

編織物の物性評価データベースと 予測システムの構築

繊維・高分子科	○研究員	中島孝明
	専門員	長澤 浩
	副主任研究員	中村和由
	研究員	小林慶祐
	専門研究員	東瀬 慎

質問はメールにて事務局までお気軽にお問い合わせください。

問い合わせ先：福島県ハイテクプラザ 企画連携部産学連携科

e-mail : hightech-renkei@pref.fukushima.lg.jp

緒言

見た目、デザインの試作

→ソフトの発達で

熱的快適性（通気性、保温性）
風合いの確認

→試作&測定が一般

物性値を予測できれば
試作コストを低減に！

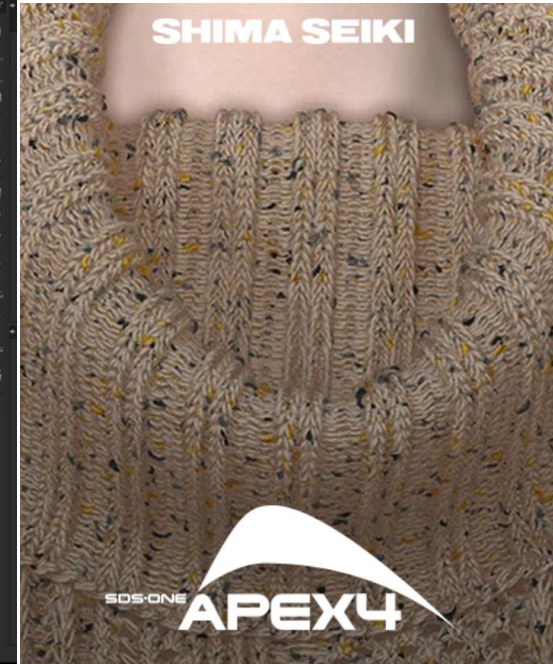
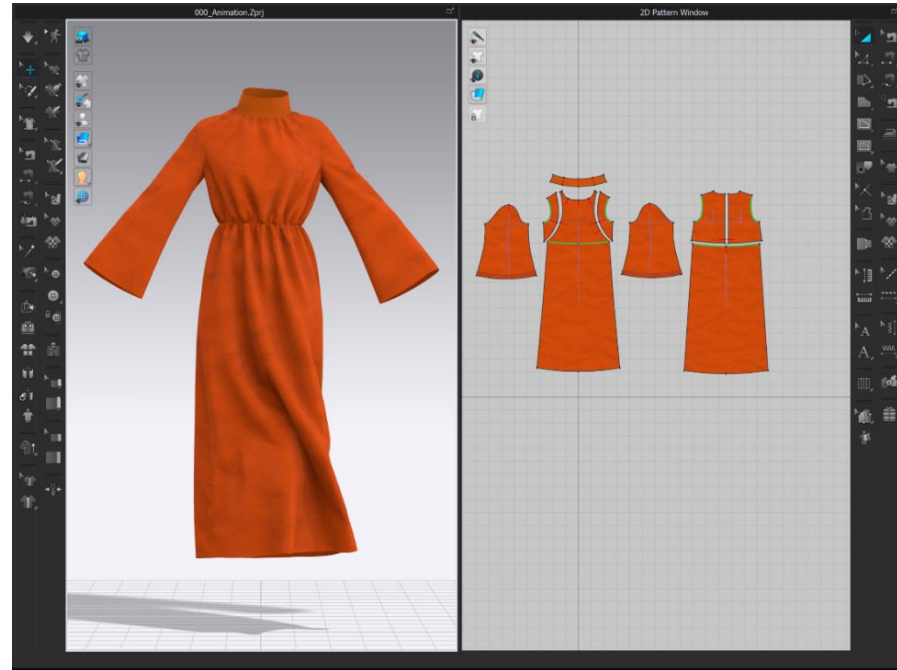
CLO Enterprise

リアリティと操作性の両立をかなえた

新たなアパレル3D

着装シミュレーションシステム

サンプルコストの削減、企画・生産時間の短縮を実現します。



手法

今年度の取り組み

[つくる]

規格統一サンプルの試作

- ・綿糸（織度（太さ））
- ・組織（製織組織、密度）

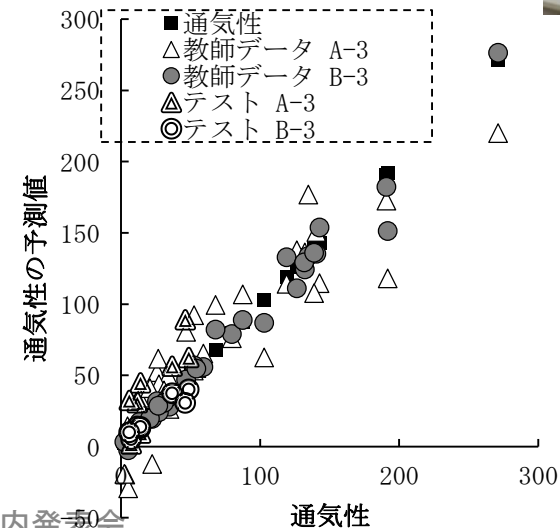
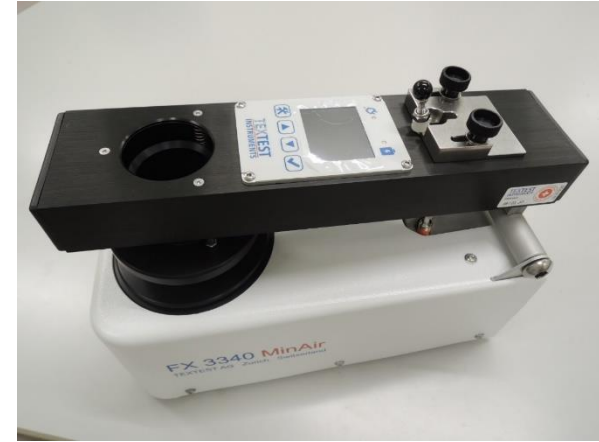
[はかる]

物性データ（着用快適性）の測定

- ・通気性
- ・経緯糸方向の寸法変化、織り上がりの密度、目付、厚み

[計算する] → 通気性を予測 データベースの解析

- ・重回帰分析
- ・機械学習(predict)



つくる



綿織物43種類 試織

表番号	筵密度 [羽/inch]	緯糸素材 (織度[dtex])
表1	30	綿43番手双糸 (274.7)
表2	30	綿スラブ16番手 (332.2)
表3	50	綿43番手双糸 (274.7)

1目盛り = 0.1mm

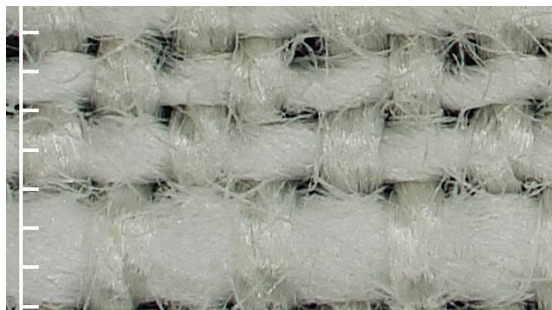


表1 組 織	緯糸密度[本/cm]					
	13.0	19.7	21.7	23.6	26.0	39.4
平織	A1	B1	B7	B8	A2	A4
平織 (緯2本引揃え)	-	-	-	-	A3	A5
平織 (緯3本引揃え)	-	-	-	-	-	A6
1/3綾織	-	B2	-	-	-	-
2/2綾織	-	B3	-	-	-	-
2/2斜子織	-	B4	-	-	-	-
3/1破れ斜紋織	-	B5	-	-	-	-
8枚朱子織	-	B6	-	-	-	-

表2 組 織	緯糸密度[本/cm]				
	15.7	19.7	21.7	23.6	27.6
平織	C5	C4	C3	C1	C2
2/2綾織	-	C6	-	-	-
8枚朱子織	-	C7	-	-	-

表3 組 織	緯糸密度[本/cm]				
	13.0	19.7	26.0	29.5	39.4
平織	D1	D2	D3	-	-
1/3綾織	-	E07	-	E08	E09
2/2綾織	E18	E10	-	E11	E12
2/2斜子織	E19	E13	-	E14	E15
3/1破れ斜紋織	E17	E04	-	E05	E06
8枚朱子織	E16	E01	-	E02	E03

教師データ 35種

テスト用未知データ 8種

つくる

製織する前に指定・算出できる値 → 製織条件として取りまとめた

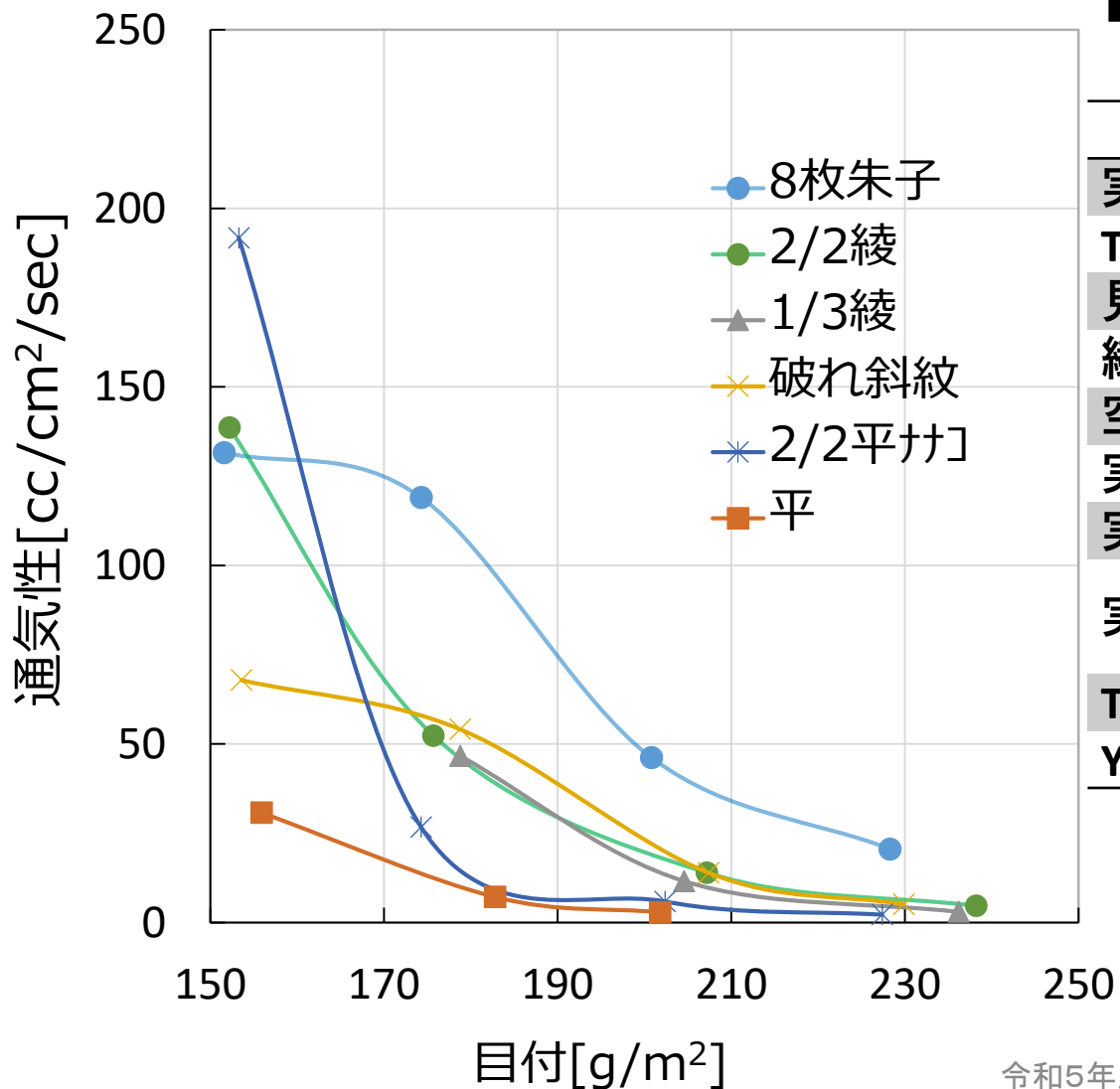
変数項目	内容		単位
T_TEX	経糸	使用した織度	[dtex]
Y_TEX	緯糸		
T_密度	経糸	設計上の糸密度	[本/inch]
Y_密度	緯糸		
T_Yg	経糸	設計上の単位面積 当たりの糸量	[g/m ²]
Y_Yg	緯糸		
C_g/m ²		設計上の目付	[g/m ²]
T_CF	経糸	カバーファクター = 糸密度 × √織度	[本√dtex/inch]
Y_CF	緯糸		
C_CF	経緯 合計		

製織条件 → 10種準備した。

はかる

実測：通気性 + 経緯糸方向の寸法変化、織り上がりの密度、目付、厚み (T0)

➡見かけ密度、繊維充填率、カバーファクター



変数項目	内 容 (求め方)	単 位
実目付	実測目付	[g/m ²]
T0	0.5[g/cm ³]における厚み	[mm]
見かけ密度	実測目付/厚さ	[g/m ³]
繊維充填率	=見かけ密度/綿の比重	[%]
空隙率	= 1 - 繊維充填率	[%]
実経T密度	経糸	実測した糸密度 [本/cm]
実緯Y密度	緯糸	
実CCF	経緯合計の カバーファクター	[本Vdtex /inch]
T縮率	経方向	寸法変化 [%]
Y縮率	緯方向	

実測値 ➡10種準備した。

計算する 予測に用いる数値の設定

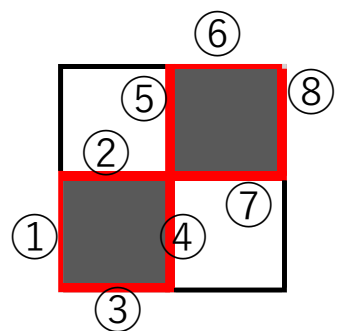
変数項目

製織条件 (緯糸の織度 etc.) 10種

実測値 (実測緯糸密度 etc.) 10種

組織 数値化が必要 ➔ 独自に3種設定

変数項目	内容
1Pac系数	1つの完全組織に必要な緯糸本数
8x8	8×8の組織図中で浮きを示す部分の周辺の数
8T_UPDOWN	緯糸を8本打ち込んだ時の経糸の浮き沈み回数

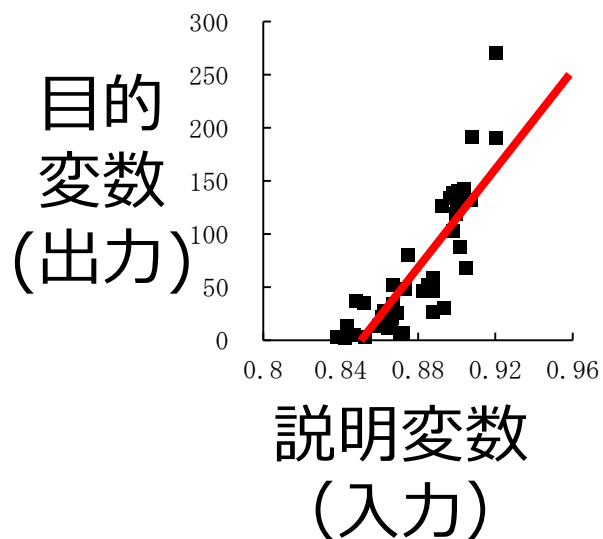


平織の完全組織
2マスx2マス ➔ 8本
 X 4 X 4
 8マス x 8マス ➔ 4 x 4 x 8 = 128 本

組織 (組織図)	変数項目	8x8	1Pac系数
平織		128	2
平織 (緯2本引揃え)		96	4
平織 (緯3本引揃え)		88.5	6
1/3綾織		64	4
2/2綾織		72	4
2/2斜子織		64	4
3/1破れ斜紋織		64	4
8枚朱子織		32	8

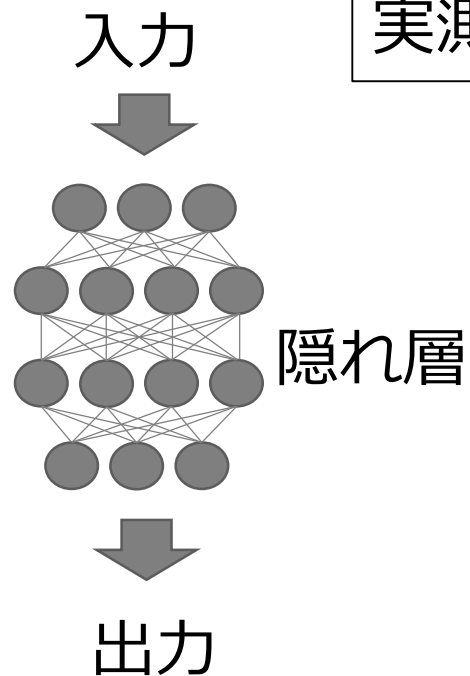
計算する 解析イメージ

A. 回帰分析



説明変数が多い
○誤差が小さくなる
×多重共線性リスク

B. 機械学習



×過学習
学習データのブレまで学習し、予測精度が落ちる

変数項目

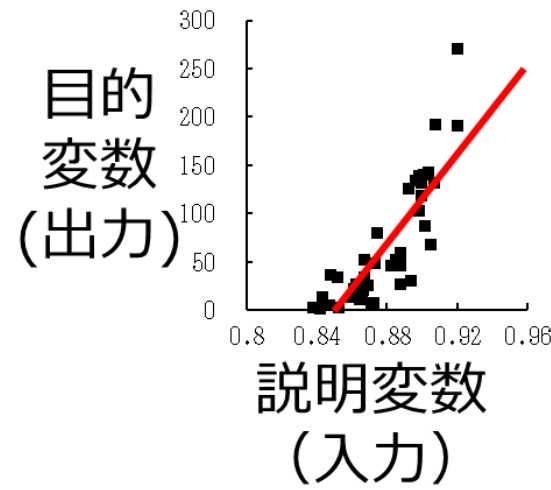
製織条件（緯糸の織度、）	10種
組織（8×8、）	3種
実測値（織上がりの緯糸密度、）	10種

	解析に使用する変数項目
①	23項目すべて
②	製織条件 10種 織物組織 3種
③	緯糸織度 経・緯糸密度 組織（8×8） 経緯縮率

計算する 回帰分析

変数項目

製織条件 (緯糸の織度、)	10種
組織 (8 x 8、)	3種
実測値 (織上がりの緯糸密度、)	10種



説明変数が多い
○誤差が小さくなる
×多重共線性リスク

主成分分析

→項目数を削減 (情報量は9割程)

A-1	23項目すべて	➔	<u>4主成分</u>
A-2	製織条件 10種		
	織物組織 3種	➔	<u>3主成分</u>

A-3

緯糸織度
経・緯糸密度 **6種**
組織
経緯縮率

➔ 重回帰分析

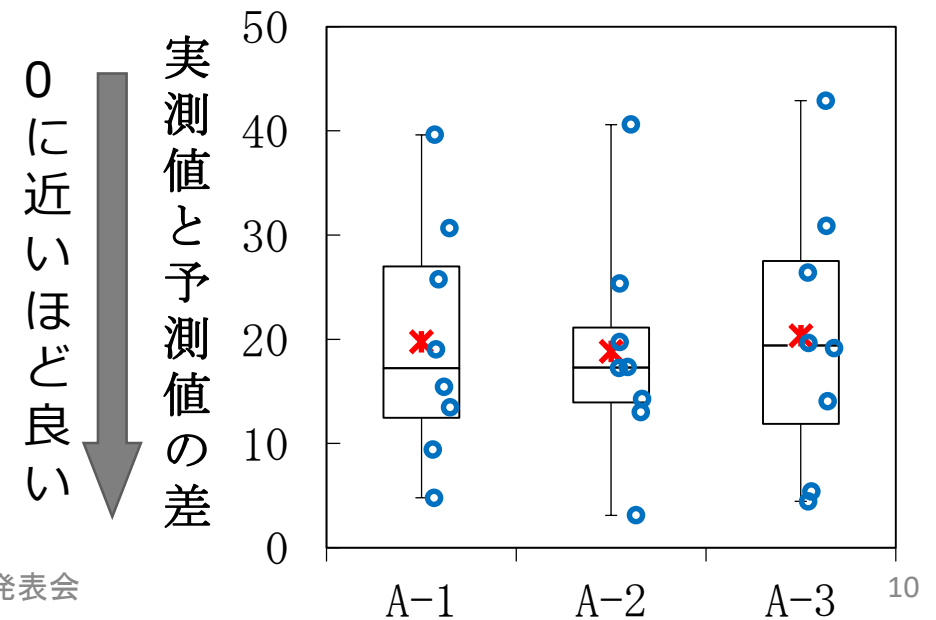
結果 重回帰分析の結果

教師データ35種に対する予測精度

回帰式	使用した変数項目	主成分分析			重回帰分析		
		有無	使用主成分数	累積寄与数	説明変数量	補正R ²	RMS : 残差二乗平均平方根 [cc/cm ² /sec] 予測誤差の指標
A-1	23項目すべて	有	4	89.5	4	0.80	27.0
A-2	製織条件10種 織物組織 3種	有	3	88.6	3	0.77	29.7
A-3	緯糸織度 経・緯糸密度 組織 経緯縮率	なし	-	-	6	0.80	26.7

テスト用未知データ8種に対する予測精度

回帰式	R	RMS [cc/cm ² /sec]
A-1	0.65	22.6
A-2	0.91	21.4
A-3	0.85	23.7



計算する 機械学習

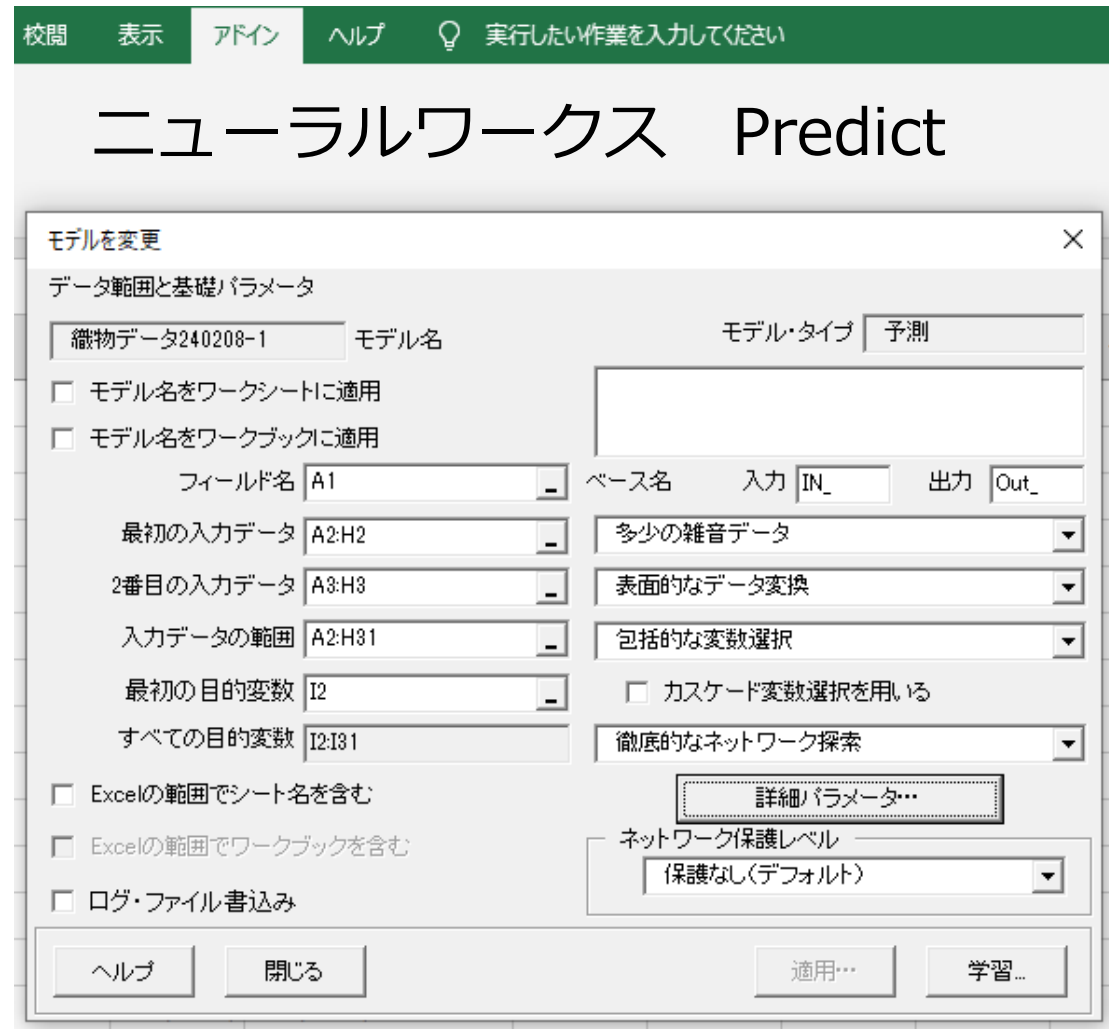
変数項目

製織条件（緯糸の織度、） 10項目

組織（8 x 8、） 3項目

実測値（織上がりの緯糸密度、） 10項目

解析モデル	使用変数	項目数
B-1	23項目 すべて	23
B-2	製織条件 10項目 織物組織 3項目	13
B-3	緯糸織度 経・緯糸密度 組織 経緯縮率	6



データのノイズの程度	多少の雑音データ
データ変換の程度	表面的な
変数選択の程度	変数選択しない
ネットワーク探索の程度	徹底的な
カスケード変数選択	用いる

結果 機械学習モデル 予測値

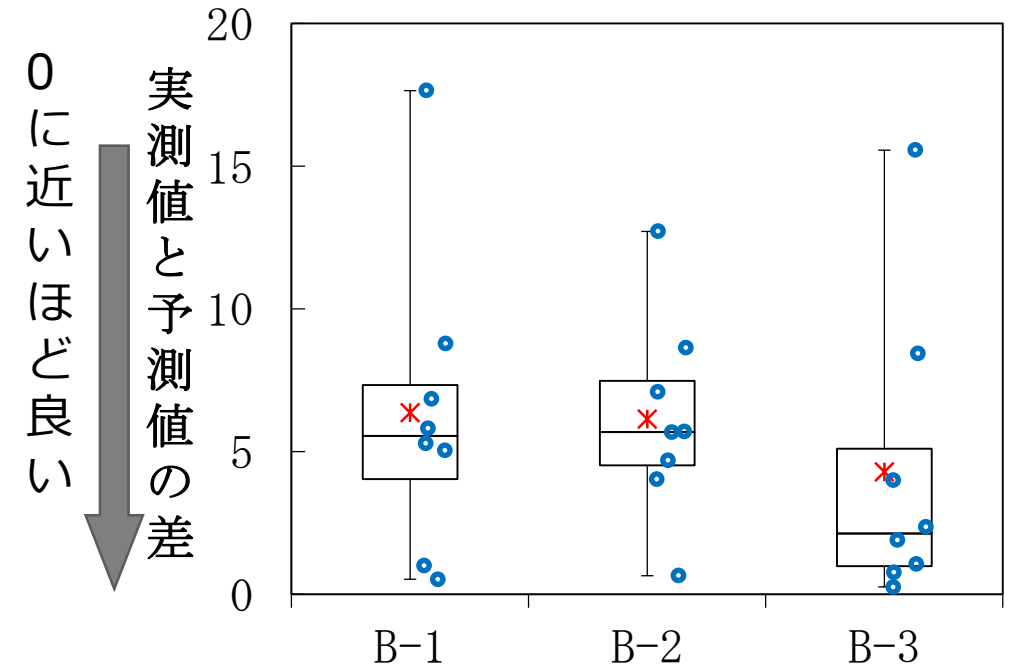
RMS：残差二乗平均平方根
予測誤差の指標

教師データ35種に対する予測精度

解析モデル	R	RMS [cc/cm ² /sec]	使用変数
B-1	0.99	10.31	すべて (23)
B-2	0.98	12.06	製織条件 (10) 織物組織 (3)
B-3	0.99	9.33	緯糸織度 経・緯糸密度 組織 経緯縮率

テスト用未知データ8種に対する予測精度

解析モデル	R	RMS [cc/cm ² /sec]
B-1	0.90	8.09
B-2	0.95	6.98
B-3	0.95	6.88



考察

回帰分析

変数項目内でのバリエーション不足

(緯糸織度2種、緯糸密度8種)

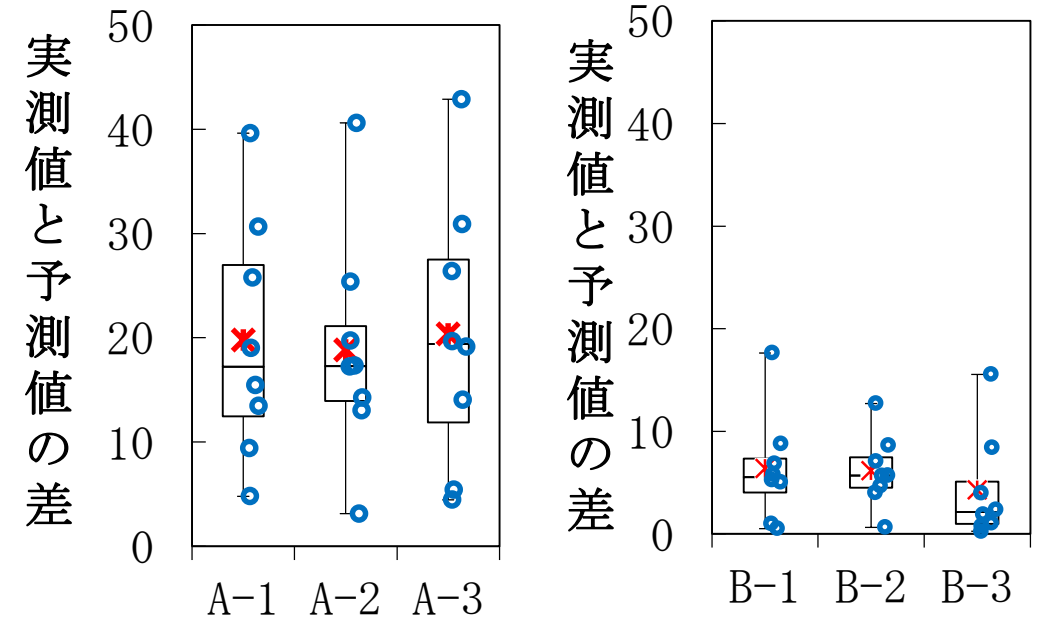
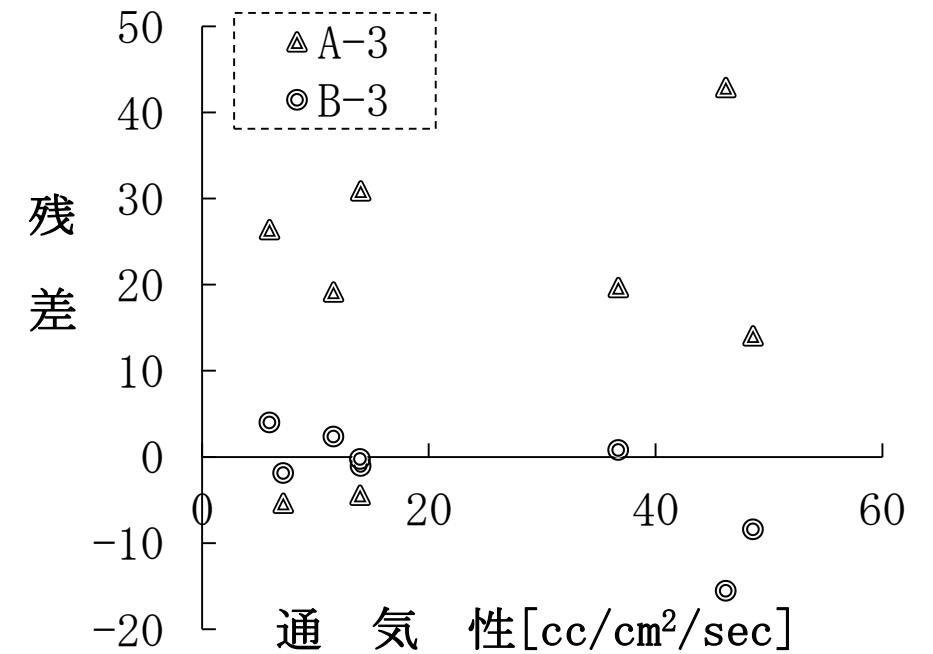
➡精度不足

機械学習

データ数が少ないが (教師データ35種)

織物設計書の情報で十分な予測ができた

➡約10[cc/cm²/sec]のずれは許容範囲



まとめ

- ・綿織物43種類の織物を試織した
- ・通気性や厚さなどを測定し、設計値と共にデータベース化した
- ・回帰分析と機械学習による予測値を算出
機械学習➡試織前の情報で
ある程度予測可能

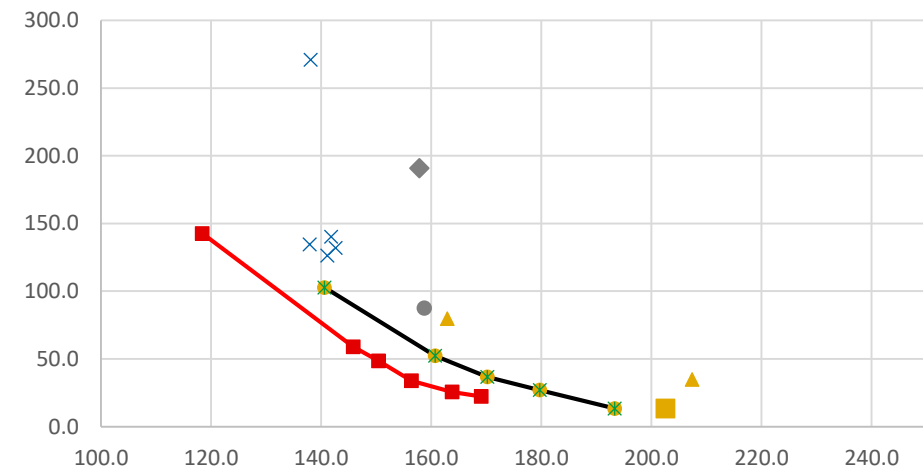


次年度の取組

- ・ 予測モデルの精度確認
テスト用未知データ数を増やす（緯糸のバリエーション等）
- ・ 教師データの強化
統計解析の質を向上するのに必要な設計の生地を試作
- ・ 通気性以外の物性値（曲げやすさ）

ご清聴ありがとうございました。

以下、資料



結果 主成分分析

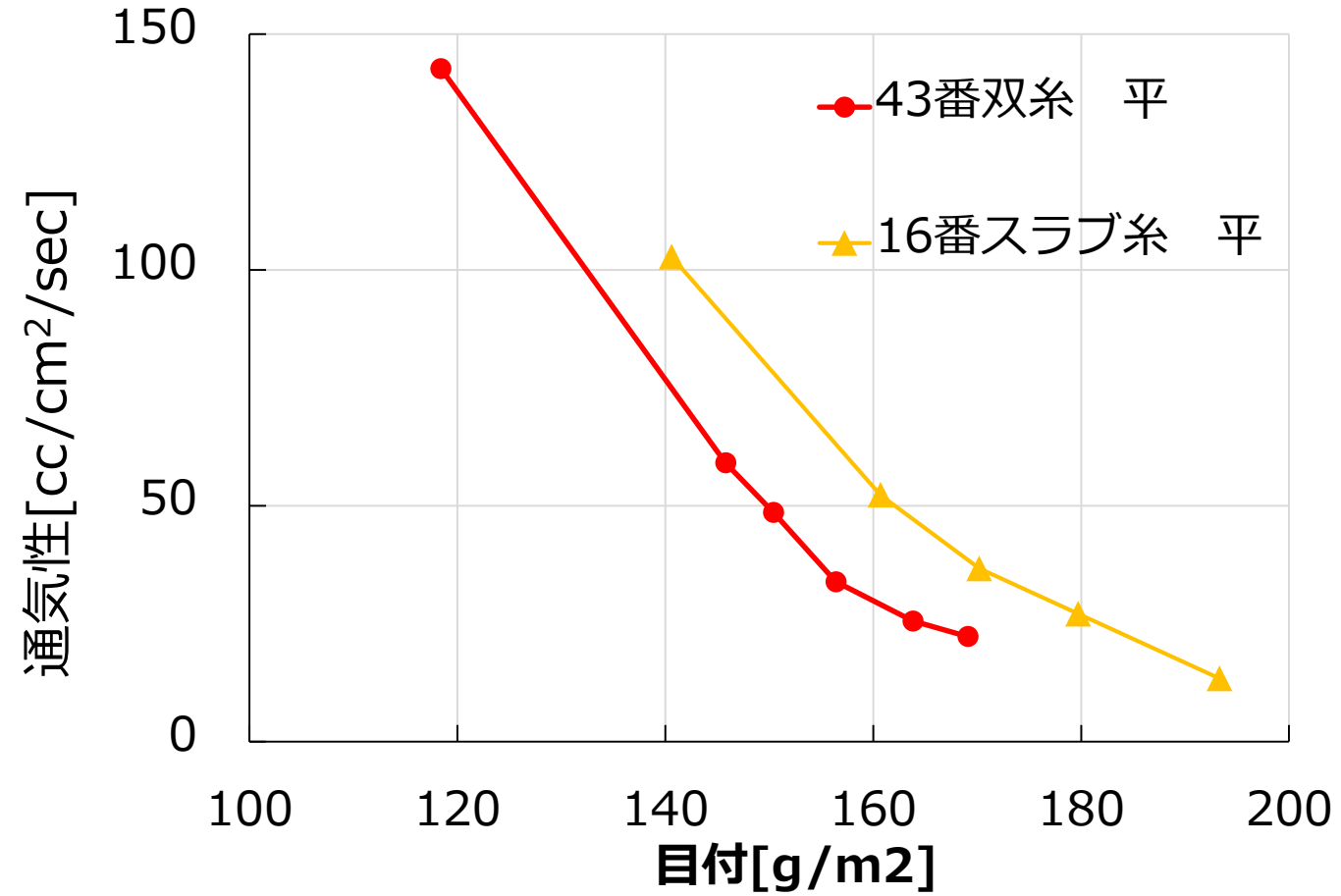
- 第1主成分 織物の密度
- 第2主成分 経糸密度、組織、厚み
- 第3主成分 緯糸縮率
- 第4主成分 緯糸織度

Y緯糸織度
 Y緯糸密度 T経糸密度 **6種** → 重回帰分析
 8x8
 T縮率 Y縮率

主成分と変数項目の相関係数を示す因子負荷量

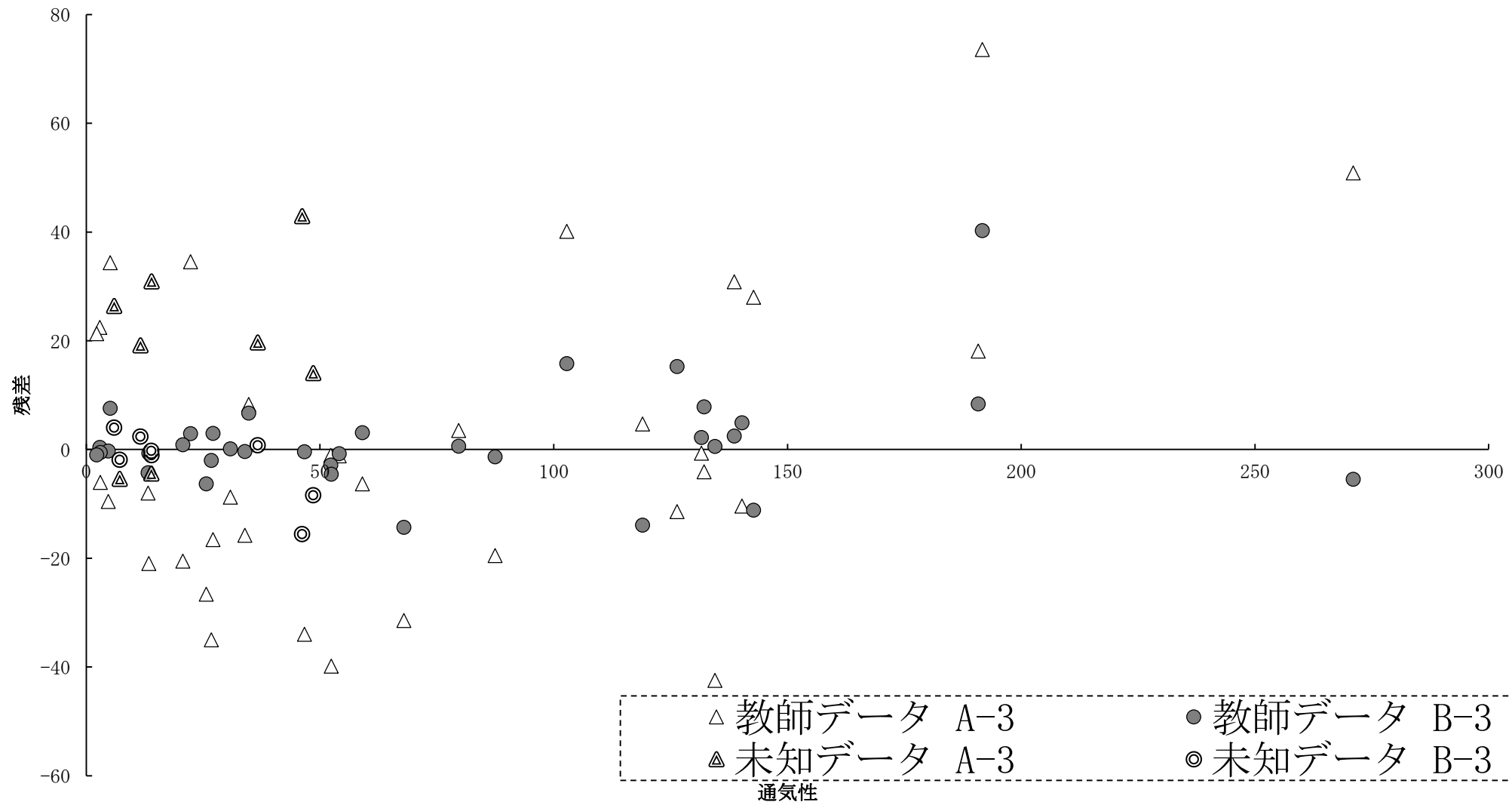
変数項目	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
累積寄与率	43.3	72.4	84.8	89.5
C_g/m ²	0.98	-0.16	0.03	0.09
実目付	0.98	0.01	-0.06	0.15
C_CF	0.97	-0.20	0.06	0.03
実CCF	0.96	-0.22	0.02	0.02
Y_密度	0.87	0.35	-0.31	-0.10
Y_CF	0.85	0.38	-0.33	-0.03
実緯Y密度	0.85	0.35	-0.34	-0.13
見かけ密度	0.84	0.51	0.12	0.03
繊維充填率	0.84	0.51	0.12	0.03
空隙率	-0.84	-0.51	-0.12	-0.03
Y_Yg	0.83	0.42	-0.36	0.04
T0	0.04	-0.85	-0.38	0.24
8x8	-0.14	0.81	0.49	0.19
実経T密度	0.47	-0.75	0.43	0.10
T縮率	-0.27	0.73	0.07	-0.11
T_Yg	0.50	-0.73	0.46	0.09
T_CF	0.50	-0.73	0.46	0.09
T_密度	0.50	-0.73	0.46	0.09
1Pac糸数	0.07	-0.71	-0.59	-0.16
8T_UPDOWN	-0.20	0.70	0.55	0.30
Y縮率	-0.15	-0.28	-0.66	0.43
Y_TEX	-0.27	0.32	-0.27	0.77
T_TEX	0.00	0.00	0.00	0.00

双糸とスラブ糸の比較



A-1の予測値と実測値の相関

試料番号	実測値 [cc/cm ² /sec]	予測値 [cc/cm ² /sec]			予測値の 標準偏差
		A-1	A-2	A-3	
B7	48.6	62.1	61.6	62.6	0.5
C3	36.7	10.9	53.9	56.4	25.6
D2	7.2	12.0	10.3	1.8	5.5
E02	46.2	85.8	86.8	89.1	1.7
E05	14.0	23.4	31.3	44.9	10.9
E08	11.6	27.0	31.3	30.7	2.3
E11	13.9	32.9	28.2	9.5	12.4
E14	5.9	36.6	31.3	32.3	2.8



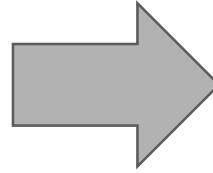
目的

素材や組織によって大きく変化するため生地サンプルによる確認が必要。

「生地設計段階で、着用快適性を予め評価できる」

着用快適性

- ・ 風合い
- ・ 生理的機能性（保温性、通気性など）
- ・ 動きやすさ



組織設計

- ・ 糸使い（素材、太さ、）
- ・ 組織（編製組織、緯糸本数、）

昨年度 物性データの測定

サンプル試作

県内企業からサンプルを購入

検証項目

緯糸密度が異なる生地

緯糸密度 9種類を用意

素材 綿スラブ糸

リネン糸 (3月測定)

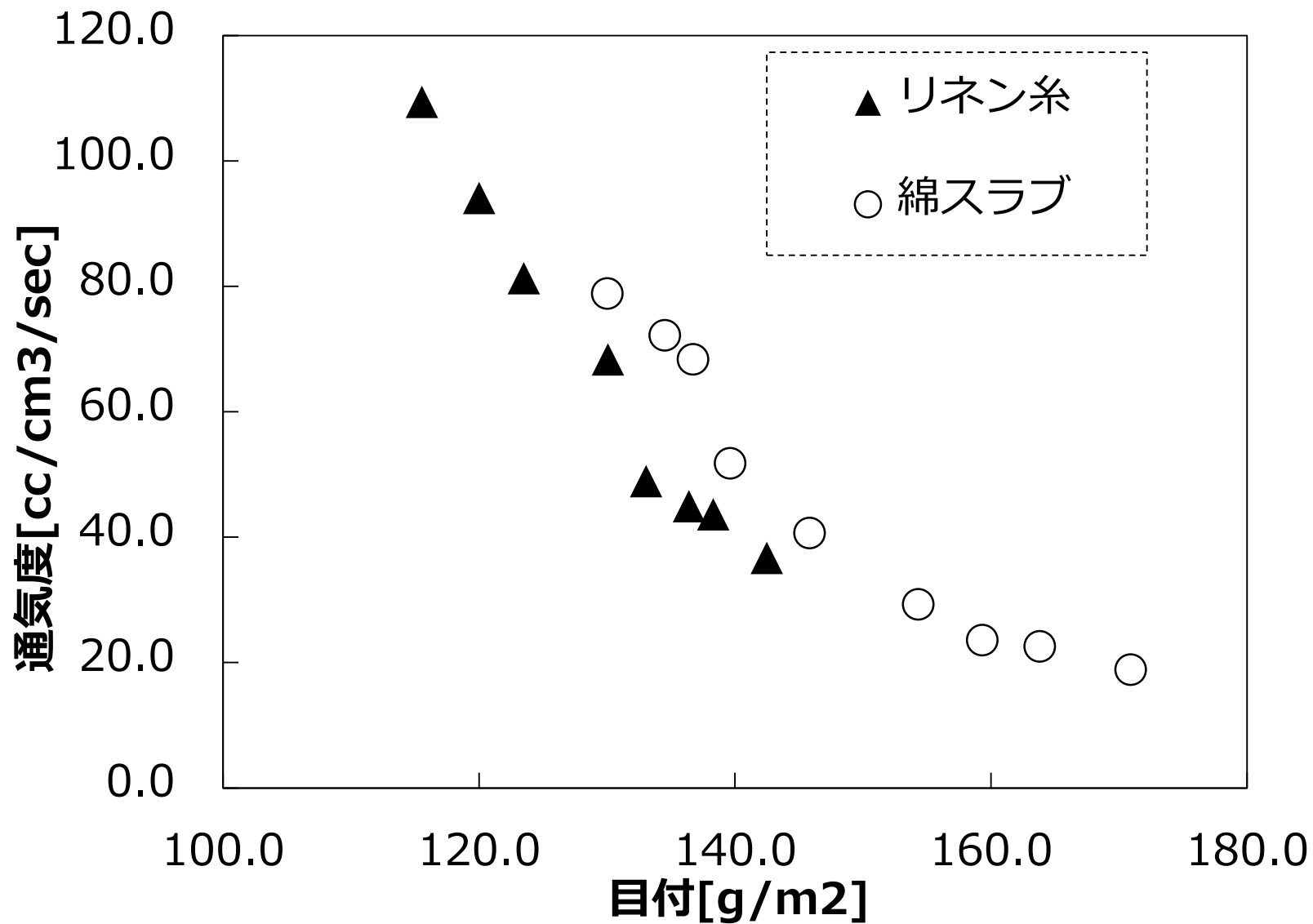


緯糸密度が異なる綿織物

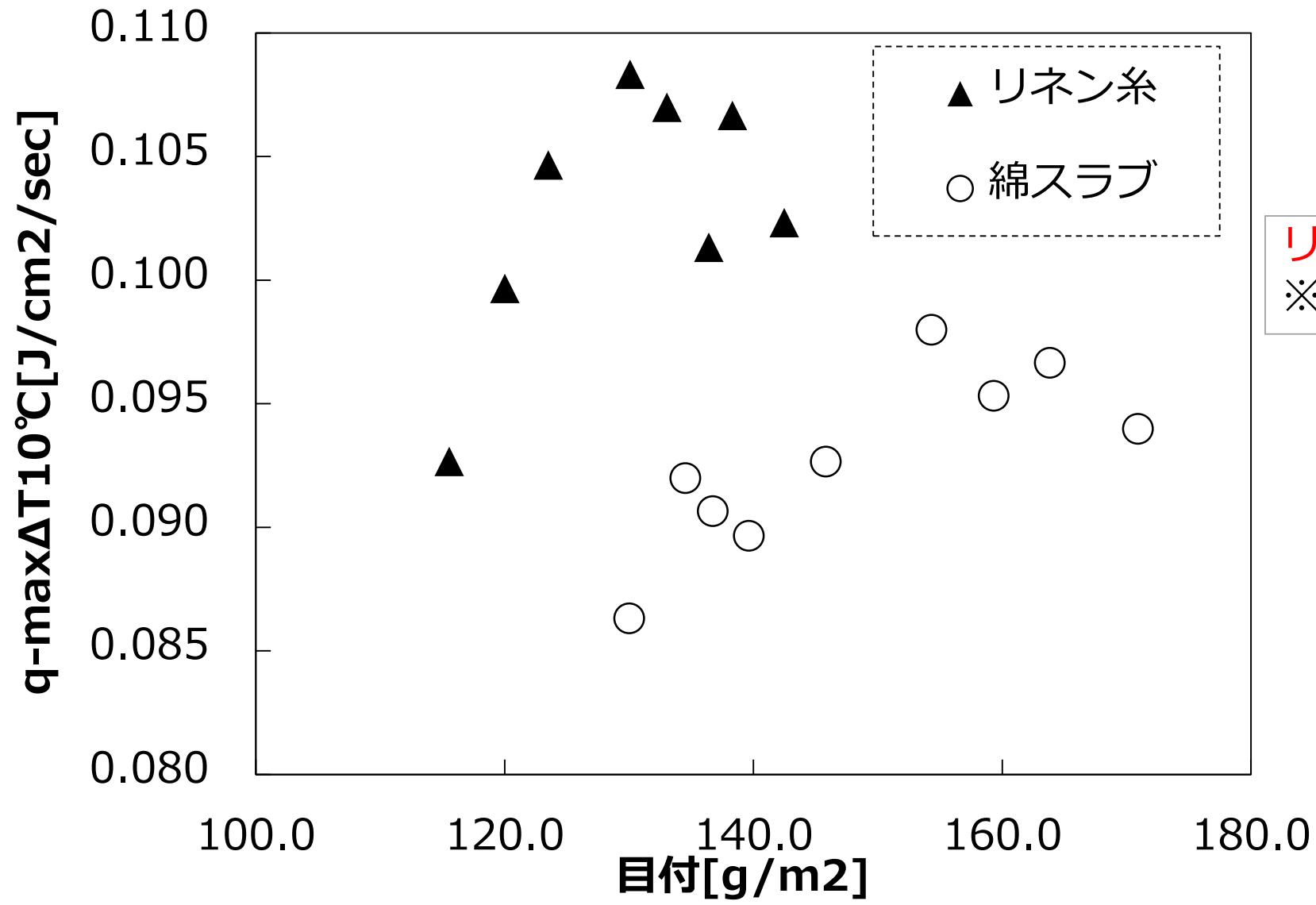
リネン糸											
試料番号	経糸密度	緯糸密度	長さave	幅ave	縮率		重さ	面積（浸漬後）	目付	通気度	q-max Δ T10°C
#	[本数/cm]	[本数/cm]	[cm]	[cm]	経方向	緯方向	[g]	[cm ²]	[g/m ²]	[cc/cm ³ /sec]	[J/cm ² /sec]
19	25	23	43.1	36.2	5.4%	0.7%	22.3	0.16	142.5	36.7	0.102
20	25	22	45.0	36.3	5.6%	1.0%	22.6	0.16	138.3	43.7	0.107
21	25	22	42.7	36.3	6.0%	1.0%	21.1	0.15	136.4	44.9	0.101
22	25	20	37.9	36.2	5.8%	0.9%	18.3	0.14	133.0	48.9	0.107
24	25	19	44.2	36.5	6.5%	0.7%	21.0	0.16	130.1	68.4	0.108
26	25	18	45.4	36.5	5.8%	0.7%	20.5	0.17	123.5	81.3	0.105
28	25	16	46.2	36.5	4.8%	1.0%	20.3	0.17	120.0	94.1	0.100
30	25	16	46.1	36.6	4.9%	1.0%	19.5	0.17	115.5	109.4	0.093

綿スラブ

試料番号	経糸密度	緯糸密度	長さave	幅ave	縮率		重さ	面積（浸漬後）	目付	通気度	q-max Δ T10°C
	[本数/cm]	[本数/cm]	[cm]	[cm]	経方向	緯方向	[g]	[cm ²]	[g/m ²]	[cc/cm ³ /sec]	[J/cm ² /sec]
19	26	26	43.7	33.8	7.0%	2.3%	25.3	0.15	170.9	18.9	0.094
20	26	24	44.0	34.3	7.3%	2.8%	24.8	0.15	163.8	22.6	0.097
21	26	21	45.3	34.4	7.3%	2.6%	24.8	0.16	159.3	23.6	0.095
22	25	20	62.5	34.2	8.5%	1.6%	33.0	0.21	154.3	29.3	0.098
24	26	18	44.0	34.3	7.6%	2.2%	22.0	0.15	145.8	40.7	0.093
26	25	17	45.5	34.5	7.2%	2.4%	21.9	0.16	139.6	51.8	0.090
28	26	16	49.4	34.6	6.6%	2.4%	23.4	0.17	136.7	68.4	0.091
30	25	15	47.9	34.7	6.8%	2.7%	22.3	0.17	134.5	72.2	0.092
32	26	14	46.4	34.7	6.8%	3.1%	20.9	0.16	130.0	78.9	0.086



通気度は目付に負の比例関係
※リネン糸結果追加



リネン糸の方が接触冷感性が高い
※リネン糸結果追加

昨年度のまとめ

緯糸密度が異なる綿織物の通気度やq-maxを測定した。

検証する必要があるものの、
緯糸密度との相関性があることを確認した。

今年度の計画

- ・ 設定条件の拡大

設計パラメータと測定物性値、サンプルデータ範囲を
設定し小幅試験織機での試作・測定・データ解析を進める

- ・ 測定データの解析方法の試行

構造的要因と物性値の結び付け

今年（今年）の目標

研究項目	中間目標（1年次）	中間目標（2年次）	最終目標
①物性データ収集用サンプル作製	・生地サンプルとして試作するための素材の選定、生地設計を行い、設計書を作成する。	・データベース作成用のサンプルを試作する。	・統計解析の質を向上するのに必要な設計の生地を試作する。
②物性データの収集、データベースの作成	・X線CTによる3Dモデリングを使って生地の形状データが収集できるか確認する。 ・設計データと物性値のデータベースを作成する。	・統計解析に必要なデータ数の形状データと物性値を収集する。	・統計解析を実施しデータベースを作成する。
③データベースの解析、予測手法の確立	・統計的解析手法を試行し、解析方法を決定する。	・統計的解析を実施し、出力される結果を考察する。	・製造条件や組織情報等から物性値を予測し、予測精度を検証する。

今期の目標

試織の実施



研究進捗

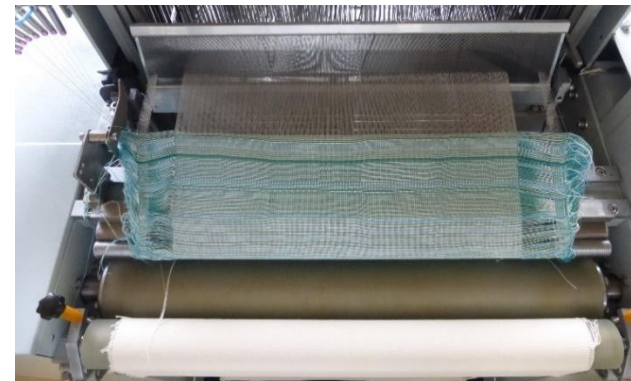
研究項目	2 年 次 (令和 5 年度)			
	1 期	2 期	3 期	4 期
① 物性データ収集用サンプル作製・サンプル織機による生地製の織 ・データ補完のために設計した生地を製織する (中島、長澤)	(つくる)	10点 → 21点		
① 物性データの収集、データベースの作成 ・物性データの計測、設計データとの比較 通気度、接触冷感性、KES物性等を測定する (中島、小林、中村)	(はかる)	通気度、接触冷感	R5購入物品搬入	KES特性、保温性
① データベースの解析、予測手法の確立 ・物性値を活用したシミュレーション検証 アパレルCAD等、KES物性 (中島、中村、小林、東瀬) ・設計条件と物性値の統計解析手法の実施 通気度、接触冷感性 (中島、小林、(穴澤))	(物理計算)	(統計計算)	KES特性	重回帰分析など

試織1回目 ハイテクでの試織 最大密度の調査、組織変更の確認

番号	経糸	緯糸	箆 ^① /吋)	箆 ^② /cm)	箆 ^③ 込数	通し巾	経糸 ^④ 本数	組織	設計 ^⑤ 密度 ^⑥ 本/cm)	備考
①	綿 (43/2)	リネン (1/60)	30	11.8	2	25	600	平	26.0	
③	綿 (43/2)	リネン (1/60)						平	39.4	2本引き込み
④	綿 (43/2)	綿 (43/2)						平	52.0	2本引き込み
⑤	綿 (43/2)	綿 (43/2)						平	39.4	2本引き込み
⑥	綿 (43/2)	綿 (43/2)						2/2綾	28.3	2本引き込み
⑦	綿 (43/2)	綿 (43/2)						2/2綾	39.4	2本引き込み
⑧	綿 (43/2)	綿 (43/2)						8枚朱子	39.4	
⑨	綿 (43/2)	スラブ (16/1)						平	26.0	
⑩	綿 (43/2)	スラブ (16/1)						平	28.3	
⑪	綿 (43/2)	スラブ (16/1)						平	39.4	

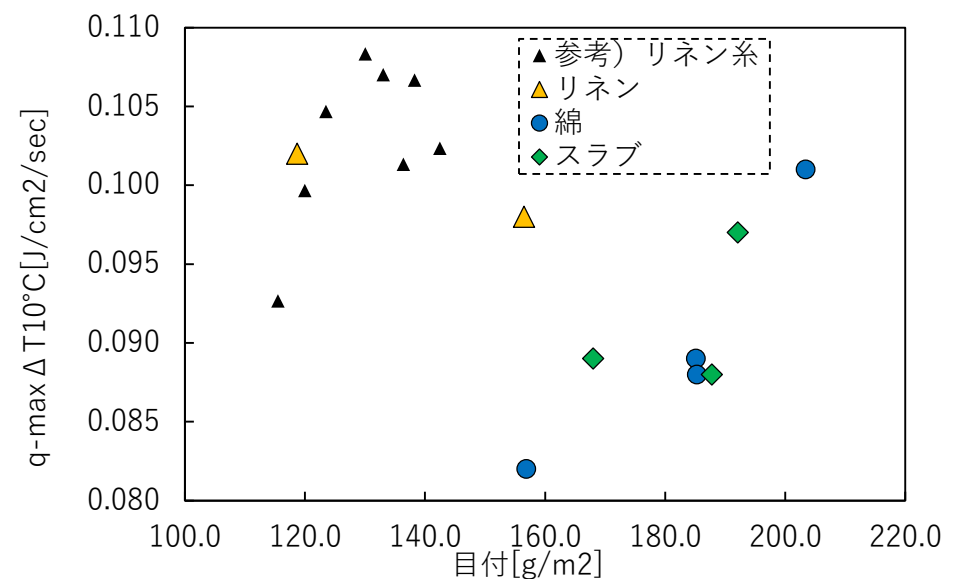
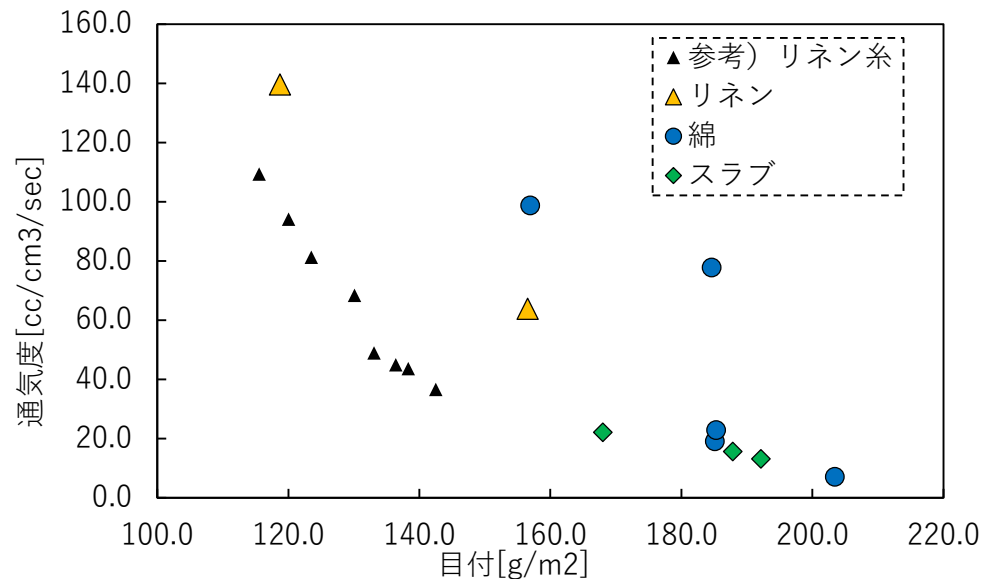
組織設計

- ・糸使い (素材、太さ、)
- ・組織 (編製組織、緯糸本数、)



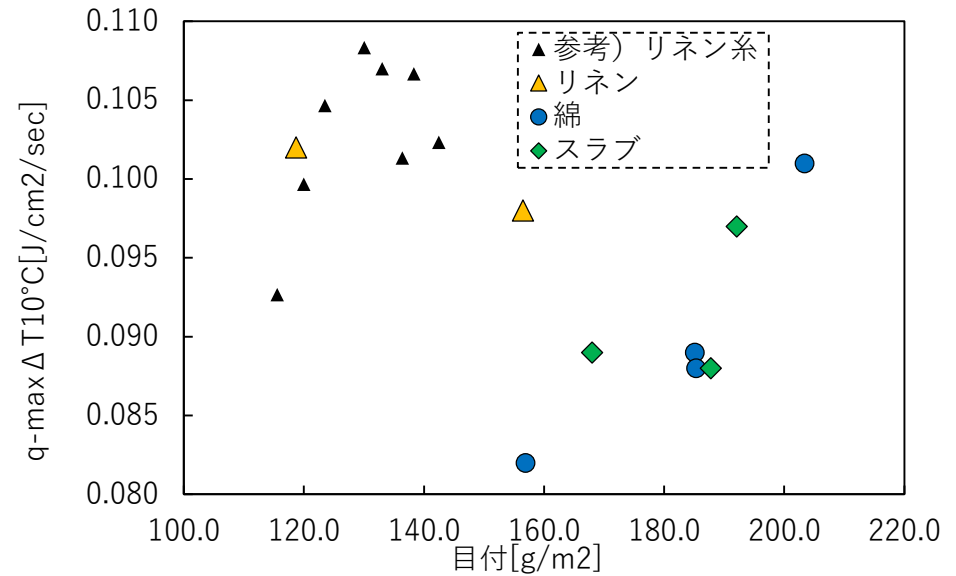
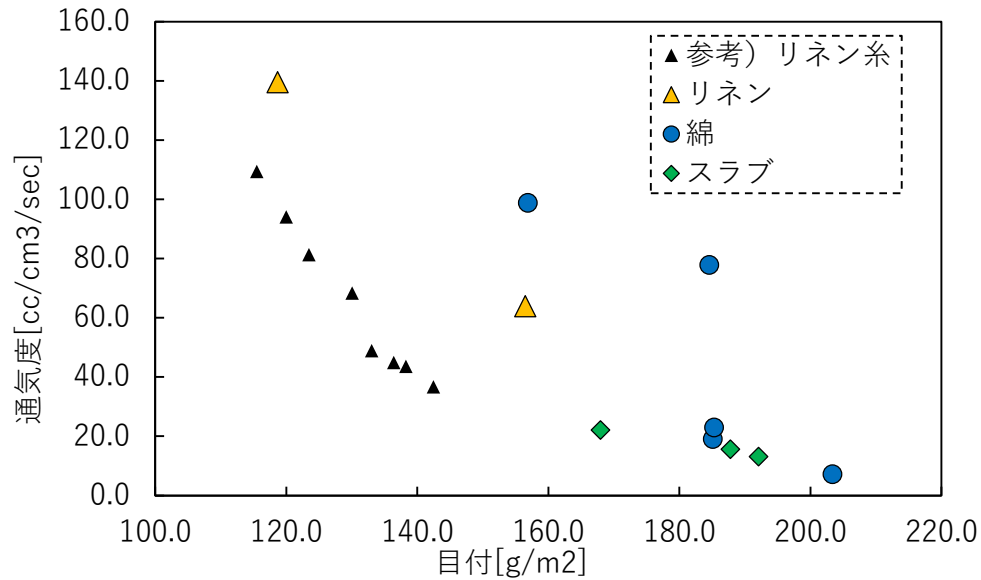
試織1回目 ハイテクでの試織 最大密度の調査、組織変更の確認

試料番号	緯糸密度 [本数/cm]	長さave [cm]	幅ave [cm]	重さ [g]	面積 (浸漬後) [m ²]	目付 [g/m ²]	通気度 [cc/cm ³ /sec]	q-max Δ T10°C [J/cm ² /sec]
①	15.6	30.5	24.0	8.7	0.07	118.7	139.6	0.102
③	31.5	40.5	25.0	15.9	0.10	156.5	63.92	0.098
④	42.0	31.0	25.0	15.8	0.08	203.4	7.14	0.101
⑤	41.2	32.3	25.0	15.0	0.08	185.1	19.12	0.089
⑥	31.1	39.0	24.5	15.0	0.10	156.9	98.82	0.082
⑦	40.9	41.0	24.5	18.6	0.10	185.3	22.92	0.088
⑧	40.8	30.2	25.0	13.9	0.08	184.6	77.86	0.077
⑨	26.3	32.0	24.5	13.2	0.08	168	22.16	0.089
⑩	29.9	31.0	24.0	14.0	0.07	187.8	15.64	0.088
⑪	31.6	40.5	24.0	18.7	0.10	192.1	13.16	0.097



試織1回目 ハイテクでの試織 最大密度の調査、組織変更の確認

番号	経糸	緯糸	組織	緯密度 (本/cm) [本数/cm]	目付 [g/m ²]	通気度 [cc/cm ² /sec]	q-max Δ T10°C [J/cm ² /sec]
R4購入	綿 (40/2)	スラブ (16/1)	平	26	170.9	18.9	0.094
ハイテク試作	綿 (43/2)	スラブ (16/1)	平	26.3	168.0	22.2	0.090
R4購入	綿 (40/2)	リネン (1/60)	平	16	120.0	94.1	0.100
R4購入	綿 (40/2)	リネン (1/60)	平	16	115.5	109.4	0.093
ハイテク試作	綿 (43/2)	リネン (1/60)	平	15.6	118.7	139.6	0.097



昨年作成の試料と同程度の値になることを確認

試織 2 回目 引込数、組織、密度変更の影響を確認

	経糸	緯糸	箆 (羽/ 吋)	箆 (羽/ c m)	箆 引込 数	通し巾 (cm)	経糸 総本 数	組織	設計 緯密度 (本/ 吋)	設計 緯密度 (本 /cm)	織長 (cm)	備考	目的
A1	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	平	33	13.0	40	1本引込	引込違い
A2	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	平	66	26.0	40	1本引込	
A3	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	平 (タウネ)	66	26.0	40	2本引込	引込違い
A4	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	平	100	39.4	40	1本引込	
A5	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	平 (タウネ)	100	39.4	40	2本引込	引込違い
A6	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	平 (タウネ)	100	39.4	40	3本引込	引込違い
B1	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	平	50	19.7	40	1本引込	リネン比較
B2	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	1/3綾	50	19.7	40	1本引込	組織
B3	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	2/2綾	50	19.7	40	1本引込	組織
B4	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	2/2平ナコ	50	19.7	40	1本引込	組織
B5	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	破れ斜紋	50	19.7	40	1本引込	組織
B6	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	8枚朱子	50	19.7	40	1本引込	組織
B7	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	平	55	21.7	40	1本引込	リネン比較
B8	綿 (43/	綿 (43/2)	30	11.8	2	46.6	1100	平	60	23.6	40	1本引込	リネン比較
C1	綿 (43/	スラブ (16/1)	30	11.8	2	46.6	1100	平	60	23.6	40	1本引込	IIE比較
C2	綿 (43/	スラブ (16/1)	30	11.8	2	46.6	1100	平	70	27.6	40	1本引込	IIE比較
C3	綿 (43/	スラブ (16/1)	30	11.8	2	46.6	1100	平	55	21.7	40	1本引込	IIE比較
C4	綿 (43/	スラブ (16/1)	30	11.8	2	46.6	1100	平	50	19.7	40	1本引込	比較IIE標準
C5	綿 (43/	スラブ (16/1)	30	11.8	2	46.6	1100	平	40	15.7	40	1本引込	IIE比較
C6	綿 (43/	スラブ (16/1)	30	11.8	2	46.6	1100	2/2綾	50	19.7	30	1本引込	
C7	綿 (43/	スラブ (16/1)	30	11.8	2	46.6	1100	8枚朱子横	50	19.7	30	1本引込	

試織 2 回目 引込数、組織、密度変更の影響を確認



縮率、目付、接触冷感、通気度
KES物性の測定へ

課題

N = 5でも21試料なので、
1項目100回測定することに。

ご清聴ありがとうございました。