

## 自律運転車群に対する手動運転車が与える影響の考察

入会申請中 筑波大学  
05000780 筑波大学

\*野口 宇宙 NOGUCHI Takahiro  
安東 弘泰 ANDO Hiroyasu

### 1. はじめに

近年、センサー類の高性能化、情報処理の高速化により、周囲の状況を瞬時に計測、状況判断し自律的に運転を行う車両が開発されている。2021年3月には国内メーカーより世界初となるレベル3の自動運転車が販売され社会における自動運転車の比率は徐々に大きくなっていくものと見られる。この時、過渡期として手動運転車と自動運転車が混在し、それぞれの割合が変化することによる実交通および社会への影響は、交通政策を検討する上で有益だと考えられる。

手動運転車が多数を占める社会では、エネルギー非効率の状態である渋滞の解消が望まれている。[1]では手動運転車20台に円環軌道を走行させると渋滞が発生するが、自動運転車を1台だけ導入することにより渋滞の頻度が減少することを実車実験している。このように、自動運転車が手動運転に与える影響は大きいと考えられるが、自動運転車の割合を増加させた時の手動運転、自動運転各車への影響は未知数である。本研究では27分の1スケールの自律運転車を用いて実験を行い、車両台数によるエネルギー効率への影響及び、手動運転による介入による影響を検討する。

### 2. ミニチュア交通模型

図1は交通模型を俯瞰した写真である。詳細な説明については参考文献[2]に詳しい。コースは8の字様の道路となっており、自律運転車は時計回りに小回りとは大回りのコースを走行する。小回りとは大回りの合流地点には信号が配置され、定時的に切り替わる。自律運転車は信号状況及び前車の存在、カーブへの差し掛かりによって速度を自律的に調整し、小回りもしくは大回りを選択する確率はランダムである。走行する自律運転車では1秒毎に消費電力、速度、走行距離等の情報が取得される。

本研究では、交通模型上を同時に走行させる台数を1台から8台の変数として5分間走行させ、それぞれの台数における各車のエネルギー消費量を算出し、台数により平均した。ここでのエネルギーとは運動エネルギーを想定し、時刻 $t$ における運動エネルギー

を  $\frac{1}{2}mv_t^2$  と時刻  $t-1$  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5分間のエネルギー消費量としている。



図1 ミニチュア交通模型

### 3. 実験結果および考察

図2および図3に自律運転車の走行結果を示す。まず、図2は単位走行距離あたりのエネルギー消費量であり、縦軸は1kmを走行するために必要なエネルギー量、横軸は交通模型上を同時に走行させている台数を表す。図より6台以上の自律運転車が走行すると1kmあたりのエネルギー消費量が大きくなっていること、つまり燃費が悪くなっていることが示されている。これはコース上の車両密度が増加することにより円滑な交通ができていないことに起因すると考えられ、実際に図3では平均速度が低下していることが分かる。

また、図4は5分間の走行における全車両の平均速度についてX軸に時刻 $t$ 、Y軸に時刻 $t-1$ 、Z軸に時刻 $t-2$ の値を取り、さらにそれを10秒ごとの移動平均として連続的に描いたアトラクターである。このアトラクターは速度変化が周期的に行われているかどうかを確認できる。例えば $n=4$ までに見られる $(X, Y, Z)=(0, 0, 0)$ 方向へ伸びる大きな周期軌道は信号による比較的長い停止状態と走行状態の速度変化を表していると考えられる。また、 $(X, Y, Z)=(60, 60, 60)$ 方向における小さな周期軌道はカーブや他車の影響で細かく速度の変化があったと

考えられる。台数が増えるに従いアトラクターの大きさが示す分散は小さくなっているが、これは台数が増えたことによる全体の速度域の低下及び複数台の平均をとっているためだと考えられる。

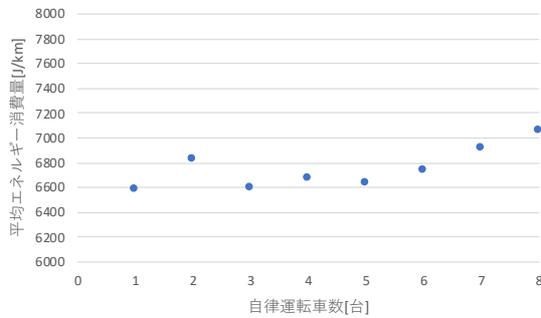


図2 kmあたりのエネルギー消費量

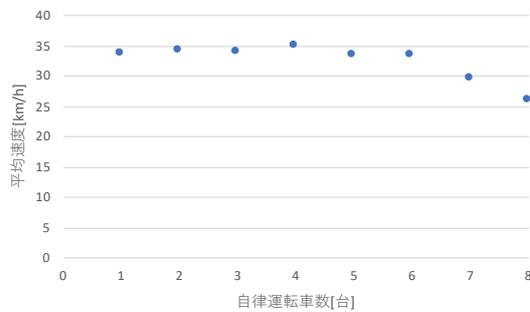


図3 各台数に対する平均速度の変化

#### 4. おわりに

本研究では、27分の1スケールの自律運転車を複数台走行させることによって変化するエネルギー消費量および速度の変化を比較し、自律運転車のみでの走行において密度が上がることによりエネルギー非効率となることが説明された。[3]において行った自律運転車と手動運転車を混在させた実験では、手動運転車の方がより効率的であるという結果を得ていた。自律運転車各車は一律のルールに則って走行を行うが、自律走行のルールを変更することでより効率的な走行を実現できる可能性がある。つまり、自動運転車と手動運転車が混在する時、手動運転により全体のエネルギー効率を向上させ、その手動運転を模倣することでよりエネルギー効率的な自動運転環境を構築することができる。例えば、走行する自律運転車のうち1台を手動に置き換えることで全体のエネルギー効率が改善するならば、それは人間が無意識に走行秩序を整流させていると言える。自動化が進む現代において、人間の操作という不安定な

要素が逆に自動運転を効率化することは、複雑ダイナミクスにおいては十分にありえるため今後の検討に値する。

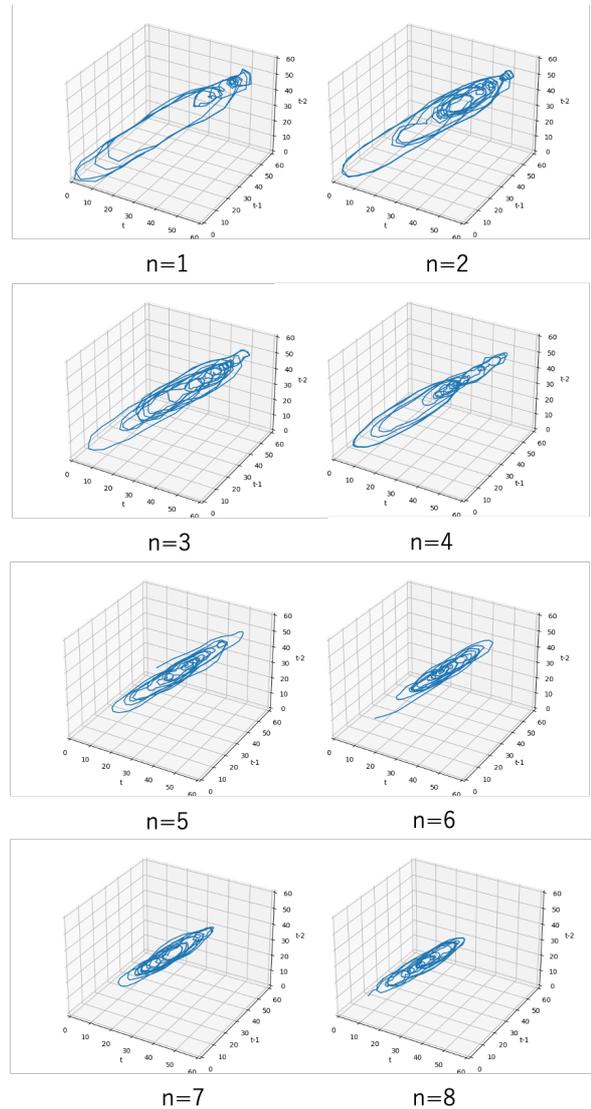


図4 各台数におけるアトラクター

#### 参考文献

- [1] Raphael E. Stern et al. (2018) Dissipation of stop-and-go waves via control of autonomous vehicles: Field experiments, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 89, pp. 205-221
- [2] 安東, 岡本, 野口, 第63回自動制御連合講演会(2020)2H1-1.
- [3] 安東, 野口, 岡本, 高原, 高度自動運転化に向けたエネルギー消費効率に関する検討, 日本オペレーションズ・リサーチ学会(2021), 春季研究発表会