

令和元年6月3日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00293

研究課題名(和文)世界モデルを用いたシミュレーションによる歴史テキスト理解

研究課題名(英文)Understanding historical texts by simulations using a world model

研究代表者

鶴岡 慶雅 (Tsuruoka, Yoshimasa)

東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授

研究者番号：50566362

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究プロジェクトは、世界史や日本史といった歴史的事象に関するテキストを理解・解釈することのできる計算機システムを実現することを目的としている。それを実現するため、様々な歴史イベントを表現可能であり、自律的に時間発展する世界モデルを用いるというアプローチを提案した。具体的には、歴史的人物の地点間の移動を、隠れマルコフモデルによってモデル化し、EMアルゴリズムにより人物の移動経路を推定する。上記のアプローチの有効性を検証するため、日本語Wikipediaのテキストを利用して実験を行ったところ、提案手法によって人物の各地点における存在確率がある程度の精度で推定できることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在の自然言語処理に関する研究では、計算機による自然言語理解という問題に正面から取り組んでいる研究は多くない。自然言語理解という問題に対する既存のアプローチのほとんどは述語論理をベースとした知識表現や推論機構を用いており、「世界」に関する定量的な情報や、時間発展の現象を扱うことがきわめて難しいという問題がある。本研究では、隠れマルコフモデルを人物移動のモデルとして用いることで、歴史的人物の各地点における存在確率を定量的に推定することができることを示したという点で、世界のモデルに基づいて計算機がテキストを解釈し、意味に基いた推論を行うための基盤技術のひとつになることが期待される。

研究成果の概要(英文)：This research project aims to build a computer system that can understand and interpret documents about historical events in the history of Japan or the World. To achieve this goal, we have proposed a novel approach of using a world model that can represent various historical events and autonomous time evolution. Specifically, we represent the movement of historical figures with hidden Markov models and infer their movement paths using the EM algorithm. To examine the effectiveness of the approach, we have conducted experiments using the Japanese Wikipedia text and shown that the proposed approach can estimate the existence probability of historical figures with a certain level of accuracy.

研究分野：自然言語処理

キーワード：自然言語理解 世界モデル 推論

1. 研究開始当初の背景

品詞タグ付けや構文解析といった自然言語処理の基盤的技術は、近年の機械学習技術の発展にともない大幅に精度が向上し、分野適応や学習データの作成コストの問題は依然として残るものの、テキスト処理のための実用的な技術として確立しつつある。しかし、自然言語の「意味」の理解を必要とする技術、すなわち、(広い意味での) 質問応答や、(知的なエージェントを実現するための) 自然言語理解などに関しては、現在の自然言語処理技術によってコンピュータで実現可能なことは極めて限られている。近年、「ロボットは東大に入れるか？」プロジェクトをはじめとして、計算機による自然言語理解の実現に対する注目は高まっている。しかし、現在の言語処理システムでは、例えば、「1467年の応仁の乱で京都の大半が焼失した」というテキストから、「15世紀末に京都の人口が減少した」ということを推論することはほぼ不可能である。この種の世界知識を必要とする推論に関する問題は、人口知能研究の黎明期から研究されており、古くは Winograd による SHRDLU や、最近では、カーネギーメロン大学の Read the Web プロジェクトなどによって実現可能なアプローチが模索されている。しかし、計算機による自然言語理解という問題に対する既存のアプローチのほとんどは述語論理をベースとした知識表現や推論機構を用いており、「世界」に関する定量的な情報や、時間発展の現象を扱うことがきわめて難しいという問題がある。このことは、先に例として挙げたような歴史的事象の理解を目的とする場合には致命的な欠点であり、どれだけ大量に知識を積み重ねても、いわゆる「風が吹けば桶屋が儲かる」といったような、論理的には繋がっていても現実的には起こり得ない推論をしてしまう問題を避けることができない。また、歴史テキストを解釈するためには、歴史イベント同士の地理的な(遠近の)関係などもしばしば考慮する必要があるが、この種の定量的な情報はそもそも述語論理で表現することが適さない。

2. 研究の目的

そこで本研究では、世界史や日本史といった、歴史的事象に関するテキストを理解・解釈することのできる計算機システムを実現するため、様々な歴史イベントを表現可能な、自律的に時間発展する世界モデルを用いることを提案する(図1)。我々が構築する世界モデルは、様々な点で、SimCity や Civilization、「信長の野望」といった、「シミュレーションゲーム」と呼ばれるアプリケーションで用いられる世界モデルとよく似ているが、我々は計算機による自然言語理解を目的とするため、その具体的な実装の方向性は大きく異なる。

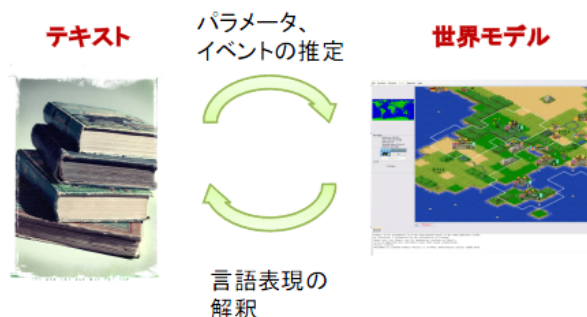


図 1: 世界モデルによる自然言語理解

本研究において技術的に最も困難な点は、テキストに即したシミュレーションをどのように実現するかという問題である。歴史的事象を表現できる世界モデルが構築されても、その時間発展がテキストに記述されている歴史と全く異なる展開になっては無意味である。つまり、世界モデルによる時間発展のシミュレーションでは、テキストに記述されている歴史イベントが起こることが制約条件として満たされていなくてはならない。

歴史をシミュレートする世界モデルは、世界史や日本史の世界を(きわめて粗く)近似したモデルであり、当然のことながらその世界の時間発展を決定的(deterministic)に再現することは不可能である。そこで我々は、初期条件やパラメータといったモデルの不確実性を考慮し、様々な時間発展を再現するために、確率モデルの考え方を利用する。テキストの記述は、確率モデルにおける制約条件として働き、それらの制約条件を満たす状態遷移の結果がテキストの可能な「解釈」となる。本研究の目的は、テキスト中に記述されている様々な歴史イベントを、現実的な計算コストでどこまで解釈することが可能なかを明らかにすることである。

### 3. 研究の方法

自然言語理解に関して、先行研究では、テキストから学習を行い現実世界の地理的・時間的なモデルを作成する手法や、質疑応答や文章の正誤判定に現実世界の地理的・時間的な関係を考慮する手法が提案されている。例えば、地名の空間における位置を表現するモデルを作ることができたとする。その時、「私は1時に北海道におり、1時1分に沖縄にいた。」という文章の正誤判断を行う際、北海道と沖縄の地理的な関係を知らない場合は判断することができないが、前述の空間的・時間的モデルを用いることによって地理的な関係を考慮できれば容易に解くことが可能である。また、このようなモデルを作成することができれば、過去の人間が移動する際にどのような経路を辿ったのかを考証する際などにも使用でき、様々な応用が可能だと考えられる。本研究では、日本語版 Wikipedia のテキストから歴史的な人物がどの時点でどの場所にいたかというイベントを抽出し、そのデータからイベントとイベントの間の欠落において、人物がどのように移動を行っていたのかを推測するような人物移動モデルを作成するというアプローチをとる。具体的には、隠れマルコフモデルをベースとし、EM アルゴリズムを利用することで人物の位置に関する状態遷移の推定を行う。

#### 3. 1 データの作成

日本語 Wikipedia の「戦国自体の人物一覧 (日本)」ページに挙げられた人物について、リンク先の各人物について記述されたページ内の記述からデータ生成を行った。時間の単位は1か月とした。文単位でパターン検索を行い。ひとつの文内に時刻のデータと地名のデータが両方存在する場合、それらの組をデータに加える。時刻は1か月単位で保存し、もし年のみの記述が存在し、月が不明の場合は暫定的に6月であるとした。地名に関しては、日本語 Wikipedia の「令制国」ページおよび「日本の城一覧」ページから地名の一覧を作成した。ただし、データ取得後、「令制国」ページの「変遷」の章にあたるデータから、取得した地名を戦国時代に使われていた国名へ変換した。同様に、「日本の城一覧」ページ内のデータから、城の名前を所在地のデータへと変換した。なお、本実験では人物の移動に着目するため、時刻と地名のデータ対が2組以上存在した人物のデータのみを用いた。

### 4. 研究成果

EM アルゴリズムを実行し隠れマルコフモデルにおける遷移行列の推定を行った。推定された遷移行列を用いたシミュレーションの例として、織田信長のデータの欠損部分を最尤推定した結果の一部を表1に示す。

日時	既知	推定	推定確率	日時	既知	推定	推定確率
1570年9月		越前国	0.504074	1574年11月		越前国	0.988014
1570年10月		近江国	0.525936	1574年12月		越前国	0.993344
1570年11月		近江国	0.629295	1575年1月	越前国		1
1570年12月		近江国	0.741078	1575年2月		大和国	0.989675
1571年1月		近江国	0.862448	1575年3月	摂津国		1
1571年2月	近江国		1	1575年4月	三河国		1
1571年3月		近江国	0.682636	1575年5月		三河国	0.898059
1571年4月		三河国	0.498432	1575年6月		三河国	0.795449
1571年5月		三河国	0.740088	1575年7月		三河国	0.691781
1571年6月	三河国		1	1575年8月		三河国	0.586337
1571年7月		三河国	0.838587	1575年9月		三河国	0.478777
1571年8月		三河国	0.687775	1575年10月		近江国	0.551551
1571年9月		三河国	0.548078	1575年11月		近江国	0.681435
1571年10月		三河国	0.420206	1575年12月		近江国	0.828343
1571年11月		三河国	0.305626	1576年1月	近江国		1
1571年12月		三河国	0.206029	1576年2月		近江国	0.70717
1572年1月		近江国	0.187306	1576年3月		近江国	0.433539
1572年2月		近江国	0.162148	1576年4月		山城国	0.226821
1572年3月		山城国	0.20815	1576年5月		摂津国	0.382394
1572年4月		摂津国	0.2867	1576年6月	摂津国		1
1572年5月		摂津国	0.418255	1576年7月		摂津国	0.491541
1572年6月	摂津国		1	1576年8月		摂津国	0.406495
1572年7月		摂津国	0.429042	1576年9月		摂津国	0.363946
1572年8月		摂津国	0.303165	1576年10月		摂津国	0.365772
1572年9月		陸奥国	0.375088	1576年11月		摂津国	0.365958
1572年10月		陸奥国	0.498288	1576年12月		山城国	0.454871

表1 織田信長の移動経路推定

概ね隣接する国間を移動する様子が推定できている。例えば 1571 年 6 月の三河国から 1572 年 6 月の摂津国へと移動をする際は、地理的にそれらの二国間に存在する近江国、山城国を経由する推定を行っている。

課題としては、データ数の増加、データの正確性の向上が挙げられる。これらの課題に対して、ベイジアン隠れマルコフモデルと BERT による機械学習モデルを用いた実験を行ったところ、推定精度の改善がある程度可能であることが明らかになった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 0 件)

〔学会発表〕 (計 4 件)

古川 好, 鶴岡慶雅, ベイジアン隠れマルコフモデルと Wikipedia テキストを用いた歴史人物移動モデルの推定, 言語処理学会 第 25 回年次大会, 2019

水谷 陽太, 鶴岡 慶雅, 隠れマルコフモデルによる歴史テキストの人物移動のモデル化, 2018 年度人工知能学会全国大会 (第 32 回), 2018

扇本岳大, 鶴岡慶雅. 構文情報を用いた Abstract Meaning Representation の高精度アラインメント, 言語処理学会第 23 回年次大会 (NLP2017), つくば, 2017.

鈴木諒, 鶴岡慶雅. Recurrent Entity Networks における文脈表現への係り受け関係の活用, 言語処理学会第 23 回年次大会 (NLP2017), つくば, 2017.

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年 :  
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
取得年 :  
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名 :

ローマ字氏名 :

所属研究機関名 :

部局名 :

職名 :

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。