

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

生活をより楽しくする音の技術

●投稿論文

ブラジャー着用時の乳房振動と衣服圧変動との関係

寝返り性向上マットレスの開発

Number

4

Vol.5

通巻第18号

Oct./2004.10



特集	生活をより楽しくする音の技術	
	音の特集にあたって……………	1
	(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 主任研究員 倉片 憲治	
	音が魅力のモノづくり……………	2
	九州大学大学院 芸術工学研究院音響部門 教授 岩宮 真一郎	
	エンタテインメント空間の音環境デザイン	
	—静けさとにぎわいをデザインする—……………	7
	千代田アドバンスト・ソリューションズ(株) 音環境デザインコーディネーター 船場 ひさお	
	「きき楽」テレビ／ラジオのしくみ	
	—"ゆっくり機能"って?—……………	12
	日本ビクター(株) AV&マルチメディアカンパニー 主席技師 武石 浩幸	
	NHK放送技術研究所 (音響情報) 主任研究員 都木 徹	
	浴室リモコンの報知音	
	—高齢者・視覚障害者に配慮した開発事例—……………	16
	静岡県静岡工業技術センター 基盤技術部 副主任 鈴木 敬明	
	高齢者の聴覚特性と音の設計	
	—HQLデータベースを活用して—……………	20
	(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 倉片 憲治	
投稿論文	ブラジャー着用時の乳房振動と衣服圧変動との関係……………	24
	京都女子大学短期大学部 岡部 和代 京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科 黒川 隆夫	
	寝返り性向上マットレスの開発……………	30
	アイシン精機(株) ライフ&アメイ技術部 山田 浩 アイシン精機(株) ライフ&アメイ技術部 上西園 武良 アイシン精機(株) 材料技術部 角谷 明子	
(訪問)	平野の音博物館……………	36
講座	人間生活工学に役立つ統計の基礎知識、統計論全般(6)	
	「多変量データの解析—その概要(2)—」……………	38
	千葉大学大学院 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	
談話室	コオロギに学ぶ生活環境(1)……………	42
	金沢工業大学 人間情報システム研究所 長尾 隆司	
	Information……………	44

音の特集にあたって

(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 倉片 憲治 (くらかた けんじ)

1. はじめに

本号の特集のテーマは「音」である。普段、何気なく聞いている製品の音・空間の音から、高齢社会対応製品の高度な技術ときめ細かな設計の工夫まで、音と人間生活にまつわる話題を集めたのが、この特集である。

ここでご紹介する音の技術とは、「うるさい音を静かにする」といった、従来のネガティブなイメージのものではない。「製品の音、空間の音を工夫すると、生活がこんなに楽しくなる」、「若者からお年寄りまで、そして目の不自由な人も一緒に生活を楽しめる」といった、いわばポジティブな音の技術である。どれも最先端の、そして誰もが一度は聞いてみたくなる音、試してみたくなる製品の音である。

2. 本特集の構成

本特集の「生活をより楽しくする音の技術」は、大きく2つの視点から、各方面で活躍の諸氏に執筆を依頼した。

一つめの視点は、「音を工夫すると、製品や空間がこんなに魅力的になる」というものである。まず、音響学を専門とする九州大学の岩宮眞一郎氏に、「音が魅力のモノづくり」と題して、音がいかに製品の魅力と強く結びついているかを解説していただいた。そこで挙げられた例は、自動車やオートバイから、デジカメ、コピー機、トイレに至るまで、実に幅広い製品にわたっている。岩宮氏の紹介する「音が良ければ、少々高くてもその製品を買う」という実験データは、製品作りに携わる読者の方々には見逃せない記述であろう。

続いて、企業で音環境のプロデュースを手がける船場(中村)ひさお氏には、音が特に重要な役割を果たすエンタテインメント空間を例に、空間の音のデザインについて解説していただいた。誰もが知っている東京タワーの展望台が、43年ぶりにリニューアルされたという。展望台の音のデザインに携わった船場氏ご本人が、そこに隠された秘密を明かしてく

れる。

さて、本特集の二つめの視点は、「音を工夫すると、高齢者や障害者にとって、製品がより便利に魅力的になる」というものである。まず、日本ビクター(株)で音響機器の開発に携わる武石浩幸氏とNHK放送技術研究所の都木徹氏に、今年6月に発売された「ゆっくり機能」を組み込んだテレビをご紹介いただいた。「話速変換」と呼ばれるこの技術は、放送音声をリアルタイムで、お年寄りにも聞きやすいゆっくりとした音声に変えてくれる。なにやら魔法のようなこの技術は、いったいどのような原理を利用しているのだろうか。

次に、静岡工業技術センターの鈴木敬明氏には、高木産業(株)と共同で開発したガス給湯器の浴室リモコンをご紹介いただいた。この浴室リモコンは、ユニバーサルデザインの視点から、報知音を特に丁寧に設計した製品である。湯煙が立ちこめ、眼鏡を外して入る浴室は、誰もが目に不自由を感じる空間である。音で操作がしやすい浴室リモコンは、視覚障害者はもちろん、誰にとっても使いやすいリモコンであると言えよう。

最後に、筆者(倉片)が、高齢者の聴覚特性から見た音の設計について、(社)人間生活工学研究センターが公開している高齢者の身体機能データベースを引用しながら解説を行った。ユニバーサルデザインを志向した音の設計に携わる多くの方々への参考になれば幸いである。

さて、本号で音の特集を組んで何よりも残念なのは、さまざまな工夫に満ちたこれらの魅力的な音を、読者の方々に直接お聞かせできないことである。解説をお読みになって興味を惹かれた音は、是非、実際の製品でお試しいただきたい。実際の音空間を、是非、ご自身の耳でご確認いただきたい。

音の技術の素晴らしさと奥深さを一人でも多くの方に気づいていただければ、この特集はその役目を果たしたと言えるであろう。

音が魅力のモノづくり

岩宮 眞一郎 (いわみや しんいちろう)
九州大学大学院 芸術工学研究院音響部門 教授

九州芸術工科大学（音響設計学科）卒。工学博士。音の主観評価、音と映像の相互作用、サウンドスケープの研究に従事。日本音響学会佐藤論文賞（1993年）、日本騒音制御工学会研究功績賞（論文）（2000年）、日本音楽知覚認知学会論文賞（2002年）受賞。著書に、「音の感性を育てる—聴能形成の理論と実際—」「音の生態学—音と人間のかかわり—」「音楽と映像のマルチモーダル・コミュニケーション」等。

○音のチカラを感じる時

我々が、様々な製品（モノ）を購入するとき、その製品の機能だけではなく、見た目のデザインにもこだわって製品を選択している。製品のデザイン（プロダクト・デザイン）において、美的感性へのアピールに対する重要性は広く認められている。

音が美的感性にアピールするチカラは、決して視覚情報に劣るものではない。しかし、その価値に対する認識度は、残念ながらあまり高くない。製品が出す音は、ユーザー自身が意識していない場合もあるが、製品のイメージに大きく貢献している。高級感を醸し出す音もあれば、丈夫さをアピールする音もある。最近になって、ようやく、製品の「音」に対する意識が高まってきた。「音」を製品の一部として捉え、「音が魅力の製品」をウリにするメーカーも現れた。感性にアピールする製品の音づくりが求められている。

従来は、製品の音に関する研究というと、製品の騒音対策に関するものが主流であった。今日では、それだけではなく、製品の音を美的観点から捉えた、機械音の音質評価が多く試みられるようになってきた。機械音の音質を評価するための測定器も開発されている。もちろん、機械による測定だけではなく、多くの主観評価実験が実施されている。最近の動向をみると、主観評価実験を伴う機械音に関する研究は、オーディオ機器や楽器などを対象としたものより件数が多いようである。自動車の車内音、空調、建設機械、プリンタ、コピー機などを対象とした音質評価実験が実施され、きめ細かな対応がなされている。

本稿では、各種の製品の音に関する研究を概観しつつ、製品の魅力に貢献する「音のチカラ」について考察し、「音のデザイン」の必要性を訴えたい。

○自動車の魅力を向上させる各種の音

購入を検討している高級車のドアを開閉したとき（国産大衆車しか所有したことのない私にとっては、実感のない質問であるが）、あっぽい音しかしなかったとしたら、その車はまだあなたにとって魅力的であろうか？高級車のドアの開閉音は、その車の値段にふさわしい高級感を醸し出して欲しいものである。ある製品のデザインを考えると、製品から発生する音にも気を配ってこそ、美的感性にアピールすることができる。自動車のドアの開閉音も、自動車のデザインの一部になるべきである。大阪大学の桑野園子教授らの研究によると（桑野ら、2002）、「快く」「重厚で」「迫力のある」ドア音からは、高級車のイメージを思い浮かべることができるが、「不快で」「金属的な」音色のドア音からは高級車のイメージは得られなかったようだ。

実際にドア音の研究に取り組んでいるメーカーも多い。日産自動車テクニカルセンターの斉藤康裕氏によると「低くて収まり感のいい音、冷蔵庫を閉めたときの音」が、音づくりのポイントだという（読売新聞「音色探訪」、2002年8月8日）。思い通りの音が出るまで、「閉めたときのドアが振動する度合いを調節したり、部品を変えたりしながら微調整して仕上げる」そうだ。

車好きの中には、エンジン音にこだわるユーザーも多い。スバルのように、エンジン音をウリにした自動車もある。ユーザーは、どろどろした音、土臭い音に「走りを感じる」という。テレビ番組（テレビ東京系のワールド・ビジネス・サテライト、2003年1月9日）で紹介されていたが、タイヤから出る音を押さえ、いかにエンジン音を聞かせるかが製品開発の目標になっているという。富士重工業スバル実験センタの吉川公利氏は、「音は商品である」と

の認識を持って、開発に取り組んでいる。

「ハーレー・ダビットソン」のエンジン音のように、登録商標化を試みた例もある。1909年に発表されたむき出しの空冷45度Vツインエンジンの音は、ハーレー愛好者の心を捉え続けてきた。ハーレー社は、時代の進展に合わせた高性能な新機種を開発する際には、従来の外観のみならず、エンジン音の伝統を守ることに最大限の努力を惜しまなかった（Pierson and Bozmoski, 2003）。ハーレーの魅力は、外観、フィーリング、サウンドの総和によってもたらされる。

エンジン自体の改良がなされても、世界各国の騒音規制をクリアしつつも、ハーレー社は「ポタポタ」という「ハーレー・サウンド」にこだわってきた。エンジンから発生する各種の音源のなかで、ハーレー愛好者に最も好まれるのは排気音である。排気音をユーザーの好む音にデザインし、その他の音を極力押さえ込むことによって、「伝説の音（The Sound of a Legend）」を守り続けた。エンジン音の研究も、単に騒音抑制の観点からだけではなく、製品の魅力の一つとしても取り組む時代がきている。

自動車を魅力的にするために、自動車の車内音を快適にすることも求められている。車内音の快音化を図るためには、全体の音量に対する対策とともに、各種の要素音にきめ細かく対応する必要がある。一般に車内騒音の要素音としては、ゴロゴロ音と呼ばれる加速時のエンジン音（間欠的で濁った音）、こもり音と呼ばれる250Hz以下の線スペクトル成分、路面からの音（1kHz以下のノイズ成分）、風切り音（500Hz以上のノイズ成分）等が存在する（星野、1997）。自動車走行時、これらの要素音のバランスが悪くなり、ある要素音が「目立つ」状態になると、車内音の印象が悪くなる。快適な自動車の車内音とは、これらの要素音間で、「バランスのよい状態」である。

さらに、自動車内で使われている各種のサイン音も、自動車のイメージを形成する大事な要素である。著者の研究室では、自動車内に用いられている各種のサイン音を対象として印象評定実験を行い、各機能にふさわしい音響的特徴を検討した（崔ら、2003）。リバーズ報知音には断続音が用いられるが、300~400msの継続時間の音と650~750msの無音区間のゆったりとした断続パターンがその機能に「ふさわしい」と判断された。ライト消し忘れ報知音には持続音と断続音があるが、断続音の方がふ

さわしい。キー抜き忘れ報知音には、無音区間がごく短い断続音がふさわしい。ウインカーの音には比較的ゆったりとした2音の繰り返しがふさわしい。また、一般的傾向として、4kHz以上の高周波成分が優勢である音は、サイン音として好まれていない。

魅力的な自動車を生み出すためには、これら各種の音に気配りをしなくてはならない。

○撮った手応えを感じさせるカメラのシャッター音

カメラにとって、「写真を撮る」という機能は不可欠であるが、その形状も重要だ。実際、カメラの外観は、デザインの対象となっている。愛着を覚えるカメラというのは、見た目もカッコいいし、持ったときにグッとくる手応えもある。さらに、シャッターを押すときの「音」も重要な要素である。写真を撮るという機能には直接関係ないが、「カシャッ」という音がしないと、「撮った」という手応えを感じることができないだろう。カメラのシャッター音は、カメラの一部といえるだろう。

カメラのシャッター音は、ミラーの上昇、シャッターの開閉、ミラーの下降に伴う3つの部分に分割される。このうち、ミラー下降部が最も聴感上気になる部分で、ミラーバウンドに伴う音を主要因とする（戸井、風早、2002）。そして、バウンド時間を短く、減衰を早くすることで、「歯切れがよい」「シャキッとて気持ちがいい」「快い」音になるという。

通常のカメラだと、別にデザインしないでも、とりあえず動作音がする。一方、デジタル・カメラの場合、シャッターは単なるスイッチである。「音」なしのカメラというものもあり得るわけだ。しかし、手応えのないカメラというのは、あんまり使う気がしないのではないだろうか。実際、デジカメには、シャッター音が付加されている。

メーカーによっては、機種のグレードに合わせて、異なるシャッター音を付加している。最上位の高級機種には往年の一眼レフの名器の音を用い、斬新なデザインの中級機には「ハイパー」なイメージの合成音を用いるなど、音を機種のイメージに合わせるなどの配慮がなされている。ケータイの着メロのように、ユーザーが自由にシャッター音を選ぶといった試みもなされている。

最近、多くの携帯電話にカメラ機能が備え付けられているが、ここでも、必ず「音」を伴っている。

盗撮を防ぐ意味合いもあるのだろうが、「写真を撮った」実感を得るためには、シャッター音は不可欠な要素である。

今、カメラのシャッター音は、「音のデザイン」の必要な領域になってきた。

○快適で商品の魅力を感じさせるOA機器の操作音，稼働音

コピー機やプリンタのようなOA機器の操作音、稼働音も、「音のデザイン」が必要な対象になってきた。

著者の研究室では、キヤノンと共同で、コピー機のトレイ着脱音やカバー開閉音の研究に取り組んでいる（高田ら、2002）。メーカーの担当者によると、何百万円もするような超高級カラー・コピー機の操作音が、必ずしも製品のレベルにふさわしい音がしていないと言う。自動車のドアのように、高級機種にはそれにふさわしい操作音が必要なのではないかというのが研究のきっかけだった。

聴取実験によって、操作音が製品イメージに強い影響を与えていることが明らかにされた。トレイをさし込むときに発生する「キー」という高周波成分（1kHzから5kHzの周波数帯）の擦れ音が含まれると、「不快で」「安っぽい」印象が生じる（図1参照）。カバーが閉まる音でも、擦れ音が発生せず、低域（100から200Hz）が優勢な「ボン」とか「ドン」とかいった衝突音がすると、「丈夫で」「高級な」感じになる（図2参照）。衝突音のあとに断続的な跳ね返るような音（「ガララン」といった感じ）が続くと、「壊れそうな」印象を受ける。こんな音がすると、信頼性を損ないかねない。

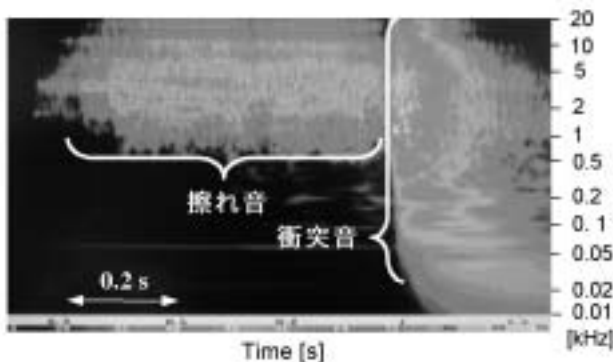


図1 「不快で」「安っぽい」と評価された操作音のウェーブレット解析図(トレイをさし込む音)

さらに、コピー機やプリンタが実際に動作しているときの稼働音に関しても、音質に寄与する要因について検討を行った（高田ら、2000）。音のかん高さ、鋭さに対しては、含まれる高域成分の割合、特に突出した高域の純音成分の影響が顕著である。音の快さに関しては、音の大きさやその変動が影響する。また、動作周期が速いと、躍動感が上昇する。

このような知見は、そのまま「音のデザイン」に生かす。今後、製品イメージを形成する要素としての「音」について研究を進め、さらなる提言をしていきたい。

○生活の中のさまざまな音へのこだわり

我々の日常生活で接する各種の音に対しても、同じ様な対応が求められている。音にこだわるユーザーが増えてきたのであろう。

トイレ洗浄音を快適なものにするための研究も行われている（徳永ら、2002）。トイレ洗浄音の場合には、静かな音が好まれるのは当然であるが、音の大きさが同じ場合、高域成分が優勢なものが好まれるという。高域成分が豊富であると、日本人好みの小川のせせらぎ的なイメージが生ずるためであると考えられている。

掃除機の快音化を目指している研究もある（穂坂ら、2003）。掃除機の回転機構は、純音成分を発生させる。この純音成分が、不快感を生じさせているらしい。能動制御の手法を用いて純音成分を除去することによって、音圧レベルはそれほど変わらなくとも、不快でない音にしようとの試みである。

我々が生活の中で接する様々な製品（モノ）の中には、愛着を感じる存在も多い。製品を使用するときの良好なフィードバック感、モノに愛着を感じ

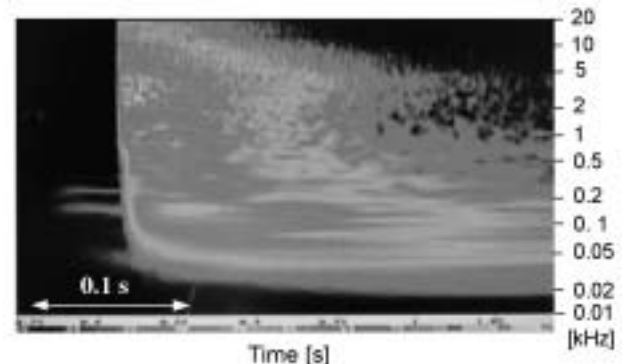


図2 「丈夫で」「高級な」印象と評価された操作音のウェーブレット解析図(カバーを閉じる音)

させる重要な要因になっている。そして、音は、気持ちよいフィードバック感を与える、チカラを持っている。

最近、携帯電話は折り畳み式が主流であるが、開いたり畳んだりするとき、「カチッ」という音が、ユーザーに心地よい使用感を与えている。

携帯電話といえば、「着メロ」とか「着ウタ」全盛の時代に、「リリリリーン」という黒電話の呼び出し音を搭載させたメーカーがあった（朝日新聞「フリだけなぜローテク」, 2002年9月24日）。その「電話らしさ」が受けて、けっこう愛好者がいたらしい。

数年前に、明和電機が「ガチャコン」というダイヤル式チャンネルをつけたテレビリモコンを作ったところ、結構評判になった。黒電話の呼び出し音同様、昔懐かしいダイヤル式にこだわったしゃれっ気が受けたのであろうが、ダイヤルを切り替えるときの「ガチャガチャ」という音が、電子式ボタンでは得られないフィードバック感をもたらしてくれる。

音へのこだわりは、個々のモノだけではなく、生活空間の「響き」にも及んでいる（読売新聞「音色探訪」, 2002年8月9日）。最近、音を反射させやすい材料が増え、空間が響きすぎる傾向があるという。部屋の反響が過多になると、台所の水仕事を始め生活の音それぞれが響き渡り、喧噪な空間になってしまう。それを嫌い、天井裏に吸音材を敷いて、反響を抑制してほしいという依頼が増えてきたというのだ。

コンサート・ホールのような音楽を楽しむ空間だと、反射音に関しては十分な制御対策がなされている。それに対して、これまで、居間のような生活空間では、お金をかけてまで反射音を制御しようとの要望はなかった。ここへ来て、居間の様な生活空間における音環境に対する認識が高まってきた。「音へのこだわり」が日常生活にまで及んできたことを示す兆候といえるだろう。

音の入口である耳には蓋がなく、我々は、四六時中音にさらされている。それだけ、日常生活の中で接する各種の音の影響は大きい。それぞれの音の快適性に対する要望も、さまざまであろう。

○音の魅力は「なんぼやねん」？

「音が魅力のモノづくり」とタイトルをつけたが、「音の魅力」は貨幣の価値に換算できるものであろうか？著者の研究室では、仮想評価法という手法を

用いて、音質の経済的価値を測ることを試みている（高田ら, 2004）。

対象としたのは、ドライバーの音である。あちらこちらから拝借した各種のドライバーの動作音を録音し、音質評価実験を行った。その中から、「最も快い音」と「最も不快な音」を選出するためである。

最も不快な音を「改善前の音」、最も快い音を「改善後の音」として被験者に呈示し、改善前の価格を3,800円と仮定して、音質改善に対していくらなら払う意志があるのかの判断を求めた。元の価格は、市場に出回っているドライバーの価格から算出した、おおよその平均値である。図3に実験結果を示す。横軸に元の価格に対する上乗せ価格を、縦軸に購入すると決断する確率（受託確率）を示している。この図から割り出すと、50%の人が469円以内の上乗せ額なら支払う意志があることになる。判断には個人差があり、また各種の要因が関連しているが、音質改善に対する貨幣価値は、元の値段の12%に相当する。

この研究により、音の魅力の価値を、我々共通の価値に対する尺度である貨幣価値により測ることができた。音が魅力のモノづくりの有効性を示すデータとして活用されることを期待する。

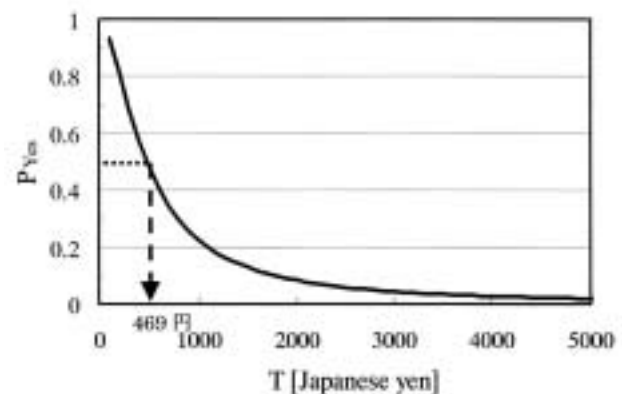


図3 ドライヤー購入の受託確率曲線

○音のチカラを活かすとき

事例をあげればキリがないが、「製品の音は、製品の魅力の一部を構成している」との視点にたった研究が増えてきている。音が魅力の製品づくりを試みているメーカーも多い。今後、製品の音を担当する人間は、単なるエンジニアではなく、サウンド・

デザイナーとしての資質を持たなければならないだろう。

音のチカラをあなどってはならない。今こそ、音のチカラを活かすときである。ユーザーの感性に訴える「音づくり」を目指すのだ。

●参考文献

- 崔鍾大、毎熊亮、高田正幸、岩宮眞一郎：自動車内の各種サイン音にとって望ましい音響特性、騒音・振動研究会資料、N-2003-62、2003.
- 穂坂倫佳、塩山勉、江波戸明彦：能動消音による音質改善－Discrete Tone分析による評価、日本音響学会講演論文集（春季）、977-978、2003.
- 星野博之：自動車車内騒音の音質評価、日本音響学会誌、53、462-465、1997.
- 桑野園子、Hugo Fastl、難波精一郎、中村誠之、内田博志：車ドア音の評価－車種との関係、日本音響学会講演論文集（春季）、745-746、2002.
- 高田正幸、田中一彦、岩宮眞一郎、河原一彦、高梨彰男、森厚夫：擬音語を利用したオフィス機器から発生する音の評価、騒音制御、26、264-272、2002.
- 高田正幸、岩宮眞一郎、河原一彦、高梨彰男、森厚夫：オフィス機器から発生する音の音質評価、聴覚研究会資料、H-2000-114、2000.
- 高田正幸、山野秀源、岩宮眞一郎：CVM(仮想評価法)による機械音の音質の経済評価、日本音響学会講演論文集（春季）、737-738、2004.
- 戸井武司、風早聡志：機構設計によるカメラシャッター作動音の音質改善、日本音響学会誌、58、406-413、2002.
- 徳永智彦、大久保信行、戸井武司、重藤博司、清水剛：音響シミュレーションによるトイレ洗浄音の快音化、日本音響学会講演論文集（春季）、751-752、2002.
- Richard Pierson and Alexander Bozmoski：Harley-Davidson's 100th Anniversary-The Sound of a Legend, Sound and Vibration, March: 14-17, 2003.

エンタテインメント空間の音環境デザイン — 静けさとにぎわいをデザインする —

船場 ひさお Hisao Nakamura-Funaba (ふなば ひさお)
千代田アドバンスト・ソリューションズ株式会社 音環境デザインコーディネーター

九州芸術工科大学芸術工学部音響設計学科 卒業 1993年 千代田化工建設(株)入社。2003年より現職
公共空間、商業施設、作業空間などに関し、企画/デザインから設計/施工までトータルな音環境のプロデュース
を行なっている。主な実績には「横浜国際総合競技場周辺広場」「中部国際空港ターミナルビル」「東京競馬場」
等がある。

1. はじめに ～音環境デザインとは～

ヒューマンライフを考える時、音から受ける影響は様々な意味で大きい。これは、音はいつでも私たちの身の回りにあり、目をつぶっていても眠っていても聞こえてくる、非常に身近なものだからである。

しかし、あまりにも身近過ぎるせいか、日常生活の中で音をことさら意識することは少ない。どんな音楽を聴くかを気にすることはあっても、毎日聞こえているはずの街の音や職場の音を気にすることはほとんどない。ところが、これが何か他の行動に対して支障を来すような問題が生じると、途端に音が悪者になって、うるさいとか気になって仕方がないといった状況になる。

一方で音や音楽を聴くことによってヒューマンストレスが軽減されることは経験的によく知られており、近年ではいわゆる“癒し”の音楽CDや、川のせせらぎや波の音といった自然音CDの発売が盛んになり、CD売り場にも一つのコーナーが設けられる程注目されている。

ところでこれまであまり論議されることがなかったが、音にはヒューマンストレスを高めてしまう音もある。長時間騒音レベルが高い環境にいと聴力損失を生じるばかりでなく、ストレスを増強することになるし、これが特に人間の気にさわる音色であると、それほど大きな音でなくても、その音が鳴っているだけでストレスになる。よく“黒板をひっかく音”は人間が嫌う音の代表と言われるが、あの音が常に聞こえているとしたら、それは一種の拷問であり、強いストレスの元になることは誰でも想像できるであろう。

黒板をひっかく音というのは極端な例だが、一度自分の生活を振り返って考えてみると、毎日聞こえ

ている音や、何かの時に聞こえてくる音の中に、ストレスの原因になったり、ストレスを助長するようなものがあることに気づくのではないだろうか？ ストレスを軽減させるために、自宅で癒しのCDを聴くだけでなく、ストレスの原因となっている音を身の回りからなくす努力もするべきではないだろうか？

音環境デザインとは、こういったとかく一面からばかり考えてしまいがちな音の問題をトータルに捉え、人間にとってより良い音環境を創っていくことである。

中でも、個人的な空間ではなく、多くの人が訪れる公共的な空間の音環境を、少しでも居心地よく誰もが使いやすい空間にするために、様々なステップを踏みながら検討し、創り上げていくことが音環境デザインの役割である。

本稿では特にエンタテインメント空間における音環境デザインについて紹介することとする。

2. エンタテインメント空間の音環境デザイン

2.1 エンタテインメントとは

エンタテインメントという言葉には、いろいろな意味がある。「もてなし・歓待」「楽しみ・娯楽」「催し物・余興」など、見方によって様々であるが、総じて人が楽しい気分になるようにすることといった意味を持つ。

つまりエンタテインメント空間とは、もてなしの空間であり、何らかの形で楽しい気分になる場所である。

2.2 エンタテインメントにおける音環境デザイン

では、エンタテインメントにおける音の役割とはどんなもので、どのようにデザインすべきものであ

うか？

前にも述べたが、音というのは問題のない時は、その存在自体があまり人に気づかれないものである。つまり、どんな空間でもそうだが、特にエンタテイメントにおいては嫌な印象を持つ音が排除されていることが重要である。

また多くのエンタテイメント空間は不特定多数の人々が集まることが多く、そのためには情報伝達のための音も必要になってくる。

そしてより楽しい気分の人にをいざなうために、場面毎に最適な演出を施すこともエンタテイメントにおける大きな音の役割である。

つまり

- ・適切な静けさの確保
- ・情報伝達音のデザイン
- ・空間演出音のデザイン

の3つが、重要な音環境デザインの項目となる。

2.2.1 適切な静けさの確保

黒い画用紙に、いくら美しい色彩で絵を描いても見えないのと同様、外からの騒音や空調機の音などが大きく聞こえていたり、響きやすい建築材料の使用により残響感が強かったりすると、重要な音情報が聞き取れず必要な人に届かなかったり、空間演出音を流しても明瞭に聞こえず、かえって喧騒感を高めてしまうことになる。

つまり音環境も、真っ白でないにしてもベースとなる淡い色の空間を作ってやらなければならないわけで、これが適切な静けさの確保である。

音が主役とならない施設や空間では、企画／設計の段階から遮音や吸音といった音響の問題をきちんと検討することはまだ希であるが、このいわば音環境のベースづくりは大変重要であり、後からやろうとすると手間もコストも増えてしまうものである。しかし技術的には、コンサートホール等の音響設計で培われたものを応用することができるため、それほど難しいことではない。むしろ情報伝達音や空間演出音が流れる完成状態の音環境を念頭におきながら、適切な静けさの度合いを見出し、設計することの方が現時点では難しいといえよう。

2.2.2 情報伝達音のデザイン

現代社会には音による情報があふれており、中には必ずしも音で伝える必要がなかったり、音以外の方法で伝達した方が良いと考えられる情報も多く見

受けられる。これらの不要な音情報によって本当に必要な音情報がかき消されたり、埋没したりしていることも多い。このため、音で伝えるべき情報を吟味選別し、明瞭な音情報として人に届くようデザインすることも音環境デザインの役割である。

実際のデザインにおいては、情報伝達音自体をどう作るかと電気音響システムの設計が重要な項目となる。

情報伝達音には音声つまり言葉で情報を伝えるやり方と、サイン音で伝えるやり方がある。ある情報を必要とする人としらない人が同じ空間に存在する場合、必要な人には情報音として、不必要な人には演出音として聞こえる音を作ることが最良である。

近年、情報伝達音のデザインについては、設計の段階で音がどのように聞こえるかを、シミュレーションによって耳で聞いて確認することもできるようになっており、建築側、電気音響側双方からより明瞭な情報伝達を行うための工夫ができるようになってきている。

2.2.3 空間演出音のデザイン

エンタテイメント空間といっても、必ずしも演出音を付け加えなければならないわけではない。例えばもてなしの空間の代表である茶室を考えると、静けさによってお湯のわく音や柄杓で水をこぼす音、茶筌でお茶を点てる音といった、細やかで何気ない音が鮮明に浮かび上がってくる。本来あるべき音を十分に楽しむことができるように空間を創り上げることも、立派な音環境デザインなのである。

茶室の例はともかく、多くのエンタテイメント空間では、適切な空間演出音を流すことによって、その空間の持つエンタテイメント性を高めることが一般的である。しかしこの演出音といえども、これ見よがしに目立つように付け加えれば良いというものではなく、いつの間にかエンタテイメントの世界にたたずんでいるといった自然な演出が大切であり、演出していることにすら気づかれないのがベストな演出と言えよう。

3. 音環境デザイン事例 ～東京タワー展望台～

エンタテイメント空間の一つとして、東京タワー展望台での音環境デザイン事例を紹介する。

2002年4月、東京タワー展望台が43年ぶりのリニューアル工事を終え、全面オープンした。1958

年に建設された東京タワーは、333mの高さを誇り、日本人ならば誰でも知っている建造物である。東京タワーの主な役割は、関東一円にテレビやラジオの電波を届けることであるが、一方で展望台からの眺望を来場者に見せる。集客施設としての顔も持っている。

高さ150mの位置に2層になった大展望台、250mの位置に特別展望台があり、房総半島・お台場・レインボーブリッジ・新宿等の高層ビル群・横浜周辺など、360度に渡って眺望が開けている。

2002年、デジタル地上波発信施設増設工事に伴い、展望台についても全面リニューアルを行うこととなり、私共はこのプロジェクト遂行に関わる機会を得た。プロジェクトでは、企画／デザインを始めた当初から音環境デザインをリニューアルに際しての重点デザイン項目の一つとして掲げた。以下に、東京タワー展望台における音環境デザインの概要について紹介する。

3.1 リニューアル前の音環境

リニューアル前の展望台各フロアの音環境は、昭和30年代の意匠デザインがそのまま残っていること同様、かなり古めかしいものであった。天井の非常放送用のスピーカーから有線放送の歌謡曲や呼出放送、館内施設紹介などがはっきりなしに流れる。来場者は思い思いに歩き回り、スピーカーからの音に負けまいと大きな声で話し、時には連れに呼びかけたりする。

全体的に音に対して無頓着な空間だったと言うことができる。

3.2 音環境デザインの概要

東京タワー展望台リニューアルにあたり、プロジェクトでは「展望ミュージアム」という全体コンセプトを掲げた。東京タワー展望台の“売り”は、何をおいてもまず「展望」であり、この主役を主役たらしめるべく、レイアウト・動線・意匠・色・形状・照明・サイン・インフォメーション、そして音環境を設計しデザインしていくこととしたのである。

また地上150mの大展望台に2フロア、250mの特別展望台に1フロアある展望施設について、それぞれに役割と個性を持たせ、異なる雰囲気を作り出すことを目指した。

音環境デザインの方法としては、まずリニューアル前の音環境を支配していた呼出しや案内などのア

ナウンスを見直し、情報伝達の全てを音に頼らずに、視覚情報と補い合うことで施設全体の環境を整理しようと、大展望台1階の下りエレベーター乗場付近に「インフォメーション・ボード」と呼ぶプラズマディスプレイを置き、様々な情報を視覚的に伝えることとした。

3.2.1 大展望台2階

来場者はまずエレベーターで大展望台2階に案内される。エレベーターの扉が開いた瞬間から、東京の景色が眼前に広がることになる。フロアは、中心がエレベーターや階段のスペースとなっているため、四角いドーナツのような形状の部分が展望スペースとなる。来場者にはまずフロアをぐるりと一周してもらい、それぞれの方角に広がる展望を楽しんでもらうようデザインした。

音については、静かな中にも来場者のにぎわいが感じられる音環境を目指した。また回遊しながら展望を楽しんでもらうことのサポートとして、全体を包み込むゆったりとした演出音に対して、四隅の柱からはそれぞれ異なるアクセント的な効果音を流している。

また、昼間と夜間では展望も客層も一変するため、異なる環境演出音を流すことで、雰囲気をもより一層変化させている。

3.2.2 大展望台1階

大展望台から地上に降りるエレベーターは、この1階から乗り込むことになっているため、タワーを訪れた人は必ずこの1階を通ることになる。混雑時にはかなり長時間エレベーターの順番待ちをすることになるため、このフロアは飽きの来ない、落ち着いた音環境とすることを目指し、天井仕上げを岩綿吸音板とした。

エレベーター乗り場の反対側にはカフェを設け、2階でつい慌ただしく展望してしまった人も、あらためてゆっくりと展望を楽しめるよう配慮した。このエリアはお店の雰囲気に合わせて、少しポップな雰囲気の環境演出音を配した。このフロアも2階同様昼間と夜間では異なる演出音を流している。

3.2.3 特別展望台

特別展望台は円盤型のかなり狭い空間であるが、ここからの眺望は誰も感嘆する美しいものである。都会にぼっかりと浮かんだ宇宙船に乗っているよう

な浮遊感と非日常的雰囲気を作り出すために、床はノンスリップ強化ガラス、天井・壁はアルミ仕上げとした。

音環境的には、当初吸音性の高い材料を貼り巡らして無響室的な響きによって浮遊感を醸し出す方法を考えたが、意匠設計担当者からの希望もあり、逆に残響感の強い音環境によって非日常・非現実の雰囲気と、滞在者数が少なくてもざわめきが方向感なく漂うことで都会上空の寂寥感を表現することとした。

内側の天井面に取り付けた4つのスピーカーと、半透明のボックス内に展望ガラス面に向かって埋め込まれた足元スピーカーから、全体を包む通奏低音的な音と、空間を動き回り不思議な音環境を作り出す効果音が流れている。(図1参照)



図1 リニューアル後の特別展望台

3.3 リニューアル後の音環境

2002年のゴールデンウィーク直前に全面リニューアルオープンした東京タワー展望台は、営業時間が夜10時までで延長されたこともあり、若いカップルや会社帰りのサラリーマンなど、これまで比較的少なかった東京近郊からの来場者が増え、所謂“リピーター”が増加する傾向を見せている。

音環境については「静かになった」という反応が多い。主役である「展望」を際立たせるために、今回流している環境演出音はすべて音量を小さめに設定しており、はじめはその演出音の存在に気付かない人が多い。人はある空間に入り込んだ時、そこにぎやかな空間であれば大きな声で話し、大きな足音を立てて歩く傾向がある。逆に静かな空間に入った時は、その静寂を乱さないように自分の立てる物音を小さくしようと考える場合が多い。勿論、修学

旅行の小中学生が大勢でエレベーターから降りてくると、今でも大変にぎやかな空間になるが、夜景を楽しむ時間帯においては、来場者が増えたにも拘わらず、静かになったという印象を受ける場合が多いようである。

また呼出しや案内などのアナウンスが激減したことも、この「静けさ」を生む要因であろう。

さらに、展望台の音環境がデザインされた結果、施設運営側にもいろいろなアイデアが生まれ始めた。時には展望台の音環境が一つになってもいいのではないかと、毎週水曜日の夜、ボサノバのライブ等が行われるようになった。「どのような音環境を来場者に提供するかは、施設側からのメッセージの一つ」という考え方がこういった動きを生んでいるものと思われる。

4. 音環境のバリアフリーとユニバーサルデザイン

2000年11月に施行された「高齢者、身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律」を受けて策定された「公共交通機関旅客施設の移動円滑化整備ガイドライン」に、2002年12月「音による移動支援」の項目が追加された。主に視覚障害の方への移動支援として、改札やトイレ、プラットホーム上階段の位置案内、エスカレータの行き先案内、地下鉄出入口の案内等、駅の各所で音声やサイン音を流そうというものである。しかしこれも、現状の音環境に音案内を付け加えるだけでは、黒い画用紙に絵を描くのと同じであり、視覚障害者のみならず、一般利用者にもさらに混迷を深めることになり兼ねない。

ユニバーサルデザインの考え方の一つに「ユニバーサルデザインで『標準』を変えることによってスペシャルデザインであるバリアフリーデザインの領域を小さくする」というものがある。(図2参照)

音環境でこれを考える時、情報を伝える音を大きくするのではなく、周辺環境の騒音自体を下げることによって案内音を聞こえやすくし、それまで埋もれていた様々な情報源となる音を浮かび上がらせることが、一つの音環境のユニバーサルデザインのあり方だと言えることができる。(図3参照)

これは前述したエンタテイメント空間における音環境デザインにも通じるものであり、今後このような“引き算のデザイン”も重要になってくるであろう。

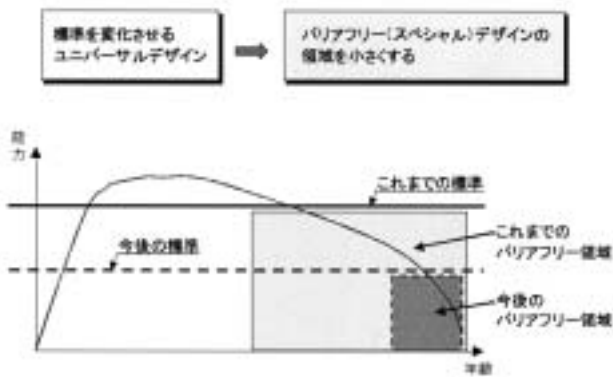


図2 標準を変化させユニバーサルデザインとする概念

出典：「移動円滑化基本構想策定ガイドライン（案）」
 (社) 建設コンサルタンツ協会バリアフリー専門
 委員会編（平成14年7月）

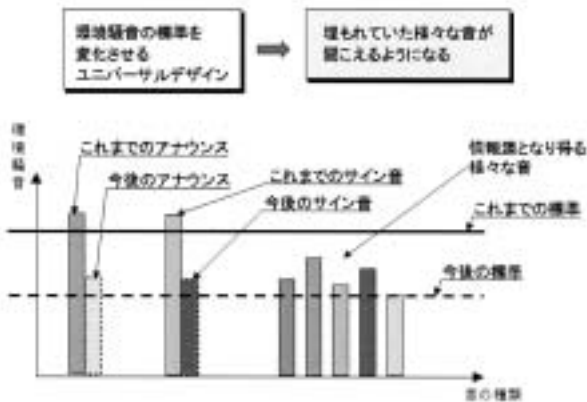


図3 音環境のユニバーサルデザインの概念の例

5. おわりに

私たちが日常生活を送るあらゆる空間が、何とも楽しい気分になれる空間であったならどんなに良いだろうか？道路を歩いている、駅で電車を待っている、電車やバスに乗っている、いつも楽しい気分であれば、こんなに素敵なことはない。

誰もが不都合なく、嫌な気分を抱くことなく、気持ちよく過ごすことのできる公共空間づくり。これが公共空間におけるユニバーサルデザインであるが、これは言い換えれば公共空間をエンタテインメント化しよう、ということにつながるのではないだろうか。

私は今後も、こういった社会の動きを音環境の面からリードするよう努めていきたいと思う。

「きき楽」テレビ／ラジオのしくみ - "ゆっくり機能"って? -

武石 浩幸 (たけいし ひろゆき)

日本ビクター(株) AV&マルチメディアカンパニー 主席技師

1990年、長岡技術科学大学大学院電気電子工学科修士課程修了。同年、日本ビクター(株)へ入社、現在に至る。研究分野は、音響、音声のデジタル信号処理システム開発。映像情報メディア学会会員。

都木 徹 (つづき とおる)

NHK放送技術研究所 (音響情報) 主任研究員

1981年、電気通信大学大学院電気通信研究科修士課程修了。同年NHK入局、長野放送局を経て1984年より放送技術研究所勤務。音声知覚、声質変換、話速変換、放送用字幕制作、音声合成等の研究に従事。日本音響学会、映像情報メディア学会、電子情報通信学会会員。

1. はじめに

高齢化社会を迎え、健常者だけではなく高齢者にも対応した「ユニバーサル商品」の要求が高まっている。これは、単に市場の要求というだけではなく、国の取り組み、企業の社会的責任という面においても重要な位置付けがされている。

今日では、テレビやラジオは重要な情報機器として生活の中には欠かせない存在となっている。一方、不特定多数の受信者を対象とした放送では、健聴者を基本とした音響特性、発話速度が規定されている。このため、高齢者から「放送の音声聞き取りにくい」という声が多く聞かれる。様々な要因が考えられるが、聴力に依存するものは、①早口についていけない、②効果音が大きくセリフが小さいため聞き取れない、という事が主なものである。いずれも加齢による聴力の衰えとしてよく知られた現象である。

聞こえを補償する手段として補聴器の使用が考えられるが、上記①については補償できず老人性難聴の全般に有効なわけではない。また、補聴器そのものに抵抗があるなどの様々な理由から、その装着者は少ない割合に留まっている。従って、テレビやラジオなどの音響機器側でこれを補償する事は、一つの有効な手段であると考えられる。

日本ビクター(株)では、これに対応する技術「聴取補助システム」を、経済産業省「高齢者・障害者等向け情報通信機器開発事業」の支援を受け開発。2002年3月に技術発表し、同12月に商品化第一弾「ラジオ/RA-BF1」を発売した。このラジオは徹底したユニバーサルデザイン思想に基づく設計とその特徴的な機能から「ゆっくりしゃべるラジオ」として、たちまち話題となった。



図1 ラジオ RA-BF1

本稿では、「聴取補助システム」(愛称:きき楽)のしくみ、特に「ゆっくり機能」について解説し、今後の展開について述べる。

2. 聴取補助技術

加齢による聴力の衰えは、40歳くらいより始まり、60歳以上から急速に進行するといわれている。老人性難聴には幾つかの型があるが、特徴的なものを以下に示す¹⁾。これらは複合して現れる場合が多い事が知られている。

(1) 音声理解度の低下

声として聞こえても、言葉として聞き取りにくくなる現象。内耳から中枢にかけての劣化が原因で、声から言語への変換速度の低下がおきる。情報を制限すること(ゆっくり話すなど)で補償される。

(2) 補充現象

小さな音は聞きづらいが、大きな音は健聴者と同様にうるさいと感じる現象。このため、音圧レベルの適正範囲は健聴者に比べて狭い。音圧レベルを制限する事で補償される。

(3) 最小可聴域の上昇

老人性難聴の半数以上がこの型に属す。特に高域の聴力レベルの衰えが著しい。周波数特性を補正する事で補償される。

これら3点に起因する聞き取りにくさを補償するため、補聴器の一部の機能に加え、音声理解度の低下に対しても発話速度を下げる処理を加えることで対応した。

2.1 ゆっくり機能

音声理解度を補償する技術であり、NHK放送技術研究所で開発した「適応型話速変換方式²⁾」を用いている。同技術は、音声の品質を損なうことなく、リアルタイムに発話速度を変換できるものである。音声をゆっくりにするということは、一般に、テープやレコードを遅く再生したことを想像するが、そうではない。

まず、話速変換の原理を図2に示す。これは、音声のピッチ周期（声帯振動の周期）を逐次抽出し、この単位で波形を挿入することにより時間伸張を行うものである。

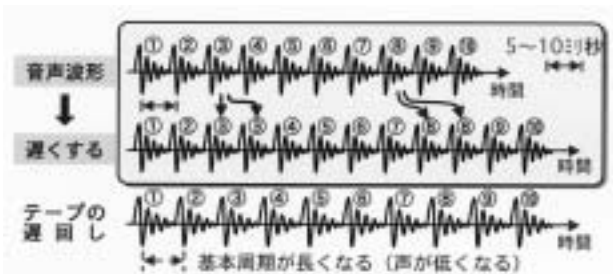


図2 話速変換の原理

しかし、これをそのままラジオなどの放送聴取に適用する際、実放送からの時間遅れが問題になる場合がある。これに対し、「ゆっくり機能」では、時間遅れを蓄積することなく、ゆっくり感を実現する適応型の話速変換方式が特徴である。動作の概念図を図3に示す。

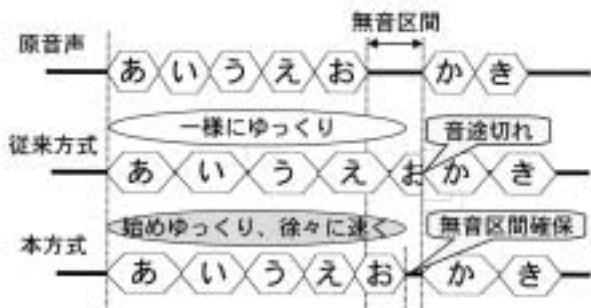


図3 適応型話速変換方式の動作概念

アルゴリズムの要点は以下の4点である。

1. 一定時間以上の無音（文間休止）に挟まれた音声区間を一息で発話された単位とみなす

2. 上記1.の単位で、話し始めをゆっくりにし、徐々に元の速度に戻していく
 3. 文間休止は一定時間を残して短くする
 4. 文の途中であっても、ピッチ周波数（ピッチ周期の逆数）に一定以上の上向き跳躍があった場合には、その部分のみ再度ややゆっくりにする
- これらにより、音声の欠落がなく、時間遅れを蓄積しない話速変換を実現している。

時間遅れを解消するには、非音声部分の効果的な削除に負う部分が多く、これをいかに正確に行うかが重要なポイントである。また、放送品質の確保という観点では、ゆっくり感だけでなく、言語的な聞こえの自然さを保つことも重要な課題となる。これに対し、高齢者を対象にしたゆっくり感に関する聴取実験を行った。詳細については3章で述べる。

2.2 はっきり機能

補充現象および最小可聴域の上昇を補償する技術である。①周波数において、音声帯域とそれ以外に分割した各々の帯域に②音圧レベルの調整を施す、ことにより、聞きやすい音量、音質に保つ。

人の声が聞き取りやすい「音声モード」と、音質のバランスが良い「音楽モード」とがある。

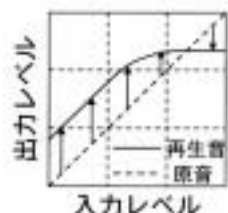


図4 音圧圧縮の動作



図5 2つの再生モードと効果

2.3 聞き直し機能

聴力の衰えを補償する技術ではないが、ラジオ機器に望まれる機能である。聞き逃した放送内容を聞き直したい、重要な内容を確認したい時など、時間を逆のぼり、繰り返し再生を行う。

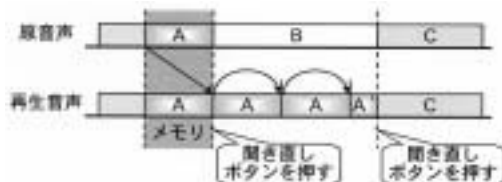


図6 反復聴取の動作

3. 基礎実験（適応型話速変換方式）

これまでに、聞こえのメカニズムや聴力に関する研究は数多く行われてきた。しかし老人性難聴にお

いては、文献・資料が極めて少なく、明確な実験の指針がないのが現状である。そこでこれらの聴取補助技術に対して、実験によって基本的効果の確認を行った。ここでは、特異な技術である「適応型話速変換方式」について紹介する。

高齢者による好ましい発話速度についての実験結果が報告されている³⁾。これによると、70歳代では7モーラ/秒^{*1}程度の話速が好ましく、80歳代ではさらに遅い話速が好まれている。NHKの定時のニュースの平均的な話速は8.5~9モーラ/秒程度であり、高齢者の好ましい速度をやや上回っている。民放ではさらに速いと言われている。

そこで、ニュース音声を対象に、時間遅れを蓄積しない適応型話速変換方式の有効性について調べた。実験は、家庭での実際の番組聴取状態を想定した条件下で行った。

3.1 実験1

原音声と同長の変換音声の対比較による「ゆっくり感」の比較を行った。実験音声には、実際に放送されたニュース音声3文を用いた。いずれも10秒程度で、話速は約8.5モーラ/秒である。各実験音声対は、提示順序の入れ換えを行い、計2回ずつ評価した。被験者は70~80歳代の187名である。

実験結果を図7に示す。

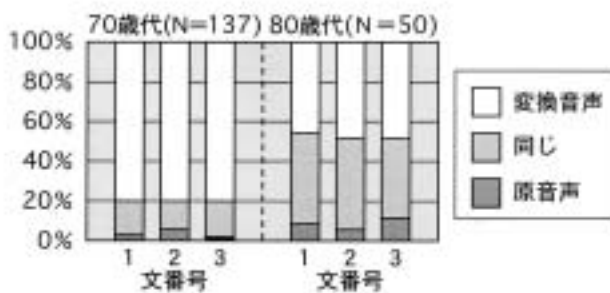


図7 原音声と同時間長の話速変換音声の「ゆっくり感」の比較

対比較の回答として、「同じ程度」(のゆっくり感である)を許した。70歳代で約80%、80歳代でも約50%の被験者が有効性を実証したという結果になった。話し始めをゆっくりに変換する程度についても、その好ましさについて実験を行った。その結果、原音声に対する伸張率で、130~140%程度が聞き取りやすいという結果になった。

3.2 実験2

適応型話速変換方式で変換した音声の長時間聴取の印象について調べた。実際に放送を聞いている状態を想定したものである。約100秒のニュース音声を本方式で変換し、アンケート調査を行った。被験者は、70歳代および80歳代で、有効回答数は106名であった。表1に結果を示す。

表1 話速変換音声の長時間聴取の印象

70歳代+80歳代 (N=106)	
聞きやすい	88 %
落ち着いている	76 %
自然である	61 %
"ま"が短い	17 %
聞きづらい	2 %
不自然である	1 %
文末が聞き取りにくい	1 %
早口に感じる	1 %

被験者の80%前後が「聞きやすい」「落ち着いている」と評価した一方、マイナス要因である「"ま"が短い」「聞きづらい」については少ない割合に留まった。「自然さ」についても、60%以上の人に支持されたことから、高齢者全般に対する聴取補助サービスを考えれば、概ね有効な手段であると言える。

4. ラジオの評価

日本ビクター(株)では、ラジオ発売前から試作機による実用検証を重ねてきた。実機での検証の目的は、①聴取補助機能の実用性、②使い勝手である。

①については基礎実験によって個々に検証してきたものの、実際の放送をその場で聞き比べる評価には不安もあった。しかしその結果は良好で、「ゆっくり機能」に関しては基礎実験よりも高い割合の支持(ゆっくり音声の方が良い)を受けた。他の2つの機能についても有効である事が実証できた⁴⁾。②の使い勝手については、従来のユニバーサルデザインを踏襲している事もあり、非常に評価が高かった。一部、操作系において改善を望む声もあったが、総じて言えば逆に使いづらくなるとの見方もあり、提案モデルでの商品化に至った。

一方、ラジオ発売後、「特異的な商品を使ってみよう」と多くの雑誌やメディアで試用された。その評価は、我々の期待を裏切るものではなかった。そ

*1 日本の音節の考え方。例えば、俳句は17字(音) = 17モーラ

してさらに、聴取補助機能「きき楽」の幅広い商品への搭載が望まれていた。

5. 「きき楽」の商品展開

「ゆっくり機能」に代表される「きき楽」は、その効果の有効性から、ラジオ以外の商品搭載が望まれた。その多くは語学学習用とテレビである。外国語の聞き取りに「ゆっくり機能」が効果的である事は明らかである。一方、音声及早口であるテレビ放送についてもその速度を遅くすれば良いと思われるが、そう簡単な事ではない。

ラジオとは異なり、テレビでは映像を伴うため音声との同期（時間ズレ）が大きな問題となる。つまり、実際に言葉を発声した口の動きよりも遅れて音声が聞こえることがあり、視聴に違和感をきたすのである。適応型話速変換方式の特徴から、話し始めの映像と音声は一致する。しかし、語尾については音声が遅れることはやむを得ない。また、話速を遅くするほどゆっくり感は得られるが、映像とのズレが大きくなるという相反した結果が生じる。

我々は、この現象を認識しつつテレビという商品に相応しい「ゆっくり機能」の構築に取り組んだ。処理の見直しと検証の繰り返しによる試行錯誤の末、映像を伴うゆっくり音声として効果的な手法を確立。この映像商品向け「ゆっくり機能」に対応した聴取補助システムは、ラジオでの効果と区別するために「TV『きき楽』」と名付け、2004年6月商品化を行った。



図8 TV「きき楽」商品化第一弾液晶テレビ LT-26LC50/32LC50

さらに「TV『きき楽』」は、PDP（プラズマ）テレビや29型ブラウン管テレビにも搭載し商品化している。（注：「TV『きき楽』」は、「聞き直し機能」は非対応）また、従来の「きき楽」はCDラジオカセへ展開。外部入力やマイク端子を備え、アクティブシニアのお稽古事使用への要求に応えている。

「聴取補助システム」は商品展開も広がり、用途に合った選択が可能になった。

6. まとめ

「ゆっくり機能」に代表される聴取補助技術「きき楽」を搭載したラジオを発売したが、そのユニークな機能と使い勝手の良さから、数多くの話題となった。「ゆっくり機能」は、NHK放送技術研究所によって開発した「時間遅れを蓄積しない適応型話速変換方式」を用いており、その有効性は実証実験によって確認されてきた。また、多くのユーザーから望まれた商品展開を果たし、その用途が広がった。

さいごに

元々、NHK放送技術研究所が話速変換技術の開発に取り組んだ理由は、高齢者からの放送番組に対して寄せられる声からであった。「放送の音声が聞き取りにくい」原因の一つとして、「早口についていけない」という事をつかみ、早くから研究に着手したのである。

NHKでは、「人にやさしい放送サービス」を目指し、デジタルラジオにおけるゆっくり音声放送の開始やリアルタイム字幕サービスの開始⁵⁾、点字や触覚情報によるデータ放送受信の研究⁶⁾など、一般の高齢者と共に視覚障害者をも対象にした情報のバリアフリー化に取り組んでいる。

今後、急速な高齢化社会を迎えるにあたり、情報発信側と受信側の歩調の合ったサービス提供が必要であると考えられる。

●参考文献

- 1) 倉片：高齢者の聴覚特性と音の設計－HQLデータベースを活用して－、人間生活工学、Vol.5 NO.4,2004
- 2) 今井、ほか：ニュース音声を対象にした時間遅れを蓄積しない適応型話速変換方式、信学論、(A)、vol.J83-A No.8、935-945,2000
- 3) A.Imai,N.Seiyama,T.Takagi,E.Miyasaka：Evaluation of Speech Rate Conversion for elderly people、Proceedings of the International Workshop on Gerontechnology、March 2001
- 4) 今井、ほか：聴取補助機能を備えたラジオの開発、信学技報、WIT2003-7,TL2003-7,NLC2003-7、37-42、2003
- 5) 安藤、ほか：音声認識を利用した放送用ニュース字幕制作システム、vol.J84-D2 No.6、877-887、2001
- 6) 坂井、ほか：視覚障害者向け統合型放送受信端末

浴室リモコンの報知音

—高齢者・視覚障害者に配慮した開発事例—

鈴木 敬明 (すずき たかあき)
静岡県静岡工業技術センター 基盤技術部 副主任

1991年静岡大学工学研究科修士課程修了。(株)豊田中央研究所を経て、1995年静岡県静岡工業技術センター勤務。2001-2003年ユニバーサルデザインプロジェクトとしてユニバーサルデザイン製品の設計開発支援を担当。高齢者視覚、ユーザビリティ関連の研究に従事。ヒューマンインタフェース学会、照明学会会員

1. はじめに

我々は、高木産業(株)と共同で、ユニバーサルデザインを考慮したガス給湯器用浴室リモコン(以降、浴室リモコンという)の開発を行った。ユニバーサルデザインを考慮した浴室リモコンのインタフェースを設計するにあたっては、高齢者、視覚障害者への対応が重要と考えた。浴室リモコンは毎日使う製品であり、浴室(特に入浴中)は視覚に障害がないユーザでも視覚機能が制限されるため、視覚障害者や高齢者への配慮は、他のユーザの使用性も向上させると考えた。視覚情報を補うための方法のうち、今回は報知音を中心に報告する。

音による情報提供は、比較的多くの情報をユーザに提供できる一方で、情報提供が適切でないと音情報を必要としないユーザにわずらわしさを感じさせたり、誤操作を誘発したりすることがある¹⁾。今回、音情報の提供については、視覚障害者をサポートするものであり、かつ、視覚障害のないユーザの操作に支障がないことを考慮した。さらに、高齢者への対応として、加齢による聴覚特性の低下に配慮し、JIS S 0014:2003に準拠した報知音の評価を行った。

また、我々の調査²⁾では、視覚障害者は、製品の使い方が分からない時に、「人に聞いたり」、「使用をあきらめたり」することが多く、高齢者は「メーカーや販売店に聞く」ことが多い(図1)。購入から使用までのサービスとしてユニバーサルデザインを提供するには、取扱説明にもユニバーサルデザインの取り組みが必要である。そこで、視覚障害の有無にかかわらず取扱いが分かるビデオマニュアルを制作した。このビデオマニュアルでは、音声、映像のどちらかの情報で説明が理解できるよう考慮した。

最後に、検討内容の有効性を確認するため、視覚

障害者を含むユーザにビデオマニュアルを視聴してもらい、製品のユーザビリティテストを実施した。

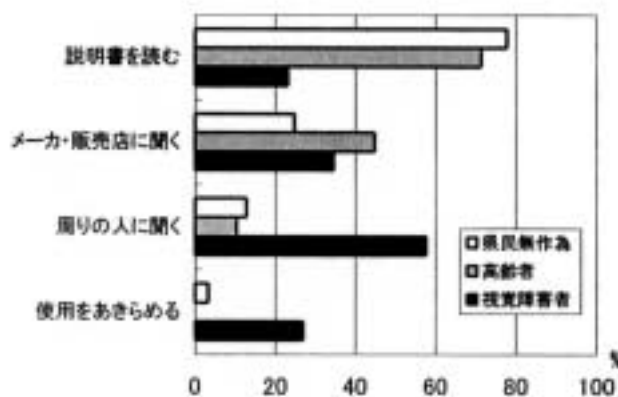


図1 家電の使用方法が分からない時の対処方法 (静岡県民652人、視覚障害者26人、高齢者49人)

2. 報知音の設計

2.1 数値設定への基点音の応用

浴室リモコンでの湯温などの数値設定操作は、温度表示などの視覚情報に依存するところが大きい。視覚情報にかわる音情報の提供としては、音声による数値の読み上げが考えられる。しかしながら、数値設定を行う場合にはボタンを連続して押すことが多い。そのため、設定値を単純に音声で読み上げる方法が使いやすいとは限らない。また、数値の読み上げは、音情報を特に必要としないユーザには煩わしさを感じさせることもある。そこで、一般的には「複数の設定を一つのボタンを繰り返して押して切り替える場合の、基準となるポジションを知らせる報知音³⁾と定義されている基点音を用いて数値設定を行うことを考えた⁴⁾。

例えば、給湯温度の設定では、「上」「下」ボタン

(図2) を押した時、基準となる数値(40℃)になった時に「フォン」という基点音が鳴り、40℃以外では「ピ」という通常の受付音が鳴る。40℃の基点音から何度温度を上げ下げするかで温度設定が可能となる(表1)。予約時刻設定では、上下ボタンで時刻を変更する際に、通常の受付音「ピ」の他に、各時0分で「ポ」という音、正午に「フォン」という基点音が鳴るように設計した。午後7時に時刻を合わせたいときは、時刻を早送りし、基点音が鳴った後に、基点音「ポ」を7回数えれば設定可能である。



図2 開発品の外観

表1 湯温設定で基点音を鳴らす場合の例

温度を上げる	温度	温度を下げる
	42℃	
ピ↑		↓ピ
	41℃	
ピ↑		↓フォン
	40℃	
フォン↑		↓ピ
	39℃	
ピ↑		↓ピ
	38℃	
ピ↑		↓ピ
	37℃	

2.2 JIS S 0014(2003)に基づく報知音の設計・評価

高齢者、視覚障害者へ対応として、報知音の音質、音量は重要である。加齢に伴う聴力低下や、妨害音の影響を考慮し、適切に聞き取れる報知音を設計するために、JIS S 0014⁵⁾の評価手法を用い、報知音の周波数、音圧レベルを評価した。

測定条件を表2に、1/3オクターブバンド分析結果の例を図2に示す。図2で最大音圧レベルを示す周波数バンドは630Hzであり、そのバンドの音圧レベルは妨害音を考慮した推奨値の範囲に入っていた(表3)。その他の報知音に対しても同様の評価を行い、推奨値の範囲内であることが確認された(表3)。最大の音圧レベルを示す周波数は、高齢者の聴覚特性の低下が少ない2500Hz以下³⁾であった。

表2 報知音、妨害音の測定条件

測定場所	静岡工業技術センター、無響室(報知音) ウエルフェアテクノハウス静岡、浴室(妨害音)
測定装置	普通騒音計(小野測器LA-1250) 周波数解析装置(小野測器CF-5220)
測定位置	本体正面500mmにマイクロフォンを設置
測定方法	精密騒音計、1/3オクターブバンド分析
妨害音	シャワーの水音(水量:7.73l/min)

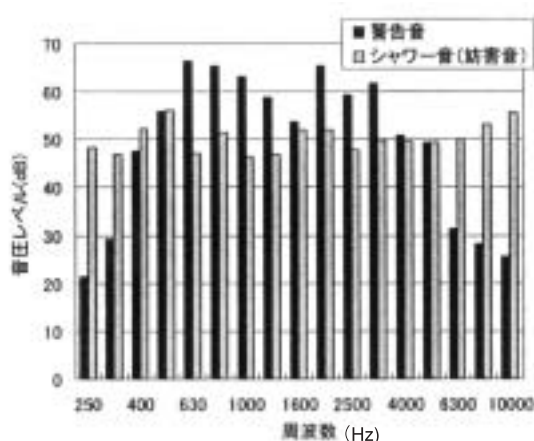


図2 報知音(警告音)の1/3オクターブバンド分析結果

表3 報知音、妨害音の測定結果とJISに基づく推奨値

	測定値			妨害音を考慮した音圧レベルの推奨値		評価
	報知音 Ls,OCT (dB)	ピーク 周波数 (Hz)	妨害音L Ln,OCT (dB)	下限値 (dB)	上限値 (dB)	
ピ音	65.8	2000	52.1	57.1	75.0	○
プ音	67.7	1000	46.5	51.5	71.5	○
禁止音	66.0	2000	52.1	57.1	75.0	○
ON音*	61.4	1000	46.5	56.5	76.5	○
OFF音*	68.1	800	51.6	61.6	80.0	○
基準音*	64.4	1000	46.5	56.5	76.5	○
完了音*	66.8	800	51.6	61.6	80.0	○
警告音*	66.6	630	47.2	57.2	77.2	○
インターフォン*	62.0	1000	46.5	56.5	76.5	○

*JIS S0013の3.の区分による受付・スタート音や強注意音

2.3 取扱(報知音)を説明するビデオマニュアル⁶⁾

ユーザに機器の取扱いと報知音について説明するビデオマニュアルを作成した。障害の有無や年齢にかかわらず、多くの人々が理解できるように下記の点に留意した。

- 音声だけ聞いて取扱いが理解できる
- 映像だけ見て取扱いが理解できる
- 初心者、高齢者に分かりやすい
- 退屈せず、親しみのもてる内容
(単純な説明調としない)

機器をはじめて使用する時に視聴することを想定し、ビデオマニュアルでは、主要機能の取扱説明と機能紹介を行った。時間は11分59秒である。ナレーションは、高齢女性（78才）が行った。これは、浴室リモコンの音声ガイダンス（若い女性の声）と聞き間違えないこと、初心者、高齢者に親しみを持たせることを意図している。画面構成を **図3** に示す。操作画面を中央に表示し、ナレーションおよび音声ガイダンスを文字表示した。報知音が鳴ることを知らせる音符も映像として表示した。実際の映像は当センターのウェブページ²⁾で視聴が可能である。



図3 マニュアルビデオの画面構成

3. 報知音（基点音）の有効性の評価⁷⁾

検討内容が開発品の使用性に反映しているか確かめるために、ユーザビリティテストを実施した。

3.1 方法

表4に示す作業を、健常者（20代、40代、50代女性）、視覚障害者（20代、40代、60代女性）計6名に行ってもらった。実験は、実際の使用状況に近くなるよう実験住宅（静岡ウエルフェアテクノハウス）の浴室で行い、開発品で実験住宅のガス給湯器を操作できるようにした。視覚障害のある参加者は納得するまで反復してマニュアルビデオを視聴した後、製品を操作した。健常の参加者は、機器の操作についての説明は一切なしで操作を行った。操作時の行為や発話内容などを、行動履歴観察記録ソフト^{8)~10)}などを用い記録した。

表4 実験で参加者に指示した作業の内容

タスク1	リモコンを操作して、シャワーを好みの温度に調節して下さい。
タスク2	リモコンを操作してお風呂にお湯をはって下さい。
タスク3	リモコンを操作して、快適だと思う温かさまでお風呂の温度を上げてください。
タスク4	リモコンを操作して、台所の人にタオルを3枚持ってきてもらって下さい。
タスク5	（お風呂のお湯を抜いて）今日の午後7時にお風呂のお湯がはれるようにして下さい。

3.2 結果

表5にタスクの達成度と人数を示す。健常の参加者は、ほとんどのタスクを達成した。健常の参加者については、基点音に関する説明は一切行わずに実験を行ったが、実験中に基点音の存在に気づいた様子や、基点音が原因の誤操作も見られなかった。

視覚障害のある参加者は、基点音を手がかりに給湯温度設定、予約時刻設定などの作業を行うことができた。タスク1で「補助あり達成」が多いのは、マニュアルビデオで給湯温度調整の説明が明確でなく、参加者全員がふる温度の設定と誤解した結果である。これは、マニュアルビデオの問題と考える。

タスク5の予約時刻設定では、正しい時刻がセットされても、ユーザは「セットされた時刻を確認できない」ため不安を感じたまま操作を終了していた。設定数値の確認ができないことと、一度基点音を聞かないと数値設定ができないことが基点音の問題点である。この点については、数値設定中は基点音を用い、数値設定終了後、もしくはユーザが情報確認を求める状況では、数値の読み上げを行うなどの改善が考えられる。

60才代の電子機器の操作に比較的不慣れな視覚障害の参加者は、タスク1で温度設定はできたものの、タスク5では数値の早送りと基点音の理解がうまくできず、タスクを達成できなかった。視覚障害者でも電子機器の操作に慣れたユーザ、不慣れなユーザなど様々な属性のユーザがいる。視覚障害者に対応する場合には、視覚障害者というひとつのカテゴリで考えるのではなく、その中のユーザ属性や操作の難易度によってサポートが必要といえる。

図4に参加者のカテゴリごとのタスク達成時間（平均）を示す。タスク1では、視覚障害のある参加者は、ビデオマニュアルの説明が不十分なため操作方法を誤解しタスク達成に時間がかかった。しかしながら、それ以外のタスクの達成時間は健常な参加者とほとんど変わらない。健常者と同等の使用性の実現できていると考えられる。

表5 タスクを達成した程度と人数

	健常者			視覚障害者		
	達成	補助あり達成	断念、間違い	達成	補助あり達成	断念、間違い
タスク1	3	-	-	-	3	-
タスク2	3	-	-	2	1	-
タスク3	3	-	-	3	-	-
タスク4	3	-	-	3	-	-
タスク5	2	1	-	1	1	1

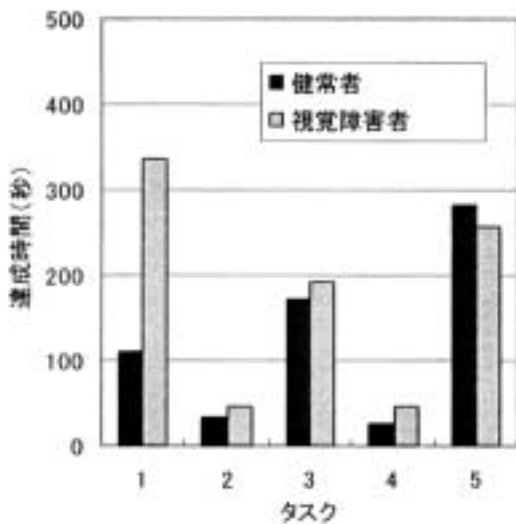


図4 各タスクの平均達成時間

4. まとめ

ユニバーサルデザインを考慮した浴室リモコンの開発にあたり、音情報だけで数値設定が可能になるよう基点音を付加した。また、音声だけ聞いても説明が理解できるビデオマニュアルを制作した。これらの有効性を確認するために、開発品とビデオマニュアルを用いてユーザビリティテストを実施した。

その結果、数値設定操作において基準値で基点音を鳴らすという方法は、視覚障害者が数値設定を行う際の手がかりとして有効であること、視覚障害のないユーザの妨げとならないことが確認された。基点音は、その有効性を利用すれば情報を必要としているユーザにだけ情報を提供し、情報を必要としない人の妨げにならないユニバーサルデザイン的な活用が可能となると考えられる。

また、使用状況を考慮して、音声の取扱説明や、適切な報知音などの配慮があれば、視覚障害者が数値設定などの操作が可能なのことが分かった。

報知音の音量については、シャワーやお湯を出した状態でも、実験参加者から「音が小さい」、「聞き取りにくい」といった意見は、聞かれず、JISによる評価が有効であることが確認できた。

5. おわりに

本報告は、平成13～15年度に静岡県静岡工業技術センターユニバーサルデザインプロジェクトで実施した内容であり、メンバーの田村久恵、櫻川智史、易強との共同の研究成果である。開発に携わった高木産業の方々、多大な助言とご指導を頂いた前静岡

文化芸術大学デザイン学部木塚泰弘教授、静岡県立大学国際関係学部石川准教授に、感謝いたします。本製品は2003年4月に高木産業(株)より「よくばリモコン」「きくばリモコン」として発売された。

●参考文献

- 1) 原田悦子, 鈴木卓嗣: 対話型システムにおける音声ガイダンスの有効性・有害性、『日本認知科学会第18回大会論文集』、2001
- 2) <http://udp2004.jp>
- 3) JIS S 0013, 高齢者・障害者配慮設計指針—消費生活製品の報知音、日本規格協会、2002
- 4) 鈴木敬明, 易強, 桜川智史, 田村久恵, 望月融, 澤畑広信: 視覚障害者に対応したインターフェースにおける基点音の有効性—数値設定操作への応用—ヒューマンインターフェースシンポジウム2003論文集, 693-696, 2003
- 5) JIS S 0014, 高齢者・障害者配慮設計指針—消費生活製品の報知音—妨害音及び聴覚の加齢変化を考慮した音圧レベル、日本規格協会、2003
- 6) 鈴木敬明, 易強, 桜川智史, 田村久恵, 川口真弘, 望月融: 給湯器用浴室リモコンのためのビデオマニュアルのユニバーサルデザイン、テクニカルコミュニケーションシンポジウム2003論文集, 59-63, 2003
- 7) ガス給湯器用浴室リモコンにおけるユニバーサルデザインのための視覚障害者配慮設計—数値設定操作に基点音を用いた場合の有効性と問題点—鈴木敬明, 櫻川智史, 易強, 田村久恵, 望月融, 澤畑広信, 認知科学, 10 (3), 370-383, 2003
- 8) Yi., Q, Sakuragawa, S., Suzuki, T., Tamura, H., Kurosu, M: New Data Logging Software Effectively Implement Observation Records for Usability Testing Proceedings IEA2003, Vol.1, 275-278, 2003
- 9) 易強, 鈴木敬明, 櫻川智史, 田村久恵: 多様なユーザ行動を効率良く記録するソフトウェア「OBSERVANT EYE」, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演概要集, 227, 2003
- 10) 鈴木敬明, 易強, 桜川智史, 田村久恵, 黒須正明: ユーザビリティテストを効率化するためのロギングツール開発—観察内容とその重要性の同時記録—ヒューマンインターフェースシンポジウム2002論文集, 487-488, 2002

高齢者の聴覚特性と音の設計 —HQLデータベースを活用して—

倉片 憲治 (くらかた けんじ)

(独) 産業技術総合研究所 人間福祉工学研究部門 主任研究員

1994年 大阪大学大学院人間科学研究科博士課程修了、博士(人間科学)。1996年 工業技術院生命工学工業技術研究所入所、2001年より現職。研究分野は聴覚心理学。特に、聴覚の加齢変化を研究テーマとする。

聴覚・音響分野における高齢者・障害者配慮設計指針のJIS原案作成を行うとともに、ISO/TC159(人間工学)、ISO/TC43(音響)、IEC/TC100(マルチメディア)において国際標準化活動に従事。

<http://staff.aist.go.jp/kurakata-k/index-j.html>

1. 「耳が遠くなる」とは?

歳をとると「耳が遠くなる」と一般に言われる。相手の言葉が聞き取れなかったり、玄関のチャイムなど周りの音を聞き損なったりしがちになる。

加齢にともなって我々の聴覚特性はどのように変化していくのか、ここでは(社)人間生活工学研究センター(HQL)が公開している「高齢者身体機能データベース」¹⁾と「高齢者対応基盤整備データベース」²⁾を参照しながら、その様子を概観してみたい。その現象の中には、高齢者の耳に対応した新しい音の設計のヒントが隠されているはずである。

2. 小さい音・高い音が聞き取りにくい

最も一般的に、かつ顕著に見られる聴覚の加齢変化は、小さい音が聞き取りにくくなることである。図1にその様子を示す。これは、オーディオメータと呼ばれる測定装置を用いてヘッドホンから純音を呈示し、聞こえる最も小さい音のレベルを年齢群別にまとめた結果である。

この図から、年齢が高くなるにしたがって、次第に聴力が低下していく様子を見て取ることができる。聴力の低下は、特に2000 Hz以上の高い周波数領域で著しい。すなわち、低い音に比べて、高い音が聞き取りにくくなる、ということである。

本特集の鈴木論文にも記されているとおり、報知音を用いて製品の動作状況を使用者に伝える場合に、周波数の高い音を用いるのは望ましくない。実際、報知音を聞き取れない高齢者の割合は、音の周波数が高くなるにしたがって増加していく(図2)。また、高齢者ではそのような高い音に対する「好ましさ」の評価も低く、報知音として使用するのはいやがり適切でないと言えよう。

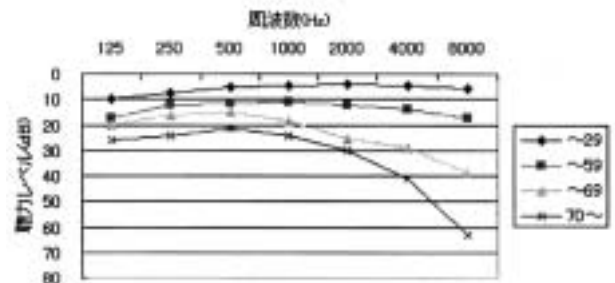


図1 年齢別にみた純音聴覚閾値レベル

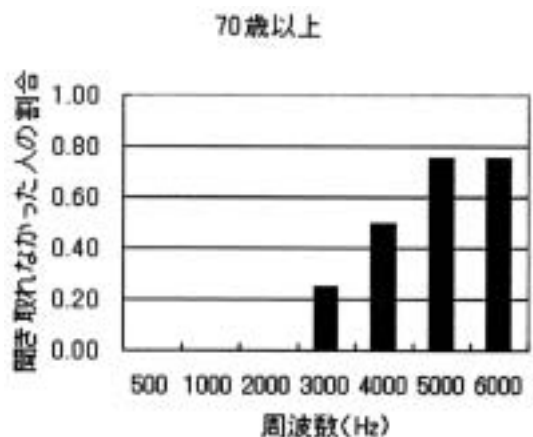


図2 純音の周波数と聞き取れなかった人の割合

高い音が聞き取りにくいということは、すなわち普段聞いている音の高さの範囲が狭いことを意味する。図3に示すように、周波数が1000 Hz以上になると、高齢者では音の高さの印象評価にあまり違いが見られなくなる。したがって、1つの製品に複数の報知音を用いる場合、それらを音の高さの違いでユーザに区別させるのは、あまり好ましい方法とは言えない。

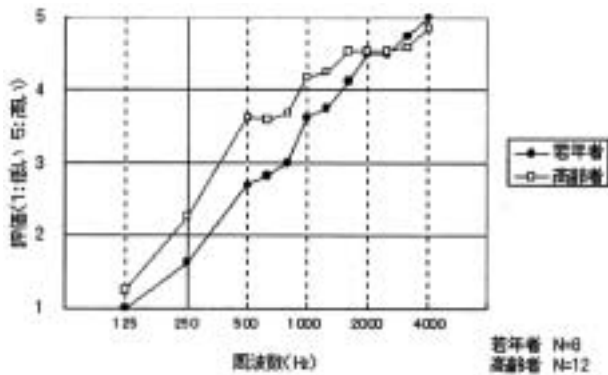


図3 純音の周波数と高さの印象評価

なお、音が聞き取りにくくなるのは、多くの場合、その音量が小さい場合に限られる。すなわち、音量の大きい音は、高齢者でも若齢者と同様に大きく聞こえている場合がある。これは、補充現象と呼ばれる。図4に、純音の大きさの評価を求めた結果の一例を示す。

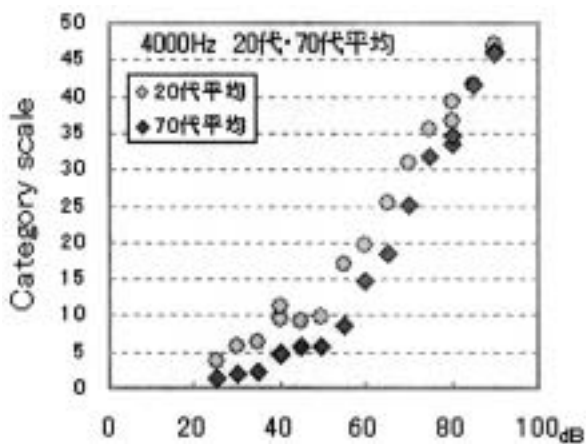


図4 純音の大きさの評価

この例では、70歳代の聴取者の場合、音のレベルが40～50 dBを超えたところで徐々に聞こえ始め、さらに音が強くなるにしたがって、急激に音の大きさの印象が増加している。80 dBを超えると、大きさの印象評価値は、20歳代の評価値とほとんど変わらない。実際、聞き取りやすいラジオの音量を測定すると、年齢にともなって最小音量は増加するが、最大音量はほとんど変化しない(図5)。そこで、本特集の武石・都木論文で紹介されているように、小さな音は増幅し、大きな音は抑える「音圧圧縮」を施すことによって、音量にかかわらず聞き取りやすい音声を実現することができる。

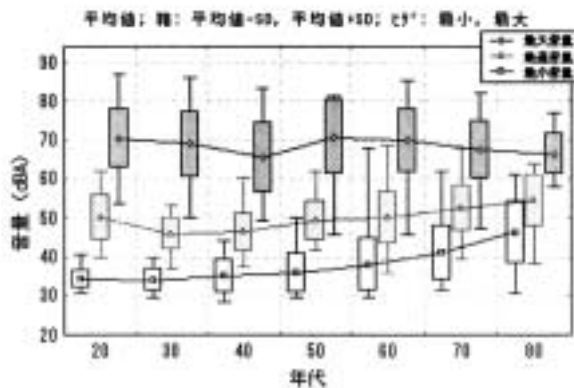


図5 年齢別に見たラジオの聴取音量

3. 悪条件になると聞き取りづらい

高齢者は、音の聞き取りの条件が悪い場合に、特に困難を覚えることが多い。

悪条件の1つめが、周囲の大きな音に妨害される場合である。鈴木論文は、給湯器リモコンの報知音の聞き取りが、浴室内の水音によって妨害される例である。JIS S 0014³⁾ではこのような状況を想定して、妨害音がある場合でも高齢者にとって聞き取りやすい報知音の音量設定方法を規定している。その効果は、鈴木論文に記されるとおりである。

また、周囲の音は、音声の聞き取りにも影響を及ぼす。騒音下における単音節明瞭度の低下を図6に示す。単音節明瞭度とは、「あ」「ぎょ」などの単独の音節を正しく聞き取れた割合を指す。図のように、騒音下では高齢者の正答率が大きく低下しており、音声を正しく聞き取りにくくなることが分かる。

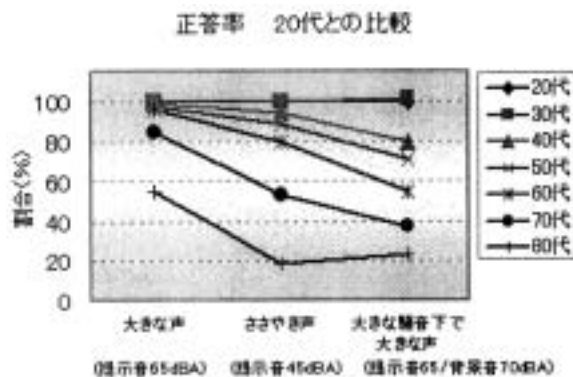


図6 騒音の有無と単音節明瞭度

悪条件の2つめとして、音質の悪さが挙げられる。図7は、音声にさまざまなひずみを加えた時の文章了解度（文章中のキーワードを正しく書き取れた割合）の測定結果である。横軸右方向に行くほど、聴力低下が大きい聴取者（高齢者）のデータを表している。高域の音を削除したり（タイプB）、さらに波形をクリップさせたりした場合（タイプC）には、高齢者の文章了解度が大きく低下していることが分かる。高齢者には、より良い音質でアナウンスなどの音声を流す必要があると言えよう。

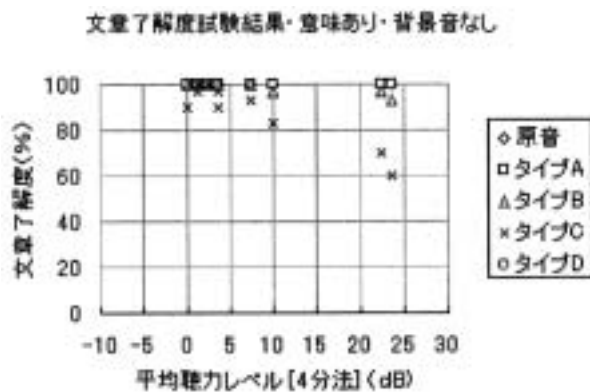


図7 さまざまなひずみを加えた場合の文章了解度

なお、アナウンスなどの音声では、その速さ（話速）も聞き取りやすさを左右する重要な要因である。すなわち、ゆっくり話してくれれば分かる音声も、早口で話されると内容を理解しにくくなる。これはちょうど、外国語を聞き取る際、ゆっくりであれば分かるが、早口で話されると途端に理解度が低下してしまうのと似た状態である。武石・都木論文で紹介された「ゆっくり機能」は、まさにこの問題を解決する技術である。

悪条件の3つめは、部屋の残響が多い場合である。極端な場合として大きな浴室内の状況を想像すると、その影響が分かりやすいであろう。大きな残響が加わると相手の音声が聞き取りにくくなり、高齢者は特にその影響を受けやすい。会話を楽しむための広い部屋は、絨毯や厚手のカーテンなどを使用して、残響を抑える工夫を施すことが望ましい。

4. 音の方向を誤りやすい

音が到来した方向を誤って判断しやすいのも、高齢者の特徴と言える。HQLのデータベースに収録された結果からも、その傾向が伺える。

図8は、正面に並べられた4個のスピーカーのうち、どのスピーカーから試験音が呈示されたかの判

断を求めた結果である。若年者では、どのスピーカーから呈示された場合でも90~100%の割合で正しく言い当てることができる。しかし高齢者では、図のように正答率が全体的に低くなっており、音源位置を特定する能力が低下していることが分かる。そこで、どこから音が出ているかを正しく知らせるためには、音だけでなく、視覚的な手掛かり（表示ランプなど）を併用することが必要であろう。

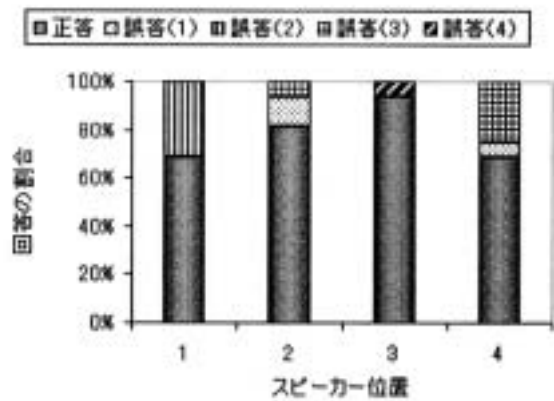


図8 音が提示されたスピーカーの判断結果

前後左右さまざまな方向から音が提示される場合には、音の聞こえる方向を前後に誤ることが多い。すなわち、前から到来した音を後ろからの音と判断する、あるいはその逆の聞き誤りが多い。また、左右の聴力が異なる人の場合は、左右方向の誤りも多くなる傾向が見られる。

音の方向判断は若年者でも必ずしも容易ではないが、高齢者では特に困難となりやすい。さらに、周囲の音や室内の残響も、音の方向判断に悪影響を及ぼす要因となりうる。したがって、火災時の非常放送など誘導を目的とした音声では、「こちらへ」といった相対的な方向を表す表現ではなく、「〇〇出口の方向へ」などと、具体的な位置を特定できるような表現を用いることが望ましい。

5. 他の作業中に音を聞き逃しやすい／聞き誤りやすい

一般に、注意していれば聞き取れる音も、他の作業を行っている最中には聞き逃したり、聞き誤ったりしやすくなる。高齢者では、この傾向が特に顕著に見られる。

図9は、複雑な判断が要求されるコンピュータゲームを行っている最中に音声が呈示され、それを正しく聞き取れた割合を測定した結果である。

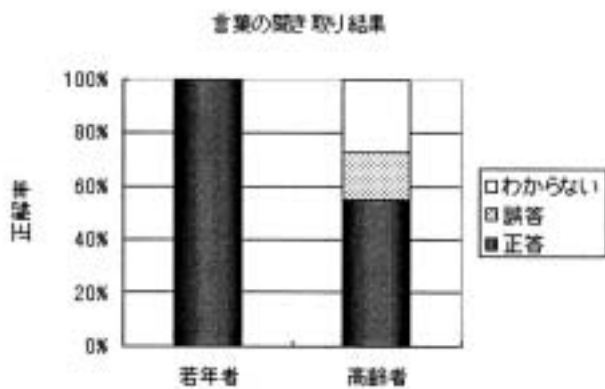


図9 ゲーム中に呈示された音声の聴取結果

この図では、若年者では100%聞き取れる条件であっても、高齢者では正答率が大きく低下している。これは、複雑なゲームをこなすために労力の多くを割いてしまい、音声を正しく聞き取る余裕がほとんど無くなってしまった状態と考えられる。

音声の聴き取りが低下するのは、掃除機をかける、水洗いをするといった日常的な作業の最中に音声を聞き取る場合でも同様である。図10に示すように、これらの作業中でも、高齢者では音声を正しく聞き取れる割合が低下する結果が得られている。したがって、他の作業に携わる高齢者に音声で情報を伝える場合には、重要な語句は二度繰り返すなど、聞き逃し／聞き誤りを防ぐ配慮が必要であると言える。

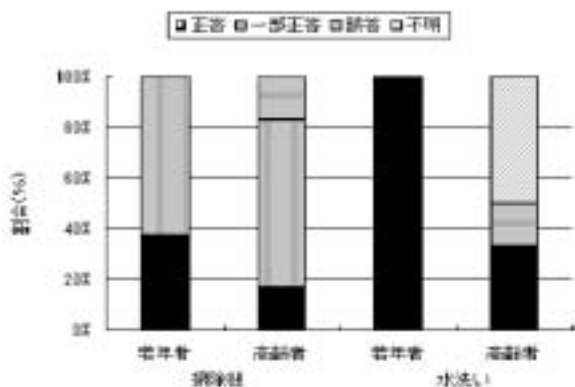


図10 日常的な動作場面での音声の聴取結果

6. おわりに

このように、歳をとると「耳が遠くなる」と一般に言われる現象には、聴覚の加齢変化のさまざまな側面が関与していることが分かるであろう。これらの特性の変化を正しく理解することが、高齢者にとって生活がより楽しくなる音の技術の開発につながるはずである。

なお、ここでは敢えて若年者（20歳代）と高齢者（60～70歳代以上）を比較する形で聴覚特性の変化を紹介したが、加齢の影響は高齢者になって突然現れる訳ではない。例えば図6に示した単音節明瞭度の測定結果のように、聴覚能力の低下は30歳過ぎ頃から少しずつ現れてくるものである。そこで、高齢者に配慮して音を設計することは、多かれ少なかれ若年者にも（また、部分的には聴覚障害者にも）恩恵をもたらすものと言える。

●参考文献

- 1) <http://www.hql.or.jp/gpd/jpn/www/adb/index.html>
- 2) <http://www.hql.or.jp/gpd/jpn/www/13web2000/2000top.htm>
- 3) JIS S 0014, 高齢者・障害者配慮設計指針—消費生活製品の報知音—妨害音及び聴覚の加齢変化を考慮した音圧レベル、日本規格協会、2003

ブラジャー着用時の乳房振動と 衣服圧変動との関係

Relationship between Clothing Pressure and Breast Vibration While Wearing a Brassiere

岡部 和代^{*1}、黒川 隆夫^{*2}

Kazuyo OKABE, Takao KUROKAWA

ブラジャーカップを剥離してその機能を逸らさず乳房の動きを視覚化する方法で、走行中のブラジャー内部の乳房振動と衣服圧、足の動きの測定を同期させて行った。走行中のデータの周波数解析を行った結果、乳房振動と足の動きのスペクトルのピークが同じ周波数に表われた。ブラジャーの下カップ部は、静止時には乳房の重みがかかって衣服圧が高く、走行中には乳房振動の影響を強く受けて衣服圧変動がみられた。時系列データ間の相関を求めると、垂直方向の乳房振動と衣服圧が下カップ部において強い逆相関を示した。

Movements of the breast wearing a brassiere were monitored after removing the brassiere cup without deflecting its breast-supporting function. Breast vibration, clothing pressure and movements of the ankle joint were simultaneously measured while running. Frequency analysis of the parameters revealed that the maximum spectrum of breast vibration and that of foot movements appeared at the same frequency. Clothing pressure was high at the under-cup part of the brassiere at rest because this part supported the nearly total weight of the breast. Clothing pressure changed markedly while running because of the influence of breast vibration. Analysis of time-dependent changes in data showed a strong negative correlation between vertical vibration of the breast and clothing pressure at the under-cup part.

1. 緒言

被服人間工学の視点に立って補整用下着の設計をするには、人の生体特性や人とモノとの関係を科学的に分析して、相互の関係を明らかにしておくことが大切である。特にブラジャーは、乳房に密着した補整用下着として、乳房振動の影響を受けやすいことから、その特性とブラジャーの関係は、運動機能性を考える上で重要である。ブラジャーの運動への適応はなかなか満点の取れない難しいテーマで、ブラジャー開発の歴史は運動機能性との戦いであった¹⁾といわれるように、運動により乳房が振動すると、それによってブラジャーのフィット性が変化する。しかし、運動時の乳房とブラジャーの関係を明らかにすることは困難で、乳房という特殊な部分を対象とすることや、ブラジャー内の乳房の動きがとらえ難いことなどから報告^{2~4)}が限られ、また乳房振動

として報告されたものもブラジャー表面上をとらえた報告となっていた。しかし、設計上必要となるのはカップ内の乳房振動とブラジャーの関係である。そこで私たちはブラジャーカップを剥離して、その機能を逸らさず視覚化する方法を案出し、ブラジャー着用時の乳房振動を研究^{5~6)}している。

本研究では、走行中の足の動き、乳房振動、衣服圧を同期させて測定し、得られた時系列データの分析を行って、ブラジャー内の乳房振動と衣服圧変動との関係を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 測定点

Fig. 1 に示す左乳房上の5点を測定点とした。この5点の設定に先立ち、乳房には以下のような基

*1 京都女子大学短期大学部

*2 京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科

準線を設定した。乳房下端の基底曲線（乳房下皮膚線）と乳房を持ち上げた際に胸部部に生じる皮膚溝を合せたほぼ円形の閉曲線を乳房外輪とした。次に乳頭点を中心として垂直、水平およびそれらと45°の角度を成す直線を描いた、外輪と乳頭点との実距離を3等分し中輪と内輪とした。走行中の実験では、乳頭点を通る垂直、水平の線で分割される4つの領域の中央位置4点（1～4）と、乳首を外した乳房中央位置（5）を測定点とした。また、体幹部の動きや姿勢の変化を除去するための基準点として、P1（正中線とアンダーバストラインとの交点）、P2（胸骨上端）、P3（前腋点）を設定した。

2.2 実験試料

Fig.2は実験試料のスケッチ画およびブラジャー内の衣服圧分布である。実験試料には、乳房全体を覆うもので目的の異なる市販のブラジャー2種、スポーツブラジャー（これをスポブラと称する）とフルカップブラジャー（これをフルカップと称する）を用いた。ブラジャーサイズは、フィッティングを行なって被験者に適合するものを用いた。Fig.2に示した衣服圧分布は、接触圧測定装置 (AM-7052: 株AMI製) を用いて、Fig.1に示した左乳房上の全ての丸印25点と、ブラジャーの脇ボーン部上下2点、背面の後ろフックに近いフレーム部中央1点、ストラップと肩線との交点（肩ストラップ点）1点を6回に分けて椅座位静止姿勢で測定した結果である。静止時のカップ部の衣服圧は、乳房の重みがかかる下カップ部で高い。

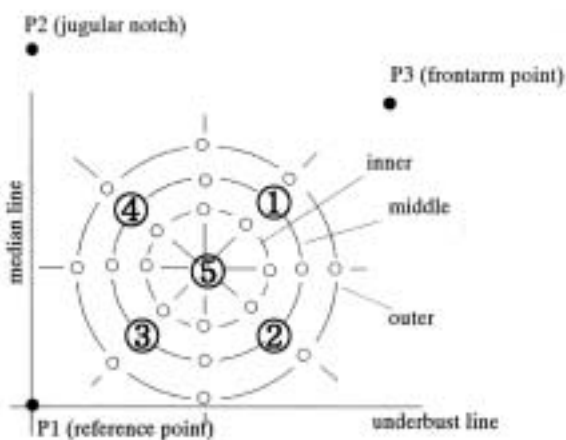


Fig. 1 Measuring points on the left breast

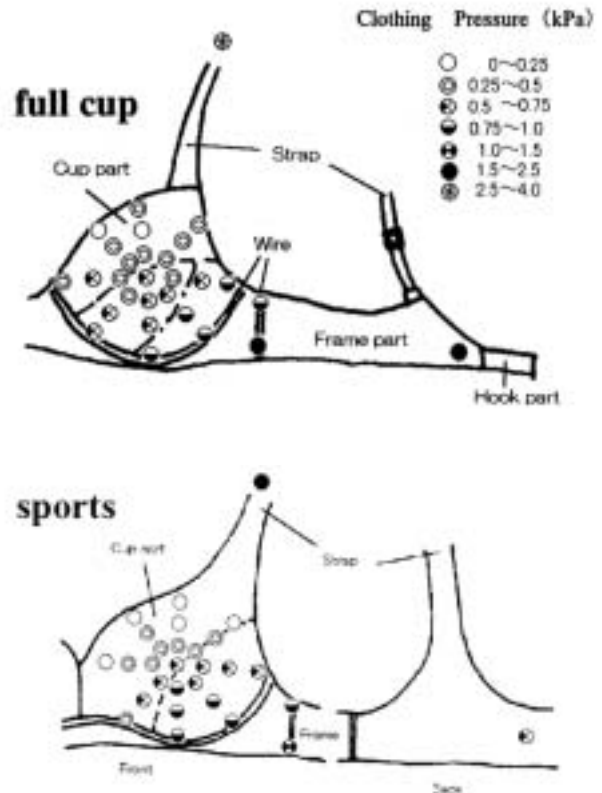


Fig. 2 Schematic drawing of the used brassiere and average distribution of the clothing pressure

走行中の実験には、カップ部の装飾部を取り除きマーキセットのみとした半透明ブラジャーを用いた。マーキセットはブラジャーのカップ部に伸び止めや補強として使われている半透明の裏打ちの編み地で、マーキセットのみにするとカップ部は半透明となり、カップ内の乳房上のマークの画像計測が可能となった。

Table 1は購入時の市販品と半透明ブラジャーで衣服圧に差があるか乳房上5点について検定した結果である。要因Aをブラジャータイプ（スポブラとフルカップ）、要因Bをカップ状態（市販品と半透明）、要因Cを測定点として3元配置の分散分析を行った。有意差が認められたのは、要因Aのブラジャータイプと要因Cの測定点で、危険率0.01%有意となった。また、その交互作用も0.05%有意となった。しかし、要因Bのカップ状態の違いに有意差は認められなかった。ブラジャー内の乳房の動きを視覚化するには、カップ部を剥離した半透明ブラジャーでのみ測定可能であるが、市販品とほとんど同条件で実験可能と判断した。

Table 1 Analysis of variance on clothing pressure

factor	S	ϕ	V	F	P
A	0.384	1	0.383	8.506	0.003 **
B	0.018	1	0.018	0.398	0.528
C	6.560	4	1.640	36.381	0.000 **
A×B	0.007	1	0.006	0.145	0.703
A×C	0.533	4	0.133	2.955	0.021 *
B×C	0.260	4	0.065	1.444	0.220
A×B×C	0.014	4	0.003	0.075	0.989
error	9.016	200	0.045	—	—
total	16.791	219	—	—	—

A: brassiere type, B: cup translucency, C: point
* significant at $p < 0.05$, and at ** $p < 0.01$

2.3 被験者

被験者は、年齢20～26歳の標準体型の健康な成人女子11名である。バスト(mean: 811.5, S.D.: 37.0)、アンダーバスト (mean: 688.8, S.D.: 44.3)の胸部寸法は、全国平均値⁷⁾と有意な差は認められない。

2.4 測定方法

ブラジャーを着用した被験者に、3 sec間の直立静止姿勢ののちトレッドミル上を一定速度 (6km/h) で2分間走行するよう指示した。衣服圧は、エアパック方式の接触圧測定装置(AM-7102HSL: (株)AMI製) を用い、サンプリング間隔0.1 secで測定した。エアパックは乳房上に安定して付けられる大きさ ($\phi 20\text{mm}$)とした。

動画は2台のCCDカメラを用い、1台は乳房部の各測定点がほぼ正射影と見なせる位置に、もう1台は下肢部が入る位置に設置して同時に撮りこんだ。2次元の運動画像解析システム (MA-K100: (株)櫻村

製) で、0.1sec 間隔の画像の座標を撮影開始直前に取り込んだスケールを基に実寸に換算した。人体が直立している際の水平前後方向を x 座標、垂直方向を y 座標とした。

なお、ブラジャー内にある乳房上とブラジャー上の同位置の測定点の動きを分析するため、乳房上の印はエアパックの円を利用して赤円に、ブラジャー上の円は黒円 ($\phi 5\text{mm}$) とした。黒円はカップ地を透して赤円の中心にあたる位置に付けた。ブラジャー上の座標値 (黒円の中心) は取り込んだ画像から測定可能であるが、乳房上はブラジャー上の黒円で隠れる。そこで、赤円の中心座標は赤円縁の任意の3点を計測して算出した。

下肢には、左腓骨上縁点、左外果点、左つま先点に黒円 ($\phi 15\text{mm}$) を付けた。

3. 結果および考察

3.1 乳房振動と足の動きの関係

乳房振動データは、計測した乳房上5点、ブラジャー上5点の座標値から体幹部の動きを除去して求めた。Fig. 3に被験者1名がスポブラを着用した時のカップ内の乳房振動と左外果点の動きを0.1 sec 間隔で30 sec間、y 座標について描いた。撮影開始から約3 sec間は直立静止姿勢で、その後30 secまでに左外果点が37回上下運動を繰り返した。左外果点1回の上下運動の中に左右足の動きを含むので、これが2歩分となる。Fig. 4は、Fig. 3の走行中のデータを周波数解析した結果でx座標とy座標について示した。1軸表示で上段に描いたのが測定点5点の、2軸表示で下段に描いたのが左外果点の結果である。

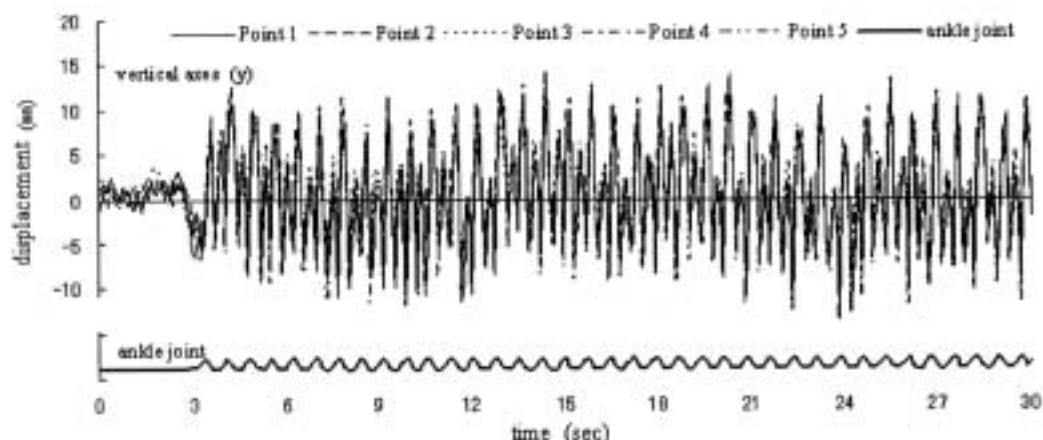


Fig. 3 Displacement of sports brassiere and movement of the ankle joint

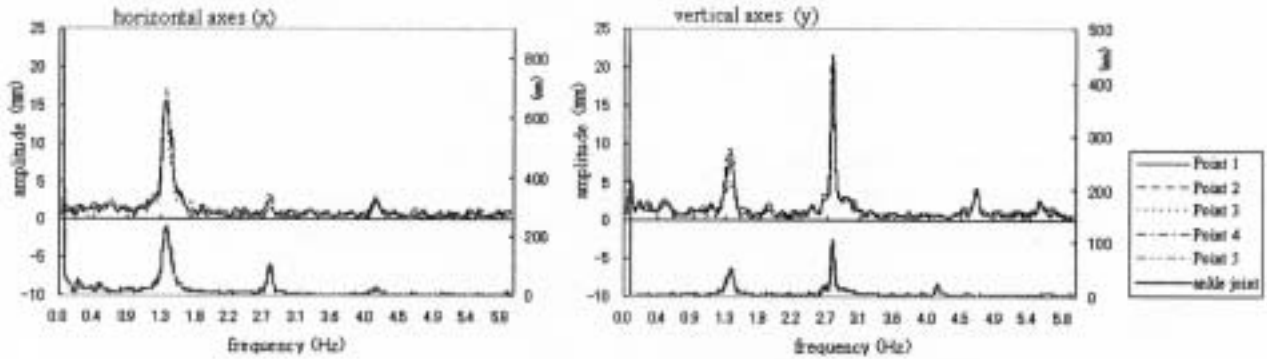


Fig. 4 Frequency analysis of breast vibration and movements of the ankle joint

スペクトルのピークは、乳房振動と左外果点が同じ周波数に表われ、乳房が走行周期に影響を受けて振動を繰り返したことが分る。y座標の振幅スペクトルのピークは2.73 Hzで、これが乳房と同側にある左足の周期である。また、その1/2の周波数に表れた振幅スペクトルは右足の踏み込みによる影響である。実験では左乳房を対象としていることから、左足の踏み込みの影響が顕著に表われた。x座標のスペクトルのピークは1.34 Hzで、走行中の左右足の動きの影響が表われた。

Fig. 5に乳房振動のy座標とx座標の周波数振幅をブラジャー別、測定点別に11名分布置した。x軸のデータをx座標の1.34 Hz時の周波数振幅、y軸のデータをy座標の2.73 Hz時の周波数振幅とした。フルカップは、ほとんどx座標の周波数振幅の方が大きくなったが、スポブラはx座標とy座標が同じ程度あるいはy座標の方が大きい傾向を示した。

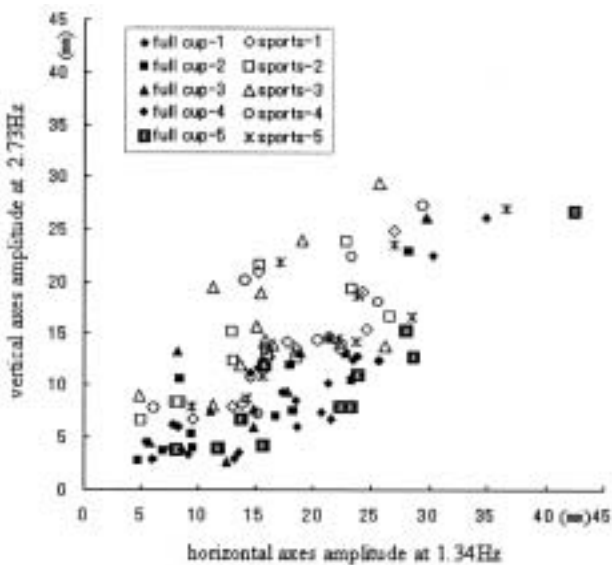


Fig. 5 Maximum amplitude of breast vibration on horizontal and vertical axes

3.2 乳房振動と衣服圧変動の関係

Fig. 4に示したとおり、乳房が走行周期に影響を受けて振動を繰り返すことから、乳房振動と衣服圧との関係は、約11周期の時系列データ、すなわち測定開始後12secから20secまでの8sec間で分析した。

Fig. 6は、走行中のブラジャーカップ内の乳房振動（y座標）と衣服圧の時系列データを描いたもので、Fig. 3と同じ条件下の事例である。乳房の振動振幅は全ての測定点で記録されたが、衣服圧変動は測定点によって様相が異なった。乳房振動と衣服圧の時系列データ間の相関係数を求めると、Point 1~Point 3の相関は低いが、下カップ部のPoint 2は-0.75、Point 3は-0.8と強い逆相関を示した。下カップ部の衣服圧変動は乳房の垂直方向の振動振幅にほぼ比例するとともに、逆位相になっており、乳房が上方方向に動いたときに衣服圧の値が低く、下方方向に動いたときに衣服圧の値は高くなった。

Fig. 7にFig. 6の周波数解析の結果を測定点別に示した。1軸表示が乳房振動（y座標）の、2軸表示が衣服圧の結果である。Point 2とPoint 3には衣服圧のスペクトルのピークが乳房振動と同じ周波数（2.73 Hz）に表われた。走行中はブラジャー内で乳房が振動を繰り返すが、それと同期して衣服圧の変動が下カップ部におきたことが明らかである。

ところで本研究は、乳房の動きを可視化するためにカップ部を半透明にして実験を行なったが、走行中についても市販品と同様の現象をとらえたのみならずすることができるかを検討した。

Table 2に走行中の市販品と半透明の衣服圧測定値に基づいて、ブラジャー別に1元配置の分散分析を行なった結果を示した。走行中の衣服圧はフルカップもスポブラもカップ状態の相違で有意な差が認

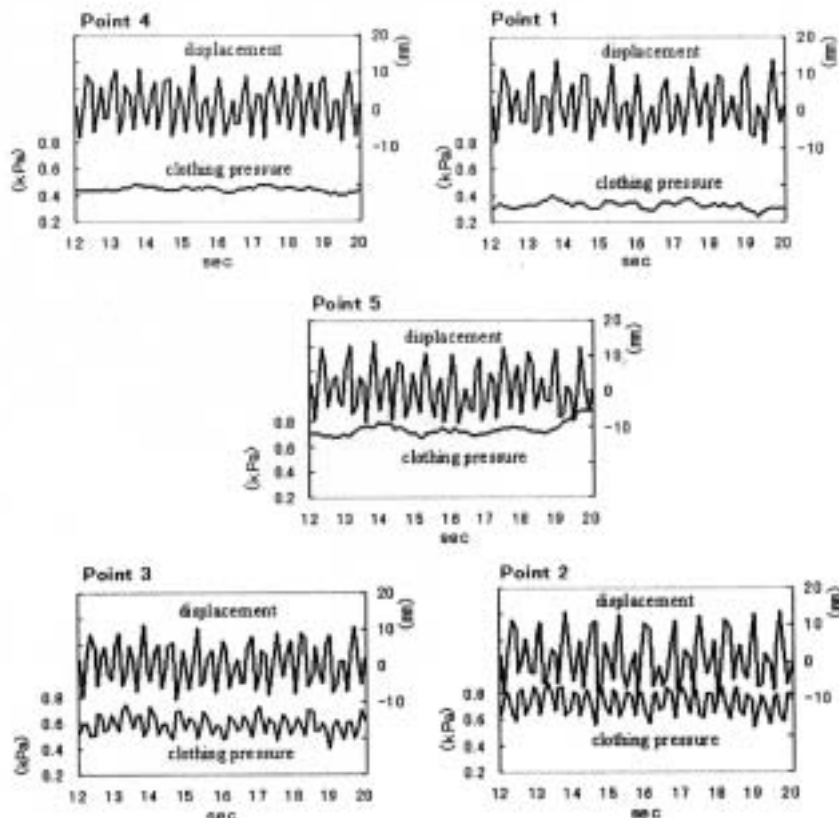


Fig. 6 Clothing pressure and breast vibration at each measuring point during running with the sports brassiere

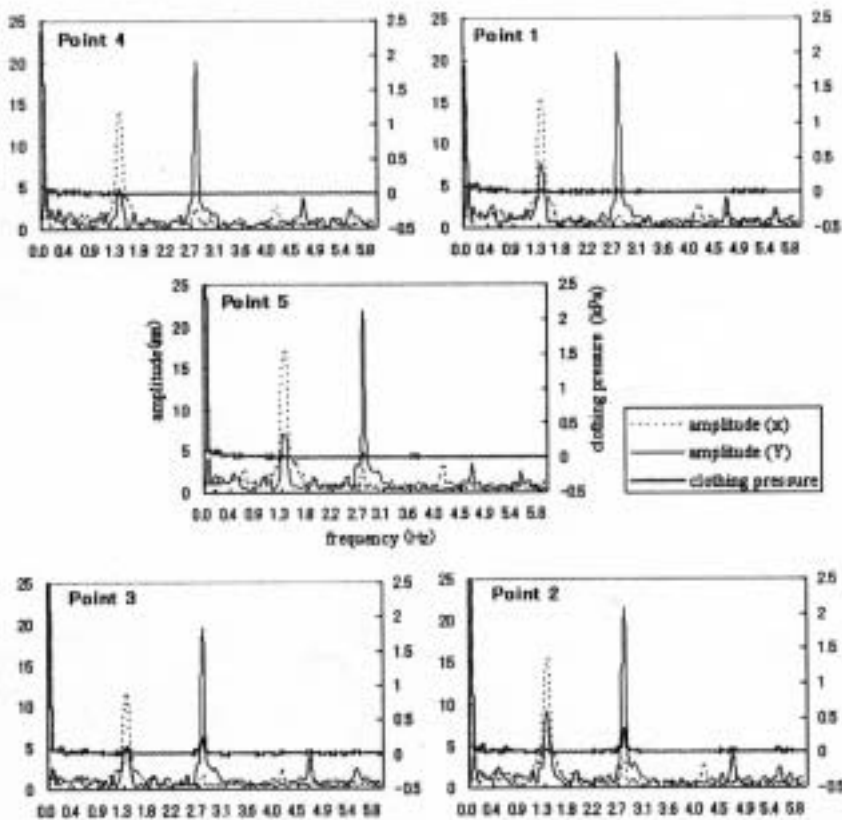


Fig. 7 Frequency analysis of breast vibration and clothing pressure

められず、市販品と半透明が異なるとはいえないことが証明された。なお、走行中は衣服圧変動が問題である。そこで、市販品と半透明の周波数解析を行って、Fig. 8に2.73 Hz時の周波数振幅をブラジャー別、測定点別に11名分布した。Point 1, Point 4, Point 5は、いずれの被験者も走行中の衣服圧変動が小さいことから0.1 kPaの範囲内に全て布置された。しかしPoint 2, Point 3は走行中に衣服圧変動が起きることから11名の結果が0.5 kPaの範囲にまで分布した。市販品と半透明の衣服圧の周波数振幅は45°線近傍に布置され、半透明が市販品と同一ではないが乖離したものではないことが分る。

すなわち、市販品も半透明と同じく下カップ部の衣服圧がブラジャー内部の乳房振動の影響を受けて走行中は変動すると判断できた。なお、フルカップとスポーツブラで下カップ部の衣服圧変動が異なるかを検討したが、両者に相違は認められず、いずれのブラジャーを着用しても走行中のPoint 2とPoint 3には衣服圧変動がおきることが分った。

運動中のフィット性のメカニズムを解明するためには、乳房振動と衣服圧変動とともに、乳房とブラジャーの位置関係の変化(ズレ)にも言及する必要があるが、これについては稿を改めたい。

Table 2 Analysis of variance on clothing pressure during running

full cup

	S	Ö	V	F	P
factor	0.110	1	0.110	1.553	0.215
error	7.626	108	0.071	—	—
total	7.736	109	—	—	—

sports

	S	Ö	V	F	P
factor	0.166	1	0.166	1.986	0.162
error	9.010	108	0.083	—	—
total	9.176	109	—	—	—

factor: cup translucency

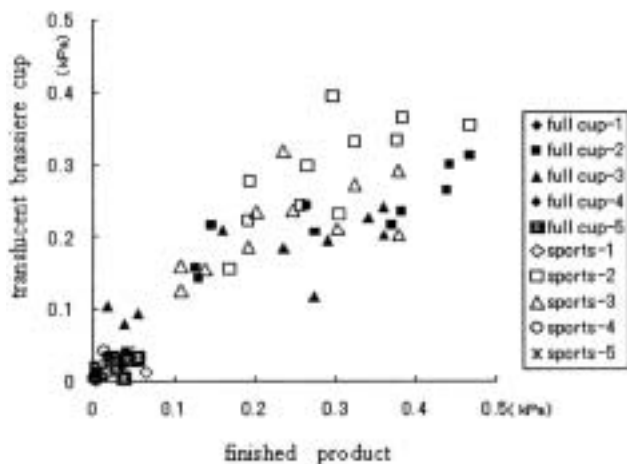


Fig. 8 Comparison of clothing pressure amplitude at 2.73 Hz between translucent brassiere cup and commercially available brassiere cup (finished product)

4. 結 言

運動機能性に注目し、走行中のブラジャー内の乳房振動と衣服圧変動との関係を明らかにすることを目的として本研究を行った。静止時の衣服圧は乳房の重みがかかる下カップ部で高いが、走行中は、この下カップ部に乳房振動の影響が強く現れ、衣服圧が変動をすることが判明した。この衣服圧変動を明らかにしたことで、下カップ部が乳房の重みや乳房振動の衝撃を受けとめる部位であることが分かった。乳房とブラジャーとのメカニズムをさらに分析して、運動機能性の向上を図るための指針を得たいと考えている。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり実験にご協力頂いた被験者の方々ならびに京都女子大学卒業生の大槻尚子氏、小佐田亜矢氏に謝意を表する。

●参考文献

- 1) 竹内友昭：乳房の運動とブラジャー、人間工学、20,2,65-68 (1984)
- 2) 清水義雄、佐々木和也、渡辺敬一、近田淳雄、加藤陽一、清水裕子：ブラジャーの動的被服圧測定、繊維学会誌、49, 99-104 (1993)
- 3) 黒川隆夫：運動に伴う乳房振動について(1)ブラジャー着用時との比較、Body Lines 1、23-42 (1981)
- 4) 樋口ゆき子、中村邦子：スポーツブラジャーの運動機能性、デサントスポーツ科学、7、266-273(1986)
- 5) 岡部和代、黒川隆夫：運動に伴う乳房振動の特性分析とスポーツブラジャーの防振デザインへの反映、デサントスポーツ科学、23、180-188 (2002)
- 6) 岡部和代、黒川隆夫：ブラジャー着用時と非着用時の運動中の乳房振動特性、家政誌、54、731-738 (2003)
- 7) 人間生活工学研究センター：日本人の人体計測データ 1992-1994、236-243 (1997)

連絡先

京都女子大学短期大学部 生活造形学科
〒 605- 8501 京都市東山区今熊野北日吉町35
TEL: 075-531-7169 FAX: 075-531-7170

寝返り性向上マットレスの開発

Development of the Mattress improved in the performance of turning over in bed

山田 浩^{*1}、上西園 武良^{*1}、角谷 明子^{*2}

Hiroshi YAMADA, Takeyoshi KAMINISHIZONO, Akiko SUMIYA

寝返り性向上と軽量化をねらいとして、エラストマーを弾性体に利用したマットレスを開発した。弾性体としてオイル含有スチレン系エラストマーを採用し、形状・特性を柔軟性・弾性力が最適となるように設計した。身体の荷重を受けた際に隣接する弾性体どうしが互いに接し合い1つの面として体を支え、3次元の動きに対しても柔軟に対応することができる。その結果、寝返り性を向上し、良好な体圧分散性を確保できた。併せて、一般の金属スプリングマットレスと同等まで軽量化することができた。

We have developed a flexible-fit mattress to achieve the improvement of turning over in bed and the weight reduction by utilizing the elastomer blocks. The shape and characteristics of the elastomer blocks are optimally designed to support human body by the flexible plane. Since the flexible mattress can adjust to the 3-dimensional motion of the human body, we improved not only the basic mattress performance of turning over in bed but also the pressure distribution. In addition, we realized the mattress weight equivalent to the conventional spring mattress.

1. はじめに

1日8時間眠るとして、人生80年のうち合計27年間は眠っていることになる。人生の3分の1近くを占める睡眠時間をより質の高い睡眠にすることは、健康なからだと豊かな人生を得ることでもある。

睡眠には脳の疲労回復とからだの疲労回復の2つの役割があり、それらをどちらもうまく回復させることが重要である。この睡眠は、ノンレム睡眠（深い眠り）、レム睡眠（浅い眠り）と呼ばれ、一晩に数回繰返され、その切り替り時に寝返りが無意識に行なわれる。これが必要な寝返りと言われるものである。

寝返りには必要な寝返りと不要な寝返りがあり、不要な寝返りとはマットレスの基本特性として一般的な体圧分散性、寝姿勢、寝床内環境が悪い場合に引き起こされるもので、主にマットレスの硬さや寝

具の通気、保温性に起因している¹⁾。

寝返り時にからだの動きがスムーズになされることが、よりよい睡眠を得るための条件である。寝返りが適度に正しく行なわれないと、寝返りのためのからだの動きにより逆に体力を消耗してしまう。今回、マットレス弾性体にエラストマーを利用し、良好な体圧分散性と寝返りのし易さを両立できるマットレスを開発した。本稿では、体圧分散性および筋電図によって客観的な評価結果を報告する。

2. 開発マットレスの構成

2.1 樹脂弾性体の配列

開発マットレスは図1の様に、ベースウレタンの内部に3つの樹脂弾性体ユニットを配置する構成である。

*1 アイシン精機株式会社 ライフ&アミティ技術部

*2 アイシン精機株式会社 材料技術部

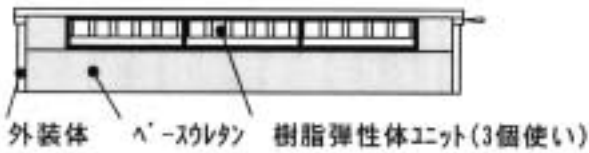


図1 マットレス断面の構成

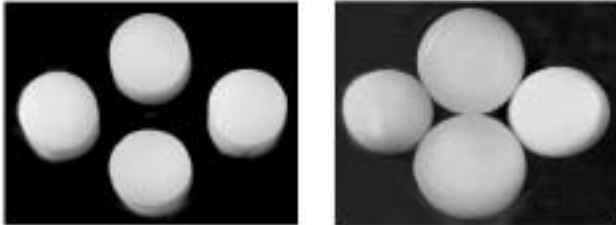


図2 受圧時の樹脂弾性体の変形

樹脂弾性体形状はマットレス表面から弾性体の凹凸が背中、臀部に違和感のない円柱形状 ϕD とし千鳥配列にした。材質は非常に柔軟なエラストマーを使用し、その硬度は円柱形状 $\phi D \times$ 高さ H を自己保持できる最小の硬度で樹脂弾性体の荷重-変位特性を決定した。エラストマーの柔軟で伸びのある特性は樹脂弾性体として新感触を有するものになった。

樹脂弾性体は受圧面 ϕD を増加させながら樽状変形できる(図2)。成人男子体重 $65\text{kg}^{(2)}$ の臀部体荷重比率より樹脂弾性体1個の分担荷重 F を求め、荷重 F 時に隣接する弾性体の変形によって増加した受圧面 ϕD どうしが互いに接し合うように樹脂弾性体ピッチ A, B, C, D は最適位置に設定されている(図3)。

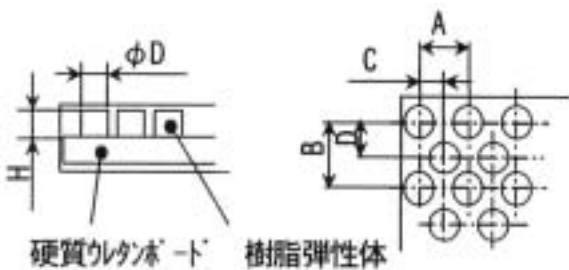


図3 樹脂弾性体ユニット構成

これにより必要最小数の樹脂弾性体配列でありながら体荷重の高い臀部では、受圧面 ϕD が多数の荷重支持から人体に沿った曲面受けにすることができるため、弾性体からの反力が小さくなり優れた体圧

分散性を有するマットレスができると考えられる。

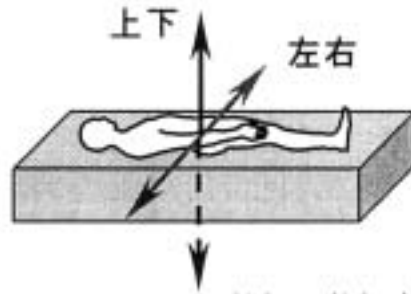


図4 マットレス特性の基軸方向

一般的に体圧分散性や寝姿勢はマットレスに対し上下方向の特性を評価する基軸であるが、寝返り性は左右方向を評価する基軸である(図4)。エラストマーの柔軟な特性により、使用者の身体の凸凹や動きに対してエラストマーの変形が追従できるため(図5)、寝返り時のからだの回転を小さな力で容易に行えると考えられる。

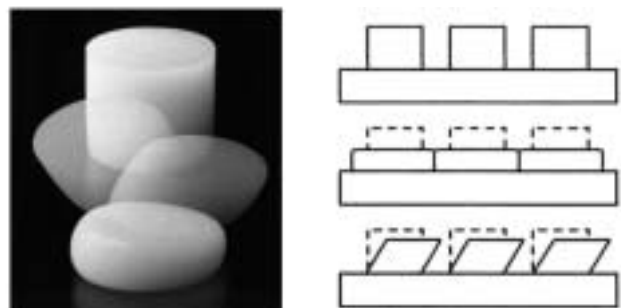


図5 樹脂弾性体の変形

2.2 樹脂弾性体ユニット

弾性体ユニットの分割位置は成人男子身長 $170\text{cm}^{(3)}$ 仰臥時の人体凸部である肩甲骨部、臀部、脛脛部を支持できるよう3等分割されている(図6)。樹脂弾性体は前述の図2の様に、荷重増加に応じ受圧面積を増加できるため最大荷重分担部である臀部ユニットにおいて人体凸部形状に柔軟に追従した連結面を形成し、マットレスの基本特性である体圧分散性を良好に確保できると考えられる。

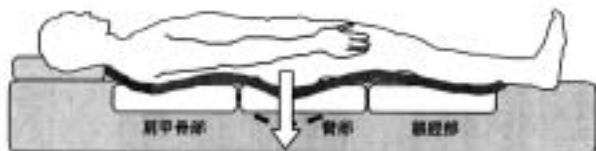


図6 人体と樹脂弾性体ユニット位置

3. 樹脂弾性体材料

3.1 選定経緯

マットレスの基本特性である体圧分散性や寝姿勢を確保しつつ、優れた寝返り性を確保するために樹脂弾性体の材料としてエラストマーを検討した。エラストマーとはゴムのように柔らかく、樹脂のような加工のできる材料である。ゴムとは異なり、熱可塑性樹脂であるため、リサイクルしやすい材料である。エラストマーの種類と特性を表1に示す。

表1 エラストマーの特性

種類	柔軟性	耐熱性	低温特性	引裂き強度
スチレン系	○	○	○	○
シリコン系	○	○	○	×
ウレタン系	○	×	—	—
オレフィン系	×	×	—	—
塩ビ系	△	×	—	—
フッ素系	×	○	×	—

柔軟性をもつエラストマーとして、スチレン系、シリコン系、ウレタン系が挙げられる。表1より引裂き強度、耐熱性に優れているオイル含有スチレン系エラストマーを選定した。

一般的に有機物の柔軟性はガラス転移温度を境に変化する。スチレン系エラストマーの場合、近年マットレス材料で多く見られる低反発ウレタンとは異なり、ガラス転移点が室内環境温度領域にはないため硬くならず、低温特性が良い。低反発ウレタンのガラス転移点は25℃付近であるが、スチレン系エラストマーの場合は-50℃であるため通年で一定の柔軟性を維持することができる。

3.2 樹脂弾性体の分子形態モデル

スチレン系エラストマーにオイルを添加し、柔軟性を更に向上させる。図7はオイル含有スチレン系エラストマーの模式図である。

樹脂弾性体はプラスチックの性質をもつポリスチ

レンブロックが架橋点となり、ゴム性質をもつエラストマーブロックによりゴム弾性を発現する3次元架橋体である。その3次元架橋体の中に、オイルを添加し、非常に柔軟な感触を持たせることができる。

オイルを添加した場合、熱あるいは繰り返し圧縮により使用中にオイルが滲み出すこと（ブリード現象）が懸念される。そこで、エラストマーの親油基とパラフィン系鉱物油の分子が馴染みやすく、分子間力により保持できるように高分子量であるパラフィン系鉱物油（飽和炭化水素）を採用した。その結果、ブリード現象が起こりにくい材料とすることができた。

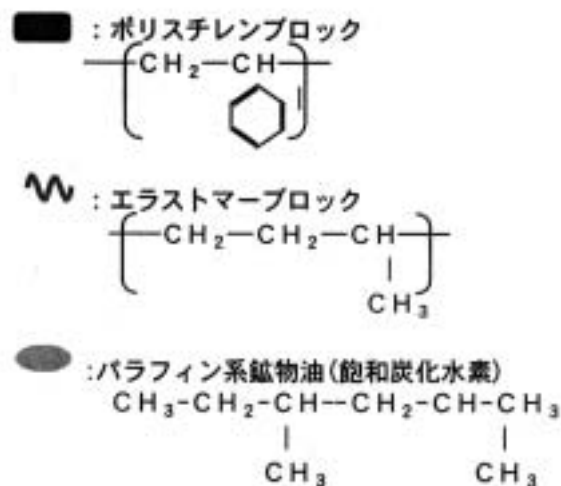
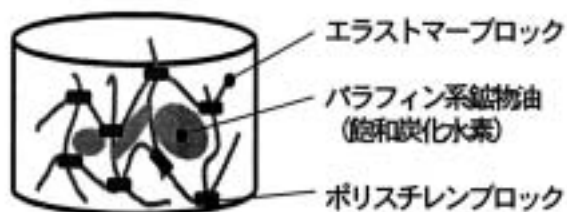
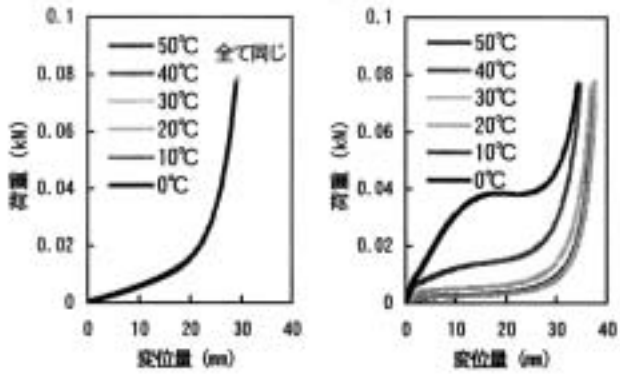


図7 オイル含有スチレン系エラストマーの模式図

4. マットレス弾性体への適用結果

4.1 樹脂弾性体の温度依存性

一般家庭室内温度範囲0℃～50℃での樹脂弾性体の荷重-変位特性（図8）は温度依存性がほとんど現れないため、年間を通してマットレス硬さを変わずに確保できる。



(a) スチレン系エラストマー (b) 低反発ウレタン

図8 荷重-変位特性 (供試品形状：樹脂弾性体形状)



図10 体圧分布測定機「エルゴチェック」

4.2 マットレス質量

前述の樹脂弾性体配列により樹脂弾性体は必要最小個数に設定されているため、図9に示すように開発マットレスの質量は一般的な金属スプリングマットレスと同等の23kgになっている。この軽量化によりフレームの補強などを必要とせず、フレームとの組合せにおいて汎用性をもたせることが可能になった。

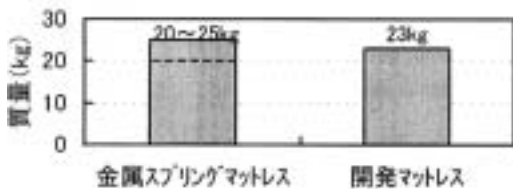
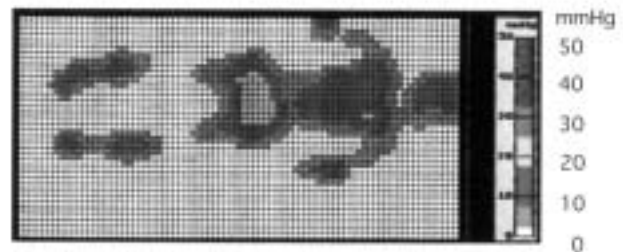


図9 マットレス質量の低減

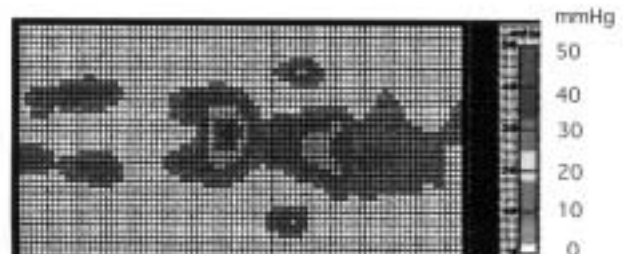
4.3 体圧分散性

計測はAWD社の体圧分布測定機「エルゴチェック」(図10)にて実施した。身体にかかる圧力が毛細血管内圧(32mmHg)以上になると血管が潰され正常な血流が阻害される⁴⁾。この状態が続くと皮膚組織には血が通わなくなり褥瘡(床ずれ)が発生する場合がある。

図11に体圧分散測定結果を示す。被験者は設計標準の成人男子(170cm/65kg)で、データの再現性は複数回の測定にて確認している。開発マットレスの体圧は人体腰部の最大値でも25mmHg以下になっており、金属スプリングマットレスに比べ体圧分散性に優れた特性を得ることができる。



a) 開発マットレス



b) 金属スプリングマットレス

図11 体圧分散性 (被験者：成人男子170cm/65kg)

4.4 寝返り性

4.4.1 主観評価

開発マットレスA、金属スプリングマットレスB、低反発ウレタンマットレスCの3種類にて「寝返り性」の主観評価を実施した。各マットレス上で被験者に数回寝返りを実施してもらい、-3~+3の7段階で評価点を記入してもらった。結果(被験者数n=26)を図12に示す。チューキーの方法により多重比較を行なうと、AC、BC間で有意差があり(有意水準5%)、AB間では有意差が見られなかった。そこで筋電位により主観評価で有意差が見られなかったA、Bの違いを確認した。

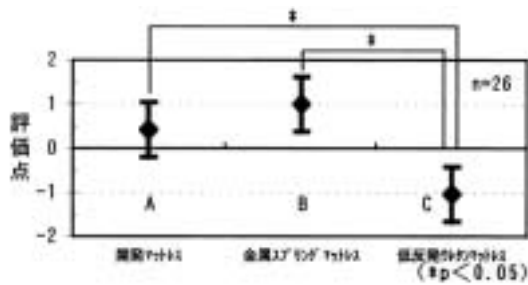


図12 寝返り性（寝返りし易さ）の主観評価結果

4.4.2 筋電位による評価

生体電気情報として心電図、脳波、筋電図などが代表的なものである。その信号は神経細胞や筋細胞が発生する膜電位であり、寝返り性の検証には筋電位を測定（TEAC社製基礎医学研究用機器携帯多用途生体アンプPolymateAP1124）し、その電位の出方、大きさ、時間より寝返り時の人体への負荷を検討した。

一般的に筋肉への負荷、疲労を見るときに筋電図を用いる。筋肉に何らかの活動電位が生じるとそれは筋の両端へ向かって伝搬する。この活動電位を記録したものが筋電図である。特に皮膚上に貼りつけた電極を用いて測定した筋電図を表面筋電図といい、表面筋電図の測定に使用する電極を表面電極という（図13）。表面電極を用いると、貼り付けた皮膚



図13 筋電位測定方法

下にある多くの筋線維の活動電位が重畳したものが測定されるため、表面筋電図は筋全体の活動状況を把握するのに適している⁵⁾。

筋電図の見方として、電位（波形）が大きいということは筋肉の収縮が強く、負荷が大きいと判断できる。また、疲労前に比べ疲労した筋肉に負荷をかけると電位は小さい。これらより、今回の筋電位測定時の測定精度を上げるため被験者は皮下脂肪の少ない設計標準の成人男子（170cm/65kg）1名にて実施し、データの再現性は複数回の測定にて確認している。寝返り動作は、90度回転しマットレスに対して仰臥姿勢から横向き姿勢になる一挙動の例を図14に示した。

図14は各部骨格筋の筋電位データを筋電図として出力したものである。測定にあたり、事前測定にて寝返り時に筋電位が大きくでる筋の選定を実施し抽出したものである。

低反発ウレタンマットレスは、ウレタンの中に肩、

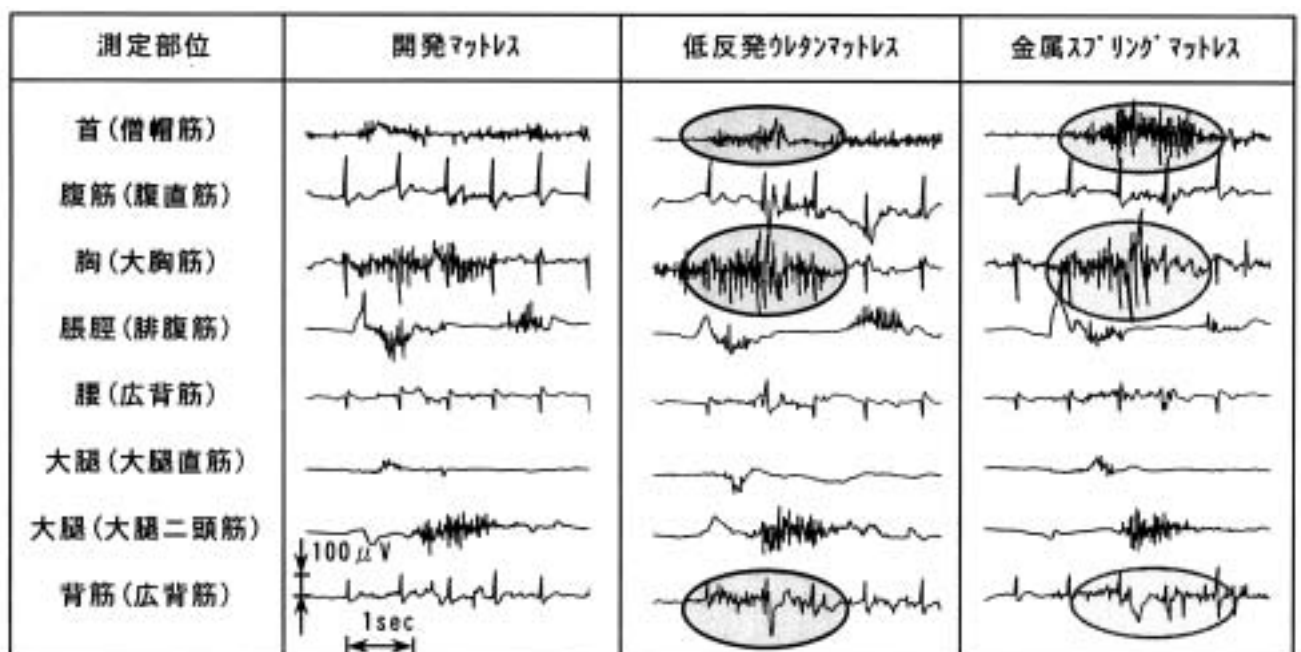


図14 筋電位による寝返り性の評価（被験者：成人男子170cm/65kg、1名）

腰が埋まり込んでしまい、身体を回転させるためにはウレタンを潰していかなければならない。そのため、首、胸、背筋の筋電位変化が大きくなり、身体に負荷がかかっている。

硬めの金属スプリングマットレスは、身体が沈み込まないため、寝返りの回転支点が肩の端となる。そのため、首、胸、背筋の筋電位変化が大きくなり、全身に負荷がかかっている。

開発マットレスは、寝返り時の筋電位がどのマットレスよりも小さい。これは、身体の負荷が少なく、容易に寝返りが可能であることを示している。このように、開発マットレスでは、柔軟な円柱形状の樹脂弾性体を千鳥配列させており、水平・垂直方向の荷重に対して3次元の動きで身体の動きに対してフレキシブルに追従できるため、寝返り時の回転の動きを容易にしている。

5. まとめ

- (1) オイル含有スチレン系エラストマーをマットレス弾性体として採用することにより、縦・横・斜めのどの方向においても柔軟に変形可能であり、体形にフィットできるマットレスを開発できた。
- (2) 開発マットレスは、シングルサイズで重量 23 kgと、一般の金属スプリングマットレスと同等までの軽量化を達成できた。
- (3) 筋電図（筋電位データ）より、寝返り時の身体への負荷がマットレスにより異なって現われることが確認できた。その結果、開発マットレスは既存マットレスと比較して寝返り時の負荷が最も少ないマットレスであることが確認できた。

6. 謝辞

本開発にあたり、多大なご協力をいただいた社内外の関係各位に深く感謝の意を表します。特に、武庫川女子大学生生活環境学部 梁瀬度子教授、東海ゴム株式会社殿、東海化成工業株式会社殿には多大なご協力を頂き厚くお礼申し上げます。

●参考文献

- 1) 日本睡眠学会編：睡眠学ハンドブック；朝倉書店、97-100, 1994
- 2) 日本人の人体計測データ；人間生活工学研究センター、80, 1997
- 3) 日本人の人体計測データ；人間生活工学研究センター、142, 1997
- 4) Landis E. : Micro-injection studies of capillary blood pressure in human skin ; Heart 15, 209-228, 1930
- 5) 原良昭、吉田正樹、松村雅史、市橋則明：長時間生体信号計測による身体活動量の総合評価；大阪電気通信大学研究論集自然科学編、NO. 38, 43-48, 2003

連絡先

アイシン精機株式会社 ベッド&リブラン部
〒448-8650 愛知県刈谷市朝日町2-1
TEL : 0566-24-8650

平野の音博物館

大阪市平野区には世界でも珍しい「音の博物館」があります。音の博物館とは、どのようなものなのでしょうか。「平野の音博物館」リーダーの西村 篤氏にお話を伺いました。

【センター】先日、平野区にお伺いして、音博物館をお訪ねしました。平野には、他にもいくつもミニ博物館がありますね。日曜日の昼間でしたが、町では地図を持って博物館を回る、学生や、年配のグループ、家族連れの方々などに会いました。

【西村氏】音博物館は、「平野の町づくりを考える会（以下考える会）」が進める、ミニ博物館運動「平野・町ぐるみ博物館」の一環として進められました。

ここで「平野」と言っているのは、大正時代まで「平野郷」と呼ばれていた旧市街で、現在の大阪市平野区の中心部に位置する約1キロ四方の小さな地域です。戦国時代には環濠で自衛し、町民自らが運営する自治集落でした。古い町並みや社寺なども大変良く残っています。「考える会」は、このような地域の歴史を再認識し、これからのまちづくりに生かすための活動を行っています。

考える会の活動の1つである「平野・町ぐるみ博物館」は、1993年から始まりました。地区内の自宅や職場の一角にミニ博物館を作り、来訪者に解放しています。2003年5月現在で15の博物館があります。音博物館は、1998年に全興寺（せんこうじ）というお寺など地区内の6箇所にオープンしました。

【センター】「音」を博物館にしようという発想のきっかけはどのようなことだったのでしょうか。

【西村氏】私は、もともと音楽や音響学を勉強していましたが、考える会に参加した1996年頃は、音そのものへの興味から大学院へ進み、サウンドスケープを学んでいました。

サウンドスケープは音風景とも言いますが、音がそれを聞いた個人や社会にどのように認識されたかを捉えようとするもので、まだまだ新しい考え方で



平野の音博物館 リーダー 西村 篤 氏

す。平野で暮らす人々は地域のイメージをしっかりと持っていましたので、良いサウンドスケープが作れるのではないかと思います。

【センター】CDを聞かせていただきましたが、音だけではなく、一つ一つの音に町の方々の印象、思い出などのお話が入っていますね。

【西村氏】サウンドスケープを表現するには、音を集めるだけではなくて、その音が地域の人々にどう聞こえ、受けとめられ、それによって何を感じているかについても、音と組み合わせることで集めておくことが必要です。

音博物館を作るために、まず、音を探す録音調査を行いました。その後のインタビューでは、録音した音を聞きながら、町の人同士に話をしてもらいました。コメントの録音と言うよりも、自然な会話を録りたかったので、マイクを向けたりせずに、傍でそっと録音するように心がけました。

音だけの博物館では物足りないのではないかと思います。映像で残す方が今の時代に合っているという意見です。しかし、人間の音に対する記憶はとても深く、音だけの方が想像が広がることもあります。

以前、祭りの音を録音に行ったとき、年配の方々からテープが欲しいと頼まれました。最近では祭りをビデオで撮りますが、おじいさんたちは、今の祭りの映像を見ると自分の持っている祭りの記憶が薄れてしまうので音だけが良いと言います。祭りの音だけを聞くと、自分が参加した頃の祭りを思い出すことができるのだそうです。こうしたことが、まさに音だけに限定した博物館の意義と言えると思います。音には、聞く人の記憶と想像力によって、聞く人独自の世界を作り上げる作用があります。

【センター】音博物館は1998年に公開を始めたそうですが、反響はいかがでしょうか。

【西村氏】実際にCDを聞いてくださった方々から、おもしろかった、良かったと言ってもらえるのが一番うれしいですね。音は音として意識して残さないと無くなってしまいますので、音博物館のCDを聞いて、音やサウンドスケープに感心を持ってくださる方が少しでも増えると良いと思います。

収録した音の中に「井戸水をポンプで汲み上げる音」があります。最初、私はこの音を自分で水を汲み上げて録音しましたが、町の人から違うと言われました。私は大きなストロークで汲み上げましたが、日常的に使う人は、一定の水量を続けて出すためにもっと小さいストロークで汲み上げていました。同じ井戸のポンプでも、水の汲み上げ方が違えば音も変わります。生活の中で使い続ける人がいなくなれば、道具だけを残しても音は残っていきません。



平野の音博物館

「きっぷ売り場の音」も同じです。今では、自動改札しか知らない人も多いと思いますが、当時のきっぷやハサミなどの道具だけでなく、その頃、駅で聞こえていたきっぷを切る音やリズム、そして、その音が人々に与えていたイメージを残していきたいと思います。

【センター】最後に今後の活動についてお聞かせください。

【西村氏】サウンドスケープのような資料をもっと広く自由に活用できるしくみ作りが必要ではないかと考えています。素材としての音や音風景は、音の設計や研究において大変利用価値の高いものです。著作権や情報提供者のプライバシーなど解決すべき問題は多く残されていますが、展示（聞く）だけの博物館ではなく、活用できるデジタルアーカイブに発展できたら良いと思っています。

2004年の5月に、新しく「平野の音百連発」をまとめました。評価版として作っていますので、皆さんからいろいろなご意見をいただけると有り難いと思います。

【センター】今日はどうもありがとうございました。音は人間の記憶と深く結びついているのですね。同じ音でも、聞く人によって音風景が違うということは、音の設計においても大変重要なことだと思います。街の音も製品の音も、“使い捨て”にするのではなく、良い音は大切に残していきたいですね。今日は、人間生活工学に対する、新しいヒントをいただけたような気がします。

ご希望の方に「平野の音百連発」CDをご提供いただけるのとことです。お申し込みは、soundscape@omoroide.comへどうぞ。

平野の音博物館

大阪市平野区平野本町4-12-21 全興寺内
<http://omoroide.com/soundscape>
(ホームページでは、サンプルサウンドを聴くことができます。)

人間生活工学に役立つ統計の基礎知識、統計論全般（6）

「多変量データの解析—その概要（2）—」

宮埜 寿夫 (みやの ひさお)

千葉大学大学院 文学部行動科学科認知情報科学講座 教授 工学博士

前回に引き続き、代表的な多変量データ解析法についてその概要を与えよう。取り上げる解析法は、因子分析法、クラスター分析法とそれらの関連手法である。因子分析法はプロフィールデータを分析するための方法であり、心理学では最もよく利用される解析法のひとつである。また、クラスター分析法は対象間の似ている程度、あるいは似ていない程度に関するデータから、対象の分類をするための方法であり、さまざまな学問分野で利用されている解析法である。

今回はこの連載の最終回ということで、最後により詳しく各解析法を知りたい人のためにいくつか文献を載せて置きました。参考にしていただけたらと思います。

6.1 因子分析法

この分析法は、潜在変数を導入した代表的なモデル、因子分析モデルに基づいて行われる方法である。観測される変数を $X_{ij}, j=1, 2, \dots, p$ とするとき、因子分析モデルとは、これらの変数の振る舞いを共通因子と呼ばれる潜在変数と独自因子と呼ばれる潜在変数により説明するモデルである。すなわち、共通因子を $F_k, k=1, 2, \dots, m$ 、独自因子を $E_{ij}, j=1, 2, \dots, p$ とするとき、モデルは $X_{ij} = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + \dots + a_{jm}F_m + E_{ij}$ により表される。モデルに含まれる係数 $a_{jk}, k=1, 2, \dots, m$ は因子負荷量と呼ばれ、変数と共通因子との関係の強さを表している。また、共通因子のとる値は因子得点、(変数の分散) - (独自因子の分散) は共通性と呼ばれる。

未知の量である因子負荷量と因子得点を決定するためには、(1)因子得点の平均は0、分散は1である、(2)異なる因子得点は無相関である、(3)因子得点と

独自因子の得点とは無相関である、などの制約が必要とされる。このような制約を課すことによって、因子負荷量や因子得点は、座標系の回転の不定性を除いて一意に求められる。回転の不定性を取り除く問題は因子回転問題と呼ばれるが、この問題を解くための方法は直交回転と斜交回転のふたつに分けられる。これらの回転の違いは上記の制約(2)を仮定するか否かに対応しており、制約(2)を仮定した場合の回転は直交回転、仮定しない場合のそれは斜交回転と呼ばれる。直交回転にはバリマックス回転、エカマックス回転などがあり、斜交回転にはプロマックス回転などがある。一般に、いずれの因子回転も、単純構造と呼ばれる構造—大雑把には各変数が強く関係する共通因子の数は出来るだけ少なくなるような構造—を求めることを目標としている。

実際に因子負荷量、因子得点を求める手順は、(1)因子負荷量および共通性を求める、(2)適切な因子回転を行う、(3)因子得点を求める、の3つのステップからなる。因子分析の例として、アテネオリンピックの10種競技データを解析した結果を示そう。**表6.1**は、共通因子の数(因子数)を3として最尤推定法により因子負荷量および共通性を求め、次にエカマックス回転を適用した結果である。高い負荷量(表において太字で表記)を有する種目を各因子について見ると分かるように、因子1は持久力、因子2は瞬発力、因子3は腕力(?)と解釈できるかも知れない。なお、最もよく利用される回転法であるバリマックス回転も表とほぼ同じ結果を与える。

6.2 因子分析から共分散構造分析へ

因子分析モデルは、潜在変数を導入した最初のモデルとも言うべき心理モデルであるが、パスダイア

グラムを用いるとそれは図6.1のように表される。図は4つの観測変数とふたつの共通因子の場合であり、左の二つの変数は因子1に、右のふたつの変数は因子2に強く関係している場合を想定し、実線の矢印は大きな因子負荷量、点線は小さな因子負荷量を表している。 r_{12} は因子間の相関を表し、0の場合は直交因子モデル、そうでない場合が斜交因子モデルに相当する。

図6.1に示されているように、潜在変数である共通因子と実際に観測される変数(顕在変数という)との関係は、パス係数である因子負荷量によって表されるが、この変数間の関係をより一般的に拡張した

モデル、すなわち図6.2のようなパスダイアグラムにより表されるモデルは、共分散構造分析モデルと呼ばれる。図6.2のモデル(LISRELモデルと呼ばれる)の特徴は、潜在変数と顕在変数との関係を記述する測定モデルと潜在変数間関係を記述する構造モデルのふたつのモデルを採用している点にある。ただし、この図においては、 X 、 Y は顕在変数ベクトル、 K 、 L は潜在変数ベクトルであり、これらの変数間関係は行列で表される。このことを強調するために、因果関係を表す矢印はすべて太実線で描かれている。

表6.1 因子負荷量

	因子 1	因子 2	因子 3	共通性
100m	-.0542	.8248	-.2050	.7253
走幅跳	-.0243	-.8372	.0982	.7112
砲丸投	.0701	-.1916	.8784	.8133
走高跳	-.0304	-.2358	.6428	.4697
400m	.4433	.7787	-.0736	.8083
110H	.1008	.6113	-.1761	.4149
円盤投	.1720	-.1658	.7217	.5780
棒高跳	.2519	-.3254	-.1318	.1867
槍投げ	-.3148	.0580	.4419	.2978
1500m	.9722	.1637	.1041	.9829
説明分散	1.3535	2.6175	2.0175	

注) 回転法: 回転法 抽出法: 最尤因子分析法

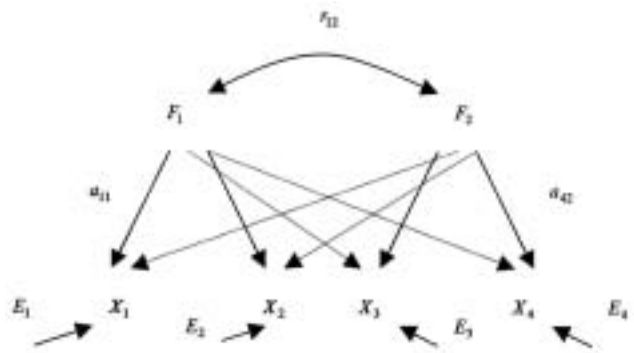


図6.1 因子分析モデルのパスダイアグラム (4変数、2共通因子の場合)

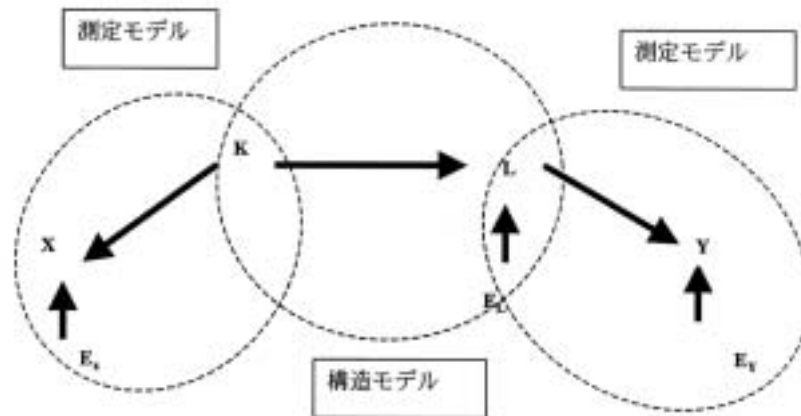


図6.2 共分散構造モデル (LISRELモデル) の簡易表現

6.3 クラスタ分析

対象間の似ている程度(あるいは似ていない程度)に関するデータ(類似性データという)から、対象をグループに分ける方法は、クラスタ分析と呼ばれる。対象のグループ分けは、科学的な研究の基本であることから、この方法はさまざまな学問分野で利用されている。

クラスタ分析は、階層的方法と非階層的方法に分けられる。よく使われる方法は階層的方法であり、これには最遠隣法、最近隣法、ワード法などが含まれる。階層的方法は、対象を似ている順にグループ化する方法であり、方法の違いはグループ間の似ている程度の定義における違いである。階層的方法の場合には、階層的に得られたいくつもの候補から妥当なグループを選択することが必要になる。一方、非階層的方法には、k-means法、EMアルゴリズムによる方法などがあり、k-means法が特によく利用されている。

類似性データには、直接に類似性を観測して得られる場合と、類似性の測度を定義し、プロフィールデータなどから間接的に計算して得られる場合がある。k-means法は後者の場合に適用される方法であり、ここではクラスタ分析の例として10種競技データを分析してみよう。この方法を使う場合、まず類似性の測度を定義する必要がある。このために、ここではデータを種目ごとに平均0、分散1に標準化し、その後求められるユークリッド距離を対象間の似ている程度(厳密には似ていない程度)と

する。表6.2はこのようにして求められた類似性データに対してk-means法を適用した結果である。いくつかのグループ数を仮定して分析を行ったが、表に示した3グループが各グループの大きさ、グループ間距離、グループの解釈の容易さなどを考慮すると最も良さそうであった。

表6.2は、各グループの平均パターンを表しており、このパタンの特徴を考慮するとグループは、「走ることが苦手なグループ」、「持久力はあるが腕力のないグループ」、「瞬発力と投擲力に優れたグループ」からなるように思われる。表6.3は、それぞれのグループにおけるメンバー名であり、括弧内の数値は総合順位を表している。

なお、類似性に関するデータを解析し、対象間の関係構造を把握する方法として、多次元尺度構成法(MDS)がある。これについては次節に文献を挙げておいたので、参考にしていきたい。

表6.2 10種競技データのクラスタ分析

	-各グループの平均的特徴-		
	グループ1	グループ2	グループ3
100H	.8355	-.0879	-.7914
走幅跳	-.8631	.1591	.6909
砲丸投	-.1284	-.4801	1.0386
走高跳	-.0714	-.5845	1.1673
400m	1.1854	-.3571	-.6915
110H	.6950	-.0740	-.6566
円盤投	-.0748	-.59691	1.1940
棒高跳	.0617	.2079	-.4566
槍投げ	-.4464	-.0627	.6266
1500m	1.0948	-.5447	-.2396

表6.3 10種競技データのクラスタ分析-グループメンバー(総合順位)-

グループ3(瞬発力がある)のメンバー:

SEBRLE(1) CLAY(2) KARPOV(3) MACEY(4) ZSIVOCZKI(6) BERNARD(9)
SMITH(14)

グループ2(持続力はある)のメンバー:

WARNERS(5) HERNU(7) NOOL(8) SCHWARZL(10) SCHOENBEK(12)
BARRAS(13) AVERYANOV(15) OJANIEMI(16) SMIRNOV(17) QI(18)
DREWS(19) GOMEZ(22) LORENZO(24)

グループ1(走ることが苦手)のメンバー:

POGORELOV(11) PARKHOMENKO(20) TEREK(21) TURI(23) KARLIVANS(25)
KORKIZOG(26) ULDAL(27) CASARSA(28)

注) 太字はグループ中心に最も近いメンバー

6.4 おわりに—いくつかの文献—

多変量データの解析法をいくつか前回に続き述べてきたが、スペースのこともあり概要を与えることが出来たかどうか不安でもある。しかし、少なくとも多変量データの解析とはどのようなものであるかは分かってもらえたのではないかと思う。

さて、本講座も最終回ということなので、ここに統計的なデータ解析を本格的に理解するために役立つと思われる文献をいくつか挙げておきたい。筆者の勝手な考えで選択したので最良の文献とは言えないかも知れないが、参考にしていただければ幸いである。

統計の基本について知りたい場合：

松原望(1996)「わかりやすい統計学」丸善(数学的知識はほとんど必要としない)

南風原朝和、芝祐順(1990)「行動科学における統計解析法」東大出版会(心理学を専攻した人は読みやすい)

赤松昌文(2003)「統計解析入門」森北出版(高校レベルの数学がよく分かっている人に向いている)

実験計画および分散分析について知りたい場合：

Kirk, R. E. (1995). Experimental Design (3rd Ed.). Brooks/Cole. (ちょっと高いけれどよく書かれている)

多変量解析について知りたい場合：

田中豊、脇本和昌(1983)「多変量統計解析法」現代数学社(線形代数の知識がなくても読める)

柳井晴夫他(1990)「因子分析法」朝倉書店(因子分析および関連手法の理論的側面がよくまとめられている)

高根芳雄(1980)「多次元尺度法」東大出版会(ALSCALの開発者による多次元尺度構成法の優れた解説)

豊田秀樹(1992)「共分散構造分析」東大出版会(このテーマの啓蒙的な書。日本人の書いた論文ならば、狩野(大阪大)がお薦め)

データ解析法を理解するには解析経験を多く積むことが大切である。データを実際に解析することは、

自分に合った適当な解析ソフトウェアを使えば容易に行うことが出来る。筆者は、既存の解析法を使う場合は主にSASを利用し、プログラミングをする必要がある場合にはMatlab, Mathematicaを利用している。SASは少し高いけれども、いろいろな解析オプションが用意されており、解析を専門とする人には便利なソフトである。Matlab, Mathematicaは、ちょっとした自分なりの解析法を開発するのに便利である。Matlabは国際的にも広く使われているという意味で望ましく、Mathematicaは数式処理を手軽に楽しめるという意味で望ましい。現在ではこれらの他に、ビジネス用のExcelから、少し専門的なSPSS, S-plus、フリーソフトウェアのRなど多くの解析ツールが容易に使える環境にある。自分に合ったソフトウェアを使い、実際にデータ解析の楽しさを味わうこと、それが解析に熟達するコツである。

長尾 隆司 (ながお たかし)
金沢工業大学 人間情報システム研究所 教授

1975年大阪大学基礎工学部を卒業後、北海道大学理学部動物学教室教務職員、同大学実験生物センター助手、助教授を経て、1994年金沢工業大学人間情報システム研究所助教授、2000年教授。コオロギを相手に、性行動や闘争行動などの発現のしくみを神経ホルモンを中心に調べている。

1. はじめに

「人生で最も長く関わってきたもの」といえば、私の場合は間違いなく「コオロギ」ということになる。つき合いが始まった1970年代の後半と現在を比べてみても、彼らコオロギたちのライフスタイルは全く変わっていない。餌を食べ、水を飲み、喧嘩をし、雌を口説いては交尾を行い、卵として子孫を残すという生物としての基本的な行動をひたすら繰り返している。このようなライフスタイルは、彼らの祖先が誕生した3億5千万年前の昔からほとんど変わっていないのだろう。

一方、私たちの生活はこのわずか30年程の間に目まぐるしい変化を遂げている。今や日常生活用品となりつつあるコンピュータや携帯電話。そしてそれら以上に飛躍的な発展と普及を遂げているのがインターネットに代表される情報ネットワークである。ごく一部に独占されていた情報が多くの人々に開放され、いつでもどこでも簡単に入手できるようになってきた。これら情報機器や情報ネットワークの普及は、われわれのライフスタイルそのものを根本的に変えようとしている。しかし、急激な技術革新の結果、果たして私たちの生活は便利で豊かなものになっているのだろうか。ここでは、大昔から厳しい自然の中を生き抜いてきたコオロギの生き方を通して、私たち人間が選んでいる生き残り戦略について2回に分けて考えてみたい。

2. 人間とコオロギの共通点

私が関わってきたのは、沖縄県石垣島産のクロコオロギ(別名フタホシコオロギ)である(写真1)。成虫は体長が30mm近くにもなる大型の昆虫で、アフリカ、中近東、インドから東南アジア、中国に至る熱帯、亜熱帯に広く分布している。年中交尾、産卵を行い、約2ヶ月の幼虫期と1ヶ月ほどの成虫期からなる短い世代交代を繰り返す。人間とは随分かけ離れているように思えるが、生命の長い進化の歴史の中に両者を位置づけてみると、同じ生物としての



〈写真1〉クロコオロギの闘争

共通点が浮かび上がってくる。全ての動物は35億年前に地球上に誕生した生命をルーツとする進化系統樹の枝を構成しており、はじめに述べたように個体維持と繁殖という生命活動の基本を共有している。人間もコオロギもそのような生命活動を維持するために、神経や筋肉といった共通の部品を用いている。神経の数こそ桁違いに違うが、そのしくみや働きに大きな違いはない。それどころか、行動を調節する脳内ホルモンには、ほとんど同じものを使っている。

3. 生き残り戦略の違い

コオロギはもちろん、人間以外の動物はすべて、厳しい環境に対して自分自身の身体を適応させることで生き残ってきた。例えば、昆虫の多くは餌や水などに恵まれた環境の中で暮らしてきたのではなく、それらの資源が枯渇しても別の場所に移動できるように飛翔能力を身につけたものが生き残ってきた。飛翔は、広い生活空間の中から交尾相手を見つけて繁殖を保証する上で極めて有効な手段である。

およそ六百万年前までは、私たちの祖先もコオロギたちと変わらない自然界の住人であった。しかし、直立二足歩行を身につけた人類は、道具を上手に扱えるようになるとともに言葉を獲得し、結果として飛躍的な脳の発達を迎える。以降、知能を獲得した人間だけは、「延長された表現型」としての道具やモ

ノを生み出すことによって自然の厳しさに立ち向かっていった。そして今では、自然を改変し、その厳しさから隔絶された快適な人工環境を作るという生き方を選んでいる。

4. 本能行動と環境

2で述べたように、人間も昆虫も動物としての共通の行動を身につけており、それらは「本能行動」と呼ばれている。「本能行動」は生得的、つまり生まれつきのもので、そのプログラムは遺伝子に書かれており親から子へと代々受け継がれていくとされてきた。人間だけが後天的な学習(環境)によって知能を発達させ、理性(知能)によって本能行動をコントロールするのに対し、昆虫は学習能力など全くなく本能行動だけで生きていられると思われている。しかし、行動のすべてを遺伝的に支配されているものが、果たして環境に適応し進化し続けるだろうか。

4.1 コオロギの闘争行動

コオロギといえばわが国ではエンマコオロギがよく知られているが、それ以外にも50種類以上におよぶ仲間がいる。その中でも、クロコオロギやタイワンエンマコオロギといった熱帯性や亜熱帯性のコオロギの雄は気性が荒く、他の雄に出会うと必ずといってよいほど闘争を行う。中国では、このようなコオロギの習性を利用した闘争ゲーム(闘蟋)が古く唐の時代から行われてきた。闘蟋は今でも盛んに行われており、毎年秋には全国から勝ち残ってきたコオロギたちが集まって無差別級のトーナメント試合を行い、中国一のチャンピオンを決めている。

クロコオロギの闘争は、触角をフェンシングのように激しく打ち震わせ合うことから始まる。その後、しだいに前傾姿勢となり体全体で相手に突っかかろうとする。この最初の出会いで一方が逃げ出し勝敗が決まることも少なくない。どちらも引かない場合は、いっそう攻撃性が高まり、鋭い牙のような大顎を開いて相手に体全体で突進するようになる。さらに闘争が続くと、激しい体当たりが繰り返され、ついには大顎で相手にかみつくようになる。ところが、自然界よりもはるかに高密度で飼育している実験室では、雄たちは出会えば必ず喧嘩するというよりはむしろ、たまに喧嘩する程度である。まるで共同生活によって協調性を身につけたかのように、出会っても相手を避けるように振舞うことが多い。

4.2 キレルコオロギ

生育環境が発育におよぼす影響を一定にし、さら

に社会的な環境条件を整えるために、コオロギを集団と単独隔離に分けて飼育した。その結果、隔離コオロギは、発育が早く、体色は黒く、そして大きく育つのにに対し、集団のコオロギは逆に、発育が遅い上、体色は薄茶色で、成虫になっても小さかった。

隔離は透明なケースと完全な遮光ケースの2種類



〈写真2〉 集団コオロギ(上)とインターネットコオロギ(下)。左が雌、右が雄。

を用いて行った。透明隔離のコオロギは、触覚のみが遮断されている状態、つまり、見聞きはできるが触ることができないので、インターネットコオロギ(Internet cricket)と命名した(写真2)。

上で述べたように闘争の内容は、接触の少ない紳士的なものから、激しくぶつかり合って相手を傷つける暴力的なものまでさまざまな段階がある。そこで、それぞれのグループからコオロギを選んで闘わせ、勝敗とともに攻撃性のレベルについても調べてみた。集団飼育のコオロギどうしを闘わせてみると、出会った途端に一方が逃げ出す場合や低い攻撃性そのまま簡単に決着がつくことが多かった。

ところが、隔離コオロギは、相手に関わらず攻撃性が高くしかも長く持続する個体が多かった。同じように隔離したコオロギでも、隔離の期間が長いものほど高い攻撃性を示した。中でも、卵の段階から透明なケースで隔離飼育したインターネットコオロギは、他のコオロギには見られない異常ともいえる凶暴性を示した。相手が逃げても攻撃を止めず、相手が傷ついて出血すると更に攻撃性を増していき、ついには相手を殺してしまうものがあった。制御の利かないキレた状態という表現がぴったりするような闘いぶりであった。

コオロギの闘争は、全てが遺伝的に決まっているのではなく、生育環境の影響を強く受けることが明らかとなった。

■高齢者のIT特性に関するデータベースの構築と 類別化の事業を開始します

人間生活工学研究センターの石本明生は、文部科学省科学研究費補助金（特定領域研究）「障害者・高齢者のコミュニケーション機能に関する基礎的研究」の加齢班の中で、立命館大学（情報理工学部 飯田健夫教授が研究代表者）の研究分担者として、「高齢者のIT特性に関するデータベースの構築と類別化」を行うことになりました。これは、人がIT機器を使用する時の入力機器の認知的特性や使いやすさに関する様々な問題点について、メンタルモデルや認知的エラー、運動出力といった実験データに基づく、類別化の研究を行い、平成18年度までにデータベースの構築を行う計画です。

■日本人の人体計測データ（1992-1994）フルセットバージョンを提供しています

日本人の人体計測データには、7歳から90歳代までの日本人男女約3万4千人について1人当たり、178カ所（男性176カ所）の寸法データが収められています。これまで、このデータはご要望に応じて抽出し、1データ100円でご利用いただいておりますが、このたび、次期計測を前に全データを一括して「フルセットバージョン」として、ご提供させていただくことになりました。（ご提供価格 1セット：105万円）

豊富な寸法データは、各種製品の設計値を導き出すための基礎データとして、サイズ区分や社内標準作成のための参考値としてなど、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致します。提供形式など詳しくは、ユーザビリティサポート部へお問い合わせください。

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

■11月開催予定の講座「人間生活工学」です

○高齢者やハンディキャップに対応した製品開発
（福祉機器を中心として）

日時：2004年11月18日（木）10:00-18:00

場所：（財）大阪科学技術センター（大阪市西区）

講師：埼玉県立大学 教授 徳田 哲男氏

バリアフリー、ユニバーサルデザインなどの言葉をいろいろなところで聞くようになりました。この講座では、高齢者、障害者の心身特性について学び、製品のバリアフリーのキーポイント、福祉機器開発の方法を学びます。

○人間の構造と特性の理解と製品展開【知覚認知編】

日時：2004年11月25日（木）10:00-18:00

場所：TRC東京流通センタービル（東京都大田区）

講師：金沢工業大学 情報フロンティア学部心理情報学科 教授 神宮 英夫氏

「心地よさ」「味わい深さ」「気持ちよさ」などの人間の心理、すなわち、官能、感性に基づく製品設計が注目されています。この講座では、官能・感覚・感情などの測定・評価の方法と、製品開発への応用の方法を基礎から学びます。「こころの働きを活かしたものづくり」を目指します。

お申し込み・お問い合わせは、企画部へどうぞ。

（TEL：06-6221-1658 E-mail：grpedu@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せん。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1号 通巻19号の特集は「生き生きシルバーライフ（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5巻 第4号 通巻18号

2004年10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。



3人で
体を張って
お知らせします。



ケイリンの売上金は、社会のお役に立っています。



オリンピック日本選手団へのサポート

オリンピックをはじめ、アジア大会など
国際大会への日本選手団派遣を支援しています。



盲導犬の育成

視覚障害を持つ方の人生のパートナーとなる盲導犬、
その訓練センターの開設を支援しています。



少年少女発明活動への支援

小中学生の創造性を育てる「少年少女発明クラブ」、
毎週の活動や作品展の開催などをサポートしています。



2005年日本国際博覧会「愛・地球博」の支援

「自然の叡智」をテーマとして、2005年愛知県で開催される
21世紀最初の国際博覧会を支援しています。



中小企業への技術支援

公設工業試験研究所における最新技術の指導を支援し、
地域機械工業のさらなる向上と活性化に貢献しています。

オフィシャルホームページ

競輪らんど www.keirin.go.jp





Journal of Human Life Engineering