

■キーワード

やわらかさ デザイン 弾性 塑性 構成モデル 変形理論 数値シミュレーション

人に幸福感を与えられる素材の創出を目指して  
「やわらかさ」の計測・評価とデザイン技術の研究開発

■研究の概要

さまざまな素材は、人々の生活を様々なシーンで支えています。その機能の設計・管理テクノロジーによって価値が決まります。特にヒトの身近で使われることが多い「やわらかい」素材は、より文化的な生活を実現していくために一層の発展が求められており、そのデザイン技術に高度化が必要となっています。

そこで現在、あらゆる身近なモノを対象として、「やわらかさ」を定量化した上で、さらに生活を豊かにできる「やわらかさ」を実現するための研究に取り組んでいます。

■研究・技術のプロセス／研究事例

■やわらかい素材の変形挙動の数値データ化法  
ー 医師の触診テクノロジーの分析と応用 ー

やわらかい素材の変形挙動は、時間依存性や材料学的・幾何学的な非線形性や時間依存性などの影響が硬いものと比較して大きい。そのため、その数値データ化に多くの困難を伴います。

そこで本研究グループでは、ヒト軟組織の症状をコピで触れるだけで高精度に診断できる医師の触診技術を解決のヒントとして、やわらかい素材の変形挙動を数値データ化する押込試験法を考案しました(図2)。この方法は、基本となる弾性接触理論(Hertz, 1881)の式へ評価試料の薄さの影響を表す項を内挿することで、プローブ(圧子)を触れさせるだけで素材の柔らかさ(ヤング率)を求めることができる拡張式を定式化したものです。

■さまざまな素材の柔らかさ計測と評価  
ー 計測システムの実用化と応用 ー

人に心地よさを与えてくれる「やわらかさ」を工学的に創り出すためには、その定量的な計測に加えて、次に結果と人の感覚との相関性の分析・解明を経て、さらに求められる素材の創製法の考案が必要です。

そこで現在、さまざまな素材の柔らかさを定量化できる計測システムを実用化し、これを多様な産業分野における「やわらかさ」の計測・評価に利用して頂いています(図3)。利用分野は、計測方法を考案するヒントを得た医療分野を始めとして、さらに美容・化粧品や食品、自動車など多岐にわたります。

さらに、より優れた製品を創り出せる「やわらかさ」を求めて、製品化した計測システム(図4(a))から得られるデータについて数値シミュレーションで分析しながら「やわらかさ」のデザイン技術を追求しています(図4(b))。

■セールスポイント

ここで実用化した計測システムは、得られる数値データの客観性の高さに加えて、その測定プロセスでの接触形態が実際に近いことから、人が触れることの多い素材に関わる多様な産業分野の製品デザインで既に欠かせない技術となっています。

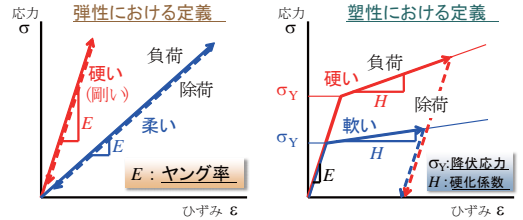


図1. 「やわらかさ」を定量化する構成モデル(弾性/塑性)における評価指標の定義

素材へ力を加えて除荷した際に元へ戻る「弾性」において応力σとひずみεの比として定義されるヤング率(Young's modulus)は、素材の「やわらかさ」を表す最も基本的な評価指標の1つとなっています。他には、「塑性」において定義される降伏応力や効果係数などが「やわらかさ」の評価指標として用いられています。

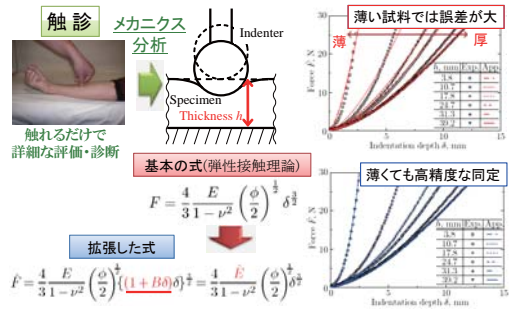


図2. 「やわらかさ」を触れて評価する触診のメカニクス分析と押込試験法への拡張

医師の触診技術に基づいて弾性接触理論を拡張し、これに基づいた定式化結果によって触れるだけで弾性係数(ヤング率)を同定できるようにした。

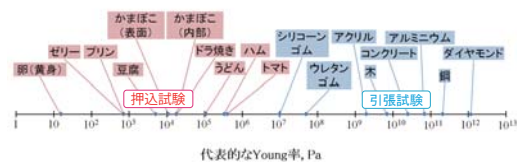


図3. あらゆる素材を、共通の指標(弾性係数)で評価可能とする計測法

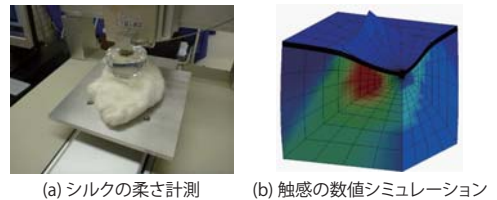
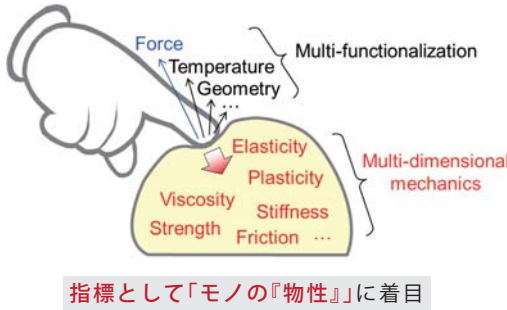


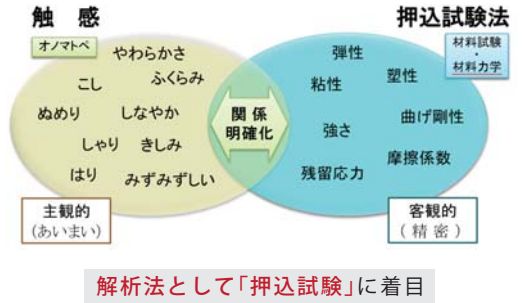
図4. 計測テクノロジーの実用化(a)とデザイン技術の研究開発(b)

## モノの「質感の『見える化』」における解析アプローチ

● ユビで触れる「押し込み」動作での変形挙動

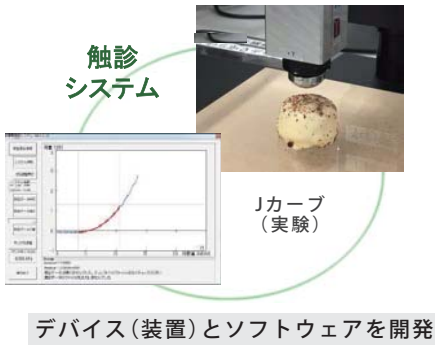


● 触感の材料テスト(押し込み試験法)による定量化

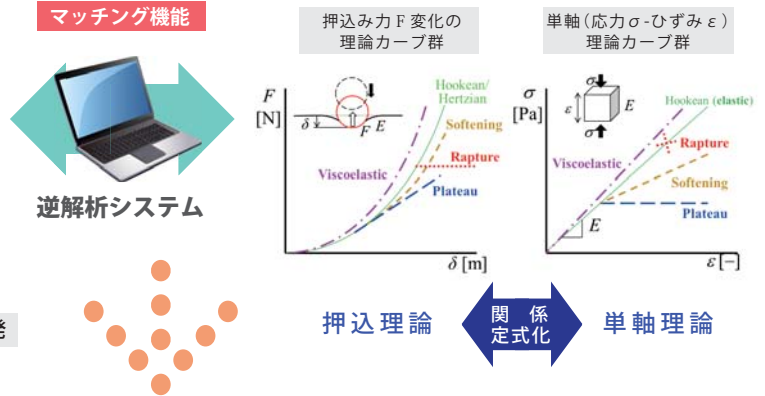


## 質感の測定デバイスと分析システム(理論)

1つの“実験”曲線



複数の“理論”曲線



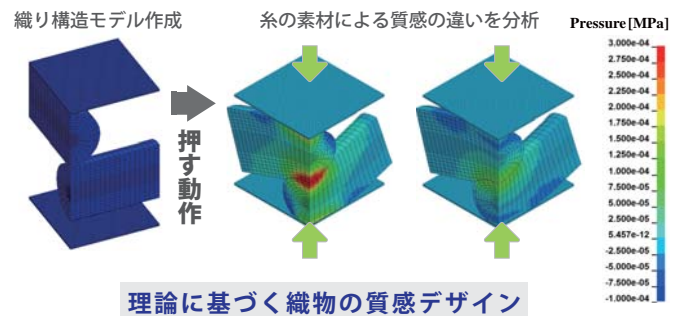
## 質感のデジタル化(数値化)とデザイン(モノづくり)

● 質感の“理論”データ表現を実用化

やわらかさ	英語	物理学的指標	英語	記号	単位
柔らかさ	Elasticity	弾性係数/ヤング率	Elastic Coefficient / Young's Modulus	$E$	Pa
軟さ	Plasticity	プラトー応力/降伏応力	Plateau Stress / Yield Stress	$\sigma_p / \sigma_y$	Pa
薄さ	Thickness	厚さ	Thickness	$h$	m
粘さ	Viscosity	粘性係数	Viscosity Coefficient	$\mu, \eta$	Pa·s
柔軟さ	Ductility	柔軟化率	Softening Rate	$\zeta$	-
脆さ	Fragility	強さ/強度/破断応力	Strength / Fracture Stress	$\sigma_f$	Pa
滑らかさ	Smoothness	摩擦係数	Friction Coefficient	$\mu$	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

複数の独立指標(多元空間)による分析の精密化(見える化)

● デジタル設計テクノロジーでの活用例



### セールスポイント

触診メカニクスに基づいて触感を数値化するテクノロジー研究から、「柔らかさ」を弾性係数(ヤング率)によって表現する方法に加えて、より詳しく「やわらかさ」を物理学的に分析できるシステム・理論を体系化しました。あらゆるモノに触れる分野で利用が期待できます。