



LED 照明のちらつきについて

目次

1. 概要	2
2. ちらつきの発生について	2
3. LED 照明のちらつき規格について	3
4. 評価方法	4
5. 評価結果	5
6. まとめ	14

1. 概要

商用電源周波数の 50/60Hz またはその倍の 100/120Hz 周期で明暗を繰り返す蛍光灯や一部の照明器具ではちらつき(フリッカー)を感じる場合があります。

LED 照明に関しても同様に、組み合わせる LED 駆動電源によってちらつきが発生することがあり、ちらつきの程度によっては目の疲れや気分が悪くなるといった健康被害を引き起こす恐れがあります。またちらつき(光出力)について規制を設けている照明規格もあり、規格の判定基準を満足できていない器具は販売できない恐れもあるため、ちらつき対策は照明器具の設計において重要な項目となります。

しかし、ちらつきの感じ易さは個人差によるところが大きく、また波形形状によっても感じ方は変わるため本アプリケーションノートでは、どのような光出力波形のときにちらつきを感じ易いか評価を行いました。

※本評価結果は LED の性能を示すものではありません。また評価結果は弊社独自の見解であり、器具の性能を保証するものではありません。必ず器具に組み込んだ状態でちらつきに問題なきことをご確認ください。

2. ちらつきの発生について

LED は非常に応答速度の速い素子となっているため、図 1 のように LED の瞬間的な明るさは LED に流れている電流値にほぼ比例して変化します。この明暗の差が大きくかつ周期が長い(周波数が低い)場合、ちらつきを感じ易くなります。ただし、瞬間的な明暗の差が大きい場合でも PWM 調光制御のように高い周波数で明暗を繰り返す場合は人の目では明るさの変化をとらえることができずちらつきを感じることはありません。

安価で簡易的な電源の場合、図 2 のように駆動電源の出力の平滑化が不十分で出力電流の振幅が大きく、周波数も商用電源周波数の倍(100~120Hz)と低いものが多いため、ちらつきを感じやすい傾向にあります。また、意図せずに LED の最大定格電流値を超える可能性もあり、設計には注意が必要となります。

対して図 3 のような十分に平滑化された理想的な電源の場合、光出力は一定でちらつきを感じることはありません。

このように LED 照明におけるちらつきの発生は主に LED を駆動させる電源回路に起因するため駆動電源の選定、設計が重要になってきます。

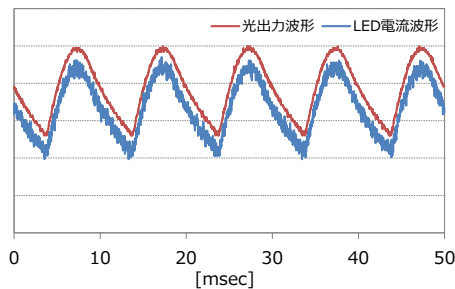


図 1. LED 電流波形と光出力波形

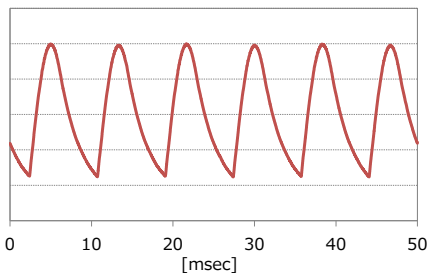


図 2. 電流波形①

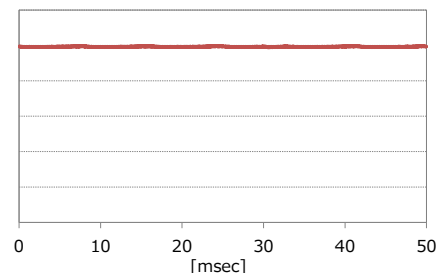


図 3. 電流波形②

3. LED 照明のちらつき規格について

日本国内であれば電気用品安全法(PSE)にて「一般照明に使用するエル・イー・ディー・ランプにあつては、光出力は、ちらつきを感じないものであること」との技術基準が設けられています。

この“ちらつきを感じないもの”については

- (1). 出力に欠落部(光出力のピーク値の 5%以下の部分)がなく、繰り返し周波数が 100Hz 以上であるもの。
- (2). 光出力の繰り返し周波数が 500Hz 以上であるもの。

のいずれかを満たすことと解釈されています。

図 4 の波形では繰り返し周波数が 100Hz かつ最小値がピーク値の 80%となり上記の(1)を満足しますが、図 5 では欠落部の発生かつ周波数も 500Hz 以下なので(1)、(2)ともに満足できていません。よって図 5 の出力特性を持つ LED 照明器具は電気用品安全法の要求基準に対し不適合と判断されます。

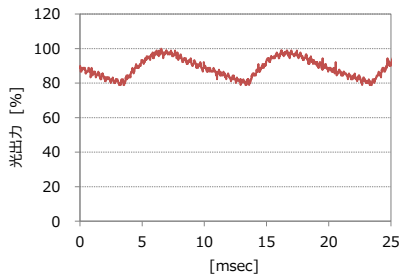


図 4. PSE 適合波形例

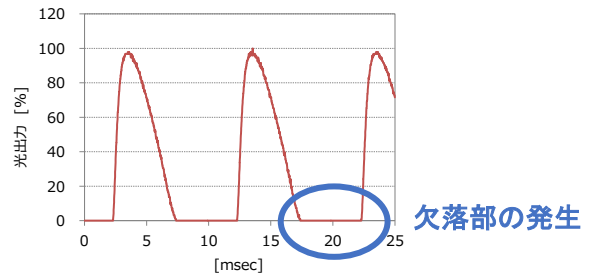


図 5. PSE 不適合波形例

また、ちらつき(フリッカー)を表す指標としてパーセントフリッカーおよびフリッカーインデックスというパラメータがあります。国際エナジースタープログラム(Energy Star)では許容値としての最大、最小値を規定してはいませんが、これらの値を測定しレポートとして記録しておく必要があります。

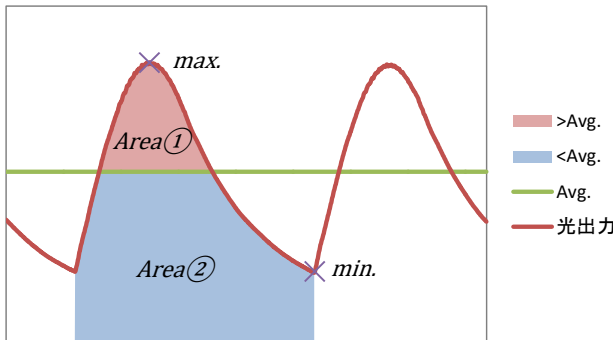


図 6. パーセントフリッカーおよびフリッカーインデックス

パーセントフリッカー

$$= 100 \times \frac{\max - \min}{\max + \min} [\%] \quad (\text{式 1})$$

フリッカーインデックス

$$= \frac{\text{Area ①}}{\text{Area ①} + \text{Area ②}} \quad (\text{式 2})$$

※ Area ①: 平均値よりも大きい部分の曲線面積

Area ②: 平均値よりも小さい部分の曲線面積

パーセントフリッカーは(式 1)で算出され、光出力波形の最大値と最小値の変化幅の割合となります。0~100%の値をとり、値が小さいほどちらつきは小さくなり(0%で完全な直流波形)、値が大きくなるほどちらつきは大きくなります(100%で不点灯状態が存在する波形)。

フリッカーインデックスは(式 2)で算出されます。光出力の全曲線面積に対して光出力の平均値よりも大きい部分の曲線面積の割合となり、0~1 の値をとります。こちらも値が小さいほどちらつきの小さな波形となります。

ただし、いずれのパラメータも周波数成分は考慮されないため、値が大きいかからといって確実にちらつきが発生するというわけではありません。(欠落部のある、パーセントフリッカー100%の波形でも繰り返し周波数が数千 Hz 以上であればちらつきを感じません)

4. 評価方法

4.1. 光出力検出器

評価にあたり、光出力波形を観察するための測定器が必要になります。照度計を使用する場合、測定する光出力の周波数が測定可能な照度計を使用し、照度計からのアナログ出力をオシロスコープに取り込むことで光波形の測定が可能となります。他にも、フォトダイオードなどの受光素子と信号増幅用のアンプから構成された簡易的な光検出回路を使用する方法もあります。この場合も波形を表示させるためのオシロスコープは必要となります。

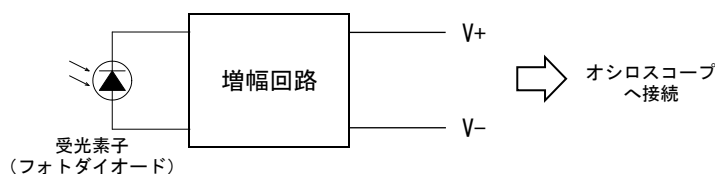


図 7. 光検出回路例

4.2. 評価方法

図 8、9 に示す構成にて LED 駆動電源の出力電流を変化させたときの光出力波形の測定、およびちらつきの確認を行います。供給電源の周波数を 50~500Hz で可変し、周波数によるちらつきの変化を確認します。(LED 駆動電源内のブリッジダイオードで整流されるため出力波形の繰り返し周波数は倍の 100~1kHz として現れます。)また LED 駆動電源の出力平滑用コンデンサの容量を増減させることで、波形の振幅の変化に対するちらつきを確認します。

各波形条件にて光出力波形の最大値を 100%とした時の最小値、パーセントフリッカー、フリッカーインデックスを算出し測定波形におけるちらつきのパラメータを確認します。また、直接発光部を見た場合や照射下において文字を書くなどの一般的な動作、素早く手を振るといった動作を行った時のちらつきの感じ方を官能的に評価します。

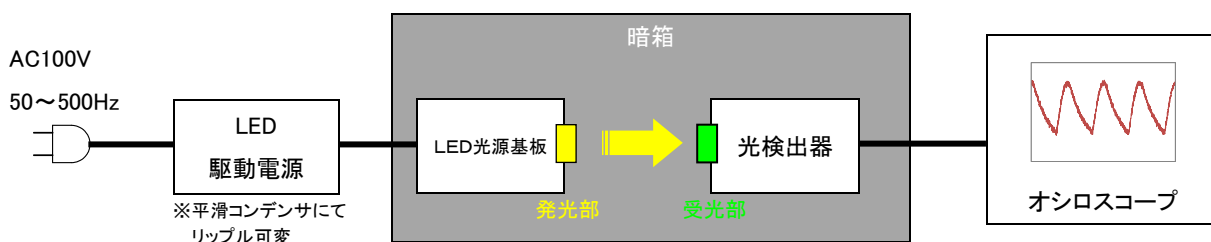


図 8. 評価方法(光波形測定)

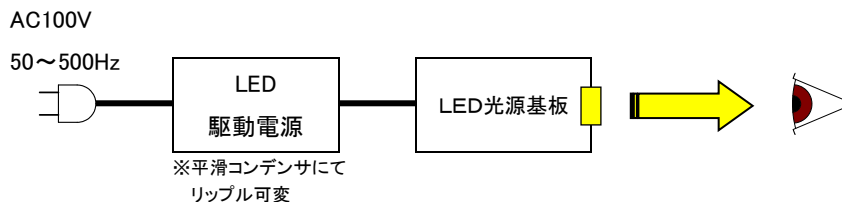


図 9. 評価方法(官能評価)

5. 評価結果

5.1. 光波形測定およびちらつきの官能評価

5.1.1. 繰り返し周波数: 100Hz

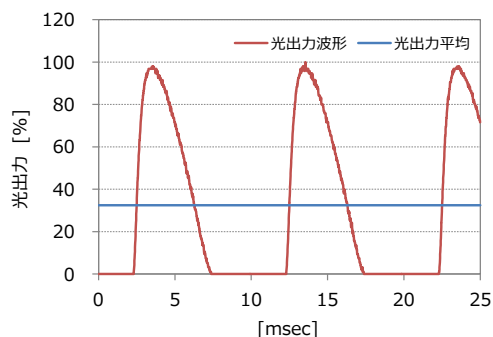


図 10. 100Hz-波形①

最小レベル: 0 [%]
 パーセントフリッカー: 100 [%]
 フリッカーインデックス: 0.55
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じる

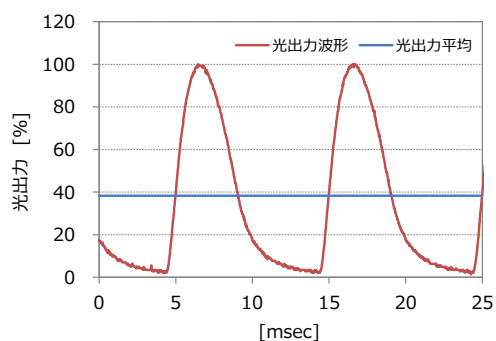


図 11. 100Hz-波形②

最小レベル: 1 [%]
 パーセントフリッカー: 97 [%]
 フリッカーインデックス: 0.42
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じる

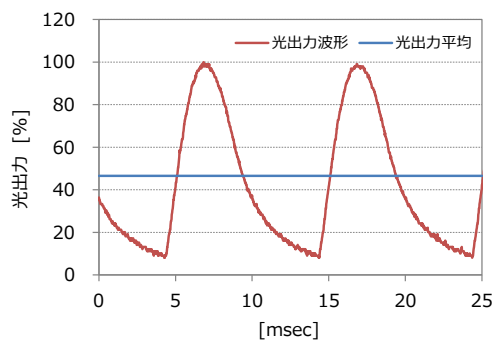


図 12. 100Hz-波形③

最小レベル: 8 [%]
 パーセントフリッカー: 85 [%]
 フリッカーインデックス: 0.30
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じる

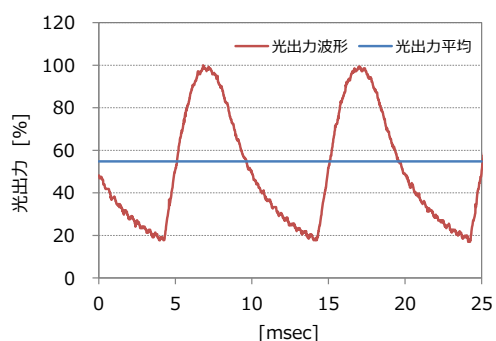


図 13. 100Hz-波形④

最小レベル: 17 [%]
 パーセントフリッカー: 71 [%]
 フリッカーインデックス: 0.22
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じる

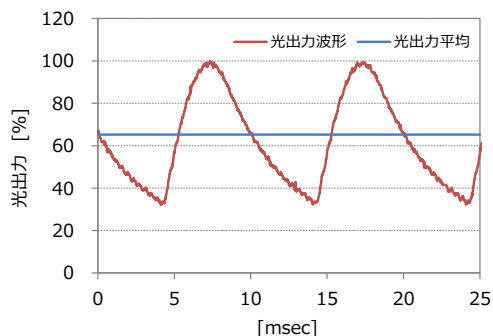


図 14. 100Hz-波形⑤

最小レベル: 32 [%]
 パーセントフリッカー: 51 [%]
 フリッカーインデックス: 0.15
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

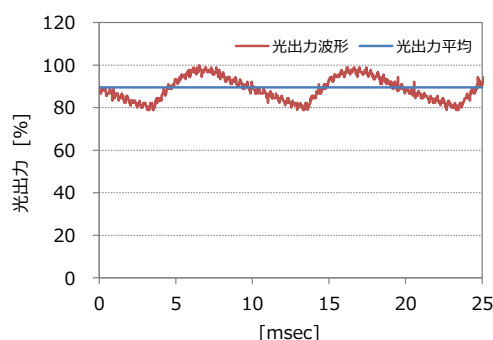


図 15. 100Hz-波形⑥

最小レベル: 78 [%]
 パーセントフリッカー: 13 [%]
 フリッカーインデックス: 0.03
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

5.1.2. 繰り返し周波数: 150Hz

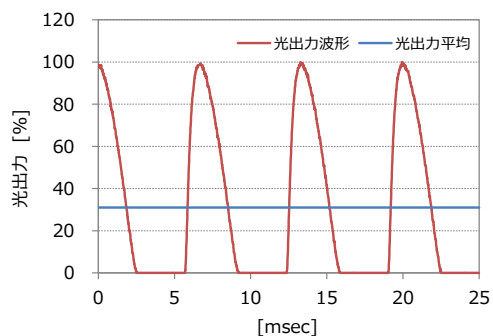


図 16. 150Hz-波形①

最小レベル: 0 [%]
 パーセントフリッカー: 100 [%]
 フリッカーインデックス: 0.55
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じる

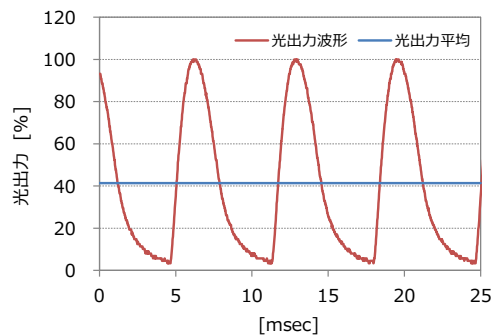


図 17. 150Hz-波形②

最小レベル: 3 [%]
 パーセントフリッカー: 93 [%]
 フリッカーインデックス: 0.38
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じる

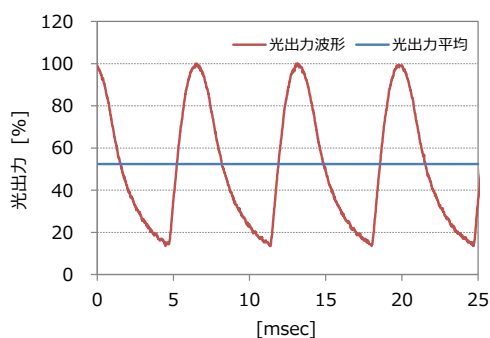


図 18. 150Hz-波形③

最小レベル: 14 [%]
 パーセントフリッカー: 76 [%]
 フリッカーインデックス: 0.25
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じる

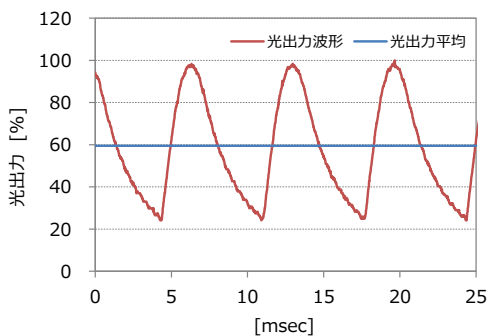


図 19. 150Hz-波形④

最小レベル: 24 [%]
 パーセントフリッカー: 61 [%]
 フリッカーインデックス: 0.18
 ちらつき官能評価: 素早い動きでちらつきを感じる

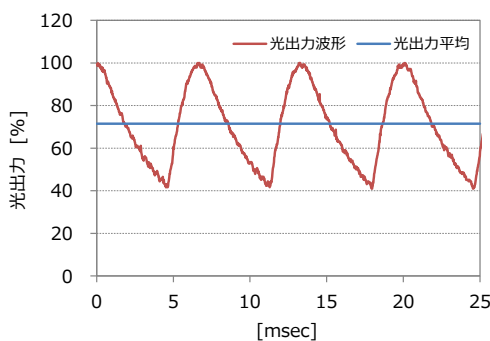


図 20. 150Hz-波形⑤

最小レベル: 41 [%]
 パーセントフリッカー: 42 [%]
 フリッカーインデックス: 0.11
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

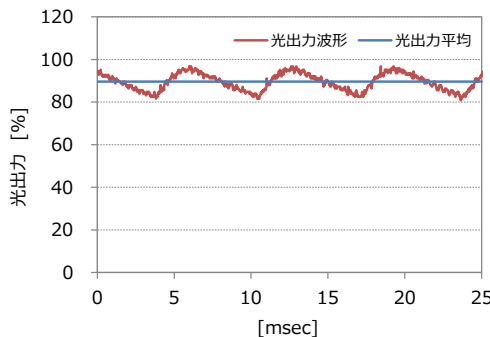


図 21. 150Hz-波形⑥

最小レベル: 81 [%]
 パーセントフリッカー: 11 [%]
 フリッカーインデックス: 0.02
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

5.1.3. 繰り返し周波数: 300Hz

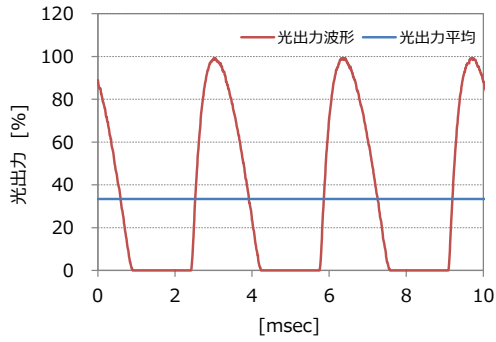


図 22. 300Hz-波形①

最小レベル: 0 [%]
 パーセントフリッカー: 100 [%]
 フリッカーインデックス: 0.53
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じる

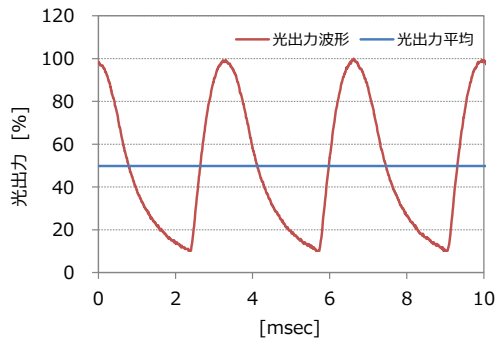


図 23. 300Hz-波形②

最小レベル: 10 [%]
 パーセントフリッカー: 81 [%]
 フリッカーインデックス: 0.28
 ちらつき官能評価: 素早い動きでちらつきを感じる

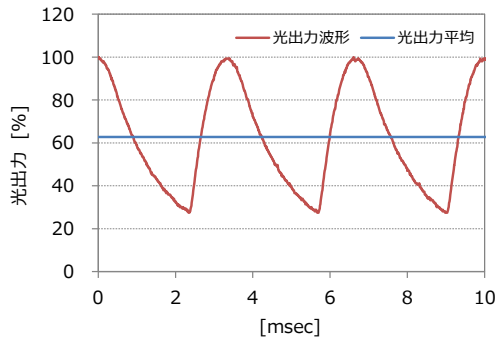


図 24. 300Hz-波形③

最小レベル: 26 [%]
 パーセントフリッカー: 59 [%]
 フリッカーインデックス: 0.17
 ちらつき官能評価: 素早い動きでちらつきを感じる

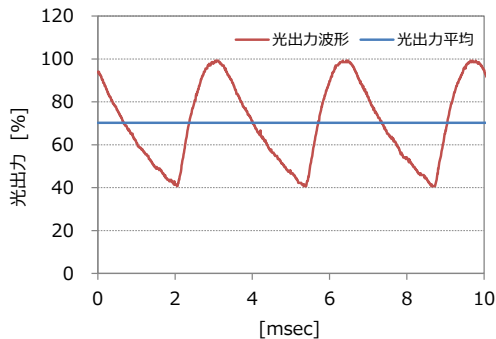


図 25. 300Hz-波形④

最小レベル: 40 [%]
 パーセントフリッカー: 43 [%]
 フリッカーインデックス: 0.12
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

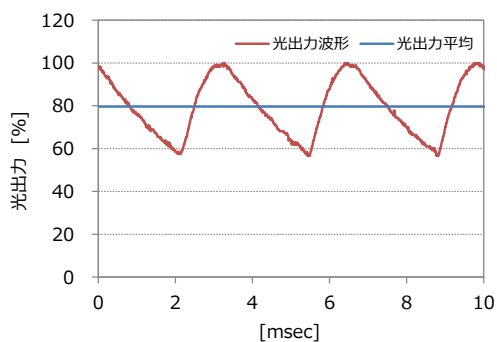


図 26. 300Hz-波形⑤

最小レベル: 57 [%]
 パーセントフリッカー: 28 [%]
 フリッカーインデックス: 0.07
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

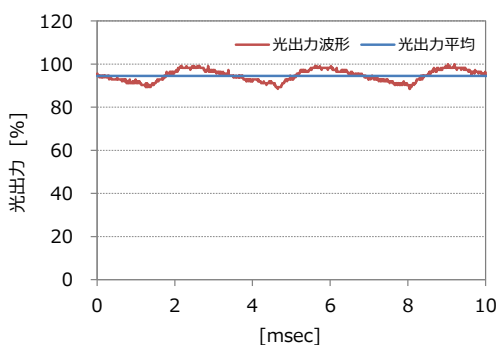


図 27. 300Hz-波形⑥

最小レベル: 89 [%]
 パーセントフリッカー: 6 [%]
 フリッカーインデックス: 0.01
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

5.1.4. 繰り返し周波数: 500Hz

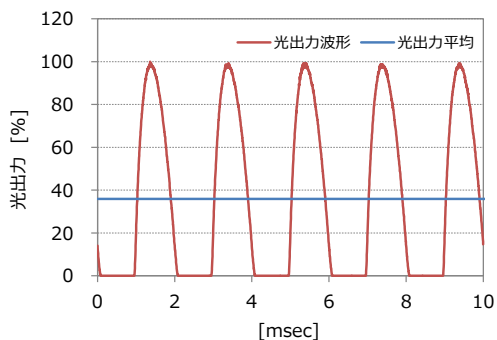


図 28. 500Hz-波形①

最小レベル: 0 [%]
 パーセントフリッカー: 100 [%]
 フリッカーインデックス: 0.51
 ちらつき官能評価: 素早い動きでちらつきを感じる

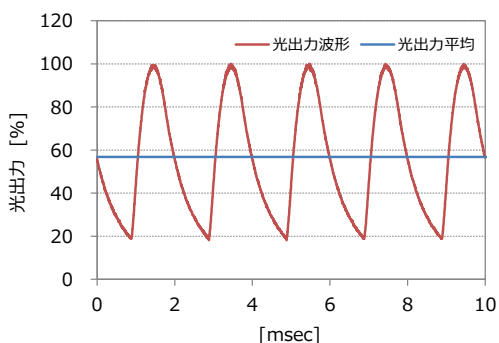


図 29. 500Hz-波形②

最小レベル: 18 [%]
 パーセントフリッカー: 69 [%]
 フリッカーインデックス: 0.22
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

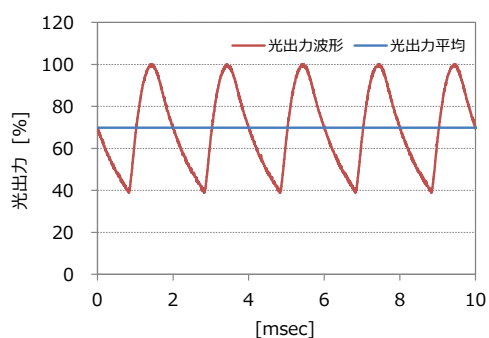


図 30. 500Hz-波形③

最小レベル: 39 [%]
 パーセントフリッカー: 44 [%]
 フリッカーインデックス: 0.13
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

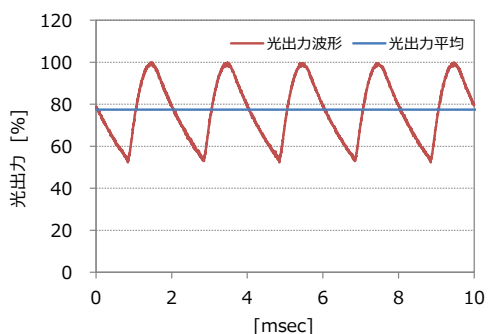


図 31. 500Hz-波形④

最小レベル: 52 [%]
 パーセントフリッカー: 31 [%]
 フリッカーインデックス: 0.08
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

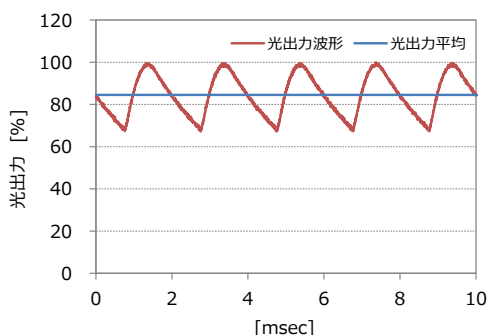


図 32. 500Hz-波形⑤

最小レベル: 67 [%]
 パーセントフリッカー: 20 [%]
 フリッカーインデックス: 0.05
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

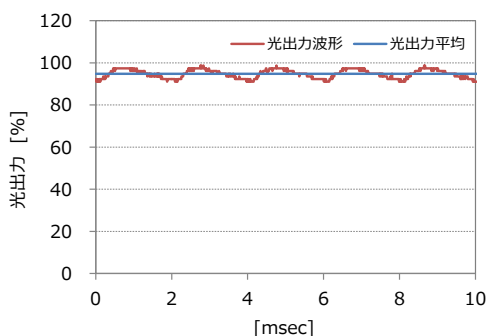


図 33. 500Hz-波形⑥

最小レベル: 91 [%]
 パーセントフリッカー: 5 [%]
 フリッカーインデックス: 0.01
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

5.1.5. 繰り返し周波数: 1kHz

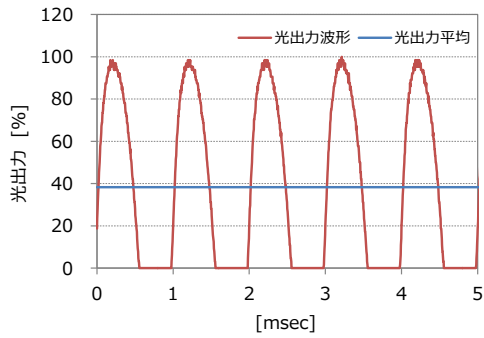


図 34. 1kHz-波形①

最小レベル: 0 [%]
 パーセントフリッカー: 100 [%]
 フリッカーインデックス: 0.48
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

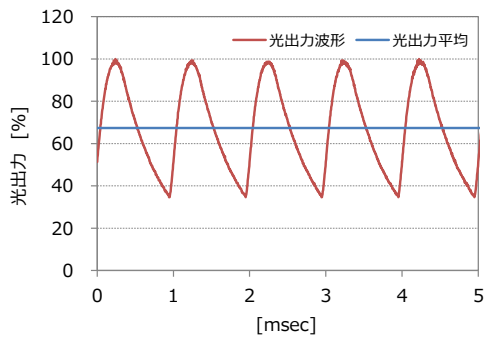


図 35. 1kHz-波形②

最小レベル: 35 [%]
 パーセントフリッカー: 49 [%]
 フリッカーインデックス: 0.14
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

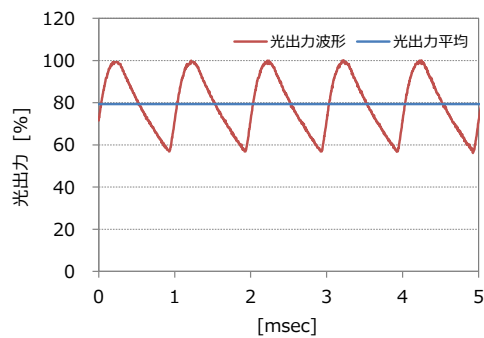


図 36. 1kHz-波形③

最小レベル: 56 [%]
 パーセントフリッカー: 28 [%]
 フリッカーインデックス: 0.08
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

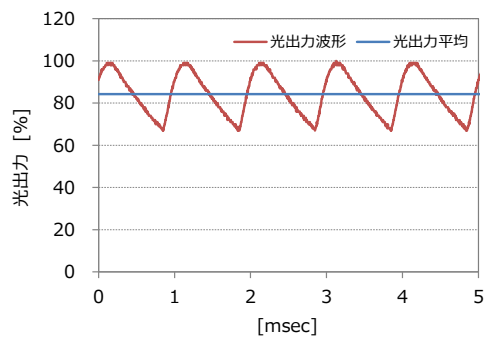


図 37. 1kHz-波形④

最小レベル: 67 [%]
 パーセントフリッカー: 20 [%]
 フリッカーインデックス: 0.05
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

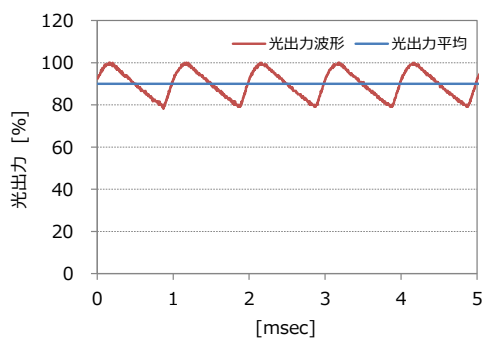


図 38. 1kHz-波形⑤

最小レベル: 78 [%]
 パーセントフリッカー: 12 [%]
 フリッカーインデックス: 0.03
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

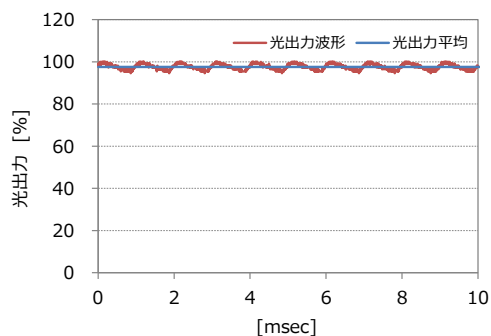


図 39. 1kHz-波形⑥

最小レベル: 95 [%]
 パーセントフリッカー: 3 [%]
 フリッカーインデックス: 0.01
 ちらつき官能評価: ちらつきを感じない

5.2. ちらつき官能評価まとめ

5.1. で測定した各波形に対するちらつきの官能評価結果を図 40~42 に示します。

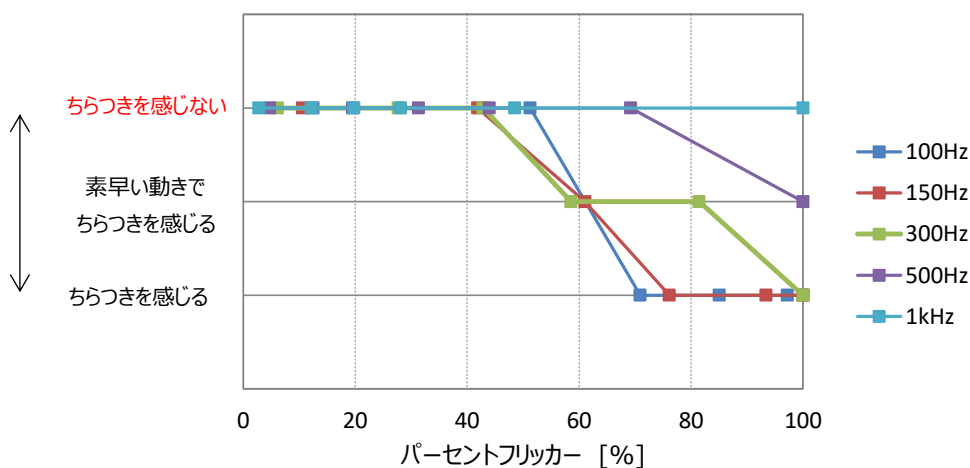


図 40. パーセントフリッカーとちらつきの関係

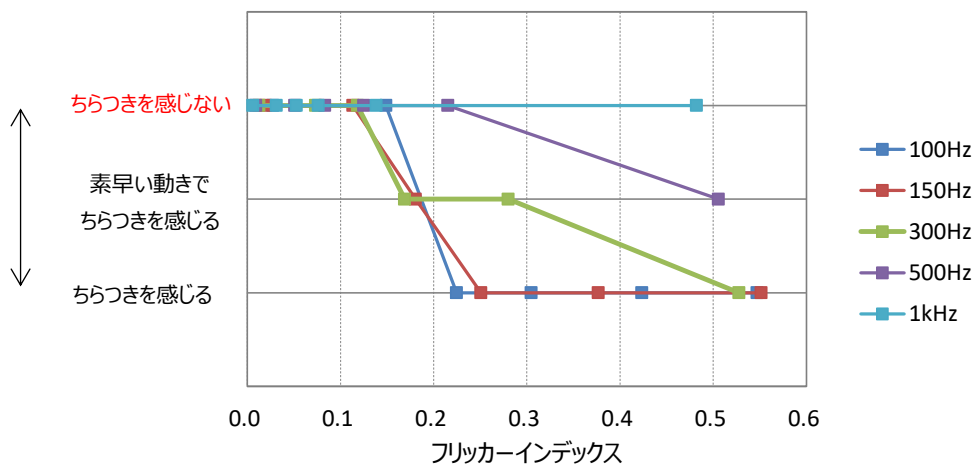


図 41. フリッカーインデックスとちらつきの関係

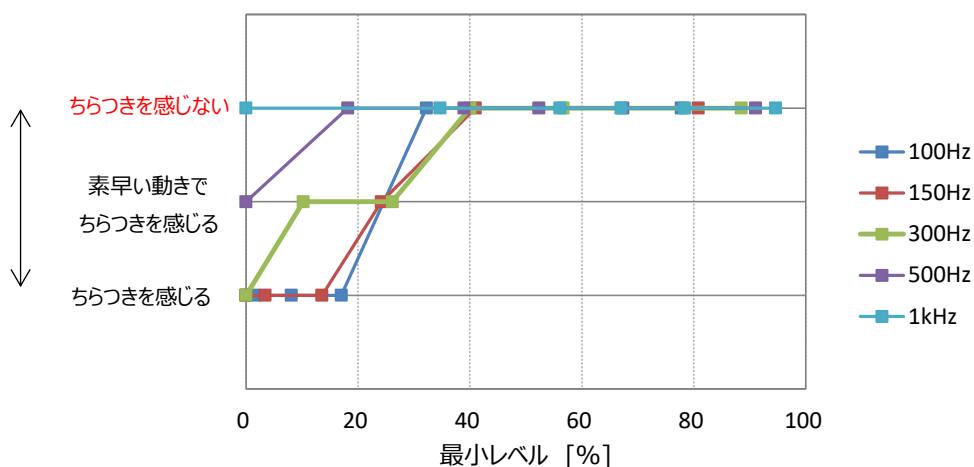


図 42. 波形の最小レベルとちらつきの関係

図 40 よりパーセントフリッカーが 40%以下、図 41 よりフリッカーインデックスが 0.1 以下において 100Hz 以上のいずれの繰り返し周波数においてもちらつきを感じないという結果になりました。周波数に関しては高くなるほどちらつきを感じにくくなり、1kHz になるとパーセントフリッカー、およびフリッカーインデックスの値に関わらずちらつきを感じなくなるという結果になりました。

また図 42 より波形の最小値がピーク値の 40%以上でいずれの繰り返し周波数においてもちらつきを感じないという結果になりました。電気用品安全法では「繰り返し周波数が 100Hz以上かつ、最小値が 5%以上」で“ちらつきを感じないもの”との基準がありますが、今回の評価ではこの基準を満たす光出力波形であっても、ちらつきを感じる可能性があるという結果になっています。

なお、パーセントフリッカーは波形の最小値・最大値のみで算出されるため、パーセントフリッカーと波形の最小レベルとの間には図 43 の関係が成り立ちます。

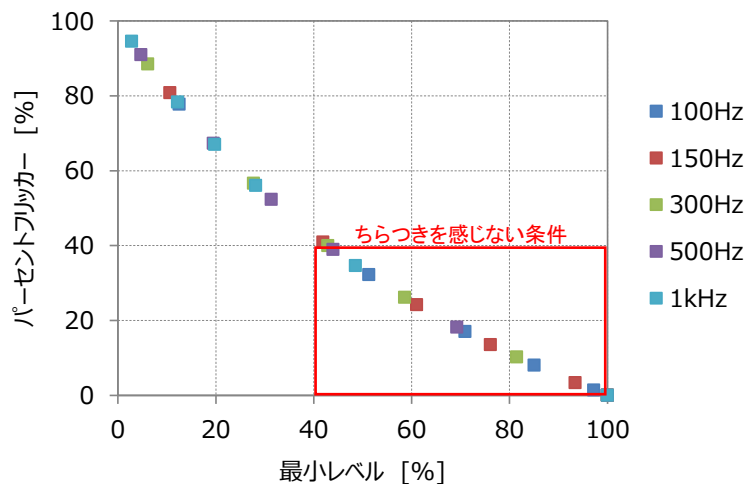


図 42. 波形の最小レベルとパーセントフリッカーの関係

6. まとめ

本アプリケーションノートでは光出力波形の振幅や周波数を変化させたときのちらつきの感じ方を評価しました。ただし今回の評価結果は測定者の主観かつ限られた条件における評価のため、測定者や周囲環境、光出力(デューティー比の違うものや矩形波、三角波などの特殊な波形形状)によっては本アプリノートの評価結果と一致しない場合があります。

必ずお客様が使用される灯具、LED 駆動電源においてちらつきに問題のないことをご確認ください。

<免責事項>

本書は、弊社が管理し提供している参考技術文書です。
本書を利用される場合は、以下の注意点をお読みいただき、ご了承いただいたうえでご利用ください。

- ・ 本書は弊社が参考のために作成したものであり、弊社は、本書により何らの保証をも提供するものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報は、製品の代表的動作および応用例を示したものであり、その使用に関して、弊社および第三者の知的財産権その他の権利の保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報については正確を期すべく注意を払っておりますが、弊社は当該情報の完全性、正確性および有用性を一切保証するものではありません。また、当該情報を利用、使用、ダウンロードする等の行為に関連して生じたいかなる損害についても、弊社は一切の責任を負いません。
- ・ 弊社は、本書の内容を事前あるいは事後の通知なく変更する場合がありますのでご了承ください。
- ・ 本書に記載されている情報等に関する著作権およびその他の権利は、弊社または弊社に利用を許諾した権利者に帰属します。弊社から事前の書面による承諾を得ることなく、本書の一部または全部をそのままあるいは改変して転載、複製等することはできません。

日亜化学工業株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

774-8601 徳島県阿南市上中町岡491番地

Phone: 0884-22-2311 Fax: 0884-21-0148