

VR（バーチャルリアリティ）技術による
レースカーテンの視認性評価手法の開発
その2 VR技術によるレースカーテンの視認性評価手法の有効性

Development of a Technique to Assess the Visibility of Lace Curtains using Virtual Reality
Technology

Part 2: Usefulness of a VR Technique for Assessing the Visibility of Lace Curtains

多 屋 淑 子 井 田 真理奈
Yoshiko TAYA Marina IDA

VR（バーチャルリアリティ）技術による レースカーテンの視認性評価手法の開発

その2 VR技術によるレースカーテンの視認性評価手法の有効性

Development of a Technique to Assess the Visibility of Lace Curtains using Virtual Reality
Technology

Part 2: Usefulness of a VR Technique for Assessing the Visibility of Lace Curtains

多屋 淑子* 井田 真理奈**

Yoshiko TAYA

Marina IDA

Abstract Our previous work examined how to construct a virtual space using VR technology for use in evaluating the visibility of lace curtains in living environments. In this study, we performed a detailed examination of how best to reproduce lace curtains in a VR environment. We found it was possible to simulate lace curtains closely resembling the real thing by adjusting their opacity, color temperature, and lighting environment. In addition, we found it was necessary to faithfully reproduce the visual porosity and transmittance of the original material in order to replicate the actual curtain's appearance in the virtual environment. Applying these findings, we then conducted a visibility assessment in the virtual environment under daytime and nighttime conditions. Subsequent analysis revealed high associations between the visibility assessment data for the virtual and actual living spaces. Our results demonstrated that the developed VR-based technique was useful for conducting visibility assessments of lace curtains, particularly in nighttime settings.

Key words: virtual reality (VR) space VR空間, real space 実空間, lace curtain レースカーテン, visibility 視認性, assessment of visibility 視認性評価

1. はじめに

生活の安心安全を保護するために、レースカーテンの機能として、視認性は重要である。本研究では、生活者がレースカーテンを購入する際や生産者が製造を行う前に事前に視認性を簡便に評価できる評価手法の開発を目指している。我々は、従来の実際の居住環境でレースカーテンを使用して行ってきたレースカーテンの視認性評価実験に対し、より簡便な方法で、より精度が高く、客観的な視認性評価

結果を得ることを目的とし、現実の生活条件に即したレースカーテンの視認性評価を行なうためのVR実験室を構築する手法を検討してきた¹⁻³⁾。先の研究においては、実空間と同等の主観評価を得られる再現性の高いレースカーテンの視認性評価を行うためのVR空間の構築を検討した³⁾。本研究では、実空間のレースカーテンの視認性評価実験と作成したVR空間とVRレースカーテンによる評価実験を行い、その視認性評価結果の比較を行い、構築したVR空間の有効性を確認することを目的としている。

* 被服学専攻
Graduate of Division of Clothing

** 被服学専攻修了
Graduate of Division of Clothing

2. 実空間実験によるレースカーテンの視認性評価

2-1. 実空間でのレースカーテンの視認性評価の実験方法

実空間でのレースカーテンの視認性を評価するに際し、実験室内にて、レースカーテンを設置する生活空間を想定した実験を行った。モデルとしたのは、外部へ視覚情報が流出し易い戸建住宅の1階の居間と、それに接する人の行きかう道路間との視認性である。実験では、居間を室内とし、道路を室外と想定して、状況を再現した。室外と室内の境のドアにレースカーテンを設置し、室内からレースカーテンを通して室外を見る時と室外から室内の見え方を被験者の主観により評価する。具体的には、実験環境は Fig. 1 に示すように、照度条件は、昼間と夜間に想定した状況を天井照明で再現した。光環境には、昼環境と夜環境を模擬した2種類を設定した。昼環境は室内、室外共に照明を点灯、夜環境は室内のみ点灯させ再現した。昼環境は室内700lxと室外1600lx、夜環境は室内700lxと室外0lxに設定した。被験者は室内と室外と想定した実験室で、昼環境・夜環境下にて視認性評価を行う。

室内の被験者は、レースカーテンを設置したドアから1m離れた位置で着席し、ドアの外で起立している室外の被験者の見え易さ及び視線に対する抵抗感・不安感を評価する。

室外の被験者は、レースカーテンを設置したドアから1m離れた位置でドアに対面した状態で起立姿勢を保ち、室内に居る被験者の見え易さ及び視線に対する抵抗感・不安感を評価する。

実験者は被験者が評価を記入する1分間の順応時間の間にレースカーテン30種を設置する。その時、レースカーテンはランダムに提示した。

2-2. 実験条件

実験条件は Table 1 に示すように、被験者として健康な女子大学生10名が参加し、視覚条件は日常使用する眼鏡・コンタクトレンズを使用することとした。実験室は、室外と室内を想定し、照明と温熱環境を制御できる2室を用いて行った。2室の間のドアの窓にレースカーテンを設置し、被験者による視認性評価実験を行った。照明は、2室の照度条件を変化させて昼環境と夜環境を設定した。レースカーテンの視認性評価に際しては、被験者が視認性

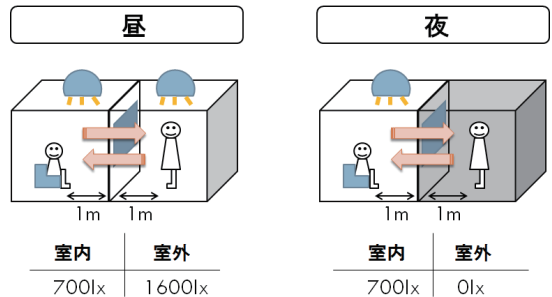


Fig. 1 Experimental method

Table 1 Experimental conditions

実験期間	2012年9月21日～9月25日
実験場所	人間環境制御装置室ⅠとⅡ
使用照明	人間環境制御装置室Ⅰ（室内を想定）：なし 人間環境制御装置室Ⅱ（室外を想定）：蛍光灯、白熱灯
照度条件	昼環境 室外：1600 lx
	室内： 700 lx
	夜環境 室外： 0 lx
	室内： 700 lx
被験者	健康な女子大生 10名
視覚条件	日常使用する眼鏡、コンタクトレンズを使用
試料	レースカーテン 30種 ³⁾

Table 2 Conditions of visibility assessment

光環境条件	見る方向
昼環境	室外→室内、室内→室外
夜環境	室外→室内

評価に集中できるように、実験室の環境を26℃・50%RHに制御した。被験者の着衣は、平均皮膚温が33～34℃と温熱的に中立な状態を維持できる着装条件とし、視認性評価の主観申告を行わせた。

2-3. 評価項目と評価条件

評価項目と評価条件は Fig. 2 に示すとおりである。被験者が室外にいる場合は、室内の見えやすさ「視認性評価」、室内を見ることへの「抵抗感・不安感」、被験者が室内にいる場合は、室外の見えやすさ「視認性評価」、外から視線を感じることへの「抵抗感・不安感」を評価させた。本研究では、レースカーテンを通した室内外からの視認性評価を目的にしていることから、人の顔やシルエットの見え方と、視線

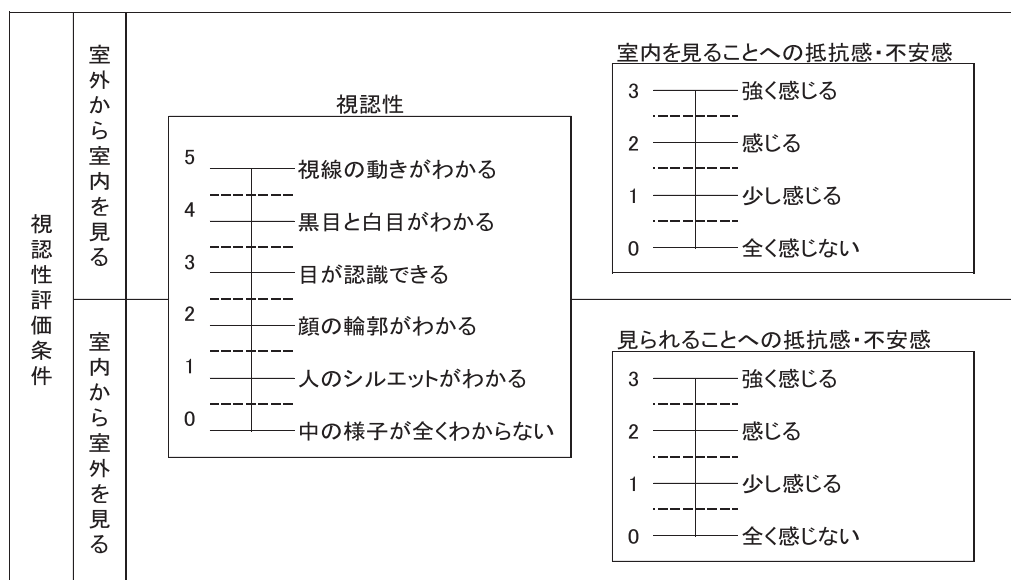


Fig. 2 Visibility assessing results of lace curtains in the VR space experiment

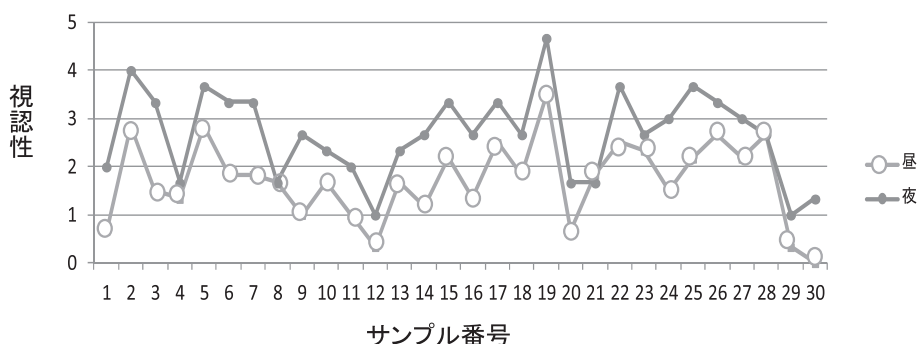


Fig. 3 Result of visibility assessments during daytime and nighttime (example of subject C)

に関わる目の動きに焦点を絞り、Fig. 2に示す項目を用いて視認性、抵抗感・不安感の評価を行った。

2-4. 昼環境と夜環境の視認性評価結果

室外から室内を見た場合の昼環境と夜環境の視認性評価結果について検討した。

Fig. 3は、先の研究で使用した30種のレースカーテン³⁾を用いて、室外から室内を見た場合の昼環境と夜環境の視認性評価結果の例である。これにより、他の被験者においても、夜環境の方が昼環境に比べて、より視対象を認識し易い傾向があることがわかつ

た。また、すべての被験者の評価結果において、レースカーテン間の評価結果のバラツキの方が繰り返し実験のデータ間のバラツキよりも有意に大きかったことから、本研究の実空間の視認性評価実験による評価方法は再現性のある方法であることがわかった。

2-5. 視認性と抵抗感・不安感の評価結果

Fig. 4は、被験者10名の視認性と抵抗感および不安感の評価値であり、各被験者において繰り返し実験の平均値である。抵抗感と不安感は、視認性の申告と関係がないことが観察された。たとえば、被験

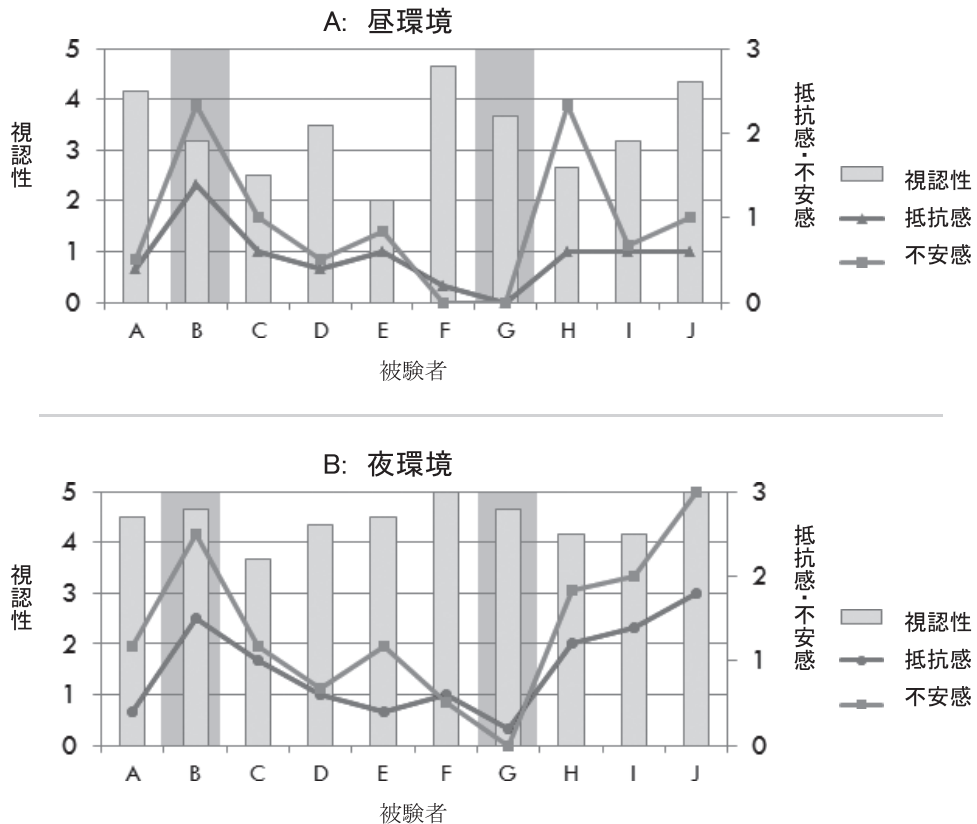


Fig. 4 Results assessment of visibility, resistance feeling, anxiety feeling
(A: daytime, B: nighttime)

者Bは視認性が高ければ抵抗感や不安感も高くなっているが、被験者Gは視認性が高くとも、抵抗感や不安感は殆どないことがわかる。抵抗感と不安感の評価結果、繰り返し間のバラツキの方が被験者間のバラツキよりも大きく再現性が見られないことから、レースカーテンの視認性評価には、抵抗感と不安感は無効な評価項目ではないことがわかった。

また、抵抗感と不安感は、視対象の見えやすさの度合いに応じて変化する場合としない場合があることが観察された。これは被験者の性格検査の結果から、性格に関係するようであり、例えば社会的な被験者Fが、夜環境にて視認性が高くとも抵抗感と不安感はないと評価する一方、他人から一定時間見られることに対する嫌悪感を持つ被験者Jの場合は、視認性が高くなれば抵抗感と不安感も高くなる傾向が観察された。

3. VR空間実験によるVRレースカーテンの視認性評価

3-1. VR提示方法

先の研究³⁾で構築したVR空間実験室を用いてVRレースカーテンの視認性評価を行った。

視認性評価に用いたVRレースカーテンは、Fig. 5の3種（No.8, 22, 28）を用いた。



Fig. 5 VR lace curtain

Fig. 6 は、実物のレースカーテンによる実環境実験と、PC を用いた VR 空間実験の実験風景である。VR 空間実験においては、被験者は、温熱的に中立状態に環境が制御された実験室にて、ハイビジョン対応のノート PC（1920×1080pixel）に掲示された昼環境・夜環境を再現した VR 空間の中の VR レースカーテンの視認性評価を行った。

3-2. VR 空間による視認性評価実験の結果

視認性の評価は、Fig. 2 に示す実空間実験と同一の評価尺度および被験者を用いた。VR 空間実験に

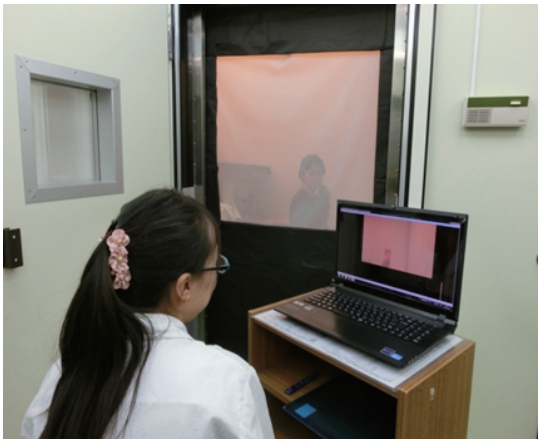


Fig. 6 Experimental landscape

おいては、一般には、レースカーテンは、プライバシー保護を行うことを目的として室外からの視線を遮断するために使用されることから、昼環境と夜環境共に、「室外からレースカーテンを通して室内を見る」実験条件とした。

Fig. 7 は、昼環境と夜環境の視認性評価結果であり、被験者 10 名の繰り返し 2 回の実験の平均であり、3 種の VR レースカーテンにおいて、夜環境は昼環境に比べて視認性が高い評価が得られることが観察された。全ての被験者は、夜環境の方が昼環境に比べ、視対象を認識し易く、照度の低い部屋に居る被験者は照度の高い部屋の内部を認識し易いことがわかった。

4. 構築した VR 空間と実空間による視認性評価実験の比較

4-1. 実空間と VR 空間の見え方の類似性

構築した VR レースカーテンを実物のレースカーテンと比較し、その見え方について評価を行った。評価項目は、柄、透け感、色、空間全体の奥行き、光環境とし、実験は繰り返し 2 回行った。Table 3 はその時の評価用紙である。

Fig. 8 は、実空間と比較した際の VR 空間の見え方と、VR 空間と比較した際の実空間の見え方について夜環境の結果を示している。3 種の VR レースカーテンにおいて、いずれの項目も、実物と「やや似て

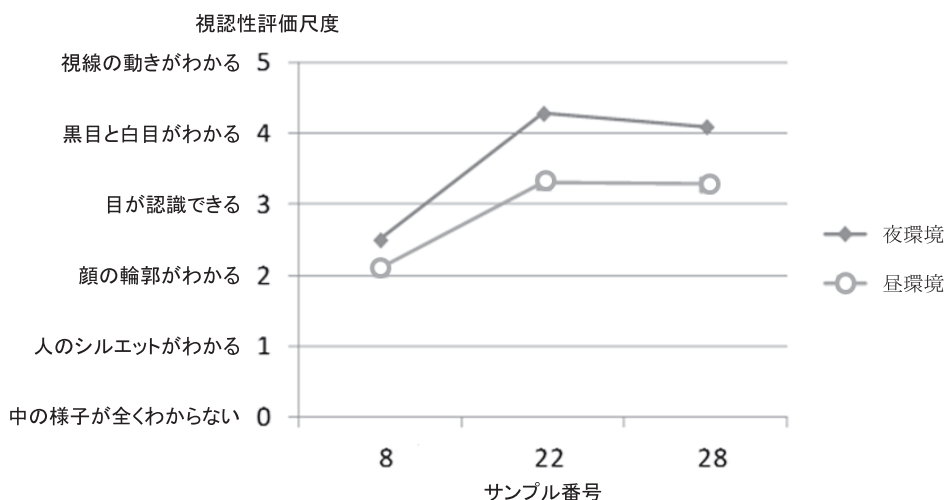
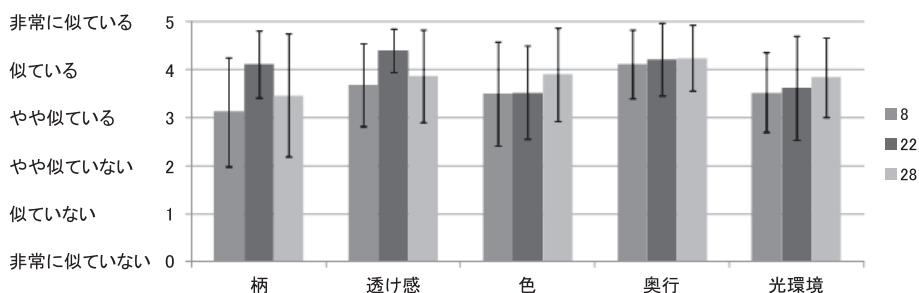


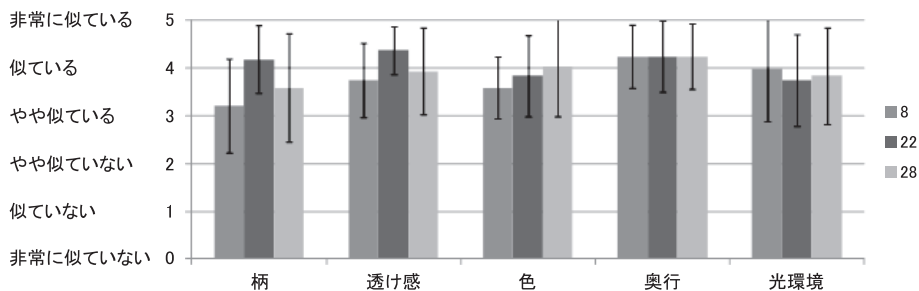
Fig. 7 Visibility assessing results of lace curtains in the VR space experiment

Table 3 Evaluation items used for comparisons between VR space and real space

<p>1. カーテンの柄 (糸間の空隙に着目して下さい)</p> <p>5 ——— 非常に似ている</p> <p>4 ——— 似ている</p> <p>3 ——— やや似ている</p> <p>2 ——— やや似ていない</p> <p>1 ——— 似ていない</p> <p>0 ——— 非常に似ていない</p>	<p>2. カーテンの透け感 (視対象の顔に着目して下さい)</p> <p>5 ——— 非常に似ている</p> <p>4 ——— 似ている</p> <p>3 ——— やや似ている</p> <p>2 ——— やや似ていない</p> <p>1 ——— 似ていない</p> <p>0 ——— 非常に似ていない</p>	<p>3. カーテンの色</p> <p>5 ——— 非常に似ている</p> <p>4 ——— 似ている</p> <p>3 ——— やや似ている</p> <p>2 ——— やや似ていない</p> <p>1 ——— 似ていない</p> <p>0 ——— 非常に似ていない</p>
<p>4. 空間の奥行きは感じるか (室内と室外の評価)</p> <p>5 ——— 非常に似ている</p> <p>4 ——— 似ている</p> <p>3 ——— やや似ている</p> <p>2 ——— やや似ていない</p> <p>1 ——— 似ていない</p> <p>0 ——— 非常に似ていない</p>	<p>5. 空間の光環境どうか (室内の色を含めた光環境の評価)</p> <p>5 ——— 非常に似ている</p> <p>4 ——— 似ている</p> <p>3 ——— やや似ている</p> <p>2 ——— やや似ていない</p> <p>1 ——— 似ていない</p> <p>0 ——— 非常に似ていない</p>	



A: VR 空間を実空間と比較した時の類似度 (夜環境)



B: 実空間を VR 空間と比較した時の類似度 (夜環境)

Fig. 8 Comparison of similarities between VR space and real space (example of nighttime)

いる」以上の評価を得ることができた。昼環境においても同様の結果が得られたことから、本研究で構築したVR空間は、レースカーテンの視認性評価手法として使用できる可能性を見出すことができた。

4-2. 昼環境と夜環境における実空間実験とVR空間実験による視認性評価結果の比較

Fig. 9は、被験者10名の中から、視認性評価に再現性のある5名の被験者を選定し、実空間とVR空間による夜環境と昼環境の視認性評価実験を行い、その結果をサンプル別に示したものである。これより、同じ素材でも、夜環境と昼環境では視認性が異なること、夜環境は昼環境よりも視認性のスケールが1段階上がり、室外から室内が見える方向にシフトすることが観察された。また、視認性評価は、夜環境の方が昼環境よりも個人差が小さくなることもわかった。

さらに、Fig. 9からは、実空間と構築したVR空間との視認性評価結果を昼環境と夜環境別にピアソンの積率相関係数を求めると、昼環境では $r=0.59$ 、夜環境では $r=0.89$ となり、構築したVR空間と実空間の評価結果には相関が認められることが確認できた。特に、夜環境の実験においては、実空間の視認性評価結果と高い相関がみられ、本研究で構築したVR空間を用いた視認性評価実験は、夜環境にお

いて有効であることがわかった。

5. まとめ

本研究の手法によるVR空間およびVRレースカーテンは、実物のレースカーテンの素材の開口率と透過率を用いてレースカーテンに光を透過させてサンプルに透明度を与え、さらに、被験者ごとにサンプルの色や光強度を調整することにより構築した³⁾。これらのVR空間とVRレースカーテンを実物と比較すると、柄・透け感・色・奥行・光環境の評価項目において、実物と「やや似ている」以上の評価を得ることができた。次に、VR空間実験による視認性評価を行った結果、実際のレースカーテンによる評価結果と同様な結果を得ることができた。

VR技術により構築したレースカーテンの視認性評価手法は、実空間実験の評価結果と高い相関があり、特に、夜環境の視認性評価は実空間の視認性評価と高い相関を得ることができた。すなわち、VR空間によるレースカーテンの視認性評価手法は、夜環境のレースカーテンの視認性評価に有効であることがわかった。以上より、構築したVR空間がレースカーテンの視認性を評価する際のシミュレーションツールとして使用できる可能性を見出すことができた。

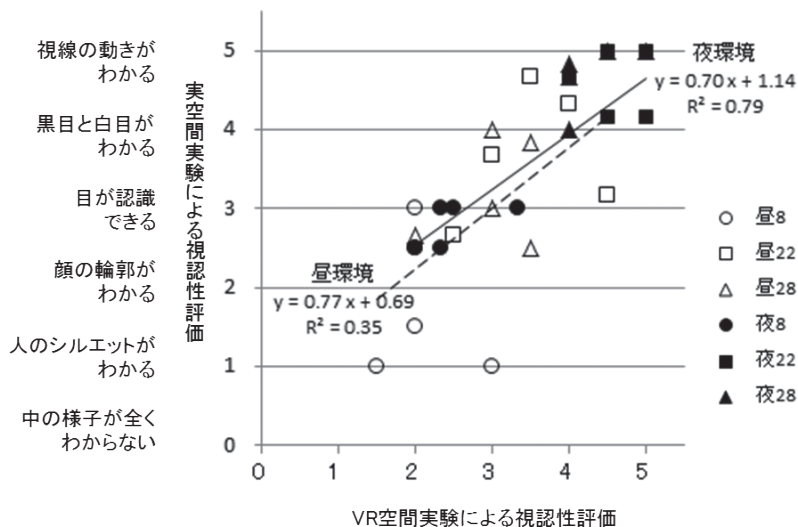


Fig. 9 Comparison of visibility assessment results lace curtain by VR space experiment and real space experiment between daytime and nighttime

6. さいごに

本研究の手法を利用することにより、実空間実験を行わなくとも、レースカーテンの視認性評価のシミュレーションを簡便に行えるようになることが期待される。

本研究で構築したVR空間とVRレースカーテンによる視認性評価手法は、生活者がレースカーテンを購入する際には、柄の好みだけではなく、事前に視認性を確認できるようになり、安心安全を考慮したレースカーテンを選定できるようになる。一方、生産者サイドにおいては、試作以前に、レースカーテンの視認性レベルを確認できるようになるなど、生活の安心安全に貢献できるレースカーテンを確実に提供できるようになる。また、生産の合理化にも役立つようになる。

今後は、レースカーテンの複雑な素材感、色、模様をVRレースカーテンに再現するさらなる検討が必要である。

〔要 約〕

我々は、VR（バーチャルリアリティ）技術によるレースカーテンの視認性評価手法の開発を目指し、先の研究において、VR技術を用いた視認性評価のための仮想空間を構築する方法を検討した。本研究では、実物のレースカーテンをVRで再現する方法を詳細に検討した。その結果、VRレースカーテンは、その不透明度や色温度および光環境の調整により、実物に近い状態に再現できることがわかつ

た。また、VRレースカーテンの見え方を実物に近似させるには、視認性評価に影響するレースカーテン素材の開口率と透過率を忠実に再現する必要があることがわかった。これらの知見を反映させてVRによる昼環境と夜環境の仮想空間を用いて視認性評価を行い、実際の生活空間との結果を比較すると、実物による視認性評価結果と高い相関がみられた。VRによる仮想空間を使ったレースカーテンの視認性評価手法は、特に夜環境の視認性評価を行う際に有効であることがわかった。

参考文献

- 1) 齋藤あかね, 成田千恵, 多屋淑子: プライバシー保護のためのカーテン素材の視認性評価方法の検討, 日本女子大学大学院紀要 家政学研究科・人間生活学研究科, 第14号, pp.175-180, 2008
- 2) 成田千恵, 井田真理奈, 多屋淑子: レースカーテン素材の透過率および開口率の評価方法の検討, 日本女子大学大学院紀要 家政学研究科・人間生活学研究科, 23号, pp.197-205, 2017
- 3) 多屋淑子, 井田真理奈: VR技術によるレースカーテンの視認性評価手法の開発, その1: レースカーテンの視認性評価のための仮想空間の構築, 日本女子大学大学院紀要 家政学研究科・人間生活学研究科, 24号, pp.197-206, 2018