

決定木と視線特徴量による車酔い自動判定モデルの構築と精度評価

Development of Automatic Recognition Model of Motion Sickness by Decision Tree and Features of Line of Sight and Accuracy Evaluation

奥山祥太^{1*} 大前佑斗¹ 豊谷純¹ 浦田奈愛²

Shohta Okuyama¹, Yuto Omae¹, Jun Toyotani¹ and Nae Urata²

¹ 日本大学大学院生産工学研究科

¹Graduate School of Industrial Technology, Nihon University

² 三菱自動車工業株式会社

² Mitsubishi Motors Corporation

Abstract: In Japan, where automobiles have become popular enough, many people are suffering from motion sickness. Improvement of our line-of-sight while on the car can be an idea to cope with carsick. However, that possibly depends on individual characteristics. Although it would be helpful if there is a system that presents individualized line-of-sight trends to avoid motion sickness, the research is insufficient. Therefore, the purpose of this study is developing of this system, and we have analyzed the line-of-sight trend by data mining.

1 はじめに

コロナ禍の現在, 新しい生活様式[1]が提言され, 日々の日常生活から働き方まで徐々に変化してきている. 働き方においては, テレワークが主になりつつあり, 出社する頻度も少なくなっていることから大都市から地方へと移り住む人たちも少なくない. 地方での生活は, 都会と比較し長距離の移動が求められるため, 多くの世帯が自動車を保有している[2]. そのため, 移住をきっかけに自動車を購入する人が増加している. 大都市においても, 3密回避を目的とした移動手段の1つとして, 自動車の需要が高まっている[3].

このような社会の変化により, 以前と比べて自動車に乗る機会が増えた人は多いのではないかと考えられるが, 自動車に関する悩みの1つとして, 車酔いがあげられる. 車酔いは, 自動車の誕生から長い月日が経過した現代でも多くの人が悩まされている. そんな車酔いの改善に対する研究は多く存在するが, 車酔いの要因とされている前庭器官や体性感覚に着目したものが多く, 視覚情報に焦点を当てているものは少ない[4]. そのため, 車酔いを改善する視線動向に関しては, 前方の車といった動きが比較的穏やかな対象物を中心的に眺めているか, 目を閉じていたほうがよい[5][6]と言った大雑把な改善法が多い. 視線動向は人によって異なるため, 車酔いを解消する眼球の動かし方は一意に定まらなるとされていることが, この理由であると考えられる.

そこで, 個人に適合した形で車酔いを解消させる視線動向のアドバイスを提示するシステムの開発を行うことが必要である. このためには, 精度の高い車酔いの判定モデルを構築することが求められる. さらに, そのモデルを活用し, 車酔いする人の視線動向をどのように変化させると酔いにくくなるのかについて明らかにすることが要求される. そこで本研究では, その第一ステップとして, 視線から車酔いを自動判定するモデルの構築を行う.

2 乗酔いの原因とメカニズム

「動揺病」とも呼ばれる, 乗り物酔いの主な症状としては, 悪心, 嘔吐, 顔面蒼白, 冷汗などが挙げられるが[7][8], 現在これらの原因として最も多く取り上げられている仮説は, 感覚混乱説 (sensory conflict theory)[9]である. 感覚矛盾説とも言われるこの仮説に共通した乗り物酔いの発症モデル[10]を図1に示す.

まず乗り物に乗った際に受ける能動的・受動的な刺激情報が脳に伝達される. 主に伝達される情報としては, 前庭器官である内耳からの前庭情報, 視覚器官からの視覚情報, 皮膚や筋肉, 関節や内臓器官などの体性感覚からの情報の3つとされている. こうした刺激に対し脳内では, 直ちに抗重力筋における前庭-脊髄反射 (vestibule-spinal reflex)による立ち直り反射や外眼筋における前庭眼反射 (vestibulo-ocular reflex)による代償性眼球運動などのポジティブ・フィードバック機能で, 身体の平衡感覚を維持

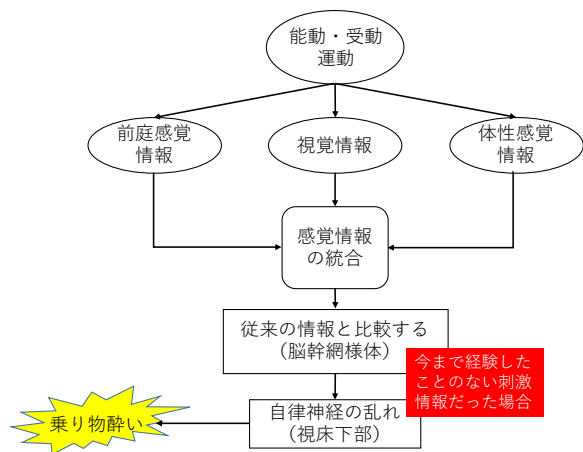


図1 乗り物酔いの発症機序モデル[10]

表1 車酔いに関するアンケート

Q. あなたは車酔いをしますか？	
(1)	必ず酔う
(2)	頻繁に酔う
(3)	酔う時もある
(4)	何度か酔った経験がある
(5)	1度は酔った経験がある
(6)	1度も酔った経験がない

しようとする．それと同時に，その刺激と今まで経験した記憶情報との比較を脳幹網様体で行う．比較をした上で，従来に経験したことのない刺激を感じると脳はその情報を処理しきれず，不快な状態にあると判断する．その結果，脳の視床下部が反応し，血圧や呼吸，内臓の働き全般をつかさどる自律神経の乱れが発生する．これにより，吐き気や眩暈などといった乗り物酔いを引き起こすとされている[10][11]．

3 研究方法

3.1 被験者

被験者は健康な男女37名（男28名，女9名，年齢22±2歳）で，事前に表1のような車酔いに関するアンケートを行った．このアンケートにおいて(1)～(3)に該当する人を車酔いしやすい人，(4)～(6)に該当する人を車酔いしにくい人として分類した．その結果，車酔いしやすい人17人，車酔いしにくい人20人となった．



図2 実験の様子

表2 実験に使用した動画

種類	場所	場面
動画A	幕張本郷	街中
動画B	幕張湾岸	直線道路
動画C	習志野市大久保	住宅街

3.2 実験環境

期間は2020年9月21日～10月30日の40日間で，被験者に検出レート60Hzの視線追跡装置（EMR-9，ナックイメージテクノロジー）を装着させて，着席位置から140～145cm程度離れた位置にある，液晶ディスプレイ（55inch）に映し出された映像を閲覧させ，その間の視線動向を測定した．なお，視点の位置がディスプレイの中心と平行になるように椅子の高さも調節した．また，試験中に頭を動かすことにより視線追跡装置のキャリブレーション精度が下がることを防ぐため，固めの高反発ネックピローを付けてもらい頭を固定した．

使用した動画の内容を表2に示す．街中の映像である動画Aは，緩やかなカーブはあるものの基本的に真っ直ぐな道を走行しているものであるが，対向車，歩行者は共に多く映っているものである．直線道路の映像である動画Bは，道幅の広い3車線の道路の中央車線を走っているものであるため，追い越し車両は複数回見受けられるが歩行者は映っていない．また，植樹された中央分離帯もあるため対向車も映っていない．住宅街の映像である動画Cは，十字路，T字路が多く，頻繁に右折・左折を繰り返しているものである．

これらの映像は，ダッシュボードにカメラ（HERO9 Black，GoPro）を設置し，実際に走行している景色を撮影したものである．こうして撮影した映像から，場面の異なる3パターンの映像（90秒）を作成し各被験者にA→B→Cの順番で2回ずつ閲覧させた．

表3 用いた特徴量とその物理的性質

特徴量名	物理的性質
CX 平均,CY 平均	時系列信号の平均値
CX 分散,CY 分散	時系列信号のばらつき
CX 歪度,CY 歪度	ヒストグラム時の歪み具合
CX 尖度,CY 尖度	ヒストグラム時の尖り具合
累積視点移動距離	視点移動距離の累積
平均視点移動距離	単位時間あたりの視点移動距離

4 分析方法

4.1 視線計測データと事前処理

視線追跡装置を利用して、実験中の視線情報を、時系列信号として取得した。このデータは、ディスプレイの左上を原点として、右に行くごとにX座標値が増加し、下に行くごとにY座標値が増加するものである。その中で、右目と左目の両方の動きから導き出される補正点のデータ(CX, CY)を採用した。実験中の瞬きやよそ見などで生じたエラー値は、全体からエラー値を除いた値の平均値に差し替えた。また、各動画における視聴1度目の視線情報を教師データ、2度目の視線情報をテストデータとし精度評価を行なった。

4.2 判定モデルと特徴量

まず初めに、実験で得られたデータを表3に示す、10次元の特徴量ベクトルに変換した。これを用いて、決定木とニューラルネットワーク（以後、NN）による精度評価を行った。その後、実験環境のわずかな違いが大きく反映されてしまうCX・CY平均と、フィードバックにおいて原因を考えにくい尖度の2つを含めない、6次元（CX・CYの分散と歪度、2種類の移動距離）での分析も行った。最後に、眼球の動かし方に着目した4次元（CX・CYの分散、2種類の移動距離）での分析を行った。

5 分析結果および考察

表4に、決定木を使用した場合の精度を示す。決定木による分析結果では、実験に使用する最適映像は直線道路の場面である動画Bであることが分かる。また使用する特徴量においては、4次元と6次元において同じ最大精度が得られたことから、平均と尖度が判定に寄与しない特徴量であることが分かる。

表5に、NNを使用した場合の精度を示す。NNの分析結果では、動画Bを用いて得られた視線データを、特徴量を6つ採用した6次元で分析した場合に最大精度が得られた。最大精度が得られた時の条件を表

表4 決定木における特徴量・動画別精度

特徴量	動画A	動画B	動画C
10次元	0.514	0.595	0.676
6次元	0.649	0.757	0.541
4次元	0.595	0.757	0.568

表5 NNにおける特徴量・動画別精度

特徴量	動画A	動画B	動画C
10次元	0.676	0.622	0.595
6次元	0.622	0.730	0.622
4次元	0.649	0.595	0.649

表6 NNにおける最大精度時(0.730)の条件

中間層	学習係数	学習回数
4	0.001	10000
5	0.001	10000
9	0.01	5000

6に示す。また、特徴量が4次元の場合と歪度を含めた6次元の場合では、約15%も正答率が違うことから、視線情報から車酔いを自動判定するのにおいて、歪度は必要な特徴量であると考えられる。この他に、決定木、NN共に動画Bでの精度が高くなっている理由としては、直線道路という対象物が少ないシンプルな環境のため、比較的穏やかな視線動向であることが挙げられる。視線動向は人によって必ず異なる為、酔う・酔わないに関係なく全体的に誤差が生じる。しかし、直線道路のようなシンプルな映像では、注目する対象物が少ないため全体的に視線動向が似ていて誤差が小さくなる。そのため、その中で僅かな違いなども結果に反映されやすいという観点から、より高い精度が出やすいのではないかと考えられる。

この2つの結果より、直線道路の動画Bを用いた視線計測によって取得したX,Yの時系列データを、CX/CYの分散と歪度・累積と単位時間あたりの移動距離の6次元の特徴量をもとに、作成した決定木が最適モデルであると考えられる。

次に、最適モデルの構築条件をもとに図3の決定木を可視化した。まず1つ目の判定基準としては、視点の上下方向の座標の散らばり具合を表す分散(CY分散)を指標となる。この判定では、CY分散が92.75以下の人の11人中9人が酔いにくい人であるという結果になった。この結果から、車酔いしにくい人は、縦方向の視線動向を殆ど行っていないか、行っていたとしても移動幅が小さい傾向であることが分かる。

2つ目の判定基準としては、視点の左右方向の座

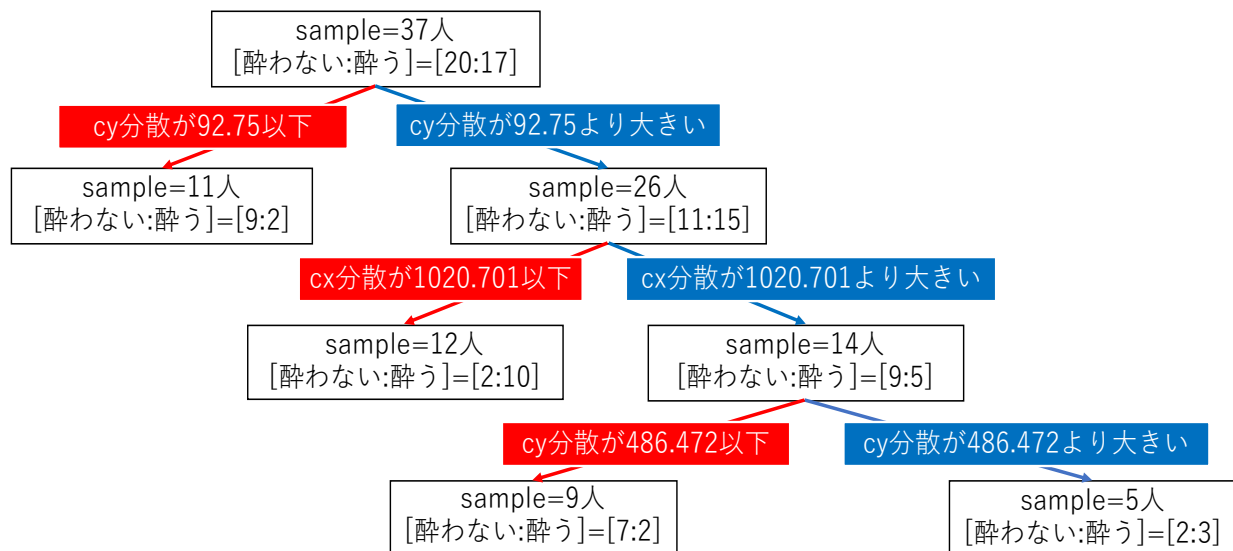


図3 決定木による車酔い自動判定モデル

標の散らばり具合を表す分散（CX 分散）が指標となる。この判定では、CX 分散が 1020.701 以下の人の 12 人中 10 人が車酔いしやすい人であるという結果になった。この結果からは、横方向の分散が小さい方が酔いやすいと考えられる。しかし通常、極力眼球を動かさないか、目を閉じておいた方が酔いにくい[10]とされている事から、これと相反する結果である。この理由については今回の分析では明らかにできないため、今後詳細に調査することが必要である。

3 つ目の判断基準としては、再び視点の上下方向の座標の散らばり具合を表す分散（CY 分散）を指標としている。この判定では、分散値が 486.472 以下の人の 9 人中 7 人が車酔いしにくい人であった。この結果からは、最初の判別と同様に、縦方向の視線動向が関係してきていることが分かる。

今回の判定モデルから考えられる、車酔いに関する特徴としては、縦方向の視線動向が比較的緩やかである人は車酔いしにくいということと、横方向の視線動向は車酔いに比較的關係がないのではないかとこの 2 点が挙げられる。今回使用した直線道路の映像は、対向車も映っておらず、追い越す車両も比較的少なかった為、視線が集まる対象としては前方を走る車であった。試験中の視線追跡映像から、前方の車を注視し目で追っている人の視線動向は、車間が縮まるにつれて対象物が大きくなる為、無意識に目線が少し上に移動しているように見受けられる。この視線動向は、車間によって視線の高さが変わることを裏付けている。これを基に推測すると、車酔いしにくい人は、ある一点の対象物を注視

するのではなく、ざっくりとした範囲を見ているのではないかと考えられる。一方で車酔いしやすい人は、ある 1 点を集中して目で追う習性があるのではないかと考えられる。

これらの特徴から導き出せる、車酔いを改善する方法としては、縦方向の視線動向を避けるとともに、ある 1 点にピントを合わせて目で追うことを避けることが挙げられる。

6 おわりに

本研究では、視線情報から車酔いを自動判定するモデルを構築した。また、このモデルから車酔いしやすい人の特徴を導き出し、この特徴に基づいた車酔いを改善させる視線動向を提案した。しかし、視線動向は環境要因によって変化するものであると考えられるため、今回の分析で得られた判定モデルは、使用した映像にのみ適用されるものである。また現状では、機械学習に用いるデータ数が少ないため、より個人に適合した酔わない視線動向を導き出すことはできていない。そのため、より多くの視線データを取得し再検証する必要がある。今回は決定木の分析結果を基に車酔いに対する改善策を考えたが、決定木は可読性が高い一方で、分岐を決定する時に一つの変数しか考慮されないため、判定に重要な特徴量が反映されていない可能性がある。そのため、特徴量が全て反映される NN のような手法を用いて、必要な特徴量を再考することも今後の課題である。

参考文献

- [1] 新型コロナウイルスを想定した「新しい生活様式」の実践例,厚生労働省:

- https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000121431_newlifestyle.html (最終閲覧日:2020/11/6)
- [2] 自動車保有台数,自動車検査登録情報協会:
<https://uub.jp/pdr/t/cr.html> (令和2年6月末現在)
- [3] コロナ下で中古車販売好調 3密避け需要増、新車納期延び待ちきれず, 産経デジタル SankeiBiz :
<https://www.sankeibiz.jp/business/news/201015/bsc2010150500007-n1.htm> (最終閲覧日:2020/11/6)
- [4] 中川千鶴, 大須賀美恵子: VE 酔い研究および関連分野における研究の現状, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 ,3 (2), pp.31-39. (1997)
- [5] N. A. Webb & M. J. Griffin: Optokinetic stimuli: Motion Sickness, Visual Acuity, and Eye Movements, *Aviat. Space Environ. Med.* ,73 (4), pp.351-358. (2002)
- [6] M. J. Griffin & M. M. Newman: Visual Field Effects on Motion Sickness in Cars, *Aviat. Space Environ. Med.* ,75 (9), pp.739-748. (2004)
- [7] D. B. Tayler & P. Bard: Motion Sickness. *Physiol. Rev* 29, pp.311-369. (1949)
- [8] K. E. Money: Motion Sickness. *Physiol. Rev*50, pp.1-39, (1970)
- [9] J. T. Reason & J. J. Brand: Motion Sickness, Academic Press, London. (1975)
- [10] 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), pp.200-211. (2006)
- [11] 松永亨, 武田憲昭: 動揺病と宇宙酔い. *耳鼻臨床* 81, pp.1095-1120. (1988)