

氏名	三浦 寛也
学位名	博士（システム情報科学）
学位記番号	第41号
学位授与年月日	平成31年3月22日
学位論文題目	議論における発言間の階層関係に基づく対話的情報構造化についての研究 Interactive Information Structuring Based on Hierarchical Relationships among Utterances in Discussion
論文審査委員	主査 平田 圭二 副査 松原 仁 副査 角 康之 副査 藤田 篤（情報通信研究機構）

論文要旨

本論文では、様々なアノテーション情報が付与された会議コンテンツを対象に、人間の認知過程を反映した情報構造化を実現する枠組みである「発言間の階層関係に基づく対話的情報構造化」を提案し、この枠組みを実現するシステムに関する研究について述べる。

実世界の重要な知識活動の1つである会議は、仕事や研究を円滑に進めていくために非常に重要な役割を担っている。研究室や会社などの組織においては、新しい研究のアイデアや経営戦略を打ち出すための研究ミーティングや会議が日々おこなわれている。会議記録の主たる再利用法は議事録であり、こうした会議において交わされる議論の内容を記録し共有するため、議事録が作成されている。意思決定や問題解決の場において、人は過去の様々なコンテンツから判断材料となる有益な情報を見出そうと試みる。例えば、既に終了した会議の議事録から、ある話題に対する重要な発言を特定し把握するなど、自身にとって必要な箇所を汲み取り再構築する行為がそれに当たる。しかし、このような行為においては、議事録の利用方法が確定しているわけではなく、目的に置かれている状況によって、その事柄やトピックのどのような側面に関心があるかが利用者ごとに異なる。そのため、全利用者に対して同一の観点に基づいて議事録を生成することは非効率であり、利用者ごとに異なる観点を与えることが望ましいと考えられる。しかし実際には、会議の参加者・欠席者に同一の文書を配布することが一般的である。また、従来の議事録では、会議の表面的な事実を纏めることが多く、会議中いかに意見が交わされたのか、どのような流れを経てその結論に至ったのかなど、明示的に示されていない情報を把握することは難し

い。

その一方で、議事録は再利用することで新たな価値を生むコンテンツである。近年では、様々な分野において電子化された膨大な情報が蓄積されており、知識管理の分野においては、デジタル化されたデータを容易に取り扱うことで様々なアノテーション情報を会議コンテンツに組み込み可能なシステムも増えてきた。これらのシステムが支援するような環境では、あるデータにさまざまなアノテーション情報が付与されていると、そのデータがどういった特性をもっているのかを理解する手がかりになり、また、同様のアノテーションが付与されたデータを探すことで関連するデータを得ることができる。そのため、キーワード検索システムが主流になっている現在においても、このように多様なアノテーション情報が検索技術を補完する形で情報理解や関連情報発見に役立っていることが示唆されている。しかし、これらのデータに含まれる情報量は膨大かつ多様なものであるため、そこから議論の構造を理解することや、有益なデータを発見することは難しいといった問題があった。

本研究の目的は、時系列メディアの1つである会議において、意図を含めた表出を計算論的な立場から定式化することである。そして、会議コンテンツに含まれるアノテーション情報を正しく扱い、議論構造を獲得することで、柔軟かつ正確に情報を抽出することを目指している。この目的を達成するためには、主に2つの解決すべき研究課題がある。第1の研究課題は、会議コンテンツから議論構造を獲得するための理論的枠組みの構築である。そして、第2の研究課題は、この理論的枠組みの応用として、議事録作成者の要求に柔軟に対応することができるシステムの実現である。これらの課題は相互に関連した研究内容を含んでいる。

第1章では、上記で述べたような研究目的を示す。

第2章では、本研究の背景と関連領域をまとめる。まずはじめに、本研究の背景として、本研究が対象とする会議の定義を明確に示し、会議内容の記録とその応用に関する具体的な研究事例についてまとめる(2.2節)。次に、本研究の関連領域として、情報構造化に関する研究(2.3節)、要約生成に関する研究(2.4節)、情報探索に関する研究(2.5節)について説明する。上記でまとめた知見を踏まえ、当該研究のための指針と課題に関する著者の主張を述べる(2.6節)。そして、最後に本研究の特色および独創的な点を概括し、本研究の位置づけを明確に示す(2.7節)。

本研究の特色および独創的な点は、以下の通りである。

- ・人間の認知過程を反映した情報構造化を実現する枠組みとして、階層的順序構造(木構造)によって発言間の関係や集合といった構造を議論全体の意図として表現している点
- ・社会学やコミュニケーション科学における会話分析の知見を踏まえ、会議中に交わされる言語情報と非言語情報を統合した理論的枠組みを構築し、さらに自動要約システムへの応用を実現している点

- ・会議内容を効率的に把握するための手段として、異なる観点や抽象度に対応した議論の構造化および要約生成を対話的に進めるための機構を設計し、議事録生成における情報探索のための視点をシステムユーザごとに付与可能である点
- ・会議内容の効率的な把握を目的に開発したシステムとそのユーザとのインタラクションにおいて、ユーザが議事録生成における情報探索のための視点をどのように試行錯誤し与えていくのか、さらにその探索過程を明らかにするために、複数のユーザ利用実験を実施し、試験的に観察および分析している点

第3章では、本研究にて採用したアプローチについて述べる。自然言語や音楽などの時系列メディアを介したコミュニケーションにおいて、人は意図を含めて記号列を表出する。その意図は、Noam Chomsky を始祖とする階層的順序構造（木構造）として表現されることが多い。また、会議構造と楽曲構造を対比した場合、会議においては発言が、楽曲においては音イベント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。このような言語と音楽の間の様々な共通点に着目すると、会議コンテンツ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。そのため、本研究では、Fred Lerdahl & Ray Jackendoff によって提唱された人間の認知に対応する楽曲構造を抽出する理論である Generative Theory of Tonal Music (GTTM) を用いて、会議コンテンツにおける意図を含めた表出を計算論的な立場から定式化するアプローチを採用した。なお、GTTM 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 の特徴には、音楽が備える多様な側面を包括的に表象すること、楽曲を簡約するという概念があること、そして楽曲中に現れる音楽的な構造や関係を詳細に検討し得られた知識や手順をルールとして記述していることなどが挙げられる。以上のアプローチについて説明をおこなった。

第4章では、人間の認知過程を反映した情報構造化を実現する枠組みである発言間の階層関係に基づく情報構造化の提案およびその実装方法について述べる。本著者は、議論に含まれる意図を明示的に表現するための新しい情報構造化手法として、前章で述べた GTTM による楽曲分析のアプローチに倣い会議コンテンツを分析することで、発言間の関係や階層的な重要度を表す木構造を提案する。本著者は、この木構造を議論タイムスパン木と呼ぶ。この議論タイムスパン木により、各発言における階層的な重要度を表現するため、発言間の関係や集合に基づく議論構造の理解や、段階を追った簡約化が可能となる。本章では、議論タイムスパン木による発言間の階層関係に基づく情報構造化手法とその生成方式を提案する。さらに本構造化手法を計算機上への実装に対する問題に対処するためのアルゴリズムを提案し、システムの設計方法について詳述する。

本章で得られた成果は以下の通りである。

- ・情報構造化のための理論的枠組みの構築として、議論タイムスパン木による発言間の階層関係に基づく情報構造化手法とその生成方式を提案した。また、議論タイムスパン木によって抽出される議論構造と人手で分析された正しい議論構造との対応

を確認し、GTTM ルール群の翻訳手法を改良した。

- ・議論構造抽出の検証として、GTTM の規則群をマルチメディア会議記録の分析に適用し、得られた議論タイムスパン木が会議の構造を正確かつ細粒度に表現していることを確認した。
- ・議論構造解析器の実装として、議論タイムスパン木の生成方式について計算機上に実装する手法を提案し、そのパーサを実装した。本実装の正確性を検証するため、名古屋大学長尾研究室で記録された会議コンテンツ 120 件（総議論時間：約 224 時間、総発言数：9167 件）を対象とした性能評価を実施し、 $0.58 \leq F \leq 0.68$ (max1.0) の F 値を得たことを確認した。

第 5 章では、前章で提案した議論タイムスパン木の機構を応用することで実現される、対話的情報構造化を用いた議事録生成システムについて述べる。議論タイムスパン木は、会議コンテンツ内に記録された発言録を解釈・分析するための複数のルール群によって生成される。この議論タイムスパン木のルール群の重み付け比例配分が調整可能なパラメータ（重みパラメータ）を設計した。このように、議論タイムスパン木のルール群に関する多様な発言間の類似性尺度を導入し、議論内容を木構造で表現することで、重要発言の観点やその簡約レベルをパラメータで切り替えることができる。さらに、この機構を応用することで、システムとユーザが対話的に質問応答を繰り返しながら会議に関する情報を検索し、議事録を生成するシステムを実装した。本システムの利点は、重みパラメータの操作による観点の切り替えによって議論タイムスパン木が変形することと、木の形式的な操作が直感的な意味を持つことである。ユーザは、観点を切り換え、木に様々な操作を加え、得られる結果を理解し、さらに観点を切り換えるというループを繰り返す中で、情報探索のための視点をユーザごとに付与することで、会議内容を効率的に把握することを目指している。本章では、対話的情報構造化を用いた議事録生成システムを実現するためのアルゴリズムを提案し、議事録生成システムの設計方法について詳述する。

本章で得られた成果は以下の通りである。

- ・対話的情報構造化の理論的枠組みの構築として、議論タイムスパン木のルール群の重み付け比例配分を調整することで、重要発言の観点やその簡約レベルの切り替えを可能とするパラメータを設計した。
- ・前章で述べた性能評価実験に関して、議論タイムスパン木の重みパラメータ操作によって分析精度が向上したことを実証した。また、実験結果から、本研究で提案したすべての重みパラメータが分析に必要であることが確認された。
- ・議事録生成システムを用いた会議コンテンツの要約に関する有用性を実証するため、議論タイムスパン木による重要文抽出精度の評価実験を実施した。本評価実験の結果から、最適化された重みパラメータによって得られる議論タイムスパン木を用いた重要文抽出は、既存の文書要約技術と比べ、要約システムの自動評価法として最も広く用いられている指標である ROUGE-2 のスコアが高いことを確認した。

第6章では、前章で述べた議事録生成システムにおけるユーザとシステムとのインタラクションにおいて、ユーザが議事録生成における情報探索のための視点をどのように試行錯誤し与えていくのか、その探索過程を明らかにするためのユーザ利用実験を実施した。本章で実施したユーザ利用実験で一貫して主張していることは、議事録は個人により目的が異なり、重要な事柄や注目すべき事象が必ずしも明確ではないため、探索的な分析が重要であるという点にある。従来の情報探索に関する研究やそのシステムでは、主にインタフェースデザインの観点から言及されることが多く、上記で述べたような個人差に着目した研究はこれまで十分にされてきてはいない。そのため、本研究ではユーザ利用実験の結果を複数の観点から試験的に観察および分析した。

本章で得られた成果は以下の通りである。

- ・10名を対象に実施した被験者実験から、ある発言のテキストとその発言者のみの情報をWebブラウザ上に羅列したデータを閲覧した場合と比べ、提案システムを用いた場合の方が、効率的に会議内容を把握できることを実証し、本システムの有用性を示した。
- ・被験者が操作した重みパラメータに関する分析から、議事録生成の観点をシステム利用者がどのように再現したのかを検証した。この結果から、会議を効率的に把握するためには、全システム利用者に対して同一の観点を付与することは適切でなく、異なる観点に基づいて議事録を生成することが有用であることを示した。
- ・提案システムを用いたユーザ利用結果の構造分析から、ユーザの情報探索プロセスを明らかにした。
- ・被験者が操作した重みパラメータに関する分析から、議事録生成の観点をシステム利用者がどのように再現したのかを検証した。この結果から、会議を効率的に把握するためには、全システム利用者に対して同一の観点を付与することは適切でなく、例えば、言語的情報、時間的情報、社会的シグナル情報などのような異なる観点に基づいて議事録を生成することが有用であることを示した。

最後に、第7章では、本研究で得られた成果や当該分野の進展への寄与、今後の展望について概括し、本論文の結論とする。

本研究で得られた成果は、議論の構造化および要約生成、多人数インタラクションにおける知識抽出、さらに情報探索システムの関連技術の発展に大きく貢献するものである。このように、本研究では議論を中心とする知識活動の支援を目指してきたが、本研究で一貫して主張していることは、時系列メディアを対象とした、人間の認知過程を反映した情報構造化のための理論的枠組みの構築であった。本研究で得られた知見は、言語や議論の持つ普遍的な構造や性質、アイデアのやりとりに見られるパターンといった人間の意図や認知過程を解明する手がかりとなり得よう。そのため、本研究は、認知科学や言語学、人工知能などの分野にも大きく寄与するものであると考える。昨今では、多くの人々が日々の知識活動を通じて気軽にコンテンツを作成し、発信することができるようになった。こ

のような状況の中で、コンテンツ作成における意図を見通しよく表現したり、受け手がその意図を直感的に理解することができる時代となり得るだろう。本稿がこうした知識活動の支援における新時代実現のための一助となれば幸いである。

キーワード：知識表現，時系列メディア分析，音楽理論 GTTM，対話的情報構造化，情報探索システム，Human Computer Interaction

審査結果の要旨

本学位論文では、発言列である会議録に対する情報構造化手法として、発言間の関係、階層的な重要性を考慮し、それらを統合的に木構造で表現する方法を提案した。本手法で採用している木構造は、音楽理論の一つであるGenerative Theory of Tonal Musicのグルーピングに基づいており、独創性がある。発言列から木構造を生成する際に、言語情報だけでなく、メタデータや非言語情報（発言時間、発言間時間、発言者の社会的地位など）も考慮するが、どのデータや情報をより考慮するかしないかによって、参加者あるいは第三者がその会議録を振り返る時の観点を変えることができる。柔軟に振り返りの観点を変えて要約が生成できる点には、従来法にない有用性がある。この特徴を活かして、ユーザがシステムとインタラクションすることで、会議録をより効率的かつ効果的に理解するシステムを試作し、本提案手法の独創性と有用性を実証した。

本学位論文で提案された内容は、学位授与に値すると思われるので、審査合格と判定する。