

感性工学

Journal of Japan Society of Kansei Engineering

Vol.3 No.2 Aug. 2003

感性工学研究論文集

第3卷2号 通号006号 2003年8月

006

研究論文：論文

ホタルの光と人の感性について

感性情報計測と福祉応用

阿部宣男、稲垣照美、木村尚美、松井隆文、安久正紘

茨城大学大学院理工学研究科

KANSEI ESTIMATION ON LUMINESCENCE OF FIREFLY

KANSEI INFORMATION MEASUREMENT AND WELFARE UTILIZATION

Norio ABE, Terumi INAGAKI, Naomi KIMURA, Takafumi MATSUI, Masahiro AGU

Graduate School of Ibaraki University, 4-12-1, Nakanarusawa-cho, Hitachi-shi, Ibaraki, 316-8511, Japan

Abstract: The fantastic light of firefly, which keeps fascinating the heart of Japanese from ancient time, and the ecosystem, are taken up as one of cure fields being benefit from the nature. In this study, from the viewpoints of semantic differentials and engineering, we focused on the light of firefly, and we examined whether they cause the human spirit any effects or not. It was possible to find for welfare utilizations that there is the high possibility that a sufficient cure effect exists in the light emission pattern of firefly and the ecosystem. This research is the first basic trial turned to the creation of cure space for hospices and welfare facilities, which utilize the firefly and the mini ecosystem artificially modeled in an enclosure.

Keywords: *Firefly, Kansei, Welfare utilization*

1. はじめに

戦後の日本は、高度経済成長を遂げ、交通の高速化・情報化社会の進展など物質的には豊かになったが、90年代に入り、受験戦争や長期に及ぶ不況・リストラなどによって生活のゆとりが喪失するとともにストレス社会が深刻化した。一方、医療現場やホスピスなどにおいては、現代医学をもってしても治療困難な人々が数多く存在し、精神的な癒しを日々求めている。このような時代を背景とし、癒しやヒーリングといった言葉が現在注目されるようになってきている。

自然環境には、そよ風や川のせせらぎなど、人に快適さをもたらすと言われる $1/f$ ゆらぎを有する現象が存在することが知られている [注1、2]。しかしながら、物質的な豊かさは、高度消費社会を生み、開発に伴う森林伐採・自動車の排気ガスによる大気汚染・生活廃水による河川の汚染などの自然環境破壊を引き起こし、元来自然が有する癒し効果の恩恵を受けづらくしている。自然環境の破壊は、地球温暖化やオゾン層破壊などの原因となるだけでなく、そこで暮らしてきた多様な生物の生態系を奪い、種の存続さえも危ぶませている。

そこで、本研究では、このような自然環境が本来有する癒し効果に着目し、幻想的な光で古より日本人の心を魅了し続けてきたホタルの光やその生態系としての水圏環境を「癒し」の一つとして取り上げ、それが人々の心にどのような効果を及ぼすのかについて考察した。また、ホタルの発光パターンやゆらぎの研究 [注3] に基づいて開発したバーチャルホタルイルミネーションシステムを利用し、人工の光が精神に及

ぼす影響を感性工学的に考察することにより、ホスピスや福祉施設向けの癒し空間の実現を目指した。同時に、人工のミニ生態系の有り方についても考察した。天然のホタルは夏のある一時期にしか鑑賞することができないが、人工のシステムではホスピスなどの住人の要請に応じていつでも身近な場でホタルの光と癒しを感じてもらえるであろう。

2. 光のゆらぎと脳波について

2.1. $1/f$ ゆらぎ

$1/f$ ゆらぎとは、パワースペクトルが周波数の逆数に比例する変動現象である。図1は、 $1/f^0$ mode のスペクトルの一例を示したものである。 $1/f^0$ mode を有する変動現象は、ホワイトノイズとも呼ばれ、スペクトルの強度が周波数に依らず一定かつ全くランダムな変動現象である。 $1/f^\infty$ mode の変動現象は、ある特定の周波数成分しか持たない規則的な変動現象である。その中間である $1/f$ mode は、ある程度未来を予測できるが、完全には予測し切れない特徴的な変動である。すなわち、 $1/f^0$ ゆらぎのように複雑で偶然性が強過ぎると唐突になり、 $1/f^\infty$ ゆらぎのように単純で期待性が強過ぎると退屈になる。この中間が程よい快適性を人の感性にもたらしめるのではないかと考えられる。 $1/f$ mode のスペクトルを示す現象としては、電気抵抗体から発せられるノイズなどが知られており、熱雑音と呼ばれている [注4]。一方、生体膜電位のゆらぎや生体内部で発生している電気信号のゆらぎにも $1/f$ mode のゆらぎ現象が含まれており、これらを $1/f$ ゆらぎと呼んでいる。この $1/f$ ゆらぎを持つ変動現象は、最近の

様々な研究から人間にとって心地良く感じられる現象であることが明らかになって来ているが、その理由は未だ説明されていない。また、心拍揺らぎに代表されるような人体固有の変動現象には、 $1/f$ ゆらぎを持つものが多いことが挙げられている[注1、2]。図2は、ゲンジボタル(雄)の発光パターンをFFT解析したパワースペクトルを表した一例であり、低周波数域で $1/f$ modeが存在していることがわかる。低周波数域の変動現象は、ホタルの光が人の網膜に残留する時間が長く、意識により心地よい働き掛けをする可能性が高いと考えられる。

2.2. 脳波

一般に、脳神経細胞が活動すると電位が発生し[注5]、頭皮上の異なる2点の電位差を計測したものが脳波である。脳波は、周波数帯によって、 δ 波(0.4~4 [Hz]・深い睡眠)、 θ 波(4~8 [Hz]・眠気、ぼんやり)、 α 波(8~14 [Hz]・リラックス)、 β 波(14 [Hz]以上・覚醒、興奮)に分類されている。この中で α 波の出現頻度は、安静閉眼時に多く、神経緊張がなくリラックスした状態にどうかを確かめる方法として広く利用されている。したがって、ホタルの光を観察している被験者の脳波を計測すれば、 $1/f$ ゆらぎを有しているホタルの発光パターン[注3]に人がどのような感性を抱いているのかを客観的に知ることが出来るであろう。

3. 実験装置および実験方法

3.1. 官能評価法による癒し効果の検証

本研究では、ホタルの光が人の精神に及ぼす影響や癒しの効果をより客観的に検討するため、2000(平成12年度)年初夏に板橋区エコポリスセンターホタル飼育施設のせせらぎ空間で実施したゲンジボタルとヘイケボタルの鑑賞会において、様々な年齢階層から官能評価[注6]に基づいた意見サンプルを回収、処理・分析した。この鑑賞会は、ホタルが集団かつ自然に活動している状況下で実施されている。官能評価法とは、人間の感覚(視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚)を用いて対象を評価する評価法である。ここでは、尺度の幅を7段階に持たせた。

また、本研究では、生物情報に基づいたバーチャルホタルイルミネーションシステムを開発し、ホタルの光を模した人工のLED光による癒し効果の存在を検証した。すなわち、板橋区ホタル飼育施設のせせらぎ空間に本システムを設置し、2000(平成12年度)年12月に冬ホタル鑑賞会と称して地域住民の方々に鑑賞してもらった。バーチャルホタルイルミネーションシステムによる鑑賞会は、人目に付かないように草花や植木の中にLEDを設置して、被験者の手に直接触れられない状況下において実施した。自然界のホタルは、特に羽化直後の個体や雌など、飛翔することがほとんどなく、このような設置をしても生態上に大きな違和感はないものと考えられる。その際、ホタルの光が人工的な光であることを伏せて実施した。なお、意見サンプル回収後、被験者にはホタルの光が人工光であることを伝えてある。

板橋区エコポリスセンターホタル飼育施設は、独自の設計

概念[注7、8]に基づいた人工の「せせらぎ(全長16[m]、幅1.2[m]、最大深さ0.5[m])」が温室内に施工されており、十数世代以上に亘って継続的なホタルの飼育に成功している準自然のミニ生態系である。「せせらぎ」は、東西方向であり、一部に蛇行部を設けるとともに、随所に落ち込み部なども設けてある。この空間は、例え器が人工的でも、中身はほぼ自然の摂理に従っていると考えられる。すなわち、ここは、水、土壌、植物、空気、温湿度、風、香り、そして様々な生物達の織りなすハーモニーに直接触れることができる空間であり、自然の力の偉大さとその美しさを「感動」と「感謝」の気持ちで受け止めることができる空間でもある。ホスピスや福祉施設などにおいて、春夏秋冬を通してバーチャルホタルイルミネーションシステムを援用した癒し空間を人工的に創造する上で絶好な全天候型のモデル環境でもある。

3.2. 発光パターンの撮影方法

ホタルの発光パターンの測定は、デジタルビデオカメラの映像から濃度解析ソフト((株)ライブラリー製、Gray-val32)を用いて行った。ゲンジボタルの撮影は6月中旬から7月上旬にかけて、ヘイケボタルは7月上旬から中旬にかけて、茨城県北部山間部(十王町、瓜連町等)および東京都板橋区エコポリスセンターホタル飼育施設において行った。その際、

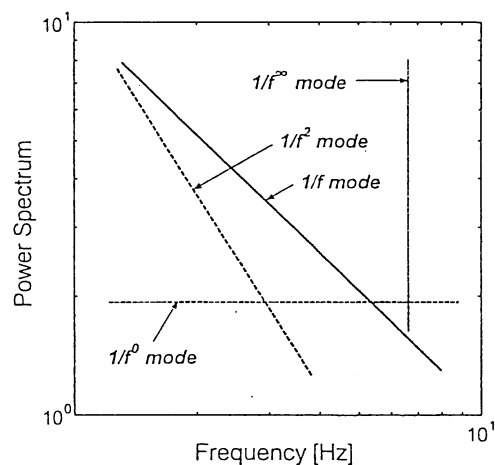


Fig.1 Definition of $1/f$ Mode

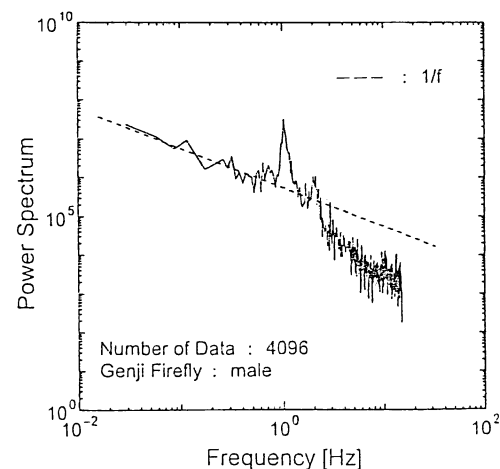


Fig.2 Power Spectrum of Transient Light Emission Pattern of Genji Firefly

自然な状態で生息しているホタルを撮影した他、水苔を敷いた仕切りのあるガラス製シャーレ（直径 96 [mm]、深さ 15 [mm]）内にホタルを拘束して撮影を行った。これは、オス・メスの発光を区別し、雌雄間の応答を調べるためである。ここでは、デジタルビデオカメラの時間分解能が 30 [frame/sec] であることからサンプリングレートを 30 [Hz] とし、総数 1024 [frame]、時間にして 34.1 [sec] の画像をパソコンに取り込んだ。

3.3. バーチャルホタルイルミネーションシステム

本システムは、ホタルの発光パターンをコンピューターに取り込み、その生物情報に基づいて LED を発光させるものである。すなわち、バーチャルホタルイルミネーションシステムに供すべき生物情報は、前節のようにして得られた動画像に基づいた発光部の時系列な輝度変動である。濃度解析ソフトの解像度は 8 ビットであり、輝度値は 256 階調の相対的な値で得られる。図 3 は、システム全体の概略図を示したものである。コンピューターには、16 ch の DA ボード（(株) CONTEC 製、DA12-16）を 4 枚搭載し、合計 256 個の LED に対して 64 通りの発光パターンを再現することが可能である。図 4 は、バーチャルホタルイルミネーションシステムの電子回路の詳細である。使用した LED は、 $\phi 3$ [mm] と $\phi 5$ [mm] の黄緑色であり、砂粒子により表面を拡散面に加工してある。これは、ホタルの発光部を出来る限り忠実に再現するためであると同時に、発光の色相情報に合致させるためである。生態的な輝度の考察から、 $\phi 3$ の LED はヘイケホタル、 $\phi 5$ の LED はゲンジボタルに見立てている。しかしながら、ホタルの時系列な輝度変動データは 34 秒ほどしかないため、長時間発光させ続けるにはデータを繰り返し使用せざるを得ない。ここでは、繰り返しによる違和感や慣れを防ぐため、図 5 に示すように、一定の発光パターンの間に休止区間を入れ、それを $1/f$ でゆらがしてある。ここで、A 区間は取りこんだホタルの発光パターン、B1~B5 区間は発光休止区間である。図 5 では、ゲンジボタル（雄）の生物情報の一例を示しているが、その他にもゲンジボタル（雌）やヘイケボタル（雌雄）についてもデータベースを構築してある。

図 6 は、天然のホタルの生物情報とともにバーチャルホタルイルミネーションシステムの出力としての時系列な輝度変動を拡大して示したものである。サンプリングレートの関係から、1 分間に 0.6 [msec] ほどの誤差が生じているものの、その輝度変動はほぼ実際のホタルの発光パターンと同様なものと考えられることができる。図 7 は、バーチャルホタルイルミネーションシステムからの出力に基づいて FFT 解析したパワースペクトルを示したものである。この図から、本システムが誘起する発光パターンにも図 2 に示した天然ホタルの発光パターンと同様、 $1/f$ ゆらぎモードが存在していることがわかる。したがって、開発したバーチャルホタルイルミネーションシステムは、天然のホタルの光を可能な限り忠実に再現することが可能なシステムでもある。なお、いずれの図も、ゲンジボタル（雄）に対しての比較・考察である。

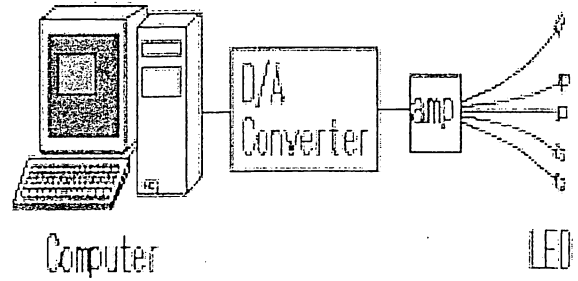


Fig.3 Schematic Diagram of Virtual Firefly Illumination System

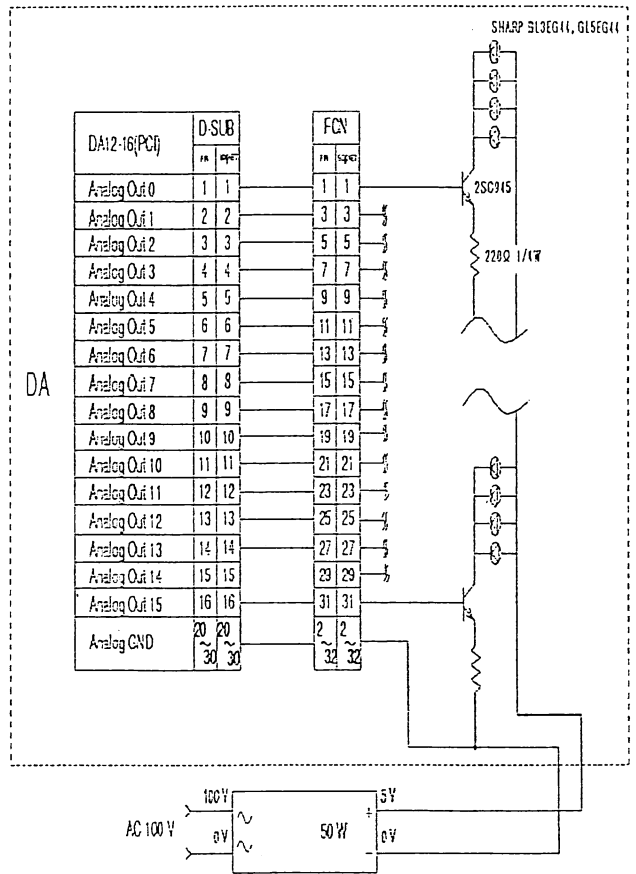


Fig.4 Electronic Circuit for Virtual Firefly Illumination System

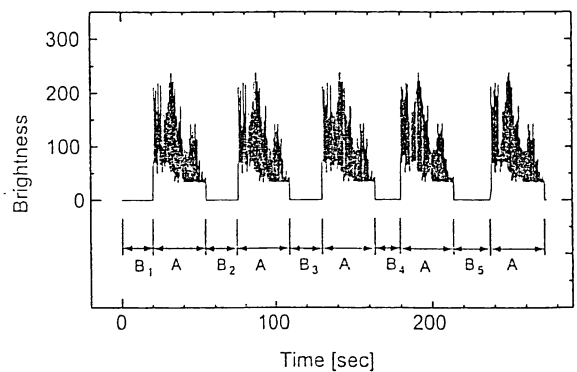


Fig.5 Biological Information Data for Virtual Firefly Illumination System

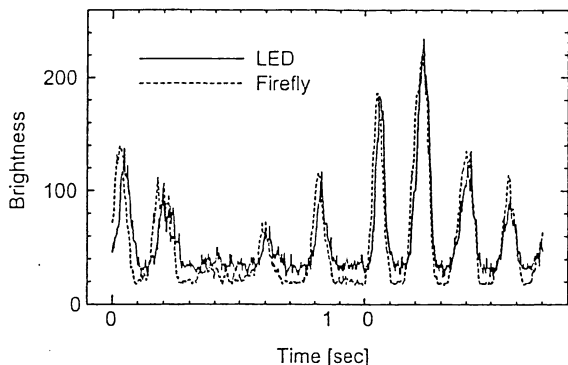


Fig.6 Transient Light Emission Patterns of Virtual Firefly Illumination System and Real Firefly

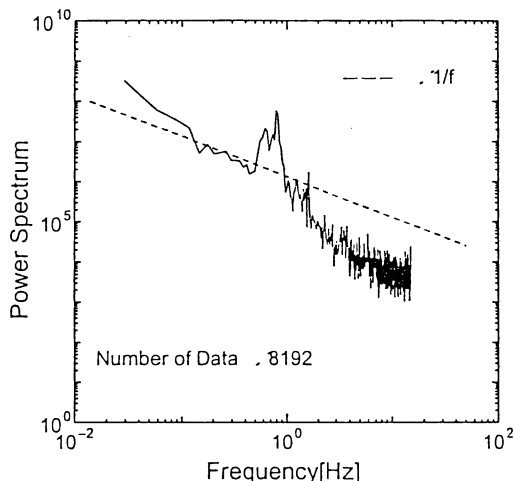


Fig.7 Power Spectrum of Transient Light Emission Pattern of Virtual Firefly Illumination System

3.4. 脳波測定

本節では、バーチャルホタルイルミネーションシステムの有効性を検証するための脳波測定について述べる。脳波の測定方法には、耳朶を基準電圧に取る耳朶基準単極導出法を用いた。図8に示したように、電極の装着部位は、視覚を司る後頭葉に近い1点とした。また、ボディアースは額に取り付けた。被験者は、健康な20代の男女22人で、外部からの電波に影響を受けないシールドルーム内において、いずれもリクライニングチェアに座った状態でそれぞれ本システムを3回鑑賞し、その時々脳波を測定した。その際、本システムが発光を開始したら直ぐには測定せず、1分ほど時間を空けてから測定を開始するようにした。これは、測定環境に慣れさせ、出来る限りリラックスした状態で脳波を安定させるためである。本システムの発光パターンには、図9～図11にそれぞれ示したように、ゲンジボタルの発光パターン、1 [Hz]の正弦波、乱数の3種類を用いた。被験者には、1回の測定でこの3パターンを連続して鑑賞してもらい、その後充分な間隔を空けて合計3回測定し、それぞれ毎に脳波に及ぼす影響を比較した。発光パターンの順序は、被験者の慣れや期待感などを防ぐため、測定毎にランダムに入れ替えた。なお、脳波測定には、生体電気現象用増幅器((株)日本電気

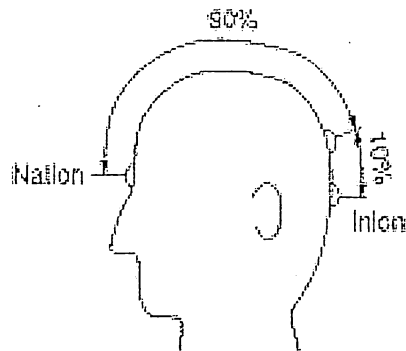


Fig.8 Measuring Point for Electroencephalogram

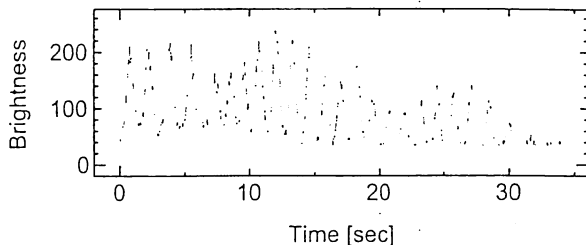


Fig.9 Test Pattern of Genji Firefly

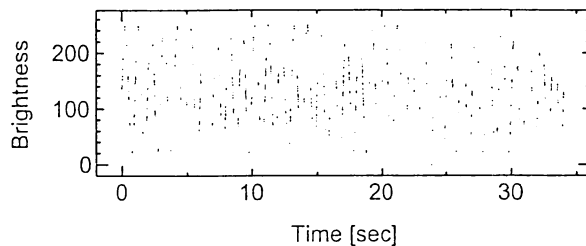


Fig.10 Test Pattern of Sine Wave Signal

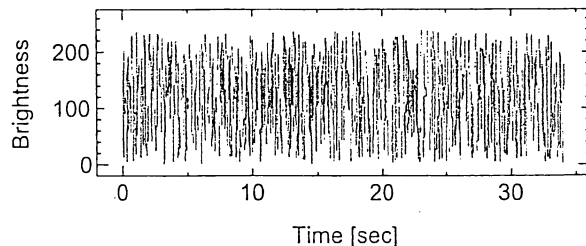


Fig.11 Test Pattern of Random Signal

三栄製、バイオトップ 6R12-2) を使用した。

4. 結果および考察

4.1. ゲンジボタルの官能評価

図12～図21は、人がゲンジボタルの光やその生態系をどのように感じているかについて分析した結果であり、横軸-3→+3ほど心地良い(癒された)度合いが高いことを示す。いずれも意見サンプル総数は、様々な年齢階層の約450人である。なお、ゲンジボタルの鑑賞会は、6月下旬に実施されている。

図12と図13から、レベル1以上に対して実に92%の人

が“ホテルの光は、美しくて幻想的だ”と回答していることがわかる。以下の数字は、全てレベル1以上に対しての値である。図14と図15は、“ホテルの光のみに癒されたか”あるいは“ホテルの光と生息環境に癒されたか”の趣旨についての結果である。62%の被験者は、“ホテルの光のみによって癒された”と回答しており、90%以上の被験者がホテルを含めその空間全体に癒しを感じている。また、図16は、“鑑賞後リラックスできた”について尋ねた結果であり、90%近くの人が“リラックスできた”と回答している。次に、図17から図20は、生態系の構成要素であるせせらぎの音、温度、湿度および香りに対する官能評価結果であり、音に関しては86%、温度に関しては69%、湿度に関しては65%、香りに関しては60%の被験者が、これら構成要素についても快適と感じていることがわかる。したがって、これらの事実は、ホテルの光とその空間全体による癒し効果を裏付ける上で、有力な客観的証拠となり得るものと考えられる。すなわち、図15からも明らかのように、人は、ホテルの光以外にも、せせらぎの音、温度、湿度および香りに反応しつつ、総合的に癒しを享受しているものと推察できる。これらの点は、人工のミニ生態系を設計する上で考慮しなければならない要素である。図21は、被験者が感じたホテルの色相を尋ねた結果を示しており、緑と黄をほぼ半々に感じていることがわかる。したがって、人によって、ホテルの光の色に対する感じ方が違うことが推察できる。

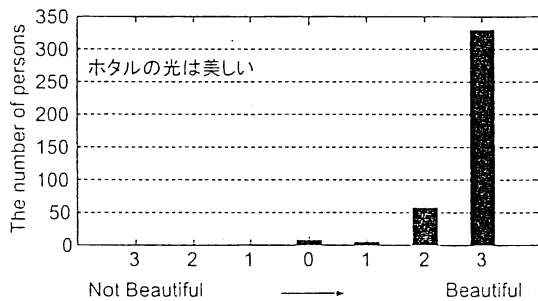


Fig.12 The Feeling to the Light of Firefly

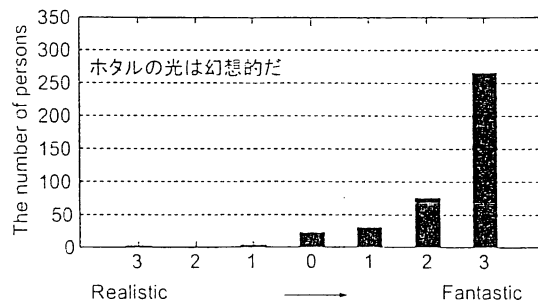


Fig.13 The Feeling to the Light of Firefly

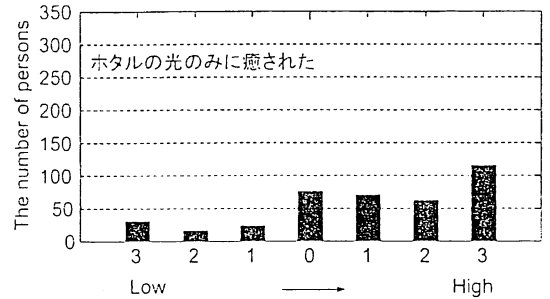


Fig.14 The Healing Effect Due to Only the Light of Firefly

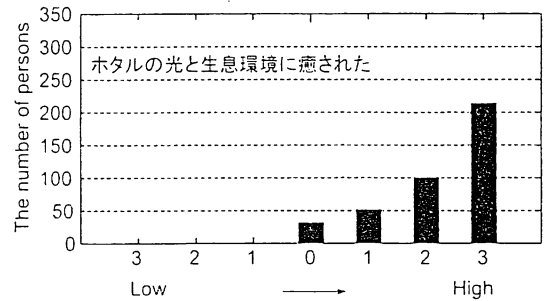


Fig.15 The Healing Effect Due to the Whole Environment

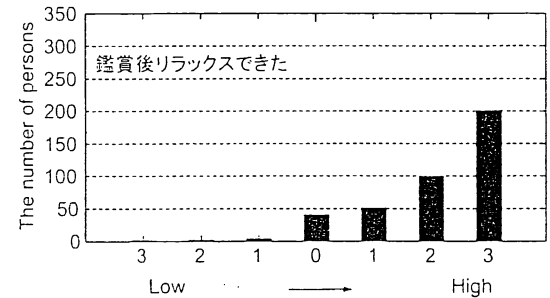


Fig.16 The Healing Effect Due to the Appreciation

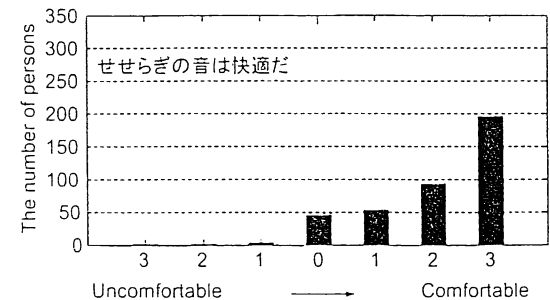


Fig.17 The Comfortable Sounds of Stream

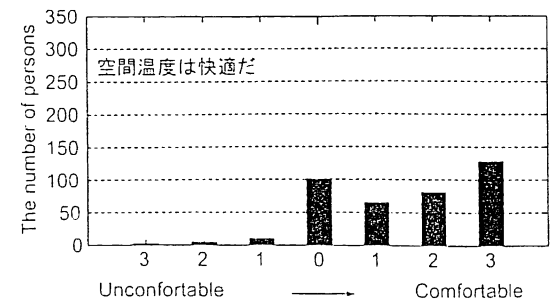


Fig.18 The Comfortable Ambient Temperature

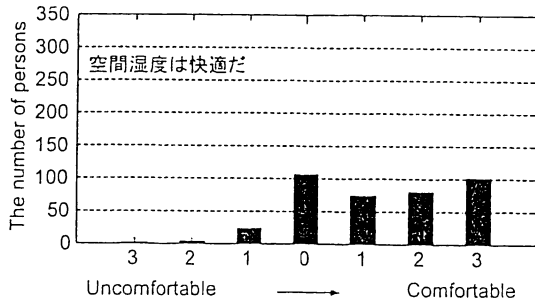


Fig.19 The Comfortable Ambient Moisture

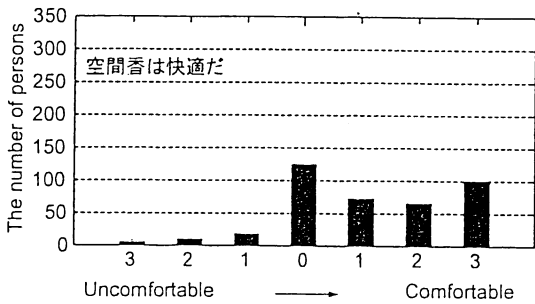


Fig.20 The Comfortable Ambient Perfume

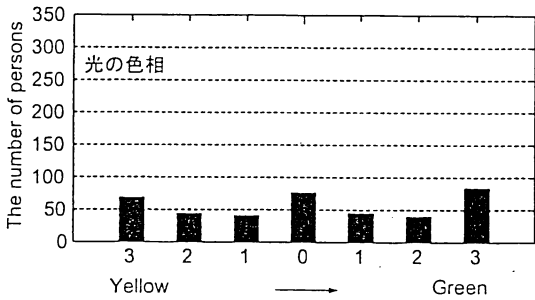


Fig.21 The Color Phase of the Light

4.2. ヘイケホタルの官能評価

図 22 から図 31 は、人がヘイケホタルの光やその生態系をどのように感じているかについて分析した結果であり、横軸 -3→+3 ほど心地良い (癒された) 度合いが高いことを示す。様々な年齢階層の意見サンプル総数は、いずれもゲンジボタルとほぼ同数の約 450 人である。なお、ヘイケホタルの鑑賞会は、7 月下旬に実施されている。

図 22 と図 23 から、レベル 1 以上に対して実に 94 % の人が“ホタルの光は、美しくて幻想的である”と回答していることがわかる。以下の数字は、全てレベル 1 以上に対しての値である。図 24 と図 25 は、“ホタルの光のみに癒されたか”あるいは“ホタルの光と生息環境に癒されたか”の趣旨についての結果である。60 % の被験者は、“ホタルの光のみによって癒された”と回答しており、90 % 以上の被験者がホタルを含めその空間全体に癒しを感じている。また、図 26 は、“鑑賞後リラックスできたか”について尋ねた結果であり、90 % 近くの人が“リラックスできた”と回答している。次に、図 27 から図 30 は、生態系の構成要素であるせせらぎの音、温度、湿度および香りに対する官能評価結果であり、音、温度、湿度に関しては、約 90 % の人が、香りに関しても 71 % の被

験者が快適であると感じていることがわかる。図 18, 19 と図 28, 29 の最大の相違は、ヘイケボタルとゲンジボタルの鑑賞会当日におけるせせらぎ空間内外の温湿度差に起因する。すなわち、ヘイケボタル鑑賞会当日は、7 月下旬のこともあって、室外は高温湿潤な天候であり、空調された空間内の温熱環境を人がより快適と感じたためであろう。図 31 は、被験者が感じたホタルの色相を示しており、緑と黄をほぼ半々に感じていることが伺える。これら一連の結果は、ゲンジボタルの意見分布とほぼ一致している。

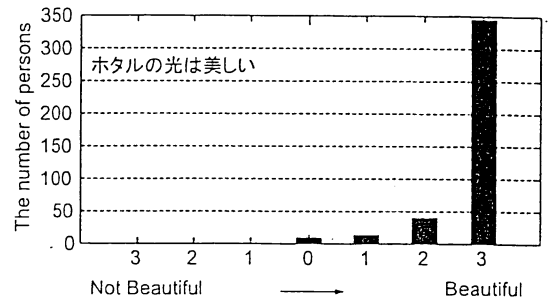


Fig.22 The Feeling to the Light of Firefly

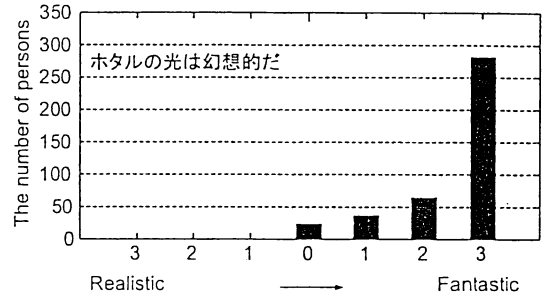


Fig.23 The Feeling to the Light of Firefly

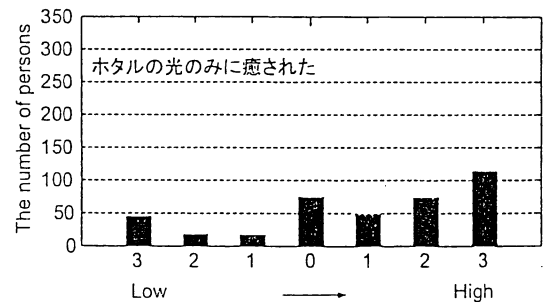


Fig.24 The Healing Effect Due to Only the Light of Firefly

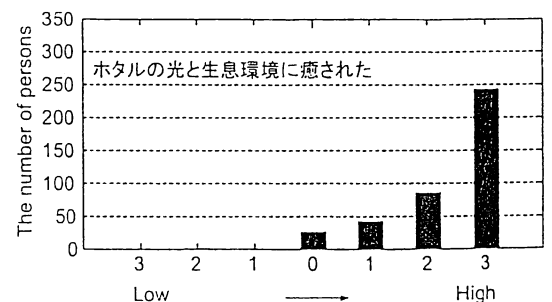


Fig.25 The Healing Effect Due to the Whole Environment

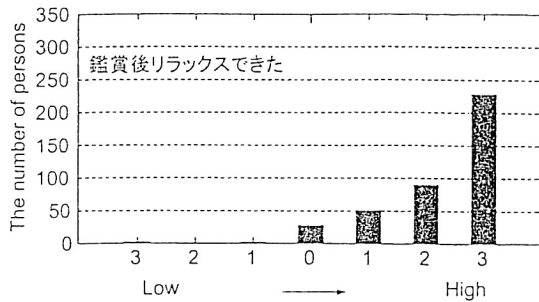


Fig.26 The Healing Effect Due to the Appreciation

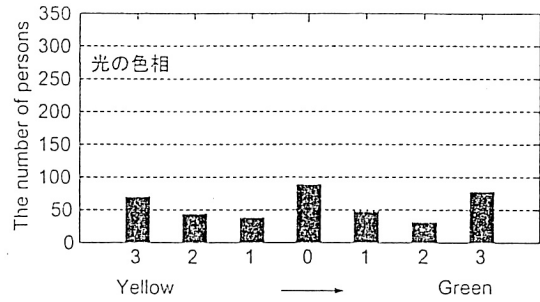


Fig.31 The Color Phase of the Light

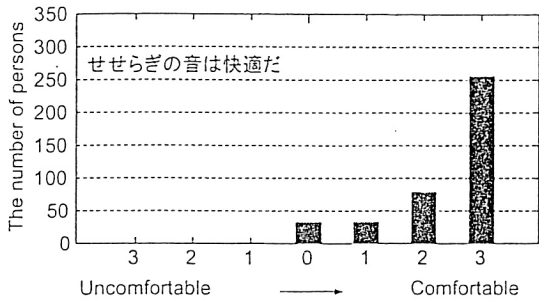


Fig.27 The Comfortable Sounds of Stream

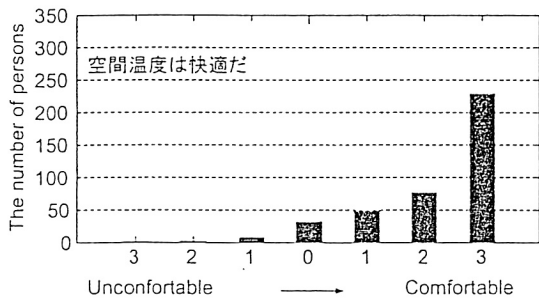


Fig.28 The Comfortable Ambient Temperature

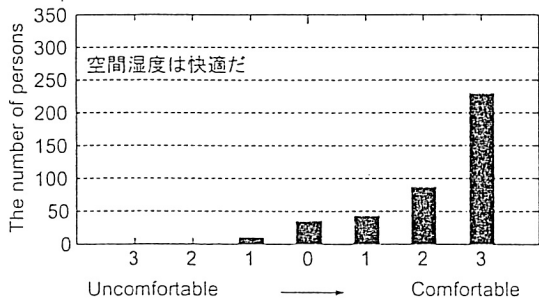


Fig.29 The Comfortable Ambient Moisture

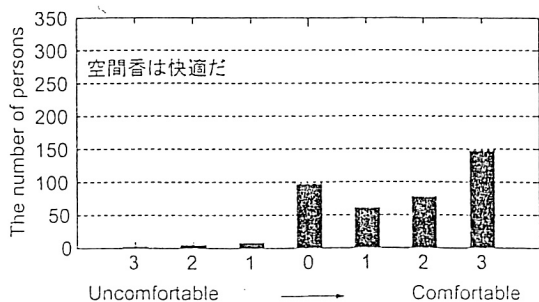


Fig.30 The Comfortable Ambient Perfume

4.3. バーチャルイルミネーションシステムの官能評価

図 32 から図 42 は、ホテルの光を模した人工バーチャルホテルイルミネーションシステムの光やその生態系を人がどのように感じているかについて分析した結果であり、横軸 -3 → +3 ほど心地良い (癒された) 度合いが高いことを示す。様々な年齢階層の意見サンプル総数は、約 55 人である。

図 32 と図 33 から、レベル 1 以上に対して実に 85 % 以上の人が“ホテルの光は、美しくて幻想的である”と回答していることがわかる。以下の数字は、全てレベル 1 以上に対しての値である。図 34 と図 35 は、“ホテルの光のみに癒されたか”あるいは“ホテルとその生息環境に癒されたか”の趣旨についての結果である。65 % の被験者は、“ホテルの光のみによって癒された”と回答しており、83 % 以上の被験者が“ホテルの光と生息環境に癒された”と感じている。また、図 36 は、“鑑賞後リラックスできたか”を尋ねた結果であり、90 % 近くの人が“リラックスできた”と回答している。次に、図 37 から図 40 は、生態系の構成要素であるせせらぎの音、温度、湿度および香りに対する官能評価の結果であり、音、温度、湿度に関しては、約 80 % の人が、香りに関しては 83 % の人が快適であると感じていることがわかる。図 41 は、鑑賞した“ホテルは本物だ”と感じたかどうかについての結果であり、61 % の人が“本物だ”と感じたと回答している。図 42 は、被験者が感じたバーチャルホテルイルミネーションシステムの光の色相を示しており、天然ホテルの光と同様、緑と黄をほぼ半々に感じていることが伺える。これら一連の結果は、天然ホテルの意見分布とほぼ一致している。

以上の事実は、バーチャルホテルイルミネーションシステムが創り出す光が天然のホテルの光と同様な輝度変動および色相を有していることと同時に、人工の光による癒し効果を裏付ける上で有力な客観的証拠となり得るものと考えられる。すなわち、バーチャルホテルイルミネーションシステムを採用した福祉向け人工癒し空間創造への確かな証拠となり得るものである。今後は、バーチャルホテルイルミネーションシステムの有効性をより普遍的に裏付けるためにも、天然のホテルが活動している最中に人工のホテルを設置して、両者が人の感性に及ぼす影響を同時かつ総合的に計測・評価して行く必要がある。

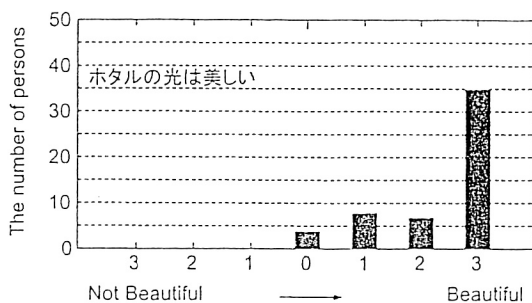


Fig.32 The Feeling to the Light of Firefly

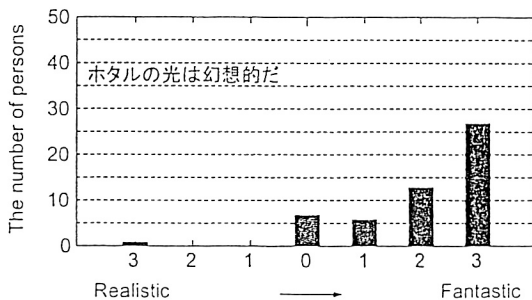


Fig.33 The Feeling to the Light of Firefly

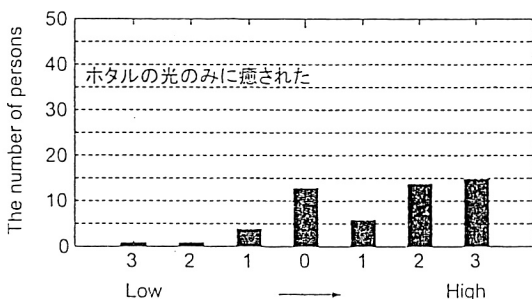


Fig.34 The Healing Effect Due to Only the Light of Firefly

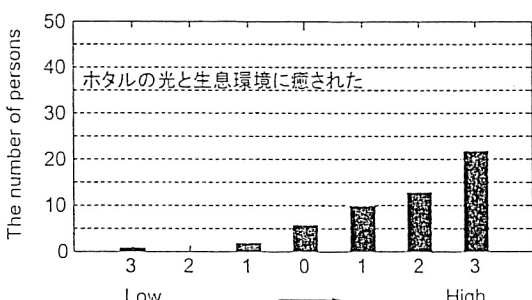


Fig.35 The Healing Effect Due to the Whole Environment

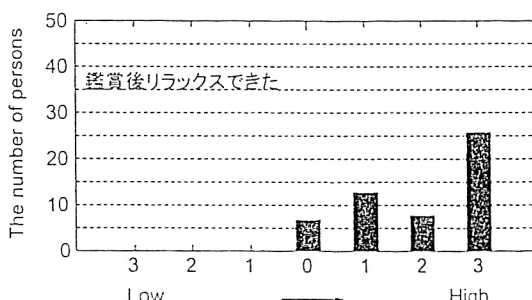


Fig.36 The Healing Effect Due to the Appreciation

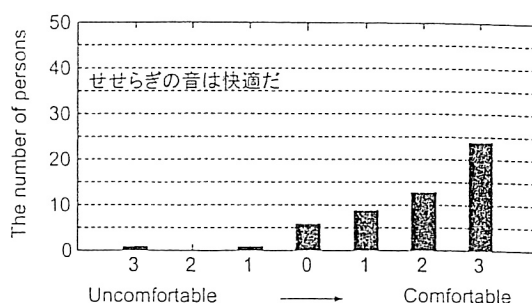


Fig.37 The Comfortable Sounds of Steam

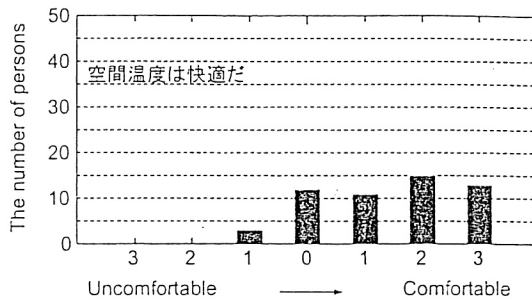


Fig.38 The Comfortable Ambient Temperature

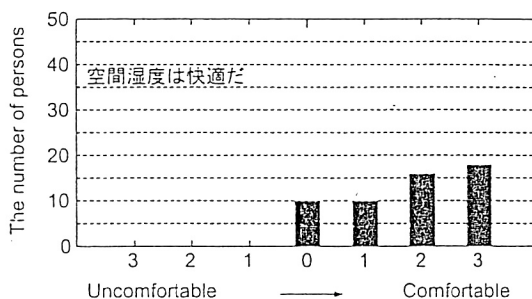


Fig.39 The Comfortable Ambient Moisture

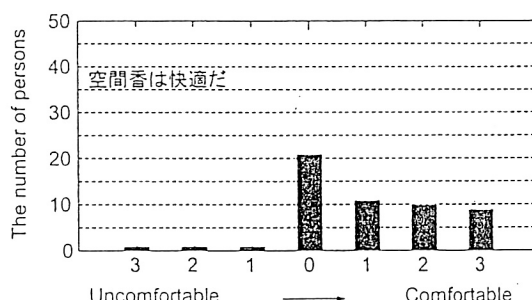


Fig.40 The Comfortable Ambient Perfume

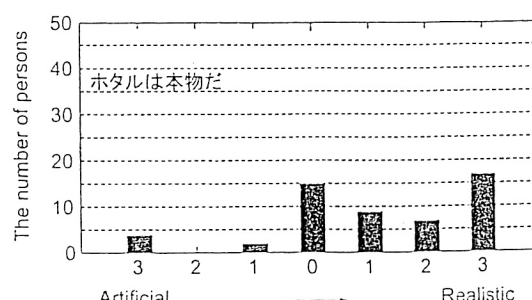


Fig.41 The Feeling to the Light of Artificial Firefly

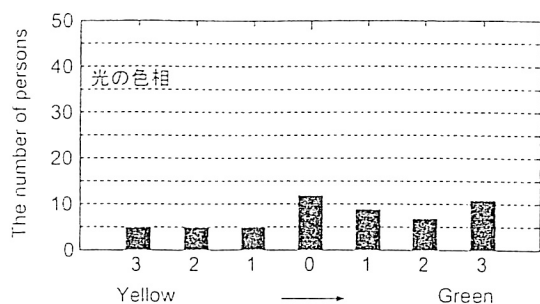


Fig. 42 The Color Phase of the Light

4.4. 脳波解析

脳波は、一つの発光パターンにつきサンプリングレート 100 [Hz]、データ数 12000 [点]、時間にして 2 [min] 測定した。データを解析する際には、256 点ずつに分割して FFT にかけ、積算平均することで SN 比を 6 倍程度改善している。また、脳波における α 波、 θ 波、 β 波の占める割合は、 α 波、 θ 波、 β 波帯域の各パワー値の比（各周波数帯域のパワー値 / (α 、 θ 、 β 波の総パワー値)) を求めることで算出した。図 43 は、実際に測定した脳波の生データである。図 44 は、各発光パターンに対する α 波の占有率を測定回数毎に求めたグラフである。1 回目の測定ではホタル、正弦波、乱数の発光パターンに起因する脳波にそれほど差がないが、2 回目、3 回目と測定回数を重ねるにつれてホタルの発光パターン時に最も α 波が優勢になってくることが分かる。すなわち、リラックスした状態になっていくと考えられる。図 45 は、各発光パターンに対する θ 波の占有率を測定回数毎に求めたグラフである。1 回目の測定ではホタル、正弦波、乱数の発光パターンにそれほど差は見られないが、2 回目、3 回目と測定回数を重ねる毎に正弦波と乱数の発光パターン時に θ 波が優勢になり、ホタルの発光パターンの時には少なくなることが分かる。すなわち、正弦波や乱数の発光パターンに飽きが生じていると考えられる。図 46 は、各発光パターンに対する β 波の占有率を測定回数毎に求めたグラフである。測定を重ねるにつれて、正弦波と乱数の発光パターン時に β 波が優勢になり、ホタルの発光パターンの時には少なくなり、被験者が興奮もなくリラックスしていることが推察できる。

以上の知見を総合すると、1 回目の測定では、発光パターンの違いによって優位になる脳波の違いは見られなかった。しかしながら、2 回目、3 回目と測定回数を重ねるにつれて、ホタルの発光パターンの時に α 波が優位になり、正弦波や乱数のパターンの時に θ 波と β 波が優位になるという結果になった。これは、どの発光パターンも最初は“綺麗だ”と感じているが、時間が経つにつれて正弦波や乱数の発光パターンに飽きが生じ、 θ 波が優位になってくるのに比べ、ホタルの発光パターンは長時間鑑賞しても飽きがないためではないかと考えられる。すなわち、生物情報に基づいたバーチャルホタルイルミネーションシステムは、正弦波や乱数に基づいた発光パターンと比較し、より多くの α 波を誘起させることができ、輝度変動および色相など、天然のホタルの光を可能

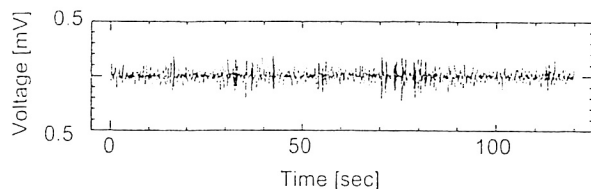


Fig. 43 Transient Voltage in Electroencephalogram

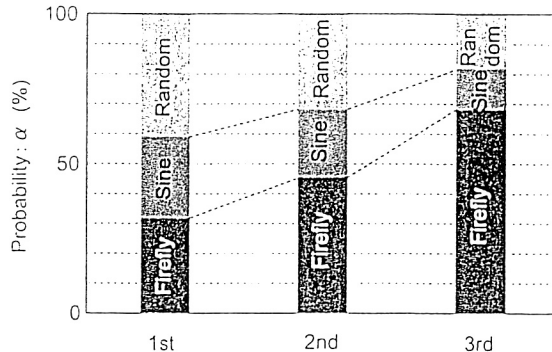


Fig. 44 The Result of EEG (α rhythm)

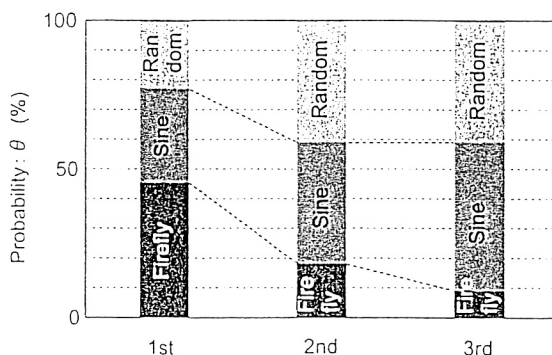


Fig. 45 The Result of EEG (θ rhythm)

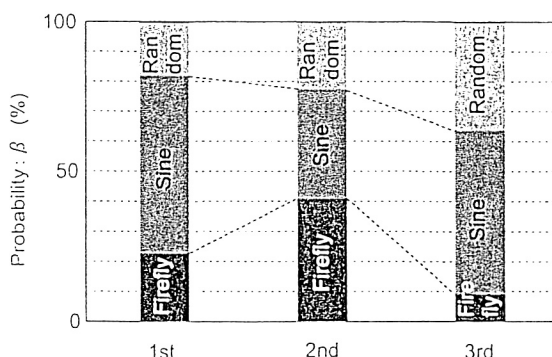


Fig. 46 The Result of EEG (β rhythm)

な限り忠実に演出することが可能であると考えられる。

4.5. 福祉応用について

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。特に生物から得られる情報を駆使した工学は、遺伝子工学に基づいた医療分野だけではなく、機能・エネルギーの高効率化や人に優しい福祉・環境空間を創造するのにも有効となり得る。本研究では、人やホタルなどの生物生態情報を解析することにより、新たに工学・生物学・医学などを融合させ、図 47 に示すような人々の生活に密着した

快適空間の実現を目指している。

例えば、ホタルの発光パターンやゆらぎを解析し、それが人の精神に及ぼす影響を考察することにより、ホスピスや福祉施設などへ向けて癒し空間を提供できるであろう。すなわち、生態系を模した癒し庭園内にバーチャルホタルイルミネーションシステムを設置し、春夏秋冬の四季を通じて場所を選ばず癒しの場を提案することができる。これは、余命間もないホスピスの住人や通出の不可能な老人施設の住人にとって重要な要件であろう。本研究では、ホタルを利用した福祉空間創造への応用の一環として、平成 12 年 11 月にバーチャルホタルイルミネーションシステムによる秋ホタル鑑賞会を、茨城県水戸市にある老人ケア施設のローズヴィラ水戸において実施した。図 48 は、その時に行った官能評価結果の一例である。なお、様々な年齢階層の意見サンプル総数は、約 20 人である。図 15、25、35 と同様に、90%以上の被験者がホタルを含めその空間全体に癒しを感じていることがわかる。

一方、情緒・環境教育へ向けた教材を開発し、理工学離れ、環境問題、ストレス社会に対する改善策を提案できるであろう。すなわち、ホタル館など教育的施設内にホタルを中心とした人工的な生態ジオラマを創設し、四季を通じてホタルに

触れ合う場を提供することもできる。

5. おわりに

本研究は、ホタルの光と人の感性について実験的な検討を加えたものである。その結果、以下のようなことが明らかとなった。

- ・官能評価法による感性解析より、ホタルとその生態系に対する癒しやリラックス効果が明らかとなった。
- ・官能評価法による感性解析や脳波解析を通じて、新たに開発したバーチャルホタルイルミネーションシステムもホタルを鑑賞するのと同様の効果があることが明らかとなった。すなわち、本システムは、天然のホタルを模した光を提供することができる。
- ・脳波解析結果より、ホタルの発光パターンが正弦波や乱数の発光パターンに比べて、最もα波を誘発することが分かった。
- ・バーチャルホタルイルミネーションシステムは、人工ミニ生態系とともに福祉空間創造への応用が充分期待できる。

注

- 1) 武者利光：ゆらぎの発想—1/f ゆらぎの謎にせまる、NHK 出版、60-64、108-150、1998
- 2) 武者利光：ゆらぎの科学 1～9、森北出版、1991～1999
- 3) 阿部宜男ほか 4 名：ホタルの光と人の感性について—発光現象のゆらぎ特性—、日本感性工学会研究論文集、記載決定
- 4) 橋口住久：低周波ノイズ—1/f ゆらぎとその測定法、朝倉書店、1-8、1991
- 5) 石山陽事：脳波と夢、コロナ社、6-10、1994
- 6) 長町三生：感性工学、海文堂出版、22-23、1989
- 7) 阿部宜男ほか 5 名：「ゲンジボタル大量発生に向けた多様な微生物による「せせらぎ」空間造りに関する研究」、日本機械学会、第 10 回環境工学総合シンポジウム 2000 講演論文集、227-278、2000
- 8) 阿部宜男ほか 5 名：「ゲンジボタル大量発生に向けた多様な微生物による「せせらぎ」空間造りに関する研究（第 2 報硝化菌によるアンモニア・亜硝酸分解過程）」、日本機械会、第 11 回環境工学総合シンポジウム 2001 講演論文集、324-355、2001

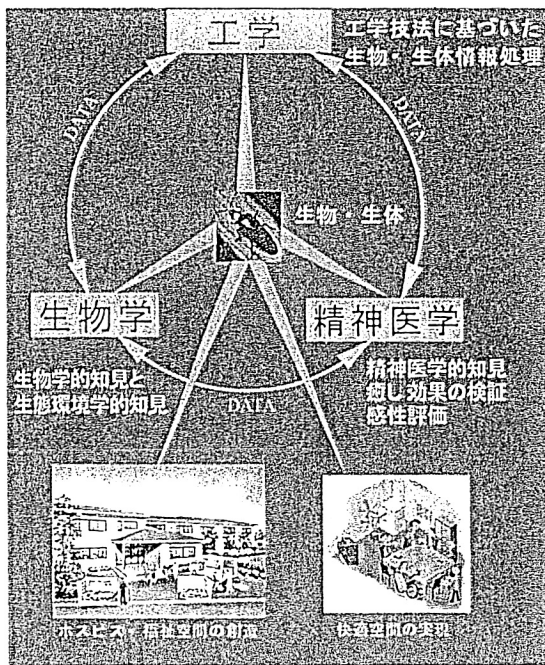


Fig.47 Application to Welfare Utilizations

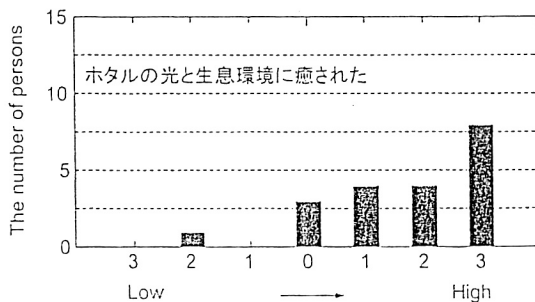


Fig.48 The Healing Effect Due to the Whole Environment

謝辞

本研究は、茨城大学工学部 SVBL (サテライトベンチャービジネスラボラトリー) 複雑系ゆらぎ研究の一環として実施したものである。また、研究の遂行に当たり、文部科学研究費(奨励研究(A) No.11780109) および茨城大学教育・研究支援経費の助成を受けた、ここに謝意を表する。