振動、動揺下における乗り心地と 生理要因・生理計測

岡田 晃、中村裕之（金沢大学）

Physiological Mechanisms and Assessment for Vibration Effects,
Discomfort and Motion Sickness

Akira Okada, Hiroyuki Nakamura (Kanazawa University)

I. はじめに

振動は、重心も一緒に移動する、普通みられる垂直振動（鉛直振動）・水平振動のことを重心移動の振動と呼び、一般にはこの際の人体影響を全身振動の影響とするのに対し、重心の移動しないような縦揺れ、横揺れのような動きのことを重心固定的動揺と呼び、このような乗り物の動揺の場合に起こる乗り物酔いのことを、動揺病として区別する。

II. 全身振動に対する生理学的機能の変化

元来、振動の生体影響で最も関心がもたれたのは伝達様相と生体影響との関連、とくに共振振動数と影響との関係である。すなわち振動の伝達様相と生体への影響ははたして対応するものなのか、また振動数による影響の差異を浮きぼりにするのに変位、速度、加速度などのいずれで表した方がよいかということなどであった。これはまた生理的影響に関連してどの尺度を用いた方が妥当であるかという問題解決にもつながる。そこで加速度に注目して加速度一定の条件で種々な振動数の振動を負荷することとした。図1は振動加速度 0.3 G （約 3 m/s^2 ）の一定の振動を30分間負荷したときの指先脈波の変化を振動数との関係でみたものである。全身振動によっておこる末梢血管の収縮は、とくに 6 Hz の振動数の振動によって顕著におこってくる。図2は「大変好ましい」から「耐えられない」に至る各段階の主観的反応を調べたものであ

図1 0.3 G の振動負荷時の指先脈波

る。この場合にも、 6 Hz で強い影響が認められ、主観的反応は、いわば動的応答に対応していることが明かである。そこで振動の伝達と生体反応、いいかえるならば振動数と生体反応との間には密接な関係があり、生体の共振状態において生理的影響も著しいことがわかる。後にClarkらは振動負荷時の酸素消費量はいわゆる共振振動数といわれる振動数でその消費が顕著となること、また振動加速度で表すとそれが浮きぼりにされることを報告しており、これらのことから振動の生体影響は加速度で示すこと、また共振振動数では生理的影響、障害も著しくなることなどが一般的な考え方となってきた。

また振動時のX線連続撮影での結果から胃の共振振動数のピークは $4\sim 5\text{ Hz}$ の間にあることが認められている。振動刺激による胃部への影響は、全身振動の物理的刺激としての中枢を介さない直接的作用による部分が大いことが動物実験により明らかにされている。

図2 振動数と主観的反應の關係

内分泌系への影響は実験振動度に関係してくる。振動刺激が大きいほど、副腎のNADP, NADPH系などの増加の反応が顕著になってくる。振動は、非特異的ストレス同様、中脳-前頭葉皮質ドパミン神経系などを賦活化する以外にも、扁桃体などでの神経ペプチド活性の変化をもたらし、これと振動刺激の特異的感覚との関連が想定されている。また、妊娠時に交通車輛で長期の旅をすることが禁じられるのも流産をおこす危険があるからである。振動による子宮血流量の減少が、流産の一因であることも指摘されている。

III. 動揺病

受容器系の中で前庭器官は確かに空間における方向づけに関して最も重要な器官であるが、加速度刺激の知覚および動揺病の引き金としては、ほとんどすべての身体感覚系が関与していることがわかっている。骨格筋系と同様に皮膚、結合組織、および関節の圧受容器も役割を担っており、腸間膜における腹部器官の懸垂部からの求心性インパルスは、腹部圧の変化に関する信号伝達に重要である。また、視覚情報は単独でも明らかにかなり重要であり、共働動作の視覚的障害を起こし得る。嗅覚系は、例えば船酔いの場合には、ある種の臭い刺激（油煙、排気物、食物の臭いなど）があるために、明らかに重要な役割を果たしている。これら臭い刺激は、通常の状

態ではそれほど不快と感知されないが、海では強い誘発効果をもち、嘔吐を伴う動揺病をおこす。

今までのところ動揺病を起こす機械的振動の性状については、明確には定義されていない。垂直加速度、振動数、動揺パターンが船酔いの引き金となり、回転振動もいくらかの役割をもつという指摘もある。これに対して、低振動数の回転振動は前庭器官の刺激となるという推定が十分に根拠のあるものとして提唱されている。それゆえ、三半規管への刺激もまた動揺病の進展に部分的に関与していると考えられる。しかし、この効果には非常に個人差があり、なお他の誘引も関与せねばならず、したがって動揺病発症のすべての場合に必ず関係しているとは限らない。

振動数との関係では、動揺病は0.5 Hz以下の振動数においてのみ（本質的には0.3 Hz以下で）出現すると思われ、その影響は一定の加速度のもとでは、振動数が低下すると増強される。

IV. おわりに

車輛上で実際、振動あるいは動揺に暴露される場合、その生理的影響も含め、作業能率の低下や乗り心地への影響には、当然、方向や回転性、衝撃性といった振動あるいは動揺の条件の複合性に加え、騒音や温度などの他の物理的環境条件や、他のストレス要因の存在をも十分に考慮しなければならない。それは、ヒトの生理的影響が発現するまでの機序は非常に複雑であり、また作業を行うプロセスにも個人差が非常に大きいからであり、場合によっては振動あるいは動揺と他の要因とのいわゆる複合影響を評価することも今後の重要な課題とされている。

参考文献

Okada, A.: Researches on Physical Environmental Factors and Others, Eiko Printing, Co., Kanazawa (1992).