

機関番号：12501  
 研究種目：基盤研究(B)  
 研究期間：2008～2010  
 課題番号：20370097  
 研究課題名（和文） 心血管系反応と中枢神経系反応から見たヒトの精神的ストレス適応能  
 研究課題名（英文） Human adaptability to mental stresses from a view point of whole body coordination of cardiovascular and central nervous systems  
 研究代表者  
 岩永 光一（IWANAGA KOICHI）  
 国立大学法人千葉大学・大学院工学研究科・教授  
 研究者番号：70160124

研究成果の概要（和文）：精神的ストレスに対する人間の適応能を明らかにするために、精神作業を実施する時の心血管系と中枢神経系（脳）の反応の特長について検討した。知的な情報処理を伴う精神作業によって血圧上昇などの心血管系の反応が見られるが、これは、情報処理を行うための脳への血液の供給に関連していることを示した。このような全身的な血液循環の関係性（全身的協関）がヒトの脳や知的活動の進化に貢献したという仮説をたて、考察を行った。

研究成果の概要（英文）：We examined cardiovascular and central nervous responses during mental tasks to explore the human adaptability to mental stresses. It was shown that blood pressure rise during mental task contributed to brain blood supply to perform a mental activity. We proposed a hypothesis that whole-body coordination of blood circulation during mental activity had contributed to development of human intellectual activity.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
20年度	5,700,000	1,710,000	7,410,000
21年度	3,000,000	900,000	3,900,000
22年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
年度			
総計	11,600,000	3,480,000	15,080,000

研究分野：生理人類学

科研費の分科・細目：人類学・応用人類学

キーワード：テクノアダプタビリティ、全身的協関、心血管系反応、中枢神経系反応

#### 1. 研究開始当初の背景

本研究課題は、科学技術によって支援された生活環境に生きるヒトを対象にして、そのテクノアダプタビリティを明らかにするという全体構想の中に位置づけられるものである。ここでは、生活環境への科学技術の介入によって生じるストレス（テクノストレス）に対するヒトの適応能をテ

クノアダプタビリティとして捉えている。

本研究課題は、高度な情報処理を可能にした知的な精神活動にともなうストレス（知的精神ストレス）に着目し、その生理的影響における心血管系と中枢神経系との個体レベルでの関連（全身的協関）を明らかにすることを目的としている。このことは、科学技術の支援によっていわ

ゆる肉体労働などの身体的ストレスが軽減した一方で、社会の複雑化や情報化、社会性の先鋭化に伴って精神的ストレスが増大しているという現在の生活環境の特徴を踏まえたものである。

本研究の立案は、知的精神ストレスに対する心血管反応に生理的多型性が存在する可能性を認めた研究代表者らの先行研究をさらに発展させたものである。そこでは、精神作業中には、ほとんど全ての被験者で心拍出量が増加するが、総末梢血管抵抗については上昇する被験者と減少する被験者が存在することを示した(図1)。この研究は、生理人類学のキーワード(環境適応能、テクノアダプタビリティ、生理的多型性、機能的潜在性、全身的協関)を具体化する研究として注目され、更なる発展が期待された。

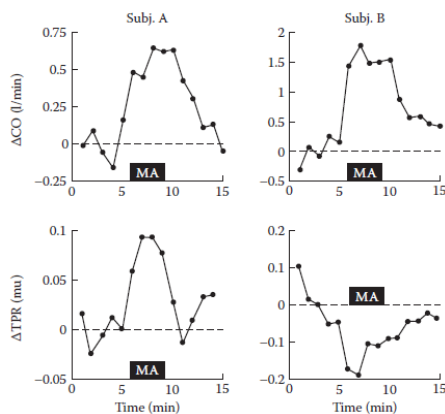


図1. 暗算課題中の心拍出量(CO)と総末梢血管抵抗(TPR)の変化。被験者Aと被験者Bの2名のデータ。

本研究は、上に示した心血管反応に関する研究を生理人類学のキーワードにしたがってさらに発展させるものとして、心血管系反応と中枢神経系との全身的協関の視点から、知的精神ストレスに対するヒトの適応能を明らかにすることを期待したものであった。

## 2. 研究の目的

精神的ストレスとしての知的ストレスと情動的ストレスの中枢神経系の反応の特徴を明らかにし、それらに対する自律神経系の反応を反映する心血管反応(血圧、心拍出量、全末梢血管抵抗などの変化)との関連を調べることによって、精神的ストレスに対するヒトの適応能についてさらに考究することを目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究課題では、質的に異なる精神的スト

スに対する生理学的な反応を実験室において計測した。

精神的ストレスの実験モデルとしては、情動的ストレスとして、ホワイトノイズ(80dB)をイヤホンから提示する騒音暴露とした。知的ストレスのモデルとしては、暗算課題と短期記憶課題とした。短期記憶課題については、コンピュータスクリーン上に視覚刺激を提示する短期記憶課題を開発した。視覚刺激の空間的配置や色彩、付加情報などを段階的に設定することにより、短期記憶すべき情報量を設定できることを条件とした。

これらのストレス暴露時に計測する生理学的反応は、血圧(収縮期、拡張期)、心拍出量、心拍数、全末梢血管抵抗、加速度脈波などの心血管系反応、および、事象関連電位、脳血液動態(ヘモグロビン濃度変化量)などの中枢神経系反応であった。

計測された諸パラメータを知的ストレスと情動的ストレスとで比較し、その特徴を明らかにすると共に、それらの相関分析などによって、心血管系反応と中枢神経系反応の関連性を検討した。

## 4. 研究成果

### 1) 異なる精神的ストレスに対する心血管系反応と中枢神経系反応の比較

知的精神活動に対する心血管系反応と中枢神経系反応の特徴を明らかにするために、ホワイトノイズ暴露による騒音に対するそれらの反応と暗算課題に対する反応とを比較した。実験では、10分間の暗算課題または騒音暴露の前後に15分間のオドボールタスクを行って事象関連電位P300を導出した。

図2に、測定した心血管系反応と中枢神経系反応の変化を示す。平均動脈血圧(MAP)はオドボールタスクの開始に伴って上昇を開始し、実験期間中は暗算課題、騒音暴露とも上昇を続けた。全末梢血管抵抗(TPR)も同様に上昇する傾向を示したが、心拍出量(CO)は暗算課題中のみ増大し、騒音暴露やオドボール課題では増大しなかった。また、左右の前額部から測定した前頭前野の脳血液動態(酸素化ヘモグロビン濃度変化、 $O_2Hb$ )は、オドボール課題中にも増大する傾向を示したが、暗算課題中には大きく増大し、騒音暴露中には増大しなかった。さらに、暗算課題前後にはP300の振幅が増大する傾向が認められ、情報処理課題に対する特性を表し

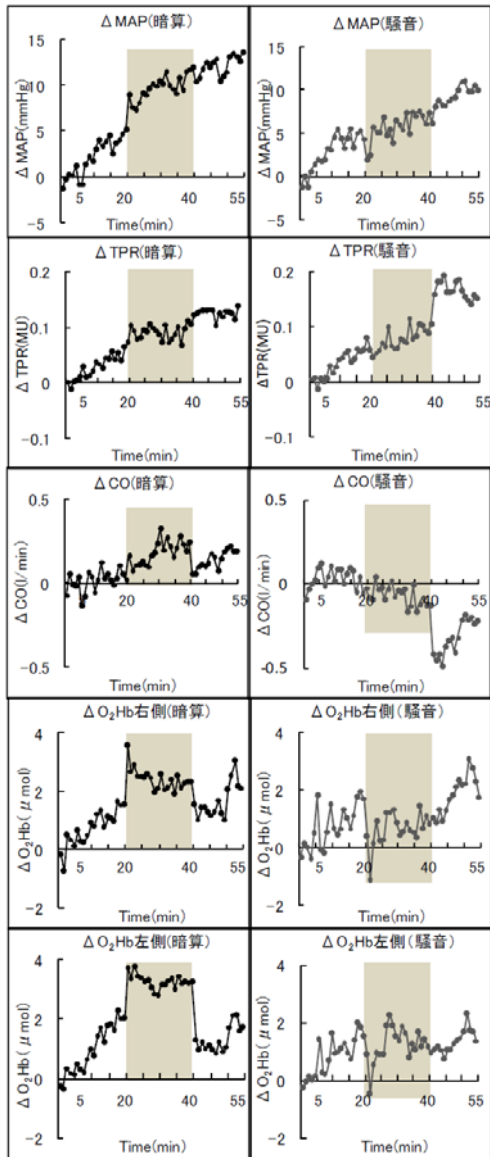


図2. 暗算課題 (左)と騒音暴露(右)による心血管系と中枢神経系の反応。

ていると思われる。一方、騒音暴露では、P300 潜時が短縮する傾向があった。

本研究では、精神的ストレスを知的ストレスと情動的ストレスとに分け、各々の実験もモデルとして暗算課題と騒音暴露を採用している。上記の結果から、知的ストレスは心反応と血管反応の両方の増加によって血圧が上昇し、血圧上昇に対する心反応の累積的な効果を示した。一方、情動的ストレスの場合は主に血管反応の増加によって血圧が上昇することが明らかとなった。中枢神経系反応について、知的ストレスの場合は脳の酸素化ヘモグロビンが有意な増加を示したが、情動的ストレスの脳の酸素化ヘモグロビンに

は有意な変化が認められなかった。知的ストレスに対しては脳の酸素需要が増加するのに対し、情動的ストレスでは、特に前頭前野の酸素需要には大きな変化が無かったことを反映しているものと考えられる。これらの結果から、精神的ストレスの違いによって心血管系反応、中枢神経系反応は異なることが明らかとなり、特に高度な情報処理過程を伴う場合には、それに対応した全身的な血液動態の変化が観察される可能性を確認した。

## 2) 精神的ストレスモデルとしての短期記憶課題の開発

知的情報処理を伴う精神的ストレスを与える実験モデルとして、PCのスクリーン上に提示する計器監視課題と短期記憶課題を開発した (Microsoft Visual Basic 2008 を利用)。ここでは、後の実験で使用した短期記憶課題について記す。課題は、コンピュータスクリーン上に示された  $10 \times 10$  (=100) のマトリクス of 7つの正方形に関する情報を記憶し、それを再生するものであった。記憶する情報は、正方形が配置された位置、正方形に記された番号、正方形の色、正方形に記されたアルファベット (再生時の操作方法右クリックまたは左クリックを示すRかL) の4つであり、それらを組み合わせて精神作業負荷を設定した。一定時間 (任意に設定可) の記憶ののち、記憶した内容の再生を行い、再生内容の正誤に関するデータが記録された。再生は、 $10 \times 10$  のマトリクス上に、様々な彩色を施された四角形を記憶の内容に従って配置していくものであった。

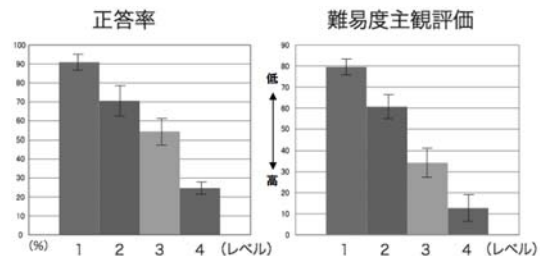


図3. 開発した短期記憶課題の記憶情報量 (レベル) に対する正答率と難易度主観評価。

短期記憶の情報量は以下の4段階に設定した。①: 正方形の位置、②: ①および配置される順番、③: ②および正方形の色、④: ③

および付置されたアルファベット（RかL）。作業の正答率は記憶情報量に対応したレベルの増大に伴って低下し、難易度主観評価では、記憶する情報量の増大に伴って段階的に難易度が増加することが確認された(図3)。

### 3) ヒトの精神的ストレス適応能に関する全身的協関仮説の構築と検証

研究結果を総合的に考察し、ヒトの精神的ストレス適応能および知性進化の生理人類学的メカニズムに関する仮説を構築した(図4)。仮説は、自律神経系、心血管系、中枢神経系の3つの生体システムの全身的協関の成立を基本としている。精神作業の遂行による交感神経系の緊張の増加は、心拍出量の増大と全末梢血管抵抗の上昇をもたらす。ただし、精神作業によって全末梢血管抵抗が減少するタイプが存在する可能性もあることは先に記したとおりであるが、いずれのタイプにおいても平均動脈血圧は増大する。この心血管反応は、結果として大脳皮質への血流量の増大をもたらす。情報処理機能の活性化に伴う脳組織の酸素需要の増大に対応するものとなる。すなわち、精神的ストレスに対する反応としての血圧の上昇は、脳の情報処理に対応した意義を有するというものである。また、このような高度な精神活動に関する脳への血液供給の効率化のメカニズムは、ヒトの進化過程における脳巨大化に関する生理学的メカニズムを提示するかもしれない。ヒト脳の巨大化については諸説が報告されているが、その生理学的メカニズムに関する説はほとんど知られていない。

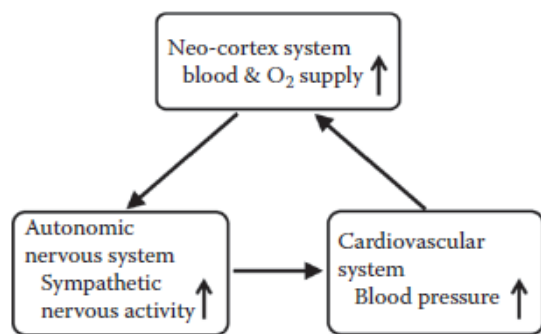


図4. ヒトの精神的ストレス適応能に関する全身的協関仮説.

上記の仮説を検証することを目的として、実験を行った。実験では、先に記した短期記憶課

題によって段階的に負荷を設定した精神作業を用いて、記憶作業中の心血管系反応と中枢神経系反応を調べた。拡張期血圧、収縮期血圧、心拍数、左右の前額部から記録した前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度について作業による変化量を求め相関マトリクスを作成した。その結果、拡張期血圧と左前頭前野酸素化ヘモグロビン濃度の変化量との間に有意な正の相関が認められた(図5)。また、心拍数と拡張期血圧の変化量の間にも同様の有意な正の相関が認められた。これらの結果は、精神作業に伴うストレス反応の全身的協関仮説(精神作業による血圧上昇が、情報処理に伴う脳の血液需要の増大に貢献する)の一部を支持するものである。

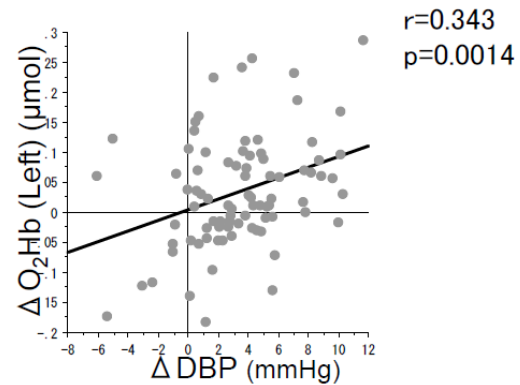


図5. 精神作業中の拡張期血圧変化量と左前頭前野酸素化ヘモグロビン濃度変化量の相関.

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

- ①Liu, X., Iwanaga, K., Koda, S.: Physiological Responses to Different Types of Mental stresses. *Industrial Health*, Vol.49. in press, 2011
- ②Liu, X., Iwanaga, K., Shimomura, Y. Katsuura, T.: The reproducibility of cardiovascular response to a mental task. *Journal of Physiological Anthropology*. Vol.29. 35-41, 2010

〔学会発表〕(計6件)

- ①Liu, X., Iwanaga, K., Koda, S.: Physiological Responses to Different Mental Stresses. 国際作業安全衛生シンポジウム (ISISH2010) 2010年10月5日(東京)
- ②Lee, HJ., Sennda, A., Liu, X., Tsunetsugu, Y., Nakanishi, M., Iwanaga, K.: Changes and whole-body coordination in circulatory system

during mental work. 10<sup>th</sup> International Congress of Physiological Anthropology (ICPA2010). 11<sup>th</sup> Sep. 2010 (Fremantle, Western Australia)

③ Liu, X., Iwanaga, K.: Central Nervous System Response to Different Types of Mental Stress. 10<sup>th</sup> International Congress of Physiological Anthropology (ICPA2010). 11<sup>th</sup> Sep. 2010 (Fremantle, Western Australia)

④ Liu, X., Nakanishi, M., Iwanaga, K.: Comparison of physiological responses to different types of mental stress. The 17<sup>th</sup> Congress of the International Ergonomics Association. 12<sup>th</sup> Aug. 2009 (北京)

⑤ Iwanaga, K.: Techno-adaptability. The 9<sup>th</sup> International Congress of Physiological Anthropology. 25<sup>th</sup> Aug. 2008 (Delft University of Technology, Netherlands)

⑥ 岩永光一：科学技術文明下の人間の適応能－精神的ストレスに対する適応－。日本生理人類学会第58回大会。2008年6月7日（大阪市立大学）

[図書] (計1件)

① Iwanaga, K.: Human Adaptability to Emotional and Intellectual Mental Stresses. In Human Variation: From the Laboratory to the Field. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL. 2010

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岩永 光一 (IWANAGA KOICHI)

国立大学法人千葉大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70160124

### (2) 研究分担者

中西 美和 (NAKANISHI MIWA)

慶應義塾大学・理工学部・講師

研究者番号：70408722

(H20:連携研究者)

### (3) 連携研究者

石橋 圭太 (ISHIBASHI KEITA)

国立大学法人千葉大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：40325569

劉 欣欣 (LIU XINXIN)

労働安全衛生総合研究所・研究員

研究者番号：10582570

李 花子 (LEE HUA-JA)

国立大学法人千葉大学・大学院工学研究科・特任研究員