

Title	対話型グリッドレイアウト生成システム
Author(s)	石橋, 賢; 宮田, 一乗
Citation	日本感性工学会論文誌, 13(1): 7-16
Issue Date	2014
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12900
Rights	Copyright (C) 2014 日本感性工学会. 石橋賢, 宮田一乗, 日本感性工学会論文誌, 13(1), 2014, 7-16. ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は日本感性工学会に帰属します。本著作物は著作権者である日本感性工学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに関連法規に従うことをお願いいたします。 Notice for the use of this material The copyright of this material is retained by the Japan Society of Kansei Engineering (JSKE). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the JSKE. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Relevant statutes if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof.
Description	

対話型グリッドレイアウト生成システム

石橋 賢, 宮田 一乗

北陸先端科学技術大学院大学

Interactive Grid Layout Generation System

Ken ISHIBASHI and Kazunori MIYATA

Japan Advanced Institute of Science and Technology, 1-1 Asahidai, Nomi-shi, Ishikawa 923-1292, Japan

Abstract : We present an interactive grid layout generation system using Interactive Evolutionary Computation (IEC). A grid layout is a basic and simple layout, but making it becomes tedious work as the number of grids increases. Our grid layout generation system allows users to easily and quickly obtain a favorite grid layout with just a few operations. We have implemented a collage image generating application using our grid layout generation system. Through several experimental evaluations utilizing our implemented application, we affirmed that our proposed grid layout generation system enables novice users to easily and quickly produce their desired grid layouts in less than 40 seconds. This proposed system is useful for not only Japanese but also foreigners. In addition, we believe that the fitness function based on the visual features is effective for the proposed system.

Keywords : *Grid layout, Interactive evolutionary computation, Photo collage*

1. はじめに

近年では、DTP (Desktop Publishing) が一般化したことにより、多くの人々がポスターやウェブサイトなどを制作できる環境が整っている。あるコンテンツを制作するには、適切なデザインの要素 (レイアウト、配色、画像、フォントや文字など) を選択し、それらを組み合わせなければならない。1つのデザインの要素であっても膨大な候補が存在し、その中から適切な候補を選択するだけでも大変な労力を費やす。さらに、デザインの要素の組合せまで考慮すると、コンテンツ制作は困難を極める。上記の課題に対して、従来研究では、フォトコラージュやウェブサイトなどの制作支援システムが提案されている [1-7]。これらの手法は、簡便にコンテンツを制作できる反面、自動生成やランダム生成を用いるためユーザの持つ感性 (美的感覚や好み) をコンテンツに反映することが難しい。そのため、個人々が持つ感性に沿った多様かつ独創的なコンテンツの創出が妨げられる。本研究では、フォトコラージュやウェブサイト制作においても必要不可欠なデザインの要素であるレイアウトに着目し、上記の感性に関する課題の解決を目指す。特に本研究では、使用頻度が高いことから、グリッドレイアウトを対象とする。

グリッドレイアウトは、基本的なレイアウトであり、ポスターやウェブサイト制作などで多用されている。しかしながら、所望するレイアウトが抽象的な場合、一から手作業で制作することが難しく、グリッドレイアウトの組合せは、パネル数 (分割数) の増加に伴い膨大になる。そこで、テンプレートの利用が解決策として考えられる。しかしながら、ユーザの所望するレイアウトを幅広く提供するには、多量のテンプレートを準備しなければならない。そこで、対話型進化計算

(Interactive Evolutionary Computation: IEC) を導入したグリッドレイアウト生成システムを提案する。提案するシステムは、ユーザの所望するレイアウトが抽象的な場合でも、ユーザの感性を反映させ、簡便かつ迅速にユーザの所望するグリッドレイアウトを生成する。このシステムにより、一般のユーザの持つ創造性や独創性を活かして、好みのグリッドレイアウトを生成でき、多様なグラフィックデザインでの活用が期待できる。

2. 関連研究

先行研究では、グリッドレイアウトに関する研究 [1-4] や、フォトコラージュ [5-7]、ウェブサイト制作 [8]、マンガ [9, 10] を対象としたレイアウト生成に関する様々な手法が提案されている。また、IEC を利用したデザイン支援システムも提案されている。本章では、レイアウトに関する先行研究および、IEC を用いたデザイン支援に関する研究について述べる。

2.1 レイアウトに関する研究

先行研究において、グリッドレイアウトを生成する手法が提案されている [1-4]。これらの手法では、使用する画像のアスペクト比に基づき、最適なグリッドレイアウトが自動で生成される。また、フォトコラージュ生成のためのレイアウト生成手法 [5-7] は、美しいコラージュを生成できるものの、そのレイアウトはフォトコラージュに特化しており、汎用性が低い。ウェブサイト制作手法 [8] は、対話形式でレイアウトを変更できるものの、所望するレイアウトが不明瞭な場合は、変更作業が困難になると考えられる。マンガのレイアウト生成手法 [9, 10] は、マンガ特有のレイアウトパターンしか生成することができない。以上のように、従来手法では

直接的にユーザの要求をレイアウトに反映させることが困難であり、各コンテンツに特化したレイアウト生成手法であるため、汎用的な手法とは言い難い。

一方、提案するシステムは、ユーザのレイアウトに対する評価（感性）に基づきレイアウトを生成するため、直接的にユーザの要求をレイアウトに反映できる。また、1つのコンテンツに限定することなく、様々なコンテンツ生成に利用できるため、従来手法と比べて汎用性が高いシステムである。

2.2 IECを用いたデザイン支援手法に関する研究

先行研究では、ウェブサイトデザイン [8], ユーザインターフェースデザイン [11], 画像効果の編集 [12], 絵画調画像生成 [13], そしてフォント探索 [14] などのデザイン支援手法にIEC手法が採用されている。IECは、複数の候補をユーザに提示し、その中からユーザの好みに基づき候補を評価するだけで、ユーザの要求に沿った候補を生成できる。すなわち、デザインの知識や技術を必要とせず、ユーザの所望するコンテンツを生成できる。また、ユーザの所望するコンテンツが抽象的である場合や、候補選択中に所望するコンテンツの特徴が変化する場合にも対応できるメリットがある。

提案するシステムでは、このメリットを活かして、ユーザの所望するグリッドレイアウトを生成する。IECをグリッドレイアウトの生成に適用したシステムは、ほとんど報告されておらず、デザインの基本的な要素を扱うことから、汎用的なシステムとして、コンテンツ生成に関する他研究への貢献が期待できる。

3. グリッドレイアウト生成のための対話型進化計算

本章では、提案するシステムに利用するIEC手法について説明する。ここでは、開発の負担軽減を目的としたデータ構造の定義および、IEC手法のアルゴリズムについて述べる。

3.1 データ構造の定義

先行研究におけるグリッドレイアウトは、それが再帰構造の特徴を持つことから、しばしば木構造データとして扱われる [1-3, 10]。IECで木構造を用いる場合、木構造を入れ替えることで、多様なグリッドレイアウト候補の生成が期待できる。しかしながら、木構造データは、通常の配列データに比べてデバッグ時のデータの確認が難しい。それに対して本研究では、二分木データの採用と配列データへの変換処理を行った。二分木データは、その特徴から配列データへの変換も可能になり、開発の負荷が軽減される。図1に、提案手法におけるグリッドレイアウトのデータ構造の一例を示す。

図1上部は二分木データと変換後の配列データの構造、下部はそのデータとグリッドレイアウトとの関係を示す。図1上部のHおよびVが非端末ノードのデータであり、それぞれ横分割、縦分割の命令を示す。T_iがi番目の端末ノードのデータを示し、Eは、空データを表す。非端末ノードのデータは、分割するパネルの左上の座標 (x, y) とサイズ (w, h)

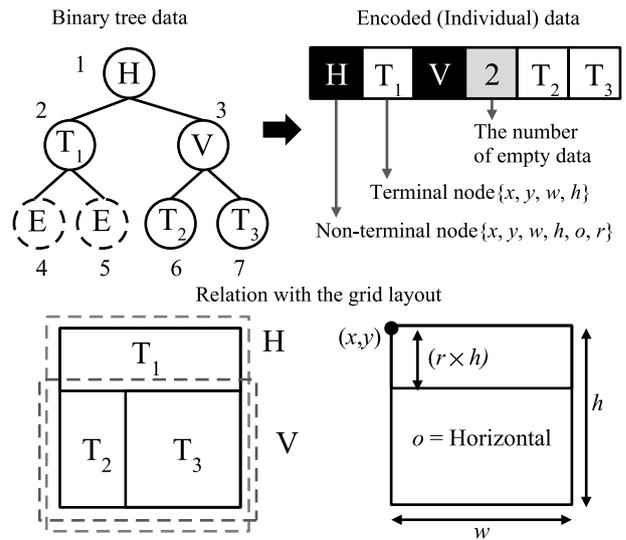


図1 グリッドレイアウトのデータ構造の一例

(wは横幅, hは縦幅を示す), 分割の方向o, そして分割の割合rで構成される。端末ノードのデータは、パネルの座標 (x, y) とサイズ (w, h) で構成される。また、変換後の配列データ内の数値は、木構造データを保つための空データ数を示す。

3.2 グリッドレイアウト生成のためのIGP

提案手法では、IEC手法として対話型遺伝的プログラミング (Interactive Genetic Programming: IGP) を採用する。IGPは、木構造を利用したIEC手法であり、先行研究では、特徴的な模様生成 [15, 16] や複数の画像フィルタを組み合わせた画像効果処理 [17] などに用いられている。しかしながら、グリッドレイアウトとは用途が大きく異なるため、従来手法を流用することはできない。ここで、提案手法におけるIGPアルゴリズムの流れを説明する。また、表1に、本IGPのパラメータと遺伝的操作を示す。

STEP1. 初期集団の生成 IGPにおけるグリッドレイアウト候補を生成するための個体は、図1右上部の配列データのように、非端末ノードおよび端末ノードのデータ、そして空データ数によって構成される。最初のステップとして、ランダムで初期集団を生成する。まず、非端末ノードのデータである分割の方向oと割合rをランダムで設定する。分割の割合rの設定時には、乱数の範囲を [0.1, 0.9], [0.2, 0.8], [0.3, 0.7], そして [0.4, 0.6] とする。あるパネルが半分に分割される場合、r = 0.5 となる。これを中心に左右に0.1ずつ異なる乱数

表1 IGPのパラメータと遺伝的操作

個体数	エリート数	選択手法
18	2	ルーレット選択 ランキング選択 +エリート選択
交叉手法	交叉率	突然変異率
一点交叉 一様交叉	1.0	0.3

対話型グリッドレイアウト生成システム

の範囲を設定することで、多様なパターンを生成しつつ、上下左右のレイアウトのバランスを維持する効果が期待できる。初期集団の1/4 ずつの個体生成に、各乱数の範囲が適用される。次に、生成された非末端ノードの子ノードとして2つの末端ノードが自動生成される。そして、それらの末端ノードからランダムで1つノードを選択し、それを次の非末端ノードとする。この時、再度乱数を利用して o と r の値が設定される。この処理を、グリッドレイアウトの分割数だけ繰り返す。初期集団が生成されると、各個体はパネルの均一性に基づきソートされる。例えば、ある個体のすべてのパネルが同一サイズの場合、その個体は最上位の候補として提示される。これにより、初期集団に多様なレイアウト候補が含まれつつ、ユーザの初期選択が容易になると考える。

STEP2. グリッドレイアウト候補の提示 グリッドレイアウトの候補は、各個体に基づき生成される。提案するシステムでは、各個体は適応度の高い順にソートされ、一度に9個の候補を提示する。実装したアプリケーションでは、個体数が9個を超える場合、候補提示画面のボタン操作により残りの個体を確認できる。

STEP3. ユーザの評価 ユーザは、すべてのグリッドレイアウト候補から、所望のグリッドレイアウトに近い候補を1つ選択する。この評価方式は、ユーザの評価が毎回反映されるためIECの解探索が高速化される [18]。ここで、ユーザが所望するグリッドレイアウトが見つければ、終了とする。

STEP4. 個体の選択 本研究では、基本的な選択手法であるルーレット選択とランキング選択を採用した [19]。両手法ともに、確率的選択手法であり、前者は個体の適応度に基づく確率分布、後者は適応度のランキングに基づく確率分布が用いられる。また、これらの手法とエリート選択を併用する。提案手法のIGPでは、ユーザがSTEP3で選択した候補をエリートAとして、それを除く候補から最も適応度の高い候補をエリートBとして選択する。IECの解探索は収束しやすい特性があるた

め、多様性を維持する工夫が必要である。そこで、ランダムで生成した遺伝子により新たに1個体生成する。すなわち、エリート個体が2個体、ランダム個体が1個体、そして確率的選択手法により選択される個体は、(個体数-3) 個体となる。ただし、エリートAは確率的選択手法では選ばれないものとする。

STEP5. 交叉処理 本研究では、基本的な交叉手法である一点交叉法と一様交叉法を採用した [19]。一点交叉の場合、従来手法と同様の交叉処理を行うと、ある一部分のみ深い木構造が構築される「Bloat」と呼ばれる問題が発生する [20]。また、フォトコラージュやウェブサイトのレイアウトでは、使用するパネル数が決まっている場合もあるため、分割数を固定することが望ましい。そこで、図2に示す手法を用いる。

まず、交叉対象となる2個体で、浅い木構造を持つ個体の交叉点をランダムで決める。図2の例では、親1が親2より浅い構造になる。同様に、深い木構造を持つ個体の交叉点をランダムで決める。ただし、交叉点により生成されたサブツリーの非末端ノード数は、浅い木構造の個体と同等である制限を設ける。図2の場合、サブツリー1の非末端ノード数は1で、赤色の点線で示されるようにサブツリー2では非末端ノード数が2となる。この場合、最も深い非末端ノードは、末端ノードとして扱われ、交換対象としない。すなわち、赤色の実線で示される2つのサブツリーが実際の交換対象となる。なお、サブツリー2で交換対象とならなかった非末端ノードとその子ノードは、交換後に再結合する。

一様交叉は、交叉対象となる2個体を比較し、木構造上で同一の位置に存在する非末端ノードを見つける。同一位置に非末端ノードがある場合、50%の確率でその非末端ノード同士が交換される。図3の例では、点線の非末端ノードが同一の位置にあり、50%の確率で交換される。

交叉対象となる個体は、エリートAとSTEP4で選択された個体から選択される。上記の手法により、「Bloat」の問題は回避され、グリッドレイアウトの分割数も固定できる。

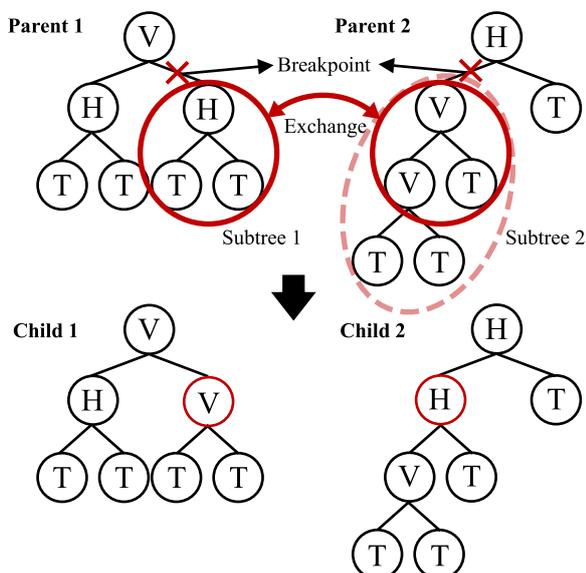


図2 一点交叉の例

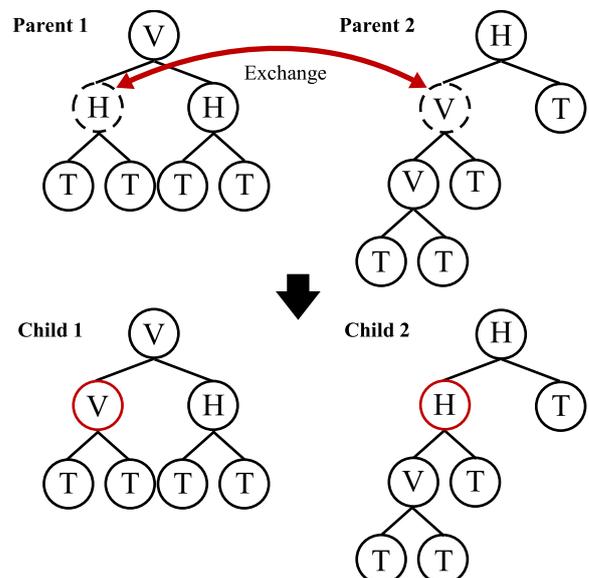


図3 一様交叉の例

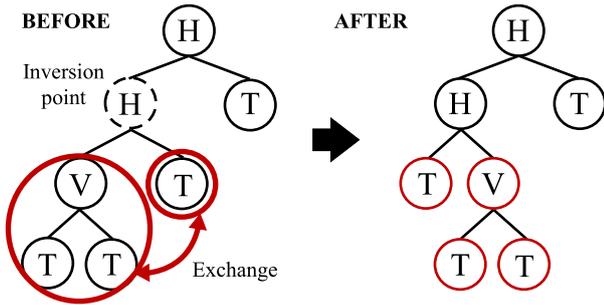


図4 逆位の例

STEP6. 突然変異 突然変異の処理では、非末端ノードのデータを持つ遺伝子が、一定の確率で異なる値に変更される。変更される値は、分割の方向 o と割合 r である。分割の割合 r の乱数の範囲は、多様性を保つために最大の範囲となる $[0.1, 0.9]$ に設定した。また、逆位処理を導入する。逆位処理は、1個体でノードを交換する処理である。逆位により IGP の多様性が保たれ、急速な探索収束を防ぐ役割が期待できる。図4に逆位の例を示す。

まず、ランダムで1つの非末端ノードが逆位点として選択される。次に、選択された非末端ノードの左右の子ノードを交換する。図4の場合、点線の非末端ノードが逆位点であり、赤線で示す2つの子ノードが交換対象となる。

3.3 適応度関数

IGPでは、選択処理や候補を並び替えるために、適応度を定義する必要がある。適応度は、ユーザの評価と密接に関連している。本研究では、一般の人々が有する評価基準である視覚的類似性に着目した。ここでは、視覚的類似性に基づく適応度関数について述べる。先行研究では、各パネルの位置とサイズを用いてグリッドレイアウトの情報を定義している [21, 22]。また、人間の網膜中には、明暗に反応する桿体という視細胞があり、網膜中心部を除くほぼ全域に分布しており、大脳視覚皮質中には、線方向に選択的に反応する特徴検出機構があることが知られている [23]。これらの構造上、明度および線方向は重要な視覚特性であり、視覚的類似性にも大きく影響すると考えられる。

上記の考えに基づき、次のように適応度関数を定義する。適応度 F は、グレースケールに変換したグリッドレイアウト画像のピクセル情報を比較して算出する。具体的には、分割線の位置情報の差 (f_1)、明度の差 (f_2)、垂直方向の分割線数の差 (f_3)、パネルサイズの差 (f_4)、そして分割線の長さの差 (f_5) と重み付けパラメータ $w_i (i=0, 1, \dots, 5)$ により、式(1)のように定義される。

$$F = 1.0 - \sum_{i=1}^5 w_i f_i \quad (1)$$

ここで、 F は $[0.0, 1.0]$ の範囲の値を取り、高い値ほどユーザが選択したグリッドレイアウトに類似した候補であることを示す。提案手法における重み付けパラメータは、経験的に $w_i = \{0.3, 0.4, 0.1, 0.1, 0.1\} (i = 0, 1, \dots, 5)$ に設定した。次に、各 f_i の算出方法を述べる。

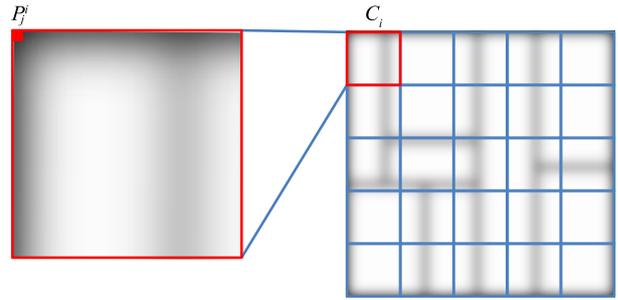


図5 適応度算出における画像分割の例

視覚的類似性には個人差があるため、具体的な情報より抽象的な情報として定義することが望ましい。また、単純にグリッドレイアウトをピクセル値で比較した場合、分割線の位置が少し異なるだけで、適応度が低く算出される可能性もある。そこでまず、すべてのグリッドレイアウト画像にガウシアンフィルタを適用し、各画像のピクセル値を平滑化する。次に、図5の青枠のように $N \times N$ のセルに等分割する。赤枠は、1つのセルの拡大図であり、各セルのピクセル値を用いて、 f_1 と f_2 を算出する。なお、分割するセルの数は、経験的に $N=5$ に設定した。ピクセル単位ではなく、セル単位で分割線の位置情報を算出するため、分割線の位置情報に少しの差がある場合でも、同一の位置情報と見なすことができる。また平滑化処理により分割線が幅を持つため、セルの区分け線上に分割線が存在する場合でも、いずれかのセルの位置情報だけに分割線の情報が強く反映されることなく、両方のセルに分割線の情報が反映される。

f_1 は、2つのグリッドレイアウトにおける対応するセルの差分の平均値であり、式(2)より算出する。これは、分割線が存在する位置情報の差分を表す。

$$f_1 = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{N^2} |c_i^{opt} - c_i^{comp}| \quad (2)$$

$$c_i = \sum_{j=1}^{wh/N^2} p_j^i$$

ここで、 c_i は i 番目のセルのピクセル値の合計であり、 opt はユーザが選択したグリッドレイアウト、 $comp$ は他のグリッドレイアウト候補を示す。 p_j^i は i 番目のセルの j 番目のピクセル値であり、 w と h はグリッドレイアウトの幅と高さである。なお、ピクセル値は $[0.0, 1.0]$ の範囲の値を取る。

f_2 は、2つのグリッドレイアウトの明度の差であり、式(3)より算出する。なお、各項は式(2)と同一の意味を示す。

$$f_2 = \left| \sum_{i=1}^{N^2} c_i^{opt} - \sum_{i=1}^{N^2} c_i^{comp} \right| \quad (3)$$

f_3 は、垂直方向の分割線の数に基づき式(4)で算出される。

$$f_3 = |V^{opt} - V^{comp}| / (V^{opt} + H^{opt}) \quad (4)$$

ここで、 V は垂直方向の分割線の数であり、 H は水平方向の分割線の数を示す。

対話型グリッドレイアウト生成システム

f_4 は、各パネルサイズに基づき式(5)で算出される。なお、事前処理として、グリッドレイアウトのすべてのパネルをサイズの降順でソートしておく。

$$f_4 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M |s_i^{opt} - s_i^{comp}|, \quad (5)$$

$$s_i = w_i h_i / wh$$

ここで、 M はパネルの数であり、 s_i はグリッドレイアウトの面積に占める*i*番目のパネル面積の割合を示す。また、 w_i および h_i は*i*番目のパネルの横幅と高さを意味する。

f_5 は、垂直方向および水平方向の分割線の長さに基づき式(6)により算出する。

$$f_5 = \frac{\left(\frac{|l_v^{opt} - l_v^{comp}|}{h} + \frac{|l_h^{opt} - l_h^{comp}|}{w} \right)}{(V^{opt} + H^{opt})} \quad (6)$$

ここで、 l_v は垂直方向の分割線の長さの合計値であり、 l_h は水平方向の分割線の長さの合計値を示す。

4. アプリケーションの概要

本章では、上記のIGPを用いた対話型グリッドレイアウト生成システムについて述べ、そのシステムを導入したフォトコラージュアプリケーションについて説明する。

4.1 対話型グリッドレイアウト生成システム

提案するシステムは、以下の2つのモードで構成される。

候補モード (図6(A))：上述したIGPを用いてグリッドレイアウトの候補を提示するモードであり、候補選択を繰り返すことで、ユーザの所望するグリッドレイアウトを生成する。ここで、図6(A)の赤色の候補は、現在選択中の候補であり、青色の候補は適応度が候補中で最大のものを表す。なお、すべての候補は適応度の高い順にソートされている。

編集モード (図6(B))：分割線の位置や方向、全体のサイズを対話式のユーザインターフェース(UI)で自由に調整できるモードであり、ユーザの要求を直接的に反映させることができる。なお、分割線上でのダブルクリック操作により、

分割線の方向を変更することができる。

まず、候補モードでユーザの所望するグリッドレイアウトに近い候補を選択する。次に、編集モードで分割線や全体のサイズを調整する。さらに、編集モードで候補を修正した後、再度候補モードを利用することもできる。この場合、修正済みの候補が選択中の候補となるため、候補モードで新たにグリッドレイアウト候補を生成するとその特徴が反映される。仮に、候補モードで提示される候補が所望のレイアウトと大きく異なった場合でも、編集モードを用いて所望のグリッドレイアウトに近づけ、再度候補モードで新しい候補を生成することで、効率良く候補を絞り込むことができる。

4.2 フォトコラージュアプリケーション

本研究におけるフォトコラージュとは、複数の画像を規定の領域内に配置して作成した画像のことを指す。現在では、PCやスマートフォンのフォトコラージュ自動生成アプリケーションが公開されており、ウェブログやソーシャルネットワークワーキングサービス上でも個人制作のコラージュ画像が多く見られる。そこで、提案するグリッドレイアウト生成システムの有効性を検証するため、提案するシステムを導入したフォトコラージュアプリケーションを実装した。図6に、そのアプリケーション画面を示す。

図6(C)は、フォトコラージュに使用する画像を追加または削除する画面であり、図6(D)は、最終的なフォトコラージュを提示する画面、そして図6(E)は、後述する評価実験用の画面である。本アプリケーションは、グリッドレイアウト生成システムを用いて、所望のグリッドレイアウトを生成し、フォトコラージュ用の画像を選択した後、自動的に結果提示画面にてフォトコラージュが生成される。結果提示画面では、画像および分割線の位置の変更と、画像の入れ替えができる。フォトコラージュを自動生成する場合、画像の切り取り領域の指定と各パネルへの画像の割当て処理が必要となる。次に、フォトコラージュの生成処理について述べる。

4.3 フォトコラージュの生成処理

ここでは、画像の切り取り領域の指定方法と各パネルへの画像の割当て方法について述べる。先行研究では、切り取り領域を決定するために、顕著度マップ[24]と顔認識を併用

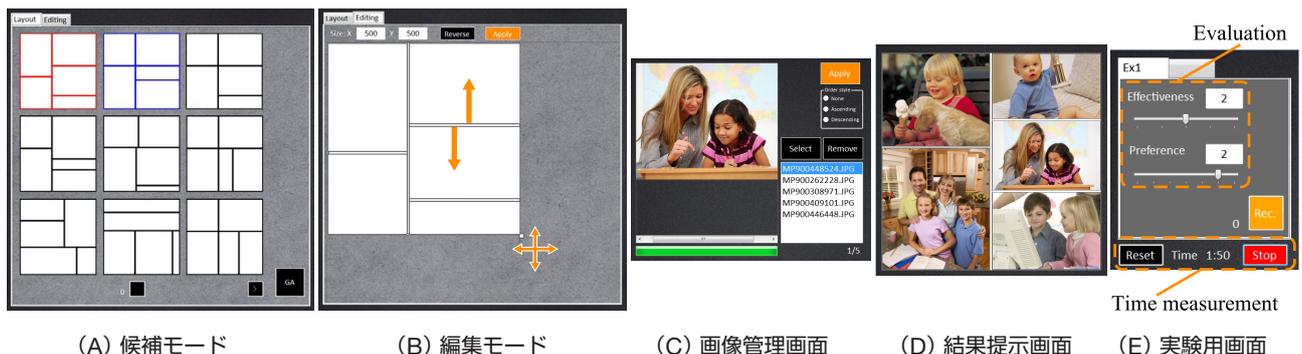


図6 フォトコラージュアプリケーションのスクリーンショット

した手法が用いられている [1-3, 5, 7, 9, 10]. 顕著度マップは、画像の注目領域を示す画像であり、前景抽出技術として利用される。高い顕著度を示す領域は、人間が注目しやすい領域であり、画像上で重要な領域とみなせる。本研究では、高速かつ精度の高いヒストグラムに基づく手法 [24] により顕著度マップを作成し、高い顕著度を示す矩形領域を抽出する。図7に、その抽出の流れを図示する。

まず、顕著度マップを作成する。次に、設定した閾値により二値化処理を行い高い顕著度の領域を決める。ここで、高い顕著度を示す領域が複数あることが想定されるため、メディアンフィルタによりノイズを除去した後、ラベリング処理により複数の矩形領域候補を検出する。画像の中心に位置するオブジェクトは、特に重要な領域である可能性が高いため、画像の中心座標と、各矩形領域候補の中心座標とのユークリッド距離を算出し、最小値となる矩形領域候補を利用する。顕著度マップに用いる閾値は、経験的に80, 120, 240に設定した。閾値が高いほど、高い顕著度となる領域が小さくなる。本研究では、各画像で3つの閾値を用いて抽出された矩形領域を格納する。

また、被写体が人間である場合、顔領域も重要な領域となる。本研究における重要領域は、上記で抽出された矩形領域と顔領域で構成された領域とする。なお、顔領域の指定にはOpenCVを用いた。画像の切り取り領域は、重要領域を基に決定される。重要領域を確保しつつ、画像情報を最大限に活かすためには、重要領域から縦または横方向にパネル形状に合わせて領域を拡張する方法が考えられる。図8に、画像切り取りのための重要領域と拡張可能な領域の例を示す。

図8左図では、顔領域と高い顕著度の矩形領域（赤色の実線で囲まれる領域）により、重要領域（緑色の破線で囲まれる領域）が決定される。拡張可能な領域は、重要領域に基づき図8右図のように R_v （垂直方向の拡張可能領域）および R_h （水平方向の拡張可能領域）として存在する。画像の割当ての際に、対応するパネルの形状に沿うように上下または左右均等に領域を拡大して切り取り領域 R を決定する。

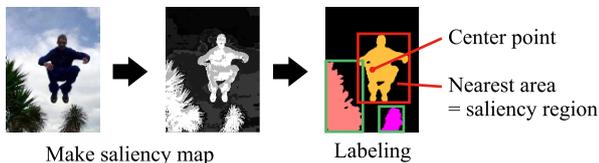


図7 高い顕著度を示す矩形領域抽出の流れ

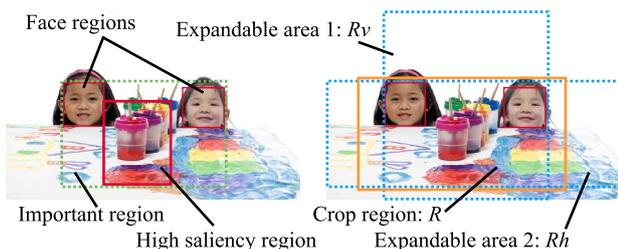


図8 画像切り取りのための重要領域と拡張可能領域

各パネルへの画像の割当て処理には、文献 [3] のペナルティ関数 P を採用する。 P は式 (7) により算出される。

$$P = \sum_{i=1}^N \max \left(\log \left(\frac{A(Rh_i)}{A(R_i)} \right), \log \left(\frac{A(Rv_i)}{A(R_i)} \right), 0 \right) \quad (7)$$

ここで、 $A(R)$ は切り取り領域の面積、 $A(R_v)$ と $A(R_h)$ がそれぞれ水平方向と垂直方向の拡張可能領域の面積を表す。この値が0に近づくほど、拡張可能領域とパネルの形状が類似していることを示す。すなわち、画像情報をなるべく保った状態で画像が割り当てられる。パネルと画像のすべての組合せを計算する場合、パネル数と画像数の増加に伴い、計算量が膨大になる。そこで、 $6! = 720$ の組合せパターンを重複なしのランダムでサンプリングして計算回数の制限を設ける。3つの異なる閾値を用いるため、 $6! \times 3 = 2160$ 回に制限する。

5. 評価実験

本章では、フォトコラージュアプリケーションを用いた評価実験の詳細と手順および、その結果について述べる。本研究の評価実験は、提案するシステムの体験からの評価および、システムを用いて生成されたフォトコラージュへの評価により、グリッドレイアウト生成システムの有効性を検証する。

5.1 実験の詳細

本評価実験の詳細は、次のとおりである。

被験者: 日本の大学院生10名（女性1名、男性9名）とオーストラリアの大学院生10名（女性2名、男性8名）計20名が実験に参加した。なお、日本の学生はすべて日本人であり、オーストラリアの学生の国籍（非日本人）は未調査である。年齢は、オーストラリアの学生1名のみが30代で、残りはすべて20代である。

実験機材・環境: 実験には、液晶ディスプレイ（FlexScan M1950-R：画面サイズ19インチ、解像度1280x1024）とPC（Intel Core i7 2.3GHz, 8GB RAM）または、それと同等性能の機材を用いた。なお、ディスプレイの設定は、色温度6500K、コントラスト50、輝度は30に設定した。被験者とディスプレイとの距離は任意としたが、約40cm～50cmの範囲であった。フォトコラージュ生成に用いる画像は、不快な感情を与えないことを考慮して、Microsoft®のクリップアートから、人物画像15枚、風景画像15枚を準備した。日本とオーストラリアの学生の半数が人物画像、残りの学生が風景画像を用いて実験を行った。

実験の評価項目: 本評価実験では、グリッドレイアウト生成システムの有効性（評価項目1）と生成されたフォトコラージュの結果画像の好み（評価項目2）に関する2つの評価項目を設けた。評価項目1は、ユーザの所望するグリッドレイアウトに近い候補が効果的に提示されたかを示し、 $[0, 4]$ の範囲の5段階評価を用いた。また、評価項目2は、 $[-3, 3]$ の範囲の

対話型グリッドレイアウト生成システム

表2 評価項目の詳細

評価項目1	評価項目2
0 = "Not at all effective"	-3 = "Very bad"
1 = "Slightly effective"	-2 = "Bad"
2 = "Somewhat effective"	-1 = "Slightly bad"
3 = "Very effective"	-0 = "Acceptable"
4 = "Extremely effective"	-1 = "Slightly good"
-	-2 = "Good"
-	-3 = "Very good"

7段階評価を採用した。表2に各評価項目の詳細を記す。評価項目2では、0を妥協できる結果として、それを基準に評価してもらうように事前に説明した。すなわち、0以上であれば、最低限ユーザの好みの結果が提示されたことを示す。

5.2 実験の手順

評価実験を始める前に、被験者に実装したアプリケーションの操作方法について説明した。まず、被験者は提案するグリッドレイアウト生成システムにより所望するグリッドレイアウトを生成する。制限時間は2分とし、2分経過した場合は、そのときに選択中の候補を利用してもらった。ただし、グリッドレイアウトのサイズは、500×500ピクセルに固定した。次に、生成したグリッドレイアウトと予め準備しておいた15枚の画像を用いて、4.2節の方法によりフォトコラージュを自動生成する。最後に、システムの有効性とフォトコラージュの好みを図6(E)の画面から評価する。

先行研究では、平均13枚の画像を用いてフォトコラージュを制作している[1]。また、パネル数が少ない方が、視認性が高くなるため、システムの有効性の評価に適していると考えられる。上記の理由より、本実験のパネル数は、5, 10, 15に設定した。被験者一人当たりの実験回数は12回とし、パネル数ごとに選択処理（ルーレット選択またはランキング選択）と交叉処理（一点交叉または一様交叉）の4種類の組合せでそれぞれ実験した。なお、表3では選択処理と交叉処理の組合せをIDで表記している。組合せIDは、P1がルーレット選択と一点交叉、P2がルーレット選択と一様交叉、P3がランキング選択と一点交叉、P4がランキング選択と一様交叉の場合である。実験時には、P1～P4の順番に組合せ手法が自動で切り換わる。被験者には、操作方法、制限時間、評価項目、実験回数に関する情報のみを教示しており、手法の違いに関わるすべての情報は教示していない。

5.3 実験結果と考察

本評価実験では、4.2節の2つの評価項目に加えて、グリッドレイアウト生成における操作時間、候補の選択操作の回数、分割線の移動操作の回数、そして分割線方向の変更操作の回数をそれぞれ記録した。表3にその結果を、図9に被験者が生成したフォトコラージュの例を示す。

表中の太字は、すべての組合せで最も良い結果を示した数値である。なお、各値は、各組合せで取得された60データ

表3 評価実験の結果

組合せID	P1	P2	P3	P4
評価項目1	2.85	2.35	2.35	2.43
評価項目2	1.90	1.15	1.03	1.10
時間(秒)	39.73	47.23	42.60	43.12
選択操作	2.83	3.48	4.40	3.47
移動操作	3.52	4.18	4.20	3.82
変更操作	0.20	0.20	0.20	0.30

の相加平均である。評価項目1と2では、P1が最も良い結果を示している。同様に、操作時間および各操作回数についても、最も良い結果となっている。また、P1の統計的検定結果¹では、評価項目1と2でP2～P4すべての組合せとの間に有意差があり、時間の項目でもP2との間に有意差が認められた。したがって、提案するグリッドレイアウト生成システムでは、ルーレット選択と一点交叉の組合せが有効であると言える。P1の評価項目1の結果は2.85、評価項目2の結果は1.90であることから、提案するシステムが、効果的に候補を提示し、フォトコラージュアプリケーションによりユーザの好みのコラージュ画像を生成できたことが確かめられる。さらに、約6.5回程度の操作回数かつ40秒以内で、所望のグリッドレイアウトを生成できる。先行研究では、平均16分の作業時間でフォトコラージュを制作している[1]。平均40秒以内でグリッドレイアウトを生成できるという結果から、画像の選択や配置および画像位置の調整を考慮しても、十分に短時間で生成できることが分かる。その他の組合せIDのすべての項目では、実験結果に明らかな差は見られない。したがって、ルーレット選択または、一点交叉単体が有効であるのではなく、その両者の組み合わせにより解探索の収束性と多様性のバランスが巧妙に維持された点が良い結果に繋がったと言える。加えて、本評価実験によって、提案するシステムの有効性が示されたことから、視覚特性に基づき定義した適応度関数が提案するシステムに有効だったと推測できる。

5.4 様々な要素が実験結果に及ぼす影響

本評価実験では、組合せ手法の提示順序、写真の内容やトリミング手法の効果などがユーザの評価に影響すると考えられる。本節では、それぞれの要素が実験結果に及ぼす影響について議論する。

組合せ手法の提示順序：組合せ手法は、P1～P4の順に自動で切り換わる。一般的なアプリケーションでは、使用回数が増えるほどユーザが操作に慣れるため、組み合わせ手法が切り換わるにつれて操作時間が短縮される可能性が高いと考える。また、グリッドレイアウトを形状情報として捉えた場合、一定の矩形内に複数のパネルが敷き詰められているため、異なるレイアウトであっても、大きく形状が変化することは

¹ 本研究におけるすべての統計的検定値は、Studentのt検定により算出した。なお、有意水準 $\alpha=0.05$ とする。



図9 フォトコラージュの例

ない。その点で、ある刺激に反復して接触することで、その刺激への好意度が高まる現象（単純接触効果 [25]）も想定できる。本評価実験結果において、この効果の影響があれば、組合せ手法が切り換わるにつれて評価項目2の結果が高い値を示す可能性が高いと考える。それにもかかわらず、表3においてP1が最良の結果を示していることから、上記の点を考慮しても、P1が最も適した組合せ手法であると言える。

写真の内容とトリミング手法の効果など：本評価実験では、前述のとおり、自然の風景や笑顔の写真など不快な感情を与えない写真を採用している。そのため、写真の内容がユーザの評価を下げる可能性は低いと考える。トリミング手法については、本手法と類似した手法が提案され、その手法を利用したフォトコラージュ画像の結果も良好である [1-3, 5, 7, 9, 10]。したがって、本トリミング手法がユーザの評価を下げる可能性も低いと言える。これらの点を考慮すると、仮に評価項目2が悪い結果を示すならば、提案するグリッドレイアウト生成システムが直接的に悪い影響を与えている可能性が高いと言える。表3の評価項目2では、P1が1.90と良い結果を示しており、提案するシステムの実利用における有効性が高いことが分かる。さらに、所望するグリッドレイアウトが得られ

ても、生成されるフォトコラージュの結果が悪い場合も考えられるため、評価項目1と2の結果が必ずしも一致するとは言えない。この点を考慮しても、評価項目1および2でP1が最も良い結果を示した事実から、ユーザの所望するグリッドレイアウトを得られる方が、良いフォトコラージュを生成する可能性が高くなると推測される。

5.5 国内外におけるシステムの有効性の違い

本節では、P1における日本とオーストラリアでの実験結果を比較して、提案するシステムの有効性について考察する。表4にその比較結果を示す。

表中の太字は、各項目で良い方の結果を示し、下線は、統計的検定結果より有意差が認められたことを表す。なお、各値は、30データの相加平均である。表4の比較結果より、時間の項目で有意差が認められ、日本の学生がオーストラリアの学生に比べて素早くグリッドレイアウトを生成している。有意差は確認できなかったものの、日本とオーストラリアの結果では、選択操作と移動操作に違いがあることが分かる。日本の学生は素早く候補を絞り込み、移動操作を多用して所望のグリッドレイアウトを構築する傾向にあり、一方、オーストラリアの学生は選択操作を所望の候補

表4 日本とオーストラリアの大学での比較結果

大学	評価項目1	評価項目2	時間 (秒)	選択操作	移動操作	変更操作
日本	2.70	1.83	<u>29.70</u>	2.47	4.17	0.17
オーストラリア	3.00	1.97	49.77	3.20	2.87	0.10

対話型グリッドレイアウト生成システム

が出るまで繰り返し、移動操作の回数が少ない傾向にある。選択操作は、候補の選択に時間を要するため、表4の時間項目において国内外で異なる結果になったと予想できる。評価項目1および2では、僅かにオーストラリアの学生が良い結果を示すことが分かる。これらの結果から、操作時間の面では特に日本人にとって有用であると言え、その他の項目では有意差が認められなかったことから、国内外で利用可能なシステムであることが分かる。なお、性別および年齢別の比較は、サンプル数が不十分であるため、本研究では言及しない。

6. まとめ

本研究では、グリッドレイアウト生成システムを提案した。提案する生成システムは、IGPを用いた候補選択と対話型UIを併用することで、簡便かつ迅速なグリッドレイアウト生成を可能にする。また、従来の自動生成やテンプレートを利用した手法とは異なり、提案するシステムはユーザの感性（要求）を反映することができる。さらに、ユーザの要求が明確でない場合にも、候補選択により徐々に候補を絞り込むことで、その要求を明確なものにして、ユーザの所望するグリッドレイアウトを生成できる。提案するシステムの有効性を検証するため、提案するシステムをフォトコラージュアプリケーションに組み込み、そのアプリケーションにより評価実験を行った。その結果、提案するシステムが効果的にグリッドレイアウト候補を提示しており、ユーザの好みのフォトコラージュを生成できることが確かめられた。また、提案するシステムではルーレット選択と一点交叉の組合せが効果的であり、約6.5回程度の操作回数かつ40秒以内で、迅速に所望のグリッドレイアウトを生成できることが分かった。この結果から、視覚特性より定義した適応度関数が提案するシステムに有効であると推測できる。加えて、日本とオーストラリアとの評価実験結果を比較した結果、提案するシステムが操作時間の面で特に日本人に対して有用であり、国内外で利用可能であることが確認できた。

今後は、IGPアルゴリズムの改良やパラメータ調整、または、グリッドレイアウトの視覚的類似性を印象評価で分析、再定義することで候補選択操作の効率を向上させることが必要である。さらに、レイアウト以外のデザインの要素を対象に、グラフィックデザイン支援手法に関する研究を進めていく予定である。

謝辞

本研究でご助言頂いたシドニー大学の高塚正浩准教授およびカールトン大学のAnthony Whitehead准教授に謝意を表す。本研究の一部は科研費（基盤研究（C）No.23500256）の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Xiao, J., Zhang, X., Cheatle, P., Gao, Y., Atkins C. B.: Mixed-initiative Photo Collage Authoring, In Proceedings of the 16th ACM international conference on Multimedia (MM '08), pp.509-518, 2008.
- [2] Atkins, C. B.: Blocked Recursive Image Composition, In Proceedings of the 16th ACM international conference on Multimedia (MM '08), pp.821-824, Oct. 2008.
- [3] Myodo, E., Ueno, S., Takagi, K., Sakazawa, S.: Automatic Comic-like Image Layout System Preserving Image Order and Important Regions. In Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia (MM '11), pp.795-796, 2011.
- [4] Jacobs, C., Li, W., Schrier, E., Barger, D., Salesin, D.: Adaptive Grid-based Document Layout. In ACM SIGGRAPH 2003 Papers (SIGGRAPH '03), pp.838-847, 2003.
- [5] Rother C., Bordeaux L., Hamadi Y., and Blake A.: Auto-Collage. ACM Trans. Graph. Vol.25, No.3, pp.847-852, 2006.
- [6] Goferman, S., Tal, A., and Zelnik-Manor, L.: Puzzle-like Collage, Computer Graphics Forum 29, pp.459-468, 2010.
- [7] Wang, J., Quan, L., Sun, J., Tang, X., Shum H.Y.: Picture Collage, Proceedings of the 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.347-354, 2006.
- [8] Oliver, A., Monmarch, N., Venturini, G.: Interactive Design of Web Sites with a Genetic Algorithm, In Proceedings of the IADIS International Conference WWW Internet, pp.355-362, 2002.
- [9] Chu, W. T., Wang, H. H.: Enabling Portable Animation Browsing by Transforming Animations into Comics. In Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Interactive multimedia on mobile and portable devices (IMMPD '12), pp.3-8, 2012.
- [10] Cao, Y., Chan, A. B., Lau, R. W. H.: Automatic Stylistic Manga Layout, ACM Trans. Graph. Vol.31, Issue 6, Article No.141, pp.1-10, 2012.
- [11] Quiroz, J. C., Louis, S. J., Shankar, A., Dascalu, S. M.: Interactive Genetic Algorithms for User Interface Design, IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC '07), pp.1366-1373, 2007.
- [12] Stephen, B. C., Dirk, V. A., Stephen, B.: Tone Mapping by Interactive Evolution, In Proceedings of the 11th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation (GECCO '09), pp.515-522, 2009.
- [13] Steve, R. B.: Evolving Stylized Images using a User-interactive Genetic Algorithm, In Proceedings of the 11th Annual Conference Companion on Genetic and Evolutionary Computation (GECCO '09), pp.2745-2752, 2009.

- [14] 石橋賢, 宮田一乗: 視覚的類似性に基づくフォント探索手法の提案, 日本感性工学会論文誌, Vol.12, No.1, pp.77-85, 2013.
- [15] Unemi, T.: SBART 2.4: An IEC Tool for Creating 2D Images, Movies and Collage, Proceedings of 2000 Genetic and Evolutionary Computational Conference Workshop Program, pp.153-155, 2000.
- [16] Xu, Q., D'Souza, D., Ciesielski, V.: Evolving Images for Entertainment, In Proceedings of the 4th Australasian conference on Interactive entertainment (IE '07), Article No. 26, pp.1-8, 2007.
- [17] Jingye, M., Takagi, H.: Design of Composite Image Filters using Interactive Genetic Programming, Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications (IBICA), Third International Conference on, pp.274-279, 2012.
- [18] 木村宗祐, 大城英裕, 植田清一, 藤木穰, 末田直道: ユーザによる候補画像の選択に基づく画像処理システムのパラメータ探索方式, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.1, pp.513-524, 2008.
- [19] Poli, R., Langdon, W. B.: On the Search Properties of Different Crossover Operators in Genetic Programming, Genetic Programming 1998: Proceedings of the Third Annual Conference, pp.293-301, 1998.
- [20] Whigham, P. A., Dick, G.: Implicitly Controlling Bloat in Genetic Programming, Evolutionary Computation, IEEE Transactions on, Vol.14, No.2, pp.173-190, 2010.
- [21] 河合由起子, 官上大輔, 田中克己: 個人の選好に基づく複数ニュースサイトの記事収集・閲覧システム, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.SIG8(TOD26), pp.14-25, 2005.
- [22] Xue, X., Zhou, Z., Zhang, Z.: Improving Web Search using Image Snippets, ACM Trans. Internet Technol., Vol.8, No.4, pp.1-28, 2008.
- [23] 大山正: 視覚心理学への招待 見栄の世界へのアプローチ, サイエンス社, 2000.
- [24] Cheng, M. M., Zhang, G. X., Mitra, N. J., Huang, X., Hu, S. M.: Global Contrast based Salient Region Detection, Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011 IEEE Conference on, pp.409-416, 2011.
- [25] Zajonc, R. B.: Attitudinal effects of mere exposure, Journal of Personality and Social Psychology Monograph, Vol.9, pp.1-27, 1968.



石橋 賢 (学生会員)

2011年 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士前期課程修了。現在、同大学同研究科博士後期課程在学中。日本学術振興会特別研究員DC。感性情報メディアの創出およびグラフィックデザインの支援に関する研究に従事。第12回日本感性工学会大会優秀発表賞受賞(2011)。日本感性工学会, 電子情報通信学会, 各会員。



宮田 一乗 (非会員)

1986年 東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報工学専攻修士課程修了。同年、日本IBM(株)東京基礎研究所入社。1998年 東京工芸大学芸術学部助教授。2002年 北陸先端科学技術大学院大学知識科学教育研究センター教授, 2012年同大学知識科学研究科教授, 現在に至る。CGおよびデジタル映像表現に関する研究に従事。博士(工学)。芸術科学会会長, 情報処理学会, ACM等各会員。