

(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2004-128646
(P2004-128646A)

(43) 公開日 平成16年4月22日(2004.4.22)

| | | |
|----------------------------|------------|-------------|
| (51) Int. Cl. ⁷ | F I | テーマコード (参考) |
| HO4N 7/18 | HO4N 7/18 | 5C022 |
| HO4N 5/225 | HO4N 7/18 | 5C054 |
| HO4N 5/232 | HO4N 5/225 | C |
| | HO4N 5/232 | B |
| | HO4N 5/232 | C |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2002-286807 (P2002-286807) | (71) 出願人 | 000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (22) 出願日 | 平成14年9月30日 (2002.9.30) | (74) 代理人 | 100067541 弁理士 岸田 正行 |
| | | (74) 代理人 | 100104628 弁理士 水本 敦也 |
| | | (74) 代理人 | 100108361 弁理士 小花 弘路 |
| | | (72) 発明者 | 篠原 宏実 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内 |
| | | Fターム(参考) | 5C022 AA01 AB61 AB62 AB63 AB65 AB66 AC01 AC27 AC31 AC69 5C054 AA01 CG02 CG05 CH08 FC12 FC13 FC15 FE24 HA18 HA31 |

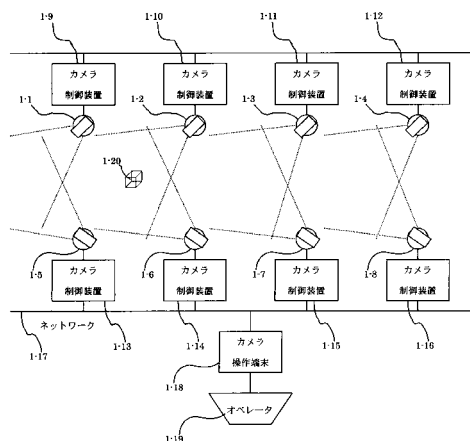
(54) 【発明の名称】 監視システムおよび制御装置

(57) 【要約】

【課題】 単一の撮影対象を撮影する際に、撮影に最適なカメラを選択し、複数の角度と複数の倍率で撮影するように制御し、無駄のないカメラ選択と利便性の高い追尾可能な監視システムを提供する。

【解決手段】 通常、複数のカメラは予め設定された撮影範囲を撮影している。異常対象 1-20 を撮影する場合、カメラ 1-1 ~ 1-8 の中で撮影に適した複数のカメラを用いて撮影対象 1-20 を複数の画角で撮影する。撮影に適していないと判断されたカメラはそのまま撮影を続ける。この際、マスターカメラとして適したものを随時切り換えることにより利便性の高い監視カメラとなる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ズーム制御機能及び自動合焦機能及び撮影対象位置情報取得手段を有し、姿勢制御可能な複数のカメラと、これらのカメラの動作を制御するカメラ制御手段とを備え、前記カメラ制御手段が、複数のカメラのうち所定の一のカメラから得られる撮影対象の撮影対象位置情報を用いて他のカメラの撮影方向を制御する監視システムであって、前記複数のカメラのうち各カメラが、あらかじめ設定された撮影範囲を撮影可能であり、前記カメラ制御手段は、外部から要求があった場合に、前記複数のカメラのうち所定の複数のカメラが撮影対象を撮影するように制御することを特徴とする監視システム。

【請求項 2】

ズーム制御機能、自動合焦機能及び撮影対象位置情報取得手段を有し、姿勢制御可能であって撮影画像の変化による異常検出可能な複数のカメラと、これらのカメラの動作を制御するカメラ制御手段とを備え、前記カメラ制御手段が、前記複数のカメラのうち所定の一のカメラから得られる撮影対象の撮影対象位置情報を用いて他のカメラの撮影方向を制御する監視システムであって、前記複数のカメラのうち各カメラが、あらかじめ設定された撮影範囲を撮影可能であり、前記カメラ制御手段は、前記複数のカメラのうちいずれかのカメラが撮影範囲内で異常を検出した場合に、前記複数のカメラのうち所定の複数のカメラが撮影対象を撮影するように制御することを特徴とする監視システム。

【請求項 3】

前記カメラ制御手段は、外部からの要求があったとき、前記一のカメラからの撮影対象位置情報に応じて、撮影対象が複数の大きさで撮影されるように撮影に適したカメラを選択し、撮影方向及びズーム倍率を調整することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の監視システム。

【請求項 4】

前記カメラ制御手段は、撮影対象の位置に応じて、撮影対象位置情報を外部に送信するカメラを、前記一のカメラから他のカメラに自動的に切り替えることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の監視システム。

【請求項 5】

ズーム制御機能、自動合焦機能及び撮影対象位置情報取得手段を有し、姿勢制御可能であって撮影画像の変化による異常検出可能なカメラを制御する制御装置において、前記カメラに対し、あらかじめ設定された撮影範囲を撮影させるとともに、外部から要求があった場合には撮影対象を撮影させることを特徴とする制御装置。

【請求項 6】

ズーム制御機能、自動合焦機能及び撮影対象位置情報取得手段を有し、姿勢制御可能であって撮影画像の変化による異常検出可能なカメラを制御する制御装置において、前記カメラに対し、あらかじめ設定された撮影範囲を撮影させるとともに、撮影範囲内で異常を検出した場合には撮影対象を撮影させることを特徴とする制御装置。

【請求項 7】

外部からの要求があったとき、前記カメラからの撮影対象位置情報に応じて、撮影対象の撮影に適したカメラか否かを決定し、撮影する場合には撮影方向及びズーム倍率を調整することを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の制御装置。

【請求項 8】

撮影対象の位置に応じて、撮影対象位置情報を外部に送信するカメラとして適当か否かを判断し、この判断結果に応じて自動的にカメラを切り替えることを特徴とする請求項 5 から 7 のいずれかに記載の制御装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、カメラ監視システム、装置に関し、複数台のカメラによって同一の撮影対象を

10

20

30

40

50

検出、追尾して撮影するのに好適なものであり、例えば監視システム、セキュリティシステム、インテリジェントビルディングシステム等の産業分野に利用できるものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、ズーム制御機能及び自動合焦機能及び姿勢制御可能な複数のカメラを用いて常時単一の撮影対象の追尾をする監視システムが知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

この種のシステムにおいて、カメラの方向制御及び姿勢制御は一つのカメラの位置情報から他の全てのカメラを動作させるのが一般的である。また、追尾対象の動きに応じて撮影画面内の撮影対象の大きさを一定に保つようにカメラの方向制御及びズーム制御をするのが一般的である。

10

【0004】

【特許文献】

特開2001-25003号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記従来技術では単一の撮影対象を撮影するのに適したカメラを選択する手段がなく、撮影対象を撮影するのに適さないカメラまで制御及び追尾をするといった問題がある。

【0006】

また、撮影対象までの距離に応じてズーム制御をする際、撮影対象が複数の大きさで撮影されるようにカメラを選択、制御する手段はない。このため、撮影画面に対し撮影対象を大きくなるようズーム制御したときの撮影対象確認と、撮影画面に対し撮影対象を小さくなるようズーム制御したときの撮影対象の周囲状況確認が一度に行えないという問題がある。

20

【0007】

さらに、撮影画面に対し撮影対象を大きくなるようズーム制御したとき撮影対象に急激な距離変化があると撮影対象を追尾することができなくなるという問題がある。また、撮影対象とその周辺での様子を一度に監視することができなくなるという問題がある。

【0008】

本発明は、上記のような事情に鑑みてなされたものであり、単一の撮影対象を撮影する際に撮影に最適な複数のカメラを選択し、複数の角度と複数の倍率で撮影するよう制御し、便利性の高い追尾可能なカメラ監視システムを提供することを目的とする。

30

【0009】

【課題を解決するための手段】

本願第1の発明は、ズーム制御機能及び自動合焦機能及び撮影対象位置情報取得手段を有し、姿勢制御可能な複数のカメラと、これらのカメラの動作を制御するカメラ制御手段とを備え、カメラ制御手段が、複数のカメラのうち所定の一つのカメラから得られる撮影対象の撮影対象位置情報を用いて他のカメラの撮影方向を制御する監視システムであって、複数のカメラのうち各カメラが、あらかじめ設定された撮影範囲を撮影可能であり、カメラ制御手段は、外部から要求があった場合に、複数のカメラのうち所定の複数のカメラが撮影対象を撮影するように制御することを特徴とする。

40

【0010】

本願第2の発明は、ズーム制御機能、自動合焦機能及び撮影対象位置情報取得手段を有し、姿勢制御可能であって撮影画像の変化による異常検出可能な複数のカメラと、これらのカメラの動作を制御するカメラ制御手段とを備え、カメラ制御手段が、複数のカメラのうち所定の一つのカメラから得られる撮影対象の撮影対象位置情報を用いて他のカメラの撮影方向を制御する監視システムであって、複数のカメラのうち各カメラが、あらかじめ設定された撮影範囲を撮影可能であり、カメラ制御手段は、複数のカメラのうちいずれかのカメラが撮影範囲内で異常を検出した場合に、複数のカメラのうち所定の複数のカメラが撮

50

影対象を撮影するように制御することを特徴とする。

【0011】

ここで、カメラ制御手段は、外部からの要求があったとき、一のカメラからの撮影対象位置情報に応じて、撮影対象が複数の大きさで撮影されるように撮影に適したカメラを選択し、撮影方向及びズーム倍率を調整することができる。

【0012】

また、カメラ制御手段は、撮影対象の位置に応じて、撮影対象位置情報を外部に送信するカメラを、一のカメラから他のカメラに自動的に切り替えることができる。

【0013】

本願第3の発明は、ズーム制御機能、自動合焦機能及び撮影対象位置情報取得手段を有し、姿勢制御可能であって撮影画像の変化による異常検出可能なカメラを制御する制御装置において、カメラに対し、あらかじめ設定された撮影範囲を撮影させるとともに、外部から要求があった場合には撮影対象を撮影させることを特徴とする。

10

【0014】

本願第4の発明は、ズーム制御機能、自動合焦機能及び撮影対象位置情報取得手段を有し、姿勢制御可能であって撮影画像の変化による異常検出可能なカメラを制御する制御装置において、カメラに対し、あらかじめ設定された撮影範囲を撮影させるとともに、撮影範囲内で異常を検出した場合には撮影対象を撮影させることを特徴とする。

【0015】

ここで、外部からの要求があったとき、カメラからの撮影対象位置情報に応じて、撮影対象の撮影に適したカメラか否かを決定し、撮影する場合には撮影方向及びズーム倍率を調整することができる。

20

【0016】

また、撮影対象の位置に応じて、撮影対象位置情報を外部に送信するカメラとして適当か否かを判断し、この判断結果に応じて自動的にカメラを切り替えることもできる。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づいて、本発明の実施の形態について説明する。

【0018】

(第1実施形態)

本発明の第1実施形態では、複数台のカメラの姿勢(撮影方向)を外部制御可能にしたカメラ制御システムにおいて、1つのカメラを選択して撮影対象の撮影及び撮影対象の位置計測を行う。そして、撮影対象の位置情報を他の撮影に適した複数のカメラに送信して、他の複数のカメラを制御することにより、これら複数台のカメラのうち、特定の複数台のカメラが複数のズーム倍率で同時に同一の撮影対象を撮影するカメラ制御システムを構築する。

30

【0019】

また、撮影対象を撮影しているスレーブカメラのうちの一つをマスターカメラに自動的に切り替える切替処理を実現する。

【0020】

以下では、本実施形態のハードウェア構成、制御原理、及び処理手順について説明する。

40

【0021】

以下に、本実施形態のハードウェア構成とカメラ制御の原理及び処理手順を説明する。

【0022】

図1に、本実施形態の全体ハードウェア構成を示す。1つのカメラモジュールは、カメラ制御装置(1-9、1-10、1-11、1-12、1-13、1-14、1-15、1-16)と、そのカメラ制御装置により姿勢制御が可能なカメラ(1-1、1-2、1-3、1-4、1-5、1-6、1-7、1-8)とが対になって構成されている。そして、これらの複数組(1-9と1-5、1-2と1-10、1-3と1-11、1-4と1-12、1-5と1-13、1-6と1-14、1-7と1-15、1-8と1-16)

50

が夫々ネットワーク 1 - 17 に接続されている。

【0023】

なお、図 1 では 8 組のカメラモジュールを例示しているが、カメラモジュールは、3 組以上であれば何組でも可能である。ネットワーク 1 - 17 には、カメラ操作端末 1 - 18 が接続され、オペレータ 1 - 19 は、そのカメラ操作端末 1 - 18 により、ネットワーク 1 - 17 を通じて、同時に 1 つ又は複数のカメラの映像を見ることができ、且つ、そのうちの 1 つのカメラモジュールを制御することができる。

【0024】

ここでは、ネットワーク 1 - 17 として LAN を想定しているが、これ以外でも、Ethernet、ATM、C/FDDI 等、伝送方式は限定されない。

10

【0025】

各カメラ制御装置 1 - 9 ~ 1 - 16 は、映像ソフトウェアとカメラ制御ソフトウェアを搭載している。映像ソフトウェアは、カメラから映像を取り込み、それをネットワーク 1 - 17 に送信する機能を持つ。また、カメラ制御ソフトウェアは、各カメラに割り当てられた役割に応じて、カメラの姿勢を直接制御する機能、撮影対象 (1 - 20) の位置情報を与えた時に、撮影するのに適したカメラ 1 - 1 ~ 1 - 9 でその撮影対象 1 - 20 を複数の大きさを撮影するように姿勢制御を行う機能、及び、その撮影対象 1 - 20 の位置を計測して、その結果をカメラ制御端末 1 - 10 や他のカメラに伝える機能を持つ。

【0026】

一方、カメラ操作端末 1 - 18 は、各カメラモジュールからの映像や各種情報の受信及び表示、オペレータ 1 - 19 のカメラ切り替え命令やカメラ制御命令の入力及びカメラ制御装置への転送等の機能を持つハードウェア並びにソフトウェアを搭載している。

20

【0027】

以上のシステムにおいて、以降、オペレータ 1 - 19 が直接操作を行うカメラモジュールを「マスターカメラ」と呼び、オペレータ 1 - 19 が直接操作を行わないカメラモジュールを「スレーブカメラ」と呼ぶ。全てのカメラモジュールは同一のハードウェア及びソフトウェアを持ち、使用状況に応じてマスターカメラかスレーブカメラになる。

【0028】

図 2 に、各カメラモジュール及びカメラ制御端末のハードウェア内部構成を示す。

【0029】

各カメラモジュールのハードウェアは、カメラ 2 - 1 とカメラ制御装置 2 - 6 から構成される。これらは、図 1 のカメラ 1 - 1 ~ 1 - 8 のうちの 1 つ、及び、それに対応するカメラ制御装置 1 - 9 ~ 1 - 16 の 1 つを夫々図示したものである。

30

【0030】

カメラ 2 - 1 は、画像を入力する撮影系 2 - 2、撮影の際の各種光学的パラメータを制御する光学的パラメータ制御装置 2 - 3、及び、姿勢制御装置 2 - 4 を具備している。ここで、光学的パラメータとは、フォーカス、アイリス、ゲイン、シャッタースピード、ホワイトバランス等を指す。

【0031】

光学的パラメータ制御装置 2 - 3 と姿勢制御装置 2 - 4 は、信号線を介して、カメラ制御装置 2 - 6 に接続されており、そのカメラ制御装置 2 - 6 と通信することによって、各種光学的パラメータや水平 (パン) 及び垂直 (チルト) 方向の現在角度の取得並びに設定 (制御) が可能である。制御信号方式としては、代表的なものとして、RS-232C やパラレル I/O 等が有るが、それらに限定されるものではない。

40

【0032】

カメラ 2 - 1 の撮影系 2 - 2 から出力される映像出力信号は、ビデオキャプチャーボード 2 - 12 によってデジタル化されて、ネットワーク 2 - 18 (図 1 のネットワーク 1 - 17 と同じもの) に送られる。ビデオキャプチャーボード 2 - 12 は VRAM を兼ねており、例えば、モニター 2 - 13 に、カメラの映像とコンピュータの出力とを重畳して表示することができる。出力信号の形式には、NTSC 方式や Y/C 分離方式等が有るが、それ

50

らには限定されない。

【0033】

カメラ制御装置2-6は、CPU2-7、RAM2-8、ROM2-9、二次記憶装置2-10、カメラとの通信を行う入出力ポート(I/O)2-11、及び、上述したビデオキャプチャーボード2-12を具備する。また、ネットワーク2-18を通じて外部からカメラ制御命令を実行したり、外部に映像やカメラの状態を転送したりする通信装置2-17を具備する。更に、保守・点検用のために、必要に応じて、キーボード2-14や、マウス等のポインティングデバイス2-15が接続される。

【0034】

これらのCPU2-7、RAM2-8、ROM2-9、二次記憶装置2-10、I/O2-11、ビデオキャプチャーボード2-12、通信装置2-17、キーボード2-14、及び、ポインティングデバイス(マウス)2-15は全てバス2-16に接続される。

【0035】

このようなカメラ制御装置2-6は、汎用のコンピュータシステムにより実現することができる。

【0036】

カメラ制御装置2-6は、キーボード2-14及びマウス2-15からの入力、又は、ネットワーク2-18を介して外部から受信した制御信号を、制御信号線を通じて、カメラ2-1の光学的パラメータ制御装置2-3及び姿勢制御装置2-4に送信し、それらの装置を制御する。

【0037】

カメラ制御端末2-19(図1のカメラ制御端末1-10と同じもの)のハードウェア構成は、上述したカメラ制御装置2-6の構成において、ビデオキャプチャーボード2-12を単なるVRAM2-24に変更したこと、及び、接続されているカメラを制御するために必要であったI/O2-11を除いたこと以外は、上述したカメラ制御装置2-6と同じである。

【0038】

すなわち、CPU2-20、ROM2-21、RAM2-22、二次記憶装置2-23、VRAM2-24、通信装置2-29、及び、バス2-28を具備しており、モニター2-25、キーボード2-26、及び、ポインティングデバイス(マウス)2-27が接続される。このカメラ制御端末2-19も、ネットワークインターフェース及びグラフィック表示機能を有する市販のコンピュータシステムを用いて実現が可能である。

【0039】

次に、図1を参照して、本実施形態によるカメラ制御方法を説明する。

【0040】

図1の例では、8組のカメラモジュールが存在する。三次元ワールド座標上での各カメラの位置及び姿勢は既知であるとする。撮影対象1-20はカメラ前方を移動している。オペレータ1-11は、まず最初に、カメラ操作端末1-18のカメラ操作ソフトを用いてマスターカメラを選択し、そのマスターカメラの視線方向を指示して、カメラの制御を行う。

【0041】

全てのカメラモジュールは、オートフォーカス(自動合焦機能)を利用した距離測定機能を有しており、画像中の或る領域に存在する対象までの距離を計測できる。自動合焦機能の対象となる画像領域は、マスターカメラにおいてはオペレーター1-19が指定する。また、スレーブカメラでは画像中央に固定する。マスターカメラの視線(方位)方向、撮影対象1-20の三次元ワールド座標における位置を計測することができる。

【0042】

ここで、自動合焦機能機能を利用した距離測定方法について説明する。

【0043】

自動合焦機能機能は、光学的パラメータ制御装置1-9~1-16に具備されるものであ

10

20

30

40

50

り、画像中の部分領域画像に対してフォーカスレンズ駆動モータの最適な制御位置を求め、合焦させるものである。このようなフォーカスその他の光学的パラメータの最適化を目的として設定される画像中の部分領域を、以下、「検出領域」と称する。

【0044】

自動合焦機能動作では、検出領域画像の高周波成分のエネルギーが最大となるようにフォーカスレンズ駆動モータの位置を制御する方式が一般的に知られている。このような自動合焦機能機能は、市販のカメラに実装されている機能を用いて実現が可能である。

【0045】

そして、フォーカスレンズ駆動モータの制御位置から距離を求める方法としては、予め距離が既知である対象に対して自動合焦機能動作を行い、最適化後のモータの駆動パルス値と距離との関係を測定してこれを表として保持する方法や、光学系の設計から解析的に求める方法等がある。また、ズーム倍率を上げての自動合焦機能機能により撮影対象位置計測精度を向上させるように被写体までの距離を算出する方法もある。

10

【0046】

次に、本実施形態におけるカメラ制御の処理動作について説明する。図1を用いて概略を説明すれば、まず、選択したマスターカメラにおいて撮影対象1-20の位置を計測する。三次元ワールド座標での撮影対象1-20の位置が決まれば、マスターカメラは、撮影対象1-20の位置情報をカメラ操作端末1-18及びスレーブカメラに転送する。

【0047】

スレーブカメラのカメラ制御装置上のカメラ制御ソフトウェアは、スレーブカメラの三次元ワールド座標上での位置及び姿勢が既知であることから、スレーブカメラから見て撮影対象1-20がどの方向にあるかを計算する。この結果に基づいて撮影に適したスレーブカメラかどうかを判断し、撮影に適していると判断した場合、スレーブカメラを制御する。さらに制御するカメラは撮影に適したワイド側もしくはテレ側の画角に合わせる。

20

【0048】

このように、マスターカメラを選択し、撮影対象1-20に向けて制御することで、人手を介することなく撮影に適したスレーブカメラを撮影対象1-20に向けることができ、さらにカメラに適した画角にあわせる。以下、具体的に説明する。

【0049】

図3は、カメラ操作端末3-20のユーザインターフェースを構成するGUI(Graphical User Interface)の一例を示す。画面には、マスターカメラの映像表示部3-1(図3では撮影対象3-2が映し出されている)、自動合焦機能の対象領域である検出領域3-3、カメラを操作するためのカメラ操作ボタン3-4、自動ズーム制御ボタン3-5、プログラム終了ボタン3-6、撮影対象3-2の位置表示3-7、カメラ選択ボタン3-8が表示されている。

30

【0050】

制御を開始するにあたり、オペレータは、まずマスターカメラを選択する。これは、カメラ選択ボタン3-7のうち所望のカメラ番号をマウス等によって指定することにより行われる。

【0051】

マスターカメラを選択したら、オペレータは、「直接操作」若しくは「対象の指定操作」によりマスターカメラを操作する。

40

【0052】

直接操作とは、操作ボタン3-4を使用する方法であり、上下左右、ホームポジションへの移動等の制御を行うことができる。この場合、検出領域3-3の位置は、例えば中央に固定されたまま変化しない。

【0053】

対象の指定操作とは、検出領域3-3を移動させることによりカメラを制御する方法であり、マウス等のポインティングデバイスを用いてドラッグ操作により検出領域3-3の移動操作を行う。検出領域3-3を画像上の撮影対象3-2に重ね合わせることにより、マ

50

スターカメラのカメラ制御装置において自動合焦機能を用いた距離計測を行い、距離と撮影位置とから後述する手法による位置計測を行う。

【0054】

そして、撮影対象3-2の位置情報をカメラ操作端末1-18を通じて各スレーブカメラに送信することにより、各スレーブカメラが撮影に適したカメラかどうかを判断し、最終的に各スレーブカメラの操作制御を行う。

【0055】

次に、図4に従って、マスターカメラにおける撮影対象の位置計測、及びスレーブカメラにおける姿勢制御目標値の計算について説明する。

【0056】

まず、マスターカメラにおける撮影対象の位置計測について述べる。図4(a)において、マスターカメラの視点は三次元座標空間上の点 $C_m(X_m, Y_m, Z_m)$ にあり、スレーブカメラの視点は点 $C_s(X_s, Y_s, Z_s)$ にある。又、撮影対象は点 $P_t(X_t, Y_t, Z_t)$ にある。

【0057】

ここで、オペレータが、図3に示す画面上で撮影対象3-2に検出領域3-3を重ね合わせたとする。図4(b)は、マスターカメラの画像座標系を表示したものである。

【0058】

ここでは、画像座標を画像の左上を原点とし、右にX軸の正方向、下にY軸の正方向をとる。検出領域3-3の画像座標を (u_f, v_f) 、画像中心の座標を (u_c, v_c) とし、レンズの焦点距離を $f_m[\text{mm}]$ とすると、マスターカメラから見た撮影対象の方向 θ_f 、 ϕ_f は、下記の式(1)のように表される。

$$\theta_f = \tan^{-1} \{ k_X | u_f - u_c | / f_m \}$$

$$\phi_f = \tan^{-1} \{ k_Y | v_f - v_c | / \sqrt{ \{ k_X | u_f - u_c | \}^2 + f_m^2 } \} \dots (1)$$

ただし、 \sqrt{X} はXの平方根である。又、 k_X 、 k_Y は1画素の大きさ(横幅、縦幅)であり、単位は $[\text{mm}/\text{pixel}]$ である。これはCCD撮影素子のサイズ、有効画素数、及び画像平面のサイズ等から計算することができる。

【0059】

問題の簡素化のために、マスターカメラ座標系のXYZ各軸は三次元ワールド座標系のXYZ各軸と平行であり、パン方向の回転角はY軸の正方向を原点とし、Z軸周りにX軸の正方向への回転角として定義する。又、チルト方向の回転角はXY平面からの仰角であると定義する。

【0060】

このように定義すると、図4(a)の三次元ワールド座標系において撮影対象の座標 (X_t, Y_t, Z_t) は、マスターカメラからの距離 r_{mt} 、マスターカメラの視点の位置 (X_m, Y_m, Z_m) 、マスターカメラの姿勢(マスターカメラから見た撮影対象の方向) θ_f 、 ϕ_f を用いて、下記の式(2)のように表される。

【0061】

【数1】

10

20

30

40

【数 1】

$$\begin{bmatrix} X_t \\ Y_t \\ Z_t \end{bmatrix} = r_{mt} \begin{bmatrix} \cos\phi_m \sin\theta_m \\ \cos\phi_m \cos\theta_m \\ \sin\phi_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\theta_m \\ -\sin\theta_m \\ 0 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} -\sin\phi_m \sin\theta_m \\ -\sin\phi_m \cos\theta_m \\ \cos\phi_m \end{bmatrix} v$$

$$u = k_x |u_f - u_c|$$

$$v = k_y |v_f - v_c|$$

10

【0062】

マスターカメラの初期位置及び初期姿勢は、実測により求める。又、動作中の姿勢変化分については、カメラとの通信によって得た値を使用する。一般に三次元空間中においてカメラの位置及び姿勢を求める手法をカメラのキャリブレーションと呼び、公知の研究例 [R. Y. Tsai, "An efficient and accurate camera calibration technique for 3D machine vision", Proc. of CVPR, pp. 364 - 374, 1986] をはじめとして多くの研究例がある。

20

【0063】

本実施形態では、マスターカメラはオペレータの操作に応じて視線方向を変更するが、このときに視点の位置とパン・チルト軸の回転中心とがずれている場合、視点の位置が変化する。

【0064】

しかし、カメラの機構が既知であれば、公知の手法による正確なキャリブレーションにより、カメラの回転運動に伴う視点の移動を計算することが可能である。なお、厳密にはズームやフォーカス変更に伴うレンズ位置の変化によっても視点は変化するが、本実施形態ではその変化分は無視する。

30

【0065】

次に、スレーブカメラにおける姿勢制御目標値の計算について述べる。上記のようにして得られた撮影対象の位置情報（撮影対象の座標 (X_t, Y_t, Z_t) ）からスレーブカメラのパン・チルト制御値 s_t 、 t_t を求めると、下記の式（3）のように表される。ここで、スレーブカメラ座標系の原点は点 $C_s (X_s, Y_s, Z_s)$ であり、 $X Y Z$ 各軸はマスターカメラ座標系の $X Y Z$ 各軸と平行に設定する。

$$s_t = \tan^{-1} \{ (X_t - X_s) / (Y_t - Y_s) \}$$

$$t_t = \tan^{-1} \{ (Z_t - Z_s) / \sqrt{(X_t - X_s)^2 + (Y_t - Y_s)^2} \} \dots (3)$$

40

パン・チルト制御値 s_t 、 t_t が求めれば、その角度を制御目標値としてスレーブカメラを制御するようにカメラ制御装置から指令を送ればよい。

【0066】

図5は、カメラ制御装置5-9～5-16が撮影対象の撮影にするカメラの選択方法の一例を示す。図5では8組のカメラモジュールが存在する。撮影対象5-20が領域a b c d eの位置に連続的に移動していく様子を示す。またカメラ5-1～5-8の方向は撮影対象5-20がBの位置にいるときのものであり、細い点線は撮影範囲を示している。矢印のでているカメラ5-1～5-3、5-5～5-8はこのとき撮影対象5-20を撮影していることを示す。

【0067】

50

今撮影対象 5 - 20 が B の位置にいて、オペレータ 5 - 19 が図 3 の G U I 画面でマスターカメラとして 5 - 6 を選び、検出領域 3 - 3 を撮影対象 3 - 2 に重ねたとする。するとマスターカメラが撮影対象 5 - 20 の B の位置情報をカメラ操作端末を通じて各スレーブカメラに送信する。

【 0 0 6 8 】

撮影に適したカメラかどうかは撮影対象 5 - 20 の位置 B から判断する。画角については、テレ画角で撮影するカメラは撮影対象が何であるか判断するため、さまざまな撮影角度から撮影するようにする。また、マスターカメラはワイド画角で撮影しているカメラでありかつ撮影対象 B に近いものが選択される。これはオペレータのマスターカメラを選択する手間を省き、検出領域の操作をしやすくするためである。

10

【 0 0 6 9 】

この場合、まず撮影対象 5 - 20 から距離の短いカメラ 5 - 1 ~ 5 - 3 , 5 - 5 ~ 5 - 7 は撮影に適したカメラと判断され、撮影対象 5 - 20 から距離の長いカメラ 5 - 4、5 - 8 は撮影に適さないカメラと判断される。さらに、撮影に適したカメラと判断されたカメラのうち、撮影対象 5 - 20 との距離がより近いほうのカメラ 5 - 1、5 - 2、5 - 5、5 - 6 は撮影画面に対し撮影対象 5 - 20 が大きくなるようテレ側の画角で撮影し、また撮影対象 5 - 20 から少し離れたカメラ 5 - 3 , 5 - 7 は撮影画面に対し撮影対象 5 - 20 の周囲状況がわかるようワイド側の画角で撮影する。

【 0 0 7 0 】

このように制御をすると例えば図 5 の撮影対象 5 - 20 の A、B、C、D、E の位置におけるカメラ 5 - 1 ~ 5 - 8 の方向制御と画角は図 6 のように制御することができる。ここで図 6 において「T」は撮影対象 5 - 20 を追尾しテレ側の画角に制御、「W」は撮影対象 5 - 20 を追尾しワイド側の画角に制御、「指」はあらかじめ設定された範囲を撮影するよう制御されることを示す。

20

【 0 0 7 1 】

ただし、図 6 の制御は一例であってテレ側の画角で多くの角度から撮影したい場合には撮影対象 5 - 20 に遠いカメラでも撮影に適するカメラと判断しテレ側の画角で撮影してもよい。その場合にはさらに撮影対象 5 - 20 に遠いカメラがワイド画角で撮影するよう制御する。またテレ側の画角で撮影するカメラとワイド側の画角で撮影するカメラの台数をあらかじめ決めておいてもよい。また撮影対象 5 - 20 が一定の大きさより大きく撮影できるカメラを選択しても良い。

30

【 0 0 7 2 】

以上述べた原理により、オペレータの制御するマスターカメラを用いて撮影対象の位置計測を行い、その結果を使用して撮影に適したスレーブカメラかどうかを判断する。撮影に適していると判断したカメラのみ、さらにズームレンズを広角側と望遠側のどちらかに動作するよう制御することにより、各スレーブカメラを撮影対象の方向に向け適した画角で撮影することができる。

【 0 0 7 3 】

以下、図 7、8 のフローチャートを用いて、本実施形態のカメラ制御システムの制御処理手順について説明する。

40

【 0 0 7 4 】

図 7 は、カメラ操作端末上で動作するカメラ操作ソフトウェアによる処理を示す。まず、処理開始後において、初期化処理を行う（ステップ S 7 0 1）。これは、図 5 に示した G U I の表示を初期化する等の処理である。次に、ステップ S 7 0 2 に移行して、入力イベント待ちループに入る。入力イベントには、カメラ操作端末の G U I を通じてのオペレータの制御入力と、マスターカメラからのメッセージとが存在する。

【 0 0 7 5 】

G U I においてカメラの方向ボタン 3 - 4 が押された場合や、検出領域 3 - 3 を画像中の撮影対象 3 - 2 に重ね合わせる操作がされた場合、カメラ移動入力イベントが発生する（ステップ S 7 0 3）。

50

【0076】

この場合、ステップS704において、マスターカメラの姿勢を変更するモータの制御コマンドを作成する。方向ボタン3-4による入力である場合、単に一定角度回転を行う制御コマンドを生成する。又、検出領域3-3を移動させる入力である場合、上記式(1)における f 、 f はカメラの光軸を基準にした対象の角度変位なので、この値 f 、 f を移動目標角度とする制御コマンドを生成する。制御コマンド生成後、ステップS705において、当該制御コマンドをマスターカメラに送信する。

【0077】

GUIにおいてマスター選択ボタン3-7が押された場合、マスター選択イベントが発生する(ステップS706)。この場合、ステップS707において、制御コマンドを送信するマスターカメラを指定されたカメラに変更する。又、映像受信ソフトウェアにも受信を行うカメラの変更を指示する。

10

【0078】

本実施形態では、各カメラの映像受信ソフトウェアはネットワーク上に映像を送り続けて受信側で選択する構成としたが、カメラ操作ソフトウェアからの映像受信要求があるときのみ送信側で映像を送信する方式をとってもよい。

【0079】

マスターカメラは、後述するようにカメラ制御を行った後に、撮影対象の位置計測を行い、その結果をカメラ操作端末のカメラ操作ソフトウェアに送信する。このメッセージをカメラ操作ソフトウェアが受け取った場合(ステップS708)、撮影対象の位置に関する表示3-7の更新を行う(ステップS709)。

20

【0080】

GUIにおいて終了ボタン3-5が押された場合、終了イベントが発生する(ステップS710)。この場合、ステップS711において、終了処理として全てのカメラモジュールに処理の終了を告知して、システムを終了する。

【0081】

図8は、各カメラ制御装置上で動作するカメラ制御ソフトウェアによる処理を示す。マスターカメラとスレーブカメラとは同一のプログラムにより動作し、メッセージの種類に応じてその役割を変更する。

【0082】

まず、あらかじめ設定された方向を撮影するようカメラの初期化を行い(ステップS820)、その後メッセージ待ちを行う(ステップS821)。なんらかのメッセージがあった場合には、ステップS822、823、828においてその内容を確認する。

30

【0083】

終了イベントであった場合(ステップS822)、カメラ制御ソフトウェアを終了する。

【0084】

イベントがモータの回転角度を指定する制御コマンドであった場合(ステップS823)、マスターカメラとしての動作命令である。この場合、ステップS824において、制御コマンドに従ってモータの制御を行い、ステップS825において、上述した手法により撮影対象の位置計測を行う。その計測結果は、カメラ操作端末のカメラ操作ソフトウェアに送信する(ステップS826)。又、スレーブカメラにも制御命令及び制御情報として送信する(ステップS827)。

40

【0085】

イベントが三次元ワールド座標を指定しての姿勢制御命令であった場合(ステップS828)、スレーブカメラとしての動作命令である。この場合、ステップS829において、指定された位置を撮影するのに適したカメラかどうかを判断する。適していればステップS830において、指定された位置を向くようなカメラの姿勢と撮影画角を計算し、ステップS831において、モータの制御を行う。この際に、スレーブカメラの移動角度は、上記式(3)で求められる $s t$ 、 $s t$ を採用する。

【0086】

50

ステップS 8 2 7、ステップS 8 3 1の後、ステップS 8 3 2においてマスターカメラに変更するかどうかを判別する。例えばオペレーター5 - 1 9が検出領域を指定するのに撮影対象の周囲状況が分かった方がいいときには撮影対象5 - 2 0がBの位置のときワイド画角で撮影していて最もBに近いカメラをマスターカメラとする。それ以外のカメラはスレーブカメラに切り替える。

【0087】

また、ステップS 8 2 9においてカメラを制御する必要がないと判断された場合にはあらかじめ設定された設定位置へモータの制御を行い(ステップS 8 3 5)、スレーブカメラに切り替える。

【0088】

以上にイベントに対する処理を行ったならば、ステップS 8 2 1に戻って設定された撮影範囲を撮影しながらイベント待ちを行う。

【0089】

以上に説明した本実施形態によれば、姿勢制御可能な複数台のカメラをネットワークで接続し、そのうちの1つのカメラをオペレータが制御するマスターカメラとして選択して制御を行い、残りのカメラをスレーブカメラとしてマスターカメラから得られた情報に従って撮影対象の撮影に適したカメラのみ制御するようにしている。

【0090】

これにより、システム上で撮影対象を追尾するのに適したカメラのみ姿勢制御及びズーム制御をし、それ以外のカメラは監視を続けるため、柔軟な制御が可能なカメラ制御システムを構築することができる。

【0091】

また、撮影対象を撮影しているスレーブカメラのうちの一つをマスターカメラに自動的に切り替えることで、撮影対象が急激な動作をしても撮影画面から撮影対象を見失わずに済み、より広い範囲を対象として検出領域を設定できる。

【0092】

(第2実施形態)

本発明の第2実施形態では、上述した第1実施形態と同様の構成において、マスターカメラとスレーブカメラで異常検出をすることにより、いずれかのカメラで異常が検出されたとき他のカメラとオペレータに位置情報を送信する機能をもたせる。

【0093】

この結果、オペレータがわざわざ異常検出してカメラの姿勢制御を指示しなくても、各カメラで異常検出し撮影対象の動作にあわせて追尾することができ、なおかつ撮影対象を撮影しているカメラのうちの一つをマスターカメラに自動的に切り替えるカメラ切替処理を実現する。

【0094】

本実施形態におけるハードウェア構成、全てのカメラ及びカメラの制御装置等の構成は、図1及び図2に示した第1実施形態と同じであるので、その説明は省略する。なお、本実施形態においても、上述した第1実施形態同様、カメラモジュールは3組以上あればよい。

【0095】

図5、9を参照して、監視システム内のいずれかのカメラにおいて異常検出し、マスターカメラが切り替わっていく様子を説明する。なお、撮影するカメラの選択方法及び画角の選択方法は第1実施形態と同様に行うものとする。

【0096】

なお、異常検出手段については公知の技術である背景差分に基づく手法を利用する。これは、この手法が移動物体を簡便に検出する技術であるからであり、その他の検出方法を私用しても本実施形態は実現することができる。

【0097】

この図9は前述した図1、5と略同じものであり、図9は図5の撮影対象5 - 2 0が通過

10

20

30

40

50

する領域 a ~ e を図 5 のようにカメラ 5 - 1 ~ 5 - 8 が配置されていた場合に領域ごとに姿勢制御及びズーム制御を変えるための割り振りを示す。領域の区切りはカメラ同士の直線を結んだ線分である。

【0098】

図 5 において、撮影対象 5 - 20 が左方向から近づいてきたとして、領域 a b c d e の位置に連続的に移動していくときのマスターカメラの切り替えを以下に説明する。

【0099】

まず図 5 のカメラ 5 - 1、5 - 2 において異常検出可能な領域 a に撮影対象 5 - 20 が入るとこれを異常とみなして背景差分の方法により最初にカメラ 5 - 1 もしくはカメラ 5 - 5 が異常検出をする。撮影対象 5 - 20 を異常として異常検出すると、撮影対象 5 - 20 を向くように姿勢制御し撮影対象 5 - 20 の位置を計測する。 10

【0100】

そして、ネットワーク 5 - 17 を介して異常を検出したカメラ 5 - 1 もしくはカメラ 5 - 5 からカメラ操作端末 5 - 18 へその旨と撮影対象 5 - 20 の位置情報で構成される異常情報を伝える。異常情報を受け取ったカメラ操作端末は最初に異常情報を伝えてきたカメラ（ここではカメラ 5 - 1 とする）から受け取った撮影対象 5 - 20 の位置情報及び既に異常検出の旨をシステム内の全てのカメラに送信する。

【0101】

もしカメラ 5 - 1 と 5 - 5 が同時に撮影対象 5 - 20 を検出し、両方のカメラが検出情報を送信したとしてもカメラ操作端末 5 - 18 が先に 5 - 1 の異常情報を受け取っているならば、5 - 18 の異常情報は無視される。 20

【0102】

カメラ制御装置 5 - 1 ~ 5 - 8 は撮影対象 5 - 20 の位置情報を受け取るとカメラ 5 - 1、5 - 5 がテレ画角にて、カメラ 5 - 2 及びカメラ 5 - 6 がワイド画角にて撮影対象を撮影する。この場合、例えば撮影対象 5 - 20 が図 5 の領域 a にいるときはカメラ 5 - 6 がマスターカメラとなるが、撮影対象 5 - 20 の位置によりカメラ 5 - 2 にも切り替えられる。その他のカメラは撮影対象までの距離が遠いので撮影に適さないカメラと判断され、設定された撮影範囲を撮影しつづける。

【0103】

撮影対象が 5 - 20 が異常検出領域 a にいる間はマスターカメラ 5 - 6 から撮影対象 5 - 20 の位置が随時送信されてくるので、カメラ 5 - 1、5 - 2、5 - 5、5 - 6 は受信した位置に方向制御をし、撮影対象の追尾を続ける。 30

【0104】

次に撮影対象が 5 - 20 が異常検出領域 b に達するとカメラ 5 - 1、5 - 2、5 - 5、5 - 6 はテレ画角で撮影し、カメラ 5 - 3、5 - 7 はワイド画角で撮影し、他のカメラ 5 - 4、5 - 8 のみ設定された撮影範囲を撮影する。この場合、例えば撮影対象 5 - 20 が図 5 の領域 b にいるときはカメラ 5 - 7 がマスターカメラとなるが、撮影対象 5 - 20 の位置によりカメラ 5 - 3 にも切り替えられる。

【0105】

撮影対象が異常検出領域 b にいる間はマスターカメラ 5 - 7 から撮影対象 5 - 20 の位置が随時送信されてくるので、カメラ 5 - 1 ~ 5 - 3、5 - 5 ~ 5 - 7 は受信した位置に方向制御をし、撮影対象の追尾を続ける。 40

【0106】

以下、撮影対象 5 - 20 が異常検出領域 c、d、e に移動したときも同様に制御が行われる。

【0107】

次に、本実施形態のカメラ制御システムの制御処理について説明する。カメラ操作端末上で動作するカメラ操作ソフトウェアによる処理は、基本的には第 1 実施形態と同じであり、その相違点のみを図 7 を用いて説明する。本実施形態では、ステップ S 708 において位置情報と共に異常検出された旨を情報として受け取る。 50

【0108】

そして、ステップS709において、既に異常が検出されているかどうかをチェックする。始めて検出された場合には、ステップS704において制御命令を作成する。位置情報は各マスターカメラから断続的に入手できるが、いずれか1つのカメラからの情報が入力されるたびに図3に示したGUIの位置情報3-6を更新する。

【0109】

次に、各カメラ制御装置上で動作するカメラ制御ソフトウェアによる処理を説明する。図10は第1実施形態で説明した図8と基本的には同一であるので相違点のみを説明する。

【0110】

動作が異なるのは、ステップS1011～ステップS1015に示す異常検出をする場合であり、それ以外のステップS1010～ステップS1030については図8に示したステップS820～ステップS836と同様である。 10

【0111】

システム上の全てのカメラはステップS1011において異常検出を行い、異常が検出されなければステップS1016においてメッセージを受信する。異常が検出された場合にはステップS1012においてシステム内の他のカメラで既に異常検出されていれば、ステップS1016においてメッセージを受信する。システム全体で初めての異常検出であればステップS1013で異常と判断された撮影対象を撮影し、ステップS1014において撮影対象の位置を計測する。そしてステップS1015において撮影対象の位置情報と異常検出の旨をカメラ制御端末へ送信する。 20

【0112】

以上述べた本実施形態によれば、システム内の全てのカメラにおいて異常検出が可能になり、人の手を介さなくとも異常撮影対象の追尾が可能になる。

【0113】

なお、上記の実施形態において示した各部の計上及び構造は、いずれも本発明を実施するにあたっての具体化の一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその精神、又はその主要な特徴から逸脱することなく、さまざまな形で実施することができる。

【0114】

【発明の効果】

本願第1の発明である監視システムによれば、カメラ制御に無駄がなく臨機応変に監視可能な監視システムを構築することができる。 30

【0115】

また、本願第2の発明である監視システムによれば、カメラ制御に無駄がなく異常検出に人手を介さずに監視可能な、便利性の高い監視システムを構築することができる。

【0116】

ここで、外部からの要求があったとき、カメラから撮影対象の位置に応じて撮影対象が複数の大きさで撮影されるようにカメラを選択し、その撮影方向及びズーム倍率を調整することにより、撮影画面に撮影対象が大きく写っている複数の画像からは、ある事件における犯人の特定等に役立ち、撮影対象の周囲状況が分かるように撮像した画像からは犯人の動きを見逃すことなく周囲状況を把握できる等、一度の制御で撮影対象の特定と周囲状況把握の両方が行える、という優れた効果がある。 40

【0117】

また、撮影対象の位置に応じて、撮影対象位置情報を抽出するカメラを一のカメラから他のカメラに自動的に切り替えることで、常に撮影対象の位置を算出するのに適したカメラを選択することが可能になり追尾に役立つという、優れた効果がある。

【0118】

以上述べたように本発明によれば、単一の撮影対象を撮影する際に撮影に最適な複数のカメラを選択し、複数の角度と複数の倍率で撮影するよう制御し、便利性の高い追尾可能な監視システムを提供することができる

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 実施形態における監視システムの構成を示す図である。

【図 2】カメラ、カメラ制御装置、及びカメラ操作端末の構成を示す図である。

【図 3】カメラ操作端末のユーザインターフェースを構成する GUI (Graphical User Interface) の一例を示す図である。

【図 4】撮影対象の位置計測及びカメラ制御目標値の計算の原理を説明するための図である (a、 b)。

【図 5】第 1 実施形態における監視システムの構成を示す図である。

【図 6】第 1 実施形態における撮影対象の位置と、カメラのズーム倍率の関係を示す図である。

【図 7】第 1 実施形態におけるカメラ操作ソフトウェアによる処理を示すフローチャートである。

【図 8】第 1 実施形態におけるカメラ制御ソフトウェアによる処理を示すフローチャートである。

【図 9】第 2 実施形態における撮影対象の存在領域を表す図である。

【図 10】第 2 実施形態におけるカメラ制御ソフトウェアによる処理を示すフローチャートである。

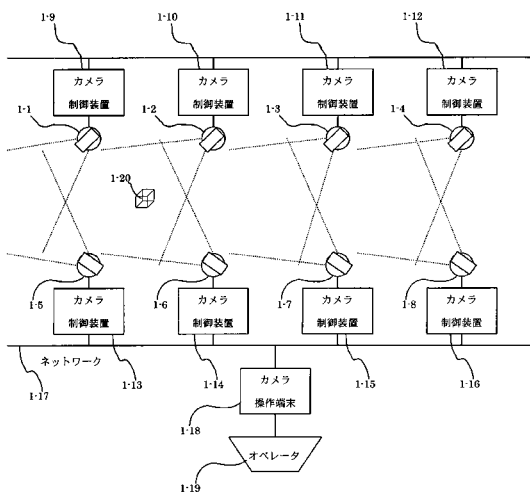
【符号の説明】

| | | |
|----------------|------------------|----|
| 1 - 1 ~ 1 - 8 | カメラ | |
| 1 - 9 ~ 1 - 16 | カメラ制御装置 | 20 |
| 1 - 17 | ネットワーク | |
| 1 - 18 | カメラ操作端末 | |
| 1 - 19 | オペレータ | |
| 1 - 20 | 撮影対象 | |
| 2 - 1 | カメラ | |
| 2 - 2 | 撮影系 | |
| 2 - 3 | 光学的パラメータ制御装置 | |
| 2 - 4 | 姿勢制御装置 | |
| 2 - 6 | カメラ制御装置 | |
| 2 - 7 | CPU | 30 |
| 2 - 8 | RAM | |
| 2 - 9 | ROM | |
| 2 - 10 | 二次記憶装置 | |
| 2 - 11 | I/O | |
| 2 - 12 | ビデオキャプチャボード | |
| 2 - 13 | モニタ | |
| 2 - 14 | キーボード | |
| 2 - 15 | マウス等のポインティングデバイス | |
| 2 - 16 | バス | |
| 2 - 17 | 通信部 | 40 |
| 2 - 18 | ネットワーク | |
| 2 - 19 | カメラ制御装置 | |
| 2 - 20 | CPU | |
| 2 - 21 | ROM | |
| 2 - 22 | RAM | |
| 2 - 23 | 二次記憶装置 | |
| 2 - 24 | ビデオRAM | |
| 2 - 25 | モニタ | |
| 2 - 26 | キーボード | |
| 2 - 27 | マウス等のポインティングデバイス | 50 |

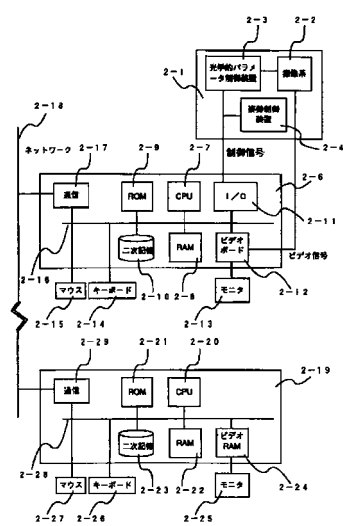
2 - 2 8
2 - 2 9

バス
通信部

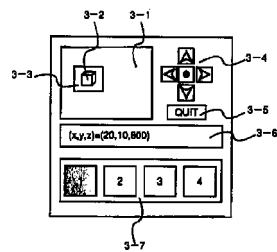
【 図 1 】



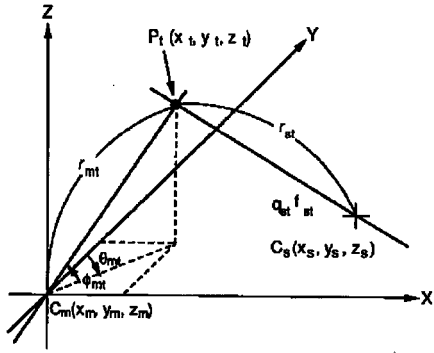
【 図 2 】



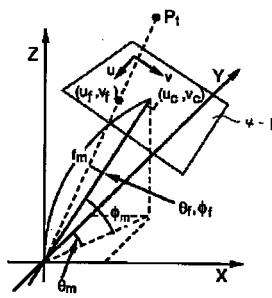
【 図 3 】



【 図 4 】



(a)

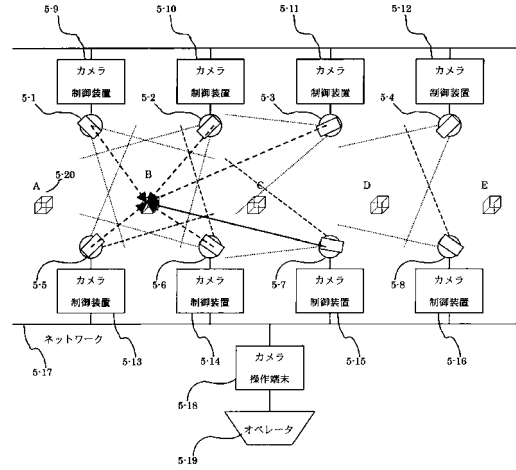


(b)

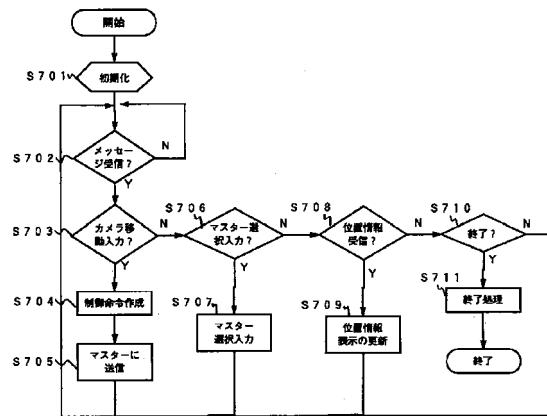
【 図 6 】

| | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E |
| 1-1 | T | T | W | 指 | 指 |
| 1-2 | W | T | T | W | 指 |
| 1-3 | 指 | W | T | T | W |
| 1-4 | 指 | 指 | W | T | T |
| 1-5 | T | T | W | 指 | 指 |
| 1-6 | W | T | T | W | 指 |
| 1-7 | 指 | W | T | T | W |
| 1-8 | 指 | 指 | W | T | T |

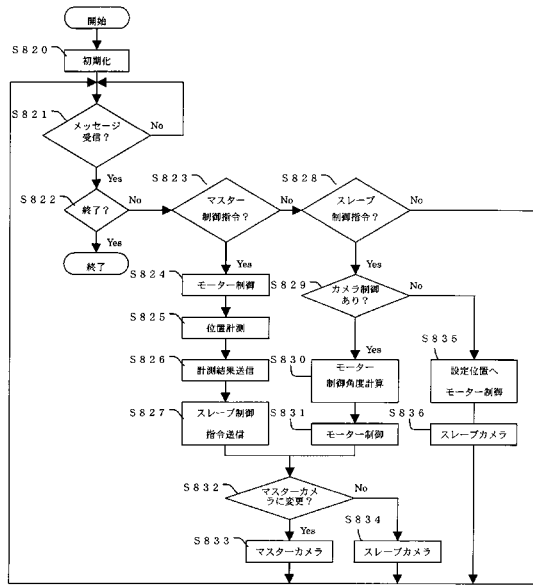
【 図 5 】



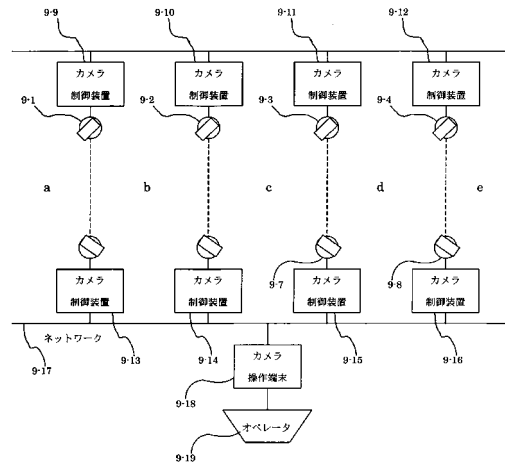
【 図 7 】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

