曲線走行時の低周波左右加速度が乗り心地に及ぼす影響

○ 鈴木 浩明, 白戸 宏明, 中川 千鶴 (財団法人鉄道総合技術研究所)

Effect of Low Frequency Lateral Acceleration on the Riding Comfort of Railway Vehicle

Hiroaki Suzuki, Hiroaki Shiroto & Chizuru Nakagawa (Railway Technical Research Institute)

1. はじめに

鉄道車両が曲線区間を走行する際の乗り心地の程度は、車体床面で計測した低周波の左右加速度(=左右定常加速度)の大きさと表すのが一般的であり、国鉄時代には立位乗客の許容限度を表す目安として 0.8m/s^2 (原表記 0.08g) という値が提案されている。今日でも一部の例外を除き、この目安値を超えないよう新幹線・在来線の曲線走行速度は制限されている¹⁾。しかしながら、この指標の提案からすでに35年以上が経過し、鉄道とそれを取り巻く環境も大きく変化している。そこで本研究では、乗客による体感乗り心地試験の結果に基づき、鉄道車両の曲線走行時の乗り心地を評価する新しい手法について検討する。

2. 分析に供したデータ

汎用性の高い評価手法を提案するには、異なる線区、車両で実施された多様なデータが必要である。このため、この10年間に新幹線と在来線(特急・近郊車両)で実施された各種の乗り心地評価試験データを改めて抽出し、列車の振動特性と被験者(=乗客)の体感評価との相関関係の再分析を試みた。

車体床面で計測された左右振動加速度と、その低周波成分の平均値として規定される左右定常加速度を振動特性データとして用いた。一方、各試験曲線走行中に感じた乗り心地の程度を被験者が4段階のカテゴリー尺度(たとえば、①問題ない、②やや気になる程度、③不快、④非常に不快で許容できない)で評価したものを間隔尺度データとみなし、全被験者の平均値を算出し分析に供した。被験者数はのべ293名、姿勢は立位と座位であった。

3. 結果と考察

3-1. 評価対象の整理

車両のタイプや乗客の姿勢の違いが評価に影響するならば、これを考慮に入れる必要がある。そこで、左右定常加速度が記録された各曲線データについて、車両タイプ(新幹線、在来線特急、近郊型の3種)と姿勢(立位と座位の2種)の2要因が不快感(4段階)に及ぼす影響を分散分析法で検定した。その結果、姿勢の主効果は有意($F_{(1,132)}=8.99, p<.01$)であり、立位の方が厳しい評価となることが示されたが、車両タイプの主効果、姿勢と車両タイプの交互作用はともに有意ではなかった。このため、姿勢条件のみを区別して検討する。

3-2. 左右定常加速度の影響

図1は左右定常加速度の増加につれ、乗り心地的に許容できないとする乗客の割合がどう増加するかを、立位・座位別に示したものである。この図より、次のことが確認できる。

図1 定常加速度と不快感の関係

・定常加速度の増加につれ不快感も漸増するが、立位の場合には 1.0m/s^2 を超える付近から不

快感が急増する。なお、多重比較検定の結果から、この値を超えると不快感が有意に増加することが確認された。

・座位の場合には、得られたデータの範囲内では、特に不快感が急増する傾向はみられず、許容できないとする乗客は最大でも 10%に満たない程度である。

・立位・座位ともに、これまで基準とされてきた 0.8m/s^2 付近で不快感が大きく変化することはなく、一般に 0.8m/s^2 を許容できないとする乗客は 5%を下回っている。

3-3. 複数の振動特性を併用した評価法

以上は、左右定常加速度と乗り心地の関係について考察したものであるが、より周波数の高い振動成分（左右振動加速度）を加味して評価すると、体感乗り心地との相関が高まる傾向があることが幾つかの研究で指摘されている¹⁾²⁾。そこで、両要因を併用して精度の高い評価法の作成を試みることにした。

国鉄時代の評価基準と同様に、「5%超の乗客が許容できないとする場合」を乗り心地の許容限度とみなし、曲線中の左右定常加速度と左右振動加速度（p-p 値、全振幅）を独立変数、被験者の評価（許容できない乗客が 5%以下の場合を評点 1, 5%超を評点 2 とした）を従属変数としてステップワイズ式の判別分析を行った。

た。その結果、両変数ともに評価に有効な変数として採択された。

図 2 は評点 1 と評点 2 の境界を示す線形判別関数を立位・座位別に示したものである。ちなみに、定常加速度を y 、振動加速度を x とすれば、立位： $y = -0.5x + 1.6$ ，座位： $y = -0.67x + 2.2$ である。座位の方が全般に評価が緩やかで、とりわけ左右定常加速度の変化に鈍感なことが読み取れる。

以上の結果をもとに、営業列車の乗り心地上の許容限度を考えるならば、全般的に厳しめの評価となる立位乗客の判別関数を、左右定常加速度が 1.0m/s^2 を超えない範囲で用いるのが妥当と考えられる。

4. おわりに

今後は、立位乗客の姿勢方向の違いを考慮したり、車体傾斜車両への適用可能性を検証することにより、本指標の信頼性向上を図りたい。

文 献

- 1) 鈴木浩明：快適さを測る ―その心理・行動・生理的影響の評価、日本出版サービス、1999。
- 2) Harborough, P.R. : Passenger comfort during high speed curving - Analysis and conclusion, TR DOS 017, No.260-386-017, British Rail Research, 1984。

図2 乗り心地面からみた曲線走行時の許容限度