光環境人間工学に関する最近の研究成果

○勝浦哲夫、金 信琴（千葉大学）

Current Topics on Ergonomics for Lighting Environment

Tetsuo Katsuura, Xinqin Jin (Chiba University)

1. はじめに

光はヒトを含むあらゆる生物に様々な影響を与えている。自然環境における事実上、唯一の光源は太陽である。地上に到達する太陽光（昼光）の色温度は時刻により変化し、朝日、夕日の2000K程度から真昼の7500K程度まで変化している。さらに晴天青空光は10000Kを越えている。ヒトは他の生物と同様にこうした自然の光の元で進化し、適応してきたものと考えられる。また、私たちの日常生活においても様々な照明器具が使われており、光環境は人間工学においても重要な研究テーマの一つとなっている。

光の影響は、その量と質に分けて考えることができる。光の量は、照度によって表すことができる。作業能率などに対する照度の影響を調べた研究は古くから数多くなされており、照度が足りないと作業能率が低下することや、明るすぎる照明では疲労感が増加することなどが知られている。さらに、24時間周期の太陽光の明暗サイクルは私たちの体内時計をかなり正確な24時間周期（概日リズム）に調整することに貢献している。特に、朝の高照度光は体内時計のリセットに効果的であることが報告されている。また、高照度光が時差ボケの改善や、季節性感情障害（SAD ; seasonal affective disorder）の治療にも有効であることもよく知られている。

一方、光の質は演色性や色温度で表すことができる。演色性や色温度が人にどのような影響を与えるのかについては、光の量の研究ほど多く行われていないが、最近、環境人間工学、生理人類学領域で色温度に関する研究が活発に行われている。ここでは、こうした最新の知見も加え、光の質がヒトにどのような影響を与えるのかについて述べていきたい。

2. 照明と味覚

光の照度や色温度によって料理が美しく見えたり、まずく見えたりすることはありそうなことではあるが、科学的な研究はあまり行われていなかった。

味覚は、舌面を中心として軟口蓋、喉頭蓋などに分布する味覚の受容器によって化学物質が検知された結果生まれる感覚である。味覚の受容器は味細胞という細長い細胞で、これは支持細胞、基底細胞と共に、花の蕾のような形をした味覚器（味蕾）を構成している。味細胞で受容された情報は味覚神経を介して延髄孤束核、視床の味覚中継核を経て、大脳皮質の第一次味覚野（島- 弁蓋味覚皮質）に達し、そこで味の強さや質の識別を行う。味覚情報はさらに第二次味覚野（前頭眼窩皮質）に至り、他の感覚器官からの情報を統合し、食の総合的認知を行う。また、味覚情報は情動の発現に重要な役割を持つ扁桃体、視床下部などに至り、味の快不快、食欲などの情動的判断を行うと考えられている。

食物の味には実にさまざまな種類があるが、これらはいくつかの基本味から構成されていると考えることができる。民族によって基本味は異なるが、どの民族でも共通しているのは甘味、酸味、苦味、塩味の4種類の基本味である。

この4基本味の味覚閾値に及ぼす照明の照度と色温度の影響を検討した¹⁾。照明の条件は、照度を200 lxと1500 lxの2条件、色温度を3000 K（電球色）と7500 K（昼光色）の2条件として、これらを組み合わせた4条件とした。

味覚閾値（認知閾）の測定は、甘味、酸味、苦味、塩味それぞれについて9段階濃度の溶液を用いて行った。具体的には、溶液に浸された直径5 mmの濾紙を舌面に置き、感じた味覚を「甘」「酸」「塩」「苦」「水」「不明」の文字が書かれている6種類の札の中から1つ選んで上げてもらった。

被験者は青年男性40名（年齢20～30歳）であった。

その結果、甘味と苦味は照度が低いと閾値は高い、すなわち感度が鈍くなること（それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.05$ ）が示された。さらに甘味は色温度が低いと感度が鈍くなること（ $p < 0.05$ ）も認められた。

つまり、私たちの味覚は照明によって変化し、明るい照明環境の方が暗い照明より甘味、苦味に対する感度がよくなるのである。また、色温度が高いことも味覚の感度を上げる方向に働くようである。これはヒトが本来雑食性動物であることに関係しているように思われる。ヒトに限らず雑食性動物は多種多様な食物から栄養を取る必要がある。その食物がエネルギー源となる糖類を含んでいるか（甘味）、有害なものでないか（苦味）、腐っていないか（酸味）、ミネラルを含んでいるか（塩味）などを味覚によって適切に判断しなければならない。昼行性のヒトは明るく色温度の高い日中に食物を探したものと思われる。そのような状況で味覚の感度が上がることは理に適っていることである。

3. 光環境と時間感覚

数秒から数分の時間経過の感覚、すなわち時間感覚は様々な心理生理的要因、たとえば、年齢と性、時刻、性周期などによって影響されることが報告されている。最近の研究で、ヒトに2種類の体内時計があることが示唆されている。一つは、視交叉上核にあり約24時間のリズムを形成する概日時計である。もう一つはストップウォッチのように時間経過を測る時計で、これは尾状核、被殻、黒質などの大脳基底核と大脳皮質に形成された神経回路に存在することが示唆されている。

時間感覚の時計が脳に存在するならば、脳機能の活動水準によって変化することが予想される。光は中枢神経系にも影響を与えるので、時間感覚と中枢神経機能水準を同時に測定することは重要であろう。

そこで、人工光環境に関する研究の一貫として、単色光がヒトの時間感覚および中枢神経系に及ぼす影響を検討した²⁾。

被験者は9名の成人（男性7名、女性2名、 23 ± 2 歳）であった。実験開始前の照明は白

色蛍光灯（5000 K, 310 lx）を用いた。実験中の光条件は色蛍光灯を用いて青色光と赤色光の2種類で、照度はいずれも310 lxとした。赤色光条件と青色光条件は日を変えて同時刻に行った。

時間推定タスクは2回の90秒推定と1回の180秒推定であった。被験者は表示部分を隠したストップウォッチを持ち、実験者の合図でスタートボタンを押した。被験者は90秒あるいは180秒が経過したと感じた瞬間にストップボタンを押した。実測された時間は実験者が読み取り、被験者にフィードバックは与えなかった。その後、音刺激を用いた odd-ball task を行い、事象関連電位P300を求めた。

90秒推定は、青色光で平均 114.0 ± 21.6 s、赤色光で 109.3 ± 30.6 s と赤色光で短い傾向があったが、有意差は認められなかった。一方、180秒推定では、全ての被験者で青色光より赤色光で推定時間は短く、青色光で平均 199.0 ± 54.4 s、赤色光で 163.2 ± 50.4 s で、赤色光で有意（ $p < 0.05$ ）に短くなった。また、P300の頂点潜時、振幅を色光条件で比較したところ、振幅には有意差が認められなかったが、Pzの頂点潜時は青色光で平均 332.6 ± 20.2 ms、赤色光で 322.2 ± 26.6 ms となり、赤色光で有意（ $p < 0.05$ ）に短くなった。

今回の研究で事象関連電位のP300の頂点潜時が赤色光暴露時に青色光より有意に短いことが見出されたことは興味深い。一般にP300頂点潜時は覚醒水準に依存することが知られており、赤色光暴露時に覚醒水準が高いことが示唆され、それが 時間経過時計を早くしたものと考えられる。

参考文献

- 1) Katsuura, T., et al. : Effects of Color Temperature of Illumination on Physiological Functions, J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci., Vol. 24, No. 4, 321-325, 2005
- 2) Katsuura, T., et al. : Effects of Monochromatic Light on Time Sense for Short Intervals. J. Physiol. Anthropol., Vol. 26, No. 2 (in print) 2007