

# 汎用的過少制約評価技術に基づく機械設計支援システム

3ZC-8

沢田浩之  
機械技術研究所

## 1 はじめに

設計過程では多くの設計解が生成され、それにもとない多くの設計パラメータが定義される。考慮すべき設計パラメータが増えるにつれ、それらの相互依存関係を把握することが困難となり、それが設計品質向上の妨げなる。このような問題を解決するために、過少制約評価技術を用いた機械設計支援システムの開発を進めている。本稿では、システムの構成および本システムを用いた設計プロセスについて述べる。

義された制約集合はすべてコンテキストツリーに登録される。コンテキストツリーは、制約集合をその包含関係に基づいて階層的に分類したもので、下位ノードへ行くにしたがって設計解はより具体的なものとなる。ある程度具体化した設計解は、制約評価系によって評価される。設計者はその評価結果を参照し、さらに作業を進める。

## 2 システムの構成と設計プロセス

図1に本システムの構成を示す。設計者は要

### 2.1 コンテキストツリー

設計過程では、比較的抽象的な設計解が次第に具体化するという過程を経ることが通常である。図2に示すコンテキストツリーは、このようにして生成された多くの設計解を、木構造として管理/分類するものである。設計解、すな

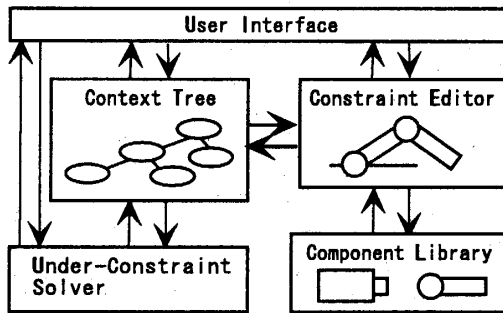


図1: システム構成

素ライブラリから必要な基本要素を取り出し、それらを制約エディタ上で編集することによって、設計解を表現する制約集合を構成する。定

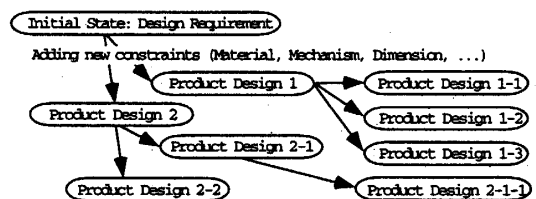


図2: コンテキストツリー

わち制約集合の修正が行われた場合には、もとの制約集合が修正される代わりに、修正後の制約集合が新しく生成されてコンテキストツリーに追加される。その仕組みを図3に示す。このようにして、生成された設計解の階層構造は常に維持される。

Engineering Design Support System based on  
Generic Under-Constraint Solving Technique  
Hiroyuki Sawada  
Mechanical Engineering Laboratory  
Namiki 1-2, Tsukuba, Ibaraki 305-8564, Japan  
sawada@mel.go.jp

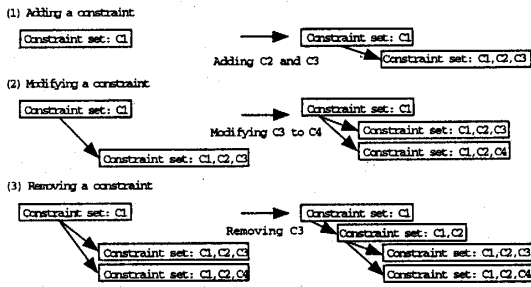


図 3: 制約集合の新規生成

## 2.2 要素ライブラリ

機械/メカトロ設計は、歯車などの基本要素を組み合わせることによって行われることが通常である。制約条件の定義/生成という観点から見た場合、基本要素に関する局所的な制約条件に、要素間の接続条件を追加するものとして捉えられる。要素ライブラリは基本要素に関する局所的制約条件をあらかじめ登録しておくものである。要素ライブラリに登録されている要

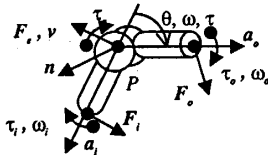


図 4: 要素ライブラリの回転関節

素の一例として、図 4 のような回転関節を示す。その制約条件は以下のとおりである。

### 回転関節に関する制約条件

$$\begin{aligned}
 |a_i| &= |a_o| = |n| = 1, a_i \times a_o = n \sin \theta, \\
 a_i \cdot a_o &= -\cos \theta, \omega_i \cdot n - \omega_o \cdot n = \omega, \\
 \omega_o \times n &= \omega_i \times n, F_i + F_o = F_e, \\
 \tau_i + \tau_o &= n \times (\tau_e \times n), \tau_i \cdot n = \tau. \\
 a_i, a_o &: \text{アーム方向ベクトル、} \\
 n &: \text{関節回転方向ベクトル、} \\
 P &: \text{関節位置、} \theta: \text{関節回転角、} \\
 \tau_i, \tau_o &: \text{生成されるトルク、} \\
 F_i, F_o &: \text{生成される力、} \\
 \omega_i, \omega_o &: \text{アーム回転角速度、} v: \text{関節速度、}
 \end{aligned}$$

$F_e, \tau_e$ : 関節に働く外力、トルク、  
 $\omega, \tau$ : 関節の回転角速度、トルク。 □

機構に関する条件式と力の釣合式を自動的に求められることは、要素ライブラリが提供する重要な機能の1つであるといえる。

## 2.3 制約エディタ

制約エディタでは、設計解を表現する制約条件の編集が行われる。その主たる作業は、要素ライブラリから抽出された基本要素間のインタフェース条件を設定することである。例えば、回転関節にビームを接続するような場合には、接続する点の位置座標の一致、回転関節のアーム方向とビームの軸方向の一致といった幾何学的条件のほか、接続点における力の作用反作用と行った力学的条件がインタフェース条件として定義される。

制約エディタは、要素ライブラリより与えられた各設計パラメータの属性を参照することにより、デフォルトのインタフェース条件を自動生成することができる。

## 2.4 制約評価系

設計の初期段階では、設計パラメータの数に比べて制約条件の数が少ないため、設計パラメータの値を特定することが困難である。制約評価系はこのような問題を解決するために開発されたもので、制約集合における制約条件間の矛盾検出、具体的な数値解の例示機能を提供する。

## 3 おわりに

本システムは、汎用的な制約評価技術を応用することによって、広範囲の機械設計を支援するものである。特に、基本要素を単に組み合わせることで全体の幾何拘束条件ならびに力学的平衡条件を導くことができること、そして、未知の設計パラメータを含んだ不完全な設計解でも評価できることにその特長があるといえる。