

一般道における自動運転車専用空間に関する 考察

中田 諒¹・藤村 亮太²・関谷 浩孝³・中川 敏正⁴

¹非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 高度道路交通システム研究室 研究官
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: nakata-r92sc@mlit.go.jp

²非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 高度道路交通システム研究室 交流研究員
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: fujimura-r92es@mlit.go.jp

³正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 高度道路交通システム研究室 室長
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: sekiya-h92tb@mlit.go.jp

⁴非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 高度道路交通システム研究室 主任研究官
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: nakagawa-t92wz@mlit.go.jp

一般道における自動運転車専用空間に関する基礎的な知見を得ることを目的に「専用空間の設置形態と有効性」及び「専用空間に必要な幅員」を実験等により検証し考察した。

設置形態と有効性の検証では、現地条件（交通状況、既存構造等）を踏まえ、実証実験ルートの一部に約80mの専用空間を設けた。専用空間では約1か月の実験期間中に自動運転が継続できなくなることが一度も無く、その有効性を確認した。幅員の検証では、様々な条件下で自動運転車が走行した際の横方向のズレの大きさを計測した。走行ルートの曲線半径が小さく、乗車人数が多い場合にズレは大きくなる傾向があり、牽引車と荷物を加えた場合に最大（片側8.1cm）となることを確認した。

Key Words: *dedicated space for low-speed automated vehicles*

1. はじめに

国土交通省では、2017年度から中山間地域において自動運転車の活用による地域活性化を目的とした「道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験¹⁾」（図-1）を全国各地で実施しており、2030年までにレベル4自動運転（限定地域での完全自動運転）によるサービスの社会実装を全国100箇所に展開することを目指している²⁾。今後、同サービスの早期の展開のために重点的に検討すべき事項の一つとして、自動運転車のための専用空間（以下「専用空間」という。）が挙げられている³⁾。専用空間に関する既往の検討は高速道路を対象としたものが多く、諸外国では既に自動運転車専用の高速道路等の整備が進められている事例もいくつか存在する^{4,5)}。一方で、一般道を対象とした専用空間について検討した事例は少ない。

そこで本研究では、一般道における専用空間に関する基礎的な知見を得ることを目的に「専用空間の設置形態と有効性」及び「専用空間に必要な幅員」を実験等により検証し考察した。



図-1 自動運転サービスのイメージ

2. 専用空間の有効性

表-1に全国各地の実証実験で取得した総走行距離1,740kmの走行データを分析し明らかとなった自動運転が継続できなくなった(自動運転の障害)要因とその比率を示す(詳細は参考文献6を参照)。下線太字体で示すa, b, c, d, i, j, kは自動運転車以外の一般車や自転車, 歩行者等「他交通との混在」に起因するものであり, 全体の約43%を占めている(さらに実験協力者の慣れ等に起因するlを除けば, 全体の約66%に上る)。これらはいずれも専用空間を設置することで解消することが期待できる。また, f, gについても専用空間の形態によっては, 管理の効率化に寄与し自動運転の障害の低減につながる可能性がある。

表-1 自動運転の障害要因とその比率

障害回数：計 1,046回/1,740km (a~lは図-2 と対応)

	場所	要因	比率(回)
a	単路	<u>路上駐車</u>	<u>17%(183)</u>
b	単路	<u>対向車</u>	<u>7%(75)</u>
c	単路	<u>自転車・歩行者</u>	<u>7%(68)</u>
d	単路	<u>後続車による追い越し</u>	<u>2%(23)</u>
e	単路	GPS等の自車位置特定不具合	12%(121)
f	単路	除雪した路側の雪	5%(55)
g	単路	雑草等	5%(49)
h	単路	雪, 霧, 雨によるセンサ不良	1%(12)
i	交差点	<u>右折待ち, 道譲り</u>	<u>5%(53)</u>
j	道の駅	<u>駐車車両</u>	<u>4%(45)</u>
k	道の駅	<u>歩行者</u>	<u>0.4%(4)</u>
l	その他	チューニング等	34%(358)

3. 専用空間の設置形態と有効性に関する検証

2020年9月1日から10月10日まで実施された島根県飯南町の道の駅「赤来高原」を拠点とした自動運転サービス実証実験において専用空間の設置形態を検討し, 設置の有効性を検証した。図-3に実証実験のルートと実験用車両を示す。車両は路面に設置された電磁誘導線を辿るカートタイプの自動運転車を用いた。

(1) 設置した専用空間の形態

a) 設置箇所

専用空間は, 全長2.7kmのルートのうち図-3の赤字で

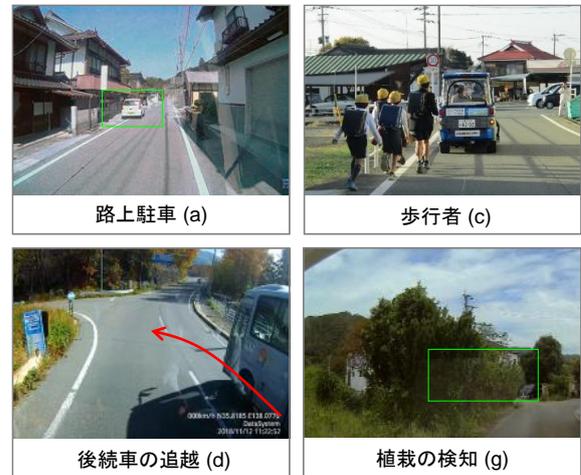


図-2 自動運転の障害要因の一例



図-3 実証実験のルート及び実験用車両

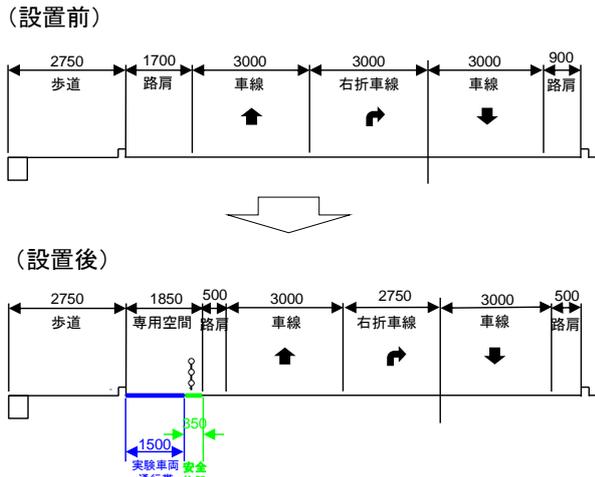


図-4 専用空間設置前後の道路横断構成

示す国道54号上の区間約80mに設置した。専用空間は既存の道路空間からその一部を再配分する必要があるため、ルート全域にわたって設置することは困難である。そこで今回は、ルート上でも交通量が多く（約2,100台/日）、他交通との混在も多いと考えられる国道区間に設置することとした。

b) 構造

専用空間の設置前後の道路横断構成を図-4に、状況写真を図-5に示す。構造の検討においては、既設道路の余裕幅や地下埋設物件等の制約から路肩部分を専用空間とし、一般車用の車線との境界に歩行者用の防護柵（占有幅350mm）を設置した。専用空間の幅員は、車両幅1,360mmに片側の余裕幅として70mmずつを加えて1,500mmとした。併せて、専用空間であることを明示するための入口ゲートと路面標示を設置した。

c) 運用

専用空間の設置箇所は国道の路肩部分であることから、道路交通法（路肩走行）に抵触する恐れがあるため、今回の実証実験は、道路使用許可を取得し工事規制の位置付けで行った。



図-5 専用空間設置前後の状況写真

(2) 専用空間の有効性等

a) 自動運転の阻害の発生状況

実証実験では専用空間が設けられたルートにおいて、約1か月の期間中にのべ699kmの走行を行った。ルート全体では自動運転が継続できなくなることが合計で452回あったが、専用空間においては一度も無かった。

b) 専用空間への評価

周辺住民を対象に実施した専用空間の安全性に対する評価に関するアンケート結果を図-6に示す。専用空間が自動運転車に対しても、他交通（一般車、自転車、歩行者）に対しても安全だと思うとの回答が6割以上から得られた（「安全だと思う」側の意見である4と5の合計）。

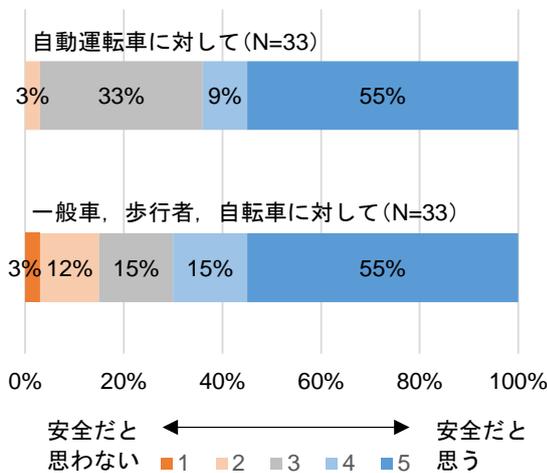


図-6 専用空間の安全性に対する評価

4. 専用空間に必要な幅員の検証

専用空間は前述のとおり、既存の道路空間から一部を再配分して整備する必要がある。そのため、専用空間の幅員は安全性や快適性を保持しつつ最小とすることが望ましい。自動運転車は一般車と同様、走行中に車体中心線と車線中心線とのズレ（横方向）が発生することから、そのズレの大きさをもって専用空間の幅員を規定することが合理的であるが、走行ルートの曲線半径や自動運転車の速度、乗車人数等によってズレの大きさは変化すると考えられる。

そこで、第3章で用いた車両と同じ自動運転車が自動運転する際の車体中心線と電磁誘導線とのズレの大きさを計測する実験を行った。

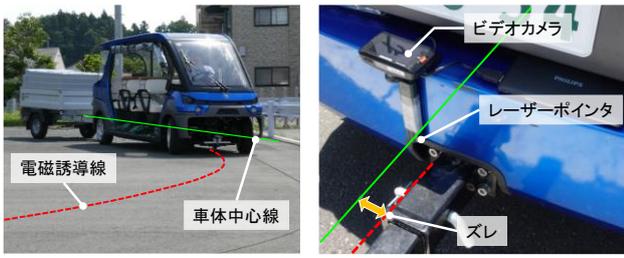


図-7 実験状況

(1) 実験方法

図-7に実験状況を示す。走行ルート上の曲線半径(図-8)や速度、乗車人数等を変化させた様々な条件下で自動運転車を走行させ、各ケースで取得された車両走行ログを解析しズレの大きさを計測した。また、レーザーポインタを路面向きで車体に取り付け、さらに、レーザーポインタの照射点と電磁誘導線が同一画角に収まるようにビデオカメラ(ドライブレコーダを流用)を車体に取り付けることでズレの発生状況の撮影も行った。

(2) 実験結果

a) 各ケースのズレの大きさ

表-2に実験で得られた各ケースにおけるズレの大きさの一覧を示す。走行ルートの曲線半径が小さく、乗車人数が多い場合にズレは大きくなる傾向があり、下線太字で示す牽引車と荷物を加えたケース4Aが最大(片側8.1cm/曲線外側の99%値)となった。以降の考察でも各ケースで値が大きく出る傾向がある曲線外側の99%値を主に用いることとする。

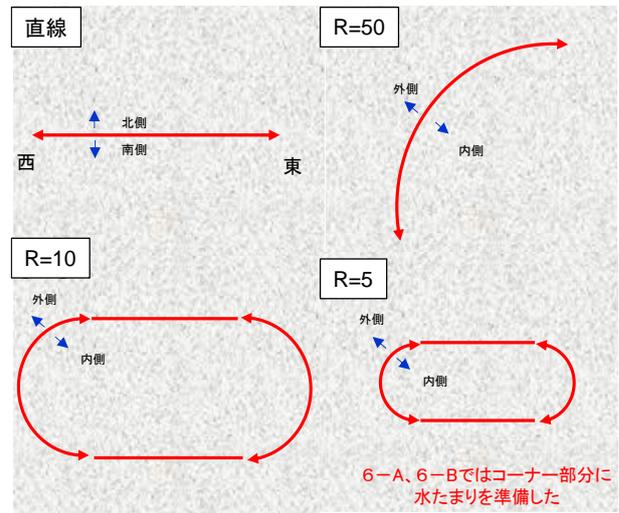


図-8 走行ルートの曲線半径の条件

b) 曲線半径の影響

走行ルートの曲線半径が小さくなるほどズレが大きくなる傾向があり、遠心力が要因と考えられる。例えば、速度が同じで曲線半径だけが変化するケース3-Aと4-A、3-Bと4-Bを比較すると、いずれもズレの大きさはR=5mの方がR=10mよりも大きくなっている(それぞれ+3.7cm、+1.4cm)。

c) 乗車人数の影響

乗車人数以外は同一条件のケース(1-Aと1-B)のズレの大きさを比較した(図-9)。ズレは6人乗車の方が大きい。要因としては、総重量が重いほど走行位置の制御に力が必要となるため、走行位置の修正に時間を要した結果、ズレが大きくなった可能性が考えられる。

表-2 ズレの計測実験結果

ケース	曲線半径	走行速度	乗車人数	牽引車	荷物	路面状態	曲線外側(cm) ^{※1}		曲線内側(cm) ^{※2}	
							最大値 ^{※3}	99%値 ^{※4}	最大値 ^{※3}	99%値 ^{※4}
1-A	∞ 直線	12km/h	6人	有	有	乾燥	3.3	3.4	3.5	3.8
1-B			片側3人	有	有	乾燥	2.8	3.1	2.8	2.9
2-A	R=50m		6人	有	有	乾燥	4.4	4.8	3.6	3.4
2-B			片側3人	有	有	乾燥	4.4	4.3	4.2	4.0
3-A	R=10m	6km/h	6人	有	有	乾燥	4.4	4.4	3.3	3.5
3-B			片側3人	有	有	乾燥	4.0	4.1	3.3	3.3
4A	R=5m		6人	有	有	乾燥	7.4	8.1	4.1	4.4
4-B			片側3人	有	有	乾燥	5.4	5.5	3.5	3.5
5-A-A	R=5m	6人	有	無	乾燥	7.2	7.7	4.1	4.3	
5-A-B		片側3人	有	無	乾燥	5.4	5.5	3.4	3.6	
5-B-A		6人	無	無	乾燥	7.2	7.6	4.0	4.2	
5-B-B		片側3人	無	無	乾燥	5.7	5.9	3.7	4.0	
6-A		片側3人	有	無	湿潤	5.8	5.8	3.9	3.9	
6-B		片側3人	無	無	湿潤	5.8	5.7	3.8	4.1	

※1 直線にあつては南側 ※2 直線にあつては北側

※3 最大値は観測値 ※4 99%値は累積分布から推定した値

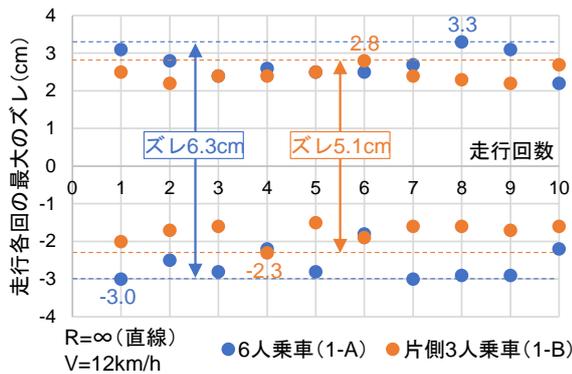


図-9 乗車人数の違いによるズレの大きさの差

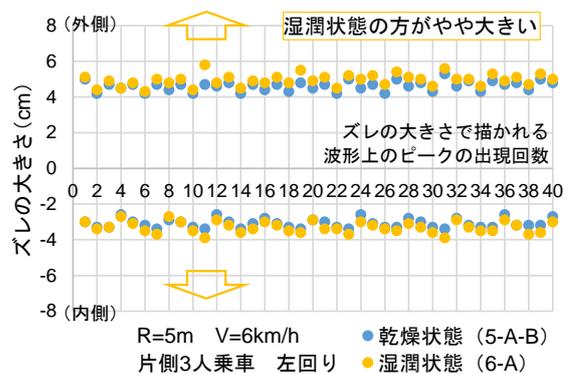


図-10 路面状態の違いによるズレの大きさの差

d) 牽引車と荷物の影響

牽引車は6人乗車の場合、有無によるズレの大きさはほぼ不変（ケース5-A-Aと5-B-A）であり、3人乗車の場合は牽引無しの方が僅かに大きくなった（ケース5-A-Bと5-B-B）。荷物は6人乗車の場合、無しの方がズレは僅かに小さく（ケース4-Aと5-A-A）、3人乗車の場合是不変であった（ケース4-Bと5-A-B）。今回の実験では牽引車と荷物の影響を明確に見出すことはできなかった。

e) 路面状態の影響

路面状態以外は同一条件のケース（5-A-Bと6-A）のズレを比較した（図-10）。湿潤状態の方がズレは僅かに大きくなる傾向がある。その理由として路面とタイヤの間の摩擦抵抗は湿潤状態の方が小さく、走行位置を制御するためのタイヤからの伝達力が弱くなった結果、走行位置の修正に時間を要した結果、ズレが大きくなった可能性が考えられる。なお、この結果はR=5mの走行ルートを左回りに走行した結果であるが、右回りに走行した際には路面状態による差を確認することができなかった。これは十分に湿潤状態を再現できていなかったことが原因と考えられる。

5. まとめ

本研究では、一般道における専用空間に関する基礎的な知見を得ることを目的に「専用空間の設置形態と有効性」及び「専用空間に必要な幅員」を実験等により検証した。得られた主な成果は以下のとおりである。

(1) 専用空間の設置形態と有効性の検証

現地条件（交通状況、既存構造、関係機関協議等）を踏まえ、実証実験ルートの一部に約80mの専用空間を設けた。専用空間では約1か月の実験期間中に自動運転が継続できなくなることが一度も無く、今回設置した形態の専用空間においては、その有効性を確認できた。また、周辺住民へのアンケートでは専用空間が自動運転車と他

交通のいずれに対しても安全だと思うとの回答が6割以上から得られた。今後は第4章における幅員の検証結果のフィードバックや、今回と異なる形態の専用空間の有効性検証等が重要だと考えられる。

(2) 専用空間に必要な幅員の検証

走行ルートの曲線半径や速度、乗車人数等を変化させた様々な条件下で自動運転車が走行した際の横方向のズレの大きさ（片側最大8.3cm）を計測し、ズレに及ぼす要因を考察した。得られた知見は専用空間の幅員の検討に資すると考えられる。今後は明確な傾向が得られなかったケース（第4章(2)d)等）の精査や、別の車両タイプや自動運転技術を対象とした実験を実施し、精度を確保しさらなる知見を積み重ねることが重要だと考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービス，2021年3月1日閲覧。
<https://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/automated-driving-FOT/index.html>
- 2) 首相官邸日本経済再生本部：成長戦略フォローアップ，p.45，成長戦略閣議決定，2020年7月17日。
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/fu2020.pdf>
- 3) 国土交通省道路局：自動運転に対応した道路空間に関する検討会中間とりまとめ，2019年11月26日。
https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/road_space/pdf/chu-matome.pdf
- 4) Inframix EU Project: Dynamic lane assignment to automated driving, European Union's Horizon 2020, 2021年3月1日閲覧。
<https://www.inframix.eu/scenarios/>
- 5) 自動運転ラボ：自動運転車向けの「専用道」や「専用レーン」米中で設置の動きが加速，2020年8月21日。
https://jidouten-lab.com/u_autonomous-street-lane-us-china
- 6) 中田諒，藤村亮太，関谷浩孝，中川敏正：自動運転の阻害要因の特定と対策効果の評価－自動運転サービス実証実験を通じて－，第18回ITSシンポジウム2020，2020年12月11日。