

平成21年 3月 1日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19510080
 研究課題名（和文） ネイチャー・テクノロジーを援用した持続可能な環境空間の設計指針の確立
 研究課題名（英文） Establishment of the Design Manual for the Sustainable Environmental Space Using Nature Technology
 研究代表者
 稲垣 照美（INAGAKI TERUMI）
 茨城大学・工学部・教授
 研究者番号：90184712

研究成果の概要：本申請課題では、要素技術として確立した知識を総合的に融合して、住空間だけでなく福祉施設や病院などの医療施設・ホスピス等に、自然や生物情報に基づいた（模した）持続可能なかつ省エネルギーな快適（癒し）空間の設計指針を提供することを最終目標として研究を行ってきた。そのために、昆虫類の活動特性や人の感性におよぼす影響を解析した。また、マイクロバブルの気泡発生に関わる物理特性を解明し、より細かくかつ大量の気泡発生について検討を行った。さらに、風車を用いた発電におけるゆらぎ現象や、風車の回転時に生じる不快音の調査を行って、より効率的かつ住環境に配慮した風車の配置・運転について提案した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成19年度	3,300,000	990,000	4,290,000
平成20年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境技術・環境材料

キーワード：ネイチャーテクノロジー

1. 研究開始当初の背景

産業革命以来、科学技術は地球あるいはその循環過程に存在しないもの（あるいは存在していてもその存在を我々が知らないもの）を追い求めてきた。その結果、地球への負荷は際限なく膨張し、すでに地球が有する再生能力を大きく超え、地球環境、特に、生命圏（Biosphere）の急激な劣化は人類存続の可否を問わざるを得ない危機的状況を招いている。今、まさに、従来の延長ではない新しいものづくりへのパラダイムシフトが問われて

いるのである。このことは、近年の生活水準の向上に伴い、便利なだけではない快適な生活環境への関心が高まり、快適、ゆとり、健康、癒しなどという言葉が我々の身近なものになっていることから明らかである。すなわち、人々の意識も「ものの豊かさ」では満たされず、「心の豊かさ」へとより高次の欲求に変化しているのである。では、有限な地球資源・エネルギーの上に立脚する新しい技術とは、一体どのようなものか。それは、物欲（「ものの豊かさ」）を煽る技術から精神欲

(「心の豊かさ」)を煽る技術へのパラダイムシフトであろう。後者を創出するシステムは、議論の緒に付いたばかりの状態であるが、ネイチャー・テクノロジーとも言える技術と言えよう。これまで本研究室では、人間文化研究機構国際日本文化研究センター主催の「21世紀の環境と文化と文明に関する調査研究」傘下の「自然のすごさサンプリング部会(ネイチャーテック)」に所属し、生物活動のゆらぎに焦点を当てた研究を行ってきた。この部会では、ネイチャー・テクノロジーの創出に関する研究活動が展開されている。

2. 研究の目的

本申請課題では、生物情報を援用した制御法を確立するために、ホテルの発光パターンやスズムシなど鳴く虫の音、ミツバチなどの社会性昆虫の温熱環境などに焦点を当て、主に「癒しと快適性」について研究を行ってきた。「快適性」とは、一般に、不快が無く具合が良いことに加えて、積極的に心地良さや気持良さが感じられるような環境である。すなわち、快適な室内環境とは、人間の五感で感じる生理的要求を満足させ、人体にストレスを生じさせないように熱、光、音、空気などの要素が制御された環境である。さらには、心理的な面でも心地良さや気持良さが感じられる環境である。ここで、快適性には、「消極的な快適」と「積極的な快適」の二つの側面があると言われている。つまり、不快が無く具合の良い状態が「消極的な快適」であり、これに気持ちが良い条件が備わると「積極的な快適」となる。「消極的な快適」は、快適生活の基本であるが、変化がなく退屈で無味乾燥な空間になってしまうことも否定できない。環境形成技術が「消極的な快適」について満足できる技術水準に達した現在、「積極的な快適」の実現を目指したものでなければならない。

21世紀は、環境・福祉・情報そしてバイオテクノロジーの時代と言われている。したがって、技術のパラダイムシフトと本研究室のこれまでの研究成果を背景として、一連の研究では、生物情報や自然現象を解析することにより、新たに工学・生物学・心理学・医学などを融合させ、人々の生活に密着した快適空間の実現を目指している。こうした学問分野の融合は、新たな研究分野を創造し、ネイチャー・テクノロジーのさらなる発展に寄与するものと思われる。一方で、前述した技術のパラダイムシフトは、低環境負荷(省エネルギー技術を含む)と調和した21世紀に求められるイノベーションとも考えている。当然、地球規模の温暖化に対する処方箋とも考えており、昨今の都市温暖化の防止策にも有効な手段となり得る。

3. 研究の方法

ここでは、人の感性と癒しの環境研究を遂行してきた研究連携システムについて述べる。我々の活動拠点、茨城大学大学院理工学研究科ベンチャービジネスラボラトリー(VBL)内の「人の感性と癒しの環境研究室(約50㎡)」である。この研究室には、シールドルームが併設され、脳波計測を実施する上で極めて都合が良い。また、研究室には画像処理システムなど必要な機器が準備され、人の感性など複雑系の現象を詳細に統計解析することが可能な技術や測定ノウハウ、文献・資料等の全てを整えてきた。現在、研究室では、赤外線計測などこれまで培ってきた様々な要素技術を融合して、快適な温熱環境や自然の癒しを取り入れた「ネイチャー・テクノロジーを援用したサステイナブルな環境空間の設計指針」を確立するため、2つのカテゴリ(工学的応用と生物学的応用)と、以下の大学院生による3つの研究グループ、に分割している。

- ・温熱環境設計グループ
(外断熱・遮熱・ソーラーパネル・赤外線計測の技術研究)
- ・脳波計測・感性評価グループ
(自然や生物が醸し出す音・光・香に対する感性・脳波計測及び解析研究)
- ・水圏環境設計グループ
(自然が醸し出す温度・風の模倣及びマイクロ・ナノバブルによる水質改善技術)

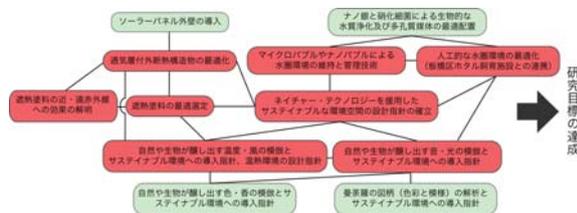
なお、研究代表者である第一著者は主に工学・物理学的な観点から研究全体を総括し、第二著者は主に生物学・行動学的な側面から研究を分担して進めてきた。

研究室では、各グループ間で研究進度に乱れが生じないように、定期的なゼミ(全員参加:週一回、個別参加:毎日)の開催や、関連学術講演会(日本機械学会、日本感性工学会、可視化情報学会、日本動物行動学会など)への大学院生による研究報告を実施してきた。何れかの研究グループに、もし研究進度の遅延が生じた場合には、図2に示した研究の連携システムが存在している。研究に標準的に必要な基盤(各種機器の計測・処理技術やノウハウ)を大学院生全員が研究室研修を通じて共有している。これまで研究の遅延等の問題はなかったが、有事には即座にバックアップ体制が機能して、研究が補間される。なお、研究室研修とは、4年次の卒業研究生全員が配属時に研究室独自で共通的に必要な標準技術やノウハウを一通り習得する教育プロセスである。

また、せせらぎ空間の生態系設計やホテル生息環境の水質改善に際しては、平成15年度に茨城大学発のベンチャーとして起業した(有)ルシオラ(代表取締役:第一著者、内容:生物情報データベース管理、ホテルの模擬生態系復元等)と提携している東京都板橋区ホテル飼育施設(施設長 阿部宣男博士(理学))との議論を通じて事業を達成してきた。

4. 研究成果

本申請課題では、要素技術として確立した知識を総合的に融合して、住空間だけでなく福祉施設や病院などの医療施設・ホスピス等に、自然や生物情報に基づいた(模した)サステイナブルかつ省エネルギーな快適(癒し)空間の設計指針を提供することを最終目標として研究を行ってきた。これまでの研究成果から、赤外線技術を用いた外断熱や遮熱塗料の評価、およびこれらを組み合わせたときの省エネルギー性を明らかにした。また、ホテルの光や虫の音についての感性調査の結果から、発光パターンや音質の諸要素と発生する脳波や主観調査との関係を検証した。また、被験者の経験と感性の関係など、感性工学において新たな視点を見出した。さらに、マイクロバブルの気泡発生に関わる物理特性を解明し、より細かくかつ大量の気泡発生について検討を行った。また、風車を用いた発電におけるゆらぎ現象や、風車の回転時に生



研究目標達成のための要素技術群

じる不快音の調査を行って、より効率的かつ住環境に配慮した風車の配置・運転について提案した。これらの成果は、我々人間が社会を持続的に発展しつつ、かつ快適に生活する上で重要な要素技術である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計11件)

- ① 穂積 訓, 稲垣照美, 福田幸輔, 虫の音が人の感性に及ぼす影響-コオロギ類の音の音響的特徴と脳波との関係-, 感性工学会論文集, 受理・印刷中, 2009年, 査読有り
- ② Soichi Yamane, Sidnei Mateus, Satoshi Hozumi, Kazuyuki Kudo, Ronaldo Zucchi, How does a colony of *Apoica Flavissima* (Hymenoptera, Vespidae, Epiponini) maintain a constant temperature?, *Entomological Science*, 受理・印刷中 2009年, 査読有り
- ③ Satoshi Hozumi, Sôichi Yamane, Sidnei Mateus, Thermal Characteristics of the Mud Nests of the Social Wasp *Polybia spinifex* (Hymenoptera; Vespidae), *Sociobiology*, 53巻1号 89-100頁, 2009

年, 査読有り

- ④ 櫻田将至, 福澤公夫, 沼尾達弥, 稲垣照美, 可視光線および近赤外線領域において顔料の種類が塗膜の日射反射特性に及ぼす影響, *日本材料学会誌* 58巻1号 62-68頁, 2009年, 査読有り
 - ⑤ Satoshi Hozumi, Sidnei Mateus, Kazuyuki Kudô, Takaaki Kuwahara, Sôichi Yamane, Ronaldo Zucchi, Nest thermoregulation in *Polybia scutellaris* White (Hymenoptera, Vespidae, Epiponini), *Neotropical Entomology*, 受理・印刷中 2009年, 査読有り
 - ⑥ 穂積 訓, 温度環境を改善する巣の建築方法とアシナガバチ類の気候適応, 昆虫と自然, 43巻10号 20-24頁, 2008年, 査読無し
 - ⑦ Satoshi Hozumi, Kazuyuki Kudo, Ronaldo Zucchi, Promotion of thermoregulatory insulation in nests of neotropical wasps by building extra-combs with empty cells, *Neotropical Entomology* 37巻2号 159-166頁, 2008年, 査読有り
 - ⑧ I-Hshin Sung, Soichi Yamane, Satoshi Hozumi, Thermal characteristics in the nests of the Taiwanese stingless bee *Trigona ventralis hoozana* (Hymenoptera: Apidae), *Zoological Studies*, 47巻2号 417-428頁, 2008年, 査読有り
 - ⑨ Satoshi Hozumi, Terumi Inagaki, Kousuke Fukuda, Acoustical Analysis and Evaluation of Psychological Effect of Cricket Songs, *Transactions of the Materials Research Society of Japan*, 33巻2号 505-508頁, 2008年, 査読有り
 - ⑩ Satoshi Hozumi, Soichi Yamane, Haruo Katakura, Building of Extra Cells in the Nests of Paper Wasps (Hymenoptera; Vespidae; *Polistes*) as an Adaptive Measure in Severely Cold Regions, *Sociobiology* 51巻2号 399-414頁, 2008年, 査読有り
 - ⑪ 穂積 訓, 稲垣照美, 渡部 濃, 虫の音が人の感性に及ぼす影響, 感性工学会論文集 7号 105-113頁, 2007年, 査読有り
- [学会発表] (計23件)
- ① 白土祈歩, 稲垣照美, 曼荼羅の色彩科学とゆらぎについて, 日本感性工学会第5回春季大会, 2009年
 - ② 宮内圭, 江川学, 稲垣照美, 水圏環境改善に向けたマイクロバブルの基本特性の解明について, 平成20年度日本機械学会関東支部第15期総会, 2009年
 - ③ 遠藤広樹, 志賀寛史, 稲垣照美, 熱塗料を施工した通気層付き外断熱建築構造物の

- 評価と赤外線計測, 平成 20 年度日本機械学会関東支部第 15 期総会, 2009 年
- ④ 白土哲郎, 大野慎吾, 稲垣照美, 通気層付き外断熱建築構造物における熱流体力学的な特性解析, 平成 20 年度日本機械学会関東支部第 15 期総会, 2009 年
 - ⑤ 白土祈歩, 穂積 訓, 稲垣照美, 和色・洋色・原色の色彩と人の感性について, 日本感性工学会 第 4 回春季大会, 2009 年
 - ⑥ 穂積 訓, 稲垣照美, 副田幸輔, 鳴く虫の音の音響解析と人の感性におよぼす影響の評価, 第 18 回日本 MRS 学術シンポジウム, 2008 年
 - ⑦ 志賀寛史, 大野慎吾, 稲垣照美, 通気層付き外断熱建築構造物における熱特性の解析, 日本伝熱学会第 44 回日本伝熱シンポジウム, 2008 年
 - ⑧ 下枝実夏子, NURATIQA BINTI MOHD ARIFIN, 稲垣照美, 芳香と人の感性について, 第 10 回日本感性工学会大会, 2008 年
 - ⑨ 白土祈歩, 稲垣照美, 穂積訓, 和色・洋色・原色の色彩と人の感性について—伝統漆器への原色の導入—, 第 10 回日本感性工学会大会, 2008 年
 - ⑩ 稲垣照美, 穂積訓, ホタルの光と人の感性について—脳波から読み解く人の感性—, 第 10 回日本感性工学会大会, 2008 年
 - ⑪ 内田亮祐, 稲垣照美, 北山真司, 地球環境保全へ向けた赤外線地雷探査に関する研究, 平成 20 年度日本機械学会関東支部茨城講演会, 2008 年
 - ⑫ 渡邊直哉, 稲垣照美, 青木卓也, 赤外線分光放射温度計の開発, 平成 20 年度日本機械学会関東支部茨城講演会, 2008 年
 - ⑬ 江川学, Mohd FATRIS, 稲垣照美, 宮内圭, マイクロバブルによる水圏環境の改善技術, 平成 20 年度日本機械学会関東支部茨城講演会, 2008 年
 - ⑭ 志賀寛史, 遠藤広樹, 稲垣照美, 遮熱塗料による都市温暖化防止技術の評価と赤外線計測, 平成 20 年度日本機械学会関東支部茨城講演会, 2008 年
 - ⑮ NUR AKMAL BINTI HANIFFAH, 稲垣照美, 立川力, 飯野恵輔, 大型風車の空力騒音解析, 平成 20 年度日本機械学会関東支部茨城講演会, 2008 年
 - ⑯ Naoya WATANABE, Terumi INAGAKI, Study on Spectroscopic Infrared Thermography, Proceedings of The 4th International Conference at Ibaraki University, 2008 年
 - ⑰ Masashi SAKURADA, Kimio FUKUZAWA, Tatsuya NUMAO, Terumi INAGAKI, Influence of Solar Heat High Reflectance Paint on the Temperature Abatement of Buildings, Proceedings of

- SB08 ISBN978-0-646-50372-1, 2008 年
- ⑱ Satoshi Hozumi, Terumi Inagaki, Fluctuant rhythms of nature and its comfortableness, IUMRS International Conference in Asia 2008 (IUMRS-ICA 2008), 2008 年
 - ⑲ 中里直, 稲垣照美, 小石裕之, 植物による空調効果の解析と ESD への活用, エコデザイン 2008 ジャパン シンポジウム, 2008 年
 - ⑳ Kousuke Fukuda, Satoshi Hozumi, Terumi Inagaki, Human's Kansei Responses to Calling Song of Five Crickets, Proceedings of The Third International Conference at Ibaraki University, 2008 年
 - ㉑ 稲垣照美, 江川学, 船見尚弘, マイクロバブルの計測と特性評価, 平成 19 年度日本機械学会関東支部茨城講演会, 2008 年
 - ㉒ 稲垣照美, 志賀寛史, 遠藤広樹, 熱塗料による都市温暖化防止技術の評価と赤外線計測, 平成 19 年度日本機械学会関東支部茨城講演会, 2008 年
 - ㉓ 稲垣照美, 大野慎吾, 海老沢弘人, 沢部秀明, 通気層付き外断熱建築構造物における熱流体力学的な特性解析, 平成 19 年度日本機械学会関東支部茨城講演会, 2008 年

[その他]
ホームページ等
<http://www.mech.ibaraki.ac.jp/~hotaru/>

6. 研究組織
- (1) 研究代表者
稲垣照美 (INAGAKI TERUMI)
茨城大学・工学部・教授
研究者番号: 90184712
 - (2) 研究分担者
穂積 訓 (HOZUMI SATOSHI)
茨城大学・理工学研究科 VBL・非常勤研究員
研究者番号: 60447216
 - (3) 連携研究者