

COE紹介：21世紀COEプログラム「感覚特性に基づく人工環境デザイン研究拠点」

高木, 英行
九州大学大学院芸術工学研究院

栃原, 裕
九州大学大学院芸術工学研究

<https://hdl.handle.net/2324/4488446>

出版情報：Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics. 17 (4), pp.432-437, 2005. Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics

バージョン：

権利関係：



COE紹介

21世紀 COE プログラム[†] 「感覚特性に基づく人工環境デザイン研究拠点」

高木 英行*・栃原 裕*

1. はじめに

猿人、原人、旧人、新人と300～500万年近い年月をかけて、人類は自然環境に適応するよう進化してきた。我々の体は、遺伝子レベルで自然環境に適応するようにプログラムされていると言ってもよい。

ところが、ここ100年間に劇的にこの環境が変わった。我々は、照明、冷暖房、映像・音響など人工的に制御された環境の中でほとんどの時間を過ごすようになった。クーラーの普及はようやく親子一世代分の30年前、人工現実感（VR）環境の普及に至ってはまだ世代交代さえしていない最近の話である。

我々には適応能力があるのでこのような環境の中でも生活できるが、遺伝子レベルで自然環境に適応した身体をこのような人工環境に適応させるには当然大きなストレスが心身にかかる。このストレスは意識下でも起きている。この結果、生体リズムの乱れ、映像パニック、VR酔いなど、生理的、心理的な問題が発生することになる。

第2の現代社会の問題点は、容赦のないデジタル社会になってきたことである。

CG、ゲーム、VR、アニメなどのデジタルコンテンツ産業が急速に拡大してきている。日本の鉄鋼産業規模が5.2兆円に対して、2001年のコンテンツ産業が11兆円市場、2010年には15兆円市場になることから時代の趨勢を感じる。このような興盛に伴い、コンテンツ制作の現場では、迫力、臨場感、スリリングさを追い求める傾向は年々強くなっている。

しかしながら、健康や快適さに及ぼすコンテンツ制作上の知見は明らかでなく、生理的にはストレスが増加する方向に流れているのが現状である。700人程の子供が病院に搬送されたポケモン事件は、起こるべくして起きた象徴的な事件であるといえる。

第3の現代社会の問題点は、適応が困難な高齢社会に入っている点である。

日本は既に高齢社会に突入しており、10年後の2015年には4人に1人が65歳という人口構成比になる。高齢者の環境適応能力は当然のことながら若年者よりも劣っており、容赦のないデジタル化社会で健康・快適に過ごし難いこれらの多数の環境適応弱者に対応した、健康で快適な人工環境がいかにあるべきかを早急に明らかにしなければならない。

しかしながら複合人工環境の設計基準は未だ明らかではない。例えば40歳代の読書に必要な照度は若者の2倍以上といった、単体の人工環境ではいろいろな設計指針が作られているが、我々が生活する住環境、音響映像空間などの人工複合環境での適応能力はどうか、安全基準はどうあるべきか、はこれからの研究にかかっている。複合人工環境のどのような要因がどのような生理・心理的影響を引き起こすのかが未だ詳しく解明されていないにもかかわらず、コンテンツ産業、住宅産業、ゲーム、映像音響産業など多くの人工環境に関わる産業が新しい技術を開発し、安全基準がないままに日常生活へ導入されているのが現状である。

2. 目的・アプローチと研究教育環境

このような背景に鑑み、平成15年度採択の本COEプロジェクトは、生理学的あるいは心理学的な実験研究に基づいて人間の感覚特性を総合的に理解し、その知見を実際の人工環境のデザインに適用するために、世界的な研究教育活動の拠点を形成することを目的にしている。

具体的には、人工環境を構成する諸要因である照明、色彩・映像、音響、香り、温湿度等が人間の中樞神経系、自律神経系、内分泌系および免疫系の生理反応に及ぼす影響を「環境生理学」の立場から、都市環境を典型とする人工環境と、視覚、聴覚、嗅覚、温熱感覚、体性感覚等との関係を、「知覚心理学」の立場から研究し、これらに基づいて、人工環境の総合評価を行い、幼児、高齢者、障害者にも配慮した人工環境デザインに関する指針を確立することを目指している。

[†] The 21st Century Center of Excellence (COE) Program
“Design of Artificial Environments on the Basis of Human Sensibility”

Hideyuki TAKAGI and Yutaka TOCHIHARA

* 九州大学大学院芸術工学研究院

Faculty of Design, Kyushu University

このような学際的なアプローチを行うためには、環境生理学、知覚心理学、音響工学、建築、都市設計、デジタルコンテンツデザイン、計算機科学など幅広い分野の人材が集まる必要がある。幸いなことに本学はこれらの人材が容易に集まる環境であった。

旧九州芸術工科大学（現九州大学芸術工学研究院）は「技術の人間化」を標榜する学際教育を行って40年近い歴史がある。例えば筆者の場合、音楽、聴覚生理、聴覚心理、室内音響学、騒音工学、デジタル信号処理と、幅広い専門科目を履修して卒業している。したがって教員にも幅広い分野の専門家が揃っており、学際プロジェクトである本 COE がスタートした次第である。

さらにハード面でも本 COE プロジェクト活動を進める上で有用な各種研究施設が整っている。

代表的な環境適応研究実験施設は、足元が冷え冷えのオフィス、蛍光灯の色温度が異なる寝室、冬の浴室脱衣室のような身近な生活空間から、エベレスト、砂漠、水中のような幅広い環境をも実現できる大掛かりな実験施設である。この施設は、高低圧実験室、照明実験室、温熱実験室、複合実験室、水浸実験室、熱放射実験室、居住実験室から成り、各種環境下で人間の生理状態を観察できる（図1）。NASA のような一部の研究機関を除けば、これ程の人工気候室群を持つ教育研究機関はなく、世界最大級の中核的研究施設と言える。音環境では、6 室の無響室をはじめ残響室や残響可変実験室があり、マルチメディア系では、体全身測定用 3 次元デジタイザやアクティブ赤外線方式モーションキャプチャがある。これらの複合施設としては、二重壁二重床で外界からの光・音・振動を遮断し、劇場音声 THX、プロジェクトと大スクリーン、モーションチェアによって人工的に光・音・振動を作り出すことができる複合環境シミュレーション室がある。

これらの実験施設を駆使し、様々な人工環境下での人体の生理・知覚反応を計測し、望ましい人工環境のあり方を明らかにして行く教育研究を遂行している。

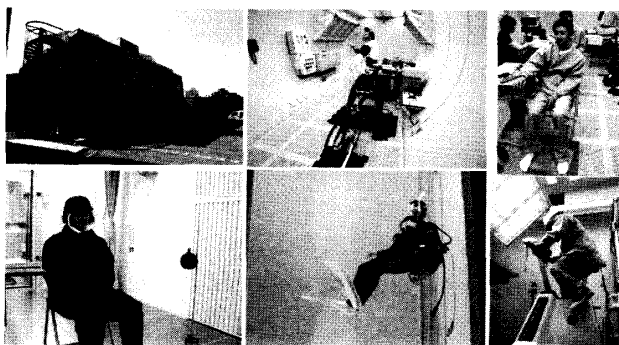


図1 環境適応研究実験施設（左上）と実験室風景

3. 研究活動

本 COE プロジェクトは「環境生理学部門」「知覚心理学部門」「感性デザイン部門」の3つの研究体制から構成されている。構成メンバーは19名の教員が中核になり、平成17年度5月現在で、国内外からのポストドク7名、特任助手2名、リサーチアシスタント26名、事務補助員4名の体制である。これらのメンバーの研究活動からいくつかを紹介しよう。

3.1 熟眠には居室照明の質にご用心

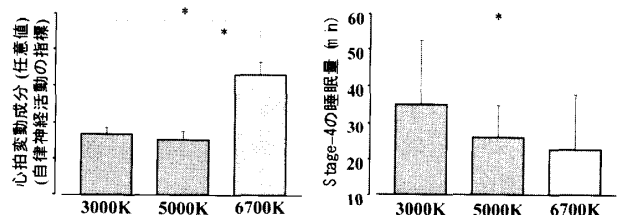
これまでの蛍光灯は、いかに同じエネルギーで明るく感じるかの観点から開発が進められてきた。その結果、色スペクトルの高周波成分（青色の帯域）にエネルギー分布がある蛍光灯が開発され、消費者も店頭比較でこの明るい蛍光灯を求めてきた。この意味では、心理的に好ましい蛍光灯は青っぽく明るい蛍光灯であると言える。

しかし、心拍変動成分で自律神経活動を調べて見ると、図2(a)のように6700Kの色温度は3000Kや5000Kの光に対して有意に緊張を引き起こすことが明らかになった。これは光を浴びている一時的な現象ではなく、例えば睡眠前にこのような光を浴びると図2(b)のように有意に熟眠し難くなることから明らかである[1]。

上記の実験は学生を被験者にしたものであり、高齢者の適応能力が若者に劣るということは既に述べた。このような研究から、高齢者に適した寝室やリビングはいかにあるべきかなど、用途を考慮した照明環境のデザイン指針を提案していくべく、COE 研究を続けている。

3.2 何がエコノミークラス症候群を引き起こす？

何かと話題になっているエコノミークラス症候群（深部静脈血栓症に伴う肺動脈塞栓症）はなぜ起きるのか？狭いところに長時間座っていることが問題にされているが、原因を明らかにすることは対策につながる。名



(a) 自律神経活動への影響 (b) 睡眠の質への影響
図2 色温度による生理反応への影響。*は危険率5%で有意

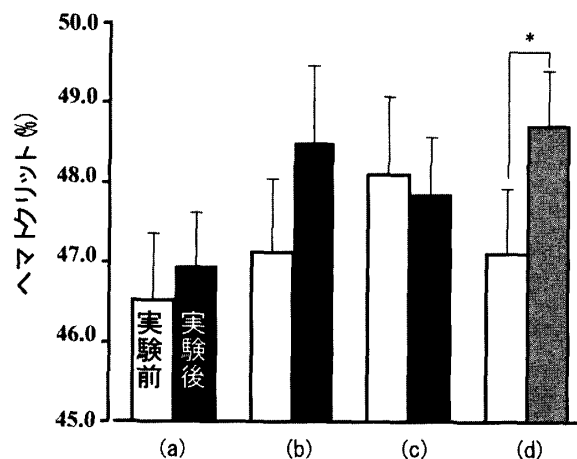


図3 気圧と湿度によるヘマトクリット（一定量の血液中に存在する赤血球の容積の割合）への影響。
(a) 常圧相対湿度60%, (b) 常圧相対湿度20%,
(c) 低圧相対湿度60%, (d) 低圧相対湿度20%。
常圧と低圧は、高度0mと2,000mに相当。*は危険率5%で有意。

前のエコノミークラスから考えれば、航空機内環境が影響を及ぼしていることは容易に推察される。

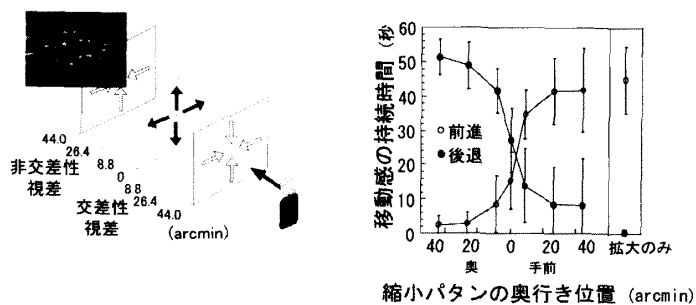
そこで、気圧と湿度を変化させて実験した結果が図3である。この結果から、低圧低湿度という航空機内環境が血液粘度の上昇を促進し、血栓形成の危険性を高めることが示唆される[2]。今後の詳細測定から原因がこのように特定されれば、航空機内の気圧や湿度はいかにあるべきかのデザイン指針が得られることになる。

3.3 安全で迫力ある映像環境

急速な大画面の普及や家庭用テレビゲームの進化により、テレビ映像でんかんや運動酔いの問題が指摘されている。本COEプロジェクトでは、医学研究院の研究者がテレビ映像によるてんかんの研究を行い、テレビ映像の明るさ、色、模様、点滅が発作を誘発することを明らかにした[3][4]。さらに、大画面で動く映像は、しばしば鑑賞者自身の動きの印象を引き起こすことが知られているが、大画面立体映像による心理実験(図4)から、最も奥にある映像の動きのみによって自己移動の感覚が決定され、手前の映像は影響しないことを明らかにした[5]。これらの知見は、健康障害の防止と、エンターテインメント性の両立を目指した映像環境デザイン指針の作成を可能にしている。

4. 教育活動

21世紀COEプログラムが科学研究費に代表される各種研究助成と大きく異なる点は、この5年間に研究成



(a) 実験条件 (b) パタンの位置と映像の移動感
図4 大画面の奥行きと移動感の関係

果を出すために資金が投入されるのではなく、世界の研究者が集まる研究体制とこの分野の博士の人材を安定供給する大学院教育体制を整備し、5年後にはCOE資金なしで世界の研究拠点として活動を継続できるよう基盤整備することが求められる点である。したがって教育に対する比重が多いことがCOEプログラムの特徴であり、全国の各種COEプロジェクトではいろいろな特徴のある教育プログラム作りに取り組んでいる。本学会誌COE紹介シリーズで最初に紹介された「マルチタレント英才教育」[6]もその1つである。

本COEプログラムの背景となる教育として、まず母体となっている九州芸術工科大学での学際教育を挙げねばならない。昭和43年の開学当初は環境設計学科、工業設計学科、画像設計学科、音響設計学科、そして10年程前には芸術情報設計学科が新設されて学部教育が行われてきた。学生は、文化・芸術から数理・工学に至る幅広い学際教育を受けて来ている。その中でも本プロジェクトに直接関わる「環境生理学」「知覚心理学」「感性デザイン」に関する教育には、工業設計学科の人間工学、音響設計学科と画像設計学科の視聴覚の知覚心理、そして全学科に渡る都市建築デザイン、工業デザイン、グラフィックデザイン、CGや音のマルチメディアデザインなどの教育がある。中でも、人間工学教育は日本で最初に開始され、特殊生態実験施設（現適応環境研究実験施設）と相まって、日本における人間工学の多くの人材を輩出してきた。また、音楽から音響工学まで音に関する一貫教育を行うのは世界でも音響設計学科しかないなど、ユニークな学際教育の歴史が長い。

この学部教育の伝統を引き継ぎつつ、本COEプロジェクトの大学院教育強化のためのプログラムを遂行している。大きな特徴として、COE新専攻の設置、マルチ分野教育、国際化教育の3点が挙げられる。

大学院を改組し新専攻を設置することは21世紀COE

プロジェクト単独では不可能であり、大学全体の支援が不可欠である。COE 申請時の九州芸術工科大学学長自ら新専攻設置を掲げられ、九州大学統合後もその実現に向かって現在教育改革を進行させているところである。人事など不確定要素があるため現時点での正確な新専攻内容をご紹介するのはまだ早いですが、本 COE プロジェクトを構成する 3 分野を核とするデザイン科学の専攻を本 COE プロジェクト終了前後に設置することを目標に現在カリキュラムや教育方針を検討している。

マルチ分野教育は、本 COE プロジェクトを構成する 3 分野のうち少なくとも 2 分野の大学院開設科目を履修させる教育方針である。まだ新専攻を設置していないので、現在開設している科目の中から COE プロジェクト関連の 3 分野それぞれに属する科目を指定し、特に COE メンバーの教員の学生には 2 分野以上履修するよう指導している。平成16年度は大学院生13名が3分野すべての科目を履修した。また本 COE プロジェクトが旧九州芸術工科大学のキャンパスを中心に行われているため、九州大学統合のメリットを活かしてこの 3 分野教育を強化するため、九大医学部の COE メンバーに COE 課外授業として感覚生理学と中枢神経生理学特別講座を行っていただいた。

国際教育のために、科学英語課外授業 I および II を開設した他、平成17年9月には院生を含めた「感覚特性に関する国際サマワークショップ」を開催し、世界の博士課程の学生（日本を含む）を集めて、10日間に渡る本 COE プロジェクト関連の講義と演習を行う。これらはすべて英語で実施され、単位認定はされない課外授業である。その他には、海外からのポストドクや留学生を含む COE 学内研究会（平成15-16年度で14回）や研究成果発表会である平成16年12月の COE 国際シンポジウムへの学生参加促進、学生の英語論文投稿の推進や国際会議での発表への旅費支援なども本 COE プロジェクトの国際教育の一環として行っている。

5. COE 研究におけるソフトコンピューティング

本学会に直接関わるソフトコンピューティング技術も本 COE プロジェクトで利用されている。本学会誌読者に関心があると思われるので、そのような COE 研究を 2 ～ 3 紹介しよう。

第 1 は人工環境の最適設計法に関するものである。生理学のアプローチは、各種感覚刺激を変化させて生理反応を計測する手法であり、人間の生理特性を明らかにするにはこの手法がよい。しかし、人工環境の最適設計とは、人間の生理反応が望ましくなるような人

工環境の値を決定する問題である。人間というシステムへの入力（人工環境パラメータ）を調整してシステム出力（生理反応）を望ましい方向に動かすのではなく、システム出力がターゲット（目的別の理想生理状態）に近づくようなシステム入力値を探索する必要がある。このように出力から入力を決定する「逆問題」として扱わないと最適化問題として定式化できない。

ここで、人間の主観的評価値に基づいて対象システムを最適化するインタラクティブ進化計算 (IEC) を拡張し、生理的フィードバックに基づいて対象システムを最適化する拡張 IEC を提案することで、理想的な生理状態に導く人工環境の設計手法を確立しようとしている [7]。

人工環境を最適にするには通常の IEC と拡張 IEC の両方とも利用可能である。共通しているのは、生身の人間の反応を基に反復評価が必要になることで、IEC ユーザの疲労軽減問題は避けて通れない [8]。この最適化手法を実用化するための疲労軽減の研究も平行して行っている。

現在取り組んでいる手法は、IEC ユーザの評価特性を学習して得られた擬似ユーザを使う手法の効率化である。このユーザ特性が得られれば、評価しやすいようにユーザへの提示順序を変えたり、内部で多くの個体を使ってシミュレーションをして上位の良い個体のみを提示したり、予測評価点を添えてユーザに提示することでユーザの入力負荷を軽減したりすることができる。

しかしニューラルネット (NN) 学習をしようとしても通常の IEC では毎世代、例えば 1 ～ 5 点という相対評価を行うことが通常なので、過去世代の 5 点の個体の方が、最近世代の 1 点の個体よりも劣ることがあり得る。したがって過去の個体すべてを NN 学習に使うことは NN 学習に矛盾を生じさせることになる。

そこでこの相対評価値を毎回絶対評価値に変換する手法を提案して評価している [9]。IEC ユーザが毎世代入力する相対評価値を絶対評価値に変換し、NN は過去世代にわたる絶対評価値を使って学習させることで IEC ユーザの評価特性を早く得ることを狙っている。

また IEC の探索世代は通常の IEC に比べて極端に短いため、上述のようなユーザの評価特性を学習しても学習が終わる頃には IEC 探索が終わるということも起きかねない。この対策として、複数の他人の評価特性が使える場合には、学習が終わるまでは他人の評価特性でもよいので利用して IEC 探索の加速を図るアイデアを評価している。すなわち世代毎に IEC ユーザの個体数分の評価点と、複数の他人の評価特性から得られた同数分の評価点とを比較して、最も IEC ユーザの評

価特性に類似していると思われる他人の評価特性を IEC ユーザの評価特性の代替として利用することで IEC 探索の加速を図るものである。

また、人工現実感 (VR) 環境での VR 酔いを少なくし臨場感を向上させる目的に NN を用いている。通常臨場感と VR 酔いは相反する関係にあり、安全で快適な VR 環境と迫力ある VR 環境の接点が求められる。VR 環境を提示する画角とコンテンツの動き速度を制御することで、VR 酔いと臨場感の制御は可能であるが、VR 酔いと臨場感の特性は個人に大きく依存する。

そこで、2つの NN を導入して VR 環境での利用者の VR 酔いの特性と臨場感の特性を学習させ、両 NN 特性の合成特性から VR 酔いを最小に臨場感を最大にする条件を推定する研究を行っている[10]。被験者実験の結果、特に VR 酔いしやすい被験者群の臨場感を損なわずに大幅に VR 酔いを改善できることが示唆された。

6. まとめ

本年5月に中間審査が行われ、幸い好意的な評価をいただいた。これからの後半3年間は、COE 新専攻立ち上げを中心とした今後の教育体制の確立と、生理・心理的知見に基づいていかに人工環境をデザインしていくか、という「生理」「心理」「感性デザイン」3部門の総合力が問われるフェーズに入っていく。さらには、現実世界の複合人工環境の安全・快適なデザイン指針を提示していくことになる。研究面では、成果を人工環境デザインの世界の標準化に結びつけ、安全安心で快適な人工環境で生活できるように得られるよう目指している。教育面では、今後安定してこの分野の博士を生み出せる体制に取り組んでいる。

永続的な世界の研究拠点になるための準備期間は残り3年。我々COE 班員は身を引き締めているところである。

参 考 文 献

[1] Kozaki, T., Kitamura, S., Higashihara, Y., Ishibashi, K., Noguchi, H. and Yasukouchi, A. "Effect of color temperature of light sources on slow-wave sleep," J. of Physiological Anthropology and

Applied Human Science, vol.24, no.2, pp.183-186 (2005).

- [2] 徳永英治, 美馬佳奈, 橋口暢子, 加地正英, 枋原裕「長時間座位に伴う下腿周径および血液成分変動に及ぼす低圧・低湿度の影響」日生氣誌 vol.40, (4) pp. 197-202 (2003).
- [3] Yamasaki, T., Goto, Y., and Tobimatsu, S., "Can we estimate the activating effects of visual channels in primary visual cortex by flicker VEPs?" International Congress Series 1278, pp.73-76 (2005)
- [4] 山崎貴男, 後藤純信, 飛松省三「時間と色の脳内情報処理過程の解析による光過敏性てんかんの発症機序」(てんかん治療研究振興財団研究年報)vol.16, pp. 67-74 (2004)
- [5] Ito, H., and Shibata I., "Self-motion perception from expanding and contracting optical flows overlapped with binocular disparity." Vision Research, 45, pp.397-402 (2005)
- [6] 山川烈「21世紀 COE プログラム「生物とロボットが織り成す脳情報工学の世界」」知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), vol.17, no.1, pp.68-72 (2005).
- [7] Takagi, H., Wang, S., and Nakano, S., "Proposal for a framework for optimizing artificial environments based on physiological feedback," J. of Physiological Anthropology and Applied Human Science, vol.24, no.1, pp.77-80 (2005).
- [8] Takagi, H., "Interactive Evolutionary computation: fusion of the capacities of EC optimization and human evaluation," Proceedings of the IEEE, Vol.89, No.9, pp.1275-1296 (2001).
- [9] Wang, S. and Takagi, H., "Improving the performance of predicting users' subjective evaluation characteristics to reduce their fatigue in IEC," J. of Physiological Anthropology and Applied Human Science, vol.24, no.1, pp. 81-85 (2005).
- [10] Tanaka, N. and Takagi, H., "Virtual Reality Environment Design of Managing Both Presence and Virtual Reality Sickness," J. of Physiological Anthropology and Applied Human Science, vol.23, no.6, pp.313-317 (2004).

(2005年6月21日受付)

[問い合わせ先]

〒815-8540 福岡市南区塩原4丁目9番1号

九州大学 大学院芸術工学研究院

高木英行

TEL&FAX 092-553-4555

E-mail: takagi@design.kyushu-u.ac.jp

COE URL: <http://www.design.kyushu-u.ac.jp/COE/>

著者紹介

たかぎ ひでゆき
高木 英行 [正会員]



1981年九州芸術工科大学修士課程了。同年松下電器産業(株)入社、中央研究所勤務。1991～1993年 UC Berkeley 客員研究員。1995年九州芸術工科大学助教授。2003年九州大学との統合により九州大学大学院助教授。博(工)。ファジィ、ニューラルネット、進化計算、ヒューマンインタフェース等の研究に従事。特に、インタラクティブ進化計算の研究に注力している。電子情報通信学会篠原記念学術奨励賞(1989)、最優秀論文賞 (KES'97および IIZUKA'98)、プログラム委員会最優秀論文賞 (ICOIN-15)、スロバキア人工知能学会功労賞(2002)、IEEE SMC 学会功労賞(2003)、日本知能情報ファジィ学会論文賞(2003)各受賞。IEEE SMC Society, IEEE Computational Intelligence Society, 日本知能情報ファジィ学会、電子情報通信学会、人工知能学会、日本音響学会、日本バーチャルリアリティ学会各会員。

とちはら ゆたか
栃原 裕 [非会員]



1973年九州芸術工科大学卒。昭和大学医学部衛生学教室助手、講師、国立公衆衛生院生理衛生学部環境生理室長を経て、1997年九州芸術工科大学教授。2003年九州大学大学院教授。医博。環境人間工学、特に温熱環境の人体影響についての研究に従事。ISO/TC159/SC5(環境人間工学)の日本主査。1995年スウェーデン国立労働衛生研究所にて在外研究。2002年第10回国際環境人間工学会会長。2003年21世紀 COE プログラム「感覚特性に基づく人工環境デザイン研究拠点」拠点リーダー。著書は、「人間－熱環境系」、「日本人の生理」、「人間工学基準数値数式便覧」、「高齢者のための建築環境」、「人工環境の健康影響と快適性」、「生活環境の快適性」、「Environmental Ergonomics」等。空気調和・衛生工学会篠原記念賞受賞