

「史実としてありえない」という判断を可能にする世界史オントロジー

World history ontology to reason falsehood of historical descriptions

川添 愛^{*1}
Ai Kawazoe

宮尾 祐介^{*1}
Yusuke Miyao

松崎 拓也^{*1}
Takuya Matsuzaki

横野 光^{*1}
Hikaru Yokono

新井 紀子^{*1}
Noriko Arai

^{*1} 国立情報学研究所
National Institute of Informatics

This paper introduces a world history ontology which supports reasoning of truth/falsehood of historical descriptions in natural languages. At the core of the ontology is an event classification according to some necessary conditions for the existence of events in the real world. We will discuss how this ontology works in solving world history problems in the National Center Test for University Admissions, especially in the reasoning of “falsehood” of sentences.

1. はじめに

コンピュータによる自然言語文の真偽判断を可能にすることは、自然言語の意味処理にとって究極のゴールの一つであり、極めて難しい問題でもある。その難しさの要因の一つは、まず真偽を計算する前段階で解決しておかなければならない問題の多さにある。多くの自然言語文は会話やスピーチ、文章などといった、複数の文からなる文脈の中に埋め込まれており、それゆえ、照応表現の指示対象の特定、省略されている内容の復元、語彙の曖昧性解消等が必須である。また、疑問文や、特定のモダリティに埋め込まれた命題など、明確に真偽が問えない命題と、そうでない命題との区別も必要である。さらに、論理的な推論によって真偽判断をするためには、自然言語文を形式的な意味表示へ変換する必要がある。

しかし、これらの問題がすべてクリアできたとして、文の真偽判断は可能になるだろうか？ おそらくその時点でも残る問題は、限られた量の「既知の事実」と、真偽不明の任意の自然言語文（あるいはその形式的意味表示）とのギャップをどう埋めるかという問題である。このギャップを埋めるために、既知の事実を可能な限り網羅したリソースを構築し、なおかつそれらを記述する言語表現のバリエーションを極力豊富にする、というのは追求すべき一つの方向である。しかし、当然のことながら、ありとあらゆる事実を知識リソース中に列挙することは現実的ではない。また開世界仮説の立場をとるならば、リソースの中に「書かれていないこと」の真偽は不明なままであるが、それらの間の違いは文の真偽判断には反映されない。

ここで追求したいのは、イベントの形式的な記述にいくつかの一般的な性質を付け加えることにより、特定のイベントインスタンスについて記述する文の真偽判断をサポートするという方向性である。特に、知識リソースに明示的に書かれていないことのうち、人間にとっても成立/不成立が不明なイベントと、人間ならば少ない手がかりから「ありえない」と判断できるイベントとを区別することに焦点を置く。例えば、我々は現在のところいくら調べても「オズワルドがケネディを暗殺した」の真偽が判断できないが、「ジョン・ウィルクス・ブース(注:リンカーンの暗殺犯(1838-1865))がケネディを暗殺した」が明らかに偽であることは少し調べれば分かる。これは、「ブースはケネディを暗殺していない」と明示的に書かれているリソースを参照するまでもなく、ケネディ

の生きた時代とブースの生きた時代が重ならないことが分かれば十分である。つまり、「暗殺」というイベントが成立するための必要条件が破られているので、問題のイベントも「ありえない」と判断できるのである。実際、人間はそのような判断を日常的に行っている。

本研究では、世界史上のイベントのインスタンスについて記述した真偽不明の自然言語文を対象とし、イベントの参加者についての基本的な情報(どの時代にどの場所に存在しているか、同じクラスに属する他の概念とどのような関係を持つか等)とイベント成立の必要条件から、極力多くの自然言語文の真偽を推測できるようなオントロジーを構築することを目指している。本研究は国立情報学研究所の「ロボットは東大に入れるか」プロジェクトの一環である。以下ではその概要を述べる。

2. 対象となるタスクと関連研究

本研究の対象となるのは以下のような文である。これらは日本の大学入試センター試験(世界史)の選択肢に出現する文で、すべて偽の文である。

- (1) ビピンは、ランゴバルド王国を滅ぼした。(2009年度 本試験 世界史 B)
- (2) レーニンとは、第二次世界大戦の継続に反対した。(2009年度 本試験 世界史 B)
- (3) フランソワ 1世は、神聖ローマ皇帝オットー 1世と対立した。(2011年度 本試験 世界史 B)
- (4) オスマン帝国は、バルカン半島に誕生した後、小アジアへ進出した。(2009年度 本試験 世界史 A)
- (5) ロシアは、パン=ゲルマン主義を掲げて、南下政策を進めた。(2009年度 本試験 世界史 A)
- (6) ルイ=フィリップは、七月革命によって廃位された。(2011年度 本試験 世界史 B)

前述のように、特定の自然言語文の真偽判断をコンピュータで行う前に、多くの場合は文脈から照応表現・省略要素の内容を復元したり、文に付随するモダリティその他の要素の影響を考慮したりする必要がある。この点、世界史問題の選択肢文は、多くの場合文脈から切り離され、ほぼ単独で真偽が問うことができ、省略要素等があっても情報の復元が容易にできる場合が多い。また、対象となる知識の範囲が高校の世界史教科書のレベルに限られている点で、文の真偽判断というタスクから「知識に基づく推論」の部分を取り出して研究する対象としては適している。

計算機による世界史問題解答については、含意関係認識を用いたアプローチ[Miyao 2012]、質問応答の応用によるアプローチ[Kanayama 2012]等が開始されている。現行のシステムでもっとも正答率が高いものは、およそ 60% 近くの文に対して正しく真偽を判定することができる。

しかしながら、上記のものを含め、リソース中に書かれた事実を参照することで文の真偽を判定するアプローチにとっては、リソースに明示的に書かれていないイベントを記述する文の真偽判断は困難である。先に述べたように、世界史教科書等のリソースに書かれているのは史実であり、「実際には起こっていないこと」についての記述はほぼ存在しない。(1)-(6)の文に関連することとしてリソース中には「カールがランゴバルド王国を滅ぼした」「フランス 1 世とカール 5 世が対立した」「オスマン帝国はアナトリア北西部に誕生した」「ロシアはパン=スラヴ主義を提唱した」などの知識がみられるが、これらがいずれも(1)-(6)の文が偽であることの直接的な証拠とならないのは明らかである。(1)-(6)のような文が偽であることを自動的に判断するには、これらが記述しているイベントが存在しないという判断の根拠を明示的に機械に与える必要がある。

3. 世界史オントロジーの目的と概要

以上で述べたような課題を考慮した上で、本研究では、原則として開世界仮説の立場をとりつつ、明示的な知識の組み合わせから偽と判断できる命題を特定・排除していくというアプローチを試みる。ここでは、オントロジー上に明示的に記述された知識は少なくとも、多くの偽文が偽であることを推論できるような体系を目指す。例えば、上記の(1)-(6)の文が偽であることを証明するために、オントロジーの中にありとあらゆる既知の「滅亡イベ

ント」や「反対イベント」、「対立イベント」を記述するようなことはしない(実際、それをしたところでこれらの文が偽であることが証明できるわけではない)。

明らかな偽文を「偽である」と判断できる状況にはさまざまなものがあるが、大きく分けて次の二つがある。

- 文中で述べられているイベントの参加者の属性を見れば、そのイベントの不成立が判断できる場合
- 成立していることが既知であるような他のイベントとの関係から、イベントの不成立が判断できる場合

本研究で構築しているのは、歴史に関する部分的な知識と、イベントが「現実的に」成立するための条件との組み合わせにより、上記の二つのタイプの判断を可能にするようなオントロジーである。このオントロジーの中核をなすのはイベント成立のための必要条件に従ったイベントの分類である。以下でその概要を述べる。

3.1 上位レベルと主なクラス

世界史オントロジーに含まれる主なクラスとその属性を(7)の表に示す。オントロジーの上位レベルは、YAMATO[溝口 2012]を基本とし、(7)の各クラスは YAMATO の上位クラスと対応付けられる。イベントのクラスに対しては、(7)の 1 行目で述べるように、イベントの開始時と終了時 (starting_time, ending_time)、イベントの参加者(動作主、対象、起点など)を記述する。その他のほとんどのクラス(人物、組織等)のインスタンスは「存在イベント」の参加者であり、存在イベントの開始時と終了時により、それらの存在期間が記述される。このオントロジーには現時点で 98 のイベントクラスが存在し、それらは次節で述べる条件に従って分類されている。

(7) オントロジー上に明示的に記述する主な歴史的知識

クラス	下位クラスの例、概要	インスタンスの例	主な記述内容
イベント	存在イベント、在任イベント、所有イベント、所属イベント、作成イベント、撲滅イベント等		動作主(hasAgent)、対象(hasTheme)、起点(hasSource)、着点(hasGoal)、開始時(starting_time)、終了時(ending_time)、開始場所(starting_location)、終了場所(ending_location)
人物		インノケンティウス3世、徳川家康、	国籍、存在期間(存在イベントを介して定義)、役割(在任イベントを介して定義)、所属機関(所属イベントを介して定義)
人物集団	家系、民族、その他の集団	ハプスブルク家、フン族、ガリア人、ヴァイキング、インディアン、	国籍、居住地(民族の場合)、存在期間(存在イベントを介して定義)
役職・身分	国家の首長など	征夷大將軍、太政大臣	国籍、所属する組織(所属イベントを介して定義)
機関・組織	政治団体、宗教団体、企業、公共機関、国際組織など	東インド会社、自由民主党、自衛隊、パリ大学、カトリック教会、UNESCO	国籍、目的、存在期間(存在イベントを介して定義)、設立者(設立イベントを介して定義)
国家・王朝	(機関・組織のサブクラスとしての国家・王朝)	(国家としての)日本、ティムール朝、ドイツ帝国、隋、アケメネス朝ペルシャ	領土(領有イベントを介して定義)、存在期間(存在イベントを介して定義)、建国者(建国イベントを介して定義)
場所	地勢による区分、行政による区分、人文地理的な区分含む	(場所としての)日本、大阪市、黄河流域、小アジア、バルカン半島	インスタンス間の部分-全体関係(part-whole)、互いに重ならないインスタンス間の関係
制度・法律・条約	制度、法律、条約、協定など	社会主義者鎮圧法、日米和親条約、カースト制度、京都議定書、	国籍、目的、存在期間(存在イベントを介して定義)、制定者(制定イベントを介して定義)
政策・体制		一人っ子政策、55年体制、アパルトヘイト	国籍、目的、存在期間(存在イベントを介して定義)、制定者(制定イベントを介して定義)
宗教		ゾロアスター教、大乘仏教、	存在期間(存在イベントを介して定義)、開祖(創始イベントを介して定義)、両立不可能なインスタンス間の関係
思想・学説		三位一体説、王権神授説、イスラム原理主義、染色体説、大陸移動説、	存在期間(存在イベントを介して定義)、提唱者(提唱イベントを介して定義)、両立不可能なインスタンス間の関係
技術・発明		アラビア数字、蒸気機関車(作る技術として)、測量術、ラジオ放送、	存在期間(存在イベントを介して定義)、発明者(発明イベントを介して定義)
建造物		タージ・マハル、スエズ運河、アスワン・ハイダム、トリアノン宮殿	存在期間(存在イベントを介して定義)、場所、作者(作成イベントを介して定義)
芸術作品	書物、絵画、彫刻	平家物語、新約聖書、東方見聞録、見返り美人図、金剛力士像	存在期間(存在イベントを介して定義)、作者(作成イベントを介して定義)
美術様式		ドーリア式、ゴシック式、印象派	存在期間(存在イベントを介して定義)、成立場所、両立不可能なインスタンス間の関係(incompatibility)
文化・文明区分		天平文化、インダス文明、貝塚文化	存在期間(存在イベントを介して定義)、成立場所
時間	世紀、年、月、日、時代区分	1989年、江戸時代、中世、	開始時(starting_time)、終了時(ending_time)

3.2 イベント分類

(1) 参加者の存在時間による分類

多くのイベントにおいては、その参加者間(動作主/経験者、対象、起点、着点等)の存在時間が重複していなければならない。例えば「対立イベント」や「戦争イベント」においては動作主と相手が少なくともイベント成立時に同時に存在していなければならない。もしこれらの存在時間が重複していなければ、現実にはそれらを参加者に持つイベントは存在しないと判断することができる。これは、先に挙げた(3)のような文を偽と判断する上での直接的な根拠となる。すなわち(3)は、フランソワ 1 世が 15 世紀の人物であることとオットー 1 世が 10 世紀の人物であることに加え、「対立」イベントの成立のためには動作主と相手の存在時間が重複していなければならないという条件から、偽であると判断できる。

イベントの中には、参加者の存在時間の重複の仕方がより制約されているものもある。例えば、「作成」に関わるイベント(国家の建国、文学作品の著作、建築物の建設、組織の設立など)では、動作主の存在時間の中に対象の存在開始時が含まれていなくてはならず、他方「撲滅」に関わるイベント(国家の破壊、人物の殺害、組織の廃止など)では、動作主の存在時間中に対象の存在終了時が含まれていなくてはならない。この条件を明示的に記述することにより、参加者の存在期間という基本的な情報から、(1)のような文が偽であることが判断できる。

参加者間の存在時間の重複はあらゆるイベントの成立条件ではなく、イベントの中には、参加者間の存在時間が重複しなくても良いものがある。例えば「知る」「評価する」「反対する」などのような、必ずしも直接経験によらない「認識」に関わるイベントにおいては、動作主/経験者の存在時間が、対象のそれと必ずしも重複しない。例えば、ある人が自分が生まれるより前に死んだ人物、消滅した組織、終了した出来事について知ったり評価

したりすることは可能である。ただし、これらのイベントには全く制約がないわけではなく、動作主/経験者の存在終了時より前に、対象の存在開始時がなければならない(動作主/経験者は、その死後に生じた物事を知ることができないためである)。これは(2)のような文が偽であることを推論するのに必要である。

これらの他にも、参加者間の存在開始時・存在終了時の重複・非重複および前後関係には様々なパターンが考えられるが、実際にはあらゆるパターンが存在するわけではなく、おおよいくつかのクラスに分類することができる((8)の表を参照)。

(2) 参加者の場所的關係による分類

イベント発生時の参加者どうしの距離も、イベントの存在・非存在(すなわちそれらを記述する文の真偽)を判断する上で重要な手掛かりである。例えば「殴る」のような接触イベントはその発生時に動作主が対象に接触可能な位置になくなくてはならず、「見る」「読む」のような視覚的な知覚イベントは、動作主の視界に対象が入っていないなくてはならない。その他多くのイベントには、そのような制約はない(売買、支配、譲渡など)。

(3) 再発可能性(単発かどうか)による分類

同じ参加者インスタンスの組み合わせを持つイベントが、一度しか起こり得ないか、あるいは別の時点・場所で再度起こり得るかによっても、イベントを分類することが可能である。多くのイベント(対立、戦争、移動など)においては、同じ参加者の組み合わせを持つイベントが複数回、しかも異なる場所に起こることが可能である。他方、同じ参加者の組み合わせを持つイベントがただ一つしか存在できないようなイベントもある。例えば、物事の存在の開始と終了に関わるイベント(人物の誕生や死亡、ものの作成と撲滅)は、再発不可能な出来事である。また、「人が 20 歳になる」「ものが腐敗する」など、不可逆なイベントも同様である。

(8) イベント分類の例

イベントのクラス	参加者とそのクラス	参加者の存在時間の重複	参加者間の距離	再発可能性	参加者の両立不可能性の影響
国家間の戦争	動作主:国家・王朝 相手:国家・王朝	必要	制約なし	可能	N/A
組織の設立	動作主: weak agent 対象:組織	必要 開始時(動作主)<開始時(対象) &開始時(対象)<終了時(動作主)*	制約なし	不可能	N/A
人物の殺害	動作主: 人物 対象: 人物	必要, 開始時(動作主)<終了時(対象) &終了時(対象)<終了時(動作主)	対象が動作主の視界に入っている 必要あり	不可能	N/A
イデオロギーの主張	動作主: weak agent 対象:思想	不要, 開始時(対象)<終了時(動作主)	N/A	可能	影響する(対象)
場所への侵攻	動作主:人物, 対象:場所	必要	制約なし	可能	N/A
場所の占領	動作主: weak agent, 対象:場所	必要	制約なし	可能	N/A
思想から思想への影響	動作主:思想 対象:思想	不要 開始時(動作主)<終了時(対象)	制約なし	可能	影響なし

再発可能かどうかという性質は、リソース中の既知の事実と組み合わせることにより、真偽不明の文が偽かどうかを判断するのに役立つ。例えば、先に挙げた(4)の文が偽であることは、「オスマン帝国がアナトリアに誕生した」という既存の知識およびアナトリアとバルカン半島が地理的に重ならないという知識に加え、「(国家の)誕生」イベントが再発不可であるという知識から判断できる。

(4) 参加者の両立不可能性に関する分類

(7)の表に挙げたクラスのうち、思想・学説、美術様式、宗教に関しては、両立不可能なインスタンス間の関係を記述する(例:「汎スラヴ主義」と「汎ゲルマン主義」の両立不可能性など)。そしてイベントについても、ある参加者について成立するイベントが、それと両立不可能なインスタンスについても同時に成立するかという観点から分類をする。思想の主張・提唱、思想への賛成、宗教への入信などは後者であり、(5)の文が偽であることを推論するには「掲げる」の表すイベントが後者に含まれるという知識が必要である。これに対し、「知る」「研究する」などが表すイベントにはそのような制約がない(同一の人物が、汎スラヴ主義と汎ゲルマン主義を同時に研究することは可能である)。

(5) その他

上に挙げた分類基準の他に、イベントの成立のために参加者が特定の役割を持っている必要があるか否かについても分類をする予定である。たとえば、ある人物が「宣戦布告する」ためには動作主たる人物が国家の長である必要があり、また(6)の文に記述されているような「廃位」イベントでは、廃位される対象が国家の長であることが要求される。

今後はさらに、参加者の部分-全体関係に伴うイベント間の含意関係、参加者の組織-構成員関係に伴う含意関係などについても分類を行う予定である。

4. 他のオントロジーとの関連

歴史オントロジーの研究には[Ide 2007]、[Kauppinen 2007]、[石川 2008]などがある。これらは主に歴史研究のための知識の構造化および検索を想定したものである。これに対し、本研究のオントロジーは歴史研究用ではなく、世界史入試問題の選択肢に見られる「比較的簡単な自然言語文」の真偽を判断するという、深い意味処理を実現するためのものである。本研究のオントロジーに記述される歴史的な知識は比較的少なく、内容も高校教科書レベルであるが、その代わり文の真偽判断に役立つようなイベントの一般的性質を記述している。

フレームネット、SUMO、兼岩の上位イベントオントロジー[兼岩 2011]などの既存のリソースにおいては、詳細なイベントの記述がある。しかしながら、ここで指摘したイベント成立のための必要条件は明示的にはカバーされていない。一部の条件は[兼岩 2011]のイベント機能の定義にいくつかの自明な前提を組み合わせることで導出可能であるが、ここでは公理としてこれらの必要条件を記述することで、意味処理の迅速化を図る。

5. 結語

以上では、世界史問題の選択肢文の真偽判断をサポートするオントロジーを紹介した。ここで提案するオントロジーにより、真偽不明の文のうち、偽であることが明らかな文を多く切り出すことができれば、含意関係認識や質問応答によるアプローチを補完する枠組みができると考えられる。このオントロジーは近く一般公開する予定である。

参考文献

- [Ide 2007] Ide, N. and Woolner, D., “Historical Ontologies.” In Ahmad, K, Brewster, C., and Stevenson, M. (eds.), *Words and Intelligence II: Essays in Honor of Yorick Wilks*, Springer, 137-152, 2007.
- [Kanayama 2012] Kanayama, H., Miyao, Y. and Prager J. 2012. Answering Yes/No Questions via Question Inversion. *Proceedings of COLING 2012*.
- [Kauppinen 2007] Kauppinen, T., Hyvonen, E.: Modeling and Reasoning about Changes in Ontology Time Series, pp. 319–338. In: Kishore et al. (eds.): *Ontologies: A Handbook of Principles, Concepts and Applications in Information Systems*. Springer-Verlag, 2007/
- [Miyao 2012] Miyao, Y., Shima, H., Kanayama, H. and Mitamura, T. 2012. Evaluating Textual Entailment Recognition for University Entrance Examinations. *ACM Transactions on Asian Language Information Processing*.
- [石川 2008] 石川徹也, 北内啓, 城塚音也. 歴史オントロジー構築のための史料からの人物情報抽出. *自然言語処理 Vol. 15, No. 4*, pp. 3-18, 2008.
- [兼岩 2011] 兼岩憲, 岩爪道昭, 「セマンティック Web のためのイベントオントロジー」, *コンピュータソフトウェア*, Vol.28, No.3, pp.153-166, 2011.
- [溝口 2012] 溝口理一郎, 『オントロジー工学の理論と実践』, オーム社, 2012.