

# 制約交換による共同作業支援システムとその応用

1 G-5

施 航 横田 裕介 垂水 浩幸 上林 彌彦

京都大学工学研究科

## 1 はじめに

既存の共同作業支援システムでは、複数人による同時作業の自由度が低く、柔軟性に欠ける。そこで本稿では、動的な変化に対応するのに優れている制約の概念を導入し、制約の記述・交換・充足によって共同作業を支援する機構を述べる。さらにアプリケーションとして、レイアウトの共同設計システムを紹介する。

## 2 従来の共同作業システムの問題

従来の共同作業システムは各利用者の操作に対応するために共有文書ファイルのロック機構などが用いられる。これには以下のような問題点がある。

- 複数人による同時作業の自由度が低い  
作業中の文書が一つであるため、個別に複数の案を検討できない。
- 柔軟さの欠如  
各作業者が個別の編集を並行して行うことは基本的に難しい。

そこで、本稿では各作業者が並行して個別編集を行いながら制約の交換により調整を行う機構を提案する。

## 3 制約交換のメカニズム

### 3.1 制約の定性分析

共同作業システムの制約はデータのみの制約とデータと利用者の制約がある。さらに細かく分けると、以下のようになる。

- データのみの制約  
例えば、オブジェクトの大きさ、重さ或いはコンピュータを湿度が高いところに置いてはいけないことなどの妥協できない制約である。
- 利用者の身体を原因とする制約  
例えば、足が不自由なため必ず車いすを用いることなどが挙げられる。
- 利用者の意志に基づく制約  
宗教などの原因で生じる制約。例えば、風水を信じる人はベッドを窓のそばに置いてはいけない。
- 利用者の好みに基づく制約  
例えば、机の上に本を置くのはいやな人がいる。

共同作業の参加者がそれぞれ自分の制約集合から、共同制約集合を作り出す時、以下のような状況がある。

- 満足状況  
共同作業の参加者の制約集合からなる統合共同制約集合に矛盾がない状況である。
- 妥協可能状況  
統合共同制約集合にはある程度矛盾があるが、少なくとも一部の参加者が妥協すれば、矛盾を解消できる状況である。

### iii) 競合状況

全員を満足させる統合共同制約集合が存在しない。

i) の場合は、各参加者の制約集合からそのまま共同制約集合を導出することができ、参加者全員が納得できる状況である。ii) の場合は、お互いに妥協しながら共同制約集合を得られる状況である。共同制約集合を得るためには、以下のようなアルゴリズムが必要である。

(1) データのみの制約をまず共同制約集合にコピーし、優先順位0（一番高い）とする。

(2) 利用者の身体を原因とする制約を共同制約集合にコピーし、優先順位1とする。制約ソルバーによって解決できれば(3)へ。そうでなければ、一旦停止し環境の変化要求を参加者に提示する。

(3) 利用者の意志に基づく制約を制約集合にコピーし、優先順位2とする。制約ソルバーによって解決できれば、(4)へ。そうでなければ(5)へ

(4) 利用者の好みに基づく制約を制約集合にコピーし、優先順位3とする。制約ソルバーによって解決できれば停止。そうでなければ(5)へ

(5) 参加者の重要度（地位などによる）によって、利用者の意志に基づく制約と好みに基づく制約の優先順位を再計算し、優先順位の低い制約を順番に削除し、解決できるまで続ける。

### 3.2 制約交換を導入する利点

2節の問題を解決するために、共同作業システムに制約交換を導入した。導入することによる利点は以下のようにまとめられる。

- 共同作業の参加者の個性の重視  
利用者の意志に基づく制約と好みに基づく制約を設けることによって共同作業の参加者の個性の要素を制約で表現することができ、制約の交換によってできるだけ反映させることが可能である。
- コンパクト性

Realization of Cooperative Work Using Constraint Programming

Hang SHI, Yusuke YOKOTA, Hiroyuki TARUMI, Yahiko KAMBAYASHI

Faculty of Engineering, Kyoto University

利用者の動作が直接制約と対応するため、従来の個々のコマンドと比べて遥かに効率がよい。

- 柔軟性

制約に優先順位をつける<sup>[3]</sup>ことによって、利用者同士で制約を交換しながら、それらの優先順位と共同作業空間の状況に基づいて決定する。

## 4 制約交換による共同作業支援システムの応用

### 4.1 システムのモデル

システム構成図を図1に示す。システムはWindows95/NT上で実現されている。サーバはユーザの管理やユーザ間のメッセージのやりとりの管理を行う。ユーザはクライアント側のインタフェースを通じて単独設計や他のユーザとの共同設計を行う。また、制約ソルバー<sup>[2]</sup>がユーザから与えられた制約の充足を行う。

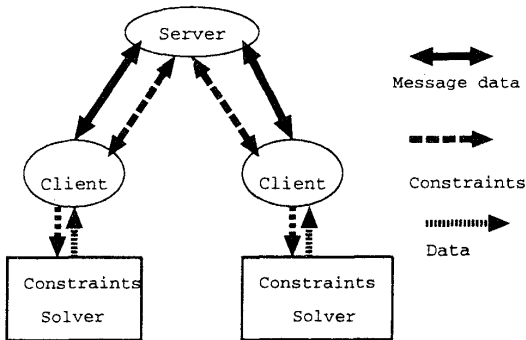


図1: 共同作業支援システムの構成図

### 4.2 レイアウトの共同設計システムの実装

上記の共同作業支援システムのモデルに基づき、レイアウトの共同設計システムを実装した。このシステムの利用対象としては夫婦や知人同士を想定しており、家、研究室、オフィス、展示会などのレイアウトの共同設計を行うことが可能である。分散している利用者の一人一人が自分の設計ビューを持ち、動的に自分のアイデアを相手に提案することができ、協調的にレイアウトの設計を行うことができる。

#### 4.2.1 システムの動作

ユーザが自分の名前をハンドルとして登録し、適当な設計グループを選んで共同レイアウト設計に入り、同じグループの人たちが共同設計の参加者となる。

すべての部品間の制約はユーザによって設定される。また、システムの利用者が単独設計と共同設計二つの状態を自由に移動できる。図2では、共同作業参加者Aが自分だけの制約を設定したほかに、「机」と「タンス」の相対方向制約を右ボタンで設定し(図2のメニュー部分)、参加者Bに提案しているところである。

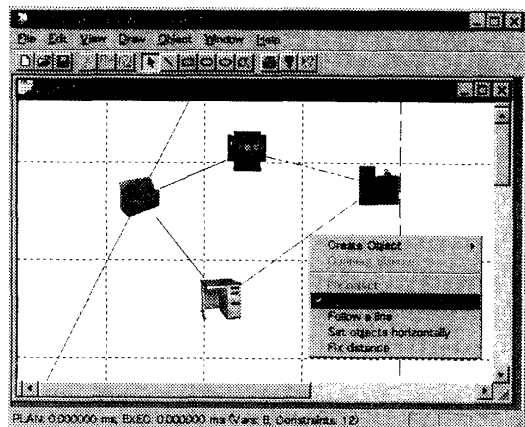


図2: 共同設計者のビュー

## 5 まとめ

本稿では既存の共同作業支援システムの問題点を指摘し、それに対して動的な変化に対応するのに優れている制約の概念を導入し、制約の記述・交換・充足による共同作業システム支援の利点を示した。さらに制約の定性分析を行い、制約交換による共同作業を支援する機構を述べた。最後に応用例として、レイアウトの共同設計システムを紹介した。

## 謝辞

本研究についてご助言、ご討論頂いた上林研究室の皆様へ感謝致します。

## 参考文献

- [1] Alan Borning, Richard Lin and Kim Marriott, "Constraints for the Web", Proc. of ACM Multimedia 97, pp. 173-181
- [2] 細部博史, 松岡聡, 米澤明憲, "階層線形系を用いた効率的な制約階層解消法", インタラクティブシステムとソフトウェア V, 近代科学社, pp. 129-134 (1997)
- [3] 施航, 垂水浩幸, 中村達也, 横田裕介, 上林彌彦, "制約を利用した非 WYSIWIS 環境におけるハイパーメディア文書の再配置", 第56回情報処理学会全国大会講演論文集(4), pp. 144-145 (1998)
- [4] G. Zlotkin and J. S. Rosenschein, "Cooperation and Conflict Resolution via Negotiation Among Autonomous Agents in Noncooperative Domains", IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 21, No.6, pp. 1317-1324, 1991.
- [5] 阿部豊子, 田淵仁浩, 前野和俊, "作業状況に適應して機能変更可能なホワイトボードの開発", 第57回情報処理学会全国大会講演論文集(4), pp. 43-44 (1998)