E-2

自動車運転時における疲労と生体負担に関する研究

Study of the driver's psychological and physiological work-loads during automobile driving

○荒木武蔵 [1],松田礼 [2],町田信夫 [2]
* Musashi Araki[1],Hiroshi Matsuda[2], Nobuo Machida[2]

Abstract: The purpose of this study was to determine the relationship between driver's fatigue and mental work-loads during automobile driving by measurement of psychological and physiological response. The subjects was induced in a fatigue condition by driving in round course and acceleration-deceleration performance by using simulated signal on the multipurpose test track. We report the examination results of relationship between driver's fatigue, psychological response, and physiological response.

1.はじめに

交通事故の内訳は，漫然運転や脇見運転，安全不確認等が約 7 割を占めており，この一因として運転疲労によるヒューマンエラーが関与していると考えられている [1)]．心拍間隔計測や脈波計測による安全運転補助システムが開発されているが，運転疲労を評価する指標や基準は確立されていない．

本研究の目的は，自動車運転時の運転者の生理・心理反応を測定することにより，運転疲労と生体負担の関係を明確にすることである．本報では，試験路に設置した周回コース内でタスクを課した自動車運転により被験者を疲労状態に誘導し，その際の生理・心理反応について検討した結果を報告する．

2. 実験方法

2.1　実験条件

実験は日本大学理工学部内の交通総合試験路に設置した，Figure1 のような 1 周約 600m の周回コースで実施した．直線区間は時速 40km/h の定速走行，カーブは任意速度で走行という条件で運転させた．被験者は健康な 21～22 歳の男子大学生 10 名で行った．直線区間に 2 ヵ所設けた停止指示灯は 2 個 1 組で，間隔は 3m である．被験者には，2 個の停止指示灯のいずれかが点灯したら，停止目標位置で急制動(0.4G 以上)にならないように停止し，どちらも点灯しない場合は通過するタスクを課した．停止指示灯の点灯パターンはランダムで，点灯タイミングは自動車が停止目標位置手前 30m を通過した時とした．このタスクは，被験者が運転疲労により停止指示灯の認知が遅れた場合，急制動を得るためのブレーキ操作をさせる事を意図している．点灯パターン・タイミングは被験者に教示せず実験を行ない，連続で 2 時間運転した後，実験を終了した．

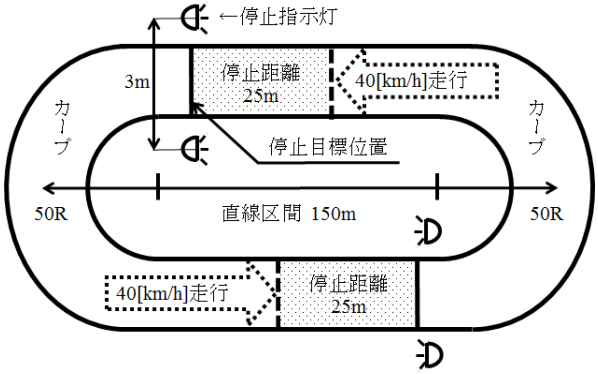

Figure1. Outline of experimental course

2.2　測定項目，評価方法

本研究では，皮膚表面温度，心電図，唾液アミラーゼ活性値，単純反応時間，及び CFF 値により生理反応を，自覚症しらべと NASA-TLX により心理反応をそれぞれ測定した．また，車速と加速度を GPS で測定した．

自律神経の活動度を評価するために皮膚表面温度と心電図をリアルタイムで測定した．これらは，運転前の安静 3 分間の平均を基準として，運転中の変化率を算出した．心電図からは，心拍数を測定した．心拍数は安静時に対して増加した場合は交感神経優位，減少した場合は副交感神経優位と判断した．皮膚表面温度は，額部温度を基準としたときの鼻頭部との温度差を指し，交感神経が優位に働くと鼻頭部の毛細血管への血流減少により額部温度との温度差が大きくなり，副交感神経が優位に働くと鼻頭部への血流が増加し額部温度との温度差が小さくなる．また，ストレス評価指標として利用されている唾液アミラーゼ活性値，精神的疲労の指標として脳の覚醒度を表すとされる CFF 値(下降法)，刺激が提示されてからそれを認知し行動するまでの時間である単純反応時間を，運転の前後で測定した．

心理反応測定には，自覚症しらべ（日本産業衛生学

１：日大理工・院（前）・精機　　２：日大理工・教員・精機

会産業疲労研究会 2002 年度版）と NASA-TLX を用いた．自覚症しらべは作業に伴う疲労感の変化を捉える質問紙で，本実験では運転前の測定値を基準として運転後の変化率を算出した．また主観的作業負荷を評価する NASA-TLX を実験後に実施し，作業負荷を表す総合点である AWWL 得点を算出した．

3. 実験結果および考察

3.1 生理反応測定

Figure2 に心拍数，皮膚表面温度の被験者 9 名の平均値を示す．両側の縦軸は，運転前 3 分間の平均値を基準値(1.0)とし，1.0 以上で交感神経が優位に働いていることを示す．心拍数・皮膚表面温度共に運転開始直後は交感神経優位，その後副交感神経優位へと徐々に移行する傾向がみられた．運転終了後は，皮膚表面温度，心拍数共に低下を示しており，運転前と比較して副交感神経優位の状態であった．したがって，運転者が運転疲労状態となった場合，皮膚表面温度と心拍数は副交感神経優位傾向を示すという結果となった．

運転前を基準とした運転後の唾液アミラーゼ活性値，単純反応時間，CFF 値の被験者 10 名の平均変化率は，唾液アミラーゼ活性値は 60%程度の上昇，単純反応時間は 1%程度の上昇がみられ，生体負担の増加を示していた．しかし，CFF 値は，安静状態に対して有意な変化はみられなかった．

3.2 心理反応測定

Figure3 に運転前を基準(1.0)とした，運転後における自覚症しらべ変化率の全被験者の群別の平均結果を示す．Figure3 によると，全群において運転後に疲労感が上昇しており，Ⅰ群のねむけ感の上昇が最も大きくみられた．その中でも特に「ねむい」の質問項目において，変化率 2.2 程度の大きな増加がみられた．

Figure4 に運転後の NASA-TLX のスコアを示す．同図によると，全項目の中で身体的要求が最も高いスコアを示している．これは，Figure3 に示した自覚症しらべⅣ群の「足がだるい」や「腰がいたい」等の項目でみられた変化率 1.8 程度の大きな上昇傾向とも一致していることから，自動車運転に伴うペダル操作や同一姿勢の保持により，スコアが上昇したと考えられる．また NASA-TLX の AWWL 得点と唾液アミラーゼ活性値，単純反応時間とは，それぞれ 0.60，0.52 と比較的高い正の相関がみられ，AWWL 得点が運転疲労評価において有効である可能性が示唆された．

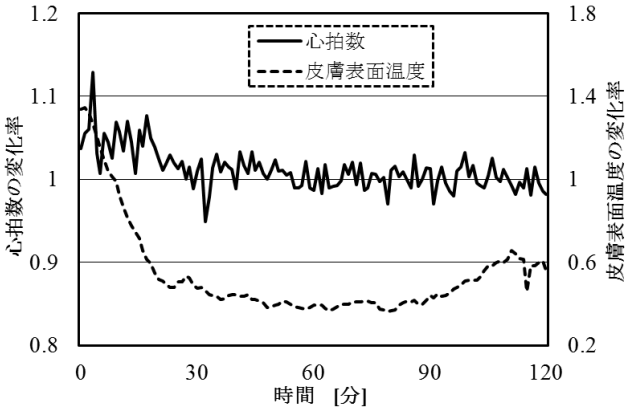

Figure2. Heartrate and skin temperature ratio

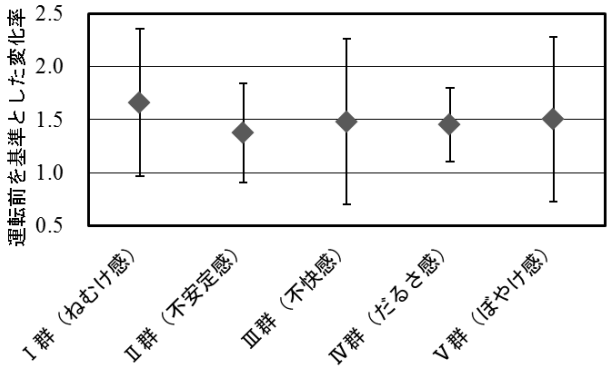

Figure3. Jikaku-sho shirabe score ratio

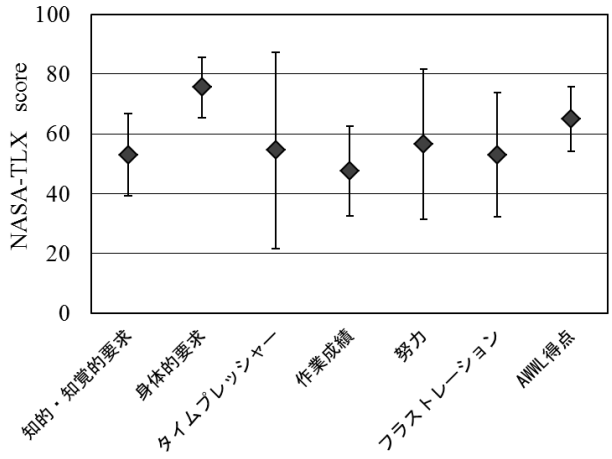

Figure4.NASA-TLX score

4. おわりに

生理反応測定の結果より，運転疲労状態においては副交感神経優位である傾向がみられた．心理反応測定からは，自動車運転は運転操作に伴う身体的要求が高い作業であり，また，ねむけ感に関する疲労感を強く感じる作業であるという結果がみられた．

5. 参考文献

[1] 荒木武蔵 他：“自動車運転時の生体反応に及ぼす運転疲労の影響”，日本人間工学会第 56 会大会講演集，p190-191，2015.