

自動操縦車両構築の観点から見たドライバの距離感に関する研究

日大生産工(院) ○春山 佑輔 日大生産工 景山 一郎

1 緒言

現在日本では交通事故が約47万件発生しており¹⁾, その約9割が人的要因によるものである²⁾. その防止策として自動操縦車両はシステムが確実に決められたことを実行し, 高い能力で運転操作が可能とされていることから, 多くの問題が解決できるものと期待され研究開発が活発化している³⁾. しかし, ドライバに監視義務のある自動運転ではセンサの認知ミス等により事故が起こる可能性や, システムが人間のドライバの想定した動きと異なった動きをしてしまうことで違和感を生じるといった問題点が挙げられる.

本報告では, 違和感の少ない自動運転を再現するために, 速度や相対速度の違いによって生じる実際の距離と人間の感じている距離感の違いについての検討を行った結果を示す.

2 実験概要

2.1 実験装置

本研究では, 球面スクリーンと動揺の付いたドライビングシミュレータ (三菱プレジジョン社製 以下, DS) を用いた. また実験参加者が指定した車間距離に到達したと感じたタイミングを得るために, ウィンカーやパッシング等で使用するステアリングストークスを用いることでそのタイミングを取得した. 図1に本研究で用いたDSを示す.



図1 ドライビングシミュレータ

2.2 実験内容

本研究ではDS上で自動運転を再現し, 実験環境の違いがドライバの距離感への影響を見るために実験コースはパイロンのみによって再現したコース2種類と, 高速道路を模擬しパイロンのないもの1種類を用い実験を行った. パイロンのみのコースでは1車線のレーン幅は高速道路を基準とし3.5[m]とし, パイロン間隔を20[m], 40[m]の2種類を用いた. 図2にパイロンのみのコースの概略図を示す.

実験では自車は右レーン, 前方車に左レーンを走行させ, 実験参加者を様々な速度条件で自動運転走行を行う自車に乗車させ, 指定した車間距離に到達したと感じたタイミングでパッシング動作を行うよう指示した.

前方車の速度条件を30, 40, 50, 60 [km/h]とし, 自車の速度条件を前方車に対して高速側に相対速度10, 20, 30, 40[km/h]とし全部で16条件とした. 指定した距離条件は相対速度10, 20[km/h]の場合は10, 20, 30, 40[m]とし, 相対速度30, 40[km/h]の場合は20, 30, 40, 50[m]とし実験を行った.

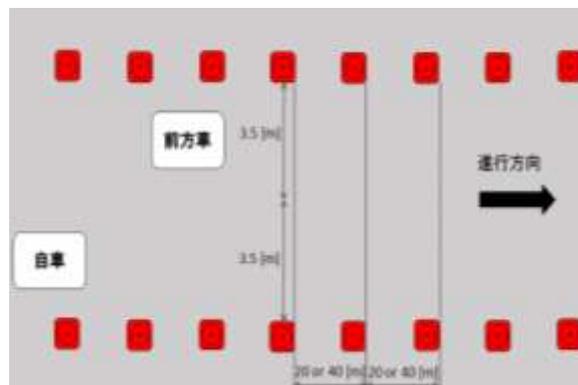


図2 パイロンのみコース概略図

2.3 実験参加者

本研究では安全に配慮するため運転免許を保有し事前に説明を行いインフォームドコンセントを得た運転頻度が3ヶ月に1, 2回程度の方と週2回程度の方の20代男性2名で行った.

Study on Distance Feeling of Driver from viewpoint of
Autonomous Vehicle Construction

Yusuke HARUYAMA, Ichiro KAGEYAMA

3 実験結果

3.1 距離感と前方車速度の検討

前方車に対する自車の速度の違いがドライバーの距離感に与える影響の検討を行うために図3, 4, 5, 6にパイロン間隔20[m]のコースにおける前方車速度ごとの実験参加者の感じた車間距離の平均値を示す。図3, 4, 5, 6の横軸は指示した車間距離, 縦軸は実際の車間距離を表す。図3, 4, 5, 6より全ての前方車の速度条件において相対速度の増加に対して, 実験参加者の距離感が小さくなる傾向がみられる。このことからドライバーは自車の速度の増加に対し, 距離感が小さくなる傾向を持つといったことが考えられる。これは先行研究より速度の増加に伴い, 距離感が小さくなる傾向があること報告されており⁴⁾, 前方車と相対速度を持たせた場合においても自車の速度の増加に伴い同様の結果が得られたものと考えられる。

3.2 距離感と実験環境, 相対速度の検討

実験環境の違いがドライバーの距離感に与える影響の検討を行うために表1, 2, 3にコースごとの結果を示す。表1, 2, 3の傾きは3.1で示した図のように横軸に指示した車間距離, 縦軸に実際の車間距離をとったときの切片0とした

場合の1次の線形近似線の傾きを表し, 決定係数はその1次の近似線で表される回帰直線のR²値を表す。表1, 2, 3より相対速度が変化せず速度が変化する場合を見ると速度の増加に伴い傾きが減少傾向にあることが分かる。このことから相対速度が変化せず速度が変化する場合においては速度の増加に対してドライバーの感じる距離と実際の距離の傾きは減少傾向にあるため, ドライバーの距離感へ与える影響が小さくなっていくと考えられる。またパイロン間隔20[m], パイロン間隔40[m], 高速道路の全てにおいても同様の傾向がみられたが, パイロン感覚20[m]においては他の2種類の走行コースに比べ傾きが大きくなっている。これは先行研究で道路上にポールを配置することによってドライバーの目にオプティカルフローを奥行き方向には間隔が短く, 高さは高いほうがよりDSでの速度感向上に有効であることが確認されているため⁵⁾, 距離感の速度依存性により違いが出たものと考えられる。

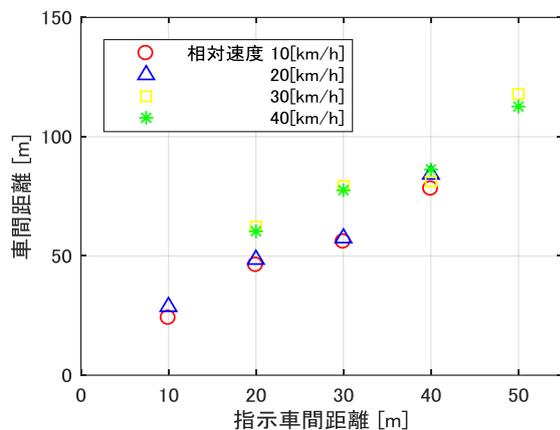


図3 前方車速度 30 [km/h]

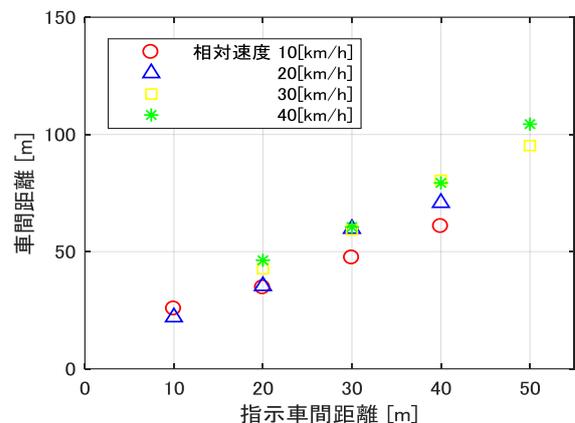


図5 前方車速度 50 [km/h]

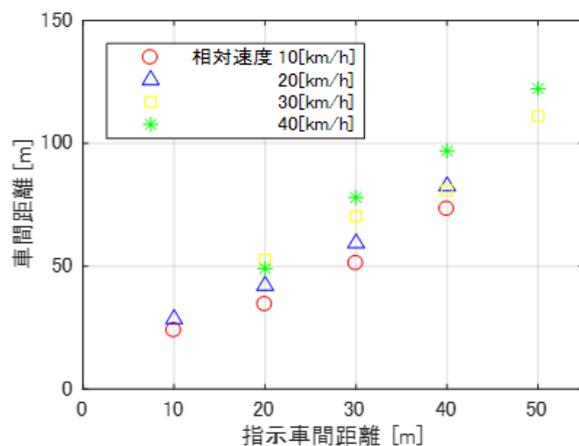


図4 前方車速度 40 [km/h]

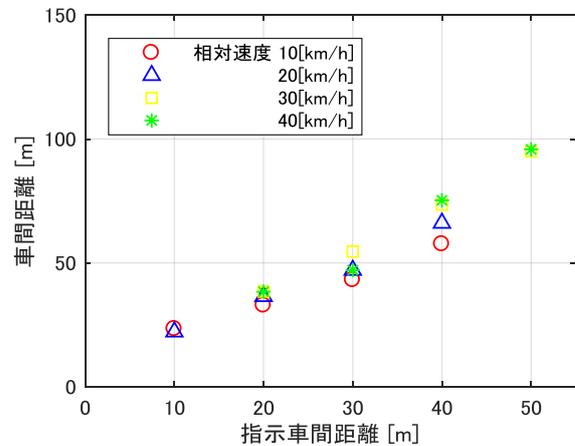


図6 前方車速度 60 [km/h]

3.3 距離感と自車速度の検討

自車に対する前方車の速度の違いがドライバの距離感に与える影響の検討を行うために図3, 4, 5, 6にパイロン間隔20[m]のコースにおける前方車速度ごとの実験参加者の感じた車間距離の平均値を示す. 図7, 8, 9の横軸は指示した車間距離, 縦軸は実際の車間距離を表す. 図7, 8, 9より全ての自車の速度条件において相対速度の増加に対して, 実験参加者の距離感が短くなる傾向が見られる. このことからドライバは前方車の速度の減少に対し, 距離感が小さくなる傾向を持つといったことが考えられる.

表1 パイロン間隔 20 [m]

自車-前車速度[km/h]	傾き	決定係数	自車-前車速度[km/h]	傾き	決定係数
40-30	1.989	0.952	60-30	2.365	0.708
50-40	1.796	0.967	70-40	2.213	0.920
60-50	1.693	0.919	80-50	2.140	0.945
70-60	1.601	0.843	90-60	1.965	0.985
50-30	2.117	0.917	70-30	2.337	0.783
60-40	2.069	0.958	80-40	2.466	0.993
70-50	1.803	0.846	90-50	2.299	0.961
80-60	1.851	0.971	100-60	2.062	0.979

表2 パイロン間隔 40 [m]

自車-前車速度[km/h]	傾き	決定係数	自車-前車速度[km/h]	傾き	決定係数
40-30	1.711	0.830	60-30	2.055	0.974
50-40	1.639	0.911	70-40	1.877	0.975
60-50	1.544	0.918	80-50	1.838	0.960
70-60	1.511	0.937	90-60	1.841	0.950
50-30	1.907	0.907	70-30	2.084	0.976
60-40	1.873	0.909	80-40	2.113	0.993
70-50	1.790	0.887	90-50	2.176	0.945
80-60	1.678	0.953	100-60	1.955	0.979

表3 高速道路

自車-前車速度[km/h]	傾き	決定係数	自車-前車速度[km/h]	傾き	決定係数
40-30	1.685	0.941	60-30	1.940	0.957
50-40	1.496	0.864	70-40	1.870	0.996
60-50	1.571	0.909	80-50	1.859	0.914
70-60	1.509	0.942	90-60	1.834	0.959
50-30	1.756	0.927	70-30	1.897	0.938
60-40	1.669	0.952	80-40	1.849	0.959
70-50	1.738	0.965	90-50	1.929	0.897
80-60	1.675	0.978	100-60	1.719	0.997

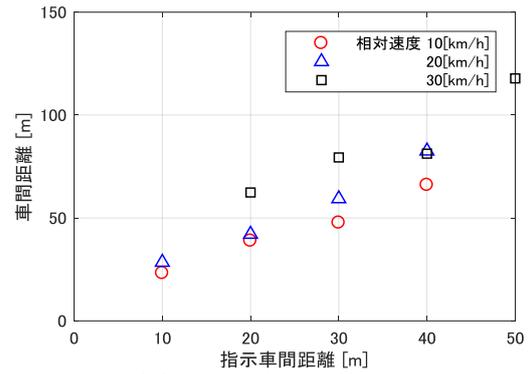


図7 自車速度 60 [km/h]

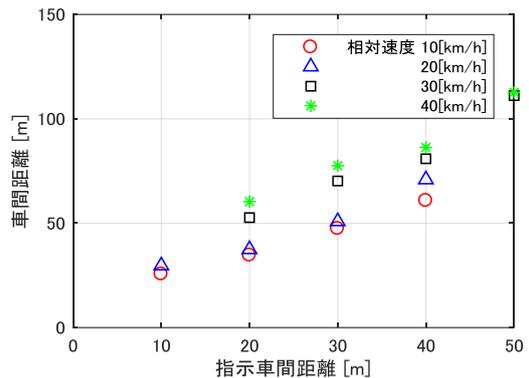


図8 自車速度 70 [km/h]

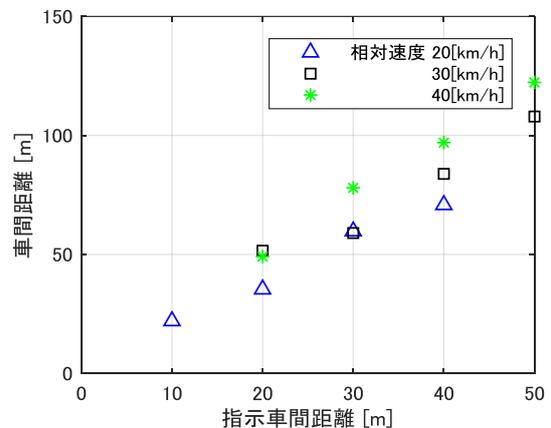


図9 自車速度 80 [km/h]

4 結言

本研究では, 自動運転走行中のドライバの距離感と実際の距離との違いを3種類の実験環境, 16種類の速度条件をDS上で再現することで検討を行った. その結果を下記に示す.

- さまざまな速度で走行中の前方車両に対してでも先行研究と同様に, 自車の速度増加に対して距離感が小さくなる.
- 相対速度が変化せず速度が変化する場合においては速度の増加に対して, ドライバの感じる距離と実際の距離の傾きが減少するため, 距離感へ与える影響が少なくなっていると考えられる.

- ・ 3種類の実験環境全てにおいて同様の傾向がみられたがパイロン間隔20[m]においては先行研究と同様にオプティカルフローによる速度感の向上の影響で距離感が変化したため他の2種類に比べ距離感が小さくなったと考えられる。
- ・ 自車の速度が変化しない場合においても前方車の速度の変化つまり相対速度の変化によっても距離感は小さくなる。

これらの傾向を確認することは出来たが実験参加者のN数が少ないため、今後N増しを行う必要がある。また今回得られたドライバの距離感の違いの結果を用いて自動運転車両がドライバへ与える違和感の低減を行うために、自動運転時の目標速度算出にこれを用い、自動運転を再現し実験参加者による評価を行う必要がある。下記の(1)式に通常の自動運転の目標速度の算出式と、(2)式に今回得られた実験結果を用いた自動運転の目標速度の算出式を示す。

距離感を考慮しない場合

$$v_t = v_0 + \left\{ \frac{d - (v_0/3.6)t}{t} \right\} \times 3.6 \quad (1)$$

距離感を考慮する場合

$$v_t = v_0 + \left\{ \frac{d - (v_0/3.6)t}{t} \right\} \times 3.6 \quad (2)$$

v_t : 目標速度 [km/h]

v_0 : 自車速度 [km/h]

d : 車間距離 [m]

t : 目標車間時間 [s]

a : 指示車間距離と実際の車間距離の傾き

「参考文献」

- 1) 警察庁通局, 平成29年中の交通事故の発生状況 (2018)
- 2) 国土交通省自動車交通局, 第7回自動車安全シンポジウム 自動車の予防安全対策について (2007)
- 3) 保坂明夫・青木啓二・津川定之, 自動運転 -システム構成と要素技術-, 森北出版株式会社 (2015)
- 4) 五島洋一, 車両追従システムに対するドライバ特性に関する研究 (2003)
- 5) 栗谷川幸代・景山一郎, ドライバ特性計測のためのドライビングシミュレータの活用に関する研究, 日本大学生産工学部研究報告A第42巻第2号 (2009)