

GUI 構造解析と仕様書学習に基づくナビゲーション形式推薦手法

A Navigation Pattern Recommendation Method Based on GUI Structure Analysis and Specification Document Learning

猪飼 陽向[†] 島川 博光[†] 原田 史子[†]
Ikai Himuka Simakawa Hiromitsu Harada Fumiko

1. はじめに

Web 開発ではユーザビリティ確保のため適切なナビゲーション形式を選定する必要があるが、デザイン知識のない開発者や小規模チームでは判断が難しく設計工数が増大する。本研究は仕様書に記載された要件情報をもとに最適なナビゲーション形式を推薦するモデルを提案する。

良質サイトの HTML 構造や画面スクリーンショットからテキスト量やボタン数、画像の有無、レイアウトパターンを特徴量としてナビゲーション形式を分類し、顧客仕様書に適したナビゲーション形式を推薦する。これによりデザインノウハウが未整備な開発環境でも迅速に最適パターンを採用できる。これにより設計工数を削減し、開発効率の向上する。

2. 背景

2.1 ナビゲーション形式の役割と現状

ナビゲーション形式は、Web 画面やアプリケーションにおける情報の構造化と誘導を担う重要な UI 要素であり、ユーザが目的の情報に迅速かつ直感的にアクセスできるようにする。スマートフォンやタブレットといった表示領域が限定されたデバイスでは、情報の配置や遷移の工夫がユーザビリティに直結するため、ナビゲーションの設計が UI 全体の品質を左右する。限られた画面領域で情報を効率的に提示するため、アコーディオンやハンバーガーメニュー、カルーセルといったナビゲーション形式が広く利用されるようになった[1]。これらは視覚的に階層化された表示を可能にし、ユーザビリティを向上させる。

しかしソフトウェア開発現場では、ナビゲーション形式の選定が設計者の経験や過去事例に依存して行われることが多く、明確な基準に基づいた判断がなされていない。デザイン知識が不足する開発者や小規模チームは、顧客の仕様書だけから最適な形式を判断することが難しく、結果として UI 設計において試行錯誤を繰り返し、設計工数の増大とスケジュール遅延を招きやすい。そのためナビゲーション形式を定量的かつ客観的に選定できる支援が必要である。

2.2 既存の UI パターン推薦手法

先行研究[1]では、既存のソフトウェア要件コーパスから三百七件の機能要件文を収集し、テーブルフィルタ、ダッシュボード、検索フィルタなど九種のデザインパターンを手動でラベル付与して分類モデルを構築した。要件文は形態素解析と TF-IDF によるベクトル化を経て、ナイーブベイズ、線形サポートベクターマシン、ロジスティック回帰、ランダムフォレストの四手法で学習が行われ、線形 SVM

が約六割の精度を達成する結果を示した。この成果はテキストのみを用いた分類モデルとして、その実用性を実証している。一方で、[1]はテキスト情報に特化しているため、実際の画面における DOM 階層やリンク・ボタン数、メニュー構造といった HTML ソース由来の情報を活用する仕組みは含まれていない。

複数のスクリーン例から UI 要素の位置・大きさ・階層構造などを特徴量としてペアワイズ学習モデルに入力し、相対的な優劣を学習することで最適な画面レイアウトを推薦する手法が提案されている[2]。文脈情報を考慮したランキング学習により、ユーザやタスクに適合した UI を提示する。

本研究では、良質サイトの HTML 構造から「テキスト量」「ボタン数」「メニュー階層の深さ」「HTML 要素数」といった特徴を抽出し、顧客仕様書の要件テキストと組み合わせることで、より高精度にナビゲーション形式を自動推定・推薦する仕組みを構築する。これにより、仕様書だけでは判断が難しい複雑な画面構成にも対応し、UI 設計の品質向上と設計工数の削減を実現することを目指す。

2.3 機械学習による UI 設計支援

近年、UI 設計支援における機械学習の応用は多岐にわたっている。テキストから画面モックアップを自動生成する手法では、高レベルの要件記述をデータセット化し、深層学習モデルがウィジェット配置やレイアウトを一貫して描画できることが示された[3]。一方、画像処理を活用した研究では、UI スクリーンショット内のボタンやテキストフィールドを高速かつ高精度に検出し、類似画面検索の精度向上に寄与している[4]。さらに、ユーザ行動ログを基にパーソナライズされた UI パターンを推薦するシステムでは、各ユーザの閲覧履歴や操作傾向をモデルに組み込むことでエンゲージメントを向上させる成果が報告されている[5]。加えて、マルチモーダル大規模言語モデルを用いた手法では、スクリーンショットと言語的メタデータを統合解析し、UI 構成要素の意味的関連性を抽出してデザイン案の探索支援を可能にするアプローチが進展しており、デザインプロセスの直感性と効率化を大幅に改善する可能性が示されている[6]。これらの動向は、設計工数の削減と UX 向上に大きく貢献することが期待されている。

3. 顧客仕様書に対する良質サイト HTML からの最適ナビゲーション推定

本研究では顧客仕様書に記載された要件テキストから文書構造やキーワード頻度といった特徴を抽出し、テキストベースのモデルで要件情報を分類する。また、良質な Web サイトの HTML 構造からナビゲーション要素の階層構造や要素数、配置情報などを抽出し、構造情報に基づくモデルでナビゲーション形式を分類する。両モデルから得られた出力は一つの特徴ベクトルとして統合され、このベクトル

[†]立命館大学 情報理工学部

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

を用いて最適なナビゲーション形式を推薦する。仕様書と画面構造の異なる情報源を組み合わせることで、より多角的な判断が可能となる点が本手法の特徴である。

3.1 提案手法概要

本研究では、新規顧客から提供される仕様書の要件情報とナビゲーション形式が用いられている完成度の高い外部サイトのHTML構造のそれぞれから見出し数やキーワード頻度、文書構造、ナビゲーション要素の出現頻度や階層深度などの特徴量を抽出し、過去プロジェクトや公開事例を用いて仕様書とサイトをペアリングした教師データに基づいて両者の出力を結合した複合特徴ベクトルを Random Forest などの分類器に入力することで最適なナビゲーション形式を自動推薦する基盤を構築する。

これにより、画面設計の初期段階から客観的かつ効率的にナビゲーション形式を選定できる環境を構築する。

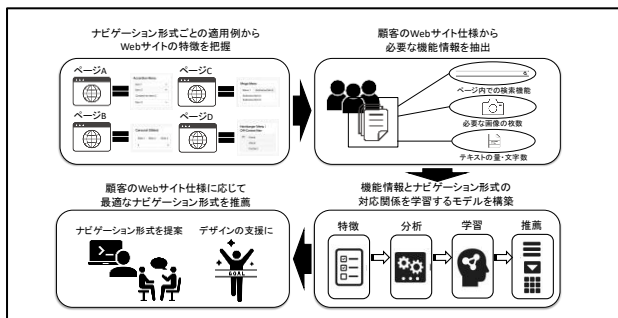


図1 手法概要図

3.2 良質サイトからのナビゲーション形式抽出

抽出・ベクトル化した特徴にクラスタリングを適用した後、得られた各クラスタについて代表的なUIアセットを抽出し、HTML要素の種類、表示制御機構といった共通要素を比較することでクラスタごとの構造的特徴を明確化する。そしてその構造的特徴を既知のナビゲーション形式と照合して名称を付与し、各クラスタをアコーディオンメニューやカーセル、ハンバーガーマニューなどの形式別に整理する。以下の3つは代表的なナビゲーション形式の特徴である。

アコーディオンメニューは、項目をクリックすると隠された詳細コンテンツを展開・折り畳みする形式のナビゲーションであり、コンテンツを段階的に表示してスクロール量を削減しユーザの情報探索を支援する利点を持つ。一方で、全情報を同時に確認できず追加操作が必要になるため、ユーザの操作負担増大や隠れた内容の見落としといった欠点がある。

カーセル形式は複数の画像や情報をスライド表示する方式で、主にサイトのファーストビューに配置して複数の訴求内容を同一領域で提示できる利点がある。ただし、自動切り替え時にユーザが最初のスライドしか見ない。以降のスライドのアクセス率が低いなど、情報が見逃されやすい課題がある。

ハンバーガーマニューは、画面端の三本線アイコンでナビゲーションを隠蔽し、タップでサイドドロワーやメニューを展開する方式である。スマートフォン等で限られた画面領域を有効活用でき視覚的ノイズを低減する反面、メニ

ュー項目が隠れることで発見性が低下し、操作が二度手間になるというデメリットも指摘されている。

上記のような特徴を手がかりにUIの実装構造を解析し、各ナビゲーション形式を判別・分類する。具体的にはDOM階層の深度や要素数や属性名などの構造的特徴を数値ベクトルとして抽出し、ランダムフォレスト分類モデルを用いて学習を行う。学習後は新規のサイトHTMLから同様に特徴量を取り出す。

3.3 仕様書構造からのナビゲーション推薦

本モデルの学習にはネット上で公開されている仕様書と外部サイトをペアとしたデータセットを用いる。仕様書はWebスクレイピングし、文書長や見出し数やキーワード頻度などを特徴量として抽出する。対応する外部サイトは仕様書のドメイン情報や機能キーワードを基に、HTML解析によって採用されているナビゲーション形式を検出する。検出結果を対応する仕様書の教師ラベルとして付与し、仕様書特徴量ベクトルとナビゲーション形式ラベルを用いて分類モデルを学習することで新規仕様書から最適なナビゲーション形式を自動推定できるようにする。

4. おわりに

本研究で開発したナビゲーション形式推定システムは、ECサイトのカテゴリーページ設計において多層化された製品群を最適な階層構造で自動生成し、顧客が目的の商品へ直感的に到達できるユーザ体験を提供する。また、企業の社内業務管理画面では、複雑な機能を持つ各種メニューを統一的かつ最適な形式で提案し、操作性と業務効率の両立を実現する。

さらにモバイルアプリの画面遷移設計にも応用可能であり、開発初期から画面間の一貫性を担保することでデザインレビューの工数を削減し、リリースサイクルの短縮に寄与する。仕様書の入力だけで最適なナビゲーション形式を自動提案する本システムは、設計判断の属人化を抑制し、担当者間での意思決定の差異を大幅に軽減させる効果が期待される。

参考文献

- [1] Martina Ziefle, "Information presentation in small screen devices: The trade-off between visual density and menu foresight", *Applied Ergonomics*, Vol.41 (2010), pp.719–730.
- [2] Silva-Rodriguez, V., Nava, S., Castro, L., Martinez, F., Perez-Gonzalez, H., & Torres Reyes, F. (2020, October 1). Classifying design-level requirements using machine learning for a recommender of interaction design patterns. *IET Software*, 14.
- [3] Shi, X., Huang, S., Rao, Y., & Chen, X. (2018, November 1). *User interface layout recommendation based on pairing model*. IEEE.
- [4] Huang, F., Li, G., Zhou, X., Canny, J., & Li, Y. (2021, October 14). *Creating user interface mock-ups from high-level text descriptions with deep-learning models*. arXiv.
- [5] Patil, S. (2024, February 29). A comparative analysis of YOLOv8 and YOLOv5 for nut thread classification – Deep learning approach. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 12, 176–182.
- [6] Liu, Y., Xu, Y., & Zhou, S. (2024, November 29). Enhancing user experience through machine learning-based personalized recommendation systems: Behavior data-driven UI design. *Applied and Computational Engineering*, 112, 42–46.
- [7] Park, S., Song, Y., Lee, S., Kim, J., & Seo, J. (2025, January 29). *Leveraging multimodal LLM for inspirational user interface search*. arXiv.