

乗り物酔いの平衡機能障害説

野田耳鼻咽喉科 野田哲哉

まとめ

平衡機能障害説とは、乗り物酔いの中心に平衡機能障害があり、自律神経症状はその随伴症状とする考え方である。乗り物が動き出すとすぐに内耳（前庭）、視覚、体性感覚系、内臓からの入力を体性神経系中枢が統合・制御出来なくなり、めまい感がなくてもすべての人間に平衡機能障害が起こる。体性神経系と自律神経系の統合・制御には差があり、自律神経系の統合・制御が出来なくなるためには、大きな動揺と時間が必要である。自律神経症状が現れた場合を乗り物酔いと呼んでいるに過ぎない。

はじめに

乗り物酔いとは乗り物などの動揺にさらされた場合に発症し、悪心、嘔吐、顔面蒼白、冷や汗などの自律神経症状を呈する。しかし、これまでその発症を十分に説明できる説はなかった。

筆者は1990年頃から乗り物酔いの研究を行い、その発症を説明できる理論を考え出し、その内容を報告した¹⁾。この理論には名前を付けていなかったが、今後は乗り物酔いの平衡機能障害説と呼ぶ。平衡機能障害を中心に置いた極めて単純な理論であり、筆者がどのような発想をして研究したのか、どのような経過を辿ったのか述べたい。この説により前庭自律神経反射と呼ばれる反応、シミュレーター酔いとかプリズム酔いといった視覚が関与した反応や宇宙酔いも説明できる。

前庭自律神経反射への疑問

前庭刺激によって現れる自律神経症状は前庭自律神経反射によるとされるが、個人差が大きいばかりではなく、同一個人でも変動する。紋きり型（stereo-typed）ではない反応に対しては反射という言葉を使うべきではない。反射では内耳刺激や視覚刺激によって起こる自律神経症状は全く説明できないし、乗り物酔いの発症も説明できない。

前庭眼反射は視覚の影響で反応が変化し、前庭脊髄反射は視覚や体性感覚系の影響を受け、どちらも反射の定義から外れている¹⁾。

平衡機能障害とは

外来では多くの平衡機能検査が行われているが、平衡機能障害の正確な定義が存在しない。これらの検査には正常範囲が決められており、そこから逸脱すれば異常としているだけである。

乗り物に乗っている最中の平衡機能障害の基準が存在しないのは乗り物酔い研究の大きな障害である。平衡機能障害の有無は独自に判断するが、基本的には外来での平衡機能検査と同じような判断を行う。例えば、閉眼で直立姿勢を保てない場合は平衡機能障害があ

ると判断する。乗り物が動いている時、人間は手で何もつかまらずに、両足を閉じ、閉眼で立ち続けることはできない。怪我をしてもよいなら、電車の中で実験してみると実感できる。

平衡機能障害とは中枢が出力である外眼筋や四肢・体幹筋を制御できない場合だと考えられる。

加速度負荷での中枢への入出力（図1）

姿勢は加速度の一つである重力の影響を受ける。姿勢の保持や運動の際には人間に加速度が負荷される。人間に加速度が負荷された時には、内耳（前庭）、視覚、体性感覚系からの入力ばかりではなく、内臓からも自律神経系中枢への入力がある。

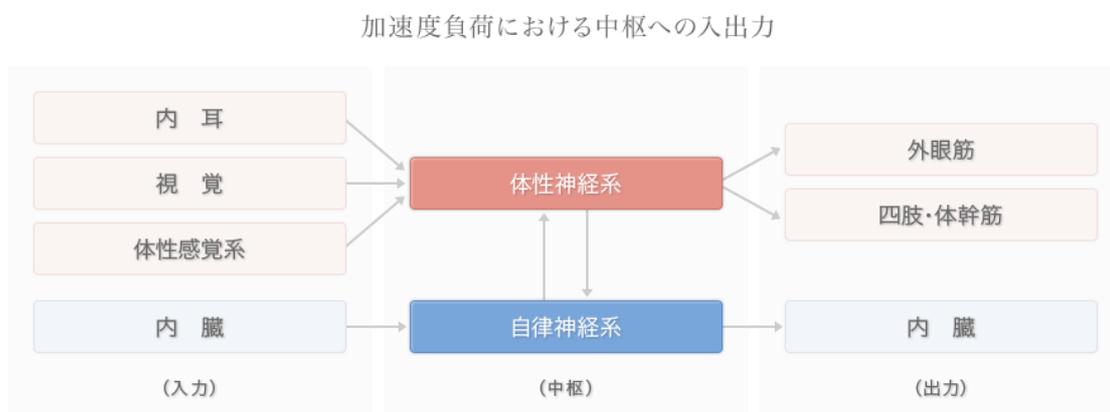
基になったのは水越の考え方²⁾である。水越は、姿勢や運動は前庭、視覚、体性感覚系からの入力を、中枢神経系が出力である外眼筋、体幹・四肢筋、自律神経系を統合・制御しているために成り立っており、統合・制御ができなくなるとめまいが起こると述べている。図1は水越の図を参考として、内臓からの入力を加え、神経系を機能が違う体性神経系（脳脊髄神経系）と自律神経系に分けた。内臓からの入力は1990年頃、アルコールを飲み過ぎて帰ってきて、動く吐きそうになり、なかなか寝付けなかった時に思いついた。内臓が加速度を感じ、これを内臓求心路が中枢へ伝達することを直接証明した研究はない。消化管へ分布する神経線維は遠心性より求心性のものが多く³⁾、内臓が加速度を感じる可能性は非常に高いと考えている。

体性神経系では、内耳、視覚、体性感覚系からの入力を中枢が出力である外眼筋、体幹・四肢筋を統合・制御しているが、統合・制御できないと平衡機能障害が起こる¹⁾。平衡機能障害は外眼筋の平衡機能障害と体幹・四肢筋の平衡機能障害に分ける。中枢が外眼筋を制御できない状態とは目標となる物を網膜の中心窩で追えない場合と考える¹⁾。体幹・四肢筋の平衡機能障害とは体平衡障害のことである。前庭眼反射や前庭脊髄反射によるとされる反応は、反射よりも統合・制御によるほうが合理的に説明できる。

平衡機能障害の判断で重要なことはめまい感到に惑わされないことである。めまい感のない平衡機能障害の例は数多くある⁴⁾。めまい感は平衡機能障害の随伴症状であり、あってもなくてもよい。また、めまい感は空間識の異常と関係が深く、^{5) 6)}空間識の異常も平衡機能障害に伴うもので、起こっても起こらなくてもよい。

自律神経系も体性神経系と同じような起こり方をし、内臓からの入力や体性神経系中枢からの影響を統合・制御できる時は無症状で、できない時は悪心、嘔吐を中心とした自律神経症状が現れる¹⁾。

(図1)



内臓と乗り物酔い

図1はもともと内耳が関与した自律神経症状を説明するために考え出したものだが、視覚が関与した反応や乗り物酔いも説明できる。筆者の目的は図1を論文の中に載せることであり、そのために乗り物酔いの研究を始めた。

まず、胃疾患がある者で乗り物酔いが悪化した例があるかどうかを調査した⁷⁾。34例のアンケート調査を行い、乗り物酔いをしたことがあるのが14例で、この中の3例に悪化があった。残念ながら図1は批判が強く、掲載できなかった。

次に考えたのは胃が動揺負荷でどのように変化するかである。バリウムを飲んで体を揺らしながら動画を撮影しようかと思ったが、最初にバリウムの量の違いや体位の変化で胃の形態がどのように変化するかを調べた。予想以上の良い画像が得られ、胃は重力の影響を受けることがわかった。これをある雑誌に投稿したが、掲載を断られた。これで胃と乗り物酔いの研究は中断したが、この内容は後で別の雑誌に掲載された¹⁾。

悪心、嘔吐と乗り物酔い

胃と乗り物酔いの関連性では雑誌への掲載が難しいと判断し、別の研究を行った。内臓から中枢への入力の代わりに咽頭から中枢への入力ではどうかと考え、咽頭反射の強弱と乗り物酔いの関連を調査した⁸⁾。咽喉頭や口腔の症状を訴えて受診した患者の中で、ほとんど異常が見られない者、211名を対象とした。その結果、男女とも咽頭反射の強いほうが弱いほうよりも乗り物酔いの経験者の割合が高かった。この内容を考察の中で図1を入れて、ある雑誌に投稿したところ、多くの指摘があった。図1を除いて再度投稿したが、掲載を断られた。

それでは、つわりと乗り物酔いの関係ではどうかということで、調査を行った。妊娠3ヶ月から4ヶ月の者、45名を対象として、つわりの有無、乗り物酔いの有無と妊娠後の増悪などを調査した⁹⁾。つわりのある者は39名で、このうち乗り物に酔ったことがある者が29名、さらに妊娠後に乗り物に酔いやすくなった者が10名あった。この内容を考察部分に図1を入れて、ある雑誌に投稿したら、多くの指摘があった。この時も図1を除い

て書き直し、再度投稿したが、掲載を断られた。

上の2編の論文はめまいを専門とする雑誌ではなく、別の雑誌に図1を省いて投稿し、掲載された^{8) 9)}。

めまい発作中の悪心と乗り物酔いの関連性も調べた¹⁰⁾。めまいを訴えた男81名、女234名を対象とした。悪心を伴う場合、めまい発作中に乗り物に酔いやすくなる者は男39%、女30%であった。悪心を伴わない場合、酔いやすくなる者は男3%、女17%であった。男女ともに悪心を伴う場合は伴わない場合よりも乗り物に酔いやすくなる割合が高かった。

これらの研究により、悪心や嘔吐があれば、乗り物に酔いやすくなるのではないかと考えられた。

ブランコと平衡機能障害

1995年、筆者が39歳の時、自宅近くの公園で筆者の子がブランコで遊んでいるのを後ろで見ていた時のことである。その頃は時間がある時はよく乗り物酔いのことを考えていた。乗り物酔いでは自律神経系中枢は統合・制御ができなくて自律神経症状が現れる。体性神経系は統合・制御できているからめまいは現れない。めまいをめまい感と平衡機能障害に分けて考えるとどうなるか。このように考えている時に、「あっ」と思った。すぐにブランコの板の上に立ち、鎖をつかんでいる両手を離そうとした。手が離せない。無理に離すと落下した。ブランコの板の上ではめまい感がなくとも平衡機能障害が起こっていた。

これが乗り物酔いの謎が解けた瞬間である。乗り物酔いは平衡機能障害に自律神経症状を伴っただけだったのだ。めまい感に惑わされていた。

乗り物酔いの平衡機能障害説

乗り物が動き出すとめまい感はなくとも頭、目、体幹、四肢は揺れている。内耳、視覚、体性感覚系、内臓からの入力を体性神経系中枢が統合・制御出来なくなり、すべての人間が平衡機能障害を起こす。この状態で自律神経系の統合・制御が出来なくなった時が乗り物酔いの発症である。すなわち、乗り物酔いの中心に平衡機能障害があり、自律神経症状が現れた時を乗り物酔いと呼んでいるに過ぎない¹⁾。

体性神経系と自律神経系では統合・制御の破綻に差がある。脳脊髄神経系では乗り物が動き出した瞬間から破綻するのに対し、自律神経系は破綻するのに大きな動揺負荷と時間がかかる。自律神経系にはホメオスタシスがあり、破綻しにくいと考えている¹⁾。したがって、自律神経症状は平衡機能障害の随伴症状となる。内耳、視覚、体性感覚系、内臓からの入力が高いほど、平衡機能障害の程度が大きいほど自律神経系中枢の破綻が起こりやすくなるが、強い入力や著しい平衡機能障害があっても、必ずしも自律神経症状を伴うわけではない。

船酔いで31%にめまい感(フラフラ感)を伴ったという報告がある¹¹⁾ように、乗り物酔いでは必ずしもめまい感があるわけではない。乗り物酔いではめまい感や空間識の異常をあまり考慮する必要はない。

感覚混乱とは

人間は揺れを内耳や視覚などで感じるが、日常生活から得られる揺れの情報を中枢神経系内に蓄積している。乗り物に乗った場合の感覚情報は蓄積した情報と違っており、中枢神経系の中に感覚混乱信号が発生する。乗り物酔いの症状は感覚混乱信号の強さに比例し、信号の強さは入力の変位の程度が大きくなるほど、入力の組み合わせが多いほど増大し、過去の経験が増すほど減少する^{1,2)}。これが感覚混乱説の核心部分と思われるが、筆者の解釈は次のようになる。吐き気や嘔吐などの乗り物酔い症状は感覚混乱信号の強さによって決まる。揺れが予想したよりも強ければ、感覚混乱信号が発生し、揺れが激しければ激しいほど信号が強くなり、何回も激しい揺れを経験すれば信号は弱くなる。

これまでだれも感覚混乱信号の存在を証明した人はいない。乗り物に乗っている時には、天候や道路状況が悪くて、予想したよりも揺れが強い場合はよくある。しかし、多くの人には何も症状はない。感覚混乱信号が出ていたとしても多くは無症状ということになる。たとえ感覚混乱信号が何らかの症状を起こすとしても、それが吐き気や嘔吐などである必然性はない。精神症状でも耳や目の症状でもよいはずで、あらゆる症状が起こる可能性がある。数多い症状の中で、なぜ吐き気や嘔吐などの自律神経症状が現れるか説明できていない。「感覚混乱説」では人間の平衡機能のことが全く考慮されていない。

感覚混乱説と平衡機能障害説を比較すれば、感覚混乱とは平衡機能障害とそれに続く自律神経系中枢の統合・制御の破綻を意味していることになる。乗り物酔いは感覚混乱では説明できない⁶⁾。

ほかの仮説に対しても、乗り物酔いでないものを乗り物酔いと言い張っていないか、めまい感や空間識の異常に惑わされていないか、平衡機能障害の判断が間違っていないかを検討すれば、簡単に批判できる。

前庭と視覚が関与した自律神経症状

前庭刺激や視覚刺激によって平衡機能障害が起こるが、自律神経症状を伴う場合と伴わない場合がある。乗り物酔いと同じように体性神経系よりも自律神経系の破綻が起こりにくいからである。自律神経症状があった場合は、前庭刺激では前庭自律神経反射による反応、視覚刺激ではシネマ酔い、シミュレーター酔い、プリズム酔いと呼ばれるように、刺激方法の違いによって、呼び方が異なるだけである¹⁾。めまい感は平衡機能障害の随伴症状あり、伴ってもよいし、伴わなくてもよい。カロリックテストのように日常の生活ではありえない刺激を受けたり、プリズム酔いのように強制的に空間識の異常を起こすような刺激を受ければめまい感が現れやすくなる。

宇宙でも平衡機能障害が隠れており、自律神経症状やめまい感を伴ってもよいし、伴わなくてもよいが、自律神経症状が現れた時が宇宙酔いとなる¹⁾。

めまい感のない平衡機能障害

ブランコで乗り物酔いの謎が解けたと考えたので、他にシーソーなどの動いている遊具の上で直立姿勢を保てるかどうか実験した¹³⁾。予想どおり手を離して直立姿勢になること

はできなかった。揺れる、動くなどの訴えはあったが、めまいの訴えはなかった。

耳鼻咽喉科外来を受診した歩行障害のある11名の患者を対象として、めまい感の有無を調べた¹⁴⁾。全員が1年以上の歩行障害があり、めまい以外の訴えで受診した。この中の1名が時々ふらふらすると訴えたが、他にはめまいを感じている者はいなかった。また、外来通院中はめまい感がなかったが、約2ヵ月間の入院のあと歩行障害が悪化し、めまいを訴える者がいた。長く歩行障害があり、その程度が変化しなければ、めまいはほとんど感じないようにとなると考えられた。

動揺負荷によって起こる平衡機能障害

動揺負荷によって起こる体平衡障害を調べた¹⁵⁾。方法は重心動揺計の上に被検者を座らせ、重心動揺計自体に動揺負荷を加えて、重心動揺検査を行った。前後方向と左右方向の負荷では重心動揺の軌跡図が違っていた。振り様の回転負荷では頭を右へ傾けた場合と左へ傾けた場合も重心動揺の軌跡図が違っていた。動揺負荷によって著しい体平衡障害が起こり、遠心力の影響があることがわかった。

動揺負荷によって起こる固視機能障害も調べ、報告している⁶⁾。

ようやく掲載できた図1

1995年には乗り物酔いについての論文はできていた。著者の私的考察という扱いで受理してくれる雑誌があったので、ようやく図1と共にその論文が発表できた¹⁾。図1を考え出してから論文に掲載されるのに約10年かかった。内耳に関係した自律神経症状には内臓からの入力の影響があると考えたのが始まりだったが、試行錯誤を繰り返し、何度も考え直して、乗り物酔いの謎を解き、筆者としては完成された論文になったと考えている。

その後、感覚混乱説に対する批判をまとめ⁶⁾、平衡機能障害の正確な定義が存在しないのは大きな問題だと考えて私見を述べた⁴⁾。

乗り物酔いの頻度

乗り物酔いの頻度の報告は多くはない。筆者が診療所を開業したらその頻度を調査しようと考えていた。開業したのは平成14年9月で、その後の6年間に当科を受診した患者を対象として、男女別、年齢別に頻度を調べた¹⁶⁾。当科の問診表には「乗り物に酔いやすいですか。」の質問があり、これに「はい」または「いいえ」と答えた2歳以上の男5,358名、女7,974名、合計13,332名を対象とした。0歳と1歳には「はい」と答えた者がいなかったため、対象から除外した。

「はい」と答えた割合が最も高かったのは、男では小学校高学年から中学生(10~15歳)の約30%で、女では小学校高学年から高校生(10~18歳)までの約40%であった。20歳以上では男が11.9%で、女が25.6%であり、70歳以上に限っても男9.9%、女15.8%であった。すべての年齢で女の頻度が高く、全体では男が13.4%、女が25.2%で、女の頻度は男の約2倍であった。

乗り物酔いの対策

乗り物に酔いやすい人にはあまり良い対策はない。乗り物に乗る前に乗り物酔いの薬を

飲むことでしょう。体調不良、睡眠不足、空腹時や満腹時は酔いやすくなるので、それらを避けられるならば、避けたほうがよい。毎日のように乗り物に乗ると、慣れの現象が起こり酔わなくなる。

乗り物に乗ると必ず平衡機能障害を起こす。したがって、乗り物酔いをしやすい人が絶対に酔いたくないならば、乗り物に乗らないことが最良の対策となる。しかし、これは現実的ではなく、実際には乗り物に乗らざるを得ない。

筆者は小中学生の頃、乗り物酔いがひどく、バスに乗ると10分以内に気分が悪くなっていた。高校生でバス通学を始めてからは酔いにくくはなったが、今でもカーブの多い山道では酔うことがある。

乗り物に酔えば、酔いに耐えればよい。筆者は背もたせに頭を付け、頭が出来るだけ揺れないようにし、目をつぶる。このまま眠るほうがよいが、眠れなくても意識レベルが下がれば少しは楽になる。吐きたい時は吐けばよい。乗り物から降りれば、乗り物酔いは治ってくる。

おわりに

今回は筆者のこれまでの研究を紹介し、乗り物酔いの平衡機能障害説を説明した。

他にも考えていることがある。例えば、自分で起こす乗り物酔いである。目の前の視標を見ながら頭をゆっくり左右へ動かすと、目が頭の動きとは逆に動いて視標は動いては見えない。前庭眼反射によって起こると言われるが、頭をできるだけ激しく左右に振るとどうなるだろうか。視標も激しくぶれて見えるが、だんだん吐き気がしてくる。乗り物酔いについてはまだ言及できることがあり、これからも研究を続けたい。

文献

- 1) 野田哲哉：平衡機能障害と嘔吐 動揺病の発症についての私見 .耳鼻 46:318 - 326 , 2000 .
- 2) 水越鉄理：めまい・平衡障害とは .めまい・平衡障害の診断と治療 情報システムを中心に . 3 - 25 頁 , 現代医療社 , 東京 , 1988 .
- 3) 森田隆幸^他：骨盤内の自律神経と消化管壁内神経 . 消化管機能 自律神経と消化管ホルモン . 豊田隆謙編 , 108 - 117 頁 , 医薬ジャーナル社 , 大阪 , 1991 .
- 4) 野田哲哉：平衡機能障害についての私見 .耳鼻 49:201 - 205 , 2003 .
- 5) 水田啓介^他：フライトシミュレーターを用いた視覚・身体傾斜時の空間識誤認の研究 . Equilibrium Res 57:579 - 587 , 1998 .
- 6) 野田哲哉：動揺病の感覚混乱説に対する疑問 .耳鼻 47:275 - 281 , 2001 .
- 7) 野田哲哉：胃疾患と動揺病 . Equilibrium Res 52:322-324, 1993.
- 8) 野田哲哉：咽頭反射と動揺病 .耳鼻 43:314 - 317 , 1997 .
- 9) 野田哲哉：妊娠初期におけるつわり、動揺病、めまい .耳鼻 43:478 - 481 , 1997 .
- 10) 野田哲哉、梅野祐芳：めまいに伴う悪心と動揺病 .耳鼻 43:809 - 812 , 1997 .
- 11) 長谷川高敏：加速度病 . 89 - 99 頁 , 永井書店 , 大阪 , 1977 .

1 2) Reason JT : Motion sickness adaptation A neural mismatch model . J Roy Soc Med 71: 819 - 829 , 1978 .

1 3) 野田哲哉^他 : 公園の遊具における体平衡障害 . 国立長崎中央病院医学雑誌 2 : 21 - 23 , 1999 .

1 4) 野田哲哉^他 : めまい感のない歩行障害 . 国立長崎中央病院医学雑誌 3 : 20 - 22 , 2000 .

1 5) 野田哲哉 : 動揺負荷によって起こる体平衡障害 . 耳鼻 46 : 140 - 146 , 2000 .

1 6) 野田哲哉 : 乗り物酔いの年齢別頻度 . 耳鼻 56 : 15 - 18 , 2010 .

2 0 1 2 年 1 1 月 2 2 日