

平成21年 6月 15日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18760327

研究課題名（和文）数値最適化に基づく制御系設計の可視化手法の研究

研究課題名（英文）Visualization of Numerical Optimization for Control System Design

研究代表者

小西 克巳 (KONISHI KATSUMI)

工学院大学・情報学部・講師

研究者番号：20339138

研究成果の概要：

本研究では、数値最適化に基づいた制御系設計を行うための可視化手法の研究を行った。具体的には、数理計画法の制約式として与えられた制御系設計条件の解空間（実行可能領域）の可視化と、解探索過程の可視化を実現する手法について研究した。階層型マトリックスデータの可視化手法を応用することで、これらの可視化を実現する手法を提案し実装した。実際の制御系設計問題を可視化することで、提案手法の有効性を確認した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,000,000	0	2,000,000
2007年度	800,000	0	800,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	240,000	3,840,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・制御工学

キーワード： 制御理論

1. 研究開始当初の背景

本研究では、数値最適化に基づいた制御系設計を行うための可視化手法の研究を行う。H₂/H_∞混合制御問題や制御系と構造系の同時設計問題など、多くの実用的な制御系設計問題が、線形行列不等式問題(LMI)や双線形行列不等式問題(BMI)、パラメータ依存LMI問題といった数理計画問題に定式化されている。これらの問題を数値計算に

よって解くことで、解析的手法で設計が困難な様々な制御系設計が可能となる。しかし、一部の問題を除いて多くの問題は非凸最適化問題となり、簡単に解くことはできない。これらに対しては、分枝限定法などの厳密解法を用いるか、有限個の線形行列不等式(LMI)や線形制約によって凸包を生成し、凸最適化問題を解くことによっ

て解を求める方法が提案されている。前者は ϵ 大域解という誤差の精度が保証された解が得られるが、問題の規模に対して計算時間が指数的に増加してしまい、PID制御などの一部の設計問題を除いては、現実的な時間で解くことができない。後者の場合では、制御系設計条件の十分条件で凸包を生成した場合は解が保守的になりすぎ、必要条件で凸包を生成した場合は解の精度が保証されない近似解を得るという問題がある。

理論的に解の精度が保証されている手法と、保証されていない手法が混在し、実用上は解の精度が保障されていない手法の方が良い場合があるなど、どの設計問題に対し、どの手法が有効であるかを把握することは極めて困難である。特に実際に制御系を設計しているエンジニアにとっては、制御理論すべてを理解して手法を選択することは困難であり、各種設計手法を直観的に把握する手法の構築が望まれている。一つの解決手法として、制御系設計手法の可視化が考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、数理計画法の制約式として与えられた制御系設計条件の解空間（実行可能領域）の可視化と、解探索過程の可視化を実現する手法の研究を目的とする。これらの可視化を行うことで、制御系設計条件の必要条件や十分条件から得られる凸包の精度が視覚的に把握でき、また、研究者が提案する解法の性能も視覚的に把握することができるようになる。これにより、解の精度や解法の精度が理論的に示すことができない場合や、他の手法との比較が理論的には行えない場合でも、視覚的にその効果を確認することができる。また、分枝限定法のような全探索手法の場合には、最適化計算途中で解空間（実行可能領

域）のどの領域にどの程度の精度の解があるのかを直感的に把握することができ、アルゴリズムの終了条件を満たす前に、利用者（ユーザ）の判断で計算を停止させ、ユーザが満足し妥協できる解を得ることができる。

本研究では、数理計画法の制約式として与えられた制御系設計条件の解空間（実行可能領域）の可視化と、解探索過程の可視化を実現する手法の研究を目的とする。これらの可視化を行うことで、制御系設計条件の必要条件や十分条件から得られる凸包の精度が視覚的に把握でき、また、研究者が提案する解法の性能も視覚的に把握することができるようになる。これにより、解の精度や解法の精度が理論的に示すことができない場合や、他の手法との比較が理論的には行えない場合でも、視覚的にその効果を確認することができる。また、分枝限定法のような全探索手法の場合には、最適化計算途中で解空間（実行可能領域）のどの領域にどの程度の精度の解があるのかを直感的に把握することができ、アルゴリズムの終了条件を満たす前に、利用者（ユーザ）の判断で計算を停止させ、ユーザが満足し妥協できる解を得ることができる。

yes

3. 研究の方法

制御系設計問題のうち、一般的な双線形行列不等式問題（BMI問題）のみを扱い、BMI問題に対する緩和問題、近似解法、分枝限定法の可視化を行う。次に現実の制御系設計問題へ適用し、PID制御系設計問題、 H_2/H_∞ 混合制御問題など、より高度で複雑な設計問題へ適用し、可視化アルゴリズムを検証する。

双線形行列不等式を制約とする最小化問題に対し、以下のような可視化アルゴリズムを導出する

- (1) 多次元空間の領域分割を行う。

- (2) 分割領域における最小化問題の上界と下界を求める。
- (3) 上記(2)の結果を2次元平面上に可視化する。
- (4) 上記(3)の結果を踏まえて、3次元可視化を行う。
- (5) マルチディスプレイグリッドを用いて、複数のディスプレイで可視化する。

上記では、分割領域が多数にわたるため、この計算には複数台の計算機を利用して並列計算を行う。また、数値計算ソフトウェアとしてMATLABを用いる。

4. 研究成果

本研究で扱う可視化は、最小化問題における多次元の可視化である。制御系設計問題を表す最適化問題の場合には、実用上は設計パラメータが数個程度で10個以下という特徴を持つ。そこで本研究では、階層型マトリックスデータによる可視化手法を応用し可視化を実現した。

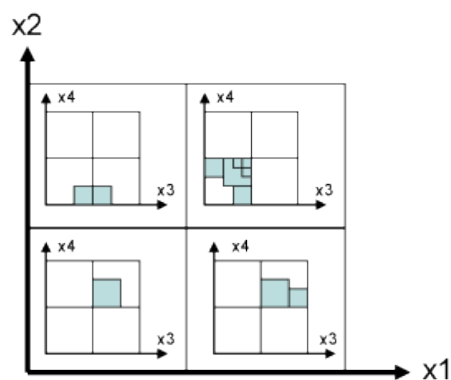


図 階層型マトリックスデータの可視化

階層型マトリックスデータとは、図のように2次元平面のx軸y軸をそれぞれ2分割し、平面内にさらに他の次元を表す2次元平面を描く手法である。図の場合には、2次元平面内で4次元を表現している。

前述のように制御系設計では設計パラメータが高々2の4乗以下であること、可視化する最適化手法が領域分割に基づく手法が多数であることから、階層型マトリックスデータによる可視化で十分に可視化が実現できる。問題点としては、パラメータ数が多い設計問題に対する計算経過を詳細に表現する際には、計算時間を要する点と、表示のために広い画面(ディスプレイ)を要求される点である。これに対し、PCグリッド計算環境を利用し、並列計算およびマルチディスプレイグリッドを用いた。マルチディスプレイグリッドとは、複数のPCで一つのディスプレイを描写するシステムのことである。



マルチディスプレイグリッドでは、各ディスプレイで表示される内容をそれぞれのPCで計算を行う。本研究では、分枝限定法のような領域分割型のアルゴリズムの可視化を対象としており、各領域ごとの計算を並列化可能である。また、ディスプレイに表示する計算途中領域も各PCに割り当てられたパラメータの探索領域に対応するため、階層型マトリックスデータの可視化手法とマルチディスプレイグリッドは、PCグリッド計算により効率よく実現することができる。本研究では、これらを実装しMATLABから利用可能とした。実際に2自由度PID制御系設計問題、H2/H ∞ 混合制御問題に適用し、効率よく可視化が行えることを確認した。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計3件)

1.

Katsumi Konishi and Toshiaki Toyama, Community Identification in Dynamic Social Networks based on H2 Norm Analysis: A New Approach from Control Theory, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2840-2845, 2008年10月 シンガポール

2.

Katsumi Konishi, Toshiaki Tohyama and Yoshito Yamada, A Resource Management System for Data-Intensive Application in Desktop Grid Environments, The IASTED International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems (PDCS), 2006年11月 ダラス

3.

遠山敏章, 山田慈人, 小西克巳, Data-Intensive アプリケーションを想定した Desktop Grid Computing のための計算資源管理システム, SACSIS2006, 2006年5月 筑波

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小西 克巳 (KONISHI KATSUMI)

工学院大学・情報学部・准教授

研究者番号: 20339138