

Natural Logic を用いた含意関係認識における位置合わせ制約の緩和 Relaxation of Alignment Constraints in Natural Logic for Textual Inference

水越俊希^{*1}
Toshiki Mizukoshi

増田涼良^{*1}
Ryosuke Masuda

杉本徹^{*2}
Toru Sugimoto

^{*1} 芝浦工業大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology

^{*2} 芝浦工業大学 工学部
College of Engineering, Shibaura Institute of Technology

We proposed a method to recognize Japanese textual entailment using natural logic, which is effective in textual inference involving monotonicity. Our system consists of four steps. First, it analyzes dependency structures of texts and identifies word concept and monotonicity. Second, it establishes an alignment between texts. Third, it calculates entailment relation between aligned phrases. Finally, it deduces textual entailment relation from monotonicity, dependency structures and calculated entailment relation between phrases. The system has problems of rigidity of alignment constraints and insufficiency of linguistic knowledge. In this study, we improve the system by adding lexical knowledge, using dependency triples for alignment, and analyzing parallel structure and modality. We evaluated our system with a test set composed of 377 pairs. As a result, the system increases in accuracy from 51.2% to 60.5%.

1. はじめに

含意関係認識とは、2つのテキスト間にある含意、換言、矛盾、独立などの関係を認識することである。この技術は、テキストの要約や質問応答など幅広い分野に必要とされることから近年注目を集めている。英語のテキストを対象とした評価型ワークショップは2006年に RTE [Dagan 06] が開催された。日本語のテキストを対象とした評価型ワークショップは、2011年の RITE [Shima11] に始まり、RITE-2, RITE-VAL と連続して開催されている。

RITE では、2つのテキスト(T1, T2)を入力とし、T1 から T2 が真であると推論できるか否かを出力するタスク(バイナリクラス)や、含意の方向や矛盾を検出するタスク(マルチクラス)が提案された。表 1 にバイナリクラスの訓練データの例を挙げる。これは、T1 が T2 の意味を含意しないと出力すべき例である。

表 1 RITE バイナリクラスサブタスクの問題例

T1	乾燥に強いユーカリは、2週間水を与えなくても枯れない。
T2	乾燥に強いユーカリは、水を与えなくても枯れない。
含意関係	含意しない

MacCartney ら [MacCartney 07] は、単調性を含むテキストの推論に優れる、Natural Logic を用いた含意関係認識の手法を提案している。Natural Logic とは、自然言語のレベルで一方のテキストからもう一方のテキストを推論する論理体系である。自然言語を述語論理式に変換する必要がないため、より自然な形で推論することができる。Natural Logic を用いる手法は、英語のテキストを対象として研究されてきた。

増田ら[増田 12]は、この Natural Logic を用いた日本語テキ

連絡先: 水越俊希, 芝浦工業大学大学院 理工学研究科,
〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5,
E-mail: al11108@shibaura-it.ac.jp

スの含意関係認識の手法を提案した。この研究で作られたシステムには、対応付けの制約が厳しい、言語知識の不足などの課題がある。本研究では、増田らの手法に対して言語資源の追加、トリプルを用いた文節の対応付け、並列構造・モダリティに適した推論を行うことでシステムを改良する。

2. 先行研究の手法

初めに、システムへ2つのテキスト(T1, T2)を入力する。システムは、意味解析ライブラリ SEM [安達 11] を用いて、入力されたテキストの構文構造を解析する。次に、単調減少と非単調の単語リストを参照して、各文節の単調性を求める。

そして、解析した結果から文節をノード、係り受け関係をエッジとする有向グラフを T1 と T2 について、それぞれ生成し、2つのテキストの文節の位置を合わせる処理を行う。このとき制約として、ある文節 A と B を対応付けるとき、A に係る文節は B に係る文節のいずれかと対応付ける。

その後、求めた位置関係に従い、対応付けられた文節同士を比較し、文節単位で含意関係を導く。このときに、EDR 電子化辞書 [日本電子化辞書研究所 01] における概念の上位下位関係を用いる。最後に、導かれた文節単位の含意関係を統合し、文全体の含意関係を推論する。

このシステムで 377 問の単調性に関する推論を含むテストセットを用いて評価した結果、正答率は 50.4%であった。解答を誤った主な原因として、位置合わせの制約が厳しいことが挙げられる。位置合わせの制約が厳しいために推論を誤る例を図 1

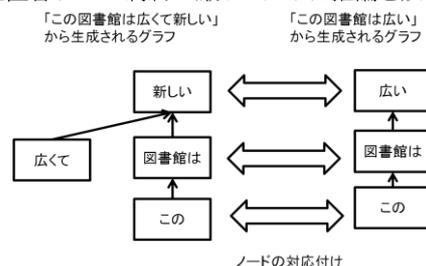


図 1 位置合わせ制約により推論を誤る問題の例

に挙げる。

図 1 では、文「この図書館は広くて新しい」と「この図書館は広い」から生成されるグラフの対応付けをしている。それぞれの文節の係り受け関係を維持して対応付けをするため、文末に位置する用言「新しい」と「広い」が対応している。この 2 つの語は意味が異なるため、システムは含意しないを出力してしまう。この問題を解決するためには、意味的に対応する文節「広くて」と「広い」が対応付けられるようにする必要がある。

3. 改良点

3.1 言語資源の追加

文節単位の含意関係を求める際に、新たに Wikipedia リダイレクト*、日本語 Wordnet**と日本語機能表現辞書つつじ[松吉 08]を用いる。Wikipedia リダイレクトは Wikipedia 記事のリダイレクト(転送)機能を利用して、異なる表記を持つ単語に対して同じ概念を割り当てる。日本語 Wordnet は英単語の上位下位関係を体系的にまとめた Princeton WordNet の概念関係に対して対応する日本語を割り当てたものである。日本語機能表現辞書つつじは、日本語の機能表現が体系的に整理された辞書である。

複数の辞書を併用することで、EDR 電子化辞書だけでは適切に割り当てることができなかった意味関係を割り当てられるようになる。

3.2 トリプルによる文節の対応付け

文節の位置合わせをする際に、その構文構造を完全に保持したまま対応付けをすると、構造が少しでも異なると適切な対応付けができない。しかし、構文構造を完全に無視した対応付けをすると、単調性のような構造を考慮した推論をする上で好ましくない。本研究では、この問題に対してトリプルを用いた文節の対応付けを行う。

トリプルは、基本的に係り受け関係の(係り側、関係、受け側)の 3 つの語から成る。係り側、受け側は各文節の内容語である。関係は係り側の文節の機能表現である。

トリプルの生成は 2 つの処理から成る。まず、文の係り受け関係からトリプルを生成する。例えば、「この図書館は広くて新しい。」という文からは(この、, 図書館)、(図書館、は、新しい)、(広く、て、新しい)の 3 つのトリプルを生成する。同様に、「この図書館は広い」から生成されるトリプルは、(この、, 図書館)、(図書館、は、広い)である。

次に、表 2 の条件に従いトリプルを追加する。トリプルを追加することで、係り受け関係を考慮するだけでは適切に行えない文節の対応付けを行うことができる。

表 2 トリプルを追加する条件

条件	追加するトリプル
トリプル(A,r,B)の A が動詞または形容詞であり、B が名詞であるとき	(B, ,A)
トリプル(A,p,B)が並列を表すとき	(B,p,A)
並列を表すトリプル(A,p,B)があり、(A,r,C)を満たすトリプルがあるとき	(B,r,C)
並列を表すトリプル(A,p,B)があり、(C,r,A)を満たすトリプルがあるとき	(C,r,B)

表 2 の 1 つ目の条件は連体接続に関するものである。例えば、「赤いりんごを食べる」という文からは(赤い、, りんご)というトリプルが生成される。これは 1 つ目の条件を満たすため、「りんご」と「赤い」の位置関係を入れ替えた(りんご、, 赤い)というトリプルを追加する。

その他の条件は並列を表す表現に関するものである。ここで、並列を表すトリプルには、表 3 に示す 3 種類がある。

表 3 トリプルが並列を表す条件

(A,p,B)が並列を表す条件	例文	例文から生成される並列を表すトリプル
p が日本語機能表現辞書つつじで並列を表す機能表現であるとき	太郎と次郎が遊ぶ。	(太郎、と、次郎)
p が空であり、A,B が名詞であるとき	朝、晩に薬を飲む。	(朝、, 晩)
p が空であり、A,B が用言であり、A が連用形であるとき	選手が走り、飛ぶ。	(走り、, 飛ぶ)

前述の「この図書館は広くて新しい。」の係り受け関係から生成されるトリプルに対してトリプルを追加する場合を考える。まず、(広く、て、新しい)というトリプルが並列を表す条件を満たすため、(新しい、て、広く)というトリプルを追加する。さらに、並列を表すトリプル(新しい、て、広く)があり、(図書館、は、新しい)というトリプルがあるため、条件に従い(図書館、は、広く)というトリプルを追加する。ここで追加されるトリプルは、「広い」と「新しい」の位置関係を入れ替えた場合の文「この図書館は新しくて広い」の係り受け関係から生成されるトリプルと一致する。

トリプルの生成後、トリプル同士の類似度を求める。トリプルの類似度はそれぞれの対応する要素同士の類似度の相加重平均を用いる。要素同士の類似度は、同じ意味を持つか意味関係が直接上位下位関係にあるなら 1 を、その他のときは、シソーラス上の距離に近いほど 1 に、遠いほど 0 に近くなるように値を割り当てる。「この図書館は広くて新しい」から生成されるトリプルと、「この図書館は広い」から生成されるトリプルの類似度の例を表 4 に示す。

表 4 類似度の割り当て

	この、, 図書館	図書館、は、広い
この、, 図書館	1.0@	0.000
図書館、は、新しい	0.000	0.667
広く、て、新しい	0.000	0.000
新しい、て、広い	0.000	0.333
図書館、は、広く	0.000	1.0@

そして、トリプルを可能な限り一対一に対応付けたとき、その類似度の総和が最も高くなるようなトリプルの対応付けを求める。前述の例では数字の隣に「@」がついているところを対応させると類似度の総和が最も高くなる。

最後に、対応したトリプルの各要素同士の文節を対応付ける。前述の例に対して文節の対応付けをすると、(この、, 図書館)と(この、, 図書館)の対応から(この、この)、(図書館は、図書館は)が対応する。(図書館、は、広く)と(図書館、は、広い)の対応から、(図書館は、図書館は)、(広くて、広い)が対応付けられる。これにより、意味的に対応する文節の対応付けができるため、システムは含意するを出力することができる。

* <https://code.google.com/p/wikipedia-redirect/>

** <http://nlpwww.nict.go.jp/wn-ja/>

3.3 モダリティを考慮した推論

モダリティとは、文章の内容に対する感じ方を表す言語表現のことである。例えば、「きっと雨が降るだろう」の「きっと～だろう」という表現はモダリティにあたる。これは、「雨が降る」が高い確率で起こることを表す。本研究では先行研究では扱わなかったモダリティを考慮した含意関係の推論をできるようにする。

本研究ではモダリティを POSITIVE, NEGATIVE, NONE の 3 種類の極性に分類する。POSITIVE はその意味を肯定することを指す。「～である」、「～を認める」などの表現がこれにあたる。NEGATIVE はその意味を否定することを指す。「～ない」、「～を否定する」などの表現がこれにあたる。NONE はその意味の真偽を不確定にすることを指す。「～だろう」、「～を期待する」などの表現がこれにあたる。

モダリティの解析には機能表現と内容語のそれぞれに対して異なる方法を用いる。機能表現の解析には日本語拡張モダリティ解析器 Zunda***を用いる。Zunda は文中のイベント(動詞や形容詞など)に対して、拡張モダリティ[松吉 11]に従い解析をする。拡張モダリティは態度表明者、時制、仮想、態度、真偽判断、価値判断の 6 つの項目から成る。本研究では、この内の仮想、態度、真偽判断を利用する。項目のとり得る値の例を表 5 に挙げる。

表 5 項目ごとのとり得る値の例

項目	ラベル	意味
仮想	条件	イベントが仮想的であることを表す(例「～ならば」)
態度	欲求	イベントの実行を望むことを表す(例「～したい」)
	問いかけ	イベントの判断ができない状態を表す(例「～だろうか」)
真偽判断	成立	イベントが起きたことを表す(例「～だった」)
	不成立	イベントが起らなかったことを表す(例「～しなかった」)
	高確率	イベントが起こったと推定することを表す(例「～だろう」)

以下の条件に従い機能表現に極性を割り当てる。

- ・仮想が「条件」であるとき、NONE を割り当てる。
- ・態度が「欲求」か「問いかけ」であるとき NONE を割り当てる。
- ・真偽判断が「成立」であるとき、POSITIVE を、「不成立」であるとき NEGATIVE を、それ以外であるとき NONE を割り当てる。
- ・割り当ての候補が複数あるときは、NONE > NEGATIVE > POSITIVE の順に優先して割り当てる

内容語の解析には、単語の極性リストを用いる。内容語の意味が否定的であるときは NEGATIVE を、無関係を表すときは NONE をリストに登録する。リストに登録されていない語には POSITIVE を割り当てる。割り当ての例を表 6 に挙げる。

表 6 内容語の極性の割り当ての例

極性	例
NEGATIVE	否定, 嘘, 忘れる
NONE	信じる, 考える, 試みる

文節の対応付けの後、以下の手順で文節対の極性を求める。

*** <https://code.google.com/p/zunda/>

- ・2 つの文節の極性が一致するとき、POSITIVE を割り当てる。
- ・2 つの文節の極性が一致しないとき、2 つのうち、NONE > NEGATIVE > POSITIVE の順で優先度が高い方を割り当てる。
- ・文節が対応付けられていないとき、その文節の極性を割り当てる。

例えば、「食べるだろう」(NONE)と「食べる」(POSITIVE)という 2 つの文節が対応付けられる場合を考える。このとき、極性が一致しないため、優先度が高い NONE を文節対の極性として割り当てる。これは、「食べるだろう」と「食べる」が互いに独立の関係であることを表す。

そして推論をする際に、2 つの文の意味関係を文節間の極性が NEGATIVE なら矛盾、NONE なら独立に変換する。

4. 評価実験

4.1 テストセット

本研究では、テキスト対(T1, T2)と含意関係からなる問題データ 377 問からなるテストセットを用いた。これは、先行研究で用いたテストセットの一部を修正したものである。問題データは RITE タスクのバイナリクラスサブタスクの訓練データ[Shima 11]、京都大学 Textual Entailment 評価データ [小谷 08]、THE FRACAS TEXTUAL INFERENCE PROBLEM SET [MacCartney 07] から単調性に関する推論を含む問題を抽出したものである。

4.2 評価方法

前述のテストセットを先行研究で作成したシステムと本研究で作成したシステムで解き、その正解率をシステムの性能として評価する。正解率は正解数 ÷ 問題数で定義する。ここで、正解数とは、テストセットの含意関係とシステムの出力した含意関係が一致した数である。

4.3 実験結果

表 7 に先行研究で作成したシステムの結果を示す。また、表 8 に本研究で作成したシステムの結果を示す。正答率は改良前が 51.2%、改良後が 60.5%であり、正答率は向上した。主なエラーの原因とその内訳を表 9 にまとめる。

表 7 改良前のシステムの解答

	正解				計	
	=	<	>	?		
システム	=	12	1	2	10	25
	<	4	68	1	19	92
	>	12	3	2	6	23
	?	30	88	8	111	237
計	58	160	13	146	377	

表 8 改良後のシステムの解答

	正解				計	
	=	<	>	?		
システム	=	14	1	0	3	18
	<	10	89	3	19	121
	>	10	1	3	2	16
	?	24	69	7	122	222
計	58	160	13	146	377	

表 9 主なエラーの原因とその内訳

間違えた原因	該当する問題数	
	改良前	改良後
語の類似度や関係性の計算が不適切	56	44
係り受け構造上異なる位置に対応させるべき語が現れる	48	20
語の補完ができていない	19	19
語を多対一で対応できていない	13	15
複文の関係の扱いを間違える	8	0
数量・程度の扱いを間違える	7	6
修飾語が限定的であるため関係がなくなる	7	5
文が表す時間が異なる	2	2
プログラム中のバグ	9	2
複数の原因がある	15	15
つなぐ必要がないリンクをつなげる	0	13
モダリティ解析のミス	0	4
条件部にあたるものを無関係と判断する	0	3
極性の計算を間違える	0	1
合計	184	149

5. 考察

5.1 言語資源の追加

言語資源を増やしたことにより、語の類似度や関係性の計算が不適切であるために解答を誤る問題数はある程度減少した。しかし、改良後も全体の中で最も多いエラーの原因である。この問題を解決するためには、さらに言語知識を増やすことや、文脈に合う概念の割り当てを行う必要がある。

5.2 トリプルによる位置合わせ

トリプルによる対応付けをすることで、係り受け構造の違いにより解けなかった問題の一部を解けるようになった。しかし、一部の問題は解くことができなかった。解くことができなかった問題の例を表 10 に示す。

表 10 構造上異なる位置に対応させるべき語が現れる例

T1	NGO(非政府組織)排除問題をめぐるとの混乱を收拾するため、田中真紀子元外相は更迭された。
T2	NGO排除問題で、田中真紀子元外相は更迭された。
正解	含意する

表 10 の問題では T1 では「NGO 排除問題を」という文節が、「めぐると」に係る。一方で T2 では「NGO 排除問題で」という文節が「更迭された」に係る。このとき、トリプルを用いても不適切な文節の対応付けが起きてしまう。このような問題を解決するためには、より柔軟に文節を対応付ける方法を考える必要がある。

また改良により、つなぐ必要がないリンクをつなげるために間違えた問題が増加した。これは、並列な表現がある場合にトリプルを追加することで、つなげるべきでない関係をつなげてしまうために起こる。例えば、「誤解がとけて、楽になった。」という文は「とけて」と「なった」が並列な関係にある。本研究の方法に従いトリプルを生成すると、この 2 つの語の位置関係を入れ替えた文「誤解がなって、楽にとけた」が生成するトリプルと同じものが生成されることになる。これは、意味が異なるトリプルを追加することになるため、推論を誤る。並列の関係にある語があるときに、その語の持つ係り受け関係をどの範囲までもう一方と共有すべきかを考える必要がある。

5.3 モダリティを考慮した推論

モダリティを考慮した推論を行うことで、モダリティが原因で解くことができなかった問題を解けるようになった。一方で、モダリ

ティ解析の誤りや計算の間違いにより解けなくなった問題も同程度増加した。その一つに、条件部にあたるものを無関係と判断する問題がある。これは、システムが条件にあたるものはすべて実際には起こっていないことであると判定するために起こる。これが原因で解けなかった問題の例を表 11 に挙げる。

表 11 条件部にあたるものを無関係と判断する例

T1	寒くてもやせ我慢した
T2	寒かった
正解	含意する

表 11 の問題では、T1 の「寒くても」は条件にあたるため、極性は NONE が割り当てられる。よって、システムは、T1 は「寒かった」という意味を含まないと判定する。しかし、T1 の「やせ我慢した」という内容は実際に起こったことであるため、その条件部分である「寒くても」も起こったことであると考えらるべきである。このような誤りが起きないように、モダリティ解析や計算の方法を再検討する必要がある。

6. おわりに

本研究では、Natural Logic を用いた日本語テキストの含意関係認識を行うシステムを、言語資源の追加、トリプルによる文節の対応付け、並列構造・モダリティの解析により改良した。その結果、単調性に関する推論を含むテストセット 377 問を用いて評価した結果、正答率が 51.2% から 60.5% に向上した。

今後の課題としては、文脈に適した語の意味の割り当て、より柔軟な位置合わせ方法の考案、モダリティ解析や計算方法の見直しが考えられる。

参考文献

- [Dagan 06] I. Dagan, O. Glickman, and B. Magnini: The PASCAL Recognising Textual Entailment Challenge, Machine Learning Challenges, Lecture Notes in Computer Science, Vol.3944, pp.177-190, 2006.
- [Shima 11] Hideki Shima, Hiroshi Kanayama, Cheng-Wei Lee, et al.: Overview of NTCIR-9 RITE: Recognizing Inference in TExt, In Proceedings of the 9th NTCIR Workshop, 2011.
- [MacCartney 07] Bill MacCartney and Christopher D.Manning: Natural Logic for Textual Inference, In ACL-07 Workshop on Textual Entailment and Paraphrasing, 2007.
- [増田 12] 増田涼良, 杉本徹: Natural Logic を用いた日本語テキストの含意関係認識, 第 26 回人工知能学会全国大会, 2012.
- [安達 11] 安達昌吾, 杉本徹: EDR 電子化辞書を用いた深層格解析手法の改良と評価, 第 94 回人工知能学会 知識ベースシステム研究会, 2011.
- [日本電子化辞書研究所 01] 日本電子化辞書研究所: EDR 電子化辞書 2.0 版仕様説明書, 2001.
- [松吉 08] 松吉俊, 佐藤理史: 文体と難易度を制御可能な日本語機能表現の言い換え, 自然言語処理, Vol.15, No.2, pp.75-99, 2008.
- [松吉 11] 松吉俊, 佐尾ちとせ, 乾健太郎, 松本裕治: 拡張モダリティタグ付与コーパスの設計と構築, 言語処理学会 第 17 回年次大会 発表論文集, pp.147-150, 2011.
- [小谷 08] 小谷通隆, 柴田知秀, 中田貴之, 黒橋禎夫: 日本語 Textual Entailment のデータ構築と自動獲得した類義表現に基づく推論関係の認識, 言語処理学会 第 14 回年次大会 発表論文集, pp.1140-1143, 2008.