonなどの外部プログラムを使用してVISSIMを操作する機能）を使用して、各パラメータに複数の値を与えた上で総当たりのパターンでのシミュレーションを実行する。これらの分析から得られた結果より、サグ部の渋滞現象を再現する際の各パラメータの適切な設定値について提案する。

2. サグ渋滞の特徴と再現に係わる条件

各パラメータの影響を調べるためシミュレーション結果を定性的に評価する際、シミュレーション毎に出力される断面データ及び車両個別データより作成した車両軌跡図及びFundamental Diagram（以下FD）より評価を行う。その評価基準として、サグ部における渋滞発生メカニズム²⁾より6項目の評価基準を作成した。①勾配の影響による速度低下では、速度低下発生箇所が上り勾配にあたる部分であるかどうかを評価する。②減速波の上流への伝播では、発生した減速波が上流へ伝播しているかどうかを評価する。③極端な車両停止の発生しにくさでは、急激な速度低下などが原因で大規模な渋滞が発生し、車両が長時間停車してしまう現象の起きにくさを評価する。④追突の発生しにくさでは、パラメータの設定上極端に加速度の小さい車両や、希望速度と減速度のバランスが悪い場合などに車両の追突が発生する現象の起きにくさを評価する。⑤交通容量の低下では、影響を分析するパラメータをデフォルト値に設定した場合と比較して交通容量が低下している

かどうかについて評価する。⑥軌跡の自然さでは、上り勾配に関係なく頻繁に速度低下が発生するなど、現実的でない車両軌跡となっていないかどうかを評価する。以上6項目について、各項目0～3点で評価し、合計値を総合的な評価結果とする。以下に各項目の点数の基準を示す。

- ① 勾配の影響による速度低下
 - 0：速度低下が発生しない
 - 1：上り勾配ではないところから速度低下が発生する
 - 2：上り勾配を含む複数の箇所から速度低下が発生する。
 - 3：上り勾配から速度低下が発生する。
- ② 減速波の上流への伝播
 - 0：速度低下及び伝播が発生しない。
 - 1：短距離で減速波が発生する。
 - 2：微かに減速波が上流へ伝播する。
 - 3：はっきりとした減速波が上流へ伝播する。
- ③ 極端な車両停止の発生しにくさ
 - 0：車両停止による渋滞が発生し、長時間、長距離にわたって渋滞が延びていく。
 - 1：車両停止が発生し、比較的長時間渋滞が続く。
 - 2：短時間の車両停止が発生し、ほぼ一定の短距離の渋滞を保つ減速波の伝播がみられる。
 - 3：短時間かつ短距離の車両停止もしくは速度低下が発生し、それが上流へと伝播する。
- ④ 追突の発生しにくさ
 - 0：多くの車両で複数回追突が発生する。
 - 1：いくつかの車両で複数回追突が発生する。
 - 2：数回追突が発生する。
 - 3：追突は発生しない。
- ⑤ 交通容量の低下
 - 0：交通容量が低下しない。
 - 1：少し交通容量が低下するが、サグ部を原因とした速度低下によるものではない。
 - 2：サグ部における速度低下を原因として、少し交通容量が低下する。
 - 3：サグ部における速度低下を原因として、大幅に交通容量が低下する。
- ⑥ 軌跡の自然さ
 - 0：波打つ不自然な軌跡が描かれる。
 - 1：発生した減速波が流入部に停滞し、流入車両数が大幅に減少する。
 - 2：上り勾配で減速するが、そのまま速度は回復しない。
 - 3：上り勾配で減速し、その後速度が回復する。

3. 道路勾配の影響を表現するパラメータの抽出・分析

(1) 勾配に影響するパラメータの抽出

サグ部の道路勾配の影響を表現するパラメータを抽出するため、極端な勾配をもつ簡易的な道路構造のサグ部を作成し、シミュレーションを行った。道路構造は、勾配のない水平な道路が約200m、下り坂(勾配-10%)が約250m、サグ底が約100m、上り坂(勾配10%)が約250m、再び水平な道路が約200mとなっている道路作製時に設定する項目については、車線数は1車線に設定し、運転挙動パラメータ(Driving Behavior)は高速道路(Freeway)を選択し、追従モデルはWiedemann99を選択している。その他のパラメータの設定は変更せず、デフォルト値とする。

図-1に大型車を赤線、小型車を黒線で表した車両軌跡を示す。これより上り坂にて車両の速度低下が確認されたが、特に大型車の速度低下が比較的大きいことが分かる。大型車では、車両の重量分布・パワー分布を設定することができ、また加速度関数及び減速波関数が下り坂では勾配1%につき $+0.1m/s^2$ 、登り坂では勾配1%につき $-0.1m/s^2$ 変化するように設定されているパラメータであることから、上り勾配における速度低下に影響するパラメータであると考えた。すなわち、全車両をシミュレーションの設定上は大型車とし、重量分布とパワー分布で車種特性を表すことが有効であると考えられる。

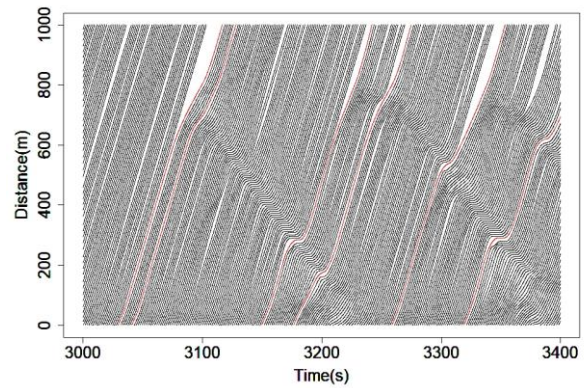


図-1 2500 台/時の車両軌跡

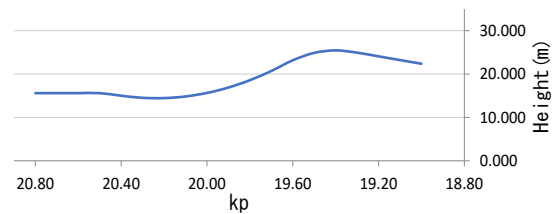


図-2 設定した道路構造

表-1 重量分布・パワー分布に設定する値

Pattern	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Power (kW)	20	20	20	25	25	25	30	30	30
Weight (kg)	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000

(2) 実在するサグの道路構造を用いた分析

a) シミュレーション設定

重量分布・パワー分布の変動による影響を分析するため、阪神高速道路深江サグの道路構造を使用して、図-2に示す約1800mの道路をVISSIM上で作製した。シミュレーション時間は3時間(10800秒)とし、30分ごとに800台/時ずつ交通量を増加させる。また、この時車両発生時の乱数シードは固定する。パラメータに与える条件の変動による影響を分析しやすくするため、交通構成(Vehicle Composition)については、全車両において重量分布及びパワー分布の操作が可能となるよう、全て同質の車両(車種(Category)を大型車(HGV)、車両モデル(Vehicle Model)を小型車(Car)に設定した車両)とする。その他運転挙動に係わるパラメータについてはすべてデフォルト設定とする。

重量分布・パワー分布については共に確率分布で設定するパラメータとなっているが、確率分布で設定した場合、重量及びパワーの値がランダムに割り当てられてしまい、影響の分析に支障が出るため、最小値及び最大値を僅差にし、固定値として設定する。表-1に設定する値を示す。

b) デフォルト設定時のシミュレーション結果

実在するサグの道路構造において、すべてデフォルト設定にした場合の車両軌跡を図-3に示す。小型車、大型車共に速度低下は見られず、デフォルト設定の場合は勾配の影響を受けずに走行することが判明した。

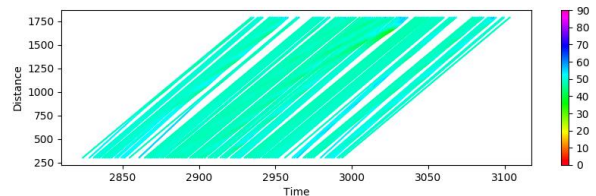


図-3 デフォルト設定時の車両軌跡

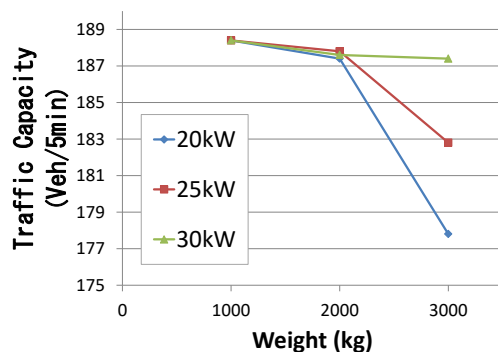


図-4 重量分布及びパワー分布の変動による交通容量の変化

c) 重量分布及びパワー分布を変動させた場合のシミュレーション結果

断面データから出力される発生車両数より交通容量を計算した結果、図-4に示すようにパワーの減少が重量の増加による交通容量の減少に影響することが判明した。これは、重力の関係で重量の大きさが

上り坂を走行する際に必要なパワーの大きさに直接関わること、またパワーの大きさが上り坂を走行する際に速度を一定に保つためにかけられるアクセルの大きさに直接関わるのが原因と考えられる。

4. 運転挙動に関するパラメータの感度分析

(1) 感度分析におけるシミュレーション設定

重量分布・パワー分布以外の運転挙動に関するパラメータがどのような影響を与えるのかについて、感度分析を行う。道路構造は図-2に示したも通りである。シミュレーション時間は3時間(10800秒)とし、30分ごとに800台/時ずつ交通量を増加させる。このとき、車両発生時の乱数シードは固定する。交通構成 (Vehicle Composition) については、全車両において重量分布及びパワー分布の操作が可能となるよう、全て同質の車両 (車種 (Category) を大型車 (HGV) , 車両モデル (Vehicle Model) を小型車 (Car) に設定した車両) とする。また、重量分布・パワー分布については、変動による影響を除去するため、重量分布を3000kg, パワー分布を20kWに固定する。その他の運転挙動に関するパラメータについては、分析するパラメータのみ変動させて、それ以外のパラメータはデフォルト値とする。

(2) 希望速度分布の感度分析

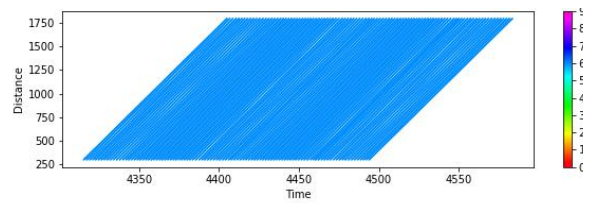
希望速度分布は確率分布で設定するパラメータであるため、平均速度を60km/hとした正規分布を作成し、標準偏差0から15を5刻みで変動させることによって分析を行う。

その結果、図-5に示すように標準偏差の増加に伴い減速波の発生数が増加することが判明した。これは標準偏差の増加に従って後続車両の前方車両に対する速度差 (特に前方車両の希望速度が遅く、後続車両の希望速度速い場合) が発生しやすくなり、後続車両が希望速度と減速を繰り返す回数が増加するため、速度低下の回数が増加すると考えられる。しかし、標準偏差10及び標準偏差15の場合、各車両速度低下が複数回発生することにより波打つような不自然な軌跡となった。また、FDより交通容量の低下も確認された。図-6に評価結果を示す。このグラフについては、棒グラフは各パラメータ設定値における評価する各項目ごとの点数を示しており、それらの合計値を折れ線グラフで示している。これらにより、希望速度分

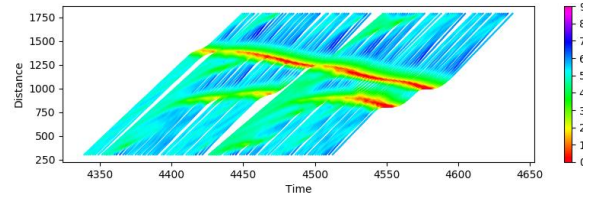
布については平均速度60km/h, 標準偏差5が妥当な設定であると考えられる。

(3) 加速度関数・減速度関数の感度分析

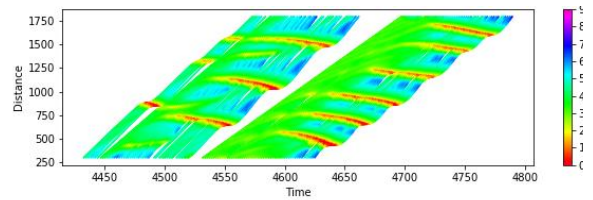
加速度関数及び減速度関数は共に関数を自由に設定するパラメータである。加速度関数は、図-7のデフォルト設定に加え、図-8、図-9に示す小型車プロ



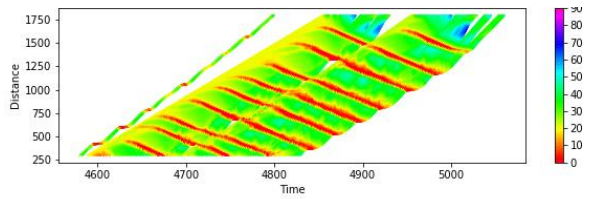
(a) 標準偏差 0 設定時



(b) 標準偏差 5 設定時



(c) 標準偏差 10 設定時



(d) 標準偏差 15 設定時

図-5 希望速度分布と車両軌跡の関係

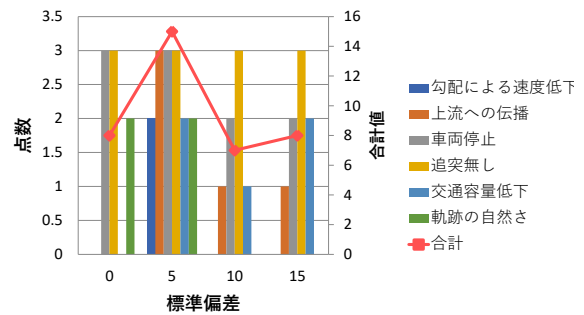


図-6 希望速度分布の評価結果

ープデータ) より作成したサンプル1, サンプル2の2種類の関数を加えた3パターンの関数を変動させる。減速度関数については、高速道路において急ブレーキが発生しない程度の減速度となるようにするため、 -1.0m/s^2 に固定する。

その結果、図-10に示すようにデフォルト設定時と比較してサンプル1の場合、急激な速度低下が発生し、それをきっかけとして長時間に及ぶ車両停止が発生している。また、急激な速度低下については、

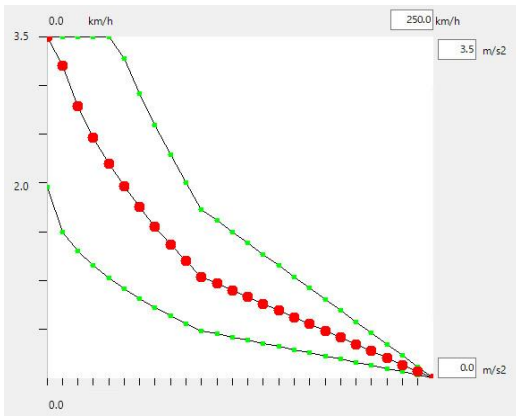


図-7 加速度関数 (デフォルト設定)

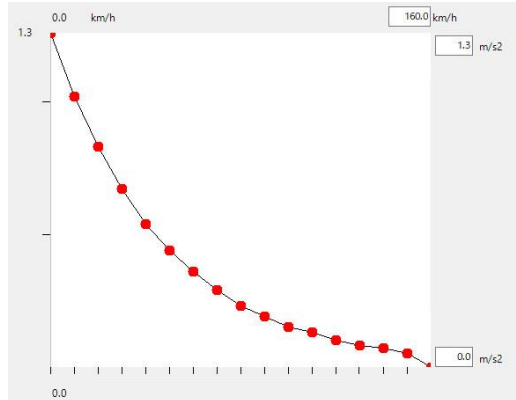


図-8 加速度関数 (サンプル 1)

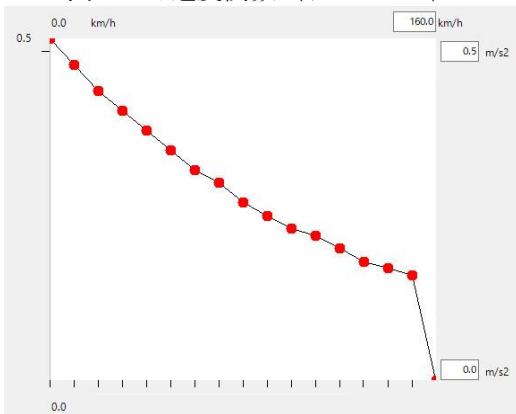


図-9 加速度関数 (サンプル 2)

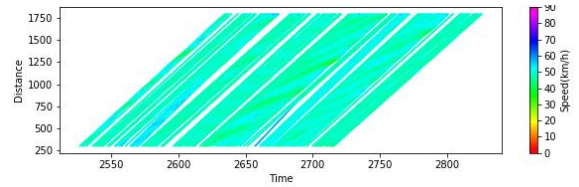
設定している減速度では不可能な速度低下となっているため、車両の追突が発生していると考えられる。これに対し、サンプル2の場合デフォルト設定時と比較して、車両流入時と比較して上り坂にさしかかる場所付近から速度低下が発生していることがわかる。

これらに加え、FDより交通容量がデフォルト設定、サンプル1、サンプル2の順で減少する様子が確認された。図-11に評価結果を示す。サンプル2を妥当なパラメータ設定とする。

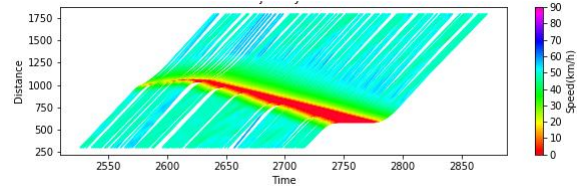
(4) 追従挙動パラメータの感度分析

a) 追従挙動パラメータについて

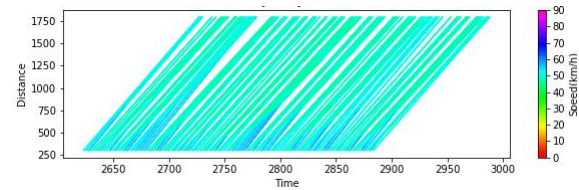
追従挙動パラメータは主に12項目で構成されており、それらの設定に応じて前方車両に対する運転モ



(a) 加速度関数デフォルト設定時



(b) 加速度関数サンプル 1 設定時



(c) 加速度関数サンプル 2 設定時

図-10 加速度関数の車両軌跡の関係

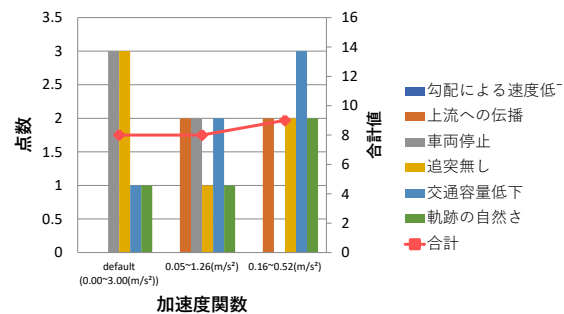
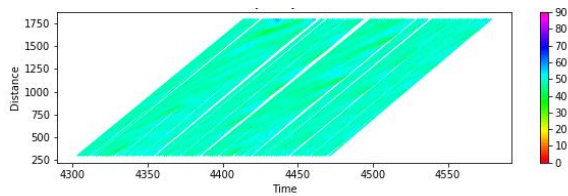


図-11 加速度関数の評価結果

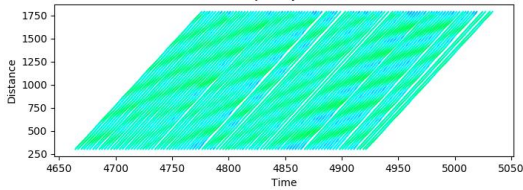
ードが自由走行、追従、減速、緊急停止の4つの中から随時選択される。追従挙動パラメータに含まれるパラメータとして、車両を認識できる距離 (Look ahead distance), 認識できる車両の台数 (Observed vehicles), 車間距離 (CC0), 車頭間隔 (CC1), 車間距離から振動する距離 (CC2), 前方車両の速度を認識する時点 (CC3), 前方車両との正の速度差 (CC4), 前方車両との負の速度差 (CC5), 速度の振動値 (CC6), 振動時の加速度 (CC7), 停止状態からの加速度 (CC8), 80km/h時の加速 (CC9) となっている。本研究では、特にパラメータの感度が認められた車頭間隔 (CC1), 車間距離から振動する距離 (CC2), 振動時の加速度 (CC7) の3項目について感度分析の結果を述べる。

b) 車頭間隔 (CC1) の感度分析

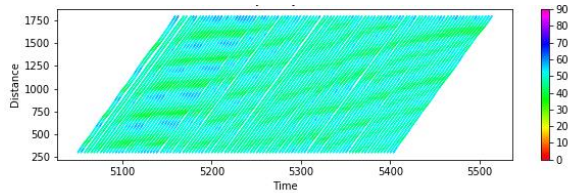
車頭間隔 (CC1) は固定値もしくは確率分布で設



(a) 0.9s 設定時 (デフォルト)



(b) 1.9s 設定時



(c) 2.9s 設定時

図-12 車頭間隔 (CC1) と車両軌跡の関係

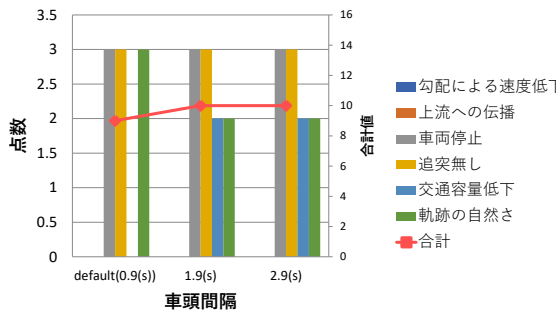
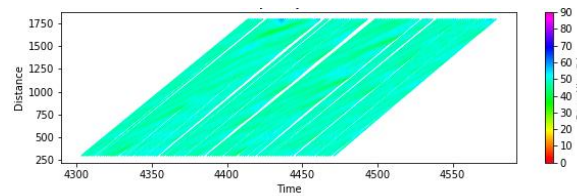


図-13 車頭間隔 (CC1) の評価結果

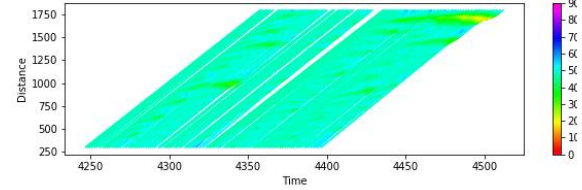
定するパラメータとなっている。しかし、デフォルトで設定されている車頭間隔に加えて新しく車頭間隔を作成する場合、確率分布で設定するパラメータとなっているため、固定値で設定されたデフォルト設定 (0.9s) の他、最大値と最小値の値を僅差とすることにより固定値とみなした値を2つ (1.9s, 2.9s) 作成して感度分析を行う。

その結果、図-12に示すように車頭間隔が長くなるにつれて発生車両数が減少することが判明した。しかし、速度低下などは確認されなかった。またFDより、車頭間隔が長くなるにつれて交通容量が大幅に減少することが確認された。また、図-13に評価結果を示す。

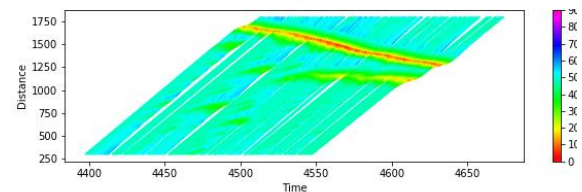
c) 車間距離から振動する距離 (CC2) の感度分析
 車間距離から振動する距離 (CC2) とは、前方車両に追従している際に、希望する車間距離から前後する距離の最大値を設定するパラメータである。固



(a) 4.0m 設定時 (デフォルト)



(b) 0.0m 設定時



(c) 8.0m 設定時

図-14 車間距離から振動する距離 (CC2) と車両軌跡の関係

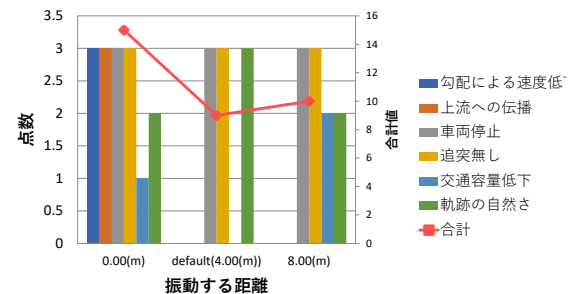


図-15 車間距離から振動する距離 (CC2) の評価結果

定値で設定するパラメータとなっているため、デフォルト値 (±4.0m) の他に2つの固定値 (±0.0m, ±8.0m) を作成して感度分析を行った。

その結果、デフォルト値と比較して、0.0mに設定した場合、図-14(b)に示すように減速波が確認された。これは、振動する距離が短くなることにより希望する車間距離を保とうとするため、前方車両の影響を受けやすくなることにより、速度低下及び減速波が発生しやすくなることが原因と考えられる。しかし、速度低下が上り勾配を過ぎた下流の方から

発生していることから、上り勾配の影響が反映されるまで時間のかかるパラメータであると考えられる。また、8.0mに設定した場合、発生車両数が減少する様子が確認されたが、図-14(c)に示すように速度低下は発生しなかった。これは、希望する車間距離から大きく開く車両が発生することにより、車両流入部で渋滞が発生することが原因と考えられる。また、速度低下は発生しないことについては、振動する距離が長くなることにより希望する車間距離とは関係なく走行ようになるため、前方車両の影響を受けにくくなり、速度低下が発生しにくくなると考えられる。またFDについては、デフォルト設定時と比較して0.0m設定時に交通容量がやや増加し、8.00m設定時にやや減少する様子が確認された。また、図-15に評価結果を示す。

d) 振動時の加速度 (CC7) の感度分析

振動時の加速度 (CC7) とは、前方車両に追従している際に、希望する車間距離から前後する動作時の加速度を設定するパラメータである。固定値で設定するパラメータであるため、デフォルト値 (0.25m/s²) の他に2つの固定値 (0.05m/s², 0.45m/s²) を作成して感度分析を行った。

その結果、図-16に示すように0.05m/s²設定時のみ減速波が確認された。これは、加速度が小さくなったことにより希望する車間距離からの変動が小さくなるため、前方車両の影響を受けやすくなり、速度低下が発生しやすくなることが原因であると考えられる。また、減速波及び速度低下が上り勾配付近から発生していることから、勾配の影響を受けるパラメータであると考えられる。また、図-17に評価結果を示す。

5. 追従挙動パラメータの交互作用分析

感度分析より、追従挙動パラメータに含まれるパラメータ間で交互作用が発生する可能性があること示唆したため、Pythonを使用したCOMインターフェースによって、各パラメータ3種の値を設定し、総当たりの全27パターンでのシミュレーションを実施した。

その結果を評価し、点数の変動を分析したところ、図-18(a)、図-18(b)に示すように車頭間隔 (CC1) が2.00sから3.00sに設定した場合、車間距離から振動する距離 (CC2) 及び振動時の加速度 (CC7) の点数が最大値になることが判明した。また、図-18(c)、図-18(d)に示すように、車間距離から振動する距離 (CC2) の値の低下に伴い、車頭間隔 (CC1) 及び振動時の加速度 (CC7) の点数が増加することが判明した。これにより、これら3つのパラメータ間で交互作用が発生することが確認された。

これらの結果より、車頭間隔 (CC1) が2.00sから3.00s、車間距離から振動する距離 (CC2) が2.0m、振動時の加速度 (CC7) が0.05m/s²に設定した場合

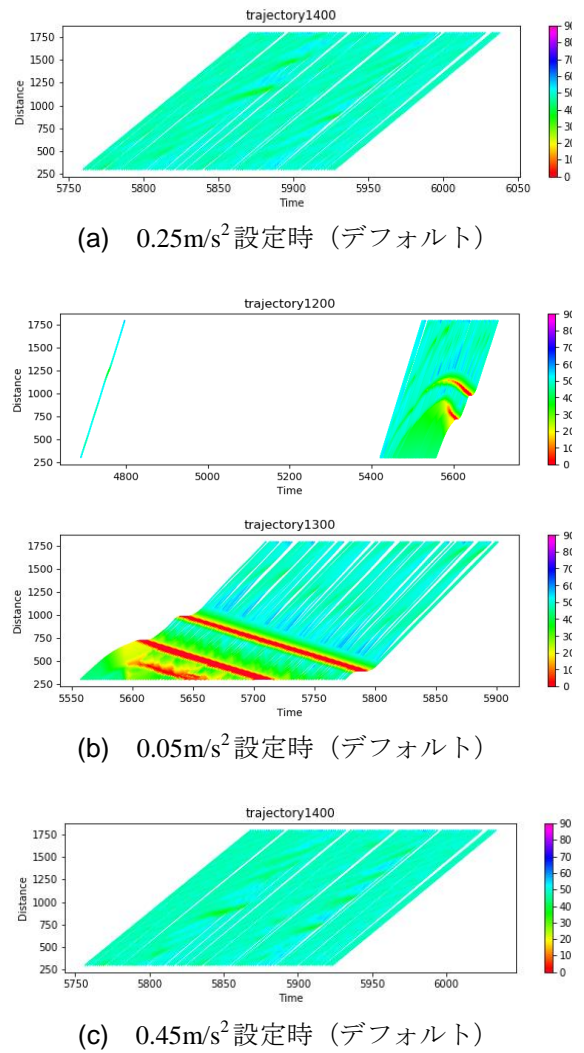


図-16 振動時の加速度 (CC7) と車両軌跡の関係

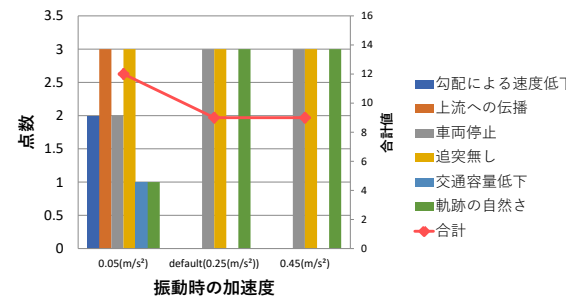


図-17 振動時の加速度 (CC7) の評価結果

が妥当な設定であると考えられる。

6. まとめと今後の課題

本研究では、ミクロ交通流シミュレータVISSIMを使用した高速道路サグ部における渋滞の再現のためのパラメータ調整方法を確立した。その結果を以下に示す。

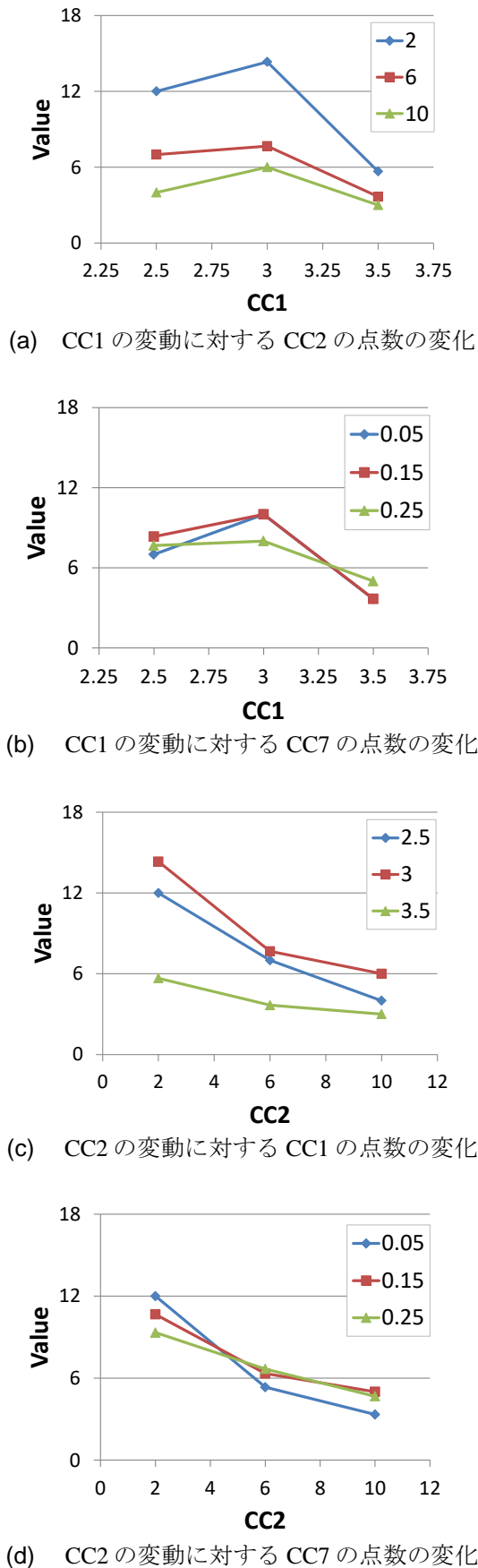


図-18 交互作用分析結果の点数の変動

表-2 各パラメータ設定値

重量分布	3000 kg
パワー分布	20 kW
加速度関数	0.16 - 0.52 m/s ²
減速度関数	- 1.0 m/s ²
希望速度分布	平均速度 60 km / h 標準偏差 5
車頭間隔 (CC1)	2.00 - 3.00 m/s ²
車間距離から 振動する距離 (CC2)	2.00 m
振動時の加速度 (CC7)	0.05 m/s ²

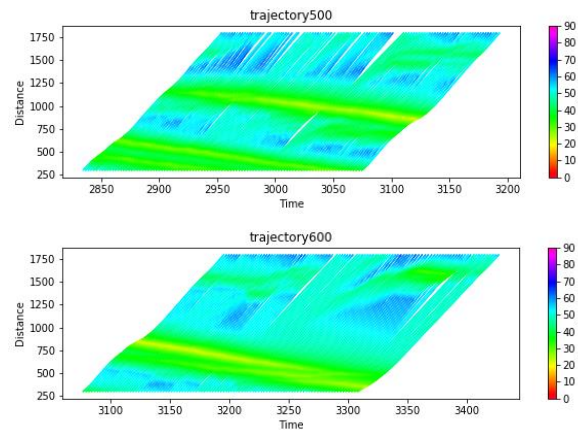


図-19 妥当なパラメータ設定時の車両軌跡

めのパラメータ調整方法を確立した。その結果を以下に示す。

- (1) 道路勾配の影響を表現するパラメータ運転挙動に関するパラメータの抽出・分析より、重量分布及びパワー分布が最も勾配の影響を受けやすく、さらにパワーの減少が重量の増加による交通容量の減少に影響することが判明した。
- (2) 希望速度分布の感度分析より、標準偏差の増加に伴い減速波の発生数が増加することが判明した。
- (3) 加速度関数・減速度関数の感度分析より、加速度の最大値が減少すると速度低下後の速度回復が鈍くなり、さらにそれによって発生した渋滞が流入部で停滞することにより車両発生数が減少する。
- (4) 車頭間隔 (CC1) の感度分析より、速度低下などは確認されなかったものの、車頭間隔が長くなるにつれて発生車両数が減少することが判明した。
- (5) 車間距離から振動する距離 (CC2) の感度分析より、0.0mに設定した場合、減速波が確認され、さらに減速波が上り勾配付近から発生していることから、勾配の影響を受けるパラメ

ータであると考えられる。また、8.0mに設定した場合、発生車両数が減少する様子が確認されたが、速度低下は発生しなかった。

- (6) 振動時の加速度 (CC7) の感度分析より、 0.05m/s^2 設定時のみ減速波が確認された。また、減速波及び速度低下が上り勾配付近から発生していることから、勾配の影響を受けるパラメータであると考えられる。
- (7) 追従挙動パラメータの交互作用分析より、車頭間隔 (CC1) が2.00sから3.00sに設定した場合、車間距離から振動する距離 (CC2) 及び振動時の加速度 (CC7) の点数が最大値になることが判明した。また、車間距離から振動する距離 (CC2) の値の低下に伴い、車頭間隔 (CC1) 及び振動時の加速度 (CC7) の点数が増加することが判明した。これらの結果より、上記3つのパラメータ間で交互作用が発生することが確認された。

これらの結果より、表-2に示す値が各パラメータに与える妥当な設定であると考えられる。図-19に妥当な設定時の車両軌跡を示す。車両軌跡より、上り勾配から速度低下が発生し、上流へ伝播の様子が確認された。

課題として、妥当なパラメータ設定時において減速波の伝播速度が遅いことや、渋滞時の最低速度が20km/h程度であることがあげられる。また、感度分析を行ったパラメータについて、勾配の影響が反映されにくい状態であることも確認された。今後はこれらの課題を解決するため、追従挙動パラメータ以外のパラメータについても交互作用の分析を行うなど、勾配の影響を高めるパラメータを模索する必要がある。さらに、確率分布での設定が可能であるパラメータについては、確率分布の変動による影響についても分析する必要がある。このように今後分析するシミュレーション結果が膨大な数となっていくため、シミュレーション結果を自動で評価するプログラムや、評価に基づき各パラメータの設定を自動で行うシステムの作成が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 塩見康博, 北村彩菜: 交通容量の経年変動を考慮した速度回復誘導灯設置効果の分析, 交通工学論文集, 3巻 (2017) 2号 p. A_92-A_100.
- 2) Jian Xing, 越正毅: 高速道路のサグにおける渋滞現象と車両追従挙動の研究, 土木学会論文集, No.506/IV-26, pp.45-55, 1995.
- 3) G. Ros, B., Knoop, V., Shiomi, Y., Takahashi, T., van Arem, B., and Hoogendoorn, S.P.: Modeling traffic at sags, International Journal of ITS Research, pp.1-11, 2014.
- 4) 牧野浩志, 鈴木一史, 鹿野島秀行, 山田康右, 堀口良太: 車線変更行動に着目したサグ部渋滞発生要因の分析と渋滞対策アプローチ, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 71(5), I_1001-I_1009, 2015.
- 5) Jin, W.: Kinematic wave models of sag and tunnel bottlenecks. Transportation Research Part B: Methodological Vol.107, pp.41-56, 2018.
- 6) 鈴木一史, 山田康右, 堀口良太, 岩武宏一: 高速道路サグ部渋滞対策に資する ACC の将来性能と渋滞緩和効果, 交通工学論文集 1(2), B_60-B_67, 2015.
- 7) Koshi, M., Iwasaki, M., Ohkura, I., 1983. Some findings and an overview on vehicular flow characteristics. In: Hurdle, V. F., Hauer, E., Steuart, G. N. (Eds.), Proceedings of the Eighth International Symposium on Transportation and Traffic Theory, University of Toronto Press, Toronto, 403-451.
- 8) Ozaki, H., 1993. Reaction and anticipation in the car-following behavior. Proceedings of 12th ISTTT (Berkley), 349-366.
- 9) Patire, A. D. and Cassidy, M. J.: Lane changing patterns of bane and benefit: Observations of an uphill expressway. Transportation Research Part B: Methodological, vol. 45, no. 4, 2011, pp. 656-666.
- 10) Shiomi, Y., 2018. Longitudinal variations of traffic capacity at sag and impact assessment of moving-light-guide-system. Transportation Research Board 97th Annual Meeting, Washington D.C.

Representing the Sag Bottleneck Phenomena via a Commercial Microscopic Traffic Simulator

Mariko NAKAI, Yasuhiro SHIOMI

In Japan, the time loss due to traffic jams is said to be about 40% of the travel time, and it is said that the sag part occupies about 58% of the traffic jam occurrence place on the highway. It is necessary to consider a solution that can cope with both hardware and software aspects. Therefore, in this research, we will use VISSIM micro traffic flow simulator as a method of examining the solution and use this software to reproduce the congestion phenomenon in the highway sag section. In this research, qualitative sag congestion is reproduced by adjusting various parameters installed in the simulator. From the analysis and analysis of the parameter expressing the influence of the road gradient and the parameter influencing the driving behavior and the analysis result of the parameter which is considered to occur interaction, the optimal parameter adjustment method for reproducing the congestion in the sag part Indicated.