

# 感性工学

Journal of Japan Society of Kansei Engineering

Vol.6 No.1 Nov. 2005

感性工学研究論文集

第6巻1号 通号013号 2005年11月

# 013

目次

- 
- 1 車いすの「座り心地」の情報理論的解析  
松岡敏生, 西松豊典, 鳥羽栄治
  - 7 発話印象に基づくパーソナリティ評定と相性印象の関係  
水野隆晴
  - 15 可動式の音響機構を搭載した新ラウドスピーカシステムの開発とその感覚評価  
山本健, 渡辺嘉二郎, 小林一行
  - 21 SD法を用いた緑内障診断の基礎的研究  
鈴木尚人
  - 29 音楽創作支援を目的とした技能の伝達法の検討  
牧野真緒, 大島千佳, Rodney Berry, 桶川直人, 鈴木雅実
  - 37 化粧品の開発過程における複合評価用実物サンプル構築へのアプローチ  
—化粧用パフとファンデーションの事例—  
今井由美, 高寺政行, 清水義雄
  - 45 景観に対する感性の研究 —長野、奈良、東京の想起値比較—  
横井絢一, 清水義雄
  - 51 ピアノ音色和音聴取時における脳波パワー変動  
山本佐代子, 廣瀬百合子, 佐川泰広, 武田昌一
  - 61 ホタルの光と人の感性について —生物情報に基づいた光音相互変換システムの開発と福祉応用—  
稲垣照美, 安達政伸, 阿部宣男
  - 73 径の大きさに基づく食感品質の感性評価  
熊王康宏
  - 79 セロトニン受容体(5HT<sub>2A</sub>)遺伝子多型と体格および食・飲酒習慣との相関性に関する研究  
荻原大祐, 竹内彩, 藤井敏弘
  - 85 ERPを用いた変調振動刺激に対する弁別反応の効率的な評価  
野澤昭雄, 森那緒子, 内田雅文, 田中久弥, 井出英人
- 
- 89 感性工学研究論文集 投稿規定・執筆要領

研究論文：論文

## ホタルの光と人の感性について

— 生物情報に基づいた光音相互変換システムの開発と福祉応用 —

稲垣照美、安達政伸、阿部宣男

茨城大学大学院理工学研究科

### KANSEI ESTIMATION ON LUMINESCENCE OF FIREFLY

— DEVELOPMENT OF THE “LIGHT AND SOUND CONVERSION SYSTEM” BASED ON BIOLOGICAL INFORMATION —

Terumi INAGAKI, Masanobu ADACHI, Norio ABE

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 it causes the human spirit any effects or not. We further developed the light and sound mutual conversion system based on biological information for welfare utilizations. It was possible to find for welfare utilizations that there is the high possibility that a sufficient cure effect exists in the light and the sound mutually converted by the developed system. This research is the first basic trial turned to the creation of cure space for hospices and welfare facilities.

**Keywords:** Firefly, Kansei, Welfare utilization, Bell-ring cricket, Luminescence, Sound

#### 1. はじめに

最近の研究[1-3]から、幻想的な光で古くから日本人の心を強く魅了している生物“ホタル”の発光現象には、 $1/f$  ゆらぎを始めとする特有のゆらぎ現象が存在していることが明らかになってきた。また、ホタルの光には、人の感性に対して穏やかな癒し効果が存在することも明らかになってきた。すなわち、著者らは、輝度や色相情報を含んだホタルの発光パターンやそれらのゆらぎ解析の実験的な検証に加え、それ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、ホタルの光とその生態系には十分な癒し効果のある可能性が高いことを明らかにした。

そこで、本研究では、より広範囲な福祉応用に向けて、目の不自由な人にもホタルの光を体験できるよう、それを音に変換し、人の感性に及ぼす癒し効果を考察した。すなわち、ホタルの光を聞くことができるシステムを開発した。また、スズムシの声を光に変換し、耳の不自由な方にも体験できるシステム、スズムシの声を聞くことができるシステムを開発した。ここでは、これらを生物情報に基づいた光音相互変換システムと称し、その効果を脳波解析、官能評価、因子分析などを援用して感性工学的に検証した。

#### 2. ホタルの光と癒し

本節では、新たに開発した生物情報に基づいた光音相互変換システムについて述べるに当たり、これまでの研究[1-3]から得られた知見を簡単にまとめておく。

#### 2.1. $1/f$ ゆらぎの存在

図1は、 $1/f^{\alpha}$  mode のスペクトルの一例を示したものである。 $1/f^{\alpha}$  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。 $1/f^{\alpha}$  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、 $1/f^{\alpha}$  ゆらぎのように複雑で偶然性が強過ぎると唐突になり、 $1/f^{\alpha}$  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すのではないかと考えられる。 $1/f$  ゆらぎ現象は、癒しに関連のある現象とされており、自然現象や電気的現象等にも観察されているものであり、パワースペクトルが周波数の逆数に比例する変動現象のことである。しかしながら、物理学にも数学的にも医学的にもその詳細が明らかにされていないのが現状である。

図2は、雄の西日本型ゲンジボタルの時系列な発光現象とそのパワースペクトルを表したものである。パワースペクトルは、サンプリング総数 8192 [frame] の輝度変動データを 1024 [frame] ずつ FFT 解析し、加算平均した結果の一例である。パワースペクトルから、0.8 [Hz] 近傍のスペクトルピークを境として、低周波数域で  $1/f$  ゆらぎ、高周波数域で  $1/f^{\alpha}$  ゆらぎ現象が確認できる。ホタルの発光パターンに見られる低周波数域の  $1/f$  ゆらぎ現象は、人の網膜に残像する時間が長く、意識により心地良い働き掛けをする可能性が高いと

考えられる。同様な現象は、ホタルの光の色相変動データにも存在することが先の研究[3]から明らかになっている。

2.2. 官能評価による検証

図3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に官能評価した結果の一例である。平成12年度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の鑑賞会において、約450人の様々な年齢層から構成される意見サンプルを回収し、官能評価法に基づいて処理・分析した。ここでは、言葉の意味空間を7段階で評価し、人がゲンジボタルの光の鑑賞によって「心地良い(癒された)」かを分析した。横軸1→7ほど心地良い(癒された)度合いが高いことを示しており、今回の官能評価から95[%]以上(指数5以上に対して)の人が「心地良い」と回答していることがわかる。

2.3. 脳波測定による検証

脳波とは、大脳皮質の神経細胞から自発的に発生する50[μV]前後の律動的な生体活動電位に基づくものである。一般的には、脳神経細胞が活動すると電位が発生[4]し、頭皮上の異なる2点の電位差を計測したものをいう。脳波は、各周波数帯に分類されている。すなわち、δ波(0.4[Hz]~4[Hz]・深い睡眠)、θ波(4[Hz]~8[Hz]・眠気、ぼんやり)、α波(8[Hz]~14[Hz]・リラックス)、β波(14[Hz]以上・覚醒、興奮)である。本研究では、θ波、α波、β波に主眼を置いて実験を行った。特に、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いるか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、光や音を鑑賞している被験者の脳波を計測すれば、ホタルの光を変換した音やスズムシの鳴声を変換した光が被験者に対しどのような感性を抱いているかを客観的に知ることができるであろう。

図4は、バーチャルホタルイルミネーションシステムによるゲンジボタル、1[Hz]の正弦波、乱数の三種類の発光パターンを観察した際のα波の占有率(後述)に関する実験結果の一例である。図から、正弦波、乱数に比べ、ゲンジボタルの発光パターンの占有率が回数を重ねる毎に増加していることがわかる。これは、ゲンジボタルの発光パターンが、他に比べ長時間鑑賞を行っても飽きが来ないためではないかと考えられ、より多くのα波を誘起させることが可能であると考えられる。

以上の結果から、感性工学的にもまた脳波解析の面からも、ホタルの光とその生態系には十分な癒し効果のある可能性が高いことが明らかになってきた。この特性を活かし、本研究では、福祉応へ向けて、生物情報に基づいた光音相互変換システムを開発した。

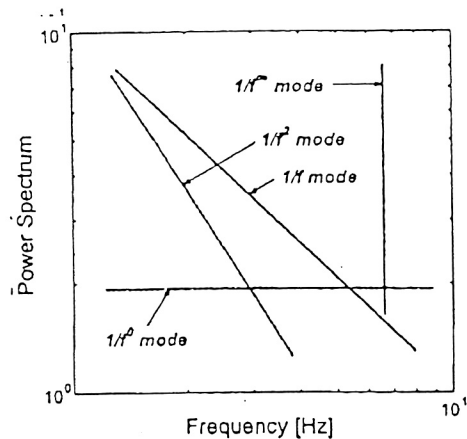


Fig.1 Definition of 1/f<sup>p</sup> Mode

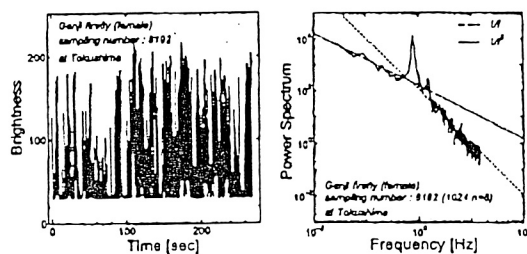


Fig.2 Brightness and Power Spectrum for a Light Emission Pattern of Genji Firefly (Female)

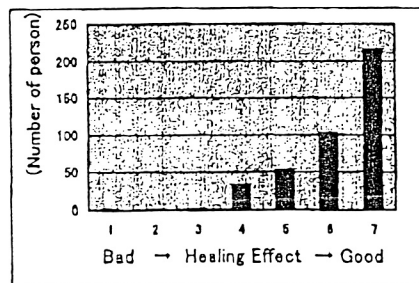


Fig.3 Healing Effect Analyzed with Semantic Differentials (Genji)

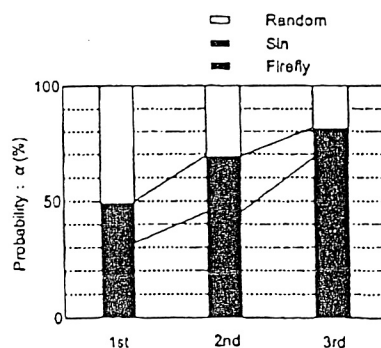


Fig.4 The Induction Rate (α rhythm)



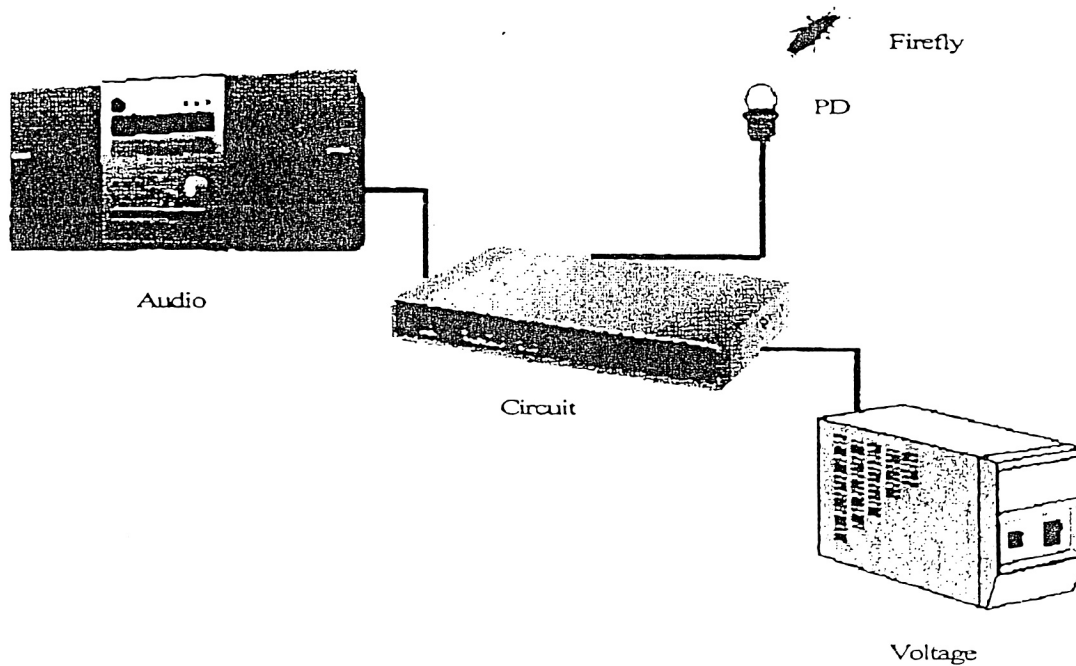
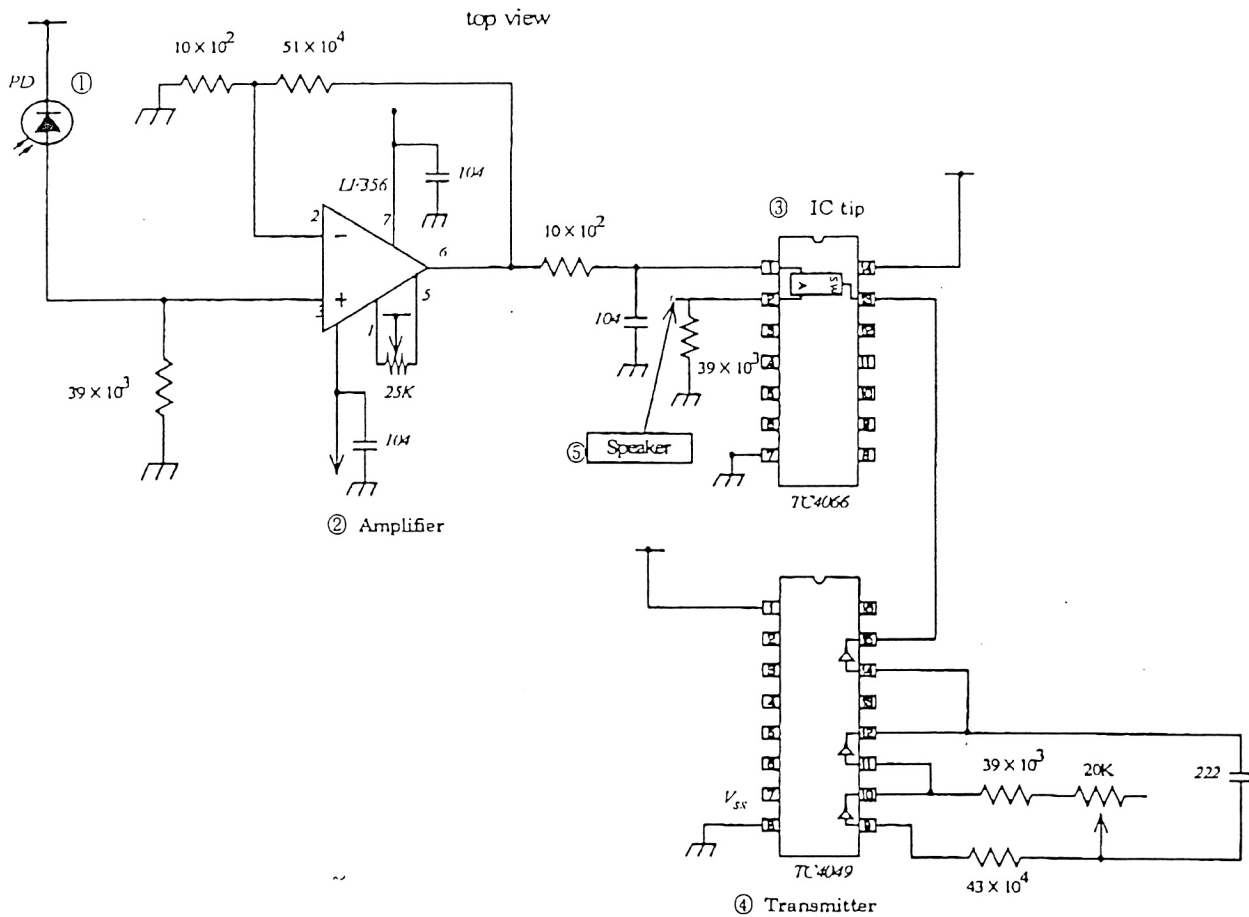


Fig 5 Light and Sound Conversion System

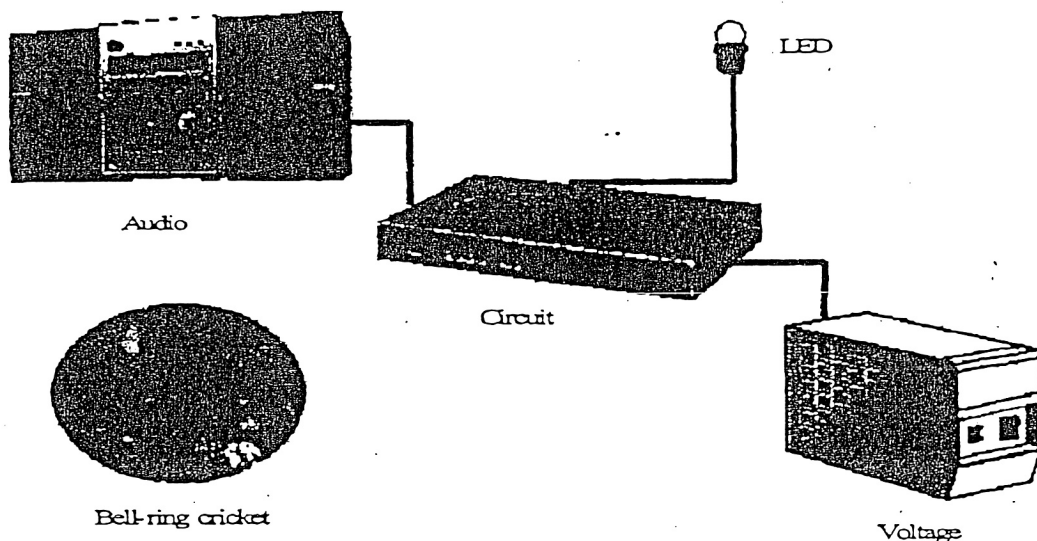
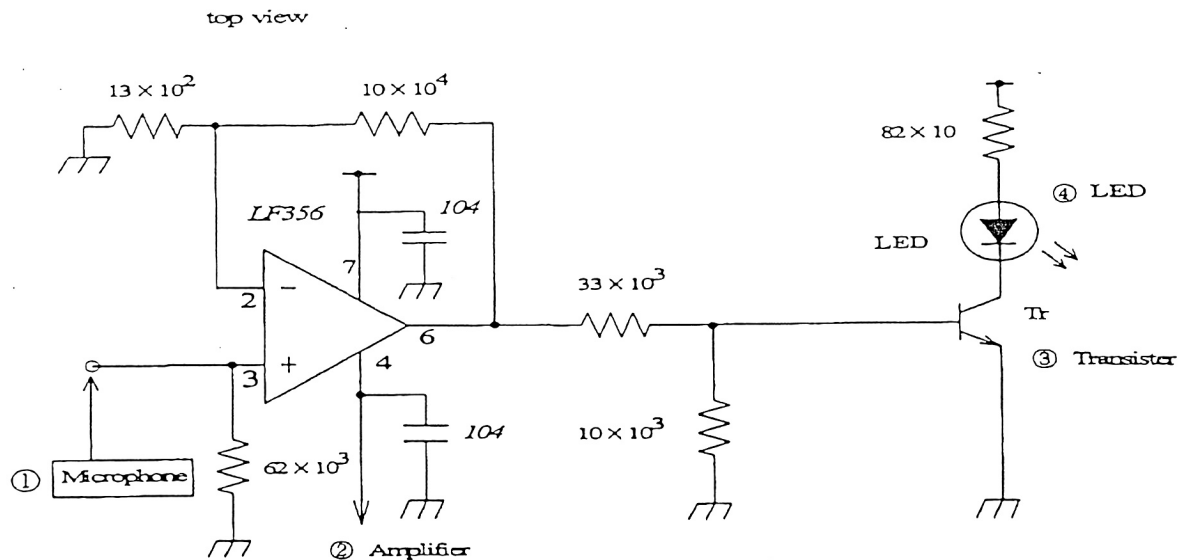


Fig.6 Sound and Light Conversion System

### 3. 光音相互変換システム

#### 3.1. 光音変換システム

ここでは、新たに開発した天然のホタルの発光パターンを音に変換するシステムについて述べる。図5に示した電子回路は、フォトダイオードから光の信号を入力し、音声に変換するものである。すなわち、光の入力信号がある閾値以上のレベル時にICチップから音声信号を出し、それ以下の時に音声信号を遮断するシステムである。電圧は、最大15[V]とした。具体的な光音変換プロセスは、以下のようである。

- I ①のフォトダイオードから光信号を入力する。
- II 信号は、②の増幅器を経て、スイッチの役割を果たす③のICチップに至る。

- III ②から③の1に入った信号が閾値以上のレベル時にスイッチが入り、④の発信機から③の13に入った音声信号が③の2から出力される。なお、②から③の1に入った信号がローレベル時にはスイッチが入らない。
- IV ③の2から出た信号は、⑤のスピーカの外部入力をし、音声信号が出力される。

ここでいうローレベル・ハイレベルとは、図7のそれぞれa、bに相当する。すなわち、aの発光していない時は音が出ず、bのピーク時には最も大きい音が出るのである。すなわち、最低輝度値であるローレベルが閾値に相当する。

次に、本研究では、光を音声に変換したデータをテープに録音した後、コンピュータに取り込んだ。この際、音声編集

ソフト(SOUND FORGE6.0 SONIC FOUNDRY製)のノイズゲートを利用して雑音を除去した。ノイズゲートを使うことにより、ある一定の音声レベル以上に達した時だけ出口のゲートが開かれ、音声が入りこえるようになる。また、ある一定の音声レベル以下の場合、ゲートが閉じられ、音声が入りこえなくなる。ここでは、音声レベルを-47[dB]だけドリフトし、音声信号全体をノイズゲートにかけている。これは、音声情報が出ていない部分の最大レベルが47[dB]であったためである。なお、ホテルの光を音声に変換する際、ホテルの発光パターンを維持するために、音声信号の加工はノイズ除去のみに止めた。

### 3.2. 音光変換システム

ここでは、新たに開発した天然のスズムシの音声を光に変換するシステムについて述べる。図6に示した電子回路は、マイクまたはスピーカの外部出力から音声信号を入力し、光に変換するものである。すなわち、音声の入力信号がある閾値以上のレベル時にICチップから光信号を出し、それ以下の時に光信号を遮断するシステムである。電圧は、15[V]とした。具体的な音光変換プロセスは、以下のようである。

- I ①のマイクまたはスピーカの外部出力から音声信号を取り込む。
- II 信号は、②の増幅器を経て、③のトランジスタに至る。
- III ③のトランジスタでは、音声が入力レベル以上のレベル時にONになり、電流が流れて④の発光ダイオードが光る。

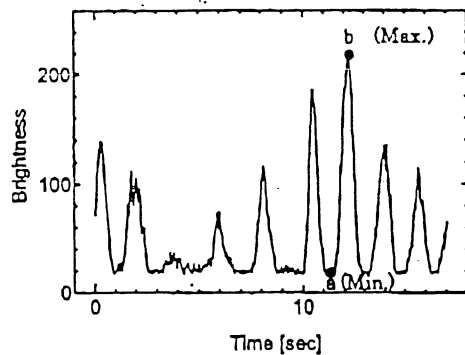


Fig.7 Transient Light Emission Pattern of Genji Firefly

## 4. 実験方法

### 4.1. 脳波測定

脳波の測定法には、単極導出法と双曲導出法がある。単極導出法は、電気的に不活性な部位を基準部位(不閉電極)として、それに対応する各測定点(閉電極)での電位変動を導出し記録したものである。不閉電極や閉電極の部位は、国際10-20法等によって規定されている。双曲導出法は、頭皮上に各測定点間の電位差を導出し記録したものである。本研究では、耳朵を基準電圧に取る耳朵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、後頭極の1点とした。ポディーアースは、額に取り付けた。測定では、脳波計のコントロールパネルにおけるLFF(低域通過フィルタ)を1.6[Hz]、HFF(高域通過フィルタ)を60[Hz]、感度を100

[ $\mu V/1a$ ]に設定し、商用周波数雑音を除去するためノッチフィルタを用いた。

被験者は、健康な20代の男女7人(男5人、女2人)である。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リクライニングチェアに座った状態で実験音を3回鑑賞し、その時々脳波を測定した。この際、シールドルーム内は、照明を消してある。本システムが音声を出し始めたら、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。本システムの音声パターンは、ホテルの発光パターンを音に変換したもの、スズムシの鳴声及びクラシックの楽曲(ショパン:夜想曲 第1番 変ロ短調 作品9の1)である。被験者には、1回の測定でこの3種類の音声を連続して鑑賞してもらい、その後十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。3種類の鑑賞順序は、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。脳波は、一つの音声パターンにつきサンプリングレート100[Hz]、データ総数12000点、時間にして2[min]測定した。測定時間は、1回の測定で約10[min]程度であった。測定には、生体電気現象用増幅器((株)日本電気三栄製、バイオトップ6R12-2)を使用した。なお、バーチャルホテルイルミネーションシステムが誘起する発光パターンの脳波への影響については、[2]を参照されたい。

### 4.2. 脳波解析

脳波計から取り込んだ脳波信号は、増幅された値となっているので、増幅前の信号レベルに変換しておく必要がある。ここでは、脳波計のコントロールパネルから500[ $\mu V$ ]の正弦波を出力し、図9に示した最大・最小の絶対値から増幅率Xを計算する。すなわち、 $X = (500/10^6) / (\text{絶対値の平均})$ である。その後、計測した脳波の時系列データにXを掛けて増幅前の値を決定した。

次に、増幅前の値に変換した脳波の時系列データをFFT処理した。ここでは、サンプリングレートを100[Hz]、データ総数を12000とした。データを解析する際には、256点ずつ分割してFFTにかけ、積算平均することによりSN比を6倍程度改善している。また、それぞれの脳波のパワー値は、各脳波( $\theta$ 波 $\sim$  $\beta$ 波)に相当する各周波数帯を積分したスペクトル面積比率によって求めた。つまり、 $\alpha$ 波、 $\theta$ 波、 $\beta$ 波帯域の各パワー値の比(各周波数帯域のパワー値/ $(\alpha$ 、 $\theta$ 、 $\beta$ 波の総パワー値))である。これを、出現率と呼ぶ。さらに、本研究では、1回目・2回目・3回目それぞれの実験音に対して最も $\alpha$ 波のパワー値が多く出現した人数の割合を求め、それを $\alpha$ 波の占有率とした。

なお、図10~図12は、各音声をFFT処理したものを示したものである。これらの音声信号には、1/fゆらぎ現象が存在していることがわかる。

### 4.3. 官能評価と因子分析

本研究では、ホテルの発光現象を音声に変換したものとスズムシの鳴声を人がどのように感じているのかに関して客観

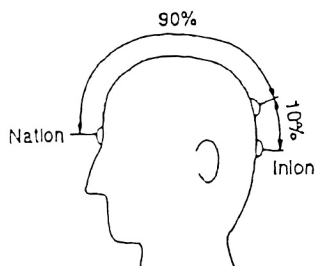


Fig. 8 Measuring Point for Electroencephalogram

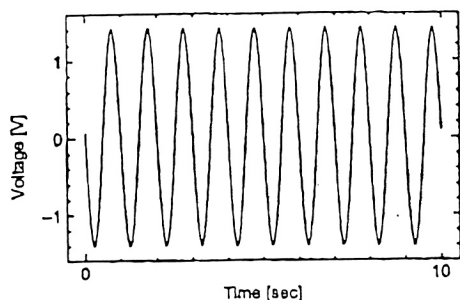


Fig. 9 Sin Wave

的に検討するため、20代の男女26名から官能評価に基づいた意見サンプルを回収、処理、分析した。使用したカテゴリーは、文献[5]を参照して、“やわらかい-かたい”、“はっきりした-ぼんやりした”、“騒々しい-静かな”、“深みのある-金属製の”、“澄んだ-濁った”、“力強い-弱々しい”、“落ち着いた-甲高い”、“美しい-汚い”、“迫力のある-もの足りない”、“明るい-暗い”、“豊かな-貧弱な”の11本とした。尺度は、カテゴリー不足や使用されないカテゴリーがでないようにするため、被験者が認識し易い7段階とした。音声を聞かせる時間は、被験者に飽きや来ないよう2分とし、どちらの音声をどのような順で聞かしているかは伝えていない。なお、被験者には、正確な解答が得られるよう、予め実験の目的、尺度の意味とマーキングの方法について充分に説明を行った。

また、本研究では、SD法の結果を基に因子分析を行った。因子分析は、SVC法を使ってR行列を推定し、主因子を4因子とした。なお、主因子法での反復は、行っていない。

## 5. 結果および考察

### 5.1. 脳波解析

ここでは、実験音として、ホタルの発光現象を音声に変換したもの、スズムシの鳴声及びクラシックの楽曲(ショパン: 夜想曲 第1番 変ロ短調 作品9の1)の3パターンで脳波測定を行った結果について述べる。スズムシの鳴声とクラシックの楽曲を選択した理由は、一方は秋の夜長を代表するものであり、他方は何百年と聞き続けられてきた名曲でもあ

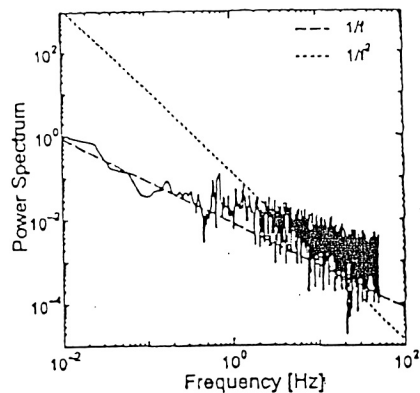


Fig. 10 Power Spectrum of Voice Pattern Translated from Light Emission Pattern of Firefly

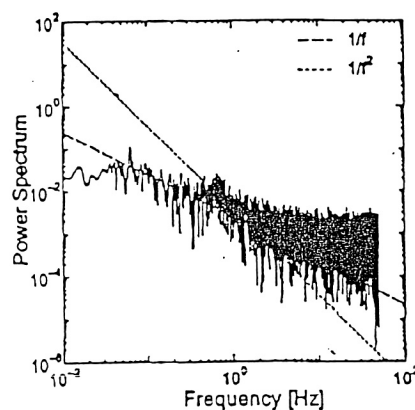


Fig. 11 Power Spectrum of Voice of Bell-ringing Cricket

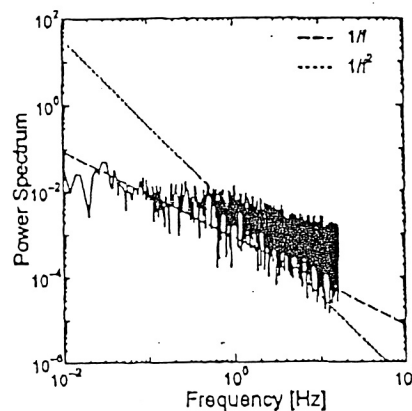


Fig. 12 Power Spectrum of a Classic (Chopin)

るからである。いずれも、比較的癒し効果が高いものと推定できる。本研究では、新たに開発した光音相互変換システムの有効性を検証するため、ホタルの発光現象を音声に変換したものがスズムシの鳴声やクラシックの楽曲などと同等の



し効果が見られるのか、あるいは、またどのような違いが存在するのかを検討した。被験者は、健康な 20代の男女 7人(男 5人、女 2人)である。

図 13 は、実際に測定した脳波の生データの一例である。図 14 は、各実験音に対する  $\alpha$  波の占有率を測定回数毎にまとめたものである。1 回目の測定では、3 種類の実験音のうちスズムシの鳴声に起因する脳波が最も高いことがわかる。2 回目の測定でも同様の傾向がみられる。しかしながら、1 回目、2 回目、3 回目と測定回数を重ねるにつれて、ホテルの発光現象を音声に変換したものが  $\alpha$  波を誘発する傾度が高くなり、時間的にも  $\alpha$  波の占有率が増えていくことがわかる。すなわち、次第にリラックスした状態になっていくものと考えられる。

図 15 は、各実験音に対する  $\theta$  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、3 種類の実験音のうちホテルの発光現象を変換したものに起因する脳波が最も高いことがわかる。しかしながら、1 回目、2 回目、3 回目と測定回数を重ねていくとホテルの発光現象を音声に変換したものに対する  $\theta$  波の占有率が減少していく様子が見られる。逆に、スズムシの鳴声に起因する  $\theta$  波の占有率が高くなっていくこともわかる。これは、ある程度聞き続けるうちにスズムシの鳴声に飽きが生じているものと考えられる。

図 16 は、各実験音に対する  $\beta$  波の占有率を測定回数毎に求めたグラフである。3 種類の実験音に対して、1 回目、2 回目、3 回目にほとんど変化は見られない。しかしながら、ホテルの発光現象を音声に変換したものは、1 回目、2 回目、3 回目を通じて  $\beta$  波の占有率が低いことがわかる。これは、スズムシの鳴声、クラシックに比べ、興奮もなく全体的に比較的リラックスしてホテルの光を聞いていることが推察できる。

図 17~図 19 は、それぞれ  $\alpha$  波、 $\theta$  波、 $\beta$  波の出現率を示したものである。3 種類の実験音ともに、時間的にはほぼ均等に出現率が推移した。

以上の知見を総合すると、ホテルの発光現象を音声に変換したものは、測定回数を重ねるにつれて  $\alpha$  波が優位になり、スズムシの鳴声は逆に  $\theta$  波、 $\beta$  波が優位となるという結果となった。これは、ホテルの発光現象を音声に変換したものは、長時間鑑賞しても飽きが来なく、よりリラックスした状態で体験できる音声になっているのではないかと考えられる。同様な結果は、ホテルの発光パターンにも見られた傾向である。すなわち、生物情報に基づいた光音相互変換システムが創出する音声のリズムは、人が心地良いと感じてきたスズムシの鳴声やクラシックの楽曲と比較しても損色なく、むしろそれら以上に快適であると感じられていることから、本システムが福祉応用にも有用であろうと考えられる。

## 5.2. 官能評価と因子分析

図 20 は、意見サンプルの結果を示したものである。図 21~31 は、各カテゴリーに対しての意見分布を一覧にして示したものである。これらの図から、ホテルの発光現象を音声に変換したものとスズムシの鳴声は、ほぼ相異なる官能評価に

なっていることがわかる。特に、“やわらかいーかたい”、“深みのあるー金属製の”、“落ち着いたー甲高い”に大きな開きがあった。これには、人工的に光を電子音で置換しているため、どうしても固くて金属的な音声になることを回避できない可能性も考えられる。しかも、この音色は、現段階で達成し得る音色の限界であり、音色のさらなる改善が今後の重要な研究課題となる。

表 1 は、ホテルの発光現象を音声に変換したものについて斜交回転し得た因子負荷量を示したものであり、本研究では斜交解より考察を行った。第 1 因子は、“力強いー弱々しい”、“迫力のあるーもの足りない”、“明るいー暗い”、“豊かなー貧弱な”を含むため、「抑揚」と呼ぶことにした。第 2 因子は、“やわらかいーかたい”、“深みのあるー金属製の”、“落ち着いたー甲高い”、“美しいー汚い”を含むため、「情緒」と呼ぶことにした。第 3 因子は、“澄んだー濁った”を含むため、「透明」と呼ぶことにした。第 4 因子は、“はっきりしたーぼんやりした”、“騒々しいー静かな”を含むため、「喧騒」と呼ぶことにした。ホテルの発光現象を音声に変換したものは、抑揚の寄与率が 41.4[%]と高く、全体に及ぼす影響がもっとも高いことがわかる。また、抑揚には、“深みのあるー金属製の”の負荷も高く、金属性に偏る結果が得られたことから、被験者に電子音のイメージを強く与えていることが示唆される。更に、情緒に含まれる“やわらかいーかたい”では、「かたい」に偏る結果が得られており、これからも電子音のイメージを被験者に強く与えていることができる。

表 2 は、スズムシの鳴声について斜交回転し得た因子負荷量を示したものである。第 1 因子は、“迫力のあるーもの足りない”、“明るいー暗い”、“豊かなー貧弱な”を含むため、「高揚」と呼ぶことにした。第 2 因子は、“はっきりしたーぼんやりした”、“騒々しいー静かな”、“力強いー弱々しい”を含むため、「力感」と呼ぶことにした。第 3 因子は、“やわらかいーかたい”、“深みのあるー金属製の”、“落ち着いたー甲高い”を含むため、「風情」と呼ぶことにした。第 4 因子は、“澄んだー濁った”、“美しいー汚い”を含むため、「清涼」と呼ぶことにした。スズムシの鳴声では、高揚と力感が寄与率の多くを占めていることがわかる。しかし、風情と清涼もほぼ 20[%]を占めており、スズムシの鳴声は様々な要因がバランス良く出現していることがわかる。特に、風情に含まれる“やわらかいーかたい”、“深みのあるー金属製の”、“落ち着いたー甲高い”は、ホテルの発光現象を音声に変換したものの結果と相対する結果となっていることから、電子音とは違う自然な音声と被験者が感じていたことが示唆される。

因子分析の結果から、ホテルの発光現象を音声に変換したものには、抑揚・情緒・透明・喧騒感が含まれており、スズムシの鳴声には、高揚・力感・風情・透明感が含まれていることがわかる。これらの言葉には、リラクゼーションを意図する意味が含まれており、 $\alpha$  波の出現率の均等性にも相通じるものとと言える。されには、これらの音声には含まれる //f ゆらぎのスペクトルパターンとも相通じるものがある。

なお、図 32 と図 33 に示す因子得点では、被験者に特段の偏った特徴がないことから、ある特定の傾向をもった集団で調査を行っていないことがわかる。ただ、今回の被験者は、全て 20 代の男女であり、高齢者については調査を行っていない。福祉応用につなげるためにも、今後は他の年代についても調査、検証し、年代別の特徴を把握する必要がある。

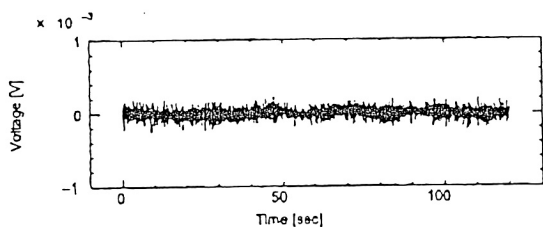


Fig.13 Transient Voltage in Electroencephalogram

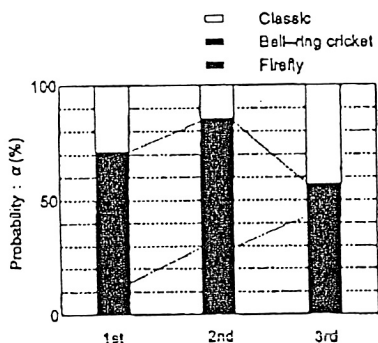


Fig.14 The Occupation Rate of  $\alpha$  Rhythm in EEG

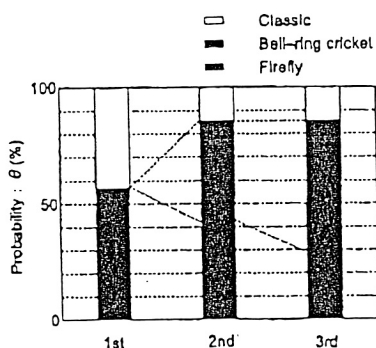


Fig.15 The Occupation Rate of  $\theta$  Rhythm in EEG

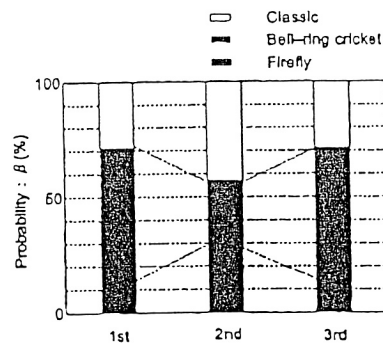


Fig.16 The Occupation Rate of  $\beta$  Rhythm in EEG

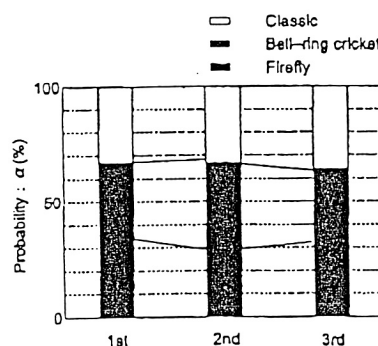


Fig.17 The Relative Frequency of  $\alpha$  Rhythm in EEG

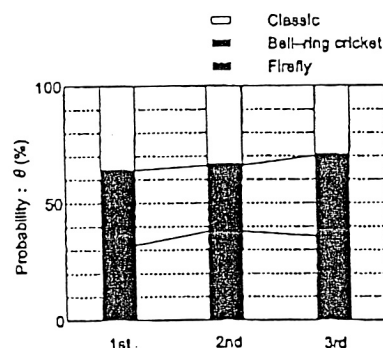


Fig.18 The Relative Frequency of  $\theta$  Rhythm in EEG

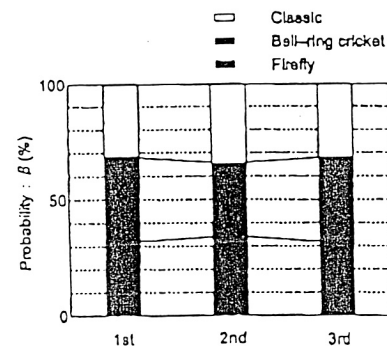


Fig.19 The Relative Frequency of  $\beta$  Rhythm in EEG

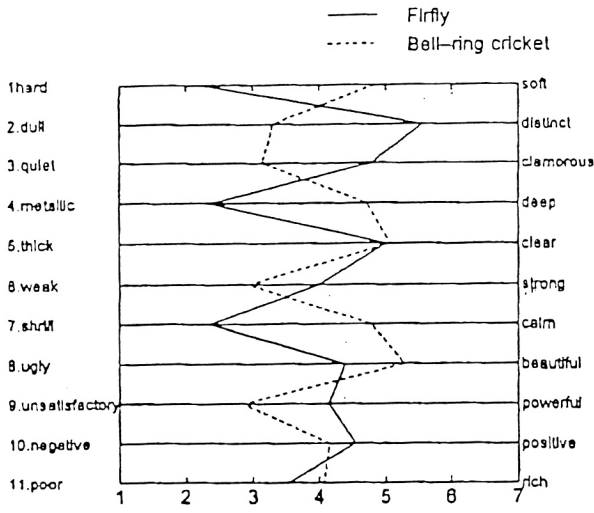


Fig. 20 Firefly and Bell-ring Cricket

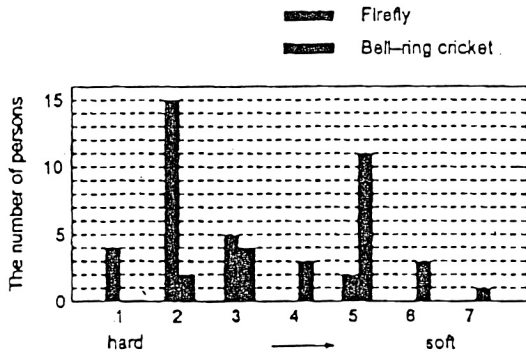


Fig. 21 Hard or Soft

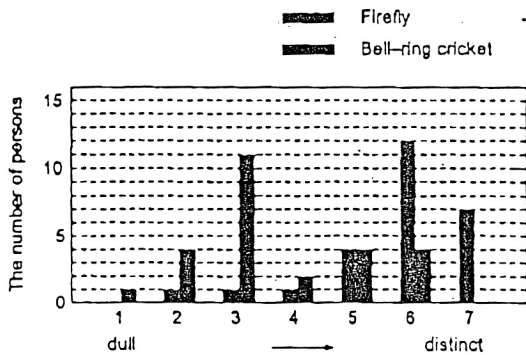


Fig. 22 Dull or Distinct

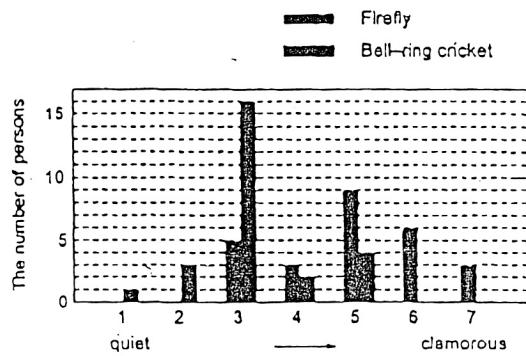


Fig. 23 Quiet or Clamorous

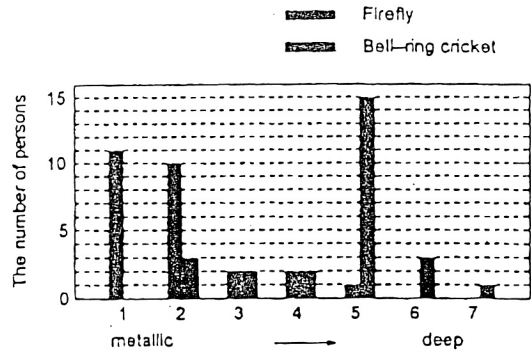


Fig. 24 Metallic or Deep

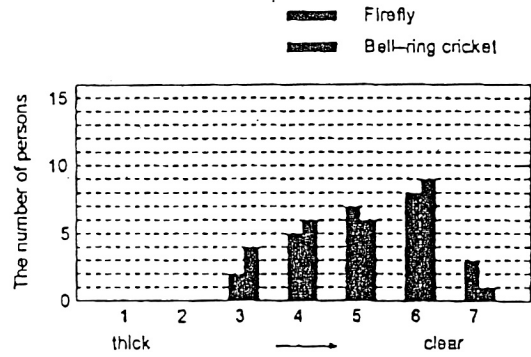


Fig. 25 Thick or Clear

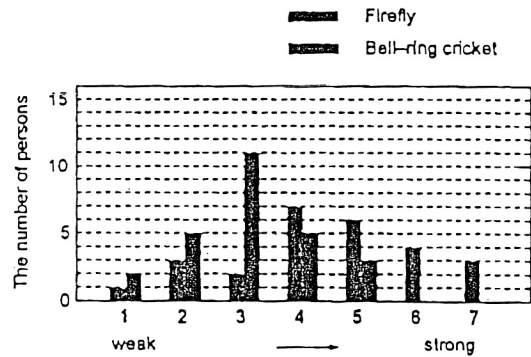


Fig. 26 Weak or Strong

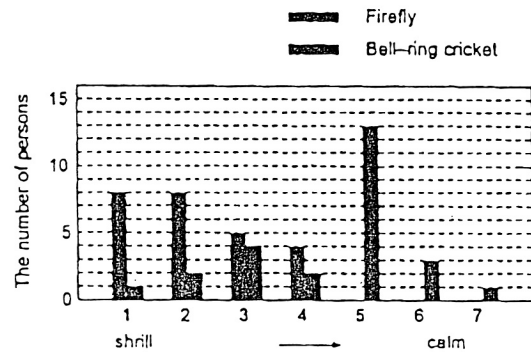


Fig. 27 Shrill or Calm

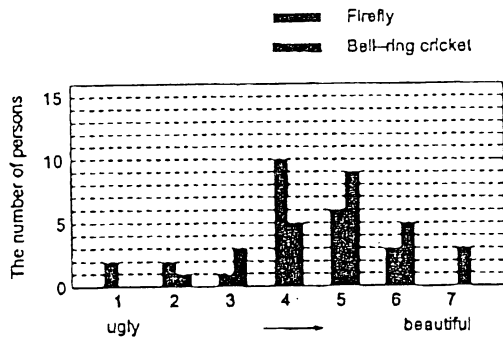


Fig.28 Ugly or Beautiful

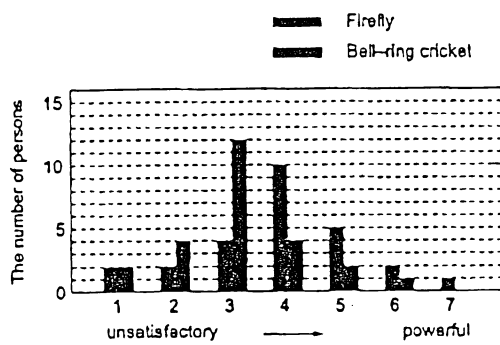


Fig.29 Unsatisfactory or Powerful

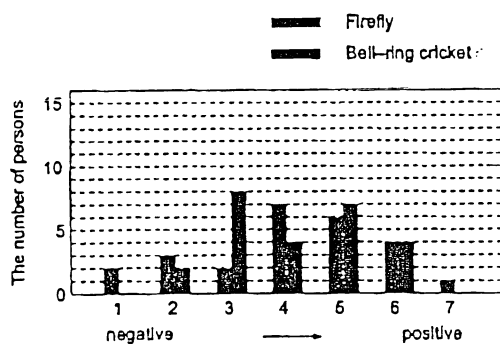


Fig.30 Negative or Positive

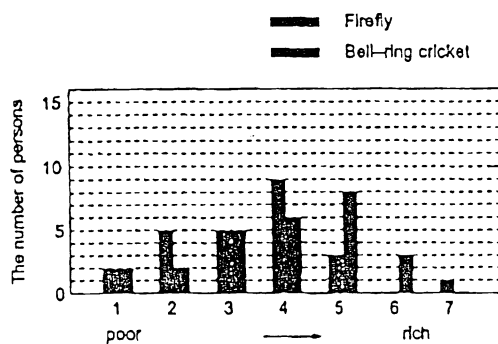


Fig.31 Poor or Rich

Table 1 Results of Oblique Factor (Firefly)

	factor 1	factor 2	factor 3	factor 4
hard — soft	-0.265	0.760	-0.176	-0.201
dull — distinct	0.441	0.031	0.368	0.561
quiet — clamorous	0.017	-0.466	-0.249	0.593
metallic — deep	0.608	0.662	-0.259	0.133
thick — clear	-0.009	0.014	0.883	0
weak — strong	0.876	-0.203	0.198	-0.043
shrill — calm	0.075	0.093	0.005	-0.841
ugly — beautiful	0.004	0.864	0.223	-0.068
unsatisfactory — powerful	0.725	-0.100	-0.365	0.278
negative — positive	0.838	0.107	0.105	0
poor — rich	0.900	-0.071	-0.030	-0.071
contribution ratio (%)	41.3	24.7	15.7	18.2

Table 2 Results of Oblique Factor (Bell-ring Cricket)

	factor 1	factor 2	factor 3	factor 4
hard — soft	0.455	-0.179	0.605	0.169
dull — distinct	-0.006	0.843	0.098	0.127
quiet — clamorous	-0.488	0.771	-0.177	-0.059
metallic — deep	0.151	0.246	0.857	-0.117
thick — clear	0.315	-0.112	-0.067	0.820
weak — strong	0.250	0.774	0	0.001
shrill — calm	-0.279	-0.152	0.709	0.249
ugly — beautiful	0	0.280	0.215	0.852
unsatisfactory — powerful	0.761	0.175	0.027	0.063
negative — positive	0.653	0.491	0.155	-0.011
poor — rich	0.827	-0.137	-0.025	0.263
contribution ratio (%)	29.5	29.6	21.2	19.7

6. 結言

本研究では、新たに開発した光音相互変換システムを援用してホタルの光を音へと変換し、それが、人の感性に及ぼす影響を検討したものである。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) ホタルの発光現象を変換した音声は、長時間鑑賞しても飽きが来ず、よりリラックスした状態で鑑賞できる。
- (2) 生物情報に基づいた光音相互変換システムが創出する音声は、人が心地良いと感じてきたスズムシの鳴声やクラシックの楽曲と比較しても損色なく、むしろそれ



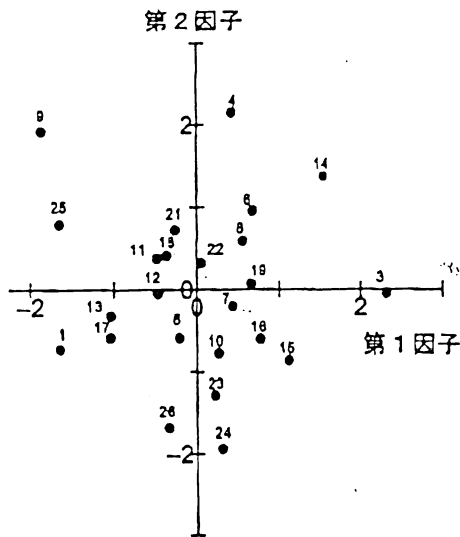


Fig.32 Distribution Map of Factor Score (Firefly)

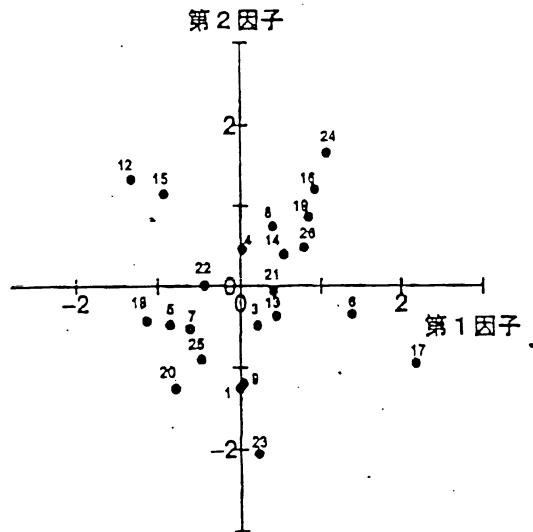


Fig.33 Distribution Map of Factor Score (Bell-ring Cricket)

ら以上に快適であると感じられている。

- (3) 光音相互変換システムを利用することにより、普段ホテルの光を鑑賞できない視覚障害者にも、福祉応用の一環として、ホテルの光を感じる(聞く)ことが可能である。さらに、スズムシの声などを鑑賞することができない聴覚障害者にもスズムシの声を感(見る)ことが可能である。
- (4) 因子分析の結果から、ホテルの発光現象を音声に変換したものやスズムシの鳴声にはリラクゼーションに相通じるものがあり、それがα波の存在や1/fゆらぎ現象の存在を裏付けている。

参考文献

- 1) 阿部宜男, 稲垣照美, 石川秀之, 松井隆文, 安久正紘: ホテルの光と人の感性について—発光現象のゆらぎ特性—, 日本感性工学論文集, 第3巻1号, 35-44, 2003
- 2) 阿部宜男, 稲垣照美, 木村尚美, 松井隆文, 安久正紘: ホテルの光と人の感性について—感性情報計測と福祉応用—, 日本感性工学論文集, 第3巻2号, 41-50, 2003
- 3) Norio Abe, Terumi Inagaki, Naomi Kimura: The Hue of the Light Emission Pattern of Firefly and Its Kansei Information Measurements, Proceedings of 6th Asia Design International Conference, E-35 in CD-ROM (2003-10)
- 4) 石山陽幸: 脳波と夢, コロナ社, 6-10, 1994
- 5) 難波精一郎, 桑野園子: 音の評価のための心理学的測定法, コロナ社, 112-121, 1998

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 (奨学研究 (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。