

制約と事例に基づく対話型室内レイアウト変更計画システム

5Q-03

水谷守 浜田佳延 小野智司 水野一徳 福井幸男 西原清一

筑波大学 電子・情報工学系

1. はじめに

近年、計算機を用いて効率的に室内の機器レイアウトを作成するシステムが多く開発されている[1]。しかし、現在のレイアウトを新たなレイアウトへと変更する場合、機器の移動作業手順を事前に導出せずに作業を行うことが多い。そのため、作業者が多いにも関わらず効率的に作業できない、あるいは機器の移動する順序を考慮しなかったために遅滞が生じることがある。

室内レイアウトを変更するための計画問題は制約充足問題（Constraint Satisfaction Problem: CSP）として定式化可能である。CSP に対して事例ベース推論（Case-Based Reasoning: CBR）を組み合わせることにより、領域知識の補完および問題解決の効率化を図る研究が行われている[2]。

本研究では、室内レイアウト変更計画問題を CSP として定式化し、ユーザと対話的に計画立案を行うシステムを開発する。本システムは、対話によってユーザが持つ知識を反映し、人間が一見して理解しやすい計画を立案することができる。また、ユーザと協調して問題解決を行った結果を事例として獲得し、以後の計画立案に利用することで問題解決を効率化する。

2. 室内レイアウト変更計画問題

室内レイアウト変更計画問題は、現在の機器配置レイアウト（初期レイアウト）を新たなレイアウト（目標レイアウト）に変更するための作業計画、すなわち各機器の移動経路、移動作業担当者および移動タイミングを求める問題である。本問題は作業系列を求めるプランニングと、各作業担当者および作業時間帯を求めるスケジューリングの要素をもつ。

プランニングとスケジューリングの要素をもつ問題の例として複数ロボットアームによる積木問題[3]がある。積木問題は、ブロックの配置を初期状態から目標状態へと変更するためのオペレータの列とそれらのロボットアームへの割当てを決定する問題である。積木問題ではアーム同士が干渉しないのに対し、本問題では機器同士が衝突するため、積木問題と比較して空間的な制約が強いと考えられる。

本問題より空間的な制約が強いものとして 8 パズルがある。しかし 8 パズルは制約が強すぎるため逆

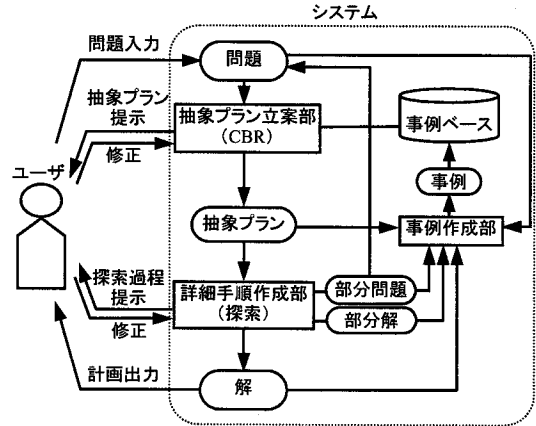


図 1 システム構成

に本問題よりも容易に解くことが可能であると考えられる。さらに本問題は探索空間が 8 パズルよりも大きく、作業者の割当てを行う必要がある。

3. 提案するシステム

本研究では、ユーザと協調して室内レイアウト変更計画問題を立案するシステムの開発を行う。以下では提案するシステムの詳細を述べる。

3.1. 基本方針

本システムにおける基本方針とその特徴を以下に示す。

- (1) 人間が計画立案を行う際に考える大局的な作業方針を、抽象プランの集合として表現する。
⇒ユーザの持つ知識を反映することで大規模、複雑な問題に対応できる。
- (2) CBR による抽出プランの導出と、探索による計画の作成の繰り返しにより解を求める。
⇒短期的・局所的な状況をもとに値割当てを行う探索に、長期的・大局的な作業方針を反映させることで、ユーザの意図する解を得ることができる。
- (3) ユーザと協調して問題解決を行った結果を事例として獲得する。
⇒問題解決を効率的に行うことができる。

3.2. システム構成と処理手順

本システムの構成と処理の流れを図 1 に示す。

はじめに、システムはユーザによって入力された問題に対して CBR を行い、入力された問題に類似する問題または部分問題を含む事例を事例ベースから検索する。類似する事例がある場合、その事例が

持つ抽象プランを入力された問題に適合する。適合された抽象プランはユーザに提示され、必要に応じてユーザがプランを修正し、探索を行う。

探索の途中経過および終了結果はユーザに提示され、ユーザは必要に応じて探索に対して指示を与えることができる。

探索の結果、抽象プランが達成された場合、達成された状況を新たな部分問題として、再び事例の検索に戻る。目標レイアウトが達成された場合、作業計画をユーザに出力し、それまでの部分問題と部分解、抽象プランを事例として獲得する。

3.3. 抽象プラン

問題全体の作業方針は抽象プランの集合からなり、抽象プランにより区切られた時間の単位をフェーズと呼ぶ。ユーザは指示を与える際に抽象プランとして全体的な作業方針および各機器の作業方針を設定できる。

全体的な作業方針として、対象機器を時計または反時計回りに移動、ボトルネックとなる機器を優先的に移動、対象機器を退避が選択できる。

一方、各機器の作業方針には、優先度、指向性の強さ、中間目標といった項目がある。優先度と指向性の強さは0から1までの数値を取る。

中間目標は、ユーザが指示しやすいように、機器同士の相対的な位置関係、隣接関係、フロアのおおまかな場所(例えば中央付近など)などで設定できる。

3.4. 事例ベース推論による抽象プランの導出

抽象プランの導出はCBRによって行われる。問題と事例間の類似度は、フロアを等分割した領域における機器の目標方向の分布、機器のサイズ、移動距離の要素を総合して計算される。

類似度が閾値を上回る事例が検索された場合、その事例が持つ抽象プランを問題へ適合する。適合は問題と事例間で機器の対応をとることによって行われる。

3.5. 探索

本システムではユーザが探索過程を理解し、対話時の指示が容易に出せるように木探索を利用している。また与えられた抽象プランに基づき変数および値に重み付けを行い、探索を効率化する。

探索は、制約に違反することなく抽象プランを達成する解(部分解)、または目標レイアウトを実現する解を発見すると終了する。

4. 実行例

図2に実行例を示す。(a)は初期レイアウト、(b)は目標レイアウトを示している。(c)はユーザが指示した抽象プランを示したもので、機器14が他の機器の邪魔をしないように計画の初期段階でフロアの左下のほうに退避させるものである。

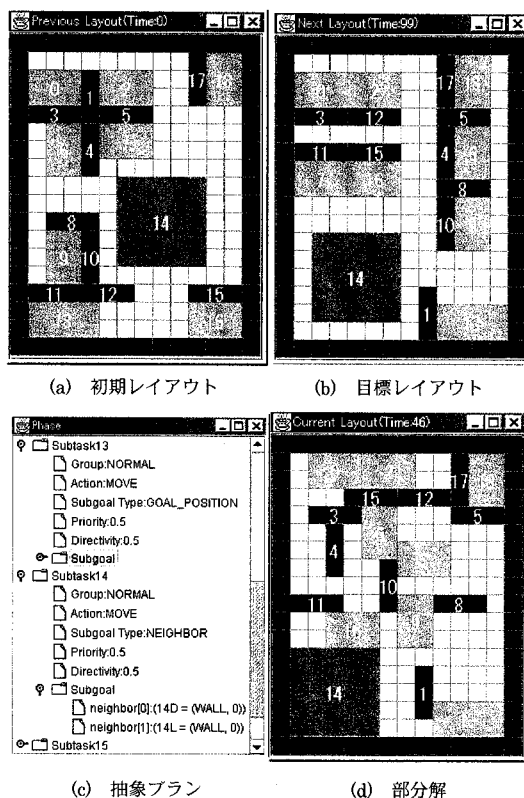


図2 実行例

(c)の抽象プランを与え、得られた部分解が(d)である。これにより、ユーザの意図が反映できていることがわかる。

5. おわりに

CSPとCBRを組み合わせた対話型室内レイアウト変更計画システムを提案した。本システムは対話によりユーザの知識・意図を利用することができる。また、ユーザと協調して問題解決を行った結果を事例として獲得、再利用することにより、以後の問題解決の効率化を図る。

本システムは、フォークリフト等の運搬装置による建材置き場、倉庫の自動管理等の現実問題に応用可能である。

参考文献

- [1]是永基樹,萩原将文: 対話型進化計算法によるインテリジェントなレイアウト支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.11, pp.3152-3160 (2000).
- [2]Squalli, M.H., Purvis, L. and Freuder, E.C.: Survey of Applications Integrating Constraint Satisfaction and Case-Based Reasoning, PAICLP99 (1999).
- [3]El-Kholy, A., Richards, B.: Temporal and Resource Reasoning in Planning: the *parcPLAN* approach, ECAI96 (1996).