

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	超音速機の翼胴結合金具のロバストポロジ-最適探索手法
Title(English)	
著者(和文)	SHINHYUN JIN
Author(English)	HYUN JIN SHIN
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9285号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種類:課程博士, 審査員:轟 章,水谷 義弘,因幡 和晃,高橋 秀智,井上 裕嗣
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9285号, Conferred date:2013/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	機械物理工学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
学籍番号： Student ID Number			Academic Degree Requested Doctor of
学生氏名： Student's Name	申 鉉眞		指導教員 (主)： 轟 章 Academic Advisor(main)
			指導教員 (副)： 水谷 義弘 Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

超音速旅客機などの高速飛行体の設計において、高速性、経済性及び環境適合性等の性能を満足するために、機体重量の軽減は最も重要な課題の一つである。機体重量の低減および空力性能向上を両立させる構造として、薄翼構造が必要になる。この翼構造では、主翼を胴体に結合する翼胴結合金具が必要になり、この金具においても軽量化が要求される。しかし、翼胴結合金具の軽量化においては、翼内部構造の限定されたスペースによる小さい設計空間および飛行時に負荷される曲げモーメント、せん断力、ねじりモーメントなどの様々な荷重を考慮しなければならない。このような設計問題の解法として、一定の設計空間の中で最適な構造のレイアウトを探索するトポロジー最適化手法が広く用いられる。特に、荷重が複数ある場合のトポロジー最適化は複数荷重ケース問題として多目的最適化問題になる。さらに、荷重変動まで考慮したロバストトポロジー最適化においては、連続的な変動確率を離散化し、複数荷重ケース問題のような決定論的な問題に変換する。そのため、ロバストトポロジー最適化においても複数荷重ケース問題は重要な役割をする。

複数荷重ケース問題は本質的に多目的最適化問題であるため、次の 2 つの目的を持つ。パレート解と呼ばれる多数の最適解集合を求めることおよび目的関数間のトレードオフ関係や設計パラメータ間の関係を明らかにすることが多目的最適化問題の目的である。工学的な観点から、多数のパレート解から一つの最適解を設計者が選択しなければならない。そのため多数のパレート解から適切な設計案を決定するためには、各々のパレート解をよく理解することは必要不可欠なことである。しかしながら、従来のロバストトポロジー最適化手法では、単に一つの最適解を求めることに留まっているため、パレート解群の導出に不十分であり、最適解に対して十分な情報や知恵が得られない問題点がある。

そこで本研究では、複数の荷重及びその変動を考慮したトポロジー最適化手法における複数荷重ケース問題は本質的に多目的最適化問題であることに着目し、多数のパレート解群の導出およびデータマイニングに優れる手法を提案及び提案手法の高効率化を目的とする。また、提案手法を超音速旅客機の翼胴結合金具に適用し、複数の荷重及びその変動を考慮した翼胴結合金具のトポロジー最適化を行った。

第 1 章「緒言」では、本研究の背景、従来研究の課題をあげ、本研究の目的について詳しく述べた。

第 2 章「SOM を用いたトポロジーの特徴による分類と最適化」では、複数荷重ケース問題における多数のパレート解群の空間の可視化手法として、高次元データの可視化に優れるデータマイニングの一種である SOM を用いる手法を提案している。多数のパレート解の高次元空間を低次元に可視化するために必要なトポロジーの特徴について定義したのち、翼胴結合金具に適用し検討した。翼胴結合金具の複数荷重ケース問題に対してパレート解群を導出し、その空間が射影された 2 次元の SOM 上

においてトレードオフ関係，トポロジーの特徴等の設計に有益な情報が得られることを示した。

第3章「ロバストトポロジーの探索手法」では，複数の荷重及びその変動を考慮したトポロジー最適化手法に対して，ロバストトポロジー最適化は本質的に多目的最適化問題であることに着目し，多数のパレート解群の導出及びデータマイニングに優れる手法を提案している。ロバスト解は複数荷重ケース問題におけるパレート解群の一部である可能性が高いため，複数荷重ケースに対してコンプライアンス最小化する問題のパレート解群を GA により求め，そのパレート解空間内でロバストトポロジーを探索する提案手法について述べた。一方で，パレート解群に対するロバスト性評価には Monte-Carlo 解析を用いた。一般的に高計算コストである Monte-Carlo 解析の計算コストを低減するため，SOM による代表トポロジーの選出手法を提案及び Kriging モデルの導入を検討した。その後，複雑なパレート解空間内でのロバストトポロジー解の探索をより簡便かつ効果的に行うため，第2章で提案した SOM によるトポロジーパレート解群空間の可視化手法を適用した。最後に，提案手法を翼胴結合金具に適用し，提案手法の有効性を示した。

第4章「エリート初期集団 GA を用いるトポロジー最適化の高効率化」では，第3章で提案した GA を用いたトポロジー最適化手法に対して，効率を向上させる手法として，重み付き線形和手法を用いた SIMP 法から得られた局所最適解（エリート）と類似する個体を複数生成し，それらを GA の初期集団として用いる手法を提案している。提案手法の有効性について検証するために，GA の初期集団をランダムに発生する従来手法とエリート初期集団を用いる提案手法の収束性および安定性を比較検討した。

第5章「結論」では，本研究で得られた結論をまとめ，本論文による成果を総括した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	機械物理工学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学籍番号 : Student ID Number			指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	轟 章
学生氏名 : Student's Name	申 鉦真		指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	水谷 義弘

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In order to satisfy the high speed, economic viability and environmental compatibility requirements, a thin wing structure plays a key role in the Super Sonic Transportation (SST). In general, it is difficult to apply the torque box structure that is usually used subsonic airplane to SST, because SST has not enough space. Instead of torque box structure, a lug structure that connects the body and the main wing is necessary with the multi-spar structure. Since lug structure is subjected to many loadings that have uncertainty such as magnitude and direction of loading caused by aeroelastic forces, design to account for uncertainty should thus be employed.

Topology optimization was used this kind of structure design problem to find the optimal structure lay-out within a design domain. However, if there is no considering loading uncertainty in topology optimization, optimal solutions may be unstable even under small loading uncertainty. For the loading uncertainties, several robust topology optimization approaches have been proposed, for instance, worst case design and methods for approximating probabilistic uncertainties to calculate expected performance. These approaches usually transform probabilistic problem into the multi-loadcase model. After that, robust optimization with multi-loadcase model is optimized using a minimax method or the expected compliance model. These approaches basically based on the compliance minimization problem of the multi-loadcase. This implies that a robust solution is the part of the Pareto-solutions of the multi-loadcase problem. Thus, in this study, robust topology is explored in the Pareto-solutions obtained from the compliance minimization problem of the multi-loadcase. Moreover, it is necessary to approach to robust topology optimization as the Multi-Objective Optimization Problem (MOOP). Therefore, it is important to determine the final robust solution from many candidates such as Pareto-solutions. It is also necessary that some useful information is adequately provided to explore the final decision. In robust topology optimization problem, relations between topology and each loadcase, as well as trade-off relations between each loadcase and robustness performance are useful information. This information will be useful to understand some characteristics of each robust topology.

For this background, this study objective is to obtain as possible as various and complete Pareto-optimal solutions in the multi-loadcase problem of topology optimization using Multi-Objective Genetic Algorithm (MOGA), and to perform the Data mining for the design of the lug structure by using Self-Organizing Map (SOM). Moreover, to improve the efficiency of the genetic algorithms which was used for robust topology optimization, Elite-initial solutions method was proposed and verified. After that, the proposed method was applied to the lug structure of the supersonic transportation for the robust topology optimization with considering loadings uncertainties.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).