

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00495

研究課題名(和文) ユーザ間での合意形成過程解析による学習支援機能の実現

研究課題名(英文) Learning support mechanism based on analysis of consensus building among users

研究代表者

吉江 修 (YOSHIE, Osamu)

早稲田大学・理工学術院(情報生産システム研究科・センター)・教授

研究者番号：20200933

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：ユーザ(講師と学習者)とロボットとが共存する空間内で教育支援が行われる環境を想定し、互いの相互作用について解析を行うことを目的に、認知空間共有という概念を提唱した。その中で実現した技術は、第一に、とくに我国での昨今の教育現場のグローバル化を意識し、英語を母国語としないユーザが英語による学習を行う場面での音声認識手法である。第二に、ユーザどうしによる議論の過程を解析することにより、その収束状況を推定する手法を提案した。発言内容をベクトル化し、その乱雑さをエントロピーによって測ることで議論の収束状況を推定する。実際に学生参加者5名～10名のワークショップ形式で、検証実験を行った。

研究成果の概要(英文)：Supposing the educational environment where users, both instructor and learners, and robot coexist, we propose an idea of cognitive space sharing to analyze their interaction. The techniques developed and investigated are concerning speech recognition and consensus building analysis. The speech recognition technique here has an advantage that it works well under the environment where users are not native speakers of English but the lecture should be done in English. This happens quite frequently because of recent globalization in classrooms. On the other hand, the latter technique is for consensus building analysis using entropy. Entropy is a measure of the system's disorder and is available for measuring the degree of convergence of interaction. The basic idea is: the less the entropy is, the closer the discussion is approaching convergence. The developed techniques were applied to actual workshops which invited five to ten students.

研究分野：知能情報学

キーワード：合意形成 学習支援 音声認識 ファシリテーション

1. 研究開始当初の背景

学習者の主体性を重んじる教育方法論が重要視されている。単なる知識の教授だけではなく、推論や集約に関わる能力、他者との協働能力等を養い、個人の強みを引き出す教育が望まれる。このための方法について、情報通信技術を積極的に利用した研究面からも提言を行うことが大切である。

一方で、我国でも大学をはじめとして、教育現場でのグローバル化の進行は著しい。このことが今後の教育に与える影響も考慮されるべきであろう。教育の場では英語を使用言語とすることが多いが、日本人学生と留学生が入り混じる中、日本人講師による教育が行われる場合がますます多くなると予測される。すなわち、講師、学習者（両者を合わせてユーザと呼ぶ）ともに英語を母国語としない中で、共通言語として英語を使用する状況が多く発生する。このような環境下でのコミュニケーションと理解の支援技術としても、情報通信処理技術の適用が望まれる。

2. 研究の目的

ある発言内容に対してレスポンスがあり、これが繰り返されることにより合意に向かっていく議論プロセスを、合意形成過程と呼ぶ。このような合意形成過程は、自主的な議論を促す学習環境においてもみられるが、どの発言が全体に大きな影響を与えたか、他の意見に対する各ユーザの支持状態がある発言によってどのように変化したかを、ベイズ推定と発言の乱雑さを表すエントロピーを用いて求める手法について検討することが、本研究の目的である。その際、音声情報が利用可能な場合には、そこからユーザの発言内容を音声認識により獲得したり、情動（感情）を抽出し利用したりすることにより、支持状態解析の精度を向上させる。このような研究は、グループ学習において各学習者の主体性を重んじる今後の教育方法論に貢献するところ大と考えられる。

3. 研究の方法

あるユーザが他の発言に対してもつ評価を、肯定的にとらえているか・否定的にとらえているか・不明かの3通りと考える。そして、現時点で他のすべての発言（ n 個とする）に対する評価の集合を、当該ユーザのその時点での支持状態 S と呼ぶ。 S の要素は 3^n 個あり、これらに対する確率分布がそのユーザの立場を表すことになる。ここで、ユーザの立場をより大きく変化させた発言を見つけることが問題となる。そこで、

発言とは「ある支持状態のもとで対象発言に対してレスポンス（肯定的、否定的あるいは不明）を返し、つぎの支持状態へと遷移すること」…※

と定義する。すると、ある発言の他に与える影響の度合いは、発言の前後で、すべてのユーザのもつ支持状態 S の確率分布がどの程

度変化したかで測ることができる。本研究では、各ユーザの支持状態を※に基づきベイズ推定することを考える。すなわち、すでになされた発言を、ユーザが肯定的・否定的・不明（以下、発言意図という）としてとらえているそれぞれの確率を推定する。そして、ある発言の前後ですべてのユーザのもつ支持状態がどの程度変化したかは、エントロピーの変化量 $H(S)-H(S|対象発言)$ 、それに対するレスポンス)で測る。しかし、つぎのような解決すべき課題がある。

【課題 1】自然言語で行われる発言に含まれる発言意図を如何に判定するか。

【課題 2】実際の合意形成では発言の数は増加していくので支持状態 S のサイズは単調増加するが、実際には焦点を巧みに制御することにより、把握できる範囲内に対象発言を制限している。このメカニズムはどのようにモデル化されるのか。

4. 研究成果

本研究を通して、上記【課題 2】に対しては大きな成果は得られなかった。ただし、平成 28 年度の研究において、学習過程で交わされた議論内容に含まれるトピックが単一の場合には、同一の意見をもつユーザグループを発見するアルゴリズムを開発したので、今後はこれを用いて、人間が行っているような反対意見に焦点を当てた議論の進め方を実現することにより、対象発言を把握できる範囲内に制限し、計算量を削減することにつなげたい。

最近の教育現場のグローバル化に即し、英語のノンネイティブスピーカーである講師が、留学生に英語で講義する場を想定し、講師によって発せられる音声（英語での説明）認識のための手法を提案した。ここでは、講義のための背景知識を積極的に利用することにより、認識率を向上させたことに特徴がある。すなわち、ユーザの発話データから音声認識を行うと一般に多くの誤認識結果が含まれるが、誤認識を含む場合でも、発話内容に大きな関連性をもつ文書データがある場合には、これをもとに誤認識を修正できる。学習環境では、このような仮定は自然であり、例えば発話内容に大きな関連性をもつ文書として、教科書や配布資料が挙げられる。本研究では、誤認識を含む音声認識結果と、発話内容に大きな関連性をもつ文書との間で、隠れマルコフモデルを用いた対応付けを行う。これにより、発話内容がおおよそ何についてのものであるかの情報を得ることができ、音声認識の際に得られる認識候補の優先度を制御することができる。例えば、発話中に含まれる単語は、教科書の対応部分に現れる単語か、あるいはそれに概念的に近い単語に高い優先度を与えることで、誤認識の修正を行う。

このように、音声データによる発言を音声認識することによりテキストデータに変換

することができれば、【課題1】に対してはテキスト情報に基づく極性分析 (polarity analysis) の手法を用いることができる。ちなみに、音声データから直接周波数解析等の特徴量を用いた手法、あるいは深層学習を用いた感情 (情動) 認識手法を考えることもできるが、本研究で想定している行程的・否定的・不明の判別のためには結果に大差はなく、計算量の観点から、極性分析を用いることが妥当と考えられる。

以上のように【課題1】に対して大きな成果を挙げることができ、これを基に学習過程における合意形成過程解析が可能となった。提案手法ではつぎのようにして発言者の支持状態を推定する。まず、議論での発言者一人ひとりに支持状態確率を与え、全ての発言者の支持状態確率を記録した支持状態分布テーブルを作成する。また、対象発言に対しての発言から賛成や反対などの支持の観測値を算出する。そして、発言者の支持状態の推定については次のように行う。まず、議論において対象発言に対してある発言があった時、その発言の発言者を確認して、支持状態テーブルに移り、発言者の支持状態確率を参照する。次に、発言者の発言の観測値を計算して発言者の支持状態確率を更新する。新しい対象発言があるごとに、こうした発言者の支持状態の更新を繰り返していく。発言者の支持状態を分布図で見た時、更新を繰り返すことで高い数値の支持状態確率が算出される。このようにして何度も更新を繰り返していき、発言者の支持状態を工学的に分析していくことが本モデルの目的である。本研究のように、議論の場において発言者の支持状態を工学的に分析するという研究は過去に無い。このように新規に開発された手法の有効性を検証するため、実際に5人~10人のユーザからなる (議論をまとめるための日本人ファシリテータ1人、他は全て留学生) ワークショップを実施し、IoTを用いた新規事業提案をテーマに、ブレインストーミングから最終案作成に至る過程を解析した。各ユーザの支持状態の遷移を繰り返し計算によって推定することができ、結果が妥当なものであることを確認した。

【参考文献】

- [1] S. Adali, W. A. Wallace, Y. Qian and P. Vijayakumar, "A Unified Framework for Trust in Composite Networks", Proc. Workshop on Trust in Agent Societies, 2011.
- [2] K Govindan, P Mohapatra, "Trust Computations and Trust Dynamics in Mobile Adhoc Networks: A Survey", IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2011.
- [3] C. J. Hazard and M. P. Singh, "Intertemporal Discount Factors as a Measure of Trustworthiness in Electronic Commerce", IEEE Transactions on Knowledge

and Data Engineering (TKDE), 2010.

- [4] Yonghong Wang and Munindar P. Singh, "Evidence-Based Trust: A Mathematical Model Geared for Multiagent Systems", ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems (TAAS), 2010.
- [5] 井上 智雄, 「ウェブ掲示板を対象としたネットワークコミュニティ分析支援システム: CMINER」, 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 1, pp. 131-140, 2004
- [6] 松河 秀哉, 「電子掲示板での学習者の活動を把握する指標の検討」, 日本教育工学会論文誌, 28(1), pp. 57-68, 2004

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- (1) Xiaoyu LI, Osamu Yoshie and Daoping Huang, "A passive means based privacy protection method for the perceptual layer of IoTs", International Journal of Pervasive Computing and Communications, Vol.13, Issue 2, pp.194-210, 2017 (査読あり)

[学会発表] (計6件)

- (1) Satoshi Goto, Osamu Yoshie and Shigeru Fujimura, "Industrial IoT Business Workshop on Smart Connected Application Development for Operational Technology (OT) System Integrator", IEEM2017, 2017.
- (2) Goto, Satoshi, Yoshie, Osamu, Fujimura, Shigeru and Tamaki, Kin'ya, "Preliminary Study on Workshop Facilitation for IoT Innovation as Industry-University Collaboration PLM Program for Small and Medium sized Enterprises", PLM17, 2017.
- (3) Kacper Radzikowski, Le Wang and Osamu Yoshie, "Non-native English speakers' speech correction, based on domain focused document", The 18th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services, 2016.
- (4) Satoshi Goto, Elio Troilo, Osamu Yoshie and Kin'ya Tamaki, "Multi-party Interactive Visioning Workshop for Smart Connected Products in Global Manufacturing Industry Considering PLM", IFIP 14th International Conference on Product Lifecycle Management, 2016.
- (5) Satoshi Goto, Osamu Yoshie and Shigeru Fujimura, "IoT Value for

Mechanical Engineers and Evolving Commercial PLM System”, The IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM2016), 2016.

- (6) Wenhan YAN and Osamu Yoshie, “A QoS guaranteed channel allocation algorithm in multi-cell OFDMA network with reduced feedback”, IEEE 7th International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN2015), 2015.

〔図書〕 (計 3 件)

- (1) Satoshi Goto, Elio Trolino, Osamu Yoshie and Kin'ya Tamaki, “Multi-party Interactive Visioneering Workshop for Smart Connected Products in Global Manufacturing Industry Considering PLM”, (in the book of "Product Lifecycle Management for Digital Transformation of Industries", pp.501-511(担 当 分), Springer, 2017.
- (2) Satoshi Goto, Osamu Yoshie, Shigeru Fujimura and Kin'ya Tamaki, “Product Lifecycle Management and the Industry of the Future”, Springer, 2017.
- (3) 砂岡和子、室井禎之編著、「日本発多言語国際情報発信の現状と課題～ヒューマンリソースとグローバルコミュニケーションのゆくえ」、朝日出版社、2016

〔産業財産権〕

なし

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉江 修 (YOSHIE, Osamu)

早稲田大学理工学術院 大学院情報生産システム研究科 教授

研究者番号：20200933

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究

なし

(4) 研究協力者

なし