

協調型進化計算による画像処理フィルタの設計

小野 智司[†] 前田 浩志[†] 中山 茂[†]

[†] 鹿児島大学大学院 理工学研究科 情報生体システム工学専攻

E-mail: †{ono,sc105050,shignaka}@ibe.kagoshima-u.ac.jp

あらまし ユーザとシステムとが協調して最適化を行う協調型進化計算を用いて、画像処理フィルタを設計する方式を提案する。本方式を利用することで、探索の序盤に専門家によるフィルタ構造の設計を行い、探索の中盤以降にシステムが詳細な構造や閾値の調整を行うような探索が可能となる。逆に、探索の序盤から中盤にかけてシステムがフィルタを自動的に設計することで、利用者の発想を支援し、探索の終盤に利用者がフィルタ構造を手動で調整することも可能となる。

キーワード 組合せ最適化, 対話型進化計算, 画像処理フィルタ設計, 遺伝的アルゴリズム

1. はじめに

進化計算を用いた画像処理の自動設計手法が提案されている [1]。この手法は未知の画像処理フィルタを既知の基本的な画像処理 (基本フィルタ) の組み合わせで表現することで目的の画像処理を近似する。この手法を用いることで、画像処理フィルタを自動的に設計することが可能となるものの、探索の過程で専門家のヒューリスティクスを利用することで、より高品質な画像処理フィルタを作成できると考える。

本研究では、探索の過程で利用者とシステムが役割を動的に調整できる協調型進化計算方式を用いて、画像処理フィルタを設計する方式を提案する。本方式は、対話型進化計算 (Interactive Evolutionary Computation: IEC) [2] と非対話型進化計算 (Non-IEC) の融合による協調型進化計算 [3] に基づいており、利用者の評価値を事例ベース推論 (Case-Based Reasoning: CBR) を用いて予測することで、利用者による評価の労力を最小限に抑えつつ、利用者のヒューリスティクスを利用した画像処理フィルタの設計が期待できる。

2. 提案する方式

2.1 概要

本方式では解候補の再生成と評価の役割分担を、利用者とシステムとの間で動的に調整することで、利用者の要望に応じた様々な協調による最適化を可能とする。例を以下に示す。

- 1) 探索の序盤は解候補の編集と評価を手動で行い、中盤以降は Non-IEC により自動で探索を行う。利用者が対象とする問題に対して十分な知識と経験を持つ場合、利用者による手動のフィルタ構造の編集により有望な探索の集中化を行うことで、望ましい解を早期に発見できると考える。

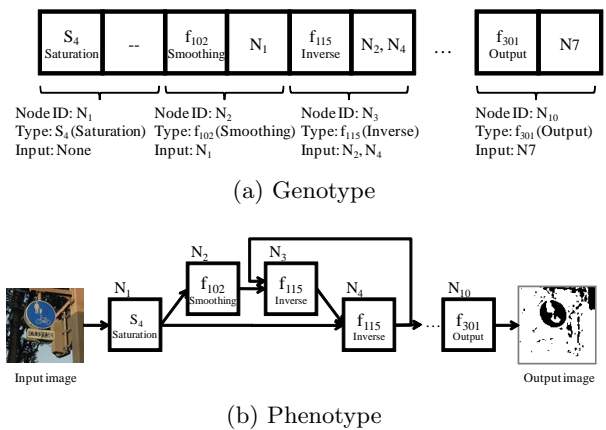


図 1 Genotype と Phenotype

- 2) 序盤は自動で探索を行い、中盤以降は利用者の手で解候補の編集と評価を行う。利用者が対象問題に対して十分な知識や経験を持たない場合、ある程度探索が収束し、画像処理のふるまいが理解できたところで手動で編集と評価を行う利用方法が考えられる。
- 3) 基本的に自動で探索を行い、利用者が必要と思ったタイミングで、編集や評価を行う。理想とする画像処理の入出力は明確であるが、利用者がフィルタの構造を把握することが困難な場合、好ましいフィルタを選択することで評価を行う。

2.2 最適化問題への定式化

解候補である画像処理フィルタの Genotype と Phenotype を図 1 に示す。Genotype を構成する遺伝子は一つ基本フィルタに対応しており、遺伝子を識別するための ID, 基本フィルタの種類, 画像処理の際に使用するパラメータ, 入力元の ID の 4 種類の情報で構成される。遺伝子の情報は交叉・突然変異だけでなく、利用者が操作することも可能である。

表現型である Phenotype は、基本フィルタをエッジで

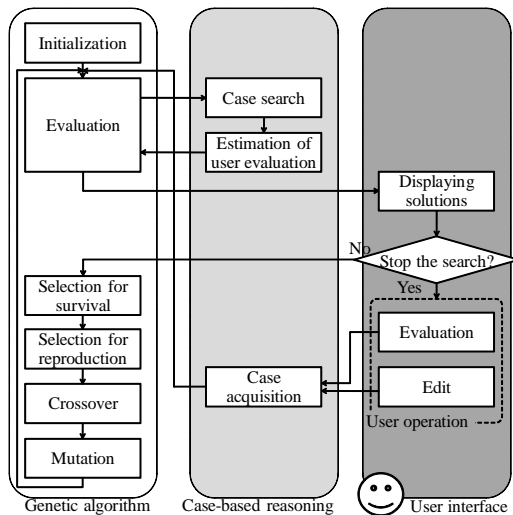


図2 提案する方式の構成と処理手順

結んだ有向グラフで表現され、原画像に適用することで、画像処理を行うことが可能である。基本フィルタの機能やエッジの接続関係、パラメータは Genotype をもとに決められる基本フィルタは、処理の際に入力できる最大画像数により、0 入力フィルタと 1 入力フィルタ、2 入力フィルタに大別され、入力された画像を矢印に沿った順序で処理することで画像処理が行われる。

フィルタを画像に適用する際は、あらかじめ決められた回数の画像変換の後、出力ノードから処理結果を得る。この画像変換の回数をステップ数とよぶ。1 回のステップでは、各基本フィルタが直近の基本フィルタから画像が出力されているかを確認する。もし画像が得られればその画像を処理した結果を出力し、画像がなければ何もしない。2 入力フィルタにおいて一方からのみ画像が得られる場合は、画像処理を行わず入力画像を直接出力する。フィルタを構成する全ての基本フィルタに対して、この処理を行い 1 ステップを終了する。

解候補 C の評価値 $F(C)$ は、出力画像と目標画像の類似性 $Q(C)$ と利用者による評価値 $P(C)$ の 2 つの観点から算出する [4]。 $w^{(p)}$ は利用者による評価値を重視する度合いを表す重みである。

$$F(C) = (1 - w^{(p)}) \cdot Q(C) + w^{(p)} \cdot P(C) \quad (1)$$

2.3 処理手順

提案する方式の構成および処理手順を図 2 に示す。本方式は、利用者による中断の指示がない場合は、Non-IEC 探索を行い続ける。事例ベース内に事例が存在する場合は、事例を用いて利用者の評価値を予測して適応度の計算に用いる。また、各世代の解候補を利用者に提示する。

利用者は提示された解候補を観察し、有望な解候補が生成された場合や、気に入らない解候補ばかりが生成される場合に、探索の中断を指示し、任意の個数の解候補に評価値を付与する。また、利用者は解候補を直接編集することもできる。評価値を付与された解候補および直

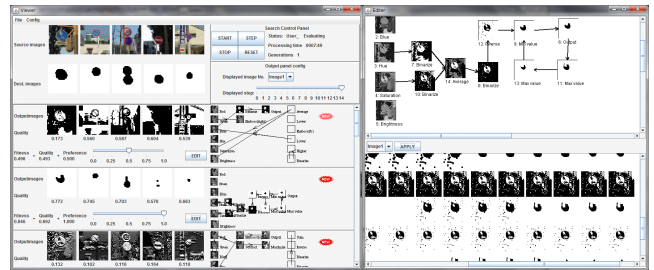


図3 提案する方式の画面構成

接編集された解候補は、事例として事例ベース内に保存され、以後の探索で利用される。一度事例ベース内に保存した解候補は、任意の時点で評価値を変更することが可能である。

2.4 インタフェース

提案する方式のユーザインタフェースは、図 3 に示すように、進化計算部における解候補の表示と編集ウィンドウからなる。解候補の表示・編集ウィンドウでは、利用者は解候補の詳細を知ることができ、探索の実行、探索の中断を指示することができる。また、探索を中断した際は、任意の解候補の評価値を付与することができるほか、各画像処理フィルタの詳しい処理内容の参照や、ノードの種類、エッジの接続関係などを変更することも可能である。利用者によって画像処理フィルタを直接編集された解候補の評価値は自動的に最も高い値が設定される。利用者により評価値が付与された解候補および編集が行われた解候補は、探索を再開した際に事例として事例ベースに格納される。

3. おわりに

協調型進化計算を用いて画像処理フィルタを設計する方式を提案した。本方式は、コンピュータによる自動設計において専門家の持つヒューリスティクスを動的に採用する試みの一つである。今後は、協調型進化計算の探索性能の改善を図るとともに、実用的な画像フィルタを基本フィルタとして採用し、より現実的な問題への適用を試みる。

文 献

- [1] 長尾智晴, “画像工学における EC の動向”, 第 1 会進化計算フロンティア研究会, pp.9-16, 2009.
- [2] 高木英行. IEC 研究の最近の話題. 進化計算シンポジウム CD-ROM 予稿集, 2008.
- [3] Ono, S., Nakayama, S.: ”Fusion of Interactive and Non-Interactive Evolutionary Computation for Two-Dimensional Barcode Decoration”, IEEE World Congress on Computational Intelligence, pp. 2570-2577 (2010).
- [4] 前田 浩志, 小野 智司, 中山 茂: ”画像処理フィルタ設計問題における対話型・非対話型進化計算の融合”, 進化計算シンポジウム 2010 講演予稿集, pp.22-29 (2010).