

トライボロジー概論の概要

トライボロジーとは？



摩擦・摩耗・潤滑に
関する学問の総称



基礎的な理論，具体例

を**実験を交えて**解説する

トライボロジーの定義

正式な定義は、

「**相対運動**をしながら(このような)**相互作用**をしあう**表面**、あるいはそれに関連する**実際の問題**を対象とする**科学と技術**」

(1966)

語源は、ギリシャ語の“**トリボス**(擦る)”

+

Technology = Tribology

トライボロジー = Science of Rubbing

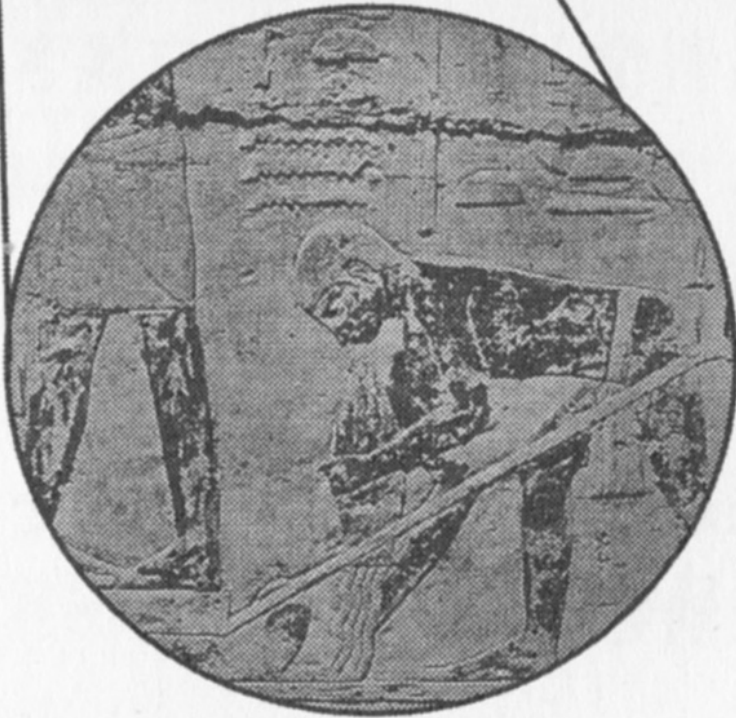
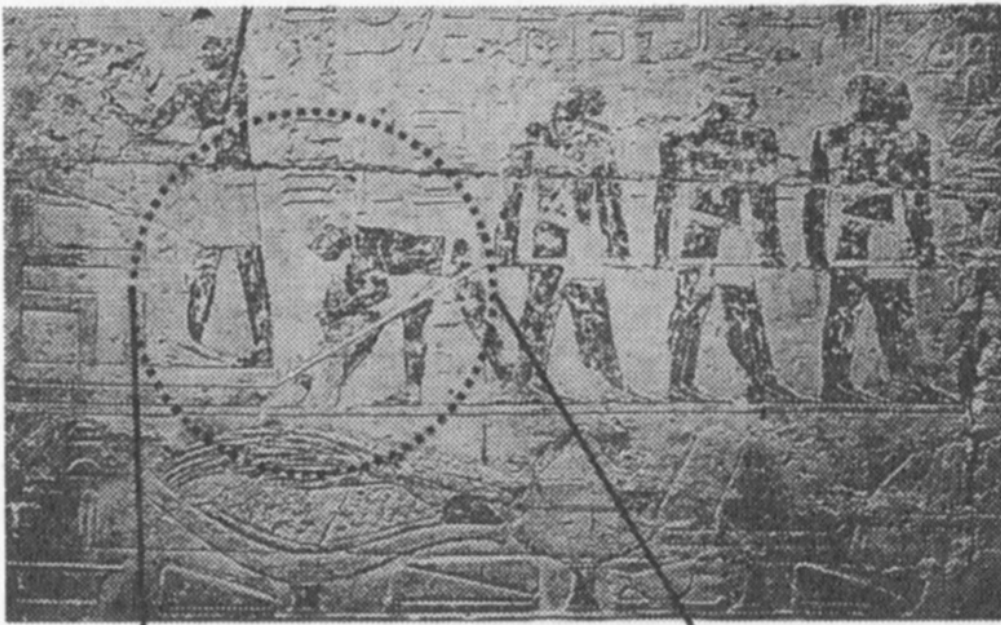


摩擦(friction)

摩耗(wear)

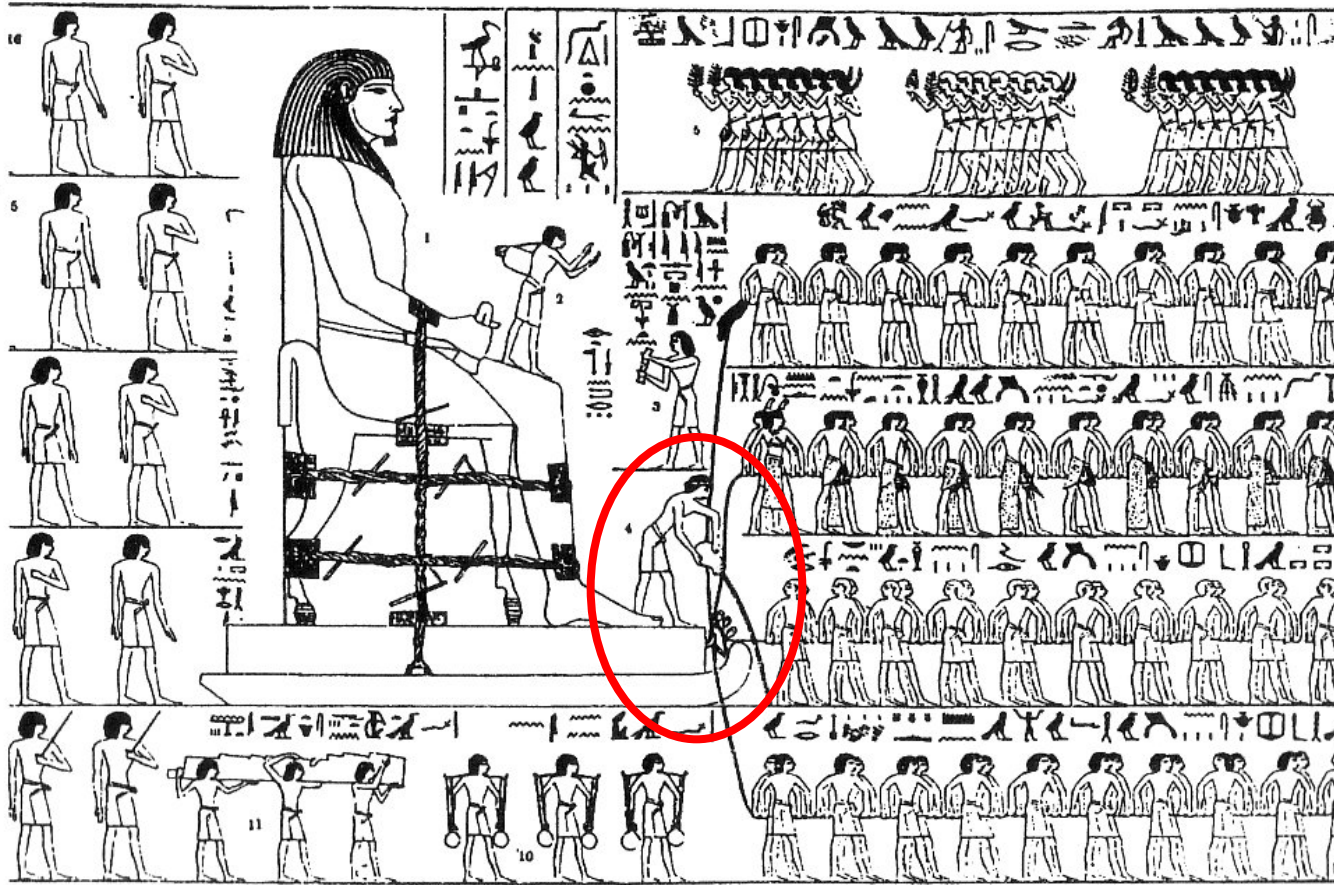
潤滑(lubrication)

トライボロジーは、学問的に考えると難しいかもしれないが、応用例は日常生活と結びついている。その起源をたどると、



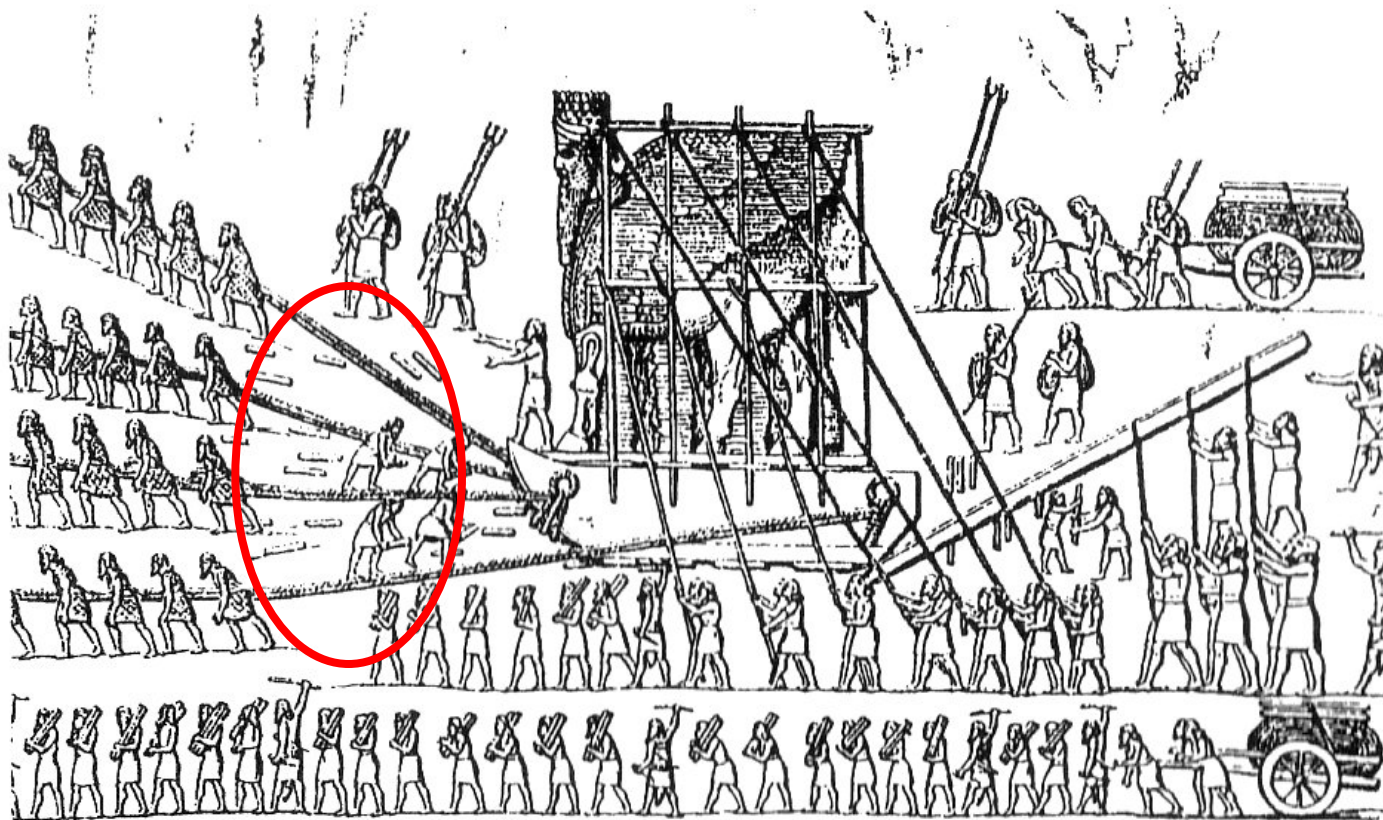
紀元前2400年
古代エジプト

滑り軸受の起源



(a) 石像の運搬. 潤滑剤を利用した滑り摩擦の低減
(紀元前約 1880 年, エジプト)

これまでの授業における滑り軸受の起源



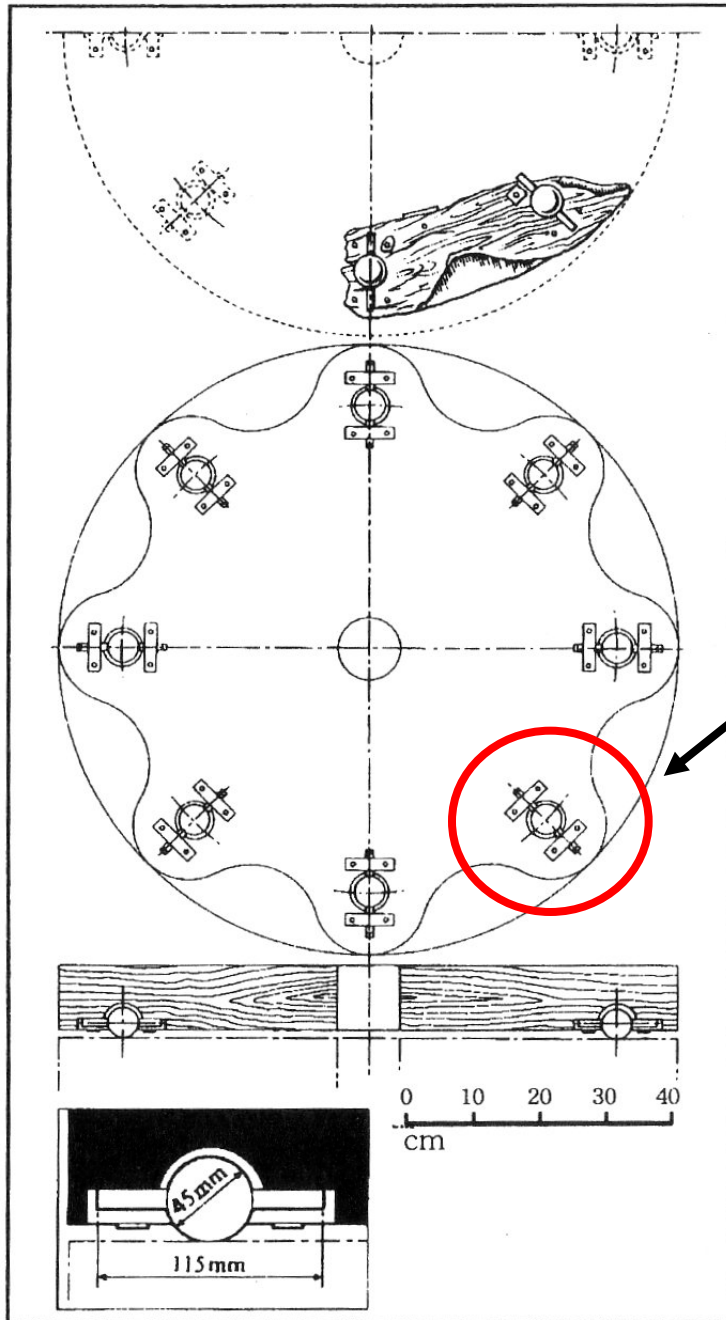
(b) 石像の運搬. 丸太による転がり摩擦の利用
(紀元前約700年, アッシリア)

転がり軸受の起源

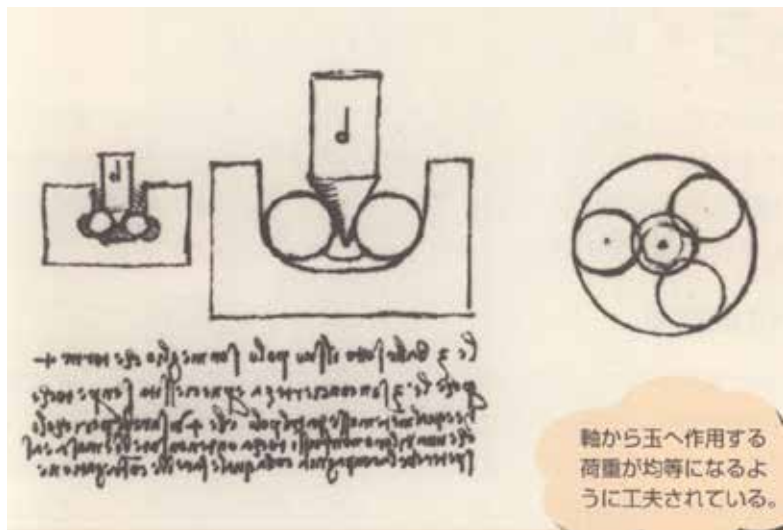
ローマ時代の玉軸受

串団子

現在でもピン付ころ軸受として実用されている



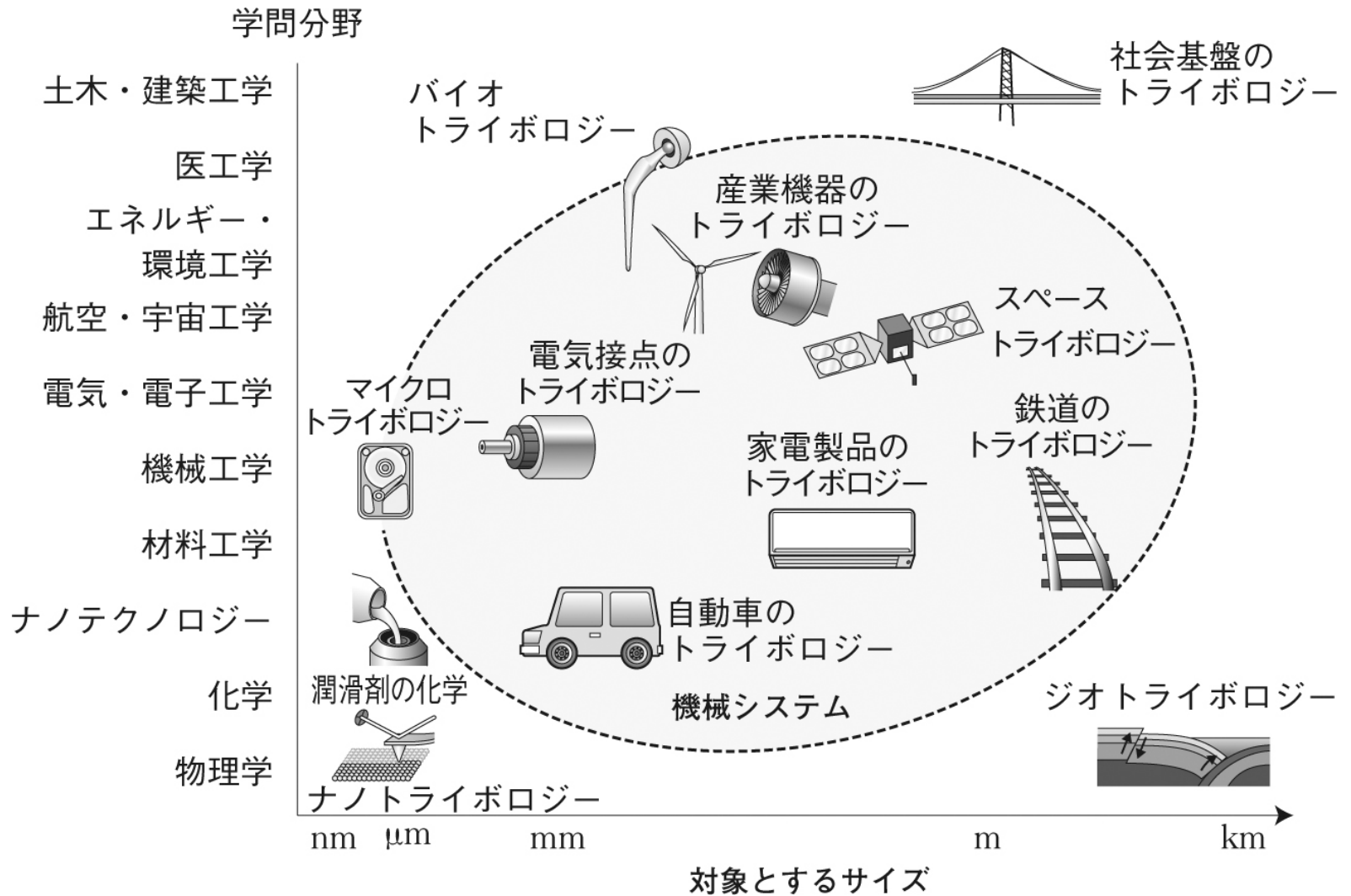
ルネサンスになって・・・転がり軸受の原型スケッチ (レオナルド・ダ・ビンチ)



トライボロジーに関する歴史

時代		世の中の動き	トライボロジーに関する出来事
古代	石器 青銅 鉄器	メソポタミア・エジプト文明 ギリシャ・ローマ時代	車輪の軸受, 石の軸受 潤滑剤を使ったそり 玉軸受やころ軸受
中世		ルネサンス	レオナルド・ダ・ヴィンチの科学的 研究
近代	蒸気機関	産業革命 鉄道の発展	アモントンの法則 (1699) デザギュリエの凝着説 (1725) オイラーの静止摩擦と動摩擦 (1750) クーロンの法則 (1781)
	石油	第一次世界大戦 第二次世界大戦	ヘルツの弾性接触解析 (1881) タワーの実験 (1883) レイノルズ方程式 (1886) ティムケンの円すいころ軸受特許 (1898) ストライベック曲線 (1902) ハーディの境界潤滑 (1919) ホルムの真実接触面積 (1920 年代)
現代	原子力		バウデンとテイバーの凝着説 (1950) 日本潤滑学会創立 (1956)
	宇宙	NASA 設立 (1958) 東海道新幹線開業 (1964) アポロ 11 号月面着陸 (1971)	ダウソン・ヒギンソンの弾性流体潤 滑理論の解析 (1959) JOST レポート (1966) “Tribology” 誕生
	情報	情報技術・イニシアティブ (1999) ナノテク・イニシアティブ (2000)	日本トライボロジー学会 (1992) 第 1 回国際トライボロジー会議 (1997)
近未来	持続発展	IPCC 設置 (1998) 京都議定書発効 (2005)	グリーントライボロジー

トライボロジーの位置づけ



トライボロジーに関連する学術領域と対象

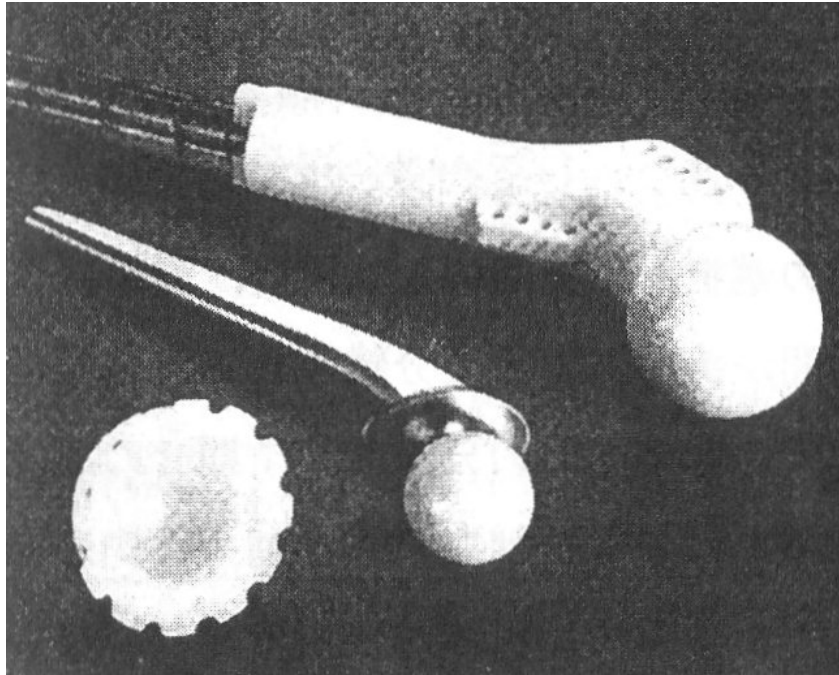
研究分野は、広範囲

スケールで考えると、
ナノメータ(ナノトライボロジー)から
地球規模(ジオトライボロジー)まで
対象で考えると、
金属、セラミックス、プラスチック、
ゴム、紙から
生体(バイオトライボロジー)まで

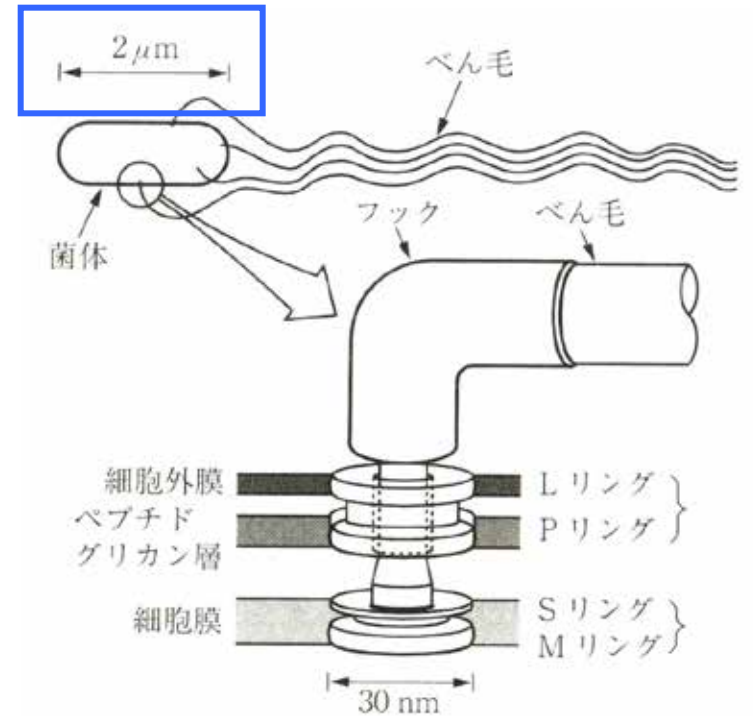


“共通基盤技術”と位置づけられる

バイオトライボロジーの例



人工関節



バクテリア
(世界最小の軸受)

トライボロジーの制御対象

①摩擦の制御

- ・ 摩擦の低減：ピストンやシリンダなど，低摩擦化による摩擦損失の低減
 - ・ 高い摩擦：ブレーキやフリクションドライブなど，安定した高い摩擦係数の実現
-

②摩耗の制御

- ・ 耐摩耗性向上：しゅう動部品などの信頼性向上，長寿命化のための摩耗低減
 - ・ 摩耗の促進：除去加工プロセスなどにおける被加工表面の除去（摩耗）効率向上
-

③エミッションの制御

- ・ エミッションの抑制：摩擦ノイズ，振動，潤滑油漏れ，摩耗粉，摩擦帯電，環境負荷物質の排除
 - ・ エミッションの利用：楽器などにおける摩擦音，地電流による地震予知，摩擦熱
-

トライボロジーと機械工学

機械には、動く部分がある



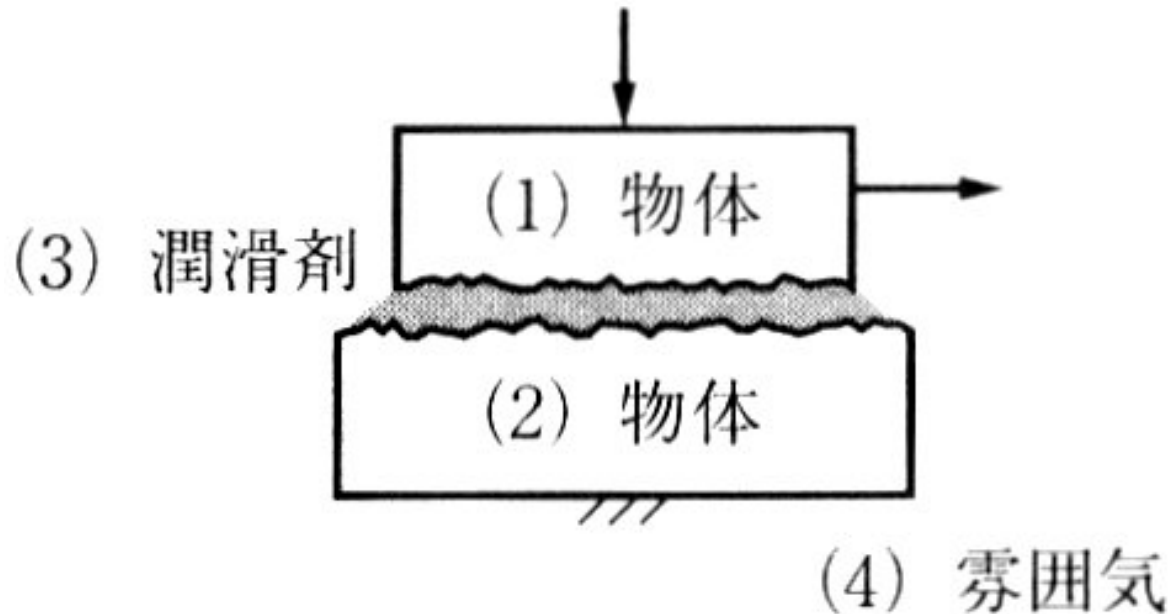
トライボロジーに関する問題が多い
(クレームのほとんどを占める)

機械設計者
の仕事



摩擦面材料の選択
摩擦面形状の設計
潤滑法の選択

トライボシステム



単純化すると、構成要素は4つしかない

しかし、現象は非常に複雑(多岐)

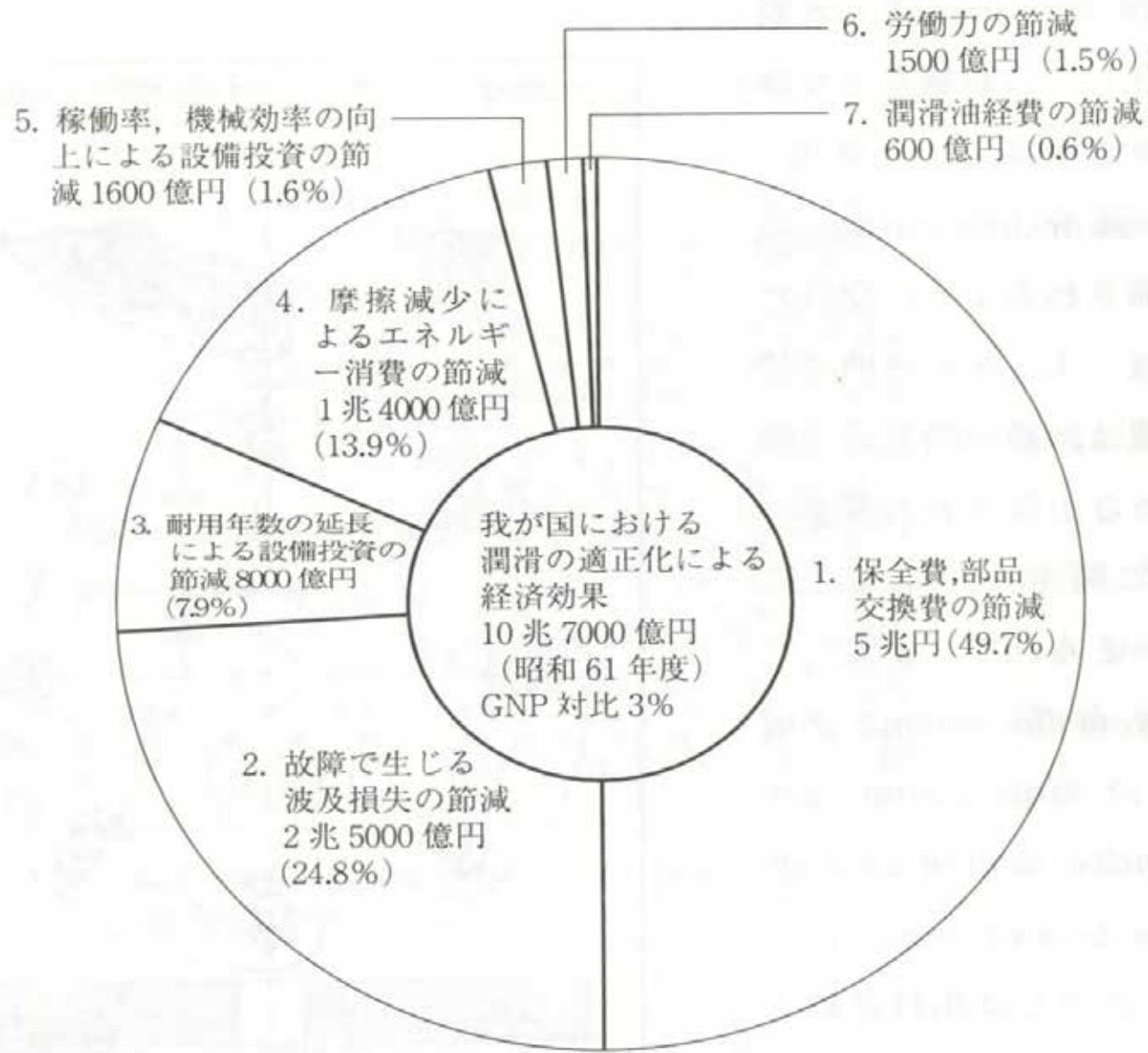
トライボロジーの社会的意義

トライボロジーの貢献分野



省資源・省エネルギー
(グリーントライボロジー)

お金に換算すると……



トライボロジーの経済効果 (1986)

トライボロジーと関連が深い事項

表 1-1 トライボロジーにおいて考慮すべき事項

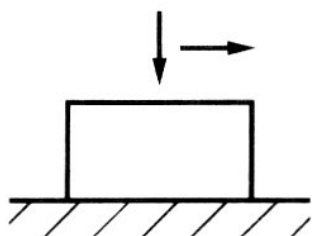
材料特性	全体特性：強度，弾性，塑性，組成，熱伝導率，欠陥など 表面特性：反応性，表面膜，加工変質層，幾何学的特性（粗さ，うねりなど）など
運動	様式：並進（転がり，滑り），垂直 形態：連続，間欠，一方向，往復，スピンなど
接触状態	外力：法線力，接線力 形態：集中接触（点・線接触），分散接触（面接触） 時間：接触時間，接触/非接触時間比
雰囲気	物理的環境：圧力（真空，高圧など），清浄度（異物など）など 化学的環境：化学組成，腐食，酸化，還元など 熱的環境：温度，伝熱特性など
潤滑状態	潤滑形態：無潤滑，境界潤滑，混合潤滑，流体潤滑 潤滑剤：流動特性，反応性など

力学，計測，化学を知っておく必要がある

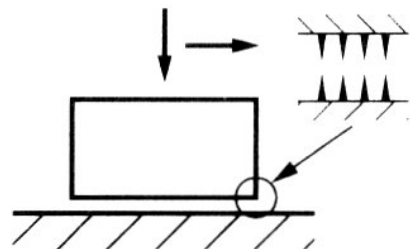
トライボロジーの原理

潤滑形態による分類 [(a) ~ (d)]

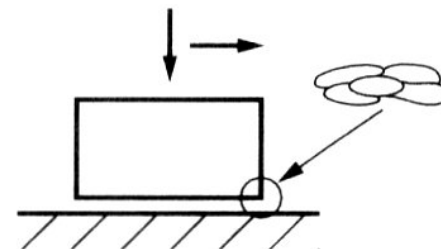
相対運動形態による分類 [(a) ~ (d), (e), (f)]



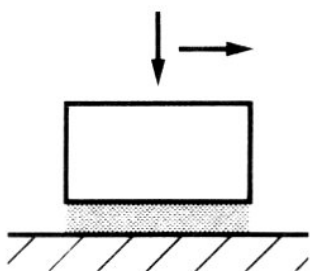
(a) 自己潤滑



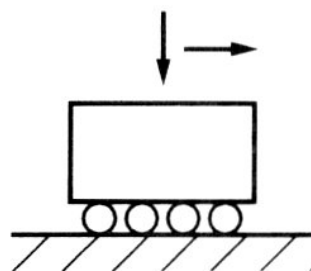
(b) 境界潤滑



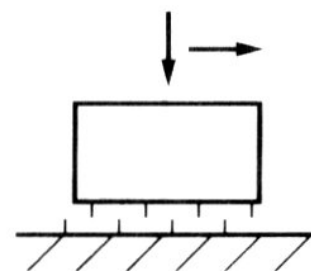
(c) 固体潤滑



(d) 流体潤滑



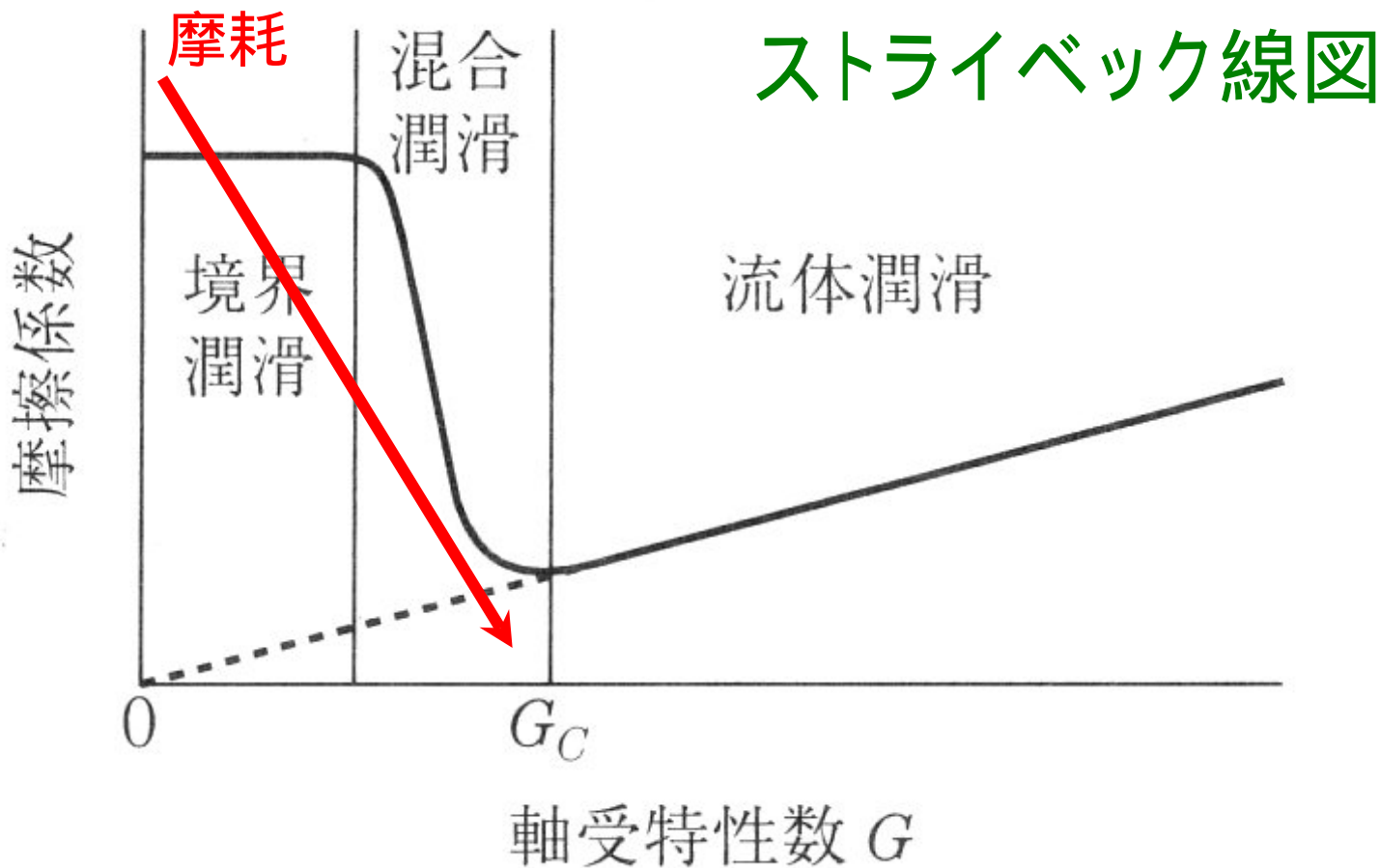
(e) 転がり接触



(f) 電磁気力

滑り摩擦の分類

軸受特性数(油膜厚さ)と摩擦係数の関係



トライボロジーの学問的性質

- (1) 現場が多岐に渡り、“**ケースバイケース**”であることが多い
- (2) 現場における試験結果の**再現性が得にくい**(環境に大きく依存する)



部分的な理論は確立されているが、
多くが“**定性的**”である