

流体制御技術により浮上化した機械装置の 非接触変位・姿勢制御

神奈川大学 大学院工学研究科
機械工学専攻
教授 中尾 陽一

2018年12月4日

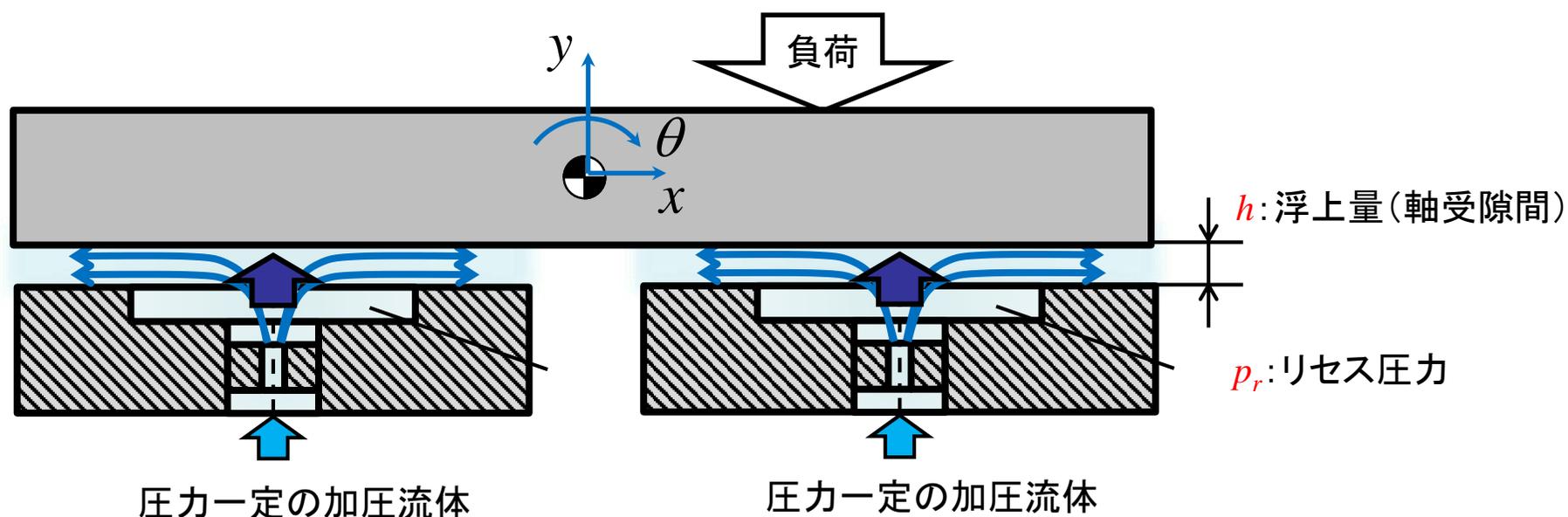
研究分野の背景

- (1) 機械システムにおいては、直線／回転運動を創成する軸受が必要不可欠。
- (2) 特に、高い運動精度を必要とする工作機械や精密機械の場合、次のような性能が求められる。
 - 高い支持剛性
 - 振動抑制能
 - 低摩擦
 - 低発熱（熱的安定性）

従来技術とその問題点

- (1) 静圧軸受は超精密工作機械をはじめ，精密機械システムに利用されてきた。
- (2) 従来技術は，被支持体の非接触支持が主たる目的。

負荷変動によって変位 y や姿勢 θ は変化する

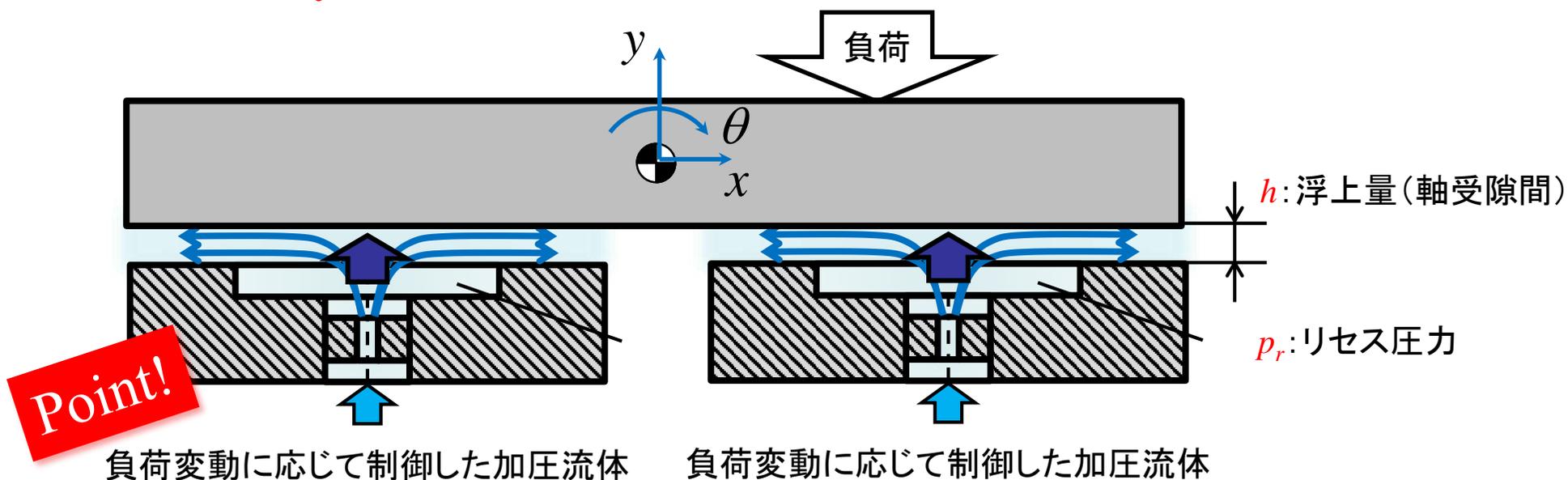


新技術の特長

- (1) 要求性能に合わせて供給流量を制御
- (2) 浮上量を外部環境に関係なく制御
- (3) 被支持体の支持姿勢も制御可能

Point!

変位 y と姿勢 θ を同時に制御できる

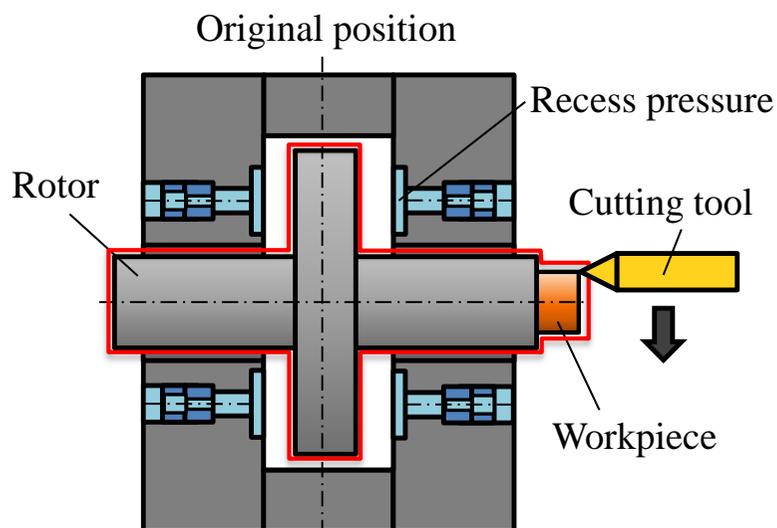


Point!

負荷変動に応じて制御した加圧流体

負荷変動に応じて制御した加圧流体

新技術



工作機械用スピンドルの場合

Point!

用途：補償制御

- 切削抵抗の変動の補償
 ↳ 軸受剛性の無限大化
- 熱変形の補償

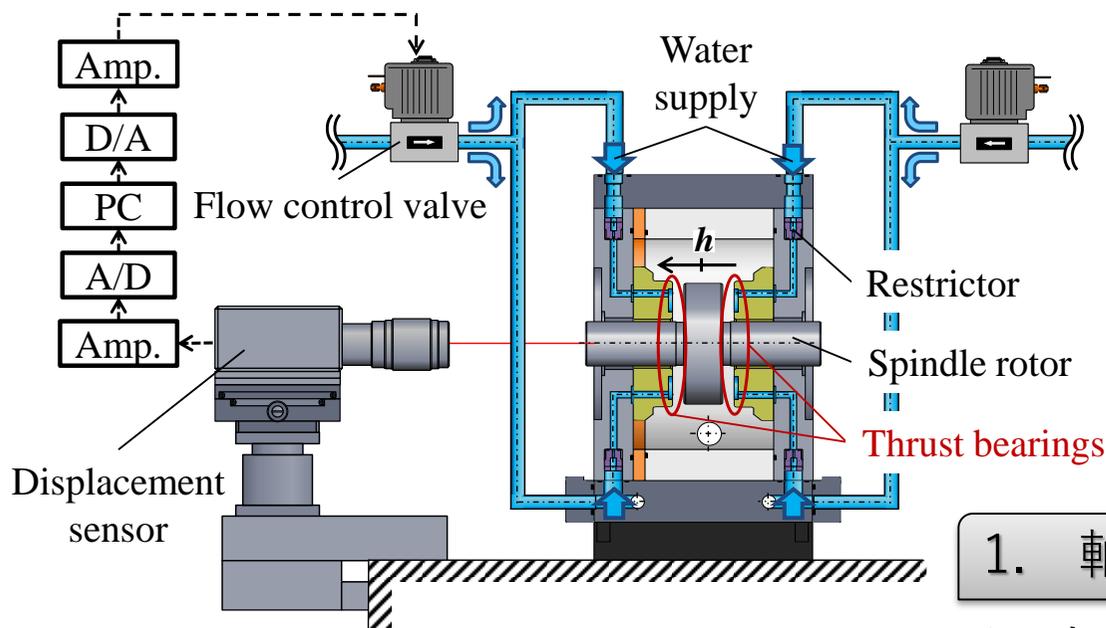
用途：位置決め制御

- 積極的な軸受変位制御
 ↳ 微小切り込み量

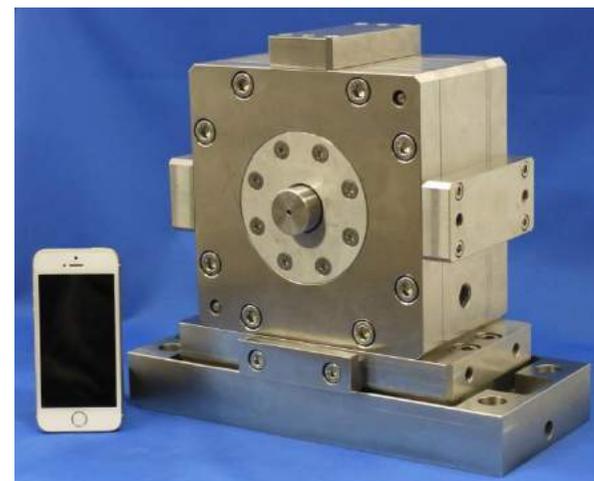
微小変位アクチュエータ

新技術適用事例

基本的な装置構成例



使用流体：水



静圧軸受が組み込まれたスピンドル

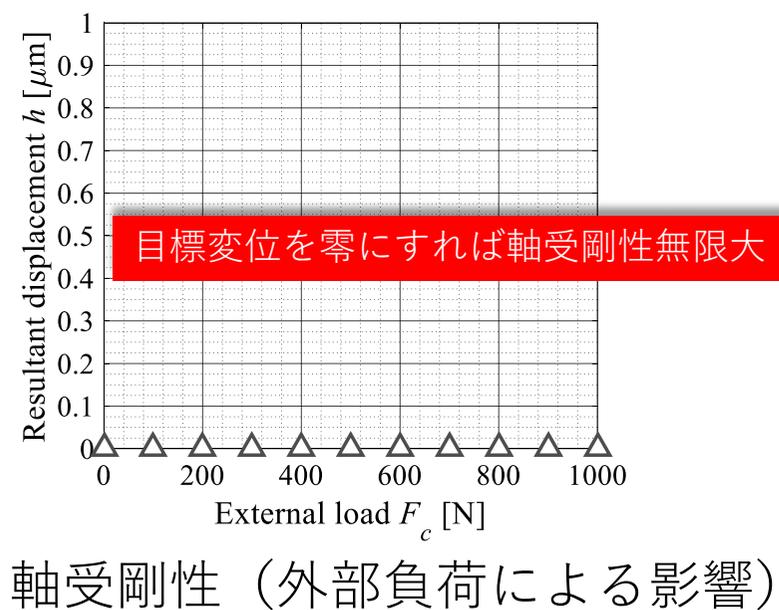
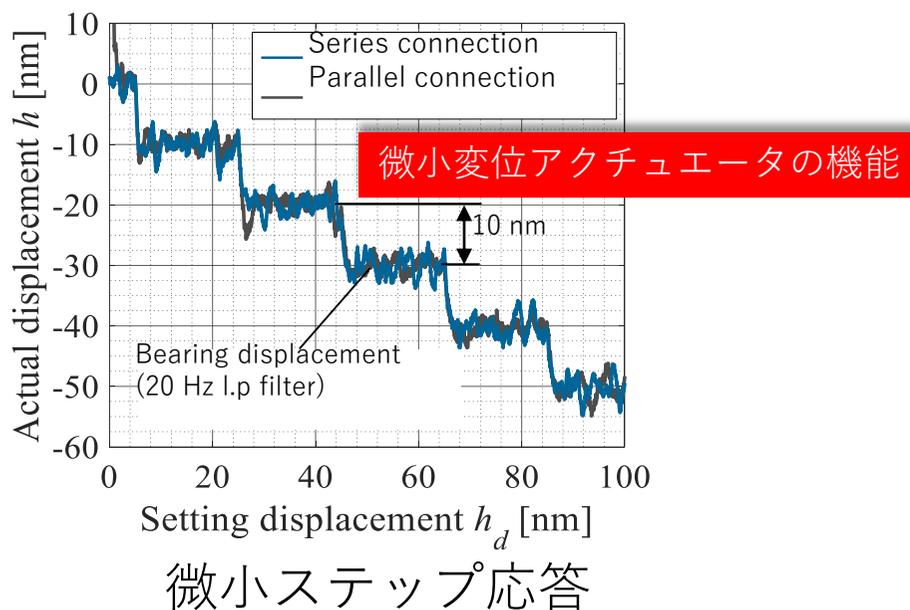
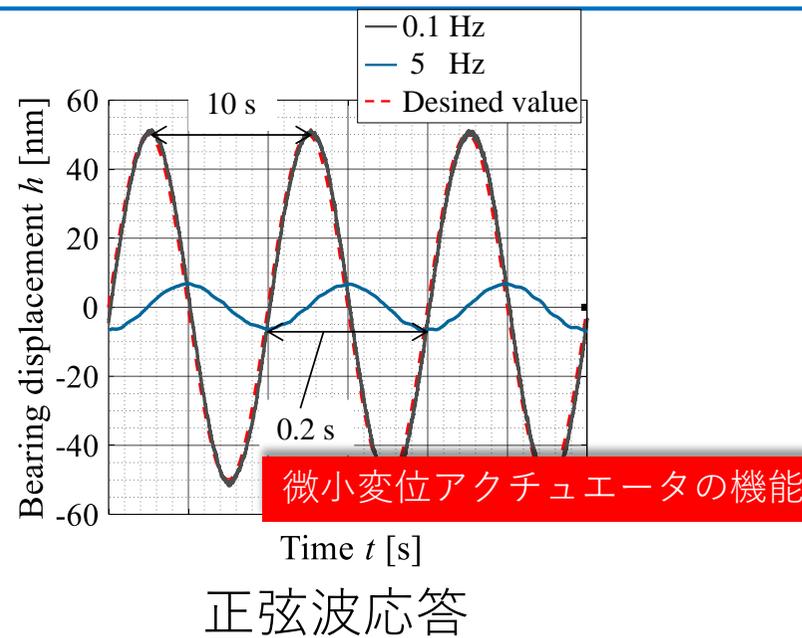
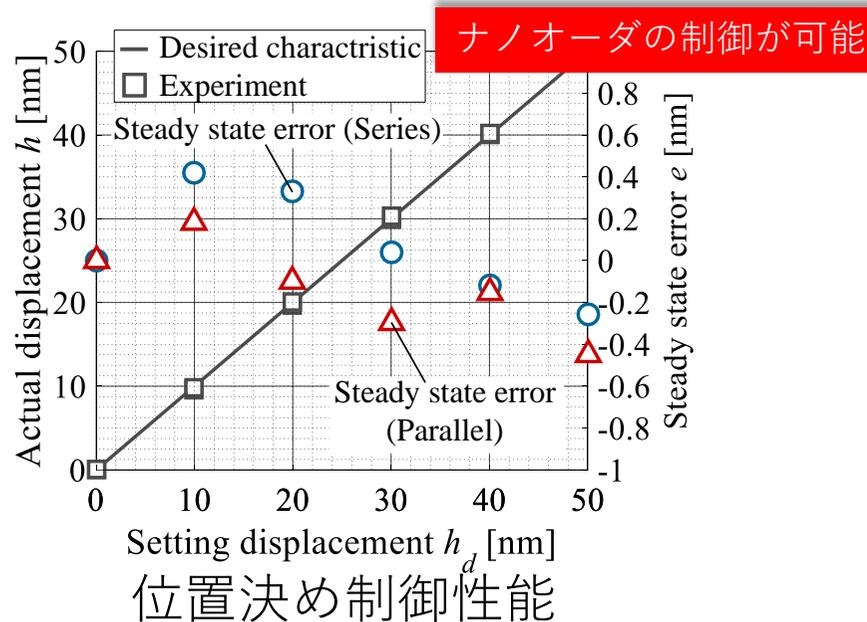
1. 軸受変位の抑制

切削抵抗等による軸受変位の発生
➔ 軸受変位を一定に保つ

2. 微小切り込み

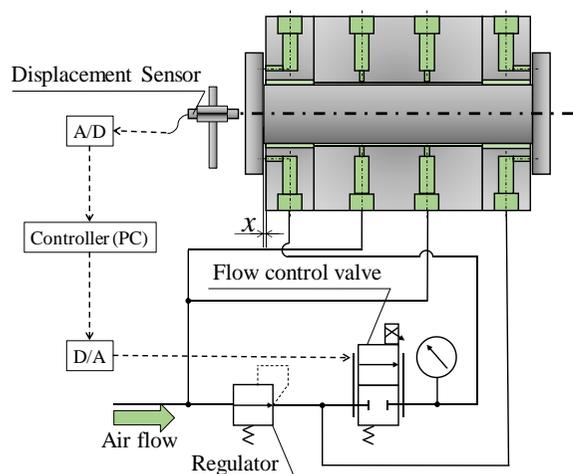
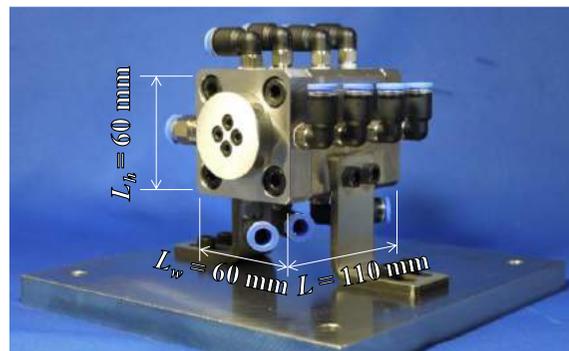
軸受の微小変位を積極的に制御
➔ アクチュエータとしての役割

新技術適用事例

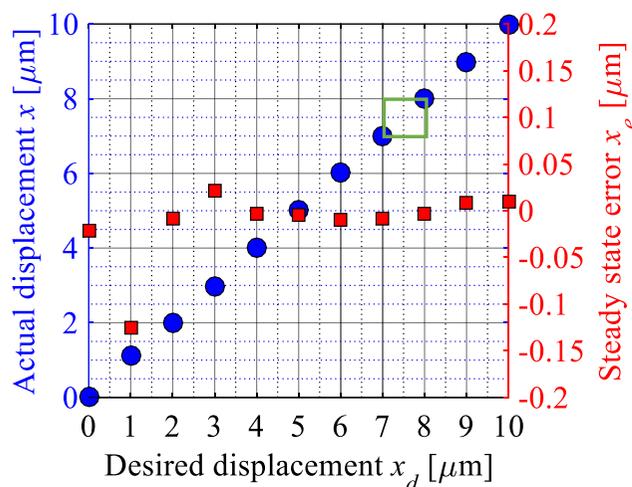


新技術の適用事例

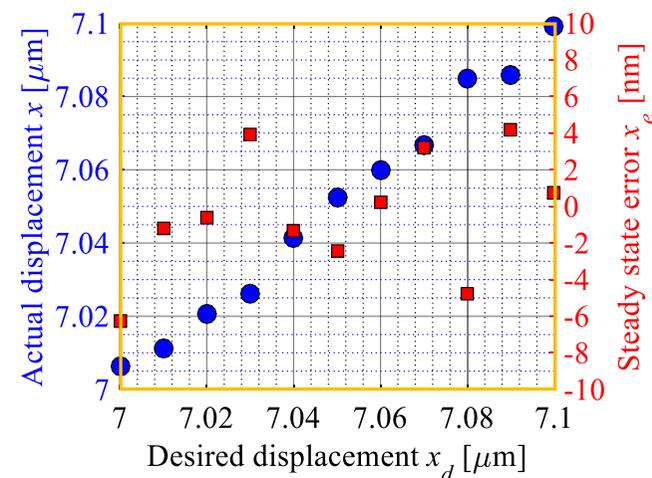
基本的な装置構成例



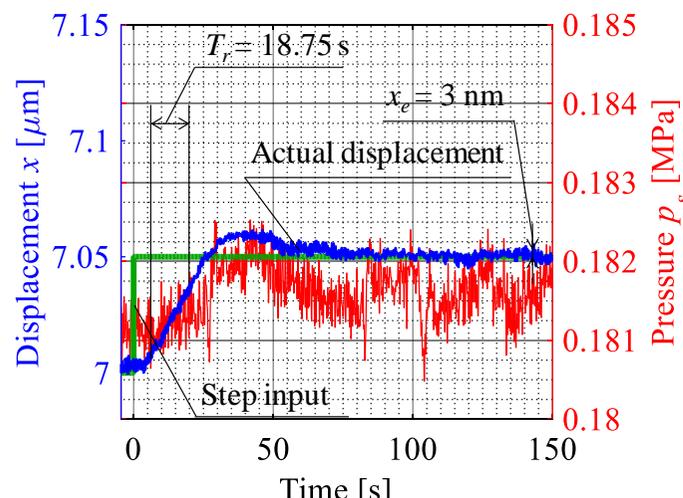
使用流体：空気



位置決め制御性能

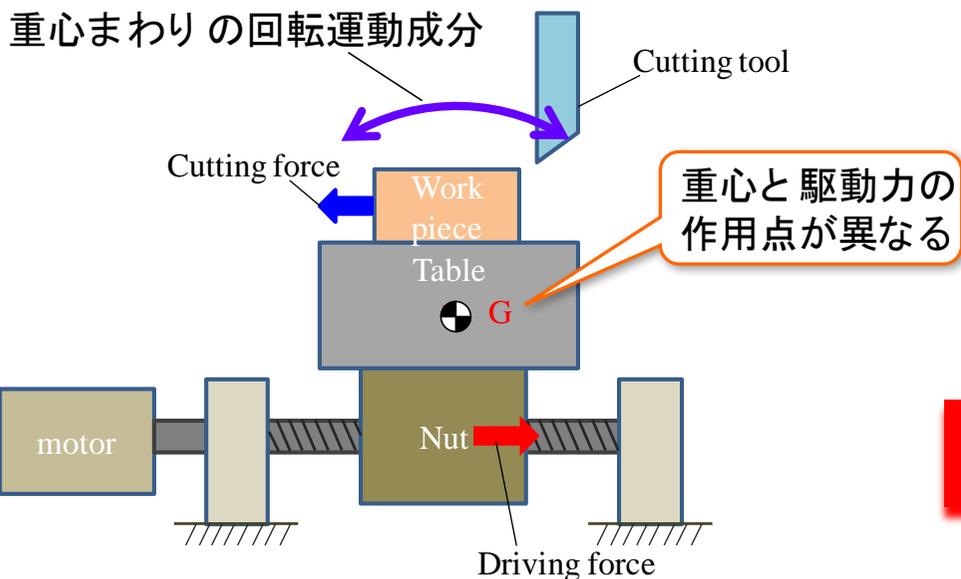


位置決め制御性能



微小ステップ応答

新技術

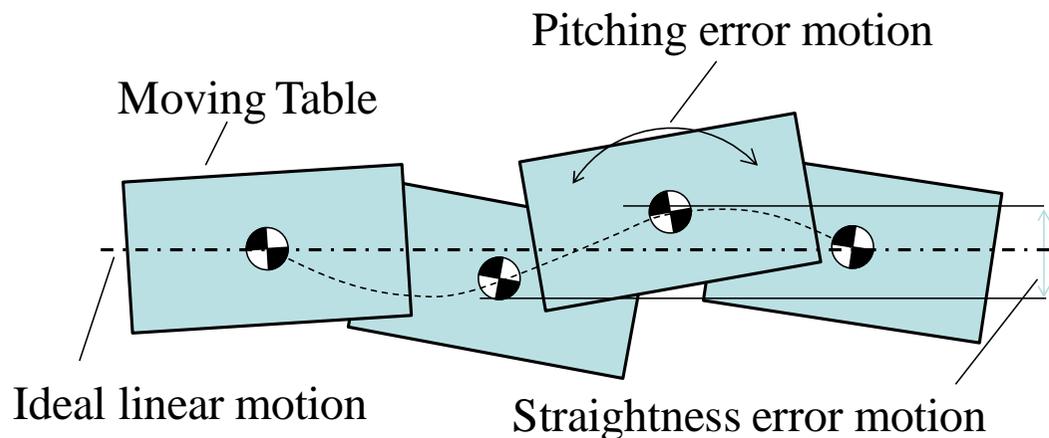


精密機械装置のテーブル

運動誤差が発生

進行方向に垂直な成分と回転成分

運動誤差を最小化したい

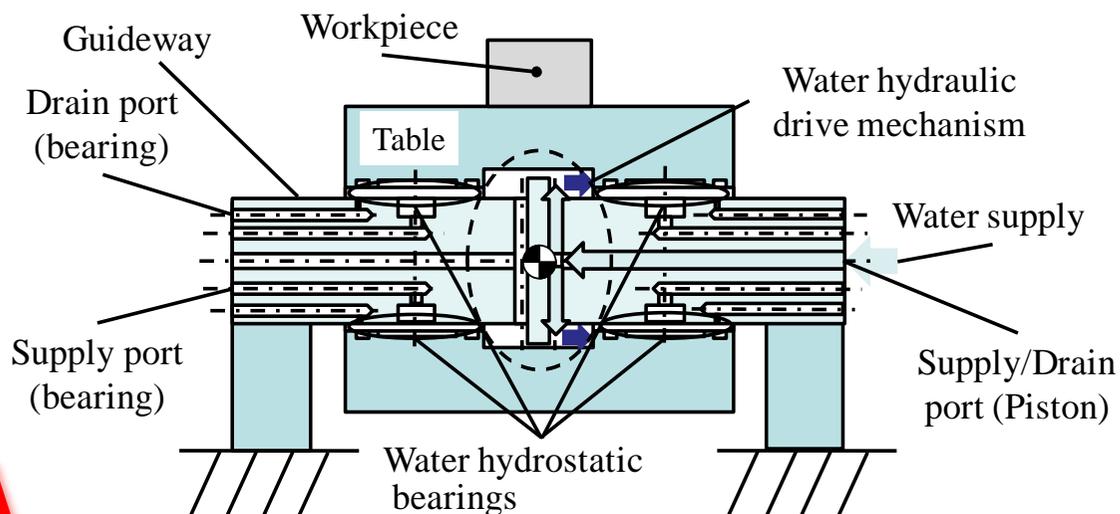


新技術！
運転中に運動誤差を
補償するシステム

新技術

開発したシステムの評価事例：ウォータドライブステージ

特徴 { 進行方向以外はテーブルは水静圧軸受で支持
それぞれの水静圧軸受を独立に制御

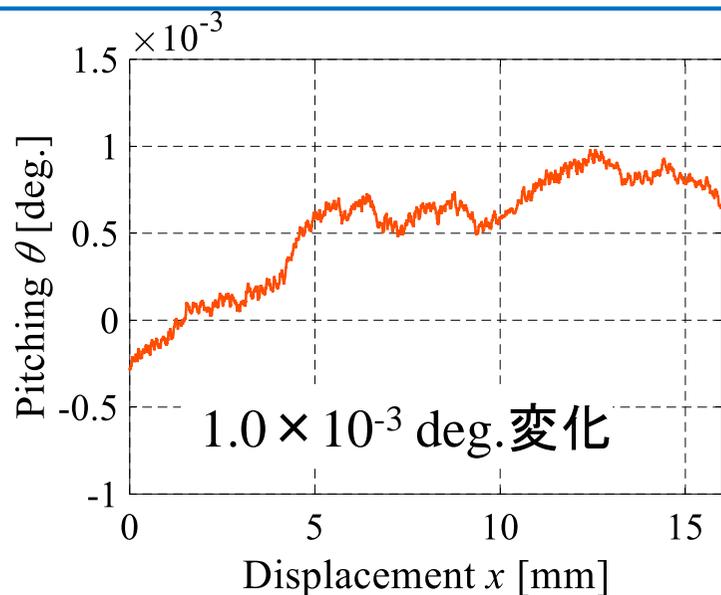


Point!

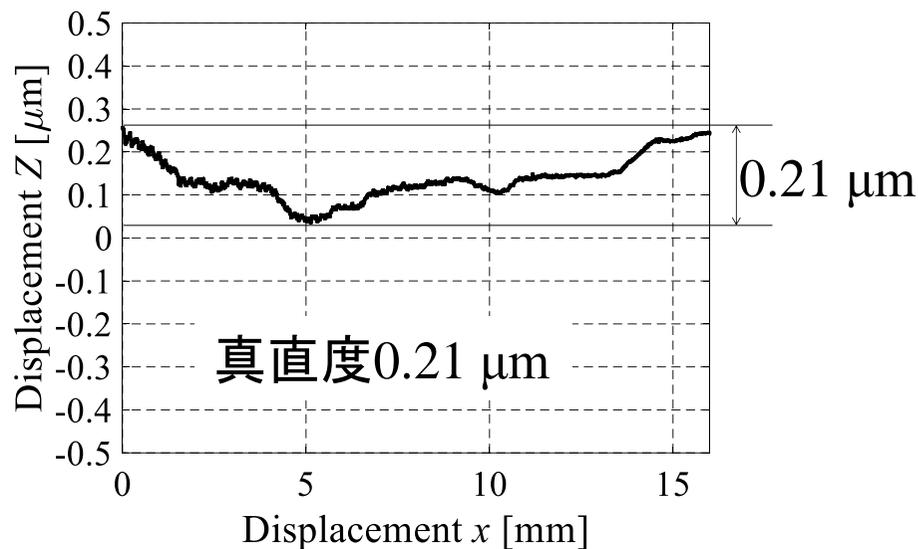
解決すべき技術的課題！

1. 運動中の重心の垂直方向変位と回転の測定
2. 上下変位と回転の独立制御

新技術

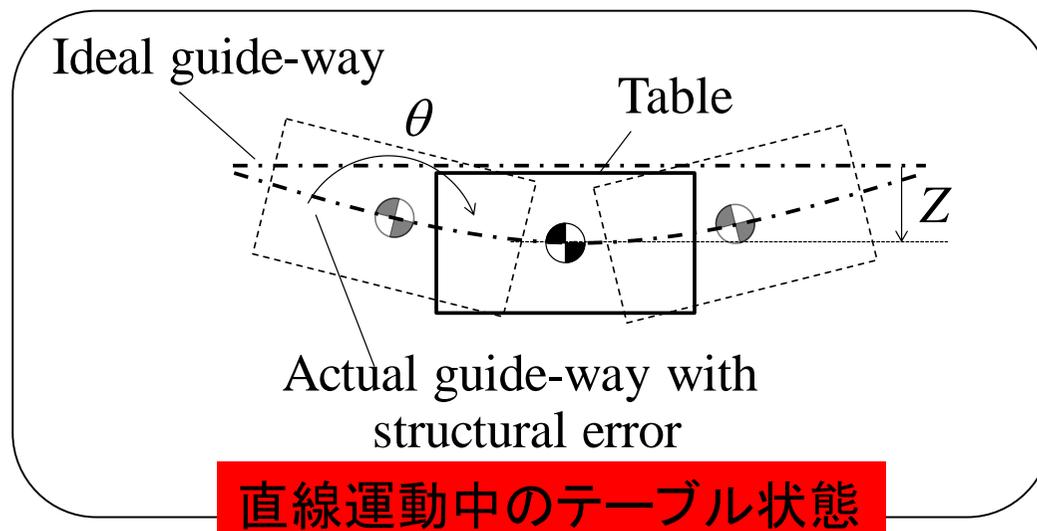


(a) 回転誤差



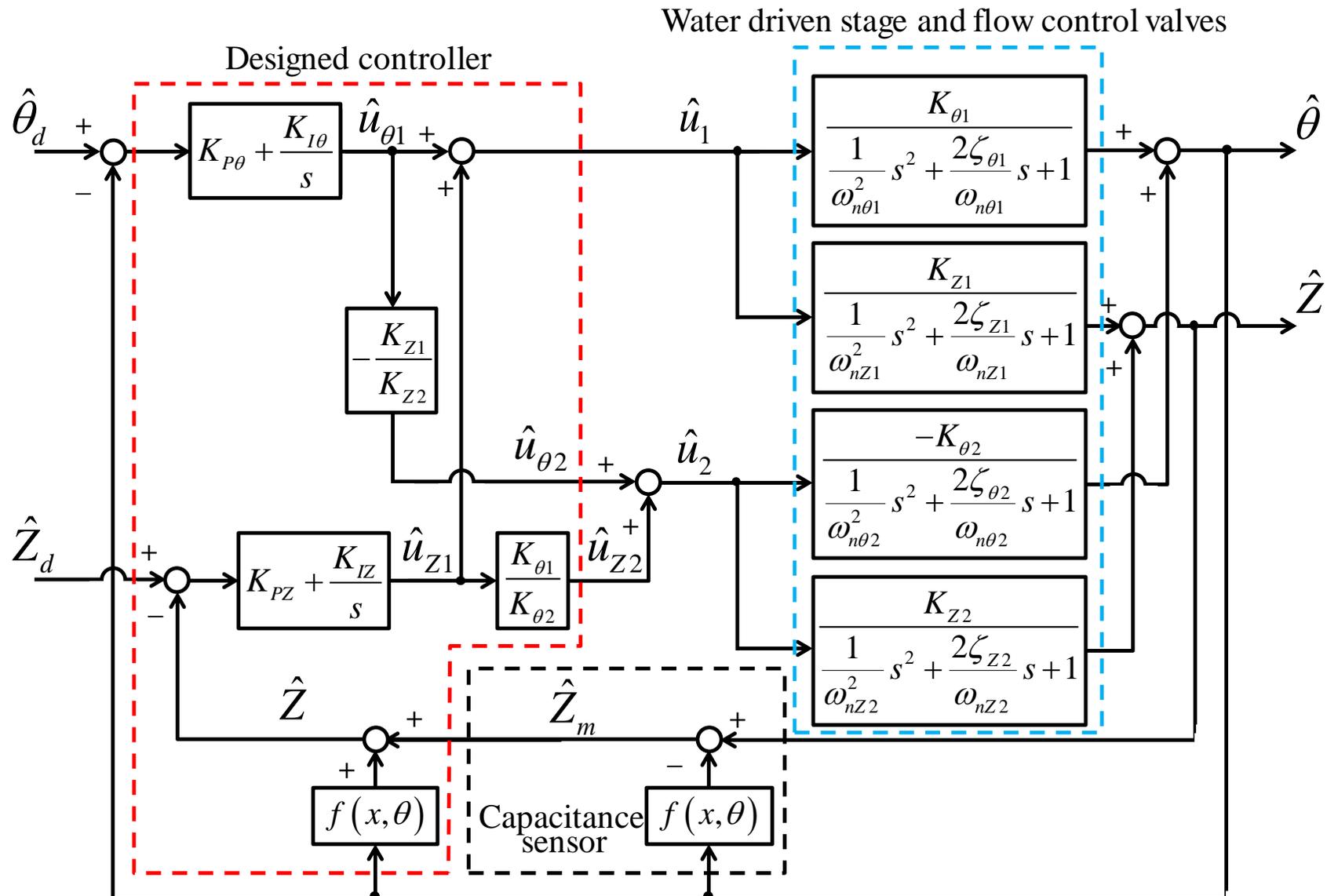
(b) 垂直変位誤差

運動中の回転誤差と垂直変位誤差(開発技術を使用しない場合)

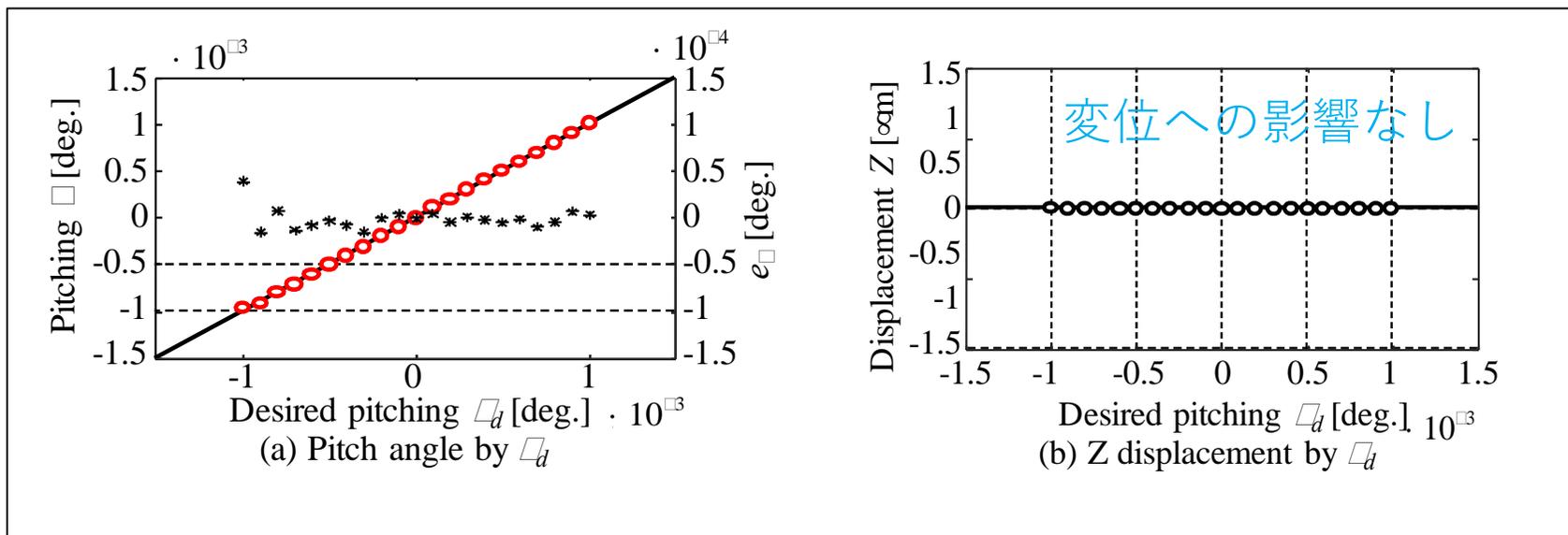


新技術

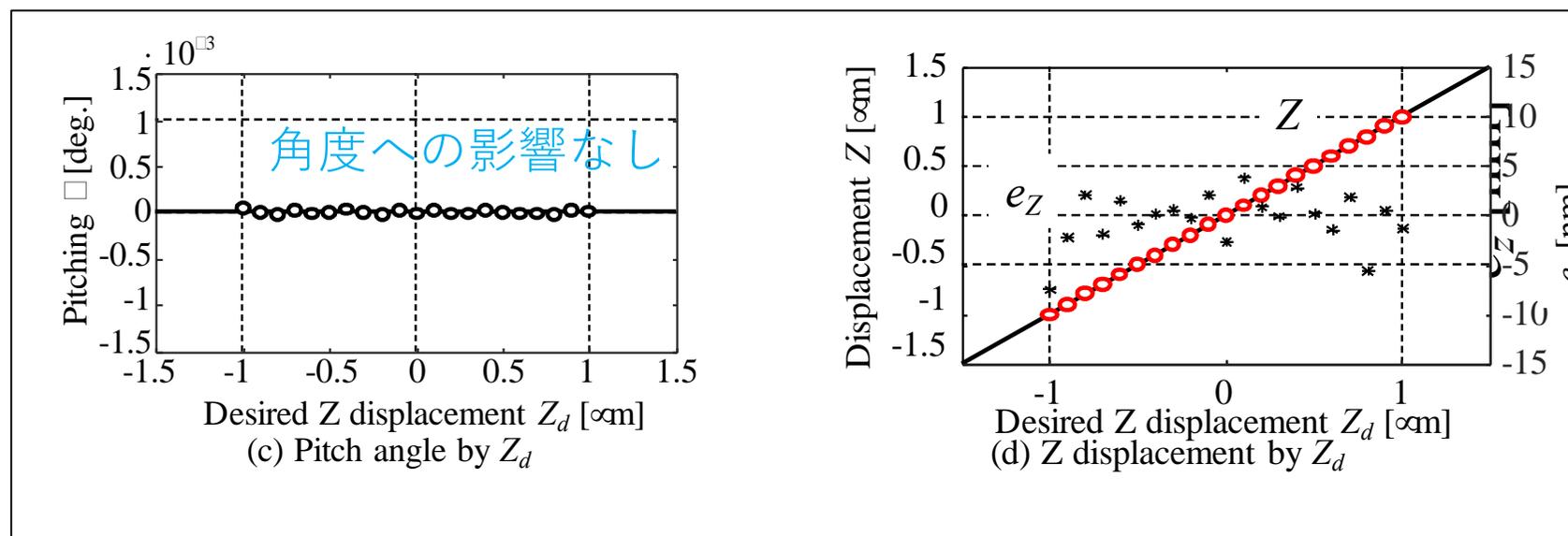
開発した制御システムの構成



新技術適用事例

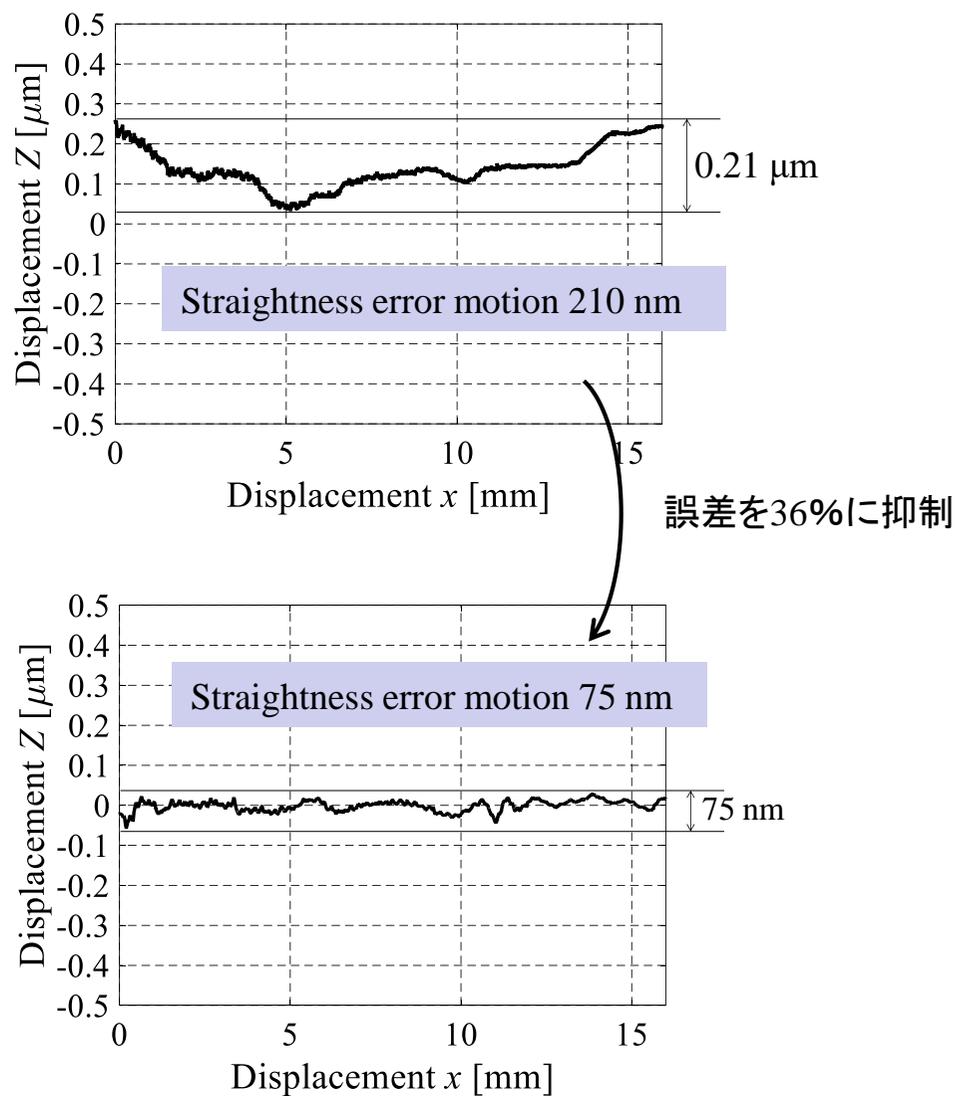


角度だけを制御



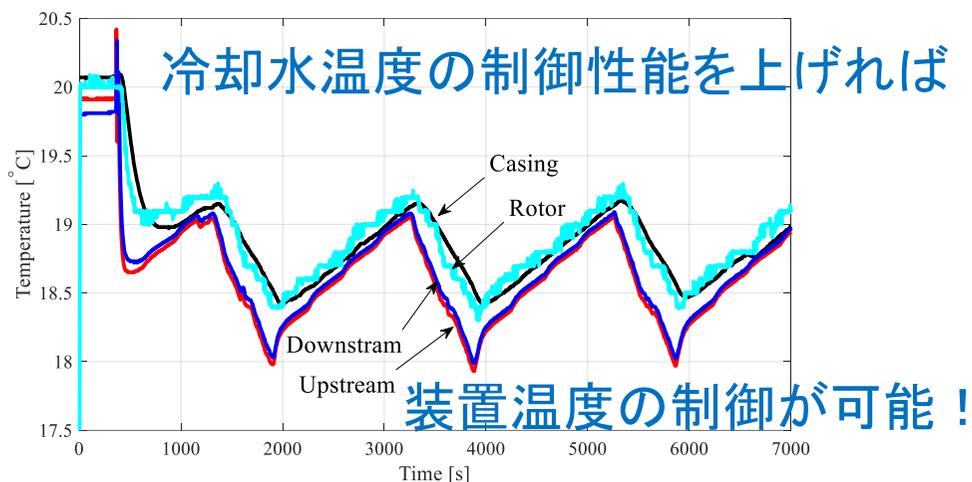
変位だけを制御

新技術適用事例



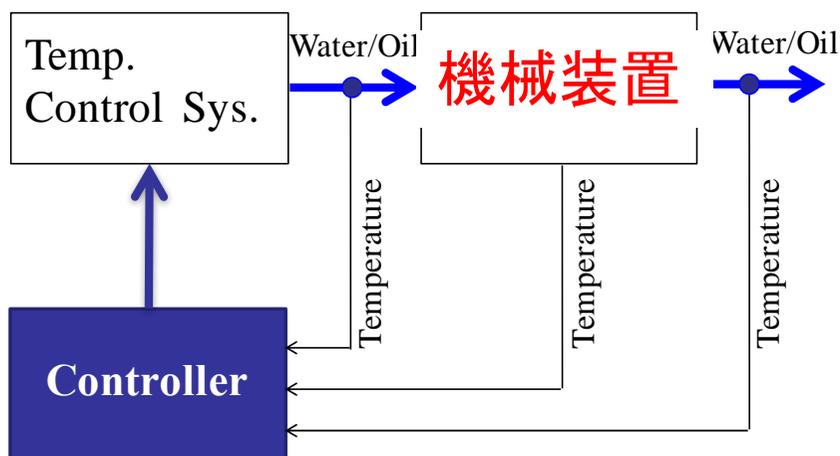
新技術

冷却水と装置温度の相関



Point!

開発中の温度制御技術



使用するチラー性能を上回る温度制御性能

新技術 まとめ

用途に適した各種流体

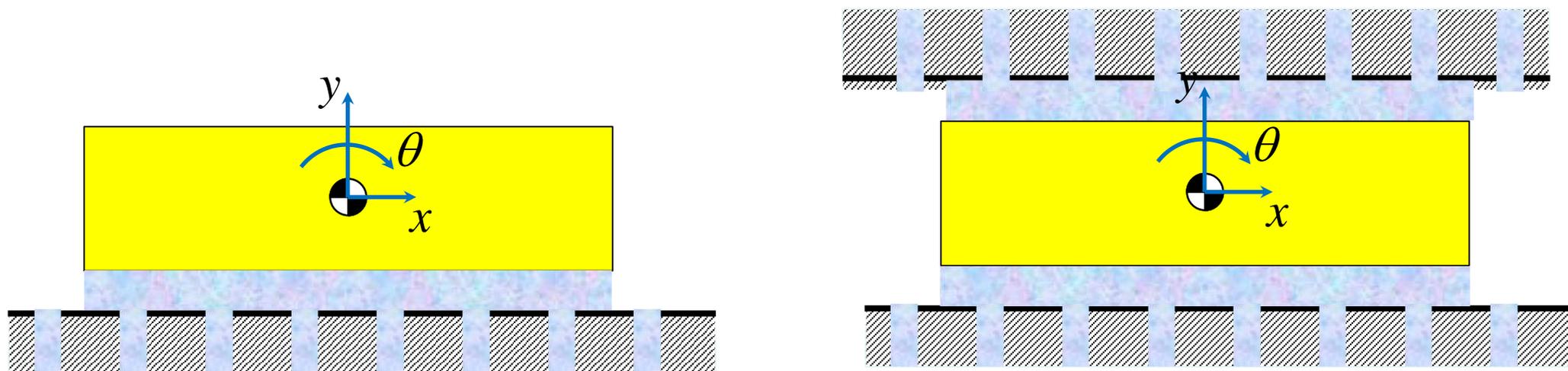
- 空気
- 油
- 水（純水を含む）
- その他



制御機能

- 変位
- 姿勢
- 形状（柔軟物体の場合）
- 温度

用途に応じた展開可能性



想定される用途

1. 精密機械の回転テーブルや直動テーブル
2. 直動テーブルの姿勢制御（真直度）は静圧軸受でなくても実現可能性あり
3. 半導体，ガラスパネル等の製造，搬送装置
4. 医療，薬品，食品等の装置（低い環境負荷）
5. 柔軟構造物の搬送装置への適用可能性？

実用化に向けた課題

1. 研究済み事項
 - (1) 水, 油, 空気を使用した装置開発と基本性能評価
 - (2) 制御方法(変位, 姿勢)
2. 研究進行中
 - (1) 温度制御
3. 実用化に向けた課題
 - (1) 適用装置に適した測定, 装置構成
 - (2) 制御応答性能の向上
 - (3) 水質管理

企業への期待

1. 技術を応用した新製品の共同開発
2. 本技術に必要な各種測定システムの提供
3. 水質管理に関する技術の提供
4. 社会人博士院生の受け入れによる共同研究推進

産学連携の経歴等

1. 研究室設立以降, JST事業採択, 各種財団, 地方助成金, 企業との共同研究実施
2. 海外研究者との共同研究推進
3. 各種学会論文賞(日本機械学会賞(論文), JFPS Best Paper Award, 油空圧機器技術振興財団・学術論文賞など)

お問い合わせ先

神奈川大学 研究支援部 産官学連携推進課
産官学連携コーディネーター 尾谷 敬造

TEL 045-481-5661 (代)

FAX 045-481-6077

e-mail sakangaku-renkei@kanagawa-u.ac.jp