

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06113

研究課題名（和文）部分テクスチャによるジャーナル軸受の自励振動安定性向上

研究課題名（英文）Improvement of Stability of Rotor by using Partially Textured Bearings

研究代表者

田浦 裕生（Taura, Hiroo）

長岡技術科学大学・工学研究科・准教授

研究者番号：20334691

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、油潤滑された真円ジャーナル軸受の軸受面にテクスチャを設け、その静及び動特性の向上が可能かどうかを明らかにするため、軸受面の周方向におけるテクスチャの配置角度が負荷容量および動特性、同軸受で支持した剛体ロータの安定性に及ぼす影響を、実験および数値解析により検討したものである。

実験および数値解析を通して、反負荷側にテクスチャを配置すると、負荷容量の低減は抑制されるとともに、安定性に大きな影響を及ぼす油膜の連成ばね係数の明らかな減少が確認された。これらの結果より、テクスチャの配置を適切にすることにより、負荷容量の維持と安定性向上が同時に達成できることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、表面テクスチャのジャーナル軸受への適用について、従来研究で指摘された負荷容量の低下を抑えつつ、テクスチャの付与による自励振動安定性の向上が可能であることを明らかにしたものである。実験的な確認とともに、多用の数値計算により、テクスチャの配置に関する最適値を見出した。具体的には軸受製作の容易さまでも考慮して、軸受を上下2分割し、反負荷側の軸受面前面にテクスチャを設けることで、負荷容量低減の抑制と自励振動安定性の向上が可能になることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：In this study, the effect of surface texture on the bearing performance of oil-lubricated journal bearings was investigated experimentally and numerically to determine. We examine the effects of the position and the length in the circumferential direction of the bearing surface of the textures on the load capacity, dynamic characteristics and the stability of a rigid rotor supported by the bearing through experiments and numerical analysis. When textures were placed on the unload side in the bearing surface, the reduction in load capacity was suppressed, and a decrease in the coupled spring coefficient of the oil film, which has a significant effect on stability, was observed. These results indicate that the stability of the self-excited vibration of the rotor can be improved by appropriately arranging the textures while maintaining the load capacity.

研究分野：設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：トライボロジー ロータダイナミクス ジャーナル軸受 表面テクスチャ 安定性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ジャーナル軸受の潤滑油膜は、軸の回転により自然に形成されるが、起動・停止時等の軸回転速度が低いときは十分な厚さにならず、軸受面と軸とが固体接触する場合がある。そうした固体接触時の軸の損傷を防止するため、近年表面テクスチャを用いることが検討されている。表面に設けられる微細かつ周期的な構造である表面テクスチャは、各種機械要素の高性能化に対して非常に有効な手段であることが示されてきたが、軸受面が円筒面でテクスチャをつけにくいジャーナル軸受に関するものは非常に少ない。テクスチャ付きジャーナル軸受の研究は、全面にテクスチャを均一に設けたものでは、テクスチャ付与によって流体潤滑状態における負荷容量の減少することが知られている。負荷容量の減少を解決するには、必要な場所のみテクスチャを付与する、部分的テクスチャの利用(部分テクスチャ軸受)が考えられる。これは低速時に固体接触が発生しやすい範囲(荷重方向)は限定されるので、ここにテクスチャを設けた上で、その他の場所については潤滑油膜の形成範囲を拡大するようにテクスチャを配置することで負荷容量の増加させるものであるが、このような部分テクスチャが有効であるのか、明らかでない。

2. 研究の目的

産業用タービン等に用いられるジャーナル軸受の軸受面に部分的に表面テクスチャを付与して、低回転速度時の摩擦特性向上と高速回転時の自励振動安定性を両立させるジャーナル軸受の設計手法の確立を目標に、本研究では特に部分テクスチャを用いてジャーナル軸受の自励振動安定性を向上させる設計手法を明らかにする。そのため、部分テクスチャのパラメータ(位置や範囲等)と潤滑膜の静及び動特性の関係を理論、実験で明らかにし、その影響を示すデータベースを作成する。部分テクスチャ軸受で支持された回転軸の安定性を、モデルロータを用いて理論、実験で明らかにし、自励振動安定性を向上させる部分テクスチャの設計指針を導出する。

3. 研究の方法

ジャーナル軸受に部分的なテクスチャを付与して低回転速度時の摩擦特性向上と高速回転時の自励振動安定性の高いジャーナル軸受を設計するためのテクスチャの設計手法の確立を目指すものである。本研究では特に、後者の自励振動安定性確保を中心に、以下の点を明らかにする。

部分テクスチャパラメータの静及び動特性に及ぼす影響

部分テクスチャのパラメータ(テクスチャ位置、幅等)が油膜の静特性(負荷容量)および動特性(通常4個づつの弾性係数と減衰係数)に及ぼす影響を理論、実験で明らかにする。

部分テクスチャ軸受の安定性評価

部分テクスチャ軸受で支持された回転軸の自励振動安定性の向上が見込まれる部分テクスチャの設計指針を明らかにする。

基本方針として、理論解析での結果を、実験で検証を行い、信頼性の高いデータに基づき議論することとする。理論と実験定量比較できるよう、ディンプル形状は計算しやすい四角穴形状とする。また、設計変数が増えすぎること防止するため、ディンプルの大きさ・深さに関する検討は最小限度に留める。

4. 研究成果

(1) 部分テクスチャ軸受の負荷容量の測定

軸受面の4分の1の範囲に四角穴のディンプルのテクスチャを設けた試験軸受を作成し、同軸受の負荷容量を、軸受浮動型のジャーナル軸受試験機を使用して、測定した。試験では、図1に示す通り、負荷側と反負荷側に設定したテクスチャの配置で実験を行った。図2に測定された偏心率を示す。横軸は軸受特性を示す無次元量であるゾンマーフェルト数である。負荷側にテクスチャを配置した場合、偏心率が大きくなっているのに対し、反負荷側に配置した場合はテクスチャなしの場合とほぼ同じ偏心率になっていること示された。これより、部分テクスチャの位置により負荷容量が変化すること、反負荷側に部分テクスチャを設けることで、負荷容量の低減が抑制できることを明らかにした。

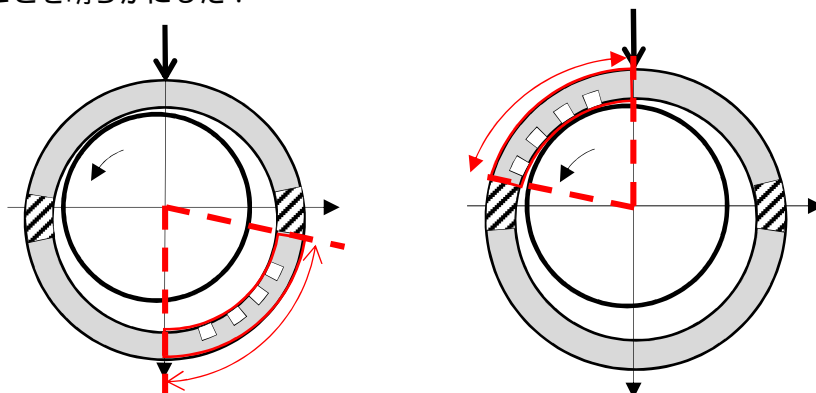


図1 実験で用いたテクスチャの配置(左:負荷側,右:反負荷側)

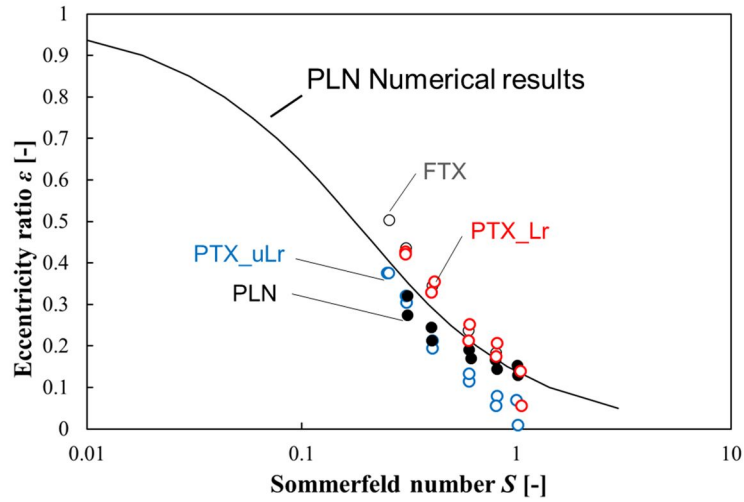


図2 偏心率の変化

(2) 部分テスチャ軸受の動特性係数の測定

上記の試験軸受を用いて、4個の弾性係数と4個の減衰係数からなる、計8個の動特性係数を測定した。軸受の配置は(1)と同様である。図3に8個の係数の変化を示す。テスチャの付加により値が変化するものの、特徴としては連成ばね係数の減少が顕著に見られた。連成ばね係数は、ロータの不安定振動を発生させる原因となるものであり、この値が低下することは安定性向上が見込まれることなどが明らかとなった。

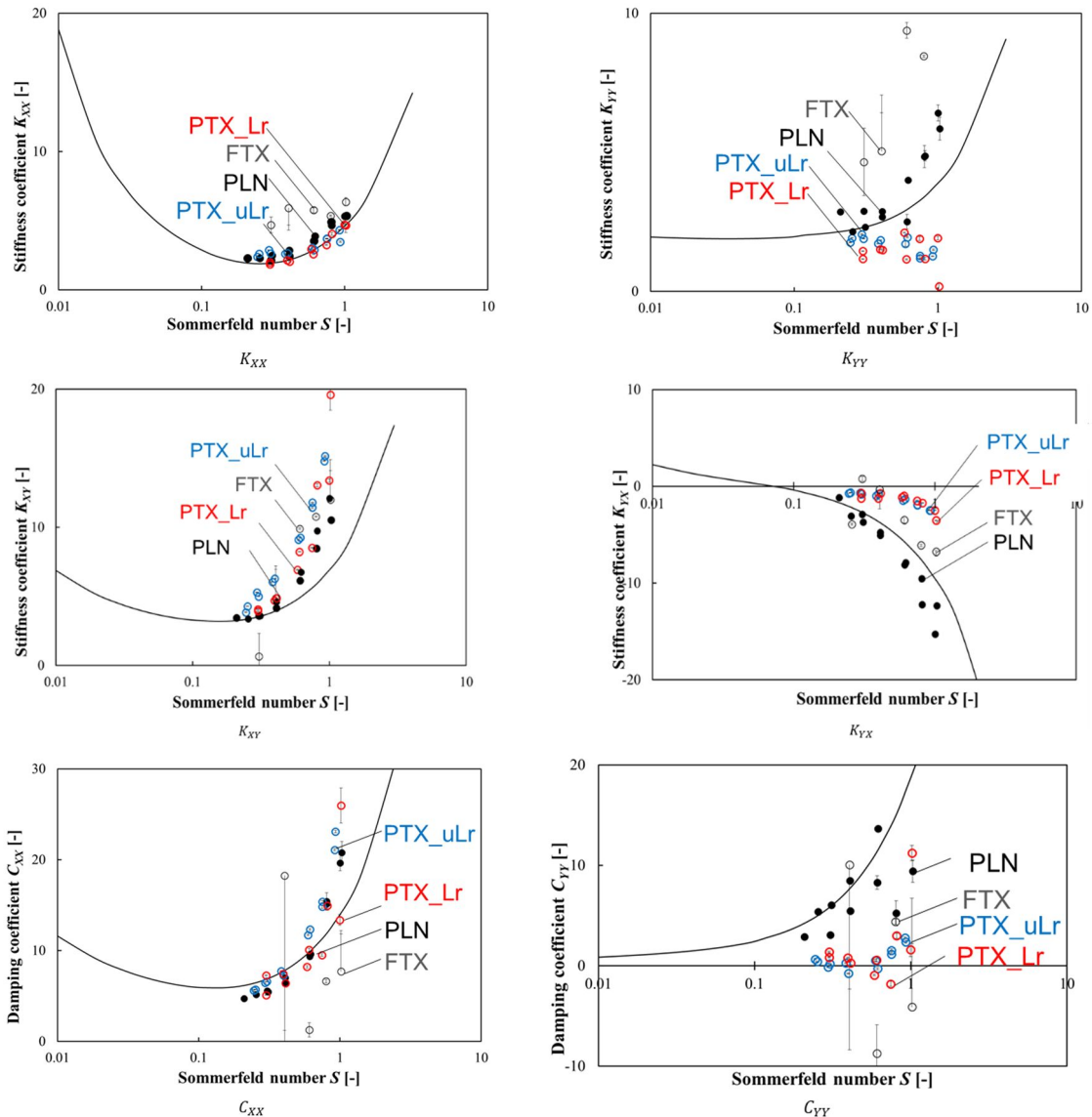


図3 動特性係数の変化

(3) 数値解析による最適形状の検討

数値計算によりテクスチャの範囲，開始角度をパラメータとして，これらによって，部分テクスチャ軸受の静及び動特性がどのように変化するかを明らかにするため，図 4 に示すマップを作成した．このマップを用いて，テクスチャの範囲，開始角度が静特性および動特性への影響を定量的に検討した結果，テクスチャの開始角度を油膜の後端付近に設定することで，静特性と動特性の両方を同時に向上させることが明らかにした．

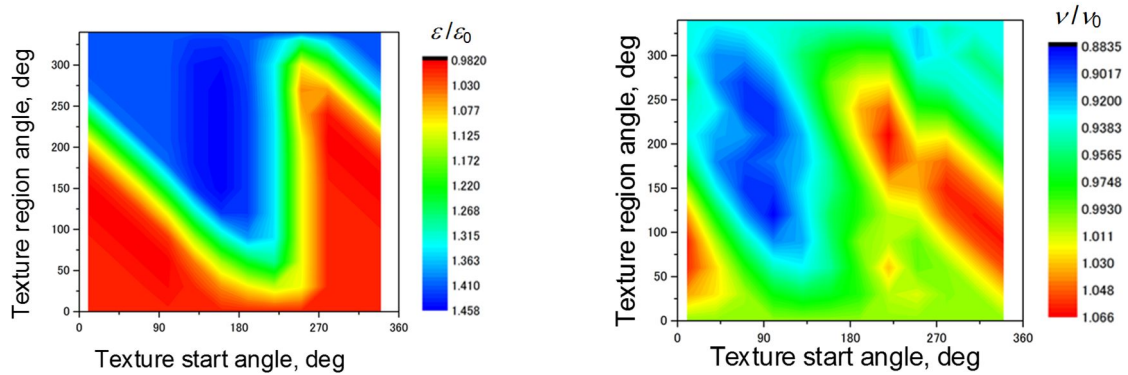


図 4 テクスチャ範囲の評価マップ (左：負荷容量比，右：剛体ロータの相対安定限界速度)

(4)(1) ~ (3) で得られた結果を総合的に検討し，さらに軸受製作の容易さ等を考慮して，軸受を上下 2 分割し，反負荷側の軸受前面面にテクスチャを設けるものが最適であることを明らかにした (図 5 は模式図)。

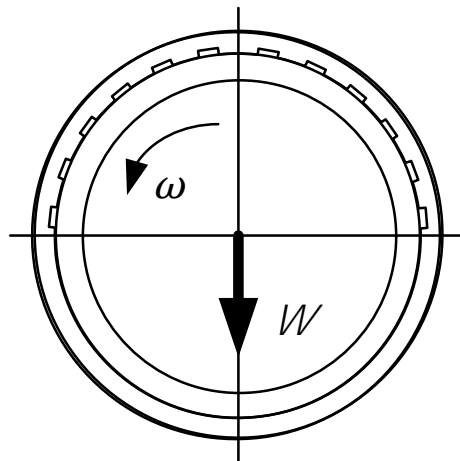


図 5 最適軸受の模式図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hiroyuki Yamada, Hiroo Taura, Satoru Kaneko	4. 巻 139
2. 論文標題 Static Characteristics of Journal Bearings With Square Dimples	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Tribology	6. 最初と最後の頁 51703
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1115/1.4035778	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hiroyuki Yamada; Hiroo Taura; Satoru Kaneko	4. 巻 140
2. 論文標題 Numerical and Experimental Analyses of the Dynamic Characteristics of Journal Bearings With Square Dimples	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Tribology	6. 最初と最後の頁 011703-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1115/1.4037151	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 岡田侑大, 田浦裕生, 金子 覚
2. 発表標題 すべり軸受の動特性に及ぼす質量流量保存則 の影響
3. 学会等名 トライボロジー会議2018秋伊勢
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 岡田侑大, 田浦裕生, 金子 覚
2. 発表標題 部分テクスチャ軸受の最適テクスチャ領域
3. 学会等名 トライボロジー会議2018秋伊勢
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroo Taura
2. 発表標題 Effect of texture region on the static and dynamic characteristic of partially textured journal bearings
3. 学会等名 IFTToMM2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroo Taura
2. 発表標題 Static Characteristics of Journal Bearings with Square Dimples
3. 学会等名 16thEDFPprimeWorkshop (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 田浦裕生
2. 発表標題 すべり軸受の安定性
3. 学会等名 トライボロジー会議2018秋高松
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 田浦裕生
2. 発表標題 ジャーナル軸受の油膜動特性における質量保存則の影響
3. 学会等名 トライボロジー会議2018春東京
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Hiroo TAURA, Hiyoyuki YAMADA, Satoru KANEKO
2. 発表標題 Effect of Reynolds number on the static characteristics of fully textured journal bearings
3. 学会等名 World Tribology Congress 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考