

# TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo

University of Marine Science and Technology

(東京海洋大学)

日常的に自覚される自律神経系の不調は動揺病発症の危険因子となりうるか

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2021-07-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 木藤, 拓也 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/2186">https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/2186</a>

修士学位論文

日常的に自覚される自律神経系の不調は動揺病発症の  
危険因子となりうるか

2020 年度

(2021 年 3 月)

東京海洋大学大学院

海洋科学技術研究科

海洋管理政策学専攻

木藤 拓也



## 目次

第1章 緒言	
1-1. はじめに	1
1-2. 先行研究	1
1-2-1. 動揺病発症のメカニズム	1
1-2-2. 動揺病発症の個人差	4
1-2-3. 動揺病の症状	6
第2章 研究目的	
2-1. 仮説	7
2-2. 感覚混乱説において自律神経系(不調)の関与が推測される2つの過程	8
2-3. 研究目的	11
第3章 方法	
3-1. 研究対象者およびデータ取得の方法	12
3-2. 本研究で使用したアンケート項目	13
3-2-1. 本研究における13のアンケート項目の自律神経系の関与、および恐怖症 の自律神経系への影響	14
3-2-2. 感覚混乱説における2つの過程への、本研究で使用したアンケート項目 の関与の推測	18
3-3. 統計処理	18
3-3-1. オッズおよびオッズ比	22
3-3-2. ロジスティック回帰分析	23
3-3-3. 変数選択	27
3-3-4. モデル選択	28

3-3-5. 多重共線性	28
3-3-6. 四分点相関係数	30
第4章 結果	
4-1. 多重ロジスティック回帰分析の結果	31
第5章 考察	
5-1. 多重ロジスティック回帰分析の結果	37
5-1-1. 感覚混乱説において自律神経系の関与が推測される2つの過程と有意な 3つの危険因子との関連	38
5-1-2. 有意ではないものの、モデル3に含まれていた独立変数	39
5-2. 酔いやすいと自覚している人の特徴	43
5-2-1. 自律神経系バランスの調整機能から見た、動揺病のメカニズムについて	43
5-2-2. 身体の防御機能として見た動揺病の必要性	45
第6章 結論	47
参考文献	50
謝辞	63
附録	64

## 第1章

## 緒言

## 1-1. はじめに

乗り物酔いは、医学生理学的には動揺病と呼ばれ、身体への周期性のある動揺刺激によって引き起こされる一過性の自律神経系の失調状態を言い、その中心的症状は悪心、嘔吐である。動揺病は乗り物の種類によって、車酔い、船酔い、飛行機酔い、宇宙酔いと呼ばれてきたが、近年では、視覚(映像)を中心とした感覚情報を巧みに合成した環境空間を作り出し、その環境空間に自分がいると錯覚させるような仮想環境によるVE(Virtual Environment)酔い、あるいはVR(Virtual Reality)酔い、映画館などの大画面においてめまぐるしい視点の移動によって起こるシネラマ酔い、模擬操縦訓練で起こるシミュレーター酔いなどが生まれており、これらは全て動揺病に含まれる<sup>1),2)</sup>。

動揺病は、年齢、性別問わずほぼすべての人が経験する<sup>3)</sup>。またその発症のしやすさ、すなわち酔いやすさには個人差が存在する。次項で、動揺病発症のメカニズム、酔いやすさの個人差、および動揺病症状に関する先行研究を記述する。

## 1-2. 先行研究

## 1-2-1. 動揺病発症のメカニズム

動揺病発症のメカニズムについては、従来、前庭器官や内臓が過剰に刺激を受けると脳の視床下部が興奮し、前庭-自律神経反射が起こり、顔面蒼白・冷汗・悪心嘔吐などの自律神経症状が発現すると考えられていた。しかしながら、宇宙酔いやシネラマ酔いなどは内耳への刺激が少ない、あるいは全くないにもかかわらず動揺病が発症するため、この内耳(前庭器官)刺激過剰説は用いられなくなった<sup>1),4)</sup>。

現在、動揺病の発症メカニズムは、感覚混乱説と呼ばれる概念で説明されている<sup>4),5)</sup>。人は、能動運動、および受動運動の際の身体および頭部の位置、また姿勢の変化といっ

た刺激を、内耳の三半規管と耳石器官からなる前庭器からの情報、視覚情報、および筋や腱、皮膚などにある自己受容器からの体性感覚情報の3つの情報により感知し、自己と周囲環境との位置関係を把握することで平衡を保っている。そして、姿勢の変化や歩行といった日常の生活から得られる様々な感覚情報パターンは中枢神経系内(脳を含む)に蓄積される。感覚混乱説では、乗り物に乗るなど新しい環境に置かれた場合、乗り物に乗ることから得られる感覚情報と、中枢神経系内に蓄積されている感覚情報パターンとが異なり、中枢神経系が自身の位置や運動を把握できず混乱してしまうことで、動揺病が発症すると考えられている。乗り物に乗ることによって得られた感覚情報は、中枢神経系内で新しい感覚情報パターンとして認知および統合され、中枢神経系内の比較器と呼ばれる場所で、蓄積されていた感覚情報パターンと比較される(図1)。現状において、感覚情報の認知および統合を行う解剖学的な器官や部位は明確ではないものの、その候補として前庭神経核、小脳、および視床が挙げられており、また比較器においても同様に解剖学的な器官や部位は明確ではないものの、その候補として小脳が挙げられている<sup>1)</sup>。そして、得られた感覚情報と感覚情報パターンが適合すると、動揺病は発症せず、あるいは軽度な症状に留まり、その感覚情報は新たな感覚情報パターンとして中枢神経系内に蓄積される<sup>1),4)</sup>。一方、この適合過程において感覚情報と感覚情報パターンが適合しない場合、すなわち感覚の混乱が生じた場合、深刻な動揺病が発症する<sup>1),2),4),5)</sup>。

動揺病が発症する生理学的機序として、現在2つの仮説が考えられており、その1つは、中枢神経系における感覚情報の混乱を、毒物を摂取した結果と同様の状態であると脳が認識していると考えられる説である。Treisman(1977)<sup>6)</sup>は、例えば毒キノコなどの神経毒を摂取した場合に感覚情報の入力や運動制御が阻害され、感覚混乱が生じることから、動揺病を引き起こす感覚混乱は、中枢神経系にとっては神経毒を摂取した結果と同様のものとして認知され、実際に毒物が摂取されたわけではないものの、生体防御として悪心および嘔吐が引き起こされる可能性を示唆している。

もう1つは、高橋(1997)<sup>7)</sup>および中川(2007)<sup>2)</sup>による、動揺病は異常空間に居ることへの警告であると考えられる説である。この高橋(1997)<sup>7)</sup>および中川(2007)<sup>2)</sup>による説では、

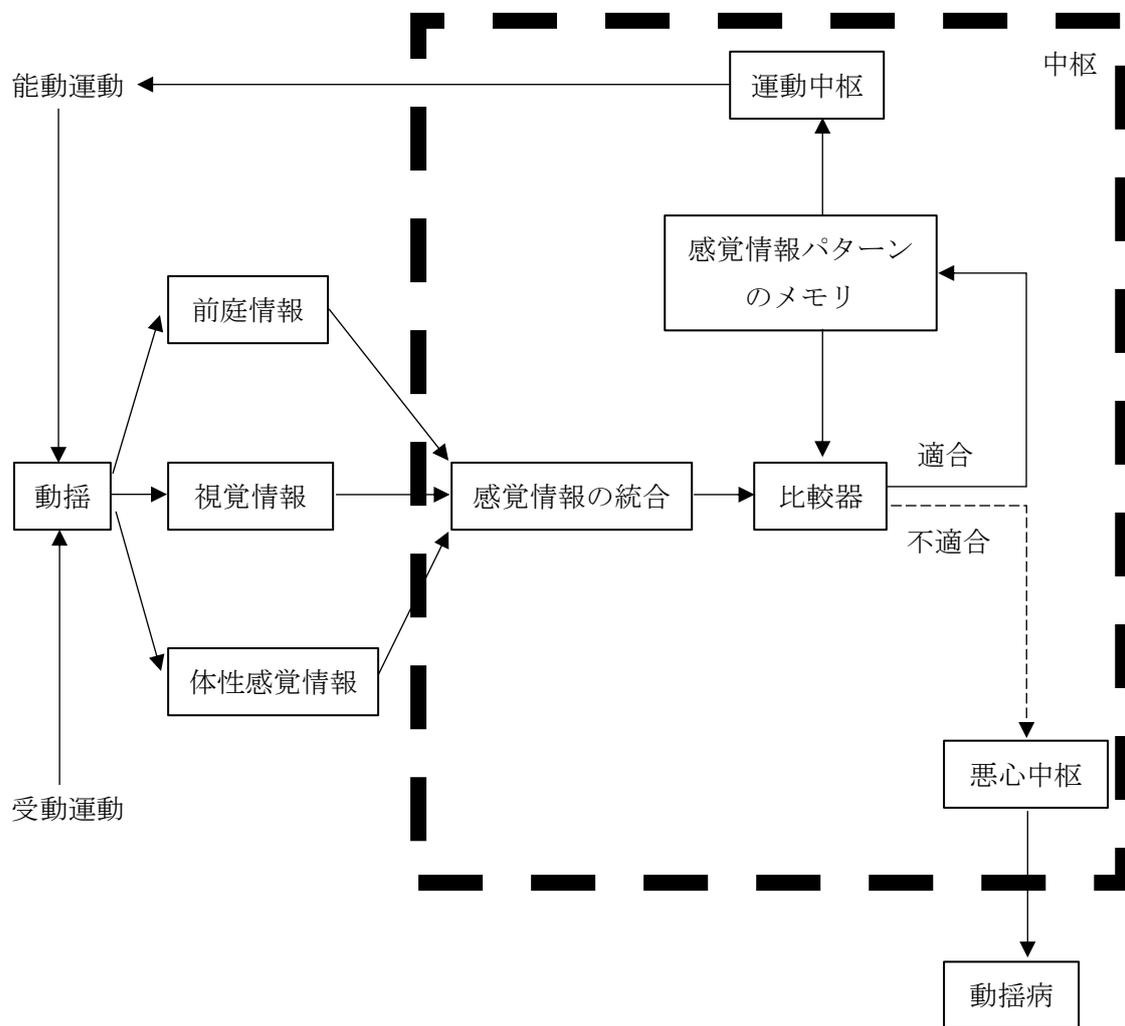


図1. 感覚混乱説のメカニズム

武田(1991)<sup>1)</sup>を参照として筆者作図

動揺病は、その動揺空間が、中枢神経系に記憶された空間のパターン(感覚情報パターン)と異なり未知であるために、動揺空間からの撤退を警告する、あるいはその動揺空間で身体活動を続けることで平衡失調が発生することを危惧し、身体活動を継続不可能にするための手段であると考えられている。なお上述の Treisman(1977)<sup>6)</sup>も、動揺病が発症する機序として、動揺刺激による感覚情報のズレへの警告であるという説も示唆している。そのため、「身体防御のための動揺病発症の機序」が、現在の仮説とされている。

#### 1-2-2. 動揺病発症の個人差

先行研究において、動揺病発症の個人差に関する要因は、個人における要因として日常的な自律神経系の不調、年齢、性別、遺伝的要因、睡眠不足、二日酔い、空腹あるいは満腹、前庭機能、味覚などが挙げられている<sup>8)~21)</sup>。また外部要因としては、動揺周期や乗り物環境における視覚および嗅覚刺激等が考えられている<sup>10), 22), 23)</sup>。

##### 1) 日常的な自律神経系の不調状態

先行研究により、日常的な自律神経系の不調状態は動揺病発症に関する有意な危険因子となる可能性が、以下に挙げる藤田らの一連の研究や柳田らの研究において示唆されている<sup>9)~11)</sup>。124名の大学生を対象としたアンケート調査にて、身体の調子が悪い、および風邪をひきやすい、という日常的な自律神経系の不調状態を示す回答の割合は、酔いにくい群に比べて酔いやすい群において有意に高かったことが報告されており<sup>9)</sup>、日常的な自律神経系の不調は、酔いやすさの要因となることを示唆している。さらに、8442名の小学生、中学生および高校生を対象としたアンケート調査においては、下痢をしやすい子供はそうでない子供と比べて、酔いやすい傾向にあったことが報告されている<sup>10)</sup>。第3章の方法で詳しく述べるが、下痢をしやすい人は自律神経系の不調が生じている可能性が高く、その自律神経系の不調が酔いやすさに影響している可能性が考えられる。さらに、柳田ら(1987)<sup>11)</sup>は、2484名の幼稚園生、小学生および中学生を対象にアンケート調査を実施し、めまいを起こしやすい、起立調節障害が有る、および頭痛を起こしや

すい子供のほうが酔いやすい可能性を示唆している。

日常的な自律神経系の不調が動揺病発症に影響するのであれば、自律神経系を不調傾向に変化させる要因も動揺病に影響する可能性が推測される。恐怖の情動は交感神経系活動を亢進させると報告されており<sup>24),25)</sup>、パニック障害や不安障害のような疾患にまで至ると頻脈、動悸、胃腸症状のような自律神経症状を引き起こすと言われている<sup>26)</sup>。また上述の藤田ら(1986)<sup>10)</sup>は、乗り物に対して恐怖を持っている子供は、そうでない子供と比べて酔いやすい傾向にあることを報告している。

## 2) その他、酔いやすさに関する先行研究

年齢は酔いやすさに関与しており、6~15歳の子供時代に最も酔いやすくなると言われている<sup>3),9),12),13)</sup>。この理由については、ヒトの前庭が発達する時期が6~15歳頃で、この時期に前庭が最も敏感で動的空間の影響を受けやすいと考えられている<sup>13)</sup>。性別については、女性は男性よりも酔いやすく、その理由としてホルモンバランスが考えられている<sup>3),13)~16)</sup>。さらに、東(1993)<sup>16)</sup>、藤田ら(1986)<sup>10)</sup>、および時田(1990)<sup>3)</sup>は、遺伝的要因について、両親が酔いやすい人は酔いやすく、また睡眠不足時、二日酔い時、空腹時、および食後も酔いやすくなることを報告している。味覚については、フェニルチオカルバミドと呼ばれる苦味成分に敏感な人ほど酔いやすいことが報告されている<sup>17)</sup>。

前庭機能と酔いやすさに関する研究も存在し<sup>18)~21)</sup>、例えば、音響刺激等によって前庭に刺激を与えた際に誘発される前庭由来の筋電位を、胸鎖乳突筋(頸部の筋肉)から記録する前庭誘発筋電位<sup>27)</sup>と酔いやすさとの関係について、酔いやすい群と酔いにくい群とで筋電位を比較したところ、酔いやすい群のほうが筋電位誘発に大きな音を必要とした、すなわち前庭の機能低下が生じていたと報告されている<sup>21),28),29)</sup>。また、姿勢保持における前庭機能の役割と酔いやすさとの関係を調べた研究もあり、酔いやすい群と酔いにくい群で前庭、視覚、および体性感覚と平衡機能との関係を調査するテストの結果に差が見られ、酔いやすい群は前庭からの感覚情報が欠如傾向にある可能性が示唆されている<sup>20)</sup>。

その他、乗り物搭乗時の外部要因として、例えばガソリンやペンキの臭いを嗅いでし

まうと酔いやすくなると考えられている<sup>10)</sup>。そして、動揺周期については周期6秒の動揺(周波数0.16Hz)が最も酔いを誘発すると言われている<sup>22), 23)</sup>。

### 1-2-3. 動揺病の症状

動揺病の症状は一過性の自律神経失調症状であり、その代表的なものは悪心、嘔吐、顔面蒼白、冷汗である<sup>2), 30)</sup>。これらは交感神経系活動が過度に亢進した状態であり、それを裏付ける根拠として、動揺刺激曝露時に自律神経系の評価を行った研究では、刺激曝露時に交感神経系指標の数値が高くなったと報告されている<sup>31)~33)</sup>。上記の症状を、自律神経系の活動とともに見ると、顔面蒼白は交感神経系活動が亢進し、皮膚血管が収縮するため、血行が悪くなることで起こる。これについては、動揺刺激曝露時の前額部への血流量の減少が確認されており<sup>30)</sup>、顔面への血流量の減少により顔面が蒼白しているように見えることが考えられる。発汗は体温調節のための発汗、および精神性発汗の2種類が存在し、先行研究は見当たらないものの、動揺病発症時の発汗は精神性発汗であると考えられる。精神性発汗は、猿人が樹上生活していた際の手足のすべり止め防止の名残であると考えられており、交感神経系の関与が報告されている<sup>34)</sup>。悪心、嘔吐については、交感神経系活動の亢進により胃の緊張および運動低下が起こり、幽門の収縮および噴門部の弛緩が生じ、胃に逆流運動が起こり、それとともに横隔膜や腹筋が収縮して胃を圧迫し、悪心および嘔吐へと至る<sup>35), 36)</sup>。

## 第2章 研究目的

### 2-1. 仮説

前章において酔いやすさに関する様々な要因を挙げたものの、動揺病は一過性の自律神経系の失調状態であり、その発症には日常生活における自律神経系の状態が関与している可能性が高いと考えられている。藤田ら(1984)<sup>9)</sup>および時田(1990)<sup>3)</sup>も、酔いやすさについて日頃の自律神経系の安定性が関与していることを示唆している。

交感神経系、および副交感神経系からなる自律神経系は、生体の恒常性維持のために一日のうちで朝から夜にかけて変調したり、ストレスへの順応反応を調節するためにストレス負荷時に変調が起きたりする。そして、このような自律神経系の変調が慢性化し、交感神経系および副交感神経系の活動のバランス(以下、自律神経系バランス)が乱れることで、様々な自律神経症状が生じると言われている<sup>37),38)</sup>。なお自律神経系バランスは、交感神経系、および副交感神経系の活動を評価する指標の一つである、心拍変動の周波数解析によるパワースペクトルから<sup>39)</sup>、交感神経系、および副交感神経系の活動を絶対値でなく比として捉えることで、評価できると考えられる。しかしながら、変調した自律神経系を正常な状態に戻し、自律神経系バランスを調整する機能が生体内に備わっていると考えられるものの、調整機能の詳細については未だ説明されておらず、明確な定義もなされていない。

自律神経系バランスが乱れた主なパターンとして、交感神経系活動が日常的に亢進している状態が挙げられる。この日常的な交感神経系活動の亢進は、疲労や肩こりといった身体症状を引き起こす(それらの身体症状により交感神経系活動の亢進が促進される場合もあり得る)<sup>40)~42)</sup>。さらに、上述のように自律神経系バランスを調整する機能は現段階では説明、および定義されていないものの、交感神経系活動を調整する可能性のある要因の1つとして、一酸化窒素(NO)が挙げられている<sup>43),44)</sup>。生体内から自然発生する一酸化窒素が交感神経系の活動を抑制し、また一酸化窒素の合成が阻害されることで交感神経系活動が亢進することが報告されている<sup>43),44)</sup>。このような、交感神経系活動の調整メカニズムが提唱されていることから、生体には自律神経系バランスを調整する機能が備わっている可能

性が推測できる。

そこで、本研究における仮説として、人には自律神経系バランスの調整機能なるものが存在し、その機能に何らかの不具合が生じていることによる自律神経系の不調状態が動揺病の発症に関与していること、また酔いやすさの個人差に影響している可能性を考えた。

先行研究から、運動習慣が酔いやすさに影響することが報告されている<sup>45),46)</sup>。蔦木(2011)<sup>45)</sup>は、運動習慣のある人は動揺病発症時の症状が軽度であり、また発症からの回復が速いことを報告している。Cowingら(2000)<sup>46)</sup>は、3週間の運動で酔いやすさが改善されることを報告しており、3週間の運動が動揺病発症時の交感神経系の過度な亢進を抑制することで、酔いやすさが改善されることを示唆している。上記のように、自律神経系バランスの調整機能が動揺病発症、および酔いやすさに影響していると仮定すると、蔦木(2011)<sup>45)</sup>およびCowingら(2000)<sup>46)</sup>の報告に関して、日常的あるいは定期的な運動により、自律神経系バランスの調整機能が高水準、あるいは改善され、その調整機能により動揺病発症時の交感神経系の過剰な亢進が抑制されていると推測できる。動揺病における自律神経症状は交感神経系の過剰な亢進により現れると考えられているため<sup>2),31)~36)</sup>、自律神経系バランスの調整機能が、動揺病発症時における交感神経系の過剰な亢進を抑制することで、動揺病の発症および酔いやすさを抑制していると考えられる。

自律神経系の不調状態については、第3章で、その状態を反映し得る具体的な症状を紹介する。

## 2-2. 感覚混乱説において自律神経系(不調)の関与が推測される2つの過程

次に、自律神経系バランスの調整機能の不具合によって生じ得る自律神経系の不調状態が、動揺病発症、および酔いやすさへどのように関与しているのか、その具体性を説明する。動揺病の発症メカニズムとして感覚混乱説が提唱されており、この感覚混乱説を踏まえて本研究では、動揺病の発症および酔いやすさにおいて2つの自律神経系(不調)関与の過程が推測された。この2つの過程に関して、以下の図2を用いつつ説明する。なお、下記の図2は前章の図1に、先行研究から自律神経系関与が推測される①および②の2つの過程と、自律神経系関与の可能性は否定できない過程を加えたものである。また以下では、

酔いやすい人には、自律神経系バランスの調整機能に何らかの不具合が生じており、そのため日常的な自律神経系の不調が発生していると仮定する。

まず1つ目は、①比較器における、乗り物に乗ることから得られた感覚情報の適合あるいは不適合の過程への関与であり、図2における①の破線で囲んだ部分が相当する。感覚混乱説において、統合された感覚情報と蓄積された感覚情報パターンとが比較器で比較され、適合過程が円滑に行われないうことにより不適合と判断され、動揺病が発症すると考えられており<sup>1),4),5)</sup>、日常的に交感神経系の活動が亢進している人は、この感覚情報の不適合が起こりやすいと考えられる。以下に、その推測を述べる。先行研究にて、日常的な交感神経系活動の亢進、特に頸部の交感神経系活動の亢進が内耳への血流量に左右差を生じさせ、血流量の左右差により両側前庭系の興奮性に異常な左右差が生じることで前庭機能にも左右差が生じ、これによってめまいを起しやすくなることが報告されている<sup>42)</sup>。日常的に交感神経系活動が亢進している人は、両側前庭系の機能に左右差が生じているため、前庭において感覚情報(図2における前庭情報)を正確に捉えられず、あるいは前庭情報を正確に中枢神経系(脳を含む)に伝達できず、適合過程が円滑に行われないうこととなり、比較器において統合された感覚情報が不適合になりやすい可能性がある。なお、外部からの感覚情報は前庭のみならず、視覚および体性感覚からも得られる<sup>1),4),5)</sup>。先行研究からの推測ではないものの、この視覚および体性感覚へ自律神経系が関与している可能性も否定はできない。

2つ目は、②統合された感覚情報の不適合における、深刻な動揺病症状(自律神経症状)の発現への関与であり、図2における②の破線で囲んだ部分が相当する。動揺病発症時における深刻な自律神経症状は、比較器における統合された感覚情報の不適合(感覚混乱)へのストレス反応として発現している可能性が考えられる。人は身体的および心理的ストレスを受けた際に、交感神経系活動が亢進されると言われており<sup>26)</sup>、動揺病の症状も交感神経系活動の過度な亢進による症状であることから、動揺病の症状がストレス反応であると推測できる。中川(2007)<sup>2)</sup>およびLinら(2013)<sup>31)</sup>は酔いやすい人に対して、身体へ動揺刺激を与えた場合、即時的に精神的不安感、呼吸数の上昇、および発汗を呈し、さらに心拍の変動が小さくなると報告しており、このような心理的および生理的变化をストレス反応と捉

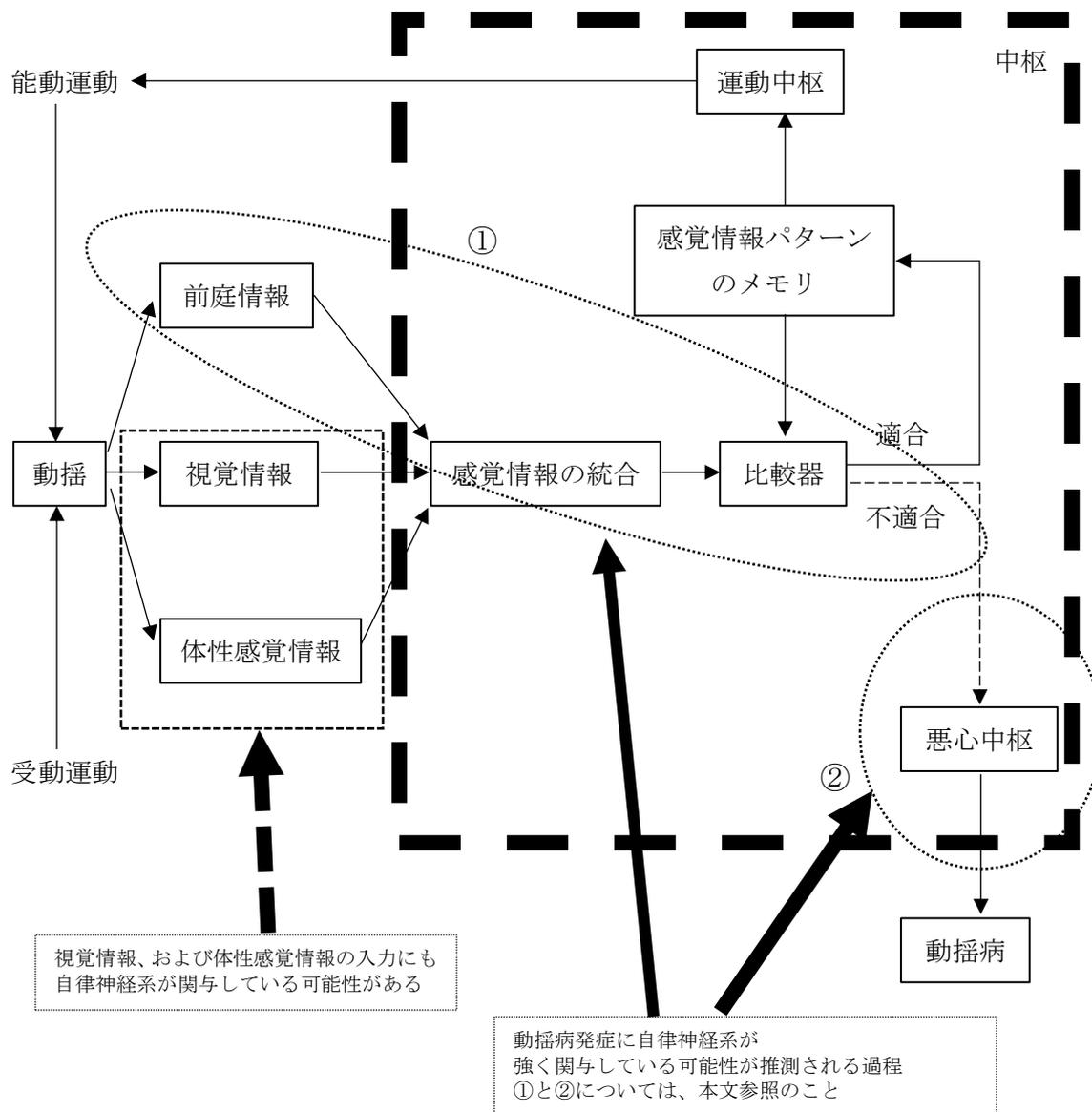


図2. 感覚混乱説のメカニズム

武田(1991)<sup>1)</sup>を参照として筆者作図

解剖学的な器官や部位は明確ではないものの、感覚情報の認知および統合を行う部位の候補として前庭神経核、小脳、および視床が挙げられており、また比較器の候補として小脳が挙げられている<sup>1)</sup>。

えると、酔いやすい人は身体への動揺刺激に対してもストレス反応を示しやすい可能性が考えられる。以上のことから、前項の後半部分と重複するが、日常的に自律神経系の不調が生じている人は、自律神経系バランスの調整機能が正常に作動しないため、動揺病発症時に感覚混乱へのストレス反応としての自律神経系の変調が正常状態へと戻りにくく、自律神経症状が顕著に現れている可能性が考えられる。また、酔いやすい人は、動揺刺激へのストレス反応も生じやすく、その動揺刺激へのストレス反応が、自律神経系バランスの調整機能を阻害し、感覚混乱へのストレス反応である動揺病症状が顕著に現れる可能性も考えられる。反対に、この調整機能に不具合が生じていない人は、動揺刺激へのストレス反応等により、自律神経系バランスの調整機能が阻害されなければ、感覚情報の不適合が生じて、動揺病の自律神経症状は調整されて軽度に留まる可能性がある。

### 2-3. 研究目的

先行研究から、感覚混乱説による動揺病発症の概念をベースとした場合、自律神経系バランスの調整機能の不具合によって生じ得る、日常的な自律神経系の不調が、動揺病発症に関与している可能性が考えられる<sup>3),9)~11)</sup>。そこで、本研究では、自律神経系の関与が報告されている日常的な自覚症状を調査項目として、自律神経系の不調状態を反映し得るそれらの自覚症状から、自覚的な乗り物への酔いやすさに関する危険因子を、多重ロジスティック回帰分析を用いて探索することを目的とする。また本研究では、自律神経系の不調に影響を与える恐怖の情動<sup>24),25)</sup>も酔いやすさに関連していることを推測しており、この恐怖の情動も調査項目として採用した。さらに、本研究の仮説について多重ロジスティック回帰分析の結果から検証を進める。

動揺病は、全ての人に起こり得る生理的病態である<sup>3)</sup>と言われるほど一般的な病態であるにもかかわらず、その発症メカニズムや危険因子については不明瞭な点が多い。本研究は、動揺病発症の危険因子の探索を目的とするものであり、動揺病発症のメカニズムに関して基礎的な知見を提供し得る。

## 第3章

## 方法

## 3-1. 研究対象者およびデータ取得の方法

本研究の対象者は、2017年4月から2020年3月までに東京海洋大学のスポーツⅠ、もしくはスポーツⅡを受講した学生である。なお、上記の学生は受講時に、乗り物酔いしやすいか/しにくいかに関する質問に回答しており、さらに自律神経系の不調を反映し得る日常的な自覚症状に関する質問、および自律神経系の不調に影響し得る恐怖の情動に関する質問に回答している。本研究の調査項目は、これらのアンケート項目とした。

本研究は、厚生労働省の「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針ガイダンス」<sup>47)</sup>におけるオプトアウト方式(研究に関する情報公開、および対象者へのデータ使用拒否機会の保障)を用いる場合の基準を満たしている。よって本研究では、研究対象者のアンケートのデータを二次使用するにあたり、研究についての情報およびデータ使用に関する諾否の問い合わせを、研究対象者に連絡(東京海洋大学の学籍番号が使用されているメールアドレス宛にメールを一斉送信)し、本研究におけるデータ使用を研究対象者が拒否できる機会を保障した。

上記の講義を受講した学生のうち、本研究で採用したアンケート項目の全てに回答していた661名に、本研究の研究情報、およびアンケートデータの二次使用の諾否に関する問い合わせを、2021年1月8日にメールにて送信し、回答期限を同年1月15日とした。661名のうち、回答期限内にデータの使用を拒否した学生は0名であった。また、卒業や退学等の理由でメールを送信できず、データ使用拒否機会の保障ができなかった5名を、本研究の対象から除外した。よって、本研究における対象者数は656名である。多重ロジスティック回帰分析における対象者の最低人数は、従属変数が2値の場合、従属変数の2つの値(「はい/いいえ」、「あり/なし」など)についてそれぞれ、使用する独立変数の総数の10倍の人数が必要とされる。本研究で扱った独立変数(「酔いやすさ」以外の各アンケート項目)は13項目であるため、従属変数である「酔いやすい」および「酔いにくい」のアンケート項目を選択

している対象者について、それぞれ最低130名以上となるが、本研究ではこれを満たす。なお、本研究は東京海洋大学倫理審査委員会の承認を得ている(承認日:令和3年1月6日、受付番号:R02-003)。

### 3-2. 本研究で使用したアンケート項目

東京海洋大学にて開講されたスポーツⅠもしくはスポーツⅡ授業の受講カードより、以下の項目に該当するデータのみ二次使用する。なお、全てのアンケート項目についての回答方法は「はい/いいえ」の2件法である。

<項目>

#### 動揺病に関する項目

- 1) 乗り物酔いしやすい

#### 日常的な自律神経系の不調を表す項目

- 2) 疲れやすい
- 3) 胃腸が弱い
- 4) 下痢をしやすい
- 5) 便秘をしやすい
- 6) 貧血を起こしやすい
- 7) 立ちくらみを起こしやすい
- 8) 冷え性
- 9) 頭痛を起こしやすい
- 10) 首肩がこりやすい
- 11) 背中が張りやすい
- 12) 腰痛になりやすい

#### 自律神経系の不調に影響を及ぼす可能性のある項目

- 13) 暗いところが怖い
- 14) 高いところが怖い

本研究では、上記の2)～12)までの項目を自律神経系の不調を反映する自覚症状として、

「日常的な自律神経系の不調状態」と定義した。そして、2)～14)までの項目について統計解析を行い、自覚的な乗り物への酔いやすさに影響する要因を探索した。

### 3-2-1. 本研究における13のアンケート項目の自律神経系の関与、および恐怖症の自律神経系への影響

#### 1) 疲労(アンケート項目:「疲れやすい」)

先行研究にて、アンケートで得られた疲労の程度と交感神経系指標の数値との間に正の相関、また同様に疲労の程度と副交感神経系指標の数値との間に負の相関があったと報告されている<sup>48)</sup>。さらに、慢性疲労の患者18名に6週間の中強度運動プログラムを実施した研究では、プログラム開始直後と6週間後を比べて、疲労への自覚的尺度が有意に低下し、心拍変動の変動性が有意に大きく(交感神経系活動が抑制)なったと報告されている<sup>49)</sup>。一般的に、一拍ごとの心臓拍動の時間間隔は周期的に変動している。これは心拍変動と呼ばれ自律神経系の評価指標とされている<sup>32), 33), 50)~52)</sup>。心拍変動は呼吸および血圧の変動と同期して起こり、交感神経系の活動が亢進されると、呼吸数の上昇および血圧変動の減少に伴って、心拍の変動も小さくなることが知られている。すなわち心臓拍動の時間間隔がほぼ一定になる<sup>39), 51)</sup>。

日常的な交感神経系活動の亢進が疲れやすさに及ぼす影響については、以下の3つの可能性が考えられる。まず、交感神経系活動の亢進により、筋肉においてグリコーゲンが分解されることから、日常的にエネルギーが過剰に代謝され、疲れやすくなっている可能性がある<sup>43)</sup>。次に精神的な疲労が考えられる。不安や緊張は交感神経系活動を亢進させるが<sup>26), 53)</sup>、心身相関と言われるように生理状態が個人の気分や精神状態に影響することもあり、交感神経系活動の亢進が不安や緊張を惹起することも考えられる<sup>54), 55)</sup>。日常的な不安や緊張は、精神的な疲労の要因になると推測される。最後に、日常的な交感神経系活動の亢進により、睡眠が浅くなるなどの問題が生じ、疲れやすくなっている可能性も考えられる<sup>56)</sup>。

#### 2) 消化機能(アンケート項目:「胃腸が弱い」、「下痢をしやすい」、「便秘をしやすい」)

消化機能は自律神経系が大きく関与しており、胃腸が弱い人は、日常生活における対人関係や行動環境等からのストレスに敏感であり、自律神経系が変調しやすい可能性が考え

られる<sup>57)~59)</sup>。

下痢についての自律神経系の関与は副交感神経系活動の亢進である<sup>60)</sup>。日常的に副交感神経系活動が亢進していると、消化器官の蠕動運動が活発化する、あるいは消化器官からの水分の分泌量が多くなり、双方ともに小腸内での水分の吸収が不十分なまま便が運ばれるため、下痢が起こりやすくなる<sup>60),61)</sup>。前者は蠕動運動性下痢、後者は分泌性下痢と呼ばれる。なお、小腸内における水分の吸収は自律神経系の関与ではなく、浸透圧によるものと言われている<sup>61)</sup>。

便秘についての自律神経系の関与は、下痢と対称的に交感神経系活動の亢進である<sup>62)</sup>。日常的に交感神経系活動が亢進することで、消化器官の蠕動運動が低下、あるいは不規則になり、便の移送に時間がかかる、あるいは便が長い時間腸内に留まり、浸透圧の影響により小腸内で必要以上に水分が吸収されて便秘が起こる<sup>62),63)</sup>。

### 3)起立性低血圧(アンケート項目:「立ちくらみを起こしやすい」)

立位直後には、重力の影響により、血液が下肢や腹部血管に移動する。この血液移動により静脈還流が減少し、心拍出量および血圧が低下する。正常な状態では、血圧低下を感知し、交感神経系活動の亢進および迷走神経系(副交感神経系)活動の抑制が起こり、心拍数増加、心拍出量増加、末梢血管抵抗上昇により血圧や脳血流が維持される。しかしながら、立位直後の血液移動時に交感神経系活動が亢進されなければ、立ちくらみ(起立性低血圧)が起こると言われている<sup>64),65)</sup>。

### 4)末梢の冷え(アンケート項目:「冷え性」)

末梢の冷えに関する自律神経系関与は交感神経系活動の亢進である。日常的に交感神経系活動が亢進することで、末梢の血管が収縮し、血流が低下することで、末梢の皮膚温が低下する。先行研究において、冷え性である人は日常的に交感神経系活動が亢進し、副交感神経系の活動が抑制傾向にあると報告されている<sup>66)</sup>。

### 5)首肩のこり、背部の張り(アンケート項目:「首肩がこりやすい」、「背中が張りやすい」)

首肩のこりと背中中の張りは、発生原因も類似しており、しばしば一括りに扱われる。しかしながら、その発生原因は多様で、主なものだけでも、筋疲労、血行不良、日常生活の姿勢、心理的緊張、椎間板ヘルニア等の頸椎由来のもの、何らかの疾患に伴う二次的なもの

等が挙げられる<sup>40)</sup>。上記の発生原因のうち、頸椎由来および疾患に伴うこりや張りといった原因が明確なものを対象外として、その他のこりや張りに対する治療実験を行った研究で、治療によるこりの有意な主観的緩和につれて心拍変動の副交感神経系指標の数値が増加傾向、また副交感神経系活動の指標と言われている末梢血液リンパ球割合が有意に増加したと報告されている<sup>67)</sup>。

そのため、頸肩背部のこりおよび張りを日常的に抱えている人は、日常的に副交感神経系の活動が抑制傾向にある可能性が考えられる。また、電気治療によって僧帽筋への血流量が有意に増加したことも報告されているため<sup>67)</sup>、このような患者は日常的に頸肩背部の交感神経系活動が亢進されており、細動脈レベル以下の動脈の収縮が亢進されて、血流量の低下により血行が悪くなっている可能性が考えられる。

また、自律神経系の関与は明確ではないものの、慢性的な頸部のこりや痛みが、内耳に存在する球形囊の機能低下を引き起こすことが報告されている<sup>28)</sup>。この球形囊は平衡機能を司る器官の1つで、直線加速度を感知する器官として知られている<sup>29)</sup>。すなわち、球形囊が直線方向における乗り物の速度変化を感知する。そして、前庭誘発筋電位の閾値を調べることで球形囊の機能を評価することができる<sup>27)</sup>。一方、前庭誘発筋電位の指標から酔いやすさに関する危険因子を探索した研究において、前庭誘発筋電位の閾値が高い、すなわち球形囊の機能が低下している人ほど酔いやすいと報告されている<sup>20), 21)</sup>。

#### 6) 腰痛(アンケート項目:「腰痛を起こしやすい」)

腰痛はその発生原因によって、椎間板ヘルニアや骨粗しょう症等の原因が明確な特異的腰痛と、原因が明確でない非特異的腰痛とに分けられる<sup>68)</sup>。

慢性の非特異的腰痛に対して鍼治療実験を行った研究で<sup>69)</sup>、主観的な痛みが軽減されるにつれて心拍変動の副交感神経指標の数値が有意に上昇したと報告されている。また同研究で<sup>69)</sup>、交感神経活動の亢進による筋緊張の亢進、および血流低下が痛みの原因である可能性を示唆している。

#### 7) 貧血(アンケート項目:「貧血を起こしやすい」)

貧血は、赤血球に結合する酸素積載量が、身体が必要とする酸素の量に対して不十分な状態であり、酸素積載量が不十分になる背景は、鉄分不足や鎌状赤血球など多様であるも

の、一般的に酸素運搬機能の低下により発生する<sup>41), 70), 71)</sup>。

貧血を起こしやすい人は日常的に心拍の変動性が小さい、すなわち副交感神経系活動が抑制され、交感神経系の活動が亢進されていると報告がある<sup>42)</sup>。このメカニズムについては、以下の可能性が考えられる。交感神経系の活動亢進により、体内のレプチンと呼ばれるたんぱく質が減少することが報告されている<sup>72), 73)</sup>。さらに、このレプチンが骨髄における造血に必要とされることが示唆されている<sup>74), 75)</sup>。したがって、日常的に交感神経系の活動が亢進されている人は、レプチンの減少により造血作用に支障が発生し、貧血になりやすい可能性が考えられる。なお、貧血の併発症状として、倦怠感、易疲労感、動悸、息切れ、めまい、耳鳴り、頭痛などが挙げられており、これらの症状は、交感神経系活動が亢進した際に見られる特徴的な自律神経症状であると考えられる<sup>42), 48), 49)</sup>。

#### 8) 頭痛(アンケート項目:「頭痛を起こしやすい」)

頭部の痛みを感じるメカニズムは、脳血管および髄膜への刺激と言われているものの<sup>76)</sup>、痛みの発生メカニズムについての自律神経系の関与を報告している研究は見当たらない。しかしながら、慢性頭痛がめまい、肩こりといった交感神経系の自律神経症状を引き起こすことがあると報告されている<sup>42), 67), 77)</sup>。

また、慢性頭痛の患者は、頭痛により睡眠の障害が起こり、体力の低下が引き起こされることが報告されており、睡眠の障害によって、交感神経系活動が過度に亢進することが示唆されている<sup>78)</sup>。さらに、薬理および非薬理的な療法による自覚的な頭痛の緩和に伴って、心拍変動の副交感神経系の指標が有意に上昇することが報告されており<sup>79)</sup>、これらのことから、頭痛を起こしやすい人は日常的に交感神経系活動が亢進している可能性が考えられる。

#### 9) 恐怖の情動(アンケート項目:「暗いところが怖い」、「高いところが怖い」)

人が恐怖を感じた時、身体は恐怖刺激に対処するために、動悸、末梢血管収縮、および血管収縮による血流量の低下による末梢体温の低下、血圧の上昇、骨格筋への血流の増加、および中心体温の上昇など、一時的に交感神経系活動を亢進させて自律神経症状を生じさせると報告されている<sup>24), 25)</sup>。そして、特定の恐怖症を抱える人は、それがパニック障害の発作の誘発要因になり得ると言われている<sup>26)</sup>。パニック障害の発作時には、心拍数の増加

や発汗といった、交感神経性の身体症状が現れる。

そのため、暗いところや高いところに恐怖を感じやすい人は、そのような状況に身を置いた際に交感神経系活動が亢進されやすい可能性が考えられる。

### 3-2-2. 感覚混乱説における2つの過程への、本研究で使用したアンケート項目の関与の推測

①の過程は、比較器における、乗り物に乗ることから得られた感覚情報の適合あるいは不適合の過程であり、日常的な交感神経系活動の亢進は、前庭機能の左右差を生じさせることで円滑な適合過程を阻害し、不適合の起こりやすさに関与していることが推測された。本研究で使用した13のアンケート項目(独立変数)において、日常的な交感神経系活動の亢進が報告、あるいは示唆された項目は、疲労、便秘、末端の冷え、首肩のこり、背中張り、腰痛、貧血、および頭痛であった。

②の過程は、感覚情報の不適合における、深刻な動揺病症状(自律神経症状)の発現の過程であり、自律神経系バランスの調整機能の関与が推測された。上記の2)～12)までの項目は、自律神経系バランスの調整機能の不具合による自律神経系の不調を反映し得る日常的な自覚症状であるため、これらの項目は②の過程へ関与している可能性が考えられた。また何らかの恐怖症を抱える人は、特定の環境において交感神経系活動が亢進されやすいため、それによって自律神経系バランスの調整機能が阻害された場合、②への関与が強くなると推測された。

### 3-3. 統計処理

本研究では、統計解析に多重ロジスティック回帰分析を用いた。多重ロジスティック回帰分析により、複数の因子の中から、乗り物への酔いやすさに関与している因子について調整オッズ比を用いて定量的に評価し、有意な危険因子を探索した。本研究で実施する多重ロジスティック回帰分析において、従属変数は「乗り物に酔いやすいか」の質問項目とし、独立変数はそれ以外の13の質問項目とした。なお、本研究では多重ロジスティック回帰分析、および後述する四分点相関係数の算出にフリーソフトのRを用いた。

Rによる多重ロジスティック回帰分析を実施する前に、Rに適したデータファイルを作成

した<sup>80)</sup>。データファイルには、各質問項目の略称をアルファベットで表し(巻末附録に掲載)、各質問項目への回答に対して、「いいえ」の回答を0、「はい」の回答を1で入力した。このように作成したデータファイルに対して、多重ロジスティック回帰分析を実施し、各項目(独立変数)の調整オッズ比を算出した。なお、多重ロジスティック回帰分析の有意水準は5%未満とした。

多重ロジスティック回帰分析の変数選択方法として、まず強制投入法により13個全ての質問項目を投入して分析を行った。その結果、有意な項目および有意でない項目が現れた。次に変数減少法により、有意でない項目を逐次除去し、再度多重ロジスティック回帰分析を実行した。有意でない項目を除去する際は、p値が最大の項目を選択し、それを除去して再度分析を実行した。この操作を、全ての項目が有意になるまで繰り返し、全ての項目が有意となった時点で解析を終了した<sup>80)</sup>。そして、有意な因子として残った項目の推測値を用いて各項目のオッズ比を算出した

逐次項目を除去して得られた回帰モデルについて、AIC(Akaike Information Criterion)を調べた。AICが最小となる回帰モデルを考察対象として選択した。

また、多重ロジスティック回帰分析を実施する前に、多重共線性の有無を確認した。本研究の独立変数は全て2値データであったため、2値データの相関を調べる四分点相関係数 $\phi$ を求め<sup>81), 82)</sup>、次に以下の式を用いて四分点相関係数 $\phi$ をピアソンの相関係数 $r$ に変換し<sup>82)</sup>、 $r=\pm 0.8$ を基準として、独立変数間の多重共線性の有無を確認した。

$$r = \sqrt{\frac{\phi^2}{1 + \phi^2}}$$

表1に独立変数間の四分点相関係数 $\phi$ の値を、また表2に $\phi$ をピアソンの相関係数 $r$ に変換した値を示した。表1および表2より、独立変数間の相関で $r=\pm 0.8$ を超えるものは見られなかったため、全ての独立変数を多重ロジスティック回帰分析に使用した。四分点相関係数と多重ロジスティック回帰分析の計算結果、およびフリーソフトRのスク립ト<sup>80), 81)</sup>を巻末附録に掲載した。

なお、表1および表2より後に、オッズ、オッズ比、ロジスティック回帰分析、変数選択法、AIC、多重共線性、および四分点相関係数の詳細を記述した。

表 1. 独立変数間の四分点相関係数  $\phi$ 

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. 疲れやすい	—												
2. 胃腸が弱い	.28	—											
3. 下痢をしやすい	.23	.53	—										
4. 便秘をしやすい	.13	.27	.20	—									
5. 貧血を起こしやすい	.18	.17	.10	.12	—								
6. 立ちくらみを起こしやすい	.24	.20	.13	.08	.46	—							
7. 冷え性	.14	.15	.06	.15	.20	.24	—						
8. 頭痛を起こしやすい	.25	.16	.13	.14	.12	.17	.12	—					
9. 首肩がこりやすい	.23	.12	.08	.21	.10	.14	.26	.29	—				
10. 背中が張りやすい	.17	.07	.01	.10	.10	.16	.20	.08	.29	—			
11. 腰痛になりやすい	.19	.09	.11	.07	.01	.19	.16	.19	.30	.29	—		
12. 暗いところが怖い	.06	.04	0	.03	0	.10	.08	.01	.06	.07	.09	—	
13. 高いところが怖い	.06	.05	.10	-.04	.04	.06	0	.03	.04	-.01	-.01	.27	—

表 2. 独立変数間の相関係数  $r$  (ピアソン)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. 疲れやすい	—												
2. 胃腸が弱い	.27	—											
3. 下痢をしやすい	.22	.47	—										
4. 便秘をしやすい	.13	.26	.20	—									
5. 貧血を起こしやすい	.18	.17	.10	.12	—								
6. 立ちくらみを起こしやすい	.23	.20	.13	.08	.42	—							
7. 冷え性	.14	.15	.06	.15	.20	.23	—						
8. 頭痛を起こしやすい	.24	.16	.13	.14	.12	.17	.12	—					
9. 首肩がこりやすい	.22	.12	.08	.21	.10	.14	.25	.28	—				
10. 背中が張りやすい	.17	.07	.01	.10	.10	.16	.20	.08	.28	—			
11. 腰痛になりやすい	.19	.09	.11	.07	.01	.19	.16	.19	.29	.28	—		
12. 暗いところが怖い	.06	.04	0	.03	0	.10	.08	.01	.06	.07	.09	—	
13. 高いところが怖い	.06	.05	.10	-.04	.04	.06	0	.03	.04	-.01	-.01	.26	—

## 3-3-1. オッズおよびオッズ比

オッズは、ある因子に曝露された、あるいは曝露されていない場合のある事象の起こる確率と、起こらない確率との比である。この、ある因子、およびある事象、とは本研究では、アンケートの各質問項目、および酔いやすさに相当する。例えば、アンケート集計の結果から、a を酔いやすくかつ冷え性である人の割合として、以下の表 3 のような分割表を作成した場合 (b~d も同様に割合を表す)、冷え性かつ酔いやすい人の割合は、 $a/(a+c)$  で表される。同様に、冷え性かつ酔いにくい人の割合は、 $c/(a+c)$  となる。よって、冷え性である人のオッズは、

$$\text{オッズ(冷え性である人)} = \frac{\frac{a}{a+c}}{\frac{c}{a+c}} = \frac{a}{c}$$

と表される。また、冷え性でない人のオッズは同様に、

$$\text{オッズ} = \frac{b}{d}$$

と表される。

表 3. 酔いおよび冷え性に関する分割表

	冷え性である	冷え性でない
酔いやすい	a	b
酔いにくい	c	d

そして、この場合のオッズ比は、冷え性でない人のオッズに対する冷え性である人のオッズの比をとり、

$$\text{オッズ比} = \frac{a}{c} \div \frac{b}{d} = \frac{ad}{bc}$$

と計算される。このオッズ比を用いることで、因子に曝露された、すなわち冷え性であることによって事象の発生率、すなわち酔いやすさが何倍に変化するか、定量的に判断でき

る。

このようにオッズおよびオッズ比を用いて観察研究を実施するが、観察研究は過去にさかのぼってデータを抽出するため、情報が不正確となる危険性があることも懸念されている<sup>83), 84)</sup>。

### 3-3-2. ロジスティック回帰分析

ロジスティック回帰分析は、単回帰分析あるいは重回帰分析と同様、従属変数と独立変数との関係性を解析するものであるが、従属変数が「はい/いいえ」や、「あり/なし」で回答される2値データの場合に主に用いられる方法である。重回帰分析のように独立変数が複数の場合には多重ロジスティック回帰分析、独立変数が1つのみの場合には単にロジスティック回帰分析と呼ばれる。多重ロジスティック回帰分析はその性質から、医学分における疾患のリスクファクター探索、また医学以外の多様な分野においても、現象の発現要因を分析する際に用いられている<sup>83), 85)~89)</sup>。従属変数が2値データの場合、2値データのまま解析を行っても独立変数との関係性を調べることは不可能であるため(図3)、それを可能にする一般的な方法の一つとして、独立変数を群分けし、各群の従属変数の平均値や割合を計算する方法が挙げられる<sup>90)</sup>。図3は、従属変数(心疾患)が2値(発症の有無)で、独立変数に年齢を設けた散布図であり、縦軸に全対象者の心疾患の有無、横軸に年齢を設定している。図4は、対象者を年齢(横軸)によって群分けし、各年齢群における心疾患の発症を割合に変換して縦軸に設定している。例えば、図4における、20~29歳で、発症率10%程度を示している■のプロットは、20歳から29歳までの対象者における心疾患の発症率を表している。図3のようなデータでは、関係性を調べることは不可能であったが、図4のように、従属変数および独立変数の関係を曲線と見なすことで関係性を分析できるようになる。このような曲線を用いて回帰分析を行う場合の回帰式は曲線で表され、多重ロジスティック回帰分析およびロジスティック回帰分析では、ロジスティック曲線が回帰式のモデルとされる。

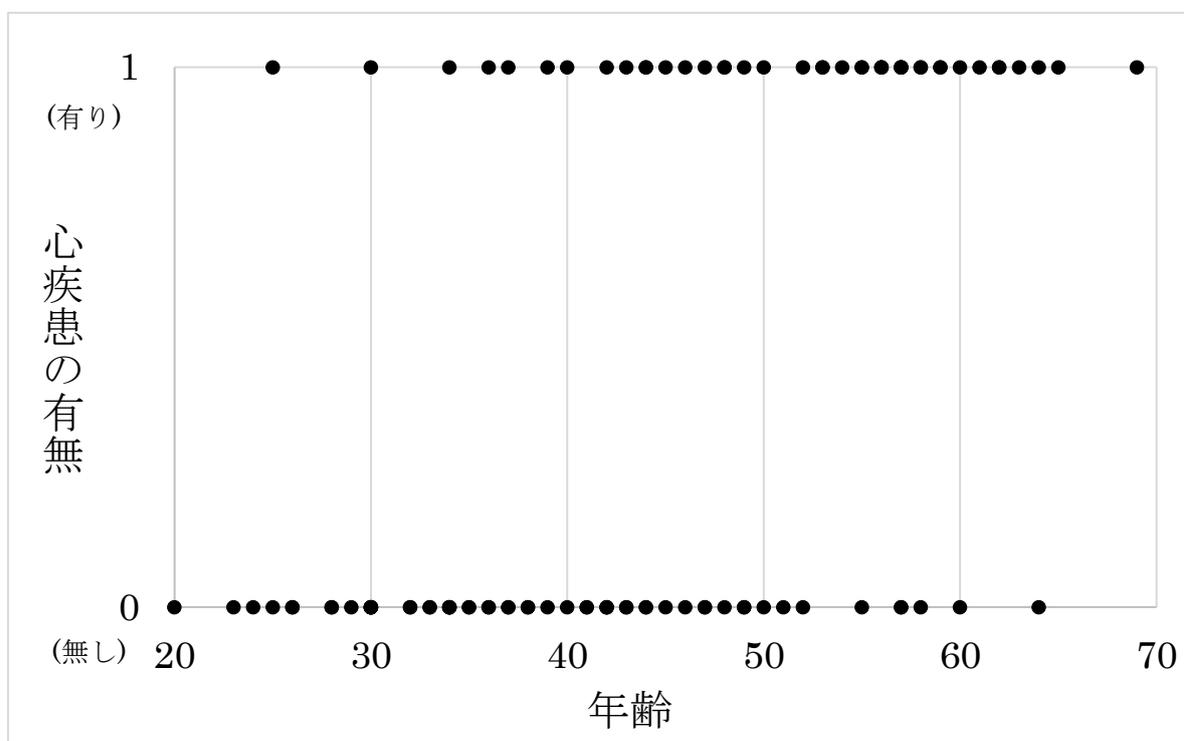


図 3. 冠動脈性心疾患および年齢の関係

Hosmer ら (2017)<sup>90)</sup>を参照として筆者作図

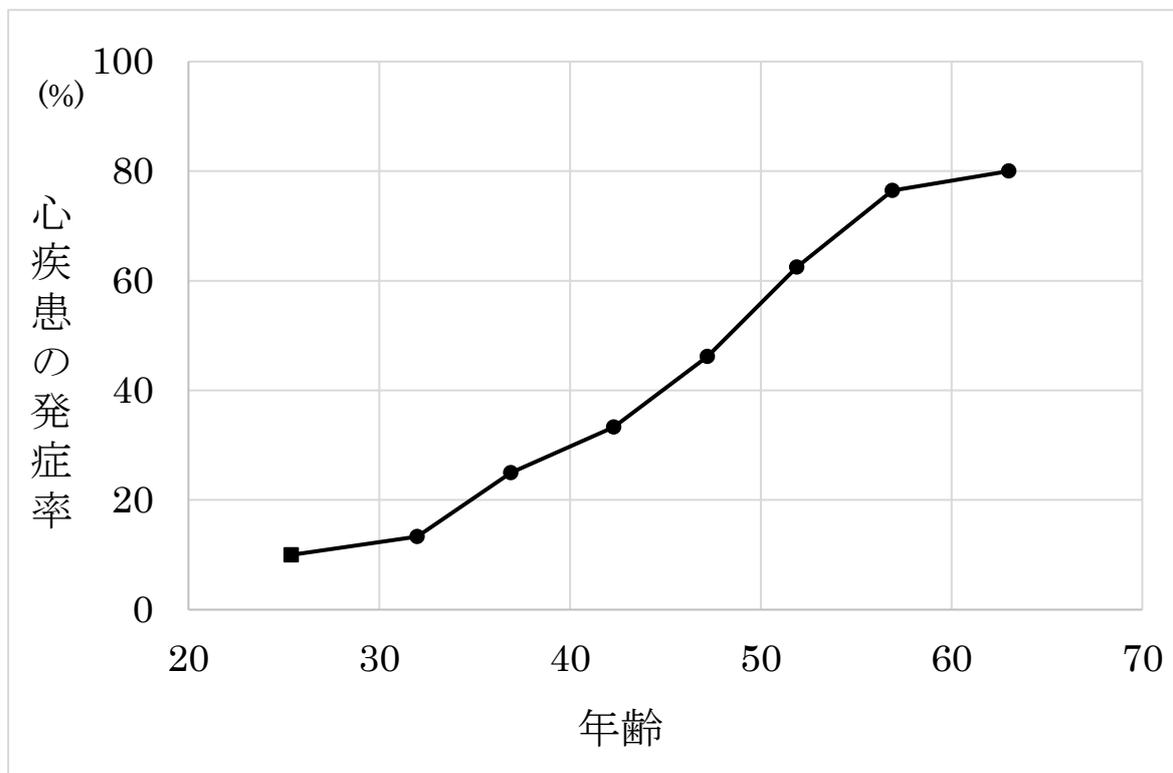


図4. 冠動脈性心疾患の発症率および年齢の関係

Hosmer ら(2017)<sup>90)</sup>を参照として筆者作図

図3における20歳から29歳までの対象者について、「有り」の人数を20代の対象者数で割った割合を、図4における心疾患の割合とした。他の年齢層においても同様に心疾患の割合を算出した。なおHosmer ら(2017)<sup>90)</sup>は、30代、40代、および50代は対象者数が多いため、それらの年齢層では、30歳から34歳、および35歳から39歳のように、さらに2層分けたと述べている。そして縦軸を心疾患の割合、横軸を各年齢層における年齢の平均として、グラフにプロットした。

$p$  を従属変数の発生する確率(例えば、乗り物に酔いやすい確率)として、 $k$  個の独立変数をもつロジスティック曲線は

$$p = \frac{e^{(a_0 + a_1x_1 + \dots + a_ix_i + \dots + a_kx_k)}}{1 + e^{(a_0 + a_1x_1 + \dots + a_ix_i + \dots + a_kx_k)}} \quad \dots (1)$$

の式で表される<sup>90)</sup>。 $e$  はネイピア数と呼ばれ、その値は  $e=2.71828\dots$  と続く。 $a_0$  は定数、 $a_1 \sim a_k$  は回帰係数である。単回帰分析あるいは重回帰分析では定数および回帰係数は最小二乗法で求められるが、多重ロジスティック回帰分析およびロジスティック回帰分析では、最尤法で定数および回帰係数を求める。最尤法では、尤度関数と呼ばれる関数の最大値を求め、尤度関数が最大となる  $a_0 \sim a_k$  を回帰モデルの定数および回帰係数として算出する。これらは統計解析ソフトで算出することができる。

(1)式は従属変数の発生する確率であるため、例えば乗り物に酔いにくい確率は  $1-p$  で表すことができる。したがって、 $p/(1-p)$  でオッズを算出できる。(1)式を用いて計算すると、

$$\frac{p}{1-p} = e^{(a_0 + a_1x_1 + \dots + a_ix_i + \dots + a_kx_k)} \quad \dots (2)$$

で表され、さらに(2)式の両辺に自然対数  $\ln$  をとると、

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_ix_i + \dots + a_kx_k \quad \dots (3)$$

となる。この変形はロジット変換と呼ばれている<sup>90), 91)</sup>。

さらに(3)式において、 $i$  番目の項目のオッズ比について考える。本研究では独立変数も全て「はい/いいえ」で回答できる2値データであるため、変数  $x_i$  は0または1の値のみをとる。質問項目に対して「はい」を1、「いいえ」を0として扱うと、 $i$  番目以外の変数(項目)は全て定数と見なして、 $x_i=1$  のオッズは、

$$\ln\left(\frac{P(x_i=1)}{1-P(x_i=1)}\right) = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_i \times 1 + \dots + a_kx_k \quad \dots (4)$$

$i=0$  のオッズは、

$$\ln\left(\frac{P(x_i=0)}{1-P(x_i=0)}\right) = a_0 + a_1x_1 + \cdots + a_i \times 0 + \cdots + a_kx_k \cdots (5)$$

と表される。この時、(4)式から(5)式を除算すると、

$$\frac{\frac{P(x_i=1)}{1-P(x_i=1)}}{\frac{P(x_i=0)}{1-P(x_i=0)}} = e^{a_i}$$

と、オッズ比を算出することができる。

(3)式において、 $a_k$ は他の変数が一定である条件下で、変数  $x_k$ だけが0あるいは1に変化した時に、左辺がどの程度変化するかを表す値となる。すなわち、 $e^1$ 、 $e^2$ 、 $e^3 \cdots$ はそれぞれ、他の因子が一定で、注目する因子の影響を評価するオッズ比と考えられ、このようなオッズ比は各因子についての調整オッズ比と呼ばれ、多重ロジスティック回帰分析から得られたオッズ比のことを指す<sup>83)</sup>。分割表から算出されるオッズ比は、単一の独立変数が従属変数に与える影響を表すのみである。しかしながら、多重ロジスティック回帰分析によって算出される各因子の調整オッズ比は、因子間における相互の影響を考慮したうえで算出される<sup>83), 90), 91)</sup>。したがって、多重ロジスティック回帰分析を用いることで、複数の因子の影響を考慮し、単一の独立変数のオッズ比よりも精度の高い調整オッズ比を算出することが可能となる。

### 3-3-3. 変数選択

多重ロジスティック回帰分析を行う際に、独立変数をどのような手順で選択するか、大きく分けて2種類の方法が用いられている。研究分野における専門的知見から、主観によって独立変数を決定して投入する方法を強制投入法と呼ぶ<sup>90), 91)</sup>。一方、有意水準を観察しつつ、逐次独立変数を投入、あるいは除去して、最適なモデルを探索する選択方法があり、これは変数増加法、変数減少法、あるいは変数増減法、またそれらを総称してステップワイズ法と呼ばれる<sup>90), 91)</sup>。

## 3-3-4. モデル選択

データから得られた従属変数および独立変数の関係式を回帰モデルと呼ぶ。先述のステップワイズ法による多重ロジスティック回帰分析では、逐次変数を投入、あるいは除去して最適な回帰モデルを探索する。最適な回帰モデルを選択するための基準の1つとして、モデルの適合度を評価するAIC(Akaike Information Criterion)が挙げられている<sup>90),92)</sup>。AICは、

$$AIC=-2L+2(K+1)$$

の式で与えられる(Lは尤度関数の最大値に自然対数をとった値、Kはモデルに使用されている質問項目の数)。AICは、得られたモデルの実データに対する当てはまりを表し、AICが小さいほど当てはまりが良いと考えられている<sup>90),92)</sup>。そして、モデルの当てはまりが良いということは、従属変数および独立変数の関係式が、酔いやすさおよび各質問項目の関係についての仮定した母集団分布を、より近似しているということである。言い換えると、母集団の推定に有効である。本研究においても、AICが最小となる回帰モデルを、酔いやすさおよび各質問項目の関係を表すモデルとして考察の対象とした。なお、AICは複数のモデルを比較するための相対的な評価量であり、複数のモデルが存在する場合に、わずかな値であってもAICの値が小さいことは最大対数尤度(上記数式のL)が大きいことを意味し、最大対数尤度が大きいほどモデルは実データの分布をより近似していると考えられている<sup>92)</sup>。

## 3-3-5. 多重共線性

重回帰分析においては、しばしば結果の矛盾、例えば算出された回帰係数と、独立変数および従属変数の相関係数との間の矛盾、が生じることがある<sup>93),94)</sup>。これについて、本研究における「乗り物への酔いやすさ」および各質問項目を例に用いて説明する。回帰分析の結果から、「冷え性」の回帰係数が正の値で、冷え性である方が酔いやすさに影響する可能性が示唆された場合を想定する。この時に、「冷え性」および酔いやすさの相

関係数が負の値、すなわち冷え性である方が酔いにくいという結果が出てしまうと、先に述べたように回帰係数と相関係数との間に矛盾が生じていることになる。このような現象は多重共線性と呼ばれ、解析が不可能、あるいは結果の信頼性が低いと判断される。

多重ロジスティック回帰分析においては、調整オッズ比の結果について矛盾が生じる場合があると言われている<sup>91)</sup>。多重ロジスティック回帰分析から算出された調整オッズ比と、分割表から算出されたオッズ比に関して、それらの従属変数への影響度の順位が異なる場合がある。例えば、酔いやすさへの「冷え性」および「立ちくらみ」のオッズ比について、多重ロジスティック回帰分析においては「冷え性」の調整オッズ比のほうが、「立ちくらみ」の調整オッズ比よりも大きいと結果が出た場合を考える。一方で、分割表においては「立ちくらみ」のオッズ比のほうが、「冷え性」のオッズ比よりも大きいと結果が出た場合、多重ロジスティック回帰分析および分割表から算出された各オッズ比に矛盾が生じていることとなる。この時、統計学分野においては、多重ロジスティック回帰分析により算出された調整オッズ比は、分割表から算出したオッズ比と比べて精度が高いと判断し、多重ロジスティック回帰分析における調整オッズ比が真のオッズ比として選択される<sup>91)</sup>。

多重共線性の存在を、回帰係数を算出する前、すなわち変数選択の段階で調べる方法として、独立変数同士の相関係数、あるいは分散拡大要因 (VIF:variance inflation factor) を調べる方法が提案されている<sup>94), 95)</sup>。VIF の値は以下の式で算出される (R は重回帰分析における決定係数)。

$$VIF = \frac{R^2}{1 - R^2}$$

相関係数における多重共線性有りの基準は、ピアソンの相関係数  $r = \pm 0.65 \sim 0.8$  を超える場合とされることが多い<sup>94), 95)</sup>。また VIF における基準は、VIF の値が 5 あるいは 10 を超える場合とされることが多い<sup>94), 95)</sup>。ピアソンの相関係数および VIF の数値関係については、 $r = \pm 0.8$  が VIF=10 程度に相当し、 $r = \pm 0.65$  が VIF=5 程度に相当していると考えられる<sup>91), 95)</sup>。

ピアソンの相関係数あるいは VIF の基準を超えた変数が存在した場合は、どちらか片方の変数を除去して分析が行われる<sup>91), 95)</sup>。

### 3-3-6. 四分点相関係数

2 値データ同士の相関を調べる方法として、四分点相関係数を求める方法がある<sup>82)</sup>。表 4 のような 2 行×2 列の分割表に、各質問に回答した対象者の人数(割合でも可)を記入する。この分割表における、行および列の要素を用いて四分点相関係数は  $\phi$  を算出する。その計算式は、

$$\phi = \frac{(ad-bc)}{\sqrt{(a+c)(b+d)(a+b)(c+d)}} \quad (-1 < \phi < 1)$$

で表される。計算式内の各アルファベットおよびその添字は表 4 における各要素を表す。四分点相関係数を求めることで、2 値データ同士の相関を調べることが可能となる。

表 4. 酔いやすさおよび冷え性における分割表

	冷え性である	冷え性でない	計
酔いやすい	a	b	a+b
酔いにくい	c	d	c+d
計	a+c	b+d	n(全対象者数)

## 第4章

## 結果

## 4-1. 多重ロジスティック回帰分析の結果

酔いやすさを従属変数、それ以外の質問項目を独立変数として、強制投入法、および変数減少法による多重ロジスティック回帰分析を行った。表5、表7、および表8に多重ロジスティック回帰分析から得られた、調整オッズ比(以下、オッズ比)、回帰係数の95%信頼区間、およびp値を示した。また各表に、各モデルの適合度を表すAICを付属して示した。なお、本研究では有意水準を5%未満とした。そして、表6には独立変数の除外過程を示した。

まず表5には、強制投入法、すなわち全ての独立変数を投入した結果を示した。なお、表5の結果をモデル1とする。モデル1のAICは880.21であった。強制投入法により有意な危険因子として抽出された独立変数は、「疲れやすい」、「貧血を起こしやすい」、「首肩がこりやすい」、および「高いところが怖い」であった。変数減少法では、モデル1における独立変数についてp値の大きい順に変数を除去し、全ての変数が有意になるまで( $p < 0.05$ )分析を続けた。モデル1における最も大きなp値は、「背中が張りやすい」の $p = 0.8343$ であったため、「背中が張りやすい」の項目を除去した残りの12項目で再度分析を行った。このように、モデル1から独立変数を除去していく過程を表6に示した。表6には、除外する独立変数、除外する独立変数の除外時点でのp値、各モデルを算出する際に使用された独立変数の数、および各モデルのAIC、の項目を設けた。また除去および再分析の具体的な計算過程を巻末附録に掲載した。

有意でない変数の除去、および再分析を繰り返し、全ての変数が有意( $p < 0.05$ )となった結果を表7に示した。表7の結果をモデル2とする。モデル2における有意な危険因子として抽出された独立変数は、「疲れやすい」、「貧血を起こしやすい」、および「首肩がこりやすい」であった。また、モデル2のAICは871.56となった。

しかしながら、モデル2のAICは871.56であったものの、モデル2を得る3段階前のモデル(「胃腸が弱い」、「頭痛を起こしやすい」、および「高いところが怖い」の独立変数を除く前)のAICは868.17であり、モデル2を得る3段階前のモデルのAICは、モデル2のAICの値よりも低値を示し、モデルの適合度が高かった(表7および表8、あるいは巻末附録の分析過程参照)。よって、このモデル2の3段階前のモデルをモデル3とし、モデル3における「胃腸が弱い」、「頭痛を起こしやすい」、および「高いところが怖い」は有意ではないものの、次章ではモデル3について考察を行うこととした。また、モデル3の結果を表8に示した。

本研究における多重ロジスティック回帰分析の結果をまとめると、モデル2において有意に抽出された、酔いやすさに関する危険因子は、「疲れやすい」(オッズ比;1.72, 95%信頼区間;0.21-0.87,  $p<0.01$ )、「貧血を起こしやすい」(オッズ比;1.75, 95%信頼区間;0.15-0.97,  $p<0.05$ )、「首肩がこりやすい」(オッズ比;1.56, 95%信頼区間;0.12-0.77,  $p<0.01$ )であった(表7)。モデル3において有意に抽出された、酔いやすさに関する危険因子は、「疲れやすい」(オッズ比;1.64, 95%信頼区間;0.15-0.84,  $p<0.01$ )、「貧血を起こしやすい」(オッズ比;1.68, 95%信頼区間;0.10-0.94,  $p<0.05$ )、「首肩がこりやすい」(オッズ比;1.63, 95%信頼区間;0.15-0.83,  $p<0.01$ )であった(表8)。また、モデル2においては「胃腸が弱い」、「頭痛を起こしやすい」、および「高いところが怖い」の項目は除去されたものの、モデル2を得る3段階前の、「胃腸が弱い」、「頭痛を起こしやすい」、および「高いところが怖い」の因子を除去していないモデル3のAICが、全モデルにおいて最小であった。

次章では、モデル2、およびモデル3において有意な危険因子として抽出された、「疲れやすい」、「貧血を起こしやすい」、および「首肩がこりやすい」について、酔いやすさへの影響を考察する。またモデル3においては、「胃腸が弱い」、「頭痛を起こしやすい」、および「高いところが怖い」の項目は有意ではないものの、除去されなかった。全ての回帰モデルのうちモデル3のAICが最小であり、モデル3は相対的に、母集団の推定に有効であると考えられるため、「胃腸が弱い」、「頭痛を起こしやすい」、および「高

「いところが怖い」の項目に関しても、酔いやすさへ影響する可能性について考察を行う。

表5. モデル1の多重ロジスティック回帰分析の結果(強制投入法)

独立変数	オッズ比	95%信頼区間	p 値
疲れやすい	1.66	0.16 - 0.86	p<0.01
胃腸が弱い	1.49	-0.03 - 0.83	0.0681
下痢をしやすい	0.92	-0.51 - 0.34	0.7059
便秘になりやすい	1.09	-0.33 - 0.51	0.6714
貧血を起こしやすい	1.66	0.04 - 0.98	p<0.05
立ちくらみを起こしやすい	1.05	-0.33 - 0.43	0.7912
冷え性	0.87	-0.49 - 0.21	0.4314
頭痛を起こしやすい	0.76	0.66 - 0.09	0.1429
首肩がこりやすい	1.68	0.15 - 0.89	p<0.01
背中が張りやすい	1.06	-0.51 - 0.64	0.8343
腰痛になりやすい	0.95	-0.46 - 0.37	0.8250
暗いところが怖い	0.79	-0.71 - 0.23	0.3299
高いところが怖い	1.50	0.03 - 0.79	p<0.05

AIC:880.21

強制投入法により、13個全ての独立変数を投入した。  
有意であった独立変数は黒字で示した。

表 6. 変数減少法における独立変数の除外過程

除外する独立変数	除外変数の p 値	独立変数の数	AIC
—	—	13	880.21
背中が張りやすい	0.8343	12	878.25
腰痛を起こしやすい	0.8545	11	876.29
立ちくらみを起こしやすい	0.8030	10	874.35
下痢をしやすい	0.6883	9	872.51
便秘をしやすい	0.6925	8	870.67
冷え性である	0.4689	7	869.19
暗いところが怖い	0.3241	6	868.17 ← モデル 3
頭痛を起こしやすい	0.1417	5	868.35
胃腸が弱い	0.0652	4	869.74
高いところが怖い	0.0505	3	871.56 ← モデル 2

最下段の、「高いところが怖い」の独立変数を除去した時点でのモデルがモデル 2。  
除外途中の、「暗いところが怖い」の独立変数を除外した時点でのモデルがモデル 3。

表7. モデル2の多重ロジスティック回帰分析の結果

独立変数	オッズ比	95%信頼区間	p 値
疲れやすい	1.72	0.21 - 0.87	p<0.01
貧血を起こしやすい	1.75	0.15 - 0.97	p<0.01
首肩がこりやすい	1.56	0.12 - 0.77	p<0.01

AIC:871.56

5%水準で有意となった独立変数のみが残った回帰モデル。

表8. モデル3の多重ロジスティック回帰分析の結果

独立変数	オッズ比	95%信頼区間	p 値
疲れやすいか	1.64	0.15 - 0.84	p<0.01
胃腸が弱い	1.44	0 - 0.73	0.0507
貧血を起こしやすいか	1.68	0.10 - 0.94	p<0.05
頭痛を起こしやすいか	0.76	-0.65 - 0.09	0.1417
首肩がこりやすいか	1.63	0.15 - 0.83	p<0.01
高いところが怖い	1.42	0 - 0.71	0.0538

AIC:868.17

有意であった独立変数は黒字で示した。有意でない独立変数が残っているものの、モデル2よりもAICの値が小さいため、相対的に母集団の推定に最も有効な回帰モデル。

モデル3は、表6のように、変数減少法によりモデル1から1つずつ変数を順に除去していき、モデル2を得る3段階前の、「胃腸が弱い」、「頭痛を起こしやすい」、および「高いところが怖い」の項目が残っている段階である。

このモデル3から、「胃腸が弱い」、「頭痛を起こしやすい」、および「高いところが怖い」の項目を除去したものがモデル2である。

## 第5章

## 考察

## 5-1. 多重ロジスティック回帰分析の結果

前章の多重ロジスティック回帰分析の結果から、モデル2およびモデル3において、有意な危険因子として抽出された独立変数、および有意でないもののAICの値が最も低値を示したモデル3に含まれていた独立変数を、本研究の考察対象とした。モデル2およびモデル3において抽出された独立変数の調整オッズ比(以下、オッズ比)を、再び以下に示す。

モデル2において抽出された、酔いやすさに関する有意な危険因子は、「疲れやすい」(オッズ比;1.72,  $p<0.01$ )、「貧血を起こしやすい」(オッズ比;1.75,  $p<0.05$ )、「首肩がこりやすい」(オッズ比;1.56,  $p<0.01$ )であった。モデル3において抽出された、酔いやすさに関する有意な危険因子は、「疲れやすい」(オッズ比;1.64,  $p<0.01$ )、「貧血を起こしやすい」(オッズ比;1.68,  $p<0.05$ )、「首肩がこりやすい」(オッズ比;1.63,  $p<0.01$ )であり、モデル2と同様の因子であったが、オッズ比が異なるものであった。また、モデル2においては「胃腸が弱い」、「頭痛を起こしやすい」、および「高いところが怖い」の項目は除去されたが、AICが最小であったモデル3ではこれら3つの因子が、有意ではないものの抽出された(除去されなかった)。なお、モデル1で有意な危険因子として抽出された独立変数は、「疲れやすい」(オッズ比;1.66,  $p<0.01$ )、「貧血を起こしやすい」(オッズ比;1.66,  $p<0.05$ )、「首肩がこりやすい」(オッズ比;1.68,  $p<0.01$ )、および「高いところが怖い」(オッズ比;1.50,  $p<0.05$ )であり、強制投入法と変数減少法で全く異なる独立変数が抽出されることは無かった。

さらに、モデル3のオッズ比から、日常的に、疲れやすい人は1.64倍、貧血を起こしやすい人は1.68倍、そして首肩がこりやすい人は1.63倍、それらの症状を自覚しない人よりも、有意に酔いやすいことを自覚していることが明らかとなった。

第2章にて、感覚混乱説に基づいた動揺病発症のメカニズムについて、①比較器における感覚情報の適合あるいは不適合の過程、および②不適合による動揺病症状の顕著な発現の過程の2つの過程において、自律神経系が強く関与している可能性を推測した。以降では、まずモデル2およびモデル3にて有意な危険因子として抽出された3つの独立変数について、日常的な自律神経系の不調をどのように反映しているのか、その可能性を検討するとともに、3つの独立変数の上記①および②の過程への関与を考える。さらに、モデル3において有意でなかった2つの独立変数について、日常的な自律神経系の不調がどのように反映されているのか、さらに①および②への関与を考察する。

#### 5-1-1. 感覚混乱説において自律神経系の関与が推測される2つの過程と有意な3つの危険因子との関連

第3章で述べた通り、有意な危険因子として抽出された、「疲れやすい」、「貧血を起こしやすい」、および「首肩がこりやすい」という症状を持つ人は、日常的に交感神経系活動が亢進されていると考えられた。この3つの危険因子について、第2章の先行研究にて示した動揺病の発症メカニズムにおいて自律神経系の関与が推測される2つの過程との関連を考察する。

まず、①比較器における感覚情報の適合あるいは不適合の過程に関しては、3つの危険因子全てにおいて、自律神経系バランスの調整機能の不具合による日常的な交感神経系活動の亢進により、両側内耳への血流量に左右差が生じ、それによって両側前庭系の興奮性に異常な左右差が生じている<sup>42)</sup>と考えられる。そしてこの影響によって、前庭において感覚情報を正確に捉えられず、あるいは前庭から中枢神経系(脳を含む)へ正確に感覚情報を伝達できずに、比較器において感覚情報と感覚情報パターンとを比較した際に、適合過程が円滑に進行しにくく、不適合と判断されやすくなっている可能性が考えられる。また、「首肩のこりやすさ」については直線加速度を感知する内耳の球形囊の機能低下も考えられるため<sup>27), 28), 29)</sup>、「首肩のこりやすさ」は特に、以下に考察する②の過程よりも、①の過程への関与が高いと考えられる。

次に、②不適合による動揺病症状の顕著な発現の過程に関しては、自律神経系バランスの調整機能が大きく関与している可能性がある。動揺病発症時の自律神経症状は、比較器における感覚情報の不適合(感覚混乱)へのストレス反応であると考えられる<sup>2), 26), 31)</sup>。3つの危険因子は、日常的な交感神経系活動の亢進を反映しており<sup>41), 48), 49), 67)</sup>、これらの危険因子は、日常的に自律神経系バランスの調整機能に何らかの不具合が生じていることを反映すると考えられる。日常的にこれらの症状を抱えている人は、この調整機能が阻害を受けている可能性があるため、感覚情報が不適合と判断された後に、感覚混乱へのストレス反応としての自律神経系の変調が正常状態へと戻りにくく、自律神経症状が顕著に現れやすい可能性が考えられる。また、顕著に現れた動揺病症状がストレスとなり、さらに自律神経系バランスの調整機能を阻害し、より一層、動揺病症状が深刻化する悪循環が発生する可能性も考えられる。反対に、この調整機能に不具合が生じていない人は、動揺刺激へのストレス反応等により、自律神経系バランスの調整機能が阻害されなければ、感覚情報の不適合が生じても、動揺病の自律神経症状は調整されて軽度に留まる可能性がある。加えて、自律神経系バランスの調整機能に何らかの不具合がある場合、不適合と判断された後に悪心中枢が過剰に刺激され、一方、この調整機能が正常であれば、悪心中枢への刺激が低減される可能性も考えられる。

最後に、①および②への各危険因子の影響の程度を考えると、「首肩のこりやすさについて」は、第2章の先行研究にて、首肩のこりと背中のはりは同一のものと考えられると述べたものの、「背中のはりやすさ」は有意な危険因子として抽出されなかったことから、「首肩のこりやすさ」という局所的な自律神経系の不調は②への関与は小さく、①の過程に大きく関与している可能性が高い。一方、「疲れやすさ」、および「貧血の起こしやすさ」の①および②の過程への関与度については、本研究の結果からは判断が難しい。

#### 5-1-2. 有意ではないものの、モデル3に含まれていた独立変数

前章の結果におけるモデル3には、有意ではなかったものの「胃腸が弱い」、「頭痛を

起こしやすい」、および「高いところが怖い」の項目が含まれていた。これらの項目は、モデルの適合度が最も高いと判断されたモデル3において、有意ではないものの除去することは好ましくないと示された。以降では、これらの独立変数が酔いやすさに影響を及ぼし得る背景について、①および②の過程への関与を考慮しつつ考察する。

「胃腸の弱さ」は、環境の変化や対人関係のストレスへの感受性を反映すると考えられる<sup>57)~59)</sup>。胃腸の弱い人は、ストレスを受けることで自律神経系由来の下痢や悪心を起こすと言われており<sup>57)~59)</sup>、ストレスにより自律神経系のバランスが乱れやすい可能性がある。乗り物への搭乗も環境の変化であるため、自身を酔いやすいと自覚している人、あるいは乗り物に苦手意識のある人には、「胃腸の弱さ」は酔いやすさに関する有意な危険因子となる可能性がある。①および②への関与については、胃腸が弱い人は自律神経系に変調を来しやすいことから、自律神経系バランスの調整機能が正常に作動しにくく、動揺病発症時にストレス反応としての自律神経症状が顕著に現れやすく、酔いやすさに影響し得ると考えられる(②の過程)。

ただし、この独立変数は有意な危険因子として抽出されなかった。本研究では「胃腸が弱い」という文言によるアンケートを実施したため、その「胃腸の弱さ」がストレス由来であるものか、それ以外の内科的症状特性であるのか、対象者が胃腸の弱さを感じる状況を区別することが不可能であった。アンケートの様式に関して、例えば、人前に立つ時、進学や就職等で生活環境が変わった時、あるいは乳製品や冷たいものを摂取した時など、「胃腸の弱さ」を感じる状況をより細分化してアンケートを実施すると、異なる結果を得られる可能性がある。

「頭痛の起こしやすさ」を自覚している人は、頭痛による睡眠の阻害が原因となり、日常的に交感神経系活動が亢進している可能性が推察され<sup>77)</sup>、先行研究においても慢性頭痛の患者は日常的な交感神経系活動の亢進が示唆されている<sup>78),79)</sup>。そのため頭痛を起こしやすい人は、日常的な交感神経系活動の亢進により、前庭血流量に異常な左右差が生じることで、感覚情報の円滑な適合が行われにくく、乗り物に酔いやし可能性が考えられる(①の過程)。

しかしながら、頭痛に関する項目は、有意な危険因子として抽出されることはなかった。その背景に関する可能性の1つとして、頭痛の発生頻度が推測される。第3章において、睡眠の阻害により疲れやすくなり、また日常的に交感神経系活動が亢進推測された。その睡眠の阻害の原因の一つとして、頭痛が考えられているものの<sup>77)</sup>、頭痛が睡眠の阻害にまで至るには、その発生頻度が関係している可能性が考えられる。そのため、アンケートに頭痛の発生頻度(1週間の間に何日発生するか、など)を問う項目を設けて統計解析を行った場合、結果が異なる可能性が推測される。

「高いところが怖い」という項目は、モデル2およびモデル3では有意でなかったものの、強制投入法によるモデル1においては有意な独立変数として抽出された。先行研究の報告から、高所恐怖症のような特定の恐怖症を持つ人は交感神経系の活動が過度に亢進しやすい可能性が示唆されており<sup>24),25)</sup>、「胃腸の弱さ」と同様に、自律神経系が変調しやすく、酔いやすさに影響し得ると考えられる。さらに他の先行研究において、高所恐怖症および乗り物への酔いやすさの関連性が示唆されている<sup>96),97)</sup>。この関連について、メカニズムは示されていないものの、高所恐怖症の人の高所における身体の重心動揺パターンが1つの可能性として考えられる。高所恐怖症の人は、高所において下肢の緊張が亢進し、非常に細かい重心動揺を見せたと報告されている<sup>98)</sup>。そのため、自律神経系が変調を来しやすいこと、および重心動揺や平衡機能の観点から、「高所への恐怖心」と酔いやすさには強い関連性があることが考えられる。

一方、特定の恐怖心に関して、「暗いところが怖い」の項目は分析の途中で除去された(巻末附録に掲載)。このような、高所および暗所で多重ロジスティック回帰分析の結果に差が存在し得ることについては、乗り物搭乗時の環境が影響していると推測される。乗り物への搭乗時には、地面あるいは海面から一定距離離れた高所環境に身を置く場合が多い。例えば飛行機、および遊園地の乗り物は高所環境である。またバス等や船においては地面や海面を見下ろす機会が多く、高所にいる感覚を知覚しやすい可能性がある。高所にいる感覚を知覚しやすければ、高所恐怖症の人は自律神経系が乱れやすくなると考えられる。あるいは、高所環境が原因で、高所恐怖症の人には、乗り物自体に恐怖心

や苦手意識を抱えている人が多い可能性もある。藤田ら(1986)<sup>10)</sup>は、乗り物へ恐怖心を持っている子供は酔いやすい傾向にあったと報告しており、乗り物への恐怖心や苦手意識は若年成人における酔いやすさにも影響している可能性がある。一方で、乗り物搭乗時に暗闇を経験することは稀である。よって、乗り物搭乗時は高所環境である場合が多い、あるいは高所恐怖症の人は乗り物へ恐怖心や苦手意識を抱きやすい可能性が高いため、高所恐怖症の人は自律神経系のバランスが乱れて交感神経系の活動が過度に亢進しやすい可能性がある。したがって、乗り物環境における高所および暗所の特徴から、本研究のような多重ロジスティック回帰分析の結果に関して、高所恐怖症および暗所恐怖症で傾向差が現れた可能性がある。

「胃腸の弱さ」、および「高所への恐怖心」は、「疲れやすさ」、「貧血の起こしやすさ」、および「首肩のこりやすさ」のように日常的な交感神経系活動の亢進が原因ではなく、様々なストレス要因に対して自律神経系の変調が起こりやすいことを反映する症状であると考えられる。しかしながら、これらの症状を自覚しやすい人も、例えば、緊張や恐怖といった精神的ストレスにより自律神経系バランスの調整機能が阻害されやすく、それによって自律神経症状が顕著に発現しやすくなると考えられる。そのため、②のストレス反応の過程に関しては「胃腸の弱さ」、および「高所への恐怖心」のどちらも関与している可能性が考えられる。また、高所恐怖症の人は、高所における重心動揺パターンが細かい動揺であると報告されており、これについては前庭情報、あるいは体性感覚情報からの感覚情報が高所恐怖症でない者と異なる可能性が考えられる。したがって、「高所への恐怖心」は①の比較器における感覚情報の適合あるいは不適合の過程にも関与している可能性がある。

そして、「頭痛の起こしやすさ」は、日常的な交感神経系活動の亢進を反映し得ると推測されたため、有意な危険因子と同様、上記の①の過程、および②の過程へ関与している可能性が考えられる。

ただし、これらの因子は有意であった危険因子と比べて、その影響の程度は小さいと推察される。

## 5-2. 酔いやすいと自覚している人の特徴

本研究の結果から得られた、自覚的な酔いやすさに関する危険因子は、「疲れやすい」、「貧血を起こしやすい」、および「首肩がこりやすい」であった。また、有意でないものの自覚的な酔いやすさに影響を与える可能性の高い項目として、「胃腸が弱い」、「頭痛を起こしやすい」、および「高いところが怖い」が示唆された。

「首肩のこりやすさ」以外の項目には、複数の自律神経症状が複合された形で個人に認識されている、という特徴が共通すると考えられる。「疲れやすさ」および「貧血」は、めまい、悪心、息切れなどの自律神経症状を引き起こす、あるいは併発するケースが多いと報告されており<sup>38),70)</sup>、これらの症状が複合されたものとして、酔いやすいと自覚している人は「疲れやすさ」や「貧血」を認識していると考えられる。また、「胃腸の弱さ」、「頭痛の起こしやすさ」、および「高所恐怖症」は、悪心、下痢、首肩のこり、頻脈、発汗などの自律神経症状に繋がること報告されている<sup>24),25),57)~59),77)</sup>。すなわちこれらの共通点として、酔いやすいと自覚している人は日常的な自律神経系の不調を、複数の自律神経系の症状が関与する項目として自覚しやすい可能性が考えられる。また、このような複数の症状が発現しやすい状態を総括して、本研究で有意な項目として抽出された、「疲れやすい」および「貧血を起こしやすい」という言葉で表現されていると考えられる。

このように、複数の自律神経系の症状が関与する項目を自覚しやすい人は、自律神経系バランスを調整する機能に何らかの不具合が生じている可能性があり、変調した自律神経系の状態が正常状態へと戻りにくく、そのために複数の自律神経系の症状が発現しやすくなっている可能性が推測される。

## 5-2-1. 自律神経系バランスの調整機能から見た、動揺病のメカニズムについて

本研究で使用したアンケート項目は、「下痢を起こしやすい」や「立ちくらみを起こしやすい」といった単一の自律神経症状を表す項目と、「疲れやすい」や「貧血を起こしやすい」といっためまい、悪心などの自律神経症状が複合された形で個人に認識され

ている項目であった。これらのうち、モデル3において有意な項目、および有意でないものの除去することは好ましくないと判断された項目は、「首肩のこりやすさ」を除いて、全て複数の自律神経系の症状が関与する項目であった。ただし独立変数間の四分点相関の結果において、複数の自律神経系の症状が関与する項目と、単一の自律神経系の症状が関与する項目との間には、例えば「貧血」と「立ちくらみ」の主な症状はめまいであるものの、多重共線性は認められなかった。これについては、「貧血」および「立ちくらみ」の発症メカニズムの差異のような、本研究のアンケートデータには多重共線性が認められなかったものの、生理学的には何らかの関連がある可能性が考えられる。

多重ロジスティック回帰分析の結果から、複数の自律神経系の症状が関与する項目が多く抽出されたことは、本研究の仮説である、生体内には自律神経系バランスの調整機能が備わっており、それが酔いやすさに影響していることへの根拠となり得る。酔いやすさに関する危険因子として、単一の自律神経症状を表す項目でなく、複数の自律神経系の症状が関与する項目が有意に抽出された結果は、自律神経系全体のバランスを調整する機能に不具合が生じているために、自律神経系の変調が正常状態へと戻りにくく、日常的に複数の症状が発現しやすく、またその不具合により動揺病発症時に感覚混乱へのストレス反応としての自律神経症状が顕著に現れ、酔いやすさを自覚していることが考えられる(②の過程)。単一の自律神経症状を日常的に抱えている人は、例えば腰痛の原因に日常生活における姿勢が一つの要因として考えられているように<sup>68)</sup>、自律神経系以外の要因も原因となり得る。しかしながら、複数の自律神経系の症状が関与する項目を日常的に抱えている人は、日常的に自律神経系バランスの調整機能に不具合が生じているために、複数の自律神経系症状が「疲れやすい」および「貧血を起こしやすい」という形で認識されている可能性が高い。したがって、酔いやすい人は、日常的な自律神経系バランスの調整機能の不具合により、動揺刺激に晒された際に、動揺病発症時に自律神経症状がより顕著に現れていることが示唆された。

また、感覚混乱説の比較器における感覚情報と感覚情報パターンとの適合、あるいは不適合の過程に、自律神経系が関与している可能性については(①の過程)、「首肩のこ

りやすさ」が有意に抽出されたことが根拠となり得る。「首肩のこりやすさ」の発症原因の1つとして、日常的な頸肩部交感神経系活動の亢進による、細動脈レベル以下の動脈の収縮、およびそれに伴う血流量の低下が報告されている<sup>40),67)</sup>。頸部交感神経系活動の日常的な亢進により前庭への血流量に左右差が生じやすくなり<sup>42)</sup>、中枢神経系における感覚混乱、すなわち感覚情報の不適合が起こりやすく、動揺病が発症しやすくなっている可能性が高い。

#### 5-2-2. 身体の防御機能として見た動揺病の必要性

本章で考察してきた、日常的な自律神経系の不調と自覚的な酔いやすさとの関連は、人が動揺病を発症する機序についての現在の仮説に対して、一つの根拠となり得る。第1章で紹介した通り、現在の動揺病発症の機序としては2つの仮説が考えられており、1つはTreisman(1977)<sup>6)</sup>による、中枢神経系における感覚情報の混乱を、毒物を摂取した結果と同様の状態であると脳が認識していると考えられる説である。もう1つは、高橋(1997)<sup>7)</sup>および中川(2007)<sup>2)</sup>による、動揺病は異常空間に居ることによって平衡失調が起こることへの警告であると考えられる説である。ただし、Treisman(1977)<sup>6)</sup>は、動揺病が発症する機序として、動揺刺激による感覚情報のズレへの警告であることも示唆している。そのため、現在の動揺病発症の機序としては、動揺空間に居ることへの警告であると考えられる。

「疲れやすさ」、および「貧血の起こしやすさ」で反映される、複数の自律神経系の症状が関与する項目を日常的に自覚しやすい人は、自律神経系バランスの調整機能の不具合により自律神経系の変調が正常状態へと戻りにくく、交感神経系活動が日常的に亢進していることで、両側内耳への血流量に左右差が生じ、前庭の興奮性に異常な左右差を生じやすいことが推測された<sup>42)</sup>。また、前庭器官は平衡機能を司る器官であるため、前庭興奮性の左右差は平衡失調に繋がる可能性がある。そのため、複数の自律神経系の症状が関与する項目によって、平衡失調の起こりやすさが反映されると仮定すると、日常的な自律神経系の不調を自覚しやすい人が、酔いやすさを自覚しやすい傾向にあるこ

とは、身体防御、特に平衡失調防御のための動揺病発症の機序を支持し得る。

## 第6章

## 結論

本研究では、日常的な自律神経系の不調状態を反映すると考えられる自覚症状、および自律神経系の不調に影響を及ぼし得る恐怖の情動から、多重ロジスティック回帰分析を用いて、自覚的な乗り物への酔いやすさに関する危険因子を探索することを目的とした。

多重ロジスティック回帰分析には、2017年4月から2020年3月までに、東京海洋大学にて開講されたスポーツⅠ、あるいはスポーツⅡの講義において実施されたアンケート結果について、回答者本人より二次使用の承諾が得られた656名分のデータを用いた。アンケート調査用紙から、自覚的な乗り物への酔いやすさを問う「乗り物酔いしやすい」の1項目、自律神経系不調に関する自覚症状を問う「疲れやすい」、「胃腸が弱い」、「下痢をしやすい」、「便秘になりやすい」、「貧血を起こしやすい」、「立ちくらみを起こしやすい」、「冷え性」、「頭痛を起こしやすい」、「首肩がこりやすい」、「背中が張りやすい」、「腰痛になりやすい」の11項目、および恐怖の情動を問う「暗いところが怖い」、「高いところが怖い」の2項目、計14項目を採用した。すべての質問は、「はい/いいえ」の2件法で回答された。

「乗り物酔いしやすい」の質問項目を従属変数、その他の13の質問項目を独立変数とし、多重ロジスティック回帰分析を用いて、従属変数である「乗り物酔いしやすいか」に対して、有意な影響を及ぼす危険因子の探索、および自覚的な乗り物への酔いやすさを定量的に評価し得るオッズ比の算出を行った。

分析の結果、「疲れやすさ」(オッズ比:1.64、 $p<0.01$ )、「貧血の起こしやすさ」(オッズ比:1.68、 $p<0.05$ )、および「首肩のこりやすさ」(オッズ比:1.63、 $p<0.05$ )が、自覚的な酔いやすさに関する有意な危険因子として抽出された。このことから、日常的に疲れやすい人は1.64倍、貧血を起こしやすい人は1.68倍、そして首肩がこりやすい人は1.63倍、その症状を日常的に自覚しない人よりも酔いやすいと自覚していることが明

らかとなった。また、有意でないものの自覚的な酔いやすさに影響を与える可能性の高い因子として、「胃腸の弱さ」、「頭痛の起こしやすさ」、および「高所への恐怖心」が示唆された。

本研究では、感覚混乱説に基づく動揺病の発症メカニズムにおいて、特に自律神経系が強く関与すると推察される過程として、①平衡感覚、視覚、体性感覚に関する動揺環境からの情報と中枢神経系（脳を含む）に蓄積された情報パターンが適合するか否かを小脳で比較する過程、および②適合しない場合における動揺病症状の顕著な発現の過程の2つを挙げて、抽出された因子が及ぼす影響について考察を行った。「疲れやすさ」、および「貧血の起こしやすさ」として自覚される自律神経系の不調状態下では、日常的に交感神経系活動が亢進状態にあり、上記①においては適合しないと判断されやすくなり、②においては自律神経系の調整機能の不具合を起因とする自律神経症状が顕著に発現しやすくなると考えられた。一方で、「首肩のこりやすさ」として自覚される自律神経系の不調状態下では、特に内耳機能に左右差が起こりやすくなることが先行研究で示されているため<sup>42)</sup>、上記②に及ぼす影響は小さく、①に強く影響を及ぼしていると考えられた。有意でないものの自覚的な酔いやすさに影響を与える因子として抽出された「胃腸の弱さ」、「頭痛の起こしやすさ」、および「高所への恐怖心」については、日常的な交感神経系活動の亢進を示唆し得る、また様々なストレス要因に対して自律神経系の変調が生じやすいことを反映し得る症状であり、前庭機能への影響、およびストレスを受けた際に自律神経系の調整機能が阻害されやすいと考えられるため、上記①および②の過程へ影響を及ぼす可能性が推察された。

「首肩のこりやすさ」以外の因子に共通する特徴を推測すると、めまい、悪心、息切れ、下痢、頻脈、発汗などを引き起こす、あるいは併発する場合が多いため<sup>24), 25), 34), 57) ~59)</sup>、複数の自律神経症状が複合された形で個人に認識されている項目であると考えられた。このことは本研究の仮説である、生体内には自律神経系バランスの調整機能が備わっており、それが動揺病の発症、および酔いやすさの個人差に関与していることへの根拠となると考えられた。複数の自律神経系の症状が関与する項目が有意な危険因子と

して抽出された結果は、自律神経系バランスを調整する機能に何らかの不具合が生じているために、変調した自律神経系の状態が正常状態へと戻りにくく、日常的に複数の自律神経症状が発症しやすく、またその不具合により動揺病発症時に感覚混乱に対するストレス反応としての自律神経症状が顕著に現れ、酔いやすさを自覚しやすくなることが推察された。

さらに、自律神経系バランスの調整機能の不具合により、前庭への血流量に左右差が生じやすくなり、前庭の興奮性に異常な左右差が生じやすくなることが考えられるため<sup>42)</sup>、中枢神経系における感覚混乱、すなわち感覚情報の不適合が起こりやすく、動揺病が発症しやすくなっていることも推察された。前庭器官は平衡機能を司る器官であるため、前庭興奮性の左右差は平衡失調に繋がる可能性がある。そのため、複数の自律神経系の症状が関与する項目によって、平衡失調の起こりやすさが反映されると仮定すると、日常的な自律神経系の不調を自覚しやすい人が酔いやすさを自覚しやすい傾向にあることは、現状の動揺病分野において考えられている、身体防御、特に平衡失調防御としての動揺病発症の機序、という仮説を支持し得る。

参考文献

- 1) 武田憲昭. : 動揺病と嘔吐のメカニズム. 耳鼻臨床. 1991(補 41):197-207. 1991.
- 2) 中川千鶴. : 生理反応を用いた動揺病の評価に関する研究. 平成 19 年度慶応義塾大  
学理工学研究科博士学位論文. 2007.
- 3) 時田喬. : 車や船に酔うのはなぜか. JOHENS. 6(9):1167-1171. 1990.
- 4) K. E. Money. : Motion Sickness. *Physiol Rev.* 50(1):1-39. 1970.
- 5) J. T. Reason. : Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *J R Soc  
Med.* 71(11):819-829. 1978.
- 6) M. Treisman. : Motion sickness: An evolutionary hypothesis. *Science.*  
197(4302):493-495. 1977.
- 7) 高橋正紘. : 動揺病 ヒトはなぜ空間の奴隷になるのか. 築地書館株式会社出  
版. 1997.
- 8) L. L. Zhang, J. Q. Wang, R. R. Qi, L. L. Pan, M. Li, Y. L. Cai. : Motion sickness:  
Current knowledge and recent advance. *CNS Neurosci Ther.* 22(1):15-24. 2015.

- 9) 藤田信哉, 山本裕幸, 家根旦有, 大平真司, 岩崎寿美, 松永喬.: 船酔の成因に関する臨床的研究(その 1) アンケート調査成績および加速度の大きさと酔の関係. *Equilibrium Res.* 45(2):131-140. 1984.
- 10) 藤田信哉.: 動揺病の成因に関する臨床的研究(その 2) アンケート調査による発症因子の統計的検討. *Equilibrium Res.* 47(4):403-409. 1986.
- 11) 柳田正巳, 小泉光, 森芳郎, 近藤由香, 高橋三也子, 柳田三洋子, 戸崎高広, 宮田英雄, 時田喬.: 動揺病のアンケート調査 多変量解析による検討. *Equilibrium Res.* 46(3):228-237. 1987.
- 12) 野田哲哉.: 乗り物酔いの年齢別頻度. *耳鼻臨床.* 56(1):15-18. 2010.
- 13) A. C. Paillard, G. Quarck, F. Paolino, P. Denise, M. Paolino, J. F. Golding, V. G. Bedikian.: Motion sickness susceptibility in healthy subjects and vestibular patients: effects of gender, age and trait-anxiety. *J Vestib Res.* 23(4-5):203-209. 2013.
- 14) F. Koslucher, E. Haaland, A. Malsch, J. Webeler, T. A. Stoffregen.: Sex Differences in the Incidence of Motion Sickness Induced by Linear Visual Oscillation. *Aerosp Med Hum Perform.* 86(9):787-793. 2015.
- 15) F. Koslucher, E. Haaland, T. A. Stoffregen.: Sex differences in visual performance and postural sway precede sex differences in visually induced motion sickness. *Exp Brain Res.* 234:313-322. 2016.

- 16) 東司. : 医学的側面から見た船酔いのメカニズムとその対策. 関西造船協会. 20:1-6. 1993.
- 17) K. Sharma, P. Sharma, A. Sharma, G. Singh. : Phenylthiocarbamide taste perception and susceptibility to motion sickness: linking higher susceptibility with higher phenylthiocarbamide taste acuity. *J Laryngol Otol.* 122(10):1064-1073. 2008.
- 18) C. G. Fowler, A. Sweet, E. Steffel. : Effects of Motion Sickness Severity on the Vestibular-Evoked Myogenic Potentials. *J Am Acad Audiol.* 25(9):814-822. 2014.
- 19) D. Tal, D. Hershkovitz, G. K. Graif, G. Wiener, O. Samuel, A. Shupak. : Vestibular evoked myogenic potentials and habituation to seasickness. *Clin Neurophysiol.* 124(12):2445-2449. 2013.
- 20) B. Shahal, Z. Nachum, O. Spitzer, J. B. David, H. Duchman, L. Podoshin, A. Shupak. : Computerized Dynamic Posturography and Seasickness Susceptibility. *Laryngoscope.* 109:1996-2000. 1999.
- 21) D. Tal, D. Hershkovitz, G. Kaminski, R. Bar. : Vestibular evoked myogenic potential threshold and seasickness susceptibility. *J Vestib Res.* 16(6):273-278. 2006.
- 22) 松本互平, 藤井智弘. : 乗り物酔いの実用的評価. 近畿大学生物理工学部紀要. (12):37-47. 2003.

- 23) J. F. O' Hanlon, M. E. McCauley. : Motion sickness incidence as a function of the frequency and acceleration of vertical sinusoidal motion. *Aerosp Med.* 45(4) :366-369. 1974.
- 24) 定藤規弘, 吉原一文. : 交感神経活動の脳内ネットワーク. *自律神経.* 56(2) :76-79. 2019.
- 25) 本多麻子, 正木宏明, 山崎勝男. : 情動喚起刺激が自律神経系の反応特異性に及ぼす影響. *生理心理学と精神生理学.* 20(1) :9-17. 2002.
- 26) D. Robertson, I. Biaggioni, G. Burnstock, P. A. Low, J. F. R. Paton. 監訳 高橋昭, 間野忠明. : CHAPTER49 心理的ストレスと自律神経系. *ロバートソン自律神経学原著第3版.* 249-251. 2015.
- 27) 岩崎真一. : 前庭誘発筋電位検査のコツ. *日本耳鼻咽喉科学会会報.* 116(1) :40-41. 2013.
- 28) J. L. Johnston, G. Featherstone, S. L. Harms, G. T. D. Thomson. : Cervicothoracic mechanical impairment as part of complete neurological fall risk appraisal. *Can J Neurol Sci.* 28:1-9. 2020.
- 29) 後藤淳. : 頭頸部アラインメントの解釈. *関西理学療法.* 16:19-26. 2016.
- 30) 阿保純一. : 回転刺激による動揺病の循環応答に関する研究. 平成 18 年度東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科応用環境システム学博士学位論文. 2007.

- 31) C. L. Lin, T. P. Jung, S. W. Chuang, J. R. Duann, C. T. Lin, T. W. Chiu. : Self-adjustments may account for the contradictory correlations between HRV and motion-sickness severity. *Int J Psychophysiol.* 87(1):70-80. 2013.
- 32) S. Ohyama, S. Nishiike, H. Watanabe, K. Matsuoka, H. Akizuki, N. Takeda, T. Harada. : Autonomic responses during motion sickness induced by virtual reality. *Auris Nasus Larynx.* 34(3):303-306. 2007.
- 33) M. Malińska, K. Zużewicz, J. Bugajska, A. j. Grabowski. : Heart rate variability (HRV) during virtual reality immersion. *Int J Occup Saf Ergon.* 21(1):47-54. 2015.
- 34) D. Robertson, I. Biaggioni, G. Burnstock, P. A. Low, J. F. R. Paton. 監訳 高橋昭, 間野忠明. : CHAPTER39 発汗. ロバートソン自律神経学原著第3版. 205-207. 2015.
- 35) 松永亨, 武田憲昭. : 動揺病と宇宙酔い. *耳鼻臨床.* 81(8):1095-1120. 1988.
- 36) 池垣淳一. 編集 特定非営利活動法人 日本緩和医療学会 緩和医療ガイドライン作成委員会. : がん患者の消化器症状の緩和に関するガイドライン 2 章背景知識 1. 嘔気・嘔吐の病態生理. 金原出版株式会社出版. 2011.
- 37) 中里良彦, 島津邦男. : 4. 自律神経障害. *日本内科学会雑誌.* 93(8):1567-72. 2004.
- 38) 木谷照夫, 倉垣弘彦. : 慢性疲労症候群. *日内会誌.* 81:573-582. 1992.

- 39) 三宅晋司. : 商品開発・評価のための生理計測とデータ解析ノウハウ～整理指標の特徴、測り方、実験計画、データの解釈・評価方法～. 株式会社エヌ・ティー・エヌ出版. 東京. 2017.
- 40) 佐々木和郎. : 肩凝りの定義およびメカニズム. 全日本鍼灸学会雑誌. 44(4) : 361-363. 1994.
- 41) M. Yokusoglu, O. Nevruz, O. Baysan, M. Uzun, S. Demirkol, F. Avcu, C. Koz, T. Cetin, A. Hasimi, A. U. Ural, E. Isik. : The altered autonomic nervous system activity in iron deficiency anemia. *Tohoku J Exp Med.* 212(4) : 397-402. 2007.
- 42) 松永亨. : 自律神経機能とめまい. 耳鼻咽喉科臨床. 80(6) : 865-878. 1987.
- 43) D. Robertson, I. Biaggioni, G. Burnstock, P. A. Low, J. F. R. Paton. 監訳 高橋昭, 間野忠明. : CHAPTER2 末梢自律神経. ロバートソン自律神経学原著第3版. 9-20. 2015.
- 44) D. Robertson, I. Biaggioni, G. Burnstock, P. A. Low, J. F. R. Paton. 監訳 高橋昭, 間野忠明. : CHAPTER14 一酸化窒素と自律神経調節. ロバートソン自律神経学原著第3版. 77-79. 2015.
- 45) 蔦木開. : 動揺病と体力水準との関係. 東京海洋大学海洋科学部海洋政策文化学科卒業論文. 2011.

- 46) P. S. Cowings, W. B. Toscano. : Autogenic-feedback training exercise is superior to promethazine for control of motion sickness symptoms. *J Clin Pharmacol.* 40(10):1154-65. 2000.
- 47) 厚生労働省大臣官房厚生科学課、医政局研究開発振興課. : 人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 ガイダンス. 厚生労働省発行. 97-100. 2015.
- 48) 久保千春, 吉原一文, 古川智一. : 慢性疲労における自律神経系の機能異常と心身の症状との関連および事前の香り暴露がストレス刺激による疲労や精神・神経・内分泌系に及ぼす影響. 平成 21~23 年度厚生労働科学研究障害者対策総合研究事業(精神の障害/神経・筋疾患分野) 分担研究報告書. 80-87. 2012.
- 49) M. Joosen, J. Sluiter, C. Joling, M. F. Dresen. : Evaluation of the effects of a training programme for patients with prolonged fatigue on physiological parameters and fatigue complaints. *Int J Occup Med Environ Health.* 21(3):237-246. 2008.
- 50) 奥村裕, 江口輝行, 龜井亮良, 高橋秀典. : 運動後の自律神経活動と心理的効果. *保健医療学雑誌.* 8(1):44-49. 2017.
- 51) Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. : Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation.* 93(5):1043-1065. 1996.

- 52) 角田啓介, 千葉昭宏, 千明裕, 浦哲也, 渡部智樹, 水野理.: 心拍変動を用いた認知機能変化の予測. 情報処理学会論文誌. 57(8):1835-1844. 2016.
- 53) 井川純一, 志和資朗, 中西大輔, 車地未帆, 菊本修, 井手下久登.: 心拍変動を用いた不安の自律神経機能評価について. バイオフィードバック研究. 37(2):97-103. 2010.
- 54) 中井吉英.: 心身相関について. 心身医学. 39(4):301-307. 1999.
- 55) D. Robertson, I. Biaggioni, G. Burnstock, P. A. Low, J. F. R. Paton. 監訳 高橋昭, 間野忠明.: CHAPTER50 心身相関. ロバートソン自律神経学原著第3版. 253-257. 2015.
- 56) 北堂真子.: 良質な睡眠のための環境づくり -就寝前のリラクゼーションと光の活用. バイオメカニズム学会誌. 29(4):194-198. 2005.
- 57) 大島忠之, 三輪洋人.: ストレスと機能性消化管障害. 日職災医誌. 63:270-275. 2015.
- 58) 北條麻理子, 渡邊純夫.: ストレスと消化器疾患. 順天堂医学. 56(6):537-542. 2010.
- 59) 本郷道夫.: 機能性消化管障害. 日内会誌. 102:1-3. 2013.

- 60) D. Robertson, I. Biaggioni, G. Burnstock, P. A. Low, J. F. R. Paton. 監訳 高橋昭, 間野忠明. : CHAPTER32 消化管機能. ロバートソン自律神経学原著第3版. 167-171. 2015.
- 61) G. J. Tortora, B. Derrickson. 偏訳 桑木共之, 黒澤美枝子, 高橋研一, 細谷安彦. : CHAPTER24 消化器系. トートラ 人体の構造と機能 PRINCIPLES OF ANATOMY AND PHYSIOLOGY 第5版原書第15版. 944-1000. 丸善出版株式会社発行. 2019.
- 62) 編集 一般社団法人日本臨床内科医会学術部. : わかりやすい病気のはなしシリーズ 49 便秘. 一般社団法人日本臨床内科医会発行. 2016.
- 63) 穂苅量太, 三浦総一郎. : 代表的疾患の診療の現況と将来展望 機能性下痢や機能性便秘へのアプローチ 診断特 IBS との鑑別, 一般的治療法. 日内会誌. 102:77-82. 2013.
- 64) 野沢出, 中山久代, 橋本かおり, 堀口茂俊, 今村俊一, 久松健一, 村上嘉彦. : 若年女性の”立ちくらみ, めまい”と低血圧との関連について. 日耳鼻. 98(1):52-59. 1995.
- 65) D. Robertson, I. Biaggioni, G. Burnstock, P. A. Low, J. F. R. Paton. 監訳 高橋昭, 間野忠明. : CHAPTER87 遅発性起立性低血圧. ロバートソン自律神経学原著第3版. 447-448. 2015.
- 66) 尾形優, 金子健太郎, 後藤慶太, 河野かおり, 山本真千子. : 冷え症の生理学的メカニズムについて 循環動態および自律神経活動指標による評価. 日本看護技術学会誌. 15(3):227-234. 2017.

- 67)伊藤不二夫, 大崎和夫, 高橋国人, 原浩之.: 電界治療器(ヘルストロン)による肩こりへの効果 自覚症状、血流、自律神経の変化. 日温気物医誌. 68(2):110-121. 2005.
- 68)編集 一般社団法人日本臨床内科医会学術部.: わかりやすい病気のはなしシリーズ 45 腰痛. 一般社団法人日本臨床内科医会発行. 2018.
- 69)古田高征.: 鍼施術による腰痛症状と自律神経活動の変化と関連についての検討. 日本東洋医学系物理療法学会誌. 44(2):85-90. 2019.
- 70)成田美和子.: 貧血の分類と診断悪進め方. 日内会誌. 104:1375~1382. 2015.
- 71)張替秀郎.: 鉄代謝と鉄欠乏性貧血 最近の知見. 日内会誌. 104:1383~1388. 2015.
- 72)P. J. Havel.: Role of adipose tissue in body-weight regulation: mechanisms regulating leptin production and energy balance. Proc Nutr Soc. 59(3):359-371. 2000.
- 73)D. V. Rayner, P. Trayhurn.: Regulation of leptin production: sympathetic nervous system interactions. J Mol Med (Berl). 79(1):8-20. 2001.
- 74)L. Ding, T. L. Saunders, G. Enikolopov, S. J. Morrison.: Endothelial and perivascular cells maintain haematopoietic stem cells. Nature. 481(7382):457-462. 2012.

- 75) S. Comazzetto, M. M. Murphy, S. Berto, E. Jeffery, Z. Zhao, S. J. Morrison. :  
 Restricted hematopoietic progenitors and erythropoiesis require SCF from  
 leptin receptor+ Niche cells in the bone marrow. *Cell Stem Cell*. 24(3):477-  
 486. 2019.
- 76) 横田敏勝. : III. 頭痛の病態生理 1. 頭痛の発生機序. *日内会誌*. 82:14~18. 1993.
- 77) 北見公一. : ストレス関連障害としての慢性頭痛. *心身医学*. 60(1):31-37. 2020.
- 78) C. C. Diehl, A. V. D. Roux, S. Redline, T. Seeman, P. McKinley, R. Sloan, S. Shea. :  
 Sleep duration and quality in relation to autonomic nervous system measures:  
 The multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA). *Sleep*. 39(11):1927-40. 2016.
- 79) P. Damapong, N. Kanchanakhan, W. Eungpinichpong, P. Putthapitak, P. Damapong. :  
 A randomized controlled trial on the effectiveness of court-type traditional  
 Thai massage versus amitriptyline in patients with chronic tension-type  
 headache. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2015. 2015.
- 80) 大櫛陽一. : フリーソフト R を使ったらくらく医療統計解析入門. 株式会社中山書  
 店発行. 92-98. 2016.
- 81) 石井秀宗. : 統計解析ソフト R のスクリプト集 Ver. 11. 0. 名古屋大学 大学院教育  
 発達科学研究科・教育学部. pp212. 2020.
- 82) 椎名乾平. : 相関係数の起源と多様な解釈. *心理学評論*. 59(4):415-444. 2016.
- 83) 岡田直人. : 多変量解析を用いた医薬品の副作用発現に関与する因子の同定. 徳島  
 大学博士学位論文. 2014.

- 84) 丹後俊郎. : データサイエンス・シリーズ ⑩医学データデザインから統計モデルまで. 共立出版株式会社発行. 2002.
- 85) 喜多智美. : ロジスティック回帰を用いた心筋梗塞の要因分析. 平成 25 年度三重大学大学院地域イノベーション学研究科博士前期課程地域イノベーション学専攻学位論文. 2013.
- 86) 平野恵健, 新田收, 高橋秀寿, 西尾大祐, 木川浩志. : ロジスティック回帰分析を用いた 重度脳卒中片麻痺患者の歩行可否に及ぼす因子の検討 一回復期リハビリテーション病棟での試み一. 理学療法科学. 29(6):885-890. 2014.
- 87) M. S. Yi, H. Kang, M. K. Kim, G. J. Choi, Y. H. Park, C. W. Baek, Y. H. Jung, Y. C. Woo. : Relationship between the incidence and risk factors of postoperative nausea and vomiting in patients with intravenous patient-controlled analgesia. Asian J Surg. 41(4):301-306. 2018.
- 88) 桶川泰. : 異性との交際が不活発な男性・女性はどのような人々か : 未婚者調査を用いたロジスティック回帰分析の結果から. 神戸大学紀要論文. 26:49-65. 2013.
- 89) 斎藤百合子. : バスケットボール競技におけるゲーム分析の指標に関する事例研究ーロジスティック回帰分析を用いてー. 2013 年度早稲田大学大学院スポーツ科学研究科スポーツ科学専攻コーチング科学研究領域学位論文. 2013.
- 90) D. W. Hosmer, Jr. S. Lemeshow, R. X. Sturdivant. 監訳 宮岡悦良. 訳 早川有, 川崎洋平, 下川朝有. : データ解析のためのロジスティック回帰モデル. 共立出版株式会社発行. 2017.

- 91)菅民郎. : 例題と Excel 演習で学ぶ 多変量解析 生存時間解析・ロジスティック回帰分析・時系列分析偏. 株式会社オーム社発行. 2017.
- 92)赤池弘次. : AIC と MDL と BIC. オペレーションズ・リサーチ. 1996:375-378. 1996.
- 93)涌井良幸, 涌井貞美. : 図解でわかる回帰分析 複雑な統計データを解き明かす実践的予測の方法. 日本実業出版社発行. 2002.
- 94)菅民郎. : 例題と Excel 演習で学ぶ 多変量解析 回帰分析・判別分析・コンジョイント分析偏. 株式会社オーム社発行. 2016.
- 95)大林準. : ロジスティック回帰分析と傾向スコア(propensity score)解析. 天理医学紀要. 19(2):71-79. 2016.
- 96)H. P. Kapfhammer, D. Huppert, E. Grill, W. Fitz, T. Brandt. : Visual height intolerance and acrophobia: clinical characteristics and comorbidity patterns. Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci. 265(5):375-385. 2015.
- 97)R. Teggi, F. Comacchio, F. Fornasari, E. Mira. : Height intolerance between physiological mechanisms and psychological distress: a review of literature and our experience. Acta Otorhinolaryngol Ital. 39(4):263-268. 2019.
- 98)中原はるか, 竹森節子, 鶴岡尚志. : 空間識と身体の平衡 起立時の高さと身体の動揺に関する検討. Equilibrium Research. 57(4):435-442. 1998.

## 謝辞

東京海洋大学大学院への進学から、本論文の執筆まで、終始ご指導賜りました東京海洋大学海洋スポーツ健康科学研究室 千足耕一教授に深く感謝の意を表します。

数多くの貴重なご助言、ならびに御校閲を賜りました東京海洋大学大学院 佐々木剛教授、大石太郎准教授に厚く御礼申し上げます。

東京海洋大学海洋科学部在籍時の卒業論文作成から、本論文の執筆まで、多くのご指導、ご助言を賜りました藤本浩一准教授に深く感謝致します。

東京海洋大学大学院への進学を了承していただき、心身共に支えて頂いた、家族に深く感謝致します。

最後に、本研究の進行にご協力頂きました全ての皆様に、深く感謝申し上げます。

## 附録

### 附録-1. 変数のアルファベットの説明

本研究で使用したアンケート項目に対して多重ロジスティック回帰分析を用いる際に、各アンケート項目の略称を設定し、それを使用してフリーソフトのRで分析を行った。以下に、各アンケート項目について本研究で設定した略称を紹介する。

- ・ 乗り物酔いしやすい:yoiyasusa
- ・ 疲れやすい:tukare
- ・ 胃腸が弱い:ityou
- ・ 下痢をしやすい:geri
- ・ 便秘をしやすい:benpi
- ・ 立ちくらみを起こしやすい:tatikurami
- ・ 冷え性:hiesyou
- ・ 首肩がこりやすい:kori
- ・ 背中が張りやすい:senaka
- ・ 腰痛になりやすい:koshi
- ・ 貧血を起こしやすい:hinketsu
- ・ 頭痛を起こしやすい:zutu
- ・ 暗いところが怖い:ansyo
- ・ 高いところが怖い:kosyo

附録-2. 四分点相関係数算出に用いたスクリプト、およびRによる算出結果

スクリプトについて、「疲れやすさ」および「胃腸の弱さ」を例に説明する。“>”の記号から始まる行はRのスクリプトである。説明のため、下記の「疲れやすさ」および「胃腸の弱さ」、の四分点相関係数算出のスクリプトに番号を設ける。

1. 使用するデータファイルの読み込み
2. 使用するデータファイルを固定
3. データファイルの中の項目のうち、集計表に使用する項目を設定
4. 集計表の作成を実行

4および5の間の数値が、「疲れやすさ」および「胃腸の弱さ」に関するクロス集計表である。「疲れやすさ」および「胃腸の弱さ」ともに、0は「いいえ」の回答、1は「はい」の回答を表す。

5. 四分点相関を登録
6. 4で作成したクロス集計表に対して、四分点相関を算出

[1]は「疲れやすさ」および「胃腸の弱さ」に関する四分点相関係数である。以下、四分点相関の算出スクリプトについては同様である。なお、使用するデータファイルの読み込み、および固定は初回に行っており、その後は不要となるため、「疲れやすさ」および「下痢のしやすさ」以降の四分点相関係数の算出には、1、および2のスクリプトは使用していない。

「疲れやすさ」と「胃腸の弱さ」

```
1. > dat<-read.delim("データ.txt")
2. > attach(dat)
3. > tbl<-table(tukare, ityou)
4. > tbl
      ityou
tukare  0   1
      0 260  46
      1 213 144
5. > library(psych)
6. > phi(tbl)
[1] 0.28
```

「疲れやすさと「下痢のしやすさ」

```
> tbl<-table(tukare, geri)
```

```
> tbl
```

```
      geri
tukare 0  1
      0 253 53
      1 222 135
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.23
```

「疲れやすさと「便秘のしやすさ」

```
> tbl<-table(tukare, benpi)
```

```
> tbl
```

```
      benpi
tukare 0  1
      0 260 46
      1 264 93
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.13
```

「疲れやすさ」と「貧血の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(tukare, hinketsu)
```

```
> tbl
```

```
      hinketsu
tukare 0  1
      0 272 34
      1 269 88
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.17
```

「疲れやすさ」と「立ちくらみの起こしやすさ」

```
> tbl<-table(tukare, tatikurami)
```

```
> tbl
```

```
      tatikurami
tukare  0    1
      0 206 100
      1 155 202
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.24
```

「疲れやすさ」と「冷え性である」

```
> tbl<-table(tukare, hiesyou)
```

```
> tbl
```

```
      hiesyou
tukare  0    1
      0 202 104
      1 188 169
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.14
```

「疲れやすさ」と「頭痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(tukare, zutu)
```

```
> tbl
```

```
      zutu
tukare  0    1
      0 250  56
      1 208 149
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.25
```

「疲れやすさ」と「首肩のこりやすさ」

```
> tbl<-table(tukare, kori)
```

```
> tbl
```

```
      kori
tukare  0  1
      0 212  94
      1 169 188
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.22
```

「疲れやすさ」と「背中の張りやすさ」

```
> tbl<-table(tukare, senaka)
```

```
> tbl
```

```
      senaka
tukare  0  1
      0 292  14
      1 305  52
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.17
```

「疲れやすさ」と「腰痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(tukare, koshi)
```

```
> tbl
```

```
      koshi
tukare  0  1
      0 260  46
      1 246 111
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.19
```

「疲れやすさ」と「暗所への恐怖心」

```
> tbl<-table(tukare, ansyo)
```

```
> tbl
```

```
      ansyo
tukare  0   1
      0 268  38
      1 296  61
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.07
```

「疲れやすさ」と「高所への恐怖心」

```
> tbl<-table(tukare, kosyo)
```

```
> tbl
```

```
      kosyo
tukare  0   1
      0 234  72
      1 252 105
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.07
```

「胃腸の弱さ」と「下痢のしやすさ」

```
> tbl<-table(ityou, geri)
```

```
> tbl
```

```
      geri
ityou  0   1
      0 410  63
      1  65 125
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.53
```

「胃腸の弱さ」と「便秘のしやすさ」

```
> tbl<-table(ityou, benpi)
```

```
> tbl
```

```
      benpi
ityou  0   1
      0 407  66
      1 117  73
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.27
```

「胃腸の弱さ」と「貧血の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(ityou, hinketsu)
```

```
> tbl
```

```
      hinketsu
ityou  0   1
      0 406  67
      1 135  55
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.17
```

「胃腸の弱さ」と「立ちくらみの起こしやすさ」

```
> tbl<-table(ityou, tatikurami)
```

```
> tbl
```

```
      tatikurami
ityou  0   1
      0 288 185
      1  73 117
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.2
```

「胃腸の弱さ」と「冷え性である」

```
> tbl<-table(ityou, hiesyou)
```

```
> tbl
```

```
      hiesyou
ityou  0   1
      0 301 172
      1  89 101
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.15
```

「胃腸の弱さ」と「頭痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(ityou, zutu)
```

```
> tbl
```

```
      zutu
ityou  0   1
      0 349 124
      1 109  81
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.16
```

「胃腸の弱さ」と「首肩のこりやすさ」

```
> tbl<-table(ityou, kori)
```

```
> tbl
```

```
      kori
ityou  0   1
      0 289 184
      1  92  98
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.12
```

「胃腸の弱さ」と「背中の張りやすさ」

```
> tbl<-table(ityou, senaka)
```

```
> tbl
```

```
      senaka
ityou  0   1
      0 432  41
      1 165  25
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.07
```

「胃腸の弱さ」と「腰痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(ityou, koshi)
```

```
> tbl
```

```
      koshi
ityou  0   1
      0 373 100
      1 133  57
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.09
```

「胃腸の弱さ」と「暗所への恐怖心」

```
> tbl<-table(ityou, ansyo)
```

```
> tbl
```

```
      ansyo
ityou  0   1
      0 407  66
      1 157  33
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.04
```

「胃腸の弱さ」と「高所への恐怖心」

```
> tbl<-table(ityou, kosyo)
```

```
> tbl
```

```
      kosyo
ityou  0   1
      0 353 120
      1 133  57
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.05
```

「下痢のしやすさ」と「便秘のしやすさ」

```
> tbl<-table(geri, benpi)
```

```
> tbl
```

```
      benpi
geri  0   1
      0 400  75
      1 124  64
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.2
```

「下痢のしやすさ」と「貧血の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(geri, hinketsu)
```

```
> tbl
```

```
      hinketsu
geri  0   1
      0 399  76
      1 142  46
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.1
```

```

「下痢のしやすさ」と「立ちくらみの起こしやすさ」
> tbl<-table(geri, tatikurami)
> tbl
      tatikurami
geri  0    1
     0 278 197
     1  83 105
> library(psych)
> phi(tbl)
[1] 0.13

```

```

「下痢のしやすさ」と「冷え性である」
> tbl<-table(geri, hiesyou)
> tbl
      hiesyou
geri  0    1
     0 290 185
     1 100  88
> library(psych)
> phi(tbl)
[1] 0.07

```

```

「下痢のしやすさ」と「頭痛の起こしやすさ」
> tbl<-table(geri, zutu)
> tbl
      zutu
geri  0    1
     0 346 129
     1 112  76
> library(psych)
> phi(tbl)
[1] 0.13

```

「下痢のしやすさ」と「首肩のこりやすさ」

```
> tbl<-table(geri, kori)
```

```
> tbl
```

```
      kori
geri  0   1
     0 285 190
     1  96  92
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.08
```

「下痢のしやすさ」と「背中の張りやすさ」

```
> tbl<-table(geri, senaka)
```

```
> tbl
```

```
      senaka
geri  0   1
     0 429  46
     1 168  20
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.01
```

「下痢のしやすさ」と「腰痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(geri, koshi)
```

```
> tbl
```

```
      koshi
geri  0   1
     0 377  98
     1 129  59
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.11
```

「下痢のしやすさ」と「暗所への恐怖心」

```
> tbl<-table(geri, ansyo)
```

```
> tbl
```

```
      ansyo
geri  0   1
     0 404  71
     1 160  28
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0
```

「下痢のしやすさ」と「高所への恐怖心」

```
> tbl<-table(geri, kosyo)
```

```
> tbl
```

```
      kosyo
geri  0   1
     0 361 114
     1 125  63
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.1
```

「便秘のしやすさ」と「貧血の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(benpi, hinketsu)
```

```
> tbl
```

```
      hinketsu
benpi  0   1
     0 440  84
     1 101  38
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.12
```

「便秘のしやすさ」と「立ちくらみの起こしやすさ」

```
> tbl<-table(benpi, tatikurami)
```

```
> tbl
```

```
      tatikurami
benpi  0  1
      0 295 229
      1  66  73
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.07
```

「便秘のしやすさ」と「冷え性である」

```
> tbl<-table(benpi, hiesyou)
```

```
> tbl
```

```
      hiesyou
benpi  0  1
      0 328 196
      1  62  77
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.15
```

「便秘のしやすさ」と「頭痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(benpi, zutu)
```

```
> tbl
```

```
      zutu
benpi  0  1
      0 380 144
      1  78  61
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.14
```

「便秘のしやすさ」と「首肩のこりやすさ」

```
> tbl<-table(benpi, kori)
```

```
> tbl
```

```
      kori
benpi  0   1
      0 328 196
      1  53  86
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.2
```

「便秘のしやすさ」と「背中の張りやすさ」

```
> tbl<-table(benpi, senaka)
```

```
> tbl
```

```
      senaka
benpi  0   1
      0 480  44
      1 117  22
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.1
```

「便秘のしやすさ」と「腰痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(benpi, koshi)
```

```
> tbl
```

```
      koshi
benpi  0   1
      0 408 116
      1  98  41
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.07
```

「便秘のしやすさ」と「暗所への恐怖心」

```
> tbl<-table(benpi, ansyo)
```

```
> tbl
```

```
      ansyo
benpi  0   1
      0 449 75
      1 115 24
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.03
```

「便秘のしやすさ」と「高所への恐怖心」

```
> tbl<-table(benpi, kosyo)
```

```
> tbl
```

```
      kosyo
benpi  0   1
      0 379 145
      1 107  32
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] -0.04
```

「貧血の起こしやすさ」と「立ちくらみの起こしやすさ」

```
> tbl<-table(hinketsu, tatikurami)
```

```
> tbl
```

```
      tatikurami
hinketsu  0   1
          0 353 188
          1   8 114
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.46
```

「貧血の起こしやすさ」と「冷え性である」

```
> tbl<-table(hinketsu,hiesyou )
```

```
> tbl
```

```
      hiesyou
hinketsu  0  1
      0 344 197
      1  46  76
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.2
```

「貧血の起こしやすさ」と「頭痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(hinketsu,zutu)
```

```
> tbl
```

```
      zutu
hinketsu  0  1
      0 388 153
      1  70  52
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.12
```

「貧血の起こしやすさ」と「首肩のこりやすさ」

```
> tbl<-table(hinketsu,kori)
```

```
> tbl
```

```
      kori
hinketsu  0  1
      0 324 217
      1  57  65
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.1
```

「貧血の起こしやすさ」と「背中の張りやすさ」

```
> tbl<-table(hinketsu, senaka)
```

```
> tbl
```

```
      senaka
hinketsu  0  1
      0 495  46
      1 102  20
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.1
```

「貧血の起こしやすさ」と「腰痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(hinketsu, koshi)
```

```
> tbl
```

```
      koshi
hinketsu  0  1
      0 414 127
      1  92  30
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.01
```

「貧血の起こしやすさ」と「暗所への恐怖心」

```
> tbl<-table(hinketsu, ansyo)
```

```
> tbl
```

```
      ansyo
hinketsu  0  1
      0 460  81
      1 104  18
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0
```

「貧血の起こしやすさ」と「高所への恐怖心」

```
> tbl<-table(hinketsu, kosyo)
> tbl
      kosyo
hinketsu  0  1
      0 401 140
      1  85  37
> library(psych)
> phi(tbl)
[1] 0.04
```

「立ちくらみの起こしやすさ」と「冷え性である」

```
> tbl<-table(tatikurami, hiesyou)
> tbl
      hiesyou
taticurami  0  1
      0 251 110
      1 139 163
> library(psych)
> phi(tbl)
[1] 0.24
```

「立ちくらみの起こしやすさ」と「頭痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(tatikurami, zutu)
> tbl
      zutu
taticurami  0  1
      0 276  85
      1 182 120
> library(psych)
> phi(tbl)
[1] 0.17
```

「立ちくらの起こしやすさ」と「首肩のこりやすさ」

```
> tbl<-table(tatikurami,kori)
```

```
> tbl
```

```
      kori
tatikurami  0  1
           0 231 130
           1 150 152
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.14
```

「立ちくらの起こしやすさ」と「背中の張りやすさ」

```
> tbl<-table(tatikurami,senaka)
```

```
> tbl
```

```
      senaka
tatikurami  0  1
           0 341  20
           1 256  46
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.16
```

「立ちくらの起こしやすさ」と「腰痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(tatikurami,koshi)
```

```
> tbl
```

```
      koshi
tatikurami  0  1
           0 303  58
           1 203  99
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.2
```

```

「立ちくらの起こしやすさ」と「暗所への恐怖心」
> tbl<-table(tatikurami,ansyo)
> tbl
      ansyo
tatikurami  0  1
           0 319 42
           1 245 57
> library(psych)
> phi(tbl)
[1] 0.1

```

```

「立ちくらの起こしやすさ」と「高所への恐怖心」
> tbl<-table(tatikurami,kosyo)
> tbl
      kosyo
tatikurami  0  1
           0 274 87
           1 212 90
> library(psych)
> phi(tbl)
[1] 0.06

```

```

「冷え性である」と「頭痛の起こしやすさ」
> tbl<-table(hiesyou,zutu)
> tbl
      zutu
hiesyou  0  1
         0 287 103
         1 171 102
> library(psych)
> phi(tbl)
[1] 0.12

```

「冷え性である」と「首肩のこりやすさ」

```
> tbl<-table(hiesyou, kori)
```

```
> tbl
```

```
      kori
hiesyou  0  1
      0 267 123
      1 114 159
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.27
```

「冷え性である」と「背中の張りやすさ」

```
> tbl<-table(hiesyou, senaka)
```

```
> tbl
```

```
      senaka
hiesyou  0  1
      0 371  19
      1 226  47
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.2
```

「冷え性である」と「腰痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(hiesyou, koshi)
```

```
> tbl
```

```
      koshi
hiesyou  0  1
      0 319  71
      1 187  86
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.15
```

「冷え性である」と「暗所への恐怖心」

```
> tbl<-table(hiesyou, ansyo)
```

```
> tbl
```

```
      ansyo
hiesyou  0  1
      0 341  49
      1 223  50
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.08
```

「冷え性である」と「高所への恐怖心」

```
> tbl<-table(hiesyou, kosyo)
```

```
> tbl
```

```
      kosyo
hiesyou  0  1
      0 286 104
      1 200  73
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0
```

「頭痛の起こしやすさ」と「首肩のこりやすさ」

```
> tbl<-table(zutu, kori)
```

```
> tbl
```

```
      kori
zutu  0  1
      0 307 151
      1  74 131
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.29
```

「頭痛の起こしやすさ」と「背中の張りやすさ」

```
> tbl<-table(zutu, senaka)
```

```
> tbl
```

```
      senaka
zutu  0    1
      0 420  38
      1 177  28
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.08
```

「頭痛の起こしやすさ」と「腰痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(zutu, koshi)
```

```
> tbl
```

```
      koshi
zutu  0    1
      0 374  84
      1 132  73
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.19
```

「頭痛の起こしやすさ」と「暗所への恐怖心」

```
> tbl<-table(zutu, ansyo)
```

```
> tbl
```

```
      ansyo
zutu  0    1
      0 391  67
      1 173  32
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.01
```

「頭痛の起こしやすさ」と「高所への恐怖心」

```
> tbl<-table(zutu, kosyo)
```

```
> tbl
```

```
      kosyo
zutu  0    1
      0 340 118
      1 146  59
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.03
```

「首肩のこりやすさ」と「背中の張りやすさ」

```
> tbl<-table(kori, senaka)
```

```
> tbl
```

```
      senaka
kori  0    1
      0 371  10
      1 226  56
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.28
```

「首肩のこりやすさ」と「腰痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(kori, koshi)
```

```
> tbl
```

```
      koshi
kori  0    1
      0 333  48
      1 173 109
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.3
```

「首肩のこりやすさ」と「暗所への恐怖心」

```
> tbl<-table(kori, ansyo)
```

```
> tbl
```

```
      ansyo
kori  0   1
      0 331  50
      1 233  49
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.06
```

「首肩のこりやすさ」と「高所への恐怖心」

```
> tbl<-table(kori, kosyo)
```

```
> tbl
```

```
      kosyo
kori  0   1
      0 285  96
      1 201  81
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.04
```

「背中の張りやすさ」と「腰痛の起こしやすさ」

```
> tbl<-table(senaka, koshi)
```

```
> tbl
```

```
      koshi
senaka  0   1
        0 480 117
        1  26  40
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.29
```

「背中の張りやすさ」と「暗所への恐怖心」

```
> tbl<-table(senaka, ansyo)
```

```
> tbl
```

```
      ansyo
senaka  0   1
      0 513  84
      1  51  15
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.07
```

「背中の張りやすさ」と「高所への恐怖心」

```
> tbl<-table(senaka, kosyo)
```

```
> tbl
```

```
      kosyo
senaka  0   1
      0 437 160
      1  49  17
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] -0.01
```

「腰痛の起こしやすさ」と「暗所への恐怖心」

```
> tbl<-table(koshi, ansyo)
```

```
> tbl
```

```
      ansyo
koshi  0   1
      0 440  66
      1 124  33
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.1
```

「腰痛の起こしやすさ」と「高所への恐怖心」

```
> tbl<-table(koshi, kosyo)
```

```
> tbl
```

```
      kosyo
koshi  0   1
      0 370 136
      1 116  41
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] -0.01
```

「暗所への恐怖心」と「高所への恐怖心」

```
> tbl<-table(ansyo, kosyo)
```

```
> tbl
```

```
      kosyo
ansyo  0   1
      0 442 122
      1  44  55
```

```
> library(psych)
```

```
> phi(tbl)
```

```
[1] 0.27
```

附録-3. 多重ロジスティック回帰分析に用いたスクリプト、およびRによる算出結果

スクリプトについて、13 個全ての独立変数を使用した強制投入法を例に説明する。

“>” の記号から始まる行は R のスクリプトである。説明のため、強制投入法による多重ロジスティック回帰分析のスクリプトに番号を設ける。

1. 使用するデータファイルの読み込み
2. 使用するデータファイルを固定
3. 多重ロジスティック回帰分析のためのスクリプト  
従属変数である酔いやすさ(yoiyasusa)、および調査する 13 個の独立変数(tukare から kosyo まで)を設定する。
4. 多重ロジスティック回帰分析を実行

### 3-1. 強制投入法

```
1. > dat<-read.delim("データ.txt")
2. > attach(dat)
3. > res<-
glm(yoiyasusa~tukare+ityou+geri+benpi+hinketsu+tatikurami+hiesyou+zutu+kori+s
enaka+koshi+ansyo+kosyo, dat, family=binomial)
4. > summary(res)
```

Call: 以下、算出結果

```
glm(formula = yoiyasusa ~ tukare + ityou + geri + benpi + hinketsu +
      tatikurami + hiesyou + zutu + kori + senaka + koshi + ansyo +
      kosyo, family = binomial, data = dat)
```

Deviance Residuals: 残差の四分位

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.610	-1.008	-0.813	1.177	1.791

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-0.92737	0.16001	-5.796	6.81e-09 ***
tukare	0.50913	0.17989	2.830	0.00465 **
ityou	0.40078	0.21973	1.824	0.06816 .
geri	-0.08152	0.21602	-0.377	0.70588
benpi	0.09058	0.21351	0.424	0.67140

hinketsu	0.50627	0.23962	2.113	0.03461	*
tatikurami	0.05133	0.19383	0.265	0.79115	
hiesyou	-0.14102	0.17922	-0.787	0.43137	
zutu	-0.28001	0.19113	-1.465	0.14290	
kori	0.51605	0.18784	2.747	0.00601	**
senaka	0.06117	0.29243	0.209	0.83431	
koshi	-0.04663	0.21089	-0.221	0.82501	
ansyo	-0.23396	0.24013	-0.974	0.32990	
kosyo	0.40844	0.19177	2.130	0.03318	*

---

有意水準

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

以下、当てはまり度の調査

Null deviance: 898.10 on 655 degrees of freedom

Residual deviance: 852.21 on 642 degrees of freedom

AIC: 880.21

Number of Fisher Scoring iterations: 4 推定値計算の反復回数

(Intercept):定数、Estimate:推定値、Std. Error:標準誤差 z value:z 値、および  $\Pr(>|z|)$ :p 値である。推定値の値を、ネイピア数  $e$  の指数にとることで、オッズ比を算出する。

以下の変数減少法では、p 値の大きい独立変数を 1 つずつ除去していく。この場合、最大の p 値は senaka(背中が張りやすいか)の 0.83431 であるため、この独立変数を除去して再度分析を行う。

次に得られた結果の推定値 (estimate) の 95%信頼区間を算出する

1. 上記 3 で設定した多重ロジスティック回帰分析の、推定値の 95%信頼区間を算出

1. > confint(res)

Waiting for profiling to be done...

	2.5 %	97.5 %
(Intercept)	-1.24577911	-0.61779729
tukare	0.15725848	0.86304835
ityou	-0.02952681	0.83328715
geri	-0.50883870	0.33939561
benpi	-0.32977040	0.50844487
hinketsu	0.03818767	0.97890609
tatikurami	-0.33018956	0.43041903
hiesyou	-0.49450895	0.20868249
zutu	-0.65779313	0.09219396
kori	0.14851665	0.88561860
senaka	-0.51294694	0.63686088
koshi	-0.46240480	0.36547274
ansyo	-0.70987974	0.23348707
kosyo	0.03291628	0.78555938

3-2. senaka を除去

先に述べた通り、p 値が最も大きい senaka を除去して再度分析を行う。

```
>res<-
glm(yoiyasusa~tukare+ityou+geri+benpi+hinketsu+tatikurami+hiesyou+zutu+kori+koshi+ansyo+kosyo, dat, family=binomial)
> summary(res)
```

Call:

```
glm(formula = yoiyasusa ~ tukare + ityou + geri + benpi + hinketsu +
    tatikurami + hiesyou + zutu + kori + koshi + ansyo + kosyo,
    family = binomial, data = dat)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6132	-1.0103	-0.8072	1.1746	1.7913

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.92960	0.15969	-5.821	5.84e-09	***
tukare	0.51202	0.17935	2.855	0.00431	**
ityou	0.40106	0.21974	1.825	0.06798	.
geri	-0.08398	0.21573	-0.389	0.69707	
benpi	0.09221	0.21334	0.432	0.66559	
hinketsu	0.50783	0.23946	2.121	0.03395	*
tatikurami	0.05315	0.19361	0.275	0.78367	
hiesyou	-0.13760	0.17847	-0.771	0.44072	
zutu	-0.28185	0.19089	-1.476	0.13982	
kori	0.52298	0.18491	2.828	0.00468	**
koshi	-0.03789	0.20665	-0.183	0.85452	
ansyo	-0.23248	0.23997	-0.969	0.33267	
kosyo	0.40758	0.19171	2.126	0.03350	*

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 898.10 on 655 degrees of freedom  
 Residual deviance: 852.25 on 643 degrees of freedom  
 AIC: 878.25

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```
> confint(res)
Waiting for profiling to be done...
              2.5 %      97.5 %
(Intercept) -1.24735869 -0.62064986
tukare       0.16123342  0.86489786
ityou       -0.02926641  0.83359178
geri        -0.51070916  0.33638133
benpi       -0.32778862  0.50977345
hinketsu    0.04007293  0.98019374
tatikurami  -0.32792171  0.43183375
hiesyou     -0.48961545  0.21062758
zutu        -0.65920342  0.08987133
kori        0.16118910  0.88680364
koshi       -0.44504890  0.36604691
ansyo       -0.70804950  0.23470874
kosyo       0.03215940  0.78457671
```

koshi (腰痛になりやすいか) の p 値が、0.85452 と最大であるため、koshi を除去して再度分析する。このように、全ての独立変数が有意 (5%) になるまで独立変数の除去、および再分析を続ける。

3-3. koshi を除去

```
>res<-
glm(yoiyasusa~tukare+ityou+geri+benpi+hinketsu+tatikurami+hiesyou+zutu+kori+ansyo+kosyo, dat, family=binomial)
> summary(res)
```

Call:

```
glm(formula = yoiyasusa ~ tukare + ityou + geri + benpi + hinketsu +
     tatikurami + hiesyou + zutu + kori + ansyo + kosyo, family = binomial,
     data = dat)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6071	-1.0172	-0.8154	1.1644	1.7974

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.93048	0.15960	-5.830	5.54e-09	***
tukare	0.50930	0.17873	2.850	0.00438	**
ityou	0.40203	0.21968	1.830	0.06725	.
geri	-0.08681	0.21520	-0.403	0.68665	
benpi	0.09291	0.21326	0.436	0.66307	
hinketsu	0.51291	0.23789	2.156	0.03108	*
tatikurami	0.04773	0.19134	0.249	0.80300	
hiesyou	-0.13941	0.17820	-0.782	0.43403	
zutu	-0.28456	0.19034	-1.495	0.13490	
kori	0.51516	0.17992	2.863	0.00419	**
ansyo	-0.23559	0.23943	-0.984	0.32512	
kosyo	0.40980	0.19133	2.142	0.03221	*

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 898.10 on 655 degrees of freedom  
 Residual deviance: 852.29 on 644 degrees of freedom

AIC: 876.29

Number of Fisher Scoring iterations: 4

> confint(res)

Waiting for profiling to be done...

	2.5 %	97.5 %
(Intercept)	-1.24808028	-0.62171319
tukare	0.15972218	0.86094628
ityou	-0.02818995	0.83445164
geri	-0.51249572	0.33251622
benpi	-0.32691520	0.51034389
hinketsu	0.04822066	0.98215320
tatikurami	-0.32892765	0.42189767
hiesyou	-0.49090286	0.20827427
zutu	-0.66082155	0.08605933
kori	0.16315094	0.86910557
ansyo	-0.71004775	0.23054609
kosyo	0.03512545	0.78605942

3-4. tatikurami を除去

```
>res<-
glm(yoiyasusa~tukare+ityou+geri+benpi+hinketsu+hiesyou+zutu+kori+ansyo+kosyo,
dat,family=binomial)
> summary(res)
```

Call:

```
glm(formula = yoiyasusa ~ tukare + ityou + geri + benpi + hinketsu +
      hiesyou + zutu + kori + ansyo + kosyo, family = binomial,
      data = dat)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6055	-1.0109	-0.8186	1.1760	1.8102

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.92124	0.15514	-5.938	2.88e-09	***
tukare	0.51445	0.17755	2.897	0.00376	**
ityou	0.40602	0.21909	1.853	0.06385	.
geri	-0.08633	0.21518	-0.401	0.68829	
benpi	0.09053	0.21302	0.425	0.67083	
hinketsu	0.53740	0.21678	2.479	0.01318	*
hiesyou	-0.13382	0.17676	-0.757	0.44903	
zutu	-0.28096	0.18979	-1.480	0.13877	
kori	0.51602	0.17988	2.869	0.00412	**
ansyo	-0.23067	0.23864	-0.967	0.33375	
kosyo	0.41015	0.19131	2.144	0.03204	*

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 898.10 on 655 degrees of freedom  
 Residual deviance: 852.35 on 645 degrees of freedom  
 AIC: 874.35

Number of Fisher Scoring iterations: 4

> confint(res)

Waiting for profiling to be done...

	2.5 %	97.5 %
(Intercept)	-1.22994360	-0.62109031
tukare	0.16717422	0.86377508
ityou	-0.02299592	0.83730702
geri	-0.51198265	0.33297003
benpi	-0.32883913	0.50744433
hinketsu	0.11375613	0.96505841
hiesyou	-0.48246678	0.21106653
zutu	-0.65615126	0.08857623
kori	0.16408311	0.86990289
ansyo	-0.70363997	0.23387765
kosyo	0.03551919	0.78636844

3-5. geri を除去

```
>res<-
glm(yoiyasusa~tukare+ityou+benpi+hinketsu+hiesyou+zutu+kori+ansyo+kosyo, dat, f
amily=binomial)
> summary(res)
```

Call:

```
glm(formula = yoiyasusa ~ tukare + ityou + benpi + hinketsu +
    hiesyou + zutu + kori + ansyo + kosyo, family = binomial,
    data = dat)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6204	-1.0086	-0.8162	1.1811	1.7750

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.92823	0.15423	-6.019	1.76e-09	***
tukare	0.50813	0.17679	2.874	0.00405	**
ityou	0.36419	0.19255	1.891	0.05858	.
benpi	0.08395	0.21232	0.395	0.69253	
hinketsu	0.53815	0.21680	2.482	0.01305	*
hiesyou	-0.13179	0.17665	-0.746	0.45564	
zutu	-0.28352	0.18966	-1.495	0.13494	
kori	0.51722	0.17981	2.876	0.00402	**
ansyo	-0.22469	0.23803	-0.944	0.34520	
kosyo	0.40225	0.19026	2.114	0.03450	*

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 898.10 on 655 degrees of freedom  
 Residual deviance: 852.51 on 646 degrees of freedom  
 AIC: 872.51

Number of Fisher Scoring iterations: 4

> confint(res)

Waiting for profiling to be done...

	2.5 %	97.5 %
(Intercept)	-1.23514005	-0.62987797
tukare	0.16228320	0.85590432
ityou	-0.01351215	0.74215734
benpi	-0.33413250	0.49941149
hinketsu	0.11448782	0.96584177
hiesyou	-0.48017866	0.21288460
zutu	-0.65846808	0.08574364
kori	0.16543462	0.87097241
ansyo	-0.69638174	0.23875290
kosyo	0.02963123	0.77634515

3-6. benpi を除去

```
>res<-
glm(yoiyasusa~tukare+ityou+hinketsu+hiesyou+zutu+kori+ansyo+kosyo, dat, family=
binomial)
> summary(res)
```

Call:

```
glm(formula = yoiyasusa ~ tukare + ityou + hinketsu + hiesyou +
      zutu + kori + ansyo + kosyo, family = binomial, data = dat)
```

Deviance Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-1.6372	-1.0147	-0.8181	1.1808	1.7690

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.9226	0.1535	-6.009	1.86e-09	***
tukare	0.5085	0.1768	2.877	0.00402	**
ityou	0.3811	0.1877	2.030	0.04234	*
hinketsu	0.5425	0.2165	2.506	0.01220	*
hiesyou	-0.1276	0.1763	-0.724	0.46899	
zutu	-0.2797	0.1894	-1.477	0.13961	
kori	0.5270	0.1781	2.959	0.00309	**
ansyo	-0.2222	0.2379	-0.934	0.35033	
kosyo	0.3966	0.1897	2.091	0.03652	*

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 898.10 on 655 degrees of freedom  
 Residual deviance: 852.67 on 647 degrees of freedom  
 AIC: 870.67

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```

> confint(res)
Waiting for profiling to be done...
              2.5 %      97.5 %
(Intercept) -1.22812954 -0.62561902
tukare       0.16271723  0.85627526
ityou       0.01295832  0.74965289
hinketsu    0.11954726  0.96963594
hiesyou    -0.47524651  0.21633350
zutu       -0.65406896  0.08898056
kori        0.17866699  0.87743258
ansyo     -0.69367380  0.24105142
kosyo      0.02510914  0.76954594

```

3-7. hiesyou を除去

```
>res<-
glm(yoiyasusa~tukare+ityou+hinketsu+zutu+kori+ansyo+kosyo, dat, family=binomial
)
> summary(res)
```

Call:

```
glm(formula = yoiyasusa ~ tukare + ityou + hinketsu + zutu +
     kori + ansyo + kosyo, family = binomial, data = dat)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6464	-0.9955	-0.8082	1.1916	1.7254

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.9513	0.1486	-6.403	1.52e-10	***
tukare	0.5042	0.1766	2.856	0.00429	**
ityou	0.3692	0.1868	1.976	0.04813	*
hinketsu	0.5161	0.2133	2.420	0.01552	*
zutu	-0.2813	0.1893	-1.486	0.13720	
kori	0.4985	0.1735	2.873	0.00407	**
ansyo	-0.2340	0.2373	-0.986	0.32412	
kosyo	0.4018	0.1894	2.121	0.03394	*

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 898.10 on 655 degrees of freedom  
 Residual deviance: 853.19 on 648 degrees of freedom  
 AIC: 869.19

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```
> confint(res)
```

```

Waiting for profiling to be done...
                2.5 %      97.5 %
(Intercept) -1.247139070 -0.66411103
tukare      0.158783261  0.85147009
ityou      0.002697474  0.73581536
hinketsu   0.099284948  0.93683986
zutu      -0.655467106  0.08721256
kori       0.158906735  0.83959410
ansyo     -0.704212730  0.22792124
kosyo      0.030731815  0.77425938

```

3-8. ansyo を除去 (本章におけるモデル 3)

```
>res<-
glm(yoiyasusa~tukare+ityou+hinketsu+zutu+kori+kosyo, dat, family=binomial)
> summary(res)
```

Call:

```
glm(formula = yoiyasusa ~ tukare + ityou + hinketsu + zutu +
     kori + kosyo, family = binomial, data = dat)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6120	-0.9951	-0.8030	1.1682	1.7306

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.9664	0.1479	-6.536	6.34e-11	***
tukare	0.4972	0.1762	2.822	0.00478	**
ityou	0.3647	0.1866	1.954	0.05067	.
hinketsu	0.5212	0.2130	2.446	0.01443	*
zutu	-0.2780	0.1892	-1.470	0.14168	
kori	0.4908	0.1732	2.834	0.00460	**
kosyo	0.3513	0.1821	1.929	0.05375	.

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 898.10 on 655 degrees of freedom  
 Residual deviance: 854.17 on 649 degrees of freedom  
 AIC: 868.17

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```
> confint(res)
```

Waiting for profiling to be done...

2.5 % 97.5 %

(Intercept)	-1.260898623	-0.68061621
tukare	0.152436811	0.84381071
ityou	-0.001428892	0.73084843
hinketsu	0.104808401	0.94145154
zutu	-0.651905516	0.09033206
kori	0.151780837	0.83123902
kosyo	-0.005855729	0.70873181

3-9. zutu を除去

```
> res<-glm(yoiyasusa~tukare+ityou+hinketsu+kori+kosyo, dat, family=binomial)
> summary(res)
```

Call:

```
glm(formula = yoiyasusa ~ tukare + ityou + hinketsu + kori +
     kosyo, family = binomial, data = dat)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6582	-0.9782	-0.7947	1.2243	1.6164

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.9905	0.1469	-6.741	1.57e-11	***
tukare	0.4537	0.1733	2.619	0.00883	**
ityou	0.3418	0.1854	1.843	0.06527	.
hinketsu	0.5019	0.2123	2.365	0.01805	*
kori	0.4272	0.1672	2.555	0.01062	*
kosyo	0.3491	0.1820	1.919	0.05502	.

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 898.10 on 655 degrees of freedom  
 Residual deviance: 856.35 on 650 degrees of freedom  
 AIC: 868.35

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```

> confint(res)
Waiting for profiling to be done...
              2.5 %    97.5 %
(Intercept) -1.283327718 -0.7066859
tukare       0.114409367  0.7942104
ityou       -0.022180237  0.7054002
hinketsu     0.086967946  0.9205629
kori         0.099412969  0.7552644
kosyo       -0.007710039  0.7063506

```

3-10. ityou を除去

```
> res<-glm(yoiyasusa~tukare+hinketsu+kori+kosyo, dat, family=binomial)
> summary(res)
```

Call:

```
glm(formula = yoiyasusa ~ tukare + hinketsu + kori + kosyo, family = binomial,
     data = dat)
```

Deviance Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-1.5861	-1.0050	-0.8097	1.1690	1.5967

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.9469	0.1444	-6.557	5.51e-11	***
tukare	0.5268	0.1685	3.126	0.00177	**
hinketsu	0.5488	0.2102	2.610	0.00905	**
kori	0.4400	0.1667	2.640	0.00829	**
kosyo	0.3548	0.1814	1.956	0.05048	.

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 898.10 on 655 degrees of freedom  
 Residual deviance: 859.74 on 651 degrees of freedom  
 AIC: 869.74

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```

> confint(res)
Waiting for profiling to be done...
              2.5 %    97.5 %
(Intercept) -1.2346145126 -0.6678271
tukare       0.1971691890  0.8582192
hinketsu     0.1381491164  0.9637440
kori         0.1133649609  0.7671513
kosyo        -0.0009016398  0.7109701

```

3-11. kosyo を除去(本章におけるモデル 2)

```
> res<-glm(yoiyasusa~tukare+hinketsu+kori, dat, family=binomial)
> summary(res)
```

Call:

```
glm(formula = yoiyasusa ~ tukare + hinketsu + kori, family = binomial,
     data = dat)
```

Deviance Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-1.4773	-1.0448	-0.8397	1.1249	1.5579

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-0.8610	0.1365	-6.307	2.84e-10	***
tukare	0.5408	0.1679	3.221	0.00128	**
hinketsu	0.5572	0.2099	2.655	0.00793	**
kori	0.4451	0.1661	2.679	0.00739	**

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 898.10 on 655 degrees of freedom  
 Residual deviance: 863.56 on 652 degrees of freedom  
 AIC: 871.56

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```
> confint(res)
```

Waiting for profiling to be done...

	2.5 %	97.5 %
(Intercept)	-1.1327093	-0.5969901
tukare	0.2124089	0.8710336
hinketsu	0.1472824	0.9713840
kori	0.1194908	0.7712134

全ての独立変数が有意(5%)となったため、ここで分析を終了する。なお、AICを基準として、本章では3-8のansyoを除去した段階のモデルをモデル3とし、考察対象とした。