

議論を表現するタイムスパン木の生成方式についての検討

三浦寛也* 竹川佳成† 平田圭二‡

(公立はこだて未来大学)§

1 はじめに

会議記録の主たる再利用法は議事録であり、議事録の内容を効率的に提示する要約技術はこれまでも数多くの手法が提案されてきた。しかし、それらの多くは会議の参加者・欠席者に同一の情報を提示するような要約を実現するシステムが一般的であった [1][2][3]。一方、議事録の有用性を高めるには、議論の意味を理解し、必要な情報を抽出することが重要である。また議事録の要約は個人により目的が異なるが、その個人差に着目した研究はこれまでに十分されてきてはいない。これらの問題に対処し、会議記録の再利用性を高めるためには、それぞれのニーズに応じた要約や議事録が必要になる。

そこで本研究の目的は、議論の「構文解析」による展開の把握や重要発言の同定である。会議における活動を複数メディア、例えば映像・音声やテキスト情報、メタデータ等で記録し、そこから再利用可能な知識を抽出するこの処理はディスクッションマイニング (DM) と呼ばれる [4]。DM に関する研究の一貫として土田らは、会議記録から得られた情報を半自動的に構造化した会議コンテンツを作成することで、議論の内容を効率的に閲覧させた [5]。DM システム [6] では、会議記録の発言を導入発言と継続発言の2つのタイプに分類することで、議論の構造化をおこなっている。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。これらの発言間の関係に基づいて構成された木構造が DM 木である。DM 木の根は導入発言であり、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。しかし現在の技術では、議論の意味を理解し、ユーザの要求に柔軟に対応して情報を抽出することは一般に困難であった。これは会議において、発言どうしの集合や関係といった議論構造の発見や、分析を行うための適切な手法が提案されていないためである。

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が、会議においては発言が時間の進行とともに発生しグループ (ゲシュタルト) を生成する点に着目すると、会議記録における時系列データの分析手法として音楽理論の応用が考えられる。音楽理論とは、楽曲を構文解析する技術である。これにより、時間の進行に沿って生じる音イベント列をさまざまな時間長のレベルで分節し重要な音を発見することができる。中でも Fred

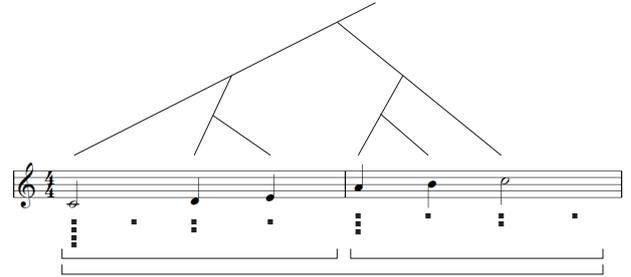


Fig. 1 タイムスパン木

Lerdahl と Ray Jackendoff により 1983 年に提案された Generative Theory of Tonal Music (GTTM)[7] は現在最も正しい音楽理論の1つとされ、音楽認知や音楽情報処理の多くの研究において参照され続けている。GTTM の分析結果からタイムスパン木と呼ばれる木構造が生成され、この楽曲に含まれる音の相対的な重要度が表現される (Fig.1)。

そこで我々は、音の時系列イベントを構文解析する技術である GTTM の楽曲分析アプローチに基づき、会議記録における各発言の構造的な重要度を階層的に表現する議論タイムスパン木を提案した [8]。さらに議論タイムスパン木は、その生成ルールを柔軟に入れ替えることにより、視点の切り替え可能な意味表現法である新しい要約技術としての応用が期待できる。その自動生成は会議の深層構造の分析を可能とするだけでなく、過去の会議コンテンツを柔軟に検索や加工も可能となり、例えば Q&A 型議事録への応用が期待できる。Q&A 型議事録とは、会議記録データに対する検索エンジンのようなインタラクティブシステムのことであり、以下のような質問を受け付けることを想定している：「この話題はどういう結論だったのか?」「この結論に至ったプロセスを教えてください」「私は何を知った上で次の会議に臨めばいいか?」。

本稿では、議論タイムスパン木の生成方式の計算機上への実装手法について述べる。具体的な取り組みとして、議論タイムスパン木を自動生成する手法の提案と、それらを実行するルール群の提案をおこなった。議論タイムスパン木生成の実装では、階層構造の獲得やルールの競合などの問題がある。こうした問題に対処するには適切なルール実行管理が求められる。上記の課題を解決する手法を提案し、その有効性を評価するため、議論タイムスパン木生成システムのプロトタイプをおこなった。さらに、本研究で提案している議論タイムスパン木が、時系列データの深層構造を表現するモデルとして妥当で

§2113031@fun.ac.jp
 †yoshi@fun.ac.jp
 ‡hirata@fun.ac.jp
 §函館市亀田中野町 116 番地 2

あるかを検証するためケーススタディをおこない、その表現力について検討した。

2 関連研究

議事録の要約を作成するためには、テキストの内容を理解し、中心的な話題を特定し、それらを簡潔にまとめるという3つの作業が必要となる [9]。また、議事録の論点を把握するためには、議論の流れを構造化し、読者が話題の展開を把握できるように支援することが重要とである [10]。これまでもテキストの話題構造を自動抽出する研究は行われているが [11][12]、いずれも話題と話題との関係との表層的な関連性を構造化マップとして可視化することを目的としている。しかし本研究では、会議記録における階層的な重要度や発散および収束を表現するといった、深層構造を明確にすることまで含んでいる点で従来研究とは異なる。

3 音楽理論の会議記録分析への応用

これまでに我々は、同じ時系列メディアである楽曲を構造化した GTTM に着目し、会議記録の重要な発言と、各発言の従属関係をタイムスパン木で表現する方法を提案した。これにより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 DM 木の情報に基づき、以下の2つの選好的なルールから生成される；(1) グループ構造の獲得：会議構造に含まれるグループ（ゲシュタルト）の発見、(2) 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。DM システムの情報によって、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、発話量や発話時間長、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。

3.1 議論を表現するタイムスパン木

Fig.2のDM木は、Table 1を発言要旨とする議論木であり、導入発言 (1) から継続発言 (2) が生じ、(3),(4) とさらなる継続発言が生じていることを表している。このDM木から議論タイムスパン木を生成することにより、以下の3点が表現される；(1) 隣り合った関連のある発言をひとかたまりにする、(2) 発言の階層的な重要度を表現する、(3) 議論の起承転結、発散・収束を表現する。まず (1) では、発言番号 (1),(2) と (3),(4) が、それぞれひとまとまりとなっており、これは会議記録に対して内容の近さをグループ構造として表現している。次に (2) では、生成された木構造の枝が付く位置によって階層的な重要度が分かる。Fig.2の例では、各発言の重要度は高い方から順に (1),(4),(3),(2) となっている。最後に (3) では、生成された木構造により、議論全体が (1) で発散し、(4) で収束するといった起承転結が表現されることが分かる。

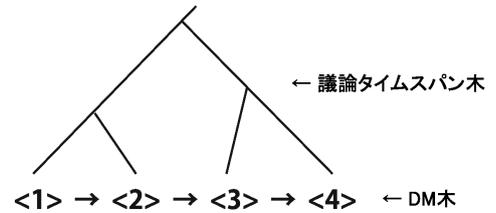


Fig. 2 議論タイムスパン木

Table 1 各発言要旨

発言番号	発言者	発言要旨
<1>	竹川	金のないヤツは俺んとこへこい
<2>	平田	俺もないけど心配すんな
<3>	三浦	見ろよ青い空白い雲
<4>	平田	そのうちなんとかなるだろう

我々は、GTTMのタイムスパン木を生成する規則からの類推により、会議記録を分析するための GTTM 風規則を提案した [8]。グループ構造の獲得ルール (Grouping Preference Rule;GPR) 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」、重要発言の選定ルール (Significance Preference Rules;SPR) 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。

4 議論タイムスパン木の生成アプローチ

4.1 議論タイムスパン木を生成するルール実行管理

前節で述べた議論タイムスパン木生成に関するルールについて、ルールの競合と階層構造の獲得が主要な問題である。例えばルールの競合に関して、発話量は短いが多く数の賛同数を得られた発言の場合、「発言における賛同数の変化」「重要単語の初出箇所」の2つについて、両者を正しく境界判定することは難しい。また階層構造の獲得に関して、提案したルールは、局所的/大局的な観点からボトムアップ/トップダウンに生成するルールが混在する。このため、両者をどのように組み合わせて適切な階層構造を生成するかを判断することは難しい [13]。

これらの問題に対処するため、局所的/大局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。また適切なルール実行管理としてルールを評価値として導入し、以下2項目を判定する。(1) 発言間に生じる境界、(2) 発言が内包する情報量。ルール実行の曖昧性をできるだけ排除するため、ルールが成立すれば値を1、不成立ならば0に対応づける。ルールが成立する度合いが連続的な場合は重み付けを行う。その結果から、相対的なグループ発見を基にボトムアップに重要発言の選定を行い、以下のステップで議論タイムスパン木を生成する (Fig.3)。

- (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。

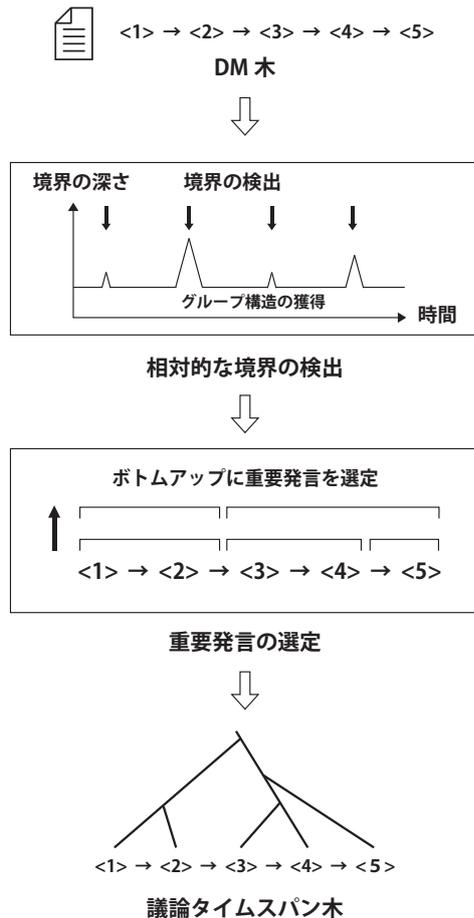


Fig. 3 議論タイムスパン木の生成方式

- (3) 局所的な構造に関するルール (GPR2,3) 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) 重要発言の選定ルール (SPR1~4) 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.

ここでは, 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セッションと呼んでいる. 階層的なグルーピング構造は, ボトムアップ処理により求めた局所的境界を用いて, トップダウンに獲得する必要がある. そのためには, 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ルールを適用し, 境界判定によって高次の境界の強さを算出する (3)(4). この結果から最も強い境界でグループを2つに分類し, そのグループがその内部に局所的境界を含んでいる場合, この処理を繰り返す (5)(6). このアプローチによって, 局所的/大局的な階層構造を取得できると考える. また議論タイムスパン木は, 上記の手順で得た局所的/大局的な階層構造と, 重要発言の選定ルールをグループ全体に適用して得られる各発言の重要度合からボトムアップに生成する (7)(8).

4.2 会議記録における重要単語の同定

重要発言の選定ルールの中には, 発言内容の意味を考慮する必要がある. テキストデータにおける単語の重要度を求める方法として, 一般に TF-IDF 法 [14] が用いられるが, 形式や内容が予め整えられているテキストとは性質が異なるため, 会議記録の性質を考慮した重要単語の抽出手法が求められる. そこで1つの話題から複数の話題が派生する [15] という会議記録の性質から, TF-IDF 法の適用範囲について以下の3つの範囲を提案した. 会議記録全体: 1つの議題に対する議論全体. セクション: 導入発言から次の導入発言までの継続した発言群. 仮想スレッド: 導入発言から各末端までの継続発言の連鎖であり, 意味的な繋がりも考慮した仮想的な時間軸のまとめ. DM システムで公開されている全 126 議論 (1 議論あたりの平均議論時間: 1 時間 57 分, 平均発言数: 65.5, 平均セクション数: 13.4) 中 25 議論を対象とし, 適用範囲内に出現する全単語の TF-IDF 値を計算し, 正解データの重要度を比較した. 正解データは事前に準備しており, 適合率 P (precision) と再現率 R (recall) を組み合わせた F 値を求めた (Table 2).

Table 2 各適用範囲における重要単語選定の F 値

適用範囲	会議全体	セクション	仮想スレッド
F 値	0.449	0.444	0.463

Table 2 の結果から, 範囲における F 値の差はあまりないことがわかった. しかし, 会議記録内の複数のセクションに出現する場合, セクションのみならず会議全体の特徴となる単語として認識される場合がある. また仮想スレッドのみに制限した場合, 範囲内に出現しない単語があるため, セクション毎の適用が有効であると考えた. 議論タイムスパン木生成に関して, 重要単語を取り扱うルールでは, これらの結果を反映させ, 実装をおこなった.

4.3 ケースステディ

本章で述べた議論タイムスパン木の生成アプローチに基づくケーススタディから生成方式に関する妥当性を検証していく. ここで, 議論セクションは話題の派生の仕方によって 3 タイプに分類でき, 頻出傾向の高い順に, 直線的な議論, 途中から二股に分岐する議論, 根元から分岐する議論となっている. 本ケーススタディでは, 直線的な議論セクションである例を対象としている. 例の発言要旨を Table 3, DM 木を Fig.4.3 に示す. Table 3 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, さらに継続発言が生じたことを表している.

Table 3 例1の各発言要旨

(1), O	危険ではない状況というのは、目と目があ
1, 0:33	っている状況のことではないか。
(2), W	お互いに目が合っていないでも大丈夫。問
0, 0:30	題なのは、認識できているかどうかだ。
(3), O	ずっと認識している必要はないが、相手が
0, 0:26	どの方向に移動するか把握する必要がある。
(4), W	その人が次に取る行動を予測できないと、
0, 0:34	認識して回避すると言えない。
(5), N	相手がこちらを認識していないと、行動を
1, 0:40	予測できないが、そこは従来研究に譲る。
(6), W	相手が人間だと認識したら、回避ではなく
0, 0:32	人間にその存在を知らせることが必要だ。
(7), N	人間に乗り物の存在を気づいてもらえるた
2, 1:05	め、何かアクションをすべきだ。
(8), W	安全走行のためには、そういうことに気を
0, 0:16	つけることも必要だ。

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

Fig. 4 例1のDM木

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/大局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/大局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 (Fig.5).

5 実験と評価

前章で述べた議論タイムスパン木の生成アルゴリズムを自動化したプロトタイプシステムを構築した。本章ではその有効性を評価するため、DMシステムでの議論データを分析対象とし、評価実験を行った。ここでは、グルーピング構造分析と重要発言選定の性能の評価を、適合率 P と再現率 R を組み合わせた F 値で評価する。グ

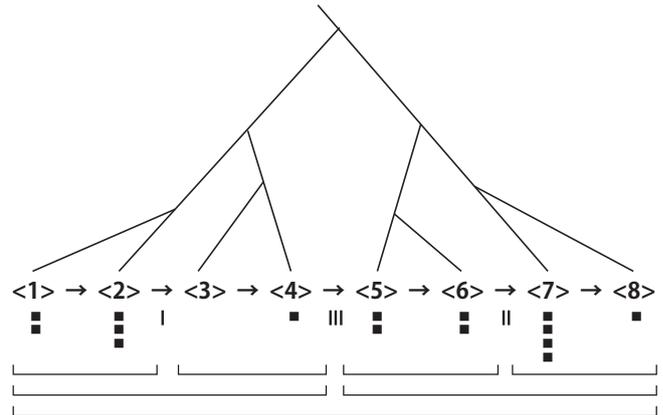


Fig. 5 GPR・SPR 適用結果と得られる議論タイムスパン木

ルーピング獲得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った場合を適合とした。一方、重要発言選定では、タイムスパン木の枝の交点がシステムの出力と正解データとともに同じ位置にある場合、適合とした。

このような F 値による評価を行うため、新たに評価用データを作成した。評価用データは、DMシステムで公開されているこれらの異なる議論タイプ (直線的, 途中から二股に分岐, 根元から分岐) 各 10 件, 全 30 件の議論データと、手作業でグルーピング構造分析および重要発言選定を行った正解データである。ここで取り扱う議論データ 1 件あたりの発言時間は 5-30 分程度、発言数は 4-15 発言程度である。また、1 発言あたりの発言時間は 1-5 分程度、テキスト量は 20-300 文字程度となっている。議論データは、発言数や発表者数、分岐数など議論構造の異なるセクションを選定している。また正解データは、GTTM や議論タイムスパン木を良く理解している本研究報告の筆者の 1 人が作成した。事前実験により、議論タイムスパン木が議論展開を把握する要約としての機能が高いことが証明されたものを選定している。プロトタイプ出力のグルーピング構造獲得分析と重要発言選定の精度をまとめたものを Table 4 に示す。

Table 4 グルーピング構造分析・重要発言選定の結果に関する F 値

議論タイプ	グルーピング構造分析	重要発言選定
直線的	0.62	0.58
根元から分岐	0.79	0.63
途中から分岐	0.76	0.63
全体平均	0.72	0.61

6 考察

本章では、評価結果から階層構造の獲得とルール競合の解消について考察する。まず階層構造の獲得について、

Table 5 Q&A 型議事録で想定される機能とその実現に必要な要素技術

想定機能		必要な要素技術			
基本機能	詳細機能	構造構造の獲得	議論構造の再構成	重要単語の同定	出現頻度の解析
検索	議論情報	-	-	-	○
	決定事項	○	○	○	○
	発散・収束	○	-	-	-
コンテンツ化	起承転結	○	○	-	-
	ストーリー化	-	○	○	-
	一人称化	○	○	-	○
生成的回答	MVP	○	○	-	-
	議論の妥当性	○	-	○	○
	次回までの課題	○	○	○	○

今回の評価データでは、発言数の多い発言や直線的な議論セクションのデータに関して F 値が低いことが分かった。これはスレッド数の多い発言に対して、大局的な階層構造の獲得が適切でないと推測できる。また全データの正解データとシステム出力に含まれるグループ数、グルーピング階層の数を比較するとグループ数とグルーピング階層の両方ともが、正解データに比べてシステムの出力の方の値が大きくなる傾向があった。本プロトタイプシステムでは、グループ構造分析において一律のルールを適用していたが、内容の近さを判断する基準が局所/大局的で異なる可能性が考えられる。例えば、局所的なグループ構造の獲得では、発言内容や話題を重視し分析が求められるが、大局的なグループ構造の獲得では、異なる観点で分析する必要があるかもしれない。この理由について、分析対象が大局的になるにつれて、分析する発言の時間間隔が長くなるため、異なる話題が展開される場合があるためと考えられる。こうした場合、発言内容を重視して両者を比較することは難しいため、発言のメタデータを重視したほうがよい。そのため、局所/大局的なグループ構造分析では、各段階ごとにルールの比重を変更することによって上記の問題が改善されるだろう。

次にルール競合の解消について、全 30 件でのグルーピング構造分析に関する F 値は 0.72、重要発言選定に関する F 値は 0.61 であった。本稿ではルールの重み付けによる優先順位の管理と、評価値導入による境界および重要度合の選定を行ったが、グルーピング獲得が正確に行われていないことが評価結果から分かった。その理由として、今回の実験では、「発言者のパターンが変化した場所で境界が生じやすい」といった意味を考慮しない、形式的なルールの比重を重くしたためだと考えられ、会議の性質や異なるケースに柔軟に対応する必要がある。例えば会議が開催された時期や、参加者の人数や構成といったステータスによって、同じ会議でも重視する観点が異なるため、重視するルールを柔軟に振り分けることが求められる。この問題に対処するためには、発言内容を理解したルールの提案やルール優先順位の管理に関して新しい手法を提案する必要がある。

7 まとめ

本稿では、音楽理論の時系列データ分析への応用として、GTTM の楽曲分析アプローチに基づき、議論タイムスパン木の生成方式について述べた。議論タイムスパン木生成における計算機上への実装に対する問題は、階層構造の獲得とルール競合であった。これらの問題に対処するため、局所的/大局的な階層構造を獲得するためのアルゴリズム提案と適切なルール実行管理方法を考案し、プロトタイプシステムを作成した。このシステムの有用性を評価するため、正解データを作成し、実験によりグルーピング構造分析および重要発言選定の結果に関する適合率、再現率を評価した。今後は、外部からルールの優先順位や重み付けを管理できる外部パラメータの導入を検討している。

今後の展望として Q&A 型議事録の実現を考えている。Q&A 型議事録とは、会議記録データに対する検索エンジンのようなインタラクティブシステムのことであり、以下のような質問を受け付けることを想定している：「この話題はどのような結論だったのか?」「この結論に至ったプロセスを教えて欲しい」「私は何を思った上で次の会議に臨めばいいか?」こうした対話例のように、ある問い合わせについて回答するためには、様々な機能が必要である。例えば、取り扱う議論情報やその議論に対する結論を検索することや、議論の起承転結化やストーリー化といった既存の会議記録を人の解釈を加えた形式でユーザーに提供する機能があればとても有用であろう。また議論自体の妥当性や、課題に対して適切な結論であったかを判定する機能があれば、議論参加者のフィードバックにも応用が期待できるであろう。このように Q&A 型議事録のアプリケーションを充実させる例を複数リストアップし分類すると、必要な機能は、大きく検索・コンテンツ化・評価であることが分かる。Table 5 は、Q&A 型議事録で想定される機能と、それを実現するために必要な要素技術について分類したものである。

議論タイムスパン木の自動生成は会議の深層構造の分析を可能とするだけでなく、過去の会議コンテンツの柔軟な検索や加工、議論タイムスパン木に含まれる様々な

情報をユーザの意図に沿った変換や抽象化，議論内容のコンテンツ化により，Q&A 型議事録への応用が期待できる．今後は，議論タイムスパン木に含まれる様々な情報を起承転結のような型に当てはめコンテンツとして提供するための木構造の生成を試みており，これにより会議記録の多種多様な再利用の実現を目指す．

参考文献

- [1] I. Nonaka, and H. Takeuchi. The Knowledge Creating Company. Oxford University Press (1995).
- [2] A. Waibe, T. Schultz, M. Bett, and M. Denecke. SMaRT: the Smart Meeting Room Task at ISL. Proc. ICASSP, pp.752-755 (2003).
- [3] Conklin, J. and Begeman, M.L. A HypertextTool for Exploratory Policy Discussion. Proc. CSCW'88, pp.140-152 (1988).
- [4] 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/>
- [5] 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).
- [6] Nagao, K., Kaji, K., Yamamoto, D. and Tomobe, H., Discussion Mining: Annotation-Based Knowledge Discovery from Real World Activities, Proceedings of the Fifth Pacific-Rim Conference on Multimedia (PCM 2004), pp.522-531, (2004).
- [7] Lerdahl, F. and Jackendoff, R.: A Generative Theory of Tonal Music, The MIT Press (1983).
- [8] 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, (社) 情報処理学会 音楽情報科学研究会, 2013-MUS-100, No.2 (2013).
- [9] 徳永健伸, 情報検索と言語処理, 東京大学出版 (1999).
- [10] 松村真宏, 加藤優, 大澤幸生, 石塚満: 議論構造の可視化による論点の発見と理解, 知能と情報: 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 15, No.5, pp. 554-564 (2003).
- [11] 竹下敦, 井上孝史, 田中一男, テキストの概要把握支援のための話題構造抽出, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No. 11, pp. 1941-1949 (1996).
- [12] 赤石美奈, 文書群に対する物語構造の動的分解・再構成フレームワーク, 人工知能学会論文誌, Vol.21, No.5, pp.428-438 (2006).
- [13] 浜中雅俊, 平田圭二, 東条敏, 音楽理論 GTTM に基づくグルーピング構造獲得システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 1, pp. 284-299 (2007).
- [14] 天野真家, 石崎俊, 宇津呂武仁, 成田真澄, 福本淳一, IT Text 自然言語処理, オーム社 (2007).
- [15] 松村真宏, 三浦麻子, 人文・社会科学のためのテキストマイニング, 誠信書房 (2009).