

# 振り電車の動揺病に関する研究

## 第 2 編

### 動揺の評価と生理的機能への影響

岡山大学医学部衛生学教室（主任：青山英康教授）

上 野 満 雄

**Key words**：振り電車、球を使用した動揺測定法

振動加速度測定、パフォーマンステスト

前庭機能検査

（昭和58年3月19日受稿）

#### I. 諸 論

国鉄列車の安全問題に関与する労働条件については既に EL・DL の一人乗務問題<sup>1,2)</sup> や列車掛の労働条件に関する研究<sup>3,4)</sup> などにおいて産業医学の立場から指摘されてきたが、その後の鉄道高速化の中で、新幹線乗務員の健康障害の報告<sup>5)</sup> に見られるごとく、新たな職場健康管理上の問題が近年益々増大しつつある。

前報<sup>6)</sup> で報告した振り電車についても、単に乗務員の健康管理上の問題として、新しい産業医学上の課題をもたらしているだけでなく、乗客に対しては旅客運輸の目的から考えて重大な課題を提起しているのが認められた。

これら産業医学上の課題の解明には、その実態を現場の労働者の自覚的訴えとして調査、研究すると同時に、それを裏付ける客観的な評価に耐える資料の確保が重要である。なぜならば、改善策の評価が、これら客観的な資料を活用してこそ可能になるからである。

評価の対象としては、単に車両の物理的な特性のみならず、生体負荷についても客観的な評価がなされなければならないと考えられる。

しかし、これら新しい産業医学上の課題については、既存の測定法のみでは明らかにし得ないことも少なくないので、そのための工夫も必要になってくるであろう。

#### II. 研究目的

振り電車の持つ構造上の特性に由来する物理的特性と、これに基づく乗務員の生理的機能への影響を客観的に明らかにする目的で、在来電車における測定値との比較検討を行い、前報<sup>6)</sup> における自覚的な訴えとの関連についても検討したいと考えた。

#### III. 研究対象及び方法

##### 1) 研究対象車両

振り電車と在来電車の物理的特性の相異を、前報<sup>6)</sup> で報告した動揺病症状の発症状況の差との関連で比較するため、前報<sup>6)</sup> と同様、研究対象車両としては、国鉄中央西線を走る 381系振り特急電車(以下振り電車と略す)と在来の型式である 165系急行電車(以下対照電車と略す)を選んで比較検討を行った。

##### 2) 物理的特性の評価方法

種々の乗り物の乗り心地を物理的測定値によって評価するには、これまで全身振動の評価方法として乗り物の振動加速度測定が幅広く用いられているが、その判定基準をめぐって多くの論議<sup>7~20)</sup> がされている。しかしながら、振り電車については、いまだ開発されて年数が少ないため、乗り心地についての評価を物理的測定値との関連で評価した報告は少なく<sup>30,31)</sup> とくに動揺病症状の発症との関連で、振り電車の持つ船舶の横揺れに類似した特徴的な動揺の物理的

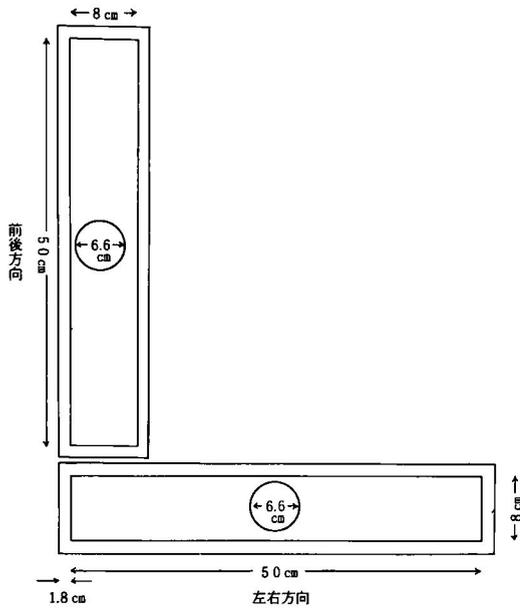


図1 球を使用した動揺の測定法

性を検討した研究はない。

したがって、本研究においては、振り電車における車両動揺の物理的特性の評価方法として、従来から乗り物の乗り心地の評価法として幅広く測定されている車両床上の振動加速度測定のみにとどまらず、振り電車のもつ船舶の横揺れに類似した特徴的な動揺を物理的測定値として評価する指標として、球を使用した動揺の測定法を今回新たに考案し両電車において測定した。

従来の評価方法である床上での振動加速度測定としては、全身振動を評価する際にこれまでとられてきた方法に基づいて<sup>7,14~17)</sup>、測定器として公害用振動計(リオン社製 VM12B)、1/3オクターブバンド・リアルタイム分析計(リオン社製 SA-24-モニター用)、記録・分析機器としてデータレコーダ(テック社製 R-41)、1/3オクターブ分析計(リオン社製 SA-59A)、レベルレコーダ(リオン社製 LR-04)を用いて、左右、上下および前後の3方向について測定し周波数分析を行った。

球を使用した動揺の測定方法を考案した理由

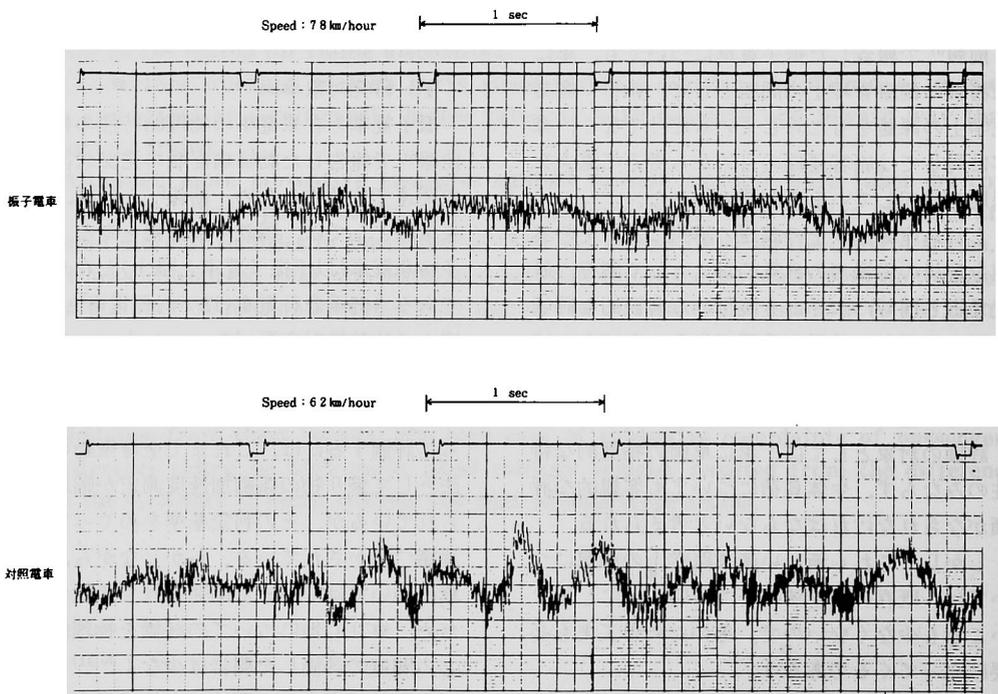


図2 左右方向の振動波形(曲線区間)

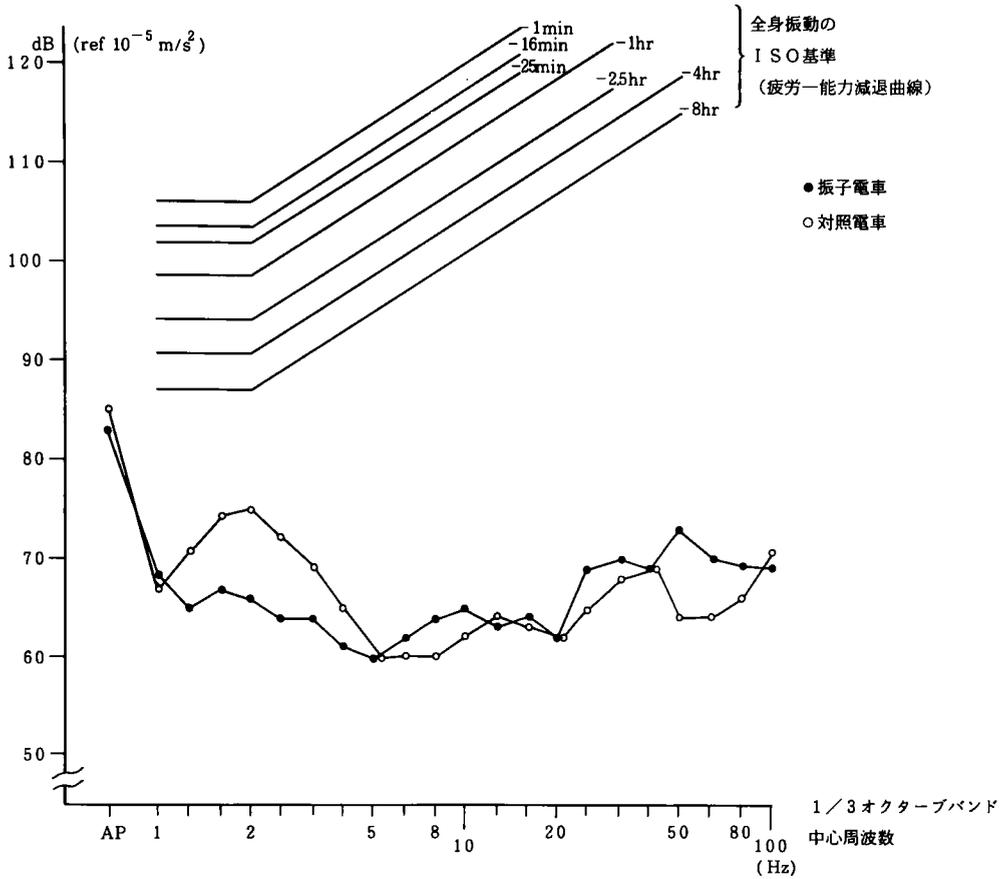


図3-1 左右方向の振動加速度周波数分析 (曲線区間)

は、船に乗った時に樽が船の横揺れに対応して左右に移動することにヒントを得て、床面との摩擦力の影響を受けずに左右・前後に自由に移動することの出来る球面体が移動物体として最も適していると考えたからである。

この測定方法は、図1に示すごとく、横50cm×幅8×高さ8cmで厚さ1.8cmの合板ベニア製の箱2個を左右・前後方向に置き、測定条件の統一化をはかる目的で球面体の重量(240g)、直径(6.6cm)、材質(象牙)が規格化されている玉突き用赤球2個を用い、各1個ずつを2つの箱に入れて、左右・前後の衝突回数を観察によって計数し一分間あたりの衝突頻度を求めた。

また、いずれの測定についても両電車の測定条件を統一するため、最後部車両の床上に設置

し、両電車とも同一の測定区間で測定を行った。

測定区間は、曲線部の曲率半径の分布を考慮して、直線区間として名古屋-多治見駅間、曲線区間として南木曾-木曾福島駅間を選んだ。

### 3) 生理的機能の評価方法

動揺病は、乗り物の動揺に際して発生する加速度が内耳迷路を介入して生体に働きかけることによって生じるとされ、従来から動揺病による生理的機能の変化の中でも前庭平衡系の機能変化は注目されており<sup>21-25)</sup>、前報<sup>6)</sup>における振り電車の動揺病症状の発症状況を考慮に入れるならば、前庭機能への影響について評価しておくことは振り電車の身体への影響を評価する上で必要であろう。

また、前報<sup>6)</sup>においては、振り電車乗務員が

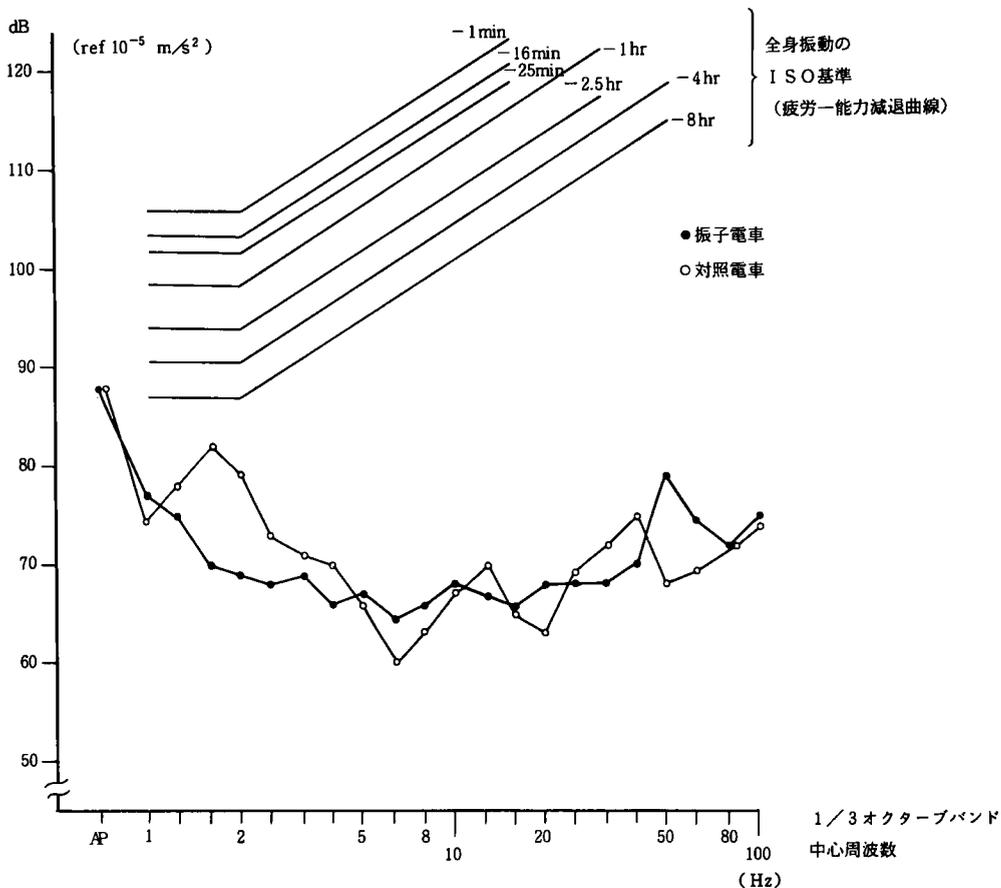


図3-2 左右方向の振動加速度周波数分析(直線区間)

動揺病症状の発症によって業務に支障を来している点に注目し、振子電車乗務に伴う作業遂行能力への影響を評価しておくことも重要であろう。

このような観点から、本研究においては、前庭機能低下によって引き起こされる立ち直り反射障害の強さを反映するとされる身体動揺<sup>26,27)</sup>の程度を評価する方法として、重心動揺計検査と単脚閉眼起立検査を行い、作業遂行能力への影響を評価する方法としては、車掌の座席点検作業と類似したパフォーマンステストである労研式アメフリ抹消検査<sup>28)</sup>を行った。

したがって、研究対象者は、性、年齢、車掌業務への習熟度など車両動揺曝露に対する主体的要因を可能な限り統一するため、前報<sup>6)</sup>で乗

務員調査を行った職場の列車乗務員(車掌)から、40才代で特急・急行列車の車掌経験が2年以上の者10名を選んだ。なお、対象者10名の年齢は46才、平均勤続年数は27年であった。

対象者10名は、車両動揺曝露の条件と検査の測定条件を均一化するため、5名ずつ2班に分かれて1日間隔で振子電車と対照電車双方に同一人が乗車し、乗車前日は休日とし、前日の睡眠は充分とり安静を心掛けるよう指示した。また、本調査前に全対象者に対し各検査内容について予備訓練を行い検査に習熟させた上で調査を実施し、各検査の実施場所は、車両動揺曝露前後の身体反応を迅速に把握するために、乗車前後は乗降するホームに最も近い場所に検査室を設け、乗車中は、物理的特性を評価するために

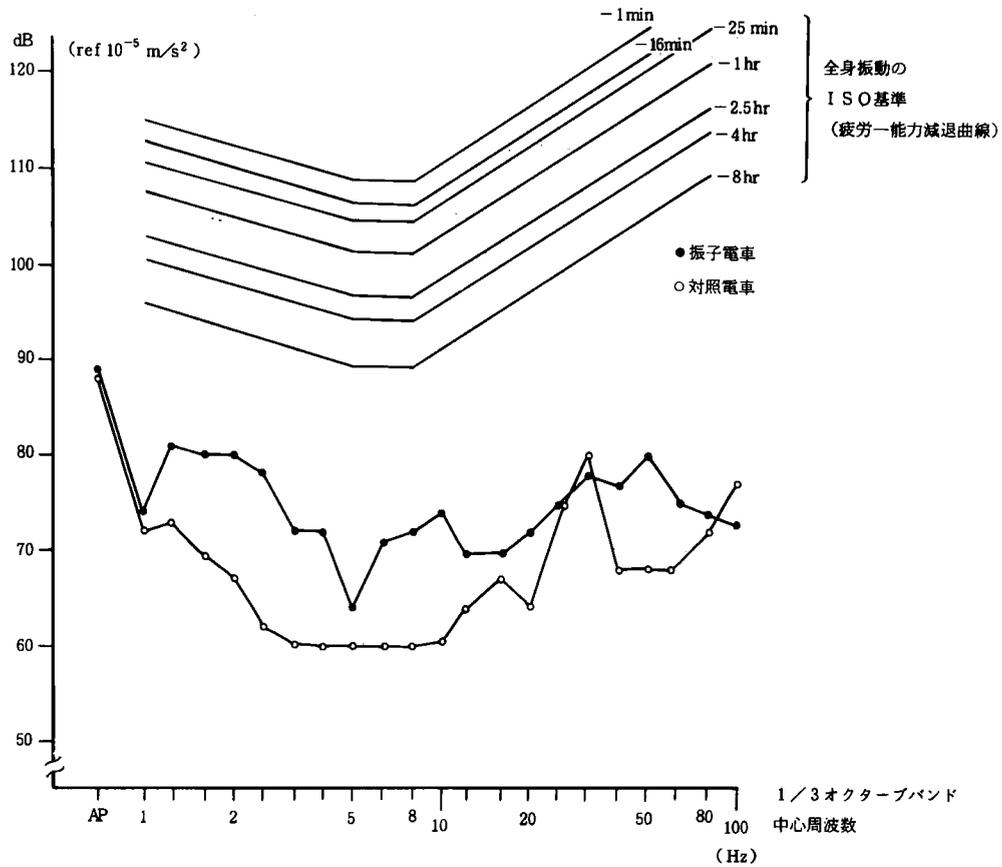


図4 上下方向の振動加速度周波数分析 (曲線区間)

行った測定法と同じ最後部車両で行った。

対象者は、車両動揺の曝露時間と作業負担のかかる条件を両電車で同一にするため、前報<sup>6)</sup>と同じ名古屋駅からの往復行路ダイヤ各1本に乗り、車内の巡回等通常の車掌業務に従事せず走行全時間を座席に座った状態で乗車した。

前庭機能検査のうち、重心動揺計検査は、山本・飯田<sup>29)</sup>が使用したのと同じ、1辺65cm、厚さ2cmの正三角形アクリル樹脂板上に対象者を裸足で台の中央にRomberg検査法と同様に両足を揃えて立たせ、両足先を接して直立させた。

測定結果の分析も、山本・飯田の報告<sup>29)</sup>と同様の方法で行い、動歪測定器はDPM305A共和電業製、データレコーダはR-61ティアック社

製、磁気テープはCT-90ティアック社製を使用し、直立時の体の揺れを定量化するため幾何学的手法により、荷重変動をX-Y軸に変換させ、重心移動軌跡距離の算出を行った。

測定は乗車前後に行い、測定時間は開眼30秒、閉眼30秒行い、開眼時には目の高さ1m前方に目印を置きこれを凝視させた。

単脚閉眼起立検査は、姿勢を正しくさせ、利き脚で起立し、他側の大腿をほぼ直角になるまで上げるようにさせ、30秒間閉眼させて観察し、接地までの最大持続時間を測定した。検査は乗車前後に実施し、測定は2回行い持続時間の長い方を採用した。

パフォーマンステストに用いた労研式アメフリ抹消検査<sup>28)</sup>は、テストIとテストIIからな

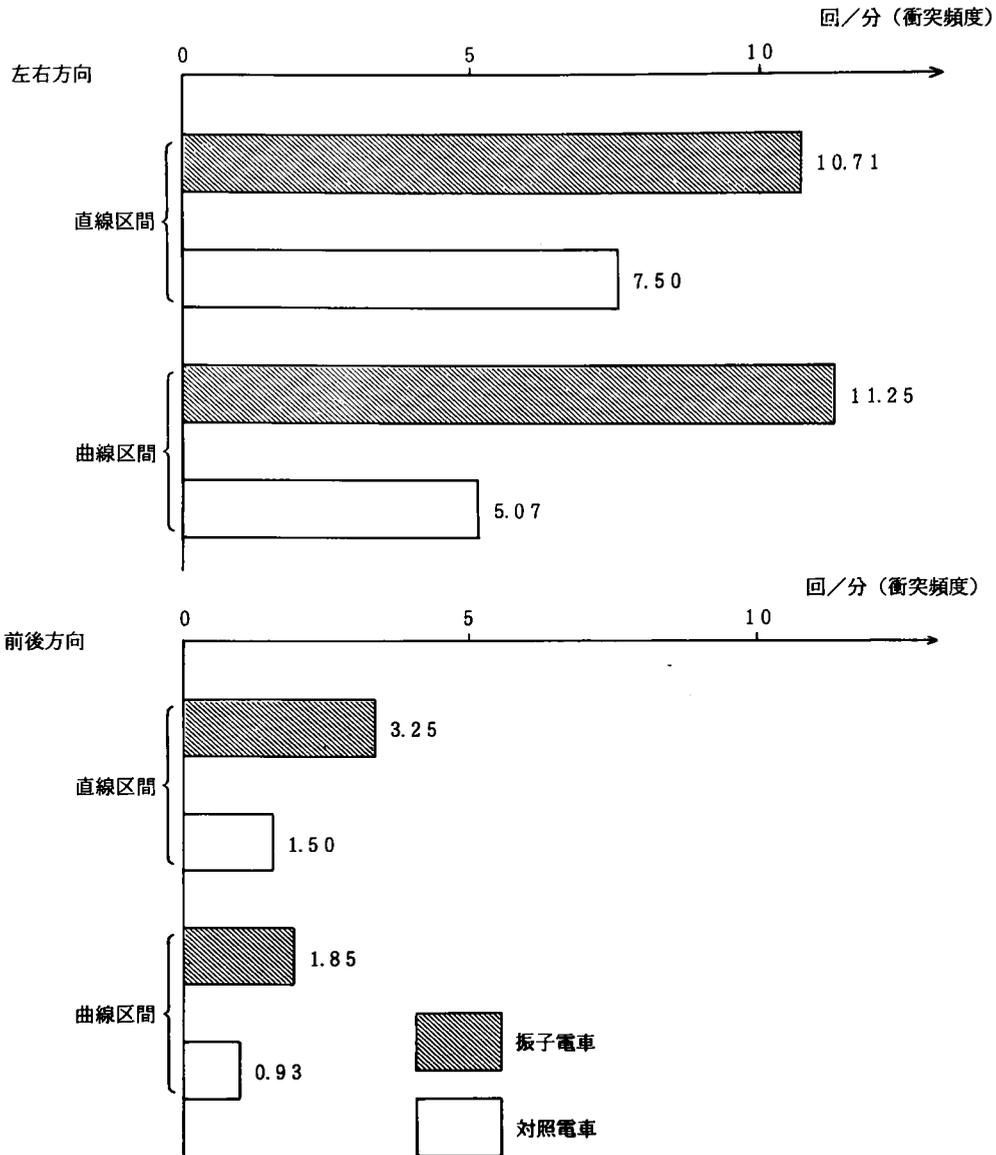


図5 球を使用した動揺の測定

り、各々3分間ずつの計6分間の作業負荷を対象者にかけた。検査の実施回数は乗車中1時間間隔で3回、及び乗車前、後の各1回の計5回を往復両行路において行い、テストの問題はテストの難易度を同一にするため毎回異なったものを配布した。

アメフリ抹消検査の成績は労研式採点法Ⅰ<sup>28)</sup>

によって性・年齢を補正して採点し偏差値を求めた。テストⅠとテストⅡの作業量についてはテストⅡの抹消作業量が多く、テストⅠの成績は認知弁別能力、テストⅡは反応動作など運動機能に関する能力が反映され则认为られている<sup>28)</sup>。

表1 重心動揺計測による重心移動軌跡距離の乗車前後の比較

		振子電車	対照電車
測定数		20	19
開	乗車後, 延長した例数	11	9
	軌跡距離が5%以上延長した例数	10 (90.9%)	7 (77.8%)
眼	軌跡距離が10%以上延長した例数	10 (90.9%)	7 (77.8%)
	乗車後, 延長した例数	7	7
閉	軌跡距離が5%以上延長した例数	7 (100.0%)	6 (85.7%)
	軌跡距離が10%以上延長した例数	6 (85.7%)	5 (71.4%)

(%: 軌跡距離の延長した例数に対する割合)

#### IV. 研究結果とその考察

##### 1) 車両動揺の物理的特性

図2～5は床上振動測定の結果を示したものである。図2は左右方向の振動波形を曲率半径600m未満の曲線部が主体の曲線区間について記録したのを例示した。図3-1, 3-2はISOの全身振動曝露基準<sup>14)</sup>にもとづいて、左右方向の振動加速度レベルを、図4は上下方向の振動加速度レベル(曲線区間)を周波数分析した結果である。

これまでの振子電車に関する振動加速度の測定に関する報告のうち、小柳<sup>30)</sup>は、列車が曲線を通過するときの左右定常加速度が乗り心地との関係で最も重要であるとしており、振子車両が本来の機能を果たしていれば車上における左右定常加速度は0になるはずであるが、走行試験では必ずしも0にならなかったと報告している。また、池本<sup>31)</sup>らによると振子電車の左右方向への定常加速度は、超過遠心加速度が0.13G以上になると国鉄の乗り心地限界値0.08Gを超える場合があると報告している。

これらの報告はいずれも左右定常加速度が車両設計段階における予測に反して生じることを

認めており、振子電車で動揺の発生が乗り心地の悪化に関与することを示唆している。

図2に示したごとく、振子電車においては左右方向の振動波形の周期が1秒以上の長い波形が主体であるのに対して、対照電車では0.5秒以下の周期を持つ波形が構成主体となっている。これは直線区間においても同様の傾向が認められた。なお、今回の測定方法では、計測機器特にピックアップが1Hz以下の振動には充分追従していないので振動原波形チャートから1Hz以下の周波数分析を試みることは正確でないので除外した。

全身振動に対する人間の感じ方や反応は、振幅、振動数及び振動への曝露時間によって影響されるといわれ<sup>7-9,11,16,17,32-36)</sup>、とくに1Hz以下の周期の長い振動では動揺病が生じるとされている<sup>7,14,15)</sup>。

振子電車は、図3-1, 3-2に示したごとく人体の反応に関連が強いとされる<sup>8,9,11)</sup>20Hz以下の低振動数帯域においては、直線及び曲線区間共に1Hzに振動加速度レベルのピークを持つ分布を示し、対照電車では2Hzにピークを示していた。これら周波数分析の結果は図2で示した振動波形の結果と一致しており、振子

表2 単脚閉眼起立検査における乗車前後の持続時間の比較

	振 子 電 車	対 照 電 車
測 定 数	20	19
乗車後，時間が短縮した例数	14	11
時間が5%以上短縮した例数	14 (100.0%)	9 (81.8%)
時間が10%以上短縮した例数	14 (100.0%)	8 (72.7%)

(％：時間が短縮した例数に対する割合)

電車における物理的特性の1つとして左右振動加速度における1 Hz以下の周波数成分が目目される。

しかし、左右方向の振動加速度のレベルは、両電車ともISOの基準<sup>14)</sup>より低いレベルにあり、前報<sup>6)</sup>で報告した動揺病症状訴え率における両電車間の差を説明し得るほどの差としては認められなかった。

上下方向の周波数分析結果は、図4に示したごとく曲線区間では20Hz以下の低振動数帯域において、振り電車の振動加速度レベルが対照電車に比べて高いレベルにあるのが認められた。

船酔い発生に上下方向の振動が関与していることはすでに数多くの報告があり<sup>12,13,37-39)</sup>、鉄道車両の乗り心地評価の際にも山崎ら<sup>40)</sup>は水平方向のみでなく上下方向の振動も乗り心地の悪化に関与すると報告している。今回の上下方向の振動測定結果は、これらの知見を考慮に入れるならば、曲線部における上下振動が目目される。

しかしながら、上下方向の振動加速度についても左右方向と同様ISOの基準<sup>14)</sup>より低いレベルでの傾向であって、両列車間の自覚的訴えの差違を説明するのは困難である。

前後方向の周波数分析結果については振り電車の振動加速度レベルが直線区間において20Hz以下の低振動数帯域で対照電車に比べて高い傾向を認めたが、曲線区間では特に一定の傾向や特徴は認められなかった。

動揺病に関係が深いといわれる<sup>7,14,15)</sup>1 Hz以下の周波数分析については、ISOの全身振動曝露基準<sup>14)</sup>としても結論が得られておらず、測定機器等についても規格化されたものがない段階であり、この点については振り電車の車両動揺を評価する上においても今後検討の余地があると考えられる。

一方、球を使用した動揺の測定結果では、図5に示すごとく、振り電車では直線、曲線の両区間いずれにおいても左右、前後方向の双方で球の衝突頻度が対照電車と比べて高く、特に左右方向の衝突頻度は曲線区間で両電車間に大きな差が認められた。

球の前後、左右への移動は軌道の傾斜によっても起こるが、同一区間の走行である事を考慮に入れば、これらの結果は、振り電車の車両が、曲線や分岐器通過時に発生する遠心力や衝撃によって左右方向に変位しやすく動揺の程度が対照電車に比べて大きい事を示していた。このこ

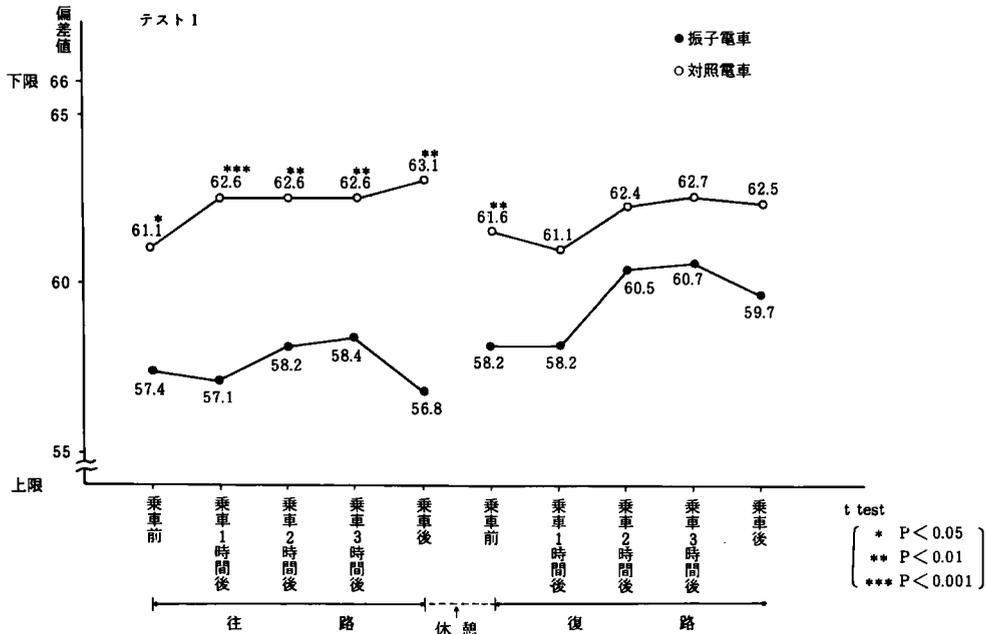


図6 パフォーマンステスト偏差値の列車別比較 (アメフリ抹消検査テスト I の平均値)

とは、球を使用した動揺測定法が、前報<sup>6)</sup>の動揺病発症状況の差違を、振り電車の物理的特性との関連で論じる上で有効な評価方法であることを示している。

したがって、振り電車における車両動揺の物理的特性を評価する方法としては、従来行われてきた床上振動測定による振動加速度周波数分析方法に比べて、球を使用した動揺測定法の方が動揺病症状の発症状況を説明する上でより適切な方法であると考えられる。

2) 生理的機能への影響と評価方法への検討

表1は重心動揺軌跡距離の乗車前後の比較を示した結果である。表1は開眼と閉眼で測定した測定例数について、乗車前の軌跡距離を基準値にとって距離が延長した例数、5%以上距離が延長した例数、10%以上延長した例数の3段階に分け、両列車の軌跡距離の延長する度合いを比較検討した結果である。

測定例数が対照電車で1例少ないのは、かぜ症候群で測定不能であったためである。

乗車後に軌跡距離が5%あるいは10%以上延長した例数は、振り電車で開閉眼とも多い傾向はあるが、両列車間に統計学的な有意差は認められなかった。なお、軌跡距離は両列車とも乗

車前後にかかわらず閉眼で延長する例が多く、その程度については両列車間で有意の差は認められなかった。

重心動揺計検査の評価については軌跡距離の他に周波数、面積、速度、振幅など多くの指標があり、その計測方法、分析方法は未だ多くの論議が残されている<sup>29,41-49)</sup>。

今回のように、重心動揺計検査をフィールド調査に使用した研究としては農業労働の疲労判定に応用した事例はあるが<sup>50)</sup>、動揺病判定の評価方法としてその有効性について検討した研究は少ない。表1に示したごとく、今回の研究結果からは、前報<sup>6)</sup>で指摘した振り電車における動揺病症状の発症状況を客観的に裏付ける評価方法として重心動揺計検査は、積極的にその有効性を認める事は困難であった。

表2は単脚閉眼起立検査の乗車前後の比較を行った結果であり、乗車前の起立持続時間を基準値にとって時間が短縮した例数を、短縮した例数・5%以上時間が短縮した例数・10%以上短縮した例数の3段階に分けて比較検討した。

振り電車では起立持続時間が乗車前と比べて5%あるいは10%以上短縮した例数が対照電車に比較して多い傾向にあるが、統計学的に有意

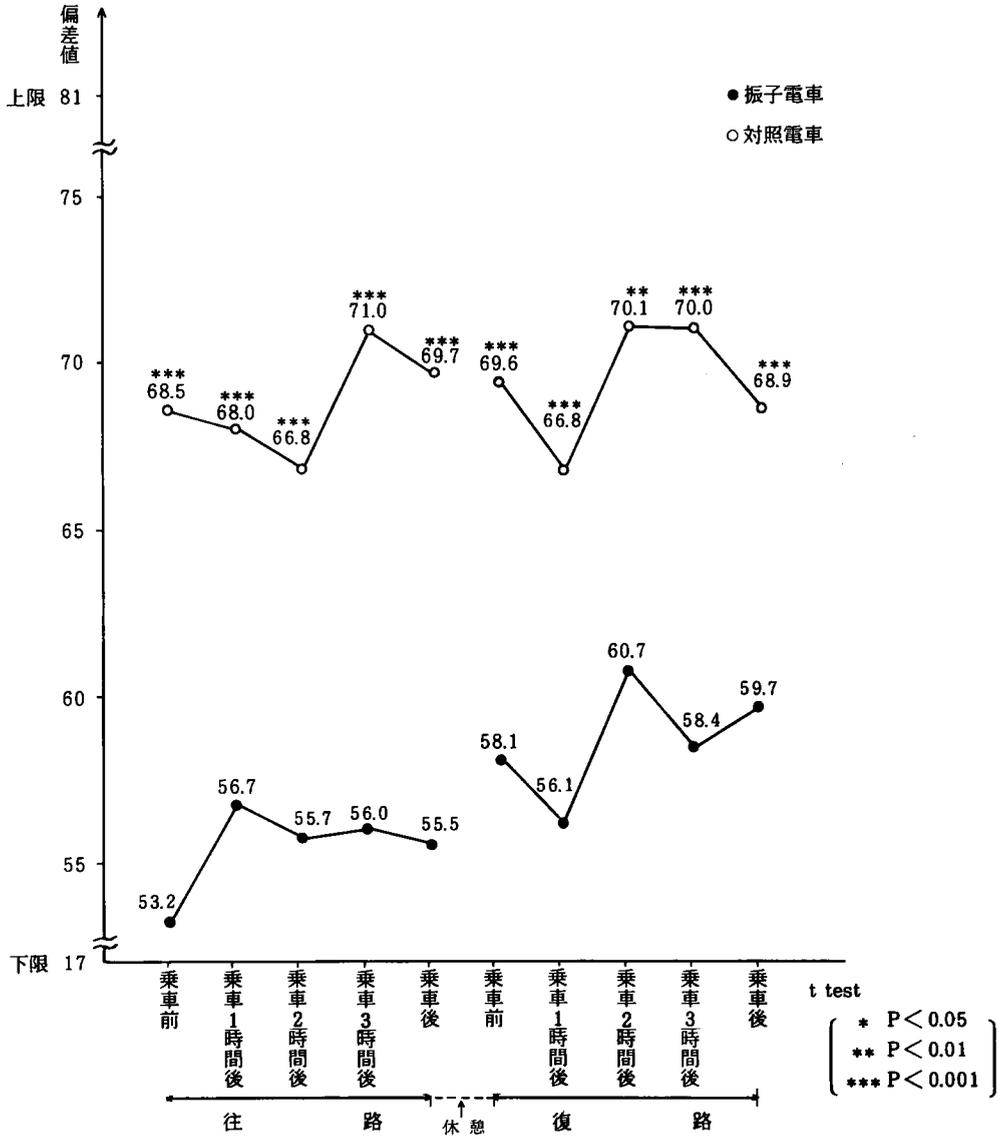


図7 パフォーマンステスト偏差値の列車別比較 (アメフリ抹消検査テストIIの平均値)

の差は認められなかった。

すなわち、単脚閉眼起立検査についても、重心動揺計検査と同様、振り電車の動揺病症状の発症状況を説明する生理的機能の評価方法としては不適切であるといえる。

図6, 7は、パフォーマンステスト偏差値の平均値をテストI, II別に示したものである。振り電車ではパフォーマンステストにおい

てテストI, IIいずれも偏差値レベルが乗車前から低い経過を示しており、とくに抹消作業量が多いテストIIでは対照電車との間に統計学的に有意の差が常に認められた。

これは前報<sup>6)</sup>の乗務員調査において、振り電車に乗る場合は乗車前から動揺病症状対策を取っている者が対照電車に比べて有意に多かったのと同様、身体的防衛規制や心理的抑制が乗車

前から対象者に作用し、車両内での作業は身体的・心理的負担を強め、作業遂行能力の低下をもたらしたためと考えられる。

振子電車における動揺病発症の多発状況と対応する生理的機能変化は、立ち直り反射など前庭機能の低下よりも、作業遂行能力の低下としてより適切に認められ、重心動揺計検査や単脚閉眼起立検査よりも、パフォーマンステストの方が、振子電車乗車に伴う生理的機能の変化をより客観的に捉え得る方法であると考えられた。

#### IV. 結 論

振子電車の持つ車両動揺の物理的特性と、生理的機能への影響について検討する目的で研究を行った。

その結果は以下の7項目に集約し得る。

1) 左右方向の振動加速度レベルは、両電車ともISOの基準より低く、上下方向についても左右方向と同様ISOの基準より低かった。

2) 球を使用した動揺の測定結果は、振子電車では左右、前後方向の双方で球の衝突頻度が対照電車と比べて高く、特に左右方向の衝突頻度は曲線区間で両電車間の差が大きかった。

3) したがって、振子電車における車両動揺の物理的特性を評価する方法としては、従来行われてきた床上振動測定による振動加速度周波数分析に比べて、球を使用した測定法の方が動揺病症状の発症状況を説明するうえでより適切な方法であると考えられた。

4) 振子電車における動揺病症状の発症状況を客観的に裏付ける評価方法として重心動揺計

検査は積極的にその有効性を認める事は困難であった。

5) 単脚閉眼起立検査についても、重心動揺計検査と同様、振子電車の動揺病症状の発症状況を説明し得る生理的機能の評価方法としては不適切であった。

6) 振子電車ではパフォーマンステストにおいてテストI, IIいずれも偏差値レベルが乗車前から低い経過を示し、特に抹消作業量が多いテストIIでは対照電車との間に統計学的に有意の差が常に認められた。

7) 重心動揺計検査や単脚閉眼起立検査よりも、パフォーマンステストの方が、振子電車に伴う生理的機能の変化をより効果的に捉え得る方法であると考えられた。

#### 謝 辞

稿を終えるにあたり、終始御懇篤な御指導と御校閲を賜った恩師岡山大学医学部衛生学教室青山英康教授に深甚の謝意を表します。

また本研究について、御指導、御助言いただいた徳島大学医学部難聴診療部大崎勝一郎教授、並びに岡山大学医学部衛生学教室太田武夫助教授、研究の計画、実施に際し御援助いただいた岡山大学衛生学教室の井谷徹講師、中桐伸五助手、有沢豊武医師、三野善央医師、小河孝則技官に深謝致します。

最後に、本研究の機会を与えていただき、終始御協力いただいた研究対象者の列車乗務員及び乗客のかたがたに感謝致します。

(なお、本論文の要旨は、1982年9月、第41回日本平衡神経科学会総会において報告した。)

#### 文 献

1. 青山英康, 太田武夫: EL 乗務員の労働条件, 一最近のダイヤ改訂との関連において一, 産業医学, 13, 101-104, 1971.
2. 小木和孝: 1人乗務の運転負担と安全性, 労働の科学, 24, 12, 14-22, 1969.
3. 小野昭雄: 列車掛の労働条件, 第1編, アンケート調査を中心とした調査結果, 産業医学, 15, 41-47, 1973.
4. 小野昭雄: 列車掛の労働条件, 第2編, 緩急車の衝撃, 振動, 騒音測定結果の分析, 産業医学, 15, 3-8, 1973.
5. 青山英康, 中桐伸五: 国鉄労働者の労働と健康の実態, 生命と健康を守るたたかいに参加して, 国労調査, 7, 2-17, 1976.

6. 上野満雄：振子電車の動揺病に関する研究，第1編，乗客と列車乗務員との自覚症状の分析，岡山医学会雑誌，95，677-686，1983.
7. 日本産業衛生学会：全身振動の許容基準，許容濃度等の報告(1982)産業医学，24，528-541，1982.
8. 岡田晃，中村円生：全身振動による影響，障害，騒音，振動・衝撃の影響と対策，人間と技術社，東京，pp. 272-288，1974.
9. 岡田晃，鈴木勝己：振動障害—研究動向と診療の実態，篠原出版，東京，pp. 25-104，1982.
10. 三輪俊輔：振動の測定法，新労働衛生ハンドブック，労働科学研究所，pp. 83-94，1974.
11. 岡田晃：全身振動，新労働衛生ハンドブック，労働科学研究所，pp. 290-301，1974.
12. Kanda, H., Goto, D. and Tanade, Y.: Ultra-low frequency ship vibrations and motion sickness incidence. *Ind. Health* 15, 1-12, 1977.
13. 神田寛：船と全身振動，労働の科学，32，3，39-43，1977.
14. ISO 2631 : Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration, 1978.
15. Yonekawa, Y. and Miwa, T.: Sensational responses of sinusoidal whole body vibrations with ultra-low frequencies. *Ind. Health* 10, 63-76, 1972.
16. Miwa, T: Evaluation methods for vibration effect, part 1—Measurements of threshold and equal sensation contours of whole body for vertical and horizontal vibrations, *Ind. Health* 5, 183-205, 1967.
17. Miwa, T: Evaluation methods for vibration effect, part 2—Measurement of equal sensation level for whole body between vertical and horizontal sinusoidal vibrations. *Ind. Health* 5, 206-212, 1967.
18. 山崎和秀，大島昌明，倉又哲夫：人体の振動伝達率，鉄道労働科学，34，1-17，1980.
19. ト部舜一，小山正直，岩瀬雄治：列車の曲線および分岐器通過時乗心地評定，鉄道技術研究報告，468，1-48，1965.
20. 三芳功達：乗心地と振動計測，鉄道技術研究資料，10，478-484，1979.
21. 松永喬：船酔と前庭機能検査成績との関係，日耳鼻，67，259-278，1964.
22. 鈴木政昭，志多英佐，藤井正憲，阿部登：乗物における諸刺激の身体平衡系に与える影響に関する研究，第1報，振動加速度の影響，交通医学，31，99-106，1977.
23. 長谷川高敏：加速度病の本態，加速度病—乗物の酔い—，永井書店，大阪，pp. 33-39，1977.
24. 長谷川高敏：動揺病 (Motion Sickness)，第16回日本医学会総会講演(4月5日)，pp. 800-814，1963.
25. 安田宏一：乗物酔の発現指標と自律神経系の能度に関する実験的研究，耳鼻と臨床，11，17-36，1965.
26. 沢木修二，設楽哲也，野村恭也編：平衡機能検査法，臨床耳鼻咽喉科学2，耳科編，中外医学社，東京，pp. 114-164，1979.
27. 日本平衡神経学会編：平衡機能検査の実際，平衡機能検査の手引き，南山堂，東京，pp. 67-136，1979.
28. 労働科学研究所編：アメフリ抹消検査，労研・適性検査の手引き，労働科学研究所，pp. 116-126，1978.
29. 山本富司，飯田裕康：直立時動揺の定量化とその応用—動揺の経時的変動を中心として—，労働科学，55，205-213，1979.
30. 小柳志郎：曲線高速車両の静時性，鉄道技術研究報告，855，1-49，1973.
31. 池本憲三，渡辺邦美：381系特急形直流電車の走行試験—車体振動関係—，鉄道技術研究資料，7. 42. 1974.
32. Hansson, J.E. and Wikström, B.O.: Comparison of some technical methods for the evaluation of whole-body vibration. *Ergonomics* 24, 953-963, 1981.
33. Griffin, G.J., Parson, K.C., and Whitham, E.M.: Vibration and comfort, IV. Application of experimental results. *Ergonomics* 25, 705-719, 1982.
34. Osborne, D.J. and Boarer, P.A.: Subjective response to whole-body vibration, The effects of

- posture. *Ergonomics* 25, 7, 673-681.
35. Osborne, D.J. and Boarer, P.A.: Variability in human response to whole body vibration, The effects of instructions. *Ergonomics* 25, 8. 759-1982.
  36. Miwa, T.: Mechanical impedance of human body in various postures, *Ind. Health*, 13, 1-22, 1975.
  37. 神田寛, 山上明倫: 船酔いに関する研究, 第1報, 労働科学, 38, 466-469, 1962.
  38. 神田寛, 山上明倫: 船酔いに関する研究, 第2報, 労働科学, 38, 529-533, 1962.
  39. 神田寛, 友永正明, 松尾治亘: 全身振動の読みやすさに及ぼす影響, 労働科学, 55, 261-266, 1979.
  40. 山崎和秀, 小林一郎: 車両振動の乗心地評価の検討, 第54回日本産業衛生学会講演集, 382-383, 1981.
  41. 田口喜一郎: 重心動揺の正常範囲について, 耳鼻咽喉科, 46, 415-420, 1974.
  42. 林文代, 坂本弘, 松本清夫, 滝川寛: 視覚情報遮断の身体動揺への影響, 日衛誌, 37, 3, 589-596, 1982.
  43. 三好豊二: 視機刺激の重心動揺に及ぼす影響-重心偏位の2相性について-, 耳鼻臨床, 61, 1620-1641, 1968.
  44. 坂本弘, 松井清夫, 滝川寛, 林文代: 重心移動として求めた身体動揺度の指標化に関する研究, 日衛誌, 35, 821-830, 1981.
  45. 田口喜一郎, 依田美千穂: 重心動揺軌跡距離測定法, 日耳鼻, 79, 835-843, 1976.
  46. 時田喬, 松岡豊彦, 早野洋司, 田口拓雄, 島田六郎: 頭部並びに重心動揺記録計による立直り反射検査, 耳鼻臨床, 65, 443-456, 1972.
  47. 岡部多加志: 神経内科領域における二次元重心動揺記録装置の臨床的応用, 慶応医学, 52, 265-277, 1975.
  48. 田口喜一郎, 依田美千穂: 重心動揺分析法-重心動揺視野と重心動揺軌跡距離-, 日耳鼻, 79, 1577-1589, 1976.
  49. 時田喬, 宮田英雄, 藤垣照, 永田隆郎, 小林武, 加藤邦二, 加藤裕峰, 田口拓雄, 島田六郎, 鈴木智雄, 日比孝也: 直立時の身体動揺の分析-動揺の多現象記録と相関分析による-, 耳鼻臨床, 63, 363-387, 1970.
  50. 竹内龍三, 高須澄郎, 栗本道彦, 加納剛, 増田堅太郎: 平衡機能解析装置の農業労働への応用, 第1報, 農業機械学会関西支部報, 41, 1-3, 1977.

**Studies on motion sickness caused by high curve speed railway vehicles**  
**Report II, Evaluation of the swing and its effects**  
**on physiological function.**

**Mitsuo UENO**

**Department of Hygiene, Okayama University Medical School.**

**(Director: Prof. H. Aoyama)**

This study was conducted to examine the physical characteristics of the swing induced by high curve speed railway vehicles, and the effects of the swing on physiological function.

The physical characteristics of the swing were evaluated by measuring the vibration acceleration level (VAL) on the floor and counting the collisions of billiard-balls in rectangular boxes (billiard ball method).

Physiological function was evaluated by measuring postural sway, and performing a one-leg test and a performance test on the train conductors.

The results are summarized as follows:

1) Horizontal VAL values in both high curve speed railway vehicles and older-type trains were below the threshold limit value (TLV) proposed by the International Organization for Standardization (ISO), as were vertical VAL values.

2) A higher frequency of billiard ball collisions was observed in high curve speed railway vehicles in both the horizontal and longitudinal directions than in the control trains. Especially, the difference between two trains became greater at horizontal in the curve track section.

3) Consequently, it was considered that the billiard ball method was more adequate for indicating the occurrence of motion sickness than the VAL measurement.

4) The measurement of postural sway and the one-leg test were not recognized as an effective methods for indicating the occurrence of motion sickness induced by high curve speed railway vehicles.

5) Lower deviation values in both performance test I and II were observed among conductors in high curve speed railway vehicles than in the control trains. Especially, there was a statistically significant difference between the two types of trains in the course of test II, which had more emphasis on marking off designated letters than test I.

6) It was considered that the performance test was a more adequate method of evaluating the changes in physiological function than the measurement of postural sway and the one-leg test.