

## Web ページの配色のためのインタラクティブな推薦システムの試作

藤本 祥<sup>†</sup> 市川 嘉裕<sup>†</sup> 山口 智浩<sup>†</sup>

<sup>†</sup>奈良工業高等専門学校

### 1 はじめに

Web ページの配色は Web デザインにおける重要な要素の一つである。しかし、Web ページの配色においてページ製作者の好みを適切に反映することは困難である。その理由として、納得のいく配色には、試行錯誤が必要であるとともに、手間がかかることがあげられる。具体的には、カラーテーマの選択や、カラーテーマに基づいた配色案の HTML への適用作業に加えて、作成されたページが可読性の制約や個性の表現などの目的に沿ったものになっているかを評価することを繰り返す必要がある。

上記の問題に対して本研究では、任意の Web ページへの配色案の生成と適用を自動化することで配色の手間を低減し、配色案に対するユーザの評価によってページ製作者の好みに沿った配色の探索を支援するシステムの試作を行う。

### 2 Web ページ配色問題

Web ページの配色にあたって、実際にレンダリングされる HTML 要素を考える。これらの要素には文字色や背景色といった色に関するプロパティが存在する。これらのプロパティにどのような色を割り当てるかが問題となる。

各要素のプロパティに色を割り当てるときに文字色と背景色のコントラスト比が小さければ文字が読みにくくなる。そこで、文字色と背景色のコントラスト比に推奨される制約[1]を持たせて配色を行う。なお、背景色に色を指定しない場合は透明となるため、親となる背景色と文字色とのコントラストを考慮する必要がある。

この配色の問題は、配色生成のために入力された HTML のタグの色に関するプロパティ群を変数、色を変数領域（実際には 5 色程度で構成されるカラーテーマ内の色）、配色された背景色とその色の上に存在する文字色とのコントラスト比を制約条件とする制約充足問題といえる。

### 3 提案手法

#### 3.1 マルチエージェント強化学習による配色

本研究では、配色問題を、各変数をエージェ

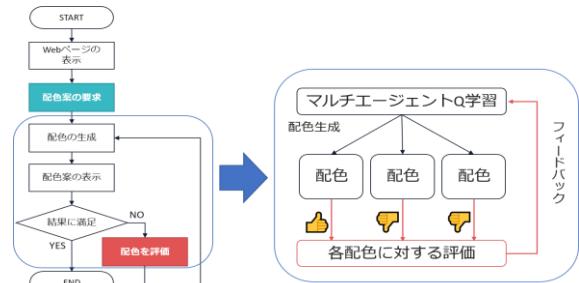


図 1 配色案生成の流れとフィードバックのイメージ

ントとみなすマルチエージェント強化学習を用いて解決する。各エージェントはカラーテーマ上の色を状態とし、変数領域を移動する行動をとり、制約を犯した場合に罰を受けることによって状態-行動価値を更新しながら自身のとるべき状態を探索する。すべてのエージェントが制約違反でなくなったとき、エージェントらが示す変数値の組み合わせが配色案となる。

#### 3.2 ユーザ評価に基づく配色

上記の解法では、入力された HTML の構造等の影響で制約条件が満たされやすい配色案が生成される傾向が生まれる。本研究ではさらに、ユーザによるフィードバックを加えることで、配色案の生成の傾向を変化させてユーザへ提示する。そのため、配色案に対するユーザ評価を利用して、学習に用いる報酬関数を変更する方法を検討する。

#### 3.3 提案システム

システム全体の流れは、図 1 に示すように、(1)任意の HTML に対して自動的に配色案を生成し、(2)配色案に対する評価をユーザが入力することで、(3)ユーザ評価に基づく配色案を生成することを繰り返す。これを Web ブラウザの拡張機能として実装することで、任意の Web ページに対して実行可能にする。

また、本稿で構築したシステムでは、各エージェントは独自に Q 学習を行い、情報共有はしない。行動選択手法として  $\epsilon$  グリーディ法 ( $\epsilon = 0.1$ )、Q 学習のパラメータである学習率と割引率は  $\alpha = 0.2, \gamma = 0.9$ とした。全エージェントの行動ごと (1 ステップ) に制約を違反しているエージェントには -1 の報酬が与えられる。この強化学習では、エージェントの初期配置から制約を

Interactive Recommendation System for Web Page Color Scheme  
†{Sho Fujimoto, Yoshihiro Ichikawa, Tomohiro Yamaguchi},

National Institute of Technology, Nara College

満たした状態への遷移系列を1エピソードと呼ぶ。

## 4 実験

### 4.1 実験内容

この実験では、(1)マルチエージェント学習による配色問題に対する解の発見能力、(2)報酬関数を操作が配色結果に及ぼす影響、(3)複数の配色案を出力するために必要な、多様な解の発見能力とその方法について調査する。

テスト用 HTML として HTML 要素の木構造が高さ  $H$  の完全  $N$  分木となる HTML を用意する。ここで、高さ  $H=1$  とは `<body>` 要素の下に 1 段分だけ要素（例えば `<div>` など）があることをいう。(1)では、 $H$  と  $N$  を変えた各 HTML における解の探索にかかるステップ数を調べ、実行可能な HTML のサイズを明らかにする。その際、1 エピソードでの最大ステップ数は 1000000 とした。この時使用するカラーテーマは、ランダムに生成した 5 色によって構成された 50 パターンである。(2)では、コントラスト比の制約を満たす色の組み合わせが 3 組存在するカラーテーマを使用して、 $H=2$ 、 $N=2$  の HTML に対し配色を求める。このとき、事前学習として強化学習を 100 エピソード行い、その後 100 エピソードで 100 個の配色を出力する。この結果との比較として、特定の状態に対して報酬を追加し、同様に配色を出力する。(3)では、複数の配色結果の出力を効率化する方法として、発見済みの配色を終状態から除く方法と、終状態から除外しつつ負の報酬 (-1) を与える方法とで、解を探索する早さ（累計ステップ数）を調べる。

### 4.2 実験結果と考察

各カラーテーマで 500 エピソードまで実行し最後 10 回での、各木構造でのエージェント数、エピソードにおけるステップ数の平均を調べた。 $H=\{1, 2, 3, 4\}$ 、 $N=\{1, 2, 3, 4\}$  の全ての組の HTML に対して結果を求めたところ、 $H=4$ 、 $N=4$  では最大ステップを超えたため解を得ることができなかった。実行時間に対して最も影響のある要因はエージェント数である。提案システムでのエージェント生成では、 $H=4$ 、 $N=4$  の場合のエージェント数は 682 であったが、実際に運用されている Web ページは 100 前後になることがわかつており、実行可能な範囲である。

図 2 に、配色の出力 100 回のうち最も頻繁に生成された配色をエージェントの木構造を用いて示す。ここで、(a) は通常報酬の結果であり、(b) は各エージェントと色の特定の組み合わせに対して、ユーザ評価に相当する報酬（文字色が白系の色になったとき、文字色のエージェント

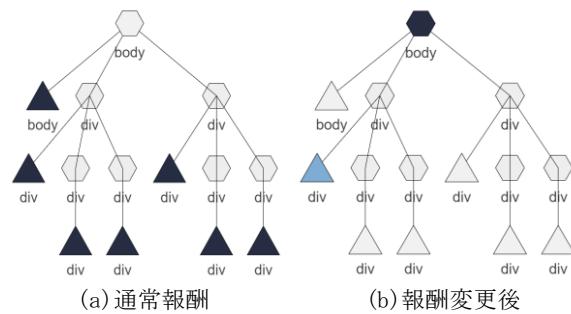


図 2 報酬の追加による最多出力配色の変化の例

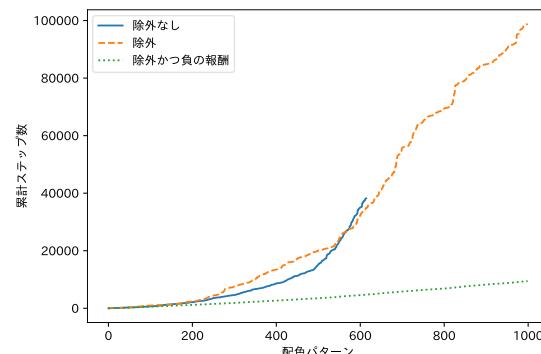


図 3 到達した状態を除外した時の累計ステップ数

に +1) を考慮した結果である。結果から、報酬を与えることによって生成される配色の傾向が変化することがわかる。

図 3 に、10000 エピソードまでに生成された配色パターン数と、そのパターン数を出力するまでに要した累計ステップ数の結果を示す。結果から、出力済みの配色を除外することによる、効率化は認められないことがわかったが、最終的に出力可能な配色数は増えることが明らかになった。また、除外と同時に負の報酬を与えることで効率化が期待できることがわかった。ただし、報酬の大きさが性能に与える影響や、出力される配色パターンの変動には注意が必要である。

## 5 おわりに

本研究では、Web ページの配色の自動化をマルチエージェント強化学習で実現できること、学習時に評価の報酬を追加することで配色の傾向を変化させることができることを示した。ユーザ評価を報酬関数へ適切に反映させることが今後の課題である。

## 6 参考文献

- [1] "Web content accessibility guidelines (wcag) 2.0", <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>. (参照 2021-01-07).