

自動運転化でドライバーは何をするのか —その意向と要因の構造—

小松崎 諒子¹・御手洗 陽²・谷口 守³

¹非会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究群 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)
E-mail: s2020415@s.tsukuba.ac.jp

²非会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)
E-mail: s1920508@s.tsukuba.ac.jp

³正会員 筑波大学教授 システム情報系社会工学域 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)
E-mail: mamoru@sk.tsukuba.ac.jp

近年完全自動運転の実現に向け自動運転の実用化が進んでいる。自動運転車内でドライバーは運転行為から解放され多様な活動が可能になるが、車内での活動がどのように変化するかについては明らかになっていない。そこで本研究は、自動運転車内の活動意向とその要因を明らかにしニーズに対応したモビリティ設計について検討することを目的に、アンケート調査により自動運転化後の活動意向の構造的な把握を行った。調査は、自動運転化後の移動中の活動意向を各活動時間の割合として問う設問を含んでいる。調査結果を用い共分散構造分析によってモデルを作成した結果、時間を重視し効率的な移動を志向する個人が活動意向が高いこと、男性は業務活動意向が高いことなど自動運転化後の活動意向は個人属性・内面的属性に影響されることが示された。

Key Words : *Autonomous vehicles, in-vehicle activity, stated-preference survey, covariance structure analysis*

1. はじめに

近年、情報通信技術の発展を背景に、自動運転の実用化・普及に向けた動きが活発化している。日本の最終的な目標としては、人による運転行為を全く必要としない自動運転レベル5の実現であり、2030年代にはこのレベル5を導入することを目標としている¹⁾。

この完全自動運転のメリットとして、交通事故削減や渋滞緩和など様々な効果が期待されている¹⁾。しかしそれらに加えて、これまで運転に費やしていた時間が自由な活動ができる時間となる、という変容も社会に大きな影響を及ぼすと考えられる。これまで運転行為でドライバーの活動が制限されていた移動時間が、自動運転化によって幅広い活動が可能な時間となることを踏まえると、今後のモビリティ自体も全く新しい機能をもって創出される可能性がある。現時点でもトヨタが計画する機能搭載型自動運転車 *e-palette*²⁾ やシーンで車内空間を変化させる *SPACE_L*³⁾ など幅広い業種から車内空間の活用が提案されているが、今後の進化や普及の方向性はさらに未知数である。

そこで、自動運転車の多様な進化を見据えたいうで、

現状の自動車で行える活動についてドライバーの車内活動の意向をまず明らかにし、今後のモビリティ設計に向けた基礎情報を示す必要がある。

2. 本研究の位置づけ

(1) 既存研究レビュー

まず移動中の活動についての研究を概観すると、移動時間削減価値の議論の中では、Mackie P.J.ら⁴⁾が移動中に生産的な活動を行う旅行者を評価しているほか、Thalys International⁶⁾が車内での生産的な活動が交通手段選択に13%影響しているという結果を示している。日本においては、加藤⁷⁾が時間価値研究を整理したうえで今後の自動運転社会における車内活動の影響の重要性を示唆している。また、移動中の活動が移動時間の効用に影響することを、鈴木ら⁸⁾、Yusak O.ら⁹⁾、Malokin. A.ら¹⁰⁾が示している。しかし上記の研究はどれも現在の車内活動について焦点が当てられており、自動運転化による変化は分析対象ではない。

次に、自動運転化が都市や個人に与える影響について

の研究を俯瞰する。紀伊ら¹¹⁾、上条ら¹²⁾がシナリオ別に自動運転車の普及を検討しているほか、上野ら¹³⁾によるカーシェアの利用意向の研究、愛甲ら¹⁴⁾による経路最適化の分析、谷本ら¹⁵⁾による走行時間に着目した環境影響の分析などが挙げられる。加えて、藤垣ら¹⁶⁾により MaaS についての検討がされているほか、香月ら¹⁷⁾により個人の利用意向や交通行動への影響の分析が行われており、自動運転の実用化に伴い多くの側面から蓄積が為されている。その中で車内活動に着目したものとしては、Kakujo ら¹⁸⁾が自動運転化に行われる車内活動と居住選択意向との関係を分析しているほか、WadudZ¹⁹⁾は車内活動が往路と復路で異なるものになることを示唆している。さらに、藤原ら²⁰⁾も移動中の活動をマルチタスク活動として活動の変化の把握を行っている。これらの蓄積により自動運転化と車内活動との関係性を捉えられてきてはいるが、車内活動について 1 トリップにつき 1 つの活動のみを回答させるなど正確性に乏しく、また自動運転化後の車内活動の決定要因については研究されていない。

(2) 本研究の目的と内容

以上を踏まえ、本研究では自動運転化後の車内活動意向とその要因を明らかにすることで、移動時間の過ごし方の意向を踏まえた個人のニーズに合わせたモビリティサービスの提供を検討することを目的とする。

上記の目的を達成するために、自動運転化後の移動中の活動実態及び意向に関するアンケート調査を実施した。まず4章にて自動運転化によるドライバーの車内活動の変化を概観し考察を行う。その後5章にて、車内活動に影響する要因について観測変数および潜在変数によって構成されるパス図を用いた共分散構造分析モデルを作成し、個人属性・内面的属性が車内活動意向に与える影響について考察を行った。

(3) 本研究の特長

本研究の特長は以下の通りである。

- 1) 運転行為からの解放がドライバーにもたらす福音の実態と構造を定量的に明らかにした初めての試みである。
- 2) 音楽を聴きながら書類に目を通すなど、いわゆる「ながら行為」についても重複活動として漏らさず拾う調査を行っており、車内活動の実態に対する信頼性の高い分析を行っている。
- 3) 活動変化の意向とそれに寄与する潜在的意識を明らかにすることで、今後の車内空間の設計や提供すべき車種の判断材料とすることができる。
- 4) ドライバーが自由に車内活動ができるようになることの経済的価値の算出や、その都市における施設立地への影響など、分野を超えた研究への展開が期待できる。

3. 使用データ・分析概要

(1) 仮説

自動運転化後の車内活動割合について、書類作業の多い職業の個人ほど業務をする割合が高いなど、個人の属性が大きく影響する可能性があると考えられる。それに加えて、移動時間は有意義に活動をして過ごしたいと思っているのか、それとも移動そのものを楽しむために移動中の活動を望まないのか、といった移動時間への価値観によって、各活動の意向が影響されていると考えられる。さらに、この移動時間への価値観は、交通手段を選択する理由等の内面的属性を問う設問によって測られている。以上の仮説を図-1 に示す。以降ではこの仮説を踏まえ、共分散構造分析モデルの構築を行う。

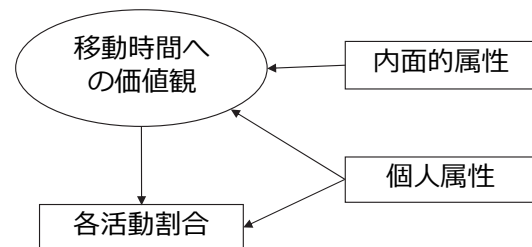


図-1 本研究における仮説

(2) 想定する自動運転車の定義

本研究では、最終的な目標である完全自動運転社会における車内活動変容を把握するため、最も移動中の活動の自由度が高い車内環境を前提とする必要がある。そこで本研究ではSAE自動運転レベル5¹⁾を想定し、以下の通り自動運転車を定義する。

- 【1】目的地まで自動走行で移動する
- 【2】自動運転中、ドライバーは運転以外の活動を行うことができる
- 【3】緊急時においても、すべての運転タスクをシステムが担当する
- 【4】ドライバーは運転免許が必要なく、運転中に酒や睡眠も可能である
- 【5】自動走行の性能は十分な安全性が確保されており、ブレーキの踏み間違いにおける事故などは発生しない

以降の章ではこの定義を前提とする。

(3) 調査概要

本研究では、個人の車内活動の意向及びそれに影響する要因を把握する必要がある。このため、楽天インサイト調査会社に依頼し Web アンケート調査を2019年11月11日～12日に実施した。調査概要は表-1に示すとおりである。交通行動は地域によって異なると考え対象は全国

市区とした。また個人属性によっても車内活動は変化すると考えたため、年齢階層 5 分類、職業分類 4 分類、都市類型 4 分類を組み合わせ計 80 セグメントを作成し、各セグメントから均等にサンプルを回収したうえで 1896 サンプルを分析に使用した。

表-1 アンケート調査概要

調査対象	18歳以上の楽天インサイト会員
対象都市	全国の市区
調査方法	Webアンケート
調査期間	2019年11月11日~12日
使用サンプル数	1896

また、本研究の中心となる車内活動に関する設問設計を説明する。車内活動については、表-2「e.活動意向」に示す各活動について「移動中にその活動をどれくらいの割合の時間行っているのか」という形で設問している。なお、移動中に同時に複数の活動をしていた場合、それぞれの活動を重複して割合に計上し、割合の合計値が 100 を超えるように回答される調査設計とした。以上の独自の調査設計により、これまで考慮されなかった「ながら行為(複数の活動を同時に行うこと)」を含めて、車内活動の実態及び意向を正確に把握することが可能となった。

4. 自動運転化後の車内活動以降の把握

アンケート調査の結果として、図-2に公共交通利用時、同乗時、自動運転車利用時における活動割合の平均値を示した。以下に考察を記載する。

- 1)公共交通利用時の活動割合は「趣味(インターネット)」等が高く、同乗時は全体として比較的活動割合が低い。一方で、「同乗者との会話」は非常に活動割合が高い等交通手段によって活動割合に差異が見られる。
- 2)自動運転化は、「業務(インターネット)」「ゲーム・動画・テレビ」「その他の活動」以外の活動において公共交通利用時及び同乗時から活動割合が有意に変化しており、自動運転車内では公共交通利用時、同乗時のどちらとも異なる活動割合となることが示唆された。全体として、「業務(書類)」「音楽・ラジオ」「食事・間食をはじめとしての活動割合が上昇している活動が多い。可能な活動の幅としては公共交通利用時、同乗時と同じであるが、自動運転車内は他人が近くいないプライバシー性の高い空間になる可能性があるため、このような変化が見られたと考えられる。
- 3)一方で、「趣味(インターネット)」「本・雑誌・漫画」

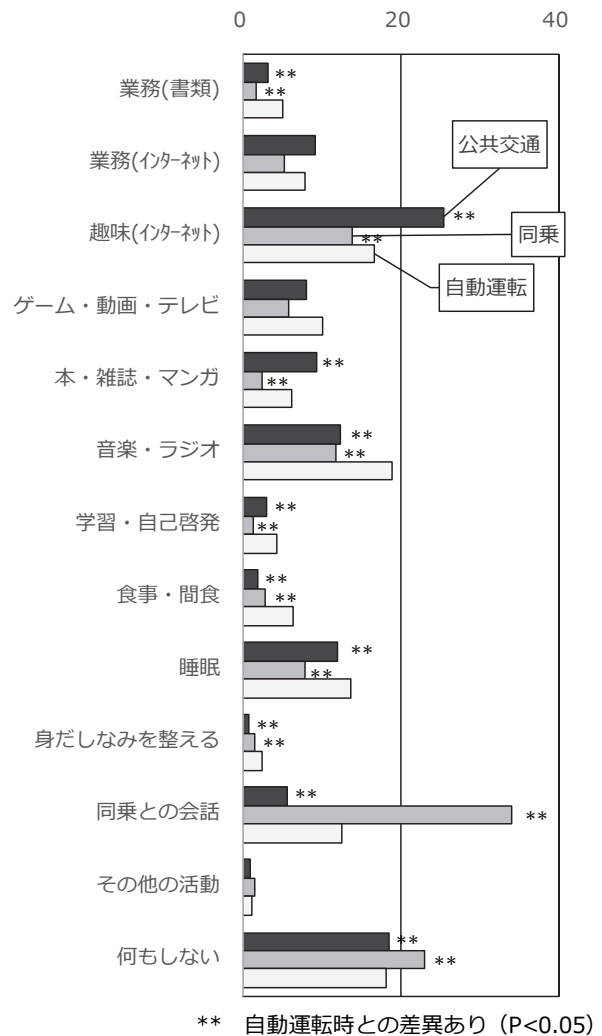


図-2 自動運転化後の車内活動割合平均値

等の活動割合は、公共交通から自動運転化に転換すると有意に減少することが示唆されている。理由として、プライバシー性の確保により他の活動の割合が増加したことにより、これまで消極的に行っていた活動の割合が減少したからであると捉えることができる。

5. 自動運転化後の車内活動の要因分析

4章において示した活動割合の変化を前提とし、5章では共分散構造分析を用いて、全回答者における自動運転化後の車内活動意向とその要因についての構造的な把握を行う。共分散構造分析を用いることで、説明変数間の因果・相関関係を分析することが可能になるとともに、アンケート項目では把握できない潜在的な要因についても明らかになるため、この手法を用いる。

モデル作成に用いた変数は表-2に掲載する調査項目である。この表に項目及びカテゴリ化の方法を示している。また、潜在変数に関しては上記の変数を因子分析を用い

て集約し、作成の参考とした。モデルは有意性の低いパスと変数(確率有意>0.1)を排除した上で、適合度が高い(具体的なモデル全体の適合性の評価指標 : I. $1 > GFI > 0.8$, II. $GFI \geq AGFI$, GFI に比べて $AGFI$ が著しく低下しない, III. $RMSEA < 0.1$ 以上3つの条件を全て満たす)モデルを選定した。その結果を図-3に示す。また、モデル内にある数値は標準化推定値である。なお、本研究では、標準化推定値の絶対値が0.5を超える場合、強い相関があると判断する。以下にモデルの考察を記載する。

1)自動運転化後の活動意向について、業務活動等を含む群と非業務活動によって構成される群が潜在変数とし

表-2 自動運転化後の車内活動割合平均値

大項目	変数	構成内容
a.移動時間への価値観	1.積極活動意向	「とてもあてはまる」「ややあてはまる」を1, それ以外を0
	2.趣味活動意向	
	3.休息活動意向	
	4.バーチャル活動意向	
	5.実空間活動意向	
	6.交流活動意向	
	7.個人活動意向	
	8.移動時間を有意義に使っている	
	9.移動時間を有意義に使いたい	
	10.毎日の時間を有意義に使っている	
	11.毎日の時間を有意義に使いたい	
	12.移動好き	
b.交通手段選択理由	1.所要時間が短いこと	月当たり支払い意思額(円)
	2.所要時間を正確に予測できること	
	3.交通費が安いこと	
	4.肉体的負担が少ないこと	
	5.乗換えや乗継ぎがしやすいこと	
	6.快適であること	
	7.健康に良いこと	
	8.移動中に他のやりたいことが実行できること	
	9.利用するのが楽しいこと	
	10.交通事故の心配が少ないこと	
	11.環境に良いこと	
c.自動運転化	1.自動運転化意向	男性
	2.自動運転化支払い意思額	
d.個人属性	1.性別	18~29
	2.年齢階層	30~39
		50~64
		65~
3.職業分類	管理・技術・事務・販売職	
	サービス・生産・現場職 主ふ・無職・学生	
4.都市類型	三大都市圏中心都市	
	三大都市圏周辺都市	
	地方圏中心都市	
	地方圏周辺都市	
e.活動意向	1.業務(書類作成・書類の確認)	活動割合(%)
	2.業務(インターネットの閲覧・連絡)	
	3.私用のインターネットの閲覧・連絡	
	4.ゲームをする、動画・テレビなどを見る	
	5.紙媒体の本・雑誌・マンガなどを読む	
	6.音楽・ラジオなどを聞く	
	7.学習・自己啓発	
	8.食事・間食	
	9.睡眠	
	10.身だしなみを整える行為をする	
	11.同乗者との会話	
	12.その他の活動	
	13.何もしない	

て現れ、それぞれ説明変数との関係性が異なることが見て取れた。具体的には、業務志向は「業務(書類)」と「業務(インターネット)」とのパスがあり、さらにはやや関係性は弱くなるが「学習・自己啓発」もこれらと同様の傾向を示すことが明らかになった。この潜在変数には、「男性」「管理・事務職」「自動運転志向」等が正に影響している。

- 2)業務意向と対照的なのが、「食事・間食」「睡眠」「身だしなみを整える」「ゲーム・動画・テレビ」「読書」「インターネット」から成る私生活活動の群である。これらは「男性」が負に影響しているなど業務活動は逆の傾向も示している。観測変数である個人属性によって、行われる活動の傾向が異なることが示唆された。
- 3)「何もしない」に加え「睡眠」「身支度」「食事」が「活動志向」から負の影響を受けていることが分かる。このことから、「睡眠」「身支度」「食事」は「何もしない」と共通した性質を持っていることが分かる。つまり、移動中に積極的に活動をしたいという意識が薄い個人が、これらの活動を消極的に行っている可能性が考えられる。
- 4)「サービス志向」という潜在変数に着目すると、この変数は業務志向、私生活志向の両者に負の影響を与えていることが分かる。この潜在変数は移動を早く、安く、楽に、少ないリスクで行いたいという意向を示しており、特に移動時間は短いほうが良いと考えるため、移動時間を有効に活用したいという意向が少ないと考えられる。身体的負担を感じやすいと考えられる高齢者において「サービス志向」傾向が強いほか、「管理・事務職」も正の影響を示している。「管理・事務職」は「時間価値志向」傾向も強いことから、移動時間は有意義に使うのが難しいので削減したいと考えているグループであると考えられる。
- 5)「時間価値志向」という潜在変数は「活動志向」に正に影響しているが一方で「維持志向」には負のパスが伸びており、特に業務意向に正の影響を及ぼしている可能性が考えられる。なおこの潜在変数は「サービス志向」に正の影響を与えていることから、時間を重視する個人の中にも、移動中の時間を有意義に使いたいという個人と、そもそも移動時間を節約したいという個人という2パターンが存在する可能性が考えられる。

6. おわりに

本研究の主な結果を以下に示す。

- 1)自動運転化後の車内活動意向および個人の内的属性

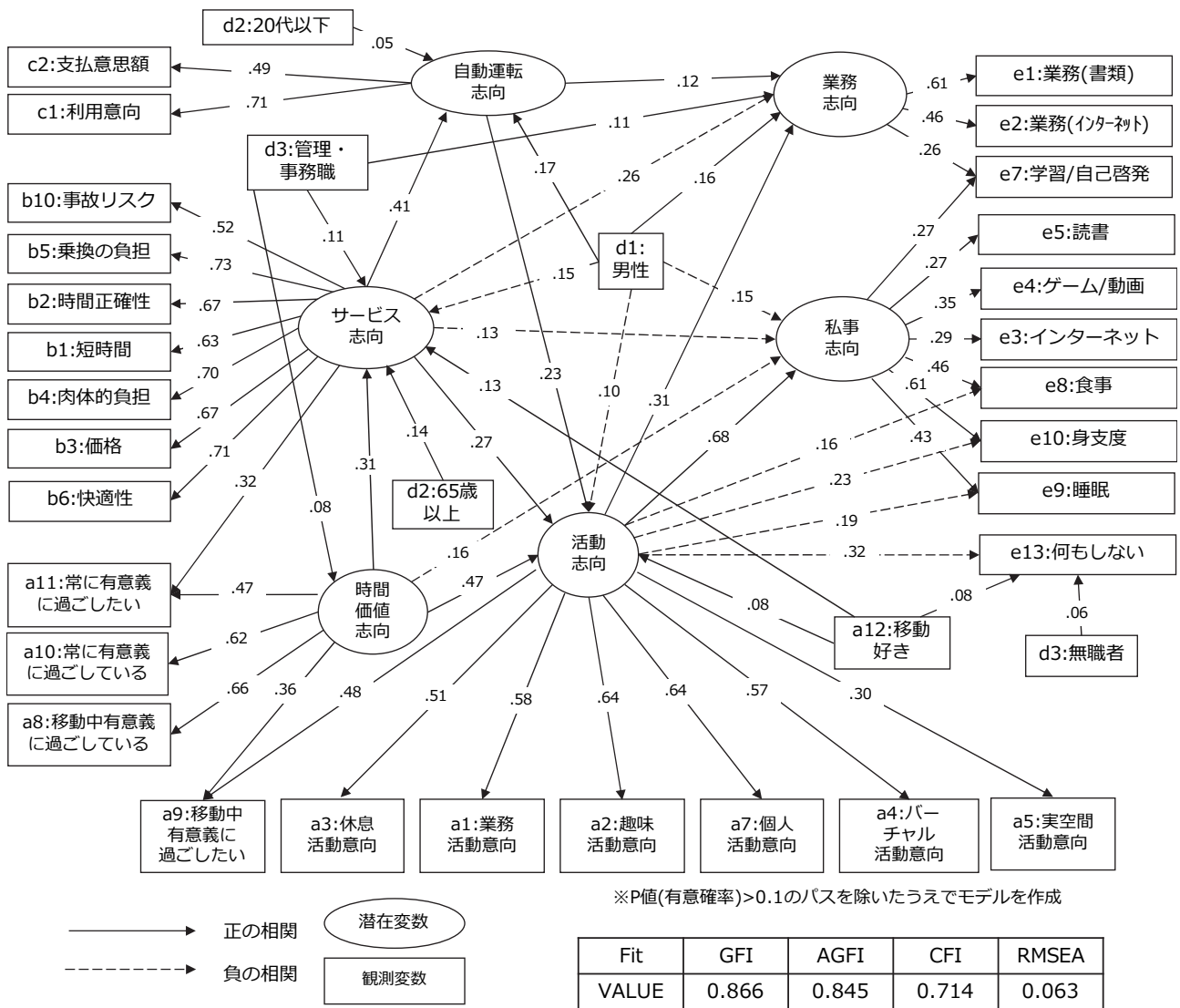


図-3 自動運転化後の活動意向と移動時間への価値観についての共分散構造分析結果

の関係性を構造的に説明するモデルを提案した。

2) 共分散構造分析の結果、個人属性に加えて、移動時間への意識が自動運転化後の車内活動意向を決定する要因となっていることが明らかとなった。

以上の成果から、移動時間の捉え方は個人によって大きく異なり、この移動時間への価値観が個人属性とともに、実際に行われる車内活動に大きく影響する可能性が高いことが示された。このことから、今後新たな自動運転モビリティを導入する際は、求められる車内空間は個人によって様々であることを考慮しなくてはならないことが提言できる。具体的には、移動時間活用の意識が高く業務意向が強い個人に対しては移動中の業務に特化したモビリティを提案し、一方で移動そのものを楽しむ個人に対しては、車内空間の活用ではなく車窓など移動そのものを楽しむためのモビリティを提案するなどといった戦略が考えられる。

謝辞：本研究は、トヨタ自動車(株)との共同研究「これか

らの社会システムとモビリティの在り方研究」の一環として実施したものである。また、JSPS科学研究費(17H03319)の助成を得た。この場を借りてお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議「官民 ITS 構想・ロードマップ 2019」(最終閲覧：2020/1)
- 2) トヨタ自動車ニュースリリース：トヨタ自動車、モビリティサービス専用EV “e-Palette Concept” を CES で発表 <https://global.toyota.jp/newsroom/corporate/20508200.html> (最終閲覧：2020/03/04)
- 3) AUTOCAR JAPAN: : 2030年の移動空間「パナソニック SPACe_L」走るリビングとは(2020/03/04最終閲覧)
- 4) MACKIE, P., FOWKES, T., WARDMAN, M., MACKIE, P. 「THREE CONTROVERSIES IN THE VALUATION OF TRAVEL TIME SAVINGS」 PROCEEDINGS OF THE AET EUROPEAN TRANSPORT CONFERENCE, HELD 10-12 2001

- 5) Mackie, P.J., Wardman, M., Fowkes, A.S. et al. 「Values of Travel Time Savings UK」 Institute of Transport Studies January 2003
- 6) Thalys International 「Travel Time Efficiency」 2012
- 7) 加藤浩徳「交通の時間価値の理論と実際」技報堂出版 2013
- 8) 鈴木 春菜, 北川 夏樹, 藤井 聡「移動時幸福感の規定因に関する研究」土木学会論文集D3 (土木計画学) 2012年 68巻 4号 p. 228-241
- 9) Yusak O. Susilo, Glenn Lyons, Juliet Jain, Steve Atkins 「Rail Passengers' Time Use and Utility Assessment: 2010 Findings from Great Britain with Multivariate Analysis」Transportation Research Record January 1, 2012 Volume: 2323 issue: 1, page(s): 99-109
- 10) Malokin, A, Circella, G., and Kokhtarian, P. L. 「How Do Activities Conducted While Commuting Influence Mode Choice?」TRB 94th Annual Meeting 2015 Vol. 733, pp. 123
- 11) 紀伊 雅敦, 横田 彩加, 高 震宇, 中村 一樹「共有型完全自動運転車両の普及に関する基礎分析」土木学会論文集D3 (土木計画学) 2017年 73巻 5号 p. I_507-I_515
- 12) 上条 陽, 羅 力晨, トロンコソ パラディ ジアンカルロス, 高見 淳史, 原田 昇「エージェントベースシミュレーションを用いた自動運転車普及シナリオの評価」交通工学論文集 2019年 5巻 2号 p. A_142-A_151
- 13) 上野優太, 溝上章志, 八戸龍馬: 完全自動運転カーシェアサービスの導入に対する利用意向の調査分析, 第 59 回土木計画学研究発表会・講演集, P108, 2019.
- 14) 愛甲 聡美, THAITHATKUL Phathinan, 瀬尾 亨, 朝倉 康夫「アクティビティパターンを与件としたシェアリング車両の最適割り当て問題」土木学会論文集D3 (土木計画学) 2017年 73巻 5号 p. I_1233-I_1242
- 15) 谷本圭志, 川村周平「無人運転技術を用いた車両共有システムの導入に伴う環境影響に関する分析」社会技術研究論文集 Vol.6, pp.68-76, 2010.
- 16) 藤垣 洋平, 高見 淳史, トロンコソ パラディ ジアンカルロス, 原田 昇「大都市圏向け統合モビリティサービスMetro-MaaSの提案と需要評価 自動運転車によるオンデマンドバスと既存公共交通の将来的な統合を目指して」都市計画論文集 2017年 52巻 3号 p. 833-840
- 17) 香月 秀仁, 川本 雅之, 谷口 守「自動運転車の利用意向と都市属性との関係分析 個人の意識, 交通行動に着目して」都市計画論文集 2016年 51巻 3号 p. 728-734
- 18) Ryusei KAKUJO, Makoto CHIKARAISHI, Akimasa FUJIWARA 「MULTI-TASKING BEHAVIOR IN AUTONOMOUS VEHICLE AND ITS IMPACTS ON RESIDENTIAL LOCATION CHOICE BEHAVIOR」第 57 回土木計画学研究発表会・講演集 16-15
- 19) Wadud, Z Huda, FY 「Fully automated vehicles: the use of travel time and its association with intention to use」Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport 2019/
- 20) 藤原 章正, 力石 真, 角城 竜正「自動運転車が都市構を変える？」自動車交通研究 2019年 2019巻 p. 18-19