

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 7 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2011

課題番号：20247034

研究課題名（和文） 現代の生活環境における行動履歴が生理的多型性に及ぼす影響、及びその適応性評価

研究課題名（英文） Effects of behavioral history on physiological polytypisms in a current living environment and its evaluation of adaptability

研究代表者

安河内 朗（YASUKOUCHI AKIRA）

九州大学・芸術工学研究院・教授

研究者番号：20136568

研究成果の概要（和文）：

本研究では光、温度、重力の各ストレスが及ぼす生理反応への影響から現代生活における適応性を評価した。その結果以下のことがわかった；1) 朝の十分な光曝露と夜の電球色照明の選択は、概日リズムを調整し夜型化を抑制する。2) 身体の運動不足や冬季暖房の慢性的利用は基礎代謝量を低下させ、耐寒性、耐暑性を低下させる。身体的運動はこれらの低下を向上させる。3) 立ちくらみ頻度は夜型に多く、夜型は重力負荷に対する心拍応答が大きく直立耐性を低下させる。

研究成果の概要（英文）：

The adaptabilities to a current living environment were examined by physiological responses to lighting, thermal and gravitational stresses in this study. The results were as follows; 1) enough light exposure in the morning and selecting warm white light at night were good for accommodation of circadian rhythms and inhibited to be nocturnal type. 2) lack of physical exercise and chronic use of heating in winter led to lower basal metabolic rate and lower cold and heat tolerances. 3) a nocturnal type tended to feel faint and also to have a lower orthostatic tolerance with increased cardiac response to gravitational stress.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	11,200,000	3,360,000	14,560,000
2009年度	8,800,000	2,640,000	11,440,000
2010年度	8,800,000	2,640,000	11,440,000
2011年度	8,500,000	2,550,000	11,050,000
年度			
総計	37,300,000	11,190,000	48,490,000

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：環境適応能、生理的多型性、全身的協関、機能的潜在性、温熱、光、重力

1. 研究開始当初の背景

ヒトには形態的特徴とともに生理機能にも個人差、集団差がある。人類学においては、環境適応という観点からこれらの差異がもつ意義を個人として、集団として明らかにすることは重要な課題となっている。近年、測定機器の開発や物理的環境要因の制御精度

の発展から、これまで立ち遅れていた生理機能の個人差を検出できるまでになってきた。このような背景が、生理人類学が示すキーワードの生理的多型性、全身的協関、機能的潜在性を用いて環境適応能に対する個体や小集団の特徴やその特徴の環境要因との関わりを具体的に検討していくことを可能にし

たといえる。また今後これらのキーワードによって、環境適応能の多型性のメカニズムを追求する体系的なアプローチの基礎が築かれると期待されている。

2. 研究の目的

生理機能の個人差を評価するにあたっては、基盤研究S(H15-19年度)の成果から、場合によっては個々の計測値自体から個体内の意味のある差を検出するよりも、個体内の計測値間で構成される協関反応のパターンにその特徴をみる方が適応性評価の観点から優れていることが明らかになった。

本研究ではこの成果を踏まえ、現代の物理的・文化的環境における行動履歴が日常的に経験するストレスの程度を反映するものとし、これらが生理的多型性に及ぼす影響を評価した。環境要因として、特に光、温度、重力に対する日常の行動履歴を抽出、あるいはそれらを反映するストレス刺激を設定し、それに関連する特徴的な生体反応として全身的協関反応のパターンとその差異に注目した。そのうえで、以下のような目的を設定した上で現代の生活環境における適応性を具体的に評価した。

- (1) 光要因に対する行動履歴として午前中の光曝露量に注目し、季節による日照量の差や日常の個人の光曝露量の差による光反応の違いを夜間のメラトニン分泌と体温を含む生体リズムから解析し、光に対する適応性を評価した。また光への適応性評価を踏まえ、夜間の非視覚的影響の小さい照明光源を求め、日中のオフィス照明の適正水準を示した。
- (2) 光は概日リズムの位相に直接作用する環境因子である。光の位相への作用は光を浴びる時刻によって異なり、朝に浴びる光は概日リズムの位相を前進させ、夜に浴びる光は位相を後退させる。日本人の生活の夜型化に、個人の行動履歴に伴う朝や夜の光曝露量が影響している可能性がある。本研究では、一日の中で起床後と就寝前に浴びる光が夜間のメラトニン分泌と概日リズム位相の関係へ及ぼす影響を明らかにし、光に対する適応性を評価した。
- (3) 温熱要因に対する行動履歴として身体活動度、食行動、栄養バランス、空調機利用度など生活習慣に注目し、これと寒冷と暑熱ストレス下の体温調節協関反応の関係から温熱に対する適応性を評価すること、特に、身体活動度においては、持続的な運動トレーニングを実施し、その前後での寒冷・暑熱ストレス下体温調節協関反応の変化から、適応性を評価した。

- (4) 重力要因に対する適応性の評価において、日常的な行動履歴と立ちくらみの関連に注目し、立ちくらみの頻度が高まる暑熱曝露時の起立性循環調節への影響について全身的協関の視点から評価した。

3. 研究の方法

(1) 光の影響 1

- ① 健康な男子大学生 8 名について、午前中に 150 lx 及び 12000 lx へ曝露し、夜間に 10 lx 及び 600 lx へ曝露したときの午前中の光曝露がそれぞれの夜間の照度条件下のメラトニン分泌と体温リズムに及ぼす影響を夏季と冬季で測定した。
- ② ①の結果を踏まえ、健康な男子大学生 8 名を対象に、夜間の照明によるリズム位相後退を最少にする LED 光源を開発するため、分光分布の異なる 3 条件のもとでメラトニン分泌抑制度とメラトニン分泌開始時刻 (Dim Light Melatonin Onset: DLMO) を測定した。
- ③ オフィス照明の適正水準を求めるため、健康な男子大学生 8 名を対象に、オフィスワークを想定した 3 つの照明制御を設定し、作業パフォーマンス、覚醒水準、主観、夜間体温リズムを測定した。

(2) 光の影響 2

- ① 健康な男子大学生 14 名を対象に、概日リズム位相と朝と夜の光曝露履歴の関係を調べた。概日リズム位相は、実験室で測定した夜間の DLMO を指標とした。日常の光曝露量は、照度センサー付き腕時計型行動量計 (Actiwatch-L) によって 1 週間連続で計測した。朝の光として起床後 6 時間の光曝露量を、夜の光として就床前 6 時間の光曝露量を求めた。
- ② 健康な成人男女 17 名 (平均年齢 41.7 歳) を対象に、実験室で測定した概日リズム位相と家庭での夜の光環境の関連を調べた。概日リズム位相は、夜間のメラトニンの分泌開始時刻 (DLMO) を指標とした。自宅の照明環境として、照度と色温度を測定した。

(3) 温熱の影響

健康な青年男性 20 名を対象とし、自転車エルゴメーターを利用した 8 週間の持続的運動トレーニング (70%V_{O2}max 強度、30 分以上/回、3 日以上/週) の前後において、暑熱負荷実験、寒冷曝露実験、最大酸素摂取量測定、基礎代謝量測定、血管機能測定 (加速度脈波測定、反応性充血時血管拡張反応)、日常活動量調査、食物摂取頻度調査、生活環境調査、生活調査を実施した。これらの内容を夏季および冬季に実施した。

- ① 暑熱負荷試験として下肢温浴を行った。室温 25°C、湿度 50%RH に制御した人工気候室にて椅座安静 60 分後、42°C に設定

- した湯の中に下肢を30分間浸した。
- ② 寒冷曝露実験は、室温約27°Cに設定した人工気候室にて約60分間の仰臥安静後、90分間で約5°Cまで室温を低下した。
 - ③ 最大酸素摂取量は、自転車エルゴメータによるランブ負荷作業(50rpm、+20W/min)を疲労困憊に至るまで行い、呼気ガスより得た。
 - ④ 基礎代謝測定は、実験室宿泊の翌朝に呼気ガス分析により測定した。測定は7時間以上の睡眠、12時間以上の絶食、室温25°C・湿度50%RHの環境、覚醒後30分経過後で活動を始める前の仰臥位安静状態で行った。

(4) 重力の影響

若年者469名(女性263名)と高齢者192名(女性83名)を対象として、行動履歴と立ちくらみに関するアンケート調査を行い、被験者のリクルート時の基礎資料とした。

- ① 起立性循環調節を精密に測定できる装置として電子制御型下半身陰圧装置を作成した。従来の陰圧負荷に加えて正弦波様の陰圧負荷をかける制御方法を開発し、起立性循環調節の周波数領域での応答を評価することを可能とした。
- ② アンケート調査の結果を基礎資料として被験者のリクルートを行い、暑熱曝露時の起立性循環調節を正弦波様に变化させた下半身陰圧負荷を用いて測定した。

4. 研究成果

(1) 光の影響 1

- ① 方法①を実施した結果、冬季では午前中の12000 lx条件のとき夜間の暗条件下のメラトニン分泌量を有意に増大させた。また、体温リズム位相への影響についても、午前中の12000 lxへの光曝露は夜間の600 lx照度光によるリズム位相後退を緩和し、結果的に午前中の150 lx条件より体温リズムを前進させた。冬季の光に対する感受性の増大は、冬季の弱い光強度においても体温リズム調整を安定化させる適応的効果がみられた。
- ② 方法②について、照明光源3条件において午前1時から2時30分までの光曝露による体温リズム位相への影響を検討した。その結果、直腸温、皮膚温の変化には光条件間の差が見いだされなかったが、LED3000Kの条件下で直腸温の最低時刻が他の光条件よりも早くなる傾向がみられ、夜間のLED3000Kのもとでは体温リズム位相の後退が緩和されると考えられた。

これは他の光条件ではみられなかったLED3000K曝露下のメラトニン分泌抑制の有意な低下に関連していることが示唆された。

LED光源の分光分布において、青色エネルギーのピーク波長をBrainardのAction Spectrumから短波長側へ偏位させた有効性が非視覚的影響において示されたといえる。このようなLED照明を使用すれば、今後冬季の光感受性増大のときでも、夜間照明によるリズム位相後退を最小限にすることで、朝の光によるリズムリセット効果をさらに進めることができると考えられた。

- ③ 方法③では、東日本大震災以降注目されているオフィスの推奨照度(750 lx)以下の節電照度水準の妥当性について、オフィスの生産性及び光適応の観点から検討した。その結果、朝9時から750 lx、色温度6000Kで維持したのち、午後2時から5時にかけて400 lx及び4000Kに漸減する照明制御方法が750 lx(5000K)一定条件よりサーカディアンリズムにおいて優れていることが明らかになった。また節電照度となる400 lx一定条件では生産性及びサーカディアンリズムにおいて問題が残ることが示唆された。

実オフィスを想定した照明曝露条件によってサーカディアンリズムが影響されることが示された。

(2) 光の影響 2

- ① 方法①を実施した結果、概日リズム位相の指標であるDLMOの時刻は23:03±1:12であった。起床後6時間の間に250 lx以上の照度に曝露されていた時間と概日リズム位相の間に有意な負の相関があり、位相が遅いものほど、起床後の光曝露量が少なかった。就寝前6時間の光曝露時間と概日リズム位相の間に有意な相関はなかった。以上の結果から、大学生を対象とした場合、夜の光ではなく、朝の光曝露が少ないことが概日リズム位相の夜型化に関連していることが示唆された。
- ② 方法②を実施した結果、概日リズム位相の指標であるDLMOの時刻は21:85±1:35であった。夜間の家庭照明の平均照度は144.8±82.4 lx、平均色温度は3812±1041 Kであった。家庭照明の色温度とDLMOの間に有意な正の相関(p<0.01)が認められた。照度とDLMOの間には有意な相関は認められなかった。以上の結果から、短波長の成分を多く含んでいる色温度の高い蛍光灯を使用しているものほど、概日リズム位相が夜型化していることがわかった。

(3) 温熱の影響

暑熱負荷時において、身体活動量が多い者ほど発汗量が少なく発汗開始が遅延した。発汗開始直前の皮膚血流量は、最大酸素摂取量および加速度脈波指標 d/a と正相関を示した。また、同一被験者に持久的トレーニングを課し身体活動量を増加させたところ、トレーニング後において暑熱時発汗量減少および発汗遅延、発汗直前の皮膚血流量の増大が認められ、上述の横断的研究結果を支持するものであった。これらの結果から、行動履歴のうち身体活動量において、活発に活動する者ほど、血管機能が優れており、このことが暑熱負荷時の皮膚血管拡張による熱放散能力の向上をもたらし、その結果、発汗遅延および発汗量減少につながったと考えられた。

寒冷曝露時において、身体活動量が多い者ほど代謝性熱産生量が少なく熱産生亢進が遅延した。熱産生亢進時の皮膚血流量は加速度脈波指標 APGI と負の相関を示した。同一被験者によるトレーニング前後の結果でも、トレーニング後ではトレーニング前と比べ、熱産生量増加が小さく増加開始も遅延し、同様の結果が得られた。これらの結果から、身体活動量が多い者ほど、血管機能に優れ、このことが寒冷曝露時の皮膚血管収縮能力を高め熱放散の抑制が大きくなり、結果として深部体温の維持が長時間可能となったため熱産生増加開始の遅延および増加量の減少につながったと考えられた。

加速度脈波からみた血管柔軟性は身体活動量が多いほど優れており、またトレーニングにより向上した。また、脂質摂取量と加速度脈波指標 b/a の間に正相関が得られたことから、脂質摂取が多い者ほど血管の硬化に繋がると考えられた。

また、基礎代謝量と寒冷時の熱産生増加量の間にも負の相関が認められ、熱産生増加開始時間との間に正相関が認められた。すなわち基礎代謝量が高い者ほど耐寒性に優れていることが確認された。脂質、糖質、蛋白質摂取量と基礎代謝量との間には正相関が認められるが、トレーニングによる変化は認められなかった。近年、基礎代謝量の夏から冬への増加消失が報告されているが、本研究においても基礎代謝量に季節差は認められなかった。しかし冬季において、日常生活における日中の曝露気温と基礎代謝量の間にも負の相関が認められ、基礎代謝量の季節変動にも個人差が確認された。冬季に暖房された室内で生活する時間が長い者ほど基礎代謝量が低くなり、その結果、寒冷環境に曝されたときに、深部体温維持のためにより多くの熱産生が必要となることが考えられた。

以上のことから、行動履歴のうち身体活動量の増加は血管機能を向上させ、脂質摂取量

の増加は血管機能を低下させ、冬季暖房利用による室内快適性の向上は基礎代謝量の低下をもたらすことが示された。これらの生理機能の変化は、体温調節協同反応パターンを変化させ、耐暑性および耐寒性を向上あるいは劣化させることが示唆された。

(4) 重力の影響

アンケート調査の結果、若年者と高齢者とも立ちくらみの頻度によって朝型夜型得点に有意差が認められた。立ちくらみの頻度が高い個体は夜型の傾向が強かった。身体活動と立ちくらみの頻度は若年者のみ関連がみられ高齢者では関連が認められなかった。起立性循環調節に関する概日リズムに関して、朝の時間帯は、昼間と比べて血管収縮反応は減弱することが報告されているが、夜型志向の生活習慣と立ちくらみの関連について今後更なる研究が必要とされる。特に高齢者の家庭内での事故に関連して、立ちくらみからの転倒は重症化しやすいため、更なる検証が必要と示唆された。

起立性循環調節を精密に測定できる装置として負荷を正弦波様に変化させることができる電子制御型下半身陰圧装置を作成した。最短で30秒周期で0から-50mmHgまで正弦波様に負荷を変化させられる装置とした。制御方法はPID制御を用い、通常定常負荷の提示も可能である。予備的検討では0.12mmHgの差に対して有意差が検出される精密な制御をおこなっていたことが明らかとなった。海外も含めた従来の電子制御型下半身陰圧装置と比較して最高水準の精度で負荷を提示できる装置となった。

この装置を用いて、暑熱曝露および行動履歴による起立性循環調節の応答特性の違いを周波数領域で検討した。アンケート調査の結果をもとに朝型夜型傾向で偏りのないように12名の被験者をリクルートした。12名のデータから暑熱曝露により陰圧負荷に対して血管収縮よりも心拍数増加の反応による相対的寄与が高まることが示唆された。また30秒周期の比較的早い負荷の変化に対して心拍数および血管収縮の反応は小さいにもかかわらず、血圧の有意な低下が認められ早い刺激の変化に対して循環調節系の応答が十分に機能していないことが明らかとなった。行動履歴との関連において、朝型夜型傾向と定常負荷に対する心拍数の反応の程度に有意な相関が認められ、朝型傾向の被験者ほど少ない心拍数上昇で負荷に対して対応していることが示唆された。これまでに起立性循環調節を主として心拍数で対応するC型の個体と主として血管収縮で対応するV型の個体に分類できることが報告されており、V型の個体は起立耐性が高いことが知られている。朝型傾向の被験者ほど心拍数増加の少

ないV型の反応であったことから、概日リズムとの関連も含めて今後さらに検討を加える必要があると考えられた。

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 11 件)

1. 安河内朗(2011) 生理人類学の動向—第二報：環境適応研究の今後の取り組みへの試案—。日本生理人類学誌、16(3):103-114, 2 査読有
2. Abe, D., Fukuoka, Y., Muraki, S., Yasukouchi, A., Sakaguchi, Y., Niihata, S. (2011) Effects of load and gradient on energy cost of running. J. Physiol. Anthropol. 30: 153-160, 査読有
3. T. Kozaki, N. Toda, H. Noguchi, A. Yasukouchi (2011) Effects of different light intensities in the morning on dim light melatonin onset. J. Physiol. Anthropol. 30:97-102 査読有
4. 安河内朗 (2011) 日本の生理人類学の動向—第一報：日本生理人類学会を振り返って。日本生理人類学誌、16(2):59-66 査読有
5. T. Kozaki, S. Lee, T. Nishimura, T. Katsuura, A. Yasukouchi, Effects of saliva collection using cotton swabs on melatonin enzyme immunoassay. J. Circadian Rhythms 9:1-4 2011 査読有
6. 樋口重和 (2011) 光の非視覚作用—光環境への適応—。日本生理人類学会誌 15(1), 21-26 査読有
7. Higuchi S. et al. (2011) Effectiveness of a red-visor cap for preventing light-induced melatonin suppression during simulated night work. J. Physiol. Anthropol. 2011;30(6):251-8. 査読有
8. Y. Fukuda, S. Tsujimura, S. Higuchi, A. Yasukouchi, T. Morita (2010) The ERG response of melanopsin-expressing retinal ganglion cells that is independent from rods and cones to light stimuli. Neuroscience Letters 479:282-286, 査読有
9. K. Ishibashi, S. Arikura, T. Kozaki, S. Higuchi and A. Yasukouchi (2010) Thermo-regulatory effect of suppressed endogenous melatonin by pre-sleep bright light exposure in a cold environment in humans. Chronobiology International, 27(4) : 782-806, 査読有
10. S. Aritake-Okada, M. Uchiyama, H. Suzuki, H. Tagaya, K. Kuriyama, M. Matsuura, K. Takahashi, S. Higuchi, K. Mishima (2009) Time estimation during sleep relates to the amount of slow wave sleep in humans. Neurosci Res. 63(2):115-21 査読有
11. Higuchi S., Ishibashi K. et al (2008) Inter-individual difference in pupil size

correlates to suppression of melatonin by exposure to light. Neurosci Lett, 440(1): 23-26. 査読有

[学会発表] (計 17 件)

1. A. Yasukouchi, T. Kozaki, M. Ina, T. Yano, Hung-Lieh Hu, Ya-Hui Chiang, Chien-Chun Lu, A little effect of LED light source on nocturnal melatonin suppression. Abstracts of the 4th International Conference on Human-Environment System, P.21, 2011.10.3-6, Sapporo, Japan
2. Y. Okada, T. Maeda, H. Ishibashi, S. Morioka, S. Yokoyama, M. Kuramae: Relationship between vascular function and thermoregulatory responses to heat and cold exposure; effect of aerobic training. Proceeding of The Fourth International Conference of Human-Environment System, 553-558, 2011.10.3-6, Sapporo, Japan
3. S. Morioka, T. Maeda, Y. Okada, H. Ishibashi, S. Hirota, M. Kuramae, S. Yokoyama: The relationships between second derivative plethysmography on thermoregulatory responses to heat stress, Proceeding of The Fourth International Conference of Human-Environment System, 559-562, 2011.10.3-6, Sapporo, Japan
4. M. Ina, H. Torigoe, T. Kozaki, A. Yasukouchi, The effects of bright light in the morning on nocturnal light-induced melatonin suppression and rectal temperature rhythm during sleep. The 10th International Congress of Physiological Anthropology, 2010.09.11, Fremantle, Australia
5. Y. Fukuda, S. Tsujimura, S. Higuchi, A. Yasukouchi, T. Morita, The response of melanopsin-expressing retinal ganglion cells to light stimuli with frequency changes. The 10th International Congress of Physiological Anthropology, 2010.09.11, Fremantle, Australia
6. Y. Kinjyo, T. Kozaki, A. Yasukouchi, Effect of light reflected from wall on melatonin suppression at night-time. The 10th International Congress of Physiological Anthropology, 2010.09.11, Fremantle, Australia
7. T. Kozaki, N. Toda, H. Noguchi, A. Yasukouchi, Effect of different light intensities on dim light melatonin (DLMO) in the morning within one day. The 10th International Congress of Physiological Anthropology, 2010.09.11, Fremantle, Australia
8. S. Tomimatsu, N. Toda, H. Noguchi, T. Kozaki, A. Yasukouchi, Effect of color

- temperature of LED light sources on nocturnal melatonin suppression. The 10th International Congress of Physiological Anthropology, 2010.09.11, Fremantle, Australia
9. K. Ishibashi, S. Arikura, T. Kozaki, S. Higuchi, A. Yasukouchi, Relationship between endogenous melatonin and body temperature regulation during sleep in a cold environment. The 10th International Congress of Physiological Anthropology, 2010.09.11, Fremantle, Australia
 10. Higuchi S et al. (2010) Study on physiological factors related to delay of circadian rhythms in Japanese university students. The 10th International Congress of Physiological Anthropology, Fremantle.
 11. 樋口重和 (2010) Chronotype による朝の光曝露とその影響の比較. 日本睡眠学会第35回定期学術集会シンポジウム, 名古屋.
 12. T. Maeda, S. Hirota, H. Ishibashi, Y. Okada, S. Yokoyama, M. Kuramae: Disappearance of seasonal variation in the basal metabolic rate in Japanese males. ICPA2010 Peoples and Places, 49, 2010.9.9-12, Fremantle, Australia
 13. K. Ishibashi, S. Arikura, T. Kozaki, S. Higuchi, A. Yasukouchi : Effect of pre-sleep exposure to cold environment with bright light on salivary melatonin, thermoregulatory and cardiovascular responses in humans. International Symposium of Biological Rhythm, Sapporo, 2009. 8. 2
 14. 樋口重和 他 (2009) 日中の習慣的な光曝露と概日リズム位相の関係, 日本生理人類学会第60回大会, 札幌.
 15. K. Ishibashi, T. Tabuchi Questionnaire survey on ordinary lifestyle habit with reference to morningness- eveningness tendency on university students. The Joint Congress of the 6th Congress of Asian Sleep Research Society, the 34th Annual Meeting of Japanese Society of Sleep Research, and the 16th Annual Meeting of Japanese Society for Chronobiology 2009. 10. 27 Osaka, Japan
 16. Higuchi S et al (2008) Lighting and human wellbeing. The 9th International Congress of Physiological Anthropology Symposium. 2008.8.22-26, Delft, The Netherlands
 17. T. Maeda, T. Fukushima, S. Higuchi, K. Ishibashi, S. Yokoyama: Correlation between vascular function and physiological responses to cold, The 9th International Congress on Physiological Anthropology, 45, 2008.8.22-26, Delft, The Netherlands
- [図書] (計 4 件)
1. C.G.N. Mascie-Taylor, A. Yasukouchi and S. J. Ulijaszek eds. Human Variation: From the Laboratory to the Field” CRC Press (Taylor & Francis Group), 2010
 2. Higuchi S (2010) Human adaptation to natural and artificial light -variation in circadian photosensitivity-. In Mascie-taylor N, Yasukouchi A, Ulijaszek S eds. Human Variation: From the Laboratory to the Field. CRC Press, pp 69-84
 3. Maeda Takafumi: Cold Tolerance and lifestyle in modern society. In "Human Variation: From the laboratory to the Field" (eds. Mascie-Taylor N and Yasukouchi A), SSBH Symposium Series, Taylor & Francis, 99-109pp, 2010
 4. 前田享史: 運動トレーニングと寒冷順化. In 体温Ⅱ体温調節システムとその適応 (井上芳光、近藤徳彦編), ナップ, 東京, pp193-206, 2010
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
安河内 朗 (YASUKOUCHI AKIRA)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号: 20136568
 - (2) 研究分担者
前田 享史 (MAEDA TAKAFUMI)
北海道大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 90301407
 - (2) 研究分担者
石橋圭太 (ISHIBASHI KEITA)
千葉大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 40325569
 - (3) 連携研究者
樋口重和 (HIGUCHI SHIGEKAZU)
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授
研究者番号: 00292376