

## 追従挙動シミュレーションによる希望旅行時間と実質旅行時間の算出

名城大学 学生員 吉田 樹

名城大学 正会員 若林 拓史

(株) 総合システムリサーチ 中山 英之

### 1. はじめに

片側1車線の道路では、希望する速度で走ろうとしても、先行車両が遅いと、追従走行を強いられる。追従走行を強いられることで、ドライバーは希望速度どおりの時刻に目的地に到着することができない。こうして生まれた時間の損失は、個々のドライバーの希望する速度や、追従走行の発生を観測するのが難しいため実測では算出できない。そのため、本研究では個々の車両の追従挙動を再現することで、時間損失を算出する。

### 2. シミュレーションの概要

#### 2.1 シミュレーションへの入力値と出力値

本研究で開発した追従挙動シミュレーションモデルは、対象区間長、観測する車の台数、希望走行速度、対象区間始点への進入間隔を入力値とし、各車両の希望旅行時間、実質旅行時間を測定する。

各車両の旅行時間は追従走行を始める速度変更点ごとに記録されている。それと同じように、追従走行を行う際の先頭車両の速度、つまり追従走行車両の変化していく速度も記録されている。そのため、それらを縦軸 $x$  (位置)、横軸 $t$  (時間) の図にプロットすることで走行軌跡を描くことが出来る (図1を参照)。

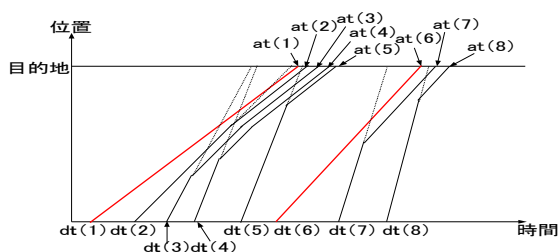


図1 走行軌跡の例<sup>1)</sup>

図中の破線は希望走行速度で走った場合の軌跡を、実線は実走行軌跡、太線は希望走行速度を保ったままの車両を示している<sup>1)</sup>。図1における実線の到着点 $at(i)$  正規分布を仮定して概念的にプロットした、

破線の到着点をプロットしたのが、図2のグラフである。

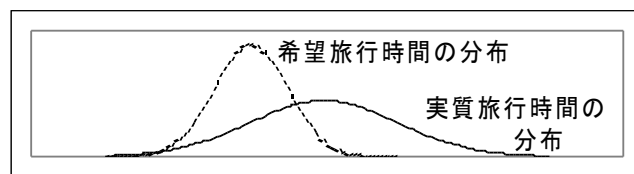


図2 希望旅行時間と実質旅行時間の分布概念

#### 2.2 車頭間隔の算出

追従走行をプログラム上で再現するために、まず観測区間に入った $i=1$ の車は先頭車なので自由走行のまま、観測区間を抜けさせる。その上で、先頭車両 $i=1$ の速度から、ドレイク関数を用いて交通密度を算出し、その値を車頭間隔の閾値とした。ドレイク関数の計算に必要な $K_0$ の値は、幾つかグラフを作り、文献<sup>2)</sup>の図表と似通った40を使用することにした (図3を参照)。

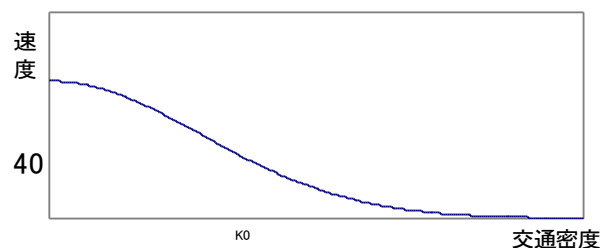


図3:  $K_0=40$  のドレイク関数

#### 2.3 追従挙動の算出

その上で、次に $i=1$ 台目と $i=2$ 台目の車両が追従走行を始めるかを計算する。これは $i=1$ の希望到着時間 $t_1$ と $i=2$ の希望到着時間 $t_2$ を比較すればよい。もし $t_1 > t_2$ ならば、追従走行。その上で、 $i=1$ と $i=2$ の走行軌跡が交差する地点の座標を求める。そしてその地点の座標から速度に対応する車頭間隔をドレイク関数により算出し、その値を減じた座標の位置から追従走行が始まる。 $i=2$ の速度は $i=1$ のそれと同じとする。

キーワード 旅行時間信頼性。

連絡先 〒509-0261 岐阜県可児市虹ヶ丘4-3-3 名城大学都市情報学部 Tel0574-69-0131 Fax0574-69-0155

この交差する地点は、2台の車両との走行軌跡の交点なので、式(1)で求められる。

速度変更点＝

$$\frac{(-v_i \times v_{i+1} \times st_{i+1} + v_{i+1} \times v_i \times st_i)}{(v_i - v_{i+1})} \quad (1)$$

( $v_i$ =速度,  $st_i$ =出発時刻)

これを $i=3, i=4 \dots$ と繰り返し、観測台数分の車が追従走行するか否かをチェックすることで、実質到着時刻を算出する。走行軌跡の図2.1のように、必ずしも車両は先行車両の初期速度にのみ応じて追従走行をするわけではない。したがって、 $i=n$ 台目まで先行車全てと追従走行による速度変化の有無をチェックする。また、追従走行が一度だけ発生するのではなく、何度も車群に追いつき、除々に車群の構成台数が増えるようなケースにも対応させる。そのため、先行車両すべてとの交点の有無を確かめる必要がある。車群を形成すると、すなわち速度変更点ごとに速度を記録しているため、速度変更の様相を示せている。

### 3.1 シミュレーションの結果

今回入力値は、対象区間長を60km、観測する車の台数を100台、希望走行速度は平均60km/時の正規乱数、対象区間始点への進入間隔を3秒から12秒の一樣乱数とした。それぞれの車両の遅れがわかることにより、時間損失が計算できる。今回約57時間との結果が出た。この程度の時間損失が発生した原因として、希望旅行時間が極端に遅い、ある1台の車が発生したことが挙げられる。この車が早い段階で発生したため、後続の大量の車が追従走行を始めた。この結果、約57時間もの時間損失が発生したといえる。

### 4.2 概念図と結果の比較

概念図ではなだらかに旅行時間は、変化するとしていた。しかし、実際は1の遅い車の発生により幾つもの車群が生まれた。そのため、凹凸のあるグラフが出力された(図4参照)。平均時速を高く設定しても、低く設定しても何台かは遅い車が発生しているため、車群が幾つも発生しどれも凹凸のあるグラフとなった。追従挙動をシミュレーション上で再現することで、時間損失を算出し、片側1車線道路がいかに車両の時間を損失させているかがわかった。

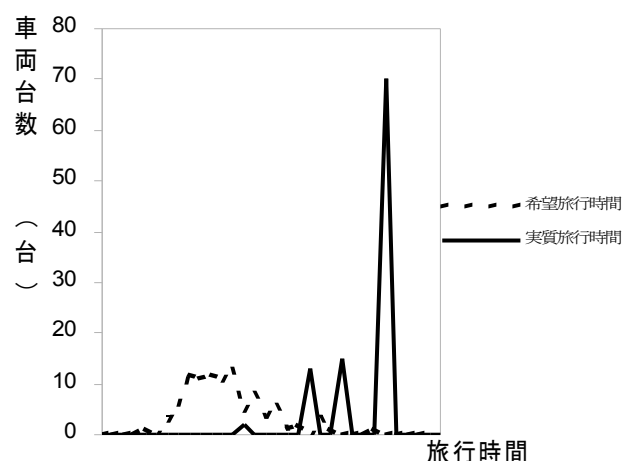


図4 実質旅行時間と希望旅行時間の分布

### 4. まとめ

今研究の成果と今後の課題は次のとおりである。今回はシミュレーションモデルの開発を行った。シミュレーションの結果は以下の通りである。それぞれのケースは、平均時速を変化させたものである。平均時速の上昇と共に旅行時間、時間損失が減っているのがわかる。

| ケース(単位: km/h) | 希望旅行時間の合計(時間) | 実質旅行時間の合計(時間) | 時間損失の合計(合計) |
|---------------|---------------|---------------|-------------|
| ケース1(平均60)    | 172.348305    | 114.764049    | 54.583401   |
| ケース2(平均70)    | 137.507269    | 98.834958     | 38.672311   |
| ケース3(平均80)    | 115.000172    | 87.180157     | 27.820015   |
| ケース4(平均90)    | 99.251754     | 78.262539     | 20.989215   |

表1 シミュレーション結果

このシミュレーションモデルの用途として以下が考えられる

- (i) 道路のサービス基準としての旅行時間信頼性の評価に使う。
  - (ii) 2車線道路拡張への指標。
  - (iii) 追従走行によるCO2の推定。
- 今後の課題として、
- (i) 多車線道路への拡張、
  - (ii) 走行軌跡をグラフとして出力する、
  - (iii) 出発時間間隔を調整できるようにする、
- が考えられる。

### 参考文献

- 1) 塩見康博・吉井稔雄・北村隆一：車群台数と走行速度の観測に基づいた希望走行速度分布推定手法，第27交通工学研究発表会論文報告集，pp. 53 - 54，2007年10月
- 2) 佐佐木綱・飯田恭敬：交通工学，pp. 144 - 145，国民科学社，1995