

二酸化炭素汚染のためのドライブナビゲーションアルゴリズムとその評価

左 元†, 中島 毅†

芝浦工業大学大学院理工学電気電子情報工学専攻†

1. はじめに

COP21 パリ協定に基づき 2050 年までに車の CO₂ 排出量の予測値の 82%を削減する(17 億トンに抑える)という CO₂ 低減目標の達成は危機的な状況となっている[1]. 自動車に装備されるナビが CO₂ 削減を最大化する経路推奨を行うことができれば, この問題の解決に大きく寄与すると考える.

近年車車間, 路車間の通信を実現できる協調型道路交通システム(C-ITS)構築が可能になってきている. C-ITS の一つのサービスとして GOLSA(Green Light Optimal Speed Advisory)がある[2]. GOLSA は道路信号機の時間を取得することにより, 各信号機を通過するのに最適な速度を計算する. GOLSA を利用することにより, 車が赤信号と不要な加減速を待つ時間を短縮することができる.

GOLSA サービスを利用し, 異なる選択アルゴリズムを加えてナビの経路選択の問題を解決する研究も多い. しかし, 車が自由走行(他車が少ないかない)している場合には優れているがラッシュアワー状態ではあまり役立たない.

そこで, 本研究では他車の速度, 特に渋滞下の影響を考慮し, 走行速度の提供可能なナビゲーションアルゴリズムを提案・評価する. これにより車の走行中の停車を減少させ, 車の CO₂ 汚染や走行時間を削減することを目的とする.

2. 関連研究

Mouna Karoui らは Dijkstra アルゴリズムと GLOSA サービスを使用した効率的な経路計画 GLOSA ベース (EPP-GLOSA: Efficient Path Planning GLOSA) アプローチを提案した[3].

この研究では信号機のある交差点を最もスムーズに通過できる走行速度を計算し, 車が道路セグメントを通過するのにかかる時間と燃料消費を計算した後, Dijkstra アルゴリズムで最適な走行経路と走行速度を推奨する.

A navigation algorithm to reduce carbon dioxide emissions

† Zuo Yuan, Shibaura Institute of Technology

† Nakajima Tsuyoshi, Shibaura Institute of Technology

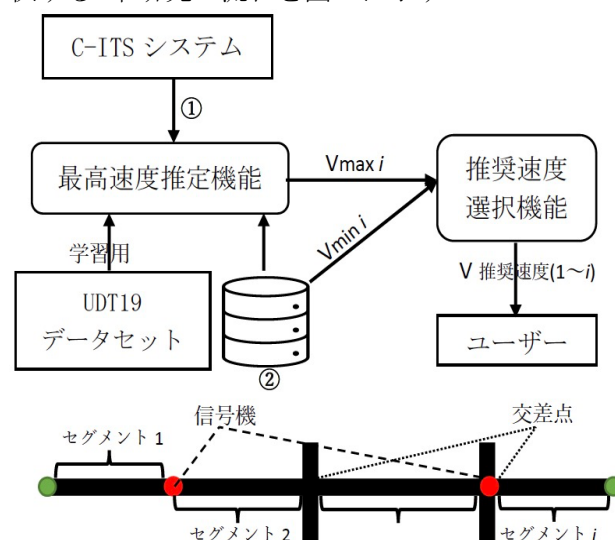
Mouna Karoui らの研究では自由走行で燃料消費を 11%削減できるがラッシュアワー時の燃料消費の節約にはあまり役立たない. この結果の原因は以下の 2 つである

- 他車の影響で最適な走行速度で走行できない.
- 渋滞が起こる場合, 走行速度が予測できない.

3. 提案アルゴリズム

3.1 アルゴリズム構成

本研究では, 機械学習などのアルゴリズムで自車が走行可能な速度範囲を予測し, 推奨速度を提供する. 本研究の流れを図 1 に示す.



①: 道路動的なデータ(各セグメントの通行量, 時刻)

②: 道路静的なデータ(各セグメントの距離, 車線数)

セグメント: 出発点から到着点まで信号機と交差点を区切ってセグメントを組む

i : 出発点から到着点までの各セグメントに番号を付ける

図 1 アルゴリズム構成

3.2 最高速度推定機能

機械学習を用いて, 車が道路の各セグメントで走行できる最高速度 ($V_{Max,i}$) を予測し, ナビゲーション速度の選択結果を最適化する.

機械学習アルゴリズムとしてランダムフォレストをし, 学習用のデータセットとして UDT19 から, 速度, 時刻(曜日, 時分), 車線数, 通行量などの

データが用いた[4]. 機械学習モデルの検証精度は97%, テスト精度は81%である.

3.3 推奨速度選択機能

①遺伝アルゴリズム

本研究ではセグメント i の推奨速度 ($V_{adv i}$) の範囲を以下とする.

$$V_{adv i} = \begin{cases} V_{min i} \sim V_{max i}, & V_{min i} < V_{max i} \\ V_{max i}, & V_{min i} \geq V_{max i} (\text{渋滞}) \end{cases}$$

$V_{max i}$: 最高速度推定機能による最高制限速度.

$V_{min i}$: 静的データセットによる道路の最低制限速度.

例えば, 経路に 20 セグメントがあり, 各セグメントの速度範囲は 35km/h~50km/h, 選択速度は時速 1km/h ごとに設定可能とした場合, 速度の組合せの数は 16 の 20 乗である. V_{adv} の組合せは多すぎるため, 遺伝アルゴリズムで全てのセグメントの速度の組合せの最適解を見つける.

②アニーリングアルゴリズム

遺伝アルゴリズムによる全てのセグメントの速度の組合せ計算は時間がかかる. 現実には交通状況がリアルタイムで変化するため, ナビの正確性とリアルタイム性を確保するためにアニーリングアルゴリズムを導入する. このアルゴリズムは局所最適解を探索するため, 計算時間を短縮できる.

推奨速度選択アルゴリズムのステップは以下の通りである.

- 1: 遺伝アルゴリズムでグローバルな最適ルートと速度を計算する.
- 2: 10 区間走った道路の状況データを取り, ランダムフォレストで再び最高速度を予測する.
- 3: アニーリングアルゴリズムでリアルタイムに 10 区間の最も合理的な走行速度を計算する.

4. 実験環境と実験計画

4.1 実験目的

実験の目的は, 異なる長さの道路において, 提案アルゴリズムを用いて車の CO₂ 排出量に与える影響を検証することである.

4.2 実験方法

本実験は実際の環境で行うのは困難なので, SUMO で交通環境のシミュレーションを行う[5]. SUMO 機能を図 2 に示す.

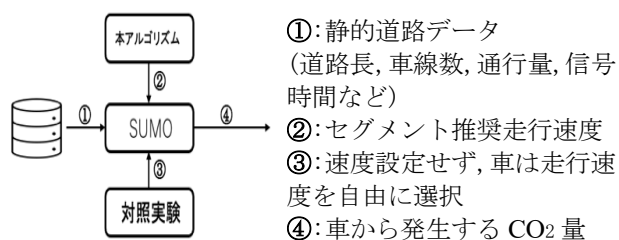


図 2 SUMO 機能

道路データ導入は UDT19 のデータにより, 長さ 20km 道路を構築する. 道路状態には自由状態 (信号機のみ, 車がない) とラッシュアワー状態 (都市の月曜朝 8 時の交通データ) の 2 種類がある.

4.3 実験結果

実験は, 車がナビなしでランダムな速度で走行した場合とナビありで推奨速度で走行した場合の CO₂ 排出量の比較である. 本研究による自由走行とラッシュアワー時における結果を表 1 に示す.

表 1 本研究のシーン別 CO₂ の削減量

距離 \ CO ₂ 量 (kg)	7 km	9 km	11 km	13 km	15 km	平均削減量
自由走行 ナビなし	2.05	2.58	3.20	3.64	4.22	
自由走行 ナビ有り	1.78	2.26	2.82	3.22	3.76	12%
ラッシュアワー ナビなし	2.36	2.97	3.56	4.34	4.92	
ラッシュアワー ナビ有り	2.18	2.75	3.31	4.05	4.60	7%

実験結果から, 本研究アルゴリズムを使用することで, 自由走行での CO₂ 排出量を平均 12%削減し, ラッシュアワーでの CO₂ 排出量を平均 7%削減することができる.

5. まとめ

他車の速度, 特に渋滞下の影響を考慮したナビアルゴリズムを提案し, シミュレートされた環境でその有効性を確認した. そして, ユーザに正確なナビ情報を提供し, 走行中に不必要な加減速を回避し, 車の CO₂ 排出量を削減できる. 今後の課題は主に 2 つの方向で, 1 つ目は歩行者などの交通要因を考慮し, 2 つ目は都市部の意思決定者の視点に基づいて, 都市部の渋滞を回避し, ナビの分岐を実現する.

参考文献

- [1] <https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership/automotive-insight/vol6.html>
- [2] M.Seredynski, B.Dorrnosor and D.Khadraoui, "Comparison of Green Light Optimal Speed Advisory approaches" 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC2012), The Hague, 2013, pp.2187-2192
- [3] Mouna Karoui, Gerard Chalhoub, Antonio Freitas, "An efficient path planning GLOSA-based approach over large scale and realistic traffic scenario" 2020 John Wiley & Sons
- [4] Allister Loder, Lukas Ambühl, Monica Menendez, Kay W. Axhausen, "UTD19 Understanding traffic capacity of urban networks" August 2020 Institute for Transport Planning and Systems.
- [5] L. Codeca, R. Frank, S. Faye and T. Engel, "Luxembourg SUMO Traffic (LuST) Scenario: Traffic Demand Evaluation," in IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, Summer 2017, doi:10.1109/MITS.2017.2666585.