

Color Research Lab.

Color
Research
Lab.

カラー・リサーチ・ラボ



Color Research Lab.

カラー・リサーチ・ラボ

東京工芸大学 色の国際科学芸術研究センターでは、平成29年度から現在に至るまで毎年度、色に関する工・芸共同研究の学内公募を行い、重点研究テーマを選定しています。公募研究分野は「色と心理や感情」「色と教育」、「色と健康・医療・介護」、「色と文化財・芸術作品のデジタルアーカイブ保存」、「色とメディアアート」、「色と建築」、「光学素子、デバイス開発」となっており、工学から芸術を横断する野心的な研究が進行中です。今回、本センターによる支援のもとで実施された、多岐にわたる「色」に関する研究成果の一部を選び、カラボギャラリー第6回企画展と同時に公開します。



写真プリントの高質感再現システムの研究

工学部メディア画像学科 東 吉彦、田村 徹

研究概要

一般的な写真のデジタル展示システムでは、画像のクオリティや観察環境の問題から作品の芸術性が十分に表現されていないという課題がある。本研究では、高精度な色再現と高解像度の画像を得るため、ハイパースペクトルカメラにより写真プリントの分光反射率データを取得、これを基に与えられた照明光の下で観察されるRGB画像を計算で求め、オリジナルの写真プリントに忠実な画像をディスプレイ画面に再現することをめざしている。

1. 研究の背景

物体の色は、物体による光の反射成分を視覚系が捉えることで、色知覚として生じる(図1)。物体からの反射光は波長ごとの強度分布(分光分布)で表されるが、デジタル化の過程では一般に赤(R)、緑(G)、青(B)の三原色成分の強度データに変換される(図2)。このとき、変換で用いられるデジタルカメラの色分解特性の理想特性からのずれによって、物体が持つ本来の色彩情報の一部が失われる。このため、物体の色は、本来の色とは異なったものになってしまう。さらに、デジタル化で得られたRGBデータをディスプレイ装置に表示した場合、ディスプレイ装置の校正ずれや観察時の照明条件によっても表示画像の色がずれてしまう。

2. ハイパースペクトルカメラによる正確な色情報の取得

デジタル化における色情報の劣化を避けるため、本研究では図3のように、物体の分光情報を2次元で取得できるハイパースペクトルカメラ(図4)を用いて、より正確に被写体の色情報を取得することにした。撮影

されたデータは、図5のように分光反射率が算出されたのち、観察時の照明光が想定されて視覚的な色に相当する三刺激値XYZが求められる。このXYZ値は、展示用ディスプレイ装置の色再現特性に基づいてRGBのデジタル値に変換され、ディスプレイ装置の画面上に忠実な色として再現される。

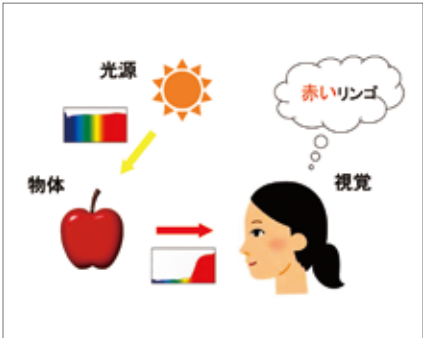


図1 物体の色が知覚される過程

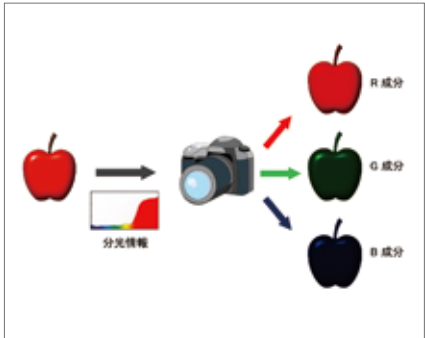


図2 デジタル化における一般的な色分解

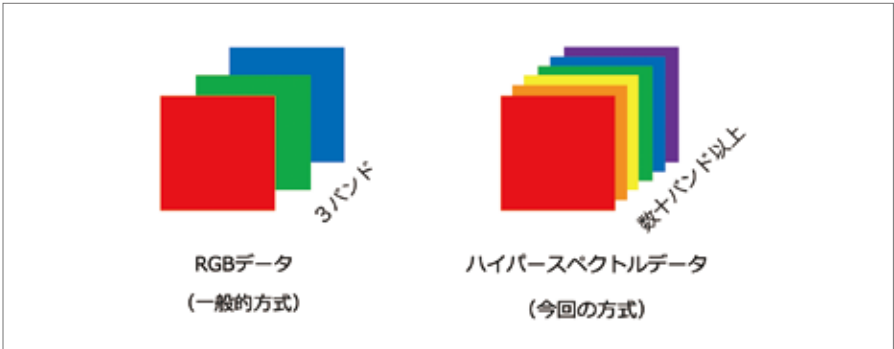


図3 ハイパースペクトルカメラによる取得データ

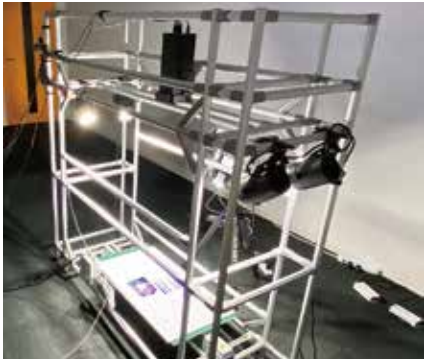


図4 ハイパースペクトルカメラを用いた撮影装置

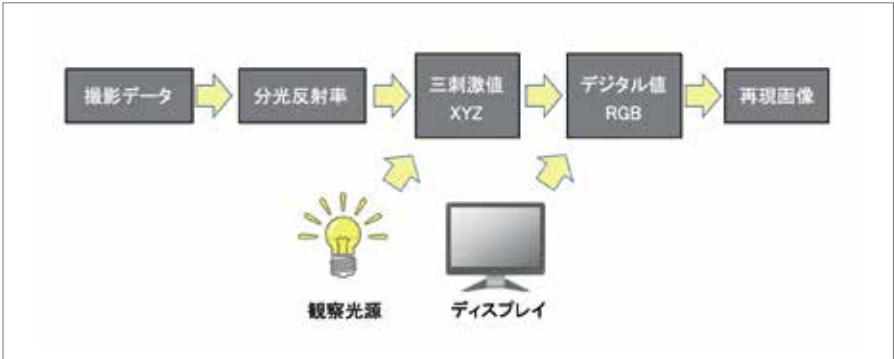


図5 撮影データの処理の流れ

高強度カラーコンクリート

工学部建築学科 陣内 浩

研究概要

本研究では、剥落事故の原因となるタイルなどの仕上げ材自体を不要とすることを目的として、建築物の骨組みとして使うことができ、かつ様々な色合いに着色された高強度カラーコンクリートを実現することを目指します。また、昨今の多彩な建築設計に対応するため、建築を部分的に彩ることができるアート素材としてのカラーコンクリートのラインアップを整備します。

1. 建築物とコンクリート

コンクリートは、建築物の耐震性を確保するような構造材料としての役割だけでなく、外装や内装における仕上材料としても利用できる材料です。仕上げを施さずにコンクリートの表面で仕上げる手法を、コンクリート打放し仕上げと呼び、有名建築家の安藤忠雄さんなどが多くの建築物で採用しています。

コンクリートに仕上げを施さないメリットは、建築物の建設コストを削減するだけでなく、将来的な仕上材の剥離・落下といった事故の防止にもなります。(建築物の壁タイル等の剥落事故は、特定行政庁が国土交通省に報告する建築物の事故のうちの約25%程度を占める大きな問題です。)

一方、コンクリート打放しには、建築部材の色が選べないという問題もあります。灰色でかまわないという方たちが採用する手法ですが、コンクリートの色が選択できれば、設計の自由度も向上します。また、高層マンションで使うような高強度コンクリートの色が選択できれば、大規模な建築でも自由な色のコンクリートを使うことができます。

2. カラーコンクリート

実は、一部の駐車場や倉庫の床などには、あまり強くないカラーコンクリートが使われています。また、一部の建築物の地震の時などにあまり力のかからない壁などにもカラーコンクリートを使用した例があります。これらは写真に示すようなコンクリート用の着色顔料によって色を付けていますが、一般的な灰色のセメントと併用したりするとあまり綺麗な色が出ません。また、耐震部材として地震時に大きな力がかかるような高強度コンクリートになると、コンクリートに含まれるセメントの量が増加し、綺麗な色が発色しにくく、場合によっては異物となる顔料によって強度低下が起こることもあります。

3. 白色材料をベースとした 高強度カラーコンクリートの研究

これまでの研究で、コンクリート表面の色は、セメントと細骨材(砂)で構成されるモルタルの色でほぼ決定づけられることがわかっています。そこで、使用するセメント、高強度化するためにセメントの隙間を埋める微粒子(シリカフューム)、細骨材を厳選し、限りなく白色の原材料をそろえることで、基本となる白色の高強度モルタルを設計します。これに着色顔料を添加し、写真3のような綺麗に発色したカラーモルタルを製造します。コンクリートにするには、これに粗骨材(石)を混ぜればよいのですが、内部に埋まってしまう粗骨材は表層の色には影響しないので、研究ではこのようなモルタルで色の測定を行っています。



写真1 コンクリート打放しの建築物



写真2 コンクリート用の着色顔料

この研究のポイントは、綺麗な色のカラーモルタルを作るだけでなく、強い強度と、あまり色あせの起こらないカラーモルタルを作ることにあります。そこで、4種類の設計条件の異なるカラーモルタルを製造し、圧縮強度と、時間経過による色の变化を測定しました。

コンクリートは、セメントのような粉の量に対する練混ぜ水の量を減らすと、より高い強度を得ることができます。専門用語では、水結合材比(W/B)と表現し、粉の量に対する水の量を%で表します。つまり、W/B=50%なら、粉の量10に対して水の量5、W/B=20%なら、粉の量10に対して水の量2です。図1に示しますように、顔料を加えたW/B=20%のカラーモルタルは、基本となる白色のモルタルよりもやや強度が低下するものの、絶対値としては140N/mm²程度の圧縮強度を得ることができています。わかりやすい単位で言うと、140N/mm²は約1400kg/cm²に相当しますので、1平方センチメートルあたり、1.4トンの重さまで耐えることができる強さを持っていることになります。これは、40～60階建てのタワーマンションを支える柱などにも使える強度を意味しています。また、色の变化の一つとして、青い顔料を加えたモルタルの明度の変化を表したものを図2に示します。これからわかるように、強度の低いW/B=50%のカラーモルタルに対し、W/B=20%のカラーモルタルは明度の変化が小さく、色あせにくいこともわかります。これは、高い強度を得るために、モルタルの組織の緻密化をはかった結果です。

わかりやすい事例として、本学のロゴを立体化してみました。様々な色が選択できる高強度カラーコンクリート。実際の建築物に使われる日が来ることを期待しています。



写真3 カラーモルタルの製造

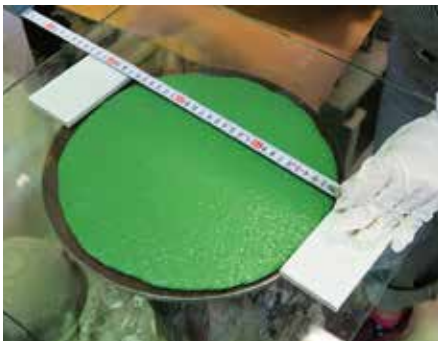


写真3 固まった後の様々な色のカラーモルタル

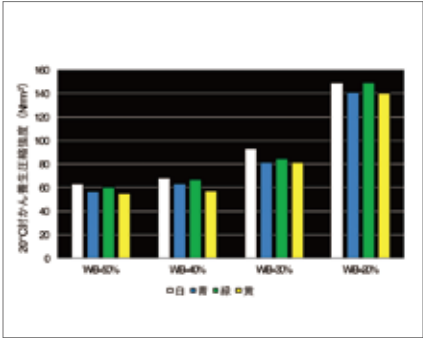


図1 カラーモルタルの圧縮強度

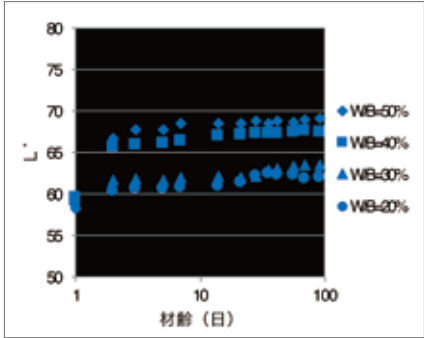


図2 色の变化の例 (青色試験体:L*値(明度))



写真4 KOUGEIロゴ

ライティングドーム内のCMYキューブ ー照明光の方向だけで多彩に色は変わるー

工学部メディア画像学科 内田 孝幸、 工学部非常勤講師(キュービクスデザイン) 宮崎 桂一

研究概要

物の色の見え方はその材料自身の色だけでなく、照明光の色に強く影響を受けます。これは、色関連ではすぐ学ぶ事ですが、その他に、光の当て方(照射方向)にも強く影響を受けます。この照明方向による物の色の見え方を検討するため、全方位から任意の照明が出来るライティングドームを作製しました。さらに、光の照射方向によって様々に色が変わるCMYキューブを内部に配置し、白色のみの照明を用いその方向による多彩な色表示を示す研究展示です。

1. 照明光による色の見え方

人の色の見え方は、初歩で図1のような概念で学ぶことが多いです。すなわち、人には色を感じる組織(錐体)が大きく分けて3つありそこに、物体からの反射光に応じた刺激(三刺激値)を感じて色を知覚しています。図の説明にもあるように、これは、単に「物体の色」だけでなく、「照明光の色」に強く依存することを示しています。

2. 照明光の方向による色の見え方

実は、上述の説明は、照明光が均一に当たった場合の理想的な場合を示しています。それ自体は勿論間違っていないのですが、実際の状況で照明光が至るところ均一に照らせる状況はほとんどありません。

写真や映画の撮影現場の風景は、皆さんも見たことがあると思いますが、この場合、ライティングが極めて重要です。例えば、照明を反射させるレフ板(反射板、board reflector)のスタッフが多数配置されていたり、反射板の素材も光沢のあるものだけでなく、白色、銀色、金色、青銀色などの反射率の高い布やの他、薄手の白色である程度光を透過させる素材のものが配置されています。また、自然光を

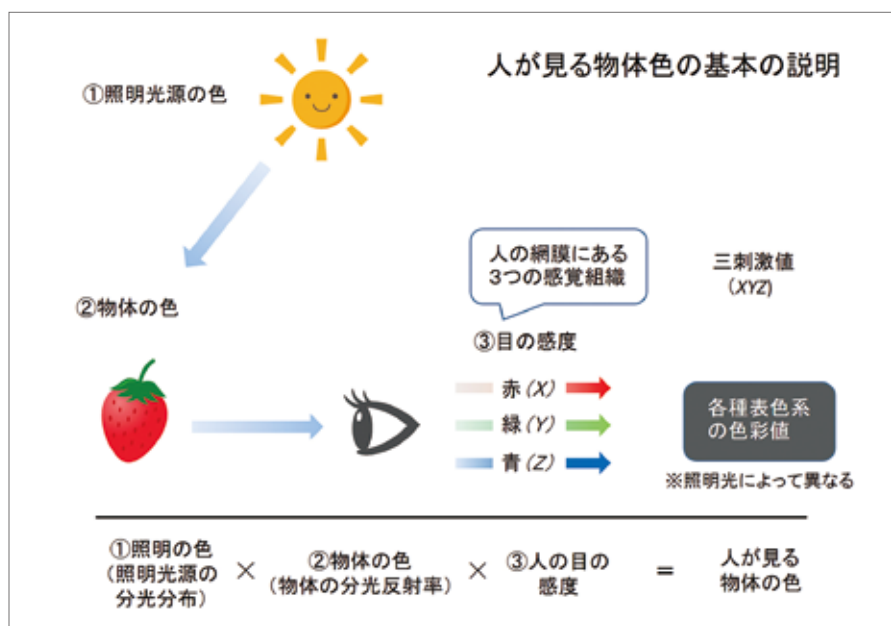


図1 人の色の見え方の説明概要図

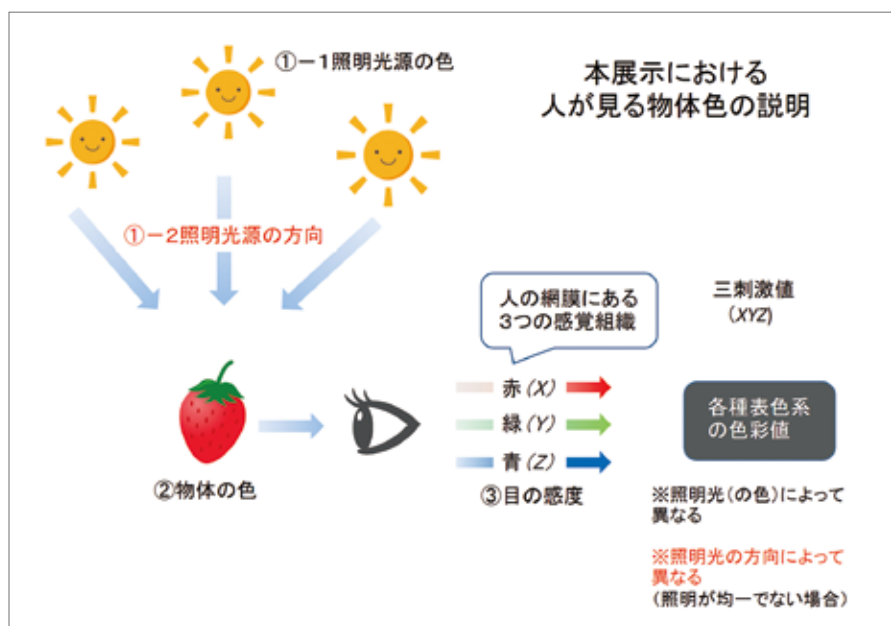


図2 照明方向を考慮に入れた人が見る物体色の説明

用いた風景の撮影の場合、太陽や雲の位置がその映像や画像の出来の多くを決めているため、プロに近い人ほど、この状況設定・把握に拘るのもお分かりいただけると思います。

このように実際の場面では照明光の色だけでなく、照明光の方向が、人の色に見え方に強く効いてきます。この照明光の照射方向依存性を考慮に入れた、説明図を図2に示します。

3. ライティングドーム

このような意図から、本展示では対象となる物体の全方向から光を照射できる空間をまず用意しました。これは、図3に示すような球体に近いワイヤーフレーム（五方十二面体）の全ジョイント部分32箇所にて白色のLED照明を取り付け、任意の方向から照明できるライティングドームを作製しました。

この各頂点に配置した高出力白色LEDを小型マイコンで制御することで、任意のLEDを発光させ照明方向による色の見え方を調べることができます。

4. CMYキューブ

CMYキューブは透明なアクリルなどの立方体全6面うち、連続した3面の一面づつに、それぞれC（シアン）、M（マゼンタ）、Y（イエロー）のフィルムを配置した構造を有するものです。透明な物体の場合、物体に届いた光はその入射方向によって透過、反射、屈折、（と散乱）を起こすため、この構造の物体では、観測者は物体色の光の強い照射方向依存性を見ることが出来ます。

このCMYキューブは、カラボギャラリー 第3回企画展、「色を探検する展」 Explorer of Color (2018.9～2019.4)で展示された作品でもあります。

5. ライティングドーム内のCMYキューブ
ー 照明光の方向だけで多彩に色は変わる ー

では、実際にライトの方向を変えて、CMYキューブの色をご覧ください。図5に32方向の各写真を示します。

このように、白色の照明光の方向を変えるだけでダイナミックに色が変化する場合があります。照明・ライティングの重要性を再認識して頂ければ幸いです。



図3 作製したライティングドームの例（大型：直径2.8mと中型：直径1.1m）。今回の展示は直径1mで白色のみの照明。



図4 CMYキューブ

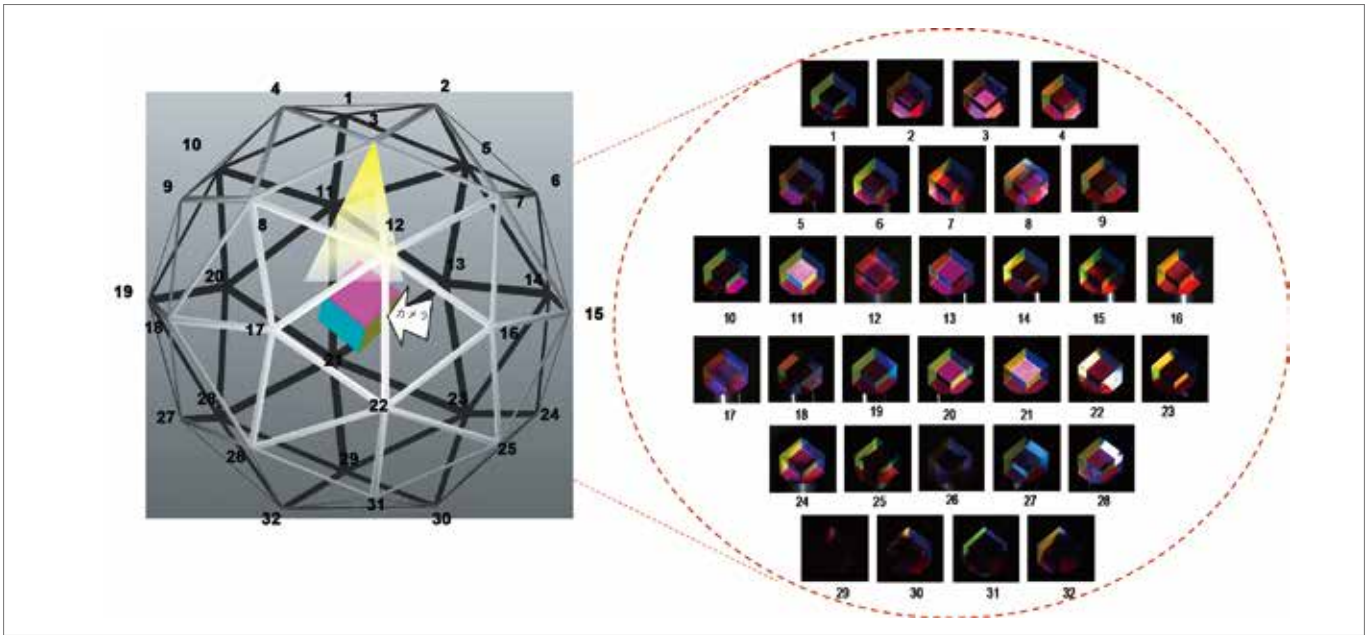


図5 ライティングドーム内のCMYキューブ ー 照明光の方向だけで多彩に色は変わる ー

顔の表情認識を用いた人の感情における色の表現

工学部コンピューター応用学科 姜 有宣、 工学部電子機械学科 辛 徳
工学部電子機械学科 大海 悠太

研究概要

クラウドコンピューティングであるMicrosoft AzureのFace APIを用いて顔の表情を認識し、人の感情をリアルタイムで予測するシステムを開発する。そのシステムは予測した人の感情をディスプレイの照明の色に表現し、ユーザーに直感的にその情報を伝えるシステムである。

1. 顔の表情と人の感情認識

近年、人間とAIが自然言語による対話コミュニケーションをする機会が多くなった。しかし本当に自然な対話の実現のためには、相手の気持ちの変化を慮る「思いやり」の対話プランニングや、相手の気持ちに「共感する」態度を示す処理などが必要となる。人がコミュニケーションを行う場合、相手の感情を認識する根拠9割がノンバーバルの情報とされている。ロボットやコンピュータが人の感情を認識するには、やはり人と同様にノンバーバルの情報をうまく使うことが感情認識をするうえで重要なことである。

従来の対話システムにおける感情推定技術では、システムは人間の発話の字面しか考慮しないため、場合によっては不適切な返答をしてしまうことがある。そこで現在、ノンバーバル情報からの感情推定手法の研究が活発になっている。また、ノンバーバルの中で最も占めている割合が大きい情報が表情である。表情動きを補足することで人間の感情が認識できる。

表情を分析する方法はFACS(Facial Action Coding System)が知られている[1]。FACSとは、顔面動作符号化システムといい、視認可能な顔の動きを包括的に測定するためにPaul Ekman、Wallace Friesenらによって1978年に開発された分析ツールかつ表情理論のことである。FACSは表情を形成する筋肉の動きをコード化させることで客観的にこの動きを分析または自然な表

現を再現することができる。この表情理論により顔の画像から感情を推測することができる。FACSコードを用いて顔の動きをコード化した例を図1に示す[2]。

本研究ではMicrosoft AzureのFace APIを用いて顔の表情を認識し、リアルタイムで相手の感情の予測し、予測した感情を色で表現するシステムを開発することを目的とした。

2. Microsoft AzureのFace API

Microsoft Azureとは、2008年に発表されたMicrosoft社のクラウドプラットフォームである。最近、コストと時間の節約、グローバルな展開の可能性、アプリケーションの構築と管理の複雑さの軽減など色んな便利性を求めて利用する開発者が多くなっている。Microsoft Azureで利用できるサービスは色んな分野で幅広く存在する。特にAzure AI分野には最先端の人工知能と機械学習の機能が提供され便利に使えられる。Azure Cognitive Servicesの中に視覚を対象にした部分は画像、ビデオ内のコンテンツを識別・分析するためComputer Vision、Face、Video IndexerなどのAPIがある。本研究では、そのFace APIを使用し人の顔の表情を認識するシステムを構築していた。

Face APIとは、画像に含まれている人の顔の検出、認識、分析に使用されるアルゴリズムを備えている。ただ人の顔を検出しその位置に四角の座標を返すわけではなく、それ以外に顔関連の属性を抽出する。左、上、幅、高さを示すピクセル座標がセットされているため、顔の位置やサイズのデータを取得することができる。また顔のサイズの大きいものから小さいものと順に一覧表示することが可能である。ほかのAPIを使用することで顔検出だけではなく、顔の検証や似た顔の検索、人物特定、顔のグループ化などをすることができる。図2はFace APIでの顔のを見つけやすいポイントを27個コード化し定義したものである。

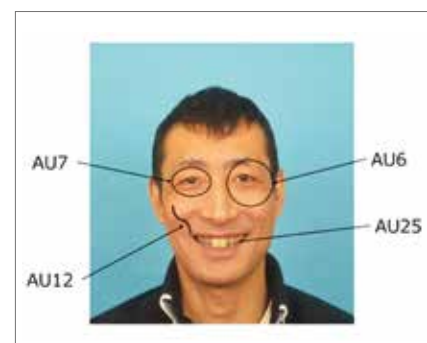


図1 FACSコードを用いて顔の動きをコード化した例

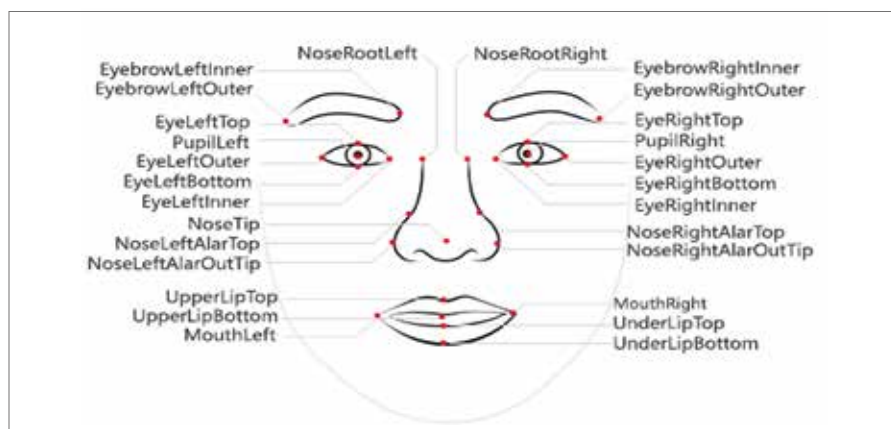


図2 Face API顔のコード定義

3. 色と感情の関係性

色は人の心の働きに影響を与えている。その影響を主に心理的、生理的、感情的、文化的に分けて考えられる[3]。心理的には暗記力、回想力、認識力の向上に影響を与える。生理的には神経に関係があり、明るい赤は交感神経系に刺激を与え血圧をあげることも可能である。また、青や緑はリラックスさせる生理作用がある。色が人の感情に影響を与えるのは特に多い。例えば、黄色を見ると人は明るい気分になって、緑を見ると人は安心する気持ちになる。このように人は感情や気分が色によって大きく影響されている。しかし、色は文化によって人に与える印象や意味が異なるため注意する必要がある。表1に各色に与える心理的な影響を示す。

4. 感情推定システムと色の表現

本研究で提案した感情推定システムはFace APIを使用しWebカメラで人の顔を自動的に検出する。検出した顔から性別、年齢を推定し、人の表情から感情をリアルタイムで推定する。また推定した感情に合わせて色の照明で表現する。今回は言語としてpythonを使用した。照明は複数の色が必要のためスマートLED Philips Hueを使用した。図3はシステムの入出力の流れを示している。

開発したシステムはWebカメラから相手の表情から年齢、性別、感情を推定しディスプレイに表示する。複数人でも認識することが可能で、複数人の場合は最初認識した感情の色が点灯させるシステムである。今回システムが推定できる感情は7種類であり色次のように組み合わせた。anger(怒り)は赤、contempt(軽蔑)は藍、fear(恐れ)は黄、sadness(悲しみ)は緑、surprise(驚き)は橙、disgust(不快)は青、happiness(幸せ)は紫である。

図 4に表情の変化による感情と年齢推定結果例を示す。図 5に感情の変化による色の表現を示す。

参考文献
[1] FACSに関するサイト:
<http://www.microexpressions.jp/mission.html>
[2] Ekman Paul, Friesen Wallace, Hager Joseph, Facial action coding system: a technique for the measurement of facial movement. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA, 2002.
[3] 色が人の心理と行動に与える影響に関するサイト:
<https://blog.btrax.com/jp/color/>

表1 各色と与える心理的な影響

色	ポジティブイメージ vs ネガティブイメージ		影響
赤	情熱、活力、興奮、高揚	怒り、暴力、警戒	人間の感情的興奮や刺激をもたらす。赤は色の中で最も長い波長を持ち、交感神経に刺激を与え体温・血圧・脈をあげる。
オレンジ	喜び、活発、陽気、明るい、暖かい	—	楽天的な印象をあたえる。消化、新陳代謝をよくする作用があるため、食欲を増進させる。血管や自律神経を刺激し身体を活動的にする。
黄	愉快、元気、軽快、希望、無邪気	注意、注目	明るさや希望を与える。運動神経を活性化させる。脳の活性化がよくなり頭の回転が早くなる。集中力がアップする。
緑	安らぎ、癒し、調和、安定、若々しい、健康、やさしい	—	安心感の増加。身体を癒す色。筋肉の緊張をほぐし、リラックスさせてくれる。また、筋肉や骨その他組織の細胞を作る力を促進し、暖和効果があるので血圧を下げる。
青	知的、落ち着き、信頼感、誠実、爽快感	悲哀、冷たい、孤独	冷静を与える。鎮静作用があり、精神的に落ち着かせる作用がある。体温の低下、痛みの暖和などの作用もある。
紫	上品、優雅、妖艶、神秘、高貴	不安	高貴さ優雅さを表す。集中力アップ、鎮静効果。リンパ管や心筋、運動神経の働きを抑制する。
ピンク	可愛い、幸福、愛情	—	ピンクは心と体を若返らせる効果があり、心を満たし、人を思いやるあたたかさを与える色である。
黒	高級感、重厚感、威厳	恐怖、絶望、不吉、悪、死	力強さを与える。相手を威圧し、力を象徴する。
グレー	落ち着き、大人、真面目	抑うつ、迷い、不信	落ち着いた大人の印象を表現できる。
白	純粋、清潔、神聖、正義	空虚、無	純潔さや純真さを表す。過去を清算してリセットする色である。

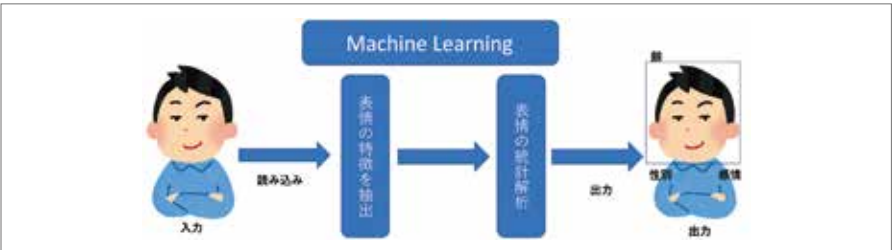


図3 システムの入出力



図4 表情の変化による感情と年齢推定結果例



図5 感情の変化による色の表現

近代建築空間における色彩に関する復元的研究 ーブルーノ・タウト設計の大ジードルンク・ブリッツの色彩復元模型ー

工学部工学科建築コース 海老澤 模奈人

研究概要

生活空間を豊かにするために建築への色彩が広く試みられたのが、1920年代のドイツです。その一例はジードルンクと呼ばれる住宅団地の建築に表れます。ジードルンクにおける色彩の建築家として有名なのがブルーノ・タウトです。本研究では、タウトが1920年代後半にベルリンに建設し、ユネスコの世界遺産にも登録されている大ジードルンク・ブリッツを題材に、色彩復元模型の制作をとおして、近代建築空間と色の関係を考察しました。

1. 近代建築と色彩

20世紀初めに西欧で成立した近代建築は、従来の歴史的な様式や装飾の表現から離れ、幾何学形態にもとづいた抽象度の高いデザインを実現させました。それらは一般に白黒の写真や映像で伝えられるため、モノトーンのイメージが強いのですが、実際は建築空間に特性を与える手段としてさまざまな色がもちいられていました。

建築空間における色彩というテーマに建築家たちが積極的に取り組んだのが、ヴァイマル共和国時代(1919-33)のドイツです。とくにこの時代に数多く建設されたジードルンクと呼ばれる住宅団地では、生活空間を豊かにする方法として、建築の内外に多くの色が用いられています。建築への色彩は、比較的安い費用で景観に変化や統一感をあたえることができます。色彩建築の試みは、大量の住宅供給がもたらされたこの時代において、住空間を豊かにするための経済的な手段の一つでもあったのです。

2. 「色彩建築のマイスター」ブルーノ・タウト

ジードルンクにおける色彩の建築家として有名なのが、1930年代に日本でも活動したブルーノ・タウト(1880-1938)(図1)です。タウトは近代建築の歴史においてド

イツ表現主義の建築家として知られます。芸術制作において自己の内面を表出させるのが表現主義の特徴ですが、色彩はその表現手段の一つだったのです。

タウトはそのキャリアの初期から彩色をほどこした建築設計を実践していきます。1913-16年にはベルリン郊外の田園都市ファルケンベルク(図2)の設計で、多様な色で飾られた住宅地を提案します。ここは「絵具箱ジードルンク」と呼ばれました。第一次世界大戦後の1919年には「色彩建築声明」を発表し、「汚れた灰色の家のかわりに、くすみのない鮮やかな色合の青、赤、黄、緑、黒、白の家が再び出現する」と宣言します。1920年代後半にはベルリンの公益住宅供給会社GEHAGの主任建築家として数多くの住宅団地を建設します。そのなかには、トリärer通りの集合住宅(図3)やシェーンランカー通りの集合住宅(図4)など街路側の外壁に奇抜な色の組み合わせをみせる建築もありました。

一方で「森のジードルンク」オンケル・トムス・ヒュッテでは、道路の両側で黄色と白・青というように外壁の色を変えたり(図5)、東面を緑色、西面を赤色というように方位によって壁の色を変えるなど(図6)、さまざまな建築への彩色方法を試んでいます。



図1 ブルーノ・タウト



図2 田園都市ファルケンベルク(1913-16)



図3 トリärer通りの集合住宅(1925-26)



図4 シェーンランカー通りの集合住宅(1926-27)



図5 ジードルンク・オンケル・トムス・ヒュッテ第1期(1926-27)



図6 ジードルンク・オンケル・トムス・ヒュッテ第5期(1929-30)

3. 大ジードルンク・ブリッツ

タウトの設計したジードルンクのなかでもっとも有名な作品が、ベルリンのノイケルン区に建つ大ジードルンク・ブリッツです。中央の池を囲む馬蹄形の住棟によって、多くの人に記憶されています。2008年にはベルリンの他の5つのジードルンクとともにユネスコの世界遺産に登録されました。

このジードルンクでもタウトは色を効果的にもちいています。馬蹄型住棟の外周は白色と青色で塗られています。青色は共用階段のある部分(階段室)と屋根階を表しています(図7)。つまり建築における構成要素の違いを色で強調しているのです。この住棟のなかの住戸は同一の平面で設計されているため、2住戸ごとに設けられた階段室は等間隔に配置されることになります。その結果、垂直の青のラインは等間隔で反復することになります。タウトはそのような建築の特徴を色で表現したと思われます。同じような試みは、赤い外壁にピンクの階段室が並ぶ「赤い前線」と呼ばれる住棟(図8)にもみられます。

このように3階建ての中層住棟は、統一感のある色彩表現をもっています。それに対して、敷地の内側に建つ2階建てのテラスハウス(長屋形式の住棟)は、住戸ごとに色が塗り分けられた一見ランダムな配色をみせています。

4. 色彩復元模型による彩色の考察

この研究では、大ジードルンク・ブリッツの1期(1925-26)と2期(1926-27)の色彩復元模型を作成することで、色彩のコンセプトの把握しづらいテラスハウス式住棟の色の特徴を考えてみました。

模型からわかるように、タウトはテラスハウスの設計にあたり、住棟を単に直線的に並べるのではなく、ところどころずらしたり、端部のみ突出させたりというように変化をつけています。彼は住棟の形や色によって、ジードルンク内の景観に変化を与えようとしていたことがわかります。赤・黄・白・青の4色がもちいられた住棟の配色は、住棟ごとに統一されたり(図9)、2住戸ごとあるいは1住戸ごとにストライプ状に色が変わられた

り(図10, 11)、場所によってさまざまで、そこにははっきりとしたルールはみつけれません。ただ、住棟がずれるところでは必ず色が変わえられたり(図12)、住棟の端に青色を使うなどのこだわりがみられます(図13)。

模型を作ることでひとつ面白い事実がわかりました。それは敷地の北側の第1期と南側の第2期ではテラスハウスの彩色の傾向が違う点です。一番最初に建設されたと考えられる北東部の道路沿いには、住棟全体を青色に塗ったり(図14)、1住戸ごとに色を変える(図11)ような他の道路にはみられない独特な配色がみられます。また、南側の2期の敷地ではストライプ状の彩色が少なくなり、住棟の色が統一される傾向が強くなります。さらに2期の住棟では各住戸の道路側と庭側の色が統一されるようになっていきます。つまり、1期から2期に移る過程でタウトのテラスハウスへの彩色は、自由度の高いものから、規則性のあるものへと変わっていったと考えられます。

皆さんも模型を観察して、タウトの彩色の謎解きをしてみてください。

謝辞 この色彩復元模型は、海老澤の監修のもと、大学院建築学・風工学専攻修士課程2年の堤健太郎君(建築設計計画II研究室)が制作しました。記して感謝します。



図7 大ジードルンク・ブリッツの馬蹄型住棟(1925-27)



図8 大ジードルンク・ブリッツの「赤い前線」(1925-27)



図9 大ジードルンク・ブリッツの第1期のテラスハウス(1925-26)



図10 大ジードルンク・ブリッツの第1期のテラスハウス(1925-26)



図11 大ジードルンク・ブリッツの第1期のテラスハウス(1925-26)



図12 大ジードルンク・ブリッツの第2期のテラスハウス(1926-27)



図13 大ジードルンク・ブリッツの第2期のテラスハウス(1926-27)



図14 大ジードルンク・ブリッツの第1期のテラスハウス(1925-26)

電子ペーパーで写真をつくる

工学部メディア画像学科 常安翔太、渡部陸矢、佐藤利文
芸術学部写真学科 横井良直、酒井孝彦

研究概要

電子ペーパーは従来の液晶モニタやプロジェクタと異なり、紙媒体と同じ周囲の反射光を利用した省電力かつ書き換え可能な画像表示媒体です。しかしながら、強制的にモノクロで出力される電子ペーパーには階調再現性に限界があるため、写真作品には展開されておりませんでした。本研究では、入力する画像データの色に着目し、各色の入出力特性結果から写真作品としてふさわしい階調再現性を検討し、写真作品を制作しました。

1. 電子ペーパーとは (図1)

電子ペーパーは、軽く持ち運びやすいことに加えて、紙と同じように周囲の光を利用して画像を電氣的に書き換える画像表示媒体です。主に携帯電子書籍端末や値札に使われています。

パソコンのモニタやタブレット端末、スマートフォンなどは自ら光を放ちながら画像を表示しているため、目に対する刺激が強く長く見続けることには適していません。それに対して、電子ペーパーは、周囲の光の反射で見るという紙と同じ特徴を持っているため、目の疲労を和らげることができます (S. Benedetto et al. PloS one, 8, e83676 (2013).)。

2. 電子ペーパーの不得意な分野…画像表示

我々は当初「紙の代わりになるのであれば、電子ペーパーが写真制作にも使えるのではないかと」考えていましたが、「階調」という大きな問題に当たりました。

従来の紙媒体に画像を出力する場合、単色(モノクロ)のデジタルデータは256通りの範囲で濃淡(グラデーション)を記録し、印刷されます。しかしながら、現在主流のモノクロ電子ペーパーは 16 通りの範囲でしか

グラデーションを表現できません。つまり、紙上では256階調を再現できますが、電子ペーパーでは16階調しか再現できないのです。電子ペーパーは紙などの従来の表示媒体と比較して階調再現性が乏しいため、写真制作に使われてこなかったと考えられます。

3. 階調再現性の数値化

限られた階調再現性でも、できる限り均等でより高コントラストに16階調を再現できれば、写真の本来持っている階調を引き出すことができます。本検討では、モノクロ表示の電子ペーパーに対してグレースケール画像、その光の色料三原色(CMY)および

色光三原色(RGB)のいずれか1色の画像を表示した際における分光反射率を測定しました。

パソコンのモニタ上では256階調の単色グラデーション画像(図2(左))として出力されているにもかかわらず、電子ペーパーに出力すると階段のようにくっきりと分かれた画像となりました(図2(右))。これは、電子ペーパーの階調再現性の限界があることを表しています。



図1 バックライト付き液晶モニタ(左)と電子ペーパー(右)

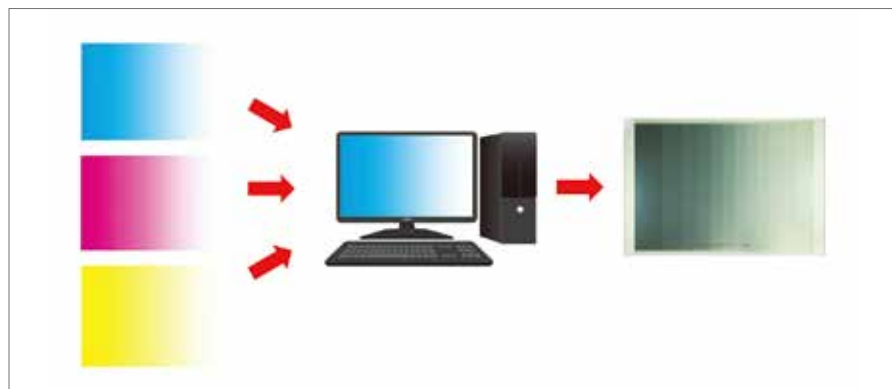


図2 電子ペーパーの階調再現性評価の概念図 (左)パソコンでの入力画像、(右)電子ペーパーでの出力画像

図3に各階調における波長550nmの最大反射率を示します。均等に大きく上昇するほど、より均一に大きく階調が変化することを示しており、写真制作に適した条件になります。

図3(左)に、色料三原色(CMY)および色光三原色(RGB)のいずれか1色によるグレースケール画像を表示した際における各階調での反射率を測定しました。ブラック以外の色では16階調を実現できませんでした。16階調を達成したブラックも最大反射率は25%と、レッドの最大反射率35%よりも低いことが分かりました。

さらなる階調再現性の向上のため、上述の画像を色光三原色(RGB)の色空間で保存・出力した際における各階調での反射率を測定しました(図3(右))。レッド、ブラック、イエローを除く5色は、色光三原色(RGB)の色空間を導入することで全て最大反射率が35%まで向上していることが認められました。これは、減法混色である色料三原色(CMY)の色空間ではブライトカラーやパステルカラーなど鮮やかな色調の色再現が苦手であるため、最大反射率が低くなったと考えられます。それに対し、デジタル媒体を前提とした色光三原色(RGB)の色空間は加法混色であることから明度が上がり、コントラスト比の上昇につながったと考えられます。また、ブラックとブルーのみが16階調で再現されていることが分かりました。これは、ブルーの波長がおおよそ435nmから480nmと波長が最も短く、紫外領域に近いことから電子ペーパー上ではブラックと認識されたためと考えられます。

これらの結果から、モノクロの電子ペーパー上に写真作品を表現する場合、色光三原色(RGB)の色空間のブルーが最も適切に階調およびその幅を再現可能であることが明らかとなりました。

結果として、色材三原色(RGB)の色空間におけるブルーが、最も均等で豊かな階調を再現でき、写真作品制作に適しているという結果になりました。

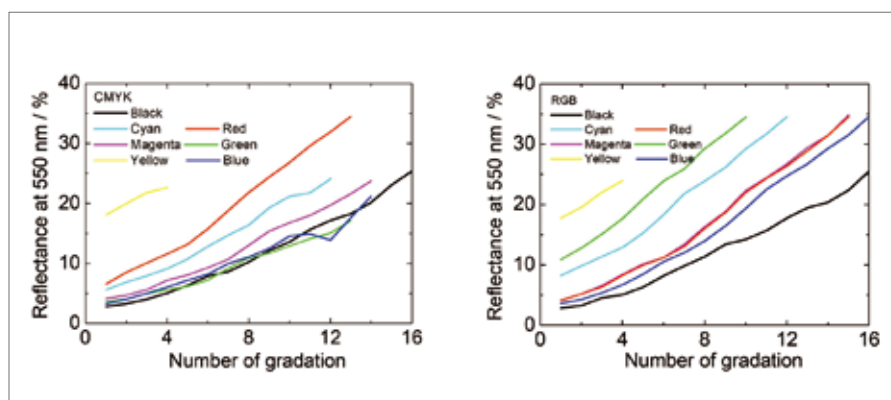


図3 各階調における波長550nmの最大反射率、(左) CMYK色空間、(右) RGB色空間



図4 各カラーフィルターを適用した場合の比較
a.カラー画像(フィルター無し) b.モノクロ画像(フィルター無し) c.モノクロ画像(レッドフィルター) d.モノクロ画像(ブルーフィルター)

しかしながら、そもそもなぜ色によって階調が変化するという仮説を立てたのか気になりますか?我々は、モノクロ写真撮影の際に用いる「カラーフィルター」から着想を得て、このような仮説を立てました。

現在、デジタルカメラが普及したためほとんど使用されることはなくなりましたが、モノクロフィルム撮影では、原色に近いカラーフィルターをレンズの前に取り付けることで大きくコントラストを変えることができました(図4)。風景や人物など、あらゆる場面で撮影する写真家にとって、かつては必須ともいえるアイテムでした。コントラストを操ることは、階調を操ることと同じです。コントラストの高い写真は濃淡がはっきりしますが、

その分繊細な階調の変化を失ってしまいます。逆にコントラストの低い写真は繊細な階調の変化を記録できますが、その分濃淡は薄れてしまいます。

フィルム写真の場合、フィルムによっても色の出方やコントラストが大きく異なりました。そのため、様々な状況によってカラーフィルターを上手に扱うことが写真家の腕の見せ所なのです。

今回の電子ペーパーを一つのフィルムと考えると、実は上記のことと同じ作業をデジタル上で再現していたに過ぎなかったのです。

LN結晶を用いた多色ホログラム動画表示素子の開発

工学部工学科電気電子コース 陳 軍、豊田 光紀
東京理科大学理学部応用物理学科 石井 行弘

研究概要

ホログラムは立体画像表示で注目されているが、静止画しか提示できなかった。我々は体積ホログラムの角度多重記録特性に着目し、多色の動画が再生可能な新しい表示素子の開発を目指した。具体的には、書き換え可能なニオブ酸リチウム(LN)結晶をホログラム記録媒体に用い、結晶を 0.2° ずつ回転させながらコマ撮りの画像を記録した。R、G、B3色の光で結晶を照射し、結晶を回転すれば、多色のパラパラ漫画が観察できるようになった。

1. ホログラムパラパラ漫画の実現を目指して

ホログラムといえば、R2-D2が映し出すレイア姫の3次元映像(「スターウォーズ エピソード4/新たなる希望」を思い出す人が多いだろう。映画が公開された1977年はもちろん、現在に至って本当のホログラム3D動画が実現されていない。しかし、書き換え可能な記録媒体であるニオブ酸リチウム(LiNbO_3 , LN)結晶を用い、記録媒体を回転すれば立体動画が観察者の目に現れる夢みたいな新しいメディアが実現できる。

ホログラムをつくるための実験配置を図1に示す。光源には干渉性の良いレーザを用い、記録材料としてはFe添加LN結晶を用いる。レーザからの光は二手に分け、一方は入力画像表示用の液晶パネルを照射し、他方はそのままLN結晶に入射する。液晶パネルに表示されている入力画像はレンズでLN結晶に結像される。物体光と参照光は結晶上で重なり合って干渉し干渉縞を形成する。結晶では干渉縞に対応する屈折率分布が形成され、これがホログラムとなる。多重記録を行うとき、結晶を 0.2° ずつ回転させながら、コマ撮りした画像を記録しておく。図2のように、レーザ光でこのホログラムを照射しておきながら結晶を回転させると、記録された画像がパラパラ漫画として現れる。

2. ホログラム記録の効率化

動画ホログラムを作成するには、多数枚のホログラムの記録が必要で、記録時間の短縮が重要な課題である。そこで、我々は常識的なs-偏光によるホログラム記録方式(図3)と違って、通常では用いないp-偏光による新しい記録方式(図4)の有効性を見出し、記録時間を従来の10分の1以下に短縮できた。これにより、多数のホログラムを短時間で記録することを初めて可能となった。

3. 多色ホログラム動画の実験結果

開発したシステムの有効性を示すためホログラム動画の実験を行った。ホログラムの記録には緑色のレーザを用いた。入力画像をパソコンから順次に液晶パネルに表示させ、LN結晶を 0.2° ずつ回転しホログラムの記録を行った。記録したホログラムに、赤、緑、青色のレーザ光で照射しておきながら、結晶を回転させると記録された画像が図5に示すように次から次へと目の前に現れてきた。

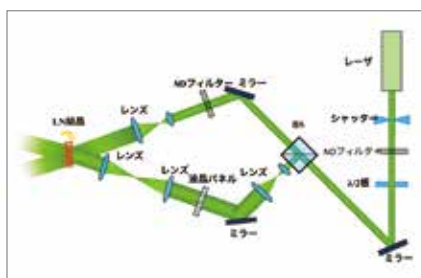


図1 ホログラム記録光学系の構成図

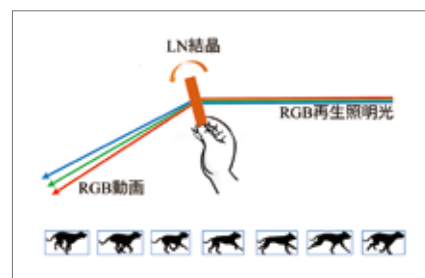


図2 多色ホログラム動画再生の模式図

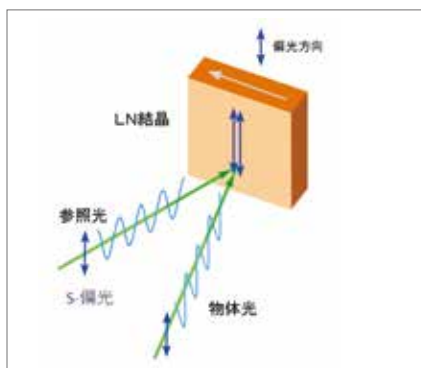


図3 s-偏光によるホログラムの記録

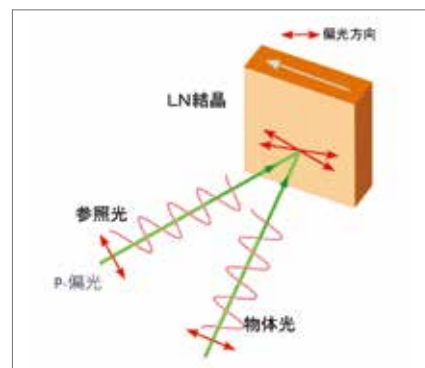


図4 p-偏光によるホログラムの記録

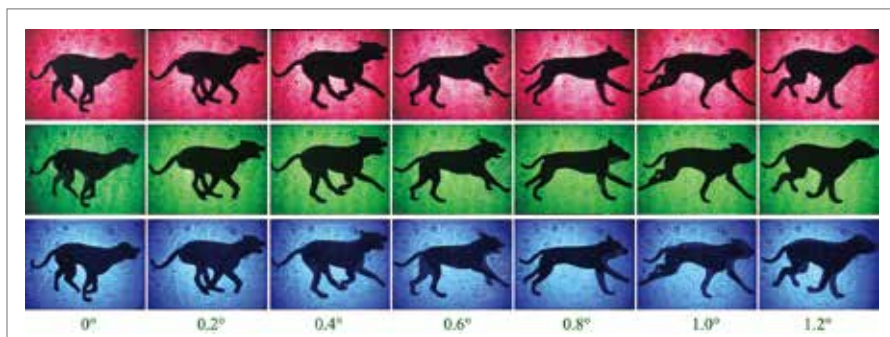


図5 LN結晶を 0.2° ずつ回転させて観察された多色パラパラ漫画

Color Research Lab.

カラー・リサーチ・ラボ

会期：2020年9月25日(金)～2021年4月23日(金)
会場：東京工芸大学厚木キャンパス12号館2階カラボギャラリー
公式サイト：<http://www.color.t-kougei.ac.jp/gallery/>
主催：東京工芸大学
運営：色の国際科学芸術研究センター

展示内容

写真プリントの高質感再現システムの研究(代表：東 吉彦)
ライティングドーム内のCMYキューブ(代表：内田 孝幸)
ブルーノ・タウト設計の大ジードルンク・ブリッツの色彩復元模型(海老澤 模奈人)
顔の表情認識を用いた人の感情における色の表現(代表：姜 有宣)
高強度カラーコンクリート(陣内 浩)
LN結晶を用いた多色ホログラム動画表示素子の開発(代表：陳 軍)
電子ペーパーで写真をつくる(代表：常安 翔太)

同時開催：カラボギャラリー第6回企画展
クリストファー・マーレー
クリス・ウッド
菱田 真史
比江島 俊浩

展覧会ディレクション：野口靖・義江龍一郎
展覧会アートディレクション・デザイン：川村貞知・長岡真子
展覧会内装：HIGURE 17-15 cas株式会社

パンフレット監修：野口靖・義江龍一郎
パンフレットデザイン：川村貞知・長岡真子

発行者：東京工芸大学(代表)
〒243-0297 神奈川県厚木市飯山1583 TEL：046-242-4111
発行日：2021年1月

