

WISSpectrum: 視点別近傍と CCS 軸による文献探索システム

清水 紘輔* 小松 尚平†

概要. ヒューマン・コンピュータ・インタラクション (HCI) 領域は、工学・心理学・社会学といった多様なアプローチが混在するため、研究の系譜や自身の位置づけを俯瞰的に把握することが困難である。既存の論文推薦システムは、意味的に近い研究の発見には有効だが、研究の「目的」「手法」「評価観」といった視点ごとの差異を明示化するには限界があった。本研究は、この課題に対し、HCI 文献を「議論軸 (ACM CCS)」と「視点 (Positioning / Purpose / Method / Evaluation)」で整理する二重構造の文献探索基盤を提案する。各論文をこれら 4 つの視点に分割して大規模言語モデル (LLM) で要約し、それぞれをベクトル化する。これにより、ユーザは視点を切り替えながら「目的は近いが手法が異なる」「背景は近いが評価設計が異なる」といった研究間の差異をインタラクティブに探索できる。本システムは、WISS Challenge セッションでの運用を想定しており、参加者が自身の研究を HCI の多様な文脈の中に位置づけ、議論を活性化する基盤となることを目指す。

1 はじめに

ヒューマン・コンピュータ・インタラクション (HCI) は、設計思想・文化的文脈・評価手法が複雑に交錯する学際領域である。工学的設計、心理学的アプローチ、さらには社会的・文化的実践が混在しており、HCI 研究は単一の理論枠組みによって整理し難いとされてきた [6, 4]。このような多様性は HCI の魅力である一方で、研究者が自身の研究をどのように位置づけ、どのような系譜や文化的背景と接続するのかを俯瞰的に把握することを困難にしている。

近年、論文探索や関連研究可視化を支援するツールが普及している。例えば、議論支援システムとして提案された「Serendipity Wall」は、ユーザの自由発話から関連論文を推薦することで議論の幅を広げる試みとして注目されている [5]。しかしながら、このような推薦基盤はドメイン内の発見支援という点において有効である一方、HCI 研究における「手法の妥当性」や「評価の設計」あるいは「文化的背景の変遷」といった俯瞰的議論を捉えるには設計が限定的である。たとえば、推薦システムは「近い論文」を引き出す支援には優れているが、研究の目的設定・手法構成・評価観の違いを別々の視点から可視化する仕組みが内包されていない。

本研究は、このような課題を解決するために、「CCS (ACM Computing Classification System) による議論軸の共有」と「各論文を Positioning / Purpose / Method / Evaluation という 4 つの視点に分割して埋め込みを付与し、視点ごとの意味的近傍を取

得可能とする」という二重の構造を提案する。さらに、高速な近傍探索を実現するために、事前インデックス構築を可能とする近傍探索ライブラリ Annoy を導入し、体験としての即応性を担保した。具体的には、各視点に対応するベクトル空間内でコサイン類似度を計算し、視点を変えながら「似ていても手法が異なる／目的は近いが評価設計が異なる」といった差異を明示化できるように設計した。

また、本システムを国内 HCI ワークショップ群である WISS (2005 年～2024 年開催) を対象としてケース実装し、その会場での「WISS Challenge」セッションへの導入を想定している。会場では参加者が自身の関心テーマを起点とし、本システムを通じて視点別近傍と CCS 軸による整理を簡易に実行できるように設計した。このような導入により、発表者および参加者が「今、自分がどの時代／どの設計思想／どの評価観の上にいるか」の感触を掴みながら議論を始められる環境を提供したいと考えている。本研究の目的は、HCI の「多様性・当事者性・文化的文脈」を損なわずに、それらを含んだまま文献を「議論軸 × 視点」で整理し、ユーザが発見・位置づけ・議論を自然に始められる基盤を提示することである。

2 Method

本研究における手法は、以下の 5 つのサブプロセスから構成される：データ収集・構造化抽出、セクション別要約およびベクトル化、埋め込み空間における距離計算、議論軸付与 (CCS 分類)、および近傍探索インデックス構築である。以下に各プロセスを説明する。

まず対象コーパスとして、国内 HCI 主要会議である WISS (2005 年～2024 年) の査読論文を採用

した。PDF を自動収集し、年・著者・タイトルといったメタデータを正規化した。さらに、本文からセクション名（例：「背景」「手法」「実験」等）を目印として、「立脚・背景（Positioning）」「目的・貢献（Purpose）」「手法・実装（Method）」「評価・結果（Evaluation）」の4区分をそれぞれ抽出・分離した。抽出に失敗した論文についてはログを保存し、再試行または手動補正を行い、抜け漏れと抽出ミスを可能な限り最小化した。

各論文の4区分テキストを対象に、大規模言語モデル（LLM）による要約処理を実施した。要約プロンプトにおいては、著者名・会議名・固有名詞を可能な限り除外し、文章を簡略かつ叙述的な形に整えることで、埋め込み空間での意味距離が「設計思想／目的／手法／評価」という視点差を反映しやすいよう工夫した。プロンプトエンジニアリングにより要約品質を制御し、その後三名の人間作業者が各要約をレビューし「原論文の意図を誤りなく反映しているか」を確認した。その後、各要約をベクトル空間 R^d に射影した。今回の実装では、モデルとして gemini-embedding-001（Google Inc.）を選定し[2]、出力次元を $d = 3072$ として使用した。ベクトル間の類似度はコサイン類似度を用いて定義した：

$$\text{sim}(\mathbf{e}_i, \mathbf{e}_j) = \frac{\mathbf{e}_i \cdot \mathbf{e}_j}{\|\mathbf{e}_i\| \|\mathbf{e}_j\|}$$

ここで $\mathbf{e}_i, \mathbf{e}_j \in R^d$ はいずれもセクション別要約のベクトルである。さらに、視点を固定（たとえば“Method” 同士）して近傍検索を行うことで、「目的は近いが手法が異なる」「背景は近いが評価観が異なる」といった“似て非なる” 関係を明示可能とした。このように視点別に埋め込みを付与することで、研究間の意味的な距離を視点別に分析可能な構造を構築している。

論文間の横断的比較を可能にするため、有限かつ体系化された語彙構造である ACM Computing Classification System (CCS) を用いた。ACM CCS は、計算機分野の主題を多階層構造で整理したオントロジーであり[3]、研究論文を検索や可視化に用いる基盤として広く用いられている。我々は各論文に対し一つ以上の CCS パスを付与し、その際には要約文・根拠スニペットを記録して分類割当の透明性・追跡可能性を担保した。分類づけられた CCS パスは、探索インタフェース上にて論文間の領域軸として提示されるよう設計した。この分類手続きには、候補 CCS 概念をまず埋め込み空間／キーワードマッチ双方からショートリスト化し、そのうえで LLM に「与えられた候補から本論文が属すべき CCS を選び、理由を簡潔に述べよ」というプロンプトを送り、出力をもとに最終割当を行った。

ベクトル化済みデータに対し、高速な近傍探索を実現するために、静的索引構造を構築した。具

体的には、多数のランダム投影木（random projection trees）を用いた近似最近傍検索（Approximate Nearest Neighbour Search: ANNS）方式を採用し、インデックス構築においてはベクトル数 n および木数 T に対し、計算量は概ね $O(n \cdot T)$ であり、クエリ時にはノード訪問数 κ に比例して $O(\kappa \cdot \log n)$ 程度の応答が可能であると見積もった。具体的には、オープンソースライブラリ Annoy[1] を用い、読み込み専用のメモリマップ形式ファイルを作成し、多プロセス環境でも共有可能なインデックスを生成した。実運用では設定値として $T = 50$ 、 $\kappa = 2000$ とした条件下で、データ規模 $n \approx 1000$ に対し P50 応答時間 100ms を実測し、索引サイズは約 30MB 程度に収まった。このように事前インデックス構築を行うことで、ユーザが探索時に待ち時間を感じずに“視点別近傍” 検索および“議論軸” 切り替えが可能なインタラクティブ体験を実現した。

探索結果および分類枠組み（CCS）を連動させた可視化インタフェースを構築した。画面上には「視点トグル」（Positioning / Purpose / Method / Evaluation）を配置し、利用者が視点を切り替えながら探索できるように設計した。さらに、CCS ツリー構造を併設し、選択した論文の分類パスを視覚的に辿れるようにした。2次元投影（PCA または t-SNE 等）による概形提示と、近傍リストによる詳細閲覧をハイブリッドに構成することで、「今、自分がどの時代／どの設計思想／どの評価観の上にいるのか」という感覚的把握を支援するユーザインタフェースを提供した。

3 WISS Challenge における運用プラン

本システムを「WISS Challenge」セッションに導入するにあたっては、以下の準備と動線を実施する。まず、対象となる論文コーパスとして、2005 年～2024 年に開催された WISS (Workshop on Interactive Systems and Software) 査読論文を採用し、事前に「要約」「埋め込み」「ACM-CCS 分類」「近傍索引」を構築した。具体的には、GitHub Pages 上に ‘index.json’ および 2次元配置データ（PCA もしくは t-SNE による座標）を配置し、オンライン／オフライン両環境で共有可能なデータ基盤を整備した。

会場では、各発表者および参加者が自身の研究テーマまたは発表予定内容をキーワード検索または論文 ID 入力によって初期位置を設定できるように設計する。この起点から、視点別（Positioning / Purpose / Method / Evaluation）および議論軸（ACM-CCS）を含む近傍探索を支援し、関連領域の即時可視化を可能にする。こうした準備および運用体制により、WISS Challenge において「発表・参加前後の文献探索」「異視点の関連研究発見」「研究位置づけの俯瞰」を円滑に実現することを目指す。

参考文献

- [1] E. Bernhardsson. Annoy: Approximate Nearest Neighbors in C++/Python. <https://github.com/spotify/annoy>, 2024.
- [2] M. Choi and J. Zhang. Gemini Embedding now generally available in the Gemini API. Google Developers Blog, Jul 2025.
- [3] A. for Computing Machinery. The 2012 ACM Computing Classification System. <https://www.acm.org/publications/class-2012>, 2012.
- [4] K. Höök and J. Löwgren. Strong Concepts: Intermediate-Level Knowledge in Interaction Design Research. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 19(3):1–18, 2012.
- [5] T. Imamura and Others. Serendipity Wall: A Discussion Support System Using Real-time Speech Recognition and Recommender System. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems (EICS) 2024*, 2024.
- [6] J. Long and J. Dowell. Conceptions of the Discipline of HCI: Craft, Applied Science, and Engineering. *Proceedings of the Fifth Conference of the British Computer Society HCI '89*, pp. 9–32, 1990.