

クラウドソーシングによる日本語 FrameNet と 自動構築した格フレームとの対応付け

河原 大輔^{*§}

小原 京子^{†§}

関根 聡[§]

乾 健太郎^{‡§}

dk@i.kyoto-u.ac.jp

ohara@hc.st.keio.ac.jp

satoshi.sekine@riken.jp

inui@ecei.tohoku.ac.jp

* 京都大学 † 慶應義塾大学 § 理研 AIP ‡ 東北大学

1 はじめに

言語理解のための基本的な知識としてフレーム知識がある。フレーム知識を言語資源として具現化したものは2種類に大別できる。一つは、トップダウンに世の中の現象(事象や状況)を意味的・百科事典的観点から整理した「認知フレーム」と、語の意味・用法とを結びつけた資源である。もう一方は、ボトムアップに言語、特に述語を中心として、それがどのような項をとるかを示した辞書である。いずれも述語を中心とした「格フレーム」を代表する形式となっている。

前者のタイプ(トップダウン・アプローチ)を代表する、これまでに構築されたフレーム知識として、英語に対して人手で構築された FrameNet (FN) [3, 13] や PropBank [12] がある。前者の FN では、「認知フレーム」を注釈付けたコーパスも構築されている。このようなフレーム知識や注釈付きコーパスは、意味役割付与 [5] や AMR (Abstract Meaning Representation) [1] などの意味理解研究において基盤的な言語資源として利用されている。

上記のフレーム知識は、英語以外の言語に対しても、人手による編纂や英語からの翻訳によって構築されている。しかし、それらの英語以外のフレーム知識はカバレッジに大きな問題がある。たとえば、日本語 FrameNet (JFN) は、表 1 に示すように、英語と比べて特に注釈付きコーパスの規模が小さい。

一方で、後者のタイプ(ボトムアップ・アプローチ)のフレーム知識を大規模コーパスから自動構築する手法が提案されている [7, 9, 8]。自動構築したフレーム知識は、大規模でカバレッジが高く、統計的情報を含んでいるという利点がある。しかし、クラスタリングすることによって意味・用法の異なる「格フレーム」を分けているものの、意味情報が付与されていない。

	FN	JFN
フレーム	1223	942
語彙項目 (LU)	13638	4236
注釈付き文	202229	7899

表 1: FrameNet (FN) と日本語 FrameNet (JFN) におけるフレーム、語彙項目 (LU)、注釈付き文の数

本研究では、ボトムアップ・アプローチにより自動構築したフレーム知識である日本語格フレームとトップダウン・アプローチによる JFN を対応付けることによって、双方の資源の利点を享受することを狙う。トップダウン・アプローチによる資源同士を結びつけた資源はこれまでも存在したが、世の中の現象からトップダウンに作られた資源と、言語事象からボトムアップに作られた資源が対応づけられた例はこれまでは存在しなかった。この対応付けによって、JFN フレーム(「認知フレーム」)が注釈付けされたコーパスの量を大幅に増やすことができるとともに、各述語に対する JFN フレームの定義を改良することができる。なお、本研究では、フレームの対応付けのみを対象とし、フレーム要素(後述)の対応付けは今後の課題とする。

提案手法は、ある述語に対するそれぞれの格フレームについて、その述語に対して定義された JFN フレームのいずれかに対応付ける。この対応付けを大規模かつ高速に行うためにクラウドソーシングを用いる。具体的には、一つの格フレームを代表する例文を提示文、各 JFN フレームの例文を選択肢として、提示文と用法が似ている選択肢を選ぶタスクを実行する。格フレームに JFN フレームを直接対応付けるのではなく、例文を通して対応付けを行う理由は二つある。一つは、クラウドソーシングで精度よく実施するための単純化である。もう一つの理由は、格フレームの自動構築を再実行したとしても、対応付け情報を再利用できるよ

うにするためである。実際に、格フレームの自動獲得は、クラスタリングアルゴリズムの改良や、使用するコーパスの大規模化などによって再実行することがよくある。

上記の手法によって格フレームを JFN フレームに対応付けし、格フレームを構成するすべての文がその JFN フレームにあてはまるとみなすことによって、JFN フレーム注釈付きコーパスを大幅に増強できる。また、クラウドソーシングの結果から JFN のフレーム定義が不完全であることがわかる可能性があり、これらについては人手でチェックすることによって JFN を改良する。

2 関連研究

FN はフレーム意味論という意味分析のための理論的枠組みに則った、トップダウン・アプローチによる英語語彙情報資源である [3]。「認知フレーム」とは特定の状況・事物・事象などを各々に関わる意味的要素とともに記述したスクリプト型の概念構造を指す [13]。各認知フレームに関与する意味的要素のことをフレーム要素 (Frame Element, FE) と呼ぶ。一般に意味役割と呼ばれるものに相当するが、意味役割が普遍的な有限個の集合をなすとされるのに対し、フレーム意味論・FN では FE は各々の認知フレームごとに定義される。フレーム意味論では語が喚起する認知フレームが文の意味の理解を可能にするという仮定に基づき、FN の目的は認知フレームを用いて英語の語彙の意味を記述することである。語彙項目 (Lexical Unit, LU) とは特定の意味 (つまり認知フレーム) と結びつけられた語を指す。FN では、LU ごとにコーパスから抽出した例文に FE 名・文法機能名 (直接目的語など)・句タイプ名 (名詞句など) を注釈付けすることにより注釈付きコーパスを作成している。この注釈付きコーパスから「格フレーム」に相当する結合価パターン (valence patterns) が自動的に生成される仕組みになっている。

JFN は、FN と認知フレームとそれらの FE の定義、データベース構造、構築手法、ツールなどにおいて互換性を持つ [11]。JFN の結合価パターンには FE 名・文法機能名・句タイプ名に加え格助詞名も含まれる。

クラウドソーシングを用いて、文に対して FN のフレーム注釈付けを行う研究がいくつか存在する [6, 2, 4]。基本的には、例文もしくはフレーム定義の簡略化したものをクラウドワーカーに提示して選択してもらう形式のものであるが、これを大規模に行っている研究はいまだ存在しない。

	格	用例 (数字は頻度を表す)
送る (1)	ガ ヲ ニ	私:374, 誰:139, 人:132, ... メール:211755, メッセージ:105981, ... 携帯:30944, 人:3670, 友達:2939, ...
送る (2)	ガ ヲ ニ	女性:489, ファン:443, 観客:357, ... メール:70314, 声援:30150, ... 選手:3478, 先生:2756, 人:1237, ...
送る (3)	ガ ヲ ニ	私:125, 誰:63, 人:54, あなた:44, ... 申請:35477, 書類:6780, ... 会社:1367, 人:857, 方:744, ...
⋮	⋮	⋮

表 2: 動詞「送る」の格フレームの例

提示文中の [...] の語の意味を考え、意味がもっとも似ている選択肢を選んでください。意味が似ている選択肢がない場合、もしくは判断できない場合は「※どれにも似ていない、もしくは判断できない」を選んでください。

私が仕様書を【送る】

- 家庭に【送った】秀吉の自筆書状が何通か載せられている
- おれが、病院まで【送って】やろうと申し出ると、最初、彼女は辞退した
- ※どれにも似ていない、もしくは判断できない

図 1: クラウドソーシングにおけるタスク実施例

格フレームは、生コーパスの構文解析結果から述語項構造を抽出し、それらをクラスタリングすることによって、各述語の各用法ごとに分割したフレーム知識である。本研究では、100 億文の日本語ウェブコーパスから述語項構造を抽出し、それらに Chinese Restaurant Process によるクラスタリング [8] を適用した格フレームを用いる。表 2 に動詞「送る」について構築された格フレームの例を示す。

3 クラウドソーシングによる JFN と格フレームの対応付け

本研究では、ある述語に対するそれぞれの格フレームについて、その述語に対して定義された JFN フレームのいずれかに対応付ける。対応付けは、クラウドソーシングによる例文選択という形とし、各格フレームに対応する例文、および JFN の各フレームに対応する例文を用いる。クラウドソーシングにおけるタスク実施例を図 1 に示す。図は、表 2 の格フレーム「送る (3)」に対する対応付けタスクである。この格フレームの例文「私が仕様書を【送る】」が提示されており、これと最も似ている JFN の例文をクラウドワーカーに選択してもらう。選択肢の 2 つは、「送る」に対して定義されている 2 つの JFN フレームすなわち Sending フレーム、Bringing フレームそれぞれに対す

る例文である。この2つに加えて、“どれにも似ていない、もしくは判断できない”という選択肢(以下では“OTHER”と呼ぶ)を別途設けており、JFNにおいて定義されたどのフレームの例文にも似ていない場合、もしくは提示された例文からは判断が難しい場合に選択してもらおう。この選択肢が多くクラウドワーカーに選ばれた場合には、JFNのフレーム定義を見直した方がよい可能性がある。

クラウドソーシングで不特定多数に作業を依頼するため、例文は短くわかりやすいものが望ましい。格フレームからの例文選択は、格フレームを構成する文集合の中から文の生成確率をもっとも高いものを採用する。これによって短く簡単な文を選択することができる。文の生成確率の計算には、RNN言語モデル[10]を用いる。RNN言語モデルは、1000万文からなるウェブコーパスを用いて学習した。JFNフレームの例文選択については、同じJFNフレームをもつ例文からもっとも短いものを選択し、それが60文字より長い場合には人手で短くする。

4 実験

4.1 実験設定

JFNと格フレームの両方に存在する述語は935語あったが、そのうちJFNにおいて2つのフレームが定義されており、各LUについて例文が1文以上存在する37述語について実験を行った。その内訳は動詞27語、形容詞5語、形容動詞5語であり、格フレームは合計712個である。なお、JFNにあつて格フレームにない述語のほとんどは複合辞もしくは複合名詞であった。JFNになく格フレームにある述語は約11万語存在する。これは、使役・受身などの格交替を区別していること、また低頻度述語が多いためであるが、これらの述語をJFNに追加するのは今後の課題である。

クラウドソーシングによるタスク実行にはYahoo!クラウドソーシング¹を用いた。一つの格フレームの対応付けについて、10人のクラウドワーカーに質問した。10人の回答は多数決で集約した。スパムワーカーの影響を低減するために、チェック問題を用いた。チェック問題とはあらかじめ正解を与えた簡単な問題のことで、これらの問題に対して正答しないワーカーの回答は採用しなかった。クラウドソーシングには2時間10分かかり、272人のクラウドワーカーが参加した。費用は約25,000円であった。

¹<https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/>

格フレーム ID	例文	最多得票の JFN フレーム
送る (1)	そして、私達がEメールを【送った】からです	Sending ○
送る (2)	二人が声援を【送る】	OTHER ○
送る (3)	私が仕様書を【送る】	Sending ○
送る (4)	同棲している二人が節約生活を【送る】	OTHER ○
送る (5)	私が線画を【送る】	Sending ○
送る (6)	私が東京駅まで3人を【送る】	Bringing ○
送る (7)	そして自分が青春時代を【送った】	OTHER ○
送る (8)	私がファックスで【送り】ましようか	Sending ○
送る (9)	ぼくの脳が危険信号を【送る】	OTHER ×

表 3: 動詞「送る」の対応付け結果 (最多得票の JFN フレーム欄の○×は人手による評価を示す。「送る (9)」の正解は Sending フレームである。)

4.2 結果と考察

37述語、712個の格フレームに関する実験結果について、最多得票数の JFN フレームが正解だったかどうかを格フレームごとに人手で分析した。その結果、述語を5カテゴリーに分けられることがわかった。

カテゴリー A: 全てもしくは大多数の格フレームで最多得票数の JFN フレームが正解だった述語 (10 動詞、1 形容動詞)。カテゴリー A の動詞である「送る」の対応付け結果を表 3 に示す。

カテゴリー B: 2つの JFN フレーム (語義) が JFN 上のフレーム間関係で関連づけられているため意味が似通っており区別が難しい述語 (6 動詞)。例: 「行く」 (Motion フレームと Self_motion フレーム)。

カテゴリー C: 2つの JFN フレームはフレーム間関係で関連づけられていないが、意味が似通っているため区別が難しい述語 (2 動詞、2 形容詞、1 形容動詞)。例: 「書く」 (Text_creation フレームと Spelling_and_pronouncing フレーム)。

カテゴリー D: その述語に対する JFN フレームの対応付け自体が誤りであったことが判明した述語 (4 動詞、3 形容動詞)。例: 「適切だ」 (Desirability フレームは人に好かれる、好まれる状況に関するものなので対応付けが誤りであったことが判明)。

カテゴリー E: その述語単独で別の JFN フレームへの対応付けが必要なことが判明した述語 (6 動詞、2 形容詞)。例: 「別れる」 (「メンバーが二手に別れた」の Differentiation フレーム)。

最多得票の FN フレームが誤っていた原因はいくつかある。まず、格フレームに必須格が含まれておらず例文が意味不明で、クラウドワーカーの判断が分

かれたケースである。そのような述語はカテゴリー B から E までにまたがっている (「行く」、「走り回る」、「書く」、「新しい」、「適切だ」、「適正だ」、「違う」、「通す」)。次に、その述語が連語の一部をなし全体で別の JFN フレームへの対応付けが必要であったケースである。「知恵を絞る」(Cogination フレーム)、「目を通す」(Reading_perception フレーム)、「袖を通す」(Dressing フレーム)、「話を通す」(Successfully_communicate_message フレーム) などである。

OTHER が最多得票であった格フレームについて、特に支援動詞用法に関して新たな JFN フレームを対応付けた方がよい場合があった。例えば、表 3 の「送る (2), (4), (7)」はこのケースに相当する。これは、OTHER と判断された格フレームをチェックすれば支援動詞用法を発見できる可能性を示唆している。しかし、OTHER という判断が誤りである例も多く見られた。例えば「私が先輩と付き合い合うことになった」の正解は Relation フレームであるにもかかわらず、このフレームの得票数は 2 位で、OTHER が 1 位であった。このような場合について、引き続き詳細な分析が必要である。

5 おわりに

本稿では、クラウドソーシングを用いて、自動構築した格フレームを JFN フレームに対応付ける方法を提案した。2 つの JFN フレームをもつ述語に対する対応付け実験によると結果は良好であるが、本稿で提示した 5 つのカテゴリーを基にさらに詳細にクラウドソーシングの有効性を分析していく必要がある。今後は、JFN と格フレームの両方に存在する述語について、残りの 898 語のフレーム対応付けを進める。JFN フレームが多数定義されている述語については、FN のフレーム間関係を用いて段階的に実行することを考えている。また、格フレームの各格に FE を対応付ける予定である。これは、フレームの対応付けよりも簡単なタスクになると思われる。さらに、JFN のカバレッジ向上を目的に、格フレームに存在するが JFN に存在しない述語について、各格フレームを JFN フレームに対応付けることを検討する。

参考文献

[1] Laura Banarescu, Claire Bonial, Shu Cai, Madalina Georgescu, Kira Griffitt, Ulf Hermjakob, Kevin Knight, Philipp Koehn, Martha Palmer, and Nathan Schneider. Abstract meaning representation

for sembanking. In *Proceedings of the 7th Linguistic Annotation Workshop and Interoperability with Discourse*, pp. 178–186, Sofia, Bulgaria, August 2013. Association for Computational Linguistics.

[2] Nancy Chang, Praveen Paritosh, David Huynh, and Collin Baker. Scaling semantic frame annotation. In *Proceedings of The 9th Linguistic Annotation Workshop*, pp. 1–10, Denver, Colorado, USA, June 2015. Association for Computational Linguistics.

[3] Charles J. Fillmore and Collin Baker. A frames approach to semantic analysis. In *The Oxford Handbook of Linguistic Analysis*, pp. 313–339. Oxford University Press, 2010.

[4] Marco Fossati, Claudio Giuliano, and Sara Tonelli. Outsourcing framenet to the crowd. In *Proceedings of the 51st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 2: Short Papers)*, pp. 742–747, Sofia, Bulgaria, August 2013. Association for Computational Linguistics.

[5] Daniel Gildea and Daniel Jurafsky. Automatic labeling of semantic roles. *Computational Linguistics*, Vol. 28, No. 3, pp. 245–288, 2002.

[6] Jisup Hong and Collin F. Baker. How good is the crowd at "real" wsd? In *Proceedings of the 5th Linguistic Annotation Workshop*, pp. 30–37, Portland, Oregon, USA, June 2011. Association for Computational Linguistics.

[7] Daisuke Kawahara and Sadao Kurohashi. Case frame compilation from the web using high-performance computing. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*, pp. 1344–1347, 2006.

[8] Daisuke Kawahara, Daniel Peterson, Octavian Popescu, and Martha Palmer. Inducing example-based semantic frames from a massive amount of verb uses. In *Proceedings of the 14th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*, pp. 58–67, 2014.

[9] Jiří Materna. LDA-Frames: An unsupervised approach to generating semantic frames. In Alexander Gelbukh, editor, *Proceedings of the 13th International Conference CICLing 2012, Part I*, Vol. 7181 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 376–387. Springer Berlin / Heidelberg, 2012.

[10] Tomas Mikolov, Martin Karafiát, Lukas Burget, Jan Cernocký, and Sanjeev Khudanpur. Recurrent neural network based language model. In *Proceedings of Interspeech 2010*, pp. 1045–1048, 2010.

[11] Kyoko Ohara. Relating frames and constructions in Japanese FrameNet. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'14)*, pp. 2474–2477, 2014.

[12] Martha Palmer, Daniel Gildea, and Paul Kingsbury. The proposition bank: An annotated corpus of semantic roles. *Computational Linguistics*, Vol. 31, No. 1, pp. 71–106, 2005.

[13] Josef Ruppenhofer, Michael Ellsworth, Miriam R. L. Petruck, Christopher R. Johnson, Collin F. Baker, and Jan Scheffczyk. FrameNet II: Extended theory and practice, Revised November 1, 2016.