

- 鉄道一般
- 車両
- 軌道
- 構造物
- 防災
- 電力
- 信号通信情報
- 材料
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

乗り物酔い評価法の改良に向けて

列車酔いの評価指標としてMSDV-yが広く用いられています。MSDV-yは車両の左右振動から列車酔いの起こりやすさを評価するものですが、左右方向以外の振動も考慮できれば評価精度をさらに向上できる可能性があります。また、MSDV-yは30分間の振動に適用するものですが、もっと短時間のデータに適用できれば、現場での使いやすさをさらに向上できる可能性があります。こうした問題に対する取り組みを紹介します。



大野 央人
Hisato Ohno
人間科学研究部
人間工学研究室
主任研究員
[専門分野] 人間工学、
乗り心地評価

はじめに

近年、我が国の中長距離旅客輸送では旅客シェアをめぐる競争がますます激化しています。振り子型車両は曲線区間のスピードアップを図る上で有力な手段ですが、時として乗り物酔いが指摘されることがあり、今後、その問題を解消することが望まれます。そのためには、まず乗り物酔いの起こりやすさを的確に評価する手法が必要です。

乗り物酔い評価とMSDV-y

鉄道における乗り物酔い（以下では列車酔いといいます）の評価ではMSDV-yという指標が知られています。この指標は、全国の8線区、14形式の在来特急列車（うち8形式が振り子型）で実施した4千人規模の旅客アンケートと、これに同期して測定した振動データを分析して得られたものです¹⁾。その研究では、車両の各種振動が列車酔いにおよぼす影響は上下振動などに比べて左右振動の比重が高く、乗り心地の評価で指摘されているロール角速度の影響はあまり大きくないことが明らかになりました（☞参照）。そして、船の上下動揺で起こる酔い（船酔い）

の評価のために開発された指標であるMSDV (motion sickness dose value ; motion sicknessは乗り物酔い、dose valueは暴露量の意味) を鉄道に適用するために、列車の左右振動のための周波数加重フィルター（☞参照）を提案しました（図1a）。これにより、鉄道車両の左右振動から列車酔いを評価することが可能になりました。この指標は左右方向（ここではY軸方向）の振動に基づいて評価することにちなんでMSDV-yと呼ばれています。

☞ ロール角速度の影響

振り子型車両の乗り心地評価においては、左右加速度とロール角速度の影響が大きいことが明らかになっています²⁾。一方、列車酔いにはロール角速度の影響はあまり大きくないことが明らかになっています。

☞ 周波数加重フィルター

振動や加速度の人体への影響はその周波数に依存することが知られています。影響の大きい周波数の重みづけを大きく、影響の小さい周波数の重みづけを小さくするように作成されたフィルターを周波数加重フィルターといいます。

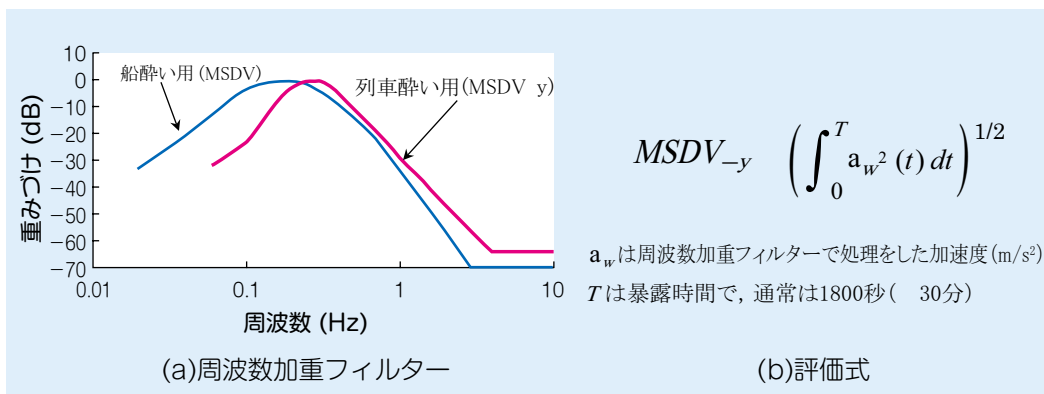


図1 MSDV-yによる評価方法

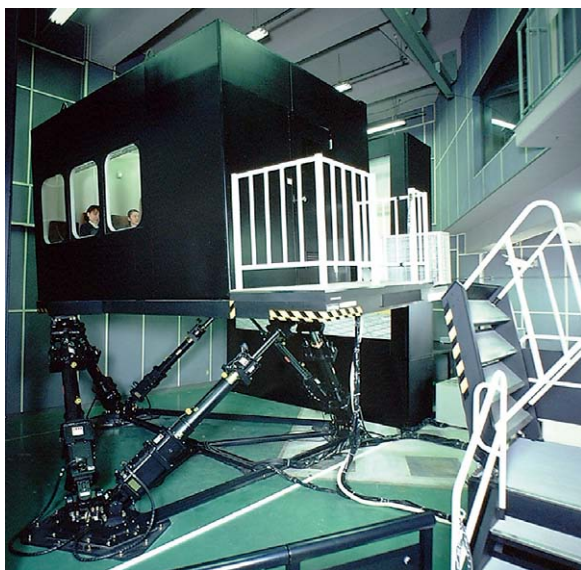


図2 車内快適性シミュレータ

列車酔い評価の改良の可能性

MSDV-yの導入によって列車酔いの評価は進みましたが、さらに評価法を改良できる可能性が2つほど考えられます。

その1つは左右振動以外の物理量を評価対象に取り込む可能性です。列車酔いにおいて左右振動の比重が高いことは先に述べた通りですが、とはいえ左右振動だけで列車酔いのすべてを説明できるわけではありません。一方、列車が曲線区間を走行する際には、曲線の前で一旦減速し、曲線の後で再加速するため、車両の前後方向の加速度が生じます。こうした前後加速度が連続して起こると、左右振動の影響と相まって、乗り物酔いが助長されるのではないかと以前から言われてい

ます。その真偽は明らかになっていませんが、もし本当に助長されるのであれば、評価対象に前後加速度を加えることで、列車酔いの評価精度を向上できると考えられます。

もう1つは短時間の振動にMSDV-yを適用できるようにする可能性です。MSDV-yは30分間の振動から算出することを前提としています。それは乗り物酔いという現象には振動の累積的な影響が大きいことから、先に述べた研究¹⁾では評価時間が30分になるように検討が行われたためです。しかし、振動管理の観点で見れば、30分間に列車はたくさんの曲線を通過してしまうので、問題箇所を特定することは難しくなります。問題箇所を特定でき

るくらいに短い振動データに適用できて列車酔いの起こりやすさを評価できる手法があれば、振動管理のニーズに応えることが可能になります。こうした目的に合うように、短時間の振動にMSDV-yを適用できるようにすることが第2の可能性です。

そこで、これらの2つの可能性を探るため、以下の検討を行いました。

列車酔いを再現できるか？

まず準備のために行った検討は、室内試験で列車酔いを再現できるかということでした。一般に実車試験と室内試験は車の両輪のようなもので、それぞれに長所と短所があります。この研究は試験条件の操作性や再現性の面でメリットの大きい室内試験で行いましたが、そのため、得られた結果が実車の現象(列車酔い)に整合していることを確認する必要がありました。

ただ、実車で列車酔いが発生する確率は決して高くはないため、実車とまったく同じ環境を再現しただけでは試験の効率がとても悪くなってしまいます。そこで、揺れの持続時間を長くしたり、被験者にわざと読み書きをさせたりして乗り物酔いが起こりやすい状況を作り出しました。こうした状況下で車内快適性シミュレータ³⁾(図2)を用いて左右加速度を60分間に渡って被験者に暴露し、この間2分毎にア

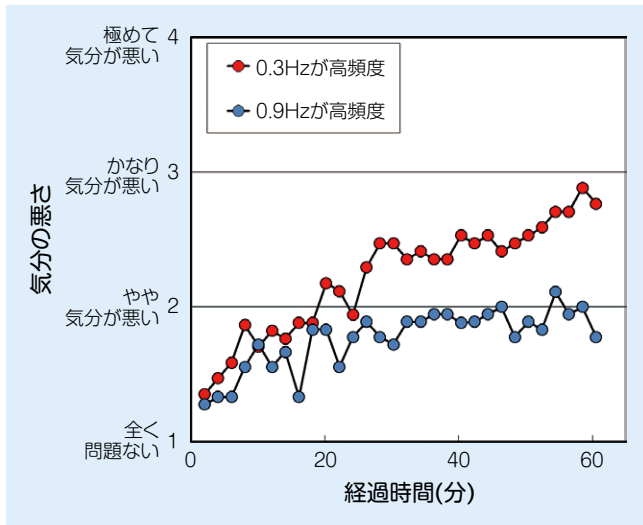


図3 気分の悪さの時間変化

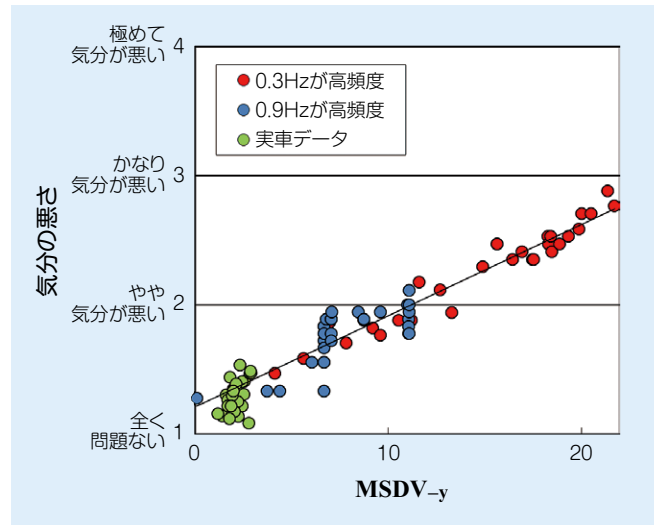


図4 MSDV-yと気分の悪さの散布

アンケート形式の乗り物酔い評価を繰り返しました。

その結果が図3です。列車酔いは0.3Hz前後の左右加速度が頻発する時に起こりやすいことが明らかになっていますが、室内試験でも同様で、0.3Hzの揺れが頻発した場合に不快感の亢進が顕著に見られました。

また、アンケート評価を実施するタイミングに合わせて60分間までの任意の時間でMSDV-yを算出して不快感との対応関係を調べたところ、MSDV-yと不快感との間に極めて高い相関が見られ、さらに、実車で得られたデータもこのプロットと整合することを確認しました(図4)。

つまり、列車酔いの周波数依存性は室内試験でも同様にみられ、実車の調査から導かれたMSDV-yが室内試験にもよく適合することが確認できたわけです。こうしたことから、室内試験で起こした乗り物酔いは列車酔いと整合すると考えました。

前後加速度の影響はあるか？

そこで今度は、左右加速度に前後加速度を複合させた状態で同様の試験を行いました。

これに先立って実車が曲線区間を走行する場面の振動解析を行ったところ、複数の線区に共通して多くみられた前後加速度の周波数は0.05Hz程度でしたが、小刻みに減速と加速が繰り返されたと考えられる線区では0.1~0.2Hz程度の周波数成分も見られました。

そこで室内試験では、前後加速度の周波数を0.05Hzに限定した場合と、0.05Hz~0.2Hzの範囲で広く散らばらせた場合の2種類の条件を検討しました。また、前後加速度の強度についても、実車で起こる範囲に限定した場合(実効値は 0.51m/s^2)とそれを超える場合(実効値は 0.85m/s^2)、そして前後加速度が起らない場合(左右振動のみ暴露)の3種類の条件を検討しました。

その結果は図5の通りです。前後加速度の周波数を0.05Hzに限定した場

合は前後加速度が強くなっても不快感の亢進の様子は特に変わりませんでした(図5a)。一方、前後加速度が0.05~0.2Hzに広く散らばった場合は、前後加速度が強くなると不快感の亢進が顕著に見られました(図5b)。ただ、それは前後加速度の強度が実車で起こる範囲を超えた場合だけで、実車で起こる範囲に限った場合は不快感の亢進の様子に変化は見られませんでした。このことから、前後加速度の周波数や強度によっては乗り物酔いが助長される可能性はあるものの、実車で起こる範囲においてはその可能性は低いと考えられます。

短時間の振動に適用できるか？

最後に、短時間の振動にMSDV-yを適用できるようにする可能性について述べたいと思います。

先に述べましたように、室内試験で左右振動を60分間に渡って被験者に暴露したところ、一定時間ごとに繰り返した不快感の評価とこれに対応して

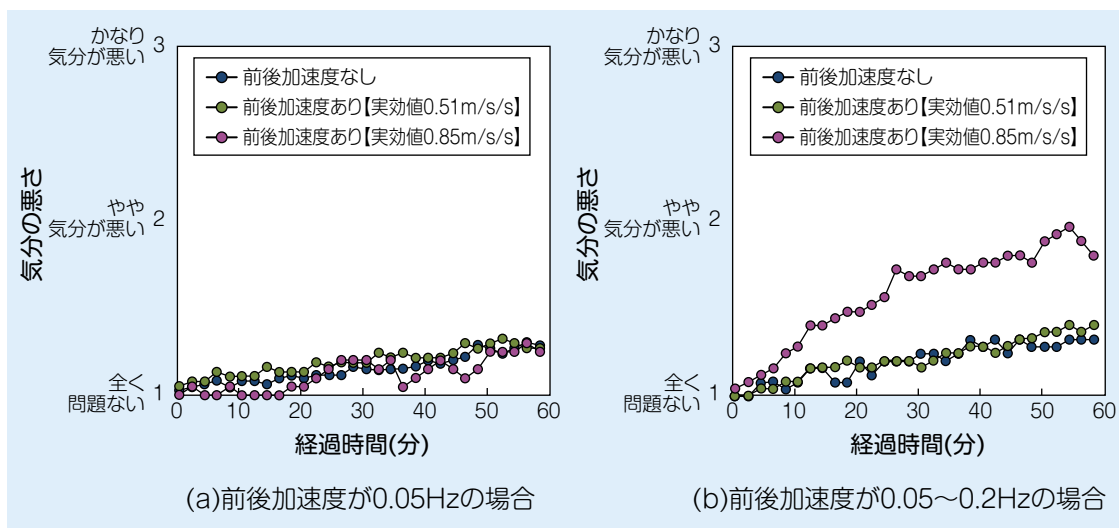


図5 気分の悪さの時間変化

算出したMSDV-yの間にはきれいな線形関係がみられました(図4)。このことは、とりもなおさず、MSDV-yが任意の評価時間に対して適用できることを意味しています。不快感の評価を行った時間の範囲は20秒~60分ですから、最短20秒から最長60分までの任意の時間にMSDV-yが適用できることが、人間による評価データによって裏づけられたこととなります。

次に、振動解析の面からの要件を考えます。列車酔いには振動の低周波成分が強く影響することがわかっていますから、加速度の周波数に関しては最低0.05Hz程度まで評価対象に含める必要があります。振動の周期を考えれば、そのためには最低20秒間のデータが必要となります。そしてこの20秒という長さは、個々の曲線を緩和曲線も含めて評価することを考えても妥当と考えられます。

ただし、MSDV-yの評価式(図1b)からわかるように、MSDV-yの算出値は評価対象時間の長さに伴って単調に

増加します。しかし振動管理で軌道や車体制御などの諸条件を比較する上では評価時間は揃っている方がわかりやすいため、30分以上の評価時間に対してMSDV-yを適用する場合は、評価時間が30分相当になるように換算する必要があると考えられます。

おわりに

列車酔い評価の改良について2つの可能性を検討した結果、曲線区間の前後で生じる前後加速度が酔いを促進する可能性に対しては否定的な結果が得られました。今後、評価精度の向上を目指すとするれば、視覚の影響など振動以外の要因にも目を向ける必要があると考えられます。

また、短時間の振動にMSDV-yを適用できるようにする可能性については、MSDV-yが20秒以上の任意の長さの振動に対して適用可能であることが、人間による評価データによって裏づけられました。MSDV-yがさらに弾力的に運用されることが期待されます。

今後も鉄道車両の快適性や乗り心地の改善に向けて、取り組みを続けていく所存です。RRR

文献

- 1) 鈴木浩明, 白戸宏明, 手塚和彦: 低周波振動が列車酔いに及ぼす影響, 鉄道総研報告, Vol.18, No.2, pp.9-14, 2004
- 2) 鈴木浩明, 白戸宏明: 鉄道車両の車体傾斜に起因する乗り心地の評価, 人間工学, Vol.38, No.3, pp.135-142, 2002
- 3) 白戸宏明, 中川千鶴, 鈴木浩明: 車内快適性シミュレータの開発と活用法, 鉄道総研報告, Vol.18, No.2, pp.5-8, 2004