オーロラの光と人の感性について*

稲垣 照美^{*1}, 宮内 一美^{*2}, 木村 尚美^{*2}

Kansei Estimation on Luminescence of Aurora

Terumi INAGAKI^{*3}, Kazumi MIYAUCHI and Naomi KIMURA

^{*3} Department of Mechanical Engineering, Ibaraki University,
4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi-shi, Ibaraki, 316-8511 Japan

The beautiful and magnificent light of aurora is one of the most wonderful phenomena among natural resources that we can observe. In this study, from the viewpoints of Kansei engineering, we focused on the hue of light of aurora, and we examined whether it causes the human spirit any effects or not by using various statistical analysis and Kansei analysis. It was revealed that there is a high possibility that the sufficient cure effect exists in the light of aurora. This research is the first basic trial turned to the creation of cure spaces for hospice and welfare facility. We also aim at developing a cure equipment by applying the light of aurora to hospice and medical facilities in future.

Key Words: Hue, Luminescence, Welfare, Kansei, Aurora

1. 結 論

近年,多くのマスメディアでは,ストレスや情緒不安定に起因する中高年の自殺や青少年が引き起こす事件・事故を取り上げている。また老人施設やホスピス医療の現場では,精神的な緩和ケアの重要性が希求されている。こうした現状を踏まえると,現代人は常に何らかの形で癒しを求めているのではないか。一方,自然環境には,そよ風や川のせせらぎなどに人々に快適感をもたらすと言われている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^{(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。著者らは,これまでホテルの光と人の感性について研究を行い,発光パターンやその色相変動には1/fゆらぎ現象が存在し,それが人の感性に影響を与えることを明らかにした^{(3)~(6)}。

本研究では,極北の地の夜空を壮大に彩り,地上で見られる自然現象のうちで最も素晴らしいものの一つであるオーロラの光を取り上げ,それが人々の精神に及ぼす癒しの効果を考察し,検証した。すなわち,オーロラが有する光のゆらぎ,色相心理と感性情報計測

などの面からオーロラの光と人の感性について考察した。さらに,オーロラの光や色相変動が人の精神にどのような心理的效果をもたらすのかについても併せて検討した。今後は,オーロラの光を応用した癒し機器をホスピスや医療施設へ導入することを目指す。

2 計測および解析方法

2・1 光の計測

オーロラとは,宇宙から降り注ぐ高速の電子や陽子が,地球の上層大気,主に酸素や窒素と衝突した時に発光する現象である。ほとんどのオーロラは,酸素原子と窒素原子によって生み出されていると言っても過言ではない。したがって,オーロラの色は,酸素と窒素が持つそれぞれの性質によって決まる。ある瞬間に現れたオーロラの全体像をオーロラ・オーバルと言いが,オーロラ・オーバルは南北両半球に同時に出現し,それぞれ極地方を囲むようにリング状に広がるが,地上からは地平線に邪魔をされてオーバルの一部しか見ることはできない。また,地上から観察する場合,緯度によってもオーロラの色相が異なることが知られている。オーロラには,様々な形態があり,代表的なものとしてカーテン状のものや,コロナ状のものが挙げられる。

本研究では,オーロラの光のゆらぎ特性に着目したほか,その光がどのような波長帯に分布し,人がその色相に対してどのような感性を抱いているのかについても着目した。図1は,オーロラ計測システムの概略

* 原稿受付 2005年12月14日。

^{*1} 正員,茨城大学工学部(〒316-8511 日立市中成沢町4-12-1)。

^{*2} 茨城大学大学院理工学研究科。
E-mail: hotaru@mx.ibaraki.ac.jp

Fig. 1 Schematic Diagram of Measuring Luminance Information of Aurora

を示したものである。オーロラの光に対する画像処理法は、前報(6)と基本的に同様である。まず、オーロラの動画は、画像入力ソフトウェア(株)ライブラリー製 Cosmos Capture)を用いてコンピュータに取り込んだ。その際、ビデオ映像の時間分解能が 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] の動画をパソコンに取り込んだ。なお、オーロラの映像は、極地方において撮影されたメディア(付録参照)を活用した。この際、測定点は、オーロラのパソコン画面上における移動範囲内において考察するため、図2に示すように、オーロラの大きさ・動きに合わせ、10 [pixel] おきに垂直方向に 50 点、水平方向に 65 点とした。次に、オーロラの輝度・色相情報に関する動画は、画像濃度変位量解析ソフト(株)ライブラリー製 Gray-Val32)を用いて、モノクロおよび R、G、B 成分に変換し、時系列データとして構築した。さらに、R、G、B 成分それぞれの輝度変動を色度座標に変換し、XYZ 表色系あるいは $X_{10}Y_{10}Z_{10}$ 表色系に当てはめることによってオーロラの光の主波長を算出した。なお、オーロラのビデオ映像は、すべてフルカラーである。

また、本研究では、動的なオーロラの光を追跡した際の輝度変動、および座標変動(輝度の空間変動)についても測定を行った。すなわち、測定は、オーロラの動きに合わせて任意に設定した矩形内における濃度(輝度)の重心を追跡し、計測領域を移動させながら重心の輝度と座標を計測した。計測領域のサイズは、パソコン内の画像上にして面積 10 × 10 [pixel] から 70 × 70 [pixel] まで任意に変化させ、測定を行った。なお、測定領域の位置は、オーロラの光に合わせて任意の位置に設定した。

本研究では、計測対象となるオーロラの元映像に、付録に列記した映像メディアを利用したため、撮影機材や条件によっては撮影された色相情報が異なる可能性があった。そこで、一連の研究⁽⁶⁾で採用した手法

Fig. 2 Schematic Diagram of Measuring Points of Aurora

が普遍的な色相情報を取得する上で有効であることを示すため、4種類の撮影機材(京セラ製 DV-L200、シャープ製 VL-PD7、パナソニック製 Lumix FX-8、リコー製 Caplio R2S)で JIS 標準色票を撮影し、同様な色相解析を行った。

2.2 イメージ調査、官能評価および因子分析

本研究では、オーロラの光といえどどのような言葉が連想されるかについてアンケートを実施し、回収・分析した。その際、意見サンプルをいくつかの代表的なキーワードに集約して整理し、人がオーロラの光にどのような感性イメージを抱いているのかについて考察を進めた。意見サンプル総数は、様々な年齢階層の男女約 230 人である。さらに、SD (Semantic Differentials) 法に準拠した官能評価を行った。SD 法とは、相反する意味をもつ形容詞対を複数種類用意し、被験者が評価対象に対して感じた程度を定量的に表す方法で、対象に対する心理評価を行う際に用いる手法である。サンプル総数は、老若男女問わず 54 人であった。後述する表3に、質問項目を示す。なお、尺度は7段階であり、得られた結果に基づいて因子分析を行った。因子の抽出法には主因子法を用い、共通性の初期値を SMC (Squared multiple correlation coefficient) 法により推定し、斜交回転により最終的な因子を決定した。SMC 法とは、重決定係数を初期推定値として用いて、他のすべての測定変数から因子を重回帰予測して求める方法である。

3. 結果および考察

3.1 色相解析法の妥当性

図3は、前述した4種の撮影機材を用いて、JIS 標準色票における代表的な赤について撮影し、計測した主波長を波長帯毎のヒストグラムで表したものである。主波長の平均値及び標準偏差は、それぞれ 626.12 [nm]、8.40 [nm] である。図4は、JIS 標準色票における代表的な緑について撮影し、主波長を波長帯毎のヒ

ストグラムで表したものである。主波長の平均値は、520.24 [nm]、標準偏差は9.84 [nm]である。図5は、JIS 標準色票における代表的な青について撮影し、主波長を波長帯毎のヒストグラムで表したものである。平均値及び標準偏差は、それぞれ475.76 [nm]、2.03 [nm]である。

ここで使用した JIS 色票は、主波長 620.4 [nm] の赤 (マンセル値 5R 4/14)、主波長 526.2 [nm] の緑 (マンセル値 5G 4/10)、主波長 475.1 [nm] の青 (マンセル値

5B 4/8)である。これらの値と図3～5に示した算出した主波長の平均値とを比較すると、それぞれの撮影機材での値は色表の値と誤差の範囲内でほぼ一致しており、本研究で使用した色相解析法が妥当であると見なした。すなわち、撮影機材の異なる条件下においても、元映像の色相値とはほぼ同等の色相値を再現できることがわかる。

3・2 色相の解析

図6および図7は、アラスカ地方における代表的

Fig. 3 Hue Distributions (Red) Measured with Four Kinds of Cameras

Fig. 4 Hue Distributions (Green) Measured with Four Kinds of Cameras

Fig. 5 Hue Distributions (Blue) Measured with Four Kinds of Cameras

Fig. 6 Luminance Information of Original Data (left) and Power Spectrum (right). Dashed Line Means the Gradient of $1/f$.

な **Purplish Blue** のオーロラの光の、任意の 1 点における、代表的なモノクロと R, G, B 成分の輝度変動およびそれらを FFT 解析したパワースペクトルを表わしたものである。図 6 および 図 7 のパワースペクトルから、高周波数帯域を除いた約 $20 \sim 30$ [Hz] より低周波数帯域において $1/f$ ゆらぎ現象が確認できる。なお、どのような任意の点を FFT 解析しても、そのスペクトル性状は、統計的な見地からも類似であった。

図 8 は、アラスカ地方における代表的なオーロラの光の主波長を波長帯毎のヒストグラムで表した一例である。これは、主に **Purplish Blue** を中心とした色相帯のオーロラを色相解析した結果であり、主波長帯は $440 \sim 480$ [nm]、平均値 467.1 [nm]、標準偏差 9.094 [nm] である。図 9 は、主波長変動の時系列情報とそのパワースペクトルを示した一例である。やはり約 $20 \sim 30$ [Hz] より低周波数帯域において $1/f$ ゆらぎ現

象が確認できる。図 10 は、縦方向 47 カ所の測定点について、それぞれの点における色相の主波長変動を FFT 解析し、パワースペクトルで表した際のスペクトルの傾き (n 値) をヒストグラムで表したものである。なお、以降の計測 (他の計測対象) では、測定点をそれぞれのオーロラの動きに応じてその都度変更してある。図 10 のヒストグラムから、 1.0 付近を中心に n 値が分布していることがわかる。すなわち、青味を帯びたオーロラの色相の主波長変動においても、高い頻度で $1/f$ ゆらぎの変動をしていることが示された。

図 11 は、アラスカ地方で観測された、**Reddish Orange** を中心波長に持つオーロラの主波長を波長帯毎のヒストグラムで表した一例である。図 11 のオーロラにおける波長帯は、 $590 \sim 620$ [nm]、平均値 600.4 [nm]、標準偏差 8.602 [nm] である。図 12 は、主波長変動の時系列情報とそのパワースペクトルを示した一

Fig. 7 Luminance Information of R, G, B Components (upper) and Power Spectrum (lower) Fig. 8 Distribution of Hue in Wave Length
(Purplish Blue) Fig. 10 Gradient of the Power Spectrum of the Hue
(Purplish Blue) Fig. 9 Temporal Changes of Hue (left) and Its Power Spectrum (right) (Purplish Blue). Dashed Line Means the Gradient of $1/f$

例である。約 $2.0 \sim 3.0$ [Hz] より低周波数帯域において $1/f$ ゆらぎ現象が確認できる。図 13 は、縦方向 10 点、横方向 10 点の測定点について、それぞれの点における色相の主波長変動を FFT 解析し、パワースペクトルで表した際のスペクトルの傾き (n 値) をヒストグラムで表したものである。図 13 のヒストグラムから、0.8 付近を中心に n 値が分布していることがわかる。すなわち、赤味を帯びたオーロラの色相の主波長変動においても、高い頻度で $1/f$ ゆらぎの変動をしていることが示された。

図 14 は、極地方で観測された、Yellowish Green を中心波長に持つオーロラの主波長を波長帯毎のヒストグラムで表した一例である。波長帯は、540 ~ 570 [nm]、平均値 551.8 [nm]、標準偏差 2.178 [nm] である。図 15 は、主波長変動の時系列情報とそのパワースペクトルを示したものである。約 $2.0 \sim 3.0$ [Hz] より低周波数帯域において $1/f$ ゆらぎ現象が確認できる。図 16 は、縦方向 34 点の測定点について、それぞれの点における色相の主波長変動を FFT 解析し、パワースペクトルで表した際のスペクトルの傾き (n 値) をヒ

Fig. 11 Distribution of Hue in Wave length (Reddish Orange)

Fig. 13 Gradient of the Power Spectrum of the Hue (Reddish Orange)

Fig. 12 Temporal changes of Hue (left) and Its Power Spectrum (right) (Reddish Orange) Dashed Line Means the Gradient of $1/f$

Fig. 14 Distribution of Hue in Wave length (Yellowish Green)

Fig. 16 Gradient of the Power Spectrum of the Hue (Yellowish Green)

Fig. 15 Temporal Changes of Hue (left) and Its Power Spectrum (right) (Yellowish Green) Dashed Line Means the Gradient of $1/f$

ストグラムで表したものである。図 16 のヒストグラムから、0.9 付近を中心に n 値が分布していることがわかる。すなわち、緑味を帯びた色相の主波長変動においても、高い頻度で $1/f$ ゆらぎの変動をしていることが示された。

以上の $1/f^n$ 変動現象について、主波長変動が有する n 値は、0.8 ~ 1.1 を中心に分布しているが、誤差の範囲内であり、いずれにも $1/f$ ゆらぎと同等な現象と考えて良い。なお、本研究では、計測対象となる各ビデオ映像の撮影条件がスペクトルに及ぼす影響を明ら

Fig. 17 Luminance Information of Transient Spatial Fluctuation and Power Spectrum

Fig. 18 Spatial Coordinates Fluctuation of Brightness and Power Spectrum

かにするため、測定されたオーロラの輝度・色相変動の時系列情報を、それぞれの平均値で除した相対値をもって FFT 解析も行ってみた。その結果、スペクトルのパワー値が変化するものの、統計的には同一のスペクトル性状を示していた。一般に、スペクトル性状のみを議論する場においては、絶対値でも相対値でも変わらないといえる。なお、一連のスペクトル性状は、統計的な見地からも類似であった。

3.3 空間的に変動する輝度の解析

図 17 は、極地方における Yellowish Green を主波長帯に持つオーロラの光について、動的な光を追跡した際の重心の輝度変動およびそれらを FFT 解析したパワースペクトルを表したものの一例である。図 17 のパワースペクトルから、約 0.5 [Hz] 以下の低周波数帯域では $1/f^2$ ゆらぎ、高周波数帯域では $1/f$ ゆらぎ現象が確認できる。すなわち、人は 10 [s] から数十秒以上に亘るオーロラのゆったりとした動きよりも、0.1 [s] から数秒程度の比較的变化の早い小刻みな動きに魅了されていることが示唆される。

図 18 は、図 17 と同一の測定領域について、モノクロの輝度の空間変動（座標変動）およびそれらを FFT 解析したパワースペクトルの一例を表したものである。図 18 のパワースペクトルから、ほぼ全域で $1/f$ ゆらぎ現象が確認できる。すなわち、夜空を雄大に彩るオーロラは、二次元的な空間変動や広がりにも人が興味を覚えるものと推察される。

3.4 色相の心理的意味と官能評価

本研究では、アラスカや極地方で見られるオーロラの色相解析を行い、主に青紫、黄赤、黄緑の 3 色を中心波長に持つオーロラの光について色相解析した。表 1 は、青紫、黄赤、黄緑それぞれの色相が有する心理的意味合いを示している⁽⁷⁾。アラスカ地方で頻繁に見られるオーロラは、特に青紫や黄緑を中心波長に持つオーロラである。これらの色は、表に示すような心理的意味合いを持ち、人を安らかな気分にする効果があるとともに、神秘性も持ち併せていると考えることができる。このことは、また $1/f$ ゆらぎ現象の存在と関連があるものと考えられる。一方、黄赤を中心波長に持つオーロラは、色相そのものは人を元気にさせる効果を持ち、人を癒す効果があるとされているが、このこともまた $1/f$ ゆらぎ現象と何らかの関連が推察できそうである。しかしながら、図 10, 13, 16 から明らかなように、青紫のオーロラが $1/f$ ゆらぎを出現させる頻度が最も高いと言える。したがって、人は、青紫のオーロラに最も魅了され、幻想や神秘感を抱くとともに癒されているのではないであろうか。

また、本研究では、オーロラの光と言えほどのような言葉が連想されるかについてアンケートを実施し、回収・分析した。意見サンプル総数は、様々な年齢階層の男女約 230 人である。表 2 は、出てきた語句の中

Table 1. Psychological Meaning of Hue

Color	Psychological Meaning of Hue
<i>Purplish Blue</i>	Mystery, Sublimeness
<i>Reddish Orange</i>	Pleasure, Active
<i>Yellowish Green</i>	Peace, Calmness

Table 2. Totalling Results of the Questionnaire

Keywords	Answers
<i>Fantasy</i>	Mysterious, Myth, Yearning, Dream
<i>Fluctuation</i>	Curtain, Belt, Wavering, Robe of feathers
<i>Grandeur</i>	Largeness, Great, Space, Sky
<i>Cold</i>	Polar regions, Northern Europe, Snow
<i>Color</i>	Gradation, Spectrum, Iris, Vividness, Red, Blue, Green, Purple

Table 3. SD Questionnaire

	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	
Grandeur								Dwarf
Fluctuating Color								Stable Color
Fluctuating Light								Stable Light
Beautiful								Ugly
Comfortable								Uncomfortable
Fantastic								Realistic
Warm Color								Cold Color
Blue								Red
Moved								Not Moved
Bright								Dark
Transparent								Cloudy
Warm								Cold
White								Black
Vivid								Somber
Calm								Noisy
Soft								Sharp

Fig. 19 Results of SD Method: From (a) to (h) Mean the Items of Questionnaire

から5つのキーワードを抽出し、それらのキーワードに関連する主な語句を挙げた結果を表にまとめたものである。これらの因子にも、前述した色相心理のイメージを連想させるものがあることがわかる。例えば、青紫の「神秘的」などである。なお、表3には、SD法に準拠した官能評価の質問項目を示してある。

図19の(a)～(h)は、官能評価結果を表したものである。これらの結果より、大多数の人がオーロラの光や色を美しく幻想的にゆらいだものという認識を持っており、オーロラに対して神秘的・感動的感情や心地よさを抱いているといえる。

表4は、斜交回転した後の因子負荷量を示したものである。この結果を基に、各観測変数を因子負荷量の高いもので分類すると、第1因子への依存度が高いのは、“きれいだーきたない”，“心地よいー不快だ”，“鮮やかだーくすんだ”，の3変数となった。また、第2因子に対しては，“ゆらいだ光だー安定な光だ”，“ゆらいだ色だー安定な色だ”，の2変数、第3因子に対しては，“壮大だー矮小だ”，“幻想的だー現実的だ”，“感動的だー無感動だ”の3変数となった。これらの結果より、第1因子を「美」因子と呼ぶことにした。また、第2因子を「ゆらぎ」因子、第3因子を「神秘」因子と呼ぶことにした。すなわち、従来からのオーロラに対する一般的な「神秘」や、「美」などの印象に加え、明度・彩度・色相のゆらぎも、人に与える印象に大きく寄与しているといえる。したがって、イメージ調査、官能評価および因

Table 4. Oblique Factor

Questionnaire	Factor: 1	Factor: 2	Factor: 3
Beautiful-Dirty	0.495	0.217	0.279
Comfortable-Uncomfortable	0.757	-0.006	0.042
Somber-Vivid	0.968	0.01	-0.386
Fluctuating Stable			
Luminescence	0.066	0.907	0
Fluctuating Color-Stable Color	-0.01	0.973	-0.192
Grandeur-Dwarf	-0.057	0.07	0.671
Fantastic-Realistic	-0.315	0.016	0.895
Moved-Not Moved	0.057	-0.347	0.895
Contribution rate (%)	23.316	24.277	28.972
Accumulation contribution rate (%)	23.316	47.593	76.565

子分析の結果を光のスペクトル性状に照会すると、1/f ゆらぎの存在は人がオーロラから受ける感性に癒しの影響を及ぼしているものと考えられる。

4. おわりに

本研究は、オーロラの光と人の感性について、オーロラの発光パターンが有する色相のゆらぎを解析するとともに、色相心理と感性情報計測の観点から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。

- ・ オーロラの輝度変動や色相変動には、1/f ゆらぎが存在し、癒し効果の存在することが示された。
- ・ 青紫や黄緑を中心波長帯に持つオーロラには、色相心理学的意味合いからも癒し効果の存在することが示された。
- ・ 人は、オーロラの光や色を美しく幻想的にゆらいだものという認識を持っており、そうしたオーロ

ラに対して神秘的・感動的感情や心地よさを抱いている人が多く見られた。

・ 従来からのオーロラに対する一般的な「神秘」や「美」などの印象に加え、明度・彩度・色相のゆらぎも人に与える印象に大きく寄与している。

文 献

- (1) T, Musya, The Approach of Fluctuation - Approaching the Mystery of 1/f Fluctuation (in Japanese), (1998), p.60 - 64, p.108 - 150, NHK Shuppan,
- (2) T, Musya, The Science of Fluctuation (in Japanese), Vol. 1 ~ 9, (1991~1999), Morikita Shuppan Co., Ltd.
- (3) T, Inagaki. et al, 1/fⁿ Fluctuating Phenomena in the Light Emission Pattern of Firefly and Its Healing Effect, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C, Vol.67, No.657 (2001-5) , pp.365 - 372
- (4) N, Abe. et al, Kansei Estimation on Luminescence of Firefly - The Fluctuating Characteristic of Light Emission Phenomena - , Journal of Japan Society of Kansei Engineering Vol.3, No.1, (2004) , pp.35 - 44
- (5) N, Abe. et al, Kansei Estimation on Luminescence of Firefly - Kansei Information Measurement and Welfare

Utilization, Journal of Japan Society of Kansei Engineering Vol.3, No.2 (2004) , pp.41-50

(6) E, Hoshiba. et al, 1/fⁿ Fluctuating Phenomena in the Hue of Light Emission Pattern of Firefly and Its Healing Effect, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, To be Published

(7) T, Suenaga, Subject-book Color Freedom Free (in Japanese), Syoubunsha, (1994) , p.42 - 49

付 録

- ・ Daniel Osborne , The AURORA EXPLAINED, Geophysical Institute of the University of Alaska Fairbanks
- ・ Cinesell Japan, Inc, Aurora, Nippon Crown Co., Ltd
- ・ TV Asahi Corporation, Aurora Fantasy, Polydor Co., Ltd
- ・ MEXT / JAXA, The Birthplace of Aurora - The Science of Geomagnetosphere , Society for Promotion Space Science
- ・ H, Kadowaki, AURORA Healing Lights, Synforest Inc
- ・ Toshiba EMI, BGV Aurora Travel Finlandia II, Toshiba EMI