

協調処理モデル Cellula による新たな協調型問題解決の試み

1 Q-12

末崎幸彦 吉田紀彦
(九州大学 工学部 情報工学科)

1. はじめに

我々は協調型問題解決を主な対象とする協調処理モデル Cellula^[1]を提案している。そして、これまでにモデルを確立するとともに、具体的な言語処理系を Lisp および C 上に作成して様々な実験を行ってきた。本発表では、協調処理モデルの一つの応用として、負荷分散でも機能分散でもない新しい協調型問題解決の枠組を取り上げる。従来の協調型問題解決システムは概ね、効率化を図るために、または問題領域の地理的・物理的な広がりカバーするために同種のエージェントを並置する負荷分散、目的達成に必要な種々の機能を複数エージェントに分担させて連携させる機能分散といった枠組で構築されている。これに対して、ここで取り上げる枠組は、具体的には、同じ目的に向けて異なるアルゴリズムを実行するエージェントを複数個協調的に並列動作させて探索の効率化を図るというものである。例題として、自然言語処理の統語解析における上昇型アルゴリズムと下降型アルゴリズムの協調動作を取り上げる。

2. 協調処理モデル Cellula

協調処理とは、複数の自律的な実行主体が互いに協力や調停を行ないながら集団全体で1つの作業を行なうような処理形態をいう。これは、全体的な組織形態や制御構造が事前に十分に規定できず、作業の実行過程が各主体の自律的判断に委ねられるような応用のためにあるものである。

Cellula は集団行動の抽象化に基づく協調処理モデルである。Cellula では、実行主体としてのプロセスとカプセル・通信媒体としての場(環境)を一体化して、これをセルと呼ぶ。すなわち、セルは実行主体として自律的に処理を進めるとともに、自分の内側に固有の通信情報プールを持ち、この中で任意の情報単位について書出し/読み込みを行う。セルは Cellula に基づくシステムを構成する唯一の存在であり、実行主体としても集団そのものとしても機能する。

セル間で通信される情報単位はタプルと呼ぶデータ構

造であり、通信はタプルとこれに対応するテンプレートのパターン照合によってなされる。これによって、直接通信や間接通信、集団とそのメンバーとの通信などが統一的に記述される。

3. アルゴリズム協調

同じ目的に向けて異なるアルゴリズムを実行するエージェントを複数個協調的に並列動作させて探索の効率化を図る技法を、アルゴリズム協調^[2,3,4,5]という。具体的に言うと、目的が同じで、アプローチが異なるアルゴリズムが、相手に有用な情報を互いに提供しあうことにより探索空間の削減を図っている。

この技法では、互いに他の挙動を意識する必要がない。すなわち、単独で作業をする場合と基本的には全く同じ動作をする(ただし、幾つかの補助プログラムが必要になることはある)。データ領域の一部は共有されるが、言語処理系レベルでアクセス競合が相互排除されれば、プログラムがデータ共有を意識することもない。また、終了判定時以外、誰も全体を管理しない。

予備実験として、最小被覆集合問題のアルゴリズム協調を実現し、非常に良い結果を得た^[6]。

4. 統語解析におけるアルゴリズム協調

文脈自由文法の統語解析はこれまでさまざまな方法が提案されているが、これらの方法は大きく上昇型と下降型に分けることができる。文法規則の開始記号から出発して与えられた入力文にたどり着くまで、文法規則を左辺から右辺への書き換えに適用していく方法を下降型統語解析法という。一方、入力文の方から始めて文法規則を右辺から左辺への書き換え規則として用い、開始記号にたどり着く方法を上昇型統語解析法という。

ここで下降型は全体から局所へ、上昇型は局所から全体へ処理を行っているということができる。この2つを組み合わせると、下降型により全体的な正しさが分かり、上昇型により局所的な正しさが分かるので、全体的にも局所的にも正しい候補を効率的に絞り込むことができる。具体的には到達可能性^[7]という関係を下降型と上昇型の間に用いている。例えば、上昇型により入力文の先頭が名詞句であることが分かった場合、名詞句は疑問文に到達不可能なので下降型における入力文は疑問文であるという候補は削除される。

到達可能性は解候補の最初の文法カテゴリに対し調べ、次の三つに分類する。

到達可能・・・更に処理を続ける。

到達不可能・・・解候補を削除する。

一致・・・・・・解候補の残りの文法カテゴリに対し同様の処理を続ける。すなわち、一致した部分は解析が終わった部分である。

このように、お互いの解候補が相手の解候補に到達可能であるかを調べるにより正しくない解候補を削除していく。

5. Cellula によるアルゴリズム協調の実現

実験システムは動的に生成される複数の統語解析機セルから構成される。統語解析機セルは、その内部に下降型解析セルと上昇型解析セルを持つ（図1）。解候補として、下降型解析セルは文法カテゴリ列を、上昇型解析セルは単語列と文法カテゴリ列を保持する。最初はそれぞれ開始記号と入力文である。セルは解候補に対して文法規則を適用し、新たな解候補が見つかったら到達可能性を調べる。これは相手の場に新たな解候補をテンプレートとして書き出し、対応するタプルがあるかを調べることによって行う。到達可能な場合は、自分の場に新しい解候補をタプルとして書き出す。到達不可能な解候補はタプルが生成されず、単に削除される。文法規則の適用をすべて試みたセルは、自殺する。到達可能性を調べ、一致した場合は新たな統語解析機セルを子として生成し、解候補を渡す（図2）。

アルゴリズム協調による統語解析は、上昇型と下降型という逆のアプローチをする解析の解候補を削除しあうので、それぞれの解候補が増える場合、例えば、上昇型で1つの単語に様々な品詞がある場合や下降型で複雑な文法規則を持つ場合などに特に有効である。

6. おわりに

負荷分散でも機能分散でもない新しい協調型問題解決の枠組の第一段階としてアルゴリズム協調を取り上げ、良好な見通しを得ることができた。

また、協調処理モデル Cellula の協調型問題解決の道具としての有効性を確認できた。これは、属性付きのパターン照合通信、プロセス+場=セルの概念、セルの階層化といった性質が大きく貢献しているからである。

参考文献

- [1] 吉田, 檜崎: 場と一体化したプロセスの概念に基づく並列協調処理モデル Cellula, 情報処理学会論文誌, Vol.31, No.7, pp.1071-1079 (1990).

- [2] Decker, K.S., "Distributed Problem-Solving Techniques: A Survey," *IEEE Trans. SMC*-17:5(1989) 729-740.
 [3] Kornfeld, W.A., "Combinatorially Implosive Algorithms", *Comm. ACM* 25:10 (1982) 734-738.
 [4] Filman, R.E. and Friedman, D.P., *Coordinated Computing: Tools and Techniques for Distributed Software*, McGraw Hill (1984); 雨宮他訳, 協調型計算システム, マグロウヒル (1986)
 [5] 吉田, 下川, 末崎: 分散協調のための言語 Cellula/C とそのアルゴリズム協調への応用, 計測自動制御学会第3回自律分散システム・シンポジウム予稿集, pp.139-142 (平成4年)
 [6] 末崎: 協調処理モデル上でのアルゴリズム協調に関する研究, 九州大学工学部情報工学科卒業論文 (1992)
 [7] 田中, 辻井: 自然言語理解, オーム社

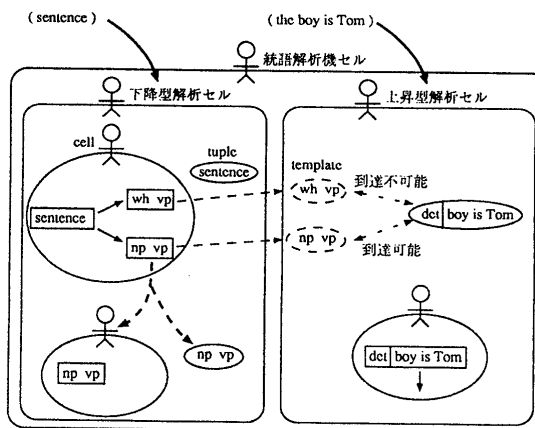


図1: 統語解析機セル内の動作

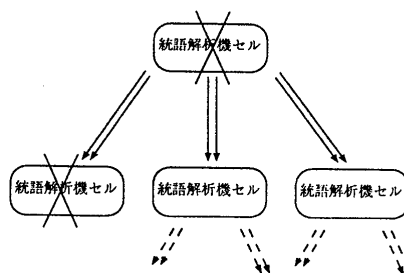


図2: 統語解析機セル間の関係