揺れが伴う環境における視覚刺激が人体に及ぼす影響

○猪股伸一（いすゞ自動車㈱）、町田信夫（日大・理工）

Influence the vision stimulus in the environment accompanied by a shake affects a human body
Shinichi Inomata (ISUZU MOTORS LTD), Nobuo Machida (Nihon University)

1. はじめに

ヒトが振動—視覚対象は静止もしくは振動しているといった、振動と視覚刺激が複合する環境では、人体は前庭、視覚、体性感覚といった感覚間に矛盾が生じることによって、乗り物酔いのような不快感を覚えることがある。しかしながら、その発生メカニズムは複雑なため、詳しくは解明されていない。そこで本研究では、揺れが伴う環境下で視覚作業を行うことを事例として、生理・心理反応と振動量の計測により、このような刺激が複合する場合の人体の感覚特性について人間工学的に検討した。

2. 方法

2.1 実験方法

振動刺激は被験者が着座した状態で振動台から振動を暴露し、視覚刺激はPCプロジェクターにより前方にあるスクリーン上に投影した。刺激暴露時間は12分間とし、暴露前後に3分間の安静を設けた。なお、被験者は実験条件により相違するが4~10名の健康な男子学生である。

2.2 実験条件

振動刺激条件は乗り物酔いのような不快感に関与する振動数の領域を含め、陸上交通機械を想定した鉛直方向の正弦波全身振動とした。（振動数0.5~2.0Hz、振動加速度実効値0.04~1.12m/s²）。

視覚刺激は、追従、飛越の眼球運動を伴う視覚刺激とし、左から右に流れる正弦波形の一点を追従させるアナログ型刺激（視標振動数0.3(A①)、0.5(A②)、0.7(A③)Hz、振幅40cm、以下A刺激と記述）と、3×3の9分割した領域のうち、点灯した領域をクリックさせるデジタル型刺激（以下D刺激と記述）の2つに大別し、以上の各刺激を組み合わせで検討を行った。

2.3 測定項目

生理反応は心拍、呼吸、皮膚温（鼻頭部）の変動を指標として自律神経系への反射により求めた。心理反応は自覚疲労症状しらべ（日本産業衛生学会）を指標とし、さらに5段階の単極尺度で不快感の評定も行った。振動量は頭部(x, y, z 軸)、腰部(z 軸)の振動加速度を測定した。

3. 結果・考察

3.1 生理反応について

図1に心拍数比の時系列変化の一例を示す。解析は刺激暴露前安静時を基準値1として暴露中の値をその比率で表した。振動単独時(振単)では、暴露中の値が安静時の値1を上回ることが少ないことから、安静時に比べ刺激暴露時は交感神経系の活動が優位に働いていないと思われる。複合刺激時(振動刺激+A刺激、振動刺激+D刺激)では、安静時の値1を上回ることが多いことより、安静時に比べ刺激暴露時は交感神経系が優位になりやすいと思われる。

図1 心拍数比の時系列変化の一例
(n=10, 0.28m/s², 1.0Hz, 10mm)

図2 心拍数比の時系列変化の一例
(視覚刺激単独時)

そこで、複合刺激時では安静時に比べ、交感神経系の活動が何故優位に働くのか、そして優位に働くのならば振動刺激と視覚刺激、どちらの影響を受けやすいのかについて検討した。まず、視覚刺激単独時での人体に及ぼす影響について述べる(図2参照)。A刺激(視標振動数0.5Hz)時では暴露中の値が安静時の値1付近にあることから、交感神経系が優位に働いていない。D刺激ではやや交感神経系が優位に働いていた。これら図1と図2を比較・検討した結果、複合刺激(振動+A刺激)時では、各々刺激単独ではあまり影響を及ぼさないが各刺激が複合されることで交感神経系の活動が優位に働くと考えられる。また振動+D刺激時では、D刺激単独時においても交感神経系の活動が優位に働いていたため、視覚刺激の影響を受けやすいと思われる。

図3に複合刺激時における加速度(振幅 10mm 一定)と心拍数比の関係を示す。横軸は対数量である振動加速度レベル[VAL]で表し、図中の値は暴露 12 分経過時とした。振動+A 刺激時では、加速度と弱い負の相関がみられ、振動+D 刺激時では加速度による変化はみられないが、安静時に比べ常に交感神経系の活動は優位に働く傾向である。

図3 VAL と心拍数比(暴露 12 分後、平均値±標準偏差)

3.2 心理反応について

図4に不快感を5段階で評定した結果を示す。複合刺激時は各刺激単独時に比べ不快になりやすい傾向にあるが、その程度は低いいため更なる検討が必要である。また、自覚疲労症状しらの群別訴え率については振動単独時に比べ複合刺激時は「ねむけとだるさ」の因子を持つⅠ群の訴え率が減少傾向にあった。

図4 不快感の5段階評定(0.07~1.12m/s²,振幅 10 mm一定)

3.3 座位鉛直振動時の頭部振動について

図5 座位鉛直振動時の頭部(x 軸)振動, 平均値±標準偏差

図5に頭部 x 軸方向への頭部振動を示す。解析は鉛直方向の振動を受けることで頭部の動きがどの程度誘起されるのかをみるために腰部を基準として頭部との加速度比(振動応答と呼称)を算出した。振動数

(加速度の変化を伴う)が低くなるにつれ、頭部振動が誘起されやすい。しかし、視覚刺激が加わることにより振動応答は減少している。このことは、振動による視機能の低下を抑えようとするため被験者は無意識のうちに頭部振動を抑制していたと考えられる。特に、頭部振動を抑制しようとする働きが大きいのは D 刺激の場合であった。

3.4 複合刺激時における視標振動数変化が人体に及ぼす影響

図6 心拍数比の時系列変化の一例

(複合刺激時における視標振動数変化)

生理反応の結果(図6)より、視標振動数が 0.7Hz(A③)の時には視対象を追いくなくなっていたことから、安静時に比べ交感神経活動が優位に働く傾向が 0.3, 0.5Hz(A①, A②)の時より大きい。また、心理反応の結果からは視覚刺激単独時に比べ複合刺激時では「注意集中の困難」の因子を持つⅡ群の訴えが増加傾向にあった。

4. おわりに

振動刺激と視覚刺激が複合する場合の人体特性について以下のことを明らかにした。各々単独では人体に及ぼす影響が少ない刺激であっても複合することにより、安静時に比べ交感神経系の活動が優位に働き、不快感も各刺激単独時に比べ大きくなる傾向にある。その要因の一つとして頭部に伝わる揺れを抑制する働きが表れることが挙げられる。最後に、本研究で得られた成果をクレーン車の荷積み、油圧ショベルの掘削といった揺れが伴う環境における作業システムを構築する際に取り入れることで、作業者の不快感を軽減できると考えている。すなわち、このような環境下では低振動数・低加速度域において視覚情報との感覚矛盾を起こさせないようにすることが必要である。しかし、その方法論及び振動刺激と視覚刺激の位相が異なる場合等の課題もあるため、更に検討していきたい。

参考文献

- 1) 町田, 猪股: 「振動環境下で加えられる視覚刺激が人体に及ぼす影響」, 日本音響学会講演論文集, 731-732, 2003.9