

稲垣 研究室	氏 名	加藤 芳秀
論 文 題 目	実時間音声言語処理システムのための 漸進的構文解析に関する研究	
<p>ユーザの発話途中で相槌や割り込みを生成する音声対話処理システムや、話者発話と同時進行的に訳文を出力する同時通訳システムなどの実時間音声言語処理システムを実現するためには、ユーザの発話をその出現順序に従って走査していく途中段階で、順次、それまでに読んだ発話の断片を解釈する仕組みが必要である。そのような仕組みを実現するためには、まず、発話の断片の構文的関係を捉えることが必要である。このような、発話の断片の逐次的な構文解析は漸進的構文解析と呼ばれる。漸進的構文解析手法として、文脈自由文法に基づく手法や範疇文法に基づく手法などがこれまでに提案されているが、いずれの手法も、入力文中の単語が先頭から順に一単語ずつ入力されるごとに、それまでに入力された文の断片に対する構文構造を生成する。これらの研究は、文の断片に対する構文構造を如何にして表現するかということにその主目的をおいており、実時間音声言語処理システムに適用する場合に問題となる解析の正確さや処理の実時間性についてはほとんど検討されていない。</p> <p>解析の正確さの観点から考えると、これらの漸進的構文解析手法により生成される構文木は、それまでに入力された文の断片に対する構文木として可能な構文木の候補を生成するにすぎず、そのすべてが正しいわけではない。生成された構文木の候補の中には、入力文全体から考えると明らかに誤っている構文木も含まれている。</p> <p>解析処理の実時間性についても、これまでに提案された漸進的構文解析手法の解析速度は、音声入力を同時的に処理できる速度とはいいがたく、実時間音声言語処理システムに利用できるレベルに達していない。</p> <p>本論文では、実時間音声言語処理システムの実現を目的に、その言語理解部を支える漸進的な構文情報獲得手法を開発する。本論文では、構文情報として、構文木、ならびに依存構造を対象とする。</p> <p>高精度な漸進的構文解析手法 本論文では、漸進的構文解析の正確さの問題を解決する一つの方法として、構文解析モジュールの出力タイミングを遅らせ、後続の入力の情報を待ち、その情報を用いて解析結果から正しい構文木を取り出す方法を提案する。このような構文木の出力タイミングを遅らせるアプローチに従う場合、出力タイミングと解析の正確さの間にはトレードオフの関係が存在すると考えられるため、そのタイミングを考慮しなければならないが、本論文では、出力タイミングを定める方法として、(1) 正確さを優先する方法、及び(2) 正しい構文木となる可能性を評価し、その評価に基づき出力タイミングを定める方法、を提案する。</p> <p>(1) 正確さを優先した方法 本論文では、出力タイミングを定める方法の一つとして、まず、正確さを優先する方法を提案する。漸進的構文解析において正しい構文木が確定するタイミングについて、文脈自由文法を基礎にして検討する。まず、漸進的構文解析の解析過程で生成される構文木の正しさについて定義し、それを解析途中で逐次判定するための構文木正当性判定条件を明らかにし、正しい構文木を確定する方法を提案する。本方法では、文脈自由文法に基づく漸進的構文解析手法である漸進的チャート解析に、正しい構文木を確定す</p>		

る仕組みを導入する。漸進的チャート解析では、単語入力たびに、それまでに入力された文の断片に対する構文木を生成するが、本方法では、文の断片に対する構文木を生成する一方で、それ以前の段階で生成されたすべての構文木についてそれが正しいかどうかを判定する。文法によって受理可能な文が入力されることを前提とすれば、文法制約を用いることにより、解析途中の段階でそれに続いて入力される単語列を推測できる。その中のどの単語列が入力されてもそれが正しい構文木となることが保証されれば、その時点でその構文木を正しいものと確定する。

本方法を Penn Treebank の ATIS コーパスならびに ATR 音声言語データベースの文に適用したところ、構文木確定タイミングは文によってばらついており、早い段階で確定する文もあれば、入力が完了するまで構文木を確定できない文も存在した。全体としては、文が長くなるにつれて確定タイミングは遅れる傾向にあり、ATIS コーパスを用いた実験では、確定の遅れは最大で文の長さの約 70 %、平均で約 31 % であった。ATR 音声言語データベースを用いた実験では、構文構造確定の遅れは、最大で文の長さの約 71 %、平均で約 33 % であった。データ全体の 6 割程度の数の文に対して、文の入力途中の段階で構文木の正しさを判定でき、構文木を出力できることを確認した。

(2) 構文木の正しい可能性を評価する手法 出力タイミングを制御し解析の正確さを高めるもう一つの方法として、漸進的構文解析において、構文木が正しいことが確定するまで出力を待つのではなく、正しい構文木となる可能性を評価し、その可能性がある程度高くなった段階でそれを出力する手法を提案する。入力途中の段階で生成された構文木の正しさは、残りの入力に依存して定まるが、この手法では、各構文木に対して、残りの入力とその構文木を正しくするような単語列である確率を確率文脈自由文法に基づいて計算する。この確率を単語が入力されるごとに計算し、それが予め定めておいた閾値を超えた時点で、構文木を出力する。これにより、ある程度の解析の正確さを保ちつつ、正確さを優先した手法に比べて、より早いタイミングで構文木を出力できる。

ATIS コーパスを用いた実験では、正解率 98.3 % で、出力の遅延は最大でも、文の長さの約 44 %、平均で約 17 % であった。ATR 音声言語データベースを用いた実験では、正解率 98.4 % で、出力の遅延は最大でも文の長さの約 48 %、平均で約 18 % であった。出力をそれほど遅らせることなく正確さの高い漸進的構文解析を実現できた。

高速な漸進的依存構造解析手法 依存構造は、構文木に比べて単純な構造であるが、近年、その重要性が認められている構文情報の一つである。文脈自由文法に基づく漸進的構文解析と、構文木からの依存構造計算を組み合わせることにより、単語入力ごとに、それまでに入力された文の断片に対する依存構造を計算する漸進的な依存構造解析が実現できる。しかし、この方法は、文の断片に対する構文木を生成しなければならず、効率的とはいえない。そこで本論文では、これと同等かつ、より効率的な依存構造解析を実現する手法として、到達可能性に基づく漸進的依存構造解析手法を提案する。本手法は、入力された文の断片に対する構文木を生成する必要がなく、効率的な解析が可能である。

ATIS コーパスを用いた解析実験を行い、提案手法が解析処理時間の短縮に有効であることを確認した。提案手法の平均解析処理時間は、従来の漸進的構文解析手法に基づく直接的な依存構造解析手法のその約 1000 分の 1 程度であり、解析速度の著しい向上を示した。一単語あたりの解析処理時間を、実際の発話速度を考慮し 0.3sec に制限して実験を行った結果、直接的な手法が全体の約 8.9 % の文の断片に対してしか依存構造を計算できなかったのに対して、提案手法では、約 77 % もの文の断片に対して依存構造を計算することができた。