

## 冬期道路環境下での自動走行に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 29～令 1

担当チーム：寒地交通チーム、

研究担当者：佐藤昌哉、平澤匡介、宗広一徳、  
徳永ロベルト、中村直久

## 【要旨】

国内外で自動走行に関する研究開発や公道実証実験が進められているが、冬期道路環境下では、安定した自動走行に困難が伴うことが懸念されており、道路インフラからの走行支援が求められている。本研究では、既往の自動走行技術の稼働する道路条件の把握、道路インフラからの走行支援技術の抽出を行った。自動走行技術の稼働する道路条件、道路階層別の道路構造、走行支援に資する要素技術について整理した。

キーワード：自動走行、道路インフラ、運転支援、冬期道路環境

## 1. はじめに

近年、日本国内はもとより、米国、欧州、中国などの各国において、自動運転に関する研究開発及び公道実証実験<sup>1), 2), 3)</sup>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）自動運転（システムとサービスの拡張）研究開発計画<sup>4)</sup>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、システムの開発・検証や実証実験、実用化に向けた基盤技術開発、社会的受容性の醸成などに着手されている。

寒地交通チームでは、平成29～令和元年の3箇年に亘り、当所研究施設の苫小牧寒地試験道路（苫小牧市柏原1-18）並びに周囲の公道において、自動走行技術の稼働する道路条件及び道路構造に関する基礎実験を行った。さらに、冬期道路環境下の走行支援に資する要素技術について整理したところ、報告する。

## 2. 自動走行システム及び運転支援技術の概要

自動走行システムは、運転主体がドライバーかあるいはシステムか、限定条件の有無、自動走行技術の組合せにより、5段階に分けられる（表-1）。日本国内では、自動走行システムの初期段階であるレベル2として、複数の運転支援技術が搭載された車両がすでに市販されている。これらは、主に高速道路（自動車専用道路）における利用が前提とされている。しかしながら、どのような道路条件下で、運転支援装置が稼働し、また稼働しないのかについて、具体的には明らかにされていない。

市販車の運転支援装置のうち、自動車専用道路などで利用できる代表的な機能として以下を列举できる。

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<br>完全運転自動化<br>(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<br>高度運転自動化<br>(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<br>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<br>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<br>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 |

※車線維持支援制御装置（LKAS）

定速走行・車間距離制御装置（ACC）

## (1)車線維持支援制御装置（Lane Keeping Assist System）

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)定速走行・車間距離制御装置（Adaptive Cruise Control ; ACC）

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（衝突被害軽減ブレーキ；Autonomous Emergency Braking）

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。

上述の主たる運転支援技術の作動イメージは、図-1の通りである。

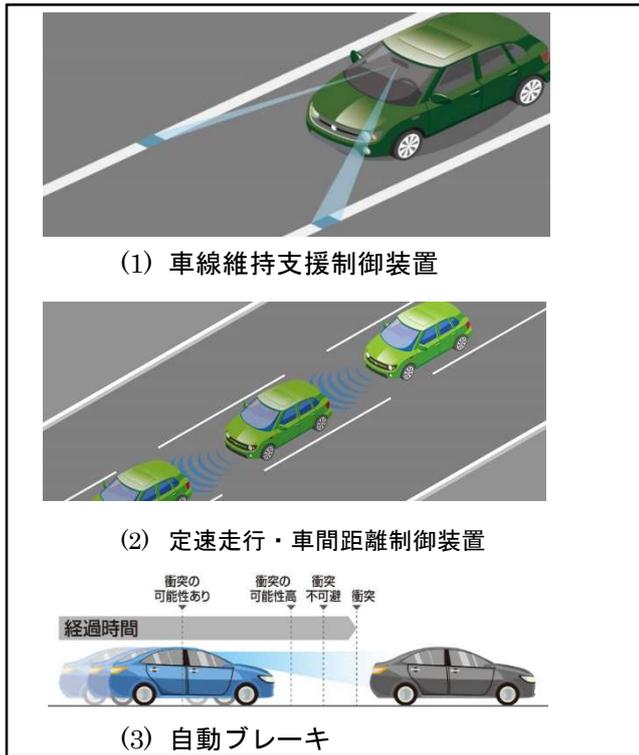


図-1 運転支援技術の作動イメージ

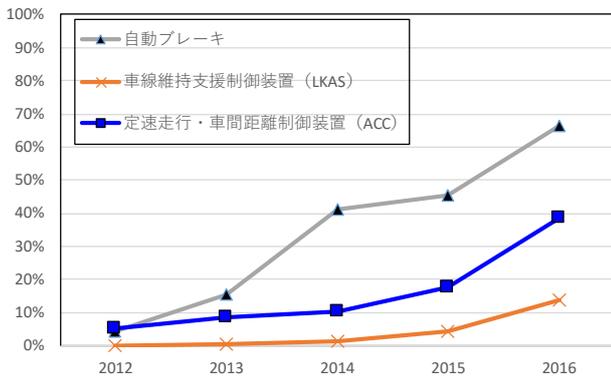


図-2 運転支援技術の普及状況<sup>5)</sup>  
(国土交通省調べ)

新車登録台数に占める運転支援技術の普及状況 (自動ブレーキ、車線維持支援制御装置、定速走行・車間距離制御装置) は、年々進展している (図-2)。また、上記以外には、ペダル踏み間違い時加速抑制装置 (Acceleration Suppression Device when Pedaling Mistake)、自動車線変更支援 (LCA : Lane Change Assist)、自動駐車システム (Automatic Parking System) などがある。

### 3. 自動走行を支える要素技術

#### 3.1 自車位置推定技術

自動走行を実現するための自車位置推定技術は、よ

り高精度な自車位置推定が求められる。自車位置推定技術<sup>6)</sup>には、走行ルート上のマクロ的位置推定と複数車線の道路を走行する際にレーン位置推定のミクロ的な自車位置推定が必要とされる。自車位置推定技術の例としては、以下を列挙できる。

#### 1) GNSS (Global Navigation Satellite System)

GNSSは、人工衛星からの情報を利用した測位システムである。GNSS方式は、比較的広域で測位可能である一方、地下、トンネルなどでは使用できない。また、天候による受信可能な衛星数の影響も受ける場合がある。RTK-GPSなどの補正情報を用いて測定精度向上を図る手法も検討されている。

#### 2) 慣性航法

地下やトンネルなどGNSSが使用できない環境において測位を補完する手法が慣性航法であり、ジャイロ、加速時計、車速センサを用いて自車の相対的な移動距離を推測する技術である。

#### 3) 磁気マーカ

磁石を埋め込んだり貼り付けたりした道路をセンサでたどるシステム (図-3)。車両の位置を精緻に把握できる。GNSSの不感地帯や区画線が雪で覆われる圧雪道路などでの活用が期待されている。

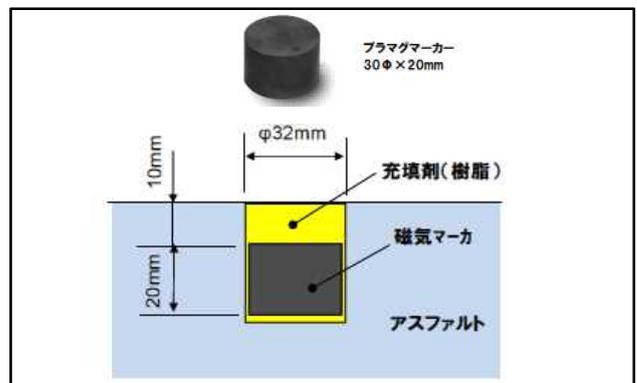


図-3 磁気マーカの例

### 3.2 周囲探知技術

周囲探知技術は、センサ類を複合的に活用することにより、自車の周囲360度を必要な距離まで認識する技術である。周囲探知技術の例としては、以下を列挙できる。

#### 1) 可視カメラ

可視カメラにより、種々の対象物を検出・認識することができる。速度制限の標識を認識する速度警告を行う機能、区画線の認識により、その位置から自車の車線逸脱を把握する機能、車両や人を認知して距離を把握する機能などある。周囲の車両や人、交通標識、

区画線を検出・認識できる重要なセンサである。

2) ミリ波レーダ

ミリ波と呼ばれる非常に波長の短い電波を照射し、物体に反射されて帰ってくる電波を検出することにより、物体までの距離と方向を検出するセンサである。

3) LIDAR

LIDARは、赤外線レーザー光をパルス状に照射し、物体に反射されて帰ってくるまでの時間から距離を計測するセンサである。道路上の標示や散乱物の検出も可能である。LIDARの検出データを地図の形式でプロットし、自車の走行に応じて逐次更新してゆくことにより、障害物があり走行が危険な領域と物体がなく安全に走行できるフリースペースとを区別して認識することができる。路肩に堆雪した状態、雪に覆われた物体の検知などでの活用も期待されている。

3.3 自動走行車の運転に関する法整備

国際道路交通条約は、1949年8月にジュネーブで開催された「道路輸送および自動車輸送に関する国際連合会議」で採択され、「統一規則を定めることにより国際道路交通の発達及び安全を促進すること」を目的としている。日本は、1964年8月に道路交通条約に加盟した。現在（2020年6月時点）、113ヶ国・地域が加盟している。同条約の第8条第1項で、「自動車には運転者がいなければならない」とし、第8条第5項と第10項で、「運転者によるコントロールがなされなければならない」と規定されている。日本の道路交通法では、「車両等の運転者は、当該車両などのハンドル、ブレーキその他の装置を確実に操作し、かつ道路、交通及び当該車両等の状況に応じ、他人に危害を及ぼさないような速度と方法で運転しなければならない」とされている。

これに対し、2016年5月、警察庁により「自動走行システムに関する公道実証実験のためのガイドライン」が示された。2019年5月の道路交通法改正により、「運転」の定義の条文に、「自動運行装置を使用する場合を含む。」ことが加えられた。

4. 運転支援技術の稼働状況実験

被験者ドライバー10名による運転支援装置搭載車両の走行実験を行った。実験結果を踏まえ、同装置の1つである車線維持支援制御装置が機能する道路条件として区画線レベルについて整理した。

4.1 車線維持支援制御装置に関する実験

2019年12月9日(月)～10日(火)に、運転支援装置搭載車両の走行実験を行った(表-2)。運転支援装置搭

載車両については、レンタルにより10台を調達した。走行区間は、苫小牧寒地試験道路及び周辺の公道(苫東東部地域内、約21km)とし、道路階層別に高速道路、国道、道道、市道、試験道路を含んでいる(図-4)。なお、実験当時、路面状態は、湿潤もしくは乾燥であった。

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 |

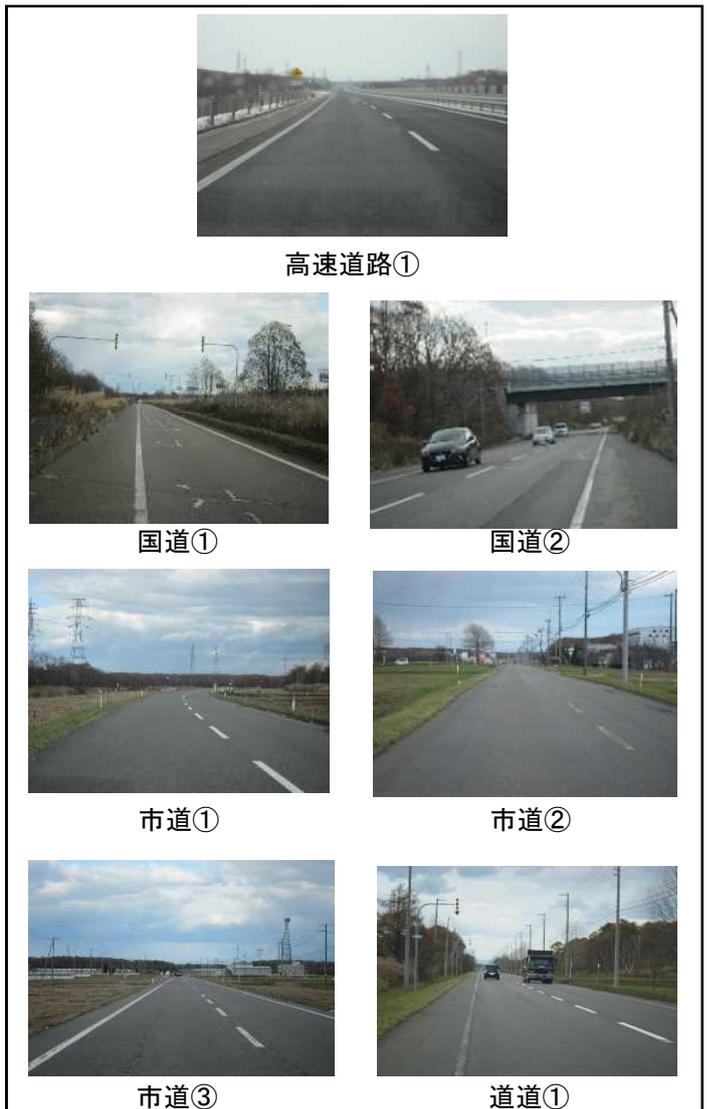


図-4 対象とした道路階層/走行区間と区画線の状態

4.2 対象道路の区画線の状態の計測

実験開始前に、対象道路区間の区画線(9区間20箇所)について、目視による剥離率の判定、及び反射輝度値の計測により、5段階にランク分けした<sup>6)</sup>。区画

線の反射輝度の測定については、反射輝度計（MIROLUX7）により、対象道路の各区内3箇所において3回計測し、平均値を用いた。区画線の反射輝度値の計測結果については、文献7）に示している。区画線のランク分けについては、文献8）に示された目視評価のランク分け（5段階）を用いた（表-3）。

表-3 区画線のランク分け

| 目視評価ランク | 剥離率 (%) | 反射輝度値 (mcd/lx・m <sup>2</sup> ) |
|---------|---------|--------------------------------|
| 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                           |

各ランクの状態について補足すると、以下の通りである。

- ・ランク 5～標示全体が維持されており、摩耗が少なく、剥離が見られない。経時による塗膜の劣化が見られない。
- ・ランク 4～摩耗の進行と若干の剥離が見られるが、標示全体の形状は維持されている。割れ、クラック等の経時による劣化がわずかに見られる程度である。
- ・ランク 3～摩耗または剥離により、標示の中に舗装路面の露出が見られる。標示全体の形状は維持されている。摩耗、剥離が少ない塗膜での経時による表面の劣化、割れ、クラックが見られる。
- ・ランク 2～摩耗または剥離が進行し、標示の形状に不鮮明な部分が見られるようになる。摩耗等の少ない塗膜では、経時による表面の劣化、割れ、クラックが顕著である。
- ・ランク 1～摩耗または剥離が進行し、標示の形状、機能がほとんどない。経時による表面の劣化、割れ、クラックが著しい。

本実験の対象道路（9区間、20箇所）について、区画線ランクと反射輝度値を計測した。区画線の反射輝度値の測定は、外側線並びに中央線、それぞれについて行った。区画線の目視評価のランクが小さくなるに従って、反射輝度値も減少する傾向が確認された。

**4.3 区画線ランクと車線維持支援制御装置の作動**

上述の道路階層／走行区間別の車線維持支援制御

装置の作動状況を踏まえ、道路の区画線ランク（外側線並びに中央線）と車線維持支援制御装置の作動状況を調べると図-5並びに図-6を得た。車線維持支援制御装置の作動率は、次式(1)による。なお、作動状況を5段階（5：作動した（8割を超える）、4：大体作動した（6～8割）、3：時々作動した（4～6割）、2：たまに作動した（2～4割）、1：作動しなかった（2割未満））にランク分けし、被験者から評価してもらった。

$$R_A = A_5 / N \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、

R<sub>A</sub>:作動率

A<sub>5</sub>:作動した（作動状況：5）の回答数

N:全体の車両台数

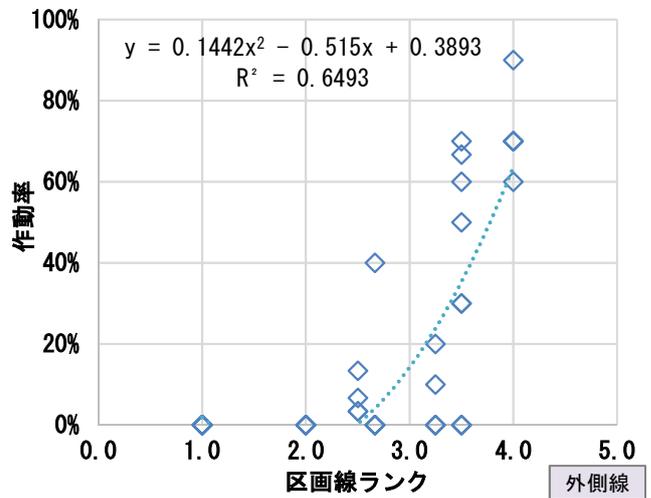


図-5 区画線ランクと車線維持支援システムの作動

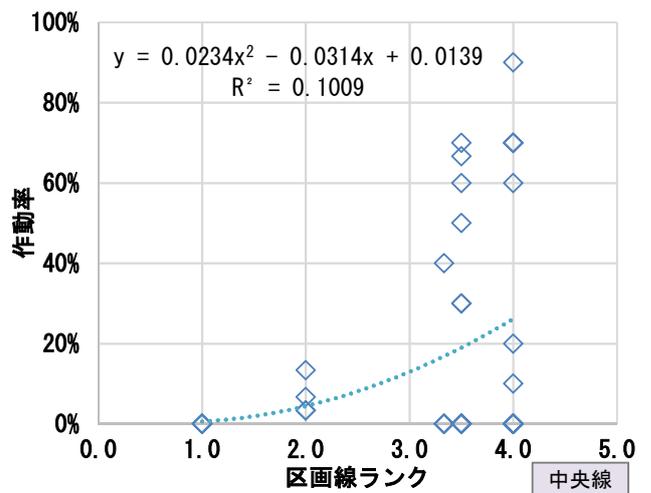


図-6 区画線ランクと車線維持支援システムの作動  
グラフ中に多項式近似式を示しているが、外側線における決定係数R<sup>2</sup>は0.6493となり、比較的高くなった。

また、中央線における決定係数 $R^2$ は0.1009となり、低くなった。この結果から、車線維持支援制御装置の作動は、中央線並びに外側線の両方について車両が認識することが条件であり、それは外側線のレベルに依存することが大きいことが分かった。

図-7は運転支援装置作動時の事例であるが、車両は定速走行・車間距離制御装置並びに車線維持支援制御装置の機能により、車間距離を一定に保ち、かつ車線の中央の位置を走行していることが分かる。他方、



図-7 運転支援装置作動時の走行  
(苫小牧寒地試験道路：バックストレート)



図-8 運転支援装置未作動時の走行  
(苫小牧寒地試験道路：ホームストレート)

図-8は運転支援装置未作動時の事例であるが、前車と後車との車間距離と車線の横断方向の走行位置もば

らついている。

なお、冬期道路環境下（道路が雪で覆われた状態）では、車線維持支援システムは機能しなかった。

#### 4.4 定速走行・車間距離制御装置に関する実験

2018年2月5日～7日にかけて、北海道網走市～大空町の25.5kmを対象とし、運転支援装置搭載車両と当所所有のRT3-Curve（すべり測定車）を追従走行させて、ドライバによる定速走行・車間距離制御装置（ACC）への介入（速度調整による減速（協調減速））箇所、路面のすべり摩擦係数を測定した<sup>9)</sup>（図-9）。



図-9 RT3-Curve（すべり測定車）

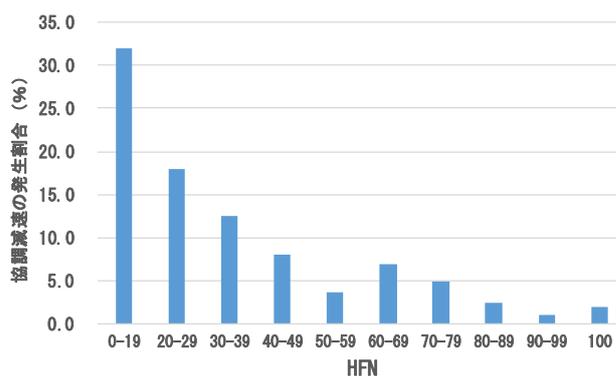


図-10 HFNの階級別の協調減速発生割合

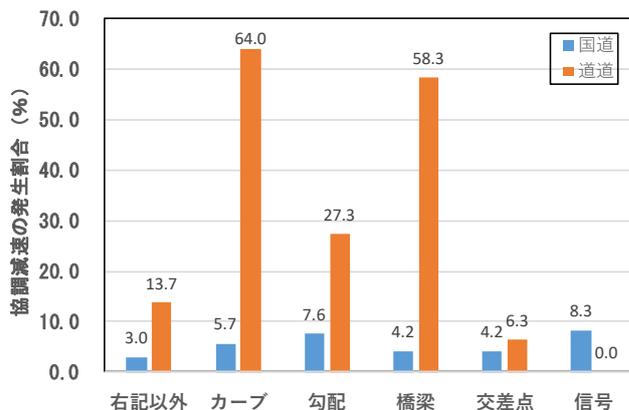


図-11 道路構造別に発生した協調減速の割合

その結果、すべり摩擦抵抗値（Holiday Friction Number;HFN）が50以下の階級から、急に協調減速の発生割合が高くなった（図-10）。また、国道（National

Road) と道道 (Regional Road) 別に道路構造 (カーブ、勾配、橋梁、交差点、信号) 箇所別に、協調減速の発生割合を図-11に示した。国道では、各道路構造での協調減速の発生割合が10%以下となった。他方、道道のカーブ、勾配、橋梁区間で協調減速の発生割合が高くなった。図-10並びに図-11から、路面のすべりやすさ、道路構造の変化 (カーブ、勾配、橋梁等) が協調減速の発生に大きく影響していることが分かった。

## 5. 自動走行と道路構造

### 5.1 交差点部及び単路部での混在交通の実験

苫小牧寒地試験道路 (苫小牧市柏原1-18) の模擬ラウンドアバウト (外径: 27m) において、一般車両の走行の中に、自動走行機能を搭載した試験車両 (自動走行車) が混在した状態を再現し、実走行させた (図-12)。対象としたラウンドアバウトの構造諸元は、表-4の通りである。実験は2018年2月6日に実施した。

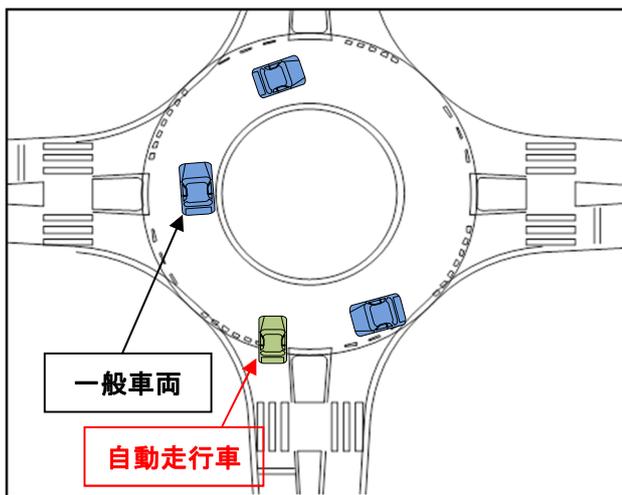


図-12 実験の概要図 (ラウンドアバウト)

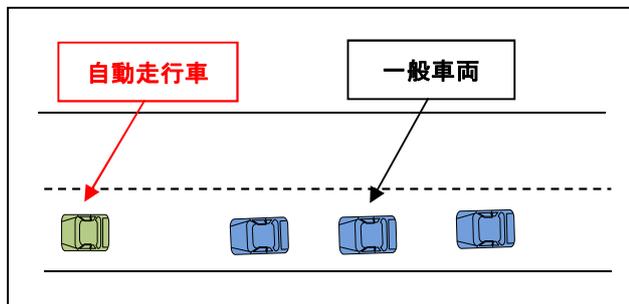


図-13 実験の概要図 (単路部)

一般車両は、市販車をレンタルにより10台調達し、ラウンドアバウトの流入及び流出をランダムに繰り返した。自動走行車は、一般車両が走行する中、ラウ

ンドアバウトの流入、流出を繰り返した。自動走行車には、運転操作を行わない状態で担当技術者2名が同乗した。また、ラウンドアバウトの実験の外に、試験道路の単路部 (直線部) において、自動走行車を一般車両が追従走行する状態を再現し、実走行した (図-13)。

表-4 ラウンドアバウトの構造諸元

| 構成要素       | 諸元    |
|------------|-------|
| 環道外径       | 27.0m |
| 中央島直径      | 12.0m |
| 環道幅員       | 5.0m  |
| 環道幅員+エプロン部 | 7.0m  |
| 流入部の半径     | 13.0m |
| 流出部の半径     | 15.0m |

### 5.2 主観評価の実施

一般車両の運転者として、普通自動車運転免許を有する一般ドライバー10名が参加した。一般ドライバーは、自動運転車が混在した状態のラウンドアバウト (交差点) を走行後、アンケートに回答した。

アンケートの設定では、「自動運転車が混在した状態の走行における主観評価 (安全性、走りやすさ)」について7段階で評価した。安全性については、1: たいへん危険である~7: たいへん安全である。走りやすさについては、1: たいへん走りにくい~7: たいへん走りやすい。これらを主観評価点とした。また、同様のアンケートについて、試験道路の外周路の単路部走行においても行った。

### 5.3 混在交通条件下での主観評価

実験に参加した一般ドライバーによるアンケートの回答結果の主観評価 (安全性) について集計したところ、図-14を得た。本評価値についても、交差点部 (ラウンドアバウト) 並びに単路部ともに、平均値で約5が得られた。すなわち、一般ドライバーからみた

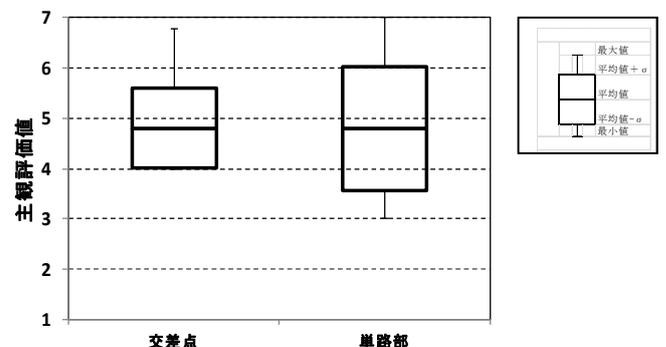


図-14 主観評価 (安全性)

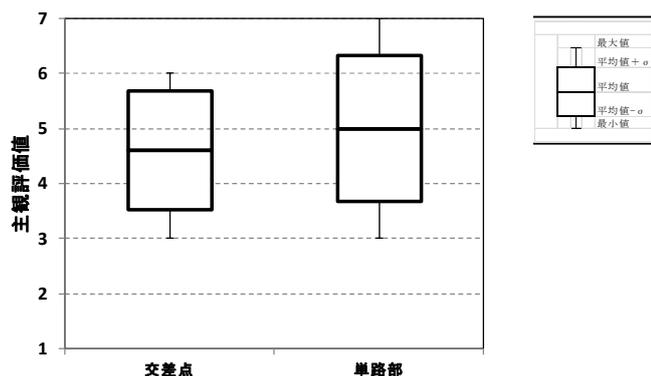


図-15 主観評価（走りやすさ）

安全性もやや高いことが分かった。

また、一般ドライバーによる回答結果の主観評価（走りやすさ）について集計したところ、図-15を得た。本評価値についても、交差点部（ラウンドアバウト）並びに単路部ともに、平均値で約5が得られた。すなわち、走りやすさも比較的高いことが分かった。単路部と交差点部（ラウンドアバウト）を比較すると、わずかに単路部の方が、評価が高くなった。

#### 5.4 自動走行車を考慮したときのラウンドアバウトの構造・管理する上での課題

ラウンドアバウトにおける自動走行車の走行実験から、構造・管理面からの課題として以下を列挙できる。

- 1) 自動走行車が、昼夜及び天候を問わず、常時、路面標示（区画線）を認識できることが求められる。
- 2) 自動走行車が、常時、標識（環状交差点における右回り通行）を認識できることが求められる。
- 3) 自動走行車が、ラウンドアバウト内の障害物、歩行者、自転車を認識できることが求められる。

### 6. 道路階層並びに自動運転レベルを考慮した構造・管理に向けて

#### 6.1 道路の機能

道路は、あらゆる社会経済活動を支える基本的な社会資本であり、人や車に対する交通機能に加えて、上下水道や電線類などの公共公益施設を収容し、採光・通風・防災のための空間機能を有している。さらに、都市においては街並みの骨格を構成する基幹施設である。このような道路の多面的な機能により公共の福祉に寄与し、国民生活に大きな利益をもたらしている。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、北海道を事例とし道路階層区分<sup>10)</sup>を試案した（表-5）。道路階層に応じた接続方式の試案として、連絡スケールの大きい階層A・Bの接続方式は、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<sup>11)</sup>。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-6）。

表-5 道路階層区分の試案（北海道の場合）

|            | 道路種別      |          |           |         |           |         |
|------------|-----------|----------|-----------|---------|-----------|---------|
|            | 高規格幹線道路   |          | 一般道路      |         |           | その他     |
|            | A<br>高速道路 | B<br>自専道 | C<br>一般国道 | D<br>道道 | E<br>市町村道 | F<br>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-6 道路階層に応じた接続方式の試案（北海道の場合）

|        | 高規格幹線道路   |          | 一般道路         |              |                          |         |
|--------|-----------|----------|--------------|--------------|--------------------------|---------|
|        | A<br>高速道路 | B<br>自専道 | C<br>一般国道    | D<br>道道      | E<br>市町村道                | F<br>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<br>/RAB | 信号交差<br>/RAB | -                        | -       |
| D 道道   | -         | -        | -            | 信号交差<br>/RAB | 信号交差<br>/RAB             | -       |
| E 市町村道 | -         | -        | -            | -            | 信号交差<br>/RAB / 無信号<br>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

#### 6.2 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、道路構造・管理にどのようなインパクトがあるかについて検討する。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・管理及び道路ネットワークの試案をした（表-7、図-16）。

##### (1) 圏域間・圏域内連絡：階層A・B

高速道路（自動車専用道路）における小型車やトラックの隊列走行など物流面での適用が考えられる。夜間や深夜などの長距離トリップの移動時における適用も考えられる。すでに、一部の市販車に搭載された車線維持支援制御装置（LKAS）及び定速走行・

表-7 道路階層別に求められる道路構造・管理

|                         | 自動運転レベル                 | 活用場面                            | 求められる道路構造                      | 求められる道路管理              |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| 1) 圏域間・圏域内連絡<br>(階層A・B) | 現行: レベル2<br>将来: レベル3・4へ | ・小型車やトラックの隊列走行(物流)<br>・除雪車の運転支援 | ・道路付属物や標識の集約・簡素化               | ・区画線が常時認識できる高い水準の除雪    |
| 2) 市町村間連絡<br>(階層C)      | 現行: -<br>将来: レベル2へ      | ・公共交通<br>・除雪車の運転支援              | ・道路付属物や標識の集約・簡素化<br>・交差点形式の標準化 | ・高い水準の除雪<br>・高い水準の除草   |
| 3) 市町村内連絡<br>(階層D・E)    | 現行: -<br>将来: レベル2へ      | ・公共交通やタクシー<br>・観光地における送迎車       | ・交差点形式の標準化                     | ・中～高程度の除雪<br>・中～高程度の除草 |
| 4) 専用空間<br>(階層F)        | 現行: -<br>将来: レベル3・4へ    | ・観光地内の周遊交通                      | ・自動走行支援施設(磁気マーカなど)の設置          | ・適宜、除雪・除草              |

車間距離制御装置 (ACC) 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及びレベル4といったシステム全体が運転タスクを担うことも期待される。これらの自動走行機能は、主として区画線による道路線形の認識及び前方車両の挙動の認識に基づき達成されている。将来的に道路付属物や標識の集約・簡素化も期待される。

(2) 市町村間連絡：階層C

車線維持支援制御装置及び定速走行・車間距離制御装置といった自動走行技術が機能するための道路構造及び道路管理が求められる。道路構造では、道路付属物や標識の集約・簡素化が必要とされる。実道では多様な交差点形式(多岐交差点、変形交差点など)が存在し、自動走行化に困難性が伴っている。このことを克服するために、交差点形式のパターン化、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。さらに、除雪や除草といった道路管理において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4の自動走行が実現可能となると思われる。

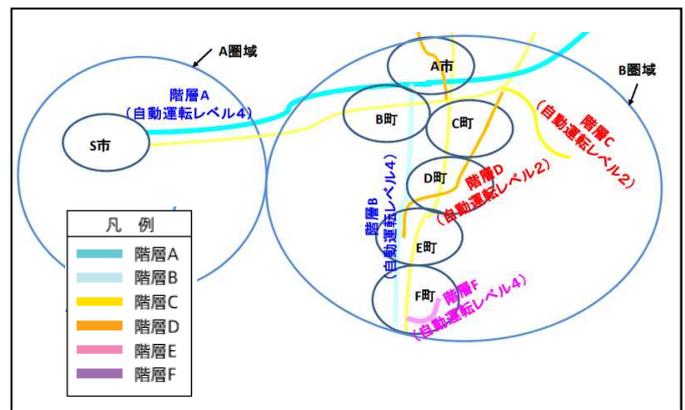


図-16 道路階層・自動運転レベルを考慮した道路ネットワークの試案

7. まとめ

平成29～令和元年の3箇年の研究により、苫小牧寒地試験道路及び北海道内の公道において、市販車の運転支援装置を使用した走行実験を行い、既往の自動走行技術の稼働する道路条件の把握、道路インフラからの走行支援技術の抽出を行った。自動走行技術の稼働する道路条件、道路階層別の道路構造、走行支援に資する要素技術について整理した。

- (1) 車線維持支援装置 (LKAS) の稼働する条件として、中央線並びに外側線の両方が自動走行車の可視カメラにより認識することが必要とされる。区画線の剥離率と反射輝度値から、区画線を5段階にランク分けしたところ、同装置の稼働にはランク4以上のレベルが求められた。なお、雪で区画線が覆われた冬期道路環境下では、本装置は稼働しなかった。
- (2) 定速走行・車間距離制御装置 (ACC) の稼働については、冬期道路環境下でも一定割合で機能した。

しかしながら、すべり摩擦抵抗値 (HFN) が50以下、あるいは道路構造の変化 (カーブ、勾配、橋梁など) がある場合は、速度調整による減速 (協調減速) に至った。

- (3) 自動走行と道路構造として、交差点部 (ラウンドアバウト) と単路部 (直線部) における一般交通の中に自動走行車が混在する状態を再現し、実験を行った。交差点部並びに単路部ともに、一般ドライバーは自動走行車の混在は安全性並びに走行性から7段階評価のおよそ平均値5以上の高い評価が得られた。
- (4) 道路階層並びに自動運転レベルを考慮した道路構造・管理及び道路ネットワークについて試案した。求められる道路構造として、交差点形式の標準化や道路付属物の集約・簡素化、さらに自動走行支援施設の設置が挙げられる。道路管理としては、除雪や除草に高いレベルが必要とされる。
- (5) 自動走行を支える要素技術として、自車位置推定技術と周囲探知技術について整理した。冬期道路環境下で自動走行を行うためには、道路に自動走行支援施設の設置が貢献する可能性がある。

今後の展開として、自動走行に対応した冬期道路管理、高度化について、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) 牧野一輝: 生産空間を支える自動運転サービスの社会実装に向けて～道の駅「コスモール大樹」を拠点とした自動運転サービス実証実験の検証より～, 令和元年度北海道開発局技術研究発表会、2020
- 2) 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～, <https://www.hkd.meti.go.jp/hokim/20171219/index.htm>, 2017 (2020年4月10日閲覧)
- 3) 国土交通省: 自動運転に対応した道路空間のあり方「中間とりまとめ」, [https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/road\\_space/pdf/chu-matome.pdf](https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/road_space/pdf/chu-matome.pdf), 2019 (2020年4月10日閲覧)
- 4) 内閣府政策統括官: 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 自動運転 (システムとサービスの拡張) 研究開発計画, [https://www8.cao.go.jp/cstp/gaivo/sip/keikaku2/4\\_jido\\_soko.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/gaivo/sip/keikaku2/4_jido_soko.pdf), 2019 (2020年4月10日閲覧)
- 5) 国土交通省: 運転支援技術・自動運転技術の進化と普及, <http://www.mlit.go.jp/common/001213451.pdf>, 2016 (2020年4月10日閲覧)
- 6) 橋川雄樹, 外: 自動運転実証実験～位置推定精度の検証, IATSS Review. Vol.42, No.2, pp.48-53, Oct. 2017
- 7) 宗広一徳, 中村直久, 倉田和幸, 佐藤昌哉: 運転支援技術を考慮した道路区画線の条件について, 寒地土木研究所月報 No.806, pp.43-48, 2020年6月
- 8) 一般社団法人全国道路標識・標示業協会: 路面標示と交通安全, 1998
- 9) 加藤佑基, 萩原亨, 岡田稔, 内藤利幸, 宗広一徳: 速度協調システム利用時にドライバがシステム介入したときの冬期の道路状況に関する研究, 自動車技術会論文集.Vol.50, No.4, July 2019
- 10) 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, 交通工学.Vol.43, No.4, pp.50-56, 2008.
- 11) 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, pp.25-32, Oct, 2015

---

## STUDY ON AUTOMATIC DRIVING UNDER WINTER ROAD ENVIRONMENT

**Budgeted** : Grants for operating expenses

General account

**Research Period** : FY2017 - 2019

**Research Team** : Cold-Region Road Engineering Research Group  
(Traffic Engineering Research Team)

**Author** : SATO Masaya

HIRASAWA Masayuki,

MUNEHIRO Kazunori,

TOKUNAGA Roberto,

NAKAMURA Naohisa

**Abstract** : Research and development related to automated driving and public road demonstration experiments are underway in Japan and overseas. Under the road environment in winter, it is feared that stable automated driving will be difficult, and driving support from the road infrastructure is required. In this research, we grasped the road conditions in which the existing automated driving technology operates and extracted the driving support technology from the road infrastructure. The road conditions under which autonomous driving technology operates, the road structure by road level, and the elemental technologies that contribute to driving support are summarized.

**Key words** : Automated driving, road infrastructure, driving support, winter road environment