

苫小牧寒地試験道路における運転支援装置搭載車両の走行実験について

寒地土木研究所 寒地交通チーム ○宗廣 一徳
 寒地土木研究所 寒地交通チーム 中村 直久
 寒地土木研究所 寒地交通チーム 佐藤 昌哉

自動走行システムの発展は目覚ましく、車線維持支援システムや自動ブレーキなどの複数の運転支援装置が搭載された車両が市販されている。筆者らは、苫小牧寒地試験道路において、被験者ドライバー10名が参加し、同装置搭載車両の走行性に関する実験を行った。実験結果を踏まえ、同装置が機能する道路条件（区画線劣化レベル、道路管理）について整理したので、報告する。

キーワード：自動走行、運転支援装置、区画線、道路管理

1. はじめに

近年、日本国内はもとより、米国、欧州等の各地において、自動走行システムに関する研究開発及び公道実証実験が活発に行われている。内閣府による戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動走行システムプロジェクト¹⁾では、関係省庁、自動車メーカー、学識経験者、自動車関連団体等が参加し、システム実用化や大規模実証実験等に向けての取り組みが着手されている。例えば、国土交通省においては、2017～2019年度に亘り「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実証実験²⁾」として、北海道大樹町等で道の駅を拠点とした実験が実施された。また、北海道においては、国内最多の28の自動車関連テストコースが立地されており、自動車メーカー等の民間企業によるテストコース及び公道での実証実験³⁾が数多く着手されている。米国ミシガン州⁴⁾では、自動走行テストコースにおける「先行技術開発・学術研究」（Mcity）、「実用化技術の検証と認証取得」（ACM）、「公道試験」（MDOT Connected Corridor）という三層構造で自動走行試験が大きく促進されている。米国ワイオミング州交通局⁵⁾は、除雪車などの道路管理車両と道路との協調システムに関する研究開発が進められている。

日本国内では、自動走行の初期段階であるレベル2として、複数の運転支援装置を搭載された車両がすでに市販されている。高速道路（自動車専用道路）において運転支援装置の稼働が推奨されているものの、具体的にどのような道路条件の下で運転支援装置が稼働するのかについて明らかにされていない。そこで、筆者らは、苫小牧寒地試験道路において、被験者ドライバー10名が参加し、運転支援装置搭載車両を運転し、走行性実験を行った。実験結果を踏まえ、同装置が機能する道路条件として区画線劣化レベルについて整理したので、報告

する。

2. 本研究の目的

運転支援装置搭載車両の走行実験を踏まえ、本研究では以下を明らかにすることを目的とする。

- 1) 道路条件別の運転支援装置の機能の稼働（作動）の状況
- 2) 区画線劣化レベルと運転支援装置の機能の稼働状況

3. 運転支援装置の概要

自動走行システムの段階は、次の5段階に分けられている（表-1）。

表-1 自動走行システムの段階

レベル分け	内容	技術の例
レベル5 完全運転自動化 (限定条件なし)	システムが全ての運転タスクを実施。	
レベル4 高度運転自動化 (限定条件あり)	システムが全ての運転タスクを実施。	
レベル3 システムの高度化	加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときのみドライバーが対応する状態。	
レベル2 システムの複合化	レベル1の組合せ・高機能化	LKAS+ACC
レベル1 単独型	加速・操舵・制動のいずれかの操作をシステムが行う状態。	自動ブレーキ、ACC、LKAS

また、市販車の運転支援装置のうち、代表的な機能は以下の3種類である。

(1)LKAS (Lane Keeping Assist System；車線維持支援システム)

自動車が走行中に車線を逸脱することを防ぐ車線逸脱防止システム。車載カメラの画像認識により、運転者の不注意によって車線からはみ出しそうになったとき、自動的にハンドル制御を行って車線維持を支援する機能。

(2)ACC (Adaptive Cruise Control；定速走行・車間距離維持

装置)

自動車が走行時において、先行車との車間距離をレーダーなどで測距し、自動的に速度を調節して追従する機能。

(3)自動ブレーキ

自動車による衝突の被害を軽減するため、自動的にブレーキをかけるシステム機能。

4. 苫小牧寒地試験道路における基礎実験

4.1 実験概要

実験は令和元年12月9日(月)～10日(火)に、苫小牧寒地試験道路(写真-1)及び周辺の公道において、運転支援装置搭載車両の走行実験を行った(表-2)。

表-2 実験概要

実験日	時間帯	車両	被験者
令和元年12月9日(月)～10日(火)	午前・午後・夕方・夜間	10台	10人

実験車両は、市販されている運転支援装置搭載車両10台をレンタルすることにより調達した。被験者ドライバー10名が参画した。被験者ドライバーは、普通自動車運転免許を有する10名(男性5名、女性5名)であった。年齢構成は20代～60代であった。

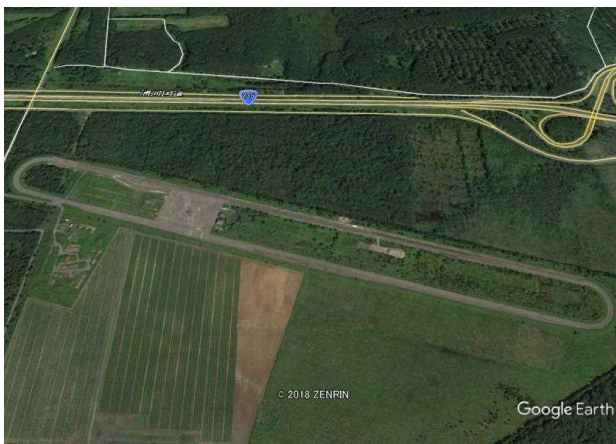


写真-1 苫小牧寒地試験道路の全景(苫小牧市柏原)

4.2 対象道路

対象道路は、苫小牧寒地試験道路及び周辺の公道(約15km)とした。同走行区間のうち、9区間20箇所において、区画線の反射輝度を測定し、外側線並びに中央

表-3 区画線ランク(目視評価ランク)と測定データ

目視評価ランク	剥離率(%)	反射輝度値(mcd/lx・m ²)
5	0～5	176～215
4	5～20	94～277
3	10～60	54～183
2	40～95	25～98
1	90～95	8～45

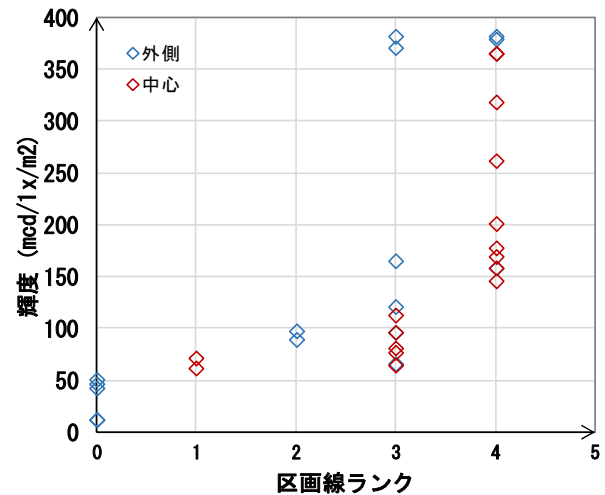


図-1 区画線ランクと反射輝度の関係

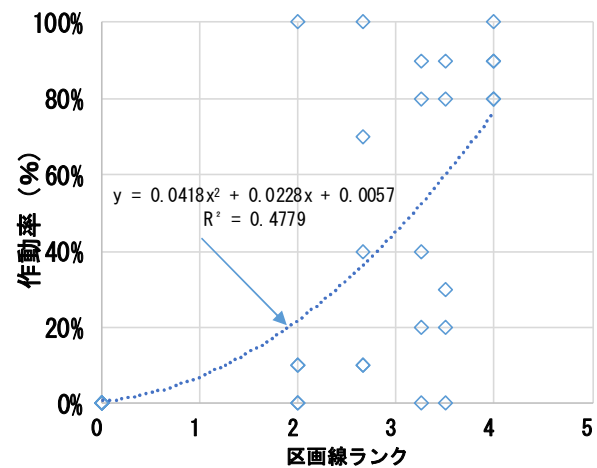


図-2 区画線ランク(外側線)とLKAS作動率



(市道) (道道)

写真-2 実験区間の区画線の例

線の劣化度をランク分けした⁶⁾(表-3)。測定については、各箇所3回計測した(写真-2)。

4.3 運転支援装置の稼働

走行区間を9区間に分割した。それぞれの区間において、運転支援装置の稼働(作動)状況を5段階(5:作動した、4:大体作動した、3:時々作動した、2:たまに作動した、1:作動しなかった。)にランク分けし、被験者からアンケート形式で評価してもらった。対象とした運転支援装置の機能は、LKAS(車線維持支援シス

テム)、ACC(定速走行・車間距離維持装置)、自動ブレーキについてであった。

4.4 区画線ランクと運転支援装置の稼働

対象道路区間の反射輝度計測結果から、区画線ランクは、図-1を得た。縦軸の反射輝度計測結果は、各箇所ですべて3回測定した平均値を示した。区画線ランク(目視評価ランク)が5から1へと低下するに従って、区画線の反射輝度値は低下した。これを踏まえ、区画線ランクとLKASの作動状況を調べると図-2を得た。ここでいうLKASの作動率は、作動状況の5段階の評価3以上を1つの単位とし、それに実験回数及び車両を乗ることにより算定した。グラフ中に多項式近似式を示しているが、決定係数 R^2 は0.4779となり、中程度であった。

なお、他の運転支援装置であるACC(定速走行・車間距離維持装置)及び自動ブレーキについては、区画線ランクに関わらず、ほぼ全ての実験ケースにおいて作動することが示された。

5. 道路階層を考慮した自動走行システムの導入に向けて

5.1 道路階層区分の試案

道路の機能のうち、交通機能(Traffic Function)に着目し、縦軸に連絡スケール、横軸に道路種別を取り、北海道を事例としたときの道路階層区分⁷⁾を試案した(表-4)。連絡スケールの大きい階層A・Bの接続方式

表-4 道路階層区分の試案(北海道の場合)

	高規格幹線道路		一般道路			その他
	A 高速道路	B 自専道	C 一般国道	D 道道	E 市町村道	F 私道
I 圏域間連絡	○	○	△	-	-	-
II 圏域内連絡	-	○	○	△	-	-
III 市町村間連絡	-	-	○	○	-	-
IV 市町村内連絡	-	-	-	△	○	-
V 生活道路	-	-	-	-	○	○

注)○:主に分担している。
△:現状では部分的に分担している。

表-5 道路階層に応じた接続方式の試案(北海道の場合)

	A	B	C	D	E	F
	高速道路	自専道	一般国道	道道	市町村道	私道
A 高速道路	立体	立体	立体	-	-	-
B 自専道	-	立体	立体	-	-	-
C 一般国道	-	-	信号交差 /RAB	信号交差 /RAB	-	-
D 道道	-	-	-	信号交差 /RAB	信号交差 /RAB	-
E 市町村道	-	-	-	-	信号交差 RAB/無信号 交差	無信号交差
F 私道	-	-	-	-	-	無信号交差

注)RAB:ラウンドアバウト

は、立体交差を標準とする。連絡スケールの中程度以下の階層C・D・Eについては、交差形式として信号交差点、ラウンドアバウト、無信号交差点を許容する⁸⁾。

Kazunori Munehiro, Naohisa Nakamura, Masaya Sato

また、その他の道路(私道など)については、無信号交差点を交差形式とすることを提案する(表-5)。

5.2 求められる道路構造・管理

自動走行システムの導入を視野に入れたとき、道路階層に応じた自動運転の内容及び求められる道路構造・管理の試案をした。道路階層別に見ると、次のとおり考えられる。

(1) 圏域間・圏域内連絡:階層A・B

高速道路(自動車専用道路)におけるトラックの隊列走行など物流面での自動走行の適用が考えられる。また、夜間や深夜などの長距離トリップの移動時における自動走行の適用も考えられる。

一部の市販車に搭載されている運転支援装置であるLKAS(車線維持支援システム)及びACC(定速走行・車間距離維持装置)により追従走行、すなわちレベル2の自動走行が実現している。将来的にはレベル3であるシステム全体が運転タスクを担うことへの発展が期待される。これらの自動走行機能は、主として道路の区画線に基づく線形の認識及び前方車両の挙動の認識を車載カメラが把握することにより達成される。区画線ランクとしては、ランク4以上が求められる。また、将来の自動走行の高度化を視野に入れて、同走行支援のための道路付属物の設置も求められる。例えば、磁気マーカや電磁誘導線の設置により、自動走行の安定化が期待される。

(2) 市町村間連絡:階層C

現段階では、自動走行システムの初期段階である運転支援装置が単独で機能している。運転支援装置の単独としては、ACC(定速走行・車間距離維持装置)や自動ブレーキである。

将来的にレベル2及びレベル3といった自動走行システムの高度化が期待される。LKAS及びACCといった運転支援装置が機能するための道路管理が求められる。具体的には、区画線ランクとして、ランク4以上が求められる。

これに加えて、道路構造として、道路付属物や標識の集約・簡素化が必要とされる。さらに、交差点形式の標準化が求められる。変形交差点をラウンドアバウト化することにより、この階層の交差点形式は、平面十字交差点とラウンドアバウトの2種類に集約できる。また、除雪や除草といった道路管理においても高い水準が求められる。

(3) 市町村内連絡:階層D・E

この階層の自動走行システムの導入の活用場面としては、公共交通やタクシーの代替や観光地における送迎車などへの適用など限定的な範囲での利用が想定される。対象区間の交差点構造の標準化や適切な道路管理が求められる。

(4) 専用空間:階層F

この階層における自動走行システムの活用場面として

は、観光地や公園内などの限定された空間における適用が想定される。限定空間であることから、システム全体全ての運転タスクを行うレベル3の自動走行が実現できる可能性がある。

6. まとめ

苫小牧寒地試験道路における運転支援装置搭載車両の走行実験により、以下が明らかになった。

(1) 市販車の運転支援装置のうち、代表的な機能であるLKAS（車線維持支援システム）、ACC（定速走行・車間距離維持装置）、自動ブレーキを対象とし、それらの機能が作動する道路条件に関する実験を行った。

区間線ランクは、目視評価及び反射輝度測定により5段階にランク分けした。LKASについては、区画線ランク4において作動率が高くなった。他方、区画線ランク3以下では作動率が低くなった。

(2) 他方、ACC並びに自動ブレーキについては、区画線ランクに関わらず、ほとんどの実験条件において作動した。

(3) 道路階層を考慮した自動走行システムの導入に向けて、階層A（高速道路）、B（自動車専用道路）、C（一般国道）、D（道道）、E（市町村道）、F（私道）の別に、求められる道路管理を整理した。階層A・B、及びCにおいて、区画線ランク4以上が求められる。

また、今後の展開として、安定した自動走行を支援するための道路付属物について、引続き検討を進めていく所存であるので、関係各位との連携を深めていきたい。

参考文献

- 1) 内閣府：戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動走行システム研究開発の取組状況、http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/4th_sangyokakumei_dai3/siryuu9.pdf, 2017.
- 2) 国土交通省：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実証実験、<http://www.mlit.go.jp/road/TTS/f/html/automated-driving-FOT/index.html>, 2017.
- 3) 経済産業省北海道産業局：生産性革命の実現に向けて～AI・IoTの地域社会への実装促進～, 2017.
- 4) Mcity : Mcity Test Facility, <https://mcity.umich.edu/our-work/mcity-test-facility/>, 2017.
- 5) Wyoming DOT: Wyoming DOT Connected Vehicle Pilot, https://www.its.dot.gov/pilots/pdf/CVP_WYDOTSystemDesign_Webinar.pdf, 2017.
- 6) 全国道路標識・標示業協会：路面標示と交通安全、p23、JCASM技術資料Vol. 10、2017.
- 7) 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所寒地交通チーム：安全快適な北の道を目指して、pp.50-56、交通工学Vol.43、No.4、2008.
- 8) 大口 敬：車両の走行道路階層性を考慮した自動運転の適用、pp.25-32、IATSS Review Vol.40、No.2、Oct、2015