

動詞項構造辞書への大規模用例付与*

平野 徹 飯田 龍 藤田 篤 乾 健太郎 松本 裕治
奈良先端科学技術大学院大学
{tooru-h,ryu-i,atsush-f,inui,matsu}@is.naist.jp

1 はじめに

項構造とは述語とその項の間の意味的な関係を表現する構造の一つである。たとえば、述語「ひらく」の一つの項構造は [agent, theme] のように表すことができる¹。所与の文章中の各述語に対して、(1) 述語が取り得る項構造のうち最も文の解釈に適った項構造を選択し、(2) その構造の各項に対応する要素を同定する処理を項構造解析と呼ぶ。たとえば、文「彼が扉をひらく」が与えられたときに、図1のような項構造辞書の中の述語「ひらく」の項構造の中から対応する項構造を選択し、入力文の格要素を各項に割り振ることで構造 [agent:彼, theme:扉] を得る処理である。項構造解析が実現すると、「彼が扉をひらく」⇔「扉がひらく」のような交替に代表される表現の多様性を吸収でき、言い換えや情報抽出、質問応答などの自然言語処理技術の高度化につながる。

述語の項構造に関する研究は、Fillmore [3] の格文法など古くから関心を集めており、近年では Dorr [2] によって項構造辞書作成の方法論が開発されている。また、項構造情報を含む詳細な動詞辞書 FrameNet [1] や項構造タグ付きコーパス PropBank [6] の作成も報告されている。

近年提案されている項構造解析手法はおおきく教師なし手法と教師あり手法に分類することができる。教師なし手法では、Lapata ら [9] のように項構造辞書の下位範疇化の構造を利用して擬似的に訓練事例を作成する手法などが提案されているが、一般に解析精度が低い。これに対して、教師あり手法では教師なし手法よりも精度が高いが、学習用コーパス中の各述語に対し (i) 取り得る項構造が項構造辞書中のどの項構造に対応するか、および (ii) 選択した項構造の各項と文章中の要素を対応付けるというタグ付与作業が必要であるためコストが高いという問題がある。

そこで、本稿では教師あり手法で必要なタグ付き事例をいかに効率的に作成できるかについて議論する。具体的には、いくつかの類似性に基づき用例集合²をクラスターリングし、得られたクラスターにタグを付与することでタグ付与コストを削減する手法を提案する。評価実験では、実際に提案手法を用いていくつかの述語についてタグ付き事例を作成し、それを用いた項構造解析の実験を通して、提案手法の有用性と大規模な訓練事例を利用することがどの程度精度向上に寄与するかを調査する。

動詞:ひらく			
語義1: 閉じていた物を開放状態にする。			
項構造1 [agent, theme]			
表層格ボタン1	が(agent), を(theme)	表層格ボタン2	が(theme)
用例	彼が 扉を 部長が 口を :	用例	扉が 傘が :
語義2: 会を催す。			
項構造2 [agent, theme]			
表層格ボタン1	が(agent), を(theme)		
用例	出版社が サイン会を デパートが 展覧会を :		

図1: 動詞項構造辞書の一例(「ひらく」について)

2 タグ付与作業のコスト削減

入力文の各動詞の項構造を解析するタスクには、次の5種類の曖昧性の解消が必要である。

1. 「は」「も」「無格³」が兼務する表層格の曖昧性
2. 連体修飾節に関する曖昧性
3. 述語の取る項構造の曖昧性
4. 格の意味役割の曖昧性
5. ヴォイスによる格交替の曖昧性

連体修飾節に関する曖昧性には、連体修飾節の述語と被修飾名詞との間に格関係がない外の関係と関係がある内の関係の曖昧性がある。さらに内の関係では被修飾名詞の表層格の曖昧性がある。上の5種類の曖昧性のうち1, 2の曖昧性は、表層格レベルの問題であるため、河原ら [5] の手法のように全自動で収集した用例を使って解消できる可能性がある。少なくとも、項構造情報を教示したデータを使う必要は必ずしもない。一方、3, 4, 5の曖昧性を解消するには述語の取りうる項構造と入力文とを照らし合わせる必要があるため、項構造情報のタグを付与したデータが必要となる。そこで本稿では3, 4, 5の曖昧性の解消に用いる訓練事例の効率的収集に焦点をあて、タグ付与作業のコスト削減を考える。

問題設定として、大量のタグなし用例と項構造辞書が与えられていると仮定する。タグなし用例は、大規模な生コーパスの文書を係り受け解析することによって収集可能である。一方、項構造辞書は Dorr が提案した交替現象に基づく作成手法により実現できる見通しがあり、

*Large-scale Example-assignment to Argument Structures in Verb Dictionary
Toru Hirano, Ryu Iida, Atsushi Fujita, Kentaro Inui and Yuji Matsumoto
Nara Institute of Science and Technology

¹agent, theme は項が述語に対してどのような意味的關係となっているかを表す意味役割である。

²係り受け解析結果から述語とその係り受けを取り出したものを用例と呼ぶ。

³無格とは、「明日東京に行く」の「明日」のように助詞のない格。

本稿では図1に示すような項構造辞書を仮定する．この項構造辞書では，各述語に一つ以上の項構造が定義されており，各項構造に取りうる表層格パターンと小規模の用例が記述されているものとする．

以上の仮定のもとで，大規模用例集合を次の二つの類似性に基づいてクラスタリングする．また得られたクラスタすべてにタグを付与する必要はなく，選択的にサンプリングすることでさらに作業コストを削減することを考える．

類似性 A：ある動詞について同じ項構造を持つ用例は，格の出現パターンとそれぞれの格要素が類似している

類似性 B：意味的な類似性がある二つの動詞は，格の出現パターンとそれぞれの格要素が類似している⁴

本稿では，類似性 A に基づく用例クラスタリングと類似性 B に基づく用例クラスタリングの 2 種類を行う．2.1 で類似性 A，2.2 で類似性 B に基づく用例クラスタリングについて述べる．

2.1 格要素ベースクラスタリング

類似性 A に基づき，一つの動詞において類似する用例にそれぞれタグを付与する冗長な作業の削減を目指す．また表層格フレーム辞書を自動構築する河原ら [5] の「動詞と直前の格要素をペアにして考えると動詞の用法はほとんど一意に決定される」という主張を踏襲し，次の 3 つのステップでクラスタリングを行う．

1. 直前格要素が同じ用例のクラスタリング
2. 直前格が同じ用例のクラスタリング
3. 直前格が異なる用例のクラスタリング

用例間の類似度として用例収集に用いた生コーパス中の用例の出現回数を考慮し，上の順序で段階的にクラスタリングを行うことで，直前格の出現回数が他の格よりも多くなるように処理を進めることができる．これによって動詞の直前格を重視した用例クラスタリングが可能となる．

また各ステップで対象の用例間の類似度を計算し，設定する閾値を超える用例ペアの中で最も類似度の高いペアからマージするボトムアップクラスタリングを行う．ただし，異なる項構造を持つ用例（クラスタ）が誤ってマージされないようにいくつか工夫する必要がある．詳細は 3.2.1 で述べる．

2.2 動詞ベースクラスタリング

すでに人手でタグ付与された動詞 S と類似する動詞 T の用例集合にタグ付与する際に，上述の類似性 B に基づいて次の 3 つの処理でクラスタリングを行う．

1. 表層格が最も多い用例⁵を動詞 T のクラスタを代表する用例として選択する．
2. 1 で選択された用例と動詞 S の用例の中で表層格パターンが同じでかつ最も類似する用例を対応付ける．
3. 動詞 T の異なるクラスタに属する用例が動詞 S の同じ項構造の用例に対応付けられた場合に，動詞 T 側の 2 つのクラスタをマージする．

図 2 を用いて処理の流れを説明する．まず，ステップ 1 で動詞 T のクラスタ 1 の代表用例を T_1 ，クラスタ 2 の

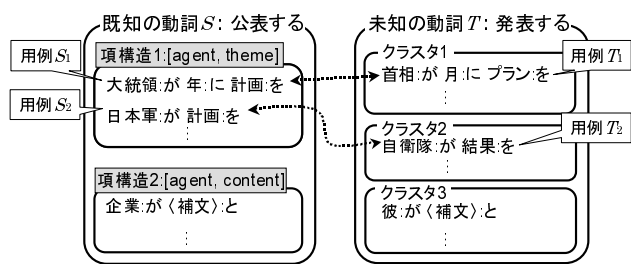


図 2: 動詞の類似性に基づくクラスタリング

代表用例を T_2 として選択したとする．ステップ 2 で T_1 ， T_2 のそれぞれと最も類似度の高い用例を動詞 S 側の用例集合から選択し対応付ける．ここではそれぞれ用例 S_1 と用例 S_2 が対応付けられたとする．最後に，動詞 S 側で用例 S_1 ， S_2 が同じ項構造であるというタグ付与情報を利用して，クラスタ 1 とクラスタ 2 をマージする．

2.3 選択的サンプリング

上述の二つのクラスタリング手法によって得られたクラスタの中には，項構造解析にとってタグを付与することが冗長なクラスタが存在すると考えられる．そこで，得られたクラスタを選択的にサンプリングし，一部の代表的なクラスタにタグを付与することで作業コストをさらに削減することを考える．たとえば，クラスタ内の用例数が多くタグ付与済みのクラスタに似ていないクラスタからサンプリングするなどが考えられる．

3 評価実験

評価実験では，提案手法の有用性と大規模な訓練事例を利用することがどの程度精度向上に寄与するかを調査した．項構造解析モデルとして最近傍法を，また用例間の近さを計算するのに黒橋ら [8] が提案する計算方法を利用した⁶．まず，両実験で使用する実験データと用例クラスタリングの設定について説明する．

3.1 評価実験データ

4 つの動詞（「話す」、「発表する」、「発売する」、「増える」）を用いて評価した．これらの動詞は後述するテストデータのコーパス中に頻出する動詞であり，それぞれの動詞が持つ項構造数は「話す：5」、「発売する：1」、「発表する：3」、「増える：2」である．例として，表 1 に「話す」の項構造辞書の項目を示す．この項構造辞書は IPAL 動詞辞書 [4] を基に今回収集した用例を参考に作成したものである．この 4 つの動詞に対して 13 年分の新聞記事から抽出した 8385 用例をクラスタリングし，各クラスタに項構造を対応付けて，項構造解析の訓練事例とした．

項構造解析実験のテストデータとして，上の 13 年分の新聞記事以外の文書から対象動詞の 220 用例にひとつずつ人手でタグ付けしたものをを用いる．このテストデータには，2 節で述べた 1 および 2 のタイプの曖昧性は含まないものとする．実際には「は」、「も」、「無格」の曖昧性は人手で解消した結果を与え，連体修飾節の被修飾名詞はテストデータから除いた．本研究ではタグ付き用例を収集することで解けるようになる 3，4 の曖昧性について評価実験を行なう．5 の曖昧性については，文書

⁴Levin[10] が提案する交替現象に基づく動詞分類の基本的な考え方．

⁵クラスタを代表する用例は複数ある場合もある．

⁶分類語彙表 [7] を利用して名詞間の類似度を定めた．また用例間の類似度に名詞間の類似度の和を用いた．

表 1: 動詞「話す」の項構造辞書の項目

語義	項構造	用例
口に出して、ある事を人に知らせる。	1 [agent, theme, beneficiary]	彼が 用件を 先方に 話す。 彼が 事件について 警察に 話す。 先生が そんなことまで 生徒に 話す。 私から 結婚について 親に 話す。 彼女から 将来のことを 彼氏に 話す。
	2 [agent, beneficiary, content]	彼が 母に 明日出発すると 話す。
	3 [agent, theme, beneficiary, content]	妻が 映画を すばらしかったと 話す。 警察が 市民に 事件について 解決したと 話す。
複数の者で会話、討議する。	4 [agent, theme]	政治家が 貿易摩擦問題を 話す。 先生らが いじめについて 話す。
ある言語を用いる。	5 [agent, theme]	彼が 英語を 話す。

中の約 1 割の述語が格交替を生じるヴォイスを伴って出現したが、今回はそれらを除いて評価実験を行った。

3.2 用例クラスタリングの設定

項構造と対応付けるために収集できる用例には「は」、「も」、「無格」を伴った用例があるが、これらは兼務する表層格の曖昧性があるためクラスタリングの対象としない。また、格交替が生じる可能性のあるヴォイスを伴う述語の用例や連体修飾節の被修飾名詞も除いた用例集合でクラスタリングを行った。

3.2.1 格要素ベースクラスタリング

用例間の類似度の計算式は河原ら [5] の提案した計算式⁷を導入した。ただし、異なる項構造の用例を誤ってマージしないように次の制約を加えた。

- 一方の用例の格パターンが他方の用例の格パターンを包含する場合のみマージする

この制約の導入により、用例「彼が 結婚について 両親に 話す」と「私から 結婚について 両親に 話す」を「彼が 私から 結婚について 両親に 話す」のように「話す」の agent が 2 つ存在するといった誤ったマージをすることを避け、保守的にクラスタリングを行うことができる。

格要素ベースクラスタリングでは、3 ステップのそれぞれで閾値を設定する必要がある。今回は経験的に 0.9、0.85、0.8 とした。

3.2.2 動詞ベースクラスタリング

4 つの動詞「話す」、「発表する」、「発売する」、「増える」(T) の用例クラスタリングに「語る」、「公表する」、「売り出す」、「減る」(S) のタグ付き用例 4551 個を利用する。このタグ付き用例は格要素の類似性を用いたクラスタリング結果に人手でタグを付与し作成したものである。

動詞ベースクラスタリングのステップ 2 における閾値は 0.85 に設定した。

3.3 提案手法の有用性の評価実験

提案手法の有用性を示すために次の 3 点を経験的に明らかにする。

(a) タグ付与作業のコスト クラスタリングの結果得られるクラスタ数だけタグ付与作業を人手で行う必要がある。クラスタに項構造を対応付ける作業は、クラスタを代表する用例 1 つに対してタグ付与を行うことで実現できる。

⁷用例間の対応する格の割合と、対応する格要素の類似度による。

表 2: 提案手法の作業コスト、品質と項構造解析精度

	(a) [個]	(b) [%]	(c) [%]
ベースライン	8385	0.00	99.31
格要素ベースクラスタリング	2745	0.31	97.71
動詞ベースクラスタリング	1505	0.70	97.29

したがってクラスタリング結果のクラスタ数でタグ付与作業のコストを評価する。

(b) タグ付与の品質 各用例に対して人手でタグを付与し、正解事例を作成済みである。この事例と提案手法によって得られた事例を比較し、タグ付与誤りの割合でタグ付与の品質を評価する。

(c) 項構造解析精度 項構造解析は一文ごとに処理を行うため、省略などによって文脈を見なくては項構造を一意に決定することができない。そのような入力に対しては可能な項構造解析結果を漏れなく出力する処理であることが望まれる。そこで項構造解析の評価尺度として、類似度の順で解析結果を出力していき、正解を漏れなく答えたとときの精度で評価する。つまり再現率が 100% のときの精度で項構造解析を評価する。上の (a)~(c) について以下の 3 つの手法を用いて比較実験を行なった結果を表 2 に示す。ベースラインには、用例にひとつずつタグを付与するやり方を採用した。

1. ベースライン
2. 格要素ベースクラスタリング
3. 動詞ベースクラスタリング

表 2(a) が示すように、格要素ベースクラスタリングによってベースラインの作業コストを約 3 分の 1 (2745/8385) に削減し、動詞ベースクラスタリングを用いてさらに半減できた。この結果より、用例のクラスタリングに一般的な名詞の類似度を用いた手法に加え、類似する動詞のタグ付き用例を利用して、未知の動詞の用例をさらにマージすることができたと言える。また、動詞ベースクラスタリングは格要素ベースクラスタリングと比べ、タグ付与品質では多少の低下が見られるものの、項構造解析の精度にはほとんど影響しなかった。つまり、タグ付与作業済みの動詞が増えることで、項構造解析精度を保ったままタグ付与作業のコストをさらに削減できると考えられる。

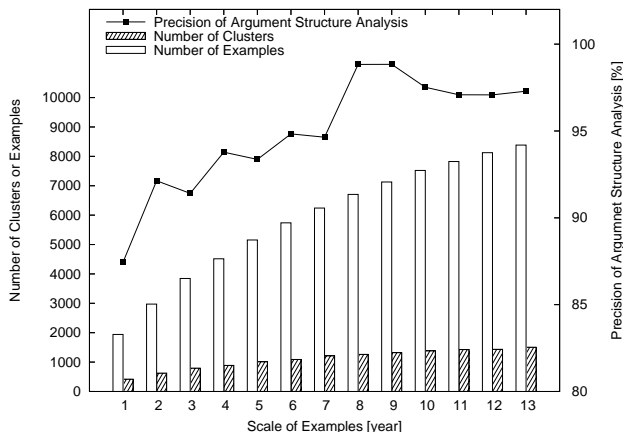


図 3: 用例規模に対する用例異なり数とクラスタ数, 項構造解析精度

3.4 用例規模の異なりによる評価実験

大規模な訓練事例を利用することがどの程度項構造解析精度の向上に寄与するかを評価するため, (a) タグ付与コストの削減効果と (c) 項構造解析精度について用例集合の規模を年単位で増加させたときの変化を調べた.

図 3 は動詞ベースクラスタリングを用いたときの結果である. 横軸は用例規模であり, 棒グラフはそれぞれ用例異なり数とそれをクラスタリングすることによって得られるクラスタ数を示している. また折れ線グラフは項構造解析精度である. 図 3 を見ると, 用例規模が増加すると収集できる用例異なり数は増加し続けているのに対し, 得られるクラスタ数は収束しつつある. この結果から判断すると, 用例規模が増加したときに得られる用例はすでに収集された用例と類似している可能性が高く, 用例が増加しても項構造解析の精度は向上するかどうかはわからない. しかし, 図 3 の項構造解析の結果からわかるように, 実際は新たに用例が増えることで精度が向上しており, 我々の提案する手法を使って効率的に用例を収集することで直接的に精度向上に結びつけることができる.

ちなみに, 「は」「も」「無格」の曖昧性を人手で解消した結果を与えずに, 黒橋ら [8] の手法で項構造解析と「は」「も」「無格」の曖昧性解消を行った結果, 項構造解析精度は 90.81 % であり, 人手で曖昧性を解消した結果と比べ約 7 % 低下している. この結果より, 項構造解析精度を改善するにはこの種の多義性解消の問題に取り組む必要があることが明らかになった. 「は」「も」「無格」の曖昧性を解消するためには, 単純に用例を増やすだけでなく, ゼロ照応解析や連体修飾の解析との統合について検討すべきであると考えられる.

3.5 タグ付与するクラスタ選択的サンプリング

動詞ベースクラスタリングで得られるクラスタ集合に対し, サイズの大きいクラスタから順にタグ付与を行った. 結果を図 4 に示す. タグ付与を行ったクラスタ数 (横軸) に対する, 項構造解析精度とタグ付けされる用例数の変化を表している. 結果, 今回のサンプリング方法では精度が収束しておらず, 単にクラスタサイズに基づいてサンプリングするだけでは必ずしも良い結果が得られないことがわかった. 今後, どのような基準でサンプリングするか, およびタグ付与作業の終了条件について検

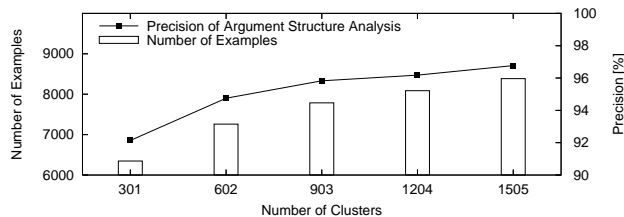


図 4: 選択的サンプリングによる項構造解析精度

討を重ねる必要がある.

4 おわりに

本稿では, 項構造解析の精度向上を目指して, 用例と項構造を対応付けるタグ付与作業コストの削減について議論した. また, 動詞に関する 2 種類の類似性に基づき用例をクラスタリングすることで作業コストを削減する一手法を提案した. 提案手法を用いて実際にタグ付与作業を行ったところ, タグ付与の品質や項構造解析の精度を保ったまま, 作業コストを約 2 割に削減できた. また, 最近傍法を用いた項構造解析では, タグ付与された事例を増やすことで精度を向上できた. この結果より, 解析精度の向上にはいかにコストをかけずに大規模に用例を作るかが主要な問題であることがわかり, 我々の議論したコスト削減の方法はその問題の解決するための一つの解決策となっている.

ただし, 動詞それぞれについて網羅的に大規模な用例を作成するためには, 項構造解析精度を低下させることなく選択的に用例をサンプリングするための評価尺度について検討したり, 能動学習を採り入れるなど, さらなるコスト削減の方法を考える必要がある.

参考文献

- [1] Baker, C. F., Filmore, C. J. and Lowe, J. B.: The Berkeley FrameNet Project, *Proceedings of the 36th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and 17th International Conference on Computational Linguistics (COLING-ACL)*, pp. 86–90 (1998).
- [2] Dorr, B. J.: Large-Scale Acquisition of LCS-Based Lexicons for Foreign Language Tutoring, *Proceedings of the 5th Conference on Applied Natural Language Processing*, pp. 139–146 (1997).
- [3] Filmore, C. J.: The case for case, *Universals in Linguistic Theory*, pp. 1–88 (1968).
- [4] 情報処理振興事業協会技術センター: 計算機用日本語基本動詞辞書 IPAL(Basic Verbs) 辞書編 (1987).
- [5] 河原大輔, 黒橋禎夫: 用言と直前の格要素の組を単位とする格フレームの自動構築, *自然言語処理*, Vol. 9, No. 1, pp. 3–19 (2002).
- [6] Kingsbury, P. and Palmer, M.: From TreeBank to PropBank, *Proceedings of the 3rd International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC)*, pp. 1989–1993 (2002).
- [7] 国立国語研究所: 分類語彙表, 国立国語研究所資料集 6, 秀英出版 (1993).
- [8] Kurohashi, S. and Nagao, M.: A Method of Case Structure Analysis for Japanese Sentences based on Examples in Case Frame Dictionary, *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol. E77-D, No. 2, pp. 227–239 (1994).
- [9] Lapata, M. and Brew, C.: Using Subcategorization to Resolve Verb Class Ambiguity, *Proceedings of the Joint SIG-DAT Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and Very Large Corpora*, pp. 266–274 (1999).
- [10] Levin, B.: *English Verb Classes and Alternations: A Preliminary Investigation*, Chicago Press (1993).