

# 推奨速度システムが燃料消費量と旅行時間に与える効果

都市交通研究室 加藤 航  
指導教員 佐野 可寸志  
松本 昌二  
土屋 哲

## 1. 研究の背景と目的

夜間の道路は主道路以外の交通量が少なく、信号に無駄に止められることが多い。特に長距離を走る輸送車両は幾度もその影響を受ける。そこで本研究では貨物部門の燃料消費量や旅行時間、CO<sub>2</sub>排出量の削減のため夜間の交通流を円滑にすることを目的とし、信号交差点で停止しない速度を運転手に伝える推奨速度システムとその評価を行う。

## 2. 実際の道路ネットワークへの適用

### 2-1. 対象地域

対象地域は、図 2 の赤線のように長岡～魚沼市井口新田間の国道 17 号線とする。



図 2 シミュレーションの対象地域

この地域は夜間に輸送用のトラックが多く、信号も多数あるため改善の効果が大きく表れやすいと想定し、この区間を対象とした。

### 2-2. 道路ネットワークの作成手順

Paramics 内におけるネットワークの作成手順を簡単にまとめると、以下のとおりである。

- ① Paramics 内に対象地域の地図を挿入する。
- ② 地図の縮尺と Paramics の縮尺を合わせる。
- ③ 地図の交差点部分、車線数変更部分、道路の円曲部分にノードを設置する。
- ④ ノードとノードを繋ぎ、リンクを作成する。
- ⑤ リンクの幅員、車線数、車両の設計速度、バス優先レーンの有無などを設定する。
- ⑥ 対象地域の詳細を航空写真や地図を用いて確認し、内々交通用ゾーンを設定する。  
ただし、抜け道に利用される可能性がある箇所や住宅地が密集している箇所のみ、内々交通量用のゾーンを作成した。
- ⑦ ネットワーク全体を確認し、道路の端となっている部分にゾーンを設定する。

⑧ 信号を設定する。

なお、リンク属性や信号の設定において詳細なデータが整備されていない場合には、現地調査を行って必要なデータを取得し、補完する。

### 2-3. 現地調査によるデータ取得

シミュレーションを実行するために現地調査を行うことは重要である。この調査により、現況再現の評価指標のデータや道路ネットワーク作成に必要なデータを取得する。現地調査の概要と取得データは以下のとおりである。

- ・日時:2009年8月5日 PM10:00~11:00
- ・場所:国道17号線(対象地域内)

#### ○信号現示

ストップウォッチを使用し、信号現示パターン、青時間、黄色時間、全赤時間、サイクル長を測定した。

#### ○夜間交通量

対象地域の各交差点にビデオを配置し、撮影による方向別交通量調査を行った。

- ・日時:2009年12月5日 PM10:00~11:00
- ・場所:高梨交差点(対象地域内)

#### ○加速度

車両の挙動を計算するために、交差点でビデオ撮影による加速度調査を行った。6台のカメラを配置し、それぞれの通過時刻から算出した。

## 3. 推奨速度システム

### 3-1. 概略

信号1を車両が通過し、通過速度を維持すると次の信号2で赤現示で停止する

ものとする。この際信号2で停止しないようにするため信号2の青現示で通過するための推奨速度を信号1の交差点を通過時運転手に伝え、停止することなく走行させる。

### 3-2. 推奨速度システムのアルゴリズム

交差点の個数を  $i$ 、 $i$  番目の交差点での推奨速度を  $v_{ia}, v_{ib}$ 、通過時刻を  $t_i$ 、交差点までの距離を  $L_i$ 、サイクル長を  $C_i$ 、青時間を  $G_i$ 、加速度を加速時  $a_+$ 、減速時  $a_-$  とする。システム導入後の予測される挙動を図3に示す。

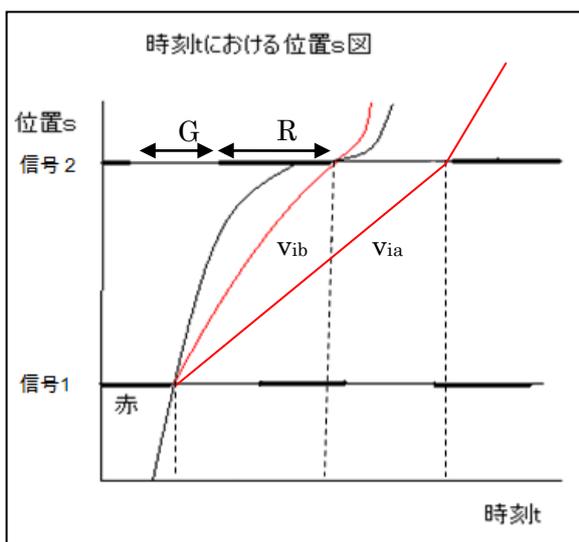


図3 システム適用後の予測される挙動

#### ①交差点到達時刻

$$t_{ib} = (L_i - L_{i-1})/nC_i$$

$$t_{ia} = (L_i - L_{i-1})/(nC_i + G_i)$$

#### ②推奨速度を①より算出する

$$v_{ia} = (L_i - L_{i-1})/(t_{ia} - t_{i-1})$$

$$v_{ib} = (L_i - L_{i-1})/(t_{ib} - t_{i-1})$$

$v_{ia}$  と  $v_{ib}$  で実現可能な推奨速度  $v_i$  を選択する。

$$v_i \leq v_{MAX} = 60$$

③交差点通過時の $t_i^*$ を算出する。

$$v_i > v_{i-1}$$

$$t_i^* = \frac{v_i - v_{i-1}}{a_+} + (L_i - L_{i-1} - \frac{v_i^2 - v_{i-1}^2}{2a_+}) / v_i + t_{i-1}$$

$$v_i < v_{i-1}$$

$$t_i^* = \frac{v_i - v_{i-1}}{a_-} + (L_i - L_{i-1} - \frac{v_i^2 - v_{i-1}^2}{2a_-}) / v_i + t_{i-1}$$

### 3-3. OD 交通量の推定

長岡から小出までは52の信号交差点が存在している。当然多くの車が17号線に合流してくるため、その挙動の計算を行う前にODの設定を行う。本研究ではParamicsに付属しているestimatorというプログラムを使用し推定ODの算出を行った。

## 4. 推奨速度システムの評価

計算結果を用いてシステムの効果を確認する。効果の評価指標は旅行時間と燃料消費量である。

### 4-1. 旅行時間による評価

車両を走行距離別に分け、距離別でシステムの旅行時間に対する効果を検証する。小出→長岡間、長岡→小出間の二種類とそれぞれの進行方向に合流してくる車両の計4種類の計算を行った。平均削減時間のまとめを表4.1に、システムの有無による評価指標の相関のグラフの一部を図4.1に示す。グラフの横軸はシステム適用前の旅行時間、縦軸は適用後の旅行時間である。

表 4.1 システム導入後旅行時間削減

出発地点	進行方向	平均削減時間(s)	平均削減率(%)
川崎IC	上り	164.8	13.9
その他	上り	119.1	4.7
小出	下り	234.9	8.2
その他	下り	48.9	1.9

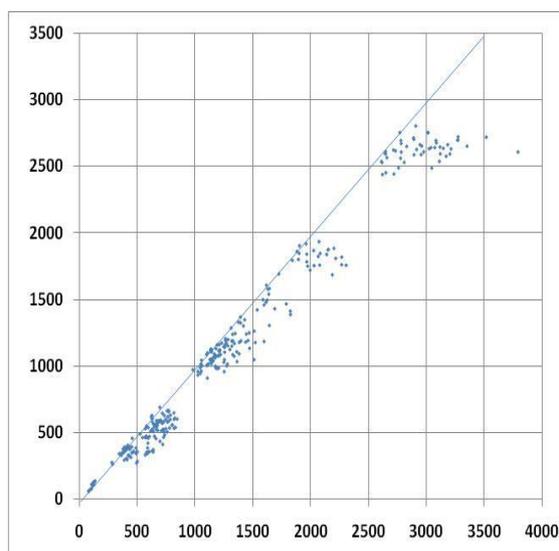


図 4.1 システムの有無による旅行時間の相関(一部)

### 4-2. 燃料消費量での評価

計算結果より燃料消費量での評価を行う。燃料消費量は車両の状態によって変化しているので定速走行時、加速時、アイドリング時の3つに分けて計算を行う。定速走行時の燃料消費量 $F$ を算出する式は以下のとおりである。

$$Q_v = f_t \times t$$

$$f_t = 0.008v + 0.39$$

$f_t$ : 一定速度状態での単位時間あたりの燃料消費量 (cc/s)

$v$ : 速度 (km/h)

次に加速時の計算においては走行中の車速の変動を評価する指標として加速エネルギー当量 (AEE [ $\text{m}^2/\text{s}^2$ ]) という概念を導入する。これは速度増加時に車両が獲得するエネルギーに相当する変数であり、増速時の到達速度の2乗値から増速時の初速の2乗値を引いたものとなる。この

2乗値の差の総和をAEEと定義する。式に表すと以下の様になる。

$$AEE = \sum_{k=1}^K \delta_k (v_k^2 - v_{k-1}^2)$$

ここでkは計測周期、Kは旅行時間Tを計測周期で割った値、 $v_k$ は各周期の瞬間速度、 $\delta_k$ は加速時 $\delta_k = 1$ でそれ以外は0のダミー変数である。このAEEを用いた加速時の燃料消費量Qは以下の様になる。

$$Q_a = 0.3T + 0.028D + 0.056AEE$$

T: 走行時間(s) D: 走行距離(m)

次にアイドリング時の燃料消費量を考える。アイドリング中の燃料消費量は環境省より以下表4.2のように発表されている。

表 4.2 車種別アイドリング中排出量

車種	10分間当たり	
	CO <sub>2</sub> 排出量(g)	燃料消費量(l)
乗用車	90	0.14
小型トラック	58~67	0.08~0.12
中型トラック	94~120	0.13~0.17
大型トラック	160~220	0.22~0.30

よってその消費量 $Q_I$ [cc]は以下の様になり、

$$\text{乗用車 } Q_I = 0.233T$$

$$\text{大型トラック } Q_I = 0.5T$$

T: 時間(s)

合計燃料消費量 $Q_T$ [cc]は以下の様に表わされる。

$$Q_T = Q_v + Q_a + Q_I$$

平均削減時間のまとめを表 4.3 に、システムの有無による評価指標の相関のグ

ラフの一部を図 4.3 に示す。グラフの横軸はシステム適用前の燃料消費量、縦軸は適用後の燃料消費量である。45度の線より下に点がある場合はシステム導入により燃料消費量が改善されたということになる。

表 4.3 システム導入後燃料消費量削減

出発地点	進行方向	平均削減消費量(cc)	平均削減率(%)
川崎IC	上り	144.4	23.4
その他	上り	66.1	13.1
小出	下り	157.8	13.9
その他	下り	15.0	11.6

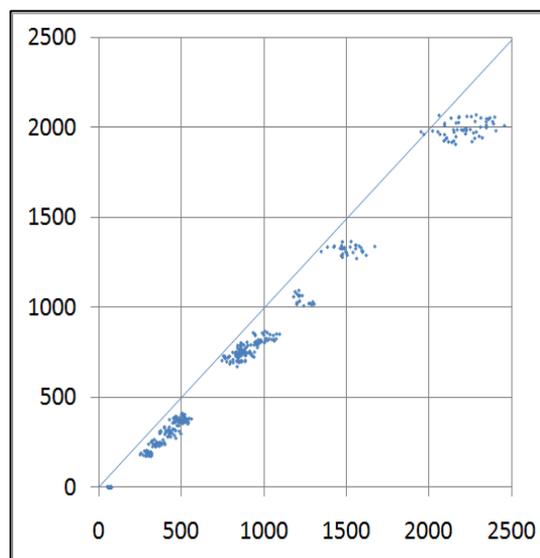


図 4.3 システムの有無による燃料消費量の相関 (一部)

## 5. まとめと今後の課題

本研究では車両の適正速度を推奨することで信号での待ち時間や停止状態からの加速を可能な限りなくし、燃料消費量や旅行時間の削減を目標としシミュレーションした。単純に停止や加速をなくしできる限り等速で走ることができれば旅行時間や燃料に効果が起きる。旅行時間、燃料消費量、ともに 5%~20%の削減ができていた。