

刺激検出課題法と筋電図を用いた精神的負担に関する研究

藤井 達史

【本研究の目的】

カーナビゲーションシステムに代表される車載情報(In-vehicle Information Systems; IVIS)機器の高性能化が著しい。しかし、IVIS 機器の高性能化が進むことでドライバが運転以外の作業を行い易くなることが指摘されており(Akamatsu et al, 2013)、交通事故原因の一端を担っていることが懸念される。ドライバの注意が運転以外の作業に逸れることで安全運転に必要な情報を処理できなくなる状態は認知的ディストラクションと呼ばれ(NHTSA, 2012)、客観的な評価指標の確立が課題となっている(AAA Foundation for Traffic Safety, 2013)。この認知的ディストラクションは運転に必要な注意資源の欠乏がその背後にあると考えられる。そこで本研究では運転以外の課題に伴って消費される注意資源量を精神的負担と定義し、機器操作に伴うドライバの精神的負担を推定できる客観的指標を検討することを目的とした。精神的負担を評価できる指標と考えられている指標の中から、評価に際して負担が低く、かつ簡便に取得できる手法であると考えられるマルチモーダル刺激検出課題(Multi-modal Stimulus Detection Task: MSDT)と筋電図に着目し、精神的負担評価における有効性に関する議論を行った。

【実験 1: MSDT と筋電図による 異なる運転環境での精神的負担評価】

異なる 3 つのモダリティを用いた刺激検出課題である MSDT はドライビングシミュレータ(DS)で再現された運転要求水準が一定の運転課題によって精神的負担の評価指標としての有効性が示されている(石川ら, 2013; 篠原ら, 2012)。よって本研究では、運転要求水準が高くドライバの注意資源がより削減された状態でも MSDT による評価が可能か、DS だけでなく実際走行場面でも同様の評価が行えるか、の 2 点について検討した。また、DS 実験では運転中の筋電図を取得し、MSDT 同様にドライバの精神的負担を反映する指標であるかの検討を行った。

結果、MSDT の平均反応時間と見逃率は運転要求水準や実験環境の異なる実車実験でも同様に、ナビ操作の難易度に感度を有することが示された。また、DS 実験と実車実験とで結果の比較したところ、両者の結果はほぼ相違ないが、視覚モダリティのように天候等の環境要因による影響を受けやすいモダリティがあることに注意し、分析方法や実験デザインを工夫することで、注意資源の変化にのみ感度を示すという意味での選択性を確保することが求められた。

また、ナビ操作を行う上肢の筋肉はナビ操作の違いに感度を持ち、ペダル操作を行う下肢の筋肉の活動は運転要求に感度を持つことが示された。しかし、ナビ操作の難易度に合わせて操作手数も上昇していたことから、ナビ操作を行っていた上肢の筋活動には、作業に伴う認知的負荷と作業量の影響が混在していた可能性が考えられた。そして、下肢の筋肉は車体制御との相関を示し、異なる運転要求やナビ操作による制御難易度を反映していたと考えられ、多重資源モデルの反応段階における課題間の競合に感度を有することが示唆された。筋電図に関しては、分析区間や実験デザインを工夫することで、操作に伴う動作の影響と認知的負荷による影響とを切り分けることが課題として挙げられた。

【実験 2: 上部僧帽筋の活動に反映される精神的負担の影響】

実験 2 では、課題に伴う認知的要求や精神的ストレスに感度が高いと考えられる上部僧帽筋の活動から認知的負荷による精神的負担を評価することを試みた。難易度と課題特徴の異なる複数の認知的課題を課し、課題遂行中の筋電位を比較した。

結果、上部僧帽筋の活動は認知的課題の遂行によって安静状態よりも高くなることが示されたが、反応に伴う活動量に影響を受けている可能性も示唆された。そこで、類似した反応時間を持つ課題間での比較を行ったところ、比較的長い反応時間を要する課題の組合せでは、認知的負荷や主観的な精神的負担が高い課題で筋活動が高くなることが示唆され、上部僧帽筋の活動から精神的負担の検討を行うことができる可能性があると考えられた。

【実験 3： 随意収縮制御に反映される精神的負担】

実験 3 では随意的に一定の筋力を出し続ける筋活動から精神的負担を評価することを試みた。ストループ干渉に曝される時間(試行時間の 100%, 50%, 0%)によって精神的負担を操作した。参加者には利き手でストループ課題を行うことと、非利き手で最大出力の 20%の筋力を維持することを求めた。

結果、1 度目の試行でストループ干渉の効果が認められ、計測区間を 10 秒ごとに分割して分析した結果、課題中に一貫してストループ干渉に曝露される条件(100%条件)では、他の条件(50%, 0%条件)よりも高い筋力での制御が行われていた。さらに、全ての条件で経時的な制御成績の変化は観察されず、課題開始直後にストループ干渉を受けることで、随意収縮制御時の筋力に影響が表れたことが示された。しかし、2 度目の試行では、ストループ課題の平均反応時間には干渉の効果が依然として残っていることが示されたが、随意収縮制御には影響が認められなかった。よって、試行を繰り返すことで二重課題への慣れが発生し、評価に影響する可能性があると考えられた。

【総合論議】

本研究から、MSDT が様々な運転要求や実験環境に依らず、ナビ操作に伴う精神的負担に感度を持つことが示された。また、DS 実験と実車実験との結果はほぼ同様であり、どちらの環境でも適用可能であることが示唆された。このことは、MSDT が精神的負担の評価指標として感度を有するという点に関するさらなる知見であると言える。さらに、本研究では十分検討することができなかつた感度の鋭さや、時系列的な精神的負担変化への対応を検討することが課題であると考えられた。また、定量的に認知的負荷を操作できる課題をナビ操作の代理課題として実験を行うことで、より認知的側面に重点を置いた機器の安全性評価への応用も期待できる。

筋電図による評価は、課題特性や評価したい内容に指標とする筋活動を上手く組み合わせることで、精神的負担の評価指標としての基準(Wickens & Hollands, 1980)をおおむね満たすことが示唆された。今後は筋電図に影響する各要因の対応関係を検討し、指標としての位置づけを定めることが課題であると考えられた。

本研究で検討した 2 つの指標は、互いに反映しやすい要素が異なることが示唆された。よって、これらを組み合わせた多面的な評価を行うことで、より作業者の負担を的確に評価することができる可能性が示された。(応用認知心理学)