

研究速報

LLM による Prolog 知識ベースと FAQ システム Prolog Knowledge Base and FAQ System by LLM

藤澤 武
FUJISAWA Takeshi

本研究では、大規模言語モデル（Large Language Model、以降 LLM という）を用いて国際高等専門学校学則第 5 章から Prolog 知識ベースを自動生成し、FAQ 型問い合わせシステムの実用性を検証した。想定質問を生成し、述語設計、知識ベース生成、ユニットテスト、自然文入力に対応するフロントエンドを構築した。評価の結果、正答率は 25.0%に留まったが、無回答を含む妥当な応答は 41.1%であり、シンボリック推論の有効性と課題が明らかとなった。

キーワード: 大規模言語モデル、Prolog、知識ベース、FAQ システム、シンボリック推論

This study explores the automatic generation of Prolog knowledge bases from school regulations using a Large Language Model (LLM), specifically ChatGPT-5, as an alternative to LLM-only FAQ systems. By applying this method to the International College of Technology's regulations, we generated question sets, designed predicates, and built a symbolic reasoning system. An evaluation with 56 questions showed 25.0% exact answers and 41.1% valid responses including correct “no-answer” cases. This clearly demonstrates the effectiveness and challenges of symbolic reasoning.

Keywords: Large Language Model, Prolog, Knowledge Base, FAQ System, Symbolic Reasoning

1. はじめに

大規模言語モデル（Large Language Model、以降 LLM という）は実社会の様々な分野で急速に普及が進んでいる。例えば、Microsoft や Google などの主要 IT 企業が相次いで LLM を基盤とした自律的な「AI エージェント」サービスを商用化している¹⁾。それに伴い、データセンターの拡大による世界的な電力需要の急激な増加が指摘されている²⁾。LLM の運用がもたらす莫大な電力消費とそれに伴う CO₂排出は持続可能性の観点から問題視されており、環境負荷を抑える手法を模索し、この問題を解決することが喫緊の課題である。一方で、LLM の実用領域の一つである FAQ や規則集の参照といった定型的かつ規則化された問い合わせについては、必ずしも LLM を用いる必要はなく、本来であればシンボリック推論で十分に処理できるタイプの問い合わせが多い。Prolog は代表的なシンボリック推論処理系であり、記号表現に基づいて論理的推論を自動的に実行することができる。しかし、Prolog を用いた問い合わせシステムにおいては、実用的な知識ベースの構築は困難である。IBM Watson は初期に

Prolog を採用したものの^{3,4)}、実用化では機械学習に移行した³⁾。また、Prolog を活用した知識ベース構築の事例としては、特定分野に特化したシステム⁵⁻⁷⁾が存在する。しかし、汎用的な問い合わせシステムは Watson の初期事例を除けばほとんど見当たらない。

2. 先行研究との比較

Prolog による知識ベースへの変換に関する先行研究としては、GOFAI meets Generative AI⁸⁾が挙げられる。この研究では、ChatGPT や Claude といった大規模言語モデルに対して専門家が設計した一連のプロンプトを与えることで、対象領域の知識を抽出し、それを Prolog のファクトやルールとして構造化する手法を提案している。生成された知識は SWI-Prolog などの処理系で構文的・意味的に検証され、必要に応じて人間の専門家が修正する。この再帰的なプロセスにより、段階的に Prolog 知識ベースを拡充することが可能である。想定される応用分野は医学や教育、法務などであり、説明可能性や信頼性を重視したエキスパートシステム構築が目的とされている。GOFAI meets Generative AI⁸⁾ が「知識ベース構築手法の提案と専門家による検証」に主眼を置いているのに対し、本研究は「実際に問い合わせシステムを構築・動作させ、その有効性を実用的観点から評価」した点に特徴がある。

3. 検証プロセス

本研究では、国際高等専門学校学則第 5 章（以降、学則という）⁹⁾から LLM を用いて Prolog 知識ベースを自動生成し、この知識ベースへの FAQ 的な問い合わせに回答するシステムを開発し、正答率を評価する。なお、本研究において以後、LLM は OpenAI 社の ChatGPT5 を指す。全体の流れであるが、1)想定される自然文質問を LLM で自動生成する。2)LLM で自動生成した自然文の質問に回答可能なファクトとルールを列挙した Prolog 知識ベースを、LLM に学則条文を読み込ませて自動生成する。3)自動生成した知識ベースに対してテスト用のクエリを実行し、正しい応答が得られるかを検証する。4)入力された自然文を Prolog クエリに変換し、クエリの実行までを行う Prolog の簡易プログラムを実装する。5)LLM で自動生成した自然文質問に対するこの簡易 Prolog プログラムの正答率と回答傾向を分析する。

4. 検証作業と結果

本章では、第 3 章で示した検証プロセスに基づき、実際に行った作業と得られた結果を整理する。想定質問は付録 A に掲載した。学則に基づく FAQ 的な自然文質問を LLM で自動生成した。結果として、入学資格、休学、退学、再入学、編入、学生寮、留学、卒業に関する計 56 件の質問が生成され、網羅的かつ多様な質問を効率的に収集することができた（付録 A 参照）。あらかじめ列挙した質問に回答できるよう、LLM に知識ベースの構造設計を行わせた。これにより、質問に対する正答率の向上を目指した。設計段階で問い合わせ可能な範囲が明確化された。設計に基づき、LLM に学則条文を投入し、実際の知識ベースを自動生成させた。この過程では、条文の内容を記号表現に変換し、各ファクトには出典条番号を付与して根拠追跡を可能とした。生成物は Prolog のプログラムコードとして管理され、以降の評価作業に用いられた。LLM が生成した知識ベースを SWI-Prolog にロードし、ユニットテストを実施した。その結果、構文エラーはなく、代表クエリに対して正答を返した。さらに、自然文入力を受け取り、質問の意図を推定して Prolog クエリに変換する CUI プログラムを LLM に自動生成させた。何度か LLM

にエラーメッセージを投入しデバッグさせることで正常動作するものが完成した．実行結果の一例を図 1 に示す．

```
$ swipl -q -s cli_router.pl -g main -t halt
> 休学は最長でどれくらい？
休学期間は通算で 2 年以内です． (art(24) )

> 入学できる資格は？
入学資格は「中学校卒業／中等教育学校前期課程修了／海外で 9 年の課程修了／文部
科学大臣が同等以上と認めた者」です． (art(14))

> 寮は何年生が必須？
入寮が必須なのは 1 年生・2 年生 です． (art(26))

> quit
Bye
```

図 1 実行例

最後に、1 行に一つの質問文を列挙したファイルの全質問を入力として、対応する回答を CSV/TSV 形式で一括出力するフロントエンドを Python で開発した．出力されたファイルには質問文、Intent、回答文、根拠条番号が保存される．

5. 総合評価

前章までに構築したシステムを対象として、質問群 (付録 A 参照) に基づく応答の総合的な評価を行った．評価は、回答を A～F に分類した結果をもとに分析した．分類は筆者 1 名が行い、意図一致・内容正確性・表現形式を判定した．複数人評価は行っていないため、主観的な要素が残る．

5. 1 全体傾向

分類結果を表 1 に示す．全体 56 件の質問に対し、正しい回答 (A) は 14 件 (25.0%) に留まった．一方、学則に記載のない質問に対して無回答を返す正しい挙動 (D) が 9 件 (16.1%) あり、これを含めると妥当な挙動を示した割合は 41.1%となる．誤回答 (E) は 9 件 (16.1%)、近いが不十分な回答 (F) は 8 件 (14.3%)、また、学則に記述があるにもかかわらず無回答となったケース (B) が 13 件 (23.2%) となった．

表 1 回答タイプ別件数と割合

分類	内容	件数	割合
A	正しい回答	14	25.0%
B	学則に記載されているが未回答	13	23.2%
C	Yes/No に説明で回答	3	5.4%
D	学則に記述なしで未回答 (正しい挙動)	9	16.1%
E	誤回答	9	16.1%
F	近いが求められている回答ではない	8	14.3%
	合計	56	100%

以下に、各分類に該当した実際の質問とシステム出力の例を表2に示す．なお、各出力文の末尾には参照条番号が付記される．例えば「art(14)」は学則第14条を示す．

表2 質問とシステム出力の例

A：正しい回答	
質問	本校に入学するにはどのような資格が必要ですか．
出力	入学資格は「海外で9年の課程修了／中学校卒業／中等教育学校前期課程修了／文部科学大臣が同等以上と認めた者」です．(art(14))
理由	学則第14条の要件を網羅して提示し、根拠条番号も付されているため正答．
B：学則には記述があるが無回答	
質問	入学できる条件をすべて教えてください．
出力	(no-intent)
理由	学則に該当条があるにもかかわらず intent 特定に失敗し無回答．
C：Yes/No の問いに説明文で回答	
質問	海外で9年間の学校教育を修了している場合、入学資格はありますか．
出力	入学資格は「海外で9年の課程修了／中学校卒業／中等教育学校前期課程修了／文部科学大臣が同等以上と認めた者」です．(art(14))
理由	本来は「はい」と答えるべきところを説明で回答．内容は正しいが形式は Yes/No に一致しない．
D：学則に記載がないので未回答（正しい挙動）	
質問	文部科学省が認める「同等以上の学力」とは具体的に何ですか．
出力	(no-intent)
理由	第14条は「同等以上」としか規定せず具体的定義は学則外．未回答は妥当．
E：誤回答	
質問	入学金はいくらですか．
出力	合格後は入学金を期日までに納付し、校長が定める書類を提出します．手続完了後、校長が入学を許可します．(art(17))
理由	金額を問う質問に対して手続説明を返しており、ユーザの求める回答になっていない．
F：近い回答をしているが求めている内容とは異なる	
質問	合格通知を受けた後、どんな手続きが必要ですか．
出力	合格後は入学金を期日までに納付し、校長が定める書類を提出します．手続完了後、校長が入学を許可します．(art(17))
理由	具体的な手続きを問う質問に対して校長が定める書類という曖昧な回答を返しており、近いが不適合．

5. 2 問題点分析

質問の意図ごとの集計を行ったところ intent 未特定が14件あり、全体の誤り・無回答の大きな要因となっている．これは「エイリアスの定義不足」「条文の構造化不足」「複数条件条項のルール化失敗」が原因と推測される．誤回答（E）と部分回答（F）が合計で30.4%を占めたことは、条文解釈の精度と

回答テンプレート設計の改善が必要であることを示している。特に、学則の条文を構造化する際に曖昧さが残った部分や、自然文の言い回しに十分対応できなかった部分が原因と考えられる。

5. 3 改善策

本研究で得られた分類結果から、以下の三つの観点で改善が必要であると考えられる。なお、改善策は優先度の高い順に列挙した。

5.3.1 Intent 検出の精度向上

最も大きな問題は、学則に記述があるにもかかわらず無回答となったケース (B) が多いことである。これを改善するために、1) 質問文と intent の対応表を拡充し、エイリアスや同義表現を網羅することや、2) 単純なキーワードマッチに依存しない仕組みを整備するといった対策が考えられる。

5.3.2 回答テンプレートと知識ベースの改善

誤回答 (E) や部分回答 (F) が多かった領域は「留学」「転学」「入学手続き」であった。これらは条文の解釈や構造化が複雑であり、単純なファクト列挙では正確な回答が困難であった。1) 条文ごとに複数の条件・例外が存在する場合は、Prolog ルールとして論理的に定式化し、2) 条文本文から短い要約を自動生成し、回答に引用する、といった改善を行うことで回答の正確性と信頼性を高めることができる。

5.3.3 LLM による表現補正の活用

Yes/No 形式の質問に対して説明文を返したケース (C) は3件あった。回答文は定型的なテンプレートによって生成されているため、自然性や柔軟性に欠ける。これを改善するためには、最終段階で LLM による表現補正を行うことが有効である。具体的には、1) Prolog から得られた構造化出力を LLM に渡して自然な日本語文に整形する、2) 利用者の質問形式に応じて回答文のスタイル（簡潔／詳細、Yes/No／説明型）を調整する、3) LLM への入力是最小限の構造情報だけに留めてトークンコストを抑える、といった工夫が考えられる。以上の改善策により、正答率の向上、誤答率の低減、回答表現の自然化が期待できる。特に intent 検出の精度向上は最優先課題であり、その成果は知識ベース全体の実用性を大きく左右すると考えられる。

6. 結論

本研究では、学則第5章を対象に ChatGPT5 を用いた Prolog 知識ベース自動生成と FAQ 型問い合わせシステムの構築を検証した。正答率は 25.0%、妥当な応答は 41.1%にとどまり、intent 検出が大きな課題である。改善策を通じ、軽量で実用的なハイブリッド型システムの実現が期待される。

参考文献

- 1) 総務省. 令和 7 年版 情報通信白書 AI 研究開発における最近の動向.
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r07/html/nd112120.html> (accessed 2026-02-20).
- 2) 資源エネルギー庁. 電力需要について. (2024).
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2024/056/056_005.pdf
(accessed 2026-02-20).
- 3) Ferrucci, D., et al. Building Watson: An Overview of the DeepQA Project. AI Magazine, 31(3), 59–79 (2010).
- 4) IBM Research. The Era of Cognitive Systems: An Inside Look at IBM Watson and How it Works. IBM Redbooks (2013).
- 5) IBM Documentation. Watson Assistant Architecture Overview. IBM Docs (2020–).
- 6) Legal & General / ContractExpress (LPA Prolog). Automated Document Assembly in Law Practice. LPA Whitepaper (2005).
- 7) Stephanopoulos, G., Henning, G., & Leone, R. Intelligent Systems for Process Design. Computers & Chemical Engineering, 14(9), 813–846 (1990).
- 8) Garrido-Merchán, E.C., & Puente, D. GOF AI meets Generative AI: Development of Expert Systems by means of LLMs.arXiv:2501.01234 (2025).
- 9) 国際高等専門学校. 学則、2025 年度版. https://ictmedia.s3.ap-northeast-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2025/05/10101939/20250401_School_Handbook2025afterR5.pdf (accessed 2025-09-29).

付録 A 質問リスト

1. 本校に入学するにはどのような資格が必要ですか。
2. 入学できる条件をすべて教えてください。
3. 中学校を卒業していれば入学できますか。
4. 海外で9年間の学校教育を修了している場合、入学資格はありますか。
5. 高校1年を修了していれば入学できますか。
6. 文部科学省が認める「同等以上の学力」とは具体的に何ですか。
7. 入学手続きに必要な書類は何ですか。
8. 入学願書の提出期限はいつですか。
9. 入学金はいくらですか。
10. 入学金の納付期限はいつですか。
11. 入学試験や選考はどのように行われますか。
12. 合格通知はどのように送られますか。
13. 合格通知を受けた後、どんな手続きが必要ですか。
14. 途中の学年から編入できますか。
15. 2年生や3年生からの入学は可能ですか。
16. 編入できる条件は何ですか。
17. 定員がいっぱいの場合、編入できますか。
18. 同じ学年に留年した場合、単位はどうなりますか。
19. 留年した場合、修得済みの科目をもう一度受け直す必要がありますか。
20. 3年生以上で留年した場合、単位はどう扱われますか。
21. 休学するにはどのような手続きが必要ですか。
22. 休学する場合、保護者の署名は必要ですか。
23. 病気で休学するとき、医師の診断書は必要ですか。
24. 休学はいつから申し込めますか。
25. 学期の途中から休学することはできますか。
26. 休学は最長でどれくらいできますか。
27. 休学できる回数に制限はありますか。
28. 通算でどのくらい休学できますか。
29. 校長から休学を命じられることはありますか。
30. 感染症にかかった場合、出席停止になることはありますか。
31. 休学から復学するにはどうすればよいですか。
32. 休学の理由がなくなったとき、自動的に復学できますか。
33. 復学の許可は誰が出すのですか。
34. 退学したい場合、どのような手続きが必要ですか。
35. 退学願には誰の署名が必要ですか。
36. 退学後に再入学することはできますか。
37. 再入学はどの学年から始められますか。
38. 再入学するときに選考はありますか。
39. 他の学校に転学したい場合、どうしたらよいですか。
40. 他の学校に編入したい場合、校長の許可は必要ですか。
41. 他の学校に移る場合、単位は引き継げますか。
42. 学生寮に入らなければならないのは何年生ですか。
43. 1年生は必ず寮に入らないといけませんか。
44. 2年生でも寮に入る必要がありますか。
45. 3年生での留学は必須ですか。
46. 留学はどの大学で行うのですか。
47. ニュージーランド以外の大学に留学できますか。
48. 留学の期間はどれくらいですか。
49. 留学は最長で何年可能ですか。
50. 留学中の単位は卒業単位に含まれますか。
51. 留学期間は在学年数に含まれますか。
52. 留学に関する規程はどこで確認できますか。
53. 卒業証書は誰から授与されますか。
54. 卒業するとどんな学位が得られますか。
55. 卒業後に称することができる学位の名称を教えてください。
56. 卒業すれば短大卒業と同等になりますか。

[受付日 令和 8 年 (2026 年) 1 月 15 日, 採録日 令和 8 年 (2026 年) 3 月 10 日]



藤澤 武
教授
国際高等専門学校
国際理工学科

著作権は著者に帰属 (2026). この作品は CC BY-NC-ND 4.0 ライセンスで提供されています. このライセンスのコピーをご覧になるには、<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> にアクセスしてください.

Copyright 2026 The Author(s). This work is licensed under CC BY-NC-ND 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>