

物体の大きさと消失点の操作による実空間における 視覚印象の再現に関する研究

中尾悠二 長篤志

山口大学大学院理工学研究科〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1

E-mail: {u022vm, osaa}@yamaguchi-u.ac.jp

あらまし 本研究では写真と実空間の視覚印象の差異に着目し、その差異を小さくするための線形でない投影方法に関する知見を得ることを目的とした。写真に対して実空間が何倍の大きさで知覚されるのかを示す拡大率関数がこれまでに提案されている。また、透視投影上の消失点と知覚する主観的な消失点が異なることも報告されている。そこで、廊下の写真に対して拡大操作と消失点操作の両方を行って画像を生成することで、より実空間に近い視覚印象が得られるのかを調べた。

キーワード 大きさ知覚, 消失点, 投影法

A study on Reproduction of visual impression of a real space by manipulation of the object size and the vanishing points

Yuji NAKAO Atsushi OSA

Graduate school of Science and Engineering, Yamaguchi University,

2-16-1 Tokiwadai, Ube-shi, Yamaguchi, 755-8611 Japan

E-mail: {u022vm, osaa}@yamaguchi-u.ac.jp

Abstract In this study, we focused on the differences between the visual impression of photo and that of the real space, and our purpose is to reveal knowledge for non-linear perspective method in order to make the differences smaller. The magnification rate function indicating how big an object in real space is perceived in comparison with the portrayed object in a photo have been proposed. In addition, it has been reported that locations of apparent vanishing points in real space are different from those of the correct vanishing points in the photo. Therefore, we generated some images combined the both of the magnification rate and apparent vanishing points to portray a corridor scene, and investigated whether those images can bring close impression to the real scene.

Keywords Size perception, Vanishing point, Perspective

1. 序論

1.1. 背景

両眼視差を用いた立体映像技術は、実写やコンピュータグラフィックス(CG)を問わず、観察者が受ける奥行き感を向上させ、その結果リアリティ感を増すことができる[1]。一方で、多くの人が使用する映像機器は2次元平面ディスプレイであり、その場合においてもリアリティ感の向上が必要とされている。

CGにおいて3次元空間を2次元平面に映し出す際には、一般的に透視投影法が用いられる。写真やビデオ

カメラで得られる実写画像も、基本的には透視投影法であり最もなじみ深い投影法である。透視投影法では、投影面に描画される物体の大きさは視点からの距離に反比例して描画され、その大きさの変化が絵画的奥行き感がかりの一つとして観察者に奥行きを感じさせることができる。

しかしながら、人が知覚する距離と大きさ感の関係は、大きさの恒常性が働くことによって透視投影法におけるそれらの関係と一致しないことがわかっている[2]。Nagataら[3][4]は、知覚される大きさと観察距離

との関係を調べ、観察距離を変数とした拡大率関数を提案している。

一方、透視投影法では、消失点の位置が描画上の重要な要素となっている。消失点とは透視投影法で描く場合に、3次元空間における平行線が、2次元平面の平面像において収束する点である。厳密に透視投影法のルールに則るのであれば、3次元空間における平行線のセットは、すべて同一の消失点に収束する。ところが絵画においては、その厳密な透視投影法でなく、消失点を恣意的にずらして描くことが行われることが多い[5]。例えば、浮世絵師の葛飾北斎は、透視投影法の知識があったにも関わらず、消失点が1つとなる風景においても、あえて2つにして描く技法を”三つ割の法”として用いていた[6] (図1)。画家らが透視投影法から意図的に消失点をずらす意図は分からないが、アニメーション監督の宮崎駿が、我々の主観的な風景を再現するならば消失点位置は一点に集中せず大きさを持った円内に分布すると述べる[7]のように、消失点を操作して絵を描くことで人間の知覚を再現した絵を描こうとしたという意図もあることが予想される。例えば、地面に描かれた平行線は平行には見えないという「平行並木の実験」結果[8]が示すように、観察者の知覚する見えの消失点は透視投影による消失点位置とは一致しないことが予想される。

Hayashi ら[9]は実空間で知覚される見えの消失点の位置と透視投影法による消失点の位置との違いを報告している。Hayashi ら[9]は、対象風景として、平行線が4本あり消失点の位置が分かりやすい廊下を選択した(図2)。このシーンの4本の平行線は、それぞれの組み合わせにより、天井面の消失点、右壁面の消失点、左壁面の消失点、床の消失点の4つの消失点を構成することができるが、これらの消失点はすべて一点に集中する一点透視図法のシーンであった。そして、実空間で知覚される境界線の見えの消失点位置と、見えの角度について調べる実験を行った。実験結果は図3のようになった。透視投影法による消失点は画像の中心である。それに対し、見えの消失点の位置(図3左の点)は、床以外の消失点においても中心からずれるということがわかった。一方、見えの境界線の角度(図3右の太線)から算出した消失点も、画像中央からずれた。ただし、それらは見えの消失点の位置とは異なっており、見えの消失点の知覚と見えの境界線の知覚は異なっていることがわかった。

Rauschenbach [10]は、透視投影法に大きさの恒常性や形の恒常性の知見を取り入れた知覚透視図を提案している。Rauschenbach による知覚透視図(図4)では、遠くの物は透視投影図よりも大きめに描かれている。その結果、平行線の消失点は地面と平行であるにもか

かわらず地平線と一致せず、奥行き方向に伸びた直線は曲線になるとしている。ただし、知覚透視図法提案のために心理実験などを行ったわけではなく、どの程度大きくするのか、どの程度角度を変更するのかという描画技術にはなっていない。

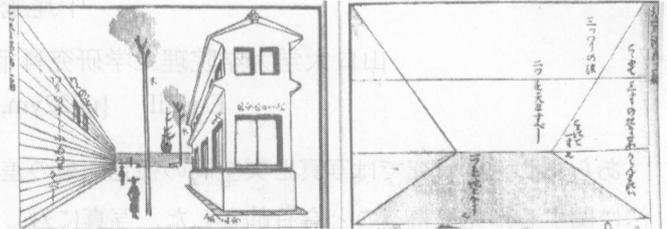


図1 葛飾北斎による三つ割の法の解説[6]



図2 Hayashi et al.らによる実験対象風景

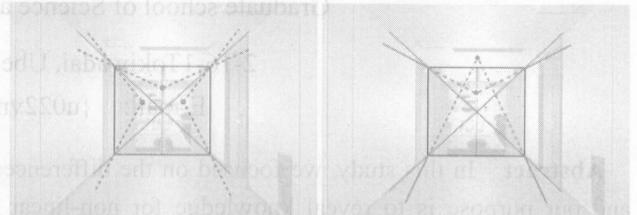


図3 廊下風景における見えの消失点(左)と見えの境界線の角度(右)。左図の細線は見えの消失点から算出される見えの境界線。右図の点は見えの境界線から算出される見えの消失点[9]

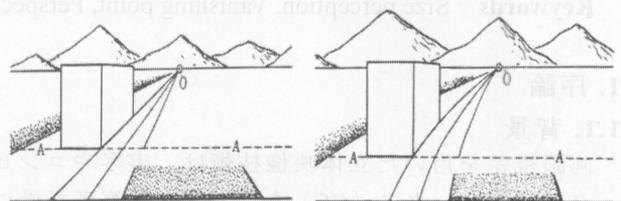


図4 Rauschenbach による透視投影図(左)と知覚透視図(右)[10]

1.2. 目的

Nagata らの研究では、人が知覚する大きさと距離の関係性を明らかにし、拡大率関数を提案した。Hayashi らの研究では、屋内における見えの消失点、境界線の角度を明らかにした。そこで本研究では、これらのお見えの大きさ、見えの消失点（境界線）に関するデータを用いて透視投影法の画像を加工することにより、実空間の印象に近い画像を生成できるかどうかを調べることを目的とした。

2. 見えの大きさ感と消失点を考慮した投影画像の評価

2.1. 評価画像の生成

Hayashi ら[9]の実験結果を用いるため、Hayashi ら[9]の実験に近い廊下風景を対象として選択した。廊下は高さ 2.45m、幅 2.05m であり、観察地点から廊下の端までの距離は 13.7m であった。大きさと距離の基準として用いるために、観察位置から 4.0m の距離の廊下中央に赤色のコーン（高さ 0.7m）を設置した。観察位置には、高さを 1.20m としてカメラを設置した。カメラの画角は、普及率が高く、カメラとして用いられる頻度も高いスマートフォンである iPhone6（Apple 社）のカメラの画角と同様になるよう焦点距離 27mm（35mm フィルム換算）で撮影した（図 5）。

評価対象となる画像を生成するにあたって、見えの大きさ感については Nagata らの拡大率関数[4]を用いて描画対象までの距離に応じて大きく描くことが考えられる。一方で、見えの消失点に関しては、Hayashi らの実験結果より、注目する部位（天井、左壁、右壁、床）と評価方法（見えの消失点位置を直接聞いた場合、見えの境界線の角度から見えの消失点位置を算出した場合）によって、見えの消失点位置が一意には決まらない。そこで、これらの組み合わせによる 10 枚の画像を生成することにした。

まず、画像生成の前処理を行った。これは、大きさの操作と消失点・境界線の操作による効果のみを検討するため、画像中の細かい物体とテクスチャ、色の要素を排除する画像処理であった。具体的には、撮影した写真に対して、グレースケール化を行い、次に二値化処理を行った。そして、膨張・収縮処理によってノイズを除去すると同時に、ドアの窓や看板などの、評価項目に関係がないものを手動で消去した。これを①透視投影画像とした（図 6）。画像サイズには、127mm × 89mm（写真 L 判）と 197mm × 145mm（iPad の画面サイズ）の二種類を用意した。

次に、Hayashi ら[9]の先行研究のデータを基に、①透視投影画像に対し次の 4 パターンの消失点操作を行った画像を作成した。

② 実空間で天井に着目した時の見えの消失点位置に合わせて変換した画像（天井における見えの消失点位置画像）（図 7）

③ 実空間で右壁、左壁のそれぞれに着目した時の見えの消失点に合わせて変換した画像（左右壁における見えの消失点位置画像）（図 8）

④ 実空間で床に着目した時の見えの境界線角度に合わせて変換した画像（床における見えの境界線角度画像）（図 9）

⑤ 実空間で右壁、左壁のそれぞれに着目した時の見えの境界線角度に合わせて変換した画像（左右壁における見えの境界線角度画像）（図 10）

さらに、①透視投影画像に対し Nagata らの拡大率関数[4]を適用して画像変換処理を行い、⑥拡大変換画像（図 11）を作成した。拡大率関数を適用するにあたって、基準となる距離を 4m とした。これにより、⑥拡大変換画像のコーンの位置と大きさは、①透視投影画像と等しい。

今度は、Hayashi ら[9]の先行研究のデータを基に、⑥拡大変換画像に対し次の 4 パターンの消失点操作を行った画像を作成した。

⑦ ⑥に②と同様の変換をした画像（天井における見えの消失点位置画像（拡大））（図 12）

⑧ ⑥に③と同様の変換をした画像（左右壁における見えの消失点位置画像（拡大））（図 13）

⑨ ⑥に④と同様の変換をした画像（床における見えの境界線角度画像（拡大））（図 14）

⑩ ⑥に⑤と同様の変換をした画像（左右壁における見えの境界線角度画像（拡大））（図 15）

以上、②~⑤と⑦~⑩の変換にあたって、基準となるコーンの位置は右手前のドアの位置に合わせて前後させ、大きさは同じにした。消失点操作の画像変換処理には PhotoshopCS2（Adobe 社）を用いた。



図 5 元画像

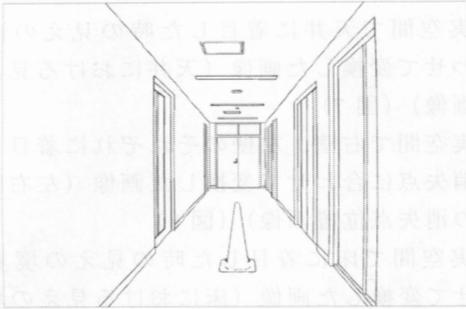


図 6 ①透視投影画像

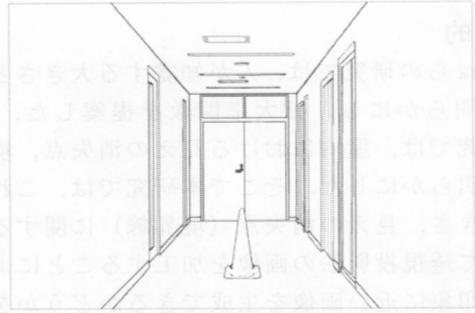


図 11 ⑥拡大変換画像

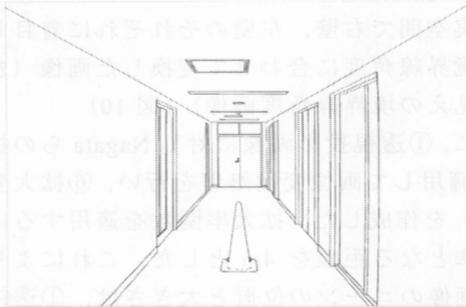


図 7 ②天井における見えの消失点位置画像

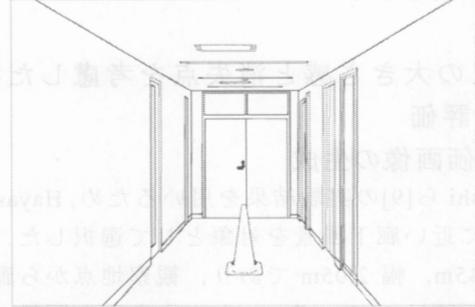


図 12 ⑦天井における見えの消失点位置画像
(拡大)

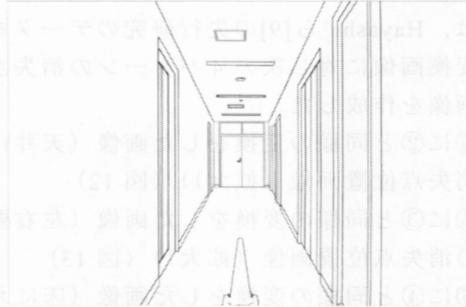


図 8 ③左右壁における見えの消失点位置画像

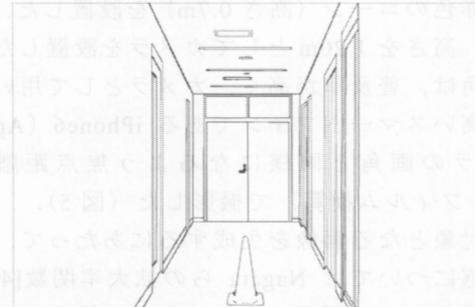


図 13 ⑧左右壁における見えの消失点位置画像
(拡大)



図 9 ④床における見えの境界線角度画像



図 14 ⑨床における見えの境界線角度画像 (拡大)

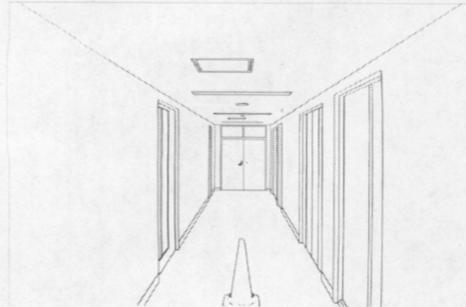


図 10 ⑤左右壁における見えの境界線角度画像

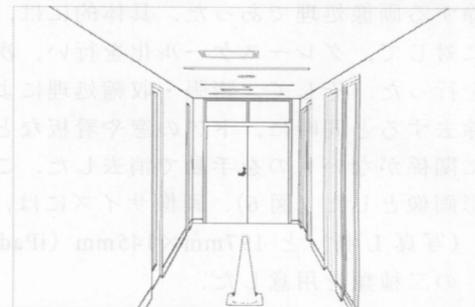


図 15 ⑩左右壁における見えの境界線角度画像
(拡大)

2.2. 実験方法

観察者に対して、ランダムな順序で画像を一枚ずつ提示した。画像は、高さ120cm、観察者正中面から左45°、55cmの距離に固定された。観察者は椅子に座り、あご台によって観察位置が固定された状態で実空間と画像を観察した。観察者の目は、元画像撮影時のカメラ位置とほぼ等しい位置であった。観察者は、実空間と画像を交互に見比べた後、画像の印象評価を行った。評価項目は以下の6つであった。

- ・奥の壁の大きさ感
- ・天井の消失点の位置の再現性
- ・床の消失点の位置の再現性
- ・左壁の消失点の位置の再現性
- ・右壁の消失点の位置の再現性
- ・総合評価

観察者は、画像から受ける印象と実空間で受ける印象との一致度合いを11段階で評価した。実空間を観察したときの印象に完全に合っている場合を100%、全く合っていない場合を0%とした。ただし、奥の壁の大きさ感の評価には、4m先に設置されたコーンの大きさを基準として評価した。

実験参加者は、男性18名、女性2名(22-27歳。視力は矯正して正常であった)の20名であった。

2.3. 結果と考察

実験結果を図16から図21に示す。L判、iPadの画像サイズの両方に対して、評価項目ごとに評価画像を要因とした一要因分散分析を行った。その結果、L判、iPadの両方の画像サイズともに、要因の効果が5%の危険率で有意であった。

次に、各表項目において画像間における多重比較(Bonferroni法)を行った。奥の壁の大きさ感については、①から⑤の画像と⑥から⑩の画像との評価値の差は、iPadサイズの①-⑥、⑦、⑨間、L判の①、⑤-⑨間、①、②、⑤-⑩間を除いて、有意もしくは有意傾向であった。これは、拡大率関数を用いた画像変換が、大きさ感に関する視覚印象の伝達において有効であったこと示している。

天井の消失点の再現性について、L判の①よりも⑥、iPadサイズの①よりも⑨の評価が高くなることが有意、もしくは有意傾向であることがわかった。しかし、天井の見えの消失点を再現した画像である⑦は、それぞれの消失点操作前の画像である⑥より評価が有意に下がった。このように、天井に関して見えの消失点を画像で再現しても、実空間で受ける印象とは異なることが分かった。

床の消失点の再現性について、L判において、①よりも⑥、⑦、⑩の評価が高くなることが有意もしくは

有意傾向であることがわかった。床の見えの境界線角度を再現した画像である⑨は、iPadサイズにおいて⑥より評価が下がり、その差は有意、もしくは有意傾向であった。このように床に関して見えの境界線角度を再現しても、実空間で受ける印象とは異なることがわかった。

左壁、右壁それぞれの消失点の位置の再現性について、L判の場合①よりも⑥の評価が、iPadサイズの場合①よりも⑥、⑦、⑩の評価が、それぞれ平均値として高かったものの、それぞれ有意ではなかった。左壁、右壁それぞれの見えの消失点の位置を再現した画像である③と⑧、境界線の角度を再現した画像である⑤と⑩は、それぞれ①と⑥より評価が下がった。

以上のように、拡大率関数による画像変換は消失点位置の印象をより実空間に知覚することができる事がわかった。その理由として、拡大率関数による変換をした画像は、実空間に近い奥行き感を観察者に与えることができ、その結果、消失点の位置が実空間に近づいて観察された可能性が考えられる。

総合評価については、①より評価が高かったのはL判では⑥、⑦、⑩であり、iPadサイズでは⑥のみであり、最も評価が高かったのはL判、iPadサイズ共に⑥であった。ただし、いずれの差も有意ではなかった。⑥の画像は①の画像よりもすべての項目で評価値が高かったにも関わらず総合評価において差がなかったのは、観察者に近い左右壁にある扉の描写が実空間に受ける印象と一致していなかったということが予想される。また、今回用いた評価画像の作成方法では、消失点を操作することによってコーンの位置が前後していた。コーンの見える範囲が変化することで視点の位置が変化したように感じられ、総合評価の評価値に影響が出たのではないかと考えられる。

3. 結論

見えの消失点や見えの境界線角度に合わせて画像を変換しても、実空間での印象を再現した画像にはならないということがわかった。一方で、拡大率変換だけをおこなった画像は、奥の壁の大きさ感を実空間の印象に近づけることができ、なおかつ、消失点の操作を行わないにも関わらず消失点位置に関する印象を透視投影画像よりも実空間に近づけることがわかった。ただし、拡大率変換を行った画像においても、総合評価では透視投影画像と比べて有意に評価が向上したわけではないため、より実空間に近い印象を与える投影法に関する知見が必要であると言える。

文献

- [1] 伊藤崇之, “技研における立体テレビの研究成果,” NHK 技研 R&D, no.123, pp48-55, Sep. 2010

- [2] 安田稔, “立体視と大きさの恒常性,” テレビジョン学会誌, vol.33, no.12, pp.972-977, Nov. 1979
- [3] K. Nagata, A. Osa, M. Ichikawa, T. Kinoshita, H. Miike, “Magnification rate of objects in a perspective image to fit to our perception,” Japanese Psychological Research, vol.50, no.3, pp.117-127, Sep. 2008.
- [4] 長田和美, 三輪智也, 長 篤志, 一川誠, 水上嘉樹, 多田村克己, 三池秀敏, “知覚される大きさと観察距離の関係を示す拡大率関数-実空間で得られる視覚印象表現する画像生成に向けて,” 認知科学, vol.15, no.1, pp.100-109, March 2008.
- [5] 黒田正巳, 空間を描く遠近法, 彰国社, 東京, pp.198-199, 1992.
- [6] 花篤實, 中村晋也, 熊本高工, 美術 2,3 上 美を求めて, 日本文教出版, 大阪, pp.38-39, 2006.
- [7] 植草信和, 千と千尋の神隠しを読む 40 の目, 株式会社キネマ旬報社, 東京, pp.77, 2001.
- [8] 松田隆夫, 視知覚, 培風館, 東京, pp.134-135, 1995.
- [9] M. Hayashi, Y. Honda, A. Osa, K. Matsuda, H. Miike, “Displacement of perceived vanishing point in a corridor scene,” International conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2012, pp.571-576, Penghu, Taiwan, May 2012.
- [10] B. V. Rauschenbach, “Perceptual Perspective and Cezanne's Landscapes,” Leonardo Journal, vol.15, no.1, pp.28-33, Winter 1982.

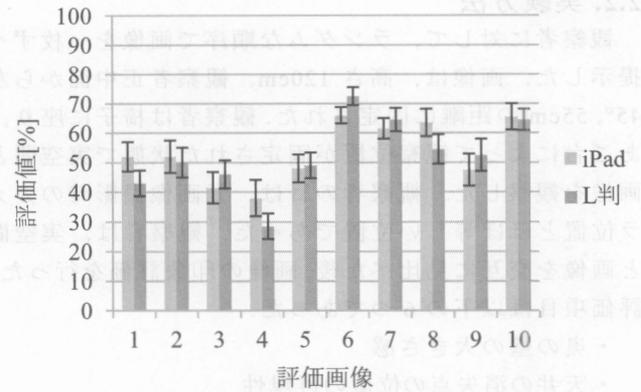


図 18 床の消失点の位置の再現性

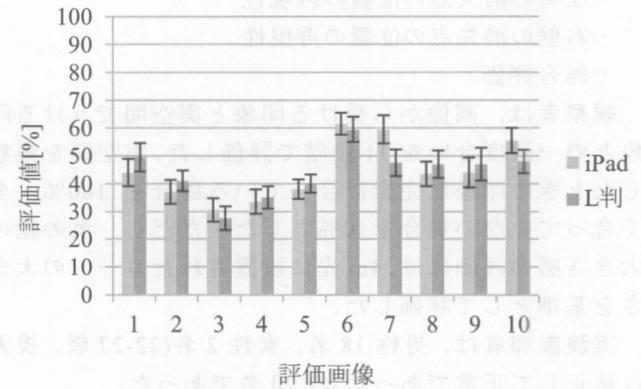


図 19 左壁の消失点の位置の再現性

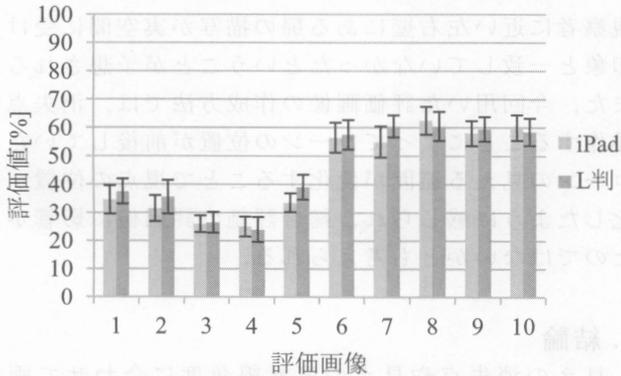


図 16 奥の壁の大きさ感 (エラーバーは標準誤差)

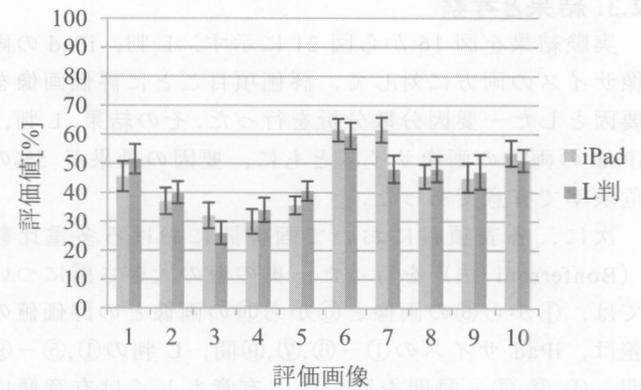


図 20 右壁の消失点の位置の再現性

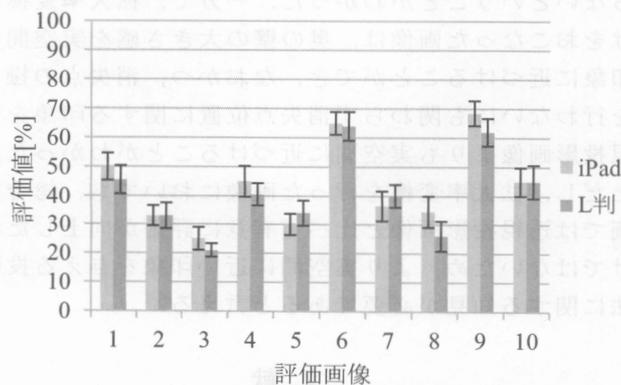


図 17 天井の消失点の位置の再現性

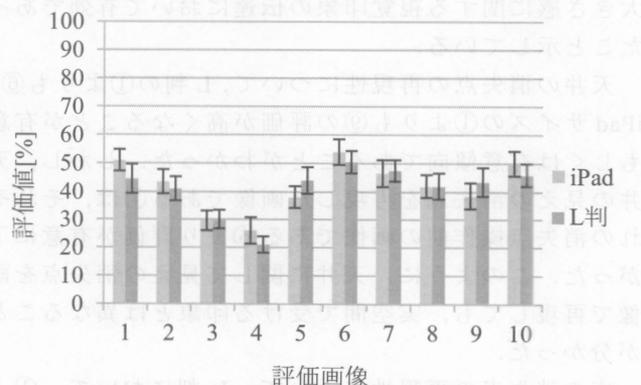


図 21 総合評価