

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5790188号
(P5790188)

(45) 発行日 平成27年10月7日(2015.10.7)

(24) 登録日 平成27年8月14日(2015.8.14)

(51) Int.Cl.

F 1

H04N 5/232 (2006.01)

H04N 5/232

G03B 15/00 (2006.01)

G03B 15/00

G03B 5/00 (2006.01)

G03B 5/00

C

U

D

請求項の数 9 (全 32 頁)

(21) 出願番号

特願2011-134158 (P2011-134158)

(22) 出願日

平成23年6月16日(2011.6.16)

(65) 公開番号

特開2013-5214 (P2013-5214A)

(43) 公開日

平成25年1月7日(2013.1.7)

審査請求日

平成26年5月22日(2014.5.22)

(73) 特許権者 311015207

リコーイメージング株式会社

東京都板橋区前野町二丁目35番7号

(74) 代理人 100083286

弁理士 三浦 邦夫

(72) 発明者 大田 真己斗
東京都新宿区中落合2丁目7番5号 HO
YA株式会社内

審査官 藤原 敏利

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】天体自動追尾撮影方法及び天体自動追尾撮影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影方法であって、

前記撮像領域上の天体像の移動情報を取得するステップと、

取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動データを設定するステップと、

前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定するステップと、

設定した前記トリミング領域の移動データ及び切り出し範囲並びに撮影時間に基づいて、前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得するステップと、を有し、

前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定するステップは、

前記撮像素子の撮像領域に、該撮像領域よりも小さいトリミング領域を切り出すステップと、

切り出した前記トリミング領域を、前記トリミング領域の移動データに基づいて仮想的に移動させたときに、前記トリミング領域が前記撮像素子の撮像領域内に収まることができる最長の時間を最長撮影時間として算出するステップと、

算出した最長撮影時間を撮影時間として設定するステップと、を有することを特徴とする天体自動追尾撮影方法。

10

20

【請求項 2】

日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影方法であって、

前記撮像領域上での天体像の移動情報を取得するステップと、

取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動データを設定するステップと、

前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定するステップと、

設定した前記トリミング領域の移動データ及び切り出し範囲並びに撮影時間に基づいて、前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得するステップと、を有し、

前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定するステップは、

任意の撮影時間を設定するステップと、

取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記撮像素子の撮像領域の移動データを算出するステップと、

設定した前記撮影時間内で、前記撮像素子の撮像領域を算出した前記撮像領域の移動データに基づいて仮想的に移動させたときに、前記撮像素子の撮像領域として共通して使用する部分から前記トリミング領域を切り出すステップと、を有することを特徴とする天体自動追尾撮影方法。

【請求項 3】

10

請求項 1 または 2 記載の天体自動追尾撮影方法において、

前記撮像素子の撮像領域は矩形をなしており、

前記トリミング領域を切り出すステップでは、前記撮像素子の矩形の撮像領域の長辺および短辺と平行をなす矩形のトリミング領域を切り出す天体自動追尾撮影方法。

【請求項 4】

20

日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影方法であって、

前記トリミング領域上での天体像の移動方向、移動距離、及び回転角を含む天体像の移動情報を取得するステップと、

30

取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動方向、移動距離、回転角、及び移動周期を含む移動データを設定するステップと、

設定した前記トリミング領域の移動データに基づいて前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得するステップと、を有し、

前記移動情報の取得ステップでは、前記トリミング領域上での天体像の所定時間あたりの移動距離を、前記撮影装置の撮影光学系の光軸に対して直交する方向の平行移動成分と、該光軸と平行な軸回りの回転移動成分とに分けて取得し、

前記移動データの設定ステップでは、取得した前記平行移動成分の移動距離に対応するトリミング領域の移動周期と前記回転移動成分の移動距離に対応するトリミング領域の移動周期とのうち、いずれか短いほうの移動周期を、前記トリミング領域の移動周期として設定することで、前記トリミング領域の移動周期を、前記トリミング領域上での天体像の所定時間あたりの移動距離が、前記トリミング領域の画素ピッチを超えない範囲内で設定することを特徴とする天体自動追尾撮影方法。

40

【請求項 5】

請求項 4 記載の天体自動追尾撮影方法において、

撮影時間中に、前記トリミング領域の移動周期を更新するステップをさらに有する天体自動追尾撮影方法。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項記載の天体自動追尾撮影方法において、

前記撮影装置の撮影光学系の焦点距離情報、撮影地点の緯度情報、撮影方位角情報、撮

50

影仰角情報、及び撮影装置の姿勢情報を入力するステップをさらに有し、

前記移動情報の取得ステップでは、入力した情報を用いて、前記トリミング領域上での天体像の移動情報を取得する天体自動追尾撮影方法。

【請求項 7】

日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影装置であって、

前記撮像領域上の天体像の移動情報を取得する取得手段と、

前記取得手段が取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動データを設定する第1の設定手段と、

前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定する第2の設定手段と、

前記第1及び第2の設定手段が設定した前記トリミング領域の移動データ及び切り出し範囲並びに撮影時間に基づいて、前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得する撮影画像取得手段と、を有し、

前記第2の設定手段は、前記撮像素子の撮像領域に、該撮像領域よりも小さいトリミング領域を切り出し、切り出した前記トリミング領域を、前記トリミング領域の移動データに基づいて仮想的に移動させたときに、前記トリミング領域が前記撮像素子の撮像領域内に収まることができる最長の時間を最長撮影時間として算出し、算出した最長撮影時間を撮影時間として設定することを特徴とする天体自動追尾撮影装置。

【請求項 8】

日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影装置であって、

前記撮像領域上の天体像の移動情報を取得する取得手段と、

前記取得手段が取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動データを設定する第1の設定手段と、

前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定する第2の設定手段と、

前記第1及び第2の設定手段が設定した前記トリミング領域の移動データ及び切り出し範囲並びに撮影時間に基づいて、前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得する撮影画像取得手段と、を有し、

前記第2の設定手段は、任意の撮影時間を設定し、取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記撮像素子の撮像領域の移動データを算出し、設定した前記撮影時間内で、前記撮像素子の撮像領域を算出した前記撮像領域の移動データに基づいて仮想的に移動させたときに、前記撮像素子の撮像領域として共通して使用する部分から前記トリミング領域を切り出すことを特徴とする天体自動追尾撮影装置。

【請求項 9】

日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影装置であって、

前記トリミング領域上の天体像の移動方向、移動距離、及び回転角を含む天体像の移動情報を取得する取得手段と、

前記取得手段が取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動方向、移動距離、回転角、及び移動周期を含む移動データを設定する設定手段と、

前記設定手段が設定した前記トリミング領域の移動データに基づいて前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得する撮影画像取得手段と、を有し、

前記取得手段は、前記トリミング領域上の天体像の所定時間あたりの移動距離を、前記撮影装置の撮影光学系の光軸に対して直交する方向の平行移動成分と、該光軸と平行な軸回りの回転移動成分とに分けて取得し、

前記設定手段は、取得した前記平行移動成分の移動距離に対応するトリミング領域の移

10

20

30

40

50

動周期と前記回転移動成分の移動距離に対応するタイミング領域の移動周期とのうち、いずれか短いほうの移動周期を、前記タイミング領域の移動周期として設定することで、前記タイミング領域の移動周期を、前記タイミング領域上での天体像の所定時間あたりの移動距離が、前記タイミング領域の画素ピッチを超えない範囲内で設定することを特徴とする天体自動追尾撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、天体の静止撮影を可能にした天体自動追尾撮影方法及び天体自動追尾撮影装置に関する。 10

【背景技術】

【0002】

撮影装置を固定して長時間露出で天体撮影を行うと、地球の自転により撮影装置に対して相対的に天体が移動（日周運動）するため、天体の移動軌跡が直線状あるいは曲線状に写ってしまう。

【0003】

長時間露出で天体を静止状態（光点状）にして撮影を行うには、自動追尾装置を備えた赤道儀を用いて天体に対して撮影装置を動かしながら撮影するのが一般的である。

しかし、自動追尾装置を備えた赤道儀は高価であり、重く、扱いも容易ではなく、極軸を天の北極に向ける調整が不可欠である。 20

【0004】

近年では、赤道儀を用いずに固定した撮影装置で連続して複数回の撮影を行い、撮影後に複数枚の撮影画像のずれ量を検出し、各撮影画像を重ね合わせて1枚の画像を得る方法が提案されている（特許文献1、2）。

しかし、この方法にあっては、複数枚の撮影画像のずれ量を正確に算出することは事实上不可能である。また、複数の天体像の集合体である天体写真では、同一の天体を誤りなく認識するのは極めて困難である。さらに、天体撮影における天体の移動（日周運動）はゆっくりとしているため、複数回の撮影を行う周期（撮影間隔）が短すぎると、複数枚の撮影画像はマクロな視点では同じものとなり（同じような撮影画像を大量に得ることとなり）、無駄な演算処理によりCPUの負担が増大する。 30

【0005】

一方、赤道儀を用いずに撮影装置を固定したままで、撮影装置の撮像素子を駆動（移動）させながら撮影する天体自動追尾撮影が提案されている（特許文献3、4）。

しかし、この方法にあっては、撮像素子を高精度に移動させるアクチュエーターが必要であり、その製造および制御はかなり難しい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2006-279135号公報

【特許文献2】特開2006-287375号公報

【特許文献3】特開2008-289052号公報

【特許文献4】特開2010-122672号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は以上の問題意識に基づいて完成されたものであり、高価で大きく重く複雑な調整が必要な赤道儀を使用せず、高精度に制御が必要なアクチュエーターも用いず、無駄な演算処理を省いてCPUの負担を低減し、天体を見かけ上静止した状態で明るく撮影することができる天体自動追尾撮影方法及び天体自動追尾撮影装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【0008】

本発明は、撮像素子の撮像領域上での天体像の移動情報（移動方向、移動距離、回転角）を取得し、取得した移動情報を基づいてトリミング領域の移動データ（移動方向、移動距離、回転角、及び移動周期）を設定し、設定した移動データに基づいてトリミング領域を移動させながら各移動後のトリミング領域上で撮影を行い、撮影した各トリミング領域上での撮影画像を重ね合わせて1枚の画像を得るようにすれば、高価で大きく重く複雑な調整が必要な赤道儀を使用せず、高精度に制御が必要なアクチュエーターも用いず、無駄な演算処理を省いてCPUの負担を低減し、天体を見かけ上静止した状態で明るく撮影することができるとの着眼に基づいてなされたものである。

【0009】

本発明の天体自動追尾撮影方法は、第1の態様では、日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影方法であって、前記撮像領域上での天体像の移動情報を取得するステップと、取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動データを設定するステップと、前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定するステップと、設定した前記トリミング領域の移動データ及び切り出し範囲並びに撮影時間に基づいて、前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得するステップと、を有し、前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定するステップは、前記撮像素子の撮像領域に、該撮像領域よりも小さいトリミング領域を切り出すステップと、切り出した前記トリミング領域を、前記トリミング領域の移動データに基づいて仮想的に移動させたときに、前記トリミング領域が前記撮像素子の撮像領域内に収まることができる最長の時間を最長撮影時間として算出するステップと、算出した最長撮影時間を撮影時間として設定するステップと、を有することを特徴としている。

【0010】

本発明の天体自動追尾撮影方法は、第2の態様では、日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影方法であって、前記撮像領域上での天体像の移動情報を取得するステップと、取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動データを設定するステップと、前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定するステップと、設定した前記トリミング領域の移動データ及び切り出し範囲並びに撮影時間に基づいて、前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得するステップと、を有し、前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定するステップは、任意の撮影時間を設定するステップと、取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記撮像素子の撮像領域の移動データを算出するステップと、設定した前記撮影時間内で、前記撮像素子の撮像領域を算出した前記撮像領域の移動データに基づいて仮想的に移動させたときに、前記撮像素子の撮像領域として共通して使用する部分から前記トリミング領域を切り出すステップと、を有することを特徴としている。

【0011】

撮像素子の撮像領域が矩形をなす場合、前記トリミング領域を切り出すステップでは、前記撮像素子の矩形の撮像領域の長辺および短辺と平行をなす矩形のトリミング領域を切り出すのが好ましい。

このようにすれば、切り出した矩形のトリミング領域の移動量を大きく稼ぐことができ、より長い撮影時間（露出時間）を達成することができる。

【0012】

本発明の天体自動追尾撮影方法は、第3の態様では、日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影方法であって、前記トリミング領域上での天体像の移動方向、移動距離、及び回転角を含む天体像の移動情報を取

10

20

30

40

50

得するステップと、取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動方向、移動距離、回転角、及び移動周期を含む移動データを設定するステップと、設定した前記トリミング領域の移動データに基づいて前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得するステップと、を有し、前記移動情報の取得ステップでは、前記トリミング領域上での天体像の所定時間あたりの移動距離を、前記撮影装置の撮影光学系の光軸に対して直交する方向の平行移動成分と、該光軸と平行な軸回りの回転移動成分とに分けて取得し、前記移動データの設定ステップでは、取得了前記平行移動成分の移動距離に対応するトリミング領域の移動周期と前記回転移動成分の移動距離に対応するトリミング領域の移動周期とのうち、いずれか短いほうの移動周期を、前記トリミング領域の移動周期として設定することで、前記トリミング領域の移動周期を、前記トリミング領域上での天体像の所定時間あたりの移動距離が、前記トリミング領域の画素ピッチを超えない範囲内で設定することを特徴としている。10

【0013】

本発明の天体自動追尾撮影方法は、撮影時間中に、前記トリミング領域の移動周期を更新するステップをさらに有していてもよい。このようにすれば、撮影時間中に追尾条件が変化した場合であっても、変化した追尾条件に応じた最適な移動周期でトリミング領域を移動させることができる。

【0014】

本発明の天体自動追尾撮影方法は、前記撮影装置の撮影光学系の焦点距離情報、撮影地点の緯度情報、撮影方位角情報、撮影仰角情報、及び撮影装置の姿勢情報を入力するステップをさらに有し、前記移動情報の取得ステップでは、入力した全情報を用いて、前記トリミング領域上での天体像の移動情報を取得することができる。このようにすれば、トリミング領域上での天体像の移動情報をより正確に算出することができる。20

【0015】

本発明の天体自動追尾撮影装置は、第1の態様では、日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影装置であって、前記撮像領域上での天体像の移動情報を取得する取得手段と、前記取得手段が取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動データを設定する第1の設定手段と、前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定する第2の設定手段と、前記第1及び第2の設定手段が設定した前記トリミング領域の移動データ及び切り出し範囲並びに撮影時間に基づいて、前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得する撮影画像取得手段と、を有し、前記第2の設定手段は、前記撮像素子の撮像領域に、該撮像領域よりも小さいトリミング領域を切り出し、切り出した前記トリミング領域を、前記トリミング領域の移動データに基づいて仮想的に移動させたときに、前記トリミング領域が前記撮像素子の撮像領域内に収まることができる最長の時間を最長撮影時間として算出し、算出した最長撮影時間を撮影時間として設定することを特徴としている。30

【0016】

本発明の天体自動追尾撮影装置は、第2の態様では、日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影装置であって、前記撮像領域上での天体像の移動情報を取得する取得手段と、前記取得手段が取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動データを設定する第1の設定手段と、前記トリミング領域の切り出し範囲及び撮影時間を設定する第2の設定手段と、前記第1及び第2の設定手段が設定した前記トリミング領域の移動データ及び切り出し範囲並びに撮影時間に基づいて、前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得する撮影画像取得手段と、を有し、前記第2の設定手段は、任意の撮影時間を設定し、取得した前記天体像の移動情報を基づき、前記撮像素子の撮像領域の移動データを算出し、設定した前記撮影時間内で、前記撮像素子の撮像領域を算出した4050

前記撮像領域の移動データに基づいて仮想的に移動させたときに、前記撮像素子の撮像領域として共通して使用する部分から前記トリミング領域を切り出すことを特徴としている。

【0017】

本発明の天体自動追尾撮影装置は、第3の態様では、日周運動によって撮影装置に対して相対運動する天体を撮影するために、撮像素子の撮像領域の一部を電子的にトリミングしたトリミング領域を移動させながら撮影する天体自動追尾撮影装置であって、前記トリミング領域上での天体像の移動方向、移動距離、及び回転角を含む天体像の移動情報を取得する取得手段と、前記取得手段が取得した前記天体像の移動情報に基づき、前記トリミング領域の移動方向、移動距離、回転角、及び移動周期を含む移動データを設定する設定手段と、前記設定手段が設定した前記トリミング領域の移動データに基づいて前記トリミング領域を移動させながら、各移動後のトリミング領域上における撮影画像を取得する撮影画像取得手段と、を有し、前記取得手段は、前記トリミング領域上での天体像の所定時間あたりの移動距離を、前記撮影装置の撮影光学系の光軸に対して直交する方向の平行移動成分と、該光軸と平行な軸回りの回転移動成分とに分けて取得し、前記設定手段は、取得した前記平行移動成分の移動距離に対応するトリミング領域の移動周期と前記回転移動成分の移動距離に対応するトリミング領域の移動周期とのうち、いずれか短いほうの移動周期を、前記トリミング領域の移動周期として設定することで、前記トリミング領域の移動周期を、前記トリミング領域上での天体像の所定時間あたりの移動距離が、前記トリミング領域の画素ピッチを超えない範囲内で設定することを特徴としている。10 20

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、高価で大きく重く複雑な調整が必要な赤道儀を使用せず、高精度に制御が必要なアクチュエーターも用いず、無駄な演算処理を省いてCPUの負担を低減し、天体を見かけ上静止した状態で明るく撮影することができる天体自動追尾撮影方法及び天体自動追尾撮影装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明による天体自動追尾撮影装置であるデジタルカメラの構成を示すプロック図である。30

【図2】図2(A)はトリミング領域が設定された撮像素子の撮像面(撮像領域)を示す図であり、図2(B)は撮像素子の撮像面内におけるトリミング領域の平行移動を示す図であり、図2(C)は撮像素子の撮像面内におけるトリミング領域の回転を示す図である。

【図3】北極点で天体撮影する様子を、天球の半径をrとして示した図である。

【図4】図3を真下から見た様子を説明する図である。

【図5】天体の軌道(円軌道)を異なる方向(a1)乃至(a4)から見た様子を説明する図である。

【図6】円軌道の天体を異なる方向(a1)乃至(a4)から撮影した場合の天体の軌跡の画像を示した図である。40

【図7】天体にカメラを向けて、地球の自転により天体画像が描く軌跡を説明する図である。

【図8】天体が見かけ上橜円(円)軌道を描いて移動する場合、天体を撮像センサ中心にとらえて天体の移動に対して追尾する様子を説明する図である。

【図9】橜円と接線の関係を説明する図である。

【図10】本発明による天体自動追尾撮影を説明する天球図である。

【図11】同天球図上の、北極点、目標の天体及び天頂を結ぶ球面三角形を示した図である。

【図12】デジタルカメラがその撮影光軸回りに水平から傾いている様子を示した図である。50

【図13】本発明による天体自動追尾撮影を行うための第1の方法を示すフローチャートである。

【図14】トリミング領域の切り出し範囲（設定範囲）および撮影時間（露出時間）を決定する第1の方法を示す図であり、図14（A）は最初にトリミング領域を切り出した（設定した）状態を示す図、図14（B）は切り出した（設定した）トリミング領域を移動データに従って移動させた状態を示す図である。

【図15】トリミング領域の移動周期を設定する方法を示すフローチャートである。

【図16】本発明による天体自動追尾撮影を行うための第2の方法を示すフローチャートである。

【図17】トリミング領域の切り出し範囲（設定範囲）および撮影時間（露出時間）を決定する第2の方法を示す図である。 10

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、図1ないし図17を参照して、本発明の天体自動追尾撮影装置をデジタルカメラ（撮影装置）10に適用した実施形態を説明する。

【0022】

図1に示すように、デジタルカメラ10は、カメラボディ11と、撮影手段としての撮影レンズ101（撮影光学系101L）とを備えている。カメラボディ11内には、撮影光学系101Lの後方に撮像センサ（像素子）13が配設されている。撮影光学系101Lの光軸LOと、撮像センサ13の撮像面（撮像領域）14とは直交している。 20

【0023】

図2（A）に示すように、撮像センサ13の撮像面14は、矩形をなしており、この矩形の撮像面14の一部を電子的にトリミングした矩形のトリミング領域15が設定されている。

図2（B）に示すように、トリミング領域15は、撮像面14内において、撮影光学系101Lの光軸LOと直交する所望の移動量（例えば、横方向移動量x、縦方向移動量y）だけ所望の移動速度で平行移動制御される。

図2（C）に示すように、トリミング領域15は、光軸LOと平行な軸（光軸LOと直交する面内の何処かに位置する瞬間中心）を中心として所望の回転量（例えば、回転角）だけ所望の回転速度で回転制御される。 30

【0024】

撮影レンズ101は、撮影光学系101L内に、絞り103を備えている。この絞り103の絞り値（開閉度合い）は、カメラボディ11内に備えられた絞り駆動制御機構17によって制御される。撮影レンズ101は、撮影光学系101Lの焦点距離情報fを検出する焦点距離検出装置（焦点距離情報入力手段）105を備えている。

【0025】

カメラボディ11は、撮像センサ13で撮像した画像を表示するLCDモニタ23と、撮像センサ13で撮像した画像を保存するメモリーカード25を備えている。またカメラボディ11は、電源スイッチ27と、レリーズスイッチ28と、設定スイッチ30とを備えている。電源スイッチ27は、デジタルカメラ10の電源のオンオフを切り替えるためのスイッチである。レリーズスイッチ28は、焦点調節処理、測光処理及び撮影処理を実行するためのスイッチである。設定スイッチ30は、天体自動追尾撮影モードや通常撮影モードなどの撮影モードを選択して設定するスイッチである。 40

【0026】

カメラボディ11は、GPSユニット（緯度情報入力手段）31と、方位角センサ（撮影方位角情報入力手段）33と、重力センサ（撮影仰角情報入力手段、姿勢情報入力手段）35とを備えている。GPSユニット31は、デジタルカメラ10の撮影地点の緯度情報を検出する。方位角センサ33は、デジタルカメラ10の撮影地点の撮影方位角情報Aを検出する。重力センサ35は、デジタルカメラ10の撮影地点の撮影仰角情報hを検出する。また、重力センサ35は水準機能を有しており、図12に示すカメラボディ11（ 50

撮像センサ13)の姿勢情報を検出する。姿勢情報は、カメラボディ11(撮像センサ13)の基準位置からの撮影光軸LO(撮像センサ13の撮像面14の中心C)を中心とする回転角情報をある。カメラボディ11(撮像センサ13)の基準位置は、例えば、矩形の撮像センサ13の長辺方向を水平方向Xとした位置であり、回転後の長辺方向X'とのなす角がこの回転角情報をある。

【0027】

カメラボディ11には、デジタルカメラ10の全体の機能を制御するCPU(取得手段、設定手段、撮影手段、重ね合わせ手段)21が搭載されている。CPU21は、トリミング領域15(撮像面14)の画素ピッチ情報を保持する画素ピッチ情報保持部21Aを備えている。

10

【0028】

CPU21は、焦点距離検出装置105から入力した焦点距離情報fと、GPSユニット31から入力した緯度情報と、方位角センサ33から入力した撮影方位角情報Aと、重力センサ35から入力した撮影仰角情報h及び姿勢情報と、画素ピッチ保持部21Aが保持するトリミング領域15の画素ピッチ情報を基づいて、撮像センサ13に対してトリミング指示信号を送ることにより、撮像センサ13の撮像面14でトリミング領域15を移動させる。以下、CPU21によるトリミング領域15の移動制御について詳細に説明する。

【0029】

CPU21は、焦点距離検出装置105から入力した焦点距離情報fと、GPSユニット31から入力した緯度情報と、方位角センサ33から入力した撮影方位角情報Aと、重力センサ35から入力した撮影仰角情報h及び姿勢情報を用いて、撮像面14上の天体像の所定時間あたりの移動情報を取得する。

20

この移動情報は、撮像面14上の天体像の横方向移動量x、縦方向移動量y、回転角を含む。横方向移動量xと縦方向移動量yを合成したベクトル成分の方向が、トリミング領域15上の天体像の移動方向に相当する。横方向移動量xと縦方向移動量yを合成したベクトル成分の長さが、トリミング領域15上の天体像の移動距離に相当する。

【0030】

CPU21は、取得した撮像面14上の天体像の移動情報(横方向移動量x、縦方向移動量y、回転角)に基づいて、トリミング領域15の移動データを設定する。この移動データは、トリミング領域15上の天体像の結像位置が常に固定となるように撮像センサ13の撮像面14でトリミング領域15を移動させるためのデータである。

30

この移動データは、トリミング領域15の横方向移動量x、縦方向移動量y、回転角、移動周期tを含む。横方向移動量xと縦方向移動量yを合成したベクトル成分の方向が、トリミング領域15の移動方向に相当する。横方向移動量xと縦方向移動量yを合成したベクトル成分の長さが、トリミング領域15の移動距離に相当する。

【0031】

CPU21は、設定したトリミング領域15の移動データ(横方向移動量x、縦方向移動量y、回転角、移動周期t)に基づいて、撮像センサ13の撮像面14でトリミング領域15を移動させる。

40

【0032】

CPU21は、焦点距離検出装置105から入力した焦点距離情報fと、トリミング領域15上の天体像の所定時間あたりの移動距離と、画素ピッチ情報保持部21Aが保持するトリミング領域15の画素ピッチ情報を基づいて、トリミング領域15の移動周期tを設定する。

【0033】

より具体的にCPU21は、トリミング領域15上の天体像の所定時間あたりの移動距離が、トリミング領域15の画素ピッチを超えない範囲内で、トリミング領域15の移動周期tを設定する。これにより、トリミング領域15上に形成される天体像がトリミン

50

グ領域15の画素ピッチを跨いで移動することができないので、天体を静止状態（光点状）で撮影することができる。

【0034】

いま、トリミング領域15の移動周期の許容できる最大値を t_{max} 、トリミング領域15の画素ピッチを a 、移動周期 t でのトリミング領域15上における天体像の移動距離を L と定義する。

【0035】

撮影画像に天体像の移動がずれとして写らないようにするために、移動周期 t でのトリミング領域15上における天体像の移動距離 L がトリミング領域15の画素ピッチ a 以内であればよい。つまりトリミング領域15の移動周期の許容できる最大値 t_{max} とは、
10
 $a = L$ が成立するときの移動周期 t を意味する。 $CPU21$ は、 $0.5 t_{max} < t \leq t_{max}$ を満足するような移動周期 t を設定することが好ましい。これにより、トリミング領域15を天体の日周運動に良好に追従させて天体を静止状態（光点状）で撮影するとともに、無駄な演算処理を省いて $CPU21$ の負担を低減することができる。この条件式の上限を超えると、トリミング領域15の移動周期 t が長くなりすぎて、天体の移動軌跡が直線状あるいは曲線状に写ってしまう。この条件式の下限を超えると、トリミング領域15の移動周期 t が短くなりすぎて、マクロに見て同じような撮影画像を大量に得ることになるため、無駄な演算処理が増えて $CPU21$ の負担が増大する。

【0036】

例えば、トリミング領域15の横方向移動量 x 、縦方向移動量 y だけを考慮した場合のトリミング領域15の移動周期を t_{xy} とする。北極星から撮影目標点への角度を θ 、焦点距離検出装置105から入力した撮影レンズ101の焦点距離情報を f とすると、次の式(1)が成立する。

$$L = f \cdot \sin \theta \cdot \sin(2\pi / 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot t_{xy}) \quad \dots \quad (1)$$

この式(1)の移動距離 L を画素ピッチ a に置き換えて($a = L$)、移動周期 t_{xy} について変形すると、次の式(2)が成立する。

$$t_{xy} = \arcsin(a / f / \sin \theta) \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 / 2 \pi \quad \dots \quad (2)$$

この式(2)において $a = 5 \mu m$ 、 $f = 100mm$ として、点の赤道上を撮影する場合($\theta = 90^\circ$)を想定すると、移動周期 t_{xy} は、

$$t_{xy} = \arcsin(5 / 100000 / 1) \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 / 2 \pi = 0.687549\text{秒} \quad 30$$

となる。

この値はトリミング領域15の移動周期 t_{xy} の許容できる最大値に相当するので、 $CPU21$ は、トリミング領域15の移動周期 t_{xy} として、0.687549秒以内の値を設定する。

【0037】

また、トリミング領域15の回転角 α だけを考慮した場合のトリミング領域15の移動周期を t_α とする。矩形の撮像センサ13のトリミング領域15の対角サイズを b とすると、次の式(3)が成立する。

$$L = b \cdot \sin \alpha / 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot t_\alpha \cdot \cos \alpha \quad \dots \quad (3)$$

この式(3)の移動距離 L を画素ピッチ a に置き換えて($a = L$)、移動周期 t_α について変形すると、次の式(4)が成立する。

$$t_\alpha = a / b / \sin \alpha \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 / \cos \alpha \quad \dots \quad (4)$$

この式(4)において $a = 5 \mu m$ 、 $b = 28.4mm$ として、北極星を撮影する場合($\alpha = 0^\circ$)を想定すると、移動周期 t_α は、

$$t_\alpha = 5 / 28400 / \sin 0^\circ \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 / 1 = 4.841897\text{秒} \quad 40$$

となる。

この値はトリミング領域15の移動周期 t_α の許容できる最大値に相当するので、 $CPU21$ は、トリミング領域15の移動周期 t_α として、4.841897秒以内の値を設定する。

【0038】

$CPU21$ は、平行移動成分(x 、 y)の移動距離に対応するトリミング領域15の移動周期 t_{xy} と、回転移動成分(α)の移動距離に対応するトリミング領域15の移動

周期 t とのうちいずれか短い方の移動周期（この例では移動周期 t_{xy} ）を、トリミング領域 15 の移動周期 t として設定する。これにより、トリミング領域 15 上における天体像の平行移動成分（回転移動成分）の移動距離が回転移動成分（平行移動成分）の移動距離に対して大きくなりすぎることがないので、天体を静止状態（光点状）で撮影することができる。

【0039】

CPU21は、以上のようにして設定したトリミング領域 15 の移動データ（横方向移動量 x 、縦方向移動量 y 、回転角 θ 、移動周期 t (t_{xy} または t)）に基づいて、トリミング領域 15 を移動させながら、各移動周期 t のトリミング領域 15 上で撮影（露出）を行い、各移動周期 t のトリミング領域 15 での撮影画像を重ね合わせて 1 枚の画像を得る。トリミング領域 15 が移動している間、トリミング領域 15 上における天体像の結像位置は固定されているので、重ね合わせて得られる 1 枚の画像は、日周運動する各天体が見かけ上静止した状態で明るく写っている。10

【0040】

続いて、図 3 ないし図 12 を参照して、トリミング領域 15 の移動データ（横方向移動量 x 、縦方向移動量 y 、回転角 θ ）を算出するための原理を説明する。

【0041】

「北極点（緯度 90°）から撮影する場合」

地球上の北極点（緯度 90°）から撮影する場合とは、地軸（自転軸）の延長上に位置する北極星（天の極）が天頂と一致している状態（図 3）での撮影である。20

【0042】

天球を有限の球体と見立てて、実際には無限大となるはずの天球の半径を図 3 のように有限の r とおき、デジタルカメラ 10 の撮影光学系 101L の光軸 LO と北極星からのずれ角度（天の極方向と撮影光学系光軸 LOとの成す角）を h とする。このとき、デジタルカメラ 10 の撮影仰角 h は、 $90^\circ - h$ ($h = 90^\circ - \theta$) である。

【0043】

天球を図 4 のように真下から見た場合、すべての天体は北極星（天の極）を中心に円軌道を描く。その円軌道の半径を R と置く。円軌道の半径 R はデジタルカメラ 10 の撮影仰角 h に依存するので、 $R = r \times \sin h$ で表すことができる。円軌道の半径 R は、

$$R = r \times \sin h \quad \dots \quad (5) \quad \text{30}$$

で与えられる。

【0044】

円軌道の 1 周 360° を 24 時間 ($= 1440\text{分} = 86400\text{秒}$) で一回りするとして、 $u\text{秒}$ で 360° 回転する場合、

$$\omega = 0.004167 \times u [\text{deg}/\text{s}] \quad \dots \quad (6)$$

が成立する。

【0045】

図 5 のように天体の描く軌道が円軌道であっても、円軌道を真下から見た構図(a1)の場合と、斜めから見た構図(a2)、(a3)、真横から見た構図(a4)の場合はそれぞれ図 6 の(a1)乃至(a4)に示したような画像となり、軌跡が異なるという結果が得られる。つまり、天体はあたかも円軌道を描いて動いているように見えるが、実際にカメラで撮影する場合には、カメラの撮影仰角 h が結像状態に影響する。40

【0046】

これらの軌跡は、円を斜めから見ると橿円に見えることから、 Xr を橿円の長軸側の半径、 Yr を短軸側の半径として、

$$Xr = R = r \times \sin h \quad \dots \quad (7)$$

$$Yr = R \times \cos h = r \times \sin h \times \cos h \quad \dots \quad (8)$$

として求めることができる。

【0047】

そこで、図 4、図 5、図 7 に示したように、天体にデジタルカメラ 10 を向けて、天体

(地球)が $^{\circ}$ 回転したときの軌跡をX方向(天球の緯線方向)、Y方向(天球の経線方向)に分割して説明する。X方向の移動量xは、

$$x = R \times \sin \quad \dots \quad (9)$$

となる。Y方向の移動量yは円軌道を見ている方向により異なる。

【0048】

図7中において、矢印(D点からE点)で示した天体の軌跡は、(a1)のように天体の軌跡を真下から見た場合($\theta = 0^\circ$)に完全な円軌道を描く。実際には $\theta = 0$ では、円の半径Rも0となり点にしか見えないが、ここでは簡単のためRを有限の値で仮定する。このとき、Y方向の移動量yは最大になる。

【0049】

そして、円軌道を構図(a2)、(a3)のように斜めに見ていくと移動量yは小さくなっていくので、構図(a4)のように円軌道を真横から見ると移動量yは最小($\theta = 90^\circ$)となる。Y方向の移動量yの最大量Ymaxは円軌道の場合の図7から、

$$Y_{\max} = R - R \times \cos \quad \dots \quad (10)$$

となる。

よって移動量yは、

$$y = Y_{\max} \times \cos = (R - R \times \cos) \times \cos \quad \dots \quad (11)$$

となる。

(9)、(11)式中のRに(5)式を代入すると、移動量x、移動量yは、

$$x = r \times \sin \times \sin \quad \dots \quad (12)$$

$$y = r \times \sin \times \cos (1 - \cos) \quad \dots \quad (13)$$

となる。

【0050】

実際のデジタルカメラ10を用いて天球に対する計算をするには、天球のX方向、Y方向を撮像面14上に射影した方向に関し、トリミング領域15上での移動量xとyを求める。無限大となる天球半径rは撮影レンズ101の焦点距離fで表して、

$$x = f \times \sin \times \sin \quad \dots \quad (14)$$

$$y = f \times \sin \times \cos (1 - \cos) \quad \dots \quad (15)$$

により、移動量xとyを演算する。

つまり、トリミング領域15の光軸直交面内での移動量は、デジタルカメラ10に装着された撮影レンズ101の焦点距離fによって変化する。

【0051】

次に、撮影時にトリミング領域15をどれだけ回転すればよいかを求める。前述のように、デジタルカメラ10から天体を見た場合、天体の軌道は円もしくは橢円軌道として見える。図8のように点Fの天体が橢円(円)軌道を描いて移動する場合、点Fをトリミング領域15の中心Cにとらえて、F → F' という移動に対し追尾するならば、トリミング領域15の中心Cをx、y移動させればよい。しかし、点Fの周囲に例えばJという天体があった場合、点Jは、J → J'へと移動する。この点Jに対しても追尾を行うためには、トリミング領域15の中心Cを中心としてトリミング領域15を回転させればよい。その回転角度は、点F'における橢円の接線Lの傾き角(点Fにおける橢円の接線と点F'における橢円の接線との成す角)である。以下、カメラボディ11(トリミング領域15)の基準位置において、トリミング領域15の長辺方向をX軸、X軸と直交する短辺方向をY軸とする。

【0052】

図9のようなX-Y座標系と橢円において、橢円上の点Kにおける橢円の接線Lの方程式は、

$$x_0 \times x/a^2 + y_0 \times y/b^2 = 1$$

となる。

図9において、点a、点bは、式(7)と(8)で示した橢円の長軸側の半径Xr、短軸側の半径Yrに相当する。

10

20

30

40

50

【0053】

この接線Lの式をYについての方程式(Y=)の形に変形すると、

$$Y = -(b^2 \times x_0)/(a^2 \times y_0) \times x - 1/(a^2 \times y_0)$$

となる。

この橙円の接線LとX軸の成す角度が、画像中心を回転中心とする画像の回転角である。

【0054】

橙円の接線Lの傾きに直交する直線Qの傾きは、

$$-(b^2 \times x_0)/(a^2 \times y_0)$$

となるため、求める回転角は、

$$= \arctan(-b^2 \times x_0)/(a^2 \times y_0) \quad \dots (16)$$

となる。

【0055】

「緯度が90°以外の場合」

以上は、撮影地点の緯度が90°（つまり北極星（天の極）が真上にある場合）の説明である。次に、撮影地点の緯度が90°以外の場合について、さらに図10及び図11を参照して説明する。

【0056】

北半球における天体撮影の様子を表す図10において、各符号を以下の通り定義する。

P : 天の極

20

Z : 天頂

N : 真北

S : 対象天体（撮影目標点）（説明の便宜上、この対象天体（恒星）はトリミング領域15の中心であり、撮影レンズ101の光軸LOの延長線上に位置するものとする。但し、撮影するにあたり光軸をどれかの天体に一致させる必要が無いことは言うまでも無い）

：撮影地点の緯度

A : 撮影方位角（撮影レンズ101が狙う天体Sの方位、又は撮影レンズ101の光軸LOと天球との交点の方位角）

h : 撮影仰角（撮影レンズ101が狙う天体Sの高度、又は撮影レンズ101の光軸LOと天球との交点の高度）

30

H : 対象天体Sの時角（通常、時角の単位は時間が使われるが、ここでは角度（1時間 = 15度）に換算して扱うこととする。）

：対象天体Sの赤緯

：天球面上において、天の極Pと対象天体Sとを最短で結ぶ曲線と、天頂Zと対象天体（恒星）Sとを最短で結ぶ曲線とがなす角。

【0057】

図10において、北極星Pと目標点Sの間の角度であるPOSが求められれば、図3における角度をPOSに置き換えることで天体の軌跡を求めることができる。

【0058】

POSは、球の半径を1とした場合の図11の曲線PSの長さに等しい。よって、POSは球面三角の余弦定理を用いて、

$$\begin{aligned} \cos(POS) &= \cos(90 - \alpha) \times \cos(90 - h) + \sin(90 - \alpha) \times \sin(90 - h) \times \cos(A) \\ &= \sin(\alpha) \times \sin(h) + \cos(\alpha) \times \cos(h) \times \cos(A) \end{aligned}$$

となるので、

$$POS = \arccos[\sin(\alpha) \times \sin(h) + \cos(\alpha) \times \cos(h) \times \cos(A)] \quad \dots (17)$$

となる。

ここで、式(12)乃至(15)の をPOSで置き換えると、任意の緯度における天体のX方向移動量x、Y方向移動量yを求めることができる。

【0059】

また、カメラ姿勢によって、移動方向の補正を行う必要がある。カメラを水平に構えた

50

まま、撮影仰角 h の方向に持ち上げて目標点Sへ向けた場合、水平と目標点Sの赤道がなす角は θ となる。なお、前述のように、カメラ姿勢は、デジタルカメラ10の撮影レンズ光軸LO回りの回転角のことであり、トリミング領域15の長手方向が水平の場合のカメラ姿勢を水平とする。

球面三角の正接定理より、

$$\begin{aligned} \tan(\theta) &= \sin(90 - \alpha) \times \sin(A) / (\cos(90 - \alpha) \times \sin(90 - h) - \sin(90 - \alpha) \\ &\quad \times \cos(90 - h) \times \cos(A)) \\ &= \cos(\alpha) \times \sin(A) / (\sin(\alpha) \times \cos(h) - \cos(\alpha) \times \sin(h) \times \cos(A)) \\ \text{となり、} \\ &= \arctan[\cos(\alpha) \times \sin(A) / (\sin(\alpha) \times \cos(h) - \cos(\alpha) \times \sin(h) \times \cos(A))] \cdots (18) \end{aligned}$$

となる。

【0060】

よって、上記で求めたこの θ を用いて、天体の移動量 x 、 y を撮像面上の座標（カメラ（トリミング領域）の縦横座標）における横方向移動量 x 、縦方向移動量 y に変換するには、下記式(I)、(II)を使用する。

$$\begin{aligned} x &= x \times \cos(\theta) + y \times \sin(\theta) \cdots (I) \\ y &= x \times \sin(\theta) + y \times \cos(\theta) \cdots (II) \end{aligned}$$

【0061】

また、図12に示したように、デジタルカメラ10のカメラ姿勢（撮像センサ13）が撮影レンズ光軸LO回りに水平から傾いている（回転している）場合は、式(III)、(IV)によってトリミング領域15の横方向、縦方向移動量 x 、 y を補正することができる。

$$\begin{aligned} x &= x \times \cos(\theta + \phi) + y \times \sin(\theta + \phi) \cdots (III) \\ y &= x \times \sin(\theta + \phi) + y \times \cos(\theta + \phi) \cdots (IV) \end{aligned}$$

【0062】

以上のトリミング領域15の横方向移動量 x 、縦方向移動量 y 、回転角 θ は、次のように算出される。

【0063】

天球の北極点Pの方向は、日時にかかわらず変化しないと見なすことができるので、撮影地点の緯度から演算によって算出できる。さらに天頂Zの方向も、緯度から算出できる。従って、先ず、目標とする天体がトリミング領域15に投影されるように、デジタルカメラ10の構図を決めて固定する。このデジタルカメラ10の構図において、CPU21に、GPSユニット31から緯度情報を入力し、方位角センサ33から撮影方位角情報を入力し、重力センサ35から撮影仰角情報 h 及び姿勢情報（回転角情報）を入力する。CPU21は、これらの入力情報から、図10、図11に示したように、天頂の点Z、天の極の点P、撮影画面中心の天体の点Sの位置（方位角、仰角）を求める。

【0064】

以上の3点Z、P、Sが求まれば、CPU21は、焦点距離検出装置105から入力した撮影レンズ101の焦点距離情報 f 及び姿勢情報（回転角情報）から、トリミング領域15の横方向移動量 x 、縦方向移動量 y 、回転角 θ を算出する。

【0065】

続いて、このデジタルカメラ10による天体自動追尾撮影を行うための第1の方法について、図13のフローチャートを参照して説明する。この方法は、最初に撮像センサ13の撮像面14にトリミング領域15を切り出して、その後に撮影時間（露出時間）を設定するものである。第1の方法は言わば「撮影範囲優先モード」であり、例えば特定の星座を全て含めるような撮影範囲をユーザが積極的に設定して天体追尾撮影をする時に有効なモードである。

【0066】

まずCPU21は、図14(A)に示すように、撮像センサ13の矩形の撮像面14の

10

20

30

40

50

中央部から、撮像面 14 よりも小さい面積の矩形のトリミング領域 15 を切り出す (S1)。つまり C P U 21 は、撮像面 14 のトリミング領域 15 内の画素信号を読み出す。本実施形態では、矩形の撮像面 14 とトリミング領域 15 の長辺と短辺がそれぞれ平行をなしている。トリミング領域 15 の切り出し範囲は、ユーザの手入力によって可変とする方が好ましい。トリミング領域 15 内の画素が読み出した画像は L C D モニタ 23 の全表示範囲に表示されるので、ユーザは L C D モニタ 23 に表示されるトリミング領域 15 を見ながら、図示しないトリミング領域変更 / 決定手段によってトリミング領域を変更し、決定すれば良い。

【0067】

次いで C P U 21 には、焦点距離検出装置 105 から撮影レンズ 101 の焦点距離情報 f が入力され、G P S ユニット 31 から緯度情報 ϕ が入力され、方位角センサ 33 から撮影方位角情報 A が入力され、重力センサ 35 から撮影仰角情報 h 及び姿勢情報 θ が入力される (S2)。
10

【0068】

次いで C P U 21 は、入力した焦点距離情報 f 、緯度情報 ϕ 、撮影方位角情報 A 、撮影仰角情報 h 及び姿勢情報 θ から、トリミング領域 15 の移動データ (横方向移動量 x 、縦方向移動量 y 、回転角 α) を設定する (S3)。

【0069】

次いで C P U 21 は、撮像センサ 13 の撮像面 14 の範囲と、トリミング領域 15 の切り出し範囲と、トリミング領域 15 の移動データ (横方向移動量 x 、縦方向移動量 y 、回転角 α) に基づいて、最長撮影時間 (最長露出時間) T_{limit} を算出し、撮影時間 (露出時間) T を最長撮影時間 T_{limit} ($T = T_{limit}$) と決定する (S4)。
20

より具体的に C P U 21 は、図 14 (B) に示すように、切り出したトリミング領域 15 を移動データ (横方向移動量 x 、縦方向移動量 y 、回転角 α) に基づいて移動させたときに、トリミング領域 15 が撮像センサ 13 の撮像面 14 内に収まることができる最長の時間を最長撮影時間 T_{limit} として算出し、撮影時間 (露出時間) T を最長撮影時間 T_{limit} と決定する。決定された撮影時間 T は L C D モニタ 23 に表示される。

【0070】

ユーザは L C D モニタ 23 に表示された撮影時間 (露出時間) T が許容できる撮影時間が否かを確認し (S5)、許容できない場合には (S5 : NO) トリミング領域 15 の範囲を変更する (S6)。さらにデジタルカメラ 10 の向きあるいは撮影レンズ 101 の焦点距離を変更するか否かを確認し (S7)、変更する場合 (S7 : YES) はステップ S2 に戻り、変更しない場合 (S7 : NO) はステップ S3 に戻る。
30

【0071】

L C D モニタ 23 に表示された撮影時間 (露出時間) T が許容できる撮影時間であれば (S5 : YES)、C P U 21 は、トリミング領域 15 の移動周期 t を算出する (S8)。トリミング領域 15 の移動周期 t を算出する方法については後述する。

【0072】

次いで C P U 21 は、撮像センサ 13 にトリミング指示信号を送ることにより、移動周期 t の露出時間だけ、撮像センサ 13 による撮影を行い (S10)、撮影画像データを取得する (S11)。C P U 21 は、取得した撮影画像データを図示しない内蔵メモリ (キヤッシュメモリ) に蓄積する。移動周期 t の露出時間の撮影が終わると、C P U 21 は、撮像センサ 13 にトリミング指示信号を送ることにより、トリミング領域 15 を移動データ (横方向移動量 x 、縦方向移動量 y 、回転角 α) に従って 1 周期分だけ移動させるとともに、撮影時間 T から移動周期 t を減じた時間 $T - t$ を新たな撮影時間 T として置き換える (S12)。
40

【0073】

C P U 21 は、残りの撮影時間 T が移動周期 t よりも長い限りにおいて (S9 : YES)、以上の撮影動作 (S10 - S12) を繰り返す。

【0074】

CPU21は、残りの撮影時間Tが移動周期tよりも短くなると(S9: NO)、撮像センサ13にトリミング指示信号を送ることにより、残りの撮影時間Tだけ、撮像センサ13による撮影を行い(S13)、撮影画像データを取得する(S14)。

【0075】

このようにしてCPU21は、移動データ(横方向移動量x、縦方向移動量y、回転角、移動周期t)に基づいてトリミング領域15を移動させながら、各移動後のトリミング領域15上で撮影を行って複数の撮影画像データを取得して、図示しない内蔵メモリ(キャッシュメモリ)に蓄積する(S15: YES)。そしてCPU21は、これら複数の撮影画像データを重ね合わせて1枚の画像データを得る(S16)。最後にCPU21は、複数の撮影画像を重ね合わせて得た1枚の画像データを、最終画像としてLCDモニタ23に表示するとともに、メモリーカード25に保存する(S17)。
10

【0076】

なお、CPU21は、初期設定した撮影時間Tがトリミング領域15の移動周期tよりも短いために1枚の撮影画像データしか得られなかつたときは(S15: NO)、この1枚の撮影画像を最終画像として、最終画像としてLCDモニタ23に表示するとともに、メモリーカード25に保存する(S17)。

【0077】

ここで、本実施形態のトリミング領域15の移動周期tを算出する方法(S8)について、図15のフローチャートを参照してより詳細に説明する。

【0078】

まずCPU21には、焦点距離検出装置105から撮影レンズ101の焦点距離情報fが入力され、GPSユニット31から緯度情報が入力され、方位角センサ33から撮影方位角情報Aが入力され、重力センサ35から撮影仰角情報h及び姿勢情報が入力される(S21)。
20

【0079】

次いでCPU21は、入力した焦点距離情報f、緯度情報、撮影方位角情報A、撮影仰角情報h及び姿勢情報から、トリミング領域15の横方向移動量x、縦方向移動量y、回転角を算出する(S22)。

【0080】

次いでCPU21は、上述の式(1)と(2)により、焦点距離検出装置105から入力した焦点距離情報fと、横方向移動量x及び縦方向移動量yを合成して得た移動距離L_{xy}と、画素ピッチ情報保持部21Aが保持するトリミング領域15の画素ピッチ情報aとに基づいて、トリミング領域15の横方向移動量x及び縦方向移動量yを考慮した場合のトリミング領域15の移動周期t_{xy}を算出する(S23)。
30

【0081】

同時にCPU21は、上述の式(3)と(4)により、焦点距離検出装置105から入力した焦点距離情報fと、回転角に対応する移動距離Lと、画素ピッチ情報保持部21Aが保持するトリミング領域15の画素ピッチ情報aとに基づいて、トリミング領域15の回転角を考慮した場合のトリミング領域15の移動周期t_xを算出する(S24)。
40

【0082】

移動周期t_{xy}の算出(S23)と移動周期t_xの算出(S24)は必ずしも同時に行う必要はなく、その順序も問わない。

【0083】

次いでCPU21は、平行移動成分(x、y)の移動距離に対応するトリミング領域15の移動周期t_{xy}(S23)と、回転移動成分()の移動距離に対応するトリミング領域15の移動周期t_x(S24)とのうち、いずれか短い方の移動周期を、トリミング領域15の移動周期tとして設定する(S25)。

【0084】

最後に、このデジタルカメラ10による天体自動追尾撮影を行うための第2の方法について、図16のフローチャートを参照して説明する。この方法は、最初に任意の撮影時間
50

(露出時間)を設定して、その後にトリミング領域15の切り出し範囲を決定するものである。第2の方法は言わば「撮影時間優先モード」であり、例えば撮影したい天体が暗く、十分な明るさに撮影するには長時間の追尾撮影が必要な場合等に、撮影時間をユーザが積極的に設定して天体追尾撮影をする時に有効なモードである。

【0085】

まずCPU21は、ユーザの指示に従い任意の撮影時間(露出時間)Tを設定する(S31)。撮影時間Tの設定値は、ユーザの手入力によって可変とする方が好ましい。ユーザはLCDモニタ23に表示される撮影時間Tを見ながら、図示しない撮影時間変更/決定手段によって撮影時間Tを変更し、決定すれば良い。

【0086】

次いでCPU21には、焦点距離検出装置105から撮影レンズ101の焦点距離情報fが入力され、GPSユニット31から緯度情報が入力され、方位角センサ33から撮影方位角情報Aが入力され、重力センサ35から撮影仰角情報h及び姿勢情報が入力される(S32)。

【0087】

次いでCPU21は、入力した焦点距離情報f、緯度情報、撮影方位角情報A、撮影仰角情報h及び姿勢情報から、撮像センサ13の撮像面14上での天体像の移動情報を取得(算出)し、この移動情報と、設定した撮影時間Tとから撮像センサ13の撮像面14上の移動データ(天体移動データ)(x、y、)を算出する(S33)。

【0088】

次いでCPU21は、設定した撮影時間Tと、算出した移動データ(x、y、)とに基づいて、トリミング領域15の切り出し範囲を決定し、LCDモニタ23の全表示範囲に表示する(S34)。

より具体的にCPU21は、図17に示すように、設定した撮影時間T内で、撮像センサ13の撮像面14を算出した移動データに基づいて仮想的に移動させたときに、撮像センサ13の撮像面14として共通して使用する部分からトリミング領域15を切り出す。本実施形態では、撮像センサ13の矩形の撮像面14から、撮像面14の長辺および短辺と平行をなす矩形のトリミング領域15を切り出している。

【0089】

ユーザは、LCDモニタ23に表示されたトリミング領域15の切り出し範囲に撮影を希望する天体が含まれているかどうか等により、トリミング領域15の切り出し範囲が所望のものであるか否かを確認する(S35)。トリミング領域15の切り出し範囲が所望のものでなければ(S35: NO)、ユーザは、図示しない撮影時間変更/決定手段によって撮影時間Tを調整する(S36)。さらにデジタルカメラ10の向きあるいは撮影レンズ101の焦点距離を変更するか否かを確認し(S37)、変更する場合(S37: YES)はステップS32に戻り、変更しない場合(S37: NO)はステップS33に戻る。

【0090】

トリミング領域15の切り出し範囲が所望のものであれば(S35: YES)、CPU21は、前述の図15のフローチャートで説明した方法に従って、トリミング領域15の移動周期tを算出する(S38)。

【0091】

次いでCPU21は、撮像センサ13にトリミング指示信号を送ることにより、移動周期tの露出時間だけ、撮像センサ13による撮影を行い(S40)、撮影画像データを取得する(S41)。CPU21は、取得した撮影画像データを図示しない内蔵メモリ(キヤッショメモリ)に蓄積する。移動周期tの露出時間の撮影が終わると、CPU21は、トリミング領域15を移動データ(横方向移動量x、縦方向移動量y、回転角)に従って1周期分だけ移動させるとともに、撮影時間Tから移動周期tを減じた時間T-tを新たな撮影時間Tとして置き換える(S42)。

【0092】

10

20

30

40

50

CPU21は、残りの撮影時間Tが移動周期tよりも長い限りにおいて(S39:YES)、以上の撮影動作(S40-S42)を繰り返す。

【0093】

CPU21は、残りの撮影時間Tが移動周期tよりも短くなると(S39:NO)、撮像センサ13にトリミング指示信号を送ることにより、残りの撮影時間Tだけ、撮像センサ13による撮影を行い(S43)、撮影画像データを取得する(S44)。

【0094】

このようにしてCPU21は、移動データ(横方向移動量x、縦方向移動量y、回転角、移動周期t)に基づいてトリミング領域15を移動させながら、各移動後のトリミング領域15上で撮影を行って複数の撮影画像データを取得し、図示しない内蔵メモリ(キャッシュメモリ)に蓄積する(S45:YES)。そしてCPU21は、これら複数の撮影画像データを重ね合わせて1枚の画像データを得る(S46)。最後にCPU21は、複数の撮影画像を重ね合わせて得た1枚の画像データを、最終画像としてLCDモニタ23に表示するとともに、メモリーカード25に保存する(S47)。

【0095】

なお、CPU21は、初期設定した撮影時間Tがトリミング領域15の移動周期tよりも短いために1枚の撮影画像データしか得られなかつたときは(S45:NO)、この1枚の撮影画像を最終画像として、最終画像としてLCDモニタ23に表示するとともに、メモリーカード25に保存する(S47)。

【0096】

以上のように、本実施形態の天体自動追尾撮影方法及び天体自動追尾撮影装置によれば、撮像センサ(像素子)13の撮像面14上での天体像の移動情報(移動方向、移動距離、回転角)を取得し、取得した移動情報に基づいてトリミング領域15の移動データ(移動方向、移動距離、回転角、及び移動周期)を設定し、設定した移動データに基づいてトリミング領域15を移動させながら各移動後のトリミング領域15上で撮影を行い、撮影した各トリミング領域15上での撮影画像を重ね合わせて1枚の画像を得ている。これにより、高価で大きく重く複雑な調整が必要な赤道儀を使用せず、高精度に制御が必要なアクチュエーターも用いず、無駄な演算処理を省いてCPU21の負担を低減し、天体を見かけ上静止した状態で明るく撮影することができる。

【0097】

以上の実施形態では、焦点距離検出装置105から入力した焦点距離情報fと、GPSユニット31から入力した緯度情報と、方位角センサ33から入力した撮影方位角情報Aと、重力センサ35から入力した撮影仰角情報h及び姿勢情報とから、撮像センサ13の撮像面14上に形成される天体像の移動距離(天体像の移動軌跡)を算出している。しかし、撮像センサ13の撮像面14上に形成される天体像の移動距離(天体像の移動軌跡)を算出する方法はこれに限定されず、種々の方法を用いることができる。

【符号の説明】

【0098】

10 デジタルカメラ(撮影装置)

11 カメラボディ

13 撮像センサ(像素子、撮影手段)

14 撮像面(撮像領域)

15 トリミング領域

17 紋り駆動制御機構

21 CPU(取得手段、設定手段、撮影手段、重ね合わせ手段)

21A 画素ピッチ情報保持部

23 LCDモニタ

25 メモリーカード

27 電源スイッチ

28 レリーズスイッチ

10

20

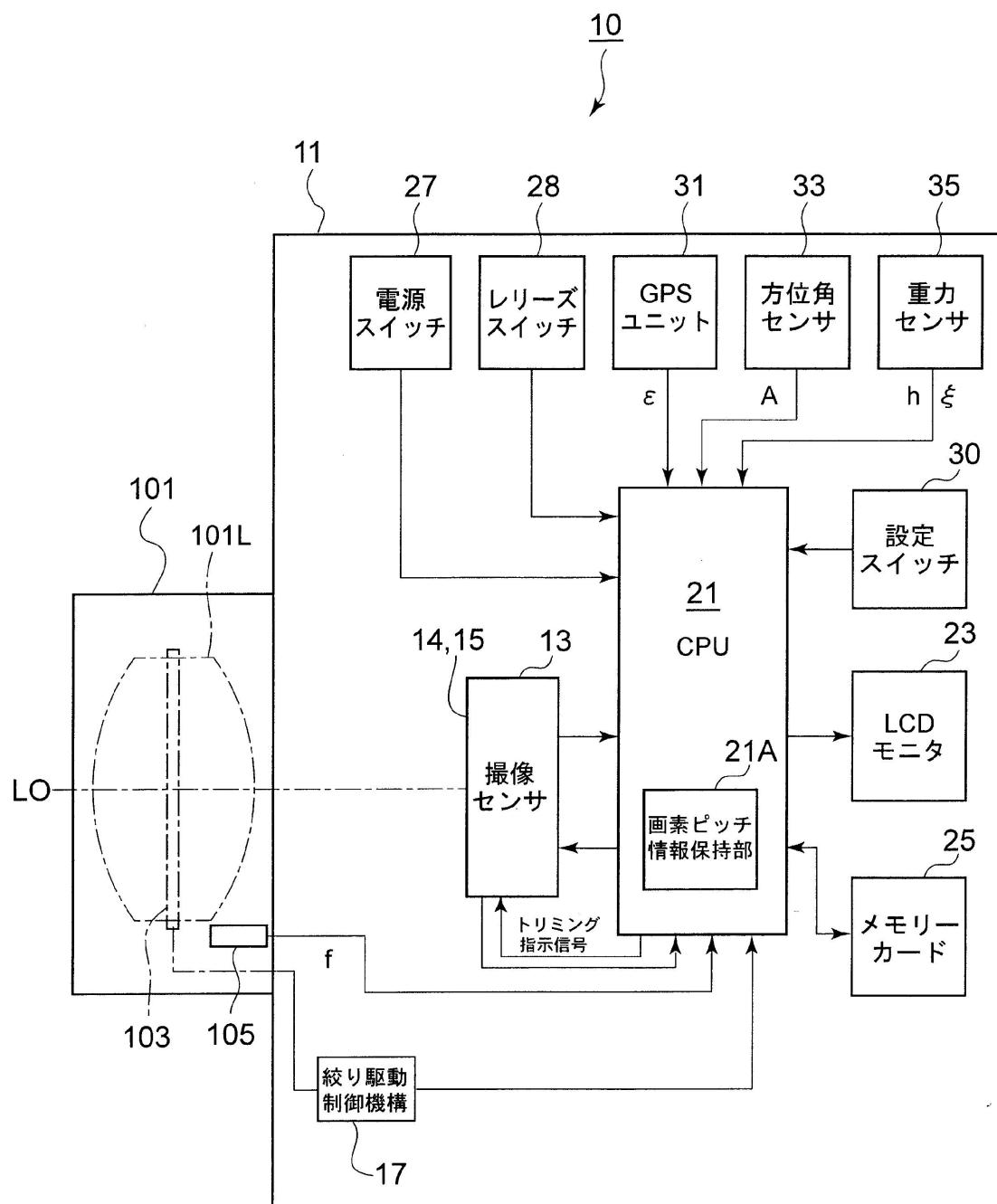
30

40

50

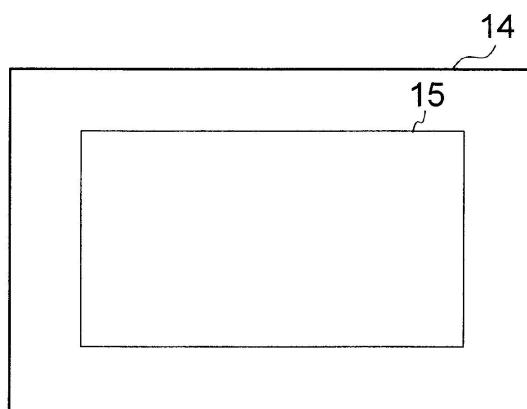
- 3 0 設定スイッチ
- 3 1 GPSユニット（緯度情報入力手段）
- 3 3 方位角センサ（撮影方位角情報入力手段）
- 3 5 重力センサ（撮影仰角情報入力手段、姿勢情報入力手段）
- 1 0 1 撮影レンズ（撮影手段）
- 1 0 1 L 撮影光学系（撮影手段）
- 1 0 3 絞り
- 1 0 5 焦点距離検出装置（焦点距離情報入力手段）

【図1】

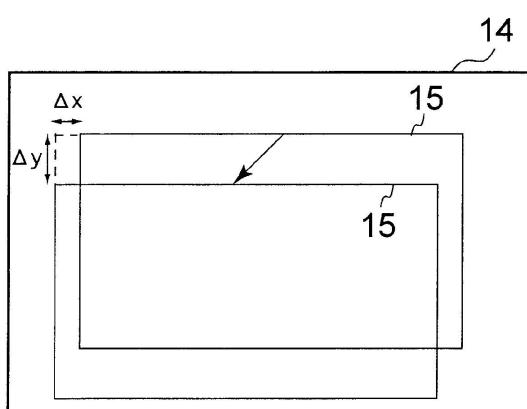


【図2】

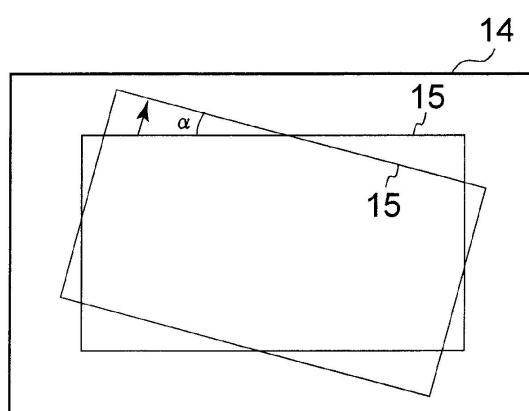
(A)



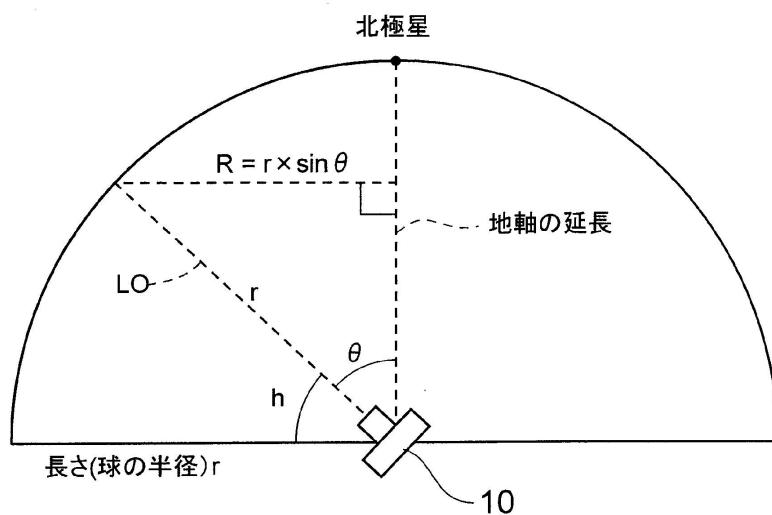
(B)



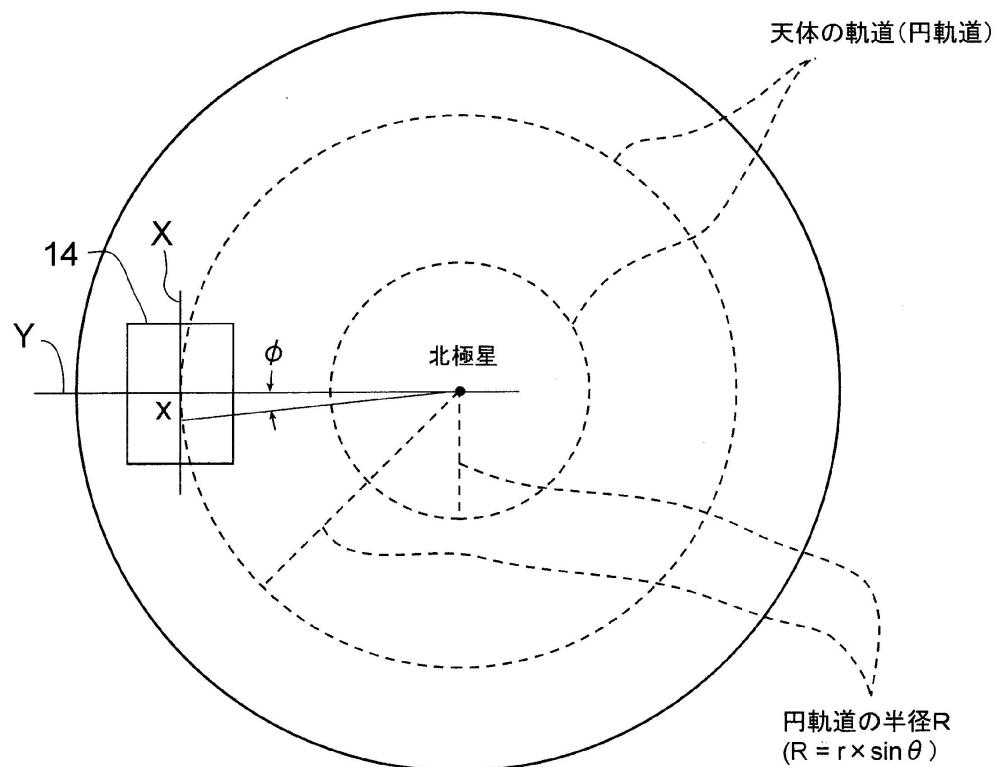
(C)



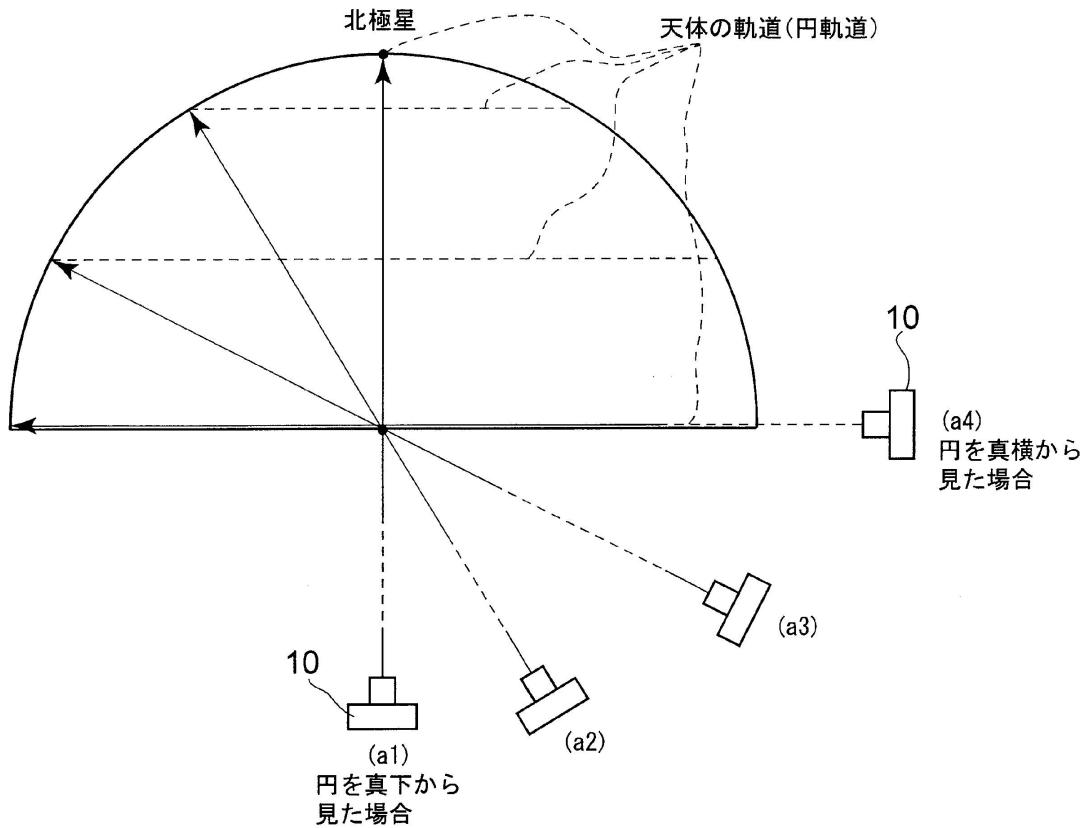
【図3】



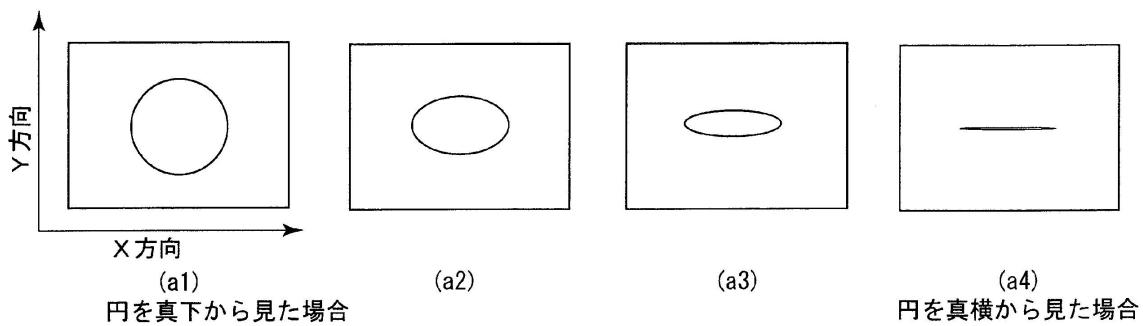
【図4】



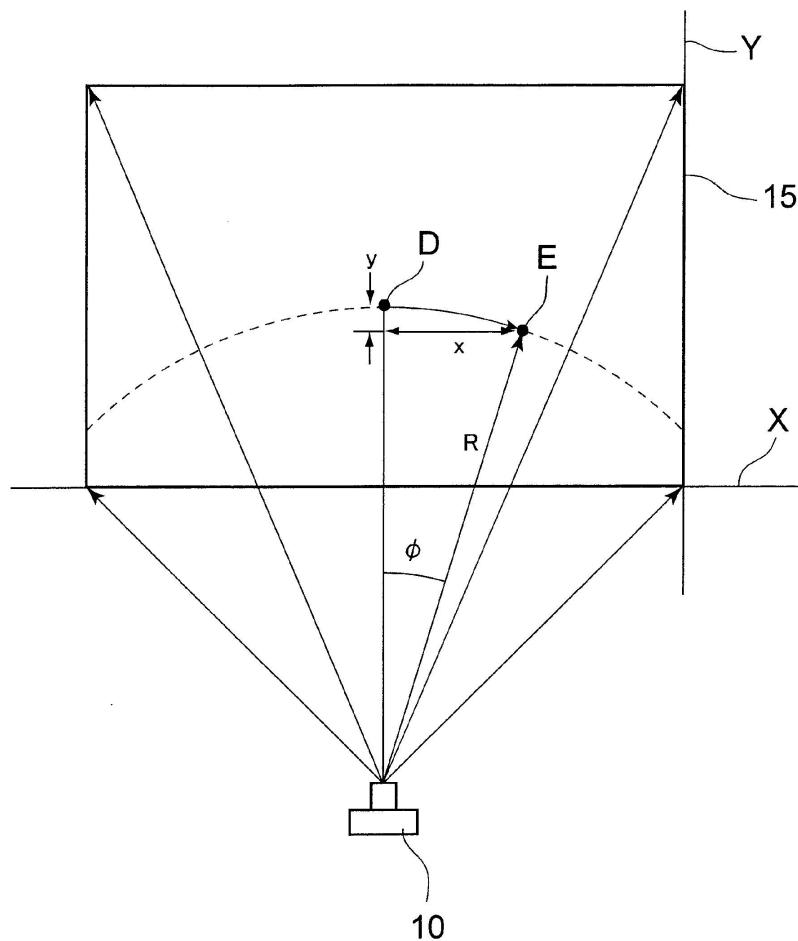
【図5】



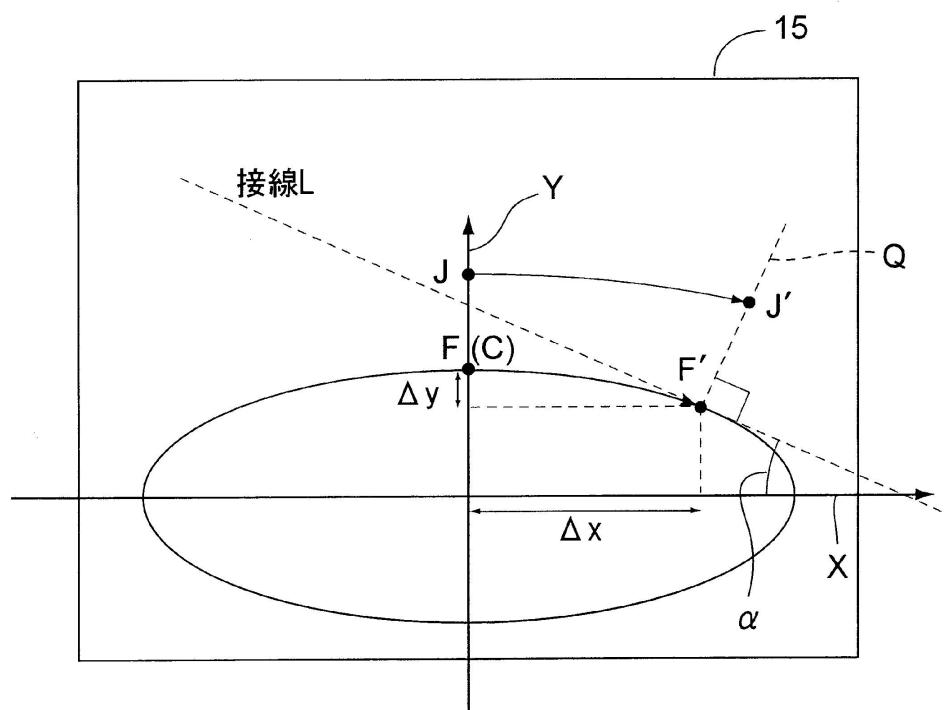
【図6】



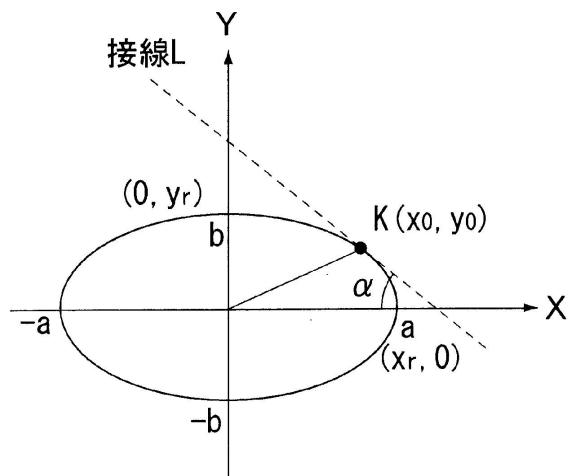
【図7】



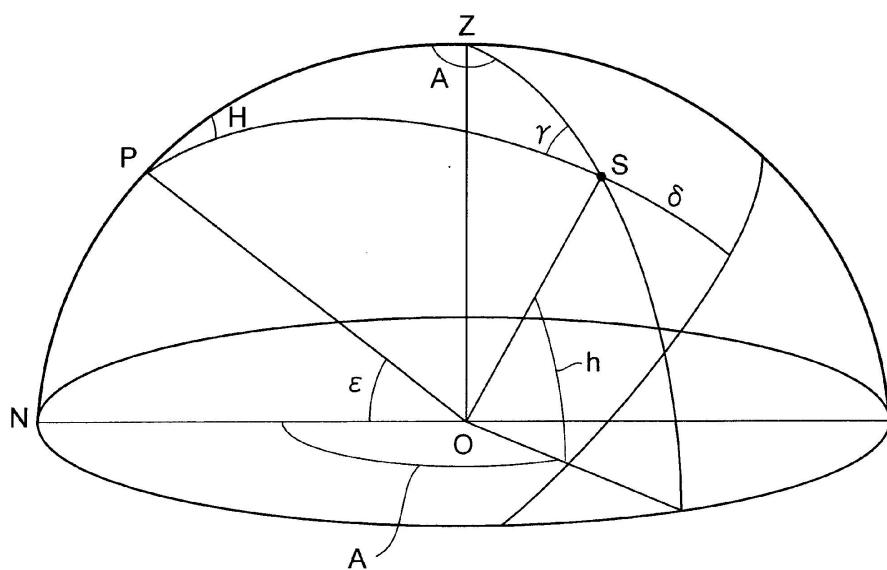
【図8】



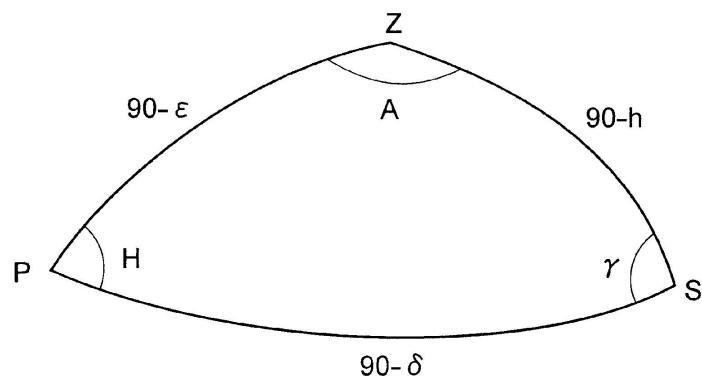
【図9】



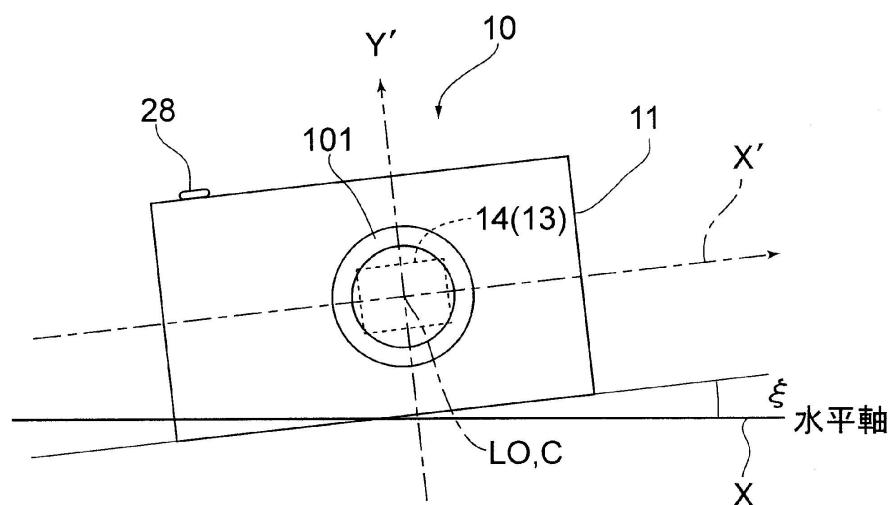
【図10】



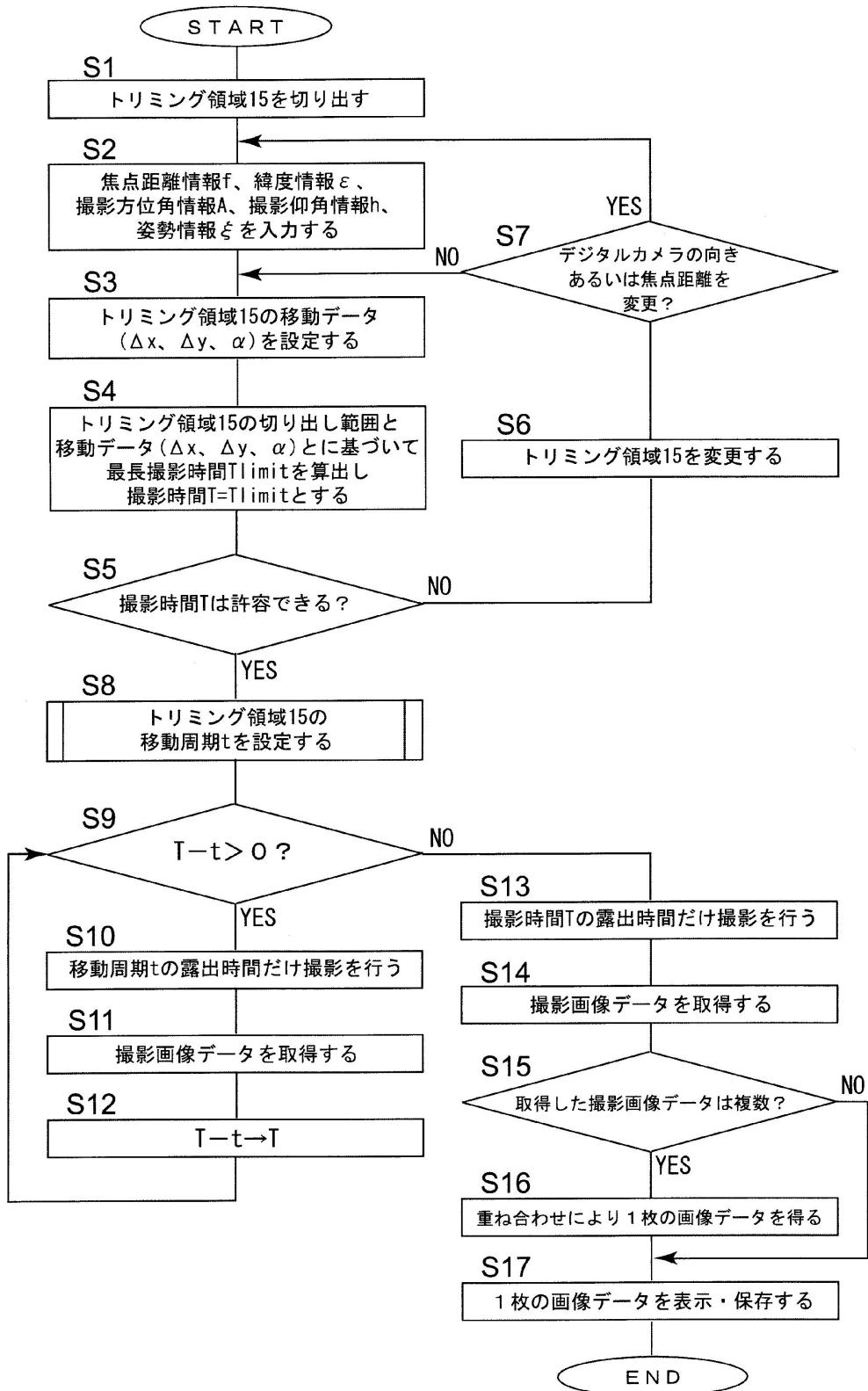
【図11】



【図12】

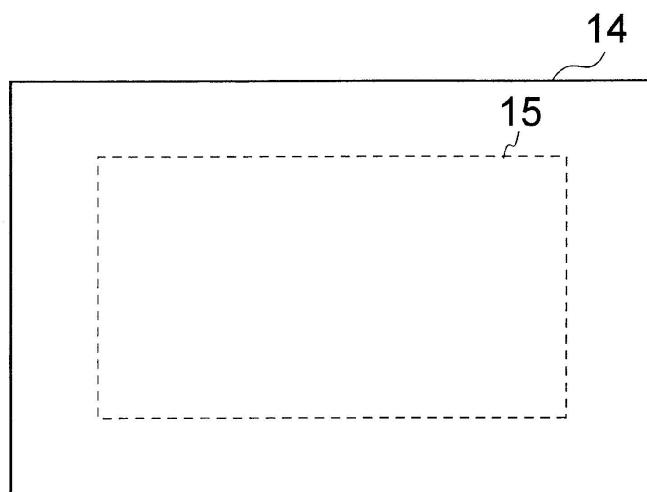


【図13】

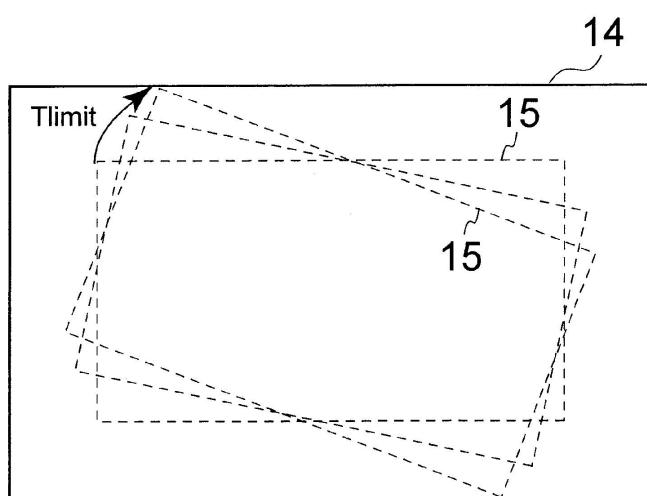


【図14】

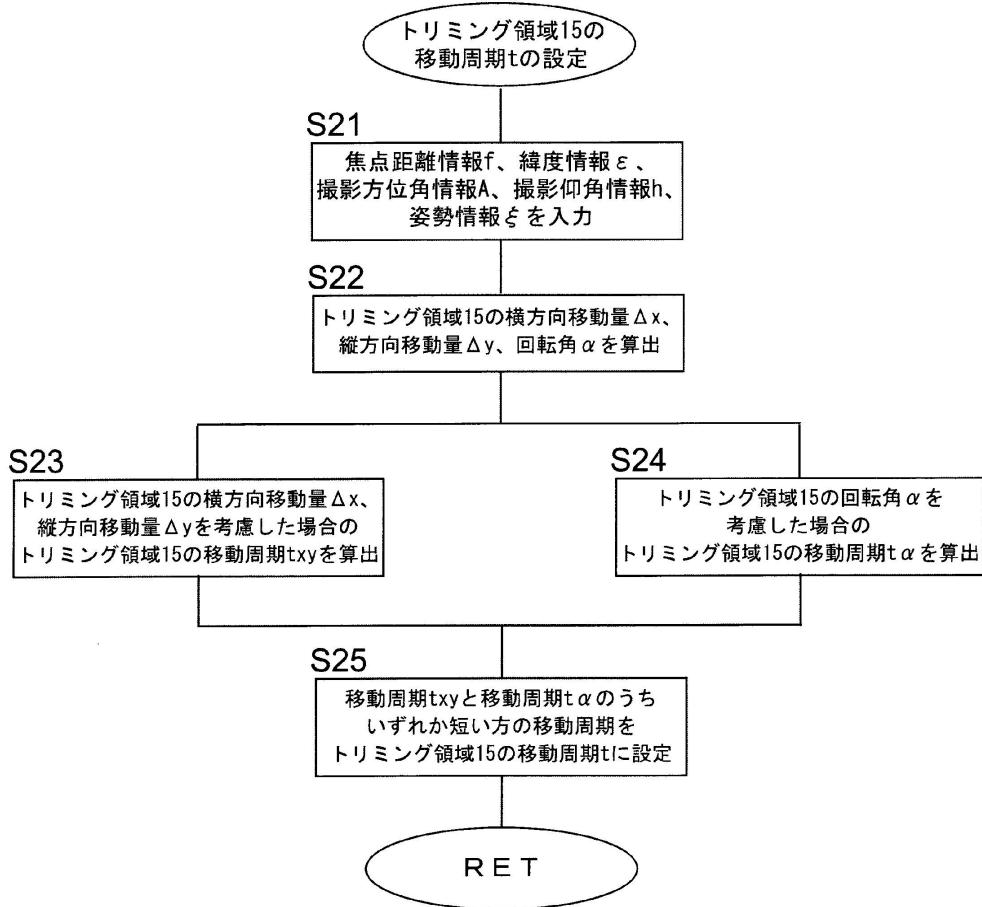
(A)



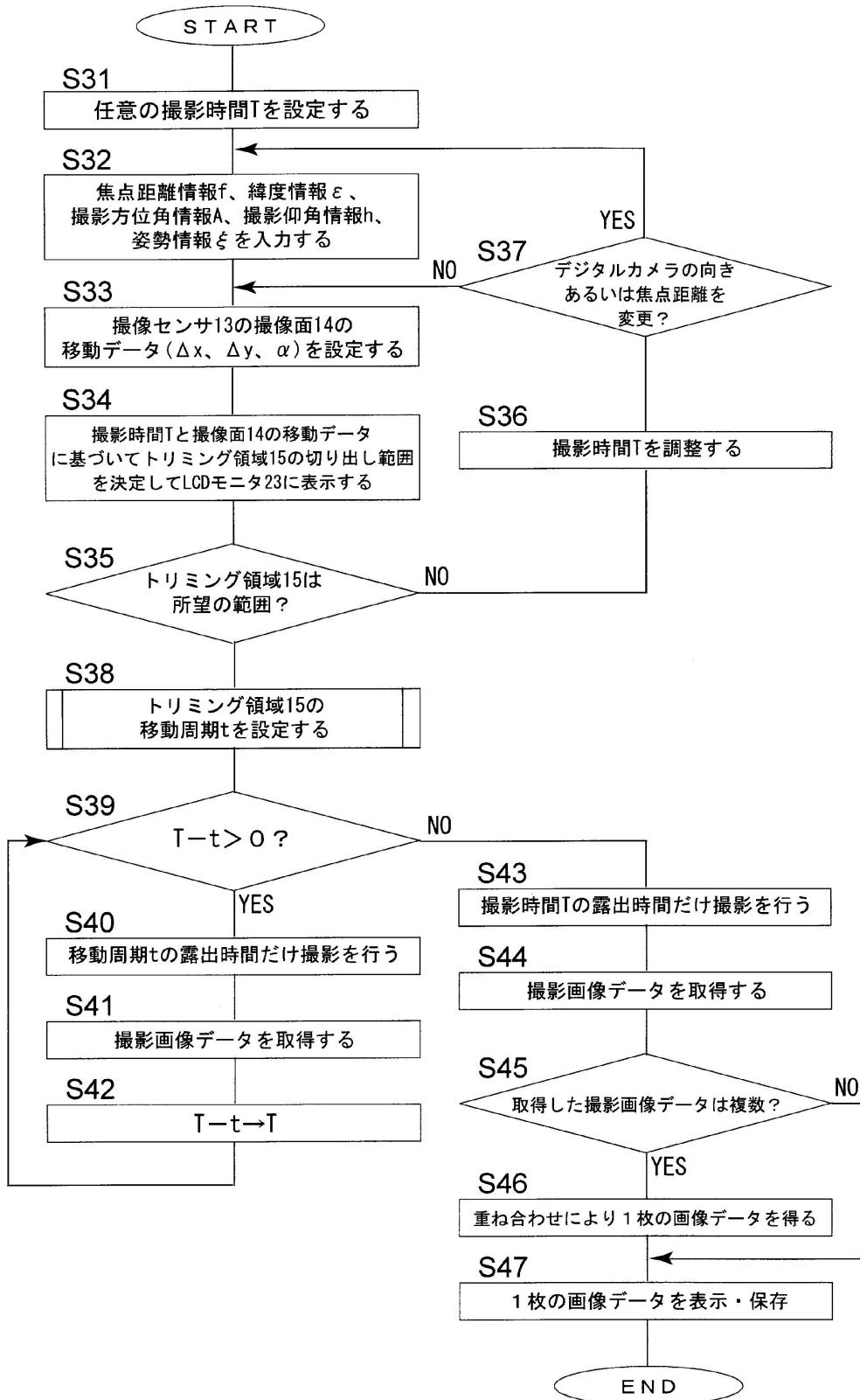
(B)



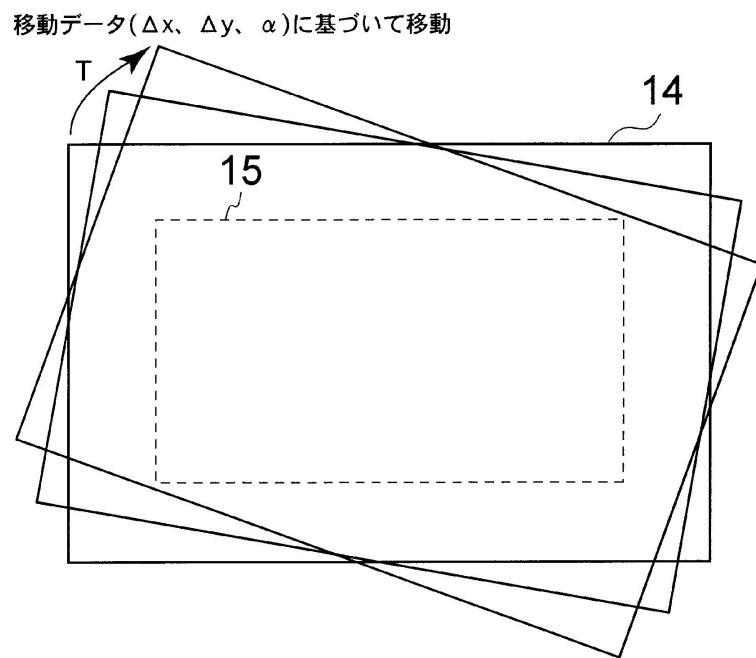
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-259184(JP,A)
特開2000-224470(JP,A)
特開2008-289052(JP,A)
特開2007-089087(JP,A)
特開2004-201056(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 5/222 - 5/257
G03B 5/00 - 5/08
G03B 15/00 - 15/035
G03B 15/06 - 15/16