

2024年8月8日

報道関係者各位

国立大学法人筑波大学
国立大学法人長岡技術科学大学

一時的なストレス時に身体が発する退屈を数値化する手法を開発

ストレスを数値化する新たな手法として、統合情報理論を用いて生体信号を包括的に評価する方法を開発しました。被験者の主観報告の分析により、ストレスが退屈の感情と強く相関することが明らかとなり、この方法が、主観性も含むストレスの包括的な評価指標になりうることが示唆されました。

ストレスは誰もが経験する身近な事柄ですが、多面的な反応であるがゆえに、その度合いの客観的な数値化は困難です。血圧や発汗や脳波などの互いに独立な生理指標を単独もしくは組み合わせて評価しようとしても、隠れた要因が包括的な解釈に影響を与えることがあります。

本研究では、さまざまな生理指標をバラバラに扱うのではなく、脳を含む身体という一つの統合されたシステムとして捉えることで、主観的に感じるストレスを評価することを試みました。一時的なストレスを引き起こす要因として用いられる計算課題について、難易度の異なる（低、中、高）課題を被験者に解いてもらう実験を実施し、その際の脳波、心電図、皮膚電気活動などの生体信号を測定しました。そして、複数の時系列データからなる動的なシステムのまとめ（統合度）を定量化する手法である統合情報理論を用いて、生体信号全体の活動からストレスを数理的に評価しました。

その結果、中難易度の課題に対しては最も統合度が低く（ストレスが小さい）、低難易度および高難易度の課題では統合度が高くなっていました。また、被験者のさまざまな主観報告を分析したところ、新指標は「退屈」の項目と最も強い相関があることが分かり、主観性も含むストレスの包括的な評価指標になりうると思えます。本研究成果は、主観的なストレスの基盤には「退屈」という感情があることを示唆しており、明示的な外部刺激の不在に対する反応としてのストレスという新たな視点を提供するものです。

研究代表者

筑波大学 システム情報系

新里 高行 助教

長岡技術科学大学 工学部 情報・経営システム系

西山 雄大 准教授

研究の背景

ストレスは、自律神経や脳の伝達物質、神経活動、環境などが複雑に絡み合う現象です。そのため、ストレス刺激を受けている時の身体的な変化（客観的生理データ）と主観的なストレス評価はしばしば食い違えます。従来の研究では、血圧や発汗、脳波などの単一的な指標を用いてストレス度合いを評価しようと試みてきましたが、これらは必ずしも安定した結果を提供するものではありませんでした。

そこで今回、統合情報理論^{注1}という、近年、脳科学で注目されている理論を用いて、より包括的なストレス評価に取り組みました。統合情報理論は、もともと、多点で測られる脳波のどこがどれくらい「一体」になっているかを見積もることで、意識の度合いや状態を数理的に評価するために提唱されたもので、時間の経過に伴って変化するシステム一般への応用可能性を秘めています。この理論に基づき、本研究グループではこれまでに、身体錯覚の尺度として有用であることなどを示してきました (Niizato et al., 2022)。

研究内容と成果

本研究では、ストレス時の身体的変化を測定するため、被験者（男性 15 人・女性 5 人・22-30 歳・日本人）に難易度の異なる計算課題をパソコン上で 30 分間解いてもらう実験を実施しました。計算課題は一時的なストレスを引き起こすストレッサー（外部刺激）としてよく用いられるもので、難易度により以下の 3 種類があります。

- 低難易度の課題：3 秒ごとに表示される一桁の足し算を解く
- 中難易度の課題：一桁の足し算を自分のペースで解く（解答直後に次の問題が表示される）
- 高難易度の課題：3 秒ごとに表示される二桁の足し算を解く

計測対象は、身体状態を特徴付ける自律神経系指標（心拍・発汗の 2 点）と、脳状態を特徴付ける中枢神経系指標（脳波正中 3 点）からなる比較的小さな身脳システムです。課題実施中のこれらの身体と脳の反応に統合情報理論を適用することで、課題の難易度（ストレスの程度）に応じてシステムの統合度（システムとしてのまとまり具合）がどのような変化をしているのかを調べました。もし、ストレスがより意識的な作業を伴うならば、身体と脳の相互作用は増加して統合度が高まることを意味しています。

その結果、中難易度の課題では最も低い統合度、高難易度の課題ではそれより高い統合度が得られました。このことは、被験者が中難易度の課題に対して能動的に振る舞うことができる（好きなペースで課題に取り組める）一方、高難易度の課題に対しては、受動的に振る舞わざるを得ない（解けない課題をやり続ける）ためだと考えられます。また、興味深いことに、低難易度の課題に対して、高難易度の課題以上の統合度を示すことを発見しました。つまり、課題が簡単すぎる場合、多くの時間を「何もしないことを強いられている」状態になっていることを意味します。

さらに、課題に対する緊張感、努力、集中、疲労感、いらだち、退屈さ、うんざり感といった被験者の主観的な感情の程度を、アンケートによって調べました。生理データから得られた指標と、この心理的な指標を比較したところ、本研究が提案する新指標は「退屈」の項目と強い相関を示すことが分かりました。同時に、このような退屈との相関関係は、生理データ単体（心拍・皮膚温度・皮膚電気抵抗）では得ることはできないことも確認できました。この結果は、この新指標が、ストレスにおける退屈の感情を数値化できるだけでなく、「退屈」という感情が主観的なストレスの基盤となっている可能性を示唆しています。

今後の展開

ロシアの作家レフ・トルストイは、退屈とは「欲望への欲望」であると述べました。この背景にある感情こそ、アンナ・カレーニナを不義へと、そして自身の破滅へと導いたのです。このようなモチーフは、退屈における、自分ではどうすることもできないという受動性がもたらすストレスによる自己破壊的な側面をよく捉えているように思えます。事実、退屈しやすい傾向にある人は、害を及ぼすような刺激をあえて選択することもあります。このことは、退屈によるストレスをうまく処理する必要性があることを意味しています。

本研究の成果は、従来のストレス評価方法の限界を克服する新しいアプローチを提案するだけでなく、ストレス下における退屈状態の重要性を示しています。今後、さらに多くの被験者を対象に、より多様なストレス状況での評価や、個人間のストレス反応の違いを明らかにする必要があります。また、この方法を応用することで、労働環境や教育現場などでのストレス管理にも役立つと期待されます。

参考図

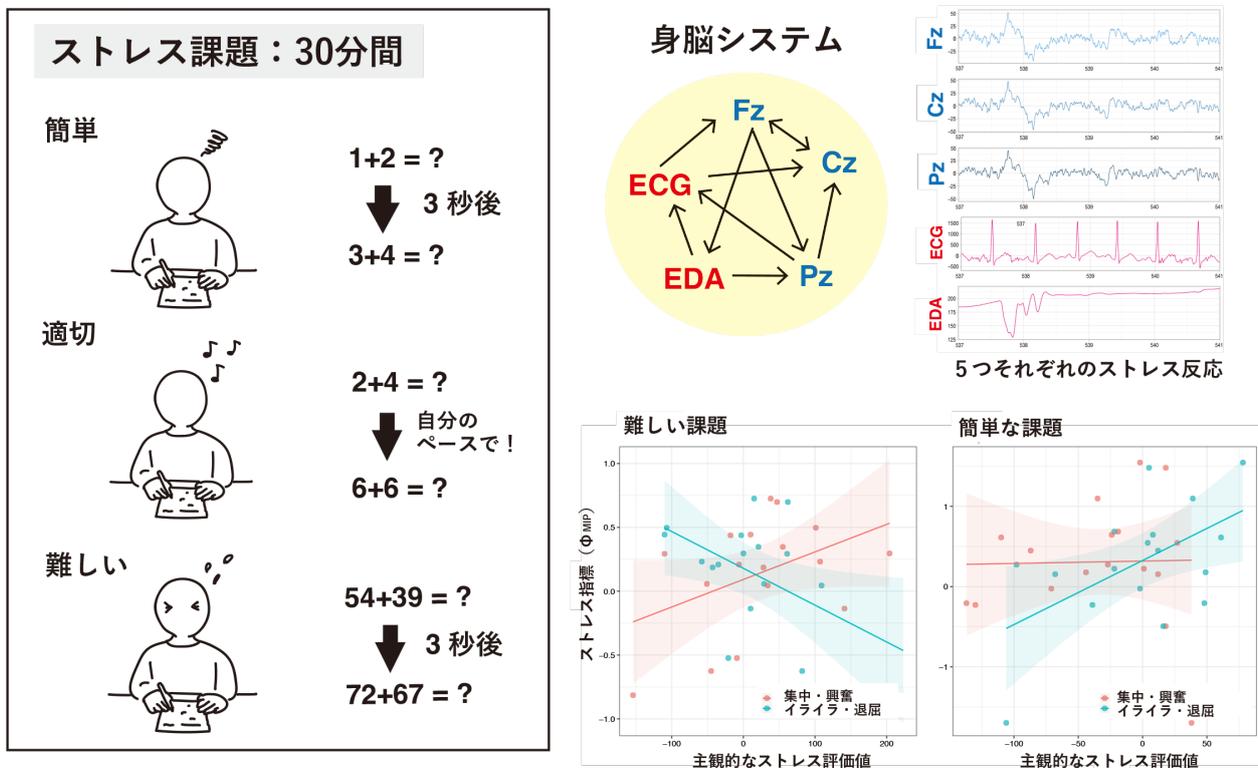


図 本研究に用いた実験手法と主な結果

左図：実験の手法。30分間の計算課題を行う。一桁の足し算を3秒以内（簡単：低難易度）もしくは時間制限なく好きなだけ解く場合（適切：中難易度）と、二桁の足し算を3秒以内（難しい：高難易度）で解く場合。一般的に難しい課題はストレスがかかりやすく、簡単すぎる課題は退屈になりがち。

右上図：生理データ（心拍：ECG・発汗：EDAの2点と脳波正中3点：Fz、Cz、Pz）のネットワーク構造（左）と実際の生理データの時系列（右）。この5つの反応を一つのシステムとして統合情報理論を適用した。

右下図：主観的アンケートとストレス指標 Φ_{MIP} （統合情報量）の相関関係。難しい課題は退屈しない一方で集中・興奮などの覚醒度が高い状態（左）。簡単な課題は退屈と相関する一方で、集中・興奮などの覚醒度はニュートラルな状態であることを意味する。

用語解説

注1) 統合情報理論

人間の意識の程度を、脳内のネットワークで統合された情報量として計測し、理解しようとする理論で、2001年にイタリアの脳科学者トノーニが提唱した。近年では脳と直接の関係を持たない分野にも応用されつつある。

研究資金

本研究は科研費 基盤研究 B、基盤研究 C、学術変革領域研究(A)による支援を受けて実施されました。

掲載論文

【題名】 Toward a stressor-free stress estimation: Integrated information theory explains the information dynamics of stress

(ストレッサーに依存しないストレス測定に向けて：統合情報理論によるストレスの情報ダイナミクスの解明)

【著者名】 Takayuki Niizato, Yuta Nishiyama, Yuta Oka and Poe Thinzar Aung, Shusaku Nomura

【掲載誌】 iScience

【掲載日】 2024年7月26日

【DOI】 10.1016/j.isci.2024.110583

問い合わせ先

【研究に関すること】

新里 高行 (にいざと たかゆき)

筑波大学 システム情報系 助教

URL: <https://www.takayukiniizato.com>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp

長岡技術科学大学大学戦略課企画・広報室

TEL: 0258-47-9209

E-mail: skoho@jcom.nagaokaut.ac.jp