

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04529

研究課題名(和文) 誘目性制御による木材の高意匠化技術の創成

研究課題名(英文) Development of new technology for higher quality design of wood products by control of visual attraction

研究代表者

仲村 匡司 (Nakamura, Masashi)

京都大学・農学研究科・准教授

研究者番号：10227936

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,000,000円

研究成果の概要(和文)：建材や家具などの様々な木製品や木質内装のどこにどのくらい観察者の視線が引き付けられるかという誘目性の強弱は、製品の評価だけでなく、観察者の心身にも正に負に強く影響しつると考え、材面に現れる木理や照りの移動、あるいは、木質フロアパターンや木質壁面の特徴を画像解析によって定量的に把握するとともに、これらを観察する被験者の心身の応答を測定した。我々が開発した画像解析法は、材面のコントラスト変化を精度よく捉え、観察者の主観に基づく印象評価との対応もよいことが示された。また、材面のコントラストおよび木質床や壁のデザインに観察者の認知反応(眼球停留関連電位や眼球運動など)が影響されることを確認した。

研究成果の概要(英文)：Visual attraction of various wood products would play an important role to evaluate positive or negative impacts on psychological and/or physiological conditions of observers. We prepared various lumber samples altered contrast of grain patterns, lumber surfaces with gloss shifting, wooden floor patterns, and full-size wooden walls with relatively simple designs. We calculated image characteristics of the samples using our original methods, and measured psychological and physiological responses of the observers who saw the samples freely. Our image analyses effectively and precisely revealed contrast changes in the surfaces of the samples. The image characteristics well corresponded to the results of sensory evaluations by the observers. We confirmed that the observers' cognitive responses were affected by the contrast variations of surface features and were also affected by the arrangement of wooden elements in the floor and wooden members in the wall.

研究分野：木材工学, Wood and Human Relations

キーワード：誘目性 木目模様 コントラスト 木質内装 アイトラッキング 画像解析 認知反応 主観評価

1. 研究開始当初の背景

(1) 木材が多用された内装空間は居住者にポジティブな印象を与えやすいことがしばしば指摘される。ただし、木質内装が視覚刺激としてヒトにプラスの効果を与えることを客観的なエビデンスとともに示した例は、国内外を問わず限られている。

(2) 研究代表者は木材の誘目性を切り口にして木材 - ヒト系の問題へのアプローチを試みており、「節は強力な誘目性を有すること」「内装画像を観察する被験者の視線は梁や柱などの軸的な木質部材に集まりやすいこと」「軸的部材の現れた内装は木材量を過剰評価されやすいこと」などを示してきた。2012～2014年度には科学研究費によって実大木質内装を用いたフィールド実験を実施し、木材の使い方(デザイン)がヒトの脳波や心拍変動などに及ぼす影響について検証を進めた。同時に木材の外観的特徴を画像解析によって抽出し、材面の意匠性の数値化を実現しつつある。

(3) 類例の先行研究の多くは、材面の誘目性が意匠としての良し悪しだけでなく、ヒトの心身にも影響を及ぼすことを示唆する。材面の誘目性を制御することは、様々な木製品や木質インテリアをヒトにとってよりよいものに近づけることにつながるといえる。

2. 研究の目的

本研究は、木材の見た目の特徴と観察者の心身の状態に紐付けられた誘目性評価指標を確立し、これを木材の高意匠化に反映させるために、以下の3項目を明らかにする。

(1) 木理の特徴と誘目性の関係：材面のどこに視線が誘引されやすいか、多種多様な木目模様を対象に視線追跡実験によって誘目性の強い木理の特徴を抽出し、共通する特性を画像解析によって定量的に明らかにする。

(2) 材面の「見え」の変化と誘目性の関係：塗装や経年処理(エイジング)などによって材面の「見え」を系統的に変えたとき、その変化の程度を画像解析によって数量表現し、どのくらいの「見え」の変化でどのくらい誘目性が変わるのかを明らかにする。

(3) 木材および木質内装空間の誘目性と感性反応の関係：上述の木材試料やそれらを実装した木質内装を被験者に観察させたとき、脳波や瞳孔径などの生理応答、および、見た目の印象などの心理応答に生じる変化を、木材に起因するヒトの感性反応として抽出し、誘目性の強弱との対応関係を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 画像解析による材面のコントラスト変化の把握：木理のコントラストの大小が誘目性に大きく影響しうると仮定して、塗装、経

年、加熱の3種類の処理方法で材面の様子を变化させた。

塗装処理に供したのはスギ、ミズナラ、イタヤカエデの突き板が貼られた化粧合板(A3判、厚さ6.5mm)で、造膜型アクリルウレタン塗装や含浸型オイル塗装などによって材面のコントラストを種々変更した。

経年処理に供したのは、上と同じ3樹種の化粧合板に屋外仕様および屋内仕様の3種類のアクリルウレタン塗装を施した試験片(60mm×95mm×6.5mm)で、これらを促進耐候性試験機(Ci4000, アトラス)にセットして促進倍率約7倍の条件で材面を劣化させた。累積試験時間0, 4, 8, 12, 24, 48, 100, 300, 600, 900, 1200時間の材面の状態を評価した。

熱処理に供したのはシラカンバとダケカンバの挽き板(250mm×150mm×14mm)で、穏やかに全乾状態にした後、送風恒温乾燥機(OFW-300B, アズワン)中で170℃、空気雰囲気下で熱処理した。累積処理時間0, 4, 8, 12, 24, 36, 48時間の材面の状態を評価した。

処理された材面の様子をイメージング分光装置(ImSpector V8E, JFE テクノリサーチ)で画像入力し、ヒストグラム解析および多重解像度コントラスト解析(MRCA)という2種類の画像解析によって、コントラストの変化を定量的に把握した。

(2) 塗装処理材の誘目性：(1)の塗装処理材の材面を色温度5000Kの高演色性LEDランプで照明し、正常な視力を有する学生被験者に1200mmの距離から観察させた。観察中の被験者の眼球運動や瞳孔径を視線追跡装置(EMR ACTUS, ナックイメージテクノロジー)でモニタした。各試料の見た目の印象も評価させた。また、オイル系含浸型塗料によって彩色されたA3判大のスギ材化粧合板試料、塗装によって使い込まれた印象を与える意匠を施された600mm角のスギ材試料についても同様の観察実験を行った。

(3) 材面に現れる照りの誘目性：材面・照明・観察者の位置関係が変わったときに光沢が大きく変化する「照りの移動」は、3次元的な組織構造を内包する木材に特有の外観的特徴であり、材面の誘目性に強く影響すると考えられる。そこで、材面とカメラが固定され照明のみ位置が変わる変角照明撮影系を構築し、照明方位角を変えながらヴァイオリン背板のカエデ材の波状空を撮影した。MRCAによって照明方位の変化に伴う照りの移動を評価した。また、一連の画像を順に繋いで照りの移動を再現した動画を作成し、これを観察する被験者の視線移動を視線追跡装置でモニタした。

誘目性制御の試みのひとつとして、照りの移動が現れる材面を人為的に構成することに挑戦した。厚さ30mmのスギ平角材の木端面(まさ目)を繊維傾斜を付して平滑に切削し、これを様々に並べて180mm×180mmの

材面を構成した。照明入射角が変わる変角照明撮影系を用いて、照明入射角を変えながら材面の様子を撮影した。MRCAによって入射角の変化に伴う照りの移動を定量的に評価するとともに、一連の画像を順に繋いで照りの移動の動画を作成し、これを観察する被験者の視線移動を視線追跡装置でモニタした。

(4) 木質タイリングパターンの「不揃い」の評価：木材で床や壁などの大面積を覆う場合、複数の木質エレメントを使わざるを得ないので、エレメントによる色違いや柄違い、すなわち「不揃い」が現れやすい。不揃いは木質タイリングパターンならではの特性と言えるが、不揃いな部分の誘目性が強すぎると意匠として望ましくない。そこで、木質フロアパターンシミュレータを作成して、エレメント間およびエレメント内のコントラストを系統的に変化させたフロアパターンをコンピュータ・グラフィックスで種々表現した。この木質フロアパターンを等倍（1800 mm×1000 mm）で床面に投影し、観察者に見た目の印象を評価させた。パターンの特徴をMRCAおよび局所2値パターン解析（LBPA）によって抽出し、印象評価との対応を検討した。

(5) 木質壁面のデザインが観察者の認知反応に及ぼす影響：実空間に木材を実装する際には、そのデザインが誘目性に影響することが予想される。そこで壁面を対象に、単純なデザイン要素（板材の縦横の向き、縦継ぎの有無、節の有無）が異なる8種類の木質壁面パターンをコンピュータ・グラフィックスで表現し、46V型の大型モニタに等倍表示した。これを観察する被験者の眼球停留関連電位（EFRP）および視線移動を収録するとともに、各パターンの見た目の印象を評価させた。EFRPは観察者の興味や刺激の強度などによって電位やピーク潜時が変化する事象関連電位である。さらに、無塗装のスギ板目材ラミナを用いて、節の有無および材の縦横の向きの異なる4種類の実大木質壁面（2.4 m×2.4 m、木材の無い白色壁面をコントロールに設定）を構築した。画像を用いた実験と同様に、これらの実大壁面を観察する被験者のEFRPおよび視線移動を収録するとともに、各壁面の見た目の印象を評価させた。

4. 研究成果

(1) 塗装処理、経年劣化処理、熱処理による材面のコントラスト変化の把握：イメージング分光装置によって取得された色彩値付き画像データに、ヒストグラム解析と多重解像度コントラスト解析(MRCA)を適用した。

塗装によって木理のコントラストが変えられたスギ材化粧合板の明度データに両解析を適用した結果（明度のヒストグラムとコントラストスペクトル）を図1に示す。塗装によって材色が全体的に暗く、あるいは明るくなれば、ヒストグラムは左側、あるいは右

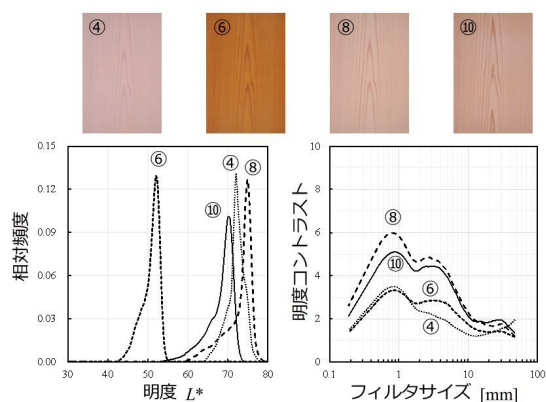


図1 塗装による木理のコントラスト変化（スギ材、左：明度ヒストグラム、右：コントラストスペクトル）

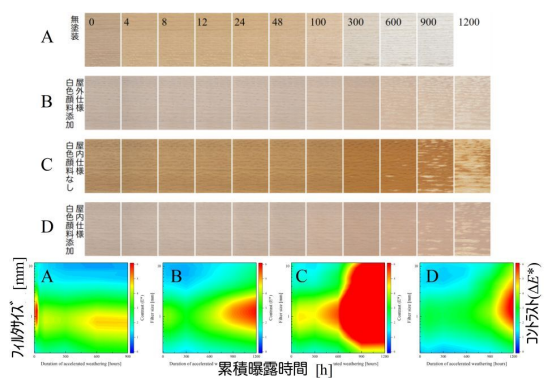


図2 経年劣化処理された材面のコントラスト変化（ミズナラ材）

側にシフトする。また、ヒストグラムの広狭は材面全体のコントラストの大小に対応する。さらにヒストグラムの裾野が暗い側あるいは明るい側のどちらに伸びているかも重要である。ヒストグラムのこのような特徴は、平均値、標準偏差、歪度などの画像統計量によって表すことも可能である。一方、MRCAから導かれたコントラストスペクトルはどのくらいの大きさの特徴がどのくらい目立つのか、すなわち局所的なコントラストの変化が反映される。ピークやショルダの現れるフィルタサイズが材面に現れている特徴の大きさに対応し、当該フィルタサイズでのコントラスト値が大きいほど、その特徴が目立つことを示唆する。図1の場合、スギ材の晩材幅に対応するフィルタサイズでスペクトルのピークが認められる。

図2はミズナラ材化粧合板の経年劣化の様子と、コントラストスペクトルを時系列に並べたコンターマップである。累積曝露時間300時間あたりから、フィルタサイズ1 mm付近のコントラスト（色差）が増大し始め、劣化の進行に伴い材面全体に広がる様子が示されている。

図3はシラカンバ材の材面が熱処理の進行とともにどのように変化したかを、ピスフレックの有無に分けて示したものである。熱処理の進行とともに材色は暗化し、各処理時間での最頻値の明度はピスフレックの有無に

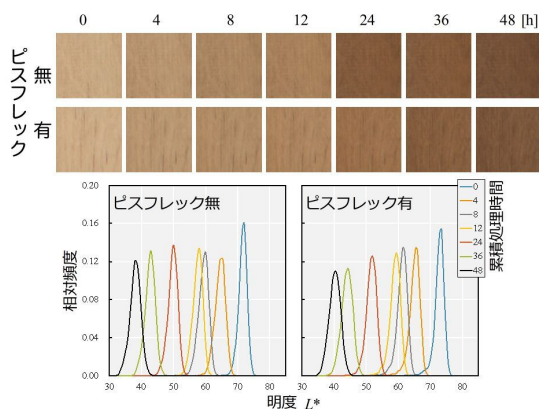


図 3 熱処理された材面のコントラストの変化 (シラカンバ材)

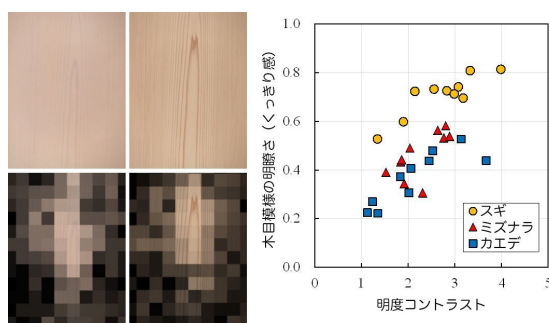


図 4 塗装処理材の誘目性 (左: 2 種類のスギ材試料のオープンワークモザイク図, 右: 明度コントラストと「くつきり感」の関係)

関わらずほぼ等しい。また、熱処理の進行とともに最頻値は低下してヒストグラムが拡大する傾向にあり、材面の全体的なコントラストが漸増しているといえる。処理時間 0~24 時間のピスフレック有のヒストグラムはピスフレック無に比べて低明度側に裾野が伸びている。これは暗いピスフレックに起因しており、処理時間が 24 時間を超えるとほぼ消失したことは、ピスフレックが周囲に同化して目立たなくなったことに対応する。

以上のように、本研究で用いた画像データの取得法および 2 種類の画像解析法は、材面に生じたコントラストの変化を的確かつ定量的に把握するのに極めて有効である。

(2) 塗装処理試料の誘目性：塗装によって木理のコントラストを種々変更した試料を被験者に自由に観察させたとき、被験者が材面のどこをよく見たのか、すなわち、材面のどこが誘目性が強かったかの例を、図 4 左のオープンワークモザイク図として示す。木理が淡い試料では山形模様の頂点付近しか視線を集められないが、木理が明瞭な試料では周辺部にも視線が集まった。明度の標準偏差 (二次統計量) は材面の全体的なコントラストに相当するが、このコントラストと主観的な「くつきり感」との間には明瞭な正の相関関係が認められた (図 4 右)。

様々に彩色されたスギ材を自由に観察させたとき、被験者の相対瞳孔径は材面の彩度

が大きくなるにつれて大きくなる傾向が認められた。

また、古く見える塗装処理 (古美処理) が施されたスギ材試料を観察させると、処理が施された試料は施されていない試料よりも統計的に有意に「古い」と評価された。ただし、縦貼りと横貼りでの印象の差異は概して小さかった。一方、自由観察中の瞳孔径の経時変化を同一試料の縦貼りと横貼りで比較すると、縦貼りの方がやや大きい場合が多く、さらに、材色の濃い試料の方が薄い試料よりも瞳孔径が大きい傾向が認められた。

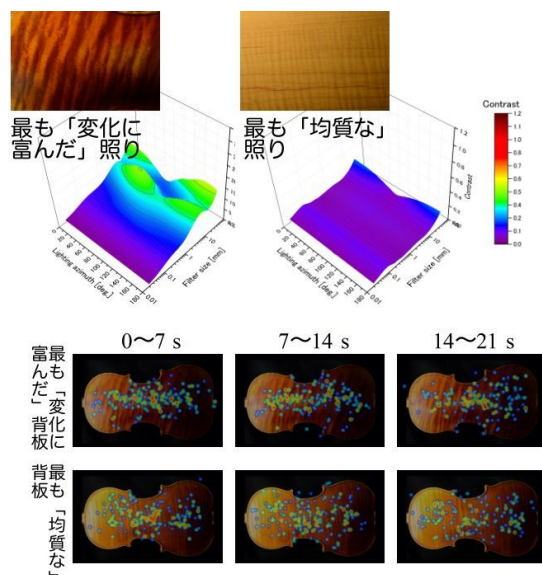


図 5 ヴァイオリン背板の波状空に生じる照りの移動

(3) 照りの移動の把握と評価：照明方位角を変えながら撮影されたヴァイオリン背板の画像を MRCA に供して、コントラストスペクトルを 3 次元的に俯瞰したコントラストマップを図 5 上に示す。また、波状空が精巧に表現された印刷シートに同様の解析を行った結果も示す。本物の波状空の場合、波状空の幅に対応するフィルタサイズ付近でコントラストが大きくなったり小さくなったりしているが、これが照明方位の変化によって生じた照りの移動に相当する。人工物である印刷シートにはそのようなスペクトルの変化は無い。照りの移動の生じるヴァイオリン背板の様子を動画として呈示すると (図 5 下)、「変化に富んだ」印象を与えやすい動画では大きな明暗変化が生じる背板の正中線付近に視線の一貫して視線が停留する。「均質な」印象を与えやすい動画は明暗変化に乏しいため、停留位置が散在する。すなわち、照りの移動は非常に誘目性の高い材面の特徴といえる。トチノキ化粧合板に異なる塗装を施して波状空を引き立たせ、ヴァイオリン背板と同様の撮影と解析を行った場合にも、素地染色や塗膜の光沢度によって照りの移動の現れ方が大きく変わることを把握できた。

繊維傾斜角が変えられたスギ材のまさ目

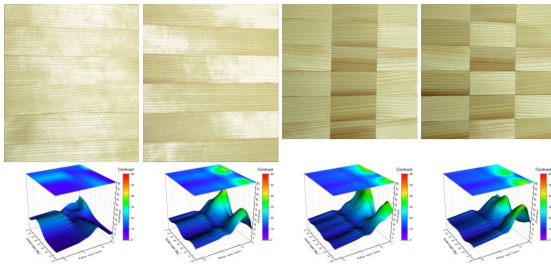


図 6 照りの移動の生じる材面の様子とその MRCA コントラストマップ

面を並べて構成された，照りの移動が生じる材面の例を図 6 に示す．左端の材面はエレメント間に明暗差が生じにくい，それ以外の材面では照明入射角によってエレメント間の明暗差が変化し，すなわち照りの移動が生じていることが，コントラストマップから把握できる．

以上のように，変角照明撮影と MRCA を組み合わせた本研究の手法は，木材ならではの外観的特徴である照りの移動を的確に捉えることが可能である．

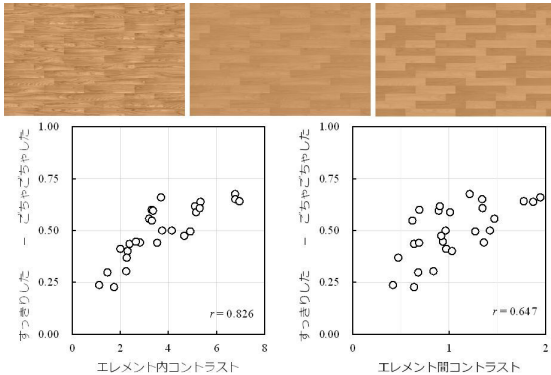


図 7 木質フロアパターンのコントラストと「すっきりした - ごちゃごちゃした」印象の関係

(4) 木質フロアパターンの不揃い感：図 7 上に示すような木質フロアパターンを被験者に観察させ，見た目の印象を評価させた．フロアパターンを MRCA に供して求められたエレメント内およびエレメント間コントラスト値を，ヒトの視覚系のコントラスト感受性を考慮して補正し，印象評価との対応を調べたところ，コントラストが大きくなるほどパターンの「ごちゃごちゃした」印象が増すなど，明瞭な相関関係（図 7 下）を見出せた

(5) 木質壁面のデザインが観察者の認知反応に及ぼす影響：大型モニタに等倍表示された木質壁面パターン（図 8 上左）を 90 秒間観察する被験者の後頭部で検出される EFRP から 振幅を求め，刺激間で比較した．節が存在する壁面では節の誘目性によって材の配置（縦横の向き，継ぎ目の有無）の影響が隠されやすく，無節の壁面は横貼り継目無しが最も穏やかな刺激となり，逆に縦貼りで継ぎ目のある壁面で 振幅は最大であった（図 8 下左）．視線の累積停留時間を節の有無と継

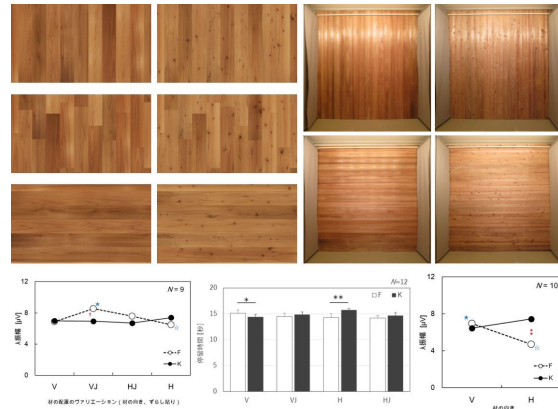


図 8 実大木質壁面観察時の眼球停留関連電位および視線停留時間

ぎ目の有無で比べたところ，継ぎ目の誘目性が大きいことがわかった（図 8 下中）．

材の向きと節の有無が異なる実大木質壁面（図 8 右上）を 120 秒間観察する被験者の振幅を刺激間で比較した．節があると縦貼りと横貼りで 振幅に差は無いが，無節の場合は縦貼りの方が有意に 振幅が大きい（図 8 下右）．また，横貼りの場合，有節壁面の方が無節よりも 振幅が大きい．無節の横貼りが刺激として最も穏やかという点はモニタを用いた実験とも矛盾しない．

このように，木質壁面のデザインのわずかな差異によって，視覚認知反応に様々な変化が生じることが明らかになったといえる．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

1. 吉田美音，仲村匡司，菊地由衣：木質壁面パネルが観察者の眼球停留関連電位，眼球運動，および視覚印象に及ぼす影響，木材学会誌，62 (6)，275-283 (2016) [査読有]
 2. 加藤菜里子，仲村匡司：ヴァイオリン空の光反射特性と誘目性の関係 視線追跡および画像解析による評価，木材学会誌，62 (6)，284-292 (2016) [査読有]
 3. 米山菜乃花，仲村匡司，片岡 厚，杉山真樹：塗装による木理のコントラスト変化が材面の誘目性に及ぼす影響，木材学会誌，62 (6)，293-300 (2016) [査読有]
- 〔学会発表〕(計 24 件)

1. 仲村匡司，吉田美音，木村彰孝：節の有無および材の向きが異なる木質壁面の観察がヒトに及ぼす影響 1. 見た目の印象に関する主観評価の変化，第 66 回日本木材学会大会，2016 年 3 月 27-29 日（名古屋）
2. 吉田美音，仲村匡司，木村彰孝：節の有無および材の向きが異なる木質壁面の観察がヒトに及ぼす影響 2. 眼球運動および眼球停留関連電位の変化，第 66 回日本木材学会大会，2016 年 3 月 27-29 日（名古屋）
3. 木村彰孝，仲村匡司，吉田美音：節の有無および材の向きが異なる木質壁面の観

- 察がヒトに及ぼす影響3. 自律神経活動および気分の変化,第66回日本木材学会大会,2016年3月27-29日(名古屋)
4. 米山菜乃花,仲村匡司,片岡厚,杉山真樹:木目模様のコントラストが材面の誘目性に及ぼす影響,第66回日本木材学会大会,2016年3月27-29日(名古屋)
 5. 加藤茉里子,仲村匡司:視線追跡及び画像解析によるヴァイオリン空の審美的特性の評価,第66回日本木材学会大会,2016年3月27-29日(名古屋)
 6. 吉田美音,仲村匡司,木村彰孝:実大木質壁面の観察が眼球運動および眼球停留関連電位に及ぼす影響,日本生理人類学会第73回大会,2016年6月4-5日(大阪) 優秀発表賞受賞
 7. Kato, M., Nakamura, M.: How do we gaze at fiddleback figures? Second International symposium wood science and craftsmanship, 20-23/09/2016 (Kyoto)
 8. Komeyama, N., Nakamura, M., Kataoka, Y., Sugiyama, M.: Quantitative evaluation of appearance of coated wood surfaces, Second International symposium wood science and craftsmanship, 20-23/09/2016 (Kyoto)
 9. Yoshida, M., Nakamura, M., Kimura, A., Kikuchi, Y.: Measurement of cognitive responses of humans observing wooden wall panels, Second International symposium wood science and craftsmanship, 20-23/09/2016 (Kyoto)
 10. Nakamura, M., Kimura, A., Kikuchi, Y., Yoshida, M.: Visual preference for and pleasantness of full-scale wooden walls with relatively simple design, Second International symposium wood science and craftsmanship, 20-23/09/2016 (Kyoto)
 11. 吉田美音,仲村匡司:木材の真贋判定における眼球停留関連電位の測定,日本生理人類学会第74回大会,2017年10月22-23日(七尾)
 12. 米山菜乃花,仲村匡司,片岡厚:促進耐候性試験に供された塗装木材の経時的精密測色,第67回日本木材学会大会,2017年3月17-19日(福岡)
 13. 米山菜乃花,仲村匡司,片岡厚,杉山真樹,何昕,大木博成:木目模様のコントラストが材面の誘目性に及ぼす影響 コントラストと「好ましさ」の関係,第67回日本木材学会大会,2017年3月17-19日(福岡)
 14. 加藤茉里子,仲村匡司,澤田豊:照りの移動が生じる材面の試作とその光反射特性の評価,第67回日本木材学会大会,2017年3月17-19日(福岡)
 15. 今西真佑奈,仲村匡司:様々なコントラストを有する木質フロアパターンの視覚効果,第67回日本木材学会大会,2017年3月17-19日(福岡)
 16. 吉田美音,仲村匡司:木質壁面パネルのデザインが観察者の視覚認知反応および主観評価に及ぼす影響,第67回日本木材学会大会,2017年3月17-19日(福岡)
 17. 出垣奈生子,仲村匡司,片岡厚,杉山真樹,何昕,大木博成:彩色された材面を観察するときの瞳孔反応の測定,第67回日本木材学会大会,2017年3月17-19日(福岡)
 18. 米山菜乃花,仲村匡司,片岡厚:面的測色による塗装木材の経時的な材色変化の追跡,日本木材保存協会第33回年次大会,2017年5月23-24日(東京) ベストポスター賞受賞
 19. 加藤茉里子,仲村匡司:照りの移動が生じる材面の偏光撮影および画像解析,日本木材加工技術協会第35回年次大会,2017年9月28-29日(神戸)
 20. 加藤茉里子,仲村匡司,澤田豊:照りの移動が生じる材面の試作とその光反射特性の評価(第2報),第68回日本木材学会大会,2018年3月14-16日(京都) 優秀ポスター賞受賞
 21. 米山菜乃花,仲村匡司,秋津裕志:面的測色による熱処理木材の色彩遷移およびコントラスト変化の追跡,第68回日本木材学会大会,2018年3月14-16日(京都) 優秀ポスター賞受賞
 22. 今西真佑奈,仲村匡司:LBP解析による木質フロアパターンの「不揃い」の評価,第68回日本木材学会大会,2018年3月14-16日(京都)
 23. 出垣奈生子,仲村匡司,何昕,大木博成,片岡厚,杉山真樹:ヴィンテージ加工された材面を観察するときの瞳孔反応の測定,第68回日本木材学会大会,2018年3月14-16日(京都)
 24. 小角百合香,仲村匡司,大木博成,何昕,片岡厚,杉山真樹:波状空に現れる照りの移動が材面の誘目性および眼球停留関連電位に及ぼす影響,第68回日本木材学会大会,2018年3月14-16日(京都)
6. 研究組織
- (1)研究代表者
仲村 匡司 (NAKAMURA, Masashi)
京都大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号: 1 0 2 2 7 9 3 6
 - (2)研究分担者
片岡 厚 (KATAOKA, Yutaka)
森林総合研究所・広報普及科長
研究者番号: 8 0 3 5 3 6 3 9
村田 功二 (MURATA, Koji)
京都大学・大学院農学研究科・講師
研究者番号: 0 0 2 9 3 9 1 0