

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5214840号
(P5214840)

(45) 発行日 平成25年6月19日(2013.6.19)

(24) 登録日 平成25年3月8日(2013.3.8)

(51) Int.Cl.

F I

G O 6 T 1/00 (2006.01)
 G O 6 T 9/00 (2006.01)
 H O 4 N 1/46 (2006.01)
 H O 4 N 11/04 (2006.01)

G O 6 T 1/00 5 1 0
 G O 6 T 1/00 5 0 0 B
 G O 6 T 9/00
 H O 4 N 1/46 Z
 H O 4 N 11/04 Z

請求項の数 4 (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2004-334838 (P2004-334838)
 (22) 出願日 平成16年11月18日(2004.11.18)
 (65) 公開番号 特開2005-166045 (P2005-166045A)
 (43) 公開日 平成17年6月23日(2005.6.23)
 審査請求日 平成19年11月15日(2007.11.15)
 審判番号 不服2012-2124 (P2012-2124/J1)
 審判請求日 平成24年2月3日(2012.2.3)
 (31) 優先権主張番号 10/721138
 (32) 優先日 平成15年11月25日(2003.11.25)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 596170170
 ゼロックス コーポレイション
 XEROX CORPORATION
 アメリカ合衆国、コネチカット州 068
 56、ノーウォーク、ビーオーボックス
 4505、グローバー・アヴェニュー 4
 5
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 禎男
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100086771
 弁理士 西島 孝喜
 (74) 代理人 100136744
 弁理士 中村 佳正

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンポジット画像を表示するため、および、コンポジット画像をスペクトラル逆多重して正規化されたカラー画像を得るために、コンポジット画像を提供するための、ソース画像のスペクトラ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多色ソース画像を表す画像データを受け取って、コンポジット画像で当該多色ソース画像を表す第1のおよび第2の分離画像(separation image)を符号化し、

複数の色素を用いて、前記コンポジット画像を、サブストレートの上に表現(rendering)し、

前記表現されたコンポジット画像を、正規化されたカラー画像を明らかにする(reveal)ために選択された、事前に規定されたスペクトラル・パワー分布を有する光源に曝すことによって、前記表現されたコンポジット画像から符号化された分離画像を復元する、

ステップを含む、

前記ステップは、所定のスペクトラル・パワー分布を有する第1の光源を受けるときには特徴的に低い濃度の色素を探求し、前記所定のスペクトラル・パワー分布と異なるスペクトラル・パワー分布を有する第2の光源を受けるときには、同じ色素により示された特徴的に高い濃度の色素を探求する

ことを特徴とする複数のソース画像を処理する方法。

【請求項 2】

前記ソース画像符号化ステップが、更に、

各分離画像画素を表す値を、それぞれの色素画像平面での対応する画素値にマッピングするステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

多色ソース画像を表す画像データを受け取るため、および、当該画像データを処理して、コンポジット画像で、当該多色ソース画像を表す少なくとも第1のおよび第2の分離画像を符号化するため、および、コンポジット画像データ信号を提供するため、のスペクトラル多重器、

前記コンポジット画像データ信号を受け取り、サブストレート上に前記コンポジット画像を表現するための、前記スペクトラル多重器に応答する画像表現装置、および、

表現されたコンポジット画像が、光源に曝されるときに、符号化されたソース画像の1つから導かれた正規化されたカラー画像が復元されるように、前記サブストレート上の前記表現されたコンポジット画像を、事前に規定されたスペクトラル・パワー分布であって、当該スペクトラル・パワー分布に対して前記多色ソース画像が符号化された当該スペクトラル・パワー分布を有する光源による照明に曝するためのスペクトラル逆多重器、

10

を備え、

前記スペクトラル逆多重器は、所定のスペクトラル・パワー分布を有する第1の光源を受けるときには特徴的に低い濃度の色素を探求し、前記所定のスペクトラル・パワー分布と異なるスペクトラル・パワー分布を有する第2の光源を受けるときには、同じ色素により示された特徴的に高い濃度の色素を探求することを特徴とする画像生成システム。

【請求項4】

正規化されたカラー画像を観察者に提供されるために、前記表現されたコンポジット画像から前記符号化されたソース画像の正規化されたカラー・バージョンを復元するための作動のモードが提供される、

20

請求項3に記載の画像生成システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンポジット画像を供給するために複数のソース画像をスペクトル多重化し、そのコンポジット画像を表現し、1つ又はそれ以上のソース画像を復元するためにこのようなコンポジット画像を逆多重するための1つ又は複数のシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

30

光源は、これら自体が射出した光により目に見えるが、物体及び材料は、これらがどのように入射光を修正するかに応じた状態で目に映る。物体の色についての感覚は、人間の網膜における感光性受容体を物理的に刺激することにより喚起される。この刺激は、約380から780ナノメートルまでの間の波長を含む可視スペクトルにおける電磁放射線で構成される。

【0003】

知覚された物体の色は、(1)物体上に入射した光源により射出される光源のスペクトルパワー分布、(2)照明された物体のスペクトル反射率又は透過特性による、光源のスペクトルパワー分布の修正、(3)該物体からの修正された光による目における感光性受容体の励起、及び(4)該感光性受容体により生成された信号の脳による知覚及び解釈のような要因の組み合わせの結果である。

40

【0004】

色の知覚は、感光性受容体の異なるスペクトル感度に帰する。色感覚の三色色度は、多くの異なるスペクトル分布が、同じ知覚された色を生成できることを意味する。物理的には異なるスペクトル分布であっても、同じ知覚を生成するこのような等価な刺激は、メタマーと呼ばれ、この現象はメタメリズムと呼ばれる。例えば、物体の知覚された色は、該物体が入射日光から入射人工光に移動されたときに、極めて著しく変化することになることが周知である。照明光源のスペクトルはまた、目が照明の差に対して行う相当な生理学的補正にもかかわらず、印刷画像の知覚された色に影響を与えることが周知である。異なる相対的スペクトルパワー分布の光源は、従って、例えば、非常に狭帯域の又はほとんど

50

単色の光を射出する光源が、非常に不良な色を表現するものとして考慮されるように、異なる色の表現特性を有することが周知である。

【 0 0 0 5 】

メタメリズムの概念によれば、2つの物体のそれぞれの色は、典型的には、これらの物体から生成されたスペクトルパワー分布は異なるとしても、同一であるように見える。このようなスペクトル的には異なるが視覚的には同一であるパワー分布、又は刺激は、メタメル対として考慮される。3つのコーンの種類だけを用いて光を測定するため、これらのパワー分布の差は識別不可能である。異なるスペクトル反射関数をもつ2つの物体は、1つの照明の下では色が適合するように知覚され、異なる照明の下では適合しないように知覚されることになる。

10

【 0 0 0 6 】

知覚された色の特定の態様は、画像を一色で印刷して、次いで、第1の画像に、ほぼ同じ見かけ上の明るさを有する異なる色のパターンを重ね刷りすることにより、画像を隠すのに用いられている。等しい明るさの隣接するゾーンは、これらが異なる色であっても、視覚的に配合されたように見え、従って、元の画像の知覚を混乱させる。

【 0 0 0 7 】

パターンを、特定の相関する色を有する1つ又はそれ以上のフィルタを通して視認できるようにし、含まれる色によって、このパターンが変化するように、異なる色でパターンを印刷することが公知である。さらに、文字を、重ね刷り関係にある異なる色で印刷し、この重ね刷りされた文字が一つの着色フィルタを通して視認されたときには、重ね合わされた特性の特定のもののだけの外観を与え、第2の異なる色のフィルタを通して視認したときには、重ね合わされた特性の特定の他のものを現すことが周知である。このような手法は、情報を符号化（暗号化）して、パターンがデコードされて理解できるようになるまで、このパターンの情報コンテンツの認識を阻止するのに周知である。これらの手法は、販売促進のためのゲーム技術、及び文書の機密保護及び文書の検証用途に適用されてきた。

20

【 0 0 0 8 】

深さの知覚、すなわち、三次元の物体又は場面の知覚の錯覚を刺激することができる平らな二次元画像を表現する技術が知られている。両眼ステレオスコープ画像化を実行する装置は、両眼ビューア、視差立体画、レンズ状シートの両眼ステレオスコープ画像、及びポラロイドガラス又は色フィルタを用いる両眼ディスプレイを含む。自動立体視は、視差パノラマグラム、レンズ状シートの三次元画像化、投影式三次元ディスプレイ、及び一体的写真を含む。浅浮き彫りのステレオスコーピーは、後続の視認のために、対応する色付きレンズを通して、それぞれの補色フィルタ（例えば、シアン及び赤色）を用いることにより、左右のほとんど同一の画像が色により符号化されて、刺激された三次元効果に対して、必要に応じて、画像を分離するよく知られたプロセスである。色付きめがねを通して視認した場合には、画像は合体してステレオスコーピー感覚を生成する。符号化された画像の対は、典型的には、2つの補色において、わずかに異なる角度から取られた同じ物体の2つの画像として表現されるため、アナグリフとして知られている。

30

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

40

【 0 0 0 9 】

コンポジット画像を供給するために複数のソース画像をスペクトル多重化し、そのコンポジット画像を表現し、1つ又はそれ以上のソース画像を復元するために、このようなコンポジット画像を逆多重するための、システム又は複数のシステムに対して、満たされていないニーズがある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 0 】

スペクトル多重化とは、本明細書で使用されるときには、コンポジット画像内に複数のソース画像を符号化する処理を意味する。コンポジット画像表現とは、コンポジット画像を物理的な形態に表現する処理をいう。スペクトル逆多重とは、表現されたコンポジット

50

画像を、ソース画像を見せるために、選択された所定のスペクトルエネルギー分布を有する少なくとも1つの光源に曝すことにより、復元されたソース画像がコンポジット画像から又はコンポジット画像内で識別可能にされるように、符号化されたソース画像のうちの少なくとも1つを表現されたコンポジット画像から復元する処理を意味する。

【0011】

従って、本発明は、複数のソース画像をスペクトル符号化して、このスペクトル符号化された複数のソース画像をコンポジット画像内に形成し、コンポジット画像を物理的な形態に表現し、復元されたソース画像が識別可能にされるように、表現されたコンポジット画像から少なくとも1つの符号化されたソース画像を復元するための方法及び装置に関する。例えば、表現されたコンポジット画像が、ソース画像が符号化された所定のスペクトルパワー分布(spectral power distribution)を有する光源の1つに曝されるとき、ソース画像は、観察者により視覚的に検知可能になる。

10

【0012】

所定のソース画像は、複数の色素の画像平面の1つ又はそれ以上における対応する画素値に対する各ソース画像画素を表すマッピング値によりスペクトル符号化される。コンポジット画像は、スペクトル多重化された(SM)画像平面に形成することができ、この平面は、任意の数の異なる画素パターンを有することができ、その主な特徴は、SM画像平面がスペクトル多重化されることである。一般に、「SM」画像平面の各位置では、1つ又はそれ以上のスペクトル成分を有する画素値が存在することができ、どのスペクトル成分が存在するかは、ソース画像を記述する分離画像平面の1つにおける対応する画素のグレイレベルに依存する。或いは、各画素が1つより多いソース画像平面からのカラー分離画像データを表すカラー値を含むSM画像平面をスペクトル多重化することができる。

20

コンポジット画像は、第1の(多色)ソース画像と、第2のソース画像のモノクロのバージョンとの双方を表す、スペクトル的に符号化された情報を取り込み得る。

【0013】

考察される符号化の別の実施形態においては、各ソース画像のマッピングは、コンポジット画像の構成、表現、又は逆多重に及ぼす以下のもの、すなわち、(a)色素/光源相互作用に対する人間の視覚的応答の三色色度、(b)色素がサブストレート上で結合されたときに複数の色素の相互作用を特によく表すスペクトル特性のような、コンポジット画像を表現するために選択された色素のスペクトル特性、及び(c)ソース画像を復元するためにコンポジット画像を照明するのに使用されることになる狭帯域光源のスペクトル特性のうちの1つ又はそれ以上の影響を補償するための本明細書で説明する判断結果に従って実行することができる。

30

【0014】

コンポジット画像内でのソース画像の符号化は、ソフトウェア、ハードウェア、又はソフトウェア・ハードウェア実装の組み合わせと併せて、本明細書の教示に従って達成することができることが理解されることに疑いの余地はない。

【0015】

従って、本発明は、複数のソース画像をスペクトル符号化するため、及びコンポジット画像内に、スペクトル符号化された複数のソース画像を与えるためのシステムに向けられる。

40

【0016】

本発明は、更に、コンポジット画像をサブストレート上に表現するためのシステムに向けられる。コンポジット画像は、堆積された色素の単一の複雑な表現されたパターンとして実現することができ、少なくとも1つの色素は、特定のスペクトル反射特性に利用され、特に、狭帯域の吸収特性に利用される。

【0017】

本発明は、更に、表現コンポジット画像内で符号化された1つ又はそれ以上のソース画像をスペクトル逆多重するためのシステムに向けられる。ソース画像は、表現されたコンポジット画像が、ソース画像が符号化された選択されたスペクトルパワー分布を有する補

50

完的光源による照明を受けたときに復元することができる。動作モード(mode)は、正規化されたカラー画像が観察者にとって識別可能となるように、表示されたコンポジット画像から、少なくとも1つの符号化されたソース画像の、正規化されたカラー・バージョンを復元するために提供される。

スペクトラル逆多重(spectral demultiplexing)のためのシステムは、第1のモードにおいて動作可能である。その際に、正規化されたカラー画像は、表現されたコンポジット画像が、制御された、選択されたマルチ帯域(multiband)のスペクトラル・パワー分布を有する第1の光源の照明フィールド(field of illumination)によって照射されたときに復元される。或いは、表現されたコンポジット画像で提供された第2のソース画像が、表現されたコンポジット画像が、制御された、事前に規定された挟帯域スペクトラル・パワー分布を持つ第2の照明の照明フィールドによって照射されるときに復元されるような第2のモードにおいて、作動可能である。

第1のソース画像は、多色画像の形式(form)で提供され得、それによって、スペクトラム的に符号化されて、正規化されたバージョンの多色画像を表す画像データを形成する、少なくとも2つの単色の分離画像(separation images)の組のソース画像データで表現される。第2のソース画像は最初は、単色または多色画像の形式で提示(presented)され得、そして、対応する単色画像に変換され得、コンポジット画像においてスペクトル的に符号化され得る。正規化されたカラー・バージョンの多色画像は、表現されたコンポジット画像が、マルチ帯域(multiband)照明による照射に曝されるときに、復元され得る。対応する第1のソース画像が、正規化されたカラー画像として復元されるように、このマルチ帯域(multiband)照明に対して、少なくとも2つの分離画像の組が、符号化されている。或いは、表現されたコンポジット画像が、対応する狭帯域照明(これに対して単色画像が符号化されている)による照射に曝されるときに、第2のソース画像が復元される。

【0018】

表現されたコンポジット画像を、3つの選択可能な放射エネルギーの帯域(band)(例えば、可視光スペクトラムの、長、中、短(LMS)の波長帯域)のうち少なくとも2つの中から選択されたスペクトラル・パワー分布を有する入射光スペクトラムに曝すために、スペクトラル逆多重器が提供され得る。

周囲の白色光のような広帯域照射の条件に曝されたときに、表現されたコンポジット画像は、可視的な混乱(visual confusion)を表示し得る。即ち、表現されたコンポジット画像の外観は、一定程度、そこに埋め込まれた一つあるいはそれ以上のソース画像との、知覚可能な類似性を欠くことになる。

復元されたソース画像において最大に利用可能なコントラストを提供するように、スペクトラル多重の実施例は、動的な(dynamic)レンジ決定(range determination)を用いる。要求された画像の、実現可能な全域(gamut)への、より良いマッチング(matching)を可能とするために、動的なレンジ決定のための、単純な、画像から独立した技術が、単色分離(monochromatic separations)を区別する(differing)ためのソース画像の割当て、に代替する(permute)ことになる。この技術は、強力に相互作用する、色素(colorants)の明るい、および、暗い領域を部分的に覆う(overlap)ことになる。画像の全域を、所定の画像によって要求される範囲のみに制限するために、最大/最小決定もまた、画像から独立したやり方で適用され得る。画像から独立した全域マッピング(gamut mapping)を用いて一般的に実現される範囲よりも、より大きい動的範囲を提供するために、画像従属を前提として、全域マッピングが好ましく実行される。

【0019】

スペクトラル多重のために選択されるソース画像は、全域限定(gamut-limited)であるために、事前に処理され得る。そして、ソース画像の、そのような事前処理は、復元されたソース画像の検知性(detectability)を強化することが予想される。コントラストを増加させるために、画像マスキング信号もまた、採用される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

10

20

30

40

50

<色> - 色は、3つの主要な知覚的な属性により独自に説明することができ、これはすなわち、色が、赤色、オレンジ、イエロー、緑色、青色、又はパープル（又は連続体におけるいくつかの点）のような通常の色の名前の1つによる属性を有するかどうかを示す色合い、この色合いが明らかである程度を示す彩度、及び或る区域が光を示すように見える程度を示す明るさである。視認のために物体を照明するのに用いられる光源は、典型的には、これらの放出スペクトルにより特徴付けられ、減少された程度においては、これらの色温度により特徴付けられ、このことは、黒体放射体と同様なスペクトルをもつ特徴付けされていない源に対して主として関連がある。例えば、Hunt, R. W. G. の色の測定、Ellis Horwood、1991年、及びMüllmeyer及びSaltzmanの色技術の原理、第3版（Roy S. Berns）、John Wiley & Sons、2000年を参照されたい。

10

【0021】

<色度> - 白色であるか又は透過性であるように見える同様に照明された区域の明るさの比率として判断される区域の彩度。

【0022】

<色素> - 染料、顔料、インク、又は色を材料に付与するのに用いられる他の薬品。ほとんどの着色トナーのような色素は、2つの主要な物理現象、すなわち吸収及び散乱を通して、これらが入射照明から受け取る光のスペクトルパワー分布を改変することにより、色を付与する。色は、入射光のスペクトルの選択吸収及び散乱により生成される一方で、残りの光の透過を可能にする。狭帯域（吸収性）色素は、スペクトルの可視領域における実質的に狭い領域に位置する吸収帯域を示す。シアン、マゼンタ、及びイエローの色素は、赤色、緑色、及び青色のスペクトル領域のそれぞれを選択的に吸収する狭帯域色素の例である。ほとんどの着色トナーのようないくつかの色素は、透過モードで作動可能な染料によって色を付与する。他の好適な色素は、反射モードで作動することができる。

20

【0023】

<コンポジット画像> - 複数の重ねられた（又は組み合わせられた）色素の画像平面の複合物として形成された画像を表す価値のアレイ。ソース画像を、ここに述べられるように符号化して、その結果もたらされる画像平面を組み合わせ、コンポジット画像を形成することができる。表現されたコンポジット画像が、選択されたスペクトルパワー分布を有する相補的光源に曝される場合には、該表現されたコンポジット画像におけるすべての色素の組み合わせられ濃度は、特定の色素及びその相補的光源によって、本来は区別するのが難しいか、又は反対である少なくとも1つのソース画像を現す。

30

【0024】

<濃度（光学）> - 画像の暗さの程度。より高い濃度の値は、より大きな暗さを表す。数学的には、光学濃度は、反射率及び透過率の負の対数として定義される。スペクトル濃度は、従って、反射/透過スペクトルの負の対数である。

【0025】

<色合い> - 視覚的感覚の属性であり、これにより、或る区域が、知覚された色、すなわち赤色、緑色、イエロー、及び青色であるか又はこれらの組み合わせの1つと同様に見える。無彩色は、色合いのない知覚された色であり、有彩色は色合いをもつ知覚された色である。例えば、Fairchild, Mark D. の色外観モデル、Addison Wesley、1998を参照されたい。

40

【0026】

<全域> - 色の範囲、典型的には、装置により生成することができる色の範囲。

【0027】

<グレイスケール> - 光から暗闇に進んだ一連の階調を表す画像データ。

【0028】

<グレイ成分置換（GCR）> - 画像に印刷する際に、他の成分の色素の通常の高さの一部を置き換えるのに置換色素を用いる技術。

【0029】

50

< 画像 > - 画像は、2次元のフォーマットにマッピングされた画素のアレイ又はパターンとして説明することができる。各画素における強度は、画像を表すアレイとして格納することができる数値に変換される。画像を表す数値のアレイは、画像平面と呼ばれる。単色の又は黒色及び白色の（グレイスケール）画像は、アレイにおける画素値の位置が画像における画素の位置に対応する二次元アレイとして表される。マルチカラーの（多色の）画像は、多数の二次元アレイにより表される。三色構成においては、各々のアレイが原色の1つの表す。色画像のデジタル処理においては、個々の色分離は、位置及びグレイ値により定義される複数の個別要素（「画素」）をもつデジタル画像として表される。このようなシステムにおいては、グレイ値は、多数の可能性のある状態又はレベルにおける1つのレベルとして説明される。2つより多い異なるレベルが、画像の記述に用いられている場合には、これらのレベルは、（実際の色とは関係なく）「グレイ」と呼ばれて、画素値が最大グレイレベルと最小グレイレベルとの間のどこかにあることを示す。

10

【 0 0 3 0 】

< 光源 > - 相対的なスペクトルパワー分布により指定される入射光量であり、典型的には、所定のスペクトルパワー分布を有する光源により与えられる。狭帯域の光源は、実質的に、スペクトルの狭い領域に限定されるスペクトルパワー分布を有する光源である。この領域の帯域幅は、LASER源に対する極めて狭いものから、帯域制限された色フィルタを通して透過される自然光又は人工光のような狭帯域光源まで変化することができる。赤色、緑色、及び青色の光の例が図2に示されており、これは、典型的なCRTにおいて活性された赤色、緑色、及び青色の蛍光体から取得されたスペクトルパワー分布を示す。特に、所定の色素と相互作用するように設計された光源は、補完的なものであると言われ、逆もまた同様である。補完的光源は、典型的には、特定の色素のスペクトル吸収帯と実質的に対応するスペクトルパワー分布を示す。

20

【 0 0 3 1 】

< 画像平面 > - 画像データの二次元表現。ここで用いられる大文字のC、Y、M、Kは、単色画像であるか又は多色の（マルチカラーの）画像の分離可能な成分を表す二次元アレイの値を示すのに用いられる。二次元アレイの値は、さらに、「平面」と呼ばれる。例えば、Y平面は、或る画像のすべての位置（画素）においてイエロー成分を表す二次元アレイの値のことをいう。

【 0 0 3 2 】

30

< 画像化装置 > - 画像データを格納し、伝送し、且つ処理する装置を含む、画像を生成、捕捉、表現、又は表示することができる装置。色画像化装置は、色の属性情報を利用する能力を有する。

【 0 0 3 3 】

< 明度 > - 輝度に対する知覚的応答であり、 L^* と示され、輝度の修正された立方根としてCIEにより定義される。通常表記は、完全な黒色から完全な白色までに渡る中性グレイスケールと関連する色の明度又は暗さを示す。

【 0 0 3 4 】

< 中性 > - 際立った色合いのないことを説明する色の品質。中性色素は、広域の白色照明を受けたときに、中性色の知覚を生じさせる。中性色の例は、黒色、グレイ、及び白色である。非中性は、際立った色合いを示す色のことをいう。非中性色素は、広域の白色照明を受けたときに、非中性色の知覚を生じさせる。通常非中性色素の例は、シアン、マゼンタ、及びイエローである。

40

【 0 0 3 5 】

< 原色 > - 通常は3色であり、組み合わせて、色混合モデル内の他の色の範囲を生成することができる。すべての非原色は、2つ又はそれ以上の原色の混合物である。赤色、緑色、及び青色（R、G、B）は、標準的な加法混色の原色である。シアン、マゼンタ、及びイエロー（C、M、Y、K）は、標準的な減法混色の原色である。黒色（K）色素は、可視スペクトルの全範囲に渡り、ほぼ一様に光エネルギーを吸収し、色及びコントラストを高めるために、及び特定の印刷特性を改善するために加えることができる。シアン、マゼ

50

ンタ、及びイエローは、赤色、緑色、及び青色それぞれの減法混色の補色であり、これらは、可視スペクトルの長波長帯、中波長帯、短波長帯のそれぞれにおける光エネルギーを吸収して、該可視スペクトルの他の領域は変化させないまま残す。個々のCMY色素の吸収帯は、重なり合うものではなく、スペクトルの可視領域を完全にカバーすることが理想的である。実際のCMY色素は、これらのブロック染料仮定を満たすものではなく、その代わりに、これらの吸収スペクトルは、滑らかであり、その透過帯域において、ある程度の不要な吸収を含む。白紙、及び昇華型プリンタからのシアン、マゼンタ、イエロー、及び黒色色素(100%)についての反射スペクトルが図1に示される。赤色、緑色、及び青色は、シアン、マゼンタ、及びイエローそれぞれの補色である。

【0036】

<飽和度> - 明るさに比例して判断される或る区域の彩度。飽和度は、或る区域自体の明るさに対してその区域について判断されるが、色度は、白色に見える同様に照明された区域について判断される。

【0037】

<減色モデル> - 吸収のようなプロセスを通して光が減法されることによる色の生成であり、種々の百分率の減法混色の三原色(シアン、マゼンタ、及びイエロー)を組み合わせることにより色が生成される色モデル。

【0038】

<本発明の一般的な理論に対する導入>

色を生成するための2つの主要なモードは、スペクトルの選択光を、場合によっては実質的に光がない暗い背景に加える加法混色と、源により射出された光からの光エネルギーをスペクトル的に選択減色することにより生成される減法混色とである。赤色、緑色、及び青色の光は、典型的には、加法混色システムにおいて互いに混合される三原色として用いられる。減法混色システムにおいては、色素は、典型的には、減法混色の三原色として用いられる。これらの色素は、入射光の可視スペクトルの一部を選択的に吸収するか又は減法される一方で、残りの部分を透過させ。典型的には、シアン、マゼンタ、及びイエローの色素が用いられる。

【0039】

印刷画像における色は、所望の色反応を統合するように選択された濃度において、サブストレート上の小さい区域に渡り堆積された、限定された組の色素の組み合わせによりもたらされる。このことは、画像のいわゆる「分離」を再生することにより、多くの印刷装置において達成され、この場合、各分離は、単一の色原色の異なるグレイ値をもたらす。分離が互いに組み合わせられると、フルカラー画像がもたらされる。

【0040】

紙のシートのような反射性サブストレート上に堆積された色素は、第1のパスにおいて、選択的に、入射光を該サブストレート表面に透過し、次いで、透過された光は、該サブストレートにより反射されて、再び、第2のパスにおいて、該色素によりフィルタ処理され、従って、観察者により特定の色として知覚可能になる前に、付加的な選択吸収に遭遇する。さらに、色素は、ある程度の散乱を含み、印刷されたサブストレートにおける色素の色の外観は、存在する色素の量及び種類、及びこれらの吸収及び散乱特性の組み合わせにより判断されることが一般的である。

【0041】

本発明の実施形態においては、減法混色の原色設定におけるほとんどの色は、シアン、マゼンタ、及びイエローの色素の異なる比率を用いることにより、画像において再生することができる。これらの色素の各々は、主として、その吸収特性により特徴付けられる。例えば、理想化されたシアンの色素は、一般には、赤色光又はスペクトルの赤色領域といわれる、約600ないし700nmの波長間隔に渡る吸収帯を有するものとして定義することができる。同様に、理想化されたマゼンタの色素は、一般には、緑色光又はスペクトルの緑色領域といわれる、約500ないし600nmの波長間隔に渡る吸収帯を有し、理想化されたイエローの色素は、一般には、青色光又はスペクトルの青色領域といわれる、

10

20

30

40

50

約400ないし500nmの波長間隔に渡る吸収帯を有する。

【0042】

シアン、マゼンタ、及びイエローの色素は、それぞれ、赤色光、緑色光、及び青色光を吸収する。シアン、マゼンタ、及びイエローの色素に対する理想化された吸収帯は、ブロック染料仮定といわれる。実際は、色素は、吸収帯における吸収の変化、理想化された制限を越えた吸収帯の延長、及び色素における散乱を含む、この理想化された反応から大幅な逸脱を示す。具体的には、(例えば、スペクトルの青色及び赤色領域におけるマゼンタの色素による吸収によって示されるような)或る色素の主要な吸収帯の外側のスペクトル領域における光の吸収は、不要な吸収と考えられる。C M Y K印刷に用いられる典型的な色素の中では、マゼンタが、最も不要な吸収を示し、イエローが最もこれを示さない。黒色色素は、スペクトルの可視領域を通して一様に吸収し、節約、及び暗い領域の改善された表現の理由のために、組み合わされたC M Yの置換として用いることができる。

10

【0043】

従って、減法混色原理によれば、一枚の白紙のようなサブストレートの表面層において、シアン、マゼンタ、及びイエローの色素の濃度を变化させて、従って、この紙から反射された白色光の赤みを帯びた部分、緑みを帯びた部分、及び青みを帯びた部分の強度を变化させる手段を与えることができる。減法混色の原色画像の複製を生成するためには、3つの色素の濃度を、独立して、紙のサブストレート上の局所的な区域で、制御することができる。

【0044】

20

色素又は基板のいずれであっても、すべての表面は、その最上層から、表面本体から反射されたものに加えられた入射光の特定の比率を反射する。最上層から反射された光は、光源と同じ色であり、従って、色の表面が白色光で視認されたときには、或る程度の白色光が、表面本体から反射された着色光に加えられ、従って、彩度が減少される。ほとんどの表面は、さらに、ある程度の光沢を示し、このことは、照明が指向性である場合には、表面の最上層から反射される白色光は、主として単一の方向に制限され、従って、視認角度及び照明角度によって、画像の外観をある程度改変させる。

【0045】

物を見る普通の照明の下では、目は、反射率が最も高い白紙に通常相当する白色点に適応し、異なる色は、異なる色素の組み合わせで作られたプリントに対して目によって見ることができる。しかし、C R Tモニタ単一電子銃により励起された蛍光体から得られた照明のような比較的狭い帯域の照明の下では、目は、色を区別することができない。従って、狭帯域照明で見た画像は、グレイレベルの変化のみで色度がほとんどないか又は全くないように見える。複数の色素の各々の吸収特性は、異なるスペクトル帯域で異なるので、一連の異なる狭帯域照明を受けるときの各色素のそれぞれの反射率(又は、濃度)はまた、グレイレベルが変化するように見えることになる。

30

【0046】

<本発明の一般的な理論>

本発明の実施例は、従って、特定の狭帯域光源とその対応する(補間的)色素(特に、一般的に印刷に使用される色素)との間の相互作用、及び、狭帯域スペクトルパワー分布を有する光源で照明された画像を目が検知する方法を探求するものである。本明細書で説明する方法は、任意の数の光源及び色素に応用されるように一般化することができ、単純化のために、本発明は、カラー印刷用途で一般的に使用されるシアン、マゼンタ、イエロー、及び黒色の色素、及び、C R Tベースの光源により一般的に発生する狭帯域の赤色光源、緑色光源、及び青色光源と関連させて説明する。従って、本明細書は、「C M Y K」原色のような色素のアレイに従って符号化された単色ソース画像及び多色ソース画像の処理に関するものである。しかし、本発明のスペクトル多重化において使用される代替スペクトルスキームが存在することは、当業者には明らかであると思われる。代替案には、「R G B」原色、又は橙色及び緑色のような高忠実度色素を使用するシステムのような、カラー表現に対して「C M Y K」以外の原色色素を使用するカラーシステムが含まれるであ

40

50

ろう。

【 0 0 4 7 】

本発明の一般的理論は、プリンタのようなカラーハードコピー出力装置の形態の表現装置、及び、従来のカラー画像化で使用されるものと類似の技術用語を使用する数学的フレームワークと関連させて理解することができる。M個の色素を使用するカラーハードコピー出力装置を考察する。この装置からのプリントは、N個の異なる光源

$$\{L_i\}_{i=1}^N$$

の下で見られる。K個の観察灯の下でのプリンタの輝度特性は、所定の画素位置でのM個の色素の各々について使用される制御値

$$\{A_j\}_{j=1}^M$$

と、N個の光源の各々の下で所定の画素位置で生成される輝度との間の関係により与えられる。これは、 $i = 1, 2, \dots, N$ のときに、N個の関数の組として示すことができる。

$f_i(A_1, A_2, \dots, A_M) = i$ 番目の照明 L_i の下での色素制御値 A_1, A_2, \dots, A_M を有する領域の輝度

【 0 0 4 8 】

以下の説明では、所定の色素に対する制御値 0 は、その色素の印刷がないことを表すと仮定される。この約束事は、本発明の要件ではなく、表記法上の単純化のために使用するに過ぎない。

【 0 0 4 9 】

以下の説明では、所定の色素に対する制御値 0 は、その色素の印刷がないことを表すと仮定される。この約束事は、本発明の要件ではなく、表記法上の単純化のために使用するに過ぎない。以下の説明は、輝度の特徴付けのみの場合に限定されるが、それは、狭帯域照明の下では、目は、主として輝度の違いを見て、大半の色の違いを区別することができないからである。尚、本明細書で説明する輝度は、概念的には標準的な使用法、すなわち、知覚された光エネルギーの尺度としての使用法に一致するものであるが、その定義は、従来の使用法に限定されず、本明細書で同じく説明する特殊な視覚状況を包含するように拡大される。特に、狭帯域照明の下では、特定の視覚的な効果は、ソース画像の知覚に影響を与える。これの特定の事例は、低い光レベルでのスペクトルの青色領域内の感度の増加を引き起すブルキニエ効果であり、一般に、青色光及びCRT照明の下で物を見ることと特に関連する場合がある。このような状況で必要とされる測光法及び測色法からのいくつかの高度な概念については、例えば、G. Wysocki 及び W. S. Stiles による「カラーサイエンス：概念及び方法、定量的データ及び公式」、第2版、ジョン・ウィリー・アンド・サンズ出版、1982年）に説明されている。

【 0 0 5 0 】

本発明の方法は、コンポジット画像内に符号化されたソース画像の多重化、表現、及び逆多重を通じた復元に関する。復元される1つ又はそれ以上のソース画像は、光源の各々の下で目標とされる空間的輝度分布により説明されると仮定される（ただし、代替的には、輝度／濃度に変形することができる他の任意の同等な仕様を使用することができる）。従って、指定されたN個の画像が存在し、 x, y を2つの空間座標とすると、 $Y_i(x, y)$ は、 i 番目の光源 L_i の下で生成したい所望の輝度値である。以下で論じる際の表記法の単純化のために、空間依存度は、説明内容が各画素位置に独立して適用されると理解して、以下の説明では落とされることがある。

【 0 0 5 1 】

基本的な方法を記号で検証するために、シアン色素及びイエロ - 色素で表現されたコンポジット画像の単純化された例を考察する。以下の単純化された例では、「RGB」濃度の加算性が仮定されている。これは、原則の単純な図示を目的としたのものに過ぎず、本発明を制限することを意図するものではない。この近似が無効であるような状況では、更

10

20

30

40

50

に精密な仮定を行うことができる。この例では、C、M、Y、K、及び、R、G、Bは、それぞれ、色素及び光源を示し、上付き文字は光源、下付き文字は色素を示すことになる。以下のように仮定する。

d^R = R 照明の下で知覚された画像の濃度

d^B = B の下で知覚された画像の濃度

d_C^R = R の下での濃度 C 分離

d_C^B = B の下での濃度 C 分離

d_Y^R = R の下での濃度 Y 分離

d_Y^B = B の下での濃度 Y 分離

【 0 0 5 2 】

R 光源又は B 光源で照明されたとき、知覚された全濃度は、以下のように近似することができる。

$$d^R(x, y) = d_C^R(x, y) + d_Y^R(x, y) \approx d_C^R(x, y)$$

$$d^B(x, y) = d_C^B(x, y) + d_Y^B(x, y) \approx d_C^B(x, y)$$

【 0 0 5 3 】

従って、本方法は、所定のスペクトルパワー分布を有する第 1 の光源を受けるときには特徴的に低い濃度の色素を探求し、異なるスペクトルパワー分布を有する第 2 の光源を受けるときには、同じ色素により示された特徴的に高い濃度の色素を探求する。従って、少なくとも 1 つの知覚可能な異なるソース画像（特定の色素の使用により表現されたコンボジット画像内に符号化される）は、第 1 の光源を受けるときは、観察者には知覚不能（又は、ほぼ知覚不能）となるが、第 2 の光源により照明されたときは、観察者には知覚可能に識別可能である。観察者によりソース画像が知覚されると、ソース画像を理解することができ、それにより、コンボジット画像に埋め込まれた情報、又はコンボジット画像自体を容易に理解することができる。

【 0 0 5 4 】

全域マッピング、ダイナミックレンジ、及び色素の相互作用の判断

上記で呈示した例では、色素の相互作用は全く無視できると仮定された。この仮定は、大半の実際的な色素に関しては真ではなく、従って、更なる考察が必要とされる。

【 0 0 5 5 】

赤色及び緑色光源の下でその後に照明するために、C 及び M 色素を使用して生成される表現されたコンボジット画像の場合を考察する。単純にするために、以下の説明では、赤色、緑色、及び青色帯域濃度の加算性を仮定しており、この近似が成り立たない状況に対する一般的な場合はその後で説明される。第 1 のソース画像は、主としてコンボジット画像のシアン成分から復元することができ、第 2 のソース画像は、主としてマゼンタ成分から復元することができるが、これらの色素による不要な吸収は、観察者により認識できるアーチファクトを回避するために補正されることが好ましい。画素位置（ x, y ）における赤色照明の下での全濃度は、

$$d^R(x, y) = d_C^R(x, y) + d_M^R(x, y)$$

のように近似することができ、緑色照明の下での全濃度は、

$$d^G(x, y) = d_M^G(x, y) + d_C^G(x, y)$$

のようであるが、ここで、

$$d_U^V(x, y)$$

は、画素位置（ x, y ）での色素 U による光源 V の下の視覚濃度を表す。

【 0 0 5 6 】

項

$$d_M^R(x, y)$$

及び

$$d_c^G(x, y)$$

は、不要な吸収を表す。最も単純な場合では、色素のその補完的光源の下での吸収は、1) 所望の画像を復元するため、及び、2) コンボジット画像に存在する1つ又は複数の他の色素による不要な吸収を補正するための2つの目的に使用されると仮定することができる。従って、マゼンタ色素は、緑色照明の下で見られる所望の画像を生成するために、また、シアン色素の不要な吸収を補正するために使用することができ、シアン色素は、赤色照明の下で所望の画像を生成するために、また、赤色照明の下でのマゼンタの不要な吸収を補正するために使用することができる。

10

【0057】

不要な吸収を補正するために使用される部分は、この望ましくない吸収を知覚不能にするか、又は、ほとんど知覚不能にするために、一定の空間濃度をもたらすように、不要な吸収と結合するべきである。以下のように決められる $d1_C^R(x, y)$ が赤色の下でマゼンタの不要な吸収を補正するために使用されるシアン濃度の部分を表すものとする。

$$d1_C^R(x, y) + d_M^R(x, y) = \text{一定} = q^R$$

20

【0058】

赤色照明の下でのシアンの残り濃度による寄与は、

$$d2_C^R(x, y) + d_C^R(x, y) - d1_C^R(x, y)$$

である。尚、全濃度は、これらの成分を用いて以下のように書くことができる。

$$d^R(x, y) = d_C^R(x, y) + d_M^R(x, y) = d2_C^R(x, y) + (d1_C^R(x, y) + d_M^R(x, y)) = d2_C^R(x, y) + q^R$$

【0059】

従って、赤色照明の下での全体的な視覚濃度は、空間的に変化する濃度パターン

$$d2_C^R(x, y)$$

30

が重ね合わされた q^R という一定の背景濃度に相当する。この空間変動パターンは、赤色照明の下で見られるものであり、従って、赤色照明の下で見られる第1の多重化画像を表すはずである。

【0060】

同様の方法で、緑色照明の下でのマゼンタの濃度の寄与は、

$$d1_M^G(x, y) + d_C^G(x, y) = \text{一定} = q^G$$

で与えられる緑色照明の下でのシアンの不要な吸収を補正するために使用される成分

$$d1_M^G(x, y)$$

40

と、

$$d^G(x, y) = d_M^G(x, y) + d_C^G(x, y) = d2_M^G(x, y) + (d1_M^G(x, y) + d_C^G(x, y)) = d2_M^G(x, y) + q^G$$

を満足する残りの成分

$$d2_M^G(x, y) = d_M^G(x, y) - d1_M^G(x, y)$$

とに分解することができる。

【0061】

従って、緑色照明の下での全体的な視覚濃度は、

50

$$d2_C^R(x, y)$$

という空間的に変化する濃度パターンが重ね合わされた K^G という一定の背景濃度に相当する。この空間変動パターンは、赤色照明の下で見られるものであり、従って、緑色照明の下で見られる第2の多重化画像を表すはずである。

【0062】

項

$$d2_C^R(x, y)$$

及び

$$d2_M^G(x, y)$$

10

は、2つの多重化画像に対応する濃度の視覚的変動を表すことから、それらのダイナミックレンジを最大化することが望まれる。色素は、単に正の濃度を付加することができるのみであるから、この要件は、必要な方程式と、色素は単に正の濃度を付加することができるのみという物理的な制約とを満足させる条件で、表現 q^R 及び q^G を最小化することに変形される。従って、上述の方程式が実行可能である q^R 及び q^G の最小の実行可能な値を判断することが望まれる。

【0063】

更に別の解説のために、他の色素の不要な吸収を補正するために追加される色素の量は、それ自体は不要な吸収の無視できる量に寄与するに過ぎない（その値が小さいために）という第1次近似を使用する。この仮定は、シアンの不要な吸収を相殺するために使用されるマゼンタの成分が、緑色の下で不要な吸収に寄与するが無視できるほどであり、また、マゼンタの不要な吸収を相殺するために使用されるシアンの成分が、青色の下での不要な吸収に寄与するが無視できるほどであることを意味する。この仮定は、単に説明のために使用され、実際上は、高次の効果を説明するために適切な量を反復的に判断するか、又は、適切なモデル/「LUT」を使用することができる。この単純化するための仮定を用いて、赤色照明の下での所望の空間変動パターン

20

$$d2_C^R(x, y)$$

30

に関して達成可能な範囲は、 q^R と

$$d_C^R(x, y)$$

との間であり、全濃度変動又はダイナミックレンジは、

$$d_C^R(x, y) - q^R$$

である。同様に、緑色照明の下で利用可能な全濃度範囲は、

$$d_M^G(x, y) - q^G$$

である。

40

【0064】

表現 q^R 及び q^G に関する一組の実現可能な値は、以下のように決めることができる。

$$q^R = \text{最大}(d_M^R(x, y)) = d_M^R(255) = \text{赤色照明下でのマゼンタに対する最大濃度}$$

$$q^G = \text{最大}(d_C^G(x, y)) = d_C^G(255) = \text{緑色照明下でのシアンに対する最大濃度}$$

として求めることができる。

【0065】

これは、以下のように考えることができる。赤色光下の背景濃度 q^R は、マゼンタから

50

有することができる最大不要濃度に等しい。シアン濃度成分

$$d1_C^R(x, y)$$

は、各画素でのシアン及びマゼンタの組み合わせが濃度 q^R を有するように注意深く設計され、これは、マゼンタが 100% の場所 (255 デジタルカウント) にはシアンを置かず、マゼンタが 100% よりも少ない画素では q^R までの濃度を構成するのに適切な量のシアンを置くことにより達成することができる。同様の論拠が、赤色照明の下でのシアンの不要な吸収を補正するマゼンタ濃度成分

$$d1_M^G(x, y)$$

10

に適用される。

【0066】

先に定義された表記法及び用語を用いて、一般的な多重照明画像化問題は、以下の数学的問題に変えられる。すなわち、

【0067】

N 個の異なる光源の下での所望の輝度値に相当する N 個の輝度値

$$\{Y_i\}_{i=1}^N$$

が与えられて、画素を印刷する際に使用される M 個の色素

$$\{B_j\}_{j=1}^M$$

20

の一組の制御値を、全ての $i = 1, 2, \dots, N$ に対して、

(1) $f_i(B_1, B_2, \dots, B_M) = i$ 番目の照明の下での画素の輝度 $L_i = Y_i$ が成り立つように決める。

【0068】

一般的に、 $N > M$ (画像仕様数 > 色素数) の場合、システムは、過剰に決められて、光源多重化画像化の利用性を制限する

$$\{Y_i\}_{i=1}^K$$

輝度値に関する厳しい制約の下でのみ解を有する。

30

$$N \leq M \text{ (画像仕様数} \leq \text{色素数)}$$

の場合でさえも、上記の (1) で呈示された N 方程式のシステムは、輝度値の限られた範囲でのみ解を有し

(実現可能な装置制御値 $\{B_j\}_{j=1}^M$ に相当する)

、これを、以下のスペクトル多重化画像化問題の全域と呼ぶ。

(2) $G =$ 発光体多重された画像化に対する達成可能な全領域

$$= \{ \text{システム (1) が実行可能な解を有するような } Y \in R_+^K \}$$

40

【0069】

ただし、

$$Y = [Y_1, Y_2, \dots, Y_N]$$

は、N 光源の下での輝度値のベクトルを示し、 R_+ は非負の実数の組を示す。全域 G 内の輝度値の指定された N 個組については、制御値で印刷された画素が所定の照明の下で所要の輝度値を生成するような一組の実行可能な制御値がある。この逆も同様であり、全域 G の外の輝度値の N 個組は、いかなる実行可能な制御値を使用しても作成することができない。この状況は、カラー再生において遭遇される制限されたカラー全域と類似のものである。従って、本明細書で説明するスペクトル多重化における全域マッピング段階は、ソー

50

ス画像の再生を試行する前にソース画像がシステムの全域に限定されることを保証することができる。全域マッピングは、画像と独立か、又は画像に依存するとすることができ、画像という用語は、異なる光源の下で復元可能な所望のソース画像の組を意味するように使用される。更に、多重化される画像の組は、全域制限を考慮し、この全域制限で最良の結果を生成するように設計することができる。

【 0 0 7 0 】

多重化されるソース画像が達成可能な全域 G にマッピングされると、再生の問題は、各画素に対する M 色素の各々についての制御値の決定に変形される。これは、(1) の方程式システムの逆変換に相当するものであり、カラー較正と類似の方法により、この逆変換は、予め計算して、色素 1 つにルックアップ表 (L U T) 1 つを用いて (又は、代替的に、M 出力を有する単一 N 次元 L U T)、N 次元 L U T に格納することができるであろう。

10

【 0 0 7 1 】

多重化されるソース画像が達成可能な全域 G にマッピングされると、再生の問題は、各画素に対する M 色素の各々についての制御値の決定に変形される。これは、(1) の方程式システムの逆変換に相当するものであり、カラー較正と類似の方法により、この逆変換は、予め計算して、色素 1 つにルックアップ表 (L U T) 1 つを用いて (又は、代替的に、M 出力を有する単一 N 次元 L U T)、N 次元 L U T に格納することができるであろう。

実際には、(1) の関数自体は、制御値の異なる M 個組でいくつかのパッチを印刷し、異なる光源の下での輝度を得るためにそれらを適切に測定することにより、装置応答の測定を通じて判断する必要がある。パッチの完全なスペクトルは、例えば、異なる光源のスペクトルパワー分布及び視覚輝度感度関数を使用して輝度を計算することができる分光光度計で測定することができる。視覚輝度感度関数には、プルキニエ効果のような視覚現象を説明する適切な光レベルの調節が組み込まれるであろう。

20

【 0 0 7 2 】

実際には、(1) の関数自体は、制御値の異なる M 個組でいくつかのパッチを印刷し、異なる光源の下での輝度を得るためにそれらを適切に測定することにより、装置応答の測定を通じて判断する必要がある。パッチの完全なスペクトルは、例えば、異なる光源のスペクトルパワー分布及び視覚輝度感度関数を使用して輝度を計算することができる分光光度計で測定することができる。視覚輝度感度関数には、プルキニエ効果のような視覚現象を説明する適切な光レベルの調節が組み込まれるであろう。例えば、G . W y s z e c k i 及び W . S . S t i l e s による「カラーサイエンス：概念及び方法、定量的データ及び公式」、第 2 版 (米国ニューヨーク州ニューヨーク所在のジョン・ウィリー・アンド・サンズ・インコーポレーテッド出版、1982 年) の特に 406 ~ 409 ページを参照することができる。

30

【 0 0 7 3 】

1 つの光源 / 1 つの色素の相互作用の仮定による単純化

いくつかの単純化を上述の一般的なフレームワークに組み込むことができる。まず、 $N = M$ 、及び、色素及び光は、色素 i が光源 L_i のみを吸収し、他の色素に対しては完全に透明であるような色素及び光であると仮定すると、以下が得られる。

(3) $f_i(A_1, A_2, \dots, A_M) = A_i$ のみの関数

$$= f_i(0, 0, \dots, 0, A_i, 0, \dots, 0) \equiv g_i(A_i) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

40

【 0 0 7 4 】

次に、(1) の方程式システムは、以下の対応する照明の下での各色素に 1 つの M 独立非線型方程式になる。

$$(4) \quad g_i(B_i) = Y_i \quad i = 1, 2, \dots, N$$

達成可能な全域は、以下のように定義することができる。まず、 $i = 1, 2, \dots, N$ として以下のように仮定する。

$$g_i^{\text{最小}} = \min_{A_i} g_i(A_i)$$

$$g_i^{\text{最大}} = \max_{A_i} g_i(A_i)$$

$$(5) h_i = [g_i^{\text{最小}}, g_i^{\text{最大}}] = g_i^{\text{最小}} \text{ から } g_i^{\text{最大}} \text{ までの輝度の区間}$$

$$(6) G_1 = 1 \text{ つの発光体が } 1 \text{ つの色素のみに相互作用する仮定に基づく達成可能な全領域} \\ = h_1 \times h_2 \times \dots \times h_N$$

10

【 0 0 7 5 】

換言すると、達成可能な全域は、これらの個々の輝度区間の積集合である。尚、方程式 (6) の仮定は、最大限界と最小限界との間の完全な区間は、物理的な色素で一般的に期待されるようないかなる「隙間」もなく実現することができるということである。(積集合の定義については、例えば、フリードマン著「現代解析の基礎」(積集合の定義については、例えば、米国ニューヨーク州ニューヨーク所在のドーバー出版、1982年)を参照することができる。)

【 0 0 7 6 】

1つの光源が1つの色素のみに相互作用するという仮定の下では、多重化画像化特徴付け問題は大幅に低減される。N次元LUTを必要とする代わりに、色素につき1つの一次元LUTのみが必要とされる。各色素の値は、対応する照明のみでの輝度により判断することができる。

20

【 0 0 7 7 】

代替的な単純化

実際には、1つの光源が1つの色素のみに相互作用するという仮定は、一般的な色素には適用できない。しかし、最も強力な相互作用がi番目の光源とi番目の色素との間であり、他の相互作用がより小さなマグニチュードを有する場合、達成可能な全域は、 G_1 に含まれる低減されたN次元領域である。尚、照明用の赤色光、緑色光、及び青色光と共にシアン、マゼンタ、及びイエロ - を使用する状況はこの場合に相当し、シアンは、赤色と最も相互作用し、マゼンタは緑色、及び、イエロ - は青色と最も相互作用する。また、(一般的に)全ての光源をほぼ等しく吸収する黒色色素の使用は、1つの光源のみとの強い相互作用という要件を満足しない点に注意する必要がある。実際には、これは、黒色色素を付加的な色素とみなすべきであることを意味し、すなわち、1つの色素が黒色である場合には、以下が成り立つ。

30

$$N = \text{発光体の数} = \text{画像数} \leq \text{色素数} - 1 = M - 1$$

【 0 0 7 8 】

しかし、黒色は、(以下の例で説明するような)特殊な状況において他の色素と共に使用することができ、達成可能な全域の向上(すなわち、ダイナミックレンジの向上)、計算の単純化、及び、経費の低減を助けることができる。

40

【 0 0 7 9 】

付加的な濃度モデルに基づく単純化

先に説明した一般的な技術では、装置制御値のM次元入力空間での装置応答の測定が必要とされ、N次元入力を用いて多重次元LUTの形で最終的な特徴付けを具体化することができる。いくつかの場合においては、多重光源カラー画像化に対する測定及び格納/計算要件は、出力処理の単純なモデルを使用することにより大幅に低減することができる。1つの有益なモデルは、視覚濃度が加法モデルに従うと仮定することである。すなわち、以下が成り立つ。

$$(7) \quad d_i(A_1, A_2, \dots, A_M) \equiv -\log \left(\frac{f_i(A_1, A_2, \dots, A_M)}{f_i(0, 0, \dots, 0)} \right) \\ = -\sum_{j=1}^M \log \left(\frac{f_i(0, 0, \dots, A_j, \dots, 0)}{f_i(0, 0, \dots, 0)} \right) = -\sum_{j=1}^M d_i(A_j)$$

ここで

$$(8) \quad d_i(A_j) \equiv -\log \left(\frac{f_i(0, 0, \dots, A_j, \dots, 0)}{f_i(0, 0, \dots, 0)} \right)$$

10

である。

【 0 0 8 0 】

(従来の、濃度は、底 1 0 に対する対数であると定義されており、実際には他の任意の底もまた、それがスケール因子の分だけ濃度を変え、他のいかなる数学的展開にも影響を与えないので使用することができる。) 尚、ここでの約束事に従って、制御値 $\{0, 0, \dots, 0\}$ は白紙サブストレートを表し、従って、 $f_i(0, 0, \dots, 0)$ は、 i 番目の光源の下での紙サブストレートの輝度を表し、対数項は、紙正規化視覚濃度を表す。視覚濃度に対する加法モデルは、透明色素材料に対するベール・ブーゲーの法則と、スペクトル濃度の加法的性質が上述の近似の有効性を示唆する比較的狭い帯域の照明の仮定とに基づいている。このモデルはまた、多くの場合、仮定が厳密には適用できない中間階調媒体について適切な近似をもたらす。(より詳細な背景については、F. Grum 及び C. J. Bartleson 編集「光放射測定：カラー測定」、第 2 巻 (米国ニューヨーク州ニューヨーク所在のアカデミック・プレス出版、1983 年)、又は、G. Sharma 及び H. J. Trussell 著「デジタルカラー画像化」(画像処理に関する IEEE 論文集、第 6 巻、第 7 号、901~932 ページ、1997 年 7 月)を参照することができる。) モデルの精度を向上させるために、スペクトル濃度モデルを使用する完全な計算を必要に応じて実行してもよく、これは、照明光が厳密には狭帯域ではない状況では潜在的に有利であろう。

20

【 0 0 8 1 】

$$d_i(A_j) \equiv \log \left(\frac{f_i(0, 0, \dots, A_j, \dots, 0)}{f_i(0, 0, \dots, 0)} \right)$$

30

の項は、他の色素がなく j 番目の色素をだけを用いて印刷され、 j 番目の色素の制御値が A_j として設定されたパッチの紙正規化視覚濃度を表す。従って、上記で提案された加法濃度モデルにより、個々の色素の制御パッチの視覚濃度に基づいて任意のパッチの視覚濃度を判断することができる。これにより、必要とされる測定回数が大幅に低減される。個々の色素の「ステップ・ウェッジ」(それに対しては、他の色素が印刷されない)の測定により、完全な装置特徴付け関数を方程式 (8) を使用して判断することができる関数

$$d_i(A_j) \quad i=1, \dots, N, j=1, 2, \dots, M$$

40

を決めることができる。

【 0 0 8 2 】

上述のモデルを使用して、(1) の方程式システムは、以下のように変形される。

$$(9) \quad Y_i^0 = f_i(0, 0, \dots, 0) \text{ である場合に、 } \sum_{j=1}^M d_i(B_j) = \log(Y_i / Y_i^0)$$

【 0 0 8 3 】

(9) の方程式は、 M 変数

$$(B_1, B_2, \dots, B_M)$$

50

における K 非線型方程式のシステムを表す。関数

$$d_i(A_j)$$

は、「ステップ・ウェッジ」の測定から利用可能であり、上述の方程式を先に定義された全域 G 内の輝度値に対する制御値 B_j について解くことができる。全域の外の点については、近似的な意味で方程式を解くことができ、ある（制御が小さい）形の全域マッピングをもたらす。

【 0 0 8 4 】

異なるスペクトル帯域での濃度が線形関係を有すると仮定すれば、これらの方程式の更なる単純化が可能である。すなわち、以下が成り立つ。

$$(10) \quad d_i(C) = \alpha_i^j d_j(C) \quad i=1,2,\dots,N$$

ただし、

$$\alpha_i^j = d_i(C) / d_j(C)$$

は、i 番目の光源の下での j 番目の色素の視覚濃度を j 番目の光源の下での j 番目の色素の視覚濃度と関係づける比例係数であり、色素値 C からは独立していると仮定され、また、

$$\alpha_j^j = 1$$

である。従って、方程式 (10) で使用される約束事は、全ての他の光源の下での j 番目の色素の濃度は、j 番目の光源自体の下でのその濃度を参照することであり、これは、厳密にはモデルの要件ではないが、代替の約束事も同等に使用することができる表記法の単純化をもたらすために選ばれる。また、方程式 (10) は、透明色素材料に対するベール・ブーゲーの法則と、比較的狭い帯域の光源の仮定とに基づいている。（より詳細な背景については、F. Grum 及び C. J. Bartleson 編集「光放射測定：カラー測定」、第 2 巻（米国ニューヨーク州ニューヨーク所在のアカデミック・プレス出版、1983 年）、又は、G. Sharma 及び H. J. Trussell 著「デジタルカラー画像化」（画像処理に関する IEEE 論文集、第 6 巻、第 7 号、901～932 ページ、1997 年 7 月）を参照することができる。）いくつかの色素及びマーキング処理がベール・ブーゲーの法則に正確には従わないとしても、実際には、方程式 (10) は、多くの場合に測定データに対する十分に正確な実験的モデルを提供し、本発明の目的に使用することができる。（10）の単純化を用いて、（9）の方程式システムは、以下のような方程式の線型システムになる。

$$(11) \quad \sum_{j=1}^M \alpha_i^j d_j(B_j) = \log(Y_i / Y_i^0) \quad i=1,2,\dots,N$$

これは、以下のようにマトリクス・ベクトル表記法で書くことができる。

$$(12) \quad Ad = t$$

ここで、A は、i j 番目の要素が

$$\alpha_i^j$$

である $N \times M$ マトリクス、d は、j 番目の成分が

$$d_j(B_j)$$

である $M \times 1$ ベクトル、t は、i 番目の成分が

$$\log(Y_i / Y_i^0)$$

である $N \times 1$ ベクトルである。

【 0 0 8 5 】

線形方程式のシステムは、 d の値を求めるために解くことができ、これにより、異なる光源（多重化画像に対応する）の下での所望の輝度値が得られる。 d の個々の成分、すなわち、 d_j (B_j) 値は、その後、 j 番目の色素、すなわち B_j に対応する制御値を求めるために、 j 番目の光源の下での j 番目の色素に対する視覚濃度応答と共に使用することができる。この処理は、1次元TRCの逆変換に類似したものである。各色素についてこの処理を繰り返すと、異なる光源の下での輝度値の所望の組を生成する

$$\{B_j\}_{j=1}^M$$

により必要とされる色素制御値の完全な組が得られる。

10

【 0 0 8 6 】

尚、 $N = M$ の場合、上述の組の方程式は、一般的な色素及び光源に対して通常当てはまる A が逆変換可能であることを条件として、固有の解を有する。この場合の解は、単にマトリクス A を逆変換することにより得られる。更に、色素及び光源を対応させて並べることができる場合、すなわち、色素 i が光源 i を最も多く吸収し、他の光源を少なく吸収する場合、全ての $i = 1, 2, \dots, N$ に対して、

$$\alpha_i^j \leq \alpha_i^j = 1$$

であり、マトリクス A は、対角線に沿った要素が各行に沿って最大である正方行列であり、これは、多くの場合、数値的安定性の観点から望ましいものである。 $M > N$ の場合、方程式システムは、複数の数学的解を有することになり、特解の選択は、付加的な判断基準に支配されるであろう。複数の数学的解の1つを選択するための判断基準の一例は、実行可能性であり、実行可能な解とは、実行可能な色素制御値の範囲で実現することができる一組の濃度値である。

20

【 0 0 8 7 】

また、達成可能な全域 G に対する適切な近似を判断するために方程式 (12) に固有なモデルを使用することができ、このモデルは、全域マッピングの実行を助ける可能性がある。一般的に、濃度曲線 $d_j(C)$ は、色素制御値 C の単調増加関数であり、 j 番目の光源の下での j 番目の色素の達成可能な濃度範囲は、 $d_{\min j} = d_j(0) = 0$ と、 $d_{\max j} = d_j(C_{\max j})$ との間であり、ただし、 $C_{\max j}$ は、 j 番目の色素の最大制御値である

30

(13) G_D = 加法密度を仮定しての達成可能な輝度全域

$$= \{Ad = \log(y/y^0) \text{ 及び } 0 = d_{\min} \leq d \leq d_{\max} \text{ である } d \text{ が存在するような } y\}$$

【 0 0 8 8 】

ただし、 d_{\min} は、 j 番目の成分が $d_{\min j} = 0$ である $M \times 1$ ベクトル、 d_{\max} は、 j 番目の成分が $d_{\max j}$ である $M \times 1$ ベクトル、 y は、 i 番目の成分が i 番目の光源 L_i の下での輝度を表す $N \times 1$ ベクトル、及び、 y^0 は、 i 番目の成分が i 番目の光源の下での紙の輝度を表す $N \times 1$ ベクトルである。方程式 (13) の右辺の不等式、割り算、及び対数は、ベクトルに対して項単位で適用可能であると理解される。

40

【 0 0 8 9 】

N 光源の下で生成される N 画像により、各画素位置に対して、 N 光源の下でのその画素位置での所望の輝度値に対応する N 個組が得られる。全ての画素位置に対応する N 個組は、画像が所定の色素及び光源を使用して生成可能であるためには、先に定義された全域 G 内になければならない。多重化に関して指定された画像がこの制約を満足しなかった場合、何らかの形の全域マッピングが必要である。

【 0 0 9 0 】

単純な画像独立全域マッピングスキームは、以下のように定義することができる。第一に、異なる光源の下での輝度値の範囲は、これらの範囲内の全ての可能な値が全域 G 内にあるように決められる。これは、数学的には、一組の N 区間

50

$$S_i = [Y_i^{\text{最小}}, Y_i^{\text{最大}}] \quad i=1,2,\dots,N$$

を、これらの区間の積集合が全域 G 内に含まれるように、すなわち、

$$(14) \quad S_1 \times S_2 \times S_3 \times \dots \times S_N \subseteq G$$

であるように決めるということと同等である。

【 0 0 9 1 】

次に、 i 番目の光源の下での要求された輝度値の組を、ある（一般的に単調な）関数により区間

$$S_i = [Y_i^{\text{最小}}, Y_i^{\text{最大}}]$$

10

にマッピングすることにより、画像独立に全域マッピングを実行することができる。区間 S_i により、 i 番目の光源の下で達成される輝度ダイナミックレンジが判断される。方程式 (14) が有効になるような集合

$$\{S_i\}_{i=1}^N$$

の複数の選択が一般的に存在するので、区間を選択する 1 つの方法は、達成可能な最小ダイナミックレンジを最大化する最大 / 最小最適化を用いることであろう。数学的には、この手法は、以下のように説明することができる。すなわち、 $f(S_i)$ を輝度範囲 S_i に対応して達成されるコントラストを測る何らかの適切に選択された関数として、最小 $f(S_i)$ が最大化されるように集合

20

$$\{S_i\}_{i=1}^N$$

を選択する。関数 $f(\quad)$ の適切な選択の例は、単純な輝度比、すなわち、

$$f(S_i) = Y_i^{\text{最大}} / Y_i^{\text{最小}}$$

、又は、濃度範囲

$$f(S_i) = \log(Y_i^{\text{最大}} / Y_i^{\text{最小}})$$

、又は、「CIE」明度範囲

$$f(S_i) = L^*(Y_i^{\text{最大}}) - L^*(Y_i^{\text{最小}})$$

30

であり、ここで、 $L^*(\quad)$ は「CIE」明度関数である。（例えば、G. Wysocki 及び W. S. Stiles 著「カラーサイエンス：概念及び方法、定量的データ及び公式」、第 2 版（米国ニューヨーク州ニューヨーク所在のジョン・ウィリー・アンド・サンズ・インコーポレーテッド出版、1982 年）を参照することができる。）尚、方程式 (13) のモデルと共に、最大 / 最小最適化における関数としての濃度範囲の選択は、数値的最適化スキームを用いて解くことができるボックス制約を有する線型最大 / 最小最適化問題にモデルを変形する。

【 0 0 9 2 】

40

< 改善されたダイナミック・レンジのための画像依存のマッピング >

コンポジット画像の符号化および表現(rendering)のための上述の方法は、ダイナミック・レンジの損失を回避する、画像に従属するマッピングをも利用し得る。画像に従属するやり方における項、 K^R および K^G 、を決定することによって、復元されたソース画像のダイナミック・レンジは、改善され得る。

複数の光源の下で薄黒く表現される(appear)ことが意図される、特定の表現されたコンポジット画像の領域は、殆どの場合に、不所望の吸収のための補償を殆ど、或いは全く必要としないことになる。したがって、複数の光源の下での(複数の)薄黒い領域の間の、より良いオーバーラップは、ソース画像の適切な設計(design)を通じて、或いは、適切に画像をシフトすることによって、実現できる。

50

したがって、

$$(15) \ q^R = \text{最大}_{\text{over all}(x,y)} (d_M^R(i_G(x,y)) - d_C^R(i_R(x,y)), 0)$$

$$(16) \ q^G = \text{最大}_{\text{over all}(x,y)} (d_C^G(i_R(x,y)) - d_M^G(i_G(x,y)), 0)$$

を用いることによって、改善されたダイナミック・レンジが得られ得る。

ここで、 $i_R(x,y)$ は、赤の照明の下での所望の画像に対するデジタル・カウントを表し、 $i_G(x,y)$ は、緑の照明の下での所望の画像に対するデジタル・カウントを表し、 $d_U^V(t)$ は、デジタル・カウント t における、色素 U に対する光源 V の下での視覚濃度 (visual density) を表す。

【0093】

式(16)における q^R および q^G が、式(1)における値より小さいことが保証されることによって、表現されたコンポジット画像に対応する所望の濃度変動、 $d_C^R(x,y)$ および $d_M^G(x,y)$ 、に対する、より高いダイナミック・レンジが確実にされることに注意して欲しい。この状態は、表現されたコンポジット画像がオーバーラップする薄暗い領域を持つように設計またはシフトする(これによって、コントラスト劣化を最小化し得る)ための、画像品質にとって有利となり得る。この空間的効果は、式(2)に見出せる。ここでは、画像 i の空間的変換は、削減された一定の床濃度 (floor density) K を生成し得る。空間的最適化が、コンピュータによって、或いは、設計によって、のいずれによっても実行されうる。

これまでに進められた議論は、 C/M および K を用いた画像の場合に拡張され得る。

$$(17) \ q_e = \text{最小}(q^R, q^G)$$

を設定することによって、

および、濃度が、 $K(x,y)$ に対応するように、 $K(x,y)$ の空間的値を用いることによって、

$$(18) \ d(K(x,y)) = \text{最大}(q_e - d_C^R(i_R(x,y)), q_e - d_M^G(i_G(x,y)))$$

となり、 K が、所望の画像に対して利用可能なダイナミック・レンジを増大させる、不所望の吸収に対する役割 (responsibility) の一部を担うことになる。

【0094】

シアンおよび黄色色素を用いる、表現されたコンポジット画像の生成、および、シアン、黄色、および黒の色素を用いる、表現されたコンポジット画像の生成、に関連する、そのようなダイナミック・レンジ決定は、シアンおよびマゼンタ色素を用いる、表現されたコンポジット画像、および、シアン、マゼンタ、および黒の色素を用いる、表現されたコンポジット画像に対する上述の決定に類似のやり方で開発され得る。

【0095】

< 多色のソース画像のスペクトラル符号化および、正規化されたカラー画像としてのその復元 >

本発明の実施例は、表現されたコンポジット画像(これは、白色光とは異なるスペクトラル・パワー濃度分布を有する光源に曝されたときに、正規化されたバージョンのオリジナルの多色画像を示すように、即ち、「正規化されたカラー画像」を示すように、観察され得る)で多色ソース画像表現するために、少なくとも2つの別個の画像の符号化を実行し得る。この「正規化されたカラー画像」の名称付けは、表現されたコンポジット画像の知覚を示すことを試みたものである。この表現されたコンポジット画像は、広帯域光源のスペクトラル・パワー濃度分布とは異なるスペクトラル・パワー濃度分布を有する光源に曝されたときに、それでもなお、観察者にとって、オリジナルの多色画像の「正規化された」多色バージョン、(即ち、表現されたコンポジット画像が、観察者によって、オリジナルの多色画像に実質的に類似するものとして、本来のように (accordingly) 知覚されるような、十分なカラー忠実度を有するバージョン) として見えるものである。例えば、ここに説明されたように生成された、表現されたコンポジット画像は、白色光のような、広帯域光源の条件で観察されたときに、劣化したカラー忠実度を持つものとして知覚され得、また、広帯域光源のスペクトラル・パワー分布と異なるスペクトラル・パワー分布を持つ光源に曝されたときに、改善されたカラー忠実度を持つものとして知覚され得る。した

10

20

30

40

50

がって我々はこれから、正規化されたカラー画像を発生させるための、概念的基礎を説明する。

【 0 0 9 6 】

表現されたコンポジット画像の例を考慮する。第 1 のおよび第 2 のそれぞれの、しかし異なった照明条件によって、この表現されたコンポジット画像から、表現されたコンポジット画像内に符号化された第 1 のおよび第 2 のソース画像を復元することことが望まれる。そして、このことによって、(第 1 の照明条件中の)第 1 のソース画像のモノクロのバージョンの復元が望まれ、(第 2 の照明条件中の)第 2 のソース画像の正規化されたカラー・バージョンの復元もまた望まれる、

第 1 に、そのような第 1 のおよび第 2 のソース画像の復元が、コンポジット画像を表現するために使用される色素に関する不所望の吸収特性が無視できるという仮定を用いて説明されるかもしれない。コンポジット画像の符号化が、第 1 の異質の画像を、

$$d_Y^B(x, y)$$

として表現される、黄色のチャンネル内における青の可視画像として符号化すること、および、第 2 のソース画像を、それぞれ、

$$(19) d_C^B(x, y) \text{ および } d_M^G(x, y)$$

のように、シアンおよびマゼンタのチャンネル内の、赤 / 緑の可視分離画像 (red/green-viewable separation) として符号化すること、を含むことを仮定することは可能である。

【 0 0 9 7 】

第 1 の照明モードにおいて、表現されたコンポジット画像を、狭帯域の青光源に曝すときに、観察者は、

$$(20) d^B(x, y) = d_Y^B(x, y) + d_C^B(x, y) + d_M^B(x, y) \quad d_Y^B(x, y)$$

を知覚する。

これは、所望の空間的濃度分布 (spatial density distribution) を担持するモノクロの画像である。

【 0 0 9 8 】

第 2 の照明モードにおいて、表現されたコンポジット画像を、赤および緑の波長帯域に亘ったスペクトラル・パワー分布を表す光源に曝すときに、観察者は、輝度変動に加えて、色相変動を知覚することになる。この議論の目的のために、状況を記述するために、我々は、個々の光源の下での視覚的濃度のみを考慮する。以下の議論は主に説明目的であり、実際には、精神物理学的評価に基づく反復的調整が、有用であることが理解される。それぞれ、赤および緑の光源の下での視覚的濃度は、

$$(21) d^R(x, y) = d_Y^R(x, y) + d_C^R(x, y) + d_M^R(x, y) \quad d_C^R(x, y)$$

および

$$(22) d^G(x, y) = d_Y^G(x, y) + d_C^G(x, y) + d_M^G(x, y) \quad d_M^G(x, y)$$

によって与えられる。

【 0 0 9 9 】

したがって、式 (21) および (22) によって選択されたスペクトラル・パワー分布を有する光源に曝された表現されたコンポジット画像は、分離画像 (separation images) を表すように見え得る。これらの分離画像は、組合されて、第 2 のソース画像の正規化されたバージョンを形成するように知覚される。したがって、式 (21) および (22) に加えて、我々は、組合された照明の下での、対応する照明の視覚的濃度 (visual density) を、

(23)

$$d^{RG}(x, y) = d_Y^{RG}(x, y) + d_C^{RG}(x, y) + d_M^{RG}(x, y) \quad d_C^{RG}(x, y) + d_M^{RG}(x, y)$$

として書き得る。

【 0 1 0 0 】

一定の状況において、式 (21) および (22) に鑑みて、個々の光源の下にあるときに、如何にして視覚的濃度が加えられるかの知識を用いて、式 (23) を単純化することが可能かもしれない (例えば、 $d^{RG}(x, y) = 0.4 d^R(x, y) + 0.6 d^G(x, y)$)。

【 0 1 0 1 】

10

20

30

40

50

< 正規化されたカラー画像の最適化された復元のための、全域マッピング、ダイナミック・レンジ、および、色素相互作用、の決定 >

共通の色素の不所望の吸収特性は、正規化されたカラー画像の知覚された品質に影響を与え得る。一定の補償技術が、所望の改善を提供し得る。

青波長帯域内の光に曝されたときに、第 1 のソース画像の復元ために選択された、黄色の色素を用いること、および、赤および緑の波長帯域内の光に曝されたときに、第 2 のおよび第 3 の分離画像を復元するために、シアンおよびマゼンタ色素を用いること、によって生成される、表現されたコンポジット画像の場合を考慮する。

青波長帯域内の光源に曝された、画素位置 (x, y) における、表現されたコンポジット画像のトータルの濃度は、

$$(24) d^B(x, y) = d_Y^B(x, y) + d_C^B(x, y) + d_M^B(x, y)$$

として近似されうる。

そして、赤-緑波長帯域内の光源に曝されたときの、トータル濃度は、

$$(25) d^{RG}(x, y) = d_Y^{RG}(x, y) + d_C^{RG}(x, y) + d_M^{RG}(x, y)$$

である。

そして、赤および緑の照明の下での、対応する知覚された濃度は、

$$(26) d^R(x, y) = d_Y^R(x, y) + d_C^R(x, y) + d_M^R(x, y)$$

および、

$$d^G(x, y) = d_Y^G(x, y) + d_C^G(x, y) + d_M^G(x, y)$$

である。

ここで、 $d_U^V(x, y)$ は、光源 V に曝されたときの、画素位置 (x, y) における、色素 U に起因する視覚的濃度を表す。

【 0 1 0 2 】

青光源の下で知覚された画像は、何の色相変動をも持たない画像であり、それ故、濃度変動のみが観察される。他方、赤および緑の照明の混合の下で観察される画像は、項 $d^{RG}(x, y)$ 、によって支配される輝度知覚、および、個々の赤および緑の光源、 $d^R(x, y)$ および $d^G(x, y)$ のそれぞれの下での濃度の相対的大きさ (amplitude) によって支配される色相知覚 (hue perception) を持つ。したがって、1 つが、 $(d^B(x, y))$ を制御することによって) 黄色の照明の下で色相変動の無い知覚可能な 1 つの画像、および、 $(d^R(x, y))$ および $d^G(x, y)$ の相対的比率を制御することによって) 赤 - 緑照明の下で知覚される正規化されたカラー画像、を生成し得る。

項 $d_C^B(x, y) + d_M^B(x, y)$ は、青波長帯域内の光に曝されたときの、不所望の吸収を表し、 $d_Y^{RG}(x, y)$ は、赤および緑の波長帯域内の光に曝されたときの、不所望の吸収を表す。

2 つの目的のために、或る色素の補色の光源の下での、当該色素の吸収が、用いられる。1) 所望のソース画像を復元するため、および、2) 表現されたコンポジット画像内に存在する他の色素 (1 つ或いはそれ以上) による不所望の吸収を補償するため、である。

【 0 1 0 3 】

結果として、一定の空間的濃度をもたらすために、不所望の吸収を補償するために用いられる部分は、不所望の吸収と組合されるべきである。 $d_1^B(x, y)$ が、青波長帯域の下での、シアンおよびマゼンタの不所望の吸収を補償するために用いられる黄色濃度の部分 (portion) を表すこととする。これは、

$$(27) d_1^B(x, y) + d_C^B(x, y) + d_M^B(x, y) = \text{一定} = q^B$$

によって決定される。

【 0 1 0 4 】

青の照明の下での、黄色の、残りの濃度寄与 (density contribution) は、

$$d_2^B(x, y) = d_Y^B(x, y) - d_1^B(x, y)$$

である。トータルの濃度は、これらの要素 (components) に鑑みて (in terms of)、

(28)

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
 d^B(x,y) &= d_Y^B(x,y) + d_C^B(x,y) + d_M^B(x,y) \\
 &= d_{2Y}^B(x,y) + (d_{1Y}^B(x,y) + d_C^B(x,y) + d_M^B(x,y)) \\
 &= d_{2Y}^B(x,y) + q^B
 \end{aligned}$$

のように記述され得ることに留意して欲しい。

【 0 1 0 5 】

それゆえ、青の波長帯域内の光に曝されたときの、表現されたコンポジット画像の、全体としての視覚的濃度は、重ねられた (superimposed) 空間的に変動する濃度パターン $d_{2Y}^B(x,y)$ を持つ一定の背景濃度 q^B に対応する。この、空間的に変動する濃度パターンは、望ましくは、青の照明の下に観察され、それゆえ、青の照明の下で復元されるべきソース画像を示すはずである。

10

【 0 1 0 6 】

類似のやり方において、赤および緑の照明の下での、シアンおよびマゼンタの濃度寄与 (contribution) は、対応する要素 (respective components)

$$(29) d_{1C}^{RG}(x,y) \text{ および } d_{1M}^{RG}(x,y)$$

に分解されうる。これらは、緑および赤の波長帯域の下での、黄色の不所望の吸収を補償するため：

$$(30) d_{1C}^{RG}(x,y) + d_{1M}^{RG}(x,y) + d_Y^{RG}(x,y) = \text{一定値} = q^{RG}$$

および、

残りの要素を補償するため：

$$(31) d_{2C}^{RG}(x,y) + d_{2M}^{RG}(x,y) = d_C^{RG}(x,y) + d_M^{RG}(x,y) - d_{1C}^{RG}(x,y) - d_{1M}^{RG}(x,y)$$

20

に使用される。これは、

(32)

$$\begin{aligned}
 d^{RG}(x,y) &= d_M^{RG}(x,y) + d_C^{RG}(x,y) + d_Y^{RG}(x,y) \\
 &= d_{2M}^{RG}(x,y) + d_{1M}^{RG}(x,y) + d_{2C}^{RG}(x,y) + d_{1C}^{RG}(x,y) + d_Y^{RG}(x,y) \\
 &= d_{2M}^{RG}(x,y) + d_{2C}^{RG}(x,y) + q^{RG}
 \end{aligned}$$

を満足する。

【 0 1 0 7 】

そのように示される場合には、赤および緑の照明状態を、別個の R および G の式として書く (write) ことが等価である。或いは、それらは、上述のように結合された形で書かれ得る。

30

【 0 1 0 8 】

満足されるべき第 2 の条件は、 $d_{1M}^{RG}(x,y) + d_{1C}^{RG}(x,y) + d_Y^{RG}(x,y)$ を形成している要素のカラー色相および飽和が、色相および飽和が、空間的に一定である差 R 他に、ように設定されることである。更に、好ましくは、これらの要素の検知されたカラーが中間色または殆ど中間色であることが好ましい。青の照明は、濃度が視覚感覚 (visual sensation) であるモノクロで知覚される画像を生成したので、赤 / 緑の照明は、濃度、色相、および飽和が検知されるカラー知覚画像 (color perceived image) を生成する。

要求された色素総量と、測定されたカラーの関係に基づいて、 $d_{1M}^{RG}(x,y) + d_{1C}^{RG}(x,y) + d_Y^{RG}(x,y) = \text{一定のカラー}$ 、であるように、 $d_{1M}^{RG}(x,y)$ および $d_{1C}^{RG}(x,y)$ 要素を決定するために、画素値マッピングが生成されうる。

40

これらの特定の色素に対する実施においては、我々は、黄色が、不所望の吸収を非常に少ししか持たないことに起因して、 $d_Y^{RG}(x,y)$ が、殆どゼロであることを発見した。我々は、 $d_Y^{RG}(x,y) = 0$ 、なる近似を用いることによって、受け入れ可能な画像品質が得られ得ることを発見した。このことは、 $d_{1M}^{RG}(x,y)$ および $d_{1C}^{RG}(x,y)$ の必要性を明らかにする。

【 0 1 0 9 】

議論を単純化するために、濃度要素だけを考慮して、緑および赤のスペクトル・パワー分布の下での全体の視覚濃度は、空間的に変動する濃度パターン、 $d_{2M}^{RG}(x,y) + d_{2C}^{RG}(x,y)$ 、が重ねられた一定の背景濃度 K^{RG} に対応する。この空間的に変動するパターン

50

は、赤および緑のスペクトラル・パワー分布の下で観察されるものであり、それ故、赤および緑のスペクトラル・パワー分布の下で観察されるべき、第2の符号化された画像(正規化されたカラー)を表すはずである。

【0110】

項、 $d_{2M}^{RG}(x,y) + d_{2C}^{RG}(x,y)$ 、および、 $d_{2Y}^B(x,y)$ は、2つのスペクトラル的に符号化された画像に対応する、濃度における視覚的変動を表すので、我々は、それらのダイナミック・レンジの最大化を望む。色素は、正の濃度だけを加算できるので、この要求は、要求された式および物理的制約(色素は正の濃度だけを加算できる)を満たすことを条件として、項 q^{RG} および q^B を最小化すること、と解釈される。それ故我々は、 q^{RG} と q^B の最も小さい可能な値(これに対して上述の式が満たされるもの)を決定することを望む。

10

更なる説明の目的のために、我々は、他の色素の不所望の吸収を補償するために加えられた色素の総量が、それ自身で、不所望の吸収の無視できる量だけしか貢献しない(その小さな値のために)という、第1次の近似を用いる。この仮定は、シアンおよびマゼンタの不所望の吸収をオフセットするために用いられる黄色の要素が、緑および赤の下での不所望の吸収のためには、無視できる程度しか貢献しないこと、および、黄色の不所望の吸収をオフセットするために使用されるシアンおよびマゼンタの要素が、青の下で、無視できる程度しか貢献しないことを暗示する。実際には、より高次の効果(higher-order effects)を説明するために、反復的に(iteratively)適切な総量を決定できるし、或いは、後に本開示に概説される、適切なモデル/ LUTを使用できる。この単純化の仮定に基づいて、所望の、赤および緑の照明の下での、空間的に変動するパターン $d_{2C}^{RG}(x,y) + d_{2M}^{RG}(x,y)$ にとって実現可能な範囲は、 q^{RG} と $d_{2C}^{RG}(x,y) + d_{2M}^{RG}(x,y)$ の間であり、この場合、トータルの濃度変動またはダイナミック・レンジは、 $d_{2C}^{RG}(x,y) + d_{2M}^{RG}(x,y) - q^{RG}$ である。同様に、黄色の照明の下で利用可能なトータルの濃度範囲は、 $d_{2Y}^B(x,y) - q^B$ である。

20

【0111】

項 q^{RG} および q^B についての可能な値の1つの組は、

(33)

$$\begin{aligned} q^B &= \text{青光源の下でのマゼンタおよびシアンに対する最大濃度} \\ &= \text{最大}(d_{2C}^B(x,y) + d_{2M}^B(x,y)) \\ &= d_{2C}^B(255) + d_{2M}^B(255) \end{aligned}$$

30

(34)

$$\begin{aligned} q^{RG} &= \text{緑および赤光源の下での黄色についての最大濃度} \\ &= \text{最大}(d_{2Y}^{RG}(x,y)) = d_{2Y}^{RG}(255) \end{aligned}$$

として決定され得る。

【0112】

これは、以下の様に考えられ得る：青い光の下での背景濃度 q^B は、マゼンタおよびシアンから取得可能な最大の不所望の濃度に等しい。黄色の濃度要素 $d_{1Y}^B(x,y)$ は、各画素における、黄色、シアン、およびマゼンタに対する d_{1Y}^B の組合せが、濃度 q^B を持つように、注意深く設計される。これは、マゼンタおよびシアンの配置(deposits)が100%(255デジタル・カウント)であり、黄色の適切な総量が配置され(deposited)て100%より小さいマゼンタおよびシアンを持つ画素位置において q^B の濃度を形成する(make up)、ような画素位置において、ゼロの黄色を置くこと(depositing)によって実現され得る。赤および緑の照明の下での黄色の不所望の吸収を補償するシアンおよびマゼンタの濃度要素 $d_{2C}^{RG}(x,y)$ および $d_{2M}^{RG}(x,y)$ に対して、類似のスキーム(scheme)が適用される。

40

【0113】

< 正規化されたカラー画像における改善されたダイナミック・レンジに対する、画像に依存するマッピング >

【0114】

コンポジット画像のスペクトラル符号化および表現の実施例は、ダイナミック・レンジにおける損失を回避する、画像に依存するマッピングをも利用し得る。画像に依存するや

50

り方で項 K^B および K^{RG} を決定することによって、復元されたソース画像のダイナミック・レンジは、改善され得る。

したがって、改善されたダイナミック・レンジは、

(35)

$$q^B = \text{最大}_{\text{over all}(x,y)} (d_C^B(i_R(x,y)) + d_M^B(i_G(x,y)) - d_Y^B(i_B(x,y)), 0)$$

(36)

$$q^{RG} = \text{最大}_{\text{over all}(x,y)} (d_Y^{RG}(i_B(x,y)) - d_C^B(i_R(x,y)) - d_M^B(i_G(x,y)), 0)$$

を用いて得られ得る。

ここで、 $i_R(x,y)$ は、赤の照明の下で所望される画像に対するデジタル・カウントを表し、 $i_G(x,y)$ は、緑の照明の下で所望される画像に対するデジタル・カウントを表し、 $d_U^V(t)$ は、デジタル・カウント t における色素 U に対する光源 V の下での視覚的濃度を表す。

【0115】

式(35)、(36)における値 q^B および q^{RG} は、式(33)、(34)における q^B および q^{RG} 値より小さいことが期待され、これによって、表現されたコンポジット画像に対応する所望の濃度変動 $d_Y^B(x,y)$ 、 $d_C^{RG}(x,y)$ 、および、 $d_M^{RG}(x,y)$ に対して、より高いダイナミック・レンジを保証することに注意して欲しい。そして、これは、オーバーラップする薄暗い領域を持つように、表現されたコンポジット画像が設計或いはシフトされる場合(これによって、コントラスト劣化を最小化する)に、画像品質に対して有利となり得る条件である。この空間的効果は、式(36)に見出され得る。そこでは、画像 i の空間的変換が、削減された一定の床濃度(floor density) K を生成し得る。空間的最適化は、コンピュータによって、あるいは、設計によって実行され得る。

以上の考慮は、シアン、マゼンタ、黄色、および、黒、を用いて表現された画像の場合に拡張され得る。

(37)

$$q_e = \text{最小}(q^{RG}, q^B)$$

を設定することによって、そして、 $K(x,y)$ に対応する濃度が、

(38)

$$d(K(x,y)) = \text{最大}(q_e - d_C^R(i_R(x,y)), q_e - d_M^G(i_G(x,y)))$$

のように $K(x,y)$ の空間値を用いて、 K は、不所望の吸収が、所望の画像のために利用可能なダイナミック・レンジを増加させるための責任の一部を担う(takes up)。

【0116】

本発明の図示実施形態

本発明を一般的に理解するために、図面を参照する。図面においては、全体に渡り、同じ参照番号が、同一の要素を示すのに用いられている。

【0117】

図3は、コンポジット画像を形成するために複数のソース画像をスペクトル多重化する第1のモードか、コンポジット画像を表現する第2のモードか、又は、観察者により有利に見られるように複数のソース画像のうちの少なくとも1つを復元するためにスペクトル多重化されたコンポジット画像を逆多重する第3のモードで作動可能なシステム100を示す。

【0118】

図3に示すように、複数の異なるソース画像アレイ11-1, 11-2, . . . 11-Nがスペクトル多重化システム101の画像入力装置20に表されている。画像入力装置20は、複数の単色画像、又は、単色及び多色画像の組み合わせを受信するように装備することができる。画像入力装置20は、ランダムアクセスメモリに結合されたデジタルスキャナのような画像捕捉装置か、又は、コンピュータメモリ又は磁気又は光学式記録媒体のような格納手段に結合された任意の種類のアナログ又はデジタルカメラを含むことができる。画像入力装置20はまた、ランダムアクセスメモリ、ビデオテープ、又はレーザ符号

10

20

30

40

50

化ディスクなどに先に格納された画像を受信するか、又は、コンピュータ画像発生装置により作成された画像、又は適切なフォーマットで符号化されてネットワーク上で送信された画像を受信するための装置を含むことができる。

【0119】

この例において画像入力装置20により受信されたそれぞれの画像アレイ内の複数のソース画像の例示的な図には、第1のソース画像アレイ11-1で表された第1のソース画像12-1、及び、第2のソース画像アレイ11-2で表された第2のソース画像12-2が含まれている。システム101は、任意的に、それぞれの画像アレイに表されたNソース画像を受信することができる。本発明のこの例示的な実施形態では、第1のソース画像アレイ11-1は、多色画像(例えば、第1のソース画像12-1)を表す画像データを含み、第2のソース画像アレイ11-2は、モノクロの画像(例えば、第2のソース画像12-2)を表す画像データを含む。更に、第1のおよび第2のソース画像12-1,12-2の少なくとも1つが、コンポジット画像から(スペクトラル逆多重を介して)究極的に復元されることが意図される。そして、説明された実施例において、第1のソース画像12-1は究極的に復元され、観察者70によって知覚されるもの、として説明される。

10

【0120】

ソース画像データが画像入力装置20において受信されると、それは、スペクトル多重器30に呈示され、スペクトル多重器30は、コンポジット画像32をスペクトル多重化(SM)画像平面上に供給するために、少なくとも第1及び第2のソース画像のコンポジット画像のデータ表示を符号化する。このような符号化は、一実施形態では、各ソース画像に位置する対応する各画素の符号化に必要な情報を多重化するために、コンポジット画像32への各画素位置に対するマッピングを行うか、又は、特定の画素ではなく局所的領域でのマッピングにより進めることができる。

20

【0121】

コンポジット画像表現システム102の作動においては、コンポジット画像を表すデータは、電子情報を送信又は格納する様々な適切な手段のいずれか1つによりスペクトル多重器30に接続することができる表現装置40に供給される。表現装置40は、表現コンポジット画像42を形成するために、所定の狭帯域色素アレイを使用してサブストレート44上にコンポジット画像32を記録する。表現コンポジット画像42は、それによってサブストレート44上に固定される。

30

【0122】

表現コンポジット画像42は、観察者70が周囲光で見るのに利用可能である。表現コンポジット画像42は、本発明の方法を使用してスペクトル多重化平面に符号化されたデータを表すが、表現コンポジット画像42は、一般的に、従来の周囲照明条件では混乱した外観を呈し、すなわち、ソース画像12-1や12-2などの少なくとも1つは、従来の周囲照明条件の下では区別することが困難か又は不可能である。特定のソース画像は、所望のソース画像を現わすのに十分な方法でコンポジット画像42を選択的に照明するように逆多重器50が作動するまで区別するのが困難か又は不可能な状態になっている。代替的に、ソース画像の1つ又はそれ以上は、視覚的な混乱を回避することにより、表現コンポジット画像が周囲又は広帯域照明を受けたときにはそれが表現コンポジット画像において視覚的に明らかであり、表現コンポジット画像が補完的狭帯域光源を受けたときには混乱するか又は検出し難くなるように符号化することができる。

40

【0123】

スペクトル逆多重システム103においては、特定のソース画像(図3に示すように、ソース画像12-1)を復元してコンポジット画像42内で識別可能なものにすることができる。図3に示す実施形態では、逆多重器50の出力は、本発明の方法を用いて観察者70に向けられる。次に、復元された画像は、画像入力装置20に初めに供給された特定のソース画像12-1と実質的に同一か、又はその良好な近似として観察者70によって区別することができる。

【0124】

50

特定のソース画像の復元は、一般的に、以下の要領でスペクトル逆多重システム 103 の例示的な実施形態に従って進行することが理解されるであろう。逆多重器 50 が発生させる狭帯域光源がコンポジット画像 42 を照明して表現コンポジット画像 42 内の色素のアレイが選択された光源を受けるように、サブストレート 44 は、逆多重器 50 内で作動可能な光源に対して配置される。表現コンポジット画像 42 がこのように少なくとも 1 つの光源により制御可能かつ選択的に照明される結果として、次に、所望のソース画像が検出可能になる。図示した実施形態においては、所望のソース画像は、観察者 70 に対して視覚的に識別可能にされる。ここで復元された所望のソース画像 12 - 1 は、それにより観察者 70 が理解するようになる。

【0125】

従って、色素とその対応する光源の上述の相互作用により、及び、この特定の相互作用に対する観察者 70 の視覚的な応答により、符号化された各ソース画像は、逆多重作動の目的により、スペクトル逆多重中に、識別可能であるか又は区別不能になる。

【0126】

図 4 は、それぞれ、スペクトル多重化、表現、及びスペクトル逆多重の方法 61、62、及び 63 の例示的な実施形態の単純化した概略図である。複数のソース画像を多重化する段階 61 において、第 1 の分離画像 71 及び第 2 のソース画像 72 が多重器 30 に供給され、多重器 30 は、コンポジット画像データファイルを表現装置 40 に出力する。表現装置 40 の出力は、コンポジット画像 92 を組み込んだサブストレート 90 である。

第 1 のソース画像 71 は多色ソース画像の様式で与えられ、第 2 の画像データは、フォーマット化されて、それぞれ、第 1 のおよび第 2 の色素を用いて表現するために、第 1 のソース画像から導かれた少なくとも 2 つのカラー分離画像を記述する。そして、図示された実施例において、シアン色素およびマゼンタ色素が適切な選択で有り得る。第 2 のソース画像 72 は、モノクロのソース画像か、多色のソース画像かのいずれかの様式で提供され得、第 2 の画像データは、それぞれ、第 3 の色素を用いて表現するために、第 2 のソース画像から導かれた少なくとも 1 つのカラー分離画像を記述する (describe) ために形成される。図示された実施例において、黄色の色素が適切な選択であり得る。(一般的に、実際の (複数の) 挟帯域色素の間の吸収帯域において、いくらかのオーバーラップが存在するので、コンポジット画像を生成するために複数の色素が利用されるときに発生することになる吸収を説明する (account for) ために、61 において、3 つの分離画像が好ましくは符号化される。)

【0127】

表現段階 62 においては、コンポジット画像は、サブストレート 90 上で相応に表現されるシアン色素及びマゼンタ色素のパターンを特定し、表現コンポジット画像 92 を形成する。

コンポジット画像内のソース画像のうちの少なくとも 1 つの視覚的認識は、コンポジット画像内に符号化されたソース画像間の混乱により困難か又は不可能にされる場合がある。

【0128】

表現されたコンポジット画像 92 を逆多重する段階 63 において、表現コンポジット画像 92 が固定されているサブストレート 90 は、逆多重器 50 により照明される。サブストレート 90 の照明は、第 1 の照明モード 51 に従って制御されるので、第 1 の分離画像 71 は、コンポジット画像の残りに対して特定レベルの濃度を達成し、従って、第 1 の分離画像 71 は、サブストレート 90 上で検出可能になる。サブストレート 90 の照明が第 2 の照明モード 52 に従って制御されると、第 2 の分離画像 72 が、同様にサブストレート 90 上で検出可能にされる。図示の実施形態においては、第 1 のソース画像 71 及び第 2 のソース画像 72 は、サブストレート 90 上で選択的に区別することができる。従って、第 1 のモード 51 及び第 2 のモード 52 の同時作動によるサブストレート 90 の制御された照明は、第 1 の分離画像 71 及び第 2 の分離画像 72 の両方を識別可能にする。

【0129】

図5は、画像処理ユニット130、及び、関連周辺装置及びサブシステムが使用されている、図3のスペクトル多重化システム101の単純化した概略図である。画像入力端末120は、スキャナ、デジタルカメラ、又は画像センサアレイのような画像捕捉装置122、コンピュータ画像発生装置124又は二次元データを画像に変換する類似の装置、又は、半導体メモリ又は磁気、光学、又は磁気光学データ格納装置のような画像格納装置126を含むことができる。画像入力端末120は、例えば、複数の単色画像ファイルの形でデジタル画像データを導出するか又は供給し、各画像の画像要素又は「画素」は、あるグレイ値で定義される。例えば、入力端末120は、一般的にmビット/画素で形成された画素を用いて、装置の物理的特性に関連したフォーマットで文書又は写真の電子的表現を画像捕捉装置122から得るために使用することができる。カラー文書の場合、画像は、2つ又はそれ以上の分離ビットマッピングを用いて、通常は同一の解像度及び画素深度で形成される。入力端末120からの画像データは、符号化してコンポジット画像を作成するために、処理用の画像処理ユニット(IPU)130に向けられる。1つ又はそれ以上のソース画像を表すデータは、その後の表現に適切なコンポジット画像を表す二次画像データが得られるように、画像処理ユニット130によりスペクトル符号化されることが認識されるであろう。

10

【0130】

画像処理ユニット130は、入力画像データを画像入力端末120から、又は、適切にプログラムされた汎用コンピュータ(図示せず)のような別の適切な画像データ供給装置から受信し、ランダムアクセスメモリ(RAM)のような適切な装置に入力画像データを格納する画像メモリ132を含むことができる。画像処理ユニット130は、一般にプロセッサ134を含む。入力画像データは、本発明に従ってそれぞれのソース画像平面上で形成された複数のソース画像を表す画像データをもたらしように、プロセッサ134を通じて処理することができる。例えば、RGB又は白黒(B/W)画像の形の画像データ信号を処理することができ、そこから得られた輝度情報を使用して、ソース画像を表すデータをもたらしすることができる。他のフォーマットで示された画像データ信号も同様に処理され、例えば、L*a*bフォーマットの画像データ信号は、ソース画像を表すデータを明度チャンネルから取得するように処理することができる。グレイスケールで既にフォーマット化されている画像データ信号は、一般的に、更に処理しなくても使用可能である。

20

【0131】

画像処理ユニット130の作動は、ソース画像データを上述のようなコンポジット画像ファイルに符号化するために、1つ又はそれ以上の画像処理関数138及び139に従って進めることができる。処理には、必要であれば3成分カラー表示を特定プリンタ用の4つ又はそれ以上の成分のカラー表示に変換するために実行することができる色変換を含めることができ、また、c及びdを整数値であるとして、cビットデジタル画像信号を特定プリンタの駆動に適切なdビットデジタル画像信号に変換するハーフトナーを含めることができる。いくつかの実施形態においては、更に別の関数には、色空間変換、色補正、全域マッピング、及びアンダー・カラー・リムーバル(UCR)/グレイ成分置換(GCR)関数のうちの1つ又はそれ以上を含めることができる。制御信号及びコンポジット画像出力データは、画像処理ユニット130からの出力のためにインタフェース136に供給される。

30

40

【0132】

画像処理ユニット130は、内蔵プロセッサとして、又は、汎用コンピュータの一部として具体化することができる。それは、デジタル信号処理を達成するための特殊目的のハードウェアを含むことができ、又は、単に汎用コンピュータ上で実行される適切なプログラムを表すことができる。それはまた、遠隔コンピュータ上で実行される1つ又はそれ以上の特殊目的プログラムを表す場合がある。

【0133】

図6は、1つ又はそれ以上の復元されたソース画像171及び172を呈示するためにコントローラと関連周辺装置及びサブシステムとが使用されている、図3のスペクトル逆

50

多重システム 103 の単純化された概略図である。図 6 は、サブストレータ 44 上のコンポジット画像 42 を第 1 及び第 2 の所定の光源 161 及び 162 に当てるように作動可能な光源 160 に接続されたコントローラ 150 を示す。第 1 に、サブストレータ 44 上の表現コンポジット画像 42 に関して図示するように、従来の周囲照明の下で、かつ光源 161 及び 162 が不在の場合には、コンポジット画像 42 のみが識別可能であり、ソース画像は容易には検出されない。しかし、第 1 の所定の光源 161 が得られるように光源 160 が作動されると、復元ソース画像 171 は、観察者 170 にとって検出可能になる。代替的に、光源 160 の作動モードは、第 2 の所定の照明 162 が得られるように切り替えることができ、その時点で、コンポジット画像 42 は、代わりに第 2 の光源 162 に当てられ、復元ソース画像 172 が検出可能になる。

10

【0134】

コントローラ 150 は、その最も単純な形において、手動操作可能な光源セレクトスイッチとして構成することができる。代替的に、図示するように、コントローラ 150 は、光源 160 の作動のプログラム可能な制御を提供する、光源 160 に接続されたインタフェース 156 を有するコンピュータベースの制御装置の形で設けることができる。すなわち、コントローラ 150 は、照明 162 の 1 つ又はそれ以上の選択された場をもたらすために、光源 160 の選択的作動及び停止を生じさせるように操作することができる。このような制御は、例えば、人間のオペレータによるか、又は、コンピュータ又は類似の手段によるプログラム可能な制御による光源 160 の手動操作を通じて達成することができる。

20

【0135】

コントローラ 150 は、光源 160 の作動、停止、又は順序付け、及び、光源強度や光源周波数の設定のようなタスクを達成するように作動可能である。コントローラ 150 の実施形態は、標準的なメモリ 152 及びプロセッサ 154 を備えたプログラム可能制御システムの作動からの恩典を受ける。

コントローラ 150 は、例えば、均一な R 又は G 又は B 画面画像をインタフェース 156 に供給し、光源 160 が CRT モニタの形で構成された場合に、その後光源 160 上で表示するために使用することができる。

【0136】

コントローラ 150 による光源 160 の作動は、特定の順序付けられた制御関数に従って進めることができ、それによって、例えば、光源 160 の制御された作動を提供し、選択された狭帯域光源、又は選択された狭帯域光源の強度の制御された作動の連続的な作動及び停止のような選択的な特性に従って、又は、光源の特定のシーケンス、強度、又は持続と時間間のオペレータによる介入に従った対話型制御によって変動する照明の場が提供される。上述の通り、表現コンポジット画像は、そこに符号化された複数のソース画像を有するように、例えば、それぞれの第 1 及び第 2 の色素の少なくとも第 1 及び第 2 のパターンを有するように構成することができる。表現コンポジット画像には、それぞれの第 1 及び第 2 の狭帯域光源による照明の時間的シーケンスを受けさせることができ、その結果、第 1 及び第 2 の復元ソース画像 171 及び 172 のそれぞれが連続的に識別可能であることを可能にする。

30

40

【0137】

図 7 は、本発明によって生成された、表現されたコンポジット画像である。表現されたコンポジット画像は、主にマゼタとシアン色素で符号化された第 1 の(多色)ソース画像、および、黄色の色素でモノクロの画像として符号化された第 2 のソース画像、を含む。第 1 の画像の正規化されたバージョンは、表現されたコンポジット画像が、赤と緑の波長帯域内の、事前に規定されたスペクトラル・パワー分布を有する第 1 の光源に曝されるときに、正規化されたカラー画像として知覚可能となる。或いは、第 2 のソース画像は、表現されたコンポジット画像が、青の波長帯域内の、事前に規定されたスペクトラル・パワー分布を有する第 2 の光源に曝されるときに、知覚可能となる。

ノイズ・マスキングのための技術は、コンポジット画像を表現するため、および、コン

50

ポジット画像のスペクトラル逆多重のために、コンポジット画像内での画像妨害を増加させるノイズ符号化を伴うコンポジット画像を提供する。

【 0 1 3 8 】

ソース画像のスペクトラル逆多重のための、グレイ・コンポーネント置換 (G C R : grey component replacement) のための技術は、コンポジット画像を表現するため、および、コンポジット画像のスペクトラル逆多重のために、グレイ・コンポーネント置換を伴うコンポジット画像を提供する。G C R の実行をするためには、モノクロ画像の濃度の最小 (minimum) の一部分 (fraction) による、および、正規化されたカラー画像のカラーの、知覚されたニュートラルの要素 (neutral component) による、所定の位置における共通画像コンポーネントの選択的置換、についての熟慮が必要となろう。

10

【 0 1 3 9 】

当業者は、上述の実施形態を実行するための様々な代替的手法が、本発明の範囲内にあることを理解するであろう。その有利な使用は、オフセット平板印刷、活版印刷、グラビア印刷、乾燥印刷、写真、及び、通常 3 つ又は 4 つの所定数の色素を様々な混合物の形で使用する他の任意のカラー再生処理を含む様々な処理によるカラー印刷において予想される。表現システム 1 0 2 の実施形態には、色素のアレイがそれに入射する選択された狭帯域光源の選択的反射又は透過を受けるように、コンポジット画像に従ってサブストレート内に所定の色素アレイを堆積するか又は組み込むことができる装置が含まれる。例えば、コンポジット画像は、透明フィルム上で表現することができ、所望のソース画像は、サブストレートが適切な狭帯域光源によって背面照明されたときに復元させることができる。例としては、インクジェットプリンタ、昇華型プリンタ、及び乾燥印刷プリンタ、石版印刷システム、シルクスクリーンシステム、及び、写真印刷装置のようなハードコピー複写装置と、塗料、薬品、及びフィルム堆積システムのようなサブストレート表面上に個々の量の色を画像単位で堆積させるシステムと、織物捺染システムのようなサブストレーターの露出表面に色素材料を組み込むシステムとが含まれる。

20

【 0 1 4 0 】

例示的なサブストレートの実施形態には、次に限定されるものではないが、紙、段ボール、及び、他のパルプベース及び印刷包装用製品のような材料と、ガラスと、プラスチックと、積層又は繊維状組成物と、織物とが含まれる。基本的な「C M Y K」色素以外の狭帯域色素も本発明に使用することができる。

30

【 0 1 4 1 】

表現されたコンポジット画像を照明するための照明場 (field of illumination) は、手動制御又は光源ソース制御信号によるプログラム制御に応答する狭帯域光源を含む様々な光源によって準備することができる。様々な狭帯域光源には、濾過日光、濾過白熱光、又は濾過蛍光を供給する装置と、半導体レーザ又はレーザダイオードなどの干渉性光源と、陰極線管 (C R T)、平面パネルディスプレイ (F P D)、液晶ディスプレイ (L C D)、プラズマディスプレイ、又は、発光ダイオード (L E D) 及び有機発光 (O L E D) アレイを組み込むものなどの投影又は画像ディスプレイ装置とを含むことができる。陰極線管を組み込む光源は、それらが、十分に狭くかつ一般的な C M Y 色素に対して補完的である安定し十分に理解されたスペクトル特性を示す蛍光体を有するという点で有利である。更に、このようなディスプレイは、広く利用可能である。

40

【 0 1 4 2 】

キーボード及びマウス、データ格納媒体を読み込む手段、聴覚キューその他の情報を観察者に与えるスピーカ、及び本明細書に述べられるシステムをネットワーク媒体に接続するアダプタのような付加的なよく知られた部品 (図示せず) を含むことができる。メモリ、ハードディスク、C D - R O M、フラッシュメモリなどのようなコンピュータ読み取り可能媒体は、本発明に関連する制御シーケンスを実施するコンピュータコードを含むコンピュータプログラムを格納するのに用いることができる。本発明に用いるのに適した他のシステムは、付加的な又は少ないサブシステムを含むことができる。

【 0 1 4 3 】

50

本発明の実施形態は、特に、本又はポスターのような印刷された材料、新規な商品、及びこのような商品を生成するために消費者に販売されるソフトウェアにコンポジット画像を含むことにより、視覚的な刺激及び楽しさを与えるために考察される。本発明を用いて作成された表現コンポジット画像は、例えば、インターネットのサイトからのような遠隔ソースからコンピュータに向けられた表示制御信号によるか、又は電子メール、インターネットのウェブページ、又は同様の送信に埋め込まれた表示制御命令による、コンピュータに接続された表示装置により生成された照明場に曝されたときに、その後の逆多重のために消費者に分配することができる。

【0144】

本発明の実施形態は、ニュース、娯楽、又は広告を広めるためのような特定の情報源、又は、物体の商標又は製品の取り扱い説明のようなメッセージ又は印、映画館、ギャラリー、美術館、商業地、及び展示会のような人が集まる場所で展示されるようなグラフィック、芸術作品など、又は、標識、ポスター、広告版、又は壁画のような大きなフォーマットの展示に対して、観察者の興味を引くために用いることができる。更に本発明の他の実施形態は、公報、販売促進、又は新聞、定期刊行物又は地図のような宣伝車において、又は、箱、瓶、コンテナ、包み紙、ラベル、その他の包装又は出荷材料において、及び壁装材、床装材、照明システムなどを含む建材に用いることが想定される。

【0145】

本発明の他の実施形態は、公共の場所、興行地又は娯楽地、又は周囲照明の制御ある他の人が集まる場所での特化した視覚効果を実施ことが想定される。これらの例は、参加者が、1つ又はそれ以上の表現されたコンポジット画像が組み込まれた印刷された材料又は包装、衣服、おみやげを受け取ることができる祭、劇場、ナイトクラブ、及びスポーツイベントである。同期するか或いは別の方法により制御することができるステージの照明装置のような適当に修正されたゾーンにより与えられる局所的な照明場の影響の下では、参加者にとって視覚的な興味を有する種々のソース画像が、劇的な様式で見ることができるようになる。

【0146】

本発明の実施形態は、文書その他の書類の確実性の検証を保証することが想定される。このような埋め込まれた情報は、すかし、印、又は確認に有益な画像、安全性識別などの形態で存在することができる。例えば、特定の制御された照明の下で視認される単一の画像、又は変化しない(すなわち一定の)画像の見かけは、文書の確実性を示すのに用いることができる。必要な書類の写真複写又は偽造を提供することによるような検証を避けようとする不正な試みは、本物のコンポジット画像を生成するのに必要なプリンタの較正設定を満たすことができず、制御された照明設備の下での偽造物上のコンポジット画像の混乱した外観は、真正性を妨げる。本発明の実施形態は、文書、クーポン、ゲームピース、チケット、証書、商業手形、通貨、身分証明書などに埋め込まれた情報の単純な暗号化及び暗号解読を与えることが想定される。

【0147】

本発明の更に別の実施形態は、織物、及びヘッドカバー、衣服、及び外套のような衣類、及び履き物類、時計、めがね、宝石、アップリケ、ファッションアクセサリなどのような着用可能な又は個人的な商品に用いることが想定される。本発明を実施する過程で生成されたコンポジット画像をもつ商品は、芸術性、新規性、及びおみやげ、本、雑誌、ポスター、教育材料、交換カード又はおもちゃのような集めることができる性質を有することができる。

【0148】

特定の実施形態が述べられたが、代替的手法、修正、変形、改良、及び現在予期されていないか又は予期されていないであろう実質的な均等技術が出願人その他の当業者に想起されるであろう。従って、出願された及び改訂されることがある特許請求の範囲は、すべてのこのような代替的手法、修正、変形、改良、及び実質的な均等技術を含むことが意図される。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【 0 1 4 9 】

【図 1】色素昇華プリンタ(dye sublimation printer)で作動可能な、白紙サブストレー
トのため、および、(100%濃度における)シアン、マゼンタ、および黒の色素(dyes)の形
式の色素(colorants)のための反射率スペクトラ(reflectance spectra)を表す。

【図 2】一般的なブラウン管(CRT)によって生成された、赤、緑、青、の三原色に対す
る相対的発光スペクトラを表す。

【図 3】複数のソース画像のスペクトラル多重および逆多重のため、および、その中に少
なくとも 1 つの符号化されたソース画像(本発明によって構築された)を有するコンポジッ
ト画像の表現のためのシステムのブロック図である。

10

【図 4】第 1 の、および第 2 のソース画像をスペクトル的にコンポジット画像に多重し、
複数の色素を用いてコンポジット画像を表現し、そして、表現されたコンポジット画像を
逆多重するための、図 3 のシステムにおいて作動可能な方法の単純化された概略図である
。

【図 5】画像処理ユニットおよび対応する周辺装置およびサブ・システムが用いられる図
3 のスペクトラル多重システムの、概略の単純化された表現である。

【図 6】コントローラおよび対応する周辺機器およびサブシステムが用いられる図 3 のス
ペクトラル逆多重システムの、単純化された概略表現である。

【図 7】本発明の実施例によって生成された、表現されたコンポジット画像である。

20

【符号の説明】

【 0 1 5 0 】

11-1 第 1 のソース画像アレイ

11-2 第 2 のソース画像アレイ

12-1 第 1 のソース画像

12-2 第 2 のソース画像

42 コンポジット画像

44 サブストレート

51 第 1 のモード

52 第 2 のモード

70 観察者

30

71 第 1 のソース画像

72 第 2 のソース画像

82 結果としてのコンポジット画像

90 サブストレート

92 コンポジット画像

102 コンポジット画像表現システム

103 スペクトル逆多重システム

130 画像処理ユニット

136 インタフェース

138 画像処理関数

40

139 画像処理関数

150 コントローラ

156 インターフェース

160 光源

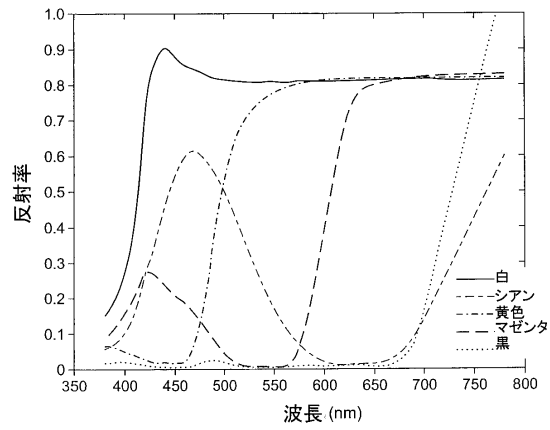
161、162 光源

170 観察者

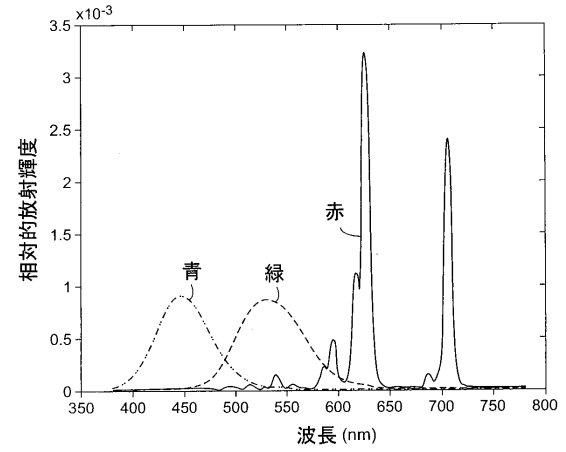
171 復元されたソース画像

172 復元されたソース画像

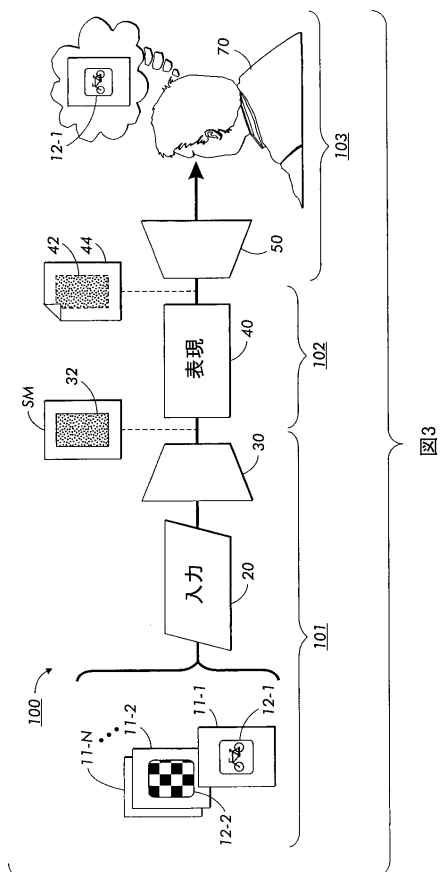
【図 1】



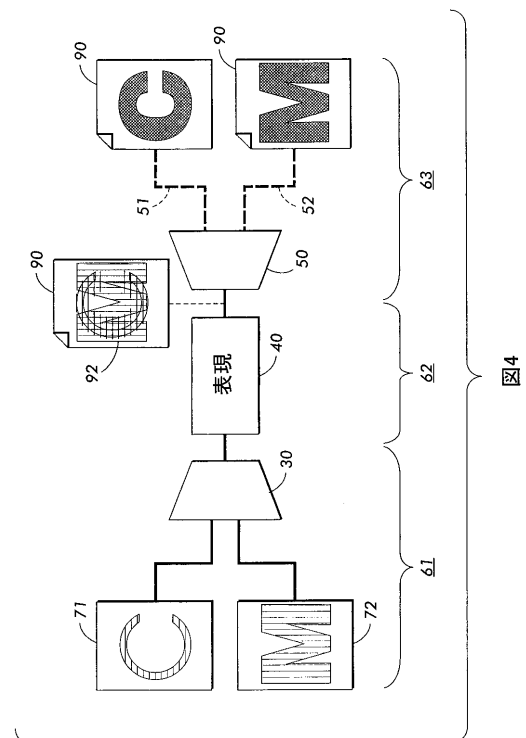
【図 2】



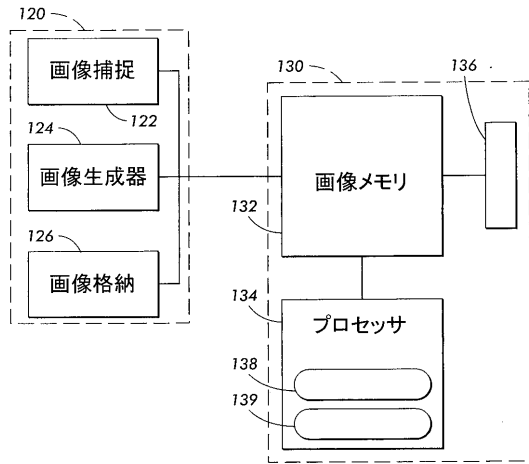
【図 3】



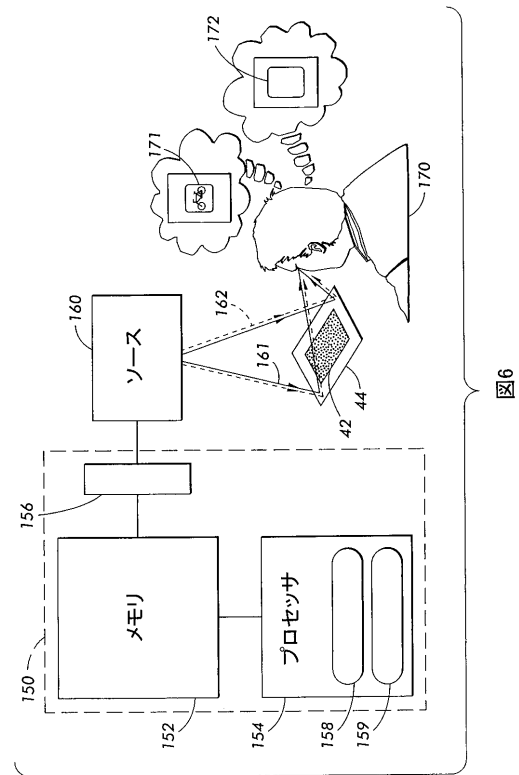
【図 4】



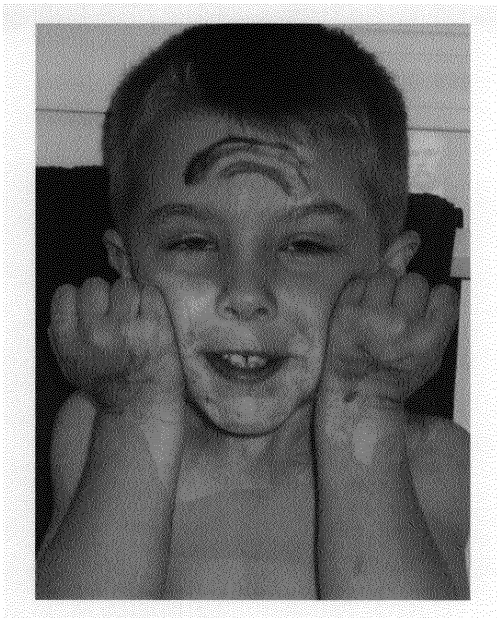
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 ロバート ビー ロス
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14580-4052 ウェブスター ヘアリー ドライヴ
736
- (72)発明者 イェキン ザン
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14526 ベンフィールド ウィナーズ サークル 5
- (72)発明者 ゴーラヴ シャーマ
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14580-2569 ウェブスター ウッドローズ ドライ
ヴ 3

合議体

審判長 渡邊 聡
審判官 小池 正彦
審判官 千葉 輝久

- (56)参考文献 特開平5-262086(JP,A)
特開昭54-159004(JP,A)
特開昭63-293081(JP,A)
Gaurav Sharma, Robert P. Loce, Steven J. Harrington, Yeqing (Juliet) Zhang, "Illuminant Multiplexed Imaging: Basics and Demonstration", Proc. IS&T's 2003 PICS Conference, 米国, The Society for Imaging Science and Technology, 2003年 5月13日, Volume 6, p.542-547

- (54)【発明の名称】コンポジット画像を表示するため、および、コンポジット画像をスペクトラル逆多重して正規化されたカラー画像を得るために、コンポジット画像を提供するための、ソース画像のスペクトラル多重のためのシステム