3Y-08

室内照明の照度制御に基づく快適睡眠への導入に関する基礎的検討

本道　真依†　　米村　俊一‡
芝浦工業大学　工学部　情報工学科†　　‡

1．　背景と目的

厚生労働省の調査によると，日本人の約 2 割が何かしらの不眠を抱え十分な睡眠がとれていないと報告[1]している．睡眠不足による眠気は，作業エラーや居眠りによる事故発生の原因となるため，適切な仮眠を取ることによって眠気を抑制することが重要である．このような背景のもと，ビジネス街において昼寝をするための場所やサービスを提供する，いわゆる「昼寝サロン」が運営されている．昼休み等の１～２時間を利用した短時間仮眠をとることで，眠気を改善しスッキリとした覚醒状態でその後の仕事にとりかかることが目的である．そのため，昼寝ビジネスでは，仮眠をとった後に「寝たという実感」や「スッキリ感」が求められる．一般に，仮眠をとって目覚めた後，眠気が改善してすっきりする場合もあれば,かえって眠気や疲労感に襲われたり,その夜に寝つかれず入眠困難が起こったりする場合もある．起床直後に眠気や疲労感が残っている現象は睡眠慣性と言われるが，この睡眠慣性を防止するためには 20 分程度の仮眠とすることが効果的であるという報告[2]がある．昼休み等の短い時間帯において 20 分程度の仮眠をとるためには，仮眠開始後に速やかに睡眠状態に入り，適切な時間が経過した後に素早く覚醒するという，適切なコントロールが必要である．

本研究では，昼休み等を利用した短時間仮眠を対象として，なかなか寝付けない／起きられない問題を解決し，睡眠慣性を防止して効果的な睡眠を誘発する睡眠誘導システムの開発を目指している．具体的には，照明の色や明るさを調整し入眠を促進することで，睡眠後のスッキリ感を提供する，室内環境演出方法を提案する．本稿では，床についてから入眠までの室内照度を経時変化させることで快適な睡眠に導けるかどうかについて基礎的な検証を行った．

2．睡眠誘導システムのコンセプト

本研究で提案するシステムは，照明の色や明るさを操作することでユーザを速やかに入眠へと導き，規定の時間経過後には素早く覚醒させるため，ユーザの睡眠状態をモニタしながら，それに合わせて照明をコントロールする．今回は，脳波を整理指標として利用し，睡眠状態の監視を行った．

寝付きや睡眠と脳波の相関関係が報告されており，Rechtschaffen & Kales の睡眠段階分類[3]が国際基準として知られている．図１に睡眠段階分類を示す．この脳波の変化を照明の操作により誘導することで，寝つきの問題を解決しスッキリ感といった満足度の高い睡眠に導くことができると考えられる．図２は，睡眠誘導システムのコンセプトである．

睡眠段階	国際分類判定基準	
StageW 覚醒期	・α 波、低振幅速波 ・急速眼球運動、高振幅筋電図	
Stage Ⅰ 入眠期	・α 波は50%以下、低振幅の種々の周波数の波が混在、瘤波 ・遅い眼球運動、筋緊張やや低下	ノンレム睡眠
Stage Ⅱ 軽睡眠期	・低振幅不規則θ ～δ 波、高振幅除波なし ・瘤波、紡錘波、K複合	
Stage Ⅲ 中等度睡眠期	・2Hz以下、75μ V以上の除波20～50% ・紡錘波は周波数が遅くなり、より広範囲に出現	
Stage Ⅳ 深睡眠期	・2Hz以下、75μ V以上の除波50%以上 ・紡錘波（±）	
StageREM REM睡眠期	・Stage Ⅰと同様だが瘤波はない ・急速眼球運動と明らかな緊張低下	レム睡眠

図 1. Rechtschaffen & Kales の睡眠段階分類

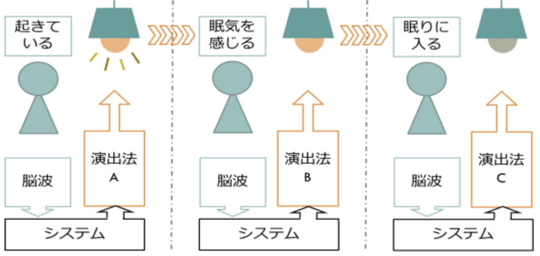

図 2. 提案システム図

このシステムでは，ユーザの脳波を計測することで，室内照明の色や明るさを睡眠段階の進行に適合するように調節する．例えば，覚醒状態の場合であれば，入眠期に向かうように照度を下げつつ色温度を下げるという操作を行う．一方，照度および色温度をどのように変化させれば睡眠段階を適切に進行させられるかという知見は報告されていない．そこで本研究では，入眠時における照度の変化パターンと脳波の変化パターンについて，実験的な検証を行った．

3．睡眠時の脳波計測実験

3.1 実験条件

被験者は健常な大学生 9 名（21-23 歳）を対象と

Basic study on a short nap navigation using a lighting effect control.
Mai HONDO†
Shunichi YONEMURA‡
Shibaura Institute of Technology†

Copyright ©2016 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

し，実験前日は睡眠時間を通常時から1割ほど短くしてもらった．また，被験者は実験の前に昼食を摂取し，空腹でない状態で実験に臨んでもらった．体調などの差を少なくするため被験者は連続して 2 日間，実験に協力してもらった．睡眠実験は，12 時～14 時の時間帯で 2 時間とした．実験環境の室内温度は 20 度とした．照明制御では，照度を操作できる LED 電球を，寝具を跨ぐスチールラックの上部に 4 つ取り付け照度を調節した．全灯時の照度は 150[lx]，消灯時の照度は 1[lx]未満である．脳波計は NeruroSky 社製の Mindwave mobile[4]を使用した．

3.2 実験手続き

被験者を実験室で 1 人にし，被験者の脈拍が 80 未満になるまで 10～20 分間安静にする時間を設けた後実験を開始した．

照明条件（変化パターン）は次に示す 3 種類とした．各照明条件に対し被験者 3 名ずつのデータを取った．

照明条件 1

1-1．実験開始後 30 分後に速やかに消灯

1-2．実験開始後 30 分かけて徐々に消灯

照明条件 2

2-1．実験開始直後に速やかに消灯

2-2．実験開始後 10 分で照度を 1/3 まで減少し，その後 60 分かけて徐々に消灯

照明条件 3

3-1．実験開始直後に速やかに消灯

3-2．実験開始後 10 分かけて照度を 1[lx]未満まで徐々に減少．

上記の照明条件の下，実験終了までのおよそ 100 分間，被験者の脳波を測定した．

4．実験結果

結果の例として，図 3 に被験者 B の照明条件 1-2 時のデータを示す．これは MindwaveMobile がアルゴリズムにより脳波から算出する Meditatiton 値と照度のグラフである．Meditation 値はリラックスの度合いを 0～100 の値で表わしている．左縦軸が Meditation 値で，右縦軸が照度であり単位は[lx]である．下軸は時刻である．また，睡眠時間帯を面として書き込んでいる．本稿では，考察に用いるグラフの特徴的な部分である実験開始 20 分に絞ったデータを図4に示す．

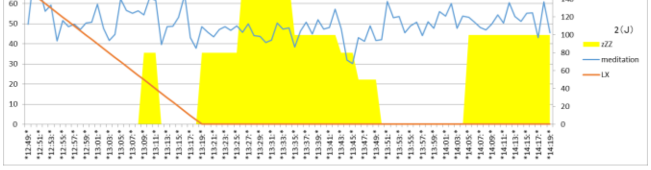

図 3．被験者 B(1-2)の照度と Meditaition

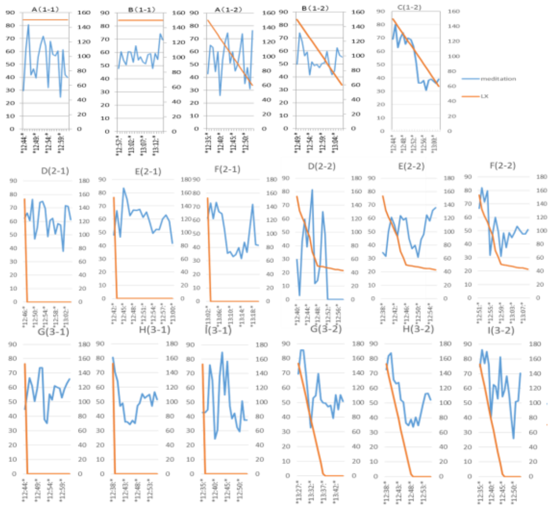

図 4．照度と Meditaition

5．考察

実験では入眠時刻に個人差があり，照度と入眠時刻に関係は見られなかった．しかし，照明条件 1 の観測結果である図 4 から，睡眠に入る前にリラックス値の上昇が観測された．このことから，リラックス値の上昇が入眠に効果的だと考えられる．

リラックス値の上昇を誘導するにあたり，図 5 の照明条件 2-2，3-2 で，リラックス値と照度に関係がある特徴が見える．具体的には，照度 150～120，100～0[lx]の領域で照度が減少すると，リラックス値が上昇している．従って，照度を変化させることでリラックス値を上昇へ誘導できると考えられる．

6．今後の展望

リラックス値の変動のタイミングから，照度 150～80[lx]までの照度変化によるリラックス値の変動と照度との関係をさらに詳しく解析する必要がある．また，照度だけでなく，色温度による脳波の変化も検証し，色温度と照度の組み合わせによる睡眠誘導を検討する必要も考えられる．

参考文献

[1] 白川修一郎，石郷岡純，石東嘉和:全国総合病院外来における睡眠障害と睡眠習慣の実体調査，平成 7 年度厚生省精神神経疾患研究委託費「睡眠障害の診断・治療及び疫学に関する研究（主任研究者：大川匡子）」研究報告書，pp.7-23，1996.

[2]林光緒，堀忠雄：午後の眠気対策としての短時間仮眠，生理心理学と精神生理学 25(1)，pp.45-59，2007.

[3]Rechtshaffen A, Kales A: A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects. Public Health Service, U.S.Government Printing Office, Washington, 1968.

[4] MindWave Mobile.脳波ヘッドセット MindWave Mobile 簡単使い方マニュアル，
http://cdn.internal.co.jp/assets/files/support/MindWaveMobile/pdf/MindWaveMobile_manual.pdf.

Copyright ©2016 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.