

機関番号：52605

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500198

研究課題名 (和文) 視覚感性に基づく判断基準の情報化研究

研究課題名 (英文) Research on decision of criteria based on visual sensibility

研究代表者

山本 昇志 (YAMAMOTO SHOJI)

東京都立産業技術高等専門学校・准教授

研究者番号：70469576

研究成果の概要 (和文)：

本研究では質感再現における品質の判断状況を把握するとともに、判断における視覚特性の寄与量を明確にした。状況把握では重要となる人間の手位置をリアルタイムに計測するとともに、形状や動作などを把握できるシステムを構築した。また、質感再現においてはCGパラメータを変化させ、明るさ、光沢知覚に対して相対的に感覚量と一致することを明らかにした。今後、熟練者の判断基準をデータベース化していくことが可能である。

研究成果の概要 (英文)：

In this research, we verified the criteria of judgment in the skillful production, and clarified the amount of contribution by the visual sensation. The developed system can measure the hands position and can recognize shape and operation as important information of situation in real time. In the judgment of quality in appearance, it is clarified to the change in the CG parameter such as brightness and the gloss are relatively corresponding to the amount of the visual perception. Our system will enable to make clear the criteria of expert by making databases as the future work.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

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：感性工学，質感，コンピュータグラフィックス，動作解析，画像処理，投影画像，技術伝承，データベース

1. 研究開始当初の背景

「新機能を備えた製品の寿命は長くて2～3年。あとはアジア諸国の後続製品に価格で勝負できなくなるため、日本は新製品を開発し続けなければならない。」と嘆く企業研究者の見解はある意味、正解である。衣服、食品、電気製品から造船まで、アジア諸国の生産力

拡大は近年、目覚ましい成長を遂げており、アジア諸国で捌けない業務が仕方なく日本へ流れ込むといった逆転現象が生じる時代も来るであろう。そうなると日本の製造業が得意としていた品質の付加価値はますます軽視され、明日を生き残るための質を落した製造は、更なる日本製造業の価値低下を引き起

こす”魔のスパイラル”に陥る。この”魔のスパイラル”から抜け出す方法はわが国が持つ技術立国としての優位性を保ち続けることであり、”Made in Japan”が高い付加価値を持ち続けることである。そのため、付加価値に対する熟練技術者の経験に裏付けられた知恵と技を、いかに若年者に伝承していくかが学术界、産業界を上げて取り組むべき課題である。我々はこの課題解決に向けて情報学の分野から、”熟練技術者が持つ知恵と技を後世に伝えるべき重要な情報データベースとして活用する”ことを目標として、作業方法や手順ではなく、知恵（工夫）や判断基準を具体的な情報として取り扱うことが必要である。

2. 研究の目的

Made in Japan の付加価値は作業の体系化、製造効率の向上、品質管理の厳密性など様々な形態を持つが、ほとんど全ての過程で経験に裏付けられた知恵や判断基準が非常に重要な情報となる。この知恵や判断基準は感性的な部分が多く、脳科学の分野から解明のアプローチが盛んに行われている。しかしながら、脳の思考過程を解明するにはかなりの時間を要するため、昨今の熟練技術者の大量退職時期に対処することは難しい。一方、研究代表者は2003年～2005年にかけて実施した総務省戦略的情報通信開発研究（SCOPE）「視覚の環境適応性とアピランス認識に基づく表示再生技術の研究」のなかで、製造仕上げ過程における感性的な判断が最終製品の質感を決定する条件として表現されることを明らかにした。このことは研究分担者である津村徳道（千葉大学）が2001年～2004年に行った科技団さきがけ研究21「次世代電子商取引のための質感再現システムの構築」でも体系的に確認しており、脳での経験的な知恵や感性的な判断が、より具体的な質感評価として情報蓄積できる可能性を示している。そこで、申請する研究ではこれまでの助成により明らかになった可能性を更に具現化するために、質感の判断過程を活用して熟練技術者が持つ経験的な知恵と感性的な判断能力を利用可能な情報として蓄積・体系化する技術を世界に先駆けて実現することである。

3. 研究の方法

これまで物体の質感は主観的な評価が行われてきた。しかし、観察環境、条件、問題設定などに大きく依存するため、必ずしも一致した判断が得られていない。これは質感に対する人間の評価メカニズムが明確でないことに起因するが、このメカニズムの解明（完全なるモデル化）にはかなりの学術研究が必要となる。一方で熟練者たちはこのよう

なメカニズムを意識することなく、判断を実施している。それ故、実務的な判断の過程において、基準の考え方、観察手法と着眼点、判断論理などを統計的にオントロジ化することにより、体系的にモデル構築の可能性がある。よって、質感評価における経験的な知恵や感性的な判断をメタ情報の一つとして捉え、多くの熟練者の行動観察から思考や判断条件をデータとして採取することが解決の糸口になる。

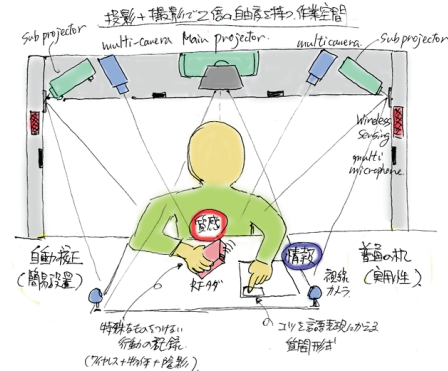


図1 研究計画時の装置構想図

そこで我々は、図1に示すように、①人間の手の動作を簡易に計測してデータベースとして蓄積できるシステムの構築、②実物体の形状情報を簡易に計測して、“物体の質感”を自在に再現できる表示システムの構築、③構築したシステムを用いて物体質感を変化させたときの人間感性を定量化する手法の研究を実施した。

4. 研究成果

方法①の人間の手動作計測システムでは、赤外線光と複数台カメラを利用した位置や形状計測手法を開発した。認識すべき手の形状は握り、摘み、解放など複雑な3次元形状から判断されることが多いため、形状計測には構造光による3次元計測を適用した。通常、3次元構造光計測は複数枚の画像取得が必要で動きのある動作には不向きであるが、机上一定高さ範囲にある手のみを検出し、その局所領域のみ3次元計測することにより、従来の10倍近い速さで形状の計測が可能である。この形状測定にかかる時間は約1秒であり、作業のプロセスをタイミングごとに計測する本用途なら十分適用が可能である（図2）。一方、手の位置検出には更なる高速化が必要となるため、同様のシステムを使用した手のジェスチャの認識システムを開発した。正解率を上げるため校正された2台のカメラを用い、多方向から撮影した結果から指先位置だけでなく、その本数なども識別することが可能である。また、赤外線領域で計測を行っているため、図3に示すような可視光投影光との連携も可能なシステムが実現できている。

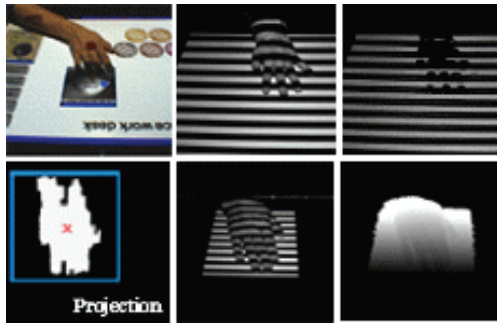


図2 高速構造光による手形状計測

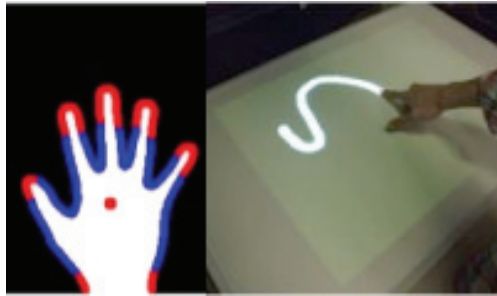


図3 ジェスチャ認識による手動作計測

方法②は物体の質感を自在に再現できる表示システムの構築である。立体物体への質感投影のため、複数台のプロジェクタ像の幾何学的輝度の一致を取り、重ね合わせに対する自動校正システムを構築した。図4に示すように、本システムでは対となっているプロジェクタカメラシステムを採用しており、質感を投影する形状計測も兼ねている。装置ではプロジェクタが投影できる任意の位置に物体を設置する。すると自動的に形状計測が行われて、投影すべき画像が生成される。ここで複数の投影画像は重複部分に対する補正が行われており、広い視野で正確な質感を観察することができる。またプロジェクタ出力はカラーマッチングを行うことにより、実物体に近い色の再現が可能なシステムとなっている。

計測された形状は計算機上で三次元データとして融合され、その形状に合わせて投影画像が計算される。ここで、図5に示すように、物体が持つ色と表面で発生する光沢や映り込みを一連の処理で生成するため、2パスのレンダリングを処理できるアルゴリズムの開発に成功した。

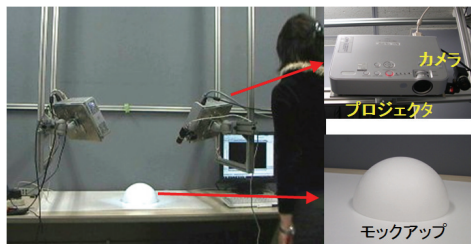


図4 複数カメラプロジェクタ再現装置

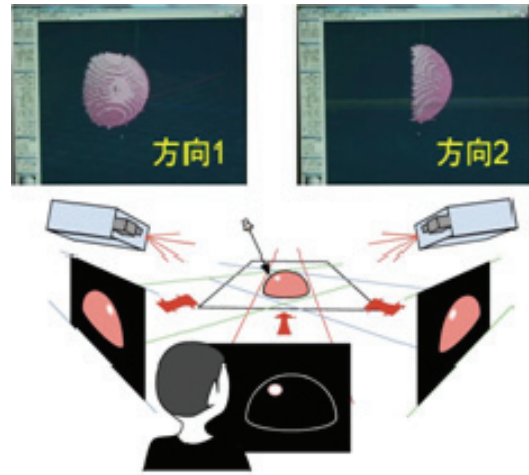


図5 2パスレンダリングアルゴリズム

これにより、図6に示すような様々な質感を三次元物体上に発生させることができる。とともに、熟練者の観察位置に依存しない自由視点表示が再現可能である。

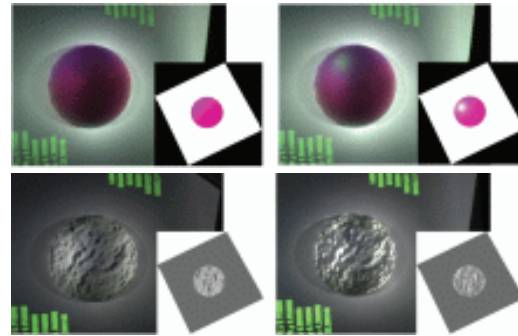


図6 質感再現例

方法③は構築したシステムを用いて物体質感を変化させたときの人間感性を定量化する研究である。H22年度には実物体(立体)に様々な質感が投影できるマルチプロジェクションシステムを利用して光沢を再現し、再現モデルであるCGモデルの鏡面反射係数、その広がり係数を変化させた際の人間の感受性を定量化した。実験の様子を図7に示す。

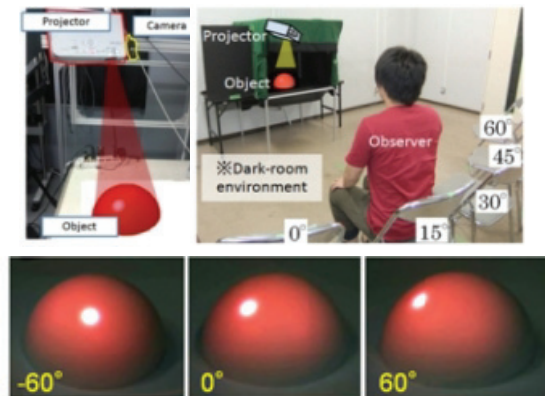


図7 光沢再現に対する主観評価の様子

再現システムを覆いで隠し、2m離れた位置から夫々の光沢質感を観察してもらい、光沢の強度、質感具合をマグネチュード法にて主観評価する実験を行った。結果を図8に示す。

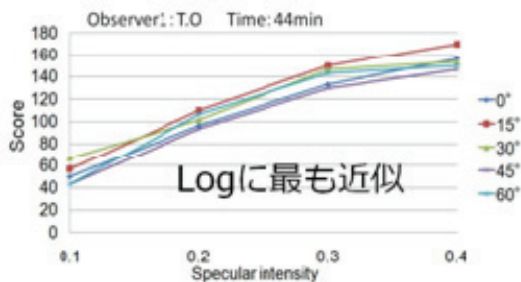


図8 光沢強度変化と人間感性の比較

鏡面反射係数は光沢そのものの明るさを変化させるパラメータであるが、この増加と光沢感の関係は対数関係にあることが明らかになり、Weber-Fechnerの法則に則していることがわかった。これにより、鏡面反射係数を調整すると人間は直接、光沢の強弱を判定できることになる。また、光沢の広がりに対する違和感の実験では、0~60度までの位置から光沢を観察した際の評価を行った。結果を図9に示すが、0~45度の範囲で顕著な違和感が発生せず、当システムが多人数で質感を観察することに向いている結果を得ている。

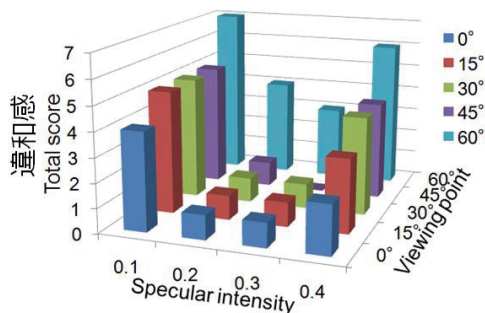


図9 光沢再現に対する違和感評価の結果

また、光沢を示す係数については、異なる2種類の実物体を用意し、シミュレータが実物体と一致するように係数を調節してもらった。その結果、実測した実物体の広がり係数とは異なるものの、光沢の優劣は統計的にも判定可能であることが明らかとなった。よって、光沢の広がり係数も人間の感性と大小関係が一致することが分かった。

以上の評価を踏まえ、本研究では製品の最終仕上げをシミュレートすることができる装置を実現することができている。またその観察状態や調整したときの判断基準はコンピュータが全て司ることが可能であるため、質感再現を含めた技術伝承が可能な段階ま

で到達することができている。今後は実用化に向けた観察条件の制約検討などを進めていく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

- ①津村徳道, 平井経太, 山本昇志, 中口俊哉, 三宅洋一, 質感と工学, 光学, 差読有, Vol.38, No.11, 2009, 550-560
- ②上三垣さゆり, 平井経太, 山本昇志, 津村徳道, 中口俊哉, 三宅洋一, 照明変化による順応を考慮したプロジェクタ投影像の画質改善, 日本写真学会誌, 差読有, Vol.73, No.2, 2010, 104-112
- ③ Takuya Iwanami, Ayano Kikuchi, Keita Hirai, Toshiya Nakaguchi, Norimichi Tsumura, Yoichi Miyake, Psychological Effects of Ambient Illumination Control and Illumination Layout while Viewing Various Video Images, IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol. E94-A, No.2, 差読有, 2011, 493-499
- ④ Takao Makino, Koichi Takase, Keiichi Ochiai, Norimichi Tsumura, Toshiya Nakaguchi, Nobutoshi Ojima, Computational Lighting Reproduction for Facial Live Video with Rigid Facial Motion, Journal of Imaging Science and Technology, 55(1), 差読有, 2011, 01503-1-7
- ⑤ Mayu Yokoya, Shoji Yamamoto, Yasuki Yamauchi, Satoshi Yamamoto, Osama Ouda, Toshiya Nakaguchi, Norimichi Tsumura, Subjective Evaluation of Specular Appearance for Multiple Observations using Projector-based Appearance Reproduction, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6626, 差読有, 2011, 99-112

〔学会発表〕(計20件)

- ①上三垣さゆり他, 照明変化に対応したCIECAM02によるプロジェクタ投影像の補正, Optics & Photonics Japan 2008, 2008年11月4日, 筑波, 日本
- ②瀧圭亮他, カラーインバリエントな特徴点抽出を用いた複数カメラ出力の自動マッチング, Optics & Photonics Japan 2008, 2008年11月4日, 筑波, 日本
- ③S.Kamimigaki et al., Compensation for Projected Image Under Dim Illumination with CIECAM02, IS&T Color in

- Graphics, Imaging, and Vision, 2008年6月10日, Barcelona, Espania
- ④S. Yamamoto et al., Fast hand recognition method using limited area of IR projection pattern, IS&T/SPIE Electronic Imaging, 2009年1月18日, San Jose, USA
 - ⑤山本昇志他, 手動作検出と連動した質感再現システムの開発, 映像情報メディア学会メディア工学会, 2009年8月5日, 東京, 日本
 - ⑥S. Kamimigaki et al., Real reproducing of 3D appearance with multi-projectors and cameras, The 17th Color Imaging Conference, 2009年11月18日, Albuquerque, USA
 - ⑦山本昇志他, 多重投影を用いた立体物質感再現技術の開発, Optics & Photonics Japan, 2009年11月26日, 新潟, 日本
 - ⑧長谷部尚志他, ジェスチャー認識を備えた直観的な画像インターフェイスの開発, 映像情報メディア学会メディア工学会, 2010年2月27日, 神奈川, 日本
 - ⑨名倉利己他, 対向配置したプロジェクタによる疑似的な立体映像の生成, 映像情報メディア学会メディア工学会, 2010年2月27日, 神奈川, 日本
 - ⑩前田未友他, 立体画像鑑賞時の疲労解析, 電子情報通信学会 総合大会, 2010年3月16日, 仙台, 日本
 - ⑪澤邊暢志他, 3次元表示ディスプレイを用いた光沢知覚モデルに関する基礎研究, 第57回 応用物理学関係連合講演会, 2010年3月17日, 神奈川, 日本
 - ⑫Mitomo Maeda et al., Visual Strain Evaluation of Physiological Effect by Using 3-D Displays, International Symposium of the Society for Informantion Display, 2010年5月27日, Seattle, USA
 - ⑬小川拓也他, 投影画像による複合現実インターフェースの開発, 第29回数理工学講演会, 2010年8月26日, 東京, 日本
 - ⑭Masashi Sawabe et al., A Study for Gloss Perception on Stereo Display Using Magnitude Estimation Method, OSA Fall Vision Meeting, 2010年10月12日, Rochester, NY, USA
 - ⑮横矢真悠他, 投影型質感再現システムにおける多視点複数人同時観察時の光沢再現評価, 応用物理学学会日本光学会 OPJ, 2010年11月09日, 東京, 日本
 - ⑯澤邊暢志他, マグニチュード推定法による立体表示における光沢知覚モデルに関する基礎的研究, 応用物理学学会日本光学会 OPJ, 2010年11月09日, 東京, 日本
 - ⑰山本昇志, 質感再現シミュレータの開発

【招待講演】, 新潟県工業技術総合研究所 第3回 感性工学研究会, 2010年13月05日, 新潟, 日本

- ⑱ S. Yamamoto et al., Feature-based Automatic Color Calibration for Networked Camera System, IS&T SPIE Electronic Imaging, 2011年1月25日, Sanfrancisco, USA
- ⑲倉持元陽他, 自然特徴点を利用した投影型デザイン支援システムの開発, 映像情報メディア学会メディア工学会, 2011年2月29日, 神奈川, 日本
- ⑳小川拓也他, 物体の影からの光源推定を用いた複合現実感の生成, 映像情報メディア学会メディア工学会, 2011年2月29日, 神奈川, 日本

〔図書〕(計1件)

- ①画像電子学会編, カラーマネージメント技術-拡張色空間とカラーアピラランス, 東京電機大出版, 2008, 15章分筆

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.metro-cit.ac.jp/~yamasho/kaken20500198.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山本 昇志 (YAMAMOTO SHOJI)

東京都立産業技術高等専門学校・准教授

研究者番号: 70469576

(2) 研究分担者

津村 徳道 (TSUMURA TOKUMICHI)

千葉大学・大学院融合科学研究科・准教授

研究者番号: 00272324

中口 俊哉 (NAKAGUCHI TOSHIYA)

千葉大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 20361412

(H21→H22: 連携研究者)