

## 自律運転車のエネルギー効率に関するシミュレーション検討

05001392 筑波大学 \*野口 宇宙 NOGUCHI Takahiro  
05000780 東北大学 安東 弘泰 ANDO Hiroyasu

## 1. はじめに

近年の自動車技術の進化は人間の運転への介入を低減している。これまでは運転支援という形でレーンアシストやクルーズコントロールなどステアリングや加減速のみが自律的に動作し、運転の主体は人間にあった。しかし現在では、自動車に搭載されているセンサーにより認知、判断し、自律的に運転操作を行う自動運転車が市場に登場している。

一般的に自動運転車は、特定の機能においては人間の運転より優れていると考えられる。一方、場面においては臨機応変に運転できる人間の方が優位な点もある。我々は先行研究として分岐が1箇所、信号付き合流が1箇所ある8の字コースのミニチュア交通模型を用いて自律車両の走行実験を行った。そこで、車両密度が大きくなることによる自動運転のエネルギー効率の低下、自動運転車と手動運転車が混在することによる自動運転のエネルギー効率の上昇傾向を見出した[1]。本研究では、ミニチュア交通模型実験で得られた知見を、最適速度モデルを用いたシミュレーションによって再現、解析することで、手動運転による介入の効果を検証することを目的とする。

## 2. 密度によるエネルギー効率への影響

[1]では、車両密度が走行のエネルギー効率に与える影響を調べるため、同一コース上にて自動運転車を1台から10台までそれぞれ走らせた。その結果、自動運転車の台数が増える、つまり車両密度が高くなるほどエネルギー効率が落ちることが示された(図1)。車両密度が増えることにより車両同士の相互作用が増え、結果として減速する回数が増えていることなどが要因である。なお、エネルギー効率については、 $t$ 秒における運動エネルギー $\frac{1}{2}mv_t^2$ と $t-1$ 秒

における運動エネルギー $\frac{1}{2}mv_{t-1}^2$ の差 $\frac{1}{2}m(v_t^2 - v_{t-1}^2)$ を積分したものを走行距離で除算することにより求めている。ここでは、加速時のみのエネルギー変数を考慮している。

コース上の車両密度が大きくなるほどエネルギー効率が悪化する一方で、複数の自動運転車のうち1台

のみを手動運転車に代替することにより、手動と自動が混在して走行している方が自動運転車両のみの時よりも燃費がよくなる傾向が示されている(図1)。これは、手動運転車が効率的に経路選択をする中で、結果的に自動運転車との相互作用が減ったためと考えられる。

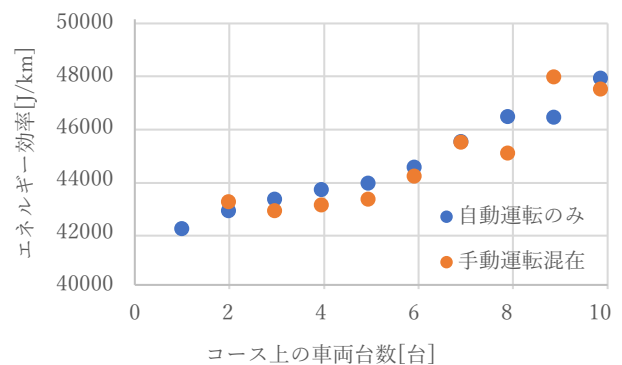


図1 自動運転車台数とエネルギー効率

## 3. 交通シミュレーションモデル

本研究では、ミニチュア交通模型を使った実験による結果を原理的に説明するために交通シミュレーションを用いて同様の実験を行い、結果を考察する。

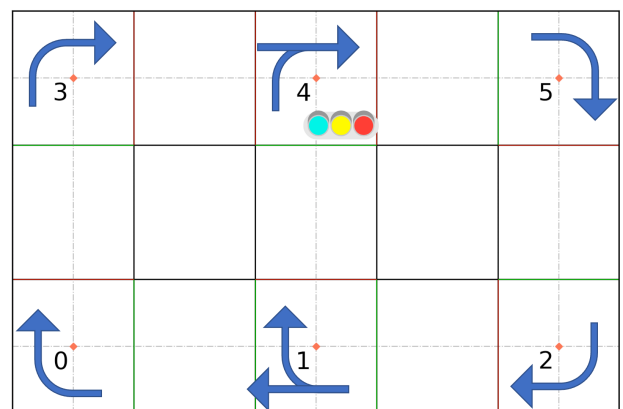


図2 交通シミュレーションの経路図

図2は、交通シミュレーションにおける自動車が走行する経路図である。このコースはミニチュア交通模型の実験と同一の経路となっており、自動車に対するコースの大きさ、速度等が近くなるように設定されている。また、シミュレーションにおける走行速度決定には

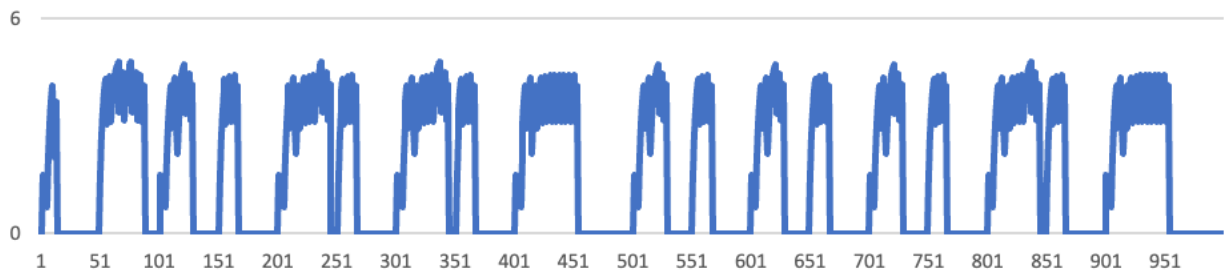


図3 1台のシミュレーションにおける速度変化

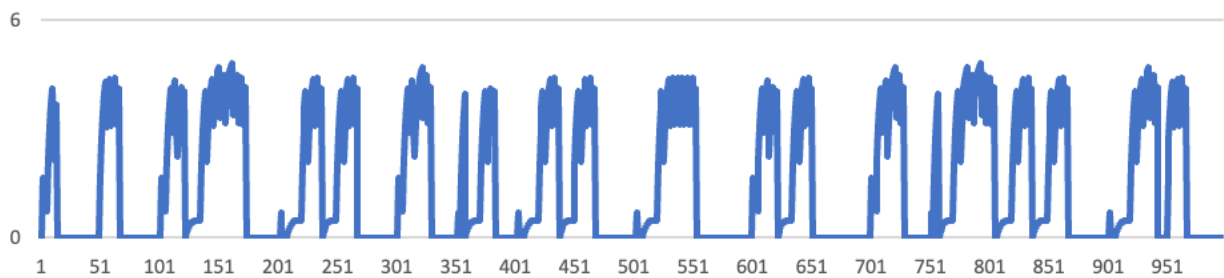


図4 3台のシミュレーションにおける速度変化

$$\frac{d}{dt}v = V(h) - v,$$

$$V(h) = v_0[\tanh(h - b_f) - \tanh(b_c - b_f)],$$

で記述される最適速度モデルを使用した[3]. ここで、

$h$ : 前方車間距離,  $v$ : 速度であり、 $v_0, b_f, b_c$  はパラメータである。

#### 4. 実験結果および考察

シミュレーションの結果、単位距離あたりのエネルギー効率は1台で走行している場合(図3)に64、3台で走行している場合(図4)に68という値になり、ミニチュア交通模型での実験と同様に車両密度が高くなることでエネルギー効率が下がることが示された(3台走行の値は3台の中央値を用いている)。また、図3、図4に示す車両の速度変化の推移を比較すると、3台走行の方が単独走行よりも頻繁に減速している様子が見られる。これがエネルギー効率を低下させている要因であると考えられる。さらにコース上の車両台数がさらに増えた場合には、自動運転車間の相互作用がより増えることで、より頻繁に減速することが考えられる。

#### 5. おわりに

本研究では、自動運転車が1台と3台の同時走行

の場合のシミュレーションにおいて、ミニチュア交通模型の実験で示された密度とエネルギー効率の関係が示された。ミニチュア交通模型における実験では、複数走行する自動運転車のうちの1台を手動運転車にすることで、自動車同士の相互作用が少なくなり、他の自動運転車のエネルギー効率が向上することが示唆された。今後はシミュレーションにおいても同様の結果が得られるかを検討し、どのような相互作用がエネルギー効率に影響を与えるのかを検証する。ミニチュア交通模型というリアルと、シミュレーションというバーチャルな実験結果を合わせるにより、より効率的な自動運転アルゴリズムの提案や人間が走行秩序を整流させる機序を明示させられる可能性があり、新たな研究手法として今後の検討に値する。

#### 参考文献

- [1] 野口, 安東 自律運転車に対する手動運転車を与える影響の考察, 日本オペレーションズ・リサーチ学会(2021), 秋季研究発表会
- [2] Bando, M., Hasebe, K., Nakanishi, K., Nakayama, A., Shibata, A., et al. : Phenomenological Study of Dynamical Model of Traffic Flow; Journal de Physique I, EDP Sciences, Vol. 5, No.11, pp. 1389-139