

# 人間生活工学

## Journal of Human Life Engineering

■[発行] (社)人間生活工学研究センター

●特集

元気をもたらすストレス

●投稿論文

寝床内温度フィードバック機能付エアーコントロールふとんの開発

Number

3

Vol.6

通巻第21号

July/2005.7



|          |  |    |
|----------|--|----|
| 特集       | <b>元気をもたらすストレス</b>                                   |    |
|          | 特集にあたって .....  | 1  |
|          | (独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 総括研究員 松岡 克典                 |    |
|          | <b>悪いストレスと良いストレス</b> .....                           | 3  |
|          | (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長 二木 錠雄              |    |
|          | <b>笑いとストレス</b> .....                                 | 6  |
|          | 大阪大学大学院 医学系研究科 精神医学教室 助手 岩瀬 真生                       |    |
|          | <b>森林のストレス緩和効果</b> .....                             | 11 |
|          | (独)森林総合研究所 生理活性チーム長 宮崎 良文                            |    |
|          | <b>味覚とストレス</b> .....                                 | 15 |
|          | 大阪大学大学院 人間科学研究科行動生態学講座 行動生理学研究分野 山本 千珠子              |    |
|          | 大阪大学大学院 人間科学研究科行動生態学講座 行動生理学研究分野 山本 隆                |    |
|          | <b>ストレスをどう測る</b> .....                               | 20 |
|          | 富山大学 工学部 物質生命システム工学科 助教授 山口 昌樹                       |    |
| 投稿論文     | <b>寝床内温度フィードバック機能付き エアーコントロールふとんの開発</b>              | 26 |
|          | 三洋電機株式会社 ヒューマンエコロジー研究所 藤原 義久／岡田 志麻／米田 文生／松浦 英文／安田 昌司 |    |
|          | 立命館大学大学院理工学研究科 鈴木 伸吾                                 |    |
|          | 立命館大学情報理工学部 飯田 健夫                                    |    |
|          | 立命館大学理工学部 牧川 方昭                                      |    |
| 訪問       | <b>独立行政法人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</b>           | 31 |
| プロジェクト紹介 | <b>人間行動の理解とそのものづくりへの応用（3）</b> .....                  | 34 |
|          | －住宅内居住者行動の計測・理解技術とその応用－                              |    |
|          | 吉岡 松太郎   |    |
| 講座       | <b>人間生活工学と快適性（3）</b> .....                           | 40 |
|          | <b>快適さを“言葉”で測る</b>                                   |    |
|          | (財)鉄道総合技術研究所 人間科学研究部 人間工学研究室長 鈴木 浩明                  |    |
|          | <b>Information</b> .....                             | 44 |

## 特集にあたって

**松岡 克典** (まつおか かつのり)

(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 総括研究員

1982年大阪大学大学院工学研究科応用物理学専攻博士後期課程修了、1982年日本学術振興会奨励研究員、

1983年工業技術院大阪工業技術試験所へ入所、2001年産業技術総合研究所ヒューマンストレスシグナル

研究センターを経て、2004年から産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門に在職。

研究分野は、暮らし情報を用いた生活見守り技術、ウェアラブル・センシング技術、信号処理。

## 1.はじめに

現代社会は、ストレス社会と呼ばれるように、私たちは様々なストレスに曝されている。時間に追われて仕事をこなす毎日、いじめなどの人間関係がうまくいかない社会、操作が難しい電子機器、騒音、シックハウスなど、生活の中にあるストレスの要因は様々であり、それらは年々増えてきている。実際、疲労やストレスによる「うつ病」患者は増えており、我が国の自殺者は7年間連続で3万人を越えている。この数字は、交通事故死の3倍にもなっている。

このように考えると、ストレスは悪者となってしまうが、実はストレスの無い生活は無味乾燥で実につまらないものになる。恋愛のストレスを楽しむことも、課題を克服する達成感や競争に打ち勝つ喜びを味わうことも避けて通らなければならなくなる。

このように、生体に対してストレスは必ずしも悪い影響を与えるだけではなく、生体の活性度を上げる良い効果をもたらすこともある。しかし、良いストレスも度を過ぎると悪い効果をもたらす。つまりストレスの程度が大切になる。このように、ストレスは日常生活を生き生きとするための重要なスパイスとなっている。そこで本特集では、「元気をもたらすストレス」と題して、日常生活の中で良い効果をもたらすストレスについて考えてみたい。

## 2.ストレスとは?

ところで、ストレスとは何者なのだろうか。私たちは、「ストレスが溜まる」とか、「ストレスを感じる」と表現するが、身体の中に何かが溜まったり、ストレスを感じ取る器官があるのだろうか?どうやら、ストレスは感覚器から得られた情報を統合して脳が感じとて、生体内での恒常性を保つため(ホメオスタシス)、あるいはストレスからの回復を図るために、生体内で様々な生理的な応答を生じさせているようだ(特集記事「悪いストレスと良いストレス」を参照)。つまり、ストレスは脳活動と関連が深く、生体内で起きている応答状態がストレス状態である。

生体に対するストレスという言葉は、1936年にハンス・セリエが、外界からの刺激に対して適応しようとする生体応答に用いたことから使われるようになった。主な生体応答としては、自律神経系の応答と内分泌系の応答の2種類がある(図)。自律神経系の応答は比較的速い生体防御機構であり、心拍の増加、心拍出量の増加、筋肉の血管の拡張、消化器の血管の収縮、呼吸数の増加など、体がストレスに即座に対抗するための応答である。一方、内分泌系の応答はホルモン等(コレチジール、カテコールアミン、クロモグラニンA等)の分泌により、生体内部環境を変化させて新しい平衡状態を作る機構で、自律神経系の応答に比べると遅い応答になる。例えば、カテコールアミン

の分泌により、体温・血圧・血糖が上昇し、神経系の活動は高まり、筋の緊張が増して、ストレスに対抗する。

一般的にストレスと言われている言葉の意味には、ストレスの原因となるものを感じている場合と、生体内のストレス状態を感じている場合がある。ストレスの原因となる刺激をストレッサー（ストレス刺激）と呼び、ストレスを受けた際に生じる生体応答をストレス応答（ストレイン）と呼んで区別して用いることが多い。

### 3. 本特集の構成

本特集では、日常生活の中で良い効果をもたらすストレスとして、生活の中で重要な役割を果たしている「笑い・自然さ・食」を取り上げた。

最初に、「悪いストレスと良いストレス」と題して、ストレスの定義および良いストレスの考え方について二木鉄雄先生から解説を頂いた。そして、「笑いとストレス」、「森林のストレス緩和効果」、「味覚とストレス」と題した3つの元気をもたらすストレスについて、岩瀬真生先生、宮崎良文先生、山本千珠子先生、山本隆先生から最新の研究成果の紹介を頂いた。最後に、日常生活の中で人のストレス状態を計測する手法について、山口昌樹先生から解説を頂いた。いずれの解説記事も、最先端の研究成果を含みながら、非常に分かりやすく記述いただけている。

本特集が、皆さんのストレスに対する考え方の一助となり、良いストレスにより元気な暮らしを創出する製品・環境造りに、いくらかでも貢献できれば幸いである。

最後に、お忙しい中、本特集記事をご執筆いただいた執筆者各位に御礼を申し上げます。

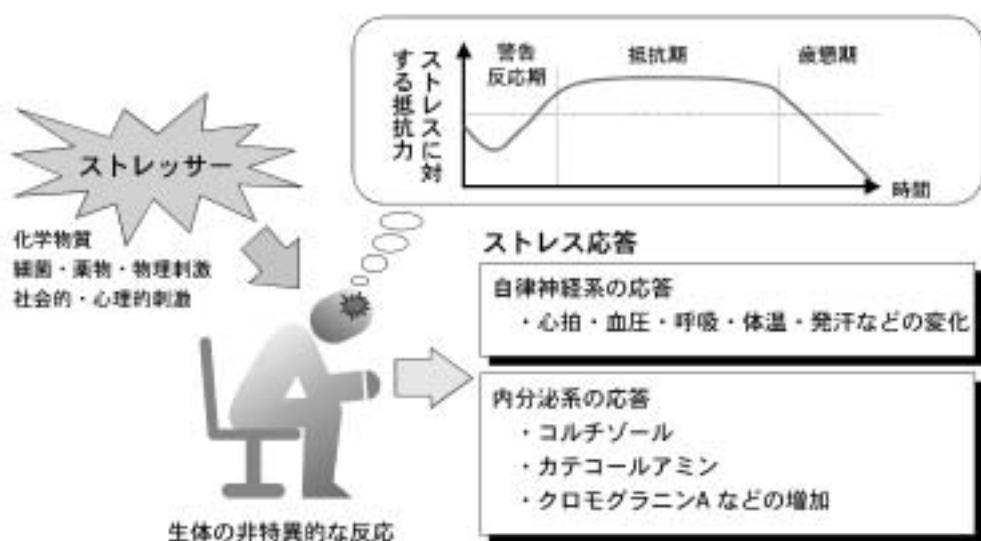


図 人体のストレス応答

# 悪いストレスと良いストレス

**二木 錦雄** (にき えつお)

(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長

1968年東京大学大学院工学系研究科修了、東京大学、スタンフォード研究所、宇都宮大学を経て現在に至る。

研究分野は酸化ストレス。国際フリーラジカル学会会長（1990-1992）、日本学術振興会・レドックス生命科学第170委員会委員長（2000～）、ヒューマンストレス産業技術研究会会長（2003～）などを務める。

## 1. はじめに

現代はストレスの時代と言われている。われわれは常に多種多様なストレスにさらされている。人間関係、過労、不安、失業、死別など精神的、社会的ストレス、ダイオキシン、ホルムアルデヒド、環境ホルモン、合成化学物質などの化学的ストレス、O-157、花粉、ウイルス、病原菌などの生物的ストレス、あるいは紫外線、放射線、騒音などの物理的ストレスなど、正に多種多様である。これらストレスに対してヒトはできる限りうまく応答して恒常性（ホメオスタシス）を保とうとするが、それが破綻すると傷害として現われてくる。ストレスの研究は身体や臓器の生理的变化を検出することから始まったが、近年、分子レベル、遺伝子・蛋白質レベルの研究が盛んになってきている。

## 2. ストレスに対する生体の応答

ストレスは生体にとって刺激であり、生体はそれをシグナルとして受けとめ、それに対して応答する。ヒトをはじめとする生物は、何十億年という進化の過程で極めて精巧で見事な防御システムを構築しており、ストレスに対してもホメオスタシスを維持するように防御力を昂進して応答する。この場合ストレスは生体にとっていい刺激であり、良いストレス *eustress*となる。しかし、生体の対応力にも限界があり、それを超えるレベルのストレスがかかると、ホメオスタシスは破綻し、ストレスは傷害をもたらすようになる（図1）。このような悪いストレスは *distress*とされ、通常ストレスと言う時は、これを指すことが多い。たとえ、質的に同じストレスであっても、レベル、すなわち量が一定レベルを超えて

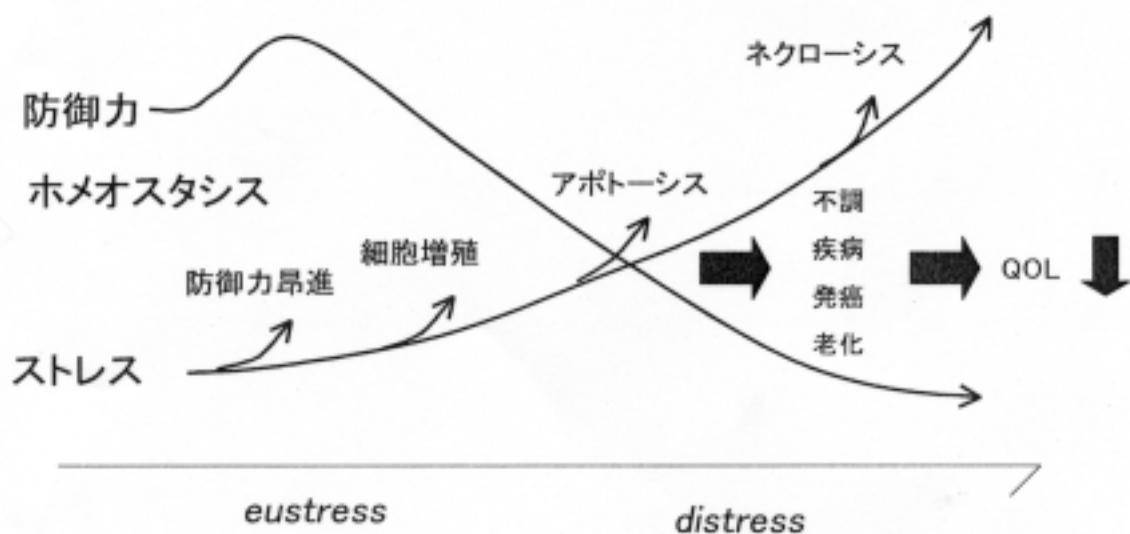


図1 悪いストレスと良いストレス

ると悪い影響を及ぼすことになる。このいいストレスから悪いストレスに変わるレベル、閾値(threshold)は個人レベル、また同じ個人でも、時と場合によって変わることもある。

たとえば、かなり厳しい仕事であっても、ある人、時にはかえって良い刺激となって好ましい結果をもたらすこともあるが、場合によってはそれが大きな負担となって精神的、肉体的に悪い結果を与えることもある。あるいは、悪いものとして知られている放射線も、低いレベルではむしろ身体にとってよい刺激となることも認められている。喫煙についても同様にいい刺激となるケースもあるかもしれない。

ストレスという概念ははじめ物理学の分野で導入されたが、生物の分野にストレスの科学を取り入れたSelyeの研究成果の重要な発見は、「多様なストレスに対する生体の非特異的応答」、すなわち、異なった種類のストレスに対して生体は同じような応答をし、結果となる、ということである<sup>1)</sup>。たとえば胃潰瘍は精神的ストレスにより起こる例としてよく知られているが、その他、アスピリンなどの薬剤、ヘリコバクター・ピロリという細菌、胃酸やペプシンなどの消化液、喫煙、などによっても生ずることが知られている。

では、ストレスというシグナルによって生体に何が、どのように起こり、どのようなメカニズムで結果が現われるのであろうか。生体にストレスがかからると、そのシグナルを脳の大脳皮質で認識し、視床下部を経て自律神経系、内分泌系へと伝わり、それに応答して生理的変化(ゆらぎ)、応答遺伝子、蛋白質、ホルモンなどを発現、分泌する(図2)。ストレスの種類によっては、それが生体分子と直接反応し、その反応生成物が上記のシグナルとなったり、あるいは生体に傷害を与えることもある。これらの総合的な結果として、生体は防御力、免疫力を高めてよりよい状態になったり、逆に対応しきれなくなつて身体の不調、疾病に進むことになったりする。

Selyeが70年前にストレスの概念を打ち立てた時に認めた現象は、胃の潰瘍性病変、胸腺の萎縮、副腎皮質の肥大といった形態変化であった。近年、ストレスに応答して発現する蛋白質の研究が多くなされ、さらに最近ではマイクロアレイ(DNAチップ)を用いた遺伝子発現が注目されている。ストレスをより根源的に解明しようとする取り組みがなされており、今後の発展が期待される。

### 3. ストレスマーカー

ヒトがストレスを受けた時、何が、どの程度起こっているのかを知ることが重要であり、そのためにはストレスマーカー、すなわち、ストレスの影響、度合いを示すバイオマーカーの探索が課題となっている。これまでにストレスマーカーとしていくつかのものが取り上げられ、適用されている(表1)。

生体がストレスを受けると、自律神経系が作動して、心拍、血圧、血流、体温などの生理学的マーカーが動く。さらに、ドーパミン、ノルアドレナリン、アドレナリンなどのカテコールアミン類の分泌系、さらに免疫系の応答が認められる。副腎皮質ホルモンの一種であるコルチゾールは、以前からストレスマーカーとして測定されている。外からのストレスにより、コルチゾールは副腎皮質から血中および唾液に分泌される。大きな災害のあと、心的外傷後ストレス傷害(PTSD)などの評価にも使われている。さらに、カテコールアミンと同様に変動する蛋白質であるクロモグラニンA(CgA)、アドレナリン分泌と相關するアミラーゼもストレスマーカーとして注目されている。ただし、これらマーカーが上昇した、あるいは低下したから、ストレスの悪い影響がでているとは単純に言い切れない。

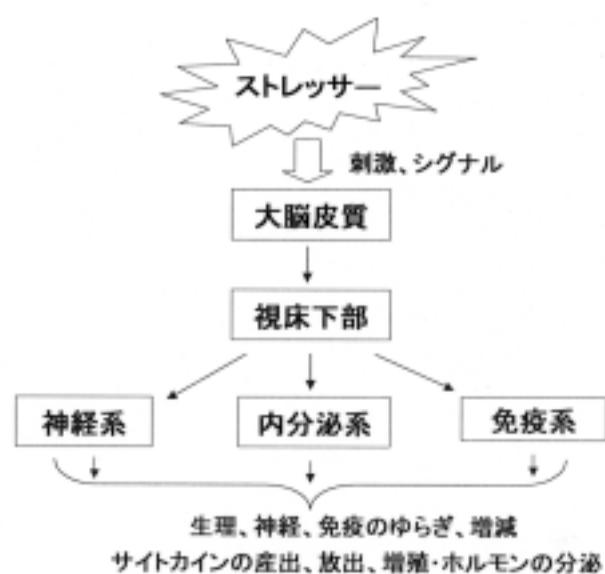


図2 ストレスに対する生体の応答の流れ

表1 ストレスマーカー

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1) 生理学的マーカー                      |  |
| 血圧、血流、脈拍、心拍数、発汗、脳波、体温、瞳孔径、胃電図、など |  |
| 2) 分泌ホルモン、カテコールアミン、タンパク質         |  |
| コルチゾール                           |  |
| ドーパミン                            |  |
| ノルアドレナリン(ノルエピネフリン)               |  |
| アドレナリン(エピネフリン)                   |  |
| クロモグラニンA                         |  |
| 免疫グロブリンA                         |  |
| アミラーゼ                            |  |
| 3) 応答遺伝子                         |  |
| c-Fos, c-Jun など                  |  |
| 4) 応答蛋白質                         |  |
| 熱ショック蛋白(HSP)、ユビキチンなど             |  |
| 5) 酸化ストレスマーカー                    |  |

#### 4. 酸化ストレスマーカー

近年、「酸化ストレス」が広く注目されている。これは過剰の酸素、活性酸素による生体の酸化傷害という概念から始まったが、最近では、酸化ストレスが生体内の恒常性維持、情報伝達に関わるという重要な働きをしていることも明らかになりつつある。また一見、酸化とは関連しないようなストレスでも、生体内の酸化還元（レドックス）バランスの破綻が起こり、それによりストレスの傷害につながることもあることが認められている。

酸化ストレスによる傷害に対しては、酸化を抑制する抗酸化物が有効であると考えられる。実際、抗酸化物の効果を見ることにより、酸化ストレスであるのかどうかを判定することもよく行なわれる。たとえば、ラットを飼育かご内に入れたまま水に近づけると、ストレスのために胃潰瘍となるが、それに対して抗酸化物に抑制効果があることが認められている。アルツハイマー病、パーキンソン病、あるいはADHD（注意欠陥・多動性障害）のような神経疾患にも酸化ストレスが関わることも認められている。酸化ストレスによる疾患の早期発見、診断、あるいは薬や食品の効果の評価などに、酸化ストレスマーカーの開発が要望されている<sup>2)</sup>。

#### 5. 良いストレス

上にも述べたように、生体にとって好ましいスト

レスもある。低レベルの放射線が生体にとってむしろ好ましい影響を及ぼすということは古くから知られており、ホルミシス効果と言われた。近年、より多種のストレスが、同様に生体にとって好ましい効果をもたらすことが見出されている。生体はストレスをうまく利用して、応答しているのであろう。

良いストレス、刺激となるものとして、笑い、音、におい、適度な運動、化粧、などが知られている。最近の興味深い研究例として、ロンドン大学の幸福と健康とストレスに関する報告がある<sup>3)</sup>。「幸福感」を5段階に分けた時、幸福を感じる被験者ほど唾液中のコルチゾール濃度、心拍数、血漿中フィブリノーゲン（虚血性心疾患と関連）が低いという結果が得られ、人は健康だから幸福であるというだけでなく、幸せだから健康であると解析している。

#### 6. おわりに

ストレスという言葉は極めて身近なものであるが、その意味するもの、ヒトへの影響、結果などの科学的詳細はほとんど不明で、そもそも系統的な研究そのものが不十分であったと考えられる。これは極めて学際的でかついろんな意味で重要かつ緊急の課題であり、健康で活力ある長寿社会の実現のためには、今後の科学的な取り組みと発展が必要不可欠であると言えよう。

#### ●参考文献

- 1) Seyle, H. Nature 138:32-36, 1936
- 2) 二木銳雄、野口範子、内田浩二編、「酸化ストレスマーカー」、学会出版センター、2005
- 3) Steptoe, A., Wardle, J., Marmot, M. Proc Natl Acad Sci 102:6508-6512, 2005

# 笑いとストレス

**岩瀬 真生** (いわせ まさお)

大阪大学大学院 医学系研究科 精神医学教室 助手

1990年東京大学薬学部卒業、1994年大阪大学医学部卒業、1999年大阪大学大学院医学系研究科修了（医学博士）、2003年より現職。専門分野は精神医学、精神生理学、脳機能画像。研究テーマは笑いの神経科学、慢性疲労症候群の診断と認知行動療法、統合失調症の認知機能による社会生活技能予測など。

## 1. はじめに

古来より笑いが健康によいとする考えは存在した。われわれも日常生活で経験するように笑いは爽快で快活な気分をもたらし、身体的にも緊張がほぐれるなど好ましい実感を伴い、身体に良い影響があるというは誰しもがうなずける話と思われる。近年、笑いの効用についての科学的研究は徐々に増加しており、笑いが健康に良い影響をもたらすことを示すデータが蓄積されつつある。本稿では、最新の研究報告を中心に笑いの身体への効用をまとめてみた。

## 2. 健常者に対する笑いの効果

### (1) 免疫学的效果

笑いの免疫効果に関する研究で、一番報告が多いのはNK活性に関するものである。NK細胞とはリンパ球の一種でウイルスと腫瘍免疫に関与すると考えられている。NK活性は笑いで上昇するとの報告が大半であるが、中には不变、低下の報告もある。以下、年代順に紹介する。1989年アメリカのBerkらは一時間程度のコミックビデオ視聴による笑いにより、NK細胞の活性が高まることを報告した<sup>1)</sup>。

この研究では10名の男性健常被験者のNK活性が高まったが、コミックビデオを視聴しなかった5名の対照群ではNK活性変化がみられなかったというものである。日本では笑いと免疫に関連した研究報告は、1994年の伊丹らによるものが最初と思われる。健常者11名と各種慢性疾患患者8名とを対象に、なんばグランド花月での3時間の漫才・漫談・喜劇鑑賞前後の免疫機能の測定を行ったところ、笑いによるNK活性上昇効果、リンパ球表面マーカーのCD4/8比の正常化が示された<sup>2)</sup>。1997年Kameiらは8名の若年男性健常者を対象としてコミックビデオ視聴前後でNK活性が有意に低下することを報告した<sup>3)</sup>。NK活性は笑いにより上昇するとする報告

が主な中、この研究は唯一逆の結果を報告している。2000年の深田らの研究<sup>4)</sup>では、健康な看護学生20名（男性4名、女性16名）を対象に2時間のお笑いビデオ視聴前後でNK活性を測定した。その結果、群全体では有意な変化は見られず、主観的なビデオの面白さとの関連も明確ではなかったと報告されている。2001年の西田らの研究<sup>5)</sup>では、健常者23名と各種慢性疾患4名の合計27名（男性6名、女性21名）を対象に、1時間50分の落語鑑賞前後でNK活性の有意な上昇を報告している。この研究では、笑いを強く実感した群では有意にNK活性が上昇するが、笑いをあまり実感しなかった群では有意な上昇は見られず、笑いの強弱とNK活性上昇効果との関連が示唆された。2001年、Berkらは笑いの免疫学的效果に関する詳細な研究を報告している<sup>6)</sup>。この研究では6名の男性被験者で60分の笑いビデオ視聴によりNK活性が上昇したことを再び報告している。これ以外にも、血中の免疫グロブリン、補体C3の上昇、活性化T細胞数(CD3+DR+)の上昇、CD57+CD8+（NK細胞と細胞障害性T細胞のマーカー）細胞数の上昇、CD19+（B細胞のマーカー）細胞数の上昇、CD4/8比の上昇、IFN-γの上昇、白血球、リンパ球、顆粒球の上昇を報告している。

笑いのNK活性変化に関する研究は、方法論上の問題点もある。一つには被験者数が十分でないことがあげられる。二つ目は被験者の性別である。女性の場合、性周期と免疫機能の関係ははっきりしておらず、女性被験者が多いと結果の解釈が難しい。三つ目には、笑いの前後のみを測定した研究が多く、対照実験をおいた研究が少ないとされる。また先行研究では笑いの量や質とNK活性との関係は明確になっていない。これらの先行研究の問題点を鑑みて、筆者らの研究グループは、男性被験者21名に、80分のコミックビデオを視聴する笑い実験とドキュ

メンタリービデオを視聴する対照実験の両方に日を改めて参加してもらい、笑いの量を表情筋筋電図で、ビデオの自覚的な面白さをvisual analogue scaleによる自己評価とともにProfiles of Mood States (POMS)という標準化された心理検査を使用して評価し、これらの心理的、生理的指標とNK活性との関連を研究した<sup>7)</sup>。その結果、笑い実験では有意なNK活性の上昇が見られたが対照実験では活性変化はなく、NK活性の上昇が笑いによるものであることが示された(図1)。またビデオ視聴前後ともに抑うつや怒り一敵意が高い被験者は笑いによるNK活性の上昇効果が見られないことも示された。さらにビデオ視聴前後のNK活性値は筋電図で測定した客観的な笑いの量とは相関せず、ビデオの自覚的なおかしさと相関傾向を示した。笑いによるNK活性上昇作用は被験者の内的な心理状態との関連が強いことが示唆されたといえる。

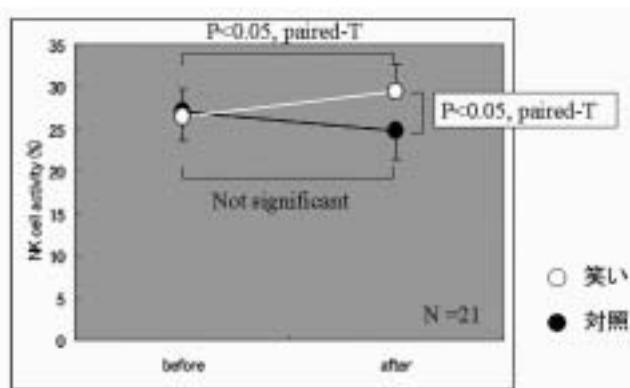


図1 コミックビデオ(笑い刺激)、ドキュメンタリー ビデオ(対照刺激) 視聴前後のNK活性の変化。

縦軸はNK活性値、横軸はビデオ視聴前(before)、視聴後(after)を示している。コミックビデオ視聴前後でNK活性は有意に上昇したが、ドキュメンタリービデオ視聴前後ではNK活性の有意な変化は見られなかった。ビデオ視聴後のNK活性はコミックビデオの方がドキュメンタリービデオよりも有意に高値を示した。

笑いによるNK活性上昇の具体的なメカニズムに関してはまだまだ不明な点が多い。笑いは情動の一種であり脳の活動には違いないが、中枢神経の活動がどのように末梢の免疫細胞に伝わるのかは仮説の域を出ない。脳の活動が末梢に伝わる経路は自律神経系と視床下部一下垂体一副腎系などの内分泌系の二つが考えられる。いずれの系も視床下部を中心としており、この部位は笑いの免疫効果を考える上で重要であると考えられる。筆者らの他の研究ではヒ

トは笑っている時に高等な感情を司る前頭眼窩野と呼ばれる部位が活動することが明らかになっている<sup>8)</sup>。この部位は笑いの際の愉快な感情との関連が深いと考えられており、視床下部との神経連絡も豊富に存在する。笑いによる快の感情が前頭眼窩野から視床下部に伝わり、視床下部を介してNK活性を上昇させるという仮説も十分考えられる。ラットのような実験動物は笑うことはもちろんないが、ヒトを含めた動物の脳内には報酬系と呼ばれる快感を誘発する領域があることが知られている。外側視床下部は報酬系の代表的な部位の一つであり、ここを電気刺激することでラットは強い快感を得ていると推測されるが、このときラットのNK活性が上昇するという報告がある<sup>9)</sup>。これは笑いの実験モデルとも考えられヒトでは不可能な実験を動物実験で補うことで、笑いによるNK活性上昇効果などの、こころが身体に影響を及ぼす複雑なメカニズムの一部が解明される可能性がある。

NK活性以外にも笑いの免疫効果に関する注目すべき研究がいくつか存在する。1985年Dillonらは10名の健常者を対象に30分のコミックビデオと30分の教育ビデオの視聴前後で唾液中のIgA濃度を測定した<sup>10)</sup>。コミックビデオ視聴前後では唾液中のIgAは上昇したが、教育ビデオ視聴前後では上昇しなかった。また日常生活にユーモアを取り入れる傾向の強い人はそうでない人に比べて唾液中IgA濃度が高いことを報告している。つまり笑いやユーモアを日常生活に積極的に取り入れている人は感染防御能力が高いことを示唆しており興味深い。唾液中のIgAに関する研究はもうひとつ知られている。1990年Labottらは39名の女性被験者を対象として実験を行った。ビデオを視聴して感情を強く表出するよう教示された群(表出群)16名、できるだけ感情を抑えるように教示された群(抑制群)16名、対照群7名に被験者は振り分けられ、唾液中のIgAを測定した<sup>11)</sup>。表出群、抑制群ともに28分のコミックビデオと悲しい場面のビデオを視聴し、対照群は感情的な要素のないドキュメンタリービデオを視聴した。表出群はビデオ視聴前より唾液中IgAは高値でありコミック視聴後も高値であったが、悲しい場面のビデオ視聴後ではIgA濃度は低値であった。一方、抑制群ではビデオ視聴前はIgA濃度は低値であったが、コミックビデオ、悲しい場面のビデオともに視聴後は対照群とIgA濃度に差はなかった。この実験の結果から、感情を表に出すことでの笑いの免疫賦活効果

は発揮され、感情を抑制するとその効果が失われてしまうことが示唆された。

これらの報告をまとめると健常者に対する笑いの免疫学的效果は、概して免疫増強的、感染防御的効果があることを示唆している。

## (2) 内分泌学的效果

Berkらは同じく1989年に笑いの最中の神経内分泌とストレスホルモンの変化に関する論文<sup>12)</sup>を発表した。この研究では男性被験者をそれぞれ5名の2つのグループに分け、一方には60分のコミックビデオを視聴させ、もう一方のグループは対照群として特に何も視聴させなかった。被験者は静脈留置カテーテルを前腕に挿入され、ビデオ視聴中に痛みを伴わないように10分おきに採血されホルモンが測定された。その結果、血清cortisolやdopamineの代謝産物である血中Dopacは笑いにより有意に低下し、血中epinephrineは対照群よりも有意に低値を示した。これらは笑いがストレスに関連したホルモンの分泌を抑制したとまとめられる。また興味深いことにコミックビデオを視聴した群では有意に血中の成長ホルモンが高値を示した。

また、大平らは247名を対象に落語視聴前後の唾液中コルチゾールとクロモグラニンA濃度を測定した<sup>13)</sup>。これらの被験者は落語視聴後に自覚的なストレス度が低下したのみならずストレス度を反映するとされる両ホルモン値も有意に低下した。

これらの内分泌学的研究は、健常者に対しては笑いのストレス緩和作用を示唆していると言える。

## 3. 各種疾患に対する笑いの効果

### (1) 強直性脊椎炎

疾病に対する笑いの治療効果が医学雑誌の中に初めて登場したのはおそらく1976年のNew England Journal of Medicine誌に掲載されたCousinsの論文<sup>14)</sup>であろう。「Anatomy of an illness」と題されたその論文は、当時500人に一人しか治癒しないと言われた強直性脊椎炎を笑いとビタミンCの大量投与で克服したという、Cousins自身のユニークな闘病記録であった。論文中に笑いは速やかに赤沈値を低下させ、痛みを軽減したと書かれている。Cousinsはサタデー・レビューというアメリカの雑誌の編集長であり、医学者以外の論文が世界で最も権威ある医学誌に掲載されたというのは異例中の異例であった。この論文は大きな反響を呼び賛否両論が沸き起

こったが、笑いを医学研究の場で論じたことの功績は大きいと思われる。

### (2) 慢性関節リウマチ

1996年には吉野らが慢性関節リウマチ患者26名と健常被験者31名を対象に林家木久蔵氏による1時間の落語鑑賞前後で採血を行い、内分泌・免疫機能の変化を測定した<sup>15)16)</sup>。この研究で測定された項目は多岐にわたる。健常者で有意な変化は、substance P, norepinephrine, CD4/8比の上昇、Met-Enkephaline, ACTH, CD57, IFN-γの低下であった。リウマチ患者での有意な変化は、Met-Enkephaline, norepinephrineの上昇と ACTH, cortisol, IL-6, IFN-γの低下であった。この研究で特筆すべきはリウマチ患者で病態の指標とされるIL-6値が笑い前後で劇的に低下したことであろう。またCousinsの報告と同様にこの研究でもリウマチ患者では笑いによる痛みの軽減が報告されており、笑いの治療効果が自覚的にも検査値としても実証されたといえる。

### (3) アトピー性皮膚炎

アトピー性皮膚炎に対する笑いの効果を評価した興味深い研究が存在する。2001年Kimataは26名のアトピー性皮膚炎患者にチャップリンの87分の喜劇映画モダンタイムズと対照として天気予報のビデオを視聴させ、その前後でハウスダスト、スギ花粉、ネコ鱗屑に対するアレルギー反応をプリックテストにて検査した<sup>17)</sup>。結果は喜劇映画視聴によりほぼ全例でアレルギー反応が抑制され(図2)、天気予報の視聴前後では変化が見られなかった。この笑いによるアレルギー反応の抑制作用は2時間後も持続しているが、4時間後には元に戻っていた。この結果は非常に明確かつ劇的であった。Kimataは別の研究でコミックビデオ(ミスター・ビーン)を視聴前後で nerve growth factorとneurotrophin-3の血清中濃度が低下し、アレルギー反応も抑制されることを示した<sup>18)</sup>。これらの研究は笑いの免疫作用には病的に亢進した免疫反応を抑制、正常化する働きもあることが示唆されたといえる。アトピー性皮膚炎の乳児を持つ母親30名を、毎日30分間、子供を抱いている間に漫才を聞かせる群と天気予報を聞かせる群に無作為に割り付けて、1週間後に患児のハウスダストに対するアレルギー反応と唾液中のコルチゾールを比較したところ、母親に漫才を聞かせた群では有意にアレルギー反応とコルチゾール濃度

が低下していた<sup>19)</sup>。この結果は母親の精神状態が子供のアレルギー反応やストレス状態に影響することを示しており、興味深い。

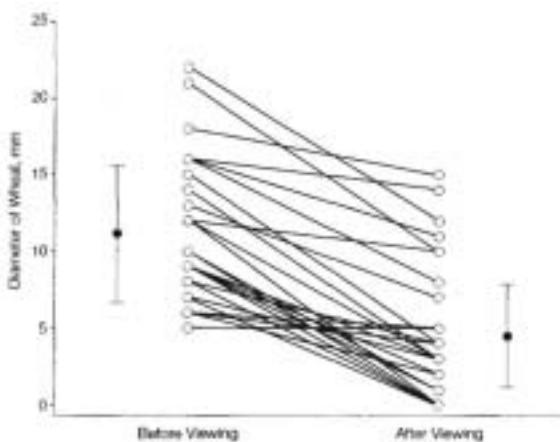


図2 喜劇映画視聴前後のハウスマストに対するプリックテスト(アレルギー反応の検査)の変化。

縦軸はアレルギー反応による腫瘍の直径、横軸はビデオ視聴前(before viewing)、視聴後(after viewing)を示している。ほぼ全例で笑いによるアレルギー反応の低下が見られた。これらの変化はスギ花粉やネコ鱗屑でも同様であった。(原著者より許可を得て転載)

#### (4) スギ花粉症

Kimataはスギ花粉によるアレルギー性結膜炎の患者にチャップリンの喜劇映画モダンタイムズを視聴させて、涙液中のスギ花粉特異的IgEとIgG4が低下し、IgAが増加することを示した<sup>20)</sup>。この時、nerve growth factorの涙液中の低下も見られた。この結果も笑いが花粉症などのアレルギー性疾患の研究と治療に重要な示唆をもたらすことを示している。

#### (5) 気管支喘息

気管支喘息患者を対象に喜劇映画を見せて気道反応性を測定した研究も知られている。Kimataは20名の気管支喘息患者と20名の健常対象者によるクロスオーバー研究では喜劇視聴によりアレルゲンや薬剤による気道反応性を減少させることを示した<sup>21)</sup>。この結果は笑いが気管支喘息の治療に有効である可能性を示すものである。

#### (6) 糖尿病

19名の2型糖尿病患者の食後血糖に対する笑いの

効果を検討した研究も知られている<sup>22)</sup>。この研究では、500kcalの食事をとった後に40分間の単調な講演を聞いた場合と、40分間の漫才を聴いた場合で食後2時間の血糖値を測定したところ、漫才後の血糖値は講演後にくらべ有意に低下していたという結果であった。このメカニズムはまだ十分にわかっていないが糖尿病の治療に笑いを取り入れることの重要性を示唆している。

これらの疾患に対する効果をまとめると、笑いの効果は膠原病やアレルギー性疾患の病的に亢進した免疫機能を抑制し、糖尿病に関しても高血糖を正常化する方向に働いている。健常者における笑いの身体効果と併せて考えると、笑いは生体のホメオスタシスを高める方向に作用していると考えられる。

#### 4. おわりに

これまでの研究では笑いの身体効果に関する研究はあくまで一過性の現象を扱ったものばかりであり、長期的にみて健康増進に有効であるのか、疾患を治癒させる方向に作用しているかは今のところ不明である。笑いと健康の関連を直接扱った論文は存在しないが、性格傾向や心理療法が健康にどのように影響するのかを調べた研究はいくつか存在する。明るい性格傾向や心理療法により前向きな思考行動パターンを習得することはおそらく間接的には笑いを増やしていると考えられる。こうした研究の成果を紹介して本稿の締めくくりとしたい。

1979年に発表されたVaillantの研究<sup>23)</sup>は40年近くにわたる長期の追跡調査である。204名の男性被験者を青年期より追跡し1964年に42歳となったこれらの被験者のうち185名が良好な健康状態であることを確認している。その後11年で100名が健康を維持し、54名が健康に若干の問題を有し、31名が深刻な慢性疾患に罹患するか死亡した。21歳から46歳の間、精神的に健康と判定された59名のうち53歳時に慢性疾患および死亡例は2名であったに対し、同様にして精神的に不安定と判定された48名は53歳時には18名が慢性疾患または死亡という結果であった。この結果は精神的な健康が身体的に好ましい影響を与えていることを示唆している。1989年に発表されたSpiegelらの研究<sup>24)</sup>は転移のある乳がんの女性86名を対象にして心理療法の乳がんに対する効果を検討している。週1回の支持的なグループ療法を1年間受けた群50名と対照群36

名で、がんの身体的な治療内容は同じであった。グループ療法を受けた群では平均生存期間は36.6ヶ月であったのに対し対照群では18.9ヶ月であり、両群に有意な差を認めた。Spiegelらは1991年より被験者数を増やして再び乳がんに対するグループ療法を行っているがまだ最終的な結果は発表されていない。笑いで強直性脊椎炎を克服したとされるCousinsは後にUCLAの医師と皮膚がんであるメラノーマに対する6週間のグループ療法の効果を検討した。その結果、6年後の34名の対照群では再発傾向が13名、死亡が10名であった。グループ療法を行った群では再発傾向が7名、死亡が3名であり、グループ療法は痛みの訴えや、精神状態の改善のみならず有意にメラノーマの予後を改善した<sup>25)</sup>。しかしながらに対する心理療法の効果に関しては否定的な研究報告もあり今のところ最終的な結論は出ていない。これらの研究は精神的健康が身体により影響を与えることを示している。笑いにより精神的健康度を促進することができれば、身体的健康にも有利に働くのではないかと予想される。笑いの心身への健康増進効果を実証するような独創的で信頼に足る研究が待たれるところである。

### ●参考文献

- 1) Berk, L. S. et al., Eustress of mirthful laughter modifies natural killer cell activity. *Clin. Res.* 37: 115A, 1989
- 2) 伊丹仁朗ら、笑いと免疫能. *心身医学*、34: 566-571, 1994
- 3) Kamei, T. et al., Changes of immunoregulatory cells associated with psychological stress and humor. *Percept. Mot. Skills* 84: 1296-1298, 1997
- 4) 深田美香ら、笑いと免疫能. *臨牀看護*、26: 1558-1564, 2000
- 5) 西田元彥ら、笑いとNK細胞活性の変化について. *笑い学研究*、8: 27-33, 2001
- 6) Berk, L. S. et al., Modulation of Neuroimmune parameters during the eustress of humor-associated mirthful laughter. *Altherrn. Ther. Health Med.* 7: 62-76, 2001
- 7) Takahashi, K. et al., The elevation of natural killer cell activity induced by laughter in crossover designed study. *Int. J. Mol. Med.* 8: 645-650, 2001
- 8) Iwase, M. et al., Neural substrates of human facial expression of pleasant emotion induced by comic films: a PET study. *NeuroImage* 17: 758-768, 2002
- 9) Wenner, M. et al., Acute electrical stimulation of lateral hypothalamus increases natural killer cell activity in rats. *J. Neuroimmunol.* 67: 67-70, 1996
- 10) Dillon, K. M. et al., Positive emotional states and enhancement of the immune system. *Int. J. Psychiat. Med.* 15: 13-18, 1985
- 11) Labott, S. M. et al., The physiological and psychological effects of the expression and inhibition of emotion. *Behav. Med.* 16: 182-189, 1990
- 12) Berk, L. S. et al., Neuroendocrine and stress hormone changes during mirthful laughter. *Am. J. Med. Sci.* 298: 390-396
- 13) 大平哲也, 今野弘規, 立花直子, 佐藤眞一. *メンタルヘルス 岡本記念財団研究助成報告集* 15: 19-22, 2004
- 14) Cousins, N., Anatomy of an illness (as perceived by the patient). *New Eng. J. Med.* 295: 1458-1463, 1976
- 15) 吉野槙一ら、関節リウマチ患者に対する楽しい笑いの影響. *心身医学*、36: 560-564, 1996
- 16) Yoshino, S. et al., Effects of mirthful laughter on neuroendocrine and immune systems in patients with rheumatoid arthritis. *J. Rheumatol.* 23: 793-794, 1996
- 17) Kimata, H., Effect of humor on allergen-induced wheal reactions. *JAMA*. 285: 738, 2001
- 18) Kimata H. Laughter counteracts enhancement of plasma neurotrophin levels and allergic skin wheal responses by mobile phone-mediated stress. *Behav Med* 29: 149-152, 2004
- 19) Kimata H. Reduction of allergic responses in atopic infants by mother's laughter. *Eur J Clin Inv* 34: 645-646, 2004
- 20) Kimata H. Differential effects of laughter on allergen-specific immunoglobulin and neurotrophin in tears. *Percept Mot Skills* 98: 901-908, 2004
- 21) Kimata H. Effect of viewing a humorous vs nonhumorous film on bronchial responsiveness in patients with bronchial asthma. *Physiology & Behavior* 81: 681-684, 2004
- 22) Hayashi K, Hayashi T, Iwanaga S, Kawai K, Ishii H, Shoji S, Murakami K. Laughter lowered the increase in postprandial blood glucose. *Diabetes Care* 26: 1651-1652, 2003
- 23) Vaillant, G. E., Natural history of male psychologic health: effects of mental health on physical health. *New Eng. J. Med.* 301: 1249-154, 1979
- 24) Spiegel, D. et al., Effect of psychological treatment on survival of patients with metastatic breast cancer. *Lancet* 2: 888-891, 1989
- 25) Fawzy, F. I. et al., Malignant melanoma. Effects of an early structured psychiatric intervention, coping, and affective state on recurrence and survival 6 years later. *Arch. Gen. Psychiatry* 50: 681-689, 1993

# 森林のストレス緩和効果

**宮崎 良文** (みやざき よしふみ)  
 (独) 森林総合研究所 生理活性チーム長

1954年神戸生まれ。1977年東京農工大学卒業、1979年東京農工大学修士課程（環境保護学）修了し、同年東京医科歯科大学医学部衛生学教室助手。1985年東京医科歯科大学より医学博士授与。1988年農林水産省森林総合研究所入所。2001年より独立行政法人森林総合研究所生理活性チーム長。東京大学・東京農工大学非常勤講師。

## 1. はじめに

人は、ヒトとなって500万年経過する。仮に産業革命以降を都市化、人工化と仮定した場合、その99.99%以上を自然環境下で過ごしてきたことになる。自然環境に適応した我々の体が急激な都市化に伴う人工環境に適応できず、常に緊張を強いられるストレス状態にあることは論を待たない。森林や木材等の自然環境要素に触れたとき、強すぎる緊張状態、高すぎる交感神経活動が抑制されリラックスした感じをもつてであろう。人としての本来のあるべき姿に近づき、それが快適感となって認識されるのである。

これまで、森林浴効果や木材の快適性を論ずる場合、主として、種々の物理測定や質問紙による主観評価を行うことにより、人の快適性増進効果に置き換えてきたのが現状である。それに対し、最近、人の状態の評価法の確立が進み、自然由来の快適性増進効果が脳活動や自律神経活動を用いた生理的データの蓄積から明らかにされつつある。

本稿では、森林や木材がもたらすリラックス効果を森林浴実験や各感覚に分けた人工気候室内実験を示すことによって紹介する。

## 2. 快適性の考え方と評価法

一般に、快適性は、不快あるいはマイナスの除去を目的とした「消極的快適性」とプラスαの獲得を目的とした「積極的快適性」に分けて考えられる。一方、現在、快適性の定義として定まっているのは「熱的快適性」だけであるが、この快適性は、上記の「消極的快適性」を指向しているため、今、話題としている「積極的快適性」とは馴染まない。私見としては、「快適性とは、同調である。」と考えているが、人と自然の関係においては以下のようになる。前述したように人の生理機能は自然対応用にで

きていると考えられているため、森林ならびに木材等の切り取られた自然であっても、人はそれと同調し、引き込み合うのであろう。自然対応用の生理機能をもちながら、現代の人工環境下に生活する現代人は、常に緊張の高すぎる状態にあるため、自然と触れることによってリラックスし本来の人としてのるべき姿に近づくのである。以下に示す我々の実験データにおいても、基本的には五感を介した自然由来の刺激は生体の鎮静化をもたらすことが示されている。

一方、快適性の測定においては、人の状態の測定が必須である。快適な状態において、生体に何が起きているのか解釈しなくてはならない。我々は生理応答指標として中枢神経活動と自律神経活動を用いて評価している。加えて、主観評価を傍証として用いている。

中枢神経活動としては、近赤外線分光法を用い、送光部と受光部間を4.5cmとしたセンサーを左右前頭部に両面テープで装着している。主として前頭前野の活動を指標とし、毎秒測定を実施している。装着は左右各10秒程度で終了し、被験者への負担が少ないのが特徴であり、さらに、脳波測定時に問題となる瞬き等によって生じる大きな電気信号が測定の妨害をしないという利点もあわせ持つ。血液中の酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンが近赤外光に対して、特徴的な吸収帯をもつことをを利用して脳血液濃度を推定するという原理に基づいている。血液が多く存在するとすることは、血流が増加していることを意味し、血流の増加は高い脳活動状態を示す。さらに最近は、時間分解分光法(TRS)と呼ばれる測定手法を導入している。本手法においては、100億分の1秒程度のパルス光を前頭部から照射し、その後、戻ってきた光を検出することによって、前頭前野におけるヘモグロビン濃度の絶対値計測を行

うものである。これまで、簡便に脳機能の絶対値計測を行う手法は存在しておらず、今後の利用に大いに期待が高まっている。本稿においては、初めてフィールドで使用した実験例（千葉における森林浴実験）を示した。

次に、自律神経系の指標であるが、現状においては指を使って非観血的に血圧を連続測定するフィナプレス法が有用である。本手法の長所は1) 1拍毎あるいは1秒毎に収縮期血圧、拡張期血圧、平均血圧ならびに脈拍数が測定できること、ならびに2) センサーの取り付けが簡便で10秒程度で行えることである。

主観評価としては、伝統的な印象の違いの評価法であるSD法（セマンティックディファレンシャルメソッド）がよく用いられる。さらに、感情プロフィール検査（POMS）もよく使われる。POMSは65項目の質問からなっており、5段階で評定させる。最近、30項目の簡易版も提案されている。その目的は、被験者の一時的な気分や感情の状態を6感情尺度（「緊張－不安」「抑鬱－落ち込み」「怒り－敵意」「活気」「疲労」「混乱」）に分けて定量的に評価することである。

しかし、主観評価を傍証として用いる場合、以下の注意が必要である。第1に自分の状態を言葉に直して解釈しなおす必要があり、これがかなり困難であること、第2にその言葉のもつ意味が人によって異なること、第3に生理応答指標と異なり、連続測定が不可能であり、しかも、ある連続した期間を評価する場合、どの時点の評価を行っているのか評価者によって異なる点である。

### 3. 森林浴のリラックス効果

#### （1）屋久島における森林浴実験

林野庁は、1982年7月29日の朝日新聞紙上で「森林浴」構想を打ち出した。副題には、「森の香り浴び心身鍛えよう」とある。今や国民的に「森林浴」と言う言葉は浸透している。ところが、森林浴がもたらす快適感や健康の維持・増進効果については生理指標を用いたデータの蓄積は極めて少ないのが現状である。ここでは、我々が屋久島で行った森林浴実験を紹介する。

森林浴は、被験者として5人の健康な男子学生を使い、屋久島において、2日間行った。9時から15時まで屋久杉の森に入り、午前、午後とそれぞれ40分間ずつ、各人のペースに合わせて約2000～2500

歩の森林浴を実施した。対照実験は、鹿児島大学の人工気候室にて、温度、湿度をほぼ同条件にして、40分間の運動（各自、森林時とほぼ同じ歩数）を行った。森林浴時の林道上での空気からはα-ピネンやリモネン等の芳香物質を検出した。

その結果、森林浴によって、第1に、“快適”で“自然”で、“安らぎ感がある”と感じられていた。感情プロフィールテストにおいても“緊張－不安”“混乱”“抑鬱－落ち込み”“怒り－敵意”“疲労”的各感情尺度が減少し、逆に、“活気”は増加することが分かった。第2に唾液中コルチゾール（代表的なストレスホルモン）濃度が対照に比べ減少することが明らかとなった。

まだまだデータは少ないが、今後、このようなデータの蓄積が行われることにより、森林浴の効果が科学的にも明らかになるものと思われる。

#### （2）千葉県立清和県民の森での森林浴実験

昨夏、千葉県立清和県民の森にて、森林浴実験を行った。光を用いた脳活動、血圧、脈拍等の自律神経活動、唾液を用いたストレスホルモン（コルチゾール）濃度等を指標として全身的計測を行った。森の中で座っていたり、歩いていたりしたときの生理的な変化を都市部（千葉駅前）と比較したところ、理性的・高次の精神活動に関連する「新しい脳」である前頭前野の活動が鎮静化し、血圧も低下し、ストレスホルモン濃度も低下することが分かった。つまり、前頭前野を含め全身的に生体が鎮静化することが明らかとなった。さらに、興味深いことに、被験者は、森林浴に行くか、都市部に行くか知っているだけでストレスホルモン濃度にも前頭前野の活動にも違いが見られたのである。出発前にホテルで一斉に測定を行ったところ、質問紙による主観的な快適感等の気分には差がないにも関わらず両指標とも森林浴に行くグループでは低下しており、すでにリラックスしていることが観察された。これも感性を介して感じた自然のリラックス効果を生理的に捉えた例といえよう。

林野庁は2004（平成16）年に森林セラピー基地構想を発表した。1982（昭和57）年の森林浴構想以来22年ぶりのことである。2005（平成17）年3月には県市町村、企業等からなる全国31箇所の森林セラピー基地候補地が認定された。4月以降、（独）森林総合研究所チームによる生理実験が始まる。本年度は12箇所の本実験と19箇所の予備実験が計画

されている。多くの国民が期待した実証的生理データを伴った森林浴法の提案が現実化しつつある。

### (3) 森の音を聞くと

自然の音を聞いたときの生理的変化を人工気候室内にて測定した。男子大学生15名を被験者とし、閉眼座位にて90秒間、聴覚刺激を行った。刺激は清里高原で録音した市販のCDの中の“せせらぎ音”を用いた。

その結果、“小川のせせらぎ”を聞いたとき、主観評価において、対照に比べ、“快適”で、“馴染みがあり”、“鎮静的である”と評価していた。15名中13名の被験者が“特に好き”であると評価しており、そのときの収縮期血圧は、聴覚刺激後、40秒前後において刺激前に比べ、有意に低下していた。さらに、左前頭部の脳活動も有意に低下していることが認められた。上記の結果から、自然由来の聴覚刺激である“小川のせせらぎ”を聞いたとき、ストレス時に昂進することが知られている交感神経活動が低下し、脳活動も鎮静化し、生体がリラックスすることが分かった。

### (4) 森林浴風景を画面で見ると

従来の視覚刺激においては大型ディスプレイで提示を行った場合、画面が荒れているため、臨場感を得ることが困難であった。最近、70インチ、高輝度、高解像度のディスプレイが開発されたため、今回はそれを使って、臨場感のある視覚刺激を行った。パリで撮影した森林浴風景を提示し、男子大学生14名を被験者として、脳活動、血圧、脈拍数に及ぼす影響を調べた。

その結果、主観的には、“快適”で、“鎮静的である”と評価されていた。生理的変化に関しては、収縮期血圧、拡張期血圧ともに有意に低下させることができ認められた。さらに、脳活動に関しても鎮静的に作用していた。つまり、“快適”で、“鎮静的である”という主観評価とともに、血圧は低下し、脳活動も鎮静化することが明らかとなった。この森林浴風景を見ることによって生体が実質的にリラックスすることが認められた。

## 4. 木材がもたらす快適性増進効果

### (1) スギ材・ヒバ材チップのにおいを嗅ぐと

木材のチップを直接使用して、そこから直接発せられる香り物質の吸入の影響を調べた。男子大学生

14名を被験者とし、前述した快適性評価法を用いて1秒毎に連続測定を行った。においの刺激は閉眼・座位にて実施し90秒間とした。

その結果、スギ材チップの揮発物質の吸入において、収縮期血圧が統計的に有意に低下することが分かった。さらに、脳活動も鎮静化しており、主観評価においても“快適”で“自然”であると評価されていた。加えて、非常に興味深いことに、被験者がスギの香りを“嫌いである”と評価した場合においても、収縮期血圧は上昇せず、ストレス状態は生じないことが観察された。通常、本人が不快であると感じた場合、交感神経活動優位なストレス状態となる。しかし、スギの香りの吸入においては不快であると評価したにもかかわらず、血圧は、低下しないまでも上昇もしなかった。ある刺激に対する人の価値観は遺伝的に規定されている部分と後天的に経験等で取得した部分の両方によって決められている。前述したように、人の生体機能は自然対応用に作られていると考えるのが妥当であり、ゆえに、ストレス状態にならないと考えられる。ヒバ材チップにおいても、スギ材チップ同様に脳活動が鎮静化することが分かった。収縮期血圧も同様に低下しており、スギ材、ヒバ材共にその香りを吸入することによって、生体が鎮静的な状態に移行することが明らかとなつた。

### (2) スギ樽貯蔵ウイスキーを味わうと

通常のモルトウイスキー（以下、“スギなしウイスキー”）にスギ樽貯蔵したウイスキーをブレンドしてウイスキーを作成した（以下、“スギ樽ウイスキー”）。アルコール濃度は25%とし、それらを閉眼状態にて舌の上に0.1m置き、味と香りの影響を調べた。なお、本研究はサントリー（株）との共同研究である。

主観評価においては、“スギ無しウイスキー”と“スギ樽ウイスキー”間に差異はなかった。実験終了後、被験者に聞き取り調査をして見ると多くの被験者は同じウイスキーを舌の上に置かれたと感じていた。しかし、生理応答に違いが見られた。“スギ無しウイスキー”では、舌の上に置いた直後から収縮期血圧の有意な上昇を示し、刺激前の値に戻るのに45秒を要した。それに対し、“スギ樽ウイスキー”では上昇傾向はあるものの有意差は認められず、20秒後には前値に戻った。つまり、ウイスキーによる収縮期血圧の上昇をスギ樽由来の抽出成分が抑えた

ことになる。さらに、左前頭部の脳活動においても同様の結果が示された。“スギ無しウイスキー”においては、刺激後90秒間、脳活動の昂進が継続されたが、“スギ樽ウイスキー”においては刺激直後に一過性の昂進が観察されただけで、その後は有意な活動の昂進は観察されなかった。

以上の結果から、“スギ無しウイスキー”による交感神経活動と脳活動の昂進をスギ樽由来の抽出物が抑制することが認められた。主観的には、全く差異がないものの生理的には明らかな違いが認められた。

### (3) ポリウレタン塗装・オイルフィニッシュ塗装に触ると

木材は実際の生活環境中においては、塗装して用いられる場合がほとんどである。ここでは、異なる塗装を施した木質系内装材料への接触による影響を明らかにした。材料としては、スギ材・塗装なし、スギ材・オイルフィニッシュ塗装、スギ材・ポリウレタン塗装、金属の4種類とし、手を空中に置いたままの状態を対照とした。オイルフィニッシュ塗装は木材組織内に浸透させて硬化させるため、表面はざらざら感が残り、無塗装に近い仕上げとなる。一方、ポリウレタン塗装は塗料を木材組織に染み込ませず、表面塗装と研磨を繰り返し、塗膜をかけるように厚く仕上げられる。すべすべした表面となり、家具や玩具等によく見られる。それぞれの素材への接触は、90秒間とし、接触の順番はランダムとした。

その結果、主観評価においては、スギ材・塗装なし、スギ材・オイルフィニッシュ塗装は“快適”で、“自然”な感じがすると評価されていた。スギ材・ポリウレタン塗装と金属は“不快”で、“人工的”であると評価されていたが、ポリウレタン塗装の方が金属よりも、さらに不快であると感じられていた。感情プロフィール検査の抑鬱感、疲労感、緊張感の尺度得点に関してはスギ材・塗装なし、スギ材・オイルフィニッシュ塗装への接触において対照より低かった。それに対し、ポリウレタン塗装では、逆に増加しており、主観的にはストレス状態にあることが認められた。

収縮期血圧については、接触時に一過性に上昇するもののスギ材・塗装なし、スギ材・オイルフィニッシュ塗装においては速やかに前値に戻った。それに対し、スギ材・ポリウレタン塗装と金属においてはストレス状態を示し、90秒後まで高く推移し、接触前値に戻ることはなかった。

スギ材・塗装なしとオイルフィニッシュ塗装においては、その接触によって主観的な緊張感、抑鬱感、疲労感を減じ、生理的にも生体に優しいことが明らかとなった。逆に厚い塗装であるポリウレタン塗装においては全く逆の変化を示し、ストレス状態を感じさせることが分かった。この結果は、金属への接触とほぼ同様であった。使用目的や使用する人の価値観に応じて塗装の種類や有無を選択できるようになることが、これからの人との関係を重視した塗装法となるであろう。

### (4) 木質居室に入ると

これまで紹介してきた嗅覚や触覚への刺激実験に比べ、視覚刺激は難しい面をもっている。臨場感を得るのが困難であるのが大きな理由である。そこで、実際の部屋(8帖)を作成し、その部屋の木材率の視覚影響を明らかにした。住友林業(株)との共同研究である。

臨場感を得るために、8帖の部屋を用意し、男子大学生15名を被験者とした。現在、市販されている木質の居室は床が木材となっている場合が多く、木材率はほぼ30%程度である。ここでは、木材率30%である通常の木質居室の結果を示す。特性車椅子に閉眼状態で座らせ、実験者が車椅子を押して移動した。測定する部屋で車椅子に乗った被験者を閉眼状態のまま安静に保ち、隣室で生理応答指標が安定したことを確認後、開眼させ視覚刺激を与えた。刺激時間は90秒とした。

その結果、主観的には、快適であると評価されており、脈拍数も有意に低下し、拡張期血圧についても有意な低下を示した。つまり、一般的に用いられてきた木材率30%の居室は主観的に快適であると感じられるとともに、交感神経活動も鎮静化させ、リラックス効果をもたらすことが明らかとなった。

## 5. おわりに

これまで経験的に知られてきた森林浴や木材のリラックス効果が生理指標の測定技術の高まりとともに客観的側面から解明されつつある。今日の人工環境下におけるストレス社会において、今後、ますます、森林浴や木材等の「自然」の重要性が高まるものと思われる。

# 味覚とストレス

**山本 千珠子** (やまもと ちずこ)

大阪大学大学院 人間科学研究科行動生態学講座 行動生理学研究分野

1999年徳島大学医学部栄養学科を卒業し、管理栄養士を取得。2005年大阪大学大学院修了（博士（人間科学））。現在、大阪大学大学院人間科学研究科 特認研究員。

**山本 隆** (やまもと たかし)

大阪大学大学院 人間科学研究科行動生態学講座 行動生理学研究分野

1972年大阪大学大学院修了（歯学博士）、大阪大学歯学部助手、講師、助教授を経て、大阪大学大学院人間科学研究科教授。専門は味覚生理学と脳科学。日本味と匂学会会長。日本味と匂学会中西研究奨励賞、三島海雲記念財団学術奨励賞、安藤百福記念賞などを受賞。主な著書は、脳と味覚（共立出版）、美味の構造（講談社）、おいしいとなぜ食べすぎるのか（PHP研究所）など。

## はじめに

「味覚とストレス」はあまり関係がないように思えるかもしれない。しかし、嫌いなものを食べたり、おいしくないものを無理に食べると折角の食事も不快なものとなり気分が落ち込んだりすることがある。おいしくない食事によって気分を害したとすれば、この食事はストレッサーになったものと考えられる。この状態が毎日続ければ、相当辛いものとなることが想像できる。

また、ストレスを感じた時に、特に女性の場合、甘いものを食べると少し気分が楽になったような気がする、といったようなことを経験する。ストレスの多い現代社会では、やる気が出ない、眠れない、食欲がないなど、心因性疾患を抱える人が多い。運動や友人との会話など、生活習慣を改善するなどの対策はもちろん必要であるが、おいしい食事を摂るのもストレスの緩和に大きな効果があると考えられる。

このように、味覚がストレッサーとなったり、またストレスの状態が味覚によって緩和できることを考えると、時と場合に応じて食べ物を上手に摂取することでストレスを緩和させることもできるのではないか。ここでは、味覚の機能を中心にストレスに与える影響を考えていきたい。

## 味覚とは

味は口の粘膜に存在する味細胞で受容される。味

細胞の新陳代謝は活発で、7～10日の寿命で次々と新しいものに入れ替わっている。味細胞の表面の膜には少なくとも5種類の受容部位があって5基本味（甘味、塩味、酸味、苦味、うま味）を生じさせる代表的な物質であるショ糖、食塩、クエン酸、キニーネ、グルタミン酸が特異的に作用する。甘味、苦味、うま味に対する受容体はそれぞれ異なった蛋白質であり、ここ数年の間にアミノ酸配列が明らかになってきた。塩味はナトリウムイオンのみを通す特異的なチャネルが関与し、酸味のもとになる水素イオンは別のチャネルに作用して、陽イオンを細胞内に流入させることにより味細胞を興奮させる（解説書<sup>1)</sup>参照）。

味細胞が受け取った味の情報は、図1に示すように、味覚神経を通って延髄の孤束核という部位に送られ、さらに、視床の味覚野を経由して大脳皮質味覚野（第一次味覚野）に至り、甘い、苦いなどの味の質や強さが感じられる。さらにその情報は扁桃体に送られて、味の好き嫌いの判断やその学習が行われる。また同時に、大脳皮質前頭連合野（第二次味覚野）にも送られ、触覚、温度覚、嗅覚、視覚などの情報とも統合されて食べている物が総合的に認知される。この第二次味覚野は、扁桃体や視床下部（食欲中枢）からも情報を受けるので、好き・嫌いの嗜好性や空腹時・満腹時の嗜好性変化などもこの部で生じるとされている<sup>2)</sup>。

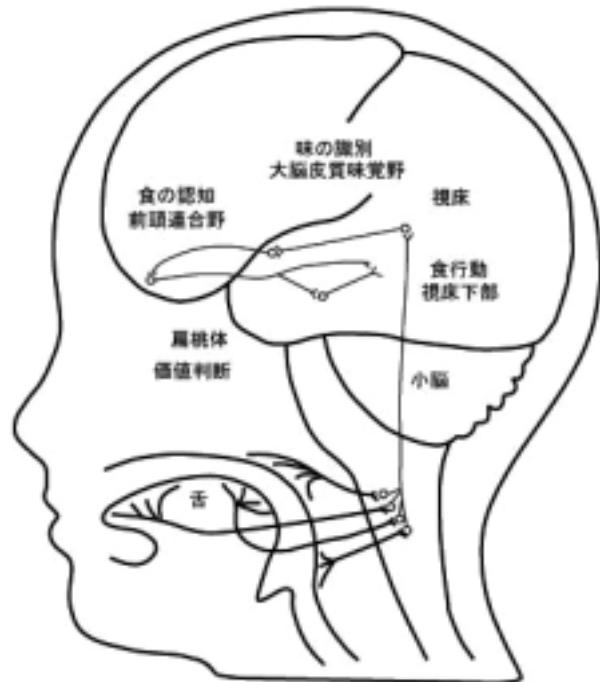


図1 味覚情報伝達経路（文献2より）

## 食事のおいしさ

食物のおいしさは、図2に示すようにさまざまなおいしさによって構成されている。食物は複雑な物理的、化学的性状を備えていて、口にしたときは触感としてのテクスチャー、冷たい・温かい・熱いといった温度感覚、そして、化学感覚としての嗅覚や味覚などが生じる。これらの感覚情報が統合され、分析された結果、快と判断されればおいしいと感じるものである。

しかし、おいしいという快感は、体に必要なもの、つまり、体に欠乏している栄養素、エネルギー源などを積極的に摂取させるための生理作用の1つであるとも考えられる。空腹のときは、何を食べてもおいしいと感じるよう、生理状態によってもおいしさは変化するものである。また、遺伝子情報に組み込まれているために、甘味のように生得的においしいと感じさせるものもあるが、経験や学習により、はじめは特に意識していなかったものをおいしく思うようになる獲得性の場合もある。子供の時に一口味わってみて、おいしくないと思ったビールの苦味が、大人になるとおいしいと思うようになるのがその一例であろう。



図2 “おいしさ”を構成する要因

## おいしさによる生体反応と脳内物質

ヒトの新生児の口腔内に各種の味溶液を少量与えて、顔面表情の変化を観測すると、甘くておいしい溶液に対してはにこやかな表情を、すっぱくてまずい溶液に対しては顔をしかめるといった表情を示す<sup>3)</sup>。先天的に大脳機能が不全な障害児でも同様の反応がみられることから、味刺激に対する特有の顔面表情は生得的であり、しかも上位脳の関与がなくても生じる反射活動であると考えられている。

甘味物質を摂取すると膵臓からの血糖低下ホルモンであるインスリンが分泌される。インスリン分泌には、味刺激開始とともに一過性に生じる速い分泌（脳相の分泌）と消化管からの糖分吸収による血糖値上昇に応じて生じる遅い分泌がある。脳相の分泌は味覚神経を介する甘味情報により迷走神経を介して反射性に生じるものである。このように、実際に口に入れる前から、生体側はそれを受入れるための準備を始めているといえる。

ショ糖やサッカリンなどの甘味物質を摂取したとき、脳内のβ-エンドルフィンが、蒸留水摂取時よりも増大することがラットを用いた実験で報告されている<sup>4)</sup>。このβ-エンドルフィンという神経ペプチドは、ヒトのこころをくつろがせ、さらに病気への抵抗力を高める作用もあると考えられている<sup>5)</sup>。また、β-エンドルフィンに代表される脳内麻薬様物質は陶酔状態を生み、嗜癖性、連用後の依存性などを生じさせる。おいしさの発現からやみつきに至る過程も類似の現象とみなされることから、体内の麻薬様物質の関与が示唆される。実験的にも、麻薬様物質においしさ増強効果があることが示されており、前脳部位の受容体の関与が示唆されている。また、β-エンドルフィンの他にもベンゾジアゼピン誘導体、カンナビノイド、セロトニンなど、おいしさにはさまざまな物質が複雑に関与していると考えられている。

「おいしさ」は、食べることにまつわる快の情動であるから、おいしいという感情とともに、顔面表情の変化、自律神経反応、内分泌系の活動などが生じる。食べるという行動はエネルギーを蓄積する作用であるから、自律神経の活動としてみれば、エネルギー発散の行動をとらせる交感神経とは逆の副交感神経が優位の状態になっている。つまり、おいしいとき、体はゆったりと休息し、消化機能が活発な状態であると考えられる。

## 味覚と消化機能

実際に消化機能が活発になっているかを検討するため、我々は、ラットを用いて、味の情動性（おいしい・まずい）が胃の活動に与える影響を検討した<sup>6)</sup>。その結果から、味覚とストレスとの関係について考えてみたい。

実験方法は、はじめに、蒸留水と粉末飼料を混ぜて作成した飼料（練り餌）を2日間提示して、練り餌の摂取に慣れさせた。3日目に、蒸留水、甘味を呈するサッカリン溶液、苦味を呈するキニーネ溶液をそれぞれ混入して作成した。それぞれの練り餌を摂取させる3つのグループ（蒸留水群、サッカリン群、キニーネ群）にわけた。各群のラットが、一定量の練り餌（液体4 gと粉末飼料4 gで作成した練り餌8 g）を摂取するようになったことを確認し、その次の日に、練り餌の提示前、提示30、150、300分後に摂取した練り餌の胃内残存量を測定した。また、実験日は、練り餌を提示してから摂取するまでの時間（摂食開始時間）と、提示した練り餌を全て食べ終えるまでの時間（摂食時間）を測定し、練り餌に含まれる味による行動の変化を観察した。また、胃内残存量の測定結果から、提示した練り餌に含まれる粉末飼料（4 g）から乾燥させた胃内残存量を減算することによって、摂食した練り餌の胃からの排出量を算出した。

その結果、図3-Bに示すように、摂食時間について群間で有意な差は認められなかったが、図3-Aに示す摂食開始時間については、キニーネ群と比較してサッカリン群の摂食開始時間が有意に早かった。このことは、サッカリン溶液を含む練り餌の摂取に対する動機づけが強いということを意味していると考えられる。また、胃からの排出量については、練り餌の提示150分後においてのみ、キニーネ群の胃からの排出量が、蒸留水またはサッカリン群と比較して有意に少なかった。一方、サッカリン群の胃か

らの排出量は、蒸留水またはキニーネ群と比較して有意に多かった（図3-C）。また、これらの現象が、味覚情報に基づくものであることを確認するために、味覚情報を伝達する神経を切断し、同様の方法にて、胃の活動性について検討した。その結果、胃からの排出量における溶液間での差はみられなくなった。これらの結果から、ラットにとって、甘味を呈する飼料の摂取によって、胃の活動性は促進され、一方苦味を呈する飼料の摂取では、胃の活動性は抑制されることが明らかとなった。

味覚による胃の活動の調節機構に関しては、味覚反射による調節だけではなく、摂食促進物質のひとつであるオレキシンの作用も関与していると考えられる。オレキシンを麻酔下ラットの側脳室内に投与すると、数分の潜時で、胃の近心側での受け入れ弛緩、遠心側での律動的収縮が観察されるということ<sup>7)</sup>やオレキシンを側脳室に投与すると、甘味を呈するサッカリン溶液を通常よりも、より多く摂取すること<sup>8)</sup>が我々の一連の研究から明らかにされている。これらの報告から、おいしいものをより積極的に摂取しようとするときに、オレキシンが脳内に放出され、その結果、胃が活発に活動するものと考えられる。

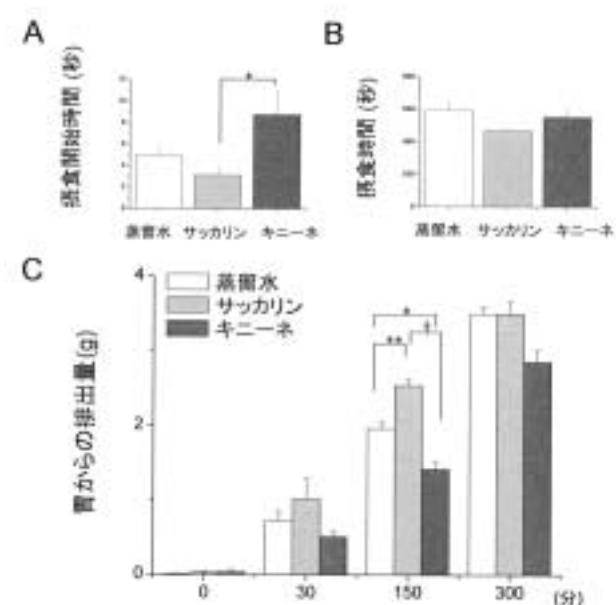


図3 摂食時の行動と摂取した食物の胃からの排出量

A. 各溶液群の摂食開始時間を示す。それぞれ平均値土標準誤差を示す（各n=7）。B. 摂食時間を示す。それぞれ平均値土標準誤差を示す（各n=7）。C. 各溶液のねりエサを摂取する前(0)、提示30、150、300分後における胃からの排出量を示す。それぞれ平均値土標準誤差を示している（各n=7）。\* P < 0.05, \*\* P < 0.01, \*\*\* P < 0.0001。

## 味覚嫌悪学習が胃の活動性に及ぼす影響

次に、味覚嫌悪学習 (conditioned taste aversion, CTA) というパラダイムを用いて、好ましい（おいしい）味が、経験や学習により後天的に嫌いな味に変化した場合の胃の活動性を検討した。CTAとは、新奇な食物の摂取に引き続いて内臓不快感を経験した場合、その食物の摂取を忌避する現象である。CTAは、味覚（条件刺激、CS）と内臓不快感（無条件刺激、US）を連合させる古典的条件づけの一形である<sup>2)</sup>。

我々の実験では、CSはサッカリン溶液を含む練り餌とし、USは内臓不快感を生じる塩化リチウム溶液の腹腔内投与とした。練り餌を摂取してから、15分後に塩化リチウム溶液を腹腔内に投与して、飼料に対する条件づけを行った（条件づけ群）。それに対してコントロール群には、塩化リチウム溶液の代わりに生理食塩水を投与した（非条件づけ群）。条件づけの次の日を回復日とし、その次の日に各群にサッカリン溶液を含む飼料を再び呈示し、摂食開始時間と練り餌の提示150分後の胃からの排出量を測定した。その結果、図4-A に示すように、条件づけ群の摂食開始時間は、非条件づけ群と比較して遅くなつた。また胃からの排出量も減少した（図4-B）。つまり、好ましい味が、嫌いな場合、摂食しようとする動機づけは弱くなり、また胃の活動性も抑制されるという結果となつた。

したがって、好ましい味は、胃の活動性を促進し、一方嫌悪性を示す味は、胃の活動性を抑制することが明らかとなつた。つまり、味覚嗜好性の相違が胃の活動性に影響を与えるということ意味する。

おいしいものなら食がすすみ、大好物ならたとえ満腹でも別腹と称して食べることができる。おいしさのしくみを考えるには運動する摂食促進作用を無視することはできない。おいしさという味覚による情動性が胃の活動性を促進させ、さらに摂食を促進するために消化器官の運動が変化しているといえる。しかし、一方で、まずい、嫌いな味の飲食物を摂る事が、消化器官の動きを抑制するとなると、嫌な味はストレッサーとなり、決して体にいいとはいえない。「良薬口に苦し」ということわざがあるが、これは薬理効果のある化学物質は一般的に苦味を呈することを意味するのであって、決して苦味そのものが体にいいことだと一般化して考えてはならない。

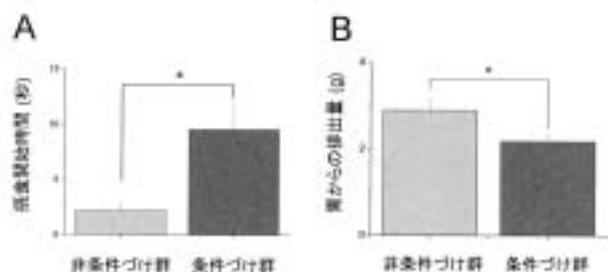


図4 摂食時の行動と摂取した食物の胃からの排出量

A. テスト日における各実験群の摂食開始時間、それぞれ平均値土標準誤差を示す(n=6). \*P < 0.001. B. 各群における練り餌の提示150分後における胃からの排出量(g)を示す。それぞれ平均値土標準誤差を示す(n=6)

## 味覚によるストレス応答

ストレス状態を評価するため、副腎皮質から分泌され、ストレスホルモンとして知られるコルチコステロン (corticosterone, CORT) を測定し、味覚による情動の変化を客観的に検討した<sup>6)</sup>。その結果、図5に示すように、キニーネ溶液を添加した飼料を提示してから、30分後に蒸留水群と比較して血清中のCORTは有意に高い値を示した。

このことから、苦味を呈する飼料を摂取することによりストレスを誘発することが実証された。一般にストレスは消化機能を抑制することが知られているので、本研究で示された胃の活動性の抑制は、味覚性のストレスに起因するものと考えられる。すなわち、味覚の嫌悪性が、反射による神経系を介した胃の活動性の調節を行っていただけではなく、「視床下部→下垂体→副腎系」のストレスによる一連の反応によっても胃の活動性は影響を受けるのである。

しかしながら、この実験で、好ましい味である甘味によって血清CORTは摂食前と比較して摂食後は低下すると予測されたが、実際は変化を示さなかつた。本来、甘味を呈する練り餌を提示すると、他の溶液と比較してより多く摂取する。しかし、本実験では、決められた量しか摂食できないため、ラットはもっと摂取したいという欲求があったと考えられる。十分に餌を摂取できないことから、摂食後の満足感が得られず、ストレスを軽減するに至らなかつたのではないかと考えられるが、この点については、今後詳細に検討する必要がある。

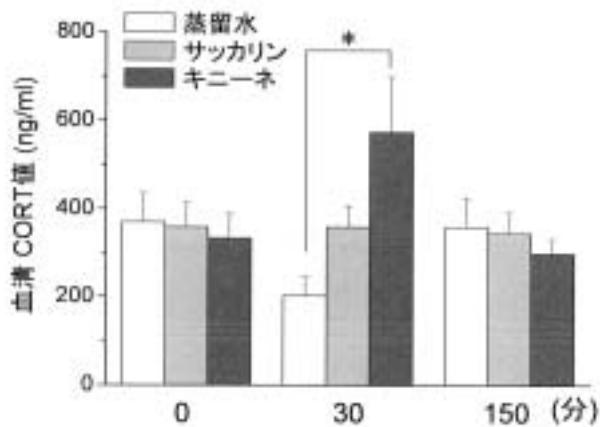


図5 各溶液に対する血清コルチコステロン値

各群における血清コルチコステロン値。それぞれ平均値±標準誤差を示す(n=7)。\* P < 0.05。

## おわりに

本研究で示唆されるように、ストレスを解消するために、好きなものを食べることは、ストレスを緩和するための一つの方法であると思われる。しかし、それがきっかけでどんどん食べてしまい過食となる危険性もある。また、甘いものばかり食べていると、脳内麻薬様物質の作用による依存性の発現で、よりエスカレートして欲求するようになる。食物をおいしく食べて、ストレスを解消するためには、好みのものばかりでなく様々なものを食べることが必要であろう。また、過食からダイエットに励むような事態になればそれは別のストレスを誘発することになる。食事をおいしく食べて、気持ちよくなるには、日頃から食生活や運動などに気をつけておくことが大切である。

## ●参考文献

- 日本味と匂学会編,味のなんでも小辞典,講談社,2004
- 山本隆,美味の構造—なぜ「おいしい」のかー、講談社選書メチヨウ,2001
- Steiner JE. Innate, discriminative human facial expressions to taste and smell stimulation, Annals of the New York Academy of Sciences 237, 229-233, 1974.
- Yamamoto T, Sako N, Maeda S., Effects of taste stimulation on beta-endorphin levels in rat cerebrospinal fluid and plasma, Physiol Behav. 69, 345-50, 2000
- Puente J, Maturana P, Miranda D, Navarro C, Wolf ME, Mosnaim AD., Enhancement of human natural killer cell activity by opioid peptides: similar response to methionine-enkephalin and beta-endorphin, Brain Behav Immun.6, 32-39, 1992
- 山本千珠子、味覚性情動による生体反応の解析—行動生理学的研究—学位論文,2005
- Kobashi M, Furudono Y, Matsuo R, Yamamoto T., Central orexin facilitates gastric relaxation and contractility in rats, Neurosci Lett.8, 171-174, 2002.
- Furudono Y., Ando C., Kobashi M., Yamamoto C. and Yamamoto T., The role of orexigenic neuropeptides in the Ingestion of Sweet-tasting Substances in Rats, Chemical Senses 30, i186-i187, 2005

# ストレスをどう測る

**山口 昌樹** (やまぐち まさき)  
富山大学 工学部 物質生命システム工学科 助教授

1987年信州大学大学院修士課程修了、同年ブライダル工業(株)入社、中央研究所に勤務。1991年信州大学大学院博士後期課程に社会人入学、1994年修了(工学博士)。1995年東京農工大学工学部助手。  
1998年度NEDO提案公募事業で総括代表研究者として委託研究を推進。1999年富山大学工学部助教授、現在に至る。  
2001年日経BP技術賞(医療・バイオ部門)を受賞。2002年スウェーデンLinköping University客員研究員(文部科学省在外研究員)。2004年大学発ベンチャー企業として(有)バイオ情報研究所を創業、取締役に就任(兼業)。  
非侵襲生命計測を中心に、生体医工学、健康・福祉工学の研究に従事。IEEE、日本生体医工学会、日本ストレス学会などの会員。主な著書は「唾液は語る」(工業調査会)、「生命計測工学」(コロナ社)など。

## 1. はじめに

ヒトのストレスや感性を評価するには、心理計測(psychological measurement)が行われる。これは、生体が外界から加えられた刺激の量に対応する感覚量を、数値化して求めることを意味している。

心理計測の方法を理解するには、まず刺激と生体反応をつなぐ伝達制御系について理解しておく必要がある。なぜなら、刺激に対応する感覚量は、多くの場合交感神経系や内分泌系による各器官の亢進(活性化)や抑制(沈静)として計測されているからであ

る。人体に加えられた様々な刺激は、感覚器で検知され、末梢神経を介して脳(中枢神経系)に伝達される。脳では、それらの刺激が認知され統合される。その命令は、下記の2系統を介して全身に伝達され、亢進や抑制などの生体反応が起こる。

- 1) SAM system : 交感神経-副腎髄質系(Sympathetic nervous-adrenal medullary system)
  - 2) HPA system : 視床下部-下垂体-副腎皮質系(hypothalamic-pituitary-adrenocortical system)
- 図1は、後述するストレスによる唾液アミラーゼ

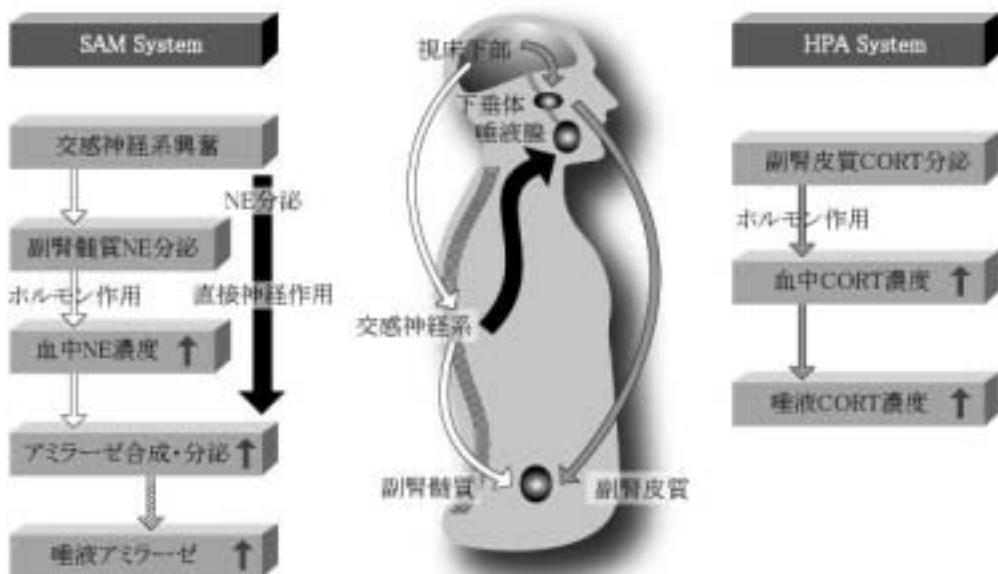


図1 ストレスとその伝達制御系の関係

(SAM:sympathetic nervous-adrenal medullary,  
HPA:hypothalamic-pituitary-adrenocortical,  
NE:ノルエピネフリン, CORT:コルチゾール)

分泌の機序を説明したものである<sup>1)</sup>。SAM system では副腎髓質などでノルエピネフリンなどのカテコールアミンが分泌され、HPA system では副腎皮質でコルチゾールなどのステロイド・ホルモンが分泌される。これらは、血液にのって全身の組織へと運ばれる。また、ノルエピネフリンは神経末端からも分泌されるので、直接神経作用もある。このように、生体のストレス反応には脳と神経系だけでなく、内分泌系も深く関与している。

このほか、免疫系を加えて3系統とする説もあり、精神神経免疫学という研究領域も生まれている。例えば、積極的(ポジティブ)、消極的(ネガティブ)などの心理的状態が免疫機能に変動をもたらし、感染、アレルギーなどに対する生体の抵抗力に影響するという考え方である。もちろん、交感神経系、内分泌系と免疫系とは、複雑な相互作用によって密接な関係にあり、これらを切り離して考えることはできないが、ストレスの伝達制御系を3系統と考えるべきかどうかは意見の分かれるところであろう。近年、このような免疫学的な視野に立ったストレス研究も積極的に行われているが、その機序はまだ十分に解明されているとはいはず、今後の発展が期待される。

## 2. 物理計測

心理計測には、脳波(EEG)<sup>2)</sup>や脳血流量(図2)などの脳機能、血圧、心拍数、血流量や心電図(ECG)などの循環機能、呼吸数や呼吸量の呼吸機能や、発汗<sup>3)</sup>、体温<sup>4)</sup>、眼球運動<sup>5)</sup>などの物理計測が、長い間指標(index)として用いられてきた(表1)。これらの指標には、それぞれ長所・短所はあるものの、基本的には生体に生じた何らかの変化を測定すれば、交感神経や心理量を反映する指標となり得るのである。

それでは、なぜ心理計測が研究レベルから産業レベルへ発展せず、健康、福祉、医療分野において生活の質(QOL)の向上に十分寄与していないのであろうか。それは、いつでも、どこでも、簡単に、即座に測定できる指標が無かったことも大きい。脳血流量の分布は、脳内の活動を3次元的に捉えることができる優れた指標であるが、近赤外光を用いるので外乱光を遮断できる設備が必要である。脳波は、筋電位よりもはるかに微弱な電位変動を計測する必要があるため、被検者が安静を保つように拘束しなければならない。また、心拍数や血流量は、ホメオスタシスや末梢血管(微小循環)の自律的なコントロ

ールによる影響も大きいなど、それぞれ制約条件がある。



図2 近赤外分光法を用いた脳機能の計測  
診断装置の外観

((株)日立メディコ、光トポグラフィ装置ETG-4000、光トポグラフィは(株)日立製作所の登録商標)

表1 心理計測に用いられる物理計測と主観評価

| 測定法の分類 | 測定項目                                 | 原理   |
|--------|--------------------------------------|--|
| 脳機能    | 脳血流量、脳の血中酸素濃度、脳波                     | 光、電気   |
| 循環機能   | 血流量、血中酸素濃度、心電図、血圧、心拍数                | 電気、光、圧力  |
| 呼吸機能   | 呼吸数、呼気量、呼吸率(速さ)                      | 圧力、電気  |
| その他の機能 | 発汗、体温・皮温、眼球運動(瞬目)                    | 湿度、温度、光、電気   |
| 自覚的測定  | 主観評価、自覚症状数、自覚疲労度                     | アンケート(STAI, POMS, NASA-TLXなど)*   |
| 他覚的測定  | 表情、態度、姿勢、動作所要時間、量的出力(作業量)、質的出力(できばえ) | NASA-TLX:National Aeronautics and Space Administration Task Load Index |

\*STAI:State-trait Anxiety Inventory (状態-特性不安検査)、POMS:Profile Of Moods States、NASA-TLX:National Aeronautics and Space Administration Task Load Index

### 3. 化学計測

心理計測としては、これらの物理計測だけでなく化学計測も用いられている。特に、血液、間質液、唾液、尿などの生体液に含まれる生化学物質をバイオマーカーとする研究が注目されている(表2)<sup>6) 7)</sup>。バイオマーカーは、血液に含まれるもののがほとんどであり、SAM system や HPA system に直接係る生化学物質は、ストレス研究に多用されている。さらに、唾液をサンプル(検体)とすれば、非侵襲で、隨時性、簡便性に優れ、血液のように検体の採取がストレスにならないというメリットがある。

ストレス研究において、コルチゾールやノルエピネフリンは、ゴールド・スタンダードとして広く用いられており、その関連論文数は 2,000 を超える<sup>8)</sup>。

これらは、ストレス・ホルモンとも呼ばれ、現在でも重要な指標となっている。しかし、内分泌系の液体調節は、刺激からホルモン分泌まで通常 20 ~ 30 分の時間遅れがある。また、コルチゾールは、血液中の基準値が 10 ~ 15 mg/dl の範囲にあり、免疫測定法(ELISA)などの高感度な分析法を用いれば唾液コルチゾールの分析も可能であるが、ノルエピネフリンの基準値は 24 時間蓄尿でも 10 ~ 90 mg/日ほどしかなく、現状では唾液による分析は不可能である。

クロモグラニン A というホルモンの一種も、ELISA により唾液から分析可能であり、そのストレスマークとしての可能性が指摘されている<sup>9) 10)</sup>。

表2 心理計測に用いられるバイオマーカー

| 指標            | 項目                      | 体液        | 特徴  |
|---------------|-------------------------|-----------|---|
| 交感神経系<br>内分泌系 | コルチゾール(CORT)            | 血液<br>唾液  | ストレス指標として古典的に用いられてきた。                                       |
|               | エピネフリン(EP)              | 血液        | 副腎皮質から分泌されるカテコールアミンの80%はエピネフリン。                             |
|               | ノルエピネフリン(NE)            | 血液        | 古典的なストレス指標。ホルモンであると同時に神経伝達物質。血中濃度が低く唾液での分析は困難。              |
|               | ドーパミン(DA)               | 血液        | ノルエピネフリンとともに、神経伝達物質。  |
|               | クロモグラニン A(CgA)          | 唾液        | 副腎皮質クロム親和性細胞や交感神経から分泌されるタンパク質の一種で、精神的ストレスを反映。               |
|               | アミラーゼ(AMY)              | 唾液        | 唾液アミラーゼは、交感神経系の直接神経作用と、ノルエピネフリン作用の両作用で分泌される。                |
|               | セロトニン(EDTA)             | 血液<br>骨髄液 | 生理的活性アミンの一種で、脳のセロトニンは神経伝達物質である。睡眠、体温、情緒・気分、食欲の調節に関係する。      |
|               | 5-ハイドロキシインドール酢酸(5-HIAA) | 尿         | セロトニンの代謝物を測る中枢神経ホルモン検査で測定される。                               |
|               | 黄体刺激ホルモン(LTH)           | 血液        | 別名プロラクチン。生理作用は、乳腺の発育や乳汁分泌の開始など。ストレスに伴って変化。                  |
|               | 成長ホルモン(GH)              | 血液        | 別名ソマトロピン。ストレスや運動で分泌が増加することが知られる。                            |
| 免疫系           | β-エンドルフィン               | 血液        | 内因性モルヒネ様ペプチドの一種。鎮痛活性が高く、快楽物質ともいわれる。                         |
|               | 副腎皮質刺激ホルモン(ACTH)        | 血液        | 視床下部の刺激で分泌され、副腎皮質のステロイド合成を促す下垂体前葉ホルモンで、朝高く夜低いという明瞭な日内変動がある。 |
|               | 免疫グロブリン                 | 血液        | B細胞によって作られる抗体の一種で、IgAを測定することが多い。精神的ストレスと関係。                 |
| 筋肉            | ナチュラルキラー(NK)細胞活性        | 血液        | ガン細胞やウイルス感染細胞などから生体を防御する免疫活性の指標となる。                         |
|               | インターロイキン(IL)            | 血液        | サイトカインの一種で、脳内ストレス応答機構に関与している。                               |
| 筋肉            | 乳酸(LacA)                | 血液        | LDHによりピルビン酸から産生される解糖系代謝経路の最終産物。筋肉疲労は乳酸の蓄積による。               |

#### 4. アミラーゼとストレス

本研究者らは、唾液に含まれる $\alpha$ -アミラーゼ（以下、唾液アミラーゼ）を用いた心理計測によるストレス研究を進めている。今日までに、唾液腺におけるアミラーゼ分泌は、SAM system、すなわちノルエピネフリンの制御を受けていることが判っている<sup>11)</sup>。このSAM systemには、ホルモン作用と直接神経作用の2つの制御系統が存在する（図1）。直接神経作用により唾液アミラーゼ分泌が亢進される場合には、応答時間が1～数分と短く、ホルモン作用に比べて格段にレスポンスが速いことが判ってきた。すなわち、唾液アミラーゼを用いれば、唾液腺が低濃度のノルエピネフリンの増幅器の役割を果たすだけでなく、コルチゾールよりも鋭敏に反応する優れた指標となり得ると期待できる。さらに、不快な刺激では唾液アミラーゼ活性が上昇し、快適な刺激では逆に低下することを実験的に見出し、唾液アミラーゼによって快適と不快を判別できる可能性があることを示した<sup>12)</sup>。

本研究者らは、携帯式の唾液アミラーゼ活性分析装置を試作し、これを交感神経モニタと呼ぶことにした（図3）<sup>13)</sup>。試作した交感神経モニタは、アミラーゼ（AMY）の基質としてGal-G2-CNP（2-chloro-4-nitrophenyl-4-O- $\beta$ -D-galactopyranosylmaltoside）を含浸したアミラーゼ試験紙を用いたバッチ式の分析機器である。Gal-G2-CNPは、アミラーゼで加水分解されると、時間とともに黄色に発色する。本応応は、基質がなくなるまで続くので、酵素活性を定

量するには、反応時間を規定できるような機構が必要である。そこで、唾液採取紙とアミラーゼ試験紙を用いたテストトリップ、および自動唾液転写機構を考案し、レート法による唾液アミラーゼ活性の定量を自動化した。

交感神経モニタは、使い捨て式のテストトリップと本体（110×100×40 mm<sup>3</sup>, 350 g）で構成した（図2(a)）。本モニタは、唾液採取に30 s、転写と測定に30 sが必要であり、計1分ほどで唾液アミラーゼ活性を分析できる。

唾液アミラーゼは、他のバイオマーカーと比べて下記の利点があると考えている。

- 1) 非侵襲性：血液分析のように、採血による精神的・肉体的苦痛がなく、医療従事者ではなくともサンプル（検体）を採取できる。
- 2) 隨時性：100 ml程度のサンプル量ならば、いつでも1分程度で採取できる。
- 3) 即時性：唾液アミラーゼ活性が高く、酵素法で分析できるので、分析時間が1分以内。
- 4) 簡便性：循環機能、呼吸機能、脳機能などの計測に比べ、測定条件に制約が少ない。
- 5) 携帯性：ドライケミストリー・システム（試験紙）を用いれば、測定器の携帯化が可能。
- 6) 経済性：酵素法で分析できるので、ELISAなどの免疫法に比べ、分析コストが1/100。



(a) 本体に装着した使い捨て式のテストトリップ  
(110×100×40 mm<sup>3</sup>, 350 g)



(b) テストトリップを口腔に挿入すると約30秒ほどで唾液が採取できる

図3 試作した唾液アミラーゼ活性の分析に用いる携帯式交感神経モニタ

## 5. アナログマーカーとデジタルマーカー

これまで、ストレス研究のために心理計測で用いられてきたバイオマーカーは、定量分析が中心であり、その結果はアナログ量、連続量として利用されてきた。それに対し、遺伝子発現の出現消失を解析する強力な方法(遺伝子発現解析)として、DNAマイクロアレイ(DNA microarray, DNAチップとも呼ばれる)を用いた解析法が注目されている。ヒト遺伝子がどうなっているかを知るゲノム解析テクノロジー(センシング)と、病気を発症させる遺伝子がどこにあるか、どのDNA配列が病気の原因となるか(情報)が判れば、確実に診断ができる。すなわち、ストレスに起因するうつ病などの精神神経疾患や慢性疲労症候群など、様々な疾患の発現可能性を、遺伝子レベルからデジタル的に診断しようとするものである<sup>14)</sup>。

ここでは、仮に定量分析に用いられるバイオマーカーをアナログマーカー、遺伝子解析に用いられるバイオマーカーをデジタルマーカーと呼び、ストレス研究におけるアナログマーカーとデジタルマーカー

の役割を比較してみる(表3)。デジタルマーカーでは、ストレスホルモン、熱ショックタンパク質などのストレス関連遺伝子など、1400遺伝子を挙げており、一度に分析するマーカーの種類がアナログマーカーに比べて桁違いに大きいのが特徴である<sup>15)</sup>。

一方、アナログマーカーは製品の快適性評価や自動車運転時の疲労モニタリングなどの産業分野、デジタルマーカーは健康診断や疾患の診断などの医療分野への応用が進められている。すなわち、我々は二者択一を迫られているのではなく、目的に応じて2つのマーカーを組み合わせて利用していくべきである。

ただし、従来の診断技術では、診断結果がそのまま治療に結びつき、「診断で病名が判れば、ひとまず安心」していた。ところが、遺伝子診断の場合には、病気を発症する前から病気になる可能性が判ることになる一方、診断はできるが治療法がない病気がいくつもでてくることになる。これは、実用化までに解決しなければならない倫理的課題であろう。

表3 ストレス研究におけるアナログマーカーとデジタルマーカーの役割

| 項目     | アナログマーカー                                  | デジタルマーカー                            |
|--------|---|-------------------------------------|
| 目的     | ストレス耐性<br>一過性の疲労評価<br>心理的ストレス評価<br>快/不快評価 | ストレス耐性<br>慢性疲労症候群の判定<br>発病リスクの遺伝子診断 |
| データの種類 | 1~10程度                                    | 数百~千                                |
| 計測頻度   | 数回/h                                      | 数回/年                                |
| コスト    | 数十~数千円/回                                  | 数千~数万円/回                            |
| 応用     | 産業分野                                      | 医療分野                                |

## 6.まとめ

ストレスの評価法について、心理計測で用いられてきた方法を中心に解説し、期待される応用分野についても展望した。唾液は血液由来なので、濃度差こそあるが唾液には血液とほとんど同じ化学成分が含まれており、ストレス研究への利用が期待されている。不快なストレスばかりがクローズアップされているが、医学的には快適に感じることを快適なストレス、不快に感じることを不快なストレスと呼んでいる。すなわち、ストレス評価とは「快適さを測ること」であり、これこそが本研究者らが目指すところである。生活を楽しく便利にするという意味を込めて、“Amenity of life (快適さの質)”を新しいヒト感性の指標として提唱していきたい。

### ●参考文献

- 1) 山口 昌樹、新井 潤一郎：生命計測工学、コロナ社、東京 (2004) 182p.
- 2) T. Yoshida, J Psychol Res 42, 54 (2000) ..
- 3) K.E. Hagbarth, R.G. Hallin, A. Hongell, H.E. Torebjork, B.G. Wallin, Acta physiol Scand 84, 164 (1972).
- 4) S.M. Fortney, N.B. Vroman, Sports Med 2, 8 (1985).
- 5) W.W. Wierwille, Hum Factors 21, 575 (1979).
- 6) 山口 昌樹、高井 規安：唾液は語る、工業調査会、東京 (1999) 192p.
- 7) 脇田 慎一、田中 喜秀、永井 秀典、ぶんせき、309 (2004).
- 8) C. Kirschbaum, D.H. Hellhammer, Neuropsychobiology 22, 150 (1989).
- 9) J.P. Simon, M.F. Bader, D. Aunis, Proc Natl Acad Sci USA 85, 1712 (1988).
- 10) H. Nakane, O. Asami, Y. Yamada, H. Ohira, Int J Psychophysiol 46, 85 (2002).
- 11) D.P. Skosnik, T.R. Jr. Chatterton, T. Swisher, S. Park, Int J. Psychophysiol 36, 59 (2000).
- 12) 山口 昌樹、金森 貴裕、金丸 正史、水野 康文、吉田 博、医用電子と生体工学 39, 234 (2001).
- 13) M. Yamaguchi, T. Kanemori, M. Kanemaru, N. Takai, Y. Mizuno, H. Yoshida, Biosens Bioelectron 20, 491 (2004).
- 14) 大森 哲郎、森田 恭子、上野 修一、谷口 隆英、木内 佐和子、田吉 純子、斎藤 俊郎、大田 雅之、六反 一仁、精神経誌 106, 1045 (2004).
- 15) 六反 一仁、加藤 宏一、奈良原 正俊、富田 裕之、斎藤 俊郎、杉山 寿。Bio Industry 19, 19 (2002).

# 寝床内温度フィードバック機能付き エアーコントロールふとんの開発

Development of the air-control futon  
with in-bed temperature feedback function

藤原 義久<sup>\*1</sup>、岡田 志麻<sup>\*1</sup>、鈴木 伸吾<sup>\*2</sup>、米田 文生<sup>\*1</sup>、松浦 英文<sup>\*1</sup>

Yoshihisa FUJIWARA, Shima OKADA, Shingo SUZUKI, Fumiiki YONEDA, Hidefumi MATSUURA

安田 昌司<sup>\*1</sup>、飯田 健夫<sup>\*3</sup>、牧川 方昭<sup>\*4</sup>

Masashi YASUDA, Takeo IIDA, Masaaki MAKIKAWA

本研究では、エアーを送風する機構を有したふとんと、寝床内の温度を検知してフィードバック制御することで目標温度に制御するエアーコントロール手法を開発し、寝床内温度の調整機能の検証と、4名の被験者でのPSG (Polysomnography) 計測を通じて、睡眠の質を評価した。実験の結果から、寝床内温度の調整機能に関しては、フィードバック制御により、全就寝時間の時間割合 98.4 % が目標温度帯 ( $32 \pm 2^\circ\text{C}$ ) に保たれた。また、エアーコントロール手法時に、睡眠潜時は短縮される傾向 ( $p < 0.1$ ) から円滑な入眠が図れること、SWS占有率の増加傾向 ( $p < 0.05$ ) から睡眠のリズムが良くなること、そして睡眠効率が向上する傾向が得られた。これらの結果は、開発したエアーコントロール手法が、睡眠の質の向上に有効であることを示唆する。

In this study, we developed a futon with a ventilation mechanism and an air-control method that measures the temperature inside the bed and that maintains a target temperature using feedback control. We verified the performance of the temperature control system and evaluated sleep quality of four participants by measuring PSG. The result showed that the in-bed temperature was kept the target temperature zone ( $32 \pm 2^\circ\text{C}$ ) for 98.4% of the time when the subjects were in the bed by using the developed feedback control method. We also confirmed the following tendencies: when the air-controlled method was being used, sleep latency marginally shortened ( $p < 0.1$ ), meaning that the subjects fell asleep more easily. The ratio of “SWS (deep sleep)” significantly increased ( $p < 0.05$ ), indicating that sleep rhythms improved. And, the effectiveness of sleep was higher than that of the method without the air-control. These results indicate that the developed air-control method is effective in increasing the quality of sleep.

## 1.はじめに

睡眠には一日の約1/3の時間が費やされており、身体諸機能を健常に保つため必要不可欠である。しかし、我が国における一般住民を対象とした調査において、国民の約5人に1人の割合で睡眠での休息が不十分と答えており<sup>1)</sup>、質の良い眠りを支援する装置や器具へのニーズが高まっている。睡眠の質を向上させる一つの解決策として、睡眠環境を適切な条件にすることがある。睡眠に影響を及ぼす三大因子としては音、光、温度があり、特に、睡眠の質に最も影響を与えるのは寝床内温度である<sup>2)</sup>。この理由としては、睡眠中は体温調節機能が低下しており、

温熱条件の影響を受けやすいからである<sup>3) 4)</sup>、睡眠中の最適な温熱環境に関しては、これまでに様々な研究が行われており<sup>5) 6) 7)</sup>、寝床内温度が約30℃程度であれば、中途覚醒時間が減少することなどが報告されている。本研究では、エアーを送風する通風路を有した掛、敷布団と、寝床内温度を検知してフィードバックすることで目標温度に制御する、寝床内温度フィードバック機能を有したエアーコントローラを開発して、被験者実験を通じて寝床内温度の調整機能の検証と睡眠の質を評価したので報告する。

\*1 三洋電機株式会社 ヒューマンエコロジー研究所

\*2 立命館大学大学院理工学研究科 \*3 立命館大学情報理工学部 \*4 立命館大学理工学部

## 2. 寝床内温度フィードバック機能の開発

開発する機器に求められる仕様としては、寝床内温度を快適な範囲で制御可能のこと、また、寝床内の気流が睡眠状態に及ぼす影響を考慮し人体に直接送風するのではなく不感気流として送風が可能なことが必要最低限の条件である。今回、我々は上記の仕様を満たしたエアーコントロール布団送風機、専用の敷布団、掛布団(鳥取三洋電機株式会社製)、および寝床内温度フィードバック制御手法を開発した<sup>8)</sup>。このエアーコントロール布団の概要を図1に、布団と送風機の接続継手を図2に示す。掛布団、敷布団の内部は袋状の通風路を有し、図2に示したように送風機からはダクトを介して布団の内部へ送風する仕組みになっている。エアーは布団を通じて寝床内に拡散する機構となっており、結果として人体には直接に気流があたらず、不感気流(気流0.2m/s未満)として寝床内温度を制御することができる。また、本装置は寝床内温度を計測するための3つのサーミスタ(株式会社芝浦電子製、PBM-4、抵抗値: R(25°C) = 10.74kΩ ± 3%)と、送風するエアー温度を28°C~35°Cの範囲で0.5°Cにて制

御することのできるエアーコントローラから構成されている。

寝床内温度の制御に関しては、敷布団の下肢にあたる3点にサーミスタを設置し、この平均値から寝床内温度を検知して、その点を目標温度(T°C)に制御するようにエアーコントロール布団の出力値を決定、寝床内に送風を行い終夜にわたり寝床内を目標温度に保つ。今回、下肢にあたる部位にサーミスタを設置したのは、例えば、温度の低い末梢部を加温することにより入眠を促進することができるなど、睡眠において末梢部温度は重要だからである。制御方法に関しては、寝床内気温のコントロール応答性が遅いことや、寝床内のサーミスタからの温度情報が体動や体位の影響を大きく受けることなどから、一般的な数式制御が困難であると考えた。そこで、設定温度が0.5°C毎であることを考慮し、設定温度と寝床内温度に基づく偏差型ファジィ制御を採用した。この偏差型ファジィ制御は、目標温度と寝床内温度の温度差分、および室温を計測して、これらの値に応じて、寝床内を目標温度に制御するための、アルゴリズムを制御テーブルとして保有している。なお、エアーコントローラには室内温度を検知するサーミスタが内蔵されており、各々の室温に応じた温度制御テーブルの値は、エアーコントロール布団において被験者が実際に就寝し、送風温度28°C、30°C、32°C、34°Cの一定送風を行う予備実験や、設定温度、送风口温度、および寝床内温度を詳細に計測した結果などから実験的に決定した。



図1 エアーコントロール布団の概要

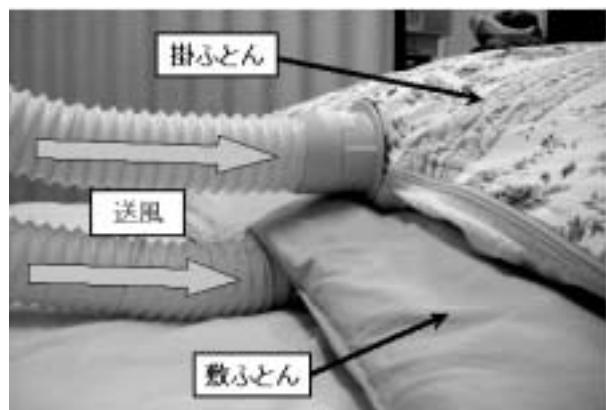


図2 布団と送風機の接続継手

## 3. 開発した寝床内温度フィードバック機能の評価実験

快適な睡眠、質のよい睡眠には、大きく3点のポイントがある<sup>9)</sup>、第一は円滑な入眠である。寝つきが良いほど睡眠感は良くなる。第二は睡眠リズムである。睡眠のリズムは、徐波睡眠が第一睡眠周期に多く出現すること、就床してから徐波成分が最高値に達するまでの時間が短いことが理想の睡眠である。第三は円滑な目覚めである。起床時の目覚めの状態が睡眠感に影響する。本研究では、開発したエアーコントロール布団の性能を上記の観点から評価するため、次の実験を行った。なお、すべての実験では、事前に被験者には実験内容を説明し、承諾を得た。それぞれの実験方法の詳細を以下に示す。

### (1) 実験の概要

実験期間は2003年11月後半~2003年12月後半である。健常男性被験者4名(22.4±0.9歳)を

対象とした。被験者は一夜目に順応夜を設定し、二日目以降、寝床内温度を操作しない状態での実験を行った条件（条件1）と、エアーコントロール布団を使用して、寝床内温度を、快適な寝床内温度である目標温度32°C<sup>10)</sup>にフィードバック制御した場合（条件2）にて実施した。なお、被験者には実験条件を教示せず、実験条件は被験者毎に順序効果を考慮した。光と音による睡眠への影響をなくすため実験室の環境は寝床内の温度以外は同条件とした。

実験時には、衣服は上下パジャマ(0.5clo.)で統一した。被験者からは、睡眠状態を定量的に評価する生理信号として、脳波(国際基準10-20法に基づくC3、C4、F3、O1)、眼球運動、頸部筋電図をデジタル多用途脳波計(SYNAFIT5100、NEC社製)を用いてPSG(Polysomnography)を計測した。主観評価として就寝前と起床時には、OSA睡眠調査票<sup>11)</sup>と、睡眠の質（“寝つきのよさ”、“中途覚醒の少なさ”、“睡眠満足感”）と寝床内の温熱感についての主観調査(-100点～+100点の連続尺度)を実施した。また、寝床内の気候条件の制御結果を評価するために、温度・湿度記録計(佐藤計量器製作所SK-L200TH、計測範囲-10～60°C、20～99.9%RH(23°C)分解能温度：0.1°C、湿度：0.1%RH)を、掛布団下側の上部(Thorax)、中部(Abdomen)、下部1(Foot1)、下部2(Foot2)、下部3(Foot3)の5点に設置した。本実験の実験風景を図3(被験者就寝)に示す。



図3 実験概要

## 4. 実験結果

### (1) 温度制御の評価

エアーコントロール布団を使用しない場合(条件1)と、エアーコントロール布団を使用し、寝床内温度を目標温度32°Cにフィードバック制御した場合(条件2)での寝床内温度を計測した結果を以下に示す。被験者S.Sにおける、条件1での寝床内の掛布団5点の温度と、寝床内温度をフィードバックし、エアーコントロール布団の送風温度を制御した条件2での計測結果を図4に示す。図中にて温度が急に変化した個所は、体動によりサーミスタに体が接したり、離れたりしたことが理由である。また、室内において暖房器具を使用していないため、条件1では寝床内温度が全体的に低くなり、温度変化の幅が20～32°Cと大きくなっている。一方、条件2では条件1と比べ寝床内温度が全体的に高くなり、快適温度に近づき、温度変化の幅が小さくなっている。さらに、温度制御の効果を検証するため、評価用に計測した代表5点の温度を、式(1)に示す寝床内温度と目標温度(32°C)からの差の平均AEとして評価した。結果として、全就寝時間の時間割合98.4%が32±2°Cの温度帯に保たれた。なお、寝床内湿度はすべて60%以下に制御された。

$$AE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (|Y[i] - 32|) \quad (1)$$

ただし、 $Y[i]$ ：i回目の計測寝床内温度

N：総計測回数

### (2) 睡眠の質の評価

睡眠を評価するためRechtsehaffen & Kalesの睡眠判定に従って<sup>12)</sup>、両条件における睡眠深度を算出した。なお、睡眠深度の判定には睡眠解析プログラム(SleepSign、キッセイコムテック社)を用いた。今回、この結果を定量的に検証するため、睡眠の質を評価する尺度として、睡眠潜時(SL: sleep latency)、睡眠効率(SEI:sleep efficiency index)、SWS占有率を用いた。睡眠潜時は就床から入眠までの時間を示すものである。入眠はStage1(S1)が5分以上持続するか、もしくはS1より深い睡眠を含んで5分以上持続した場合を示す。

睡眠効率は全就床時間(TIB: time in bed)に対する睡眠していた時間の割合を示す指標である。睡眠潜時が長い場合や、中途覚醒があると睡眠効率が

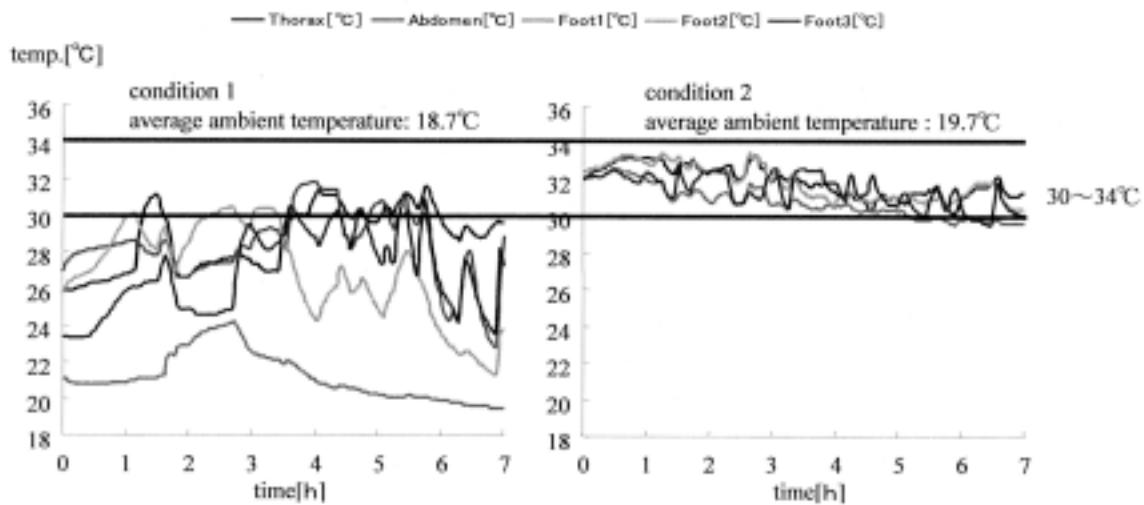


図4 エアーコントロール布団 未使用（条件1）と使用（条件2）時の寝床内温度

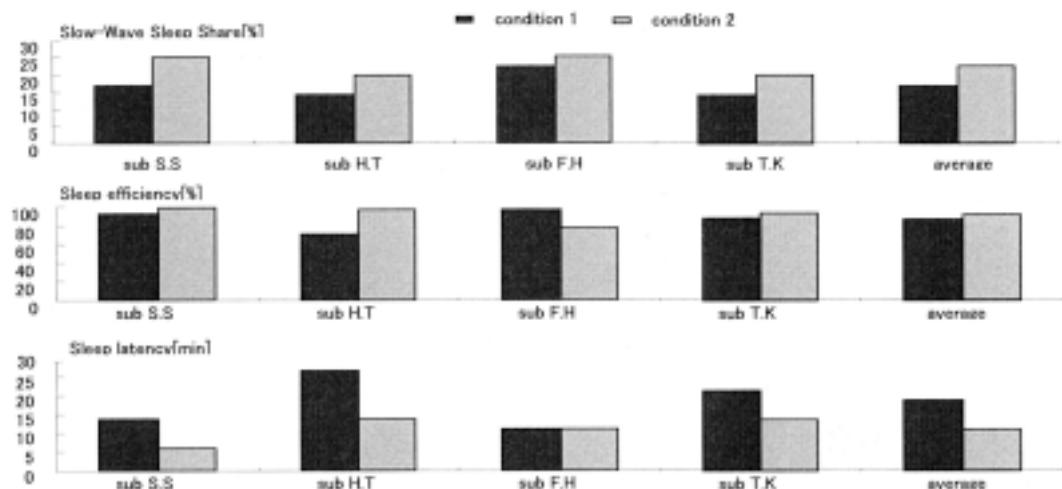


図5 各被験者の睡眠変数 (SWS占有率, 睡眠効率, 睡眠潜時)

悪くなる。SWS占有率は睡眠中の徐波睡眠の割合を示したものである。この値が大きいほど深く眠れており、朝の目覚めに効果があることを示す。

全就寝時間 (TIB : time in bed) = 就寝から起床までの時間 (分)

$$\text{睡眠効率} = (\text{TIB} - \text{all SW}) / \text{TIB} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{SWS占有率} = (S3 + S4) / \text{TIB} \times 100 (\%) \quad (3)$$

図5に、各被験者における、各々の睡眠評価指標の結果を示す。SWS占有率は、いずれの被験者に

おいても条件2において増加した。睡眠効率は、被験者F.Hを除いて、条件2において上昇した。また、睡眠潜時は、いずれの被験者においても、条件2において、就寝してからSWSの出現までの睡眠潜時間が短縮した。また、各被験者における、OSA睡眠調査の結果を解析したところ、いずれの項目 (I. ねむけの因子、II. 睡眠維持の因子、III. 気がかりの因子、IV. 総合的睡眠の因子、V. 寝つきの因子)においても、条件2では条件1に比べて、睡眠の質が向上していた。

## 5. 考察

睡眠において、寝床内温度が暑くも寒くもないといった温熱的中性では、耐寒、耐暑としての生体の生理反応にとっての負担は少なくなる。よってこの温熱的中性の時に、レム睡眠が最も長く、SWS睡眠も最も長い。そして、温熱的中性より低い温度もしくは高い温度ではレム睡眠、SWS睡眠ともに減少する。このことは睡眠の調節機構に温度入力が直接影響していることを示している。今回、開発した寝床内温度フィードバック機能は、この温熱的中性を支援する技術であると考える。

## 6. おわりに

本研究では、寝床内温度を検知して、快適な目標温度にフィードバック制御することで、睡眠潜時が短縮される傾向より円滑な入眠が図れること、SWS占有率が増加すること、そして睡眠効率が上昇する傾向が得られた。これらの結果は、寝床内温度フィードバック機能が、睡眠の質の向上に有効であることを示唆する結果である。最後に、本研究に際し、ご協力を頂いた立命館大学理工学部、情報理工学部の各位に感謝の意を表します。

### ●参考文献

- 1) 高橋清久：序章、睡眠障害の対応と治療ガイドライン、睡眠障害の診断・治療ガイドライン研究会、内山真編、じほう、東京、(2002)
- 2) 梁瀬度子：寝室環境と睡眠、日本睡眠学会編、睡眠学ハンドブック、97-100、朝倉書店、(1994)
- 3) Y.Hashizume: Fluctuation of rectal and tympanic temperatures with changes of ambient temperature during night sleep, Psychiatry and Clinical Neurosciences, Vol.51,129-133, (1997)
- 4) 中山昭雄、入來正躬：体温調節の生理学、医学書院、(1987)
- 5) Heller,H.C.,and S.F.Glotzbach, Thermo-regulation during sleep and hibernation, Int.Rev.Physiol., 15,147-188, (1977)
- 6) James Waterhouse, David Minors, Torbjorn Akerstedt: Relationship between Sleep Stage and Short-term Changes in Rectal Temperature in Humans, Biological Rhythm Research, Vol.26,No.1,32-47, (1995)
- 7) E.H.Haskell, J.W.Palca, J.M.Walker: The effects of high and low ambient temperatures on human sleep, electroencephalography, Vol.51,494-501, (1981)
- 8) 岡田志麻、水貝浩次郎、黒田征平、鈴木伸吾、藤原義久、山本泰司、米田文生、伊藤幸夫、牧川方昭、飯田健夫：寝床内フィードバック機能付きエアーコントロール布団の評価、第43回日本エム・イー学会大会講演論文集、OR29-4,399, (2004)
- 9) 山本由華吏、田中秀樹、山崎勝男、白川修一郎：入眠感調査表の開発と入眠影響因子の解析、心理学研究、第74巻、第2号、140-147、(2003)
- 10) 梁瀬度子：安眠への条件.遠藤四郎、奥平進之編：不眠症、有斐閣、東京。275-285,(1981)
- 11) 小栗貢、白川修一郎、安住一雄：OSA睡眠調査票の開発、精神医学, Vol.27, 791-799, (1985)
- 12) A.Rechtschaffen & A.Kales: A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of Human subjects,UCLA Brain Information Service/Brain Research Institute, Los Angels.(1978)

### 連絡先

三洋電機株式会社  
研究開発本部 ヒューマンエコロジー研究所  
藤原 義久  
電話： 072-841-1284  
E-mail : y\_fujiwara@rd.sanyo.co.jp

# 独立行政法人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

五月雨に木々の緑が美しい午後、大阪 池田市のヒューマンストレスシグナル研究センターをお訪ねしました。二木銳雄センター長がにこやかにお迎え下さいました。

**[センター]** ヒューマンストレスシグナル研究センター（以下HSSと言う）では、ストレスの総合的理解、解明のためのご研究をされているとのことです、その目指すところについてお聞かせ下さい。

**[HSS]** HSSは、2001年4月に設立されました。21世紀を迎えた現代はストレスの時代と言われています。実際、私たちは常にさまざまなストレスにさらされています。こうした中で、HSSでは、ストレスを広く生体への刺激、シグナルと捉え、ストレス科学の発展とそれに関わる総合健康産業の創生に寄与することで、質の高い生活を維持できる高齢化社会の実現に貢献することを目指しています。

現在、HSSはストレス応答研究チーム、ストレス計測評価研究チーム、精神ストレス研究チームの3つのチームに分かれて研究を行っています。

**[センター]** 各チームの研究内容について簡単にご紹介ください。

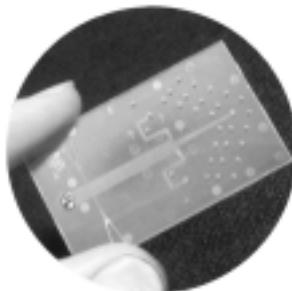
**[HSS]** ストレス応答研究チームでは、主に生化学的なアプローチを行っています。人間にとってのストレスは精神的なものだけではなく、花粉や化学物質などもストレスになります。このチームでは、生体がこうしたストレスを受けたとき、どのように反応するかを研究しています。試験管の中での実験や、神経細胞や実験動物を使った実験を繰り返すことで、ストレスによって脂質、遺伝子、タンパク質などがどう変化するか突き止めようとしています。このことによって、ストレスの影響を明確に示す指標（ストレスマーカー）が明らかになると、血液を分析することでストレスの状態が分かるようになります。このストレスマーカーの発見は今までに世界的競争の中にあります。



執務室の二木銳雄センター長

一方、ストレス計測評価研究チームでは、様々な現場でストレス情報を手軽に計測できるような計測・分析システムの技術開発を行っています。ストレスマークを発見したら、今度は測定しなければなりません。このチームでは、ストレス計測用のセンサや分析プロセスをチップ状に埋め込んだ、Lab-on-a-Chip（ラボチップ）を開発しています。

ラボチップは写真のようにガラスやプラスチックなどの小さな板に微細な溝やくぼみを刻んだもので、そこに唾液などのサンプルを乗せて測定器に取り付けて電圧をかけると電気泳動によって分離し、ストレスマークを測定することができます。



ラボチップ  
Progress Report p19より



ラボチップを測定器に取り付ける脇田慎一氏  
(ストレス計測評価研究チームチーム長)

ストレス反応の出方には個体差がありますので、いくつかのマーカーを測定して総合的に判断する必要が出てきます。そのためには、ラボチップを使って唾液から同時に10種類くらいのマーカーが測れるようにしたいと思っています。

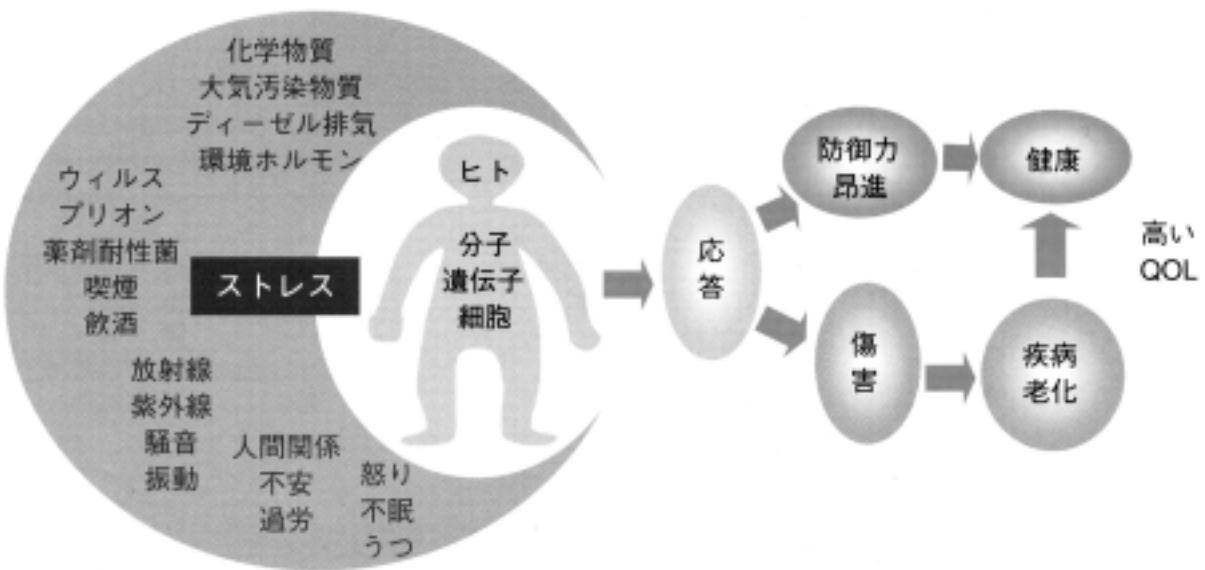
最後は、精神ストレス研究チームです。このチームは2005年の4月1日に発足した新しいチームです。つくばセンター内にあって、神経系のストレスや精神疾患のストレスの研究を行っています。アルツハイマー、パーキンソン病、多動性(ADHD)といった疾患のメカニズムの解明と診断方法の研究です。有効なマーカーが発見できれば、病気の早期発見に役立てることができます。

[センター] ストレスを「生体への刺激」と捉えますと、ご研究の対象は大変広いですね。さらに受けけるストレスの量、時間によって反応も変わるとなると、気が遠くなります。ストレスには良いストレスもあるとお聞きしました。

[HSS] 低い量のストレスの場合、細胞がその刺激に対抗しようとして元気になることが知られています。このことは、細胞レベルだけでなく動物実験でも確認されています。放射線、笑い、音については論文も出されています。ただ、良い影響を表すストレスマーカーはまだありません。快適性に関しては個体差が大きいので特定するのはなかなか難しいと思います。企業の方々が期待されるように、ある商品を利用したときの快適性の評価尺度として応用できるのはまだまだ先のことですが、私たちの研究段階とは別のステージで考えていかなければならないでしょう。

[センター] ご研究の中でのご苦労などをお聞かせ下さい。

[HSS] 新しい研究分野ですので、各チームでさまざまな苦労があると思います。分かりやすい例で申しますと、例えば、ストレスの種類と量を規定して反応を見ていくわけですが、精神的ストレスの場合には定量化すること自体が大変難しいです。また動物実験の場合には問診ができませんので、主観評価がとれないということがあります。



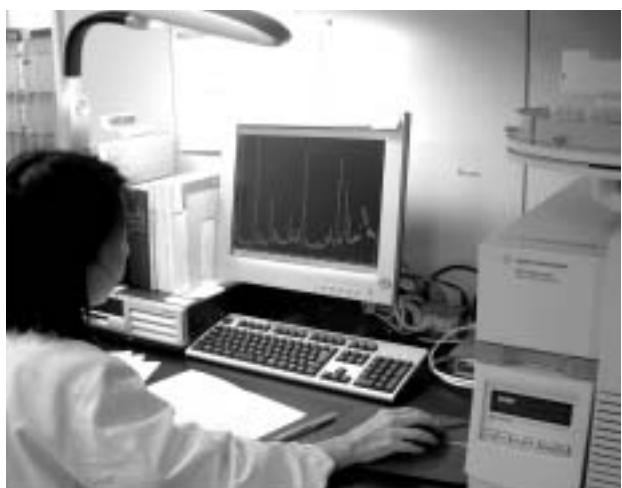
**[センター]** そうした中でのご研究の成果は、これから私たちの生活をどう変えていくのでしょうか。

**[HSS]** 先ほどもお話しした通り、快適ストレスマーカーの特定は大変難しいので、現状ではまず、動脈硬化、癌、アルツハイマー、パーキンソン病、C型肝炎といった病気を主な対象として研究を行っています。こうした病気のストレスマーカーを発見し、それを手軽に計測できる計測器が出来ると、病気の診断、早期発見に役立てることができます。さらに、食品やサプリメント、予防薬などの効果について科学的な証拠を示すこともできるようになります。

現在は、生活の中での自分のストレス状態を知ることが出来ません。将来、そこにものさしを提供し、自分のストレス状態が分かるようになれば、生活の質は格段に上がると思います。

**[センター]** 最後にHSSの最新のトピックスをご紹介下さい。

**[HSS]** 3つご紹介したいと思います。1つ目は、新しい酸化ストレスマーカーを同定したことです。このマーカーは、血液中のコレステロールなど脂質の酸化物をガスクロマトグラフィーと質量分析にかけて取り出す、体の中の抗酸化状態を評価するマーカーです。現在、その有効性の検証を行っています。



酸化ストレスマーカーの分析

2つ目は、新しい測定デバイスを作りつつあることです。これまで大型の分析装置を用いてストレスマーカーを定量する必要がありましたが、それを

掌に乗る程度の小さなチップを用いて、迅速に測定できるようになります。唾液中のストレスマーカーを分析するデバイスの開発を進めています。

3つ目は、多動性の症状をもつモデル動物を作りました。多動性はこれまでその原因もメカニズムもほとんど分かっていませんでしたので、解明への第1歩になります。

**[センター]** 今日は貴重なお時間をいただき、大変勉強になりました。ストレスが生体にもたらす影響の解明は、これから時代にとても重要なテーマだと思います。こうしたご研究は将来の私たちの健康で快適な生活の支えとなりますので、大変期待が高まります。生活の質の向上に向けて、これからも交流させていただきたいと思います。今日は本当にありがとうございました。

**独立行政法人産業技術総合研究所関西センター  
ヒューマンストレスシグナル研究センター**

〒563-8577 大阪府池田市緑丘1-8-31  
TEL : 072-751-9991  
FAX : 072-751-9964

# 人間行動の理解とそのものづくりへの応用（3） —住宅内居住者行動の計測・理解技術とその応用—

吉岡 松太郎（よしおか まつたろう）

「人間行動適合型生活環境創出システム技術開発」プロジェクト成果報告シリーズの第3回目として、ここでは、日常生活における安心確保を目的に開発された住宅内行動の計測・理解に基づく安心生活支援技術について報告する。

## 1.はじめに

住宅は私たちが生活する上で最も安心してくつろげる空間であるべきである。しかし、実際には、家庭内での不慮の事故による死亡件数は、2001年には交通事故死者数に匹敵するまで増加している。特に、65歳以上の人の住宅内事故死は交通事故死の1.7倍にもなっていると言われている。今後益々進展する少子高齢化や核家族化は、今にも増して、人が生活者を見守ることを困難にするばかりでなく、安心してくつろげる場としての住宅の基本的機能をも脅かすことにもつながりかねない。こうしたことから、技術によって生活者を見守り、その安全・安心を確保することが切実な問題となってきている。

このような状況を背景に、「人間行動適合型生活環境創出システム技術開発」プロジェクトの中では、「生活者支援のための住宅設備機器高度化支援技術の開発」として、住宅内における居住者の安全・安心の確保を目的とした様々な技術の開発を行ってきた。連続的に計測・蓄積し、それに基づき、「普段の生活」を理解し、そこからの逸脱（普段と異なる生活行動）を自動検知して、緊急通報や健康管理支援を行う「安心生活支援技術」、および、住宅内での生活者の動作をコンピュータマネキンによりシミュレートし、生活空間と生活者との適合性を評価して、安全・安心な生活空間を構築するための「生活空間設計支援技術」の開発が進められた。

本稿では、主として、「安心生活支援技術」を中心に、ここで開発された諸技術の内容について述べるとともに、これら技術の応用として開発されたいく

つかの安心生活支援システムについて紹介する。

## 2. 安心生活支援技術

日々の生活における安心や安らぎは、誰かに見守られ、何か事があれば直ちに支援の手を差し延べてくれるという自覚を基本に実現される。しかしながら、前節に述べたように、昨今の核家族化の進展は、見守る誰かや事が起こった際に支援してくれる誰かの確保を困難な状況にしている。また、生活における安心を高めるためには、事が起こる前にその予兆を検知・自覚し、危険な状況に陥ることを回避できることが重要で、とりわけ、自身の健康の側面からはこうした予兆検知がより高い安心感を与えると考えられる。

ところで、住宅内の生活行動は、朝起きてトイレに行き、食事を済ませて、着替えて仕事に出かけるといったように、基本となる生活行動の一連の繋がりとして表現できる。この一連の生活行動は、いつもは概ね同じように推移するが、体の具合が悪い時は行動の順序が変わったり、行動に要する時間が長くなったりする。

このようなことから、安心生活支援技術では、このような、住宅内で日々繰り返し行っている日常生活行動を生活者の負担にならない形で、常時・連続的に計測する技術（生活行動計測技術）、計測された生活行動情報から普段の生活行動を把握とともに、この普段の生活行動と現在の生活行動を比較することにより、日常生活の行動上の変化や異常状態を自動的に検知する技術（生活行動理解技術）、お

より検知された行動変化や異常状態を居住者等に適切に通知・アドバイスすることにより生活における安心の確保を支援する技術（生活行動支援技術）な

どの諸技術の開発を進めてきた。図1はこの安心生活支援技術の考え方を図示したものである。

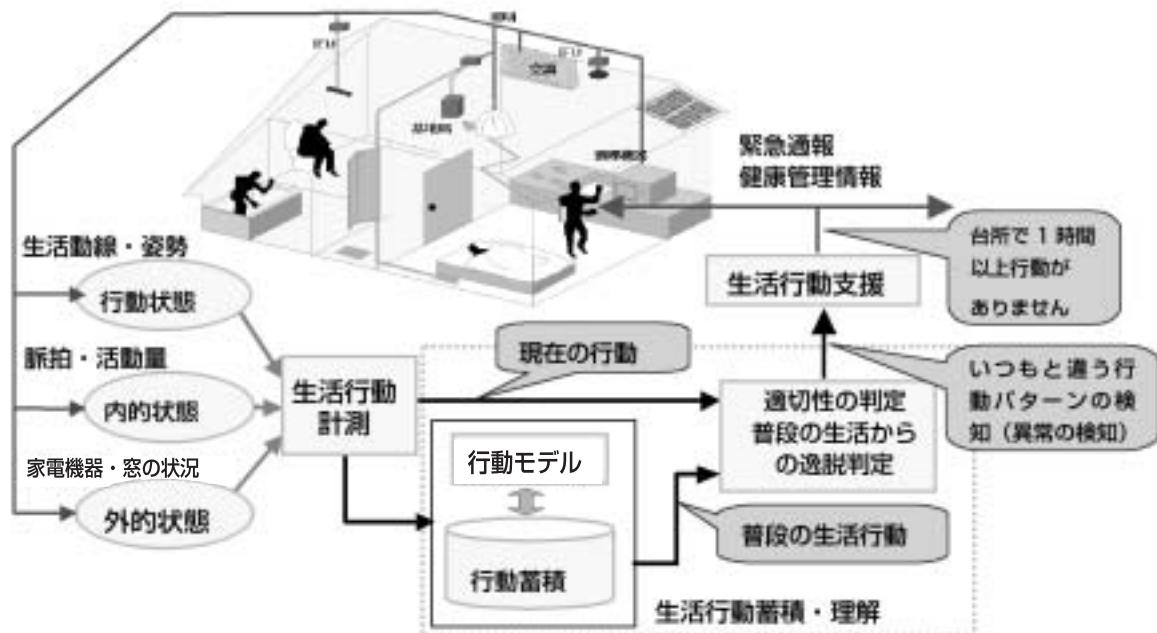


図1 安心生活支援技術の考え方

### 3. 生活行動の常時計測技術と行動理解技術

住宅内の生活行動における変化や異常予兆を捕らえるためには、日々の生活行動をつぶさに計測・蓄積し、それによって得られる情報から、個別生活者の生活状態を理解する技術を開発する必要がある。

そのために住宅内の生活者の行動を計測する技術として、住宅内に設置されたセンサ群およびウェアラブルセンサを用いて、日常生活における一連の生活行動を常時計測・蓄積し、それによって得られるセンサ情報から、個別生活者の生活状態を理解する技術を開発した。

#### 3.1 個別生活者の常時行動計測

住宅内で個別生活者が「いつ」「どこで」「何をしたか」を自動的に検出するため、複数の生活者の生活行動を個別行動情報に分離して計測する技術を開発した。ここでは、まず、生活者の行動情報、生体情報、環境情報を常時計測する167個(15種類)のセンサを配置した実験住宅を開発した(図2)。実験住宅では複数センサを用い、生活動線、姿勢、個人識別情報などの行動情報、心拍、活動量などの生体情報、窓・扉の開閉情報、家電製品の使用情報などの環境情報を常時計測する。常時計測のためのセ

ンサ類の多くは、市販のセンサの組み合わせで構成されているが、人体の姿勢・個人識別情報等の個人情報計測のためのウェアラブルセンサおよび生活動線計測のためのCCD位置センサ等を新規に開発した。



図2 実験住宅

ウェアラブルセンサは個人毎の行動状態を計測するためには身体装着型のセンサシステムで、3軸の加速度センサから、人の行動に伴う加速度を取得・分析することで歩行、立位、座位、臥位などの5種類の姿勢状態を判定でき、その判定精度は約90%で

あることを実証した（図3）。



図3 開発したウェアラブルセンサ

CCD位置センサでは、各部屋に備えたCCDカメラからの映像を画像処理して、人体の頭部位置を床面の2次元座標として±30cmの精度でリアルタイム検知できる（図4）。なお、CCD位置センサは位置情報のみを出力するもので映像そのものの出力はない形で構成されている。

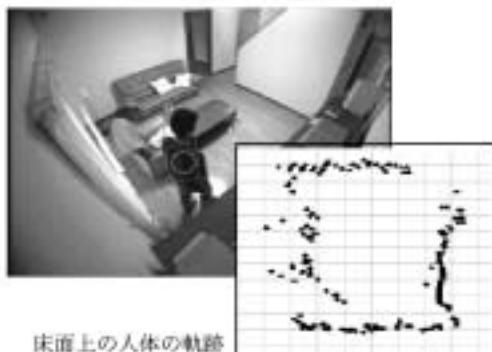


図4 CCD位置センサの処理例

計測は、人体の姿勢・活動量・脈拍数・個人識別情報をウェアラブルセンサで検知し、人の生活動線をCCD位置センサで、人体の動きを各部屋に設置した赤外線センサで、環境情報を窓・扉に取り付けた開閉センサと家電製品に組み込んだスイッチ・センサで行う。また、床に埋め込まれたRF-ID（Radio Frequency Identification）発信器からの信号をウェアラブルセンサで受けることにより、誰がその場所に居るかを判定し、その人の動きをCCD位置センサでモニタリングし、その人が行った窓・扉や家電製品の操作を検知することができる（図5）。

これらのセンシング情報は、最短1秒間隔で宅内情報通信ネットワーク（ECHONET）を通じて収集され、そこでは、センサ状態が変化した信号のみを

送信することで、ネットワーク上の通信量を抑えている。

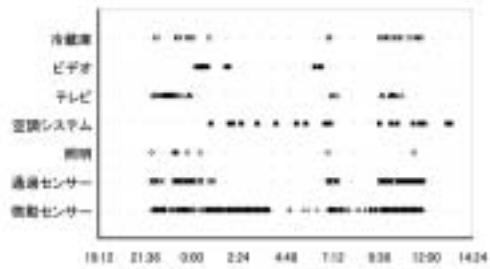


図5 センサ情報収集例（リビング）

### 3.2 個別生活者の行動理解

常時計測技術で得られる複数センサ情報を統合して、誰が何をしたかを自動判定する技術を開発した。対象とする生活行為として表1に示す13種類の基本生活行為を抽出した。

表1 生活の13の基本行為

| No. | 基本行為     | No. | 基本行為          |
|-----|----------|-----|---------------|
| 1   | 睡眠       | 8   | くつろぎ          |
| 2   | 着脱衣      | 9   | 入浴            |
| 3   | 洗面/身だしなみ | 10  | トイレ           |
| 4   | 食事       | 11  | 外出            |
| 5   | 食事準備     | 12  | 学習/仕事         |
| 6   | 洗濯       | 13  | 世話(育児、介護、ペット) |
| 7   | 掃除       | 14  | その他           |

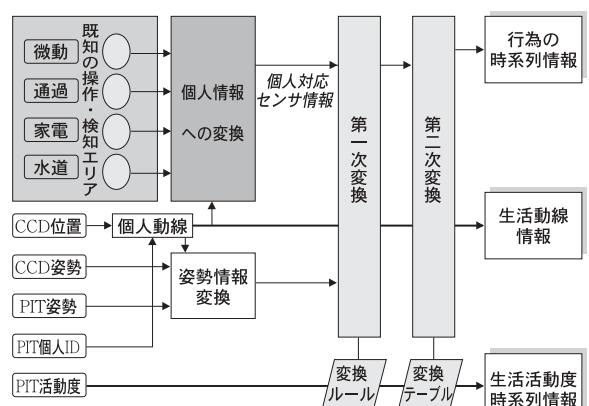


図6 生活行為への変換処理

センサ情報から生活行為への変換アルゴリズムは、図5に示すようにまず10秒の時間窓内のセンサ情報から行為の候補を推定し、次に候補のつながりの妥当性を評価して妥当性の高い行為を最終出力とす

る2段階で実行している。一次変換はセンサの位置や間取りに依存した処理であるが、二次変換はそれらに依存しない処理であり、2段階に分けることにより処理の汎用性を高めた。

これらのアルゴリズムを、自由生活を行った1ヶ月間の4人家族（父、母、娘、息子）の滞在実験に適用し、個人の場所特定において図7に示すように平均78%という高い正答率を達成し、24時間のうちの65%において正しく行動を記述できることが実証された。また、生活習慣等の異常検知に有用な食事や睡眠、トイレ等の6つの重要行為について図8に示すように平均で63.5%の正答率が得られた。

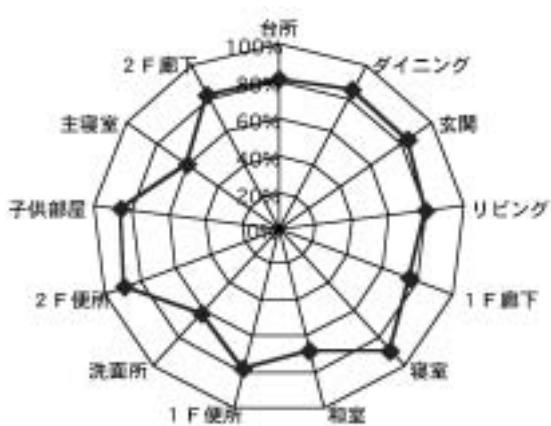


図7 長期実験における個人の場所選定の正答率

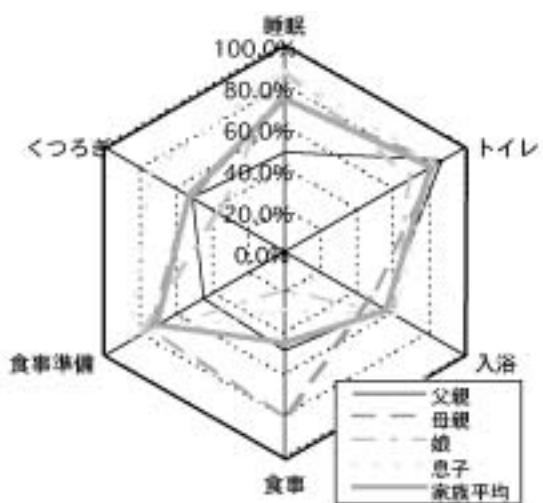


図8 長期実験における行為変換の正答率

### 3.3 世帯としての生活行動情報の計測・理解

本開発においては、上に述べた、実験住宅のように多数のセンサを用いるのではなく、赤外線センサ付き照明器具と、コンセントに接続して家電機器の

稼動状況を計測する電力量センサを各部屋に設置し、家族の動きと家電製品の使用状況を常時・連続的に計測するシステムを開発し、住宅内に居住する生活者全体（世帯）としての生活変化を捉える、簡易な生活行動計測・理解技術も併せて開発した。このシステムを、実際の既存住宅内に設置し、1年間のデータ収集を2軒で、1~2ヶ月のデータ収集を15軒で実施し、生活行動の常時・連続計測とそれに基づき、世帯としての生活変化が捕らえられることを実証している。

## 4. 生活支援システムの開発

本技術開発においては、前節までに紹介した生活行動の計測・蓄積・理解技術を基に、具体的に生活支援を行ういくつかの支援システムの開発を行っている。以下、これらの支援システムについて紹介する。

### 4.1 行為系列からの異常検知

3.3節までの方法により得られた生活行為のおよびその行為が行われている場所の時系列情報から行為の移り変わりやそれに伴う場所の移動に係る確率を求め、これらの連鎖として生活行動を表現するモデルを構築した。このモデルを基礎に、「普段」の生活行動をモデル化し、そこからの逸脱状態を検知することにより、個人の生活行動の異常を検知する技術を開発した。

この技術を実験住宅における4人家族の1ヶ月間の生活実験にて取得した行動データに適用し、生活行動に係る異常検知を試みた。結果、異常と判定されたケースでは、普段にはない部屋への移動（普段はダイニングで食事をしているのに、ある日は同じ時刻に2階で行動しているなど）や、特定の時間帯での普段行われていない行為の実施（普段は外出している時間帯なのに在宅でくつろいでいるなど）などが確認でき、生活パターンの変化や生活行動上の異常が検知できることができた。

こうした技術は、様々な生活場面での危険予測や安全・安心を提供する技術の基礎技術をなし、少子高齢化を迎える今後ますます重要な家庭内の緊急通報や見守りシステムに必要な基盤を確立した。

### 4.2 歩行様態計測に基づく運動機能評価システム

ウェアラブルセンサ技術を応用し、生活者の異常な運動や、運動機能の主要な指標である歩行時の個

人特性を客観的に評価し管理するシステムを開発した。このシステムは、歩行時の特性評価技術における各評価指標を自動算出・蓄積し、生活者に評価結果をフィードバックすることで、リハビリ等における運動機能回復状況を評価・支援するものである。

ここでは、ウェアラブルセンサに組み込まれた加速度センサ信号を基に、歩行時の歩行様態を計測・

評価するアルゴリズムを開発した。具体的には、リハビリ等における運動機能回復時の評価視点や事前の標準歩行実験等から、歩行スタンス、歩幅、歩行速度、左右支持率、座立変換時バランス等を指標として抽出し、これらの指標を各軸の加速度波形を周波数分析した結果から算出するアルゴリズムを開発した。例えば左右支持率は、図9に示すように左右方向の加速度から決定される歩行周期から左右の脚による前後方向の加速度への寄与分の比率として求めている。

開発システムの有効性実証として実際のリハビリ患者を対象に実験を行ったところ、リハビリ日数の経過に伴う運動機能の回復と各指標との間に相関を見出すことができた。

事前の理学療法士に対するヒアリングやモデル歩行評価の結果として、下肢の運動機能回復が進むに連れて歩行時の「スタンスが最終的には短くなる」、また「左右の脚の加重バランスが一様になる」という仮説が事前に得られていたが、実験結果では、左右支持率において86%、歩幅評価において76%、スタンス評価において72%の高い仮説正答率が実証でき、これらの指標の有効性が検証された。

理学療法士や整形外科医を対象に実証実験に用いたシステムについて運用上の評価をヒアリングした結果、患者および医療スタッフの負担が小さく、頻繁に使用できサンプル数を確保できる点、患者の自然な歩行が測定できる点、計測場所を選ばない点において、従来の運動解析装置よりも優位な評価が得

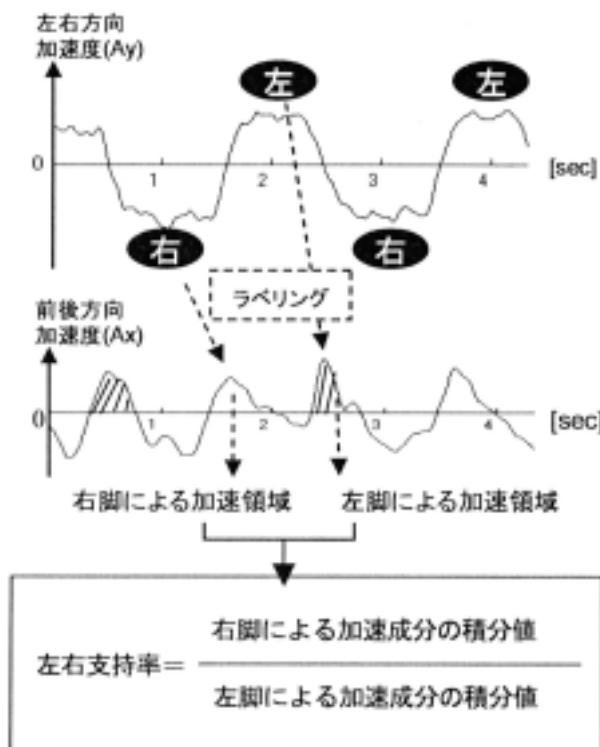


図9 左右支持率の算出アルゴリズム

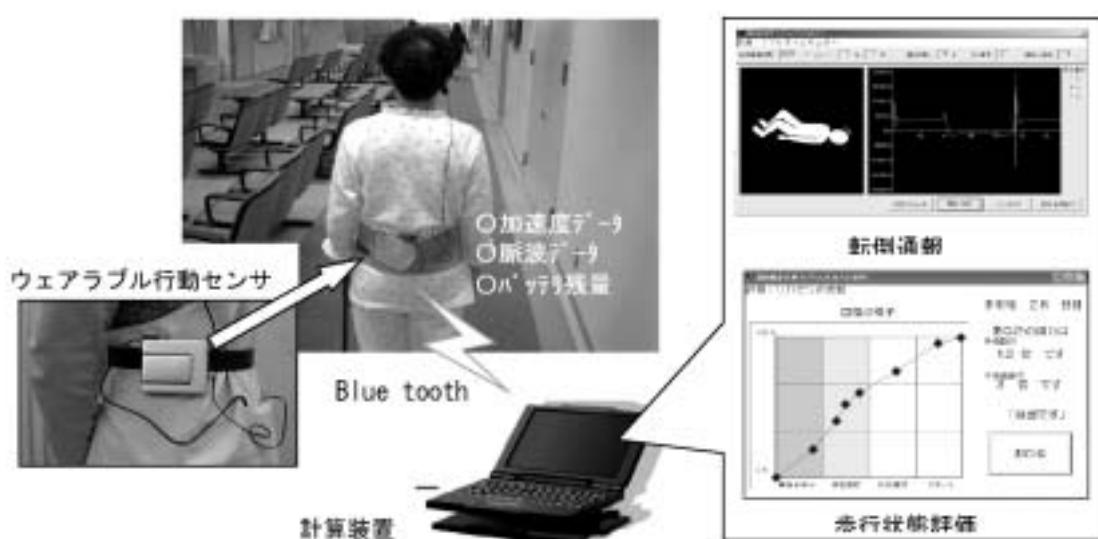


図10 開発した運動機能評価システム

られた。また、今回の被験者に対して自宅での使用意志のアンケートを実施したところ、69%の方が使用したいと答え、健康管理システムとしての実用化の可能性を見出した。

#### 4.3 生活リズムを基準にした生活行動支援技術

生活行動計測のためのウェアラブルセンサシステム開発の一環として、個人の生活上で変化する生体情報を取得する目的でウェアラブルな指輪型脈拍センサと昼間の活動量を評価するウェアラブル生活活動量計の開発を行い、これらセンサから得られる情報を基に、生活リズムを評価し、生活アドバイスを提示する生活支援システムの開発を行った。

指輪型光電センサにより計測された睡眠時の脈波から心拍数(脈拍)を求め、その変動から睡眠状態を4段階(覚醒、レム睡眠、浅い睡眠、深い睡眠)に評価し、入眠潜時と深い睡眠量の睡眠パラメータを自動算出して、睡眠の質を9種類の状態に評価する技術を開発し、87例の被験者の睡眠実験での脳波による睡眠状態判定結果との比較から、開発手法が睡眠状態推定精度69%、入眠潜時推定誤差2.8分以内の性能を有することを検証した。

また、日中の活動量を評価するため、3軸半導体型加速度センサを用いたウェアラブル生活活動量計を開発し(図11左図)、これを身体に装着して日常生活行動を行った被験者実験から、日常生活行為をRMR(Relative Metabolic Ratio; いわゆる代謝量)に基づき7段階で評価できることを検証した(図11右図)。

これらの睡眠状態評価値とウェアラブル生活活動量計による昼間時および就寝前時の活動量評価値から、生活リズムを18種類の状態で評価し、生活アドバイスを提供する技術を開発した。ここでは、たとえば、普段の睡眠に比べて、入眠潜時が長く、昼間と就寝前の運動が不足しているような場合は、生活アドバイスとして「昼間の活動量が不足しています。運動を心掛けましょう。寝つきをよくするためにには、寝る前に軽い運動やストレッチがおすすめです。」などのメッセージを表示する。

これらの技術により、簡易に睡眠状態や睡眠の質を評価できることは、快適睡眠を導く新規製品を生み出す基盤技術を確立し、また、睡眠状態評価技術と活動量評価技術による生活リズム評価は、高齢者や睡眠障害を持つ人々の生体リズム調整機器などの開発においてその効果評価などに役立つことがで

き、新しい製品つくりにも大きな役割を果たすものと思われる。

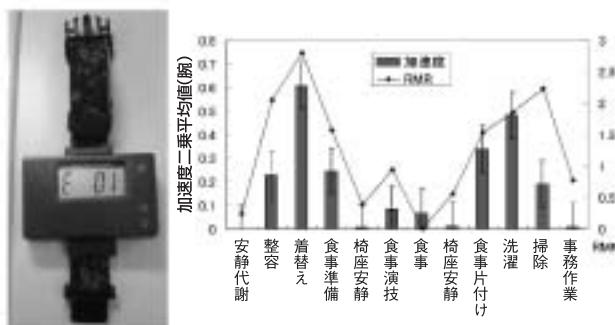


図11 開発した生活活動量計(左)と  
その検証結果(右)

#### 5. あとがき

「人間行動適合型生活環境創出システム技術開発」プロジェクトの一環として実施された「住宅設備機器高度化支援技術」開発から、主として、「安心生活支援技術」を中心に、ここで開発された諸技術の内容について紹介した。本事業で開発した生活行動の蓄積に基づいた生活見守り技術および人間特性に合わせた生活空間設計支援技術は、今正に突入しつつある超高齢社会の中で、個別生活者の状態を日常生活の中で推定して生活支援を提供する新しい生活サービスや、生活者の行動能力に適合した生活空間を創出し、より安全で安心できる社会を構築するための中核技術として貢献できることを期待している。

なお、本研究は経済産業省の研究開発プロジェクト「人間行動適合型生活環境創出システム技術」として、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託を受けて、(社)人間生活工学研究センター(HQL)が実施したものである。

# 人間生活工学と快適性（3）

## 快適さを“言葉”で測る

**鈴木 浩明** (すずき ひろあき)

(財) 鉄道総合技術研究所 人間科学研究部 人間工学研究室長

1988年早稲田大学 大学院文学研究科心理学専攻修士課程修了。以来、旧国鉄の研究開発部門を継承した財団法人鉄道総合技術研究所にて、鉄道利用者の快適性・利便性の向上に関する研究開発に従事。

2001年7月より現職、博士（人間科学）、芝浦工業大学工学部、早稲田大学大学院人間科学研究科非常勤講師兼任、日本人間工学会、日本心理学会、日本機械学会等の会員。

### 1. はじめに

快適性に関する研究や開発では、利用者の快適感（または不快感）の強さを何らかの指標（ものさし）で定量的に示す必要がある。様々な指標が知られているが、主なものは以下の3つに大別できる。

- ① 心理的指標（言語報告、主観評価）：利用者が感じる主観的な快一不快の程度を、アンケート調査や押しボタン反応などを用いて数値化したもの
- ② 生理的指標（生体情報、生理反応）：脳波、心拍、呼吸、筋電、眼球運動などの生理的な反応を利用したもの
- ③ 行動的指標（パフォーマンス）：物理環境が変化した際の作業成績（誤答数、反応時間等）の変化や、自由に選択可能な場面における行動・動作などを測定したもの

今回は①の問題を中心に、主な特徴を概説する<sup>1) 2)</sup>。

### 2. 言葉で測るとは

快適感を“言葉”で評価する方法は、最も幅広く利用されている。設問が印刷された用紙を利用者（被験者）が読み、該当する選択肢に○をつけるなどして回答するアンケート調査はその典型である。“非常に快適、やや快適、やや不快、非常に不快”的に、副詞を変化させた数段階の尺度の中から、自分の感じに最も合うものを選択させる評定尺度法が最も代表的であるが、他にも様々な方法がある。2つの選択肢の中からより体感に合う方を選ばせる一对比較法や、一对比較データをもとに相対的な重要度などを導き出すAHP (Analytic Hierarchy Process) 法（階層分析法）、イメージなどの質的側面を“温かい一冷たい、活動的な一静かな、和風の一洋風の”などの形容詞対で評価するSD (Semantic Differential) 法、そのサービスを受けるために支払う意思のある

金額をたずねるCVM (Contingent Valuation Method) 法などがよく知られている。言葉をデータとするこの種の調査は、調査や実験の実施が比較的容易で、一度に多人数のデータを収集できるために安易に使用されがちであるが、正しい手続きで実施しないと誤った結論に至る危険がある。被験者への教示（内容の説明）や設問の提示順序、ワーディング（設問や尺度等に用いる言葉の選択）などについての吟味が必要である。心理的指標とその統計上の扱いについては、昨年度以前の講座の中でも度々論じられてきているので、本講座では実際の事例をもとに、快適性の評価と特に関連の深いトピックをいくつか紹介する。

### 3. 連続押しボタン評価法

音、振動、温度、匂いなど、快適性に影響する要因の中には、時間の経過に伴ってその強度や性質が変化するものが少なくない。この種の要因が快適性に及ぼす影響を把握するには、刻々と変化する物理量と人の反応とを時系列的に対応づけた分析が必要となるが、一般的なアンケート調査では難しいことから、次のような手続きが用いられることが多い。

まず、騒音や振動などの物理量の評価区間を一定時間ごとのブロックに区切り（例えば5秒ごと）、各ブロックの区切りを光や音などで被験者に知らせる（図1）。この合図とともに、被験者は直前のブロックの満足度や不快度を評価する。評価は該当する尺度値（例えば、非常に不快、かなり快適など）に○印をつける方法で行うこともあれば、各尺度値に対応した押しボタンを押すように被験者に求めることがある。あわせて、各ブロックごとに物理量の代表値を算出する。このような手法を用いることで、物理量の変化に対する快一不快反応の時系列変化を

長時間にわたって測定することが可能となる。住居内での騒音や温熱環境、振動に起因する乗り心地、舞台照明の演出効果、長時間着席時の座り心地など、様々な分野に適用することが可能である。**図2**は列車の振動乗り心地評価への適用例で、左右振動加速度（各ブロック内の最大値）と被験者の評定平均値の変化をそれぞれ線で結び、約12分間にわたって図示したものである。1ブロックは5秒、評定値は1～4の4段階尺度であり、値が大きいほど不快である。この図から、両者の変化傾向がかなり一致していることを確認できる。また、複数の振動特性を計測した場合には、体感と相関の高い振動特性の特定を行うこともできる。なお、1ブロックの時間的長さは測定対象によって様々であり、乗り心地の評価では5秒から1分程度の間で決められることが多いが、座席の座り心地や住環境の評価を行う場合に

は、10分もしくはそれ以上の時間間隔で測定されることが多い。

刺激強度が刻々と変化するような環境下での快適性測定法は他にもある。表1に代表例を示すが、いずれの方法にも長所や短所があることから、実施にあたっては、目的にあった最適な方法を選択する必要がある。

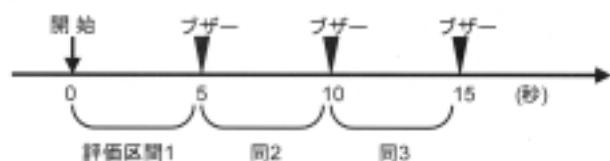


図1 連続押しボタン評価法の手続き例<sup>1)</sup>

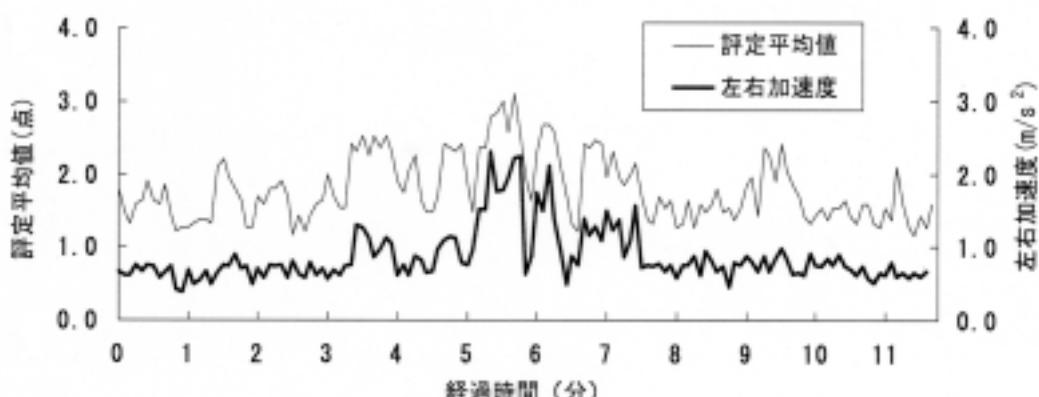


図2 連続押しボタン法の評価結果の例<sup>2)</sup>  
—鉄道車両の乗り心地評価—

#### 4. 両極尺度と単極尺度

“非常に快適である、快適である、どちらともいえない、不快である、非常に不快である”のように、快一不快、良一悪といった語句を対比的に配置した尺度を両極尺度という。両極尺度を用いる場合には、

双方の選択肢数を同数とするのが原則である。例えば、“非常に快適、かなり快適、少し快適、不快”といった4つの選択肢を用いた場合には、プラス側（=快適）の選択肢が3つあるのに対し、マイナス側（=不快）は1つしかなく、アンバランスである。

表1 快適性の評価を連続的に実施する主な方法の整理<sup>1)</sup>

| 名 称 | ① 連続押しボタン評価法  | ② 指定区間評価法   | ③ 瞬時の評価法  |
|-----|---|---|---|
| 方 法 | 評価区間を一定時間（5, 10, 30秒、または1, 10分など）毎の連続するブロックに分け、各ブロックの区切りをブザー等で被験者に伝える。被験者はブザー鳴動後、直前ブロックの快適度を押しボタンを用いて数段階で評価する。                      | 列車のトンネル走行時、次の信号まで、音楽の1曲など、評価対象区間を予め決めておき、その区間の始まりと終わりを被験者に伝える。被験者は指定された区間の快適度をアンケートや押しボタンで評価する。             | “不快”もしくは“快適”を感じた時に被験者が隨時押しボタンを押す（もしくは拳手等で伝える）。  |
| 長 所 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・物理量と主観評価の変化を連続的に測定できる。</li> <li>・快適性に影響する物理量が複数ある場合、重回帰分析などの手法を用いて、各々の重みを明確化できる。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・検討が必要な区間のみを分離して評価できる。</li> <li>・実施が比較的容易で、筆記具さえあれば実施できる。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・不快もしくは快適と感じた物理量の瞬時値と対応づけることができる。</li> </ul>   |
| 短 所 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・被験者に加わる負担が大きく、長時間の測定は難しい。</li> <li>・ブロック区切り自体が環境の変化と一致するわけではない。</li> </ul>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・限られた評価対象区間以外の情報は何も得られない。</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ボタン押しのタイミングや判断基準の個人差が大きいため、瞬時値との対応づけは意外に難しい。</li> <li>・変化の少ない定的な刺激の影響は測りにくい。</li> </ul> |

調査者は“よい結果を出したい”という想いから無意識的にこのような設定をしてしまうことがあるが、注意すべきである。また、尺度の中央に中性点（例えば、どちらともいえない）を置くことが多いが、中性点を置かずに偶数個の選択肢でもよい。“どちらともいえない”、もしくは“ふつう”などの中性点を挿入すると、本来の意味の中性点ではなく、“設問の内容がよくわからない”、“設問の対象に関心がない”といった場合に、中性点が選択されるケースが増える。その結果、中性点の選択数が非常に増えて、評価や予測に用いづらい場合があるので、当面する課題の性質をよく考えた上で、中性点を入れるかどうか決定すべきである。

これに対し、快一不快のどちらか一方のみを対象とした尺度を单極尺度という。例えば、騒音の不快感を調べるために4段階尺度（“まったく問題ない、やや気になる程度である、不快である、きわめて不快である”）がその一例である。騒音、振動、悪臭、気圧変動のように、“適”環境の実現を目的とする低減要因には单極尺度が用いられることが多い。こ

れは、本講座の初回でも述べたように、“快適さ（心地よさ）”についての個人差が“不快さ”についての個人差より大きいことが一因である。“快”環境の評価には、好み等の心理的要因が影響しやすいため、両極尺度を用いると被験者間の回答の分散が大きくなって、明確な結論が得られにくい。なお、温度、湿度、照度などの“最適化要因”的場合には“暑すぎる、少し暑い、ちょうどよい、少し寒い、寒すぎる”などの両極尺度が用いられることが多い。

## 5. 翻訳に伴う語感の違い

外国での先行事例や国際規格などをを利用して設問を作成する場合には、用語の翻訳に伴う問題を無視できない。例えば、英語では温熱的な快適性を、“hot-warm-cool-cold”という4つの単語で表現するが、これを“暑い-暖かい-涼しい-寒い”と日本語に訳してよいかどうかは注意が必要である。4つの英単語は温熱感の程度の違いを客観的に表す一次元的な単語であるのに対し、日本語表現は快一不快の価値的評価の側面を併せ持っているためである。

例えば、夏の暑さが少し和らいでも我々は“暖かい”という表現を用いることはない。和らいた環境が心地よければ“涼しい”、不快であれば“寒い”という語を用いる。逆に、冬場に涼しいという表現を用いることは少ない。これは、暖かい、涼しいという語に、“事前の不快な状態（寒い、暑い）から脱して心地よい”というポジティブな意味が含まれているためである。したがって、英語文献などに示される表現をそのまま日本語に訳して、温熱環境の評価実験などを実施すると、違和感が生じてしまうのである。このため、日本語で“暑一暖一涼一寒”的4語を並べる場合には、あくまでも物理的な温熱環境の表現語として用いていることを被験者に重ねて説明する必要がある。さもなければ、日本語の特性を活かして“暑一寒”もしくは“暖一涼”的いずれか一方の対のみを用いて選択肢を構成することが望ましい。外国文献の転用にあたっては、語感の違いに対する十分な配慮が必要である。

## 6. 自由記述設問の活用

様々な対象物（項目、カテゴリー）を示して該当するものを選択させる次のような設問もしばしば用いられる。

- ・あなたが日常生活の中で極めて不快に感じる匂いの例を、次の選択肢から3つ以内で選んで下さい。
- ・次の色見本の中から、あなたが最も心地よく感じる配色例を1つ選んで下さい。

この種の設問を用いる場合には、回答者が設問からイメージする主な回答を、選択肢が本当にカバーしきれているかどうかが鍵となる。例えば、パンの焼ける匂いが嫌いな人がパン屋の近くに住んでいれば、不快な匂いとして、まず“パンの匂い”を思い浮かべる。しかし、どちらかといえば肯定的なイメージの強い“パンの匂い”を調査者は想定せず、選択肢に含めなかったとする。その結果、“パンに比べれば、他はどれもたいしたことないのだけれど…”と思いつつ、回答者は次善の項目を選択することになろう。上記の配色例についても同様である。このように、項目一覧を示して選択させる設問では、項目の“抜け”が発生しやすいので注意する必要がある。選択肢の中に“その他”という項目を設け、自由

記述式で回答してもらうのも一案であるが、示された選択肢の中から選ぶのに比べると、よほど強い印象のあるものしか“その他”記述には挙がってこない。“その他”欄に寄せられる回答は全体の10%未満であることが望ましく、30%を超えるような場合は、設問の作成段階における検討が不十分であったといわざるを得ない。

この種のミスを避けるには、設問の作成段階で類似の先行研究事例を調査し、他者の意見を参考にするとともに、可能であれば自由記述式の予備調査を実施して、関連項目の洗い出しを行うべきである。自由記述式設問は後の整理が大変なため、敬遠されがちであるが、実施者の気づかない項目や要因の発見につながることも多いので、軽視すべきではない。なお、自由記述で得られた項目をすべて選択肢に挙げたのでは、数が膨大になって收拾がつかない。このため、類似回答のグルーピングを行い、項目数の低減を図る必要がある。また、その結果、パンの匂いという回答が極めて少なかったのであれば、それを選択肢に残す必要はないし、残さなかつたことの合理的な根拠として示すこともできる。

## 7. おわりに

言葉は我々の生活にとって身近過ぎる存在ゆえに、つい見落としてしまいがちであるが、言葉に対する十分な配慮なしに、調査や実験は成功しない。言葉への軽視は、やがて“アンケート調査などあてにならない”といった誤解を生む。この種の批判の多くは、実施の仕方がいい加減なアンケート調査からの偏見にすぎない。十分な事前検討の上で実施されたアンケート調査の結果は、信頼に足るものである。

### ●参考文献

- 1) 鈴木 浩明：生活環境と快適性、人間生活工学研究センター（編）ワークショップ人間生活工学 4巻  
快適な生活環境設計、丸善、2004
- 2) 鈴木 浩明：快適さを測る－その心理・行動・生理的影響の評価－、日本出版サービス、1999

## ■講座「人間生活工学」をご利用ください

講座「人間生活工学」は、企業等で実際に「人にやさしいものづくり」にかかる方々の技術力向上を目的とする研修講座です。人間特性の基礎、人間工学の設計・評価方法論から製品開発応用演習まで各領域の第一人者の先生方の全面的なご理解、ご協力のもと、毎回、充実したカリキュラムで開講しています。講義内容について詳しくはホームページをご覧ください。<http://www.hql.jp>

お問い合わせは、企画部人材育成担当へどうぞ。  
(TEL:06-6221-1658 E-mail:kouza@hql.jp)

## 2005年度開催予定の講座タイトル

- ・人間生活工学を活用した新たな製品開発【講話】
- ・人間の構造と特性の理解と製品展開  
(形態・動態特性) 【講話】  
(生体電気信号の計測法) 【演習】  
(生理特性を活用した製品開発) 【講話】  
(知覚特性の基礎) 【講話】  
(認知特性の基礎とユーザビリティ) 【演習】
- ・高齢者の身体機能と機器開発【講話】
- ・製品安全と誤使用防止の人間工学設計【演習】
- ・ユーザビリティ評価の方法【演習】
- ・人間生活工学基礎統計【演習】
- ・感性・心理指標とその評価【演習】
- ・生活工学の調査方法【演習】
- ・人間工学のフィールドワークとその方法【講話】
- ・モダブツ法による動作評価基礎講座【演習】
- ・製品のユーザビリティ設計  
(ハード面を中心として) 【演習】
- ・イノベーションのためのデザインプロセス【演習】

## ■人体計測データ「フルセットバージョン」

日本人の人体計測データ1992-1994は、人間生活工学研究センターが1992年～94年に全国規模で計測を行った国内最大のデータベースです。これまでこのデータベースは、ご要望に応じてデータを抽出し、1データ100円でご利用いただいておりましたが、このたび次期計測の開始に伴い、全データを一括してご提供させていただくこととなりました。

豊富なデータは、設計値を導き出すための基礎データとして、また、サイズ区分や社内標準の参考データとして幅広くご利用いただけます。ご購入後のデータの加工、解析などもお引き受けいたします。  
(別途加工料がかかります)

提供内容：寸法データ約34,000人分  
(一人当たり178項目)  
提供価格：105万円（税込み）  
提供形式：Excelファイル CD-ROM

お申し込み・お問い合わせは、ユーザビリティサポート部へどうぞ。

(TEL:06-6221-1653 E-mail:support@hql.jp)

## ■人にやさしいものづくりをお手伝いします

ユニバーサルデザインを始めとする、人にやさしいものづくりの重要性はますます高まってきています。人間生活工学研究センターでは、こうしたものづくりのために、さまざまなサポートを行っています。人間特性データの収集・提供、商品開発へのアドバイス、ユーザテスト支援など、スポット的な技術相談から共同研究までご要望に応じてお手伝い致します。ユーザビリティサポート部へご相談ください。  
(TEL:06-6221-1653 E-mail:support@hql.jp)

## ■予 告

次号の「人間生活工学」第6巻 第4号 通巻22号の特集は「包装・容器の人間中心設計（仮題）」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）を広く募集しております。投稿、掲載とともに無料です。投稿規定など詳しくは、ホームページをご覧ください。<http://www.hql.jp>

人間生活工学 第6巻 第3号 通巻21号

2005年7月15日発行

発行所：社団法人 人間生活工学研究センター

発行人：服部 薫

〒541-0047 大阪市中央区淡路町3-3-7

興和淡心ビル3階

電話 06-6221-1660 FAX 06-6221-1705

定価1,500円（税込）

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

<経済産業省委託事業>

# 人体計測モニターの募集

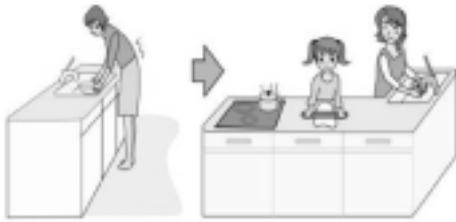
日本人が

あなたを

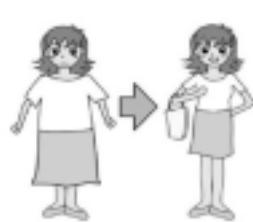
くらしが

## はかる、わかる、かわる size-JPN 2004-06

- この人体計測事業は、経済産業省からの委託を受け、社団法人人間生活工学研究センターが実施しており、2004年度から3年間をかけ、主に首都圏や近畿圏など全国数カ所において、約1万人の日本人を計測する計画です。（N H K・新聞等で多数、報道・紹介されています）。
- 得られるデータは、住宅、家具、家電、自動車、衣料品など、私たちの暮らしに関係の深い製品の設計・開発に役立てられます。また、工場やオフィスなどの職場環境、駅や公園などの公共施設の設計にも使われます。さらには、ISO（国際標準規格）やJIS（日本工業規格）を作る際にも役立てられます。



使いやすくて働きやすいキッチン



もっと身体に合った服



出入りしやすいバスタブ などなど

2005年9月からは東京都内での計測を予定しています。  
皆様のご理解とご協力をお願いいたします。

計測対象：20歳～70歳代の男女（日本人）

計測場所：京浜東北線沿線を予定しています。（新橋～品川周辺）

期間：平成17年9月～12月（予定）

計測時間：平日 AM 9:30～PM 6:00頃（都合の良い時間帯で約70分程度）

計測着衣：計測の際には、こちらで用意した下着を着用して頂きます。（計測後に進呈）

（男性：ボクサーブリーフ、女性：ウォーキングブラ・一分丈ショーツ）

※お帰りの際にご本人様の155項目の計測データをお渡しします。

また、企業等でモニターにご協力頂いた場合は、ご要望の寸法データ等を差し上げることと致しております。（詳細はお問い合わせ下さい）

お申込み・お問合わせ：社団法人 人間生活工学研究センター モニター募集係

TEL 0120-00-9616, 06-6221-1651

ホームページ：<http://www.hql.jp>

（※場所・計測予約状況等の情報を適宜更新しております）

ご興味をお持ちの方は上記迄お問い合わせ下さい。皆様のご応募お待ちいたしております。

Number  
3  
Vol.6  
通巻第21号  
July/2005.7

2005年7月15日発行(年4回発行)

第6巻第3号 通巻第21号

定価 500円(本体 428円)

〔発行〕  
(社)人間生活工学研究センター



Journal of Human Life Engineering