

高速道路における隊列走行マイクロシミュレーションの開発

茨城大学大学院 学生会員 ○鍛冶 竜馬

茨城大学大学院 正会員 平田 輝満

1. はじめに

近年、物流分野においては貨物の小口多頻度化が進行しており、配送車両の必要台数は増加を続けているためトラック輸送の効率化を図る必要がある。この問題を解消するため、自動走行による物流効率化が考えられており、隊列走行の導入が検討されている。トラックの隊列走行の技術開発については、主に環境対策(省エネルギー対策)や道路容量対策の一環で我が国や欧米において国家プロジェクトとして進められてきた。NEDO では 2013 年にトラック 3 台、時速 80km/h、車間距離 4m での隊列走行に成功し、将来的な実用化が進めば約 15%以上の省エネルギーが見込めるとの結果が報告¹⁾されている。

隊列走行を想定した交通流シミュレーションの研究について、川瀬ら²⁾は車両マッチングを決定する上でトラックドライバーコストを加えた輸送コスト評価関数を提案すると共に、隊列走行の車両マッチングを評価可能なシミュレーションを開発したが、隊列を編成する相手を決する方法について更なる検討する必要がある。

そこで本研究では先行研究で開発された隊列走行のマイクロシミュレーションを基礎にしつつ、リアルタイムの車両位置情報に基づく隊列車両マッチングを考慮し、さらに隊列編成長の上限を 8 台まで拡張したシミュレーションを開発し、隊列走行の効果をより詳細に分析する。

2. 対象路線の設定

高速道路上の挙動を再現する上で IOD のみの経路における隊列走行のマッチングの可能性について分析する。本研究では特に貨物流動の大きい東京-名古屋・大阪間のトラックを対象とし、隊列を編成する区間として東名高速道路全線を対象区間とする。2015 年物流センサス 3 日間調査から、対象区間を走行するデータを抽出するため東名高速道路の東京 IC と名神高速道路全線の IC を発着 IC とするデータを扱う。

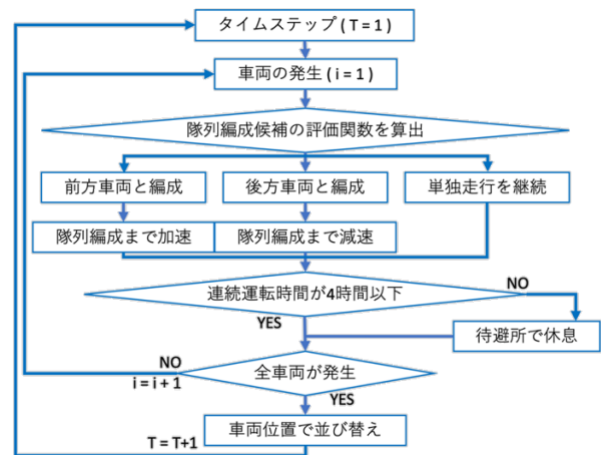


図-1 シミュレーションのフロー

3. 想定する隊列編成方法

トラックドライバーの労働時間について、現行の法制度ではフェリーのようなある程度自由に行動できない場合は職務中すべて拘束時間の中に含まれる。本研究では後続有人隊列を想定するため、隊列の後続車両として人が乗車する際に①作業時間、②休憩時間、③休息期間のどれに該当するのかが重要となる。先頭車両のドライバーも含めた隊列走行時のトラックドライバーの労働条件の扱いについて後続走行定数(w_c)の値を変化させることで、隊列走行の後続車両のドライバー時間価値が変動可能であるモデルとする。また、現行の労働基準では連続運転時間の制約にも注意する必要がある。

隊列の組成方法に関しては、トラックを走行させながらオペレータがトラック同士の隊列を指示し隊列を編成する方法を想定する。この場合、トラック間の位置情報が正確に分かりそれぞれが速度を調節しながら隊列を編成する必要がある。この方法では、走行しながら隊列を組むので隊列編成による遅延が生じにくいといったメリットが挙げられる。また、隊列車両の一般車両への影響を抑えるため本研究では最大隊列延長を 8 台と設定する。

キーワード 隊列走行, ドライバーコスト, ミクロシミュレーション, 労働基準, 物流センサス

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL 0294-38-5326

4. 高速道路上での隊列編成シミュレータの構築

本研究では車両の制御方法による隊列走行のコスト削減効果を定量的に示すために、シミュレータを作成した。本シミュレーションのフローを図-1に示す。

本シミュレーションは評価関数によって隊列を組むべき相手を決定する。総評価関数の計算においては、下記に先行研究で定義された関数の変数と定数の諸条件について示す。各トラックの位置情報と周辺のトラック情報を基に、①輸送にかかる所要時間などの時間コスト、②加減速に伴う余分な燃料消費コスト、③ドライバーにかかる人件費コストを計算する。これらはトラック毎に計上される輸送コストを定量的に示したものであり、3項の和を総コスト(式④)を計算して、周辺のトラックとのコストを比較し、I. 前方車と隊列、II. 後方車と隊列、III. 単独走行の3つから総コストが最小となるトラックの組み合わせを選択する。

$$C_t = w_t t_t + C_d \quad (1)$$

w_t : 車両・貨物の時間費用, t_t : 旅行時間

$$C_f = \frac{w_f (a f_{(v)} t_p + f_{(vm)} t_a + t_s)}{\text{fuel cost}} \quad (2)$$

w_f : ガソリン価格, a : 空気抵抗削減率,

$f_{(v)}$, $f_{(vm)}$: 車の燃費関数, t_p : 隊列編成中の時間,

t_a : 加減速中の時間, t_s : 単独での走行時間

$$C_d = w_d (w_c t_c + t_l) \quad (3)$$

w_d : ドライバーの機会費用,

t_l : ドライバーが運転する走行時間,

w_c : 後続走行定数, t_c : 隊列の後続走行時間

$$C_{(n)} = C_{t(n)} + C_{f(n)} \quad (4)$$

$C_{(n)}$: 総コスト, $C_{t(n)}$: 時間コスト, $C_{f(n)}$: 燃料消費コスト

表-1 総評価関数内の係数

w_t : 車両・貨物の時間費用	536 円/人・時間 ³⁾
w_d : ドライバーの機会費用	3,323 円/人・時間 ³⁾
w_f : ガソリン価格	100 円/L ⁴⁾
a : 空気抵抗削減率	0.88
fuel cost : 燃料消費量	4km/L ⁵⁾

5. 隊列延長の長編成化による効果検証

トラックドライバー不足の解決として、隊列走行の長編成化は輸送効率の向上やドライバーの削減に繋がり、隊列延長の長編成化による効果を定量的に評価する必要がある。本研究では最大隊列延長を4台、8台の場合と比較し、長編成化による効用を検証する。

4台隊列と8台隊列を比較すると、コストは特に人件費コストの削減効果が大きく、後続走行を労働時間とする場

合 20~25%の削減効果が得られる。総コストは 10~20%の削減となる。所要時間の推移は、約 30 分減少している。休憩回数が4時間の場合1回分であり、この休憩時間が削減されたためである。

6. 隊列走行後続車両の

ドライバー時間価値別の効果検証

SAE レベル 4 の条件下では先頭以外の車両は無人走行が可能である。この場合には、先頭車両以外の人件費が必要無くなるため大幅なコスト削減となる他、我が国で大きな問題となっているトラックドライバー不足に対しても大きな効果が期待できる。そこで、ドライバーの人件費削減効果について分析を行った。さらに、連続運転時間を2時間、4時間の場合について分析し、休憩間隔による隊列走行においてのコストと所要時間の差異を検証した。 $w_c=0$ のとき総コストは 10,000 円/台以上削減される結果となった。また、人件費コストは削減されたが時間コストと燃料消費コストに関しては不変であった。このことから、この変数によって隊列の組み合わせには影響を及ぼさず、総輸送コストの減少量のみが推定できることが示された。

7. 結論

隊列走行の運用策や制約条件を基に、リアルタイムの車両位置情報による隊列走行の車両マッチングシミュレータを開発した。隊列走行導入におけるコスト評価で、これまで評価されていた燃料消費量、ドライバーコストを含めた隊列走行のマッチング挙動を評価可能なモデル式を構築した。このモデル式をシミュレーション内に組み込んで運用策別のコスト削減効果を定量的に示すと共に、トラックドライバーの休憩のために一時的に停止可能な休憩所を設け、トラックの停止時間を含めたコストの評価を可能にした。シミュレーション結果の分析から、隊列の長編成化による効果、連続運転時間制約がもたらす影響、ドライバーの業務形態による効果を推定した。

【参考文献】

- 1) NEDO : News Release, (最終閲覧 2019/2/11)
http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100178.html
- 2) 川瀬俊明, 平田輝満, 森岡駿介, 鍛冶竜馬: ドライバーコストを考慮した隊列走行の車両マッチングに関するシミュレーション分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.58, 2018.
- 3) 国土交通省: 時間価値原単位および走行経費原単位の算出方法, <http://www.mlit.go.jp/roa/ir/council/hyouka-syuhou/4pdf/s1.pdf> (最終閲覧 2019/2/11)
- 4) 東京都トラック協会: 軽油価格情報, (最終閲覧 2019/2/11)
http://www.totokyo.or.jp/management_index/diesel_oil_price
- 5) 国土交通省: 自動車燃費一覧, (最終閲覧 2019/2/11)
<http://www.mlit.go.jp/common/000206664.pdf>