



2023 年の心血管病研究における バーチャルリアリティ使用方法の計量書誌学的分析

Updated Bibliometric Analysis on the Virtual Reality Usage in the Cardiovascular Research in 2023

宮部亮¹⁾²⁾, 檜垣彰典¹⁾, 山口修¹⁾

Ryo MIYABE, Akinori HIGAKI, and Osamu YAMAGUCHI

- 1) 愛媛大学 医学系研究科 (〒791-0295 愛媛県東温市志津川 454, higaki.akinori.cf@ehime-u.ac.jp)
2) 国立病院機構 愛媛医療センター (〒791-0203 愛媛県東温市横河原 366, miyabe.ryo.gh@mail.hosp.go.jp)

概要: 心血管病領域における VR の使用法は、医療従事者(医師など)が VR デバイスを使用するタイプ A と、患者が VR デバイスを使用するタイプ B の 2 者に分けられる。我々はこの定義を用いて 2023 年に出版された医学論文の特徴を解析した。条件を満たした全 43 報のうちタイプ A は 27 報(62.7%), タイプ B は 14 報(32.5%)で、分類不能な文献が 2 報(4.7%)存在した。各群の文献の要旨に対してキーワード抽出を行ったところ、タイプ A では training や planning, タイプ B では anxiety や education などが抽出された。同分類は VR の使用法を把握する上で有用と考えられた。

キーワード: 計量書誌学的分析, デジタルヘルス, 心血管医学, 自然言語処理

1. はじめに

近年医療におけるバーチャルリアリティ(VR)の活用が進み、それに伴って心血管病領域においても VR を用いた臨床研究が増加している。我々は最近、計量書誌学的分析により、心血管病領域における VR の使用方法には後述する 2 形態が存在することを見出した[1]。即ち、「医師を中心とする医療従事者が VR デバイスを装着・使用する」タイプ A と、「患者が VR デバイスを装着・使用する」タイプ B の 2 者である。この分類は 2010 年から 2022 年に出版された医学論文を用いて確立したものであるが、2023 年においても同分類が適応可能かどうかは自明ではない。

2. 背景

2.1 関連研究

計量書誌学的分析(bibliometric analysis)は特定の分野における研究動向を把握する方法の一つである。近年の機械学習技術の進歩に伴い、テキストマイニングや自然言語処理を駆使した高度な分析が可能となり、医学研究の分野でも応用されている。自然言語処理技術の一つである

トピックモデルは、文書に含まれる単語の種類や頻度をもとに文書の背景にある潜在的な意味を解析する手法である。

Gal らは 2004 年から 2013 年にかけての心血管病領域の研究について自然言語処理と機械学習アルゴリズムを使用してトピックを分析した結果を発表しており、エビデンスに基づく治療ガイドライン、アウトカム研究、予後、リスク要因、バイオマーカー、代謝症候群、肥満、脂質などがトピックであることを同定した[2]。また、Edgar らは心血管病領域の論文に対して BERT を用いたトピックモデリングを行い、画像診断、危険因子、治療法、予防戦略などが心血管病領域の研究の主要なトピックであることを報告した[3]。循環器領域における VR や拡張現実の使用については Jung らが 2022 年に総説をまとめているが[4]、統計書誌学的分析あるいは自然言語処理を用いた研究は乏しい。

2.2 先行研究

我々は心血管病領域において、2010 年から 2022 年の間に出版された VR デバイスを用いた研究を収集し、「医師

を中心とする医療従事者が VR デバイスを装着・使用する」タイプ A と、「患者が VR デバイスを装着・使用する」タイプ B の 2 者に分類した[1]. 合計 171 報の論文が選定基準を満たし, 120 報 (70.2%) がタイプ A, 51 報 (29.8%) がタイプ B に分類された. 次に研究の要旨(抄録)をテキストマイニングによりベクトル化し, 研究内容を自動的にタイプ A/B に分類する二値ロジスティック回帰モデルを作成した. その結果, 「training」「3d」「simulation」という単語が抄録に含まれている場合, その研究はタイプ A に分類され, 「patients」「anxiety」「rehabilitation」などの単語が含まれている場合は, タイプ B に分類される可能性が高いことが分かった. 一方で, この結果は 2022 年以前の 10 年間のデータに基づく分類を用いたものであり, 最新の研究動向の把握にも適応可能かどうかを検証する必要がある

2.3 方法

PubMed で [‘virtual reality’ AND (‘cardiology’ OR ‘cardiovascular’ OR ‘cardiac’)]をキーワードとして 2023 年に出版された心血管病領域における VR デバイスを使用した研究を検索した. 論文要旨(abstract)が存在しない論文は解析から除外した.

2.4 キーフレーズ抽出について

タイプ A・タイプ B に分類された各論文の abstract の文書を結合してコーパスを作成し解析を行なった. 自然言語処理には Python の SpaCy ライブラリの英語モデル(en_core_web_sm)を使用した. テキストの前処理として SpaCy により分かち書きと品詞タグ付けを行った. キーフレーズ抽出には, SpaCy の Matcher クラスを使用した. 具体的には, 形容詞 1 語と名詞 1 語以上からなる名詞句のパターンを定義し, これに基づいて名詞句を抽出した. 抽出したキーフレーズの頻度解析には, Python の collections ライブラリの Counter クラスを使用した. これによりタイプ A・タイプ B それぞれの研究論文において, 頻度の高い上位 10 件のキーフレーズを特定した.

2.5 トピッククラスタリングについて

タイプ A・タイプ B を統合した全データのコーパスを用いてトピッククラスタリングを行なった. クラスタリングアルゴリズムには BERTopic を使用した[5]. まずテキストの前処理として Python の NLTK ライブラリを使用して, トークン化, ストップワードの除去, 品詞タグ付けを順次

行い, 最終的に名詞と動詞のみを残した. 前処理したテキストデータをリスト形式に変換し, 以降の処理を行なった. 次に最小トピック数を 2 に設定して BERTopic モデルの初期化を行い, モデルにテキストデータを渡してトピックと確率を抽出した. この際, ベクトルデータの次元削減には UMAP アルゴリズムを, クラスタリングには Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise(HDBSCAN)を用いる設定とし, トピックごとにキーワードを特定した.

3. 結果

3.1 文献の分類

PubMed で検索された 227 報の研究論文のうち, 選定基準を満たしたものは 38 報であり, タイプ A が 23 報 (61%), タイプ B が 14 報(37%), タイプ C が 1 報(2%)であった (図 1).

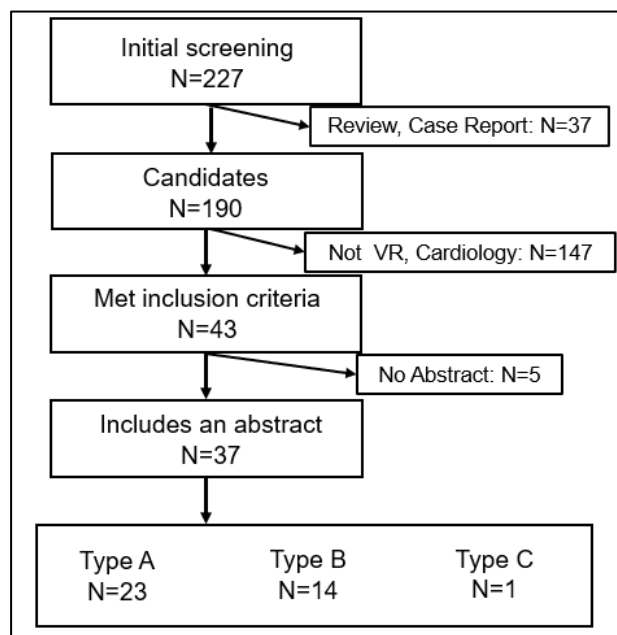


図 1. 文献の分類

3.2 キーフレーズ抽出

タイプ A に頻出するキーフレーズには「training」「planning」が含まれていた (図 2A). 一方, タイプ B により頻出するキーフレーズには「anxiety」「education」が含まれることが分かった (図 2B).

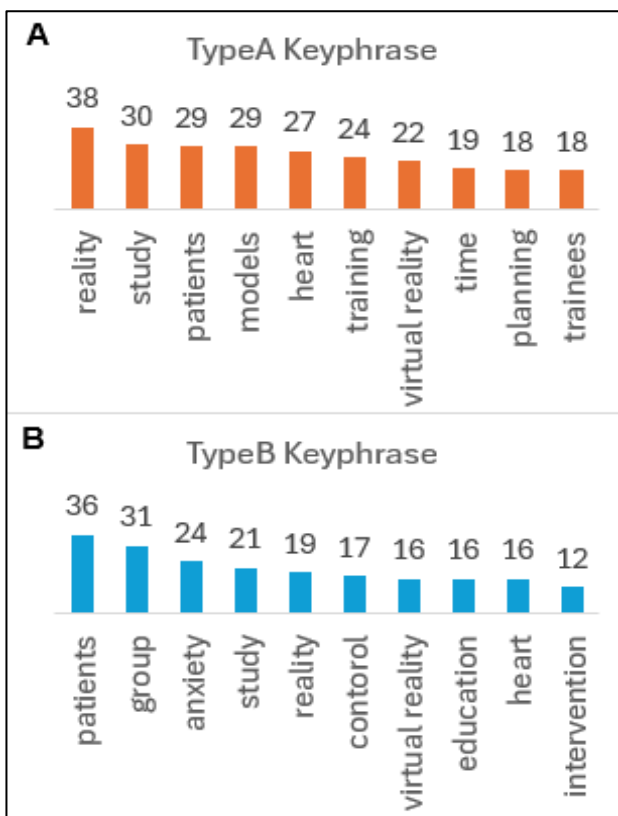


図 2. タイプ A/B におけるキーワード

3.3 トピッククラスタリング

全 37 報の abstract を対象としてトピッククラスタリングを行なったところ、一つのトピック (Topic0) が同定され、それ以外の文献は特定のトピックを有さないノイズ (本研究では TopicN と呼称する) に分類された (図 3A)。

トピック内における各単語の重要度を示す指標であるスコアの高い単語上位 10 語のうち、Topic0 にのみ頻出した単語は「training」「trainees」「participants」「methods」であった。一方、ノイズである TopicN にのみ頻出した単語は「patients」「heart」「anxiety」「models」「planning」であった (図 3B)。Topic0 に分類された文献は 20 報で、うちタイプ A に分類されたものが 15 報 (75%)、タイプ B に分類されたものは 5 報 (25%) であった。TopicN に分類されたのは 17 報で、タイプ A が 8 報 (47%)、タイプ B が 9 報 (53%) であった。

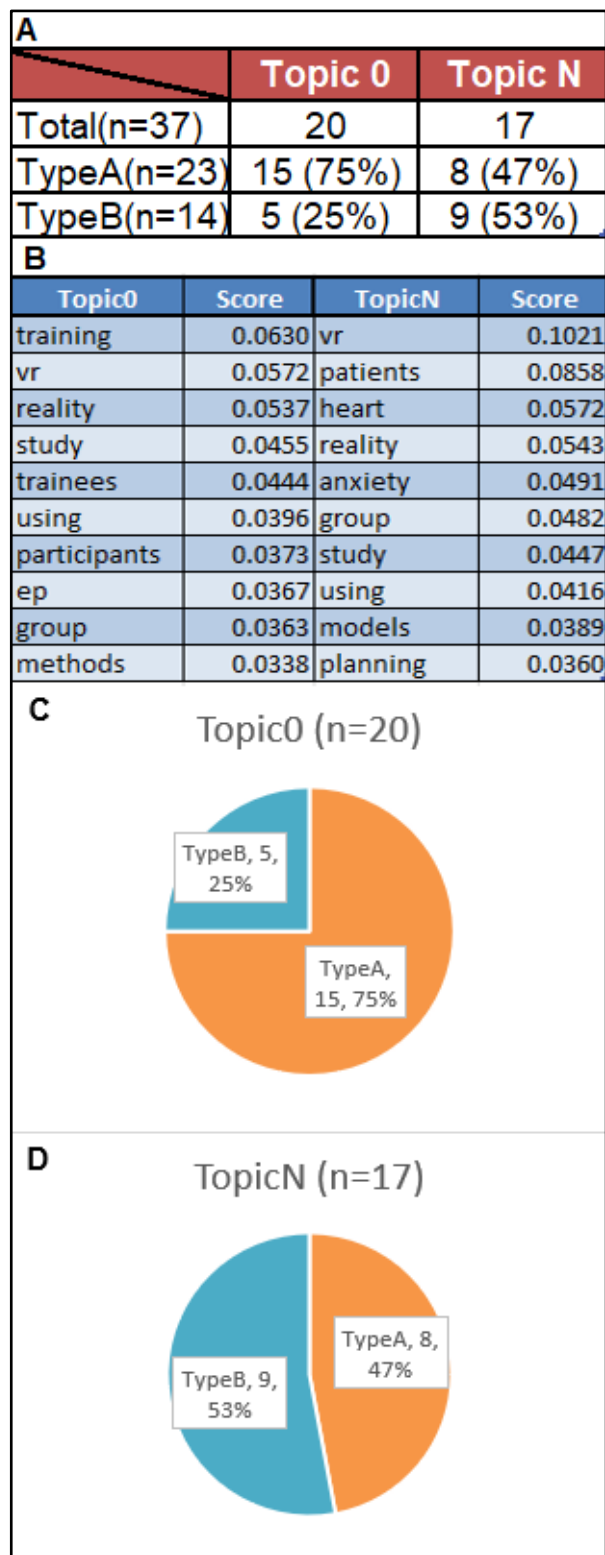


図 3. BERTopic によるトピッククラスタリングの結果

4. 考察

本研究において、我々が提唱した VR 使用方法の分類は 2023 年の研究においても適応可能であることが分かった。上述のように 2022 年以前のデータではタイプ B の研究が全体の 30%弱を占めていたが、最新のデータでは 37%となっており、患者が VR デバイスを装着するタイプの研究が増加傾向にあることが明らかとなった。また、それぞれのタイプにおけるキーワードは、先行研究においてロジスティック回帰モデルにより同定した特徴的な単語と一致していることも確認できた。一方で、タイプ A/B に分類することができない種類の研究が 2 報存在し、それらはメタバースに関連したものであった。

今回新たに試みたトピッククラスタリングでは、同定されたトピック(Topic0)において「training」「trainees」などの単語のスコアが高く、これはタイプ A 研究におけるキーワード抽出結果と類似していた。また TopicN については「patients」「anxiety」といった単語のスコアが高く、これもやはりタイプ B のキーワード抽出結果と類似していた。これはすなわち、VR デバイスの使用者に基づく分類という観点が VR 医学研究のトピックと深く関連していることを示唆する結果と考えられる。

医学分野全体での VR 研究に関する計量書誌学的分析によると、キーワード分析の結果「タスク分析」「機械学習」「深層学習」との組み合わせがフロンティア領域であることが報告されている[7]。一方で、心血管病領域の VR 研究においては、侵襲的治療の際の患者の恐怖や不安感を取り除く鎮静補助ツールや、リハビリテーションや生活習慣病の予防に対する教育といった、タイプ B の利用方法が全体の 3 分の 1 以上を占める点の特徴的である。これは、患者が覚醒した状態で侵襲的治療が行われることが多い心血管病治療の特性と関連しているものと考えられる。

本研究の Limitation として、対象となった文献が 37 報と極めて少数である点があげられる。しかしながら、HDBSCAN はデータの密度に基づいて柔軟にクラスタを形成するため[6]、本研究のように文献数が少ない場合でも最低限のクラスタを同定することが可能であった。今後は文献の収集期間を延長して解析を行う他、複合現実や拡張現実といった、VR 関連領域における計量書誌学的解析も必要と考えている。

参考文献

- [1] Higaki A, Watanabe Y and Yamaguchi O : Automated categorization of virtual reality studies in cardiology based on the device usage: a bibliometric analysis (2010-2022) European Heart Journal - Digital Health (2023) 4(2) 119-12
- [2] Gal D, Thijs B, Sipido K et al: Hot topics and trends in cardiovascular research. European Heart Journal (2019) 40(28) 2363-2374
- [3] Edgar N and Hajar H: Topic Modeling in Cardiovascular Research Publications. ACM, New York, NY, USA, 6 pages.
- [4] Christian J, Georg W, Bernhard W, Raphael R B: Virtual and Augmented Reality in Cardiovascular Care: State-of-the-Art and Future Perspectives. JACC Cardiovasc Imaging. 2022 Mar;15(3):519-532. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.08.017.
- [5] Grootendorst, M: BERTopic: Leveraging BERT and c-TF-IDF to create easily interpretable topics. arXiv preprint arXiv:2203.04052.
- [6] Ricardo J. G. B. Campello, Davoud M and Joerg S: Density-based clustering based on hierarchical density estimates. In Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (2013) (pp. 160-172). Springer. Berlin, Heidelberg.
- [7] Guangxi Z, Ruoyu W, Cheng W, Zhe Z, Shaochong Z, Weihua Y.: Unveiling the Evolution of Virtual Reality in Medicine: A Bibliometric Analysis of Research Hotspots and Trends over the Past 12 Years. Healthcare, 12(2024). (1266). DOI: 10.3390/healthcare12131266.