

令和7年度福島県製造業デジタル化推進プロジェクト 成果普及講習会

成果報告 - ③ デジタル技術高度化支援

繊維素材の風合い及び特性の 可視化技術に関する研究

未来を創る、
福島の
デジタル製造革新

製造業
×
DX化



■ 技術トレーニング

AI・IoT技術者向けの実習型トレーニング

AI・IoT機器を運用・開発する技術者向けに、企業ニーズの高い技術トレーニングを実習形式で開催する。

テーマ：AI画像処理、ロボット制御、IoTセンサ実装、拠点間通信など



■ スマート化実証ラボ

導入検証サポート

AI・IoT技術の導入を検討する企業に対し、ハイテクプラザがスマート化実証ラボ等を活用し、動作検証や導入効果の予測等を実施する。



試作キットの開発・試験導入

IoT試作キット



AI試作キット



実証ラボで、電源ONですぐに使える「IoT試作キット」、AIによるキズ検査等ができる「AI試作キット」等を開発し、工場等の現場に試験導入する。

■ 技術開発・実証

繊維素材の風合い及び特性の可視化技術に関する研究

背景:

高機能性素材の登場やファッションの多様化により繊維素材の評価が複雑化例：吸放湿性能、オールシーズン対応、薄地化・軽量化など

課題:

機能性測定や風合い評価の結果が、製造現場で活用が進んでいない。
 ・機能性測定：個別評価 → 設計条件との関係が不明、フィードバックが困難
 ・風合い評価：伸縮性や柔軟性を測定 → 実際の着心地が想像困難

解決法:

生地設計条件を基に、シミュレーションやアパレル3DCAD等のデジタル技術を活用して、機能性や風合い（触り心地、着心地）の評価・予測手法を開発する。

実施内容:

- ① 繊維製品の設計条件から風合い換算法の開発
- ② 風合いのデジタル空間における表現方法の検証及び評価



成果:

デジタル技術を活用した繊維素材特性の総合的な評価と予測、可視化
 → 適切な素材選定のアシスト、開発期間の短縮化。

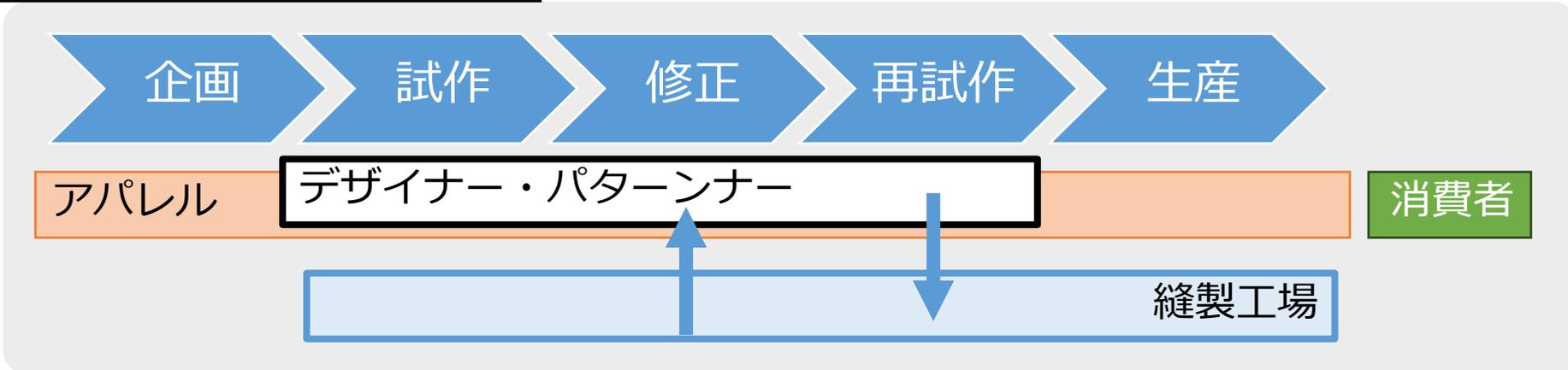


アパレル3DCAD



ハイテクプラザ試作品

従来の直列型プロセス



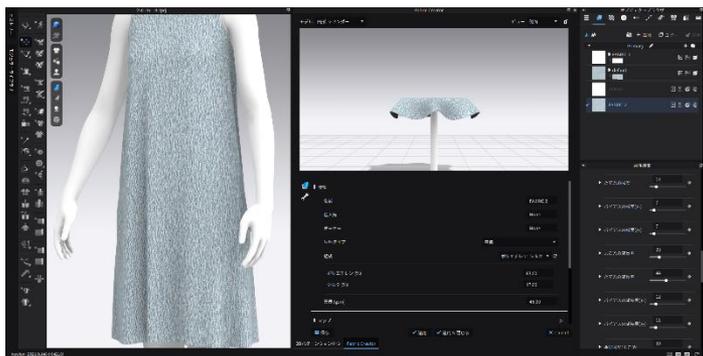
デジタル技術を活用した並列型プロセス



デジタルサンプルでの試作修正により、1stサンプルの高精度化

本物に見えるだけでは伝わらない風合いや快適性

- ◎ デザインやサイズの調整
⇒ 視覚で得られる情報の限界



マテリアルスキャナ
光学特性をマテリアル
マップデータ化

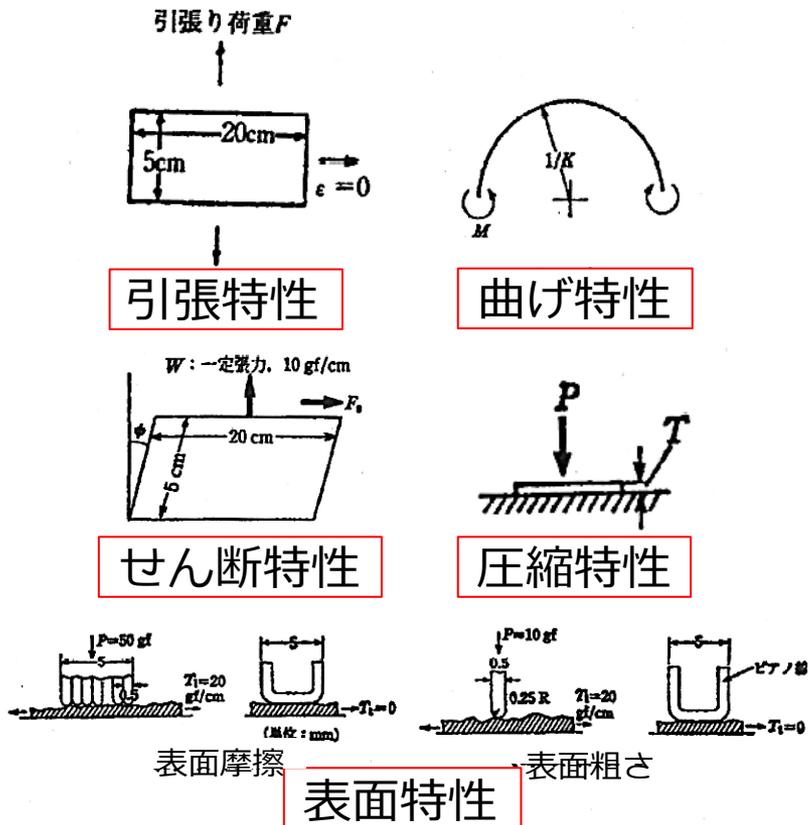


簡易物性測定器
外観表現のための伸びや曲げ剛性の簡易測定データ化

✕ 機能性や風合いの情報
手触りの情報から衣服素材の特性を把握・予測している

縫製工場：縫製時の寸法変化・可縫性
消費者：機能性の情報

手触りの情報 ⇒ KES物性値：布の「風合い」を客観化する27の力学的特性値



項目	記号	特性	経緯方向
引張	LT	引張り荷重-伸びひずみ曲線の直線性	
	WT	引張り仕事量	あり
	RT	引張りレジリエンス	
曲げ	B	曲げ剛性	あり
	2HB	ヒステリシス幅	
せん断	G	せん断剛性	
	2HG	$\phi = 0.5^\circ$ におけるヒステリシス幅	あり
	2HG5	$\phi = 5^\circ$ におけるヒステリシス幅	
圧縮	LC	圧縮 (荷重-ひずみ) 曲線の直線性	
	WC	圧縮仕事量	
	RC	圧縮レジリエンス	-
	T0	圧力 0.5 gf/cm^2 における厚さ	
	TM	圧力 50 gf/cm^2 における厚さ	
	ピアノ線		
表面	MIU	平均摩擦係数	
	MMD	摩擦係数の平均偏差	あり
	SMD	表面粗さ	
目付	重さ	単位面積当たりの重量	-

風合いを評価する基本力学特性
(KES : KAWABATA EVALUATION SYSTEM)

◎ **精密な測定が可能**

✕ データの解釈が難しい ⇒ **設計条件と機能性と結びつける**

目的

生地の力学的特性と機能性の関係式を求める

測定対象

紳士服地：織物9種

素材：毛orポリエステルor混紡

測定項目

- 力学特性5種：27物性
(引張[6]、曲げ[4]、圧縮[5]、せん断[6]、表面特性[6])
- 目付 (mg/cm²)、空隙率、
- 繊維種比重

- ◆ 接触冷感性 (JIS L 1927)
- ◆ 吸水速乾性 (AATCC201)

統計解析手法

➔ 回帰的に関係式を導出



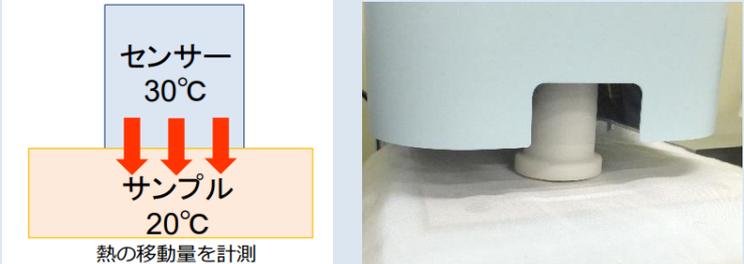
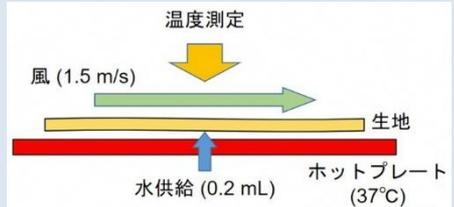
KES物性値測定



機能性試験

統計解析手法

- 相関分析：関係性確認
- 主成分分析：因子の要約
- 重回帰分析：回帰式の作成

試験名	接触冷感性	吸水速乾性
規格名	JIS L 1927	AATCC 201
<p>概要</p>	<p>熱源板を生地接触到させた際の瞬間的な熱の移動量</p>	<p>一定量の水を滴下した生地を熱板上に置き、乾燥するまでの時間測定</p>
<p>方法</p>	 <p>$\Delta t = 10^\circ\text{C}$</p>	$V = \frac{M}{D}$ <p>V:乾燥速度 (mL/h) M:水の体積 D:乾燥時間</p> 
<p>意味合い</p>	<p>q_{max}が大きいほど、触れた瞬間にひんやりと感じる。</p>	<p>乾燥速度が大きいほど、汗などの水分が速く乾くことを示す。</p>
<p>特徴</p>	<p>皮膚から生地への熱移動の速さを評価。持続的な冷たさではない。</p>	<p>実際の着用状態に近い温度条件下での水分拡散・蒸散能力を数値化</p>

接触冷感性と力学特性の関係

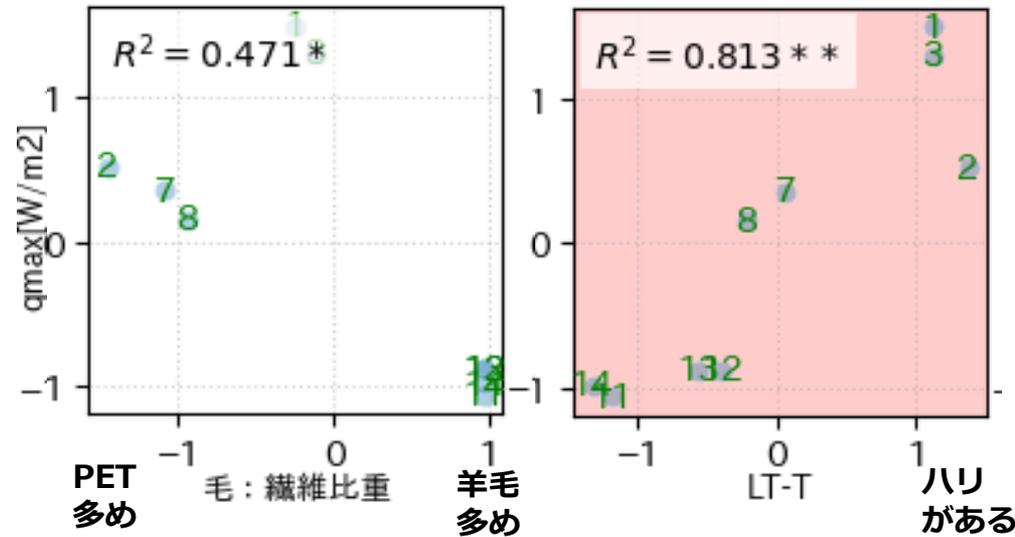
➡ 相関が認められた因子は2つ

*: $p < 0.05$

** : $p < 0.01$

◆ 熱伝導率：羊毛 < PET

◆ LTが高い：生地が緻密で、引き始めからしっかりした抵抗がある構造。



標準化した値による散布図

繊維の種類	熱伝導率 [W/(m·K)]
羊毛 (Wool)	約 0.035 ~ 0.05
ポリエステル(PET)	約 0.14 ~ 0.15

LT 引張り荷重—伸びひずみ曲線の直線性

接触冷感性と力学特性の関係

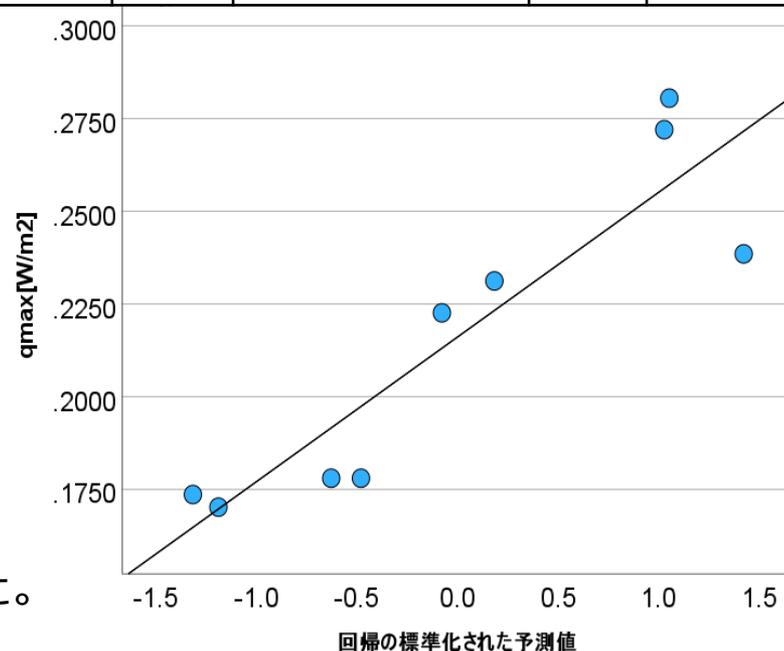
モデルの信頼性

- 決定係数 $R^2 = 0.82$ と非常に高い
- モデル全体として統計的に有意 ($p < 0.01$)

各要因の影響

- LT-T (有意): 強い正の影響 ($\beta = 0.83, p < 0.05$)
- 繊維比重 (非有意): 今回の条件下では明確な影響は確認されなかった。
- 多重共線性は問題ない ($VIF < 5$)

R	R2 乗	調整済み R2 乗	F 値	有意確率
0.91	0.82	0.76	13.6	.006



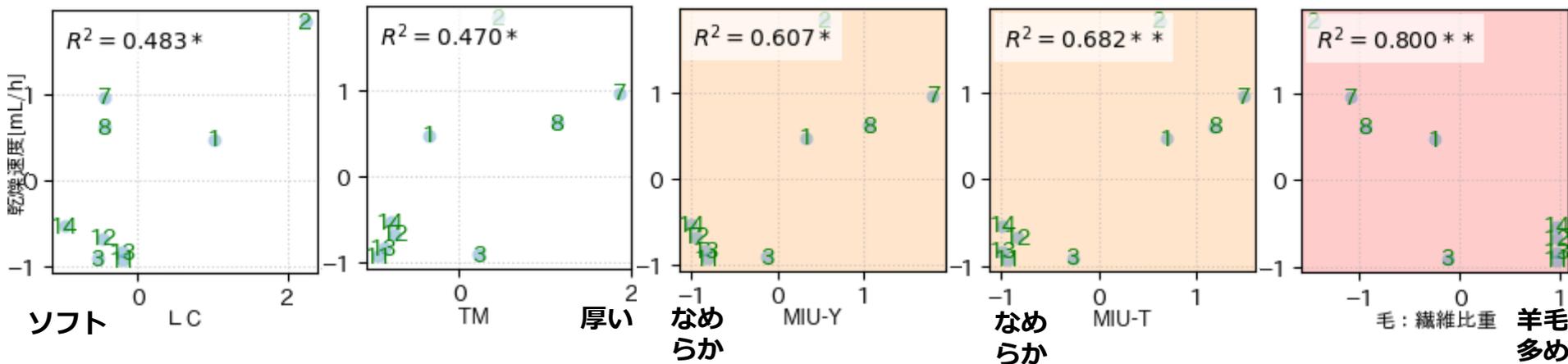
	ベータ	p	VIF
(定数)		0.156	
LT-T	0.825	0.014	1.95
毛 : 繊維比重	-0.110	0.665	1.95

吸水速乾性と力学特性の関係

➔ 相関が認められた因子は5つ

*: $p < 0.05$

** : $p < 0.01$



標準化した値による散布図

◆ウールの初期撥水性

◆PETの割合が高い：剛直性が増し、潰れにくく、厚みや表面粗さが増加

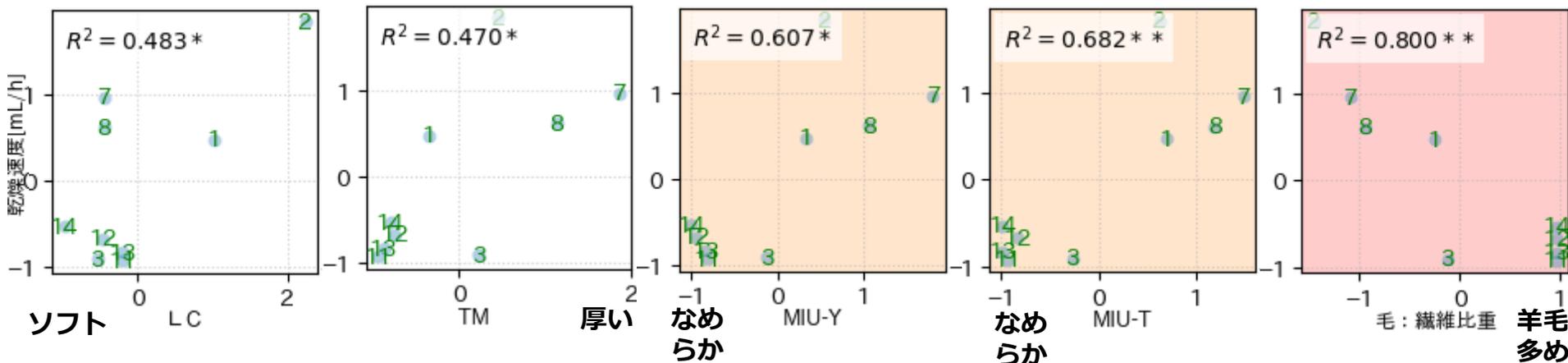
LC	圧縮荷重—圧縮ひずみ曲線の直線性
TM	厚さ 圧力50gf/cm ² における厚さ
MIU	平均摩擦係数

吸水速乾性と力学特性の関係

➔ 相関が認められた因子は5つ

*: $p < 0.05$

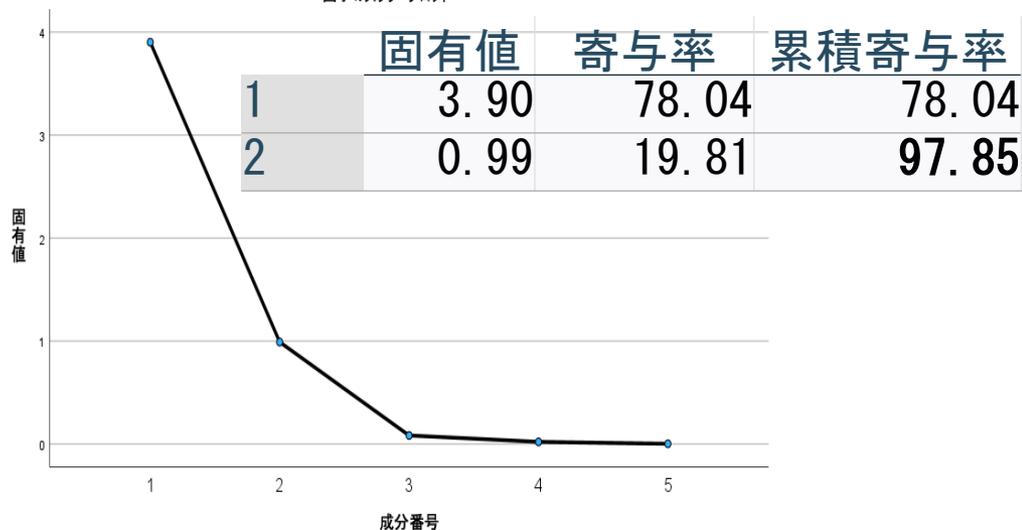
** : $p < 0.01$



	主成分	
	1	2
毛：繊維比重	-0.973	-0.155
LC	0.413	0.910
TM (mm)	0.932	-0.329
MIU-Y	0.979	-0.164
MIU-T	0.978	-0.061

因子抽出法：主成分分析

因子のスクリープロット



吸水速乾性と力学特性の関係

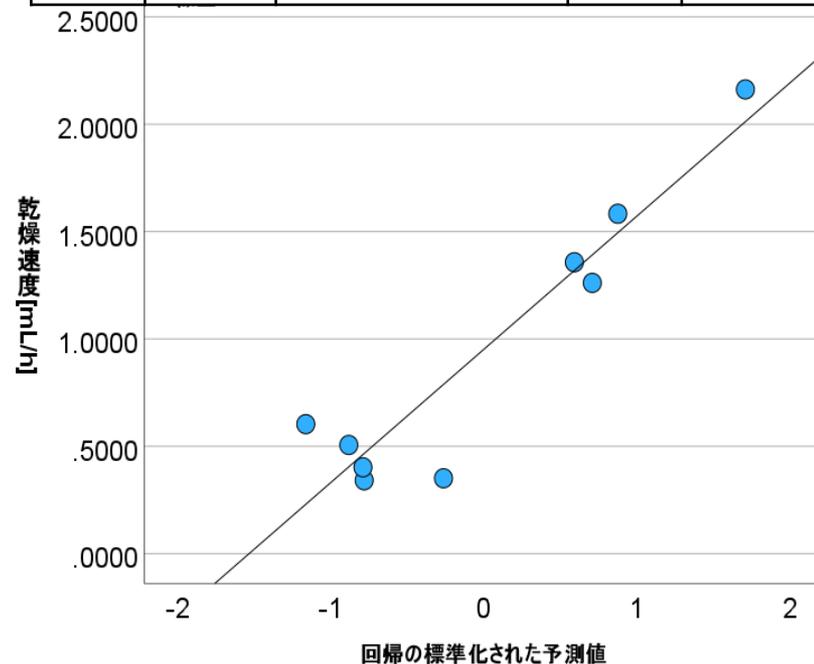
モデルの信頼性

- 決定係数 $R^2 = 0.88$ と非常に高い
- モデル全体として統計的に有意 ($p < 0.01$)

各要因の影響

- 第一主成分(有意): 強い正の影響 ($\beta = 0.86, p < 0.05$)
- 第二主成分(有意): 正の影響 ($\beta = 0.37, p < 0.05$)
- 多重共線性: 相関がない ($VIF = 1$)

R	R2 乗	調整済みR2 乗	F 値	有意確率
0.94	0.88	0.84	22.5	.002



	ベータ	p	VIF
(定数)		0.000	
第一主成分	0.863	0.001	1.00
第二主成分	0.371	0.038	1.00

生地の力学的特性と機能性の関係式を求める

紳士服地において

接触冷感性

- ・生地を構成する繊維素材の熱伝導率の違い：羊毛 < PET
- ・組織の緻密さ ⇒ 引張の直線性LT

吸水速乾性

- ・ウールの初期撥水性がある
- ・PETによる剛直性 ⇒ 摩擦・厚み・潰れにくさ ⇒ 水分の拡散性

「力学特性5種、目付、空隙率、繊維種比重」と機能性の結びづけができた。

目指すところ

◆ 品質管理：相関による一括推定

一度のKES測定データから、接触冷感、吸水速乾性といった複数の機能性を同時に、高い精度で予測すること

◆ 製品開発：機能性を含めた製品開発の高速化の実現

生地設計の段階で、衣服がどの程度の機能性を持つかを事前にシミュレーション