

人間生活工学

Journal of Human Life Engineering

[編集] (社) 人間生活工学研究センター

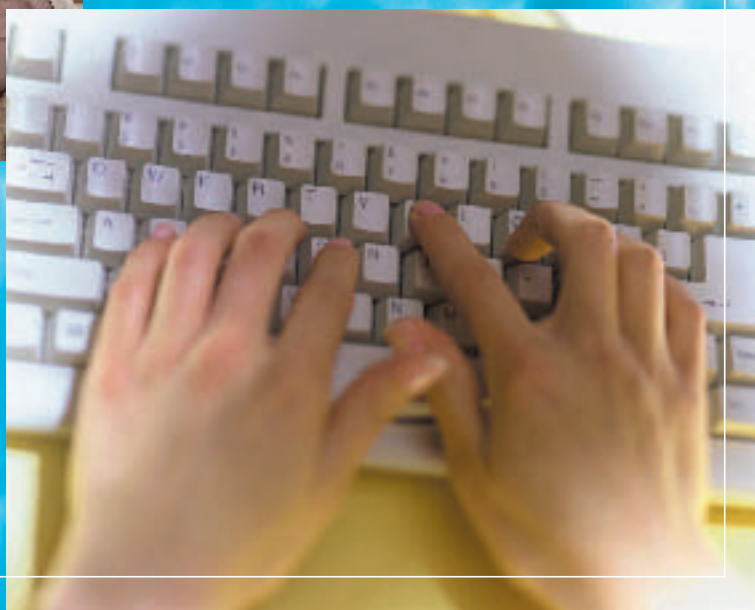
Number

3

Volume 4

■特集

光と照明



特集

巻頭言 (社)人間生活工学研究センター 会長 野村 明雄 1

光と照明

光特集に当たって..... 2

金沢工業大学 工学部 居住環境学科 教授 工学博士 金谷 末子

21世紀の都市照明「六本木ヒルズの光」..... 3

照明デザイナー (株)ライティングプランナーズアソシエーツ 代表取締役 面出 薫

視覚と色ー国際照明委員会の活動ー 8

(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 感覚知覚グループ グループ長 佐川 賢

光と人間の生活・健康 11

国立精神・神経センター精神保健研究所 老人精神保健研究室長 白川 修一郎

LED照明の特長と安全性ー21世紀の次世代光源による照明ー 16

(株)テクノローク顧問 河本 康太郎

照明光による周囲環境への影響(光害)について 21

岩崎電気(株) 技術開発室 技術部長 川上 幸二

高齢者のための照明 26

金沢工業大学 工学部 居住環境学科 教授 工学博士 金谷 末子

訪問

松下電工本社ビル NAISショールーム汐留 30

投稿論文

体位変換介護ベッドhistの開発 33

三洋電機(株) エコ・エネシステム技術開発センターBU ヘルスケアシステム研究部

小川 淳、河上 日出生、森川 雅司、田口 賢治、阿部 裕司、安田 昌司

体位変換介護ベッドhistの評価..... 38

三洋電機(株) エコ・エネシステム技術開発センターBU ヘルスケアシステム研究部

藤原 義久、阪井 英隆、南浦 武史、岡田 志麻、小川 淳、安田 昌司

プロジェクト紹介

人間生活工学系技術のタイにおける実態調査 43

(社)人間生活工学研究センター 研究開発部長 吉岡 松太郎

講座

人間生活工学に役立つ統計の基礎知識、統計論全般(1)..... 48

千葉大学 文学部 行動科学科 認知情報科学講座 教授 工学博士 宮埜 寿夫

Information 52

巻頭言

会長就任にあたって



(社)人間生活工学研究センター
会長 野村 明雄

平素より当センターの運営に深いご理解とご協力を賜り、誠にありがとうございます。

このたび、奥井前会長の後を引き継ぎ、(社)人間生活工学研究センター会長に選任されました。奥井前会長は、中長期的な課題解決に向けた国へのプロジェクト提案や、民間からコンサルティングを受託する自主事業の拡大など、当センターの発展に尽瘁されました。この重責を引き継ぎ、当センターのさらなる飛躍のため、微力ではありますが精進する所存であります。

さて、我が国は「科学技術の世紀」といわれた20世紀の飛躍的な発展を経て、現在、少子高齢化や産業競争力の低下をはじめ、様々な課題に直面しております。これらの課題を克服し、国民の生活や経済活動を持続的に発展させていくため、「知の世紀」と呼ばれる21世紀においても、科学技術には、引き続き大きな期待が寄せられております。

平成13年の「第2期科学技術基本計画」では、我が国の目指すべき姿と科学技術政策の理念の一つとして「安心・安全で質の高い生活ができる国の実現」が掲げられております。これは、今後本格的に到来する高齢化社会においても、国民が安心して豊かな質の高い生活を営むことができる国づくりのため、科学技術の発展とその適切な活用を図ろうというものであります。

皆さまも承知の通り、今やいかなる企業活動においても、安心や安全を提供することができなければ、お客さまに受け入れていただけるものではありません。

加えて、今日、使いやすい製品設計のための国際標準（ISO13407）が発効し、「使いやすさ」が商品の購入動機で上位にランクされるなど、国際競争力向上に欠かせない視点となっております。すなわち「人間中心設計」に基づく「使い勝手の良い」また「満足度の高い」ものづくりやサービスの提供、さらに環境づくりが非常に重要であります。

これらの課題を克服していくためには、「人間生活工学」また「ユニバーサルデザイン」など、まさに会員の皆様方が取り組んでおられる研究成果が大いに役立つものであります。

今後とも、これまでに蓄積された、(社)人間生活工学研究センターの膨大なデータベースと数々の技術や知見をもとに、社会や産業界にますます貢献できるよう、事業展開を図って参りたいと存じます。皆様方の一層のご支援とご鞭撻をお願い申し上げまして、就任の挨拶と致します。

光特集に当たって

金沢工業大学 工学部 居住環境学科
教授 工学博士 金谷 末子

1. 照明を織りなす人々

照明は、視覚生理の基礎研究から照明デザインまで多くの専門分野の人々が係わりをもつ世界である。

人間の視覚と色の基本特性に関する研究、光が人間に与える視覚生理・心理的反応を基に光環境のあるべき姿を追求する照明ソフト研究、ランプ・点灯制御を含む照明機器の開発、種々の照明機器を用いた様々な都市・建築空間の光環境デザイン、ファシリティマネジメントの一環としての光環境の運用・保守管理をはじめ、人間生活工学、生理・心理計測工学、知覚・認知心理学、建築デザイン、色彩デザイン、眼生理学、画像情報工学などが、直接、間接的に係わりあって「照明」を組み立てている。

2. 日本の「あかり」の軌跡をたどれば

戦後50有余年にわたる時の流れのなかで、日本のあかりは大きな変遷を遂げてきた。戦後、暗く重苦しい日々を払拭するかのように蛍光灯は急速に普及し、瞬く間に日本は「白い光」に包まれた。次いで、蛍光灯を取り付けた様々なデザインが施された照明器具が開発されて、照明器具の多様化の時代へと変わる。1973年秋に勃発したエネルギー危機を乗り越え、照明ソフト研究開発を基盤とした新しいコンセプトをもつ高効率・高性能ランプが大きな潮流となった。照明デザイナーの活躍はめざましく、「ライトアップ」は、生活者にとって照明用語のなかでは非常に身近な日常語となってきた。そして今、私達は明るさとまぶしすぎるほどの光に満ちたなかにいる。

3. 初めての「照明」特集

人間生活工学研究センター季刊誌で、初めての「照明」特集とのこと、本号が「照明」第1弾である。

まずは、照明デザイナーとして国際的に活躍されている面出薫氏に「21世紀の都市照明：六本木ヒルズの光」について紹介していただいた。今年4月初めに相次いで竣工した東京・汐留、品川地区の都市再整備に続いて、4月5日に完成したのが東京ドー

ム8つ分の広大な敷地に衣・食・住・遊が一体となった文化都心、「六本木ヒルズ」である。照明デザインの基本構想から竣工まで照明ディレクタとして活躍された面出薫氏が解き明かされる、光デザインの最前線をご一緒に誌上探訪していただきたい。

次に、CIE(国際照明委員会)副会長で、長らくCIE第1部会(視覚と色)部会長として活躍された佐川賢氏には、「視覚と色の国際動向」について解説していただいた。

続いて白川修一郎氏には、「光と人間の生活・健康」について分かりやすくご説明いただいた。白川修一郎氏は、睡眠科学、睡眠障害に関する研究の第一人者である。光と生活の係わりについて実験データを交えながらの解説は、謎解きのような楽しさを味わっていただけるだろう。

光源の分野では、21世紀の光源として注目を集めているLEDについて河本康太郎氏に説明していただいた。今年4月に東京・ビッグサイトで開催された国際照明展では、無電極放電ランプをはじめ、数多くの新しいランプ、照明器具が展示されたなかで、ひときわ目立っていたのが照明メーカー各社が展示したLEDであった。CIE、IECなど国際機関での日本代表委員として活動されている河本氏にLEDの発光原理とその特徴、LEDを一般照明に展開していく場合の留意点などについて述べていただいた。

屋外照明分野については、「照明光による周囲環境への影響」と題して、環境庁の光害対策ガイドライン、地域照明環境策定マニュアルの策定に携わられた川上幸二氏に解説していただいた。明るさとまぶしすぎる光の洪水と化した屋外の照明を打破する照明技術の鍵がある。

最後に「高齢者と光環境」について金谷が説明させていただくこととした。本特集で随所に引用されているCIE活動は、わが国ではISO活動に比べ知名度が低い。国際整合化に向けた活動が急務である現在、先端研究の戦略的推進と共に、研究活動と照明デザインとの連携を深めて、人々が心地よい光環境を実感できるような取組みが必要である。

21 世紀の都市照明「六本木ヒルズの光」



面出 薫（めんで かおる）
照明デザイナー （株）ライティングプランナーズアソシエーツ 代表取締役

プロフィール

1950 年、東京生まれ。東京芸術大学美術研究科修士課程を修了

1990 年（株）ライティングプランナーズアソシエーツを設立。現在、住宅照明から都市・環境照明の分野まで幅広い照明デザインを担当する傍ら、市民参加の照明文化研究会「照明探偵団」の団長として精力的に活動を展開中。東京国際フォーラム、JR 京都駅、仙台メディアテーク、六本木ヒルズなどの照明計画を担当。国際照明デザイン賞、国際照明デザイナー協会賞、日本文化デザイン賞、毎日デザイン賞などを受賞

現在、武蔵野美術大学教授、東京芸術大学、東京大学、などの非常勤講師。日本建築学会、日本照明学会、北米照明学会などの会員。著書に『あなたも照明探偵団』（日経 B P 社）、『建築照明の作法』（TOTO 出版）など

1. はじめに

2003 年 4 月 25 日に東京港区に「六本木ヒルズ」という巨大な再開発事業が出現した。シンボルとなる 54 階建ての超高層ビル（美術館、オフィス、商業施設のコンプレックス）を中心に、4 本の住宅棟、ホテル棟、テレビ局などの大型建築が配置され、日本庭園や半屋外のアリーナ、プラザなどが多様な空間レベルの外構（公開空地）、ランドスケープによって結び付けられている。この計画には事業主体である森ビルの基本構想のもとに多くの建築家やデザイナーが招集され協同して環境計画を担当した。私自身も敷地全体に係わる照明デザインの基本計画の立案を担当し、また照明ディレクターとして複数の照明デザイナー、技術者間の仕事の調整に当たった。光の基本構想から現場の竣工まで、長いデザインプロセスであったが、本編では「六本木ヒルズの光」という主題に従い、特に設計時に語られた設計内容やコンセプトについて紹介したい。ここで検討された設計

内容と、その結果として出現した光環境は、今後の都市照明のあり方を示唆しているものとして注目される（写真 1、2）。

2. 21 世紀都市の光とは

六本木ヒルズは港区六本木 6 丁目に存在する街をそっくり解体し、全く新規に再開発するという大胆な事業である。そこには事業者森ビルとそれに賛同する地域住民や行政が一体となった街づくりの姿勢が不可欠である。まさに 21 世紀都市再開発のモデルを示すようなプロジェクトであり、特に光は一日の半分の時間に対して支配的な影響力をもち、防犯や交通の安全性のみならず、むしろ街に住むことの快適性を担保する役割を担っていた。20 世紀が効率優先で機能的な都市の光を追い求めたのに対して、21 世紀のそれはどのように価値の転換を図るべきなのか。事業者と設計者チームは計画初期の時点から以下のような 5 つの光の概念について執拗に議論した。



図 1 六本木ヒルズの見える夜景
（CG による夜景合成計画図）



図 2 敷地全体の光の平面イメージ図

2.1 時の流れを作る光

都心型の再開発はすべからず24時間化する街を前提にしている。地球上の情報がリアルタイムで行き交い、昼夜を問わず街は生きづいている。昼には太陽の光の移ろいが時の流れを知らせるが、夜になると光の変化に乏しい無表情な都市環境が多い。六本木ヒルズはむしろ夜間にこそ活力に充ち多彩に情景を変化させ、時の流れを作り出すことをもくろんだ。12時間の夜間を細かく分割し、週に、月に、季節にと、街の表情が刻々と変化する。光こそが時の流れを作り出し生活にリズムを与える道具なのである。

2.2 弛緩と緊張のための光

街全体はゆったりと落ち着いた雰囲気のある夜を目指している。つまり夜になって街の表情は穏やかにな

り、ストレスはなく精神的な弛緩を与えるべきである。しかし私たちの生活が日常と非日常のリズムできているように、時に緊張感を与える光も必要である。時の流れの中に、そして回遊する街の動線計画の中に、この弛緩と緊張のための光をリズムカルに対比させたい。

2.3 アート感覚の光

六本木ヒルズにはたくさんのアートが仕掛けられている。街のあちこちに環境彫刻がはめ込まれ、けやき坂通りにはたくさんのアート・ファニーチャーが計画されている。ランドスケープや建築デザイン自体にも、斬新な素材や形態が計画され、光のデザインにも照明機能のみに留まらないアート感覚に溢れる光が必要である。お洒落な光の演出は街並に個性



図3 けやき坂通りの平面計画図
(車道照明、歩道照明、店舗からこぼれる光などが計画されている)

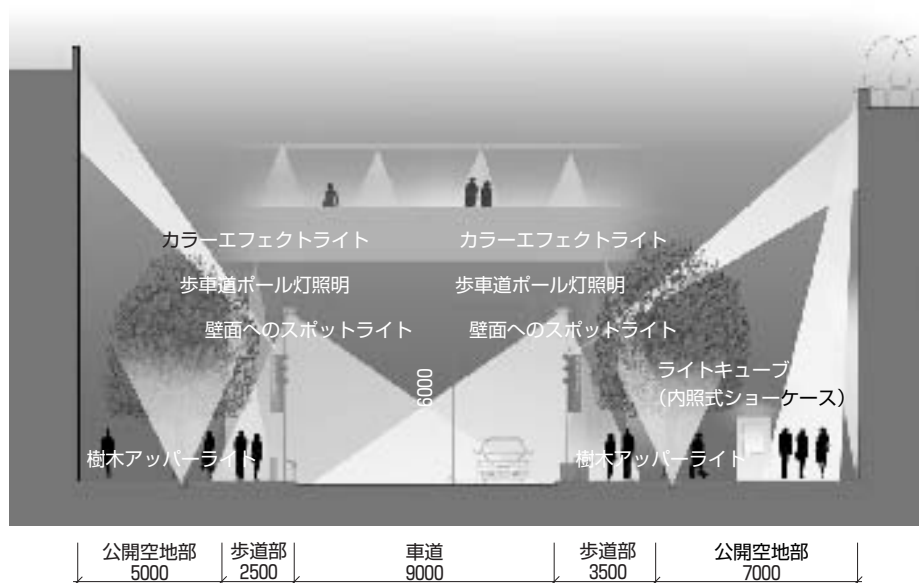


図4 けやき坂通りの光の断面計画図
(それぞれの光の要素が主要断面図に示されている)

を与えリフレッシュするための手段でもある。

2.4 新しい公共の光

日本のパブリックスペースは文字通り行政が管理する空間を意味し、それがゆえに隣接する民間の施設設計との整合性がなく、街の統一感に欠ける事しばしばである。六本木ヒルズでは東京都や港区との心の通った協議を丹念に積み上げたために、官民の施設や空間の光が上手く融合している。特にけやき坂通りに見られる歩道照明と車道照明の協調したデザイン、また歩道照明に影響を与える店舗のファサード照明の事前協議方式など、新しい公共の光を作るためのプロセスを確立した。公共空間の演出光を民間側から照射したり、民間の施設のファサードに対する小さなライトアップを公共照明側から補助したりして、積極的なパブリックスペースの融合を図っている（写真3、図1）。

2.5 人と地球に優しい光

先ずここでは障害光（まぶしい光）や無駄光（エネルギーを無駄に消費している光）を極力排除している。光害や騒光と呼ばれる不要な光をなくす事によって、単純に人に優しい環境が出現する。屋外空間にも間接照明の手法を取り入れ、建築やランドスケープに光を同化させる事により、更に光は優しくなる。また一方で夜間の照明演出は省エネルギーの思想を中心に詳細の照明方式を決定している。高効率で長寿命の光源の採用や、各種光学制御技術の効いた照明器具設計などが行われた。特に小型セラミック・メタルハライドランプや高効率細型蛍光ランプ

を生かした特注設計器具の開発などがその効果を発揮している（写真4）。

3. 照明デザインコンセプト

これまで屋外照明は概ね道路照明のテクノロジーによって先導されてきた。交通の安全性を重視する視点が強く、その結果屋外の環境はわけ隔てなく高照度で均一に照らし出す事に邁進してきた。六本木ヒルズの屋外照明はそれらを大きく乗り越えるために、以下にみる3種類の照明デザインコンセプトが確認された。

3.1 3種類の夜景を演出する

このプロジェクトが東京の新しい夜景を目指すために、夜景は3種類に分割される。まずは1～10km離れた視点場から見る遠景からの視点。これは特に高層棟の外観照明に代表される。次に0.5～1km圏内からの中景の視点、そしてそれ以内の施設に近づいた近景は、施設の低層部を楽しむ視点であり、人間尺度を上手く生かした光の演出が基本になる。ランドマークとして眺められるための光の演出から、回遊性を持った人間尺度まで、夜景はそれぞれに意図されるべきである。

3.2 街の機能を光で表現する

六本木ヒルズには多様な都市機能が凝縮されている。住、職、遊、創の複合する環境は、とりわけ夜になるとその機能が光によって一層明確に視覚化されるべきだと考えた。住宅ゾーンは落ち着いたプライバシーを感じる光、職業ゾーンは機能的でクリー

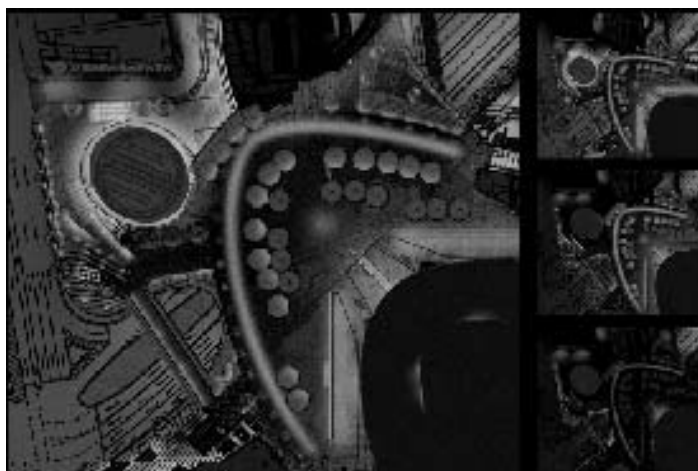


図5 66 プラザの光の計画図
（極力わずかな光の量を計画している）

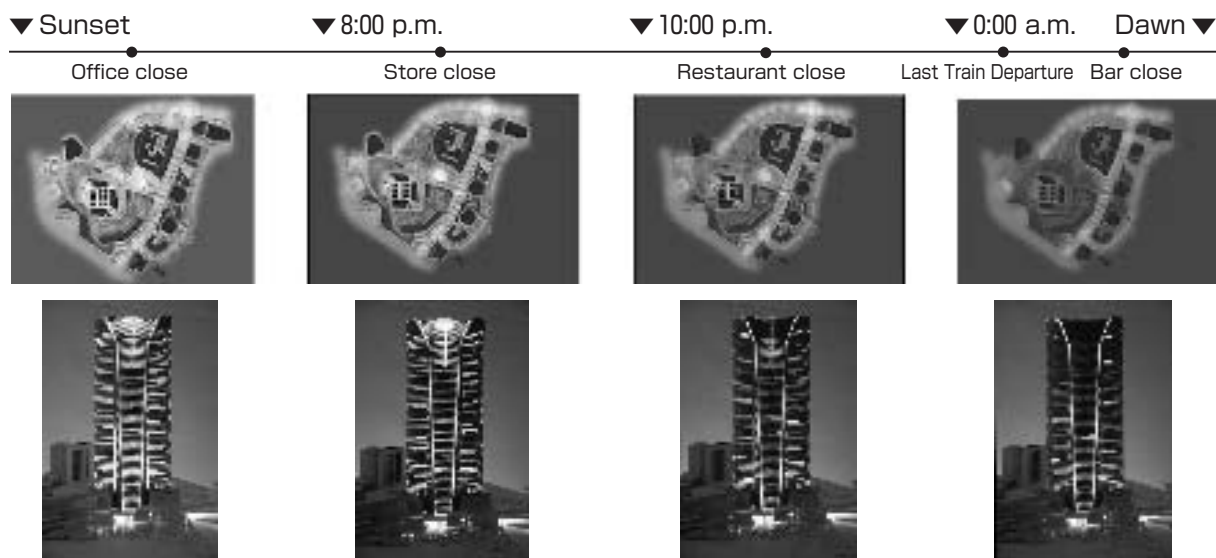


図6 1日の光のオペレーション解説図
(1日を4つの夜に分割して光の状況を変化させる)

ンなハイテク光、遊びの商業ゾーンは祝祭性の効いた華やかでお洒落なエンターテインメント光、そして創造のための文化ゾーンはインテリジェンスの効いた未来的な光、などが考えられる。

3.3 街全体をアイデンティファイする

夜に一步六本木ヒルズに立ち入ると、そこには全く別の気配が漂っているようにしたい。雑然とした周囲の喧騒が故に、この街全体が醸し出す異質の空気を誰もが感じる事ができる。その効果は洗練された光のCI(シティ・アイデンティティ)によるものだ。敷地全体に低い位置の照明システムが散らばり、暖かい色の光で統一され、しかも間接照明的な柔かい光の効果が多用されるなど、アイデンティファイするための手法が随所に隠されている。

4. 光のテクニカル・ガイドライン

街全体の光はあまり数値的に統一されすぎない方が豊かな表情を作るものである。しかし光の快適性という面では、明らかに明確な品質の基準を示す必要がある。このプロジェクトでは光の品質を6種類に分けて説明し、それぞれに緩やかなテクニカル・ガイドラインを示した。

4.1 高い演色性

光の良し悪しはまず第一に自然な色彩の見え方で評価される。粗悪な光は人の肌色やみずみずしいはずの街路樹の緑まで、ひどい色に変えてしまう。高い演色性とは光の品質保証のようなものである。色

の再現性を評価する指数として平均演色評価数(Ra)が使われるが、このプロジェクトでは原則的にRa80以下の光源使用を禁じている。

4.2 ノングレア

日本人ほどグレア(眩しさ)に鈍感な都会人も少ないと言われる。街には光源が露出している照明器具が多く、そのために絵にならない夜景を作っている。丁寧に気を使って眩しくない環境を作る事が美しい街の第一条件である。グレアを徹底的に追放する、という視点さえ守られれば、街全体がほんのりと輝きたってくるはずである。

4.3 鉛直面の輝度

水平面(路面や床面)を照明する方法ではなく、鉛直面(測立面)を明るく見せる事により、街に飛躍的な明るさ感がつくられる。人間の視線は常に鉛直面に誘われるからである。このプロジェクトでは建物や樹木に対して小さなライトアップが施され、自然なパースペクティブに対して、包み込むような光の演出をしている。

4.4 低い色温度

色温度の高い光(白い光)は多少の緊張感を伴い活動的な雰囲気を作り出す。それに対して色温度の低い光(暖色の光)は人の心に開放感を与え、安らいだ雰囲気を作る。ここでは街全体に暖色系の光を基調としているが、更に局所的には色温度を対比する事によって明るさの対比以上に印象的な情景を作



図7 けやき坂のパースペクティブスケッチ
(4種類の夜の表情が見える)

り上げている。

4.5 光のオペレーション

時間が止まってしまうほど退屈で不自然な事はない。日中はもとより夜になっても街の表情は刻々と変化すべきである。夕暮れ時から8時まで、そこから11時まで、そして深夜の賑わいの続く2時まで、その後の夜明けまで…、原則的に夜は4つの異なる情景によって構成される。また週末のみの演出や、春夏秋冬の季節演出、更に年間の様々な記念日、祭事にあわせたイベント照明でさえ、設備された照明装置が多彩にオペレーションされるべきである（写真5、6）。

4.6 快適な陰影

街全体が均一に明るいばかりでは快適な夜の環境は望めない。光と影のバランス、明暗のコントラストが上手く配置されてこそ初めてリズムカルな景色にもなる。敷地全体に渡る照度分布計画は、その意味でたいへん重要である。快適な陰影がデザインされる事は、美しい明るさを誇る事にもなるはずである。快適な陰影をなくさないように心掛けた。

5. 複数の照明デザイナーのコラボレーション

六本木ヒルズの各部の照明計画には、世界中から著名な照明デザイン会社7社が選考された。超高層

タワーの内外には ISOMETRIX (London)、KPO (NYC)、石井幹子デザイン事務所 (Tokyo)、主な商業公共空間には KPAL (Los Angeles)、庭園とアリーナには内原智デザイン事務所、ホテル棟は FMS (NYC)、そしてプラザ、けやき坂通り、さくら坂などの公共空間とテレビ朝日はライティングプランナーズアソシエーツ＝LPA (Tokyo) が担当した。たくさんの個性の異なる照明デザイナーが起用されたのは、それだけ街の機能と表情が複雑に絡み合っているからである。六本木ヒルズの街の個性と活力は、たくさんの個性的な光がぶつかり合い、共存し合うところに生まれるように計画されている。

6. おわりに

光の計画がこれほど広範な敷地全体に対して緻密に積み上げられた例は、世界でも初めてではないだろうか。多くの人々の時間と知恵が発揮されたが、その成果が批評されるのはこれからである。照明デザインが単に光の量を供給するだけでなく豊かさの質を提供するためのものだと言語するには、あまりに六本木ヒルズは実験的なプロジェクトであるかもしれない。それだからこそ多くの方々の鋭い批評精神が、21世紀の都市照明の行方を左右するものと確信する。まずは夕方に六本木ヒルズの街を照明探偵していただきたい。

視覚と色－国際照明委員会の活動－



佐川 賢 (さがわ けん)

(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 感覚知覚グループ グループ長

プロフィール

1975年 東京工業大学大学院物理情報工学専攻修士課程卒、1982年工学博士（東京工業大学）

1975年 工業技術院製品科学研究所入所、1995年工業技術院生命工学工業技術研究所人間情報部感覚知覚研究室長

2001年より現職

研究分野は、視覚特性の心理物理的計測、測光、測色、視環境評価

国際照明委員会副会長、国際照明委員会第1部会技術委員会 TC1-37、TC1-54の各委員長、ISO COPOLCO 日本代表、ISO TC159

AHG Rapporteur、Journal of Gerontechnology、Editorial Boardなどに携わる

日本照明委員会、照明学会、日本色彩学会、日本視覚学会、日本人間工学会などに所属

1. はじめに

屋内外の光環境を適切に設計するためには、人間の視覚及び色の基本特性を参照することは当然のことであり、かつ設計者が最も苦心する点でもある。そのため、共通に使える視覚特性等のデータとその活用法を確立し社会に提供していくことは重要である。国際照明委員会（Commission Internationale de l'Eclairage）はその責務にある国際標準団体である。仏語の頭文字をとってCIEとして知られている。中でも、第1部会「視覚と色」の分野は、基礎的かつ横断的な分野を担当し、例えば目の分光感度や色覚特性など、視覚の基本特性を定量化し、照明や視覚表示物の設計・評価に役立てようとしている。ここでは、CIE第1部会の最近のいくつかの話題を紹介したい。

2. 薄明視の測光

およそ10ルクスから0.01ルクスの暗い照度レベル範囲は薄明視（mesopic vision）と呼ばれ、私たちの視覚特性は昼間の明るいところ（明所視）とはかなり異なる。まず、種々の色に対する相対的な明るさの感覚が変わる。赤が相対的に暗くなり、逆に青はより明るくなる。いわゆるブルキンエ現象である。低照度の照明設計や視覚表示物の設計はこうした特性を知って適切に設計しなければならない。

基本となる技術は測光システムの開発である。薄明視においてどの色がどのくらい明るく見えるかを定量的に予測する。現在の輝度や照度は明所視用のもので、薄明視では使えない。さらに暗い星明かりのような暗所視レベルになると暗所視用の測光シ

テムができています。この現存する明所視と暗所視の中間のレベル、すなわち薄明視の測光システムがないのである。夜間の生活や作業が増え、薄明視の光環境はますます増え続けている。例えば、夜間の高速道路などはまさに薄明視の視環境であるし、安全上の面からも薄明視の測光システムはぜひとも必要である。

CIEではここ十数年、薄明視測光に関していくつか技術委員会（TC）を設立して検討を重ねてきた。すでにいくつか薄明視測光システムが提案されており、それらの実用上の評価をまとめた技術報告書が2001年にCIEから出版された¹⁾。

その後CIEでは、この報告書を踏まえて、推奨すべき一つのシステムを模索している。図1はこの問題を担当する技術委員会TC1-37で検討されている一つ案である²⁾。

桿体の働く暗所視システムと錐体の働く明所視システムの結合と、さらに色の寄与が考えられ、これ

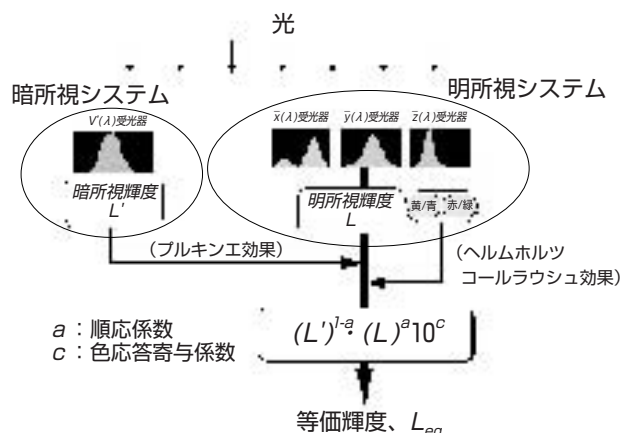


図1 薄明視の測光システムの一例

らがすべて、光の強度レベルによって変化するので、なかなか難しい。

欧州では昨年フィンランドが中心となって、英国、ハンガリーを加えて薄明視のプロジェクがスタートした。実用的な観点から、視作業を基準とした薄明視の測光システムが議論されている。

日本では、以前、工業技術院製品科学研究所と松下電器産業の共同プロジェクトにより薄明視輝度計が開発され、現在ではCIEの場にその検討が移されて評価されている。

3. 視力とコントラスト感度

照明の影響を大きく受ける視覚特性の中で、視力やコントラスト感度という、いわゆる視覚の空間分解能に関する特性は、まず第一に考慮すべきものである。ここ数年、CIEでこれら視覚の空間特性が盛んに議論されるようになった。視覚表示物の文字や図形など、物の見え方や視認性に大きく関連する特性である。

視力そのものは、すでに定義され、測定方法も決められており、この点では特に新しい分野ではないが、視認性と視力の関係を結びつける点が、まだ明確でない。

一方コントラスト感度は新しいTCが最近設立され、画像の評価に関連させて議論が活発になってきた。文字や図形は、粗いものから細かいものまで多種多様である。それぞれの粗さに対する目の感度が異なる。この感度を粗さの異なる縞模様を使って、その粗さごとに定量化したものがコントラスト感度である。一般の画像を、細かさの成分に分解し、それぞれの成分にこの目の感度をかけて、その後また統合する。こうすると、人間が見た時の画像が予測できるという原理である。前述した視力が細かさを見極める限界に関するものであるのに対し、コントラスト感度は総合的な画像やパタンの見え方の評価に関係する。最終的に物の見え方を予測するためのツールである。

こうした視力やコントラスト感度を使って、日常の視覚表示物を実際に評価しようとする、実はあまりうまくいかない場合が多い。これは、適用するデータがその環境に合っていないことが最大の原因である。照度レベル、色の効果、視野の位置、視距離、年齢等々、いくつかの重要な要因で視力やコン

トラスト感度が大きく変化するにもかかわらず、データベースがそこまで完備していない。従って、環境や用途に応じて適切なデータを完備することが、この分野の現在の重要な課題の一つである。特にコントラスト感度特性は最近急成長したデジタルカメラ、DVD、携帯電話等のディスプレイ産業の評価に大きく関係するものであり、今後の進展が期待されている。

データの一例として、産総研が高齢者の視覚特性の一環として収集したコントラスト感度特性を図2に示す³⁾。年齢とともに高空間周波数に対する感度の低下する様子が見られ、細かい物を見る機能が低下していく様子が理解できる。高齢者にあまり細かい画像を提供することは好ましいことではない。

4. 色彩カテゴリーの活用

色彩に関しては、最近の重要な視点は色彩のカテゴリー性である。色彩は連続的に知覚され、境界やグループ性がないように思われるが、実は高次な色彩認識特性では類似する色をまとめて知覚するという特性がある。これをカテゴリー色知覚と呼ぶ。例えば、「赤」といっても、橙に近い赤もあれば、紫に近い赤もある。それでも、人間はそれらを総称して赤と呼ぶ。同様に橙や紫の仲間がやはり色のグループを作る。マンセル等の表色系では、基本的な色はある領域を形成する。これまでの研究では、赤、橙、黄、緑、青、紫、桃、茶、白、黒、灰、の11色の基

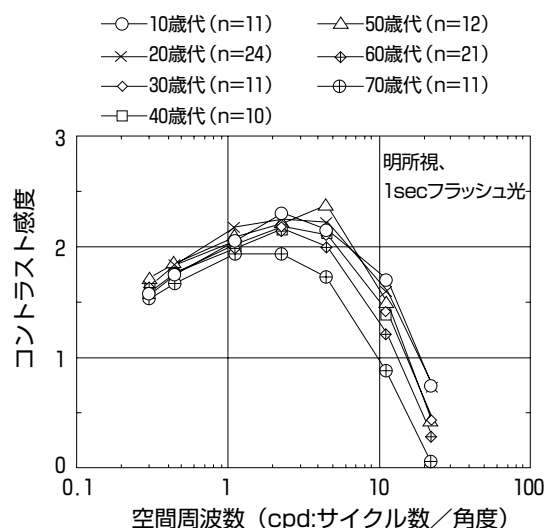


図2 年代別によるコントラスト感度特性

本色のグループがあることになっている。黄緑などが基本色となっていないのは面白い。黄かまたは緑のどちらかのグループに入れられるということである。

このカテゴリー色知覚は実際上の利用性が高い。色彩カテゴリーは類似する色の集まりである。逆にいえば異なるカテゴリーの色同士は似ていない。すなわち、異なるカテゴリーで色の組み合わせを作り、それを視覚表示物に利用すれば識別しやすい表示物となる。一方、逆の利用もできる。色彩は照明や観察条件によって見え方が変わるが、多少色が変わってもそのカテゴリーから逸脱しなければ、色としての役目を果たす場合が多い。交通安全のための標識の色などは赤とか青とか比較的大きな分類の色でできている。多少色がずれても赤が赤として見えれば良い。すなわちカテゴリーの維持という視点から、照明による色の変化や昼夜の色の変化を評価できる。

このように、色彩のカテゴリーは実環境で色を利用しようとする場合に非常に有効な特性である。何よりも、x、yのような細かな色の指定がなくてもカテゴリーでこの色というだけで済むので、野外の看板や標識、地図の色分けなどの視覚表示物の設計には、非常に有効である。

現在の問題はカテゴリーのデータベースである。どの色がどのカテゴリーに属するかの詳細なデータはあまりない。また、このカテゴリーデータも観察条件、年齢などによって変わるので、条件別のデータベースが欲しい。今のところ学術的なデータが多いが、CIE TC1-61でこれらのデータを集めて基準となるデータベースの確立を急いでいる。高齢者と若年者の色彩カテゴリーに関しては佐川らのデータがある⁴⁾。

5. 有効視野

「止まれ」の標識を見落として出会い頭の事故に繋がった例は多いと思われる。通常、「止まれ」は視野周辺に置かれ、そのため見づらくなるのは当然である。どこまでなら見えるか、これが視野の問題であるが、現実的には機能別に考えなければならない煩雑さが出てくる。例えば標識が見えるための視野ということであれば、外形や色や、場合によっては文字まで見る必要もある。色だけ認識すれば良い場合もある。場合によっては、文字読みとりも必要で

ある。こうした機能別の視野を有効視野と呼び、これを定めることが重要である。視野は2次元のデータなので、これを多数の観測者や多数の条件で収集していくことは決して簡単な仕事ではない。その煩雑さのためか、これまで視野に関してはあまり信頼できるデータがなかった。CIE第1部会では、ようやく、TC1-42で色についてだけではあるが、データを収集し現在報告書を準備している段階である。

6. その他の活動

国際照明委員会第1部会では、前述した以外の課題についても精力的に活動が続けている。現在TCの数は30以上、その前段階のReporterはおよそ10個ある。これらはいずれも重要な課題であり、各専門家が精力的に取り組んでいるものである。最近設立されたものには、「TC1-62：LED白色光源の演色性」などがあり、今後普及が予想されるLED照明の応用面にも直結する課題を取り扱っている。また、1986年に出版された測色のバイブルともいえる技術報告書CIE Publication 15.2を改訂する作業もほぼ完成に漕ぎ着けた。その中身のいくつかの項目は、例えば均等色空間などは独立したCIE Standardとして出版する計画である。

7. おわりに

欧州ではCIEはISO、IECと肩を並べる著名な団体であるが、日本ではやや知名度が低い。関係者の一人として、生活に身近な光や色という世界の国際標準に、日本でももう少し関心を高めたいと思う。

● 参考文献

- 1) CIE TC1-21 : Testing of Supplementary Systems of Photometry, CIE Publication No.141, 2001
- 2) 佐川賢：測光システム研究の現状－国際照明委員会(CIE)補助測光システムの開発－、光学、673-678、2001
- 3) Ujike, H. and Sagawa, K: CSF as a function of age and its application to visibility of letters. CIE Proceedings on Temporal and Spatial Aspects of Light and Colour Perception and Measurement. 81-86, 2003
- 4) 佐川賢：「年齢とともに変化する視覚特性のデータベース化を目指して」人間生活工学、2巻4号、12-15、2001
- 5) 日本照明委員会：国際照明用語集第4版、JCIE翻訳出版No.8、1989

光と人間の生活・健康



白川 修一郎（しらかわ しゅういちろう）
国立精神・神経センター精神保健研究所 老人精神保健研究室長

プロフィール

医学博士

東京都神経科学総合研究所客員研究員

日本睡眠学会監事、日本臨床神経生理学会評議員、日本時間生物学会評議員

専門は、睡眠科学、脳科学。睡眠障害の病態解明やマネジメントに関する研究、脳やこころの機能と睡眠の役割の研究を行っている。著書として「おもしろ看護・睡眠科学」（メディカ出版、1999）など

1. 光と人間の生活

人間に対する光の働きとして最も重要なものの第1は、人間の感覚系の2/3を占める視覚系が有効に働くための光の必要性である。光のない状態では、視覚感覚の遮断が生じ、人間が外環境からの情報として最も多く取り込む視覚情報の入力途絶するため、人間は不安を強く感じる。人間は、視覚を感覚系の主体として環境に適応し進化してきた動物であり、覚醒中に光環境下で視覚が十全に働いていることが不安を減じさせることとなる。光には交感神経機能の活動を亢進させる働きもある。交感神経系は自律神経の1つで、行動のための基盤を作っている神経系と考えられる。他の1つは、副交感神経系で休息するための自律神経系である。強い光を浴び続けていると、イライラ感が増し攻撃性が高まることが知られている。一方で、起床直後に光を浴びると、眠気が払拭し爽快感が増すことも知られている。これも同様に、光の交感神経の機能亢進作用によるものである。このように、光は照度や使い方、使う時期によって、ある場合は生活を快適にし、別の場合は逆に生活を不快にすることもある。

快適性は、原始的な感情の1つである快感とは異なるものである。人間は、自己の生命や利害を守る必要のない安心できる状態に身を置いた場合や自己の生命機能が十全に働いている状態にある場合などに快適と感じる。すなわち、環境と自己との関係において整合性や協調性が高く、自己の精神・身体の状態が良好で、自己の志向通りに物事が進む場面などで、快適と感じる場合が多い。快適であると判断している中枢は、脳のどの部分であるのかは、まだ

明らかではないが、前頭連合野などに存在する高次の脳機能であることは確かである。

光には、環境との協調性を上昇させ、人間による快適性の確保をサポートする働きを持つ。一方で、光には人間の生命機能を十全に働かせるための役割も持っている。そのうちでも大きな働きは、生体リズムの調節作用である。生体リズムに異常が生じると、疲労感、身体違和感、眠気など脳・身体機能に不全感を生じ、生活の快適性は失われる。

2. 光の季節変化と人間の生活

生体リズムに対しては、光環境の変化が最も強い影響を持つことが知られている。光環境の季節変化、すなわち日長時間は、植物の開花や多くの哺乳類や鳥類の発情期に強い影響を与えている。我々人間も、動物として地球環境の変化に適応し進化してきた長い歴史を持っており、光や温度などの年周期の環境変化により、様々な生体機能が影響を受けると考えられている。睡眠もその1つである。さらに、睡眠は生体リズムの影響下にある他に、外気温などの環境変化の影響を二重に受ける生命現象でもある。眠気の変動や睡眠の開始のタイミングは、光を同調因子とするサーカディアンリズムの調節下にあり、睡眠時間の長さは、体温リズム位相との関係で調整されている。人の生体リズムの季節変化を隔離実験室で測定した Honma らの報告では、就床のタイミングは夏が早く、冬が遅く、春と秋はその中間であった。起床のタイミングはさらに季節性が強く、夏には冬より早く覚醒する。夏の深部体温とメラトニン分泌リズムの頂点位相は、明らかに冬より前進し、

睡眠と深部体温の位相角差にも季節性が認められている。この実験は、外界環境の影響を極力排除し、生体内に存在すると思われる年周期の時計機構により駆動される現象について検討したものである。自然環境下で社会生活を営んでいる我々日本人の睡眠の変化を調べてみると、状況は少し異なっている。図1に、札幌、秋田、鳥取、鹿児島 の4地域での気分、社会活動、睡眠、体重について四季の変化を調べた筆者らの結果を示す。右上に示すように、月間日照時間に夏季では地域差はないが、冬季には大きく異なる。最も日照時間が短いのは秋田である。いずれの地域においても、日照時間が短くなる冬季には気分が悪化し、睡眠時間が延長し、体重が増加する傾向を示すが、気分の悪化や体重の増加は日照時間の少ない地域で大きい。睡眠の変化は最も顕著で、冬季日照時間の最も短い秋田で、冬に最も長くなっている。右下は、夜間・昼間睡眠時間、就床・起床時刻を四季で比較したものであるが、冬季に就床時刻は前進し起床時刻は後退し、睡眠時間は延長している。夏季には、夜間の睡眠時間が短縮し、そのためか昼間の睡眠時間が増加している。日照時間が短縮し、日中の照度の減少する冬季は、人間の行動の性向として、エネルギーを保存する方向である睡眠へ向かうという結果が、国際的にも広く認められている。

人間の脳機能の一部にも季節性的変化が見られることが、古くから知られていた。近年、感情障害のうちで、その発症に季節特異性を示す疾患の存在することが注目され、季節性感情障害（Seasonal Affective Disorders：SAD）と呼ばれている。SADには冬型と夏型があり、冬型の臨床特徴としては、冬に睡眠時間が長くなり、食欲が亢進し、特に糖分や炭水化物に対する嗜好性が増大し、体重が増加する。また、抑うつ感が強く、人付き合いが極

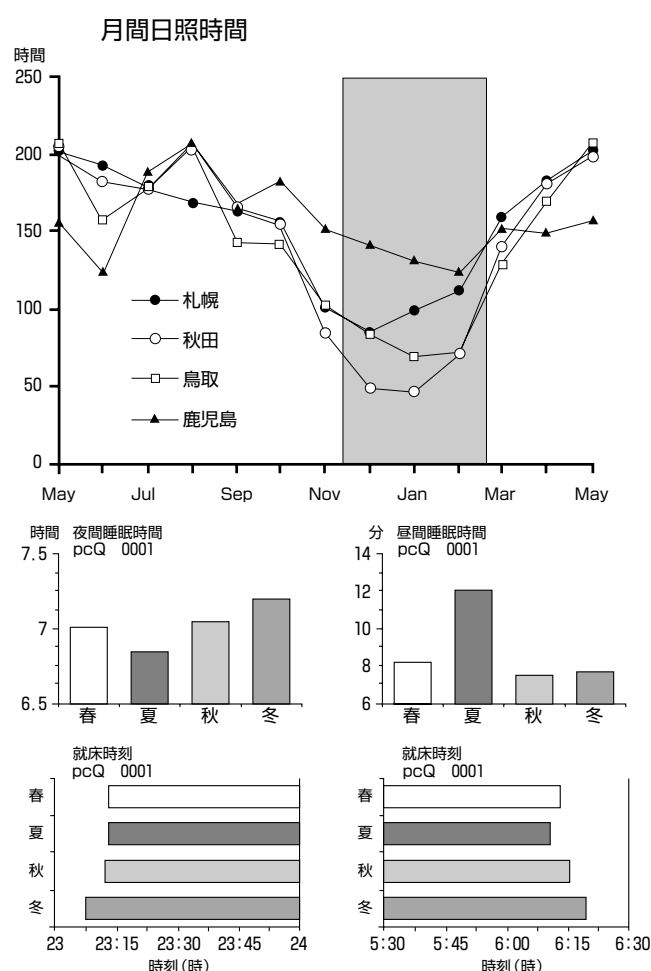
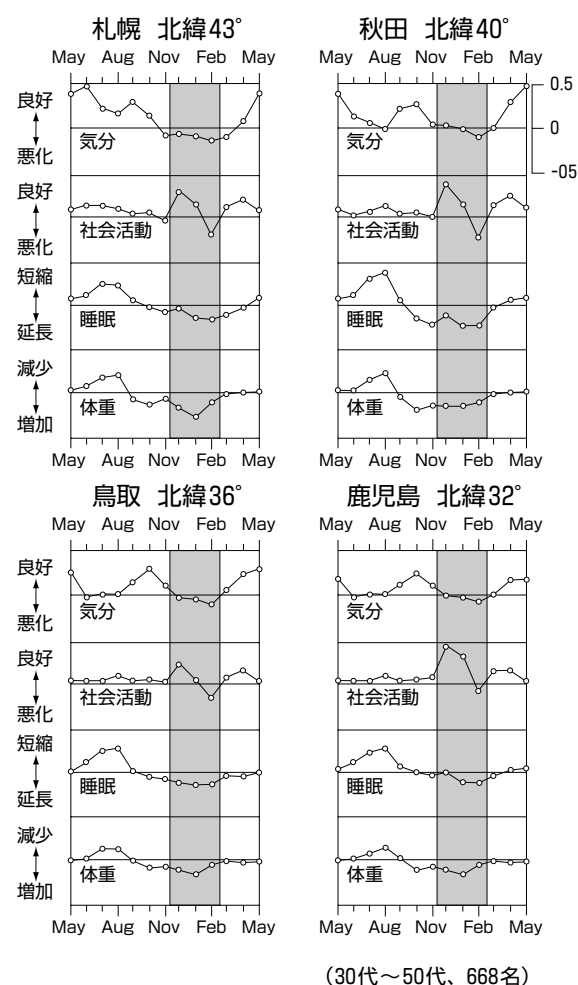


図1 気分、行動、睡眠、体重の地域別季節変動

端に減少し、体を動かすのもおっくうで、仕事、家事、学業に支障をきたすなどの特徴を持っている。この冬型 SAD によく似た行動や感情の季節変化が、一般人においても認められており、冬眠との関連に興味が持たれている。

このように、1年の四季それぞれで浴びる光の量で、人間の行動や感情、気分、睡眠などが影響を受けている。特に、冬期に日照量が少なく気温の低い地域では、抑うつ感が強く、何をするにもおっくうで、生活の質が低下し、快適とはいえない状況にある者も多い。これらの者は、高照度光を日中に浴びることにより気分は高揚し行動量も増え、生活の快適性も上昇することが知られている。この光の作用は、朝の照射のみならず夕の照射においても効果的であることが報告されており、単なる生体リズムへの影響のみではなく、交感神経系活動の機能亢進作用も強く関与しているものと推論されている。

3. 生体リズムと人間の生活

光と人間の生活・健康との関係において、生体リズムに及ぼす光の影響が重視されている。生体リズムは、ホメオスタシス（恒常性）と同様に、我々人間が地球環境のなかで適切に生きていくための基本的な生命現象の1つである。生体リズムは、藍藻などの原核生物から高等な哺乳類まで共通して見られる現象であり、生命体の内部に発振機構を有し、生命現象の周期的変動に自律性を持つものを指している。すなわち、外界の環境変化が消失しても、周期的な生命現象変動を示すものである。生体リズムはその周期によって分類され、20 時間未満のものをウルトラディアンリズム（ultradian rhythm）、20～28 時間のものをサーカディアンリズム（circadian rhythm）、28 時間を越える周期のものをインフラディアンリズム（infradian rhythm）と呼んでいる。人のウルトラディアンリズムには、REM－NREM 睡眠周期や周期的な胃の収縮運動、高次神経機能ではほぼ 90 分周期の渦巻残効の持続時間変動などがよく知られている。インフラディアンリズムは、冬眠や月経周期などがその代表例である。生体リズムのなかで最もよく研究されているものは、地球の自転への適応現象である約 24 時間の周期を持つ生体リズム、すなわちサーカディアンリズムである。この人のサーカディアンリズムは、環境が変動せず一定の

状態にあるような条件下では、およそ 25 時間の周期を示すことが知られている。従って、我々は地球の自転に規定される 24 時間の昼夜の周期に適応するために、体内の約 25 時間のリズムを外界の 24 時間の周期に毎日同調させ生活していることになる。我々のサーカディアンリズム現象のうち、最も観察しやすい現象は睡眠・覚醒リズムであり、体温や心拍数、血圧の自律神経活動のリズムである。

図2に睡眠とサーカディアンリズムの機構モデルを示す。我々の体内に存在し、サーカディアンリズムを発生させる生物時計の1つは、脳内の視床下部の視交叉上核（SCN）に存在すると考えられている。また、様々なサーカディアンリズム現象の観察から、我々人間は2つのタイプの発振機構をもつと推定されている。第1のタイプは、サーカディアンリズム現象を強く支配し、松果体からのメラトニン分泌リズム、副腎皮質のコルチゾール分泌リズム、深部体温リズムや REM 睡眠の出現親和性リズムなどを支配している。第2のタイプは、NREM 睡眠の出現親和性リズム、成長ホルモン、プロラクチン分泌リズムや皮膚温のリズムを支配し、サーカディアンリズム現象との結合が弱い時計機構と考えられている。さらに、最近では、臓器内の代謝リズム（脂質代謝等）を支配している第3のタイプである末梢型の時計機構も発見されている。これらの時計機構は、同調機構の働きにより環境周期への同調機能をもっており、サーカディアンリズムの大きな特徴の1つとなっている。サーカディアンリズムを環境周期に同調させる要因を同調因子と呼び、人では 2,500 ルクス以上の光や運動、社会的規制、食事などが知られている。各タイプの時計機構は、最も支配的な同調因子がそれぞれ異なっている（図2）。同調因子のサーカディアンリズムに対する働きは、リズムのどのフェーズで暴露したかにより反応性が異なるので注意が必要である。光のサーカディアンリズムに及ぼす影響はよく調べられており、リズムの位相の調整に強い効果を持っている。社会的規制は日中の覚醒状態を作り出すことで夜間に睡眠を集中させる。また、光も日中の覚醒状態を維持させる働きを持ち、睡眠・覚醒リズムの形成に一役あずかっている。朝食と夕食の習慣的摂取は代謝リズムの規則性を作り、深部体温の最高値時期での習慣的な運動は、深部体温の振幅の強調に影響を及ぼす。詳細については参

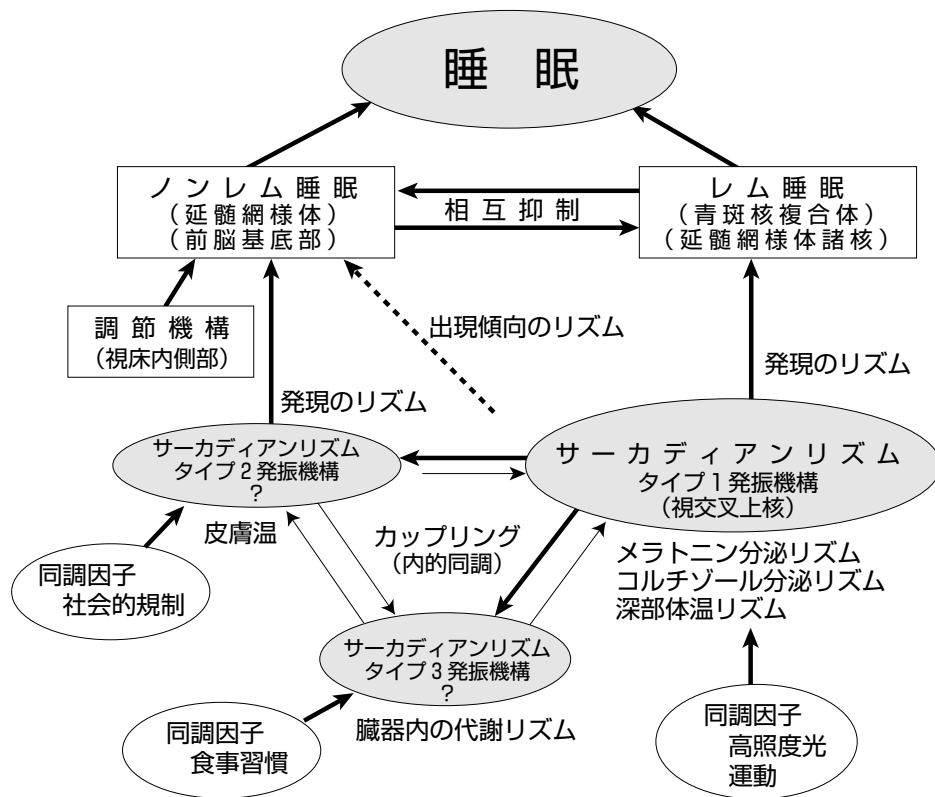


図2 睡眠発現のメカニズムとサーカディアンリズム機構

参考文献を参照されたい。

人間の行動のなかでも重要な睡眠の起こりやすさ、言い換えれば眠りやすさは、サーカディアンリズムによって強く規定されている（プロセス C）。一方で、睡眠の発現や持続には恒常性（ホメオスタシス）過程も強く影響し、砂時計のように睡眠圧が蓄積すると、睡眠の起こりやすさ、あるいは覚醒の維持のしがたさはそれに対応して上昇することが知られている（プロセス S）。さらに、Lavie らは7分間眠らせ、13分間覚醒させておく20分間のスケジュールを連続して続けるという実験手続きを用い、睡眠の出現親和性（sleep propensity）のサーカディアンリズムについて検討した。その結果、睡眠の出現親和性の高くなる時間帯と全く眠れない時間帯の存在することが明らかとなった。一般に、昼下がりから夕方、午後10時から朝方までは睡眠の出現親和性が高く、夕方から午後10時の時間帯は眠れない時間帯であったことが報告されている。これらの実験は、睡眠の出現の様式がサーカディアンリズムに強く支配されているという証拠を示しているものと考えられている。

睡眠が不足すると眠気が生じる。この眠気の出現には生体リズムが関与していることが知られている。

眠気には主観的に感じる心理的眠気と入眠に至る生理的眠気とが存在するが、一般的に両者は類似の動態を示すことが多い。睡眠潜時反復テスト（multiple sleep latency test、MSLT）や α 波減弱テスト（alpha attenuation test、AAT）で測定される生理的眠気の日内変動は、深部体温の変動動態とよく一致する。特に、覚醒維持機能の未発達な小児や加齢による機能低下を呈する高齢者では、生体リズムの影響で日中の眠気の出現に時間的な規則性が認められる。

Mitler らは居眠り運転による交通事故の発生時刻帯を報告しているが、午前1時から4時と午後1時から4時に最高となる。原則的に、習慣的な就寝時刻からほぼ4時間後に夜間の最も眠い時期が、ほぼ15時間後に昼間の最も眠気の強い時期が出現する。この post-lunch dip と呼ばれる昼間の眠気の最も強い時間帯は、注意力や認知、反応性などの高次脳機能が低下し、事故などの危険性が高いと考えられ、特に光照度の低い状況では眠気がより強く表出してくることも知られている。この時間帯は、昼寝取得の最適タイムでもあり、海外ではイタリアのシエスタ、ドイツの長時間にわたる昼休みを持つ勤務形態など、人間の眠気のリズムに対応した社会生活

スケジュールが定着している国々もある。この眠気が強い時間帯には、大脳皮質機能は低下しており、高次な脳機能が要求される会議など開催する場合には、覚醒系を刺激し交感神経系の活動を亢進させる高い照度での照明環境を確保するなどの工夫が必要となる。

4. 光とメラトニン分泌リズム

メラトニンは松果体で主に生産されるホルモンで、性腺発達抑制ホルモンとして知られている。メラトニン分泌の動態は、鳥の発情などと密接な関係を持つ。このメラトニンは、明瞭な日内変動を示し、睡眠の発現に影響されることがなく、サーカディアンリズムの最も安定したマーカーとして位置づけられている。このメラトニン分泌は、外界の影響を排除した場合には、人では約25時間のきれいなリズムを示し、入眠前から血中濃度が上昇し、生体が夜と認識する時期には高い濃度を示す。生体が昼と認識する時間帯では、分泌はほぼ消失する。このメラトニン分泌は、50ルクス以上の光照射により抑制され、外界の明暗サイクルによる制御を受けている。特に、460nm 近傍のスペクトルを持つ光が、メラトニン分泌を強く抑制する。メラトニンには、光と同様にサーカディアンリズムの位相を変移させる働きのあることが判明している。さらに、光と密接な関係を持つ生体時計機構の存在する脳内の視交叉上核に、メラトニンレセプタの存在することが証明され、近年注目を集めている。その他、メラトニンには深部体温を下降させる働きのあることが判明し、入眠時の眠気や深部体温低下との関係も重要視されている。さらに近年、不眠高齢者に夜間メラトニン分泌が低い者が散見されることが報告され、不眠との関係についても研究が進んでいる。不眠高齢者では、日中に光を浴びる量が少なく、それが夜間メラトニン分泌を低下させる原因とする考えがあり、このような不眠高齢者に日中3～4時間程度、2,500ルクス以上の高照度光を照射することで、夜間のメラトニン分泌が回復し不眠が改善したとの報告もある。一方で、メラトニンは抗酸化作用や免疫性をもつホルモンであり、現在の高照度光環境が蔓延する都市型の夜間環境では、メラトニン分泌の抑制が生じやすく、子どもの生活の夜型化を促進する原因となっていると指摘する声もある。さらに、夜間に高照度環境に暴

露したラットで、癌の発生リスクを押し上げるとの報告もあり、光は使用法によっては生活を快適にする反面、健康に被害をもたらす要因ともなる危険性が存在する。24時間社会に生きる我々日本人は、これまで述べたように光の適用法を十分に考え生活に応用すべきであろう。

● 参考文献

- 1) Honma K, Honma S, Kohsaka M, et al. Seasonal variation in the human circadian rhythm: dissociation between sleep and temperature rhythm. *Am J Physiol* 262, 885-891, 1992
- 2) 白川修一郎：睡眠のメカニズム、薬局53(5)、3-10、2002
- 3) Lavie P, Zvuluni A : The 24-hour sleep propensity function : experimental bases for somnology. *Psychophysiology* 29:566-75, 1992
- 4) Mitler MM, Carskadon MA, Czeisler CA, et al.: Catastrophes, sleep and public policy: consensus report. *Sleep* 11, 100-109, 1988
- 5) 千葉喜彦、高橋清久編：時間生物学ハンドブック、朝倉書店、1991
- 6) Turek FW, Zee PC (eds): Regulation of Sleep and Circadian Rhythm, Marcel Dekker Inc, New York, 1999
- 7) Kryger MH, Roth T, Dement WC (eds): Principles and practice of sleep medicine. 3rd edition. W.B.Saunders Co, Philadelphia, 2000
- 8) 白川修一郎編：おもしろ看護睡眠科学、メディカ出版、1999
- 9) 日本時間生物学会・時間生物学用語集
<http://www.soc.nii.ac.jp/jsc/>

LED 照明の特長と安全性 — 21 世紀の次世代光源による照明 —



河本 康太郎 (こうもと こうたろう)
(株)テクノローク顧問

プロフィール

(株)テクノローク顧問及び千代田工販(株)勤務

1962 年大阪大学工学部電気工学科後、(株)東芝に入社。東芝ライテック(株) (1991)、(社)日本電球工業会 (1998) を経て、現在に至る

(財)省エネルギーセンター エネルギー使用合理化専門員、東京都技術アドバイザー、IEC (国際電気技術標準会議) TC27 日本代表委員、IEC TC 27 国内委員会 委員長、CIE (国際照明委員会) 第 6 部会日本代表委員、Chairman、CIE TC6-39、日本照明委員会 第 6 部会国内委員会委員長、中央大学理工学部電気電子情報通信工学科講師 (非常勤)、神奈川大学工学部電気電子情報工学科講師 (非常勤) などを務める

1. まえがき — 真空システム光源から固体光源へ

LED (light emitting diode – 発光ダイオード) は、固体の化合物半導体の p-n 接合に順方向電流を流すことにより、n 形領域の電子が p 形領域に注入され、p 形領域のホールと再結合する時に発生する光 (再結合ルミネセンス) を利用する、電気-光エネルギー変換固体素子である。

LED は、1960 年代の開発当初には、発光色が単色であったことの他に、素子 1 個当りの光量 (全光束) も小さかったため、用途は表示用やディスプレイ用、交通信号用や交通表示用などに限られていたが、1996 年に白色発光の LED が開発・商品化され、また、将来の発光効率の向上や素子の高出力化の実現も予測されており、従来の白熱電球、蛍光灯、HID (high intensity discharge) ランプなどの真空システム光源に替わる 21 世紀の新光源として、照明用への展開も含め、大きく期待されるようになってきている^{1)~5)}。

エレクトロニクス分野では、回路素子が、かつての真空システムを基本とした真空管から、固体素子を基本とする IC に、既に、ほぼ全面的に置き換わってしまっている。照明分野においても、世の中の大きな流れとして、この“真空システム → 固体素子システム”への置き換えが、将来確実に進むものと考えられており、その意味で LED は、“21 世紀の次世代光源”として今後の発展・展開が期待されている。

そこで以下に、安全性を含めたこれら LED 光源を照明用に使用する場合の特長的重要事項について、

国際動向なども参考にまとめることとした。

2. 照明の重要性と照明工学の発達

2.1 照明の基本要素としての光の機能と役割

“照明”の基本要素は“光”である。ただし、光は照明だけに利用されているのではない。表 1 に、光の機能と役割をまとめたものを示す。(電気) エネルギーを光 (エネルギー) に変換するシステムを“光源”という。

光源として、真空システム光源 (白熱電球、蛍光灯、HID ランプなど) が広く使用されてきた。20 世紀における、これらの各種光源の実用化の状況や生産の状況、およびそれらが、人間社会の進歩・発展に寄与した貢献の状況については、既によく知られている通りである。そして、次世代の 21 世紀には、固体光源の利用・普及が期待されている。

2.2 照明工学の発達

照明工学や照明は人工光源と共に発展してきた歴史を持っている。人工光源の歴史は 1 世紀以上の長い期間にわたるため、その成果をまとめた、各種の教科書、成書、ハンドブック、データブック類も多く出版されている^{6)~12)}。照明工学の発達の経過や基本的事項については、必要に応じ、これらの参照をお願いしたい。

これらの成書やハンドブック類により明らかなように、歴史が長い分、基礎的事項の体系化、測定・評価法の開発や測定機器の開発・実用化も進んでいる。また、国際的交流・連携も進み、CIE (国際照明委員会)、IEC (国際電気技術標準会議) などの関

表1 光（光放射）の機能と役割、および関連の光源

区 分	内 容	機能・作用効果の例	関連の光源
1. 視覚・視作業支援のための環境要素	生活環境における視覚・視作業（視感覚器官を通じての、周辺環境からの情報収集など）を支援するために不可欠な基本要素 [この要素（光）が存在する環境のことを光環境という]	人間の視覚支援 動物の視覚支援	太陽光 各種白色人工光源 (白熱電球、蛍光灯、HID ランプ、白色 LED、EL、など)
2. エネルギーの様態	放射の様態により、移動・伝達されるエネルギーの実体。太陽から地球へのエネルギーの伝達は、この様態に拠っている。エネルギーの実体としての放射が生物・生体や物質に供与され、吸収されると、そのエネルギーの大きさに対応して、色々な作用効果を及ぼす	(植物の) 光合成、紅斑、日焼け、変退色、光重合、光架橋、光解離、光分解、光電離、蛍光、加熱・乾燥、光加工、光治療、など	太陽光 白熱電球、蛍光灯、HID ランプ、各種特殊光源、UV 光源、(遠) 赤外光源、レーザー、LED、O-LED、など
3. 情報処理のためのメディア	人間や動物の視覚情報、動植物の受光器官への情報、および情報伝達、情報処理（情報の記録、保管、読み出し、など）、情報の加工、などのメディア。および、人間が動植物に対して応用する技術	光周性、概日リズム、屈光性、走光性、光通信、光ディスク、写真、光複写、光コンピュータ、視覚信号、標識、標示、ディスプレイ、視覚情報端末、発光形商業広告、など	レーザー、LED、O-LED、LCD + バックライト、プラズマ・ディスプレイ、CRT 管、白熱電球、特殊蛍光灯、EL、など
4. 光アート	光の持つ属性を生かした芸術、および芸術作品	ライトアップ、ライトトリートメント、蛍光材料、レーザー・アート、ホログラフィー、利用壁画ディスプレイ（バックライト利用）、光ファイバー利用装飾品、LED 応用ディスプレイ、など	レーザー、LED、特殊電球 蛍光材料 + UV 光源、 ホログラム材料+光源、など

連の国際機構も有効的に組織されており、数多くの関連の国際標準が制定・公布されている。

3. LED 光源とその特長

3.1 LED 光源発達の経緯

LED は、1962 年に最初の製品が商品化された。それ以降、LED は、1968 年に世界最初の赤色 (GaAs+LaF₃YbEr) から黄緑色 LED (GaP+ZnO)、黄色 LED (GaAsP)、高光度 LED (GaAlAs)、青色 LED (InGaN)、白色 LED (InGaN+YAG 蛍光体) を経て、現在の白色 LED (InGaN(UV LED)+三波長蛍光体) となっている。

3.2 LED 光源の構造

現在の LED 光源についての、電気→光 エネルギー変換を行っている部分（化合物半導体の p-n 接合部）の大きさは、従来の真空システム光源に比べると非常に小さく、0.3 mm 程度の立方体に近い構造をしている（この部分を“チップ”という）。

ただし、このチップのままでは、光源として実用

しにくいので、基板と電気を供給する電極、リード線などを一体化し、エポキシなどの透光性樹脂中に一体モールド成型した形状のものが実用されている。

図1、図2に、実際に市販されている LED 光源商品の一例を示す。ただし、LED 光源は現在発展途上の商品であり、現時点で、“De facto Standard” の製品が商品化されていない。図1、図2の製品も、今後更に進化していく可能性がある。

3.3 真空システム光源と固体光源

既に述べたように、LED 光源は、従来の真空システム光源とは、構造・大きさや形状、点灯方式などが大きく異なっている。表2に、一般照明用に使用することを想定して、真空システム光源の中で広く使用されている、白熱電球、蛍光灯、コンパクト形蛍光灯と、固体光源の中で、将来広く使用されることが予測されている、白色 LED 光源について、具体的に特性数値で比較した内容を示す。白色 LED 光源については、現時点の数値の他に、2010 年に達成が予測されている数値によるものを合わせ



図1 市販されている砲弾形 LED 光源の商品例
樹脂部外形：約 ϕ 5 mm。発光素子（LED チップ）約 $\square$ 0.3 mm の立方体は、樹脂部のほぼ中央部にモールドされている

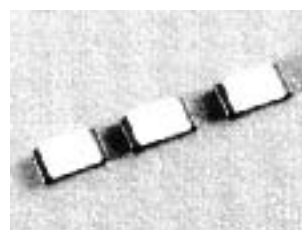


図2 市販されている面実装形 LED の商品例
直方体（樹脂）の最長辺：約 1.5 mm。発光素子（LED チップ）約 $\square$ 0.3 mm の立方体は、樹脂部のほぼ中央部にモールドされている

表2 従来の光源と LED 光源の比較（一般照明用）

特性項目	従来の真空システム光源			白色 LED 光源	
	白熱電球	蛍光ランプ	コンパクト形蛍光ランプ	2003 年	2010 年の予測
1 ユニット最長部寸法 [mm]	60 ~ 250	150 ~ 2,400	90 ~ 900	3 ~ 12	< 20
1 ユニット当たり電力 [W]	10 ~ 1,500	4 ~ 110	4 ~ 96	0.1 ~ 5	1 ~ 50
1 ユニット当たり全光束 [lm]	75 ~ 33,000	100 ~ 10,000	200 ~ 9,000	1.5 ~ 120	10 ~ 600
ランプ効率 [$\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$]	8 ~ 20	60 ~ 100	50 ~ 80	20	> 100
総合効率 [$\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$]	8 ~ 20	55 ~ 90	45 ~ 75	18	> 90
絶対寿命 [hrs]	1,000 ~ 2,000	5,000 ~ 20,000	3,000 ~ 9,000	> 100,000	> 100,000
有効寿命 (% $\text{lm} = 50$) [hrs]	> 絶対寿命	> 絶対寿命	> 絶対寿命	< 10,000	> 10,000
光束当たりの光源価格 [¥/lm]	< 0.4	< 0.4	0.4 ~ 4.0	20 ~ 40	< 4.0

(注) 1. コンパクト形蛍光ランプには電球形蛍光ランプを含む
2. ランプ効率 = 全光束 / ランプの消費電力 (単位: $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$)
3. 総合効率 = 全光束 / ランプおよび点灯回路の消費電力 (単位: $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$)

て示した。

4. LED 光源の一般照明への展開と要検討点

4.1 照明用としての LED 光源の特長的問題

前項までの記述より、LED 光源について、照明用としての特長を整理すると、表3のようにまとめることができる。

この表3より、LED 光源による照明については、従来の真空システム光源にない附加価値のある照明システムへの展開が期待される。展開の可能性は、数多くの方向が考えられる^{13), 14)}が、本稿では、一般照明用を主に考えて、以下の2点について重点的に述べてみたい。

(1) 色の多様化照明が可能となる。

- ・可変色(温度)照明光源 (variable color (temperature) lighting)
- ・多・色情報照明 (multi-bits color lighting)

(2) 多機能照明器具が可能となる。

- ・発光素子分散形照明
- ・多機能照明 (digital lighting)

なお、前述のように、LED 光源そのものは、現在未だ開発途上にあり、今後の開発・発展が進行すれば、エネルギー変換率の向上による省エネルギー照明や、長寿命光源照明（光源を交換部品としない照明システム）なども実用化されると期待されている。

4.2 光源色の多様化に関連する諸問題

現在の真空システム光源は、一旦光源を製作すると、その光源の色や（相関）色温度を、実用的に容易な手段で変更や調節することが困難である。従って、可変色（温度）照明システムの実現が、実用的

表3 真空システム光源と対比した固体素子光源の特長

真空システム光源と対比した固体素子光源の特長
1. 光の細分化が可能 —— デジタルである
2. 組合せ、複合が容易 —— integrated である
3. 多機能を附加しうる —— bit 数が多い
4. 機械的強度が大きい —— 真空容器を必要とせず、取り扱いが容易
5. 寿命が長い —— 光源が交換部品でなくなる
6. 製造工程、材料が全く異なる —— 新しい産業・雇用の創出が可能

レベルでは難しい。

LED 光源についても、一旦 LED 光源素子 (LED チップ) を製作すると、そのチップ自体の発光色の色や (相関) 色温度を変更や調整することが困難であることは、真空システム光源の場合と同様である。しかし、LED 光源は、表 2 に示した特性値により、1 チップ当りの光束が小さいので、次項で述べるように、1 光源 (1 チップ) 単独で一般照明に使用することは難しい。1 照明ユニットにおいて、複数の LED チップを使用することが基本となる。

1 つの照明ユニットに複数の LED チップを使用すれば、制御回路と組み合わせることにより、容易に、可変色照明システムや可変 (相関) 色温度照明システムを具現することが可能となる。別の制御ソフトと組み合わせることにより、夏 - 冬で (相関) 色温度を簡便に変更可能な照明システムや、その場にいる人の心理状態に応じて、自動的に照明光の色を調整できる照明システムなどを実現することができる。

4.3 照明器具設計上の諸問題

4.3.1 光源素子の集合化 (integrating) の問題

LED のような固体発光素子光源は、その発光原理上や構造上の理由により、表 2 に示したように、1 素子当たりの光量 (あるいは、1 素子当たりの消費電力) が、従来の真空システム形光源に比べて、どうしても小さくなる。例えば、通常の家計用の光源素子を見ると、代表的な品種で、1 素子当たりの消費電力 (全光束) は、白熱電球: 100 W (1,800 lm)、コンパクト形蛍光灯: 30 W (1,500 lm) 程度であるのに対して、現在市販されている LED 光源では、比較的大きなもので、1 W (30 lm) (平均的には、0.2 W (5 lm) 程度) である。

従って、現在使用されている家庭用照明器具の光源を、そのまま LED 光源に交換しようとする、LED 素子を 30 ~ 100 個程度を集積する必要が出てくる。(LED 素子のエネルギー変換効率が 10 倍になったとしても、10 個程度を集積が必要となる) それ故、LED 素子の集積化 (機械的・電氣的集積および、組み合わせる点灯回路を含む) 技術が必要となってくる。

4.3.2 点灯回路の問題

LED は、その発光原理上、直流低電圧 (数 V) 駆

動である。一方、従来の真空システム形光源は、概ね、商用電源 (交流 100 V または、220 V) で直接点灯されている。従って、LED 光源が、単に従来の光源の代替を指向するなら、商用電源により点灯できる回路の開発が必要である。

前項で述べた集積の必要性和合わせ、最終的には、10 ~ 30 個程度の LED 素子を、機械的・電氣的に集積し、商用電源により直接点灯できる回路と組み合わせることになるものと考えられる。

4.3.3 光源素子分散化 (digitalizing) の問題

前項および前々項で述べた、集積化や点灯回路の問題は、現行の照明システムにそのまま (現行光源を代替することによる) 適合することを第一義としている。しかし、LED 素子そのものは、従来の真空システム光源とは全く異なっているのだから、従来の照明システムに拘る必要がない、との考えもある。というより、LED 光源の特徴と利点をより生かすという、新しい視点から、照明システムを開発するという考えが必要である。

LED 光源の、大きな特徴の 1 つは、むしろ光が分散化されている点である (約 120 年前に、白熱電球が初めて実用化された時には、それまでに開発・実用化されていたアーク灯 (数 kW の大電力) の光を、小さな単位に分割したこと (subdividing) が重要な特長であった)。従って、折角分散している光を、わざわざ集積するのではなく、むしろ分散した状態を生かした照明システムという発想が重要である。光源単独で考えるのではなく、照明システム全体、場合によっては、家具や建築材料などと複合して、新しい照明システム (建築化照明システム) を開発していくという考えが必要であろう。

4.3.4 多機能化 (bit 数の増大) に関連する問題

光の要素 (光源) を分散化し、デジタル化することにより、従来の照明システムにない機能を付加することが可能となり、そこに従来にない、新しい価値を創造することができる。例えば、一般照明ではないが、商業広告用ディスプレイは、その端的な、わかりやすい一例である。

従来の真空システム形光源であるネオンサインを、固体素子である LED に置き換えることにより、ハード的には同程度のシステムにより、桁違いの量の

情報をそこに盛り込み、伝達することができるようになる。商業広告ディスプレイによる広告内容の、単位光量当りの情報 bit 数が増大したことになる。アメリカの電機工業会の固体照明部会においては、商業広告ディスプレイについては、今後5年以内に、従来のネオンサイン方式は全てLED方式に置き換えられるであろう、との予測も行われている。

5. LED 光源からの光の人体への安全性

LED 光源は、1チップからの光束が小さく、HID ランプなどと比較すると、光が弱々しく見えるので、一見、安全上の問題は余りないようにみえるかも知れない。しかし、反面、携帯電話などに広く使用されており、至近距離で光源を直視する機会も多いと考えられる。従って、LED 光源からの光の安全性については、十分に検討しておく必要がある。

LED 光源からの光の安全性については、CIE 規格：CIE S 009 / E が制定・公布されている。現在、CIE の関連技術委員会において、LED への適用が検討されているが、未だ、最終結論は得られていない。

重要な要検討点の1つは、LED 光源の光特性の測定である。上述のCIE 規格の適用に当たっては、光源の光特性（光度、輝度、全光束など）の正確な測定が必要であるが、現状のLED 光源については、従来の大形の真空システム光源と比較して、(1) 真の発光部の面積が小さい（従って、発光部の輝度測定が難しい）、(2) 製品個々の寸法的バラツキが大きい（光度測定が難しい）、(3) 光源ユニットにおいて、非発光部の占める割合が大きい（全光束の測定が難しい）、などの要検討点があり、光特性測定そのものについても、標準化された方法がなく、CIE 技術委員会で調査・検討が進められている現状である。一部の試験的検討では、このCIE 規格の総則を適用すると、青色LEDの網膜傷害に対するリスクが中程度であるとの報告もある^{17), 18)}。

6. あとがき

以上、次世代の光源として期待されている固体素子であるLED光源について、特長とそれを生かした新しい照明への応用、光の安全性などについて述べてきた。

本文にも詳述したように、固体素子であるLED光

源は、20世紀の主力光源であった真空システム光源に比べて、種々特長があり、“真空システム” → “固体素子”の大きな流れに沿って、将来の発展が期待されている。しかし、少なくとも現時点においては、LED光源は、光特性的、発光効率的、價格的、照明費用的に、従来の真空システム光源を凌駕するに至っていない（現時点の性能・価格では、直ちには全面的に置き換わらない）。

今後、真空システム光源を凌駕する要件を備えるためには、発光効率の向上、1ユニット当たりの電力の増大、寿命中の光束維持率の改善など、いくつかの重要ブレークスルーが必要である。一部には、これらのブレークスルーは、今後5年以内に達成されとの予測もある。筆者を含めた関係者の努力により、一日も早く、ブレークスルーが達成されることを期待したい。

● 参考文献

- 1) 日本電球工業会編：電球工業史、追補版、1973
- 2) 同 上、第2追補版、1983
- 3) 中村修二：InGaN 青色発光ダイオード、電情通学会、Vol. 76、No. 9、913-917、1993
- 4) 板東完治、他：白色LEDの開発と応用、第264回蛍光体同学会講演予稿集、5-14、1996
- 5) 田口常正：白色LEDを用いた照明、光ディスプレイ、Ohm Mook シリーズ No. 2、オーム社、46-52、2002
- 6) 照明学会編：新編・照明のデータブック、1968
- 7) IES Lighting Handbook, 6th edition, I.E.S. of North America, 1984
- 8) 1985 照明学会編：照明専門講座テキスト、1985
- 9) 照明学会編：ライティングハンドブック、1987
- 10) 照明学会編：大学課程 照明工学（第2版）、オーム社、1998
- 11) 小原清成・編著：新しい照明ノート、オーム社、1996
- 12) IES Lighting Handbook, 9th edition, I.E.S. of North America, 1999
- 13) Proceedings of LEDs 2002, Intertech Corporation, 2002
- 14) Proceedings of Strategies in Light 2003, Strategies Unlimited, 2003
- 15) 河本康太郎：紫外放射による人体への影響の評価方法、照明学会誌、Vol.83、No. 4、259-262、1999
- 16) CIE S 009 / E: Photobiological safety of lamps and lamp systems, 2002
- 17) Kohmoto, K., et al: Risk evaluation of LEDs with CIE photobiological lamp safety standard, CIE Compte Rendu, 25th Session CIE, 2003
- 18) 河本康太郎：LED照明の安全性、J-CIE セミナー予稿集、2003

照明光による周囲環境への影響（光害）について



川上 幸二（かわかみ こうじ）
岩崎電気(株) 技術開発室 技術部長

プロフィール

1972年 立命館大学理工学部電気工学科卒業
工学博士

国際照明委員会第5部会「屋外およびその他の照明応用」委員、日本照明委員会第5部会委員長として、環境庁の光害対策ガイドライン、地域照明環境策定マニュアル、光害防止制度などの策定に携わる

1. はじめに

人工照明は、人びとに安定した光環境を提供することによって、活動の場や活動時間を拡大し、人類の発展に大きく寄与してきた。特に屋外照明は、犯罪や事故を防止するばかりでなく、夜間景観の演出などを通して、街に賑わいや楽しさを提供している。

一方、地球環境問題（CO₂削減）が社会的課題となっており、屋外照明設備においてもエネルギーの有効利用を推進する必要があるが、また同時に、照明対象外に漏れた光が、周囲環境に及ぼす悪影響、いわゆる光害（ひかりがい）への対策も求められるようになってきている。

ここでは、人工照明が周囲環境に及ぼす影響やそれらを低減するためのガイドを紹介し、良い屋外照明環境づくりに向けての留意事項について述べる。

2. 光放射とその影響

地球上のほとんどの生物は、太陽放射（図1）を

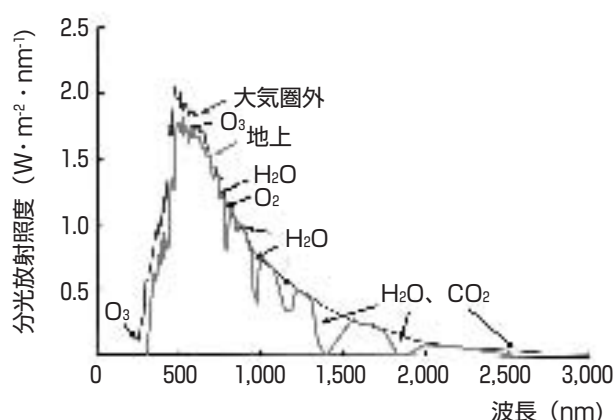


図1 太陽放射の組成

受けて生存している。地上に到達する波長成分は、オゾン層や大気層の影響により、生物の生存にとって有害な紫外放射域（UV - C等）がカットされたものとなる。地球上の生物は、これらの波長成分を何らかの形で必要としているが、その露光量が過度になると生体的損傷を起こすことも明らかになってきている。

2.1 光放射の影響

光放射が生態系へ及ぼす影響を区分してみると、次のようになる。

- ① Hazard - 生命に傷害を及ぼす影響
- ② Impact - 生態に衝撃を与える影響
- ③ Influence - 行動・活動を左右する影響

Hazard（生体的損傷）は、現在、国際照明委員会（CIE）で傷害の種類、対象波長範囲、許容露光量に関する取りまとめが行われているが、一般照明用人工光源のほとんどは、リスク免除（どのような光生物的傷害も誘起する可能性のない光源）に区分されることになる。

人工照明の影響の多くは、地球上のほとんどの生物が、地球の自転と公転周期によって生じる光環境の日周（昼夜）や年周（日長）の変化に適応するように進化してきたので、通常ならば光放射がほとんどなくなる時間帯に、動植物が反応するレベル以上の刺激があった結果と考えられる。

しかし、165万種存在するとされる生物の光反応はきわめて複雑であり、これらへの影響がImpactであるのかInfluenceであるのかは、まだ解明されていない部分が大きい。

以下に植物と動物への影響の例を紹介する。

2.2 植物への影響^{1), 2)}

ほとんどの植物は、年周期で変動する日長の変化を感知し、開花や結実する時期を知る。人工照明による影響は、この日長リズムが乱されたことによるものが多い。光放射の影響を受けやすい植物の例として、水稻やホウレンソウがある。

水稻は、日長が短日になった時期を感知して、花芽形成が促進され、出穂する短日植物である。水稻への影響は、播種後 60 日から刈り入れ前 70 日の間の「感光性期間」に、あるレベル（図 2、照度換算で約 5 lx）以上の人工照明があると出穂が遅延する点にある。出穂が遅延すると、その後の温度変化などの要因と複合して、寒冷地域などでは登熟に影響が生じ、収穫が減少するという問題が生じる。

ホウレンソウの伸長は長日条件下で始まる。従っ

て、あるレベル以上の人工照明があると、長日条件が満たされ、はやばやと「薹（とう）」がたってしまう、商品にならなくなってしまうという問題が生じる。この条件は、品種や温度によっても異なるが、弱いものでは長日条件に 5 lx 程度（照度換算）でも影響を受ける。

2.3 動物への影響

動物の多くも、昼夜の変化や日長の変化に適応するように進化してきた。動物への影響の多くは、日長が生殖周期に及ぼすものであり、養鶏やあゆの養殖などに利用されている。しかし、自由に移動できる動物については、その影響がほとんど分かっていない。日長以外の影響として、ホタルとアカウミガメの調査報告を紹介する。

ホタルの僅かな発光は、交尾行為に密接に関係している。ホタルは人間によく似た波長感度を持って

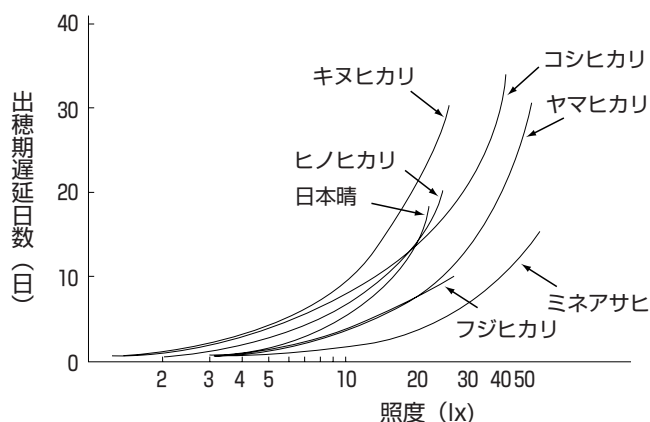


図2 水銀灯の照度と出穂遅延日数の関係（終夜照明）（川村）

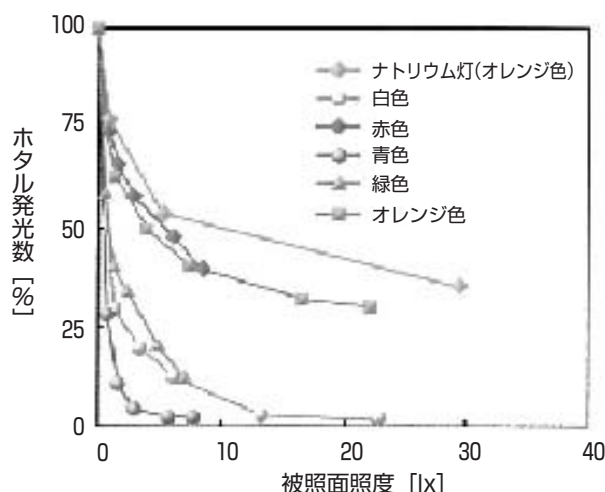


図3 照度、光色とホタル発光数の関係（小林 他）

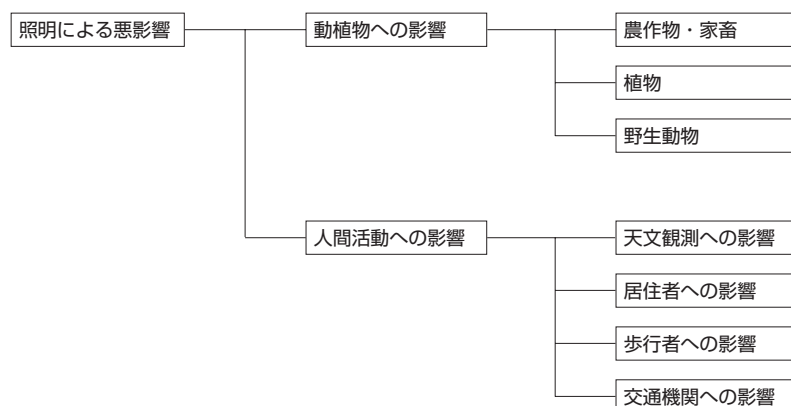


図4 照明による環境影響の区分

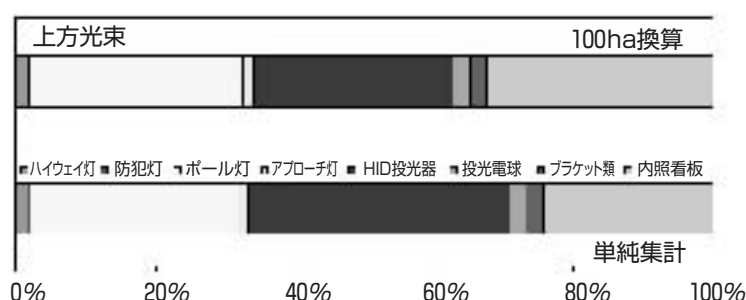


図5 照明器具別の上方への漏れ光束（照明学会平成9年）

いるため、夏季の飛翔発光する時期の人工照明が、交尾交信を妨害し、生息に影響を及ぼす。小林ら³⁾は、ホタルと共存できる（飛翔発光数の減少が少ない）条件として「オレンジ系の光色で、路面上の照度0.3～1lx」（図3）を明らかにした。

一方、道路照明や車のヘッドライトは、アカウミガメの産卵、ふ化後の子ガメに影響を及ぼす。八田ら⁴⁾は、道路照明のような固定された光は、子ガメが海に向かうのを妨げるので5 lx以下にする必要があること、また、親ガメの産卵時にヘッドライトなどの動く光を与えると産卵を中止するなどの影響があることを明らかにしている。

3. 光害とその対策

光害（ひかりがい）は、“Light Pollution”を起源とした言葉であり、天文観測への人工光の干渉問題として取り上げられた。すなわち、天空へ漏れた人工光が空中の浮遊塵で散乱し、天空を明るくする現象（Sky Glow）が問題とされた。日本では、“Light Pollution”を公害に引っ掛け、光害という造語が用いられている。環境省のいう光害（ひかりがい）は、広義に捉えた図4に示す範囲であるが、国際的には、天文観測への人工光の干渉問題を“Light

Pollution”人間活動への影響を“Obtrusive Light”（障害光）と呼んでいる。

3.1 上方への漏れ光の実態

天文観測への人工光の干渉問題に関して、1996年に照明学会⁵⁾は、上方への漏れ光の実態調査を国内7地域で行った。

これによれば、上方光束の構成（図5、屋外スポーツ施設や建築物の屋内照明を除く）は、その大半がポール灯、HID（High Intensity Discharge lamp）投光器、内照式看板で占められている。地域の単位面積当たりの上方光束（図6）は、都心部や商業地区で多く、田園地域のKが0.33 lm/m²であるのに対し、N商業地区では28.8 lm/m²であり、約86倍の光束密度であると推定している。

すなわち、天文観測への人工光の干渉問題は、都市で用いられる人工照明が主たる原因であり、ポール灯（図7）、HID投光器（看板照明やライトアップ）、内照式看板の影響が大きいとしている。

3.2 光害対策ガイドライン

環境庁（当時）は、照明学会の実態調査を踏まえ、「街路照明器具のガイド」、「屋外照明等設置チェック

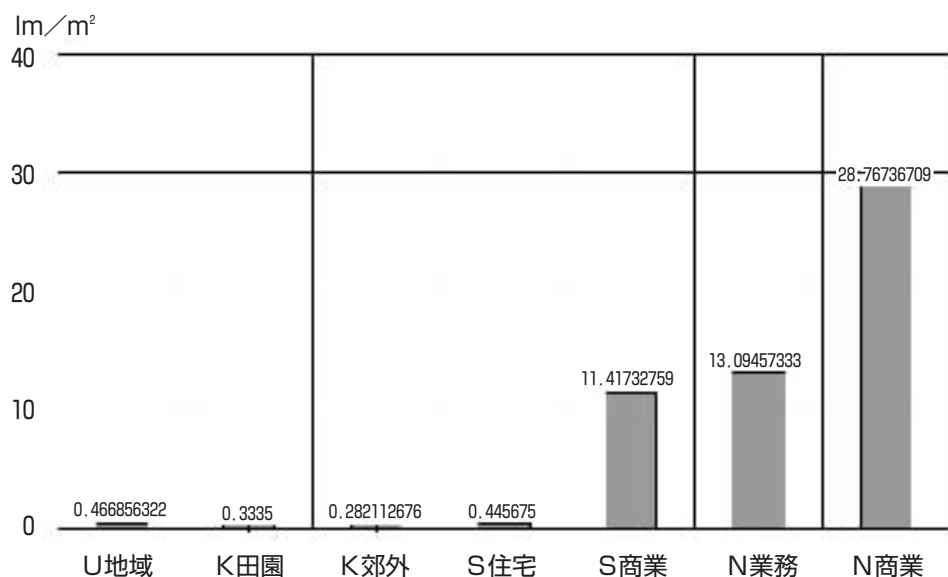


図6 地区面積当たりの上方への漏れ光束（照明学会平成9年）



図7 ポール灯

表1 街路照明器具のガイド（光害対策ガイドラインH10）

照明率	照明率が高くなるような機器の設置を推奨
	高い照明率を確保するための機器開発を推奨
上方光束比	表2による（上方光束／ランプ光束）
グレア	ハイウェイ灯：JIS C8131 光特性に従う
	街路灯など：照明学会技術指針「屋外公共照明基準」のグレアの項に従う
	HID ランプ使用の場合、通常の通行に際し、光源が直接目に入らないよう配慮する
総合効率	・ランプ入力電力200W以上：60 lm／W 以上推奨（安定器損含む）
	・ランプ入力電力200W未満：50 lm／W 以上推奨

表2 上方光束比（光害対策ガイドラインH10）

照明環境類型	I	II	III	IV
上方光束の比	0	0.05	0.15	0.25

リスト」、「広告物等のガイド」の3つのガイドラインを含んだ光害対策ガイドライン⁶⁾（1998年3月）を策定した。

ここでは、光害を、『良好な「照明環境」の形成が、漏れ光によって阻害されている状況又はそれによる悪影響』と定義するとともに、照明環境を4つの類型に分け、地方自治体に対して、これらの類型を踏まえて、短中期的な達成目標を含んだ「地域照明環境計画」を策定するよう提案している。

特に、街路照明器具のガイド（表1、表2）では、省エネルギー面からは、総合効率の下限値を定めると共に光の有効利用度の高い照明(高照明率過)を推

奨し、漏れ光・障害光面からは、上方光束比とグレアを規定している。これは良い屋外照明環境づくりの指針として活用することができる。

3.3 環境への配慮

CO₂削減、光害対策を図りながら、人びとの生活に有用となる“良い照明環境づくり”には、次の4点が重要になる。

- ① 効率の高い光源・照明システムの採用
- ② 過剰照明の抑制
- ③ 周囲への漏れ光の低減（まぶしいものの排除）
- ④ 地域特性に応じた緻密な照明設計

表3 障害光の制限に関する照明技術的指標の推奨最大値（CIE No.150-2003）

環境区域	1	2	3	4
周囲の敷地に対する照明の制限 (敷地の照度の最大値：住居の窓などの関係する面に適用)				
鉛直面照度 (lx) Curfew 前	2	5	10	25
鉛直面照度 (lx) Curfew 後	0	1	2	5
視野内のまぶしい照明器具の制限 (迷惑を与えそうな個々の照明器具に適用)				
照明器具光度 (cd) Curfew 前	2,500	7,500	10,000	25,000
照明器具光度 (cd) Curfew 後	0	500	1,000	2,500
過剰照明された建物表面及び看板の影響の制限				
建物表面輝度 (cd / m ²)	0	5	10	25
看板の輝度 (cd / m ²)	50	400	800	1,000

備考) 1. Curfew は、夜間の所定時間経過後に、照明を消灯もしくは減光することをいう

E1：自然環境、国立公園や保護された場所など本来暗い光環境

E2：地方部、産業的または居住的な地方エリアなど低い明るさの光環境

E3：郊外、産業的または居住的な郊外エリアなど中間の明るさの光環境

E4：都市、都市中心と商業エリアなど高い明るさの光環境

CIE（国際照明委員会）では、人間の活動に及ぼす影響を制限するためのガイドとして、障害光規制のガイド（表3）⁷⁾を2003年3月に公開した。ただし、このガイドの値を満足すれば十分であるとは限らないことに、注意すべきである。照明はいろいろな場面で様々な役割を果たしているが、同じ照明（場面）であっても、その時の立場・文脈・経験などによって評価が異なることがあるからである。

いずれにせよ、光害対策は、明るさの価値と同様に暗さの価値を十分に認識し、照明計画においては、まぶしいものを排除し、照明対象外への漏れ光を低減することから始める必要がある。

4. おわりに

光害問題は、天文観測への人工光の干渉問題として提起され、日本では、エネルギー問題、生態系への影響を含めた問題として議論されている。

光害問題は、照明を単に消せば問題が解決するのではない。CO₂削減、光害対策を図りながら、人びとの生活に有用となる“良い照明環境づくり”が必要である。そのためには、良い照明とは何かをもっ

と議論する必要がある。良いとする価値判断が、人びとの間で共有されなければ、この問題の真の解決を導き出すことは困難であるからである。

● 参考文献

- 1) 蓑原善和：植物の照明影響、照明学会誌 80、10、841-745 1996
- 2) 蓑原善和：農林水産業の光環境・人工光源の利用—現状と将来、農業電化 50、4、2-8
- 3) 小林和久 他：照明光の明るさ、光色とホタル発光の関係について、日本色彩学会誌 Vol.21、38-39、1997
- 4) 八田文夫 他：アカウミガメにやさしい道づくり、第21回日本道路会議論文集、84-85
- 5) 照明学会：屋外照明等の国内実態に関する調査報告書、1997、1
- 6) 環境庁：光害対策ガイドライン、1998、3
- 7) CIE：Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor lighting installations. CIE No.150, 2003

高齢者のための照明



金谷 末子 (かなや すえこ)
金沢工業大学 工学部 居住環境学科 教授

プロフィール

1962年 同志社大学工学部電気工学科卒業
1962年 松下電器産業(株)入社、同照明研究所に配属
1998年 松下電器産業(株)退職
1998年 金沢工業大学工学部経営工学科教授
現在、金沢工業大学工学部居住環境学科、教授、工学博士
日本照明委員会副会長

1. はじめに

“老いの季節”が今、華やいで見える。

これからの人生をもっと健やかに、伸びやかに生きることの大切さを語りかけた新刊書が話題となっている。東京都市圏のパーソントリップ調査結果によれば、高齢者の活動量が10年前の2倍近くにも達しているとのことである¹⁾。本特集でも取り上げられている東京都心部の超高層ビルのショッピングモールや飲食街では、昼どきともなると、中高齢者を多く見かける。元気で洒脱な中高齢者が都心部を楽しみながら闊歩している姿は、超高層ビルにすっかり溶け込んでいる。わが国の高齢社会の一端を伺わせる光景である。

確かに、我が国の長寿命化は着実に進んでいる。政府がこのほどまとめた高齢社会白書では65歳以上の人口が総人口に占める割合は18.5%に達し、75歳以上は1000万人を超えた。また、厚生労働省の2002年国民生活基礎調査によれば、高齢者所帯は、既に700万世帯を突破している。

健康で、元気な高齢者の多くは、様々な社会活動にも積極的に参加し、その活動領域は急速に拡大している。一方、健常な高齢者であっても、個人差はあるものの、加齢に伴って体力、視機能、環境への適応能力などが低下することは避けられない。

しかし、日常の生活のなかで、照明は非常に身近かなものであり、かつ、健常者の視機能の低下は、連続的に序々に進行するために意識されにくく、高齢者のための照明に対する配慮も十分になされていないのが現状である。

高齢社会となった今、加齢に伴う様々な視機能の

低下に充分配慮しつつ、安全かつ安心して日常生活が営めるような光環境を実現するとともに、居住空間での種々の生活行為を心地よく、暮らしを楽しめるような光環境を創りだすことが大切である。

2. 高齢者の視機能

加齢に伴う眼球の光学系の生理的な変化は、視力、焦点調節力、色識別力、グレア（まぶしく邪魔になる光）など、様々な視機能の低下をもたらす。

視力は、加齢とともに低下する。図1は、背景輝度と近点視力の関係を示している。図1から、各年齢ともに背景輝度が高くなるにつれて視力は向上するが、高齢者になるほど、背景輝度が高くなっても視力の向上が緩やかになっていることが分かる²⁾。

図2は、水晶体の分光透過率（どの程度光を通すかの割合）と年齢との関係を示している。加齢に伴って短波長域の分光透過率が低下し、水晶体の黄色

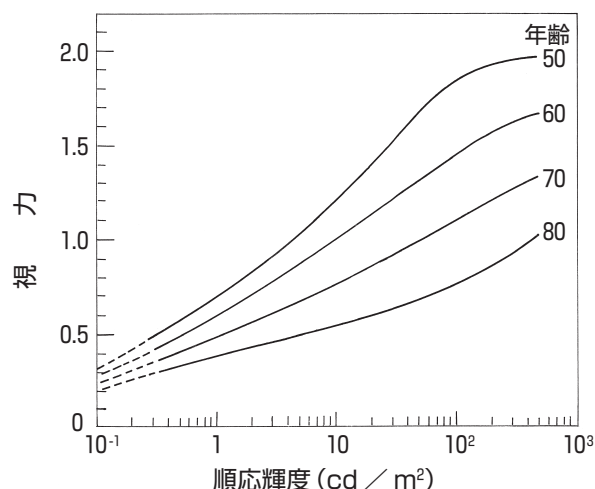


図1 年代別背景輝度と近点視力の関係

化が進む。このため、色識別能力が低下してくる。加齢による色識別能力の低下の程度は100色相配列検査器を用いた実験研究で照度、光源の光色や演色特性によっても変化することが明らかになってきた^{3)~6)}。

視野内に輝度の高い光源などがある場合、その光源からの光の一部が眼球内で散乱する。高齢者になるほど、眼球内で光が散乱しやすくなり、物が見えにくくなる場合や不快に感じる度合いが高くなる。これまでの実験研究により、高齢者になるほど低い輝度でも不快なまぶしさを感じやすくなることが明らかになっている⁷⁾。

矢野らは、光源の相関色温度によって不快グレアを感じる許容限界輝度が高齢者と若年層者でどのように変化するかについて実験した⁸⁾。図3に実験結果を示す。図3から、高齢者の許容限界輝度は若年層者の許容限界輝度に比べて低くなっていることが分かる。例えば、相関色温度が3100Kの場合、高齢者の許容限界輝度が2000cd/m²であるのに対して、若年層者の許容限界輝度は3700cd/m²である。このことは、高齢者のほうが若年層者に比べて不快グレアを感じやすいことを示している。また、高齢者、若年層者ともに、光源の相関色温度が高くなるほど、許容限界輝度は低くなることが明らかになった。言い換えれば、相関色温度が高い光源ほど不快グレアを感じやすいことを示している。

3. 高齢者の照明計画

高齢者のための照明計画では、上述した視機能だけではなく、身体的機能についても配慮する必要がある。例えば、住みなれた自宅でのわずかな段差に

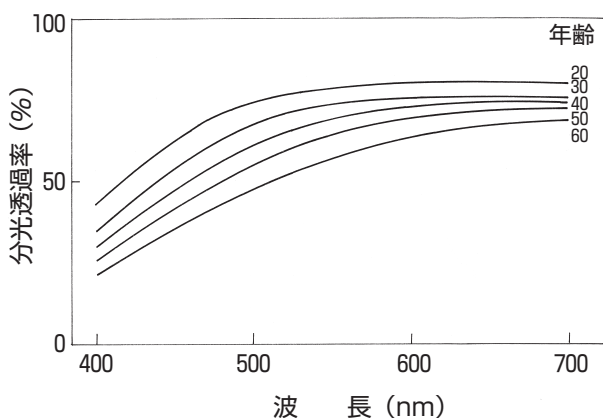


図2 年代別による水晶体の分光透過率

つまりいて骨折する場合も多い。高齢者になると、骨格、筋力の機能低下だけではなく、全般的な体力や、とっさの場合の反射能力も衰えてくるので、きめ細かい照明計画が必要である。

高齢者のための照明計画の要件としては、照明の量の確保、光環境の質の向上、安全性・安心感の確保、操作性・維持管理に対する配慮、光環境の多様性の演出が挙げられる。

3.1 十分な照度の確保

様々な視機能の低下に対応するためには、十分な照度の確保が重要である。日本工業規格（JIS Z 9110）照度基準では、照明施設の種類や作業内容に応じて照度範囲が定められている。高齢者が居住する空間では、照度基準の上限値に設定することが望ましい。

また、日常生活では、居間から廊下へ、玄関から居間へ頻繁に移動することが多い。隣り合った室では照度が極端な照度の差が生じないように、照度の連続性を保つことも大切である。

3.2 光環境の質の向上

居住空間の照明計画をするうえで、照明の量と質の両立は不可欠であるが、様々な視機能の低下が進む高齢者のための照明は、若年層者に比べてさらに質の高い光環境が望ましい。照明の質の要因としては、光色・演色性の優れた光源を使用すること、高

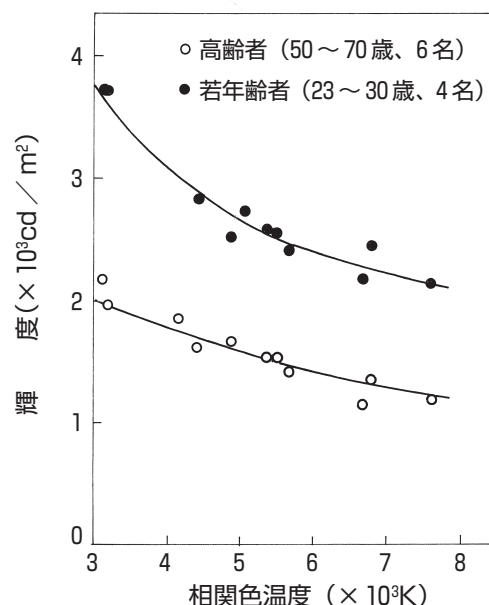


図3 年齢層による不快グレアを感じる許容限界輝度の変化

輝度の光源や照明器具を視野内から除去することによって不快グレアを防止すること、適切な明るさの分布を保つことなどが挙げられる。

3.3 安全性・安心感の確保

安全性に関しては、高齢者は明るい所から暗い所へ移動したときに、眼が暗い状態にすぐに順応しにくいために、しばらくの間、見えづらくなる。従って、高齢者の居住環境では、あまり急激な明るさの差がないように、極端に暗すぎる所がないようにすることが必要である。また、脚力が低下しつつある高齢者は、すり足気味に歩くことが多くなるので、敷居などのわずかな段差につまずいて転倒することもある。このため、わずかな段差であっても段差が見分けられるように照明方法や、照明器具の取り付け位置を工夫することが必要である。さらに、夜間、トイレに行く回数が増えるので、夜間の廊下や階段などには、深夜専用の照明を設けることが望ましい。小原は、高齢者を対象とした廊下空間の照明について実験し、視認性を確保しつつ不快グレアを生じない照明器具の発光面輝度を明らかにした⁹⁾。図4は、実験結果を基に開発された廊下用壁付け照明器具の例である。

高齢者人口が増加するにつれて、前述したように高齢者世帯の比率も増加している。一人暮らしの高齢者が安心して暮らしていくためには、盗難や外部



図4 階段・廊下用ブラケットの一例



図5 センサー付きポーチライトの一例

からの侵入、火災時の避難に対する不安感を少なくするような配慮が必要である。このためには、住宅周辺や住宅内外の照明の充実がきわめて重要である。

図5は、センサー付き照明器具の一例である。周囲が暗くなると明るさセンサーの働きで約20%の明るさで点灯し、人が近づくと100%で点灯する。不審者が近づくと100%で点灯するので防犯にも役立つ。

3.4 操作性・維持管理に対する配慮

多種多様な家電製品が暮らしのなかに満ち溢れている。家電製品のなかには、あまりにも多機能で使いこなせない製品も少なくない。高齢者が使用する照明設備は、複雑な操作を要するものではなく、容易に使いこなせるような操作の簡易性や、日々の暮らしのなかでの人の動きを配慮して照明器具や操作スイッチを設置することが必要である。

また、照明器具の清掃やランプの交換は、照明の質を維持し、照明エネルギーの節約のためにも重要である。しかし、ランプ交換や清掃時に高齢者に危険を伴うような作業は避ける必要があり、計画当初から清掃やランプ交換のしやすい照明器具を選択する必要がある。

3.5 光環境の多様性の演出

高齢者のための照明は、安全かつ安心して日常生活が過ごせると同時に、日々の生活を心地よく楽しめることが肝要である。そのためには、同じ空間であっても、生活行為に応じて様々な光環境を楽しめるような多様性の演出が望ましい。

図6は、直接照明と間接照明とスイッチ操作で簡単に切り替えられる照明器具の例である。生活行為に合わせて光を切り替えることにより、活動的な空間とくつろぎの雰囲気を作り出すことができる。ま



図6 多機能照明器具の一例



主照明のみを点灯した場合の照明



来客やホームパーティの場合の照明



趣味の音楽を楽しむ場合の照明

図7 多彩な光環境を演出した照明例

た、図7は主照明と補助照明を組み合わせ、家族の団欒、来客やホームパーティを楽しむ、ゆったりとした気分で音楽やホームビデオを楽しむなど、様々な生活行為に合わせた多様な光環境を演出した照明の例である。

これまで、高齢者の照明は視認性を主体であったが、それぞれの人生を楽しんでいる数多くの高齢者の姿を見るにつけ、視認性と同時に、暮らしを積極的に楽しめる光環境の多様性が求められる。

本特集で「視覚と色の国際動向」について解説していただいた佐川賢氏が TC 委員長を務められている CIE 第1部会の技術委員会 TC1-54 では、視覚応答の加齢効果についての技術活動がスタートした。加齢による視感度変化やコントラスト感度関数など、研究成果が期待されている。高齢者の視覚特性や光環境に関するわが国の研究は、国際的にも注目されている研究分野である。これら数多くの研究成果が照明技術として実用化され、よりよい照明のなかで、高齢者がゆったりと味わいのある人生を過ごしてい

ただきたいものである。

● 参考文献

- 1) 江上節子：シニアが東京に集まる理由、日経マスターズ、2003、6
- 2) 栗田正一他：照明学会編・新時代に適合する照明環境の要件に関する調査報告書、1985
- 3) Verriest, G.: Furthers studies on acquired deficiency of color discrimination, J. Opt. Soc. Amer. 53-1, 1963
- 4) Verriest, G.: A new assessment of the normal ranges of the Farnsworth-Munsell 100-Hue Test scores, Amer. J. Ophthalmology, 93, 1982
- 5) Boyce, P. R.: Hue discrimination and light sources, Light. Res. Technol. 9-3, 1977
- 6) 矢野正、下村容子、橋本健次郎、金谷末子：高齢者の色識別能力—光色との関係、日本色彩学会誌、17-2、1993
- 7) Bennett, C.A. : The demographic variables of discomfort glare ; Light. Des. & Appl., 7-1, 1977
- 8) 矢野正、金谷末子、市川一夫：高齢者の不快グレア—光色との関係、照明学会誌、77-6、1993
- 9) JIS Z 9110-1979 照度基準
- 10) 小原和輝：グレアレスと明るさ感確保とを両立させた廊下用壁付け照明器具、照明学会誌、86-10、2002

松下電工本社ビル NAIS ショールーム 汐留 Co・La・Bo フロア

東京では、丸の内、六本木と、都市再生の地域再開発が盛んに行われています。ここ汐留でも、旧国鉄操車場の跡地を核に、約31haもの広大な敷地の再開発（汐留シオサイト開発計画）が行われています。すべての再開発計画の完成は2006年の予定ですが、その中の第1期の竣工街区に、松下電工株式会社東京本社ビルが、「ビルごとショールーム・ビルごと照明器具・ビルごと省エネルギー」の3コンセプトのもと、2003年1月に竣工しました。新しいオフィスビルの姿、特に照明とのかかわりについて、こちらのNAIS ショールーム汐留 Co・La・Bo フロアを見学させていただきました。

【センター】 御社の事業と、こちらの本社ビルのコンセプトについてお教えいただけますでしょうか？

【松下電工】 松下電工は照明、情報機器、電器、住設建材、電子材料、制御機器など、住宅をはじめ、ビル、商業施設、公共施設、工場などにかかわる幅広い分野の商品を扱っています。さらに、IT 革命、地球環境問題、少子高齢化社会の到来など社会構造の変革を迎え、当社は「Smart Solutions by NAIS」を企業スローガンに掲げ、IT 関連事業、高齢化・介護事業、リニューアル事業、グリーン&クリーン事業などのビジネスにも積極的に取り組んでいるところです。本日おいでいただいているこちらの本社ビルは、これら当社のビジネスを実際の姿としてお客様にご覧いただくために、「ビルごとショールーム」という3つのコンセプトにより計画いたしました。

具体的にこのビルのコンセプトをご説明いたしますと、FOCUS100という、ビル建設のソリューションキーワードを掲げ、これを実現するビルとなっております。

F : Facility Broadband Networking 光通信と無線 LAN によるネットワーク社会

O : Open Building System 建物の一生を考えた運用管理による資産価値向上

C : Collaboration 産官学の連携、地域、お客様との共創

U : Universal Design より多くの人により使い

やすくを目指して

S : Save Energy and Ecology もっと省エネ、自然を味方につけて

100 : 100 Year Buildings 信頼のパートナーシップで実現する100年ビル

【センター】 なるほど、御社の事業そのものが形に現れているんですね。こちらの本社ビルは、本社機構と同時に、ショールームも併設されているとうかがいました。

【松下電工】 はい、地下2階から地上2階（一部）までは、一般のお客様向けの「LIVING フロア」となっており、当社の住宅設備商品が、一堂に展示されております。また2階と3階は、当社とビジネスのお客様が、新たなビジネスを創造するためのコラボレーション空間「Co・La・Bo フロア」となっています。こちらには、世界最大級のシミュレーション施設「CYBER DOME」をはじめ、照明ラボ、照明シミュレーションルーム、集合住宅ラボ、住宅ラボ、インダストリーラボなどがあります。4階には美術館があり、当社の所蔵するジョルジュ・ルオーの作品の常設展示のほか、建築・住宅・暮らし文化の分野で活躍中の方々を紹介する企画展も行っています。5階には多目的ホールがあり、6階から24階までは、執務ゾーンとなっています。

本日は、特に当社の誇りとする「照明」を中心

としてご案内いたします。

照明と一口に言っても、様々な用途のものがあり、それぞれに照明方式があります。

単に照度が確保されていればよいというものではなく、白熱ランプ、蛍光ランプなどの光源種類や、設置方法によって、空間の雰囲気は大きく違ってきます。その空間での生活シーンをよく考えて照明を考えなくてはなりません。このビルでも、執務ゾーン、リフレッシュゾーンなどの空間の違いは当然として、外光との関係や、日中、夜間などの時間帯も考えに入れて、快適にかつ省エネにもなるように、照明を計画しています。

また、光には生体リズムの調節機能があるのはご存知でしょうか。人間は約25時間の生体リズムを持っています。強い光は覚醒を促すといわれており、朝方の光は目覚めを促し、能率を向上させますが、夕方からは、質のよい睡眠に導くために、穏やかな光がよいといわれています。病院や老人介護施設などでは、この考え方に基づく照明が導入されてきておりますが、当ビルの一部にも、オフィスサーカディアンシステムとして試験導入をしています。ここでは午前中（9時から11時まで）と、午後の13時には2500 lxの高照度とすることで覚醒を促し、残業時間となる18時以降は、生体リズムが穏やかに下がるように、500 lxの照度に、それ以外の時間帯は750 lxとしています。即効的な効果があるというものではないですし、竣工後まだ数カ月しかたっておりませんので評価は難しいのですが、オフィスワーカーからは好意的な意見が数多く寄せられています。

【センター】なるほど、照明と快適性や健康とのかわりは、とても興味深いですね。ところで、先ほども話題に出ました、コラボレーション空間（Co・La・Boフロア）についてご紹介いただけますでしょうか。

【松下電工】

・展示ルーム

環境・安全・省エネなどをテーマにした機器の数々を展示しています。照明については、当社では、長寿命、省資源、解体容易でリサイクルしやすい照明機器の開発、光害防止型照明機器など、環境にやさしい照明器具開発に力を入れています。

・照明シミュレーションルーム（写真1）



写真1 照明シミュレーションルーム

光源の違いによる演色性の効果を比較・検討いただける実験コーナーです。壁に書棚のように小さな区画がありますが、各区画には、蛍光ランプ、白熱電球、HID光源などがセットしてあります。照度は同じにしてありますが、光源により、ものの色の見え方、印象が大きく違うことをお感じいただけたと思います。試しにりんごを置いてみますと、白熱電球など赤みを帯びた明かりではおいしそうに見えますが、昼光色の蛍光灯では青白く見え、食欲がそそられません。「何を照らすのか？」をよく考えた上で、光源選びの重要性がよくお分かりいただけると思います。またこの部屋自体の天井照明は、色温度3000K（ケルビン）の光（夕方の赤みを帯びた光）から、晴天のスカイブルーといわれる1万K、そして自然界には存在しない3万Kまでの光を体験できるようになっており、店舗の照明デザインの実証検討などにご利用いただいています。先日は、鮮魚を生き生きと見せるための色温度の検討にご利用いただきました。また設計事務所の新入社員の方々などに対する、光の原理や照明効果の教育にもご利用いただいています。

・照明ラボ（写真2）

様々な照明機器を取り付けることのできる4台の昇降装置を装備した、高さ8.0mの吹き抜け空間で、各種照明器具の効果を実空間に近い状態で検証できます。例えば、このラボに模擬店舗や模擬オフィスなどの建築模型を持ち込んでいただき、昇降装置に各種照明機器を取り付け、建物の天井高と同じ高さにセットして照明することで、照明効果の実証検討を行うことができます。照明設計のCADやバーチャルリアリティ（VR）などが進歩してきたとはい



写真2 照明ラボ

え、やはり微妙な照明効果は、実際に再現してみないと分からないものです。特に舞台照明や博物展示などでは、微妙な陰影の違いにより、印象が大きく変わってしまいます。照明技術者の感性を高める上でも、重要なコラボレーションの場としてご利用いただいています。

・サイバードーム（図1）

人間の視野を完全にカバーする世界最大級のドーム型スクリーンを採用した、高解像度3D-VR映像体験施設です。都市開発では、施主様のご意向、デザイナーの考え、建設会社、また当社のような照明、設備メーカーの意思疎通が極めて重要で、この意思疎通が不十分ですと、完成してから「思っていたのとは違う」「見落としがあった」などのトラブルやご不満が生じてしまいます。そこで、開発計画の完成イメージを、自分自身がその空間に存在しているかの、できるだけリアルなVR映像によりご覧いただき、そこで営まれる人の生活イメージを関係者が全員で共有することで、細部までの討議を行い、質のよい計画開発を、効率よく進めることが出来ます。このサイバードームでは、パーソナルコンピュータ上に搭載した環境計画推進VRシステムで計画を検証できます。作成した仮想空間を実スケールで体験確認することができ、汐留シオサイトの開発計画はもとより、都市再生や地域の再開発など、多方面の開発プロジェクトでご利用いただいています。照明とのかかわり方で言いますと、地域開発など大きなプロジェクトでは、照明も重要です。往々にして照明は、開発の最終段階で、考えられることが多いのですが、「あかり」は景観や住空間では、極めて大きな役割を果たしますので、計画の初期段階から検討事項として取り上げる必要があります。このVRシス



図1 サイバードームのイメージ図

テムにより、このような細部の検討もスムーズに進めることができます。

当、サイバードームは、ビジネスとしては新しいものですので、ビジネス事例は今のところ、地域開発が主なものですが、今後は、室内空間設計やバリアフリー体験、教育訓練、また宇宙や深海探検などのアミューズメントなど、様々な用途に、大いに役立てていただけるものと考えております。

本日は当社の「照明」への取り組みを中心にご覧いただきました。関係する企業、大学、公立研究機関などと私たちの様々な研究交流の拠点として、当、Co・La・Boフロアをご活用いただければと思います。

【センター】生活者視点の商品開発では、生活環境、居住環境の健康、快適がますます重要になると思います。また一日の大半、そしてひょっとすると一生の大半を過ごすオフィスでも、快適な環境設計はきわめて重要ですね。照明はその鍵を握るものとして、とても重要な役割を果たしていることがよく分かりました。とても勉強になりました。本日はどうもありがとうございました。

松下電工本社ビル NAIS ショールーム汐留

〒105-8301 東京都港区東新橋1丁目5番1号
TEL : 03-6218-0010
<http://shiodome.nais.jp/index.html>
開館時間 : 10:00 ~ 20:00 (日曜日または連休最終日は10:00 ~ 18:00)
休館 : お盆・年末年始。なお、Co・La・Boフロアはビジネス利用の予約制です。

体位変換介護ベッド hist の開発

Development of “hist” postural change long-term care bed

小川 淳*、河上 日出生*、森川 雅司*、田口 賢治*、阿部 裕司*、安田 昌司*

Atsushi OGAWA, Hideo KAWAKAMI, Masashi MORIKAWA,

Kenji TAGUCHI, Hiroshi ABE, Masashi YASUDA

寝返り支援介護を必要とする被介護者とその家族などの介護者の両方に、心地よい眠りを取り戻すことを目指して、上質な眠り・自然な寝返りを実現した体位変換介護ベッドと、専用の寝装具を開発した。本稿では今回開発したベッドの概要を述べるとともに、自動体位交換を実現するために開発した「12分割ボトム構造とギャッチ&ロール機構」に関して報告する。あわせて褥そう発生要因の1つである体圧に関して測定・評価を行ったので報告する。

In this work, a postural change long-term care bed is developed that enables good-quality sleep and natural movement in rolling over, along with a specially designed mattress, in order to ensure comfortable sleep for long-term care receivers requiring assistance in rolling over in bed, and for families and other caregivers. Here, we provide an outline of the bed, and report on the “12-segment bottom and the ‘Gatch and roll’ function” developed to achieve automatic postural change. We also report on measurements and evaluations related to body pressure, one of the causes of pressure sores.

1. はじめに

近年、先進国において高齢社会が現実のものとなりつつあり、日本においても急速に高齢化が進んでいる。現在、国内の要介護認定者は300万人強¹⁾であり、その中で夜間の寝返りに支援が必要とするひとは約36万人と推定されており今後も増加傾向にある。この寝返りができない要介護者にとって、体位変換は非常に重要な介護であり、痛みや褥そうを予防するために少なくとも約2時間毎の体位変換が必要²⁾である。特に、夜間睡眠時においても同様の周期で行う必要があり、在宅介護の場合には家族が約2時間毎に体位変換をする必要があるため、介護者・被介護者ともに連続した睡眠をとることができず身体的・精神的に苦痛を伴う。また、施設・病院等においても体位変換介護は重労働であることに変わりはない。

そこで今回我々はこうした介護・福祉分野の中で

最も介護の負担が大きく、被介護者にとっても深刻な問題の1つである体位変換介護に着目し、「自然な寝返り」が可能である機器の開発を目指してきた³⁾。今回そのコンセプトに沿って、本来人間が自然に行う寝返り動作を寝たきりの人が行えるようアシストする体位変換介護ベッド「hist」を開発した(図1)ので以下に報告する。



SANYO 高機能体位変換介護ベッド MHCB-1200

図1 寝返りベッド “hist” の外観

*三洋電機(株) エコ・エネシステム技術開発センター BU ヘルスケアシステム研究部

2. 開発課題

現在、主な体位変換介護には人手による介護の他、補助手段として体圧分散マット・エアマット・体位変換介護ベッドがあり、体圧分散・床ずれ予防が行われている。本開発ではこれらの機能に加えて“より良い眠り”の実現を目標に据え、そのための重要な要素として寝返り時の“自然な姿勢”に着目するとともに、寝返り動作の自動化を目的とし開発を行った。これは、介護者、被介護者にとって次の課題点を解決することを目指とした。

・被介護者：

睡眠中の疼痛による安眠の障害、衣類や寝具から身体に加わる圧力などに起因する床ずれ（身体の接触面からうける圧力により組織の末梢血管が閉塞して起こる病態：褥そう⁴⁾）、介護者に対する遠慮から要望を十分に訴えられないことによる精神的ストレスなど。

・介護者：

極度の前傾などの無理な姿勢を強いられる体位変換作業による腰痛、家族介護の場合は不眠や介護疲れによる心身のストレス、など。

この様な状況を改善するためには、被介護者本人の意思で、必要なときに身体に加わる圧力を軽減できる安全な体位変換を実現し、介護者の肉体的および精神的負担を取り除くことが必要である。

開発課題については、被介護者へのヒアリング等により、次のように抽出した。

- (1) 現在市販されている寝返りベッドでは、全身を伸展させた姿勢で寝返り動作を行なうため、側臥位における体位保持が困難であり、寝返り角度が大きい場合に安定性に欠ける。
- (2) 上記理由により、寝返り自動運転時には、ロール角度が20°未満に制限され、側臥位時の除圧が難しい。
- (3) 体圧（静的な垂直応力）分散のためには、標準のマットレス以外に別売のエア、ゲルなどのマットを付加する必要がある。
- (4) 専用の体圧分散装具がないために、上肢は体幹とマットの間で圧迫される可能性があり、下肢は膝関節や距骨内側の衝突、こすれの起こる恐れがある。
- (5) 操作は通常手元スイッチで行う。従って、

手指が不自由な被介護者が任意のタイミングで操作することは困難である。

3. 開発項目

3.1 寝返り動作シーケンス

2. 開発課題（1）で抽出した伸身位での問題点を解決するために、我々は健常者の寝返り姿勢は通常、膝を曲げ、腰を引いた状態であることに着目し、その運動学を検討した。つまり各関節を適度に曲げ、筋が弛緩した状態がより自然な寝姿勢と判断して、その寝姿勢を実現することとした。この姿勢を形成するため介護ベッドで既に実用化されているギャッチ（背上げ、膝上げ）機能を応用し、ベッド面全体を左右にローリングする機構“ギャッチ&ロール機構”を開発した。ベッドの動作としては背上げ、膝上げ、ハイロー（ベッドから降りやすい高さから、介護しやすい高さまでを調節する機能）の介護ベッドとしての基本動作に加え、左右への寝返りを付加したものとなっている。

寝返り動作シーケンスは以下の通りである（図2、3）。

- (STEP1) 仰臥位（一般のベッドと同じ状態）。
- (STEP2) 背上げ、膝上げを同時に行い寝返り時の姿勢を作る。このとき、背上げ角度、膝上げ角度は任意に設定可能。
- (STEP3) 寝返り方向の側板をスイングバーにより曲げ、寝返り時の床面を構成する。
- (STEP4) ベッド面全体を寝返り方向にローリングし寝返り動作を完了する。ローリングの速度・角度は好みに応じてそれぞれ3段階で設定可能。

この動作により形成された寝返り姿勢は健常者の寝返り姿勢と同じように腰を引き、膝を曲げた姿勢となる。これにより対象者は従来になかった自然な寝返り姿勢をとり、良質な睡眠を回復することができる。

また、股関節、膝関節を屈曲させることにより、側臥位での安定性が向上したために、ロール角度は最大50°まで可能である。これにより、仙骨部などの骨突起部や体幹背部の体圧分散、放熱が可能になり褥そう予防が期待できる。

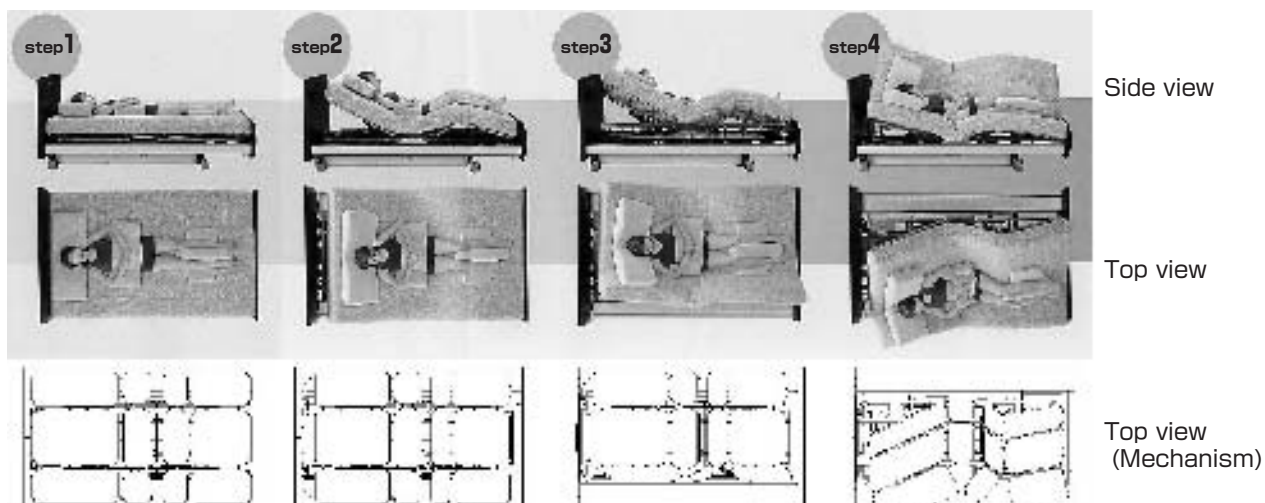


図2 寝返りシーケンスの概要

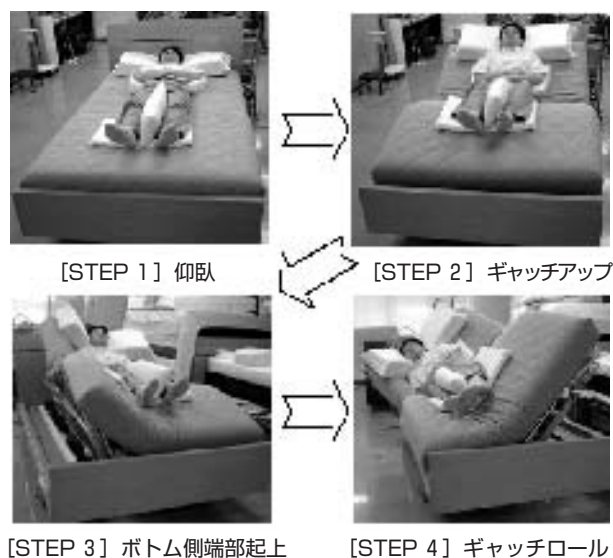


図3 寝返りシーケンス詳細

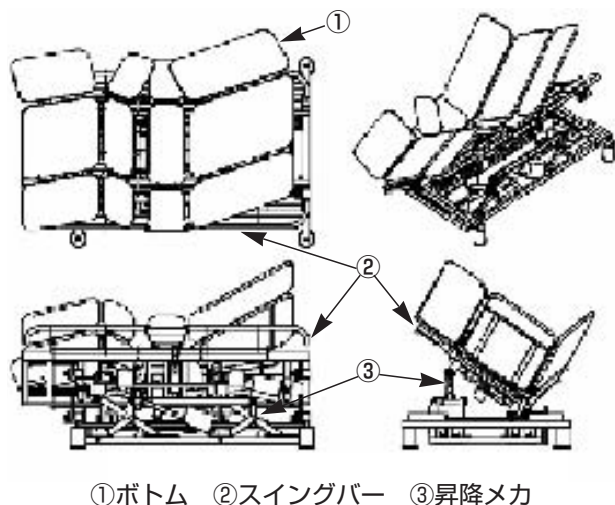


図4 キャッチ&ロール機構の構成

3.2 “ギャッチ&ロール機構” 構成

図4に示した“ギャッチ&ロール機構”は、自然な姿勢で寝返りを行うためのキーテクノロジーである。以下に主要な構成要素を示す。

① 12分割ボトム

ボトムとはベッド床材の呼称であり、一般介護ベッドでは通常、背、腰、大腿、足の4分割に構成し、背上げ・膝上げのギャッチ姿勢を可能にしている。

本機では体の構造にあわせた縦3分割、横4分割の合計12分割構造とした。これにより寝返り時の自然な屈曲姿勢を形成・維持することを可能とした。

② スイングバー

寝返り時の床面は左右の各4枚のボトムにより構

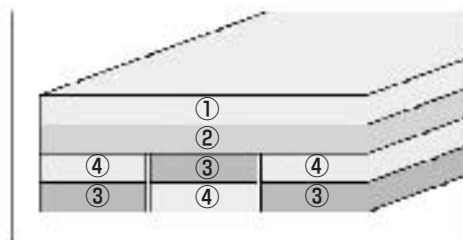
成される。スイングバーはギャッチ動作により屈曲した側ボトム4面を同時にコントロールし効率的に床面を構成することを可能とした。

③ 左右独立昇降機構

ロール機構は左右独立駆動の垂直上昇型の平行リンクを採用し、単独駆動時には寝返りローリング、左右同期駆動時にはベッド面の昇降と2モード兼用仕様とし、効率的に簡素化を図った。

3.3 専用マットレスの開発

ギャッチ&ロール機構による寝返りをさらに効果的に行うためには、仰臥位、側臥位での異なった垂直荷重に対応する必要があるため、本機専用のマッ



- ①ソフトタッチウレタン#1：ファーストタッチが優しい
 ②ソフトタッチウレタン#2：優しさとしっかり感がある
 ③ラバータッチウレタン：身体全体をしっかりと支える
 ④低反発ウレタン：体圧分散には欠かせない

図5 専用マットレスの構成

トレスを開発した。硬度、粘度の異なる発泡ウレタンを基本的な材料とし、寝返り姿勢での体圧分散を強化した3分割4層構造とした（図5）。

マットレス下部2層を3分割し、仰臥位、側臥位時の姿勢にあわせた体圧分散が適切にできるようマットレス中央部、側部それぞれについてマットレス硬さを調整し、仰臥位と側臥位での体圧を担うマットの部位が異なるため、一枚のマットレスの該当部位で異なるウレタン材を多層構成（仰臥位＝マット中央部、左右側臥位＝マット両側方部）して体圧を分散させた。体位に応じた体圧分散を実現した。

また、下部2層にスリットを設けることにより3次元的なギャッチ&ロール機構の動作に対するマットレスの追従性を高めた。

3.4 寝装具・音声認識ユニットの開発

介護現場では、体位の安定性や骨突起部を保護するために、クッション、枕、パッドなどの装具類が工夫されている。今回は、寝返りベッド特有の課題を解決するために以下の特徴を有する専用装具を開発した。

- 枕：枕表面の起伏は、ベッドの使用状態に応じたM形曲面で形成することで、ギャッチロール時は首のふらつきを抑制し、側臥位時は首を無理のない姿勢に保持する（図6－（1））。
- アームレスト：ギャッチロール機能作動時の腕を適切な位置に安定させる（図6－（1））。
- レッグレスト：下腿の荷重をふくらはぎで受けることにより、踵からマットに加わる圧力を軽減し、ギャッチロール時は両足を適切な間隔で安定させて両下肢間の接触を回避する（図



（1）枕・アームレスト

（2）レッグレスト



図6 専用装具を使用した左側臥位の例

6－（2）。

また、不特定話者に対応する音声認識ユニットを搭載し、被介護者が自分で音声により操作できるようにしたので、自分の好きなタイミングで寝返り可能となった。

4. 体圧（垂直荷重）の測定結果

今回開発した寝装具のうち「専用マット」の機能評価基準として、快眠の妨げとなる疼痛や褥そう発生の主因である体圧（垂直荷重）の状態を体圧分布計（（株）ニッタ・タクタイルセンサーBIGMAT）を用いて測定した（図7、8）。

- 対象物：市販介護マットおよび新開発マット
- 被験者：身長165cm、体重62kg、38歳、健康男性
- 測定時間：臥位開始から1分間安静後に測定
- センサ：4枚使用し、全身を同時測定
- 姿勢：仰臥位、右側臥位の2姿勢

この結果から、体圧については広く分散されており、床ずれ予防にも有効であることが推察される。この実験機を用いて、要介護者のモニタリングを並行して実施中であり、本稿執筆時点で以下2例の対

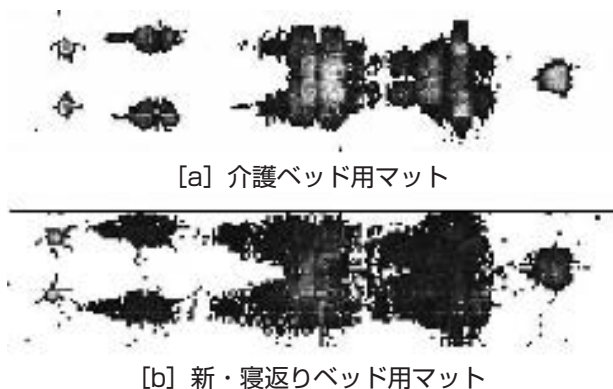


図7 体圧分布（仰臥位を真上から見た状態）

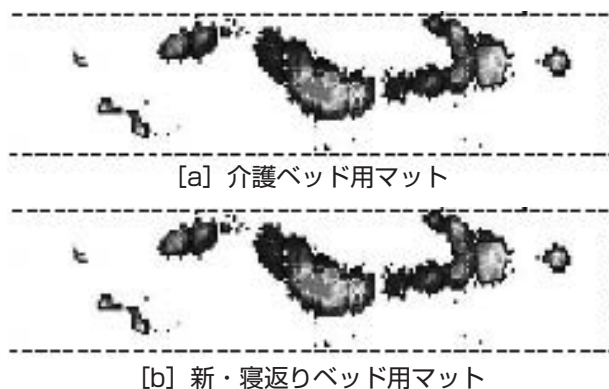


図8 体圧分布（右側臥位を真上から見た状態）

象者に対し褥そうの発生は認められていない。

- ・介護度5：筋ジス四肢麻痺男性（約4カ月）
- ・介護度5：廃用性症候群男性（約3カ月）

5. まとめ

自然な姿勢で違和感なく人の生活動作をサポートするモーションアシスト技術の応用により寝返り支援ベッドの開発を行った。これにより寝返りが打てない人でも本来の理想的姿勢での寝返り動作を行うことが可能となった。今後、評価実験を進めるとともに、さらなる快適性・安全性を追求していく予定である。

さらに褥そう発生のメカニズムを考慮して、垂直荷重だけではなく、剪断応力などによる内部応力や摩擦、また、加圧時間も重要なパラメータであると認識しており、力学的には剪断応力、摩擦力などの応力解析や、時間的な応力分散として、静的な体圧だけでなく仰臥位から側臥位に移行する両姿勢間の移行所要時間を考慮した体圧変動の測定と解析を進める。

これらを考慮した開発を進めることにより、さらに「安全性・安心感・快適性」を充実させ、骨突出部の垂直荷重（体圧）はもちろんのこと、剪断、摩擦を含む体内応力を可能な限り低下・分散させる「寝装具」と、適切なロール角度など「ベッド使用条件、ノウハウの確立」、そして「褥そう発生要因評価基準の提案」を進めていくことを計画している。

参考文献

- 1) 国民健康保険中央会発表資料：認定者・受給者の状況、2003
- 2) 森川雅司、他：寝返りベッドの開発～被介護者における睡眠の質の向上～：第18回睡眠環境シンポジウム論文集、日本睡眠環境学会、91-92、2002
- 3) 真田弘美、他：褥瘡患者の看護技術、へるす出版、103-109、2002
- 4) 新妻淳子：皮膚血流計測及び皮膚温度計測結果から見る褥そうメカニズムと発生予防、日本リハビリテーション工学協会SIG 褥そう防止装置講習会—計測に基づいた褥そう予防—、12-15、2001

連絡先

三洋電機株式会社
 エコ・エネシステム技術開発センター BU
 小川 淳 ogawa@mech.rd.sanyo.co.jp
 〒573-8534 枚方市走谷1-18-13
 TEL：072-841-7884 FAX：072-844-2985

体位変換介護ベッド hist の評価

Evaluation of “hist” postural change long-term care bed

藤原 義久*、阪井 英隆*、南浦 武史*、岡田 志麻*、小川 淳*、安田 昌司*

Yoshihisa FUJIWARA, Hidetaka SAKAI, Takeshi MINAMIURA,
Shima OKADA, Atsushi OGAWA, Masashi YASUDA

我々は、寝返り支援介護を必要とする介護者の負担軽減と被介護者の心地よい眠りの双方を実現するために、自然な寝返り姿勢を保つ“ギャッチロール機構”を備えた体位変換介護ベッド“hist”の開発を行った。本研究では、従来の単純ロール方式に対するギャッチロール方式の有効性を検証するため、健常な被験者2名による比較実験を行い、脳波、顎筋電、眼球運動という生理量と主観申告を計測した。睡眠の評価手法としては、浅い睡眠と深い睡眠がどれほど持続しているのか、睡眠のサイクルがはっきりしているのかということに着目し、睡眠深度のn分間移動出現率を算出する新しい評価方法(n-M.A.R.)を提案した。n-M.A.R.による解析結果としては、単純ロール方式に比べてギャッチロール方式では、特に深い眠りと睡眠リズムの確保に効果があることが示唆された。睡眠中の寝返り動作とその姿勢は、睡眠の質に大きく影響すると考える。また双方を実現しているギャッチロール方式では、従来の単純ロール方式と比較して、被介護者における睡眠の質の向上に有効であると考えられる。

Sanyo Electric has developed the “hist” postural change long-term care bed, which is equipped with a “Gatch and roll” mechanism for maintaining natural posture while turning over. There were two main goals in developing this device: to lighten the burden on long-term caregivers who must provide their patients with assistance in turning over in bed at night, and to contribute to more comfortable sleep for those patients. In this research, we conducted tests to verify the effectiveness of the “Gatch and roll” method as compared to conventional simple roll methods. The tests, conducted on two healthy subjects, incorporated measurements of both physiological values (such as EEG, EMG of the jaw, and EOG) and subjective reports. We proposed a new sleep evaluation method-n-M.A.R.-which focuses on how long light sleep and deep sleep continue and how clearly sleep cycles are defined, and calculates the rate of movement during n minutes of sleep at a given depth. Test results based on the n-M.A.R. method suggest that compared to simple roll methods, the Gatch and roll method is particularly effective in securing deep sleep and stable sleep rhythms. The action of turning over during sleep and the posture taken during this action are thought to dramatically affect the quality of sleep. The Gatch and roll method, which achieves both of these goals, can be considered an effective means of improving the quality of sleep for long-term care patients, in comparison to conventional simple roll methods.

1. 緒言

我が国では、2002年に厚生労働省が認定する寝たきりや痴呆などにより介護や支援を必要とする要介護高齢者は300万人強で、特に夜間の寝返り支援介護を必要とする高齢者は約36万人に及ぶといわれている¹⁾。寝たきり介護を必要とする被介護者に対しては、介護者が一晩の間に定期的に数回、寝返り介

護をする必要があり、これが介護者にとって大きな負担となっていた。また、被介護者はその度に目を覚ましているため、睡眠中の快適性が失われ、質の良い睡眠を得られているとはいえない。

近年、この問題を解決することを目的とした寝返り支援ベッドの開発が盛んであるが、逆に被介護者の快適性は重要視されていないケースが多い。

*三洋電機(株) エコ・エネシステム技術開発センター BU ヘルスケアシステム研究部

そこで、我々は介護者の負担軽減を実現し、さらに被介護者にとっても質の良い眠りを実現する新・寝返りベッド（体位変換介護ベッド「hist」）の開発を行った^{2), 3)}。

本稿では、被介護者の睡眠の質について着目し、新・寝返りベッドの評価を行ったので報告する。

2. 体位変換介護ベッド「hist」

従来、介護支援ベッドとしては、背上げ・膝上げ（以降ギャッチアップと呼ぶ）機能を有するベッドや、寝返り動作（ロール）機能を有した寝返り支援ベッド（以降、単純ロール方式と呼ぶ）はあったが、この2つの機能を同時に動作させるものは存在しなかった。これらは主に介護者の負担軽減を目的として開発されており、ロール時には直立に近い不自然な姿勢が強制されるため（図1）、被介護者の眠りを妨げるという問題があった。

今回、我々は被介護者にとって上質な眠りと自然な寝返り動作を実現することを目標に体位変換介護ベッドを開発した（図2）。このベッドでは、ギャッチアップという背上げ・膝上げ機能と、ロールの双方を行うギャッチ&ロール機構（図3）の開発によ

り、膝を曲げ、腰をひき、ゆるやかに回転する、本来人間が自然に行う寝返り動作を再現した。この自然な動作により被介護者の睡眠を妨げずに寝返り動作を行うことが可能となる。

本 hist の仕様を以下に示す。

表1 hist の仕様

背上角度	0～約70°（無段階）
膝上角度	0～約60°（無段階）
ロール角度	0～約50°（左右とも）
ロール速度	3段階 遅・標準・速 （速の場合は0.7rpm）

3. 実験方法

従来の単純ロール方式に対するギャッチロール方式の有効性を検証するため、健常な被験者2名（男



図1 従来の寝返りベッド（単純ロール方式）



図2 体位変換介護ベッド「hist」

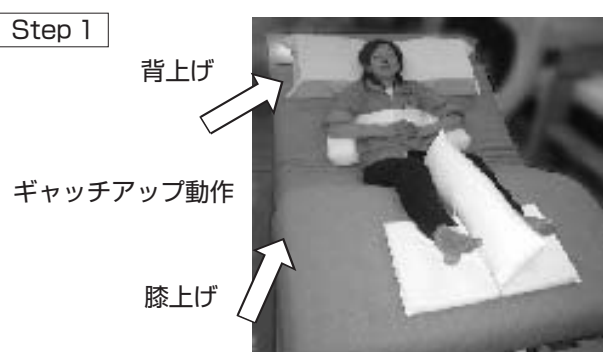
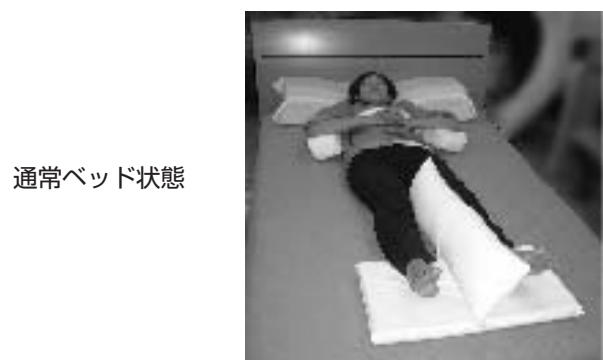


図3 ギャッチロール方式

性34歳、40歳)による比較実験を行った。被験者には寝袋を着用させ、さらに手足を拘束することで、寝返りのできない要介護状態を模擬した。

比較する実験条件としては表2に示す2条件単純ロール方式、ギャッチロール方式とし、両条件間の順序効果を考慮したプロトコルにて実験を実施した。本プロトコルを表3に示す。また被験者が睡眠実験に慣れることを目的として順応夜を設定した。実験は睡眠実験による睡眠リズムの乱れを避けるため週1回とし隔週の同じ曜日に実施し、実験前夜は就寝時間、アルコール、コーヒーの飲量、運動量を統制している。

実験においては生理量と心理量を計測した。

(1) 生理量計測

脳波3ch.(C3、C4、O1、両耳朶リファレンス)、顎筋電、眼球運動の計測を行い、国際基準に基づいて睡眠深度の算出を行った⁴⁾。

(2) 心理量計測

睡眠感を計測するため表4に示す-100点~+100点の連続尺度を用いた主観評価⁵⁾を実施した。この尺度は例えば睡眠満足感の場合、非常に不満足を-100点、非常に満足を+100点、どちらでもないを0点として被験者に主観を数字にて申告させるもので

表2 実験の項目

条件1	90分ごとに単純ロール
条件2	90分ごとにギャッチロール

表3 実験プロトコル

被験者A	順応夜→ギャッチロール→単純ロール
被験者B	順応夜→単純ロール→ギャッチロール

表4 主観評価項目

	項目	尺度
(1)	睡眠満足度	非常に不満足 -100点~非常に満足 +100点
(2)	寝付きの良さ	非常に悪い -100点~非常に良い +100点
(3)	眠りの深さ	非常に浅い -100点~非常に深い +100点
(4)	ベッドの寝心地	非常に悪い -100点~非常に良い +100点
(5)	起床時の快適感	非常に悪い -100点~非常に良い +100点

ある。

実験の流れとしてはベッドのロール機能は90分毎に動作させ、左側臥位、仰臥位、右側臥位の順に入眠から起床までの生理量を計測し、起床時に主観評価を実施した。左側臥位から実験を始めた理由としては、両被験者ともに左側臥位にて入眠する習性があったためである。なお、実験開始は普段の就寝時間帯であるAM0:00に設定した。本実験の流れを図4に示す。

なお、実験においてはhistの材質、ロール角度(50°)、速度(0.7rpm)、背上角度(30°)、膝上角度(40°)と条件は統一している。

4. 睡眠の評価方法

睡眠の評価手法としては、脳波、顎筋電、眼球運動から算出される睡眠深度が一般的に用いられており、図5に示すように正常成人は約90分のサイクルで浅い睡眠と深い睡眠を繰り返している。このグラフでは、一晩の睡眠の状態変化については評価しやすいが、SWS(Slow Wave Sleep、睡眠深度3+4)、REM睡眠がどれほど持続しているのかを定量的に評価することが難しい。

そこで本研究では睡眠の評価指標として、浅い睡眠と深い睡眠がどれほど持続しているのか、また睡眠のサイクルがはっきりしているのかということに着目した新しい評価方法を提案する。具体的には、

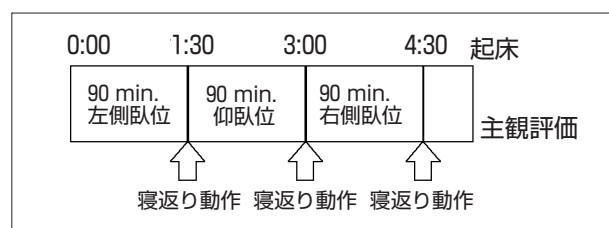


図4 実験の流れ

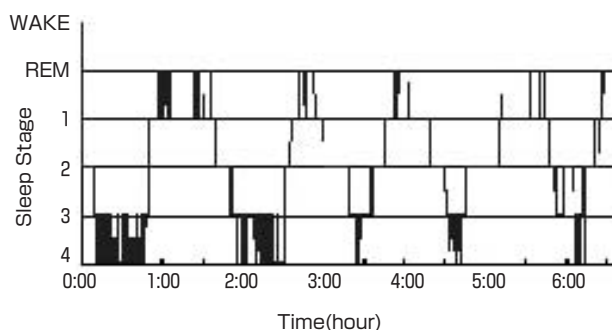


図5 睡眠ステージ

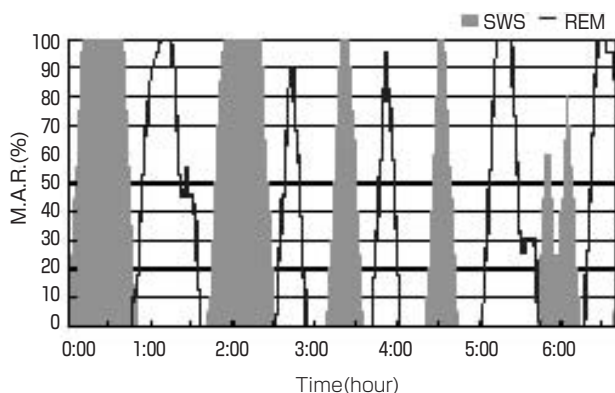


図6 10 - M.A.R.

表5 主観評価結果

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
単純ロール	被験者 A	30	100	30	50	50
ギャッチロール	被験者 A	80	100	80	80	60
単純ロール	被験者 B	-50	80	-30	-50	-50
ギャッチロール	被験者 B	80	80	80	70	70

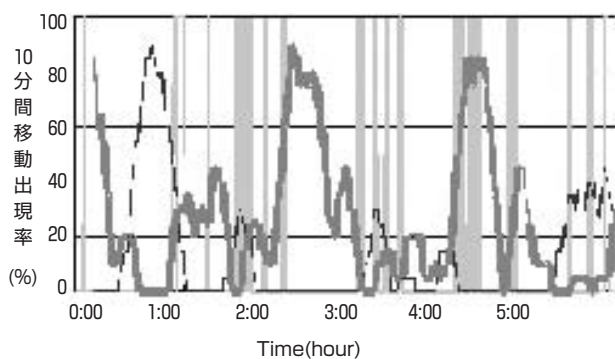


図7 10 - M.A.R. 被験者 A (単純ロール)

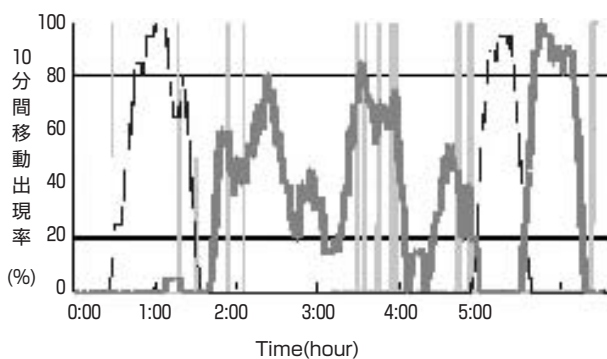


図9 10 - M.A.R. 被験者 B (単純ロール)

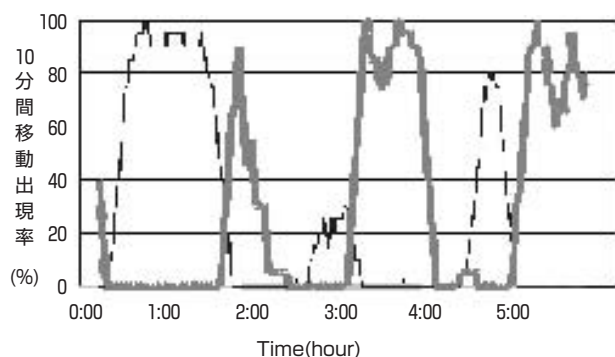


図8 10 - M.A.R. 被験者 A (ギャッチロール)

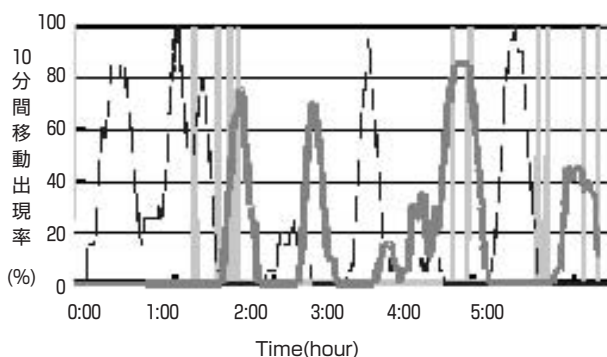


図10 10 - M.A.R. 被験者 B (ギャッチロール)

睡眠深度の n 分間移動出現率(n -M.A.R.)^{6), 7)}を定義し(4.1)、SWSとREMの n 分間 M.A.R.で評価を行った。今回の条件は $n=10$ 分とし、睡眠深度を算出する際の時間分解能となるエポック時間 T を0.5分とした。

この解析例を図6に示す。このグラフにおいて横軸は経過時間を、縦軸はSWS、REMの出現率(%)を示しており、各時刻にてSWS、REMがどの程度占めているかが定量的に判別可能である。

5. 実験結果と考察

5.1 主観評価による解析

主観評価結果を表5に示す。特に (1)睡眠満足感、(3)眠りの深さ等においてギャッチロール方式の有効性が見られる。これはロール方式が被験者に長時間の直立姿勢を強いる結果として、特に深睡眠に影響を及ぼすことを示唆する結果と考える。

5.2 n 分間移動出現率(n -M.A.R.)による解析

今回提案する10-M.A.R.により解析した結果を図7～10に示す。

なお、図中にて細線はSWS、太線はREMとし、

縦線は中途覚醒を示す。

睡眠の各サイクルにおいて SWS の M.A.R. の最大値が大きいほど深い睡眠であり、その持続時間が長いほど十分な睡眠がとれているといえる。また SWS と REM の M.A.R. のピークが繰り返し現れることで、睡眠サイクルについても確認することができる。当然であるが、中途覚醒が少ない方がよい睡眠といえる。

この観点から、単純ロール方式とギャッチロール方式について検討した。

条件 1. (単純ロール方式) : 両被験者ともに SWS と REM のサイクルの確認が困難で周期性の確認は難しく睡眠リズムが崩れている。また中途覚醒の回数も多い。さらに全体的に SWS の M.A.R. が最大値が小さく持続時間が短いため、十分な睡眠がとれていない。

条件 2. (ギャッチロール方式) : 両被験者ともに SWS と REM の出現に周期性があり 3 つのサイクルを持つ睡眠リズムを確認できる。特に被験者 A では、1 つ目の SWS の M.A.R. では 90 % 以上の高い値で持続時間も長く、中途覚醒もなく十分な睡眠がとれている。

以上のことから、単純ロール方式に比べて今回開発したギャッチロール方式では、特に深い眠りと睡眠リズムの確保に効果があることが示唆された。睡眠中の寝返り動作とその姿勢は、睡眠の質に大きく影響すると考える。また双方を実現しているギャッチロール方式では、従来の単純ロール方式と比較して、被介護者における睡眠の質の向上に有効であると考えられる。

6. 結 言

今回開発した、ギャッチロール方式の寝返り支援ベッド“hist”は、従来の単純ロール方式と比べて、被介護者の睡眠の質を低下させることなく寝返り動作が支援可能なことが示唆された。これにより、介護者の負担軽減はもちろんのこと、被介護者の快適な睡眠の実現につながると考える。

また、本研究で定義した M.A.R. を用いて、睡眠の周期性と SWS と REM の持続性に着目して睡眠の

質の評価を行った。その結果、本手法が有効であることが確認できた。

● 参考文献

- 1) 内山真：睡眠障害の対応と治療ガイドライン、厚生労働省、1-20、2002
- 2) 森川雅司、他：新・寝返りベッドの開発～被介護者における睡眠の質の向上～、第 18 回睡眠環境シンポジウム、日本睡眠環境学会、91-92、2002
- 3) 阪井英隆、他：新・寝返りベッドの評価～被介護者における睡眠の質の向上～、第 18 回睡眠環境シンポジウム、日本睡眠環境学会、93-94、2002
- 4) Allan Rechtschaffen, Anthony Kales 編：睡眠脳波アトラス 標準用語・手段・判定法、医歯薬出版、3-8、1968
- 5) 吉田倫幸：脳波のゆらぎ計測と快適評価、日本音響学会、46、11、919-924、1990
- 6) 岡田志麻、他：新・寝返りベッドの評価、日本生理人類学会第 48 回大会、日本生理人類学会、44-45、2002
- 7) 南浦武史、他：“ギャッチ&ロール機構”を有する体位変換介護ベッドの評価、バイオエンジニアリング講演会、日本機械学会、97-98、2003

連絡先

三洋電機株式会社
エコ・エネシステム技術開発センター BU
藤原 義久 y_fujiwara@rd.sanyo.co.jp
〒573-8534 枚方市走谷 1-18-13
TEL:072-841-1284 FAX:072-844-2985

人間生活工学系技術のタイにおける実態調査

(社)人間生活工学研究センター
研究開発部長 吉岡松太郎

1. はじめに

(社)人間生活工学研究センターでは、日本・タイ国の間での人間生活工学に関しての、新しい技術協力関係を築きあげることが目的に、経済産業省のアジア産業基盤強化等事業の一環として、「タイ国における人間生活工学系技術の実態調査」を実施した。

本事業では、アジア諸国での人間特性データ（身体寸法、感覚特性等）の収集、国際的なデータ交換ネットワークの構築を視野におきつつ、タイ国における人間生活工学系技術の現状を調査するとともに、同国において人間生活工学に関するセミナーを開催し、今後の人間生活工学の普及展開策を検討・提案することとしている。

以下、本事業での調査内容や調査結果の概要について報告する。

2. 調査事業の背景と目的

近年、急速に進む技術革新に伴い、作業現場や生活の場を含む様々な場面で、負担、危険、不安など人間への不適合が顕在化してきている。人間生活工学では、こうした、人間に与える種々の不適合要因を見出し、その解消や軽減化を図る。そのため、ここでは、作業現場でのストレス、疲労、誤操作などに起因する人間の健康や安全への対応を検討する他、住居、交通機関、生活用品など生活に係わる、ものや環境と人間とのインタフェースの向上を図ることにより、より使いやすいものづくりへの寄与を目指している。

こうした状況を背景に、我が国においても、『人にやさしいものづくり、環境づくり』を推進するという観点から、種々の技術開発や関連データの整備事

業に積極的に取り組んでいる。アジア地域諸国における今後の産業社会の発展を考えると、これら人間生活工学系技術の進展・研究に取り組むことは今や国際的必須要件であると考えられ、これらの活動を通じて各国の国民性、気候風土、環境に適合したもの等が生産され構築され求め合われることにより貿易投資が一層促進することが期待される。

この観点に立ち、本事業では、タイ国の人間生活工学系技術の現状を把握した上で、当該国に人間生活工学系技術の有用性・必要性を理解してもらい、当該国における普及展開策を立案・提案する。本事業を行うことによって人間生活工学系技術の有用性等を理解したタイ国が、必要に応じてODA等を活用しつつ、人に係わる諸データを計測・データベース化し、このようなデータベースを、日本を含むアジア諸国間で交換できる仕組みを構築することにより、アジア諸国での産業基盤強化に繋げると同時に、こうした活動を通して、我が国企業の貿易投資環境を整備することを目的としている。



写真1 セミナー参加者



写真2 セミナーでの活発な討論の様子

3. 調査概要と結果

これらの目的のもと、平成15年3月5日より13日までの間、長岡技術科学大学経営情報系中村和男教授を団長とし、自動車メーカーや当センター職員など総勢8名の調査団がタイ国を訪れ、同国政府機関、大学、メーカーなどを訪問し下記項目を中心とした調査を実施した。また、調査最終日には、"Ergonomic Approach as Product Development Strategy" なるタイトルで、これら訪問先組織を含む関係者を集め、日本における人間生活工学技術の現状や人間生活工学技術の展望に係わるセミナーを開催し、人間生活工学系技術の役割や具体的応用展開例などの

紹介を行った（写真1、2）。具体的調査スケジュールは表1の通りである。

3.1 調査項目

本調査では、以下の項目についての実態把握を目的とした。

- 1) 人体計測データの整備・利用状況及び分野別計測関係技術の状況
- 2) 人間生活工学系技術の振興・研究機関と活動・研究内容
- 3) 製品設計への人間生活工学系技術の応用の状況
- 4) 人間生活工学系及び労働安全衛生関連の国際規

表1 タイ国調査スケジュール及び訪問先

3月5日（水）	バンコク到着
3月6日（木）	• National Institute for the Improvement of Working Conditions and Environment (NICE) • Thai Industrial Standards Institute (TISI)
3月7日（金）	• International Leather Fashion Co., Ltd（靴メーカー／Naturizer brand） • タイ国人間工学関連組織との懇談会（NICE, TISI, Thai Ergonomics Society, Federation of Thai Industry 等）
3月10日（月）	• Chulalongkorn University • Thammasat University
3月11日（火）	• King Mongkut's Institute of Technology (KMIT) • Honda R&D Thailand • Thanulux Co. Ltd.（紳士服メーカー）
3月12日（水）	• 人間生活工学セミナー 於： Queen Sirikit National Convention Center • 参加者：約60人
3月13日（木）	帰国

表2 タイにおける人体計測

	1 期	2 期	3 期	4 期
時 期	1981 - 1985	1986 - 1990	1993 - 1994	2000 - 2001
年 齢			子供 1 - 16 成人男女 17 - 49	子供 1 - 16 成人男女 17 - 49
項目数			女兒 128 男児 116 成人女性 131 成人男性 144	女兒 129 男児 142 成人女性 142 成人男性 144
計 測 参 加 機 関	Thai Wacoal タイワコール 女性下着	Thai Wacoal Pracha - apon プラチャアーポン 洋服と革製品	Thai Wacoal Thanuruk タヌラック 紳士服	Thai Wacoal Patchamongkol University ラッチャモンコン大学
参 考 規 格	ISO 3635: 1981	ISO 3635: 1981	ISO 3635: 1981	ISO 3635: 1981 及び ISO 7250: 1996

格及び国家規格等の制定状況

- 5) 自動車等工業製品の設計・製造に係わる人間生活系技術の応用上問題点

3.2 主要訪問先の人間生活工学的活動

■ National Institute for the Improvement of Working Conditions and Environment (NICE)

NICEはタイ労働省の研究機関で、産業衛生部門、産業毒物部門、人間工学部門、職業医学部門、化学物質安全管理部門、安全技術部門、機械安全部門、建設安全部門、電気安全部門、安全効率化開発部門などで構成され、労働安全や労働環境の適正化などを主業務としている組織である。

人間工学部門においては、事故低減を目的に、産業現場での事故事例をもとに、事故要因を人間工学的視点から探り、共通因子の抽出やそれを基に、安全のためのマニュアルづくりを行っている。マニュアル化はそれぞれの作業種別ごとに進めているが、基準値事故因子を突き止め、マニュアルを完成していく予定であるが、今まで、法律で決めている規程がどうやって決められたかわからないものが多く、これからは、欧州や日本の数値を参考にしようとしている。

■ Thai Industrial Standards Institute (TISI)

TISIはタイ工業省に属し、国の標準化作業を実行している。TISIの主な活動は、国家規格の作成、製品の品質管理、検定、品質管理マネージメントに

関する指導などを行っている。

人間工学に於ける代表的活動としては人体寸法計測があり、今までに4回の計測を実施した。その概要は表2の通りである。TISIは、第1期から第3期までの計測に参加（計測現場に人員派遣）し、第4期は、全体の管理のみを担当した。タイでの人体計測は、大企業が自社のサイズシステムを標準化したいということで人体寸法計測の実施をTISIに要請したことにより、計測が実施された。計測結果は統計値については、TISIが印刷物にまとめて図書館に所蔵し、閲覧できるようにしているが、生データについては、計測に参加した各企業等で保有されている。

今のところ、次の人体寸法計測を実施する計画はないが、次の計測機会では、被験者の年齢を60歳まで引き上げたいとタイワコールは考えているようである。

他の人間特性に係わるデータ計測は、企業ニーズとして顕在化していないことや、計測技術・計測法が確立されていないことなどから実施されていない。もし実施するならばネットワークをつくり、具体的なデータ活用方法を決めてからでないと始められない。製品規格については、TISIでは製品検査も行っている。マークや認証を与えることもあり、輸入製品には性能規程が設けられているが、例えば、ヘルメットの安全基準の場合は、外国の規程をアレンジして決めている。こうした国内規格づくりは、外資系企業でもニーズがあればTISIとして応える用意が

あり、データの収集は可能だと思うが、TISI ではソフト技術がないので、データ解析まで行うことはできない。

■チュラロンコン大学 Department of Industrial Engineering

Industrial Engineering (IE) には、Operating Research、Engineering management、Production、Ergonomics の4つのコースがある。IE は他の大学にも多く見られ、タイでは、この分野の教育は盛んである。Engineering management では、工場の経営管理を中心に工場のシステム化を図る分野である。コスト管理などもこのコースで学ぶ。

IE の中に、Lab. Ergonomics があり人間工学と安全工学のクラスを教えている。研究所は、以下に示す5つのことを実施している。

- 経営工学科における学部課程プログラムのための人間工学研究能力の強化
- 安全工学における大学院課程プログラムのための技術支援の提供
- 労働条件と環境問題の評価における人間工学応用の導入のための主導的活動
- 労働条件と環境問題の是正と道具、作業台の人間工学設計のための主導的コンサルティング
- 産業界のための人間工学の基礎と応用における訓練プログラムの強化

■タマサート大学 Department of Industrial Engineering

Industrial Engineering の中に、Ergonomics Research Laboratory があり、ここでは、工場の作業環境の改善に取り組んでいる。製品設計に関する研究はまだ行っていない。なおこのLab は、学部生に対し、Ergonomics と Sensor project、修士課程では、Advanced Work Design と修士論文を指導している。また、同 Lab では、

- Anthropometric measurement
- Human strength measurement
- Physiology measurement
- Visual performance measurement
- Motion measurement and goniometer
- Electromyography measurement

などの計測技術とその産業への応用に関する研究が

行われている。

IE の性格上、応用も労働安全を指向しているものが多く、製品設計という側面でも、作業改善に伴うものが多い。ただ、タイ国では人体データを含めデータベースの応用分野の技術が不足しており、技術協力では教育と技術サポートをして欲しい旨の話もあった。

3.3 調査結果のまとめ

上記調査活動を通して、以下のような、タイ国における人間生活工学系技術の状況が明らかになった。

- 現在、タイ国における人間工学分野の活動には、政府機関、大学のIE (Industrial Engineering) 関連学科などが関与し、主に、作業安全、作業負担など労働安全の視点からの活動が主流となっている。
- また、こうした活動においても、作業負荷の計測や負担評価という「分析」の側面からのアプローチが多く、分析に基づいて負担軽減のための、改善策を与えるための基礎データ収集などについての活動は少ない。
- 一方、タイ国では、近年、工業化が進みつつあるものの、多くは外資系の企業による生産活動が主となっており、タイ国における製品開発・設計を行っている例は少なく、タイ国人への適合を考えた製品開発や設計を実施しているケースは極めて少ない。
- こうした状況の中、アンダーウェアや靴など身につける製品を製造する企業においては、人体寸法データの収集などを自ら実施し、タイ人へのフィット性の高い製品の提供を目指しているところもあり、自国民への適合性を意識した製品設計への萌芽の兆しも見えている。
- また、タイに進出している日系企業においても、従来の生産拠点としてのタイから市場としてのタイへと、徐々にではあるが位置づけを見直し、タイ国現地での文化やユーザに適合した製品開発に目が向けられるようになりつつある。こうした企業においては、人間生活工学系技術への期待も高まりつつある。
- こうした産業分野でのニーズに応える形で、工業省 TISI (Thai Industry Standards Institute) では、企業との共同作業により、過去

4回にわたるタイ国民の身体寸法計測を実施し、統計データの公表なども行っている。

- しかし、データの活用面では、上記先進的企業での利用に限定されており、広く、産業でのデータ活用のための方策作りや具体的利用技術に係わる支援が求められている。

4. 今後の展開¹⁾

上記の調査結果を踏まえ、今後の展開として、日タイ間での人間生活工学系技術分野での技術協力の具体化を検討していく。

〔タイにおける人間生活工学系技術の方向〕

前述のように、タイ国における人間生活工学は、現状では、労働安全など一部側面での活動に限られているものの、産業での製品開発や製品設計の内製化への意欲は少なくなく、大学においても、より広い人間生活工学への展開の芽は出始めてきている。

また、現在、タイ国での人間生活工学の活動の主流となっている、労働安全分野においても、前記分析的アプローチから、改善策の立案やその具体化、つまり、作業負担改善のための設備設計や環境設計という側面への展開は必然であり、こうした観点からも、ものづくりに活用できる人間生活工学系技術への展開が必要になる。人間生活工学の、こうした展開は、逆に、製造産業に対し新たなインセンティブを与え、産業の活性化にも寄与することになる。

〔技術協力に当たっての考え方〕

技術協力を実施するに当たっては、第一に日本を含めアジアの産業活動の全体的活性化に寄与できる活動をアピールするものとして、支援を受ける国が自ら計測・データベース化や技術を構築していける力をつけ、やがて地域のそうした国々が相互に協力して大きな相互利用可能なデータベースあるいは標準に繋げていけるようにするのを支援していくことである。第二に我が国企業の貿易投資環境を整備するという観点から、日本企業と連携して、タイ国の技術者・研究者を巻き込み、人間特性や生活特性の計測・データベース化を進めていくとともに、これに必要な人材育成を含めて技術協力の展開を図る。

近年工業化が著しいタイ国と日本の間での、人間生活工学領域に係わる技術協力の可能性を探ることを目的に、タイ国における人間生活工学系技術の展開状況について、実地調査を実施した。その結果、タイ国における人間生活工学系技術は、主として、労働安全分野においては活発な活動状況にあるが、ものづくりへの展開という側面での活動は少ない。しかしながら、こうした展開へのアプローチの芽は育っており、実際アパレル産業や製靴産業などでは、タイ国民の身体寸法に合った製品づくりのため、自ら身体寸法の計測を行っている企業もある。身体寸法計測に関しては、国レベルでの活動も見られ、工業省 TISI が企業とタイアップし、過去 4 回のデータ収集を行い、その統計量データの公表も行っているなどの状況把握ができた。

今後は、本調査を基に、寸法を含めた人間特性データの計測やそのデータベース化及び特性データの利用法などを中心に、具体的な技術協力の内容を日タイ両国で詰めその実現に向けて活動を続けていきたいと思っている。

なお、本調査の実施に際して、バンコク日本人商工会議所をはじめとして、TISI、NICE など多くの人々のご協力を頂いたことを記し、感謝の意を表したい。

● 参考文献

- 1) (社) 人間生活工学研究センター編：平成 14 年度経済産業省委託事業 アジア産業基盤教化等事業 人間生活工学系技術のタイにおける実態調査報告書、66-67、2003、3

5. おわりに

人間生活工学に役立つ統計の基礎知識、統計論全般(1)

データの記述



宮埜 寿夫
(みやの ひさお)

千葉大学
文学部 行動科学科 認知情
報科学講座 教授
工学博士

●プロフィール

計量心理学、特に多次元尺度構成法、三相主成分分析法およびクラスター分析法の研究に従事。数理心理学にも興味があり、情報エントロピー最大化原理に基づく刺激同定モデルなどについても研究を行っている
行動計量学会、心理学会、分類学会会員
メールアドレス：miyano@cogsci.L.chiba-u.ac.jp

この連載講座の目的は、データ解析に必要な基礎的知識を与えることにある。実際に解析に携わっている人たちには物足りないと思われるが、解析に対する理解がより深まるように述べるつもりである。

さて、今回はデータの表あるいはグラフによる要約、および平均、分散などの要約統計量について述べる。このような話題は記述統計と呼ばれるものであるが、データの解析の基本と考えられる。一般に、統計的なデータ解析法は、大きく探索的方法と統計的仮説をデータから検証する確証的方法に分けられるが、記述統計は探索的方法において最も重要なものである。

以下では、対話研究において実際に採集された

データを例にして、記述統計について説明する。データの詳細な説明は省略するが、データは、二人の人が話しているとき、ひとりの人からもうひとりの人へと話し手が交代するまでの時間データ（単位：sec）から、簡単のためにその一部である143ケースを取り出したものであり、表1はそのデータの一部である。

1. グラフあるいは表によるデータの表現

図1は、データをグラフにより表したものである。このグラフはヒストグラムと呼ばれる棒グラフであり、横軸はデータ値、縦軸はデータ値のとり範囲をいくつかの区間に分けたとき、各区間に属するデータの割合（相対度数）をそれぞれ表している。

ヒストグラムを作る目的は、データ変動、すなわち分布の様子を視覚的に把握することにある。そのためには、適切な区間数を設定し、見やすいグラフでなければならない。この見やすさからいうならば、区間数は10程度がよいといわれている。もちろん、この数はデータ数などにもよるが、20を越えることはきわめて稀である。

さて、図1 (a) は、143個のデータすべてに対するヒストグラムである。対話の途切れを表すと思われる5秒程度の外れ値のために、分布は左側にひとつに固まっているように見える。これに対して、図1 (b) は、この外れ値を除いたヒストグラムである。話者の交代がある程度スムーズに行

表1 話者交代時間データ（単位：sec）

0.021	0.551	0.030	0.473	0.327	0.132	-0.164	0.174	0.231	0.144	0.266	-0.571
-0.328	-0.571	0.057	0.025	0.132	-0.189	0.318	0.513	-0.086	0.654	0.041	0.617
0.128	-0.042	0.148	-0.246	0.050	0.134	0.180	0.578	0.137	0.309	0.054	0.149
0.192	0.145	0.030	0.137	0.661	0.059	0.260	0.218	-0.124	0.121	0.000	0.105

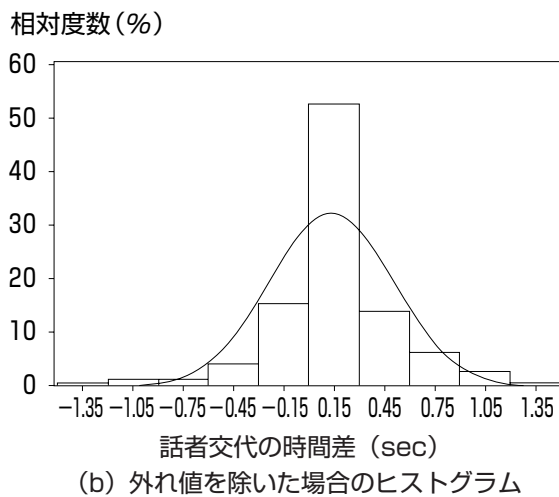
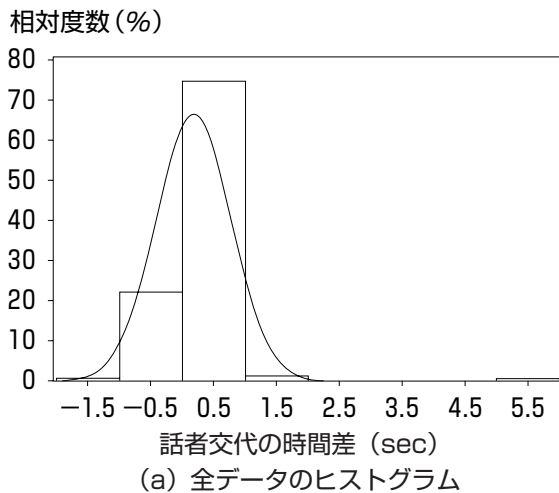


図1 話者交代時間データのヒストグラム

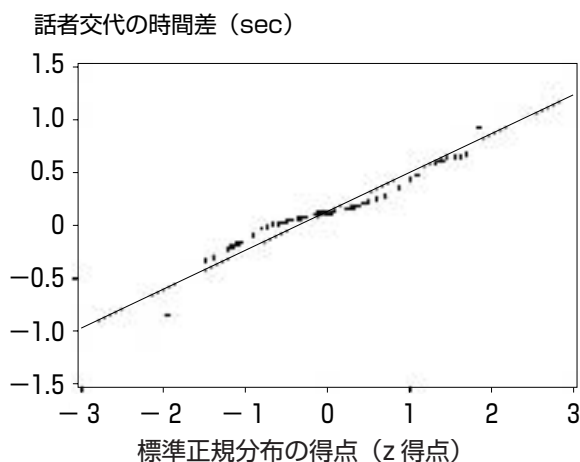


図2 話者交代時間データのQ-Qプロット

われているならば、話者交代時間の分布はこのようなほぼ対称の形状になると思われる。ここで、図中の実線は、このデータ分布に最もよく当てはまる正規分布を表している。明らかに、データ分布は正規分布とは異なっているが、この違いはQ-Qプロットを調べるとよく分かる。Q-Qプロットは、各データ値とそれに対応する正規分布の%点の関係をプロットしたものであり、もし正規分布に従うならば、Q-Qプロットはほぼ直線になるはずである。このデータの場合には、図2に見られるように、分布の裾付近において直線から大きくずれていることが分かる。

なお、ヒストグラムでは度数を表す各「棒」は互いに接するように描かれるが、性別のようなカテゴリーにおける度数を棒グラフに描く場合には、各棒の間を空けて描くようにする。これは、グラフの横軸によって表される観測変数の尺度水準の違いを強調するためである。すなわち、カテゴリー変数の場合には、棒グラフの横軸の値は高々その大きさを除けば全く意味を持たないからである。このことは、ヒストグラムの別表現としてしばしば各棒の頂点を直線で結んだグラフ（度数多角形という）が用いられるが、カテゴリー度数に対してはそのような表現はしないことにも表れている。

2. 要約統計量

データ分布の特徴は、要約統計量と呼ばれるいくつかの測度を用いることにより量的に把握することができる。分布の中心的傾向を測る平均、中央値、最頻値、分布の拡がりの大きさを表す分散、標準偏差、四分位数範囲^{注1)}、および分布の形状を捉えるための歪度、尖度、などが、要約統計量の代表例である。

表2 分布の中心的傾向：話者交代時間データ

	全データの場合	外れ値を除いた場合
データ数	143	142
平均値	0.176	0.136
中央値	0.134	0.133
最頻値	0.500	0.150

2.1 分布の中心的傾向

表2は、分布の平均、中央値、および図1のヒストグラムにおける最頻値を、一個の外れ値を除いた場合とそうでない場合について求めた結果である。この表より明らかなように平均（より厳密には算術平均という）は、この外れ値の影響を受けやすく、外れ値の有無に応じて0.176から0.136へと変化する。一方、分布の50%点である中央値は外れ値の影響を受けないことが分かる。また、最頻値はヒストグラムの区間の取り方に依存して変化することが分かる。このようにデータに外れ値が含まれているなどのために分布が対称でない、あるいは分布の峰が複数あるような場合には、平均は分布の中心的傾向を表す値としては、すなわち分布を代表する値としては不適切であり、中央値のほうがより望ましいといえる。

一般に平均といえば算術平均を意味するが、算術平均は分布がほぼ対称かつ単峰であるときに適用すべきである。従って、単峰ではあるが分布が歪んでいるような場合には、分布が対称になるように適当にデータを変換し、その上で平均をとるようにすべきであろう。この変換はデータ・タイプにある程度依存することが知られており、代表的な変換として、計数データに対する1/2乗変換、比率データに対するロジット変換^{注2)}、相関データに対するフィッシャーのZ変換^{注3)}などがある。

表3 分布の広がり：話者交代時間データ

	全データの場合	外れ値を除いた場合
データ数	143	142
分散	0.358	0.136
標準偏差	0.598	0.369
25%点	0.023	0.023
75%点	0.293	0.277
範囲	7.169	2.675
四分位数範囲	0.270	0.254

2.2 分布の広がり

表3は、分布の広がり的大小さを測る分散、標準偏差、四分位数範囲を求めた結果である。平均の場合と同様に、平均偏差（＝データ値－平均）の2乗和を（データ数－1）で割った値である分散およびその平方根である標準偏差は、外れ値の影響を受けるが、四分位数範囲は影響を受けないことが分かる。従って、分散あるいは標準偏差は、分布がほぼ対称かつ単峰である場合に、分布の広がりを表す測度として妥当であるといえよう。

ところで、前に述べたように、分布の中心から極端に離れた値は外れ値と呼ばれる。どの程度離れているときに外れ値とするかについては、いくつかの意見がある。とくに、標準偏差の2.5倍以上離れている場合を外れ値とする考え方がよく採用されるが、チューキーのいうように四分位数範囲の1.5倍以上離れている場合とする方がよいかも知れない。四分位数範囲は外れ値の影響を受けにくいことを考慮するならば、妥当な考え方といえる。

データがほぼ単峰で対称な分布をするとき、平均と分散あるいは標準偏差は、分布のよい要約統計量になる。実際、このような分布の場合、経験的にデータのおおよそ68%は、平均から1標準偏差内にあり、おおよそ95%は2標準偏差内にいることが知られている。話者交代時間データの場合には、1標準偏差内に72%、2標準偏差内に93%

のデータが含まれている。

平均と標準偏差を使った重要な量として、 z 得点がある。 z 得点は、平均偏差を標準偏差により除した量として定義されるが、複数の分布の得点を比較する場合などに有用である。例えば、数学および国語の得点が 50 点、70 点であるとき、どちらの成績がよいかをそれだけで判断することはできないが、もし z 得点でそれらが 2 点、1 点であるならば、明らかに数学の成績の方がよいと判断できる。なお、 z 得点は標準得点と呼ばれる量のひとつであり、よく知られている偏差値もそのひとつである。偏差値は、 z 得点を 10 倍し、それに 50 点を加算したものである。

2.3 分布の形状

データ分布は、多くの小さな影響がランダムに加算されているとき、正規分布になるといわれている。多くの統計的理論は、この正規分布を仮定して作られており、解析の対象となるデータが正規分布をするか否かは重要な問題となっている。正規分布は、図 1 に実線で示したように釣鐘型の形状をしているが、実際の分布がこの正規分布の形状とどの程度異なっているかを表す量として、歪度および尖度などがある。歪度は形状が対称である程度を、尖度は正規分布と比較して平均から遠く離れたデータの多さを判定するための量である。「尖度」という名称からは、それが正の値をとるのは尖った形状の分布に対してであるように思われ

るが、決してそうではない。誤解を生じやすい用語といえる。

表 4 は、データ例について、外れ値の有無に応じて、それらの値を求めた結果である。外れ値を含めた場合には、正方向にある大きな外れ値の影響から、歪度は正の大きな値であるのに対して、この外れ値を除外することによってほぼ 0 になることが分かる。また、尖度は外れ値を除外しても比較的大きな値をとっており、正規分布に比べて分布の裾の広いことが分かる。

3. おわりに

今回はデータを解析する際の基本であるデータの表現法および要約統計量について、すなわち記述統計について述べた。また、ここに取り上げた話者交代データの使用については、同僚の傳康晴先生および榎本美香氏の協力を得た。ここに謝意を表する。

次回は、推測統計のひとつである「推定」について述べたい。

注 1) 累積相対度数分布において、累積相対度数が 25% (75%) となる観測変数の値を第 1 (3) 四分位数という。四分位数範囲とは、第 3 四分位数から第 1 四分位数を引いた値である。

注 2) データ x の、 $0.5 \ln (x / (1-x))$ による変換

注 3) データ x の、 $0.5 \ln ((1+x) / (1-x))$ による変換

表 4 分布の形状：話者交代時間データ

	全データの場合	外れ値を除いた場合
データ数	143	142
歪 度	5.666	-0.520
尖 度	54.357	3.195

新しく研究会を始めます！

「子どもの人間生活工学研究会」

少子化の中、子供を健全に育成することは、家庭内の問題にとどまらず、社会全体の責任となってきました。従来、日用品、家電製品などの「人にやさしいものづくり」(ユニバーサルデザイン)では、高齢者に目が向けられることが多く、子どもには十分に目が向けられていないように思われます。しかし、成長途上にある子どもには“子どもならではの”配慮が必要な場合もあります。

この研究会では、「子どもの特性」を知り、「子どもの安全や疾病防止を図るものづくり」や、「子どもの健全な心身の発達を促すものづくり」はどうある

べきかを考えることを目標とし、いわゆる玩具など、子どもだけが使用する製品のみならず“子どもも使用する製品”における、子どもへの配慮のあり方について検討します。

活動内容としては、関連分野の先生方をお招きしたゲスト講演会と、自社製品を題材にして行う「子ども配慮状況」の調査活動を行う予定です。

2003年7月から2004年3月までに4回の研究会を開催する予定です。

第1回研究会 7月29日(大阪)

第2回研究会 9月(東京)

第3回研究会 11月(大阪)

第4回研究会 2月(東京)

ご興味のある方は、企画普及部 研究会担当者(TEL:06-6221-1653)までどうぞ。

■第43回理事会の開催等

去る5月28日に第43回理事会、並びに第13回通常総会が開催され、平成14年度事業報告、平成15年度事業計画、同決算・予算案、任期満了に伴う役員の選任等について審議され、了承されました。会長を務められていた奥井功氏がご退任され、新会長に、野村明雄氏(大阪ガス(株)代表取締役会長)が第44回理事会において選任されました(就任日は平成15年5月29日)。

その後、交流会が関係官庁、学会、団体からのご来賓を交えて盛大に執り行われ、親睦を深めました。

■予 告

「人間生活工学」第4巻第4号通巻第14号(2003年10月15日発行)の特集は、「アパレル」です。

■募 集

本誌では、皆様からの投稿(論文、ラピッドコミュニケーション、談話室)を募集しております。投稿方法など詳しくは、(社)人間生活工学研究センター編集事務局(TEL 06-6221-1653)までお問い合わせください。

ホームページをご覧ください！

本誌「人間生活工学」と人間生活工学研究センターの活動をもっと詳しくお知りになりたい方はセンターのホームページをご覧ください。詳しい事業の内容、日常の活動、海外情報などを発信しております。また、この分野の関係機関とのリンクもしておりアクセスすることもできます。

アドレスは、<http://www.hql.jp>です。

■人にやさしいモノづくりお手伝いします。

人間生活工学研究センターは、人間生活工学に関する商品開発、商品評価、データ提供など、あらゆるご相談をお受けしています。スポット的なコンサルティングや共同研究などご要望に応じて様々な形でお手伝いします。

- ・商品の使いやすさ評価をお手伝いします。
- ・“人にやさしい”商品アイデアを一緒に創り出します。
- ・商品設計に必要な人間特性データをデータベースから提供します。
- ・人間生活工学に関する講演、社内普及のための講義などをお引き受け致します。

ご相談は、下記にどうぞ。

企画普及部 ユーザビリティ・サポート・チーム
E-mail: support@hql.jp
<http://www.hql.jp>

*お知らせ

講演録は紙面の都合上、お休みしました。

人間生活工学 第4巻 第3号 通巻第13号
2003年7月15日発行
編集 社団法人 人間生活工学研究センター
発行所 (株)日刊工業出版プロダクション
発行人 宮坂尚利
〒102-8181 東京都千代田区九段北1-8-10
日刊工業新聞社内
電話 03-3222-7101 FAX 03-3222-7247
定価 700円(本体667円)
(本誌掲載記事の無断転載を禁じます)

本誌の編集並びに論文審査は 以下の方々にお願いしております。

2003年度 編集委員（五十音順）

小松原 明哲	金沢工業大学 人間系 教授（委員長）
岡田 明	大阪市立大学 大学院生活科学研究科 助教授（副委員長）
飯田 健夫	立命館大学 理工学部ロボティクス学科 教授
大須賀美恵子	大阪工業大学 情報科学部情報メディア学科 教授
口ノ町 康夫	(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 客員研究員
久保 博子	奈良女子大学 生活環境部生活環境学科 助教授
倉片 憲治	(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 主任研究員
高橋 美和子	(社)人間生活工学研究センター 企画普及部人材育成・広報チーム長
土屋 和夫	日本アイ・ビー・エム(株) 開発製造スタッフオペレーションユーザー エクスペリエンス・デザインセンター・人間工学プログラム担当、次長
畠中 順子	(社)人間生活工学研究センター 企画普及部ユーザビリティ・サポート・ チーム長
松岡 克典	(独)産業技術総合研究所 ヒューマンストレスシグナル研究センター 副センター長
横井 孝志	(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 グループ長
吉岡 松太郎	(社)人間生活工学研究センター 研究開発部 部長

—————*編集委員は下記の審査委員も兼ねています。—————

2003年度 審査委員（五十音順）

彼末 一之	早稲田大学 スポーツ科学部 教授
佐川 賢	(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 グループ長
多屋 淑子	日本女子大学 大学院人間生活学研究科・家政学部 教授
徳田 哲男	埼玉県立大学 保健医療福祉学部社会福祉学科 教授
堀田 明裕	千葉大学 工学部デザイン工学科 造形デザイン研究室 教授
持丸 正明	(独)産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター 副研究 センター長
八木 昭宏	関西学院大学 応用心理科学研究センター長・文学部総合心理科学科 教授
山岡 俊樹	和歌山大学 システム工学部デザイン情報学科 教授
吉田 倫幸	広島国際大学 人間環境学部感性情報学科 教授

人間生活工学

Number
3
Volume 4

2003年7月15日発行(年4回発行) 第4巻第3号 通巻第13号 定価七〇〇円(本体六六七円)

『発行』日刊工業出版プロダクション

Journal of Human Life Engineering

