光源発光波形の商用電源周波数成分による ちらつき評価

正 会 員 川 上 幸 二* 小久保 哲夫*

Evaluation of Flicker by Analysing Harmonics of Light Output

Kohji Kawakami (Member), Tetsuo Kokubo
(IWASAKI Electric Co., LTD.)

ABSTRACT

Light output of the ordinary discharge lamps operating on A. C. power supply shows cyclic variation similar to A. C. input power, and whose frequency is twice of the A. C. input power.

This variation of light output is called "FLICKER". "FLICKER INDEX" and "PERCENT FLICKER" have been proposed as ideas to evaluate the flicker of light sources. However, they cannot offer accurate evaluation of the flicker, because actual sensibility to the human eye may differ even if they have the same numerical values of evaluation measured under the same measuring conditions.

To increase accuracy of evaluation, "FLICKER BY DISTORTED WAVE" is introduced as new concept. This new method of evaluation is realized by checking the lower harmonic component after harmonic analysis of light output applying "FOURIER SERIES".

We recognize through our repeated experiments that the results evaluated by this "FLICKER BY DISTORTED WAVE" are conformed to actual sensibility of flicker.

1. ま え が き

放電ランプなどが一般の商用電源で点灯される場合に、光源はその周波数（50 または 60 Hz）の 2 倍の周波数で（高周波点灯を除けば）発光を繰り返す。この結果として、光源自身のちらつき（フリッカ）が感じられたり、高速で動くテニスボールなどの視対象がちらついて見えること（ストロボ効果）がある。

このようなちらつきの評価は、ストロボ効果よりもむしろ光源の発光波形に着目したものが多く、フリッカインデックス (FI)¹ やパーセントフリッカ (FP)¹⁾ などが提案されている。しかしながら、これらの評価数値が同じ値であり、観察条件も同一であるにもかかわらず、光源自身のちらつきが感じられたり感じなかったりする場合がある²⁾。このことは、これらの評価法が必ずしも人間の感覚と一致するとはかぎらないことを示している。一方、腰原らは光源発光波形の低周波成分が、ちらつきにおいて重要な因子であることを報告している³⁾。

われわれは腰原らの考えに基づき、光源の発光波形が一種のひずみ波であると考え、発光周波数の 1/2、すなわち商用電源周波数（50 または 60 Hz）成分をフーリエ級数により抽出し、これによる評価値が人間の感覚とよく一致することを実験により見いだした。

2. ちらつきの評価法

2.1 パーセントフリッカ法¹⁾

この方法は、図 1 に示す発光波形モデル $y(t)$ （実線）において最大値 A と最小値 D に着目した評価法であり(1)式にて求まる。

$$PF = \frac{A - D}{A + D} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし PF ：パーセントフリッカ値、 A ：最大値、 D ：最小値
いま、 $y(t)$ の一部が図 1 の点線で示すように、 B 値が $(B - \Delta b)$ 値に C 値が $(C + \Delta c)$ 値に変化し、平均値 (A_0) が一定のままであると仮定すれば、このときのパーセントフリッカ値は、

図 1 光源発光波形モデル

* 岩崎電気㈱

A値およびD値がそのままであるので変化しない。しかし現実的には腰原²⁾が報告しているようにちらつき感覚は変化する。すなわちパーセントフリッカ法では、このような相違を表わすことができないことになる。

2.2 フリッカインデックス法¹⁾

この方法は、発光波形 $y(t)$ の平均値を越える部分の積分値(平均を越える部分の面積)と平均値(発光部分の面積)の比であり、(2)式にて求まる。

$$FI = \frac{\text{面積 I}}{\text{面積 I} + \text{面積 II}} \dots\dots\dots (2)$$

ただし 面積 I : 平均値を越える部分の面積

面積 II : 平均値を下回る部分の面積

FI : フリッカインデックス

いま $y(t)$ が図1の点線と一点鎖線で示すように、A 値が $(A + \Delta a)$ 値に、B 値が $(B - \Delta b)$ 値に、C 値が $(C + \Delta c)$ 値に、D 値が $(D - \Delta d)$ 値に変化し、平均値が一定のままであると仮定すれば、フリッカインデックス値はほとんど変化しない。

すなわちフリッカインデックス法でも、このような相違によるちらつき感覚の差を表わすことができないことになる。

2.3 提案する評価法

一般にひずみ波交流³⁾は、フーリエ級数に展開でき(3)式に示す時間の関数で表わすことができる。

$$y(t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n \cdot \sin(n\omega t + \varphi_n)$$

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T y(t) dt$$

$$A_n = (a_n^2 + b_n^2)^{1/2} \dots\dots\dots (3)$$

$$\tan \varphi_n = a_n / b_n$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \cdot \cos n\omega t \cdot dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T y(t) \cdot \sin n\omega t \cdot dt$$

ただし、 $\omega = 2\pi f$ $f = \frac{1}{T}$

われわれは、発光波形 $y(t)$ の基本周波数を商用電源周波数の $1/2$ ($f = 25 \text{ Hz}$ または $f = 30 \text{ Hz}$) に設定*し、その第2高調波(50 または 60 Hz)成分が全体に占める割合によって、ちらつきを評価する方法を考案した。これを「ひずみ波フリッカ」と呼ぶものとし(4)式に示す。

$$F_{(Hz)} = \frac{A_2/\sqrt{2}}{A_0} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

ただし、 A_0 : 直流成分(平均値)、 A_2 : 第2高調波(商用周波数成分)、 $F_{(Hz)}$: ひずみ波フリッカ値

なお、(Hz) 部分には商用電源周波数を示すものとし、 $A_2/\sqrt{2}$ は第2高調波成分の実効値を表わす。

図2は、実際の光源発光波形とひずみ波フリッカ値を示したものであり、形状の変化と評価値との対応が良いことがわかる。もし図2(a)よりもひずみが少なくなれば、ひずみ波フリッカ値は0に近づくことになり、発光波形は商用電源周波数の2倍(100

c. $F_{(50)} = 5.10$ $\rightarrow t$
図2 発光波形とひずみ波フリッカ値

または 120 Hz) の規則正しい形状になる。このことは、臨界融合周波数(CFF)⁴⁾の研究からも明らかのように、人間の目にはほとんど知覚できないことを示すことになる。

ひずみ波フリッカ値の簡易的な算出法として(5)式を用いることができる。ただし(5)式は図1や図2に示すように電源波形の1周期(50 または 60 Hz)に各々2回生じる発光波形の最大値だけが相異なるものだけ適用すべきである。

$$F_{(Hz)} = \frac{\sqrt{(A-B)^2 + (C-D)^2} / \sqrt{2}}{(A+B+C+D)/4} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

一方、50 Hz と 60 Hz におけるひずみ波フリッカ値は、発光波形が時間軸(t)に対して相似形である場合には、 $F_{(50)} = F_{(60)}$ の関係が成立する。

3. 実験

ひずみ波フリッカ値と人間の感覚量との間に相関関係が存在するか否か、すなわちひずみ波フリッカ法が妥当であるかどうかを検証することを目的に以下に示す実験を行なった。

実験に際して、ちらつき知覚に関する CFF の研究⁴⁾を参考にした。CFF は主に周波数に関係しているのに対し、われわれのひずみ波フリッカは、発光波形のひずみに関係している点で異なる。しかし CFF の研究から明らかにされた視覚生理あるいは視覚心理は、ひずみ波に基づくちらつき現象を知覚の面から検討するに際して、参考になるものと思われるので、その要点を次に示しておく。

(1) 検査光の輝度が高くなるにつれて、CFF は上昇する(Ferry-Poter の法則)。

(2) 検査光の見かけの大きさが増すにつれて、CFF は上昇する(Granit-Harper の法則)。

(3) 網膜位置によって CFF が異なり、これは輝度および見かけの大きさによって複雑に変化する。

(4) CFF は、個人差、年齢、疲労、ストレスなどの影響を受ける。

* フーリエ級数で商用周波数成分を抽出するには、基本周波数を整数倍した高調波周波数と商用周波数とを一致させればよい。われわれは3.1項に示すように測定を商用電源の2サイクルについて行ない、それに基づいて解析を行なった。このため、解析の基本周波数を商用周波数の $1/2$ とし、第2高調波が商用周波数と一致するようにした。

3.1 装 置

評価実験に用いた装置を図3に示す。前面アクリルパネルの発光部分の大きさは $\square 900\text{ mm}$ であり、被験者はその面より約 300 mm 以内の中心に位置する。したがって被験者の視野の大半（半径約 55° ）はパネル面で占められることになる。網膜位置に関係したちらつき感覚の相違がほぼ解消できるものと考えられる。

図3 評価実験用装置

パネル面の輝度調節は、調光用板挿入スペースに、障子紙、ケント紙、アクリル（半乳）、パンチングメタル（孔の大小で2種類）を単独あるいは組み合わせて挿入して行なう方法とした。図4は調光用板を挿入しない場合のパネル面の輝度分布であり、各調光段階においても同程度の均斉度が得られている。なお光源はメタルハライドランプ 400 W （MF 400、相関色温度約 3800 K ）とし水平点灯で用いた。

図4 評価実験用装置、前面パネルの輝度分布の一例
平均 $3,160\text{ cd/m}^2$ 最小/平均 $=0.96$ 、
最大/最小 $=1.08$ （距離 2 m 、マスク 1.0° にて測定）

図5 ちらつき可変装置の基本回路

点灯装置およびちらつき可変装置は、図5に示すものを製作して用いた。これは半導体スイッチング素子（トライアック：TH）にて、電源電圧の正負サイクルごとに導通時点を変えることができるもので、ちらつき可変用ボリュームを動かすことによ

り、平均出力をほとんど変化させることなく、図2に示すようにちらつきを可変させることができる。可変範囲はひずみ波フリッカ値で $0 \sim \text{約}18$ である。

図6 測定および解析演算系

発光波形の測定および解析演算系は図6に示す系統とした。光電管による測光は、図3に示す装置の背面に小孔を設け、光源の直接光とした。これは前面パネルからではパネル面の輝度の低下に伴いストレージオシロの感度を上げなければならず、測定誤差が生じるためである。サンプリングは1周期を商用電源の2倍（ $1/25\text{ sec}$ 、または $1/30\text{ sec}$ ）に設定し、その区間を200分割している。ひずみ波フリッカ値は、この200個/周期のデータをストレージオシロから直接パソコンに取り込み解析演算させ求める。

3.2 方 法

実験Iは次に示す手順に従って両眼視で行なった。

- (1) 被験者は検査光を与えるパネル（図3）の前に座り、約1分間その輝度に順応する。
- (2) 練習として検査光のちらつきを最大から最小まで可変し、ちらつきが図7の категорияに分けられることを示す。それが十分認識できるまで練習する。

図7 実験の категория

図8 実験の順序

- (3) 図8に示す順序を1サイクルとして、各 категорияであると感じるまで被験者自身にちらつきの程度を調節させ、そのときのひずみ波フリッカ値を測定する。

- (4) 検査光の輝度をかえ、同様の手順で実験を行なった。検査

光の輝度は次の7段階とした。検査光（パネル面平均）輝度；3160, 1850, 973, 457, 263, 156, 96.0 (cd/m²)。

実験環境は検査光以外の光が無視できる暗室とし、電源は50 Hz 200 V とした。被験者は 図 9 に示す構成の男女31名とした。

男: 16名, 平均36.9歳 女: 15名, 平均25.9歳 全平均31.5歳

図 9 被験者の年齢構成

実験Ⅱは、電源周波数 60 Hz 時のひずみ波フリッカ値と感覚量との関係を予想することを目的に、実験Ⅰと同様の実験を行なった。

ここでは被験者を3名（男性34歳, 35歳, 39歳）選定し、検査光輝度2段階（1850, 457 cd/m²）について、50 Hz の場合と 60 Hz の場合とを各々実験サイクル（図 8）で2サイクル行なうものとした。

これにより同じカテゴリーとする 50 Hz, および 60 Hz のひずみ波フリッカ値の相関をとり 60 Hz 時の感覚量を推定する。

4. 結 果

4.1 データの分布

実験Ⅰによって得られたデータは、ひずみ波フリッカ値のどのような間隔（等差級数的、等比級数的その他）に対して正規分布するかが重要である。検査光輝度（7段階）とカテゴリー（3段階）の計21種類について、等差級数尺度と等比級数（log）尺度の2方法で整理を行なった。図 10 は検査光輝度 973 cd/m², カテゴリー A の場合について「カテゴリーを満足する確率分布」で示した一例であり、等比級数（log）尺度に対して正規分布をしていると見なしたほうが適切であることがわかる。なお標準偏差は計21種類の分布に対して log 値で0.117～0.288の間となった。

図 10 カテゴリーを満足する確率分布

4.2 検査光輝度との相関

実験Ⅰのデータは、各カテゴリーとも検査光の輝度（パネル面平均輝度）が高くなるに伴い、ひずみ波フリッカ値は小さくなる。

図 11 輝度とひずみ波フリッカ値との相関（性別）

図 11 は、三つのカテゴリーについて検査光の輝度に対するひずみ波フリッカ値の平均値（確率50%）を性別ごとにプロットしたものである。これより女性のほうが男性よりも、ちらつきを感じにくい傾向があると受け止めることもできるが、年齢層の差やデータ数からして明らかに差があるとはいいいがたい。

図 12 輝度とひずみ波フリッカ値との相関（確率50%）

図 12 および 図 13 は被験者全体について集計したもので、各カテゴリーとする確率が50%と75%である。確率75%とは、このときのひずみ波フリッカ値であれば、少なくとも75%の人がそのカテゴリーを満足することを示す。

検査光の輝度とひずみ波フリッカ値との相関は、(6)式を一般式とした場合に非常に良くあてはまる。

図 13 輝度とひずみ波フリッカ値との相関（確率75%）

$$F_{(50)} = a \cdot L^{-0.5} + b \quad \dots \dots \dots (6)$$

ただし、 $F_{(50)}$: 50 Hz のひずみ波フリッカ値, L : 検査光の輝度（パネル面平均輝度）, a, b : 実験定数。

表 1 は、 L を cd/m² としたときの実験定数 a , b および相関

表 1 実験定数と相関係数

		実験定数 a	実験定数 b	相関係数 r
男 (確 率 50%)	A	82.521	2.278	0.996
	B	68.774	1.105	0.998
	C	41.143	0.973	0.997
女 (確 率 50%)	A	97.912	1.921	0.991
	B	76.930	1.235	0.999
	C	64.667	0.581	0.999
全 体 (確 率 50%)	A	89.992	2.105	0.994
	B	72.604	1.167	0.999
	C	51.513	0.810	0.999
全 体 (確 率 75%)	A	79.480	1.272	0.996
	B	53.393	0.845	0.996
	C	34.336	0.596	0.999

A：不快であると感じはじめる
B：気になりはじめる
C：感じはじめる

係数 (r)* を最小自乗法にて求めた値である。図11～図13に示す回帰曲線は(6)式および表 1 に基づいている。

実験状態では、検査光の輝度が被験者の順応輝度にはほぼ等しいと考えられる。すなわち本実験の輝度範囲において、順応輝度が上昇するに伴って、小さなひずみ波フリッカ値まで識別できることが明らかになった。

一般に順応輝度が高くなるに伴い視機能が向上すること、および検査光の輝度が高くなるにつれて、CFFが上昇することから推定すれば、ひずみ波フリッカ値でちらつきの大小を表わし得ると考えられる。すなわち、ひずみ波フリッカ値が小さくなるほどちらつきは知覚されにくくなるといえる。

4.3 カテゴリーの尺度化（等間隔性）

実験カテゴリー（図 7）は序数尺度であるので、等間隔性として取り扱うには、系列範ちゅう法⁶⁾⁷⁾により等間隔尺度に変換する必要がある。

図 14 カテゴリーの尺度モデル

実験 I は、カテゴリー 3 段階について実施したものである。図 14 に示す等間隔尺度への変換モデル図に従って行なった。実験データは、表 2 に示すように刺激（検査光輝度、ひずみ波フリッカ値）を一定としたときのカテゴリーに対するデータ分布に処理し、それを確率に変換した。次にカテゴリー A, B,

* 相関係数 (r) は、変数 x, y 間の相関関係を表わすもので次式で求まる。r は -1 ≤ r ≤ 1 の値をとり、1 または -1 に近いほど相関図上の点が回帰曲線上のまわりに集中していることを示し、r = 0 で相関がないことを示す。

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \cdot S_{yy}}}$$

$$\text{ただし、} S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}, S_{yy} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}, S_{xy} = \sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n},$$

n: サンプル数

表 2 カテゴリーに対するデータ分布（一例）

ひずみ波フリッカ値 カテゴリー		< 2	< 4	< 6	< 8	< 10
検査光輝度						
1,850 cd/m ²	A	6	25	47	56	62
	B	15	45	57	62	—
	C	28	54	61	—	—
	他	34	8	1	0	0
457 cd/m ²	A	0	8	27	44	61
	B	2	24	48	57	62
	C	12	39	54	62	—
	他	50	23	8	0	0
156 cd/m ²	A	0	0	9	15	46
	B	2	4	20	34	57
	C	5	18	34	45	62
	他	57	44	28	17	0

備考 (1) 刺激が一定のとき、各カテゴリーを満足する個数を示す。(図 14 に示す YES の個数)
(2) 他は、カテゴリー C を満足しない個数を示す。(図 14 に示すカテゴリー C の NO の個数)

C 間の距離を S₁ および S₂ としたとき、実験データが正規分布するとの仮定に基づき、距離 S₁, S₂ を求め次の比を得た。

$$S_1 : S_2 = 1.00 : 0.94$$

これより、カテゴリー A, B, C の間隔は、ほぼ等間隔であると考え、表 3 に示す「ちらつきの程度と評価尺度 (M)」を与えた。

表 3 ちらつきの程度と評価尺度

評価尺度	ちらつきの程度
—	感じない
2	感じはじめる
—	感じられる
4	気になりはじめる
—	気になる
6	不快であると感じはじめる
—	不快である
—	ひど過ぎると感じはじめる
—	ひど過ぎる

4.4 評価尺度との相関

検査光の輝度を一定としたときに、ちらつき評価尺度（表 3）とひずみ波フリッカ値との相関の一例を 図 15 に示す。

図 15 評価尺度 (M) との相関 (50 Hz)

これは、(7)式を一般式としたときに非常に良い相関関係が得られた。

$$M = k_1 \cdot \log(F_{(50)}) + k_2 \dots \dots \dots (7)$$

ただし、M：ちらつき評価尺度、F₍₅₀₎：50 Hz ひずみ波フリッ

カ値, k_1, k_2 : 実験定数

図15の実験定数と相関係数は, 確率50%の場合で $k_1=14.682$, $k_2=-6.994$, $r=0.996$, 確率75%の場合で $k_1=10.902$, $k_2=-2.782$, $r=0.992$ となる (最小自乗法)。

この式は Ferry-Porter の法則, あるいは Granit-Harper の法則の一般式と同じであり, ここでは「ひずみ波フリッカ値が増すにつれてちらつき評価尺度が増し, ちらつきが大きくなる」といえる。すなわち, 本実験に用いた輝度範囲においては, 光源の発光波形のひずみに起因するちらつきの程度を表わすのにひずみ波フリッカ値が適用できることが判明した。

4.5 50 Hz と 60 Hz の相関

実験Ⅱは, 50 Hz のひずみ波フリッカ値と 60 Hz のひずみ波フリッカ値との相関を求め, 50 Hz 時の感覚量と等価となる 60 Hz のひずみ波フリッカ値を推定することを目的に実施した。このときの発光波形は時間軸が相違する以外はほぼ相似形であった。

得られたデータは, 各被験者について, カテゴリー, 検査光輝度および周波数ごとに平均値に加工した。図 16 はこれをプロットし最小自乗法にて相関を求めたものである。

図 16 50 Hz と 60 Hz との相関

一般にちらつきは, 周波数が高くなるに伴い知覚されにくくなる。本結果も同様の傾向を示し, (8)式に示すようにほぼ直線相関 ($r=0.962$) が得られた。

$$F_{60} = 1.725 F_{50} + 0.706 \quad \dots\dots\dots(8)$$

ただし, F_{60} : 60 Hz ひずみ波フリッカ値

F_{50} : 50 Hz ひずみ波フリッカ値

図 17 評価尺度 (M) との相関 (60 Hz)
(50 Hz からの推定)

このことは, (8)式にて 60 Hz におけるちらつきの感覚量をほぼ予想することができるものと考えられる。

図 17 は, 図15の 50 Hz 時のデータから(8)式を用いて, 60 Hz のひずみ波フリッカ値と評価尺度との関係を予想したものである。このときの回帰式は(7)式と同様に(9), (10)式で表わせる。

$$M = 15.805 \log(F_{60}) - 12.022 \quad \dots\dots\dots(9)$$

(確率50%, $r=0.996$)

$$M = 12.066 \log(F_{60}) - 6.878 \quad \dots\dots\dots(10)$$

(確率75%, $r=0.993$)

50 Hz 時の感覚量と等価となる 60 Hz のひずみ波フリッカ値は, 50 Hz 時の値の約1.7~1.8倍と推定できる。

5. 考 察

発光波形のひずみに起因するちらつき評価を行なう主要目的は, 実際の施設において種々さまざまな発光波形を有する光源を使用する場合に, ちらつきをどの程度までおさえれば問題がないかを予測することである。すなわち本実験結果から主に次に示す2点の疑問が生じるものと思われる。

- (1) 実験状態と実際の施設との差異はどうであるか。
- (2) 発光波形が図2に示すものよりも複雑な場合にも, ひずみ波フリッカ値と感覚量との関係が一定に保たれるか。

5.1 実験状態と実際の施設との差異

図2に示すような発光波形の光源が, 実際の施設で使用されたと仮定した場合, 実験状態との相違点は主に次のようである。

《実験状態》

検査光輝度と順応輝度とがほぼ等しく, 検査光が被験者の視野の大半を占めている。

《実際の施設》

検査光輝度(光源, 照明器具や被照面)と順応輝度が異なることが多く, 一般に順応輝度のほうが低い場合が多い。また検査光は視野の一部分にしかなく, その位置が種々さまざまである。

一般に明暗の知覚は, そのときの目の感度を代表する順応輝度が高くなるに伴い小さな対比で識別される。また CFF の研究や本実験結果からも明らかなように, 順応輝度が高くなるに伴い小さなちらつきまで知覚されるようになる。

一方, CFF の性質として 100 cd/m² 以上の刺激に対しては, 視野の中心よりも周辺部のほうがちらつきを感じやすいこと, 刺激面が大きくなるに伴い, ちらつきを感じやすいことなどが明らかにされている。

したがって, 実際の施設よりも実験状態のほうが一般的にいてちらつきを感じやすい状況下にあるといえる。すなわち, ひずみ波フリッカ値が等しければ, 実際の施設のほうが知覚されにくいと予想できる。

5.2 複雑なひずみ波形における差異

われわれが提案した評価法の基本式は(3)式である。すなわち, どのように発光波形がひずんでいたとしても, フーリエ級数に展開できる。CFF の研究や本実験結果からも明らかなように, ちらつき知覚は低周波であるほど知覚が容易である。また, 腰原ら⁸⁾も発光波形の低周波成分が, ちらつきにおいて重要な因子であることを報告している。したがって複雑なひずみ波形に対しては, 測定および解析系の周期を長く設定し, その周期を基本としたときの第N次高調波成分(N:整数)まで解析し, 各低周波成分(各高調波成分に相当する)のひずみ波フリッカ値を求め, 各

々がちらつき感覚にどのように寄与するかを研究することによって評価することが可能である。たとえば電源周波数が 50 Hz の場合には、このような方法により 10 Hz、20~100 Hz といった各成分を抽出すればよいことになる。しかしながらデータの解析が非常に複雑になるばかりでなく、その必要性にも疑問の余地がある。

したがって、既存の光源の発光波形がひずむ要因を考察し、どの周波数成分が重要であるかを検討するのが実用的であろう。

光源の発光波形がひずむ原因は、次の 2 点が大きな要因であると推測できる。

- (1) 供給電源に起因するもの
- (2) 光源の発光機構に起因するもの

ここで光源側に問題がないものとするれば、発光波形のひずみは供給電源の周波数的要因によって主に決定づけられる。実用上の光源に対するちらつき知覚は、本実験結果からも明らかにように 100 Hz の規則正しい発光周波数に対しては、まず知覚されない。

したがって供給電源側の変動による要因は、発光周波数の $1/N$ (N : 整数) の周波数的変動として発光波形に現われることになる。

次に光源の発光機構に起因する要因を考察すれば、それは主に二つの電極に起因するもの、蛍光現象に起因するものなどが考えられる。しかしこれらは供給電源側に問題がないものとするれば、少なくとも電源周波数に従って規則正しくひずむはずである。すなわち蛍光波形は、電源周波数の第 N 次高調波 (N : 整数) までが重畳したものとなり、電源周波数よりも低い周波数成分が生じる余地が少ないといえる。

電源側と光源側を複合して考えた場合には、非常に複雑にひずんだ発光波形であったとしても、ちらつき知覚に寄与する低周波成分は、その大部分が商用電源周波数成分であると推定できる。

以上より、われわれは実用上のちらつき評価に関しては、商用周波数成分の抽出だけで十分対応可能であり、評価値がほぼ既存の光源に適用できるものと予測している。

6. ま と め

われわれは光源発光波形を一種のひずみ波であると考え、その商用電源周波数成分の全体に占める割合によって、光源のちらつき評価ができることを見いだした。その主要な結論を次に示す。

(1) 従来の評価法(フリッカインデックスやパーセントフリッカ)で評価できなかった発光波形のひずみに起因するちらつきを、ひずみ波フリッカ値(4式)を考案することにより評価できることが判明した。

(2) ひずみ波フリッカ値が大きくなるに伴い、ちらつきの感覚量が増加する。評価尺度をパラメータとしたときのひずみ波フリッカ値と検査光輝度との相関、検査光輝度をパラメータとしたときのひずみ波フリッカ値と評価尺度との相関を示し、これらの回帰式が(6)式、(7)式で与えられることを示した。

(3) 50 Hz 時と 60 Hz 時において評価尺度が等価となる関係は、(8)式で与えることができることを見いだした。

なお考察の 5.2 項で複雑なひずみ波形に対しても、ひずみ波フリッカ値と感覚量との関係が、ほぼ一定に保たれるとの予測を行った。この問題に対する検証は今後の研究課題としたい。

参 考 文 献

- (1) たとえば, IES LIGHTING HANDBOOK 1981 Reber-ence Volume 8-30
- (2) 腰原, 伊藤, 杉浦: 昭55照学会全国大会30
- (3) 同 上 : 昭56照学会全国大会33
- (4) たとえば, 感覚+知覚ハンドブック 誠信書房(昭44)
- (5) 電気学会大学講座, 電気回路論 電気学会
- (6) J. P. ギルホード: 精神測定法 培風館
- (7) 田中良久: 心理学的測定法 東京大学出版会

(受付1985年2月21日)