

(51)Int.Cl.

F I

G 0 1 M 11/00 (2006.01)

G 0 1 M 11/00

T

G 0 2 B 5/22 (2006.01)

G 0 2 B 5/22

請求項の数1 (全9頁)

(21)出願番号 特願2004-36037(P2004-36037)  
 (22)出願日 平成16年2月13日(2004.2.13)  
 (65)公開番号 特開2005-227126(P2005-227126A)  
 (43)公開日 平成17年8月25日(2005.8.25)  
 審査請求日 平成17年7月1日(2005.7.1)

(73)特許権者 390014306  
 防衛省技術研究本部長  
 東京都新宿区市谷本村町5番1号  
 (73)特許権者 000001993  
 株式会社島津製作所  
 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地  
 (74)代理人 100095670  
 弁理士 小林 良平  
 (72)発明者 原崎 亜紀子  
 神奈川県川崎市中原区田尻町7番地  
 (72)発明者 神谷 直浩  
 京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会  
 社島津製作所内

審査官 樋口 宗彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】航空機内光学部材設計用シミュレーション方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

航空機のコックピット内に居る操縦者又はそれに相当する人とそれらの人が視認する視認対象物との間に配置される光学部材を設計するために利用される航空機内光学部材設計用シミュレーション方法であって、

a)光学部材の透過又は反射波長特性と、飛行高度に応じた太陽光の波長分布を反映した、視認対象物から該光学部材に入射する光の波長分布特性と、に基づき、光学部材を経由した後の前記視認対象物に関する光の波長分布特性を求める特性取得ステップと、

b)前記光学部材を経由した後の視認対象物に関する光の波長分布特性を、人間の視覚特性を考慮してRGB三原色分布に変換する変換ステップと、

c)前記視認対象物の色調の確認が可能であるように前記RGB三原色分布で表現される視認対象物を2次元表示画面上に擬似的に表示する表示ステップと、

を含むことを特徴とする航空機内光学部材設計用シミュレーション方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば航空機のコックピット内にて操縦者らが目を保護するために装用する光学フィルタ等の光学部材を開発する際に使用される航空機内光学部材設計用シミュレーション方法に関する。

【背景技術】

## 【 0 0 0 2 】

航空機においては、測距計やディジグネータなど、他の航空機との距離を測る等の目的でレーザー光を機外に出射するような機器が使用されているものがある。また、航空機に関連した地上又は海上の施設や車両・船舶等においても、飛行中の航空機との距離を測る等の目的で、上記のような機器が使用されているものがある。そのため、航空機のコックピット内に居る操縦者やそのほかの人（以下、これらを総称して操縦者ということとする）は、こうした他の航空機や地上の施設等から到来したレーザー光を身体に受ける可能性がある。周知のように（例えば特許文献1など参照）、或る程度以上の高いエネルギーを持つレーザー光が人間の目に入ると網膜を損傷するおそれがあり、最悪の場合には失明に至ることもある。操縦者の目をこうしたレーザー光から保護するためには、レーザーの発振波長光を遮断する光学フィルタが有用であり、こうした光学フィルタを搭載したメガネ、ゴーグル、シールド、バイザーなどを装用するとよい。

10

## 【 0 0 0 3 】

従来より、一般的なレーザー用の保護ゴーグルとしては種々のものが知られている（例えば非特許文献1など参照）。しかしながら、特に航空機のコックピットのように各種計器の表示色が非常に重要な情報を持つような用途においては、光学フィルタに厳しい仕様が要求される。何故なら、そうした光学フィルタを装用することによって、計器の表示の視認性が低下すると、操縦に支障をきたしたり、そこまで至らなくとも操縦に際した計器の読み取りミスが起き易くなって操縦者に無用の負担を強いるからである。そのため、この種の光学フィルタは、それを装着した際にも、コックピット内の各種表示機器やコックピット外の外景などの視認性の低下ができるだけ少ないものでなければならない。

20

## 【 0 0 0 4 】

そこで、そうした光学フィルタの開発過程では、その使用によってコックピット内の表示機器やコックピット外の外景の色調やコントラストがどのように変化し、それによって視認性がどのように変化するのかを評価することが非常に重要になってくる。この種の光学フィルタについての従来の開発手法は、目的とする光学特性を有する試験片を試作し、それを用いて実地に視認性の評価試験を行うのが一般的である。

## 【 0 0 0 5 】

しかしながら、こうした従来の手法では、試験片による評価結果が好ましいものでなかった場合に、試験片の再試作を要し、望ましい視認特性が得られるまで同作業を繰り返し行う必要がある。その結果、通常、長期に亘る開発期間と大きな費用が掛かるという問題がある。また、開発の長期化を回避するには、光学特性の異なる複数の試験片を一度に製作するという方法も或る程度有効であるが、多額の費用が必要となることは避けられず、また作製した試験片のいずれも十分な特性が得られないということも起こり得るため、その場合にはやはり試験片の再試作が必要となって開発期間が延びることになる。

30

## 【 0 0 0 6 】

【特許文献1】特開平5 - 5804号公報（段落0003等）

【非特許文献1】「汎用レーザーゴーグル/保護メガネ」, [Online], ニューポート社, 平成16年2月12日検索, インターネット<URL : <http://www.newport-japan.co.jp/pdf/0227.pdf>>

40

## 【 発明の開示 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 7 】

本発明はこうした課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、上記のような試験片の試作工程をできる限り省略し、短期間に低廉な費用で所望の特性を有する光学部材を開発するのに有用なシミュレーション方法を提供することである。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するために、本発明に係るシミュレーション方法は、従来のように試験片の実地製作と評価試験を行う代わりに、その光学部材を試作する前の段階で、コンピュ

50

ータのディスプレイ上にて擬似的な視認性評価を行い、或る程度良好な評価結果が得られることが確認できた後に初めて試験片の試作に取り掛かることを可能とするものである。

【 0 0 0 9 】

すなわち、本発明は、航空機のコックピット内に居る操縦者又はそれに相当する人とそれらの人が視認する視認対象物との間に配置される光学部材を設計するために利用される航空機内光学部材設計用シミュレーション方法であって、

a) 光学部材の透過又は反射波長特性と、飛行高度に応じた太陽光の波長分布を反映した、視認対象物から該光学部材に入射する光の波長分布特性と、に基づき、光学部材を經由した後の前記視認対象物に関する光の波長分布特性を求める特性取得ステップと、

b) 前記光学部材を經由した後の視認対象物に関する光の波長分布特性を、人間の視覚特性を考慮して R G B 三原色分布に変換する変換ステップと、

c) 前記視認対象物の色調の確認が可能であるように前記 R G B 三原色分布で表現される視認対象物を 2 次元表示画面上に擬似的に表示する表示ステップと、

を含むことを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

本発明に係るシミュレーション方法では、まず特性取得ステップにおいて、光学部材の設計時のシミュレーション計算などで得られた光学部材自体の透過波長特性又は反射波長特性と、視認対象物からその光学部材に入射する光の波長分布特性とに基づき、視認対象物から発して光学部材を經由した（つまり光学部材を透過した又は光学部材で反射した）後の光の波長分布特性を求める。ここで視認対象物とは、例えばコックピット内に設置されている計器盤上の各種計器、或いは窓から見た外景などが典型的なものである。

【 0 0 1 1 】

次に、変換ステップにおいて、光学部材を經由した後の視認対象物に関する光の波長分布特性を、人間の視覚特性を考慮して R G B 三原色分布、具体的には例えば R G B 三刺激値に変換する。上記波長分布特性のままでは人間が視覚的に色として把握することは不可能であるが、R G B 三原色分布に変換することで C R T、液晶ディスプレイ等の 2 次元表示画面上に色として表現することが可能となる。そこで、表示ステップにおいては、R G B 三原色分布で表現される視認対象物を 2 次元表示画面上に擬似的に表示することで、オペレータ（又は設計者）がその視認対象物の見た目の色調やコントラストなどを確認できるようにする。

【 0 0 1 2 】

オペレータはこの画面上に再現された画像を見て、航空安全にどのような影響を及ぼすかといった観点から視認性を確認、評価、検討し、好ましくない評価結果である場合には、光学部材の開発にフィードバックして設計をやり直したり手直しを行ったりする。そして、再度、光学部材の新たな波長分布特性を用いて視認対象物の視認性の確認を行う。このようなシミュレーション上での繰り返しによって十分な視認性を確認できた後に、初めて試験片の試作を行って現物での視認性を最終的に確認すればよい。試験片の試作を行う前の作業はシミュレーションによる評価、つまりコンピュータ上での計算を用いた評価のみであるが、その評価において実際に試験片を試作した場合とほぼ同等の視認性の確認を行うことができる。

【 0 0 1 3 】

なお、ここでいう光学部材は典型的には特定の透過波長特性を有する光学フィルタであるが、入射光に対して何らかの波長的な処理を行って光を出射する光学部材を全て含み、光を透過するもののみならず反射するものであってもよい。

【 0 0 1 4 】

また、本発明に係るシミュレーション方法は、航空機のコックピット内で使用される光学部材のみでなく、そのほかに、特に人間による視認性が重要であるような場所で使用される光学部材の設計に利用することができる。具体的には、例えば、発電所、大規模工場などのプラント制御の計装盤を監視するオペレータ用の光学部材などが考えられる。

【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 5 】

このように本発明に係る航空機内光学部材設計用シミュレーション方法によれば、航空機のコックピット内で使用する光学部材の開発の際に、試作を行うことなく簡便にその視認性を事前評価することができる。また、試験片の試作を行う必要がある場合でも、シミュレーションにより視認性を十分に事前評価したものを試作すればよいので、試行錯誤的な試作ではなくなり、従来に比べて試作回数を大幅に減らすことができる。それによって、特に良好な視認性が要求される光学部材の開発において、その開発費用を大幅に抑制するとともに開発期間を短縮化することができる。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 6 】

以下、本発明の一実施例であるシミュレーション方法を、レーザの発振波長光を遮断する光学フィルタの開発に適用した場合について説明する。図 1 は光学フィルタの開発の手順を示すフローチャート、図 2 は視認性評価のシミュレーションに使用される装置の概略構成図である。

10

## 【 0 0 1 7 】

図 2 に示すように、シミュレーション装置は、シミュレーション演算処理部 1 0 と、その演算処理部 1 0 に対して演算に必要な各種情報や条件などを入力設定するための入力部 1 1 と、演算処理結果を 2 次元画像として表示するための表示部 1 2 とを備える。この装置の実体はパーソナルコンピュータ或いはより高速な汎用コンピュータであり、そのコンピュータにインストールされた所定の制御プログラムを実行することで、後述するようなシミュレーションが具現化される。また、入力部 1 1 はコンピュータに付設されたキーボードやマウス、トラックボール（又は他のポインティングデバイス）であり、表示部 1 2 は CRT や液晶ディスプレイなどである。

20

## 【 0 0 1 8 】

図 1 により、開発の手順に沿って説明する。まず、設計者は所望の特性を持つような光学フィルタを設計する（ステップ S 1）。こうした光学フィルタの製作工程自体は従来から知られており、設計段階においてその光学フィルタ自体の透過波長特性をシミュレーション計算によって求めることができる（ステップ S 2）。

## 【 0 0 1 9 】

そうした透過波長特性の一例を図 4 に示す。図 4 は光学フィルタの波長に対する透過率をシミュレーション計算により求めたものである。図 4 中で、OD (Optical Density) とは透過率の常用対数をとってその記号を除いたものであり、光学濃度と呼ばれる数値である。例えば OD = 2 のとき透過率は 1 %、OD = 5 のとき透過率は 0.01 % である。したがって、この例のように透過率がきわめて小さいときに有用な表記方法である。こうして透過波長特性を計算し、それが所望の特性であるか否かを確認し（ステップ S 3）、所望の特性でなければ設計をやり直す。こうした作業の繰り返しによって、光学フィルタ自体の波長透過特性が所望のものとなるようにする。

30

## 【 0 0 2 0 】

こうした特性の光学部材を利用してレーザ防護フィルタを製造しても、操縦者が装用することによって航空機のコックピット内における視認環境が低下し、操縦に必要な各種計器の視認が困難になるようであれば実用に供することができない。そこで、コックピット内の計器類、及び機外の外景の見え方が、上記光学フィルタによってどのように変化を生じるかを次のような手順で検討する。

40

## 【 0 0 2 1 】

まず、コックピット内の環境を想定し、視認対象物から光学フィルタに入射する光の波長分布特性を把握する（ステップ S 4 ~ S 6）。いま、ここでは視認対象物はコックピット内の計器盤上の各種計器であるものとする。図 3 は、こうした視認対象物から到来する光が操縦者の目に入るまでの各種態様を模式的に示したものである。

## 【 0 0 2 2 】

まず太陽光が十分に得られる昼間の場合について考える。この場合、図 3 ( a ) に示す

50

ように、太陽 1 からの放射光が計器 2 に当たり、その反射光が光学フィルタ 3 に入射し、光学フィルタ 3 で波長減衰された光が操縦者の目 4 に到達する。太陽 1 による放射光の波長分布は既知である。太陽光エネルギーの波長分布特性の一例を図 5 に示す。一方、コックピット内の計器 2 に塗布された塗料の反射率の波長依存性も既知である。したがって、この両特性から、太陽 1 からの放射光が計器 2 に当たって反射する光（つまり図 3 ( a ) 中の位置 L b における光）の波長分布を計算することができる。換言すれば、これは光学フィルタ 3 を用いないときに操縦者の目 4 に到達する光の波長分布である。

【 0 0 2 3 】

次に、機外が暗い夜間の場合について考える。この場合、図 3 ( b ) に示すように、コックピット内の照明光源 5 が点灯され、計器盤上の計器 2 はこの照明に照らされる。したがって、その照明光源 5 の既知の波長分布を上記昼間の場合の太陽光の波長分布に置き換えればよい。また、時間帯或いは飛行高度等に応じて太陽光の波長分布が相違する場合も同様である。

10

【 0 0 2 4 】

近年、C R T や液晶パネルなどのフラットパネルディスプレイではそれ自体が光源となる。つまり、図 3 ( c ) に示すように、反射光ではなく計器 2 自体が放射する光が光学フィルタ 3 を通して操縦者の目 4 に到達する。この場合も、計器 2 自体の発する光の波長分布は容易に得ることができる。この光も光学フィルタ 3 が無ければ直接、操縦者の目 4 に到達するので、上記のような計器 2 からの反射光の波長分布と同様に取り扱うことができる。以下の説明では、視認対象物から発して光学フィルタ 3 に入射する前の（つまり位置 L b における）光を総称して光源光と呼ぶこととする。

20

【 0 0 2 5 】

次に、光学フィルタ自体の透過波長特性と上記の光源光の波長分布特性とから、光学フィルタを透過した後の波長分布特性を算出する（ステップ S 7）。すなわち、光源光の波長分布を S ( )、図 4 に示された光学フィルタの設計上の透過波長特性を F ( ) とすると、光学フィルタを透過した後の（つまり図 3 中の位置 L a における）光源光の波長分布 S<sub>filter</sub> ( ) は、次の式で表される。

$$S_{\text{filter}}( ) = S( ) \cdot F( )$$

この関数で表される波長分布特性を有する光が操縦者の目に入るわけであるが、この関数の状態ではその波長分布を有する光がどのように操縦者に視認されるのかを推測することはできない。そこで、これを表示部 1 2 の画面上に表示可能とするために、シミュレーション演算処理部 1 0 では、以下に述べるアルゴリズムに従って波長分布特性を R G B 三原色に変換する。

30

【 0 0 2 6 】

すなわち、人間が認識可能である色は C I E（国際照明委員会）の 1931 年色度図の範囲内である。これを図 6 に示す。色度は三刺激値 X、Y、Z（CIE1931）の加法混合によって表される。これを X Y Z 表色系という。X、Y、Z は C I E が 1931 年に定めた等色関数（図 7）により計算される。そこで、光学フィルタを通過した光源光の波長分布から三刺激値 X、Y、Z で表される色表現に変換する（ステップ S 8）。このときの変換式としては次式を用いればよい。

40

【 数 1 】

$$X = k \int_{380}^{780} S_{\text{filter}}(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = k \int_{380}^{780} S_{\text{filter}}(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k \int_{380}^{780} S_{\text{filter}}(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

ここで k は比例定数であり、Y の値が測光量に一致するように定める。

【 0 0 2 7 】

上記のような X Y Z 表色系で表現される色が色度図上に打点される座標である x、y 及

50

び  $z$  は次のようになる。

$$x = X / ( X + Y + Z )$$

$$y = Y / ( X + Y + Z )$$

$$z = Z / ( X + Y + Z )$$

【 0 0 2 8 】

一方、コンピュータ用のディスプレイに代表される表示装置では、通常、RGB三原色系により色を表現しており、色度は  $( r , g , b )$  を用いて、

$$C = r R + g G + b B$$

で表される。但し、こうした表示装置によって表示可能な領域は図6中の三角形で囲まれた領域であって、XYZ表色系で表現される色を全て表示できるわけではない。そこで、表示装置での表示を可能とするために、XYZ表色系からRGB系への変換を行う(ステップS9)。(X, Y, Z)と(r, g, b)との相互変換は次の行列計算によって行うことができる。

【 数 2 】

$$\begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.240479 & -1.537150 & -0.488535 \\ -0.969256 & 1.875992 & 0.041556 \\ 0.055648 & -0.204043 & 1.057311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r \\ g \\ b \end{pmatrix}$$

例えばRGB座標において赤は  $( 1 , 0 , 0 )$ 、緑は  $( 0 , 1 , 0 )$ 、青は  $( 0 , 0 , 1 )$  である。

【 0 0 2 9 】

そして、このようにして得られた値  $( r , g , b )$  を用いて、表示部12の2次元画面上に操縦者から視認対象物、例えば計器を見た状態の仮想的な画像を再現する(ステップS10)。こうして各種の及び様々条件の下での視認対象物に対応する仮想的な画像を再現することにより、光学フィルタを試作する前にその透過光に関する視認性を事前評価すればよい。また、例えば視認性を考慮して一定以上のコントラスト比を有する必要があるもの(具体的には計器表示とその背景など)については、RGB座標の再現による視認評価はもちろんのこと、数値の比較によるコントラスト計算といった定量的な評価も可能となる。

【 0 0 3 0 】

こうしたシミュレーションによる視認性評価において良好であると認められた場合には(ステップS11でY)、実際に試験片の試作を行い(ステップS12)、試験片の性能の評価とそれを用いた実地の視認性確認を行う(ステップS13)。そして、性能や視認性が十分であれば(ステップS14でY)、実際の製造に移行する(ステップS15)。一方、シミュレーションによる視認性評価で十分な視認性が得られない場合には、ステップS11からS1へと戻り、光学フィルタの再設計を行うことになる。その場合でも、実際に試験片を作製しておらずシミュレーションによる評価のみであるので、1回のサイクルに要する時間は試作片を作製する場合に比べれば格段に短い時間で済み、きわめて効率的に開発を進めることができる。

【 0 0 3 1 】

なお、上記実施例は本発明の一例にすぎず、本発明の趣旨の範囲で適宜、変形、修正、追加等を行っても本願発明に包含されることは明らかである。例えば、等色関数としてはCIE1931以外にCIE1961などがあり、上記実施例で記載した以外のものを利用して同様の評価が可能であることは当然である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 2 】

10

20

30

40

50

【 図 1 】 本 発 明 の 一 実 施 例 で 有 る シ ミ ュ レ ー シ ョ ン 方 法 を 用 い た 光 学 フ ィ ル タ の 開 発 手 順 を 示 す フ ロ ー チ ャ ー ト 。

【 図 2 】 本 実 施 例 の シ ミ ュ レ ー シ ョ ン 方 法 を 実 行 す る た め の 装 置 の 概 略 構 成 図 。

【 図 3 】 視 認 対 象 物 か ら 到 来 す る 光 が 操 縦 者 の 目 に 入 る ま で の 各 種 態 様 を 模 式 的 に 示 す 図 。

【 図 4 】 光 学 フ ィ ル タ の 透 過 率 の 波 長 依 存 性 の 一 例 を 示 す 図 。

【 図 5 】 太 陽 光 放 射 の 波 長 分 布 の 一 例 を 示 す 図 。

【 図 6 】 C I E の 定 め た 色 度 図 ( 1931 ) と R G B カ ラ ー で 表 現 可 能 な 領 域 と の 関 係 を 示 す 図 。

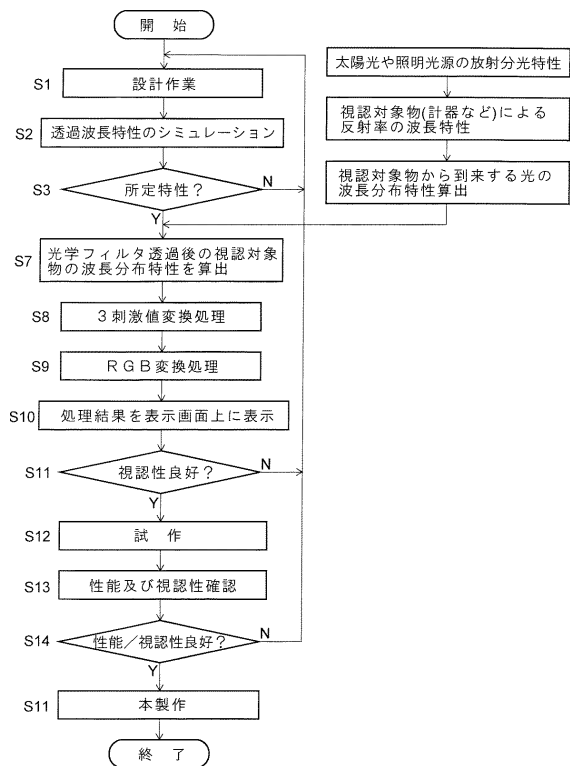
【 図 7 】 C I E の 定 め た 等 色 関 数 ( 1931 ) を 示 す 図 。

【 符 号 の 説 明 】

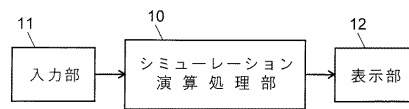
【 0 0 3 3 】

- 1 ... 太陽
- 2 ... 計器
- 3 ... 光学フィルタ
- 4 ... 操縦者の目
- 5 ... 照明光源
- 10 ... シミュレーション演算処理部
- 11 ... 入力部
- 12 ... 表示部

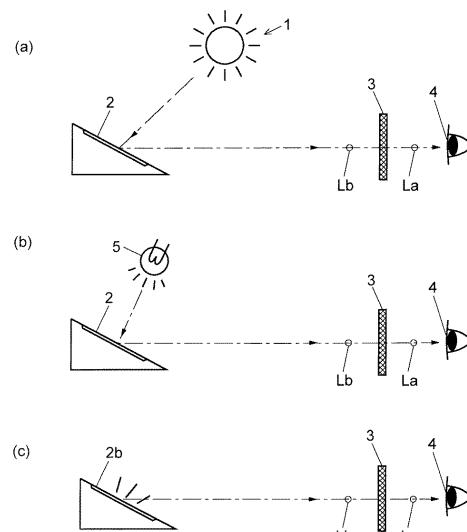
【 図 1 】



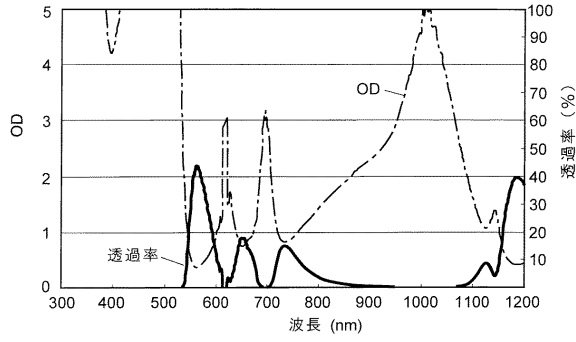
【 図 2 】



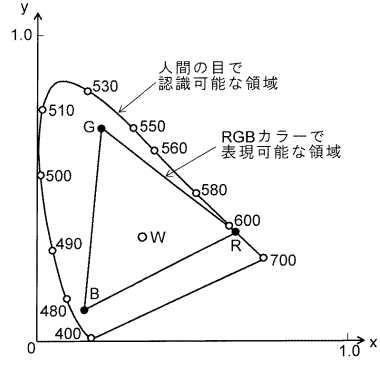
【 図 3 】



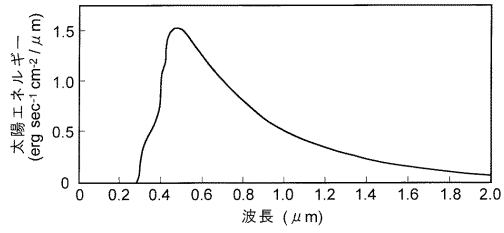
【 図 4 】



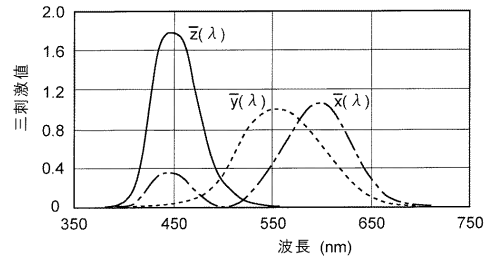
【 図 6 】



【 図 5 】



【 図 7 】





## フロントページの続き

(56)参考文献 特開平07 - 186777 (JP, A)  
特開2003 - 177076 (JP, A)  
特開2001 - 034752 (JP, A)  
特開2000 - 348290 (JP, A)  
特開昭63 - 175824 (JP, A)  
特開2003 - 009173 (JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M11/00 - G01M11/08  
PATOLIS  
JSTPlus, JST7580, JMEDPlus