

制約充足問題研究支援システム

3N-8

李江洪^{*} 山下正吾^{**} 窪田信一郎^{*} 狩野均^{*} 西原清一^{*}
^{*}筑波大学 電子情報工学系 ^{**}(株)スター精密

1. はじめに

制約充足問題(CSP)は, 制約ラベリング問題ともいい[1], 問題対象の構成要素とそれらの局所的な制約構造に基づいて可能な局所解の候補を求め, それらの中から対象全体について矛盾のない局所解の組合せを求める問題である. CSPは, 人工知能の諸分野, 例えば図面理解(パターン解析)や時間割編成(プランニング)など組合せ探索を含むような分野において多く見いだされる.

一般に, CSPはNP完全問題であり, 効率のよい汎用解法は存在しないものと予想される. したがって, CSPの応用及び研究において, 具体的なCSPに対しては最適な解法を選択することと, CSPの解法に対してはどのようなCSPに対してよい効率が示すかを検証することが重要である. 本システムはこのような研究を支援するために開発した.

2. システムの開発方針

制約充足問題(CSP)は四つ組(U, L, T, R)で与えられる[2]. CSPのパラメータとはCSPの構造やサイズなどを示すものを言う. 本システムが扱うパラメータは変数の数|U|, 値の数|L|. 変数制約関係のサイズ|T|, 値制約関係のサイズ|R_i($\in \mathbb{R}$)の平均値である.

本システム設計の基本思想は, CSPの解法の効率に対して, CSPのパラメータがどのような影響を与えるかをグラフで表示し, ユーザーがこのグラフから与解法がどのようなCSPに対してよい効率を示すかを判断したり, 具体的なCSPに対して, 最適な解法を選択したりすることである. 効率の判断やよい解法を選択をユーザーに任せるのは, CSPにおける知識

がまだ断片的な点もあるため, つまり, CSPのすべての情報をパラメータ化していないためである.

本システムは以下の方針に沿って開発した.

(1) できるだけ多くの解法を取り入れ, 同一の解法に対して, 制約の充足順序も考慮する.

(2) 実行結果をグラフで表示する.

(3) CSPのデータ構造, 配列はすべての解法で同一のものを使用する.

(4) 評価の基準は処理時間ではなく, 制約のチェック回数(計算コストと呼ぶ)とする.

(1)については, 多くの解法を取り入れることによって, 解法の評価の能力を高める. (2)については, 実行結果を分かりやすくするためである. また, (3)と(4)については, CSPの解法の開発について, それぞれの開発者の採用したデータ構造などの違いがプログラムの実行時間を左右することを避けるためである.

3. CSP研究支援システム

3.1 システムの構成

本システムの構成を図1に示す.

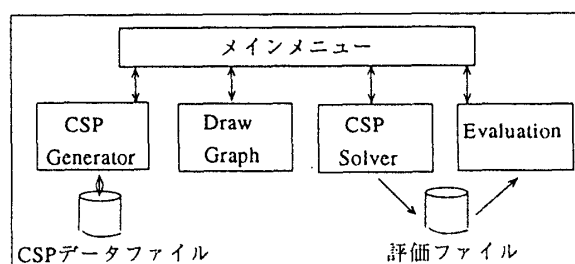


図1 システムの構成

システムはCSP Generator(CSPの発生), Draw Graph(制約グラフ[2]の表示), CSP Solver(解法を選択), Evaluation(解法の評価)の四つの部分からなる. この四つの部分はメインメニューから選択され, それぞれは独立に動く. CSPデータファイルは(U, L, T, R)の形式で保存したファイルである. 評価ファイルはCSP Solverで処理した結果を保持し, CSPのパ

A Research Support System on Constraint Satisfaction Problem

Jianghong Li^{*}, Shogo Yamashita^{**}, Shinichiro Kubota^{*}, Hitoshi Kanoh^{*}, Seiichi Nishihara^{*}

^{*}University of Tsukuba

^{**}Star Micronics Co., Ltd.

ラメータ, 計算コスト, 単一解探索か全解探索かのフラグを格納している. Evaluationはこの評価ファイルに基づいて行われる.

3. 2 システムの機能

(1) CSPの発生

CSPの発生は, 与パラメータに基づき, CSPをランダムで発生する. これにより, さまざまな問題を模擬し, それらの問題に対してCSPの解法の効率を評価することができる. また発生したCSPを保存したり, 読み込んだりすることもできる. 現実の問題は一度(U, L, T, R)の形式に変換し, CSPデータファイルにすれば, 本システムを使って解決できる.

(2) 制約グラフの表示

発生したCSPの制約グラフを画面上に表示する.

制約グラフを画面に表示することによって, CSPの制約構造を見ることができる. また, 制約充足アルゴリズムの実行結果を参照しながら, CSPの制約構造が制約充足アルゴリズムにどのような影響を与えるかを直観的に示す.

(3) 解法の選択

CSPの解法は主に探索空間を縮小するための弛緩法と, 最終解を求めるための木探索法及び併合法との2種類に分けられる. 本システムはこの2種類の解法を単独または同時に選択することができる. 現システムが扱う解法は, 2種類の弛緩法(AC_3とAC_4)と, 5種類の木探索法(単純バックトラック, Forward Checking, Partial Look-ahead, Full Look-ahead, Really Full Lookahead)と, 併合法である. またCSPの解探索において, 単一解探索か全解探索かを指定できる. 実行結果は評価ファイルに保存される.

(4) 解法の評価

評価ファイルに基づき, 各制約充足アルゴリズムの効率をグラフ(評価グラフと呼ぶ)で表示する. 評価グラフは主に2種類ある. 一つはいくつかの解法においてCSPのパラメータに対する計算コストの変化を示す. もう一つは同一の解法に対して, CSPのパラメータがどのように計算コストに影響するかを示す.

4. システムの実行例

ここには, 二つの実行結果を示す.

(1) 図2は, CSPの制約グラフの表示例である. 図の左側はシステムのメインメニューで, 真中が図の右側(画面上には表示しない)に示される変数制約関係の制約グラフである.

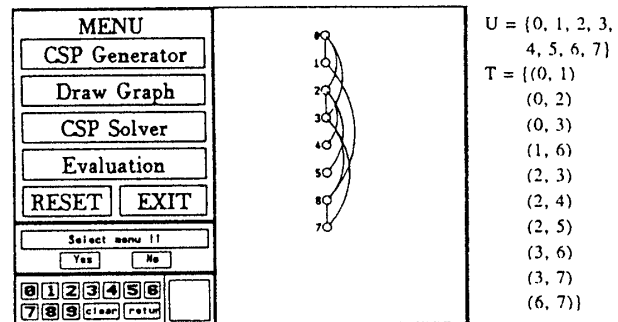


図2 制約グラフの表示

(2) 図3は, 併合法において, IUとILが固定しているとき, ITとIRの変化がどのように計算コストに影響するかを示す.

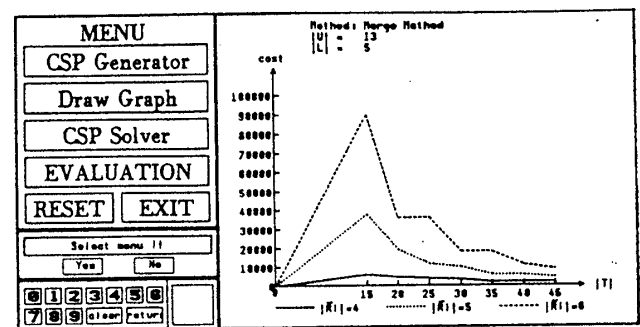


図3 併合法の評価グラフ

5. おわりに

本システムはCSPのパラメータが制約充足アルゴリズムの効率にどのような影響を与えるかをグラフで示すことによって, CSPの解法の効率, 及び具体的なCSPにおける最適な解法の研究をサポートする. 今後の課題として, CSPの解法とCSPのパラメータの充実が挙げられる.

参考文献

- [1] Haralick, R.M., et al: The Consistent Labeling Problem, Part I, IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., Vol. PAMI-1, No.2, 1979.
- [2] 西原: 制約充足問題の高速解法, 知識ベースシステムにおける高速推論技術チュートリアル資料, 情報処理学会(1992).