

議論構造を利用した発言録の自動要約

- 議論タイムスパン木による重要発言の同定とその応用 -

000

三浦 寛也^{*1} 能登 楓^{*2} 竹川 佳成^{*2} 平田 圭二^{*2}
 Hiroya Miura Kaede Noto Yoshinari Takegawa Keiji Hirata

^{*1} 公立はこだて未来大学大学院
 Graduate School of Future University Hakodate

^{*2} 公立はこだて未来大学
 Future University Hakodate

これまで我々は、音の時系列構造を分析する技術である音楽理論を用いて、会議で行われる議論の構造を分析する手法について検討してきた。本稿では、その分析結果から得られる、各発言の重要度を階層的に表現する木構造(議論タイムスパン木)を用いることで、議論構造の理解および自動要約を目的とした分析器のプロトタイプシステムの有効性について述べる。

1. はじめに

これまで我々は、音の時系列構造を分析する技術である音楽理論 Generative Theory of Tonal Music (GTTM)[1]に基づき、会議で行われる議論の構造を分析する手法について検討してきた。その分析結果から、会議記録の各発言の重要度を階層的に表現する木構造(議論タイムスパン木)の自動獲得により、モデルを提案し、その有効性を評価してきた[2]。

議論における切れ目を求める手法は従来からも検討されてきたが、それらは主に話題の局所的な境界を求めることが主眼であった。議論タイムスパン木による表現では、そのような局所的な境界を求めると同時に、議論全体のまとまりや重要発言などを発見し、階層的な全体構造を獲得することを目的としている。また、議論タイムスパン木の生成は多数のルールから構成されている。そのため、各ルールの重み付けを調整することにより、異なる観点、例えば、決定事項を重視する発言群や、展開性をもたらす発言群を上位に選定する議論タイムスパン木の生成が可能となった。本稿では、議論タイムスパン木を用いることで、議論構造の理解および自動要約を目的とした分析器のプロトタイプシステムの有効性について、ケーススタディをもとに検討する。

2. 議論構造の獲得・可視化に関する従来研究

Netscan プロジェクト[3]では、年間 800 万人もの参加者が 1 億 5 千万通以上ものメッセージをやり取りしている USENET での議論構造を可視化して、多くの価値観が混じった膨大なコンテンツを整理してユーザに示すことを試みている。また、電子掲示板やメールソフトに広く採用されているメッセージ間の返信関係をスレッド表示する機能を使うと、議論構造を簡単に可視化できる。USENET やメーリングリストや電子掲示板などで行われる議論は、メッセージ間の返信関係がはっきりしているため、議論の流れを追いやさく、複数の話題が絡まりあってもそれらを区別することは容易にできる。

一方、IRC などのチャットシステムでも、複数の議論が同時に進行しているが、メッセージ間の返信関係が明確ではないので、議論の流れを追っていく。そこで、議論の内容を分析して発言をスレッド単位に並べることで、議論をフォローしやすくなるシステムも提案されている[4]。このシステムでは、話題の一貫性

に注目しており、繰り返し登場するキーワードもしくはキーフレーズを探し、それらのキーワードを共有するようにメッセージを配置することにより議論の流れをスレッド構造に変換している。

また、議論の構造をキーワードレベルで抽象化して 2 次元空間に可視化することにより、参加者が複数の話題間の関連を認識しながら議論を進めることができるシステムも提案されている[5]。E メールにおける議論の流れを、メッセージの引用関係に基づいて視覚化することも試みられている[6]。

3. 議論を表現する木構造の獲得

3.1 ディスカッションマイニングと議論タイムスパン木

ディスカッションマイニングとは、会議における活動を映像・音声情報やテキスト情報など複数メディアで記録し、そこから再利用可能な知識を抽出するための技術である[7]。DM システムは、自然に展開する議論テーマや変化する状況を人為的な制限を加えずに記録する[8]。議論の構造を正確に記録し振り返ることは大変有用であると認識されているが、記録する作業自体はオーバーヘッドとなるので、ここにトレードオフが生じる。DM では、会議参加者に若干のオーバーヘッド(実時間で議論の要素にタグ付けしていくこと)を強要する代わりに、その払ったオーバーヘッドに見合う以上のメリットをユーザに還元するような会議内容閲覧ページを構築した。

DM システムが支援する会議では、参加者は議論札と呼ばれる専用デバイスを用いることで、導入発言と継続発言の 2 つに発言タイプが分類される。先行する発言が無いものを導入発言と呼び、そうでないものを継続発言と呼ぶ。これを議論の構造化の主要な手がかりとしている。このような各発言間の関係に基づいて構成された木構造を DM 木と呼ぶ。DM 木の根は導入発言である。ある 1 つの発言に対して、同時に複数の継続発言が付くと DM 木の分岐が増える。先行発言に継続発言が付く、さらにそれを先行発言として継続発言が付くと DM 木の枝が伸び、木が深くなる。ある導入発言から次の導入発言までの継続した発言群を 1 セクションと呼び、DM 木は 1 セクションから 1 つ生成される。DM 木は、時間幅を持つ発言を (n)(n=発言番号) とし、発言番号 (i) を繋ぐ“→”は発言の流れを示している。図 1 の DM 木は、導入発言 (1) から継続発言 (2) が生じ、(3)、(4)、(5) とさらなる継続発言が生じていることを表す。

ここで楽曲構造と会議構造を対比する。楽曲においては音イベント、会議においては発言がともに時間軸に沿ってゲシュタ

ルトを生成する点に着目すると、音楽理論の会議記録分析への応用が考えられる。GTTM の楽曲分析のアプローチに基づき会議記録の分析への応用を行うと、発言の重要度を階層的に表現する木構造(議論タイムスパン木)の生成が考えられる。

議論タイムスパン木は、次のような内容を表現する。(i)隣り合った関連のある発言をひとつのグループにする、(ii)各発言の重要度を階層的に表現する。まず(i)では、図 1 の例において、発言(1)-(2)と(3)-(4)がそれぞれひとつのグループとなっており、さらに階層が上がると(3)-(4)と(5)がグループとして構成される。これは会議記録における内容の近さを表現する。また(ii)では、生成された木構造における枝と幹の関係から各発言の重要度が階層的に表現される。図 1 では、各発言の重要度は高い方から順に(1),(5),(3),(4),(2)となっている。

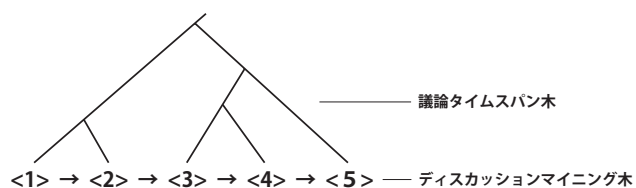


図 1. ディスカッションマイニング木と議論タイムスパン木

3.2 獲得ルール

議論タイムスパン木は DM 木の情報に基づき、グルーピング獲得と重要発言選定の 2 段階の処理によって生成される。グルーピング獲得では、DM 木に含まれるグループ(ゲシュタルト)の発見をおこなう。重要発言選定では、あるグループ全体の時間幅(タイムスパン)を代表する重要発言の選定をおこなう。DM システムから、時間的な近さや発言順序、情報量の変化によって話題の変化や類似が判定できるだろう。また発言の重要度は、発言量や発言時間長、さらに発言の内容の意味を考慮し、賛同数、重要単語の頻出数から類推される。本研究で提案したグルーピング獲得ルールには「発言間の間隔で境界が生じやすい」「発言者の順序の変化で境界が生じやすい」、重要発言選定のルールには「発言時間の長い発言は重要である場合が多い」「重要発言は重要単語を含む場合が多い」などがある。

3.3 獲得アルゴリズム

前節で提案したルールは大域的な構造に関するものと局所的な構造に関するものが混在するため、両者のルールを適切に実行することは難しい[9]。我々はこの問題に対処するため、局所的/大域的な処理を適切に組み合わせるアルゴリズムを構築した。議論タイムスパン木は、以下のステップで獲得される。

- (1)DM システムにより DM 木を取得する。
- (2)1 セクションを 1 つのグループにする。
- (3)局所的構造に関するグルーピング獲得のルールを適用する。
- (4)相対的な観点から高次の境界の強さを算出する。
- (5)最も強い境界でグループを 2 つに分類する。
- (6)局所的境界がある場合、(3)、(4)、(5)を繰り返す。
- (7)重要発言選定のルールを適用する。
- (8)グループ内での重要発言をボトムアップに選定する。

本アプローチでは、ルールの優先度が明確に決まっていないことや、グループ境界の判定基準が曖昧であることから、ルール適用の際に競合が生じる場合がある。これらの問題に対処するためには、適切なルール実行管理が必要となる。そこで我々は、目的や観点によって重み付けを変更することでルールの優先順位を管理する。また判定基準の曖昧性に関して、以下 2 つの評価項目に関する各ルールの適用回数の総和をカウントするこ

とにより、程度成立しているかを定量的に定義する;発言間に生じる境界、発言の重要度合。前節で提案したグルーピング獲得のルールを発言間に生じる境界の選定,重要発言選定のルールを発言における重要度合の選定を行うための評価項目として導入している。

4. ケーススタディ

前章で述べた議論タイムスパン木の獲得アプローチに基づくケーススタディを行う。本稿では、直線的な議論が継続されるセクションの例を対象としている。セクション例の発言要旨を表 1、DM 木を図 2 に示す。表 2 の各発言要旨の左側は、左上が発言番号(例: {1}), 右上が発言者(例: O), 左下が賛成ボタンの押下回数(例: 1), 右下が発言に要した時間(例: 0:33(33 秒の意))である。発言者 O による導入発言 {1} を聞いて、発言者 W による継続発言 {2} が生じ、さらなる継続発言が生じたことを表している。

発言番号 {1} から {8} までの 1 セクションを 1 グループとする。このグループ全体に局所的な構造に関するグルーピング獲得のルールを適用する。各発言への適用結果から {4}-{5} の間に最も深い境界が生じ、それを境界とした {1}-{4} と {5}-{8} のサブグループが検出される。また {2}-{3}, {6}-{7} の間にも境界が生じる。この一連の処理をサブグループ内で繰り返すと、最終的に {1}-{4} のグループでは、{1}-{2}, {3}-{4} と細かく分類され、局所的/大域的な階層構造が得られる。

同様に重要発言の選定に関するルールをグループ全体に適用する。この処理によって各発言の重要度合が分かる。以上より得られた局所的/大域的な階層構造と各発言の重要度合を基に、議論タイムスパン木をボトムアップに生成する。{1}-{4} のグループにおいては、{1}-{2} と {3}-{4} のそれぞれで重要発言の選定を行う。この処理を繰り返し、最終的には {1}-{4} と {5}-{8} でトーナメント式に得られた重要発言の比較を行い、このセクションでの最重要発言が決定する。このようにして議論タイムスパン木が得られる(図 2)。

表 1. 各発言要旨

{1},O	危険ではない状況というのは、目と目があっている状況のことではないか。
1,0:33	
{2},W	お互いに目が合っていないでも大丈夫。目が合うというか、認識できているかどうかだと思う。
0,0:30	
{3},O	ずっと認識している必要はないが、一度は相手が何処にいてどの方向に動いているか知る必要がある。
0,0:26	
{4},W	その人が次にとる行動を予測するところまで考えないと「認識して回避する」と言えないのではないか。
0,0:34	
{5},N	相手がこちらを認識していないときはその行動を予測できないと思うが、そこは従来研究に譲る。
1,0:40	
{6},W	相手が人間だと認識したら、AT がやるべきは回避ではなくて人間に AT の存在を知らせることである。
0,0:32	
{7},N	人間に乗り物の存在を気づいてもらえるクラクションなどの何らかのアクションをしなくてはならない。
2,1:05	
{8},W	安全走行のためには、そういうことに気をつけることも必要だと思う。
0,0:16	

<1> → <2> → <3> → <4> → <5> → <6> → <7> → <8>

図 2. DM 木

4.1 簡約による要約の生成

議論タイムスパン木では、議論の上の 2 分木が、各発言の構造的な重要性により楽曲が簡約されていくことを表している。

タイムスパン木の簡約とは、タイムスパン木というドメインの上で、重要でないタイムスパン（時間幅）から順番に削除していく操作である。削除前のタイムスパン木と削除後のTS木の間には、半順序関係が成立する。本節では、前節のケーススタディで得られた議論タイムスパン木の発言録に対する自動要約への応用について説明する。

図3の例で得られた議論タイムスパン木に対して簡約を行い、各発言の重要レベルを揃える。まず議論タイムスパン木の上位層の断面を切ると、例えば、発言番号(2),(7)が抽出され、2発言による要約が生成される。次に下位層の断面を切ると(2),(4),(5),(7)が抽出され、4発言による要約が生成される。このように議論タイムスパン木の生成により会議内容の簡約化情報が得られることがわかり、これは自動要約への応用が考えられる。さらに、本プロトタイプシステムでは、議論タイムスパン木の生成ルールに関して重み付けを調整するパラメータを設置した。そのため、ユーザは異なる要約の目的に基づき、ルールの重み付けを調整し、木構造を変形させることができる。

図4は、図3と同様の議論データからルールの重み付けを調整することで獲得した議論タイムスパン木である。図4の議論タイムスパン木では、2発言による要約は、発言番号(1),(8)を抽出することで生成され、3発言による要約は、発言番号(1),(5),(8)から生成される。図3の議論タイムスパン木では、決定事項や話題の結論が重要発言として、上位に選定されていることに対して、図3の議論タイムスパン木では、話題の提起や展開性をもたらす発言が選定されている。このように、各ルールの重み付けを調整することにより、異なる観点から重要発言を選定することができる。

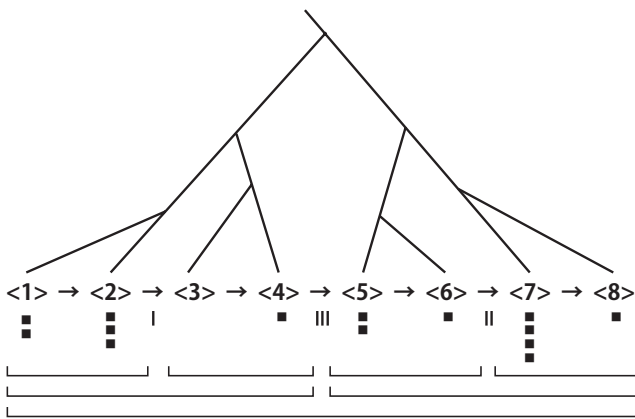


図3. 各ルールの適用結果と得られる議論タイムスパン木

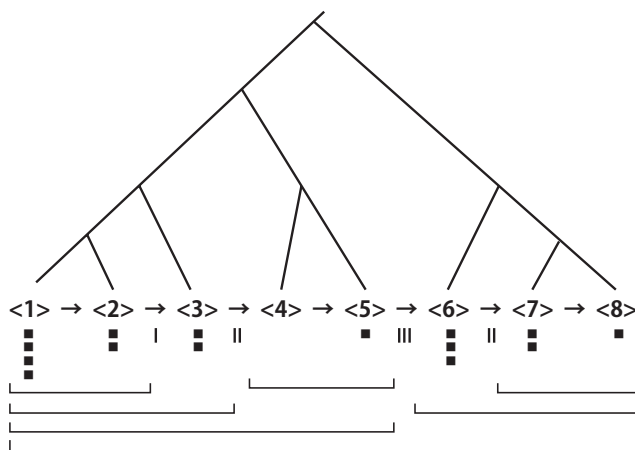


図4. ルールの重み付け調整後の議論タイムスパン木

5. 実験と評価

本節では、グルーピング構造と重要発言選定の性能評価 F 値で評価する。グルーピング構造ではグループが所属する階層に関係なく、システム出力と正解データの両方に同じグループがある場合を正解とした。一方、重要発言選定では、システム出力と正解データにおける枝と幹の接点が同じレベルかつ同じ位置にある場合を正解とした。評価データは、DM システムで公開されている議論全 120 件(セクション数:962 件, 議論時間:約 234 時間)を対象としており、システム出力と、手作業で作成した正解データを比較している。なお本実験では、ルールの重み付けによる調整はおこなっていない。実験結果から、グルーピング構造の結果に関する F 値は 0.68, 重要発言選定では、0.58 となった。

6. 考察

前章でおこなった実験結果から、不正解が多く見られた議論の特徴として、継続発言が多い(異なる話題が展開される)ものや、発表者数・発言数が多いものが挙げられた。ここでは、その理由と改善点について記す。

6.1 不正解例(1):継続発言が多い議論

継続発言が多い議論の特徴として、グルーピング獲得の際に、発言内容、発言者に関するルール(単語の初出箇所、発言順序など)などのルール群が多く適用されたことが分かった。これらのルール群は、直接的に発言内容に関連するルールではなく、発言におけるメタデータを取り扱うルールである。図5は、継続発言が多い議論におけるシステム出力結果と正解データとの比較を示したものである。この図では、システム出力のグルーピング獲得において、(1)-(2),(3)-(4),(5)-(6),(7)-(8)というように、機械的に話題の境界を判定されていることがわかる。このように、発言内容に関わらず機械的に話題の境界を判定される傾向が多く見られたが、こうした傾向は、局所的なグルーピング獲得には有効であることが分かった。その一方で、大域的なグループ構造を獲得する場合には、特定の話題の終止箇所や新しく展開された箇所を判別する必要があるため、発言内容を十分に理解し、境界を判定する必要がある。しかし今回実装したプロトタイプシステムでは、発言のメタデータを取り扱うルールを重視する仕様としていたため、適切にグルーピングすることができなかった。

上記の問題を解消するためには、局所的/大域的なグルーピング構造の獲得において、異なる観点により境界を判定する必要があるため、発言内容に関するルールと発言のメタデータに関するルールを適切に管理するアルゴリズムを新たに設計する必要がある。

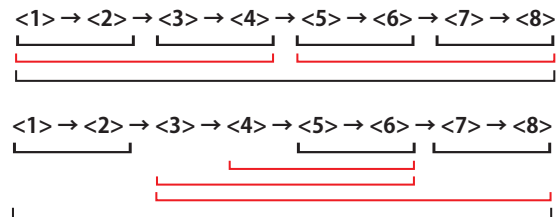


図5. 継続発言が多い議論におけるシステム出力(上図)と正解データ(下図)

6.2 不正解例(2): 発言者数・発言数が多い議論

発言者数・発言数が多い議論では、議論の前後半での中心人物と話題が大きく変わるという特徴がある。図 6 は、発言者数・発言数が多い議論におけるシステム出力と正解データを比較したものであり、本例では、6 発言がすべて異なる発表者の議論である。この図が示すように、議論前半は正解データと一致しているが、後半は一致していない箇所が多く見られる傾向があることがわかった。これは、一律のルールを全範囲に適用していることで、ルールの競合が生じ、全体の精度が低下したためだと考えられる。そのため、ルールの重み付けを局所的に振り分けることが今後の課題となる。

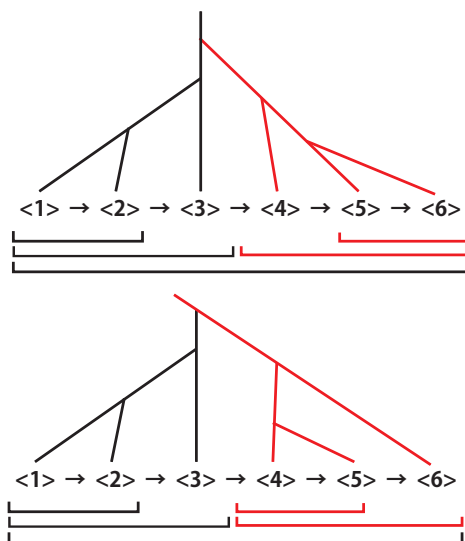


図. 発言者数・発言数が多い議論における
システム出力(上図)と正解データ(下図)

7. おわりに

本稿では、音楽理論 GTTM に基づいて議論の構造を分析する手法について検討した。その分析結果から得られる、各発言の重要度を階層的に表現する木構造(議論タイムスパン木)を用いることで、議論構造の理解および自動要約を目的とした分析器のプロトタイプシステムの有効性について述べた。今後の課題には、(1)従来手法の要約技術の結果得られる重要発言と議論タイムスパン木の生成で得られる重要発言がどのように同じでどのように異なっているかを追求すること、(2)各ルールを実行するパラメータそれぞれの影響度の違いを追求することなどが含まれる。

参考文献

- [1] F. Lerdahl, and R. Jackendoff, : A Generative Theory of Tonal Music, The MIT Press (1983).
- [2] 三浦寛也, 森理美, 長尾確, 平田圭二: 音楽理論 GTTM に基づく議論タイムスパン木の生成方式とその評価, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.3, pp.942-950 (2015).
- [3] Smith, M.: Tools for Navigating Large Social Cyberspaces, COMMUNICATIONS OF THE ACM, Vol. 45, No. 4, pp. 51-55 (2002).
- [4] Spiegel, D.: Coterie: A Visualization of the Conversational Dynamics within IRC. MIT Master's Thesis (2001).

- [5] 角康之, 西本一志, 間瀬健二: 協同発想と情報共有を促進する対話支援環境における情報の個人化, 電子情報通信学会論文誌 Vol. J80-DI, No. 7, pp. 542-550,(1997).
- [6] 村上明子, 長尾確: ディスカッションマイニング: 構造化されたコミュニケーションによるトピックの検索と視覚化, 言語処理学会第 6 回年次大会発表論文集, pp. 451-454 (2000).
- [7] 長尾研究室: ディスカッションマイニングプロジェクト, <http://dm.nagao.nuie.nagoya-u.ac.jp/>
- [8] 土田貴裕, 大平茂輝, 長尾確, 対面式会議コンテンツの作成と議論中におけるメタデータの可視化, 情報処理学会論文誌, Vol.51, No.2, pp.404-416 (2010)
- [9] 浜中雅俊, 平田圭二, 東条敏, 音楽理論 GTTM に基づくグループ構造獲得システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 1, pp. 284-299 (2007).