

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6183386号
(P6183386)

(45) 発行日 平成29年8月23日 (2017. 8. 23)

(24) 登録日 平成29年8月4日 (2017. 8. 4)

(51) Int. Cl.	F I
H O 4 B 10/116 (2013. 01)	H O 4 B 10/116
H O 4 B 10/69 (2013. 01)	H O 4 B 10/69
G O 1 J 3/46 (2006. 01)	G O 1 J 3/46 Z

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-14836 (P2015-14836)	(73) 特許権者	000001443
(22) 出願日	平成27年1月28日 (2015. 1. 28)		カシオ計算機株式会社
(65) 公開番号	特開2016-139998 (P2016-139998A)		東京都渋谷区本町 1 丁目 6 番 2 号
(43) 公開日	平成28年8月4日 (2016. 8. 4)	(74) 代理人	100095407
審査請求日	平成28年5月25日 (2016. 5. 25)		弁理士 木村 満
早期審査対象出願		(72) 発明者	飯塚 宣男
			東京都羽村市栄町 3 丁目 2 番 1 号 カシオ
			計算機株式会社 羽村技術センター内
		(72) 発明者	菊地 正哲
			東京都羽村市栄町 3 丁目 2 番 1 号 カシオ
			計算機株式会社 羽村技術センター内
		審査官	後澤 瑞征
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光通信装置、光推定装置、光通信方法、及び、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光を所定の受光期間で受ける受光手段と、

前記受光手段により受けた光の波長が、通信対象の情報に応じて所定周期で所定種類の波長に変化する光の波長であるか否かを判別する波長判別手段と、

前記波長判別手段により所定種類の波長に変化する光の波長であると判別された場合、その所定種類の波長に対応する色相値を保持する保持手段と、

前記波長判別手段により所定種類の波長に変化する光の波長でないと判別された場合、この光の波長の色相値を、当該色相値と今回の判別のタイミングにおいて既に前記保持手段により保持されている所定種類の波長に対応する色相値との関連性に基づいて、前記所定種類の光の波長に対応する色相値に推定する推定手段と、

を備えることを特徴とする光通信装置。

【請求項 2】

前記推定手段は、波長帯域毎に前記受光手段が受けた光の波長に対応する色相値を前記所定種類の光の波長に対応する色相値の何れかに推定することを特徴とする請求項 1 に記載の光通信装置。

【請求項 3】

受光手段により所定の受光期間に受けた光の波長が、通信対象の情報に応じて所定周期で所定種類の波長に変化する光の波長であるか否かを判別する波長判別手段と、

前記波長判別手段により所定種類の波長に変化する光の波長であると判別された場合、

10

20

その所定種類の波長に対応する色相値を保持する保持手段と、

前記波長判別手段により所定種類の波長に変化する光の波長でないと判別された場合、この光の波長の色相値を、当該色相値と今回の判別のタイミングにおいて既に前記保持手段により保持されている所定種類の波長に対応する色相値との関連性に基づいて、前記所定種類の光の波長に対応する色相値に推定する推定手段と、

を備えることを特徴とする光推定装置。

【請求項 4】

受光部が所定の受光期間で受けた光の波長が、通信対象の情報に応じて所定周期で所定種類の波長に変化する光の波長であるか否かを判別する波長判別ステップと、

前記波長判別ステップにて所定種類の波長に変化する光の波長であると判別された場合、その所定種類の波長に対応する色相値を保持する保持ステップと、

前記波長判別ステップにて所定種類の波長に変化する光の波長でないと判別された場合、この光の波長の色相値を、当該色相値と今回の判別のタイミングにおいて既に前記保持ステップにて保持されている所定種類の波長に対応する色相値との関連性に基づいて、前記所定種類の光の波長に対応する色相値に推定する推定ステップと、

を含むことを特徴とする光通信方法。

【請求項 5】

コンピュータを、

受光部が所定の受光期間で受けた光の波長が、通信対象の情報に応じて所定周期で所定種類の波長に変化する光の波長であるか否かを判別する波長判別手段、

前記波長判別手段により所定種類の波長に変化する光の波長であると判別された場合、その所定種類の波長に対応する色相値を保持する保持手段、

前記波長判別手段により所定種類の波長に変化する光の波長でないと判別された場合、この光の波長の色相値を、当該色相値と今回の判別のタイミングにおいて既に前記保持手段により保持されている所定種類の波長に対応する色相値との関連性に基づいて、前記所定種類の光の波長に対応する色相値に推定する推定手段、

として機能させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光通信装置、光推定装置、光通信方法、及び、プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

送信側が通信対象の情報に応じて色（波長）を変化させて光を発し、受信側が光を受けて情報を復号する光通信システムがある（例えば、特許文献 1 参照）。このような光通信システムにおいて、送信側と受信側との位相が非同期である場合、安定した光通信を実現するためには、サンプリング定理により、送信側は、光の波長の変化周期を受信側の受光周期の 2 倍の期間確保する必要がある。例えば、送信側における基底色である赤（R）、緑（G）、青（B）の光の変化周期 t_a は、受信側の受光周期 t_b の 2 倍の期間である $t_b \times 2$ だけ確保しなければならない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 050720 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、送信側における光の波長の変化周期を受信側の受光周期の 2 倍の期間確保しなければならないことは、通信速度の高速化、具体的には、送信側の色の変化周期の短縮化の制約となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

本発明は以上のような背景に鑑みて成されたものであり、光通信の高速化を可能とした光通信装置、光推定装置、光通信方法、及び、プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記目的を達成するために、本発明に係る光通信装置は、

光を所定の受光期間で受ける受光手段と、

前記受光手段により受けた光の波長が、通信対象の情報に応じて所定周期で所定種類の波長に変化する光の波長であるか否かを判別する波長判別手段と、

前記波長判別手段により所定種類の波長に変化する光の波長であると判別された場合、その所定種類の波長に対応する色相値を保持する保持手段と、

前記波長判別手段により所定種類の波長に変化する光の波長でないと判別された場合、この光の波長の色相値を、当該色相値と今回の判別のタイミングにおいて既に前記保持手段により保持されている所定種類の波長に対応する色相値との関連性に基づいて、前記所定種類の光の波長に対応する色相値に推定する推定手段と、

を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、光通信の高速化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】本発明の実施形態に係る光通信システムの構成を示す図である。

【図 2】図 1 に示す送信装置の構成を示す図である。

【図 3】図 1 に示す受信装置の構成を示す図である。

【図 4】受信装置による受信処理の動作を示すフローチャートである。

【図 5】受信装置による受信処理の動作を示すフローチャートである。

【図 6】色相値に基づく色判定チャートの一例を示す図である。

【図 7】色判別の一例を示す図である。

【図 8】色判別及び色推定の一例を示す図である。

【図 9】色推定テーブルの一例を示す図である。

【図 10】第 2 の実施形態における、受信装置による受信処理の動作を示すフローチャートである。

【図 11】従来の送受信のタイミングチャートの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

(第 1 の実施形態)

以下、本発明の実施の形態に係る光通信システムについて説明する。本発明の第 1 の実施形態に係る光通信システム 1 は、図 1 に示すように、送信装置 100 と受信装置 200 とを含んで構成されている。

【 0 0 1 0 】

光通信システム 1 では、送信装置 100 と受信装置 200 とは、光を通信媒体として送信装置 100 から受信装置 200 への通信を行うことができる。

【 0 0 1 1 】

送信装置 100 は、受信装置 200 への通信対象の情報を、変調により可視光である赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の時系列で変化する光信号に変換して出力する。

【 0 0 1 2 】

受信装置 200 は、例えばスマートフォンであり、撮像範囲に含む送信装置 100 を撮像することにより、送信装置 100 からの光信号を受光する。また、受信装置 200 は、撮像により得られた画像を表示する。また、受信装置 200 は、受光した光信号から通信対象の情報を復号し、表示する。

【 0 0 1 3 】

次に、送信装置 1 0 0 について説明する。送信装置 1 0 0 は、図 2 に示すように、制御部 1 0 2、メモリ 1 0 4、送信部 1 1 4 を含んで構成される。

【 0 0 1 4 】

制御部 1 0 2 は、C P U (Central Processing Unit) を備え、メモリ 1 0 4 に格納されているプログラムに従ってソフトウェア処理を実行し、送信装置 1 0 0 が具備する各種機能を実現するために機能する。

【 0 0 1 5 】

メモリ 1 0 4 は、例えばワークエリアとなる R A M (Random Access Memory)、基本動作プログラムを記憶する R O M (Read Only Memory) である。メモリ 1 0 4 は、送信装置 1 0 0 における制御等に用いられる各種情報 (プログラム等) を記憶する。

10

【 0 0 1 6 】

制御部 1 0 2 内の符号化・変調部 1 1 0 は、通信対象である情報をビットデータ列に符号化する。更に、符号化・変調部 1 1 0 は、ビットデータ列に基づくデジタル変調を行う。変調方式として例えば周波数を 2 8 . 8 (k H z) とする搬送波を用いた 4 P P M (Pulse Position Modulation) が採用される。制御部 1 0 2 内の駆動部 1 1 2 は、符号化・変調部 1 1 0 が生成した信号に基づいて、送信部 1 1 4 に対して、波長の異なる可視光である赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の光を変化周期 t_1 で時間的に変化させる制御を行う。

【 0 0 1 7 】

20

送信部 1 1 4 は、例えば発光ダイオード (L E D : Light Emitting Diode) であり、駆動部 1 1 2 の制御により、赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の各波長の光を変化周期 t_1 で時間的に変化させながら出力する。

【 0 0 1 8 】

次に、受信装置 2 0 0 について説明する。受信装置 2 0 0 は、撮像画像を表示するとともに、送信装置 1 0 0 と情報を受信するための通信装置として機能する。受信装置 2 0 0 は、図 3 に示すように、制御部 2 0 2、メモリ 2 0 4、操作部 2 0 6、表示部 2 0 7、無線通信部 2 0 8、アンテナ 2 1 0、撮像部 2 1 4 を含んで構成される。

【 0 0 1 9 】

制御部 2 0 2 は、C P U によって構成される。制御部 2 0 2 は、メモリ 2 0 4 に記憶されたプログラムに従ってソフトウェア処理を実行することにより、受信装置 2 0 0 が具備する各種機能を実現するために機能する。

30

【 0 0 2 0 】

メモリ 2 0 4 は、例えば R A M や R O M である。メモリ 2 0 4 は、受信装置 2 0 0 における制御等に用いられる各種情報 (プログラム等) を記憶する。

【 0 0 2 1 】

操作部 2 0 6 は、表示部 2 0 7 の表示領域の上面に配置されるタッチパネルであり、ユーザの操作内容を入力するために用いられるインタフェースである。表示部 2 0 7 は、例えば、L C D (Liquid Crystal Display)、P D P (Plasma Display Panel)、E L (Electro-Luminescence) ディスプレイ等によって構成され、画像を表示する。

40

【 0 0 2 2 】

無線通信部 2 0 8 は、例えば無線周波数 (R F : Radio Frequency) 回路やベースバンド (B B : Base Band) 回路等を用いて構成される。無線通信部 2 0 8 は、アンテナ 2 1 0 を介して、無線信号の送信及び受信を行う。また、無線通信部 2 0 8 は、送信信号の変調と、受信信号の復調とを行う。

【 0 0 2 3 】

撮像部 2 1 4 は、受信装置 2 0 0 の筐体において、表示部 2 0 7 が設置された面とは反対側の面に配置される。撮像部 2 1 4 は、レンズと受光素子により構成される。レンズは、ズームレンズ等により構成され、制御部 2 0 2 によるズーム制御及び合焦制御により移動する。撮像部 2 1 4 の撮像画角、光学像は、レンズの移動によって制御される。受光素

50

子は、受光面に規則的に二次元配列された複数の受光素子により構成される。受光素子は、例えば、フォトダイオード、ベイヤー配列のカラーフィルタを実装し、また若しくは三板式のＣＣＤ（Charge Coupled Device）、ＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）等の撮像デバイスである。撮像部２１４は、送信装置１００内の送信部１１４における光の変化周期 t_1 と同一の撮像周期 t_2 で、且つ、一度の撮像に要する期間（露光期間） t_3 で撮像を行う。撮像部２１４は、入光された光学像を、制御部２０２からの制御信号に基づいて所定範囲の撮像画角で撮像（受光）し、その撮像画角内の画像信号を逐次、制御部２０２へ出力する。

【００２４】

制御部２０２内の画像生成部２３２は、撮像部２１４からの画像信号が入力される毎に、当該画像信号をデジタルデータに変換してフレームを生成する。

10

【００２５】

制御部２０２内の復号部２３４は、時系列的に連続して入力されるフレームにおける波長の変化による色相変化が生じる箇所（変化領域）の探索を行う。具体的には、復号部２３４は、フレームの画像データ内の各画素の明度を判別する。更に、復号部２３４は、明度が所定値以上である画素を、送信装置１００内の送信部１１４からの発光色に相当する波長光を受光することにより色相変化が生じる箇所（変化領域）の候補（候補領域）であると見なす。更に、復号部２３４は、直近に取得された所定数のフレームのそれぞれにおける候補領域内の同一座標において色相を判別する。判別の結果、候補領域内の座標における色相値があるフレームでは第１の所定値であり、他のフレームでは第２の所定値である場合というように、所定のパターンで大きく変化する場合には、復号部２３４は、当該候補領域を変化領域であると見なす。

20

【００２６】

変化領域が存在する場合には、復号部２３４内の判別部２３８は、その後、撮像毎にフレーム内の変化領域の色相値（波長の種類）を取得し、その色相値に対応する変化領域の色を判別する。復号部２３４内の色推定部２４０は、判別部２３８によって判別された変化領域の色が赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の何れでもない場合に、これら赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の何れかに推定する。判別部２３８及び色推定部２４０の処理の詳細については後述する。判別部２３８により変化領域の色が赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の何れかに判別された場合、又は、色推定部２４０により変化領域の色が赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の何れかに推定された場合、復号部２３４は、色に対応するビットデータ列を復号し、通信対象の情報を取得する。

30

【００２７】

画像生成部２３２は、復号部２３４によって取得された通信対象の情報の画像を生成する。制御部２０２内の表示制御部２３６は、通信対象の情報の画像を表示部２０７に表示させる制御を行う。

【００２８】

次に、光通信システム１の動作を説明する。光通信システム１においては、送信装置１００による送信処理、受信装置２００による受信処理が行われる。

【００２９】

40

送信装置１００の制御部１０２内の符号化・変調部１１０は、通信対象の情報をビットデータ列に符号化し、更に、ビットデータ列に基づくデジタル変調を行う。

【００３０】

次に、制御部１０２内の駆動部１１２は、符号化・変調部１１０が生成した信号に基づいて、送信部１１４に対して、赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の光を発光周期 t_1 で時間的に変化させる制御を行う。これにより、送信部１１４は、駆動部１１２の制御により、変調された通信対象の情報に基づいて、赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の光を発光周期 t_1 で出力する。なお、本実施形態では、駆動部１１２は、所定の周期で送信部１１４に対して、情報の先頭位置を示す同期用消灯を変化周期 t_1 の２倍の期間行わせる制御を行っており、送信部１１４は、赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の光を変化周期 t_1 で出力する

50

とともに、所定の周期で、同期用の消灯を変化周期 t_1 の 2 倍の期間行う。

【0031】

図 4 及び図 5 は、受信装置 200 による受信処理の動作を示すフローチャートである。受信装置 200 のユーザは、送信装置 100 内の送信部 114 の光の色相が変化している状態を認識すると、通信対象の情報を取得するためのアプリケーションプログラムを起動させ、撮像を行うための操作を行う。受信装置 200 内の撮像部 214 は、ユーザの操作に応じて、撮像周期 t_2 、露光期間 t_3 で送信装置 100 の送信部 114 を含む撮像範囲を撮像（受光）する（ステップ S101）。

【0032】

次に、画像生成部 232 は、撮像部 214 からの画像信号が入力される毎に、当該画像信号をデジタルデータに変換してフレームを生成する。更に、制御部 202 内の復号部 234 は、時系列的に連続して入力されるフレームにおける変化領域の探索を行い、変化領域があるか否かを判定する（ステップ S102）。変化領域がない場合（ステップ S102；NO）、撮像部 214 による撮像（ステップ S101）以降の動作が繰り返される。

【0033】

一方、変化領域がある場合（ステップ S102；YES）、復号部 234 内の判別部 238 は、その後、撮像毎にフレーム内の変化領域の色相値を取得し、メモリ 204 に記憶する（ステップ S103）。

【0034】

図 6 は、色相値に基づく色判定チャートの一例を示す図である。図 6 に示すように、赤（R）と判定される色相値の範囲（赤判定領域）は、 $0^\circ \sim 45^\circ$ 、及び、 $315^\circ \sim 360^\circ$ である。また、緑（G）と判定される色相値の範囲（緑判定領域）は、 $75^\circ \sim 165^\circ$ である。また、青（B）と判定される色相値の範囲（青判定領域）は、 $195^\circ \sim 285^\circ$ である。

【0035】

本実施形態では、送信装置 100 内の送信部 114 は、通信対象の情報に対応する赤（R）、緑（G）、青（B）の光を出力する。このため、赤判定領域、緑判定領域、青判定領域以外の色相値の範囲は、直接に通信対象の情報取得のために用いることのできない色相値の範囲（無効領域）となる。具体的には、赤判定領域と緑判定領域との間の色相値 $45^\circ \sim 75^\circ$ の範囲（黄色（Y）、以下、黄と省略する）、緑判定領域と青判定領域との間の色相値 $165^\circ \sim 195^\circ$ の範囲（シアン色（C）、以下、シアンと省略する）、青判定領域と赤判定領域との間の色相値 $285^\circ \sim 315^\circ$ の範囲（マゼンダ色（M）、以下、マゼンダと省略する）は無効領域となる。色判定チャートに対応する情報は、例えばメモリ 204 に記憶されている。

【0036】

なお、送信装置 100 内の送信部 114 が同期用の消灯を行う場合には、判別部 238 は、変化領域の色にある「黒」に対応する色相値 - 1 を取得する。

【0037】

再び、図 4 に戻って説明する。次に、判別部 238 は、撮像毎に取得し、メモリ 204 に記憶した色相値の中に、色相値 - 1（黒）があるか否かを判定する（ステップ S104）。色相値 - 1 がない場合（ステップ S104；NO）、撮像部 214 による撮像（ステップ S101）以降の動作が繰り返される。

【0038】

一方、色相値 - 1 がある場合（ステップ S104；YES）、判別部 238 は、色相値 - 1 の取得及び記憶後に、取得及び記憶された色相値（色相値 - 1 以降の色相値）を古いものから 1 つずつ選択する。更に、判別部 238 は、図 6 に示す色判定チャートを参照することにより、選択した色相値に対応する色を判別する（ステップ S105）。具体的には、判別部 238 は、色相値が $0^\circ \sim 45^\circ$ 、及び、 $315^\circ \sim 360^\circ$ であれば赤、色相値が $75^\circ \sim 165^\circ$ であれば緑、色相値が $195^\circ \sim 285^\circ$ であれば青であると判別する。また、判別部 238 は、色相値が $45^\circ \sim 75^\circ$ であれば黄、色相値が 165°

10

20

30

40

50

～ 195°であればシアン、色相値が285°～315°であればマゼンダであると判別する。

【0039】

次に、判別部238は、ステップS105における判別色が赤(R)、緑(G)、青(B)の何れかであるか否かを判定する(ステップS106)。判別色が赤(R)、緑(G)、青(B)の何れかである場合(ステップS106;YES)、判別部238は、判別色の情報を確定色の情報として、メモリ204内に構成される確定色バッファへ格納する(ステップS107)。

【0040】

一方、判別色が赤(R)、緑(G)、青(B)の何れかでもない場合(ステップS106;NO)、復号部234内の色推定部240は、確定色バッファに格納された確定色の情報のうち、最新の確定色(前回確定色)の情報を参照し、ステップS105において選択した色相値に対応する色を赤(R)、緑(G)、青(B)の何れかに推定する(ステップS108)。

【0041】

図7は、色判別の一例を示す図であり、図8は、色判別及び色推定の一例を示す図である。

【0042】

図7の場合、図7(b)に示す受信装置200内の撮像部214の露光期間t3は、図7(a)に示す送信装置100内の送信部114による1つの色(赤(R)、緑(G)、青(B)の何れか)の発光期間(変化周期)t1内に収まっている。この場合には、ステップS105において、判別部238は、今回選択した色相値に対応する色(今回判別色)を、図7(c)に示すように赤(R)、緑(G)、青(B)の何れかに判別することになる。

【0043】

一方、図8の場合、図8(b)に示す受信装置200内の撮像部214の露光期間t3は、図8(a)に示す送信装置100内の送信部114による2つの色(赤(R)、緑(G)、青(B)の何れか)の変化のタイミングに跨っている。この場合には受光タイミングにより(赤(R)、緑(G)、青(B)の何れか)2色が混合したような色で判定されるため、ステップS105において、判別部238は、今回選択した色相値に対応する色(今回判別色)を、図8(c)に示すように、赤(R)、緑(G)、青(B)以外の色である黄、シアン、マゼンダの何れかに判別することになる。このため、ステップS108において、赤(R)、緑(G)、青(B)の何れかに推定する処理が行われることになる。

【0044】

なお、図8(c)に示すように、撮像部214の露光期間t3が、送信装置100内の送信部114の消灯に対応する黒と、赤(R)、緑(G)、青(B)の何れかとの変化のタイミングに跨っている場合には、明度は低下するものの、判別部238は、今回選択した色相値に対応する色(今回判別色)を、赤(R)、緑(G)、青(B)の何れかに判別することができる。このため、ステップS108の処理が行われることはない。

【0045】

ステップS108における色推定では、以下の処理が行われる。図6の色判定チャートを参照すると、黄は、赤(R)と緑(G)が混合したものである。すなわち、ステップS105における今回判別色が黄である場合、ステップS108では、色推定部240は、前回確定色が赤(R)であれば、今回選択した色相値に対応する色(推定色)は緑(G)であり、前回確定色が緑(G)であれば、今回選択した色相値に対応する色(推定色)は赤(R)であると推定することができる。

【0046】

また、図6の色判定チャートを参照すると、シアンは、緑(G)と青(B)が混合したものである。すなわち、ステップS105における今回判別色がシアンである場合、ステップS108では、色推定部240は、前回確定色が緑(G)であれば、今回選択した色

10

20

30

40

50

相値に対応する色（推定色）は青（Ｂ）であり、前回確定色が青（Ｂ）であれば、今回選択した色相値に対応する色（推定色）は緑（Ｇ）であると推定することができる。

【００４７】

また、図６の色判定チャートを参照すると、マゼンダは、青（Ｂ）と赤（Ｒ）が混合したものである。すなわち、ステップＳ１０５における今回判別色がマゼンダである場合、ステップＳ１０８では、色推定部２４０は、前回確定色が青（Ｂ）であれば、今回選択した色相値に対応する色（推定色）は赤（Ｒ）であり、前回確定色が赤（Ｒ）であれば、今回選択した色相値に対応する色（推定色）は青（Ｂ）であると推定することができる。

【００４８】

図９は、上述した前回確定色及び今回判別色に基づいてステップＳ１０８において色推定を行う際に用いられる色推定テーブルの一例を示す図である。図９に示すように、今回判別色が黄である場合、前回確定色が赤（Ｒ）であれば、推定色は赤（Ｒ）と混合して黄になる緑（Ｇ）であり、前回確定色が緑（Ｇ）であれば、推定色は緑（Ｇ）と混合して黄になる赤（Ｒ）である。一方、前回確定色が青（Ｂ）の場合には、図６の色判定チャートを参照すると、青（Ｂ）と赤（Ｒ）を混合した場合も、青（Ｂ）と緑（Ｇ）を混合した場合も、黄にならない。このため、推定不能となる。

【００４９】

また、今回判別色がマゼンダである場合、前回確定色が赤（Ｒ）であれば、推定色は赤（Ｒ）と混合してマゼンダになる青（Ｂ）であり、前回確定色が青（Ｂ）であれば、推定色は青（Ｂ）と混合してマゼンダになる赤（Ｒ）である。一方、前回確定色が緑（Ｇ）の場合には、図６の色判定チャートを参照すると、緑（Ｇ）と赤（Ｒ）を混合した場合も、緑（Ｇ）と青（Ｂ）を混合した場合も、マゼンダにならない。このため、推定不能となる。

【００５０】

また、今回判別色がシアンである場合、前回確定色が緑（Ｇ）であれば、推定色は緑（Ｇ）と混合してシアンになる青（Ｂ）であり、前回確定色が青（Ｂ）であれば、推定色は青（Ｂ）と混合してシアンになる緑（Ｇ）である。一方、前回確定色が赤（Ｒ）の場合には、図６の色判定チャートを参照すると、赤（Ｒ）と緑（Ｇ）を混合した場合も、赤（Ｒ）と青（Ｂ）を混合した場合も、シアンにならない。このため、推定不能となる。

【００５１】

また、前回確定色が赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の何れでもない場合には、今回判別色が黄、マゼンダ、シアンの何れであっても推定不能である。

【００５２】

図９に示す色推定テーブルの情報は、メモリ２０４に記憶されている。ステップＳ１０８において、色推定部２４０は、色推定テーブルを参照することにより、前回確定色及び今回判別色に基づいて色推定を行う。

【００５３】

再び、図４に戻って説明する。ステップＳ１０８の後、色推定部２４０は、色推定が成功したか否か、具体的には、赤（Ｒ）、緑（Ｇ）、青（Ｂ）の何れかに推定することができたか否かを判定する（ステップＳ１０９）。色推定が成功したと判定した場合（ステップＳ１０９；ＹＥＳ）、色推定部２４０は、ステップＳ１０８における推定色の情報を確定色の情報として、メモリ２０４内に構成される確定色バッファへ格納する（ステップＳ１１０）。

【００５４】

ステップＳ１０７及びステップＳ１１０の後、判別部２３８は、色相値－１の取得及び記憶後に、取得及び記憶された色相値（色相値－１以降の色相値）を全て選択済みであるか否かを判定する。全て選択済みでない場合（ステップＳ１１１；ＮＯ）には、色相値の選択と、選択した色相値に対応する色の判別（ステップＳ１０５）以降の動作が繰り返される。

【００５５】

10

20

30

40

50

一方、全て選択済みである場合（ステップ S 1 1 1 ; Y E S ）には、図 5 の動作に移行し、復号部 2 3 4 は、確定色バッファに格納された確定色の系列を示すビットデータ列を通信対象の情報に復号する（ステップ S 1 1 2 ）。

【 0 0 5 6 】

次に、復号部 2 3 4 は、ステップ S 1 1 2 における復号が成功したか否かを判定する（ステップ S 1 1 3 ）。復号が成功したと判定した場合（ステップ S 1 1 3 ; Y E S ）、制御部 2 0 2 は、復号された通信対象の情報を用いた後段処理（例えば、通信対象の情報の表示制御等）を行う（ステップ S 1 1 4 ）。

【 0 0 5 7 】

一方、復号が失敗したと判定した場合（ステップ S 1 1 3 ; N O ）、制御部 2 0 2 は、復号エラーに関する処理を行う（ステップ S 1 1 5 ）。また、図 4 のステップ S 1 0 9 において色推定が失敗したと判定された場合（ステップ S 1 0 9 ; N O ）も、制御部 2 0 2 は、復号エラーに関する処理を行う（ステップ S 1 1 5 ）。

【 0 0 5 8 】

以上説明したように、本実施形態に係る光通信システム 1 では、送信装置 1 0 0 内の送信部 1 1 4 は、通信態様の情報に対応して赤（ R ）、緑（ G ）、青（ B ）の光を発光周期 t_1 で時間的に変化させて出力する。

【 0 0 5 9 】

一方、受信装置 2 0 0 内の撮像部 2 1 4 は、送信装置 1 0 0 内の送信部 1 1 4 の光の変化周期 t_1 と同一の撮像周期 t_2 で、露光期間 t_3 の撮像を行う。更に、制御部 2 0 2 の復号部 2 3 4 内の判別部 2 3 8 は、撮像毎にフレーム内の变化領域の色相値を取得し、その色相値に対応する变化領域の色を判別する。また、復号部 2 3 4 内の色推定部 2 4 0 は、判別部 2 3 8 によって判別された变化領域の色（今回判別色）が赤（ R ）、緑（ G ）、青（ B ）の何れでもない場合に、今回判別色と前回確定色との対応関係に基づいて、赤（ R ）、緑（ G ）、青（ B ）の何れかに推定する。

【 0 0 6 0 】

このように、今回判別色が赤（ R ）、緑（ G ）、青（ B ）の何れでもない場合であっても、これらの色の何れかに推定する処理が行われる。これにより、図 8 に示すように受信装置 2 0 0 内の撮像部 2 1 4 における撮像周期 t_2 毎に到来する露光期間 t_3 が、送信装置 1 0 0 内の送信部 1 1 4 による 2 つの色（赤（ R ）、緑（ G ）、青（ B ）の何れか）の変化のタイミングに跨っている場合、換言すれば、送信装置 1 0 0 の発光期間と受信装置 2 0 0 の撮像周期が非同期である場合でも、色推定により受信装置 2 0 0 において赤（ R ）、緑（ G ）、青（ B ）の何れかに確定することができる。

【 0 0 6 1 】

（第 2 の実施形態）

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る光通信システムについて説明する。本実施形態は、上記第 1 の実施形態に係る光通信システム 1 と同じ構成を有したものであり、その説明は省略する。

【 0 0 6 2 】

図 1 0 は、受信装置 2 0 0 による受信処理の動作を示すフローチャートであり、ステップ S 1 0 4 までの処理、及び、色相値を用いた色判別処理については、上記第 1 の実施形態と同じである。すなわち第 2 の実施形態においては、信号の色を 1 つずつ判別するのではなく、有意な情報に復号可能な最低単位の信号群（この信号群には多くて 3 種類の色が含まれる）を判別する。まず、受信装置 2 0 0 の判別部 2 3 8 は、变化領域の色にある「黒」に対応する色相値 - 1 を含む 3 つの信号からなる信号群 1 ブロック単位で取得する（ステップ S 2 0 1 ）。

そして、これらに信号群に含まれる全ての色が、緑、シアン、青の波長帯域に対応する色相値 $90^{\circ} \sim 270^{\circ}$ の範囲に全て存在する否かを判定する（ステップ S 2 0 2 ）。

【 0 0 6 3 】

ステップ S 2 0 2 において 3 色全てが存在すると判断した場合（ステップ S 2 0 2 ; Y

10

20

30

40

50

ES)、これらの信号の色は、夫々青、シアン、緑と判定し、ステップS210へ進む(ステップS203)。また、ステップS202において3色全てが存在しないと判断した場合(ステップS202; NO)、2色が存在するか否かを判定し(ステップS204)、2色が存在すると判定すると(ステップS204; YES)色相値においてこの2色の存在範囲を判定する(ステップS205)。2色が色相値において夫々90°~150°と210°~270°に存在すると判断すると(ステップS205; 90°~150°と210°~270°)、夫々を青、緑と判定する(ステップS206)。一方、2色が色相値において共に150°~210°に存在すると判断すると(ステップS205; 共に150°~210°)、これらの2色の何れかにはシアンが含まれると判断し、結果的に青とシアン、又は緑とシアンと判定する(ステップS207)。

10

【0064】

また、ステップS204において、2色が存在しないと判定した場合(ステップS204; NO)、1色のみが存在するか否かを判断する(ステップS208)。1色のみ存在すると判断した場合(ステップS208; YES)、それはその色相値範囲の中間値、シアンであると推定する(ステップS209)。また、1色もないケース(ステップS208; NO)はエラーと判断し、図5のステップS115へ移行する。色相値において90°~270°(緑、シアン、青)の範囲の判定処理を終え、次いで、赤、黄、緑、シアンの波長帯域に対応する色相値0°~210°の範囲に全て存在する否かを判定する(ステップS210)。

【0065】

20

尚、上記色相値の範囲はシアンが含まれるが、シアンの領域については上記の処理にて判断処理は終わっている、実質的に赤、黄、緑の3色を判断する。また、この処理においては、青、シアン、緑の存在の有無は既に判断を終わっている、赤と黄が含まれるか否かの判定処理となる。よってステップ210では、0°~210°の範囲で緑以外に2色が含まれるか否かを判定する。ステップS210にて、0°~210°の範囲で緑以外に2色が存在すると判定した場合(ステップS210; YES)、これらの信号の色は、夫々黄、赤と判定し、ステップS216へ進む(ステップS211)。また、ステップS210において2色が存在しないと判断した場合(ステップS210; NO)、1色が存在するか否かを判定し(ステップS212)、1色が存在すると判定すると(ステップS212; YES)、この1色の色を判定する(ステップS213)。また、1色もないケース(ステップS212; NO)はエラーと判断し、図5のステップS115へ移行する。

30

【0066】

ステップS213の判定処理において、その1色が赤であれば(ステップS213; 赤)、赤と判定し(ステップS214)、黄であれば(ステップS213; 黄)、黄と判定する(ステップS215)。更に、色相値において0°~210°(赤、黄、青、シアン)の範囲の判定処理を終え、次いで、青、マゼンダ、赤の波長帯域に対応する色相値210°~359°の範囲に全て存在する否かを判定する(ステップS216)。ただし、上記の判定処理にて、青、赤の存在の有無については処理が終わっている、実質的に青と赤以外の色、すなわちマゼンダが存在するか否かの判断になる。そして、青と赤以外の色が存在すると判定した場合(ステップS216; YES)、それはマゼンダであると判定する(ステップS217)、存在しない場合(ステップS216; NO)は、判定対象となる色は無いと判断し、図5のステップS115へ移行する。このように、信号群の色において、赤、緑、青、黄、シアン、マゼンダの各色の存在の有無を判断した結果、赤、緑、青についてはステップS112に移行し、黄、シアン、マゼンダについてはステップS108の処理に移行する。

40

【0067】

このように第2の実施形態においては、先ず、シアンの存在判定を優先し、黄、マゼンダの順に判定する。これは、送信装置100の発光輝度の明るさが飽和状態近くになると、判定が難しくなる色(波長)から優先しているためであり、換言すれば対応する波長域の短い色から優先して判定処理を行っているとも言える。尚、上記のごとく飽和状態にお

50

ける色判定の困難性を考慮せずに済む場合は、シアン、黄、マゼンダの判定処理を同時並行的に行っても良い。

【 0 0 6 8 】

また、従来は、送信装置 1 0 0 の発光期間と受信装置 2 0 0 の撮像周期が非同期である場合には、図 1 1 に示すように、送信装置 1 0 0 における光の変化周期 ($t_1 \times 2$) (図 1 1 (a)) を、受信装置 2 0 0 内の撮像部 2 1 4 における撮像周期 t_2 (図 1 1 (b)) の 2 倍にしていた。更に、露光期間 t_3 が送信装置 1 0 0 内の送信部 1 1 4 による 2 つの色 (赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の何れか) の変化のタイミングに跨っている場合には、その跨る露光期間 t_3 に対応する色判別を不定として、他の露光期間 t_3 に対応する色判別のみを行うことで、通信対象の情報取得を可能としていた。このため、通信速度の高速化の制約となっていた。

10

【 0 0 6 9 】

一方、本実施形態では、送信装置 1 0 0 内の送信部 1 1 4 による 1 つの色 (赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の何れか) の光の変化周期 t_1 と受信装置 2 0 0 内の撮像部 2 1 4 における撮像周期 t_2 とを同一にしているが、上述したように、露光期間 t_3 が、送信装置 1 0 0 内の送信部 1 1 4 による 2 つの色 (赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の何れか) の変化のタイミングに跨っていても、その跨る露光期間 t_3 に対応する色推定が可能である。このため、通信速度を高速化させることができる。

【 0 0 7 0 】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されず、様々な変形及び応用が可能である。例えば、上述した実施形態では、可視光である赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の光を通信に用いる場合について説明したが、他の色の可視光を用いてもよく、更には、赤外線等の可視光以外の光を用いてもよい。

20

【 0 0 7 1 】

また、送信装置 1 0 0 内の送信部 1 1 4 は、例えば、表示部の一部に構成されていてもよい。

【 0 0 7 2 】

また、受信装置 2 0 0 は、撮像及び通信が可能であれば、どのような通信装置でもよい。例えば、P H S (Personal Handy-phone System)、P D A (Personal Digital Assistant又はPersonal Data Assistance)、タブレット P C (Personal Computer)、ゲーム機器、携帯型音楽再生装置等であってもよい。

30

【 0 0 7 3 】

また、受信装置 2 0 0 の機能と送信装置 1 0 0 の機能とを両方備える装置を用意し、場面に応じて、両機能を使い分けることができるようにしてもよい。

【 0 0 7 4 】

また、上記各実施形態において、実行されるプログラムは、フレキシブルディスク、C D - R O M (Compact Disc Read-Only Memory)、D V D (Digital Versatile Disc)、M O (Magneto-Optical disc) 等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納して配布し、そのプログラムをインストールすることにより、上述の処理を実行するシステムを構成することとしてもよい。

40

【 0 0 7 5 】

また、プログラムをインターネット等のネットワーク N W 上の所定のサーバが有するディスク装置等に格納しておき、例えば、搬送波に重畳させて、ダウンロード等するようにしてもよい。

【 0 0 7 6 】

なお、上述の機能を、O S (Operating System) が分担して実現する場合又は O S とアプリケーションとの協働により実現する場合等には、O S 以外の部分のみを媒体に格納して配布してもよく、また、ダウンロード等してもよい。

【 0 0 7 7 】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は係る特定の実施形態に

50

限定されるものではなく、本発明には、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲が含まれる。以下に、本願出願の当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

【0078】

(付記1)

通信対象の情報に応じて所定周期で所定種類の波長に変化する光を所定の受光期間で受ける受光手段と、

前記受光手段により受けた光の波長を判別する波長判別手段と、

前記波長判別手段により判別された波長が前記所定種類の波長でない場合に、前記受光手段が受けた光の波長を前記所定種類の波長の何れかに推定する推定手段と、

を備えることを特徴とする光通信装置。

10

【0079】

(付記2)

前記推定手段は、最新に前記波長判別手段により判別された第1の波長と、1つ前に前記波長判別手段により判別された又は前記推定手段により推定された前記所定種類の波長の何れかである第2の波長との関連性に基づいて、前記受光手段が受けた光の波長を前記所定種類の波長の何れかに推定することを特徴とする付記1に記載の光通信装置。

【0080】

(付記3)

前記推定手段は、最新に前記波長判別手段により判別された第1の波長が、前記第2の波長と、前記所定種類の波長である第3の波長との間である場合に、前記受光手段が受けた光の波長を前記第3の波長に推定することを特徴とする付記2に記載の光通信装置。

20

【0081】

(付記4)

前記推定手段は、波長帯域毎に前記受光手段が受けた光の波長を前記所定種類の波長の何れかに推定することを特徴とする付記2に記載の光通信装置。

【0082】

(付記5)

所定の受光期間に受けた光の波長を判別する判別手段と、

前記判別手段により判別された波長が所定種類の波長でない場合に、受けた光の波長を前記所定種類の波長の何れかに推定する推定手段と、

を備えることを特徴とする光推定装置。

30

【0083】

(付記6)

通信対象の情報に応じて所定周期で所定種類の波長に変化する光を所定の受光期間で受ける受光ステップと、

前記受光ステップにおいて受けた光の波長を判別する波長判別ステップと、

前記波長判別ステップにおいて判別された波長が前記所定種類の波長でない場合に、前記受光ステップにおいて受けた光の波長を前記所定種類の波長の何れかに推定する推定ステップと、

を含むことを特徴とする光通信方法。

40

【0084】

(付記7)

コンピュータを、

通信対象の情報に応じて所定周期で所定種類の波長に変化する光を所定の受光期間で受ける受光手段、

前記受光手段により受けた光の波長を判別する波長判別手段、

前記波長判別手段により判別された波長が前記所定種類の波長でない場合に、前記受光手段が受けた光の波長を前記所定種類の波長の何れかに推定する推定手段、

として機能させるプログラム。

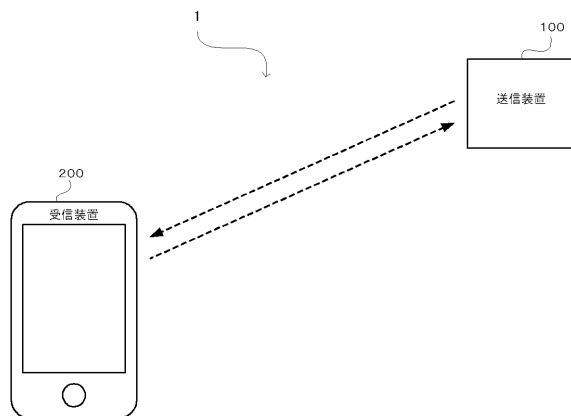
【符号の説明】

50

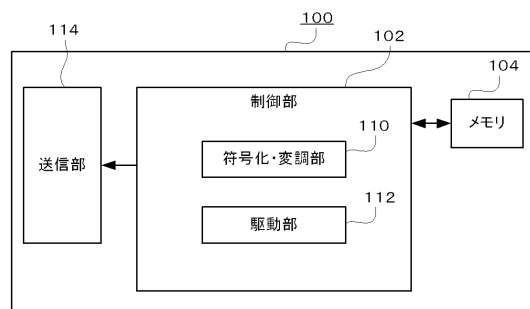
【 0 0 8 5 】

1 ... 光通信システム、100 ... 送信装置、102 ... 制御部、104 ... メモリ、110 ... 符号化・変調部、112 ... 駆動部、114 ... 送信部、200 ... 受信装置、202 ... 制御部、204 ... メモリ、206 ... 操作部、207 ... 表示部、208 ... 無線通信部、210 ... アンテナ、214 ... 撮像部、232 ... 画像生成部、234 ... 復号部、236 ... 表示制御部、238 ... 判別部、240 ... 色推定部、

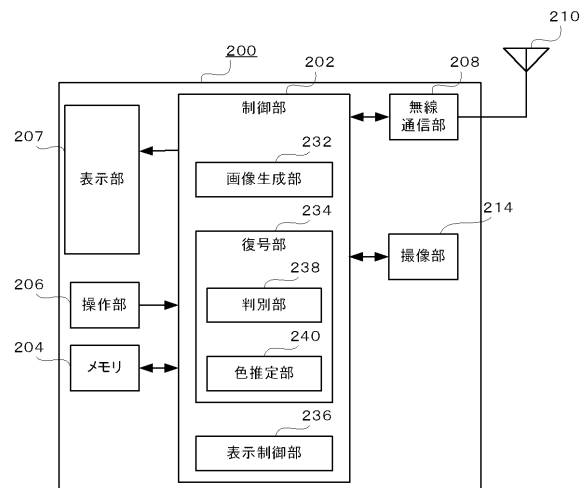
【 図 1 】



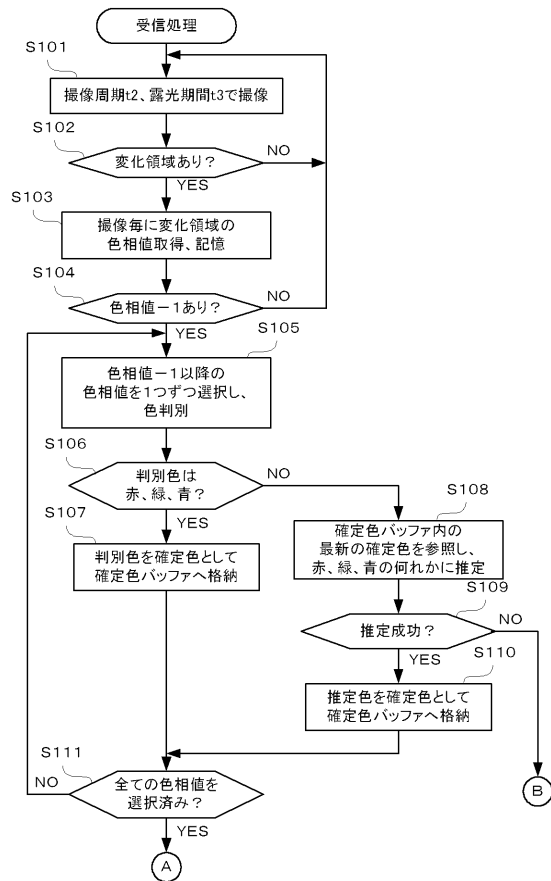
【 図 2 】



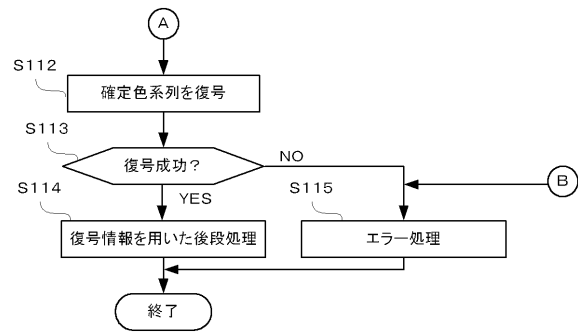
【 図 3 】



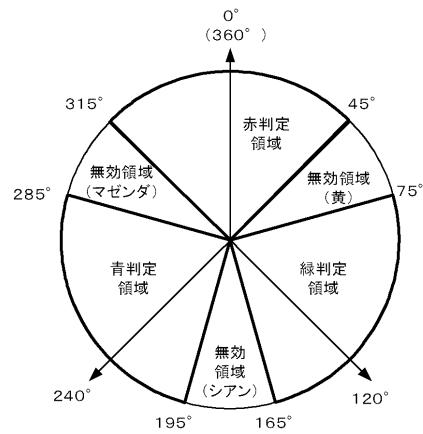
【図 4】



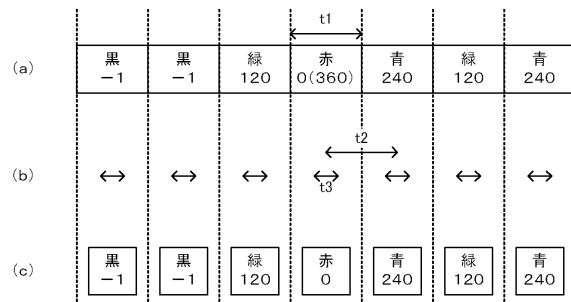
【図 5】



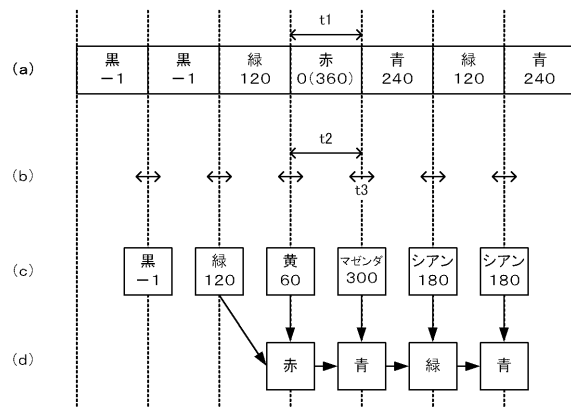
【図 6】



【図 7】



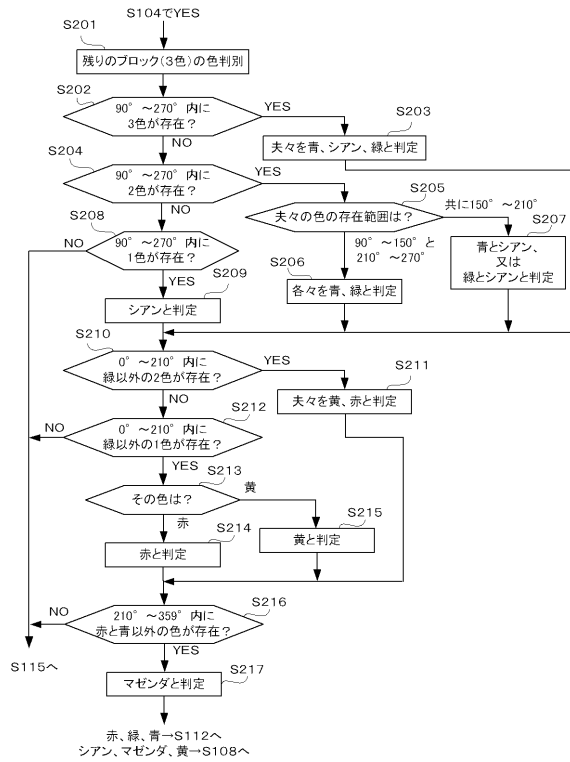
【図 8】



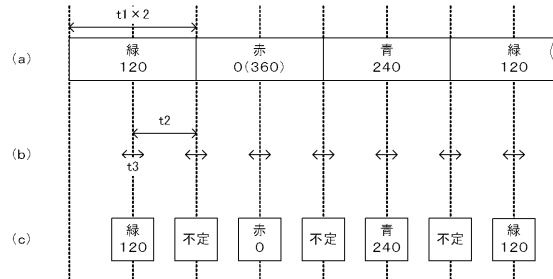
【図 9】

前回確定色 / 今回判別色	赤	緑	青	その他
黄	緑	赤	推定不能	推定不能
マゼンダ	青	推定不能	赤	推定不能
シアン	推定不能	青	緑	推定不能

【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2013 - 009074 (JP, A)
特開 2010 - 098574 (JP, A)
米国特許出願公開第 2014 / 0369696 (US, A1)
特開 2006 - 270808 (JP, A)
特開 2013 - 115497 (JP, A)
特開 2010 - 50720 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00 - 10/90
H04J14/00 - 14/08
G01J 3/46