数式グラウンディングの自動化に向けて

朝倉卓人（東大），宮尾祐介（東大），相澤彰子（NII）

NLP若手の会 (YANS) 第16回シンポジウム

提案タスク：数式グラウンディング [Asakura+ 2020]

1. 数学概念を指すトークンのまとまり（単語）を認識
2. 各単語に，その語の指し示す数学概念を紐付ける

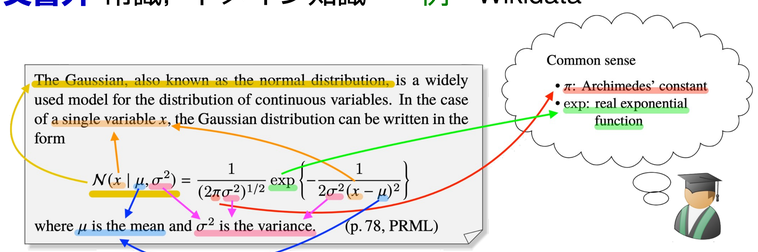
機械学習のアルゴリズムによって得られるのは関数$\mathbf{y}(\mathbf{x})$である．この関数に，新たに数字の画像 $\mathbf{x}$ を入力すると，目標ベクトルと符号化の仕方が等しい出力ベクトル $\mathbf{y}$ が出力される．関数$\mathbf{y}(\mathbf{x})$の詳細な形は訓練データに基づいて求められる．(PRML, p. 2)

グラウンディング情報源

文書内外の数式グラウンディングの**根拠**となるもの

文書内 周辺テキスト，数式　　例　同格名詞，$\stackrel{\text{def}}{=}$

文書外 常識，ドメイン知識　　例　Wikidata



数式グラウンディングの困難性

- 数式中の記号や構文の**曖昧性**　例　$f(a+b)$
- 常識やドメイン知識の必要性

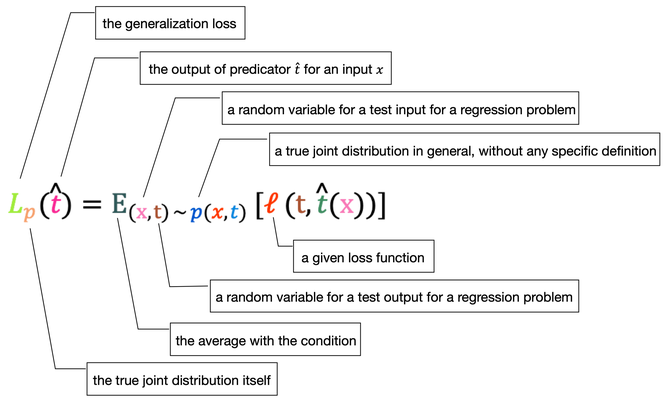
PRML第1章におけるトークンyの多義性

本文のテキスト断片	yの意味
…得られるのは関数$\mathbf{y}(\mathbf{x})$である…	画像を入力とする関数
…出力ベクトル$\mathbf{y}$が出力される…	関数$\mathbf{y}(\mathbf{x})$の出力ベクトル
2つの確率変数ベクトル$\mathbf{x}$と$\mathbf{y}$に…	確率変数ベクトル
…同時分布$p(\mathbf{x},\mathbf{y})$を考えよう．	$\mathbf{x}$に対応する値

数式グラウンディング＝説明アライメント＋共参照解析

説明アライメント

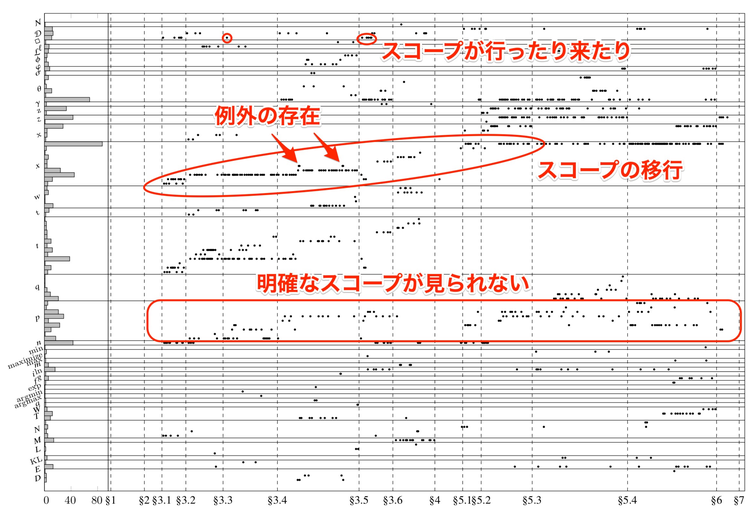
- 各トークンに説明 (description) を付与するタスク
- いくつか先行研究あり　[Aizawa+ 2013, Alexeeva+ 2020, etc.]
  →ほとんどがトークンの意味は文書内で一定と仮定



共参照解析

桃太郎は桃から生まれた．
→ 共参照
彼は鬼退治に出かけた．

数式識別子の出現と数学概念 [Asakura+ 2020]



アノテーションツール MioGatto [Asakura+ 2021]

Math Identifier-Oriented Grounding Annotation Tool

- 数式グラウンディングデータ構築のための独自ツール
  →Web ベース GUI（Python＋TypeScript 実装）
- アノテーションできるもの
  - 数学概念（説明，付加情報，共参照情報）
  - グラウンディング情報源
- 4月に**オープンソース**として公開！（MIT ライセンス）

`https://github.com/wtsnjp/MioGatto`

アノテーション体制と進捗

- アノテータ8名（まだまだ募集中！）
  → NLP 4名・論理学2名・代数学1名・物理学1名
- 重複のあるグラウンディング情報源を集計

グラウンディング情報源の重複（対アノテータ1）

	アノテータ1	アノテータ2	アノテータ3
すべて	232	249	257
概念一致	—	159 (63.9%)	183 (71.2%)
概念不一致	—	41 (16.5%)	53 (20.6%)

自動化の方針

1. 文書内グラウンディング情報源の**特定・抽出**
   → パターンマッチ＋品詞分解（同格名詞）利用
2. 文書内情報源のクラスタリングによる**「辞書」生成**
   → Short Text Clustering 手法 [Jiaming+, 2017] の適用
3. 文書中の各数式トークンと「辞書」項目の**関連付け**
   → パターンマッチ＋品詞分解＋分類モデル