

大規模言語モデルによるソフトウェア脆弱性の検出

高知大学 理工学部情報科学科

木脇研究室 B4

横川武典

1. 既存手法

従来の脆弱性検出手法は大きく2つある

- ・ 実行せずコード解析



- ・ 実行時の挙動解析



これらの手法では、**誤検知**や**検出漏れ**が発生

→ 既存手法では**コード全体の文脈**を考慮した検出が困難

2. 関連研究 [Ze Sheng+2025]

文脈理解による検出手法として**大規模言語モデル (LLM: Large Language Model)** の活用が期待

- コードの断片から脆弱性を検出できる言語モデルが存在
- リポジトリ単位では限定的な脆弱性の検出のみ可能
- メモリ関連の脆弱性は検出精度が高い
- C/C++に関する研究が多い

3. 提案手法

Web言語を対象にLLMの利用方法の違いによる影響を検証

1. 脆弱性のデータベース[JVN, CVE, RS]を取得/作成

- 脆弱性の報告: 19800件
- 脆弱なコード: 750件

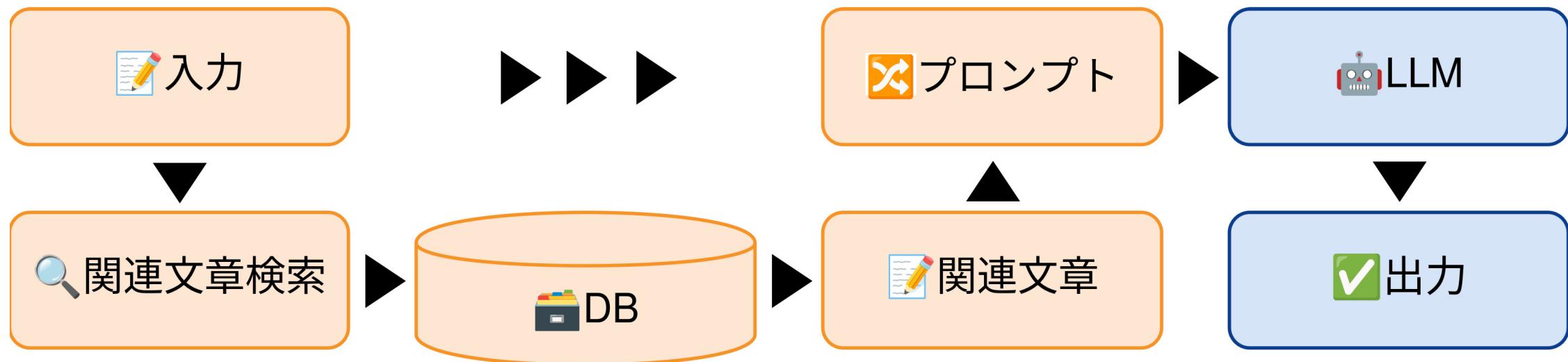
2. データベースを元にRAGの作成/FineTuning

3. 各モデルでソースコードから脆弱性を探す

→ chatGPT[chatGPT] が生成したソースコード: 10件

RAG(Retrieval-Augmented Generation)とは

RAGは事前学習していない外部知識を検索しその情報に基づいて文章を生成する手法



FineTuningとは
事前学習済みモデルに**追加学習**を行い特定のタスク用に調整



4. 実験設定

- 対象 : **PHP**で記述されたWebアプリケーション
- LLM : **unsloth/Qwen3-14B-unsloth-bnb-4bit [Qwen]**
intfloat/multilingual-e5-large [e5]
- 比較対象 : 素のLLM (以下**Base**)
FineTuningを行ったLLM (以下**FT**)
RAGを接続したLLM (以下**RAG**)
- 実験方法 : 各構成に同一コードを入力
→ 脆弱性の**検出結果を取得**

5. 評価方法

脆弱性の検出結果を**指標**として数値化

- **Precision** : 脆弱性をどれだけ正しく予想できたかの指標
- **Recall** : 予測がどれだけ正しかったかの指標
- **AUC** : 閾値に依存しない検出性能指標

6. 実験結果

- **FT**が最良
- 次点で**RAG**

Model	Recall	Precision	AUC
Base	0.824	0.875	0.84
FT	0.882	0.938	0.92
RAG	0.824	0.824	0.86

誤検知の傾向

Base や RAG において発生

- Baseでは文脈理解が不十分で脆弱性を過剰に指摘
- RAGは追加で関連知識の誤適用/コンテキスト長の増加が存在

XSS を検出するタスクで多く発生

- 過剰に出力をエスケープ
→ 文脈を理解した検出は不十分

検出漏れの傾向

RAG や **Base** において多く発生

- 文脈理解が不十分なまま安全側に判断

FT では脆弱性知識の獲得により改善

- ただし完全には解消されず

7. 結論

LLMはWebアプリケーションの脆弱性検出に**活用可能**
ただし**利用方法**により検出性能は大きく異なる

- FTは**検出精度の安定化**に有効
 - RAGは**外部知識の補完**により**識別性能が向上**
- 利用方法の違いが検出性能に影響することを確認

参考文献

- [Ze Sheng+2025] LLMs in Software Security: A Survey of Vulnerability Detection Techniques and Insights
<https://arxiv.org/html/2502.07049v2>
- [Qwen] unsloth/Qwen3-14B-unsloth-bnb-4bit
<https://huggingface.co/unsloth/Qwen3-14B-unsloth-bnb-4bit>
- [e5] intfloat/multilingual-e5-large
<https://huggingface.co/intfloat/multilingual-e5-large>

- [chatGPT] ChatGPT
<https://chatgpt.com/ja-JP/overview/>
- [JVN] JVN iPedia - 脆弱性対策情報データベース
<https://jvndb.jvn.jp/>
- [CVE] CVE: Common Vulnerabilities and Exposures
<https://www.cve.org/CVERecord>
- [RS] rules.sonarsource.com
<https://rules.sonarsource.com/php/>

Appendix A. 今後の課題

- より大規模・多様なコードでの検証
- 脆弱性検出結果の**根拠**や**判断理由**の可視化
- 誤検知パターンの**体系的分析**

Appendix B. WEB言語の脆弱性の傾向

2022年に脆弱性が悪用された技術としてWordPressがトップ
全体の1/4を占めた



WordPress	24.4%	IBM Web Sphere	7.7%
Joomla	14.6%	Apache Server	6.2%
Apache Struts	12.6%	Magento	5.7%
cPanel	9.8%	Nagios	5.5%
Apache Log4j	8.4%	Zoho Manage Engine	5.1%

Appendix C. セキュリティ分野でのLLMの活用

言語モデルはセキュリティ関連タスクに既に活用

- 脆弱性の説明・要約
 - 脆弱性レポートやアラートの理解支援
- 脆弱性検出
 - コードの文脈を考慮した指摘が可能

→ 言語モデルの出力の信頼性が重要

特に脆弱性検出では誤検知・検出漏れが実運用に影響

Appendix D. データベースの活用方法

FineTuningの場合

OSSの言語モデルに脆弱性のデータベースで追加学習

この処理は `unsloth`, `tr1` 等のライブラリを使用

RAGを作成する場合

自然言語で書かれた脆弱性のデータベースをベクトルに変換

この処理は `LangChain`, `LanceDB` 等のライブラリを使用

ベクトル化には `inffloat_multilingual-e5-large` を使用

Appendix E. 対象脆弱性について

XSS

HTMLに**悪意のあるスクリプト**を埋め込む

Cookie取得や偽サイトへの誘導が可能

CSRF

認証済みユーザを偽サイトに誘導し、意図せぬ処理を実行

商品購入や送金などが可能

セッション固定化攻撃

ユーザにセッションIDを強制し、**セッションを乗っ取る**

アカウント盗難、データの窃盗など