

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6285958号  
(P6285958)

(45) 発行日 平成30年2月28日(2018.2.28)

(24) 登録日 平成30年2月9日(2018.2.9)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>GO1C</b>	<b>3/06</b>	<b>(2006.01)</b>	GO1C	3/06	110V
<b>HO4N</b>	<b>5/232</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4N	5/232	
<b>HO4N</b>	<b>5/225</b>	<b>(2006.01)</b>	HO4N	5/225	
<b>HO4N</b>	<b>13/20</b>	<b>(2018.01)</b>	HO4N	13/02	710
<b>GO6T</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO6T	1/00	400M

請求項の数 19 (全 32 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-552164 (P2015-552164)
(86) (22) 出願日	平成26年1月15日 (2014.1.15)
(65) 公表番号	特表2016-514246 (P2016-514246A)
(43) 公表日	平成28年5月19日 (2016.5.19)
(86) 國際出願番号	PCT/IB2014/000582
(87) 國際公開番号	W02014/111814
(87) 國際公開日	平成26年7月24日 (2014.7.24)
審査請求日	平成29年1月10日 (2017.1.10)
(31) 優先権主張番号	61/752,515
(32) 優先日	平成25年1月15日 (2013.1.15)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	61/761,724
(32) 優先日	平成25年2月7日 (2013.2.7)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	515168961 モービルアイ ビジョン テクノロジーズ リミテッド イスラエル国, 91450 エルサレム, ハーホツビム, ハートム ストリート 13, ピー. オー. ピー. 45157
(74) 代理人	100079108 弁理士 稲葉 良幸
(74) 代理人	100109346 弁理士 大貫 敏史
(74) 代理人	100117189 弁理士 江口 昭彦
(74) 代理人	100134120 弁理士 内藤 和彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ローリングシャッターを伴うステレオ支援

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

車両用の撮像システムであって、

第1の視野を有し、前記車両に関連するシーンに関する第1の画像を取得するように構成される第1の画像捕捉装置であって、前記第1の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第1の一連の画像走査線として取得される、第1の画像捕捉装置と、

前記第1の視野とは異なり、前記第1の視野と少なくとも部分的に重複する第2の視野を有する第2の画像捕捉装置であって、前記第2の画像捕捉装置は、前記車両に関連する前記シーンに関する第2の画像を取得するように構成され、前記第2の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第2の一連の画像走査線として取得される、第2の画像捕捉装置と  
10

を含み、

前記第1の視野と前記第2の視野とが重複する結果、前記第1の画像の第1の重複部分が、前記第2の画像の第2の重複部分に対応し、

前記第1の画像捕捉装置は、前記第2の一連の画像走査線の取得に関連する第2の走査速度とは異なる前記第1の一連の画像走査線の取得に関連する第1の走査速度を有し、その結果、前記第1の画像捕捉装置は前記第1の画像の前記第1の重複部分を、前記第2の画像の前記第2の重複部分が取得される期間にわたって取得する、

システム。

## 【請求項 2】

前記第2の走査速度が前記第1の走査速度よりも速い、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記第2の画像の前記第2の重複部分内の、前記第2の画像捕捉装置からの走査線の一部だけをサンプリングするように構成される画像処理装置を更に含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項4】

前記第1の画像捕捉装置が、前記第1の一連の画像走査線の取得に関連する第1の水平帰線期間を有し、

前記第2の画像捕捉装置が、前記第2の一連の画像走査線の取得に関連する第2の水平帰線期間を有し、

前記第2の水平帰線期間が前記第1の水平帰線期間未満である、

請求項1に記載のシステム。

【請求項5】

前記第1の画像捕捉装置が、前記第1の一連の画像走査線の取得に関連する第1の垂直帰線期間を有し、

前記第2の画像捕捉装置が、前記第2の一連の画像走査線の取得に関連する第2の垂直帰線期間を有し、

前記第1の垂直帰線期間が前記第2の垂直帰線期間未満である、

請求項1に記載のシステム。

【請求項6】

前記第1の画像捕捉装置が、前記第1の一連の画像走査線の取得に関連する第1の総フレーム時間有し、

前記第2の画像捕捉装置が、前記第2の一連の画像走査線の取得に関連する第2の総フレーム時間を有し、

前記第1の総フレーム時間が前記第2の総フレーム時間に等しい、

請求項1に記載のシステム。

【請求項7】

前記第2の視野が前記第1の視野よりも狭い、請求項1に記載のシステム。

【請求項8】

前記第2の視野の少なくとも中心が、前記第1の視野の少なくとも中心にほぼ対応する、請求項1に記載のシステム。

【請求項9】

前記第1の画像捕捉装置と前記第2の画像捕捉装置とが同期しているかどうかを判定するための周期的チェックを行う

ように構成される少なくとも1個の処理装置を更に含む、

請求項1に記載のシステム。

【請求項10】

前記第1の画像捕捉装置と前記第2の画像捕捉装置とが同期していないことを前記周期的チェックが示す場合、前記少なくとも1個の処理装置が、前記第1の画像捕捉装置及び前記第2の画像捕捉装置の再同期を行うように更に構成される、請求項9に記載のシステム。

【請求項11】

前記第1の画像捕捉装置が、前記第1の一連の画像走査線の取得に関連する第1の画素遅延を有し、

前記第2の画像捕捉装置が、前記第2の一連の画像走査線の取得に関連する第2の画素遅延を有し、

前記第1の画素遅延が前記第2の画素遅延を上回る、

請求項1に記載のシステム。

【請求項12】

前記第1の一連の画像走査線の少なくとも1つが前記第2の一連の画像走査線の少なく

10

20

30

40

50

とも 1 つと整列している、請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 1 3】**

前記第 1 の画像捕捉装置と前記第 2 の画像捕捉装置とが同期しているかどうかを判定するためのタイミングチェックを周期的に行うように構成される処理装置を更に含む、請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 1 4】**

前記第 1 の一連の画像走査線の走査線又は前記第 2 の一連の画像走査線の走査線を周期的にリセットするように構成される処理装置を更に含む、請求項 1 に記載のシステム。

**【請求項 1 5】**

車両に関連するシーンから画像を取得する方法であって、

10

第 1 の視野を有する第 1 の画像捕捉装置を介して前記車両に関連する前記シーンに関する第 1 の画像を取得するステップであって、前記第 1 の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第 1 の一連の画像走査線として取得される、ステップと、

前記第 1 の視野とは異なり、前記第 1 の視野と少なくとも部分的に重複する第 2 の視野を有する第 2 の画像捕捉装置を介して前記車両に関連する前記シーンに関する第 2 の画像を取得するステップであって、前記第 2 の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第 2 の一連の画像走査線として取得される、ステップと、

を含み、

前記第 1 の視野と前記第 2 の視野とが重複する結果、前記第 1 の画像の第 1 の重複部分が、前記第 2 の画像の第 2 の重複部分に対応し、

20

前記第 1 の画像捕捉装置は、前記第 2 の一連の画像走査線の取得に関連する第 2 の走査速度とは異なる前記第 1 の一連の画像走査線の取得に関連する第 1 の走査速度を有し、その結果、前記第 1 の画像捕捉装置は前記第 1 の画像の前記第 1 の重複部分を、前記第 2 の画像の前記第 2 の重複部分が取得される期間にわたって取得する、

方法。

**【請求項 1 6】**

前記第 2 の走査速度が前記第 1 の走査速度よりも速い、請求項 1 5 に記載の方法。

**【請求項 1 7】**

前記第 2 の視野が前記第 1 の視野よりも狭い、請求項 1 5 に記載の方法。

**【請求項 1 8】**

30

車両用の撮像システムであって、

第 1 の視野を有し、第 1 の画像を取得するように構成される第 1 の画像捕捉装置であって、前記第 1 の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第 1 の一連の画像走査線として取得される、第 1 の画像捕捉装置と、

前記第 1 の視野とは異なり、前記第 1 の視野と少なくとも部分的に重複する第 2 の視野を有する第 2 の画像捕捉装置であって、前記第 2 の画像捕捉装置は、第 2 の画像を取得するように構成され、前記第 2 の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第 2 の一連の画像走査線として取得される、第 2 の画像捕捉装置と

を含み、

前記第 1 の画像捕捉装置は、前記第 2 の一連の画像走査線の取得に関連する第 2 の走査速度とは異なる前記第 1 の一連の画像走査線の取得に関連する第 1 の走査速度を有し、その結果、前記第 1 の画像捕捉装置は前記第 1 の画像の第 1 の重複部分を、前記第 2 の画像の第 2 の重複部分が取得される期間にわたって取得する、

40

システム。

**【請求項 1 9】**

前記第 1 の視野と前記第 2 の視野とが重複する結果、前記第 1 の画像の前記第 1 の重複部分が、前記第 2 の画像の前記第 2 の重複部分に対応する、請求項 1 8 に記載の撮像システム。

50

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本願は、2013年1月15日に出願された米国仮特許出願第61/752,515号、及び2013年2月7日に出願された米国仮特許出願第61/761,724号の優先権を米国特許法第119条の下で主張する。上記の各出願は、参照によりその全体を本明細書に援用する。

**【0002】****背景****I . 技術分野**

10

本開示は一般に、カメラ撮像システムに関し、より詳細にはローリングシャッターによって画像を捕捉するための装置及び技法、車両に含めることができるステレオ画像取得システムに関する。

**【背景技術】****【0003】****I I . 背景情報**

カメラによる車両用の運転手支援システムは、画像を集めるために単一のカメラに主に依存する単眼物体検出システムを含み得る。この種のシステム内の画像は単一視点から捕捉されるので、対象物までの距離を直接求めることができが困難であり得る。従って、単眼対象物検出システムは、物体クラスに関する情報及び／又は物体のコンテキスト（例えば対象物がその上にある路面の様相）に関連するコンテキスト情報に基づいて対象物までの距離を間接的に求めるために推定技法を用いる場合がある。場合によっては、単眼システムは、単眼距離推定の前に特定の物体クラスを検出するために、パターン認識を使用することができる。

20

**【0004】**

カメラによる車両用の運転手支援システムは、2台のカメラを使用するステレオシステムも含み得る。一部のシステムでは、これらのカメラを並列に装着することができ、エピポーラ線が水平な画像走査線に対して位置合わせされる。かかるシステムは、高密度視差マップを使用して環境の3Dマップを作成することができる。次いでシステムは、例えば更に処理するための候補領域を見つけるために、その3D表現を前景及び／又は背景分離に使用することができる。システムは、興味をそそる物体の位置を突き止めるために、又は検出された物体までの距離及び／若しくは距離レートを推定するためにも3D表現を使用することができる。かかるステレオシステムは、近距離又は中距離の対象及び良い天気では上手く機能することができ、全体的な対象に関する奥行マップを与え得る。しかし、かかるステレオシステムは、悪天候の間又は雑然としたシーンが存在する場合に困難に直面する場合がある。更に、これらのシステムは、車両からより離れた距離にある物体を撮像するのが困難であり得る。

30

**【0005】**

米国特許第7,786,898号に記載のシステム等、一部の撮像システムは、単眼システム及びステレオシステムの両方からの情報を融合させることができる。この種のシステムは、対象を検出／選択し、距離を推定する役割を担う一次カメラを含み得る。対象を検証するために、二次カメラが被選択対象に対するステレオ距離を提供し得る。

40

**【0006】**

一部のステレオシステムは、ステレオ奥行と単眼奥行とを組み合わせができる非対称構成を含み得る。例えば、2台の非対称カメラ（例えば異なる視野（FOV）及び焦点距離を有する）を独立した用途で使用することができる。更に、それらのカメラからの画像情報を組み合わせてステレオ奥行をもたらすことができる。グローバルシャッターを有するカメラでは、かかるステレオ処理は、マッチする画像の対を提供するために、とりわけより広いFOVのカメラをトリミングすること、画像を平滑化しサブサンプリングすること、及び／又は修正することを含み得る。

50

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

自動車センサに使用され得る画像センサを含む最近の世代の画像センサは、ローリングシャッターを含み得る。かかるローリングシャッターは、特に異なる視野を有するカメラを用いる非対称ステレオ応用において、ステレオ画像処理に複雑さを生ぜしめる場合がある。例えば、ワイドFOVカメラ及びナローFOVカメラの両方が共通のシーンを狙う場合、ナローFOVカメラがワイドFOVカメラのFOVの一部としか重複しない場合がある。同様の線走査速度で取得されるほぼ同数の画像走査線として両方のカメラが画像を取得する場合、2台のカメラの視野内の重複領域内の取得済みの画像走査線は同期しなくなる。かかる同期の欠如は、ナローFOVカメラからの第2の画像内の画像点に対する、ワイドFOVカメラからの第1の画像内の画像点の相関関係を求める際に問題を引き起こす場合があり、このことは物体距離測定で著しい不正確さにつながり得る。

10

**【課題を解決するための手段】****【0008】****概要**

開示する実施形態に従い、車両用の撮像システムが提供され、このシステムは、第1の視野を有し、車両に関連するシーンに関する第1の画像を取得するように構成される第1の画像捕捉装置を含み、第1の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第1の一連の画像走査線として取得される。この撮像システムは、第1の視野とは異なり、第1の視野と少なくとも部分的に重複する第2の視野を有する第2の画像捕捉装置も含むことができ、第2の画像捕捉装置は、車両に関連するシーンに関する第2の画像を取得するように構成され、第2の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第2の一連の画像走査線として取得される。第1の視野と第2の視野とが重複する結果、第1の画像の第1の重複部分が、第2の画像の第2の重複部分に対応し得る。第1の画像捕捉装置は、第2の一連の画像走査線の取得に関連する第2の走査速度とは異なり得る第1の一連の画像走査線の取得に関連する第1の走査速度を有することができ、その結果、第1の画像捕捉装置は第1の画像の第1の重複部分を、第2の画像の第2の重複部分が取得される期間にわたって取得する。

20

**【0009】**

開示する実施形態に従い、車両を開示し、この車両は車体及び車両用の撮像システムを含み、そのシステムは、第1の視野を有し、車両に関連するシーンに関する第1の画像を取得するように構成される第1の画像捕捉装置を含み、第1の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第1の一連の画像走査線として取得される。この撮像システムは、第1の視野とは異なり、第1の視野と少なくとも部分的に重複する第2の視野を有する第2の画像捕捉装置も含むことができ、第2の画像捕捉装置は、車両に関連するシーンに関する第2の画像を取得するように構成され、第2の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第2の一連の画像走査線として取得される。第1の視野と第2の視野とが重複する結果、第1の画像の第1の重複部分が、第2の画像の第2の重複部分に対応し得る。第1の画像捕捉装置は、第2の一連の画像走査線の取得に関連する第2の走査速度とは異なり得る第1の一連の画像走査線の取得に関連する第1の走査速度を有することができ、その結果、第1の画像捕捉装置は第1の画像の第1の重複部分を、第2の画像の第2の重複部分が取得される期間にわたって取得し、その期間は第1の走査速度と第2の走査速度との比率に関連する。

30

**【0010】**

開示する実施形態に従い、車両用の撮像システムが提供され、このシステムは、第1の視野を有し、車両に関連するシーンに関する第1の画像を取得するように構成される第1の画像捕捉装置を含み、第1の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第1の一連の画像走査線として取得される。このシステムは、第1の視野とは異なり、第1の視野と少なくとも部分的に重複する第2の視野を有する第2の画像捕捉装置も含むことが

40

50

でき、第2の画像捕捉装置は、車両に関連するシーンに関する第2の画像を取得するよう構成され、第2の画像は、ローリングシャッターを使用して捕捉される第2の一連の画像走査線として取得される。第1の視野と第2の視野とが重複する結果、第1の画像の第1の重複部分が、第2の画像の第2の重複部分に対応し得る。システムは、第1の画像捕捉装置から第1の画像を受け取り、第2の画像捕捉装置から第2の画像を受け取り、第1の画像の第1の重複部分の少なくとも第1の領域を、第2の画像の第2の重複部分の対応する第2の領域に相関させるように構成される少なくとも1個の処理装置を含むことができる。

#### 【0011】

上記の全般的な説明及び以下の詳細な説明はどちらも例示的及び説明的に過ぎず、特許請求の範囲を限定しないことを理解すべきである。 10

#### 【0012】

##### 図面の簡単な説明

本開示に組み込まれ、本開示の一部を成す添付図面は、開示される様々な実施形態を示す。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【0013】

【図1a】ここで開示する実施形態に従う、例示的車両撮像システムの概略的な側面図の描写である。

【図1b】図1aに示す実施形態の概略的な平面図の描写である。 20

【図1c】ここで開示する実施形態に従う、別のカメラ構成を有する例示的車両撮像システムの概略的な平面図の描写である。

【図2a】開示する一例示的実施形態による、異なる視野を有する2台のカメラの重複視野を表す。

【図2b】開示する別の例示的実施形態による、異なる視野を有する2台のカメラの重複視野を表す。

【図3】グローバルシャッターを有するカメラを用いるシステム内で使用するための例示的プロセスを表す。

【図4】車両から様々な距離にある対象の同期線からの画像内の点の変位の一例である。

【図5】車両から所与の距離にある対象に関する奥行推定値の一例である。 30

【図6】対象平面のホモグラフィを用いて画像を前処理することを含むフィックス後の、様々な距離値に関するyの変位を示す。

【図7】垂直物体の奥行測定を行うシステムで使用するための例示的プロセスを示す。

【図8a】車両の所与の前進移動及び横速度に関する、車両から所与の距離にある対象の奥行推定値を示す。

【図8b】前進車両移動、及び横速度なしの補正された奥行推定値を示す。

【図9】カメラの基線により路面上で予期される視差の一例である。

【図10】画像行に応じたy方向のシフトの一例である。

【図11】道路地物までの距離を推定するためにシステムで使用するための例示的プロセスを示す。 40

【図12a】車両の前進移動及び時間遅延によって引き起こされる画像内の様々な行の視差誤差の一例である。

【図12b】その行上の視差の一部としての視差誤差の一例である。

【図13】所与の行が同期される場合の、時間遅延及び前進移動による予期されるyのシフトの一例である。

【図14a】行(y)の関数としての、基線による真の視差に対する移動による視差誤差の比率の一例である。

【図14b】物体が横方向に移動している場合の、基線による真の視差に対する移動による視差誤差の比率の一例である。

【図15】移動視差がある場合にシステムで使用するための例示的プロセスを示す。 50

**【発明を実施するための形態】****【0014】****詳細な説明**

以下の詳細な説明は添付図面を参照する。可能な限り、図面及び以下の説明の中で同じ参考番号を使用して同じ又は同様の部分を指す。幾つかの例示的実施形態を本明細書に記載するが、修正形態、適合形態、及び他の実装形態が可能である。例えば、図中に示す構成要素に置換、追加、又は修正を加えることができ、開示する方法についてステップを置換し、並べ替え、除去し、又は追加することにより、本明細書に記載の例示的方法を修正することができる。従って、以下の詳細な説明は、開示する実施形態を限定するものではない。むしろ、適切な範囲は添付の特許請求の範囲によって定められる。

10

**【0015】**

添付図面を参照し、図1aは、ここで開示するものに従う、例示的車両撮像システムの概略的な側面図の描写である。図1bは、図1aに示す実施形態の概略的な平面図の描写である。図1aに示すように、本発明の開示する実施形態は、第1の画像捕捉装置110、第2の画像捕捉装置120、及びプロセッサ130を備えるシステム100を有する、車両150を含むことができる。2台の画像捕捉装置110及び120を示すが、他の実施形態は3台以上の画像捕捉装置を含んでも良いことを理解すべきである。

**【0016】**

開示する実施形態は車両に限定されず、他の脈絡で適用され得ることを理解すべきである。開示する実施形態は特定の種類の車両150に限定されず、自動車、トラック、トレーラ、及び他の種類の車両を含むあらゆる種類の車両に適用され得ることも理解すべきである。

20

**【0017】**

プロセッサ130は、様々な種類の装置を含み得る。例えばプロセッサ130は、制御ユニット、画像プロセッサ、中央処理装置(CPU)、支援回路、デジタル信号プロセッサ、集積回路、メモリ、又は画像を処理し、解析するための他の任意の種類の装置を含み得る。画像プロセッサは、画像センサからの画像を捕捉し、デジタル化し、処理するための映像プロセッサを含み得る。CPUは、任意の数のマイクロコントローラ又はマイクロプロセッサを含み得る。支援回路は、キャッシュ、電源供給、クロック、及び入出力回路を含む、当技術分野で一般に良く知られている任意の数の回路であり得る。メモリは、プロセッサによる実行時にシステムの動作を制御するソフトウェアを記憶することができる。メモリは、データベース及び画像処理ソフトウェアを含み得る。メモリは、任意の数のランダムアクセスメモリ、読み専用メモリ、フラッシュメモリ、ディスクドライブ、光学記憶域、テープ記憶域、脱着可能記憶域、及び他の種類の記憶域を含み得る。一例では、メモリがプロセッサ130から分離され得る。別の例では、メモリがプロセッサ130に統合されても良い。

30

**【0018】**

第1の画像捕捉装置110は、任意の適切な種類の画像捕捉装置を含み得る。画像捕捉装置110は、光学軸116を含み得る。一例では、画像捕捉装置110が、グローバルシャッターを有するAptina M9V024 WVGAセンサを含み得る。他の実施形態では、画像捕捉装置110がローリングシャッターを含み得る。画像捕捉装置110は、様々な光学部品を含むことができる。例えば所望の焦点距離及び視野を画像捕捉装置に与るために、一部の実施形態では1つ又は複数のレンズを含めることができる。一部の実施形態では、画像捕捉装置110が6mmレンズ又は12mmレンズに関連し得る。一部の実施形態では、画像捕捉装置は、例えば46度のFOV、50度のFOV、52度のFOV、又はそれを上回るFOV等の広いFOVを含む、所望のFOVを有する画像を捕捉するように構成され得る。一部の実施形態では、画像捕捉装置110が広角のバンパーカメラ又は最大180度のFOVを有するバンパーカメラを含み得る。

40

**【0019】**

第1の画像捕捉装置110は、車両150に関連するシーンに関する複数の第1の画像

50

を取得することができる。複数の第1の画像のそれぞれは、ローリングシャッターを用いて捕捉され得る一連の画像走査線として取得することができる。各走査線は、複数の画素を含み得る。

#### 【0020】

第1の画像捕捉装置110は、第1の一連の画像走査線のそれぞれの取得に関連する走査速度を有し得る。走査速度は、画像センサが特定の走査線に含まれる各画素に関連する画像データを取得できる速度を指し得る。

#### 【0021】

第1の画像捕捉装置110は、例えばCCDセンサやCMOSセンサを含む任意の適切な種類の画像センサを含み得る。一実施形態では、行内の各画素が1つずつ読み取られ、全画像フレームが捕捉されるまで行の走査が行ごとに進むように、ローリングシャッターと共にCMOS画像センサが使用されても良い。一部の実施形態では、行がフレームに対して上から下に逐次的に捕捉されても良い。

10

#### 【0022】

ローリングシャッターを使用すると、異なる行内の画素が異なる時点で露光及び捕捉される場合があり、これは捕捉画像フレーム内のスキューピー及び他の画像アーチファクトの原因になり得る。他方で、画像捕捉装置110がグローバルシャッター又は同期シャッターと共に動作するように構成される場合、全ての画素を同じ時間にわたり、及び共通の露光期間の間露光することができる。その結果、グローバルシャッターを使用するシステムから集められるフレーム内の画像データは、特定の時点における全FOVのスナップショットを表す。対照的に、ローリングシャッターの応用では、異なる時点においてフレーム内の各行が露光され、データが捕捉される。従って、ローリングシャッターを有する画像捕捉装置では、移動している物体が歪んで表示される場合がある。この現象については以下でより詳細に説明する。

20

#### 【0023】

第2の画像捕捉装置120は、任意の種類の画像捕捉装置とすることができる。第1の画像捕捉装置110と同様に、画像捕捉装置120は光学軸126を含み得る。一実施形態では、画像捕捉装置120が、グローバルシャッターを有するAptina M9V024 WVGAセンサを含み得る。或いは画像捕捉装置120は、ローリングシャッターを含み得る。画像捕捉装置110と同様に、画像捕捉装置120は様々なレンズ及び光学部品を含むように構成され得る。一部の実施形態では、画像捕捉装置120に関連するレンズが、画像捕捉装置110に関連するFOVと同じ又はそれよりも狭いFOVを与える。例えば、画像捕捉装置120は、40度、30度、26度、23度、20度、又はそれ未満のFOVを有し得る。

30

#### 【0024】

画像捕捉装置120は、車両150に関連するシーンに関する複数の第2の画像を取得することができる。複数の第2の画像のそれぞれは、ローリングシャッターを用いて捕捉され得る一連の第2の画像走査線として取得することができる。各走査線又は行は、複数の画素を有し得る。第2の画像捕捉装置120は、第2の一続きに含まれる画像走査線のそれぞれの取得に関連する第2の走査速度を有し得る。

40

#### 【0025】

第2の画像捕捉装置120は、例えばCCDセンサやCMOSセンサを含む任意の種類の画像センサを含み得る。一実施形態では、CMOS画像センサがローリングシャッターに関連付けられても良く、その場合、画像の行を次々と逐次的に露光及び捕捉して各画像フレームを得ることができる。

#### 【0026】

各画像捕捉装置110、120は、車両150に対して任意の適切な位置及び向きで配置され得る。2つの画像捕捉装置110及び120の相対的な位置決めは、それらの画像捕捉装置から取得される情報を融合するのを支援するように選択され得る。例えば一部の実施形態では、画像捕捉装置120に関連するFOVが、画像捕捉装置110に関連する

50

F O V に部分的に又は完全に重複する場合がある。

**【 0 0 2 7 】**

画像捕捉装置 110 及び 120 は、任意の適切な相対的高さにおいて車両 150 上に配置され得る。一例では、2つの画像捕捉装置 110 と 120 との間に高差がある場合があり、この高差はステレオ解析を可能にするのに十分なパララックス情報をもたらし得る。図 1 a に示すように、2つの画像捕捉装置 110 及び 120 を装着する高さの差を  $d_h$  で示す。画像捕捉装置 110 と 120 との間には、例えば処理装置 130 によるステレオ解析用の追加のパララックス情報を与える、横方向の変位差もあり得る。図 1 b に示すように、横方向の変位差は  $d_x$  で示され得る。一部の実施形態では、画像捕捉装置 110 と画像捕捉装置 120 との間に前方又は後方の変位（例えば距離変位）があり得る。例えば、画像捕捉装置 110 を、画像捕捉装置 120 の 0.5 メートル又はそれを上回る距離後ろに配置することができる。この種の変位は、画像捕捉装置の1つが、他の画像捕捉装置の潜在的な死角を有効範囲として含むことを可能にし得る。図 1 ( a ) に示すように、距離変位の差を  $d_z$  で示す。図 1 c に示すように、他の実施形態では、距離変位  $d_z = 0$  及び高さ変位  $d_h = 0$  だが、横方向の変位  $d_x$  がある場合がある。  
10

**【 0 0 2 8 】**

画像捕捉装置 110 は、任意の適切な分解能（例えば画像センサに関連する画素数）を有することができ、画像捕捉装置 110 に関連する画像センサの分解能は、画像捕捉装置 120 に関連する画像センサの分解能よりも高くてても、低くてても、同じでも良い。一部の実施形態では、画像捕捉装置 110 及び / 又は画像捕捉装置 120 に関連する画像センサが、 $640 \times 480$ 、 $1024 \times 768$ 、 $1280 \times 960$ 、又は他の任意の適切な分解能を有し得る。  
20

**【 0 0 2 9 】**

フレームレート（例えば画像捕捉装置が、次の画像フレームに関連する画素データの捕捉に進む前に或る画像フレームの1組の画素データを取得する速度）は制御可能とすることができます。画像捕捉装置 110 に関連するフレームレートは、画像捕捉装置 120 に関連するフレームレートよりも高くてても、低くてても、又はそれと同じでも良い。画像捕捉装置 110 及び 120 に関連するフレームレートは、フレームレートのタイミングに影響し得る様々な要因に依拠する場合がある。例えば、画像捕捉装置 110 及び / 又は 120 の一方若しくは両方が、画像捕捉装置 110 及び / 又は 120 内の画像センサの1つ又は複数の画素に関連する画像データの取得前に又は取得後に課せられる、選択可能な画素遅延期間を含む場合がある。概して、各画素に対応する画像データは、装置のクロックレートに従って取得され得る（例えば1クロックサイクル当たり1画素）。更に、ローリングシャッターを含む実施形態では、画像捕捉装置 110 及び / 又は 120 の一方若しくは両方が、画像捕捉装置 110 及び / 又は 120 内の画像センサの画素行に関連する画像データの取得前に又は取得後に課せられる、選択可能な水平帰線期間を含む場合がある。更に、画像捕捉装置 110 及び / 又は 120 の一方若しくは両方が、画像捕捉装置 110 及び / 又は 120 の画像フレームに関連する画像データの取得前に又は取得後に課せられる、選択可能な垂直帰線期間を含む場合がある。  
30

**【 0 0 3 0 】**

これらのタイミング制御は、例えそれぞれの線走査速度が異なっても、画像捕捉装置 110 及び 120 に関連するフレームレートを同期できるようにし得る。以下でより詳細に論じるように、幾つかある要因（例えば画像センサの分解能、最大線走査速度等）の中で特に、これらの選択可能なタイミング制御は、画像捕捉装置 110 の視野が画像捕捉装置 120 の視野と異なっても、画像捕捉装置 110 の視野が画像捕捉装置 120 の視野と重複する領域からの画像捕捉を同期できるようにし得る。  
40

**【 0 0 3 1 】**

更に、画像捕捉装置 110 及び / 又は 120 内のフレームレートのタイミングは、関連する画像センサの分解能に依拠し得る。例えば、両方の装置について同様の線走査速度を仮定し、一方の装置が  $640 \times 480$  の分解能を有する画像センサを含み、もう一方の装  
50

置が $1280 \times 960$ の分解能を有する画像センサを含む場合、高い解像度を有するセンサから画像データのフレームを取得するのにより長い時間が必要である。

#### 【0032】

画像捕捉装置110及び/又は120内の画像データ取得のタイミングに影響する可能性がある別の要因は、最大線走査速度である。例えば、画像捕捉装置110及び/又は120内に含まれる画像センサから画像データの行を取得するには、幾ばくかの最低限の時間がかかる。画素遅延期間が追加されないと仮定し、画像データの行を取得するためのこの最低限の時間は、特定の装置の最大線走査速度に関係する。高い最大線走査速度を提供する装置は、低い最大線走査速度を有する装置よりも高いフレームレートを提供する潜在能力がある。一部の実施形態では、画像捕捉装置120が、画像捕捉装置110に関連する最大線走査速度よりも高い最大線走査速度を有し得る。一部の実施形態では、画像捕捉装置120の最大線走査速度が、画像捕捉装置110の最大線走査速度の1.25倍、1.5倍、1.75倍、2倍、又はそれを上回り得る。10

#### 【0033】

別の実施形態では、画像捕捉装置110及び120が同じ最大線走査速度を有し得るが、画像捕捉装置110がその最大走査速度以下の走査速度で動作させられる。画像捕捉装置120が、画像捕捉装置110の線走査速度に等しい線走査速度で動作するようにシステムが構成され得る。他の例では、画像捕捉装置120の線走査速度が、画像捕捉装置110の線走査速度の1.25倍、1.5倍、1.75倍、2倍、又はそれを上回り得るようシス20テムが構成されても良い。

#### 【0034】

一部の実施形態では、画像捕捉装置110及び120が非対称であり得る。つまり、画像捕捉装置110及び120は、異なる視野(FOV)及び焦点距離を有するカメラを含む場合がある。画像捕捉装置110及び120の視野は、例えば車両150の環境に対する所望の任意の領域を含み得る。一部の実施形態では、画像捕捉装置110及び120の何れか又は両方が、車両150の前方の環境、車両150の後方の環境、車両150の側面の環境、又はそれらの組合せの環境の画像データを取得するように構成され得る。

#### 【0035】

更に、各画像捕捉装置110及び/又は120に関連する焦点距離は、各装置が車両150に対して所望の距離範囲にある物体の画像を取得するように、(例えば適切なレンズを含めること等によって)選択可能とすることができます。例えば一部の実施形態では、画像捕捉装置110及び120が、車両から数メートルの範囲内にある近距離からの物体の画像を取得し得る。画像捕捉装置110及び120は、車両から更に離れた距離(例えば25m、50m、100m、150m、又はそれを上回る距離)にある物体の画像を取得するように構成されても良い。更に、一方の画像捕捉装置(例えば画像捕捉装置110)が車両に比較的近い(例えば10m又は20mの範囲内の)物体の画像を取得できる一方、他方の画像捕捉装置(例えば画像捕捉装置120)が車両150からより離れている(例えば20m、50m、100m、150m等を上回る)物体の画像を取得するように、画像捕捉装置110及び120の焦点距離が選択されても良い。30

#### 【0036】

画像捕捉装置110及び120のそれぞれに関連する視野は、それぞれの焦点距離によって決まり得る。例えば焦点距離が増加するにつれて、対応する視野が低下する。

#### 【0037】

画像捕捉装置110及び画像捕捉装置120は、任意の適切な視野を有するように構成することができる。或る特定の例では、画像捕捉装置110が46度の水平FOVを有することができ、画像捕捉装置120が23度の水平FOVを有することができる。別の例では、画像捕捉装置110が52度の水平FOVを有することができ、画像捕捉装置120が26度の水平FOVを有することができる。一部の実施形態では、画像捕捉装置120のFOVに対する画像捕捉装置110のFOVの比率が、1.5から2.0の間で変動し得る。他の実施形態では、この比率が1.25から2.25の間で変動し得る。4050

## 【0038】

システム100は、画像捕捉装置110の視野が、画像捕捉装置120の視野と（少なくとも部分的に又は完全に）重複するように構成され得る。一部の実施形態では、システム100は、例えば画像捕捉装置120の視野が、画像捕捉装置110の視野に含まれ（例えば画像捕捉装置110の視野よりも狭く）、画像捕捉装置110の視野と共に中心を共有するように構成され得る。他の実施形態では、画像捕捉装置110及び120が隣接FOVを捕捉することができ、又はそれらのFOV内に部分的重複を有しても良い。一部の実施形態では、より狭いFOVの装置120の中心を、より広いFOVの装置110の視野の下半分内（例えば図2aの線280よりも下の領域）に位置決めできるように、装置110及び120の視野を位置合わせすることができる。

10

## 【0039】

図2aは、開示する一例示的実施形態による、異なる視野を有する2台のカメラの重複視野を示す。図2bは、開示する別の例示的実施形態による、異なる視野を有する2台のカメラの重複視野を表す。

## 【0040】

ワイドFOVカメラ110は、水平FOV210及び垂直FOV220によって画定され得る第1のFOV250を有する。一例では、ワイドFOVカメラ110が、46度の水平FOV210及び1280×960画素の画像分解能を有し得る。ワイドFOVカメラ110は、ローリング走査方向251を示すローリングシャッターを有することができる。ローリングシャッター方向251は、垂直又は水平な任意の方向であり得る。図2aの実施形態では、ローリングシャッターを使用することで、画像を複数の走査線、例えば走査線252及び253として捕捉できるようになる。

20

## 【0041】

ナローFOVカメラ120は、水平FOV230及び垂直FOV240によって画定され得る第2のFOV260を有する。ナローFOVカメラ120も、ローリング走査方向261を示すローリングシャッターを有することができる。一例では、ナローFOVカメラ120が、23度の水平FOV230及びワイドFOVカメラ110と同じ又は異なる画像分解能を有し得る。例えば一部の実施形態では、ナローFOVカメラ120が1280×960の画像分解能を有し得る。他の実施形態では、ナローFOVカメラ120がワイドFOVカメラ110と異なる画像分解能を有し得る（例えば640×480画素）。ローリングシャッター方向261は、垂直又は水平な任意の方向とすることができます、ローリングシャッターは、例えば線262及び263を含む複数の走査線として画像を捕捉できるようになる。

30

## 【0042】

狭いFOV260及び広いFOV250は、FOVに関して部分的に又は完全に重複するように設定することができる。図2a及び図2b内で網状線によって示す重複領域270は、狭い視野260が広い視野250と重複する領域を表す。図2aに示すように、領域270はナロー画像捕捉装置120の全視野に対応し得る。更に、画像捕捉装置110のより広い視野内の中心に領域270を置くように、画像捕捉装置110及び120の視野を位置合わせすることができる。或いは図2bに示すように、領域270は、より狭い視野の画像捕捉装置120の全視野を表す必要も、より広い視野の画像捕捉装置の視野内の中心に置く必要もない。むしろ、図2bに示すように、領域270は画像捕捉装置110の中心からずれても良い。更に、画像捕捉装置110及び画像捕捉装置120の全視野未満の重複領域に領域270が対応するように、画像捕捉装置110及び120の視野を位置合わせしても良い。

40

## 【0043】

ローリングシャッターを使用する実施形態では、画像捕捉装置110からの画像フレームを、図2aの線252及び253等、一連の逐次的に取得される走査線として得ることができる。同様に、図2aに示すように、画像捕捉装置120に関連するローリングシャッターは、一連の逐次的に取得される走査線263及び263として画像フレームを捕捉

50

できるようにする。画像捕捉装置 110 が画像捕捉装置 120 の焦点距離及び視野と異なる焦点距離及び視野を有し、両方の装置でローリングシャッターが使用される場合、画像捕捉装置 110 及び 120 は、重複領域 270 に対応するそのそれぞれの視野の部分を異なる時間に捕捉することができる。かかる同期の欠如は、取得画像の相関ステレオ解析上の問題を引き起こし得る。

#### 【0044】

更に解説するために、或る例示的システムは、 $1280 \times 960$  のセンサ分解能をそれぞれ有する画像捕捉装置 110 及び 120 を含み得る。従って、ローリングシャッターを使用して両方の画像装置から画像フレームを取得する場合、 $1280$  画素の画像データをそれぞれ含む一連の 960 本の走査線として両方の捕捉装置からの画像フレームが取得される。図 2a に示すように、この例では画像捕捉装置 110 が 52 度の視野を有することができ、画像捕捉装置が 26 度の視野を有することができ、両方の視野が共通の中心を共有することができる。両方の画像捕捉装置が同様の線走査速度を含む場合、各画像捕捉装置の重複領域 270 に対応する画像フレームの部分の一部又は全てが異なる時間に取得されることが明らかになる。

10

#### 【0045】

例えば、両方の画像捕捉装置がそれぞれの画像フレームを同時に取得し始める（即ち両方の画像捕捉装置の最初の走査線が同期される）と仮定した場合、画像捕捉装置 120 が重複領域 270 から最初の線を取得する間、画像捕捉装置は、例えば重複領域 270 の範囲外である自らの視野の上部から画像線を取得する。画像捕捉装置 120 が、画像捕捉装置 110 の視野の角度幅の半分である視野を有する例では、画像捕捉装置 110 は、走査線 240 に達する（自らの画像フレームの端から端までの 4 分の 1 )まで、重複領域 270 に対応する画像線を取得しない。ここでも両方の画像捕捉装置が同じ線走査速度を有すると仮定した場合、画像捕捉装置 110 が自らの走査線番号 240 に達するとき、画像捕捉装置 120 も、重複領域 270 の端から端までの 25 % である自らの走査線 240 を取得している。更に、画像捕捉装置 120 がその走査の最後の線（即ち走査線 960 ）を終えるとき、画像捕捉装置 120 は重複領域 270 の下部にある。しかし、それと同時に、画像捕捉装置 110 は、重複領域 270 から外れた自らの視野の最後の線を取得している。実際に、画像捕捉装置 110 の走査線 240 から 720 しか重複領域 270 を含まないのに対し、画像捕捉装置 120 の全 960 本の走査線が重複領域 270 に対応する。更に、この例では、（図 2a の破線 280 に対応する）中心走査線だけが両方の画像捕捉装置によって同時に捕捉される。重複領域 270 に対応する他の全ての線は異なる時間に取得され、そのことはやはり重複領域 270 に関連するステレオ解析を行う際の問題を引き起こし得る。

20

#### 【0046】

但し、各画像捕捉装置の画像取得タイミング制御パラメータを調節することにより、重複領域 270 に対応する各画像捕捉装置の画像フレームの部分が同じ期間中に取得されることを確実にすることが可能であり得る。

30

#### 【0047】

概して、この同期は様々な方法で実現することができる。例えば一実施形態では、画像捕捉装置 110 に関連する線走査速度と異なる線走査速度を有するように、（より狭い視野を有する）画像捕捉装置 120 を構成することができる。例えば、画像捕捉装置 120 の線走査速度が、画像捕捉装置 110 の線走査速度よりも速くても良い。一部の実施形態では、画像捕捉装置 120 の線走査速度が、画像捕捉装置 110 の線走査速度よりも 2 倍（又はそれを上回って）速くても良い。概して、少なくとも重複領域 270 に対応する画像捕捉装置 110 及び 120 の両方の画像フレームの部分を同じ期間中に取得できるよう、より狭い視野の画像捕捉装置 120 は十分速い走査速度を有するべきである。

40

#### 【0048】

画像捕捉装置 110 が 52 度の視野を有し、画像捕捉装置 110 が 26 度の視野を有し、両方が  $1280 \times 960$  の画像センサ分解能を含む例に戻り、重複領域 270 は、画像

50

捕捉装置 110 の画像フレーム内の走査線 240 から 720 (合計 480 本の走査線) に対応する。他方で、重複領域 270 は、画像捕捉装置 120 の全 960 本の走査線に対応する。その結果、画像捕捉装置 110 の線 240 から 720 を画像捕捉装置 120 の 960 本の走査線と同じ期間中に捕捉するために、画像捕捉装置 120 の線走査速度は画像捕捉装置 110 の線走査速度よりも少なくとも 2 倍速くても良い。かかる構成は、重複領域 270 に対応する線 240 から 720 までの 480 本の走査線を画像捕捉装置 110 が取得するのにかかるのと同じ時間内に、画像捕捉装置 120 が全 960 本の線を捕捉することを可能にし得る。

#### 【0049】

但し、線走査速度は、重複領域 270 に対応するそれぞれの画像フレームのそれらの部分の取得を同期できるようにする唯一のタイミング制御パラメータではない。重複領域 270 内の所望の捕捉同期を実現するために、画像捕捉装置 110 及び 120 の一方又は両方の水平帰線期間、垂直帰線期間、及び画素遅延を選んでも良い。例えば、重複領域 270 からの画像取得を同期することを確実にするのに、画像捕捉装置 120 の線走査速度が遅すぎる可能性がある実施形態では、画像捕捉装置 110 (より広い視野の装置) の水平帰線期間を長くして画像捕捉装置 110 の実効線走査速度を遅くしても良い。加えて、又は或いは、画像捕捉装置 110 に関連する画素遅延を高めて画像捕捉装置 110 の実効線走査速度を遅くしても良い。

#### 【0050】

重複領域 270 内の画像取得の同期を可能にするのに十分な線走査速度を画像捕捉装置 120 が有する場合でも、重複領域 270 内の画像取得の同期を繰り返すことができるよう、各画像捕捉装置の総フレームレートが同じであり得る。この例に戻り、重複領域 270 内の画像取得を同期するために、画像捕捉装置 120 は、画像捕捉装置 110 が走査線 240 に到達するとき走査線番号 1 においてデータを取得し始めるものとする。画像捕捉装置 110 が線 240 から 720 まで取得する間、画像捕捉装置 120 は自らの走査線の全 960 本を取得する。画像捕捉装置 110 が線 721 から 960 まで、及び線 1 から 239 まで捕捉している間、各フレーム内で重複領域 270 が同期することを確実にするために、画像捕捉装置 120 はアイドル状態のままであるものとする。画像捕捉装置 110 が重複領域 270 外の画像データを取得できるようにするように、画像捕捉装置 120 のこの遅延をもたらすために、画像捕捉装置 110 よりも長い垂直帰線期間によって画像捕捉装置 120 を構成することができる。

#### 【0051】

上記に記載した一部の実施形態では、画像捕捉装置 110 及び 120 からの画像の同期部分が重複領域 270 に対応することに留意すべきである。他の事例では、画像捕捉装置 110 及び 120 の重複部分が、重複領域 270 内に同期された 1 本の線を有することができ、その線から離れると各線がより同期しなくなる場合がある。これを  $d_{TL}$  によって示すことができる。システムは、例えば画像捕捉装置 120 の走査線速度を調節することにより、線が同期されなくなる率を減らすことができる。例えば、画像捕捉装置 110 と 120 との間の焦点距離比が 2 である場合、システムは  $T_{Ln} = 0.5 * T_{Lw}$  を調節することができ、その調節により  $d_{TL} = 0$  になり得る。別の例では、 $T_{Ln} = 0.6 * T_{Lw}$  である。一部の実施形態では、重複領域 270 内の画像取得の「同期」を、両方の画像捕捉装置によるその領域内の画像取得のタイミングが同一でなくても実現することができる。例えば、重複領域 270 内の装置 120 からの画像部分の取得との間のタイミング差が、重複領域 270 に対応する画像部分を装置 110 が取得するのにかかる時間の 1 %、5 %、10 %、又は 15 % の範囲内にある場合、(例えばステレオ解析を可能にするのに) 十分な同期を実現することができる。

#### 【0052】

例えば上記のように、画像捕捉装置 120 と 110 との間に焦点距離間の特定の比率 (例えば 2 : 1) がある場合、より広い FOV の装置 110 の線走査速度に対するより狭い FOV の装置 120 の線走査速度の比率は、全重複領域 270 にわたって取得画像を同期

10

20

30

40

50

するために、少なくとも焦点距離比と同じ高さであるべきである。但し、一部の実施形態では、更に低い走査速度比が依然として有用な場合がある。例えば、画像捕捉装置120と110との間の焦点距離比よりも低い線走査速度比でも、重複領域270の一部（及びしばしば広い部分）にわたり、装置110及び120の画像部分を依然として同期することができる。

#### 【0053】

例えば装置120と110との間の2：1の焦点距離比を仮定し、少なくとも2：1の線走査比が、全FOV重複領域270にわたり画像を同期できるようにする。但し、全領域270未満にわたる画像の同期も依然として有用であり得る。例えば一部の実施形態では、1.9、1.8、1.7、1.6、1.5、又はそれ未満の線走査比が、重複領域270の領域の少なくとも一部内で装置110及び120からの画像間の有用な同期水準を依然として提供し得る。10

#### 【0054】

重複領域270内で装置110の画像部分の取得を装置120の画像部分の取得と同期できる期間は、装置110の線走査速度と装置120の線走査速度との間の比率に関係し得る。例えば、FOVの比率が2だが走査線タイミングの最大比が1.8である場合、この期間は1.8の走査線タイミング比（並びに適用される任意の画素遅延、水平帰線期間等）に基づき得る。

#### 【0055】

タイミング制御パラメータ（例えば線走査速度、垂直帰線期間、水平帰線期間、画素遅延等）を調節することに加え、タイミング制御パラメータの調節と共に又はそれとは別に他の技法も使用することができる。一部の実施形態では、画像捕捉装置110よりも低い分解能の画像センサを用いて画像捕捉装置120（より狭い視野の装置）を構成することができる。従って、画像捕捉装置110が $1280 \times 960$ の分解能を有する画像センサを有する場合、更に低い分解能（例えば $640 \times 480$ ）を有する画像センサを用いて画像捕捉装置120を構成することで、より速い画像捕捉装置120の線走査速度の必要性を軽減することができる。上記の同じ52度/26度の例を仮定し、両方の装置が同様の線走査速度を使用しても、重複領域270内で、画像捕捉装置110内の $1280 \times 960$ 画素センサを画像捕捉装置120内の $640 \times 480$ 画素センサと同期させることができる。この例では、画像捕捉装置110が重複領域270に対応する480本の線（即ち画像捕捉装置110の線240から720）を取得する間、画像捕捉装置120は、重複領域270に対応する自らの480本の走査線を取得する。2030

#### 【0056】

加えて、又は或いは、より狭い視野の画像捕捉装置が各フレーム内の全ての画像線をサンプリングしない場合、より狭い視野の装置のより速い走査速度の需要が軽減され得る。例えば、或るフレームの取得中に、入手可能な走査線のサブセット（例えば奇数の走査線）だけをサンプリングするように画像捕捉装置120を構成することができる。次のフレームの捕捉中に、偶数の走査線をサンプリングするように画像捕捉装置120を構成することができる。この種のインタレース技法により、重複領域270に関連する画像データを取得するのにかかる時間を、フレームごとに全走査線を取得する技法に比べて半分に減らすことができる。40

#### 【0057】

タイミング制御パラメータの選択に関連する別の例では、画像捕捉装置120の線走査速度を増加できる場合、焦点距離間の目標比率も、それらが線のタイミング間の比率に一致するように低下させることもできる。例えば、画像捕捉装置110が46°の水平FOV210を有し、45KHz(22.2μsec)の線のタイミングで実行されるが、センサは60KHz(15.2μsec)の線のタイミングをサポートできる場合、画像捕捉装置120の32°の水平FOV230をサポートし、同期することができる：

## 【数1】

$$\frac{15.2_{\mu sec} \times 46^\circ}{22.2_{\mu sec}} = 31.7^\circ \quad (3)$$

## 【0058】

ここでは、 $T_{Ln}$ が $15.2 \mu sec$ 、 $T_{Lw}$ が $22.2 \mu sec$ 、広い水平FOV 210が $46^\circ$ であり得る。

## 【0059】

$30^\circ$ の水平FOV 230を有する画像捕捉装置120は、分解能の(50%)増加及び小さい $T_L$ 値をもたらすための適切な解を表し得る： 10

$$T_L = T_{Ln} - T_{Lw} \quad (4)$$

## 【0060】

ここで、

## 【数2】

$$\alpha = \frac{46}{30}$$

は、2つの水平FOV 210と230との間の比率である。例えば、広い水平FOVと狭い水平FOVとの間の比率は、 $52/26$ ； $25/28$ ； $60/30$ ； $60/32$ ； $46/36$ ； $46/23$ ；又は他の任意の適切な比率であり得る。かかる比率は、ナローFOVカメラに更なる範囲を与えることができ、より離れた距離にあるより小さな物体を検出できるようにし得る。 20

## 【数3】

$$\delta T_L = \alpha T_{Ln} - T_{Lw} = \frac{46^\circ}{30} \times 15.2_{\mu sec} - 22.2_{\mu sec} = 1.1_{\mu sec} \quad (5)$$

## 【0061】

画像捕捉装置110及び画像捕捉装置120に関連し、焦点距離／視野の任意の適切な比率を選択することができる。一部の実施形態では、この比率を $1.5$ 、 $1.6$ 、 $1.7$ 、 $1.8$ 、 $2$ まで、又は $2$ を上回って設定することができる。

## 【0062】

上記のように、同じ速度でフレームを出力するように画像捕捉装置110及び画像捕捉装置120の両方を構成することができる。例えば、フレーム当たりの総クロック数(取得される走査線、帰線期間、遅延等を含む)を両方の装置で同じとすることができる。重複領域270内の所望の同期を実現するために、線走査速度のタイミング掛ける重複領域270を覆う行数が、2つの画像捕捉装置について同じであり得る。 30

## 【0063】

カメラが同期されると、重複領域270内の所望の同期及び同様のフレームレートが保たれるように、それらのカメラはロックステップ動作を保つことができる。システムは、第1の画像捕捉装置110及び第2の画像捕捉装置120が、重複領域270内の画像データを捕捉する際に及び/又は全体的なフレームレートの点で同期したままであるかどうかを判定するためのタイミングチェックを周期的に行うことができる、1個又は複数個の処理装置(例えば処理装置130)を含み得る。同期の欠如が認められる場合、処理装置130は、1つ又は複数のタイミングパラメータを調節することができ、又は画像走査の1つ若しくは複数の側面をリセットすることができる(例えば最初の走査線等の所望の走査線番号や画像フレーム内の他の任意の走査線へのハードジャンプ)。かかる再同期プロセスは、画像捕捉装置110及び120の動作全体を通して周期的に行うことができる。 40

## 【0064】

一部の実施形態では、画像捕捉装置110及び120を独立した用途で使用することができる。他の実施形態では、例えば重複領域270内の画像捕捉を同期することが、両方の装置からの情報を組み合わせてステレオ解析(例えば特にステレオ奥行決定)を行う応

10

20

30

40

50

用を可能にし得る。

【0065】

上記のように画像捕捉装置110及び120内のローリングシャッターを使用することに加え、一部の実施形態ではグローバルシャッターを使用することがある。かかる実施形態では、画像フレームを一連の逐次的に取得される画像走査線として捕捉するのではなく、特定の画像内の全ての画素行が同時にサンプリングされ、取得される。

【0066】

図3は、グローバルシャッターを有する画像捕捉装置を用いるシステム内で使用するための例示的プロセスを表す。図3に示すように、画像捕捉装置110及び120がグローバルシャッターを有するシステムでは、重複領域270内のステレオ処理が、重複領域270の外側のワイドFOVカメラの画像データを単純にトリミングすることを含み得る(ステップ310)。次に、マッチする画像の対を得るために、より狭いFOVの画像捕捉装置の画像データを平滑化し、サブサンプリングすることができる(ステップ320)。次いで、マッチする画像の対に基づいてステレオ処理を完了することができる(ステップ331)。マッチする画像の対が得られない場合、修正ステップが実際に必要であり得る(ステップ332)。

【0067】

上記のローリングシャッターの実施形態では、重複領域270内の画像データの捕捉を同期し、画像捕捉装置110と120との間の全体的なフレームレートも同期するために、タイミング制御パラメータ等を制御することができる。このハードウェアによるフロンティエンドの同期解決策に加え、他の実施形態は、重複領域270の画像データをステレオ解析するための基礎としてバックエンド処理に依拠することができる。つまり、重複領域270内の画像データを画像捕捉装置110及び120に同じ期間にわたって取得させることなく、この画像データは異なる期間に捕捉することができ、そのデータに基づく有意味のステレオ解析を可能にするために捕捉画像データに対して処理を行うことができる。

【0068】

バックエンド処理の解決策は、画像捕捉装置110の1本の走査線を画像捕捉装置120の1本の走査線と同期できるということに依拠し得る。同期される各画像捕捉装置の特定の線は、異なる画像フレーム内で被選択同期線が変わっても良いように選択可能であり得る。

【0069】

特定の画像フレーム内で、両方の画像捕捉装置110及び120から集められる画像データが、被選択同期走査線において互いに対応する。図2a及び図2bに示す画像捕捉装置のように、異なる視野を有する画像捕捉装置では、同期線から離れた走査線が同期しなくなる。更に、画像走査線の同期の欠落は、被選択同期線から離れて増加する。

【0070】

走査線が同期を欠く場合、(例えば重複領域270内の)対応する走査線が異なる期間中に捕捉される結果として画像データ内の視差が存在し得る。例えば、或る物体が画像捕捉装置110及び120に関連するシーンを進む場合、同期線において、画像捕捉装置110及び120の両方からの捕捉画像データがその物体の同じ位置を示す(各画像捕捉装置内の同期走査線が同じ期間中に捕捉されるからである)。しかし、同期線から離れて取得される画像走査線は同期を欠く場合があり、従って移動物体の位置の視差を引き起こし得る。

【0071】

52度のFOVを有する画像捕捉装置110、及び26のFOVを有する画像捕捉装置120、その両方の装置が1280×960の分解能を有する画像センサを含む例に戻り、被選択同期線は任意の被選択線位置において生じ得る。一部の実施形態では、同期線が重複領域270内に生じ得る。例えば、同期走査線が重複領域270の中心に選択されても良い。従って、重複領域270の中心にある同期線において取得される画像データは時

10

20

30

40

50

間に關して一致するのに対し、その同期線から離れた線において捕捉される画像データは時間の点で一致しない。タイミングが一致しない水準は、同期線から離れて増加する。両方の画像捕捉装置の中心走査線が同期されている例では、重複領域 270 の最初の走査線が画像捕捉装置 110 及び 120 によって異なる時間に捕捉される。例えば、画像捕捉装置 120 (より狭い F O V の装置) では、重複領域 270 内で取得される最初の走査線が、フレーム内で取得される最初の走査線に対応する。他方で、画像捕捉装置 110 が重複領域 270 内で取得する最初の走査線は走査線番号 240 において生じる。しかし、画像捕捉装置 110 が走査線 240 を取得するのと同じ時間に、画像捕捉装置 120 も自らの走査線 240 を取得している可能性がある。但し、画像捕捉装置 120 では、走査線 240 が重複領域 270 を既に 25% 通過している。従って、画像捕捉装置 110 では、重複領域 270 内の最初の画像走査線が捕捉された後で取得されることが分かる。  
10

#### 【0072】

被選択同期線に近づくにつれて減少するこの時間差は、画像の視差を引き起こし得る。例えば単純な例では、同期線から離れた走査線では、移動物体が画像捕捉装置 120 にとつて見えるのと異なる位置に画像捕捉装置 110 にとっては見える場合がある。見かけの位置の差の程度は、時間差が同期線から離れて増えるにつれて増加し得る。

#### 【0073】

但し、線を走査するタイミングが両方の画像捕捉装置 110 及び画像捕捉装置 120 で知られているので、引き起こされる視差の程度は予測可能である。従って、処理装置 130 は、線を走査するタイミングの差によって引き起こされる予期される視差を考慮に入れることにより、両方の装置から取得される画像データを解析することができ、重複領域 270 からステレオ解析情報を得ることができても良い。  
20

#### 【0074】

線を走査するタイミングは被選択同期線において収束するので、引き起こされる視差が小さく更には些細である、同期線に関する走査線の帯が存在し得る。従って、同期走査線の周りの走査線の帯では、認められる視差に対処するためにより少ない処理が必要であり得る。一部の実施形態では、関心のある物体に重複するように同期走査線を考慮深く選択することにより、この視差が少ない帯を関心のある物体の中心に置くことができる。

#### 【0075】

道路上で遭遇する様々な種類の物体（例えば垂直物体、移動物体、路面に近い低い物体等）は、取得される画像の視差に関して異なるように振る舞い得る。従って、同期走査線の選択は、シーン内（例えば重複領域 270 内）の関心のある物体の種類によって決まり得る。  
30

#### 【0076】

上記のように、同期線の位置は調節することができる。特定の線の同期は、任意の特定の行を選択することを、ことによると可能にする、基本的な同期技術を提供する任意の画像捕捉装置 110、120 上で実行することができる。しかし、1 本の線しか同期できない場合、あらゆる状況用の 1 本の最適な線がない場合がある。つまり、2 つ以上の画像フレーム間で同期されている線を切り替えることが有用であり得る。被選択同期走査線のかかる調節は、任意の適切な技法によって実現することができる。  
40

#### 【0077】

例えば、一部の実施形態では、ナロー F O V 画像捕捉装置 120 の垂直帰線期間がフレーム間で調節されても良い。一部の実施形態では、画像捕捉装置 120 による画像の取得が画像捕捉装置 110 に遅れ、その後追い付くように垂直帰線期間を選択することができ、そのため、異なる画像フレーム内で異なる線が同期される。別の実施形態では、ナロー F O V 画像捕捉装置 120 の垂直帰線を、画像捕捉装置 110 に対して所望の差に設定することができる。例えば、画像捕捉装置 120 の垂直帰線期間がワイド F O V 画像捕捉装置 110 よりも 100 ライン少ない場合、その後の全てのフレーム内で同期線の位置が或る程度異なる（例えば  $y = -100$ ）。  
50

## 【0078】

一例では、同期線の選択が車速に依存するようにシステムを構成することができる。別の例では、選択された第1の走査線及び選択された第2の走査線の両方が、(例えば関心のある物体が位置し得る)車両から離れた所定の距離に対応するようにシステムを構成することができる。

## 【0079】

上記のように、画像捕捉装置110と120との間で1本の走査線だけが同期され且つ空間的に整列される場合、同期線からの距離が増すにつれ、その同期線よりも上の及び下の線が徐々に同期しなくなる可能性があり：

$$t(y) = (y - y_0) T_L \quad (1)$$

10

但し $y_0$ は、正しく同期されている両方の画像内の1本の線とすることができる、 $T_L$ は次式で表わすことができ：

$$T_L = 2T_{Ln} - T_{Lw} \quad (2)$$

但し $T_{Ln}$ はナローカメラ120の線のタイミングとすることができます、 $T_{Lw}$ はワイドカメラ110の線のタイミングとすることができます。多くの場合、 $T_{Ln} = T_{Lw}$ であり、 $T_L$ は1本の線のタイミング(例えば1/45,000 sec)であり得る。

## 【0080】

更に、上記のように1本の線しか同期できない場合、その線は特定の用途の要件に基づいて選ぶことができる。例えば、路面の用途では $y = -100$ 前後の同期線が有利であり得る。水平線に近い行は、全般的な物体検出に有用であり得る。従って、2つ又は3つ(若しくはそれを上回る数)の設定間、例えば行 $y = 0$ と行 $y = -100$ との間で同期される線を切り替えることが有用であり得る。

20

## 【0081】

2台の撮像装置が第1の撮像装置の行に同期されると仮定する特定の例では、共通画像の中心線( $y = 0$ )を同期することができる。ナローFOV装置120の垂直帰線期間がワイドFOV装置110よりも100ライン長い場合、次のフレームでは、線 $y = -100$ が同期され得る。変更を加えない場合、次のフレームでは線 $y = -200$ が同期され、その後も同様に続き得る。これはやがて循環する場合があり、線 $y = 0$ が慎重に再び同期し得る。例えば、1000本の線があり、垂直帰線が500本の線である場合、この循環は15フレーム後に起こり得る。

30

## 【0082】

別の例では、システムが、ナローFOV装置120の垂直帰線を、ワイドFOV装置110よりも100ライン少なく設定することができる(例えば400ライン対500ライン)。この設定は変えてはならないが、ナローFOVカメラ120の全ての第2のフレームが、ワイドFOVカメラ110に再同期される。ワイドFOVカメラ110は、自走(マスターとも呼ぶ)とすることができます。Aptina 1M Pixelセンサでは、トリガピンを使用して同期を行うことができる。トリガピンは、第2のフレームの読み出し後(例えば $y = -100$ が同期される場合)に「0」に設定することができる。ワイドFOVカメラ110からの読み出しが開始のNライン前に、トリガピンを「1」に設定することができる。Nは、ナローFOVカメラ120内で設定される積分時間の長さによって決定され得る。Nが小さい場合、垂直帰線中にトリガピンを下げる及び上げる時間があり得る。夜の条件及び非常に長い積分時間では、ナローFOVカメラ120が、フレームを飛ばさなければならないことがある。

40

## 【0083】

一実施形態では、第1の画像の第1の重複部分の少なくとも第1の領域を、第2の画像の第2の重複部分の対応する第2の領域に対して相關させることができ、第2の画像の取得に関連する第2の走査線と同期すべき第1の画像の取得に関連する第1の走査線を選択すること、並びに第1の画像の第1の重複部分内の、及び第2の画像の第2の重複部分の対応する領域内の水平帯内で高密度奥行マップの計算を行うことを含むようにシステムを構成することができる。水平帯が少なくとも100画素の幅を表すようにシステムを構成して

50

も良い。

**【0084】**

次いでシステムは、画像の様々な帯を設定ごとに処理することができる。フレームごとに全画像を処理することの計算コストが高すぎる可能性がある場合、最適化された帯を処理することが、実行可能な代替策であり得る。一例では、次いで画像の様々な帯を、画像捕捉装置110、120の設定ごとに処理することができる。

**【0085】**

第1の画像の第1の重複部分の少なくとも第1の領域を、第2の画像の第2の重複部分の対応する第2の領域に対して相関させることができ、第1の画像の第1の重複部分と第2の画像の第2の重複部分との間の高密度オプティカルフローを計算すること、及び高密度オプティカルフローを使用して第1の画像又は第2の画像の少なくとも1つをワープさせることを含むようにシステムを構成することができる。システムは、相関関係を確立するために、第1の画像内の物体特徴を第2の画像内の物体特徴に対してマッチするために取得画像を処理することができる。システムは、画素ごとの奥行情報を含む視差マップを作成することができる。特に、視差マップの計算は、撮像装置110及び120の情報を組み合わせることを含み得る。視差は、第1の画像及び第2の画像内の対応する点の×座標間の距離を典型的には画素単位で表し得る。第1の画像及び/又は第2の画像内の画素ごとに、視差マップは画像点の視差及び奥行情報を含み得る。システムは、様々な分解能で視差画像を生成することができる。

**【0086】**

一例では、システムは画像捕捉装置110及び120の奥行マップを求めて、シーン内の物体に関連する奥行情報を得ることができる。或る分解能における視差画像を用いて生成される奥行マップは、別の分解能における視差画像から生成される奥行マップと異なり得る。奥行マップは、シーン内の点までの奥行きを各画素値が示す、二次元画素配列とすることができる。

**【0087】**

第2の複数の画像の少なくとも1つのフレームとの同期を実現するために、第1の複数の画像の少なくとも1つのフレームをワープせしめるようにシステムを構成することができる。所定の位置における対象平面のホモグラフィによって第2の画像を前処理するように、少なくとも1個の処理装置が更に構成されるようにシステムを構成することができる。

**【0088】**

第1の画像の第1の重複部分の少なくとも第1の領域を、第2の画像の第2の重複部分の対応する第2の領域に対して相関させることができ、第1の画像又は第2の画像の少なくとも1つを速度依存関数に従ってプレワープすることを含むようにシステムを構成することができ、プレワープは車両の移動に関連するホモグラフィ行列を計算すること、及び第1の画像又は第2の画像の少なくとも1つの、線のスキーに関連するホモグラフィを計算することによって実現される。

**【0089】**

別の実施形態では、解決策は、複数のカメラのうちの1台の連続フレーム間の高密度オプティカルフロー( $u, v$ )を計算し、各線が他のカメラと正確に同期されている場合に予期されるものであるように、そのフローを使用してフレームの1つをワープすることであり得る：

**【数4】**

$$u(y) = u \frac{y}{T_p} \quad (6)$$

$$v(y) = v \frac{y}{T_p} \quad (7)$$

**【0090】**

このシステムの一実施形態は、例えば垂直物体までの奥行測定に関係する場合があり、

10

20

30

40

50

同期する線を選ぶこと、及びその線の周囲  $\pm 100$  画素等の水平帯内で高密度奥行マップの計算を行うことを含み得る。選択される線は車速に依存し得る。選択される線は、特定の対象の位置に依存しても良い。ナローFOV画像を対象平面のホモグラフィによって前処理し、水平線に沿って探索を行うことができる最小操作奥行 (minimum operating depth) を大きくすることができます。より近い対象に対応する大きい視差をマッチするとき、隣接する線を探索してマッチを求めることが可能である。エピポーラ線の小さな相違を更に許容するために、消失点 (FOE) を推定することができる。FOEが分かっている場合、時間のずれを考慮に入れて距離推定値について解くことが可能であり得る。車両が主に前方向に動く場合、FOEの小さな誤差が大幅な補正を可能にし得る。ほぼ全範囲において、誤差を 1 m 未満に減らすことができる。車両の回転を画像から、又は慣性センサから測定することができ、正確にモデル化することができる。

#### 【0091】

一例では、システムが、 $B = 0.06\text{m}$  のステレオ基線、 $f = 1600$  画素のワイドカメラ 110 の焦点距離 (例えば 6 mm のレンズ及び 3.75  $\mu\text{m}$  の画素を有するカメラ) 、及び 3200 画素のナローカメラ 120 の焦点距離 (例えば 12 mm のレンズ及び同じ画素) を有し得る。或る構成では、ステレオ基線を  $B = d_x$ 、 $d_h = d_z = 0$  とすることができます。ナローFOV画像は、フルフレームで捕捉し、実効焦点距離を同じ 1600 画素に減らすソフトウェアによってサブサンプリングすることができる。ワイドカメラ 110 の線のタイミングは、 $T_{Lw} = 1 / 45\text{ msec}$  とすることができます、この速度はセンサが提供可能な限り速いものとすることができます、フレーム内の最小限の時間のずれをもたらし得る。その場合、システムは  $T_{Ln} = T_{Lw}$  を行うことができる。

#### 【0092】

$Z_1$  の距離にある静的対象では、予期される視差はエピポーラ線に沿う

$$d = f * B / Z_1 \quad (8)$$

であり得る。画像が修正されたと仮定し、これらの線は画像行とすることができます、マッチングは一次元探索であり得る。ホスト車両が V の速度で対象に向かって動いている場合、画像点は、

#### 【数 5】

$$dx' = (x_1 - x_{ep}) \frac{dZ}{Z_1} \quad (9)$$

$$dy' = (y_1 - y_{ep}) \frac{dZ}{Z_1} \quad (10)$$

のレートで消失点 (FOE) から離れる場合があり、但し ( $x_{ep}$ ,  $y_{ep}$ ) が FOE であり得る。但し、次式のように、 $dZ$  は画像行に依存することができます：

$$dZ(y) = t(y)V = (y_2 - y_1)T_L V \quad (11)$$

#### 【0093】

今度は、第 2 の画像内の対応する点 ( $x_2$ ,  $y_2$ ) を次式のように与えることができる：

#### 【数 6】

$$x_2 = x + dx' + \epsilon_1 \quad (12)$$

$$= f * B / Z_1 + (x_1 - x_{ep}) \frac{(y_2 - y_1)T_L V}{Z_1} + x_1 \quad (13)$$

及び

## 【数7】

$$\text{約} \approx dy' + y_1 \quad (14)$$

$$\approx (y_i - y_{ep}) \frac{(y_2 - y_1) \delta T_L V}{Z_i} + y_i \quad (15)$$

## 【0094】

ここでは、 $y \in p$  が非ゼロである可能性があつても、 $y \in p = 0$  と仮定することができる。等式15は、 $y_1$  の関数として $y_2$ について解くことができる：

## 【数8】

$$y_2 = \frac{\frac{y_1^2 \delta T_L V}{Z}}{1 + \frac{2y_1 \delta T_L V}{Z}} \quad (16)$$

10

## 【0095】

距離に依存する $y$ のシフトにより、相関関係を見つけることがグローバルシャッターの事例又は静的な事例よりも難しい可能性がある。相関関係が見つかると、 $x$ のシフトによって引き起こされる視差誤差が距離推定値の著しい誤差を引き起こす場合がある。これらの問題は、本システムの様々な実施形態の中で論じるように軽減することができる。

## 【0096】

図4は、車両から様々な距離にある対象の同期線からの画像内の点の変位の一例である。一例では図4は、 $V = 30 \text{ m/s}$ と仮定し、車両から様々な距離値にある対象の $y$ の変位を示す。

20

## 【0097】

例えば図4に示すように、FOEは、(0, 0)の( $x \in p$ ,  $y \in p$ )にあり得る。車両 $Z$ から様々な距離、例えば $Z = 2.5 \text{ m}$ (410),  $Z = 5 \text{ m}$ (420),  $Z = 10 \text{ m}$ (430),  $Z = 20 \text{ m}$ (440)、及び $Z = 30 \text{ m}$ (450)にある対象について、-250画素から250画素の間の $y_1$ の値の結果が示されている。行ごとに、 $V$ 及び $Z$ に依存することができ、

## 【数9】

$$\frac{2y_1 \delta T_L V}{Z}$$

30

の小値に関して、 $y_1$ のほぼ二次方程式(almost quadratic in  $y_1$ )とすることができます、 $y_2$ の一定の変位があり得る。 $y_2$ のシフトは正(又はローリングシャッターの向きに応じて負)であり得る。 $y_2$ のシフトはゼロ平均にはなり得ない。

## 【0098】

一例では、第1の画像内の対象の $y$ 座標を表すことができる値 $y_1$ を所与とすることができます。第2の画像内の対応する対象の $y$ 座標を $y_2$ で表わすことができる。十分に同期され、修正されたシステムでは、 $y_2$ が $y_1$ に等しい場合がある。第2の画像内の対応する対象が同じ行の上にあっても良い。しかし、画像捕捉装置の前進移動により、第1の画像及び第2の画像がFOEから放射状に外れてフローする場合がある。時間差により、第1の画像内の対象が、第2の画像内の対応する対象よりも多く移動している可能性がある。第1の画像及び第2の画像における外向きのフロー(outward flow)は異なる場合があり、 $y_2$ が $y_1$ と異なる原因になり得る。

40

## 【0099】

10mを上回る距離にある対象では、同期線 $y_0$ から $\pm 100$ 画素の領域内の $y_2$ の変位は1画素未満とすることができます、エピポーラ線に沿った探索が機能し得る。その領域を超えると、変位が大きくなる可能性があり、探索が二次元になる場合があり、FOEに依存し得る。例えば、約5mの距離にある対象では、同期線 $y_0$ から $\pm 100$ 画素の領域内の $y_2$ の変位は1.5画素に近い可能性がある。別の例では、約2.5mの距離にある対象では、同期線 $y_0$ から $\pm 100$ 画素の領域内の $y_2$ の変位は2.5~3画素に近い可能

50

性がある。

#### 【0100】

図5は、車両から所与の距離にある対象に関する奥行推定値の一例である。一例では、図5は、30m/sの車両前進移動に関する、10mにある対象の奥行推定値を示し得る。分かっている奥行きを使用し、画像のx位置を横方向距離に変換することができる。行、車速、及び対象距離に同様に依存する、視差の著しい誤差があり得る。

#### 【0101】

図5による別の例では、同期された行の前後 - 100から100の間の水平方向の行(20画素ごと)の結果が示されている。例えば、同期された行から - 100画素(510)の水平方向の行、同期された行から100画素(592)の水平方向の行、同期された行から - 80画素(520)の水平方向の行、同期された行から80画素(591)の水平方向の行、同期された行から - 60画素(530)の水平方向の行、同期された行から60画素(590)の水平方向の行、同期された行から - 40画素(540)の水平方向の行、同期された行から40画素(580)の水平方向の行、同期された行から - 20画素(550)の水平方向の行、同期された行から20画素(570)の水平方向の行、及び0画素(560)の水平方向の行に関する結果が示されている。

#### 【0102】

図6は、対象平面のホモグラフィを用いて画像を前処理することを含むフィックス後の、様々な距離値に関するyの変位を示す。一例では図6は、10mにおける面について補正した後の、 $V = 30\text{ m/s}$ を仮定した様々な距離値に関するyの変位を示す。yのシフトは、ホモグラフィによって概算することができる。ナローFOV画像を10m等の何らかの中間距離についてホモグラフィによって前処理する場合、yの変位が±1画素未満である最低距離を5mまで減らし且つ/又は改善することができる。

#### 【0103】

例えば、10mを上回る距離にある対象では、同期線y0から±100画素の領域内のyの変位は - 1画素未満であり得る。約5mの距離にある対象では、同期線y0から±100画素の領域内のyの変位は1画素未満であり得る。別の例では、約2.5mの距離にある対象では、同期線y0から±100画素の領域内のyの変位が2画素に近い場合がある。

#### 【0104】

図7は、垂直物体の奥行測定を行うシステムで使用するための例示的プロセスを示す。別の実施形態では、同期するのに最適な線をシステムが選ぶことができる(ステップ710)。

#### 【0105】

10mにおける対象平面のホモグラフィにより、ナローFOV画像を前処理することができる(ステップ720)。このステップにより、水平線に沿って探索を行うことができる最小操作奥行を大きくすることができる。

#### 【0106】

次いで、システムは、その同期線の周囲±100画素等の水平帯内で高密度奥行マップの計算を行うことができる(ステップ730)。例えば、30m先の道路上の線に対応する画像線を同期しても良い。

#### 【0107】

最適な線は速度に依存する場合があり、システムは2秒先の道路上の線に対応する線を同期しても良い。最適な線は、特定の対象の位置にも依存し得る。

#### 【0108】

より近い対象に対応するより大きい視差をマッチするとき(ステップ740)、システムは隣接する線のマッチを探索することができる(ステップ741)。

#### 【0109】

エピポーラ線の小さな相違を更に許容するために、FOEを推定することができる(ステップ750)。このプロセスは、エピポールを検出する際の小さな誤差に対して非常に

10

20

30

40

50

敏感でなくても良い。

#### 【0110】

F O E が分かっている場合、時間のずれを考慮に入れ、等式 13 を Z について解くことが可能であり得る（ステップ 751）。車両の動きが主に前方向であり得るので、F O E の小さな誤差、更には  $x_{ep} = 0$  と取ることが大幅な補正を可能にし得る。

#### 【0111】

図 8 a は、車両の所与の前進移動及び横速度に関する、車両から所与の距離にある対象の奥行推定値を示す。例えば図 8 a は、30 m / s の車両前進移動及び  $V_x = 2 \text{ m} / \text{s}$  の横速度に関する、10 m にある対象の奥行推定値の一例を示し得る。

#### 【0112】

図 8 a による例では、同期された行の前後 - 100 から 100 の間の水平方向の行（20 画素ごと）の結果が示されている。例えば、同期された行から - 100 画素（810）の水平方向の行、同期された行から 100 画素（892）の水平方向の行、同期された行から - 80 画素（820）の水平方向の行、同期された行から 80 画素（891）の水平方向の行、同期された行から - 60 画素（830）の水平方向の行、同期された行から 60 画素（890）の水平方向の行、同期された行から - 40 画素（840）の水平方向の行、同期された行から 40 画素（880）の水平方向の行、同期された行から - 20 画素（850）の水平方向の行、同期された行から 20 画素（870）の水平方向の行、及び 0 画素（860）の水平方向の行に関する結果が示されている。

#### 【0113】

図 8 b は、前進車両移動、及び横速度なしの補正された奥行推定値を示す。一例では、図 8 b は、前進移動だけを仮定して（例えば  $V_x = 0$  と仮定して）補正された奥行推定値を示し得る。ほぼ全範囲において、誤差を 1 m 未満に減らすことができる。

#### 【0114】

図 8 b による例では、同期された行の前後 - 100 から 100 の間の水平方向の行（20 画素ごと）の結果が示されている。例えば、同期された行から - 100 画素（811）の水平方向の行、同期された行から 100 画素（896）の水平方向の行、同期された行から - 80 画素（821）の水平方向の行、同期された行から 80 画素（895）の水平方向の行、同期された行から - 60 画素（831）の水平方向の行、同期された行から 60 画素（894）の水平方向の行、同期された行から - 40 画素（841）の水平方向の行、同期された行から 40 画素（881）の水平方向の行、同期された行から - 20 画素（851）の水平方向の行、同期された行から 20 画素（871）の水平方向の行、及び 0 画素（861）の水平方向の行に関する結果が示されている。

#### 【0115】

別の態様では、車両の回転を画像から、又は慣性センサから測定することができ、正確にモデル化することができる。次いで、例えばナロー F O V 画像を補正することができる。ヨーが水平スキューを引き起こす場合がある。ピッチが、同期線の周りで垂直圧迫又は垂直方向の伸びを引き起こす場合がある。

#### 【0116】

このシステムの別の実施形態は、道路地物までの距離を推定することに関係することができ、速度依存関数に従ってナロー F O V 画像をプレワープすることを含み得る。より一般的な手法は、（1）路面上の車両の移動によるホモグラフィ行列を線のタイミングごとに計算すること、（2）その線のスキューのホモグラフィを線ごとに計算すること、及び（3）線のホモグラフィに従ってその線をワープすることを含み得る。各線のホモグラフィは、（1）或るフレームと次のフレームとの間の時間差のホモグラフィ行列を計算すること、（2）ホモグラフィによる画像の動きを計算すること、及び（3）時間スキューに応じて線ごとにその動きの一部を用いてワープすることによって概算することができる。ホモグラフィ行列は、連続した 2 つのナロー F O V 画像からも直接推定することができる。補正が必要な場合があり、他の実施形態で説明したように行うことができる。同期される画像行を最適化することにより、路面推定について改善された成果を得ることができる

10

20

30

40

50

。

## 【0117】

一例では、2台のカメラを路面から1.25mのバックミラー付近に装着することができる。車速を30m/sとすることができる。車の前進移動により、画像内の道路上の点が下向き及び外向きのフローに遭遇する場合がある。フローの程度は時間差と共に増加し、その点における路面までの距離に反比例して増加し得る。後者の距離は、画像行に反比例し得る：

## 【数10】

$$z = \frac{-H}{y}$$

(10)

10

## 【0118】

図9は、時間遅延がない場合及び時間遅延がある場合の、カメラの基線により路面上で予期される視差を示す。具体的には図9は、路面のステレオ視差のシミュレーションを示し、つまり、静的シーン並びに時間遅延及び前進移動による現在位置を仮定し、広角カメラによる原点、ナローカメラによるマッチする座標を示す。時間遅延は、同期線 $y = 0$ から直線的に増加し得る。

## 【0119】

図10は、画像行に応じた、時間遅延及び前進移動による $y$ 方向のシフト（曲線1010）を示す。曲線1010は三次関数とすることができます。19m先とすることができる行 $y = -100$ までは、 $y$ のシフトが非常に小さい（0.5画素未満の）可能性がある。行 $y = -100$ 未満では、システムが探索空間内で何らかの調節を行う必要があり得る。

20

## 【0120】

例えば、行0から行-124の間では、システムは( $x_1, y_1$ )を中心を置く対象を行( $y_2 = y_1$ )に沿って探すことができ、行-125から行-170の間では、システムは1行下（例えば $y_2 = y_1 - 1$ ）を探すことができ、行-170から行-190の間では、システムは2行下（例えば $y_2 = y_1 - 2$ ）を探すことができ、行-190から行-220の間では、システムは3行下を探すことができ、その後も同様に続く。

## 【0121】

別の例では、探索行を切り替えるのではなく、システムが図10の関数に従って第2の画像をワープしても良い。このワーピングは、第2の画像を圧縮すること及び/又は修正すること（例えばグローバルシャッターの場合と同様の修正）を含み得る。ワーピング関数の数及びワーピングを伴う場合がある画像ぶれを減らすために、2つのワープを単一のマッピングに組み合わせることができる。第2の画像のワーピングは、比較的円滑な移行を与える。

30

## 【0122】

図11は、道路地物までの距離を推定するためにシステムで使用するための例示的プロセスを示す。例えば、或る解決策では、プロセッサ130が、速度依存 $y$ シフト関数に従ってナロー画像を垂直にプレワープすることができる（ステップ410）。10m等の特定の距離を仮定し、プレワープすることには利点があり得る。

40

## 【0123】

より概略的な手法は、路面上の車両の移動によるホモグラフィ行列 $H$ を線のタイミング $T_L$ ごとにプロセッサ130が計算すること（ステップ420）とすることができる：

## 【数11】

$$H_n(T_L) = K \left( R^{-1} + \frac{\vec{T} \vec{N}^T}{d_x} \right) K^{-1}$$

(11)

但し、 $R$ 及び $T$ は、（例えば慣性センサや速度計から取られる）時間 $T_L$ 内の動きに関する変換行列及び回転行列である。理論上、面法線 $N$ も、それぞれの線単位で $R$ によって

50

修正することができる。次いでこの手法は、プロセッサ 130 がその線のスキーのホモグラフィを線ごとに計算すること（ステップ 430）を含み得る：

$$H(y) = H(T_L)^y \quad (19)$$

#### 【0124】

次いでこの手法は、プロセッサ 130 が、その線のホモグラフィに従ってその線をワープすることを含み得る（ステップ 441）。プロセッサ 130 は、或るフレームと次のフレームとの間の時間差のホモグラフィ行列を計算し（ステップ 442）、ホモグラフィによる画像の動きを計算し（ステップ 450）、時間スキーに応じてその動きの一部を用いて線ごとにワープすること（ステップ 460）によって線のホモグラフィを概算することができる。プロセッサ 130 は、連続した 2 つのナロー FOV 画像からホモグラフィ行列を直接推定することもできる。

#### 【0125】

図 12a は、車両の前進移動及び時間遅延によって引き起こされる画像内の様々な行の視差誤差を示す。具体的には、この図面は -20（ほぼゼロ）から始まり -240（画像のエッジにおける 6 画素を上回る誤差）まで 20 画素ごとに、画像行の時間遅延による視差誤差を示す。例えば、水平方向の行 -20 画素（1210）、水平方向の行 -40 画素（1220）、水平方向の行 -60 画素（1230）、水平方向の行 -80 画素（1240）、水平方向の行 -100 画素（1250）、水平方向の行 -120 画素（1260）、水平方向の行 -140 画素（1270）、水平方向の行 -160 画素（1280）、水平方向の行 -180 画素（1290）、水平方向の行 -200 画素（1291）、水平方向の行 -220 画素（1292）、及び水平方向の行 -240 画素（1293）の結果が示されている。

#### 【0126】

図 12b は、その行上の視差の一部としての視差誤差（つまり真の視差）を示す。改善された結果を得るために、補正が必要な場合があり、他の実施形態で説明したように視差に対して行うことができる。同期され得る画像行を最適化することにより、路面推定について改善された成果を得ることができる。例えば、水平方向の行 -20 画素（1211）、水平方向の行 -40 画素（1221）、水平方向の行 -60 画素（1231）、水平方向の行 -80 画素（1241）、水平方向の行 -100 画素（1251）、水平方向の行 -120 画素（1261）、水平方向の行 -140 画素（1271）、水平方向の行 -160 画素（1281）、水平方向の行 -180 画素（1295）、水平方向の行 -200 画素（1296）、水平方向の行 -220 画素（1297）、及び水平方向の行 -240 画素（1298）の結果が示されている。

#### 【0127】

図 13 は、所与の行が同期されている場合の、時間遅延及び前進移動による予期される  $y$  のシフトの一例である。一例では、図 13 は、行 -100 が同期される場合の時間遅延及び前進移動による予期される  $y$  のシフト（曲線 1320）、及び行 0 が同期される場合の時間遅延及び前進移動による予期されるシフト（曲線 1210）を示す。行 -100 は、車の約 20 m 先の行上の線に対応し得る。かかる行を選ぶことには利点があり得る。第 1 に、 $y$  のシフトが 0.5 画素未満である領域を -150 まで増やすことができる。第 2 に、行 -100 が今や完全に同期できることを所与とし、この行についての距離測定値が正確である可能性があり、そのように正確であることは、路面に対する車両のピッチの優れた推定値をもたらし得る。このことは、垂直方向のプレワープを改善するために、更には  $x$  の視差補正を改善するためにも使用することができる。

#### 【0128】

一例では、画像のワープが、等式  $Z = f^* H / (y - y_0)$  に基づき得る。水平線 ( $y_0$ ) が線  $y = 0$  にあると仮定した場合、 $Z = f^* H / y$  が成立する。 $y_0$  が分かっている場合、システムは  $y' = y - y_0$  について解き、次いで  $Z = f^* H / y'$  について解くことができる。他の例では、 $y_0$  が分かっていない場合があり、例えば車両のピッチの移動によってフレーム間で変動し得る。そのような場合、視差を使用し、行 -100 における

10

20

30

40

50

距離  $Z_{100}$  を用いて  $y_0$  を推定することができる :  $(y_{100} - y_0) = f^* H / Z_{100}$ 、即ち  $y_0 = y_{100} - f^* H / Z_{100}$ 。調節された  $y_0$  は、より優れた補正ワーク、従ってより優れた  $\times$  視差の補正を与えることができる。

#### 【0129】

別の実施形態は、横方向に移動する物体又は任意のソースからの移動視差に関することができ、複数のフレームを使用することにより誤差を減らすことを含み得る。概して横方向の視差は、静的シーン上で測定される真の視差と、移動による視差とに分けることができる。移動視差は、ナローFOVカメラ及びワイドFOVカメラ内の行間の時間スキーに対して、ほぼ直線性を有することができる。分かっている2つの異なる時点における横方向の視差は、2つの未知数（移動視差及び真の視差）の2つの線形方程式を与えることができ、真の視差をもたらすために解くことができる。2つのサンプルは、例えば2つの異なるフレーム内の、ワイドFOV画像内で見られる物体上の特徴と、ナローFOVカメラ内で見られる同じ物体上の特徴との間で得ることができる。2つのサンプルは、異なる行上の物体上の2つの点からも得ることができ、それらの行ではそれらの点について同じ奥行きが予期される。この方法の改变形態は、同じカメラからの2つの画像間の或る特徴のオプティカルフロー又は高密度フローを計算することを含み得る。

#### 【0130】

一例では、速度  $V_x$  で横方向に移動している物体が、基線による静的視差  $d_B$  に誤差  $d_{v_x}$  を生じさせる場合がある。合計視差値は、次式に等しいものとすることができます :

#### 【数12】

$$d = d_B + d_{v_x} = \frac{fB}{Z} + \frac{\delta t(y)V_x}{Z} = \frac{fB}{Z} + \frac{fy\delta T_L V_x}{Z} \quad (20)$$

奥行きの精度は、比率 :

#### 【数13】

$$\frac{d_{v_x}}{d_B} = \frac{y\delta T_L V_x}{B} \quad (21)$$

に関係し得る。

#### 【0131】

誤差は、行に沿って一定であり、同期された行からの行の距離に関して直線的であり得る。

#### 【0132】

ゆっくりと動く対象の妥当性検証では、視差誤差が大きくなない場合がある。図14aは、行( $y$ )の関数としての、基線による真の視差に対する移動による視差誤差の比率の一例である。一例では、図14aは、物体が  $2 \text{ m/s}$  で横方向に移動しており（低速走行）、 $0.06 \text{ m}$  の基線の場合の、行( $y$ )の関数としての（基線による真の視差に対する移動による視差誤差の）比率を示す（曲線1410）。誤差率は、奥行きに関して予期される誤差とすることができます、画像の上部及び下部では約  $15\%$  の最大値に到達し得る。この用途では、この比率は許容可能と見なすことができる。何れにせよ、歩行者は、誤差がかなり少ない可能性がある中央領域内に概していることができる。

#### 【0133】

速く動く対象の妥当性検証では、複数のフレームを使用して正確な結果を与える方法について説明する。図14bは、物体が横方向に移動している場合の、基線による真の視差に対する移動による視差誤差の比率の一例である。一例では、図14bは、物体が  $15 \text{ m/s}$  で横方向に移動している場合（例えば  $50 \text{ km/h}$  で横切る車）の、基線による真の視差に対する移動による視差誤差の比率を示す（曲線1420）。この比率は、ナロー帯を除く全ての帯で  $20\%$  を上回り得る。複数のフレームを使用することにより、誤差を大幅に減らすことができる。

10

20

40

50

## 【0134】

図15は、移動視差がある場合にシステムで使用するための例示的プロセスを示す。概して横方向の視差は、ホスト車両又は物体の静的シーン上で測定される真の視差と、移動による視差とに分けることができる（ステップ510）。移動による視差は、ナローFOVカメラ120及びワイドFOVカメラ110内の行間の時間スキーに対して、ほぼ直線性を有することができる（ステップ520）。（分かっている）2つの異なる時点における横方向の視差は、2つの未知数、真の視差及び移動視差の2つの線形方程式を与えることができ（ステップ530）、真の視差をもたらすために解くことができる（ステップ540）。2つのサンプルは、例えば2つの異なるフレーム内の、ワイドFOV画像内で見られる物体上の特徴と、ナローFOVカメラ内で見られる同じ物体上の特徴との間で得ることができる。2つのサンプルは、異なる行上の物体上の2つの点からも得ることができ、それらの行では、垂直支柱のエッジ等、それらの点について同じ奥行きが予期される。この方法の改変形態は、同じカメラからの2つの画像間の或る特徴のオプティカルフロー（u）又は高密度フローを計算することであり得る。次いで、

## 【数14】

$$d_{Vx} = \frac{y \delta T_L u}{T_F} \quad (22)$$

によって移動視差を求めることができ、但しTFは、帰線消去を含む1つのフルフレームの時間である。このことは、横方向に移動する物体だけでなく、任意のソースからの移動視差にもほぼ当てはまり得ることに留意すべきである。

## 【0135】

更に、本明細書では例示的実施形態を説明してきたが、均等の要素、修正、省略、（例えば様々な実施形態にわたる側面の）組合せ、適合、及び／又は改変を有する任意の及び全ての実施形態の範囲が本開示に基づいて当業者によって理解される。特許請求の範囲における限定は、特許請求の範囲の中で使用する言語に基づいて広義に解釈すべきであり、本明細書内で又は本願の出願手続き中に説明される例に限定されない。例は非排他的と解釈すべきである。更に、開示したルーチンのステップは、ステップを並べ替えること及び／又はステップを挿入し若しくは削除することを含む任意の方法で修正することができる。従って、本明細書及び例は専ら例示的と見なされることを意図し、真の範囲及び趣旨は添付の特許請求の範囲及びその均等物の全範囲によって示す。

【図 1 a】

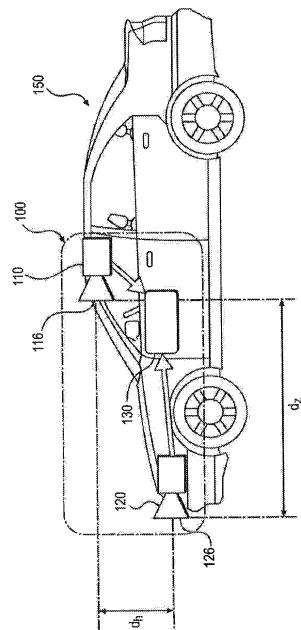


FIG. 1a

【図 1 b】

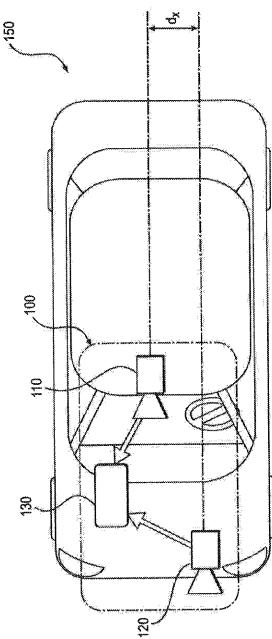


FIG. 1b

【図 1 c】

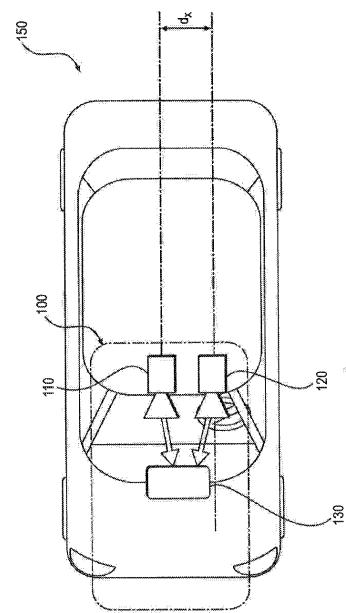


FIG. 1c

【図 2 a】

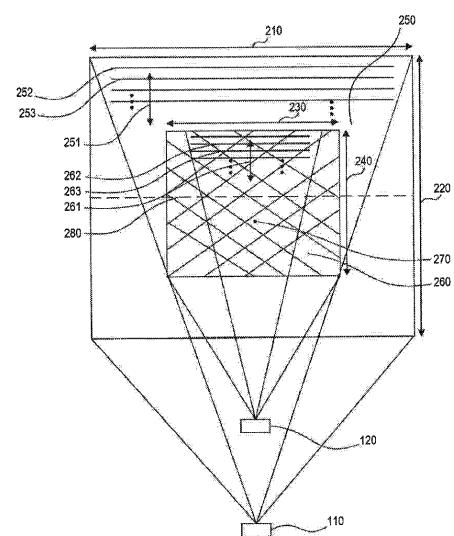


FIG. 2a

【図 2 b】

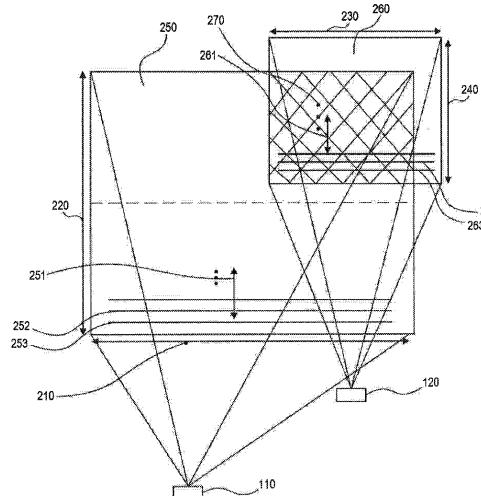
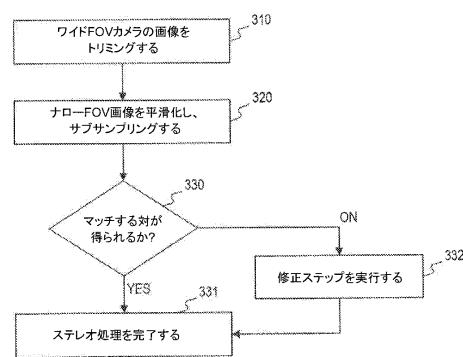
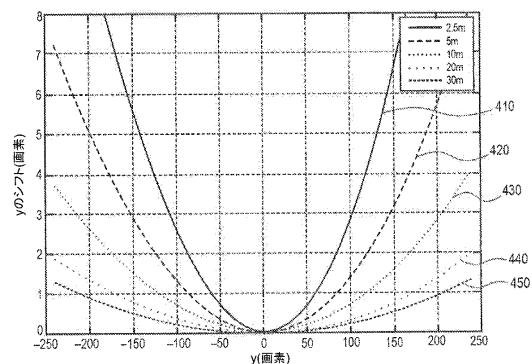


FIG. 2b

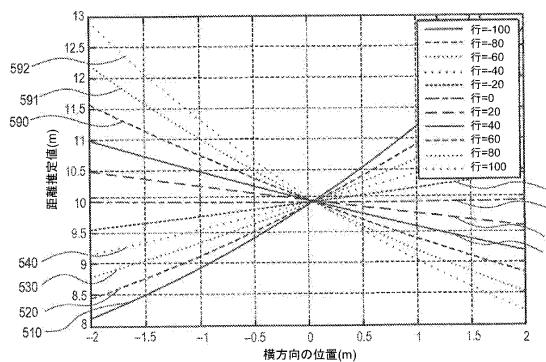
【図 3】



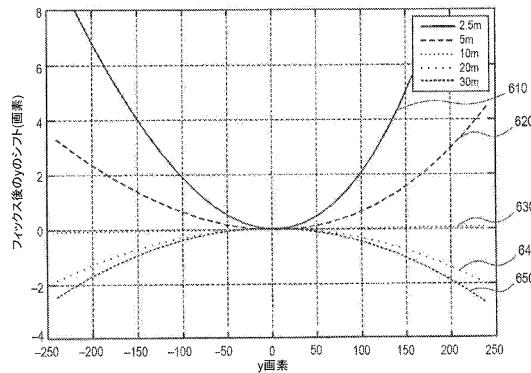
【図 4】



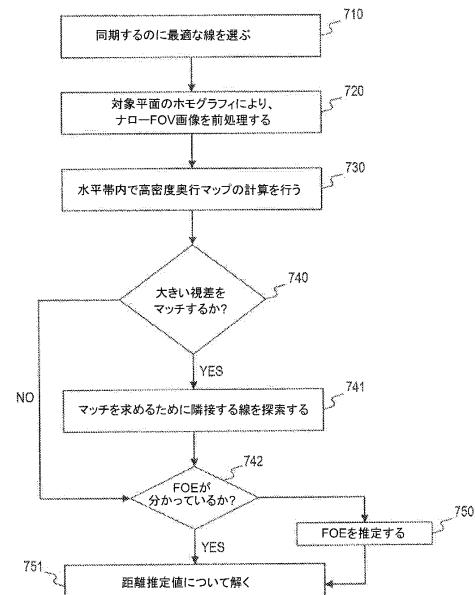
【図 5】



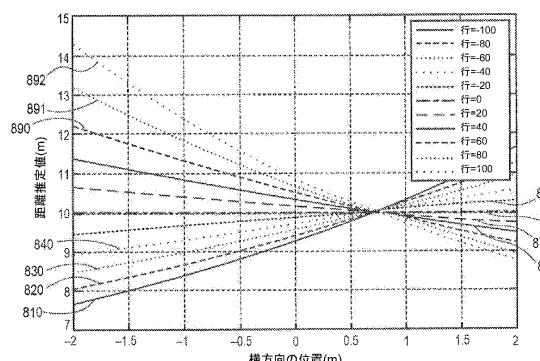
【図 6】



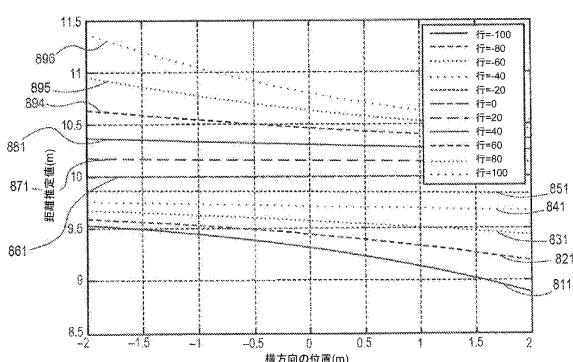
【図 7】



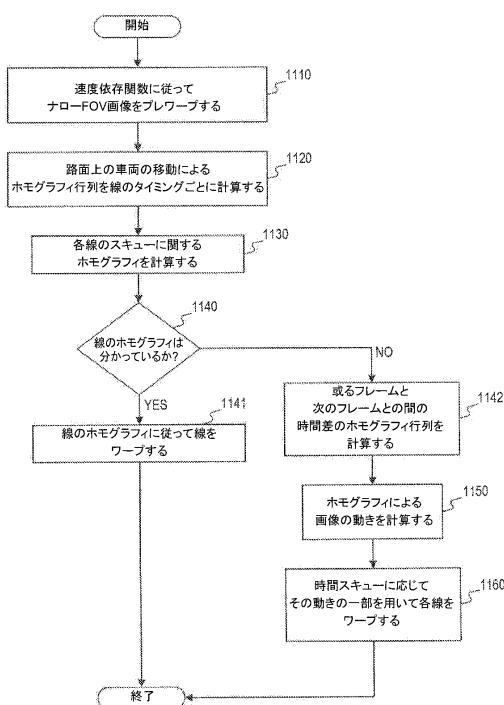
【図 8 a】



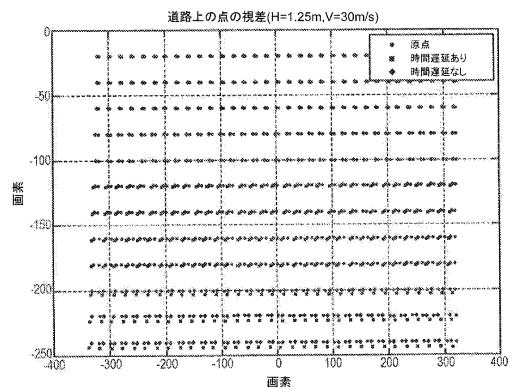
【図 8 b】



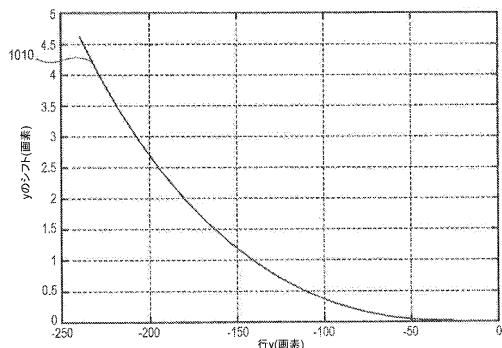
【 図 1 1 】



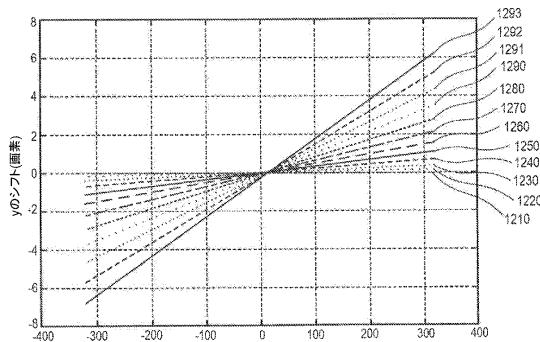
【図9】



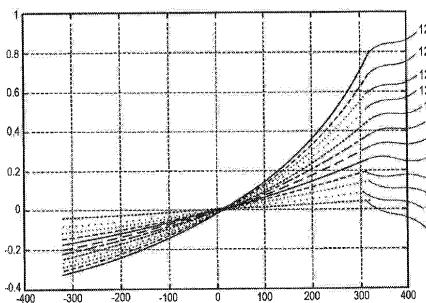
【図10】



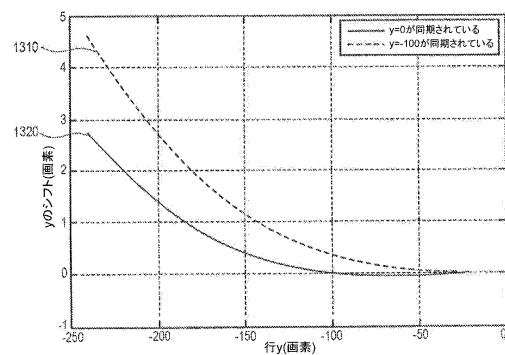
【図12a】



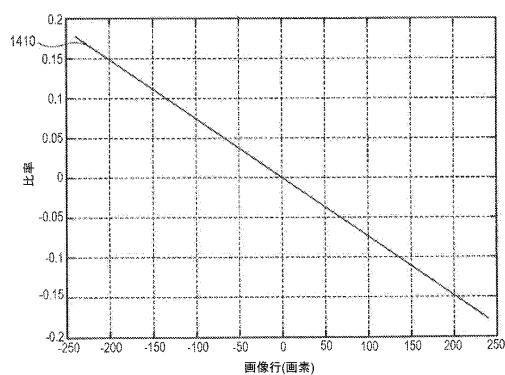
【図 1-2-b】



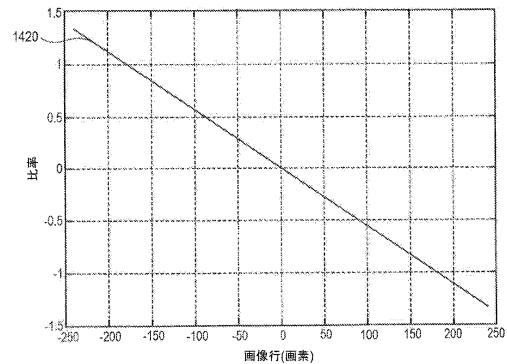
【図13】



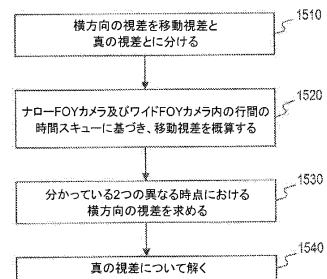
【図14 a】



【図14 b】



【図15】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I
G 0 3 B 35/08 (2006.01)	G 0 6 T 1/00 3 3 0 Z
G 0 3 B 7/091 (2006.01)	G 0 3 B 35/08
G 0 3 B 15/00 (2006.01)	G 0 3 B 7/091
G 0 1 C 3/00 (2006.01)	G 0 3 B 15/00 V
	G 0 3 B 15/00 H
	G 0 1 C 3/06 1 4 0
	G 0 1 C 3/00 1 2 0

(72)発明者 シュタイン, ギデオン  
イスラエル国, 9 6 2 6 3 エルサレム, シャハ- ロード 1 8

(72)発明者 ベルマン, エフィム  
イスラエル国, 9 6 3 0 8 エルサレム, カーモン 2 0 / 1 1

審査官 池田 剛志

(56)参考文献 特表2 0 1 1 - 5 1 2 7 3 5 (JP, A)  
特開2 0 1 2 - 1 9 8 0 7 5 (JP, A)  
特開2 0 0 4 - 0 3 2 2 4 4 (JP, A)  
特開2 0 1 1 - 1 6 0 2 9 9 (JP, A)  
特開2 0 0 5 - 2 1 0 2 1 7 (JP, A)  
米国特許出願公開第2 0 0 5 / 0 0 7 7 4 5 0 (US, A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0
G 0 1 C 3 / 0 0 - 3 / 3 2
G 0 3 B 3 5 / 0 0 - 3 7 / 0 6
H 0 4 N 5 / 2 2 2 - 5 / 2 5 7
1 3 / 0 0 - 1 7 / 0 6