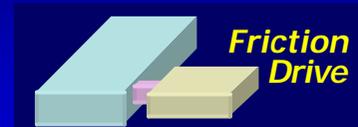


東北大学機械系
トライボベーストデザイン研究センター

Center for
Tribologically-based Machine Design

研究代表者 :足立幸志
(機械電子工学専攻 助教授)

Target: Tribologically-based Machine Design



東北大学機械系 トライボベーストデザイン研究センター

概要：

宇宙機器や超精密位置決めシステムなどの先端機械機器及びそれらの生産技術では，表面と接触面の特性が信頼性のみならずそれらの機能限界を決定している．

従ってそれらの動特性設計及び信頼性設計においては多因子敏感な摩擦と摩耗の取り扱いが要となり，高機能化のためには，従来の機械力学，材料力学，流体力学，熱力学を基盤とした「材料と形状の設計」に加え「**表面と接触面の設計**」が強く求められる．

このような立場から，本研究センターは，トライボロジーの科学と技術に基づいた機械機器の設計原理と設計基準を確立するとともに，それらに有用な摩擦と摩耗のアクティブ制御技術の開発を目的とする．

具体的には，現在，国際宇宙ステーションにおいてテスト中の「トライボコーティンググ潤滑法」を用いた「宇宙機器のための自己修復潤滑システム」の確立と「摩耗のアクティブ制御を用いた摩擦駆動機構（超音波モータ）の宇宙機器及び超精密位置決めシステムへの応用技術の開発」を目標とする．

東北大学機械系 トライボベーストデザイン研究センター

宇宙機器

吉田和哉 教授
小原新吾 氏 (JAXA)
鈴木峰男 氏 (JAXA)
野坂正隆 氏 (JAXA)

摩擦駆動機械機器

清野慧 教授
高 偉 助教授
石峯裕作 氏 (京セラ)
飯野朗弘 氏 (セイコーインスツルメント)

機械要素

瀧井裕一 氏 (光洋精工)
林田一徳 氏 (光洋精工)
壇 芳彦 氏 (日立メディコ)

材料設計 評価

庄子哲雄 教授
三浦英生 教授
宮本 明 教授

Tribologically-based Machine Design

マイクロマシニング

厨川常元 教授
羽根一博 教授
江刺正喜 教授
田中秀治 助教授
佐々木実 助教授

機械設計

井上克己 教授
山中 将 助教授
Prof. Mike Ashby
(University of Cambridge)

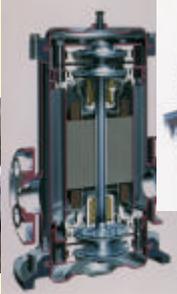
トライボロジー

足立幸志
西村允 教授 (法政大学)
Prof. Ian Hutchings
(University of Cambridge)

東北大学機械系 トライボベーストデザイン研究センター



km



m



cm



mm



nm

機能の限界：摩擦・摩耗

故障・寿命の原因の75%：摩擦・摩耗

摩耗抑制

Liquid-free system
 $W_s < 10^{-9} \text{ mm}^3/\text{Nm}$
Liquid system
ゼロ摩耗

科学	技術
<ul style="list-style-type: none"> ● 材料設計 ● 表面設計 ● 仕様設計 	<ul style="list-style-type: none"> ● 最適化技術 ● 修復技術

摩擦制御

Liquid-free system
 $\mu < 0.001, 1 < m$
Liquid system
 $\mu < 0.0001, 0.1 < m$

科学	技術
<ul style="list-style-type: none"> ● 材料設計 ● 表面設計 ● 仕様設計 	<ul style="list-style-type: none"> ● 潤滑技術

「ゼロ摩耗・ゼロ摩擦」, 「ゼロ摩耗・高摩擦」システムを
創成するための設計論と技術の開発

東北大学機械系 トライボベーストデザイン研究センター



機械設計

省資源・省エネルギーの実現：環境調和設計
 信頼性・耐久性の保証：安全設計
 新機能の発現：機能設計



材料と形状の設計
 Key words: 材料強度・疲労・腐食

+

表面と接触面の設計
 Key words: 接触・摩擦・摩耗

科学

原子オーダの摩擦モデル

物理的吸着
物理的摩擦機構

摩擦発熱

耐摩耗設計マップ

Ceramics against themselves

摩擦と摩耗の科学的説明

「材料，表面，接触面の最適設計」

技術

Adsorbed gas Lubrication

In-situ control

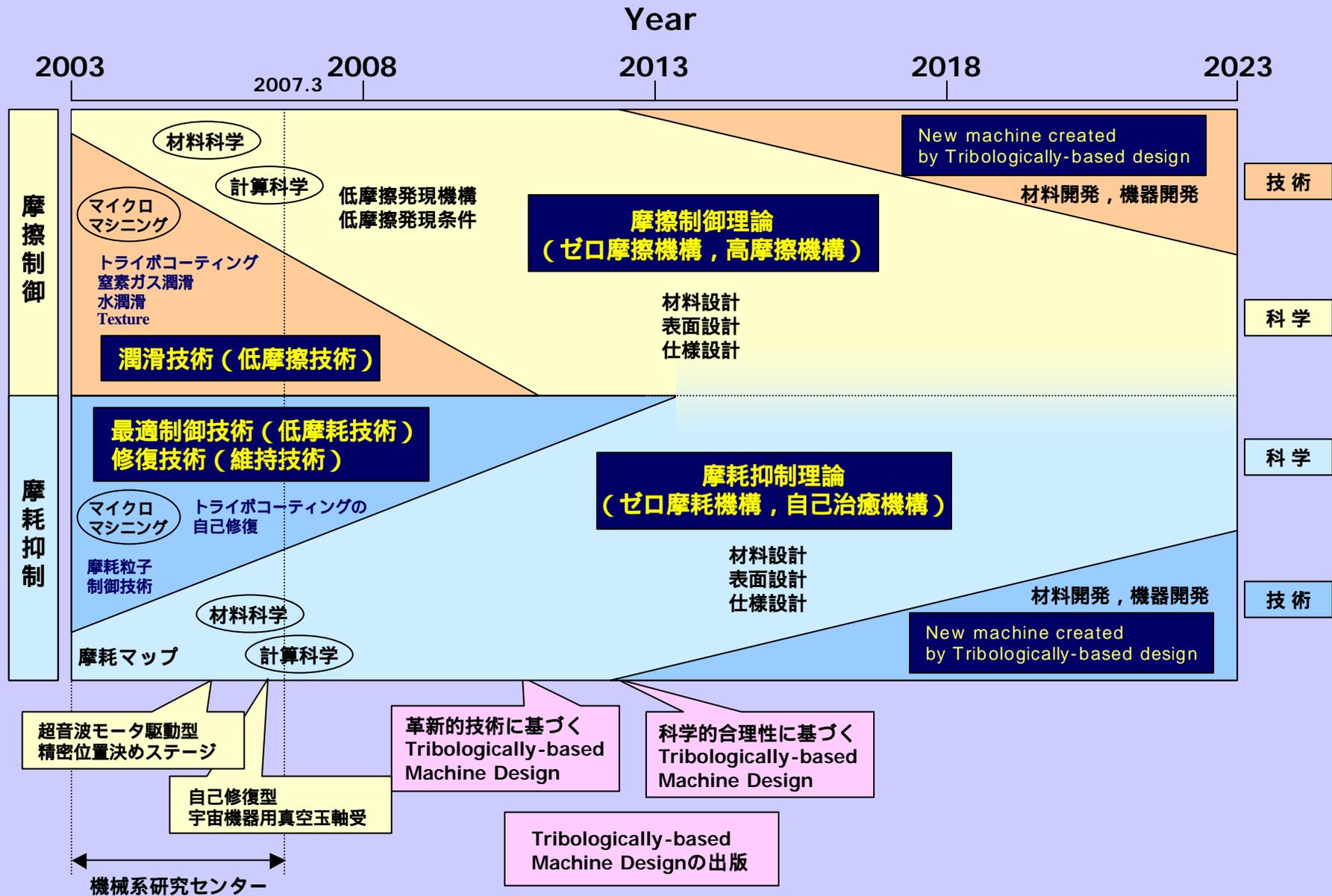
摩擦と摩耗の制御技術の開発

↓

「摩擦と摩耗のアクティブ制御」
「自己修復潤滑システム」

科学的合理性と革新的技術に基づくトライボロジーを考慮した機械設計の設計原理と設計基準の確立
Tribologically-based Machine Design

科学的合理性と革新的技術に基づくトライボロジーを考慮した機械設計の設計原理と設計基準の確立 Tribologically-based Machine Design



東北大学機械系
トライボベーストデザイン研究センター

目的：トライボロジーを考慮した機械設計の設計原理と設計基準の確立
摩擦と摩耗の科学的解明とそれらの制御技術の開発

- (1) トライボコーティング潤滑法を用いた自己修復潤滑システムの開発
(応用対象：宇宙機器，医療機器)
- (2) 摩耗のアクティブ制御を導入した摩擦駆動システムの開発
(応用対象：超精密位置決めシステム，宇宙機器，マイクロマシン)

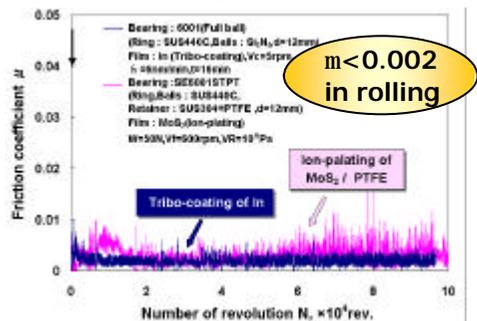
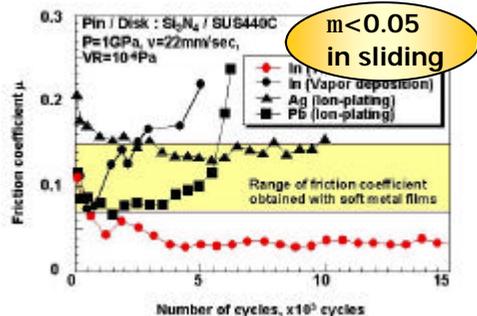
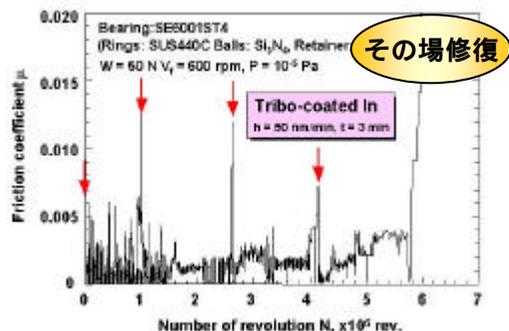


研究助成金 2003-2004年 代表 基盤研究(B) (15,000,000円)
ナノメートル位置決めのための摩擦駆動機構とインテリジェントリニアガイドの開発
2003-2004年 財団法人メカトロニクス技術高度化財団(1,400,000円)
ナノメートル位置決めのための摩擦駆動機構の開発
2003年度 宇宙航空開発研究機構共同研究 [2,000,000円]
軌道上長寿命摩擦潤滑技術の研究

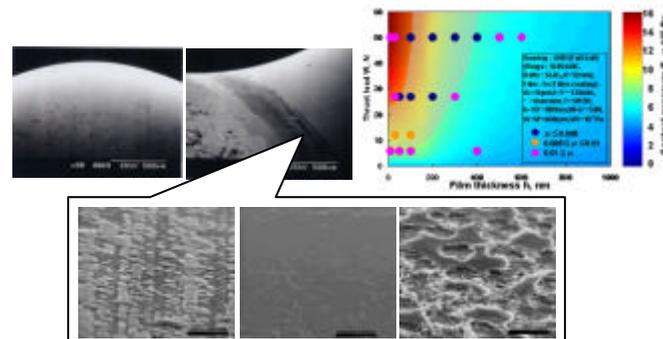
真空機器のための トライボコーティング法を用いた自己修復潤滑システムの開発



Core-technology

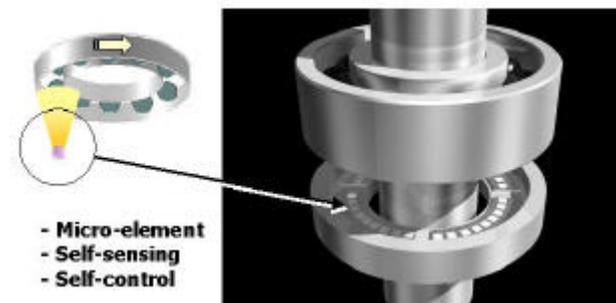


科学的解明



超低摩擦発現機構の解明
トライボコーティング膜の形成機構の解明
トライボコーティング膜の摩耗機構の解明
→ 成膜条件の最適化・機器設計指針の構築

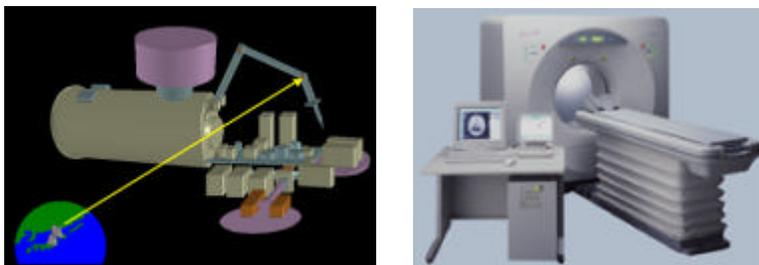
技術開発



マイクロシステムの開発
超小型供給源〔マイクロヒータ〕の開発
超小型健全性監視システム（センサー）の開発
制御システムの開発

自己修復潤滑システム
(診断, 故障予知, 修復)

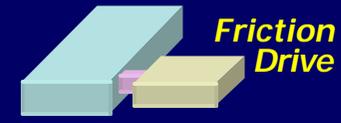
応用：高機能機械機器



宇宙機器の高信頼性トライボシステムの開発
医療機器の低騒音システムの開発
インテリジェントトライボシステム：自己修復システムの構築

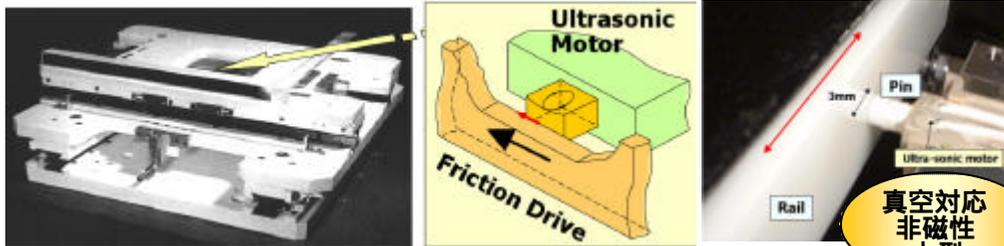
Tribologically
-based
Machine
Design

超精密位置決めシステム及び宇宙機器のための 摩耗のアクティブ制御を用いた摩擦駆動機構の開発

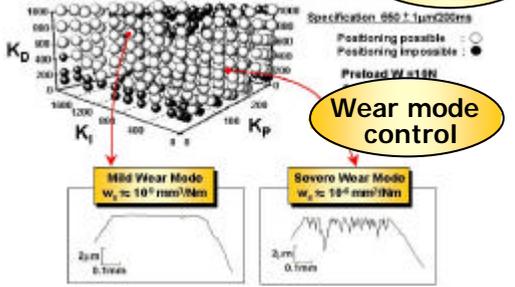
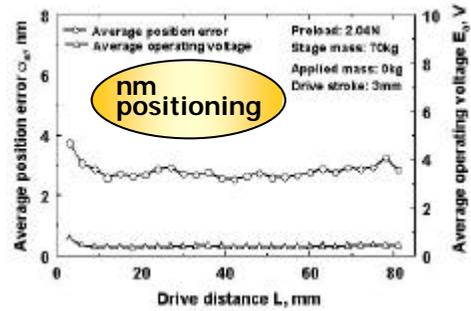


Core-technology

摩擦駆動（超音波モータ），摩耗制御



真空対応
非磁性
小型



応用：高機能機械機器



ナノメートル位置決めシステムの開発（半導体製造装置, CD-SEM）
宇宙機器，医療機器，マイクロマシン用のアクチュエータへの展開
インテリジェントトライボシステム：自己最適化システムの構築

Tribologically
-based
Machine
Design

科学的解明

Wear Map of Ceramics

Mild Wear, Severe Wear

Mechanical severity of contact: $S_{M,C} = \frac{1}{K_c} \left[\frac{10 \times 10^3 P_{max}}{d} \right] < 6$

Thermal severity of contact: $S_{T,C} = \frac{1}{K_t} \left[\frac{10 \times 10^3 P_{max}}{d} \right] < 0.04$

摩耗機構の解明
動力伝達機構
(微小すべり発生機構)の解明
摩耗粒子凝集機構の解明
→ 駆動条件の最適化・材料設計指針の構築

技術開発

Preload, Material of the drive pin and driven rail

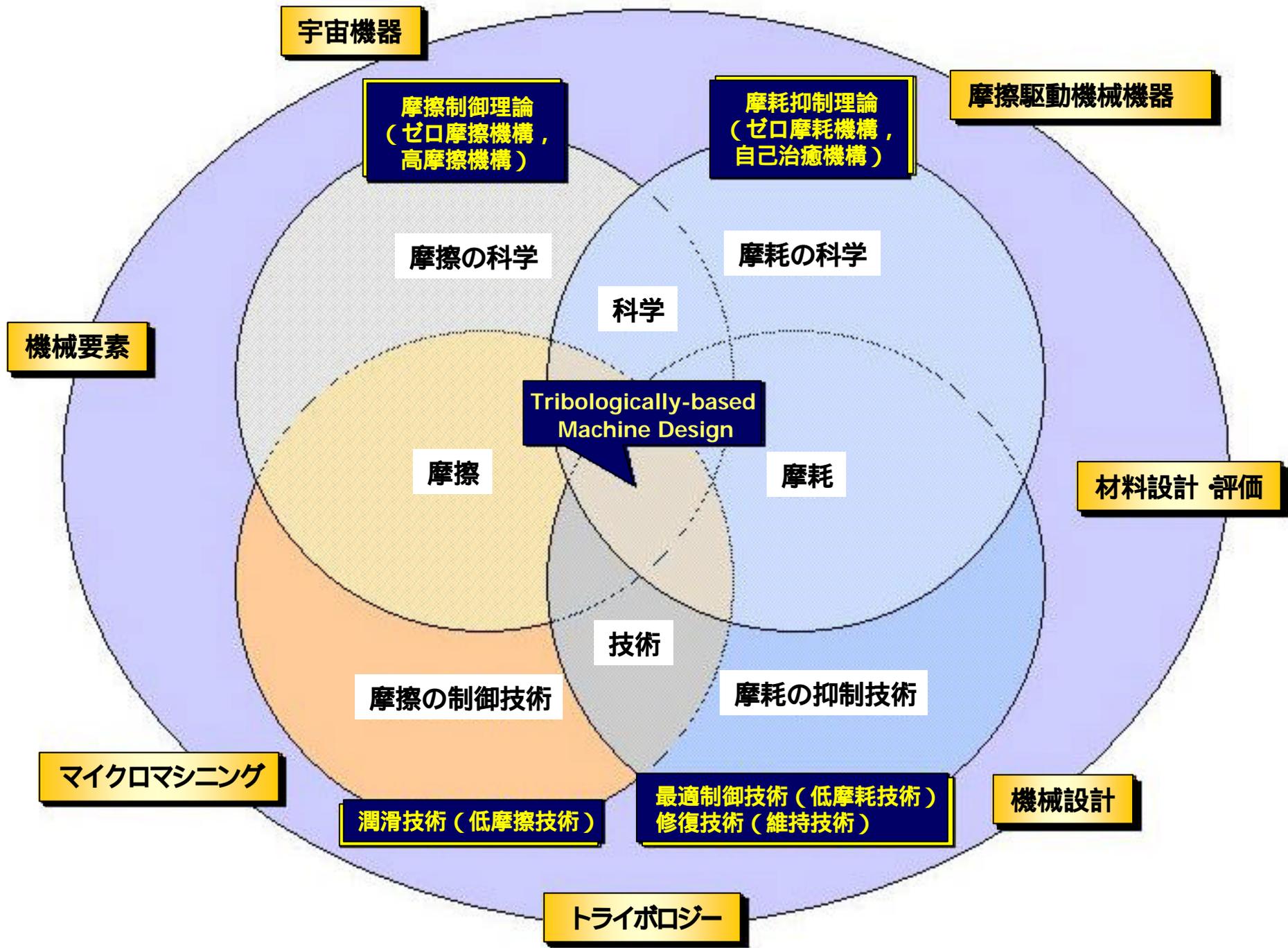
Sampling time for the control, PID gain for the control

$$E(n) = K_p e(n) + K_i \sum_{i=0}^n e(i) + K_d [e(n) - e(n-1)]$$

Apparent specific wear rate w_r vs. Amount of mechanical work W_m

ナノオーダの摩耗粒子制御機構の開発
駆動の健全性監視システム（センサー）の開発
駆動条件の最適化のための制御システムの開発

自己最適化摩擦駆動システム
(診断，故障予知，最適化)



東北大学機械系

トライボベーストデザイン研究センター

目的：トライボロジーを考慮した機械設計の設計原理と設計基準の確立
摩擦と摩耗の科学的解明とそれらの制御技術の開発

- (1) トライボコーティング潤滑法を用いた自己修復潤滑システムの開発
(応用対象：宇宙機器，医療機器)
- (2) 摩耗のアクティブ制御を導入した摩擦駆動システムの開発
(応用対象：超精密位置決めシステム，宇宙機器，マイクロマシン)

技術	応用	研究課題	リンク(共同研究者)	
トライボコーティング潤滑	宇宙機器 医療機器	超低摩擦発現機構の解明 小型、省電力被膜供給源の開発 摩擦センサーの開発 自己修復システムの開発	吉田和哉, 田中秀治(東北大学) 西村允(法政大学) 小原新吾, 鈴木峰男, 野坂正隆(JAXA) 瀧井裕一, 林田一徳(光洋精工) 壇芳彦(日立メディコ)	Dr. William R. Jones (NASA) Mark Jansen (AYT) Dr Emyr Roberts (ESTL :European Space Tribology Laboratory)
摩擦駆動 超音波モータ	精密位置決めシステム 宇宙機器 マイクロマシン	摩擦機構の解明 摩耗粒子凝集機構の解明 摩耗粒子捕獲技術の開発	清野慧, 高偉 (東北大学) 石峯裕作(京セラ) 飯野朗弘(セイコーインスツルメント)	Dr TJ Lu (University of Cambridge) Prof Allan Matthews (University of Hull)
Micro-Machining		小型、省電力被膜供給源 (マイクロヒータ)の開発 摩擦センサーの開発 摩耗粒子捕獲システムの開発	厨川常元, 羽根一博, 江刺正喜, 田 中秀治, 佐々木実 (東北大学)	Dr. John Williams (University of Cambridge) Prof. Mark Rainforth (University of Sheffield)
Machine & Material Design		材料設計 機構設計	庄子哲雄, 三浦英生, 井上克己, 宮本明, 山中将 (東北大学)	Prof. M. Ashby (University of Cambridge) Professor Ian Hutchings (University of Cambridge)