

寝室におけるコンピュータインタラクション

理学専攻 情報科学コース 1840651 大島 榛名 (指導教員: 椎尾 一郎)

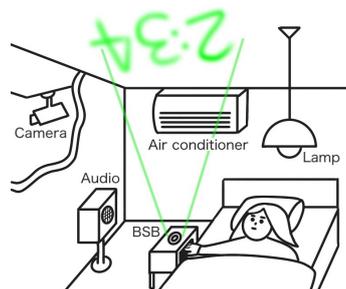


図 1: 就寝時コンピュータインタラクション。

1 はじめに

一般的なインタラクション研究は、明るい場所における覚醒状態のユーザを対象としている。その一方、暗い場所における半覚醒状態のユーザを対象とした研究は、これまであまり行われていなかった。しかしコンピュータ技術が遍在し、生活のあらゆる場面で利用可能になるに従い、例えば就寝する前の寝室などの、暗い場所において半覚醒状態で機器を操作する機会が増えている。

就寝時の暗い寝室におけるコンピュータ利用の必要性は少なくない。例えば、入眠時や就寝中にふと目が覚めた瞬間に、アラームのかけ忘れや室温が快適でないことが気になり、不安や不快を感じることもある。その際には、布団から出て照明を点けて機器操作したり、スマートフォンを手にして画面操作する必要がある。しかしこれらは半覚醒状態のユーザに適した操作ではなく、このような行動により入眠が阻害される。

そこで本研究では、入眠時のユーザに負担の少ないインタラクションにより、寝室で必要とされる機能を提供するシステムを設計・試作し評価を行った(図1)。

2 寝室に適した視覚的インターフェース

入眠時のユーザのための寝室における視覚的インターフェースに関して、以下の点に考慮して設計した。

2.1 入眠を妨げない波長光

入眠時に明るい光を浴びると、睡眠の周期を作り出すメラトニンの分泌量が抑制されるため、快適な睡眠が阻害される [1]。また、メラトニンの分泌量は、特定の波長に依存して変化する [2]。Hatori ら [3] は、メラトニン分泌に最も影響がある波長として、460~480nm (青~シアン) のスペクトル部分を示した。入眠を妨げない視覚的インターフェースではこの波長帯を避け、緑・赤などによる情報提示が望ましいと考えた。

2.2 桿体細胞を対象とした表示

暗所では人の視細胞のうち主に桿体細胞が機能する。国際照明委員会の暗所視感度関数によると、桿体細胞の感度のピークは約 510nm (緑) であり、長波長光 (赤) や短波長光 (青) への感度は低い。そこで、桿体細胞の感度ピークである波長 510nm 近辺の弱い光を用いることで、暗所における、メラトニン分泌に影響しない低刺激な視覚的情報提示が可能であると考えた。

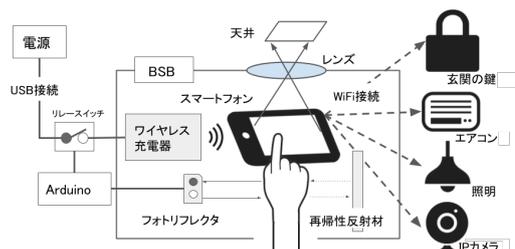


図 2: 全体構成。

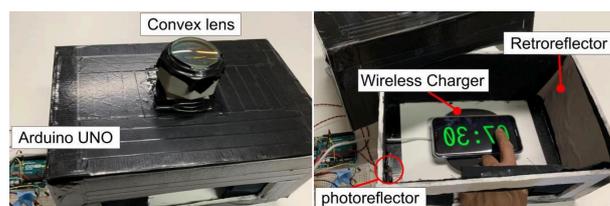


図 3: (左) ベッドサイドボックス (BSB) 外観, (右) BSB 内部と操作の様子。

2.3 表示面への距離

人の目は毛様体筋の収縮・弛緩により水晶体の厚さを調整し合焦している。毛様体筋は遠くを見るときは弛緩し、近くを見るときは収縮する [4]。このことから、就寝時には毛様体筋が弛緩することで人の目は遠くに合焦していると考えられる。そこで入眠時の視覚的インターフェースでは、スマートフォンのように顔面近くに情報提示するよりも、天井面・壁面などのより遠くの位置に情報を提示することで、合焦のための負担を低減できると考えた。

3 ベッドサイドボックス (BSB)

3.1 ハードウェア構成

寝室における機器操作を実現するために開発したシステム構成を図 2 に示す。ユーザが操作する本体は、ベッドサイドに設置する箱 (以下、ベッドサイドボックス, BSB と呼ぶ) として実装した。(図 3 (左)) 内部に置いたスマートフォン¹画面を天井に投影する目的で、BSB の上面には直径 5cm, 焦点距離 18 cm の凸レンズをはめ込んだ。投影される表示は暗いので、就寝を著しく妨げるものではないものの、暗所において後述のアプリケーションを操作する目的では十分な輝度であった。

BSB 側面には手を差し入れる穴が開いている。就寝中のユーザは仰臥して天井への投影表示を見ながら、BSB に手を差し入れて、スマートフォン画面をタッチ操作することができる。(図 3 (右))

BSB にはワイヤレス充電器が内蔵されており、就寝中にスマートフォンが充電される。BSB 内部に置いたスマートフォンは、一定時間後スリープ状態になる。画面は暗転し、投影は消えるので睡眠を妨げることは

¹ASUS, ZenFone Go (ZB551KL)

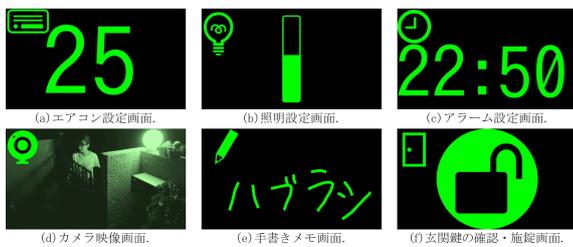


図 4: アプリケーション画面。

ない。一方で、BSB に手を差し込むだけの動作により画面を復帰させるための仕組みを組み込んだ。図 3 (右) に示すように、BSB 内部の一端にフォトリフレクタ²を設置し、対面に再起反射材を貼り付けた。ユーザが BSB に手を差し入れるとフォトリフレクタに戻る反射光が減少する。これを Arduino プログラムで検出し、ワイヤレス充電器への電力供給を 1 秒間だけ停止する。これによりスマートフォンはスリープ状態から復帰し、天井への画面投影を再開する。

3.2 アプリケーション

就寝中の寝室でのコンピュータ利用を想定し、エアコン、照明、目覚ましアラーム、防犯カメラを確認、翌日の To Do リストを記録、玄関の鍵を確認・施錠するためのスマートフォンアプリケーションを開発した。(図 4) ユーザは、画面上でのスクロール及びタップ操作で一連の操作を実行する。

低照度において機能する桿体細胞の応答波長を考慮して、アプリケーションの表示画面には、スマートフォン画面の RGB 画素のうち緑色画素だけを使用した。さらに、桿体細胞を利用する環境では中心視野の視力が低下する [5] ことから、表示する文字や図は可能な限り大きくした。

BSB ではスマートフォン画面を凸レンズを用いて投影しているため、スマートフォン画面と投影画面は、上下左右反転する。そこで、スマートフォン画面下部をユーザ頭部側に設置し、表示内容を左右反転するとともに、ユーザのタッチ座標も左右反転して処理し、投影面での座標とタッチ座標の方向を合わせた。

スマートフォンを直視する通常の操作と違い、BSB では投影面とタッチ面が分離している間接的な操作になるため、画面上のタッチ位置を知ることが困難である。そこで図 5 に示すように、画面タッチ位置を示す円形のポインターを表示した。

4 評価実験

4.1 実験室ユーザ実験

画面を天井に投影する本システムの方式 (手法 1) は、画面を直接見て操作する従来方式 (手法 2) に比べて、同様の操作性を維持しつつ、ユーザの入眠を妨げにくい操作方法であると考えられる。このことを確認するために、実験室³における比較実験を 12 人の被験者 (女性 11 人男性 1 人) を対象に行った。

手法 1 と手法 2 において、操作性に大きな差は見られなかった。また、手法 1 におけるシステムユーザビリティスケールの評価は平均 79.2 点と高評価であった。



図 5: タッチ座標を左右反転した位置に表示する操作位置ポインター。

本システムは、直接スマートフォン画面を見る従来の操作方法と同等程度の使いやすさを提供していると考えられる。また、観察された被験者の画面操作は全員指先及び手首の動きのみで行われており、最低限の姿勢変更で低刺激なインタラクションを実現することができたと考えられる。

4.2 就眠時ユーザ実験

実際の夜間就眠時におけるユーザ実験を行った。本システムを 2 人の被験者 (女性 2 人) が実際に使用し⁴、半覚醒状態での操作が可能であるか、画面を直接操作する従来手法と比べて入眠を阻害しないかの 2 点に関して評価した。

被験者らは指定した操作を全て完了しており、手書きのメモも翌日読解可能であったため、半覚醒状態でも問題なく操作できると考えられる。また、被験者の 1 人からは本システムが眠りを妨げない、まぶしくないという評価を得た。

5 まとめ

暗い場所における半覚醒状態のユーザを対象としたインタラクションを考案し、寝室での機器操作を実現するシステムの実装を行った。本システムは、ベッドサイドに置いたスマートフォンの画面を天井に投影することで、微弱な緑色光による低刺激な情報提示を行う。評価実験の結果、スマートフォンを直視する従来の操作方法とさほど変わらない操作性を担保しつつ、入眠時のユーザ負担を減らすことができた。

参考文献

- [1] Mariana G. Figueiro. An Overview of the Effects of Light on Human Circadian Rhythms: Implications for New Light Sources and Lighting Systems Design. *Journal of Light Visual Environment*, Vol. 37, No. 2-3, pp. 51-61, 2013.
- [2] Christian Cajochen et al. High Sensitivity of Human Melatonin, Alertness, Thermoregulation, and Heart Rate to Short Wavelength Light. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol. 90, No. 3, pp. 1311-1316, 3 2005.
- [3] Megumi Hatori et al. The emerging roles of melatonin in behavioral adaptation to light. *Trends in molecular medicine*, Vol. 16, No. 10, pp. 435-446, 2010.
- [4] David A. Atchison. Accommodation and presbyopia. *Ophthalmic and Physiological Optics*, Vol. 15, No. 4, pp. 255 - 272, 1995.
- [5] Christine A. Curcio et al. Human photoreceptor topography. *Journal of Comparative Neurology*, Vol. 292, No. 4, pp. 497-523, 1990.

²ROHM Co, RPR-220

³会議室にて簡易ベッドを設置し、遮光した環境下。

⁴被験者らの自宅の寝室にて普段通りに就寝し、就寝中に一時的に目が覚めた場合に行われた。