

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22500156

研究課題名(和文) 画像空間とパラメータ空間での処理を併用した画像プリミティブ抽出手法の開発

研究課題名(英文) Development of a new detection method of image primitives by several procedures in image space and parameter space

研究代表者

村上 研二 (MURAKAMI, Kenji)

愛媛大学・理工学研究科・教授

研究者番号：30036446

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：画像解析では、画像内に存在する物体のエッジを表す直線、円、楕円などの画像プリミティブを抽出することが必要であり、これにはHough変換がよく用いられる。Hough変換ではパラメータ空間での投票で得られる投票数のピーク位置が画像プリミティブの位置を与えるが、これを得るには多くの投票が必要で、これが画像プリミティブの抽出速度を落とす原因となっている。そこで本研究では、画像空間上で予めいくつかの処理を行うことでパラメータ空間を縮小し、パラメータ空間での不要な投票を除去する新しい高速化手法を開発した。また、画像プリミティブの抽出実験と理論解析により、開発した手法が良好な処理速度を持つことを確認した。

研究成果の概要(英文)：In image analysis, it is important to detect straight lines, circles and ellipses which exist in the image and are called image primitives, because these image primitives represent edges of the objects in the image. The most popular technique to detect the image primitives is Hough transform. At the transform, resulting peaks in the accumulator array which are gotten by a voting procedure in the parameter space represent strong evidence that a corresponding the image primitives exist in the image. In the voting procedure, a large number of votes are necessary and it makes the transform slow. In this research, we developed speed-up methods which reduce the parameter space and remove the unnecessary vote by introducing several procedures at the image space. From the experimental results and theoretical analysis, we confirmed that the developed methods have good performance.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像解析 直線抽出 円・楕円抽出 画像プリミティブ ハフ変換

1. 研究開始当初の背景

コンピュータを用いて画像に描かれている物体の形状を求めたり、物体相互の位置関係を明らかにすることを「画像認識」と言う。特に、2次元である画像情報からそこに描かれている物体の3次元形状や物体相互の3次元的位置関係(奥行き情報)を得る操作は「画像理解」とも呼ばれ、ロボットの自動走行を始めとして、様々な分野で必要とされる技術である。

画像認識を行うための手法は様々であるが、与えられた画像から物体を表現している直線や円・楕円などの画像基本要素(以下、「画像プリミティブ」と呼ぶ)を抽出し、その接続関係を求めることで画像に描かれている物体の3次元形状や物体相互の3次元的位置関係などを推定することが多い。

画像プリミティブを抽出するための方法は、「画像空間上で空間フィルタによるマッチング操作を行う方法(以下、「画像空間処理法」と呼ぶ)」と「画像プリミティブを表現するパラメータ空間上で最もそれらしいパラメータを選択する方法(以下、「パラメータ空間処理法」と呼ぶ)」とに大別される。

このうち「画像空間処理法」は、画像空間上での直接的な処理により画像プリミティブの抽出ができること、画像処理の中でも最もよく利用される空間フィルタを用いるため画像プリミティブの抽出以外の雑音除去やエッジ抽出といった処理と併せて画像プリミティブの抽出ができることなどの利点があるが、その一方で、抽出したい各画像プリミティブに対して、それぞれ個別の空間フィルタを設計しなければならないため、柔軟性に欠けるといった欠点もある。

これに対して「パラメータ空間処理法」では、処理空間を画像空間からパラメータ空間へ変換しなければならないという煩わしさはあるが、画像空間上では見かけ上抽出し難い不完全な画像プリミティブ(途切れた直線、歪んだ円など)に対しても高い抽出率を実現できるという利点がある。

2. 研究の目的

研究代表者は、これまで、雑音除去やエッジ抽出といった一般的な画像処理の研究を、空間フィルタを用いて行ってきた。また、画像認識の研究の一環として、「パラメータ空間処理法」に基づく画像プリミティブの抽出手法の開発を行ってきた。この一連の研究の中で、「画像空間処理法」と「パラメータ空間処理法」との特徴を旨く組み合わせることで、効率良く画像プリミティブを抽出できるのではないかとこの着想を得た。これまで、この両者は、全く別の手法として取り扱われてきたため、両者の融合については考察されてこなかったが、今回の研究で両者の垣根が取り払われることで、「画像空間処理法」、「パラメータ空間処理法」に並ぶ「第3の処理法」としての新しい画像プリミティブ抽出手法

を確立できる可能性がある。

そこで本研究では、「画像空間処理法」と「パラメータ空間処理法」の特徴を組み合わせた画像プリミティブの新しい抽出手法を開発することを目的とする。また、画像プリミティブの抽出実験と理論解析を通して、開発した手法の画像プリミティブの抽出精度と抽出効率(抽出処理速度)を明らかにする。更に、開発した手法の実用的な利用法についても検討を行う。

3. 研究の方法

この手法の開発のため、本研究では、まず、画像空間上での各種の空間フィルタの動作およびその処理結果(画像プリミティブ抽出結果)を整理し、その性質(特徴)をまとめる。また、同様の考察をパラメータ空間上での Hough 変換(および Hough 変換に類似した手法)に対しても行い、その性質(特徴)をまとめる。そしてこの結果に基づいて、両手法を融合する新しい画像プリミティブ抽出手法を開発する。なお、画像プリミティブの抽出手法は、通常、抽出する画像プリミティブの種類(直線、円、楕円などの抽出対象)によりその複雑さが異なる。特に、「パラメータ空間処理法」における Hough 変換では、画像プリミティブを表現するのに必要なパラメータの数が増加すればするほど、その抽出手法は複雑になる。そこでここでは、最もパラメータの数が少ない直線プリミティブ(パラメータ数2個)の抽出手法について、新しい手法を開発する(研究期間1年)。

次に、開発した新しい手法を用いた直線プリミティブの抽出実験を行い、その能力を明らかにする。また、新しい手法を用いた場合の直線プリミティブの抽出精度と抽出速度(計算量)に関して理論的な解析を行い、その結果を実験結果と比較することで、新しい抽出手法のもつ基本的な性質(特徴)を明らかにする(研究期間1年)。

次に、直線プリミティブより更に複雑な円(パラメータ数3個)や楕円(パラメータ数5個)などの画像プリミティブを抽出するための方法を検討する。パラメータ数が増加しても(抽出する画像プリミティブが複雑になっても)「画像空間処理法」における空間フィルタを用いる方法ではその影響をあまり受けない。これに対して、前述のように、「パラメータ空間処理法」における Hough 変換では、パラメータの数が増加すればするほど、その抽出手法は複雑になる。ここでは、この両者の性質の違いを旨く利用する手法(すなわち、抽出する画像プリミティブが複雑になるほど、「画像空間処理法」における処理の比重を大きくする手法)を開発する(研究期間1年)。

次に、開発した手法の実用的な利用法についても検討を行い、実用という観点から、開発した手法の評価を行う(研究期間1年)。

4. 研究成果

(1) 画像間演算を用いた Hough 変換による直線抽出の高速化

< 基本原理 >

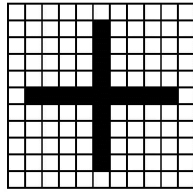


図 1

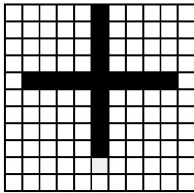


図 2a

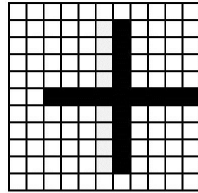


図 2b

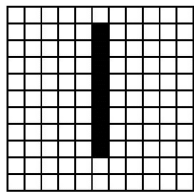


図 3a

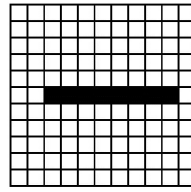


図 3b

図 1 で与えられる入力画像(2 値画像)を考える。画像中の垂直の直線を直線 1 とし、水平の直線を直線 2 とする。直線 1 と 2 を直線のパラメータで表すと、それぞれ $(\theta, \rho) = (5, 0)$ 、 $(\theta, \rho) = (5, \sqrt{2})$ となる。従来の Hough 変換を用いた場合、入力画像に含まれる全ての黒画素に対して、 θ の全領域 $0 \sim \pi$ を走査して Hough 曲線を求めて投票を行い、直線を抽出する。しかし、直線 1 は $\rho = 0$ であるから、直線 1 を構成する画素に対しては、 $\rho = 0$ 付近の投票のみで十分であり、直線 2 は $\rho = \sqrt{2}$ であるから、直線 2 を構成する画素に対しては、 $\rho = \sqrt{2}$ 付近の投票のみで十分である。そこで、ある限定された走査範囲において必要な画素のみに投票を行うことができるよう、すなわち、 $\rho = 0$ 付近の投票では直線 1 を構成する黒画素だけを残し、直線 2 を構成する黒画素を消去するよう、また、 $\rho = \sqrt{2}$ 付近の投票では直線 2 を構成する黒画素だけを残し、直線 1 を構成する黒画素を消去するよう、画像空間処理を用いて不必要な画素を取り除くことを考える。

提案する画像空間での処理には画像間演算を用いる。図 2a は図 1 を上方向に 1 画素シフトした画像であり、図 2b は図 1 を右方向に 1 画素シフトした画像である。このシフト画像と入力画像との論理積画像間演算を行う。ただし、論理演算を行う際には、黒画素の濃度値を論理値 1 に、白画素の濃度値を論理値 0 に対応させる。

図 1 と図 2a との論理積で得られた画像お

よび図 1 と図 2b との論理積で得られた画像はそれぞれ図 3a および図 3b となる。このように 2 つの画像間演算によって、図 3a では、下端が 1 画素短い、直線 1 とほぼ等しい直線が、図 3b では、左端が 1 画素短い、直線 2 とほぼ等しい直線が得られる。従って、図 3a に対しては $\rho = 0$ 付近に、図 3b に対しては $\rho = \sqrt{2}$ 付近に θ の走査範囲を限定した Hough 変換を行うことで、むだな投票を削減する。具体的には、図 3a においては $\rho = 0$ を中心とした $\pm \sqrt{2}/4$ の範囲、すなわち $0 \sim \sqrt{2}/4$ と $3\sqrt{2}/4 \sim \pi$ の範囲でのみ投票を行い、図 3b においては $\rho = \sqrt{2}$ を中心とした $\pm \sqrt{2}/4$ の範囲、すなわち $\sqrt{2}/4 \sim 3\sqrt{2}/4$ の範囲でのみ投票を行う。

この場合の投票総数について考察する。図 1 において画像中に m 個の黒画素が存在し、そのうち m_1 個で直線 1 が、 m_2 個で直線 2 が構成されており ($m_1 + m_2 = m$)、 θ の標本化間隔 $\Delta\theta$ を $\Delta\theta = \pi/n$ rad とした場合、上記のように θ の走査範囲を限定すると、直線 1 に関しては $m_1 \times (n/2)$ 回の投票が行われ、直線 2 に関しては $m_2 \times (n/2)$ 回の投票が行われる。従ってこの場合の投票総数 $V_{\text{proposed2}}$ は次のようになる。

$$\begin{aligned} V_{\text{proposed2}} &= (m_1 + m_2) \times (n/2) \\ &= (m \times n)/2 \end{aligned}$$

図 1 の画像に直接 Hough 変換を行った場合の投票総数 V_{Hough} は $m \times n$ であることから、両者を比較すると、 θ の領域を 2 分割した場合、従来の Hough 変換と比べ、投票処理で 2 分の 1 の投票数、すなわち、画像空間での画像間演算に要する処理時間が非常に小さいとすれば、2 倍の処理速度で高速化を実現できることが分かる。

< 基本原理の一般化 >

上記の基本原理解は、容易に拡張が可能である。例えば、図 2 の 2 つのシフト画像に加え、入力画像の右斜め上シフト画像と右斜め下シフト画像を用意し、合計 4 つのシフト画像と入力画像との論理積画像を得ると、 θ の領域を 4 分割することができる。更に、この 4 つのシフト画像の間のシフト画像を 4 つ用意し、合計 8 つのシフト画像と入力画像との論理積画像を得ると、 θ の領域を 8 分割することができる。一般に合計 K 個のシフト画像を用意すると θ の領域を K 分割することができる。

θ の領域を K 分割したときの理論的な総投票数は次のとおりである。画像中に m 個の黒画素が存在し、そのうち m_s 個が直線を構成する画素、 m_n 個が雑音であり、 $\Delta\theta$ の標本化間隔 $\Delta\theta = \pi/n$ rad であるとする。ここで、簡単のため、直線を構成する黒画素の個数は各論理積画像で等しく m_s/K で、かつ雑音については孤立雑音を仮定すると、画像間演算によって雑音はほぼ除去されることから、 K 分割された θ の領域の一つの走査範囲で行われる投票回数は $(m_s/K) \times (n/K)$ 回となる。従

ってこの場合の投票総数 $V_{\text{proposedK}}$ は次のようになる。

$$\begin{aligned} V_{\text{proposedK}} &= (ms/K) \times (n/K) \times K \\ &= (m - mn) \times n/K \end{aligned}$$

この結果と Hough 変換を行った場合の投票総数 V_{Hough} を比較すると、領域を K 分割した場合、従来の Hough 変換と比べ、投票処理において K 分の 1 以下の投票数、すなわち、画像空間での画像間演算に要する処理時間が非常に小さいとすれば、処理速度で K 倍以上の高速化を実現できることになる。

<シフトの双方化>

入力画像とシフト画像との画像間演算を行った際、シフト方向に近い向きの直線は画素が多く残り、シフト方向から離れた向きを持つ直線は画素があまり残らないという現象が起こる。この問題点を避けるためには、シフト方向を単方向ではなく双方向にすれば良い。双方向シフト画像は、単方向シフト画像とその逆方向のシフト画像との論理和画像として得ることができ、入力画像と双方向シフト画像との論理積を求めることで、残すべき直線の黒画素数をほぼ保存することができる。

<提案する直線抽出アルゴリズム>

以上の結果を「直線抽出アルゴリズム」として以下にまとめる。

手順 1 : 入力画像の取り込み

手順 2 : 領域分割数 K の設定

手順 3 : K 個の双方向または単方向シフト画像の作成と入力画像との論理積画像の作成

手順 4 : Hough 変換を行う際の各種パラメータの値の設定

手順 5 : K 個に分割された各領域における論理積画像に対する Hough 曲線の作成と投票

手順 6 : K 個の投票結果の和による全領域での投票結果の作成

手順 7 : 投票数が閾値を超える極大値をもつ「直線パラメータ」の抽出

手順 8 : 抽出した「直線パラメータ」からの画像空間上の「線分 (line segment)」の描画

<提案方法の性質>

提案方法は次の 3 つの大きな特徴を持つ。

性質 1 : 領域分割数と処理速度

提案方法では、領域分割数を増やせば増やすほど入力画像の各黒画素に対する投票範囲が限定され、投票に要する処理時間を短縮することができる。しかし、分割数を増やし過ぎるとシフト画像の作成および入力画像とシフト画像との論理積演算に要する処理時間が増大するため、処理時間全体の高速化の割合は鈍化する。

性質 2 : 領域分割数と投票数の極大値

提案方法は、領域分割を行うことによって全体の投票総数は減少するが、抽出すべき直

線パラメータへの投票数はほとんど減少しない。すなわち、抽出すべき直線パラメータへは従来の Hough 変換とほぼ同じ投票数が保たれる。従って、領域分割数を増やせば増やすほど抽出すべき直線パラメータへの投票数の極値が明確に現れる。

性質 3 : 雑音への耐性

Hough 変換では、雑音画素に対する投票はほとんど集積されず、あまり大きな投票数とならないことから、入力画像に含まれる雑音は直線の抽出結果にはほとんど影響を与えない。この意味で、Hough 変換は雑音に対する耐性があるといえる。一方、提案方法では、シフト画像と入力画像との画像間演算を行う際に孤立点である雑音が除去され、画像間演算は直線抽出のための処理の一部であることを考えると、提案方法の雑音への耐性は従来の Hough 変換よりも大きいといえる。

(2) 中心点画像を用いた楕円抽出の高速化
<基本原理>

円および楕円は直線と共に画像の重要な基本構成要素であり、その高速かつ高精度な検出は画像認識における重要な研究テーマである。画像からこれらの画像プリミティブを高速・高精度に抽出する手法が多く提案されている。中でも Hough 変換はその代表的な手法であり、ロバスト性の高い検出手法として知られている。この Hough 変換は、直線プリミティブに対してはその抽出を実用時間内に行うことが可能であるが、楕円プリミティブに対しては、これを決定するパラメータの数が 5 (中心座標、長軸と短軸の長さ、傾き) と多いため、その抽出を実用時間内に行うことは困難である。そこで本研究では、楕円プリミティブから抽出される「中心線特徴」と呼ぶ特徴を提案し、これを用いて楕円プリミティブの抽出を直線プリミティブの抽出に置き換えることで、パラメータ数を削減し、実用時間内に楕円プリミティブを抽出する手法を提案する。その概要は次のとおりである。

楕円プリミティブを形成する画素を水平方向に走査した中点の集合と、垂直方向に走査した中点の集合は、それぞれ直線 (線分) を構成する。従って、この中点の集合に対し直線抽出 Hough 変換を用いればこの線分を抽出できる。ある楕円プリミティブに対して水平方向と垂直方向に走査して得られるこの線分の交点は楕円プリミティブの中心座標に一致する。このように、楕円プリミティブの中心座標が直線検出 Hough 変換で求められることから、長軸の長さ a 、短軸の長さ b 、傾きの値 θ の 3 つのパラメータに対する Hough 変換を行うことで楕円プリミティブは抽出できる。

<中心点画像と中心線特徴の性質>

対象とする画像は一般性を失うことなく白画素 (濃度値 0) の背景に黒画素 (濃度値 1) で図形が描かれた 2 値画像とする。なお、

この2値画像には直線プリミティブは存在しないものとする(直線プリミティブが存在する場合は、予め直線抽出 Hough 変換を用いてこれを検出し、除去する)。この2値画像を水平または垂直方向に走査し、そこに存在する全ての黒画素間の中点を求め、その中点の位置を別の白画素画面に黒画素で描画する。元の2値画像の水平方向または垂直方向にn個の黒画素が存在する場合、 $n(n+1)/2$ 個の黒画素が描画される。この走査を元の2値画像全体に行い、描画された画図を「中心点画像」と呼ぶ。この中心点画像およびこれから求まる「中心線特徴」には次の性質がある。

性質1) 水平または垂直方向の走査を行った場合、元の2値画像中に楕円プリミティブが存在すれば、中心点画像中に直線(線分)が存在する。この線分を「中心線特徴」と呼ぶ。
 性質2) 元の2値画像中に完全な楕円プリミティブが存在すれば、中心線特徴の中点はこの楕円プリミティブの中心座標(xc,yc)に一致する。

性質3) 水平および垂直方向の走査を行なって得られる2本の中心線特徴の交点は元の2値画像中に存在する楕円プリミティブの中心(xc,yc)に一致する。この性質は楕円プリミティブが不完全な場合にも成立する。

<提案する楕円抽出アルゴリズム>

上記の性質を利用した新しい楕円プリミティブ抽出手順を以下にまとめる。

- 手順1: Canny 最適化フィルタを用いて楕円プリミティブを含む2値画像を作成し、ここから直線抽出 Hough 変換により、画像中に含まれる直線プリミティブを予め除去する。
- 手順2: 2値画像を水平方向に走査し、水平方向の中心点画像を得る。同様に垂直方向の中心点画像を得る。
- 手順3: 水平方向、垂直方向の中心点画像において直線抽出 Hough 変換により直線を検出し、その始点(xs,ys)、終点(xe,ye)から中心点画像中の「直線線分(中心線特徴)」を求める。
- 手順4: 水平方向の走査より得られた中心線特徴と垂直方向の走査より得られた中心線特徴を重ね合わせ、その交点から楕円の中点(xc,yc)を得る。
- 手順5: 楕円の中点(xc,yc)より、次の3パラメータ Hough 変換により楕円プリミティブを抽出する。

手順5-1:元の2値画像に存在する全ての黒画素の座標(xk,yk)に対して、短軸b、傾きθの値を順次変化させ、そのときの長軸aの値を次式により求め、これらの値に対応する投票配列V [θ][b][a]に1を加える。

$$a = \text{SQR} \left\{ \frac{\{(xk-xc)\cos\theta - (yk-yc)\sin\theta\}^2 b^2}{\{b^2 - \{(xk-xc)\sin\theta + (yk-yc)\cos\theta\}^2\}} \right\}$$

- 手順5-2: V [θ][b][a]への投票数が Vth 以上の場合は、画像上の(xc,yc)を中心とする楕円があると判定する。
- 手順6: 全ての中心座標(xc,yc)について処理が終了するまで手順5を繰り返す。

<提案方法の性質>

Nx, Ny: 楕円の中心座標(x,y)の分割数
 Na, Nb: 楕円の長軸a、短軸bの分割数
 N: 楕円の軸の傾きθの分割数
 としたとき、従来の楕円抽出 Hough 変換で必要となる投票配列 VHough の大きさと提案手法で必要となる投票配列 Vproposed の大きさはそれぞれ次のようになる。

$$V_{\text{Hough}} = N_x \times N_y \times N_a \times N_b \times N$$

$$V_{\text{proposed}} = N_a \times N_b \times N$$

また、2値画像中に存在する黒点の数をn個とすると、投票配列への投票総数(楕円プリミティブ抽出のための処理時間)は、

$$\text{従来の Hough 変換: } n \times N_x \times N_y \times N_a \times N_b \times N$$

$$\text{提案手法: } n \times N_a \times N_b \times N$$

となる。なお、Nx, Nyの値はそれぞれ2値画像の縦、横の画素数、Na, Nbの値は共に2値画像の対角線の長さ、Nの値は傾きθの角度分解能を1度として180とすることが多い。

<提案方法の実験結果>

図4に示す縦、横それぞれ256画素の大きさの画像のエッジ画像(2値画像)から求めた水平方向および垂直方向の中心線特徴を図5に、抽出した楕円プリミティブを図6に示す。抽出に要した処理時間は0.681秒(Intel(R)Core(TM)i5-2400 CPU 3.1GHzを使用)であり、実用時間内で抽出できることが確認できた。



図4

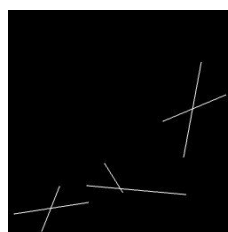


図5

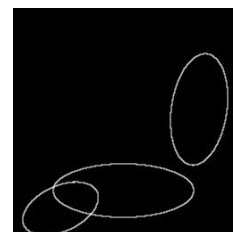


図6

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

村上研二、網干誠、木下浩二、一色正晴、
画像間演算を用いた Hough 変換による
直線抽出の高速化、電気学会論文誌 C、
査読有、第 133 巻、第 8 号、2013、pp.1539
~ 1548

DOI:10.1541/ieejieiss.133.1539

〔学会発表〕(計 6 3 件)

三宅望、村上研二、木下浩二、一色正晴、
中心線特徴を用いた楕円プリミティブの
検出、平成 25 年度電気関係学会支部連合
大会、2013.09.21、徳島大学工学部(徳
島市)

有井祐三子、村上研二、木下浩二、一色
正晴、近傍情報を用いた画像の高階調化、
平成 24 年度電気関係学会支部連合大会、
2012.09.29、四国電力総合研修所(高松
市)

曾我部起人、村上研二、木下浩二、一色
正晴、局所領域内の Hough 変換を用いた
高速な円検出法、平成 24 年度電気関係学
会支部連合大会、2012.09.29、四国電力
総合研修所(高松市)

藤井謙吾、一色正晴、村上研二、木下浩
二、奥行き情報を用いた指先追跡に関す
る研究、平成 24 年度電気関係学会支部連
合大会、2012.09.29、四国電力総合研修
所(高松市)

有井祐三子、村上研二、木下浩二、一色
正晴、エッジ情報を用いた画像の高階調
化、平成 23 年度電気関係学会支部連合大
会、2011.09.23、阿南高専(阿南市)

藪下俊祐、村上研二、木下浩二、一色正
晴、動的重み設定メディアンフィルタに
よる画像のインパルス性雑音除去、平成
23 年度電気関係学会支部連合大会、
2011.09.23、阿南高専(阿南市)

曾我部起人、村上研二、木下浩二、一色
正晴、種々の円検出 Hough 変換の下で行
う画素選択の影響について、平成 23 年度
電気関係学会支部連合大会、2011.09.23、
阿南高専(阿南市)

藤井謙吾、一色正晴、村上研二、木下浩
二、ブロックマッチングを用いた物体の
奥行き推定に関する研究、平成 23 年度電
気関係学会支部連合大会、2011.09.23、
阿南高専(阿南市)

村上研二、網干誠、木下浩二、一色正晴、
画像間演算を用いた Hough 変換による
直線抽出の高速化、電子情報通信学会
画像工学研究会技術報告、2011.03.07、
やすらぎ伊王島(長崎市)

村上研二、網干誠、木下浩二、一色正晴、
画像空間とパラメータ空間での処理を併
用した Hough 変換の高速化、画像電子学
会第 252 回研究会、2010.10.22、愛媛大
学総合情報メディアセンター(松山市)

関健太、村上研二、木下浩二、一色正晴、
コードベクトル間距離を考慮した SOM
に基づくクラスタリング手法、平成 22
年度電気関係学会支部連合大会、
2010.09.25、愛媛大学工学部(松山市)
藪下俊祐、村上研二、木下浩二、一色正
晴、重み付きメディアンフィルタによる
画像のインパルス性雑音除去に関する研
究、平成 22 年度電気関係学会支部連合大
会、2010.09.25、愛媛大学工学部(松山
市)

清水祐輔、村上研二、木下浩二、一色正
晴、高次項導入による PWS フィルタの
性能向上法、平成 22 年度電気関係学会支
部連合大会、2010.09.25、愛媛大学工学
部(松山市)

菅沼佑介、村上研二、木下浩二、一色正
晴、勾配方向に重みをつけたバイラテラ
ルフィルタ、平成 22 年度電気関係学会支
部連合大会、2010.09.25、愛媛大学工学
部(松山市)

網干誠、村上研二、木下浩二、一色正晴、
投票方向を限定した Hough 変換による
直線抽出、平成 22 年度電気関係学会支
部連合大会、2010.09.25、愛媛大学工学
部(松山市)

篠原佑甫、村上研二、木下浩二、一色正
晴、擬似輪郭除去による画質向上法、平
成 22 年度電気関係学会支部連合大会、
2010.09.25、愛媛大学工学部(松山市)

緒方和也、村上研二、木下浩二、一色正
晴、周波数成分に逆 S 字関数を用いたコ
ントラスト強調手法、平成 22 年度電気関
係学会支部連合大会、2010.09.25、愛媛
大学工学部(松山市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等：なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 研二(MURAKAMI, Kenji)

愛媛大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：30036446

(2) 研究分担者：なし

(3) 連携研究者：なし