

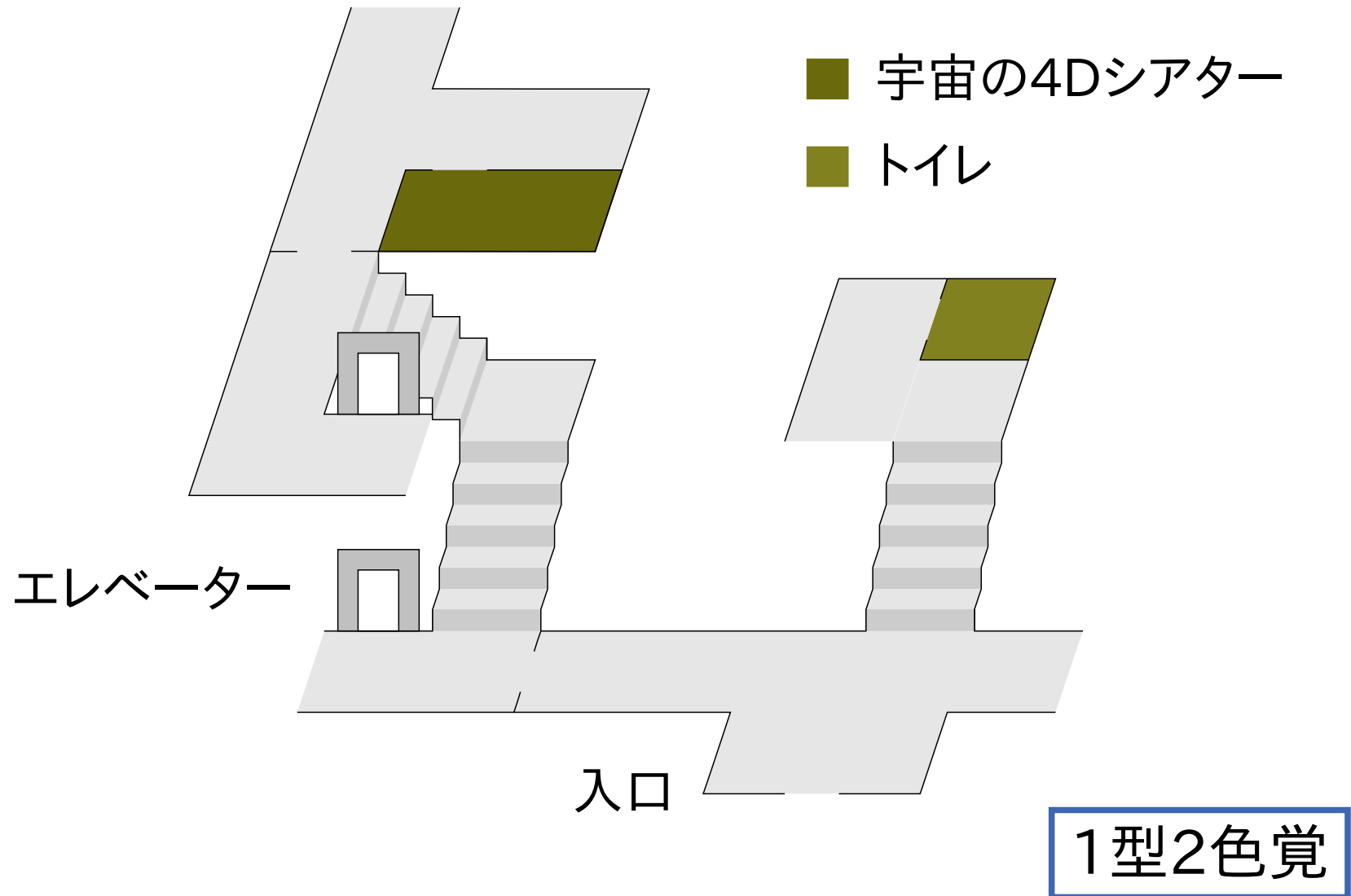
色のカテゴリカル知覚と 三種の色覚特性を考慮した配色調整

柳田 拓人[†], 岡嶋 克典^{††}, 三村 秀典[†]

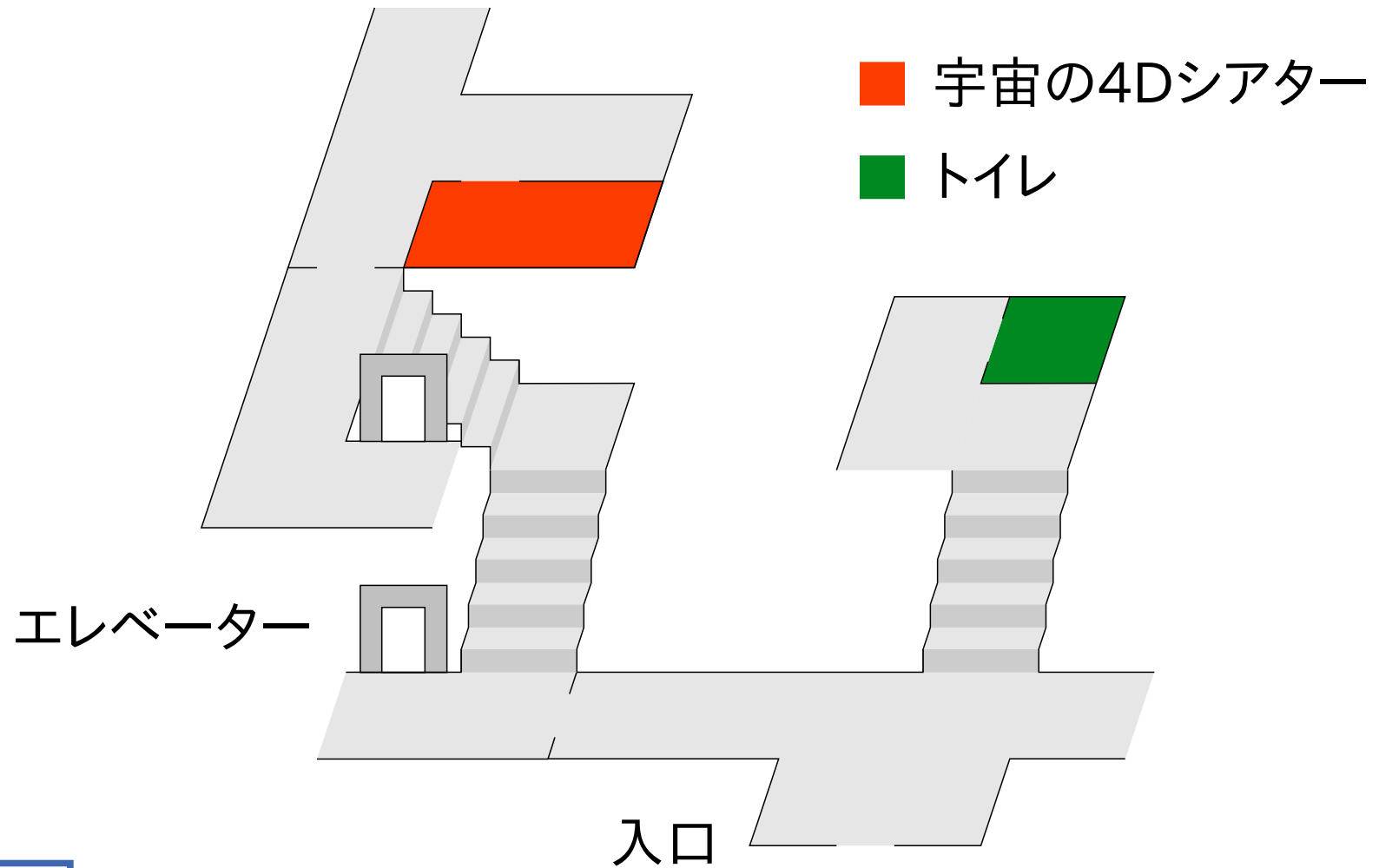
[†] 静岡大学電子工学研究所

^{††} 横浜国立大学大学院環境情報研究院

「シアターは何処？」



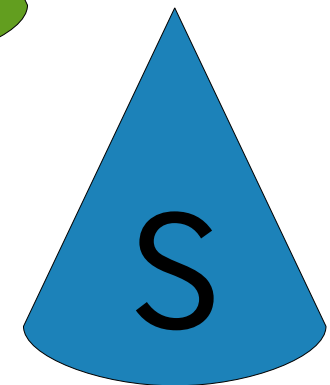
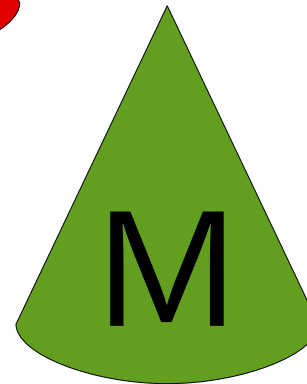
「シアターは何処？」



3色覚

色覚

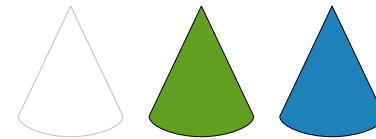
- 網膜上の錐体
 - L型 長波長
 - M型 中波長
 - S型 短波長



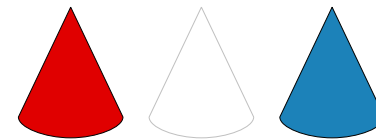
色覚異常

- n型2色覚 (n型3色覚)

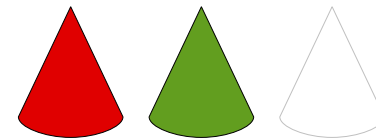
- 1型2色覚 (1型3色覚)



- 2型2色覚 (2型3色覚)



- 3型2色覚 (3型3色覚)



色覚異常

- n型2色覚 (n型3色覚)
 - 1型2色覚 (1型3色覚)
 - 2型2色覚 (2型3色覚)
 - 3型2色覚 (3型3色覚)

日本人の約5%

[5] 日本眼科学会, “目の病気—先天色覚異常,” 2003. Available at http://www.nichigan.or.jp/public/disease/hoka_senten.jsp (accessed July 2, 2010).

デザイン時の要請

「どの色覚特性でも見分けられるように」

研究目的(1)

- 配色調整ツールの開発:
 - 異なる色覚特性それぞれで色差を拡大しつつ,
 - 3色覚
 - 1型2色覚
 - 2型2色覚
 - **オリジナルの配色を出来るだけ保つ**

カラー・ユニバーサル・デザイン & アート・デザイン

[2] 柳田拓人, 三村秀典, “情報表示における配色提案の自動化,” 第5回博物科学会講演要旨集, p.33, 仙台, 2010.

[*] (採録決定済)柳田 拓人, 岡嶋 克典, 三村 秀典: "三種の色覚特性を考慮したファジィ制約充足による配色調整", 人工知能学会論文誌, Vol. 26, No. 5, pp. ?-?, 2011年.

研究目的(2)

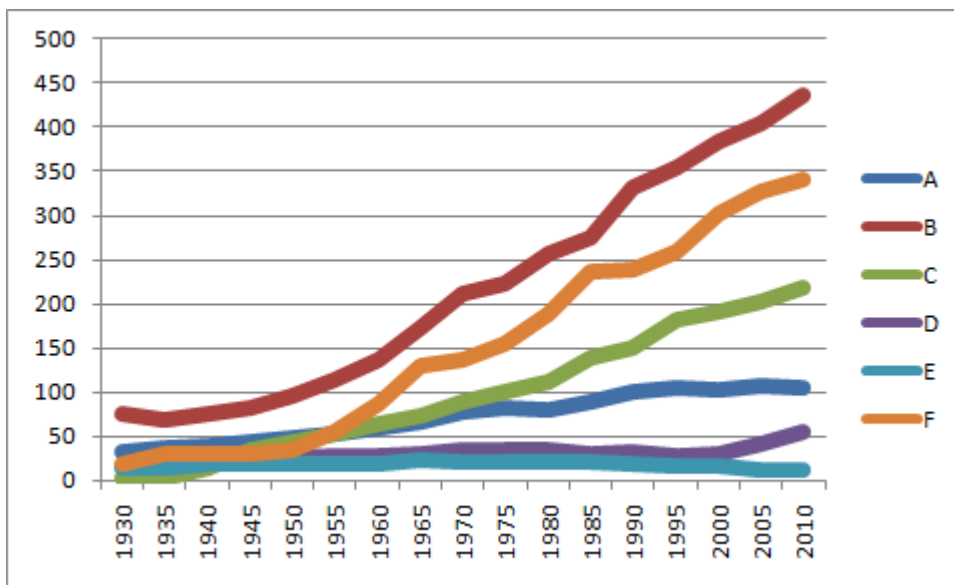
1. 全ての色覚特性において色差が出来るだけ大きい
2. オリジナルの色との色差が出来るだけ小さい
3. 特に誘目性の高い色はオリジナルの色との色差が出来るだけ小さい



4. **調整の前後で基本色カテゴリーが変化しない**

[3] 齋藤晴美, 渡辺昌洋, 浅野陽子, “配色提案における色の誘目性を考慮した色変換方法,” ヒューマンインタフェース学会研究報告集「インタラクションのデザイン(特集:デザインとアート)および一般」, 第12巻, pp.33-38, 浜松, 2010.

ヒコオ

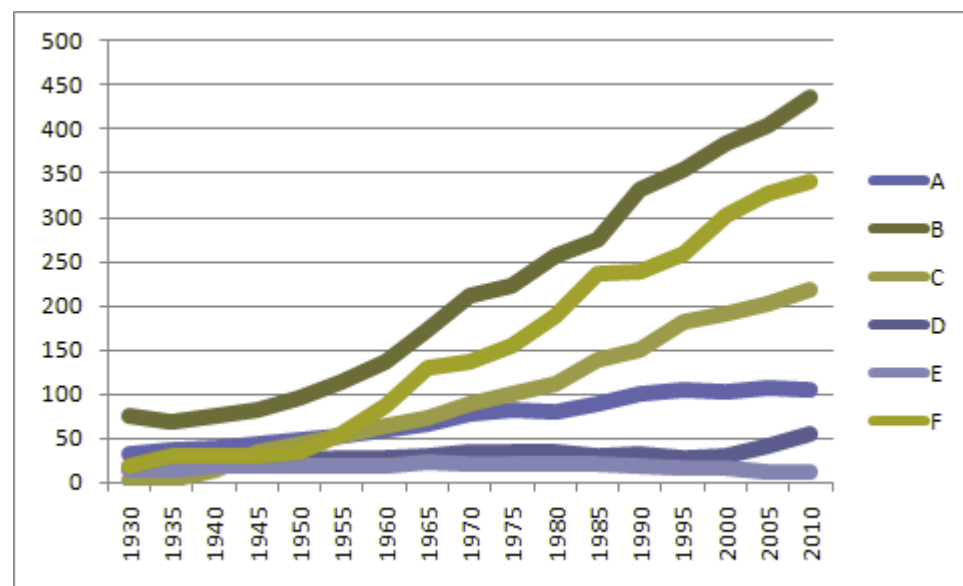
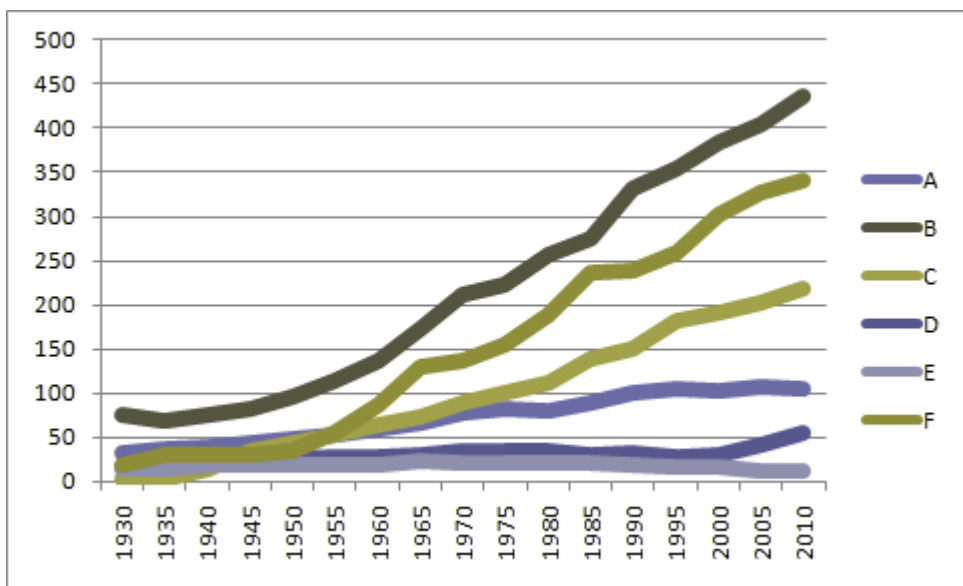


3色覚

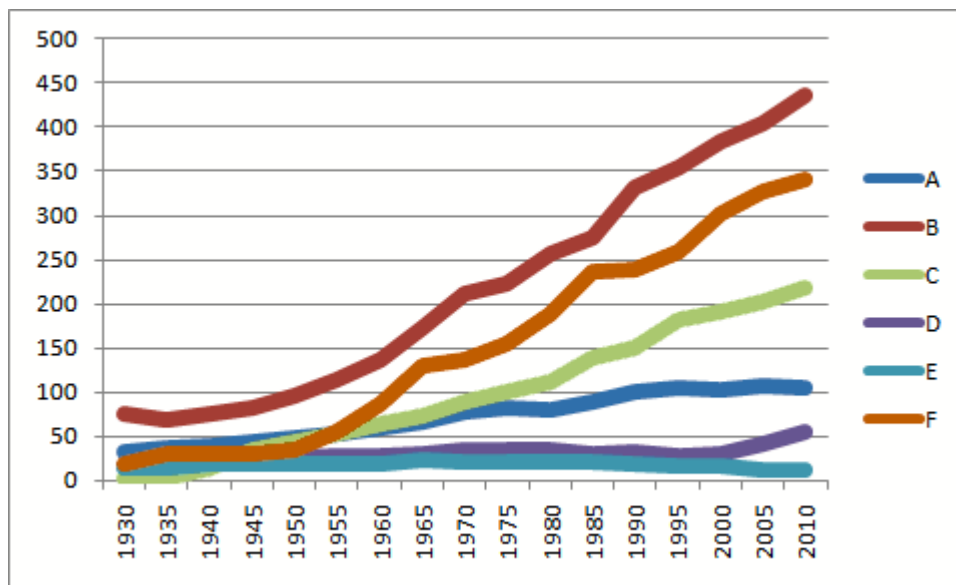
1型2色覚

シミュレーション

2型2色覚



アコチ

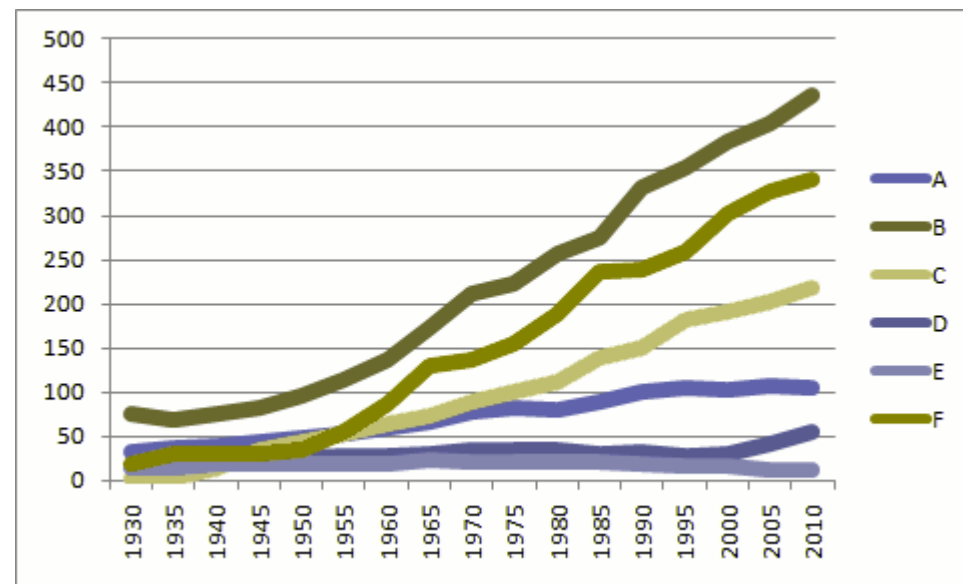
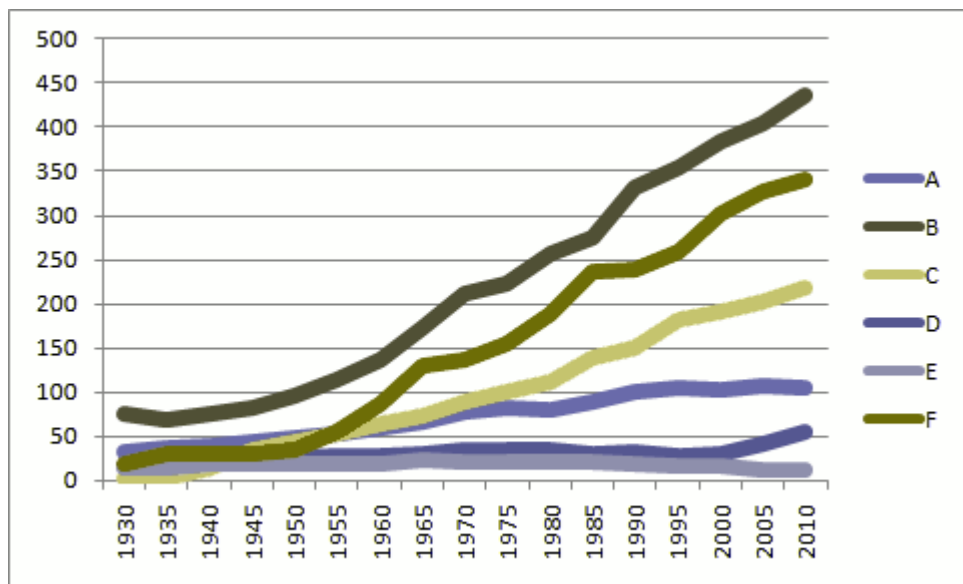


3色覚

1型2色覚

シミュレーション

2型2色覚



問題をどのように扱うか

- 色: パラメターの組合せ (明度, 彩度, 色相)
- 配色: 色の組合せ



- 「**組合せ**をどうやって探索する？」
 - 十分に弁別できるだけ異なりながらも,
 - オリジナルの色を保つ**組合せ**

応用する技術

- ファジィ制約充足問題 (FCSP)
 - 人工知能の1分野
 - **組合せ**探索問題のフレームワーク
 - 制約をある程度満たす割り当ての探索
 - 汎用ソルバが存在

[1] Z. Ruttkay, “Fuzzy constraint satisfaction,” Proceedings of the 3rd IEEE Conference on Fuzzy Systems, vol.2, pp.1263–1268, IEEE, Orlando, FL, USA, 1994. Available at http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=343640.

ファジィ制約充足問題(1)

- 変数

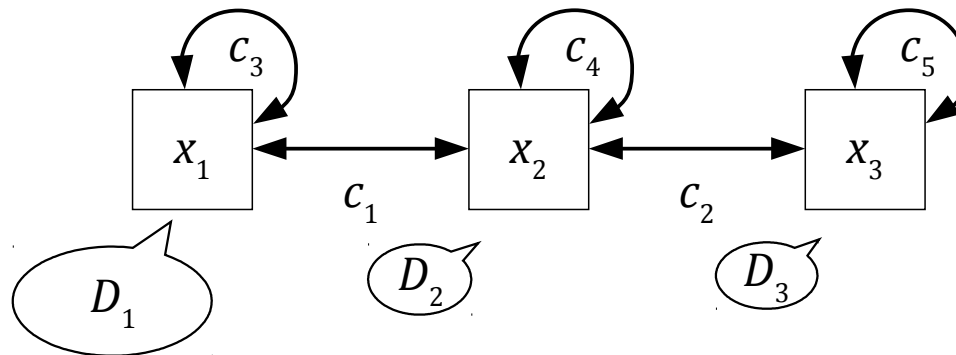
- $X = x_1, \dots, x_n$ 割り当てられた値で, 解を表現

- ドメイン

- $D = D_1, \dots, D_n$ 対応する変数を取り得る値の集合

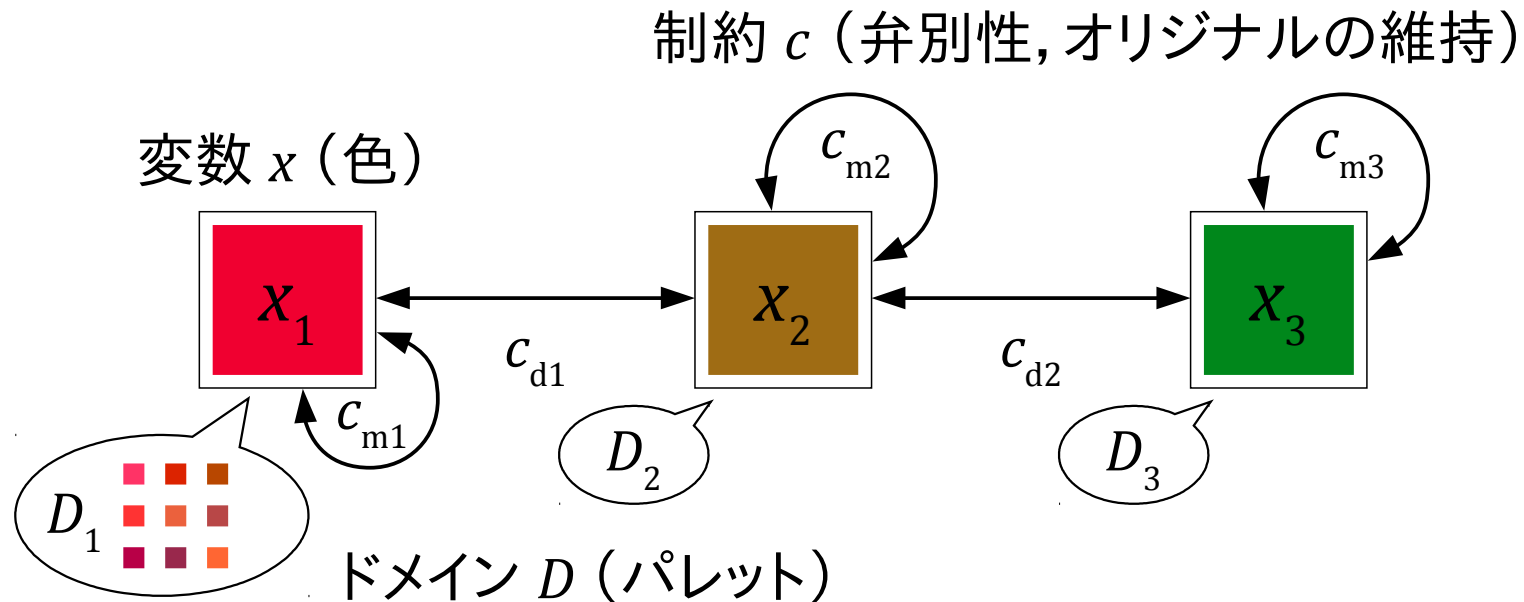
- ファジィ制約

- $C = c_1, \dots, c_r$ 可能な値の組合せ(ルール)
 - 組合せ毎に**制約充足度**を伴う



定式化

- 変数 ←「配色の各要素(色)」
- ドメイン ←「パレット(調整後に取り得る色)」
- ファジィ制約 ←「弁別性, オリジナルの維持」



ファジィ制約充足問題(2)

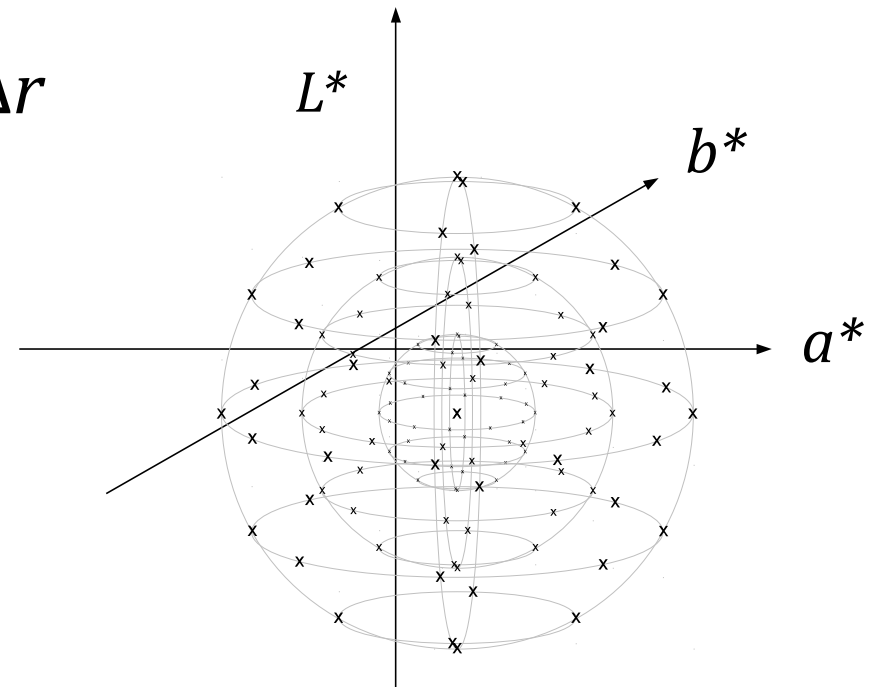
- 解: 全ての変数への値割り当て
 - 全ての制約充足度の最小値:
 - $C_{\min}(v) = \min(\mu R_h(v[S_h]))$
 - $C_{\min}(v) > 0$ のとき, 割り当て v は解
 - 解は制約充足度 $(0, 1]$ を持つ



「調整された配色」

ドメイン(1)

- $L^*a^*b^*$ 表色空間内の同心球の表面の色
 - オリジナルの色を中心
 - 半径を Δr ずつ増加
 - 誘目性が高いほど小さい Δr



色のカテゴリカル知覚

- カテゴリカルに色を取り扱う人間の特性
 - カテゴリーー基本色(11色)



1. 全ての人の語彙に含まれる
 2. 人や使うときによらず一致して用いられる
 3. その語義が他の単語に含まれない
 4. 特定に対象物にしか用いられることがない
- この条件を満たす色名は上記の11色限定

[4] 内川恵二, “表面色知覚のカテゴリカル基本色,” テレビジョン学会技術報告, 第11巻, pp.25-30, 1987.

[10] 内川恵二, 栗木一郎, 篠田博之, “開口色と表面色モードにおける色空間のカテゴリカル色名領域,” 照明学会誌, vol.77, no.6, pp.346-354, 1993.

ドメイン(2)

オリジナルの色とカテゴリーの等しい
色のみをドメインとする



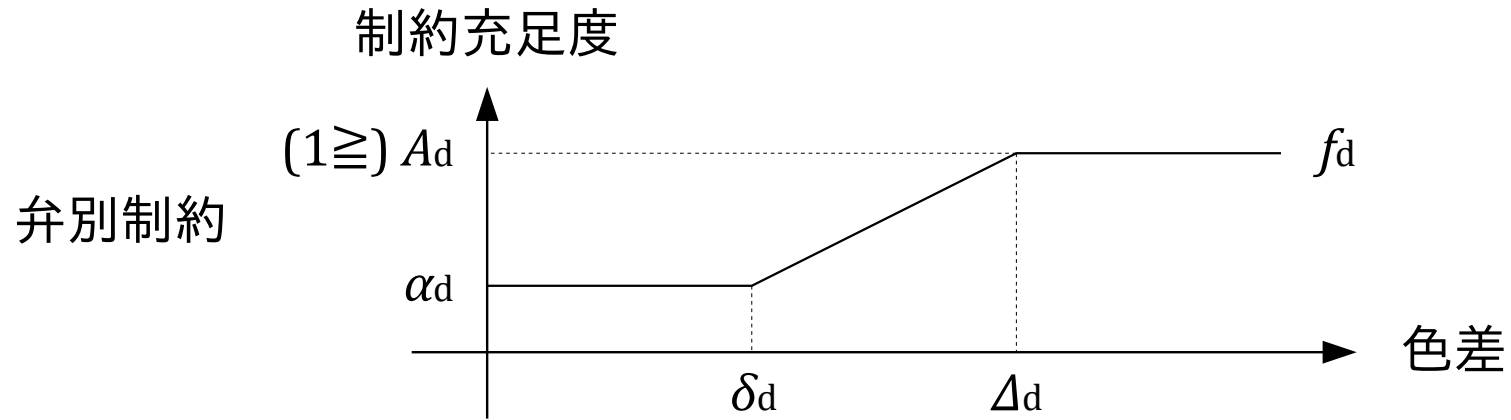
「調整の前後で色名が変化しない」

ファジィ制約

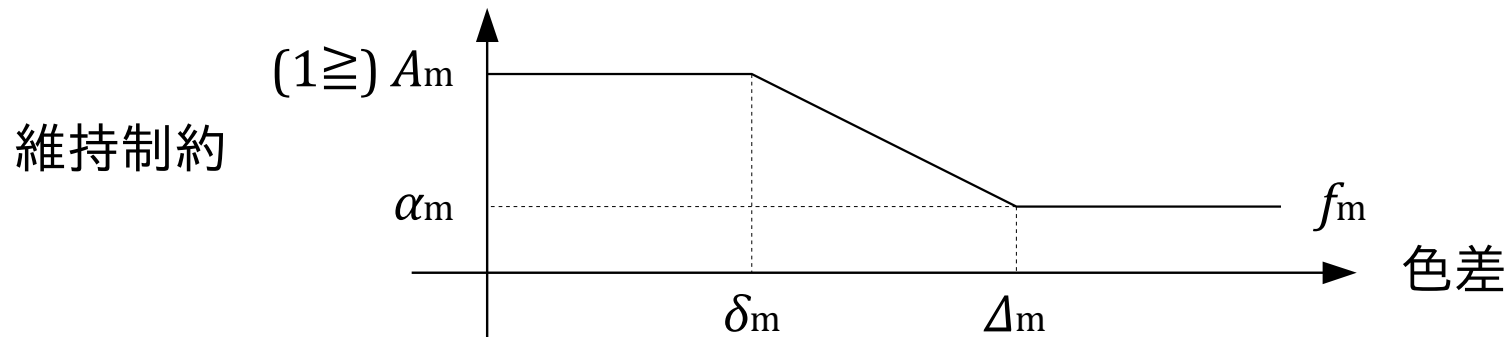
- 弁別制約 (c_d)
 - 2変数に割り当てられた2色の色差から計算
 - より**大きな**色差で高い制約充足度
- 維持制約 (c_m)
 - 1変数の割り当て色とオリジナル色の色差から計算
 - より**小さな**色差で高い制約充足度

色差を制約充足度[0, 1]にマッピング

ファジィ関係

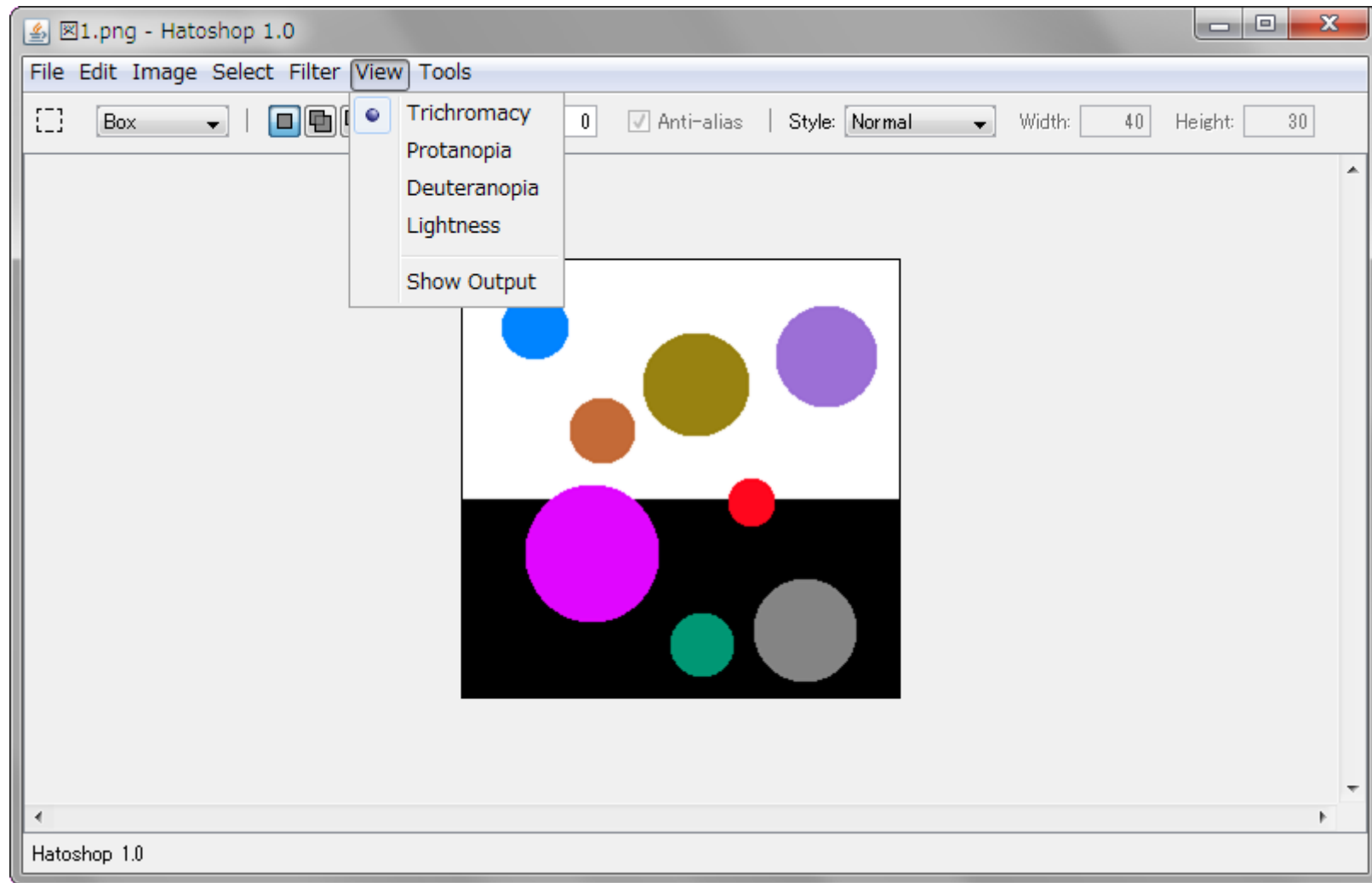


より大きな色差で高い制約充足度



より小さな色差で高い制約充足度

実装(1)



実装(2)

基本色カテゴリー
維持の有無

考慮される
色覚特性

Color Scheme Adjuster Setting

Domain (palette)

Conspicuity: w_{lc} 0.5

Sphere Diff max: Δ max 50

w_L 1 w_{ab} 1

Keep category Steps: s 32

Constraint

Difference: δd 0 - Δd 50

Deg: αd 0 - $A d$ 1

Maintenance: Δm 50 - δm 0

Deg: αm 0 - $A m$ 1

Protanopia Same difference

Deuteranopia

Lightness

How to assign Δd : Use setting

Solver

Time limit: 3,000 ms

Set target desirability 0.9

Algorithm: FC

Cancel OK

制約充足度と色差と
の関係

FCSPソルバの選択

実験（配色調整）

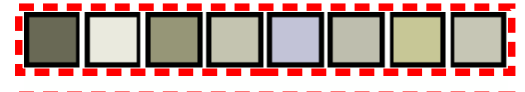
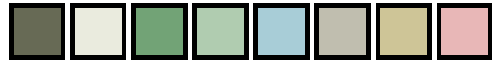
- Microsoft Office 2007の組み込み配色
 - エコロジー, テクノロジー, アース, デザート
- 提案手法で変換
 - 1型2色覚と2型2色覚を考慮
 - 基本色カテゴリーを維持した場合としない場合

オリジナル

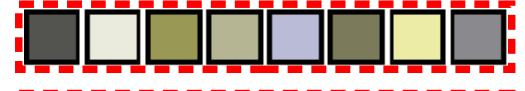
1型2色覚

2型2色覚

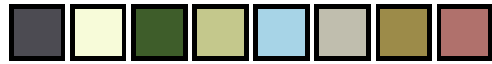
オリジナル



カテゴリー考慮なし



カテゴリー考慮あり



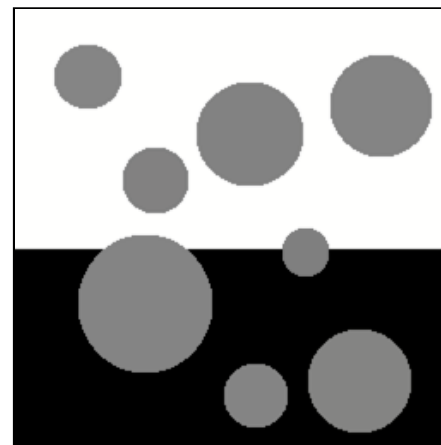
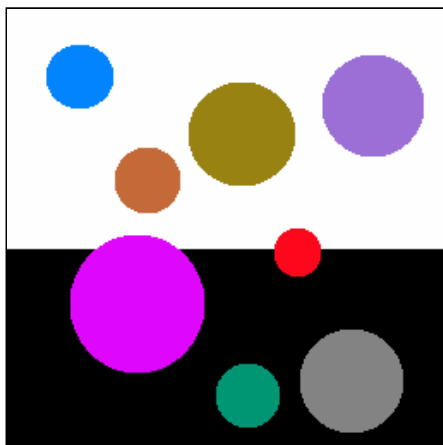
実験(応用例)

- 色覚特性の違いを考慮する代わりに明度を考慮
- カラー画像を, モノクロ表示(印刷)時にも弁別出来るように, あらかじめ変換

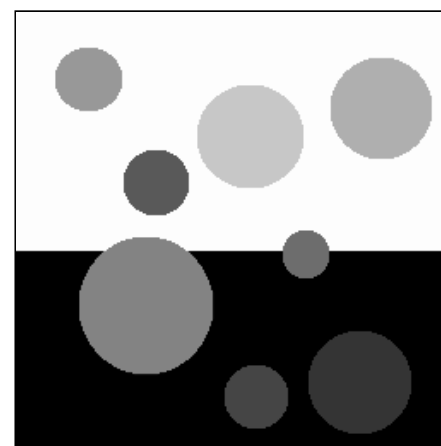
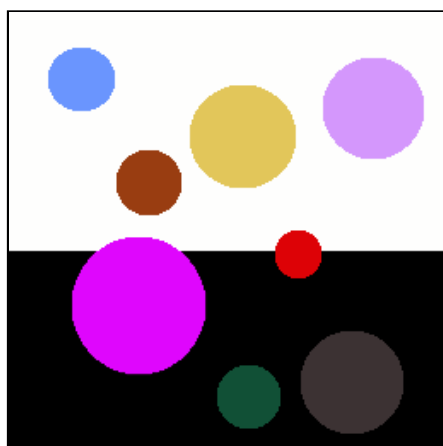


「モノクロ印刷しても意味の分かる図」

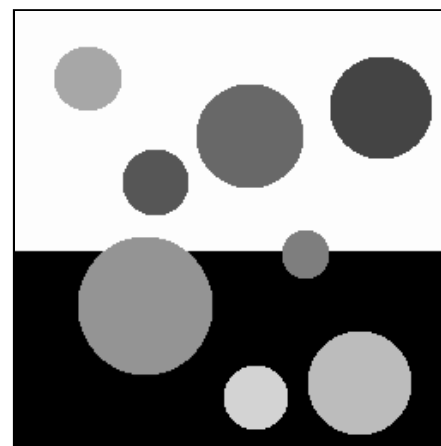
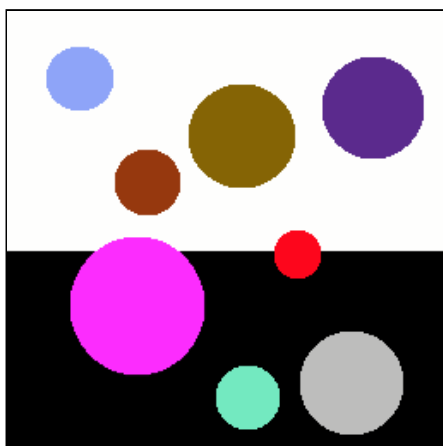
(a) オリジナル



(b) カテゴリー考慮なし



(c) カテゴリー考慮あり



まとめ

- ファジィ制約充足問題による配色問題の定式化に色のカテゴリカル知覚の概念を導入
- 提案手法の新たな応用例として, カラー画像の弁別性を維持したモノクロ変換を提案

カラー・ユニバーサル・デザイン & アート・デザイン