

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-189119

(P2005-189119A)

(43) 公開日 平成17年7月14日(2005.7.14)

(51) Int. Cl.⁷

G 0 1 J 3/46

F I

G 0 1 J 3/46

Z

テーマコード (参考)

2 G 0 2 0

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2003-431568 (P2003-431568)	(71) 出願人	801000061
(22) 出願日	平成15年12月25日 (2003.12.25)		財団法人大阪産業振興機構
			大阪府大阪市中央区本町橋2番5号 マイ
			ドームおおさか内
		(74) 代理人	100078868
			弁理士 河野 登夫
		(74) 代理人	100114557
			弁理士 河野 英仁
		(72) 発明者	倉田 純一
			大阪府吹田市山手町3-3-35 関西大
			学内
		(72) 発明者	内山 寛信
			大阪府吹田市山手町3-3-35 関西大
			学内
		Fターム(参考)	2G020 AA08 DA02 DA13 DA31 DA34
			DA52

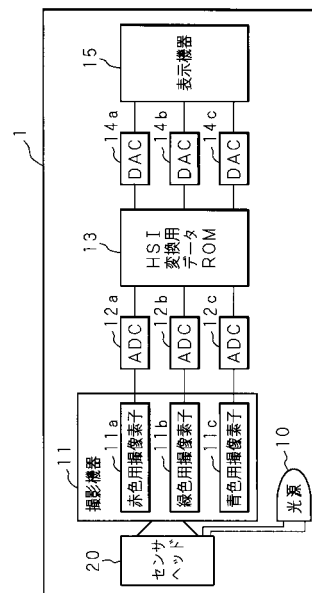
(54) 【発明の名称】 色計測方法及び色計測装置

(57) 【要約】

【課題】 対象物の色が時間的に変化する過程を視覚的に容易に確認することができる色計測方法及び色計測装置を提供する。

【解決手段】 HSI変換用データROM 13には、RGB情報と色相H、彩度S、明度Iの知覚情報であるHSI情報とが関連付けられた情報テーブルが予め記憶されており、HSI変換用データROM 13は、情報テーブルに従って、ADC 12a、12b、12cによって変換されたデジタルRGB信号をHSI情報へ変換する。DAC 14a、14b、14cは、変換されたHSI情報を、映像信号規格に準拠された信号レベルに調整し、3つの独立した電気信号として出力する。電気信号は、例えば輝度信号であり、DAC 14a、14b、14cは、HSI情報を輝度信号へ変換することにより、HSI情報を表示機器 15上に明暗(濃淡)として表示する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

対象物を撮影して異なる波長帯域における光強度情報を出力する複数の撮影手段と、輝度信号を含む映像信号に基づいて映像を表示する表示手段とを備え、前記撮影手段により撮影した対象物の色を計測する色計測装置の色計測方法において、

前記光強度情報と、色相、彩度及び明度を含む知覚情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、各撮影手段が出力した光強度情報を前記知覚情報へ変換し、

変換した知覚情報のいずれかを輝度信号として前記表示手段へ出力すること
を特徴とする色計測方法。

【請求項 2】

対象物を撮影して光強度情報を出力する撮影手段と、輝度信号を含む映像信号に基づいて映像を表示する表示手段とを備え、前記撮影手段により撮影した対象物の色を計測する色計測装置の色計測方法において、

異なる波長帯域の光を断続的に前記対象物へ照射し、

前記光強度情報と、色相、彩度及び明度を含む知覚情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、前記撮影手段が出力した各波長帯域における光強度情報を前記知覚情報へ変換し、

変換した知覚情報のいずれかを輝度信号として前記表示手段へ出力すること
を特徴とする色計測方法。

【請求項 3】

前記知覚情報を物理情報へ変換すること

を特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の色計測方法。

【請求項 4】

前記対象物がない場合に、光が照射されたときに前記撮影手段から出力される光強度情報である第 1 補正情報と、光が照射されなかったときに前記撮影手段から出力される光強度情報である第 2 補正情報とを取得し、

取得した第 1 補正情報及び第 2 補正情報に基づいて、前記対象物の光強度情報を補正すること

を特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の色計測方法。

【請求項 5】

対象物を撮影して異なる波長帯域における光強度情報を出力する複数の撮影手段と、輝度信号を含む映像信号に基づいて映像を表示する表示手段とを備え、前記撮影手段により撮影した対象物の色を計測する色計測装置において、

前記光強度情報と、色相、彩度及び明度を含む知覚情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、各撮影手段が出力した光強度情報を前記知覚情報へ変換する変換手段を備え、

該変換手段が変換した知覚情報のいずれかを輝度信号として前記表示手段へ出力すべく
なしてあること

を特徴とする色計測装置。

【請求項 6】

対象物を撮影して光強度情報を出力する撮影手段と、輝度信号を含む映像信号に基づいて映像を表示する表示手段とを備え、前記撮影手段により撮影した対象物の色を計測する色計測装置において、

異なる波長帯域の光を断続的に前記対象物へ照射する照射手段と、

前記光強度情報と、色相、彩度及び明度を含む知覚情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、前記照射手段が光を照射した際に前記撮影手段が出力した光強度情報を、前記知覚情報へ変換する変換手段とを備え、

該変換手段が変換した知覚情報のいずれかを輝度信号として前記表示手段へ出力すべく
なしてあること

を特徴とする色計測装置。

【請求項 7】

前記知覚情報と物理情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、前記変換手段により変換された知覚情報を物理情報へ変換する手段を更に備えること

を特徴とする請求項 5 又は請求項 6 に記載の色計測装置。

【請求項 8】

前記対象物がない場合に、光が照射されたときに前記撮影手段から出力される光強度情報である第 1 補正情報と、光が照射されなかったときに前記撮影手段から出力される光強度情報である第 2 補正情報とを取得し、取得した第 1 補正情報及び第 2 補正情報に基づいて、前記対象物の光強度情報を補正する補正手段を更に備えること

を特徴とする請求項 5 乃至請求項 7 のいずれかに記載の色計測装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、対象物の色を計測し、その計測結果を表示する色計測方法及び色計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

R G B (赤色 , 青色 , 緑色) 情報に代表される心理物理色は、所定の波長帯域の光強度を基礎情報としており、現在広く用いられている画像入力機器、画像処理機器、及び画像出力機器との整合性が良いため、色に関わる工業分野の画像処理に広く活用されている。

【0003】

20

対象物の色は、光源からの光が対象物に照射され、照射された光が対象物によって反射され、反射された光の波長分布によって決定される。例えば、波長分布 $E()$ を有する光が、分光反射率 $S()$ を有する対象物に照射されると、対象物によって反射される反射光の波長分布は $E() \times S()$ となる。この反射光を分光感度関数 $R()$ 、 $G()$ 及び $B()$ を有するイメージセンサ (例えば C C D、C M O S など) により受光し、式 (1) に示すように、可視光の波長帯 (例えば 400 ~ 700 nm) において積分することにより R G B 情報が得られる。

【0004】

【数 1】

30

$$\left. \begin{aligned} R &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \rho R(\lambda) d\lambda \\ G &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \rho G(\lambda) d\lambda \\ B &= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \rho B(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\} \cdots (1)$$

例えば $\lambda_1 = 400nm$
 $\lambda_2 = 700nm$

40

【0005】

図 12 は R G B 表色系 (混色系) の色空間を示す模式図である。R G B 情報は、R ベクトル、G ベクトル、B ベクトルを、それぞれ X 軸、Y 軸、Z 軸にとった 3 次元直交座標系を構成しており、各色ベクトルのベクトル和によって全ての色を表現することができる (等色の原理)。つまり任意の色は、 $a \times R$ ベクトル + $b \times G$ ベクトル + $c \times B$ ベクトル (a, b, c : 変数) によって表現される。例えば、R ベクトルと G ベクトルとのベクトル和は黄色 Y を示し、G ベクトルと B ベクトルとのベクトル和は青緑色 (藍色ともいう) C を示し、B ベクトルと R ベクトルとのベクトル和は深紅色 M を示す。

50

【0006】

このように、RGB情報は、Rベクトル，Gベクトル，Bベクトルを基準として色を表現するものであり、分光感度のピーク波長が、例えば700.0nm、546.1nm、435.8nmである3つのイメージセンサを用いることにより、直接的にRGB情報を得ることができるため、様々な分野で利用されている。なお、同様の表色系としてYMC表色系があるが、YMC表色系は座標軸の取り方が相違し、Yベクトル，Mベクトル，Cベクトルを基準ベクトルとする減色系であり、RGB表色系と同様の特徴を有するため説明を省略する。

【0007】

しかしながら、RGB情報は波長帯域に差はあるが、それぞれの色情報は全て光強度という同一概念の情報であるため、外的影響(例えば照明条件)を受けやすく、たとえ同一色であった場合でも、照明条件によってはRGB情報を構成する各色ベクトルの値が大きく変化し、異なる色として認識される虞がある。つまり、人間に対する色の知覚へ影響を及ぼす主たる要素は光の波長であり、RGB情報は、各色情報が異なる波長帯域における光強度であるが故に、光の波長に対する要素が各色情報に含有されており、色情報に関して定量的に評価することは極めて困難である。従って、RGB情報は、人間の知覚とは異なった色情報として識別される虞があり、ヒューマン・マシン・インタフェースに用いる情報として有用ではなく、人間との協調作業において整合性が悪いという問題があった。

【0008】

そこで、従来のRGB情報とは異なり、人間の色に対する感性に準じる知覚情報である色相H、彩度S、及び明度Iの情報を含むHSI情報に基づいて、対象物の色を計測し、その計測結果を表示機器上に表示する色計測装置が開示されている(例えば、特許文献1参照。)。特許文献1に開示されている色計測装置によれば、色差データの表示を、その数値、計測対象物の色、基準となる色、及び色差データの色差方向の色とを表示機器に一緒に表示できるため、計測対象物の色が基準となる色からずれている場合に、ずれの方向が視覚的によく分かるようになる。

【0009】

しかしながら、特許文献1に開示されている色計測装置は、色差データの数値と、計測対象物の色、基準となる色、及び色差データの色差方向の色とを表示機器に表示するものであり、対象物の色が時間的に変化する場合に、その変化の過程を視覚的に確認することは困難である。また、前述した色計測装置は、あくまで、色相の情報を色情報として扱って画像を生成するため、対象物の色自体の認識には人間の色を識別する能力に依存しており、その識別能力の個人差によって、異なる色として認識される虞が残存していた。

【0010】

ところで、人間(哺乳類一般)は、光の明るさに対しては敏感であるが、色に対しては鈍感である。これは、視覚を司る網膜細胞のうち、光の明るさに反応する細胞数が光の色を識別する細胞数よりも多く備えていることに起因する。本発明者らは、この人間の視覚特性を利用して、人間の色に対する感性に準じる知覚情報を、その知覚情報の値に応じた明暗(濃淡)としてモニタ上に表示するようにすれば、対象物の色の变化過程を視覚的に確認することができることを見出した(例えば、非特許文献1参照。)。

【特許文献1】特開平10-153484号公報

【非特許文献1】平賀正章、外3名、「CO₂感応性高分子膜を用いた生化学センサの開発」、日本機械学会2000年度年次大会講演論文集(1)、p.397, 398

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、非特許文献1に開示されている色計測装置は、CCDなどにより読み取った画像をR画像，G画像，B画像に分け、それぞれの色画像毎に画像処理を行ない、画像処理を行なった各色画像を論理演算処理して最終的な画像を得る必要があるため、その処理に要する情報処理量が膨大になるという問題があった。従って、撮影から画像を表示

するために要する時間が増大してしまい、結果として画像の表示に遅延が生じるという問題があった。

【0012】

また、読み取った画像（原画像）を記憶するための画像メモリが必須であり、構成の大嵩化及び高コスト化が避けられないという問題があった。さらに、原画像の画像処理を行なうためには、少なくとも1映像フレーム（以下、単にフレームという）分と同容量の画像メモリを有しておかなければならず、この点でも構成の大嵩化及び高コスト化を増長させることになっている。

【0013】

本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、原画像を記憶のための画像メモリを搭載する必要がなく、従来より小型及び低コストの構成であっても、撮影手段から出力された光強度情報を、色相、彩度及び明度を含む知覚情報に係る映像を明暗として表示手段に表示し、対象物の色が時間的に変化する過程を、遅延なく、かつ視覚的に確認することができる色計測方法及び色計測装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

第1発明に係る色計測方法は、対象物を撮影して異なる波長帯域における光強度情報を出力する複数の撮影手段と、輝度信号を含む映像信号に基づいて映像を表示する表示手段とを備え、前記撮影手段により撮影した対象物の色を計測する色計測装置の色計測方法において、前記光強度情報と、色相、彩度及び明度を含む知覚情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、各撮影手段が出力した光強度情報を前記知覚情報へ変換し、変換した知覚情報のいずれかを輝度信号として前記表示手段へ出力することを特徴とする。

【0015】

第2発明に係る色計測方法は、対象物を撮影して光強度情報を出力する撮影手段と、輝度信号を含む映像信号に基づいて映像を表示する表示手段とを備え、前記撮影手段により撮影した対象物の色を計測する色計測装置の色計測方法において、異なる波長帯域の光を断続的に前記対象物へ照射し、前記光強度情報と、色相、彩度及び明度を含む知覚情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、前記撮影手段が出力した各波長帯域における光強度情報を前記知覚情報へ変換し、変換した知覚情報のいずれかを輝度信号として前記表示手段へ出力することを特徴とする。

【0016】

第3発明に係る色計測方法は、第1発明又は第2発明において、前記知覚情報を物理情報へ変換することを特徴とする。

【0017】

第4発明に係る色計測方法は、第1発明乃至第3発明のいずれかにおいて、前記対象物がない場合に、光が照射されたときに前記撮影手段から出力される光強度情報である第1補正情報と、光が照射されなかったときに前記撮影手段から出力される光強度情報である第2補正情報とを取得し、取得した第1補正情報及び第2補正情報に基づいて、前記対象物の光強度情報を補正することを特徴とする。

【0018】

第5発明に係る色計測装置は、対象物を撮影して異なる波長帯域における光強度情報を出力する複数の撮影手段と、輝度信号を含む映像信号に基づいて映像を表示する表示手段とを備え、前記撮影手段により撮影した対象物の色を計測する色計測装置において、前記光強度情報と、色相、彩度及び明度を含む知覚情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、各撮影手段が出力した光強度情報を前記知覚情報へ変換する変換手段を備え、該変換手段が変換した知覚情報のいずれかを輝度信号として前記表示手段へ出力すべくしてあることを特徴とする。

【0019】

第6発明に係る色計測装置は、対象物を撮影して光強度情報を出力する撮影手段と、輝度信号を含む映像信号に基づいて映像を表示する表示手段とを備え、前記撮影手段により

10

20

30

40

50

撮影した対象物の色を計測する色計測装置において、異なる波長帯域の光を断続的に前記対象物へ照射する照射手段と、前記光強度情報と、色相、彩度及び明度を含む知覚情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、前記照射手段が光を照射した際に前記撮影手段が出力した光強度情報を、前記知覚情報へ変換する変換手段とを備え、該変換手段が変換した知覚情報のいずれかを輝度信号として前記表示手段へ出力すべくしてあることを特徴とする。

【0020】

第7発明に係る色計測装置は、第5発明又は第6発明において、前記知覚情報と物理情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、前記変換手段により変換された知覚情報を物理情報へ変換する手段を更に備えることを特徴とする。

10

【0021】

第8発明に係る色計測装置は、第5発明乃至第7発明のいずれかにおいて、前記対象物がない場合に、光が照射されたときに前記撮影手段から出力される光強度情報である第1補正情報と、光が照射されなかったときに前記撮影手段から出力される光強度情報である第2補正情報とを取得し、取得した第1補正情報及び第2補正情報に基づいて、前記対象物の光強度情報を補正する補正手段を更に備えることを特徴とする。

【0022】

第1発明に係る色計測方法及び第5発明に係る色計測装置にあっては、異なる波長帯域における光強度情報を出力する各撮影手段から出力された対象物の光強度情報を、色相、彩度及び明度を含む知覚情報へ変換し、変換した知覚情報のいずれかを輝度信号として映像を表示する表示手段へ出力する。よって、色相、彩度又は明度が表示手段に明暗として表示されるため、対象物の色が時間的に変化する過程を視覚的に容易に確認できる。また、対象物の色を、色ではなく、映像の明暗によって表示するため、より確実に識別することができ、異なる色として知覚（認識）されることを防止できる。また、光強度情報と、色相、彩度及び明度を含む知覚情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、各撮影手段が出力した光強度情報を前記知覚情報へ変換するため、各撮影手段から出力された光強度情報により構成される原画像を記憶するための画像メモリが不要であり、構成を小型化、低コスト化することができる。さらに、原画像に対して論理演算処理を行なう必要がないため、対象物の色が時間的に変化する過程を遅延なく表示することができる。

20

【0023】

第2発明に係る色計測方法及び第6発明に係る色計測装置にあっては、異なる波長帯域の光を断続的に対象物に照射し、光が照射された際に、光強度情報を出力する撮影手段から出力された対象物の各波長帯域における光強度情報を、色相、彩度及び明度を含む知覚情報へ変換し、変換した知覚情報のいずれかを輝度信号として映像を表示する表示手段へ出力する。よって、色相、彩度又は明度が表示手段に明暗として表示されるため、対象物の色が時間的に変化する過程を視覚的に容易に確認できる。また、対象物の色を、色ではなく、映像の明暗によって表示するため、より確実に識別することができ、異なる色として知覚されることを防止できる。また、光強度情報と、色相、彩度及び明度を含む知覚情報とが関連付けられたテーブルに基づいて、撮影手段が出力した対象物の各波長帯域における光強度情報を前記知覚情報へ変換するため、撮影手段から出力された対象物の各波長帯域における光強度情報により構成される原画像を記憶するための画像メモリが不要であり、構成を小型化、低コスト化することができる。さらに、原画像に対して論理演算処理を行なう必要がないため、対象物の色が時間的に変化する過程を遅延なく表示することができる。

30

40

【0024】

第3発明に係る色計測方法及び第7発明に係る色計測装置にあっては、知覚情報を知覚情報によって対応付けられる物理情報（例えば、濃度情報、pH情報など）へ変換する。よって、濃度情報、pH情報などの物理情報が表示手段に明暗として表示されるため、物理情報が時間的に変化する過程を視覚的に容易に確認できる。また、物理情報を、映像の明暗によって表示するため、より確実に識別することができ、異なる色として知覚される

50

ことを防止できる。

【 0 0 2 5 】

第 4 発明に係る色計測方法及び第 8 発明に係る色計測装置にあっては、対象物がない場合に、光が照射されたときに撮影手段から出力される光強度情報である第 1 補正情報と、光が照射されなかったときに撮影手段から出力される光強度情報である第 2 補正情報とを取得し、取得した第 1 補正情報及び第 2 補正情報に基づいて、対象物の光強度情報を補正する。よって、外的環境により色空間が歪んだ場合であっても、第 1 補正情報及び第 2 補正情報に基づいて、対象物の光強度情報を補正することにより、色空間の歪みを解消して、色計測の精度低下を抑制することができる。

【 発明の効果 】

10

【 0 0 2 6 】

本発明によれば、色相、彩度もしくは明度の知覚情報、又は濃度情報、pH 情報などの物理情報が、色ではなく、映像の明暗によって表示されるため、より確実に識別することができるとともに、時間的に変化する過程を視覚的に容易に確認することができる。また、外的環境により色空間が歪んだ場合であっても、第 1 補正情報及び第 2 補正情報に基づいて、対象物の光強度情報を補正することにより、色空間の歪みを解消して、色計測の精度低下を抑制することができる。

【 0 0 2 7 】

また本発明によれば、比色法、分光法、及び吸光法などによる高精度な色計測装置と比較すると精度は劣るものの、各種の呈色試験薬紙（以下、試薬という）など 2 色混合比率が連続的に変化する色を計測するには十分応用可能であり、簡易的な色計測方法として広い分野で実用化することができる。つまり、従来は人間によって試薬の色の変化を定性的に判断していたが、本発明を用いることにより、試薬の色の変化を定量的に計測することができる。また、リサイクル事業における色付きピンの分別判定に利用することができる。更に、サービスロボットなどのヒューマン・マシン・インタフェースに用いる情報として利用することができる。

20

【 0 0 2 8 】

特に、保健医療分野で一般的に異常の有無の判定に利用されることが多い試薬を利用した簡易検査を定量的検査とすることは、在宅ケアの基盤技術として重要である。例えば、採尿機器と検査薬自動滴下装置と本発明とを合わせて用いることにより、簡易な検査システムを構築することができる。従って、検査状態の画像データでなく色計測結果から得られる健康データを通信することにより、少量の健康データで個人の健康状態を管理することが可能となり、きめ細やかな介護体制をとることができる等、優れた効果を奏する。

30

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 9 】

以下、本発明をその実施の形態を示す図面に基づいて詳述する。

【 0 0 3 0 】

（実施形態 1）

図 1 は本発明の実施形態 1 に係る色計測装置の構成例を示すブロック図である。本発明に係る色計測装置 1 は、光源 10、撮影機器 11、アナログ・デジタル変換器（以下、A/D C という）12 a、12 b、12 c、H S I 変換用データ R O M 13、デジタル・アナログ変換器（以下、D A C という）14 a、14 b、14 c、及び表示機器 15 を備えている。

40

【 0 0 3 1 】

光源 10 は、ハロゲンランプ、白色 L E D などの可視光の波長領域に渡って所定の輝度の光を照射する照明装置である。撮影機器 11 は、例えば C C D、C M O S などの赤色用撮像素子 11 a、緑色用撮像素子 11 b、青色用撮像素子 11 c を備えており、対象物を撮影して対象物の各色を呈する波長帯域における光強度情報を出力する撮影手段として機能する。撮像素子 11 a、11 b、11 c は、画素をマトリクス状に配列したエリア型の半導体素子であり、各画素は図示しないフォトダイオードを内蔵している。撮影機器 11

50

には、センサヘッド 20（詳細は後述する）が付設されており、撮影機器 11 は、センサヘッド 20 を介して入射された光に反応して、光強度に応じた電圧を有するアナログ形式の電気信号（以下、アナログ RGB 信号という）へ変換するとともに、変換したアナログ RGB 信号の同期信号を出力する。

【0032】

A D C 12 a , 12 b , 12 c は、映像機器 11、より具体的には赤色用撮像素子 11 a , 緑色用撮像素子 11 b , 青色用撮像素子 11 c から出力されたアナログ RGB 信号を所定のサンプリング周波数にて量子化（例えば、8 ビット）を行ない、デジタル形式の電気信号（デジタル RGB 信号）へ変換する機能を有し、変換したデジタル RGB 信号を H S I 変換用データ ROM 13 へ出力する。

10

【0033】

H S I 変換用データ ROM 13 には、RGB 情報と色相 H（色合い）、彩度 S（鮮やかさ）、明度 I（明るさ）の 3 知覚情報である H S I 情報とが関連付けられた情報テーブルが予め記憶されている。H S I 変換用データ ROM 13 は、情報テーブルに従って、A D C 12 a , 12 b , 12 c によって変換されたデジタル RGB 信号（RGB 情報）を H S I 情報へ変換する本発明に係る変換手段として機能し、変換した H S I 情報を出力する。色計測装置 1 は、外的影響を受けやすい光強度に基づく RGB 情報を、人間の色に対する感性に基づく知覚情報である H S I 情報へ変換し、変換した H S I 情報を色情報として用いる。

【0034】

より具体的には、A D C 12 a , 12 b , 12 c は、それぞれ 8 本の信号線、つまり合計 24 本の信号線に、デジタル RGB 信号をパラレル出力し、各信号線のデジタル RGB 信号を、H S I 変換用データ ROM 13 のアドレッシングに利用する。このようにして、H S I 情報が、H S I 変換用データ ROM 13 から遅延なく出力される。

20

【0035】

D A C 14 a , 14 b , 14 c は、H S I 変換用データ ROM 13 から出力された H S I 情報を、映像信号規格に準拠した信号レベルに調整し、3 つの独立した電気信号として出力する。D A C 14 a , 14 b , 14 c から出力される電気信号は、例えば輝度信号であり、D A C 14 a , 14 b , 14 c は、H S I 情報を輝度信号へ変換することにより、H S I 情報を表示機器 15 上に明暗として表示することができる。

30

【0036】

表示機器 15 は、液晶ディスプレイ、C R T ディスプレイなどの表示手段であり、輝度信号、色差信号、及び同期信号を含む映像信号が入力されることにより、入力された映像信号に係る映像を表示するものであり、D A C 14 a , 14 b , 14 c から出力された電気信号のいずれかが輝度信号として入力されるとともに、撮影機器 11 から出力された同期信号が入力される。

【0037】

従って、このような構成を有する色計測装置 1 は、H S I 情報のうちのいずれかの情報が表示機器 15 上に明暗として表示される。つまり、対象物の色の変化過程を視覚的に明暗によって確認することができ、明暗の識別能力によって色の変化過程を確実に識別することができる。また、色計測装置 1 は、対象物に係るデジタル RGB 信号の記憶及び画像処理（例えば 2 次元処理）が不要であり、デジタル RGB 信号を時系列信号として直接的に処理するため、1 フレームの遅延もなく処理を行なうことができる。さらに、従来の構成で必須であった、画像処理プロセッサなどの画像処理部と、少なくとも 1 フレーム分の画像データを記憶する画像メモリとが不必要となるため、小型化及び低コスト化を実現することができる。

40

【0038】

なお、H S I 情報を媒介として、濃度情報、p H 情報などの物理情報を計測する場合、物理情報と H S I 情報との対応関係を予め求め、求めた対応関係と変換した H S I 情報とから物理情報を出力するようにしてもよい。図 2 は本発明の実施形態 1 に係る他の色計測

50

装置の構成例を示すブロック図である。本発明に係る他の色計測装置 2 は、光源 10、撮影機器 11、ADC 12a, 12b, 12c、HSI 変換用データ ROM 13、DAC 14a, 14b, 14c、14d、表示機器 15、及び物理情報変換用データ ROM 16 を備えている。

【0039】

物理情報変換用データ ROM 16 には、HSI 情報を媒介として、物理情報と HSI 情報との対応関係を予め求め、物理情報と HSI 情報とが関連付けられた情報テーブルが予め記憶されており、本発明に係る記憶手段として機能する。また、物理情報変換用データ ROM 16 は、情報テーブルに従って、HSI 変換用データ ROM 13 によって変換された HSI 情報を物理情報へ変換する本発明に係る第 2 変換手段として機能し、変換した物理情報を DAC 14d へ出力する。

【0040】

DAC 14d は、物理情報変換用データ ROM 16 から出力された物理情報を、映像信号規格に準拠した信号レベルに調整して電気信号として出力する。DAC 14d から出力される電気信号は、前述と同様の輝度信号であり、DAC 14d は、物理情報を輝度信号へ変換することにより、物理情報を表示機器 15 上に明暗として表示することができ、物理情報の変化過程を視覚的に明暗によって確認することができる。その他の構成は図 1 と同様であるので、対応する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。もちろん、HSI 変換用データ ROM 13 と物理情報変換用データ ROM 16 とが一体となった形態、すなわち、RGB 情報と濃度情報、pH 情報などの物理とが関連付けられた情報テーブルに基づいて、RGB 情報を物理情報に直接的に変換するようにしてもよい。

【0041】

次に、HSI 情報に係るカラーモデルについて説明する。カラーモデルとしては、六角錐モデル、双六角錐モデル、円錐モデル、双円錐モデル、及び円柱モデルなどのカラーモデルがあり、いずれのカラーモデルを用いてもよいが、以下、六角錐モデルを一例として説明する。

【0042】

図 3 は六角錐モデルの色空間を示す模式図であり、図 4 は図 3 の IV - IV 線における平面図である。六角錐モデルは、彩度 S を x 軸に、明度 I を z 軸に、色相 H を z 軸面上における x 軸に対する方位角 θ にとった六角錐状の座標系を構成しており、z 軸面上における x - 面が六角形を成している。方位角 θ が 0 度である色相 H は赤色 R を示し、同様に、方位角 θ が 60 度、120 度、180 度、240 度、300 度である色相 H は、黄色 Y、緑色 G、青緑色 M、青色 B、深紅色 C を、それぞれ示す。すなわち、色相 H の値によって色が一意に決定されるという特徴を有する。

【0043】

ところで、人間が色を知覚する場合、方位角 θ が 0 ~ 30 度及び 330 ~ 360 度の領域 5a が略赤色であると知覚される領域である。同様に、方位角 θ が 30 ~ 90 度の領域 5b が略黄色、方位角 θ が 90 ~ 150 度の領域 5c が略緑色、方位角 θ が 150 ~ 210 度の領域 5d が略青緑色、方位角 θ が 210 ~ 270 度の領域 5e が略青色、方位角 θ が 270 ~ 330 度の領域 5f が略深紅色、であるとそれぞれ知覚される領域である。従って、方位角 θ 、すなわち色相 H の値によって知覚される色が決定される。

【0044】

図 5 は光の波長と色相との関係を示すグラフであり、横軸は光の波長 λ 、縦軸は色相 H をそれぞれ示す。同図 (a) は明度 I が変化した場合における色相 H を示し、同図 (b) は彩度 S が変化した場合における色相 H を示す。波長が 450 nm ~ 600 nm の範囲では、色相 H (deg) = $-1.6 \times \lambda$ (nm) の相関関係を示しており、かつ、明度 I が 0.3 ~ 0.8 の範囲のいずれの値であっても色相 H に影響を及ぼすことはなく、色相 H は明度 I に対して独立した値であることがわかる (同図 (a))。同様に、波長が 450 nm ~ 600 nm の範囲では、色相 H (deg) = $-1.6 \times \lambda$ (nm) の相関関係を示しており、かつ、彩度 S が 0.6 ~ 0.9 の範囲のいずれの値であっても色相 H

に影響を及ぼすことはなく、色相 H は彩度 S に対して独立した値であることがわかる（同図（b））。つまり、色相 H は、光の波長 に対して 1 対 1 の相関関係を有しており、明度 I 及び彩度 S の影響を受けることなく、光の波長 を用いて表すことができる。

【0045】

従って、色相 H は、人間に対する色の知覚へ影響を及ぼす主たる要素である光の波長によって決定されるパラメータであると言え、この色相 H を計測すれば色を識別することができる。また、彩度 S 及び明度 I は、R G B 情報と同様に外的影響を受けるが、色相 H は、対象物の色合いに基づく情報であるため、比較的影 響を受けにくく、略同一の値を示すため、人間の知覚情報と異なった情報として識別される虞がない。

【0046】

しかるに、H S I 情報は人間の知覚に基づいた情報であるため、試薬の判定及び色付きピンの判定など、従来は人間の目視による感応検査に依存していた作業を自動化及び省力化することができる。これは、J I S 規格において、塗装色の指示に知覚情報であるマンセル表色系を採用していることから明らかである。特に、試薬は物理化学量の大小を色で表示する非常に簡便な試験方法として用いられているが、このような簡便で実用性の高さを必要とするような用途にも、知覚に準じた情報であり理解しやすいという観点から適用可能である。

【0047】

次に、撮影機器 11 の先端に設けるセンサヘッド 20 の一例として二酸化炭素濃度分布測定用ヘッドについて説明する。図 6 はセンサヘッドの概要を示す斜視図である。センサヘッド 20 は、直径 14 mm、軸長 50 mm のアクリルパイプ 21 を母体としており、アクリルパイプ 21 の一方の軸端部は、ファイバスコープ 22 に付設されている。ファイバスコープ 22 は、光ファイバ 23 を介して光源 10 に接続されるとともに、光ファイバ 24 を介して撮影機器 11 に接続されている。一方、アクリルパイプ 21 の周表面には、試薬たる二酸化炭素感応性高分子膜（以下、感応膜という）25 がテープ 26 によって貼付されている。従って、光源 10 の照射光は、光ファイバ 23 を通じてアクリルパイプ 21 へ射出され、その射出光が感応膜 25 にて反射され、光ファイバ 24 を通じて撮影機器 11 へ導光される。

【0048】

ここで、試薬として用いた感応膜 25 の特性について簡単に説明する。感応膜 25 の周囲に存在する二酸化炭素は、感応膜 25 に溶解し、溶解した二酸化炭素が四塩化アンモニウムと化学反応する。二酸化炭素の濃度が低い場合、感応膜 25 は紫色であるが、高濃度になるにつれて感応膜 25 は黄色へと変色する。従って、この感応膜 25 の色相を計測するとともに、二酸化炭素濃度（物理情報）と色相（H S I 情報）との関係を校正し、その逆関数を物理情報変換用データ R O M 16 に記憶しておくことにより、二酸化炭素濃度を視覚的に確認することができる。つまり、二酸化炭素濃度を白黒濃淡画像として表示機器 15 に表示して、極めて簡単な構成で二酸化炭素濃度を容易に確認することができる。また、感応膜 25 が貼付されたアクリルパイプ 21 は円筒形状であるため、撮影機器 11 が撮影した画像はアクリルパイプ 21 を平面に投影した画像を示すことになるので、3 次元分布計測を行なうことができる。

【0049】

図 7 は本発明の実施形態 1 に係る色計測装置により計測した画像の一例を示す模式図である。同図（a）は計測開始時（0 秒）における画像を示し、以下、同図（b）、（c）、（d）、（e）、（f）、（g）、（h）、（i）、（j）、（k）、（l）、（m）は、計測開始から、1、2、3、8、10、14、16、18、27、35、45、55 秒後における画像をそれぞれ示す。本例では、計測開始 1 秒までは黒色の画像（同図（a）、（b））が表示され、計測開始 2 秒後（同図（c））から画像が徐々に白色に変化し、計測開始 14 秒後（同図（g））に白色の画像が表示された。その後、計測開始 16 秒後（同図（h））から画像が徐々に黒色に変化し、計測開始 45 秒後（同図（l））に黒色の画像が表示された。このように、従来は、色相が色情報である画像を表示機器に表示

10

20

30

40

50

していたため、人間の有する色識別能力の個人差によって様々な色に識別される虞があったが、本発明に係る色計測装置 1, 2 では、人間にとって色よりも敏感な明暗の画像を表示機器 15 に表示するようにしたため、対象物の色が人間によって異なる色として認識されることを抑制することができる。

【0050】

(実施形態 2)

撮影機器 11 から出力される光強度情報は、例えば CCD のように、暗電流の影響でバイアス電圧が加わったり、光源 10 の影響で画像の色が変色する現象が生じる場合がある。従って、色空間が歪み、すなわち色相が変化して、色計測の精度が低下する虞がある。そこで、対象物がない場合に、光源 10 が光を照射したときにおけるデジタル RGB 信号 (第 1 補正情報) と、光源 10 が光を照射しなかったときにおけるデジタル RGB 信号 (第 2 補正情報) とを取得し、取得した第 1 補正情報及び第 2 補正情報に基づいて、光源 10 が対象物に光を照射したときのデジタル RGB 信号を補正するようにしてもよく、このようにしたものが実施形態 2 である。

10

【0051】

図 8 は本発明の実施形態 2 に係る色計測装置の構成例を示すブロック図である。本発明に係る色計測装置 3 は、光源 10、撮影機器 11、ADC 12a, 12b, 12c、HSI 変換用データ ROM 13、DAC 14a, 14b, 14c、表示機器 15、及び補正部 30 を備えている。

【0052】

補正部 30 は、内部にメモリ 31 を内蔵しており、対象物を撮影する前に、光源 10 を点灯させた場合における撮影機器 11 の出力信号、すなわち赤色用撮像素子 11a に係るデジタル R 信号 (RW), 緑色用撮像素子 11b に係るデジタル G 信号 (GW), 青色用撮像素子 11c に係るデジタル B 信号 (BW) を取得し、第 1 補正情報 31a としてメモリ 31 に記憶する。補正部 30 は、同様に、対象物を撮影する前に、光源 10 を消灯させた場合における撮影機器 11 の出力信号、すなわち赤色用撮像素子 11a に係るデジタル R 信号 (RB), 緑色用撮像素子 11b に係るデジタル G 信号 (GB), 青色用撮像素子 11c に係るデジタル B 信号 (BB) を取得し、第 2 補正情報 31b としてメモリ 31 に記憶する。なお、メモリ 31 は、従来必要であった画像メモリではなく、第 1 補正情報 31a と第 2 補正情報 31b とを記憶するためのものであり、各色の補正情報が 8 ビットの場合、必要な記憶容量は、48 ビット (8 ビット × 6 要素) 程度のものである。

20

30

【0053】

そして、補正部 30 は、撮影装置 11 が対象物を撮影し、ADC 12a, 12b, 12c によってデジタル化したデジタル RGB 信号を、第 1 補正情報 31a (RW, GW, BW) 及び第 2 補正情報 31b (RB, GB, BB) を用いて、式 (2) に示すように補正して、補正したデジタル RGB 信号を HSI 変換用データ ROM 13 へ出力してデジタル化する。補正部 30 は、式 (2) のような単純な演算処理を行なうだけであるから、この演算処理に要する時間はほとんど無視することができる。なお、式 (2) の各式右辺の "R", "G", "B" が補正前のデジタル RGB 信号であり、各式左辺の "R", "G", "B" が補正後のデジタル RGB 信号である。つまり、補正部 30 は、色空間の歪みを、正規化された光強度情報に補正する本発明に係る補正手段として機能する。その他の構成は図 1 と同様であるので、対応する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

40

【0054】

【数 2】

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{R - RB}{RW - RB} \\ G &= \frac{G - GB}{GW - GB} \\ B &= \frac{B - BB}{BW - BB} \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

10

【0055】

図9は光強度情報の補正を行なった場合及び行なわなかった場合における色相のリニアリティを示すグラフであり、横軸は色相Hの参照値、縦軸は色相Hの測定値をそれぞれ示す。光源10としては、図10に示した分光特性（色温度：2552K）を有するハロゲンランプであり、青色領域である450nm近傍の波長領域の光量が不足している。この光源10を用いて対象物の色計測を行なうと、前述した補正を行なわない場合（同図破線）には、色相の六角形が歪むために色相のリニアリティが低下（相関係数 $R = 0.979$ ）し、色画像が演色により黄色味が強くなって色計測の精度が低下している領域が発生し、特に色相が300度近傍の紫色領域では色の識別が困難になることが分かる。一方、前述した補正を行なう場合（同図実線）には、色相の六角形が歪むことがないために色相のリニアリティが改善（相関係数 $R = 0.990$ ）され、色計測の精度の低下を抑制されていることが分かる。

20

【0056】

従って、このような構成を有する色計測装置3は、色計測を行なう外的環境の情報を補正部30によって取得し、取得した情報によって光強度情報を補正するため、外的環境によって色計測精度の低下を抑制することができる。

【0057】

（実施形態3）

実施形態1及び実施形態2では、撮影機器11が赤色用撮像素子11a、緑色用撮像素子11b、青色用撮像素子11cを備えており、3つの波長帯域における光強度情報をそれぞれ出力する形態について説明したが、光源が異なる波長帯域の光を断続的に照射（パルス照射）し、1つの撮像素子により各波長帯域における光強度情報を時分割に出力するようにしてもよく、このようにしたものが実施形態3である。

30

【0058】

図11は本発明の実施形態3に係る色計測装置の構成例を示すブロック図である。本発明に係る色計測装置4は、光源40、撮影機器43、ADC12a、12b、12c、HSI変換用データROM13、DAC14a、14b、14c、及び表示機器15を備えている。

【0059】

光源40は、例えば、赤色のカラーフィルタ41aが光照射面に配設された白色LED42a、緑色のカラーフィルタ41bが光照射面に配設された白色LED42b、及び青色のカラーフィルタ41cが光照射面に配設された白色LED42cを備えており、各白色LED42a、42b、42cを時分割駆動により点灯し、赤色、緑色、及び青色のいずれかの光がパルス照射する照射手段として機能する。もちろん、単色光源である赤色LED、緑色LED、及び青色LEDを用いて、光源40と同様の機能を行なわせてもよい。なお、一般的に、単色光源である各色LEDの光は波長帯域が狭く、各色LEDの感度が重畳しない波長領域が生じ、色相の変化が読み取れない領域が発生する場合があるため、各LEDの波長帯域が重畳するLED素子を用いることが好ましい。これは、カラーフィルタ41a、41b、41cについても同様であり、各カラーフィルタは、透過光の波

40

50

長領域がそれぞれのカラーフィルタで重畳するフィルタを用いることが好ましい。

【0060】

撮影機器43は、赤色、緑色、及び青色を兼用する撮像素子43aを備えており、光源40によって赤色、緑色、及び青色のいずれかの光がパルス照射された際に、対象物を撮影して対象物の光強度情報を出力する撮影手段として機能する。つまり、撮像素子43aは、赤色、緑色、及び青色のそれぞれの波長帯域に対して感応し、各色の光強度情報を出力する素子である。その他の構成は図1と同様であるので、対応する部分には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0061】

なお、実施形態1～3にて詳述した色計測装置1, 2, 3, 4は、H S I情報のうちの色相Hを輝度信号として表示機器15に出力し、人間にとって誤認しやすい色表示ではなく、明暗表示として表示機器15に表示するようにしたが、H S I情報のうちの彩度S又は明度Iを輝度信号として表示機器15に出力し、人間にとって誤認しやすい色表示ではなく、明暗表示として表示機器15に表示するようにしてもよい。その場合には、各DACの後段に選択回路を設けて、H S I情報のうちのいずれの情報を表示機器15に出力するかを選択できるようにすればよい。

【0062】

また、センサヘッド20の一例として二酸化炭素濃度分布測定用ヘッドを用いて、試薬の判定を定量的に行なう場合について説明したが、センサヘッド20を用いずに、撮影機器11(43)によって直接的に対象物を撮影して、対象物の色を判定することができ、例えばリサイクル事業における色付ビンの色を定量的に判定できる。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】本発明の実施形態1に係る色計測装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施形態1に係る他の色計測装置の構成例を示すブロック図である。

【図3】六角錐モデルの色空間を示す模式図である。

【図4】図3のIV-IV線における平面図である。

【図5】光の波長と色相との関係を示すグラフである。

【図6】センサヘッドの概要を示す斜視図である。

【図7】本発明の実施形態1に係る色計測装置により計測した画像の一例を示す模式図である。

【図8】本発明の実施形態2に係る色計測装置の構成例を示すブロック図である。

【図9】光強度情報の補正を行なった場合及び行なわなかった場合における色相のリニアリティを示すグラフである。

【図10】光源に用いたハロゲンランプの分光特性を示すグラフである。

【図11】本発明の実施形態3に係る色計測装置の構成例を示すブロック図である。

【図12】RGB表色系(混色系)の色空間を示す模式図である。

【符号の説明】

【0064】

1, 2, 3, 4 色計測装置

10 光源

11 撮影機器

11a, 11b, 11c 撮像素子

12a, 12b, 12c アナログ・デジタル変換器(ADC)

13 H S I変換用データROM

14a, 14b, 14c, 14d デジタル・アナログ変換器(DAC)

15 表示機器

16 物理情報変換用データROM

20 センサヘッド

30 補正部

10

20

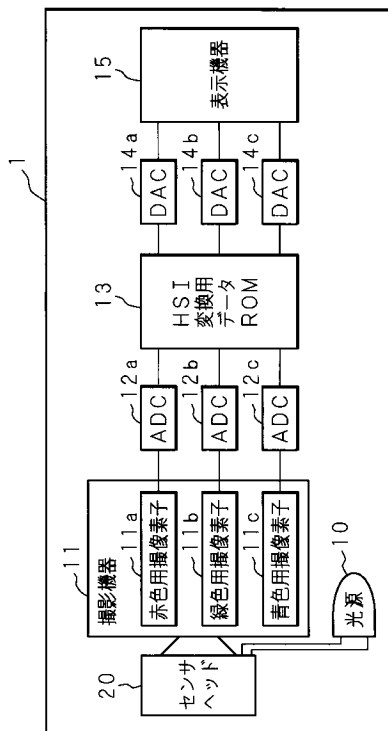
30

40

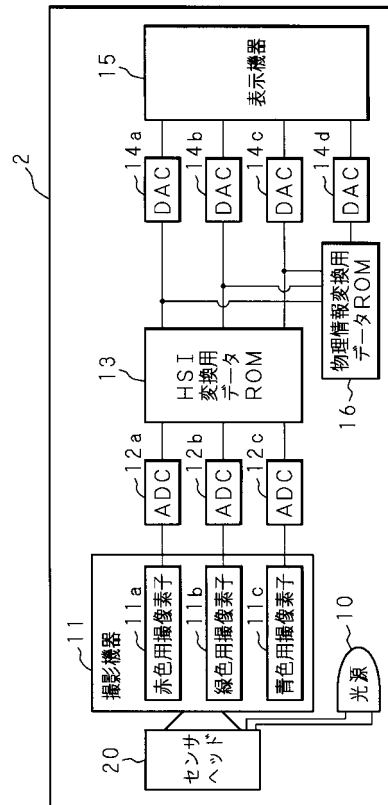
50

- 4 0 光源
- 4 3 撮影機器
- 4 3 a 撮像素子

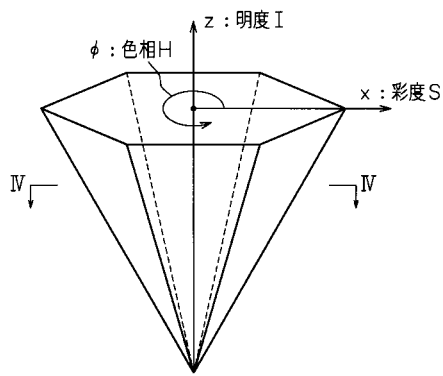
【図 1】



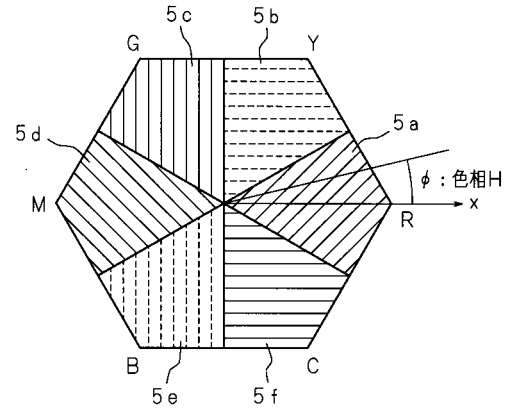
【図 2】



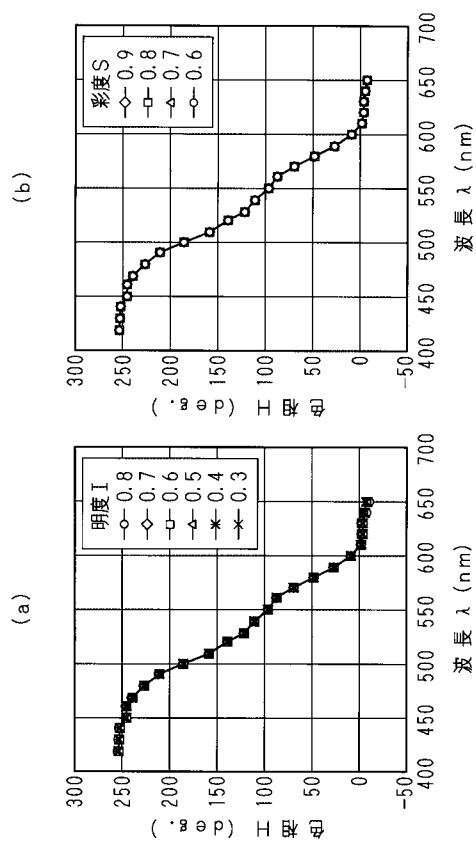
【 図 3 】



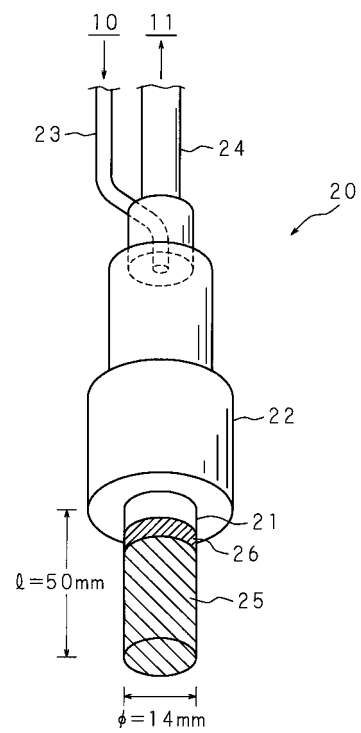
【 図 4 】



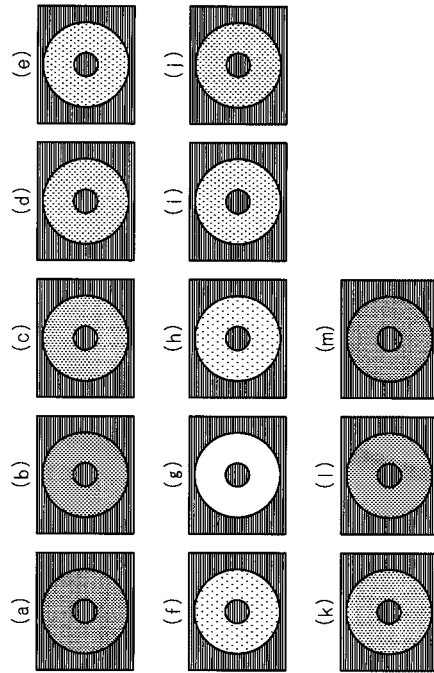
【 図 5 】



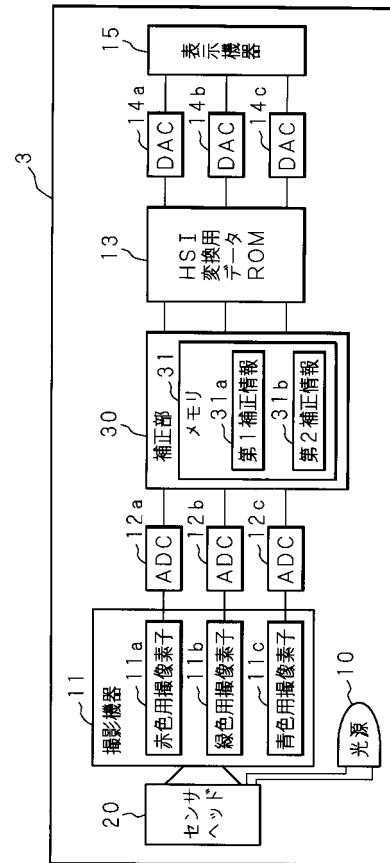
【 図 6 】



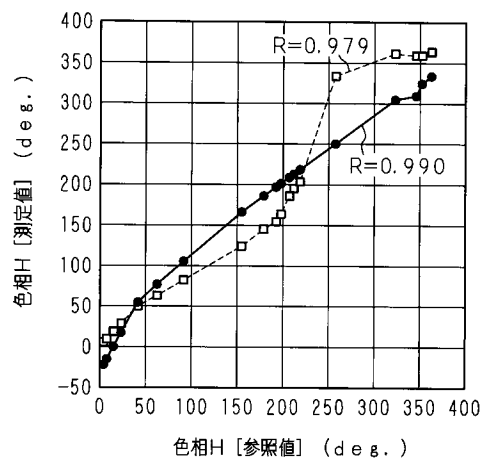
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

