

# 単語と対話パターンの相関ネットワーク上のラベル伝搬による対話生成

Dialogue Generation Using the Label Propagation  
over a Correlation Network of Words and Utterance Patterns

塚原裕史 \*1 内海慶 \*1  
Hiroshi Tsukahara Kei Uchiumi

\*1株式会社デンソーアイティラボラトリ  
Denso IT Laboratory, Inc.

We propose a new statistical method for generating utterances in non-task-oriented dialogue systems. We construct a correlation network of words and utterance patterns from a dialogue corpus with chats made by humans. The label propagation over this network is used for finding words and utterance patterns which belong to topics formed by previous utterances. The candidates of system utterances are synthesized by combining the found words and utterance patterns. The scores of those utterances are evaluated from the scores of words and utterance patterns by the label propagation in which the words and utterance patterns in previous utterances are given as seeds. The system utterances are selected from the ones with higher scores. We demonstrate chats made by the proposed method, which shows the system can generate nontrivial utterances appropriately related to topics.

## 1. はじめに

人間同士の関係において、雑談はコミュニケーションを潤滑にしたり、情報交換を行ったり、多くの重要な役割を果たしている。興味深い事に、人はしばしばぬいぐるみやクルマなどの人工物を擬人化し、話し掛けたりもする。勿論、このような行動は、人工物と雑談をしたいというよりも、愛着心などの現れに過ぎないかもしれない。しかし、言葉を発するという行動それ自体により、人は心の落ち着きなどの何らかの価値を得ているとも考えられる。もし相手が対話システムのような知的エージェントであり、人が話し掛けた内容に対して会話を始めることができるとしたら、人が話をするということに感じている価値を高めることができるであろうか？今後、日常生活の中で人と協調して動作する機器が増えて行くと予想されるが、機器が人と会話で意思疎通を行うことができることは、その価値を高めて行くに違いない。

雑談の特徴は、特に目的もなく行われるということである。このような特徴は、対話システムでは、非タスク指向と言われる。雑談の始め方にルールがある訳ではないが、通常、簡単な挨拶、天気やニュースなど誰もが気軽に話せる話題から始めるなど、ある程度決まったパターンがある。しかし、目的もないまま人はどのように話題を展開し、どのように終わらせているのだろうか？

これまで多く研究されてきた対話システムは、主に質問応答などのタスク指向型で、できる限り少ないやりとりで（ほぼ一問一答で）対話が完了するように設計されてきた。システム発話文の生成アルゴリズムには、予め人手で作成されたルール・テンプレートが主に用いられている。これは入力文へのパターンマッチングを行って、対応したパターンに応じて応答文を生成する手法である。このような手法により雑談を実現しようとすると、雑談の開始部分のみについて考えても、定型的な挨拶以外の多様な話題あるいは表現の発話ができるようになるためには、多くのテンプレートを作成する必要があり、その作成コストが高く、かつメンテナンスも複雑になる。

様々な話題について多様な発話を生成できるようにするために、ウェブ上のニュース記事、Wikipedia、Twitter などから収集したデータを利用し、事例ベースで発話を生成する手法が研究されている [5, 2, 1, 6]。これらの手法におけるシステム発話文生成の基本的な考え方は、入力文との単語のオーバーラップなどの類似性が高い文を抽出し、システムの応答文として利用することである。ウェブ上には様々な新しいデータが絶えず作られており、多様かつ新しい話題にも対応できるという利点がある。但し、入力文との表層的な類似性を用いているため、人同士が雑談で行っているような話題の意味的な関連性を保ちながら、別の話題へと話題を変化させるような発話を生成することが難しい。継続的に雑談を楽しむことができるようにするためには、人を飽きさせないようにすることが必要であり、文脈に沿った自然な話題の遷移が出来るような対話生成の仕組みが重要である。

本研究では、人同士のチャットによる雑談対話コーパス [3] から、各発話文から固有表現を抽出し、それらの固有表現とその対話パターンとの共起関係に基づく相関ネットワークを構築し、その相関ネットワーク上のラベル伝搬で定まる単語群が形成する意味カテゴリに基づき応答文を生成する対話システムを提案する。ここで発話パターンとは、具体的には発話文中の固有表現をその固有表現の型を示す記号で置き換えたもの（スロットと呼ぶ）とする。つまり、対話パターンとは、そのスロット部分に、型が一致する固有表現を当てはめることができる対話テンプレートを表すものとする。また、ラベル伝搬では直前の入力文に含まれる固有表現のみではなく、過去の発話に含まれる固有表現もスコアを減衰させてシードに取り入れることで、突然、別の話題に飛んでしまうようなことなく、自然に話題が遷移するようにする。

## 2. ラベル伝搬による対話生成

図 1 に、本提案手法による対話システムの概要を示す。大きく対話コーパスから単語と対話パターンとの相関ネットワークからラベル伝搬のためのグラフラプシアンを構築する事前処理の部分とそのグラフラプシアンを用いたラプシアンラベル伝搬によって、入力文から対話文を生成する部分からなる。

連絡先: 塚原裕史, 株式会社デンソーアイティラボラトリ, 東京都渋谷区渋谷 2-15-1 渋谷クロスタワー 28 階, 03-6419-2956, 03-6419-2329, htsukahara@d-itlab.co.jp

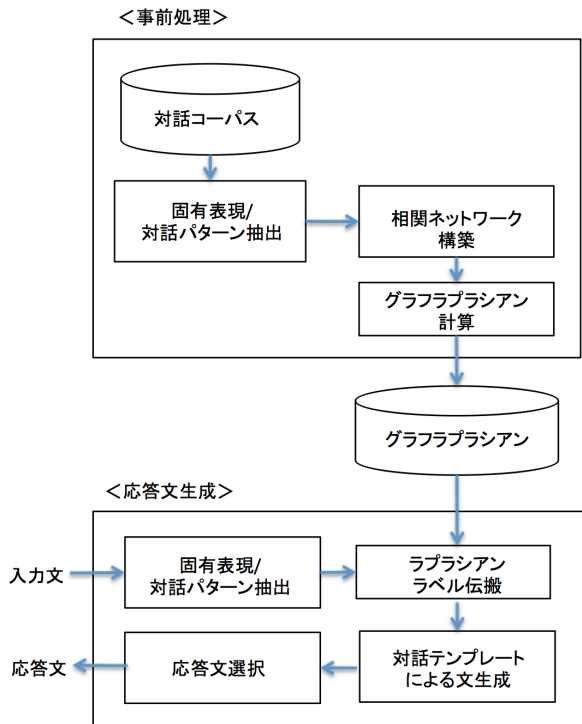


図 1: システム構成概要

## 2.1 対話コーパス

対話コーパスとして従来手法のように、ウェブ上のデータを API などを利用して収集することも考えられるが、本研究では、対話コーパスとして人同士がチャットによるテキスト対話によって行った雑談データを利用する [3]。この雑談対話コーパスには、約 2 万の発話が含まれており、各発話には固有表現の位置と型、話題、対話行為がアノテーション付けされている。人同士が実際に行った雑談データを用いることで、ウェブ上のデータを利用する手法に比べて、実際に人同士がどのように前の発話を受けて、応答しているのか、あるいはある話題に対してどのような表現を用いているのかというコミュニケーションのパターンが抽出でき、雑談を盛り上げるような発話を多く生成できると期待できる。

## 2.2 関連ネットワーク構築

関連ネットワーク構築には、まず対話コーパスの各発話文に付与されたアノテーションを利用し、固有表現を単語として抽出し、それらを固有表現の型に応じたスロットに置き換えた対話パターンを抽出する。この際、一つの発話文内に同一の固有表現があった場合には、同一のスロットを置くものとする。(対話生成時には、これらのスロットには同じ固有表現が当てはめられるものとする。) このように抽出された単語と対話パターンをノードとして、同一の発話文から抽出された単語と対話パターンとの間にリンクを張って得られるグラフをここでは関連ネットワークと呼ぶことにする。(図 2 参照)

同じ対話パターンに当てはめが可能な単語の集合は、意味的に何らかの関連性を持つと考えられ、また対話パターンの同じ場所に当てはめが可能な単語は固有表現の型が一致し、意味的に類似しているしていると考えられる。つまり、この関連ネットワーク上のリンクを辿って繋がる単語の集合は、お互いに関連性を持ったいくつかの意味カテゴリを形成していると考え

られる。対話生成のコンテキストでは、それらの意味カテゴリは、人が認識している雑談上の話題であると見なすことができるだろう。ゆえに、関連ネットワーク上の意味カテゴリを抽出することで、話題に沿った発話や話題の関連性を用いた自然な話題の遷移を行う発話が生成できると考えられる。

グラフ構造を利用して、このような意味カテゴリを抽出する手法として、ラプラシアンラベル伝搬法が知られている [4]。ラベル伝搬法では、本研究における単語はある意味カテゴリの一要素としてインスタンス、対話パターンはインスタンスが出現するパターンに対応する。ラベル伝搬法では、ナイーブにグラフのリンク構造を利用すると、ジェネリックな対話パターン(例えば、「〜って良いよね。」のようななどのような単語が来てても良いような汎用的な対話パターン)や単語(例えば、日付、時間、割合、金額などの固有表現の型を持つ単語など意味的なカテゴリに関わらない単語)が存在する場合に、意味ドリフトと呼ばれる現象により、複数の無関係の意味カテゴリが混合されてしまい、意味的にまとまったカテゴリが抽出できなくなるという問題がある。ラプラシアンラベル伝搬法では、インスタンス間の類似度行列をインスタンスとパターンとの共起関係を表す共起行列  $W$  の積  $A = W^T W$  をそのまま使わずに、正規化ラプラシアン

$$L = I - D^{-1/2}(A)AD^{-1/2}(A), \quad (1)$$

を使うことで、意味ドリフトの低減を行う手法である。但し、ここで  $D(A)$  は次数対角行列で、 $D(A)_{ii} = \sum_j A_{ij}$  である。グラフラプラシアンには、多くのインスタンスあるいはパターンに繋がるノードの重みを軽減する効果があることから、意味ドリフトが起こりにくいと期待できる。単語を  $w_i$ 、対話パターンを  $t_j$  とすると、単語と対話パターンとの共起行列は

$$W_{ij} = \frac{|w_i, t_j|}{\sum_k |w_i, t_k|}, \quad (2)$$

で与えられる。ここで  $|w, t|$  は単語  $w$  と対話パターン  $t$  との共起回数である。ラベルラプラシアン伝搬法では、伝搬におけるシードとグラフ構造とのどちらを重視するかということを決定するパラメータ  $\alpha \in [0, 1)$  がある。 $\alpha$  の値が 1 に近いほど、グラフ構造を重視した結果となる。

本論文で単語を固有表現に限定したのは、対話パターンに単語を当てはめて文生成した時に、構文的に誤った非文や意味的に誤った文が生成されないようにすること以外に、一般的な単語が関連ネットワークに含まれることで意味ドリフトが起こらないようにするという狙いがある。

図 1 に示すように、グラフラプラシアンは対話生成を行う前に、事前に対話コーパスから単語と対話パターンを抽出し、構築しておく。

## 2.3 応答文生成

応答文の生成には、まず入力文から固有表現を単語として抽出する。また、入力文の固有表現部分をスロットした対話パターンを抽出する。これらの固有表現の内、対話コーパス内にある固有表現のスコアを 1 と設定し、また入力文の対話パターンにマッチする対話パターンのスコアも 1 と設定する。また、過去の発話がある場合には、それらに含まれる固有表現、対話パターンについても  $\lambda^t$  のスコアを設定する。ここで、 $t$  は、その発話が入力文から  $t$  個前の発話(ユーザと人と両方を含む)であることを示し、 $\lambda \in (0, 1]$  は減衰率である。実際には、履歴に含める発話の最大数  $T$  を設定する ( $t \leq T$ )。

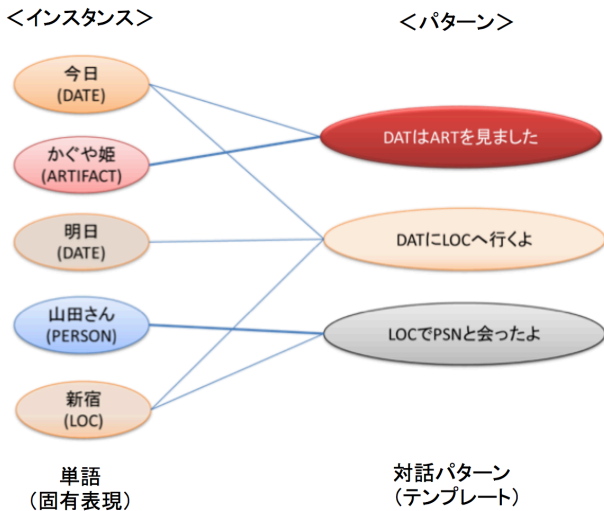


図 2: 相関ネットワーク

また、本来ラベル伝搬法では各インスタンスノード上のスコアの値が変化しない定常状態に収束するまでラベル伝搬の操作を繰り返すが、本研究では有限の伝搬回数で打ち切るように近似する。これは実際に収束するまで伝搬を繰り返すと、相関ネットワーク上に非常に広く薄く伝搬する成分があることによる計算量の増加を削減するためである。

ラベル伝搬によって割り振られた相関ネットワーク各単語  $w$  と対話パターン  $t$  のスコアをそれぞれ  $F(w)$ ,  $F(t)$  とする。このとき、ある対話パターン  $t$  に対して適用可能な単語の組  $\{w_i | i = i_1, i_2, \dots, i_n\}$  内、それらのスコアの積が最大となる組合せを選択し、文  $s$  を生成する。生成文  $s$  のスコアを以下で定義する

$$F(s) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n F(w_{i_k}) F(t). \quad (3)$$

このようにして計算したスコアが最大となる文  $s$  を応答文とする。なお、その応答文が過去の発話に含まれている場合には、次にスコアが高い文を出力するものとする。

### 3. 対話事例

提案手法により、どのような雑談が生成されるか図 3 に示す。U はユーザの入力であり、S がシステムの応答である。本研究では入力文からの固有表現抽出には CaboCha<sup>\*1</sup> を利用した。また、形態素解析器には MeCab<sup>\*2</sup> を利用し、本研究で利用した雑談コーパスから抽出された固有表現を辞書に追加した。ラベル伝搬のパラメタについては  $\alpha = 0.0001$  とし、伝搬回数は 3 とした。今回、ラベル伝搬のシードには、抽出された固有表現のみを考慮し、対話パターンの方は無視した。対話履歴については、話題変化に速やかに追従するように、減衰率を  $\lambda = 5.0 \times 10^{-5}$  と設定した。

図 3 の対話事例を見ると、与えられた固有表現に対して、話題に沿った応答文が生成できている事が分かる。また、履歴の効果も入れており、ユーザから新たな話題に関わる発話が入力されない場合には、過去の発話によって得られている固有表現

から定まる話題に関する発話が生成されている。また、話題の切り替わりについても適切に追従出来ていることが分かる。

システム発話はチャット環境でのテキスト対話によって収集された対話コーパスにおける対話パターンによって生成される [3]。よってある話題について、人がどのような表現を使うのかという事が反映された非自明な表現になっている。但し、現状では単語の意味的な関係は考慮せずに文を生成している為、図 3 の最後のシステム発話における「NHK 連続テレビ小説紅白歌合戦」のように、「紅白歌合戦」という NHK に関するテレビ番組ではあるがドラマではないものが当てはめられ、実世界における事実と反したような内容の発話も生成される。このような問題に対処するために、単語間の係り受け関係を対話パターンに含め、その関係を満たす単語の組のみを使って文生成を行うということが考えられる。また知識ベースとの照合によって、事実と反する内容の文をフィルタリングするなどの後処理を加えることが考えられる。

```

U > 2ちゃんねる見ましたか？
S > 私は2ちゃんねるのまとめサイトを見るのが好きなので、MT2というまとめサイトを更にまとめたものをみています。
U > そうですか
S > 2ちゃんねるは、情報収集のためにたまにチェックするくらいなのですが、情報がたくさんありすぎて、見始めるときりがなくらいですね。
U > NHKの紅白は好きですか？
S > あなたはNHK連続テレビ小説はご覧になったことはありますか？
U > ありますよ
S > 私はNHKのテレビ小説を見る習慣がないので、まったく知りません。
U > いいですけど
S > NHK連続テレビ小説紅白歌合戦が、ぬか床女子のブームの火付たそうですよ。
    
```

図 3: 雑談生成事例

### 4. まとめ

本論文では、対話コーパスから抽出した単語と対話パターンとの相関ネットワーク上のラベル伝搬によって、現在の話題に沿った対話を生成しながら、自然に関連する話題への遷移も行える対話生成アルゴリズムを提案した。また、実際に人同士で行われた雑談を収集した対話コーパスから、相関ネットワークを構築し、提案手法により雑談生成が行えることを示した。

今後の発展としては、対話パターンに対話行為も付随させることである。このようにすることで、対話パターンとのマッチングにより、対話行為を推定し、かつ対話コーパスから得られた対話行為の遷移確率に基づき、対話行為的に妥当な応答を生成することができるようになる。

また、複数の話題が同時に存在する場合にも対応できるようにするには、ラベル伝搬においてスコアベクトルを話題の数だけ並べた行列に拡張することも考えられる。

今回用いた対話コーパスでは、各発話には話題のアノテーションもあるため、単語と対話パターン以外に、話題のノードを追加し、3部グラフの構造を持った相関ネットワークを構成することができる。今回用いたラベル伝搬法は、このような3部グラフに対しても容易に拡張が出来る。このようにすることで、より一層、意味ドリフトが起りにくいラベル伝搬ができるようになるものと期待できる。

\*1 <http://taku910.github.io/cabochoa/>

\*2 <http://mecab.googlecode.com/svn/trunk/mecab/doc/index.html>

また固有表現ではない一般の単語でも、オントロジーなどの型が付与できるものであれば、その型を利用することで、単語の範囲を広げることができるであろう。

## 参考文献

- [1] R. Higashinaka, N. Kawamae, K. Sadamitsu, Y. Minami, T. Meguro, K. Dohsaka, and H. Inagaki. Building a conversational model from two-tweets. In *ASRU 2011*, pp. 330–335, 2011.
- [2] Graham Wilcock. *Proceedings of the Workshop on Question Answering for Complex Domains*, chapter WikiTalk: A Spoken Wikipedia-based Open-Domain Knowledge Access System, pp. 57–70. The COLING 2012 Organizing Committee, 2012.
- [3] 塚原裕史, 内海慶. オープンプラットフォームとクラウドソーシングを活用した対話コーパス構築方法. 言語処理学会第 21 回年次大会 (NLP2015), 京都, 3 2015.
- [4] 小町守, 牧本慎平, 内海慶, 颯々野学. ラブラシアンラベル伝播による検索クリックスルーログからの意味カテゴリ獲得. 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 1, pp. 196–205, 2010.
- [5] 灘本明代, 林正樹, 道家守, 浜口斉周, 田中克己. 係り受け構造及びシソーラスによる対話文生成と簡易演出技法を用いた web コンテンツの受動的視聴. In *DEWS2005*, 2005.
- [6] 稲葉通将, 神園彩香, 高橋健一. Twitter を用いた非タスク指向型対話システムのための発話候補文獲得. 人工知能学会論文誌, Vol. 29, No. 1, pp. 21–31, 2014.