原 著

ImageJ を用いた個人情報保護のための虹彩のぼかし処理

池田 卓生

New technique to blur the iris pattern for protection of personal information using the public domain software, ImageJ

Takuo Ikeda

*Department of Otolaryngology, Tsudumigaura medical center
for children with disabilities*

In order to comply with the amended act on the protection of personal information, a new technique to blur the iris pattern was developed using the public domain software, ImageJ. Gaussian blur was performed automatically on the iris pattern. Using this program, video movies were created with the iris blurred in five stages and we examined whether it was possible to analyze the torsional direction of nystagmus. The analysis revealed that when the σ of Gaussian blur was 4 or more, the accuracy of the analysis could no longer be maintained. Using this technique, it was possible to delete the information of the iris pattern for protection of personal information.

Key words: amended act on the protection of personal information, iris pattern, Gaussian blur, ImageJ

はじめに

近年、情報通信技術が飛躍的に進歩したことにより、多種多様で膨大なデータ、いわゆるビッグデータの収集・分析が可能となり、新しい産業やサービスなどの創出に寄与することが期待されている。一方、個人情報やプライバシーという概念が広く認識されるようになり、保護されるべき個人情報が適正に取り扱われることも求められている。このような状況を踏まえ、平成27年9月3日に「個人情報の保護に関する法律及び行政手続における特定の個人を識別するための番号の利用等に関する法律の一部を改正する法律」(以下、改

正個人情報保護法)が成立し、平成29年5月30日から全面施行された¹⁾。

今回の改正では、個人情報の定義を明確にするため、その情報単体でも個人情報に該当する「個人識別符号」が定義された。「個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン²⁾」(以下、個人情報保護法ガイドライン)では、この個人識別符号とは、「特定の個人の身体の一部の特徴を電子計算機の用に供するために変換した文字、番号、記号その他の符号であって、当該特定の個人を識別することができるもの」とされ、表1に示す7項目が掲げられている。この中で「虹彩の表面の起伏により形成される線状の模様」とは、めまい診療において、赤外線 CCD/CMOS カメラ

表 1 個人識別符号

イ	細胞から採取されたデオキシリボ核酸（別名 DNA）を構成する塩基の配列
ロ	顔の骨格及び皮膚の色並びに目、鼻、口その他の顔の部位の位置及び形状によって定まる容貌
ハ	虹彩の表面の起伏により形成される線状の模様
ニ	発声の際の声帯の振動、声門の開閉並びに声道の形状及びその変化
ホ	歩行の際の姿勢及び両腕の動作、歩幅その他の歩行の態様
ヘ	手のひら又は手の甲若しくは指の皮下の静脈の分岐及び端点によって定まるその静脈の形状
ト	指紋又は掌紋

を用いた眼振検査の際に日常的に観察され、最近普及してきた VOG（videoculography）では、回旋成分を含めた三次元解析を行う場合に利用される虹彩紋理に該当する。

虹彩について、個人情報保護法ガイドラインでは、更に「虹彩の表面の起伏により形成される線状の模様から、赤外光や可視光等を用い、抽出した特徴情報を、本人を認証することを目的とした装置やソフトウェアにより、本人を認証することができるようにしたもの」と記載されている。これは、指紋認証や顔認証など、パソコンやスマートフォンなどで利用されるようになった生体認証を想定したものであり、赤外線 CCD/CMOS カメラや VOG は該当しないようにも思われる。この点について、個人情報保護法ガイドラインに関する Q&A³⁾では、「『本人を認証することができるようにしたもの』とは、『本人を認証することができるだけの水準がある』という趣旨であり、事業者が実際に認証を目的として取り扱っている場合に限定しているものではありません」と記載されているため、生体認証とは異なる赤外線 CCD/CMOS カメラや VOG であっても、虹彩の模様が明瞭に記録され、患者データと連動して保存されている場合、個人情報として慎重な対応が必要になると考えられる。

一方、改正個人情報保護法では、個人情報及びプライバシーの保護を図り、安全性を確保しつつ、データの積極的な利活用を推進するため、匿名加工情報の制度も創設されている。匿名加工情報とは、「特定の個人を識別することができないように個人情報を加工し、当該個人情報を復元できないようにした情報」と定義され、虹彩などの個人識別符号の加工方法については、「個人識別符号の全部を削除すること（当該個人識別符号を

復元することのできる規則性を有しない方法により他の記述等に置き換えることを含む）」とされている⁴⁾。

以上より、今後、虹彩が明瞭に記録されている赤外線 CCD/CMOS カメラや VOG の映像を学会や学術誌などで発表する場合には、個人情報保護の観点から、虹彩の模様に対して匿名加工を施すことが必要となると考えられるため、今回、画像処理ソフトウェア ImageJ を用いて、虹彩にぼかし処理を行う方法について検討した。

方 法

ImageJ は、National Institutes of Health で開発され、科学研究において広く利用されており、インターネットを介して <http://rsb.info.nih.gov/ij/> から入手できる。ImageJ の機能は、瞳孔や虹彩紋理の解析にも応用できることから、三次元解析用マクロプログラムを作成することで 3 DVOG を行うことも可能である^{5)~7)}。今回は、3 DVOG と同様に瞳孔を認識させ、その中心座標を基準に瞳孔長軸の 2 倍の円領域を自動設定して、ImageJ の機能の一つである「Gaussian Blur（ガウスぼかし）」を円領域の内部に行うマクロプログラムを作成した（図 1）。

画像処理における「ぼかし」とは、ある画素と周囲の画素を混ぜて平均して色を出力することで、ガウスぼかしでは、ガウス関数（正規分布関数）を用いて、周囲の画素の中でも近いものと遠いもので重みを変えた状態で混ぜて色を出力する方法である。ぼかしの程度については、 σ （シグマ、標準偏差）を大きくすることで、ぼかしを強くすることができる。

マクロプログラムの内容は表 2 の通りである。赤外線 CCD/CMOS カメラや VOG で保存した眼振の動画に対してぼかし処理を行うには、予めこ

表2 虹彩へぼかし処理を行うマクロプログラムの内容

このマクロプログラムを ImageJ に読み込むことによって、虹彩へのぼかし処理が可能となる。

```

macro "AutoThreshold" {      //瞳孔の閾値を自動設定するマクロ
  run("Colors...", "foreground=black background=white selection=green");
  setAutoThreshold("Minimum");
  run("Threshold...");
}

macro "Blur the iris pattern" {      //虹彩をぼかすマクロ
  GaussianSigma=4;      //この数値を変更することでガウスぼかしの程度が変更できる
  BlurArea=2;      //この数値を変更することでガウスぼかしの範囲を変更できる
  Title = getTitle();      //画像のタイトルを取得
  XWidth = getWidth();      //画像の横幅を取得
  YHeight = getHeight();      //画像の縦幅を取得
  ParticleRatio=500;      //画像の中で二値化しても無視するサイズを設定
  run("Clear Results");      //前回の解析結果を消去
  run("Set Measurements...", "area centroid bounding fit limit decimal=2"); //解析項目を設定
  n = nSlices;      //画像の枚数取得
  Xpixel = newArray(n);      //瞳孔のX座標を設定
  Ypixel = newArray(n);      //瞳孔のY座標を設定
  Majorpixel = newArray(n);      //瞳孔の長軸を設定
  MaxnResultsArea = newArray(n);      //瞳孔の面積を設定
  getThreshold(A,B);      //瞳孔の閾値設定を取得
  run("Analyze Particles...", "size="+ParticleRatio+"-Infinity circularity=0.00-1.00
show=Nothing display include slice");      //二値化された領域があるか検出
  if(nResults>=1) {      //1カ所以上検出された場合
    nResultsXpixel = newArray(nResults);      //複数検出された領域のX方向のピクセル値
    nResultsYpixel = newArray(nResults);      //複数検出された領域のY方向のピクセル値
    nResultsMajorpixel = newArray(nResults);      //複数検出された領域の長軸のピクセル値
    nResultsAreapixel = newArray(nResults);      //複数検出された領域の面積のピクセル値
    for (q=0; q<nResults; q++) {      //複数検出された領域の各値に順番を付ける
      nResultsXpixel[q] = getResult('X',q);
      nResultsYpixel[q] = getResult('Y',q);
      nResultsMajorpixel[q] = getResult('Major',q);
      nResultsAreapixel[q] = getResult('Area',q);
    }
    Xpixel[0] = 0;
    Ypixel[0] = 0;
    Majorpixel[0] = 0;
    MaxnResultsArea[0] = 0;
    for (q=0; q<nResults; q++) { //複数の領域の中で辺縁ではなく面積が最大のものを瞳孔とする
      if((nResultsXpixel[q]>XWidth*0.1 && nResultsXpixel[q]<XWidth*0.9) &&
(nResultsYpixel[q]>YHeight*0.1 && nResultsYpixel[q]<YHeight*0.9)) {      //辺縁でないか
        if(nResultsAreapixel[q]>=MaxnResultsArea[0]) {      //面積が最大か
          Xpixel[0] = nResultsXpixel[q];
          Ypixel[0] = nResultsYpixel[q];
          Majorpixel[0] = nResultsMajorpixel[q];
          MaxnResultsArea[0] = nResultsAreapixel[q];
        }
      }
    }
  }
  makeOval(Xpixel[0]-Majorpixel[0]*BlurArea*0.5,Ypixel[0]-
Majorpixel[0]*BlurArea*0.5,Majorpixel[0]*BlurArea,Majorpixel[0]*BlurArea); //虹彩をぼかす円を設定
  run("Gaussian Blur...", "sigma="+GaussianSigma+" slice"); //設定した範囲にガウスぼかしを行う
  for (i=1; i<n; i++) {      //2枚目の画像以降のルーチン

```

```

        setSlice(i+1);
        setThreshold(A,B);
        run("Clear Results");
        run("Analyze Particles...", "size="+ParticleRatio+"-Infinity circularity=0.00-1.00
show=Nothing display display include slice");
        if(nResults==0) {
            Xpixel[i] = Xpixel[0];
            Ypixel[i] = Ypixel[0];
        } else {
            nResultsXpixel = newArray(nResults);
            nResultsYpixel = newArray(nResults);
            nResultsMajorpixel = newArray(nResults);
            nResultsAreapixel = newArray(nResults);
            for (q=0; q<nResults; q++) {
                nResultsXpixel[q] = getResult('X',q);
                nResultsYpixel[q] = getResult('Y',q);
                nResultsMajorpixel[q] = getResult('Major',q);
                nResultsAreapixel[q] = getResult('Area',q);
            }
            Xpixel[i] = Xpixel[0];
            Ypixel[i] = Ypixel[0];
            Majorpixel[i] = Majorpixel[0];
            MaxnResultsArea[i] = 0;
            for (q=0; q<nResults; q++) {
                if((nResultsXpixel[q]>XWidth*0.1 && nResultsXpixel[q]<XWidth*0.9) &&
(nResultsYpixel[q]>YHeight*0.1 && nResultsYpixel[q]<YHeight*0.9)) {
                    if(nResultsAreapixel[q]>=MaxnResultsArea[i]) {
                        Xpixel[i] = nResultsXpixel[q];
                        Ypixel[i] = nResultsYpixel[q];
                        Majorpixel[i] = nResultsMajorpixel[q];
                        MaxnResultsArea[i] = nResultsAreapixel[q];
                    }
                }
            }
            makeOval(Xpixel[i]-Majorpixel[i]*BlurArea*0.5,Ypixel[i]-
Majorpixel[i]*BlurArea*0.5,Majorpixel[i]*BlurArea,Majorpixel[i]*BlurArea);
            run("Gaussian Blur...", "sigma="+GaussianSigma+" slice");
            selectWindow(Title);
        }
    }
    run("Clear Results");
    for (i=0; i<n; i++) {
        setResult("X", i, Xpixel[i]);
        setResult("Y", i, Ypixel[i]);
        setResult("Major", i, Majorpixel[i]);
        setResult("Area", i, MaxnResultsArea[i]);
    }
    updateResults();
    selectWindow(Title);
    run("Select None");
    setSlice(1);
}

macro "Save As AVI (JPEG, 30fps)" {      //ほかした画像を AVI 形式の動画として書き出すマクロ
    run("AVI...", "compression=JPEG frame=30");
}

```

図1 虹彩へのぼかし処理

これらの動画を ImageJ に取り込む必要がある。ImageJ が取り込むことのできる動画は、現在のバージョンでは、AVI 形式で無圧縮の状態か JPEG 形式で圧縮されたものに限定されている。最初のマクロプログラム「macro “AutoThreshold”」は、取り込んだ動画を二値化し、瞳孔の部分のみを認識できるようにする前処理である。虹彩の模様に対するぼかし処理は、次のマクロプログラム「macro “Blur the iris pattern”」で行う。このマクロプログラムの 1 行目と 2 行目の「Gaussian-Sigma」と「BlurArea」の値を変更することで、ぼかしの程度と範囲を変更することができる。二値化される領域は瞳孔以外にも出現する可能性があるため、二値化された領域の中から辺縁ではなく面積が最大のものを瞳孔として認識するように設定している。瞳孔を認識後は、瞳孔の中心座標を基準に瞳孔長軸の 2 倍の円領域を自動設定し、その内部にガウスぼかしを行う。これらの一連の処理は、動画のすべてのフレームに対して連続して自動的に行われる。ぼかし処理の終了後は、「macro “Save As AVI (JPEG, 30 fps)”」を用いて、AVI 形式の動画 (JPEG 圧縮, 30 フレーム毎秒) として保存する。

今回の検討では、まず、この虹彩にぼかし処理を行うマクロプログラムを用いて、筆者が被験者となった眼球反対回旋運動の動画に対して、段階的に σ を 1～5 段階に変更してぼかし処理を行った動画を作成した (図 2)。次に、ぼかし処理を行った動画それぞれについて、3 DVOG を行い回旋成分を解析した (図 3)。そして、回旋成分の

解析結果から、虹彩の模様が解析困難となる σ を検討した。

結 果

図 2 に示すように、眼球反対回旋運動の動画に対して、今回のマクロプログラムを用いることによって、虹彩に対して段階的にぼかし処理を行うことが可能であった。これらの動画に対して、3 DVOG で回旋成分の解析を行った結果、図 3 のように、 σ が 4 以上では解析精度を保つことができなくなっており、虹彩の模様が判別困難な状態にぼかすことが可能であった。一方、 σ が 4 以上のぼかし処理を行って作成した動画でも、解析した波形は著しく歪んでいるが、回旋の方向自体は概ね記録できており、学会のビデオ演題等で供覧することは十分可能と考えられた。

考 察

改正個人情報保護法について、医療関連分野では「医療・介護関係事業者における個人情報の適切な取り扱いのためのガイダンス⁸⁾」(以下、医学関連分野ガイダンス) が示されている。この中で、個人情報が研究に活用される場合、憲法上の基本的人権である「学問の自由」の保障への配慮から「大学その他の学術研究を目的とする機関等が、学術研究の用に供する目的をその全部又は一部として個人情報を取り扱う場合については、法による義務等の規定は適用しないこと」とされている。ただし、医学関連分野ガイダンスの Q&A⁹⁾ では、「医学研究分野に関しては、『人を対象とする医学系研究に関する倫理指針』など医学研究に関する指針が策定されており、これらの指針に該

図2 眼球反対回旋運動の動画に対する虹彩への段階的なぼかし処理

T : 回旋成分 (TR : 眼球の上極が右, TL : 眼球の上極が左)

図3 ぼかし処理を行った動画に対して3 DVOGを行い、回旋成分を解析した結果

当する研究は、当該指針の内容に従う必要があります」とされている。一方、この「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」¹⁰⁾では、個人情報および匿名加工情報について、「研究者等及び研究機関の長は、個人情報、匿名加工情報及び非識別加工情報の取扱いに関して、この指針の規定のほか、個人情報保護法、行政機関個人情報保護法、独立行政法人等個人情報保護法及び地方公共団体において制定される条例等を遵守しなければ

ならない」と記載されていることから、医学研究分野においても今回の改正個人情報保護法に適切に対応していくことが必要であると考えられる。また、医学関連分野ガイダンスでは、「当該機関等は、自主的に個人情報の適正な取扱いを確保するための措置を講ずること」が求められており、「当該学会発表等が学術研究の一環として行われる場合には、学会等関係団体が定める指針に従うこと」とされていることから、学会としても改正

個人情報保護法に対応した措置や指針が必要となる可能性がある。

個人情報の匿名化と学会や学術誌での発表については、医学関連分野ガイダンスにおいて、「特定の患者・利用者の症例や事例を学会で発表したり、学会誌で報告したりする場合等は、氏名、生年月日、住所、個人識別符号等を消去することで匿名化されると考えられる」と記載されている。個人識別符号の消去について、匿名加工情報は「特定の個人を識別することができないように個人情報を加工し、当該個人情報を復元できないようにした情報」と定義され、「個人識別符号の全部を削除すること（当該個人識別符号を復元することのできる規則性を有しない方法により他の記述等に置き換えることを含む。）」とされている。この中で「特定の個人を識別することができない」及び「復元することができないようにしたもの」の何れも、匿名加工情報に関する「パーソナルデータの利活用促進と消費者の信頼性確保の両立に向けて¹¹⁾」では、「一般人及び一般的な事業者の能力や手法等を基準として判断されるものであり、例えば、スーパーコンピュータのような高度な機能を有する資源を利用したり、高度なハッキング・スキルを利用したりする等のあらゆる手法によって特定や復元を試みたとしてもできないというように、技術的側面から全ての可能性を排除することまでを求めるものではない」とされている。この点については、医学関連分野ガイダンスで「顔写真については、一般的には目の部分にマスキングすることで特定の個人を識別できないと考えられる」と記載されていることにも一致する。また、「復元することのできる規則性を有しない方法」という点については、「あくまで、置換え後の記述等から元の個人情報の記述等への変換の規則性を有しない方法を意味し、記述等を置き換えるための規則性を有しないことまで求めるものではない」とされている。以上から、今回行った虹彩をぼかす処理も、一般的には特定の個人を識別することはできない技術であり、変換後から元の個人情報へ戻す規則性は有しないことから匿名加工にあたると思われる。

虹彩をぼかす処理について、ImageJを用いたマクロプログラムでは、動画の中の瞳孔中心座標を基準に円領域を設定し、その内部にぼかし処理

を自動的に行うようにした。赤外線 CCD/CMOS カメラや VOG で保存した眼振の動画は、通常、1 秒間に 30 枚の画像が連続して繋がっている。これらの連続する画像の一つ一つに対して、虹彩のぼかし処理を手作業で行った場合、その労力は非常に煩雑で膨大なものになるが、今回のようなプログラムを利用すれば、作業はすべて自動化されるため、虹彩をぼかした動画を容易に作成することができる。

虹彩をぼかす処理が、個人を識別できないレベルまで行うことができたかどうかについては、ぼかす程度を 5 段階に分けた動画を作成し、それぞれの動画について 3 DVOG を行い、回旋成分の精度を比較することで検討した。ガウスぼかしの程度が弱い状態では、ぼかし後の動画であっても、回旋成分の波形はぼかし前と同程度の解析結果となったが、ガウスぼかしの σ を 4 以上にすると、ぼかし後の動画では回旋成分の波形は大きく歪み、解析の精度を保つことはできなくなった。ImageJ を用いた 3 DVOG では、虹彩紋理のパターンマッチングを行うことで回旋成分の解析を行っており、解析の精度が保てないことは、パターンマッチングが正確にできていないことを意味する。従って、解析精度を保てない σ 4 以上のぼかし処理であれば、個人を識別するレベルの虹彩の情報は削除できていると考えた。

学会や学術誌において、虹彩がはっきりわかる画像が供覧されていることについて、斉藤は、セキュリティとプライバシーに問題があることを指摘し、虹彩の模様を加工することを提案している¹²⁾。個人情報保護法が改正された現在、学会や学術誌において、今後、虹彩が明瞭に映った画像を扱う場合には、今回検討したような VOG の解析精度を保てないレベルのぼかし処理によって虹彩に匿名加工を施すが必要になると考えた。

まとめ

1. 個人情報保護法の改正により、赤外線 CCD/CMOS カメラや VOG で観察される虹彩紋理が、その情報単体でも個人情報に該当する「個人識別符号」の一つに定義された。

2. 赤外線 CCD/CMOS カメラや VOG の映像を学会や学術誌などで発表する場合には、個人情報保護の観点から、虹彩の模様に対して匿名加工を施すことが必要となると考えられるため、今

回、画像処理ソフトウェア ImageJ を用いて、虹彩にぼかし処理を行う方法を検討した。

3. 眼球反対回旋運動の動画に対して、虹彩に段階的にガウスぼかし処理を行った結果、 σ が 4 以上では、VOG の解析精度を保つことができなくなっており、虹彩の模様を判別困難な状態にぼかすことが可能であった。

4. 学会や学術誌において、今後、虹彩が明瞭に映った画像を扱う場合には、VOG の解析精度を保てないレベルのぼかし処理によって虹彩に匿名加工を施すことが必要になると考えた。

文 献

- 1) 個人情報の保護に関する基本方針（平成28年10月28日一部変更）個人情報保護委員会ホームページ：https://www.ppc.go.jp/files/pdf/290530_personal_basicpolicy.pdf
- 2) 個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン（通則編）（平成29年3月一部改正）個人情報保護委員会ホームページ：https://www.ppc.go.jp/files/pdf/guidelines_01.pdf
- 3) 「個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン」及び「個人データの漏えい等の事案が発生した場合等の対応について」に関する Q & A（平成29年5月30日更新）個人情報保護委員会ホームページ：<https://www.ppc.go.jp/files/pdf/kojouhouQA.pdf>
- 4) 個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン（匿名加工情報編）（平成29年3月一部改正）個人情報保護委員会ホームページ：https://www.ppc.go.jp/files/pdf/guidelines_04.pdf
- 5) 池田卓生, 橋本 誠, 山下裕司: ImageJ を用いた眼振解析とその表示, Equilibrium Res 68: 92-96, 2009
- 6) 池田卓生: 眼球運動の三次元解析. JOHNS 32: 5-7, 2016
- 7) 池田卓生: 3 DVOG の臨床応用. Equilibrium Res 76: 40-42, 2017
- 8) 医療・介護関係事業者における個人情報の適切な取り扱いのためのガイダンス（平成29年4月14日）個人情報保護委員会ホームページ：https://www.ppc.go.jp/files/pdf/iryoukaigo_guidance.pdf
- 9) 「医療・介護関係事業者における個人情報の適切な取扱いのためのガイダンス」に関する Q&A（事例集）（平成29年5月30日）個人情報保護委員会ホームページ：https://www.ppc.go.jp/files/pdf/iryoukaigo_guidance_QA.pdf
- 10) 人を対象とする医学系研究に関する倫理指針（平成29年2月28日一部改正）厚生労働省ホームページ：<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10600000-Daijinkanboukouse-ikagakuka/0000153339.pdf>
- 11) 匿名加工情報 パーソナルデータの利活用促進と消費者の信頼性確保の両立に向けて（2017年2月）個人情報保護委員会ホームページ：https://www.ppc.go.jp/files/pdf/report_office.pdf
- 12) 齊藤 晶: 虹彩についての心配事: Equilibrium Res 65: 466-467, 2006

利益相反に該当する事項はない。