

車内でのPC作業が起因となる車酔い緩和手法の提案

畑山 諒太¹ 佐藤 健哉¹

概要:近年、自動運転に関する研究が盛んに行なわれている。車が自動運転化されることにより、運転者は不要となり、車内環境は大幅に変化することが予想される。今まで必要だった運転者は一乗員となり、車内ではより自由な時間を過ごすことができるようになる。そういった状況において、車内ではPC作業をする機会が増え、車酔いが増加すると予想される。走行している車内で画面を注視すると、内耳から脳に送られてくる信号と眼球から脳に送られてくる信号に不一致が生じ、脳が「異常」と判断し、自律神経が不安定になる。そして、自律神経が不安定になった結果、吐き気や頭痛といった車酔いの症状が表れるためである。本研究は、車内でのPC作業が起因となる車酔いの緩和手法を提案する。PC利用者に、車が次の交差点で曲がる右左折方向を音声で事前に告知し、旋回方向へ頭部を傾けさせる手法である。先行研究から、運転者の旋回方向への頭部運動は車酔い緩和につながることを示されており、PC作業による車酔いの緩和が期待できる。本研究では、提案手法の事前告知による車酔い緩和を検証するため、検証実験での事前告知タイミングのパターンを以下の3つとした。「右左折のためのブレーキを踏む1秒前とハンドルを回す1秒前に2回」、「ハンドルを回す1秒前に1回」、「告知なし」の3パターンである。実験参加者には走行車内で、告知回数2回、告知回数1回、告知なしのそれぞれのパターンで、車内でPC作業を行ってもらった。そして、アンケート、心拍数、唾液アミラーゼ活性値、タイピングタスクの評価結果から提案手法の優位性を示した。

キーワード：自動運転、音声、車酔い

Proposal of Alleviation Method of Car Sickness Caused by Working PC in Car

1. はじめに

近年、自動運転に関する研究が盛んに行なわれている。車が自動運転化されることにより、運転者は不要となり、車内環境は大幅に変化することが予想される [1]。今まで必要だった運転者は一乗員となり、車内ではより自由な時間を過ごすことができるようになる。そういった状況において、車内ではPC作業をする機会が増え、車酔いが増加すると予想される [2]。走行している車内で画面を注視すると、内耳から脳に送られてくる信号と眼球から脳に送られてくる信号に不一致が生じ、脳が「異常」と判断し、自律神経が不安定になる。そして、自律神経が不安定になった結果、吐き気や頭痛といった車酔いの症状 [3] が表れるためである。

近年、車の後部座席にTVが取り付けられはじめてからはTV視聴に対する車酔い対策 [4] は行われている。今後

は自動運転車内でのPC操作などの個人作業の増加が想定される [5]。本研究では、PC操作などの個人作業はTV視聴と違い、画面への集中力が高く、車酔いを誘発しやすいと仮定した。そこで、本研究では、車内でのPC作業が起因となる車酔いの緩和手法を提案する。PC利用者に車が次の交差点で曲がる右左折方向を音声で事前に告知する。検証実験では、本手法によるPC作業が起因となって発症する車酔いの緩和を評価する。

2. 関連研究

車酔いや船酔いを含めた動揺病に関する研究は数多く行われてきた [3] が、その原理については未だ明確に解明されていない [6]。しかし、現在、動揺病発生の原理について最も有力な説として感覚矛盾説 [3] (感覚不一致説) がある。動揺病の原理を図1に示す。車酔いの場合、断続的な加速や横方向の揺れの刺激により、前庭感覚が刺激されている

¹ 同志社大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻

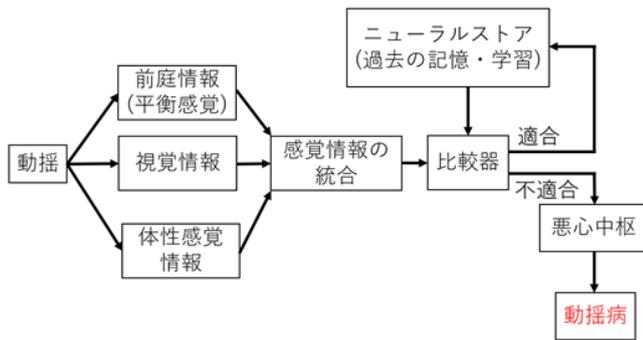


図 1 動揺病の原理

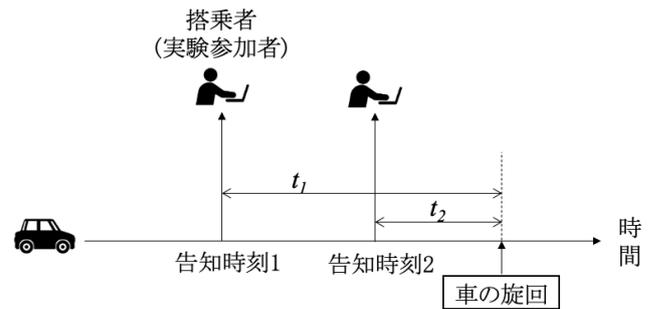


図 2 提案手法の告知時刻

にも関わらず、速い景色の移り変わりに視覚情報と体は静止しているという体性感覚の矛盾から感覚の不一致が発生する。そして、脳が信号のズレを感知し、「異常」とであると判断し、自律神経が不安定となる。自律神経が乱れた結果、吐き気や頭痛といった車酔いの症状が表れるのである。

Kuiper らの研究 [7] では、車内のモニター位置の違いが車酔い症状に影響があるかを調査した。モニターの高さが目線の位置のパターンとモニターの高さが膝上の低い位置にあるパターンで車酔い症状を評価した。結果として、モニターの高さが目線の位置だと車酔い症状が緩和された。原因としてモニターの高さが目線の位置にあると、周辺視野が広がり、窓の景色が視覚可能となり、車の挙動の把握が可能であることが考察されている。反対にモニターの高さが膝上にある低い位置の場合、周辺視野が狭く、車酔いを発症しやすい結果となった。

和田の研究 [8] では、運転者と同乗者の頭部運動の違いが車酔い症状に関係があるかを検証した。カーブ走行時に車内にいる人は加速度刺激や回転刺激を受けるのだが、運転者は旋回方向に頭部を傾け、同乗者は頭部を逆に傾ける違いに着目した。そして、実車実験を行い、走行時の運転者と同乗者の頭部データを計測し、数理モデルによる頭部運動と車酔いの関係をシミュレーションにて評価した。その結果、運転者と同乗者を比較した場合、運転者の方が車酔い発生率が低い結果となった。つまり、運転者の行う旋回方向への頭部運動には車酔いの緩和効果があることが示された。

3. 提案手法

先に述べた先行研究 [7] の「車内モニター位置の低さが車酔いを誘発する」といった結果から、走行車内でタイピングなどの PC 操作をすると、目線が低く、周辺視野が狭いかつ画面への集中度が高いことから、車酔い症状は重度になることが想定できる。そこで、本研究では、PC 利用者が事前に右左折方向を把握することで急な揺れに備えることが可能となり、車酔い緩和につながると仮説を立て、走行車内の PC 利用者に車の右左折方向を音声で事前に告知する手法を提案する。また先行研究 [8] の結果から、告知後

に PC 利用者が旋回方向に頭部を傾げることで、PC 作業をしながらでも、運転者の様に車の動きを予測することができ、車酔いの緩和が期待できる。提案手法の告知時刻を図 2 に示す。検証実験での告知時刻 1 は「右左折のためのブレーキを踏む 1 秒前」とし、告知時刻 2 は「ハンドルを回す 1 秒前」とする。告知時刻になると音声で搭乗者 (実験参加者) に右左折方向を告知する。告知時刻 1 の場合、車の旋回までに t_1 の時間猶予があり、告知時刻 2 の場合、 t_2 の時間猶予がある。告知時刻 1 に告知することで、告知時刻 2 の告知と比べ、 t_1 と t_2 の時間の差分、頭部を傾げる時間に余裕ができる。本研究では、提案手法の事前告知による車酔い緩和を検証するため、検証実験での事前告知タイミングのパターンを以下の 3 つとした。「告知時刻 1 と告知時刻 2 に 2 回」、「告知時刻 2 に 1 回」、「告知なし」の 3 パターンである。告知回数 2 回と 1 回とでは、旋回方向への頭部運動を行うまでの時間猶予の違いがあり、車酔い症状に差が表れるかを検証する。また、提案手法なしとして「告知なし」の実験パターンも用意した。合計 3 パターンで車酔い症状に差があるのか検証実験にて調査する。

4. 検証実験

4.1 概要

提案手法の優位性を評価するために検証実験を実施した。実験参加者には車に搭乗してもらい、走行車内で PC にてタイピングタスクに取り組んでもらう。検証実験中の様子を図 3 に示す。タイピングタスクについては後で述べる。1 日の実験内容は、タイピングタスクを 2 分間取り組み、その後 1 分間の休憩を 1 セットとし、5 セットを連続で行い、合計 15 分行う。1 セットあたり、右左折回数は 8 回から 10 回とする。実験参加者には、15 分の実験を 3 日間にわけて、3 パターンの告知回数を体験してもらい。本研究の検証実験では、実装の簡素化のため、運転者の声で PC 利用者に右左折方向を告知する。検証場所は一般道路を走行する。図 4 のように直角の交差点が多く、信号がない道路である。制限速度は 30km/h である。本研究の実験参加者は男性 3 名である。



図 3 検証実験中の様子



図 4 実験で使用した一般道路

4.2 実験条件

検証実験の条件を下記に示す.

- 運転者は一人に選定
- 実験中に参加者からの中断の申し出可能
- 晴天時のみ検証実験を実施
- 交通安全に配慮して走行

4.3 参加条件

検証実験の実験参加者の参加条件を下記に示す.

- 過去に車酔いを経験し、自身が車酔いをしやすいと感じている
- インフォームドコンセントに署名
- 実験の3日で体調に違いがない

5. 評価

本研究では、先行研究 [9][10][11] を参考に下記に示す 4 つの評価を行い、車酔い症状を測定し、提案手法の優位性を評価する.

5.1 アンケート

車酔い症状を 11 段階の不快感で記入するアンケートを作成した. 表 1 にアンケート内容を示す. 1 セット終了ご

表 1 アンケート

症状	程度	記入欄
問題なし		0
多少の不快感はあるが、特定の症状はない		1
吐き気はないが、めまい、冷たい/暖かい、頭痛、胃/喉の意識、発汗、かすみ目、あくび、げっぷ、疲れ、唾液分泌	なんとなく	2
	少し	3
	かなり	4
	重度に	5
吐き気がある	わずかに	6
	かなり	7
	重度に	8
	非常に重度に	9
嘔吐		10

とにアンケートに記入してもらい、車酔い症状の傾向を調査する.

5.2 心拍数

実験参加者には腕に評価器具を装着してもらい、検証実験中の心拍数の変化を調査する. 心拍数は乗り物酔いの症状の発現とともに増加する [12] とされている. 実験開始時と 1 セット終了ごとの計 6 回測定する. 使用器具は Apple 社の「Apple Watch Series 6」を使用する. この器具は、光電式容積脈波記録法 (フォトプレチスモグラフィ) を用いて心拍数を測定し、実験参加者に負担がなく測定が可能である.

5.3 唾液アミラーゼ活性値

実験参加者の唾液を摂取し、唾液アミラーゼ活性値を測定する. 唾液アミラーゼは不快な刺激に対して、唾液のアミラーゼ活性が上昇し、快適な刺激では低下する特徴がある [13]. 唾液アミラーゼの活性値は、動揺病の症状に関連がある [14] とされている. 実験前、3 セット目終了後、実験後の計 3 回唾液を摂取し、アミラーゼ活性値の変化量を調査する. 唾液アミラーゼの評価式を式 1 に示す. 精神負荷がかかっていない正常状態である実験開始時のアミラーゼ活性値を S_0 とする. また、実験中と実験後に測定したアミラーゼ活性値の最大値 S_{max} と実験開始時に測定した S_0 で差分を取り、 S_0 で割って正規化した値を各実験で比



図 5 乾式臨床化学分析装置 唾液アミラーゼモニター



図 6 実験中のタスク画面

較を行う。使用器具を図 5 に示す。ニプロ社の「乾式臨床化学分析装置 唾液アミラーゼモニター」である。専用チップに 30 秒間唾液を附着させることで、唾液アミラーゼ活性値の測定が可能である。

$$S = \frac{S_{max} - S_0}{S_0} \quad (1)$$

5.4 タイピングタスク

実験参加者には、実験中に芥川龍之介作の「羅生門」をタイピングするタスクに取り組んでもらう。図 6 に実験中の PC 画面を示す。画面左に表示されている文章を画面右のテキストエディタに写生する。「正しくタイピングした文字数」と「タイピングミス率」を評価項目とする。タイピングの際に、漢字への変換はなしとし、平仮名のみをタイピングのタスクとする。

6. 結果と考察

6.1 アンケート

実験参加者のアンケート平均の比較を図 7 に示す。アンケートでの回答方法は個人差があることから、別の調査として、実験参加者それぞれの車酔い度合い増加量に着目し

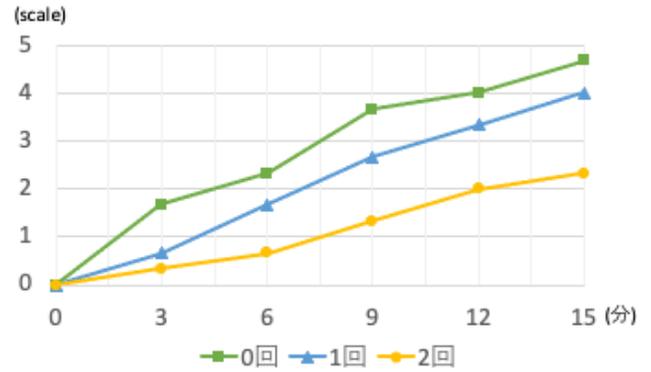


図 7 アンケート平均の比較

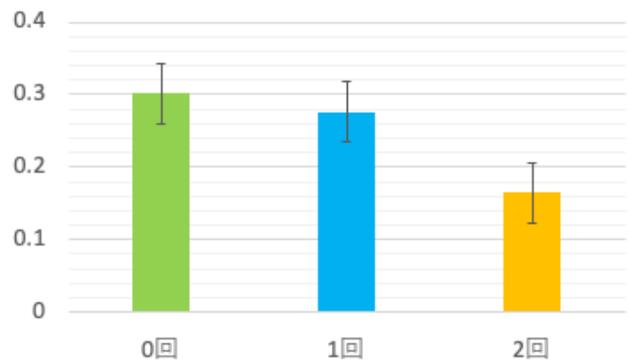


図 8 アンケートによる車酔い増加傾向の比較

た。実験参加者のアンケート結果それぞれに対して、回帰直線を求め、傾きを算出した。ここで回帰直線の傾きは大きいほど車酔いの増加度合いが大きいことになる。求めた回帰直線の傾きの平均を図 8 に示す。縦軸が傾きの数値である。告知回数 2 回, 1 回, 0 回の順で傾きが小さい結果となった。つまり、検証実験のアンケート結果からは告知回数が多いほど車酔い症状が緩和されたことがわかった。

6.2 心拍数

実験参加者の心拍数の平均の比較を図 9 に示す。心拍数の評価において、心拍数の増加量に着目した。アンケートと同様に実験参加者の心拍数結果それぞれに対して、回帰直線を求め、傾きを算出した。回帰直線の傾きが大きいほど車酔いの増加度合いが大きいことになる。求めた回帰直線の傾きの平均を図 10 に示す。縦軸が傾きの数値である。告知回数 2 回が傾きの数値が最も小さい結果となり、心拍数増加が緩やかで車酔い緩和が行えたことがわかった。

6.3 唾液アミラーゼ活性値

唾液アミラーゼ活性値を測定し、評価式で算出し、平均を求めた結果を図 11 に示す。告知回数 0 回が数値が最も大きい結果となった。この結果から告知回数 0 回の場合、実験前の正常状態から車の揺れによる車酔いからストレスを強く感じ、測定値が大きくなったことがわかる。告知回

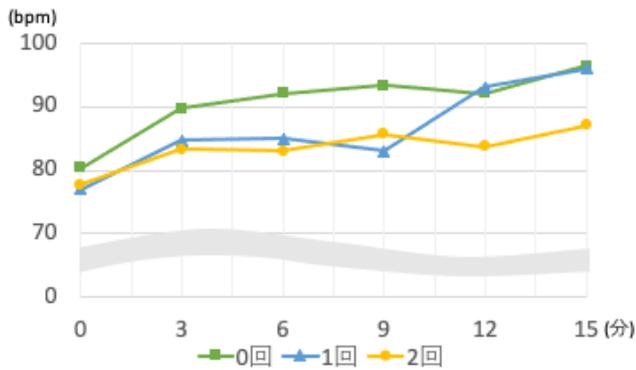


図 9 心拍数平均の比較

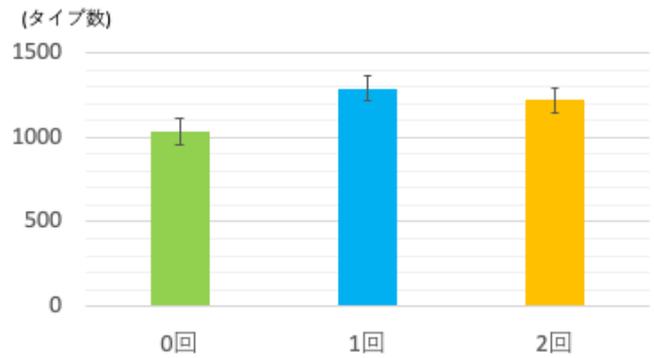


図 12 タイピング数の平均の比較

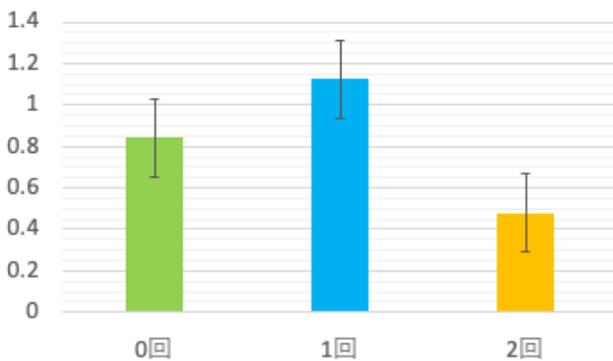


図 10 心拍数の増加傾向の比較

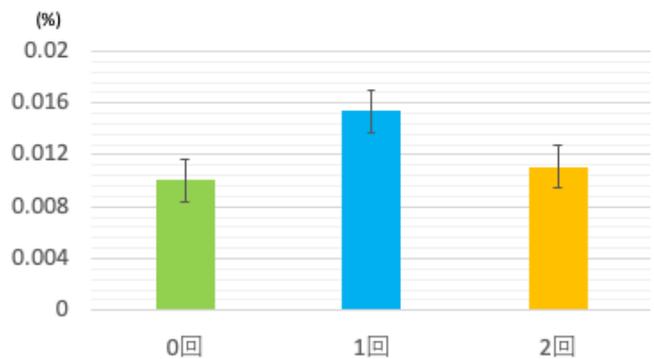


図 13 タイピング誤り率の平均の比較

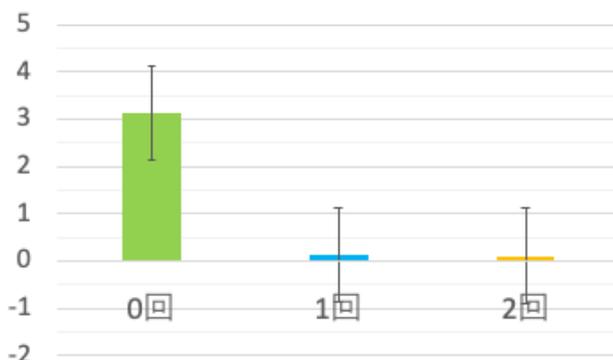


図 11 唾液アミラーゼ活性値の集計データの比較

数 1 回と 2 回とでは差が表れなかった。

6.4 タイピングタスク

実験参加者の正しく入力したタイプ数の平均の比較を図 12 に示す。提案手法の告知回数 1 回と告知回数 2 回が告知回数 0 回と比べ、入力数の多い結果となった。この結果から、告知を行うことで車酔い緩和を行え、作業効率向上につながったことがわかる。また、タイピング誤り率の平均の比較を図 13 に示す。タイピング誤り率は最大差が告知回数 0 回と 1 回の最大 0.004 % となった。

6.5 考察

ここでの評価結果から、提案手法の告知によって PC 利用者は運転者のように旋回方向への頭部運動再現することが可能となり、車酔い緩和が行えたことがわかる。本研究では、右左折するまでに時間に猶予があると急な揺れによるストレスが減り、車酔い緩和につながると仮説を立てた。全体の結果の通して、告知回数 1 回と告知回数 2 回では告知回数 2 回が車酔い緩和が行えた結果となった。これにより、右左折のためのブレーキを踏む 1 秒前の告知によって、タスクをしながらも精神的に余裕が生まれ、車酔い緩和につながることが実証された。告知回数 1 回の場合だと、タスクに集中しており、声が耳に入っていないと述べている実験参加者もいた。また、交差点の右左折のためのブレーキを踏む 1 秒前に告知をすることで、実験参加者はまもなく車が減速することがわかり、減速による縦の方向の揺れに備えることができ、車酔い緩和につながったことも原因として想定される。タイピングタスクの評価結果から、告知回数の差によって作業の効率性に変化が表れた。つまり、車酔い緩和を行うことで、車内での作業効率の向上につながることがわかった。

7. まとめ

今後の自動運転の普及により、車内での自由時間における作業が増加し、それに伴う車酔いが増加することが予想

される背景のもと、車内でのPC作業が起因となる車酔い緩和手法を提案した。PC利用者に右左折方向を事前に音声で告知することにより、PC利用者が運転者の様な旋回方向への頭部運動を行う手法である。先行研究から、運転者の旋回方向への頭部運動は車酔い緩和につながる事が示されており、事前告知による車酔いの緩和を期待した。本研究では、提案手法の事前告知による車酔い緩和を検証するため、検証実験での事前告知タイミングのパターンを以下の3つとした。「右左折のためのブレーキを踏む1秒前とハンドルを回す1秒前に2回」、「ハンドルを回す1秒前に1回」、「告知なし」の3パターンである。検証実験を実施し、告知回数による車酔い症状の差を調査した。検証実験の結果、告知回数2回が最も車酔い症状を緩和する結果となった。告知回数1回の場合、タスクに集中している状況で突然に進行方向を伝えられると、反応から頭部を傾けるまでの時間の猶予が少なく、頭部を傾ける前に車が曲がり始めており、揺れに備えられなかった可能性がある。その結果、告知回数2回と差が表れる結果となったと想定する。

本研究では、車の左右方向のみの揺れによる車酔い緩和の手法を提案したが、車のアクセルやブレーキによる縦の揺れによる車酔い対策は行えていない。そのため、今後は、加減速の揺れも考慮した車酔い手法の提案を考案する必要がある。また、進行方向の告知の方法も音声以外にも視覚や触覚で告知することも可能であり、より搭乗者がストレスを感じない手法の調査も必要である。まもなく到来する自動運転時代に向け、車酔いを誘発しない車内環境の構築の研究が求められる。

参考文献

- [1] M.Sivak, nd B.Schoettle, "Motion Sickness in Self-Driving Vehicles", The University of Michigan Transportation Research Institute, TechnicalReport, (2015).
- [2] Takahiro Wada: Motion Sickness in Automated Vehicles, International Symposium on Advanced Vehicle Control, (2016).
- [3] 平柳 要: 乗り物酔い(動揺病)研究の現状と今後の展望, 人間工学 42(3), 200-211, (2006).
- [4] 森本明宏, 奥村友裕, 日高教孝, 朴丹, 荒木佑介, 榎井文人, 河合敦夫, 井須尚紀: TV 視聴時の車酔い低減対策, FIT2006(第5回情報科学技術フォーラム)(2006).
- [5] 自動運転のあるべき将来に向けて— 学術界から見た現状理解 —, 日本学術会議, 総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会, (2017).
- [6] 武田憲昭: 動揺病と嘔吐のメカニズム, 耳鼻咽喉科臨床補冊, Supplement 41 号 p.197-207, (1991).
- [7] Kuiper, O.X.Bos, J.E.Diels, Cyriel: Looking forward: In-vehicle auxiliary display positioning affects carsickness, Applied Ergonomics. 2018; Vol. 68. pp. 169-175, (2018).
- [8] 車酔いメカニズムの理論化と酔い低減装置への応用, 入手先 https://shingi.jst.go.jp/past_abst/abst/p/11/1101/shikoku6.pdf(参照 2020-06-10).
- [9] 磯部 良太, "自動走行時の車酔いと VR 酔いが併発する環境における動揺病の評価", 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報科学専攻 修士論文, NAIST-IS MT165012, (2018).
- [10] 加藤幸洋, 榎原瞳, 石崎千穂, 河合敦夫, 井須尚紀: 動揺病の影響による生体生理信号の変化, FIT2013(第12回情報科学技術フォーラム)(2013).
- [11] Jelte E. Bos, Scott N. MacKinnon, Anthony Patterson: Motion Sickness Symptoms in a Ship Motion Simulator: Effects of Inside, Outside, and No View, Aviation Space and Environmental Medicine 76(12):1111-8(2006).
- [12] Naoyuki Himi, Tomoshige Koga, Emi Nakamura, Motoi Kobashi, Masanobu Yamane, Katsuhiko Tsujioka: Differences in autonomic responses between subjects with and without nausea while watching an irregularly oscillating video, Auton Neurosci, 116(1-2):46-53(2004).
- [13] 山口 昌樹, 花輪 尚子, 吉田 博: 唾液アミラーゼ式交感神経モニタの基礎的性能, 生体医工学, Vol45, No.2, (2007).
- [14] 萩野谷浩美, 佐伯由香, "ストレス評価における唾液 α アミラーゼ活性の有用性, Japanese Journal of Nursing Art and Science Vol. 10, No. 3, pp 19 — 28(2012).