定理証明支援系「Mizar」による記述を補助するエディタ拡張機能の研究

山口大学大学院　谷口 広途
山口大学　中正 和久

目次

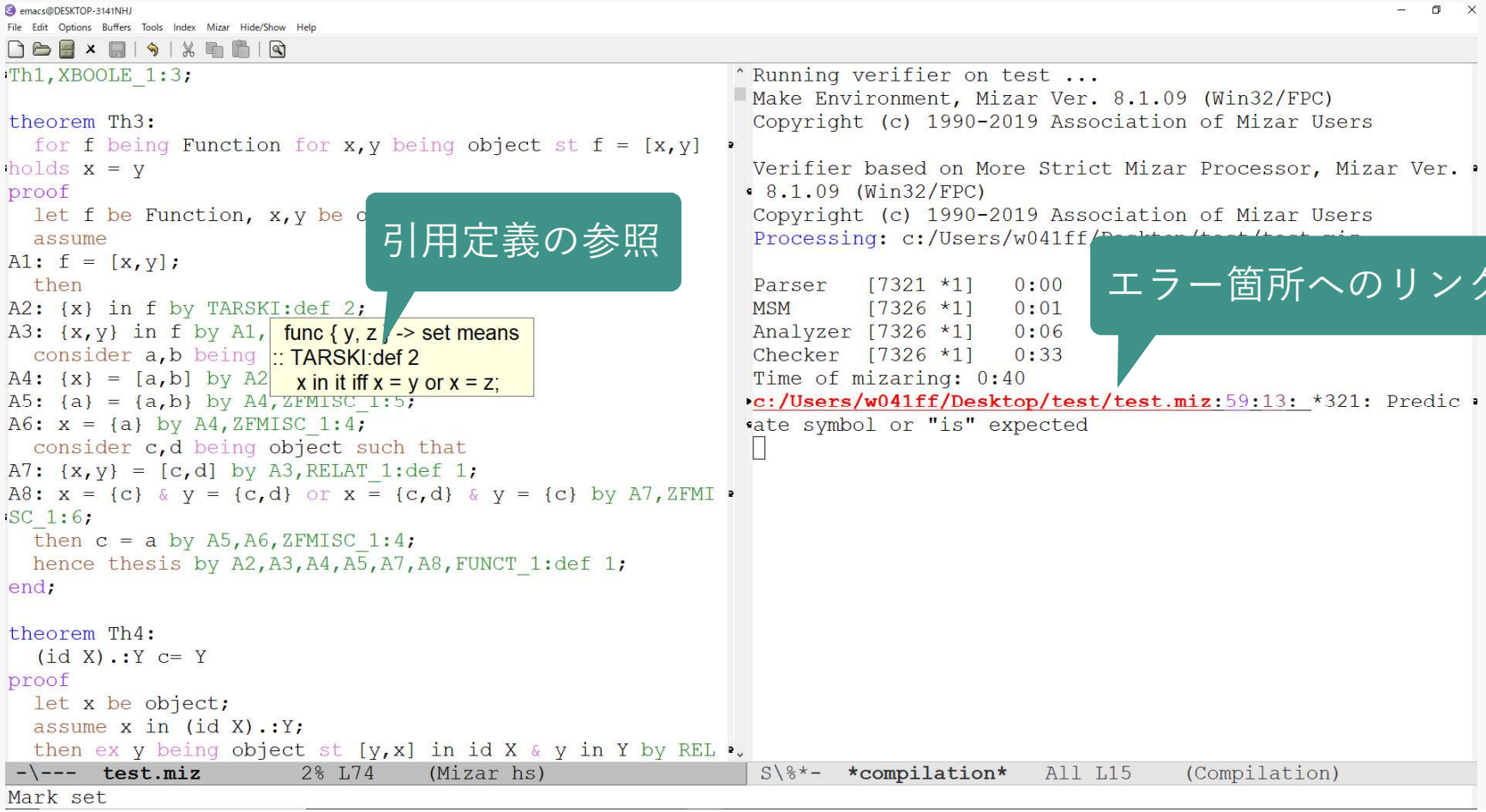
目次

Mizarを利用しやすくするための

エディタ拡張機能の作成

目次

Mizarの開発環境：Emacs for Mizar



Emacs for Mizarの課題

1. インストールが難しい

- 解説サイトが少ない
- ソースコードのコピペが作業が必要
- Emacsの知識が必要

2. キーバインドが独特

- 「C-c RET」「M-.」などの記法
- 一般的なショートカットキーと異なる

初心者にとってハードルが高い

他の定理証明支援系の開発環境

- **Visual Studio Code上の開発環境に関心が高まっている**
  - PVS,Lean,Coq等は既にサポートされている
- **実装状況**

○：実装済み　×：未実装

	ベース エディタ	入力補完機能	ホバー表示機能	定義元へ飛ぶ機能	ライブ診断機能
VSCode-PVS	VSCode	○	○	○	○
Lean	VSCode	○	○	○	○
Isabelle/jEdit	jEdit	○	○	○	○
CoqIDE	N/A	×	×	×	×
Emacs for Mizar	Emacs	×	○	○	×

目次

VSCode上でMizarをサポートする拡張機能を作成

実装機能

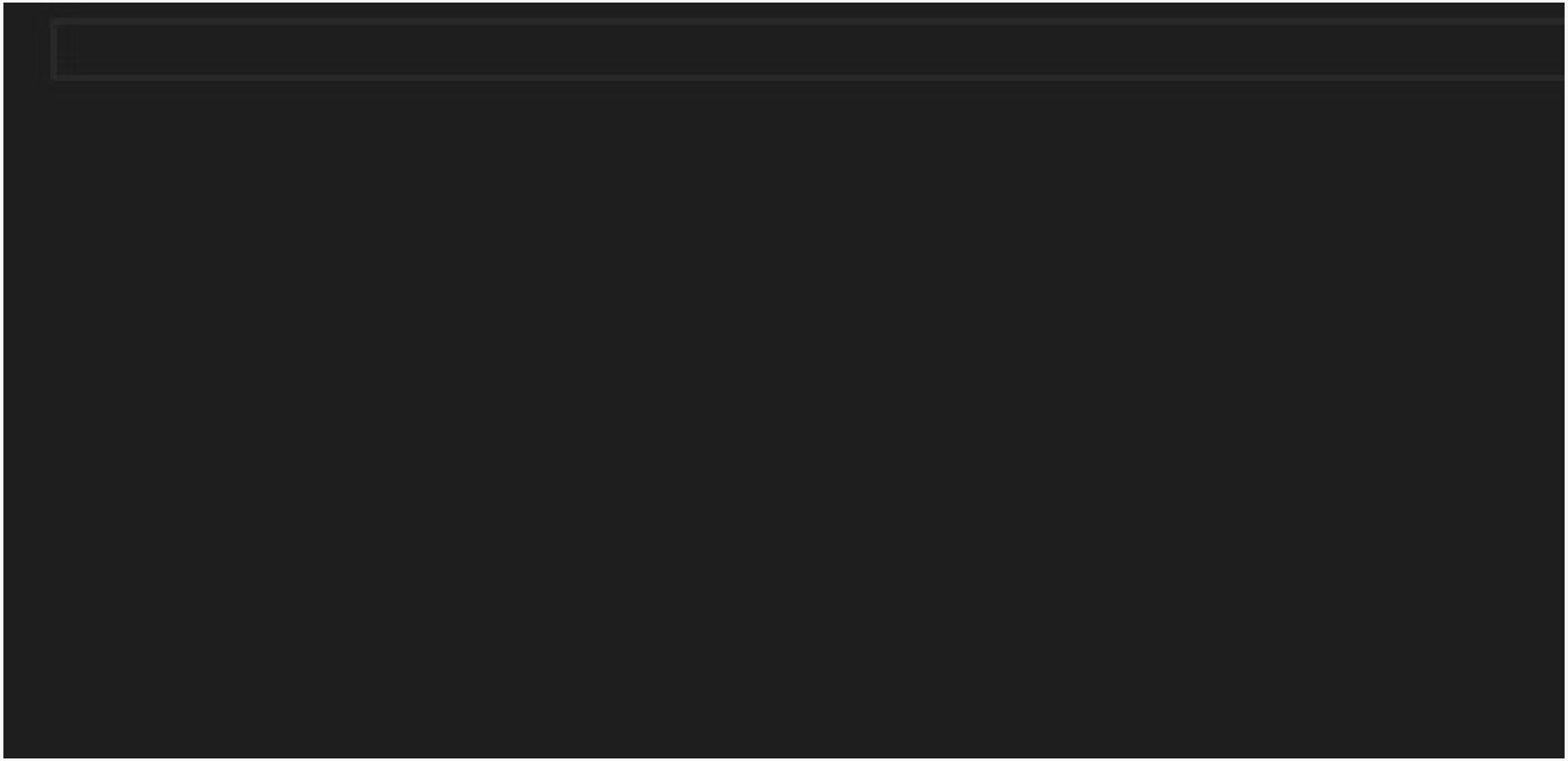
- シンタックスハイライト機能
- 自動インデント機能
- エディタ上でMizarコマンドを実行する機能
- ホバー表示機能
- 定義元へ飛ぶ機能（実装中）
- 入力補完機能（実装中）

シンタックスハイライト機能

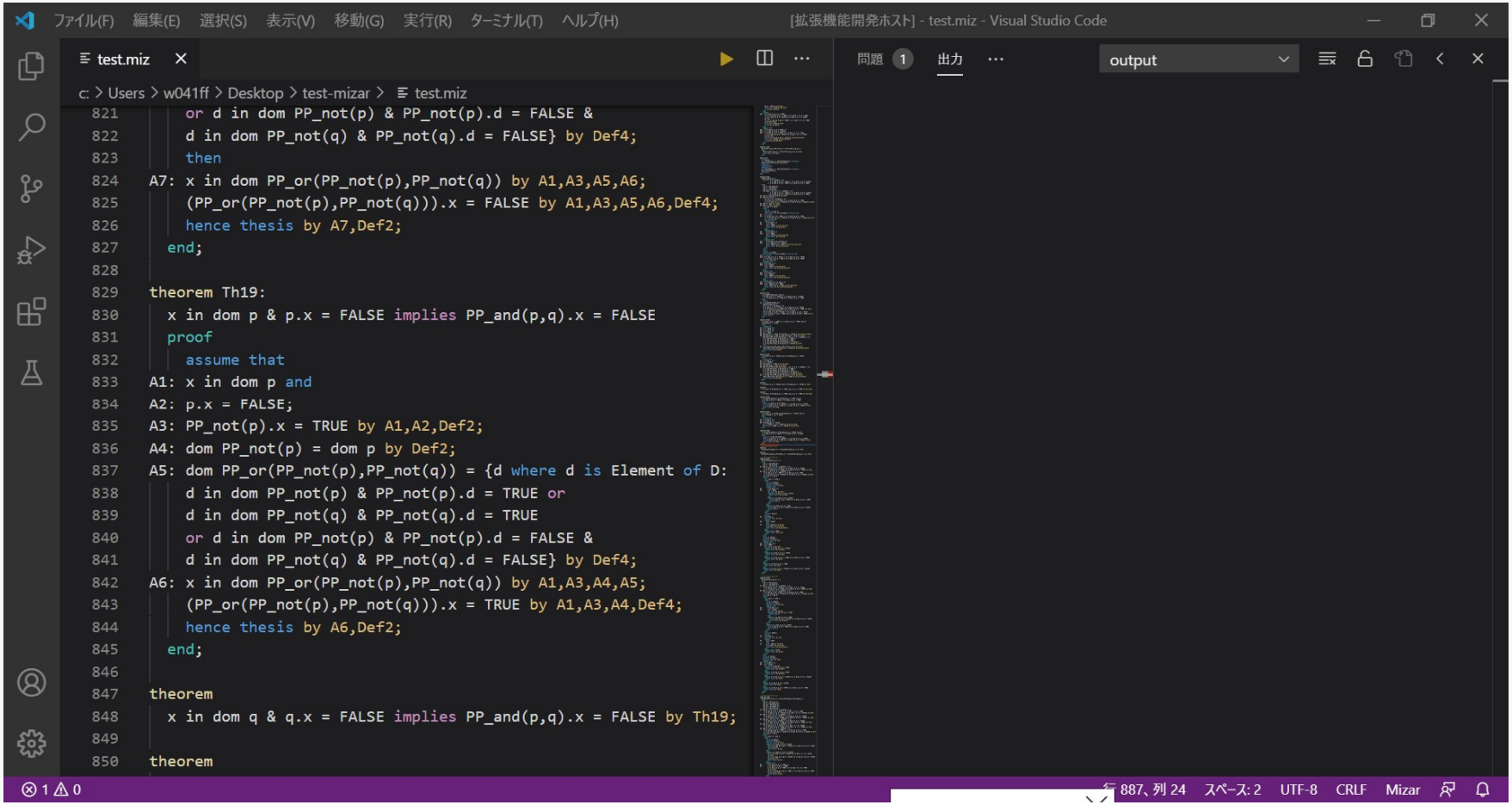
```
48  begin :: Semilattice of type widening
49
50  registration
51    cluster reflexive -> complete for 1-element RelStr;
52    coherence;
53  end;
54
55  definition
56    let T be RelStr;
57    mode type of T is Element of T;
58  end;
59
60  definition
61    let T be RelStr;
62    attr T is Noetherian means
63    :Def1:
64    the InternalRel of T is co-well_founded;
65  end;
```

```
48  begin :: Semilattice of type widening
49
50  registration
51    cluster reflexive -> complete for 1-element RelStr;
52    coherence;
53  end;
54
55  definition
56    let T be RelStr;
57    mode type of T is Element of T;
58  end;
59
60  definition
61    let T be RelStr;
62    attr T is Noetherian means
63    :Def1:
64    the InternalRel of T is co-well_founded;
65  end;
```

自動インデント機能



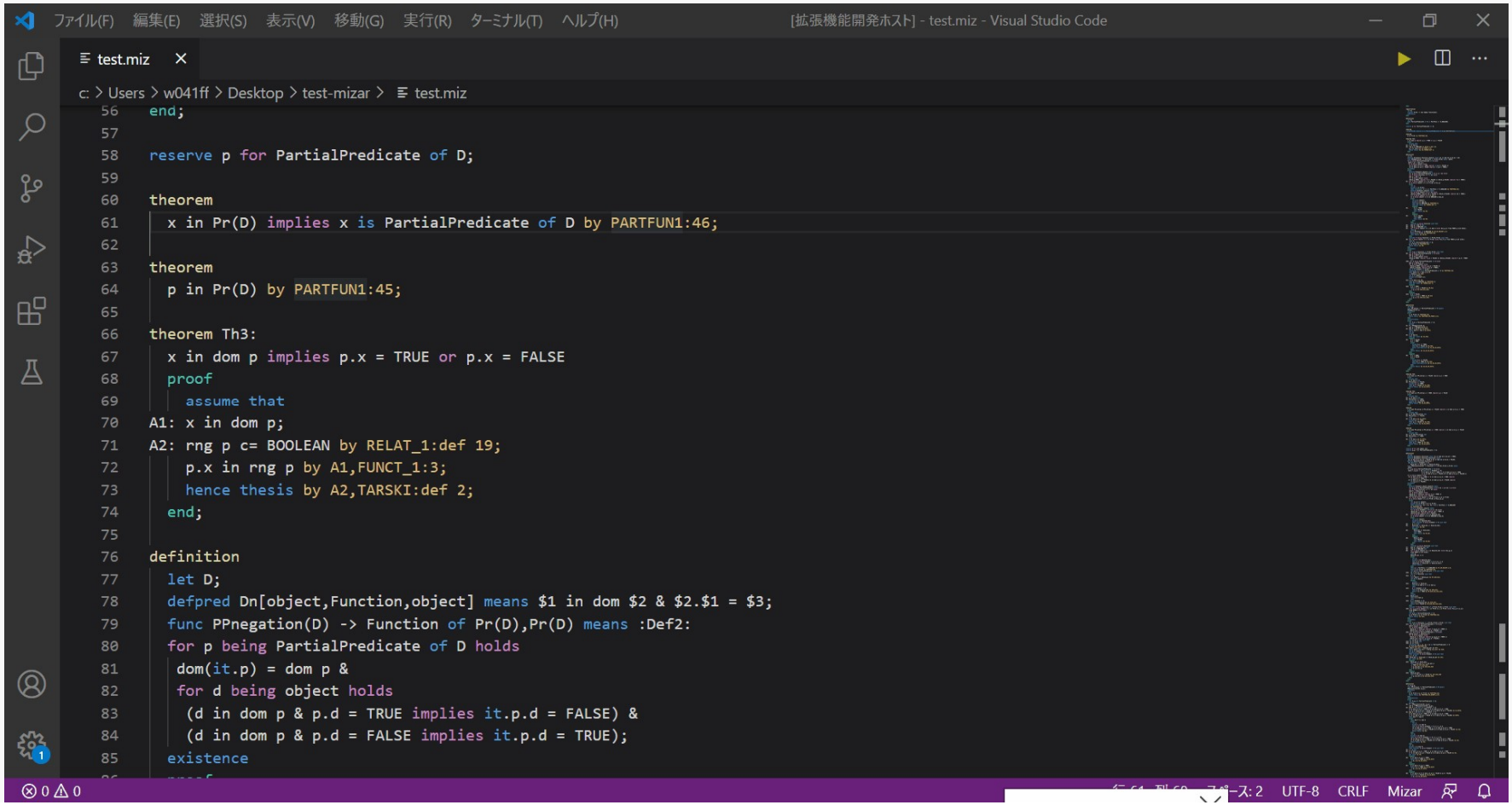
コマンド実行機能


ファイル(F) 編集(E) 選択(S) 表示(V) 移動(G) 実行(R) ターミナル(T) ヘルプ(H)
[拡張機能開発ホスト] - test.miz - Visual Studio Code
test.miz
c: > Users > w041ff > Desktop > test-mizar > test.miz
問題 1
出力
output
or d in dom PP_not(p) & PP_not(p).d = FALSE &
d in dom PP_not(q) & PP_not(q).d = FALSE} by Def4;
then
A7: x in dom PP_or(PP_not(p),PP_not(q)) by A1,A3,A5,A6;
(PP_or(PP_not(p),PP_not(q))).x = FALSE by A1,A3,A5,A6,Def4;
hence thesis by A7,Def2;
end;
theorem Th19:
x in dom p & p.x = FALSE implies PP_and(p,q).x = FALSE
proof
assume that
A1: x in dom p and
A2: p.x = FALSE;
A3: PP_not(p).x = TRUE by A1,A2,Def2;
A4: dom PP_not(p) = dom p by Def2;
A5: dom PP_or(PP_not(p),PP_not(q)) = {d where d is Element of D:
d in dom PP_not(p) & PP_not(p).d = TRUE or
d in dom PP_not(q) & PP_not(q).d = TRUE
or d in dom PP_not(p) & PP_not(p).d = FALSE &
d in dom PP_not(q) & PP_not(q).d = FALSE} by Def4;
A6: x in dom PP_or(PP_not(p),PP_not(q)) by A1,A3,A4,A5;
(PP_or(PP_not(p),PP_not(q))).x = TRUE by A1,A3,A4,Def4;
hence thesis by A6,Def2;
end;
theorem
x in dom q & q.x = FALSE implies PP_and(p,q).x = FALSE by Th19;
theorem
⊗ 1 ⚠ 0
行 887、列 24 スペース: 2 UTF-8 CRLF Mizar

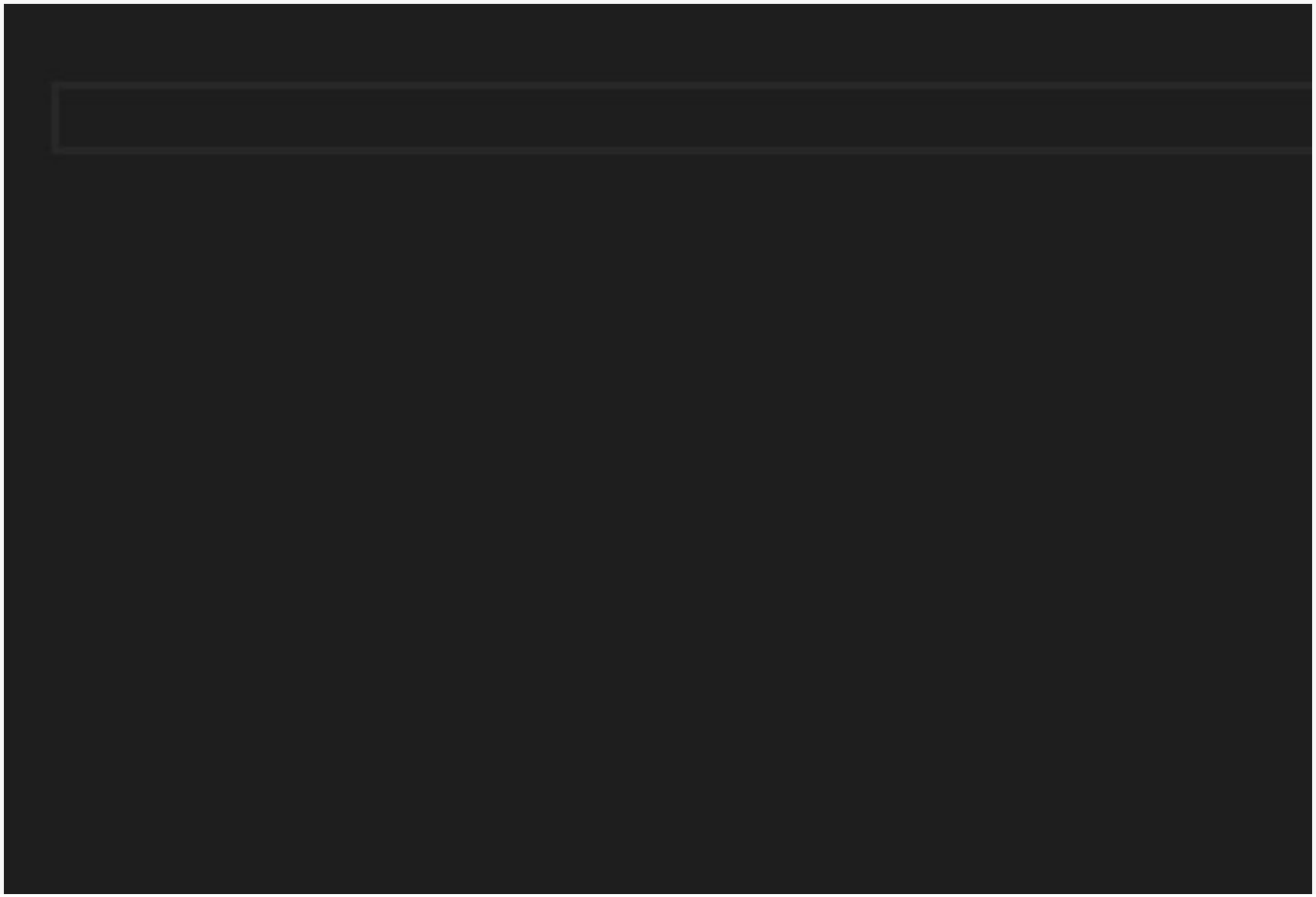
ホバー表示機能

```
A10: for p being PartialPredicate of D holds
    dom p = dom(g.p) &
    for d being object holds
     (Dn[d,p,TRUE] implies g.p.d = FALSE) &
     (Dn[d,p,FALSE] implies g.p.d = TRUE);
    let x be Element of Pr(D);
    reconsider p = x as PartialPredicate of D by PARTFUN1:46;
    thus dom(f.x) = dom p by A9
    .= dom(g.x) by A10;
    let a be object;
    assume a in dom(f.x);
    then
A11: a in dom p by A9;
    then p.a in BOOLEAN by PARTFUN1:4;
    then per cases by TARSKI:def 2;
    suppose
A12:  p.a = TRUE;
     hence f.x.a = FALSE by A9,A11
     .= g.x.a by A10,A11,A12;
```

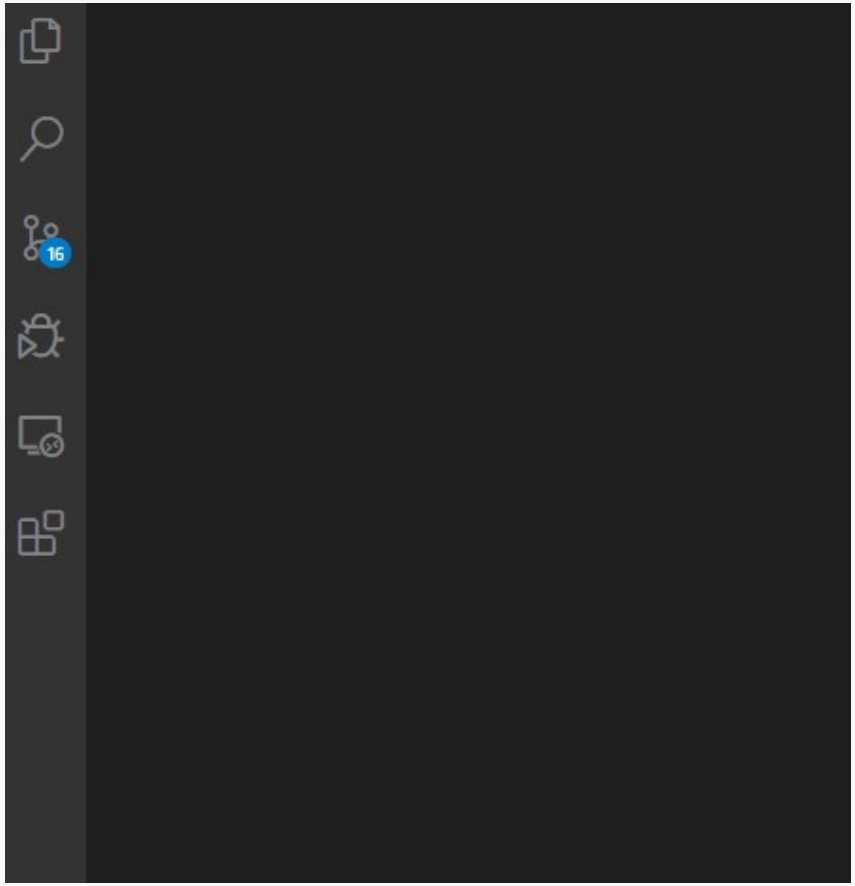
定義元へ飛ぶ機能


ファイル(F) 編集(E) 選択(S) 表示(V) 移動(G) 実行(R) ターミナル(T) ヘルプ(H)
[拡張機能開発ホスト] - test.miz - Visual Studio Code
test.miz
c: > Users > w041ff > Desktop > test-mizar > test.miz
56 end;
57
58 reserve p for PartialPredicate of D;
59
60 theorem
61 x in Pr(D) implies x is PartialPredicate of D by PARTFUN1:46;
62
63 theorem
64 p in Pr(D) by PARTFUN1:45;
65
66 theorem Th3:
67 x in dom p implies p.x = TRUE or p.x = FALSE
68 proof
69 assume that
70 A1: x in dom p;
71 A2: rng p c= BOOLEAN by RELAT_1:def 19;
72 p.x in rng p by A1,FUNCT_1:3;
73 hence thesis by A2,TARSKI:def 2;
74 end;
75
76 definition
77 let D;
78 defpred Dn[object,Function,object] means $1 in dom $2 & $2.$1 = $3;
79 func PPnegation(D) -> Function of Pr(D),Pr(D) means :Def2:
80 for p being PartialPredicate of D holds
81 dom(it.p) = dom p &
82 for d being object holds
83 (d in dom p & p.d = TRUE implies it.p.d = FALSE) &
84 (d in dom p & p.d = FALSE implies it.p.d = TRUE);
85 existence
⊗ 0 ⚠ 0
スペース: 2 UTF-8 CRLF Mizar

入力補完機能



インストール方法



- Visual Studio Codeを開く
- Extensionsをクリックし，“Mizar”と検索
- “Mizar Extension”のinstallをクリック

N-gramを用いた入力予測

- **N-gram**
  - N個の単語単位で，単語を切り出す手法
- **2-gram(bi-gram)の例**
  - 「I am a teacher」 -> 「I am」 「am a」 「a teacher」
  - 「I am sleeping」 -> 「I am」 「am sleeping」
  - 「I play soccer」 -> 「I play」 「play soccer」

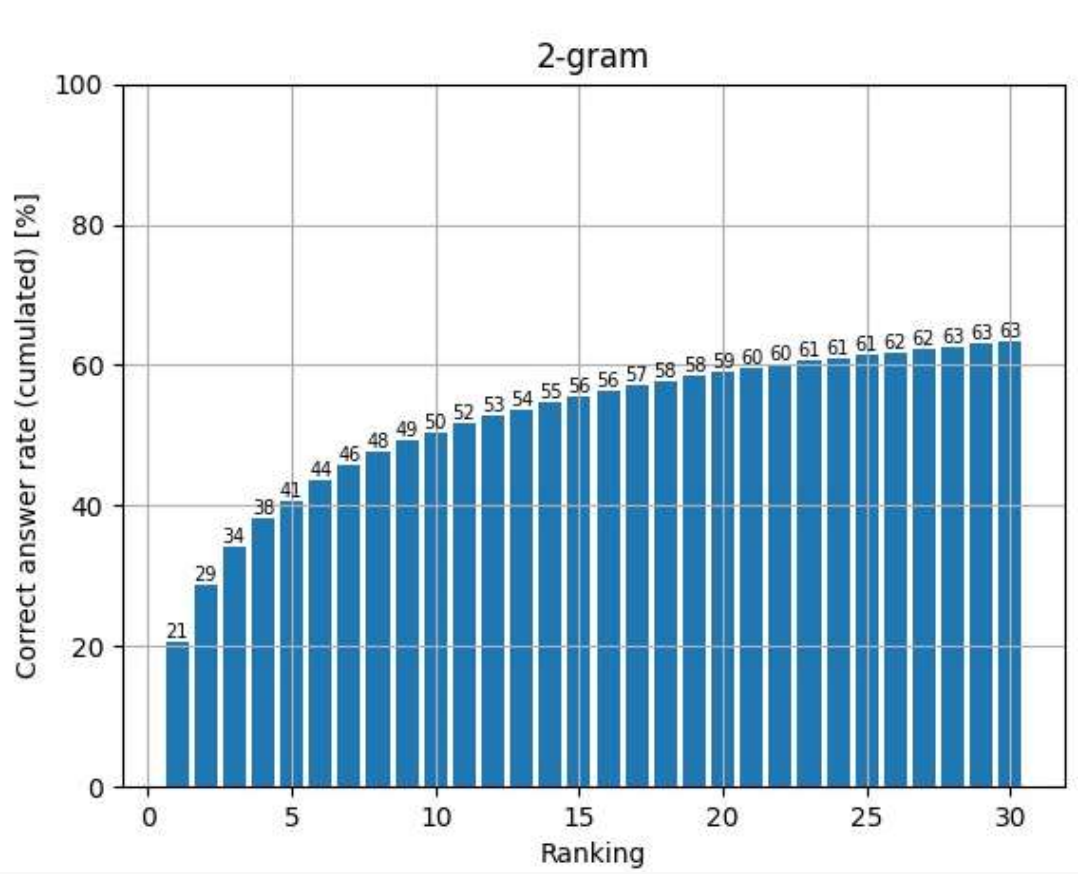
学習（カウント）して入力予測に利用

Mizarライブラリの学習と評価方法

- **Mizarライブラリ1100ファイルで単語の切り出し，カウント**
  - 2-gramによる切り出し
  - 3-gramによる切り出し
  - 4-gramによる切り出し
- **残りの255ファイルでそれぞれの予測精度を評価**

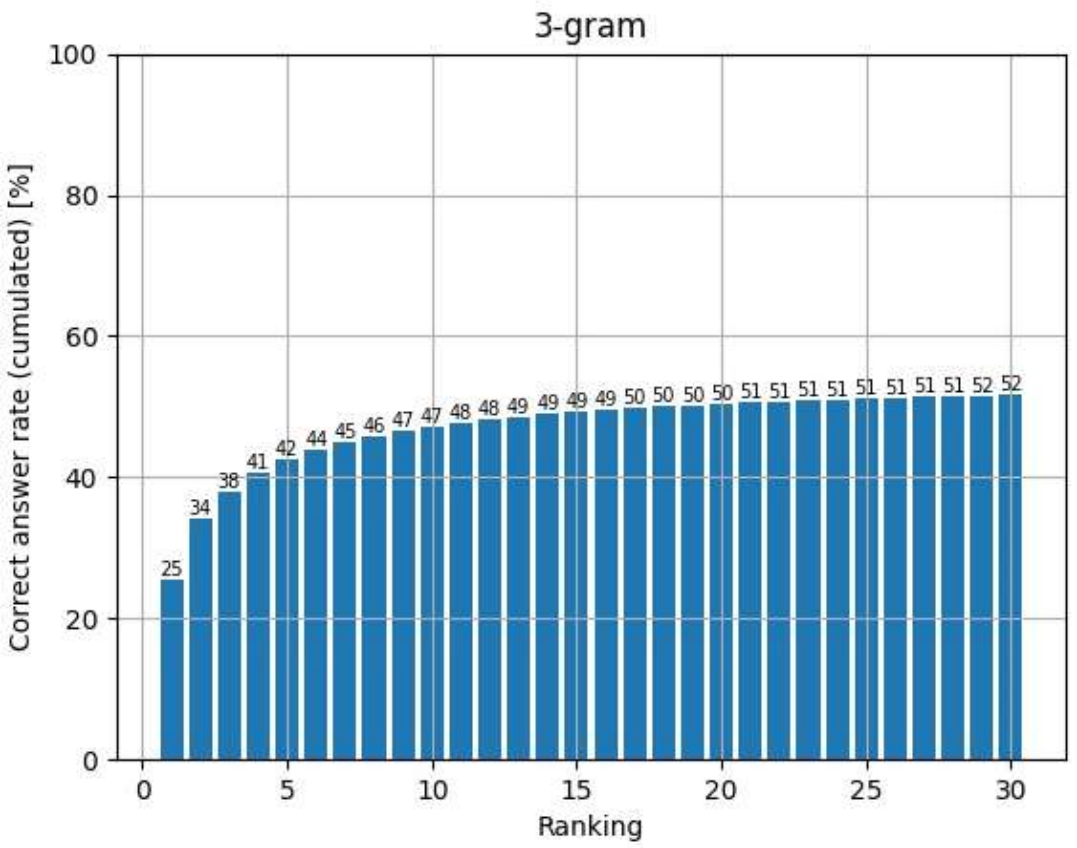
目次

2-gramの精度



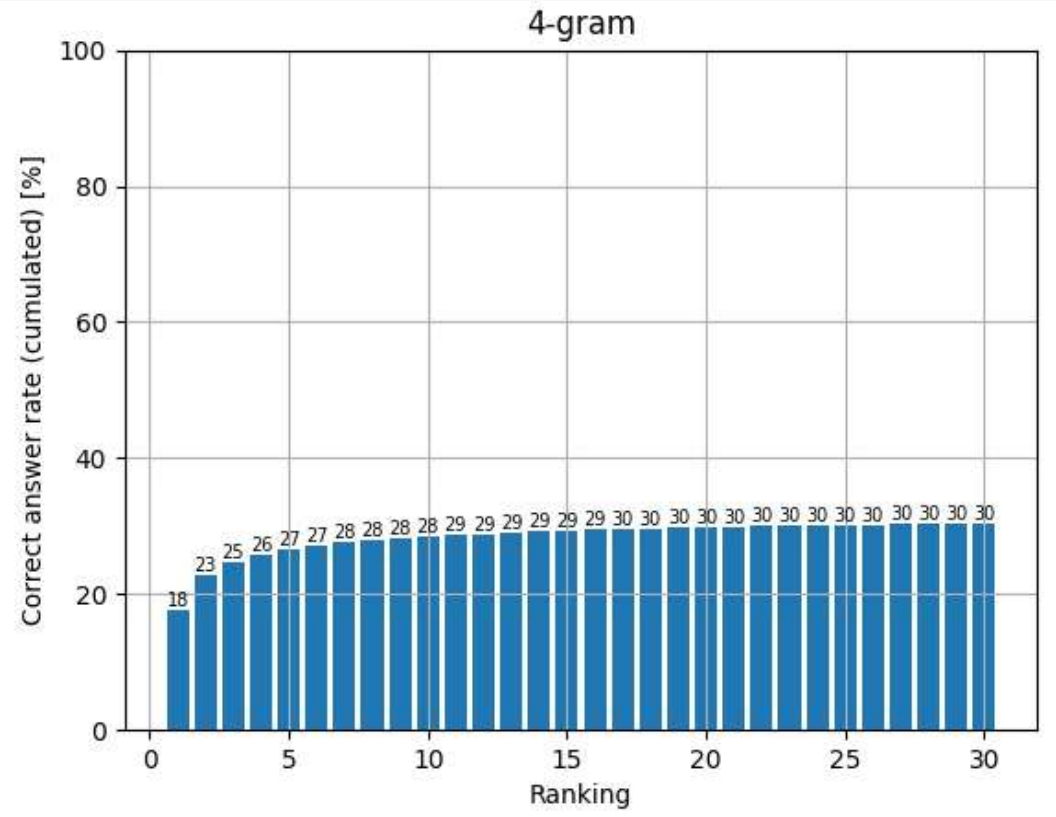
- 第1候補は21%の正解率
- 30候補以内で63%の正解率

3-gramの精度



- **第1候補は25%の正解率**
  - 2-gramは21%
- **30候補以内で52%の正解率**
  - 2-gramは63%

4-gramの精度



- 第1候補は18%の正解率
- 30候補以内で30%の正解率

実装状況の比較

○：実装済み
△：実装中
×：未実装

	ベース エディタ	入力補完機能	ホバー表示機能	定義元へ飛ぶ機能	ライブ診断機能
VSCode-PVS	VSCode	○	○	○	○
Lean	VSCode	○	○	○	○
Isabelle/jEdit	jEdit	○	○	○	○
CoqIDE	N/A	×	×	×	×
Emacs for Mizar	Emacs	×	○	○	×
本研究	VSCode	△	○	△	×

目次

成果と課題

- **成果**
  - 「独特なショートカットキー」「インストールの手間」を解消
- **課題**
  - 「定義へ飛ぶ」「入力補完」機能のリリース
  - 入力補完機能の精度向上
    - 変数名を型名に置き換える
    - Word2vecなど，他の機械学習の手法で挑戦

目次

謝辞

- 本研究はJSPS科研費 JP20K19863の助成を受けたものです。

機能の詳細

- 入力補完機能：入力中にキーワードと識別子を提案する機能
- ホバー表示機能：有益なポップアップを表示する機能
- 定義元へ飛ぶ機能：識別子が定義されたファイルを開く機能
- ライブ診断機能：入力中にエラー情報を表示する機能