JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	画像への感性情報記録手法の提案とその評価
Author(s)	石橋，賢
Citation	
Issue Date	2011-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/9688
Rights	
Description	Supervisor:宮田一乗，知識科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

画像への感性情報記録手法の提案とその評価

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識科学専攻

石橋 賢

2011 年 3 月

修 士 論 文

画像への感性情報記録手法の提案とその評価

指導教員　　宮田一乗　教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識科学専攻

0950004 石橋 賢

審査委員：　宮田　一乗　教授（主査）
西本　一志　教授
林　幸雄　　准教授
金井　秀明　准教授

2011 年 2 月

Copyright © 2011 by Ken Ishibashi

目 次

第1章 はじめに **1**
1.1 研究の背景 1
1.1.1 Computational Photography 1
1.1.2 感性情報処理 2
1.1.3 社会的な背景 3
1.2 研究の目的 3
1.3 論文の構成 4

第2章 関連研究 **5**
2.1 Computational Photography 5
2.2 感性情報処理 6

第3章 本研究の課題とその研究方策 **8**
3.1 感情情報の記録手法 10
3.2 感性情報の入力手法 11
3.3 感性情報の表出手法 11

第4章 画像効果による画像への感情記録 **13**
4.1 色彩効果による画像への感情記録 13
4.2 色の感情効果 13
4.3 実験用アプリケーション 14
4.4 色彩効果による感情認知の可能性（実験1） 14
4.5 同カテゴリにおける色彩効果と感情の対応（実験2） 18
4.6 まとめと今後の課題 20
4.7 感情情報の記録と記憶想起支援への応用 20

第5章 二次元マップを用いた感性情報の入力 **21**
5.1 感性情報マップによる画像検索システム 21
5.2 本研究課題における目的 21
5.3 感性検索の活用事例 22
5.4 感性情報マップ（二次元マップ） 22
5.5 提案するシステムの概要 23

5.6 感性情報マップを用いた撮影システム 24
5.7 感性情報マップを用いた画像検索システム 25
5.8 評価実験の概要 26
5.9 主観的評価アンケート調査の結果および考察 28
5.10 まとめと今後の課題 31

第6章 感性情報を考慮した絵画調画像の生成 32
6.1 イメージ語入力による絵画調画像の生成手法 32
6.2 Non Photo-realistic Rendering 33
6.3 本研究の位置づけと目的 33
6.4 アルゴリズム 34
6.4.1 減色処理 34
6.4.2 配色変換処理 39
6.4.3 絵画調画像の生成 39
6.5 システムの概要 40
6.6 感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価 1 41
6.7 絵画調画像の生成手法の改善 44
6.7.1 減色処理の改善 45
6.7.2 絵画調フィルタの改善 50
6.8 感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価 2 53
6.9 感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価 3 58
6.10 まとめと今後の課題 63

第7章 まとめ 64
7.1 本研究の総括 64
7.2 今後の課題 65

謝辞 66

参考文献 67

研究業績 71

付録 A 主観的評価アンケートおよび印象評価サイト 73
A.1 二次元マップを用いた画像検索システムに関するアンケート 73
A.2 感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価アンケート 73
A.3 感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価サイト 73

付録 B $L^*a^*b^*$ 表色系への変換 84

図 目 次

2.1 Frankencamera とその使用例 7

3.1 画像への感性情報記録手法の概念図 9

4.1 クロマキー処理と画像効果を適用する実験用アプリケーションのスクリーンショット 14
4.2 実験 1 の流れ 16
4.3 感情認知実験（実験 1）の結果 17
4.4 実験 2 の流れ 18
4.5 色彩効果と感情に関する実験（実験 2）の結果 19

5.1 感性情報マップ 23
5.2 システムの概念図 24
5.3 感性情報マップを用いた撮影システムの操作画面 25
5.4 感性情報マップを用いた画像検索システム 25
5.5 画像検索対象フォルダの決定と検索画像の決定方法 26
5.6 評価実験の流れ 27
5.7 主観的評価アンケートの結果 30

6.1 2 色の混色方法 36
6.2 減色処理画像 38
6.3 目立つ度合優先の処理手順 40
6.4 減色処理画像 41
6.5 システムインターフェース 42
6.6 感性情報を考慮した絵画調画像の一例 43
6.7 印象評価の方法 1 45
6.8 画像ピラミッドを用いた減色処理の概念図 46
6.9 減色処理の各手法 47
6.10 感度解析結果 1 48
6.11 感度解析結果 2 49
6.12 Level 設定のための比較画像 50
6.13 明暗度の比較 51
6.14 メディアンフィルタ適用後のクロスハッチング画像 52

6.15 絵画調フィルタの比較 53
6.16 印象評価の方法 2 55
6.17 各イメージ語におけるマンハッタン距離の平均値 57
6.18 イメージ語とその印象評価結果の分布 57
6.19 人物画像を対象としたポップアート調画像 60
6.20 乗り物画像を対象としたポップアート調画像 61
6.21 言語イメージスケールにおけるマンハッタン距離の平均値 62
6.22 5 段階主観評価結果 63

A.1 主観的評価アンケート用紙 74
A.2 印象評価アンケート用紙 1 75
A.3 印象評価アンケート用紙 2 76
A.4 実験用画像シート 1 77
A.5 実験用画像シート 2 78
A.6 実験用画像シート 3 79
A.7 実験用画像シート 4 80
A.8 印象評価サイトの共通ページ 81
A.9 6.8 節の印象評価サイト例 82
A.10 6.9 節の印象評価サイト例 83

表 目 次

4.1 パラメータ詳細（実験 1） 16

5.1 スピアマンの順位相関係数 30

6.1 色相による影響値 38
6.2 印象評価に関する実験用画像の詳細 44
6.3 画像種別の合計点数 44
6.4 代表イメージ語一覧 54

第 1 章
はじめに

Computational photography と呼ばれる研究分野において，究極の目標として人間の知覚を自動的に記録することが提唱されている．現在でも，味覚センサや匂いセンサなどを利用して知覚情報の数値化を行いデジタル化することが進められている．しかしながら，現状では個人の嗜好の違いなどの感性の差異が生じるため，人間の視聴覚情報以外の知覚情報を完全にデジタル化することは困難である．そこで本研究では，感性情報を画像に記録するための手法を追求することで，人間の知覚を補完する目標にアプローチする．本論文は，画像への感性情報記録手法に関する提案とその評価について取りまとめたものである．

1.1 研究の背景

1.1.1 Computational Photography

近年，Ramesh Raskar が提唱する Computational Photography[1] に関する研究が，画像処理の新しい研究分野として注目を浴びている．Computational Photography は，伝統的なカメラの限界を打破するために，従来から研究されてきた多様なコンピュータ処理，デジタルセンサ，現代光学，アクチュエータ，高性能な照明器具を統合したものである．これらを用いることで，新しい画像アプリケーションを使用可能にし，多くのコンピュータビジョン課題を単純化する．Computational Photography は，以下の 3 つの研究段階から成り立つ．

1. Epsilon Photography:
   伝統的なパラメータに関する性能を強化したスーパーカメラ（各パーツの性能を最大限に高めたカメラ）を作る段階である．カメラ性能の限界によるコンピュータビジョン課題に対して，多様なカメラパラメータにより得られた複数の写真を用いてピクセルやその特徴を推定する手法も，同等の段階に相当する．

2. Coded Photography:
   一つの写真または，極めて少ない写真から可逆的にコード化することが目標であり，スーパーカメラの性能を超えるツールを構築する段階である．

3. Essence Photography:
   人間の知覚を補完することを可能にする段階であり，具体的には，視覚的情報でない，GPS 座標，におい，風の強さなどの非視覚情報を撮影時に同時に取り込む段階である．

上記の 3 段階の研究を経た最終目標は，人間の知覚と同等の情報を取得することである．研究の技術レベルは，第一段階が最も低く，第二段階，第三段階と進むに連れて高度な技術が必要となってくる．現在、Computational Photography の研究段階は，第一段階の Epsilon Photography から第二段階の Coded Photography へと研究が移行している．**文献 [1] では，研究の最終段階である Essence Photography の概念は提案されているが，それに関する研究は未だ報告されていない．**それは，Computational Photography の研究が比較的新しい研究領域であり，さらに，人間の知覚を補完するという困難な課題を設定していることから，どのような情報を，どのような手段で画像に挿入するべきかという研究方策が定まっていない，あるいは，技術レベルの高度化を追求するだけでは，人間の知覚を補完する課題を解決することができないことが原因として考えられる．

1.1.2 感性情報処理

感性情報処理の研究分野は，1992 年から 1995 年の間に「感性情報処理の情報学 · 心理学的研究」[2] を中心として，工学的アプローチによる研究報告が行われ，日本国において「感性工学」という研究領域が確立された．現在では，国際会議においても “KANSEI” というキーワードが使用されており，世界的にも認知されている．感性情報処理の研究は，産業分野では，顧客のニーズに基づいた商品デザインとして，情報分野では，膨大なデータからユーザの求めるデータを簡便に検索することを目的として研究が進められている．その他にも，哲学，教育または社会学など多様な分野で感性情報処理に対する研究が行われている．感性情報は，各ユーザのニーズに対応し，多様な分野で活用できる情報ではあるが，主観性，多義性，あいまい性，状況依存性といった属性を持つため，安易に取り扱うことは困難である．したがって，本研究で取り扱う感性情報を以下のように定義する．

- パラメータ感性情報である
- シンボル感性情報である
- 公共的主観性を有する感性情報である

これらで定義する事項を少なくとも一つ含む感性情報を本研究で取扱う感性情報とする．ここで，パラメータ感性情報は，形容詞空間において 1 ベクトルとして表現される情報で，いくつかの形容詞で構成される空間内であり，主因子分析の結果から算出可能な座標データとして定義できるものである．また，シンボル感性情報は，1 つの形容詞で客観的に表現できる情報であり，公共的主観性は，客観性が強い主観性を意味し，大多数の人

が共通に抱く感性を示している [3]．すなわち，本研究では，具象として表現しにくい直感やひらめきのような深い感性ではなく，形容詞で表現可能である感性情報，座標形式のデジタルデータとして扱える感性情報，あるいは，大多数の人が共通に抱く感性情報を対象とする．したがって，アーティストの持つ個性的主観性は含まないものとする．人間が知覚する情報には，人間の特性が大きく関係しており，加えて感性情報も密接に関与している．**すなわち，感性情報について明らかにすることで，人間の特性を活かした研究アプローチが可能であると予想される．反対に，人間の特性を活かした研究により，人間の知覚情報への感性情報の関わりを明らかにすることも期待できる．**

1.1.3　社会的な背景

デジタルカメラの普及により，いつでも，誰でも，簡単に写真撮影が可能となっている．その理由として，手ぶれ補正処理や自動顔認識によるオートフォーカス，自動パラメータ調整など画像処理とデジタルカメラ内蔵のセンサを組み合わせた技術が発展したことが挙げられる．高性能化だけでなくハードウェアの面でも，小型化や記憶容量の大容量化が進むとともに，比較的安価に入手可能となった．平成 22 年の内閣府の調査によれば，デジタルカメラの国内世帯普及率は 71.5% となっており，年々右肩上がりで普及率が高まっている [4]．それは，デジタル写真が共有，保護，バックアップを容易に行える特徴を有しており，従来のフィルムカメラより利便性の面で優れていることも理由として挙げられる [5]．デジタル機器を用いた情報の記録としては，デジタルカメラの他に映像も有効であると考えられる．同様の内閣府調査では，ビデオカメラの国内世帯普及率は 40% となっており，前年度差もほぼ横ばいで，重要な情報への即時アクセスが困難であるというデメリットが存在する．思い出を写真で残す行為がすでに定着していることから，現在で最も一般的な情報の記録媒体は画像であると言える．ほとんどの携帯電話にはカメラが内蔵され，スマートフォンの登場によりカメラ用のアプリケーションも多数提供されており，通常の撮影に加えて，アーティスティックな効果を与えるトイカメラのような使用用途も可能となっている．**現在は，写真家でなくても自分の感性に従い構図やパラメータの設定を用いて写真撮影を行うことが可能であることから，今後は，写真撮影に加えて様々な画像効果を付加した芸術活動を行うユーザが増加すると予想される．**

1.2　研究の目的

Computational Photography の研究動向は Epsilon Photography から Coded Photography へと次の研究段階に移行している．今後の研究は，Coded Photography に関する研究はもちろんのこと，Essence Photography に関する研究報告が期待される．Computational Photography の究極の目標は，人間の知覚する情報を補完することであり，この目標への研究アプローチが必要となる．感性情報処理の研究は，多くの研究分野を対象としており，柔軟に他分野の研究課題に対応できる．また，感性情報について明らかにすることで，

人間の特性を活かした研究に応用できる点から，人間の知覚情報を自動的に記録する研究目標に有効な研究分野であると考える．また，デジタルカメラの普及により普段の記録としてお手軽に写真を使用できる点，スマートフォンの登場とそれに伴う様々なアプリケーションの増加により，ユーザ自身が持つ感性を表出することが比較的容易になってきていることから，感性情報への注目が一層高まると期待される．以上のような理由より，本研究では，一般に普及している写真（画像）への感性情報記録手法を提案する．本提案手法に関する研究を進めることで，Essence Photography に関する研究課題を検証し，新しい研究領域の開拓を目指す．本研究では，初歩的な研究アプローチとして色彩効果による感情情報の記録手法と二次元マップによる感性情報の入力手法を提案し，提案手法の有効性を調査した．さらに，それらの研究結果に基づいて感性情報の表出手法に関する応用研究を行った．**本論文では，2 つの初歩的な研究により，提案する手法の有効性を調査し，調査結果から得られた知見を基盤とした応用研究を進めることで，本研究の課題と提案手法の有効性を明らかにすることを目的とする．本研究の最終目的は，画像へ感性情報を記録することである．**

1.3 論文の構成

本論文は，以下の項目で構成されている．

第 2 章では，関連研究として Computational Photography と感性情報処理の研究分野について説明する．次に，第 3 章では，感性情報を記録するための研究課題とその研究方策について説明する．第 4 章では，画像への感情情報の記録に関する研究として画像効果による記録手法を提案し，その効果について実験的な検討を行う．第 5 章では，二次元マップを用いた感性情報の入力手法とその応用として画像検索システムへの有効性の評価を行う．第 6 章では，感性情報の表出手法について絵画調画像の生成手法を提案し，生成された絵画調画像の印象評価を行う．最後に，第 7 章で本論文の総括と今後の課題を述べている．

第 2 章
関 連 研 究

本章では，Computational Photography と感性情報処理の関連研究について述べる．

2.1 Computational Photography

Computational Photography の最たる特徴は，複数のセンサや現代光学の組み合わせである．ここでは，現在 Compuational Photography の特徴を最も活用している Coded Photography に関する研究について述べる．Coded Time（Exposure）[6] は，一枚の画像を撮影する際に，シャッターを何度も開閉する手法である．通常のカメラ撮影では，一枚の画像を撮影する間，常にシャッターが開いている．シャッターの開いている時間を露光時間と呼び，この時間が長いほど十分な光量を得ることができるが，被写体やカメラ自体を固定する必要がある．これがブレ画像の原因であり，特に被写体が動いた場合のブレをモーションブラーと呼ぶ．モーションブラーを軽減するためには，露光時間を短縮することが単純な解決方法として挙げられる．しかしながら，露光時間が短い場合，十分な光量を得ることができずに暗い画像となり，ノイズ情報も多くなる問題点がある．時間軸に沿ったコンボリュージョン（畳み込み）は，画像の空間周波数の高い情報が失われる．一度失われた情報をデコンボリューション（逆畳み込み）によって復元することはできず，ブレ画像の復元に悪影響を及ぼす．現在までの手法では，撮影画像の情報だけでは画像を復元できないため，ブラーのかかっている領域ごとに，ブラーのかかっている物体が動いている方向を画像復元を行うユーザが指定する方法が用いられていた．この手法の欠点として，一枚の写真で複数の異なった移動物体が存在する場合に適応できないことが挙げられる．Coded Exposure は，画像の空間周波数の高い情報も保つことができるフィルタリングにするための手法であるため，比較的良好な原画像に復元することができる．

Coded in Space[7] は，カメラの開口部にマスクを取り付け，それによって人為的にイメージセンサに入る光線を減らすことで，可逆的に光線をコード化する手法である．この画像は高い空間周波数を保持している．PSF（Point Spread Function）は，撮影時の光の回折やレンズの収差などの光学的な要因により発生するブラーをモデル化した関数である．この手法は，二次元のコード化された PSF に基づき，四次元の光照射野を再調整する．焦点ボケを復元するには，正確な PSF が分かれば原画像に近い状態に復元すること

が可能となる．ここで，撮影された画像から四次元の光照射野を再構築することで，一枚の画像から別の奥行きに焦点を合わせた画像が生成できる．この手法の利点は，二次元の画像から四次元の光照射野を得ることができる点である．

Coded Illumination[8] は，画像から一枚のイラスト画像を生成するための手法である．通常イラスト画像を生成する際に，エッジを抽出することでイラストのような表現を可能にする．エッジ抽出において影が問題となり，エッジの深さに大きな影響を及ぼす．Coded Illumination では，フラッシュをレンズの上下左右の 4ヵ所に設置しそれらを連続して発光することで，エッジ抽出時の影を取り除き正確なエッジの深さを抽出することができる．これによりエッジ部分の影の課題を解決でき，より明瞭なイラスト画像が生成される．

また，ビデオ撮影時に複数枚の画像からモーションブラーの方向と量を評価することで，画像を自動的に復元する手法 [9] や，フラッシュを使用した画像と使用しない画像の差分により，前景オブジェクトを自動的に抽出する手法 [10] が提案されており，スピード違反の車両確認やフォトレタッチソフトでは困難である複雑な形状のオブジェクト抽出などの効果が期待できる．

Coded Photography に関する研究の共通点として，カメラ自体にセンサや光学的な技術を付け加えることで，画像処理のみでは解決できない課題を解決していることが挙げられる．Computational Photography において，既に Epsilon Photography から Coded Photography に研究対象が移行していることが確かめられる．さらに，スタンフォード大学を中心に Frankencamera[11] プロジェクトが進められており，オープンソースのデジタル写真のソフトウェアプラットフォーム（Frankencamera）を提供している．Frankencamera は，Computational Photography の研究者やコースに所属する学生のために提供され，オープンソースであるため Linux や Unix 上で開発できる（図 2.1 右図）．Frankencamera を使用して，露光時間の異なる写真を統合した HDR（High Dynamic Range）写真（図 2.1 上図），シャッタースピードと露光時間の異なる写真を統合したノイズやブレの少ない夜間写真（図 2.1 中段），画像の明るさ補正して複数枚の写真を統合したパノラマ写真（図 2.1 下図）などが作成できる．このようなプロジェクトを通して，今後 Computational Photography に関する研究者の増加が予想される．

2.2 感性情報処理

感性情報処理の分野は，他分野に渡った研究が行われている．特に，感性情報の活用としては，感性検索またはレコメンデーションシステムなどが挙げられる．感性検索には，絵画の検索を対象とした研究 [12, 13] や，花やブラシペイント画像を対象とした研究 [14]，街路の景観画像を対象とした研究 [15] など様々な画像を対象とした研究が報告されている．現在では，インターネットや携帯電話の普及により，日本国も高度情報社会へと発展している．それに伴い，多種多様かつ膨大な情報が存在する反面，ユーザが求める情報を効率よく検索することが困難になっている．検索手法としてキーワード検索が多用されているが，画像や映像から受ける印象は個人差があり，その評価の基準（以下，評価基準）

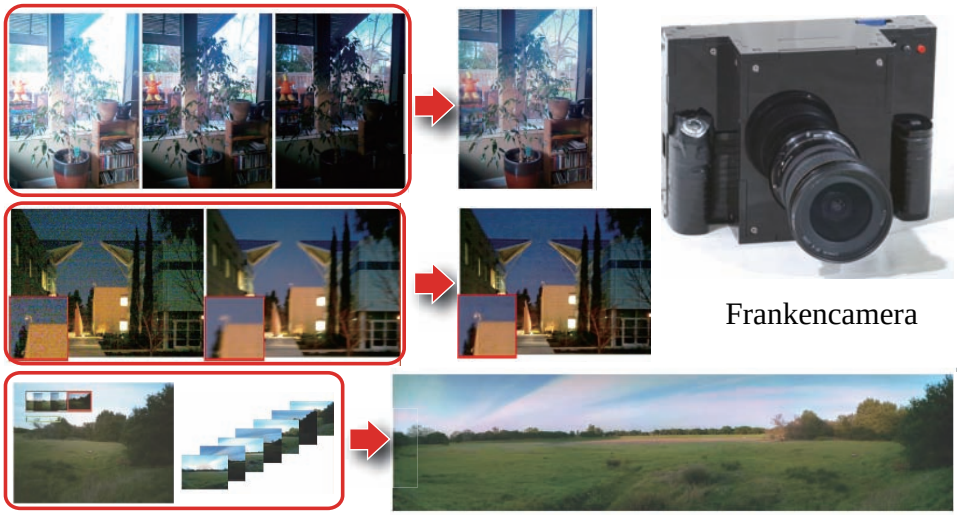


図 2.1: Frankencamera とその使用例

にも差異が生じる．キーワード検索では，評価基準の違いを考慮できないため目的とする画像や映像を見つけることが困難である [16]．感性検索は，SD 法 (Semantic Differential scale method) を用いて画像の内容（色や構図，特徴量など）と印象語（対形容詞）を対応づけることにより，検索するユーザの評価基準（感性）を考慮した検索結果の提示を可能にする．ただし，ユーザの評価基準には，画像の内容以外の要因も影響するため，画像の内容のみでは感性を取り扱うことが困難である．

レコメンデーションシステムは，ユーザの嗜好に応じた商品を推薦するシステムであり，インターネット販売の最大手である Amazon[1]にも採用されている．具体的には，協調フィルタリング [17] と呼ばれる手法が導入されている．協調フィルタリング手法は，アイテム（商品）の内容を見ず，ユーザがどのアイテムにどのような評価値を付けたかという情報を使用する．具体的には，ユーザ A が評価していないアイテムがある場合，ユーザ A が評価した別のアイテムの評価値と，他のユーザが評価した同一のアイテムの評価値を比較して，ユーザ A との類似度が高いユーザ B を選択する．ユーザ B がユーザ A の評価していないアイテムを評価している場合，その評価値に基づき予測評価値が算出され，その値を基にユーザ A にレコメンドされるアイテムが決定される．その一例として，音楽を推薦するシステムである C-baseMR が提案されている [18]．これは，ユーザプロファイルを編集することができるシステムであり，音楽の特徴量を特徴空間として可視化し，そこに評価済みの音楽データをマッピングすることで，ユーザ自身の嗜好の理解を支援し音楽特徴を視覚的に把握することを可能にしている．

感性検索やレコメンデーションシステムは既に産業分野にも利用されており，今後も感性情報処理の発展による社会的な貢献度は高いものと予想される．

[1]amazon.com: http://www.amazon.com/ (2010 年 12 月閲覧)

第 3 章
本研究の課題とその研究方策

本論文では，画像への感性情報記録を目的として，以下の 3 つの研究課題を設定する．

1. **感情情報の記録手法**: 感情情報をデジタル情報として取り扱うことで，様々なアプリケーションへの感情情報の活用を目指す．本研究のアプローチでは，感情情報を視覚的に表現する研究課題となる．その応用として，感情情報を用いた記憶想起支援が挙げられる．

2. **感性情報の入力手法**: 感性情報は様々な要因が関係しており，センサを利用して自動的に読み取ることが困難な場合が多い．本研究のアプローチでは，ユーザが簡便に感性情報を入力する手法が研究課題となる．その応用として，感性情報マップを用いた画像検索が挙げられる．

3. **感性情報の表出手法**: 芸術活動を通した個人の感性の表出は，一般の人にとって技術面から困難な課題となる．しかしながら，それぞれが異なる感性を抱いていることは確かである．本研究のアプローチでは，ユーザが容易に自身の感性を表出できる手法を研究課題とする．その一例として，イメージ語を入力とした絵画調画像を生成する方法が挙げられる．

画像への感性情報記録手法の概要図を図 3.1 に示す．感性情報の表出手法は，画像への感性情報記録に関する応用研究であり，感情情報の記録手法で得られた知見と感性情報の入力手法で得られた知見を基盤としている．**本論文では，1 と 2 の研究が本研究の初歩的アプローチとなり，3 がそれらの結果に基づいた応用研究という位置づけになる．**本章では，各研究課題とその研究アプローチについて概説する．

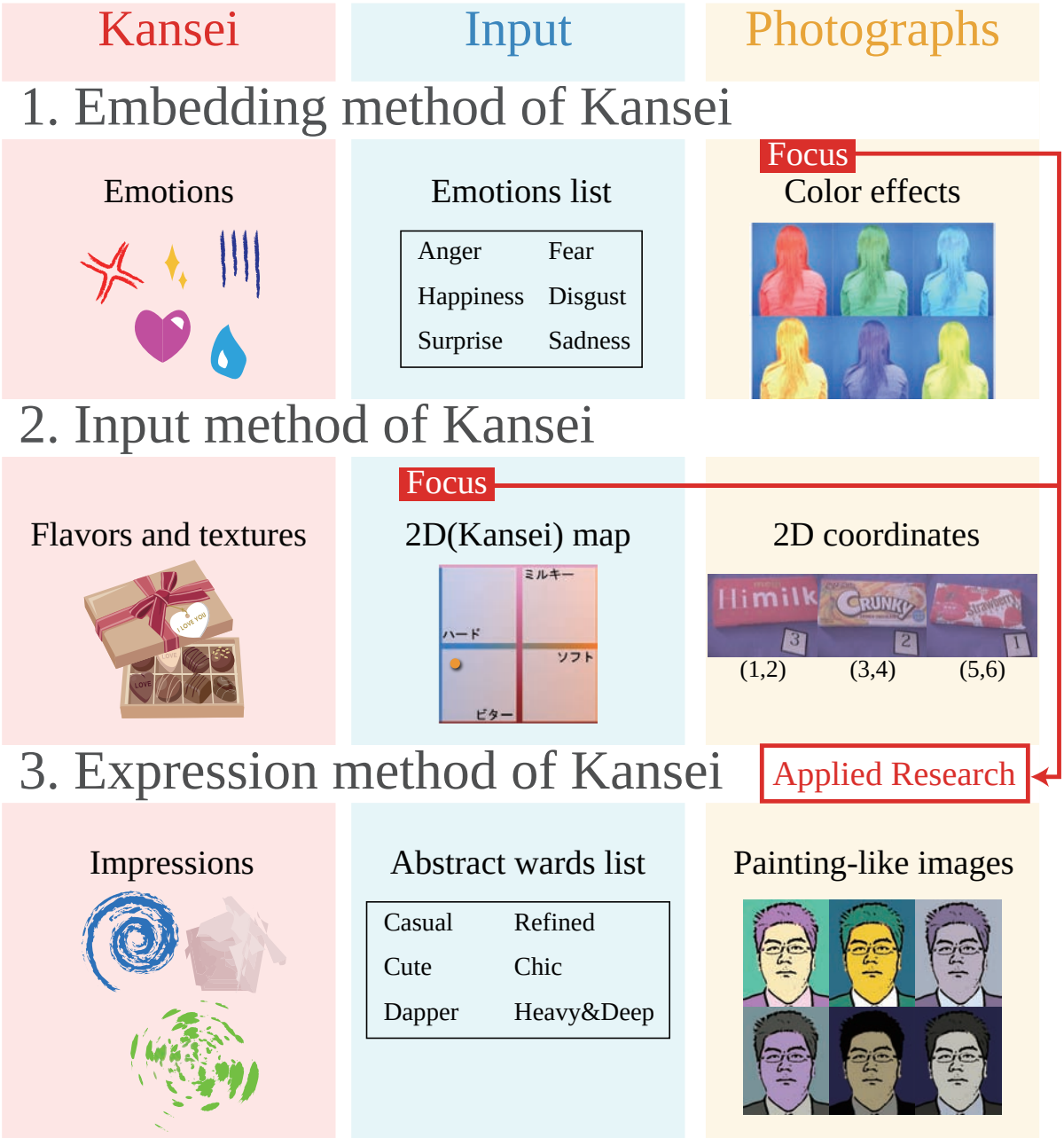


図 3.1: 画像への感性情報記録手法の概念図

3.1 感情情報の記録手法

人間は，絵や文字などを使用して多くの出来事を記録してきた．また，現代においては電子機器の普及により写真や映像などを日常的に記録することが可能となり，誰もが簡単に日常の記録を残すことができる．しかしながら，写真や映像は視聴覚的な情報のみを記録する媒体であり，その他の五感情報や，感情情報といった人間の内面的な情報を記録することはできない．人の記録は，その人が得た五感情報が複雑に絡んで蓄えられると考えられている．そして，蓄えられた記憶は，五感の一部の刺激がきっかけで甦ることが多々ある．有名な例としては，プルーストの小説「失われた時を求めて」の冒頭に描かれた「マドレーヌ効果」が挙げられる．これは，マドレーヌの香りが過去の記憶を呼び覚ますきっかけとなる事例であるが，過去の流行曲を耳にしたり昔の映画の 1 シーンを目にしたりするだけで，当時の思い出が鮮やかに甦ることは誰しもが経験する心理的な現象である．また，強い感情を抱いた時の記憶は，鮮明に想起されるフラッシュバルブ記憶にも裏付けられるとおり，感情情報が記憶想起に大きく寄与していることは明らかである．完全に過去の記憶を残すには，視覚的な情報の記録だけでは不十分である．近年の記憶想起支援に関する研究動向として，ウェアラブルシステムによる映像および各種センサ情報の活用や，その情報から重要な情報を抽出する研究が挙げられる [19]．当然のことながら，システム装着の手間やプライバシー保護の観点など多くの課題が存在する．感情情報の記録に注目すると，感情情報を日記形式で記録するインターフェースを活用した記憶想起支援手法が提案されており，記憶想起の想起内容（質と量）の向上が報告されている [20]．その他，ウェブサービスとして「えもにゅ」[1]と呼ばれる感情を記録するサービスや，NEC からコンセプトデザインとして提案されている音声情報から感情認識を行い映像と同時に感情情報をメタデータとして扱えるペンダント型カメラ「dew」[2]の開発が進められており，産業分野でも感情情報の記録に関する関心が高まっている．

感情情報の記録手法についての研究は，Computational Photography の究極の目標である人間の知覚情報の記録に関する課題と，記憶想起に関する研究課題を解決する研究アプローチであると考えられる．上記のように感情情報を記録する方法が提案されているが，映像を記録とする場合，重要な情報への即時アクセスが困難である点や，思い出を写真で残す作業が既に定着していることから，写真を活用することが有効であると考える．本論文では，写真の活用例として，画像効果を用いて感情情報を視覚化することで，直感的に一枚の画像から被写体の感情情報を読み取る方法を提案する．その詳細については，第 4 章で述べる．

[1]えもにゅ：http://emonyu.jp/（2010 年 12 月閲覧）
[2]NEC：http://www.nec.co.jp/embedded/event/et2010.html（2010 年 12 月閲覧）

3.2 感性情報の入力手法

視覚的な情報において，画像の特徴量と感性情報を対応づけることで，感性情報をデジタル情報として扱うことができる [21, 22, 23]．しかしながら，現在の技術レベルでは視聴覚情報以外の記録が困難であり，視聴覚情報以外に関する感性情報を記録することができない．特に，味覚や食感といった感性情報では，画像情報とは異なり，対応づける情報が存在しない．味覚センサ [24] による測定により数値化した情報を活用する手法も考えられるが，コストの問題や複雑な味の評価が難しいことから，インターネットの商品購入では官能評価による情報を用いることが一般的である．この場合，多様なユーザのレビュー情報が必要となる．そこで，研究課題として感性情報の入力手法を提案する．この研究課題では，以下の条件を満たすことが重要であると考える．

条件 1 ユーザが自身のレビュー情報を簡便に入力することができる．

条件 2 レビュー情報は，評価対象の情報を得た際に入力することができる．

条件 3 大多数の人が行う一般的な記録作業と感性情報の入力が同期している．

これらの条件は，多様かつ多量なユーザレビュー情報を継続的に取得するために必要であると考える．

また，二次元マップを用いた感性情報を入力することで官能評価を行い，その官能評価に基づきユーザが直感的かつ視覚的に情報を得られる画像検索システムを構築した．本システムの特徴は，二次元マップを用いた感性情報の入力（条件 1）とカメラによる撮影を同期させている点（条件 2，3）である．その詳細については，第 5 章で述べる．

3.3 感性情報の表出手法

複写を除き，描画対象が同じであっても同じ絵画が制作されることはない．これは，制作者が描画対象から受ける印象が異なることが一つの要因として考えられる．言い換えれば，感性の違いがそのまま絵画に現れていると言える．絵画だけに限らず，音楽やその他の芸術作品においても同様のことが言える．芸術表現において，芸術家は自身の感性を表出するための技術や知識を有している．一般の人々も同様にそれぞれ異なった印象を受けているにもかかわらず，表現するための技術や知識不足により，自身の感性を芸術表現に反映させるのが困難となることが多い．さらに，ウェブログやソーシャルネットワーキングサービスサービス（SNS）などの普及に伴い，一般の人々も，制作した作品を公開する機会が増加しており，感性を考慮していない類似した作品が増えるという問題が露呈していくと予想される．この研究課題では，個人の感性情報を考慮した芸術作品の制作支援を目的に，多くの人々が自身の感性情報を容易に表出する手法を模索する．この研究が進むことで，芸術活動の促進と芸術表現の多様化が期待される．

その一例として，イメージ語を指定することにより，感性情報を考慮した絵画調画像を生成する手法を提案する．本手法は，イメージ語と配色変換で絵画の印象を変化させるアプローチを用いている．その詳細については，第 6 章で述べる．

第 4 章
画像効果による画像への感情記録

本章では，第 3 章で提示した感情情報の記録手法の詳細について述べる．さらに，画像に付加した感情情報を用いた記憶想起支援への応用について，その展望を説明する．

4.1 色彩効果による画像への感情記録

一般的に，感情は外界の刺激に対して一時的に起こる気持ちであり，記憶とともに鮮度が落ちてしまう．従来から感情を音声や表情から取得する研究が進められている [25, 26]．しかしながら，一般的に用いられる記録媒体である画像に感情を記録する有効な手段はない．感情表現の手法としては，画像効果が芸術作品の制作過程に使用されている．画像効果は，多くの映画やテレビ番組に導入され，劇中の雰囲気や俳優の感情を観客に伝えている．画像効果における人間の感性の根底には，色彩感情が関与していると考えられることから，画像効果は色彩効果を活用して感情を他者に伝える一つの手段だと言える．そこで，本章では画像効果の感情表現にアナロジーを得て，画像効果による感情記録の可能性を実験を通して検証する．本論文の研究の足掛かりとして，色彩感情に基づく色彩効果[1]と感情に関する実験的検証を行った．

4.2 色の感情効果

人間は，寒色や暖色といった表現を用いるように，色に対して感覚的感情，すなわち色彩感情を有している．色彩感情は個人差が小さいと考えられており，赤が危険，黄が幸福，緑が安全，青が男性，淡いピンクが女性など世界的に普遍である色彩感情を抱く色が存在することが報告されている [27]．

また色彩効果は，映画や芸術作品などに感情表現の手法として用いられており，その効果によって表現の幅を広げ作品を印象づけている．感情と色については，Plutchik が感情

[1]本論文では，色彩効果を画像処理による色調補正処理と定義する．

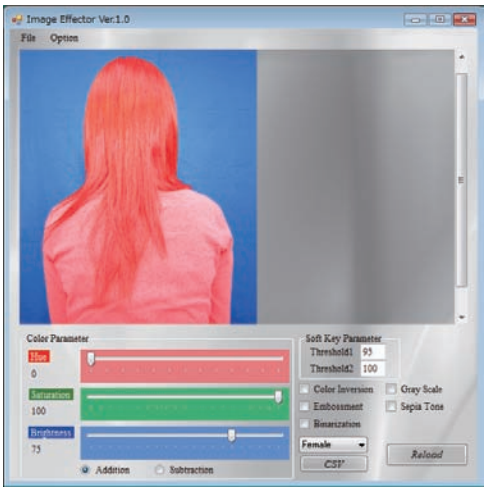


図 4.1: クロマキー処理と画像効果を適用する実験用アプリケーションのスクリーンショット

の立体モデルを提唱していることで知られている[2]．しかしながら，色彩効果と感情についての議論は行われておらず，色彩効果を適用した画像から被写体の感情を正しく認知可能であるかは検証されていない．そこで，色彩効果による感情認知の可能性を検証するための実験を行った．

4.3 実験用アプリケーション

図 4.1 に，クロマキー処理と色彩効果を適用する実験用アプリケーションのスクリーンショットを示す．図 4.1 の上部が描画エリア，下部がパラメータや画像効果の設定用エリアとなる．ユーザは，画像ファイルを選択し，スライドバーで HSB 色相系のパラメータをそれぞれ調整することで，様々な色彩効果を選択画像に適用できる．本実験用アプリケーションでは，画像効果として，色調反転，グレースケール，セピア処理，エンボス処理，二値化処理が実装されている．ただし，今回の実験には色彩効果処理とグレースケール以外の画像効果は使用していない．また，実験用アプリケーションで出力する CSV 形式のアンケート調査結果を検証に用いる．クロマキー処理に関する閾値は，実験画像に適したパラメータ値を実験主催者が任意に設定した．

4.4 色彩効果による感情認知の可能性（実験 1）

実験 1 では，被写体の感情と被験者が画像から認知した感情との一致率を指標とすることで，色彩効果による感情認知の可能性について検証した．本実験では，一枚の画像の被

[2]http://www.fractal.org/Bewustzijns-Besturings-Model/Nature-of-emotions.htm（2010 年 12 月閲覧）を参照していただきたい．

写体がどのような感情を抱いているのかを，他の被験者に判断してもらい，色彩効果により伝わりやすい色および感情について調査する．実験は次の手順で行った．また，実験1の流れを図4.2に示す．

STEP 1 実験用画像の撮影

まず，実験用の画像を撮影する．撮影条件は，被写体のみに自動で色彩効果を適用するため，背景をクロマキー処理用のブルーバックに設定し，被写体（20代，女性，日本人）は一人とする．被写体はエクマンが提唱した6つの基礎感情（Anger, Disgust, Fear, Happiness, Sadness, Surprise）[28] を表出した状態で正面および背面から計12回の撮影を行い，正面画像6枚，背面画像6枚の実験用画像を生成する．例えば，Sadnessを表出した画像は，正面画像と背面画像の2枚あり，この画像同士は対応づけられている．

STEP 2 色彩効果の適用

次に被写体は，色彩効果を適用する実験用アプリケーションを用いて，各感情を表出した正面画像を見ながら，その時の感情に応じてHSB色相系のパラメータを調整することで，画像に色彩効果を適用する．さらに，正面画像とペアとなる背面画像（被写体が同一感情を表出している画像）に，正面画像で指定したパラメータ値をそれぞれ適用する．なお，被写体が調整するHSB色相系のパラメータは，色相が30ごと（最大値330），明度が10ごと（最大値100）に調整可能とし，彩度は100（最大値）に固定とする．

STEP 3 感情認知の調査

STEP 2で生成された色彩効果が付加された背面画像を被験者10名（20代，男性，日本人）に提示し，画像中の被写体がどのような感情を抱いていると感じるか記録する．なお，感情は6つの基礎感情から選択するものとし，被験者には，考え過ぎず直感的に選択するように促す．

実験用画像の生成に用いられた各パラメータを表4.1に記す．なお，以下の環境で被験者に画像提示による実験を行った．

[PC] CPU: Pentium4 2.8GHz, RAM: 1GB, Graphics: Onborard Interl915G

[Display] FlexScan S1701–ST, Resolution: 1280x1024

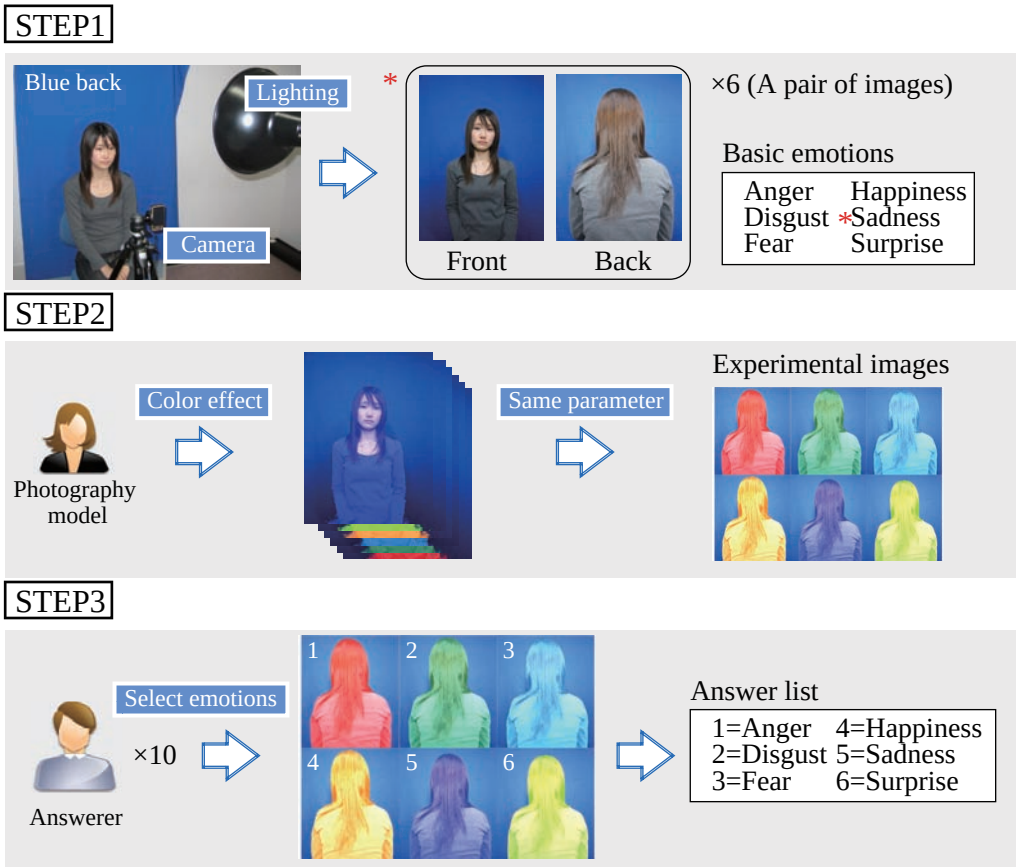


図 4.2: 実験 1 の流れ

表 4.1: パラメータ詳細（実験 1）

Emotion	HSB parameter			Threshold of chroma key	
	Hue	Saturation	Brightness	Front image	Rear image
Anger	0	100	75	75,80	77,85
Disgust	150	100	35		
Fear	210	100	70		
Happiness	30	100	90		
Sadness	240	100	60		
Surprise	90	100	85		

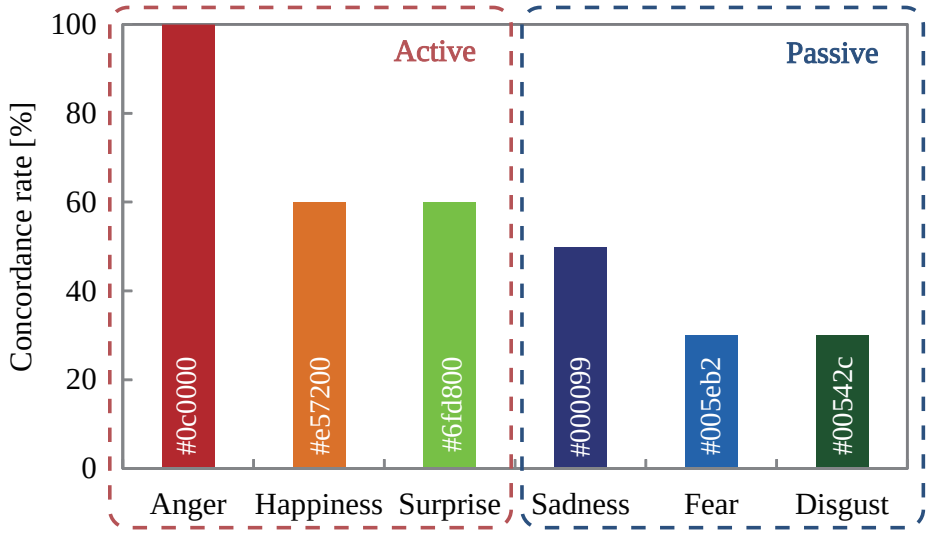


図 4.3: 感情認知実験（実験 1）の結果

実験結果とその考察

本実験を通した 10 名の被験者による回答から，実験の指標となる一致率を算出した．その結果を図 4.3 に示す．

なお，横軸は基礎感情，縦軸は一致率を示し，棒グラフ上には被写体が適用した色彩効果の色情報を 16 進数カラーコードで記している．一致率は，被写体が実際に抱いた感情と被験者が読み取った感情との一致度合いであり，10 人すべてが被写体の感情を正しく読み取った場合一致率が 100% となる．一致率が高い値を示す感情は，画像に適用された色彩効果から正しく認知する可能性が高いと考えられる．同図より，Anger，Happiness，Surprise において 60% 以上の比較的高い一致率を示していることが分かる．一方，Sadness，Fear，Disgust では 50% 以下の低い一致率を示している．Anger，Happiness，Surprise は能動的な感情であり，これらの感情については，色彩効果を適用した画像から正しく感情を認知しやすい傾向がある，もしくは，適切な色彩効果が画像に適用されている可能性が高いと言える．また，Sadness，Fear，Disgust は受動的な感情であり，これらの感情については，色彩効果を適用した画像から感情を正しく認知しにくい傾向がある，もしくは，適切でない色彩効果が画像に適用されている可能性が高いと言える．この結果から，能動的な感情については，色彩効果を適用した画像から感情を正しく認知しやすく，受動的な感情については，色彩効果を適用した画像から感情を正しく認知しにくい傾向が伺える．しかしながら，本実験では被写体が女性，被験者が男性という差異があるため，色彩感情の差異も存在する可能性がある．

そこで次の実験として，同じ年代，性別，文化（以下，カテゴリ）に属する被験者に様々な色彩効果を適用してもらい，各色彩効果において認知しやすい感情を調査するため実験を行なった．

図 4.4: 実験 2 の流れ

4.5 同カテゴリにおける色彩効果と感情の対応（実験 2）

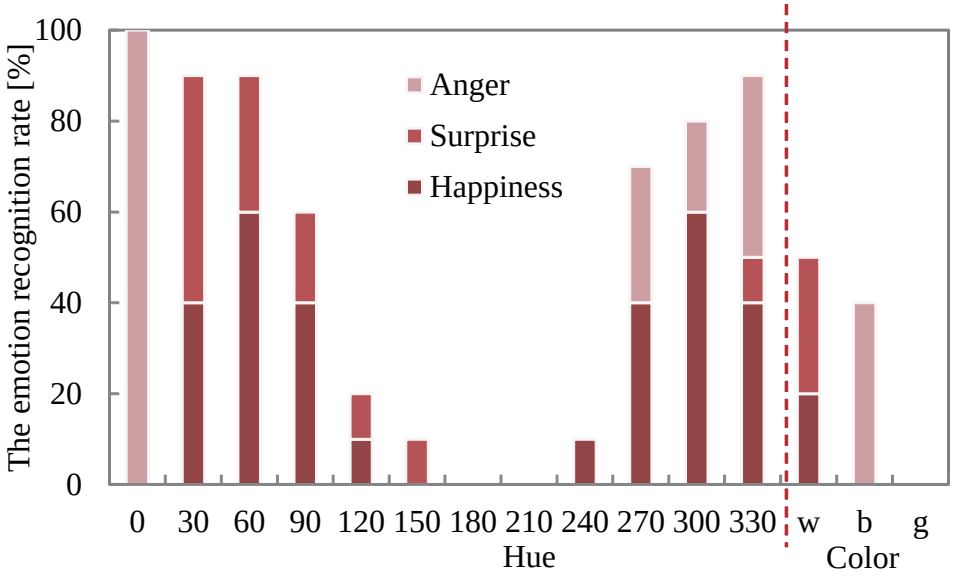
実験 2 は，色彩効果において認知しやすい感情を示す感情認知率を指標として用いる．同じカテゴリ（20 代，男性，日本人）内での，各色彩効果に対する感情認知について実験的検証を行なった．実験 2 では，実験 1 と同一の実験用アプリケーションを用い，実験用画像も実験 1 の STEP1 で撮影された背面画像を使用する．また，被験者も実験 1 と同一の 10 名とした．10 名の被験者は，12 色相環と無彩色（白 w，黒 b，グレー g）の色彩効果が適用された 15 枚の背面画像を見て，一枚ずつ被写体の抱いている感情を推測して，それを記録する．実験の流れを図 4.4 に，その実験結果を図 4.5 に示す．

なお，横軸を色相（色），縦軸は感情認知率とする．感情認知率は，一つの色彩効果において認知しやすい感情を示す指標であり，10 人すべてが被写体から Anger の感情を認知した場合，その画像に適用されている色彩効果の感情認知率は Anger が 100% を占めることになる．よって，一つの色彩効果において感情認知率の高い感情が，その色彩効果から共通で認知しやすい感情だと言える．図 4.5(a) と図 4.5(b) は，それぞれ能動的な感情と受動的な感情の認知率を積み上げ棒グラフにしたものである．

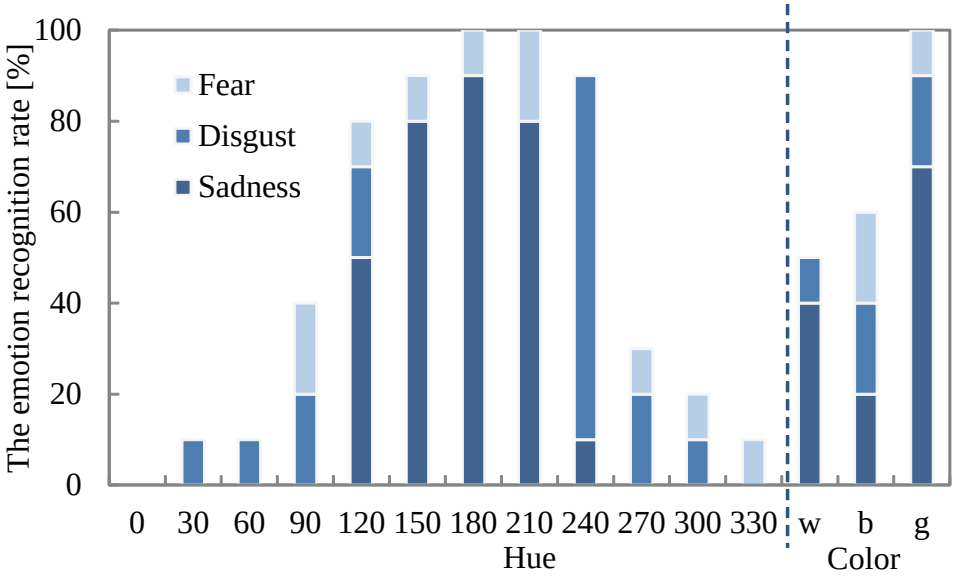
図 4.5(a) では，色相 0 において Anger が 100% であることが確認できる．色相 0 は原色の赤であり，赤の色彩効果を適用した被写体は，怒りの感情を抱いているという被験者共通の認知が得られていることが分かる．Happiness に注目すると，色相 60，300 はそれぞれ黄とマゼンタであり，二次色が関係している．Surprise では，黄の類似色に認知しやすい傾向が見られ，特に橙の認知率が高い．図 4.5(a) の全体的なグラフ傾向としては，色相 0 の赤を中心とした単峰性が確認できる．

図 4.5(b) では，色相 240 において Disgust が 80% の認知率を示している．色相 240 は原色の青であり，青の色彩効果を適用した被写体は，嫌悪感を抱いているという被験者共通の認知が得られていることが分かる．Sadness に注目すると，色相 180 を中心とした単峰性が見られる．色相 180 は二次色のシアンであり，Happiness の反対語で表される感情は赤の補色が関係している．しかしながら，Fear に関しては高い認知率を示す色彩効果が見られなかった．図 4.5(b) の全体的なグラフ傾向としては，色相 180 のシアンを中心とした単峰性が確認できる．

図 4.5 から，白と黒では感情認知に個人差が強く見られること，グレーでは，能動的な感情と認知され，とりわけ Sadness と認知されやすいことが確認できる．



(a) 能動的な感情



(b) 受動的な感情

図 4.5: 色彩効果と感情に関する実験（実験 2）の結果

4.6 まとめと今後の課題

本章では，色彩効果による画像への感情記録の可能性を実験をとおして検討した．実験 1 では，被写体の感性で撮影時の感情に応じた色彩効果を適用した画像を他の被験者に見せ，被験者が画像中から被写体の感情を認知できるか調査を行った．**その結果，能動的な感情において，高い一致率を示した．**実験 2 では，同カテゴリに限定して，12 色相環と無彩色に準じた色彩効果において認知されやすい感情を調査した．その結果，Anger, Disgust，Sadness はそれぞれ，赤，青，シアンの色彩効果において認知しやすく，Surprise, Happiness は，それぞれ橙，黄（またはマゼンタ）の色彩効果において認知しやすいことが確認できた．しかしながら，Fear は認知しやすい色彩効果が確認されなかった．**感情と色彩効果との関係については，原色および二次色が強く関係しており，中性色と無彩色に関して顕著な傾向が見られなかった．**

今後の課題として，Fear の感情を認知しやすい色彩効果を模索すること，また，色彩効果による感情記録の可能性が示唆されたことから，感情と色彩効果の各カテゴリで対応づけ，画像に感情を記録できるシステムを構築する必要があると考える．

4.7 感情情報の記録と記憶想起支援への応用

本章では，感情情報の記録手法として画像効果を用いた記録手法を提案した．感情情報の記録が可能となれば，記憶想起支援への応用が考えられる．事象の記憶であるエピソード記憶は，時間や場所，その時の感情で構成される．記憶想起支援の先行研究では，感情情報を用いた研究は少ない．個人の体験やフラッシュバルブ記憶のような事例より，感情情報が記憶想起に有効であることは明らかであるため，感情情報を記録する手法を模索することで，感情情報がどの程度記憶想起に寄与しているのかを明らかにすることが期待できる．今後は，感情情報記録手法による記憶想起支援への効果も検証していきたい．

第 5 章
二次元マップを用いた感性情報の入力

本章では，第 3 章で提示した感性情報の入力手法の詳細について述べる．特に，入力手法の簡易性を活かした画像検索システムへの応用に関する研究について説明する．

5.1 感性情報マップによる画像検索システム

近年の情報化社会の流れから，インターネット上には多種多様かつ膨大な情報が存在する．それに伴い，ユーザが求める情報を効率よく検索することが困難となっている．この問題に対して，検索するユーザの評価基準を考慮した感性検索システムが提案されている [21, 22, 23]．感性検索においては，画像の内容（色や構図など）と感性情報を対応づけることによって，検索するユーザの評価基準を考慮した検索結果が提示される．

しかしながら，味覚や食感といった感性情報では，画像検索とは異なり対応づける情報が存在しない．そこで，本論文では個人の評価基準を考慮し，味覚や食感の感性情報を用いて目的の商品を直感的に検索可能な，感性情報マップを用いた画像検索システムを構築した．このシステムを用いることにより，キーワード検索の評価基準による課題を解決し，既存の感性検索では取り扱いが困難である味覚や食感などの感性情報を，画像検索に活用することを実現した．

5.2 本研究課題における目的

提案する検索システムでは，ユーザの評価基準を考慮し以下の二点に焦点をおく．

1. 目的とする商品を直感的に検索すること．

2. 既存の感性検索では取り扱いが困難である感性情報を検索に活用すること．

前者の課題に対して，既存の感性検索が解決法を提案しているため，本研究でも感性検索と同様の入力法を導入する．後者の課題に対して，ユーザの評価基準を考慮している官

能評価による情報が，味覚や食感などの感性情報の取り扱う際に有効であることから，多様なユーザレビュー情報を検索に用いることが解決手法として考えられる．また，ユーザが直感的かつ視覚的に情報を得られる点で，画像情報を検索結果として提示することが効果的であると言える．この二点を踏まえて，本研究では写真撮影と同時に感性情報を入力可能な撮影システムを構築し，その画像データを検索対象として活用する．

すなわち，感性情報を付加できる撮影システムで撮影した画像データを用いて，感性情報を検索キーに画像検索が行えるシステムを構築することが本研究の目的である．なお，本研究では，以下の理由から扱う対象をチョコレートに限定し，システムを構築する

- 平成 21 年の日本国における一人当たりの年間消費量が 1.67 キロであり[1]，多くの人に好まれている．
- 幅広い世代に人気があり容易に入手可能である．

5.3 感性検索の活用事例

感性検索の実用例として，BIGLOBE の温泉検索[2]が挙げられる．温泉の感性検索システムは，温泉の質（ぬるぬる，つるつる）や温泉地の雰囲気（しっぽり，にぎやか）の項目に対して，ユーザがスライドバーにより感性情報を入力することで，ユーザの嗜好に適した温泉を検索するシステムである．同様に感性検索を用いた通信販売サイトとして「見つかる JP」[3]が挙げられる．この通信販売サイトの特徴は，ユーザの選択した商品に類似した商品を推薦したり，商品で最も重視している点をスライドバーで選択したりすることでユーザの思考に適した商品を検索することができる点である．両者の感性検索には，ユーザインターフェイスとしてスライドバーを用いている．

5.4 感性情報マップ（二次元マップ）

ユーザの感性情報の入力手法として，二次元マップである感性情報マップを提案する．提案する感性情報マップは，図 5.1 に示すような 2 つの評価軸を持つ．

本研究では，検索対象をチョコレートに限定しているため，感性情報マップを用いる評価軸は，縦軸に甘さ，横軸に食感とした（図 5.1）．チョコレートの官能特性には，甘さと口溶けの良さが重視されていると考えられている [29]．また，ミルクチョコレートを対象とした評価用語の抽出 [30] において，代表的な評価用語として，苦み，ミルク臭，溶け出しの速さ，粘着感，粒子感などが挙げられていることから，甘さの軸をミルキーとビターに分け，食感の軸をソフトとハードに設定した．

[1]日本チョコレート・ココア協会調べ：http://www.chocolate-cocoa.com/（2010 年 12 月閲覧）
[2]BIGLOBE 感性検索温泉版：http://kan.navi.biglobe.ne.jp/onsen/（2010 年 6 月閲覧）
[3]見つかる JP：http://mitsukaru.jp/（2010 年 12 月閲覧）

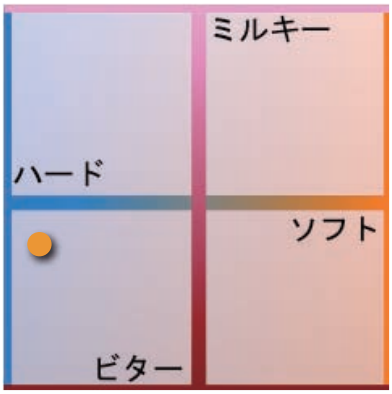


図 5.1: 感性情報マップ

この感性情報マップを用いることで，味覚と食感の感性情報を二次元マップ上に座標情報として取り扱うことが可能となる．ユーザは，感性情報マップの座標を指定することで簡易に感性情報の入力を行うことができる．図 5.1 の例では,「ハード，ビター」を選択した状態を示す．感性情報マップは，感性情報を一度の操作で入力することができる．しかしながら，感性情報マップでは，検索する評価軸が二軸に限定されることが問題点として挙げられる．この点においては，後述する主観評価でアンケート調査を行い検証した．

5.5 提案するシステムの概要

提案するシステムについて概説する．本システムは，撮影システムと画像検索システムの 2 つのシステムで構成される．提案するシステムの概念図を図 5.2 に示す．

同図において，ユーザ A を検索用画像の提供者，ユーザ B を画像検索システムの使用者とする．ユーザ A は，カメラ内蔵のスマートフォンや PDA などを通して撮影システムを使用する．撮影システムでは，感性情報の入力および撮影が行われる．撮影した画像には感性情報が付加され，画像検索システムに提供することで検索用の画像データとして格納される．ユーザ B は，画像検索システムを通して，希望するチョコレートの味や食感に関する感性情報を感性情報マップに入力する．事前に格納されている検索用の画像データに付加されている感性情報と，ユーザが入力した感性情報とを比較し，類似性の高い画像を検索結果としてユーザ B に提示する．ただし，現在はシステムのプロトタイプとして実験を行なったため，撮影システムにはカメラ内蔵のデバイスを用いておらず，ノート PC と Web カメラで代替している点に注意していただきたい．

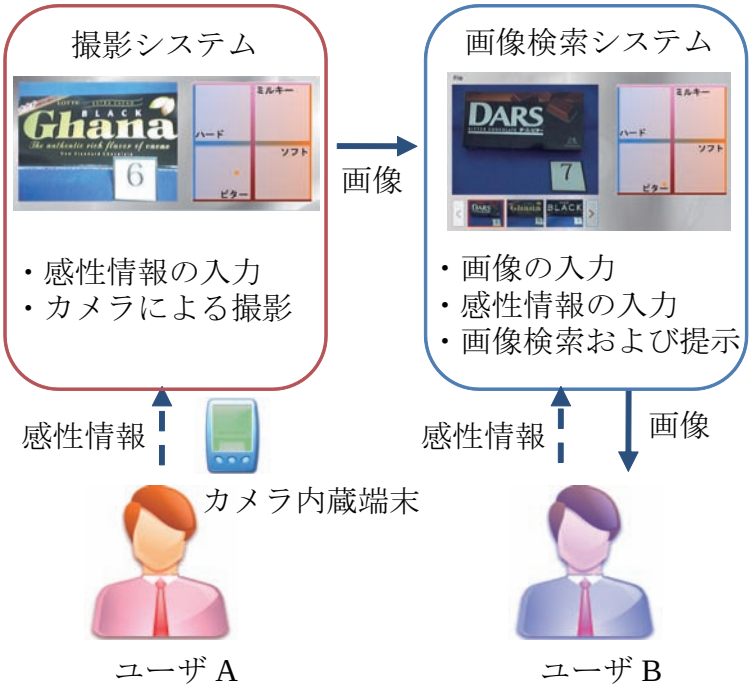


図 5.2: システムの概念図

5.6 感性情報マップを用いた撮影システム

検索用画像データとして，商品に対する感性情報が付加された画像が必要となる．すなわち，レビュアーのユーザレビュー情報を付加した画像データを作成する必要がある．特に，食べ物を検索対象とする場合，味覚や食感に対する個人差（評価基準の差異）が顕著に現れる可能性が高いことから，多様な評価基準の検索用画像データが必要である．そのため，ユーザの負担にならない簡易な感性情報の入力を行う必要がある．その点において，感性情報マップによる感性情報の入力手法は，一度の操作で感性情報の入力が行えることから，通常のシャッターボタンと感性情報の入力を同期させることが可能である．さらに，画像自体に感性情報が付加されていることから，検索用画像データとして撮影した画像を画像検索システムに提供するだけで，レビュー情報を活用できる．ユーザの負担は，通常のカメラ撮影およびコンピュータへの取り込みとほぼ同等であり，多くのユーザがレビュアーとして画像を提供できると考えられる．感性情報マップを用いた撮影システムの操作画面を図 5.3 に示す．

図 5.3 の左画面が撮影画面，右画面が感性情報を入力する感性情報マップである．ユーザが右画面の感性情報マップ上で商品に対する感性情報を入力すると同時に左画面で表示される被写体が撮影されるシステムとなっており，撮影時の手間を増やすことなく，感性情報を入力できる点が特徴である．

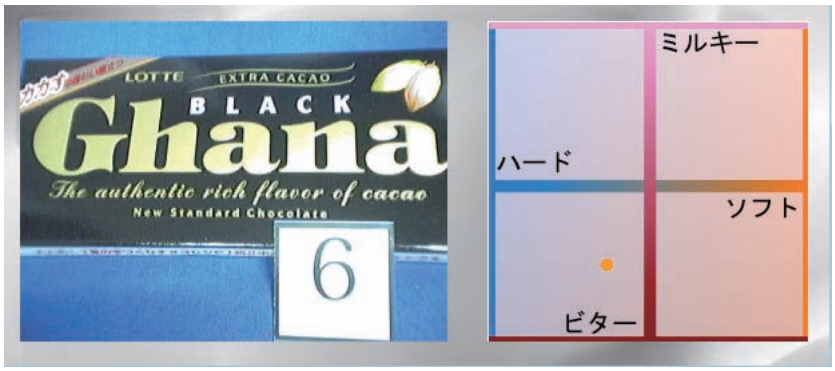


図 5.3: 感性情報マップを用いた撮影システムの操作画面

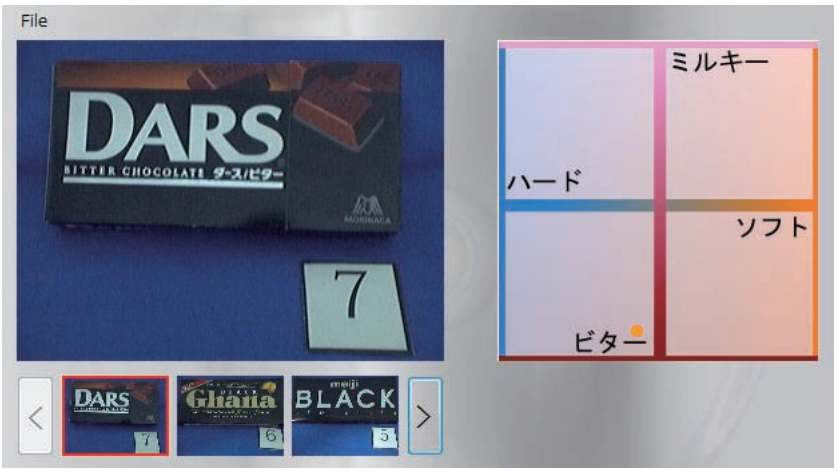


図 5.4: 感性情報マップを用いた画像検索システム

5.7 感性情報マップを用いた画像検索システム

前節で述べた撮影システムにより，ユーザレビューが簡易に行われ，感性情報が付加された画像を生成することができる．感性情報が付加された画像を検索用画像として活用するため，感性情報マップを用いた画像検索システムを構築した．この画像検索システムは，キーワード検索の問題点である評価基準の違いを考慮し，既存の感性情報では取り扱いが困難である味覚や食感の感性情報を活用している．本画像検索システムにより，ユーザの味覚及び食感の感性情報に基づいて，目的とする商品の画像検索結果が提示される．図 5.4 に感性情報マップを用いた画像検索システムを示す．

図 5.4 の左画面が検索結果の表示画面，右画面が感性情報を入力する感性情報マップとなっている．ユーザは感性情報マップに希望するチョコレートの味や食感に関する感性情報を入力し，その感性情報に基づき左画面に検索結果が表示される．

図 5.5 は，画像検索システムの仕組みを図式化したものである．画像検索システムの

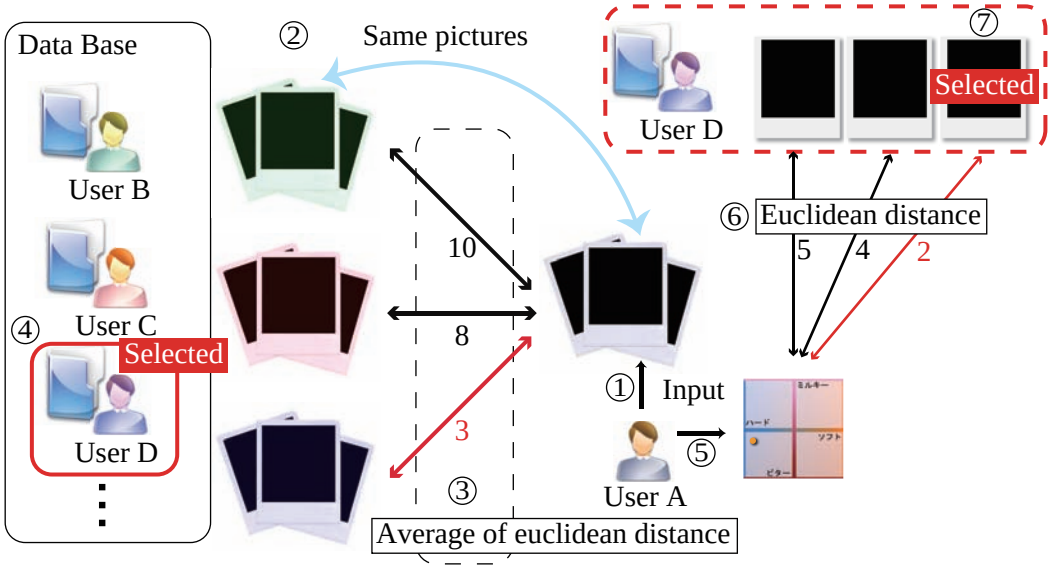


図 5.5: 画像検索対象フォルダの決定と検索画像の決定方法

データベースは，画像を提供したユーザごとにフォルダが分けられている．まず，画像検索システムを使用するユーザ A は，撮影システムで撮影した複数枚の画像を入力する（①）．次に，データベース内における各ユーザのフォルダから入力画像と同一のチョコレートが被写体である画像を取り出す（②）．ユーザ A とデータベースにフォルダを持つ各ユーザとの感性情報（画像に付加された二次元マップ上の座標値）から，ユークリッド距離を算出する（③）．算出されたユークリッド距離の平均値を比較し，最小値となるユーザ D のフォルダを検索対象とする（④）．画像検索では，ユーザ A が二次元マップにより入力した感性情報（⑤）と，ユーザ D のフォルダ内の画像に付加される感性情報から，ユークリッド距離を算出する（⑥）．そして，ユークリッド距離が最小値となる画像が，ユーザ A に提示される（⑦）．また，ユークリッド距離の小さい順にユーザ D の画像はソートされ，ユーザ A に対して昇順に画像が提示される．一度に提示される画像は 3 枚であり，赤枠で選択された画像が大画面に表示される（図 5.4）．

ただし，実際にシステムを運用する場合は，感性の似たユーザ同士でのみ情報が共有されてしまう．この点に関しては，今後の課題としてシステムを改善する必要がある．

5.8 評価実験の概要

感性情報マップを用いた 2 つのシステムの評価実験を行った．評価実験の被験者は，撮影システムのみを使用し画像提供者となる被験者（タイプ A），撮影システムと画像検索システムを使用する被験者（タイプ B）の二種類に分けられる．各タイプの被験者における実験条件および実験方法を以下に示す．また，評価実験の流れを図 5.6 に示す．

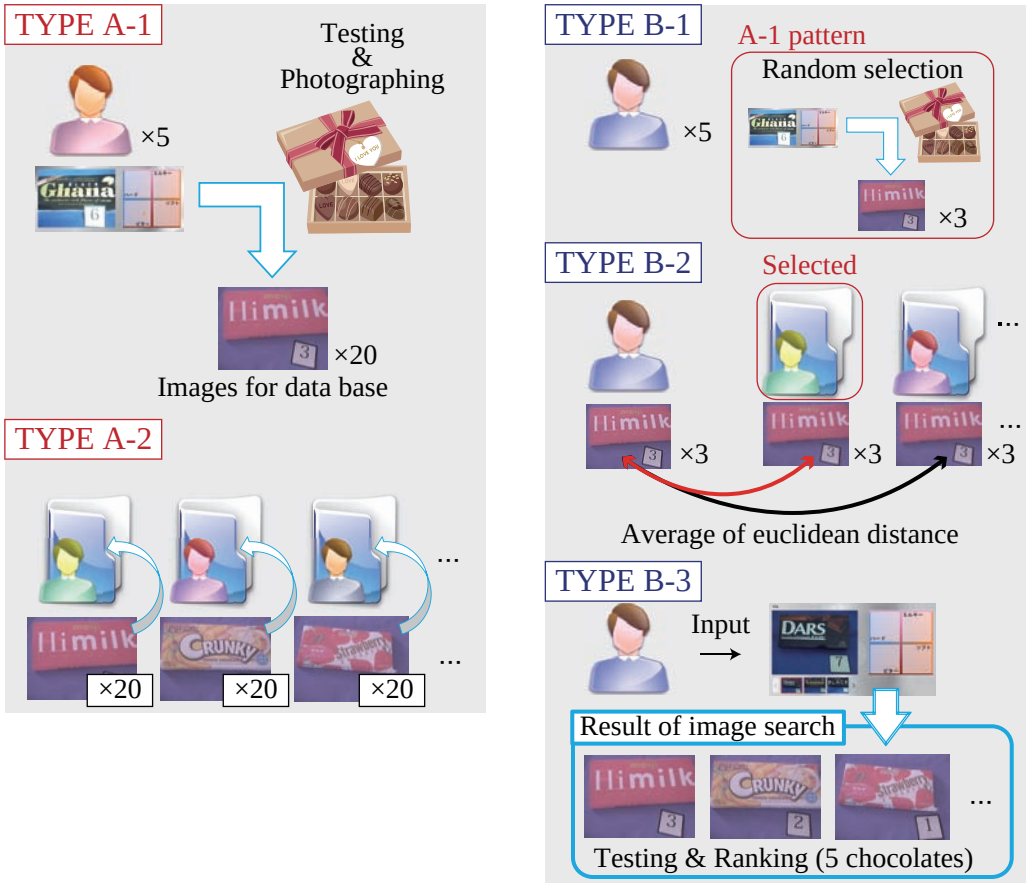


図 5.6: 評価実験の流れ

タイプ A：被験者数 5 名

A-1

被験者は，20 種類のチョコレートを試食し，それぞれのチョコレートに対して，撮影システムを用いて感情情報の入力および撮影を行う．チョコレートを食べる際の注意点として，一回の試食ごとに水を飲み，口内の甘味が消えてから次のチョコレートを試食してもらう．

A-2

A-1 で 20 枚の感性情報が付加された画像が生成される．これらの画像を各被験者専用のフォルダに格納し，画像検索システムの検索用画像データとして用いる．

タイプ B：被験者数 5 名

B-1

被験者は，A-1 と同様にチョコレートを試食し，感性情報の入力と撮影を行う．ただし，すべてのチョコレートではなくランダムに選択した 3 つのチョコレートのみとする．

B-2

B-1 で生成された 3 枚の画像を基に検索対象のフォルダを指定する．検索対象フォルダの決定は，5.7 節に従う．

B-3

被験者は，感性情報マップにより，希望する味と食感に関する感性情報を入力する．それにより提示された画像検索結果を基に，上位 5 つのチョコレートを試食してもらい，被験者が目的とするチョコレートに近いチョコレートの順位づけを行ってもらう．

5.9 主観的評価アンケート調査の結果および考察

評価実験後，主観的評価アンケートによる調査を行った．主観的評価アンケートの詳細については，A.1 節を参照していただきたい．その結果を図 5.7 および表 5.1 に示す．

調査内容は，感性情報マップの評価軸の有効性（図 5.7(a)），感性情報入力の簡易性（図 5.7(b)），レビューに関する調査（図 5.7(c)），画像検索の簡易性（図 5.7(d)）についてである．加えて，画像検索の有効性を示すため，表 5.1 のようなスピアマンの順位相関係数 ρ を算出した．スピアマンの順位相関係数は，順位データから求められる相関の指標であり，式 (5.1) によって求められる．

$$\rho = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{N}(X(i) - Y(i))^2}{N(N^2 - 1)} \tag{5.1}$$

ここで，N は，比較する順位データのペアの数，$X(i)$ と $Y(i)$ は，アイテム i の各順位データとする．なお，回答者数は，図 5.7(a–c) の質問項目においては 10 名（タイプ A・B），図 5.7(d) および表 5.1 の質問項目においては 5 名（タイプ B）である．

図 5.7(a) より，評価軸または評価項目について，6 割の被験者が評価項目を変更，または，評価軸を追加する必要があると評価したことが分かる．評価軸の追加は，感性情報の入力における簡易性が失われてしまうデメリットがあるため，適切な評価項目および評価軸の数を決定する必要がある．

図 5.7(b) より，感性情報マップを用いた撮影システムにおいて，8 割の被験者がデジタルカメラによる撮影と同様，または，より簡単に撮影が行えていることが分かる．すなわち，感性情報マップによる感性情報の入力が十分に行えていると言える．困難であると答

えた被験者の理由として，プッシュボタンの方が簡単である．味を評価しつつ撮影するのが煩わしいという意見が挙げられた．

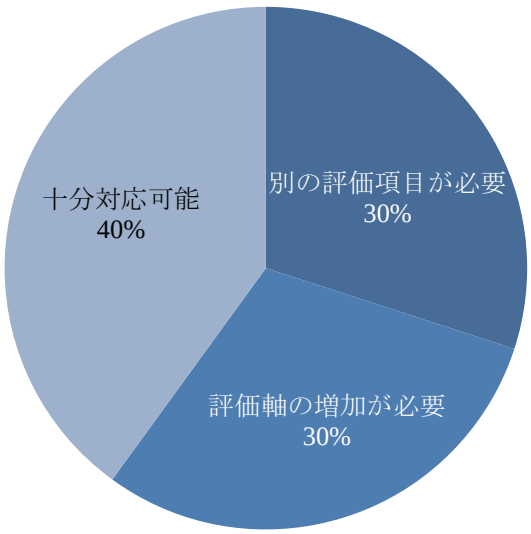
図 5.7(c) より，レビュー経験の有無について，8 割の被験者がレビューを行なったことがないことが分かる．レビューを行わない理由として，面倒，機会がないという意見が多く挙げられた．レビューを行なったことがあると答えた被験者 2 名は，本システムのレビュー方法が簡易であると回答した．したがって，本撮影システムはレビューの手間がかからず，簡易にレビュー可能であると言える．

図 5.7(d) より，8 割の被験者がキーワードによる画像検索よりも，本画像検索システムの方が簡単に検索を行えると評価していることが分かる．特に，味覚や食感からの検索においては，キーワードでの画像検索が困難であるため，本画像検索システムの簡易性が顕著に現れたと考える．

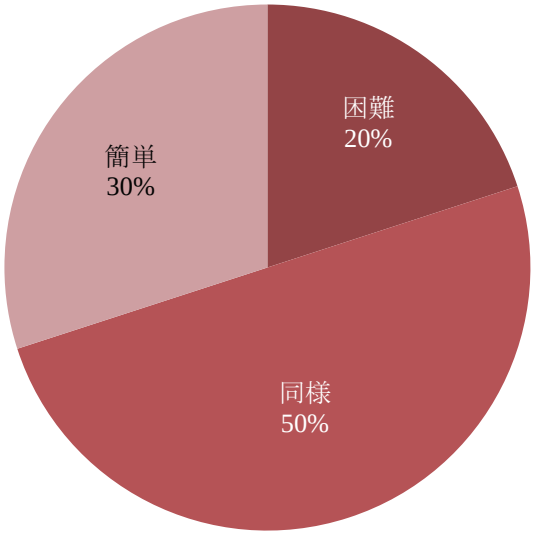
表 5.1 より，5 名の被験者のスピアマンの順位相関係数 ρ の平均値が 0.4 であることが確認できる．相関係数 ρ は，本画像検索システムによって提示された画像の順位と，被験者が味覚と食感を基に決定した順位との相関を示すものであり，順位が完全に同じ場合に 1，完全に逆の順にである場合に-1，相関がない場合に 0 を示す．表 5.1 で順位相関係数の平均値が 0.4 であることから，システムにより提示された画像の順位と被験者の決めた順位が相関関係にあると言える．よって，検索結果がユーザの感性を考慮できていると言える．ただし，No.2 の被験者では，-0.7 と負の相関関係が確認できる．この理由として，甘さを重視して順位を選択したという意見が挙げられた．すなわち，被験者が甘さの評価軸のみで感性情報を入力したことが一つの要因であると言える．今後，評価軸に優先度を設けて類似度を算出する必要がある．

表 5.1: スピアマンの順位相関係数

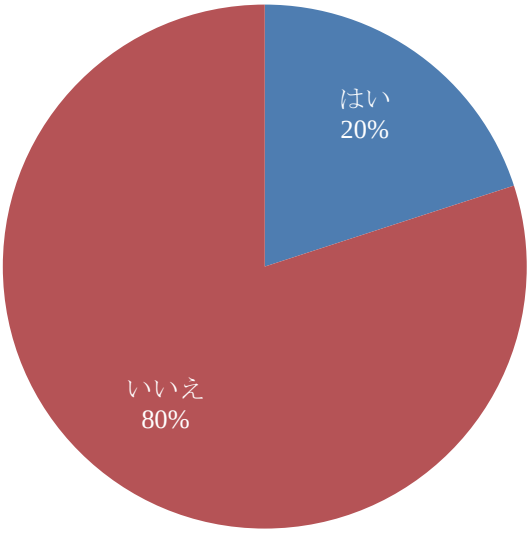
No.	1	2	3	4	5	Average
ρ	0.8	-0.7	0.3	0.9	0.5	0.4



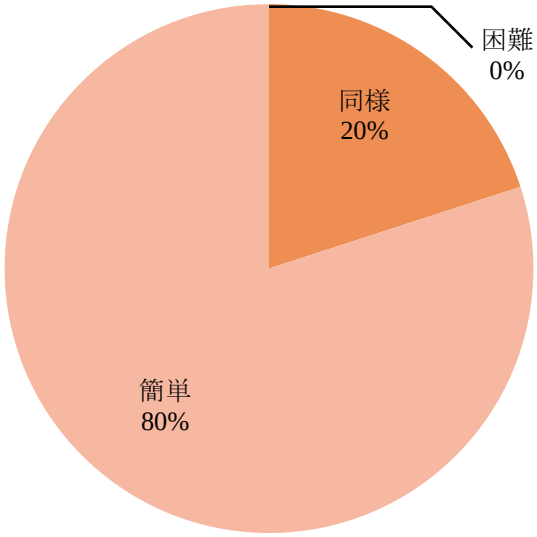
(a) 評価軸の有効性



(b) 感性情報入力の簡易性



(c) レビューに関する調査



(d) 画像検索の簡易性

図 5.7: 主観的評価アンケートの結果

5.10 まとめと今後の課題

本章では，提案する感性情報マップを用いたシステムの概要と評価実験について述べた．主観的評価アンケートの結果から，撮影システムを用いることで感性情報が簡易に入力でき，既存のレビューシステムと比較して簡単にレビュー可能であることが確認できた．また，感性情報を含む画像を検索データとした画像検索システムでは，キーワード検索と比べて検索が容易にでき，味と食感に基づいた検索結果と被験者の要望に適したチョコレートの順位づけに相関関係があることが確認できた．**よって，本研究の目的であるチョコレートを簡単にレビューできる撮影システムと，ユーザの味覚や食感の感性情報に基づいた直感的な画像検索システムが提案できたと言える．**しかしながら，評価軸の追加や変更，評価軸の優先度の課題があり，評価軸を検討する必要があると考える．また，現状の画像検索システムでは，感性の類似性が高い人同士で画像が共有されるだけのシステムとなる可能性があるという課題が残される．

今後の課題として，カメラ内蔵端末へ実装し，画像検索システムを Web アプリケーションとして構築し，実際の運用を想定した実験環境の下での有効性を検証する必要がある．それに加えて，本システムは多くのレビュアーのデータを必要とするため，被験者数を拡充する必要もある．同時に，画像検索システムの検索アルゴリズムも改善していく必要がある．本章では，チョコレートを対象として実験を行なったが，他の検索対象への適用を考慮しつつ，本システムを改善する予定である．

第 6 章
感性情報を考慮した絵画調画像の生成

本章では，第 3 章で提示した感性情報の表出手法の詳細について述べる．特に，簡易な方法でユーザ自身の感性を絵画表現に適用させる事を目的とした，感性情報を考慮した絵画調画像生成に関する研究について説明する．第 4 章では，能動的な感情は色彩効果により感情が認知しやすく，特定の色彩効果は特定の感情を認知できる傾向が確認できた．すなわち，色情報の変化により，ある特定の別の印象を与えることが期待できる．第 5 章では，二次元マップを用いることで感性情報を簡易に入力できることを確認した．よって，二次元マップ上で感性情報を取り扱うことで，簡易に感性情報を視覚化でき，感性情報に関する分析に貢献することが期待できる．以上の研究結果から，色情報の変換により別の印象を与えることができること（仮説 1），二次元マップ上で感性情報を取り扱うことで，視覚的に感性情報を分析できること（仮説 2）の 2 つの仮説を立てた．これらの仮説を基に，感性情報の記録に色情報を利用した手法を用い，感性情報を考慮した画像の印象調査に二次元マップを用いるものとした．本章の研究は，画像への感性情報記録手法の応用事例として位置づけられる．

6.1 イメージ語入力による絵画調画像の生成手法

実写画像から，油彩画調や水彩画調，線画調などの絵画調画像を生成する手法が，数多く提案されている [31, 32, 33, 34, 35]．Adobe System®社の Photoshop®を代表とする画像編集ソフトウェアにも多様な絵画調フィルタがあり，比較的簡単に絵画調画像を生成できる．しかしながら，画像効果フィルタを用いる際，閾値処理による明暗度や詳細度などのパラメータ操作に限定されている．絵画には，描画対象の色や形状などに固執しない，印象的または抽象的な表現が含まれる．画像編集ソフトウェアに熟知したユーザや色彩感覚に優れたユーザは，色調調整や他の画像効果フィルタを適用することで，ユーザの感性情報に従った絵画表現が可能であると考えられる．一方，一般ユーザにおいては，自身の感性を有しているにもかかわらず，それを表出するための技術や知識が不足しているために，感性を反映させた画像編集作業は困難であると考えられる．本章では，イメージ語で

指定した感性情報に基づいた配色変換を行うことで，ユーザの感性情報を考慮した絵画調画像の生成法を提案する．

6.2 Non Photo-realistic Rendering

コンピュータグラフィックスの研究分野では，従来から現実感を伴う画像をコンピュータで生成する目的で研究が進められてきている．一方，現実感を伴わない画像を生成する研究分野を Non Photo-realistic Rendering(NPR) と称して，1990 年より Haeberli の研究報告 [32] を皮切りに，水彩画や油彩画などの芸術作品を写真から生成する手法が報告されている [33, 34, 35]．絵画調画像の生成過程は，ブラシストロークの属性決定，塗り重ね，そして順序決定の 3 ステップで構成される [33].

属性決定

ブラシパターン（テクスチャ）の種類，位置，色，向き，大きさなどの各ブラシストロークの属性を決定する．

塗り重ね

各ブラシストロークがキャンバス上に塗り重ねられる順序を決定する．ランダムで決定する手法 [34] と詳細部分と粗い部分を考慮して決定する手法 [35] などが用いられている．

順序決定

決定された各ブラシストロークの属性と順序に従ってキャンバス上に塗り重ねを行う．

上記の生成過程において，ユーザが指定するパラメータは，ブラシの色（明暗度）と大きさ（詳細度）になる．ブラシのテクスチャの種類や位置および向き，順序決定に関しては，画像効果フィルタに応じて適切なパラメータが設定される．絵画調画像生成の関連研究では，油彩画や水彩画などの異なる種類の絵画を，実際の絵画技法や著名な画家の技術を模倣して，ブラシストロークの属性や，塗り重ねおよび順序決定を変化させている．すなわち，絵画に関する技術や知識に基づき，人間が描いた絵画に近い絵画調画像を生成することが目的となっている．

6.3 本研究の位置づけと目的

絵画は，複写を除き，描画対象が同じであっても同じ絵画が制作されることはない．それは，制作者の絵画に関する技術や知識による影響と，制作者が描画対象から受ける印象や表現方法の違いによる影響が要因として考えられる．多くの絵画調画像生成に関する研究では，前者の技術的な要素を研究対象としていた．本研究では，後者の感性に関する要

素を研究対象とし，ユーザの感性情報を考慮した絵画調画像生成を実現することを目的とする．本章では，絵画表現における色情報に着目し，ユーザの感性情報に応じた配色パターンを絵画表現に適用する方法を提案する．

6.4 アルゴリズム

提案手法では，ユーザの感性に基づいたイメージ語に従い画像中の配色パターンを変えることで，ユーザの感性情報を絵画調画像に適用させる．その処理は，写真から色数を減らすための**減色処理**，イメージ語入力により配色パターンを変換する**配色変換処理**，そして，**絵画調画像の生成処理**の 3 ステップで構成される．

6.4.1 減色処理

絵画の描画では，写真とは異なり光学現象に従った情報をそのまま画像として記録するのではなく，人為的な強調や省略を行う．写真から色数を減らす減色処理は，絵画における省略の一部に相当する．減色処理には，均等量子化法や頻度法，近傍の画素を統合する領域統合法などの様々な手法が提案されている [36]．本研究では感性情報を取り扱うため，画像から受ける印象に基づいた減色処理が望ましい．そこで，画像から得られる印象とほぼ同等の印象が得られるイメージカラーに着目した．イメージカラーとは，画像中に存在する色のうち，特に印象づける数色からなる色の組合せであり，画像の印象を表す情報である．先行研究において，デザイナーのイメージカラー選定法を参考にしたイメージカラーの抽出手法が提案されている [37, 38]．減色処理には，このイメージカラーの抽出法に基づいた手法を用いた．イメージカラー抽出法では，使用色を限定し，その使用色からイメージカラーが決定される．使用色の限定は，色空間でユークリッド距離の近い色をユーザが指定する色数になるまで統合する処理である．以降，イメージカラー抽出法について説明する．一枚の画像におけるイメージカラーの抽出は，以下の処理手順に従って行われる．

処理 1　画像の使用色を読み取る．

処理 2　領域の小さい色や他の色と似ている色を 1 つにまとめる．

処理 3　まとめられた色を目立つ度合を基に整列する．

処理 1 は，画像に使われている色のリスト（カラーリスト）を作成する処理である．処理 2 は，使用色を限定する処理であり，作成した色のリストから色空間において，色差や色領域の大きさ，明度差などを考慮して統合することで，色限定を行う．処理 3 では，限定された色から「色領域の大きさ」,「誘目性の高さ」,「コントラスト感」によって目立つ度合を求め，その度合の高い順に並べ替える．これらの処理によって画像の印象を表すイメージカラーを決定する．次に，各処理の具体的な流れについて述べる．

処理 1：カラーリストの作成

入力画像から使用色を読み取るため，文献 [38] に基づき，RGB 各 256 階調で表示される画像を，各 16 階調に階調数を落としてカラーリストにすべての色情報を登録する．

処理 2：使用色の限定

使用色の限定のために，色空間における 2 色のユークリッド距離が近いものをまとめていく．文献 [37] では，$L^*u^*v^*$ 色空間を用いており，文献 [38] では，$L^*a^*b^*$ 色空間を用いている．本研究では，混色作業の効率の良さと人間の視覚を近似するような設計となっている点から，$L^*a^*b^*$ 色空間を採用した [39]．$L^*a^*b^*$ 色空間では，L^* が色の明度，a^* が赤またはマゼンタ（正の値）と緑（負の値）の間の位置，そして b^* が黄色（正の値）と青（負の値）の間の位置にそれぞれ対応している．ディスプレイ上で使用される RGB 色空間は，standard RGB（sRGB）と呼ばれる国際電気標準会議（IEC）が定めた規格に基づいている．sRGB から $L^*a^*b^*$ 表色系に変換する場合，国際照明委員会（CIE）が定める基本表色系である XYZ 表色系に変換しなければならない．そこで，XYZ 表色系の再現性を統一するためのホワイトポイントを決定する必要がある．ホワイトポイントは，基準とする照明光の値であり，色の再現性を保持するために用いられる．一般的には，標準の光 C または，D65 が設定される．今回，ディスプレイ上で設定可能な色温度（6500K）に近似している D65（色温度：6504K）を用いることにした．$L^*a^*b^*$ 表色系への変換に関する詳細は付録 B を参照していただきたい．

全体的な処理の流れは,「色領域の大きさ」,「明度の低さ」,「色空間内での近さ」を求めて，$L^*a^*b^*$ 色空間内で混色を繰り返す処理となる．まず，画像中で出現数の少ない色を $L^*a^*b^*$ 色空間中でユークリッド距離が近い色と混色する．$L^*a^*b^*$ 色空間における 2 色間のユークリッド距離（色差）D は，式 (6.1) で表される．

$$D = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \tag{6.1}$$

すなわち，求める色差は各軸の差の二乗和の平方根であり，一般的な 3 次元空間での二点間ユークリッド距離に相当する．D の値が大きいほど二色の色が異なり，値が小さいほど二色の色が類似している．なお，文献 [37] に基づき出現数の少ない色は，出現数が全画素数の 0.5% 以下のすべての色と定義し，2 色の混色方法は，以下の方法に従う．

3 次元ユークリッド空間において，混色対象の色 A と混色対象の色 B の座標ベクトルをそれぞれ a，b とする．同様に，混色後の色を X とすると，その座標 x は,

$$x = \omega_A \cdot a + \omega_B \cdot b \tag{6.2}$$

として表される．ここで,

$$\omega_A = \frac{N_A}{N_A + N_B} \quad \omega_B = \frac{N_B}{N_A + N_B}$$

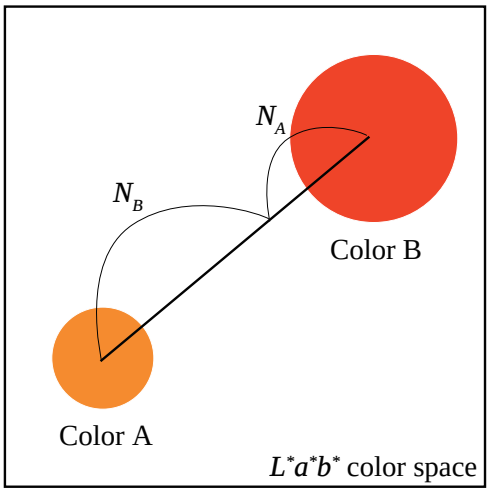


図 6.1: 2 色の混色方法

とすると，$\omega_A + \omega_B = 1$ となることから，ω_A と ω_B は，混色対象の色 A と色 B のウェイトとして表される．また，$N_X = N_A + N_B$ となる．ただし，N_A は画像における色 A の出現数とする．図 6.1 に，上記の混色式の概念図を示す．

図 6.1 における円の大きさは，その色の出現数を示し，出現数の大きな色と小さな色を混色すると，出現数の大きな色に近い色となる．

次に，色空間中で近い色同士を混色し，使用色をユーザが指定した色数まで限定することで，イメージカラーの候補を限定する．

処理 3：イメージカラーの決定

イメージカラーを選ぶ段階において，目立つ色はイメージカラーとして選ばれ，目立たない色はほとんど選ばれることがない．そのため，色の目立つ度合の値の高い順にイメージカラーを選出する．文献 [38] では，8 割程度の目立つ度合で画像全体の印象を表しているという前提から，目立つ度合の高い順に値を加算していき，すべての合計値の 8 割を超えたときの色数をイメージカラーとし，その配色情報を順に使用するものとしている．ただし，本研究で使用するイメージカラーの色数は，ユーザが任意に指定している．

ここで，目立つ色の条件とそれに基づいた目立つ度合の算出方法について説明する．目立つ色の条件は，文献 [38] より次のように定義される．

色の領域が大きい

画像中に占める領域が大きい色ほど目立つことから，領域の大きさをイメージカラーの決定の要素とする．

誘目性が高い

色には目につきやすい色とつきにくい色があり，この性質を色の誘目性と呼ぶ．色の誘目性は無彩色より有彩色が高く，また，黒より白が高くなる．色相においては緑や青より赤や黄色の誘目性が高い [40, 41]．

コントラスト感の強さ

色の見えやすさには，主に図色（挿入された色）と地色（背景色）の明度差によって決まる．黒と黄，黒と白のように明度差の大きい色ほど見えやすく，反対に黄と白，赤と緑のように明度差の小さい色ほど見えにくい．明度差が小さい場合，例え色相差や彩度差があっても見えにくい．この効果はコントラスト感と呼ばれている．

上記のように色相（Hue），彩度（Saturation），明度（Brightness）を比較の対象とすることから，HSB 色空間を用いて目立つ度合 L を算出する．L は以下のように算出される．

$$L = \sqrt{(2C_1)^2 + (5C_2)^2 + (4C_3)^2}, \tag{6.3}$$

$$C_1 = \frac{\text{出現数}}{\text{全画素数}}, \tag{6.4}$$

$$C_2 = \begin{cases} \mathcal{H} \times \text{明度} & \text{if 彩度} \geq 0.6, \\ \left(\dfrac{\mathcal{W} - \mathcal{H}}{0.6} \times (0.6 - \text{彩度}) + \mathcal{H}\right) \times \text{明度} & \text{if 彩度} < 0.6, \end{cases} \tag{6.5}$$

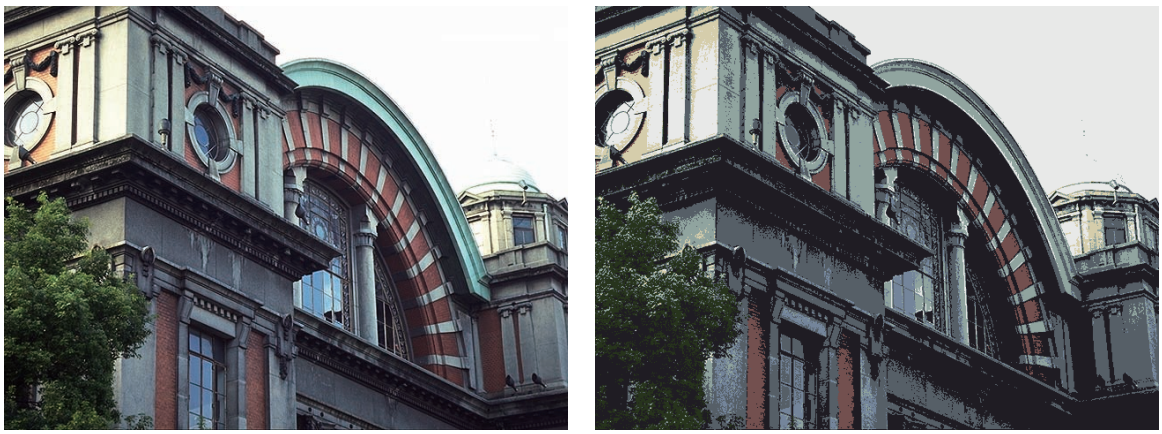
$$C_3 = \begin{cases} 0 & \text{if 明度} = 0 \vee \text{彩度} = 0, \\ \mid \text{明度} - \text{背景色の明度} \mid & \text{otherwise.} \end{cases} \tag{6.6}$$

式 (6.3) において，C_1 は色の領域の大きさ，C_2 は誘目性の高さ，C_3 はコントラスト感を表し，先に定義した目立つ色の条件にそれぞれ対応している．処理 2 により選択された使用色のすべての色情報に対して式 (6.3) を適用することで，目立つ度合を算出する．式 (6.4) において，出現数は画像中のある色の画素数であり，全画素数で割ることによって色領域の大きさを 0 から 1 の範囲で算出する．式 (6.5) において，彩度が 0.6 で算出される値が異なる．これは，彩度が 0.6 よりも低くなると色は鮮やかさを失い始め，彩度 0 の白に近づいていくことによって，誘目性も低くなる．また，明度も低くなり黒に近づくにつれ誘目性が低くなっていくため，彩度 · 明度の処理に加えた算出式となっている．$\mathcal{H}$ は色相の影響値であり，$\mathcal{W}$ は白の影響値である．影響値は，誘目性に関する重み付けパラメータであり，デザイナーに対するアンケート調査に基づき決定している [38]．色相，明度，彩度による影響値を表 6.1 に示す．

HSB 色相環を 30 度で分割し 12 色として，影響値を設定する．すべての影響値は 0 から 1 の範囲にあり，式 (6.5) で算出される値も 0 から 1 の範囲となる．式 (6.6) において，背景色の明度は，使用色として限定された色から対象となる色を除いた明

表 6.1: 色相による影響値

色相	赤	赤黄	黄	黄緑	緑	青緑	水	青	青紫	紫	赤紫	桃
影響値	1.00	0.80	0.88	0.47	0.52	0.35	0.72	0.65	0.25	0.40	0.65	0.80



(a) フルカラー画像　　(b) 8 色限定画像

図 6.2: 減色処理画像

度の平均値であり，白や黒の無彩色の場合のコントラスト感の高さは 0 としている．明度も 0 から 1 の範囲であることから，C_3 の値も 0 から 1 の範囲となる．また，明度 · 彩度の影響値は，白を 0.15，黒を 0.00 としている．

以上の方法によりユーザが指定した色数になるまで減色処理を繰り返す．ユーザの指定する色数が大きい値の場合，原画像の情報を保持することができるが，配色変換による効果が小さく，反対に小さい値の場合，原画像情報を極端に損失する可能性が想定される．今回，配色変換で用いるデータベース配色（以下，DB 配色）の色数が 5 色であること，経験的に 3 色ほど出現数の高い色を残すことで原画像情報の損失を軽減できるという理由により，色数を 8 色に指定した．すなわち，出現数の高い 3 色を残すことから，配色変換処理に使用するイメージカラーは残りの 5 色となる．減色処理によって，図 6.2 のような 8 色に減色処理した画像が生成される．

6.4.2 配色変換処理

配色変換処理には，変換対象となる配色 DB が必要となる．先行研究では，使用する配色 DB として，デザイナーが選択した配色情報 [42] や，Adobe System®社の Kuler®[1] という配色パターンを共有し，評価するウェブサイトを活用する方法 [43] が提案されている．提案手法では，入力データをイメージ語とするため，文献 [44] のデータを配色変換用の配色パターンに用いる．配色変換用の配色パターンは，イメージ語に対応づけられていることから [44]，そのままシステムの DB 配色として格納した．なお，各配色パターンの RGB 値は文献 [45] を参考にした．イメージ語は全 35 語あり，各イメージ語につき，10 個の配色パターンが存在する．配色変換においても，イメージカラーを考慮することが原画像情報の損失を軽減できると考えるため，画像のイメージカラーと DB 配色パターンの類似度を用いる．類似度は，文献 [14] による重み付き距離の合計値を用いているが，同文献において重み適用の有無による有意差が見られなかったことから，重み付けなしの色差（$L^*a^*b^*$ 色空間上のユークリッド距離）の合計値を用いた．イメージカラーと DB 配色パターンとの対応づけには，目立つ度合を優先する方法と，すべての対応パターンを算出する方法が考えられる．本手法を実装したシステムには，両者の方法を組み込みユーザが任意に設定できるようにした．目立つ度合優先の処理手順を図 6.3 に示す．

イメージ語「かわいい」を入力した場合，データベースから 10 個の DB 配色パターンが取り出される．すべての DB 配色パターンで色差の合計値が最小となる DB 配色パターンとその対応づけを配色変換に用いる（ループ 1）．目立つ度合を優先して配色パターンを対応づける場合，その対応づけにおいて目立つ度合の高い順に最小となる色差を選択していく（ループ 2）．一方，すべての対応パターンを算出する方法では，ループ 2 において，すべての対応づけパターンを比較して色差が最小となる合計値を求める．

また，配色変換には，感性情報の適用度合いを調節するためのパラメータとして，適用度を設けた．ユーザが任意に設定した感性情報の適用度を閾値とし，対応色同士の色差に基づき色差の小さい対応色から順に配色変換する．例えば，適用度を 3（最大 5）に設定した場合，配色変換に使用されるすべての色の中で，色差が 3 番目に小さい値を閾値として設定し，その閾値を上回る色は色変換が行われない．すなわち，色差の小さい対応色の 3 色が変換処理に用いられる．

6.4.3 絵画調画像の生成

図 6.2(b) から確認できるとおり，絵画調画像が減色処理によって生成される．追加の効果として様々な絵画調画像生成のフィルタを適用することで，目的の絵画調画像が生成できる．今回は，シンプルな手法であることから，油彩画調フィルタと貼り絵調フィルタの二つの絵画調フィルタを導入した．油彩画調フィルタは，メディアンフィルタによるノイズ除去で近傍の色を統合するフィルタである．貼り絵調フィルタは，画像の座標情報をラ

[1] Kuler®：http://kuler.adobe.com/（2011 年 1 月閲覧）を参照していただきたい．

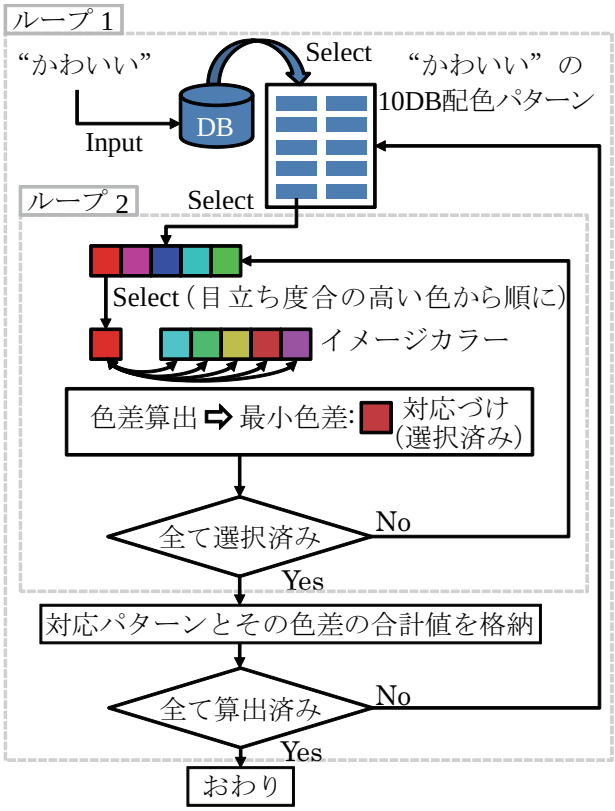


図 6.3: 目立つ度合優先の処理手順

ンダムに決定し，その座標の色情報に基づいて正方形を生成するフィルタである．絵画調フィルタを適用した画像を図 6.4 に示す，

6.5 システムの概要

以上で述べた手法を用いた絵画調画像生成システムを構築した．システムのインターフェースを図 6.5 に示す．

本システムは，画像を描画する Drawing area とユーザが操作する Input area で構成される．Drawing area には，左画面に絵画調画像を表示し，右画面にユーザが入力した原画像を表示する．Input area では，左画面で配色に関する情報の表示と配色パターンの決定手法が選択でき，右画面でイメージ語および絵画調フィルタの選択ができる．ユーザは以下の手順に従って絵画調画像を生成する．

STEP1. 実写画像の入力

ユーザが指定した入力画像に対して減色処理を行い，画像中のイメージカラー（画像配色）を決定する．

(a) 油彩画調フィルタ　　(b) 貼り絵調フィルタ

図 6.4: 減色処理画像

STEP2. 配色パターン決定手法の決定

配色パターンの決定手法を，すべての配色パターンの手法または目立つ度合を優先した手法から選択する．

STEP3. 感性情報に基づくイメージ語の指定

ユーザの感性情報に基づきイメージ語を指定する．そのイメージ語により配色変換用の DB 配色が決定する．

STEP4. 絵画調フィルタの決定

画像に適用する絵画調フィルタを，油彩画調または貼り絵調フィルタから選択する．

STEP5. 適用度による感性情報の適用度合いの調整

適用度を調整し，配色変換の適用度合い（配色変換を行う色数）を変更する．

6.6 感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価 1

本システムを用いて生成される絵画調画像に対する印象評価を行った．本調査には，表 6.2 に示す 4 種類の画像を用いた．

4 種類の画像に対して，系統が偏らないように 9 イメージ語を指定し，各種 9 枚ずつ合計 36 枚の絵画調画像を生成した．なお，適用度はすべて最大値に設定した．また，イメージ語の総数は 35 語であるため,「さっぱりした」を No .3 と No. 4 に使用している．図 6.6 に，各種画像の原画像，減色処理画像，イメージ語による配色変換画像の一例を示す．

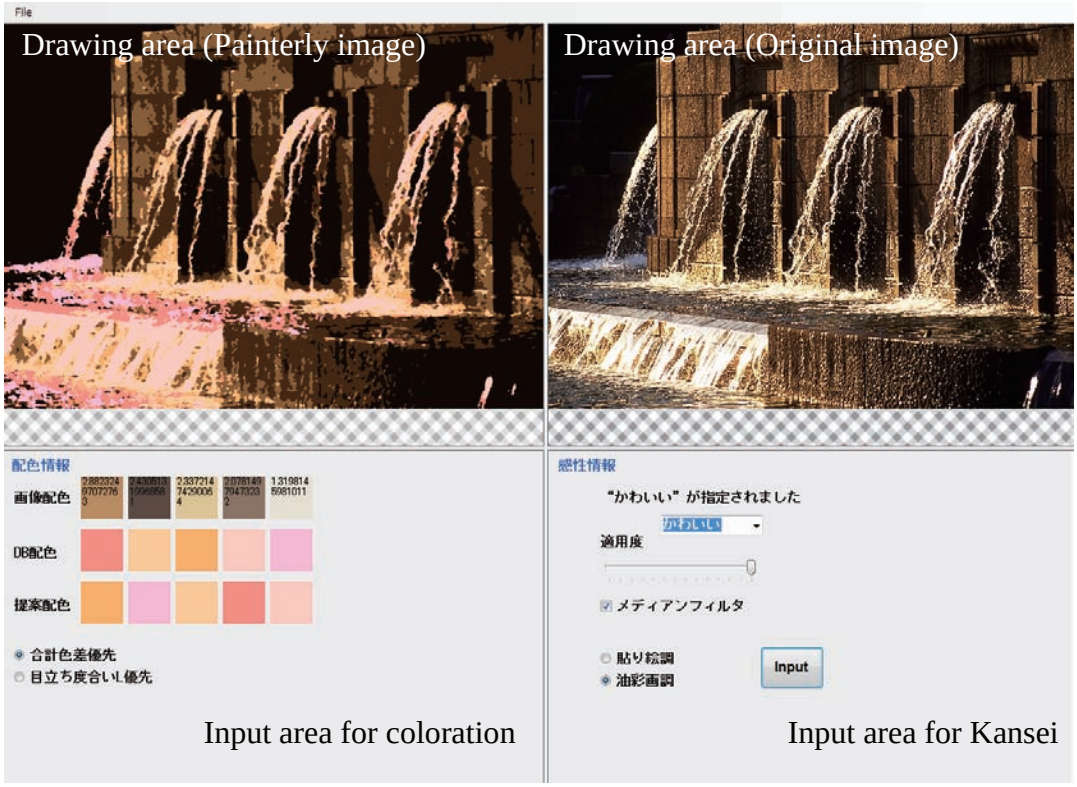


図 6.5: システムインターフェース

本調査方法は，文献 [44] およびイメージスケールに関するウェブページ[2]を参考にした．イメージスケールは，WARM/COOL および HARD/SOFT の軸を有し，7×7 で分割される．そこで，図 6.7 上図に示す 8 段階の印象評価法を用いた．印象評価を座標に置換することで，イメージスケール上で印象評価結果の分布を確認することができる．印象評価の分布がイメージ語の分布に近似していれば，感性情報が考慮された絵画調画像が生成されていると言えるため，印象評価とイメージ語の分布に基づき，図 6.7 下図のように象限別で点数化した．画像の種類別で 9 枚の画像から得られる合計点数を算出した．合計点数が高いほど印象評価とイメージ語の分布が近似しており，感性情報が考慮されたと言える．上記の方法で 36 枚の画像を回答者 5 名に提示して印象評価を行った．印象評価に使用したアンケートは，A.2 節を参照していただきたい．印象評価で得られた 4 種類の画像の合計点数を表 6.3 に示す．

表 6.3 より，No. 1 と No. 4 の画像の点数が高く印象評価とイメージ語の分布が近似していることが分かる．両画像には，被写体が自然物である共通点がある．すなわち，本提案手法は被写体が自然物の場合において有効に機能すると言える．これは，建築物が被写体の場合，人間が無意識に物体を認識して，色ではなく物体の印象を受けたことが原因で

[2]株式会社日本カラーデザイン研究所：http://www.ncd-ri.co.jp/（2011 年 1 月閲覧）を参照していただきたい．

(a) No. 1 入力画像

(b) No. 1 減色処理のみ

(c) No. 1 “若々しい”

(d) No. 2 入力画像

(e) No. 2 減色処理のみ

(f) No. 2 “躍動的な”

(g) No. 3 入力画像

(h) No. 3 減色処理のみ

(i) No. 3 “楽しい”

(j) No. 4 入力画像

(k) No. 4 減色処理のみ

(l) No. 4 “ダイナミックな”

図 6.6: 感性情報を考慮した絵画調画像の一例

表 6.2: 印象評価に関する実験用画像の詳細

No.	撮影対象	フィルタ	色選択方法	イメージ語
1	自然物	貼り絵調	目立つ度合	カジュアルな，かわいい，ひなびた， たくましい，りりしい，可憐な， 簡素な，若々しい，優美な
2	建築物	貼り絵調	全パターン	マイルドな，気高い，クラシックな， 豊かな，静かな，躍動的な， 上品な，新鮮な，気軽な
3	建築物	油彩画調	目立つ度合	*さっぱりした，シックな，楽しい， やすらかな，合理的な，豪華な， 刺激的な，重厚な，繊細な
4	自然物	油彩画調	全パターン	*さっぱりした，シャープな，ダンディな， ダイナミックな，にぎやかな，華麗な， ロマンチックな，自然な，知的な

表 6.3: 画像種別の合計点数

No.	1	2	3	4
点数	15	13	12	16

あると考えられる．言い換えれば，人間は自然の風景に対して物体としての認識は弱く，色の印象を強く受けやすいと言える．人間には，潜在的に刷り込まれた物体に対しての固有イメージ色が存在すると考えられる．例えば，空は青，木は茶などがそれに当たる．自然物において，固有イメージ色が大きく変化した場合，色の変化に敏感になり，結果として色からの影響を大きく受けると考えられる．一方，建築物では一般的な固有イメージ色は，自然物ほど明確ではない．それは，外壁の色や同型の家具を例にとっても，多くの色バリエーションが存在することからも分かる．よって，建築物において，固有イメージ色が大きく変化することが少ないと予想される．同表から，絵画調フィルタや色選択方法による合計点数の差異は確認できなかった．

6.7 絵画調画像の生成手法の改善

6.4 節で述べた手法によって，感性情報を考慮した絵画調画像の生成手法を提案した．しかしながら，本提案手法では色情報のみを参考にしたカラークラスタリング手法を採用

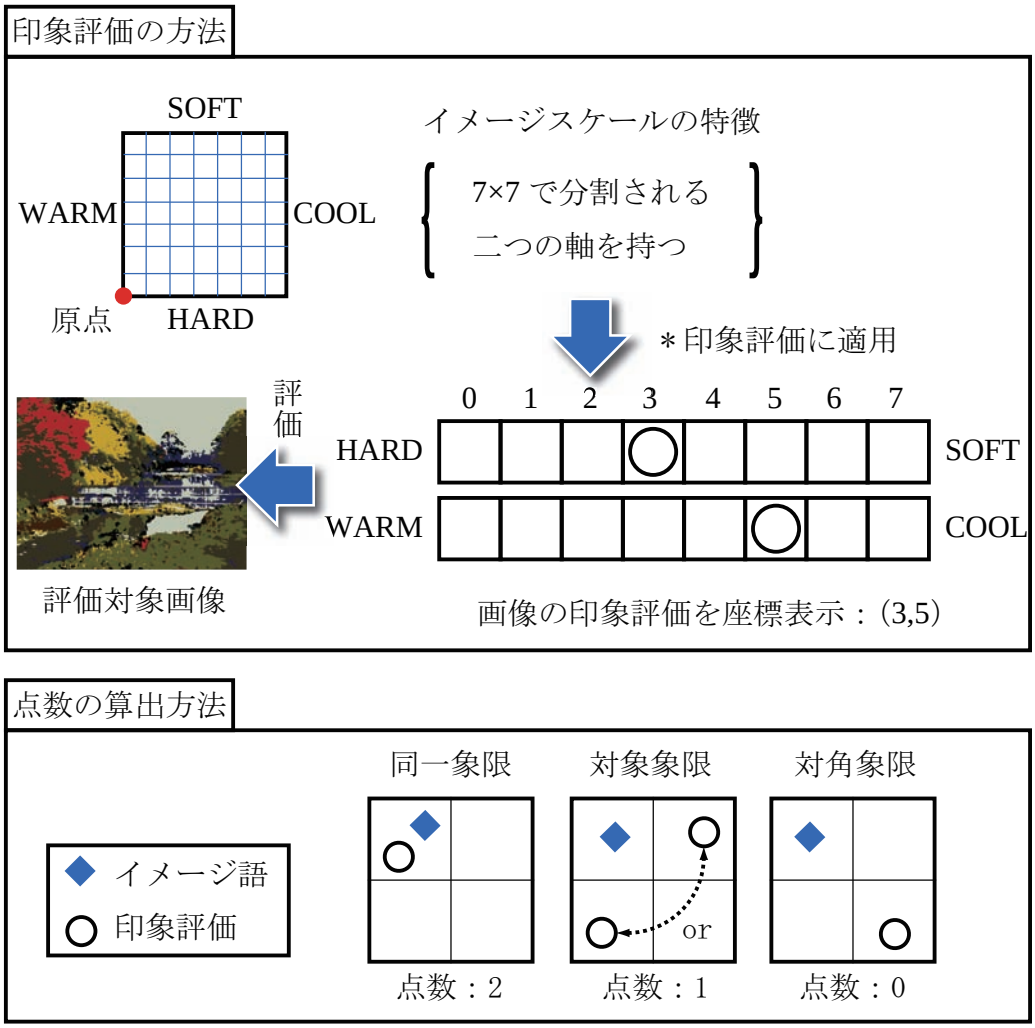


図 6.7: 印象評価の方法 1

していることから，原画像の形状を保持できない場合が存在する．さらに，減色処理による絵画調画像の生成を基本としているため，原画像の情報を十分に活用しておらず，同時に絵画特有の抽象性に欠けるといった問題点が挙げられる．そこで，形状の保持と原画像の情報の活用，絵画特有の抽象性を考慮した絵画調画像の生成手法の改善を試みる．

6.7.1 減色処理の改善

6.4 節で述べた提案手法では色情報のみを参考にしたカラークラスタリング手法を採用していることから，原画像の形状情報を保持できない場合がある．また，他の減色処理手法として，領域分割による方法が考えられる．そこで，OpenCV に標準で実装されている画像ピラミッドによる画像のセグメント化により減色処理を行った．画像ピラミッドを

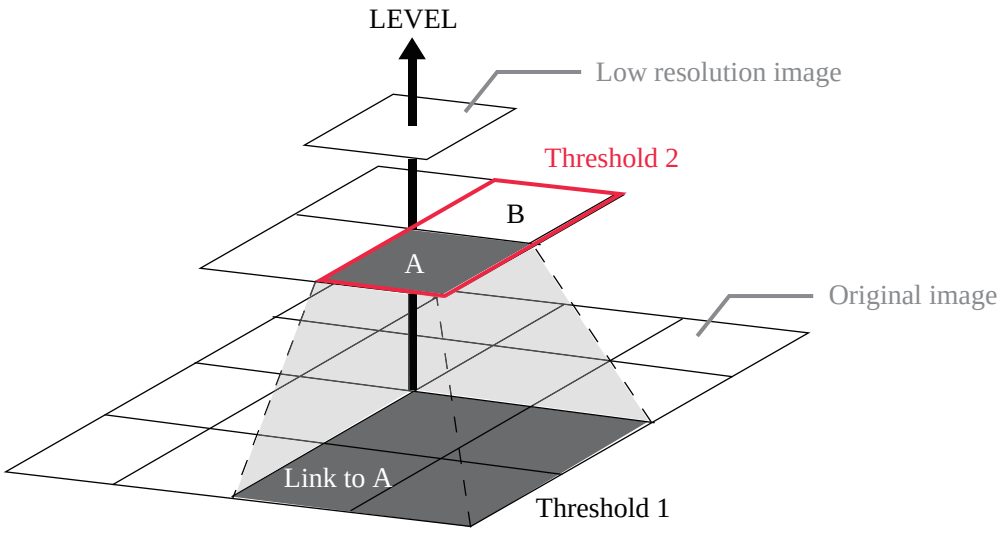


図 6.8: 画像ピラミッドを用いた減色処理の概念図

用いた減色処理の概念図を図 6.8 に示す．

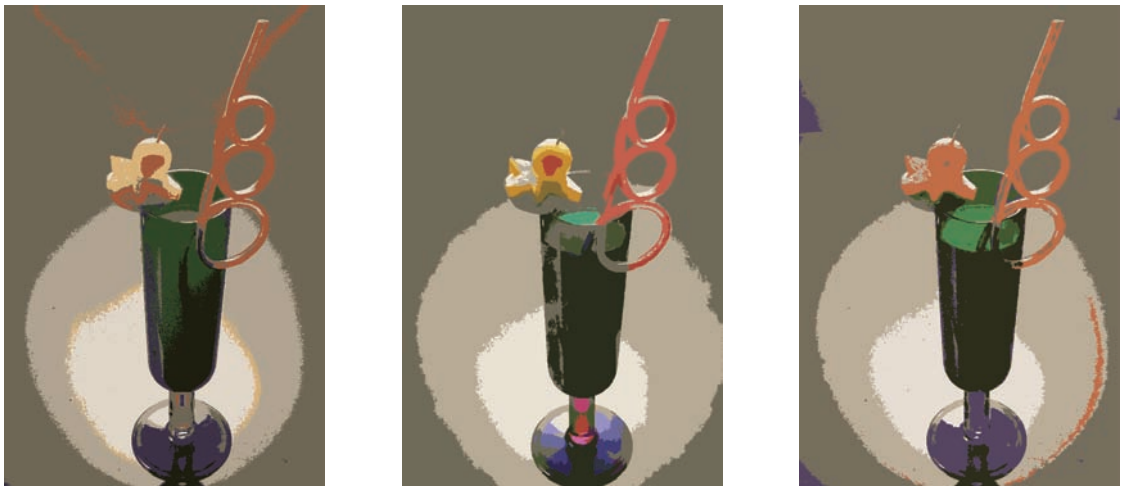
画像ピラミッドを用いた減色処理の初期処理として，原画像に基づいて低解像度の画像を生成し，図 6.8 のようなピラミッド構造（画像ピラミッド）を形成する．画像ピラミッドの階層数は，Level パラメータ（セグメント化のためのピラミッドの最大レベル）で指定され，隣接する階層同士は各ピクセルごとにリンク構造を持っている．Threshold 1 は，リンク接続の有無を判断するための閾値であり，通常はすべてのピクセルで接続するため，最大閾値 255 に設定される．すべてのピクセルがリンクを持つと，上位階層のピクセルごとに複数のクラスタが生成される．図 6.8 では，セグメント A や B が各クラスタとなる．セグメント A とリンクしているピクセルは，セグメント A の色情報に置き換えられる．さらに，クラスタ同士でも色統合が行われ，Threshold 2 （セグメントクラスタリングのための誤差閾値）を用いて統合の有無を判断する．セグメント A と B を統合して新しいクラスタを形成する場合，そのクラスタの RGB 値 $c(A, B)$ は, 式 (6.7) で算出される．

$$c(A, B) = 0.30(A_r - B_r) + 0.59(A_g - B_g) + 0.11(A_b - B_b) \tag{6.7}$$

Level パラメータ，または，Threshold 2 の値が高くなると，同一色に統合されやすくなる．

以上の減色処理手法とイメージカラー抽出法に基づいたカラークラスタリング手法，そして両手法のハイブリッド手法による減色処理の違いを図 6.9 に示す．

図 6.9(a) は，提案手法を用いて 8 色に限定した画像である．同図の上部のストロー部分の形状が保持できず背景色とストローの色が同色になっていることが分かる．図 6.9(b) は，画像ピラミッドによる画像のセグメント化により減色処理した画像である．同図は，色数が 8 色を越えているにもかかわらず，グラス上部の淵が背景と同一色となっている．両者の手法では，前景オブジェクトと背景オブジェクトが同色化する問題点が存在する．そこで，両手法を用いたハイブリッド手法を用いることにした．まず，領域分割手法によ



(a) 従来手法　(b) 領域分割手法　(c) ハイブリッド手法

図 6.9: 減色処理の各手法

り，各オブジェクトを分割することで，図 6.9(a) で見られた形状保持の問題に対処する．次に，分割された画像を従来のカラークラスタリングによる手法で 8 色に限定していくことで，図 6.9(b) で見られた前景オブジェクトと背景オブジェクトの同色化の問題に対処する．従来手法では，RGB 各 16 階調の画像を生成してカラーリストへ登録していたが，ハイブリッド手法では，領域分割処理において近傍領域で極めて近い色同士は統合されることから，原画像情報すべてをカラーリストに登録し，領域分割処理を行うものとした．ハイブリッド手法の処理の流れは次の通りとなる．

1. 入力画像のすべての色情報をカラーリストへ登録する．
2. 画像ピラミッドを用いたセグメント化を行う．
3. カラークラスタリング手法により減色処理を行う．

ハイブリッド手法では，従来手法のデメリットをお互いのメリットで補うことで，それぞれの問題点が改善されることが期待される．図 6.9(c) は，ハイブリッド手法を用いた 8 色限定画像である．図 6.9(a) および図 6.9(b) のように，前景オブジェクトと背景オブジェクトが同一色にならず，従来の各手法の問題点を改善していることが確かめられる．

ハイブリッド手法を採用する場合，画像ピラミッドを用いたセグメント化手法の Level パラメータと，セグメントクラスタリングのための誤差閾値 Threshold 2 が減色処理に大きく影響することから，絵画調画像生成に適切なパラメータを設定する必要がある．そこで，入力画像の各画素の色情報と絵画調画像の対応する画素の色情報との色差を $L^*a^*b^*$ 色空間で求め，その総和を指標としてパラメータ決定に利用した．この指標の値が小さい

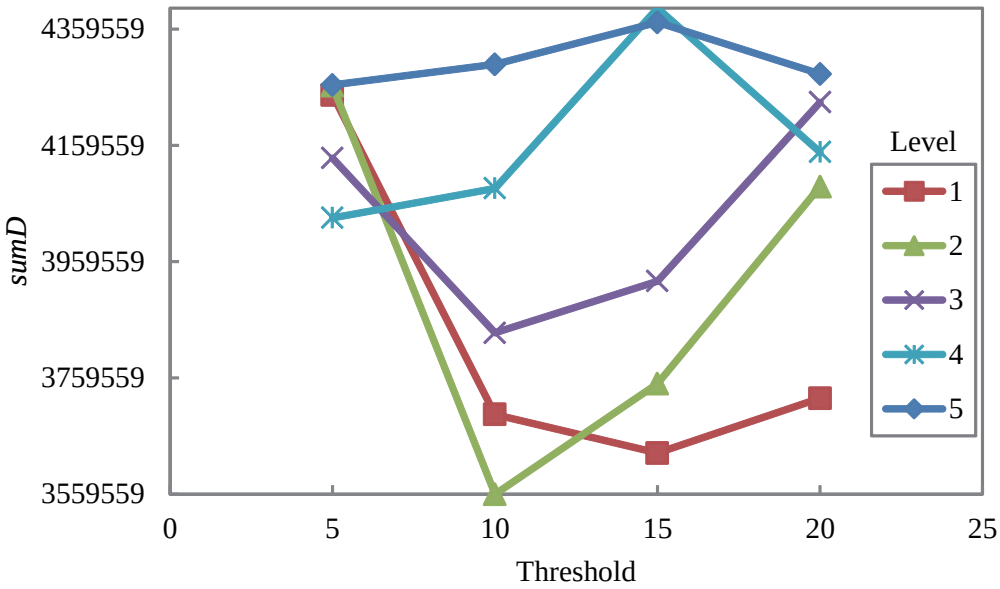


図 6.10: 感度解析結果 1

ほど，原画像の情報を保持していると判断できる．パラメータの指標を $sumD$ とすると，6.1 式より次のように表される．

$$sumD = \sum_{i}^{N} D(i) \tag{6.8}$$

ここで，N は全画素数を示し，$D(i)$ は画素 i における入力画像と減色処理画像との色差 D を示している．2 つのパラメータの最適なパラメータを決定するために，上記の指標を用いて感度解析を行なった．その結果を図 6.10 に示す．

対象とした画像は，表 6.2 の No. 2 の入力画像と減色処理画像を用いた．No. 2 の画像は，画像中に赤系統，緑系統，青系統が存在しており，互いに独立した色系統が一枚の画像に含まれていることから採用した．図 6.10 の横軸は領域分割処理のセグメントクラスタリングのための誤差閾値であり，縦軸は式 (6.8) で示される感度解析に用いた指標の値である．本グラフは，各 Level（セグメント化のためのピラミッドの最大レベル）において，5 から 20 まで 5 刻みで閾値を設定し，それぞれの $sumD$ を算出した結果を散布図として表したものである．その結果から，Level が 2 で閾値が 10 の時に最も入力画像と減色処理画像の色情報が類似していることが分かる．しかしながら，全体的には Level を 1 に設定した場合において閾値にあまり依存せず $sumD$ の値が低いことが確かめられる．そこで，別の画像を用いて Level を 1 と 2 に限定して同様の感度解析を行った．図 6.10 における Level1 と Level2 の結果と，新たに算出した Level1 と Level2 の感度解析結果を図 6.11 に示す．

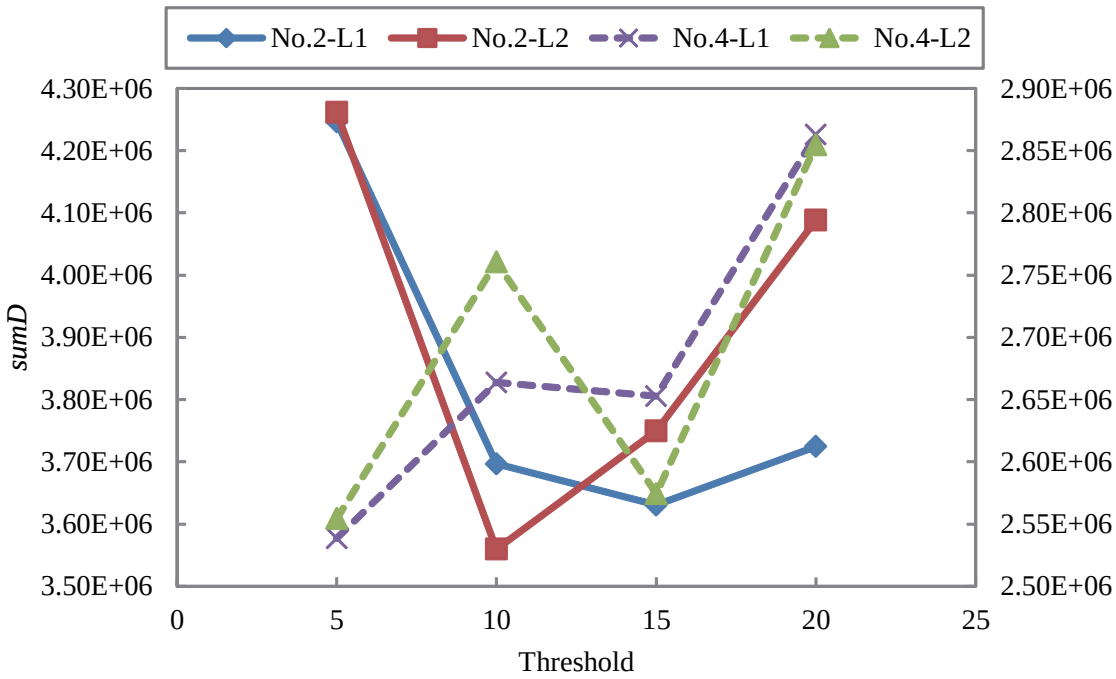
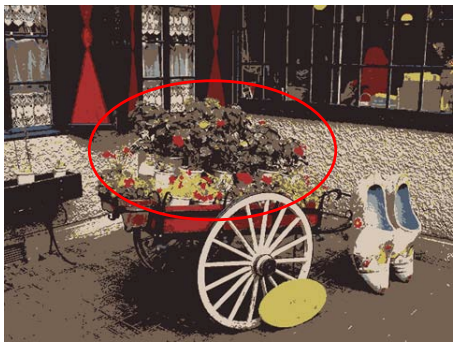


図 6.11: 感度解析結果 2

新たに対象とした画像は，撮影対象が表 6.2 の No. 2 の画像と異なる No. 4 の入力画像と減色処理画像を用いた．図 6.11 の横軸は閾値，縦軸は指標となる $sumD$ を示している．なお，主縦軸は No. 2 の Level1 と Level2 における指標の値であり，第二縦軸は No. 4 の Level1 と Level2 における指標の値である．図 6.11 の結果より，閾値 15 が Level や画像の種類の影響が少なく低い値を示していることが分かる．様々な画像を対象とすることを想定して，全体の傾向として低い $sumD$ を示している 15 の値を閾値として設定する．Level のパラメータに関しては，閾値を 15，Level を 1 と 2 に設定して生成した減色処理画像を比較した．その画像を図 6.12 に示す．

(a) No. 2 入力画像



(b) 閾値=15，Level=1

(c) 閾値=15，Level=2

図 6.12: Level 設定のための比較画像

図 6.12 の赤丸で囲まれた部分に注目すると，図 6.12(c) では植木鉢の植物の緑色が保持されているが，図 6.12(b) では元の色情報を損失していることが分かる．ここで，原画像の色情報を保持できている理由より，本研究では領域分割処理の Level を 2 に設定した．以降の減色処理における領域分割では，閾値=15，Level=2 に固定する．

6.7.2 絵画調フィルタの改善

6.4 節で述べた絵画調フィルタでは，減色処理画像に平滑化フィルタを適用するだけであり，原画像の情報を十分に活用しておらず, また，絵画特有の抽象的な表現を考慮していなかった．そこで，原画像の明暗度を用いた絵画調フィルタを作成した．作成した絵画調フィルタは次のような処理手順に従う．

処理 1　原画像にクロスハッチング処理を適用する．

処理 2　クロスハッチング処理を施した画像にメディアンフィルタを適用する．

(a) グレースケール画像

(b) クロスハッチング画像

図 6.13: 明暗度の比較

処理 3　HSB 色空間において減色処理画像の明度を，処理 2 で生成した画像の明度情報に基づき変更する．

次に，各処理の詳細について説明する．

処理 1：クロスハッチング処理

クロスハッチング処理とは，鉛筆で線を何度も重ね合わせる描画技法であり，デッサンの陰影づけなどに使用される．明暗度を用いる場合，原画像の明度をそのまま利用する方法も考えられる．しかしながら，絵画の陰影は完全に写実的ではなく省略される場合が多い，その点でクロスハッチング画像は明暗が区別でき，細かい部分は省略されることから絵画調画像への明暗度の利用に適していると考えられる．図 6.13 にグレースケール画像とクロスハッチング画像を示す．図 6.13(b) では，図 6.13(a) と異なり窓の詳細や建築物の境界線が明確ではないが明暗は判別できることが分かる．

処理 2：メディアンフィルタの適用

次に，クロスハッチング画像にメディアンフィルタを適用する．メディアンフィルタは，あるピクセルにおいて近傍領域の中央値を算出し，その中央値を対象ピクセルに置き換える平滑化フィルタである．図 6.13(b) にメディアンフィルタを適用した場合，図 6.14 のような画像が生成される．画像中に黒いノイズが見られるが，クロスハッチング画像で描画されていない部分（色情報なし）が存在し，メディアンフィルタを適用した際に近傍画素に参照するための色情報がないために発生する．メディアンフィルタを適用することで，絵画特有の抽象的な表現が付加されている．今回は経験的に 5×5 の近傍領域で中央値を取得した．

図 6.14: メディアンフィルタ適用後のクロスハッチング画像

処理 3：明度情報の変更

最後に，処理 1 および処理 2 で生成された画像の明度情報に基づき，減色処理画像の明度を変更する．明度情報をそのまま減色処理画像の明度値と置き換える方法も考えられるが，明度値の変更により極端に DB 配色パターンの色情報と異なる色が表示される可能性が高い．そこで，同一の色領域内で最も出現頻度の高い明度値を基準として明度を変更することにした．一つの色領域の明度における最頻値を基準とすることにより，配色変換時に DB 配色の色情報の印象を損なう問題を軽減できる．ただし，減色処理画像の明度が極めて高い，または，低い場合は明暗度が反映されにくいため，明度値が 0.95 を超える，または，0.05 を下回る場合は，最大値または最小値を基準とすることにした．明度値の変更は次の式に従う．

$$B_{sub} = \begin{cases} B_{sub} + \dfrac{\omega(MAX(c) - B_{cross})}{MAX(c) - MODE(c)} & \text{if } B_{sub} > 0.95 \wedge B_{cross} > MODE(i), \\ B_{sub} + \dfrac{\omega(B_{cross} - MIN(i))}{MODE(c) - MIN(c)} & \text{if } B_{sub} < 0.05 \wedge B_{cross} < MODE(i), \\ B_{sub} + (B_{cross} - MODE(c)) & \text{otherwise} \end{cases} \tag{6.9}$$

ここで，B_{sub} は，あるピクセルの減色処理画像の明度値であり，B_{cross} はそれに対応するピクセルのクロスハッチング画像の明度値である．明度変更の対象となるピクセルのカラーリストの色が c である場合，$MAX(c)$，$MIN(c)$，$MODE(c)$ は減色処理画像のカラーリスト色 c の領域に対応するクロスハッチング画像領域の明度の最大値，最小値，最頻値を示す．ω はウエイトであり，値を大きく設定すると明暗度が明確になるが，クロスハッチング画像の明度情報の正確さが損なわれる．値を小さく設定すると明暗度が不明確になるが，クロスハッチング画像の明度情報の

(a) メディアンフィルタのみの絵画調画像　　(b) 明度変換処理後の絵画調画像画像

図 6.15: 絵画調フィルタの比較

正確さが保持される．今回は，極端に明度が高い場合と低い場合における明暗度を明確にすること，クロスハッチング画像の明度情報の正確さを保持することを前提として，$\omega = 0.1$ に設定した．これにより，減色処理画像の明度値が高い（低い）色でも明暗度を付加させることが可能となる．図 6.14 のノイズ部分の明度値変更に関しては，次式で示すとおり単純に明度の平均値を用いた．

$$B_{sub} = \frac{B_{sub} + B_{cross}}{2} \tag{6.10}$$

明度値の変更後，6.4.3 節の油彩画調フィルタと同様にメディアンフィルタを適用する．メディアンフィルタのみを適用した従来の絵画調フィルタと，上記の方法に従って明度値を変更した画像を図 6.15 に示す．

図 6.15(a) に比べて，図 6.15(b) は陰影により葉や建築物の立体感が表現できていることが確認できる．また，描画に多少揺らぎが加わっており絵画特有の抽象的な表現を付加させることができた．

6.8　感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価 2

6.6 節では，4 種類の画像に分類して絵画調画像の印象評価を行った．画像検索に関する研究では，画像の特徴量（色，面積，位置，形状，テクスチャ）を用いた研究が進められている [46, 47]．画像検索において，多様な画像特徴量を必要とすることは，画像から受ける印象が色情報だけでなく，複数の画像特徴量が互いに影響していると言える．特に，色に注目した関連研究として，写真に対してユーザの指定した配色に基づいて色調補正処

理を施す手法で，色彩デザインを支援する研究が報告されている [43]．色彩デザインにより同一の画像の印象を変化させることができることから，色情報は印象を変化させる手法として効果的であると言える．しかしながら，配色変換処理により別の印象を与えやすい場合とそうではない場合が存在すると考えられる．そこで，本研究で用いている 36 のイメージ語の中から，イメージ語の印象を与えやすく色情報の影響を与えやすいイメージ語を絞り込むことにした．前回の印象評価では，象限別の点数化による印象評価手法を用いた．各種画像の違いを分析するためには有効であると考えられるが，同一画像を対象とした調査を行う場合，より精度の高い印象評価手法が必要となる．

文献 [48] において，DB 配色に採用している配色パターンとイメージ語の対応づけの方法が記載されており，7 段階評価の SD 法による配色パターンから受ける印象調査の結果から，言語イメージスケールを作成している．さらに，主成分分析の結果から言語イメージスケールの縦軸を SOFT/HARD 軸に，横軸を WARM/COOL 軸に設定している．よって，本印象評価では SOFT/HARD 軸および WARM/COOL 軸を用いて 7 段階評価の印象評価を行う．印象評価では，6.6 節と同様に印象評価結果を座標情報として取り扱う．今回の調査では，より精度の高い印象評価を行うため，比較対象とする二点間のマンハッタン距離を指標とする．距離に関しては，言語イメージスケールには反対イメージ語があり，その多くが対角線上に分布されていることから斜め方向への距離を考慮しマンハッタン距離を採用した．印象評価の方法の概念図と距離算出の一例を図 6.16 に示す．

本調査では，システムで使用するためのイメージ語を選別することを目的としている．指定可能なすべてのイメージ語は 36 語存在するため，これらのイメージ語に基づいた配色パターン画像および絵画調画像を評価するには回答者への負荷が高いと予想される．言語イメージスケールでは，各イメージ語を 16 種類のイメージパターンで分類している．そこで，各イメージパターンで代表となるイメージ語のみを印象評価対象のイメージ語とした．代表となるイメージ語は，イメージパターンと同一語，または，イメージ語が持つ配色イメージにイメージパターンと同一語が含まれている語と定義する．表 6.4 に代表となるイメージ語を示す．

表 6.4: 代表イメージ語一覧

No.	1	2	3	4	5
Keyword	Normal	Pretty	Casual	Dynamic	Robust
6	7	8	9	10	11
Luxurious	Refined	Romantic	Natural	Chic	Classic
12	13	14	15	16	17
Heavy	Dapper	Nobel	Sharp	Youthful	Neat

印象評価には 6.6 節で最も点数の高い値を示した No. 4 の画像を用いた．絵画調画像の生成手法は，6.7 節で述べた手法を採用した．配色パターン画像は，生成された絵画調画

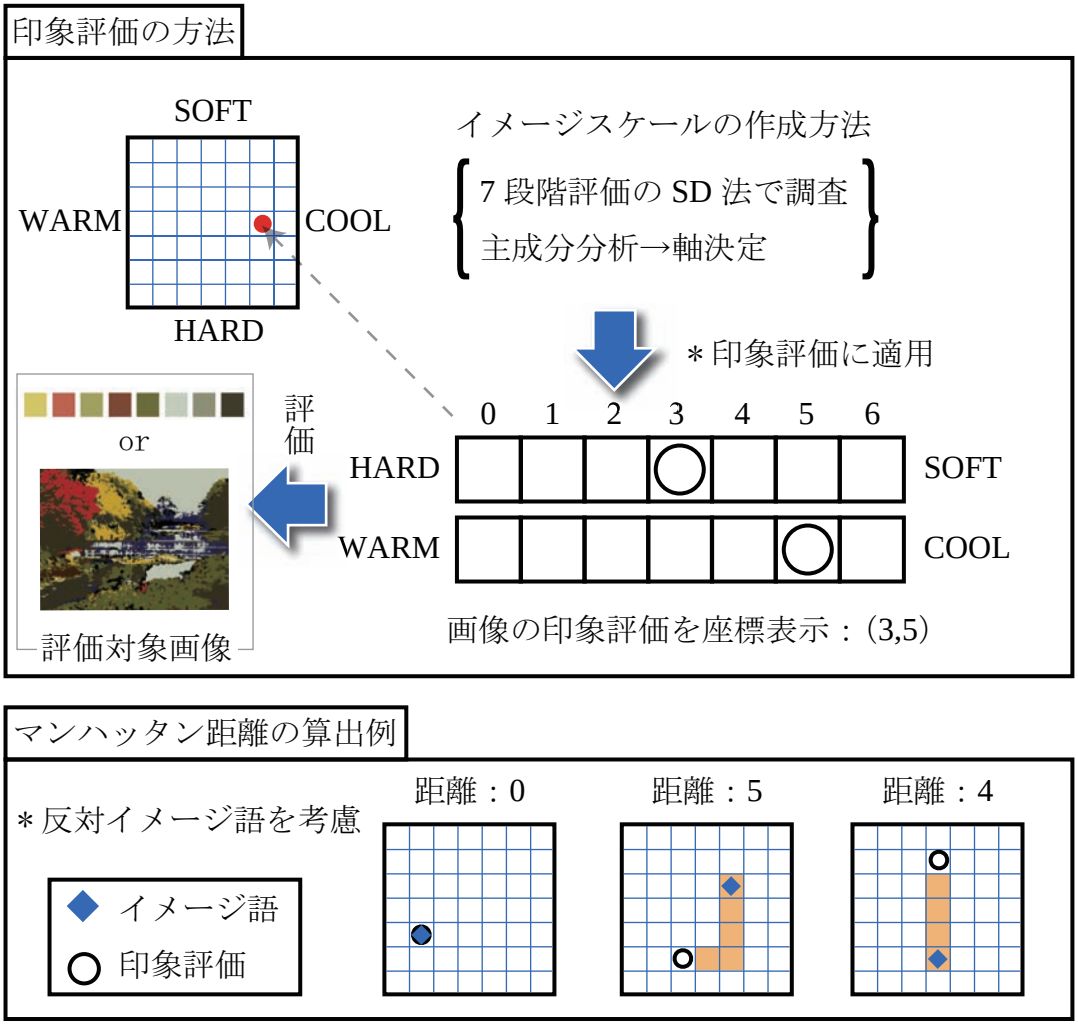


図 6.16: 印象評価の方法 2

像に使用されている 8 色を 6.4.1 節で述べた目立つ度合順に並び替えて表示したものを用いる．さらに，印象評価を可能な限り同一環境で行うため，印象評価用のウェブサイトを構築し，2 つの環境で印象評価を行った．印象評価用のウェブサイトの詳細については，A.2 節を参照していただきたい．ディスプレイが異なる場合，カラーマッチング処理を行う必要がある．本研究において，$L^*a^*b^*$ 色空間への変換のためのホワイトポイントを D65 に設定している．そこで，ディスプレイの色温度を 6500K に固定し，コントラストおよびブライトネスに関する設定は明暗度の区別が分かるように適切な値に設定した．ディスプレイ環境 1 は，十分な照明下で遮光フードを取り付けた状態で実験を行った．ディスプレイ環境 2 は，同様に十分な照明下で実験を行なったが，遮光フードは取り付けていない．ディスプレイ環境 1 の回答者が 13 名（女性：5 名，男性：8 名），ディスプレイ環境 2 の回答者が 22 名（女性：20 名，男性：2 名）であり，両者の結果に対して有意水準 1% で t

検定を行った結果有意差は見られなかったことから，すべてのデータをまとめて取り扱うことにする．印象調査の結果を図 6.17 に示す．

ここで，横軸が表 6.4 の代表イメージ語であり，縦軸が指標となるマンハッタン距離の平均値である．赤色のバーが，配色画像と絵画調画像の印象評価との距離を示し，緑色のバーが，言語イメージスケールと絵画調画像の印象評価との距離，青色のバーが，言語イメージスケールと配色画像の印象評価との距離を示す．図 6.17 より，かわいい（Pretty），カジュアルな（Casual），上品な（Refined），シックな（Chic），重厚な（Heavy），ダンディな（Dapper）の 6 イメージ語がすべての項目において比較的低い値を示している．一方，ダイナミックな（Dyanamic），たくましい（Robust），豪華な（Luxurious），クラシックな（Classic），若々しい（Youthful），さっぱりした（Neat）の 6 イメージ語はすべての項目において比較的高い値を示している．低い値を示すイメージ語と高い値を示すイメージ語を対象として，配色画像の印象評価結果の平均座標を言語イメージスケール上にプロットした．イメージ語とその印象評価の分布を図 6.18 に示す．

同図のイメージ語ラベルで示される点が，文献 [44] に基づいたイメージ語の座標であり，「*」付きのイメージ語ラベルで示される点が，印象評価結果に基づいた平均座標をプロットしたものである．「*」付きラベルの各座標は，イメージ語ラベルの座標と同色である場合，そのイメージ語に基づいた印象評価結果となる．イメージ語とその印象評価結果の分布を確認すると，低い値を示しているイメージ語は第一象限および第四象限に分布し（図 6.18(a)），高い値を示しているイメージ語は第二象限および第三象限に分布している（図 6.18(a)）．図 6.18(a) の*Dynamic，*Robust，*Luxurious に注目すると，WARM/COOL 軸でイメージ語座標が WARM な印象の分布であるにもかかわらず，印象評価結果では COOL な印象に近い分布が見られる．また，*Youthful と*Neat では，WARM/COOL 軸でイメージ語座標が COOL な印象の分布であるにもかかわらず，印象評価結果では WARM な印象に近い分布が見られる．これは，HARD な印象を受ける配色からは，暖色系の使用色においても COOL な印象を受け，SOFT な印象を受ける配色からは，寒色系の使用色においても WARM な印象を受けたことが原因であると考えられる．よって，イメージ語に基づいた印象評価を与える場合，HARD かつ COOL，あるいは，SOFT かつ WARM な印象を与えるイメージ語を用いることが有効であると予想される．本印象調査の結果より，図 6.17 のすべての項目において低い値を示した 6 イメージ語（かわいい（Pretty），カジュアルな（Casual），上品な（Refined），シックな（Chic），重厚な（Heavy），ダンディな（Dapper））を本手法の使用イメージ語として採用する．

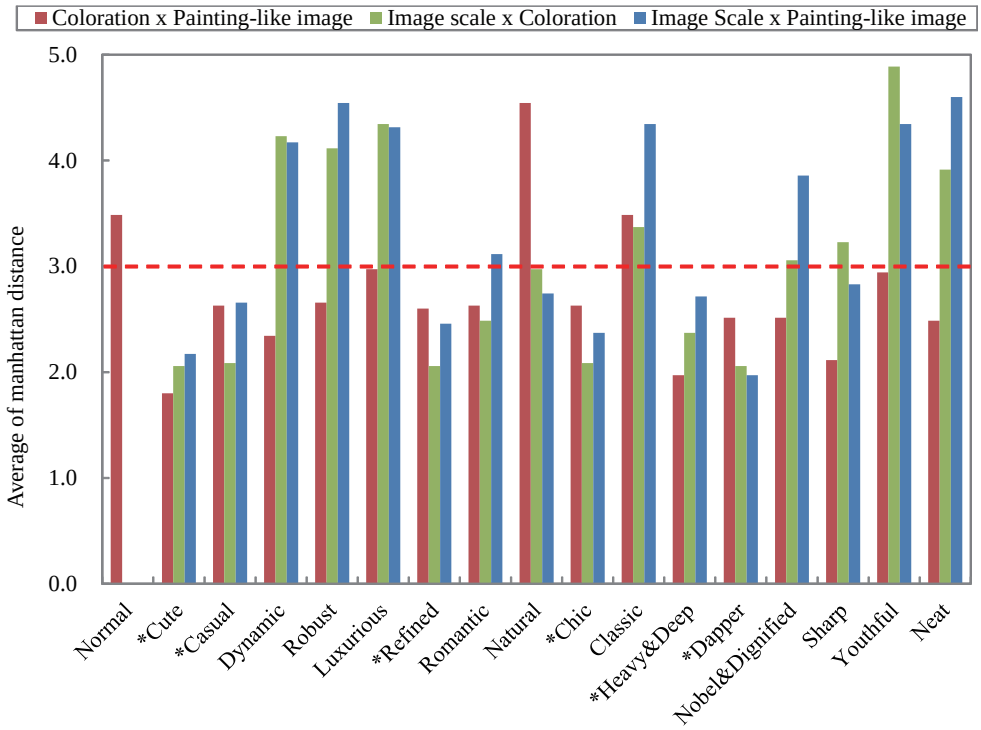
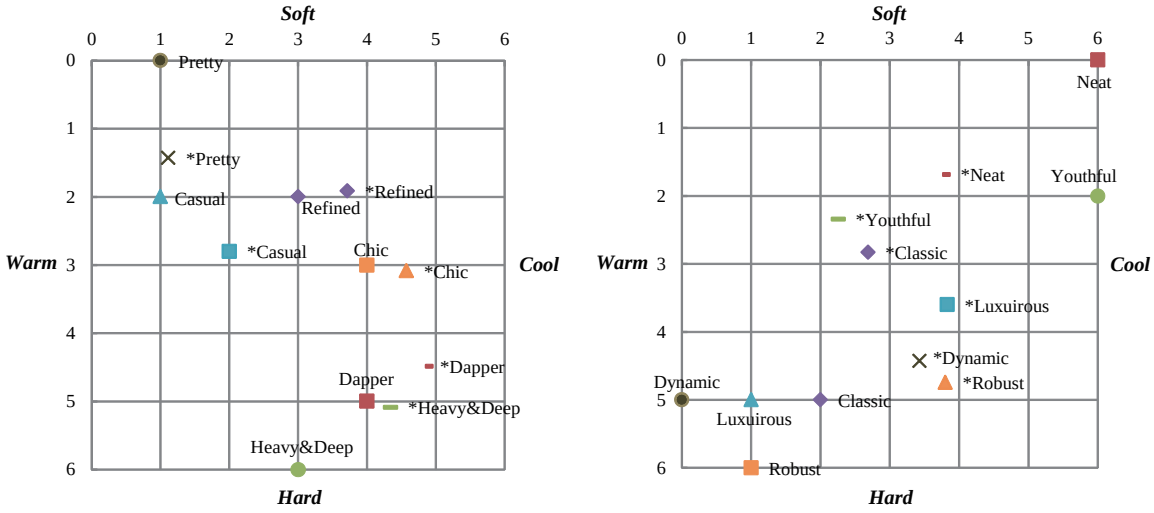


図 6.17: 各イメージ語におけるマンハッタン距離の平均値



(a) 低い値を示すイメージ語の散布図

(b) 高い値を示すイメージ語の散布図

図 6.18: イメージ語とその印象評価結果の分布

6.9 感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価 3

二度の印象評価結果より，自然物が建築物よりイメージ語に対応した配色からの影響を受けやすいこと，特に印象づけやすいイメージ語は HARD かつ COOL な印象または，SOFT かつ WARM な印象を与えるものであることが確認できた．自然物の画像が，よりイメージ語の影響を受けやすいのは，自然物において一つの色領域がまとまって分布していることが理由として考えられる．ただし，自然物への一般的な色の概念（空は青色，葉は緑色など）が影響しているため，背景色は原画像の色情報に基づいている．イメージ語に従った印象を一層強めるためには，すべての使用色で配色変換する方法が有効であると考えられるが，自然物の画像は，色の概念に関する影響から不適切な対象と言える．そこで，一般的な色の概念が薄い，または，色領域がまとまって分布しているものを前提に，乗り物（自動車[3]とオートバイク[4]）や人物の写真を対象とする．現在のシステムでは，画像のすべての使用色を配色変換する際に，減色処理後の使用色数は 5 色となる．人物写真では，原画像の使用色が同一系統であるため，使用色が 5 色でも十分対応可能であると考えられる．しかしながら，特に乗り物では多様な色が存在する写真もあり，指定する色数が小さければ，領域が統合されることで原画像の情報を損ない被写体の判別が困難となる．配色変換用の DB 配色パターンは，5 色で構成されているため，一度に配色変換可能な色数は 5 色である．そこで，使用色の数を 10 色に設定し，目立つ度合を降順でソートし，上位 5 色と下位 5 色に分けて配色変換することで，10 色すべての使用色の配色変換を可能にする．この方法により，減色処理の問題が軽減される．乗り物を対象として考える場合，自然物とは異なり一つの色領域が小さく分布している．そのため，被写体の形状が正しく認識できない可能性が高くなる．そこで，エッジを表示させることで被写体の形状を保持することにした．エッジ処理には，Sobel フィルタや Laplacian フィルタなどが代表的な手法であるが，絵画の省略と強調という特性を考慮し，適応的な閾値処理による二値化手法を用いることにした．本手法は，注目ピクセルから $n \times n$ の隣接領域の平均から指定した定数を引き，その値を閾値 T として次式に従って二値化される．

$$B_{original}(x,y) = \begin{cases} 255 & \text{if } B_{original}(x,y) > T(x,y), \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{6.11}$$

なお，$B_{original}(x,y)$ は，画像中の (x,y) 座標で示される原画像ピクセルの輝度値（$0 \leq B_{original} \leq 255$）であり，$T(x,y)$ は，そのピクセルにおける $n \times n$ の隣接領域の平均から指定した定数を引いた閾値である．二値化処理の前処理として，ノイズ除去のため原画像にガウシアンフィルタを複数回適用させた．二値化処理のパラメータは，$n = 15$，閾値決定の指定定数 $= 10$ として，前処理のガウシアンフィルタによる平滑化は，ノイズがほとんどない状態を確認しつつ，人物画像に 1 回，オートバイク画像に 3 回，自動車画像に 5 回適用した．すべての使用色の配色変換処理とエッジを付加することで，ポップアート

[3]撮影者 SEDS：http://free-photo.gatag.net/en/2010/08/19/050000.html（2011 年 1 月閲覧）
[4]撮影者 tiegeltuf：http://free-photo.gatag.net/en/2010/04/05/230000.html（2011 年 1 月閲覧）

調画像が生成される．図 6.19 と図 6.20 に，それぞれ人物画像と乗り物画像を対象としたポップアート調画像を示す．

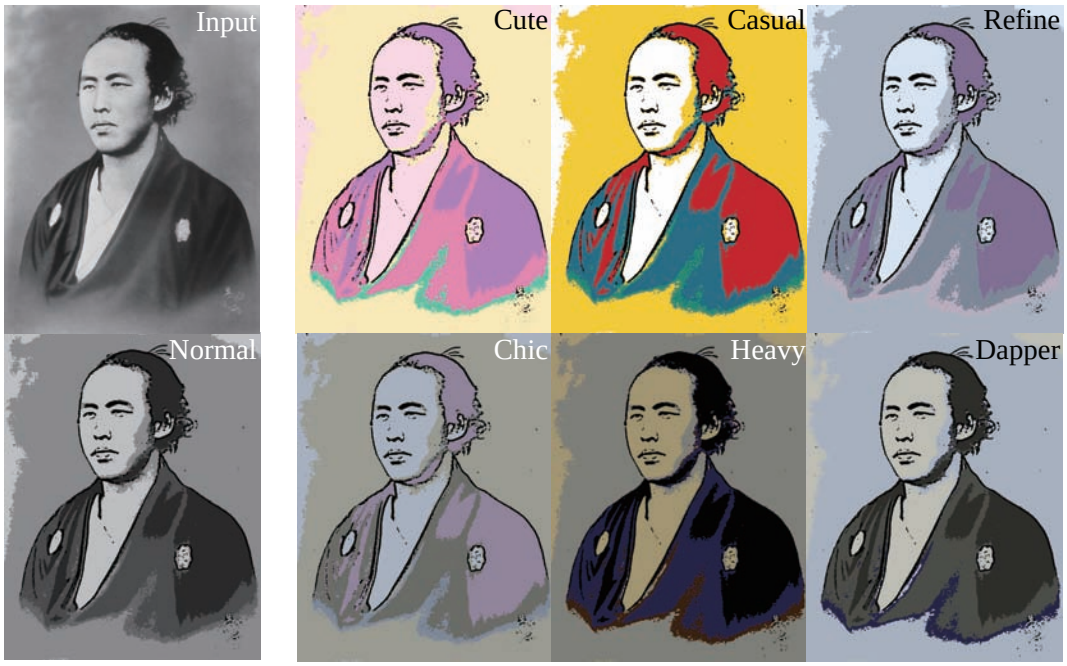
なお，オートバイク画像は，異なる系統の色が複数確認できるため，指定する色数を 10 色とし，その他の画像は，同系統の色傾向から指定する色数を 5 色とした．指定したイメージ語は，6.8 節の印象評価で決定した 6 つのイメージ語とした．

これらの画像に対して，6.8 節と同様に SOFT/HARD 軸と WARM/COOL 軸を用いて印象評価を行った．加えて，指定したイメージ語に従った印象を感じる度合いを 5 段階評価で調査した．回答者数は 12 名（女性 9 名，男性 3 名），実験環境は 6.8 節と同一の 2 つの環境で行った．

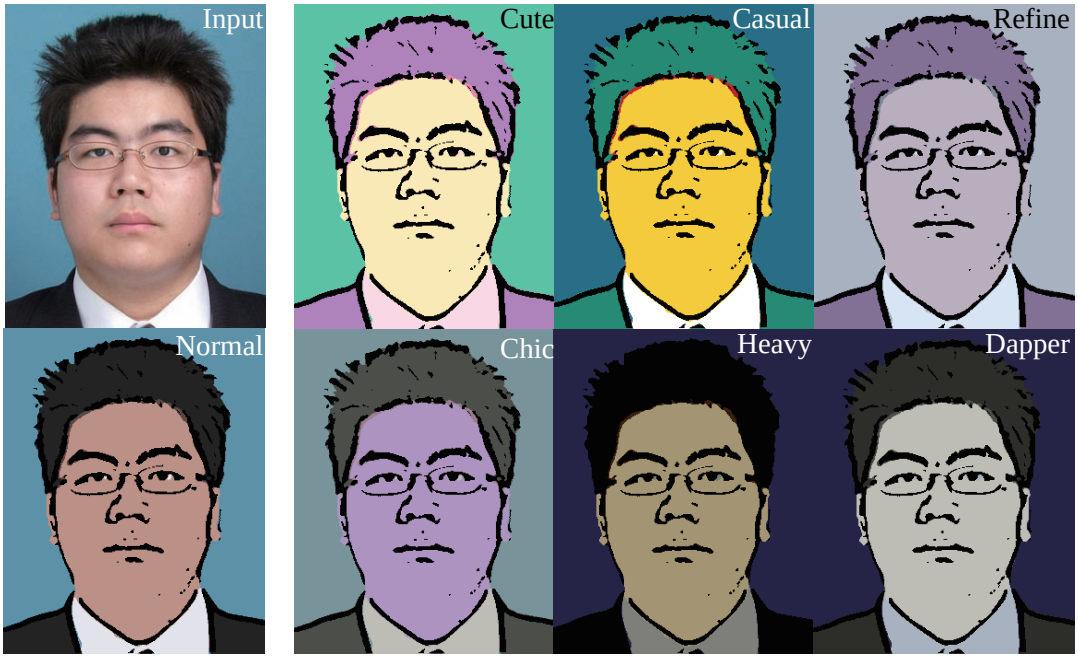
入力画像と減色処理のみの画像の，6 イメージ語の言語イメージスケール上でのマンハッタン距離の棒グラフと，各イメージ語を指定した絵画調画像の言語イメージスケール上でのマンハッタン距離の棒グラフを図 6.21 に示す．

まず，図 6.21(a) を見ると，すべての画像で「かわいい（Cute）」のマンハッタン距離の平均値が高いことが分かる．これは，すべての画像が「かわいい（Cute）」のイメージ語と異なる印象を受けていることを示している．次に，図 6.21(b) を見ると，すべての画像で「かわいい（Cute）」のマンハッタン距離の平均値が低いことが分かる．これらの結果から，提案手法により「かわいい（Cute）」の印象を付加させることが確かめられた．その他のイメージ語においても，入力画像および減色処理画像の印象から，提案手法により指定したイメージ語に従った印象を付加させる効果が確認できる.「かわいい（Cute）」以外のイメージ語においても,「カジュアルな（Casual）」と「重厚な（Heavy&Deep）」の項目でも同様の傾向が確認できる．よって，本提案手法により特定のイメージ語を入力することで，そのイメージ語に従った印象を絵画調画像に付加させることが実現できたと言える．さらに，各イメージ語の印象に対する 5 段階評価の主観評価の結果を図 6.22 に示す．

主観的評価では，指定したイメージ語の印象度合いを調査した．例えば‘「かわいい（Cute）」のイメージ語を指定して生成された絵画調画像を評価する場合,「かわいい（Cute）」の印象をほとんど受けないならば 1,「かわいい（Cute）」の印象をかなり受けるならば 5 といった指標となる．図 6.22 から，被写体により差はあるが，多くの場合 3.0 以上の値を示しており，図 6.21 の結果と同様に指定したイメージ語に従った印象が絵画調画像に付加されたことが分かる．ただし，図 6.21 の「シックな（Chic）」の項目では，低い値を示したにもかかわらず，図 6.22 では，比較的低い値を示していることから，2 つの評価軸以外の要因が影響していると考えられる．本印象調査により，本提案手法により生成されたポップアート調画像にイメージ語に従った印象，すなわち，感性情報を付加させることが可能であることが確認できた．

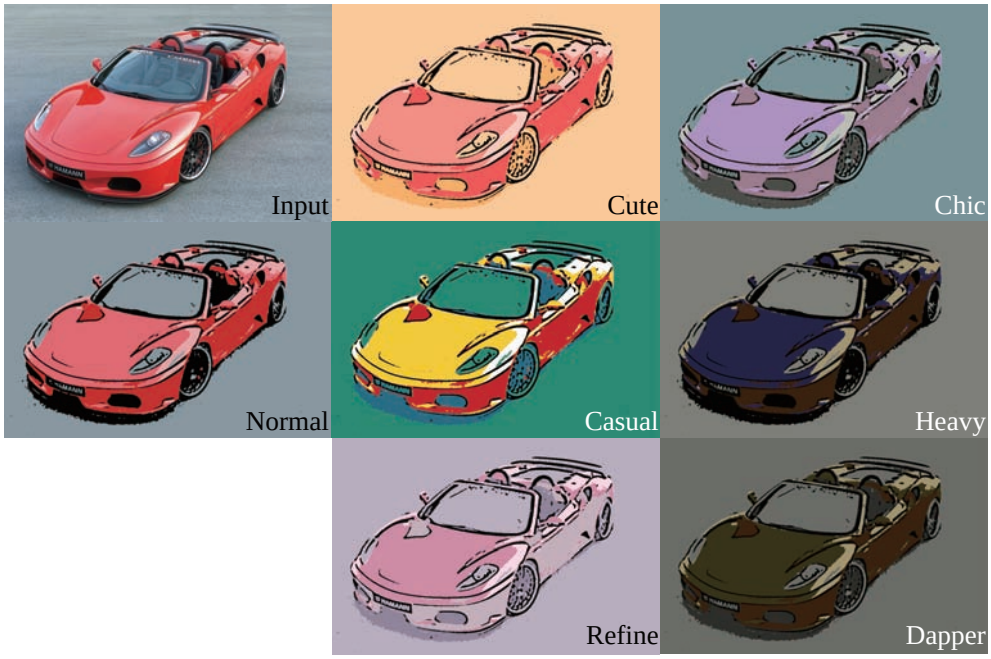


(a) 坂本龍馬

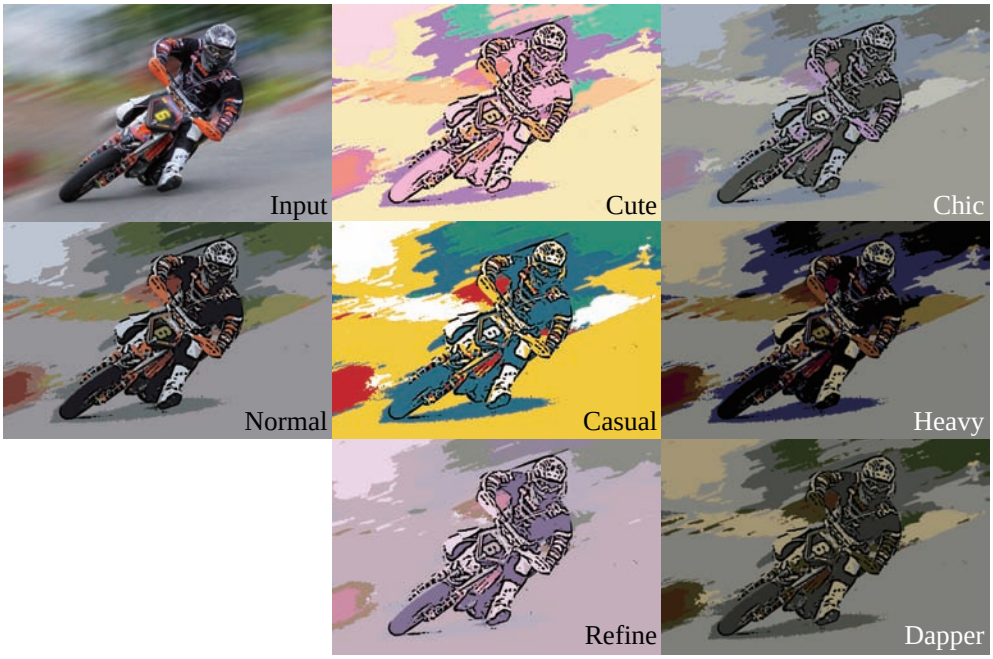


(b) 証明写真

図 6.19: 人物画像を対象としたポップアート調画像

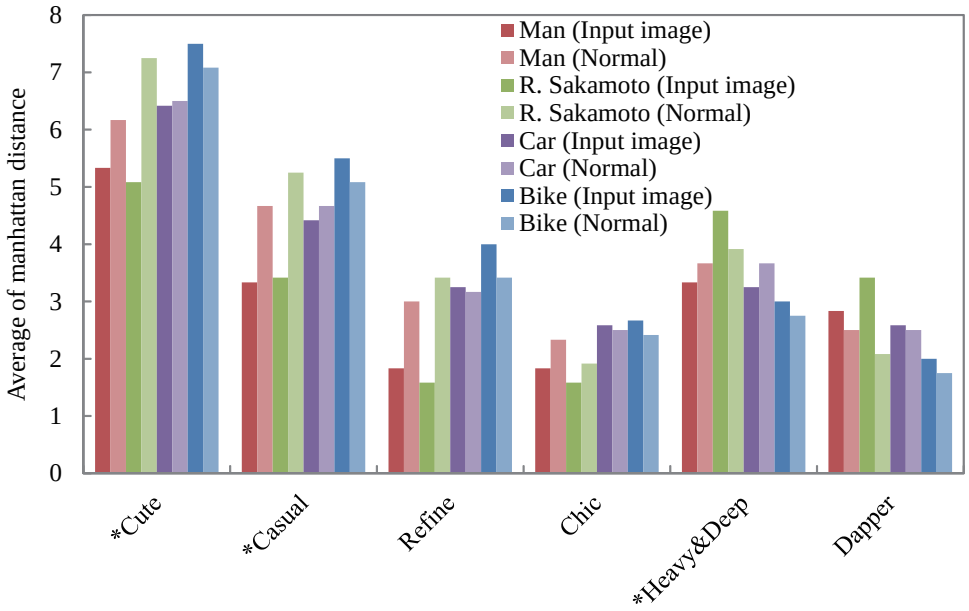


(a) 自動車画像

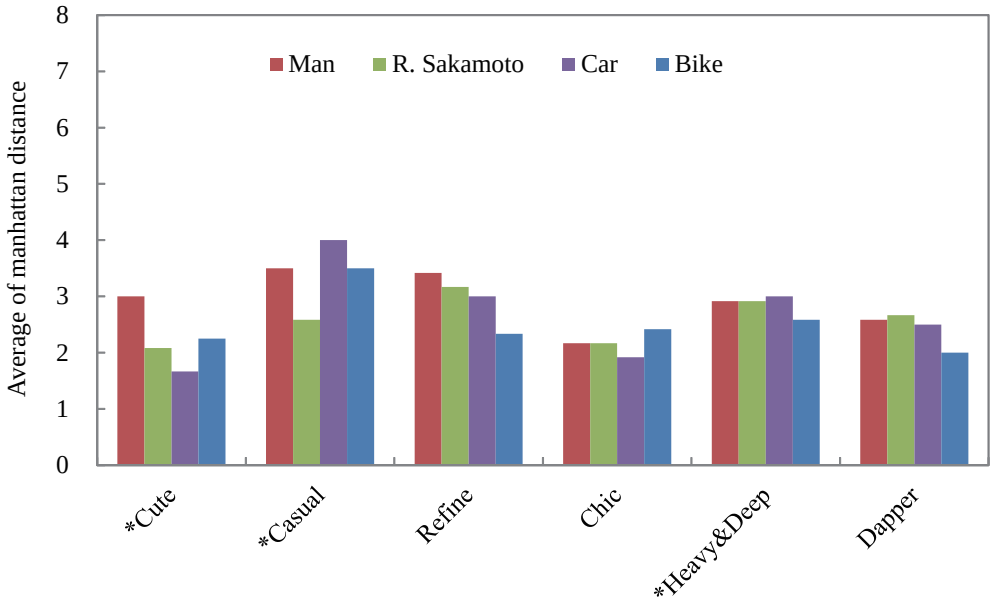


(b) オートバイク画像

図 6.20: 乗り物画像を対象としたポップアート調画像



(a) 入力画像および減色処理画像と 6 イメージ語におけるマンハッタン距離の平均値



(b) 6 イメージ語におけるマンハッタン距離の平均値

図 6.21: 言語イメージスケールにおけるマンハッタン距離の平均値

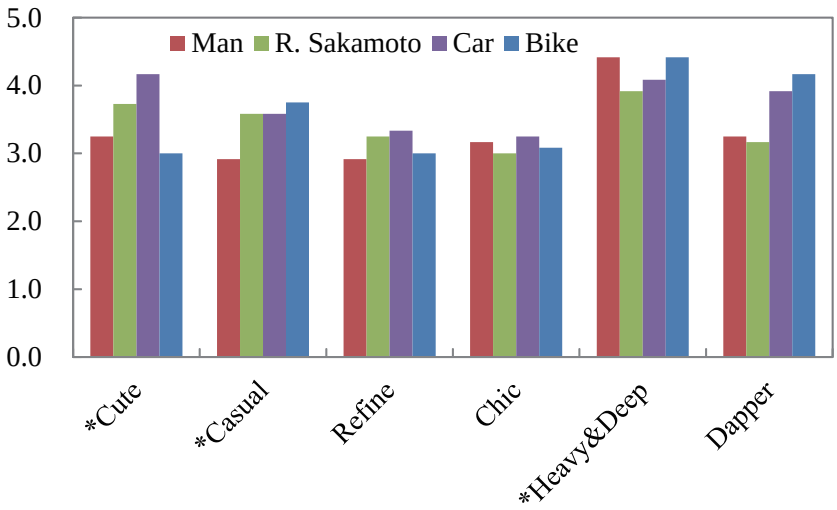


図 6.22: 5 段階主観評価結果

6.10 まとめと今後の課題

本章では，感性情報記録手法の応用事例として，感性情報を考慮した絵画調画像の生成に関する研究について述べた．感性情報は，誰もが有しており，写真から受け取る印象も異なっている．既存の NPR の研究では，芸術家の絵画に近い画像を生成する方策が取られてきたが，写真の加工が一般人にも容易にできるようになってきている現在に，そのユーザ自身がもつ感性を考慮した研究も必要となってくると予想される．そこで，絵画に対する技術や知識が乏しいユーザでも，ユーザ自身の感性情報を絵画表現として表出する手法を提案した．本手法は，ユーザが写真に抱く感性を基にイメージ語を指定し，イメージカラーの抽出，指定したイメージ語による配色変換，絵画調フィルタの適用の処理を行うことで，感性情報を考慮した絵画調画像を生成する．また，生成された画像を用いて三度の印象評価を行った結果，自然物が建築物より指定したイメージ語に従った印象を与えること，言語イメージスケール上では，第一象限（SOFT かつ WARM）と第四象限（HARD かつ COOL）に分布するイメージ語が印象を与えやすいこと，配色パターンを限定した場合に，提案手法を用いて生成された絵画調画像に感性情報を付加させることができることが確認できた．**すなわち，本手法は，感性情報を絵画表現に適用させる支援を実現できると考えられる．**しかしながら，絵画に対する印象は，色だけでなく被写体の形状やテクスチャなど複数の要素が複雑に影響しているため，絵画調フィルタや物体形状なども考慮する必要があると考える．絵画の印象評価として，生得的なデータ（視線追従や脳活動）を用いる研究が報告されている [49, 50]．本研究でも，生得的なデータ（視線追従や脳活動）の観点から調査し，本手法の効果について明らかにしていく必要がある．また，イメージ語を入力としているが，文献 [51] で用いられている感性スケールの入力手法も取り入れ研究を進めていきたい．

第 7 章
まとめ

7.1 本研究の総括

本論文では，Computational Photography の最終目標である，人間の知覚と同等の情報の自動取得に対する研究アプローチとして，画像への感性情報記録手法について述べた．感性情報記録手法として，画像効果による感情情報の記録手法と，二次元マップを用いた感性情報の入力手法を提案し，その有効性について調査した．感情情報の記録手法の調査結果では，色彩効果により特定の感情を認知することができること，特に能動的な感情についてその傾向が顕著に現れることが確かめられた．また，感性情報の入力手法の調査結果では，二次元マップを用いることで簡易に感性情報が入力可能になり，視覚的に分かりやすく感性情報を取り扱えることが確認できた．これら 2 つの調査結果より，特定の色情報は特定の印象を与える可能性が高く（仮説 1），二次元マップ上で感性情報を取り扱うことで視覚的な分析ができる（仮説 2）という 2 つの仮説を立てた．さらに，感性情報記録の応用事例として感性情報の表出手法に関する研究を行った．同研究は，感性情報を考慮した絵画調画像生成を目的としており，その手法として仮説 1 に基づき配色変換を用いた．同時に，仮説 2 に基づき本提案手法により生成された絵画調画像の印象評価に言語イメージスケール（二次元マップ）を用いて，視覚的に感性情報を分析した．その結果，本提案手法では自然物が建築物よりイメージ語の印象の影響を与えやすいこと，言語イメージスケールの第一象限と第四象限に分布するイメージ語が色による影響を与えやすいこと，イメージ語を限定した場合に，ユーザの感性情報（指定するイメージ語に従った印象）を絵画調画像に付加させることができることが確認できた．すなわち，色変換が特定の印象を与え，二次元マップを用いた感性情報の分析が明示的であることを示しており，2 つの仮説が成り立つと言える．**これらの研究結果から，感性情報の記録手法として色情報の変換が効果的である傾向が確認できた．よって，提案手法は本研究の目的である感性情報の埋め込みへ効果があると結論づけられる．**ただし，その精度については個人差があることから，今後色情報以外の要素を調査していく必要がある．

7.2 今後の課題

感情情報の記録手法では，色彩効果以外の画像効果の有効性を検証しておらず，感情情報が記録された画像を用いた記憶想起の有効性を調査する必要がある．感性情報の入力手法では，二次元マップの評価軸の取り扱いを十分に議論する必要があり，画像検索システムへの応用を考える場合，その精度向上を目的とした手法を取り入れることが課題である．また，感性情報の表出手法では，色情報のみを要素としているため，その他の絵画の要素である被写体の形状やテクスチャに関しても調査する必要がある．画像への感性情報記録を目的とした研究は，多様な分野で応用することができ，同時に複雑な対象を分析することで感性情報の特性を明らかにすることを可能にする．本研究は，Computational Photography の研究目標の切り口として，また，他分野の課題への解決手法として貢献できることが期待される．今後は，さらに多様な分野への応用を模索しつつ，感性情報記録について詳細に調査していきたい．

謝 辞

本研究を進めるにあたり終始熱心なご指導とご鞭撻，温かい激励を戴いた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の宮田一乗教授に深謝の意を表する．筆者が博士前期課程 1 年次には，VR 作品制作のグループワーク活動において有益なご助言ご指導を戴いた．その活動をとおして，国際会議や海外展示，コンテストでの受賞などは，筆者にとって大変貴重な経験になった．博士前期課程 2 年次には，研究テーマおよび研究方策の設定において筆者の意見を十分に取り入れ，快適な研究環境を与えて戴いた．ここまで，筆者の考える研究内容を順調に進めることができたことに再度深謝する．

副査として修士論文中間発表において，細部にわたりご助言を戴いた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の西本一志教授，北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科知識科学専攻の藤波努准教授，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の金井秀明准教授に感謝の意を表する．中間発表でのご助言により，今後の研究方策が明確になった．また，副テーマの指導教員としてご指導戴いた北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科知識科学専攻の梅本勝博教授に感謝の意を表する．

知識科学教育研究センターの宮田研究室の各位には研究遂行にあたり日頃より有益なご討論ご助言を戴いた．特に，同研究室の北直樹氏，姜南氏，瀬木宏氏，寺田圭祐氏には在籍中に，グループワーク活動や筆者の研究テーマのご討論ご助言を戴いた．学生 CG コンテストでの受賞や Laval Virtual への招待採択において，同期の支援がなければ成し得なかったことである．また，グループワーク活動では，西本研究室の藤田恭平氏，元 Art et métiers ParisTech の Toni Da Luz 氏，Rémy Eynard 氏にも多大な貢献をして戴いた．ここで，元 SpiderHero プロジェクトチームのメンバー各位に深く感謝する．

さらに，同研究室の杜暁冬氏，櫻井快勢氏，溝口敦士氏には，お忙しい中時間を割いて貴重なご意見ご感想を戴いた．改めて感謝の意を表する．

最後に，本研究の実験に快く協力頂いた被験者の方々に感謝の意を表する．

参 考 文 献

[1] Raskar, R.: Emerging Trends in Visual Computing, chapter Computational Photography: Epsilon to Coded Photography, pp. 238–253, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (2009).

[2] 文部省科学研究費補助金重点領域研究平成 4 年度〜6 年度成果報告書「感性情報処理の情報学・心理学的研究」 (1995 年 11 月).

[3] 井口征士, 原島博監修：ヒューマンコミュニケーション工学シリーズ　感性情報処理, オーム社, 10–11 pp. (1994).

[4] 内閣府経済社会総合研究所 景気統計部, 消費動向調査平成 22 年 3 月実施調査結果 (2010).

[5] Consumer Electronics Association: http://www.ce.org/Press/CurrentNews/press_release_detail.asp?id=11674 (2010).

[6] Raskar, R., Agrawal, A. and Tumblin, J.: Coded exposure photography: motion deblurring using fluttered shutter, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 25, pp. 795–804 (2006).

[7] Veeraraghavan, A., Raskar, R., Agrawal, A., Mohan, A. and Tumblin, J.: Dappled photography: mask enhanced cameras for heterodyned light fields and coded aperture refocusing, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 26, (2007).

[8] Raskar, R., Tan, K.-H., Feris, R., Yu, J. and Turk, M.: Non-photorealistic camera: depth edge detection and stylized rendering using multi-flash imaging, in *ACM SIGGRAPH 2005 Courses*, SIGGRAPH '05, New York, NY, USA (2005), ACM.

[9] Agrawal, A., Xu, Y. and Raskar, R.: Invertible motion blur in video, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 28, pp. 95:1–95:8 (2009).

[10] Sun, J., Li, Y., Kang, S. B. and Shum, H.-Y.: Flash matting, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 25, pp. 772–778 (2006).

[11] Adams, A., Talvala, E.-V., Park, S. H., Jacobs, D. E., Ajdin, B., Gelfand, N., Dolson, J., Vaquero, D., Baek, J., Tico, M., Lensch, H. P. A., Matusik, W., Pulli, K.,

Horowitz, M. and Levoy, M.: The Frankencamera: an experimental platform for computational photography, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 29, pp. 29:1–29:12 (2010).

[12] 八村広三郎, 英保茂：色彩分布と印象語に基づく絵画データの検索の検索, 情報処理学会研究報告, 第 95 巻, pp. 37–44 (1998).

[13] 戸嶋朗, 八村広三郎：絵画からの画像構成の抽出と検索への応用, 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 3, pp. 912–920 (1998).

[14] 木本晴夫：感性語による画像検索とその精度評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 3, pp. 886–898 (1999).

[15] 柴田滝也, 加藤俊一：街路の景観画像データベースのイメージ語による検索, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J82–D–1, No. 1, pp. 174–183 (1999).

[16] 萩野晃大, 加藤俊一：感性検索システムの設計手法：感性システムモデリング, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol. 47, No. SIG4(TOD29), pp. 28–39 (2006).

[17] 土方嘉徳：嗜好抽出と情報推薦技術, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 9, pp. 957–965 (2007).

[18] Hijikata, Y., Iwahama, K. and Nishida, S.: Content-based music filtering system with editable user profile, in *Proceedings of the 2006 ACM symposium on Applied computing*, SAC '06, pp. 1050–1057, New York, NY, USA (2006), ACM.

[19] 小野将之, 西村邦裕, 谷川智洋, 廣瀬通孝：多様なセンサによるライフログのニューラルネットワークを用いた構造化, 映像情報メディア学会技術報告, 第 33 巻, pp. 79–84 (2009).

[20] 志村将吾, 平野靖, 梶田将司, 間瀬健二：体験記録における日記を用いた感情記録インタフェース, 情報処理学会研究報告, HI, ヒューマンインタフェース研究会報告 2005(95), pp. 61–68 (2005).

[21] 多田昌裕, 加藤俊一：階層的分類を用いた視覚感性のモデル化と類似画像検索への応用, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol. 44, No. SIG8(TOD 18), pp. 37–45 (2003).

[22] 椋木雅之, 田中大典, 池田克夫：対義語からなる特徴空間を用いた感性語による画像検索システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 7, pp. 1914–1921 (2001).

[23] 西山晴彦, 松下温：画像の構図を用いた絵画検索システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 37, No. 1, pp. 101–109 (1996).

[24] 都甲潔：味覚センサの開発, 表面科学, Vol. 27, No. 1, pp. 34–38 (2006).

[25] Cohn, J. F. and Katz, G. S.: Bimodal expression of emotion by face and voice, in *Proceedings of the sixth ACM international conference on Multimedia: Face/gesture recognition and their applications*, MULTIMEDIA '98, pp. 41–44, New York, NY, USA (1998), ACM.

[26] 櫻井翔, 鳴海拓志, 佐々木正人：音声解析に基づいた感情を可視化する手法, 情報処理学会研究報告, HCI, ヒューマンインタラクション研究会報告 2008(106), pp. 29–32 (2008).

[27] 千々岩英彰：図解世界の色彩感情事典—世界初の色彩認知の調査と分析, 河出書房新社 (1999).

[28] Ekman, P., Friesen, W., V., 工藤力訳：表情分析入門—表情に隠された意味をさぐる, 誠信書房 (1987).

[29] 葛西真知子：カカオ豆産地とチョコレートのおいしさとの関係, 日本食品科学工学会誌, Vol. 54, No. 7, pp. 332–338 (2007).

[30] 高橋伸彰：チョコレートのおいしさを科学する, 日本味と匂学会誌, Vol. 12, No. 2, pp. 131–138 (2005).

[31] 杉田純一, 島影佳範, 田鎖由莉, 高橋時市郎：階層的 Poission Disk Sampling 法を用いた様々な絵画風画像の生成法, 電子情報通信学会技術研究報告, IE, 画像工学 107(488), pp. 1–6 (2008).

[32] Haeberli, P.: Paint by numbers: abstract image representations, *SIGGRAPH Comput. Graph.*, Vol. 24, pp. 207–214 (1990).

[33] 白石路雄, 山口泰：画像モーメントを用いた絵画風画像の生成手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 9, pp. 3493–3500 (1999).

[34] Litwinowicz, P.: Processing images and video for an impressionist effect, in *Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, SIGGRAPH '97, pp. 407–414, New York, NY, USA (1997), ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.

[35] Hertzmann, A.: Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes, in *Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, SIGGRAPH '98, pp. 453–460, New York, NY, USA (1998), ACM.

[36] ディジタル画像処理編集委員会：ディジタル画像処理, 財団法人画像情報教育振興協会（CG–ARTS 協会） (2004).

[37] 諸原雄大, 近藤邦雄, 島田静雄, 佐藤尚：テキスタイルデザイン画像におけるイメージ・カラーの選定法, 情報処理学会論文誌, Vol. 36, No. 2, pp. 329–337 (2011).

[38] 近藤邦雄, 高橋雅博, 松永政尚, 山嵜秀樹：画像データベースのためのイメージカラー検索手法, 映像情報メディア学会論文誌, Vol. 54, No. 11, pp. 1615–1622 (2000).

[39] 日本色彩学会：新編 色彩科学ハンドブック [第 2 版], 東京大学出版会 (2003).

[40] 川上元郎, 富家直, 児玉晃, 大田登：色彩の辞典, 朝倉書店 (1987).

[41] 財団法人 日本色彩研究所編集：色彩ワンポイント 5 色彩と人間, 日本規格協会 (1994).

[42] Wen, F., Luan, Q., Liang, L., Xu, Y.-Q. and Shum, H.-Y.: Color sketch generation, in *Proceedings of the 4th international symposium on Non-photorealistic animation and rendering*, NPAR '06, pp. 47–54, New York, NY, USA (2006), ACM.

[43] Wang, B., Yu, Y., Wong, T.-T., Chen, C. and Xu, Y.-Q.: Data-driven image color theme enhancement, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 29, pp. 146:1–146:10 (2010).

[44] 小林重順：配色イメージワーク, 講談社 (1995).

[45] 小林重順：カラーイメージスケール改訂版, 講談社 (2001).

[46] 松崎公紀, 樫村雅章, 小沢慎治：概略図を入力とした特徴量グラフに基づく絵画画像検索, 電子情報通信学会誌, Vol. J87-D-II, No. 2, pp. 521–533 (2004).

[47] Datta, R., Joshi, D., Li, J. and Wang, J. Z.: Image retrieval: Ideas, influences, and trends of the new age, *ACM Comput. Surv.*, Vol. 40, pp. 5:1–5:60 (2008).

[48] 小林重順：配色センスの新開発—色彩情報処理のノウハウ, ダヴィッド社 (1997).

[49] 辻元健士, 村上征勝：絵画における構図変化の影響：印象評価と視線移動の観点から, 映像情報メディア学会技術報告, 第 34 巻, pp. 35–38 (2010).

[50] 河地庸介, 鈴木美穂, 柴田理瑛, 川畑秀明, 行場次朗：絵画印象の心理的構造と脳活動の対応, 電子情報通信学会技術研究報告, NC, ニューロコンピューティング 108(264), pp. 25–30 (2008).

[51] 諸原雄大, 近藤邦雄, 島田静雄, 佐藤尚：感性スケールを用いた配色変換システム, 情報処理学会第 50 回全国大会講演論文集, 第 2D–7 巻 (1995).

研 究 業 績

[1] **Ishibashi, K.**, Da Luz, T., Eynard, R., Kita, N., Jiang, N., Segi, H., Terada, K., Fujita, K., and Miyata, K.: "Spider Hero", Laval Virtual Revolution 2010, An.3, Laval, France, (April, 2010).

[2] **Ishibashi, K.**, Da Luz, T., Eynard, R., Kita, N., Jiang, N., Segi, H., Terada, K., Fujita, K., and Miyata, K.: "Spider Hero: A VR application using pulling force feedback system", VRCAI2009, Session 7, Tokyo, Japan, (December, 2009).

[3] **石橋賢**, 宮田一乗: イメージ語入力による絵画調画像の生成, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 34, No. 44, pp. 1–4, (2010).

[4] **石橋賢**, 宮田一乗: 感性情報マップを用いた画像検索システムの提案, 第 12 回日本感性工学会大会, 1F1-1, (2010).

[5] **石橋賢**, 宮田一乗: 色彩効果による画像への感情記録の可能性に関する検討, 第 9 回情報科学技術フォーラム（FIT2010）講演論文集, 第 3 分冊, J-030, (2010).

[6] **石橋賢**, Toni Da Luz, Remy Eynard, 北直樹, 姜南, 瀬木宏, 寺田圭祐, 藤田恭平, 宮田一乗: スパイダーヒーロー: 張力提示システムを導入した VR アプリケーション, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol. 2010, No.4, インタラクション 2010 論文集 pp.211-214, (2010) (デモ発表).

[7] **石橋賢**, Toni Da Luz, Remy Eynard, 北直樹, 姜南, 瀬木宏, 寺田圭祐, 藤田恭平, 宮田一乗: スパイダーヒーロー：張力提示システムによる VR アプリケーション, 第 7 回知識創造支援システムシンポジウム, (2010).

[8] **石橋賢**, Toni Da Luz, Remy Eynard, 北直樹, 姜南, 瀬木宏, 寺田圭祐, 藤田恭平, 宮田一乗: スパイダーヒーロー, インタラクティブ東京 2009, IVRC（バーチャルリアリティテスト）参加作品プレゼンテーション, (2009).

[9] **石橋賢**, Toni Da Luz, Remy Eynard, 北直樹, 姜南, 瀬木宏, 寺田圭祐, 藤田恭平, 宮田一乗: スパイダーヒーロー, いしかわ夢未来博 2009 (カレッジラボ), 石川, 日本, (2009) (展示).

[10] **石橋賢**, Toni Da Luz, Remy Eynard, 北直樹, 姜南, 瀬木宏, 寺田圭祐, 藤田恭平, 宮田一乗: スパイダーヒーロー, 第 17 回国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト東京本大会, 東京, 日本, (2009) (展示).

[11] **石橋賢**, Toni Da Luz, Remy Eynard, 北直樹, 姜南, 瀬木宏, 寺田圭祐, 藤田恭平, 宮田一乗: Spider Hero, 第 15 回学生 CG コンテスト インタラクティブ部門 優秀賞, (2009) (受賞).

付録　A
主観的評価アンケートおよび印象評価サイト

A.1　二次元マップを用いた画像検索システムに関するアンケート

5.9 節では，二次元マップを用いた画像検索システムの主観的評価アンケート調査を行った．そのアンケート用紙を図 A.1 に添付する．

A.2　感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価アンケート

6.6 節では，感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価を行った．その印象評価に使用したアンケート用紙例を図 A.2 および図 A.3 に示す．なお，図 A.3 は 4 種類の画像を評価するため，1–L 以外に 1–A，2–L，2–A の種類に属する画像の評価用アンケート用紙を使用した．また，図 A.4，図 A.5，図 A.6，図 A.7 はアンケート調査に使用した実験用画像シートである．

A.3　感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価サイト

6.8 節および 6.9 節では，感性情報を考慮した絵画調画像の印象評価にウェブサイトを用いた．本ウェブサイトは，ラジオボタンにより選択し，その入力内容を CSV 形式に出力することで集計している．その印象評価サイトの一例を図 A.8，図 A.9 そして図 A.10 に示す．図 A.8 は，6.8 節と 6.9 節の評価で共通のページであり，基本情報（性別，年齢，国籍）の入力とディスプレイのカラーマッチングおよび各評価項目の説明を記述している．図 A.9 は，6.8 節の印象評価で使用され，図 A.10 は，6.9 節の評価で使用された画像評価画面の一例である．

システムに関するアンケート

A. 二次元マップについて

1 チョコレートに関する二次元マップの評価軸についてどのように感じましたか？

1 別の評価項目が必要 （　　）
2 評価軸の増加が必要　　3 十分対応可能

B. 感性情報入力（撮影）システムについて

1 従来の撮影と比べてどのように感じましたか？

1 困難　　2 同様　　3 簡単

（1と答えた人）どの点が困難であると感じましたか？

（　　）

2 今までシステムを使って，レビュアーとしてレビューを行ったことがありますか？

1 はい　　2 いいえ

（1と答えた人）従来のレビューシステムと比べてどのように感じましたか？

1 困難　　2 同様　　3 簡単

（2と答えた人）レビューを行わない理由を教えてください

1 面倒　　2 興味がない
3 その他　（　　）

C. 画像検索システムについて

1 通常のキーワード検索と比べてどのように感じましたか？

1 困難　　2 同様　　3 簡単

2 検索結果の上位5つの商品の内，目的とした味の商品に近い商品順に並べてください．（チョコレート番号を記述）

□ → □ → □ → □ → □　（あなたの結果）

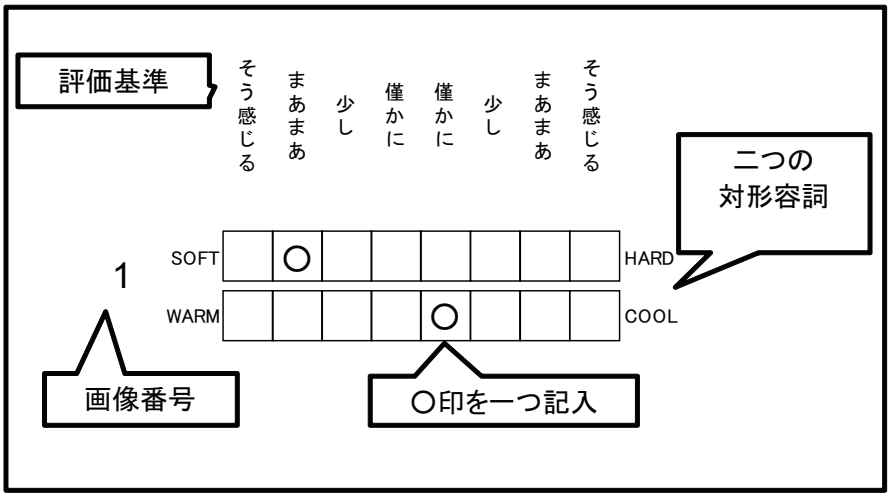
□ → □ → □ → □ → □　（検索結果）

以上でアンケートは終了です．ご協力ありがとうございました．
また，本アンケート結果は研究活動のみで使用します．　　調査者：石橋

図 A.1: 主観的評価アンケート用紙

画像に対する印象調査

提示する画像から受ける印象を二つの対形容詞で評価してください.
（記入例は以下のとおりです.）



本調査へのご協力，誠に感謝致します

調査者: 石橋

図 A.2: 印象評価アンケート用紙 1

1–L

	そう感じる	まあまあ	少し	僅かに	僅かに	少し	まあまあ	そう感じる	
SOFT									HARD
WARM									COOL
SOFT									HARD
WARM									COOL
SOFT									HARD
WARM									COOL
SOFT									HARD
WARM									COOL
SOFT									HARD
WARM									COOL
SOFT									HARD
WARM									COOL
SOFT									HARD
WARM									COOL
SOFT									HARD
WARM									COOL
SOFT									HARD
WARM									COOL
SOFT									HARD
WARM									COOL

図 A.3: 印象評価アンケート用紙 2

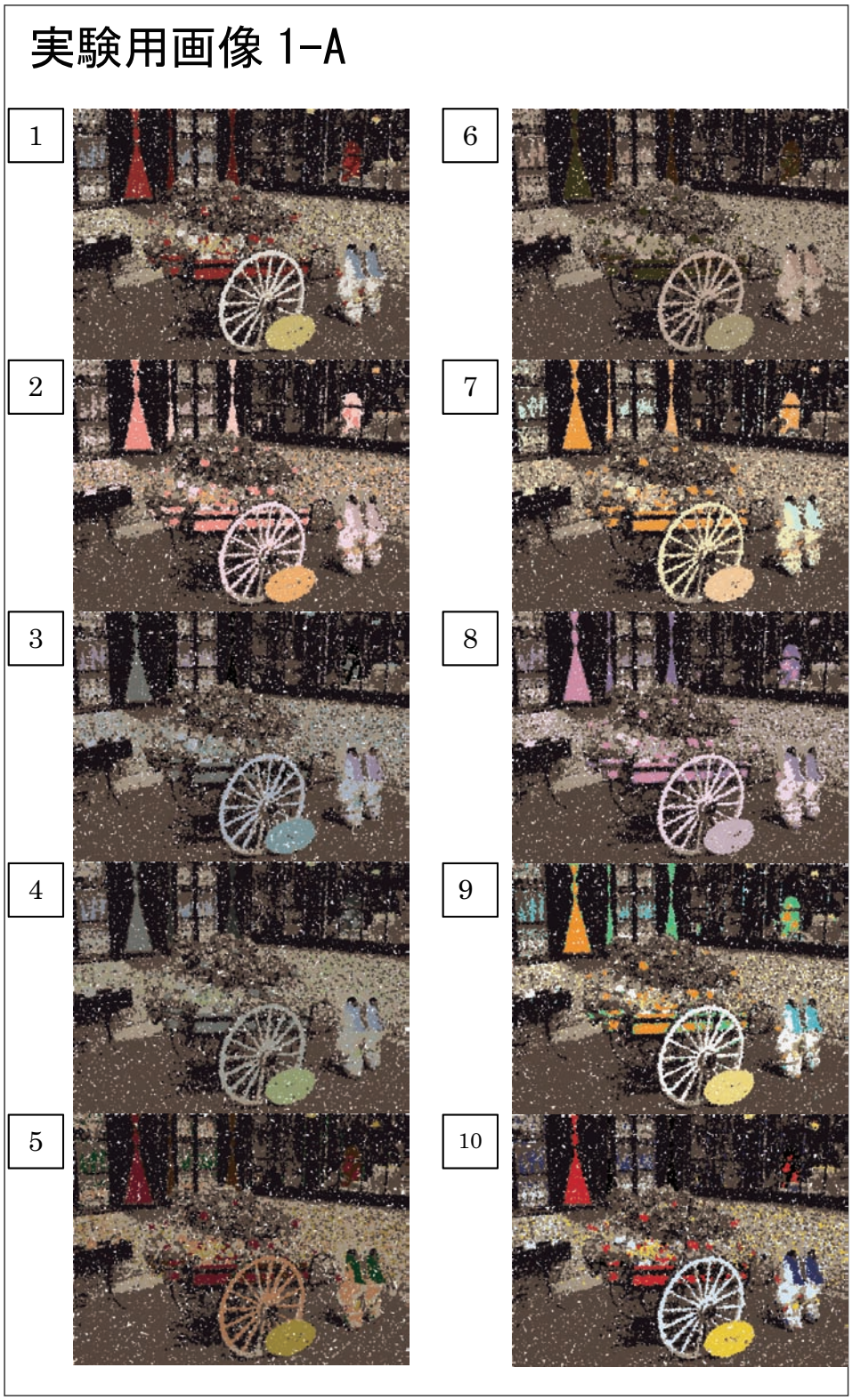


図 A.4: 実験用画像シート 1

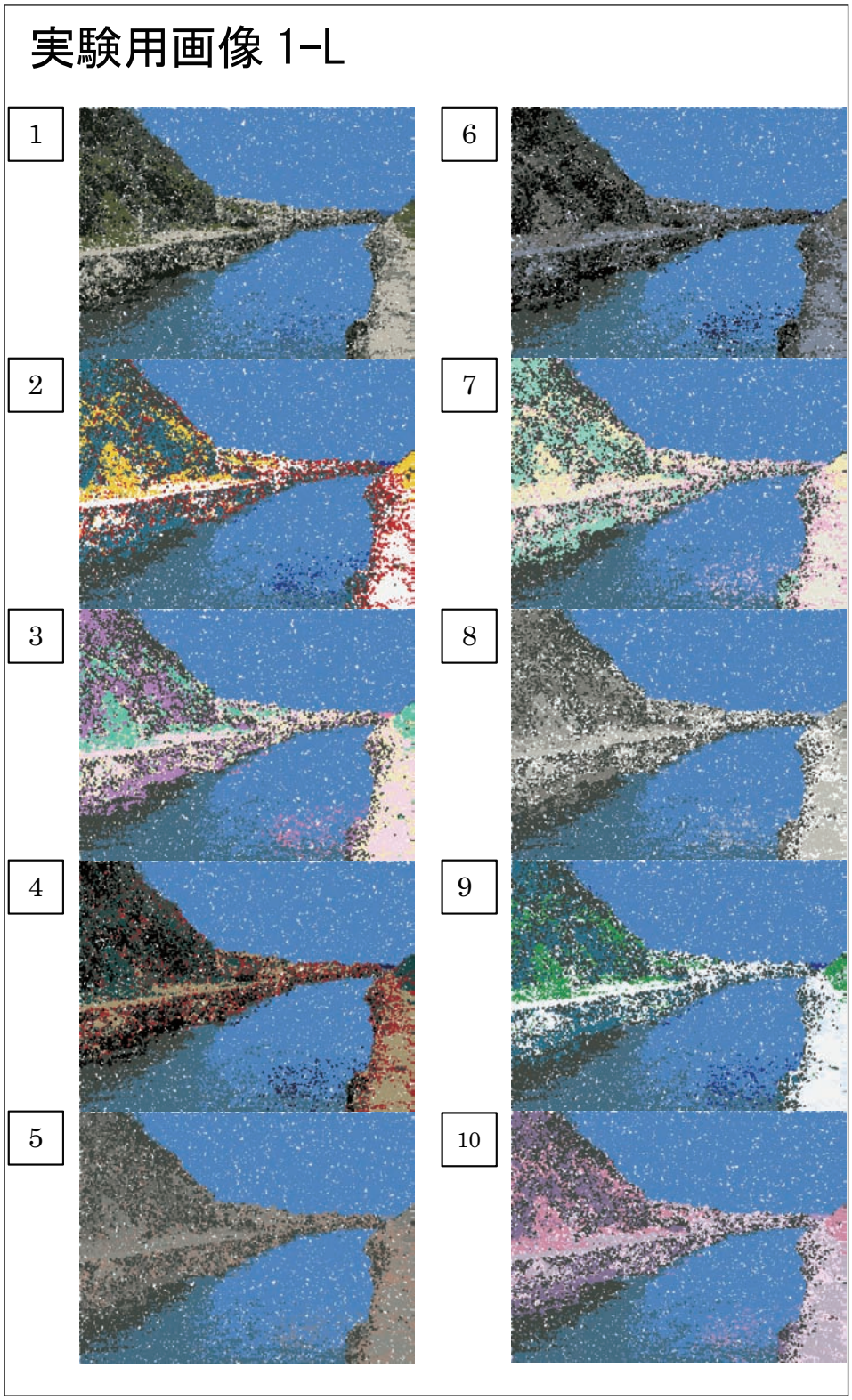


図 A.5: 実験用画像シート 2

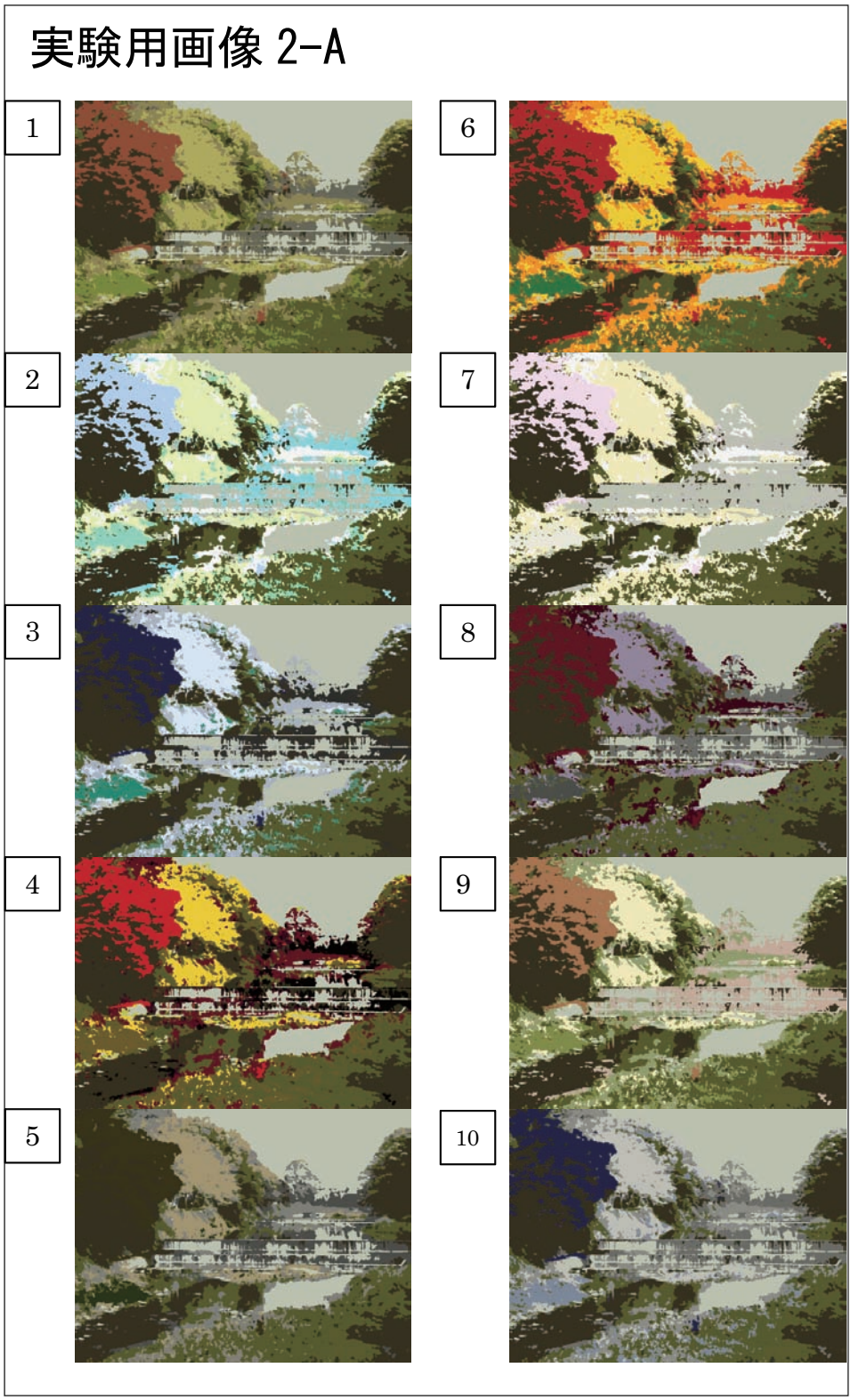


図 A.6: 実験用画像シート 3

図 A.7: 実験用画像シート 4

印象評価アンケート

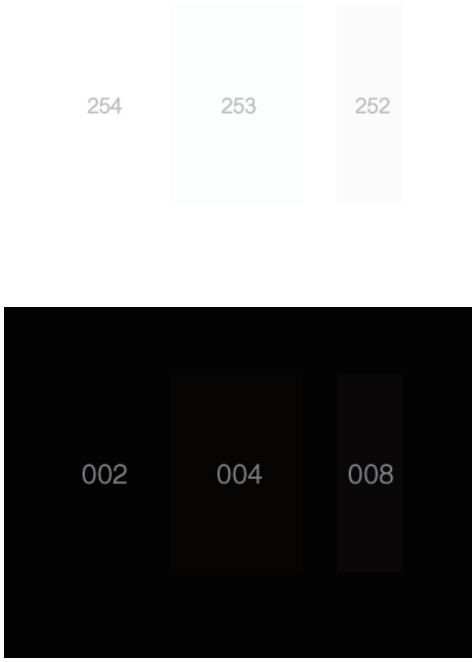
性別　女　男

年齢　10代未満　10代　20代　30代　40代　50代以上

国籍（日本以外の方は記入して下さい）

---

*印象評価を行う前にモニタの色合わせを行って下さい．色温度は6500Kとし，明度および彩度は適切な値に調整して下さい．調整方法は特に指定しませんが，不明な場合はコチラのサイトを参考にして下さい．
以下の画像の254もしくは256の長方形が識別でき，002もしくは004の長方形が識別できる場合は調整する必要はありません．



*印象評価を行う際には，ディスプレイ上に評価対象の画像のみが表示されるようにして下さい．

*ブラウザはInternetExplorerまたは，Safariを使用してください．ブラウザのサイズは100%表示に固定してください（Safariは表示->実際のサイズ）．また，文字サイズも「中」に指定してください．
（FireFoxでも動作しますが，レイアウトが多少崩れます．）

提示する画像から受ける印象を2つの形容詞対で評価して下さい．
最初の17枚が配色画像，残りの17枚が絵画調画像となります．
それぞれ，配色から受ける印象，絵画から受ける印象を評価してください．

例：ややHARD（かたい），かなりCOOLな（つめたい）印象を受けた場合

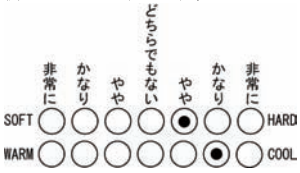


図 A.8: 印象評価サイトの共通ページ

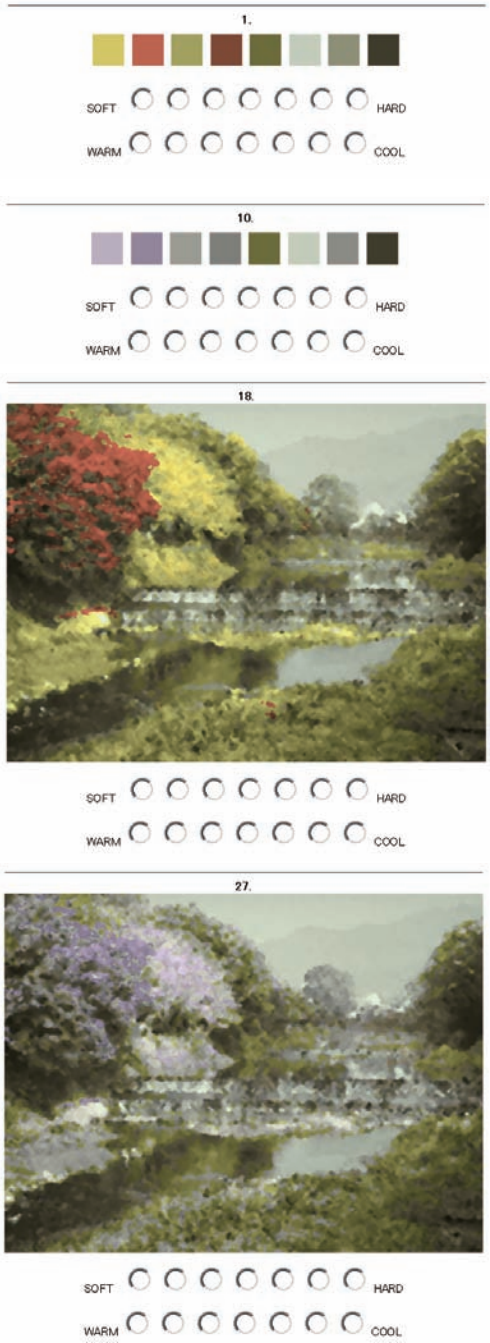


図 A.9: 6.8 節の印象評価サイト例

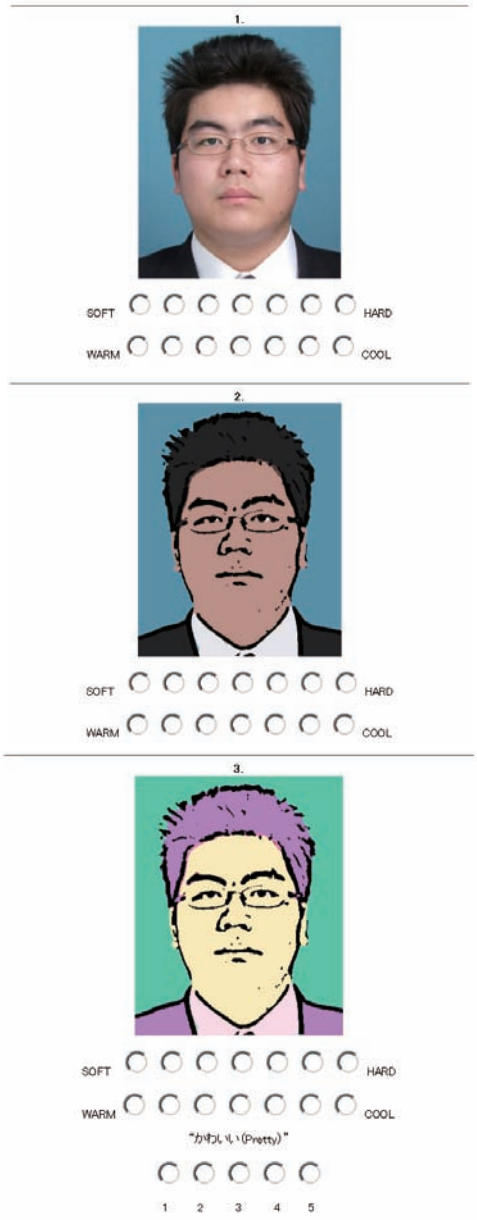


図 A.10: 6.9 節の印象評価サイト例

付 録　B
$L^*a^*b^*$ 表 色 系 へ の 変 換

ディスプレイ上で一般的に使用される sRGB から $L^*a^*b^*$ への変換は以下の式に従って行われる．

デジタル sRGB –> アナログ sRGB

$$R' = \frac{R_{sRGB}}{255}, \quad G' = \frac{G_{sRGB}}{255}, \quad B' = \frac{B_{sRGB}}{255} \tag{B.1}$$

$R' \cdots$ アナログ sRGB の赤，$R_{sRGB} \cdots$ デジタル sRGB の赤

sRGB –> CIERGB

アナログ sRGB の各値が 0.04045 以下の場合

$$R = \frac{R'}{12.92}, \quad G = \frac{G'}{12.92}, \quad B = \frac{B'}{12.92} \tag{B.2}$$

アナログ sRGB の各値が 0.04045 を超える場合

$$R = \left(\frac{R' + 0.055}{1.055}\right)^{2.4}, \quad G = \left(\frac{G' + 0.055}{1.055}\right)^{2.4}, \quad B = \left(\frac{B' + 0.055}{1.055}\right)^{2.4} \tag{B.3}$$

$R \cdots$ CIERGB の赤

CIERGB –> XYZ –> $\mathbf{L^*a^*b^*}$

$$\begin{aligned} X &= 0.4124R + 0.3576G + 0.1805B, \\ Y &= 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B, \\ Z &= 0.0193R + 0.1192G + 0.9505B \end{aligned} \tag{B.4}$$

標準の光 D65 より完全拡散反射面の 3 刺激値は，$X_n = 0.95045$，$Y_n = 1.0$，$Z_n = 1.08892$ とする．

$$L^* = \begin{cases} 116\left(\dfrac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - 16 & \text{if } \dfrac{Y}{Y_n} > 0.008856, \\ 903.3\left(\dfrac{Y}{Y_n}\right) & \text{otherwise,} \end{cases} \tag{B.5}$$

$$
\begin{aligned}
a^* &= 500\left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right], \\
b^* &= 200\left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right]
\end{aligned}
\tag{B.6}
$$

関数 f は，f(X/X_n) の場合

$$
f\left(\frac{X}{X_n}\right) = \begin{cases} \left(\frac{X}{X_n}\right)^{\frac{1}{3}} & \text{if } \frac{X}{X_n} > 0.008856 \wedge \frac{Y}{Y_n} > 0.008856 \wedge \frac{Z}{Z_n} > 0.008856, \\ 7.787\left(\frac{X}{X_n}\right) + \frac{4}{29} & \text{otherwise} \end{cases}
\tag{B.7}
$$

なお，f(Y/Y_n)，f(Z/Z_n) の場合も同様とする．