

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 1 月 16 日(16.01.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/010293 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/00 (2006.01) *G06T 7/60* (2006.01)
G06T 7/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/062224
- (22) 国際出願日: 2013 年 4 月 25 日(25.04.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-157972 2012 年 7 月 13 日(13.07.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社日本自動車部品総合研究所 (NIPPON SOKEN, INC.) [JP/JP]; 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 Aichi (JP). 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 Aichi (JP). 国立大学法人名古屋工業大学 (NAGOYA INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒4660061 愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市 2 9 番 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 石丸 和寿 (ISHIMARU, Kazuhisa); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 今西 勝之 (IMANISHI, Masayuki); 〒4450012

愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 佐藤 淳 (SATO, Jun); 〒4660061 愛知県名古屋市昭和区御器所町字木市 2 9 番 国立大学法人名古屋工業大学内 Aichi (JP).

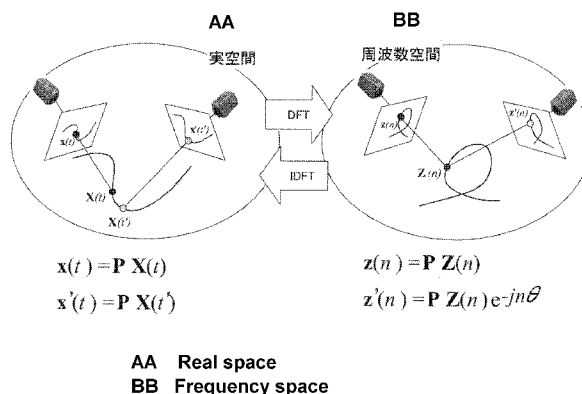
- (74) 代理人: 菊地 保宏 (KIKUCHI, Yasuhiro); 〒1600003 東京都新宿区本塩町 1 8 番地 4 M Y K 四ツ谷 2 階 よつや国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: POSITION DETECTION DEVICE AND POSITION DETECTION PROGRAM

(54) 発明の名称: 位置検出装置、および位置検出プログラム

[図2]



(57) Abstract: A position detection device, wherein an image coordinates group representing the coordinates of an object in captured images constituting a first captured image group composed of a plurality of captured images captured at a reference cycle representing a cycle determined in advance, and a second captured image group captured with a timing offset by an asynchronous time and the reference cycle. A first trajectory and a second trajectory indicating transition along a chronological sequence of the image coordinates obtained from the captured image group are each subjected to Fourier transform, whereby a first frequency waveform based on the first trajectory and a second frequency waveform based on the second trajectory are computed, and the position of an object is computed on the basis of a relationship in which the frequency waveforms are offset in phase by an amount corresponding to the asynchronous time.

(57) 要約:

[続葉有]



(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

位置検出装置においては、予め設定された周期を表す基準周期で撮像された複数の撮像画像からなる第 1 撮像画像群、および基準周期かつ非同期時間だけタイミングをずらして撮像された第 2 撮像画像群、を構成する各撮像画像中における対象物の座標を表す画像座標群をそれぞれ取得する。そして、各撮像画像群から得られた画像座標群の時系列に沿った遷移を示す第 1 軌跡および第 2 軌跡、をそれぞれフーリエ変換することで、第 1 軌跡に基づく第 1 周波数波形、および第 2 軌跡に基づく第 2 周波数波形を演算し、各周波数波形が非同期時間に応じた位相分だけずれた関係であることに基ついて対象物の位置を演算する。

明 細 書

発明の名称：位置検出装置、および位置検出プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、複数の撮像画像に基づいて撮像画像中の対象物の位置を検出する位置検出装置、および位置検出プログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来の位置検出装置として、同期した複数のカメラを用いて対象物の位置を検出する、いわゆるステレオカメラとしての構成を有するものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2006-047252号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記の従来の位置検出装置では、同期したカメラの撮像周期よりも分解能を向上させることができないという問題点があった。そこで、このような従来の問題点を鑑み、複数の撮像画像に基づいて撮像画像中の対象物の位置をより高精度に検出する位置検出装置、および位置検出方法を実現する位置検出プログラムを提供することを本発明の目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] かかる目的を達成するために成された請求項1に記載の位置検出装置において、画像座標群取得部は、予め設定された周期を表す基準周期で撮像された複数の撮像画像からなる第1撮像画像群、および第1撮像画像群の撮像タイミングに対して非同期時間だけタイミングをずらし、かつ基準周期で撮像された第2撮像画像群、を構成する各撮像画像中における対象物の座標を表す画像座標群をそれぞれ取得する。

[0006] また、位置演算部は、第1撮像画像群と第2撮像画像群とが非同期時間だ

けずれた関係であることに基づいて、各画像座標群から対象物の位置を演算する。また、請求項 2 に記載の位置検出装置において、周波数波形演算部は、第 1 撮像画像群から得られた画像座標群の時系列に沿った遷移を示す第 1 軌跡、および第 2 撮像画像群から得られた画像座標群の時系列に沿った遷移を示す第 2 軌跡、をそれぞれフーリエ変換することで、第 1 軌跡に基づく第 1 周波数波形、および第 2 軌跡に基づく第 2 周波数波形を演算する。そして、位置演算部は、第 1 周波数波形と第 2 周波数波形とが非同期時間に応じた位相分だけずれた関係であることに基づいて、対象物の位置を演算する。

[0007] すなわち、本発明の位置検出装置では、第 1 撮像画像群と第 2 撮像画像群とが非同期時間だけずれた関係であるために、対象物の位置の周波数特性に関する独立な情報を持っていることに着目して、この独立性を利用して対象物の位置を演算する。特に、請求項 2 に係る発明では、非同期時間だけタイミングをずらして撮像された各撮像画像群中の画像座標群の軌跡をフーリエ変換することで得られる各波形が、非同期時間に応じた位相分だけずれた関係であることに基づき対象物の位置を演算する。

[0008] したがって、このような位置検出装置によれば、各撮像画像が得られた時刻における対象物の位置を検出できるので、同期した撮像画像群に基づいて対象物の位置を検出する構成と比較して、より高精度に対象物の位置を検出することができる。

[0009] なお、本発明の位置検出装置においては、第 1 撮像画像群および第 2 撮像画像群に基づく画像座標群を取得するよう構成したが、第 1 撮像画像群および第 2 撮像画像群を取得する撮像画像群取得部（S 1 1 0）や、これらの各撮像画像群から画像座標群をそれぞれ抽出する画像座標群抽出部（S 1 4 0）を備えていてもよい。

[0010] また、本発明の位置検出装置は、第 3 撮像画像群や第 4 撮像画像群等に基づく画像座標群を利用してもよい。つまり、第 1 撮像画像群および第 2 撮像画像群に基づく画像座標群を取得する構成は本発明を実現するための必要最低限の構成であり、それに加えて第 3 撮像画像群や第 4 撮像画像群等に基づ

く画像座標群を利用することで、複数の撮像画像群に基づく画像座標群を取得できれば、本発明の効果を実現することができる。

[0011] また、本発明において位置演算部は、例えば、以下の手順で対象物の位置を検出すればよい。まず、各軌跡（第1軌跡および第2軌跡）をフーリエ変換し、周波数空間において周波数波形を特定する。そして、この周波数波形を逆フーリエ変換することで前記第1軌跡および前記第2軌跡を表す関数をそれぞれ求め、さらにこれらの関数に対象物の位置を求めたい時刻を代入することによって、前記対象物の位置を求める。

[0012] なお、請求項3に係る発明において平行配置とは、射影カメラの撮像中心軸の方向が互いに平行または略平行になっていることを示す。また、上記目的を達成するためには、上記位置検出装置の構成および機能をソフトウェアプログラムを用いて実現してもよい。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]一般のステレオ法を示す鳥瞰図（a）、および本発明の非同期ステレオ法を示す鳥瞰図（b）である。

[図2]本発明の原理を示す説明図であり、（a）は実空間での3次元点の軌跡を示す図、（b）は実空間での3次元点の軌跡をフーリエ変換後、周波数空間における3次元点へ投影した図である。

[図3]本発明が適用された位置検出装置1の概略構成を示すブロック図である。

[図4]図3に示す位置検出装置1内の演算部10が実行する位置検出処理を示すフローチャートである。

[図5]実験例において取得した画像モデルを時系列に並べた説明図である。

[図6]実験例においてフレーム番号と奥行き（距離）との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下に本発明にかかる実施の形態を図面と共に説明する。

[本発明の概要]

カメラ画像に基づく 3 次元復元法としてとしては様々な方法が提案されているが、図 1 (a) に示すように、複数のカメラの視差情報に基づくステレオ法が最も広く用いられている有用な方法である。通常、ステレオ法を用いてカメラ画像から 3 次元点を復元するためには、これらのカメラでは 3 次元空間中の同じ点を投影する必要がある。

[0015] このため、時間的に変化する動的なシーンを復元する場合には、複数のカメラ間において同期を取り、撮像タイミングを一致させる必要がある。撮像タイミングが一致した同期カメラの場合には、図 1 (a) に示すように、複数のカメラにおいて同じ 3 次元点を観測することができるため、得られた画像上の点には対応関係が存在し、3 次元点を復元することができる。

[0016] しかし、複数のカメラ間で撮像タイミングが一致している必要があるので、通常のステレオ復元においては、カメラのサンプリングレート以上の高周波成分は復元することができない。もしもカメラのサンプリング周波数の $1/2$ 以上の高周波成分を含む 3 次元運動をカメラで観測した場合には、3 次元復元結果にエイリアシングの問題が発生し、復元精度が低下する。

[0017] そこで本発明（第 1 実施形態）では、図 1 (b) に示すように複数のカメラ間において撮像するタイミングをわざとずらすことにより、撮像タイミングの一致した通常のステレオ法では復元できない高い周波数成分まで正確に 3 次元復元する手法および位置検出装置を提案する。提案法（本発明）では、同期しない（撮像タイミングのずれた）カメラの台数を 3 台、4 台と増やすにつれて、より高い周波数成分までを 3 次元復元することが可能となる。本明細書では、以降、撮像タイミングが一致したカメラを同期カメラと呼び、撮像タイミングが一致していない場合を非同期カメラと呼ぶことにする。

[0018] 図 1 (b) に示すように、撮像周期をわざとずらしたステレオカメラでは、従来のステレオカメラでは得られないより密度の高い情報を得ることができるが、これらのカメラはそれぞれ 3 次元空間中の異なる点を撮像しているため、得られた画像上の点には対応関係が存在しない。このため通常のステレオ復元法を用いて 3 次元復元することはできない。

[0019] しかし、本発明では、複数カメラにおける撮像タイミングのずれが既知の条件下で周波数空間を介して3次元復元を行うことにより、各カメラのサンプリング周波数を上回る高周波な3次元運動を正確に復元する方法および位置検出装置を提案する。

[0020] このため本発明では、まず、図2(a)に示すように、実空間の3次元点（得られた画像上の点）の軌跡をフーリエ変換し、図2(b)に示すように、周波数空間において3次元点の投影を考える。

[0021] 周波数空間の情報に変換することで、実空間においては周期ずれのため異なる点を投影しているカメラが、周波数空間においては同一の3次元点を投影する投影モデルとして表現することが可能となる。このように周波数空間では同一の3次元点を投影していることになるため非同期カメラの画像間に対応関係が生まれ、3次元点を復元することが可能となる。

[0022] 次に、第2実施形態では、この周波数空間における投影モデルをさらに拡張することで、カメラのサンプリング周波数の制約を受けずに高周波な3次元運動を非同期カメラにより復元する位置および距離検出方法および位置検出装置を示す。この結果、本発明ではK台のカメラから通常の $2/3$ K倍の高周波成分までが復元可能であることを示す。

[0023] 例えば、2台の非同期カメラで3次元復元した場合には、通常のステレオカメラのサンプリング周波数を $4/3$ 倍にアップして高密度にサンプリングして3次元復元した場合と同じ復元結果が得られる。この効果はカメラの台数を増やすと飛躍的に向上し、3台の非同期カメラを用いた場合には、カメラのサンプリング周波数を2倍にアップして3次元復元した効果が得られ。6台の非同期カメラを用いると4倍の高密度サンプリングによる3次元復元が実現できる。

[0024] [第1実施形態]

[本実施形態の構成]

以下に本実施形態の具体的構成について説明する。

[0025] 上記のように非同期カメラを用いて3次元点を復元する機能を有する位置

検出装置 1 は、例えば乗用車等の車両に搭載されており、図 3 に示すように、演算部 10 と、複数（本実施形態では 2 つ）の撮像部 21, 22 と、走行状態検出部 23 と、を備えている。

[0026] 演算部 10 は、CPU 11 や、ROM、RAM 等のメモリ 12 を備えた周知のコンピュータ（演算装置）として構成されており、CPU 11 はメモリ 12 に格納されたソフトウェアプログラム（位置検出プログラムを含む）等に基づく処理を行う。

[0027] 撮像部 21、22 は、周知のアフィンカメラとして構成されており、それぞれの撮像部は、異なる位置にて撮像領域の大部分が重複するように配置されている。また、撮像部 21、22 は、カメラの中心軸の向きが対外に平行となる平行配置とされている。なお、本実施形態の場合のように、撮像部 21、22 がアフィンカメラである場合には、平行配置である必要はなく、撮像部 21、22 は任意の配置を取り得る。

[0028] さらに、撮像部 21、22 は、同一の周期である基準周期ごと（例えば 30 f p s）に撮像を行うが、撮像タイミングは予め設定された非同期時間だけずらして設定されている。撮像部 21、22 は、撮像した画像を演算部 10 に送る。

[0029] 走行状態検出部 23 は、車速センサや舵角センサ等の、車両の走行状態を検出するセンサの組み合わせとして構成されている。走行状態検出部 23 は、検出した各センサ値を演算部 10 に送る。

[0030] [本実施形態の処理]

上記のように構成された位置検出装置 1 において演算部 10 は、以下に示す位置および距離検出処理を実施する。位置および距離検出処理は、例えば、位置検出装置 1 の電源が投入されると開始され、その後、所定の周期で繰り返し実行される処理である。

[0031] 位置および距離検出処理では、まず、図 4 に示すように、撮像部 21 または 22 による最新の撮像画像を取得し、この画像をメモリ 12 に記録する（S110）。そして、この画像の画像特徴量を算出する（S120）。ここ

で、画像特徴量とは、輝度勾配・輝度強度を取り出すHOG(Histogram of Gradient)等が該当する。

[0032] 続いて、画像特徴量に基づいて物体を認識し、対象物を認識する(S130)。この処理では、画像特徴量に基づいて、一般的に知られている機械学習やサポートベクターマシン等の機能を用いて検出すべき対象物を画像内より検出する。

[0033] そして、対象物の位置をメモリ12に仮に登録する(S140)。具体的には、現在の対象物の画像上の座標領域、識別番号に登録する。ここでの対象物は、例えば車両であり、対象物の位置としては、対象物の任意の座標(例えばテールライトの位置)である。なお、対象物の位置は、例えば、対象物の中心の座標でもよいし、対象物の撮像部21、22に最も近い座標(画像中心に最も近い座標)でもよい。

[0034] 次に、対象物の位置履歴をメモリ12から取得し(S150)、車両情報を取得する(S160)。ここで、対象物の位置履歴とは、S140の処理が実施される度にメモリ12に蓄積された、多数の対象物の過去の位置を示す。また、車両情報とは、自車両の走行状態を表す車速や舵角、対象物との相対速度等の情報を示すデータであり、適宜メモリ12内に記憶される。

[0035] 続いて、今回検出された対象物が、最新の対象物の位置、最新のものを除く対象物の位置履歴、および車両情報(車両の軌跡や対象物との相対速度等)を勘案して、同一のものであるか否かを判定する(S170)。この処理では、過去の対象物の位置を対象物の識別番号等を考慮して追跡し、最新の対象物の位置が過去において検出された対象物の位置からかけ離れているかどうかを判定する。

[0036] そして、一致する対象物をメモリ12に正式に登録するとともに、一致しない対象物については自車両が一定距離を走行したとき、または一定時間経過後にメモリ12から削除する(S180)。続いて、後述する対象物位置算出処理を実施する(S190)。

[0037] 対象物位置算出処理にて対象物の座標(撮像部21、22との相対的な位

置) が特定されると、対象物の座標から撮像部 2 1、2 2 との相対的な距離 (対象物距離) を算出し (S 2 0 0)、位置検出処理を終了する。

[0038] ここで、対象物位置算出処理 (S 1 9 0) では、以下の処理を実施することで対象物の座標 (実空間座標) を求める。なお、S 1 9 0 の処理の説明では、撮像部 2 1 を第 1 カメラとし、撮像部 2 2 を第 2 カメラとして説明する。

[0039] この処理では、まず、カメラ投影モデルを周波数空間に置き直して考える。第 1 カメラのカメラ行列を P (カメラ毎に既知) とし、時刻 t における 3 次元空間中の点

[0040] [数1]

$$\hat{\mathbf{X}}(t) = [X(t), Y(t), Z(t), 1]^T$$

[0041] が画像上の点

[0042] [数2]

$$\hat{\mathbf{x}}(t) = [x(t), y(t), 1]^T$$

[0043] に投影されたとすると、この投影式は以下のように表すことができる。

[0044] [数3]

$$\hat{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{P}\hat{\mathbf{X}}(t) \quad (1)$$

[0045] 次に、第 2 カメラのカメラ行列を P' (カメラ毎に既知) とし、時刻 t とは異なる時刻 t' における 3 次元空間中の点

[0046] [数4]

$$\hat{\mathbf{X}}(t') = [X(t'), Y(t'), Z(t'), 1]^T$$

[0047] が画像上の点

[0048] [数5]

$$\hat{\mathbf{x}}(t') = [x(t'), y(t'), 1]^T$$

[0049] に投影されたとすると、この投影式は以下のように表すことができる。

[0050] [数6]

$$\hat{\mathbf{x}}'(t') = \mathbf{P}'\hat{\mathbf{X}}(t') \quad (2)$$

[0051] ここで、第1カメラと第2カメラのサンプリングのずれをkとすると、tとt'との関係は以下のように表すことができる。

[0052] [数7]

$$k = t - t' \quad (3)$$

[0053] 式(3)を式(2)に代入すると以下のように書き改めることができる。

[0054] [数8]

$$\hat{\mathbf{x}}'(t') = \mathbf{P}'\hat{\mathbf{X}}(t - k) \quad (4)$$

[0055] 次に、それぞれのカメラにおいて3次元点がN時刻(N回)サンプリングされたものとして式(1)と式(4)の両辺をそれぞれ離散フーリエ変換する。斉次の項を離散フーリエ変換すると、n=0のとき1を、n≠0のとき0をとるδ(n)となるので、周波数空間における3次元点を

[0056] [数9]

$$\tilde{\mathbf{Z}}(n) = [X_f(n), Y_f(n), Z_f(n), \delta(n)]^T$$

[0057] とし、画像上の点を

[0058] [数10]

$$\tilde{\mathbf{z}}(n) = [x_f(n), y_f(n), \delta(n)]^T$$

[0059] とすると、第1カメラにおける投影式の離散フーリエ変換は次のようになる。

[0060] [数11]

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{z}}(n) &= \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} (\mathbf{P}\hat{\mathbf{X}}(t)e^{-j2\pi n t}) \\ &= \mathbf{P} \left(\frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} \hat{\mathbf{X}}(t)e^{-j2\pi n t} \right) \\ &= \mathbf{P}\tilde{\mathbf{Z}}(n) \end{aligned} \quad (5)$$

[0061] また、第2カメラにおける投影式の離散フーリエ変換は次のようになる。

[0062]

[数12]

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{z}}(n) &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} (\mathbf{P}' \hat{\mathbf{X}}(t-k) e^{-j2\pi \frac{nk}{N}}) \\ &= \mathbf{P}' \left(\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \hat{\mathbf{X}}(t-k) e^{-j2\pi \frac{nk}{N}} \right) \\ &= \mathbf{P}' \hat{\mathbf{Z}}(n) e^{-j2\pi \frac{nk}{N}}\end{aligned}\quad (6)$$

[0063] 式（6）は次のように書き改められる。

[0064] [数13]

$$e^{j2\pi \frac{nk}{N}} \hat{\mathbf{z}}(n) = \mathbf{P}' \hat{\mathbf{Z}}(n) \quad (7)$$

[0065] ここで、サンプリング開始時刻のずれ k は既知であるため、 $e^{j2\pi \frac{nk}{N}}$ は各サンプリング時刻 n において定数とみなせる。ここで、

[0066] [数14]

$$e^{j2\pi \frac{nk}{N}} = \lambda(n)$$

[0067] とおくと式（7）は次のように書き改めることができる。

[0068] [数15]

$$\lambda(n) \hat{\mathbf{z}}(n) = \mathbf{P}' \hat{\mathbf{Z}}(n) \quad (8)$$

[0069] 式（5）、式（8）より通常空間におけるサンプリング時刻のずれは周波数空間において位相ずれとみなされ、 $\lambda(n)$ とおくことにより通常空間におけるカメラ投影の奥行きとみなすことができる。このように、通常空間における投影式に対してフーリエ変換を行うことにより周波数空間における投影式を得ることができる。

[0070] ここで重要なことは、通常空間において2台のカメラは異なる3次元点 $\mathbf{X}(t)$ と $\mathbf{X}(t')$ を投影していたが、周波数空間における投影式を考えることにより、2台のカメラが同じ3次元点 $\mathbf{Z}(n)$ を投影していることである。

[0071] すなわち、周波数空間においては同じ点を投影していることになるため、得られた画像上の点 $\mathbf{Z}(n)$ 、 $\mathbf{Z}'(n)$ には対応関係が存在し、3次元点 $\mathbf{Z}(n)$ を復元することができる。したがって、後述するように、同期のと

れていないカメラで3次元点が復元可能となる。

[0072] 次に周波数空間における3次元復元について説明する。前述したように、周波数空間において2台の非同期カメラへの投影式は以下のように表せた。

[0073] [数16]

$$\tilde{\mathbf{z}}(n) = \mathbf{P}\tilde{\mathbf{Z}}(n) \quad (9)$$

$$\lambda(n)\tilde{\mathbf{z}}'(n) = \mathbf{P}'\tilde{\mathbf{Z}}(n) \quad (10)$$

[0074] このとき、周波数空間では2台のカメラにサンプリング時刻 n において、同じ3次元点 $\mathbf{Z}(n)$ が投影されているので、得られた画像上の点 $\mathbf{Z}(n)$ と点 $\mathbf{Z}'(n)$ には対応関係が存在する。すなわち、通常空間においては対応が得られず復元することができなかったが、周波数空間においては復元可能となることが分かる。

[0075] そこで、次にこの復元方法について説明する。前述した通り、本発明の位置検出装置1において2台のカメラの同期はわざとずらしているためサンプリングのずれ $\lambda(n)$ は既知であり、カメラ行列 $\mathbf{P}$ 、 $\mathbf{P}'$ についても求まっているものとする。

[0076] 以下ではこのような条件下で周波数空間における3次元復元について詳しく述べる。式(9)および式(10)を整理すると以下ようになる。

[0077] [数17]

$$\begin{bmatrix} x_f(n) \\ y_f(n) \\ \lambda(n)x'_f(n) \\ \lambda(n)y'_f(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{P} \\ \mathbf{P}' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_f(n) \\ Y_f(n) \\ Z_f(n) \\ \delta(n) \end{bmatrix} \quad (11)$$

[0078] ここで、サンプリングのずれ $\lambda(n)$ は既知であるので式(11)の左辺は既知である。また、カメラ行列 $\mathbf{P}$ 、 $\mathbf{P}'$ は既知なので式(11)より、3つの未知変数 $X_f(n)$ 、 $Y_f(n)$ 、 $Z_f(n)$ に対して4つの拘束を得ることができる。すなわち式(11)を解くことにより $X_f(n)$ 、 $Y_f(n)$ 、 $Z_f(n)$ を求めることができる。

[0079] ここで、式(11)を次のように置き換える。

[0080]

[数18]

$$\mathbf{b}(n) = \mathbf{M}\mathbf{Z}(n) \quad (12)$$

[0081] すると、求めたい3次元点 $\mathbf{Z}(n)$ は $\mathbf{M}$ の逆行列 $\mathbf{M}^{-1}$ を用いて最小二乗解として次のように求められる。

[0082] [数19]

$$\mathbf{Z}(n) = \mathbf{M}^{-1}\mathbf{b}(n) \quad (13)$$

[0083] そして、求められた $\mathbf{Z}(n)$ に対し、以下のように逆フーリエ変換を行うことにより、通常空間における3次元点 $\mathbf{X}(t)$ が求まる。ここで、

[0084] [数20]

$$\mathcal{F}^{-1}$$

[0085] は逆フーリエ変換を表す。

[0086] [数21]

$$\mathcal{F}^{-1}[\mathbf{Z}(n)] = \mathbf{X}(t) \quad (14)$$

[0087] また、第2カメラにおいて投影された3次元点 $\mathbf{X}(t')$ は、フーリエ変換により周波数空間において以下のように表せる。

[0088] [数22]

$$\mathcal{F}[\hat{\mathbf{X}}(t')] = \mathcal{F}[\hat{\mathbf{X}}(t - k)] = \hat{\mathbf{Z}}(n)e^{-j2\pi \frac{t}{T}} \quad (15)$$

[0089] つまり、第2カメラで投影された3次元点を復元するには、先に復元された $\mathbf{Z}(n)$ に、

[0090] [数23]

$$\lambda(n)^{-1} = e^{-j2\pi \frac{t}{T}}$$

[0091] をかけてから以下のように逆フーリエ変換を行うことにより、通常空間における3次元点 $\mathbf{X}(t')$ が求まる。

[0092] [数24]

$$\mathcal{F}^{-1}[\mathbf{Z}(n)\lambda(n)^{-1}] = \mathbf{X}(t') \quad (16)$$

[0093] 以上のようにして同期のとれていないカメラで投影された3次元点をそれぞれ復元することができる。通常の方法では時刻 t における3次元点 $\mathbf{X}(t)$

しか復元できないが、非同期カメラを用いることで時刻 t' においても3次元点 $X(t')$ が復元できるため、より高密度に復元できる。

[0094] なお、アフィンカメラの場合には、周波数空間に変換して復元することにより、非同期のステレオカメラから2倍の密度で3次元復元を行うことができるが、これに対して射影カメラの場合には投影が非線形であるため、画像データを離散フーリエ変換したものは、離散フーリエ変換した3次元データをカメラ行列によって投影したものとは異なる。

[0095] ところが、ある条件を満たす場合には、射影カメラにおける投影は疑似的にアフィンカメラにおける投影に置き換えて考えることができ、この結果、周波数空間を介して非同期カメラから復元することが可能となる。したがって以下では、このような性質を用いることにより、非同期の射影カメラの画像から3次元復元する方法について述べる。

[0096] 同期の取れた2台の射影カメラにおいて3次元点 X が投影されたとすると、この投影は次式のように表せる。

[0097] [数25]

$$\lambda \tilde{X} = P \tilde{X} \quad (17)$$

$$\lambda' \tilde{X}' = P' \tilde{X}' \quad (18)$$

[0098] ここで、 λ および λ' はそれぞれのカメラにおける射影奥行きであり、これらは2台のカメラにおいて一般に異なる。また、これら2台の射影カメラが、互いの光軸が平行でかつ2つのカメラの光学中心を結ぶ直線が画像面と平行となるように配置されているとする。以降では、このようなカメラ配置を平行ステレオと呼ぶことにする。

[0099] このような平行ステレオの場合、それぞれのカメラからみた3次元点 X の奥行き（Z座標）は互いに等しくなる。すなわち、第1カメラにおける射影奥行き λ と第2カメラにおける射影奥行き λ' の間には次式の関係が成り立つ。

[0100] [数26]

$$\lambda = \lambda' \quad (19)$$

[0101] これは、平行ステレオにおいては、式（１７）と式（１８）においてPの第３行目とP'の第３行目が等しくなることからわかる。この性質により、式（１７）および式（１８）は、次式のように書き直すことができる。

[0102] [数27]

$$\tilde{x} = P\tilde{y} \quad (20)$$

$$\tilde{x}' = P'\tilde{y} \quad (21)$$

[0103] ここで、

[0104] [数28]

$$\tilde{y}$$

[0105] （以下、「ＹＹ」とも表記する。）は次式に示す通り３次元座標

[0106] [数29]

$$\tilde{x}$$

[0107] （以下、「ＱＱ」とも表記する。）を射影奥行きλで除したものである。

[0108] [数30]

$$\tilde{y} = \frac{1}{\lambda} \tilde{x} \quad (22)$$

[0109] 式（２０）および式（２１）より、平行ステレオにおいては、カメラ行列P、P'は射影カメラ行列でありながら、その投影はアフィンカメラと同様に線形投影モデルによって表せることがわかる。また、式（２２）より、ＹＹを求めることができれば、ＹＹの第４行の要素でＹＹを除することによってＱＱが求まることがわかる。

[0110] すなわち、平行ステレオにおいては、式（２０）および式（２１）の線形投影モデルを用いてＹＹを推定し、求めたＹＹからＱＱを計算することによって、アフィンカメラと全く同様に線形投影モデルのもとで３次元復元を行うことができる。そこで、本実施形態ではＱＱの代わりにＹＹを求めることを考える。

[0111] ２台の非同期の射影カメラがあるとすると、これらのカメラへの投影は以下のように表すことができる。

[0112] [数31]

$$\tilde{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{P}\tilde{\mathbf{y}}(t) \quad (23)$$

$$\tilde{\mathbf{x}}(t') = \mathbf{P}'\tilde{\mathbf{y}}(t') \quad (24)$$

[0113] ここで、 t と t' とは異なる時刻であることに注意する。これらの投影式の両辺を離散フーリエ変換することによってアフィンカメラの場合と同様に次式が得られる。

[0114] [数32]

$$\tilde{\mathbf{z}}(n) = \mathbf{P}\tilde{\mathbf{z}}_Y(n) \quad (25)$$

$$\lambda(n)\tilde{\mathbf{z}}'(n) = \mathbf{P}'\tilde{\mathbf{z}}_Y(n) \quad (26)$$

[0115] ここで、

[0116] [数33]

$$\tilde{\mathbf{z}}_Y(n)$$

[0117] (以下、「 Z_Y 」とも表記する。) は、

[0118] [数34]

$$\tilde{\mathbf{y}}(t)$$

[0119] (以下、「 Y_t 」とも表記する。また t を t' にしたものを「 $Y_{t'}$ 」とも表記する。) を離散フーリエ変換したものである。これらの式より、上記と全く同様に、 Z_Y を復元することができる。そして、復元された Z_Y を逆離散フーリエ変換することにより、 Y_t が求まる。

[0120] また、 Z_Y に $\lambda(n)^{-1}$ を掛けたのち逆離散フーリエ変換することにより、 $Y_{t'}$ も求まる。このようにして求めた

[0121] [数35]

$$\tilde{\mathbf{y}}(t) \text{ および } \tilde{\mathbf{y}}(t')$$

[0122] において、その第4要素でそれぞれを除すれば、

[0123] [数36]

$$\tilde{\mathbf{x}}(t) \text{ および } \tilde{\mathbf{x}}(t')$$

[0124] を復元することができる。以上より、平行ステレオの配置であれば、射影力

メラであっても非同期のカメラから高密度な3次元復元を実現することができる。

[本実施形態による効果]

以上のように詳述した位置検出装置1において、演算部10(CPU11)は、予め設定された周期を表す基準周期で撮像された複数の撮像画像からなる第1撮像画像群、および前記第1撮像画像群の撮像タイミングに対して非同期時間だけタイミングをずらし、かつ前記基準周期で撮像された第2撮像画像群、を構成する各撮像画像中における対象物の座標を表す画像座標群をそれぞれ取得する。

[0125] また、演算部10は、第1撮像画像群から得られた画像座標群の時系列に沿った遷移を示す第1軌跡、および第2撮像画像群から得られた画像座標群の時系列に沿った遷移を示す第2軌跡、をそれぞれフーリエ変換することで、第1軌跡に基づく第1周波数波形、および第2軌跡に基づく第2周波数波形を演算する。そして、演算部10は、第1周波数波形と第2周波数波形とが非同期時間に応じた位相分だけずれた関係であることに基いて、対象物の位置を演算する。

[0126] すなわち、上記の位置検出装置1では、非同期時間だけタイミングをずらして撮像された各撮像画像群中の画像座標群の軌跡をフーリエ変換することで得られる各波形が、非同期時間に応じた位相分だけずれた関係であることに基き対象物の位置を演算する。したがって、このような位置検出装置1によれば、各撮像画像が得られた時刻における対象物の位置を検出できるので、同期した撮像画像群に基づいて対象物の位置を検出する構成と比較して、より高精度に対象物の位置を検出することができる。

[0127] また、位置検出装置1においては、対象物の位置に基づいて対象物までの距離を演算する。このような位置検出装置1によれば、対象物までの距離についても演算することができるので、対象物までの距離に応じた別の制御を実施することができる。

[0128] さらに、上記位置検出装置1においては、平行配置された複数のカメラか

ら各撮像画像群を取得する。このような位置検出装置 1 によれば、射影カメラを用いる場合（アフィンカメラを用いない場合）であっても、良好に対象物の位置を検出することができる。

[0129] [実験例]

発明者らは上記効果を確認するために実験を行った。本実験では、静止した車両へ近づいていくシーンにおいて 3 次元復元を行った。

[0130] 本実験例では、対象とする 3 次元運動の周波数成分が低い場合において、復元する周波数の上限を下げることで、従来のステレオよりも高精度に 3 次元復元が行えることを実画像実験により示す。

[0131] 具体的には、図 5 に示すように、数十メートル先の車両に対して近づいていく状況下において基線長 10 cm 以下のステレオカメラでこの車両までの距離を復元するという非常に悪条件のステレオ復元における提案法の復元精度を評価した。

[0132] 図 5 に示す時系列画像において、車両の左右のライトをトラッキングしその座標データを得た。トラッキングには $m \times m$ の相関トラッカーを用いた。車両のライトの画像中での大きさは距離に応じて大きく変化することから、トラッカーのサイズ m はライトの大きさに応じて変化せ、テンプレートを逐次更新することにより、ライトの大きさが変わっても適切にトラッキングされるようにした。

[0133] また、トラッキングを安定化させるため、各時刻において 5 時刻の移動平均を取ったものを座標値とした。そして、従来法と提案法とで同じフレームレートのカメラをそれぞれ同期および非同期で撮影した場合を模擬するため、従来法においては 60 時刻の画像中の奇数時刻の 30 フレームのみを用い、提案法においては第 1 カメラから得られる画像には奇数時刻の 30 フレームを、第 2 カメラから得られる画像には偶数時刻の 30 フレームを用いた。

[0134] このようにして、従来法では 30 フレーム分の同期カメラの特徴点データを、また提案法では 30 フレーム分の非同期カメラの特徴点データをそれぞれ作成して用いた。また提案法では、離散フーリエ変換は周期関数を想定し

ているため、得られた直線状のデータを折り返して疑似的に周期関数とし、復元した点の前半部を復元結果とした。

[0135] 復元に用いる特徴点データは2台のカメラ間でちょうど半周期サンプリングがずれていることから、サンプリングのずれ k を、 $k = 0.5$ として復元を行った。本実験で用いた3次元点の距離は数 m から数十 m の範囲内に存在するが、図6の線Aに示すように、従来法においては復元結果が奥行き方向に大きく散乱し、正しい復元が行えていない。これは基線長10cm以下のステレオカメラという非常に厳しい条件下において復元していることから当然の結果と言える。これに対して提案法では、図6の線Bに示すように、数 m から数十 m の範囲内で概ね等間隔に3次元点が復元されていることから良好に復元が行えていることがわかる。なお、図6において、線Cは真値（正しい奥行き）を示す。

[0136] このように、本実施形態に係る位置検出装置1及び位置および距離検出方法によれば、非常に悪条件のステレオカメラにおいても安定した復元が行えることがわかる。

[第2実施形態]

次に、第2実施形態の位置検出装置について説明する。本実施形態（第2実施形態）では、第1実施形態の位置検出装置1と異なる箇所のみを詳述し、第1実施形態の位置検出装置1と同様の箇所については、同一の符号を付して説明を省略する。

[0137] 上記した第1実施形態では、S190の処理において、非同期カメラから得られた画像をもとに3次元復元を行う方法を示したが、本第2実施形態では、これまで述べた方法をさらに拡張することで、カメラのサンプリング周波数を超える高密度復元（高周波成分の復元）を実現する。

[0138] 詳細には、カメラ画像は一般に X 、 Y の2次元情報を持つことから、 K 台のカメラにより M 時刻（それぞれ M 撮像周期分）の画像を得た場合、これをフーリエ変換して得られる周波数領域における要素数は $2KM$ となり、この内で独立な周波数要素は KM 個である。一方、投影元である3次元運動が N

時刻分ある場合、これを表現するために必要な周波数領域における要素数は $3N$ であり、この内で独立な周波数要素は $(3/2)N$ 個である。

[0139] したがって、 K 台のカメラにより M 時刻の画像を得た場合、以下の条件を満たすような N 個の周波数要素が 3 次元空間において復元できることがわかる。

[0140] [数37]

$$KM \geq \frac{3}{2}N \quad (27)$$

[0141] したがって、3 次元空間において復元可能な周波数成分の数 N は次式に示す通りである。

[0142] [数38]

$$N \leq \frac{2}{3}KM \quad (28)$$

[0143] 例えば、2 台のカメラにより 3 時刻（3 撮像周期分）観測した画像からは、4 時刻観測した場合と同じ高周波成分を含む 3 次元情報が復元可能である。しかし、通常のステレオカメラでは 2 台のカメラによって同じ 3 次元点を観測しているため、画像から得られる情報には従属性があり、このような復元は行えない。これに対して非同期カメラではそれぞれのカメラが異なる 3 次元点を観測しているため独立な情報が得られ、式（28）に従って高周波 3 次元信号の復元が可能となる。

[0144] 次に、高密度復元の具体的な方法について述べる。空間中の 3 次元点の運動 $\mathbf{x}(t)$ が 0 次から $N-1$ 次までの周波数成分

[0145] [数39]

$$\mathbf{z}(n) = [X_n^T, Y_n^T, Z_n^T]^T \quad (n = 0, \dots, N-1)$$

[0146] より成るとすると、この 3 次元点の周波数空間における表現 $\mathbf{Z}(n)$ とこれを投影したときの実空間における 2 次元画像

[0147] [数40]

$$\mathbf{x}(t) = [x_t, y_t]^T$$

[0148] との関係は次式のように表せる。

[0149] [数41]

$$\alpha \tilde{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{P} \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{\mathbf{z}}(n) e^{2\pi j n t / N} \quad (29)$$

[0150] ここで、 α はスカラー変数であり投影時の射影奥行きを表す。今、K 台の非同期カメラ

[0151] [数42]

$$\mathbf{P}^i \quad (i = 1, \dots, K)$$

[0152] でこの 3 次元点を観測したとすると、それぞれのカメラへの投影は以下のよう
に表せる。

[0153] [数43]

$$\alpha^i \tilde{\mathbf{x}}^i(t) = \mathbf{P}^i \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \tilde{\mathbf{z}}(n) e^{2\pi j n (t+k_i) / N} \quad (27)$$

$(i = 1, \dots, K)$

[0154] ここで、 k_i は 1 番目のカメラに対する i 番目のカメラのサンプリング遅れを表す。すなわち、 $k_1 = 0$ である。これら K 台のカメラの投影式を展開して整理すると次式に示すように 3 次元運動点の周波数成分

[0155] [数44]

$$\mathbf{f} = [X_0^f, \dots, X_{N-1}^f, Y_0^f, \dots, Y_{N-1}^f, Z_0^f, \dots, Z_{N-1}^f, 1]^T$$

[0156] に関する線形方程式が得られる。

[0157] [数45]

$$\mathbf{M} \mathbf{f} = \mathbf{0} \quad (31)$$

[0158] ここで、M は以下に示す $(2KM) \times (3N + 1)$ 行列である。

[0159]

[数46]

$$M = \begin{bmatrix} L^1(P_{11}^1 - P_{31}^1 T_x^1) & \cdots & L^1(P_{13}^1 - P_{33}^1 T_x^1), \\ L^1(P_{21}^1 - P_{31}^1 T_y^1) & \cdots & L^1(P_{23}^1 - P_{33}^1 T_y^1), \\ \vdots & & \vdots \\ L^K(P_{11}^K - P_{31}^K T_x^K) & \cdots & L^K(P_{13}^K - P_{33}^K T_x^K), \\ L^K(P_{21}^K - P_{31}^K T_y^K) & \cdots & L^K(P_{23}^K - P_{33}^K T_y^K), \\ & & L^1 Z_4(P_{34}^1 - P_{34}^1 T_x^1) \\ & & L^1 Z_4(P_{34}^1 - P_{34}^1 T_y^1) \\ & & \vdots \\ & & L^K Z_4(P_{34}^K - P_{34}^K T_x^K) \\ & & L^K Z_4(P_{34}^K - P_{34}^K T_y^K) \end{bmatrix}$$

[0160] Z_4 は $Z(n)$ の第4行であり、 L^i は次式に示すように、

[0161] [数47]

$$\lambda(t, n) = e^{2\pi j n t / N}$$

[0162] よりなる $M \times N$ 行列である。

[0163] [数48]

$$L^k = \frac{1}{N} \begin{bmatrix} \lambda(0 + k, 0) & \cdots & \lambda(0 + k, N-1) \\ \vdots & & \vdots \\ \lambda(M-1 + k, 0) & \cdots & \lambda(M-1 + k, N-1) \end{bmatrix}$$

[0164] また、 T_x^i 、 T_y^i は、次式のように第*i*カメラの画像におけるM時刻分のX、Y座標より成るベクトルである。

[0165] [数49]

$$T_x^i = [x_0^i, \dots, x_{M-1}^i]^T \quad (32)$$

$$T_y^i = [y_0^i, \dots, y_{M-1}^i]^T \quad (33)$$

[0166] 式(31)は、3次元運動の周波数成分が非同期カメラから得られた画像によって線形表現できることを表している。したがって、式(28)の不等式が成り立つ場合には、 $M \times M$ の最小固有値に対応する固有ベクトルとして3次元運動点のN個の周波数成分 f がM時刻の非同期画像から復元できる。ここで、 M^t は、行列Mの転置行列を示す。

[0167] 以上述べた通り、複数のカメラ間の同期をわざとずらして撮像し復元することにより、従来のステレオ復元では不可能であった高い周波数の3次元運

動を復元することができる。

[0168] このような第2実施形態の位置検出装置においては、実空間における対象物の位置と該位置の軌跡をフーリエ変換して得られる周波数成分との関係に基づいて周波数成分を求め、該周波数成分に基づいて対象物の位置を演算する。

[0169] 上記した位置検出装置によれば、より多くの周波数成分を求めることができるので、対象物の位置をより高精度に求めることができる。

[その他の実施形態]

本発明の主題は、上記の第1及び第2実施形態で示した内容に何ら限定されることはなく、本発明の技術的範囲に属する限り種々の形態を採りうる。

[0170] 例えば、上記実施形態において述べた位置および距離検出方法は、さらに任意の配置の射影ステレオカメラに拡張することができる。詳細には、任意の位置姿勢で配置された2台の射影カメラがあるとする。このとき、平面上での座標が既知であるような4点を描いた平板を用意し、2台のカメラの光学中心を結ぶ直線とこの平板とが平行になるように平板をカメラの前に配置して平板上の4点を撮像する。

[0171] この4点の平板上での座標とカメラ画像における座標とから平面射影変換を計算し、この平面射影変換によってカメラ画像全体を変換することによってカメラを仮想的に平面と平行な配置にすることができる。2台のカメラでそれぞれこのような画像変換を行うことによって、変換された2つの画像は平行ステレオの配置で撮像された画像となる。

[0172] このようにして仮想的に平行ステレオへの変換を行ったのち、先に述べた方法によって復元することで、一般の配置の射影ステレオカメラにおいても非同期化することで高密度復元を実現することができる。

[0173] また、以上述べた方法はそのままN台のマルチカメラに拡張することができる。ただし、射影カメラの場合には、これらN台のカメラの光学中心が同一直線上に存在することが必要である。光学中心が同一直線上に有りさえすれば、先に述べた方法により仮想的に平行化することで、全てのカメラが平

行化された平行マルチカメラの状態にすることができる。その上で周波数領域を用いて復元することで、N台のカメラにより通常のN倍の高密度復元を行うことができる。

[0174] また、上記実施形態の位置検出装置及び位置および距離検出方法では、複数のカメラ（撮像部）を用いたが、円運動や往復運動等の周期運動をする1台のカメラで複数の撮像画像群を得るようにしてもよい。さらに、上記実施形態では位置検出装置1を車両に搭載する例について記述したが、車両に限らず任意の場所に配置することができる。

[0175] [実施形態の各構成と本発明の構成要素である各部との関係]

本実施形態における位置検出装置1において、演算部10が実行する処理のうち、S150の処理は本発明の画像座標群取得部に相当し、S190の処理は本発明の周波数波形演算部および位置演算部に相当する。

[0176] さらに、S200の処理は距離演算部に相当する。

符号の説明

[0177] 1…位置検出装置、10…演算部、11…CPU、12…メモリ、21…撮像部、22…撮像部、23…走行状態検出部。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の撮像画像に基づいて撮像画像中の対象物の位置を検出する位置検出装置であって、
- 予め設定された周期を表す基準周期で撮像された複数の撮像画像からなる第1撮像画像群、および前記第1撮像画像群の撮像タイミングに対して非同期時間だけタイミングをずらし、かつ前記基準周期で撮像された第2撮像画像群、を構成する各撮像画像中における対象物の座標を表す画像座標群をそれぞれ取得する画像座標群取得部と、
- 前記第1撮像画像群と前記第2撮像画像群とが前記非同期時間だけずれた関係であることに基づいて、前記各画像座標群から前記対象物の位置を演算する位置演算部と、を備えたことを特徴とする位置検出装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の位置検出装置において、
- 前記第1撮像画像群から得られた画像座標群の時系列に沿った遷移を示す第1軌跡、および前記第2撮像画像群から得られた画像座標群の時系列に沿った遷移を示す第2軌跡、をそれぞれフーリエ変換することで、前記第1軌跡に基づく第1周波数波形、および前記第2軌跡に基づく第2周波数波形を演算する周波数波形演算部、を備え、
- 前記位置演算部は、前記第1周波数波形と前記第2周波数波形とが前記非同期時間に応じた位相分だけずれた関係であることに基づいて、前記対象物の位置を演算することを特徴とする位置検出装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の位置検出装置において、前記対象物の位置に基づいて前記対象物までの距離を演算する距離演算部、を備えたことを特徴とする位置検出装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の位置検出装置において、前記画像座標群取得部は、平行配置された複数の射影カメラから取得された各撮像画像群に基づく画像座標群を取得することを特徴とする位置検出装置。
- [請求項5] 請求項1に記載の位置検出装置において、前記位置演算部は、実空

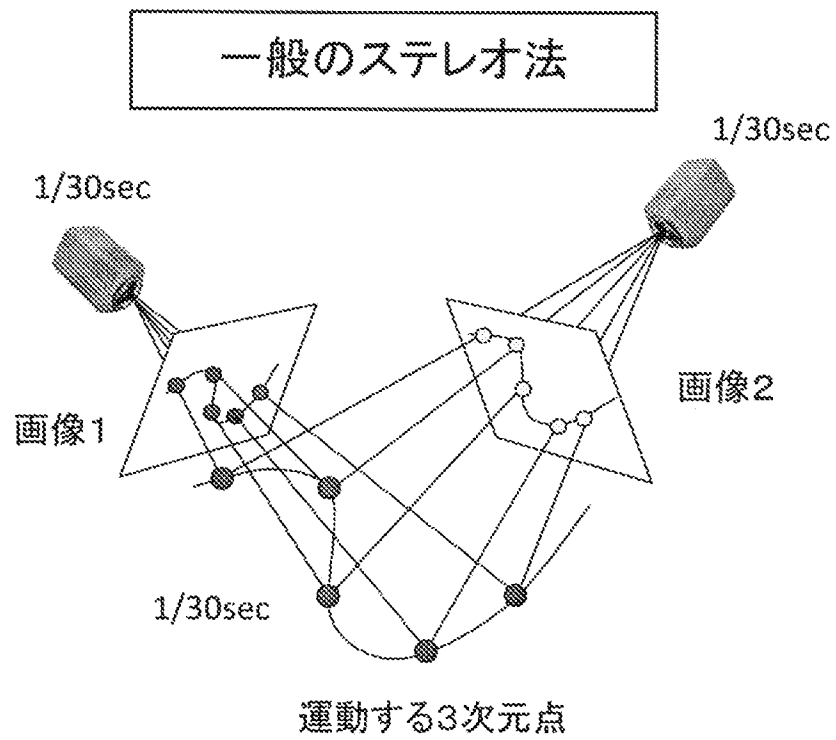
間における前記対象物の位置と該位置の軌跡をフーリエ変換して得られる周波数成分との関係に基づいて前記周波数成分を求め、該周波数成分に基づいて前記対象物の位置を演算することを特徴とする位置検出装置。

[請求項6] 請求項1に記載の位置検出装置の各部の機能を実現する、メモリ内に格納された位置検出プログラムと、前記位置検出プログラムを実行するコンピュータと、からなる位置検出装置。

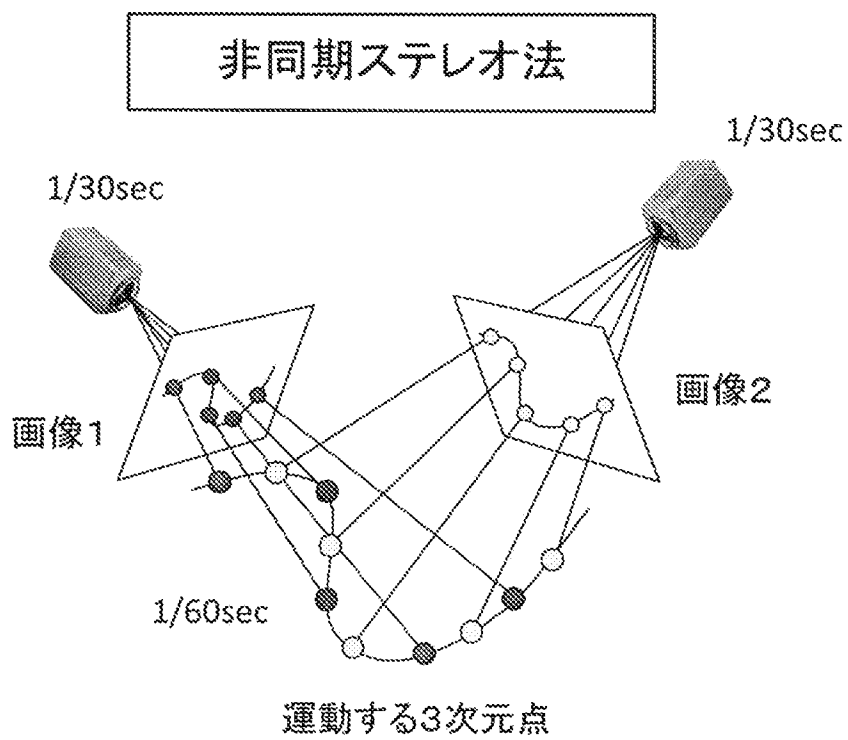
[請求項7] 請求項1に記載の位置検出装置は、前記複数の撮像画像を撮像する複数の撮像部を備え、前記画像座標群取得部は、前記複数の撮像部が撮像し送信した前記複数の撮像画像を受信することを特徴とする位置検出装置。

[図1]

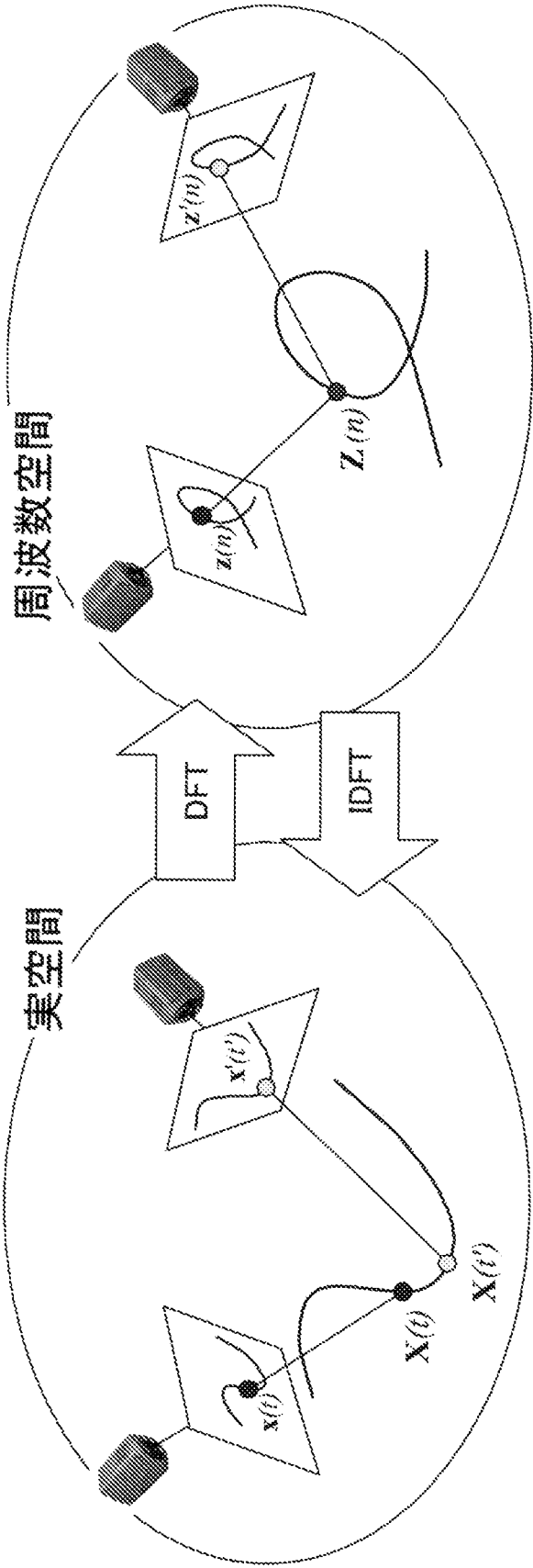
(a)



(b)



[図2]



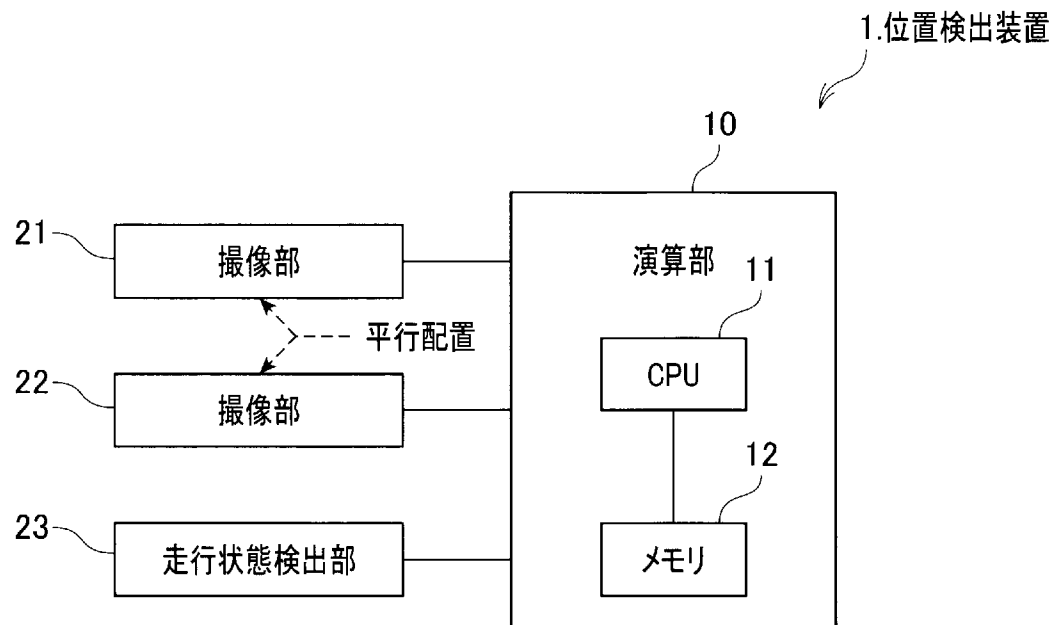
$$z(n) = P Z(n)$$

$$z'(n) = P Z(n) e^{-jn\theta}$$

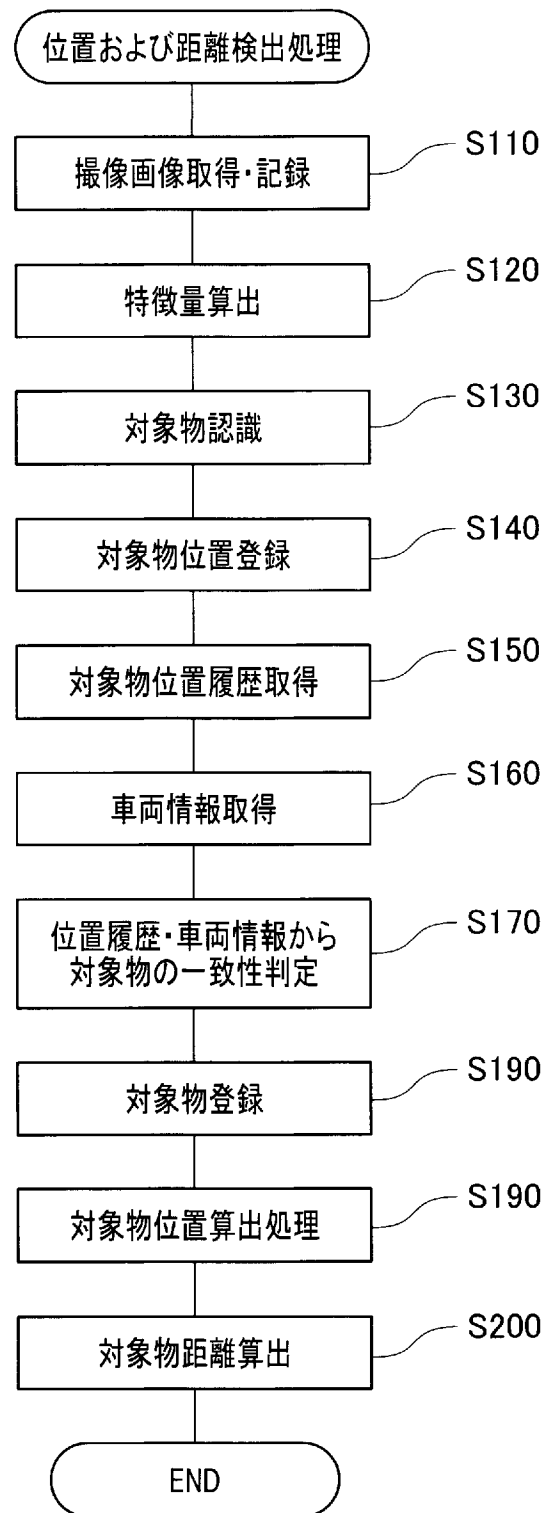
$$x(t) = P X(t)$$

$$x'(t) = P X(t')$$

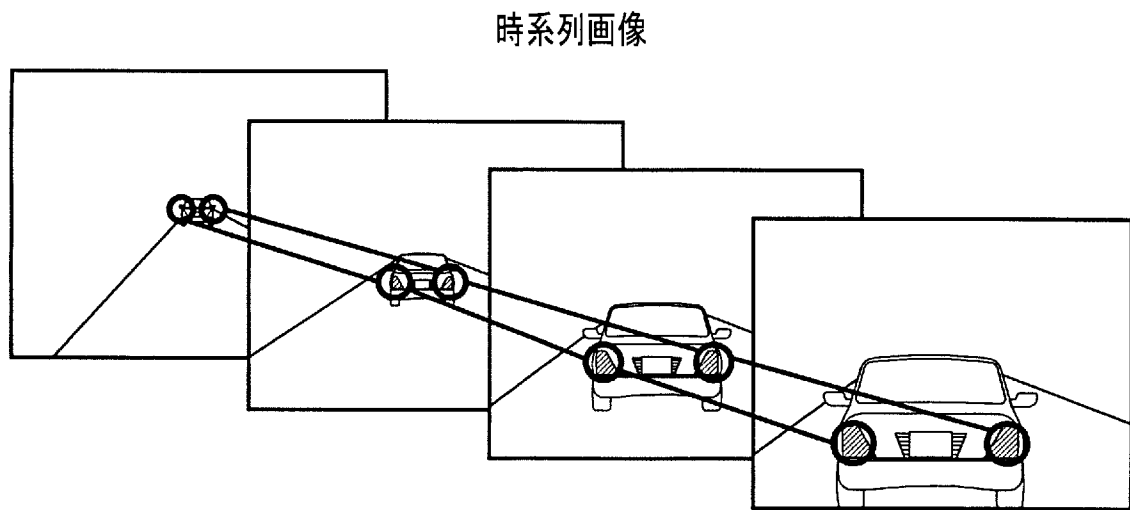
[図3]



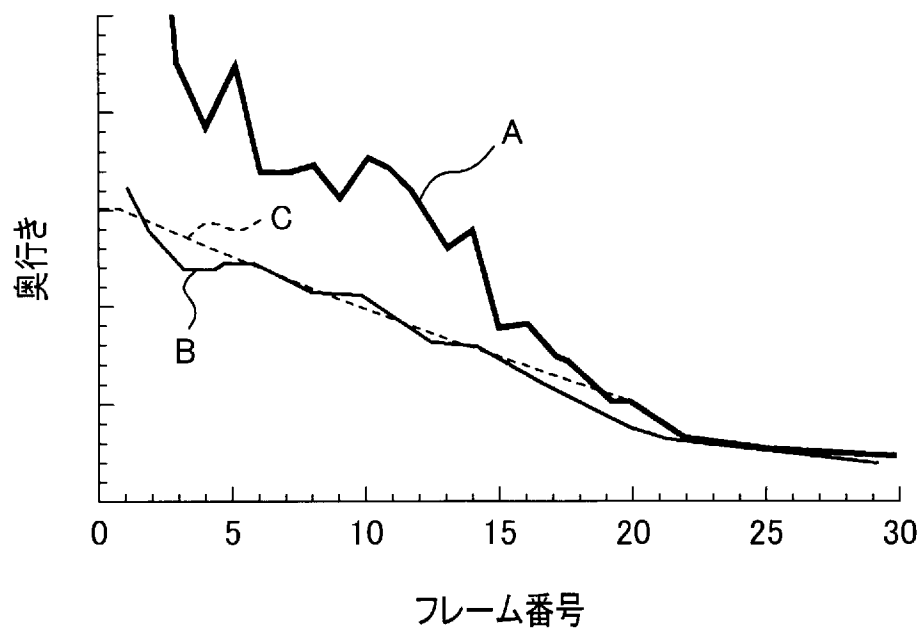
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/062224

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/00(2006.01)i, G06T7/00(2006.01)i, G06T7/60(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B11/00, G06T7/00, G06T7/60

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X <u>Y</u>	JP 2005-100278 A (Chubu University), 14 April 2005 (14.04.2005), paragraphs [0016] to [0088]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1, 3, 4, 6, 7 <u>2, 5</u>
X <u>Y</u>	Shoichi SHIMIZU, Hironobu FUJIYOSHI, Yasunori NAGASAKA, Tomoichi TAKAHASHI, "Pseudo Stereo Method for Measuring 3D Position Using Three Cameras", The Japanese Society for Artificial Intelligence Dai 19 Kai SIG-Challenge Kenkyukai, 02 May 2004 (02.05.2004), pages 6 to 11	1, 3, 4, 6, 7 <u>2, 5</u>
Y	MATSUMOTO H., SATO J., SAKAUE F., Multiview Constraints in Frequency Space and Camera Calibration from Unsynchronized Images, 2010 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), 2010, pp. 1601-1608	2, 5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 May, 2013 (20.05.13)

Date of mailing of the international search report

04 June, 2013 (04.06.13)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/062224

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	Tomomi KAGAMI, Fumihiko SAKAUE, Jun SATO, Kazutoshi ISHIMARU, Masayuki IMANISHI, "Hidoki Multi-Camera ni yoru Komitsudo Sanjigen Fukugen", Meeting on Image Recognition and Understanding (MIRU2012), 2012.08	1-7
A	JP 2006-47252 A (Fuji Heavy Industries Ltd.), 16 February 2006 (16.02.2006), entire text; all drawings & US 2006/0029272 A1	1-7
A	JP 2006-170993 A (Microsoft Corp.), 29 June 2006 (29.06.2006), entire text; all drawings & US 2006/0125920 A1 & EP 1670237 A2	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01B11/00(2006.01)i, G06T7/00(2006.01)i, G06T7/60(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G01B11/00, G06T7/00, G06T7/60			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 3 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 3 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 3 年			
国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） IEEE Xplore			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
X <u>Y</u>	JP 2005-100278 A（学校法人中部大学）2005.04.14, 段落【0016】－【0088】、【図1】－【図4】（ファミリーなし）	1, 3, 4, 6, 7 <u>2, 5</u>	
X <u>Y</u>	清水 彰一, 藤吉 弘亘, 長坂 保典, 高橋 友一, 3台のカメラを用いた擬似ステレオによる3次元位置推定, 人工知能学会 第19回SIG-Challenge研究会, 2004.05.02, pp. 6-11	1, 3, 4, 6, 7 <u>2, 5</u>	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 2 0 . 0 5 . 2 0 1 3		国際調査報告の発送日 0 4 . 0 6 . 2 0 1 3	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 神谷 健一 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2 S 9705

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	MATSUMOTO H., SATO J., SAKAUE F., Multiview Constraints in Frequency Space and Camera Calibration from Unsynchronized Images, 2010 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), 2010, pp. 1601-1608	2, 5
P, X	各務 友美, 坂上 文彦, 佐藤 淳, 石丸 和寿, 今西 勝之, 非同期マルチカメラによる高密度3次元復元, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2012), 2012.08	1-7
A	JP 2006-47252 A (富士重工業株式会社) 2006.02.16, 全文, 全図 & US 2006/0029272 A1	1-7
A	JP 2006-170993 A (マイクロソフト コーポレーション) 2006.06.29, 全文, 全図 & US 2006/0125920 A1 & EP 1670237 A2	1-7