

(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
2015年9月3日(03.09.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/129152 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/000298
- (22) 国際出願日: 2015年1月23日(23.01.2015)
- (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 2014-035060 2014年2月26日(26.02.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社ソシオネクスト(SOCIONEXT INC.) [JP/JP]; 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目10番23 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 笹川 幸宏(SASAGAWA, Yukihiko). 鉄川 龍也(TETSUKAWA, Tatsuya). ミー マイケル ビー(MI, Michael Bi). ピン チュア ティン(PING, Chua Tien). 中西 龍太(NAKANISHI, Ryuta). 野尻 尚紀(NOJIRI, Naoki).
- (74) 代理人: 特許業務法人前田特許事務所(MAEDA & PARTNERS); 〒5410053 大阪府大阪市中央区本町2丁目5番7号 大阪丸紅ビル5階 Osaka (JP).

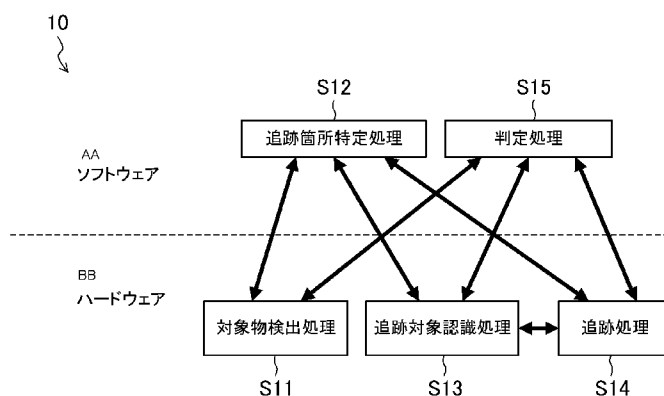
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: IMAGE RECOGNITION SYSTEM AND SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT

(54) 発明の名称: 画像認識システムおよび半導体集積回路



S11 Target object detection
S12 Tracking location specification
S13 Tracking target recognition
S14 Tracking
S15 Determination
AA Software
BB Hardware

(57) Abstract: An image recognition system (10) that detects and tracks at least some of a predefined target object in a video image and is configured so as to be capable of executing: target object detection (S11) whereby the target object is detected; tracking location specification (S12) whereby a prescribed location is specified as a location for tracking; tracking target recognition (S13) whereby an actual tracking target object is recognized on the basis of the location for tracking; tracking (S14) whereby the tracking target object is tracked; and determination (S15) whereby the behavior of the tracking target object is determined. Tracking location specification and determination are executed using software and target object detection, tracking target recognition, and tracking are executed using hardware.

(57) 要約: 予め定義された対象物に係る少なくとも一部を動画像から検出して追跡する画像認識システム(10)は、対象物を検出する対象物検出処理(S11)と、所定箇所を追跡すべき箇所として特定する追跡箇所特定処理(S12)と、追跡すべき箇所に基づいて、実際の追跡対象物を認識する追跡対象認識処理(S13)と、追跡対象物を追跡する追跡処理(S14)と、追跡対象物の挙動

を判定する判定処理(S15)とを実行可能に構成され、追跡箇所特定処理と、判定処理とを、ソフトウェアで実行する一方、対象物検出処理と、追跡対象認識処理と、追跡処理とをハードウェアで実行する。

明 細 書

発明の名称：画像認識システムおよび半導体集積回路

技術分野

[0001] 本開示は、画像認識システムに関し、特に、効率的な画像認識処理に関する。

背景技術

[0002] 近年、監視カメラ、車載安全装置、およびデジタルスチルカメラなどにおいて、人物や非人物などの対象物を検出する画像認識技術が幅広く使用されている。さらに、対象物を追跡してその挙動を判定することによって、不審人物の特定やマーケティング情報の収集、あるいは危険予測を行うといった幅広い応用が期待されている。

[0003] 対象物を追跡する技術として、オプティカルフローを用いた画像認識処理が知られている（例えば特許文献1参照）。また、画像認識処理の1つとして、ソフトウェアによる識別器を用いて、人の顔の向きを判定する技術も開示されている（例えば特許文献2参照）。また、ソフトウェアによる別の画像認識処理として、人体のエッジに着目した特徴量に基づいて、人の姿勢を推定する技術が開示されている（例えば、非特許文献1、非特許文献2参照）。

[0004] 一方、画像認識処理をハードウェアによって実現する、再構成可能なプロセッサが知られている（例えば非特許文献3参照）。また、再構成可能なプロセッサについては、特許文献3および特許文献4にも開示されている。また、画像認識処理には様々な処理が必要であるところ、複数種類の演算を効率的に実行可能な処理装置が知られている（例えば特許文献5）。

[0005] また、Microsoft（登録商標）社のKinectセンサを用いたジェスチャ認識処理のように、センサで3Dデータを生成し、センサの出力に対してソフトウェア処理を行うものもある。

[0006] このように、画像認識処理に関する技術は様々であるが、その技術の進歩

は早いと、最新の技術に柔軟に対応しやすいという点を考慮すると、画像認識処理をソフトウェアで実現することが現実的であるといえる。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：米国特許第8, 374, 393号明細書
特許文献2：米国特許第7, 957, 567号明細書
特許文献3：特開2001-236496号公報
特許文献4：特開2007-141132号公報
特許文献5：特開2010-134713号公報

非特許文献

- [0008] 非特許文献1：Pedro.F Felzenszwalb, Ross.B Girshick, David McAllester, Deva Ramanan, “Object Detection with Discriminatively Trained Part-Based Models”, Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions, Vol.32, no.9, pp.1627-1645, Sept. 2010
非特許文献2：Yi Yang, Deva Ramanan, “Articulated pose estimation with flexible mixtures-of-parts”, Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011 IEEE Conference, pp.1385-1392, 20-25 June 2011
非特許文献3：新淳、他4名、「低消費電力応用志向プロセッサ～画像認識プロセッサIMAPCAR2を例として～」、NEC技報、Vol. 62、No. 3/2009、p. 97-101

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] ところが、画像認識処理の全てをソフトウェアで実現すると、様々なアルゴリズムに柔軟に対応しやすい反面、処理の全てをCPU (Central Processing Unit) 等が担うことになるため、高性能なCPU等が必要であったり、多くのCPU等が必要であったりする。したがって、コストがかかるだけでなく、処理性能に限界があったり、消費電力が多くなったりするおそれがある。

る。特に、高精細な画像を処理する場合、周波数が高い高性能なCPU等による処理が必須であるため、消費電力の増大は顕著になる。

[0010] 一方、画像認識処理の全てをハードウェアで実現すると、各処理に適したハードウェアを用いることができるため処理性能を向上でき、高性能なCPU等を用いる必要がないため低コストかつ低消費電力化を図ることができる。その反面、ソフトウェアで実現した場合に得られる柔軟性が損なわれたり、回路規模が増大したりするおそれがある。

[0011] つまり、画像認識処理をソフトウェアあるいはハードウェアのいずれかで実現することによって得られる効果はトレードオフの関係にある。

[0012] 従来技術には、単に画像認識処理等に関する内容が開示されているに過ぎず、上記トレードオフを考慮した、最適なシステム構成については言及されていない。

[0013] また、上記Kinectセンサでは、光学系に制限があり、例えば、光学ズームを用いた遠距離の対象物や、広角レンズや魚眼レンズを用いた広範囲の空間の対象物のジェスチャ認識を実現するのは困難である。そのため、ソフトウェアによる処理が当該センサを用いた場合（ゲーム等）に制限される。

[0014] かかる点に鑑みて、本開示は、回路規模、消費電力、処理性能、および柔軟性のそれぞれに最適な画像認識システムを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0015] 上記課題を解決するため本開示によって次のような解決手段を講じた。すなわち、予め定義された対象物に係る少なくとも一部を動画像から検出して追跡する画像認識システムは、前記動画像から前記対象物を検出する対象物検出処理と、前記対象物に係る少なくとも1つの所定箇所を追跡すべき箇所として特定する追跡箇所特定処理と、前記追跡すべき箇所に基づいて、実際の追跡対象物を認識する追跡対象認識処理と、前記追跡対象物を追跡する追跡処理と、前記追跡処理の結果に基づいて前記追跡対象物の挙動を判定する判定処理とを実行可能に構成され、前記追跡箇所特定処理と、前記判定処理

とを、ソフトウェアで実行する一方、前記対象物検出処理と、前記追跡対象認識処理と、前記追跡処理とをハードウェアで実行する。

[0016] あるいは、予め定義された対象物に係る少なくとも一部を動画像から検出して追跡する処理を実行する半導体集積回路は、前記動画像から前記対象物を検出する処理を実行する対象物検出部と、前記対象物に係る少なくとも1つの所定箇所を、実際の追跡対象物として認識する処理を実行する追跡対象認識部と、前記追跡対象物を追跡する処理を実行する追跡部と、前記所定箇所を特定する処理と、前記追跡部による追跡結果に基づいて前記追跡対象物の挙動を判定する処理とを実行するCPUと、前記対象物検出部、前記追跡対象認識部、および前記追跡部のそれぞれに対して、各処理に必要なデータを転送するDMAコントローラと、前記対象物検出部と、前記追跡対象認識部と、前記追跡部と、前記CPUと、前記DMAコントローラとを接続するデータバスとを備えている。

[0017] これによると、動画像中の、例えば人物のような対象物を検出し、その人物の手などの所定箇所を追跡すべき箇所として特定することができる。そして、追跡すべき箇所が移動する際に、動画像中に他の移動体等が存在していても、追跡すべき箇所が実際の追跡対象物として認識されるため、常に追跡対象物を捕らえたままその軌跡を追跡することができる。したがって、追跡対象物の軌跡を判定することで、その挙動を判定することができる。

[0018] 従来、動画像から対象物を検出して、その挙動を判定するまでの各処理について、様々な研究がなされ、技術が進歩している。そのため、新たな技術に柔軟に対応すべく、これら各処理をソフトウェアで実現することが現実的となっている。

[0019] ところが、全ての処理をソフトウェアで実現すると、最新技術への柔軟性を確保しやすく、回路規模の増大を抑制しやすい反面、処理性能を向上するには、高性能なCPU等が必要であり、消費電力が高くなるばかりか、処理性能がCPU等に依存するため制限されるという懸念がある。

[0020] 一方、全ての処理をハードウェアで実現すると、処理性能の向上や、低消

費電力化を図りやすい反面、ソフトウェアで実現することによって得られるメリットを犠牲にになってしまうことになる。

[0021] そこで、本願発明者らは、画像認識処理について、ハードウェアおよびソフトウェアのそれぞれで実現する場合のメリットを最大限に得ることに着目した。すなわち、本願発明者らは、上記各処理のうち、追跡箇所特定処理と、判定処理とをソフトウェアで実現し、対象物検出処理と、追跡対象認識処理と、追跡処理とをハードウェアで実現することが最適であることを見いだした。

[0022] これにより、ソフトウェアによって得られる、柔軟性の確保および回路規模の増大抑制というメリットを得ながらも、ハードウェアによって得られる、低消費電力化、処理性能向上というメリットを得ることができる。

発明の効果

[0023] 本開示によれば、回路規模、消費電力、処理性能、および柔軟性のそれぞれに最適な画像認識システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]一実施形態に係る画像認識システムの概要を説明するための図である。

[図2] (A) および (B) は一実施形態に係るハードウェアで実現される処理の例を示すフローチャートである。

[図3]一実施形態に係る画像認識システムの具体的な処理の例を示す図である。

[図4]図3に示す処理例を、システム階層化した場合の図である。

[図5]図4に示すハードウェアを構成する半導体集積回路のブロック図である。

[図6]一実施形態に係る半導体集積回路におけるデータの転送動作の例を説明するための図である。

[図7]一実施形態に係る画像認識システムの各処理のタイミングの例を説明するための図である。

[図8]一実施形態に係る画像認識システムの各処理のタイミングの別の例を説

明するための図である。

[図9] (A) および (B) は一実施形態に係る画像認識システムの効果を説明するための図である。

[図10] 一実施形態に係る画像認識システムにて追跡対象認識処理を実行するための構成例を示す図である。

[図11] (A) および (B) は図10の構成の動作を説明するための図である。

[図12] 図10の構成による追跡対象認識処理を説明するための図である。

[図13] 一実施形態に係る画像認識システムにて追跡処理のために画像ピラミッドを用いて実行されるサーチフローを示す概念図である。

[図14] 一実施形態に係る画像認識システムにて追跡処理のために反復実行される計算の内容を説明するための図である。

[図15] 一実施形態に係る画像認識システムにて追跡処理のために並列に反復実行される計算のタイミング図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本開示の一実施形態について図面を用いて説明するが、各図面において共通する符号は、同一の要素または処理を示す。

[0026] <画像認識システムの概要>

図1は、一実施形態に係る画像認識システムの概要を説明するための図である。本実施形態に係る画像認識システム10は、入力される動画像に含まれる対象物を検出し、対象物に関する所定箇所を追跡することによって、その挙動を判定する、といった画像認識処理を行う。そして、挙動の判定結果に応じて、適切なアプリケーションが決定される。画像認識システム10による各処理は、ソフトウェアおよびハードウェアによって実現される。

[0027] 画像認識システム10において、対象物検出処理S11（以下、処理S11と表記する）と、追跡対象認識処理S13（以下、処理S13と表記する）と、追跡処理S14（以下、処理S14と表記する）とはハードウェアで実現され、追跡箇所特定処理S12（以下、処理S12と表記する）と、判

定処理 S 1 5（以下、処理 S 1 5 と表記する）とは、ソフトウェアで実現される。

[0028] 従来、画像認識処理に関する研究がなされており、現在では、その技術の進歩は早いため、対象物を検出してからその挙動を判定するまでの処理において、新たな技術に柔軟に対応しやすくするために、これら各処理をソフトウェアで実現することが一般的となっている。例えば、O p e n C V（Open Source Computer Vision Library）を用いて、画像認識処理をソフトウェアにより実現可能であることが知られている。

[0029] ところが、全ての処理をソフトウェアで実現すると、様々な技術に柔軟に対応しやすく、ハードウェアで実現する場合に比べて回路規模の増大を抑制しやすい反面、処理性能が C P U 等に依存するため、高性能化が制限されてしまう。また、高性能な C P U 等を高い周波数で動作させると消費電力も高くなってしまうという懸念もある。

[0030] 一方、全ての処理をハードウェアで実現すると、処理性能の向上や低消費電力化を図りやすい反面、ソフトウェアで実現することによって得られる柔軟性等のメリットが損なわれやすい。このように、ソフトウェア処理とハードウェア処理とで、得られる効果はトレードオフの関係にある。

[0031] そこで、本願発明者らは、このトレードオフの関係を踏まえ、次の点に着目して、これら各処理を、ソフトウェアで実現するか、あるいはハードウェアで実現するかの切り分けを行うこととした。

[0032] ハードウェアで実現すべき処理は、

（１）ソフトウェアのような柔軟性がなくても、既に汎化されたものである。

（２）本質的にソフトウェア処理として効率が悪く、ハードウェア処理の方が効率がよい。

[0033] このように、本願発明者らは、上記 2 点を満たす処理をハードウェアによって実現することで、画像認識システム 1 0 のシステム構成を最適化することができる考えた。

- [0034] 処理S 1 1は、動画像に含まれる対象物として、例えば人物を検出する。
- 処理S 1 1は、入力される動画像の画像データを探索し、予め機械学習させておいた対象物の画像が、画像データに含まれているか否かを判定するものである。なお、対象物は人物以外であってもよく、学習によって予め定義可能なものであればよい。
- [0035] ここで、機械学習とは、一般的な教師付き機械学習のことを指す。例えば、対象物と非対象物とを含む画像群から、画像から得られた特徴量（輝度勾配ヒストグラム（HOG : Histograms of Oriented Gradients））や局所輝度比較バイナリパターン（LBP : Local Binary Pattern）と、ラベル（対象物または非対象物）との対応関係を取得する。そして、この対応関係を統計処理して、特徴量の全組み合わせの中の対象物を示す集合を分離することによって行われる学習である。
- [0036] したがって、処理S 1 1は、予め機械学習させておいた画像データを用いて、動画像内の全画素を探索する識別器型検出器による一般的な検出処理によって実現することができる。なお、対象物を人物の顔としてもよく、人物等の少なくとも一部を対象物としてもよい。
- [0037] このように、処理S 1 1は、全画素について繰り返す処理であるため、処理の高速化等の観点から、ソフトウェアよりも、ハードウェアによって実現することが好ましいといえる。なお、対象物を学習するためのデータはメモリ等に格納しておけばよい。
- [0038] 処理S 1 2は、処理S 1 1によって検出された対象物について、その所定箇所としての例えば手や顔などを、追跡すべき箇所として特定する。なお、追跡すべき箇所は、対象物に関する少なくとも一部であってもよく、対象物全体であってもよい。また、対象物の複数箇所として、例えば両手を追跡すべき箇所として特定してもよい。処理S 1 2は、例えば顔認識処理のように、画像データ内に、対象物の所定箇所（例えば顔）が存在するか否かによって、その所定箇所を追跡すべき箇所として特定することができる。
- [0039] また、処理S 1 1によって対象物として人物の顔が検出された場合、その

ことをもって動画像に人物が存在するという前提のもと、その人物の手を追跡すべき箇所として特定してもよい。つまり、追跡すべき箇所は、対象物の一部でなくてもよく、対象物からその存在が推測可能な部分であってもよい。

[0040] このように、処理S 1 2は、顔認識処理等のように様々な実装形態が考えられ、その技術進歩が早いため、ソフトウェアによって実現して、柔軟性を持たせることが好ましいといえる。

[0041] 処理S 1 3は、処理S 1 2によって特定された箇所に基づいて、画像認識システム10で実際に追跡するための追跡対象物を認識する。処理S 1 3は、画像データを探索し、例えば人の手の部分など、予め指定された特定箇所の画像（テクスチャ）が画像データに含まれているか否かを検出する。含まれている場合には、追跡対象物が認識されていることになる。また、処理S 1 3の実行時には、テクスチャの学習と検出とが並行して行われ、逐次、繰り返されるテクスチャの検出に反映される。これにより、処理S 1 3において、手の指が曲がったり伸びたりするなど、追跡対象物の形状が変化しても常に追跡対象物を認識することができる。

[0042] このように、処理S 1 3は、予め指定されたテクスチャを画像データから探索する処理や、逐次変化するテクスチャを学習するといった処理を繰り返し行うものであるため、性能面において処理の高速化が必要である。一方、これらの処理は、識別器型検出器を用いた一般的な検出処理によって実現することができる。したがって、処理S 1 3は、ハードウェアによって実現することが好ましいといえる。なお、テクスチャの逐次学習結果はメモリ等に格納される。

[0043] 処理S 1 4は、処理S 1 3によって認識された追跡対象物を追跡する。また、処理S 1 4では、現在追跡している追跡対象物に関するデータを処理S 1 3にフィードバック可能であり、このフィードバックによって、処理S 1 3における逐次学習が可能となる。処理S 1 4は、例えば、オプティカルフローのLucas-Kanade法を用いて、画像データ内の任意の箇所の画像（テクス

チャ)の動きベクトル(オプティカルフロー、あるいはモーションフロー)を算出することにより実現することができる。

[0044] このように、処理S14は、オプティカルフローのような一般的な手法を用いて実現可能であるため、処理の高速化等の高性能化を行いやすくするべく、ハードウェアによって実現することが好ましいといえる。

[0045] 処理S15は、処理S14による追跡対象物の追跡結果に基づいて、追跡対象物の挙動を判定する。

[0046] 処理S15は、追跡対象物の挙動を判定するため、様々な対象物に柔軟に対応する必要がある。例えば、画像認識システム10を車載安全装置に適用する場合には、追跡対象物としてのドライバ(あるいはドライバの顔)の挙動が脇見運転に該当するかどうかを判定することができる。また、画像認識システム10を店舗内の監視カメラに適用する場合には、様々な商品が陳列された棚から、客がどの商品に手を伸ばしたかを判定することができる。

[0047] さらに、挙動の判定手法については、様々な研究が進んでおり、今後の技術動向を考慮すると、最新の技術に柔軟に対応することが好ましい。

[0048] したがって、処理S15は、ソフトウェアによって実現することが好ましいといえる。

[0049] このように、図1に示す各処理が関係しあって、本実施形態に係る画像認識システム10が実現される。

[0050] 図2(A)および図2(B)は、一実施形態に係るハードウェアで実現される処理の例を示すフローチャートである。図2(A)は、対象物検出処理および追跡対象認識処理の概要の例を、図2(B)は、追跡処理の概要の例を示すフローチャートである。

[0051] 処理S11、S13、S14のそれぞれをハードウェアで実現する場合、ハードウェアによって、各処理に必要なバリエーションに対応すればよい。

[0052] 具体的に、画像データ20内の所定の領域ROI(Region Of Interest)に含まれる画素データに基づいて、対象物のエッジ部分の特徴量が生成される(S21)。特徴量の生成に関して、所定の計算式を用いればよく、参照

する画素の位置および計算式に用いるパラメータ、といったバリエーションに対応すればよい。

[0053] 特徴量が生成されると、その特徴量を示すインデックスと、確からしさを示すスコア（尤度）とが対応付けられたLUT（Look up table）が検索され、インデックスに対応するスコアが決定される（S22）。LUTは、例えばSRAM（Static Random Access Memory）に格納され、その値が逐次更新可能であり、LUTの内容を更新することを学習と呼ぶ場合がある。したがって、バリエーションとしての、LUTの内容に対応すればよい。

[0054] そして、LUTから得られたスコアが累算され、その結果と閾値とが比較されることによって、対象物および追跡対象物が判定される（S23）。この処理では、バリエーションとしての、スコアの累算回数と閾値とに対応すればよい。なお、LUTには、特徴量とスコアとが、予め機械学習等によって与えられている。

[0055] このように、上記各処理は汎化されており、ソフトウェアのような柔軟性がなくてもハードウェアで実現しやすく、ハードウェアを、上述した各バリエーションに対応可能なように構成すればよい。

[0056] また、図2（B）では、処理S14について、オプティカルフローのLK法を用いる場合を例に挙げている。

[0057] オプティカルフローでは、画像データ20の領域ROIに含まれる画素データに基づいて、輝度勾配が生成される（S24）。輝度勾配の生成に関する計算式は固定的である。

[0058] 次に、輝度勾配に基づいて、座標変位（例えば動きベクトル）を示すフロー量がフロー行列計算によって算出される（S25）。フロー量の算出に関する計算式は固定的である。

[0059] そして、フロー量に基づいて、追跡対象物の動きが収束したかどうかの判定が行われ、収束したときのフロー量（どこに移動したか）が出力される（S26）。したがって、バリエーションである、収束の判定条件に対応すればよい。

- [0060] このように、オプティカルフローでは、S 2 4～S 2 6が反復して行われるため、処理の高速化の観点からハードウェアで実現することのメリットは大きいといえる。
- [0061] 図 3 は、一実施形態に係る画像認識システムの具体的な処理例を示す図である。なお、図 3 では、対象物が人物であり、追跡対象物が手である場合を例にしている。
- [0062] 入力される動画像の任意の時刻における画像 3 0 に人物 3 1 が含まれている場合、処理 S 1 1 において、対象物として人物 3 1 が検出される。
- [0063] 人物 3 1 が検出されると、処理 S 1 2 において、その人物 3 1 の両手 3 2，3 3 が追跡すべき箇所として特定される。なお、片手 3 2 のみが追跡すべき箇所として特定されてもよい。
- [0064] 両手 3 2，3 3 が特定されると、処理 S 1 3，S 1 4 において、逐次、両手 3 2，3 3 の認識と追跡とが並行して行われる。これにより、両手 3 2，3 3 の形状が変わったり、手の形状に近い物体が存在したりしても、両手 3 2，3 3 を実際の追跡対象物として、逐次学習しながら追跡可能となる。
- [0065] なお、処理 S 1 1，S 1 3 では、図 2 (A) の S 2 1～S 2 3 で示す処理が実行される。また、処理 S 1 4 では、図 2 (B) の S 2 4～S 2 6 で示す処理が実行される。
- [0066] その後、例えば所定の時間、両手 3 2，3 3 の追跡が行われると、処理 S 1 5 において、両手 3 2，3 3 の挙動が判定される。なお、両手 3 2，3 3 の移動が停止してから所定の時間経過後に処理 S 1 5 を実行してもよい。このような処理により、人物のジェスチャ認識が可能となる。
- [0067] そして、処理 S 1 5 における判定結果に基づいて、処理 S 1 6 において、両手 3 2，3 3 の挙動に応じたアプリケーションの動作が決定される。なお、本実施形態に係る画像認識システム 1 0 の動作結果に応じたアプリケーションは任意である。例えば、画像認識システム 1 0 が車載安全装置に適用される場合、挙動判定の結果がドライバの脇見運転に該当するようであれば、ドライバに注意を促すようなアプリケーションを動作させることができる。

[0068] このように、処理 S 1 1 ～ S 1 6 が繰り返される。なお、例えば、処理 S 1 5 の後に、再度、処理 S 1 3, S 1 4 を実行してもよい。また、処理 S 1 1 ～ S 1 5 の途中で、対象物や追跡対象物に変更された場合には、それに応じて処理を実行し直してもよい。

[0069] 図 4 は、図 3 に示す処理例を、システム階層化した場合の図である。

[0070] 図 4 に示すように、例えば、処理 S 1 1, S 1 3, S 1 4 は、ハードウェア 5 0 によって実装され、処理 S 1 2, S 1 5 は、ソフトウェアであるミドルウェア 5 3 によって実装される。

[0071] 処理 S 1 1, S 1 3, S 1 4、および処理 S 1 2, S 1 5 の関係は、ドライバ 5 1 とアプリケーションプログラミングインタフェースである API 5 2 とを介して行われる。また、処理 S 1 6 は、その処理の内容に適したアプリケーション 5 4 によって実現される。

[0072] このように、本実施形態では、ハードウェア処理とソフトウェア処理とが関係することにより、ソフトウェア処理による柔軟性の維持および回路規模の増大抑制、ならびに、ハードウェア処理による性能の向上および低消費電力化を実現することができる。

[0073] <半導体集積回路の構成>

図 5 は、図 4 に示すハードウェアを構成する半導体集積回路のブロック図である。ハードウェアは、上述した画像認識処理を実行可能な半導体集積回路 5 0 であり、CPU 5 0 1 と、マイクロコードシーケンサ 5 0 2 と、対象物検出部 5 0 3 と、追跡対象認識部 5 0 4 と、追跡部 5 0 5 と、これらに対応する複数のローカルメモリである LMEM 5 0 6 と、DMA (Direct Memory Access) コントローラ 5 0 7 と、支援 DSP (Digital Signal Processor) 5 0 8 と、制御バス 5 0 9 と、データバス 5 1 0 と、DRAM (Dynamic Random Access Memory) 5 1 1 とを有する。

[0074] CPU 5 0 1、マイクロコードシーケンサ 5 0 2、対象物検出部 5 0 3、追跡対象認識部 5 0 4、追跡部 5 0 5、DMA コントローラ 5 0 7、および支援 DSP 5 0 8 はそれぞれ、データバス 5 1 0 に接続されている。

- [0075] CPU 501は、データバス510を介してDRAM511から必要なデータを取得し、処理S12, S15, S16を行う。また、CPU 501は、図4のAPIから呼び出されることにより、マイクロコードシーケンサ502にアクセスし、処理S12, S15の結果やデータバス510から取得したデータ等をマイクロコードシーケンサ502に設定し、マイクロコードでマイクロコードシーケンサ502の動作を制御する。
- [0076] マイクロコードシーケンサ502は、制御バス509を介して、対象物検出部503、追跡対象認識部504、追跡部505、DMAコントローラ507、および支援DSP508のそれぞれに接続されている。
- [0077] また、マイクロコードシーケンサ502は、マイクロコードに応じて、対象物検出部503、追跡対象認識部504、追跡部505、DMAコントローラ507、および支援DSP508のそれぞれに対する動作制御を行う。これにより、CPU 501による、対象物検出部503、追跡対象認識部504、追跡部505、DMAコントローラ507、および支援DSP508のそれぞれの動作制御が中継される。
- [0078] マイクロコードシーケンサ502の動作制御により、対象物検出部503、追跡対象認識部504、追跡部505、DMAコントローラ507、および支援DSP508が起動される。このとき、処理S11, S13, S14に必要なパラメータ等がそれぞれ設定される。なお、対象物検出部503、追跡対象認識部504、追跡部505、DMAコントローラ507、および支援DSP508が起動すると、これらはそれぞれに応じた処理を実行するため、所定の期間、CPU 501による動作制御は不要となる。
- [0079] 対象物検出部503は、マイクロコードシーケンサ502の制御に従って、対応するL MEM 506にアクセスし、処理S11を実行する。
- [0080] 追跡対象認識部504は、マイクロコードシーケンサ502の制御に従って、対応するL MEM 506にアクセスし、処理S13を実行する。
- [0081] 追跡部505は、マイクロコードシーケンサ502の制御に従って、対応するL MEM 506にアクセスし、処理S14を実行する。

- [0082] 処理S 1 1, S 1 3, S 1 4の結果はそれぞれ、対応するL MEM 5 0 6およびデータバス5 1 0を介してD R A M 5 1 1に格納される。
- [0083] D M Aコントローラ5 0 7は、処理S 1 1, S 1 3, S 1 4に必要なデータをD R A M 5 1 1から読み出して、各L MEM 5 0 6に同時並行的に転送する。処理S 1 1, S 1 3, S 1 4のそれぞれは、ハードウェアにより実装されているため、D M Aコントローラ5 0 7は、アクセスすべきD R A M 5 1 1のアドレスを容易に予測することができる。したがって、D M Aコントローラ5 0 7は、D R A M 5 1 1から各L MEM 5 0 6にデータを並列に転送することができる。これにより、対象物検出部5 0 3、追跡対象認識部5 0 4、および追跡部5 0 5のそれぞれがD R A M 5 1 1に直接アクセスすることによるパフォーマンスの劣化を抑制することができる。
- [0084] 支援D S P 5 0 8は、対象物検出部5 0 3、追跡対象認識部5 0 4、および追跡部5 0 5に対して、付加的な処理を提供する。これにより、処理S 1 1, S 1 3, S 1 4をハードウェアで実現した場合の柔軟性の低下を抑制することができる。支援D S P 5 0 8は、例えば、処理S 1 1, S 1 3, S 1 4の前処理や、処理結果の補正処理の実行が可能である。また、支援D S P 5 0 8は、処理S 1 1, S 1 3, S 1 4の連係処理や、C P U 5 0 1の処理を支援してもよい。
- [0085] このように、処理S 1 2, S 1 5, S 1 6をC P U 5 0 1で処理し、処理S 1 1, S 1 3, S 1 4をそれぞれに対応するハードウェアで実装することで、C P U 5 0 1の負荷を低減しつつ、高性能な画像認識処理を高速に実行することができる。
- [0086] <半導体集積回路の動作例>
- 図6は、一実施形態に係る半導体集積回路におけるデータの転送動作の例を説明するための図である。なお、縦軸は時間、横軸はハードウェアで実行される処理を表す。
- [0087] 以下、D M Aコントローラ5 0 7によるデータの転送動作について説明する。なお、図中の三角印は、D M Aコントローラ5 0 7がデータ転送するタ

イミングを示す。

[0088] 図6に示すように、対象物検出部503、追跡対象認識部504、追跡部505、およびDMAコントローラ507のそれぞれは、マイクロコードシーケンサ502からの、各処理に必要な設定がなされることにより並列動作が可能となる。

[0089] まず、マイクロコードシーケンサ502は、DMAコントローラ507に対して、対象物検出部503、追跡対象認識部504、および追跡部505のそれぞれの処理に必要なデータ等をDRAM511から転送するように設定する（メモリ転送設定）。これにより、DMAコントローラ507は、DRAM511からLMEM506にデータを転送するメモリ転送制御を実行し、処理S11に必要なデータのLMEM506への転送を開始する（503関連転送）。

[0090] DMAコントローラ507は、対象物検出部503、追跡対象認識部504、および追跡部505のそれぞれの処理用に例えば3chずつの独立したチャネルを有する（合計9ch）。

[0091] マイクロコードシーケンサ502は、対象物検出部503に対して、処理S11に関する設定を行う（S11の設定）。これにより、対象物検出部503は処理S11を実行する。

[0092] 具体的に、対象物検出部503において、特徴量生成処理（図2（A）のS21）が実行されるとき、都度、LMEM506とのデータ転送が可能となる。また、LUT検索処理（図2（A）のS22）が実行されるとき、その処理の開始時に一度データ転送が行われる。さらに、累算、閾値判定処理（図2（A）のS23）が実行されるとき、その処理の最終段階で一度データ転送が行われる。このように、それぞれの処理について独立したデータ転送が可能である。

[0093] また、DMAコントローラ507は、処理S13に必要なデータのLMEM506への転送を開始する（504関連転送）。

[0094] そして、マイクロコードシーケンサ502は、追跡対象認識部504に対

して、処理 S 1 3 に関する設定を行う（S 1 3 の設定）。これにより、追跡対象認識部 5 0 4 は処理 S 1 3 を実行する。処理 S 1 3 では、図 2（A）に示す S 2 1 ～ S 2 3 が実行される。なお、このとき、L U T の内容が逐次更新される、逐次学習が並行して実行される。

[0095] さらに、DMA コントローラ 5 0 7 は、処理 S 1 4 に必要なデータの L M E M 5 0 6 への転送を開始する（5 0 5 関連転送）。

[0096] そして、マイクロコードシーケンサ 5 0 2 は、追跡部 5 0 5 に対して、処理 S 1 4 に関する設定を行う（S 1 4 の設定）。これにより、追跡部 5 0 5 は処理 S 1 4 を実行する。処理 S 1 4 では、図 2（B）に示す S 2 4 ～ S 2 6 が実行される。

[0097] その後、対象物検出部 5 0 3、追跡対象認識部 5 0 4、追跡部 5 0 5、および DMA コントローラ 5 0 7 のそれぞれの処理が終了すると、その結果は C P U 5 0 1 に通知され、以後、処理が繰り返し実行される。

[0098] このように、処理 S 1 1、S 1 3、S 1 4 のそれぞれにおいて、図 6 中の三角印のタイミングで、DMA コントローラ 5 0 7 によるデータ転送が独立して実行される。

[0099] なお、2 つ以上の処理が連係して、お互いの処理内容に応じて、並行して実行されてもよい。この場合、上述したような DMA 転送を用いて、データ転送をしながら各処理を同時進行させることが可能である。また、1 つの処理の結果を一旦 D R A M 5 1 1 に格納し、再度、L M E M 5 0 6 に転送し、処理を順次パイプライン的に進めることも可能である。

[0100] また、図 6 に示す各設定、つまり各処理の順序は、図 6 に示した順序に限られない。これは、各処理 S 1 1、S 1 3、S 1 4 のそれぞれが、所定の時間内に完了するために十分な時間があるように開始され、所定の時間内において、互いに協働する処理が適切なタイミングで同時に動作できればよいからである。

[0101] また、DMA コントローラ 5 0 7 における各処理用のチャンネル数は任意であり、チャンネル数は各処理の内容に応じて異なっていてもよく、合計は 9 c

hに限らない。

[0102] 図7は、一実施形態に係る画像認識システムの各処理のタイミングの例を説明するための図である。図7では、図4に示す処理S11～処理S15によって、画像データ（フレームデータ）を連続して処理する場合の動作タイミングの一例を説明する。なお、図7において、横軸は時間、縦軸は処理対象のフレームデータを示す。

[0103] 単位時間T1にて、フレーム1に対して処理S11が実行される。処理S11の結果として得られた対象物（例えば人物の顔）のフレーム1上における座標に関する情報61はデータバス510を介してCPU501に渡される。

[0104] 単位時間T2にて、座標情報61を用いて、CPU501による処理S12が実行され、追跡すべき箇所（例えば人物の手）が特定される。処理S12の結果として得られた追跡箇所のフレーム1上の座標に関する情報62は、API52およびCPU501を介して処理S13を実行する追跡対象認識部504に渡される。

[0105] 単位時間T3にて、座標情報62を用いて、処理S13、S14が並行して実行される。また、処理S13、S14の実行中に、フレーム2に対する処理S12に用いるための、情報62が補正された情報63が算出される。つまり、情報63は、1つのフレームに対する処理S12の結果である追跡箇所の座標情報が補正された情報である。そして、情報63は、単位時間T3において並行して実行されるフレーム2に対する処理S12に反映される。なお、同一単位時間内のデータのやりとりは、DMAコントローラ507によるDMA転送によって実現される。

[0106] 情報63を用いた、フレーム2に対する処理S12の結果は、処理S13を実行する追跡対象認識部504に渡される。これにより、処理S13において、LUTの内容が更新され逐次学習が実行される。

[0107] 単位時間T4では、単位時間T3までの処理の結果に基づいて、CPU501による処理S15が行われ、追跡対象物の挙動が判定される。このよう

に、単位時間 T 1 ～ T 4 において、フレーム 1 に対する追跡対象物の挙動判定の結果が得られる。

[0108] また、単位時間 T 4 では、フレーム 2 に対する処理 S 1 3, S 1 4 が同時並行的に実行される。

[0109] 以降、処理 S 1 2 ～ S 1 5 がパイプライン的に繰り返され、フレーム毎の挙動判定が実行される。

[0110] 単位時間 T 5 では、フレーム 5 に対して再度処理 S 1 1 が行われる。このとき、処理 S 1 1 は、フレーム 2 ～ 4 に対する処理 S 1 2 ～ S 1 5 と同時並行的に実行される。

[0111] 以降、処理群 6 4 と処理群 6 5 とが繰り返され、フレーム毎の挙動判定結果が得られる。なお、処理群 6 4 では、座標情報 6 1, 6 2 が用いられて、処理 S 1 1 ～ S 1 5 が実行されるのに対して、処理群 6 5 では、座標情報 6 2 が補正された情報 6 3 が用いられて、処理 S 1 2 ～ S 1 5 が実行される。

[0112] 以上のように各処理のタイミングを制御することによって、単位時間 T 3, T 4, T 6, T 7 では、ハードウェアによる処理 S 1 3, S 1 4 の同時並行的な実行が可能となり、単位時間 T 5 では、ハードウェアによる処理 S 1 1, S 1 3, S 1 4 の同時並行的な実行が可能となる。つまり、1 つの単位時間において、2 以上の処理の実行が可能である。

[0113] なお、図 7 では、処理 S 1 1 が実行されるインターバルを 4 単位時間毎としているが、このインターバルは任意である。

[0114] また、図 7 では、1 つのフレームに対して、同じ単位時間に複数の処理が実行される場合について説明しているが、図 8 に示すように、フレーム毎に、処理 S 1 1 ～ S 1 5 が 1 つの単位時間で実行されるようにしてもよい。

[0115] 図 8 は、一実施形態に係る画像認識システムの各処理のタイミングの別の例を説明するための図である。処理 S 1 1 ～ S 1 5 が、図 8 のようなタイミングで実行される場合でも、例えば単位時間 T 5 において、ハードウェアによる処理 S 1 1, S 1 3, S 1 4 の同時並行的な実行が可能であるため、処理の高速化を図ることができる。

[0116] 図9（A）および図9（B）は、一実施形態に係る画像認識システムの効果を説明するための図である。図9（A）は、画像認識処理の全てをソフトウェアによって実現した場合を説明するための図であり、図9（B）は、本実施形態に係る画像認識システムで画像認識処理を実現した場合を説明するための図である。

[0117] 図9（A）に示すように、画像認識処理の全てをソフトウェアで実現する場合、つまり、上述した処理S11～S15の全てをソフトウェアで実現する場合、画像データ20に含まれる領域ROIに係るデータが1つずつ順次読み出され、このデータに対してCPUによって、対象物の検出、追跡箇所の特特定、追跡、および挙動の判定のそれぞれに係る演算処理が逐次実行される。なお、これら複数の演算処理のそれぞれを、図9（A）では、演算A～演算Xで示している。

[0118] このとき、CPUは、後段の演算を実行するにあたり前段の演算結果を用いる。具体的に、CPUは、演算Bを実行するにあたり、演算Aの結果を用いるため、処理の高速化には限界がある。そして、最終段である演算Xの実行が終了すると、1つの領域ROIに対する処理結果が出力されるとともに、別の領域ROIに係るデータを読み出すためのアドレスの決定処理が行われる。

[0119] このように、画像認識システム10で実行される処理の全てをソフトウェアで実現すると、CPUによる、データへのランダムアクセスや各種演算の繰り返しが発生してしまう。また、アクセスすべきアドレスの決定処理も発生してしまう。特に、図2（A）および図2（B）に示す処理は反復的な処理が支配的であるため、ソフトウェア処理では、高性能なCPU等を用いたとしても、処理の高速化に限界がある。例えば、フレームレートが30fps以上で、フルHD（High Definition）のような高精細な動画像を扱う場合、ソフトウェアのみによる画像認識処理では33ms以内に完了することが困難である。

[0120] これに対して、図9（B）に示すように、本実施形態に係る画像認識シス

テム10では、DMAコントローラ507によって、複数の領域ROIに係るデータのアドレスが予測可能であるため、必要なデータは、各処理S11, S13, S14に対応するL MEM506に同時並行的に転送することができる。

[0121] 各L MEM506にデータが転送されると、処理S11, S13, S14のそれぞれは独立かつ並行して実行され、並列処理された結果の出力が可能であるため、高速な処理を実現することができる。

[0122] このように、本実施形態では、ソフトウェア処理として、処理S12, S15が実行され、ハードウェア処理として、処理S11, S13, S14が実行されるため、フルHDのような高精細な動画像を扱う場合であっても、画像認識処理を33ms以内で完了することができる。つまり、図9(A)の場合と比較して、画像認識処理に要する時間を1/30以下とすることができる。

[0123] 以上、本実施形態に係る画像認識システムおよび半導体集積回路50では、処理S12, S15をソフトウェアで実現し、処理S11, S13, S14を専用のハードウェアで実現するようにしている。つまり、画像認識システム10を、単にソフトウェア処理とハードウェア処理とに切り分けるのではなく、上述した(1), (2)に着目して構成している。その結果、ソフトウェア処理によって実現した場合に得られる、柔軟性の確保および回路規模の増大抑制といったメリットと、ハードウェア処理によって実現した場合に得られる、消費電力の低減、コストの削減、処理性能の向上といったメリットとを享受することができる。

[0124] したがって、本実施形態によると、回路規模、消費電力、処理性能、および柔軟性のそれぞれにおいて、最適な画像認識システム10および半導体集積回路50を構成することができる。

[0125] 最後に、追跡対象認識処理S13および追跡処理S14の詳細例を説明する。

[0126] 図10は、一実施形態に係る画像認識システムにて追跡対象認識処理S1

3を実行するための構成例を示す図である。また、図11(A)および図11(B)は、図10の構成の動作を説明するための図である。

[0127]

図10において、701はイメージ積分ユニット、702は積分値選択ユニット、703は事後事象メモリ、704はスコア計算ユニットである。ここで、イメージ積分とは、画像中の任意矩形領域内の画素レベルの合計値を算出することを表す(図11(A)参照)。具体的には画像を2次元方向に積分した積分画像を保持しておき、任意矩形の4点での積分画像値を選択ユニット702により取り出すことで、任意矩形領域内の画素レベルの合計値を得ることができる(図11(B)参照)。

[0128] 事後事象とは、後述するイメージ積分値を基に作られる特徴量の特定パターンに該当する事象(Posteriors)の数を表す。具体的には特徴量を数値化したものをインデックスとした配列メモリの各要素に事象の数を記憶することで実現する。事象の数は正解画像における事象(p: Positive)と不正解画像における事象(n: Negative)との2種類を設定し、後述する逐次学習過程で特定値p、nを各々累算する(図10内の記述: +p、+n)。

[0129] スコア計算とは、前述の事後事象の値を用いて、特徴量に応じた正解画像に対する尤度を求めることを示す。スコア(Score)の計算の一例として、事後事象の値p、nを用いて、

$$\text{Score} = p / (p + n)$$

という定義を用いることができる。

[0130] 図12は、図10の構成による追跡対象認識処理S13を説明するための図である。ここでは、逐次学習過程について説明する。705に示すように画像全体を探索して正解画像を探す。ここで正解画像は前述のスコア値から尤度が高い画像を選択することと、追跡処理S14から得られる時系列から推測される正解画像の位置とから特定される。この正解画像の中から、706に示すようにランダム、あるいは特定ルールで設定された複数の矩形領域ペアを決定し、矩形領域ペアの積分値の大小比較結果を1ビットの特徴量と

する。複数の矩形領域ペアから複数ビットの特徴量が得られるため、これをインテックスとして、707に示すように特定パターンに対する事後事象（ p ）として定義できる。

[0131] また、画像全体を探索して上記正解画像に該当しない画像については不正解画像として定義し、同様に708、709、710に示すように複数の矩形領域ペアから得られる特徴量を不正解画像における事後事象（ n ）として定義できる。

[0132] これら事後事象の算出後、前述の特定値 p 、 n の累算によって、事後事象メモリ703の更新が実現できる。

[0133] また、事後事象の算出結果は例えば704に示すように各々スコア値として尤度を計算することに用い、さらに711に示すように平均スコア値として使用することもできる。

[0134] 次に、図13、図14および図15を用いて、追跡処理S14の詳細例を説明する。図13はサーチフローを示す概念図、図14は計算内容の説明図、図15は計算のタイミング図である。

[0135] 一般的に知られるLucas-Kanade法を用いる場合を示す。追跡処理S14では時系列の2つの画像（過去と現在）を参照する。まず、図13の801、802に示すように複数の縮小（本実施形態では各々1/2倍の縮小）を行った画像ピラミッドを形成する。最も小さい画像レイヤから後述する特徴点探索を行い、大きな画像レイヤでの探索に段階的に移行する。これは概念的には大局的な探索から、より詳細な画像での探索を行うという意味を持つ。

[0136] 各々の画像レイヤにおいて、図14のように、特徴点を中心として804、805に示すような画像断片（本実施形態では特徴点を中心とする9画素×9画素）の画素レベル（輝度）を用いた反復計算を行う。Lucas-Kanade法では輝度勾配を算出する。ここで特徴点の座標を（ x ， y ）とし、過去画像におけるその座標の輝度を $I_p(x, y)$ 、現在画像におけるその座標の輝度を $I_c(x, y)$ とすると、特徴点における輝度勾配 I_x 、 I_y 、 I_t は、

$$I_x = I_p(x+1, y) - I_p(x-1, y)$$

$$I_y = I_p(x, y+1) - I_p(x, y-1)$$

$$I_t = I_p(x, y) - I_c(x, y)$$

から算出できる。また、輝度勾配から、オプティカルフロー803の反復計算のための座標変位量は、次の式で算出できる。

[0137] [数1]

$$\begin{bmatrix} n_x \\ n_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum I_x^2 & \sum I_x I_y \\ \sum I_x I_y & \sum I_y^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sum I_x I_t \\ -\sum I_y I_t \end{bmatrix}$$

[0138] 上記数式から判るように、本反復計算では座標変位量を計算するために都度画像の参照を必要とし、また次の変位量を計算するためには該当座標を特定する必要がある、図15の807に示すような計算の依存関係が存在する。そこで複数の画像断片を並列に計算するデータパスを設け、図14の806に示すように複数の画像断片毎の反復計算を並列処理する。806は、例えば座標位置が特定された状態から、座標変位量を求め（下向きの矢印）、次の座標位置を特定し（上向きの矢印）、またその座標変位量を求める、という反復が並列して生じている様子を概念的に表している。画像断片は各々独立しているため、このようにすることで図15の808に示すように計算の依存関係を排除し、並列処理による計算効率化を実現できる。

産業上の利用可能性

[0139] 本開示に係る画像認識システムは、回路規模、消費電力、処理性能、および柔軟性のそれぞれが最適であるため、より高精細な画質の画像認識処理の高速化等に有用である。

符号の説明

[0140] 10 画像認識システム

50 ハードウェア（半導体集積回路）

S11 対象物検出処理

S12 追跡箇所特定処理

- S 1 3 追跡対象認識処理
- S 1 4 追跡処理
- S 1 5 判定処理
- 5 0 1 C P U
- 5 0 2 マイクロコードシーケンサ（シーケンサ）
- 5 0 3 対象物検出部
- 5 0 4 追跡対象認識部
- 5 0 5 追跡部
- 5 0 7 D M Aコントローラ
- 5 0 9 制御バス
- 5 1 0 データバス

請求の範囲

- [請求項1] 予め定義された対象物に係る少なくとも一部を動画像から検出して追跡する画像認識システムであって、
- 前記動画像から前記対象物を検出する対象物検出処理と、
- 前記対象物に係る少なくとも1つの所定箇所を追跡すべき箇所として特定する追跡箇所特定処理と、
- 前記追跡すべき箇所に基づいて、実際の追跡対象物を認識する追跡対象認識処理と、
- 前記追跡対象物を追跡する追跡処理と、
- 前記追跡処理の結果に基づいて前記追跡対象物の挙動を判定する判定処理とを実行可能に構成され、
- 前記追跡箇所特定処理と、前記判定処理とを、ソフトウェアで実行する一方、前記対象物検出処理と、前記追跡対象認識処理と、前記追跡処理とをハードウェアで実行することを特徴とする画像認識システム。
- [請求項2] 請求項1の画像認識システムにおいて、
- 前記対象物は、人物であることを特徴とする画像認識システム。
- [請求項3] 請求項1の画像認識システムにおいて、
- 前記対象物検出処理を実行可能な対象物検出部と、
- 前記追跡対象認識処理を実行可能な追跡対象認識部と、
- 前記追跡処理を実行可能な追跡部と、
- 前記追跡箇所特定処理および前記判定処理を実行可能なCPUとを有するハードウェアを備えていることを特徴とする画像認識システム。
- [請求項4] 請求項1の画像認識システムにおいて、
- 前記対象物検出処理を実行する対象物検出部は、少なくとも特徴量計算ユニットと、事後事象を格納する複数の事後事象メモリと、事後事象更新部と、スコア計算ユニットとを有し、

前記特徴量計算ユニットは、前記動画像から特徴量を算出し、

前記事後事象メモリは、少なくとも対象物画像における事後事象と非対象物画像における事後事象との両方を記憶し、

前記事後事象更新部は、前記対象物画像における事後事象と前記非対象物画像における事後事象とを前記特徴量のパターンに基づいて更新し、

前記スコア計算ユニットは、前記特徴量計算ユニットから得られる任意の特徴量のパターンに該当する事後事象を前記事後事象メモリから取得し、前記任意の特徴量のパターンに該当するスコアを計算することを特徴とする画像認識システム。

[請求項5] 請求項1の画像認識システムにおいて、

前記追跡処理を実行する追跡部は、画像断片における輝度勾配反復計算を行い、

前記輝度勾配反復計算は、前記画像断片を格納したメモリ参照を逐次行い、

前記輝度勾配反復計算を実施する計算ユニットを複数有し、

複数の独立した前記画像断片に対して各々の前記計算ユニットを対応付けて前記複数の画像断片における各々の輝度勾配反復計算を並列に実行することを特徴とする画像認識システム。

[請求項6] 予め定義された対象物に係る少なくとも一部を動画像から検出して追跡する処理を実行する半導体集積回路であって、

前記動画像から前記対象物を検出する処理を実行する対象物検出部と、

前記対象物に係る少なくとも1つの所定箇所を、実際の追跡対象物として認識する処理を実行する追跡対象認識部と、

前記追跡対象物を追跡する処理を実行する追跡部と、

前記所定箇所を特定する処理と、前記追跡部による追跡結果に基づいて前記追跡対象物の挙動を判定する処理とを実行するCPUと、

前記対象物検出部、前記追跡対象認識部、および前記追跡部のそれぞれに対して、各処理に必要なデータを転送するDMAコントローラと、

前記対象物検出部と、前記追跡対象認識部と、前記追跡部と、前記CPUと、前記DMAコントローラとを接続するデータバスとを備えていることを特徴とする半導体集積回路。

[請求項7] 請求項6の半導体集積回路において、

前記CPUは、前記対象物検出部、前記追跡対象認識部、前記追跡部、および前記DMAコントローラのそれぞれに対する動作制御を行うことを特徴とする半導体集積回路。

[請求項8] 請求項7の半導体集積回路において、

前記対象物検出部、前記追跡対象認識部、前記追跡部、および前記DMAコントローラのそれぞれに接続される制御バスと、

前記CPUによる動作制御を前記制御バスに中継するシーケンサとを更に備えていることを特徴とする半導体集積回路。

[請求項9] 請求項6の半導体集積回路において、

前記CPUは、前記対象物検出部の処理が所定の単位時間で終了するように制御し、当該処理の結果を用いて、前記所定箇所を特定する処理と、前記追跡対象認識部の動作制御と、前記追跡部の動作制御と、前記追跡対象物の挙動を判定する処理とを、前記所定の単位時間に連続する複数の単位時間のそれぞれで繰り返し実行することを特徴とする半導体集積回路。

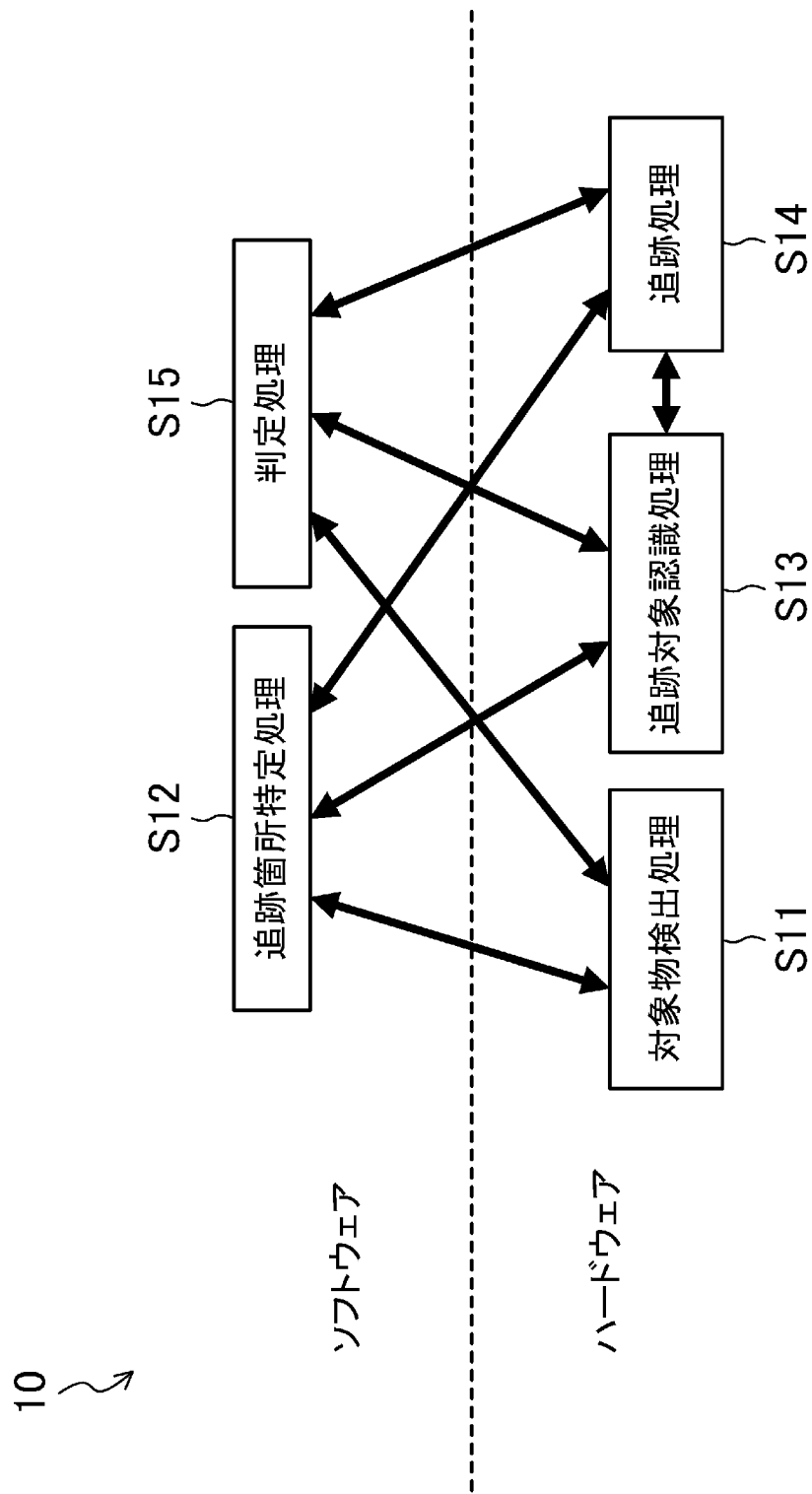
[請求項10] 請求項9の半導体集積回路において、

前記CPUは、前記所定箇所を特定する処理と、前記追跡対象認識部の動作制御と、前記追跡部の動作制御と、前記追跡対象物の挙動を判定する処理とのうち2以上を、前記複数の単位時間のいずれかにおいて並行して実行することを特徴とする半導体集積回路。

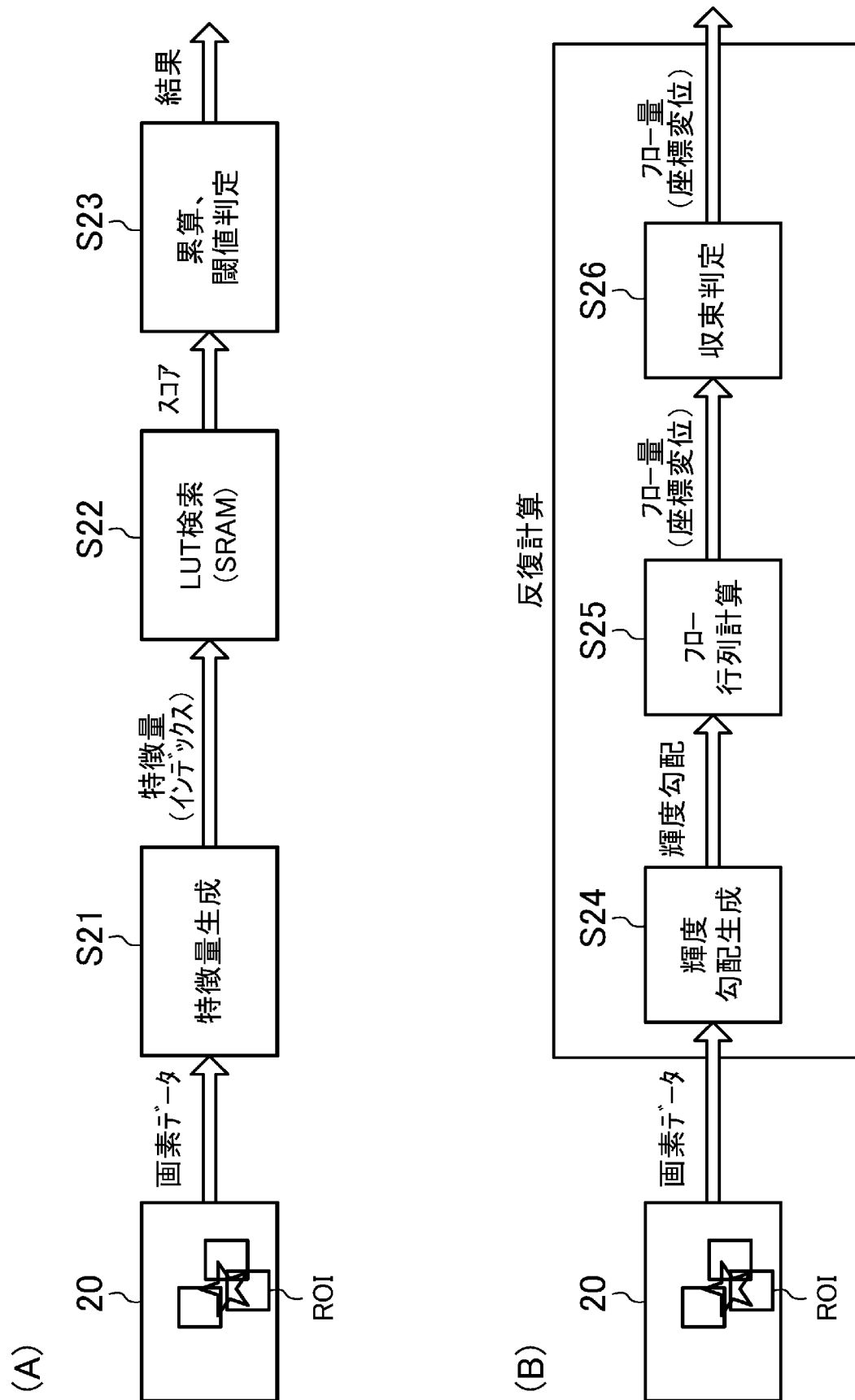
[請求項11] 請求項10の半導体集積回路において、

前記CPUは、前記所定の単位時間が終了した後、再度前記対象物検出部による処理が実行されるとき、当該処理が、前記所定箇所を特定する処理と、前記追跡対象認識部の動作制御と、前記追跡部の動作制御と、前記追跡対象物の挙動を判定する処理とのうち2以上が実行される単位時間においてなされるように制御することを特徴とする半導体集積回路。

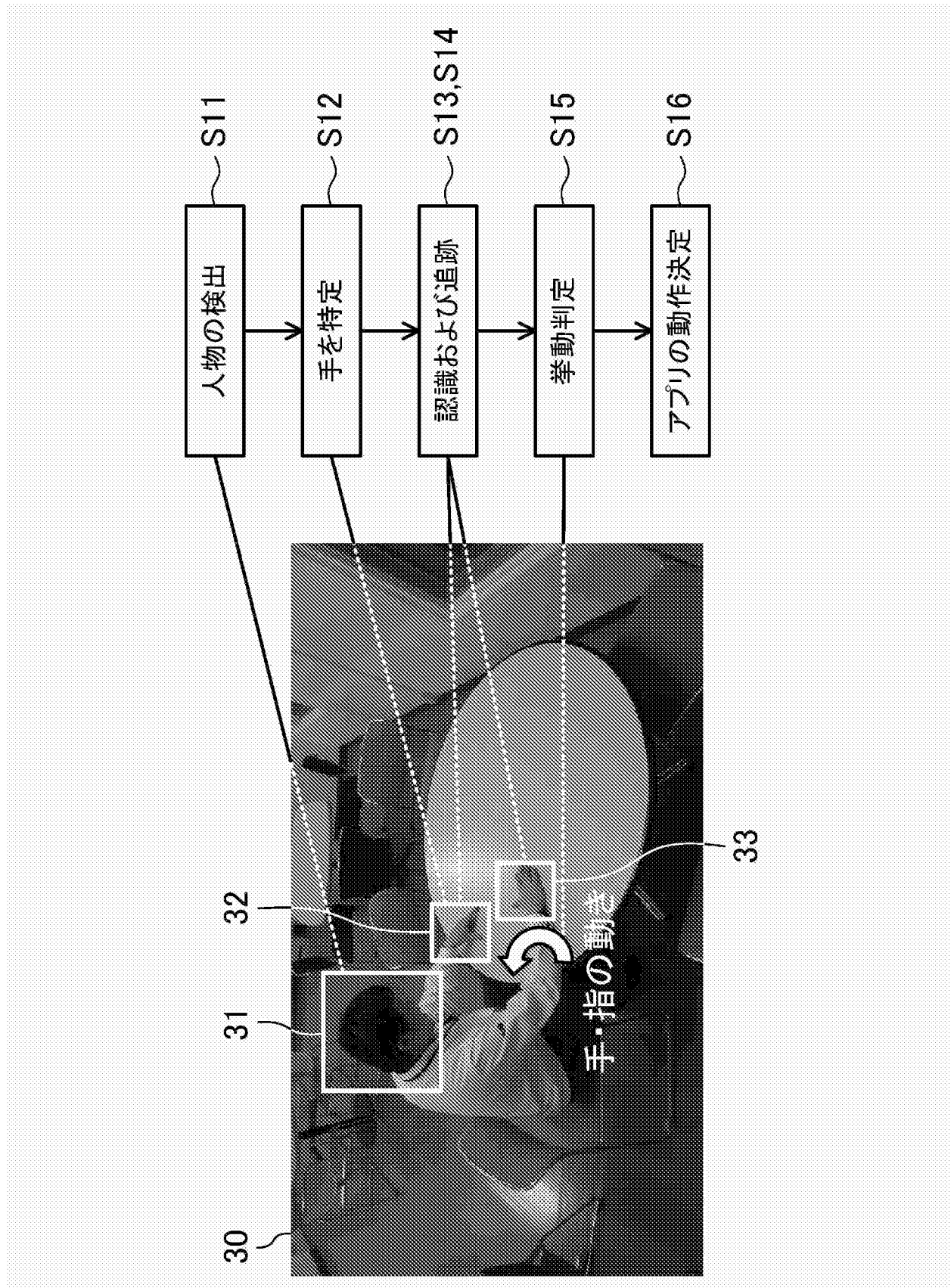
[図1]



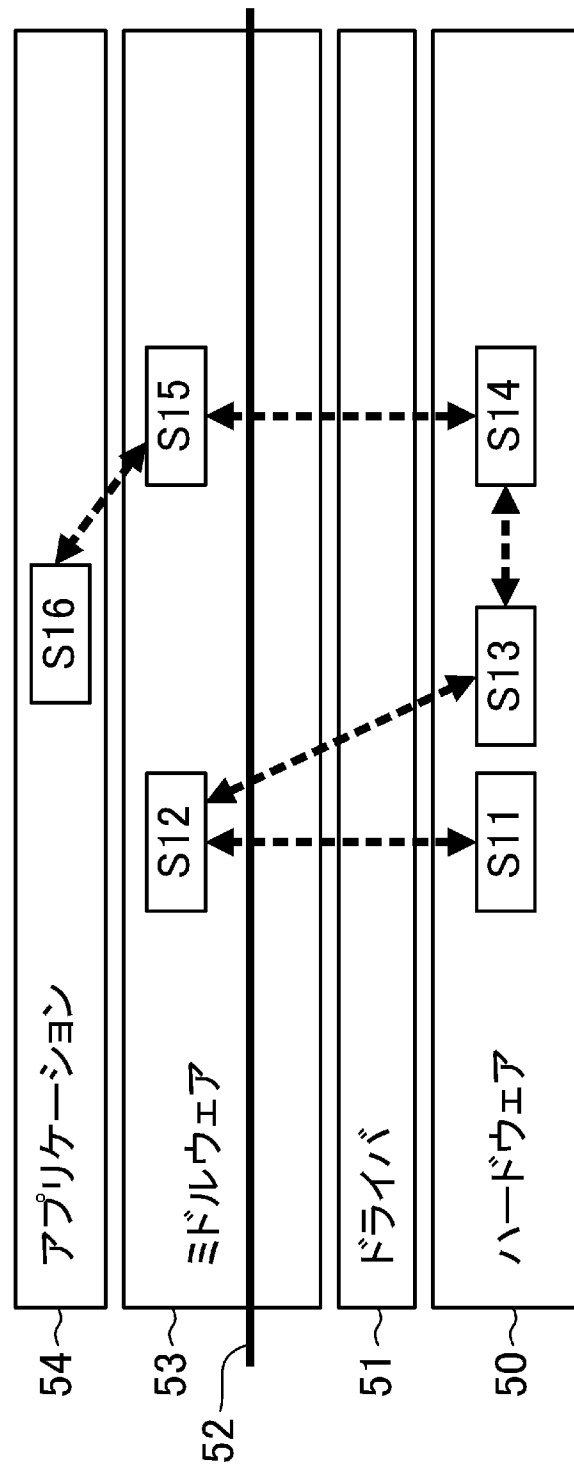
[図2]



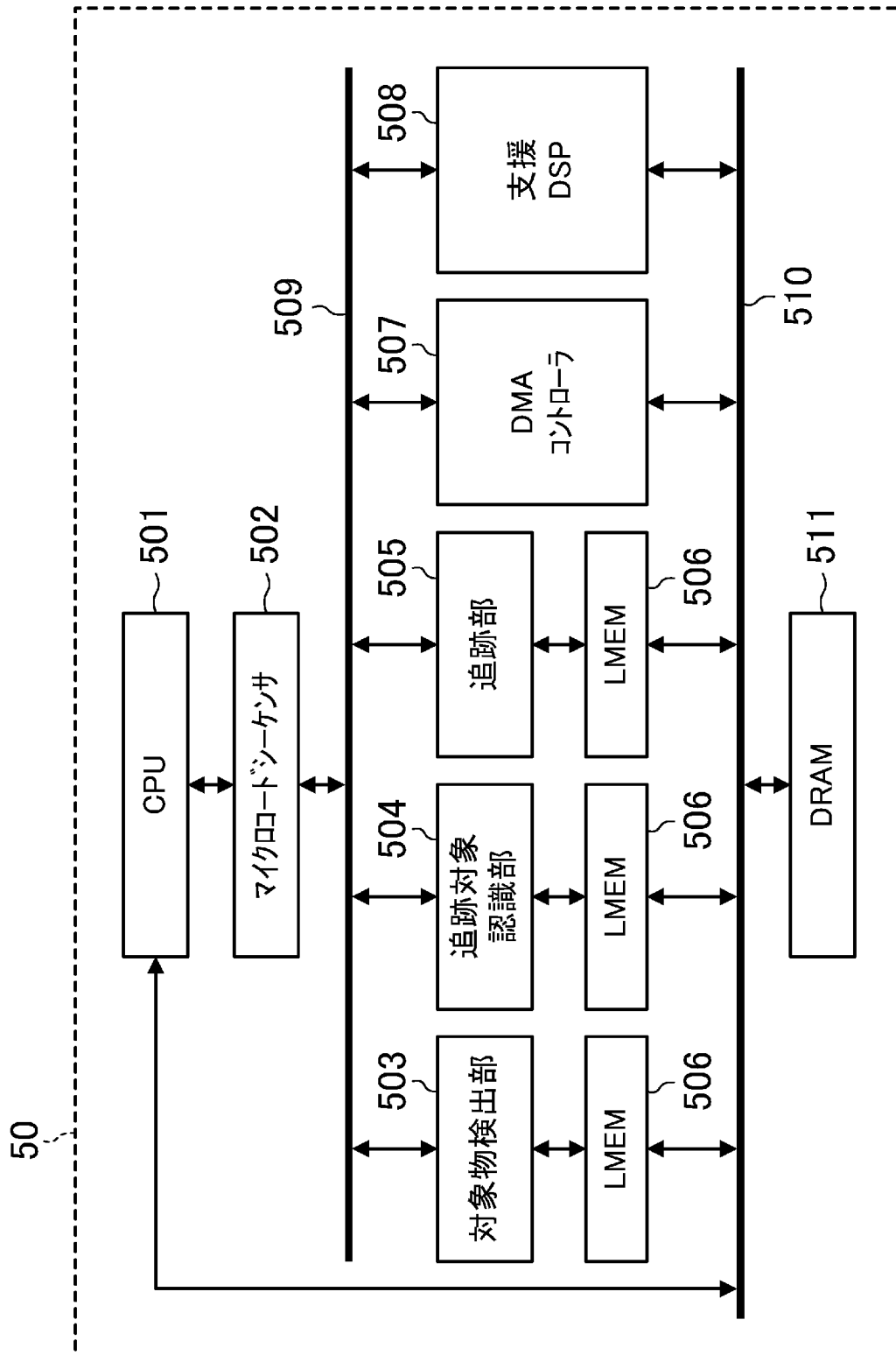
[図3]



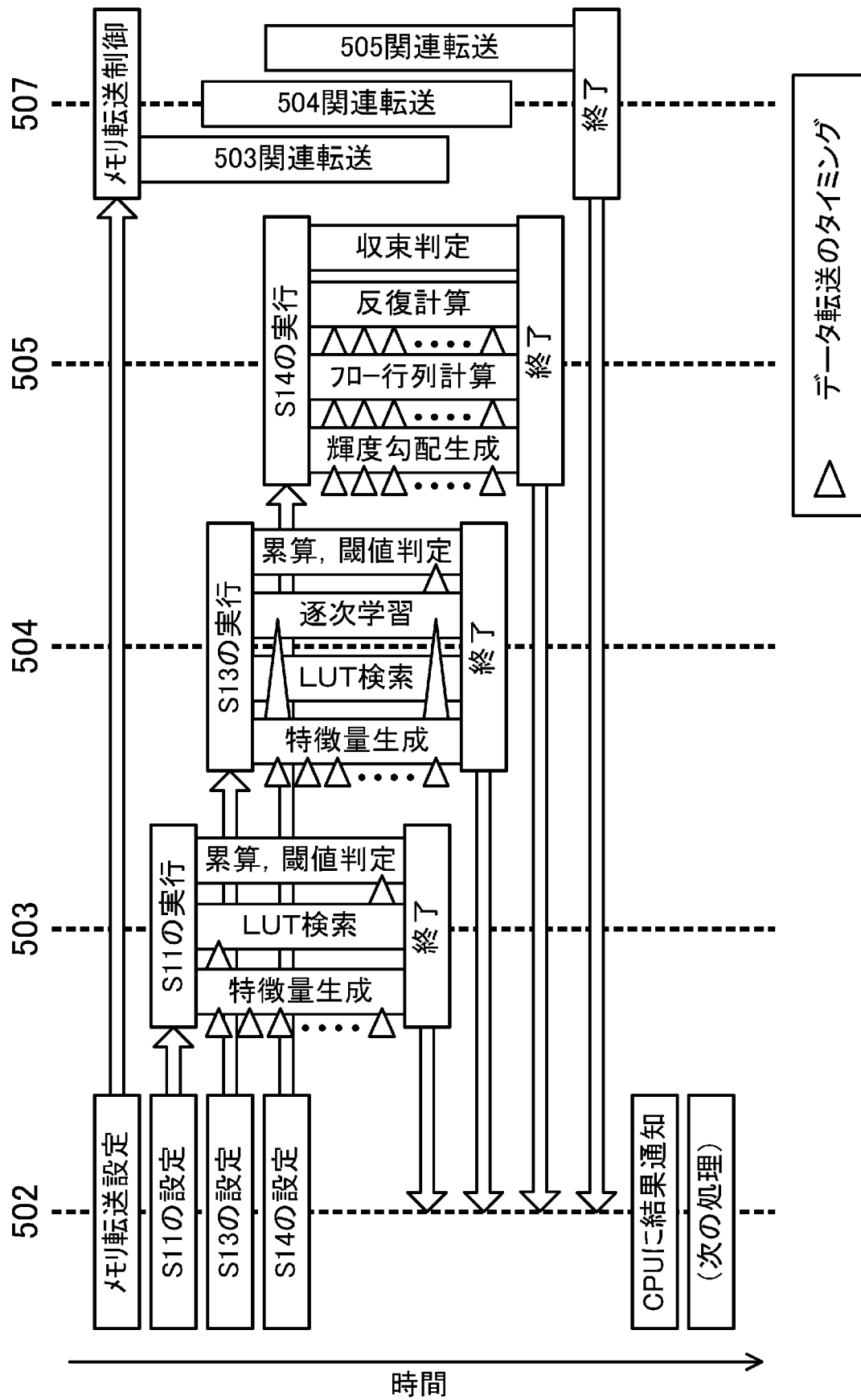
[図4]



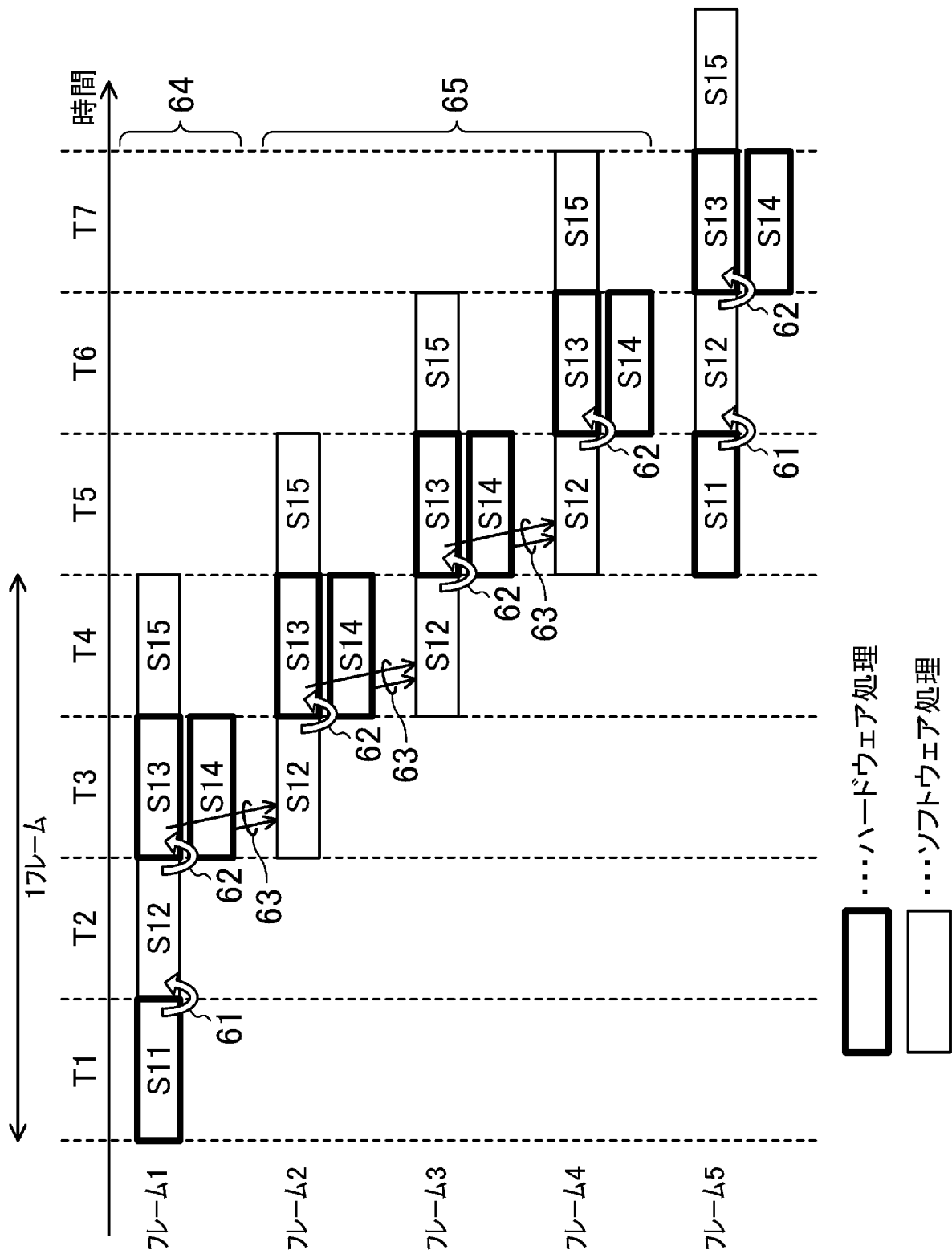
[図5]



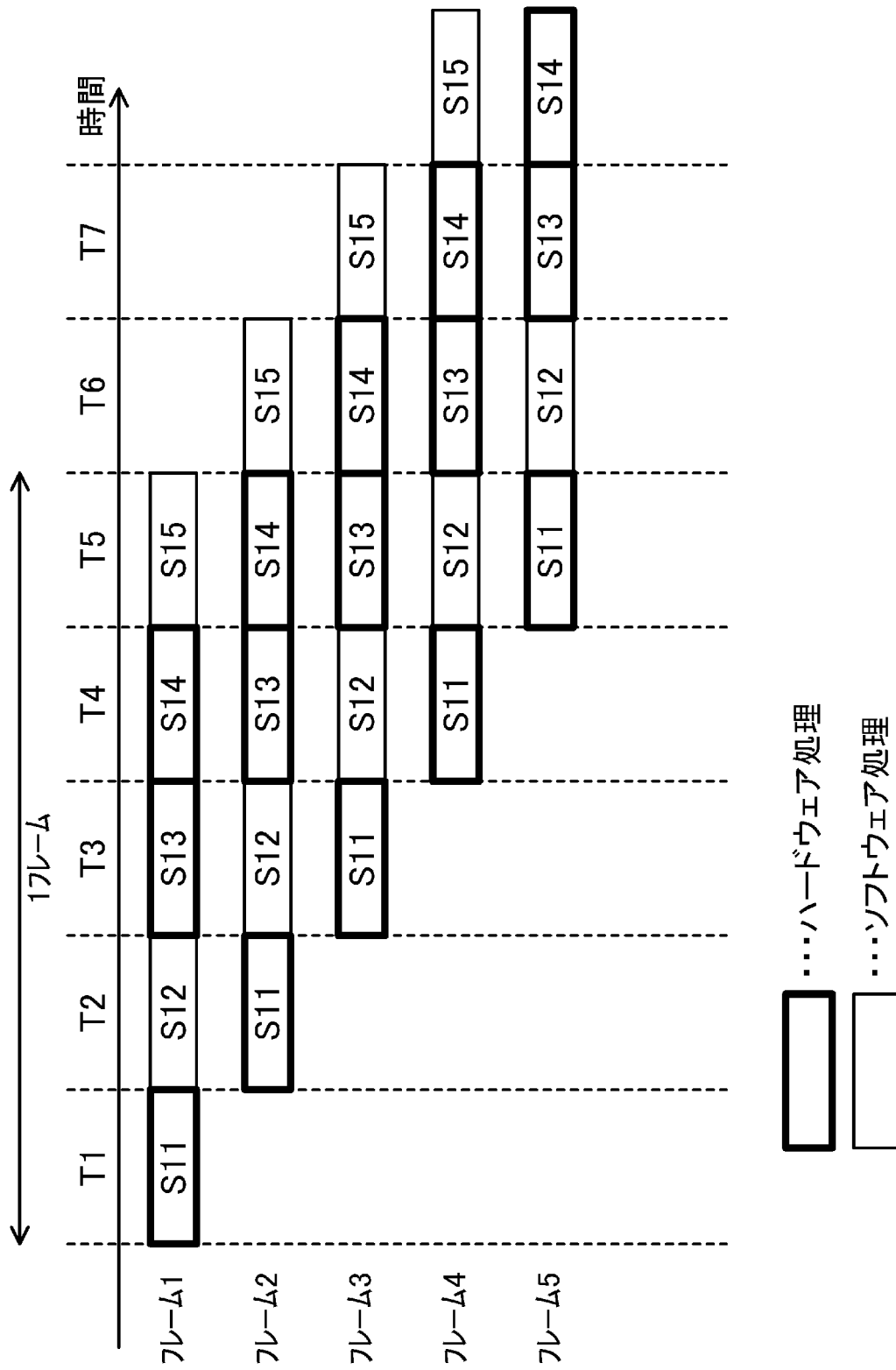
[図6]



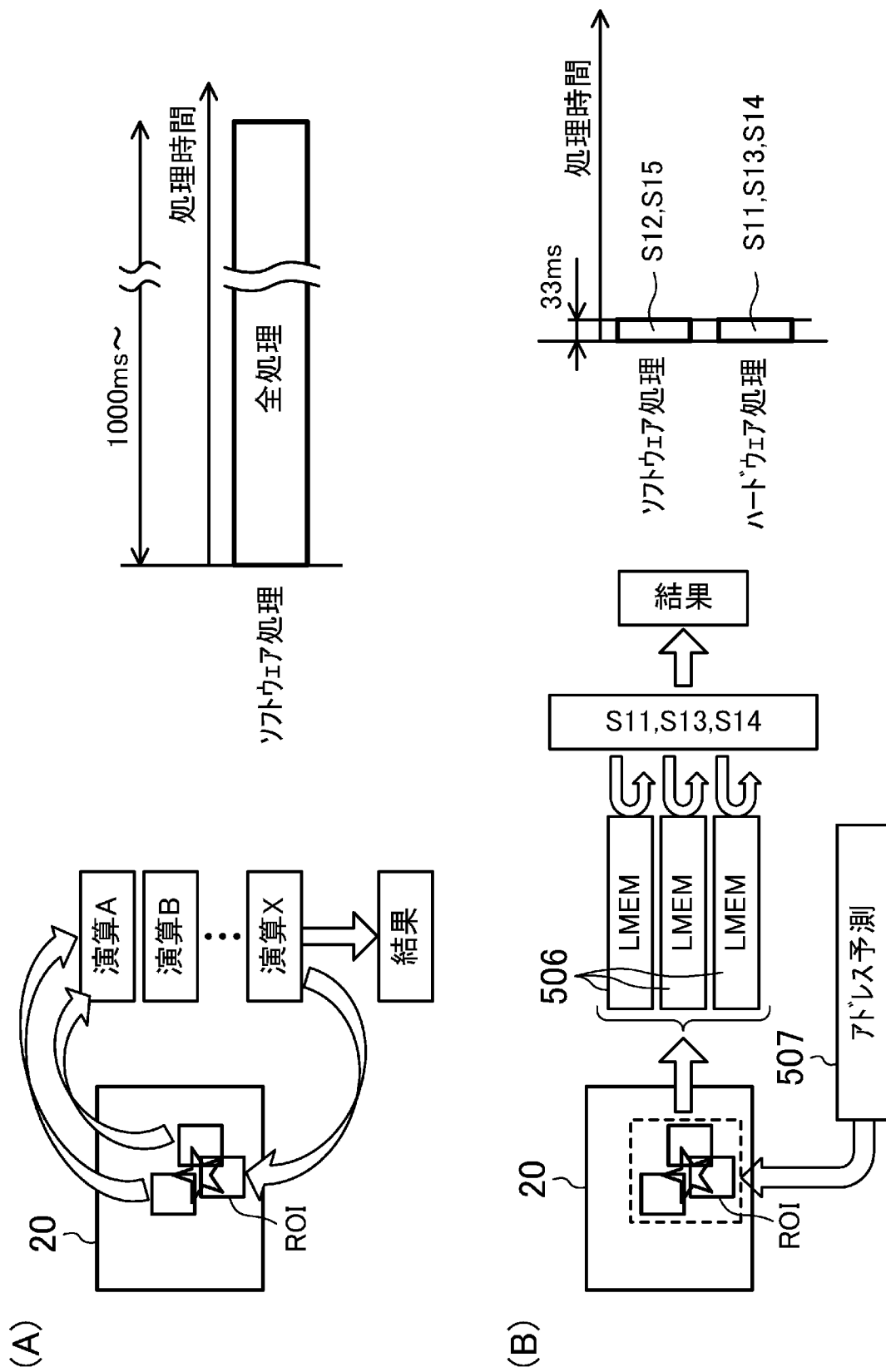
[図7]



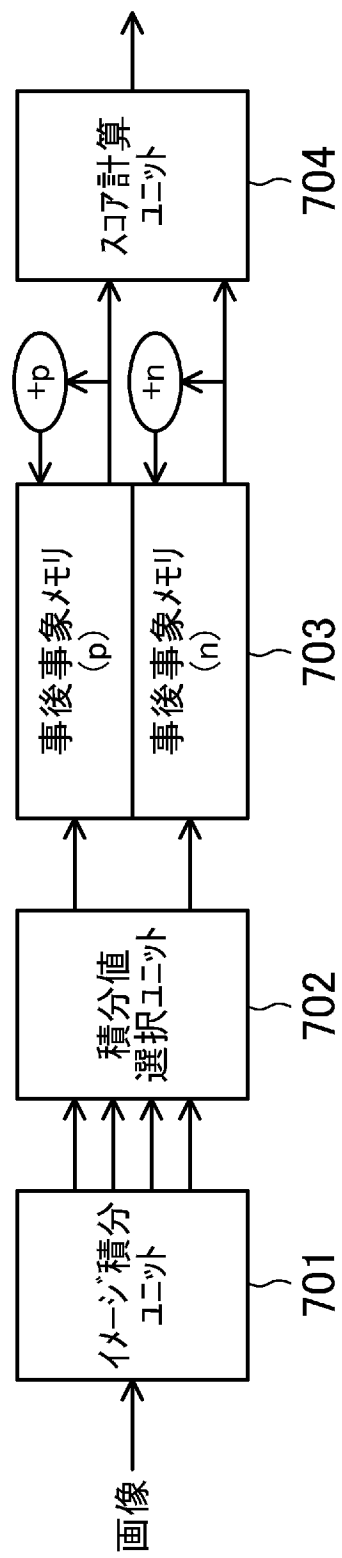
[図8]



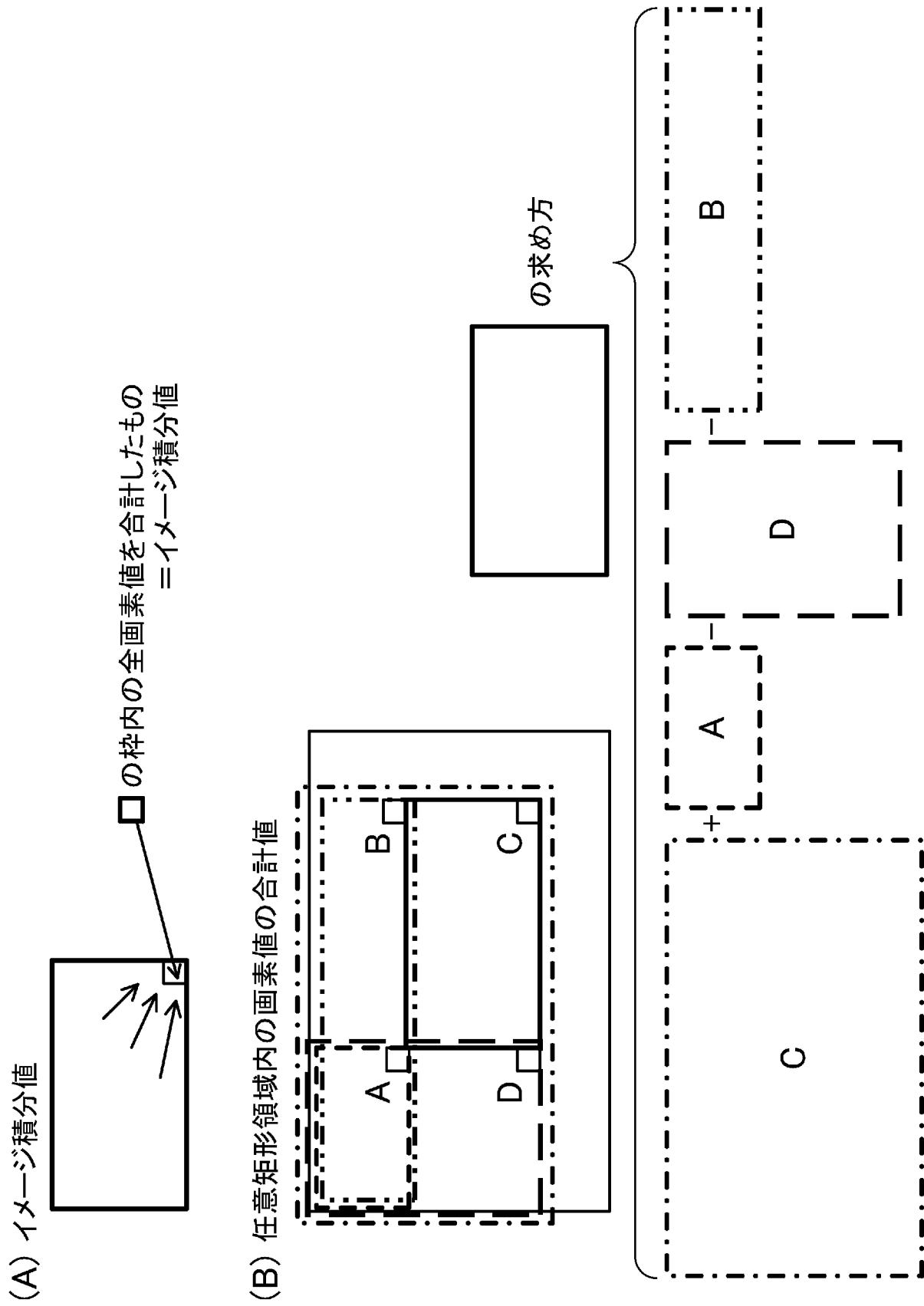
[図9]



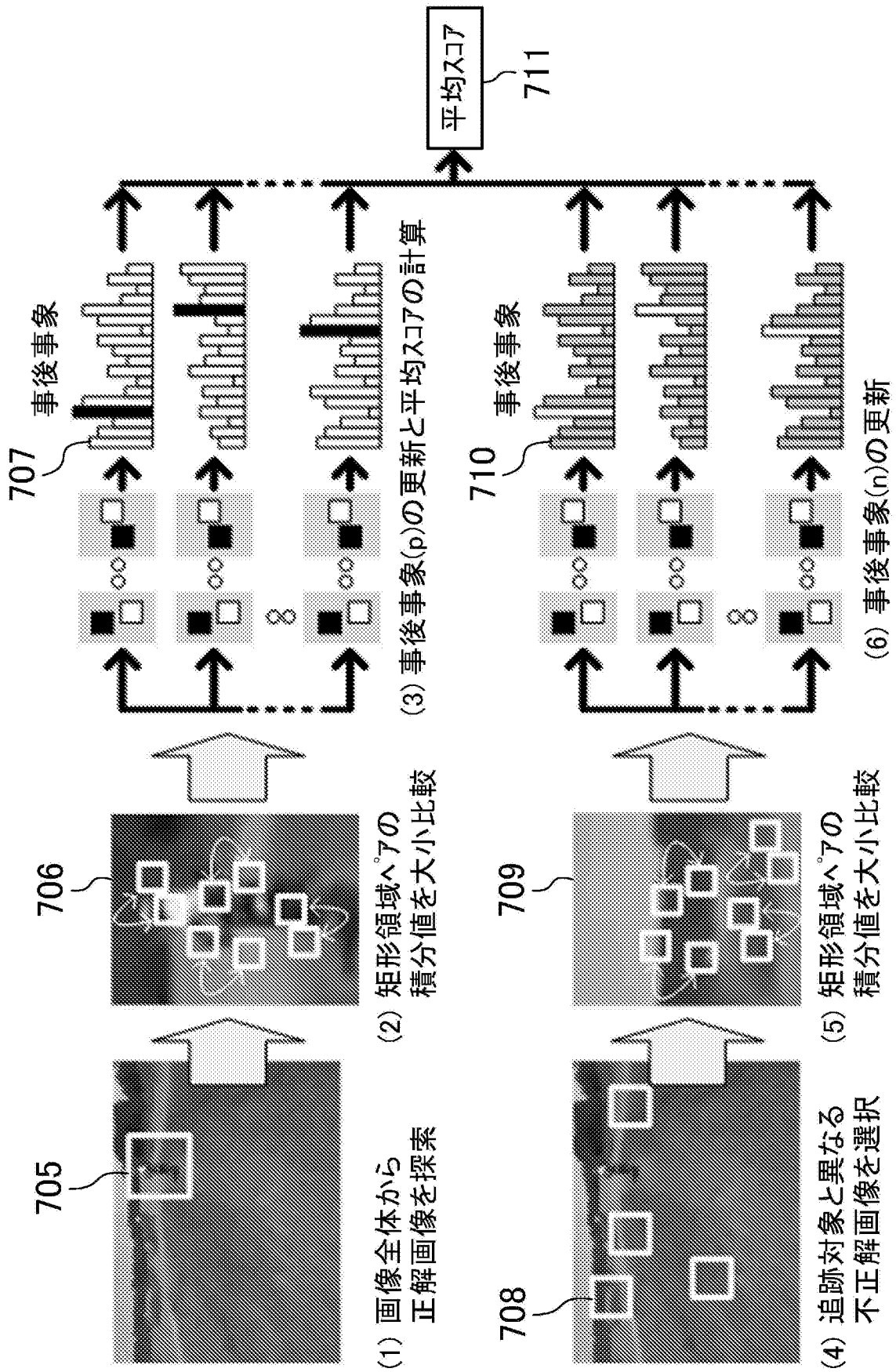
[図10]



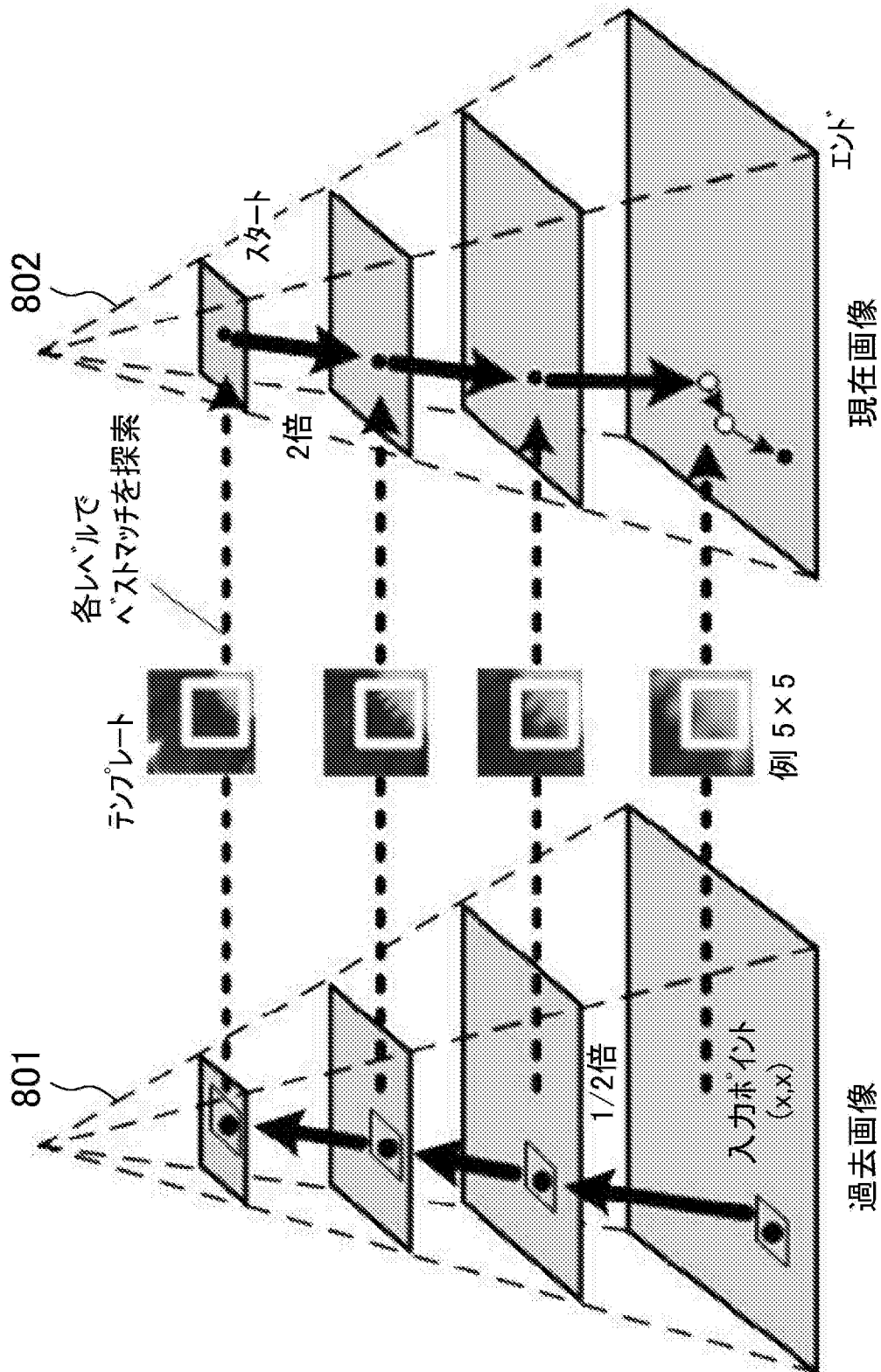
[図11]



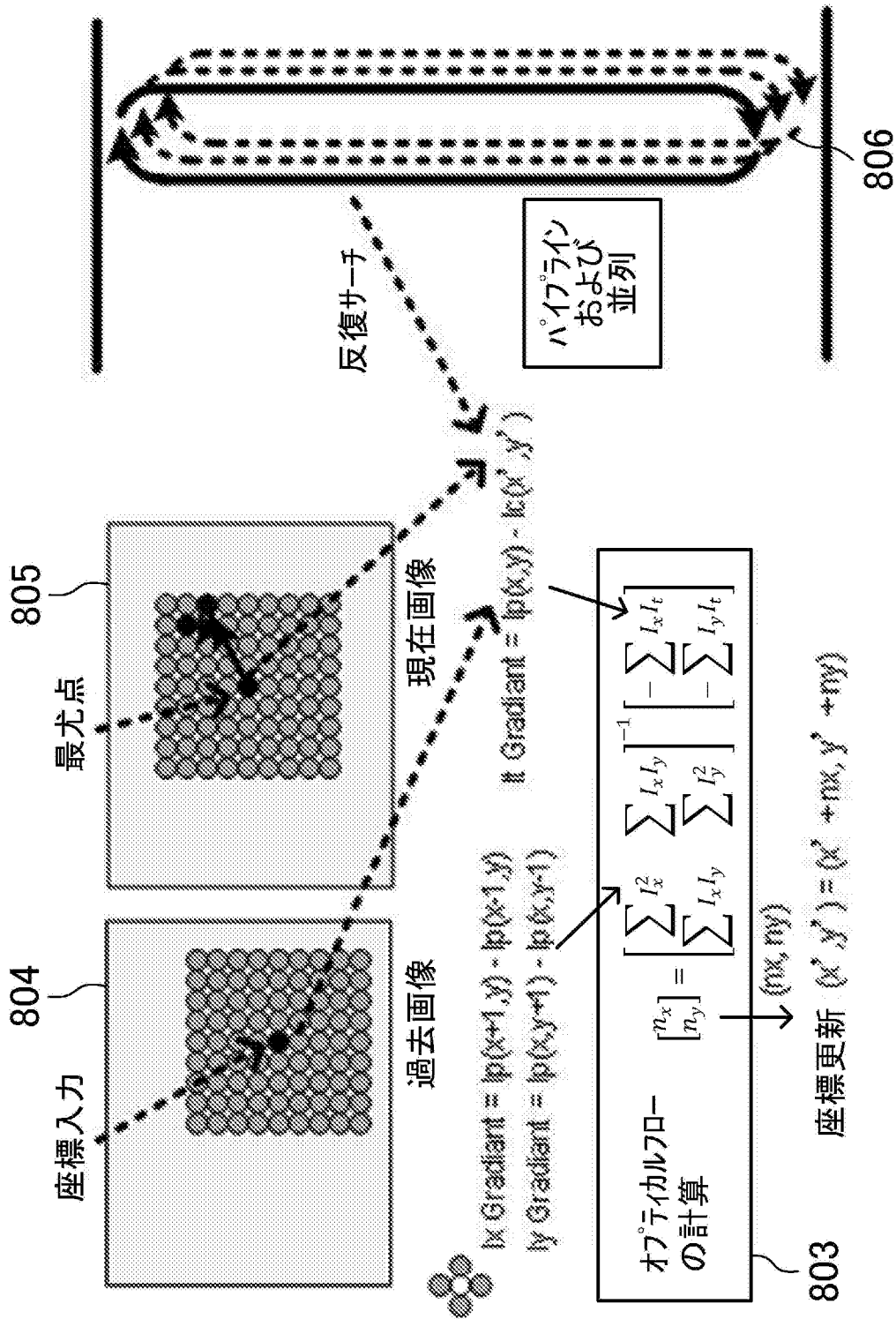
[図12]



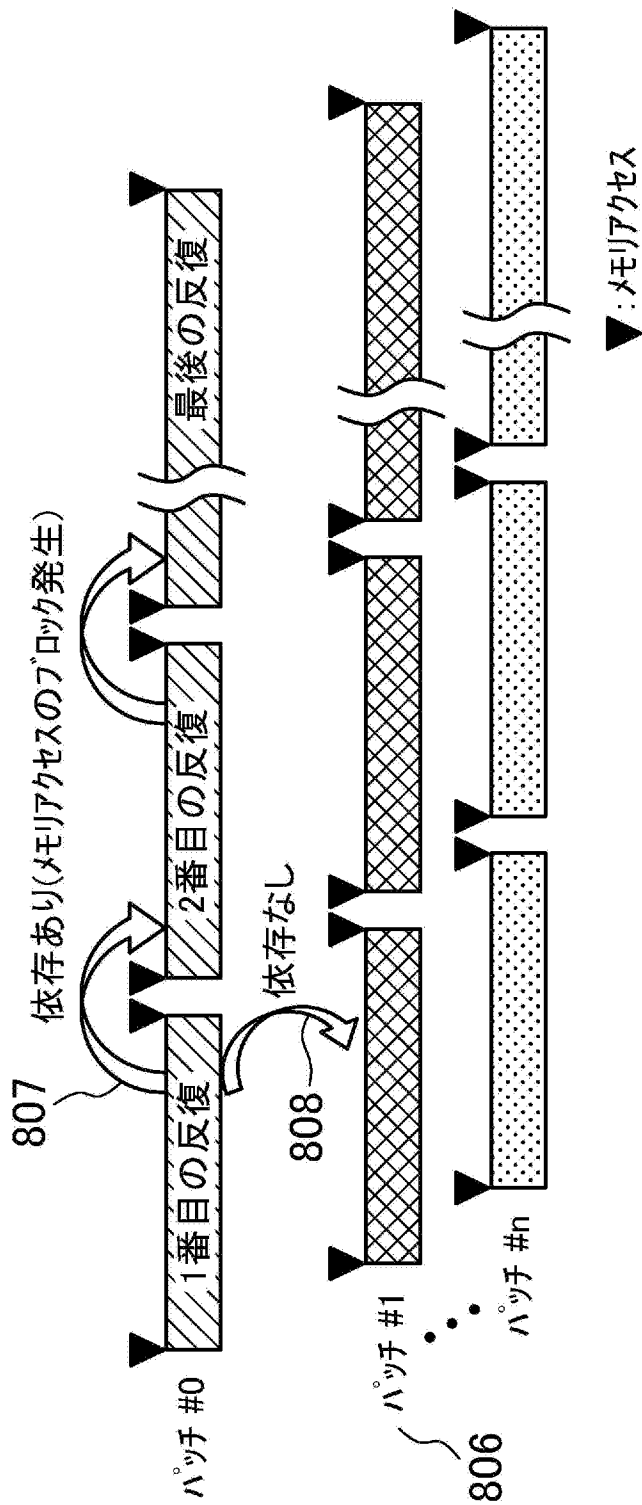
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/000298

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T7/20(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)

G06T7/20

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

JSTPlus (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Ken'ichi JOKO et al., "C-Based design of a Real-time Particle Tracking System", IPSJ SIG Notes, 02 December 2005 (02.12.2005), vol.2005, no.121, pages 163 to 168	1-11
A	Takahiro SAKAYORI, Takeshi IKENAGA, "Implementation of Hardware Engine for Real-Time KLT Tracker", The Journal of the Institute of Image Electronics Engineers of Japan, 25 September 2009 (25.09.2009), vol.38, no.5, pages 656 to 663	1-11

☒ 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
04 February 2015 (04.02.15)

Date of mailing of the international search report
24 February 2015 (24.02.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/000298

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-191826 A (Sony Computer Entertainment Inc.), 02 September 2010 (02.09.2010), paragraph [0041] & US 2011/0317874 A1 & EP 2400370 A1 & WO 2010/095190 A1	1-11
A	JP 2010-102586 A (Hiroshima University), 06 May 2010 (06.05.2010), paragraph [0390] (Family: none)	1-11
A	JP 2010-072723 A (Omron Corp.), 02 April 2010 (02.04.2010), paragraph [0030] (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06T7/20(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. G06T7/20

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使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）

JSTPlus(JDreamIII)

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
A	上甲 憲市、外5名，“C言語設計によるリアルタイム粒子追跡システム”，情報処理学会研究報告，2005.12.02，Vol.2005，No.121，p.163-168	1-11
A	坂寄 貴宏、池永 剛，“実時間K L T T r a c k e r 向きハードウェアエンジンの実現”，画像電子学会誌，2009.09.25，Vol.38，No.5，p.656-663	1-11

☒ 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

の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

0 4 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 2 . 2 0 1 5

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）

佐田 宏史

5 H

4 1 8 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 3 1

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
A	JP 2010-191826 A (株式会社ソニー・コンピュータエンタテインメント) 2010.09.02, 段落【0041】 & US 2011/0317874 A1 & EP 2400370 A1 & WO 2010/095190 A1	1-11
A	JP 2010-102586 A (国立大学法人広島大学) 2010.05.06, 段落【0390】 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2010-072723 A (オムロン株式会社) 2010.04.02, 段落【0030】 (ファミリーなし)	1-11