

氏名	乗松 潤矢		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	博甲第7698号		
学位授与年月日	平成28年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	ダブルアレイによる高速かつコンパクトな統計的言語モデルの実装手法		
主査	筑波大学 教授	博士（工学）	山本幹雄
副査	筑波大学 教授	工学博士	久野誉人
副査	筑波大学 教授	博士（工学）	宇津呂武仁
副査	筑波大学 准教授	博士（工学）	山田武志
副査	筑波大学 准教授	博士（工学）	乾 孝司

論文の要旨

本論文は、統計的機械翻訳において最も重要なコンポーネントの一つである統計的言語モデルの高速かつコンパクトな実装方法について述べている。統計的言語モデルは、学習に用いるデータを増やせば増やしただけシステム全体の翻訳性能を向上させることが知られているが、大規模な学習データを用いると統計的言語モデルのサイズが非常に大きくなってしまふ。サイズを小さくするために単純な圧縮手法を適用すると、言語モデルへのアクセス速度が大幅に低下してしまふ。統計的機械翻訳では、一般に統計的言語モデルの計算コストが占める割合が高いため、結果的に翻訳速度が大幅に低下してしまふ。モデルサイズとアクセス速度のトレードオフを改善することが本論文の目的である。

本論文では、高速かつコンパクトな統計的言語モデルを実現するために、ダブルアレイと呼ばれるデータ構造を利用する方法を提案している。単純にダブルアレイを用いるだけでは、メモリ中に未使用領域が多数発生し、無駄にメモリを消費する。本論文では、言語モデルの性質を利用し、コンパクトに統計的言語モデルのパラメータを格納し、アクセス速度を落とさずにモデルを小さくする手法を提案している。基本的には3つの手法から構成されている。ダブルアレイの空き領域に格納すべきパラメータを効率よく格納する手法、ダブルアレイ自体を小さくする手法、大規模なダブルアレイを構築する手法である。

文の確率を計算するタスクと実際の翻訳を行うタスクの2種類のタスクで、代表的な従来法による実装との比較実験を行っている。従来法としては、メモリ使用量は少ないがアクセス速度が比較的遅い手法（少メモリ・低速）と、メモリ使用量はやや多いがアクセス速度が早い手法（多メモリ・高速）の2種類と比較した。実験の結果、少メモリ・低速なモデルとほぼ同じメモリ使用量で、多メモリ・高速な従来法と同等のアクセス速度を達成した。

審査の要旨

【批評】

統計的機械翻訳の技術はこの 10 年で成熟し、これから実用期に入っていくところである。今後、技術が普及するためには、研究用の大規模な計算機ではなく普通の計算機で動作できるようなシステム構築技術が重要となる。本論文は、統計的機械翻訳システムのコンポーネントの中でも特に重要かつメモリ使用量が大きな統計的言語モデルの高速かつコンパクトな実装方法を研究しており、タイムリーな研究であると言える。

提案手法は、大きく 3 つの手法に分けられ、全体で高速かつコンパクトな統計的言語モデルの実装を達成している。1 つ目はダブルアレイの空き領域の有効活用手法である。ダブルアレイの空き領域に確率値等を格納する手法に加え、leaf-compression と呼んでいる手法は、言語モデルをトライ表現したときの葉ノードが次の遷移先の情報が必要ないことを利用して確率値を格納する手法である。2 つ目は、各単語に付与される ID 値（ダブルアレイはこの ID 値を index として高速に次の状態に遷移する）を最適化することによって、ダブルアレイ自体を小さくする手法である。3 つ目は、統計的言語モデルのパラメータが数十億を超えた場合の対処手法である。モデルが大規模になると、1 つのダブルアレイで実装すると非効率的になるが、これをダブルアレイの分割によってメモリ使用量・アクセス速度を悪化させずに実装する方法を提案した。いずれの手法も、言語モデルの性質を最大限利用した手法であり、着眼点と独創性を高く評価できる。

評価実験では、現在最も高性能として知られている 2 つの従来手法（「少メモリ・低速」と「多メモリ・高速」）と比較し、提案手法はそれぞれの従来手法の有利な点のみを組み合わせた「少メモリ・高速」なモデルであることを実証している。評価実験の規模は大きく、評価実験の信頼性は高いと判断できる。

提案手法の唯一の欠点はモデル構築時間が長いことであり、さらなる今後の研究が必要である。しかし、従来の実装技術のアプローチとまったく異なるダブルアレイというデータ構造を利用するアイデアをはじめて開拓したという意味で本論文の価値は高く、今後統計的言語モデルの実装技術体系に与える影響は大きいと期待できる。

【最終試験の結果】

平成 28 年 1 月 26 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。