

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 4月 20日現在

機関番号：52605

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2011年度～2012年度

課題番号：23135530

研究課題名（和文） 輝度と立体感の順応を利用した質感再現の顕在化研究

研究課題名（英文） Enhancement of gloss perception by using high radiance and stereoscopic reproduction

研究代表者 山本 昇志 (SHOJI YAMAMOTO)

東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科 准教授

研究者番号：70469576

## 研究成果の概要（和文）：

本研究は物体が持つ材質感を顕在化して再現する手法を明確化することである。この材質感のうち、我々は物体表面のなめらかさ等を表現する光沢に注目して研究を実施した。23年度は輝度の情報が光沢を顕在化させるのに有効であることを明らかにして、複数の投影画像をスクリーン上で重畳させることでリアルな光沢再現を実現した。24年度は更なる顕在化として光沢に生じる奥行き感を付加する手法を検討した。その結果、パナムの融合域を超える範囲（我々の実験では視差角が40 arcmin以上）で光沢の知覚が明確に向上することを明らかにした。最終的には、検証した光沢の立体再現と光重畳による強度増加を兼ね備える再現システムの構築を行った。立体画像で光を重畳する方法として、光沢位置をスクリーン上で一致させ、逆に異なる視差を持つ物体を前後に表示することで、輝度と立体感で光沢質感を顕在化させる再現システムを実現した。

## 研究成果の概要（英文）：

In this research, we have developed a real reproduction method of gloss appearance based on the explicit radiance and perspective characteristics. At the first year (2011), the contribution of reflected radiance for gloss perception was clarified, and high radiance reproduction was performed by the combination of multiple projectors. At the next year (2012), the contribution of stereoscopic reproduction for gloss perception was clarified, and we found that the disparity of gloss appearance is effective to reproduce more than Panum's fusional area. Finally, we achieved the real reproduction system of gloss appearance by combining the multiple projectors and stereoscopic reproduction, which is realized by using the synthesized gloss images on the screen.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
23年度	1,700,000	510,000	2,210,000
24年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：質感認知の脳神経メカニズムと高度質感情報処理技術の融合的研究

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学，ソフトコンピューティング

キーワード：質感，光沢，再現，投影，コンピュータグラフィックス

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

ディスプレイの表示技術は 3D や HDR (High Dynamic Range) などの新たな表現能力を取り込み、今なお進化している。これら表示技術の到達目標は真の物理世界の描写であり、その進歩はデザイン, CG, 医療, 設計支援など広い産業応用への展開が期待されている。我々もデジタルモックアップに質感再現を付加した製造シミュレーションの研究を以前より精力的に行ってきた(図 1)。質感は物体の材質感が織りなす複合的な光学現象であり、外観の良し悪しを決定する重要な因子と成り得る。この質感を正確に表示再現する技術は設計や製造効率の飛躍的な進歩が期待でき、その躍進のための重要な鍵は 3D や HDR などの新たな表現能力の付加である。しかしこれら新技术は近年導入され、質感を適切に表現するための制御パラメータが明確ではない。特に立体認知や輝度順応など、人間の視覚特性や感受性を考慮していなければ正確な質感再現は難しい。

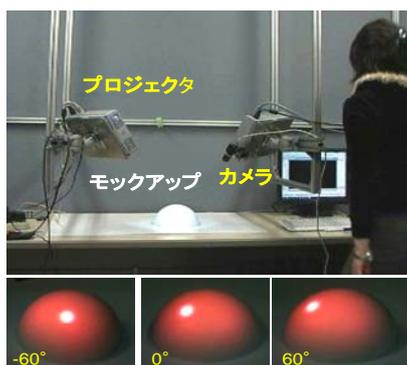


図 1 従来手法

2. 研究の目的

そこで本研究では人間の視覚特性、特に立体的な質感を表現する上で重要な光強度に対する感受性と立体表示における奥行き知覚量について質感表現の観点から解析を行い、“順応”をキーワードとして表示すべき質感に応じた表現手法のルール化を目指す。中でも立体感が強く感じられる光沢再現を主に取り上げ、表現できるデバイスの性能内で最もリアルに立体物の材質感を再現できる輝度やコントラスト、奥行き量などを明らかにする。

3. 研究の方法

具体的に、まず平成 23 年度には感覚量を評価するための HDR ディスプレイ装置の構築と、光沢知覚に関する輝度、サイズ、形状、分布と順応の影響を明確化する(図 2)。更に H24 年度は、前年度で製作したディスプレイ

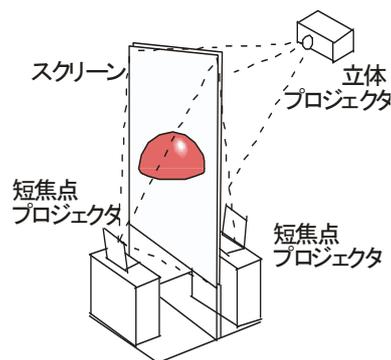


図 2 構築予定のシステム

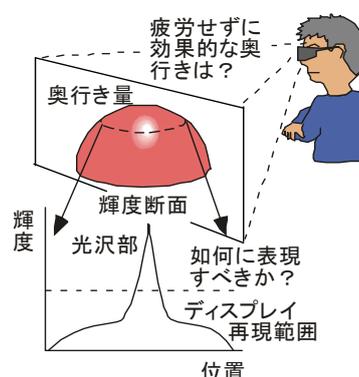


図 3 質感顕在化ポイント

の片面を立体プロジェクタに変更して、奥行き知覚の順応と眼精疲労の関係について説明を行い、快適な環境下で立体効果を質感表現に適用する手法を検討する(図 3)。

4. 研究成果

平成 23 年度は光沢の知覚を向上させる因子の一つである“輝度”に着目して研究を行った。我々が知覚できる輝度範囲は順応や虹彩調節を含めて 10000:1 程度と言われている。これに対して従来のディスプレイ装置は 8 ビット 256 階調であり、輝くような知覚を必要とする光沢再現を行うにはダイナミックレンジが不足している。そこで我々は図 4 に示すように、投影型表示方式を採用して、複数台での光の重畳による輝度再現範囲の

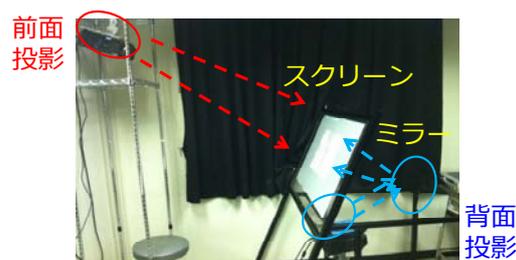


図 4 光重畳が可能な投影システム

拡大を試みた。単純に重畳するだけでも効果はあるが、図5に示すように、原画像に High Dynamic Range 画像を用い、それぞれの投影画像で圧縮度合いを変化させて主観評価を行った。結果を図6に示す。様々な物体や光沢反射で評価した結果、経験的ではあるが7:3で重畳する方法が適していることを明らかにした。

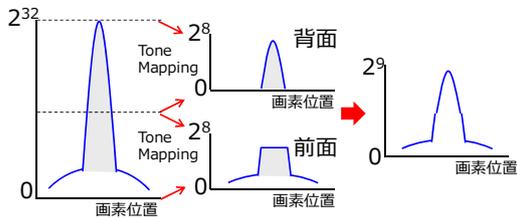


図5 複数投影画像の生成方法

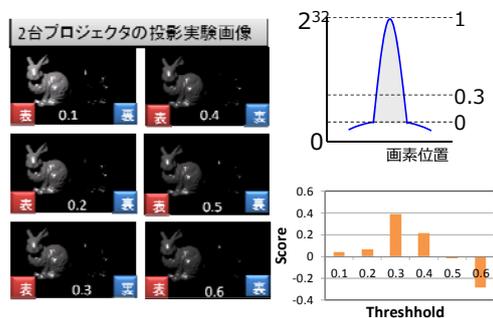


図6 輝度重畳に対する主観評価結果

平成24年度は質感再現において重要な立体表示が可能な装置を構築し、材質感知の主観評価を行った。構築した質感再現システムを図7に示す。この装置はカメラで被験者の位置を追跡しているため、観察位置に応じた正確な質感が再現可能である。物体描写はWardの光沢反射モデルを用いているため、鏡面反射、拡散反射、表面粗さを制御することができる。本実験ではアルミ、ゴム、黒鉛、陶器の4種類の材料を用いた。被験者が各材質のイメージと一致するように鏡面反射率と表面の粗さのパラメータを変化させることで、特定材質に対する知覚の定量化を行っている。また、形状による影響を評価するために、Sphere, Blob, Bunnyの3形状を用いた。

図8には各材質に対する主観評価結果を示す。横軸は鏡面反射率、縦軸は表面粗さを示している。結果から、どの形状でも各材質を表す領域は同様な範囲で知覚されていることがわかる。特に陶器やゴムは特徴的な分布を示すことがわかる。一方で黒鉛は実際に観察した経験が少ないため結果がばらつきと考えられる。結果に最も個人差が現れたのはアルミであった。これは一つの材質でも加工方法によって大きく材質感を変えるためだと考えられる。

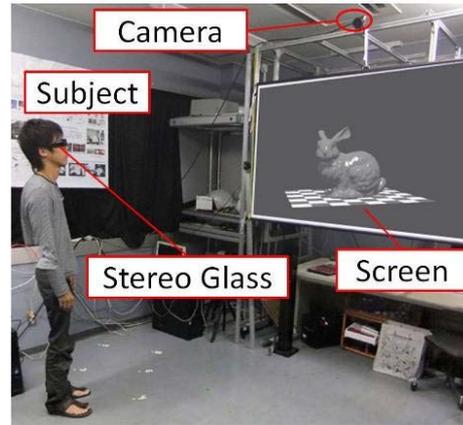


図7 立体質感を再現するシステム

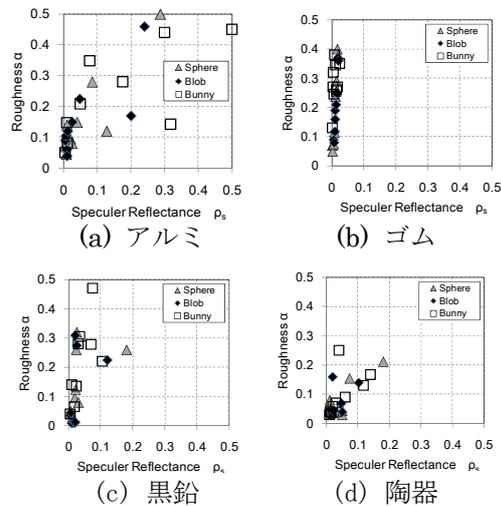


図8 質感パラメータ評価結果

一方、“立体再現”も光沢の知覚を向上させるのに効果的であることも明らかにした。Blakeらが体系化した Specular Stereo Model を基に、複数の物体で光沢再現に適した奥行きを調査したところ、物体曲率に応じて最適と感じる光沢の奥行き位置が物体表面とは異なることを確認した。更には適切な位置での立体的な光沢再現は輝くような知覚を誘引することも明らかにした。

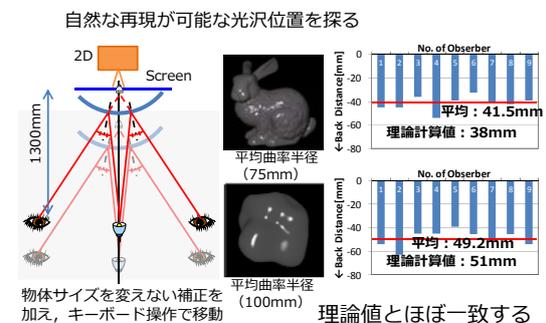
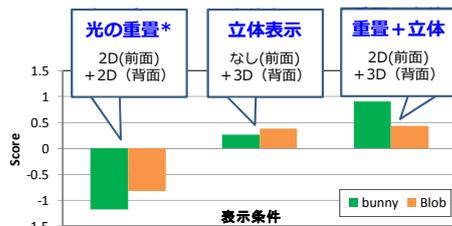


図9 光沢の奥行き位置評価

最終的に、本研究の成果として、我々は光沢部分の輝度の重畳と立体再現の両立を図った表示再現システムを構築した。システムの様子を図 10 に示すが、重畳すべき輝度をスクリーン上に 2 次元で再現するとともに、立体的な再現における光沢の奥行き位置を同様のスクリーン上に設定することで、輝度と立体感の両者による輝き知覚の向上を図ることが可能となった。



図 10 輝度重畳と立体を融合した再現



\*光重畳は2Dのみの表示より光沢感は増している

図 11 総合的な評価結果

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

[1] Shoji Yamamoto, Mitomo Maeda, Norimichi Tsumura, Toshiya Nakaguchi, Ryutaro Okamoto, Yoichi Miyake, Ichiro Shimoyama, “Subjective evaluation of visual fatigue due to misalignment of motion and still images in a stereoscopic display”, Journal of the Society for Information Display, Volume 20, Issue 2, pp. 94-102, 2012.

[2] Mayu Yokoya, Shoji Yamamoto, Yasuki Yamauchi, Satoshi Yamamoto, Osama Ouda, Toshiya Nakaguchi and Norimichi Tsumura, “Subjective Evaluation of Specular Appearance for Multiple Observations Using Projector-Based Appearance Reproduction”, Lecture Notes in Computer Science, Volume 6626, pp. 99-112, 2011.

[学会発表] (計 15 件)

[1] 小井出慎, 井戸田彰義, 山本昇志, “頭部移動に追従した光沢再現の現実感評価”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 37, No. 7, pp. 59-62, (2013. 2. 16, 横浜).

[2] 山本昇志, “投影画像による光沢再現【講演】”, 第 8 回研究集会「投影型ディスプレイ」, (2013. 2. 22, 大阪大学)

[3] Shoji Yamamoto, Masashi Sawabe, Natsumi Hosokawa, Yasuki Yamauchi, Norimichi Tsumura, “Ascertainment of perceptual classification for material appearance”, The 20th Color Imaging Conference, (CIC20), pp. 94-99, Los Angeles, USA, (Nov, 2012). [Fullpaper Refereeing]

[4] Natsumi Hosokawa, Mayu Yokoya, Shoji Yamamoto, Norimichi Tsumura, “Evaluation of authenticity by using perceptually-based rendering for reflection image”, The 20th Color Imaging Conference, (CIC20), pp. 100-104, Los Angeles, USA, (Nov, 2012). [Fullpaper Refereeing]

[5] 山本昇志, 澤邊暢志, 山内泰樹, 津村徳道, “光沢質感の立体表示における視差角の影響量解析”, 日本色彩学会 第 13 回視覚情報基礎研究会, (2-2), (2012. 9. 15, 東京).

[6] Natsumi Hosokawa, Mayu Yokoya, Shoji Yamamoto, Norimichi Tsumura, “Subject Evaluation of Perception for Real-time Rendering of Reflection Image”, The 2012 Asian Symposium on Printing Technology, p. 102-107, Bangkok, Thailand, (Sep, 2012). [Abstract Refereeing]

[7] 山本昇志, “光沢再現と三次元視覚【招待講演】”, 千葉視覚研究会, (2012. 8. 27, 千葉)

[8] 細川菜摘, 澤邊暢志, 山本昇志, 山内泰樹, 津村徳道, “視点追従型立体表示システムを用いた実物体と仮想物体の融合に関する研究”, 2012 日本写真学会年次大会予稿集, Vol. 75, No. 2, p. 136, (2012. 5. 29, 千葉).

[9] Shoji Yamamoto, Masashi Sawabe, Mayu Yokoya, Norimichi Tsumura, “Enhancement of Gloss Perception by using Binocular Disparity”, Conference on Color in Graphics, Image and Vision (CGIV2012), pp. 226-230, Amsterdam, Netherlands, (May, 2012). [Fullpaper Refereeing]

[10]細川菜摘, 横矢真悠, 山本昇志, 山内泰樹, 津村徳道, “実時間映り込み再現システムにおける全周囲カメラ設置位置の検討”, 第 59 回応用物理学関係連合講演会, Vol.16p-B10-15, (2012.3.16, 東京).

[11]澤邊暢志, 山本昇志, 山内泰樹, 津村徳道, “視線追従を可能にした立体表示システムの開発”, Optics & Photonics Japan 2011, 28aH1, (2011.11.28, 大阪).

[12]郭 瑞, 山本昇志, 津村徳道, “対向配置型プロジェクタによるダイナミックレンジ拡大手法の検討”, Optics & Photonics Japan 2011, 28aH2, (2011.11.28, 大阪).

[13]横矢真悠, 山本昇志, 山内泰樹, 津村徳道, “質感再現における光沢知覚と物理パラメータの相関解析”, Optics & Photonics Japan 2011, 28aH3, (2011.11.28, 大阪).

[14]Shoji Yamamoto, Kyosuke Takahashi, Toshiya Nakaguchi, Norimichi Tsumura, “Evaluation of Relationship between Fusional Range and Visual Fatigue”, Proceedings of OSA Fall Vision Meeting, Session No.P40, Seattle, WA, USA, (Sep, 2011). [Abstract Refereeing]

[15]Mayu Yokoya, Shoji Yamamoto, Yasuki Yamauchi, and Norimichi Tsumura, “Evaluating Specular Appearance Subjectively for Multiple Observations using Projector-camera system”, International Conference on Imaging and Printing Technologies, Vo.1, pp.215-220, Bangkok, Thailand, (Aug, 2011). [Fullpaper Refereeing]

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.metro-cit.ac.jp/~yamasho/PDF/kaken23135530.pdf>

## 6. 研究組織

(1)研究代表者: 山本 昇志 (SHOJI YAMAMOTO)

東京都立産業技術高等専門学校

ものづくり工学科 准教授

研究者番号: 70469576

(2)研究分担者: なし

(3)連携研究者: 津村 徳道

(NORIMICHI TSUMURA)

千葉大学大学院 融合科学研究科  
准教授

研究者番号: 00272324