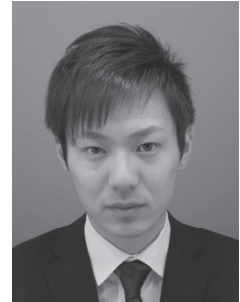


新任教員紹介

機械工学科・助教 砂見雄太

略歴

1985.12	茨城県生まれ	
2004.3	下妻第一高等学校	卒業
2008.3	東海大学工学部機械工学科	卒業
2010.3	東海大学大学院工学研究科機械工学専攻	修了
2013.3	東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻	修了
2013.4	現職	



担当科目

入門ゼミナール 1, 機械工学実験 1, 機械要素設計, 機械工学概論, 問題発見ゼミナール, 卒業研究 1, 2

研究活動内容

1. はじめに

上記略歴の欄に示してあるように、筆者は学部・修士・博士と東海大学の出身である。学部 4 年次に、本学の副学長（研究担当）である橋本巨教授（機械工学科）の研究室に所属してから、トライボロジー、中でも流体潤滑（主に小型流体軸受）を専門とした研究に従事してきた。以下では、修士・博士課程で行ってきたロバスト最適設計に関する研究について紹介する。

2. ロバスト最適設計

製品設計の段階で加工誤差や環境変動などの不確実性に対して検討することは、製品性能の確保に加えて製造コストの低減を図るうえで重要である。近年、このような課題に対してロバスト最適設計手法が一つの有効な手段として注目を浴びている。明確な定義はないが、ロバスト最適設計手法とは、加工誤差や環境変動などの不確実性に伴う製品性能のばらつきの範囲を考慮したうえで、最も優れた解を導き出す手法である。以下に筆者が構築したロバスト最適設計手法の概念について示す。

Fig.1 は設計変数の変動と目的関数の関係を示した概念図である。通常、最適設計を実施する際には設計変数が n 個存在し、その場合は目的関数が n 次元となるが、ここでは説明のために 1 次元で示している。同図に示すように、目的関数が設計変数の変動により分布する場合には、設計変数の変動範囲が同じであっても目的関数の変動量（ばらつき）は一様でないことが想定される。従来の決定論に基づく最適設計手法を適用した場合には解 A が大域的最適解として決定させる。しかしながら、同図に示すように最適解近傍において目的関数の感度が高い場合には、設計変数が何らかの原因でばらついた際に目的関数の値が大きく変動する。一方、解 B は目的関数の値が最大ではないものの良好な値を

示し、かつ設計変数の変動に伴う目的関数の値の変動量も解 A に比べて極めて小さい。したがって、解 B は解 A に比べてロバスト性が優れている。以上に示したように、ロバスト最適設計手法を適用することで高い性能を有したうえで不確実性に伴う製品性能の変動量を最小限に抑えることが可能となる。

ロバスト最適設計では、設計変数の変動をモデル化する必要がある。筆者が構築した手法では、設計変数および目的関数の変動を考慮する方法として確率論を用いている。まず、設計変数が何らかの確率分布に従って変動すると仮定し、その際に評価対象とする性能の期待値と性能の変動量を示す標準偏差を数値計算により算出する。本ロバスト最適設計問題は、期待値と標準偏差の双方を最適化する同時最適化問題となる。そこで本手法では、目的関数に期待値と標準偏差の積もしくは商を設定し、逐次

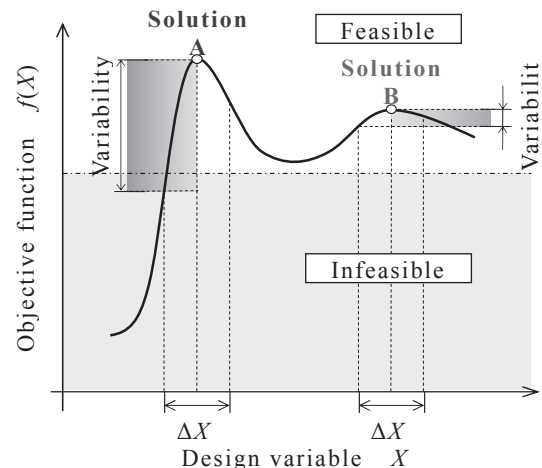


Fig. 1 Variability of design variable and objective function (Maximization problem)

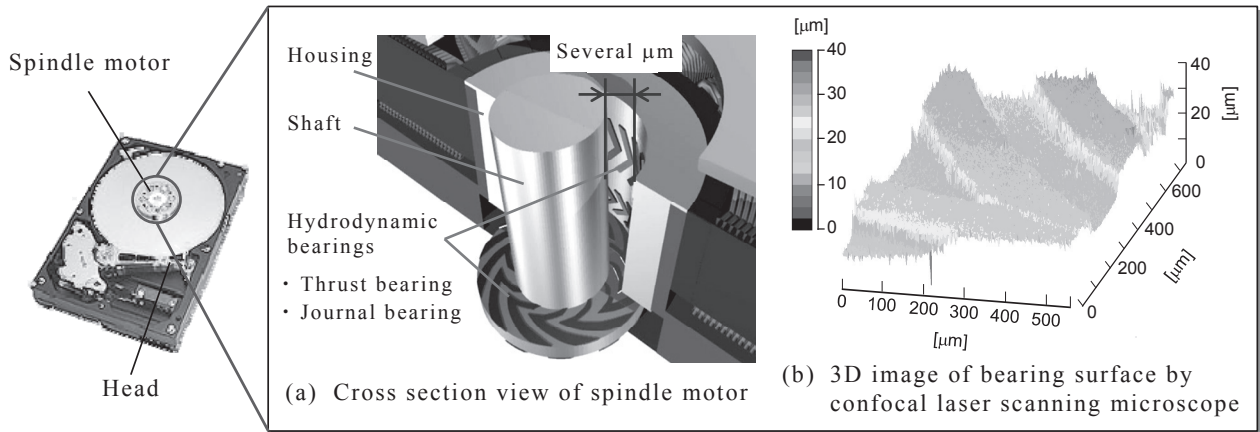


Fig. 2 A Spindle motor used for 2.5 inch hard disk drive

二次計画法や遺伝的アルゴリズムなどの最適化手法を用いて設定した目的関数の最小化または最大化を図る。紙面上の都合により、詳細については参考文献を参照されたい⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。

3. ロバスト最適設計例

本稿では、2.5 インチハードディスクドライブ（以後 HDD と称する）用スピンドルモータのジャーナル油膜軸受に本ロバスト最適設計手法を適用した事例について紹介する⁽¹⁾。

Fig.2 に HDD 用スピンドルモータの構造を示す。スピンドルモータの回転体は、ジャーナル油膜軸受とスラスト油膜軸受により支持されており、これら軸受の性能がスピンドルの性能を左右する。しかしながら、同図(b)に示すように軸受表面に加工される溝の深さや軸とハウジングのすきまは数 μm から数十 μm の精度を要し、これらが加工誤差などによりばらついた場合には軸受性能が著しく低下する恐れがある。

一方、近年 HDD はモバイル製品に多く使用されるようになったことから振動特性の向上、またエネルギー面の観点から消費電力の低減が要求されている。流体軸受の特性は、軸受すきま内に発生する圧力を支配するレイノルズ方程式を解くことにより比較的簡単に求めることができる。しかしながら、ロバスト最適設計を実施する上では、理論モデルの妥当性を検証することが重要となり、本研究で用いた流体軸受の理論モデルの妥当性は実験により検証している⁽³⁾。

Fig.3 は、本ロバスト最適設計の結果と決定論に基づく従来の最適設計の結果を比較したものである。目的関数には、回転体の振幅と軸受面の摩擦トルクの期待値および標準偏差の積を設定し、それを最小化する問題とした。同図に示すように、ロバスト最適設計の結果は従来の最適設計の結果に比べて、いずれの場合においても目的関数の値が低下することがわかる。特に溝深さの公差 ΔH_g の増加とともにその効果が顕著に現れる。このことから、軸受寸法の公差を考慮して計算することで、設計の段階で許容公差を大きく設定できると考えられ、加工の際にコストの低減を図ることが可能となる。

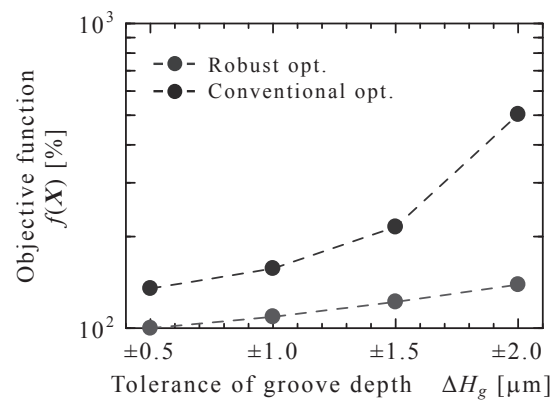


Fig. 3 Objective function vs. tolerance of groove depth

4. おわりに

筆者がこれまでに構築したロバスト最適設計手法は、流体軸受以外の設計問題に対しても適用可能である。今後は、流体軸受以外のアプリケーションに対して本ロバスト最適設計手法を適用することを考えている。

参考文献

- (1) 砂見雄太, 橋本巨, “HDD スピンドル用流体軸受のロバスト最適設計”, 設計工学, Vol. 46, No. 7 (2011), pp. 392-401.
- (2) 砂見雄太, 橋本巨, “ハードディスクドライブ用スラスト油膜軸受のロバスト最適設計”, トライボロジスト, Vol. 56, No. 10 (2011), pp. 639-648.
- (3) H. Hashimoto, M. Ochiai, Y. Sunami, “Robust Optimum Design of Fluid Dynamic Bearing for HDD Spindle Motor”, Trans of the ASME, Journal of Tribology, Vol. 134, No. 4 (2012), pp. 041102-1-041102-11.
- (4) H. Hashimoto, Y. Sunami, “Robust Optimum Design of Thrust Hydrodynamic Bearings for Hard Disk Drives”, Applied Mathematics, Special Issue on Optimization, Vol. 3, No. 30A (2012), pp. 1368-1379.