

時差ボケ対策のための地球儀型 IoT 照明における インタフェースの検討

木川 信款^{†1} 韓 旭^{†1} 阪口 紗季^{†1} 柴崎 美奈^{†1} 串山 久美子^{†1}

概要: 著者らは、時差ボケ対策に必要な時差を考慮した生活の支援を目的として、任意の地点の太陽による明暗サイクルをそのような生活の指標として提示する、地球儀型 IoT 照明デバイスを提案し、その開発を行ってきた。本稿では、提案デバイスを評価するために実施した、比較評価とホームユーステストについて述べる。比較評価の結果、実物体の地球儀とのフィジカルなインタラクションが操作体験に好影響を与えたことが示唆された。そして、ホームユーステストの結果、提案デバイスは生活空間に溶け込みながら自然に時差を意識するきっかけを創出し、時差を考慮した生活の支援に有用であったことが示唆された。

1. はじめに

海外渡航に支障をきたす要因となる時差ボケは、航空機などによる高速移動によって、体内時計と現地の時刻（明暗サイクル）とが急激にずれることによって発症する。そのため、生活リズム（体内時計）を渡航前に調節し、そのずれを抑えることで、時差ボケの影響を軽減できると考えられている[1]。ただし、現地の時刻（明暗サイクル）に合わせるように生活リズムを調節するためには、日常の中で現地との時差を考慮しながら生活する必要がある。そうした背景から、これまで、時差を考慮した生活を支援するアプリケーションが配信されてきた。例えば、推奨される生活スケジュールを提案する TimeShifter^{a)}や、現地時刻とともに太陽の可照時間を可視化する GlobeTempus^{b)}などが挙げられる。しかし、そのような画面上のアプリケーションを用いた支援方法では情報提示が画面に留まるため、ユーザが情報を得るためには、その都度能動的に画面を操作・確認する必要があり、手間や煩わしさが伴う。

そこで、著者らは生活空間に溶け込むインタフェースとして地球儀に着目し、時差ボケ対策に必要な時差を考慮した生活の支援を目的に、地球儀型 IoT 照明デバイスを提案した[2]。提案デバイスの外観を図1に示す。これは、任意の地点の太陽による明暗サイクルを光の色と明るさによって表現し、それを時差を考慮した生活の指標として提示するものである。このデバイスが生活空間に溶け込みながら時差に関する情報を提示することが可能になれば、従来の支援方法とは異なり、日常生活の中でより自然に時差を意識させることができる。

本稿では、提案デバイスを評価するために実施した2つの実験について述べる。1つ目の実験である比較評価では、従来の画面に依存した支援方法に対する、情報提示手法と



図1 提案デバイスの外観

しての優位性を明らかにするため、提案デバイスの特性である「タンジブルな（実体があり、触れられる）インタフェースを手で直接操作する」「地球儀型であり、球体を回転させて国や地点の位置を確認する地球儀本来の操作方法を用いる」点について、それらの有無が操作性や印象に与える影響を調査した。2つ目の実験であるホームユーステストでは、時差ボケ対策支援における、提案デバイスの有用性や改善点を明らかにするため、実験室で行う比較評価とは異なり、実際の使用環境や期間の中で評価を行った。

2. 提案デバイス

提案デバイスは、任意の地点の太陽による明暗サイクルを光の色と明るさによって表現し、生活空間に溶け込むインタフェースを通して、それを時差を考慮した生活の指標として提示する。地点の指定については、手で直接地球儀を回転させ、指定したい地点が真上に位置するように台座に設置することで完了する。時差ボケ対策に関して、時差ボケは時差が4-5時間を超えると発生しやすいと考えられており[3]、その対策として生活リズムを調節する際には、

^{†1} 東京都立大学大学院システムデザイン研究科

a) <https://apps.apple.com/us/app/timeshifter/id1380684374>, (参照 2024-12-22)

b) <https://apps.apple.com/us/app/globetempus-convert-time-zone/id790181049>, (参照 2024-12-22)

1日あたり30分から1時間程度ずつずらす方法が推奨されている[4]。そのため、4-5時間以上の時差を伴う海外渡航を行う場合に、渡航の数日から1週間前を目安として、毎日の就寝前や起床後などに地球儀を現地に向けて、時差30分から1時間分程度ずらし、提示される光を生活の指標としながら、生活リズムを調整することをデバイスの使用方法とした。

3. 比較評価

提案デバイスのタンジブルな要素と地球儀要素について、それらの有無が操作性や印象に与える影響を調査するため、比較評価を行った。本実験では、20代の学生20名（男性13名、女性7名）を対象に、提案デバイスと各要素について条件を変えた比較用デバイスとをそれぞれ操作してもらい、アンケートと半構造化インタビューを通して評価を行った。

3.1 実験用アプリケーション・デバイスの制作

本実験では、提案デバイスの比較対象として、GUI上の地球儀を指定地点まで回転させ、無地の照明デバイスをスマートフォンやタブレットから操作する条件と、GUI上のリストから指定地点を検索・選択し、同様に無地の照明デバイスを操作する条件を設定した。本章では、それぞれの説明を簡潔にするため、提案デバイスを「TUI」、GUI上の地球儀を回転させる条件を「GUI1」、GUI上のリストから検索・選択する条件を「GUI2」と呼称する。各条件における要素についてまとめたものを表1に示す。GUI1とGUI2を設計する際には、「TUIを優位に見せるため、意図的に操作性を悪く設計する」といった恣意性を排除するため、時差ボケに関連する既存のアプリケーション（GUI1: World Clock Time Zone Wheel^{c)}、GUI2: World Clock Time Converter^{d)}）のデザインやシステムを参考にした。

GUI1とGUI2では、スマートフォンなどにインストールされた画面上のアプリケーションで地点を指定することで、TUIと同様に照明の光が変化する。GUI1では、画面上の地球儀をスワイプ操作で回転させ、指定したい地点を画面正面に持ってくることで設定が完了する。また、ピンチ操作によって地球儀を拡大縮小することが可能で、より細かく地点を指定することができる（図2）。GUI2では、リスト上部の検索欄に都市名や国名を英語で入力し、検索することでリスト内の候補が絞られる。そして、その中から指定したい地点をタップして選択することで地点の設定が完了する（図3）。本実験では、実物体の地球儀とGUI上の地球儀とで大きさの条件（直径200mm）を揃えるため、アプリケーションを操作するデバイスには、12.9インチモデルのiPad Proを用いた。

表1 各条件における要素

	TUI	GUI1	GUI2
地点の指定に用いるインタフェース	TUI	GUI	GUI
地球儀要素	あり	あり	なし

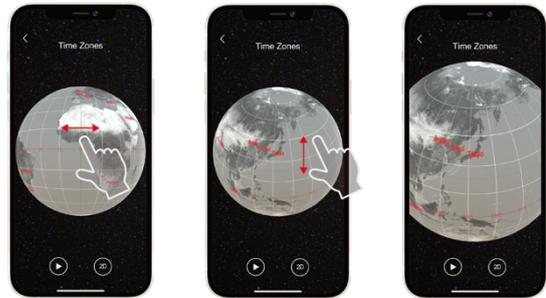


図2 実験用アプリケーション：GUI1



図3 実験用アプリケーション：GUI2



図4 実験に用いる照明デバイスの外観

また、実験を行うにあたり、TUIにて手で直接操作する地球儀型の照明デバイスと、GUI1およびGUI2にてスマートフォンなどを用いて操作する無地の照明デバイスの、2種類を制作した。その際には、大きさや質感などの要素を揃えながら行った。まず、TUIにて操作する照明デバイスは、直径200mmのプラスチック球に白黒の世界地図を印刷したコピー用紙を貼り付けて制作した。次に、GUI1および

c) <https://apps.apple.com/us/app/world-clock-time-zone-wheel/id1213420284>, (参照 2024-12-22)

d) <https://apps.apple.com/us/app/world-clock-time-converter/id622366157>, (参照 2024-12-22)

び GUI2 にて操作する照明デバイスは、同じ大きさの球形ランプシェードに、白色のコピー用紙を貼り付けて制作した。実験に用いる照明デバイスの外観を図4に示す。

3.2 先行研究と仮説

まず、インタフェースに関して、Englmeierらの研究[5]では、VRのための球体型ディスプレイにおいて、手で実際に球体を回転させる「回転球体」を用いた操作は、固定された球体表面をスワイプする「固定球体」を用いた操作に比べ、タスクの精度や効率が向上し、ユーザへの身体的・精神的も小さいことが示唆された。また、佐藤らの研究[6]では、画面上の仮想物体を回転させながら行うタスクにおいて、仮想物体と動きが同期する実物体指向球形デバイスを用いた操作は、マウスを用いた従来のドラッグ操作に比べて、タスクの誤答数や完了までの試行回数などが少なかった。次に、地球儀要素に関して、瀬戸崎らの研究[7]では、中学生を対象とした天文学習にタンジブルな地球儀を用いた教材を活用した結果、生徒らの学習への興味や理解が向上したことが示唆された。

これらの先行研究を踏まえ、インタフェースに関して、実物体の地球儀を実際に手に取って操作する TUI は、画面上の地球儀を操作する GUI1 に比べて、ユーザビリティの評価が高くなると考えた。また、地球儀要素に関して、地球儀を用いたインタフェースは、用いていないものに比べて好ましきの評価が高くなると考えた。

3.3 実験方法

本実験では、TUI・GUI1・GUI2の、合計3条件をランダムな順番で操作してもらった。参加者に操作してもらう際には、「JapanのTokyoを指定してください」のように、特定の地点を指定する操作をタスクとして設定した。タスクとして提示する地点については、G20から欧州連合(EU)を除いた19カ国を選定した。

まず、1つ目の条件における操作説明を行い、タスクを提示した後に、参加者にデバイスを操作してもらう。そして、ユーザビリティに関するアンケートに回答してもらう。この説明・操作・アンケートまでを1セットとして3条件分繰り返す。その後、ユーザビリティや好ましきに関する半構造化インタビューを行った。アンケートには、Brookeが提案したSystem Usability Scale (SUS) [8]を日本語に訳したものを採用した。また、SUSによる評価とは別に、操作時の感想や意見を自由に記述してもらう欄を設けた。半構造化インタビューでは、Luriaが行った複数の異なるインタフェースを比較評価する研究[9]を参考に、各条件を比較した際の操作性や印象の違い、自身の生活習慣・生活空間に馴染みそうな条件はあるかについて尋ねた。

実験は参加者がデバイスを操作する様子と、インタビューの内容をカメラで記録しながら行った。また、日本産業規格[10][11]において、住宅で勉強や読書などの作業を行う場合の照度基準が750luxであり、その許容範囲が500lux-

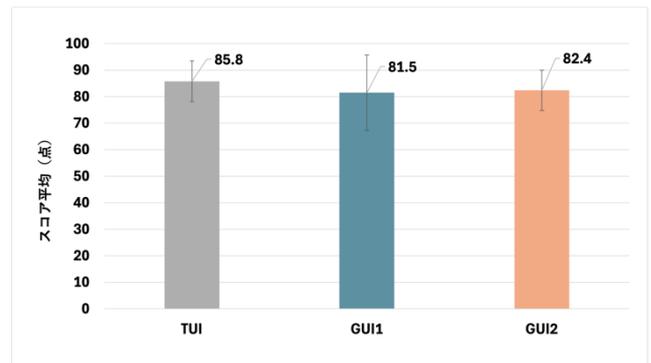


図5 ユーザビリティのスコア平均
(エラーバーは標準偏差)

1000luxであることを参考に、実験環境の明るさを設定した。具体的には、時間帯による光環境の変化を防ぐために遮光カーテンを閉めた上で、デバイスの操作などを行う机の上に置いた照度計が750lux前後を示すように部屋の照明を調整した。調整の結果、実験環境における照度は700lux程度となった。

3.4 結果と考察

3.4.1 操作性

まず、各条件の操作性に関して、ユーザビリティのスコア評価の結果を図5に示す。提案デバイスであるTUIは100点満点中85.8点と3条件の中で最も高いスコア平均が得られたが、他の条件と比較して大きな差はなく、分散分析の結果、有意差も見られなかった。

その一因としては、評価のばらつきが挙げられる。特に、画面上の地球儀を操作するGUI1では標準偏差が14.2と、他の条件(TUI:7.7, GUI2:7.6)と比較してばらつきが大きかった(図5)。GUI1に対しては、自由記述欄やインタビューの中で、「地理に弱いと操作にあまり自信が持てない」「地図の知識がないとパツとは目的地を探せない」といったコメントが得られた。また、参加者がGUI1を操作する際に、例えばタスクで指定する地点が参加者にとってあまり聞き慣れない地点だった場合、その地点を探すために地球儀上を何度も行き来している様子がしばしば観察された。このことから、地図の知識量が評価に影響を与え、その結果ばらつきが大きくなった可能性がある。同じく地球儀を用いているTUIについても、GUI1と同様に地球儀上を行き来する様子は観察されたが、その一方で「実体があってリアルなので、地理が苦手な人でも都市を探しやすい」「(GUI1よりも)自由な方向に動かしやすく、スムーズに探すことができた」「地球儀を手にとって、目的地を探索するのは楽しかった」といったコメントが得られた。このことから、実物体の地球儀とのフィジカルなインタラクションが操作体験に好影響を与えたことが考えられる。その結果、地図が苦手な場合でもネガティブな評価に繋がりにくく、全体的に高い評価が得られたため、GUI1に比べて評価

のばらつきも抑えられた可能性がある。そして、これら TUI の GUI1 に対する優位性についてのコメントは、インタフェースに関する仮説と同様な傾向があると考えられる。

また、画面上のリストから検索・選択する GUI2 については、インタビューの中で「国名や都市名のスペルを知らないと大変そう」「地名さえ知っていれば、手軽に探せる」といったコメントが得られたため、同様にユーザの知識量が評価に影響を与えた可能性がある。しかし、実験ではタスク提示する際に、その文章をタブレットの画面に表示して提示したため、地名（スペル）を知らなくてもそれを見ながら検索欄に入力することが可能で、結果として、参加者間の知識量の差による影響が GUI1 に比べて抑えられたと考えられる。そのため、タンジブルな要素や地球儀要素の有無について、より正確にその差異を明らかにするためには、地図に対する知識量という条件を事前に揃えるための検討が必要である。

3.4.2 印象と生活への適合性

次に、各条件を操作した際の印象に関して、GUI2 に対しては「比較的に味気なさ、もの寂しさを感じる」「作業的に感じた」といったネガティブな評価がいくつか見られた。一方、地球儀を用いた TUI と GUI1 に対しては「色々な場所を試してみたくなる」「地球上の地点と太陽の光との対応関係がわかりやすくて面白い、印象に残った」など、おおむねポジティブな評価であった。これらの結果から、地球儀を用いている TUI と GUI1 の方が、用いていない GUI2 よりも高い評価が得られ、地球儀要素に関しては仮説と同様な結果であったと考えられる。

また、実際に自身の生活習慣・生活空間の中でデバイスを使用することを想定してもらった際にも、TUI に対しては「インテリアとして好き、生活空間に馴染みそう」といった、ポジティブな評価が複数の参加者から得られた。ただし、「(TUI は好きだが) 部屋のどこからでも遠隔で操作できる方が好き」や「(すべての条件に対して) 毎日操作するとすると、面倒に感じてくるかもしれない」といったコメントも得られたため、実際の使用環境や期間では異なる評価が得られる可能性がある。

4. ホームユーステスト

比較評価では、提案デバイスの特性が操作性や印象に与える影響を検証したが、実際のユースケースにおける評価については検証できていない。そのため、実際に時差ボケ対策を行う際の環境や期間において、提案デバイスがどのように使用されるかを把握するとともに、時差ボケ対策支援に対する有用性や改善点を明らかにするため、ホームユーステストを行った。本実験では、20 代の学生 5 名（男性 3 名、女性 2 名）を対象に、参加者らの自宅で 5 日間提案デバイスを用いながら生活リズムを調整してもらい、アンケートと半構造化インタビューを通して評価を行った。本

実験は、東京都立大学日野キャンパス研究倫理委員会から承認を得て実施した（承認番号：R6-044）。

4.1 実験方法

本実験では、実際のユースケースに準えた評価を行うため、4-5 時間以上の時差を伴う海外渡航を予定している人（これまでの経験の有無は問わない）、あるいは過去に同様な海外渡航の経験がある人を対象とした。また、生活リズムを意図的にずらす実験であるため、心身の安全に配慮して健康な学生を対象とした。

参加者には、事前に提案デバイスの操作説明を行った上で、それを周辺機器（電源プラグ・ケーブル・必要に応じてポケット Wi-Fi）と共に貸出した。デバイスは、自宅の自由な場所に設置してもらい、その際には、設置の様子を撮影してもらった。ただし、光の視認性の観点から、他の照明付近や日当たりの良い窓辺は避けるようお願いした。実施期間は 5 日間（水曜日から日曜日）で、参加者には通常の生活を続けつつ、デバイスを使用しながら、時差ボケ対策である「生活リズムをずらす」方法を実践してもらった。生活リズムをずらす程度については、時差ボケ対策のガイドライン[4]に基づいて、1 日あたり 30 分から 1 時間、合計で 3 時間程度と設定した。また、生活リズムを早めるか遅らせるかについては、事前に参加者と相談した上で決定した。加えて、期間中は毎日、一日の終わりに時差への意識に関する Web アンケートに回答してもらった。

期間最終日には、同様にユーザビリティに関する Web アンケートに回答してもらった。また、期間終了後には、デバイス等の回収と併せて、東京都立大学にて、音声を記録しながら半構造化インタビューを行った。インタビューでは、「デバイスをどのように使用したか」「その操作性や印象、不満に感じた点」「時差ボケ対策に役立ちそうか」などを中心に回答してもらった。

4.2 結果と考察

4.2.1 使用方法

まず、デバイスの使用方法に関して、設置場所として最も多かったのは自室の机上であった。その他には自室の棚や、よく通る動線上にある棚といった場所が選ばれた。理由としては、自身が頻繁に利用する場所であることや、視認性が高い場所であることが多く挙げられた。また、インタビューでは、設置場所を選ぶ際の制約も明らかになった。例えば、当初はデバイスを机上に設置していたが、スペースの制約から他の場所へ移動させたケースや、明るさの制約から出窓の窓台を設置場所の候補から外したケースが報告された。

4.2.2 操作性

次に、デバイスの操作性に関して述べる。インタビューでは、すべての参加者が「使いやすかった」「シンプルで簡単だった」といったポジティブな評価をしており、期間最終日に行った、ユーザビリティに関する Web アンケートに

よるスコア評価においても、100点満点中88.0点と非常に高い評価が得られた。さらに、「(地球儀の操作)そのままだったのでわかりやすかった」「場所を選びたい時は実際にそこまで地球儀を回す、というのは分かりやすくして良いなと感じた」「初日に少し動かしてみても、すぐに操作に慣れた」といったコメントも得られたことから、地球儀型であり、地球儀を回転させる操作を用いた提案デバイスは、初めて使用するユーザでも直感的に操作することができ、広く受け入れられる可能性がある。

しかし、インタビューでは、光による太陽の表現に関する課題も明らかになった。具体的には、「(昼間の)明るさの変化はあまりよくわからなかった」「ふと見た時に光っているのか分かりづらい時があった(近くで見ればわかる)」といったコメントが挙げられた。その一因としては、デバイス自体の明るさが十分ではない点が考えられる。これはデバイスに内蔵されているLEDが出力できる明るさの最大値が小さく、表現できる明るさの幅が限られてしまっているためである。そこで、LEDを高出力のものに変更したり、数を増やしたりすることで改善が見込まれるが、その場合、現状の給電方法では電力が不足し、より大掛かりな給電装置が必要になる可能性がある。さらに、インタビューでは、「回転させて操作する時に、給電ケーブルが少し邪魔だった」との指摘もあったため、大掛かりな給電装置が操作性を損ない、ユーザビリティが低下してしまうリスクも考えられる。そのため、光による太陽の表現と給電方法の改善は併せて、慎重に検討する必要がある。

4.2.3 印象

デバイスへの印象に関しては、おおむねポジティブな評価が得られた。インタビュー中で最も多く言及されていたのは提案デバイスのインテリアとしての側面であった。具体的には、「アンティーク調も相まって、落ち着いた雰囲気好きだった」「部屋の雰囲気とマッチしていて良かった」といったコメントが挙げられた。また、「(文字や音声より)光でさりげなく教えてくれる方がストレスなく時差ボケ対策ができそう」とのコメントから、提案デバイスが生活空間に溶け込み、あまり主張しすぎない点が評価されたと考えられる。他には、1日の中で光が変化していくシステムに対して、「(デバイスの光が日毎に)今いる所とだんだんずれていくのは面白かった」「照明の変化、グラデーションが綺麗で良かった」といったコメントが挙げられた。一方で、「夜に消灯してしまうのは寂しい」とのコメントもあった。夜の表現については、太陽による明暗サイクルを表現するというコンセプトのもと開発を進めていたため、太陽の光が地表に届かない日の入り後は消灯としていた。しかし、「夜の光らない時間帯は、ちゃんと電源がついているか少し不安になる」とのコメントもあったため、より良い操作体験のために、睡眠に悪影響を及ぼさない範囲で行える夜の表現について検討する必要がある。

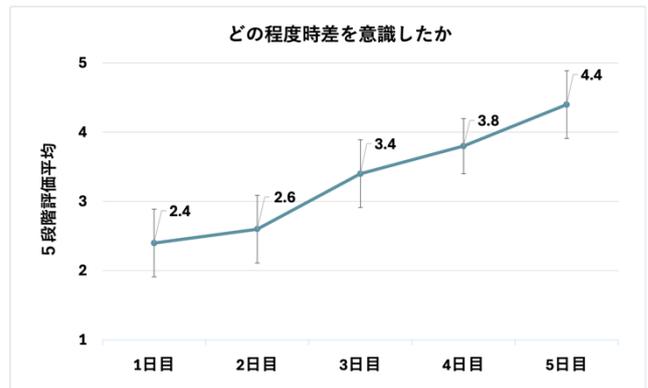


図6 設問1のアンケート結果
(1: 全く意識しなかった, 5: 非常に意識した。
エラーバーは標準偏差)

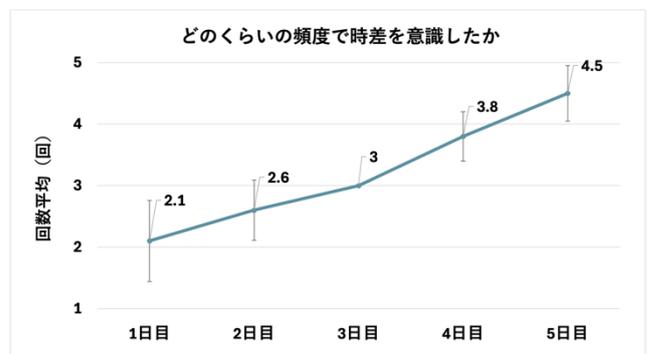


図7 設問2のアンケート結果
(エラーバーは標準偏差)

4.2.4 有用性

最後に、提案デバイスの時差ボケ対策支援における有用性に関して述べる。参加者には期間中、毎日時差の意識に関するアンケートに回答してもらった。このアンケートでは、1日を振り返って「設問1: 時差をどの程度意識できたか」を1(全く意識しなかった)から5(非常に意識した)の5段階評価で回答してもらった。また、「設問2: どのくらいの頻度で時差を意識したか」についても尋ねた。時差への意識に関するアンケートの結果について、設問1の結果を図6に、設問2の結果を図7に示す。

まず、インタビューにて、「デバイスを通じて、時差を意識できたか」を尋ねたところ、すべての参加者が「できていた」「(デバイスが)時差を意識するきっかけとなっていた」といった回答をした。さらに、「起床時や帰宅時に、地球儀を見て時差を意識するのがルーティンようになっていた」「この照明を使い始めてから、スマホやテレビで時間の表示を見た時に、ふと向こうの時間を考えるようになった」といったコメントから、デバイスの継続的な使用が時差を意識する習慣に繋がっていたことが考えられる。これは、アンケートの「どの程度時差を意識したか」と「どのくらいの頻度で時差を意識したか」の結果が、最終日にか

けて増加傾向にあることから示唆される。ただし、本実験では1日目から3日目が平日、4日目と5日目が休日であったため、休日の方がデバイスを目にする機会が多く、その分意識が高まった可能性もある。そのため、今後は、参加者が自宅に滞在していた時間なども考慮しながら、その効果に関して分析する必要がある。

また、「時差ボケ対策として生活リズムを調節する上で、デバイスは役に立つか」という質問に対しても、すべての参加者から「役に立ちそう」との回答が得られた。参加者からは「(時差ボケ対策を) 実際にやってみて、思っていたよりも時差を意識しながら1日生活するのは難しいと感じた」「実験に参加する上で、普段とは違って時差を意識しようとしていたが、生活する中で忘れることも多かった」といった感想が挙げられた。これは、日常生活の中では時差を知覚することが難しいためだと考えられる。これに関して、「(時差を忘れていた時に) ふと、地球儀が思い出させてくれる感じだった」「生活する中で自然と目に留まるので、この照明の存在自体が時差を意識するきっかけになっていた」といったコメントも得られた。このことから、生活空間に溶け込みながら情報を提示する提案デバイスは、自然と時差を意識するきっかけを創出し、時差を考慮した生活の支援に有用であったことが考えられる。

5. おわりに

本研究では、時差ボケ対策に必要な時差を考慮した生活の支援を目的として、地球儀型IoT照明デバイスを開発し、それを評価するために比較評価と2つの実験を行った。

まず、提案デバイスの特性である「タンジブルなインタフェースを手で直接操作する」「地球儀型であり、球体を回転させて国や地点の位置を確認する地球儀本来の操作方法を用いる」点について、その有無が操作性や印象に与える影響を調査するため、比較評価を行った。そこで、インタフェースと地球儀要素について条件を変えたものを制作し、それらと比較した結果、ユーザビリティのスコア評価において、条件間で有意な差は見られなかった。しかし、インタビューの結果、実物体の地球儀とのフィジカルなインタラクションが操作体験に好影響を与えたことが示唆された。また、印象(好ましさ)については、提案デバイスを含む地球儀要素のある条件の方が高い評価が得られた。

次に、実際の使用環境や期間において、時差ボケ対策支援に対する提案デバイスの有用性や改善点を明らかにするために、ホームユーステストを行った。その結果、提案デバイスは生活空間に溶け込みながら自然に時差を意識するきっかけを創出し、時差を考慮した生活の支援に有用であったことが示唆された。しかし、同時に、デバイスを実際の環境で使用する場合、設置場所の制約や光による太陽の表現に関する課題が指摘された。

今後の展望として、使用環境における制約や課題を解決

するために、デバイスの設計や給電方法を改善する必要がある。その上で、ユーザの地図に対する知識量や自宅への滞在時間など、今回の実験では考慮できていなかった要素も含めながら、より詳細に調査を行う。また、実際の海外渡航の際に、提案デバイスの使用が時差ボケの軽減に繋がるかについては検証できていないため、今後は海外渡航を目前に控えた人を対象とした実験を行い、その有用性について検証する必要がある。本研究では、時差ボケ対策の支援としてデバイスを提案し、その使用方法を設定した。しかし、提案デバイスを用いて現在地の太陽による明暗サイクルを表示させ、それを規則正しい生活の指標として活用することも可能である。そのため、今後は生活リズム改善への応用についても検討を行う。

参考文献

- [1] Kori, H., Yamaguchi, Y., Okamura, H.: Accelerating recovery from jet lag: prediction from a multi-oscillator model and its experimental confirmation in model animals. *Scientific Reports*, 2017, vol. 7, 46702.
- [2] 木川信哉, 栗原渉, 韓旭, 阪口紗季, 串山久美子: 太陽による明暗サイクルに準じた時差ボケ対策のためのIoT照明デバイスの提案. *インタラクション 2023 論文集*, 2023, 2C-54, pp. 699-702.
- [3] 佐々木三男, 遠藤四郎, 高橋敏治, 大滝紀宏, 森温理: 時差による睡眠障害の時間生物学的研究, *日本生気象学会雑誌*, 1984, Vol. 21, No. 1, pp. 43-51.
- [4] “JOC Conditioning Guide Rio2016 | 公益財団法人 日本オリンピック委員会”.
https://www.joc.or.jp/games/olympic/riodejaneiro/pdf/conditioning_guide_rio2016.pdf, (参照 2024-12-10).
- [5] Englmeier, D., O'Hagan, J., Zhang, M., Alt, F., Höllerer, T., Williamson, J.: TangibleSphere – Interaction Techniques for Physical and Virtual Spherical Displays, *Proceedings of the 11th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Shaping Experiences, Shaping Society*, 2020, No.75, pp. 1–11.
- [6] 佐藤究, 島山卓也, 小笠原直人, 布川博士: 感性的インタラクションを可能とする Object VR のための実世界指向球形デバイス, *日本感性工学会論文誌*, 2013, Vol. 12, No. 1, pp. 175-183.
- [7] 瀬戸崎典夫, 森田裕介: 天文分野を事例としたバーチャル環境における学習効果, *教育システム情報学会誌*, 2019, Vol. 36, No. 2, pp. 57-65.
- [8] Brooke, J.: SUS: A Quick and Dirty Usability Scale, *Usability Evaluation in Industry*, 1996, Vol. 1, pp. 189-194.
- [9] Luria, M., Hoffman, G., Zuckerman, O. : Comparing Social Robot, Screen and Voice Interfaces for Smart-Home Control, In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2017, pp. 580-628 .
- [10] “JISZ9110:2011 照明基準総則 | 日本産業標準調査会”.
<https://kikakurui.com/z9/Z9110-2011-01.html>, (参照 2024-12-10).
- [11] “JISZ9110:2011 照明基準総則 追補 | 日本産業標準調査会”.
<https://kikakurui.com/z9/Z9110-2011-02.html>, (参照 2024-12-11).