



擬似夜明け療法のための効果的照明方法の検討と装置開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-03-26 キーワード (Ja): キーワード (En): Dawn simulation, Light therapy apparatus 作成者: 湯浅, 友典, 三浦, 淳, 千葉, 武雄, 佐々木, 春喜, 相津, 佳永 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/2836

擬似夜明け療法のための効果的照明方法の検討と装置開発

湯浅 友典^{*1}, 三浦 淳^{*2}, 千葉 武雄^{*3}, 佐々木 春喜^{*2}, 相津 佳永^{*1}

Development of light therapy apparatus using dawn simulation

Tomonori YUASA^{*1}, Jun MIURA^{*2}, Takeo CHIBA^{*3}, Haruki SASAKI^{*2}, Yoshihisa AIZU^{*1}

(原稿受付日 平成 25 年 6 月 28 日 論文受理日 平成 26 年 1 月 24 日)

Abstract

Patients of sleep disorder and depression are increasing every year, and it has become a serious social problem. Although medication is effective in these illnesses, there are side effects. Therefore, the light therapy without critical side effects is effective. However, the apparatus which can treat appropriately is not in a market. Then we developed the new light therapy apparatus using dawn simulation. You can obtain the stable illuminance irrespective of direction and position of the face under sleep by using this apparatus. Clinical efficacy evaluation of this apparatus is described elsewhere in this proceeding.

Keywords : Dawn simulation, Light therapy apparatus

1 はじめに

高ストレス社会と呼ばれる現代、睡眠障害やうつ病の罹患者の増加が社会問題となっている。これらの治療には睡眠導入剤や抗うつ剤などを用いた薬物療法が一般的である。しかし、罹患者が精神的に不安定な場合、薬物の過剰摂取などにより抑制が外れ、自殺衝動を起こすといった副作用も更なる問題となっている。

そこで重篤な副作用がほとんどみられない、光を用いた療法が注目されている。光を用いた療法には大きく分けて高照度光療法⁽¹⁾と擬似夜明け光療法⁽²⁾の 2 種類があり、この光療法の原理を用いた装置がいくつか国内外で市販されている。しかし、現在市販されている小型の擬似夜明け光治療装置は、パネルやスタンドライトの様な形状の物が多く、照明の照射方向が一方向からに限られるため、利用者が使用中に照明の方向に顔を向け続けなければ、光治療に必要な照度を安定して得ることができないなどの問題点がある。

本研究では装置の設置が容易で、しかも利用者の睡眠中の顔の向きや位置に依存せず、常に安定した照度が利用者の目元に照射される照明方法の検討と、装置の開発を行った。

2 擬似夜明け光療法の原理

擬似夜明け光療法は、起床時刻のおよそ 3 時間前から夜明けの太陽光のように、照度が徐々に明るくなる状態を模擬して白色の照明光を利用者の目元に照射する光療法である。Fig.1 に Terman and Terman の報告⁽³⁾に従い、北緯 45 度地域のある年の 5 月 5 日の夜明けの照度の測定例を示す。0 ルクスから 250 ルクスまで、およそ 3 時間かけて徐々に照度が増加していることがわかる。一方の高照度光療法は、照度 10,000 ルクスの白色光を 30 分間利用者の瞳孔に照射し続ける。擬似夜明け光療法で用いる照度は最大でも 250 ルクスまでで、しかも就寝中なので閉じた瞼に照射するなど高照度光療法と比べてかなり低照度の光を用いるが、同等の効果が得られると報告がなされている⁽³⁾。

Table 1 に生活環境における照度の例を示す。表からも 250 ルクスが低い照度であることがわかる。

*1 室蘭工業大学 もの創造系領域

*2 室蘭工業大学 ひと文化系領域

*3 株式会社ブラウシッパ

両光療法の目的は、睡眠状態から覚醒状態への意識レベルの切り替えの促進で、昼は覚醒度が高く活動的な状態、夜は覚醒度が低く深い睡眠状態にスムーズに移行できる様に生体リズムを改善することによって、睡眠障害やうつ病などの疾患の改善を図るものである。よって、睡眠障害の一つである時差ボケなどの改善にも光療法は有効である。

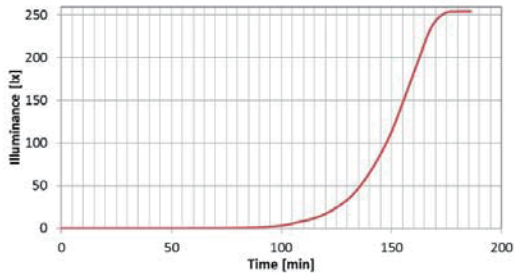


Fig.1 Illuminance transition of dawn light.

Table 1 Relation between condition and illuminance.

Condition	Illuminance (lux)
Fine weather in summer	100,000
Shaded area of fine weather	10,000
Cloudy weather	5,000
Shop	1,000 ~ 2,000
Office	300 ~ 800

3 照度測定用マネキンヘッドの作成

利用者の眼球部に照射される光の照度を計測するため、Fig.2 に示す照度測定用マネキンヘッドを作成した。平均的な人の頭の大きさを模擬したマネキンヘッドの目の部分をカットし、左右の眼球の位置に、2 台の照度計（三和電機計器株式会社製 LX2）の受光部が配置されるように取り付けた。受光部の間隔は、AIST 人体寸法データベース⁽⁴⁾の瞳孔間隔の平均値を参考に、60 mm とした。また、睡眠時の状態を再現するため、横を向いて枕の上に頭をのせた時の高さを 70 mm に設定し、その状態を再現できるようにマネキンヘッドを回転台に取り付けた。そしてマネキンヘッドの首の中心部に回転軸用のボルトを差し込み、底部に回転軸と中心位置を合わせて分度器を取り付けた。これにより任意の角度に顔を向けた際の目元の照度を測定することが可能となる。以降、照明装置開発時における照度の測定には、本マネキンヘッドを用いて行った。

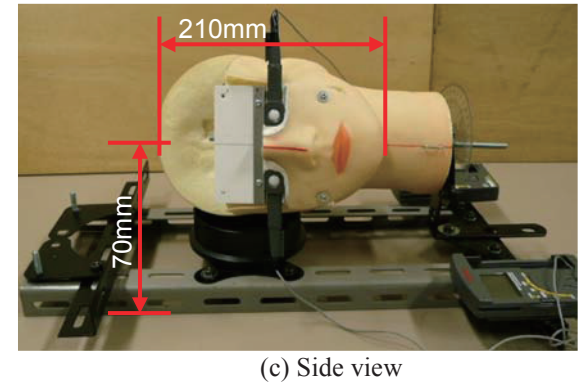
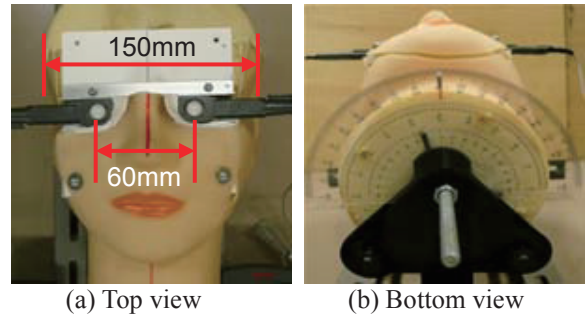


Fig.2 Mannequin head.

4 市販の擬似夜明け光治療装置

現在市販されている擬似夜明け光治療装置の例を Fig.3 に示す。(a)は PALMWIT 社製のドクターライト、(b)はヘリオメディコ・ジャパン社製の LED モーニングライトである。以下装置 A と装置 B と呼称する。両装置共に光源には高輝度白色 LED が用いられており、発熱量を抑えつつ小型でも十分な照度が得られるように設計されている。



Fig.3 Commercially apparatuses.

両装置を使用する場合、就寝中に適切な照度が得られる位置に装置をそれぞれ設置する。基本的

には顔の横に設置して、横から照明するが、装置 B は壁に取り付けて上から照明することも可能となっている。装置 A は設定起床時刻の 45 分前から照度が 0 ルクスから徐々に上昇し、設定時刻には照度が最大の 250 ルクスとなる。Fig.4 は装置 A を顔の横 500 mm の位置に置き、顔を装置の方に向けた場合を基準角度 0°とし、真上に向けた場合を 90°、装置と反対方向に向けた場合を 180°と設定した時のそれぞれの向きにおける時間経過と照度の関係を測定した結果である。グラフより、照明の照度が 250 ルクスとかなり低いため、照明の方向に顔を向けていなければ、目元に照射される光量はほぼ 0 ルクスで、ほとんど変化しないことがわかる。

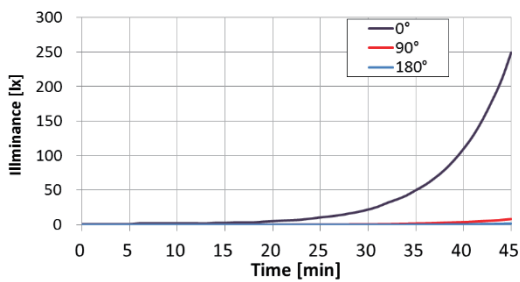


Fig.4 Relation between face direction and illuminance.

5 今回製作した擬似夜明け光治療装置

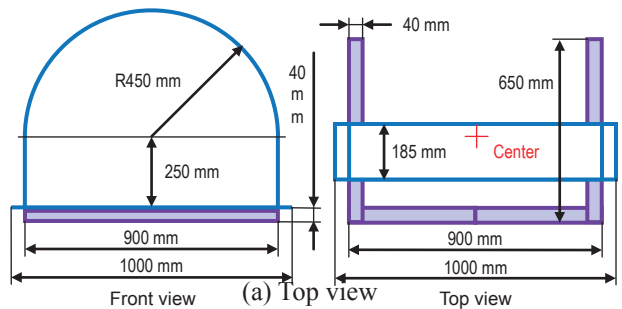
5.1 装置の構造

市販の装置では前節で述べたように、顔の向きによっては光治療に必要な照射光量が得られないという問題点を改善するため、利用者の顔の向きに依存することなく、設定した照度が利用者の目元で得られるように、Fig.5(a)に示す様な照明部がアーチ型の形状をした装置を製作した。装置下部に取り付けたコの字型の可動式アングルを、マットレスの上またはベッドのフレームに固定し、アーチ状照明部の底面に敷き布団をかぶせるだけでFig.5(b)に示す様に簡単に装置を設置することが可能となっている。

アーチ状照明部の底辺の長さは、シングルサイズのベッドの大きさを考慮し 900 mm とした。また、底部からアーチの最高点までの高さは、AIST 人体寸法データベースの座高の平均値 900 mm から、アーチ状照明部の真下に頭を置いて仰向けになった人が、腰を起点に起き上がる際、頭部がアーチに衝突する高さを計算すると 570mm となるので、余裕を持って 700 mm とした。さらにアーチ部の材質

には、利用者が誤って衝突しても大きなダメージを受けない安全対策と、運搬時の軽量化を図るため FRP を用いた。アーチ部の幅は LED の取り付けを考慮して 185 mm とした。

アーチ部には頭が上下方向にずれても適切な照度が得られるよう、Fig.6 に示す様に幅 10 mm のテープ状の LED を 150 mm の間隔をあけて 2 本取り付け付けた。テープには照度 2,350 mcd の白色 LED が 50 mm 間隔に 3 個配置されている。アーチ部には長さ 1,900 mm の LED テープを 2 本取り付け付けたので、およそ 230 個の LED が配置されていることになる。



(b) Example of use

Fig.5 New light therapy apparatus.

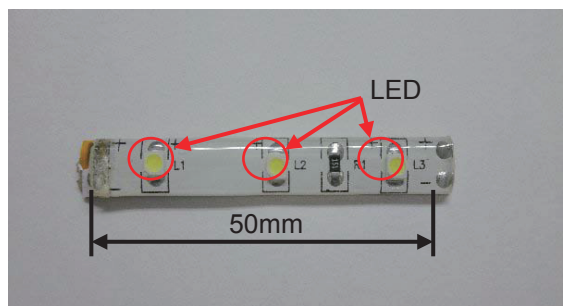


Fig.6 LED tape.

また、アーチの左右と上下では光源と目元までの距離が異なるため、Fig.7 に示す様に 3 種類の拡散板をアーチ部に取り付けることで角度による照度差を調節した。PS-1 は白色度の高い拡散板で、照度が高くなりすぎる位置の照度を抑さえるために用いた。PS-10 は透明度の高い拡散板で、左右の

立ち上がりの位置で、照度が不足することを防ぐために用いた。HP-1 は乳白色の拡散板で、アーチ部からの光量が均一になるように用いた。

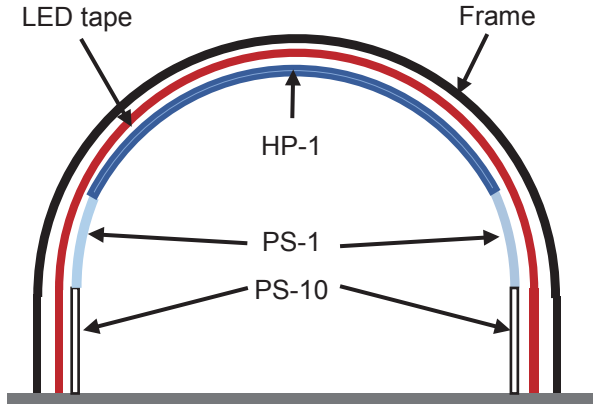


Fig.7 Position of diffusion plates.

本装置を用いた場合の、顔の向きと照度の関係を Fig.8 に示す。顔の位置はアーチ部の中央の真下に、鼻根（目と目の間）の位置が来るようにする。真上を向いた場合を 90°、左右を向いた場合をそれぞれ 0°と 180°とする。測定照度の値は左右の目元の照度の平均値である。グラフより真上から左右に±50°向いた場合の照度が若干高くなっているが、全方向における照度の平均値は 270 ルクスで、擬似夜明け光療法に必要な最大照度である 250 ルクスは確保できており、Fig.4 に示した市販の装置と比較しても格段に照明状態が改善されていることが分かる。

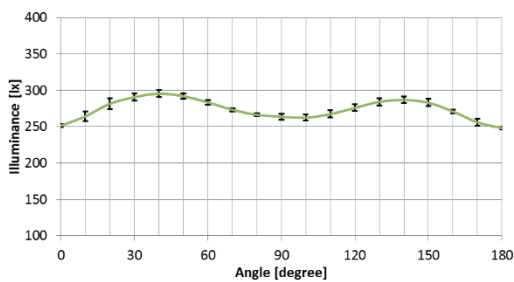
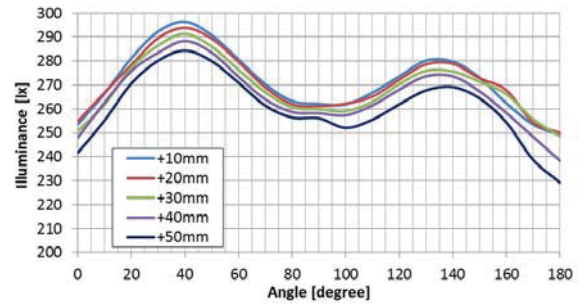


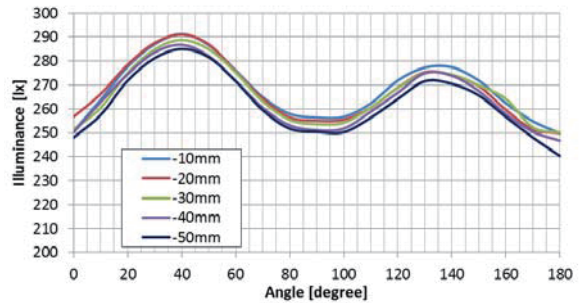
Fig.8 Relation between face direction and illuminance.

次に鼻根の位置を照明用アーチの中央真下の位置から、上下に-50 mm から 50 mm まで 10 mm 間隔で移動させた場合の、顔の向きと照度の関係について計測した結果を Fig.9 に示す。測定照度の値は左右の目元の照度の平均値である。グラフから睡眠中に頭の位置が上下に±50 mm 程度ずれた場合でも、ほぼ全方向で 250 ルクスの照度が得られ

ることが分かる。



(a) Case of above direction



(b) Case of below direction

Fig.9 Relation between face direction and illuminance.

5.2 照度制御回路と制御プログラム

擬似夜明け光療法に必要な最大照度である 250 ルクスを全方位にて確保出来ることが確認できたので、次に擬似夜明けの照度変化を実現する照度制御回路と制御プログラムの作成を行った。LED の照度調整は、白熱電球のように電圧調整ではなく、照射時間変調となるので PWM 制御が必要となる。そこで今回は gbt 社製の調光ユニットを利用した。このユニットには照度上昇用と下降用のスイッチがそれぞれ付いており、LED と電源の間に接続することで、33 ステップの調光が可能となっている。次に起床時間の 3 時間前から徐々に照度を上昇させるためには、タイマー機能を装置に搭載する必要がある。しかし、現時点では装置を小型化する必要がないことと、照度の上昇パターンを任意に設定することが容易なので、今回はノート PC を用いて制御することとした。そこで、調光ユニットのスイッチ部を取り外し、オペアンプを用いて電氣的にスイッチング出来るように回路を作成した。そして、PC からのスイッチング制御信号の送信にはエルモス社製の USB I/O ボード MAI-2088 を用いた。各装置の構成図を Fig.10 に示す。

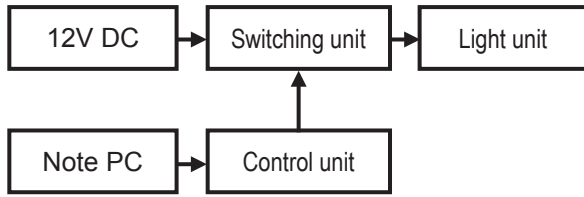


Fig.10 Circuit diagram.

次に擬似夜明けの照度変化を実現するため、調光ユニットのステップ数と照度の関係調べた。測定結果を Fig.11 に示す。グラフからステップ数と照度には線形の関係があり、1 ステップで約 8 ルクス上昇することが分かった。調光ステップに対応する照度値を、Fig.1 に示す時間経過と夜明けの照度変化に対応させた結果が Fig.12 である。ほぼ夜明けの照度変化を再現できていることが分かる。

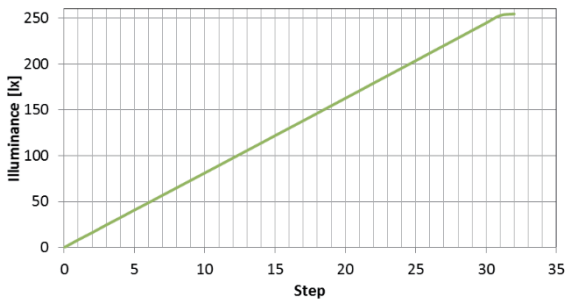


Fig.11 Relation between step and illuminance.

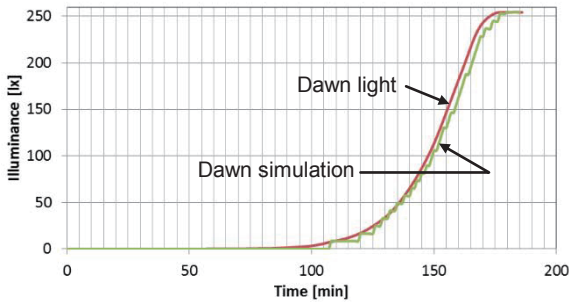


Fig.12 Dawn simulation model.

最後に設定起床時刻から 33 ステップのスイッチング時刻を算出し、所定時刻に USB I/O ボードを通して調光ユニットを制御するプログラムを Visual C++を用いて作成した。プログラムの動作画面を Fig.13 に示す。例えば起床時刻に 04:00 と入力して設定ボタンを押すと、各ステップのスイッチング時刻が 33 ステップ分表示される。次に利用者は睡眠前に開始/停止ボタンを押すことで、タイマーが作動し、現在時刻が表示され、光治療が開始される。スイッチングのタイミングは任意に設定

することが可能なので、季節に合わせた夜明けの照度変化をシミュレートさせることも可能である。



Fig.13 Illuminance control program.

6 おわりに

本研究では擬似夜明け光治療のために効果的な照明の検討を行った。その結果、利用者の就寝中の顔の向きや位置に依存することなく、光治療に必要な照度を利用者の目元部分に照射することが可能な装置を開発することができた。

本装置を用いた光治療効果の検証実験については、別報にて報告する。

7 謝辞

本研究は、平成 23 年度室蘭工業大学地域共同研究開発センター「プレ共同研究」助成金および SVBL の学長裁量経費による地域医療に関する重点研究支援を受けて遂行した。

文献

- (1) P. Badia, B. Myers, M. Boecker, J. Culpepper, Bright Light Effects on Body Temperature, Alertness, EEG and Behavior, *Physiology & Behavior*, Vol. 50, pp.583-588, 1991.
- (2) D. Avery, M. A. Bolte, M. Millet, Bright dawn simulation compared with bright morning light in the treatment of winter depression, *Acta Psychiatr Scand*, 85, pp.430-434, 1992.
- (3) Michael Terman, Juan Su Terman : Controlled Trial Naturalistic Dawn Simulation and Negative Air Ionization for Seasonal Affective Disorder, *Am J Psychiatry*, 163, pp.2126-2133, 2006.
- (4) 設計のための人体寸法データ集, 生命工学工業技術研究所報告, 2 巻 1 号, 1994.