色度情報と明るさ情報を併用した画像領域分割

正員	内村圭一	(熊本大)
非会員	花岡孝宣	(熊本大)
非会員	矢津田貴史	(熊本大)
非会員	木山義隆	(熊本大)
非会員	古賀信正	(熊本大)

Image Segmentation Using Both Chromaticity and Brightness Information

Keiichi Uchimura, Member, Takanobu Hanaoka, Non-Member, Takashi Yatuda, Non-Member, Yoshitaka Kiyama, Non-Member, and Nobumasa Koga, Non-Member (Kumamoto University)

This paper describes an image segmentation method using both chromaticity and brightness information to obtain general components of image. The chromaticity distribution of the image is represented by a tree, thereby chromaticity space is split. The merging regions of the image are created by means of simplification of the tree representation and then each region is segmented by brightness information. Classifying the color image as between high brightness pixel with hue or the other, the proposed method can decrease an information of noise included under low brightness pixel. The process time of the proposed method is very shorter than that of the existing method. Furthermore, a mutual relationship between segmentation in each region that can not be obtained using only brightness information can be obtained using both chromaticity and brightness information.

キーワード：画像処理，領域分割，色画像，木表現，クラスタリング

1. まえがき

本論文では、色画像を大局的な構造を把握しやすい形に分割するための領域分割手法について述べている。

色情報は物体に固有な特徴であり、それ自体が認識の重要なパラメータとなるため⁽¹⁾、色情報を用いた画像領域分割について多くの研究がなされている^{(2),(3)}。堀田らはマンセル色空間をK平均クラスタリングアルゴリズムを用いて空間分離することにより画像の領域分割を行った⁽⁴⁾。富永は色分類で1次元ヒストグラムを反復的に使用してクラスタを検出した⁽⁵⁾。Ohlanderは色画像から得られた特徴量のヒストグラムを用い、再帰的分割手法によって領域分割を行った⁽⁶⁾。ShaferらはRGB色画像において2色性反射モデルを用いて領域分割を行っている⁽⁷⁾。これらの研究では同一色の領域内の領域間の相互関係までは分ならず、もし、そこまで求めようとすると誤った領域が多数生成される恐れがある。

明るさ情報を用いた領域分割では、物体の形状や相互の配置により照明条件が変化し、観察される明るさが同一物体の各部分で変動することが問題になる。ところが、色度情報は明るさ情報に比べて照明条件に左右されにくく、比較的まとまりの良い領域分割結果が得られ易い。更に、同一色の領域は同一物体の一部である場合が多く、それらの領域を個別に明るさ情報で領域分割することで各物体に

し最適な分割結果が得られると考えられる。そこで、本論文では色度情報と明るさ情報とを併用した領域分割手法を提案する。なお、処理時間短縮の為、領域分割に木表現を用いたアルゴリズムを適用した。本論文では簡単のために次のような制約条件を設ける。画像内の、一つの対象物に対応した部分では特徴（色、濃度値、反射率、テクスチャ）がほぼ均一であり、異なる対象物間の境界では特徴が急変している。照明の環境条件としては対象物上で特徴が急変しない。

色度情報と明るさ情報を併用して領域分割を行う事で同一色の領域が1個以上の領域に分割される。更に、明るさ情報のみを用いた領域分割では各領域間の相互依存関係が曖昧であるのに比べ、色度情報を加えることで各領域間の相互関係の保持が期待できる。

2. 処理手順の概要

まず、画像の雑音成分の除去のために画像の平滑化を行う。次に、入力画像の色の分布を表す色度地図を作成する。その色度地図をいくつかの量子化準位によって量子化することで色度地図の概形を表す木を作成し、その後、木の簡略化を行う。簡略化された木の情報に基づき、画像中に含まれる色を代表的なものにクラスタリングする。この分類された色度情報を用いて画像の領域分割を行い、小領域は他の領域に併合する。

次に、色度情報によって分割された各領域に対して個別に以下に示す明るさ情報を用いた領域分割を行う。まず、入力画像中の明るさの変化の方向について、その分布を表す法線地図を作成する。木表現を用いて法線地図の概形の表現、及び木の簡略化を行う。その簡略化された木の情報に基づき、画像中に含まれる明るさの変化方向を代表的なものにクラスタリングする。この分類された明るさの変化方向の情報を用いて画像の領域分割を行う。最後に、画像中にできた小領域を他の領域に併合する。

3. 色度情報を用いた領域分割

〈3・1〉 領域分割の準備 (1) 色ベクトル 任意の色の色刺激を3刺激値R, G, B (本論文では各々8ビット) で表すとき, RGB座標系で任意の色は, この空間内の一点に対応する。RGB座標系の原点から, その点を指すベクトルを, 色刺激の色ベクトルと呼ぶ。色ベクトルの方向は色度を表し, 大きさは明るさを表す⁽⁸⁾。

色刺激を平面 $R+G+B=1$ に投影した座標によって色度を表す。すなわち, ある色の成分が (R,G,B) であるとき

$r=R/(R+G+B)$ (1)

$g=G/(R+G+B)$ (2)

$b=B/(R+G+B)$ (3)

を求める。

$r+g+b=1$ (4)

であるから, r, g, b のうち独立なものは2成分のみである。従って, 色度は2成分で示せば十分である。ここでは r, g 成分の直交座標系を色度平面と呼ぶ。

(2) 色度地図 画像中の各画素について色度平面上の各座標に対応する画素の出現頻度 N を色度平面と直交する軸にとる。こうして r, g, N を軸とする3次元空間に画像の色分布を表す曲面が作られる。これを色度地図と呼ぶ。

実際に計算機を用いて色度地図を求めるには次のようにする。まず色度平面 $r-g$ を, r 軸, g 軸のそれぞれについて区間 $[0,1]$ を n 等分するような軸に平行な直線を考え, それらが作る矩形領域を色度平面での最小単位とする。最小単位内での N の値は, その領域での画素の密度で近似する。つまり色度平面上の点 (r_0, g_0) について

$k/n \leq r_0 < (k+1)/n$ (5)

$l/n \leq g_0 < (l+1)/n$ (6)

であるとき, $N(r_0, g_0)$ は次式のようになる。

$N(r_0, g_0) = \log(s/n^2)$ (7)

但し, $s: k/n \leq r < (k+1)/n, l/n \leq g < (l+1)/n$ で表される領域に含まれる画素の数。

式(7)において対数を取るの, 色度地図における山の部分が急峻であるためである。本報では n の値を100として色度地図を近似した。

〈3・2〉 木の作成とクラスタリング⁽⁹⁾ ここでは色度地図を木で表現し, それを簡単化する事で色のクラスタリングを行う。

(1) 色度地図の量子化 色度地図における N 軸の最大値を N_{max} とする。 N_{max} を m 等分に区切り, その各々の段階を量子化レベルとする。この量子化レベルにおいて生じる平面を $P(k)$ とすると, 平面 $P(k)$ は次式となる。

$P(k) = \frac{N_{max}}{m} \cdot k$ (8)

但し, $k= 0, \dots, m-1$ 。

量子化レベル数 m を多くすれば, 色領域の高さ情報を詳細に表現できるが, 一方で計算量が増大する。

(2) ノードの生成と木の作成 各々の平面 $P(k)$ で色度地図を量子化したとき, $P(k)$ 上の閉曲線毎に1個のノードを生成する。即ち, 同一量子化レベル上に閉曲線が存在するか否か輪郭線追跡法を用いて調べ, 閉曲線毎に1個のノードを生成する。

色度地図の木は, ノードの経路を探索することで生成される。 $P(k)$ 平面上での閉曲線は, 必ずその一つ下のレベル上の平面 $P(k-1)$ に存在する閉曲線内部に形成される。故に, $P(k)$ での輪郭線追跡開始要素が, $P(k-1)$ 上で存在している閉曲線のうちでの閉曲線の内部の要素と一致するか調べることによって閉曲線同士の親子関係が把握できる。即ち, $P(k-1)$ 上でのノードに対して $P(k)$ 上での子ノードとなる経路が形成される。ノード間の経路の形成を総ての量子化レベル間において行う事で, 木が生成される。

(3) 木構造の簡略化によるクラスタリング 木構造の簡略化によるクラスタリングについては文献 (9) で詳述しているので, ここでは簡単に述べる。

次の3つのステップを踏まえて葉ノード削除による木表現の簡単化と色度地図の領域統合を行う。

[ステップ1]

枝の長さ (葉ノードから最も近い枝分かれしているノードまでの長さ) が, 設定されている刈り取る枝の長さ以下であれば, 枝を構成しているノードを重心位置の最も近いノードに取り込む。

[ステップ2]

根でない枝分かれしているノードがあれば, そのノードからでている枝の数にそのノードに対応している領域を分割し, それぞれをそのノードから伸びた枝の次のノードとする。

[ステップ3]

葉につながっているノードが根でなければ, 2つのノードを一つに併合する。

刈り取る枝の長さを1とした場合における, 葉ノードの削除の例を図1(a)に示す。この例では葉ノードbが枝の長さ1であるため削除され, 色度地図上の葉ノードbの領域は, 葉ノードa, cに併合される。結果的に同図(b)に示すように, 色度平面が葉ノードa, cに対応する2つの領域に分割される。これより, 画像中の色は領域aと領域cに代表される2つの色にクラスタリングされた事になる。

図1 葉ノードの削除と色度平面の分割結果
Fig.1. Deletion of leaf node and segmentation of chromaticity plane.

〈3・3〉 明るさが暗い画素への雑音の影響 画像を構成する画素の値はあらゆる雑音成分を含んでいる。2.で記した雑音除去のための平滑化は色ベクトルの大きさに対するもので、その向きに対しては有効でない。本節では、色ベクトルの向きに対する雑音の影響について述べる。

色ベクトルCと、それに対する最悪の場合の雑音ベクトルD、つまりCの方向にDが垂直であるような雑音ベクトルを考える(図2参照)。今、色ベクトルCが雑音ベクトルDによって、ベクトルC'に変化したとすると

$$C' = C + D \quad \dots\dots\dots (9)$$

となる。ここで、元の色ベクトルCと雑音を含む色ベクトルC'とがなす角を誤差角度 θ とする。 θ とC、Dの間には次の関係が成り立つ。

$$\theta = \tan^{-1} (|D| / |C|) \quad \dots\dots\dots (10)$$

式(10)から分かるように、たとえ $|D|$ が小さな値であっても $|C|$ が小さくなると、 θ の値は極端に大きくなる。このことから、色ベクトルの大きさが小さい画素、即ち、暗い画素は明るい画素に比べて雑音の影響を受け易い事がわかる。

図2 色ベクトルと雑音ベクトル
Fig.2. Relationship between color vector and noise vector.

以上から、画像中に暗い画素が多いときの色度地図は、雑音を含まない同じ画像を用いて得る事のできる色度地図とは大きく異なる事が予想される。そこで次節では雑音の影響を考慮した色度地図作成方法を提案する。

〈3・4〉 雑音の影響を考慮した領域分割 図3に示すように、画像中の各画素について色ベクトルの終点を始点としたベクトルを直線 $R = G = B$ 向きにとり、そのベクトルと平面 $R + G + B = 255$ との交点Pを求める。その交点をR-G面上に垂直に落とし、3・1と同様に色度平面の各座標について、その出現頻度を取り色度地図を作成する。以下、3・2と同様に色度地図の木表現を用いて得られる情報から色度平面を分割し、画像を領域分割する。

本手法の特徴は、有彩色画素部と無彩色および明るさの暗い画素部が分離される事である。無彩色画素による色ベクトルを平面に写像すると、無彩色はベクトル(1, 1, 1)と向きが近い為、写像される点は座標(255/3, 255/3, 255/3)付近に集中する。同様に明るさが暗い画素は色ベクトルの大きさが小さいため、ベクトルの終端は原点付近に存在する。そのため写像される点は無彩色と同様、座標(255/3, 255/3, 255/3)付近に集中する。以上より色度平面上にその出現頻度を取ると色度平面上の座標(255/3, 255/3)付近には無彩色および明るさが暗い画素が、また、その周囲には有彩色画素が集中する。

従って、有彩色部に対する明るさが暗い画素の影響を減少できる。欠点としては無彩色画素と明るさが暗い画素間の区別がつきにくくなる事である。しかし、これは色度情報を用いた領域分割後、4.に示す明るさ情報を用いた領域分割によって解決可能である。

〈3・5〉 小領域併合 色度平面では同一の領域に属する画素群が、画像上でも一つの領域になるとは限らない。画像上の小さな領域は色度平面において領域の境界付近にあった色成分が、木の簡略化により誤った領域に割り当てられたことにより起きたものと考えられる。又、雑音によって画像上の同一色の領域内部に局所的な小領域が生成

図3 雑音を考慮した色度地図
Fig.3. Chromaticity map considered noise.

された可能性もある。

そこで小領域の併合を行う。ある画素数よりも小さな領域があるとき、隣接する領域の内で領域の平均色が最も近い領域に併合する。今回は小領域であると判定する画素数を10画素とした。これは全体の画素数（＝256×240画素）の6000分の1以下である。

4. 明るさ情報を用いた領域分割

〈4・1〉 明るさ情報の利用 明るさ情報から明るさの法線ベクトルを定義し、その法線ベクトルの出現頻度に対し木表現を用いて画像を領域分割する手法を提案する。

本論文の明るさ情報を用いた領域分割は、色度情報によって分割された各領域に対し個別に適用される。また、色度情報によって分割された各領域において、明るさの変化が空間的に似通っているものを同一領域として見なすものである。木表現を用いる事で処理の高速化を図る。

〈4・2〉 明るさの変化の方向を用いた領域分割 画像平面をX-Y平面、明るさをZ軸とする空間（明るさ空間と呼ぶ）に入力画像を写像した像（明るさ地図と呼ぶ）は3次元的な形状を与える。図4は後に示す積木画像に対する明るさ地図である。

明るさ地図の表面に対する法線ベクトルを考える。画像平面上の点 (i, j) での明るさが B_0 であるとき、この点の明るさ空間における座標は (i, j, B_0) である。点 (i, j) の東西南北の4近傍に対応する点を明るさ空間において求め、座標 (i, j, B_0) からそれらの点へのベクトルを V_ξ （但し、 $\xi=0, \dots, 3$ ）とする。この時、座標 (i, j, B_0) における法線ベクトル n_v を次式のようにベクトル V_ξ の外積の平均として定義する。

$$n_v = \frac{1}{4} \sum_{\xi=0}^3 V_\xi \times V_{\xi+1} \quad \dots\dots\dots (11)$$

但し、 $V_4 = V_0$ である。

この法線ベクトルは、隣接画素間の明るさが一様な領域ではx-y平面に垂直、明るさの差が急激に変化している境界線上では明るさの低い方へ傾斜する。法線地図作成においても雑音の影響*を考慮する必要がある。そこで実際には、法線ベクトルを求める際に東西南北 p_k 画素離れた画素を用いる。本論文では $p_k=3$ とした。

次に法線ベクトルの分布を求める。図5に示すように、単位球とその中心を始点とした法線ベクトルの交点をx-y平面上に写像する。明るさ地図上の各画素について、この写像された点の座標を求め、その出現頻度を求める。x-y平面に垂直な軸に出現頻度をとったものを法線地図と呼び、これを色度地図のときと同様に木で表現した後、簡単化し、法線平面（x-y平面）の領域分割を行う。参考に、後に示す積木画像の緑の積木部に対する法線地図を図6に示す。二つの山が認められる。

色度情報によって分割された各領域の輪郭線は一つの物体の輪郭線を表すものと仮定すると、一つの物体が幾つかの面によって構成されている場合に、それらの面の数と、ほぼ同じぐらいの数の葉ノードが生成されれば、良好な分割結果と言える。そこで、各物体を構成する面は1以上の一桁程度の数であると仮定し、木の簡単化において刈り取る枝の長さを可変とした。

法線地図の木の簡単化の処理手順を以下に示す。

（ステップ1）

刈り取る枝の長さ＝1とする。

（ステップ2）

木の簡単化を行い葉ノード数が1以上の一桁程度の数であれば、木の簡単化を終了する。そうでなければ刈り取る枝の長さを1増やして木の簡単化を再実行する。

分割された法線平面の各領域は明るさ地図上の明るさ変化の代表的な方向を表す。画像平面上で明るさが一定の領域では、単位球と法線ベクトルとの交点を法線平面に写像した点は原点付近に集中し、一方、画像平面上で明るさが一定でない領域では、原点付近以外に集中し、その座標は画像平面上における画素の明るさ変化の向きに対応する。

〈4・3〉 小領域併合 原画像にぼけたエッジが存在しない場合でも、平滑化処理を行なっているためにぼけが存在

図4 明るさ地図

Fig.4. Brightness map.

図5 法線地図の作成法

Fig.5. A method of making a normal map.

*カメラから画像処理装置までのシステム雑音や物体面のバイントラ等々の雑音。

図6 緑色の積木部に対する法線地図
Fig.6. Normal map for a green block.

する。このぼけた部分が小領域の原因となる。ステップ状のエッジ上で生じる小領域の幅は非常に細い為、小領域の併合の際に用いる情報としてこの幅を指定した。小領域として併合される領域の面積が10画素未満、あるいは幅が5画素未満の領域を併合した。

5. 実験結果と検討

<5・1> 色度情報を用いた領域分割結果 色度情報を用いた領域分割結果は色度地図作成における量子化レベル数

(a) 積木

(b) 縫いぐるみ

図7 原画像
Fig.7. Original image.

表1 量子化レベル数と葉ノード数
Table 1. The number of quantization levels and the number of leaves.

処理方法	量子化レベル数	枝刈り前の葉ノード数	枝刈り後の葉ノード数	最終領域数	備考
雑音考慮せず 3・2節	5	223	6	86	
	8	413	67	-	
	10	-	-	-	計算機メモリ容量(8MB)超過
雑音考慮 3・4節	5	26	5	7	
	10	79	10	7	
	15	116	18	8	

m と、木の簡単化における刈り取る枝の長さ c_{ut} によって左右される。3・2の雑音を考慮しない領域分割手法と3・4の雑音の影響を考慮した領域分割手法の違いを明らかにするために図7(a)の原画像に対して $c_{ut}=1$ と固定し、 m を5, 10, 15 と変化させて領域分割を行った。葉ノード数の変化と、最終的な領域数を表1に示す。図7の原画像(256×240画素,256階調)は環境光で撮影した。

3・2の手法では、量子化レベル数 $m=5$ の時の枝刈り後の葉ノード数は6であり、これは本論文の目的である大まかに画像分割することでもとまりの良い領域分割結果を得ることに對しては望ましい数値である。しかし、実際には、良好でない領域分割結果を得た。その原因として、明るさが暗い画素への雑音による影響が考えられる。すなわち、雑音の影響を受けた画像に対する色度地図は、滑らかではなく、急峻なピーク値を持つ山が多数集まった形状であった。そのため、 $m=5$ の時の枝刈り前の葉ノード数は223と非常に多かった。葉ノード数が多いと木の簡単化における誤差が生じやすくなり、クラスタリングは間違っただけになりやすい。 $m=8$ の時の枝刈り後の葉ノード数は67と非常に多く、色のクラスタリングがうまくいかなかった。即ち、量子化レベル数はあまり上げられない。量子化レベル数を下げても葉ノード数は減少するものの領域分割の精度が落ちてしまい、良好な分割結果は得られにくかった。

一方、雑音の影響を考慮した3・5の色度地図作成手法では、枝刈り前の葉ノード数は3・2の手法に比べ大幅に減少し、枝刈り後の葉ノード数も20未満で安定している。 $m=5$ における領域分割結果を図8に示す。この場合、白木の円柱は分割されていないことに注意されたい。雑音の影響を考慮した3・5の領域分割手法は暗い画素を多く含むような画像に対しても有効であることが分かる。

〈5・2〉 明るさ情報を用いた領域分割結果 図7の原画像に対して色度情報による領域分割を適用した後、明るさ情報による領域分割を適用した。結果を図9に示す。なお、図9(a)に対しては、色度地図作成における量子化レベル数 $m=5$ とし、法線地図作成における量子化レベル数 $m'=5, 10, 15, 20$ とした場合についてそれぞれ領域分割を行い、 $m'=15$ で図に示すように良好な結果を得た。図9(b)は $m=5, m'=10$ の場合である。

〈5・3〉 提案手法と既存の方法との比較 図7(a)の原画像に対し、文献(1)の方法及びBriceらの領域統合法⁽¹⁰⁾を

適用した。文献(1)の方法については、原画像の状態が悪いいためか、多数の小領域に分割された。一方、領域統合法は明るさ情報のみに対して適用された。図10に示すように、多数の小領域を境界付近に生成しているものの一見良好な分割結果が得られた。しかしながら、表2に示す処理時間と入力パラメータ数の比較から提案手法の優位性が分かる。

物体認識において必要とされる輪郭線は、ある程度まとまりの良いものだけであり、小領域や曖昧な輪郭線はむしろ物体認識において妨げとなる。このことに関して本手法は有効であると言える。

6. まとめ

画像の大局的な構成要素を求めることを目的に色度情報と明るさ情報とを併用した領域分割手法を提案した。

色のクラスタリングの際に、画像中に含まれる色を明るく有彩色成分とそれ以外に区別する事で、暗い画素に含ま

図8 雑音を考慮した色度情報による分割結果
Fig.8. Result of segmentation using chromaticity information considered noise.

図10 図7(a)に適用された領域統合法の結果
Fig.10. Result of region growing procedure applied to Fig.7(a).

(a) 積木

(b) 縫いぐるみ

図9 最終分割結果
Fig.9. Result of final segmentation.

表2 提案手法と領域統合法⁽¹⁰⁾との比較
Table 2. Comparison between proposed method and region growing procedure⁽¹⁰⁾.

手法	処理時間 (分)	入力パラメータ数
提案手法	3	2+1
領域統合法	200	4

れる雑音の影響を減少させる事ができた。このことは入力画像に制約の無い柔軟な視覚システム実現の上で非常に重要である。ここで提案したアルゴリズムでは領域分割の際に定めるパラメータを既存の方法に比べ減らすことができた。また、既存の領域分割方法に比べ処理時間の大幅な短縮が達成できた。更に、色度情報報と明るさ情報情報を併用して領域分割を行う事で、明るさ情報のみによる領域分割では分からなかった各領域間内の領域の相互関係が抽出可能となった。

提案手法は物体表面上の鏡面反射や逆光の照明条件による乱反射の影響を受けやすい。今後これらの影響を軽減する対策が必要と考えられる。

(平成6年7月27日受付, 同6年11月7日再受付)

文 献

(1)谷内田, 辻: 「3次元物体認識への色の情報の利用について」, 電子技術総合研究所集報, 35, No.3, 308 (昭46)

(2)Coleman G.B. and Andrews H.C.: "Image Segmentation by Clustering", *Proc. of the IEEE*, 67, 5, 773(1979)

(3)Healey G. : " Using Physical Color Models in 3-D Machine Vision", SPIE Vol.1250 Perceiving, Measuring, and Using Color, 264(1990)

(4)堀田, 宮原, 小谷: 「均等色空間に基づくカラー画像の領域分割」, 信学論, J74-II, No.10, 1370 (平3)

(5)富永: " カラー画像の色分類と分割", 情処論, 31, No.11 (平2)

(6)Ohlander R., Price K. and Reddy D.R. : " Picture Segmentation Using a Recursive Region Splitting Method", *Computer Graphics and Image Processing*, 8, No.3, 313(1978)

(7)Klinker G.L., Shafer S.A. and Kanade T. : " Using Color Reflection Model to Separate Highlights from Object Color", *Proc. 1st Int. Conf. on Computer Vision*, 145(1987)

(8)応用物理学会 光学懇話会編: 「色の性質と技術」, 朝倉書店, 59(1986)

(9)内村, 布, 伊藤: 「時系列カラー画像を用いた3次元物体の存在範囲の限定」, 第6回情報処理学会九州支部研究会, 4-06 (平4)

(10)Y.Shirai : " Three-Dimensional Computer Vision", Springer - Verlag, 58(1987)

内村 圭一 (正員) 1951年6月16日生。77年3月熊本大学大学院工学研究科修了。現在, 熊本大学工学部電気情報工学科助教授。平成4~5年マックマスター大学(カナダ)客員研究員。工博。地理情報処理, 物体認識, 環境電磁工学に関する研究に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会会員。

花岡 孝宣 (非会員) 1969年10月10日生。94年3月熊本大学大学院工学研究科修了。同年4月(株)日立製作所入社。

矢津田 貴史 (非会員) 1970年7月23日生。94年3月熊本大学工学部電気情報工学科卒業。現在, 熊本大学研究生。

木山 義隆 (非会員) 1970年6月22日生。94年3月熊本大学工学部電気情報工学科卒業。現在, 熊本大学大学院工学研究科在学。

古賀 信正 (非会員) 1972年9月19日生。現在, 熊本大学工学部電気情報工学科在学。