

(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
2012 年 12 月 13 日(13.12.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/169294 A1

(51) 国際特許分類:
G06T 1/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/061204

(22) 国際出願日: 2012 年 4 月 26 日(26.04.2012)

(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 2011-129316 2011 年 6 月 9 日(09.06.2011) JP
特願 2011-144266 2011 年 6 月 29 日(29.06.2011) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立
大学法人京都大学(Kyoto University) [JP/JP]; 〒
6068501 京都府京都市左京区吉田本町 3 6 番地
1 Kyoto (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 須▲崎▼
純一(SUSAKI, Junichi) [JP/JP]; 〒6158530 京都府京

都市西京区京都大学桂 国立大学法人京都大学
大学院工学研究科内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人サンクレスト国際特許事
務所(SunCrest Patent and Trademark Attorneys); 〒
6500023 兵庫県神戸市中央区栄町通四丁目 1 番
1 1 号 Hyogo (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,
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, 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.

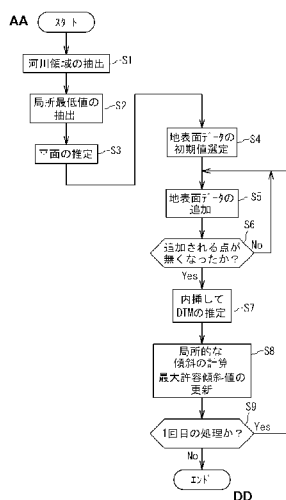
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: DTM ESTIMATION METHOD, DTM ESTIMATION PROGRAM, DTM ESTIMATION DEVICE, AND METHOD FOR CREATING
3-DIMENSIONAL BUILDING MODEL, AS WELL AS REGION EXTRACTION METHOD, REGION EXTRACTION PROGRAM, AND RE-
GION EXTRACTION DEVICE

(54) 発明の名称: DTM推定方法、DTM推定プログラム、DTM推定装置及び3次元建物モデルの作成方法、並びに、
領域抽出方法、領域抽出プログラム及び領域抽出装置

[図20]



S1 Extract river region
S2 Extract local minimum value
S3 Estimate flat surface
S4 Select initial value of ground surface data
S5 Add ground surface data
S6 No remaining points to be added?
S7 Interpolate, and estimate DTM
S8 Calculate localized slope, update maximum allowable slope
value
S9 First round of processing?
AA Start
DD End

(57) Abstract: In relation to DTM estimation, pixels in which no data is present within a unit grid in a predetermined range are linked and a river region is extracted; a first maximum allowable slope value (e.g., 3 degrees) is set and a provisional DTM is estimated for data excluding the river region; a localized slope is calculated from the estimated DTM; and when the slope exceeds a predetermined value, a second maximum allowable slope value (e.g., 4.5 degrees) greater than the first maximum allowable slope value is set, and the DTM is estimated again. In relation to region extraction, when a building region is extracted on the basis of data such as an aerial photograph, a plurality of different discretization widths are set; and for each discretization width, the brightness values of the data are discretized into a plurality of values that have been discretely set using the discretization width. Also, in a discretized image obtained by discretization, pixels having identical values are linked, and a region having a shape similar to that of a rectangle is extracted as a candidate building region. Then, from among a plurality of region groups extracted for each different discretization width, a region having a shape that is most similar to that of a rectangle is used as the building region.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/169294 A1



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 (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))

D T M 推定に関しては、所定範囲における単位グリッド内にデータが存在しない画素を連結して河川領域を抽出し、河川領域を除くデータについて、第 1 の最大許容傾斜値 (例えば 3 度) を設定して暫定的な D T M を推定し、推定した D T M から局所的な傾斜を計算し、傾斜が所定値を超える場合は、第 1 の最大許容傾斜値より大きい第 2 の最大許容傾斜値 (例えば 4. 5 度) を設定して再度 D T M を推定する。領域抽出に関しては、航空写真等のデータに基づいて建物の領域を抽出するに際し、複数の異なる離散化幅を設定し、それぞれの離散化幅について、データの輝度値を当該離散化幅で離散設定された複数の値に離散化する。また、離散化して得られた離散化画像において同一値を持つ画素を連結し、建物の領域の候補として長方形に近い形状の領域を抽出する。そして、複数の異なる離散化幅ごとに抽出された複数の領域群のうち、より長方形に近い形状の領域を、建物の領域として採用する。

明 細 書

発明の名称：

D T M推定方法、D T M推定プログラム、D T M推定装置及び3次元建物モデルの作成方法、並びに、領域抽出方法、領域抽出プログラム及び領域抽出装置

技術分野

[0001] [D T M推定方法、D T M推定プログラム、D T M推定装置及び3次元建物モデルの作成方法について]

本発明は、航空機による地表のレーザースキャナーデータに基づいてD T M (Digital Terrain Model) を推定する技術に関する。

[0002] [領域抽出方法、領域抽出プログラム及び領域抽出装置について]

また、本発明は、航空機又は人工衛星から撮影した写真のデータに基づいて建物の領域を抽出する方法、プログラム及び装置に関する。

背景技術

[0003] [D T M推定方法、D T M推定プログラム、D T M推定装置及び3次元建物モデルの作成方法について]

航空機から地表をレーザースキャンした反射波として得られるL i D A R (Light Detection And Ranging) データは、高精度な三次元座標の点群データとして、建物の高さや森林の樹高を測定することに利用可能である（例えば、特許文献1 参照。）。このL i D A Rデータにより、所望の領域について、地表面（敷地や道路等の地表面）の他、建物の最上部や樹木の最上端を含むD S M (Digital Surface Model) を得ることができる。

[0004] 一方、部分的に得られた地表面のデータ及び、これらから全体を補間したデータによって、地表面のみを表すD T Mを推定することができる。これによって、例えば、建物の高さは、 $(D S M - D T M)$ として算出することができる（例えば、非特許文献1 参照。）。D T Mを推定するには、L i D A Rデータの所定範囲について、その中の標高最低点が地表面であるとする。

そして、当該範囲内で地表面を探索し、かつ、内挿（補間）すれば、D T M を推定することができる。

[0005] [領域抽出方法、領域抽出プログラム及び領域抽出装置について]

都市を俯瞰した場合の特徴抽出、領域抽出は昔から重要なテーマであった（例えば、非特許文献1）。例えば、航空写真又は人工衛星画像からの道路抽出は盛んに研究されてきた（例えば、非特許文献3, 4）。リモートセンシング画像の分類手法は、画素単位の分類と領域（オブジェクト）単位の分類とに大別できる。クラスタリング（いわゆる教師なし）、最尤法（教師つき）、Support Vector Machines (SVM)（教師つき）に代表される画素単位の分類手法は、統計的理論に基づき、各画素を分類クラスに割り当てていく（例えば、非特許文献5）。一方、領域単位の分類手法では、画素の周辺の情報（Context）を利用する。例えば、数学的 Morphological アプローチを用いた分類などが代表例として挙げられる（例えば、非特許文献6～10）。

[0006] 図22の（a）及び（b）は、家屋が密集した市街地（京都市東山区）の航空写真の一例である。このような密集市街地では、従来の領域抽出手法が効果的に機能しない。その要因を分析すると、まず、（イ）建物同士が接近しているため、屋根の輝度値、テクスチャが似ていると、建物の境界線が明瞭でなくなる点である。また、（ロ）隣接した建物の影が写り込みやすい、という密集市街地特有の要因がある。さらに、日本の伝統的建物では波型の横断面形状を持つ屋根（例えばスレート屋根）が使用されていることもあり、（ハ）輝度値にばらつきのあるテクスチャの屋根の輪郭抽出が困難である、という対象地域の建物特性による要因も確認できる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第4058293号

非特許文献

[0008] 非特許文献1：「航空機LiDARデータからの密集市街地における地表面データのフィルタリングアルゴリズムの構築」、須▲崎▼純一、幸良淳志、児島

利治、応用測量論文集V o l . 2 1、第78～89頁

非特許文献2: Weng, Q. and Quattrochi, D.A., "Urban Remote Sensing", CRC Press, 2007

非特許文献3: Hu, J., Razdan, A., Femiani, J.C., Cui, M. and Wonka, P., "Road network extraction and intersection detection from aerial images by tracking road footprints", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 45, No. 12, pp. 4144 - 4157, 2007

非特許文献4: Movaghati, S., Moghaddamjoo, A. and Tavakoli, A., "Road extraction from satellite images using particle filtering and extended Kalman filtering", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 48, No. 7, pp. 2807 - 2817, 2010

非特許文献5: Tso, B. and Mather, P.M., "Classification methods for remotely sensed data -- 2nd ed.", CRC Press, 2009

非特許文献6: Soille, P. and Pesaresi, M., "Advances in mathematical morphology applied to geoscience and remote sensing", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 40, No. 9, pp. 2042-2055, 2002

非特許文献7: Benediktsson, J.A., Pesaresi, M. and Amason, K., "Classification and feature extraction for remote sensing images from urban areas based on morphological transformations", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 41, No. 9, pp. 1940 - 1949, 2003

非特許文献8: Benediktsson, J.A., Palmason, J.A. and Sveinsson, J.R., "Classification of hyperspectral data from urban areas based on extended morphological profiles", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 43, No. 3, pp. 480 - 491, 2005

非特許文献9: Bellens, R., Gautama, S., Martinez-Fonte, L., Philips, W., Chan, J.C.-W., Canters, F., "Improved Classification of VHR Images of Urban Areas Using Directional Morphological Profiles", IEEE Trans

actions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 46, No. 10, pp. 2803 – 2813, 2008

非特許文献10 : Tuia, D., Pacifici, F., Kanevski, M. and Emery, W.J., "Classification of Very High Spatial Resolution Imagery Using Mathematical Morphology and Support Vector Machines", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 47, No. 11, pp. 3866 – 3879, 2009

非特許文献11 : Canny, J., "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8, No. 6, pp. 679 – 698, 1986

非特許文献12 : Zhong, J. and Ning, R., "Image denoising based on wavelets and multifractals for singularity detection", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 14, No. 10, pp. 1435 – 1447, 2005

非特許文献13 : Tonazzini, A., Bedini, L. and Salerno, E., "A Markov model for blind image separation by a mean-field EM algorithm", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 15, No. 2, pp. 473 – 482, 2006

非特許文献14 : Berlemont, S. and Olivo-Marin, J.-C., "Combining Local Filtering and Multiscale Analysis for Edge, Ridge, and Curvilinear Objects Detection", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 19, No. 1, pp. 74 – 84, 2010

非特許文献15 : Ding, J., Ma, R. and Chen, S., "A Scale-Based Connected Coherence Tree Algorithm for Image Segmentation", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 17, No. 2, pp. 204 – 216, 2008

非特許文献16 : Chien, S. Y., Ma, S. Y. and Chen, L. G., "Efficient moving object segmentation algorithm using background registration technique", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 12, No. 7, pp. 577 – 586, 2002

非特許文献17 : Tsai, V. J. D., "A comparative study on shadow compensation of color aerial images in invariant color models", IEEE Transactions

ns on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 44, No. 6, pp. 1661 - 1671, 2006

非特許文献18: Ma, H., Qin, Q. and Shen, X., "Shadow Segmentation and Compensation in High Resolution Satellite Images", Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2008, Vol. 2, pp. II-1036 - II-1039, 2008

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] [DTM推定方法、DTM推定プログラム、DTM推定装置及び3次元建物モデルの作成方法について]

上記のDTMは、LiDARデータと違って推定であるため、多少の誤差・誤認識が生じることは避けられないが、いかに当該誤差・誤認識を抑制するかが重要である。種々の地表面に対してDTM推定を行ってみた結果、特に、全体として平坦な土地に河川がある場合に、河床、堤防、橋等のデータの点群を、地表面として認識するのが難しいことが判明した。また、道路から徐々に上がっていく屋上駐車場（建物の最上部）が、誤って地表面と認識されることもあった。

[0010] かかる従来の問題点に鑑み、本発明は、LiDARデータに基づいて推定されるDTMの精度を高めることを目的とする。

[0011] [領域抽出方法、領域抽出プログラム及び領域抽出装置について]

上記（イ）の要因は、言い換えれば、領域のエッジが十分に得られていない場合に、どう対処するか、という課題を与えている。また、上記（ハ）の要因により過剰に抽出されるエッジから不要なエッジを除外することも課題である。ここで、（ハ）の課題は（イ）の課題とも関連していると考えられる。例えば、非特許文献11において、Cannyはノイズに強いエッジ抽出オペレータを提唱している。これは、これまでに幅広く使われている代表的なエッジ抽出オペレータの一つといえる。またWaveletを使ってノイズを除去したり（例えば、非特許文献12）、平均値（例えば、非特許文献13）や多重

解像度画像（例えば、非特許文献１４）を活用したりする手法が報告されている。

[0012] また上記（ロ）の要因に関連して、影領域の輝度値を回復する研究事例が報告されている（例えば、非特許文献１５～１８）。しかしながら例えば非特許文献１８における回復結果を見る限りでは、回復後の画像において元々の影領域と非影領域との境界線が明瞭に出てしまうという問題点、及び、影領域内の補正值の決定が難しく、過剰に回復することもある、といった問題点が、依然として解決できていない。

[0013] かかる従来の問題点に鑑み、本発明は、航空写真等のデータに基づいて、建物の領域をより正確に抽出する技術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

[0014] [ＤＴＭ推定方法、ＤＴＭ推定プログラム、ＤＴＭ推定装置及び３次元建物モデルの作成方法について]

（１）本発明は、航空機による地表のレーザースキャナーデータに基づいて、その所定範囲について地表面のみの標高データであるＤＴＭを、コンピュータを用いて推定するＤＴＭ推定方法であって、前記所定範囲における単位グリッド内にデータが存在しない画素を連結して河川領域を抽出し、前記河川領域を除くデータについて、第１の最大許容傾斜値を設定して暫定的なＤＴＭを推定し、推定したＤＴＭから局所的な傾斜を計算し、傾斜が所定値を超える場合は、前記第１の最大許容傾斜値より大きい第２の最大許容傾斜値を設定して再度ＤＴＭを推定することを特徴とする。

[0015] 上記のようなＤＴＭ推定方法では、ＤＴＭの推定にあたって河川領域を除くことで、河川をまたぐ地表面の探索によってＤＴＭの精度が悪くなることを防止できる。また、推定したＤＴＭにおいて局所的に傾斜が所定値を超えるときは、第１の最大許容傾斜値より大きい第２の最大許容傾斜値を設定して再度ＤＴＭを推定することにより、１回目には探索できなかった地表面データを追加し、ＤＴＭ推定の精度を向上させることができる。

[0016] （２）また、上記（１）のＤＴＭ推定方法において、第２の最大許容傾斜

値は、地形及び町並みの特徴に応じて増減されるものであってもよい。

この場合、地形及び町並みの特徴に応じて最適なD T M推定を行うことができる。

[0017] (3) また、本発明は、上記(1)のD T M推定方法を含む3次元建物モデルの作成方法であって、前記レーザースキャナーデータを、前記D T M推定方法によって推定されたD T Mと、非地表面データとに分離し、前記非地表面データにおける各領域について、対となる向きの法線ベクトルの有無を調べ、その結果に基づいて屋根の形を推定する3次元建物モデルの作成方法である。

この場合、精度良く推定されたD T Mに基づいて正確な非地表面データを取得し、さらに、対となる向きの法線ベクトルの有無を調べることにより、平坦な屋根の他、切妻、寄棟等の屋根の形を推定して3次元建物モデルを作成することができる。

[0018] (4) また、上記(3)の3次元建物モデルの作成方法において、各領域は、所定範囲の航空写真のデータから少なくとも長方形の形状を優先的に抽出することにより予め抽出されるものであってもよい。

この場合、屋根の形状として確率の高い長方形により、屋根の領域の識別精度を高め、より正確な3次元建物モデルを作成することができる。

[0019] (5) 一方、本発明は、航空機による地表のレーザースキャナーデータに基づいて、その所定範囲について地表面のみの標高データであるD T Mを推定するD T M推定プログラム（又はD T M推定プログラム記憶媒体）であって、前記所定範囲における単位グリッド内にデータが存在しない画素を連結して河川領域を抽出する機能、前記河川領域を除くデータについて、第1の最大許容傾斜値を設定して暫定的なD T Mを推定する機能、推定したD T Mから局所的な傾斜を計算する機能、及び、傾斜が所定値を超える場合は、前記第1の最大許容傾斜値より大きい第2の最大許容傾斜値を設定して再度D T Mを推定する機能を、コンピュータによって実現させるためのD T M推定プログラム（又はD T M推定プログラム記憶媒体）である。

[0020] 上記のようなD T M推定プログラム（又はD T M推定プログラム記憶媒体）では、D T Mの推定にあたって河川領域を除くことで、河川をまたぐ地表面の探索によってD T Mの精度が悪くなることを防止できる。また、推定したD T Mにおいて局所的に傾斜が所定値を超えるときは、第1の最大許容傾斜値より大きい第2の最大許容傾斜値を設定して再度D T Mを推定することにより、1回目には探索できなかった地表面データを追加し、D T M推定の精度を向上させることができる。

[0021] （6）また、本発明は、航空機による地表のレーザースキャナーデータに基づいて、その所定範囲について地表面のみの標高データであるD T Mを推定するD T M推定装置であって、航空機による地表のレーザースキャナーデータを読み込む入力装置と、前記レーザースキャナーデータの所定範囲における単位グリッド内にデータが存在しない画素を連結して河川領域を抽出する河川抽出部と、前記河川領域を除くデータについて、第1の最大許容傾斜値を設定して暫定的なD T Mを推定し、推定したD T Mから局所的な傾斜を計算し、傾斜が所定値を超える場合は、前記第1の最大許容傾斜値より大きい第2の最大許容傾斜値を設定して再度D T Mを推定するD T M推定部と、推定されたD T Mを表示する表示部とを備えたものである。

[0022] 上記のようなD T M推定装置では、D T Mの推定にあたって河川領域を除くことで、河川をまたぐ地表面の探索によってD T Mの精度が悪くなることを防止できる。また、推定したD T Mにおいて局所的に傾斜が所定値を超えるときは、第1の最大許容傾斜値より大きい第2の最大許容傾斜値を設定して再度D T Mを推定することにより、1回目には探索できなかった地表面データを追加し、D T M推定の精度を向上させることができる。

[0023] [領域抽出方法、領域抽出プログラム及び領域抽出装置について]

（7）本発明は、航空機又は人工衛星から撮影した写真のデータに基づいて、コンピュータを用いて建物の領域を抽出する領域抽出方法であって、複数の異なる離散化幅を設定し、それぞれの離散化幅について、前記データの輝度値を当該離散化幅で離散設定された複数の値に離散化し、離散化して得

られた離散化画像において同一値を持つ画素を連結し、建物の領域の候補として長方形に近い形状の領域を抽出し、前記複数の異なる離散化幅ごとに抽出された複数の領域群のうち、より長方形に近い形状の領域を、建物の領域として採用することを特徴とする。

[0024] 上記のような領域抽出方法では、離散化によって、輝度値の分散が大きいテクスチャを持つ領域も、1つの領域として抽出可能である。また、同一値を持つ点を連結し、長方形に近い形状の領域を抽出することで、建物以外の領域を除去し易くなる。また、複数の異なる離散化幅ごとに抽出された複数の領域群のうち、より長方形に近い形状の領域を、建物の領域として採用することにより、局所的に最適な、空間的な平滑化パラメータを適用していることに等しい機能を発揮させることができる。

[0025] (8) また、上記(7)の領域抽出方法において、長方形に近い形状を表す指数として、(領域の面積／領域を取り囲む長方形の面積)によって定義される長方形指数を用いることができる。

この場合、長方形に近い形状における「近さ」の度合いを、指数として簡単かつ的確に表すことができる。

[0026] (9) また、上記(7)又は(8)の領域抽出方法において、上記抽出において、互いに隣接する領域同士が併合された場合にさらに長方形に近くなる場合は、当該併合を実行可能とするようにしてもよい。

この場合、より正確に建物の領域を捉えることができる。

[0027] (10) また、上記(8)の領域抽出方法において、長方形指数が所定値より小さい場合は、建物の領域として採用しないことが好ましい。

この場合、建物でない可能性が高い領域を抽出の対象から除外することができる。

[0028] (11) また、上記(7)の領域抽出方法において、RGB輝度値に基づいて、植生と推測される領域を抽出対象から除外してもよい。

この場合、植生の色の特徴を考慮して当該領域を抽出対象から除外することができる。

[0029] (12) 一方、本発明は、航空機又は人工衛星から撮影した写真のデータに基づいて建物の領域を抽出する領域抽出プログラム（又は領域抽出プログラム記憶媒体）であって、複数の異なる離散化幅を設定し、それぞれの離散化幅について、前記データの輝度値を当該離散化幅で離散設定された複数の値に離散化する機能、離散化して得られた離散化画像において同一値を持つ画素を連結し、建物の領域の候補として長方形に近い形状の領域を抽出する機能、及び、前記複数の異なる離散化幅ごとに抽出された複数の領域群のうち、より長方形に近い形状の領域を、建物の領域として採用する機能を、コンピュータによって実現させるための領域抽出プログラム（又は領域抽出プログラム記憶媒体）である。

[0030] (13) また、本発明は、航空機又は人工衛星から撮影した写真のデータに基づいて建物の領域を抽出する領域抽出装置であって、複数の異なる離散化幅を設定し、それぞれの離散化幅について、前記データの輝度値を当該離散化幅で離散設定された複数の値に離散化する機能と、離散化して得られた離散化画像において同一値を持つ画素を連結し、建物の領域の候補として長方形に近い形状の領域を抽出する機能と、前記複数の異なる離散化幅ごとに抽出された複数の領域群のうち、より長方形に近い形状の領域を、建物の領域として採用する機能とを有するものである。

[0031] 上記(12)、(13)の領域抽出プログラム（又は領域抽出プログラム記憶媒体）／領域抽出装置では、離散化によって、輝度値の分散が大きいテクスチャを持つ領域も、1つの領域として抽出可能である。また、同一値を持つ点を連結し、長方形に近い形状の領域を抽出することで、建物以外の領域を除去し易くなる。また、複数の異なる離散化幅ごとに抽出された複数の領域群のうち、より長方形に近い形状の領域を、建物の領域として採用することにより、局所的に最適な空間的な平滑化パラメータを適用していることに等しい機能を発揮させることができる。

発明の効果

[0032] [DTM推定方法、DTM推定プログラム、DTM推定装置及び3次元建

物モデルの作成方法について]

本発明によれば、D T M推定の精度を向上させることができる。

[0033] [領域抽出方法、領域抽出プログラム及び領域抽出装置について]

本発明によれば、航空写真等の写真のデータに基づいて、建物の領域をより正確に抽出することができる。

図面の簡単な説明

[0034] [図1] (a) は、京都市東山区清水寺、法観寺、高台寺の周辺の航空写真であり、この地域は、建物が密集している平地と、丘陵地とが混在している。(b) は、航空機による L i D A R データが示す標高分布 (建物等の最上部を含む D S M) を便宜的に色分けして (但し、この図ではカラーは表現されていない。) 示した図である。

[図2] (a) は、1 回目の処理で抽出された地表面データであり、(b) は2 回目の処理で抽出された地表面データである。

[図3] (a) は、1 回目の処理による D T M を示し、(b) は、2 回目の処理を行った後の最終の D T M を示す。

[図4] (a) は、京都市中京区五条通り周辺の航空写真であり、この地域は、建物が密集している平地の中に、河川がある。(b) は、航空機による L i D A R データが示す標高分布 (建物等の最上部を含む D S M) を便宜的に色分けして (但し、この図ではカラーは表現されていない。) 示した図である。

[図5] (a) は、1 回目の処理で抽出された地表面データであり、(b) は2 回目の処理で抽出された地表面データである。

[図6] (a) は、1 回目の処理による D T M を示し、(b) は、2 回目の処理を行った後の最終の D T M を示す。

[図7] (a) は、京都市伏見区伏見桃山周辺の航空写真であり、この地域は、建物が密集している平地の中に、大きな土手を備えた河川がある。(b) は、航空機による L i D A R データが示す標高分布 (建物等の最上部を含む D S M) を便宜的に色分けして (但し、この図ではカラーは表現されていない

。)示した図である。さらに、(c)は、1回目の処理によるDTMを示し、(d)は、2回目の処理を行った後の最終のDTMを示す。

[図8](a)は、図7の(b)に示すLiDARデータの一部を拡大した図であり、(b)は、(a)における矢印方向から見た当該地域の地上写真である。さらに、(c)は、1回目の処理によるDTM(拡大図)を示し、(d)は、2回目の処理を行った後の最終のDTM(拡大図)を示す。

[図9](a)は、京都市東山区清水寺近くの駐車場及びその周辺の、航空機によるLiDARデータが示す標高分布(建物等の最上部を含むDSM)を便宜的に色分けして(但し、図ではカラーは表現されていない。)示した図であり、(b)は航空写真である。

[図10](a)は、1回目の処理によるDTMを示し、(b)は、2回目の処理を行った後の最終のDTMを示す。

[図11](a)は市街地の航空写真であり(75m×75m)、(b)は領域分割の結果である。

[図12](a)、(b)は、3次元建物ワイヤーフレームモデルで、(a)は平面的な形状を、(b)は立体的な形状を、それぞれ示している。

[図13](a)は高層ビルを含む市街地の航空写真であり(75m×75m)、(b)は領域分割の結果である。

[図14](a)、(b)は、3次元建物ワイヤーフレームモデルで、(a)は平面的な形状を、(b)は立体的な形状を、それぞれ示している。

[図15](a)は高木が建物に隣接している市街地の航空写真であり(75m×75m)、(b)は領域分割の結果である。

[図16](a)、(b)は、3次元建物ワイヤーフレームモデルで、(a)は平面的な形状を、(b)は立体的な形状を、それぞれ示している。

[図17](a)は寄棟屋根の多い市街地の航空写真であり(75m×75m)、(b)は領域分割の結果である。

[図18](a)、(b)は、3次元建物ワイヤーフレームモデルで、(a)は平面的な形状を、(b)は立体的な形状を、それぞれ示している。

[図19] D T M推定装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図20] D T M推定方法又は推定プログラムを示すフローチャートである。

[図21] (a) が切妻屋根の法線ベクトル、(b) が寄棟屋根の法線ベクトルを示す図である。

[図22] 家屋が密集した市街地（京都市東山区）の航空写真の一例である。

[図23] 京都市東山区法観寺から東大路通り周辺を地上で撮影した写真である。

[図24] 領域抽出方法を実施するためのコンピュータ装置の一例を示すブロック図である。

[図25] 画素の連結の概念図である。

[図26] 長方形指数算出の概念図である。

[図27] 対象領域と、それに隣接する領域との統合の概念図である。

[図28] 低層建物が密集する市街地（地域1）におけるエッジ抽出の結果を示す図である。

[図29] 高層ビルと低層建物とが混在する市街地（地域2）におけるエッジ抽出の結果を示す図である。

[図30] 高木が建物に隣接している地域（地域3）におけるエッジ抽出の結果を示す図である。

[図31] 寄棟屋根作りの建物が多数存在する地域（地域4）におけるエッジ抽出の結果を示す図である。

[図32] 地域1における領域抽出の結果を示す図である。

[図33] 地域2における領域抽出の結果を示す図である。

[図34] 地域3における領域抽出の結果を示す図である。

[図35] 地域4における領域抽出の結果を示す図である。

[図36] 地域1についての領域抽出の比較結果を示す図である。

[図37] 地域2についての領域抽出の比較結果を示す図である。

[図38] 地域3についての領域抽出の比較結果を示す図である。

[図39] 地域4についての領域抽出の比較結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0035] [D T M推定方法、D T M推定プログラム、D T M推定装置及び3次元建物モデルの作成方法について]

《D T Mの推定》

図19は、航空機による地表のレーザースキャナーデータに基づいて、その所定範囲について地表面のみの標高データであるD T Mを推定する装置の構成の一例を示すブロック図である。このD T M推定装置は、C P U 1、バス2を介してC P U 1と接続されたメモリ3、ハードディスク等の補助記憶装置4、インターフェース5、6、並びに、インターフェース5及び6にそれぞれ接続されたドライブ7及びディスプレイ8を含むものであり、典型的には、これは、パーソナルコンピュータである。入力装置としてのドライブ7に、L i D A Rデータ（レーザースキャナーデータ）を収めたC D、D V D等の記憶媒体9を装着することにより、L i D A Rデータが読み込み可能となる。

[0036] C P U 1は、ソフトウェアによって実現される内部機能として、大別すれば、河川抽出部1 aと、D T M推定部1 bとを備えている。これらの機能についての詳細は後述するが、河川抽出部は、L i D A Rデータ（レーザースキャナーデータ）の所定範囲における単位グリッド内にデータが存在しない画素を連結して河川領域を抽出する機能を有する。また、D T M推定部1 bは、河川領域を除くデータについて、第1の最大許容傾斜値を設定して暫定的なD T Mを推定し、推定したD T Mから局所的な傾斜を計算し、傾斜が所定値を超える場合は、第1の最大許容傾斜値より大きい第2の最大許容傾斜値を設定して再度D T Mを推定するという機能を有する。推定されたD T Mは、表示部としてのディスプレイ8に表示可能である。

[0037] 次にC P U 1における上記機能すなわちD T M推定方法又は推定プログラムについて、図20のフローチャートを参照して説明する。なお、プログラムは記憶媒体である補助記憶装置4（図19）に記憶され、メモリ3を用いて、C P U 1により実行される。なお、D T M推定プログラムは、各種の記

憶媒体から補助記憶装置4にインストールして実行されるか、又は、DTM推定プログラムを格納した特定のサーバからネットワーク経由でダウンロードし、補助記憶装置4にインストールして実行される。すなわち、DTM推定プログラムは、記憶（記録）媒体としても存在・流通し得る。

使用するLiDARデータは、市販品であり、例えば、平均点密度1点/1m²で、3次元座標データを持つラストパルスデータ（最後に地表面で反射される受信データ）のみを含むものである。なお、使用可能なデータは、これに限られるものではない。例えば、フルウェーブタイプと呼ばれる、ファーストからラストまで連続したデータも使用可能である。

[0038] 図20において、まず、CPU1は、LiDARデータから河川領域を抽出する（ステップS1）。具体的には、単位グリッドとしての1mグリッドに設定した画像において、データ（点）が存在しない画素を連結し、一定面積以上を占める領域を、河川領域として抽出する。

[0039] 次に、CPU1は、LiDARデータから局所最低値を抽出する（ステップS2）。具体的には、1回目は50m×50mの窓内で局所最低値を抽出し、2回目は25m×25mの窓内で局所最低値を探索する。2回目の局所最低値が1回目の局所最低値より大幅に高くならず（例えば50cm以内）、かつ、1回目、2回目の局所最低値である3次元座標上の2点から計算される傾斜が第1の最大許容傾斜値（例えば3度）以下のときは、1回目の局所最低値を2回目の局所最低値に更新する。それ以外のときは、1回目の局所最低値を採用する。

[0040] 次に、CPU1は、LiDARデータから最小二乗法により平面を推定し（ステップS3）、平面に対するRMSE（Root Mean Square Errors：平均二乗誤差）が小さい場合の、それらの点は、共通の平面上にあるものとする。具体的には、例えば、4m×4mの領域に含まれる全ての点群を用いて平面の方程式を計算し、平面に対するRMSEが10cm以下であれば、全ての点群に平面の方程式を付与する。この平面とは道路面の候補であり、斜面でもよいが、極端な斜面は道路の可能性が非常に低いので、例えば、平面の

法線の鉛直成分が0.9以上に限定する。

[0041] そして、CPU1は、上記平面上の点のうち、局所最低値の点との標高差が小さく、かつ、局所最低値から見た傾斜以内である点を地表面データの初期値（初期の点群）として選定する（ステップS4）。

続いて、CPU1は、当該地表面データの近隣の点を探索し、地表面データが有する平面の方程式を使って平面までの距離を計算し、その距離が閾値（例えば10cm）以下であれば、追加する地表面データの候補となる。そして、地表面データと成す傾斜が最大許容傾斜値（例えば3度）以下であれば、地表面データとして追加する（ステップS5）。

[0042] 地表面データの追加（ステップS5）は、追加される点が無くなるまで行われる（ステップS6）。追加される点が無くなると、地表面データの抽出は完了である。

続いて、CPU1は、地表面データが存在しない地点について近隣の地表面データを探索し、内挿してDTMを推定する（ステップS7）。この探索時に河川領域に遭遇すれば、CPU1は、その方向への探索を中止する。

[0043] 次に、CPU1は、推定したDTMに基づいて局所的な傾斜を計算する（ステップS8）。傾斜は21m×21mの領域を単位として、まず地表面高さの平均値を計算する。ある領域の地表面高さに対し、周囲の8つ（上下／左右／斜め）の近傍の領域を探索し、領域の中心間の距離と地表面高さの平均値の差から傾斜を計算し、最大の傾斜値を求める。傾斜が閾値（例えば4.5度）以上の場合には、最大許容傾斜値を、より大きく設定して、第2の最大許容傾斜値に更新する（例えば4.5度に更新する。）。

[0044] 続いて、CPU1は、ステップS5～S8の処理が1回目か否かを判定する（ステップS9）。最初は「Yes」であり、CPU1は、第2の最大許容傾斜値に基づいて再びステップS5、S6を実行する。ここで、第1の最大許容傾斜値より大きい第2の最大許容傾斜値を設定していることによって、局所的に急な傾斜を持つ地点が、地表面データとして追加される。すなわち、最初のステップS5の処理では追加データから漏れていた河川の土手や

丘陵地等の点群データが地表面データとして抽出され、追加される。その結果、D T Mの推定が1回目よりも精度良く行われることになる。なお、2回目のステップS 9では「N o」となって、処理終了となる。

[0045] 上記のような処理によるD T Mの精度向上を、図1～10の実例で示す。

(実例1)

図1の(a)は、京都市東山区清水寺、法観寺、高台寺の周辺の航空写真である。この地域は、建物が密集している平地と、丘陵地とが混在している。図1の(b)は、航空機によるL i D A Rデータが示す標高分布(建物等の最上部を含むD S M)を便宜的に色分けして(但し、この図ではカラーは表現されていない。)示した図である。(b)において、左側の黒っぽい部分が相対的に標高の低い部分であり、右側の黒っぽい部分は相対的に標高の高い部分である。中間の白っぽい部分は、それらの中間的な標高である。D S Mは建物等を含んでいるため、地表面がわかりにくい。

[0046] 図2の(a)は、1回目の処理で抽出された地表面データであり、(b)は2回目の処理で抽出された地表面データである。図中の黒い部分が地表面(地盤面)を表している。また、図3の(a)は、1回目の処理によるD T Mを示し、(b)は、2回目の処理を行った後の最終のD T Mを示す。図2、図3のそれぞれにおいて、(a)、(b)の比較により明らかなように、2回目の処理を行ったことによって丘陵地(向かって右側)や平地の細部のデータが格段に精度良く得られている。

[0047] (実例2)

図4の(a)は、京都市中京区五条通り周辺の航空写真である。この地域は、建物が密集している平地の中に、河川がある。図4の(b)は、航空機によるL i D A Rデータが示す標高分布(建物等の最上部を含むD S M)を便宜的に色分けして(但し、この図ではカラーは表現されていない。)示した図である。

[0048] 図5の(a)は、1回目の処理で抽出された地表面データであり、(b)は2回目の処理で抽出された地表面データである。また、図6の(a)は、

1 回目の処理による D T M を示し、(b) は、2 回目の処理を行った後の最終の D T M を示す。この例では、1 回目と、2 回目とで、劇的な差は現れていない。言い換えれば、局部的に急な傾斜が無い平坦な地形では 2 回目の処理に 1 回目と同じ第 1 の最大許容傾斜値を用いることになるので、過剰な抽出が行われることはない。

[0049] (実例 3)

図 7 の (a) は、京都市伏見区伏見桃山周辺の航空写真である。この地域は、建物が密集している平地の中に、大きな土手を備えた河川がある。図 7 の (b) は、航空機による L i D A R データが示す標高分布 (建物等の最上部を含む D S M) を便宜的に色分けして (但し、この図ではカラーは表現されていない。) 示した図である。なお、(a) における楕円は、高速道路であり、(b) の L i D A R データ取得時にはまだ建設されていなかった。また、図 7 の (c) は、1 回目の処理による D T M を示し、(d) は、2 回目の処理を行った後の最終の D T M を示す。

[0050] 図 8 の (a) は、図 7 の (b) に示す L i D A R データの一部を拡大した図であり、図 8 の (b) は、(a) における矢印方向から見た当該地域の地上写真である。また、図 8 の (c) は、1 回目の処理による D T M (拡大図) を示し、(d) は、2 回目の処理を行った後の最終の D T M (拡大図) を示す。(d) において、中央に縦に延びている白い線は河川であり、その左右の黒っぽい部分は土手である。(c)、(d) の比較により、1 回目は地表面として扱えなかった土手が、2 回目は地表面として精度良く認識されていることがわかる。

[0051] (実例 4)

図 9 の (a) は、京都市東山区清水寺近くの駐車場及びその周辺の、航空機による L i D A R データが示す標高分布 (建物等の最上部を含む D S M) を便宜的に色分けして (但し、図ではカラーは表現されていない。) 示した図である。(b) は航空写真である。また、図 10 の (a) は、1 回目の処理による D T M を示し、(b) は、2 回目の処理を行った後の最終の D T M

を示す。(a)、(b)の比較により、1回目は地表面としてその形状を捉えきれなかった駐車場(中央の黒い部分)が、2回目は地表面として精度良く認識されていることがわかる。

[0052] (実例5)

図示しないが、ビルの屋上駐車場についても同様に1回目、2回目のDTMを得たが、ほとんど変化がなかった。この場合、屋上駐車場を地表面と誤って認識することはなかった。

[0053] 《まとめ》

上記のようなDTM推定方法／プログラム(又はプログラム記憶媒体)／装置では、DTMの推定にあたって河川領域を除くことで、河川をまたぐ地表面の探索によってDTMの精度が悪くなることを防止できる。また、推定したDTMにおいて局所的に傾斜が所定値を超えるときは、第1の最大許容傾斜値より大きい第2の最大許容傾斜値を設定して再度DTMを推定することにより、1回目には探索できなかった地表面データを追加し、DTM推定の精度を向上させることができる。

[0054] なお、第2の最大許容傾斜値は、地形及び町並みの特徴に応じて増減すればよい。京都市の場合は4.5度が好適であることが確認された。京都市よりもさらに傾斜の多い土地では4.5度以上も適すると想定される。逆に、京都市よりも傾斜の少ない土地では4.5度未満(3度よりは大きい)が適すると想定される。実験的に最適な数値を選ぶことで、地形及び町並みの特徴に応じて最適なDTM推定を行うことができる。

[0055] 《3次元建物モデルの作成》

L i D A Rデータ及び、上述の処理により精度良く推定されたDTMを用いて、(DSM-DTM)の演算を行うことにより、データ上で地表面を除去し、建物や木等の、地上に存在する物の高さのデータのみを取得することができる。以下、このようなデータを用いて3次元建物モデルを作成する方法について説明する。まず、航空写真のデータを用いた建物等の領域分割について説明する。

[0056] (領域分割)

領域分割の概要は、まず、輝度値の分散が大きいテクスチャを持つ領域も抽出するため、輝度値を少数個の値に離散化した上で領域分割を試みる。離散化する輝度値の幅は、異なる分散の程度に対応するために複数用意する。長方形に近い領域を優先的に抽出するため、長方形指数と呼ぶ指数を計算する。影で分断されている可能性を考慮し、隣接する領域と組み合わせて、長方形指数が向上すれば両者を統合する。

[0057] 以下、細部に及ぶが、領域分割の具体例について参考のため説明する。

(1) 1バイト(輝度値の範囲: 0~255)×3バンド(RGB)画像の任意の1バンドの輝度値に対し、*N d i s c*種類の離散化幅を設定する。各離散化幅の下で、*N o f f*種類の異なるオフセット値を適用し、画像輝度値を離散化する。例えば、「輝度値の離散化幅=40」「オフセット数=5」の時に「オフセット値幅=8」となり、「オフセット値={0, 8, 16, 24, 32}」の*N o f f*種類の離散化画像が得られる。「オフセット値=0」の下では、原画像の輝度値が「0~39」が同一離散化値を与えられ、同様に「40~79」「80~119」「120~159」「160~199」「200~239」「240~255」を含めた7つの区分に離散化される。本実験では次のパラメータを使用した。

[0058] 使用バンド: 赤(R)バンド

輝度値の離散化幅 $\Delta d = \{40, 30, 20\}$

オフセット数*N o f f* = 5

オフセット値幅 $\Delta o f f = \Delta d / N o f f = \{8, 6, 4\}$

[0059] (2) 各離散化画像において、4方向を探索し、同じ値を持つ画素を連結し領域として抽出する。一定面積以上の大領域(本実験では6400画素: 以下、実験で採用した値)は除去する。また一定面積未満(80画素)の小領域は周辺に一定面積以上の領域があれば統合し、なければ除去する。その後、各領域のエッジを抽出する。

(3) ある離散化幅における*N o f f*種類の離散化画像から得られたエッジ

を全て1枚に重ね合わせる。

(4) 一定強度以上のエッジを残し、それに連結するエッジも抽出する。この時点で本来なら閉じるはずの領域がノイズなどの影響で閉じていないことも多いため、エッジが存在しなくても周辺に直線状のエッジが存在することが確認できれば、エッジを連結する。

(5) エッジで閉じた領域にラベル番号を付与し、RGB輝度値から判断し、植生らしい領域を除去する。(2)と同様に一定面積以上の大領域(6400画素)を除去し、一定面積以下(本実験では30画素)の小領域は周辺に一定面積以上の領域があれば統合し、なければ除去する。

(6) 各領域の長方形指数と呼ぶ指数を次のように計算する。

[0060] (ア) 領域のエッジの集合(エッジ群と呼ぶ)の2次元座標から、第1軸と第2軸を決定する。

(イ) 領域の存在範囲を第1軸と第2軸の値で表現し、第1軸の(最大値－最小値＋1)、第2軸の(最大値－最小値＋1)を掛け合わせて、領域を取り囲む矩形の面積を得る。

(ウ) 実際の領域の面積／領域を取り囲む矩形の面積を長方形指数と定義する。

(エ) 長方形指数が一定値(0.4)を下回ると、建物でない可能性が高いと判断して除外される。

[0061] (7) ある領域Aの近隣の領域を探索し、

(ア) 併合した場合の長方形指数が各々の長方形指数よりも向上する。

(イ) 指定した閾値(0.7)以上である。

(ウ) 領域の平均輝度値の差が一定値(30)以内である。

という条件を満たす近隣の領域のうち、併合時の長方形指数が最大となる領域を併合の候補とし、仮に領域Bとする。領域Bでも同様に探索し、領域Aが(ア)～(ウ)の全ての条件を満たし、かつ併合時の長方形指数が最大となる領域である場合に、領域AとBを併合する。

(8) N d i s c種類の離散化幅の下で得られた一定面積以上の領域を、長

方形指数が高い順に選んでいく。ただし、当該領域の一部でも既に選ばれた領域に重なっていれば、その領域は選ばない。

(9) 選ばれなかった領域に対し、再度選定していく。今度は既に選ばれた領域との重なりが一定値未満（本実験では、30%）で、かつ一定面積未満（30画素未満）であれば、重なっていない部分だけを新たな領域として追加選出する。ただし重なっていない部分に対しても長方形指数を算出し、閾値（0.45）以上である場合に限る。

(10) 領域内の穴を埋める。

[0062] (3次元建物モデル)

領域分割で得られた領域は屋根単位ではなく、同一建物で対となる傾斜のある屋根、あるいは別の建物の屋根が分離されていないこともある。また領域分割では屋根・建物の抽出漏れ、逆に樹木や道路も抽出していることも起こりうる。しかしながら、下記の対策を取ることで、モデリングの漏れを少なくしている。

[0063] 推定したDTMは、L i D A Rデータから除去する。屋根の平面、法線ベクトルを計算する際にR M S Eの許容値を設けることで樹木の大半は削除できる。切妻屋根の建物において向かい合う屋根が分離されていない場合、法線ベクトルの分布状況を調べて混合している可能性が高い場合には分離して、切妻屋根を生成する。隣接する切妻屋根の建物で片側の屋根が分離されていない状況において（屋根の数が棟を挟んで1対2の関係）、分離されていない領域を2つの屋根に分離することで2組の1対1の屋根のペアを生成し、2棟の切妻屋根の建物を生成する。

[0064] 密集市街地における建物の配置に着目し、屋根面がもつ傾斜や法線ベクトルといった情報を利用することで、切妻屋根や寄棟屋根、平屋根の判定を行い、より本来の形に近い建物3次元モデルを生成する。具体的には、近隣の点群間の水平・鉛直距離が一定値以内の点群から主たる方位角を決めて、それに基づいて建物の棟や輪郭を決定することで、現実に近い建物の向きを決定できる。

[0065] 具体的には、3次元座標の点群データであるL i D A Rデータに対し、D T Mを用いて地表面と非地表面を分離するフィルタリング処理を行う。非地表面データから屋根や建物の領域における法線ベクトルを計算する。9 m × 9 mの領域内で、6点以上点が存在する場合に平面の方程式を計算し、R M S Eが1 0 c m以下であれば、計算に使用した全ての点群に法線ベクトルを付与する。領域の法線が傾いていれば対となる領域を探索する。

[0066] 非地表面データに対し、最近隣の点データからの水平距離、鉛直距離が一定値以内である点群ごとに分類する。このうち屋根や建物の領域に該当する点群だけを用いて、点群データの主たる方位角を決定する。寄棟屋根、切妻屋根、それ以外の屋根の順にワイヤフレームモデルを作成する。各モデルを作成する際には棟や輪郭が、点群データの主たる方位角と同一あるいは直交するように配慮する。

[0067] 寄棟屋根については、対となる屋根の組が2組存在する時に生成される。切妻屋根については、対となる屋根が存在する領域があり、両者の領域において切妻屋根を生成する。法線ベクトル分布が複数の法線の混合状態を示す領域については、領域内において2つに分割し、法線ベクトルが明瞭に分離される場合には、切妻屋根を生成する。そうでない場合には平屋根を生成する。なお、図21は、(a)が切妻屋根の法線ベクトル、(b)が寄棟屋根の法線ベクトルを示す。

それ以外の屋根については、平屋根を生成する。建物として抽出されなかったものの、地表面から一定以上の高さを持ち、特定の平面上にある点を選定し、最終結果に含める。

[0068] 上記のような処理による領域分割、3次元建物モデルの作成を、図11～18の実例で示す。

(実例1)

図11の(a)は市街地の航空写真である(75 m × 75 m)。(b)は領域分割の結果である。便宜上色分けしている(本図では色は表示されていない。)が、色自体に意味はない。(b)に示すように屋根の輪郭が概ね捉

えられている。また、切妻、寄棟の特徴が捉えられている個所もある。図 12 の (a)、(b) は、3 次元建物ワイヤーフレームモデルで、(a) は平面的な形状を、(b) は立体的な形状を、それぞれ示している。平坦、切妻、寄棟等の屋根の形状が明瞭に現れていることが分かる。

[0069] (実例 2)

図 13 の (a) は高層ビルを含む市街地の航空写真である (75 m × 75 m)。(b) は領域分割の結果である。便宜上色分けしている (本図では色は表示されていない。) が、色自体に意味はない。(b) に示すように屋根の輪郭が概ね捉えられている。また、切妻、寄棟の特徴が捉えられている個所もある。図 14 の (a)、(b) は、3 次元建物ワイヤーフレームモデルで、(a) は平面的な形状を、(b) は立体的な形状を、それぞれ示している。平坦、切妻、寄棟等の屋根の形状が明瞭に現れていることが分かる。

[0070] (実例 3)

図 15 の (a) は高木が建物に隣接している市街地の航空写真である (75 m × 75 m)。(b) は領域分割の結果である。便宜上色分けしている (本図では色は表示されていない。) が、色自体に意味はない。(b) に示すように屋根の輪郭が概ね捉えられている。また、切妻、寄棟の特徴が捉えられている個所もある。図 16 の (a)、(b) は、3 次元建物ワイヤーフレームモデルで、(a) は平面的な形状を、(b) は立体的な形状を、それぞれ示している。平坦、切妻、寄棟等の屋根の形状が明瞭に現れていることが分かる。

[0071] (実例 4)

図 17 の (a) は寄棟屋根の多い市街地の航空写真である (75 m × 75 m)。(b) は領域分割の結果である。便宜上色分けしている (本図では色は表示されていない。) が、色自体に意味はない。(b) に示すように屋根の輪郭が概ね捉えられている。また、切妻、寄棟の特徴が捉えられている個所もある。図 18 の (a)、(b) は、3 次元建物ワイヤーフレームモデルで、(a) は平面的な形状を、(b) は立体的な形状を、それぞれ示してい

る。平坦、切妻、寄棟等の屋根の形状が明瞭に現れていることが分かる。

[0072] 《まとめ》

以上のように、精度良く推定されたD T Mに基づいて正確な非地表面データを取得し、さらに、対となる向きの法線ベクトルの有無を調べることにより、平坦な屋根の他、切妻、寄棟等の屋根の形を推定して3次元建物モデルを作成することができる。

また、3次元建物モデルを作成するための領域を予め抽出することにより、屋根の領域の識別精度を高め、より正確な3次元建物モデルを作成することができる。

[0073] なお、今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

[0074] [領域抽出方法、領域抽出プログラム及び領域抽出装置について]

以下、本発明の一実施形態に係る領域抽出方法・領域抽出プログラムについて、説明する。領域抽出のモデル地域としては、京都市東山区法観寺から東大路通り周辺を対象とした。この地域では木造建築が敷地間口いっぱいに立ち並んでいる。図23は、当該地域を地上で撮影した写真である。また、この地域の航空写真データとして、25cm解像度、オルソ（正射投影）処理済みのデータ（市販品）を使用した。このデータは、平面直角座標系に合わせてある。なお、オルソ処理されていても、若干は建物の側面が見えるが、実用上は特に問題ない。

[0075] 次に、建物の領域（屋根の輪郭形状）を抽出する領域抽出方法・領域抽出プログラムについて説明する。図24は、領域抽出方法を実施するためのコンピュータ装置10の一例を示すブロック図であり、また、領域抽出プログラムは、このコンピュータ装置10に機能を実現させるものである。また、領域抽出プログラムの機能が搭載されたコンピュータ装置10は、本発明の一実施形態に係る領域抽出装置である。

[0076] このコンピュータ装置 10 は、CPU 1 と、バス 2 を介して CPU 1 と接続されたメモリ 3 と、ハードディスク等の補助記憶装置 4 と、インターフェース 5、6 と、インターフェース 5 及び 6 にそれぞれ接続されたドライブ 7 及びディスプレイ 8 とを含むものであり、典型的には、これは、パーソナルコンピュータである。入力装置としてのドライブ 7 に、航空写真を収めた CD、DVD 等の記憶媒体 9 を装着することにより、航空写真のデータが読み込み可能となる。なお、領域抽出プログラムは、航空写真とは別に、各種の記憶媒体から補助記憶装置 4 にインストールして実行されるか、又は、領域抽出プログラムを格納した特定のサーバからネットワーク経由でダウンロードし、補助記憶装置 4 にインストールして実行される。すなわち、領域抽出プログラムは、記憶（記録）媒体としても存在・流通し得る。

[0077] 《領域抽出の手順》

以下、領域抽出（方法・プログラムの主要ステップ）について詳細に説明する。

領域抽出の概要としては、輝度値の分散が大きいテクスチャを持つ屋根も効果的に抽出すべく、輝度値を所定数の値に離散化し、同一の離散化値を持つ領域をラベリングする。そして、平面視した建物に見られる長方形に近い形状の領域を優先的に抽出する。また、複数の異なる離散化幅を適用して得られた領域群に対し、より長方形に近い領域から順次採用していくことで、局所的に最適な、空間的な平滑化パラメータを適用したのと同様な処理を実現する。以下、ステップごとに詳細に説明する。

[0078] （第 1 ステップ）

まず、1 バイト（輝度値の範囲：0～255）×3 バンド（RGB）画像の任意の 1 バンドの輝度値に対し、 N_{disc} 種類の離散化幅を設定する。各離散化幅の下で、 N_{off} 種類の異なるオフセット値を適用し、画像輝度値を離散化する。例えば、「輝度値の離散化幅＝40」「オフセット数＝5」のときに「オフセット値幅＝8」となり、「オフセット値＝{0, 8, 16, 24, 32}」の N_{off} 種類の離散化画像が得られる。「オフセット値＝0」の下では、原

画像の輝度値「0～39」が同一離散化値を与えられ、同様に「40～79」「80～119」「120～159」「160～199」「200～239」「240～255」を含めた7つの区分に離散化される。本実験では一例として次のパラメータを使用した。

[0079] 使用バンド：赤（R）バンド

輝度値の離散化幅 $\Delta d = \{40, 30, 20\}$

オフセット数 $N_{\text{off}} = 5$

オフセット値幅 $\Delta_{\text{off}} = \Delta d / N_{\text{off}} = \{8, 6, 4\}$

[0080] （第2ステップ）

次に、各離散化画像において、4方向（上下左右）を探索し、同じ値を持つ画素を連結し領域として抽出する。一定面積以上の大領域（例えば6400画素以上）は除去する。また一定面積未満（例えば80画素未満）の小領域は周辺に一定面積以上の領域があれば統合し、なければ除去する。その後、各領域のエッジ（輪郭）を抽出する。

[0081] （第3ステップ）

次に、ある離散化幅における N_{off} 種類の離散化画像から得られたエッジを全て1枚に重ね合わせる。

[0082] （第4ステップ）

次に、一定強度以上のエッジを残し、それに連結するエッジも抽出する。この時点で隣接する屋根や建物がほぼ同様の輝度値を持つ場合にそれらのエッジが抽出されていないことも多いため、エッジが存在しなくても周辺に直線状のエッジが存在することが確認できれば、エッジを連結する。

[0083] このエッジ連結について、補足説明する。まず、エッジではない画素の周辺8方向（上下左右斜め）を探索し、一定画素数 d の中に存在するエッジの数を調べる。

図25は、左上の方向にあるエッジ群グループ1aと、右下の方向にあるエッジ群グループ1bとを探索する例を示している。例えば、（a）グループ1aに $d1$ 以上、かつ、グループ1bにも $d1$ 以上にエッジ群が存在し、

(b) グループ 2 a に d 2 以下、かつ、グループ 2 b にも d 2 以下のエッジ群しか存在しない、という条件を用意し、条件 (a)、(b) を共に満足する場合に、非エッジである中心画素をエッジとして補完する。(b) の条件があることで、矩形領域の隅に近い領域内部の画素を誤ってエッジと抽出することを防いでいる。探索は、上下方向、左右方向、左上から右下、右上から左下の 4 回にわたって調べる。今回は、 $d = 7$ 、 $d_1 = 5$ 、 $d_2 = 1$ と設定した。

[0084] (第 5 ステップ)

次に、エッジで閉じた領域にラベル番号を付与 (ラベリング) し、RGB 輝度値から判断して、植生らしい領域を除去する。ステップ 2 と同様に、一定面積以上の大領域 (例えば 6400 画素以上) を除去し、一定面積以下 (例えば 30 画素以下) の小領域は周辺に一定面積以上の領域があれば統合し、なければ除去する。

[0085] 植生の除去について補足説明する。対象地域では、植生には緑系統と赤系統の植生が確認できた。そのため、

$$(1) B_{grn} \geq T_{veg, DN}, B_{blue} \geq T_{veg, DN}, \text{ and } B_{grn} / B_{blue} \geq T_{veg, g2b_ratio}$$

$$(2) B_{red} \geq T_{veg, DN}, B_{blue} \geq T_{veg, DN}, \text{ and } B_{red} / B_{blue} \geq T_{veg, r2b_ratio}$$

のいずれかを満足する画素が占有する割合 R_{grn_veg} , R_{red_veg} を計算する。ここで B_{red} 、 B_{grn} 、 B_{blue} は赤、緑、青バンドの輝度値を、 $T_{veg, DN}$ は輝度値の閾値を、 $T_{veg, g2b_ratio}$ 、 $T_{veg, r2b_ratio}$ は指標の閾値を意味する。 R_{grn_veg} 、 R_{red_veg} のいずれかが閾値 $T_{veg, ratio}$ 以上であれば、植生領域として除去する。ここでは、 $T_{veg, DN} = 20$ 、 $T_{veg, g2b_ratio} = 1.25$ 、 $T_{veg, r2b_ratio} = 2.0$ 、 $T_{veg, ratio} = 0.3$ の値を採用した。

[0086] (第 6 ステップ)

次に、各領域の長方形指数と呼ぶ指数を、次のように計算する。

(ア) 領域のエッジの集合 (エッジ群と呼ぶ。) の 2 次元座標から、第 1 軸及び第 2 軸を決定する。

(イ) 領域の存在範囲を第 1 軸と第 2 軸の値で表現し、第 1 軸の (最大値 - 最

小値 + 1)、第 2 軸の(最大値 - 最小値 + 1)を掛け合わせて、領域を取り囲む矩形の面積を得る。

(ウ) (実際の領域の面積 / 領域を取り囲む矩形の面積) を長方形指数と定義する。

ここで、長方形指数が一定値 (例えば 0.4) を下回ると、建物でない可能性が高いと判断して、抽出の対象から除外する。

[0087] 長方形指数について補足説明する。図 26 に長方形指数算出の概念図を示す。ある領域のエッジ群から第 1, 第 2 軸を計算し、各々の辺が第 1, 第 2 軸に平行な長方形のうち、対象領域を取り囲む、図示のような最小の長方形を求める。この第 1, 第 2 軸の決定には、2 点間の距離が一定値 (5 画素以上 20 画素以下) にあるエッジ群を用いて直線の傾きを投票し、最大の頻度が発生する傾きを第 1 軸の向きとし、第 2 軸は第 1 軸に直交するように定めた。

$$i_{dx} = S_{\text{actual}} / S_{\text{rect}} \quad \dots (1)$$

と定義する。ここで i_{dx} は長方形指数を、 S_{actual} はある領域の面積を、 S_{rect} はその領域を取り囲む長方形の面積を表す。長方形指数は 0 から 1 の範囲の値を取り、1 に近いほど長方形に近い形状を有する。このような指数により、長方形に近い形状における「近さ」の度合いを、指数として簡単かつ的確に表すことができる。

[0088] (第 7 ステップ)

式 (1) の長方形指数を用いて、ステップ 7 では、影で分断されている屋根・建物を統合し、本来の領域を推定する。

例えば、ある領域 A の近隣の領域を探索し、

(ア) 併合した場合の長方形指数が各々の長方形指数よりも向上する。

(イ) 指定した閾値 (0.7) 以上である。

(ウ) 領域の平均輝度値の差が一定値 (30) 以内である。

という条件を満たすか否かを判定する。満たす場合には、近隣の領域のうち、併合時の長方形指数が最大となる領域を併合の候補とし、これを、仮に領

域Bとする。領域Bでも同様に探索し、領域Aが（ア）～（ウ）の全ての条件を満たし、かつ併合時の長方形指数が最大となる領域である場合に、領域AとBとを互いに併合する。

[0089] 例えば図27に示すように、対象領域 α に隣接する領域 β 、 γ 、 δ の全てを対象に、仮に統合した場合の長方形指数を計算する。この際の第1、第2軸は、2つの領域のエッジ群のうち、互いの領域に近いエッジ群は除外したエッジ群を用いて計算される。軸の決定には、2点間の距離が一定値（5画素以上20画素以下）にあるエッジ群を用いて直線の傾きを投票し、最大の頻度が発生する傾きを第1軸の向きとし、第2軸は第1軸に直交するように定めた。

[0090] （第8ステップ）

次に、 N_{disc} 種類の離散化幅の下で得られた一定面積以上の領域を、長方形指数が高い順に選んでいく。ただし、当該領域の一部でも既に選ばれた領域に重なっていれば、その領域は選ばない。

[0091] （第9ステップ）

選ばれなかった領域に対し、再度選定していく。今度は既に選ばれた領域との重なりが一定値未満（30%）で、かつ一定面積（80画素）未満であれば、重なっていない部分だけを新たな領域として追加選出する。ただし重なっていない部分に対しても長方形指数を算出し、閾値（0.45）以上である場合に限る。

[0092] （第10ステップ）

最後に、領域内の穴を埋める。

[0093] 《実例》

以下、実例を示す。図28は、低層建物が密集する市街地（以下、地域1という。）におけるエッジ抽出の結果を示す図である。（a）は撮影の解像度300×300画素で、実寸法約75m×75mのエリアを撮影した航空写真である。（b）は、（a）のデータに対して既知のキャニー（Canny）フィルタを用いた結果である。（c）は、上述の離散化において離散化幅40

を用いた際のエッジ抽出結果（第１段階）である。さらに、（d）は、離散化幅３０を用いた際のエッジ抽出結果（第２段階）、（e）は、離散化幅２０を用いた際のエッジ抽出結果（第３段階）である。

[0094] 図２９は、高層ビルと低層建物とが混在する市街地（以下、地域２という。）におけるエッジ抽出の結果を示す図である。（a）～（e）は、図２８と同様であり、（a）は航空写真、（b）はキャニーフィルタを用いた結果、（c）は離散化幅４０を用いた際のエッジ抽出結果（第１段階）、（d）は離散化幅３０を用いた際のエッジ抽出結果（第２段階）、（e）は離散化幅２０を用いた際のエッジ抽出結果（第３段階）である。

[0095] 図３０は、高木が建物に隣接している地域（以下、地域３という。）におけるエッジ抽出の結果を示す図である。（a）～（e）は、図２８と同様であり、（a）は航空写真、（b）はキャニーフィルタを用いた結果、（c）は離散化幅４０を用いた際のエッジ抽出結果（第１段階）、（d）は離散化幅３０を用いた際のエッジ抽出結果（第２段階）、（e）は離散化幅２０を用いた際のエッジ抽出結果（第３段階）である。

[0096] 図３１は、寄棟屋根作りの建物が多数存在する地域（以下、地域４という。）におけるエッジ抽出の結果を示す図である。（a）～（e）は、図２８と同様であり、（a）は航空写真、（b）はキャニーフィルタを用いた結果、（c）は離散化幅４０を用いた際のエッジ抽出結果（第１段階）、（d）は離散化幅３０を用いた際のエッジ抽出結果（第２段階）、（e）は離散化幅２０を用いた際のエッジ抽出結果（第３段階）である。

[0097] 図３２，図３３，図３４，図３５はそれぞれ、上述の地域１（図７），地域２（図２９），地域３（図３０），地域４（図３１）における領域抽出の結果を示す図である。図３２～３５の各図において、（a）は各地域の航空写真、（b）は離散化幅４０を用いた際の領域抽出結果（第１段階）、（c）は離散化幅３０を用いた際の領域抽出結果（第２段階）、（d）は離散化幅２０を用いた際のエッジ抽出結果（第３段階）、（e）は、長方形指数を用いて３つの結果（（b）～（d））を統合した最終結果の図である。図３

2～3 5のいずれにおいても、(e)は、(b)～(d)の各結果と比較すると明らかなように、局所的に3つの結果の最も良いところを取った状態となり、建物の領域（エッジ）がより正確に抽出されている。

[0098] 図3 6は、地域1についての図であり、(a)～(f)はそれぞれ、(a) 航空写真、(b) 領域抽出結果を比較するための参照点、(c) 領域抽出結果（主たる方向を計算する際に主成分分析を利用）、(d) 領域抽出結果（主たる方向を計算する際に2点間を通る直線の傾きを投票して決定）、(e) ITT Visual Information Solutions の画像処理ソフトENVI EXでScale=50, Merge=50に設定した時の領域抽出結果、(f) ENVI EXでScale=50, Merge=80に設定した時の領域抽出結果、である。なお、(c)～(f)はカラー画像では建物のエッジが明瞭に表示されるが、この図では建物の縁取りのように見えているのがエッジである。

[0099] なお、ENVI EXの「Feature Extraction」という機能で設定を要求されるパラメータは、「Scale Level」と「Merge Level」である。本例の対象地域では分散値の大きいテクスチャを持つ屋根が多い。「Merge Level」を変更することで最終的に残される領域の大きさや数が変わるため、「Scale Level = 50.0」は共通とし、「Merge Level = 50.0」「Merge Level = 80.0」の2種類の値で実行した。

[0100] 図3 7は、地域2についての図であり、(a)～(f)はそれぞれ、(a) 航空写真、(b) 領域抽出結果を比較するための参照点、(c) 領域抽出結果（主たる方向を計算する際に主成分分析を利用）、(d) 領域抽出結果（主たる方向を計算する際に2点間を通る直線の傾きを投票して決定）、(e) ENVI EXでScale=50, Merge=50に設定した時の領域抽出結果、(f) ENVI EXでScale=50, Merge=80に設定した時の領域抽出結果、である。

[0101] 図3 8は、地域3についての図であり、(a)～(f)はそれぞれ、(a) 航空写真、(b) 領域抽出結果を比較するための参照点、(c) 領域抽出結果（主たる方向を計算する際に主成分分析を利用）、(d) 領域抽出結果（主たる方向を計算する際に2点間を通る直線の傾きを投票して決定）、(

e) ENVI EXでScale=50, Merge=50に設定した時の領域抽出結果、(f) ENVI EXでScale=50, Merge=80に設定した時の領域抽出結果、である。

[0102] 図39は、地域4についての図であり、(a)～(f)はそれぞれ、(a) 航空写真、(b) 領域抽出結果を比較するための参照点、(c) 領域抽出結果（主たる方向を計算する際に主成分分析を利用）、(d) 領域抽出結果（主たる方向を計算する際に2点間を通る直線の傾きを投票して決定）、(e) ENVI EXでScale=50, Merge=50に設定した時の領域抽出結果、(f) ENVI EXでScale=50, Merge=80に設定した時の領域抽出結果、である。

[0103] 図36～39のそれぞれにおいて、中段の(c), (d)と下段の(e), (f)との比較により明らかなように、本実施形態の領域抽出による(c), (d)では、建物の長方形の領域が、より正確に抽出されていることがわかる。ENVI EXによる(e), (f)では不要なエッジや、細かすぎるエッジが非常に多く、(c), (d)に比べると領域抽出の出来映えが良くない。

[0104] 《考察》

上記実施形態に係る領域抽出の手法では異なる離散化幅を適用して得られたエッジを統合しているが、このことは異なる空間解像度へ変換し処理することと本質的には同じである。ただし、オフセット値を変えて適用し統合することで、単なる平滑化フィルタと異なりエッジは保存されている。何より重要なのは、複数の異なる離散化幅を適用し得られた領域群に対し、長方形指数の大きい領域から順次採用していくことは局所的に最適な、空間的な平滑化パラメータを適用していることに等しい、ということである。

[0105] 図32～35からは、統合する処理を通じて、屋根や建物の大きさに応じて局所的に最適な空間スケールパラメータを選択できていることが示されている。ただし、離散化後の画像を用いたラベリングには時間を要し、画像サイズが大きくなるほど処理時間が増大する。例えば、クロック3.2GHzで動作するCPUに、6GBのメモリを使用するコンピュータの場合、各対象地域での平均処理時間は約90秒であった。

- [0106] なお、領域のエッジから算出される形状に関する指標を活用して、屋根や建物に見られる長方形の形状の領域を優先的に抽出することが好ましい。その際にエッジを抽出しても完全に閉じない屋根や建物が多く、このことが領域抽出の精度を下げる要因であるが、完全に閉じていないエッジ群に対しては、長方形や三角形の形状の可能性が高い場合にエッジを閉じる処理を加えることが好ましい。
- [0107] また上述の、例えば3つの異なる離散化幅を用いることで、特に $\Delta d = 20$ の結果（図28～31における（e））から図36～39の参照点1-a, 1-b, 3-a, 4-aのような影がかかっている屋根のエッジを明瞭に抽出できていることがわかる。この場合でもエッジを閉じる処理がなければ分離されないことも確認できており、エッジ補完（連結）処理の有効性が確認できた。すなわち、エッジ補完処理と、異なる離散化幅の結果の統合という2つの要因が効果を発揮して、領域抽出精度が向上したと考えられる。ただし、ステップ7に示した「領域の平均輝度値の差が一定値以内」という条件がないと、明瞭に分かれている屋根も過剰に統合する結果が確認された。
- [0108] 寄棟屋根に見られる三角形の領域も、図36～39の結果からは良好に抽出されていることが分かる。理想的な三角形の長方形指数は0.5に留まり、優先的に採用される訳ではない。今回良好に抽出できた要因として、三角形領域周辺の長方形領域が良好に抽出された点が挙げられる。離散化幅やオフセット値によっては、三角形領域と長方形領域が統合されることもある。しかしながら、3種類の離散化幅で得られた領域抽出結果を長方形指数という尺度で評価すると、三角形領域と長方形領域が統合される領域の長方形指数は、本来の長方形単独の領域の長方形指数より低く採用されにくい。このような選考過程に基づいて、長方形領域が先に選抜され、続いて三角形領域が抽出された。
- [0109] 既存の領域抽出手法の結果に比べて、上述の手法の結果では領域が存在しない範囲が広い。これは領域面積に上限を設けたことも一因であるが、領域の長方形指数が一定値（0.4）未満であると屋根・建物の可能性が低いと

して除去していることに大きく起因している。全てではないが大半の植生や、図36の墓地を含む領域は形状が長方形には程遠く、結果的に除去できている。すなわち、建物領域抽出という観点では十分に機能していると言える。

[0110] 長方形指数を領域面積の観点から述べる。本手法では長方形指数が高い領域から順次抽出していくため、比較的小さな領域が優先的に抽出されることが多くなり、多少長方形指数が小さくても大まかな外形を捉えている領域が選ばれないこともありえる。そのような大まかな外形を捉えたい応用に対応するため、その方法を検討した。例えば、下記の式(2)を用いた補正を実行することで、一部の領域では図36～39に示す結果よりも大きく、複数の屋根・建物に対応した領域が得られた。

$$\Delta i_{dx} = C_1 \cdot \ln(S_{\text{actual}} \cdot C_2 + C_3) \quad \dots (2)$$

[0111] ここで Δi_{dx} は長方形指数の補正值、 $C_1 \sim C_3$ は経験的に定める係数を表す。前述の対象地域に適用して経験的に確認した結果、 $C_1 = 0.05$ 、 $C_2 = 100.0$ 、 $C_3 = 1.0$ とした。式(2)の係数の中でも C_1 が特に最終抽出結果に大きな影響を与えることが判明した。 $C_1 = 1.0$ と設定すると、補正值が大きすぎて道路やそれに繋がる大きな面積を持つ領域の長方形指数が高くなり、それに応じて優先的に選ばれるようになり、本来目的としている屋根・建物の抽出数が減少する結果となった。今回は伝統的な日本建物が建ち並ぶ地域を対象にしているが、この長方形指数補正における関数や、パラメータ値は、抽出したい建物を念頭に調整するべきである。

[0112] 一方、長方形指数を算出する場合、図36～39の(c)には主成分分析で軸を決めた場合の領域抽出の結果が示されている。参照点2-a、3-b、3-c、4-bにおいては、主成分分析を適用するとスレート屋根の領域が分割されて、一部が欠けて抽出された。完全な長方形でない限り、エッジ群を用いて主成分分析を適用すると、特に今回対象にしているような影で分断されている屋根では、第1主成分は屋根の辺に平行になるとは限られない結果が得られた。その反面、1-cでは主成分分析を用いた領域抽出結果で

は、4つの屋根が一つの大きな領域として抽出されている。

[0113] このように主成分分析を用いることで領域抽出結果の安定性を欠くことが確認できたため、主成分分析を適用せず、2点間の距離が一定値にあるエッジ群を用いて直線の傾きを投票し、最大の頻度が発生する傾きを第1軸の向きとし、第2軸は第1軸に直交するように定めた。この2点間の距離の上限、下限を変更すると一部領域抽出の結果にも変化が生じたが、主成分分析を用いた結果ほど大きな変化は見られなかった。この閾値は対象地域の特性に応じて経験的に決めることが求められる。

[0114] 最後に、植生領域の除去について述べる。本実施形態では市街地の建物抽出が目的であり、植生は除去すべき対象であった。領域抽出の前処理として、画素単位の輝度値を参照して植生らしさが高い画素を除去する方法も考えられる。しかしながら、屋根や道路に部分的にかかる植生を除去することで本来の屋根や建物の形状が得られず、分断されたり、あるいはそもそも領域が小さくなりすぎて抽出されなくなったりすることがある。

[0115] そこで、検討の結果、植生領域も領域抽出の対象に含めながら処理を進め、最終段階で適用することにした。この方針は現実的に高精度の抽出に貢献しているといえる。例えば赤色の植生を除去しようとする、赤色の屋根が誤って除去されることがあった。そのため、赤色植生を慎重に除去すべく、閾値を $T_{veg, r2b_ratio} = 2.0$ と高めに設定した。同様の発想で影も一つの領域として抽出し、長方形指数が向上する場合には近隣の領域と統合するように対処した。影らしい領域には道路が多数含まれており、輝度値を用いて除去することも検討したが、誤って屋根や建物も除去される事例が確認できたため、最終的に除去しなかった。

[0116] 以上のように、本実施形態の領域抽出によれば、密集市街地で効果的に建物あるいは屋根を領域として抽出できる。当該手法では、輝度値の分散が大きいテクスチャを持つ屋根も効果的に抽出するため、輝度値を少数個の値に離散化し、同一の離散化値を持つ領域をラベリングする。そして、領域のエッジから算出される長方形指数を活用して、屋根や建物に見られる長方形の

形状の領域を優先的に抽出するようにした。また完全に閉じていないエッジ群に対し、長方形や三角形の形状の可能性が高い場合にエッジを閉じる処理を加えた。

[0117] 京都市の伝統的な建物が密集する地域が撮影された25cm解像度の航空写真を用いた実験では、3つの異なる離散化幅を適用したが、エッジ補完処理と異なる離散化幅の結果の統合という2つの要因が効果を発揮して、既存手法では十分に抽出できにくい影領域も明瞭に抽出されるようになった。当該手法の最も重要な特徴としては、複数の異なる離散化幅を適用し得られた領域群に対し、長方形指数の大きい領域から順次採用していくことで、局所的に最適な、空間的な平滑化パラメータを適用した処理を実現している点である。

[0118] また寄棟屋根に見られる三角形の領域は、長方形指数は低く優先的に採用される訳ではないが、結果的には良好に抽出できた。三角形領域と長方形領域が統合される領域の長方形指数は、本来の長方形単独の領域の長方形指数より低く採用されにくく、長方形領域が先に選抜されることで、続いて三角形領域が抽出された。最終的に、低層建物が密集する市街地、高層ビルと低層建物が混在する市街地、高木が建物に隣接している地域、寄棟屋根作りの建物が多数存在する地域の全ての対象地域において、従来の領域抽出手法より良好な結果を得ることができた。よって、輝度値の離散化と長方形指数の活用の特徴を有する手法は有用であることが確認できた。

[0119] なお、上記実施形態では元データとして航空写真を利用したが、航空写真に代えて、高精度に撮影された人工衛星から撮影した写真のデータを用いることも可能である。

また、今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0120] [D T M推定方法、D T M推定プログラム、D T M推定装置及び3次元建物モデルの作成方法について]

1 a : 河川抽出部

1 b : D T M推定部

7 : ドライブ (入力装置)

8 : ディスプレイ (表示部)

[領域抽出方法、領域抽出プログラム及び領域抽出装置について]

1 0 : コンピュータ装置 (領域抽出装置)

請求の範囲

- [請求項1] 航空機による地表のレーザースキャナーデータに基づいて、その所定範囲について地表面のみの標高データであるD T Mを、コンピュータを用いて推定するD T M推定方法であって、
- 前記所定範囲における単位グリッド内にデータが存在しない画素を連結して河川領域を抽出し、
- 前記河川領域を除くデータについて、第1の最大許容傾斜値を設定して暫定的なD T Mを推定し、
- 推定したD T Mから局所的な傾斜を計算し、
- 傾斜が所定値を超える場合は、前記第1の最大許容傾斜値より大きい第2の最大許容傾斜値を設定して再度D T Mを推定することを特徴とするD T M推定方法。
- [請求項2] 前記第2の最大許容傾斜値は、地形及び町並みの特徴に応じて増減される請求項1記載のD T M推定方法。
- [請求項3] 請求項1のD T M推定方法を含む3次元建物モデルの作成方法であって、
- 前記レーザースキャナーデータを、前記D T M推定方法によって推定されたD T Mと、非地表面データとに分離し、
- 前記非地表面データにおける各領域について、対となる向きの法線ベクトルの有無を調べ、その結果に基づいて屋根の形を推定する3次元建物モデルの作成方法。
- [請求項4] 前記各領域は、前記所定範囲の航空写真のデータから少なくとも長方形の形状を優先的に抽出することにより予め抽出されるものである請求項3記載の3次元建物モデルの作成方法。
- [請求項5] 航空機による地表のレーザースキャナーデータに基づいて、その所定範囲について地表面のみの標高データであるD T Mを推定するD T M推定プログラムであって、
- 前記所定範囲における単位グリッド内にデータが存在しない画素を

連結して河川領域を抽出する機能、

前記河川領域を除くデータについて、第1の最大許容傾斜値を設定して暫定的なDTMを推定する機能、

推定したDTMから局所的な傾斜を計算する機能、及び、

傾斜が所定値を超える場合は、前記第1の最大許容傾斜値より大きい第2の最大許容傾斜値を設定して再度DTMを推定する機能を、コンピュータによって実現させるためのDTM推定プログラム。

[請求項6]

航空機による地表のレーザースキャナーデータに基づいて、その所定範囲について地表面のみの標高データであるDTMを推定するDTM推定装置であって、

航空機による地表のレーザースキャナーデータを読み込む入力装置と、

前記レーザースキャナーデータの所定範囲における単位グリッド内にデータが存在しない画素を連結して河川領域を抽出する河川抽出部と、

前記河川領域を除くデータについて、第1の最大許容傾斜値を設定して暫定的なDTMを推定し、推定したDTMから局所的な傾斜を計算し、傾斜が所定値を超える場合は、前記第1の最大許容傾斜値より大きい第2の最大許容傾斜値を設定して再度DTMを推定するDTM推定部と、

推定されたDTMを表示する表示部と

を備えていることを特徴とするDTM推定装置。

[請求項7]

航空機又は人工衛星から撮影した写真のデータに基づいて、コンピュータを用いて建物の領域を抽出する領域抽出方法であって、

複数の異なる離散化幅を設定し、それぞれの離散化幅について、前記データの輝度値を当該離散化幅で離散設定された複数の値に離散化し、

離散化して得られた離散化画像において同一値を持つ画素を連結し

、建物の領域の候補として長方形に近い形状の領域を抽出し、
前記複数の異なる離散化幅ごとに抽出された複数の領域群のうち、
より長方形に近い形状の領域を、建物の領域として採用する
ことを特徴とする領域抽出方法。

[請求項8] 長方形に近い形状を表す指数として、（領域の面積／領域を取り囲む長方形の面積）によって定義される長方形指数を用いる請求項7記載の領域抽出方法。

[請求項9] 前記抽出において、互いに隣接する領域同士が併合された場合にさらに長方形に近くなる場合は、当該併合を実行可能とする請求項7又は8に記載の領域抽出方法。

[請求項10] 長方形指数が所定値より小さい場合は、建物の領域として採用しない請求項8記載の領域抽出方法。

[請求項11] RGB輝度値に基づいて、植生と推測される領域を抽出対象から除外する請求項7記載の領域抽出方法。

[請求項12] 航空機又は人工衛星から撮影した写真のデータに基づいて建物の領域を抽出する領域抽出プログラムであって、

複数の異なる離散化幅を設定し、それぞれの離散化幅について、前記データの輝度値を当該離散化幅で離散設定された複数の値に離散化する機能、

離散化して得られた離散化画像において同一値を持つ画素を連結し、
建物の領域の候補として長方形に近い形状の領域を抽出する機能、
及び、

前記複数の異なる離散化幅ごとに抽出された複数の領域群のうち、
より長方形に近い形状の領域を、建物の領域として採用する機能を、
コンピュータによって実現させるための領域抽出プログラム。

[請求項13] 航空機又は人工衛星から撮影した写真のデータに基づいて建物の領域を抽出する領域抽出装置であって、

複数の異なる離散化幅を設定し、それぞれの離散化幅について、前

記データの輝度値を当該離散化幅で離散設定された複数の値に離散化する機能と、

離散化して得られた離散化画像において同一値を持つ画素を連結し、建物の領域の候補として長方形に近い形状の領域を抽出する機能と、

前記複数の異なる離散化幅ごとに抽出された複数の領域群のうち、より長方形に近い形状の領域を、建物の領域として採用する機能とを有することを特徴とする領域抽出装置。

[図1]

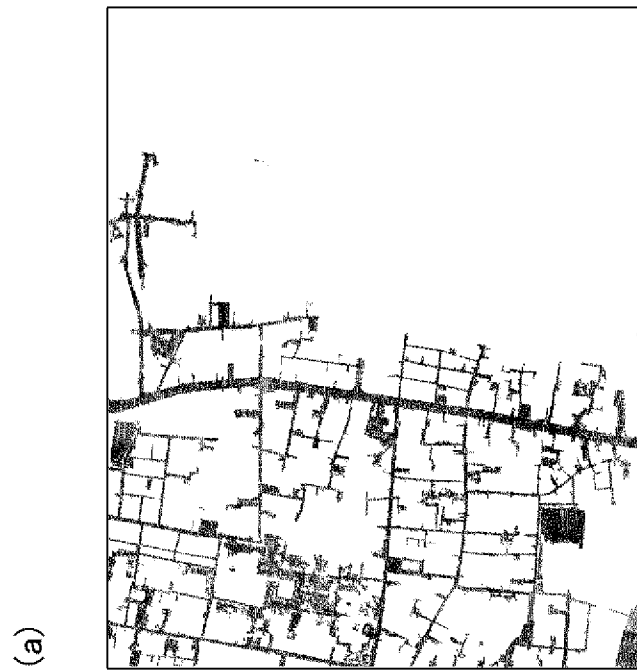
(b)



(a)



[図2]



[図3]

(b)



(a)



[図4]

(b)



(a)



[図5]

(b)



(a)



[図6]

(b)



(a)



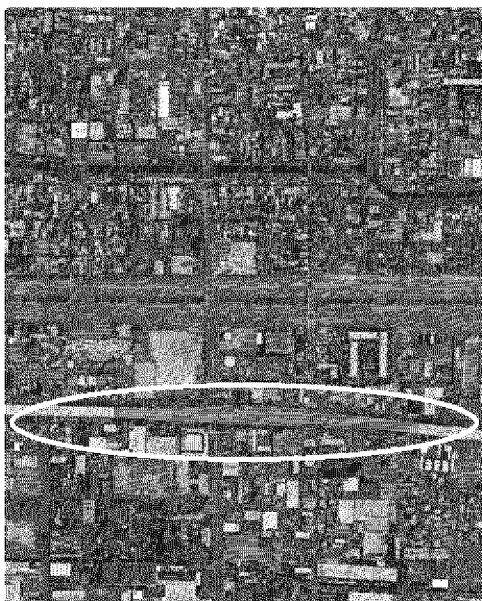
[図7]



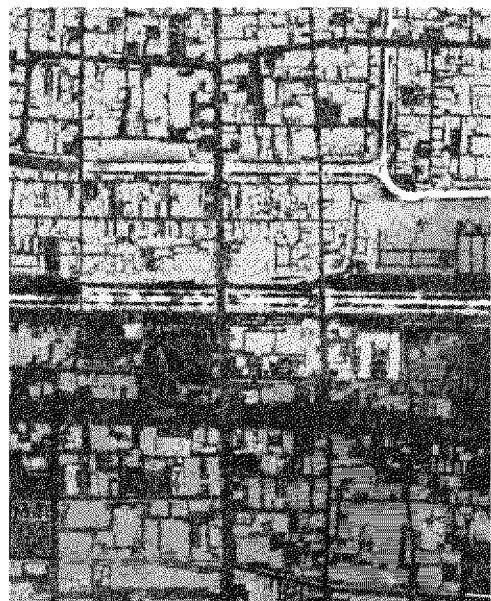
(b)



(d)

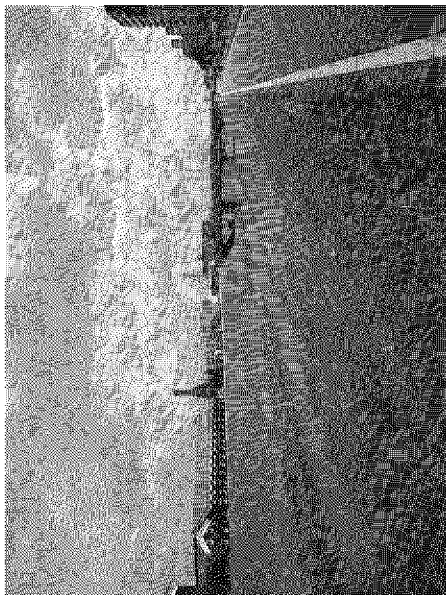


(a)



(c)

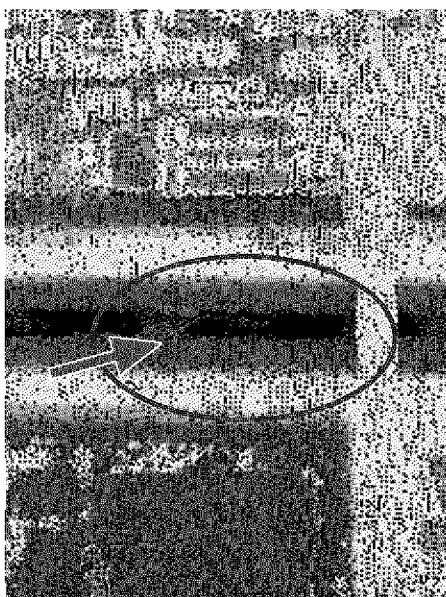
[図8]



(b)



(d)



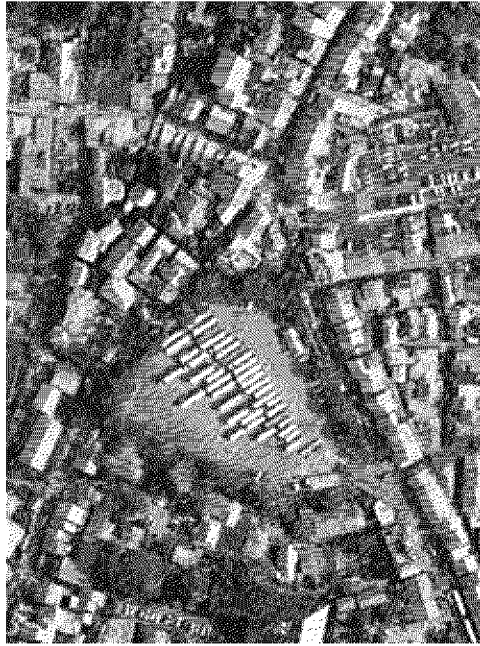
(a)



(c)

[図9]

(b)



(a)



[図10]

(b)

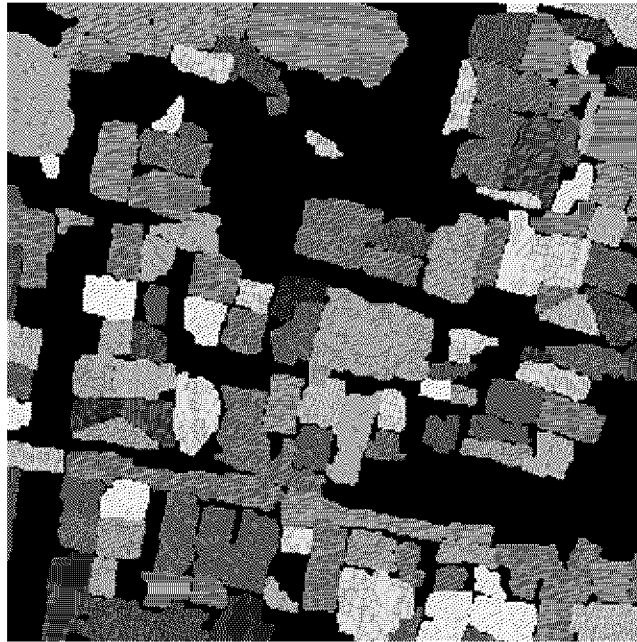


(a)

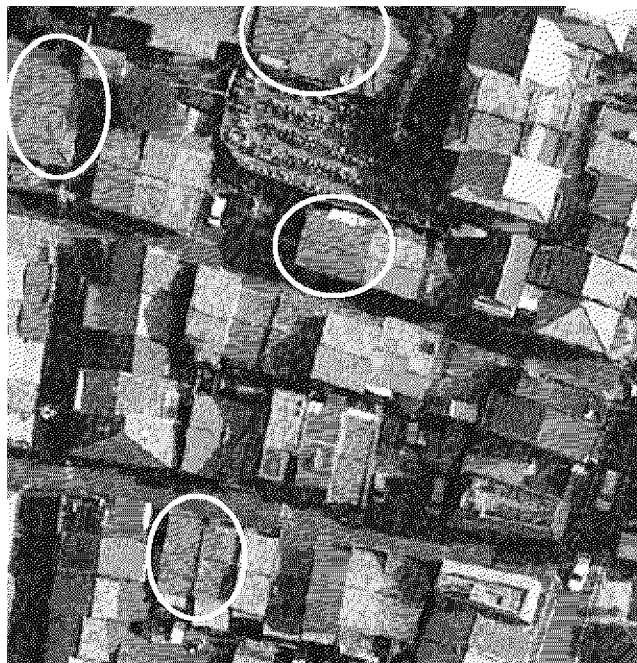


[図11]

(b)

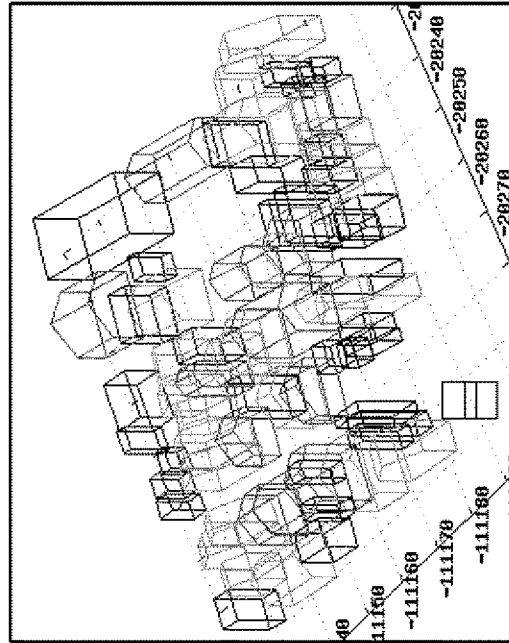


(a)

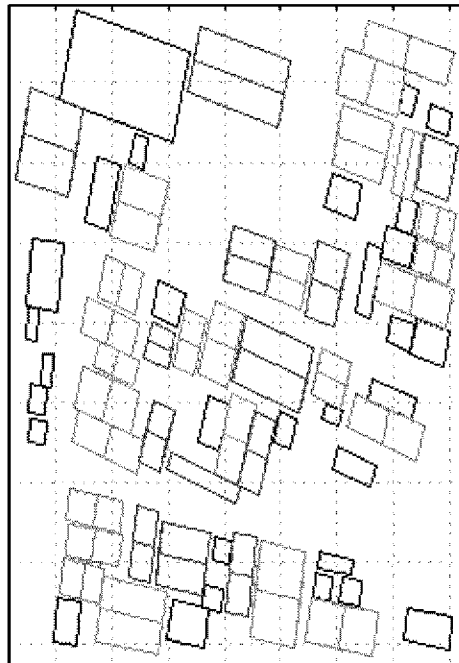


[図12]

(b)

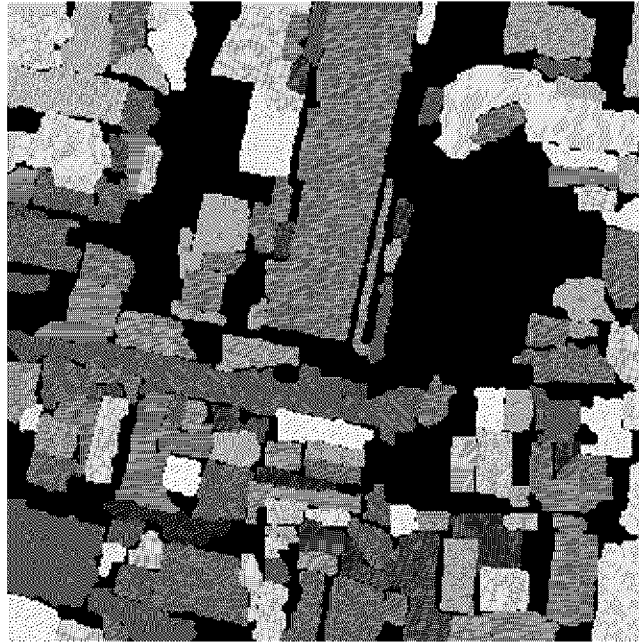


(a)



[図13]

(b)

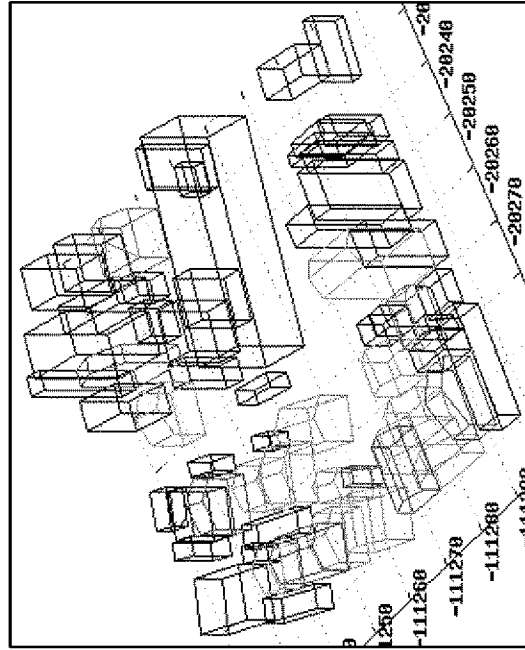


(a)



[図14]

(b)

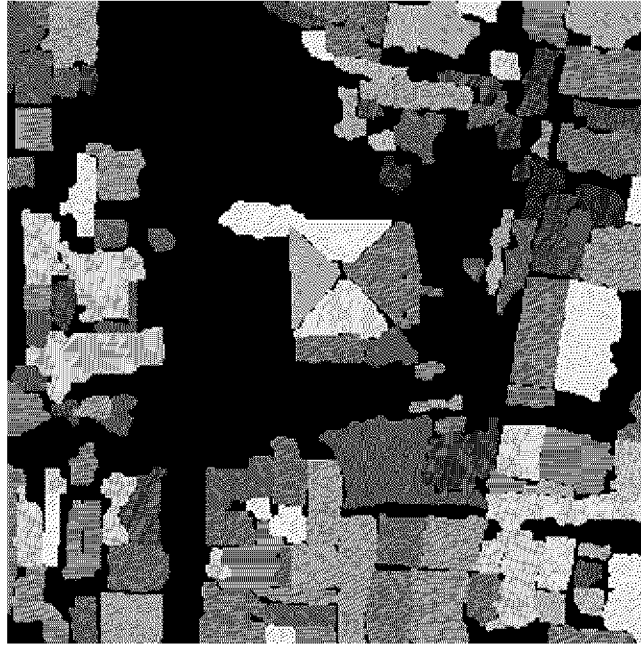


(a)



[図15]

(b)

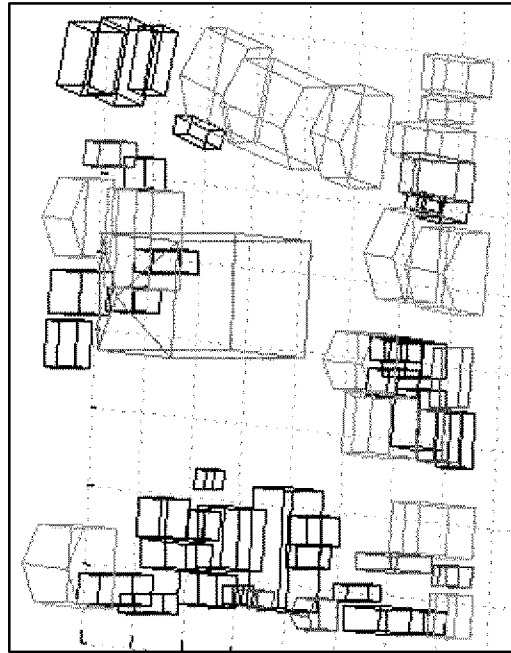


(a)

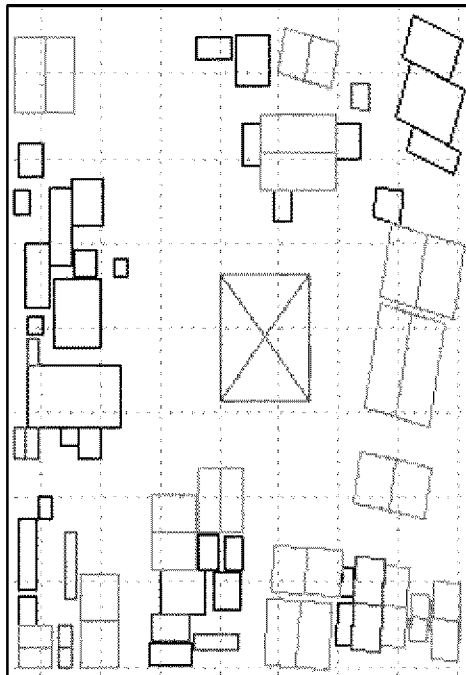


[図16]

(b)

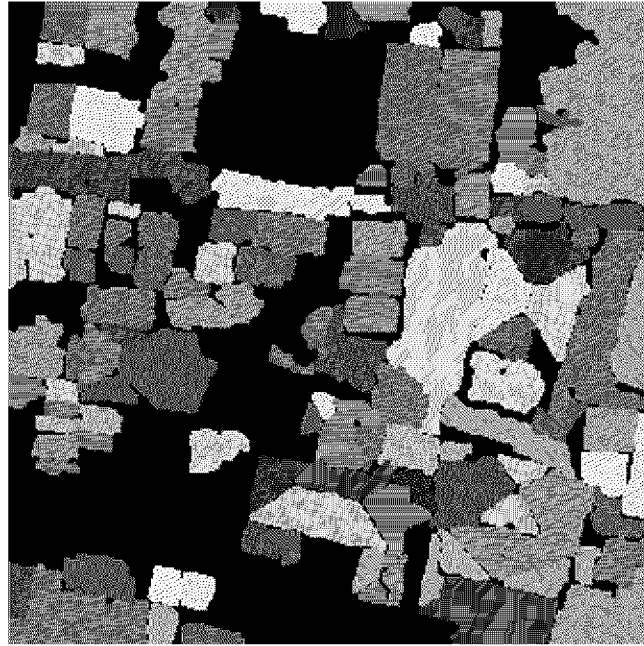


(a)



[図17]

(b)

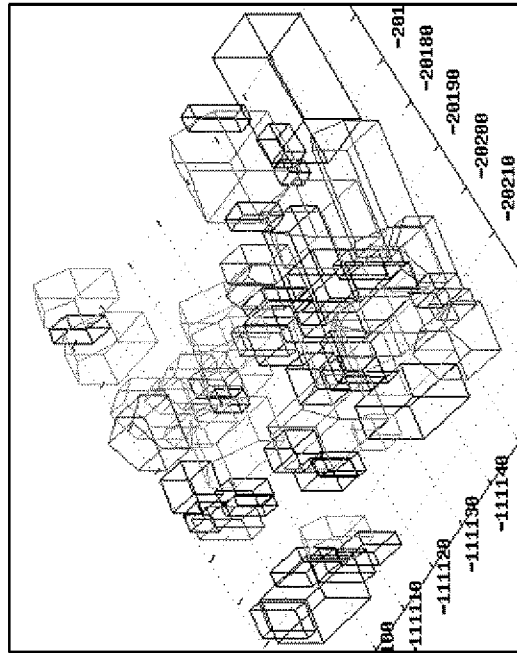


(a)



[図18]

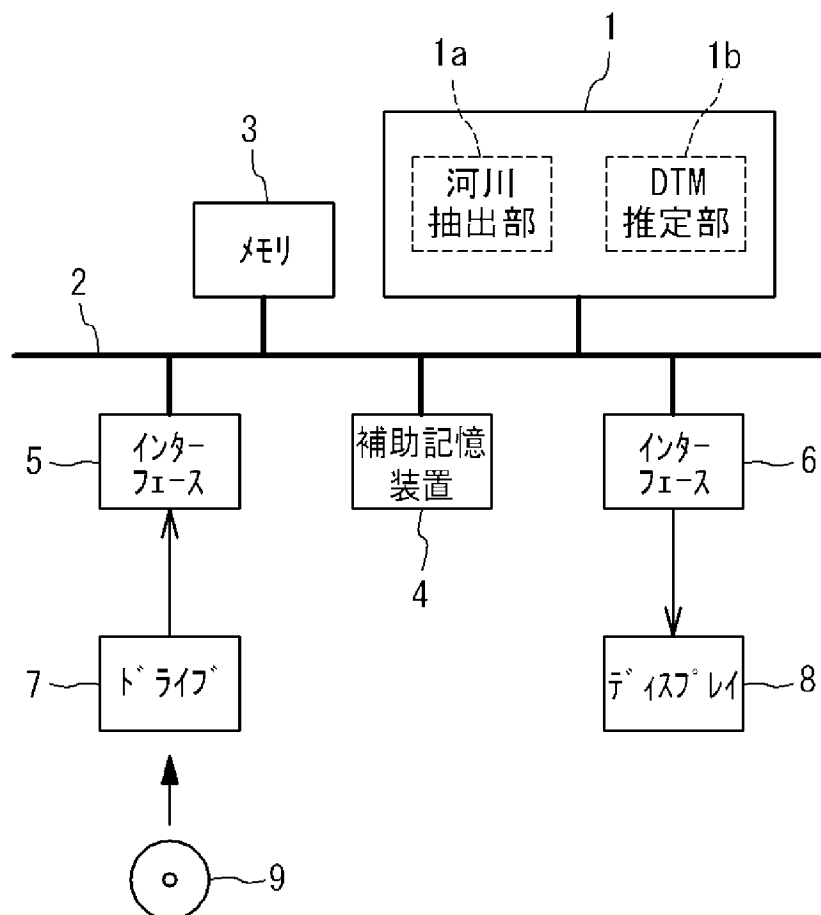
(b)



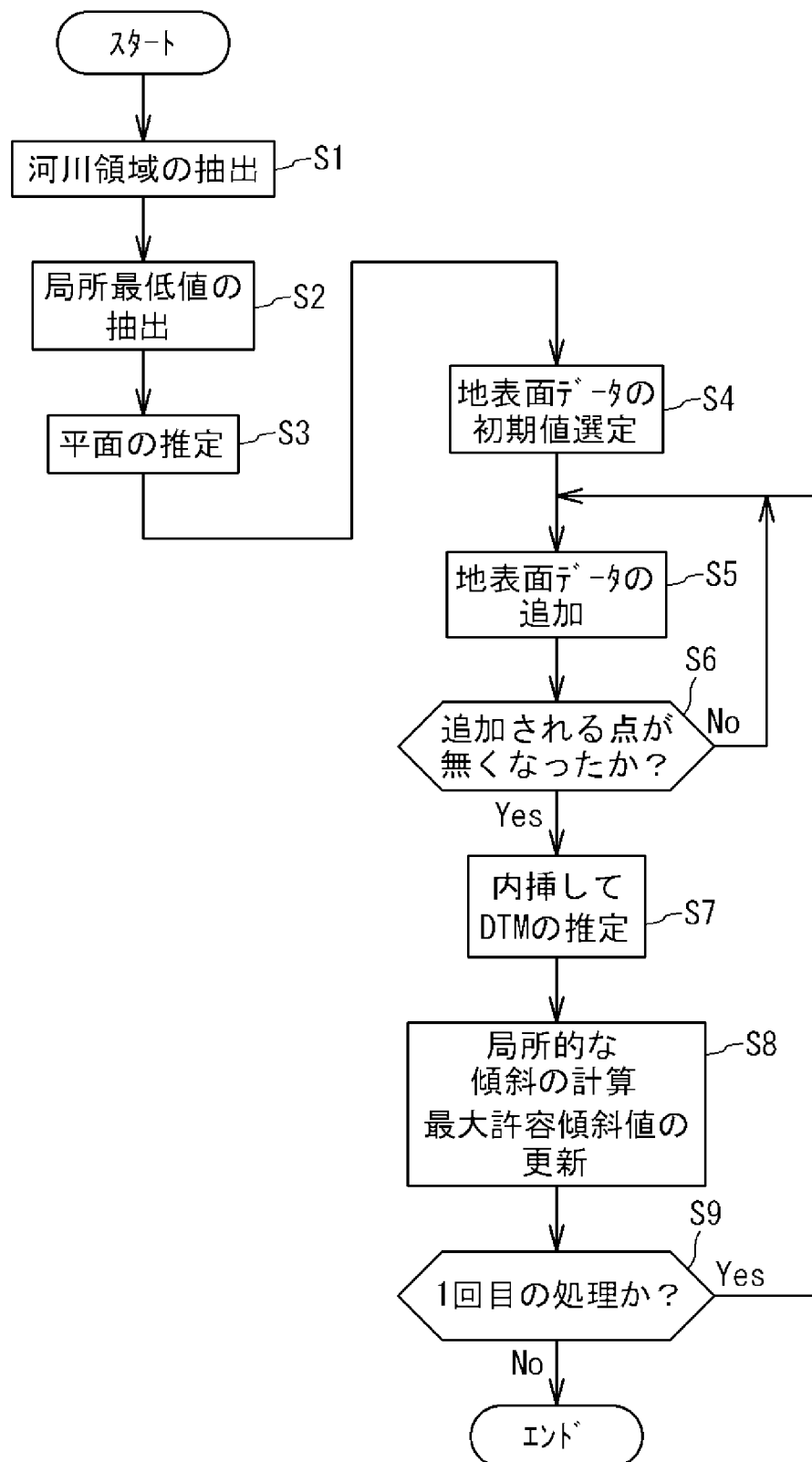
(a)



[図19]

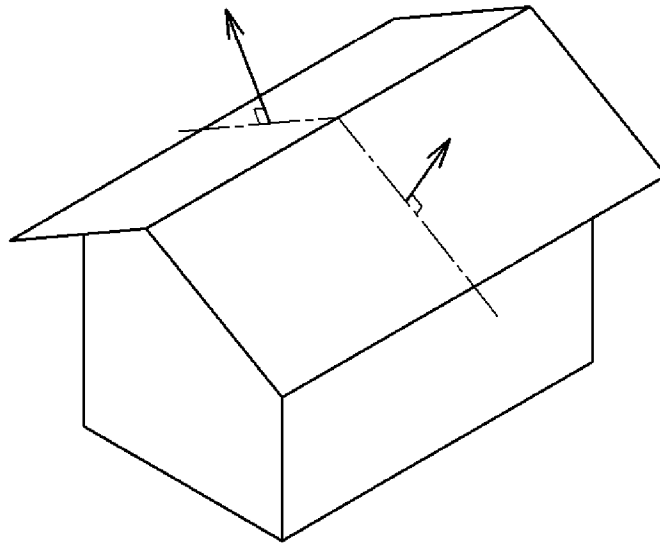


[図20]

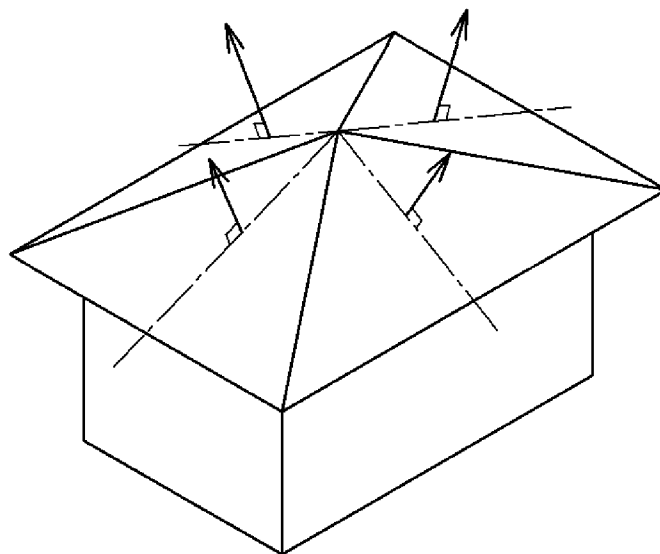


[図21]

(a)

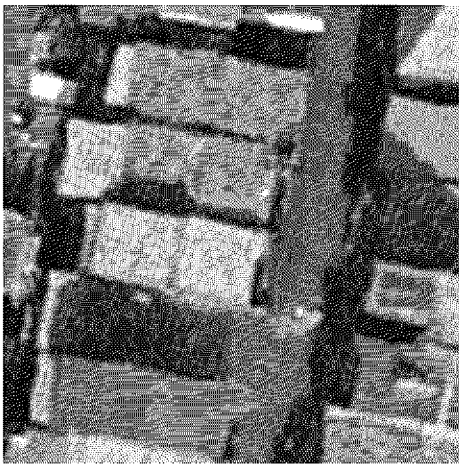


(b)



[図22]

(a)



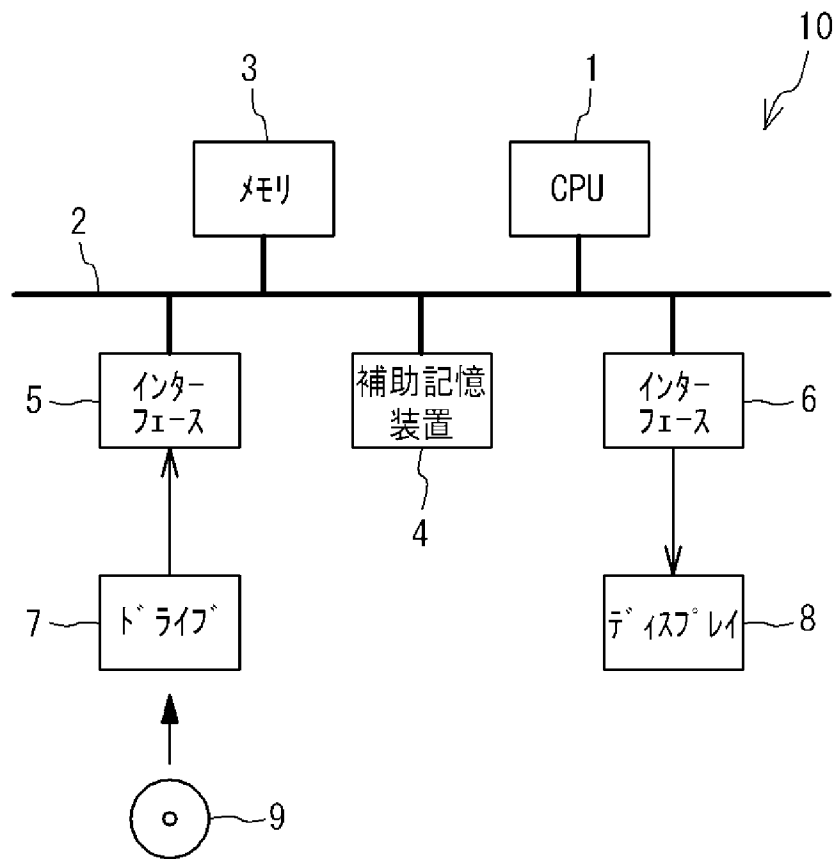
(b)



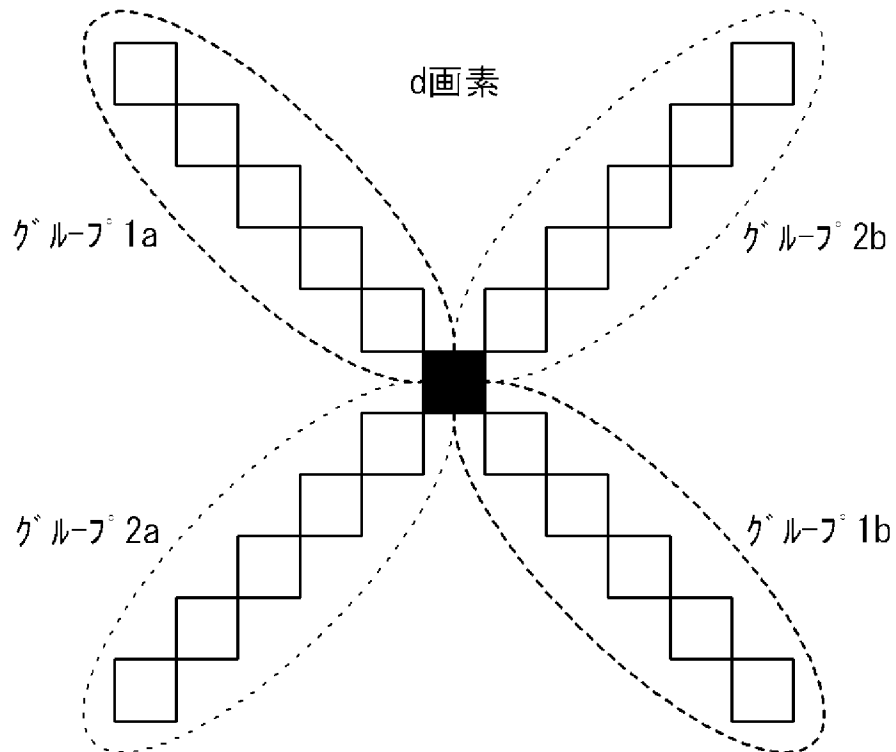
[図23]



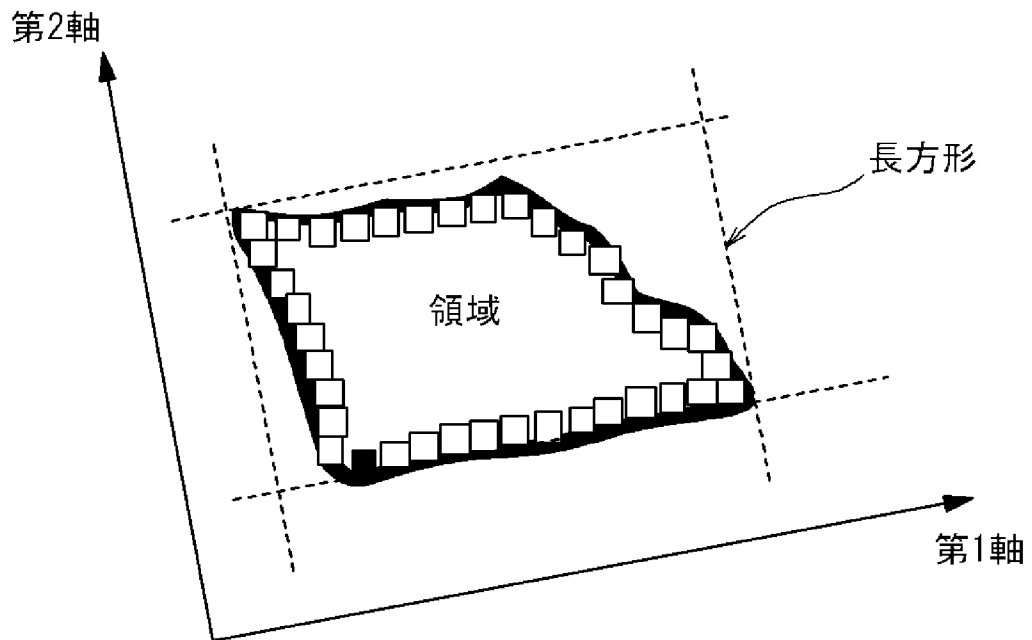
[図24]



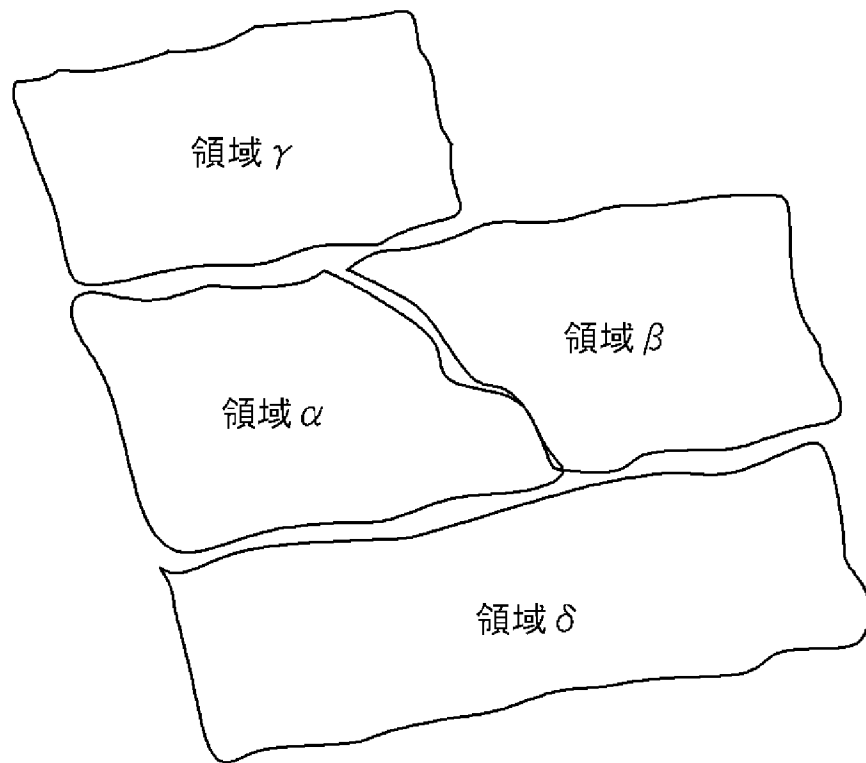
[図25]



[図26]



[図27]



[図28]

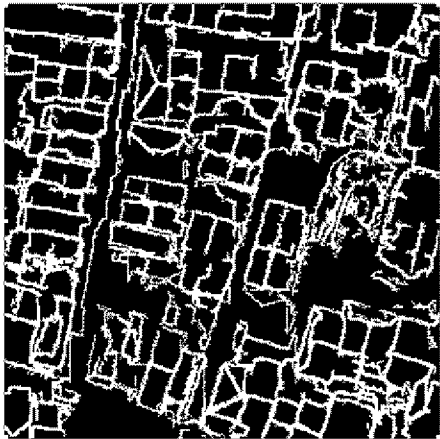
(a)



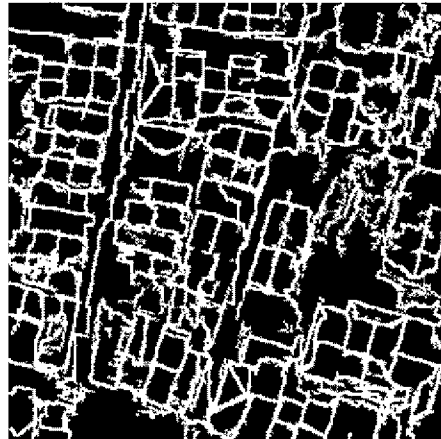
(b)



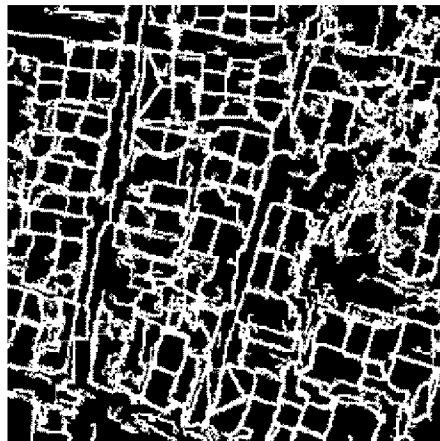
(c)



(d)



(e)

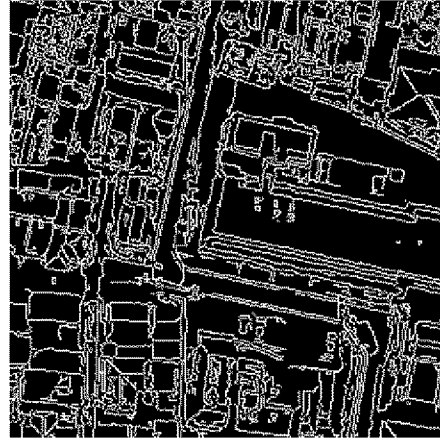


[図29]

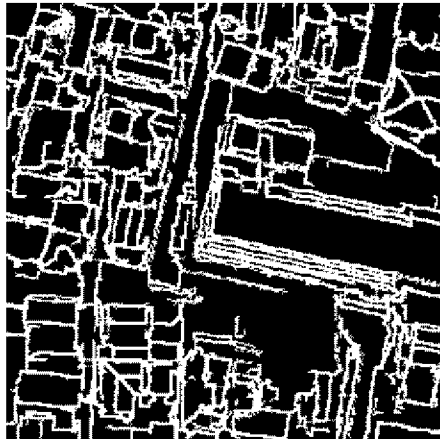
(a)



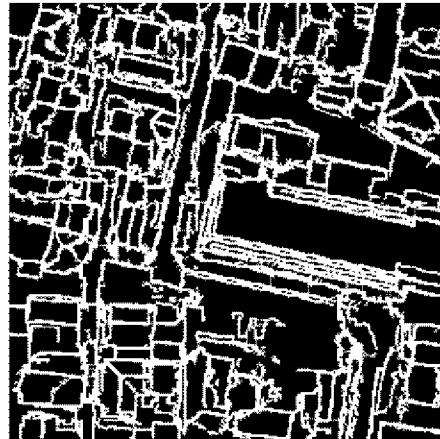
(b)



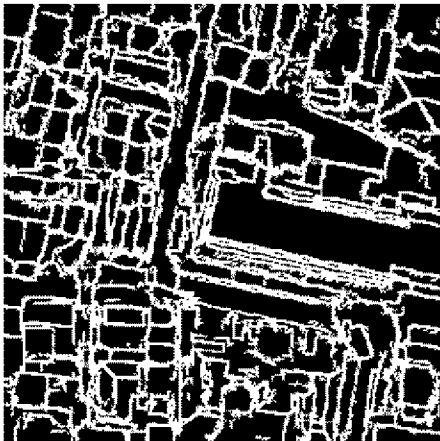
(c)



(d)



(e)

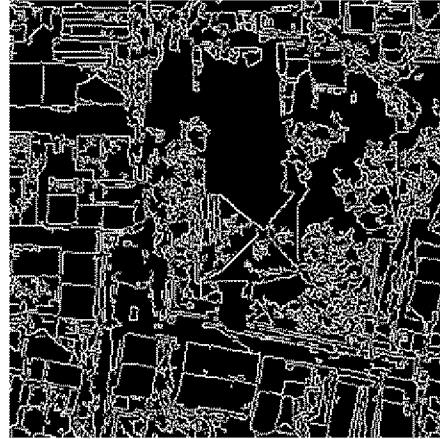


[図30]

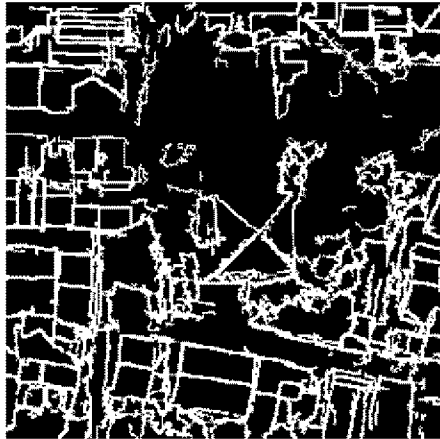
(a)



(b)



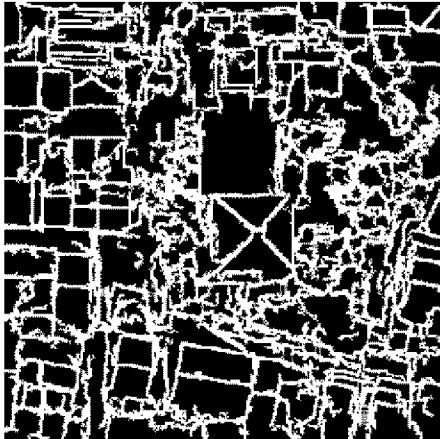
(c)



(d)



(e)

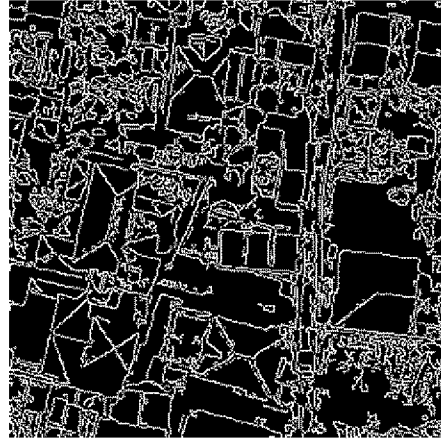


[図31]

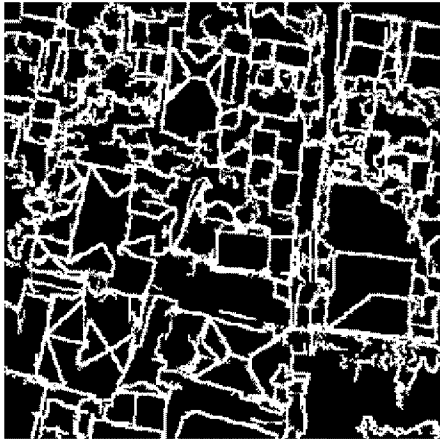
(a)



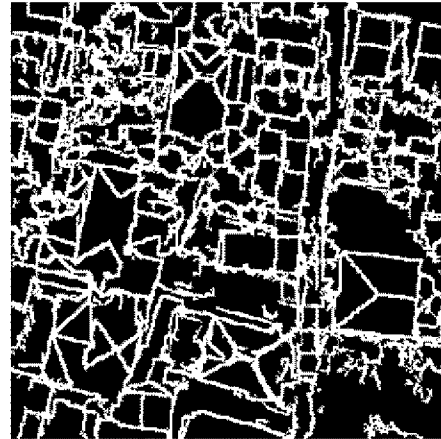
(b)



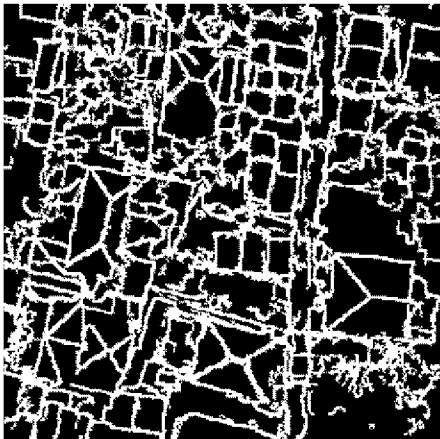
(c)



(d)



(e)

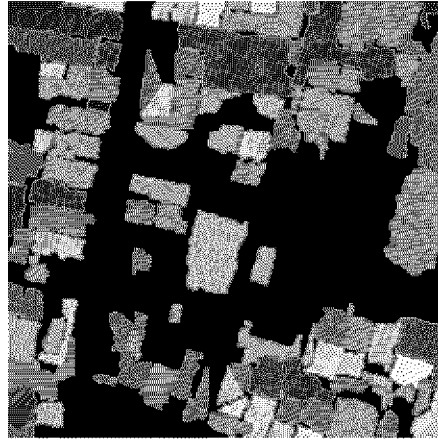


[図32]

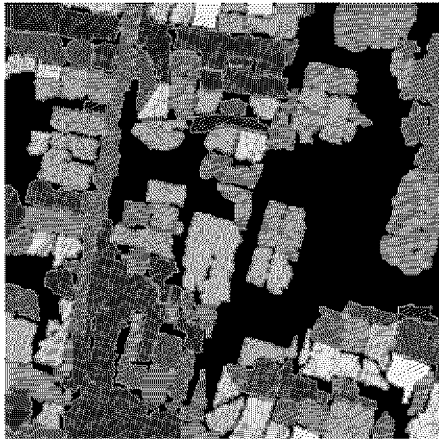
(a)



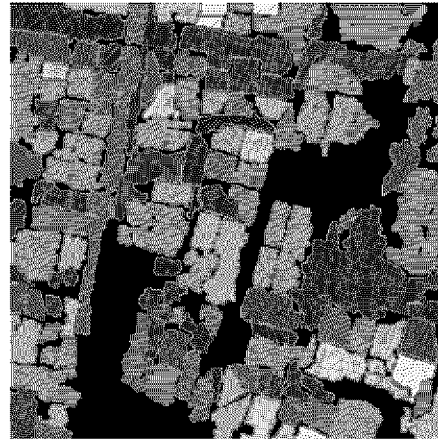
(b)



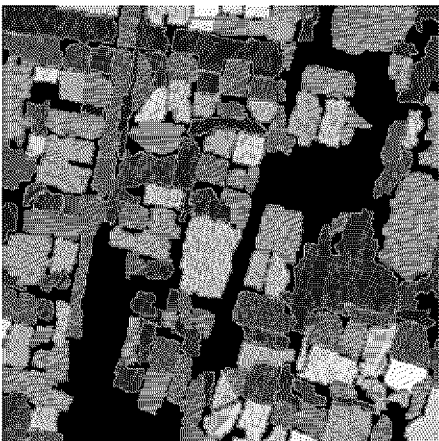
(c)



(d)

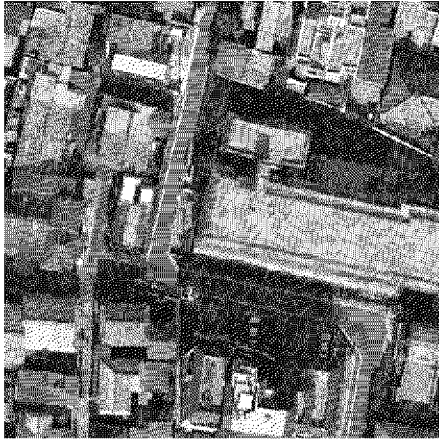


(e)

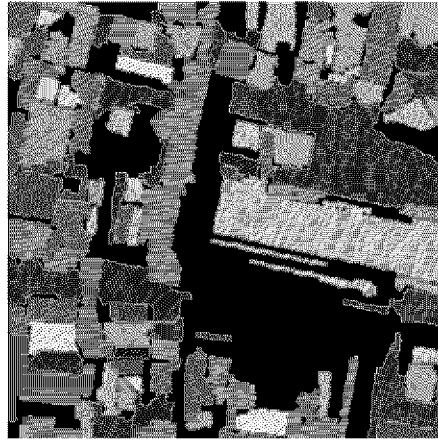


[図33]

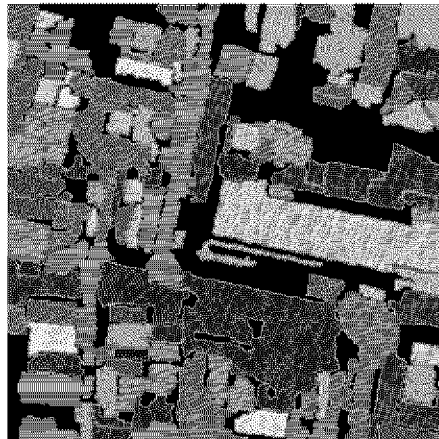
(a)



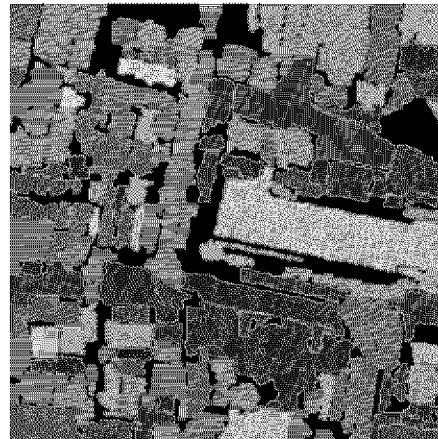
(b)



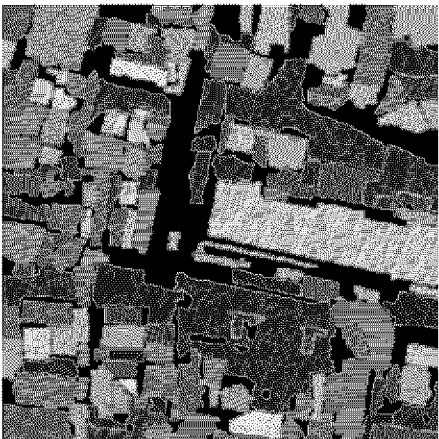
(c)



(d)



(e)

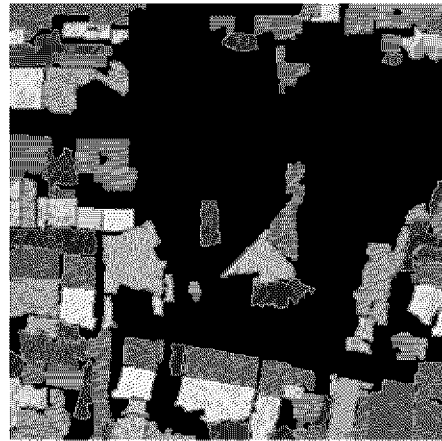


[図34]

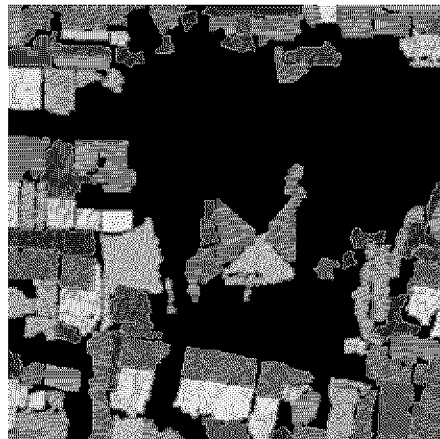
(a)



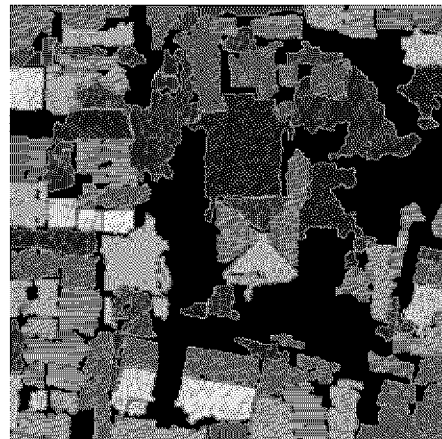
(b)



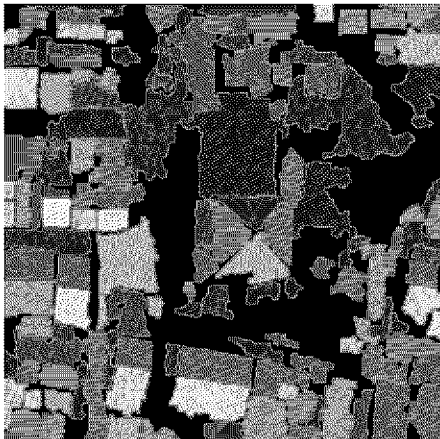
(c)



(d)



(e)

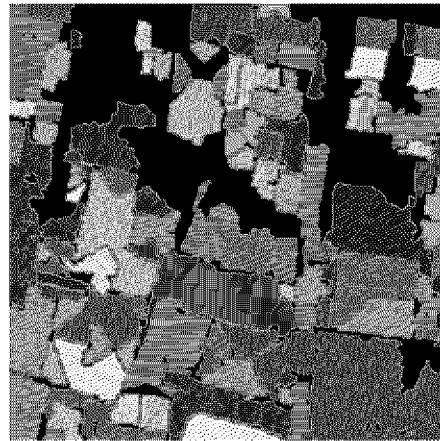


[図35]

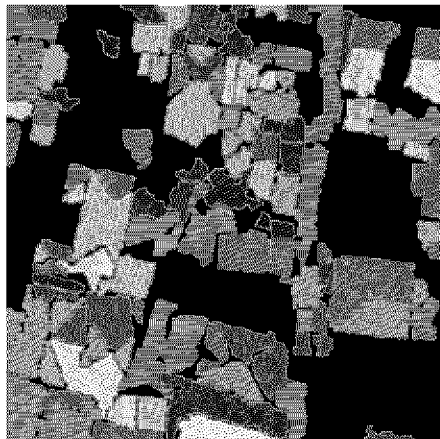
(a)



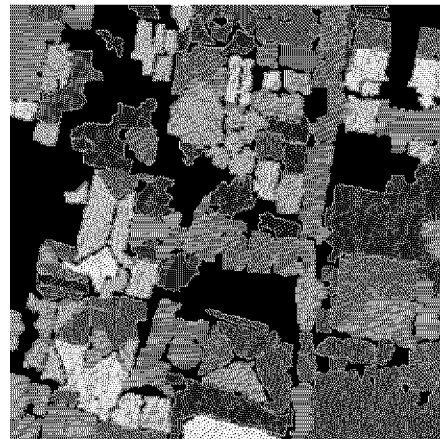
(b)



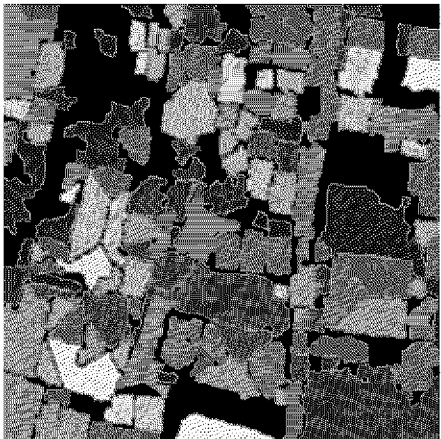
(c)



(d)



(e)

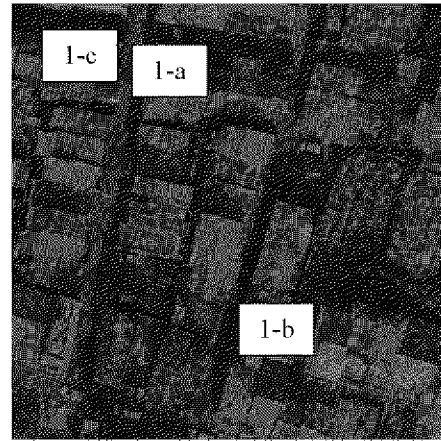


[図36]

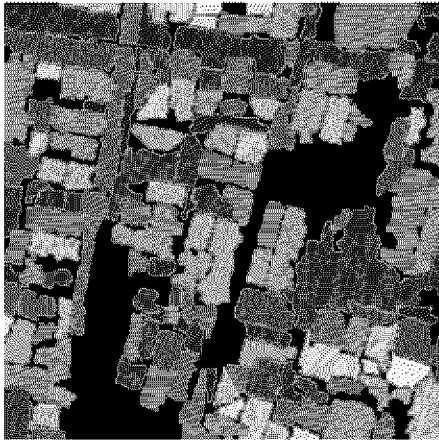
(a)



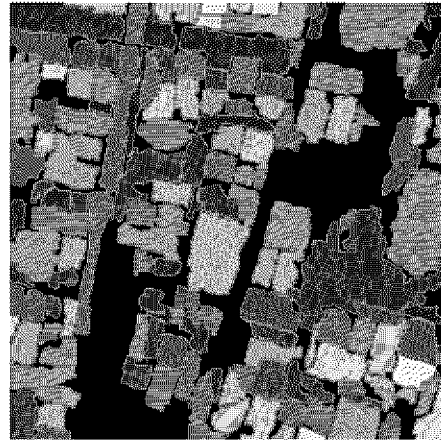
(b)



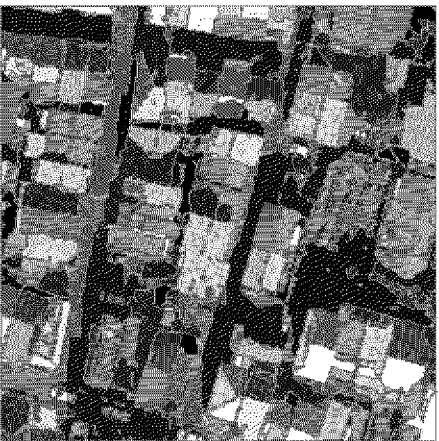
(c)



(d)



(e)



(f)

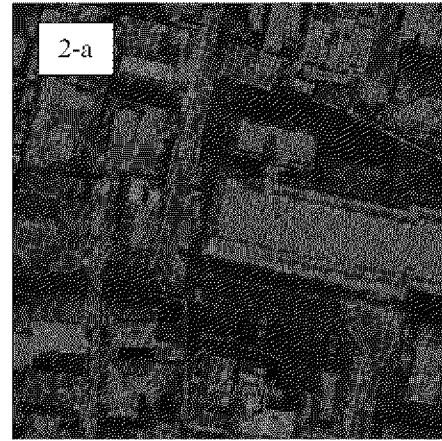


[図37]

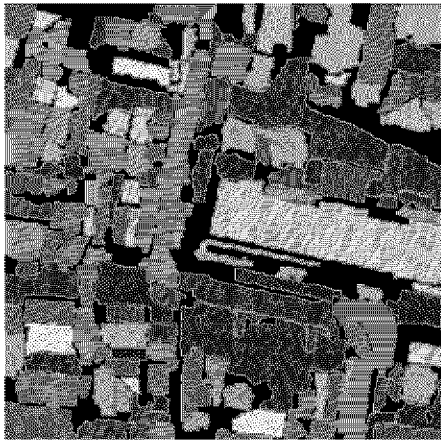
(a)



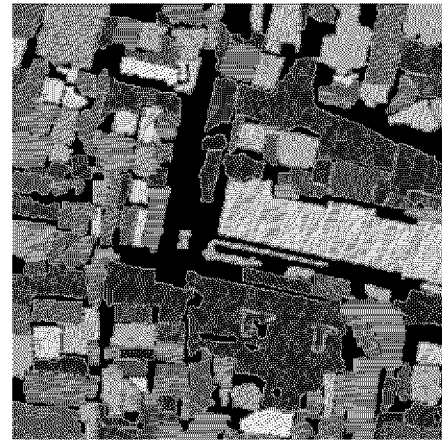
(b)



(c)



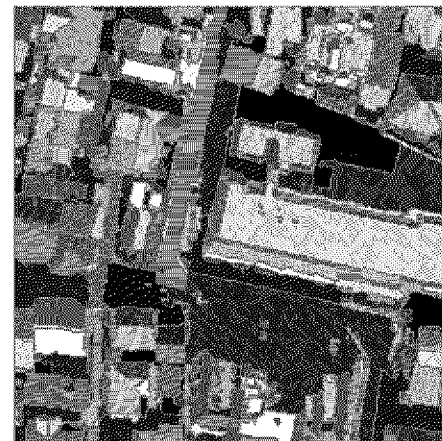
(d)



(e)



(f)

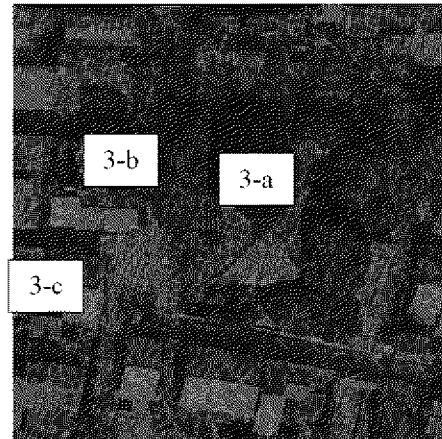


[図38]

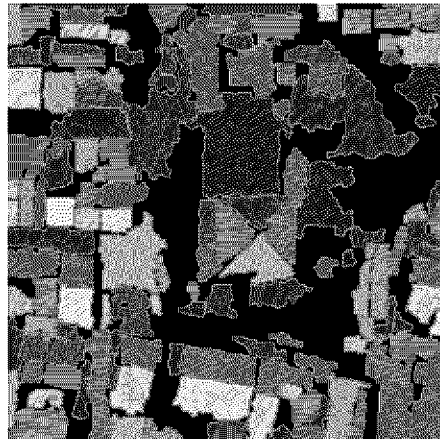
(a)



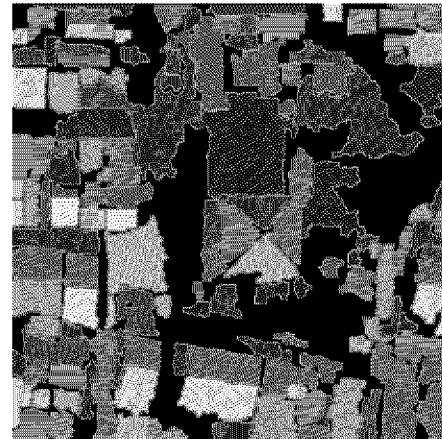
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

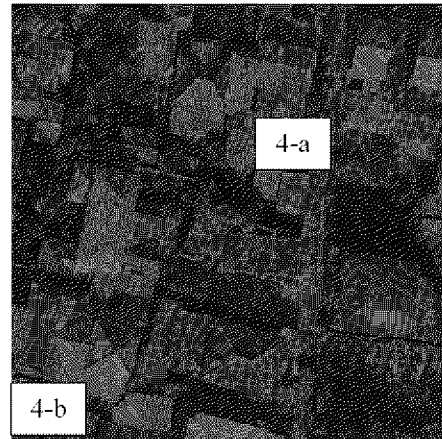


[図39]

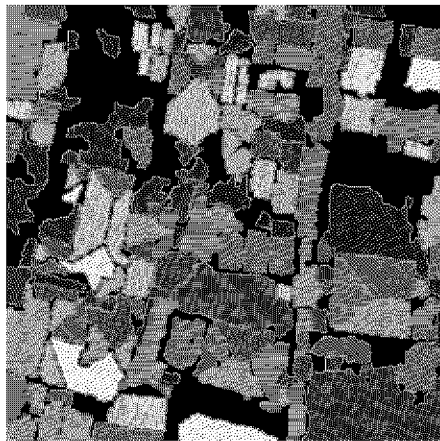
(a)



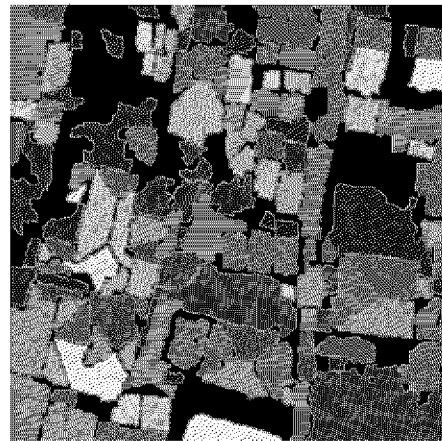
(b)



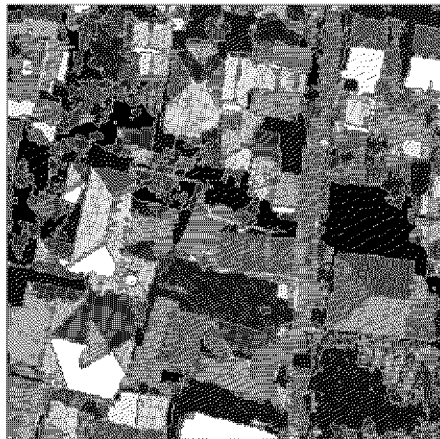
(c)



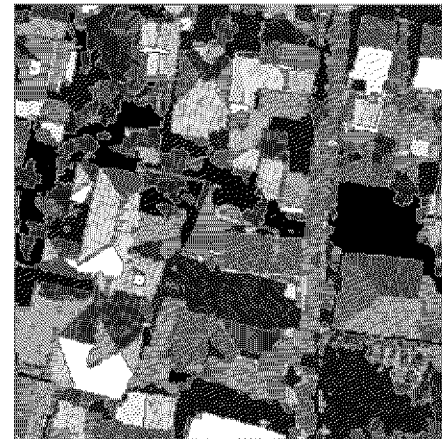
(d)



(e)



(f)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061204

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T1/00 (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)

G06T1/00

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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 2007-188117 A (Aero Asahi Corp.), 26 July 2007 (26.07.2007), paragraphs [0003] to [0006], [0026] (Family: none)	1-6
A	JP 2009-301510 A (Aero Asahi Corp.), 24 December 2009 (24.12.2009), paragraphs [0002] to [0004], [0035] (Family: none)	1-6
A	Katsuhiro KITAGAWA, "Fundamental studies on the terrain analysis in mountainous forest areas", Bulletin of the Nagoya University Forests, 1991.12, vol.11, 1991, pages 39 to 192	1-6



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

10 July, 2012 (10.07.12)

Date of mailing of the international search report

17 July, 2012 (17.07.12)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061204

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 2002-157576 A (NEC Corp.), 31 May 2002 (31.05.2002), paragraphs [0014], [0128] & US 2002/0061132 A1 & EP 1209623 A2	7-13
A	JP 2008-146314 A (Hitachi Software Engineering Co., Ltd.), 26 June 2008 (26.06.2008), paragraphs [0001], [0005], [0007], [0021] (Family: none)	7-13
A	JP 2004-341422 A (Hitachi, Ltd.), 02 December 2004 (02.12.2004), paragraphs [0001] to [0004] & US 2004/0263514 A1 & CN 1573811 A	7-13
A	JP 10-83452 A (KGK Corp.), 31 March 1998 (31.03.1998), paragraphs [0021], [0022], [0047] (Family: none)	7-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061204

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061204

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

Document 1: JP 2007-188117 A (Aero Asahi Corp.), 26 July 2007 (26.07.2007), paragraphs [0003] to [0006], [0026]

Document 2: JP 2009-301510 A (Aero Asahi Corp.), 24 December 2009 (24.12.2009), paragraphs [0002] to [0004], [0035]

The invention in claim 1 and the invention in claim 7 have a common technical feature that data obtained by an aircraft is used.

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in the document 1 or 2.

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between these inventions.

Accordingly, the following two inventions (invention groups) are involved in claims.

(Invention 1) the inventions of claims 1-6

A DTM estimating method including: setting, as to laser scanner data of an earth surface except for a river area, a first maximum allowable inclination value so as to estimate a temporary DTM; calculating a local inclination on the basis of the estimated DTM; and setting, when the inclination exceeds a predetermined value, a second maximum allowable inclination value so as to estimate a DTM again.

(Invention 2) the inventions of claims 7-13

An area extracting method including: digitizing each of luminescent values of data of a picture into a plurality of values by each of a plurality of digitized widths; connecting pixels having the same value as to the obtained digitized image; extracting areas each having a shape near to a rectangular as candidates for a building; and adopting an area having a shape which is the nearest to a rectangular out of a group of a plurality of areas each extracted for each of the plurality of digitized widths.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. G06T1/00(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. G06T1/00		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012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 2007-188117 A（朝日航洋株式会社）2007.07.26, 【0003】－【0006】、【0026】（ファミリーなし）	1－6
A	JP 2009-301510 A（朝日航洋株式会社）2009.12.24, 【0002】－【0004】、【0035】（ファミリーなし）	1－6
A	北川勝弘，山岳林地域における地形解析に関する基礎的研究， 名古屋大学農学部演習林報告，1991.12，V. 11，1991， p. 39－192	1－6
☒ 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 10.07.2012	国際調査報告の発送日 17.07.2012	
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） ▲広▼島 明芳 電話番号 03-3581-1101 内線 3531	5H 9853

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 2002-157576 A (日本電気株式会社) 2002.05.31, 【0014】、【0128】 & US 2002/0061132 A1 & EP 1209623 A2	7-13
A	JP 2008-146314 A (日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社) 2008.06.26, 【0001】、【0005】、【0007】、【0021】 (ファミリーなし)	7-13
A	JP 2004-341422 A (株式会社日立製作所) 2004.12.02, 【0001】 - 【0004】 & US 2004/0263514 A1 & CN 1573811 A	7-13
A	JP 10-83452 A (国際技術開発株式会社) 1998.03.31, 【0021】、【0022】、【0047】 (ファミリーなし)	7-13

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

特別ページ参照

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

文献 1 : JP 2007-188117 A (朝日航洋株式会社)
2007.07.26, 【0003】－【0006】,【0026】

文献 2 : JP 2009-301510 A (朝日航洋株式会社)
2009.12.24, 【0002】－【0004】,【0035】

請求項 1 に係る発明、請求項 7 に係る発明は、航空機により得られるデータを用いるという共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、文献 1 又は文献 2 の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、ほかに同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。そして、請求の範囲には以下に示す 2 の発明（群）が含まれる。

（発明 1）請求項 1－6 に係る発明

河川領域を除く地表のレーザースキャナーデータについて、第 1 の最大許容傾斜値を設定して暫定的な DTM を推定し、推定した DTM から局所的な傾斜を計算し、傾斜が所定値を超える場合は、第 2 の最大許容傾斜値を設定して再度 DTM を推定する DTM 推定方法。

（発明 2）請求項 7－13 に係る発明

複数の離散化幅それぞれで、写真のデータの輝度値を複数の値に離散化し、得られた離散化画像について同一値を持つ画素を連結し、建物候補として長方形に近い形状の領域を抽出し、前記複数の離散化幅ごとに抽出された複数の領域群のうち、より長方形に近い形状の領域を、建物領域として採用する領域抽出方法。