

光と温熱の環境要因に対する生理的多型性とその適応能力
Physiological polymorphisms in response to
Environmental factors of light and ambient temperature
and its human adaptability

安河内 朗 (Yasukouchi Akira)

九州大学・大学院芸術工学研究院・教授



研究の概要

現代の生活環境のうち、物理的要因として光と温熱を、文化的要因として生活行動習慣を取り上げ、これらの環境要因に対するヒトの生理的応答を、個体の日内及び季節変動、個体差、性差、年齢差について生理的多型性と環境適応性の観点から検討した。光要因については明確な個体差、性差、季節差がみられ適応性との関連が指摘された。温熱要因については、生活行動が耐寒性とその協同反応に有意な影響を及ぼすことが示された。

研究分野：生物学(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：光環境、温熱環境、生理的多型性、適応能、機能的潜在性

1. 研究開始当初の背景・動機

現代の高度技術化社会で日常的に暮らす人類について、その生活環境に存在する様々な物理的、文化的要因に対する生理的応答に関して、個体内でどの程度の変動があるのか、また個体間のバラツキがどの程度存在するのか、さらにそれらの分布の広がり現代の生活環境に対する適応性にどんな問題を生じさせているのか、重要な問題でありながらまだほとんどわかっていない。すなわち、高度技術文明下の現代生活における生理的多型性とその適応性という観点から系統的に研究された例は国内外を含めてほとんどみあたらない。

2. 研究の目的

本研究では、このような種々の生活環境への反応にどの程度の生理的多型性があり、その多型の程度が環境への適応性や適応のための全身的協同反応にどの程度の変化をもたらしているかを特に人工照明光と温熱の要因について生活行動習慣との関係と併せて明らかにすることを目的とする。
光と温熱の要因に対する生体反応について、個体内変動として日内差、及び季節差に注目する。また個体間の変異のバラツキについては、物理的環境要因や形態的特徴の違い、また屋外活動時間などの生活行動履歴の違いとの関連について検討し、それによって生じる集団間の差と光や温熱刺激に対する諸反応の様式との関係を析出し、その適応性を検討する。

3. 研究の方法

- (1) 照明光は蛍光灯とLED光源を用いる。
- (2) 夜間の光暴露によるメラトニン抑制率及び概日リズムの位相に注目し、分光スペクトル及び生活行動の影響を検討する。
- (3) 身体的活動量、食行動と基礎代謝、及び耐寒反応の協同性との関係を検討する。
- (4) 暑がり、寒がりという主観申告と体温調節反応との関係を検討する。
- (5) tilting bed を用いた血圧調節反射における自律神経系反応について生理的多型性の観点から検討する。

4. 研究の主な成果

- (1) 瞳孔反応の個人差の存在とともに瞳孔反応へ及ぼす光スペクトルの影響の違いを蛍光灯とLED光の両方で明らかにしたことは、いずれも網膜へ到達する光量に影響するもので、今後夜間のメラトニン抑制への影響と併せて照明光の適切な分光分布を提言するための重要な資料となった。若年成人女性の光刺激に対する瞳孔反応自体は性周期によって影響を受けなかった。また、夜間のメラトニン濃度も性周期による影響はなかった。しかし、夜間の光によるメラトニン分泌抑制率は卵胞期より黄体期において有意に小さく、瞳孔径に性周期の影響がないことから黄体期ではメラトニン分泌抑制反応に関して光感受性が低くなることを示した。これは黄体期という重要な時期において、メラトニン分泌リズムを人工

照明光下においてもできるだけ正常に維持しようとする適応的反応であることを示唆した。

(2) 同じ光源下の壁面反射光について、短波長成分を吸収する木質壁材は他の壁材に比しメラトニン抑制率を小さくすることが明らかとなった

(3) 光曝露によるメラトニン抑制率を生体リズムの光感受性の指標として、その個体差、季節差、民族差について研究を行った。その結果、ヒトは冬季の日照不足に対して、概日システムの光感受性を高めるような機構を有すること、また、人類進化の過程において、高緯度地域で獲得した薄い虹彩が概日システムの光感受性を高める作用を持つことを明らかにした。このように光環境に応じて光感受性を高める機構には、冬季の日照不足が原因となる冬季うつ病などの健康障がいや予防するといった適応的な意義があると考えられた。

(4) 基礎代謝量を低下させる要因として、「栄養摂取量が少ない」、「朝食を食べない」、「日ごろあまり運動をしていない」などが追認され、さらに「よく間食をする」、「夕食にコンビニエンスストアをよく利用する」、「冬季の昼間に暖かい場所にいる」など、現代の生活者に散見される生活行動履歴が耐寒能力に影響していることが示唆され、生理的多型性と環境適応の関係を具体的に示す重要な知見が得られた。寒冷曝露に対する生理的反応のうち、熱産生反応は基礎代謝量によって、血管収縮反応は血管の柔軟性を示す血管機能によって異なる反応を示した。基礎代謝量の小さな個体は寒冷時の熱産生の増加率が大きく産熱型を示し、血管の柔軟性が高い個体は寒冷時の血管収縮反応が大きく断熱型を示した。

生活習慣調査との関連と基礎代謝量・血管機能への影響から、耐寒性向上のための生活行動の指針として主に以下の項目を挙げるができる。

①日頃から運動を心がける

⇒基礎代謝量・血管機能向上

②毎朝、朝食を食べる

⇒基礎代謝量向上

③間食は控える

⇒基礎代謝量向上

④夕食にコンビニを利用せず、バランスのとれた食事を心がける

⇒基礎代謝量・血管機能向上

⑤冬季の昼間の気温を下げる、または昼間暖い場所にいる時間を減らす

⇒基礎代謝量向上

(5) 「暑がり」「寒がり」といった自身の日頃の主観的認識について、同一環境条件を設定したうえで主観申告、皮膚温、深部温を測定し、性差、年齢差、及び日内リズム、季節差の観点から「暑がり」「寒がり」の両者の違いを学術的に検討した。その結果、本人の主観的判断が必ずしも生理反応の面から環境適応能力を反映しないことを明らかにした。

(6) 起立性負荷による心拍数の増大には個体間変動の増大を伴うことが明らかとなった。熱的中立環境下における起立性循環調節には季節差よりも個体間変動が主であった。さらに暑熱環境下の直立耐性の低下において個体内の日間変動の寄与が大きいと考え

られた。これらは個体内及び個体間変動を定量化するための今回の実験計画によって初めて明らかとなった。

5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

照明光に対する非視覚系の生理反応についてはごく最近注目され始めたばかりであり、それは国際照明委員会が2004年になって初めてこのテーマに関するシンポジウムを開催したことからも判断できる。特に波長帯域別の光や単色光に対する非視覚的生理反応の日内及び季節による変動を系統的に調べた研究は国内外で皆無とあってよい。

産熱型、断熱型の耐寒反応の生理的多型性はイヌイトやオーストラリアアボリジニを代表する典型的な反応として知られていたが、一般的な日本人の中で現代の日常生活における行動習慣によって産熱型と断熱型が生じる可能性を客観的データで示した例は過去になく注目すべき成果となった。

本研究で得られた数々の成果は、基本的に現代の生活環境に対する適応能を、生理的多型性、全身的協同反応、機能的潜在性の観点から系統的に検討したもので、このような成果は国内外で初めてのものである。

成果は、2005年にモスクワ大学で、2007年にはケンブリッジ大学でそれぞれの人類学領域のメンバーとジョイントシンポジウムを開催して報告し、注目を集めた。なお、成果の一部は2010年に Taylor & Francis 社より出版される予定である。

6. 主な発表論文

(研究代表者は太字、研究分担者には下線)

1. Human variation: From the laboratory to the field (a volume in the Society for the Study of Human Biology series, volume 48), Nicholas Mascie-Taylor, **Akira Yasukouchi**, Stanley J. Ulijaszek eds. Taylor & Francis (2010 予定)

2. Variations in the light-induced suppression of nocturnal melatonin with special reference to variations in the pupillary light reflex in humans.: **Akira Yasukouchi**, Tadaaki Hazama and Tomoaki Kozaki: J Physiol Anthropol: 26(2):113-121 (2007)

3. Less exposure to daily ambient light in winter Increases sensitivity of melatonin to light suppression.: Shigekazu Higuchi, Yutaka Motohashi, Keita Ishibashi, Takafumi Maeda: Chronobiology International: 24(1): 31-43 (2007)

4. Influence of eye colors of Caucasians and Asians on suppression of melatonin secretion by light.: Shigekazu Higuchi, Yutaka Motohashi, Keita Ishibashi, Takafumi Maeda: Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol: 292, 2352-2356(2007)

5. Non-visual effects of the color temperature of fluorescent lamps on physiological aspects in humans.: **Akira Yasukouchi**, Keita Ishibashi: J Physiol Anthropol 24:41-43 (2005)