

所属：東京大学 教養学部 学際科学科 総合情報学コース指導教員：Fukunaga Alex

卒業研究：充足可能性モデル，制約モデル，数理計画モデルとそれらのソルバによるドメイン依存なプランニング手法の研究

08-132021 堀江 慧

1 序論

1.1 研究の概要

本研究では汎用モデルとそのソルバーを利用し，プランニング問題を解く手法についての調査を行う。そのモデルとしては SAT, 数理計画, 制約プログラミングを扱う。

それに加えて，本研究では制約プログラミングでプランニング問題を扱う際に，global constraint を利用した有効な定式化な手法を提案する。

提案手法の有効性の検証として，線形計画モデルの optiplan プランナや制約モデルの GP-CSP の planning graph を利用した定式化に対して，global constraint を利用した本研究の手法による定式化を追加したプランナとの比較を行う。

1.2 背景

プランニング問題とは以下のように定義される問題である。

この問題は現実のプランニングタスクの直接的な定式化である一方で，また，多くの現実的な問いをこの枠組みで表現することができる。

この問題は一般には NP 困難であり，有限多項式時間で解を求めることは望めない。一方で，SAT, 数理計画問題，制約プログラミングなどの問題も汎用な枠組み，困難な問題であることが示されているながらも，近年では比較的大規模な実用的問題でも利用されるようになってきている。このことを背景に，上に挙げた汎用モデルでプランニング問題を表現し，各モデルのソルバでプランを得るアプローチが研究されている。

先行研究としては，SAT のものとして SATPLAN, Mp, 数理計画のものとして optiplan, 制約プログラミングのものとして GP-CSP などが開発されていて，現在も引き続き高速な手法が考案されている。

モデルによるプランニング問題のアプローチの近年の成果として，Graphplan で初めて実装されたプランニンググラフを利用する方法がある。この手法では，与えられたプランニング問題からまずプランニンググラフを生成する。プランニンググラフは完全性を損なわない範囲で比較的大きく解空間を縮めることのできる問題の表現であり，このプランニンググラフ上の探索から解を発見する。

1.3 研究の目的

本研究はプランニング問題についてモデル表現とソルバを利用した方法によるアプローチについての研究である。プランニング問題は PSPACE 完全であることが知られている。(Bylanedr) この問題の解を得るためのアプローチとしてモデルを使ったアプローチが研究されている。このアプローチではソルバの性能向上がプランニングシステムの性能に直結し、各モデルのソルバは日々進展している。しかしながら、近年の研究はモデルの中でも充足可能性モデルに関するものが多くを占めている。

この状況に対し，本研究では制約モデル，線形計画モデルでの近年のソルバの性能向上がそれぞれのプログラミングシステムの性能向上にどのくらい影響を及ぼしているのかを再調査する必要があると感じた。また，特に制約モデルの近年の性能向上に大きな影響を与えている Global constraint について，それを効果的に織り込んだプログラミングの定式化を示すことを目的としている。

2 プランニング問題

3 モデル

3.1 充足可能性問題

3.2 線形計画問題

3.3 制約問題

4 実験

4.1 optiplan

4.2 SATPLAN2006

4.3 結果

4.4 考察

5 制約モデル

一定の成果を挙げた制約モデルでのプランナの実装として GP-CSP がある。これは GRAPHPLAN の成果を取り込んだプランニンググラフ解析を行う制約モデルプランナの実装であり、システムのソルバとしては””を利用している。制約モデル，線形計画モデルの成果と比べ，制約モデルのプランナは International Planning Competition に参加した実績がない。各モデルの優劣に対して決定的な理論付けがないままに制約モデルの研究が進展していない近年の状況に対して問題意識を持ち，本研究では SAT，数理計画モデルで得られた知見を利用した制約モデルプランナの実装を行い，その性能を測定，比較した。制約モデルのソルバとしては近年の制約プログラミングソルバのコンテスト Minizinc Conpe で優秀な実績を収めている Gecode を利用した。

5.1 Gecode

Gecode はこの実装として一方, Grobal Constraint という

5.2 Grobal Constraint

5.3 実験

5.4 結果

5.5 考察

6 結論

7 謝辞

右も左もわからない私に日々教育的視点からためになるアドバイス, 課題を示してくださった福永先生には最も感謝しています。また, 学際科学科 1 期生の諸君, 特に学生控室で日々議論に付き合ってくれた陣内佑くん, 僕にプログラミングの手引を与えてくれ, 多くを共に学ぶことのできた諸君には非常に感謝しています。

8 引用文献

9 図表