

(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
2011 年 11 月 24 日(24.11.2011)

PCT



(10) 国際公開番号
WO 2011/145239 A1

- (51) 国際特許分類:
G06T 7/00 (2006.01) G06T 7/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/000749
- (22) 国際出願日: 2011 年 2 月 10 日(10.02.2011)
- (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 2010-115307 2010 年 5 月 19 日(19.05.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人東京工業大学(Tokyo Institute of Technology) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2 丁目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): トンプラシット ノッパリット(TONGPRASIT, Noppharit) [TH/JP]; 〒2268502 神奈川県横浜市緑区長津田町 4 2 5 9 国立大学法人東京工業大学内 Kanagawa (JP). カウィーウォン アラム(KAWE-WONG, Aram) [TH/JP]; 〒2268502 神奈川県横浜市緑区長津田町 4 2 5 9 国立大学法人東京工業大学内 Kanagawa (JP). 長谷川 修(HASEGAWA, Osamu) [JP/JP]; 〒2268502 神奈川県横浜市緑区長

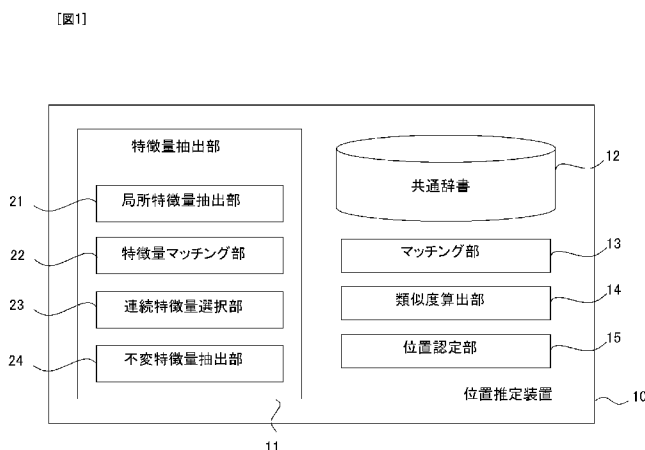
津田町 4 2 5 9 国立大学法人東京工業大学内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 家入 健(IEIRI, Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目 3 3 番 8 アサヒビルディング 10 階響国際特許事務所 Kanagawa (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, 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, JP, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: POSITION ESTIMATION DEVICE, POSITION ESTIMATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 位置推定装置、位置推定方法及びプログラム



- 10 POSITION ESTIMATION UNIT
11 FEATURE AMOUNT EXTRACTION UNIT
12 COMMON DICTIONARY
13 MATCHING UNIT
14 SIMILARITY CALCULATION UNIT
15 POSITION APPROVAL UNIT
21 LOCAL FEATURE AMOUNT EXTRACTION UNIT
22 FEATURE AMOUNT MATCHING UNIT
23 CONTINUOUS FEATURE AMOUNT SELECTION UNIT
24 UNCHANGING FEATURE AMOUNT EXTRACTION UNIT

(57) Abstract: Disclosed is a position estimation device (10) comprising a feature amount extraction unit (11) which extracts an unchanging feature amount from an input image; a matching (13) which refers to a common dictionary (12) wherein registration locations and corresponding unchanging feature amounts are stored, to obtain matching between the input image and the registration location; a similarity calculation unit (14) which calculates similarity by including a registration location near the selected registration location when the matching is equal to or more than a predetermined threshold value; and a position approval unit (15) which approves the input image as the registration location when the similarity is equal to or more than a predetermined threshold value, the input image is the registration location. The feature amount extraction unit extracts a local feature amount from each of the input images comprised of continuously photographed continuous images, determines that the feature amount matched between continuous images is a continuous feature amount, and obtains an unchanging feature amount on the basis of the continuous feature amount. The number of continuous images is variable in accordance with the number of matched feature amounts.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

位置推定装置 10 は、入力画像から不変特徴量を抽出する特徴量抽出部 11 と、各登録場所と不変特徴量が対応づけられて保存されている共通辞書 12 を参照し、入力画像と登録場所とのマッチングを求めるマッチング 13 と、マッチングが所定の閾値以上である場合に、選ばれた登録場所の近傍の登録場所を含めて類似度を算出する類似度算出部 14 と、類似度が所定の閾値以上である場合に、当該入力画像が登録場所であると認定する位置認定部 15 とを有する。特徴量抽出部は、連続して撮影された連続画像からなる入力画像それぞれから局所特徴量を抽出し、連続する画像間でマッチングが取れた特徴量を連続特徴量とし、この連続特徴量に基づき不変特徴量を求める。ここで、マッチングが取れた特徴量の数に応じて、前記連続する画像の枚数を可変とする。

明 細 書

発明の名称： 位置推定装置、位置推定方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、ロボット装置などに好適に使用され得る位置推定装置、位置推定方法及びプログラムに関し、特に局所特徴量を使用して位置推定する位置推定装置、位置推定方法及びプログラム関する。

背景技術

[0002] 自己位置の推定・特定は、人間や機械にとっては必須の能力である。現在、自分はどこにいるかということを知ることは、ロボットやコンピュータビジョンにとっては、常に重要である。特に、可動式のロボットのナビゲーションシステムにおいては、現在、自分がどこにいるかを把握することは基本的な要求となっている。

[0003] 従来、特許文献1に記載の位置検出装置がある。この位置検出装置では、移動体の前方視野の輝度画像を取得する輝度画像取得手段と、輝度画像取得手段と同一の視野を有し、輝度画像取得手段が輝度画像を取得するのと同時に距離画像を取得する距離画像取得手段と、少なくとも連続する2フレームの輝度画像からそれぞれ特徴点を抽出する特徴点抽出手段と、特徴点抽出手段によって抽出された特徴点の2フレーム間の位置の変位量を距離画像に基づいて算出し、当該変位量から自己位置を算出するための基準特徴点を選択する基準特徴点選択手段とを備えている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2002-048513号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、現在画像を撮影した場所が、ロボットが以前も訪れた場所であるか、又は全く知らない場所であるかを識別することは大変難しい。特徴量

の抽出の仕方によっては、全く知らない場所をある場所に関連づけてしまうことがある。位置推定においては、現在の位置がデータベースに登録済みの場所であるか、新しい場所であるかを切り分ける能力は大変重要である。また、当該撮影した場所が新しい場所であることが認識できれば、DBを拡大していく、すなわち、地図を学習していくことが可能になる。このような、移動体、特にロボット装置に好適に搭載される位置推定装置の開発が望まれている。一方で、学習によりメモリ容量が増大するが、ロボットには、限られたメモリリソースしかないため、メモリ容量の増大を抑制する必要もある。また、リアルタイムで位置認識するためには、演算速度を向上する必要もある。

[0006] (発明の目的)

本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであり、現在の位置が既に登録済みの場所であるか、未登録の場所であるかを認識することができる位置推定装置、位置推定方法及びプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明に係る位置推定装置は、入力画像から不変特徴量を抽出する特徴量抽出手段と、各登録場所と不変特徴量が対応づけられて保存されているデータベースを参照し、入力画像と登録場所とのマッチングを求めるマッチング手段と、マッチングが所定の閾値以上である場合に、選ばれた登録場所の近傍の登録場所を含めて類似度を算出する類似度算出手段と、前記類似度が所定の閾値以上である場合に、当該入力画像が登録場所であると認定する位置認定手段とを有する。そして、特徴量抽出手段は、連続して撮影された連続画像からなる入力画像それぞれから、局所特徴量を抽出する局所特徴量抽出手段と、前記局所特徴量抽出手段により抽出された局所特徴量について、連続する入力画像間でマッチングをとる特徴量マッチング手段と、前記特徴量マッチング手段により連続する画像間でマッチングが取れた特徴量を連続特徴量として選択する連続特徴量選択手段と、前記連続特徴量に基づき不変特

微量を求める不変特徴量算出手段とを有し、前記連続特徴量選択手段は、前記マッチングが取れた特徴量の数に応じて、前記連続する画像の枚数を可変とするものである。

[0008] 本発明においては、連続して撮影された連続画像からなる入力画像から不変特徴量を抽出し、これを使用してマッチングを行うことで現在位置を同定する。ここで、不変特徴量を抽出する際に、マッチングが取れた特徴量の数に応じて連続する画像の枚数を可変とすることで、不変特徴量の数を任意に変更することができ、目的や用途、計算速度等を考慮して適切な数の不変特徴量とすることができる。

[0009] また、前記マッチング手段は、各特徴量をインデックスに対応づけて記録した共通辞書を有し、前記共通辞書を参照して各入力画像の局所特徴量をインデックスに変換し、マッチングを行うことができ、特徴量をインデックスに対応付けて1つの共通辞書により管理するため、メモリ容量を大幅に削減することができる。

[0010] さらに、前記マッチング手段は、前記共通辞書に登録された特徴量とマッチングした数と、マッチング対象画像に含まれる特徴量とマッチングした数との積により、マッチングスコアを算出することができ、シンプルな演算でマッチングスコアを求めることができるので、演算速度を向上させることができる。

[0011] さらにまた、前記類似度算出手段は、前記選ばれた登録場所及び近傍の登録場所のマッチングスコアに重みをかけて第1の推定値を算出し、前記認定手段は、前記第1の推定値を前記類似度として登録場所の認定を行うことができ、単にマッチングするのみならず、近傍の登録場所を考慮して位置推定することで、推定率を向上することができる。

[0012] また、前記類似度算出手段は、第1の推定値を正規化した第2の推定値を算出し、前記認定手段は、前記第2の推定値を前記類似度として登録場所の認定を行うことができ、正規化することで、更に誤認定をなくし、認定率を向上することができる。

[0013] さらに、前記局所特徴量は、S I F T (Scale Invariant Feature Transformation) 及び／又はS U R F (Speed Up Robustness Features) の特徴量を使用することができる。また、これらS I F TやS U R Fに限らず、スケール、回転の変動、又はノイズ等に対してロバストな他の局所特徴量を用いることも可能である。これにより、これら既存の局所特徴量を用いることで、これらの特徴量が有する性能もそのまま引き継がれ、照明変化等にも頑健な特徴として抽出・記述することが可能となる。

[0014] 本発明に係る位置推定方法は、入力画像から不変特徴量を抽出する特徴量抽出工程と、各登録場所と不変特徴量が対応づけられて保存されているデータベースを参照し、入力画像と登録場所とのマッチングを求めるマッチング工程と、マッチングが所定の閾値以上である場合に、選ばれた登録場所の近傍の登録場所を含めて類似度を算出する類似度算出工程と、前記類似度が所定の閾値以上である場合に、当該入力画像が登録場所であると認定する位置認定工程とを有する。そして、前記特徴量抽出工程は、連続して撮影された連続画像からなる入力画像それぞれから、局所特徴量を抽出する局所特徴量抽出工程と、前記局所特徴量抽出工程にて抽出された局所特徴量について、連続する入力画像間でマッチングをとる特徴量マッチング工程と、前記特徴量マッチング工程にて連続する画像間でマッチングが取れた特徴量を連続特徴量として選択する連続特徴量選択工程と、前記連続特徴量に基づき不変特徴量を求める不変特徴量算出工程とを有し、前記連続特徴量選択工程では、前記マッチングが取れた特徴量の数に応じて、前記連続する画像の枚数を可変とするものである。

[0015] また、本発明に係るプログラムは、上述した位置推定処理をコンピュータに実行させるものである。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、現在の位置が既に登録済みの場所であるか、未登録の場所であるかを認識することができる位置推定装置、位置推定方法及びプログラムを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1] 本発明の実施の形態にかかる位置推定装置を示すブロック図である。
- [図2] ウィンドウサイズと特徴量 P I R F の関係を説明する図である。
- [図3] 本発明の実施の形態にかかる位置推定方法を示すフローチャートである。
- [図4] 共通辞書 1 2 とマッチングを取る方法を説明する図である。
- [図5] シティセンタデータセットを使用した場合の認識結果を示すグラフ図である。
- [図6] Crowded University canteen dataを使用した場合の認識結果を示すグラフ図である。

発明を実施するための形態

- [0018] 以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。この実施の形態は、本発明を、移動型のロボット装置などに搭載される、位置を推定する位置推定装置に適用したものである。

- [0019] 本発明の実施の形態 1 .

図 1 は、本発明の実施の形態にかかる位置推定装置を示すブロック図である。位置推定装置 1 0 は、連続して撮影された連続画像からなる入力画像から不変特徴量を抽出する特徴量抽出部 1 1、共通辞書 1 2、マッチング部 1 3、類似度算出部 1 4 及び位置認定部 1 5 を有する。また、特徴量抽出部 1 1 は、局所特徴量抽出部 2 1、特徴量マッチング部 2 2、連続特徴量選択部 2 3、及び不変特徴量抽出部 2 4 を有する。

- [0020] 局所特徴量抽出部 2 1 は、入力画像それぞれから、局所特徴量を抽出する。特徴量マッチング部 2 2 は、局所特徴量抽出部 2 1 により抽出された局所特徴量について、連続する入力画像間でマッチングをとる。連続特徴量選択部 2 3 は、特徴量マッチング部により連続する画像間でマッチングが取れた特徴量を連続特徴量として選択する。不変特徴量抽出部 2 4 は、連続特徴量に基づき不変特徴量を求める。ここで、本実施の形態においては、連続特徴量選択部 2 3 は、マッチングが取れた特徴量の数に応じて、連続する画像の

枚数を可変とする。

[0021] マッチング部 13 は、各登録場所と不変特徴量が対応づけられて保存されているデータベースを参照し、入力画像と登録場所とのマッチングを求める。類似度算出部 14 は、マッチングが所定の閾値以上である場合に、選ばれた登録場所の近傍の登録場所を含めて類似度を算出する。位置認定部 15 は、類似度が所定の閾値以上である場合に、当該入力画像が登録場所であると認定する。

[0022] 以下の説明においては、不変特徴量抽出部 24 が抽出する不変特徴量のことを、特徴量 P I R F (Position-Invariant Robust Features) ということとする。特徴量抽出部 20 は、撮影位置の変化に影響を受けにくい(局所)特徴量として特徴量 P I R F を抽出する。

[0023] 本願発明者が実環境における移動ロボットの自己位置推定問題を解決すべく鋭意実験研究した結果、近くの対象については撮影位置や撮影時間帯の変化による見え方の差(特徴量変化)が大きい、遠くの対象については変化が小さい(ランドマークの特徴量はあまり変化しない)ことから、本特徴量 P I R F を抽出する方法を見出した。

[0024] 本実施の形態にかかる特徴量抽出部 20 は、簡単には、連続画像間で局所特徴のマッチングを行い、連続してマッチングのとれている特徴を選択し、選択された特徴において、それとマッチングのとれている局所特徴量のうち、現在の画像の局所特徴量を、特徴量 P I R F として抽出・記述するものである。この時の連続する画像の数をウィンドウサイズという。ウィンドウサイズを大きくすれば、マッチングの取れる局所特徴量は減少し、ウィンドウサイズを小さくすれば、マッチングの取れる局所特徴量は増加する。本実施の形態においては、このウィンドウサイズを可変とすることで、所望の数の特徴量 P I R F を得る。

[0025] 図 2 は、ウィンドウサイズと特徴量 P I R F の関係を説明する図である。図 2 に示すように、現在の画像 L_t において、K、B、C、J、・・・の局所特徴量を有するものとする。この現在の画像 L_t の 1 つ前の画像 L_{t-1} の局所

特徴量がB、K、C、I・・・であれば、両者は、局所特徴量B、K、Cでマッチングが取れている。更に、1つ前の画像である L_{t-2} の局所特徴量がA、B、D、C、・・・である場合、同様に、 $L_t \sim L_{t-2}$ の間でマッチングが取れている局所特徴量は、B、Cとなる。ここで、ウィンドウサイズを、 L_{t-1} 、 L_{t-2} 、 L_{t-3} まで広げると、マッチングが取れる局所特徴量がBのみとなる。このように、ウィンドウサイズが3の場合、特徴量P I R Fは、Bのみとなる。ウィンドウサイズを広げれば、全画像間でマッチングが取れている特徴量P I R Fの数は少なくなり、ウィンドウサイズを小さくすれば、特徴量P I R Fの数は、増加する。ここで、特徴量P I R Fの数が0になれば、ウィンドウサイズを小さくする。一方、特徴量P I R Fが決められた最大特徴量数より大きければ、ウィンドウサイズを大きくして特徴量P I R Fの数を減らせばよい。各画像間でマッチングが取れた局所特徴量は、コンネクションリストに追加される。これにより、次の画像の処理をする際に、再度マッチングを取る手間が省ける。

[0026] ここで、特徴量P I R Fは、各画像の局所特徴量の平均とすることも可能であるが、本実施の形態においては、現在の画像の局所特徴量を特徴量P I R Fとして採用する。このことにより、より現在の画像にマッチした局所特徴量を特徴量P I R Fとすることができる。なお、用途に応じて、全局所特徴量の平均を特徴量P I R Fとしてもよい。

[0027] 次に、本実施の形態にかかる位置推定方法について説明する。図3は、本実施の形態にかかる位置推定方法を示すフローチャートである。図3に示すように、まず、特徴量抽出部11が、現在位置 L_t の不変特徴量P I R Fを抽出する(ステップS1)。

[0028] 局所特徴量抽出部21には、連続して撮影された連続画像が入力画像として入力される。ここで、P I R Fで要求される連続画像とは、ある画像セットであって、一定のフレームで、例えば1秒毎に2フレームなど、毎秒毎に連続的に撮影されたビデオ画像をいう。すなわち、ビデオからキャプチャされた画像は一般的に連続的であり、P I R Fにおける連続画像は、ビデオ画

像を使用したものでなければならない。画像の取得率は、カメラの速度に応じて設定される。たとえば、カメラが車に搭載されていた場合、カメラの速度は1分間に約1000m/分であり、ビデオからキャプチャされる連続画像はおよそ50乃至100フレーム/秒となる。

[0029] まず、局所特徴量抽出部21は、既存の局所特徴量抽出方法を使用して局所特徴量を抽出する。局所特徴量抽出部21は、例えば、SIFT (Scale Invariant Feature Transformation)、又はSURF (Speed Up Robustness Features) の特徴量を使用することができる。または、これらSIFTやSURFに限らず、他の局所特徴量を使用することができることは勿論である。特に、スケール、回転の変動、又はノイズ等に対してロバストな他の局所特徴量を用いることが好ましい。これらの局所特徴量を用いることで、既存の特徴量が有する性能もそのまま引き継がれ、照明変化等にも頑健な特徴として抽出・記述することが可能となる。

[0030] 本実施の形態においては、SURFを使用するものとする。SIFTは、局所特徴量として2000乃至3000以上の特徴量を抽出する。これに対し、SURFは、200乃至300の局所特徴量を抽出するため、演算量が少なくすむ。本実施の形態においては、このSURFを利用し、1プレイスに100程度のPIRFを抽出する。

[0031] 特徴量マッチング部22は、現在位置で取得した画像と、その直前に取得した画像とで、連続する画像間の局所特徴量のマッチングを求める。例えばマッチングスコアが所定の閾値以上であれば、両局所特徴量は、マッチングしたものとみなす。

[0032] 連続特徴量選択部23は、ウィンドウサイズを決定する。本実施の形態においては、例えば、不変特徴量PIRFの数が100程度になるようウィンドウサイズを決定する。そして、不変特徴量抽出部24は、連続する画像間の局所特徴量の平均ではなく、現在位置の局所特徴量を、不変特徴量PIRFとして抽出する。

[0033] 次に、現在位置 L_t のPIRFと、共通辞書12とのマッチングを取る(ス

テップS 2)。図4は、共通辞書12とマッチングを取る方法を説明する図である。ここで、図4に示すように、現在位置 L_t のPIRFは、A、M、R、C、Qであるとする。アルファベットは、PIRFを示すものとする。共通辞書12には、各PIRFがインデックスと対応して格納されている。すなわち、インデックス1がLで、インデックス2がM等として格納されている。マッチング部13は、現在位置 L_t におけるPIRFと共通辞書12のPIRFとの一致を検出し、一致した場合は、インデックスに置き換える。一致しない場合は、インデックスを例えば0とする。

[0034] 次に、マッチングスコア s_m を求める(ステップS 3)。マッチングスコア s_m は、下記の式により求まる、

$$s_m = n_m \times \text{num_appear} \cdots (1)$$

ここで、 s_m は、モデル m と現在位置 L_t とのマッチングスコアを示す。 num_appear は、共通辞書12で一致したPIRFの数を示す。図4の例では、M、R、Qの3つのPIRFが一致しているので、 $\text{num_appear} = 3$ である。 n_m は、モデル m とマッチングしたPIRFの数を示す。例えば、 $n_m = 2$ であれば、 $s_m = 2 \times 3 = 6$ となる。

[0035] 次に、類似度算出部14は、隣接位置を考慮して、第2状態スコア(第1の推定値) b_m を求める(ステップS 4)。現在位置 L_m で表れた特徴は、同様に隣接位置 L_{m-2} 、 L_{m-1} 、 L_{m+1} 、 L_{m+2} で表れる可能性が高い。すなわち、これら隣接位置のマッチングスコアは、 s_m と略同じか若干低い程度と予測される。すなわち、例えば s_m が高いスコアであっても、 s_{m-1} や s_{m+1} が0であるような場合は、マッチングスコア s_m の値がおかしい、すなわち、位置推定できていないことになる。ここで、本実施の形態においては、ガウシアン関数 $p_t(m, i)$ で重みづけをした第2状態スコア b_m を下記の式(2)により求める。

[0036]

[数1]

$$b_m = \sum_{i=m-w}^{i=m+w} (s_i \cdot p_t(m, i)) \quad \cdots (2)$$

ここで、 w は、考慮する隣接位置の個数を示す。例えば、フレームレートが一定である場合、スピードが早ければ、この w の値を例えば1とし、スピードが遅ければ w の値を2とするなどすることができる。

[0037] ここで、この第2状態スコア b_m に基づき、現在の位置がモデル m と一致する、すなわち、既知の場所（known place）であると判定することも可能であるが、本実施の形態においては、この第2状態スコア b_m を正規化することで、認定率を更に向上させる。

[0038] 正規化スコア（第2推定値） b_{norm_m} は、下記式（3）より求めることができる（ステップS5）。

[0039] [数2]

$$b_{\text{norm}_m} = \frac{\sum_{i=m-w}^{i=m+w} b_i}{2w \cdot n} \quad \cdots (3)$$

[0040] ここで、 n は位置推定装置の移動速度に応じた値であり、PIRFの抽出で得られる最大抽出数とすることができる。類似度算出部14は、この正規化スコア b_{norm_m} を求め、位置認定部15は、この値が所定の閾値より大きければ、現在位置をモデル m と一致する、すなわち、既知の場所として認定する（ステップS6、7）。例えば現在位置が、モデル（プレイス） m の一致した場合、オリジナルのプレイス m に含まれていなかった特徴量PIRFをプレイス m に追加することで、プレイス m の特徴量PIRFをアップデートする。このとき、各プレイスの特徴量はインデックスで保存されているので、インデックスを増やすのみでよく、メモリ容量の増加を抑制することができる。また、プレイス m の特徴量PIRFは、例えばファーストインファーストアウト方式を取れば、メモリ容量を増加させることがない。

[0041] 一方、正規化スコア b_{norm_m} が所定の閾値に満たない場合、位置認定部15は、現在位置を新しい場所として認定し(ステップS8)、現在位置において抽出されたPIRFを共通辞書12に登録する。

[0042] 本実施の形態においては、共通辞書12を用いている。すなわち、1つの場所毎に、辞書を持つことなく、全プレイスに共通の辞書を有することで、メモリ容量を大きく削減することができる。共通辞書12においても、FIFOとすることで、メモリ容量の増大を抑制することができる。

[0043] 次に、本実施の形態を実際に適用した実施例を参照して本発明の効果について説明する。

1. City Centur Dataset

[0044] シティセンタデータセットは、CumminsとNewmanによって集められたデータセットである(M. Cummins, and P. Newman, "Highly Scalable Appearance-Only SLAM-FAB-MAP 2.0", Proc. Robotics : Sciences and Systems (RSS), 2009)。ステレオカメラにより、1.5mおきに、1237ロケーション、2474枚(左右1枚ずつ)のデータからなる。下記表1はその認識率を示すもので、図5は、認識結果を示すグラフ図である。FAB-MAPに比べて本実施例の認識率が格段に高いことがわかる。表1において、Recallは、システムが、答えを出した割合(既知の場所であると認識した割合)であり、Precisionは、その正答率を示す。また、Total Timeは、認識に要した時間を示し、いずれの結果も、本実施例が驚異的な数値を示していることがわかる。

[0045] [表1]

Method	Recall	Precision	False Positive	Total Time (sec)
実施例	80.03%	100%	0	1086.4
比較例1	43.23%	100%	0	577
比較例2	23.89%	97.76%	2	7200

[0046] なお、比較例1は、FAB-MAP (M. Cummins, and P. Newman, "Highly Scalable Appearance-Only SLAM-FAB-MAP 2.0", Proc. Robotics : Sciences and Systems (RSS), 2009)、比較例2は、Fast and incremental BOWs (A. Angeli

, D.Filliat, S. Soncieux, and J. A. Mayer, "Fast Ubcrenabtak Nethid f or Loop-Closure Detection Using Bags of Visual Wird,"IEEE Trans. Rovo tics, 2008, 24(5), pp. 1027-1037)である。

2. Lip6lndoor dataset

[0047] 次の例は、インドアのデータセットを使用した例である。1秒毎に集められた318枚の画像からなる。表2は、その認識結果を示すものである。実施例は、1枚認識を誤っているものの、他に比べて優れた成績であることがわかる。

[0048] [表2]

Method	Recall	Precision	False Positive	Total Time (sec)
実施例	77.73%	99.42%	1	32.84
比較例1	23.64%	100%	0	187.16
比較例2	68%	100%	0	99

3. Crowded University canteen data

[0049] 次の例は、最も難しいとされる動きのある空間を撮影したデータを使用したものである。1秒間に2フレームの割合で270×480のサイズで692のロケーションで692枚の画像を全方位カメラで撮影したものである。表3は、その認識率を示すもので、図6は、その認識結果を示すグラフ図である。なお、比較例2は、発明者がデータセットをフランスに送り、比較例2の実験結果を送り返してもらったものである。

[0050] [表3]

Method	Recall	Precision	False Positive	Total Time (sec)
実施例	86.65%	100%	0	264.12
比較例1	17.80%	100%	0	577
比較例2	1.01%	100%	0	2807

[0051] このデータセットは、世界で初めて混雑する大学食堂環境下で撮影されたものであり、このような変動要因の多い（多くの人が動く）環境下でも、本

実施例は、高い極めて高い認識率を示している。比較例 1、2 においては、このような変動要因の多い環境下での認識は、ほぼ不可能であるのに対し、本実施例は、約 87% の割合で位置を推定することができる。

[0052] 本発明のその他の実施の形態

上述したように、本発明においては、画像から自己位置同定ができ、辞書のオンライン更新が可能である。そこで、例えば、携帯の動画撮影機能と組み合わせると、以下のような応用が可能である。

[0053] デパートやショッピングモールなどで迷子になった時、携帯で周りの景色をさっと一振り撮影し、サーバに送る。サーバはその画像を解析し、それがどこに位置するのか、また付加的に、周りにどのような施設やショップがあるか、などを返答することができる。

[0054] 屋内ではGPSは使えない。これに対し、本実施の形態においては、ユーザから送られてくる検索動画が、同時に辞書や地図の更新のためのデータとしても使える。このため、常時、辞書と地図の更新ができる。なお、従来のカーナビ等では、基本的に地図データの更新ができないか、更新するにはかなりの手間と費用がかかる。

[0055] 携帯電話網にはサービス地域を分担して管理する基地局があるので、それぞれの基地局が、担当する範囲の地図を持ち、それを更新すればよい。つまり、巨大な辞書は不要で、メモリと演算速度が大幅に節約することができる。今後、眼鏡のようなウェアラブルビジョン（カメラ）が登場する可能性は高く、そうした眼鏡では常時自己位置を同定し、有用な情報を提示することもできる。

[0056] なお、本発明は上述した実施の形態のみに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能であることは勿論である。

[0057] 例えば、上述の実施の形態では、ハードウェアの構成として説明したが、これに限定されるものではなく、任意の処理を、CPU（Central Processing Unit）にコンピュータプログラムを実行させることにより実現することも

可能である。この場合、コンピュータプログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体（non-transitory computer readable medium）を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体（tangible storage medium）を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体（例えばフレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスクドライブ）、光磁気記録媒体（例えば光磁気ディスク）、CD-ROM（Read Only Memory）、CD-R、CD-R/W、半導体メモリ（例えば、マスクROM、PROM（Programmable ROM）、EPROM（Erasable PROM）、フラッシュROM、RAM（random access memory））を含む。また、プログラムは、様々なタイプの一時的なコンピュータ可読媒体（transitory computer readable medium）によってコンピュータに供給されてもよい。一時的なコンピュータ可読媒体の例は、電気信号、光信号、及び電磁波を含む。一時的なコンピュータ可読媒体は、電線及び光ファイバ等の有線通信路、又は無線通信路を介して、プログラムをコンピュータに供給できる。

[0058] この出願は、2010年5月19日に提出された日本出願特願2010-115307を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

産業上の利用可能性

[0059] 本発明は、ロボット装置等で使用することができる位置推定装置、位置推定方法及びプログラムに好適に適用することができる。

符号の説明

[0060] 10 位置推定装置
11 特徴量抽出部
12 共通辞書
13 マッチング部
14 類似度算出部
15 位置認定部

- 2 1 局所特徴量抽出部
- 2 2 特徴量マッチング部
- 2 3 連続特徴量選択部
- 2 4 不変特徴量抽出部

請求の範囲

[請求項1]

入力画像から不変特徴量を抽出する特徴量抽出手段と、
各登録場所と不変特徴量に対応づけられて保存されているデータベースを参照し、入力画像と登録場所とのマッチングを求めるマッチング手段と、
マッチングが所定の閾値以上である場合に、選ばれた登録場所の近傍の登録場所を含めて類似度を算出する類似度算出手段と、
前記類似度が所定の閾値以上である場合に、当該入力画像が登録場所であると認定する位置認定手段とを有し、
前記特徴量抽出手段は、
連続して撮影された連続画像からなる入力画像それぞれから、局所特徴量を抽出する局所特徴量抽出手段と、
前記局所特徴量抽出手段により抽出された局所特徴量について、連続する入力画像間でマッチングをとる特徴量マッチング手段と、
前記特徴量マッチング手段により連続する画像間でマッチングが取れた特徴量を連続特徴量として選択する連続特徴量選択手段と、
前記連続特徴量に基づき不変特徴量を求める不変特徴量算出手段とを有し、
前記連続特徴量選択手段は、前記マッチングが取れた特徴量の数に応じて、前記連続する画像の枚数を可変とする、位置推定装置。

[請求項2]

前記マッチング手段は、各特徴量をインデックスに対応づけて記録した共通辞書を有し、前記共通辞書を参照して各入力画像の局所特徴量をインデックスに変換し、マッチングを行う、請求項1記載の位置推定装置。

[請求項3]

前記マッチング手段は、前記共通辞書に登録された特徴量とマッチングした数と、マッチング対象画像に含まれる特徴量とマッチングした数との積により、マッチングスコアを算出する、請求項2記載の位置推定装置。

- [請求項4] 前記類似度算出手段は、前記選ばれた登録場所及び近傍の登録場所のマッチングスコアに重みをかけて第1の推定値を算出し、
前記認定手段は、前記第1の推定値を前記類似度として登録場所の認定を行う、請求項1乃至3のいずれか1項記載の位置推定装置。
- [請求項5] 前記類似度算出手段は、第1の推定値を正規化した第2の推定値を算出し、
前記認定手段は、前記第2の推定値を前記類似度として登録場所の認定を行う、請求項1乃至3のいずれか1項記載の位置推定装置。
- [請求項6] 前記局所特徴量は、SIFT (Scale Invariant Feature Transformation) 及び／又はSURF (Speed Up Robustness Features) の特徴量である、請求項1乃至3のいずれか1項記載の位置推定装置。
- [請求項7] 入力画像から不変特徴量を抽出する特徴量抽出工程と、
各登録場所と不変特徴量に対応づけられて保存されているデータベースを参照し、入力画像と登録場所とのマッチングを求めるマッチング工程と、
マッチングが所定の閾値以上である場合に、選ばれた登録場所の近傍の登録場所を含めて類似度を算出する類似度算出工程と、
前記類似度が所定の閾値以上である場合に、当該入力画像が登録場所であると認定する位置認定工程とを有し、
前記特徴量抽出工程は、
連続して撮影された連続画像からなる入力画像それぞれから、局所特徴量を抽出する局所特徴量抽出工程と、
前記局所特徴量抽出工程にて抽出された局所特徴量について、連続する入力画像間でマッチングをとる特徴量マッチング工程と、
前記特徴量マッチング工程にて連続する画像間でマッチングが取れた特徴量を連続特徴量として選択する連続特徴量選択工程と、
前記連続特徴量に基づき不変特徴量を求める不変特徴量算出工程とを有し、

前記連続特徴量選択工程では、前記マッチングが取れた特徴量の数に応じて、前記連続する画像の枚数を可変とする、位置推定方法。

[請求項8] 前記マッチング工程では、各特徴量をインデックスに対応づけて記録した共通辞書を有し、前記共通辞書を参照して各入力画像の局所特徴量をインデックスに変換し、マッチングを行う、請求項7記載の位置推定方法。

[請求項9] 前記マッチング工程では、前記共通辞書に登録された特徴量とマッチングした数と、マッチング対象画像に含まれる特徴量とマッチングした数との積により、マッチングスコアを算出する、請求項8記載の位置推定方法。

[請求項10] 前記類似度算出工程では、前記選ばれた登録場所及び近傍の登録場所のマッチングスコアに重みをかけて第1の推定値を算出し、

前記認定工程では、前記第1の推定値を前記類似度として登録場所の認定を行う、請求項7乃至9のいずれか1項記載の位置推定方法。

[請求項11] 前記類似度算出工程では、第1の推定値を正規化した第2の推定値を算出し、

前記認定工程では、前記第2の推定値を前記類似度として登録場所の認定を行う、請求項7乃至9のいずれか1項記載の位置推定方法。

[請求項12] 前記局所特徴量は、S I F T (Scale Invariant Feature Transformation) 及び／又はS U R F (Speed Up Robustness Features) の特徴量である、請求項7乃至9のいずれか1項記載の位置推定方法。

[請求項13] 所定の動作をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

入力画像から不変特徴量を抽出する特徴量抽出工程と、

各登録場所と不変特徴量に対応づけられて保存されているデータベースを参照し、入力画像と登録場所とのマッチングを求めるマッチング工程と、

マッチングが所定の閾値以上である場合に、選ばれた登録場所の近

傍の登録場所を含めて類似度を算出する類似度算出工程と、

前記類似度が所定の閾値以上である場合に、当該入力画像が登録場所であると認定する位置認定工程とを有し、

前記特徴量抽出工程は、

連続して撮影された連続画像からなる入力画像それぞれから、局所特徴量を抽出する局所特徴量抽出工程と、

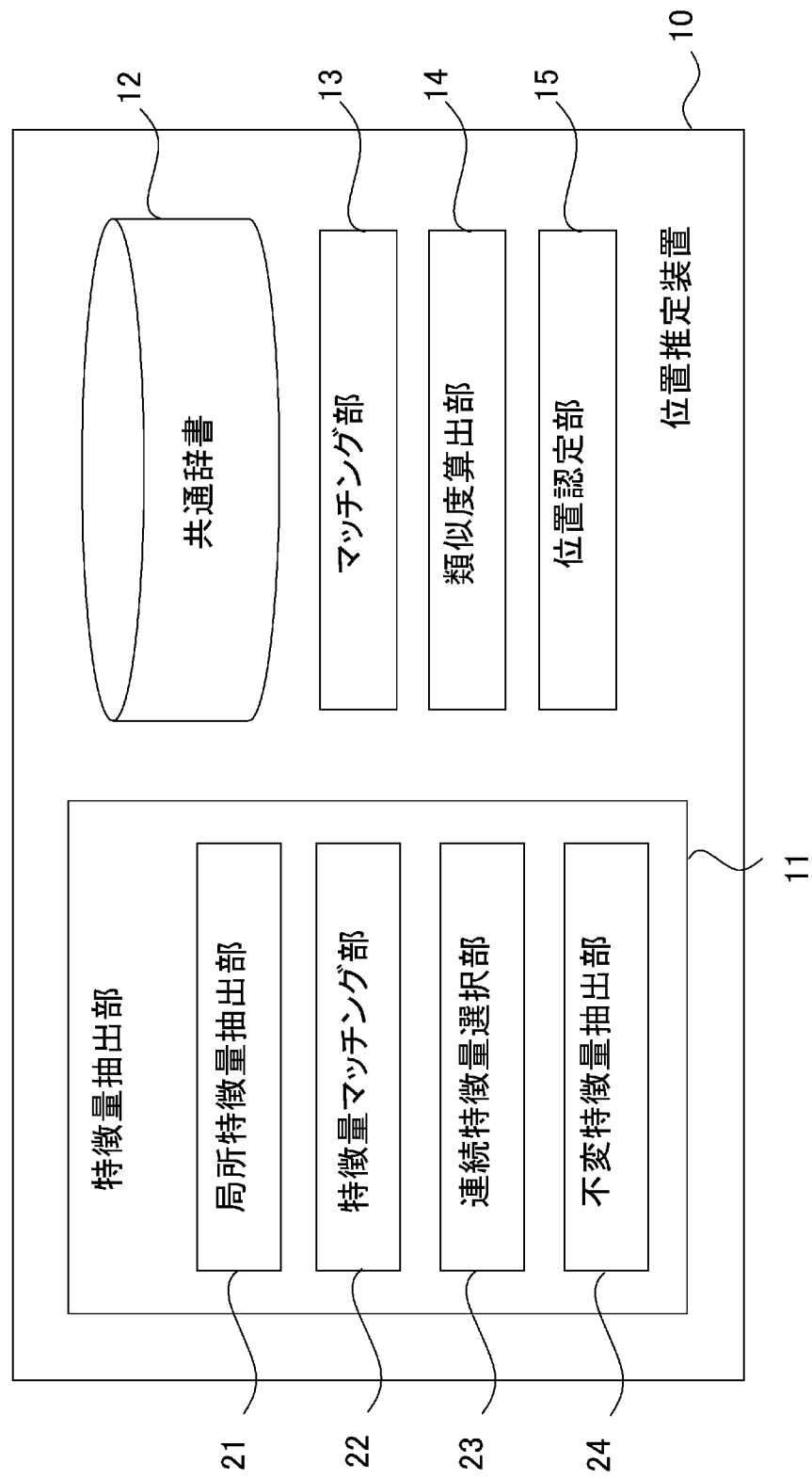
前記局所特徴量抽出工程にて抽出された局所特徴量について、連続する入力画像間でマッチングをとる特徴量マッチング工程と、

前記特徴量マッチング工程にて連続する画像間でマッチングが取れた特徴量を連続特徴量として選択する連続特徴量選択工程と、

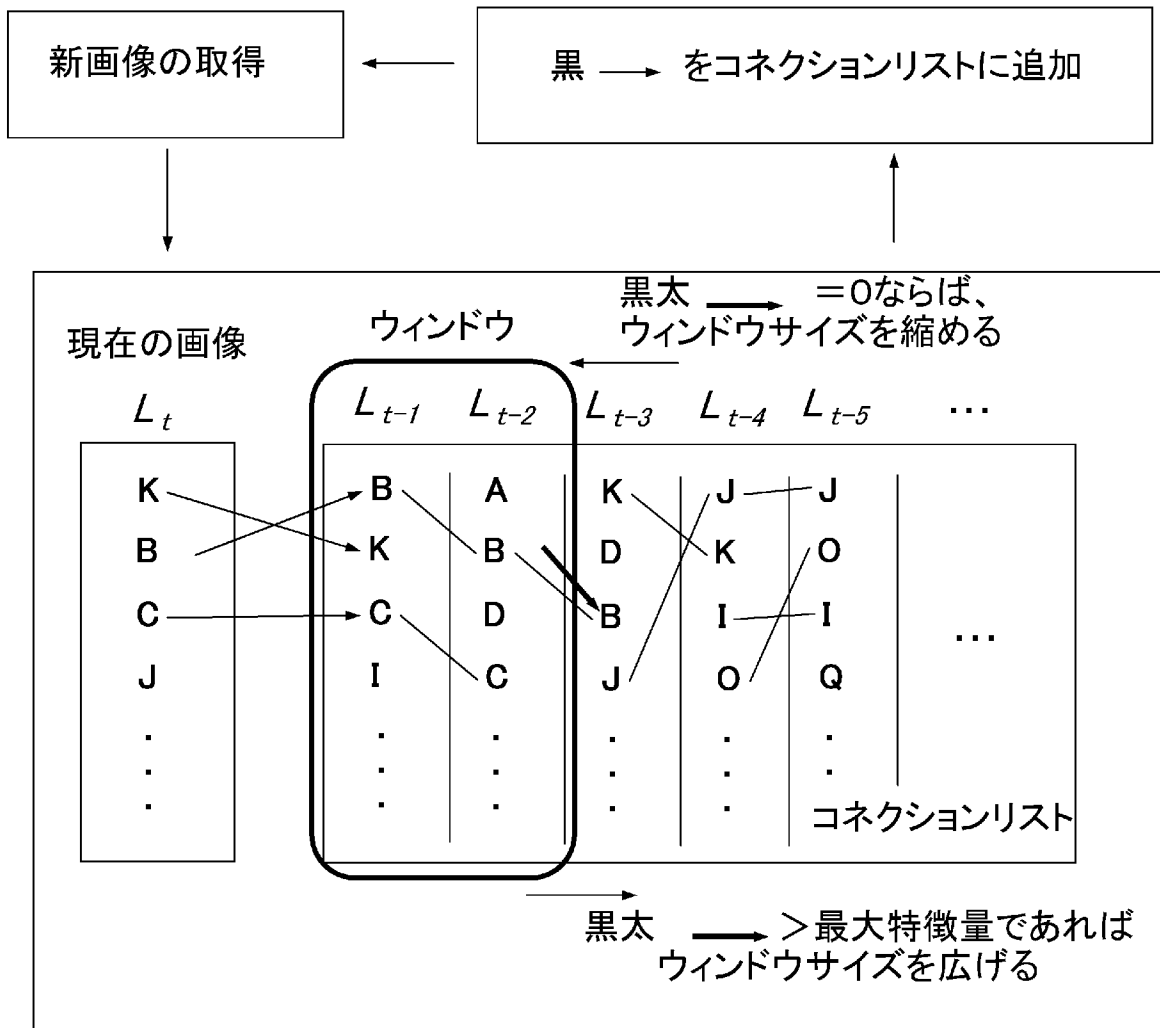
前記連続特徴量に基づき不変特徴量を求める不変特徴量算出工程とを有し、

前記連続特徴量選択工程では、前記マッチングが取れた特徴量の数に応じて、前記連続する画像の枚数を可変とするプログラム。

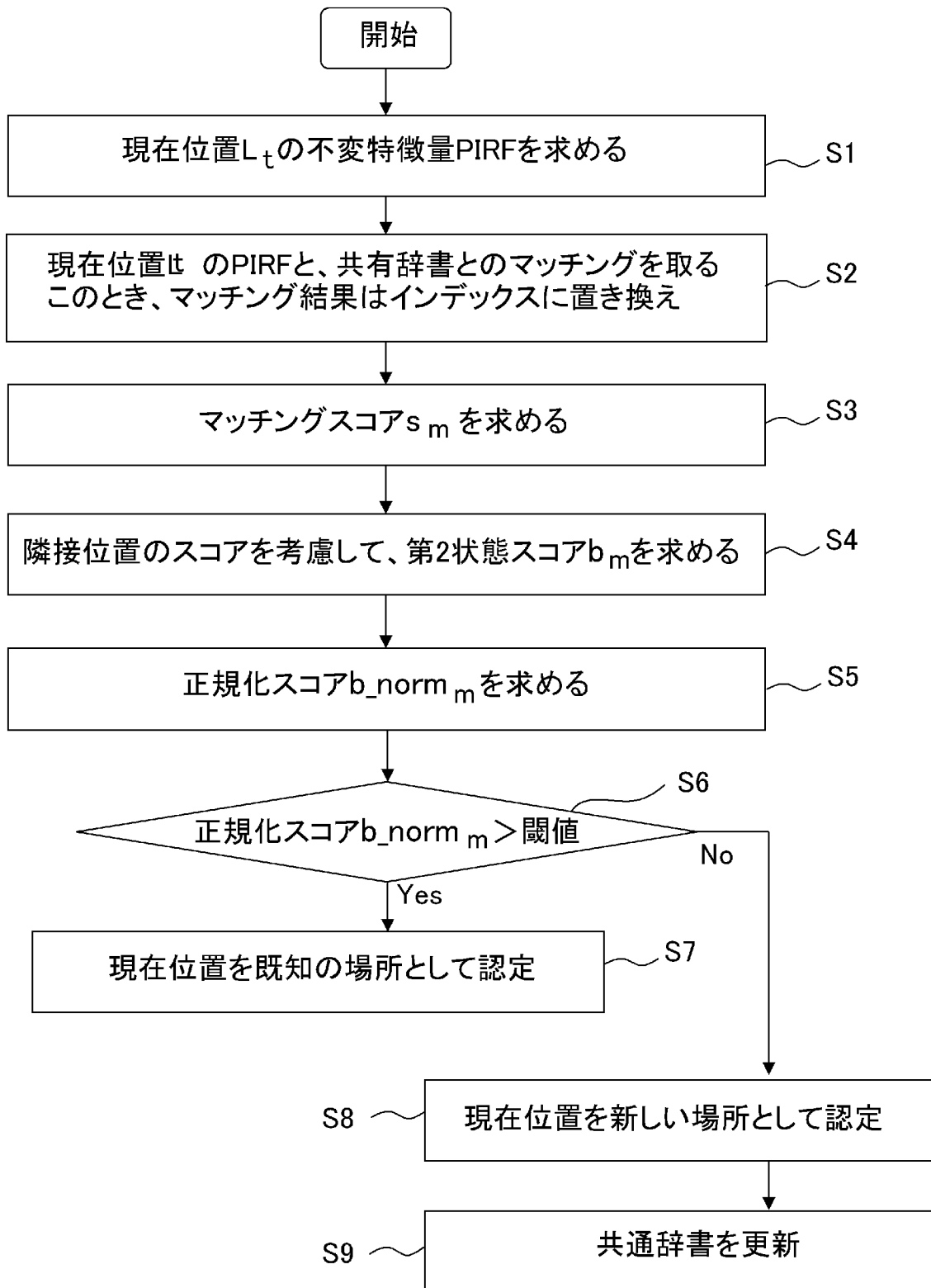
[図1]



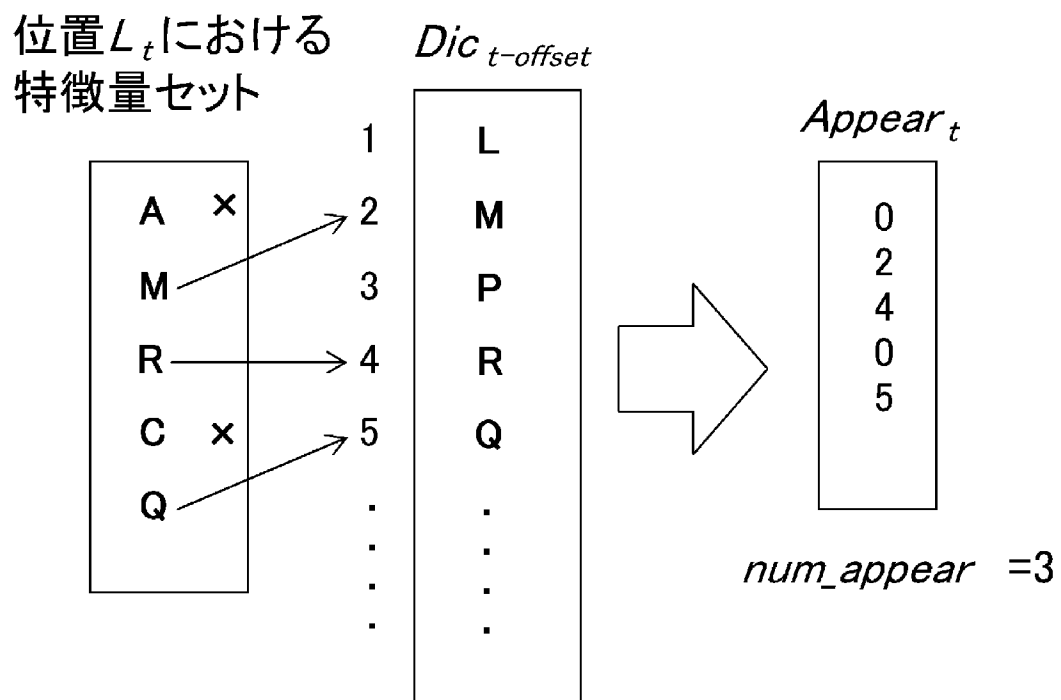
[図2]



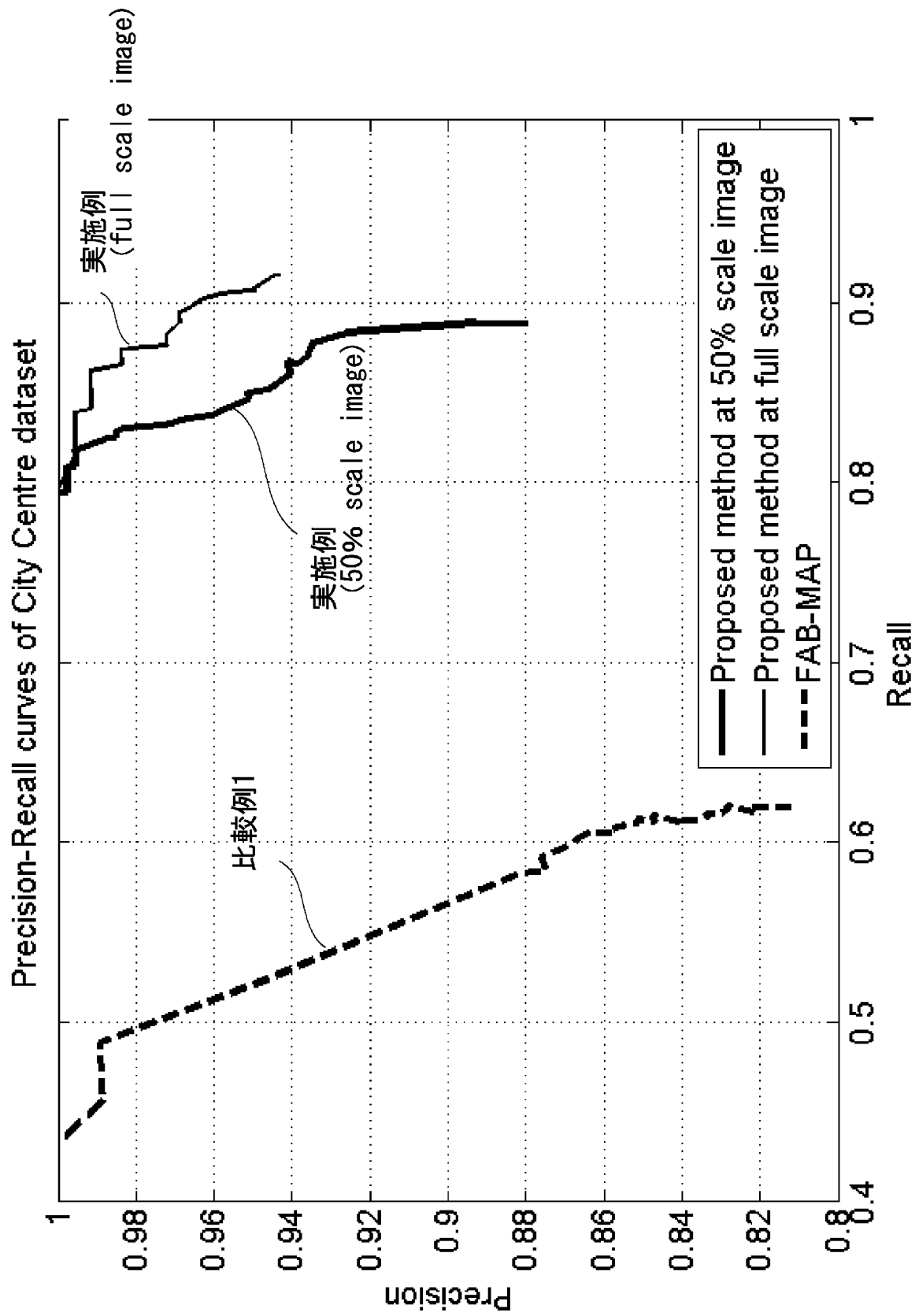
[図3]



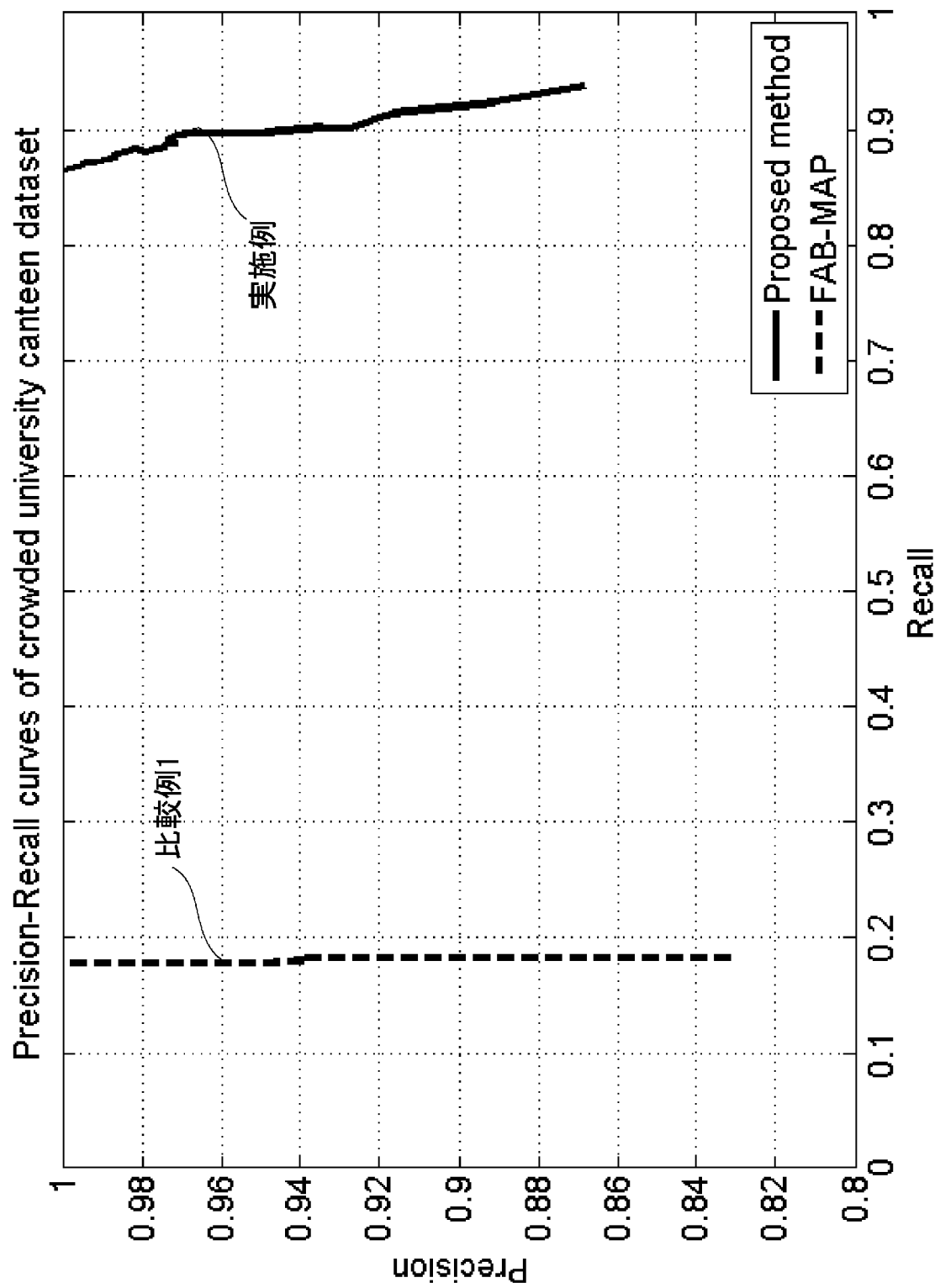
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/000749

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-48513 A (Honda Motor Co., Ltd.), 15 February 2002 (15.02.2002), entire text; all drawings & US 2001/0055063 A1 & EP 1158309 A2	1-13
A	JP 2008-304268 A (Sony Corp.), 18 December 2008 (18.12.2008), entire text; all drawings & US 2008/0304707 A1 & EP 2202672 A1	1-13
P, A	JP 2010-238008 A (Fujitsu Ltd.), 21 October 2010 (21.10.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-13



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

01 March, 2011 (01.03.11)

Date of mailing of the international search report

08 March, 2011 (08.03.11)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. 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. 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 1 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 1 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 1 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）			
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	JP 2002-48513 A（本田技研工業株式会社）2002.02.15, 全文, 全図 & US 2001/0055063 A1 & EP 1158309 A2	1-13	
A	JP 2008-304268 A（ソニー株式会社）2008.12.18, 全文, 全図 & US 2008/0304707 A1 & EP 2202672 A1	1-13	
P, A	JP 2010-238008 A（富士通株式会社）2010.10.21, 全文, 全図（ファ ミリーなし）	1-13	
☐ 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 0 1 . 0 3 . 2 0 1 1		国際調査報告の発送日 0 8 . 0 3 . 2 0 1 1	
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 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 新井 則和 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 3 1	5 H 8 9 3 7