

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7083837号

(P7083837)

(45)発行日 令和4年6月13日(2022.6.13)

(24)登録日 令和4年6月3日(2022.6.3)

(51)国際特許分類

F I

| | | | | |
|---------|----------------|---------|------|---------|
| G 0 9 G | 3/34 (2006.01) | G 0 9 G | 3/34 | C |
| G 0 9 G | 3/20 (2006.01) | G 0 9 G | 3/20 | 6 7 0 A |
| G 0 2 F | 1/167(2019.01) | G 0 9 G | 3/20 | 6 4 1 H |
| H 0 4 N | 9/30 (2006.01) | G 0 9 G | 3/20 | 6 4 2 J |
| H 0 4 N | 9/64 (2006.01) | G 0 9 G | 3/20 | 6 4 1 Q |

請求項の数 9 (全71頁) 最終頁に続く

| | | | |
|-------------------|----------------------------------|----------|--|
| (21)出願番号 | 特願2019-548459(P2019-548459) | (73)特許権者 | 500080214 イー インク コーポレイション アメリカ合衆国 マサチューセッツ 0 1 8 2 1 , ビレリカ , テクノロジー パ ーク ドライブ 1 0 0 0 |
| (86)(22)出願日 | 平成30年3月2日(2018.3.2) | (74)代理人 | 100078282 弁理士 山本 秀策 |
| (65)公表番号 | 特表2020-514807(P2020-514807 A) | (74)代理人 | 100113413 弁理士 森下 夏樹 |
| (43)公表日 | 令和2年5月21日(2020.5.21) | (72)発明者 | バックリー , エドワード アメリカ合衆国 マサチューセッツ 0 1 8 2 1 - 4 1 6 5 , ビレリカ , テクノ ロジー パーク ドライブ 1 0 0 0 , イ ー インク コーポレイション 気付 |
| (86)国際出願番号 | PCT/US2018/020588 | (72)発明者 | クラウンズ , ケネス アール . |
| (87)国際公開番号 | WO2018/164942 | | |
| (87)国際公開日 | 平成30年9月13日(2018.9.13) | | |
| 審査請求日 | 令和1年9月19日(2019.9.19) | | |
| (31)優先権主張番号 | 62/467,291 | | |
| (32)優先日 | 平成29年3月6日(2017.3.6) | | |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 米国(US) | | |
| (31)優先権主張番号 | 62/509,031 | | |
| (32)優先日 | 平成29年5月19日(2017.5.19) | | |

最終頁に続く

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 カラー画像をレンダリングするための方法および装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

カラー画像を生成するためのシステムであって、
 ピクセルと、原色のパレットを含む色域とを有する電気光学ディスプレイと、
 前記電気光学ディスプレイと通信するプロセッサであって、前記プロセッサは、
 a . 前記電気光学ディスプレイ上に表示される画像の第1のピクセルの色を表す第1の入力値を受信するステップと、
 b . 誤差フィルタにフィードされた誤差値に基づいて導出される前記誤差フィルタの出力を前記第1の入力値に追加し、第1の修正入力値を作成するステップであって、前記誤差値は、前もって処理されたピクセルの第1の修正入力値または第1の投影された修正入力値と最良原色値との間の差を計算することから導出される、ステップと、
 c . ステップbで生成される前記第1の修正入力値が前記色域外にあると決定された後に、前記色域上に前記第1の修正入力値を投影し、第1の投影された修正入力値を生成するステップと、
 d . ステップbからの前記第1の修正入力値またはステップcからの前記第1の投影された修正入力値を、前記パレットの原色に対応する原色値のセットと比較し、前記パレットの原色に対応する前記原色値のセットから最小誤差を伴う原色値を選択し、それによって、第1の最良原色値を定義し、前記第1のピクセルの色として前記第1の最良原色値を出力するステップであって、前記原色値のセットは、前もって処理された隣接ピクセルによって引き起こされる誤差を考慮するように調節された前記パレットの原色に対応する、ス

テップと、

e . ステップ d の後、現在処理されているピクセルの少なくとも上方のピクセルおよび左のピクセルの前記第 1 の最良原色値に基づいて前記パレットの原色を調節し、原色の修正されたパレットを含む修正された色域を生成するステップと、

f . ステップ d の後、ステップ b からの前記第 1 の修正入力値またはステップ c からの前記第 1 の投影された修正入力値とステップ d からの前記第 1 の最良原色値との間の差を計算し、第 1 の誤差値を導出するステップであって、前記第 1 の誤差値は、前記誤差フィルタにフィードされる、ステップと、

g . 前記電気光学ディスプレイに表示される画像の第 2 のピクセルの色を表す第 2 の入力値を受信し、前記誤差フィルタにフィードされた前記第 1 の誤差値に基づいて導出された前記誤差フィルタの出力を前記第 2 の入力値に追加し、第 2 の修正入力値を作成するステップと、

h . ステップ g で生成される前記第 2 の修正入力値が前記修正された色域外にあると決定された後に、前記修正された色域上に前記第 2 の修正入力値を投影し、第 2 の投影された修正入力値を生成するステップと、

i . ステップ g からの前記第 2 の修正入力値またはステップ h からの前記第 2 の投影された修正入力値を、前記修正されたパレットの前記原色に対応する前記原色値のセットと比較し、前記修正されたパレットの前記原色に対応する前記原色値のセットから最小誤差を伴う原色値を選択し、それによって、第 2 の最良原色値を定義し、前記第 2 のピクセルの色として前記第 2 の最良原色値を出力するステップと

によって、前記電気光学デバイスのためのカラー画像をレンダリングするように構成される、プロセッサと

を備え、前記第 1 の入力値および第 2 の入力値は、前記電気光学ディスプレイの前記ピクセルのラスタスキャンに対応する順序で処理される、システム。

【請求項 2】

ステップ c における投影は、ノミナル色域上への線形 RGB 色空間内の一定の明度および色相の線に沿って達成される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

ステップ i における比較は、線形 RGB 空間内で最小ユークリッド距離量子化器を使用して達成される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

ステップ i における比較は、重心閾値化を使用して達成される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

ステップ h で使用される前記修正された色域は、ステップ e で生成される前記修正されたパレットのものである、請求項 4 に記載のシステム。

【請求項 6】

ステップ c では、前記プロセッサは、前記色域の表面との投影の交差を算出し、ステップ e では、

(i) ステップ b の出力が前記色域外であるとき、前記プロセッサは、

前述の交差を封入する三角形を決定することと、

前記三角形の頂点毎に重心重みを決定することと、

頂点毎の前記重心重みをピクセル場所におけるブルーノイズマスクの値と比較することであって、前記重心重みの累積和は、前記三角形の頂点の色でもある、ステップ e からの出力における前記マスク値を超える、ことと

を行う、または

(i i) ステップ b の出力が前記色域内であるとき、前記プロセッサは、

ステップ e からの出力が最も近い原色であることを決定すること

を行う、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

10

20

30

40

50

ステップ c では、前記プロセッサは、前記色域の表面との投影の交差を決定し、ステップ e はさらに、

(i) ステップ b の出力が前記色域外であるとき、前記プロセッサが、前記交差を封入する三角形を決定することと、前記色域の凸包上に位置する前記原色を決定することであって、ステップ e からの出力は、前記凸包上に位置する最も近い原色である、ことと

を行う、こと、または、

(i i) ステップ b の出力が前記色域内であるとき、前記プロセッサが、ステップ e からの出力が最も近い原色であることを決定することと

を含む、請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 8】

前記プロセッサは、

(1) 測定された試験パターンを受信し、前記電気光学ディスプレイの隣接ピクセル内の隣接する原色の間のクロストークについての情報を導出するステップと、

(2) ステップ (1) からの前記情報を、原色の任意のパターンの表示色を予測するブルーミングモデルに変換するステップと、

(3) ステップ (2) で導出される前記ブルーミングモデルを使用し、前記色域表面の凸包上に色を生成するために通常使用されるであろうパターンの実際の表示色を予測するステップと、

(4) ステップ (3) で行われる予測を使用して、実現可能な色域表面を計算するステップと

20

によって、前記色域を導出する、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

ステップ a で受信される前記第 1 の入力値およびステップ g で受信される前記第 2 の入力値は、(i) ガンマ補正動作、(i i) HDR タイプ処理、(i i i) 色相補正、および(i v) 色域マッピングによって、本順序で画像データのセットから生成されている、請求項 1 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

関連出願の参照

【0002】

本願は、以下の出願の利益を主張するものである。

1. 仮出願第 62 / 467 , 291 号、出願日 2017 年 3 月 6 日 ;
2. 仮出願第 62 / 509 , 031 号、出願日 2017 年 5 月 19 日 ;
3. 仮出願第 62 / 509 , 087 号、出願日 2017 年 5 月 20 日 ;
4. 仮出願第 62 / 585 , 614 号、出願日 2017 年 11 月 14 日 ;
5. 仮出願第 62 / 585 , 692 号、出願日 2017 年 11 月 14 日 ;
6. 仮出願第 62 / 585 , 761 号、出願日 2017 年 11 月 14 日 ; および
7. 仮出願第 62 / 591 , 188 号、出願日 2017 年 11 月 27 日

40

【0003】

本願は、出願第 14 / 277 , 107 号、出願日 2014 年 5 月 14 日 (公開第 2014 / 0340430 号、現在は米国特許第 9 , 697 , 778 号) ; 出願第 14 / 866 , 322 号、出願日 2015 年 9 月 25 日 (公開第 2016 / 0091770 号) ; 米国特許第 9 , 383 , 623 号および第 9 , 170 , 468 号、出願第 15 / 427 , 202 号、出願日 2017 年 2 月 8 日 (公開第 2017 / 0148372 号) および出願第 15 / 592 , 515 号、出願日 2017 年 5 月 11 日 (公開第 2017 / 0346989 号) に関連している。これらの同時係属中の出願および特許 (これらは、以後、「電気泳動カラーディスプレイ」特許または「ECD ディスプレイ」特許として言及される) および以後言及される全てのその他の米国特許および公開および同時係属中の出願の全内容は、

50

参照により本明細書中に援用される。

【 0 0 0 4 】

本願はまた、

【 化 1 - 1 】

米国特許 5,930,026;

6,445,489; 6,504,524; 6,512,354; 6,531,997; 6,753,999; 6,825,970; 6,900,851; 6,995,550;
7,012,600; 7,023,420; 7,034,783; 7,061,166; 7,061,662; 7,116,466; 7,119,772; 7,177,066;
7,193,625; 7,202,847; 7,242,514; 7,259,744; 7,304,787; 7,312,794; 7,327,511; 7,408,699;
7,453,445; 7,492,339; 7,528,822; 7,545,358; 7,583,251; 7,602,374; 7,612,760; 7,679,599;
7,679,813; 7,683,606; 7,688,297; 7,729,039; 7,733,311; 7,733,335; 7,787,169; 7,859,742;
7,952,557; 7,956,841; 7,982,479; 7,999,787; 8,077,141; 8,125,501; 8,139,050; 8,174,490;
8,243,013; 8,274,472; 8,289,250; 8,300,006; 8,305,341; 8,314,784; 8,373,649; 8,384,658;
8,456,414; 8,462,102; 8,514,168; 8,537,105; 8,558,783; 8,558,785; 8,558,786; 8,558,855;
8,576,164; 8,576,259; 8,593,396; 8,605,032; 8,643,595; 8,665,206; 8,681,191; 8,730,153;
8,810,525; 8,928,562; 8,928,641; 8,976,444; 9,013,394; 9,019,197; 9,019,198; 9,019,318;
9,082,352; 9,171,508; 9,218,773; 9,224,338; 9,224,342; 9,224,344; 9,230,492; 9,251,736;

10

20

【 化 1 - 2 】

9,262,973; 9,269,311; 9,299,294; 9,373,289; 9,390,066; 9,390,661; および 9,412,314; および

米国特許出願公開 2003/0102858; 2004/0246562; 2005/0253777;

2007/0091418; 2007/0103427; 2007/0176912; 2008/0024429; 2008/0024482; 2008/0136774;
2008/0291129; 2008/0303780; 2009/0174651; 2009/0195568; 2009/0322721; 2010/0194733;
2010/0194789; 2010/0220121; 2010/0265561; 2010/0283804; 2011/0063314; 2011/0175875;
2011/0193840; 2011/0193841; 2011/0199671; 2011/0221740; 2012/0001957; 2012/0098740;
2013/0063333; 2013/0194250; 2013/0249782; 2013/0321278; 2014/0009817; 2014/0085355;
2014/0204012; 2014/0218277; 2014/0240210; 2014/0240373; 2014/0253425; 2014/0292830;
2014/0293398; 2014/0333685; 2014/0340734; 2015/0070744; 2015/0097877; 2015/0109283;
2015/0213749; 2015/0213765; 2015/0221257; 2015/0262255; 2015/0262551; 2016/0071465;
2016/0078820; 2016/0093253; 2016/0140910; および 2016/0180777

30

に関連している。これらの特許および出願は、以後、便宜上、総称して「MEDEOD (Methods for Driving Electro-Optic Displays : 電気光学ディスプレイを駆動させる方法) 出願」として言及される。

【 背景技術 】

40

【 0 0 0 5 】

発明の背景

【 0 0 0 6 】

本発明は、カラー画像をレンダリングするための方法および装置に関する。より具体的には、本発明は、原色の限定されたセットが利用可能であり、本限定されたセットが良好に構造化されていない場合がある状況で、カラー画像をハーフトーン化するための方法に関する。本方法は、温度、照明、または電力レベルを含む、周辺環境の変化に应答して、カラー電気光学（例えば、電気泳動）または類似ディスプレイの外観を改変し得る、ピクセル化パネルブルーミングの効果（すなわち、そのピクセルが近傍のピクセルと相互作用しているため、ディスプレイピクセルが意図された色ではないこと）を軽減し得る。本発明

50

はまた、カラーディスプレイの色域を推定するための方法にも関する。

【0007】

用語「ピクセル」は、本明細書では、ディスプレイ自体が表示し得る全ての色を生成することが可能なディスプレイの最小単位を意味するために、ディスプレイ技術分野でのその通常の意味で使用される。

【0008】

ハーフトーニングは、白い紙の各ピクセルの変動する割合を黒いインクで被覆することによって灰色の色調を表すために、印刷業界で何十年にもわたって使用されている。類似ハーフトーニング方式が、相互から独立して変動される色チャネルを用いた、CMYまたはCMYKカラー印刷システムと併用されることができるとも記載されている。

10

【0009】

しかしながら、各ピクセルが原色の限定されたセットのうちのいずれか1つを表示することができるため（そのようなシステムは、以降では「限定パレットディスプレイ」または「LPD」と称され得る）、色チャネルが相互から独立して変動されることができない、多くの表色系が存在する。ECD特許カラーディスプレイは、本タイプである。他の色を作成するために、原色は、正しい色感覚を生成するように空間的にディザリングされなければならない。

【0010】

誤差拡散アルゴリズム（そのピクセルにおいて理論的に要求される色と異なる特定の色で1つのピクセルを印刷することによって導入される「誤差」が、全体的に正しい色感覚が生成されるように、隣接ピクセルの間に分配される）等の標準ディザリングアルゴリズムが、限定パレットディスプレイとともに採用されることができるとも記載されている。誤差拡散についての膨大な文献が存在する。精査のために、Pappas, Thrasyvoulos N. "Model-based halftoning of color images," IEEE Transactions on Image Processing 6.7 (1997): 1014 - 1024を参照されたい。

20

【0011】

ECDシステムは、そのようなシステムで使用するためのディザリングアルゴリズムを設計する際に考慮されなければならない、特定の特異性を提示する。ピクセル間アーチファクトが、そのようなシステムにおける共通の特徴である。1つのタイプのアーチファクトが、いわゆる「ブルーミング」によって引き起こされる。単色および表色系の両方では、事実上、1つのピクセルの光学的状態が隣接するピクセルの面積の部分の中へ広がるように、ピクセル電極によって生成される電場が、ピクセル電極自体の面積よりも広い電気光学媒体の面積に影響を及ぼす傾向がある。隣接するピクセルを駆動することが、ピクセル自体のうちのいずれかによって到達される面積とは異なるピクセルの間の面積中で、最終光学的状態をもたらすときに、別の種類のクロストークが被られ、本最終光学的状態は、ピクセル間領域中で被られる平均電場によって引き起こされる。類似効果が、単色系において被られるが、そのようなシステムは色空間内で1次元であるため、ピクセル間領域は、通常、2つの隣接するピクセルの状態の中間の灰色状態を表示し、そのような中間灰色状態は、領域の平均反射率に大きな影響を及ぼさない、または効果的なブルーミングとして容易にモデル化されることができるとも記載されている。しかしながら、カラーディスプレイでは、ピクセル間領域は、いずれの隣接するピクセルにも存在しない色を表示することができる。

30

40

【0012】

カラーディスプレイにおける前述の問題は、原色を空間的にディザリングすることによって予測される色の色域および線形性に対して深刻な結果を有する。ECDディスプレイの原色パレットからの飽和した赤色および黄色の空間的にディザリングされたパターンを使用し、所望の橙色を作成しようとするのを考慮されたい。クロストークがないと、橙色を作成するために要求される組み合わせは、線形加法混色の法則を使用することによって、完璧に遠距離場で予測されることができるとも記載されている。赤色および黄色が色域境界上にあるため、本予測される橙色もまた、色域境界上にあるはずである。しかしながら、前述の効果が、

50

隣接する赤色ピクセルと黄色ピクセルとの間のピクセル間領域中で（例えば）青みを帯びた帯域を生成する場合、結果として生じる色は、予測される橙色よりもはるかに中性であろう。これは、色域境界内で「くぼみ」をもたらす、またはより正確には、境界が実際に3次元であるため、スカラップをもたらす。したがって、ネイティブディザリングアプローチが、要求されるディザリングを正確に予測することができないだけでなく、この場合、達成可能な色域外であるため利用可能ではない色を生成しようとし得る。

【0013】

理想的には、パターンの広範な測定または高度モデリングによって、達成可能な色域を予測できることが所望されるであろう。これは、デバイス原色の数が大きい場合、またはクロストーク誤差がピクセルを原色に量子化することによって導入される誤差と比較して大きい場合に、実行可能ではない場合がある。本発明は、ディスプレイ上の実現される色が予測される色により近いように、ブルーミング/クロストーク誤差のモデルを組み込む、ディザリング方法を提供する。さらに、本方法は、通常、誤差拡散が、原色の凸包外の色にディザリングするとき無制限の誤差を生じるであろうため、所望の色が実現可能な色域から外れる場合において、誤差拡散を安定させる。

【0014】

付随する図面の図1は、前述のPappasの論文（“Model-based halftoning of color images,” IEEE Transactions on Image Processing 6.7 (1997): 1014-1024.）に説明されるように、概して100と指定される、従来技術の誤差拡散方法の概略フロー図である。入力102において、色値 $x_{i,j}$ は、プロセッサ104にフィードされ、そこで、修正された入力 $u_{i,j}$ を生成するように、誤差フィルタ106（下記に説明される）の出力に追加される。（本説明は、入力値 $x_{i,j}$ が、修正された入力 $u_{i,j}$ がデバイスの色域内であるようなものであると仮定する。これが当てはまらない場合、入力または修正された入力のある予備修正が、それらが適切な色域内にあることを確実にするために必要であり得る。）修正された入力 $u_{i,j}$ は、閾値モジュール108にフィードされる。モジュール108は、考慮されているピクセルのための適切な色を決定し、適切な色をデバイスコントローラにフィードする（またはデバイスコントローラへの以降の伝送のために色値を記憶する）。出力 $y_{i,j}$ は、出力デバイス内のドット重複の効果に関してこれらの出力を補正する、モジュール110にフィードされる。修正された入力 $u_{i,j}$ およびモジュール110からの出力 $y'_{i,j}$ は両方とも、誤差値 $e_{i,j}$ を計算するプロセッサ112にフィードされる。

【化2】

$$e_{i,j} = u_{i,j} - y'_{i,j}$$

誤差値 $e_{i,j}$ は、次いで、1つ以上の選択されたピクセルにわたって誤差値を分配する役割を果たす、誤差フィルタ106にフィードされる。例えば、誤差拡散が、各行内で左から右に、かつ画像内で上から下に、ピクセルに実施されている場合、誤差フィルタ106は、処理されている行内の次のピクセルにわたって誤差を分配し得、ピクセルの3つの最近傍が、下の次の行内で処理される。代替として、誤差フィルタ106は、処理されている行内の次の2つのピクセルにわたって誤差を分配し得、ピクセルの最近傍が、下の次の2つの行内で処理される。誤差フィルタは、同一の割合の誤差を、誤差が分配されるピクセルのそれぞれに適用する必要がないことを理解されたい。例えば、誤差フィルタ106が処理されている行内の次のピクセルにわたって誤差を分配し、ピクセルの3つの最近傍が下の次の行内で処理されるとき、より多くの誤差を、処理されている行内の次のピクセルに、および処理されているピクセルの直下のピクセルに分配し、より少ない誤差を、処理されているピクセルの2つの対角近傍に分配することが適切であり得る。

【0015】

残念ながら、従来の誤差拡散方法（例えば、図1）がECDおよび類似限定パレットディスプレイに適用されるとき、結果として生じる画像を使用不可能にし得る、いくつかのア

10

20

30

40

50

ーチファクトが生成される。例えば、閾値モジュール108が、誤差修正された入力値 $u_{i,j}$ に作用して出力原色を選択し、次いで、次の誤差が、モデルを結果として生じる出力領域（または因果的にそれについて知られているもの）に適用することによって算出される。モデル出力色が選択された原色から有意に逸脱する場合、莫大な誤差が生成され得、原色選択肢の大きな揺らぎによる非常に粒子の粗い出力、または不安定な結果につながり得る。

【0016】

本発明は、そのような従来の誤差拡散方法によって引き起こされる不安定性の問題を低減または排除する、カラー画像をレンダリングする方法を提供しようとする。本発明は、深刻なアーチファクトを伴わずに、はるかに広い範囲のコンテンツがディスプレイ上に示されることを可能にするように、カラーディスプレイ、特に、カラー電気泳動ディスプレイのための見掛けのコントラストおよび色域マッピングを増加させながら、ディザノイズを減少させるように設計される、画像処理方法を提供する。

10

【0017】

本発明はまた、電子ペーパーデバイス上に画像、特に、電気泳動ディスプレイ、例えば、アクティブマトリクスバックプレーンを伴う4粒子電気泳動ディスプレイ上にカラー画像をレンダリングするためのハードウェアシステムにも関する。電子ペーパーデバイスから環境データを組み込むことによって、遠隔プロセッサは、最適な視認のために画像データをレンダリングすることができる。本システムは、加えて、環境条件および表示されるであろう画像の両方のために最適である色空間を決定すること等の計算集約的な計算の分布を可能にする。

20

【0018】

電子ディスプレイは、典型的には、アクティブマトリクスバックプレーンと、マスタコントローラと、ローカルメモリと、通信およびインターフェースポートのセットとを含む。マスタコントローラは、通信/インターフェースポートを介してデータを受信する、またはデバイスメモリからそれを読み出す。いったんデータがマスタコントローラに入ると、アクティブマトリクスバックプレーンのための命令のセットに変換される。アクティブマトリクスバックプレーンは、マスタコントローラからこれらの命令を受信し、画像を生成する。カラーデバイスの場合、オンデバイス色域算出は、増加した計算能力を伴うマスタコントローラを要求し得る。上記で示されるように、カラー電気泳動ディスプレイのためのレンダリング方法は、多くの場合、計算集中的であり、下記で詳細に議論されるように、本発明自体は、レンダリングによって課される計算負荷を低減させるための方法を提供するが、全体的レンダリングプロセスのレンダリング（ディザリング）ステップおよび他のステップは、依然として、デバイス計算処理システムに大きな負荷を課し得る。

30

【0019】

画像レンダリングのために要求される計算能力の増加は、いくつかの用途では電気泳動ディスプレイの利点を減退させる。特に、デバイスを製造する費用は、マスタコントローラが複雑なレンダリングアルゴリズムを実施するように構成されるときに、デバイス電力消費量と同様に増加する。さらに、コントローラによって生成される余剰な熱は、熱管理を要求する。故に、少なくともある場合には、例えば、超高解像度画像または多数の画像が短時間にレンダリングされる必要があるとき、電気泳動デバイス自体の外へレンダリング計算の多くを移動させることが望ましくあり得る。

40

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0020】

発明の概要

【0021】

故に、一側面では、本発明は、カラー画像を生成するためのシステムを提供する。本システムは、ピクセルと、原色のパレットを含む色域とを有する、電気光学ディスプレイと、電気光学ディスプレイと通信するプロセッサとを含む。プロセッサは、以下のステップ、

50

すなわち、a) 電気光学ディスプレイ上に表示される画像の第1および第2のピクセルの色を表す、入力値の第1および第2のセットを受信するステップと、b) 入力値の第1のセットを入力値の第1の修正セットと同等と見なすステップと、c) 色域上に入力値の第1の修正セットを投影し、ステップbで生成される入力値の第1の修正セットが色域外にあるときに、入力値の第1の投影された修正セットを生成するステップと、d) ステップbからの入力値の第1の修正セットまたはステップcからの入力値の第1の投影された修正セットを、パレットの原色に対応する原色値のセットと比較し、最小誤差を伴う原色に対応する原色値のセットを選択し、それによって、第1の最良原色値セットを定義し、第1のピクセルの色として第1の最良原色値セットを出力するステップと、e) パレット内の第1の最良原色値セットを、ステップbからの入力値の第1の修正セットまたはステップcからの入力値の第1の投影された修正セットと置換し、修正されたパレットを生成するステップと、f) ステップbからの入力値の第1の修正セットまたはステップcからの入力値の第1の投影された修正セットとステップeからの第1の最良原色値セットとの間の差を計算し、第1の誤差値を導出するステップと、g) 入力値の第2のセットに第1の誤差値を追加し、入力値の第2の修正セットを作成するステップと、h) 色域上に入力値の第2の修正セットを投影し、ステップgで生成される入力値の第2の修正セットが色域外にあるときに、入力値の第2の投影された修正セットを生成するステップと、i) ステップgからの入力値の第2の修正セットまたはステップhからの入力値の第2の投影された修正セットを、修正されたパレットの原色に対応する原色値のセットと比較し、最小誤差を伴う修正されたパレットからの原色に対応する原色値のセットを選択し、それによって、第2の最良原色値セットを定義し、第2のピクセルの色として第2の最良原色値セットを出力するステップとを実施することによって、電気光学デバイスのためのカラー画像をレンダリングするように構成される。いくつかの実施形態では、プロセッサは、加えて、j) 修正されたパレット内の第2の最良原色値セットを、ステップgからの入力値の第2の修正セットまたはステップhからの入力値の第2の投影された修正セットと置換し、第2の修正されたパレットを生成する。プロセッサは、個別のピクセルのための最良の原色値を電気光学ディスプレイのコントローラに引き渡すように構成され、それにより、これらの色は、電気光学ディスプレイの個別のピクセルにおいて示される。

【0022】

別の側面では、本発明は、原色のパレットから導出される色域を有する出力デバイス上でカラー画像をレンダリングする方法であって、該方法は、

- a. レンダリングされる画像のピクセルの色をそれぞれ表す、一連の入力値を受信するステップと、
 - b. 第1の入力値後の入力値毎に、修正入力値を生成するように前もって処理される少なくとも1つの入力値から導出される誤差値を入力値に追加するステップと、
 - c. ステップbで生成される修正入力値が色域外である場合、色域上に修正入力値を投影し、投影された修正入力値を生成するステップと、
 - d. 第1の入力値後の入力値毎に、パレットを修正し、前もって処理される少なくとも1つのピクセルの出力値eの効果をもたらし、それによって、修正されたパレットを生成するステップと、
 - e. ステップbからの修正入力値またはステップcからの投影された修正入力値を、修正されたパレット内の原色と比較し、最小誤差を伴う原色を選択し、処理されている入力値に対応するピクセルの色値として本原色を出力するステップと、
 - f. ステップeで使用される修正または投影された修正入力値とステップeからの原色出力との間の差を計算して、誤差値を導出し、少なくとも1つの以降で処理される入力値に関してステップbに入力される誤差値として、本誤差値の少なくとも一部を使用するステップと、
 - g. 少なくとも1つの以降で処理される入力値のステップdで、ステップeからの原色出力値を使用するステップと、
- を含む、方法を提供する。

【 0 0 2 3 】

本発明の方法はさらに、本方法で使用される色域を有するディスプレイデバイス上に、画像として原色出力の少なくとも一部を表示するステップを含んでもよい。

【 0 0 2 4 】

本方法の一形態では、ステップ c における投影は、ノミナル色域上への線形 RGB 色空間内の一定の明度および色相の線に沿って達成される。ステップ e における比較（「量子化」）は、線形 RGB 空間内で最小ユークリッド距離量子化器を使用して達成されてもよい。代替として、比較は、前述の出願第 15 / 5 9 2 , 5 1 5 号に説明されるような重心閾値化（最大重心座標と関連付けられる原色を選定すること）によって達成されてもよい。しかしながら、重心閾値化が採用される場合、本方法のステップ c で使用される色域は、重心閾値化が予測不可能かつ不安定な結果を生じないように、本方法のステップ e で使用される修正されたパレットのものであるべきである。

10

【 0 0 2 5 】

本方法の一形態では、入力値は、ピクセルのラスタスキャンに対応する順序で処理され、ステップ d では、パレットの修正は、処理されている入力値に対応するピクセルとエッジを共有する、前もって処理された行内のピクセルに対応する出力値、および処理されている入力値に対応するピクセルとエッジを共有する、同一の行内の前もって処理されたピクセルを可能にする。

【 0 0 2 6 】

重心量子化を使用する本方法の変形例は、以下のように要約され得る。

20

- 1 . ドローネー三角分割法を使用して、色域を 4 面体に分割する
- 2 . デバイス色域の凸包を決定する
- 3 . 色域凸包の外側の色に関して、
 - a . ある線に沿った色域境界上に戻るよう投影する
 - b . 色空間を備える 4 面体とのその線の交差を算出する
 - c . 色および関連付けられる重心重みを封入する 4 面体を見出す
 - d . 最大重心重みを有する 4 面体頂点によって、ディザリングされた色を決定する
- 4 . 凸包の内側の色に関して、
 - a . 色および関連付けられる重心重みを封入する 4 面体を見出す
 - b . 最大重心重みを有する 4 面体頂点によって、ディザリングされた色を決定する

30

【 0 0 2 7 】

しかしながら、本方法の本変形例は、ドローネー三角分割法および色空間の凸包の両方が計算されることを要求するという不利点を有し、これらの計算は、現在の技術では、変形例が実践では独立型プロセッサ上で使用することが不可能である限り、広範な計算要求を行う。さらに、画質は、色域包の内側で重心量子化を使用することによって損なわれる。故に、計算的により効率的であり、色域包外の色に使用される投影方法および色域包内の色に使用される量子化方法の両方の選定によって、改良された画質を呈する、本方法のさらなる変形例の必要性がある。

【 0 0 2 8 】

上記と同一のフォーマットを使用して、本発明の方法の本さらなる変形例（以降では「三角形重心」または「TB」方法と使用され得る）は、以下のように要約され得る。

40

- 1 . デバイス色域の凸包を決定する
- 2 . 色域凸包の外側の色（EMIC）に関して、
 - a . ある線に沿った色域境界上に戻るよう投影する
 - b . 色域の表面を構成する三角形とその線の交差を算出する
 - c . 色および関連付けられる重心重みを封入する三角形を見出す
 - d . 最大重心重みを有する三角形の頂点によって、ディザリングされた色を決定する
- 3 . 凸包の内側の色（EMIC）に関して、原色から「最も近い」原色を決定し、「最も近い」は、色空間内のユークリッド距離として計算され、ディザリングされた色として最も近い原色を使用する。

50

【 0 0 2 9 】

換言すると、本方法の三角形重心変形例は、色域の表面との投影の交差を算出することによって、本方法のステップ c を達成し、次いで、E M I C (ステップ b の生成物) が色域の内側であるかまたは外側であるかに応じて、2 つの異なる方法でステップ e を達成する。E M I C が色域外である場合、前述の交差を封入する三角形が決定され、本三角形の頂点毎に重心重みが決定され、ステップ e からの出力は、最大重心重みを有する三角形の頂点である。しかしながら、E M I C が色域内である場合、ステップ e からの出力は、ユークリッド距離によって計算される最も近い原色である。

【 0 0 3 0 】

先述の概要から分かり得るように、T B 方法は、E M I C が色域の内側であるかまたは外側であるかに応じて、異なるディザリング方法を使用することによって、前述で議論された本方法の変形例と異なる。E M I C が色域の内側である場合、最近傍方法が、ディザリングされた色を見出すために使用される。これは、ディザリングされた色が、以前の重心量子化方法のように、単純に封入 4 面体を構成する 4 原色からではなく、任意の原色から選定されることができると、画質を改良する。(原色が、多くの場合、高度に不規則な様式で分配されるため、最近傍は、多分、封入 4 面体の頂点ではない原色であろうことに留意されたい。)

10

【 0 0 3 1 】

一方で、E M I C が色域外である場合、ある線が色域の凸包に交差するまで、投影が線に沿って戻るように達成される。色空間のドロナー三角分割法ではなく、凸包との交差のみが考慮されるため、凸包を備える三角形との投影線の交差を算出する必要のみがある。これは、本方法の計算負担を実質的に低減させ、色域境界上の色が、ここで、最大でも 3 つのディザリングされた色によって表されることを確実にする。

20

【 0 0 3 2 】

T B 方法は、好ましくは、色域上への投影が E M I C 色相角を保つと保証されるように、反対タイプ色空間内で行われ、これは、第 2 9 1 号方法と比べて改良を表す。また、最良の結果のために、(色域内にある E M I C のための最近傍を識別するための)ユークリッド距離の計算は、知覚的に関連する色空間を使用して計算されるはずである。(非線形)マンセル色空間の使用が望ましいと考えられ得るが、線形ブルーミングモデル、ピクセル値、およびノミナル原色の要求される変換は、不必要な複雑性を追加する。代わりに、明度 L および 2 つの色彩成分 (O 1、O 2) が独立している、反対タイプ空間への線形変換を実施することによって、優れた結果が取得されることができ。線形 R G B 空間からの線形変換は、以下によって求められる。

30

【 化 3 】

$$\begin{bmatrix} L \\ O_1 \\ O_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5774 & 0.5774 & 0.5774 \\ -0.5774 & 0.7887 & -0.2113 \\ -0.5774 & -0.2113 & 0.7887 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

【 0 0 3 3 】

本実施形態では、それに沿って投影がステップ 2 (a) で達成される線は、入力色 u および V_y を接続する線として定義されることができ。

40

【 化 4 】

$$V_y = w + \alpha(w - b) \quad (2)$$

w、b は、反対空間内の個別の白色点および黒色点である。スカラー α は、以下から見出され、

50

【化5】

$$\alpha = \frac{u_L - b_L}{w_L - b_L} \quad (3)$$

式中、下付き文字Lは、明度成分を指す。換言すると、使用される投影線は、同一の明度を有するアクロマティック軸上の点にEMICを接続するものである。色空間が適切に選定される場合、本投影は、元の色の色相角を保ち、反対色空間は、本要件を満たす。

【0034】

しかしながら、TB方法(方程式(4)-(18))を参照して下記に説明される)の現在好ましい実施形態は、依然として、いくつかの画像アーチファクトを残すことが、経験的に見出されている。典型的には、「ワーム」と称される、これらのアーチファクトは、TB方法等の誤差拡散方式に固有の誤差累積プロセスによって導入される水平または垂直構造を有する。これらのアーチファクトは、原色出力色を選定するプロセスに少量のノイズを追加すること(いわゆる「閾値変調」)によって除去されることができ、これは、許容できないほど粒子の粗い画像をもたらす得る。

10

【0035】

上記で説明されるように、TB方法は、EMICが色域凸包の内側にあるかまたは外側にあるかに応じて異なる、ディザリングアルゴリズムを使用する。残りのアーチファクトの大部分は、選定されたディザリング色が、投影された色を封入する三角形の頂点と関連付けられる3つのうちの1つのみであり得るため、凸包外のEMICのための重心量子化から生じる。結果として生じるディザリングパターンの相違は、故に、凸包内のEMICに関するよりもはるかに大きく、ディザリングされた色は、通常、実質的に数が3を上回る、原色のうちのいずれか1つから選定されることができ得る。

20

【0036】

故に、本発明は、残りのディザリングアーチファクトを低減または排除するためのTB方法のさらなる変形例を提供する。これは、知覚的に好ましいノイズ性質を有するように特別に設計されるブルーノイズマスクを使用して、凸包外のEMICのためのディザリング色の選択肢を変調させることによって達成される。本さらなる変形例は、以降では、便宜上、本発明の方法の「ブルーノイズ三角形重心」または「BNTB」変形例と称され得る。

30

【0037】

したがって、本発明はまた、本発明の方法も提供し、ステップcは、色域の表面との投影の交差を算出することによって達成され、ステップeは、(i)ステップbの出力が色域外である場合、前述の交差を封入する三角形が決定され、本三角形の頂点毎の重心重みが決定され、このようにして計算される重心重みが、ピクセル場所におけるブルーノイズマスクの値と比較され、ステップeからの出力が、重心重みの累積和がマスク値を超える、三角形の頂点の色であること、または(ii)ステップbの出力が色域内である場合、ステップeからの出力がユークリッド距離によって計算される最も近い原色であることによって、達成される。

【0038】

本質的に、BNTB変形例は、凸包の内側のEMICのためのディザリング色の選択肢を不変のままにしながら、凸包の外側のEMICのためのディザリング色の選択肢に閾値変調を適用する。ブルーノイズマスクの使用以外の閾値変調技法が、有用であり得る。故に、以下の説明は、凸包外のEMICの処理の変化に集中し、本方法における他のステップの詳細に関して、読者に先行する議論を参照させるであろう。ブルーノイズマスクを用いた閾値変調の導入は、TB方法において可視的な画像アーチファクトを除去し、優れた画質をもたらすことが見出されている。

40

【0039】

本方法で使用されるブルーノイズマスクは、Mitsa, T., and Parker, K. J., "Digital halftoning technique using a

50

blue-noise mask, " J. Opt. Soc. Am. A, 9 (1 1), 1 9 2 0 (November 1 9 9 2)、特に、その図 1 に説明されるタイプであってもよい。

【 0 0 4 0 】

BNTB方法は、TBを用いると被られるディザリングアーチファクトを有意に低減させるが、ディザパターンの中のいくつかは、依然として、かなり粒子が粗く、皮膚の色調で見出されるような特定の色は、ディザリングプロセスによって歪曲されることが経験的に見出されている。これは、色域境界外にあるEMICに重心技法を使用することの直接的結果である。重心方法は、最大でも3原色の選択肢のみを可能にするため、ディザパターン相違が高く、これは、可視アーチファクトとして現れる。さらに、原色の選択肢が本質的に制限されるため、いくつかの色は、人工的に飽和状態になる。これは、上記の方程式(2)および(3)によって定義される投影演算子の色相留保性質を損なうという影響を及ぼす。

10

【 0 0 4 1 】

故に、本発明の方法のさらなる変形例は、残りのディザリングアーチファクトを低減または排除するためのTB方法をさらに修正する。これは、重心量子化の使用を完全に放棄し、色域境界色のみを使用する最近傍アプローチによって、凸包外のEMICに使用される投影された色を量子化することによって、達成される。本方法の本変形例は、以降では、便宜上、「最近傍色域境界色」または「NNGBC」変形例と称され得る。

【 0 0 4 2 】

したがって、NNGBC変形例では、本発明の方法のステップcは、色域の表面との投影の交差を算出することによって達成され、ステップeは、(i)ステップbの出力が色域外である場合、前述の交差を封入する三角形が決定され、凸包上に位置する原色が決定され、ステップeからの出力がユークリッド距離によって計算される凸包上に位置する最も近い原色であること、または(ii)ステップbの出力が色域内である場合、ステップeからの出力がユークリッド距離によって計算される最も近い原色であることによって、達成される。

20

【 0 0 4 3 】

本質的に、NNGBC変形例は、前者の場合に、全ての原色が利用可能である一方で、後者の場合に、凸包上の原色のみが利用可能であることを除いて、色域内の色および色域外の色の投影の両方に「最近傍」量子化を適用する。

30

【 0 0 4 4 】

本発明のレンダリング方法で使用される誤差拡散は、ディスプレイ内の欠陥ピクセル、例えば、適切な波形が繰り返し印加されるときに色を変化させることを拒否するピクセルを低減または排除するために使用されることが見出されている。本質的に、これは、欠陥ピクセルを検出し、次いで、通常の色出力選択をオーバーライドし、欠陥ピクセル毎の出力を、欠陥ピクセルが実際に呈する出力色に設定することによって、達成される。通常、選択された出力原色と関連ピクセルにおける画像の色との間の差に作用する、本レンダリング方法の誤差拡散特徴は、欠陥ピクセルの場合、欠陥ピクセルの実際の色と関連ピクセルにおける画像の色との間の差に作用し、通常の方法で本差を隣接するピクセルに広めるであろう。本欠陥隠蔽技法は、欠陥ピクセルの視覚影響を大いに低減させることが見出されている。

40

【 0 0 4 5 】

故に、本発明はまた、すでに説明されているレンダリング方法の変形例(以降では、便宜上、「欠陥ピクセル隠蔽」または「DPH」変形例と称される)も提供し、これは、(i)正しく切り替わることができないディスプレイのピクセルを識別し、そのような欠陥ピクセルによって提示される色を識別するステップと、(ii)各欠陥ピクセルの場合、ステップeから、欠陥ピクセルによって実際に提示される色(または本色の少なくともある近似値)を出力するステップと、(iii)各欠陥ピクセルの場合、ステップfでは、修正または投影された修正入力値と欠陥ピクセルによって実際に提示される色(または本色の少なくともある近似値)との間

50

の差を計算するステップと、
を含む。

【 0 0 4 6 】

本発明の方法は、画像がレンダリングされているデバイスの色域の正確な知識に依拠することが明白であろう。下記でさらに詳細に議論されるように、誤差拡散アルゴリズムは、実現されることができない入力画像内の色につながり得る。ノミナル色域上に戻るように誤差修正された入力値を投影し、誤差値の増大を抑制することによって、色域外入力色に対処する、本発明の T B、B N T B、および N N G B C 方法のいくつかの変形例等の方法は、ノミナル色域と実現可能な色域との間のわずかな差にも十分に有効であり得る。しかしながら、大きな差に関して、視覚的に目障りなパターンおよび色偏移が、ディザリング

10

【 0 0 4 7 】

したがって、本発明のさらなる側面（本明細書では、便宜上、本発明の「色域描写」または「G D」方法と称され得る）は、達成可能な色域の推定値を提供する。

【 0 0 4 8 】

達成可能な色域を推定するための G D 方法は、5つのステップ、すなわち、（1）試験パターンを測定し、隣接する原色の間のクロストークについての情報を導出するステップと、（2）ステップ（1）からの測定を、原色の任意のパターンの表示色を予測するブルーミングモデルに変換するステップと、（3）ステップ（2）で導出されるブルーミングモデルを使用して、原色の凸包上に色を生成するために通常使用されるであろうパターンの実際の表示色（すなわち、ノミナル色域表面）を予測するステップと、（4）ステップ（3）で行われる予測を使用して、実現可能な色域表面を記述するステップと、（5）入力（ソース）色をデバイス色にマップする色レンダリングプロセスの色域マッピング段階において、ステップ（4）で導出される実現可能な色域表面モデルを使用するステップとを含んでもよい。

20

【 0 0 4 9 】

G D プロセスのステップ（5）の色レンダリングプロセスは、本発明の任意の色レンダリングプロセスであってもよい。

30

【 0 0 5 0 】

前述で説明された色レンダリング方法は、カラーディスプレイ、特に、カラー電気泳動ディスプレイ上にカラー画像をレンダリングするための全体的なレンダリングプロセスの一部のみ（典型的には最終部分）を形成し得ると理解されたい。特に、本発明の方法は、（i）ガンマ補正動作、（ii）HDRタイプ処理、（iii）色相補正、および（iv）色域マッピングによって、本順序で先行されてもよい。同一の一連の動作が、本発明のもの以外のディザリング方法と併用されてもよい。本全体的レンダリングプロセスは、以降では、便宜上、本発明の「ガンマ補正 / HDR / 色相 / 色域マッピング」または「D H H G」方法と称され得る。

【 0 0 5 1 】

本発明のさらなる側面は、デバイス自体の外へレンダリング計算の多くを移動させることによって、電気泳動デバイスへの過剰な計算要求によって引き起こされる前述の問題への解決策を提供する。本発明の本側面によるシステムを使用して、デバイス自体の上の通信、最小限の画像キャッシング、およびディスプレイドライバ機能性のためのリソースのみを要求しながら、電子ペーパー上で高品質画像を提供することが可能である。したがって、本発明は、ディスプレイの費用および体積を大いに削減する。さらに、クラウドコンピューティングおよび無線ネットワークの普及は、本発明のシステムがユーティリティおよびインフラストラクチャの最小限のアップグレードを伴って広く展開されることを可能にする。

40

【 0 0 5 2 】

50

故に、本発明のさらなる側面は、環境条件センサを備える、電気光学ディスプレイと、ネットワークを介して電気光学ディスプレイに接続される、遠隔プロセッサであって、画像データを受信し、ネットワークを介してセンサから環境条件データを受信し、受信された環境条件データの下で電気光学ディスプレイ上に表示するために画像データをレンダリングし、それによって、レンダリングされた画像データを作成し、ネットワークを介してレンダリングされた画像データを電気光学ディスプレイに伝送するように構成される、遠隔プロセッサとを含む、画像レンダリングシステムを提供する。

【0053】

本発明の本側面（下記で議論される付加的画像レンダリングシステムおよびドッキングステーションを含む）は、以降では、便宜上、「遠隔画像レンダリングシステム」または「RIRS」と称され得る。電気光学ディスプレイは、流体中に配置され、流体への電場の印加に応じて流体を通して移動することが可能な荷電粒子を含む電気泳動ディスプレイ材料の層を備えてもよく、電気泳動ディスプレイ材料は、第1の電極と第2の電極との間に配置され、電極のうちの少なくとも1つは、光透過性である。電気泳動ディスプレイ材料は、異なる色を有する4つのタイプの荷電粒子を含んでもよい。

10

【0054】

本発明はさらに、全てネットワークを介して接続される、電気光学ディスプレイと、ローカルホストと、遠隔プロセッサとを含む、画像レンダリングシステムであって、ローカルホストは、環境条件センサを備え、ネットワークを介して環境条件データを遠隔プロセッサに提供するように構成され、遠隔プロセッサは、画像データを受信し、ネットワークを介してローカルホストから環境条件データを受信し、受信された環境条件データの下で電子ペーパーディスプレイ上に表示するために画像データをレンダリングし、それによって、レンダリングされた画像データを作成し、レンダリングされた画像データを伝送するように構成される、画像レンダリングシステムを提供する。環境条件データは、温度、湿度、ディスプレイに入射する光の光度、およびディスプレイに入射する光の色スペクトルを含んでもよい。

20

【0055】

上記の画像レンダリングシステムのうちのいずれかでは、電気光学ディスプレイは、荷電粒子を含む電気泳動ディスプレイ材料の層を備えてもよく、該荷電粒子は、流体中に配置され、流体への電場の印加に応じて流体を通して移動することが可能であり、電気泳動ディスプレイ材料は、第1の電極と第2の電極との間に配置され、電極のうちの少なくとも1つは、光透過性である。加えて、上記のシステムでは、ローカルホストは、画像データを遠隔プロセッサに伝送してもよい。

30

【0056】

本発明はまた、電気光学ディスプレイと結合するためのインターフェースを備える、ドッキングステーションであって、ネットワークを介してレンダリングされた画像データを受信し、ドッキングステーションに結合される電気光学ディスプレイ上の画像を更新するように構成される、ドッキングステーションも提供する。本ドッキングステーションはさらに、ドッキングステーションに結合される電気光学ディスプレイに複数の電圧を提供するように配列される、電力供給源を備えてもよい。

40

【図面の簡単な説明】

【0057】

図面の簡単な説明

【0058】

【図1】 既述のように、付随する図面の図1は、前述のPappas論文に説明される従来技術の誤差拡散方法の概略フロー図である。

【0059】

【図2】 図2は、本発明の方法を図示する、概略フロー図である。

【0060】

【図3】 図3は、本発明のBNTB変形例で使用され得る、ブルーノイズマスクを図示す

50

る。

【0061】

【図4】図4は、本発明のTB方法を使用して処理される画像を図示し、存在するワーム欠陥を図示する。

【0062】

【図5】図5は、ワーム欠陥が存在しない、図4と同一であるが、BNTB方法を使用して処理される画像を図示する。

【0063】

【図6】図6は、図4および5と同一であるが、本発明のNNGBC方法を使用して処理される画像を図示する。

【0064】

【図7】図7は、凹面を呈する色域モデルの実施例である。

【0065】

【図8】図8Aおよび8Bは、ソースおよび目的色域との所与の色相角における平面の交差を図示する。

【0066】

【図9】図9は、ソースおよび目的色域境界を図示する。

【0067】

【図10】図10Aおよび10Bは、本発明による、膨張/収縮動作後に取得される平滑化された目的色域を図示する。

【0068】

【図11】図11は、本発明による、電気泳動ディスプレイのための全体的カラー画像レンダリング方法の概略フロー図である。

【0069】

【図12】図12は、入力色域3組(R, G, B)および出力色域3組(R', G', B')のための一連のサンプル点の図式的表現である。

【0070】

【図13】図13は、6つの四面体への単位立方体の分解の説明図である。

【0071】

【図14】図14は、電気泳動媒体中の種々の粒子の位置を示す概略断面図であり、これは、本発明の方法によって駆動され得、本発明のレンダリングシステムで使用され得、該電気泳動媒体は、黒色、白色、3つの減法原色、および3つの加法原色を表示するときに図示される。

【0072】

【図15】図15は、例示的カラー状態に図14の4色電気泳動媒体を駆動するために使用され得る、波形を図示する。

【0073】

【図16】図16は、それによって電気光学ディスプレイが遠隔プロセッサと相互作用する、本発明の遠隔画像レンダリングシステムを図示する。

【0074】

【図17】図17は、それによって電気光学ディスプレイが遠隔プロセッサおよびローカルホストと相互作用する、本発明のRIRSを図示する。

【0075】

【図18】図18は、それによって電気光学ディスプレイがドッキングステーションを介して遠隔プロセッサと相互作用する本発明のRIRSを図示しており、これは、ローカルホストとしても作用し得、そして、電気光学ディスプレイを充電し、それを更新させてレンダリングされた画像データを表示するための電力供給源を含み得る。

【0076】

【図19】図19は、種々の付加的構成要素を含む、本発明のより精巧なRIRSのブロック図である。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 7 】

【 図 2 0 A 】 図 2 0 A は、暗い色の欠陥を示す、結像されたディスプレイの写真である。

【 0 0 7 8 】

【 図 2 0 B 】 図 2 0 B は、暗い色の欠陥のうちのいくつかを示す、図 2 0 A のディスプレイの一部の接近図である。

【 0 0 7 9 】

【 図 2 0 C 】 図 2 0 C は、図 2 0 A に類似するが、本発明の誤差拡散方法によって補正される画像を伴う写真である。

【 0 0 8 0 】

【 図 2 0 D 】 図 2 0 D は、図 2 0 B のものに類似するが、図 2 0 C の画像の一部を示す、接近図である。

10

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 8 1 】

詳細な説明

【 0 0 8 2 】

本発明の方法の好ましい実施形態は、図 1 に関連する概略フロー図である、付随する図面の図 2 に図示される。図 1 に図示される従来技術の方法のように、図 2 に図示される方法は、入力 1 0 2 から開始し、そこで、色値 x_i, j がプロセッサ 1 0 4 にフィードされ、それらは、以降では「誤差修正された入力色」または「EMIC」と称され得る、修正された入力 u_i, j を生成するように、誤差フィルタ 1 0 6 の出力に追加される。修正された入力 u_i, j は、色域プロジェクタ 2 0 6 にフィードされる。(画像処理の当業者に容易に明白であろうように、色入力値 x_i, j は、ガンマ補正、周囲照明色(特に反射出力デバイスの場合)、画像が視認される部屋の背景色等を可能にするように前もって修正されている場合がある。)

20

【 0 0 8 3 】

前述の P a p p a s の論文で記述されるように、モデルベースの誤差拡散における 1 つの周知の問題は、入力画像が、原色の(理論的)凸包(すなわち、色域)内にあると仮定されるが、実際の実現可能な色域が、おそらく、ドット重複による色域の損失に起因してより小さいため、プロセスが不安定になり得ることである。したがって、誤差拡散アルゴリズムは、実際には実践で達成されることができない色を達成しようとし得、誤差は、各連続「補正」とともに増大し続ける。本問題は、誤差を切り取る、または別様に限定することによって阻止されるが、これは、他の誤差につながることを示唆されている。

30

【 0 0 8 4 】

本方法は、同一の問題を被る。理想的な解決策は、誤差拡散アルゴリズムが、常に、その標的色を達成し得るように、ソース画像の色域マッピングを実施するときに、達成可能な色域のより良好な非凸推定値を有することであろう。モデル自体からこれを概算する、またはそれを経験的に決定することが可能であり得る。しかしながら、補正方法のうちのいずれも完璧ではなく、故に、色域投影ブロック(色域プロジェクタ 2 0 6)が、本方法の好ましい実施形態に含まれる。本色域プロジェクタ 2 0 6 は、前述の出願第 1 5 / 5 9 2 , 5 1 5 号で提案されるものに類似するが、異なる目的を果たす。本方法では、色域プロジェクタは、従来技術のように、誤差を切断するよりも自然な方法であるが、誤差を有界に保つために使用される。代わりに、誤差修正された画像は、継続的にノミナル色域境界まで切り取られる。

40

【 0 0 8 5 】

色域プロジェクタ 2 0 6 は、入力値 x_i, j がシステムの色域内にあるとしても、修正された入力 u_i, j がない場合がある、すなわち、誤差フィルタ 1 0 6 によって導入される誤差補正が修正された入力 u_i, j をシステムの色域の外側に出し得るという可能性に対処するように提供される。そのような場合において、本方法において以降で達成される量子化は、システムの色域外にある色値の適切な誤差信号を生成することが可能ではないため、不安定な結果を生成し得る。本問題の他の方法が想定されることができ、安定し

50

た結果を生じることが見出されている唯一のものは、さらなる処理の前にシステムの色域上に修正された値 $u_{i,j}$ を投影することである。本投影は、多数の方法で行われることができる。例えば、投影は、一定の明度および色相に沿った中立軸に向かって達成され、したがって、飽和を犠牲にしてクロミナンスおよび色相を保ち得る。 $L^*a^*b^*$ 色空間では、これは、 a^*b^* 面と平行な L^* 軸に向かって半径方向内向きに移動することに対応するが、他の色空間では、あまり真っ直ぐではないであろう。本方法の現在好ましい形態では、投影は、ノミナル色域上へ線形 RGB 色空間内の一定の明度および色相の線に沿っている。(しかし、重心閾値化の使用等の特定の場合において、本色域を修正する必要性に関して下記を参照されたい。) より良好かつより厳密な投影方法が、可能である。最初は、誤差値 $e_{i,j}$ (下記に説明されるように計算される) が、投影された入力 (図 2 では $u'_{i,j}$ と指定される) ではなく、元の修正された入力 $u_{i,j}$ を使用して計算されるべきであると考えられ得るが、元の修正された入力を使用することが、誤差値が制限なく増加し得る不安定な方法をもたらし得るため、実際には、投影された入力が誤差値を決定するために使用されることに留意されたい。

10

【0086】

修正された入力値 $u'_{i,j}$ は、原色のセットも受信する量子化器 208 にフィードされ、量子化器 208 は、それぞれを選定することが誤差に及ぼすであろう影響に関して原色を調査し、量子化器は、選定される場合、(あるメトリックによって) 最少誤差を伴う原色を選定する。しかしながら、本方法では、量子化器 208 にフィードされる原色は、システムの天然原色 $\{P_k\}$ ではないが、少なくともいくつかの隣接ピクセルの色を可能にする、原色の調節されたセット $\{P \sim k\}$ であり、ピクセルへのそれらの影響は、ブルーミングまたは他のピクセル間相互作用により量子化される。

20

【0087】

本発明の方法の現在好ましい実施形態は、標準フロイド・スタインバーグ誤差フィルタを使用し、ラスタ順でピクセルを処理する。従来のように、ディスプレイが上から下および左から右に処理されると仮定すると、ブルーミングまたは他のピクセル間効果を算出すると見なされているピクセルの上方および左の基本隣接物を使用することが論理的である。なぜなら、これらの 2 つの隣接ピクセルがすでに決定されているからである。このようにして、隣接するピクセルによって引き起こされる全てのモデル化された誤差が考慮される。なぜなら、右および下方の隣接クロストークが、これらの隣接物が来訪されるときに考慮されるからである。モデルが上方および左の隣接物のみを考慮する場合、原色の調節されたセットは、これらの隣接物の状態および考慮中の原色に応じたものでなければならない。最も単純なアプローチは、ブルーミングモデルが加法的である、すなわち、左の隣接物に起因する色偏移および上方の隣接物に起因する色偏移が、独立していて加法的であると仮定することである。この場合、決定される必要がある「N 個から 2 個を選ぶ組み合わせ」($N^*(N-1)/2$ に等しい) モデルパラメータ (色偏移) のみが存在する。N = 64 以下に関して、これらは、測定から理想的混合法値を減算することによって、これら全ての可能性として考えられる原色ペアのチェッカーボードパターンの比色測定から推定されることができる。

30

【0088】

具体的実施例を挙げると、32 原色を有するディスプレイの場合を考慮されたい。上方および左の隣接物のみが考慮される場合、32 原色に関して、所与のピクセルのための原色の 496 の可能性として考えられる隣接するセットが存在する。モデルが線形であるため、両方の隣接物の加法効果が、多くのオーバーヘッドを伴わずに実行時間中に生成され得るため、これら 496 の色偏移のみが記憶される必要がある。したがって、例えば、未調節の原色セットが ($P_1 \dots P_{32}$) を備え、現在の上および左の隣接物が P_4 および P_7 である場合、修正された原色 ($P \sim 1 \dots P \sim 32$)、すなわち、量子化器にフィードされる調節された原色は、以下によって求められる。

40

50

【化6】

$$P_{\sim 1} = P_1 + dP_{(1,4)} + dP_{(1,7)}$$

.....

$$P_{\sim 32} = P_{32} + dP_{(32,4)} + dP_{(32,7)}$$

式中、 $dP(i, j)$ は、色偏移テーブル内の経験的に決定される値である。

【0089】

より複雑なピクセル間相互作用モデル、例えば、非線形モデル、角（対角）隣接物を考慮するモデル、またはその隣接物のうちのより多くが把握されるにつれて各ピクセルにおける色偏移が更新される、非因果的近傍を使用するモデルが、当然ながら可能である。

10

【0090】

量子化器208は、調節された入力 $u'_{i, j}$ を調節された原色 $\{P_{\sim k}\}$ と比較し、最も適切な原色 $y_{i, k}$ を出力に出力する。適切な原色を選択する任意の適切な方法、例えば、線形RGB空間内の最小ユークリッド距離量子化器が、使用されてもよく、これは、いくつかの代替的方法よりも少ない計算能力を要求するという利点を有する。代替として、量子化器208は、前述の出願第15/592,515号に説明されるような重心閾値化（最大重心座標と関連付けられる原色を選定すること）を達成してもよい。しかしながら、重心閾値化が採用される場合、調節された原色 $\{P_{\sim k}\}$ は、量子化器208だけではなく（図2の破線によって示されるように）色域プロジェクタ206にも供給されなければならない。また、本色域プロジェクタ206は、未調節の原色 $\{P_k\}$ によって定義される色域ではなく、調節された原色 $\{P_{\sim k}\}$ によって定義される色域上に投影することによって、修正された入力値 $u'_{i, j}$ を生成しなければならないことに留意されたい。なぜなら、量子化器208にフィードされる調節された入力 $u'_{i, j}$ が、調節された原色 $\{P_{\sim k}\}$ によって定義される色域外、したがって、重心閾値化のために利用可能な全ての可能性として考えられる四面体外の色を表す場合に、重心閾値化が高度に予測不可能かつ不安定な結果を生じるであろうからである。

20

【0091】

量子化器208からの $y_{i, k}$ 出力値は、出力だけではなく近傍バッファ210にもフィードされ、そこで、以降で処理されるピクセルのための調節された色を生成する際に使用するために記憶される。修正された入力 $u'_{i, j}$ 値および出力 $y_{i, j}$ 値は両方とも、プロセッサ212に供給され、これは、以下を計算し、

30

【化7】

$$e_{ij} = u'_{ij} - y_{ij}$$

図1を参照して上記で説明されるものと同じの方法で、本誤差信号を誤差フィルタ106上にパスする。

【0092】

TB方法

【0093】

上記に示されるように、本方法のTB変形例は、以下のように要約され得る。

40

1. デバイス色域の凸包を決定する
2. 色域凸包の外側の色（EMIC）に関して、
 - a. ある線に沿った色域境界上に戻るように投影する
 - b. 色域の表面を構成する三角形とその線の交差を算出する
 - c. 色および関連付けられる重心重みを封入する三角形を見出す
 - d. 最大重心重みを有する三角形の頂点によって、ディザリングされた色を決定する
3. 凸包の内側の色（EMIC）に関して、原色から「最も近い」原色を決定し、「最も近い」は、色空間内のユークリッド距離として計算され、ディザリングされた色として最も近い原色を使用する。

50

【 0 0 9 4 】

説明される具体的方法の多数の変形例が、デジタル撮像技術の当業者に容易に明白であるうため、例証のみとしてであるが、計算的に効率的なハードウェアで扱いやすい本3ステップアルゴリズムを実装するための好ましい方法が、ここで説明される。

【 0 0 9 5 】

既述のように、アルゴリズムのステップ1は、EMIC（以降ではuと表される）が色域の凸包の内側であるかまたは外側であるかを決定することである。本目的のために、ブルーミングモデルによって修正されるノミナル原色のセットPに対応する、調節された原色のセット PP_k を考慮されたい。図2を参照して上記で議論されるように、そのようなモデルは、典型的には、現在の色の左および上方のピクセルにすでに設置されている原色によって決定される、Pへの線形修正から成る。（簡単にするために、TB方法の本議論は、入力値が、従来のラスタスキャン順で、すなわち、ディスプレイ画面の左から右および上から下に処理され、その結果、処理されている任意の入力値に関して、入力値によって表されるピクセルの直ぐ上方および左のピクセルが、すでに処理されているであろう一方で、直ぐ右および下方のピクセルが、処理されていないであろうと仮定するであろう。明白なこととして、他のスキャンパターンは、前もって処理された値の本選択の修正を要求し得る）。また、頂点

10

【 化 8 】

$$(v_k^1, v_k^2, v_k^3)$$

20

および法線ベクトル

【 化 9 】

$$\widehat{n}_k$$

を有する、 PP_k の凸包も考慮されたい。単純な幾何学形状から、以下である場合、点uが凸包外であるということになる。

【 化 1 0 】

$$\widehat{n}_k \cdot (u - v_k^1) < 0, \forall k \quad (4)$$

30

式中、「 \cdot 」は、(ベクトル)ドット積を表し、法線ベクトル

【 化 1 1 】

$$\widehat{n}_k$$

は、内向きに差し示すとして定義される。重要なことに、頂点 v_k および法線ベクトルは、事前算出され、前もって記憶されることができる。さらに、方程式(4)は、以下によって単純な様式で容易にコンピュータ計算されることができる。

40

【 化 1 2 】

$$t'_k = \left(\sum_k \widehat{n}_k \cdot u - \sum_k \widehat{n}_k \cdot v_k^1 \right) < 0, \forall k \quad (5)$$

式中、

【 化 1 3 】

" \circ "

50

は、アダマール（要素×要素）積である。

【化 1 4】

u が凸包外であることが見出された場合、色域表面上に戻るよう u を投影する投影演算子を定義する必要がある。好ましい投影演算子は、上記の方程式（2）および（3）によってすでに定義されている。前述のように、本投影線は、 u および同一の明度を有するアクロマティック軸上の点を接続するものである。本線の方向は、以下であり、

【化 1 4】

$$d = u - V_y \quad (6)$$

10

したがって、投影線の方程式は、以下のように記述されることができ、

【化 1 5】

$$u = V_y + (1 - t)d \quad (7)$$

式中、 $0 \leq t \leq 1$ である。ここで、凸包内の第 k の三角形を考慮し、そのエッジ

【化 1 6】

$$e_k^1 \text{ および } e_k^2$$

20

の観点から、その三角形内のある点 x_k の場所を表す。

【化 1 7】

$$x_k = v_k^1 + e_k^1 p_k + e_k^2 q_k \quad (8)$$

式中、

【化 1 8】

$$e_k^1 = v_k^1 - v_k^2 \text{ および } e_k^2 = v_k^1 - v_k^3 \text{ および } p_k, q_k$$

は、重心座標である。したがって、重心座標（ p_k, q_k ）内の x_k の表現は、以下である。

30

【化 1 9】

$$x_k = v_k^1(1 - p_k - q_k) + v_k^2 p_k + v_k^3 q_k \quad (9)$$

重心座標および線長 t の定義から、線は、以下のとき、かつそのときに限り、凸包内の第 k の三角形を遮る。

【化 2 0】

$$\begin{aligned} 0 &\leq t_k \leq 1 \\ p_k &\geq 0 \\ q_k &\geq 0 \\ p_k + q_k &\leq 1 \end{aligned} \quad (10)$$

40

パラメータ L が以下のように定義される場合、

【化 2 1】

$$L = \widehat{n}_k \cdot d = \sum_k \widehat{n}_k \circ d \quad (11)$$

次いで、距離 t_k は、単純に、以下によって求められる。

50

【化 2 2】

$$t_k = \frac{\widehat{n}_k \cdot (u - v_k)}{L} = \frac{t_k'}{L} \quad (12)$$

したがって、EMICが凸包の内側であるかまたは外側であるかを決定するために、上記の方程式(4)で使用されるパラメータはまた、色から投影線によって遮られる三角形までの距離を決定するために使用されることもできる。

【0097】

重心座標は、計算することがわずかにのみより困難である。単純な幾何学形状から、

【化 2 3】

$$\begin{aligned} p_k &= -\frac{d \cdot p_k'}{L} \\ q_k &= \frac{d \cdot q_k'}{L} \end{aligned} \quad (13)$$

式中、

【化 2 4】

$$\begin{aligned} p_k' &= (u - v_k^1) \times e_k^2 \\ q_k' &= (u - v_k^1) \times e_k^1 \end{aligned} \quad (14)$$

「 \times 」は、(ベクトル)外積である。

【0098】

要約すると、前述で説明された3ステップアルゴリズムの好ましい形態を実装するために必要な算出は、

(a) 方程式(5)を使用して、色が凸包の内側であるかまたは外側であるかを決定する

(b) 色が凸包の外側である場合、方程式(10) - (14)を使用して、包を形成する

第kの三角形のそれぞれを試験することによって、色が投影される凸包の三角形を決定する

(c) 方程式(10)の全てが真である、1つの三角形 $k = j$ に関して、以下によって投

影点 u' を計算し、

【化 2 5】

$$u' = V_j + (1 - t_j)d \quad (15)$$

以下によってその重心重みを計算する。

【化 2 6】

$$\alpha_u = [1 - p_j - q_j, p_j, q_j] \quad (16)$$

これらの重心重みは、次いで、前述で説明されたように、ディザリングに使用される。

【0099】

方程式(1)によって定義される反対色のような色空間が採用される場合、 u は、1つの

輝度成分および2つのクロミナンス成分から成り、 $u = [u_L, u_{O1}, u_{O2}]$ であり

、方程式(16)の投影演算の下で、投影がアクロマティック軸に直接向かって達成されるため、 $d = [0, u_{O1}, u_{O2}]$ である。

【0100】

以下のように記述することができる。

10

20

30

40

50

【化 2 7】

$$\begin{aligned}
 t_k &= (u - v_k^1) = [t_k^1, t_k^2, t_k^3] \\
 e_k^1 &= [e_k^{11}, e_k^{12}, e_k^{13}] \\
 e_k^2 &= [e_k^{21}, e_k^{22}, e_k^{23}] \\
 e_k^3 &= [e_k^{31}, e_k^{32}, e_k^{33}]
 \end{aligned} \tag{17}$$

外積を拡張し、評価する項をゼロまで低下させることによって、以下が見出される。

【化 2 8】

$$\begin{aligned}
 p_k' &= [t_k^3 \circ e_k^{21} - t_k^1 \circ e_k^{23}, t_k^1 \circ e_k^{22} - t_k^2 \circ e_k^{21}] \\
 q_k' &= [t_k^3 \circ e_k^{11} - t_k^1 \circ e_k^{13}, t_k^1 \circ e_k^{12} - t_k^2 \circ e_k^{11}]
 \end{aligned} \tag{18}$$

方程式 (18) は、乗算および減算のみを要求するため、ハードウェアにおいて算出することが自明である。

【0101】

故に、本発明の効率的なハードウェアで扱いやすいディザリングTB方法は、以下のように要約されることができる。

1. デバイス色域の凸包、および凸包を備える三角形の対応するエッジおよび法線ベクトルを（オフラインで）決定する

2. 凸包内の全てのk個の三角形に関して、方程式(5)を算出し、EMIC uが凸包外にあるかどうかを決定する

3. 凸包外にある色uに関して、

a. 凸包内の全てのk個の三角形に関して、方程式(12)、(18)、(2)、(3)、(6)、および(13)を算出する

b. 方程式(10)の全ての条件を満たす、1つの三角形jを決定する

c. 三角形jに関して、方程式(15)および(16)から投影された色u'および関連付けられる重心重みを算出し、最大重心重みに対応する頂点をディザリングされた色として選定する

4. 凸包の内側の色(EMIC)に関して、原色から「最も近い」原色を決定し、「最も近い」は、色空間内のユークリッド距離として計算され、ディザリングされた色として最も近い原色を使用する

【0102】

先述から、本方法のTB変形例は、前述で議論された変形例よりもはるかに低い計算要件を課し、したがって、必要なディザリングが比較的控え目なハードウェアで展開されることを可能にすることが分かるであろう。

【0103】

しかしながら、さらなる計算効率が、以下のように可能である。

色域外の色に関して、少数の候補境界三角形に対する計算のみを考慮されたい。これは、全ての色域境界三角形が考慮された以前の方法与比較して、有意な改良である。色域内の色に関して、事前算出された二分空間パーティションを使用する、二分木を使用して、「最近傍」演算を算出する。これは、Nが原色の数である、O(N)からO(log N)までの計算時間を改良する。

【0104】

点uが凸包外であるための条件は、すでに上記の方程式(4)で挙げられている。既述のように、頂点v_kおよび法線ベクトルは、事前算出され、前もって記憶されることができる。上記の方程式(5)は、代替として、以下のように記述されることができる。

【化 2 9】

$$t'_k = \widehat{n}_k \cdot (u - v_k) \tag{5A}$$

10

20

30

40

50

故に、 $t'_k < 0$ である三角形 k のみが、色域外である u に対応することを把握する。全て $t_k > 0$ である場合には、 u は、色域内である。

【0105】

点 u から三角形 k に交差する点までの距離は、 t_k によって求められ、 t_k は、上記の方程式(12)によって求められ、 L は、上記の方程式(11)によって定義される。また、上記で議論されるように、 u が凸包外である場合、色域表面に戻るよう点 u を移動させる投影演算子を定義する必要がある。それに沿ってステップ2(a)で投影する線は、入力色 u および V_y を接続する線として定義されることができ、

【化30】

$$V_y = w + \alpha(w - b) \quad (50)$$

10

w 、 b は、反対空間内の個別の白色点および黒色点である。スカラー α は、以下から見出され、

【化31】

$$\alpha = \frac{u_L - b_L}{w_L - b_L} \quad (51)$$

式中、下付き文字 L は、明度成分を指す。換言すると、線は、入力色および同一の明度を有するアクロマティック軸上の点を接続するものとして定義される。本線の方法は、上記の方程式(6)によって求められ、線の方程式は、上記の方程式(7)によって記述されることができる。凸包上の三角形内の点の表現、そのような点の重心座標、および投影線が特定の三角形を遮るための条件は、上記の方程式(9)-(14)を参照してすでに議論されている。

20

【0106】

すでに議論された理由により、上記の方程式(13)と連動することは、除算演算を要求するため、回避することが望ましい。また、既述のように、 u は、 k 個の三角形のうちのいずれか1つが $t'_k < 0$ を有する場合、色域外であり、さらに、 u が色域外であり得る三角形に関して $t'_k < 0$ であるため、 L_k は、常に、条件(10)によって要求されるように、 $0 < t'_k < 1$ を可能にするようにゼロ未満でなければならない。本条件が当てはまる場合、重心条件が当てはまる、唯一の三角形が存在する。したがって、 $t'_k < 0$ であるような k に関して、以下の式を有していなければならない、

30

【化32】

$$0 > p'_k \geq L_k, \quad 0 > q'_k \geq L_k, \quad 0 > p'_k + q'_k \geq L_k \quad (52)$$

および

【化33】

$$\begin{aligned} p_k &= -d \cdot p'_k \\ q_k &= d \cdot q'_k \end{aligned} \quad (53)$$

40

これは、 $t'_k < 0$ である候補三角形の数が小さいため、以前の方法と比較して、決定論理を有意に低減させる。

【0107】

要約すると、次いで、最適化された方法は、方程式(5A)を使用して、 $t'_k < 0$ である k 個の三角形を見出し、これらの三角形のみが、方程式(52)による交差に関して、さらに試験される必要がある。方程式(52)が当てはまる三角形に関して、方程式(15)によって、新しい投影された色 u' を試験し、計算する。

50

【化 3 4】

$$t_j = \frac{t_j'}{L_j} \quad (54)$$

これは、単純なスカラー除算である。さらに、最大重心重み $\max(\alpha_u)$ のみが、方程式 (16) から着目される。

【化 3 5】

$$\max(\alpha_u) = \min([L_j - d \cdot p_j' - d \cdot p_j', \quad d \cdot p_j', \quad d \cdot q_j']) \quad (55)$$

10

これを使用し、出力される色に対応する三角形 j の頂点を選択する。

【0108】

全て $t'_k > 0$ である場合には、 u は、色域内であり、それを上回ると、「最近傍」方法を使用し、原色出力色を算出することが提案された。しかしながら、ディスプレイが N 個の原色を有する場合、最近傍方法は、計算の障害となる、ユークリッド距離の N 回の計算を要求する。

【0109】

本障害は、軽減されることができ、ブルーミング修正された原色空間 PP 毎に二分空間パーティションを事前算出することによって排除されない場合には、二分木構造を使用し、 PP 内の u に最も近い原色を決定する。これは、ある程度の先行努力およびデータ記憶を要求するが、 $O(N)$ から $O(\log N)$ までの最近傍計算時間を短縮する。

20

【0110】

したがって、高度に効率的なハードウェアで扱いやすいデザイン方法は、(以前と同じ命名法を使用して) 以下のように要約されることができる。

1. デバイス色域の凸包、および凸包を備える三角形の対応するエッジおよび法線ベクトルを(オフラインで)決定する

2. 方程式(5A)により、 $t'_k < 0$ である k 個の三角形を見出す。任意の $t'_k < 0$ である場合、 u は、凸包外である。したがって、

a. k 個の三角形に関して、以下を満たす三角形 j を見出す

30

3. 凸包外にある色 u に関して、

a. 凸包内の全ての k 個の三角形に関して、方程式(12)、(18)、(2)、(3)、(6)、および(13)を算出する

b. 方程式(10)の全ての条件を満たす、1つの三角形 j を決定する

c. 三角形 j に関して、方程式(15)、(54)、および(55)から投影された色 u' および関連付けられる重心重みを算出し、最大重心重みに対応する頂点をデザインされた色として選定する

4. (全て $t'_k > 0$ である)凸包の内側の色(EMIC)に関して、「最も近い」原色を決定し、「最も近い」は、原色の事前算出された二分空間パーティションに対して二分木構造を使用して計算される。

40

【0111】

BNTB方法

【0112】

既述のように、BNTB方法は、凸包の内側のEMICのためのデザイン色の選択肢を不変のままにしながら、凸包の外側のEMICのためのデザイン色の選択肢に閾値変調を適用することによって、上記に説明されるTBと異なる。

【0113】

BNTB方法の好ましい形態は、上記に説明される4ステップの好ましいTB方法の修正であり、BNTB修正では、ステップ3cは、以下のようにステップ3cおよび3dによって置換される。

50

c . 三角形 j に関して、方程式 (1 5) および (1 6) から投影された色 u' および関連付けられる重心重みを算出する

d . このようにして計算される重心重みをピクセル場所におけるブルーノイズマスクの値と比較し、重心重みの累積和がマスク値を超える、第 1 の頂点のディザリングされた色として選定する

【 0 1 1 4 】

結像技術の当業者に周知であるように、閾値変調は、単純に、空間的に変動するランダム化を色選択方法に適用することによって、ディザリング色の選択肢を変動させる方法である。処理された画像内の粒子を低減または防止するために、例えば、0 ~ 1 の範囲内の値の $M \times M$ アレイである、図 1 に示されるブルーノイズディザーマスク T_{mn} のように、優先的に成形されたスペクトル特性を伴うノイズを適用することが望ましい。M は、変動し得る（実際に、正方形ではなく長方形のマスクが使用されてもよい）が、ハードウェアにおける効率的な実装のために、M は、128 に便宜的に設定され、画像のピクセル座標 (x, y) は、以下によってマスクインデックス (m, n) に関連し、

【 化 3 6 】

$$\begin{aligned} m &= \text{mod}(x - 1, M) + 1 \\ n &= \text{mod}(y - 1, M) + 1 \end{aligned} \quad (19)$$

したがって、ディザーマスクは、画像を横断して効果的にタイル状にされる。

【 0 1 1 5 】

閾値変調は、重心座標およびブルーノイズ関数等の確率密度関数が、両方とも合計して単位元になるという事実を活用する。故に、ブルーノイズマスクを使用する閾値変調は、重心座標の累積和を所与のピクセル値におけるブルーノイズマスクの値と比較し、三角形の頂点、したがって、ディザリングされた色を決定することによって、達成されてもよい。

【 0 1 1 6 】

上記で記述されるように、三角形の頂点に対応する重心重みは、以下のように求められ、

【 化 3 7 】

$$\alpha_u = [1 - p_j - q_j, p_j, q_j] \quad (16)$$

したがって、これらの重心重みの「CDF」と表される累積和は、以下によって求められ、

【 化 3 8 】

$$CDF = [1 - p_j - q_j, 1 - q_j, 1] \quad (20)$$

頂点 v 、および CDF が最初に関連ピクセルにおけるマスク値を超える、対応するディザリングされた色は、以下によって求められる。

【 化 3 9 】

$$v = \{v; CDF(v) \geq T_{mn}\} \quad (21)$$

【 0 1 1 7 】

本発明の BNTB 方法は、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA) または特定用途向け集積回路 (ASIC) 等の独立型ハードウェア上で効率的に実装されることが可能であることが望ましく、本目的のために、ディザリング計算において要求される除算演算の回数を最小限にすることが重要である。本目的のために、上記の方程式 (1 6) は、以下のように書き換えられてもよく、

10

20

30

40

50

【化 4 0】

$$\alpha_u = \frac{1}{L_j} [L_j - d \cdot p'_j - d \cdot q'_j, \quad d \cdot p'_j, \quad d \cdot q'_j] \quad (22)$$

方程式 (20) は、以下のように書き換えられてもよく、

【化 4 1】

$$CDF = \frac{1}{L_j} [L_j - d \cdot p'_j - d \cdot q'_j, \quad L_j - d \cdot q'_j, \quad L_j] \quad (23)$$

10

または、 L_j による除算を排除するために、

【化 4 2】

$$CDF' = [L_j - d \cdot p'_j - d \cdot q'_j, \quad L_j - d \cdot q'_j, \quad L_j] \quad (24)$$

頂点 v 、および CDF が最初に関連ピクセルにおけるマスク値を超える、対応するディザリングされた色を選択するための方程式 (21) は、以下になり、

【化 4 3】

$$v = \{v; CDF'(v) \geq T_{mn} L_j\} \quad (25)$$

20

方程式 (25) の使用は、 CDF' および L_j の両方が、ここでは符号付きの数字であるという事実によって、わずかにのみ複雑である。本複雑性を可能にするために、方程式 (25) が 2 回の比較のみを要求するという事実に関して (CDF の最後の要素が単位元であるため、最初の 2 回の比較が失敗した場合、三角形の第 3 の頂点が選定されなければならない)、方程式 (25) は、以下の疑似コードを使用して、ハードウェアで扱いやすい様式で実装されることができる。

【化 4 4】

$v = 1$

30

for $i = 1$ to 2

$$e = \begin{cases} CDF'(i) \geq T_{mn} L_j & L_j < 0 \\ CDF'(i) < T_{mn} L_j & L_j \geq 0 \end{cases}$$

if e

$v = v + 1$

end

end

40

【0118】

本発明の方法を使用して達成され得る画質の改良は、図 2 および 3 の比較によって容易に見られ得る。図 2 は、説明される好ましい 4 ステップ TB 方法によってディザリングされる画像を示す。有意なワーム欠陥が画像の丸く囲まれた面積に存在することが分かるであろう。図 3 は、好ましい BNTB 方法によってディザリングされる同一の画像を示し、そのような画像欠陥が存在しない。

【0119】

先述から、BNTB は、TB 方法よりも良好なディザリングされた画質を提供し、FPGA、ASIC、または他の固定点ハードウェアプラットフォーム上で容易に達成され得る、カラーディスプレイのためのディザリング方法を提供することが分かるであろう。

50

【 0 1 2 0 】

N N G B C 方法

【 0 1 2 1 】

既述のように、N N G B C 方法は、全ての利用可能な原色を使用する最近傍アプローチによって、凸包の内側の E M I C を量子化しながら、色域境界色のみを使用する最近傍アプローチによって、凸包の外側の E M I C に使用される、投影された色を量子化する。

【 0 1 2 2 】

N N G B C 方法の好ましい形態は、上記で提示される 4 ステップ T B 方法の修正として説明されることができる。ステップ 1 は、以下のように修正される。

1. デバイス色域の凸包、および凸包を備える三角形の対応するエッジおよび法線ベクトルを（オフラインで）決定する。また、オフラインで、N 個の原色のうち、M 個の境界色 P_b 、すなわち、凸包の境界上に位置する原色を見出す（ $M < N$ であることに留意されたい）。

ステップ 3 c は、以下によって置換される。

c. 三角形 j に関して、投影された色 u' を算出し、M 個の境界色 P_b から「最も近い」原色を決定し、「最も近い」は、色空間内のユークリッド距離として計算され、ディザリングされた色として最も近い境界色を使用する

【 0 1 2 3 】

本発明の方法の好ましい形態は、重心重みが方程式（16）を使用して計算される必要がないことを除いて、上記に説明される好ましい 4 ステップ T B 方法に非常に密接に従う。

代わりに、ディザリングされた色 v は、 u' を伴うユークリッドノルムを最小限にする、セットの中の境界色 P_b として選定され、すなわち、

【 化 4 5 】

$$v = \operatorname{argmin}_v \{ \|u' - P_b(v)\| \} \quad (26)$$

境界色の数 M が、通常、原色の総数 N よりもはるかに小さいため、方程式（26）によって要求される計算は、比較的速い。

【 0 1 2 4 】

本発明の T B および B N T B 方法と同様に、N N G B C 方法は、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）または特定用途向け集積回路（ASIC）等の独立型ハードウェア上で効率的に実装されることが可能であることが望ましく、本目的のために、ディザリング計算において要求される除算演算の回数を最小限にすることが重要である。本目的のために、上記の方程式（16）は、すでに説明されているように方程式（22）の形態で書き換えられてもよく、方程式（26）は、類似様式で扱われてもよい。

【 0 1 2 5 】

本発明の方法を使用して達成され得る画質の改良は、付随する図 4、5、および 6 の比較によって容易に見られ得る。既述のように、図 4 は、好ましい T B 方法によってディザリングされる画像を示し、有意なワーム欠陥が画像の丸く囲まれた面積に存在することが分かるであろう。図 5 は、好ましい B N T B 方法によってディザリングされる同一の画像を示すが、図 4 の画像上の有意な改良であり、図 5 の画像は、依然として、種々の点において粒子が粗い。図 6 は、本発明の N N G B C 方法によってディザリングされる同一の画像を示し、粒状性は、大いに低減される。

【 0 1 2 6 】

先述から、N N G B C 方法は、一般に、T B 方法よりも良好なディザリングされた画質を提供し、FPGA、ASIC、または他の固定点ハードウェアプラットフォーム上で容易に達成され得る、カラーディスプレイのためのディザリング方法を提供することが分かるであろう。

【 0 1 2 7 】

D P H 方法

10

20

30

40

50

【 0 1 2 8 】

既述のように、本発明は、

(i) 正しく切り替わることができないディスプレイのピクセル、およびそのような欠陥ピクセルによって提示される色を識別するステップと、

(i i) 各欠陥ピクセルの場合、ステップ e から、欠陥ピクセルによって実際に提示される色 (または本色の少なくともある近似値) を出力するステップと、

(i i i) 各欠陥ピクセルの場合、ステップ f では、修正または投影された修正入力値と欠陥ピクセルによって実際に提示される色 (または本色の少なくともある近似値) との間の差を計算するステップと、

をさらに含む、すでに説明されているレンダリング方法の欠陥ピクセル隠蔽または D P H を提供する。「本色のある近似値」の言及は、欠陥ピクセルによって実際に提示される色は、著しくディスプレイの色域外であり得、故に、誤差拡散方法を不安定にし得る可能性を指す。そのような場合において、前述で議論された投影方法のうちの 1 つによって、欠陥ピクセルの実際の色を概算することが望ましくあり得る。

10

【 0 1 2 9 】

本発明のもの等の空間ディザリング方法は、離散原色のセットを考慮して平均色の印象を実現しようとするため、その期待色からのピクセルの偏差は、その隣接物の適切な修正によって補償されることができ、本論議をその論理的結論に導くと、欠陥ピクセル (特定の色に癒着したピクセル等) はまた、非常に率直な様式でディザリング方法によって補償され得ることが明白である。故に、ピクセルと関連付けられる出力色をディザリング方法によって決定される色に設定するのではなく、出力色は、ディザリング方法が、結果として生じた誤差を隣接ピクセルに伝搬することによって、そのピクセルにおける欠陥を自動的に考慮するように、欠陥ピクセルの実際の色に設定される。ディザリング方法の本変形例は、以下のように要約され得る、完全欠陥ピクセル測定および修理プロセスを含むように、光学測定と結合されることができ、

20

【 0 1 3 0 】

最初に、欠陥に関してディスプレイを光学的に点検し、これは、いくつかの位置合わせマークを伴う高解像度写真を撮影することと同程度に単純であり得、光学測定から、欠陥ピクセルの場所および色を決定する。白色および黒色に癒着したピクセルは、それぞれ、全くの黒色および白色に設定されたときに、単純にディスプレイを点検することによって特定されてもよい。しかしながら、より一般的には、ディスプレイが全くの白色および全くの黒色に設定されるときに、各ピクセルを測定し、ピクセル毎に差を決定し得る。本差がある事前決定された閾値を下回る、任意のピクセルは、「癒着」および欠陥と見なされることができ、1 つのピクセルが、その隣接物のうちの 1 つの状態に「ロック」されているピクセルを特定するために、(それぞれ、行および列に沿って延設される線を伴う 2 つの別個の線を使用して) 黒色および白色の 1 ピクセル幅の線のパターンにディスプレイを設定し、線パターンの誤差を探す。

30

【 0 1 3 1 】

次に、欠陥ピクセルおよびそれらの色のルックアップテーブルを構築し、本 L U T をディザリングエンジンに転送し、本目的のために、ディザリング方法がソフトウェアにおいて実施されるかまたはハードウェアにおいて実施されるかの違いはない。ディザリングエンジンは、欠陥ピクセルの場所に対応する出力色が、それらの欠陥色に強制されることを除いて、標準方法で色域マッピングおよびディザリングを実施する。ディザリングアルゴリズムは、次いで、自動的に、および定義により、それらの存在を補償する。

40

【 0 1 3 2 】

図 2 0 A - 2 0 D は、暗い色の欠陥を実質的に隠す、本発明の D P H 方法を図示する。図 2 0 A は、暗い色の欠陥を含有する画像の全体的な図を示し、図 2 0 B は、暗い色の欠陥のうちのいくつかを示す接近図である。図 2 0 C が、図 2 0 A に類似するが、D P H 方法による補正後の画像を示す図である一方で、図 2 0 D は、図 2 0 B のものに類似するが、D P H 補正画像を示す接近図である。図 2 0 D から、ディザリングアルゴリズムは、各欠

50

陥を圍繞する明るくなったピクセルを有し、面積の平均明度を維持し、したがって、欠陥の視覚影響を大いに低減させることが、容易に分かるであろう。電気光学ディスプレイの技術の当業者に容易に明白であるように、DPH方法は、明るい欠陥、または1つのピクセルがその隣接物の色を帯びる、隣接するピクセル欠陥に、容易に拡張されることができる。

【0133】

GD方法

【0134】

既述のように、本発明は、5つのステップ、すなわち、(1)試験パターンを測定し、隣接する原色の間のクロストークについての情報を導出するステップと、(2)ステップ(1)からの測定を、原色の任意のパターンの表示色を予測するブルーミングモデルに変換するステップと、(3)ステップ(2)で導出されるブルーミングモデルを使用して、原色の凸包上に色を生成するために通常使用されるであろうパターンの実際の表示色(すなわち、ノミナル色域表面)を予測するステップと、(4)ステップ(3)で行われる予測を使用して、実現可能な色域表面を記述するステップと、(5)入力(ソース)色をデバイス色にマップする色レンダリングプロセスの色域マッピング段階において、ステップ(4)で導出される実現可能な色域表面モデルを使用するステップとを含む、達成可能な色域を推定するための色域描写方法を提供する。

【0135】

本方法のステップ(1)および(2)は、本発明の基本カラーレンダリング方法に関連して上記に説明されるプロセスに従ってもよい。具体的には、N個の原色に関して、「N個から2個を選ぶ組み合わせ」数のチェッカーボードパターンが、表示および測定される。理想的な色混合から予期されるノミナル値と実際の測定値との間の差は、エッジ相互作用に帰属する。本誤差は、エッジ密度の線形関数と見なされる。本手段によって、原色の任意のピクセルパッチの色は、パターン内の全てのエッジにわたってこれらの影響を積分することによって予測されることができる。

【0136】

本方法のステップ(3)は、色域表面上で予期し得るディザパターンを考慮し、モデルによって予測される実際の色を算出する。一般的に言えば、色域表面は、頂点が線形色空間内の原色の色である、三角形の小面から成る。ブルーミングがなかった場合、これらの三角形のそれぞれの中のこれらの色は、次いで、3つの関連付けられる頂点の原色の適切な割合によって再現され得る。しかしながら、原色のそのような正しい割合を有する、作製され得る多くのパターンが存在するが、原色隣接タイプが列挙される必要があるため、いずれのパターンが使用されるかが、ブルーミングモデルのために重要である。これを理解するために、P1の50%およびP2の50%を使用するというこれら2つの極端な事例を考慮されたい。1つの極端な事例では、P1 | P2エッジ密度が、最大であり、理想的混合からの最も可能性として考えられる偏差につながる、P1およびP2のチェッカーボードパターンが、使用されることができる。別の極端な事例は、パッチサイズの増加とともにゼロに向かう傾向があるP1 | P2隣接密度を有する、P1のものおよびP2のものである、2つの非常に大きいパッチである。本第2の事例は、ブルーミングの存在下でさえもほぼ正しい色を再現するであろうが、パターンの粗さにより、視覚的に許容できないであろう。使用されるハーフトーニングアルゴリズムが、同一の色を有するピクセルをクラスタ化することが可能である場合、実現可能な色としてこれら2つの極端な事例の間である妥協を選定することが妥当であり得る。しかしながら、実践では、誤差拡散を使用するとき、本タイプのクラスタ化は、不良なワーム状アーチファクトにつながり、さらに、殆どの限定パレットディスプレイ、特に、カラー電気泳動ディスプレイの解像度は、クラスタ化が明白かつ邪魔になるようなものである。故に、概して、たとえクラスタ化を介して取得され得るいくつかの色を排除することを意味しても、可能な限り分散したパターンを使用することが望ましい。ディスプレイ技術およびハーフトーニングアルゴリズムの改良は、最終的に、あまり保守的ではないパターンモデルを有用にし得る。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 7 】

一実施形態では、 P_1 、 P_2 、 P_3 を、色域の表面上の三角形の小面を定義する3原色の色にさせる。本小面上の任意の色は、線形結合によるフィールドで表されることができる。

【化46】

$$\alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \alpha_3 P_3$$

但し、 $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$.

ここで、パターン内の全ての原色隣接が番号付きのタイプである、すなわち、 P_1 、 P_2 ピクセルのチェッカーボードパターンが、以下の色を有すると予測される場合、 $1, 2$ 、 $1, 3$ 、 $2, 3$ を、ブルーミングに起因する色偏差のためのモデルにさせる。

【化47】

$$C = \frac{1}{2}P_1 + \frac{1}{2}P_2 + \Delta_{1,2}$$

一般性を失うことなく、

【化48】

$$\alpha_1 \geq \alpha_2 \geq \alpha_3$$

と仮定し、これは、以下の角を伴う小面上のサブ三角形を定義する。

【化49】

$$(1,0,0), \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0\right), \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right)$$

原色の最大限に分散したピクセル集団に関して、これらの角のそれぞれにおける予測される色を、以下であると評価することができる。

【化50】

$$\begin{aligned} & P_1 \\ & \frac{1}{2}P_1 + \frac{1}{2}P_2 + \Delta_{1,2} \\ & \frac{1}{3}(P_1 + P_2 + P_3 + \Delta_{1,2} + \Delta_{1,3} + \Delta_{2,3}) \end{aligned}$$

我々のパターンがこれらの角の間で線形にエッジ密度を改変するように設計され得ると仮定することによって、ここで、色域境界のサブ小面のためのモデルを有する。 1 、 2 、 3 を順序付ける6つの方法があるため、ノミナル色域境界記述の各小面に取って代わる、6つのそのようなサブ小面がある。

【 0 1 3 8 】

他のアプローチが採用され得ることも理解されたい。例えば、上記に記述されるものほど分散されない、ランダム原色設置モデルが、使用され得る。この場合、各タイプのエッジの割合は、それらの確率に比例する、すなわち、 $P_1 | P_2$ エッジの割合は、積 $1 | 2$ によって求められる。これが i において非線形であるため、色域境界を表す新しい表面は、三角測量される、またはパラメータ化として後続のステップにパスされる必要がある。

【 0 1 3 9 】

描写されたばかりのパラダイムに従わない別のアプローチは、ブルーミング補償ディザリングアルゴリズム(ステップ1、2からのモデルを使用する)を実際に使用し、色域モデルから排除されるべきである色を決定するための経験的アプローチである。これは、ディ

10

20

30

40

50

ザリングアルゴリズムにおいて安定化をオフにし、次いで、単一の色の一定のバッチをディザリングしようとすることによって、達成されることが出来る。不安定性基準が満たされる（すなわち、ランアウェイ誤差項）場合には、本色は、色域から除外される。ノミナル色域から開始することによって、除算および克服アプローチが、実現可能な色域を決定するために使用され得る。

【 0 1 4 0 】

G D方法のステップ（ 4 ）では、これらのサブ小面はそれぞれ、内側ノ外側に向くための選定された慣習により、右手の法則が法線ベクトルを指し示すであろうように頂点が順序付けられた、三角形として表される。これら全ての三角形の集合は、実現可能な色域を表す新しい連続表面を形成する。

【 0 1 4 1 】

ある場合には、モデルは、ノミナル色域内ではない新しい色がブルーミングを活用することによって実現され得ることを予測するであろう。しかしながら、殆どの効果は、実現可能な色域を低減させるという意味で負である。例えば、ブルーミングモデル色域は、深い凹面を呈し、ノミナル色域の内側深くにある、ある色が、例えば、図 7 に図示されるように、実際にディスプレイ上で再現されることができないことを意味する。（図 7 の頂点が、下記の表 1 に挙げられる一方で、包の表面を形成する三角形は、下記の表 2 に規定される。）

【 0 1 4 2 】

【表 1 - 1】

表1:L*a*b*色空間内の頂点

| 頂点番号 | L* | a* | b* |
|------|---------|----------|----------|
| 1 | 22.291 | -7.8581 | -3.4882 |
| 2 | 24.6135 | 8.4699 | -31.4662 |
| 3 | 27.049 | -9.0957 | -2.8963 |
| 4 | 30.0691 | 7.8556 | 5.3628 |
| 5 | 23.6195 | 19.5565 | -24.541 |
| 6 | 31.4247 | -10.4504 | -1.8987 |
| 7 | 29.4472 | 6.0652 | -35.5804 |
| 8 | 27.5735 | 19.3381 | -35.7121 |
| 9 | 50.1158 | -30.1506 | 34.1525 |

10

20

30

40

50

【表 1 - 2】

| | | | |
|----|---------|----------|----------|
| 10 | 35.2752 | -11.0676 | -1.4431 |
| 11 | 35.8001 | -14.8328 | -16.0211 |
| 12 | 46.8575 | -10.8659 | 22.0569 |
| 13 | 34.0596 | 13.1111 | 8.4255 |
| 14 | 33.8706 | -2.611 | -28.3529 |
| 15 | 39.7442 | 27.2031 | -14.4892 |
| 16 | 41.4924 | 8.7628 | -32.8044 |
| 17 | 35.0507 | 34.0584 | -23.6601 |
| 18 | 48.5173 | -11.361 | 3.1187 |
| 19 | 39.9753 | 15.7975 | 16.1817 |
| 20 | 50.218 | 10.6861 | 7.9466 |
| 21 | 52.6132 | -10.8092 | 4.8362 |
| 22 | 54.879 | 22.7288 | -15.4245 |
| 23 | 61.7716 | -20.2627 | 45.8727 |
| 24 | 57.1284 | -10.2686 | 7.9435 |
| 25 | 54.7161 | -28.9697 | 32.0898 |
| 26 | 67.6448 | -16.0817 | 55.0921 |
| 27 | 60.4544 | -22.4697 | 40.1991 |
| 28 | 48.5841 | -11.9172 | -18.778 |
| 29 | 58.6893 | -11.4884 | -10.7047 |
| 30 | 72.801 | -11.3746 | 68.2747 |
| 31 | 73.8139 | -6.8858 | 21.3934 |
| 32 | 77.8384 | -3.0633 | 4.755 |
| 33 | 24.5385 | -2.1532 | -14.8931 |
| 34 | 31.1843 | -8.6054 | -13.5995 |

10

20

30

40

50

【表 1 - 3】

| | | | |
|----|---------|----------|----------|
| 35 | 28.5568 | 7.5707 | -35.4951 |
| 36 | 28.261 | -1.065 | -22.3647 |
| 37 | 27.7753 | -11.4851 | -5.3461 |
| 38 | 26.0366 | 5.0496 | -9.9752 |
| 39 | 28.181 | 11.3641 | -11.3759 |
| 40 | 27.3508 | 2.1064 | -8.9636 |
| 41 | 26.0366 | 5.0496 | -9.9752 |
| 42 | 24.5385 | -2.1532 | -14.8931 |
| 43 | 24.3563 | 11.1725 | -27.3764 |
| 44 | 24.991 | 4.8394 | -17.8547 |
| 45 | 31.1843 | -8.6054 | -13.5995 |
| 46 | 34.0968 | -17.4657 | -4.7492 |
| 47 | 33.8863 | -7.6695 | -26.5748 |
| 48 | 33.0914 | -11.2605 | -15.7998 |
| 49 | 41.6637 | -22.0771 | 21.0693 |
| 50 | 51.4872 | -17.2377 | 34.7964 |
| 51 | 68.5237 | -14.4392 | 62.7905 |
| 52 | 55.6386 | -16.4599 | 42.5188 |
| 53 | 34.0968 | -17.4657 | -4.7492 |
| 54 | 41.6637 | -22.0771 | 21.0693 |
| 55 | 61.5571 | -16.2463 | 24.6821 |
| 56 | 47.9334 | -17.4314 | 15.7021 |
| 57 | 51.4872 | -17.2377 | 34.7964 |
| 58 | 27.7753 | -11.4851 | -5.3461 |
| 59 | 56.1967 | -8.2037 | 34.2338 |

10

20

30

40

50

【表 1 - 4】

| | | | |
|----|---------|----------|----------|
| 60 | 47.4842 | -11.7712 | 25.028 |
| 61 | 24.3563 | 11.1725 | -27.3764 |
| 62 | 28.0951 | 11.5692 | -34.9293 |
| 63 | 25.5771 | 13.6758 | -27.7731 |
| 64 | 26.0674 | 12.125 | -30.2923 |
| 65 | 28.0951 | 11.5692 | -34.9293 |
| 66 | 28.5568 | 7.5707 | -35.4951 |
| 67 | 30.339 | 12.3612 | -36.266 |
| 68 | 29.0178 | 10.5573 | -35.5705 |
| 69 | 30.323 | 10.437 | 6.7394 |
| 70 | 28.181 | 11.3641 | -11.3759 |
| 71 | 30.4451 | 14.0796 | -12.8243 |
| 72 | 29.6732 | 11.9871 | -6.5836 |
| 73 | 33.8423 | 10.4188 | 8.9198 |
| 74 | 30.323 | 10.437 | 6.7394 |
| 75 | 35.883 | 14.1544 | 11.7358 |
| 76 | 33.4556 | 11.781 | 9.2613 |
| 77 | 56.1967 | -8.2037 | 34.2338 |
| 78 | 33.8423 | 10.4188 | 8.9198 |
| 79 | 59.6655 | -5.5683 | 39.5248 |
| 80 | 51.7599 | -3.3654 | 30.2979 |
| 81 | 30.4451 | 14.0796 | -12.8243 |
| 82 | 27.3573 | 18.8007 | -15.1756 |
| 83 | 33.9073 | 13.4649 | -4.9512 |
| 84 | 30.7233 | 15.2007 | -10.7358 |

10

20

30

40

50

【表 1 - 5】

| | | | |
|-----|---------|----------|----------|
| 85 | 27.3573 | 18.8007 | -15.1756 |
| 86 | 25.5771 | 13.6758 | -27.7731 |
| 87 | 33.7489 | 18.357 | -18.113 |
| 88 | 29.171 | 17.0731 | -20.2198 |
| 89 | 30.339 | 12.3612 | -36.266 |
| 90 | 36.4156 | 7.3908 | -35.0008 |
| 91 | 33.9715 | 12.248 | -35.5009 |
| 92 | 33.7003 | 10.484 | -35.4918 |
| 93 | 32.5384 | -10.242 | -19.3507 |
| 94 | 33.8863 | -7.6695 | -26.5748 |
| 95 | 35.4459 | -13.3151 | -12.8828 |
| 96 | 33.9851 | -10.4438 | -19.7811 |
| 97 | 36.4156 | 7.3908 | -35.0008 |
| 98 | 42.6305 | -13.8758 | -19.1021 |
| 99 | 52.4137 | -10.9691 | -15.164 |
| 100 | 44.5431 | -6.873 | -22.0661 |
| 101 | 42.6305 | -13.8758 | -19.1021 |
| 102 | 32.5384 | -10.242 | -19.3507 |
| 103 | 41.1048 | -10.6184 | -20.3348 |
| 104 | 39.1096 | -11.6772 | -19.5092 |
| 105 | 33.7489 | 18.357 | -18.113 |
| 106 | 33.9715 | 12.248 | -35.5009 |
| 107 | 50.7411 | 7.9808 | 2.7416 |
| 108 | 40.6429 | 11.7224 | -15.4312 |
| 109 | 61.5571 | -16.2463 | 24.6821 |

10

20

30

40

50

【表 1 - 6】

| | | | |
|-----|---------|----------|----------|
| 110 | 68.272 | -17.4757 | 23.2992 |
| 111 | 44.324 | -16.9442 | -14.8592 |
| 112 | 59.3712 | -16.6207 | 13.0583 |
| 113 | 70.187 | -15.8627 | 46.0122 |
| 114 | 71.2057 | -14.3755 | 54.4062 |
| 115 | 66.3232 | -19.124 | 46.5526 |
| 116 | 69.2902 | -16.3318 | 48.9694 |
| 117 | 71.2057 | -14.3755 | 54.4062 |
| 118 | 68.5237 | -14.4392 | 62.7905 |
| 119 | 73.7328 | -12.8894 | 57.8616 |
| 120 | 71.2059 | -13.8595 | 58.0118 |
| 121 | 68.272 | -17.4757 | 23.2992 |
| 122 | 70.187 | -15.8627 | 46.0122 |
| 123 | 56.5793 | -20.2568 | -1.2576 |
| 124 | 65.4497 | -17.491 | 22.5467 |
| 125 | 35.4459 | -13.3151 | -12.8828 |
| 126 | 44.324 | -16.9442 | -14.8592 |
| 127 | 41.1048 | -10.6184 | -20.3348 |
| 128 | 40.5281 | -13.6957 | -16.1894 |
| 129 | 35.883 | 14.1544 | 11.7358 |
| 130 | 33.9073 | 13.4649 | -4.9512 |
| 131 | 39.4166 | 14.4644 | -3.2296 |
| 132 | 36.5017 | 14.0353 | 0.5249 |
| 133 | 35.5893 | 24.9129 | -13.9743 |
| 134 | 38.2881 | 13.7332 | 0.4361 |

10

20

30

40

50

【表 1 - 7】

| | | | |
|-----|---------|----------|----------|
| 135 | 39.4166 | 14.4644 | -3.2296 |
| 136 | 37.8123 | 17.5283 | -5.669 |
| 137 | 38.2881 | 13.7332 | 0.4361 |
| 138 | 48.3592 | 19.9753 | -8.4475 |
| 139 | 44.6063 | 12.12 | 0.9232 |
| 140 | 44.0368 | 15.5418 | -2.9731 |
| 141 | 48.3592 | 19.9753 | -8.4475 |
| 142 | 35.5893 | 24.9129 | -13.9743 |
| 143 | 43.5227 | 23.2087 | -13.3264 |
| 144 | 42.9564 | 22.2354 | -11.5525 |
| 145 | 50.7411 | 7.9808 | 2.7416 |
| 146 | 64.0938 | 0.7047 | 0.487 |
| 147 | 43.5227 | 23.2087 | -13.3264 |
| 148 | 53.8404 | 8.6963 | -2.5804 |
| 149 | 64.0938 | 0.7047 | 0.487 |
| 150 | 69.4971 | -4.1119 | 4.003 |
| 151 | 69.4668 | 3.5962 | -1.2731 |
| 152 | 67.7624 | 0.0633 | 1.0628 |
| 153 | 67.976 | -4.7811 | -2.0047 |
| 154 | 52.4137 | -10.9691 | -15.164 |
| 155 | 67.7971 | -4.4098 | -4.287 |
| 156 | 63.3845 | -6.1019 | -6.3559 |
| 157 | 69.4971 | -4.1119 | 4.003 |
| 158 | 67.976 | -4.7811 | -2.0047 |
| 159 | 75.3716 | -3.1913 | 3.7853 |

10

20

30

40

50

【表 1 - 8】

| | | | |
|-----|---------|----------|---------|
| 160 | 71.0659 | -3.9741 | 2.0049 |
| 161 | 59.6655 | -5.5683 | 39.5248 |
| 162 | 44.6063 | 12.12 | 0.9232 |
| 163 | 72.0031 | -7.6835 | 37.1168 |
| 164 | 60.3911 | -2.4765 | 27.772 |
| 165 | 72.0031 | -7.6835 | 37.1168 |
| 166 | 69.4668 | 3.5962 | -1.2731 |
| 167 | 75.33 | -10.9118 | 39.9331 |
| 168 | 72.332 | -5.2103 | 23.481 |
| 169 | 60.94 | -23.5693 | 41.4224 |
| 170 | 66.3232 | -19.124 | 46.5526 |
| 171 | 68.8066 | -17.1536 | 49.0911 |
| 172 | 65.4882 | -19.6672 | 45.8512 |
| 173 | 56.5793 | -20.2568 | -1.2576 |
| 174 | 74.5326 | -10.6115 | 21.3102 |
| 175 | 67.7971 | -4.4098 | -4.287 |
| 176 | 66.9582 | -10.741 | 5.7604 |
| 177 | 74.5326 | -10.6115 | 21.3102 |
| 178 | 74.3218 | -10.489 | 25.379 |
| 179 | 75.3716 | -3.1913 | 3.7853 |
| 180 | 74.7443 | -8.0307 | 16.0839 |
| 181 | 74.3218 | -10.489 | 25.379 |
| 182 | 60.94 | -23.5693 | 41.4224 |
| 183 | 74.2638 | -10.0199 | 26.0654 |
| 184 | 70.2931 | -13.5922 | 29.0524 |

10

20

30

40

50

【表 1 - 9】

| | | | |
|-----|---------|----------|---------|
| 185 | 68.8066 | -17.1536 | 49.0911 |
| 186 | 74.7543 | -10.0079 | 31.1476 |
| 187 | 74.2638 | -10.0199 | 26.0654 |
| 188 | 72.6896 | -12.1441 | 33.8812 |
| 189 | 74.7543 | -10.0079 | 31.1476 |
| 190 | 73.7328 | -12.8894 | 57.8616 |
| 191 | 75.33 | -10.9118 | 39.9331 |
| 192 | 74.6105 | -11.2513 | 41.7499 |

10

【 0 1 4 3 】

【表 2 - 1】

表1:包を形成する三角形

20



| | | |
|----|----|----|
| 1 | 33 | 36 |
| 2 | 36 | 33 |
| 2 | 35 | 36 |
| 7 | 36 | 35 |
| 7 | 34 | 36 |
| 1 | 36 | 34 |
| 1 | 37 | 40 |
| 4 | 40 | 37 |
| 4 | 39 | 40 |
| 5 | 40 | 39 |
| 5 | 38 | 40 |
| 1 | 40 | 38 |
| 1 | 41 | 44 |
| 5 | 44 | 41 |
| 5 | 43 | 44 |
| 2 | 44 | 43 |
| 2 | 42 | 44 |
| 1 | 44 | 42 |
| 1 | 45 | 48 |
| 7 | 48 | 45 |
| 7 | 47 | 48 |
| 11 | 48 | 47 |
| 11 | 46 | 48 |
| 1 | 48 | 46 |
| 1 | 49 | 52 |
| 9 | 52 | 49 |
| 9 | 51 | 52 |
| 30 | 52 | 51 |
| 30 | 50 | 52 |
| 1 | 52 | 50 |

30

40

50

【表 2 - 2】

| | | | |
|----|----|----|----|
| 1 | 53 | 56 | |
| 11 | 56 | 53 | |
| 11 | 55 | 56 | |
| 9 | 56 | 55 | |
| 9 | 54 | 56 | |
| 1 | 56 | 54 | |
| 1 | 57 | 60 | |
| 30 | 60 | 57 | |
| 30 | 59 | 60 | |
| 4 | 60 | 59 | 10 |
| 4 | 58 | 60 | |
| 1 | 60 | 58 | |
| 2 | 61 | 64 | |
| 5 | 64 | 61 | |
| 5 | 63 | 64 | |
| 8 | 64 | 63 | |
| 8 | 62 | 64 | |
| 2 | 64 | 62 | |
| 2 | 65 | 68 | |
| 8 | 68 | 65 | |
| 8 | 67 | 68 | |
| 7 | 68 | 67 | |
| 7 | 66 | 68 | 20 |
| 2 | 68 | 66 | |
| 4 | 69 | 72 | |
| 13 | 72 | 69 | |
| 13 | 71 | 72 | |
| 5 | 72 | 71 | |
| 5 | 70 | 72 | |
| 4 | 72 | 70 | |
| 4 | 73 | 76 | |
| 19 | 76 | 73 | |
| 19 | 75 | 76 | |
| 13 | 76 | 75 | |
| 13 | 74 | 76 | |
| 4 | 76 | 74 | 30 |
| 4 | 77 | 80 | |
| 30 | 80 | 77 | |
| 30 | 79 | 80 | |
| 19 | 80 | 79 | |
| 19 | 78 | 80 | |
| 4 | 80 | 78 | |
| 5 | 81 | 84 | |
| 13 | 84 | 81 | |
| 13 | 83 | 84 | |
| 17 | 84 | 83 | |
| 17 | 82 | 84 | |
| 5 | 84 | 82 | 40 |

【表 2 - 3】

| | | | |
|----|-----|-----|----|
| 5 | 85 | 88 | |
| 17 | 88 | 85 | |
| 17 | 87 | 88 | |
| 8 | 88 | 87 | |
| 8 | 86 | 88 | |
| 5 | 88 | 86 | |
| 7 | 89 | 92 | |
| 8 | 92 | 89 | |
| 8 | 91 | 92 | |
| 16 | 92 | 91 | |
| 16 | 90 | 92 | 10 |
| 7 | 92 | 90 | |
| 7 | 93 | 96 | |
| 14 | 96 | 93 | |
| 14 | 95 | 96 | |
| 11 | 96 | 95 | |
| 11 | 94 | 96 | |
| 7 | 96 | 94 | |
| 7 | 97 | 100 | |
| 16 | 100 | 97 | |
| 16 | 99 | 100 | |
| 28 | 100 | 99 | |
| 28 | 98 | 100 | 20 |
| 7 | 100 | 98 | |
| 7 | 101 | 104 | |
| 28 | 104 | 101 | |
| 28 | 103 | 104 | |
| 14 | 104 | 103 | |
| 14 | 102 | 104 | |
| 7 | 104 | 102 | |
| 8 | 105 | 108 | |
| 17 | 108 | 105 | |
| 17 | 107 | 108 | |
| 16 | 108 | 107 | |
| 16 | 106 | 108 | |
| 8 | 108 | 106 | 30 |
| 9 | 109 | 112 | |
| 11 | 112 | 109 | |
| 11 | 111 | 112 | |
| 28 | 112 | 111 | |
| 28 | 110 | 112 | |
| 9 | 112 | 110 | |
| 9 | 113 | 116 | |
| 25 | 116 | 113 | |
| 25 | 115 | 116 | |
| 26 | 116 | 115 | |
| 26 | 114 | 116 | |
| 9 | 116 | 114 | 40 |

【表 2 - 4】

| | | | |
|----|-----|-----|----|
| 9 | 117 | 120 | |
| 26 | 120 | 117 | |
| 26 | 119 | 120 | |
| 30 | 120 | 119 | |
| 30 | 118 | 120 | |
| 9 | 120 | 118 | |
| 9 | 121 | 124 | |
| 28 | 124 | 121 | |
| 28 | 123 | 124 | |
| 25 | 124 | 123 | 10 |
| 25 | 122 | 124 | |
| 9 | 124 | 122 | |
| 11 | 125 | 128 | |
| 14 | 128 | 125 | |
| 14 | 127 | 128 | |
| 28 | 128 | 127 | |
| 28 | 126 | 128 | |
| 11 | 128 | 126 | |
| 13 | 129 | 132 | |
| 19 | 132 | 129 | |
| 19 | 131 | 132 | |
| 17 | 132 | 131 | |
| 17 | 130 | 132 | 20 |
| 13 | 132 | 130 | |
| 15 | 133 | 136 | |
| 17 | 136 | 133 | |
| 17 | 135 | 136 | |
| 19 | 136 | 135 | |
| 19 | 134 | 136 | |
| 15 | 136 | 134 | |
| 15 | 137 | 140 | |
| 19 | 140 | 137 | |
| 19 | 139 | 140 | |
| 22 | 140 | 139 | |
| 22 | 138 | 140 | |
| 15 | 140 | 138 | 30 |
| 15 | 141 | 144 | |
| 22 | 144 | 141 | |
| 22 | 143 | 144 | |
| 17 | 144 | 143 | |
| 17 | 142 | 144 | |
| 15 | 144 | 142 | |
| 16 | 145 | 148 | |
| 17 | 148 | 145 | |
| 17 | 147 | 148 | |
| 22 | 148 | 147 | |
| 22 | 146 | 148 | |
| 16 | 148 | 146 | 40 |

【表 2 - 5】

| | | | |
|----|-----|-----|----|
| 16 | 149 | 152 | |
| 22 | 152 | 149 | |
| 22 | 151 | 152 | |
| 32 | 152 | 151 | |
| 32 | 150 | 152 | |
| 16 | 152 | 150 | |
| 16 | 153 | 156 | |
| 29 | 156 | 153 | |
| 29 | 155 | 156 | |
| 28 | 156 | 155 | 10 |
| 28 | 154 | 156 | |
| 16 | 156 | 154 | |
| 16 | 157 | 160 | |
| 32 | 160 | 157 | |
| 32 | 159 | 160 | |
| 29 | 160 | 159 | |
| 29 | 158 | 160 | |
| 16 | 160 | 158 | |
| 19 | 161 | 164 | |
| 30 | 164 | 161 | |
| 30 | 163 | 164 | |
| 22 | 164 | 163 | |
| 22 | 162 | 164 | 20 |
| 19 | 164 | 162 | |
| 22 | 165 | 168 | |
| 30 | 168 | 165 | |
| 30 | 167 | 168 | |
| 32 | 168 | 167 | |
| 32 | 166 | 168 | |
| 22 | 168 | 166 | |
| 25 | 169 | 172 | |
| 27 | 172 | 169 | |
| 27 | 171 | 172 | |
| 26 | 172 | 171 | |
| 26 | 170 | 172 | |
| 25 | 172 | 170 | 30 |
| 25 | 173 | 176 | |
| 28 | 176 | 173 | |
| 28 | 175 | 176 | |
| 29 | 176 | 175 | |
| 29 | 174 | 176 | |
| 25 | 176 | 174 | |
| 25 | 177 | 180 | |
| 29 | 180 | 177 | |
| 29 | 179 | 180 | |
| 32 | 180 | 179 | |
| 32 | 178 | 180 | |
| 25 | 180 | 178 | 40 |

【表 2 - 6】

| | | |
|----|-----|-----|
| 25 | 181 | 184 |
| 32 | 184 | 181 |
| 32 | 183 | 184 |
| 27 | 184 | 183 |
| 27 | 182 | 184 |
| 25 | 184 | 182 |
| 26 | 185 | 188 |
| 27 | 188 | 185 |
| 27 | 187 | 188 |
| 32 | 188 | 187 |
| 32 | 186 | 188 |
| 26 | 188 | 186 |
| 26 | 189 | 192 |
| 32 | 192 | 189 |
| 32 | 191 | 192 |
| 30 | 192 | 191 |
| 30 | 190 | 192 |
| 26 | 192 | 190 |

10

【0144】

20

これは、下記に説明されるように、色域マッピングに関するいくつかの難局につながり得る。また、生成される色域モデルは、自己交差し得、したがって、単純な位相的性質を有することができない。上記に説明される方法は、色域境界のみに作用するため、実際に実現可能であるときに、ノミナル色域の内側の色（例えば、埋め込まれた原色）がモデル化された色域境界外に現れる場合を可能にしない。本問題を解決するために、色域内の全ての4面体およびそれらのサブ4面体がブルーミングモデル下でマッピングされる方法を考慮する必要がある。

【0145】

ステップ(5)では、ステップ(4)で生成される実現可能な色域表面モデルは、カラー画像レンダリングプロセスの色域マッピング段階で生成され、色域境界の非凸性質を考慮するように1つ以上のステップで修正される、標準色域マッピングプロシージャに従い得る。

30

【0146】

GD方法は、望ましくは、色相(h^*)、明度、(L^*)、および彩度(C^*)が独立している、3次元色空間で実施される。これが $L^* a^* b^*$ 色空間に当てはまらない場合、色域モデルから導出される(L^* , a^* , b^*)サンプルは、CIECAMまたはマンセル空間等の色相線形化色空間に変換されるべきである。しかしながら、以下の議論は、以下の式を用いて(L^* , a^* , b^*)の命名法を維持するであろう。

【化51】

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \text{ および}$$

$$h^* = \text{atan}(b^*/a^*).$$

40

【0147】

上記で説明されるように描写される色域は、次いで、色域マッピングに使用されてもよい。適切な色空間では、ソース色は、所与の色相角 h^* に対応する色域境界を考慮することによって、目的(デバイス)色にマップされてもよい。これは、図8Aおよび8Bに示されるような色域モデルとの角度 h^* における平面の交差を算出することによって、達成されることができる。赤い線は、色域との平面の交差を示す。目的色域は、平滑でも凸状でもないことに留意されたい。マッピング動作を単純化するために、平面交差から抽出され

50

る3次元データは、図9に示される色域境界を生じるように、 L^* および C^* 値に変換される。

【0148】

標準色域マッピング方式では、ソース色は、目的色域境界の上または内側の点にマップされる。 C^* 軸に沿って投影すること、または L^* 軸上の一定の点に向かって投影すること等の本マッピングを達成するための多くの可能性として考えられる方略が存在し、ここではさらに詳細に本件について議論する必要はない。しかしながら、目的色域の境界が、ここでは高度に不規則であり得るため(図10A参照)、これは、困難かつ不明確である、「正しい」点にマッピングすることの困難につながり得る。本問題を低減または克服するために、境界の「尖った状態」が低減されるように、平滑化動作が色域境界に適用されてもよい。1つの適切な平滑化動作は、Balasubramanian and Dala l, "A method for quantifying the Color Gamut of an Output Device". In Color Imaging: Device-Independent Color, Color Hard Copy, and Graphic Arts II, volume 3018 of Proc. SPIE, (1997, San Jose, CA)で提示される、アルゴリズムの2次元修正である。

10

【0149】

本平滑化動作は、ソース色域境界を膨張させることによって開始してもよい。これを行うために、ソース色域の L^* 値の平均になるように取り込まれる、 L^* 軸上の点Rを定義する。色域上の点とRとの間のユークリッド距離D、法線ベクトルd、および D_{max} と表すDの最大値が、次いで、計算されてもよい。次いで、以下を計算することができる。

20

【化52】

$$D' = D_{max} \left(\frac{D}{D_{max}} \right)^Y$$

式中、 Y は、平滑化の程度を制御する定数であり、膨張した色域境界に対応する新しい C^* および L^* 点は、次いで、以下である。

【化53】

$$C^{*'} = D'd \text{ および}$$

$$L^{*'} = R + D'd.$$

30

ここで、膨張した色域境界の凸包を取り込み、次いで、 C^* および L^* を取得するための逆変換を達成する場合、平滑化された色域境界が生成される。図10Aに図示されるように、平滑化された目的色域は、総凹面を除いて、目的色域境界を辿り、図10Bの結果として生じた色域マッピング動作を大いに単純化する。

【0150】

マップされた色は、ここで、以下によって計算されてもよく、

【化54】

$$a^* = C^* \cos(h^*) \text{ および}$$

$$b^* = C^* \sin(h^*)$$

40

(L^* , a^* , b^*)座標は、所望される場合、sRGB系に戻るように変換されることができる。

【0151】

本色域マッピングプロセスは、ソース対目的色の1対1のマッピングを取得し得るように、ソース色域内の全ての色に関して繰り返される。好ましくは、sRGBソース色域内の $9 \times 9 \times 9 = 729$ 個の均等に離間された色をサンプリングしてもよく、これは、単に、ハードウェア実装にとっての便宜性である。

50

【 0 1 5 2 】

D H H G 方法

【 0 1 5 3 】

本発明の一実施形態による D H H G 方法が、概略フロー図である、付随する図面の図 1 1 に図示される。図 1 1 に図示される方法は、少なくとも 5 つのステップ、すなわち、ガンマ補正動作、H D R タイプ処理、色相補正、色域マッピング、および空間ディザリングを含んでもよく、各ステップは、下記で別個に議論される。

【 0 1 5 4 】

1. ガンマ補正動作

【 0 1 5 5 】

方法の第 1 のステップでは、全ての後続の色処理動作が線形ピクセル値に適用されるように、ガンマ補正動作 (1) が、入力画像 (6) と関連付けられる入力データ内でべき乗則符号化を除去するように適用される。ガンマ補正動作は、好ましくは、典型的には s R G B 色空間内にある 8 ビット s R G B 入力によってアドレス指定される、1 6 ビット値を含む 2 5 6 要素ルックアップテーブル (L U T) を使用することによって達成される。代替として、ディスプレイプロセッサハードウェアが可能にする場合、動作は、分析式を使用することによって実施され得る。例えば、s R G B ガンマ補正動作の分析的定義は、以下であり、

【 化 5 5 】

$$C' = \begin{cases} \frac{C}{12.92} & C < 0.04045 \\ \left(\frac{C+a}{1+a} \right)^{2.4} & C > 0.04045 \end{cases} \quad (27)$$

式中、 $a = 0.055$ であり、 C は、赤色、緑色、または青色ピクセル値に対応し、 C' は、対応するガンマ補正ピクセル値である。

【 0 1 5 6 】

2. H D R タイプ処理

【 0 1 5 7 】

ディザリングされたアーキテクチャを有するカラー電気泳動ディスプレイに関して、低グレースケール値におけるデザイナーアーチファクトが、多くの場合、可視である。これは、入力 R G B ピクセル値が、ガンマ補正ステップによって単位元を上回る指数まで効果的に上昇させられるため、ガンマ補正動作の適用に応じて悪化し得る。これは、デザイナーアーチファクトがより可視的になる、より低い値にピクセル値を偏移させるという影響を有する。

【 0 1 5 8 】

これらのアーチファクトの影響を低減させるために、局所的または大域的のいずれかで、色調補正方法を採用し、暗い面積中のピクセル値を増加させることが好ましい。そのような方法は、非常に広いダイナミックレンジを伴って捕捉またはレンダリングされる画像が、続いて、低ダイナミックレンジディスプレイ上で表示するためにレンダリングされる、高ダイナミックレンジ (H D R) 処理アーキテクチャにおいて、当業者に周知である。コンテンツおよびディスプレイのダイナミックレンジを合致させることは、色調マッピングによって達成され、多くの場合、詳細の損失を防止するために、場面の暗い部分を明るくすることをもたらす。

【 0 1 5 9 】

したがって、暗い面積中の好ましくないデザイナーアーチファクトの可能性が最小限にされるように、カラー電気泳動ディスプレイに対してソース s R G B コンテンツを H D R とし扱うことが H D R タイプ処理ステップ (2) の側面である。さらに、H D R アルゴリズムによって実施される色強化のタイプは、カラー電気泳動ディスプレイのためのカラー外観を最大限にするという追加利益を提供し得る。

【 0 1 6 0 】

上記に記述されるように、HDRレンダリングアルゴリズムが、当業者に公知である。本発明の種々の実施形態による方法におけるHDRタイプ処理ステップ(2)は、好ましくは、その構成部分として、局所色調マッピング、色順応、および局所色強化を含有する。HDRタイプ処理ステップとして採用され得るHDRレンダリングアルゴリズムの一実施例は、Kuang, Jiangtao et al. "iCAM06: A refined image appearance model for HDR image rendering." J. Vis. Commun. Image R. 18 (2007): 406-414 (その内容全体が参照することによって本明細書に組み込まれる)に説明される、iCAM06の変形例である。

【0161】

HDRタイプアルゴリズムが、場面輝度または視認者適合等の環境についてのある情報を採用することが、典型的である。図11に図示されるように、そのような情報は、例えば、輝度感受性デバイスおよび/または近接性センサによってレンダリングパイプライン内で、環境データ(7)の形態でHDRタイプ処理ステップ(2)に提供され得る。環境データ(7)は、ディスプレイ自体に由来してもよい、または別個のネットワーク化デバイス、例えば、ローカルホスト、例えば、携帯電話またはタブレットによって提供されてもよい。

【0162】

3. 色相補正

【0163】

HDRレンダリングアルゴリズムが物理的視覚モデルを採用し得るため、アルゴリズムは、元の入力画像の色相と実質的に異なるように、出力画像の色相を修正する傾向があり得る。これは、記憶色を含有する画像内で特に顕著であり得る。本影響を防止するために、本発明の種々の実施形態による本方法は、HDRタイプ処理(2)の出力が入力画像(6)のsRGBコンテンツと同一の色相角を有することを確実にするための色相補正段階(3)を含んでもよい。色相補正アルゴリズムが、当業者に公知である。本発明の種々の実施形態において色相補正段階(3)で採用され得る色相補正アルゴリズムの一実施例は、Pouli, Tania et al. "Color Correction for Tone Reproduction" CIC21: Twenty-first Color and Imaging Conference, page 215 - 220 - November 2013 (その内容全体が参照することによって本明細書に組み込まれる)によって説明される。

【0164】

4. 色域マッピング

【0165】

カラー電気泳動ディスプレイの色域が入力画像(6)のsRGB入力よりも有意に小さくあり得るため、色域マッピング段階(4)が、ディスプレイの色空間の中へ入力コンテンツをマップするために本発明の種々の実施形態による方法に含まれる。色域マッピング段階(4)は、いくつかのノミナル原色(10)が色域または隣接ピクセル相互作用(「ブルーミング」)を伴うより複雑なモデル(11)を構成すると仮定される、色順応モデル(9)を備えてもよい。

【0166】

本発明の一実施形態では、色域マッピングされた画像は、好ましくは、Henry Kang, "Computational color technology", SPIE Press, 2006 (その内容全体が参照することによって本明細書に組み込まれる)に説明されるプロセス等の3次元ルックアップテーブル(3D LUT)を用いてsRGB色域入力から導出される。概して、色域マッピング段階(4)は、ソースおよび目的色域上で定義される離散サンプル上のオフライン変換によって達成されてもよく、結果として生じる変換値は、3D LUTにポピュレートするために使用される。一実装では、以下の実施例等の長さが729 RGB要素であり、4面体補間技法を使用する3D LUTが

10

20

30

40

50

、採用されてもよい。

【0167】

実施例

【0168】

3D LUTの変換値を取得するために、ソース色域内のサンプル点の均等に離間されたセット(R, G, B)が定義され、これらの(R, G, B)3組はそれぞれ、出力色域内の同等の3組(R', G', B')に対応する。サンプリング点以外の点、すなわち、「任意の点」における(R, G, B)と(R', G', B')との間の関係を見出すために、補間、好ましくは、下記でさらに詳細に説明されるような4面体補間が、採用されてもよい。

【0169】

例えば、図12を参照すると、入力RGB色空間は、立方体14の形態で概念的に配列され、点のセット(R, G, B)(15a-h)は、サブ立方体(16)の頂点に位置し、各(R, G, B)値(15a-h)は、出力色域内の対応する(R' G' B')値を有する。青い丸(17)によって図示されるような任意の入力色域ピクセル値(RGB)の出力色域値(R', G', B')を見出すために、単純にサブ立方体(16)の頂点(15a-h)の間で補間する。このようにして、入力および出力色域のスパースサンプリングのみを使用して、任意の(R, G, B)の(R', G', B')値を見出すことができる。さらに、(R, G, B)が均等にサンプリングされるという事実は、ハードウェア実装を単純にする。

【0170】

サブ立方体内の補間は、いくつかの方法によって達成されることができる。本発明のある実施形態による好ましい方法では、4面体補間が利用される。立方体が6つの4面体から構築されることができる(図13参照)ため、補間は、RGBを封入する4面体を特定し、封入4面体の加重頂点としてRGBを表すためにRGB重心補間を使用することによって、達成されてもよい。

【0171】

頂点 $v_1, 2, 3, 4$ を伴う4面体内の3次元点の重心表現は、重み $w_1, 2, 3, 4 / w_0$ を算出することによって見出され、式中、

10

20

30

40

50

【化 5 6】

$$\alpha_0 = \begin{vmatrix} v_1(1) & v_1(2) & v_1(3) & 1 \\ v_2(1) & v_2(2) & v_2(3) & 1 \\ v_3(1) & v_3(2) & v_3(3) & 1 \\ v_4(1) & v_4(2) & v_4(3) & 1 \end{vmatrix} \quad (28)$$

$$\alpha_1 = \begin{vmatrix} RGB(1) & RGB(2) & RGB(3) & 1 \\ v_2(1) & v_2(2) & v_2(3) & 1 \\ v_3(1) & v_3(2) & v_3(3) & 1 \\ v_4(1) & v_4(2) & v_4(3) & 1 \end{vmatrix} \quad (29)$$

$$\alpha_2 = \begin{vmatrix} v_1(1) & v_1(2) & v_1(3) & 1 \\ RGB(1) & RGB(2) & RGB(3) & 1 \\ v_3(1) & v_3(2) & v_3(3) & 1 \\ v_4(1) & v_4(2) & v_4(3) & 1 \end{vmatrix} \quad (30)$$

$$\alpha_3 = \begin{vmatrix} v_1(1) & v_1(2) & v_1(3) & 1 \\ v_2(1) & v_2(2) & v_2(3) & 1 \\ RGB(1) & RGB(2) & RGB(3) & 1 \\ v_4(1) & v_4(2) & v_4(3) & 1 \end{vmatrix} \quad (31)$$

$$\alpha_4 = \begin{vmatrix} v_1(1) & v_1(2) & v_1(3) & 1 \\ v_2(1) & v_2(2) & v_2(3) & 1 \\ v_3(1) & v_3(2) & v_3(3) & 1 \\ RGB(1) & RGB(2) & RGB(3) & 1 \end{vmatrix} \quad (32)$$

であり、 $|\cdot|$ は、行列式である。 $\alpha_0 = 1$ であるため、重心表現は、方程式 (33) によって提供される。

【化 5 7】

$$RGB = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad \alpha_4] \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} \quad (33)$$

方程式 (33) は、入力色域の 4 面体頂点の観点から RGB を表すために使用される重みを提供する。したがって、同一の重みが、これらの頂点における R' G' B' 値の間で補間するために使用されることができる。RGB と R' G' B' 頂点値との間の対応が 3D LUT にポピュレートするための値を提供するため、方程式 (33) は、方程式 (34) に変換されてもよい。

【化 5 8】

$$R'G'B' = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad \alpha_4] \begin{bmatrix} LUT(v_1) \\ LUT(v_2) \\ LUT(v_3) \\ LUT(v_4) \end{bmatrix} \quad (34)$$

式中、 $LUT(v_1, 2, 3, 4)$ は、入力色空間に使用されるサンプリング頂点における出力色空間の RGB 値である。

【0172】

ハードウェア実装に関して、入力および出力色空間は、 n^3 頂点を使用してサンプリングされ、これは、 $(n-1)^3$ 単位立方体を要求する。好ましい実施形態では、補間正確度

と計算複雑性との間の合理的な妥協を提供するために $n = 9$ である。ハードウェア実装は、以下のステップに従って進められてもよい。

【 0 1 7 3 】

1. 1 サブ立方体を見出す

【 0 1 7 4 】

最初に、封入サブ立方体 3 組 RGB_0 が、以下を算出することによって見出され、

【化 5 9】

$$RGB_0(i) = \left\lfloor \frac{RGB(i)}{32} \right\rfloor \quad (35)$$

10

式中、 RGB は、入力 RGB 3 組であり、

【化 6 0】

[:]

は、床演算子であり、 $1 \leq i \leq 3$ である。立方体内のオフセット rgb は、次いで、以下から見出され、

【化 6 1】

$$rgb(i) = \begin{cases} 32 & RGB(i) = 255 \\ RGB(i) - 32 \times RGB_0(i) & \text{それ以外} \end{cases} \quad (36)$$

20

式中、 $n = 9$ である場合、 $0 \leq RGB_0(i) \leq 7$ および $0 \leq rgb(i) \leq 31$ である。

【 0 1 7 5 】

1. 2 重心算出

【 0 1 7 6 】

4 面体頂点 v_1, v_2, v_3, v_4 が事前に把握されるため、方程式 (28) - (34) は、明示的に行列式を算出することによって単純化されてもよい。6 つの事例のうちの 1 つのみが、算出される必要がある。

【化 6 2 - 1】

$rgb(1) > rgb(2)$ and $rgb(3) > rgb(1)$

30

$$\alpha = [32 - rgb(3) \quad rgb(3) - rgb(1) \quad rgb(1) - rgb(2) \quad rgb(2)]$$

$$\begin{aligned} v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\ v_2 &= [0 \quad 0 \quad 1] \\ v_3 &= [1 \quad 0 \quad 1] \\ v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1] \end{aligned} \quad (37)$$

$rgb(1) > rgb(2)$ and $rgb(3) > rgb(2)$

40

【化 6 2 - 2】

$$\begin{aligned}
 \alpha &= [32 - rgb(1) \quad rgb(1) - rgb(3) \quad rgb(3) - rgb(2) \quad rgb(2)] \\
 v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\
 v_2 &= [1 \quad 0 \quad 0] \\
 v_3 &= [1 \quad 0 \quad 1] \\
 v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1]
 \end{aligned} \tag{38}$$

 $rgb(1) > rgb(2)$ and $rgb(3) < rgb(2)$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= [32 - rgb(1) \quad rgb(1) - rgb(2) \quad rgb(2) - rgb(3) \quad rgb(3)] \\
 v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\
 v_2 &= [1 \quad 0 \quad 0] \\
 v_3 &= [1 \quad 1 \quad 0] \\
 v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1]
 \end{aligned} \tag{39}$$

 $rgb(1) < rgb(2)$ and $rgb(1) > rgb(3)$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= [32 - rgb(2) \quad rgb(2) - rgb(1) \quad rgb(1) - rgb(3) \quad rgb(3)] \\
 v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\
 v_2 &= [0 \quad 1 \quad 0] \\
 v_3 &= [0 \quad 1 \quad 1] \\
 v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1]
 \end{aligned} \tag{40}$$

 $rgb(1) < rgb(2)$ and $rgb(3) > rgb(2)$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= [32 - rgb(3) \quad rgb(3) - rgb(1) \quad rgb(2) - rgb(1) \quad rgb(1)] \\
 v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\
 v_2 &= [0 \quad 0 \quad 1] \\
 v_3 &= [0 \quad 1 \quad 1] \\
 v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1]
 \end{aligned} \tag{41}$$

 $rgb(1) < rgb(2)$ and $rgb(2) > rgb(3)$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= [32 - rgb(2) \quad rgb(2) - rgb(3) \quad rgb(3) - rgb(1) \quad rgb(1)] \\
 v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\
 v_2 &= [0 \quad 1 \quad 0] \\
 v_3 &= [0 \quad 1 \quad 1] \\
 v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1]
 \end{aligned} \tag{42}$$

【 0 1 7 7】

1. 3 LUTインデックス化

【 0 1 7 8】

入力色空間サンプルが均等に離間されるため、3D LUTに含有される対応する目的色空間サンプルLUT ($v_1, 2, 3, 4$) が、方程式 (43) に従って提供される。

【化 6 3】

$$\begin{aligned}
 LUT(v_1) &= LUT(81 \times RGB_0(1) + 9 \times RGB_0(2) + RGB_0(3)) \\
 LUT(v_2) &= LUT(81 \times (RGB_0(1) + v_2(1)) + 9 \times (RGB_0(2) + v_2(2)) + (RGB_0(3) + v_2(3))) \\
 LUT(v_3) &= LUT(81 \times (RGB_0(1) + v_3(1)) + 9 \times (RGB_0(2) + v_3(2)) + (RGB_0(3) + v_3(3))) \\
 LUT(v_4) &= LUT(81 \times (RGB_0(1) + v_4(1)) + 9 \times (RGB_0(2) + v_4(2)) + (RGB_0(3) + v_4(3)))
 \end{aligned} \tag{43}$$

【 0 1 7 9 】

1. 4 補間

【 0 1 8 0 】

最終ステップでは、R' G' B' 値が、方程式 (1 7) から決定されてもよい。

【 化 6 4 】

$$R'G'B' = \frac{1}{32} [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad \alpha_4] \begin{bmatrix} LUT(v_1) \\ LUT(v_2) \\ LUT(v_3) \\ LUT(v_4) \end{bmatrix} \tag{44}$$

10

【 0 1 8 1 】

上記で記述されるように、色順応ステップ (9) もまた、出力画像内の白色レベルの表示を補正するように、処理パイプラインに組み込まれてもよい。カラー電気光学ディスプレイの白色ピグメントによって提供される白色点は、入力画像の色空間内で仮定される白色点と有意に異なり得る。本差に対処するために、ディスプレイは、その場合では白色状態がディザリングされる、入力色空間白色点を維持する、または色空間白色点を白色ピグメントのものへ偏移することのいずれかを行ってもよい。後者の動作は、色順応によって達成され、白色点偏移を犠牲にして白色状態でディザノイズを実質的に低減させ得る。

【 0 1 8 2 】

色域マッピング段階 (4) はまた、ディスプレイが使用される環境条件によってパラメータ化されてもよい。CIECAM色空間は、例えば、ディスプレイおよび周囲明度および順応の程度の両方を考慮するためのパラメータを含有する。したがって、一実装では、色域マッピング段階 (4) は、外部センサから環境条件データ (8) によって制御されてもよい。

20

【 0 1 8 3 】

5. 空間ディザ

【 0 1 8 4 】

出力画像データ (1 2) の生成のための処理パイプラインにおける最終段階は、空間ディザ (5) である。当業者に公知であるいくつかの空間ディザリングアルゴリズムのうちの一つが、限定されないが、上記に説明されるものを含む、空間ディザ段階 (5) として採用されてもよい。ディザリングされた画像が十分な距離において視認される時、個々の着色ピクセルは、知覚される一様な色へとヒト視覚系によって融合される。色深度と空間分解能との間のトレードオフにより、ディザリングされた画像は、接近して視認されたとき、各ピクセル場所において利用可能なカラーパレットが、全体としてディスプレイ上の画像をレンダリングするために要求されるものと同様の深度を有する画像と比較して、特徴的な粒状性を有する。しかしながら、ディザリングは、特に距離を置いて視認されたときに、多くの場合、粒状性よりも好ましくない色バンディングの存在を低減させる。

30

【 0 1 8 5 】

特定の色を特定のピクセルに割り当てるためのアルゴリズムが、ディザリングによってレンダリングされる画像内の不快なパターンおよびテクスチャを回避するために開発されてきた。そのようなアルゴリズムは、特定のピクセルにおいて要求される色と、ピクセルあたりのパレット内の最も近い色との間の差に起因する誤差 (すなわち、量子化残余) が、まだ処理されていない隣接ピクセルに分配される技法である、誤差拡散を伴い得る。欧州特許第 0 6 7 7 9 5 0 号が、そのような技法を詳細に説明する一方で、米国特許第 5 , 8 8 0 , 8 5 7 号は、ディザリング技法の比較のためのメトリックを説明する。米国特許第 5 , 8 8 0 , 8 5 7 7 号は、参照することによってその全体として本明細書に組み込まれる。

40

【 0 1 8 6 】

先述から、本発明の D H H G 方法は、少なくとも 2 つの点でカラー電気泳動ディスプレイ

50

のための以前の画像レンダリング方法と異なることが分かるであろう。第1に、本発明の種々の実施形態によるレンダリング方法は、非常に広範囲のコンテンツが有害アーチファクトを伴わずにレンダリングされることができるよう、カラー電気泳動ディスプレイの狭色域低ダイナミックレンジ性質に対する高ダイナミックレンジ信号であるかのように、画像入力データコンテンツを扱う。第2に、本発明の種々の実施形態によるレンダリング方法は、近接性または輝度センサによって監視されるような外部環境条件に基づいて、画像出力を調節するための代替的方法を提供する。これは、向上した有用性の利益を提供し、例えば、画像処理は、視認者の顔の近傍/遠隔にあるディスプレイまたは暗いまたは明るい周囲条件を考慮するように処理される。

【0187】

遠隔画像レンダリングシステム

【0188】

既述のように、本発明は、電気光学ディスプレイ（電気泳動ディスプレイ、特に、電子ペーパーディスプレイであり得る）と、ネットワークを介して接続される遠隔プロセッサとを含む、画像レンダリングシステムを提供する。ディスプレイは、環境条件センサを含み、ネットワークを介して環境条件情報を遠隔プロセッサに提供するように構成される。遠隔プロセッサは、画像データを受信し、ネットワークを介してディスプレイから環境条件情報を受信し、報告された環境条件の下でディスプレイ上に表示するために画像データをレンダリングし、それによって、レンダリングされた画像データを作成し、レンダリングされた画像データを伝送するように構成される。いくつかの実施形態では、画像レンダリングシステムは、第1の電極と第2の電極との間に配置される電気泳動ディスプレイ材料の層を含み、電極のうちの少なくとも1つは、光透過性である。電気光学ディスプレイ媒体は、典型的には、電位が電極の間に印加されるときに移動する、荷電ピグメント粒子を含む。多くの場合、荷電ピグメント粒子は、1つを上回る色、例えば、白色、シアン色、マゼンタ色、および黄色荷電ピグメントを含む。荷電粒子の4つのセットが存在するとき、粒子の第1および第3のセットは、第1の電荷極性を有してもよく、第2および第4のセットは、第2の電荷極性を有してもよい。さらに、第1および第3のセットが、異なる電荷規模を有してもよい一方で、第2および第4のセットは、異なる電荷規模を有してもよい。

【0189】

しかしながら、本発明は、4粒子電気泳動ディスプレイに限定されない。例えば、ディスプレイは、カラーフィルタアレイを備えてもよい。カラーフィルタアレイは、いくつかの異なる媒体、例えば、電気泳動媒体、エレクトロクロミック媒体、反射液晶、または着色液体、例えば、エレクトロウエッチングデバイスと対合されてもよい。いくつかの実施形態では、エレクトロウエッチングデバイスは、カラーフィルタアレイを含まなくてもよいが、着色エレクトロウエッチング液体のピクセルを含んでもよい。

【0190】

いくつかの実施形態では、環境条件センサは、温度、湿度、入射光強度、および入射光スペクトルから選択されるパラメータを感知する。いくつかの実施形態では、ディスプレイは、遠隔プロセッサによって伝送されるレンダリングされた画像データを受信し、ディスプレイ上の画像を更新するように構成される。いくつかの実施形態では、レンダリングされた画像データは、ローカルホストによって受信され、次いで、ローカルホストからディスプレイに伝送される。ある時は、レンダリングされた画像データは、ローカルホストから電子ペーパーディスプレイに無線で伝送される。随意に、ローカルホストは、加えて、ディスプレイから環境条件情報を無線で受信する。ある事例では、ローカルホストは、加えて、ディスプレイから遠隔プロセッサに環境条件情報を伝送する。典型的には、遠隔プロセッサは、インターネットに接続されるサーバコンピュータである。いくつかの実施形態では、画像レンダリングシステムはまた、遠隔プロセッサによって伝送されるレンダリングされた画像データを受信し、ディスプレイおよびドッキングステーションが接触しているときにディスプレイ上の画像を更新するように構成される、ドッキングステーションも

10

20

30

40

50

含む。

【0191】

環境温度パラメータに依存する画像のレンダリングの変化は、画像がレンダリングされる原色の数の変化を含み得ることに留意されたい。ブルーミングが、電気光学媒体に存在する種々の材料の電気浸透性、（電気泳動媒体の場合）流体の粘度、および他の温度依存性の性質の複雑な関数であるため、驚くことではないが、ブルーミング自体は、強く温度依存性である。カラー電気泳動ディスプレイは、（典型的には、約50の）限定された温度範囲内のみで効果的に動作し得、ブルーミングは、はるかに小さい温度間隔にわたって有意に変動し得ることが経験的に見出されている。

【0192】

異なるディザリングされた原色を使用する、隣接するピクセルの間のある空間的中間点において、ブルーミングが2つの期待平均から有意に逸脱する色を生じさせ得るため、ブルーミングは、達成可能なディスプレイ色域の変化を生じさせ得ることが、電気光学ディスプレイ技術の当業者に周知である。生産時に、本非理想性は、異なる温度範囲のための異なるディスプレイ色域を定義することによって取り扱われることができ、各色域は、その温度範囲におけるブルーミング強度を考慮する。温度変化および新しい温度範囲が入力されると、レンダリングプロセスは、画像を自動的に再レンダリングし、ディスプレイ色域の変化を考慮するべきである。

【0193】

動作温度が上昇すると、ブルーミングからの寄与が重大になり得るため、より低い温度において同一数の原色を使用して十分なディスプレイ性能を維持することは可能ではない。故に、本発明のレンダリング方法および装置は、感知された温度が変動すると、ディスプレイ色域だけではなく原色の数も変動され得るように配列されてもよい。例えば、室温において、ブルーミング寄与が管理可能であるため、本方法は、32原色を使用して画像をレンダリングしてもよく、より高い温度において、例えば、16原色を使用することのみが可能であり得る。

【0194】

実践では、本発明のレンダリングシステムは、所与の温度範囲内のノミナルディスプレイ色域にそれぞれ対応する、いくつかの異なる事前算出された3Dルックアップテーブル（3D LUT）、およびP個の原色のリストを伴う温度範囲毎にP×P個の入力を有するブルーミングモデルを提供されることができ、温度範囲閾値が横断されると、レンダリングエンジンは、通知され、画像は、新しい色域および原色のリストに従って再レンダリングされる。本発明のレンダリング方法が任意の数の原色および任意のブルーミングモデルを取り扱うことができるため、複数のルックアップテーブル、原色のリスト、および温度に応じたブルーミングモデルの使用は、本発明のレンダリングシステム上の性能を最適化するための重要な自由度を提供する。

【0195】

また、既述のように、本発明は、電気光学ディスプレイと、ローカルホストと、遠隔プロセッサとを含む、画像レンダリングシステムを提供し、3つの構成要素は、ネットワークを介して接続される。ローカルホストは、環境条件センサを含み、ネットワークを介して環境条件情報を遠隔プロセッサに提供するように構成される。遠隔プロセッサは、画像データを受信し、ネットワークを介してローカルホストから環境条件情報を受信し、報告された環境条件の下でディスプレイ上に表示するために画像データをレンダリングし、それによって、レンダリングされた画像データを作成し、レンダリングされた画像データを伝送するように構成される。いくつかの実施形態では、画像レンダリングシステムは、第1の電極と第2の電極との間に配置される電気泳動ディスプレイ媒体の層を含み、電極のうちの少なくとも1つは、光透過性である。いくつかの実施形態では、ローカルホストはまた、画像データを遠隔プロセッサに送信してもよい。

【0196】

また、既述のように、本発明は、電気光学ディスプレイと結合するためのインターフェー

10

20

30

40

50

スを備える、ドッキングステーションを含む。ドッキングステーションは、ネットワークを介してレンダリングされた画像データを受信し、レンダリングされた画像データを用いてディスプレイ上の画像を更新するように構成される。典型的には、ドッキングステーションは、複数の電圧を電子ペーパーディスプレイに提供するための電力供給源を含む。いくつかの実施形態では、電力供給源は、ゼロ電圧に加えて正および負電圧の3つの異なる規模を提供するように構成される。

【0197】

したがって、本発明は、ディスプレイ上に提示するための画像データをレンダリングするためのシステムを提供する。画像レンダリング算出が遠隔で（例えば、クラウド内で、遠隔プロセッサまたはサーバを介して）行われるため、画像提示のために必要とされる電子機器の量が削減される。故に、本システムで使用するためのディスプレイは、結像媒体、ピクセルを含むバックプレーン、フロントプレーン、少量のキャッシュ、ある電力貯蔵、およびネットワーク接続のみを必要とする。ある事例では、ディスプレイは、例えば、ドッキングステーションまたはドングルを介して、物理的接続を通してインターフェースをとってもよい。遠隔プロセッサは、電子ペーパーの環境についての情報、例えば、温度を受信するであろう。環境情報は、次いで、ディスプレイのための原色セットを生成するようにパイプラインに入力される。遠隔プロセッサによって受信される画像は、次いで、最適な視認のためにレンダリングされる、すなわち、レンダリングされた画像データである。レンダリングされた画像データは、次いで、その上に画像を作成するようにディスプレイに送信される。

【0198】

好ましい実施形態では、結像媒体は、典型的には、白色、黄色、シアン色、およびマゼンタ色ピグメントを備える、4粒子システムを説明する、米国特許公開第2016/0085132号および第2016/0091770号に説明されるタイプの着色電泳動ディスプレイであろう。各ピグメントは、電荷極性および規模の一意的組み合わせ、例えば、+高、+低、-低、および-高を有する。図14に示されるように、ピグメントの組み合わせは、白色、黄色、赤色、マゼンタ色、青色、シアン色、緑色、および黒色を視認者に提示するように作製されることができる。ディスプレイの視認表面は、（図示されるように）上部にあり、すなわち、ユーザは、ディスプレイを本方向から視認し、光は、本方向から入射する。好ましい実施形態では、電気泳動媒体において使用される4つの粒子のうち1つのみが、光を実質的に散乱させ、図14では、本粒子は、白色ピグメントであると仮定される。基本的に、本光散乱白色粒子は、白色反射体を形成し、それに対して白色粒子の上方の任意の粒子（図14に図示されるように）が、視認される。これらの粒子を通して通過する、ディスプレイの視認表面に進入する光は、白色粒子から反射され、これらの粒子を通して戻り、ディスプレイから出現する。したがって、白色粒子の上方の粒子は、種々の色を吸収し得、ユーザに現れる色は、白色粒子の上方の粒子の組み合わせから生じるものである。白色粒子の下方（ユーザの視点から背後）に配置される任意の粒子は、白色粒子によってマスクされ、表示される色に影響を及ぼさない。第2、第3、および第4の粒子は、実質的に非光散乱性であるため、相互に対するそれらの順序または配列は、重要ではないが、すでに述べられた理由から、白色（光散乱）粒子に対するそれらの順序または配列は、重要である。

【0199】

より具体的には、シアン色、マゼンタ色、および黄色粒子が、白色粒子の下方にあるとき（図14における状況[A]）、白色粒子の上方に粒子は存在せず、ピクセルは、単に、白色を表示する。単一粒子が、白色粒子の上方にあるとき、その単一粒子の色が、それぞれ、図14における状況[B]、[D]、および[F]において黄色、マゼンタ色、およびシアン色で表示される。2つの粒子が白色粒子の上方にあるとき、表示される色は、これらの2つの粒子のものの組み合わせである。すなわち、図14において、状況[C]では、マゼンタ色および黄色粒子は、赤色を表示し、状況[E]では、シアン色およびマゼンタ色粒子は、青色を表示し、状況[G]では、黄色およびシアン色粒子は、緑色を表示

10

20

30

40

50

する。最後に、全3つの着色粒子が、白色粒子の上方にあるとき（図14における状況[H]）、全ての入射光は、減法三原色着色粒子によって吸収され、ピクセルは、黒色を表示する。

【0200】

ディスプレイが、2つのタイプの光散乱粒子を備え、そのうちの一方が白色であって、他方が着色されるであろうように、1つの減法原色が、光を散乱させる粒子によってレンダリングされることが可能性として考えられる。しかしながら、この場合、白色粒子を覆う他の着色粒子に対する光散乱着色粒子の位置は、重要となるであろう。例えば、黒色をレンダリングする際（全3つの着色粒子が白色粒子の上方にあるとき）散乱着色粒子は、非散乱着色粒子の上方にあることができない（そうでなければ、それらは、散乱粒子の背後に部分的または完全に隠蔽され、レンダリングされる色は、散乱着色粒子のものであって、黒色ではないであろう）。

10

【0201】

図14は、色が汚染されていない（すなわち、光散乱白色粒子が白色粒子の背後にある任意の粒子を完全にマスクする）、理想的状況を示す。実践では、白色粒子によるマスクは、理想的には完全にマスクされるであろう粒子による光のわずかな吸収が存在し得るように非完璧であり得る。そのような汚染は、典型的には、レンダリングされている色の明度および彩度の両方を低減させる。本発明のレンダリングシステムで使用される電気泳動媒体では、そのような色汚染は、形成される色が色レンダリングのための産業規格に匹敵する点まで最小限にされるはずである。特に好ましい規格は、SNAP（新聞広告生産のための規格）であって、これは、上記に参照される8原色毎に L^* 、 a^* 、および b^* 値を規定する。（以降、「原色」は、図14に示されるように、8つの色、すなわち、黒色、白色、減法三原色、および加法三原色を指すために使用されるであろう。）

20

【0202】

図14に示されるように、複数の異なる着色粒子を「層」内に電気泳動的に配列するための方法は、先行技術に説明されている。最も単純なそのような方法は、異なる電気泳動移動度を有する、「競合」ピグメントを伴う。例えば、米国特許第8,040,594号を参照されたい。そのような競合は、荷電ピグメント自体の運動が電気泳動流体中で局所的に被られる電場を変化させるため、一見理解され得るよりも複雑である。例えば、正荷電粒子が、カソードに向かって、負荷電粒子が、アノードに向かって移動するにつれて、それらの電荷は、2つの電極間の中間の荷電粒子によって被られる電場を遮蔽する。ピグメント競合が、本発明のシステムで使用される電気泳動媒体に関与するが、これは、図14に図示される粒子の配列に責任がある単独現象ではないと考えられる。

30

【0203】

複数の粒子の運動を制御するために採用され得る、第2の現象は、異なるピグメントタイプ間の異種凝集である。例えば、米国第2014/0092465号を参照されたい。そのような凝集は、電荷媒介され得る（クーロン力）、または、例えば、水素結合またはファンデルワールス相互作用の結果として生じ得る。相互作用の強度は、ピグメント粒子の表面処理の選択肢によって影響され得る。例えば、クーロン力の相互作用は、立体障壁（典型的には、一方または両方の粒子の表面にグラフト結合または吸着されるポリマー）によって反対荷電粒子の最近傍接近距離が最大限にされるとき、弱化され得る。本発明のシステムで使用される媒体では、そのようなポリマー障壁は、第1および第2のタイプの粒子上で使用され、かつ第3および第4のタイプの粒子上で使用される場合とそうではない場合がある。

40

【0204】

複数の粒子の運動を制御するために利用され得る、第3の現象は、前述の出願第14/277,107号に詳細に説明されるように、電圧または電流依存移動度である。

【0205】

個々のピクセルにおいて色を作成するための駆動機構は、単純ではなく、典型的には、図15に示されるように、複雑な一連の電圧パルス（別名 波形）を伴う。本発明のディス

50

プレイ（図14に示されるもの等）に適用される本第2の駆動方式を使用する8原色（白色、黒色、シアン色、マゼンタ色、黄色、赤色、緑色、および青色）の生産において使用される一般原理が、ここで、説明されるであろう。第1のピグメントは、白色であって、第2のピグメントは、シアン色であって、第3のピグメントは、黄色であって、第4のピグメントは、マゼンタ色であると仮定されるであろう。ディスプレイによって呈される色は、ピグメント色の割当が変化される場合に变化するであろうことが、当業者に明白となるであろう。

【0206】

ピクセル電極に印加される最大の正電圧および負電圧（図15では $\pm V_{max}$ と指定される）は、それぞれ、第2および第4の粒子の混合物、または第3の粒子単独によって形成される色を生産する。これらの青色および黄色は、必ずしも、ディスプレイによって達成可能な最良の青色および黄色ではない。ピクセル電極に印加される中間レベルの正電圧および負電圧（図15では $\pm V_{mid}$ と指定される）は、それぞれ、黒色および白色である、色を生産する。

10

【0207】

これらの青色、黄色、黒色、または白色光学状態から、他の4つの原色が、第2の粒子（この場合、シアン色粒子）のみを第1の粒子（この場合、白色粒子）に対して移動させることによって取得され得、これは、最低印加電圧（図15では $\pm V_{min}$ と指定される）を使用して達成される。したがって、シアン色を青色から外へ移動させることは（ $-V_{min}$ をピクセル電極に印加することによって）、マゼンタ色を生産し（それぞれ、青色およびマゼンタ色に関して図14の状況[E]および[D]を参照）、（ $+V_{min}$ をピクセル電極に印加することによって）シアン色を黄色へと移動することは、緑色を提供し（それぞれ、黄色および緑色に関して図14の状況[B]および[G]を参照）、（ $-V_{min}$ をピクセル電極に印加することによって）シアン色を黒色から外へ移動させることは、赤色を提供し（それぞれ、黒色および赤色に関して図14の状況[H]および[C]を参照）、（ $+V_{min}$ をピクセル電極に印加することによって）シアン色を白色へと移動させることは、シアン色を提供する（それぞれ、白色およびシアン色に関して図14の状況[A]および[F]を参照）。

20

【0208】

これらの一般原理は、本発明のディスプレイにおいて特定の色を生産するための波形の構造に有用であるが、実戦では、上記に説明される理想的挙動は、観察されない場合があり、基本方式の修正が、望ましくは、採用される。

30

【0209】

上記に説明される基本原理の修正を具現化する汎用波形が、図15に図示され、横座標は、時間（任意単位）を表し、縦座標は、ピクセル電極と共通フロント電極との間の電圧差を表す。図15に図示される駆動方式において使用される3つの正電圧の大きさは、約 $+3V \sim +30V$ にあってもよく、3つの負電圧は、約 $-3V \sim -30V$ にあってもよい。1つの経験的に好ましい実施形態では、最高正電圧 $+V_{max}$ は、 $+24V$ であって、中間正電圧 $+V_{mid}$ は、 $12V$ であって、最低正電圧 $+V_{min}$ は、 $5V$ である。類似様式において、負電圧 $-V_{max}$ 、 $-V_{mid}$ 、および $-V_{min}$ は、好ましい実施形態では、 $-24V$ 、 $-12V$ 、および $-9V$ である。3つの電圧レベルのいずれに関しても、電圧の大きさ $|+V| = |-V|$ である必要はないが、ある場合には、そのようであることが好ましくあり得る。

40

【0210】

図15に図示される汎用波形には、4つの明確に異なる相が存在する。第1の相（図15では「A」）では、パルス（「パルス」は、単極方形波、すなわち、所定の時間にわたる一定電圧の印加を指す）が、 $+V_{max}$ および $-V_{max}$ において供給され、ディスプレイ上にレンダリングされる前の画像を消去する（すなわち、ディスプレイを「リセット」する）役割を果たす。これらのパルスの長さ（ t_1 および t_3 ）および残り（すなわち、それらの間のゼロ電圧の周期（ t_2 および t_4 ））は、波形全体（すなわち、図15に図

50

示されるような全体波形にわたる時間に対する電圧の積分)がDC平衡される(すなわち、積分は、実質的にゼロである)ように選定されてもよい。DC平衡は、本相内で供給される正味インパルスが、相BおよびCの組み合わせ(それらの相の間、以下に説明されるように、ディスプレイが、特定の所望の色に切り替えられる)において供給される正味インパルスと大きさが等しく、符号が反対であるように、相A内のパルスの長さおよび残りを調節することによって達成されることができ。

【0211】

図15に示される波形は、単に、汎用波形の構造の例証の目的のためのものであって、本発明の範囲をいかに限定することを意図していない。したがって、図15では、負のパルスが、相Aにおいて正のパルスに先行して示されるが、これは、本発明の要件ではない。また、単一の負パルスおよび単一の正パルスのみが相Aに存在することも要件ではない。

10

【0212】

上記に説明されるように、汎用波形は、本質的に、DC平衡され、これは、本発明の特定の実施形態では、好ましくあり得る。代替として、相Aにおけるパルスは、先行技術の特定の黒色および白色ディスプレイに提供されるものに類似する様式において、DC平衡を単一遷移に対してではなく、一連の色遷移に提供してもよい。例えば、米国特許第7,453,445号を参照されたい。

【0213】

波形の第2の相(図15では、相B)では、最大および中間の電圧振幅を使用するパルスが、供給される。本相では、白色、黒色、マゼンタ色、赤色、および黄色は、好ましくは、レンダリングされる。より一般的には、波形の本相では、タイプ1の粒子(白色粒子は、負荷電されると仮定する)、タイプ2、3、および4の粒子の組み合わせ(黒色)、タイプ4の粒子(マゼンタ色)、タイプ3および4の粒子の組み合わせ(赤色)、およびタイプ3の粒子(黄色)に対応する色が、形成される。

20

【0214】

上記に説明されるように、白色は、 $-V_{mid}$ におけるパルスまたは複数のパルスによってレンダリングされてもよい。しかしながら、ある場合には、このように生産された白色は、黄色ピグメントによって汚染され、淡黄色として現れ得る。本色汚染を補正するために、正の極性のいくつかのパルスを導入することが必要となり得る。したがって、例えば、白色は、長さ T_1 および振幅 $+V_{max}$ または $+V_{mid}$ を伴うパルスと、その後続く長さ T_2 および振幅 $-V_{mid}$ を伴うパルス($T_2 > T_1$)とを備える、パルスのシーケンスの単一インスタンスまたはインスタンスの反復によって取得されてもよい。最終パルスは、負のパルスとなるはずである。図15では、時間 t_5 にわたる $+V_{max}$ 後に続く時間 t_6 にわたる $-V_{mid}$ のシーケンスの4つの反復が示される。本パルスのシーケンスの間、ディスプレイの外観は、マゼンタ色(但し、典型的には、理想的マゼンタ色ではない)と白色との間で動揺する(すなわち、白色は、最終白色状態より低い L^* およびより高い a^* の状態が先行するであろう)。

30

【0215】

上記に説明されるように、黒色は、 $+V_{mid}$ におけるパルスまたは複数のパルス(ゼロ電圧の周期によって分離される)によってレンダリングされることによって取得され得る。

40

【0216】

上記に説明されるように、マゼンタ色は、長さ T_3 および振幅 $+V_{max}$ または $+V_{mid}$ を伴うパルスと、その後続く長さ T_4 および振幅 $-V_{mid}$ を伴うパルス($T_4 > T_3$)とを備える、パルスのシーケンスの単一インスタンスまたはインスタンスの反復によって取得され得る。マゼンタ色を生産するために、波形の本相内の正味インパルスは、白色を生産するために使用される正味インパルスより正であるべきである。マゼンタ色を生産するために使用されるパルスのシーケンスの間、ディスプレイは、本質的に青色およびマゼンタ色である状態の間で動揺するであろう。マゼンタ色は、最終マゼンタ色状態より負の a^* およびより低い L^* の状態が先行するであろう。

50

【0217】

上記に説明されるように、赤色は、長さ T_5 および振幅 $+V_{max}$ または $+V_{mid}$ を伴うパルスと、その後続く長さ T_6 および振幅 $-V_{max}$ または $-V_{mid}$ を伴うパルスとを備えるパルスのシーケンスの単一インスタンスまたはインスタンスの反復によって取得され得る。赤色を生産するために、正味インパルスは、白色または黄色を生産するために使用される、正味インパルスより正であるべきである。好ましくは、赤色を生産するために、使用される正電圧および負電圧は、実質的に同一大きさ（両方とも V_{max} または両方とも V_{mid} のいずれか）であって、正のパルスの長さは、負のパルスの長さより長く、最終パルスは、負のパルスである。赤色を生産するために使用されるパルスのシーケンスの間、ディスプレイは、本質的に黒色および赤色である状態間で動揺するであろう。赤色は、最終赤色状態より低い L^* 、より低い a^* 、およびより低い b^* の状態が先行するであろう。

10

【0218】

黄色は、長さ T_7 および振幅 $+V_{max}$ または $+V_{mid}$ を伴うパルスと、その後続く長さ T_8 および振幅 $-V_{max}$ を伴うパルスとを備えるパルスのシーケンスの単一インスタンスまたはインスタンスの反復によって取得され得る。最終パルスは、負のパルスであるはずである。代替として、上記に説明されるように、黄色は、 $-V_{max}$ における単一パルスまたは複数のパルスによって取得され得る。

【0219】

波形の第3の相（図15では、相C）では、中間および最小の電圧振幅を使用するパルスが、供給される。波形の本相では、青色およびシアン色は、波形の第2の相における白色に向かう駆動に続いて生産され、緑色は、波形の第2の相における黄色に向かう駆動に続いて生産される。したがって、本発明のディスプレイの波形遷移が、観察されるとき、青色およびシアン色は、 b^* が最終的シアン色または青色の b^* 値より正である色が先行し、緑色は、 L^* が最終的緑色の L^* 、 a^* および b^* より高く、 a^* および b^* がより正である、より黄色が先行するであろう。より一般的には、本発明のディスプレイが、第1および第2の粒子のうちの着色されたものに対応する色をレンダリングするとき、その状態は、本質的に、白色である（すなわち、約5未満の C^* を有する）状態が先行するであろう。本発明のディスプレイが、第1および第2の粒子のうちの着色されたものと本粒子と反対電荷を有する第3および第4の粒子のうちの粒子との組み合わせに対応する色をレンダリングするとき、ディスプレイは、最初に、本質的に、第1および第2の粒子のうちの着色されたものと反対電荷を有する、第3および第4の粒子のうちの粒子の色をレンダリングするであろう。

20

30

【0220】

典型的には、シアン色および緑色は、 $+V_{min}$ が使用されなければならない、パルスシーケンスによって生産されるであろう。これは、本最小正電圧においてのみ、シアン色ピグメントが白色ピグメントに対してマゼンタ色および黄色ピグメントから独立して移動され得るためである。シアン色ピグメントのそのような運動は、白色から開始するシアン色または黄色から開始する緑色をレンダリングするために必要である。

【0221】

最後に、波形の第4の相（図15では、相D）では、ゼロ電圧が、供給される。

40

【0222】

図14に示されるディスプレイは、8つの原色を生産するように説明されているが、実践では、可能な限り多くの色がピクセルレベルで生産されることが好ましい。フルカラーグレースケール画像が、次いで、結像技術における当業者に周知である技法を使用して、これらの色間でディザリングすることによってレンダリングされ得る。例えば、上記に説明されるように生産された8つの原色に加え、ディスプレイは、付加的な8つの色をレンダリングするように構成されてもよい。一実施形態では、これらの付加的色は、明赤色、明緑色、明青色、暗シアン色、暗マゼンタ色、暗黄色、および黒色と白色との間の2つのレベルのグレー色である。用語「明」および「暗」は、本文脈では、基準色としてCIE

50

$L^* a^* b^*$ 等の色空間内の実質的に同一の色相角を有するが、それぞれ、より高いまたはそれより低い L^* を有する、色を指すために使用される。

【0223】

一般に、明色は、暗色と同一様式であるが、相BおよびCにおいて若干異なる正味インパルスを用いた波形を使用して、取得される。したがって、例えば、明赤色、明緑色および明青色波形は、相BおよびCにおいて、対応する赤色、緑色および青色波形より負の正味インパルスを有する一方、暗シアン色、暗マゼンタ色、および暗黄色は、相BおよびCにおいて、対応するシアン色、マゼンタ色、および黄色波形より正の正味インパルスを有する。正味インパルスの変化は、相BおよびCにおけるパルスの長さ、パルスの数、またはパルスの大きさを改変することによって達成されてもよい。

10

【0224】

グレー色は、典型的には、低電圧または中間電圧の間で発振するパルスのシーケンスによって達成される。

【0225】

薄膜トランジスタ(TFT)アレイを使用して駆動される本発明のディスプレイでは、図15の横座標上の利用可能な時間インクリメントは、典型的には、ディスプレイのフレームレートによって量子化されるであろうことが、当業者に明白となるであろう。同様に、ディスプレイは、フロント電極に対してピクセル電極の電位を変化させることによってアドレス指定され、これは、ピクセル電極またはフロント電極のいずれかまたは両方の電位を変化させることによって遂行されてもよいことも、明白となるであろう。本最先端技術では、典型的には、ピクセル電極の行列は、バックプレーン上に存在する一方、フロント電極は、全てのピクセルに共通である。したがって、フロント電極の電位が変化されると、全てのピクセルのアドレス指定が、影響される。図15を参照して上記に説明される波形の基本構造は、可変電圧がフロント電極に印加されるかどうかにかかわらず、同一である。

20

【0226】

図15に図示される汎用波形は、駆動電子機器が、ディスプレイの選択された行の更新の間、7つもの異なる電圧をデータラインに提供することを要求する。7つの異なる電圧を送達可能なマルチレベルソースドライバが、利用可能であるが、電気泳動ディスプレイのための多くの市販のソースドライバは、単一フレームの間、3つの異なる電圧(典型的には、正電圧、ゼロ、および負電圧)のみが送達されることを可能にする。本明細書では、用語「フレーム」は、ディスプレイ内の全ての行の単一更新を指す。パネルに供給される3つの電圧(典型的には、 $+V$ 、 0 、および $-V$)が1つのフレームから次へと変化され得ることを前提として(すなわち、例えば、フレーム n では、電圧($+V_{max}$ 、 0 、 $-V_{min}$)が供給され得る一方、フレーム $n+1$ では、電圧($+V_{mid}$ 、 0 、 $-V_{max}$)が供給され得るように)、3レベルソースドライバアーキテクチャに適応するように図15の汎用波形を修正することが可能である。

30

【0227】

ソースドライバに供給される電圧の変化は、全てのピクセルに影響を及ぼすため、波形は、各色を生産するために使用される波形が供給される電圧と整合され得るように適宜修正される必要がある。ディザリングおよびグレースケールの追加は、所望の画像を生産するように生成されなければならない、画像データのセットをさらに複雑にする。

40

【0228】

画像データ(例えば、ビットマップファイル)をレンダリングするための例示的パイプラインが、図11を参照して上記に説明されている。本パイプラインは、5つのステップ、すなわち、ガンマ補正動作、HDRタイプ処理、色相補正、色域マッピング、および空間ディザを含み、ともにこれら5つのステップは、実質的な計算負荷を表す。本発明のRIRSは、ディスプレイ、例えば、カラーフォトフレームに実際に統合されるプロセッサからこれらの複雑な計算を除去するためのソリューションを提供する。故に、ディスプレイの費用および体積は、縮小され、例えば、これは、軽量フレキシブルディスプレイを可

50

能にし得る。単純な実施形態が、図16に示され、それによって、ディスプレイは、無線インターネット接続を介して遠隔プロセッサと直接接続する。図16に示されるように、ディスプレイは、例えば、ガンマ補正への入力のように環境データを使用する、遠隔プロセッサに環境データを送信する。遠隔プロセッサは、次いで、波形コマンドの形態であり得る、レンダリングされた画像データを返す。

【0229】

種々の代替的アーキテクチャが、図17および18によって証明されるように利用可能である。図17では、ローカルホストは、電子ペーパーと遠隔プロセッサとの間の中間物としての役割を果たす。ローカルホストは、加えて、元の画像データ源、例えば、携帯電話のカメラを用いて撮影された写真であってもよい。ローカルホストは、ディスプレイから環境データを受信してもよい、またはローカルホストは、そのセンサを使用して環境データを提供してもよい。随意に、ディスプレイおよびローカルホストは両方とも、遠隔プロセッサと直接通信するであろう。ローカルホストはまた、図18に示されるように、ドッキングステーションに組み込まれてもよい。ドッキングステーションは、ディスプレイへの有線インターネット接続および物理的接続を有してもよい。ドッキングステーションはまた、図15に示されるものに類似する波形を提供するために必要とされる、種々の電圧を提供するための電力供給源を有してもよい。ディスプレイ外に電力供給源を移動させることによって、ディスプレイは、安価に作製されることができ、外部電力のためのわずかな要件が存在する。ディスプレイはまた、ワイヤまたはリボンケーブルを介してドッキングステーションに結合されてもよい。

【0230】

各ディスプレイが「クライアント」と称される、「実世界」実施形態が、図19に示される。各「クライアント」は、一意のIDを有し、好ましくは、低電力/低電力消費通信プロトコルである方法を使用して、その性能(温度、印刷ステータス、電気泳動インクバージョン等)についてのメタデータを「ホスト」に報告する。本実施形態では、「ホスト」は、ソフトウェアアプリケーションを起動するパーソナルモバイルデバイス(スマートフォン、タブレット、ARヘッドセット、またはラップトップ)である。「ホスト」は、「印刷サーバ」および「クライアント」と通信することができる。一実施形態では、「印刷サーバ」は、「ホスト」と通信し、認証、画像読出、およびレンダリングのような種々のサービスを「ホスト」に提供することができる、クラウドベースのソリューションである。

【0231】

ユーザが「クライアント」(ディスプレイ)上に画像を表示することを決定する場合、彼らはその「ホスト」(モバイルデバイス)上のアプリケーションを開き、表示することを希望する画像およびその上で表示することを所望する具体的「クライアント」を選び出す。「ホスト」は、次いで、その一意のデバイスIDおよびメタデータに関して、その特定の「クライアント」をポーリングする。上記のように、本トランザクションは、Bluetooth(登録商標)4のような短距離低電力消費プロトコルを経由し得る。いったん「ホスト」がデバイスIDおよびメタデータを有すると、それをユーザの認証および画像IDと組み合わせ、無線接続を経由してそれを「印刷サーバ」に送信する。

【0232】

認証、画像ID、クライアントID、およびメタデータを受信すると、「印刷サーバ」は、次いで、データベースから画像を読み出す。本データベースは、(別のクラウドのような)分散記憶量であり得る、または「印刷サーバ」の内部にあり得る。画像は、ユーザによって画像データベースに前もってアップロードされている場合がある、またはストック画像または購入のために利用可能な画像であってもよい。記憶装置からユーザ選択画像を読み出すと、「印刷サーバ」は、「クライアント」上で正しく表示するように読み出された画像を修正する、レンダリング動作を実施する。レンダリング動作は、「印刷サーバ」上で実施されてもよい、または専用のクラウドベースのレンダリングサーバ上の別個のソフトウェアプロトコルを介してアクセスされてもよい(「レンダリングサービス」を提供する)。また、前もって全てのユーザの画像をレンダリングし、画像データベース自体の

10

20

30

40

50

中にそれらを記憶することリソース効率的であり得る。その場合、「印刷サーバ」は、単純に、クライアントメタデータによってインデックス化されるLUTを有し、正しい事前レンダリングされた画像を読み出すであろう。レンダリングされた画像を獲得すると、「印刷サーバ」は、本データを「ホスト」に返送し、「ホスト」は、以前に説明された同一の低電力消費通信プロトコルを介して本情報を「クライアント」に通信するであろう。

【0233】

図14および15に関して説明される4色電気泳動システム（高度カラー電子ペーパーまたはACePとしても公知である）の場合、本画像レンダリングは、ユーザ選択画像自体とともに特定の波形（ACePモジュール上に事前ロードされているか、またはサーバから伝送され得るかのいずれかであり得る）を使用して駆動されるような特定の電気泳動媒体と関連付けられる、色情報を入力として使用する。ユーザ選択画像は、いくつかの標準RGBフォーマット（JPEG、TIFF等）のうちのいずれかであり得る。出力される処理された画像は、例えば、ACePディスプレイモジュールのピクセルあたり5ビットを有する、インデックス化画像である。本画像は、専用フォーマットであり得、圧縮され得る。

10

【0234】

「クライアント」上で、画像コントローラが、処理された画像データを取り込み、そこで、それが記憶されてもよいか、表示のための待ち行列の中へ設置されてもよいか、またはACeP画面上に直接表示されてもよい。ディスプレイ「印刷」が完了した後、「クライアント」は、適切なメタデータを「ホスト」と通信し、「ホスト」は、それを「印刷サーバ」に中継するであろう。全てのメタデータは、画像を記憶するデータ量中にログされるであろう。

20

【0235】

図19は、「ホスト」が電話、タブレット、PC等であり得、クライアントがACePモジュールであり、印刷サーバがクラウドの中に常駐する、データフローを示す。また、印刷サーバおよびホストが同一のマシン、例えば、PCであり得ることも可能である。前述で説明されたように、ローカルホストはまた、ドッキングステーションに統合されてもよい。また、ホストがクライアントおよびクラウドと通信し、画像がレンダリングされることを要求し、続いて、印刷サーバがホストの介入を伴わずに処理された画像をクライアントに直接通信することも可能である。

【0236】

電子署名または棚標識アプリケーションのためにより好適であり得る、本実施形態の変形例は、トランザクションから「ホスト」を除去することを中心に展開する。本実施形態では、「印刷サーバ」は、インターネットを経由して「クライアント」と直接通信するであろう。

30

【0237】

特定の具体的実施形態が、ここで説明されるであろう。これらの実施形態のうちの1つでは、（上記で説明されるように）画像処理への入力である特定の波形と関連付けられる色情報は、選定される波形がACePモジュールの温度に依存し得るため、変動するであろう。したがって、同一のユーザ選択画像は、それぞれ特定の温度範囲に適切である、いくつかの異なる処理された画像をもたらし得る。1つのオプションは、ホストがクライアントの温度についての情報を印刷サーバに伝達し、クライアントが適切な画像のみを受信することである。代替として、クライアントは、それぞれ可能性として考えられる温度範囲と関連付けられる、いくつかの処理された画像を受信し得る。別の可能性は、モバイルホストが、その内蔵温度センサおよび/または光センサから抽出される情報を使用して、近傍のクライアントの温度を推定し得ることである。

40

【0238】

別の実施形態では、波形モードまたは画像レンダリングモードは、ユーザの選好に応じて可変であり得る。例えば、ユーザは、高コントラスト波形/レンダリングオプション、または高速低コントラストオプションを選定し得る。ACePモジュールが配設された後に、新しい波形モードが利用可能になることさえ可能であり得る。これらの場合において、

50

波形および/またはレンダリングモードに関するメタデータが、ホストから印刷サーバに送信され、再度、適切に処理された画像が、おそらく波形を伴って、クライアントに送信されるであろう。

【0239】

ホストは、利用可能な波形モードおよびレンダリングモードに関してクラウドサーバによって更新されるであろう。

【0240】

A C e P モジュール特有の情報が記憶される場所は、変動し得る。本情報は、例えば、ホストから画像要求とともに送信されるであろうシリアル番号によってインデックス化されて、印刷サーバの中に常駐してもよい。代替として、本情報は、A C e P モジュール自体の中に常駐してもよい。

10

【0241】

ホストから印刷サーバに伝送される情報は、暗号化されてもよく、サーバからレンダリングサービスに中継される情報もまた、暗号化されてもよい。メタデータは、暗号化および暗号解読を促進するための暗号化キーを含有してもよい。

【0242】

先述から、本発明は、従来の誤差拡散技法を使用して取得されるよりも少ないアーチファクトを伴う限定パレットディスプレイ内で改良された色を提供し得ることが分かるであろう。本発明は、量子化に先立って原色を調節することにおいて従来技術と根本的に異なる一方で、(図1を参照して上記で説明されるような)従来技術は、最初に閾値化を達成し、拡散される誤差の後続の計算中にドット重複または他のピクセル間相互作用の影響のみを導入する。本方法で使用される「先を見越す」または「事前調節」技法は、ブルーミングまたは他のピクセル間相互作用が強くて非単調であり、方法からの出力を安定させることに役立ち、本出力の相違を劇的に低減させる、重要な利点を生じる。本発明はまた、独立して隣接する隣接物を考慮する、ピクセル間相互作用の単純モデルも提供する。これは、因果的および高速的な処理を可能にし、推定される必要があるモデルパラメータの数を削減し、これは、多数の(例えば、32以上の)原色にとって重要である。従来技術は、物理的ドット重複が、通常、ピクセルの大部分を被覆した(一方で、E C Dディスプレイでは、これは、ピクセルエッジに沿った狭いが強力な帯域である)ため、独立近傍相互作用を考慮せず、プリンタが典型的には少数を有するであろうため、多数の原色を考慮しなかった。

20

【0243】

本発明が適用され得る、カラーディスプレイシステムのさらなる詳細に関して、読者は、前述のE C D特許(電気泳動ディスプレイの詳細な議論も与える)および以下の特許および公開、すなわち、

【化65-1】

米国特許 6,017,584; 6,545,797; 6,664,944; 6,788,452; 6,864,875; 6,914,714;
6,972,893; 7,038,656; 7,038,670; 7,046,228; 7,052,571; 7,075,502; 7,167,155; 7,385,751;
7,492,505; 7,667,684; 7,684,108; 7,791,789; 7,800,813; 7,821,702; 7,839,564; 7,910,175;

40

【化 6 5 - 2】

7,952,790; 7,956,841; 7,982,941; 8,040,594; 8,054,526; 8,098,418; 8,159,636; 8,213,076;
 8,363,299; 8,422,116; 8,441,714; 8,441,716; 8,466,852; 8,503,063; 8,576,470; 8,576,475;
 8,593,721; 8,605,354; 8,649,084; 8,670,174; 8,704,756; 8,717,664; 8,786,935; 8,797,634;
 8,810,899; 8,830,559; 8,873,129; 8,902,153; 8,902,491; 8,917,439; 8,964,282; 9,013,783;
 9,116,412; 9,146,439; 9,164,207; 9,170,467; 9,182,646; 9,195,111; 9,199,441; 9,268,191;
 9,285,649; 9,293,511; 9,341,916; 9,360,733; 9,361,836; および 9,423,666; および

米国特許出願公開 2008/0043318; 2008/0048970; 2009/0225398; 2010/0156780;
 2011/0043543; 2012/0326957; 2013/0242378; 2013/0278995; 2014/0055840; 2014/0078576;
 2014/0340736; 2014/0362213; 2015/0103394; 2015/0118390; 2015/0124345; 2015/0198858;
 2015/0234250; 2015/0268531; 2015/0301246; 2016/0011484; 2016/0026062; 2016/0048054;
 2016/0116816; 2016/0116818; および 2016/0140909.

10

に注意を向けられたい。

【 0 2 4 4 】

多数の変更および修正が、本発明の範囲から逸脱することなく、上記に説明される本発明の具体的実施形態に行われ得ることが、当業者に明白であろう。故に、先述の説明の全体は、限定的ではなくて例証的な意味で解釈されるべきである。

20

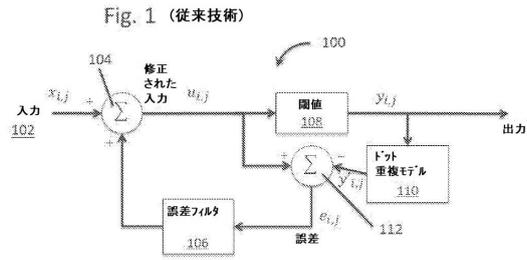
30

40

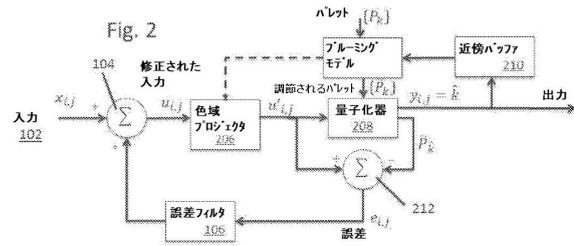
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

【図 3】

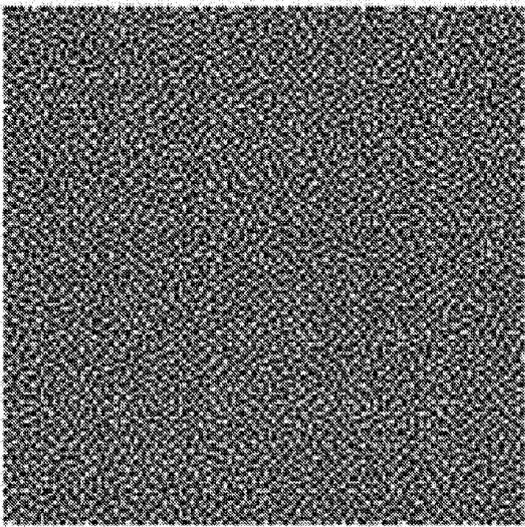


Figure 3

【図 4】

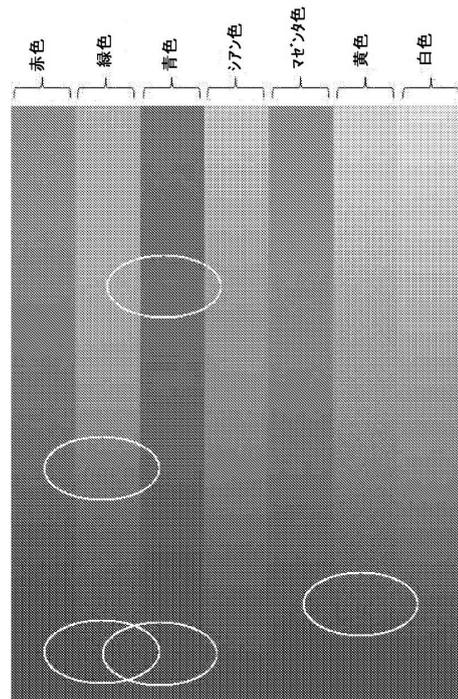


Figure 4

20

30

40

50

【 図 5 】

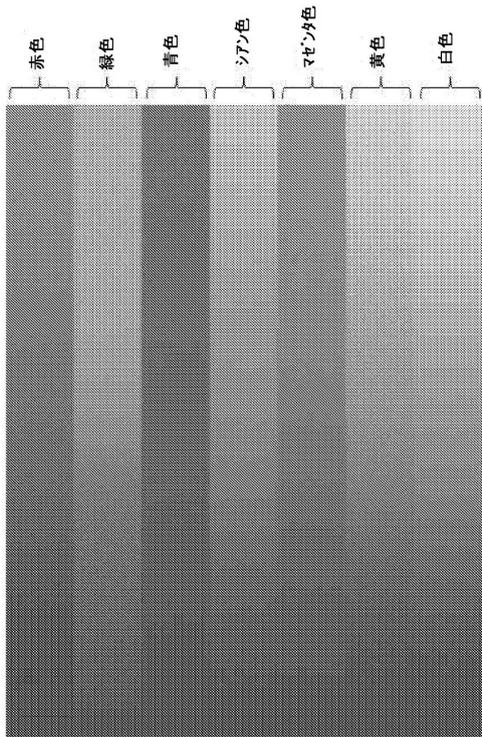


Figure 5

【 図 6 】

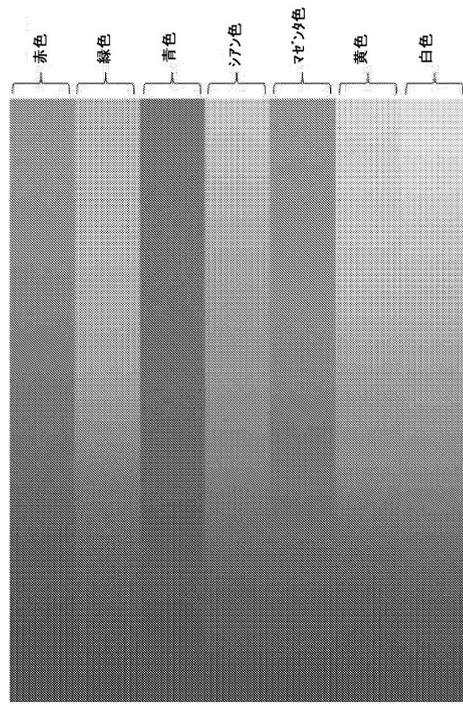


Figure 6

【 図 7 】

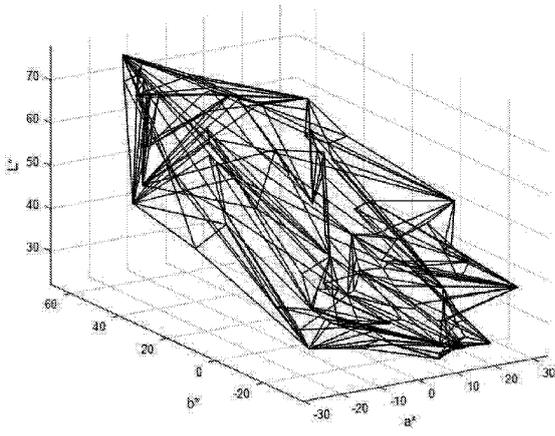


Figure 7

【 図 8 A 】

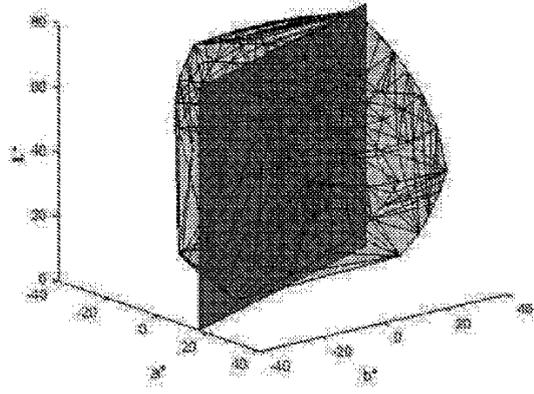


Figure 8A

10

20

30

40

50

【図 8 B】

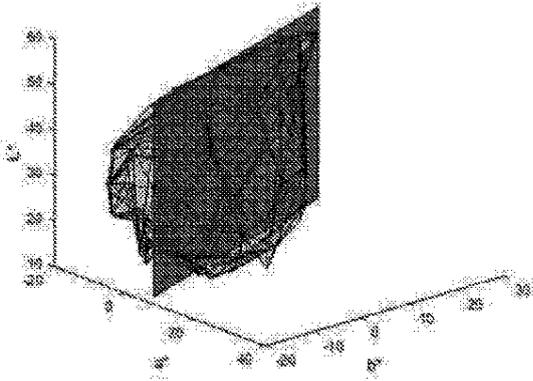


Figure 8B

【図 9】

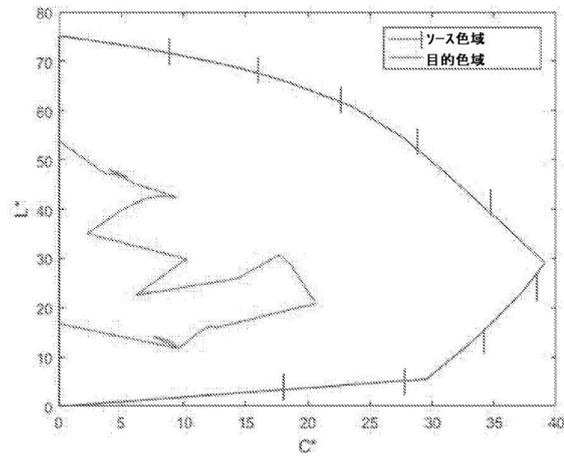


Figure 9

10

【図 10】

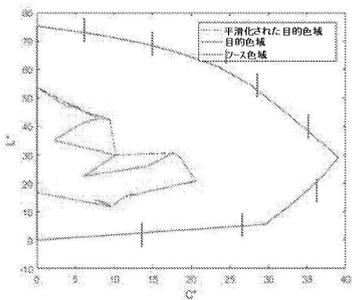


Figure 10A

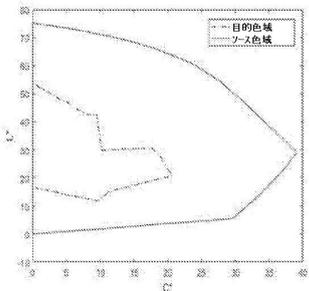


Figure 10B

【図 11】

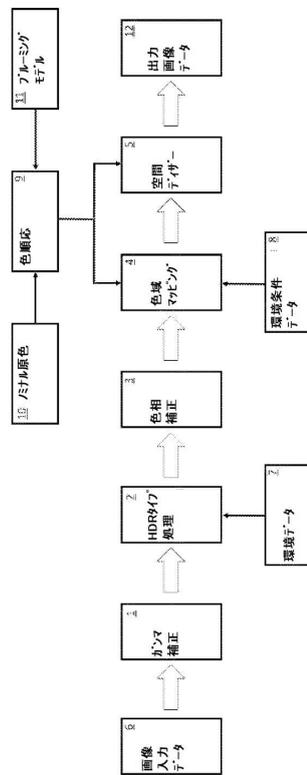


Figure 11

20

30

40

50

【 図 1 2 】

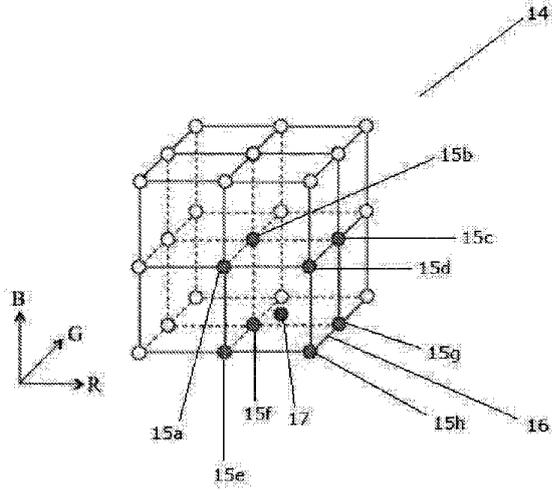


Figure 12

【 図 1 3 】

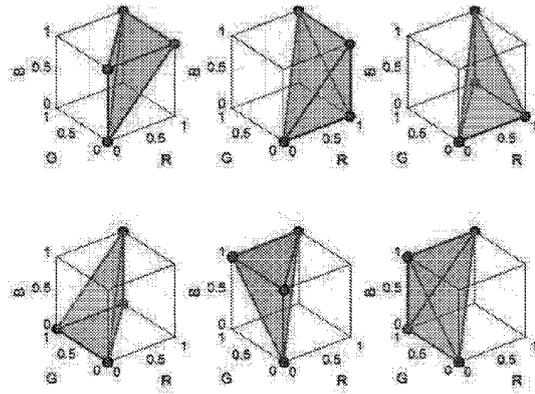


Figure 13

10

【 図 1 4 】

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|--|
| | | | | | | シアン色 | | |
| | | マゼンタ色 | シアン色 | 黄色 | マゼンタ色 | 黄色 | マゼンタ色 | |
| 白色 | 白色 | 白色 | 白色 | 白色 | 白色 | 白色 | 白色 | |
| シアン色 | シアン色 | シアン色 | シアン色 | 黄色 | マゼンタ色 | マゼンタ色 | | |
| マゼンタ色 | マゼンタ色 | | 黄色 | 黄色 | | | | |
| 黄色 | | | | | | | | |
| 白色 | 黄色 | 赤色 | マゼンタ色 | 青色 | シアン色 | 緑色 | 黒色 | |
| [A] | [B] | [C] | [D] | [E] | [F] | [G] | [H] | |

Figure 14

【 図 1 5 】

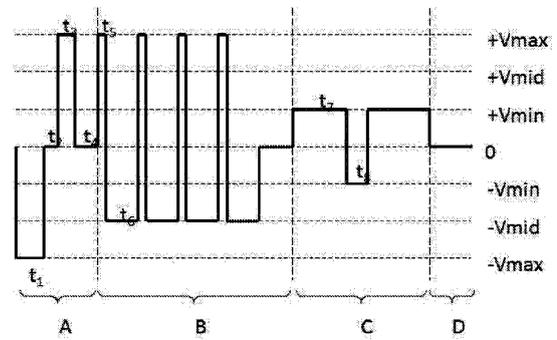


Figure 15

20

30

40

50

【図 16】

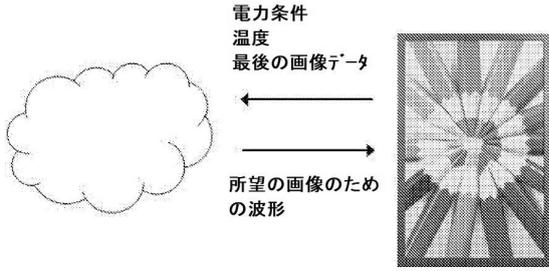


Figure 16

【図 17】

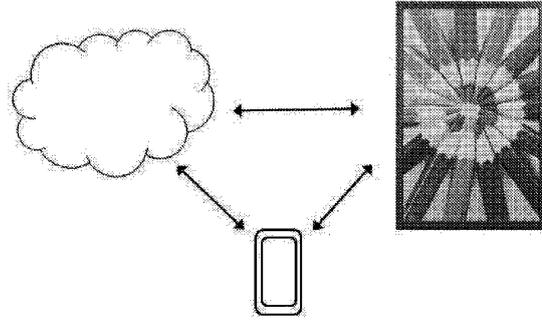


Figure 17

10

【図 18】

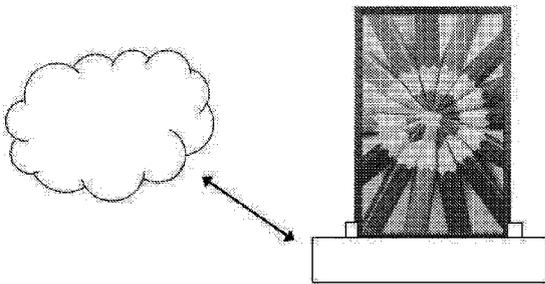


Figure 18

【図 19】

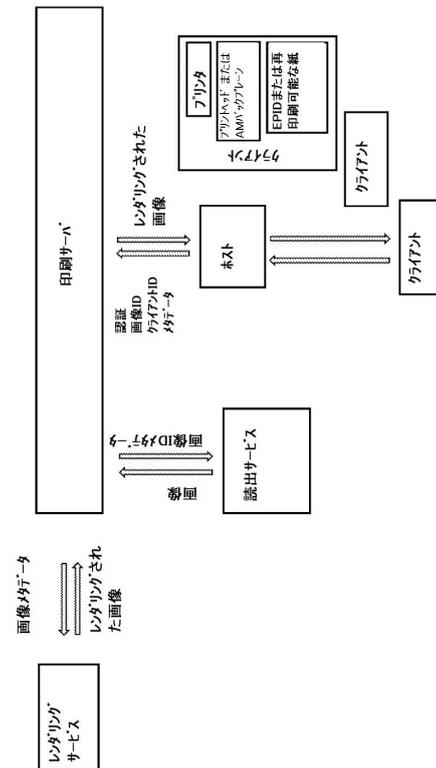


Figure 19

20

30

40

50

【図 20 A】

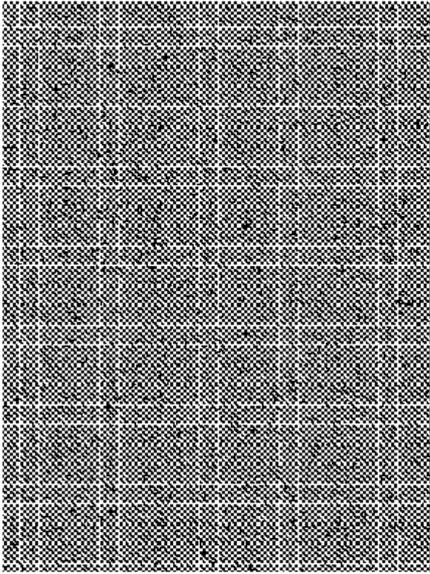


Figure 20A

【図 20 B】

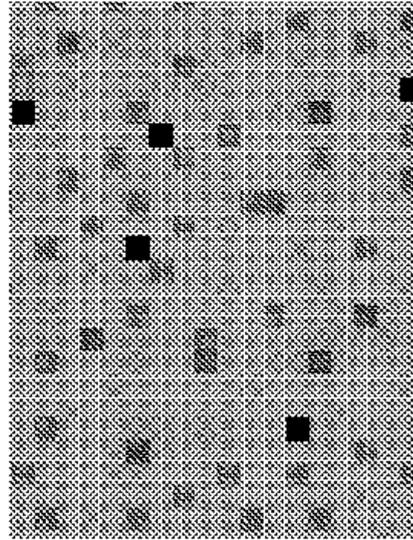


Figure 20B

10

20

【図 20 C】

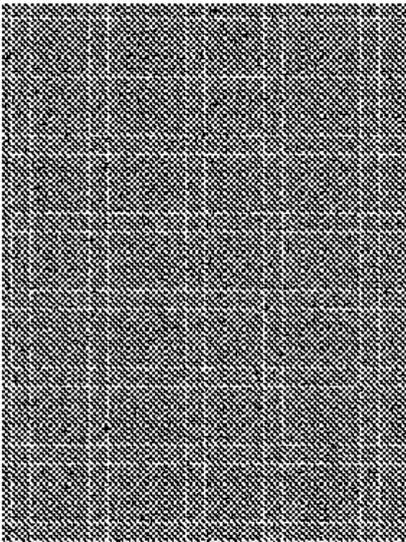


Figure 20C

【図 20 D】

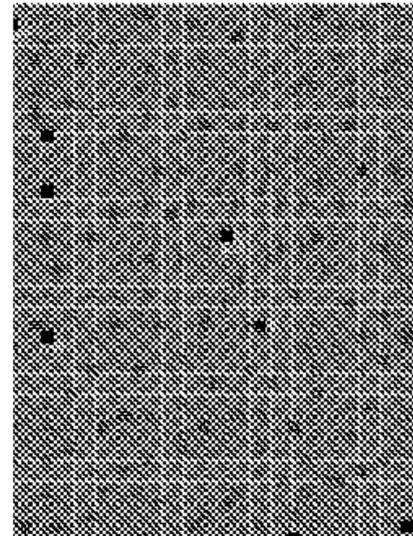


Figure 20D

30

40

50

フロントページの続き

| | | | |
|------------|---------|-------|---------|
| (51)国際特許分類 | F I | | |
| | G 0 9 G | 3/20 | 6 1 1 D |
| | G 0 9 G | 3/20 | 6 3 1 V |
| | G 0 2 F | 1/167 | |
| | H 0 4 N | 9/30 | |
| | H 0 4 N | 9/64 | Z |

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 62/509,087

(32)優先日 平成29年5月20日(2017.5.20)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 62/585,692

(32)優先日 平成29年11月14日(2017.11.14)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 62/585,614

(32)優先日 平成29年11月14日(2017.11.14)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 62/585,761

(32)優先日 平成29年11月14日(2017.11.14)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 62/591,188

(32)優先日 平成29年11月27日(2017.11.27)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

早期審査対象出願

前置審査

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 0 1 8 2 1 - 4 1 6 5 , ビレリカ , テクノロジー パーク
ドライブ 1 0 0 0 , イー インク コーポレイション 気付

(72)発明者 テルファー , スティーブン ジェイ .

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 0 1 8 2 1 - 4 1 6 5 , ビレリカ , テクノロジー パーク
ドライブ 1 0 0 0 , イー インク コーポレイション 気付

(72)発明者 サイニス , スニル クリシュナ

アメリカ合衆国 マサチューセッツ 0 1 8 2 1 - 4 1 6 5 , ビレリカ , テクノロジー パーク
ドライブ 1 0 0 0 , イー インク コーポレイション 気付

審査官 越川 康弘

(56)参考文献 特表2004-529438(JP,A)

特開2007-20168(JP,A)

特開2000-101857(JP,A)

特開平7-154812(JP,A)

特開平5-35244(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 0 9 G 3 / 3 4

G 0 9 G 3 / 2 0

G 0 2 F 1 / 1 6 7

H 0 4 N 9 / 3 0

H 0 4 N 9 / 6 4