

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：12102

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05941

研究課題名(和文) 想定外のストレス下での精神・自律神経系の恒常性維持機構の解明

研究課題名(英文) Elucidation of a Homeostatic Control Mechanism of a Mental State and the Autonomic Nervous System under Unexpected Stress

研究代表者

松崎 一葉 (Matsuzaki, Ichiyo)

筑波大学・医学医療系・教授

研究者番号：10229453

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 63,000,000円

研究成果の概要(和文)：1. システマティックレビュー：「長期宇宙滞在における心理社会的ストレスに関するシステマティックレビュー」「閉鎖環境におけるバイオマーカー測定に関するシステマティックレビュー」
2. 閉鎖実験：NIRSと時間再生法は客観的データとして、SOC、NASA-TLX、ソシオメトリックテストは主観的ではあるが簡便な質問紙評価尺度として用いることができるため、これらの評価尺度を組み合わせ、回帰モデルや判別分析モデル等を作成した。また、2021年度からはロシアでの長期閉鎖実験も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今現在、もっとも確からしいストレス検出の方法は、複数名の精神科医による遠隔診断であるPrivate Psychological Conferences (PPC) が有力と考えられる。しかしながら、今後の火星探査を考慮すると、通信遅延が最大44分あるため現在行っているようなPPCによるストレスの状態の評価は困難となる。そのため、宇宙飛行士が自ら評価でき、かつ、客観的な手法の開発が必要となる。本研究で使用した評価尺度を組み合わせることで、ストレス検出が一定程度可能となり、今後の火星探査を行う際にも宇宙飛行士のストレスをモニターすることができる。

研究成果の概要(英文)：1. Systematic review: (1) "Systematic review for psychosocial stress in long-term space mission" and (2) "Biomarkers for detecting psychological stress of simulated spaceflight mission in a confined environment"
2. Confinement experiment: Since NIRS and the time reproduction method can be used as objective data, and SOC, NASA-TLX, and sociometric tests can be used as subjective but simple questionnaire, these scales were combined to create regression models and discriminant analysis models. A long-term confinement experiment was conducted in Russia starting in FY2021.

研究分野：宇宙精神医学

キーワード：閉鎖実験 健康生成論 システマティックレビュー 宇宙医学

1. 研究開始当初の背景

国際宇宙ステーション (ISS) 計画は国際協力のもと着々と進行しており、今や日本人宇宙飛行士も長期滞在を行うようになった。ISS 環境は、微小重力や宇宙線・放射線等の自然環境のみならず、低照度、人工的昼夜変化、振動、騒音などの人工的・技術的な制約があり、極度にストレスフルな環境での生活を強いられている。たとえば、同じ部屋に長時間にわたり同じ人たちと過ごしていると、「息が詰まる」などと表現されるように閉鎖環境はそれだけでも人間にとり心理社会的なストレス要因となる。宇宙では、これに加えて、上記の複雑な環境要因が複合的にストレス要因を形成する。地上でこれら複合的な要因をもつ環境はなかなか得難いが、災害下の避難環境等がこれに相当する想定外のストレス環境として注目される。

このような複合的な環境要因をもつ閉鎖環境への適応に関するメカニズムには不明な部分が多い。「宇宙に生きる」ため、その解明が期待されている。

2. 研究の目的

月面基地建設計画・火星有人探査計画が現実に行進しつつある昨今、宇宙長期滞在を支援するための医学的基盤を形成することが喫緊の課題となってきた。国際宇宙ステーション (ISS) における数ヶ月の滞在を支援する手法は徐々に確立されてきたが、今後の数年に及ぶ長期宇宙滞在における医学的問題の一つは閉鎖環境での精神心理的影響の「客観評価」と「対応方法」の確立である。閉鎖環境ではストレス解消のリソースが限定されるため通常の地上生活では問題にならなかった環境因子 (人間関係・騒音等) が増強される。そこで、本研究では他の計画班が究明するストレス関連因子の研究成果を共時的に取り込みながら、宇宙におけるストレス反応の出現形式とストレスマーカーを同定することを第一の目的とし、次にそれを現代社会のストレス状況への具体的対応策確立に還元することを目指し、宇宙環境を「現代のストレス社会の究極のアナログ」と捉えるパラダイムで研究を進める。

3. 研究の方法

長期宇宙滞在飛行士の心身の適応研究のシステマティックレビューを実施し、環境因子変数の絞り込み作業を行う。

上記で絞り込まれた環境因子変数に従い、総括班と共に長期閉鎖環境実験を実施し、生体の適応過程に関する非侵襲的ウェアラブル光トポグラフィーで客観データを取得し他の計画研究結果と照合する。

以上の研究を通して、宇宙環境を『想定外事象の実験フィールド』ととらえた、ストレス研究の新たなパラダイムを形成することを目指す。

4. 研究成果

システマティックレビュー

A) 「長期宇宙滞在における心理社会的ストレスに関するシステマティックレビュー」:

宇宙飛行士は如何なる心理社会的ストレスを受けるのかに関する網羅的文献検索を行った。宇宙環境アナログの被験者は、種々のバイアスを避けられないため十分なエビデンスは確立されていなかった。閉鎖環境においては「人間関係ストレス」が問題になりやすい重要な因子であるとの知見が得られた。またストレス測定は、質問紙法が主流だが、様々な客観的評価法が検討され、心理社会的ストレスの評価法の確立が重要な課題であることも明らかになった。

B) 「閉鎖環境におけるバイオマーカー測定に関するシステマティックレビュー」:

閉鎖環境によるストレス反応を検出するために有用なバイオマーカーを、PubMed および Embase で検索した。検索の結果、2,035 件の文献が抽出された。MARS105 や MARS500、SFINCSS-99 の 240 日間閉鎖グループなどの、中期から長期にわたる閉鎖環境試験でコルチゾールが変化することは明らかになったが、その他のバイオマーカーについては研究毎に結果がことなるため、一貫した傾向は認めなかった¹⁾。

PPCの判定を従属変数、
NIRS、SOC、NASA-TLX、時間再生法等を説明変数として
回帰モデルを立てることによって正確なストレス評価システムを確立する

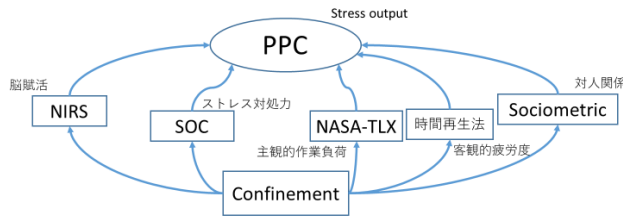


図 1. 閉鎖試験検証フレームワーク

「ストレス評価手法の確立とデバイスの開発」:

JAXA 閉鎖設備の閉鎖環境下で言語流暢性課題(VFT)を負荷し、fNIRSで脳の血流変化を測定した。閉鎖環境試験を5回行い、計39名の測定を終了した。第5回目の閉鎖環境試験では、作業負荷を評価するNASA-TLX、疲労度を評価する時間再生法、ストレス評価手法として確立しているストレス対処力(SOC)、人間関係の評価のためのソシオメトリックテストを導入した。(図1)

我々の知る範囲において、精神心理的ストレスを検出するためのゴールドスタンダードは存在しない。今現在、もっとも確からしいストレス検出の方法は、複数名の精神科医による遠隔診断である Private Psychological Conferences (PPC) が有力と考えられる。しかしながら、今後の火星探査を考慮すると、通信遅延が最大44分あるため現在行っているような PPC によるストレスの状態の評価は困難となる。そのため、PPC にて評価するのではなく、宇宙飛行士が自ら評価でき、かつ、客観的な手法の開発が必要となる。

NIRSと時間再生法は客観的データとして、SOC、NASA-TLX、ソシオメトリックテストは主観的ではあるが簡便な質問紙評価尺度として用いることができるため、これらの評価尺度を組み合わせることでストレス検出が可能であれば火星探査を行う際にも宇宙飛行士のストレスをモニターすることができる。

そこで、第5回閉鎖環境を試験において計測したNIRS、SOC、NASA-TLX、時間再生法、ソシオメトリックテストを独立変数、PPCを従属変数として回帰モデルや判別分析モデル等を作成し、現在解析を行った。

また、閉鎖環境試験における運動介入のストレスに与える効果の検討も行った。第5回閉鎖試験では、ABA(5日間の運動制限(A)、5日間の運動介入(B)、5日間の運動制限(A))を行い、運動介入によるストレス軽減の効果を検討した。ストレス検出には、機能的近赤外分光法(fNIRS)により計測した。被験者は健康男性8名であった。fNIRSの重心値には有意な変化を認めなかったが、積分値では、前頭極(FP)と背外側前頭前野(DLPFC)で閉鎖環境試験中に有意に低下し、閉鎖環境試験後に上昇し閉鎖環境試験前とほぼ同じ水準まで戻った。この結果から、閉鎖環境中での運動介入は、前頭前野の機能を改善させる効果がある可能性が考えられた²⁾。(図2)

今後の展望としては、2021年度にロシアIBMPとアメリカNASAとの共同研究である閉鎖環境試験(SIRIUS-21)に参加をしている。これまでに行った閉鎖環境試験は約2週間であったが、本研究は8ヶ月間の閉鎖期間となる。長期の閉鎖環境でのストレス評価が可能か検証を行っている。

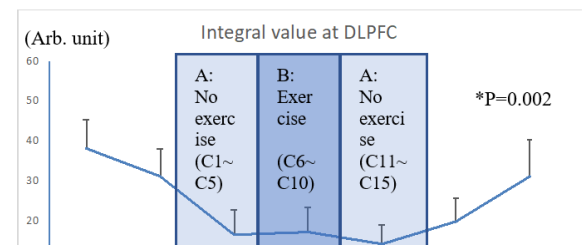
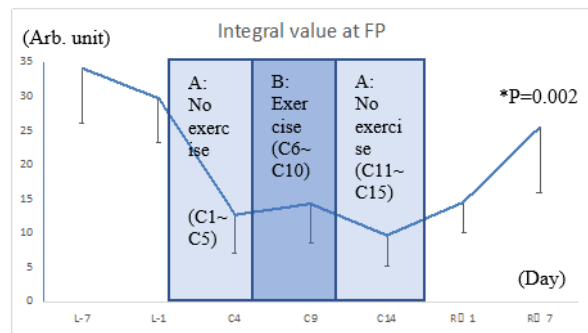


図 2. 前頭極 (FP) の fNIRS 積分値の平均値 (上段) と、背外側前頭前野 (DLPFC) の fNIRS 積分値の平均値 (下段) の推移

<参考文献>

1. Doki S, Hori D, Sasahara S, et al. Biomarkers for detecting psychological stress of simulated spaceflight mission in a confined environment: a structured review. 宇宙航空環境医学, Vol 56, 11-24, 2019
2. Sasahara S, Andrea CS, Suzuki G, et al. Effect of exercise on brain function as assessed by functional near-infrared spectroscopy during a verbal fluency test in a simulated International Space Station environment: A single-case, experimental ABA study in Japan. Acta Astronautica, Vol 166, 238-242, 2019

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 OI Yuichi, HIRAI Yasuhito, DOKI Shotaro, OHTAKI Yuh, HORI Daisuke, ANDREA Christina-Sylvia, SASAHARA Shin-ichiro, SAITO Tamaki, MATSUZAKI Ichiyo	4. 巻 -
2. 論文標題 Trial of Stress-Related Index Measurement under Confinement Stress	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES, AEROSPACE TECHNOLOGY JAPAN	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2322/tastj.16.476	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Shinichiro Sasahara, Christina-Sylvia Andrea, Go Suzuki, Yuichi Oi, Shotaro Doki, Daisuke Hori, Takashi Ohira, Chie Matsuda, Natsuhiko Inoue, Tsukasa Takahashi, Yuh Ohtaki, Tamaki Saito, Satoshi Furukawa, Katsuhiko Ogata, Ichiyo Matsuzaki	4. 巻 166
2. 論文標題 Effect of exercise on brain function as assessed by functional near-infrared spectroscopy during a verbal fluency test in a simulated International Space station environment: A single-case, experimental ABA study in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Acta Astronautica	6. 最初と最後の頁 238-242
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.actaastro.2019.10.013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 DOKI Shotaro, HORI Daisuke, SASAHARA Shin-ichiro, HIRAI Yasuhito, OI Yuichi, OHTAKI Yuh, CHRISTINA-SYLVIA Andrea, HISHIKAWA Kunitoshi, MALYSHEVSKAYA Olga, MORI Rintaro, MATSUZAKI Ichiyo	4. 巻 56
2. 論文標題 Biomarkers for detecting psychological stress of simulated spaceflight mission in a confined environment:a structured review	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 宇宙航空環境医学	6. 最初と最後の頁 11-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Shin-ichiro SASAHARA, Yuichi OI, Shotaro DOKI, Daisuke HORI, Yuh OHTAKI, Christina-Sylvia ANDREA, Tsukasa TAKAHASHI, Nagisa SHIRAKI, Yu IKEDA, Tomohiko IKEDA, Ryutaro IZUMI, Tamaki SAITO, Ichiyo MATSUZAKI	4. 巻 18
2. 論文標題 Structured Review: Psychosocial Stress During Long-Term Stays in Space	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 TRANSACTIONS OF THE JAPAN SOCIETY FOR AERONAUTICAL AND SPACE SCIENCES, AEROSPACE TECHNOLOGY JAPAN	6. 最初と最後の頁 180-185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2322/tastj.18.180	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計10件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Shin-ichiro Sasahara, Yuichi Oi, Yasuhito Hirai, Shotaro Doki, Yuh Ohtaki, Daisuke Hori, Christina-Sylvia Andrea, Tamaki Saito, Ichiyo Matsuzaki
2. 発表標題 Exercise can maintain brain function by fNIRS using VFT in confined environment like ISS in Japan - Single case experimental ABA design -
3. 学会等名 International Astronautical Congress 2018 (IAC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Christina-Sylvia Andrea, 大井雄一, 平井康仁, 道喜将太郎, 大滝 優, 堀 大介, 高橋 司, 笹原信一郎, 斎藤 環, 松崎 一葉
2. 発表標題 Assessing confinement environment stress using fNIRS
3. 学会等名 International society of Neurobiology & Psychopharmacology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Oi Y, Hirai Y, Doki S, Ohtaki Y, Hori D, Andrea C, Sasahara S, Saito T, Matsuzaki I
2. 発表標題 Trial of the stress -related index measurement under the confinement environment stress.
3. 学会等名 31st International Symposium on Space Technology and Science (ISTS) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sasahara S, Oi Y, Hirai Y, Doki S, Ohtaki Y, Horii D, Andrea C, Inoue N, Saito T, Matsuzaki I
2. 発表標題 Exercise can maintain brain function measured by fNIRS in ISS-simulating confined environment.
3. 学会等名 68th International Astronautical Congress (IAC) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松崎 一葉
2. 発表標題 想定外のストレス下での精神・自律神経系の恒常性維持機構の解明
3. 学会等名 新学術領域研究「宇宙に生きる」2016年度の全体会議
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笹原 信一郎
2. 発表標題 閉鎖環境ストレス下におけるストレス対処力の指標としてのSOC(Sence of Coherence)連続測定の試み
3. 学会等名 第62回日本宇宙航空環境医学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 笹原 信一郎
2. 発表標題 閉鎖環境ストレス下におけるNIRS(光トポグラフィ)測定の試み
3. 学会等名 第26回体力・栄養・免疫学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 笹原信一朗
2. 発表標題 長期宇宙滞在における心理社会的ストレスのシステムティックレビューの試み
3. 学会等名 新学術領域研究「宇宙に生きる」2016ワークショップ（主催・若手の会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松崎一葉
2. 発表標題 想定外のストレス下での精神・自律神経系の恒常性維持機構の解明
3. 学会等名 新学術領域研究「宇宙に生きる」2015年度成果報告会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 笹原信一朗、道喜将太郎、松崎一葉
2. 発表標題 月居住に向けた精神心理面での挑戦的課題
3. 学会等名 第67回日本宇宙航空環境医学会大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	笹原 信一朗 (Sasahara Shin-ichiro) (10375496)	筑波大学・医学医療系・准教授 (12102)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	堀 大介 (Hori Daisuke) (10823693)	筑波大学・医学医療系・助教 (12102)	
研究分担者	斉藤 環 (Saito Tamaki) (40521183)	筑波大学・医学医療系・教授 (12102)	
研究分担者	井上 夏彦 (Inoue Natsuhiko) (60277811)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・有人宇宙技術部門・主任研究開発員 (82645)	
研究分担者	道喜 将太郎 (Doki Shotaro) (60808781)	筑波大学・医学医療系・助教 (12102)	
研究分担者	大井 雄一 (Oi Yuichi) (90516056)	筑波大学・医学医療系・助教 (12102)	
研究分担者	平井 康仁 (Hirai Yasuhito) (60780434)	筑波大学・医学医療系・助教 (12102)	
研究分担者	宇佐見 和哉 (Usami kazuya) (60708535)	筑波大学・医学医療系・助教 (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------