

昼光を考慮した HMD 型仮想現実による オフィス作業の光・視環境評価法の開発と国際的展開

環境研究グループ 研究員 佐野 智美

I はじめに

仮想現実を用いた空間評価は提示デバイスごとに有効輝度範囲、視覚ごとのレンズによる減衰、機器の固体差、また評価時前後の目の順応状態、対象視環境の必要提示輝度範囲を整理しなければ現実の見え方との差異が明らかでない為、設計前の CAD モデルや施工後確認したい空間の全方位画像を仮想現実へ出力以前に、デバイスの調整時間・知識が必要とされるのが現状である。従って、基本設計で仮想現実を用いた視環境設計を行うことは一般的ではなかった。

II 光・視環境の規格や仮想現実対策

(1) 規格

ヘッドマウントディスプレイ型仮想現実において国際規格や標準利用手順はまだ無い。本検討課題ではオフィス光・視環境を、空間の利用者が評価可能とする汎用型 HMD 型仮想現実の導入方法を検討していく。

(2) 仮想現実を用いた評価時の対策

建築環境の光/人間工学分野において表 1 に示す概ね 3 通りの工夫によって、現実と仮想空間の見え方が一致し一定水準の視環境評価ができるような方法がとられてきた。

①物理量を一致させる方法：提示空間の輝度範囲の大部分が提示デバイスの有効出力範囲に収まる組み合わせで正確に輝度提示し評価する方法。昼光が指し、窓から景観が見える、明るい光源がある、影になり暗い部分がある、といった最大/最小輝度範囲が異なる空間では、同じ精度の仮想現実を確保する方法がなく評価の比較ができない。②視覚機能領域毎のマッピング方法：提示視環境を屋外・室内（ターゲット、そのすぐ周辺・およびアンビエント）・アイストップなど視覚機能ごとの領域分けし、有効出力範囲内で領域毎に評価内容に足る輝度マッピングする方法。実空間のように最大/最小輝度が大きくデバイスの有効範囲外の場合も、多少暗い部屋でも順応すると机上面は見るといった人の目の順応が考慮され人の目に近い状態で評価できる。③輝度を一致を確認しない方法：開口部の位置や面の反射率、開口部の位置とサイズ

や街並など対象空間の CAD モデルを用いる方法。モデル内を歩き回れたり奥行き感覚の臨場感がある一方、実際の明るさと一致しないので正確に視環境を評価できない。いずれの方法を採用しても、設計前段階では開口部、座席位置など視環境に係る詳細な情報がないため、厳密な仮想現実による評価を行うことができない。本検討の研究者が開発した HMD 型仮想現実システム^[1](図 1)では、東日本大震災などの広域災害後の節電運用時のオフィスの調査結果^[2,3]や、その後の行政^[4,5]、学会^[6]による技術指針などで想定される節電運用時の作業スペースの全方位測光色仮想現実を作成し、日本の就労者を対象にした印象評価実験から、主に①の方法で近似的に非常時のオフィスに必要な視環境を明らかにしてきた。

一方で、近年、オフィスにおける帰宅困難者向けの災害拠点化、ライフライン断絶の長期化、世界規模でのエネルギー不足時の長期節電運用など、平時から非常時まで多様な滞在機会の需要が諸外国で高まり、これまでより設計の上流で大まかな視環境の検討でいることが望まれるようになってきた。

表 1 光・視環境/人間工学分野における VR 提示対策の整理

	対策の方法	評価できる条件と課題
①	物理量を一致させる	空間輝度の提示デバイスの有効出力範囲に収まる組み合わせで正確な輝度を提示する方法。
②	視覚機能領域毎のマッピング	視覚機能ごとの領域分けし輝度マッピングする方法。目で見た状態に近い状態で評価できるが、輝度範囲が異なる空間では評価の比較ができない。
③	明るさ一致を確認しない	空間の CAD モデルをそのまま使う方法。奥行きや臨場感があるが明るさは実空間と一致しないので視環境を正確に評価できない。(一般に用いられる手法)

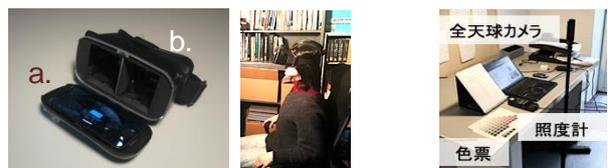


図 1 HMD 型 VR システム^[4]評価の様子 図 2 全方位測光色測定 (a. iphone 14pro, b. Urgod goggle)

III. 研究開発 実施内容および調査結果

本課題では、平時から非常時に対応するために設計段階で検討されるオフィス視環境を想定し、そもそも提示対象の空間データが不足している視環境について、国外調査により作業スペース 22 個（うち、窓有 14、天窗 3、窓無 4）、全方位輝度を実測により取得し、内 8 つスペースに対し 10-20 パターンに擬似的に調光した空間を仮想現実を作成し（図 2, 3）、13 名（内 5 名カナダ建築センター職員、8 名多国籍客員研究員）従来システムを用い空間の評価被験者実験を実施した。これにより、従来どおりの輝度一致提示方法で評価可能なオフィスを明らかにしつつ、より詳細に視環境設計を行う場合には輝度変化に敏感で明るさが必要な、変化に鈍感で省エネを図り減灯を検討できる可能性のある領域の検討を行った。その結果、被験者の属性で同じ様に減灯しても属性で評価への影響は異なり、空間慣れている職員は明るくすると評価が良くなるが、短期で滞在する客員は明るくすると評価が下がった。さらに、②の提示可能デバイスの一般化と精度向上は、仮想現実による評価が一般的に行われる技術発展を目指す以上重要な観点であり、また仮想現実の規格などはまだ存在しないことから、これらに対し、デバイスは最も高輝度の出力な市販品のみで構成させる（図 1）、擬似調光の計算についても計算内容がわかっている市販のシステム^[7]、ヘッドセットのレンズについても減光率を測定済みのもを用いることで、現状の精度把握と向上を図った。今後発展させる必要がある。

IV 得られる結果の目論見

本検討により得られる結果の目論みとして、仮想現実により評価可能となる条件を何点か示す（図 5）。

① 大きな開口部を活用した非常時の省エネオフィス：従来のグレア有無の検討法では、輝度シミュレーションによる時間的負荷が大きく、主に代表座席のみで検証されてきたところ、昼光を様々に取り入れた柔軟な座席レイアウトが評価されるようになる。② 人工照明・昼光照明併用以外にも昼光のみのような自然光を活用した環境管理：仮想現実を用いて視環境評価を正確できることで思い切った設計も実践可能となる。浮いた電力は、温熱環境など視環境以外の環境維持に使うことが可能になる。③ 利用形態に合わせた節電効果の強化：省エネ率は設計一次エネルギーから計算されるが、例えばテナントビルなどで、実運用は入居者任せとなりによる省エネ達成率は成り行きである。入居者の勤務形態、エネルギーの取得状況に応じ、視環境の優先事項ごとに複数パ

タン省エネルギー化を図る視環境を検討しておくことで、柔軟な省エネ実践が可能である。



図 3 実測作業スペース例

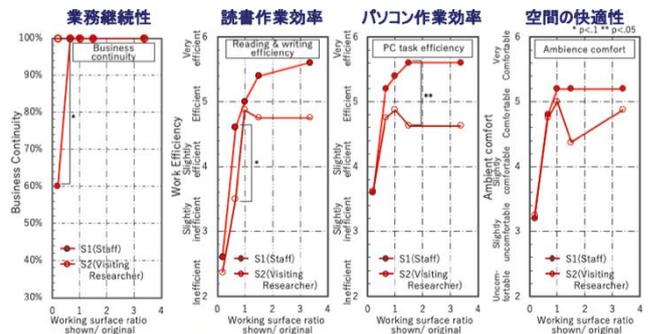


図 4 評価結果 (S1:職員 S2:短期研究員)

- a. 大きな開口部、
- b. 柔軟なレイアウト



- c. 無窓・自然光のみ等の思い切った設計・省エネ対策

図 5 評価可能になる視環境設計の技術事例

【参考文献】

[1] 宮田 智美, 中村 芳樹, 青木 万理, 千歳 優希, 非常時の業務継続性を確保するオフィス視環境 (その 1) : ヘッドマウントディスプレイ型ヴァーチャルリアリティシステムを用いた検討, 日本建築学会環境系論文集, 2021, 86 巻, 784 号, p. 590-599,
 [2] 吉澤 望, 望月 悦子, 岩田 利枝, 節電時の照度・輝度分布実態と執務者評価, 日本建築学会環境系論文集, 2019, 84 巻, 758 号, p. 385-395
 [3] 望月悦子, 吉澤望, 岩田利枝, 宗方淳, 平手小太郎, 明石行生: 2011年の節電対策がオフィス照明環境に与えた影響 東日本大震災に伴うオフィスの節電照明環境の実態 その1, 日本建築学会環境系論文集, 第78巻, 第683号, pp. 9-11, 2013. 1,
 [4] 内閣官房: 内閣官房業務継続計画平成20年7月(平成27年3月改訂)
 [5] 東京都: 東京都業務 継続計画都政 BCP オールハザード型 Step. 1~多様な災害に柔軟に対応し、都民の命と暮らしを守る~令和5年11版.
 [6] JIS Z 9110:2011: 照明基準総則 (追補 1)
 [7] 中村 芳樹, 光環境における輝度の対比的定量的検討法, 照明学会誌, 2000, 84 巻, 8 号, p. 522-528, 公開日 2011/07/19
 [8] 山本 竜也, 三宅 博行, 山口 秀樹, 吉澤 望, 建築内部空間における光・視環境を考慮した開放感の定量評価研究 (その 1) : HMD による VR を用いた無窓空間における開放感評価の妥当性検証, 日本建築学会環境系論文集, 2021, 86 巻, 783 号, p. 451-461