

# 生成AIとRAGを用いた 研究支援システムの可能性と課題

永崎研宣

慶應義塾大学文学部／一般財団法人人文情報学研究所

# Google Geminiの一瞬の衝撃 (もう大したことはない)

- Google Gemini 1.5 proの登場

- 2024年9月24日には**Gemini-1.5-Pro-002**にバージョンアップ
- ⇒ 2024年10月19日、これを用いた『印度学仏教研究』の**RAG**を開発し、カリフォルニア大学バークレー校で発表
- 100万トークン以上を処理可能
  - 日本語だと100万字以上：新書約10冊分程度を読み込ませて問い合わせられる
    - ⇒ 質問に関連する数十本の学術論文を読み込ませつつ問い合わせが可能
  - ⇒ 根拠情報の論文URLも示すように指示することで根拠ある情報を提示可能



- ハルシネーションを回避できそう？

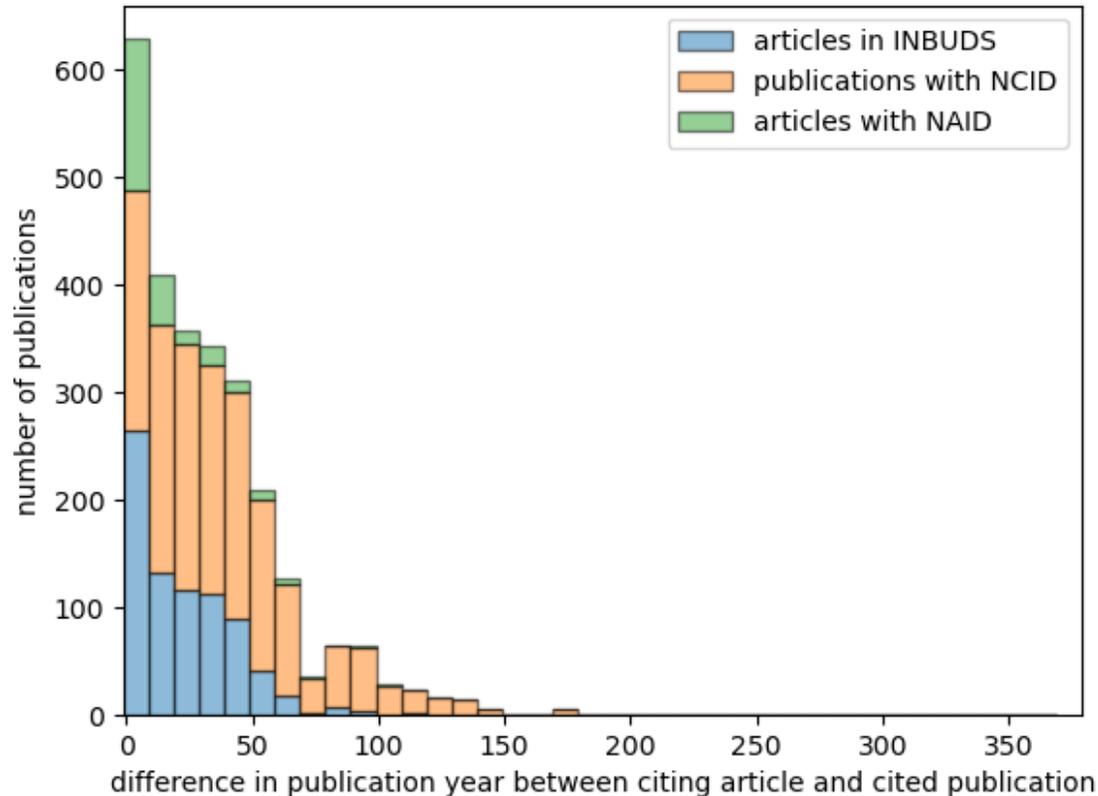
# RAGという仕組み

- Retrieval-Augmented Generation
- 生成AIに対して、回答生成の前に関連するデータを検索して生成AIに渡すことで回答の精度を高める技術
- ⇒ 100万字の質問文を読み込ませて回答させることができるなら、関連する論文を質問の一部として読み込ませればどうか？

# RAGの対象としての『印度学仏教学研究』

- 1952年から毎年刊行されている論文誌（年間200本前後）
- 仏教学分野では最大級の学会
  - 最新の研究成果が50年以上蓄積
  - 古い論文でも息が長い（次スライドを参照）

# 『印度学仏教学研究』 における引用元論文と被引用文献の出版年の差の分布



30～40年経過した論文でも相当数の引用がある。

※学会で作成している学会誌論文引用索引による成果

西岡千文, 永崎研宣, 清水元広, 下田正弘. 人文学におけるオープン・サイテーションの可能性ーインド学仏教学分野を事例としてー. じんもんこん2022論文集. 2022, vol. 2022, p. 257-262.

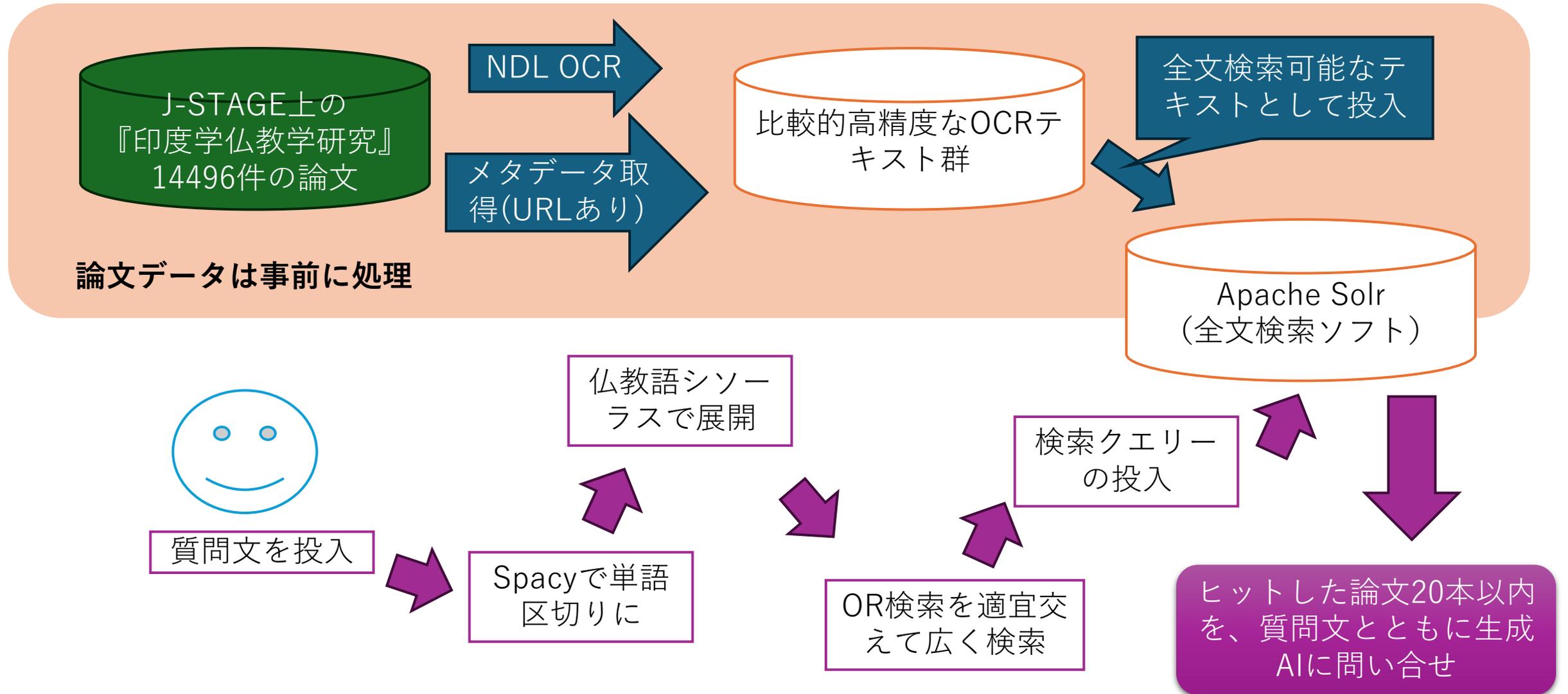
# 論文全文データの作成

- J-STAGEで公開されている14496件の論文（1952-2022年）
  - 国立国会図書館が公開しているフリーのOCRソフトウェアで全件バッチ処理して文字起こし
    - PDFからjpeg画像を抽出
    - ⇒jpeg画像をOCR
    - ⇒J-STAGE APIでメタデータ付与

# RAGのための論文検索(Retrieval)の試行

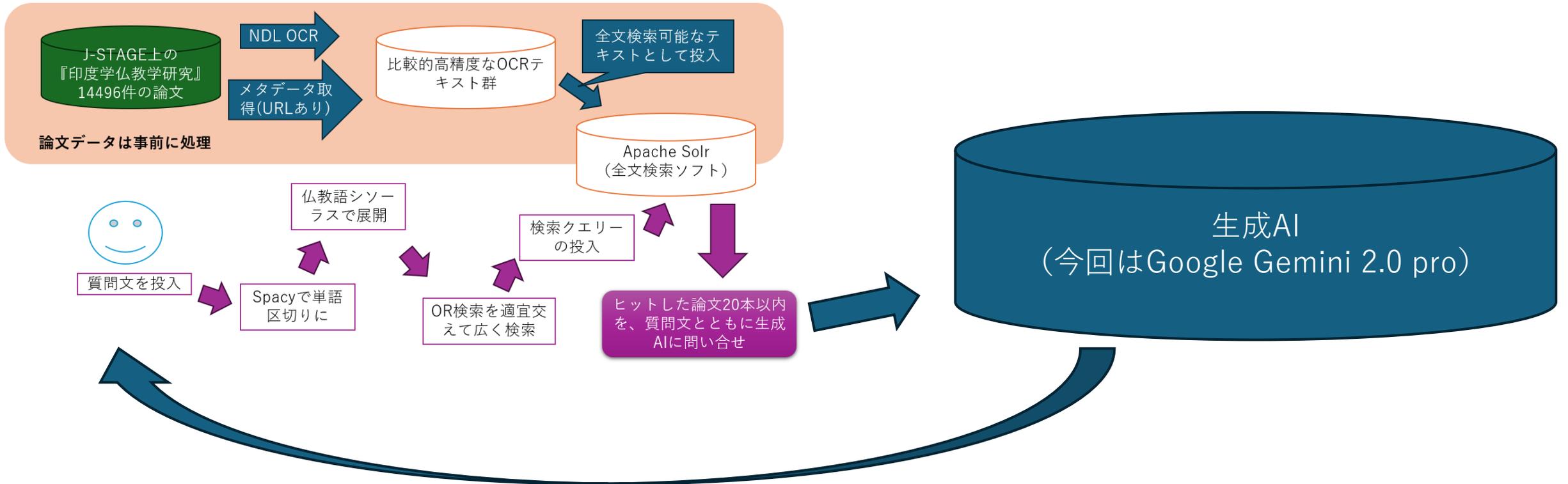
- 文書類似度による検索のために
- Chroma DB
  - 単語ベクトルによる検索ができるフリーソフトウェア.
  - ⇒あまり精度がよくない。論文1本単位のデータには向いていない可能性がある
  - 手癖でFlaskを使ってサイトを作ったらChroma DBとFlaskの相性が悪くて動作しなかった。(要注意!)
- Apache Solr
  - 自然言語による検索は不得手
  - 「全文検索」は極めて高速で大量処理にも強い
  - ⇒Spacyでトークナイズして仏教語ソーラスで単語を展開して検索
    - 文書類似度を測る手法としては以下の2つが実装されている
      - BM25
      - TF-IDF
- ⇒質問文から20の論文を検索できるようにした。
- 根拠とした論文PDFへのリンクを必ず表示するようにした。

# Apache Solrによる検索の部分



# 仏教研究RAGの全体像

## Apache Solrによる検索の部分

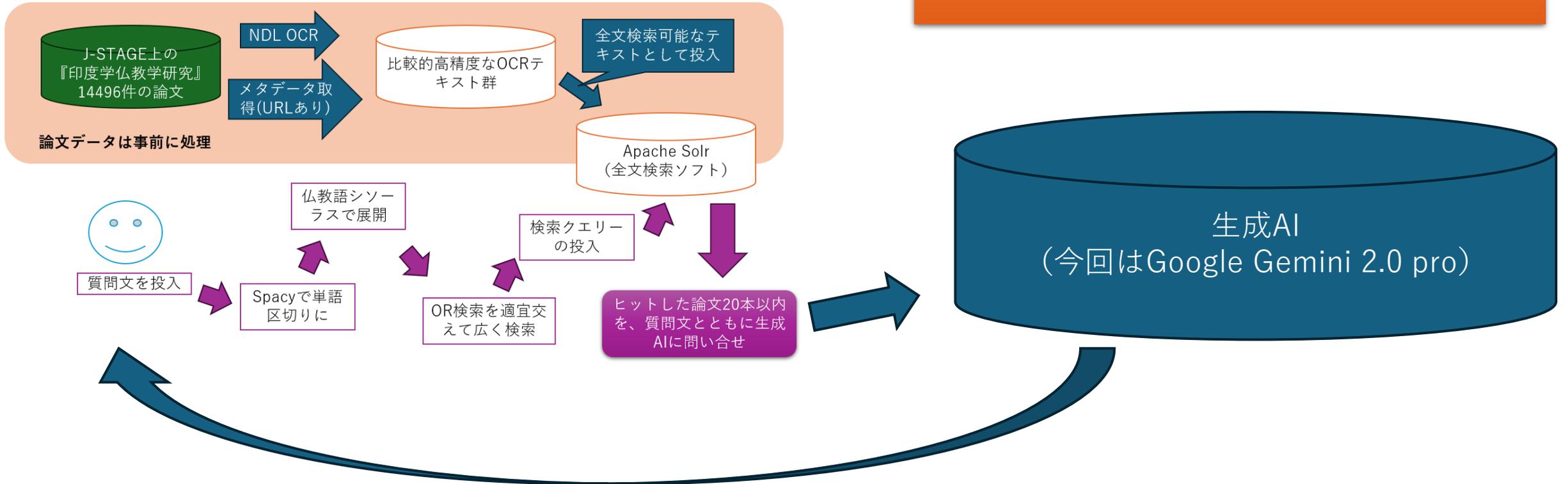


20本以内の学術論文に基づく回答 + 各論文PDFへのリンク

# 仏教研究RAGの全体像

論文オープンアクセス化  
の成果の一端

Apache Solrによる検索の部分



20本以内の学術論文に基づく回答 + 各論文PDFへのリンク

# バウツダAIが生成する回答

- 比較的信頼性は高いように思える
  - 試験ユーザ達からは比較的好評。ただし課題も。
    - 「学会で流行らないテーマは良い回答が得られない」
- しかし、同じ質問文でもほぼ毎回回答が異なる。

回答：

## 阿頼耶識の変遷について

阿頼耶識（あらいしき）は、仏教、特に大乘仏教の唯識思想において重要な概念です。その変遷を理解するため、以下の情報を参考に解説します。

### 阿頼耶識の淵源と初期の概念

香山（鄭景珍）氏の論文「有分心、中有、補特伽羅、阿頼耶識に関する一考察」(2023年、[https://www.jstage.jst.go.jp/article/ibk/71/2/71\\_843/article-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ibk/71/2/71_843/article-char/ja/))によると、無我・無常という仏教の根幹にかかわる問題において、業とその果報を受ける主体や、輪廻転生から脱き出すことは、各部派および学派にとって最大の関心事でした。そのなかでも上座部、説一切有部、正量部、そして瑜伽行派は十二因縁における第三支の識(vijnana)もしくは第十支の有(bhava)に当てにめられるものとして有分心(bhavanga-cita, bhavanga-vinnana)、中有(antara-bhava)、補特伽羅(pudgala)、阿頼耶識(alaya-vijnana)を創り出したとされています([https://www.jstage.jst.go.jp/article/ibk/71/2/71\\_843/article-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ibk/71/2/71_843/article-char/ja/)、香山（鄭景珍))。これらの概念は、各学派がそれぞれの問題意識に基づいて形成したものであり、阿頼耶識もその一つです。

初期の阿頼耶識は、業の保持、輪廻の主体、そして修行の可能性といった問題を解決するために提起されました。阿頼耶識は、個人の過去の行為（業）の種子を蓄積し、それが現行（現象）として現れる際の基盤となります。また、阿頼耶識は、死後も存続し、次の生へと繋がる輪廻の主体としての役割も担います。さらに、阿頼耶識には、清浄な種子も存在し、修行によってこの種子を成長させることで、解脱が可能になると考えられました。

### 瑜伽行派における阿頼耶識

瑜伽行派（ゆがぎょうは）では、『解深密経（げじんみつぎょう）』に阿頼耶識の四つの異名が示されています([https://www.jstage.jst.go.jp/article/ibk/71/2/71\\_843/article-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ibk/71/2/71_843/article-char/ja/)、香山（鄭景珍))。

- 一切種子心（いっさいしゅうしん）：すべての種子を保持する心
- 有分能識（ゆうぶんのおしき）：身体を保持・維持する
- 阿頼耶識：自己薫習種子との関係
- 心：異熟心の特徴

これらの異名から、阿頼耶識は結生時（けっしょうじ）に最後の心になり、「名色（みょうしき）」を引き起こす「識」として創り出され、命根（みょうこん）と同様に身体を保持しながら、異熟（いじゆく）のプロセスにも関

# Google GeminiとバウツダAIのその後

- Google Gemini **2.0 flash**
  - 2024年12月11日に登場
    - ⇒さらなる高速化と性能の向上
      - 50秒かかっていたものが40～30秒に
      - 回答の内容もより洗練されたものに
  - 12/20、これを用いたシステムに改修。
- Google Gemini **2.0 pro**
  - 2月に入って試験運用版が公開された
  - ⇒2月の研究発表の直前に実装した。
    - ⇒「**HTML形式で出力**」と書いても**マークダウンで出力**するので「マークダウンではなくHTML形式で」と書いたらHTMLになった。。。
  - ⇒現在はたまにしか動かない
- Open AIのDeep Researchが出た
  - ⇒差別化の必要性は感じるものの…（後述）

# 基本的な作り方

- 基本的なコードと作り方はブログで公開。「digitalnagasaki 生成AI」で検索
  - <https://digitalnagasaki.hatenablog.com/entry/2024/10/22/101846>

# 今後の方向として

- RAGのための検索対象とする論文をより増やしていく
  - すべての論文が電子化されているわけではない
    - 電子化から取り組むという方向もあり得る
  - 論文の選択の妥当性についての検討
- 二次資料と一次資料の関係をRAGの段階で意識しながら問い合わせを行う方法
  - 論文中の一次資料の検出
  - 一次資料と二次資料の関係の単語ベクトルを踏まえた引用探索
    - ⇒ 日本語学研究者近藤泰弘氏による和歌引用分析に関する最近の取組み
- 多言語化・他の思想・宗教研究へのアプローチ

# 仏教研究RAGの背景

(質問時対応用)

# 一次資料の生成AI／LLM活用における**期待**と 困難

- 一次資料を生成AI／LLMで活用できるようになれば：
  - **研究活動の効率化**：わざわざ一次資料にあたらなくても必要な情報や解釈を得られる
    - 自分の個別的な問いにカスタマイズされた情報が得られるようになる
    - 読めない言語のテキストからでも情報を得られるようになる
  - **研究の新たな展開**：これまで発見できなかった一次資料の新たな側面を発見
    - 単なるフレーズ検索ではなく「似た内容」のテキストを検出できる
    - これまで誰も気づかなかった大きな文脈を発見し得る
      - ⇒新たな思想史・概念史の構築に貢献し得る

# 一次資料の生成AI／LLM活用における期待と 困難

- 一次資料を生成AI／LLMで活用できるようになれば：
  - **研究活動の効率化**：わざわざ一次資料にあたらなくても必要な情報や解釈を得られる
    - 自分の個別的な問いにカスタマイズされた情報が得られるようになる
    - 読めない言語のテキストからでも情報を得られるようになる
    - ⇒生成AIによる一次資料に対する解釈の**妥当性**や**精度**をどう高められるのか
  - **研究の新たな展開**：これまで発見できなかった一次資料の新たな側面を発見
    - 単なるフレーズ検索ではなく「似た内容」のテキストを検出できる
    - これまで誰も気づかなかった大きな文脈を発見し得る
      - ⇒新たな思想史・概念史の構築に貢献し得る
      - ⇒この解釈が妥当かどうかの判断は人間側に委ねられざるを得ない
      - ⇒人間が判断する**解釈の妥当性**を離れることは難しい
  - **コスト面**：⇒学習させるコストの困難さ
    - たとえば、大正新脩大藏經は約1億字。RAGにとってはやや多すぎかつ多様すぎて難しく、しかし、そのまま学習させるには量的に十分かどうかわからない

# 二次資料・研究文献の活用

- 一次資料への解釈の成果としての二次資料・研究文献
- ⇒（相互に矛盾する場合もあるが）人間の解釈の積み上げであり人間が理解しやすいもの
- **研究活動の効率化：**
  - 研究においては既存研究の文脈が重要であり、それを探索する手助けを可能とすることになる。
- **研究の新たな展開：**
  - 新しい概念史等の発見は難しいかもしれないが、既存の研究の連関を探索するなかから何か発見が可能かもしれない。

# Deep Researchとの違い

- 今のところ、
  - 「自分で調査対象のリソースを選べる」
  - ⇒ Deep Researchでは見てもらえないものを対象にできる
    - 日本の人文系の論文は、
      - デジタル化されていないものが多い
      - デジタル化されていてもテキストデータになってないものが多い
        - いずれ勝手にテキストデータ化される？