

運転支援システムによる ドライバの注意資源分配の変容

－運転支援システムによる不安低減に関する研究－

梶川 忠彦 有賀 義之 大石 遊 (株)U'eyes Design
染谷 栄一 (株)ADKマーケティング・ソリューションズ

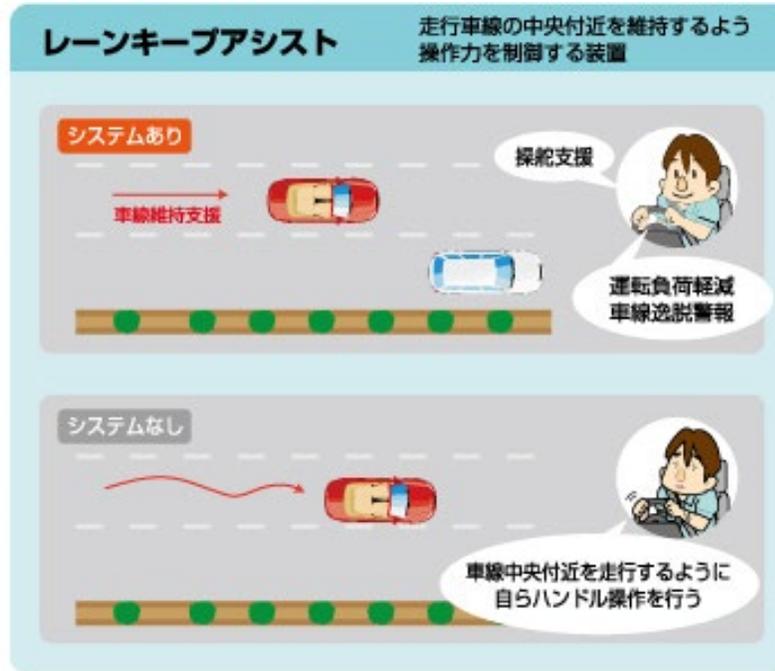
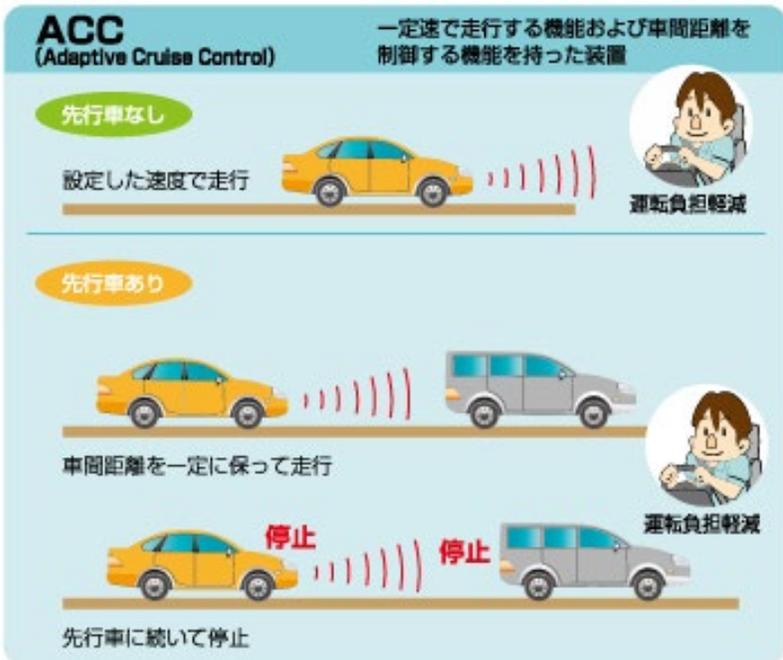
背景：運転支援システムの進化

近年、自動運転レベル2.0以上に相当する運転支援システムが市販の自動車にも多く導入されている。
ドライバの運転操作を減らし、運転負荷を低減することで、**長距離ドライブ**や**渋滞時の安全な運転**に
寄与することを目的としている。

代表機能例：

アダプティブクルーズコントロール（以下ACC）
前方車を自動追従し、アクセルブレーキ操作サポートする

レーンキープアシスト（以下LKA）
走行レーンを自動でキープし、ステアリング操作をサポートする



イメージ



出典：SUBARU HP

出典：国土交通省HP

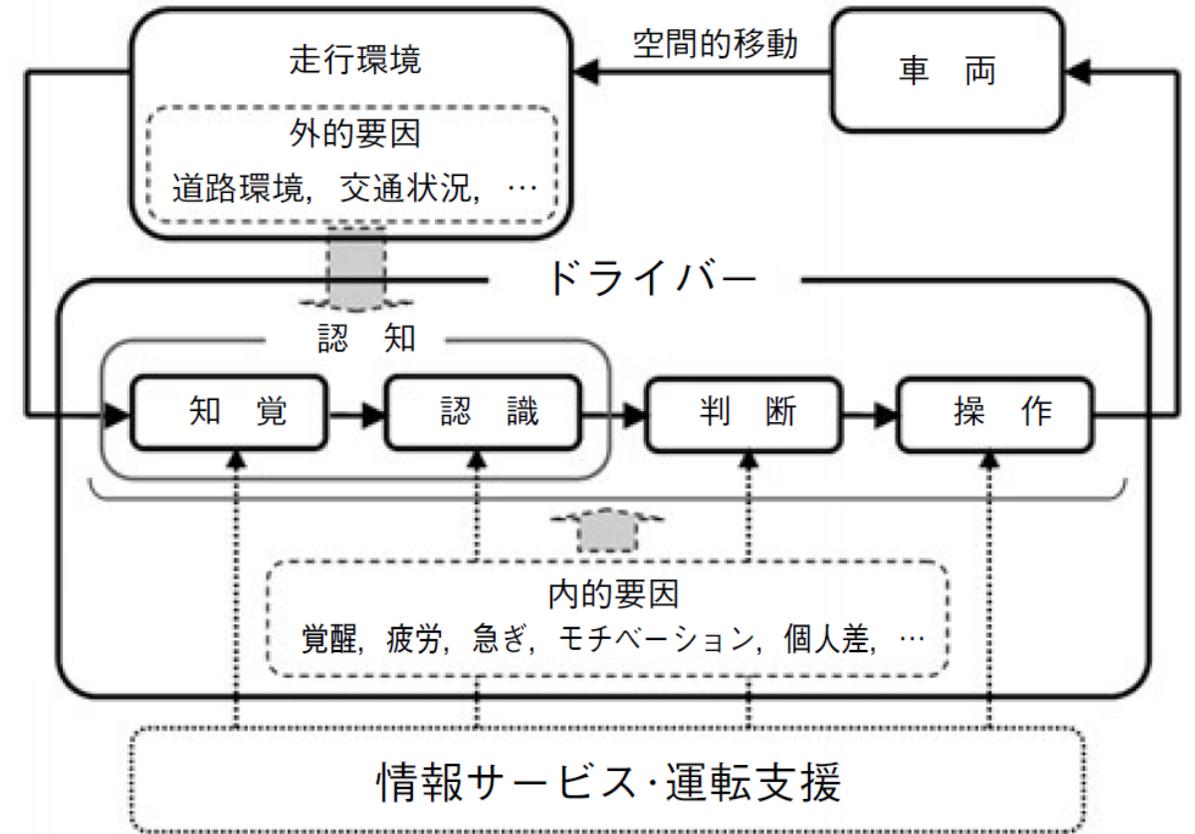
背景：ドライバの認知・判断・操作

自動車の運転は、ドライバが周囲環境の予測から、次の行動のための情報を**認知**（知覚・認識）し、次の行動を**判断**し、運転**操作**を行う。

運転操作はこの一連の行動にともなう膨大な知覚・認知処理は、多くは**自動的・無意識的**である。

運転は時間制約下で瞬時に行うシビアなものである。

運転支援システムはこのようなドライバの認知・判断・操作をサポートするものである。



走行環境・ドライバー・車両に基づく運転行動モデル

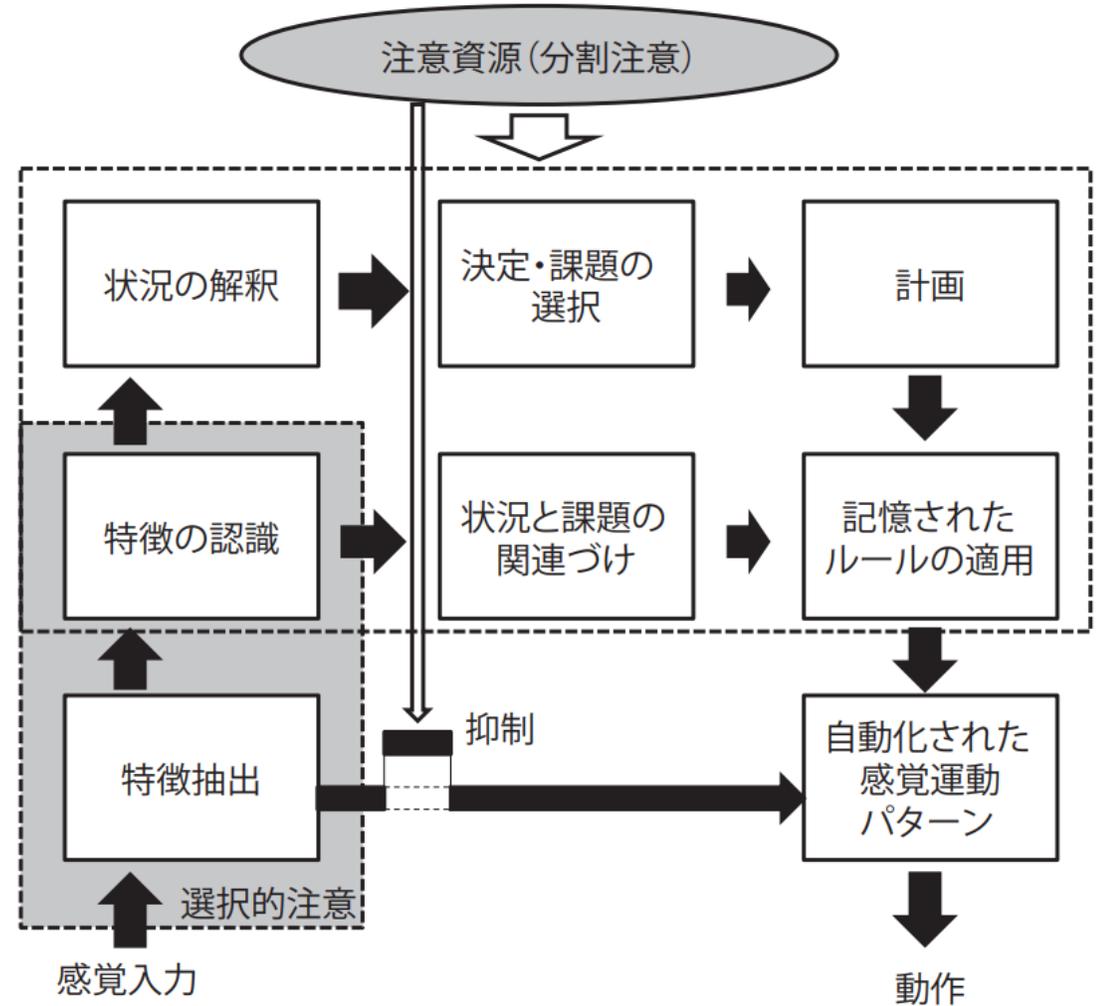
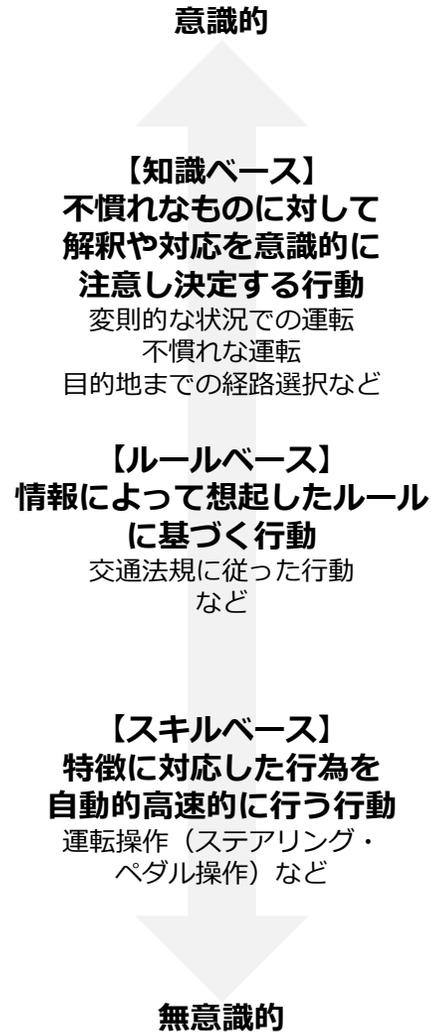
出典：大門、2011、ドライバー特性に基づいた自動車の情報化・運転支援、Panasonic Technical Journal Vol.57 No.3 Oct.2011

背景：ドライバの注意資源

ラスムッセンのモデルによると、人間の行動は情報入力から行動出力まで3レベルの情報処理により行われる（スキル、ルール、知識ベース）

運転行動では、注意が重要な役割を持つ。
注意には、情報の選択的取得に関する**選択的注意**と、行動を実行するために必要な心的エネルギーとして働く**分割的注意**がある。

運転支援システムにより、認知判断操作がサポートされることでドライバの注意の資源分配に影響が与えられると考えられる



ラスムッセンのSRKモデルに基づく3つのレベルによる行動制御モデル

出典：『第8章交通心理学』、篠原、蓮花、2015、交通・安全学P85-94

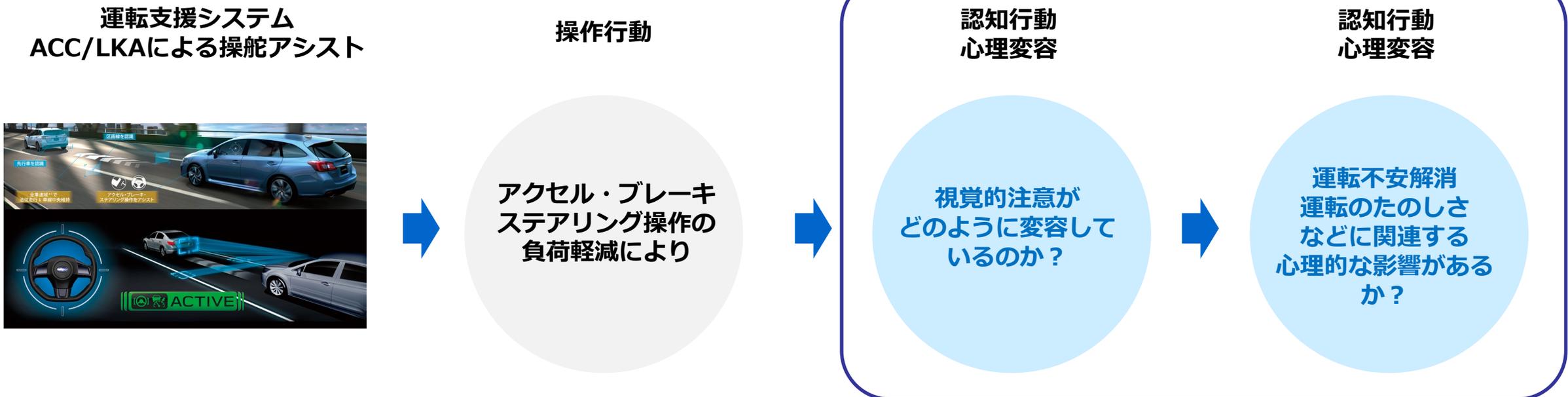
概要：本研究の着眼

本研究では、**運転支援システムにより、認知・判断・操作全体の運転行動におけるドライバの注意資源がどう変化し、運転時の不安解消や運転のたのしさに寄与しているのかに着目する。**

自動車の運転は、認知・判断・操作を同時に行い、ドライバは注意資源を意識的、無意識的にさまざまに分配しながら安全運転を行う。ACCやLKAなどの運転支援システムはドライバーの操作アシストを目的としているが、操作のみならず認知行動にも影響し、ドライバーの運転不安や運転のたのしさによい効果をもたらしているという仮説のもと、

運転支援システム作動の有無によるドライバの視覚的注意変容を、実際の運転環境下で明らかにする。

本研究の着眼

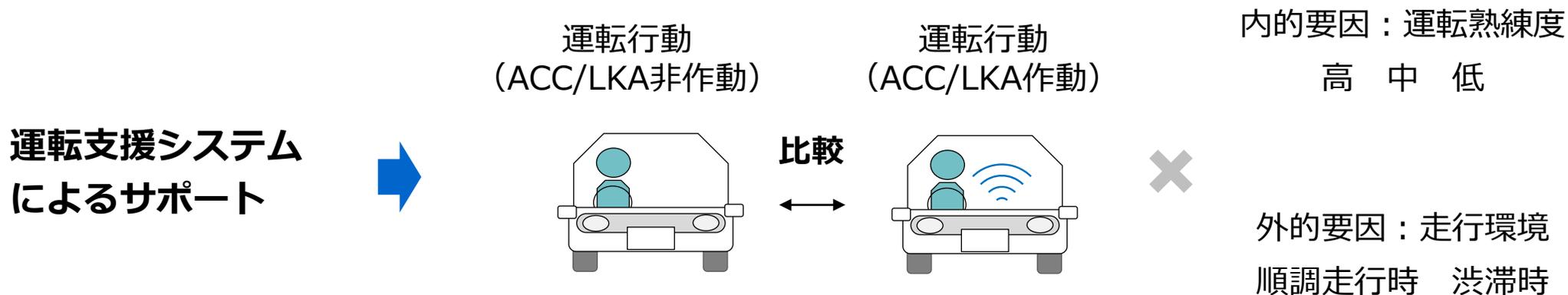


概要：実験概要

ACC/LKAの運転支援システム作動時/非作動時におけるドライバの視線的注意や心理の変容を
実際の運転支援システムを利用するドライバが、実走行環境下での行動を
アイトラッキングを用いて明らかにする探索的調査実験を行った。

- ・ 評価対象システムの実際の利用ユーザーが対象
- ・ 日常運転状況と近い高速道路の実走行環境
- ・ 運転環境が大きく異なる渋滞時、順調走行時の要員を考慮
- ・ 運転に関する情報処理モデルに差異が出る運転熟練度が異なるドライバ群を考慮

実際の利用者、実路走行環境における影響を計測



概要：対象者選定

日常的に実験対象の運転支援システムを利用している方を、 運転熟練度ごとにオンラインアンケートで選定

■ 基本条件

- ・ 運転免許保有者，自家用車所有を基本条件
- ・ 週に1,2回以上運転を行う，運転支援システムを普段利用している

■ 運転支援システムの日常利用状況や実験環境への配慮

- ・ 実験使用車両と同ブランド車（同様の運転支援システム）所有。
- ・ 実験実施地域に在住し、走行ルート土地勘がある。
- ・ 家族やご友人など，2人一組で参加可能な方を優先。

■ 運転熟練度による割り付け

- ・ 運転に対する熟練度により差が出ることが予想されたため、偏りがないように配慮した。
- ・ 運転熟練度の算出は、走行シーン（高速道路の運転，右折，縦列駐車やUターン，など）に対してどの程度運転に対する不安があるかを主観評価にて取得し，日常生活での運転頻度の回答と合算してスコア化し，熟練度（低，中，高）の3段階を設定した。

■ アイトラッキング計測のための視力条件

- ・ 視力に関して何らかの不具合や病気がないこと
（色弱，片目だけ極端に視力が弱い，斜視，ヘッドライトを極端にまぶしいと感じる，など）
- ・ 運転時にメガネやハードコンタクトレンズを着用していないことを条件とした。

概要：対象者一覧

○年代・性別の構成

	20-30代	40-60代	計
男性	3名	4名	7名
女性	2名	1名	3名
計	5名	5名	10名

日付	P	年代	性別	運転頻度	運転支援システム利用頻度	運転に対する不安				運転習熟度	
						高速道路の運転に不安	右折に不安	縦列駐車やUターンに不安	坂道発進に不安	スコア	判定
9/13 (金)	01	30代	男性	週に1,2回	時々利用	全くあてはまらない	少しあてはまる	かなりあてはまる	少しあてはまる	10	低
	02	50代	男性	週に1,2回	よく利用	全くあてはまらない	少しあてはまる	少しあてはまる	少しあてはまる	9	中
9/14 (土)	03	60代	男性	週に1,2回	時々利用	少しあてはまる	少しあてはまる	少しあてはまる	少しあてはまる	10	中
	04	40代	男性	週に1,2回	時々利用	全くあてはまらない	全くあてはまらない	全くあてはまらない	全くあてはまらない	6	高
9/15 (日)	05	40代	女性	週に1,2回	よく利用	かなりあてはまる	少しあてはまる	少しあてはまる	少しあてはまる	11	低
	06	40代	男性	週に1,2回	よく利用	全くあてはまらない	全くあてはまらない	全くあてはまらない	全くあてはまらない	6	高
9/16 (月)	07	20代	男性	ほぼ毎日	よく利用	全くあてはまらない	全くあてはまらない	全くあてはまらない	全くあてはまらない	5	高
	08	20代	女性	週に1,2回	よく利用	かなりあてはまる	少しあてはまる	少しあてはまる	少しあてはまる	10	低
9/17 (火)	09	30代	男性	ほぼ毎日	時々利用	少しあてはまる	少しあてはまる	少しあてはまる	全くあてはまらない	8	中
	10	30代	女性	週に1,2回	時々利用	かなりあてはまる	少しあてはまる	少しあてはまる	少しあてはまる	10	低

※ P07とP08、およびP09とP10はご夫婦

概要：評価指標と測定方法

1. 視覚的注意の計測：視点計測調査

- メガネ型アイトラッカーによる視線計測を行った。
- 分析対象の注視対象（AOI）は「前方車」「右前方車」「左前方車」「ルームミラー」「右サイドミラー」「左サイドミラー」「ナビ」「メーター」「道路標識」「看板」の10要素とした

2. 心理的変容の把握：ヒヤリング調査

- 運転後に、ドライバーに心理的変化や印象をヒヤリング

また、運転支援システムによる運転負荷低減効果の有無を確認するため以下も同時に測定した。

操作行動の計測：アクセル/ブレーキ回数（参考）

- 運転席の足元に設置したビデオカメラで運転中のアクセル/ブレーキの回数の変容を記録した。

運転負荷低減効果の主観評価：主観評価アンケート…NASA-TLXによるメンタルワークロード（仕事量とそれによる心理的な負荷）の測定

- 「精神的な要求」「身体的な要求」「時間的切迫感」「作業達成度」「努力」「不満」に対する評点
- 重み付け係数による総合スコアWWL（Weighted Workload）を算出

生理指標：心拍数（HR）

- 運転中の心拍数の変容を測定。

概要：実験使用システム、車両

本実験に用いたACCとLKAの運転支援システムと車両

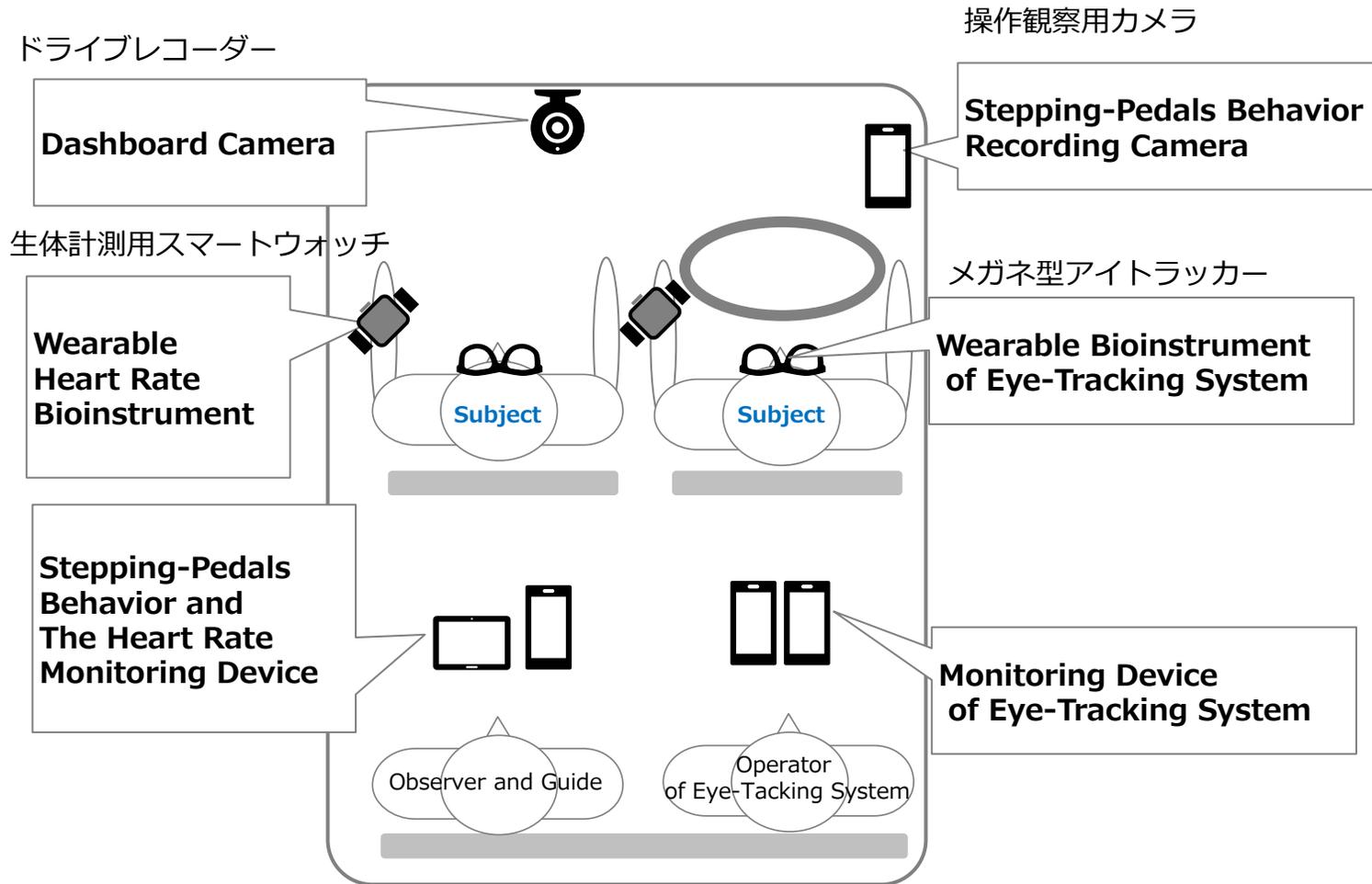
- ・ 高速道路における長距離走行の負担低減、渋滞時の疲労軽減が目的の市販車搭載の運転支援システム
- ・ 0km/h～約120km/hの全車速域でステアリング・ブレーキ・アクセル操作を自動アシストする
- ・ 自動運転レベル2.0に該当



実験車両

概要：調査環境

普段通りの運転に近い状況で計測ができる機材環境で実施



実験の様子



調査機材
生体計測用スマートウォッチ



調査機材：
メガネ型アイトラッカー

概要：走行区間

- ・ 順調走行区間と渋滞区間が発生するルートであること
- ・ カーブや運転困難区間がなく，道路形状による運転行動への影響が少ないルート が条件

① ルート

- ・ 首都高速3号渋谷線「池尻大橋IC」から、東名高速道路「厚木IC」付近までの往復コースを基本コースとして参加者に提示をした。

② 走行する車線

- ・ 参加者には、原則、走行車線を運転してもらった。
- ・ 前方車との車間距離や周囲の流れから、追い越し車線からの追い越しは可とした。
(追い越した後は、走行車線に戻ってもらう)

③ 走行速度

- ・ 法定速度元首での運転をもらった。

○ルート（池尻大橋IC-厚木IC付近）



概要：調査進行

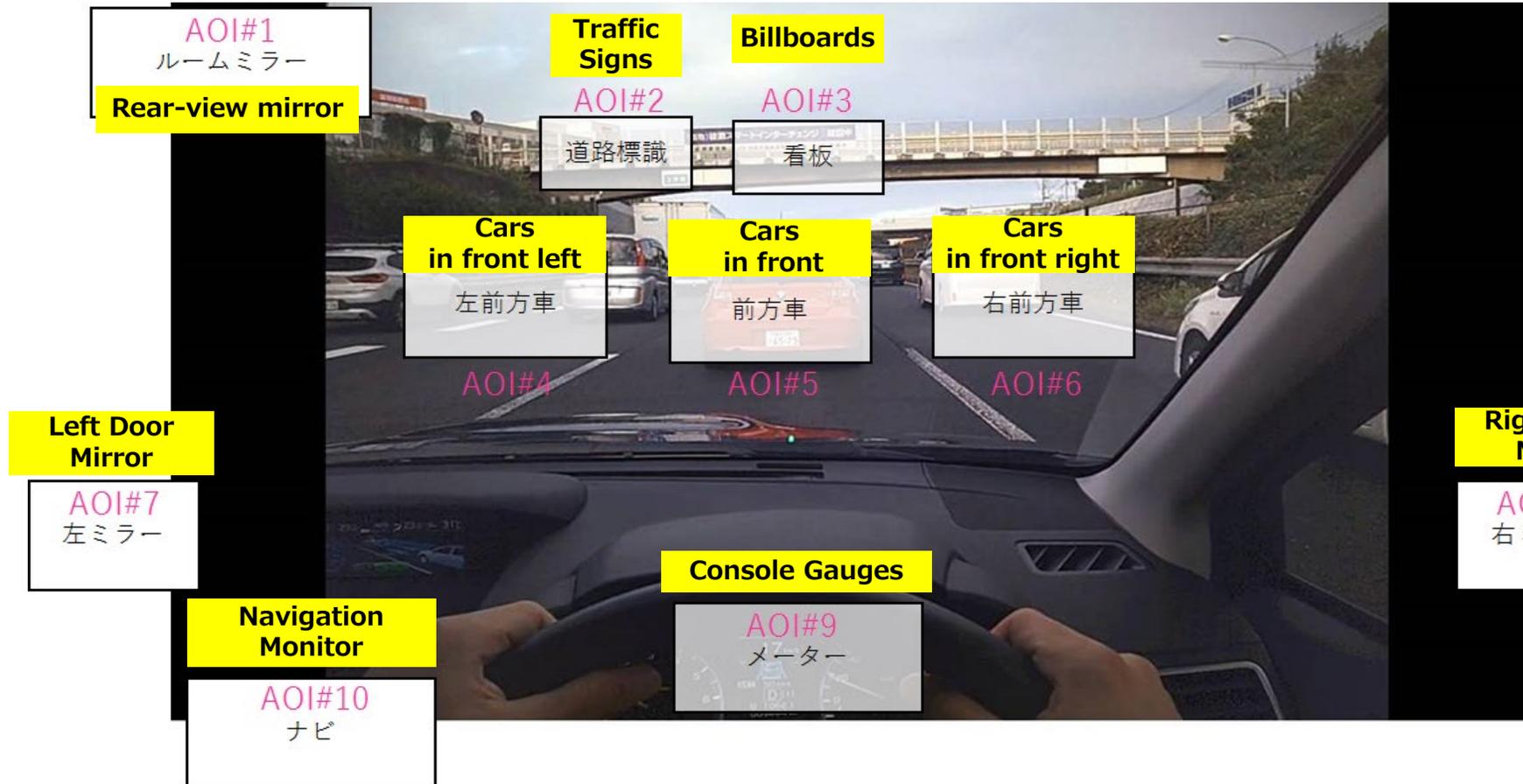
- ・実施概要 : 参加者には2名一組で運転席と助手席に乗車してもらい、交代で東名高速道路を運転してもらう。
ACC/LKA作動状態、非作動状態、助手席状態のそれぞれに対し、測定データを取得する。
- ・調査期間 : 2019/9/13 (金) ~9/17 (火) の5日間
- ・調査時間 : 一人 8hほど (適時休憩、昼休憩含む)
- ・実施体制 : 参加者2名、進行役、機材オペレーター

時間	概要	備考
10:00~10:15	受付、実験参加同意書等の覚書記入	都内より出発
10:15~10:45	調査ご案内、機材装着	一般道にて完熟走行
10:45~14:30 (昼休憩1hほど含む)	システム説明、練習走行	池尻IC (首都高渋谷3号線) ~港北PA
	実走行実験 (被験者①/ACC・LKA作動)	港北PA→御殿場方面
	実走行実験 (被験者①/ACC・LKA非作動)	同上。渋滞状況によっては、途中で折り返しで上り方面で実施。
	主観評価、事後ヒヤリング 運転交代	PAやSAでの実施。
14:30~18:00	運転手交代、練習走行	一般道や途中のPAやSAで交代
	実走行実験 (被験者②/ACC・LKA作動)	御殿場方面→池尻IC
	実走行実験 (被験者②/ACC・LKA非作動)	同上。渋滞状況によっては、途中で折り返しで下り方面で実施。
	主観評価、事後ヒヤリング 事後ヒヤリング	PAやSAでの実施。
18:00	解散	”

概要：視線計測の注視対象（AOI）

アイトラッキング調査では以下の対象物（AOI）に対する注視時間、注視頻度を計測した。

AOI

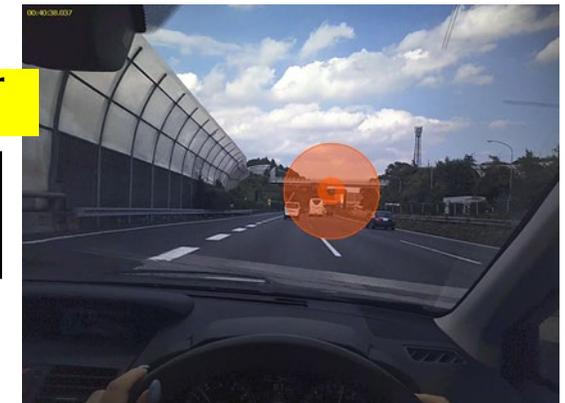


GazeReplayMovie (注視点変容の様子)

In Heavy Traffic



In Light Traffic



結果：注視行動の分析結果（AOIの注視回数・時間平均）

運転支援システム作動時は、渋滞時も順調走行時も、前方車注視の割合が減少し、注視範囲が拡大する傾向が見られた。ドライバーが前方注視にかかる注意資源が開放され、運転中の視野を拡大していることがうかがえた。

- ・ACC/LKA作動時は、非作動時に比べ、「前方車」注視の頻度、時間が減少していた。
- ・運転中の安全確保のために必要な「左右の前方車」「各種ミラー」「看板・道路標識などの遠方対象物」「メーター・ナビ」など、「前方車」以外の注視頻度、注視時間がの注視が容易になる。

【Average of gaze frequency and time in every minute at the car in front and at other than that】

		注視頻度平均 [回/分]		注視時間平均 [ms/回]	
		Average of Gaze Frequency (times/min)		Average of Total Gaze Time (seconds/min)	
		inactive	active	inactive	active
前方車注視	in Heavy Traffic	At the Car in Front	62.7 times → 58.2 times	19.63 seconds → 18.11 seconds	
	前方車以外の注視対象	At the others of AoI*	26.4 times 32.3 times	5.74 seconds 7.82 seconds	
前方車注視	in Light Traffic	At the Car in Front	49.2 times → 31.3 times	17.25 seconds → 10.28 seconds	
	前方車以外の注視対象	At the others of AoI*	31.5 times 31.2 times	7.41 seconds 7.86 seconds	

*Area of Interests, defined as the cars in Front, that in Front Right, that in Front Left, Right and Left Mirror of the Car, Billboards, Traffic Signs, Console Gauges, and Navigation Systems in this research. z

N=10 people. calculated with actual driving log for 8hours 9minutes in total.

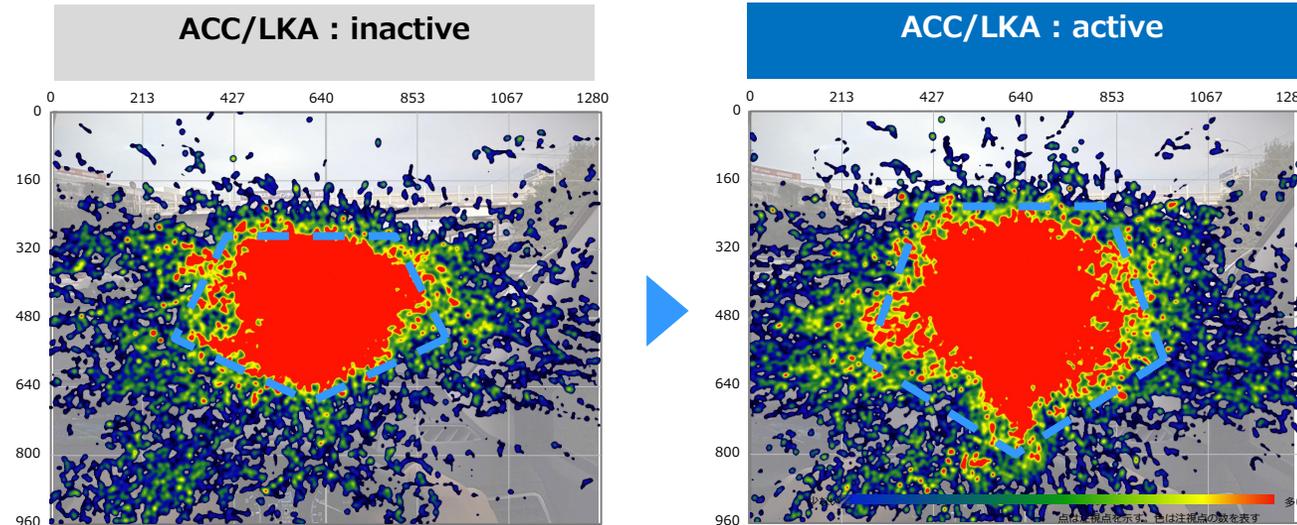
結果：注視行動の分析結果（注視範囲の分散）

○実際の注視点分散例

- ・ 視界上部，下部といった視界の縦方向にも分散が伸びている。非作動時よりも，遠方やメーターが注視できていることが確認できた。

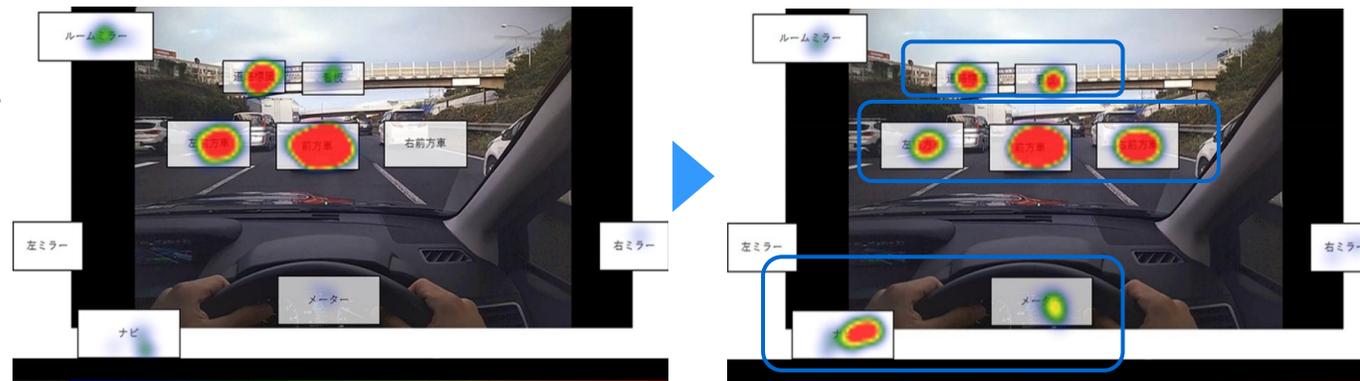
【Gaze behavior while driving】

注視点の分散 The scatter of gaze points



エリア別の注視分布 Distribution of gaze points among each AoI*

*Area of Interests

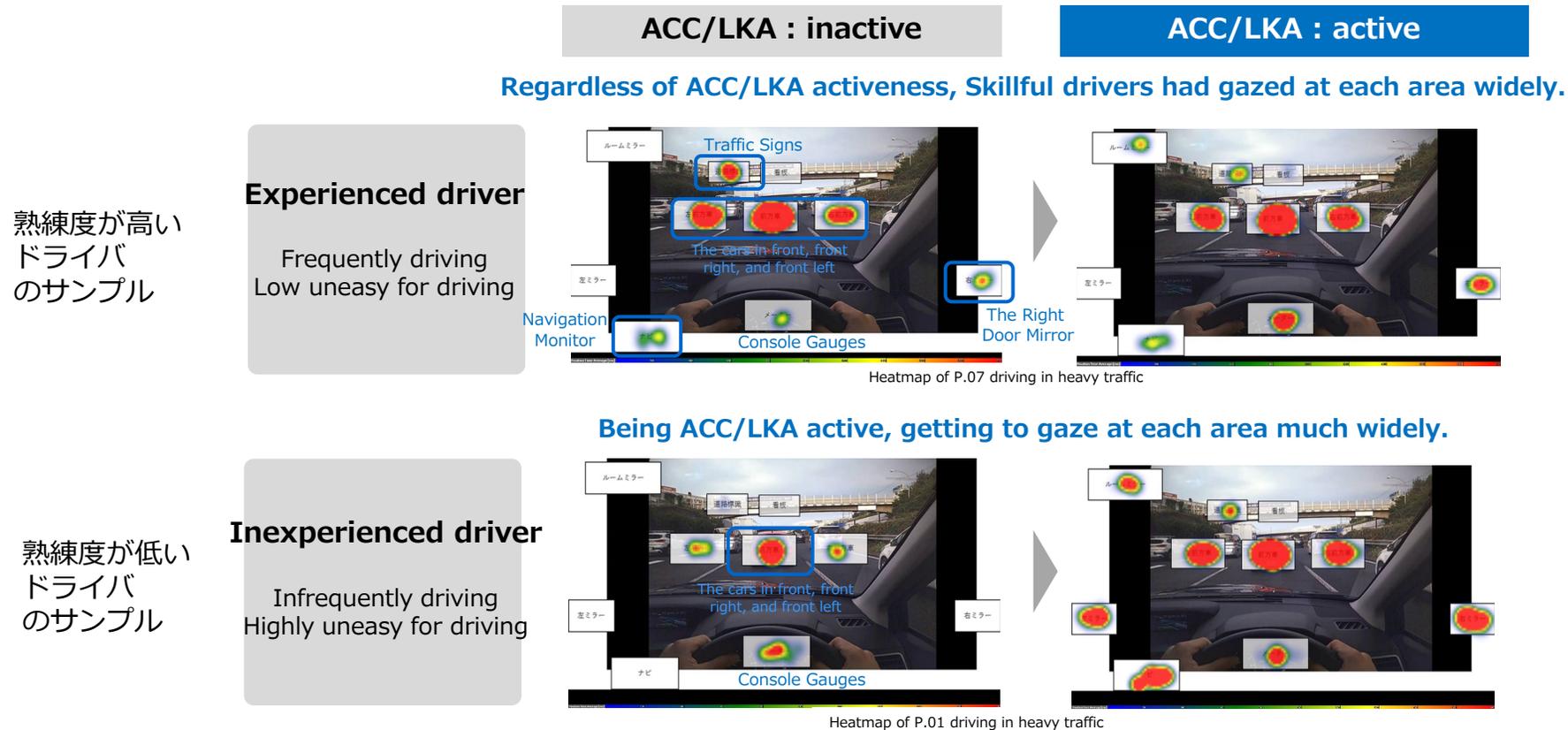


Exemplifying above the Result of Representative Subject Driving in Heavy Traffic

結果：注視行動の分析結果（運転熟練度による傾向）

○熟練度による、注視の分散の特徴的な差

- ・特に、熟練度が低いドライバー（運転頻度：低、運転不安：高）は注視の拡大の効果が大きかった。
→非作動時は、前方車確認に注意が集中している状態から、作動により熟練者に近い注視分散に改善されることが見てとれる。
- ・熟練度が高いドライバーは、システム作動/非作動であまり変わらない結果となった被験者もいた。
→運転経験により、安全運転のための注視行動がスキルベースでできるように身につけている傾向が高いと考えられる



Comparison of Gaze Behavior Change while Driving between Experienced and Inexperienced Driver

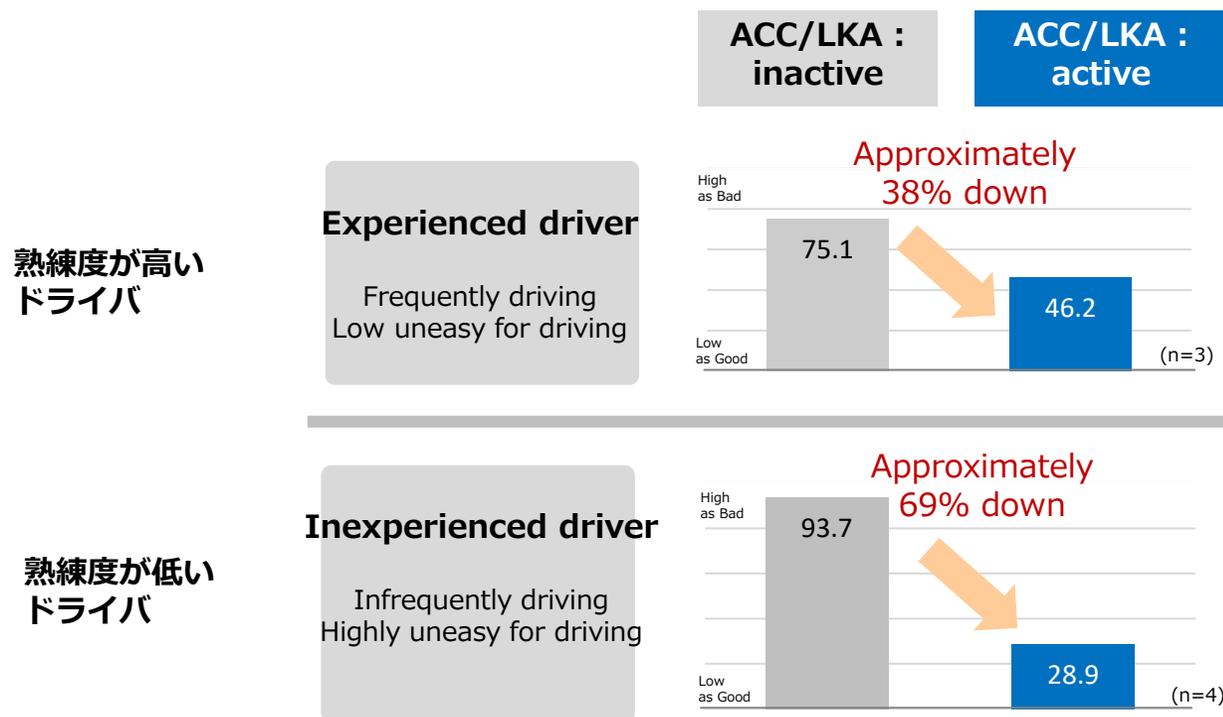
結果：運転負荷低減に対する主観評価

○主観的な運転負荷低減の低減効果は、運転に不慣れなドライバーのほうが効果が顕著。

ただし熟練ドライバーも効果を感じている。

- ・ 順調時よりも渋滞時のほうが熟練度による差は大きく出た。
- ・ 熟練度が低いドライバ（運転頻度：低、運転不安：高）のほうが運転支援システムによる運転負荷低減効果が大きい
- ・ 熟練度が高いドライバも非作動時は、運転負荷を感じていた。熟練度に関係なく、負荷は感じていることが分かった。

NASA-TLX Overall Score of Experienced and Inexperienced Driver



結果：ドライバの心理変容（ヒヤリング結果）

○全体としては、走行中のシステムの挙動に対する信頼感の判断に意識が向く傾向が得られた。

注視行動に関しては熟練度が低いドライバは明確に効果を意識できている傾向。

- ・システムの挙動から、システムへ信頼できるかを感じ、安心して任せられるような意識へ変容。
- ・参加者は、加減速や割り込み時の運転支援システムの挙動に関する発話が多く、意識が向けられていた。

【 ACC/LKAによる運転支援システムに対する参加者コメント（抜粋） 】

状態	コメント
渋滞時	<ul style="list-style-type: none">・割り込みあっても大丈夫。前もって認識していそうで安心（P08熟練度低）・足使わないし、ハンドルもしなくていいからラク（P03熟練度中）・（先行車の発進に追従したことに）おお、素晴らしい。何のストレスない。渋滞していてもただ座っているだけでいいんだ。周りを見る余裕がある。（P09熟練度中）・カクカク感は無いですね、なめらかですね。中央道の渋滞にうんざりだが、くねくね道の渋滞が楽になりそう（P07熟練度高）
順調時	<ul style="list-style-type: none">・視線を外してもレーンをキープしてくれてるので余裕がある。（P01熟練度低）・無心になる。何かただ座っている感じかも。今まで看板など余裕が無くて見れなかったけど、これなら見れる（P10熟練度低）・いつもと違いますね。ラクですね（P08熟練度低）・これまでは加減速がカクカクする感じで、空いている高速以外では使えていなかったけど、これならあまり違和感なく抵抗ない。穏やかな気分。普段なら速度上げて抜いて早く到着したいと思うが、「やってくれて、ラクだからこのままでいいや」となる（P09熟練度中）

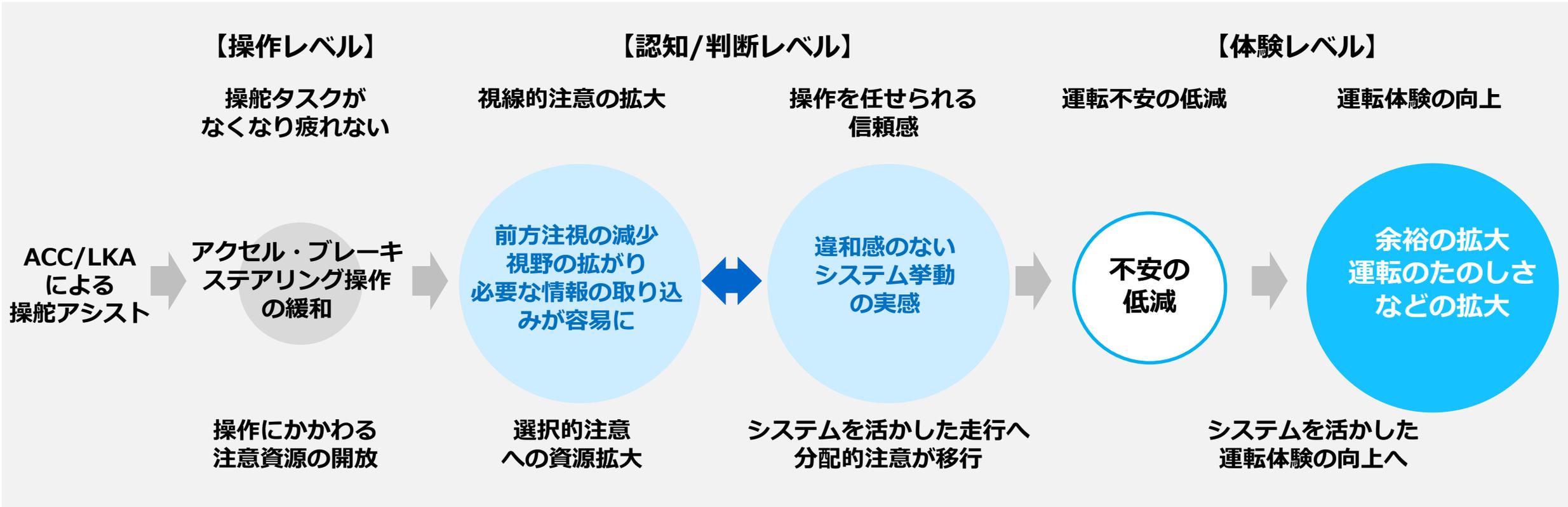
まとめ：運転支援システム利用によるドライバ注意変容とは

- ・ 運転支援システムにより、ドライバは明確な操作が減ることによる作業負荷低減のみでなく、前方車注視に無意識的/意識的に使われていた注意資源が解放され、注視範囲が広がる影響が確認できた。
- ・ 加えて、システムの挙動への注意もむけられ、システムへの信頼できるかの判断もドライバの心理変容に作用していた。
- ・ これらが相互的に作用することで、運転支援システムが不安低減につながっている可能性が示唆された。
- ・ 熟練度が低いドライバはスキルがなく余裕がない視線行動がサポートされるため、効果の実感やシステムへの好意が高い。
- ・ 一方、熟練ドライバは無意識的に安全のための視線行動をスキルベースで行っていることが確認できた。よって、視線サポートに対する効果の実感は熟練度低ドライバーよりは低いですが、その分、システム挙動への信頼に注意が向き、自らの感覚との親和性を重視するような傾向が見られた。

まとめ：運転支援システムによるドライバ注意変容とは

運転支援の【操作】サポートにより、周辺注視負荷の低減やシステムへの信頼にかかっていた【認知判断】に関連する注意資源に余裕が生まれ、不安感が低減された運転【体験】につながるモデルが示唆された。今後は、不安低減に関する効果をより深堀していくことと、不安低減により生じた心理的余裕、「楽」という体験が、どのように運転体験全体のたのしさに影響していくのか、検証を進めていく予定である。

運転支援システムのサポートによるドライバ心理変容のモデル



本研究は、株式会社SUBARUからの調査委託費により、株式会社ADKマーケティング・ソリューションズ、株式会社U'eyes Designにて実施しております。

参考：高速道路走行中のドライバ行動（システム非利用時）

ドライバは運転時に以下のような運転行動を行っている結果が得られた。

順調走行時に比べ、渋滞時では、

- ・操作タスクが増える（今回調査環境ではブレーキ操作は26秒に1回程度に増加）
- ・認知タスクは、前方車への注視回数が増え、それ以外（看板・ミラー・車載情報など）の注視が減る

The Result of Driving Behavior Measurement 【Driver's Behavior to Measure】

			【The Result】	
			in Light Traffic	in Heavy Traffic
操作 タスク	Driving Behavior	Frequency of Pressing Accelerator	アクセル回数 Once in 12.4 s	Once in 12.8 s
		Frequency of Pressing Brake Pedal	ブレーキ回数 Once in 183 s	Once in 26 s
認知 タスク	Cognitive Behavior	Gaze Frequency of Vehicles Ahead	前方車、左右前方車の注視回数 60.3 times per minute	74.9 times per minute
		Gaze Frequency of Vehicles Beside and Behind	ルーム、左右ミラーの注視回数 3.4 times per minute	1.9 times per minute
		Gaze Frequency of Signs	看板、道路標識の注視回数 7.9 times per minute	4.0 times per minute
		Gaze Frequency of Vehicle Information	メーター、ナビの注視回数 9.1 times per minute	8.3 times per minute

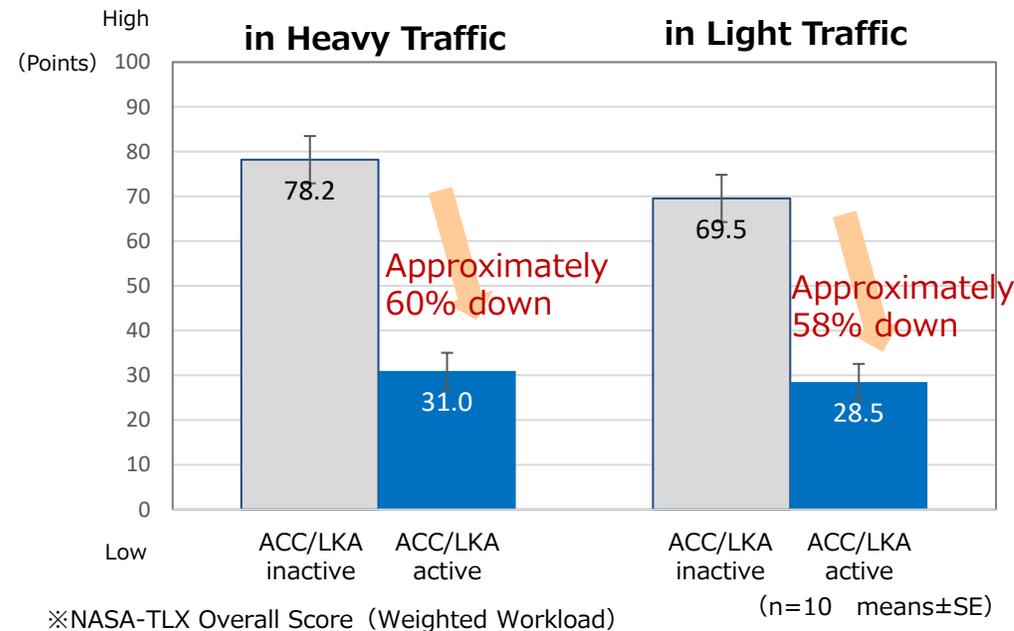
参考：運転支援システムの運転負荷低減効果（主観評価結果）

ONASA-TLX総合スコア

運転支援システム（ACC, LKAS）により、ドライバーは約60%の運転負荷低減効果を実感
全被験者平均で、「渋滞時」平均約60%、「順調時」約58%の負荷低減効果をドライバーは感じていた。

NASA-TLX重み付け係数による総合スコアWWL（Weighted Workload）

Comparison of Subjective Assessments(※) of Mental Workload to Drive between The Activeness of ACC/LKA



参考：運転支援システムの運転負荷低減効果（主観評価結果）

ONASA-TLX下位尺度別スコア

ステアリングやペダル操作減少による身体・精神的な作業要求の低下のみでなく、「努力」のような心理的負担感も減少している

- ・渋滞時のほうが非作動のスコアが高く、低減の割合が大きい傾向。
- ・渋滞時の「身体的要求」のスコアは68%低減した。
- ・渋滞時の「努力」のスコアは70%低下した。

Average of NASA-TLX Rating Scales and WWL in Heavy Traffic among All Subjects

