

特集で紹介する画像処理一覧

吉田 大海

表1 静止画基礎

| 番号 | 項目 | 詳細 |
|-----|------------------|------------------------------|
| 1-1 | YIQ変換のY画像(グレー画像) | 画像をモノクロにする |
| 1-2 | BGRの入れ替え | 画像のカラー・チャンネルを入れ替えて色を変える |
| 1-3 | バイアス調整 | 画素値を加算・減算して明るさを調整する |
| 1-4 | 上下反転 | 画像の上下を反転、画像を逆さにする |
| 1-5 | 左右反転 | 画像の左右を反転、画像を鏡合わせにする |
| 1-6 | ニアレスト・ネイバー補間(拡縮) | 画像の大きさを自由に変更する(画素値をそのまま使用する) |
| 1-7 | バイキュービック補間(拡縮) | 画像の大きさを自由に変更する(高精度な画素値推定をする) |
| 1-8 | BGR適用処理 | 画像処理を、B、G、R画像ごとに適用する |

特集で紹介する画像処理を一覧表にしました。特集ではステレオ画像に対して画像処理を施しています。この画像処理プログラムのベースは、本誌2017年5月号特集「新・画像処理101」で紹介したものです。当時は、ステレオ画像ではなく、1枚の画像に対して処理を施していました。今回紹介するプログラム、画像処理技術は、ステレオ画像でも1枚画像でも使えます。

特集ではステレオ・カメラで取得したステレオ画像をダウンロードして、皆さんの手元で画像処理を試せるように準備してあります。

第2部 第1章 静止画基礎処理グループ

表1に示す静止画基礎処理グループでは、一般的なデジタル画像への処理において、最も基本的な処理を取り扱っています。具体的にはモノクロ化、左右や上下への反転、大きさの変更や簡単な色変換です。もちろん、これらの処理はステレオ・カメラの画像処理においても基礎になります。

そもそも画像は画素の集合体ですが、画像処理は画素にどんな操作を施して実現しているのでしょうか。本グループは実際の画像処理として役立つだけでな

表2 濃淡値

| 番号 | 項目 | 詳細 |
|-----|------------|------------------------------------|
| 2-1 | セピア・カラー | 画像をノスタルジックなセピア色に変更する |
| 2-2 | ソラリゼーション | トーン・カーブを複数回、急激に曲げて「濃淡値の差」を強調、画像化する |
| 2-3 | 輝度反転 | 画素値を反転する(白は黒に、黒は白に変化する) |
| 2-4 | ガンマ補正 | 画素値分布をガンマ変換で操作し、明るさを滑らかに調整する |
| 2-5 | ノイズ付加 | 画像にざわざわとしたノイズを任意強度で加える |
| 2-6 | 折れ線トーン・カーブ | 画素値分布を直線で制御し、明るさを大きく調整する |
| 2-7 | ヒストグラム描画 | 画素値分布を画像化し、どんな明るさの画素がどのくらいあるかを表示する |

く、後から紹介するあらゆる画像処理の基礎技術が詰まっています。

第2部 第2章 濃淡値処理グループ

表2に示す濃淡値処理グループは、画素値を数式などで変化させる処理の総称です。明るさの調整はその代表的な処理です。暗く撮影されて見にくくなった画像は、コントラストが上がるように明るさを調整すると見やすくなります。また、画像のコントラストを改善することで、人間だけでなく機械による認識精度の向上も期待できるため、前処理として導入されます。

もちろんステレオ・カメラ画像に与える影響も大きく、処理の前後には多くの場合で立体感の変化を感じられることでしょう。あるいは逆に、劇的に画素値が変化したにもかかわらず、立体感が全く変化しない処理例もあります。立体感とは何かを経験的に理解する助けとしても濃淡値処理グループは効果的です。

また、セピア・カラー処理のように、ステレオ画像をノスタルジックなカラーに変えて、立体視でその世界を楽しむというユニークな遊びができるのも、本処理グループならではの点でしょう。

表3 しきい値

| 番号 | 項目 | 詳細 |
|-----|--------------|-------------------------------------|
| 3-1 | 任意のしきい値で2値化 | 画像を2値(白と黒)化する |
| 3-2 | 判別分析法 | 画素値ヒストグラムを2クラスに分けるしきい値を見つけて画像を2値化する |
| 3-3 | モード法 | 画素値ヒストグラムから谷を見つけ、そこをしきい値にして画像を2値化する |
| 3-4 | P-タイル法 | 画素値ヒストグラムを任意の面積で分けるように画像を2値化する |
| 3-5 | レベル・スライス2値化法 | 画素値ヒストグラムから白にする区間を選んで画像を2値化する |
| 3-6 | 局所平均2値化法 | ローパス・フィルタでぼけた画像をしきい値面として画像を2値化する |

第2部 第3章 しきい値処理グループ

表3に示すしきい値処理グループは、明るさや画像の特徴を基準として、画像を白と黒の2値に変える処理を取り扱います。白黒に変更されたステレオ・カメラ画像をVRゴーグルでのぞくと、まるで異世界に居るような不思議な光景を見せてくれます。しきい値によってその立体感も変化するので、画像によってはトライ・アンド・エラーが楽しくなります。

しきい値処理は、ただ面白いだけではありません。画像の白と黒を真と偽へと読み替えると、これが画像判定処理の1つであることが分かります。ステレオ画像の特徴分析をして、一定基準(しきい値)を満たす領域のみを抽出(白や黒)するような高度な画像処理を行う場合、しきい値処理の利用が不可欠です。

第2部 第4章 空間フィルタリング1 …ローパス・フィルタ・グループ

近傍画素同士で演算する処理を空間フィルタリングと呼びます。表4に示すローパス・フィルタはその一種です。ローパス・フィルタ・グループの処理は、デジタル画像から低周波成分を抽出するために用いられます。低周波成分とは、画素値の変化がなだらかな領域を指します。

ここで紹介するフィルタのタイプによって、この「画素値の変化がなだらか」の定義が変わってきます。具体的には、画像を縦方向に見ていくと変化がなだらか…、注目画素の周囲がなだらか…などです。

多くの場合、ローパス・フィルタの出力結果はぼやけた画像に見えるでしょう。ローパス・フィルタはしばしば、画像処理ではノイズ除去や主要な特徴の抽出に用いられます。

ステレオ画像において、フィルタ処理後に残った低周波成分はどんな意味を持つのか、言い換えれば高周波成分を失ったらどんな意味を持つのか、そして、立

表4 ローパス・フィルタ

| 番号 | 項目 | 詳細 |
|-----|------------|-----------------------------------|
| 4-1 | 平均値フィルタ | 画素値を局所的な平均値に置き換えてぼかす |
| 4-2 | ガウシアン・フィルタ | 平均値フィルタにガウス分布の重みづけをしてぼかす |
| 4-3 | 1方向平滑化フィルタ | 画素値を1方向のみの平均値に置き換えて「1方向に」ぼかす |
| 4-4 | 中央値フィルタ | 画素値を局所的な中央値に置き換えてノイズのような外れ値を除去する |
| 4-5 | 最大値フィルタ | 画素値を局所的な最大値に置き換えて、暗さをつぶして明るさを強調する |
| 4-6 | 最小値フィルタ | 画素値を局所的な最小値に置き換えて、明るさをつぶして暗さを強調する |

体視した際にどのように見えるのか…各処理の解説と出力結果を見ながら、理解を深めましょう。

第2部 第5章 空間フィルタリング2 …ハイパス・フィルタ・グループ

近傍画素同士で演算する処理を空間フィルタリングと呼びます。表5に示すハイパス・フィルタはその一種です。ハイパス・フィルタ・グループの処理は、デジタル画像から高周波成分を抽出するために用いられます。高周波成分とは、画素値の変化が急な領域を指します。具体的には、モノとモノの境界、輪郭などです。

この「画素値の変化が急」という定義は、フィルタのタイプによって変化します。具体的には、画像を縦方向に見たら変化が急…、注目画素の周囲の変化が急…などです。

多くの場合、ハイパス・フィルタの出力結果は、画像から輪郭線を取り出したように見えるでしょう。ハイパス・フィルタは画像処理において、特徴の抽出などに用いられますが、ステレオ画像においても大きな意味を持ちます。特に立体感との関わりは密接です。ぜひ適用結果を立体視して、その効果を確認してみましょう。

第2部 第6章 モルフォロジー演算グループ

表6に示すモルフォロジー演算グループは、集合演算を使用した画像処理です。その用途はノイズ除去、領域の抽出と消去、輪郭検出、簡易的なパターン・マッチングと多岐に渡ります。しかし、その基礎となる処理は、最小値フィルタまたは最大値フィルタと似たシンプルな処理であり、これらをパズルのように組み合わせることで複雑な処理を達成します。

この画像処理は、ステレオ画像に対しても有用で、立体感に対する影響も大変興味深いものがあります。

特集 ステレオ画像の画像処理

表5 ハイパス・フィルタ

| 番号 | 項目 | 詳細 |
|------|-------------------|---|
| 5-1 | 平均値フィルタとの差分 | 平均値フィルタでぼかした画像と入力画像の差(輪郭やテクスチャ)を出力する |
| 5-2 | ハイパス・フィルタ(ガウシアン) | ガウシアン・フィルタでぼかした画像と入力画像の差(輪郭やテクスチャ)を出力する |
| 5-3 | ソーベル・フィルタ(垂直) | 縦方向の変化と横方向のガウシアン平滑化で横の輪郭を滑らかに出力する |
| 5-4 | ソーベル・フィルタ(水平) | 横方向の変化と縦方向のガウシアン平滑化で縦の輪郭を滑らかに出力する |
| 5-5 | プリューウィット・フィルタ(垂直) | 縦方向の変化と横方向の平滑化で横の輪郭を滑らかに出力する |
| 5-6 | プリューウィット・フィルタ(水平) | 横方向の変化と縦方向の平滑化で縦の輪郭を滑らかに出力する |
| 5-7 | ロバーツ・フィルタ(垂直) | 左上から右下方向に伸びる輪郭を出力する |
| 5-8 | ロバーツ・フィルタ(水平) | 右上から左下方向に伸びる輪郭を出力する |
| 5-9 | 1次微分(垂直) | 縦方向の1次微分(差分)から横の輪郭を出力する |
| 5-10 | 1次微分(水平) | 横方向の1次微分(差分)から縦の輪郭を出力する |
| 5-11 | 2次微分(垂直) | 縦方向の2次微分(2回差分)から横の輪郭を挟むように出力する |
| 5-12 | 2次微分(水平) | 横方向の2次微分(2回差分)から縦の輪郭を挟むように出力する |
| 5-13 | ラブラシアン | 縦横の2次微分を組み合わせたラブラシアンで縦横の輪郭を挟むように出力する |
| 5-14 | 鮮鋭化 | ハイパス・フィルタ(ガウシアン)を入力画像に付加して輪郭強調を行う |
| 5-15 | 自己商画像 | ローパス・フィルタによるボケの大きさを基準に2値化し、輪郭情報を出力する |

表6 モルフォロジー演算

| 番号 | 項目 | 詳細 |
|-----|-------------|---------------------------------|
| 6-1 | ダイレーション | 画像の明るさを膨張させて明るさを拡大(暗さを縮小)させる |
| 6-2 | エロージョン | 画像の明るさを収縮させて明るさを縮小(暗さを拡大)させる |
| 6-3 | オープニング | エロージョン後にダイレーションし、画像の小さな明るい領域を消す |
| 6-4 | クローズング | ダイレーション後にエロージョンし、画像の小さな暗い領域を消す |
| 6-5 | ホワイト・トップハット | 入力画像とオープニングの差分により小さな明るい領域を出力する |
| 6-6 | ブラック・トップハット | 入力画像とクローズングの差分により小さな暗い領域を出力する |

例えばモルフォロジー演算による領域消去で建物の一部が消失したとき、その立体感はどうなるか、奥行きが増すのか、妙な立体感を維持するのか、そして処理のパラメータを変えると立体感はどう変わるのか…。日常では見られない風景を楽しめるでしょう。

表7 応用

| 番号 | 項目 | 詳細 |
|------|--------------|-------------------------------------|
| 7-1 | ポストリゼーション | 画素値の強度レベルを荒くすることで、手描きポストのような色に変化させる |
| 7-2 | 局所フラクタル次元 | 局所的なフラクタル次元を使用し、画像のテクスチャ分布を画像化する |
| 7-3 | 鉛筆画風変換 | 画像を鉛筆画風に変える。立体視すると立体鉛筆画になる |
| 7-4 | ヒストグラム平坦化処理 | 画素値ヒストグラムの分布が均等になるようコントラストを調整する |
| 7-5 | モザイク画像処理 | 画像にモザイクをかけたように変化させる |
| 7-6 | ポスター風画像処理 | 画像をポスター風画像のように変換する |
| 7-7 | レベル表示画像処理 | 何かの特徴画像を強度ごとに色分けして表示する |
| 7-8 | バイアス消去処理 | 画像から全体の平均値を減算して、画素値の強弱を画像化する |
| 7-9 | マスキング処理 | 2枚の画像を合成する。ここではステレオ画像の視野外を消去する |
| 7-10 | 簡単なインベインティング | 画像内にユーザが任意に白色で指定した欠損をもっともらしく修復する |
| 7-11 | HDR化処理 | 画像の色・明るさの幅(ダイナミック・レンジ)を高精度に強調する |
| 7-12 | 色相(H画像)変換処理 | 画像の「ここは何色か」を画像化する |
| 7-13 | 彩度(S画像)変換処理 | 画像の「ここはどのぐらい色鮮やかか」を画像化する |
| 7-14 | 輝度(V画像)変換処理 | 画像の「ここはどのぐらい明るい」を画像化する |

第2部 第7章 応用処理グループ

表7に示す応用処理グループは、複数の画像処理を組み合わせて実現した処理や、運用がややテクニカルになる処理を集めた上級者向けのグループです。その分だけ、特定の処理は出力結果が極めてユニークです。特にステレオ画像において独創的な世界が広がります。

例えば、画風変換に該当する鉛筆画風変換、ポスター風画像処理は、立体視するとイラストの世界に没入したような感覚を体験できるでしょう。近年はVRゴーグルの普及によって仮想空間を立体的に鑑賞する体験は身近になりましたが、その仕組みに触れたり、自分でコードをアレンジして創造するという体験は、2021年現在でもまだ珍しいのではないのでしょうか。

第2部 第8章 ハーフトニング処理グループ

表8に示すハーフトニングは、白と黒の2値のみで濃淡を表現する手法です。具体的なイメージとしては、コミック本や週刊誌のモノクロ・イラストが挙げ

表8 ハーフトーンニング

| 番号 | 項目 | 詳細 |
|-----|---------------------------|--|
| 8-1 | ホワイト・ノイズ生成処理 | 画像の濃淡表現を2値のホワイト・ノイズで表現する |
| 8-2 | ディザ法 (パターン・バイヤー型) | バイヤー型のパターンを使って濃淡表現を2値で行う |
| 8-3 | ディザ法 (パターン・ハーフトーン型) | ハーフトーン型のパターンを使って濃淡表現を2値で行う |
| 8-4 | ホワイト・ノイズ平滑化 | 各種ハーフトーン処理によって2値化された画像を多値画像に変換する |
| 8-5 | ディザ法 (誤差拡散: フロイド・スタインバーグ) | 画素を2値化したときの誤差を、フロイド・スタインバーグの誤差拡散パターンで2値化する |
| 8-6 | ディザ法 (誤差拡散: パークス) | 画素を2値化したときの誤差を、パークスの誤差拡散パターンで2値化する |

られます。もし手元にあるならイラストをじっくりと確認してみてください。一見するとグレーの濃淡があるように見えますが、注意深く見ると白と黒の2値のみであり、その粗密を変化させてグレーっぽく表現していることが分かります。

2値のハーフトーンニングでグレーを表現するメリットは、グレーよりも情報量が削減される点、印刷結果がプリンタの性能差を受けにくいという点です。では、ステレオ画像をハーフトーンニングして立体視すると、どんな世界が広がるのか…白と黒で疑似的に濃淡が表現された世界を、この処理でのぞいてみましょう。

第2部 第9章 ステレオ特殊処理グループ

表9に示すステレオ特殊処理グループは、ステレオ画像への使用が想定された処理を中心に集めたグループです。例えば視差情報を可視化したり、消去したりします。

中でもステレオ画像に何か画像処理を施した際に、視差情報がどのように変化したのかを可視化できる視差情報評価画像は、2021年現在において最新の画像処理手法の1つです。この処理はステレオ画像を画像処理すると元の立体感が何が起きるかを確認できるという点で、ステレオ画像処理全体の検証に有用な処理の1つと言えるでしょう。

表9 ステレオ特殊

| 番号 | 項目 | 詳細 |
|-----|------------------|---|
| 9-1 | 左右個別処理 | ステレオ画像の左半分と右半分で適用する処理を変える |
| 9-2 | 視差情報消去処理 (右側複製) | ステレオ画像の右半分側を左半分に複製し、視差を消去する |
| 9-3 | 視差情報消去処理 (左側複製) | ステレオ画像の左半分側を右半分に複製し、視差を消去する |
| 9-4 | 視差情報表示処理 | ステレオ画像の左半分と右半分の差である視差を出力する |
| 9-5 | 視差情報評価画像 | 画像処理したステレオ画像の「視差情報」を3つの項目で評価する |
| 9-6 | α ブレンディング | 2枚の画像を均等に合成する。ステレオ画像では「2重の立体感」を持つ |
| 9-7 | ハイブリッド・ステレオ・イメージ | ハイブリッド・イメージで合成されたステレオ画像。裸眼立体視でのみトリック・アートになる |

また、 α ブレンディングやハイブリッド・ステレオイメージは、通常のデジタル画像にも適用可能な処理ですが、ステレオ画像に適用して立体視すると同じ箇所に2つの立体感が存在するという極めて特殊な光景を観測できます。特殊処理としてグループ化されたこの処理を、ぜひ試してみましょう。

プロログでは プロの漫画家が立体漫画に挑戦!

視差情報画像とハイパス・フィルタを手掛かりに、漫画家の大和ケイスケ先生がステレオ画像からの立体漫画作成に挑戦します。キャラクタ・モデルはタレントの太神 陽さん(ミュージエンタープライズ)です。

画像処理の観点から漫画の構図や視差を分析し、立体漫画作成の指針やその課題を洗い出します。漫画としてデフォルメされたステレオ画像をのぞくとどんな世界が広がるのか…新たなエンターテインメントの可能性に迫ります。

よしだ・ひろみ

広がる世界
立体漫画
メガネ
立体視の環境
開発
静止画
基礎
濃淡値処理
しきい値処理
ローパス・フィルタ
ハイパス・フィルタ
モルフオロジー演算
応用処理
トーンニング
ステレオ