
超精密流体潤滑軸受および小型非接触支持装置

Precise fluid lubricated bearing and small sized non-contact support apparatus

東京理科大学 工学部第一部 機械工学科 教授 吉本 成香

講師 宮武 正明

目次

1. 東京理科大学 吉本・宮武研究室について
2. 静圧軸受および圧力制御ユニット(特開2011-43232)
3. 非接触チャック(特開2006-73654)
4. まとめ

1. 東京理科大学 吉本・宮武研究室

・ 研究室所在地

〒125-8585 東京都葛飾区新宿6-3-1 研究棟4F 吉本研究室

・ メンバー

吉本 成香 教授 , 宮武 正明 講師 , 柚谷 啓 助教 , 学生 25名

・ 研究テーマ

- ① **流体潤滑軸受** ... 静圧(空気, 水, 油)軸受, 動圧(空気, 水, 油)軸受
- ② **流体による非接触浮上・搬送装置**

何れも、**流体を介在した非接触装置に関する研究**

本日は、①、②に関して、以下を紹介する。

- ① **流体潤滑軸受:**
静圧軸受および圧力制御ユニット(特開2011-43232)
- ② **非接触浮上・搬送装置:**
非接触チャック(特開2006-73654)



東京理科大学 工学部第一部 機械工学科

吉本・宮武 研究室

Yoshimoto - Miyatake Laboratory
Department of Mechanical Engineering, Tokyo University of Science

目次

1. 東京理科大学 吉本・宮武研究室について
2. 静圧軸受および圧力制御ユニット(特開2011-43232)
3. 非接触チャック(特開2006-73654)
4. まとめ

2. 静圧軸受および圧力制御ユニット（特開2011-43232）

✓ 流体潤滑軸受および静圧軸受の概要

- 流体潤滑軸受は、剛性と減衰性を有する流体膜により非接触で軸を支持する。
- 非接触で摩擦係数が低く、高い運動精度や位置決め精度を有する。
- 静圧軸受は、絞りと呼ばれる流体抵抗を通して加圧流体を供給する。



絞りの性能が静圧軸受の性能(剛性)に大きく影響する

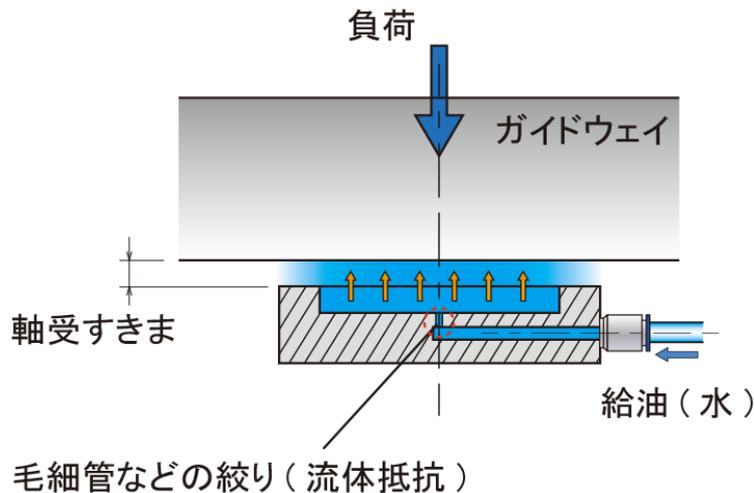


図 静圧案内の構造

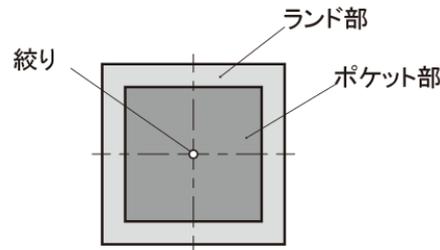


図 静圧軸受

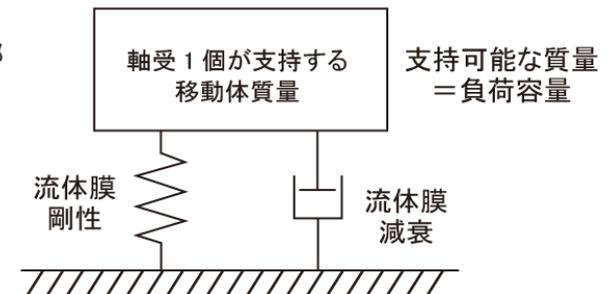


図 静圧案内の機械モデル

2. 静圧軸受および圧力制御ユニット(特開2011-43232)

✓ 静圧軸受の剛性

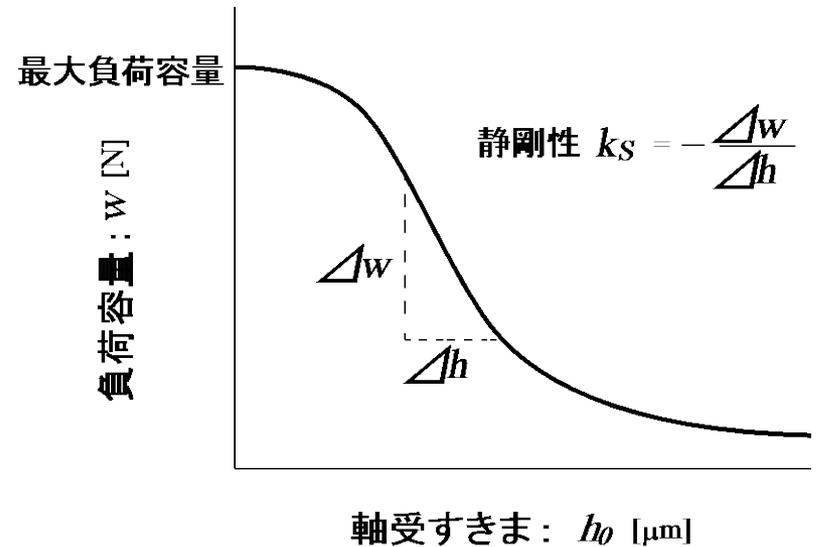
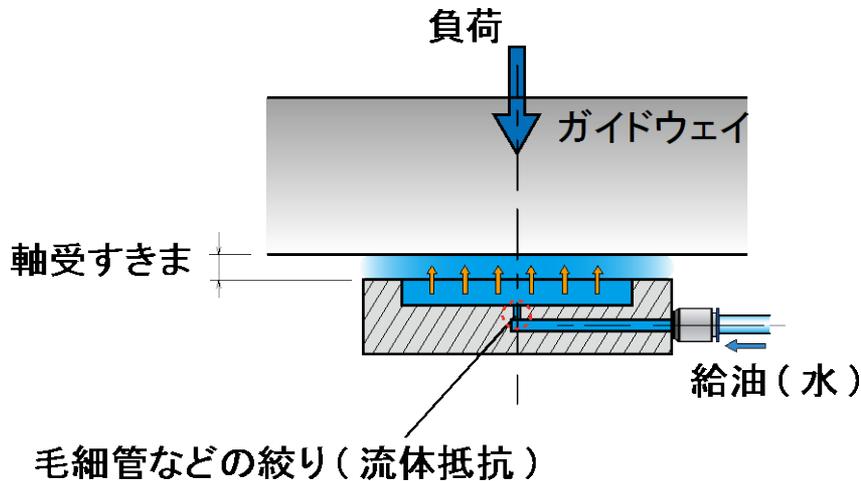


図 静圧軸受の軸受すきまと負荷容量の関係

- 静圧軸受の剛性は、軸へ荷重が付加された際の、流体膜の変形度合いである。
- 静圧軸受は、超精密加工機や測定器に使用されることが多く、これらの装置では、極めて高い剛性が求められる。

2. 静圧軸受および圧力制御ユニット（特開2011-43232）

✓ 静圧軸受の絞りについての従来技術および問題点

- 固定絞り 固定制御弁

毛細管、オリフィス など



- ◎ 構造の簡便さ
- △ 剛性

- 可変絞り 可変制御弁

- 受動的変絞

荷重変動に対して、弁が受動的に機能し、圧力を補償する機構
（流路内の差圧などで機能する）

- 能動的変絞

荷重変動に対して、弁を能動的に機能させ、圧力を補償する機構
変位計、圧力計、電気式制御弁、コントローラが必要

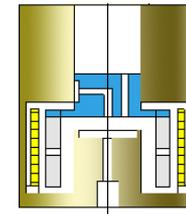
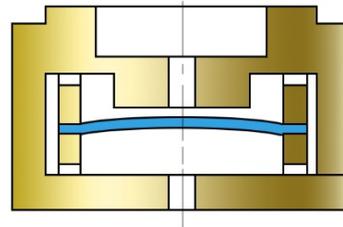
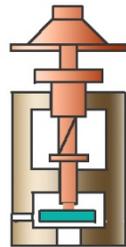


- × 構造の簡便さ
- ◎ 剛性

2. 静圧軸受および圧力制御ユニット(特開2011-43232)

✓ 可変絞りにおける従来技術およびその問題点

	スプール弁方式	ダイヤフラム方式	浮動円板方式
長所	高い剛性	高い剛性、 絞り面の変位小さく 高い応答性	剛性, 応答性 ともに優れる
短所	絞り面の変位大で 応答性悪化	ダイヤフラムの剛性設 計が重要	油の消費量が多い

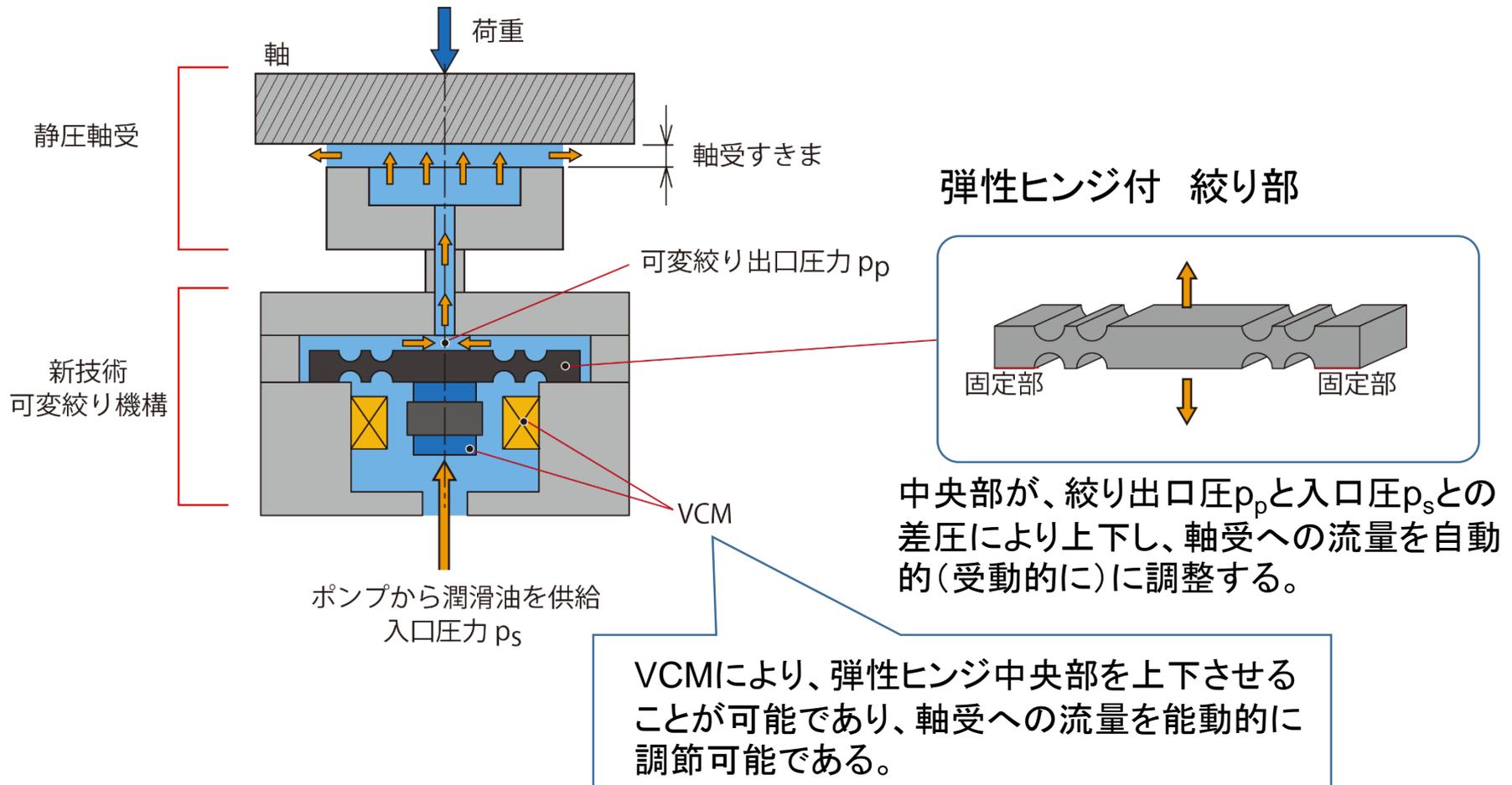


従来提案されている可変絞り機構は、極めて高い剛性が得られるが、何れも構造が複雑である。

2. 静圧軸受および圧力制御ユニット（特開2011-43232）

✓ 新技術 可変絞りの概要

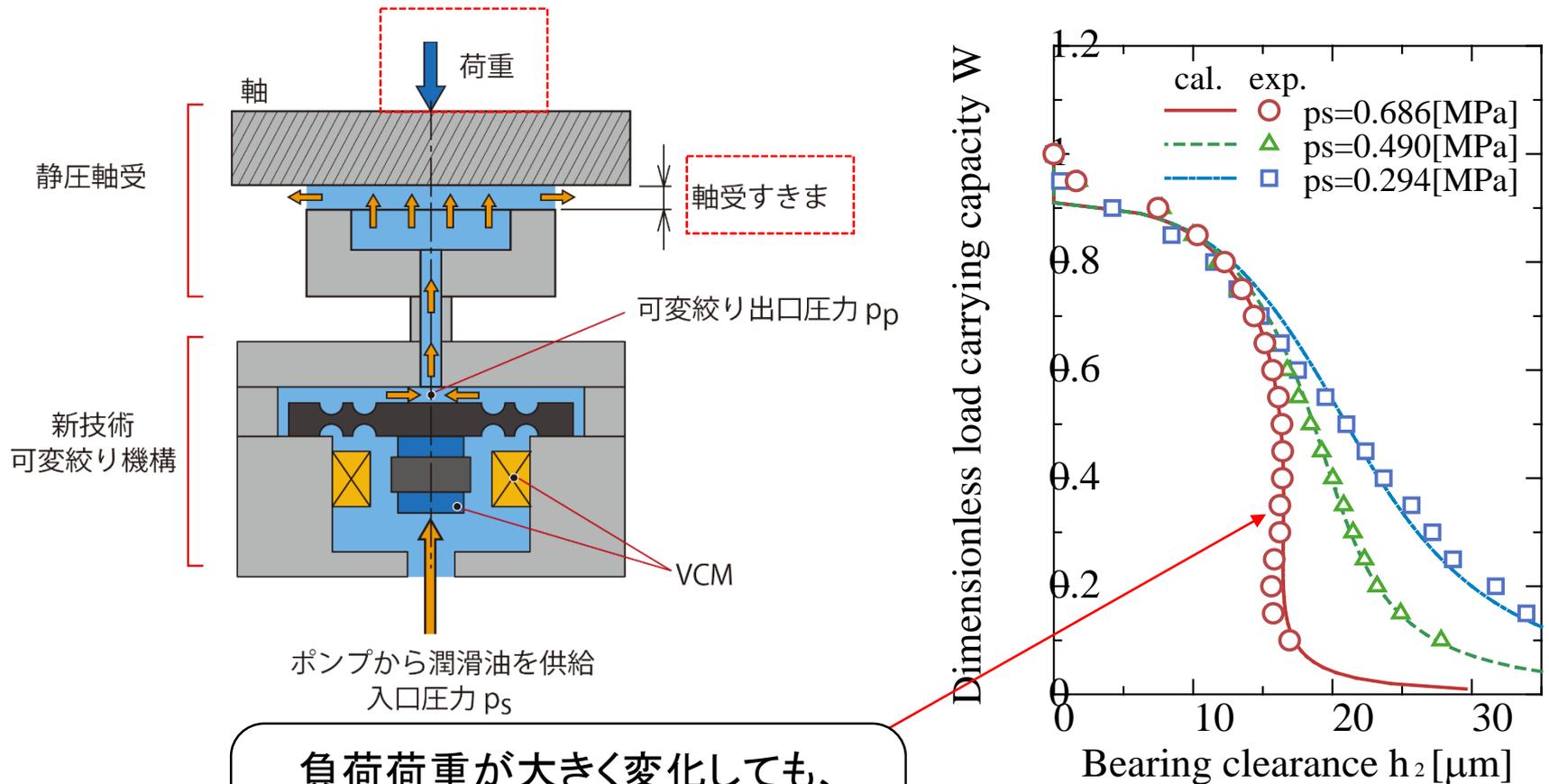
軸受への供給流量調節を、**能動的・受動的に行うことが可能で、**
かつ、**簡便な絞り構造**として以下を提案した。



2. 静圧軸受および圧力制御ユニット（特開2011-43232）

✓ 新技術 可変絞りの性能

軸受剛性測定結果（能動的可変絞り機構の性能評価）

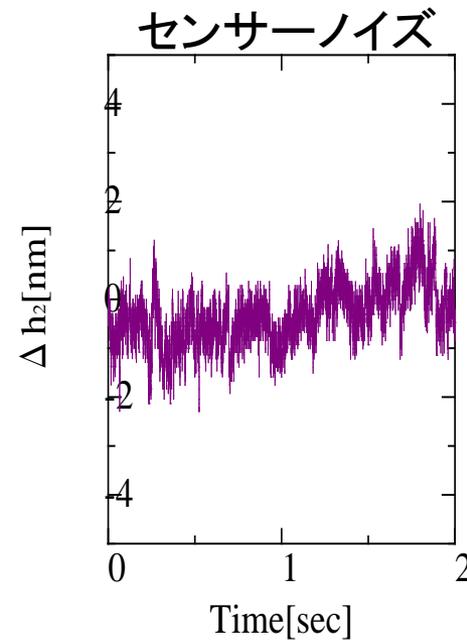
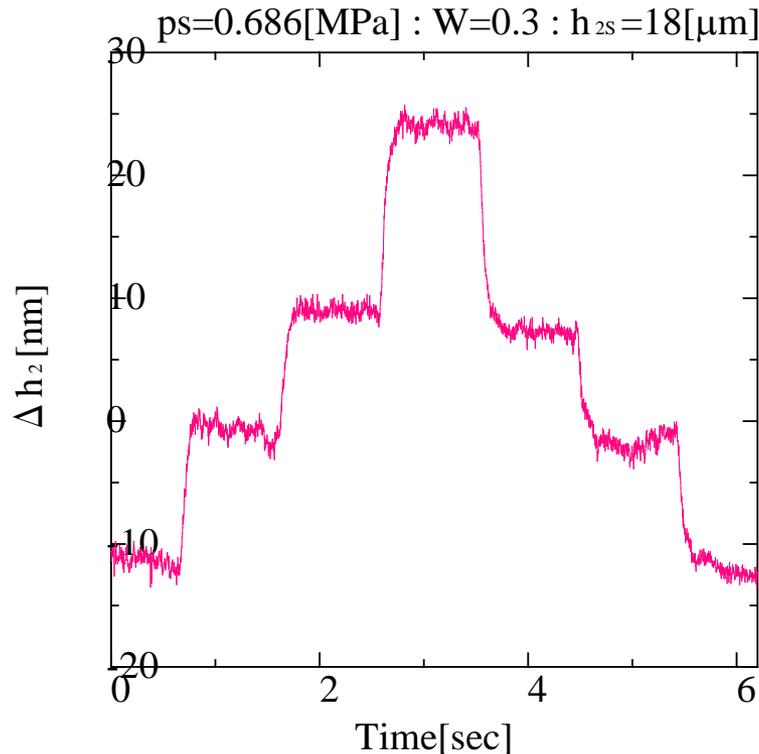


負荷荷重が大きく変化しても、
軸受すきまが殆ど変化しない
(=極めて剛性が高い)

2. 静圧軸受および圧力制御ユニット(特開2011-43232)

✓ 新技術 可変絞りの性能

軸受すきま微小制御実験結果



VCMにより、弾性ヒンジ中央部を上下させることで、軸受すきまをナノメートルオーダーで制御可能である。

2. 静圧軸受および圧力制御ユニット（特開2011-43232）

✓ 新技術 可変絞りのまとめ

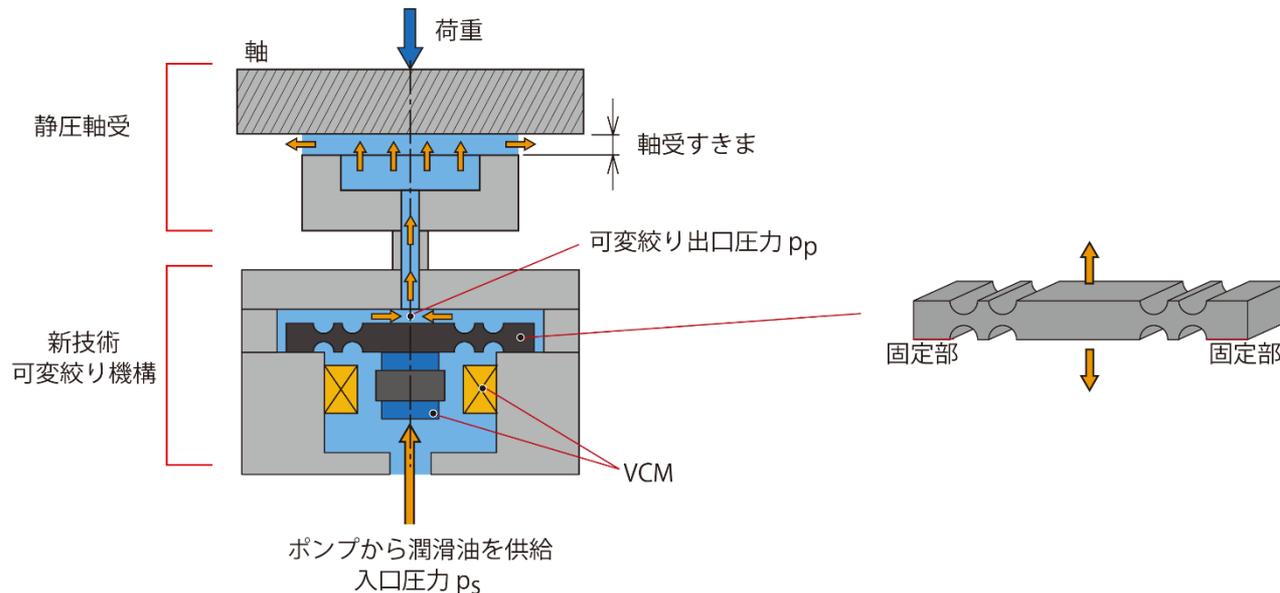
○ 新技術 可変絞りは、

極めて高い剛性を有する。

+ 構造が簡易

ナノメートルオーダーで軸受すきまを制御可能

という特徴を有し、従来用いられている可変絞りと比較して、有用性が高い。



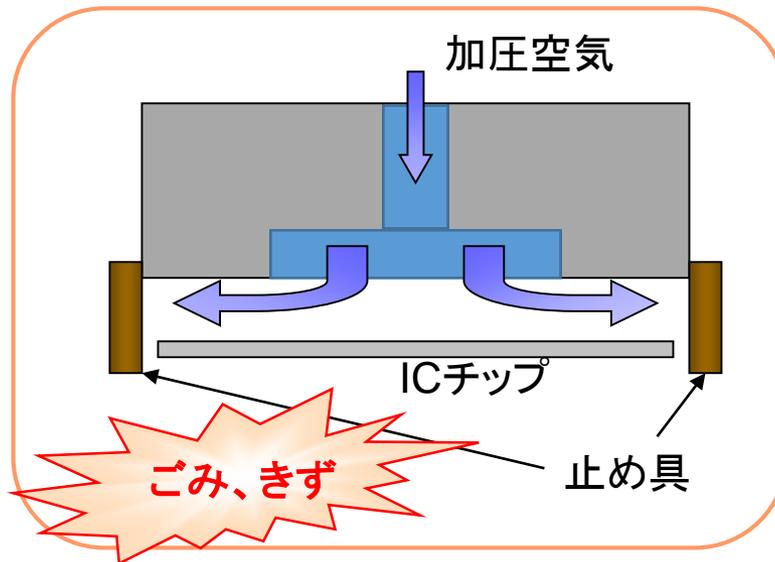
目次

1. 東京理科大学 吉本・宮武研究室について
2. 静圧軸受および圧力制御ユニット(特開2011-43232)
3. 非接触チャック(特開2006-73654)
4. まとめ

3. 非接触チャック(特開2006-73654)

✓ (小型) 非接触チャックの研究背景

- PCや携帯機器用のICチップ搬送や基板への設置に際して、非接触でICチップを把持し、搬送するという需要があった。
- このような用途への従来技術として、ベルヌーイ効果を利用した、ベルヌーイチャックがあるが、本チャックは、**垂直方向には非接触で把持可能だが、水平方向の保持力がないため、接触式の止め具を使用している。**



水平方向非接触保持力を有する、チャックが望まれており、その要求を満たすものとして、超音波スクイーズ効果を利用した、非接触チャックを提案した。

3. 非接触チャック(特開2006-73654)

✓ 超音波スクイーズ効果とは

微小すきまを介して相対する平板を振動させると、すきま内の粘性の影響により、外部よりも高い圧力が発生する。



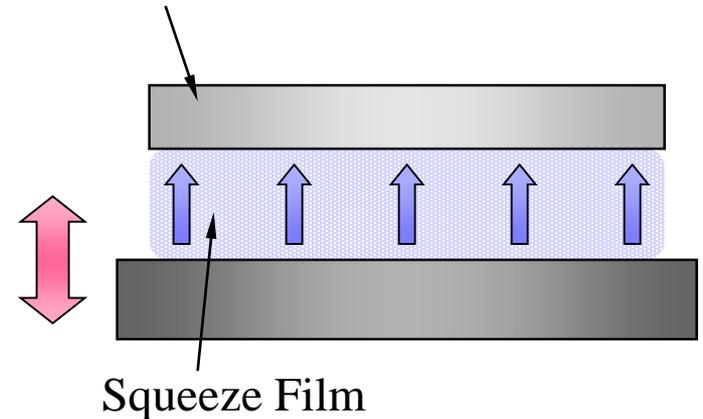
スクイーズ効果と呼ばれる

超音波スクイーズ効果は、振動周波数を超音波領域としたものである。

✓ 超音波スクイーズ効果の特徴

- ➡ 機構が簡単
- ➡ 非磁性体でも作用可能
- ➡ 水平方向にも保持力が働く

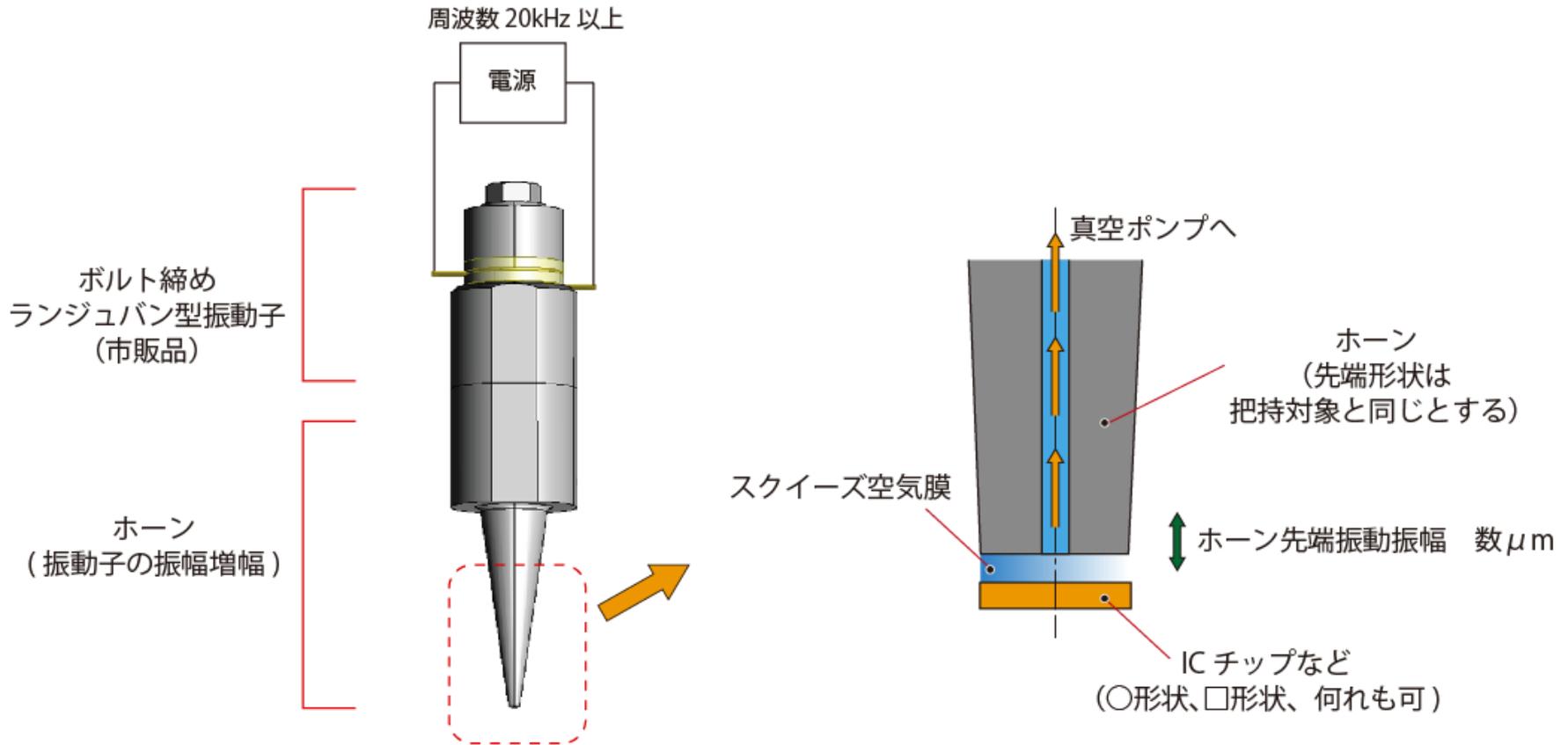
Floating Object



Squeeze Film

3. 非接触チャック(特開2006-73654)

✓ 超音波スクイーズ効果を利用した非接触チャックの構造



- 垂直方向、水平方向ともにスクイーズ膜により非接触支持可能である。
- スクイーズ膜のみでも軽量部材を垂直支持可能だが、それをアシストするためにポンプで吸引する。

3. 非接触チャック(特開2006-73654)

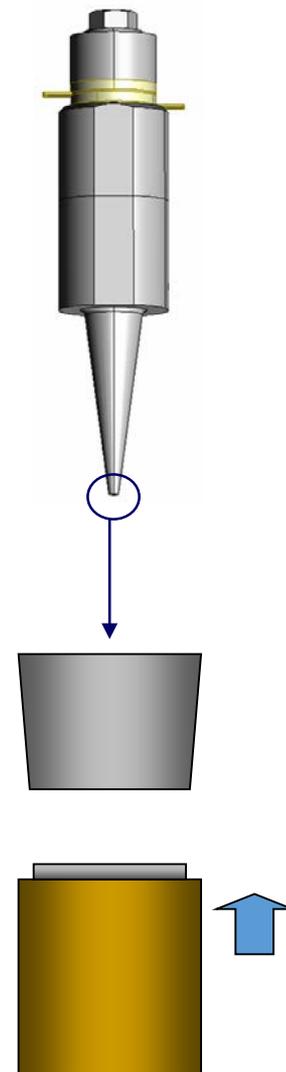
- ✓ 超音波スクイーズ効果を利用した非接触チャック

非接触把持の様子 動画(約30秒)



加振周波数 : 27.0[kHz]

支持物体: 厚さ40[μm] ステンレス箔 (3.92[mg])



3. 非接触チャック(特開2006-73654)

✓ 新技術 非接触チャックのまとめ

○ 新技術 非接触チャックは、

垂直方向に加えて水平方向も非接触把持可能である。

把持対象は、軽量なものとなるが、小型ICチップなどを把持可能である。

目次

1. 東京理科大学 吉本・宮武研究室について
2. 静圧軸受および圧力制御ユニット(特開2011-43232)
3. 非接触チャック(特開2006-73654)
4. まとめ

4. まとめ

✓ 本日の紹介技術のまとめ 想定される用途

- ① 流体潤滑軸受：
静圧軸受および圧力制御ユニット(特開2011-43232)

 - ② 非接触浮上・搬送装置：
非接触チャック(特開2006-73654)
-

- ① **流体潤滑軸受**は、精密加工機、測定器などが主な使用先であり、その他としては、低摩擦を利用し、高速の回転機械への適用例も多い。

- ② **非接触浮上・搬送装置**は、例えばクリーンルーム内など、クリーンな環境下で小型部品の搬送する用途への適用が想定される。

4. まとめ

✓ 実用化に向けた課題・企業への期待など

本日紹介した新技術を含めて、当研究室で行っている研究内容は、基礎研究よりも、実用化技術に近い内容が多い。

そのため、当研究室の研究内容は、そのまま実用化技術に適用可能なものが多いが、

例えば、

装置外観、配線の取り回しなどの使い勝手
装置の安全性、生産性、コスト など

実際のものづくりに関連する部分は未検討・未検証である。

当研究室では、提案技術の出口としての “ものづくりの実施事業者” を必要としております。

当研究室の研究内容に、ご興味があれば、研究室の見学も実施いたします。