

ウェアラブル型高照度光照射装置による位相の前進と学習面における効果

池田快桐（茗溪学園高等学校3年）

指導教官：新谷浩章（茗溪学園中学校高等学校教諭）

2025年3月5日

ウェアラブル型高照度光照射装置による位相の前進と学習面における効果

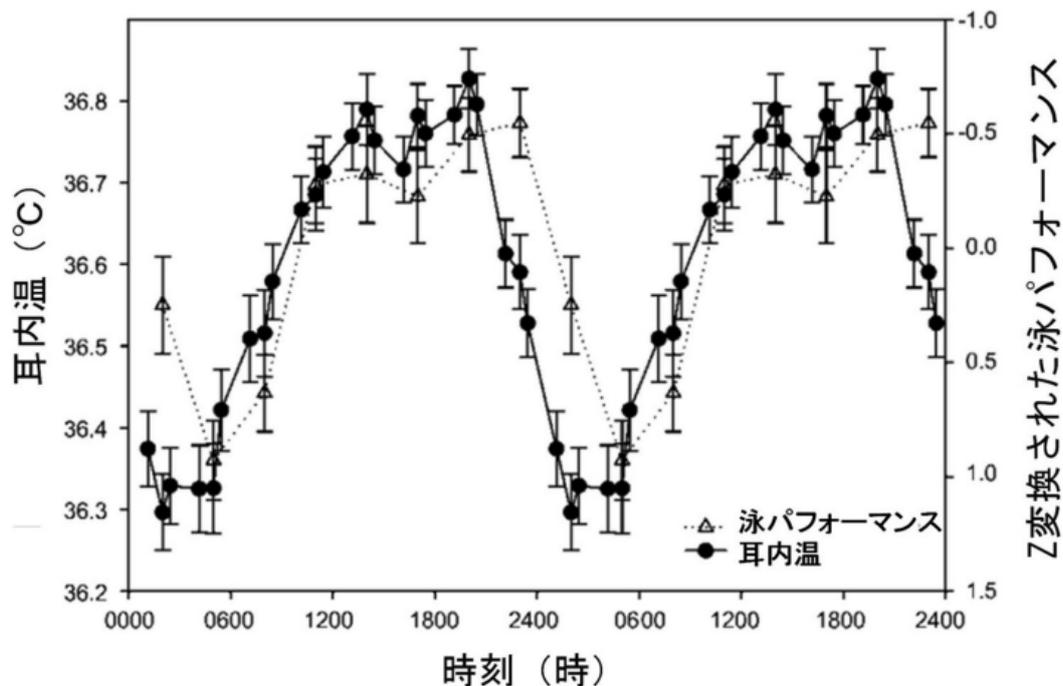
1.1 動機

近年、運動競技において最も結果が出やすい時間帯が午後遅めから夕方にかけての期間であるという知見が増えてきた。これは学習面においても同様で、多くの学習塾が試験4時間前の起床を推進している。実際、20名の高校生を対象として「最も集中している時間」のアンケートを行ったところ80%の生徒が「昼間がもっとも集中できている」と回答している。ただ、テストが早朝や午前中の生徒にとって覚醒時間のずれはベストパフォーマンスを発揮するうえで死活問題だ。著者自身、最終試験のHL科目が多く午前中に実施されるため位相の前進、つまり覚醒時間を早めることが必須である。そこで私はIB Biologyの6.6章で学習する「メラトニン」に着目した。アスリートを対象とした研究では光療法による位相の前進を行うことで被験者の覚醒時間を数時間前倒しにし、午前中に行われる試合に向けた生体リズムの調整を行う研究が出ている。しかし、学術面における研究は乏しい。よって、本稿では学習面においても位相を前進することが可能なのか、そしてどの程度の効果が期待できるのかを検証していく。

1.2 文献調査

人類は進化の過程において1日が24.7時間となるような身体の発達、具体的に概日リズムの調整を行ってきた。概日リズム（サーカディアンリズム）は脳の視交叉上核にある体内時計によって調整される。上述のように人間の体内時計は24.7時間と本来人間が生活を行う24時間の周期より時間が長い。そのため人間は朝方に光を浴び、覚醒・睡眠のリズムである位相を前進させ、概日リズムの周期が24時間となるようにリセットしている。加えて、睡眠を促進するホルモンであるメラトニンの放出が抑制され脳を目覚めさせる効果が期待できる。ただ、現代社会において時差ぼけや就寝時間の乱れなどによって概日リズムがずれ睡眠障害や精神障害に発展するケースが多発している。これは身体が置かれている環境の生活時間にずれが生じている「外的脱同調」や生物時計に支配される体内リズム間にずれが生じる「内的脱同調」から起因するものである。本研究では高照度光照射技術を用いたウェアラブル型高照度光照射装置を用いて、生体リズムを調整することを目的としている。従来、高照度光療法は持ち運びが難しい大きな光照射装置を用いてきたが、本製品はコンパクトかつ持ち運びが容易ながら生体リズムの調整に必要な1万ルクスの光を照射することを可能としている。

「動機」で述べたように本研究と類似して運動効果を従属変数とおいた先行研究が安藤によって報告された。安藤らは昼間から夕方にかけての耳内温度の増加傾向が見られることを示し、運動パフォーマンスの日内リズムと耳内温（深部体温）の変化が相関的な関係であったことを報告した。



星川雅子もJISSでLGを使用した位相シフトの検証において、スポーツパフォーマンスと最も関係が深いのは、深部体温の概日リズムであり深部体温の高い時間帯は低い時間帯に比べ高いパフォーマンスを発揮しやすいと述べた。加えて、高照度光を用いた生体リズムの調整をアスリートを対象に実施し、1万ルクスの光を早朝起床時に30分間暴露することにより、深部体温リズムの位相に3時間の前進が見られたと報告している。これらの研究結果から、本研究では位相の評価として深部体温の変化を一つの指標とした。

これらの研究動機と先行研究を踏まえ、以下のResearch questionを設定した。

Research question:

「ウェアラブル型高照度光照射装置による位相の前進は朝方に行われる学習の効率及び正確性にどの程度影響を及ぼすのか？」

2. 仮説

ウェアラブル型高照度光照射装置「ルーチェグラス」による位相の前進が、朝方（午前中）の学習効果に影響を与える。

3. 実験機器・資料

《機械》

（位相の前進を行うための光照射）

高照度光照射装置ルーチェグラスLG2モデル／Sサイズ（2台）Mサイズ（3台）

（舌下温度の測定）

皮膚赤外線体温計（一台）／タニタ 触れずに一秒で測れる非接触体温計

《資料》

(集中力を測定する計算用紙)

400マス計算用紙(12枚×6)

(被験者の就寝・起床時間の管理)

睡眠・覚醒日誌(6枚)

4. 倫理的配慮

本研究における被験者への光照射による眼への負担については、JISC7550:2014「ランプ及びランプシステムの光生物学的安全性」をベースとした安全指針に基づき、同機器の眼球モデルを通して計測した分光放射強度測定値の露光許容時間が安全性が基準値をはるかに下回る結果($t_{max} = 4756.2$ sec)となったことを根拠とし、安全性への問題はないと結論づけている。本研究ではこれらの研究結果を論拠とした安全性について被験者に詳細に説明し、書面で同意を得た。

懸念される点は光照射による眼への負担だ。本研究で扱う高照度光照射装置の光源となっているのは発光ダイオードというLEDライトに用いられる光だ。発光ダイオードが放つ波長450nmにピークを持つ青色光にはメラトニン放出抑制を促す作用があり、身体を覚ます効果が期待できる一方、紫外域付近の光線は網膜障害などの人体に対する負担が懸念される。そこでゴーグル型高照度光療法器の安全性を検証した他研究を引用しながら本研究の安全性及び倫理的配慮を明示していく。計測自動制御学会論文において掲載された論文では以下のように安全性を論じている。

$$E_B = \sum_{\lambda=300}^{700} E(\lambda)B(\lambda)\Delta\lambda \quad (1)$$

$$t_{max} = \frac{10^2}{E_R} \quad (2)$$

「今回の試作器から照射された光を、眼球モデルを通して計測した分光放射強度測定値を用いて計算した結果、露光許容時間 $t_{max} = 4756.2$ sec となった。JIS C 7550 の規定では、100 秒以上あれば「免除グループとリスクグループ 1 (低危険度)」に該当するが、本装置はその約 47 倍のマージンがあることから、十分に安全であると考えられる」との見解を示している。加えて、「ルーチェグラスの眼に対する安全性」と題した電制コムテック株式会社の論文においても、1 万ルクスの高照度光を眼に対して照射している場合でも JISC7550:2014「ランプ及びランプシステムの光生物学的安全性」をベースとした安全指針に基づき、ルーチェグラスの安全性が基準値をはるかに下回る結果を根拠としながら安全性への問題はないと結論づけている。

5. 変数

5.1 Independent variable

一 ウェアラブル型高照度光照射装置の30分間におよぶ照射

5.2 Dependent variable

- ー 400マス計算の正答率
- ー 400マス計算の回答数
- ー JESS睡眠尺度の合計ポイント
- ー 睡眠日誌に記録される睡眠リズム

5.3 Uncontrolled variable

- ー 実験会場の室温、湿度
- ー 雑音の程度
- ー 前日に飲んだ飲み物（カフェイン等を含む）
- ー 被験者Cはハウスダストに対するアレルギー、被験者Eはアレルギー性鼻炎を持っている。

5.4 Controlled variables

- ー 400マス計算を解く時間（5分）
- ー 計算問題の偏り（今回は問題作成の段階で乱数を用いたため、問題を作成するにあたって数字の偏りや作成者のバイアスを最小限に減らすことが期待される）
- ー 使用する道具の条件（計算用紙の材質、大きさ・被験者が最も使い慣れた筆記用具）
- ー 計算会場の調光の程度（計算会場は一切の直射日光から遮断され、全被験者が同じLEDライトの環境下で計算を実施）
- ー 性別（被験者の全てが男性）
- ー 朝型夜型質問紙で調査した結果、すべての被験者が夜型であった

6. 実験方法

[対象者]

本研究では茗溪学園寮に住む健常男子高校生6名（17歳）を被験者とした。茗溪学園寮において本研究の被験者も含まれる寮生は朝食、昼食、夕食のすべての食材が全員共通で統一されているため、異なる食材を口にすることによって深部体温のばらつきが出てしまうことを最小限に抑えることが可能である。加えて、被験者の就寝時間はおおよそ23時と定められているものの、起床時間においては午前7時が厳守とされている。そのため、全ての被験者における安定した生活リズムと、おおよその概日リズムの統一が推測される。

[400マス計算による集中力の数値化]

本研究において学習面における集中力の数値化を図るために400マス計算用紙を使用した。今回の研究において私は「集中力」を特定の作業における正確性や効率性の指標として定義づけた。各マスの計

算は被験者間における計算能力の差異を考慮し比較的単純な足し算と設定した。加えて、この計算用紙において計算される数字の縦20マス、横20マスのすべてをExcelの乱数発生を用いてランダムに検出した。これらは問題製作者の選択的バイアスを防ぐためであり、医療研究においてランダム化対照試験が最高水準の証拠を提供することの所似となる。よって、各曜日において計算される問題は異なっている。

400マス計算練習表

練習日 月 日 時 分 秒 問題番号 問題 答え 正答率 % 作業時間 マス 正解(正解/総試行) %

	80	5	75	82	64	39	73	31	70	58	60	56	1	3	89	29	7	63	8	98
41																				
32																				
29																				
34																				
79																				
52																				
55																				
63																				
37																				
82																				
38																				
85																				
96																				
74																				
49																				
39																				
17																				
99																				
38																				
28																				

[エプワース睡眠尺度 (ESS)]

エプワース睡眠尺度 (ESS) は1991年にJohn MWによって作成された8項目からなる自己申告方式の尺度であり、主観的な日中の過度の眠気を測定することができる。本研究では位相前進の確認や午後の活動に対する影響のために用いられる。

(ESS 評価項目)

ESS では、以下の8つの状況における眠気を0~3の4段階で評価している。

- ① 座って読書している時
- ② 座ってテレビを見ている時
- ③ 会議や劇場などの公の場で座って何もしていない時
- ④ 1時間続けて車に乗せてもらっている時
- ⑤ 状況が許す場合で、午後に横になって休息をとっている時
- ⑥ 座って人と話している時
- ⑦ アルコールを飲まずに昼食をとった後、静かに座っている時
- ⑧ 車を運転中、交通渋滞で2~3分停止している時
(または、座って手紙や書類などを書いている時)

(記入者判定) 個人

- 0点: 決して眠くならない
- 1点: まれにねむくなることもある
- 2点: 時々眠くなる
- 3点: 眠くなることが多い

(結果) 合計点11点以上の場合日中の眠気が強く、生活に支障をきたしている状態となる。

図2 : ESSの評価項目

[睡眠覚醒日誌]

睡眠覚醒日誌とは被験者の眠くなった時間、おおよその就寝時間、起床時間などを明らかにする日誌である。これらを明らかにすることは位相の前進のみならず睡眠障害を解明するにあたって重要であ

り、最低1～2週間ほどの記録があれば、睡眠リズムの把握が可能となる。本研究では被験者に対して3週間の記録を行ってもらい、高照度光療法終了後の睡眠リズムを記録した。

[介入]

以下の介入をそれぞれ7日間づつ起床直後の7時05分～7時35分まで実施した。介入と介入の間には一切の間隔を設けていない。

1. 光なし
2. 高照度光の照射（ルーチェグラスあり）

[光なし]

被験者6名を対象に午前7:05から午前7時35分までの30分間、普段通りの生活を行ってもらった。この30分の期間では洗顔や学習などの行動に制限は課されなかった。ただ、太陽光の照射や食事などの食事は禁止とした。その理由として第一に、太陽光を浴びてしまった場合、メラトニンの放出が抑制されてしまいルーチェグラス照射以前の前データとしての価値を失ってしまう。加えて、起床30分の中での食事も禁止した。これは他研究において食事による深部体温の変化や位相の前進が認められているからである。

これらを経て、被験者に400マス計算を5分以内にできるだけ解いてもらった。

[高照度光の照射（ルーチェグラスあり）]

ルーチェグラスを用いた期間においては、起床5分後にルーチェグラスを装着してもらい「光なし」で述べた普段通りの生活を行ってもらった。30分経過後、直ちに400マス計算を行い、同じ5分間以内で最大限の問題数を解かせた。

[舌下温度の測定]

本研究では日中の深部体温の変化を監視するにあたって、皮膚赤外線体温計を用いた舌下温度の測定を行った。人間の深部体温の測定方法は様々であるが、本研究では舌下温度の測定を選択した。その理由として他の測定方法とは格段に測定が容易であり、日中の時間経過に合わせた測定が可能だからだ。

舌下温度の測定は実験実施期間と実験終了5日間の計19日間行った。測定時間は起床直後、(1)午前10時、(2)午後13時、(3)午後16時、(4)午後21:00、(5)午後23:00時とした。最終的にこれらの舌下温度の変化を時間の経過と比較したグラフを作成し位相を確認した。ただ、これらの体温に外的要因が少なからず影響していることから、完全なるデータではないことを考慮しなければならない。

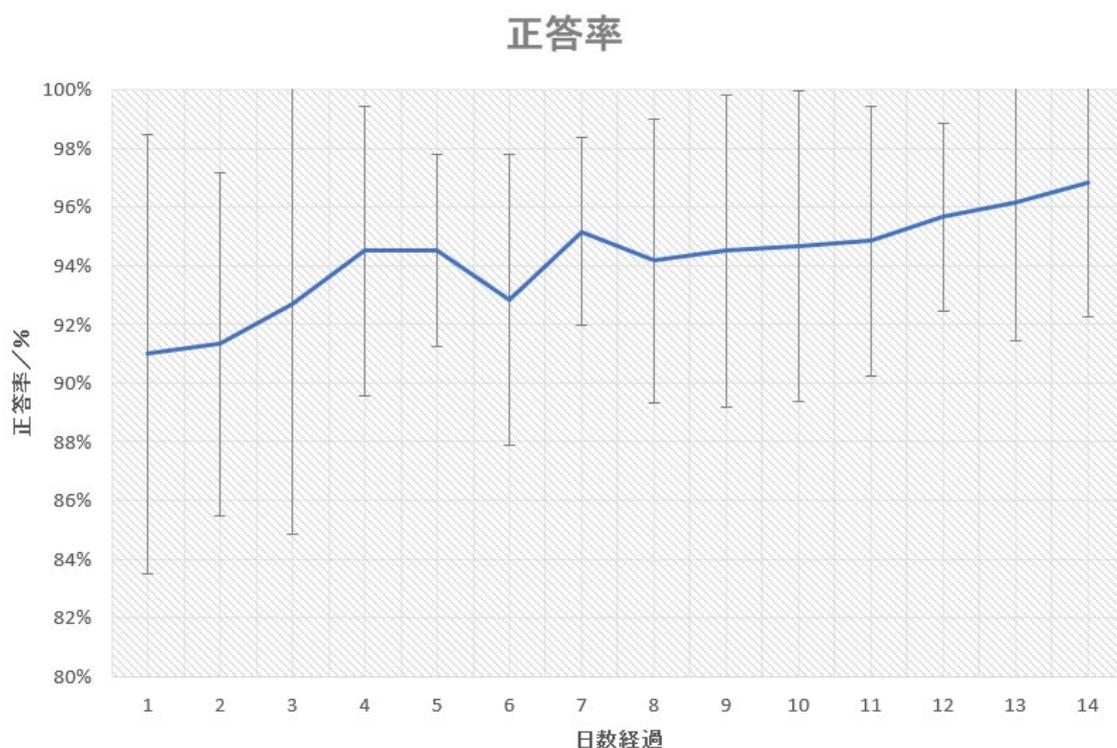
7. 結果

7.1 正答率

高照度光照射以前の7日間と高照度光照射後の7日間における4マス計算の正答率、つまり「正確性」を正答率平均値を有効数字二桁で算出し、正答率の標準偏差を求めた。なお、8日目から光照射が始まっている。

以上から算出された正答平均値と正答率標準偏差を用いて日数の経過に対する正答率の変化をグラフ化した。

グラフ1：日数の経過と正答率を比較した折れ線グラフ



グラフ1の結果より被験者の正答率平均は1日目に比べて最大6%の増加が把握できる。ただ、光照射からの増加傾向に着目すると、最大3%と若干の増加傾向が見られた。

結果についてはP検定を用いた。以下の表1は有意水準は0.05とした検定結果である。照射前平均値には有意差があることが認められている。

表 1 : P検定結果 (正答率)

比較対象	検定統計量	検定結果
照射前平均値と実験8日目	0.73299	$P > 0.05$
照射前平均値と実験9日目	0.66642	$P > 0.05$
照射前平均値と実験10日目	0.62749	$P > 0.05$
照射前平均値と実験11日目	0.56611	$P > 0.05$
照射前平均値と実験12日目	0.33956	$P > 0.05$
照射前平均値と実験13日目	0.31906	$P > 0.05$
照射前平均値と実験14日目	0.22428	$P > 0.05$

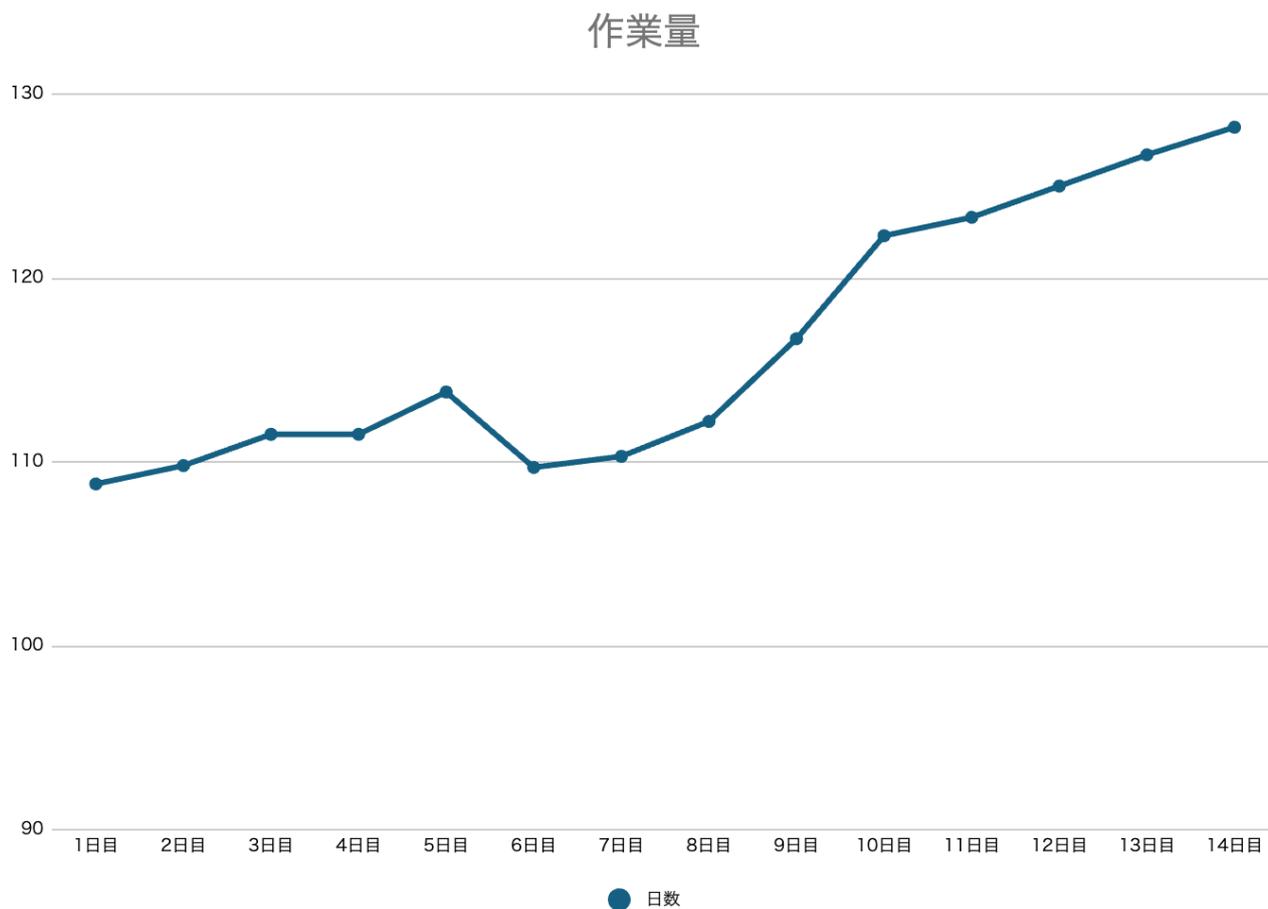
表 1 が示すように照射前の各日数の正答率平均値と日数の経過を検定したところ、結果のすべては有意水準の0.05を下回り、有意差がないとの結果になった。よって400マス計算の正答率におけるルーチェグラスの影響は微弱でしかないと結論付ける。

7.2 回答数（作業量）

高照度光照射以前の7日間と高照度光照射後の7日間における4マス計算の回答数、つまり「作業量」の回答数平均値を有効数字二桁で算出し、回答数の標準偏差を求めた。なお、8日目から光照射が始まっている。

以上から算出された回答数平均値と回答数標準偏差を用いて日数の経過に対する回答数の変化をグラフ化した。

グラフ2：日数の経過と正答率を比較した折れ線グラフ



グラフ2が示すように、平均作業量は実験初日の108.8マスから最終日には128.2マスと最大約20マスの大幅な増加傾向が見られる。加えて、光照射2日後以降から作業量が大幅に増えていることが見受けられる。

検定については正答率と同様の水準でP検定を行った。

表 2 : P検定結果 (回答数)

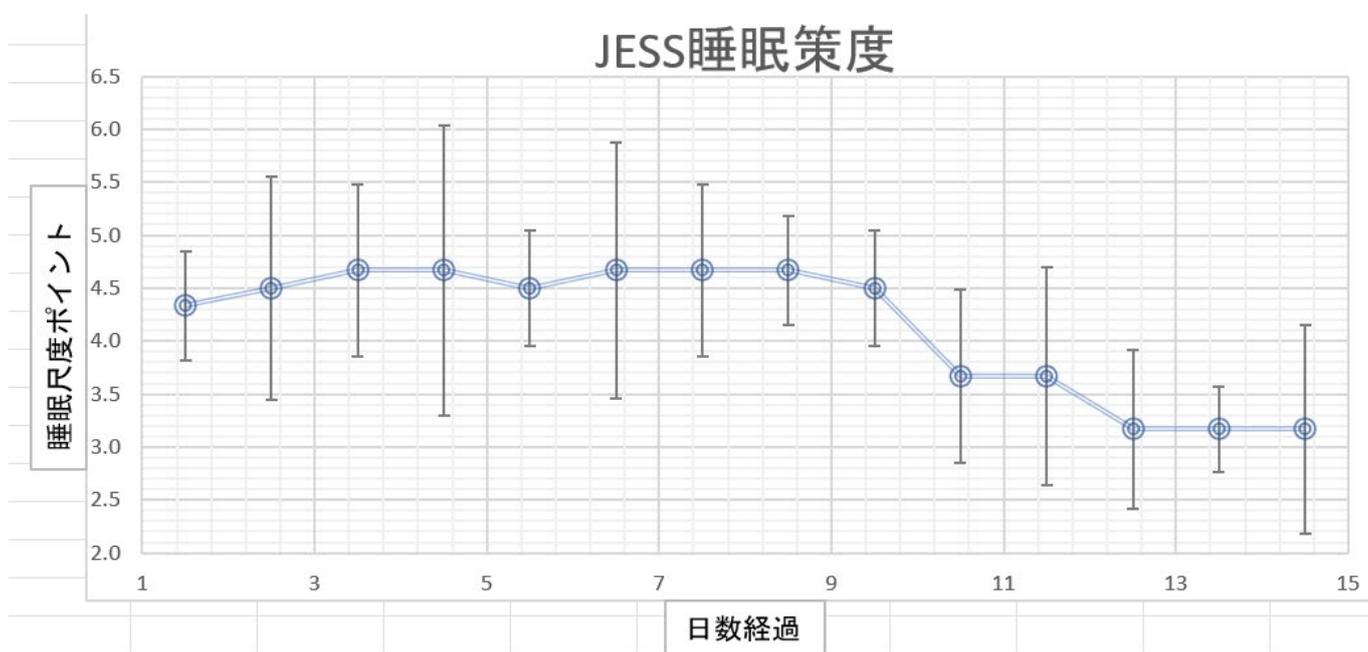
比較対象	検定統計量	検定結果
照射前平均値と実験8日目	0.78753	$P > 0.05$
照射前平均値と実験9日目	0.23068	$P > 0.05$
照射前平均値と実験10日目	0.02347	$P < 0.05$
照射前平均値と実験11日目	0.01735	$P < 0.05$
照射前平均値と実験12日目	0.01082	$P < 0.05$
照射前平均値と実験13日目	0.00284	$P < 0.05$
照射前平均値と実験14日目	0.00152	$P < 0.05$

表 2 が示すように照射前平均値と各日数をそれぞれ比較したところ、光照射を始めた 2 日間の実験 8 日目と 9 日目における検定統計量は有意水準を上回っているものの、実験 10 日目以降の検定統計量は有意水準を上回る結果となった。そしてそれらの統計量は日数が経過するごとに低下していき有意性を強く帯びることになった。これらのことから、光照射開始後の 2 日間における有意差はなかったものの、実験 10 日目以降の有意差は認められ、光照射による回答数への影響が存在していたと結論付ける。

7.3 JESS

高照度光照射以前の 7 日間と高照度光照射後の 7 日間における睡眠尺度のポイント平均値を有効数字二桁で算出し、ポイントの標準偏差を求めた。なお、8 日目から光照射が始まっている。以上から算出された JESS 平均値と JESS 標準偏差を用いて日数の経過に対する JESS の変化をグラフ化した。

グラフ 3 : 日数の経過と JESS を比較した折れ線グラフ



グラフ 3 が示すように実験開始日から実験最終日にかけて JESS の平均値は最大 1.5 ポイント減少傾向が見られる。加えて、回答数の時と同様、JESS のポイント数は実験 9 日目、つまり光照射 2 日後から減少率の急激な減少が見受けられる。加えて、実験 9 日目以降のグラフの傾きは非常に急なものになっている。

検定については正答率、回答数と同様の水準で P 検定を行った。

表 3 : P 検定結果 (JESS)

比較対象	検定統計量	検定結果
照射前平均値と実験8日目	0.69409	$P > 0.05$
照射前平均値と実験9日目	0.77813	$P > 0.05$
照射前平均値と実験10日目	0.063874	$P > 0.05$
照射前平均値と実験11日目	0.026933	$P < 0.05$
照射前平均値と実験12日目	0.0014933	$P < 0.05$
照射前平均値と実験13日目	3.1259	$P > 0.05$
照射前平均値と実験14日目	0.026933	$P < 0.05$

表 3 が示すように、照射前平均値と各日数をそれぞれ比較した場合、照射開始 3 日後、実験 10 日目までは検定統計量が有意水準を上回る値となった。ただ、照射後開始 4 日後から検定統計量が有意水準を下回る値となった。これらのことから被験者における日中の眠気は光照射によって抑制され、4 日後ほどでの効果が期待できるとの結論に至った。しかし、実験 13 日の検定統計量のみが不自然な数値を出していることも議論の余地があると考えられる。

8.1 考察

本実験で扱った高照度光には、概日リズムの位相変異作用のみならず、多様な生理機能に対する効果が期待できるという知見が明らかになっている。加えて、「高照度光が非常に短い潜時で自律神経活動レベルを変化させ、それが精神緊張や意識レベルにも影響を及ぼしている」という可能性がある。それらの可能性を明確にするにあたって、本研究では学習面に着目しながら被験者 6 人から採取したデータを用いて考察していく。

まず、上記の研究結果では、400 マス計算の正答率、回答数、JESS 睡眠尺度の平均値を取り、全体としての高照度光が与える影響をグラフにして視覚化した。ただ、人間というのは個体であり、被験者それぞれの計算処理能力やバックグラウンドは異なる。各グラフを見ても、標準偏差が大きく各被験者における実験結果が異なっていた。そのため、個人個人をベースとした計算処理能力の変化も平均値を加味しながら検討する必要がある。個人の正答率、回答数、JESS 睡眠尺度は appendix に掲載するとする。

まず、正答率に着目すると平均値で算出した結果と同様な傾向が得られ、光照射後における若干の改善は見られたもののすべての被験者において急激な変化を見せたものはいなかった。被験者 C における実験 1 日目の正答率が 76% であり、光照射後の実験最終日では 88% の正答率と大幅な改善が見られる。しかし、光照射前の実験 7 日目において 89% の正答率という数字を出している。これは、被験者が 400 マス計算に適応し慣れてきたからであると推察し、被験者 C のみならず、各被験者が実験初日

から日数が経過するごとに正答率の向上が見られることから、光照射と正答率の向上との因果関係が小さいことはこのような傾向からも見受けられる。これらの、被験者の400マス計算に対する慣れは回答数にも共通することであり、実験初日から光照射前の実験7日目にかけての回答数の増加が多く、被験者で認められた。しかし、個人を対象とした回答数とJESS睡眠尺度の分析を行うと、上記の平均値を用いたデータと類似するような結果が得られ、光照射後の回答数の急激な増加がすべての被験者で確認された。このように、個人の結果を注視した際、平均値とおおよそ類似している結果が得られ、光照射による回答数とJESS睡眠尺度への影響が認められた。ただ、被験者C、Eの光照射1日目の結果に着目すると回答数が減少しているという結果が出ている。では、なぜ被験者C、Eの光照射の反応速度がその他の被験者と比べて遅かったのだろうか。太田睡眠科学センターで睡眠の研究を行う池田このみ氏に対するインタビューを行ったところ、アレルギー性鼻炎そのものが認知機能に対する影響があるかはまだ不明ではあるが、鼻呼吸が認知機能に関わり、記憶の定着に一定の役割を果たしているという可能性があることを提唱した。そのため、今回被験者C、Eの光療法によるたちあがりや他の被験者に比べて悪かったことに対して鼻呼吸障害が影響している可能性は否定できない。ただ、そのメカニズムは現在のところ解明されていないため、推測の域を超えないが今後の研究が期待される。

9.1 結論

以上より、ウェアラブル型高照度光装置による被験者6名を対象とした高照度光照射は400マス計算における回答数と日中の睡眠尺度を測るJESSに対する影響があり有意が認められるものの、正答率に対する影響は少なかったと結論付ける。そして、本実験の根本にある目的は朝方の学習における計算処理能力を測るものであった。つまり、上記の結果から、午前中に行われる試験において起床後30分の高照度光照射は問題を解く回答数に対する影響はあるものの、確実性という面では効果が期待できない。これらに加えて、高照度光照射による計算処理能力の向上とアレルギー性鼻炎の因果関係についての新たな疑問が発見された。上述のようにこれらの疑問に対する研究が行われていないため、今後更なる研究が期待される。

10.1 評価

本研究の評価として、光照射による回答数とJESS睡眠尺度に対する影響が認められたことは、大きな成果であると実感している。一方で、本研における方法論が持つ弱点も複数存在する。まず、被験者の人数設定が6人と、過去の実験に比べて、被験者の数が少ないことが挙げられる。つまり、N=6の平均値を用いた実験結果の分析には確実性が損なわれる可能性があり、偶然的に得られた結果であると批判されてしまうのだ。加えて、上述したように、人間は個体であり、それぞれで異なる特性を保持し、異なる外的な要因を受けている。そのため、睡眠中や生活のなかで与えられた外的な要因や、被験者それぞれが持つ異なる特性を完全に統一し考慮できていない。深部体温の測定の点でも完全な実験ができていたとは言えない。本研究では非接触型の体温計を用いて舌下体温（深部体温）の測定を試みた。ただ、従来の睡眠研究において深部体温を測るには直腸の体温を測らなければいけなく、深部体温をモニタリングしながらの観察を行うことで詳しい知見が得られる。これらのことから、本研究における限界として深部体温の測定方法も挙げられる。しかし、同じ体温計、時間、部位で温度を測定していることから、光照射による体温の変化の傾向やおおよそその位相前進を確認できたことは評価できると考える。

一方で本研究が持つ強みとして、まず「実験の方法」で記したように被験者全員が同じ学園寮に住んでいるということだ。つまり、母集団が持つ背景が揃えられており、24時間の生活リズムがある程度統一されていることである。被験者全員が住む学園寮では、まず統一された照度の環境下で暮している。そのため、計算処理能力に大きな影響を及ぼすと結論付けた光（蛍光灯からの光を含む）が統一されることによって、被験者間の高照度光が与える外的な影響の差異を最小限に抑えることに成功してい

る。加えて、入浴の時間及び浴槽の温度も若干の差異はあるものの、統一されている。現在、入浴の時間及び浴槽の温度が睡眠の質に大きな影響を与えているという知見が増えていることを考慮した際、それらの条件が被験者間で統一されることによって睡眠の質に与える因子の相違を最小限に抑えることができる。これらの要素に加えて、就寝時間や食事の時間、食事の内容が大方類似している被験者の生活環境の統一は本実験におけるバイアスを最小限に抑えることに寄与している。また、上記で示したようにN=6という限られた被験者の中での実験であっても、大部分の生活環境やリズムが統一されている点である程度信頼性の高いデータを得ることが可能であり、本実験の限界点を最大限補っている。

参考文献

1. 安藤加里奈(2024). 『生体リズム研究の最新知見から考えるベストパフォーマンスを発揮するためのリズム調整』. 特集【アスリートの睡眠による戦略的リカバリー】
2. 樋口重和(2017). 『子供の睡眠問題と光環境』. 睡眠医療NO. 4. 特集【光環境と睡眠・概日リズム】
3. 高橋敏治(2017). 『時差ぼけと光環境』. 睡眠医療NO. 4. 特集【光環境と睡眠・概日リズム】
4. 星川雅子(2024). 『アスリートに於けるコンディションの評価システムと新規手法の開発に関する研究』
5. 電制コムテック株式会社. 『ルーチェグラスLG2の眼に対する安全性について』
6. 湯浅友典(2018). 『睡眠覚醒改善のための可搬型光治療器の開発と性能評価』
7. 睡眠プライマリケアクリニック池袋. (2024). 睡眠外来で用いる睡眠日誌とは？ 睡眠プライマリケアクリニック池袋. https://docs.google.com/document/d/1yKDSopZqp00jMJAPBz3k82M_63H6HjsfNDn0arkiDqc/edit?disco=AAABN0CUv28
8. 河合塾マナビス. (n. d.). 勉強を習慣化するコツ！【高校生】. 大学受験予備校 河合塾マナビス. https://www.manavis.com/mana_magazine/studytime-morning/
9. 厚生労働省. (2024). メラトニン. e-ヘルスネット. <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/dictionary/heart/yk-062.html>
10. 健康ネット. (n. d.). 睡眠のタイミングを決める生物時計機構. 健康ネット. https://www.health-net.or.jp/tairyoku_up/chishiki/sleep/t03_10_07_02.html
11. National Library of Medicine (2020). 『EEG signals during mouth breathing in a working memory task』