分散最大制約充足アルゴリズムの改善に関する研究

能登研究室　安藤 雅彦 (26004)

1　はじめに

AI の基盤技術として制約充足問題 (Constraint Satisfaction Problem: CSP) があり，AI における様々な問題を CSP として記述することが可能である．しかしながら，より現実的な問題を扱う場合には必ずしも CSP の記述力は十分とは言えない．そのため CSP の枠組みを拡張したものとして分散最大制約充足問題（分散最大 CSP）が存在し，本研究では分散最大 CSP を解くアルゴリズムである近似解法と厳密解法を合わせて用いることにより，より早く正確な最適解を求める方法を提案する．

2　制約充足問題

任意の CSP は，変数，変数の値域，変数間の制約からなる．また，CSP を解くとは，すべての制約を満足する変数の値の組を一組または全組，求めることである．

CSP における変数，制約が複数のエージェントに分散されており，CSP を分散環境でも適応できるように拡張した分散 CSP がある．しかし，より現実的な問題を分散 CSP として記述した場合には，過制約になることが多い．このような過制約な分散 CSP の制約を許容できる範囲内で緩和し，その緩和して得られた問題の解を求める枠組みとして分散不完全 CSP があり，違反する制約の数が最小となるような解を求める，分散不完全 CSP の重要な部分クラスに分散最大 CSP がある．

3　分散グラフ色塗り問題

グラフ色塗り問題とは，各ノードに対応するエージェントが，リンクで結ばれたエージェントと異なる色になるように自分の色を決める問題であり，CSP として簡単に定式化することが可能なため，CSP の標準的な例題としてよく用いられてきた．本研究でも分散最大 CSP の最適解を高速に解くシステムを作ることを目的としているため，分散グラフ色塗り問題を用いて本手法の評価を行う．

4　分散最大制約充足アルゴリズム

4.1　従来の解法

分散最大 CSP の解を求めるアルゴリズムとして，同期型分枝限定法と反復分散ブレイクアウト法がある．同期型分枝限定法は，厳密解法の 1 つであり通常の分枝限定法を複数エージェントでシミュレートするアルゴリズムである．一方，反復分散ブレイクアウト法は近似解法であり，分散ブレイクアウト法を繰り返し適用するアルゴリズムである．

4.2　アルゴリズムの問題点

本研究では，分散最大 CSP の最適解を求めることを大前提としているため，アルゴリズムは同期型分枝限定法を用いる．しかし，そのまま単独で実施するとアルゴリズムの完全性は保証されているが，探索空間が膨大であると，実時間内に解が求まらないことがある．そこで，いかにして探索空間を狭めるかが問題となる．

5　提案アルゴリズム

分散最大 CSP は，初期値として必要値 N と充分値 S を与える．本研究では分散最大 CSP の最適解を高速に求めることを目指しているため，充分値は 0 と設定する．同期型分枝限定法は，部分解の制約違反数の必要値が N 以上になるとバックトラックし，また，必要値が N 以上になることなく部分解を最後まで伸ばすことが出来れば，解を記憶しその制約違反数を新たに N とする．

本研究では最適解を求めるアルゴリズムである，同期型分枝限定法の前処理として反復分散ブレイクアウト法を一定時間実行し，得られた準最適解の制約違反数を必要値 N の初期値として同期型分枝限定法を実行する，という方法を提案する．本手法は最終的には厳密解法を実施するため，厳密解法の特徴であるアルゴリズムの完全性は保証されたままである．

6　実験結果および考察

表 1 に示す条件で，シミュレーション実験を行った．なお，各々の値はアメリカ本土をパラメータとしたものである．厳密解法である同期型分枝限定法を単独で実施した場合と，提案する手法との比較実験を行った．実験結果を表 2 に示す．またサイクル数，実行時間は実験回数の平均値である．

表 1: シミュレーション実験の条件

問 題	分散グラフ色塗り問題
色 数	3 色
エージェント数	48
リ ン ク 数	103
実 験 回 数	各アルゴリズムごとに 200 回

表 2: 実験結果

	サイクル数	実行時間 (ms)
同期型分枝限定法	212	24935
本手法	169	22540

表 2 から，本手法の方がより少ないサイクル数で最適解に達していることが分かる．また，実行時間においても高速化を果たしており，サイクル数，実行時間共に本手法の方が優れていた．さらに本手法は高速かつアルゴリズムの完全性を満たしているので，同期型分枝限定法と反復分散ブレイクアウト法の利点をいかしているシステムであると言える．

7　おわりに

本研究では分散最大 CSP の準最適解を得るのではなく，最適解をより高速に得ることを目的としている．したがって最終的には厳密解法を用いなければ，アルゴリズムの完全性は保たれない．しかし，反復分散ブレイクアウト法が準最適解を非常に速い段階で求められることに着目し，同期型分枝限定法の前処理として反復分散ブレイクアウト法を実施することにより探索効率を向上することが可能となった．このことから探索空間が大きい問題，同期型分枝限定法が実時間内に解を求められないような問題に対しては，問題が大きければ大きいほど有効であると言える．しかし，探索空間が小さい場合は逆に，従来の手法より探索時間が低下することも考えられる．今後の課題としては，本手法がどのくらいの探索空間の問題に対して用いれば有効か調べることである．