

ニードルベッド洗浄機の洗浄効果の定量化と 品質管理への活用方法の検討

Quantification of bed cleaning effect by needle bed cleaning machine and study of its use for quality control

材料技術部 繊維・高分子科 小林慶祐 中村和由 中島孝明 石井瑞樹 大竹翔太 遠藤悠都

コンピュータ横編機によるニットウェアの製造において、品質を維持して製造を行うためには、ニードルベッドの洗浄のメンテナンスが重要となる。しかしながら、洗浄機による洗浄では、その効果が定性的であるなどの課題があった。本研究では、洗浄の効果を定量化するために、洗浄前後で針を押し上げるために必要な荷重の測定を行った。1 インチ間の針本数が多い場合、少ない場合に洗浄前後に差が見られ、繊維くずの堆積などの異常に結び付けられる可能性を示した。

Key words: ニードルベッド洗浄機、コンピュータ横編機、荷重測定

1. 緒言

ニット製品メーカーでは、無縫製ニットウェアを製造できる横編機が利用されている。福島県内では約 30 社が、300 台以上のホールガーメント横編み機を保有している。この装置の構成物の一つに、針を備え付けたニードルベッドがある。製品の製造によって、この針の隙間などに、繊維くずや油汚れが蓄積し、針の動作を阻害することで、針の破損、製品不良、装置の損傷につながる。これらを防止するために、繊維くずや油汚れを除去する洗浄のメンテナンスが必要となる。

手作業で洗浄を行う場合は、編み機からニードルベッドを取り外した後に、備え付けられた針を 1 本ずつ抜き出して、灯油等により洗浄、取り付け作業を行う。この作業の間は、製品を製造することができず生産機会の損失につながるため、この期間を短縮することが望まれている。機械的に洗浄を行う場合には、ニードルベッド洗浄機が用いられる。編み機から取り外した針がついたままのニードルベッドを洗浄機槽内に設置し、プログラムに沿ってノズルヘッドが動作し、洗浄液を高圧で噴射することで汚れを除去する。

手作業での洗浄と比較して、ニードルベッド洗浄機による洗浄は、針の取り外し取り付け作業がないため洗浄期間が短縮される。しかしながら、ニードルベッド洗浄機による洗浄は、プログラムに沿って自動で行われ、洗浄の効果は、内部の状態に依らず外観を見るなど定性的な評価であること、ニードルベッドがどのような状態になったら洗浄が必要であるか不明であるといった課題がある。

本研究では、企業が高品質な製品の生産を維持することができる洗浄体制を構築することを目的として、洗浄工程で得られるパラメータによる洗浄効果の定量化を試み、それらの情報を製品の品質管理に活用できるか検討した。

2. 実験

2. 1. 評価に用いたニードルベッド

コンピュータ横編機の種類によって、針の種類（コンパウンド（CP）ニードル又はラッチニードル）、1 インチ間の針の本数（ゲージ数：G）、ニードルベッドの長さ、清掃状況などが異なる。表 1 に評価した 6 種類のニードルベッドを示す。以降、ニードルベッドをゲージ数 (3G:SES-122CS、5G:SES-122CS、7G:SES-123S、10G:SES-123S、12G:MACH2S-M183S12、14G:N. D.) で表記する。

表 1 対象のニードルベッド

編み機型番	針形状	ゲージ数/針本数 (G/本)	ニードルベッド 長さ (cm)	稼働年数 (年)	清掃状況	使用素材
SES-122CS	CP ニードル	3/146	123	N. D.	毎日エア吹き付けによる清掃。	
SES-122CS	CP ニードル	5/240	123	28		
SES-123S	ラッチ ニードル	7/338	123	30	5、6 年に一度ベッド灯油洗浄、毎日エア吹き付けによる清掃。	ウール 綿 カシミア アルパカ 天然繊維 化学繊維全般
SES-123S	ラッチ ニードル	10/484	123	30		
MACH2S M183S12	ラッチ ニードル	12/964	183	6	ベッド洗浄無、毎日エア吹き付けによる清掃。	
N. D.	ラッチ ニードル	14/677	123	N. D.	N. D.	N. D.

2. 2. 洗浄工程と測定項目

洗浄は、事前に取り外されたニードルベッドに対して、治具の固定、洗浄、治具の取り外し、オイルの塗布の手順で行った。洗浄には、ニードルベッド洗浄機（H2G、島精機製作所製）、水で 3%に希釈した洗浄液（デタージェント 1700F、ネオス製）を用いた。液温は 40[°C]に設定した。洗浄プログラムは、プリインストールの LatchNeedle 用を使用した。図 1 に示すタイミングで、洗浄前後の針押上荷重、洗浄前後の針の重量の測定、堆積物の組成分析を行った。各項目については後述する。

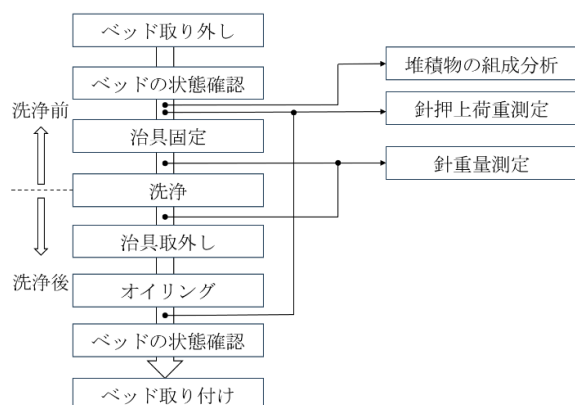


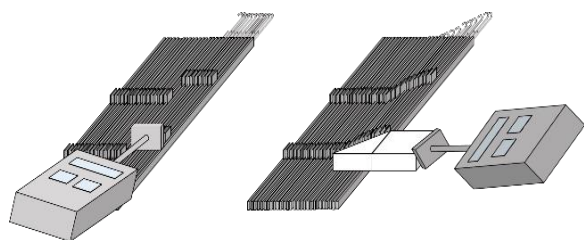
図1 各測定項目の取得タイミング

2. 3. 洗浄効果の定量化手法

洗浄の効果を定量化するために針を押し上げたときの荷重（針押上荷重）をフォースゲージ（FGP-5、ニデックドライブ製）により測定した。測定方法として、図2に示すような一定間隔毎に針と同方向（直進方向）に押し上げる方法及び針を連続的に針と垂直な方向（直交方向）から押し上げる方法を検討した。データの収集には、ニデックドライブが配布しているデータ収集ソフト（トリエもん-S）を用いた。

フォースゲージの先端には、直進方向に押し上げる場合にはSUS製押し板（幅35[mm]）、直交方向に押し上げる場合、針を一定の位置に移動させる手動カムをもとに作成した40度の角度をつけた押上治具を取り付けた。直進方向への針の押上本数は、押上治具の幅で無理なく押すことができるよう3、5、7、10、12及び14Gでそれぞれ4、7、8、12、17及び18本とした。押す複数の針に隣接した左右の針については、干渉しないようにするために押し上げないようにした。

また、洗浄前後の重量の変化から洗浄効果を定量化できるか確認するために、3Gについて、洗浄前後の針を抜き取り、電子天秤（TX3202N、島津製作所製）で重量を測定した。また、5Gについては、洗浄前後のニードルベッド全体の重さを電子量り（FG-150KAM、AND製）で測定した。針は、ニードルベッド洗浄機と同じ濃度の洗浄液を入れた超音波洗浄機（GT SONIC製）を用いて、50[°C]で30[min]洗浄を行った。



（左：直進方向、右：直交方向）

図2 針押上荷重測定方法の模式図

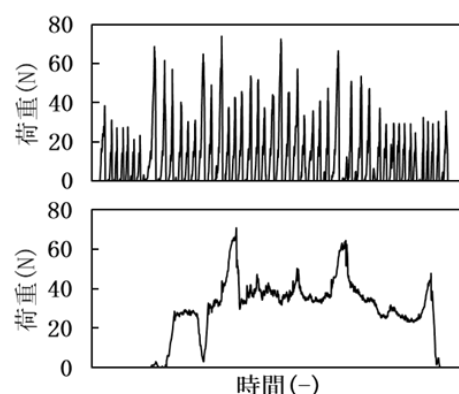
2. 4. 堆積物の分析

堆積物から品質維持に関わる情報が得られるか確認するために堆積物の分析を行った。堆積物は、5Gの洗浄前の堆積物から採取した。堆積物を分析する前に、ビーカーに堆積物を入れ、エタノールで脱脂前処理を行った。残った繊維くず（分析物A）を回収し、エタノールに分散した微細物（分析物B）をろ紙により回収した。顕微フーリエ変換赤外分光法（iS50、サーモ・ニコレー・ジャパン製）により、有機物の定性分析、走査型電子顕微鏡（S-3700、日立ハイテクノロジーズ製）と付帯のエネルギー分散型X線分析装置（EDS）により形態観察及び元素分析を行った。

3. 結果と考察

3. 1. 定量化手法の検討

12Gの針を直進方向、直交方向に押し上げたときの測定時間に対する荷重の測定結果を図3に示す。直進方向であれば針を押し上げる荷重を直接評価することができるが不連続な測定となり、手間がかかる。一方で、直交方向であれば連続的に短時間で評価を行うことができる。直交方向の荷重測定でも直進方向の評価で得られる特徴的な高い荷重が出る傾向を得ることができた。しかしながら、治具とのかみ合わせがうまくいかない場合や動きが悪い箇所では、連続的に測定できないことがあったため、直進方向の荷重測定で評価を進めた。機械的に自動で測定をすることができる場合には、ニードルベッドに備え付けられた針全体の状態を評価することができる直交方向の評価が望ましいと考える。



（上：直進方向、下：直交方向）

図3 直進及び直交方向の荷重測定の結果

3. 2. 針の押上荷重測定

図4（a、b、c、d、e、f）に、3、5、7、10、12及び14Gの洗浄前後の針押上荷重の測定により得られた各ピークのそれぞれの平均荷重を示す。横軸の針押上No.

は、ニードルベッド上で押し上げた複数本の針をその押し上げたグループ毎のナンバリングを示している。3 及び 5G では、洗浄前及び洗浄後に他の測定値に比べて顕著な荷重ピーク（3G:No. 21、5G:No. 12、13、17）が見られた。洗浄前については、繊維くずが局所的に溜まっているなどの原因が考えられる。一方で、洗浄後に針を出すと汚れと一緒に出てくる場合があったことから、洗浄後に荷重が上がるのは、繊維くずが洗浄により針の動きを阻害する位置に移動したためと考える。7 及び 10G の針押上荷重は、洗浄前後で差が少なかった。12 及び 14G では、洗浄前に比べて洗浄後で針押上荷重が低下している箇所があった。高い G 数で洗浄前後の針押上荷重に差が見られたのは、1 インチ間の針本数が多く、隙間が狭いため繊維くずの堆積の影響を受けやすいためではないかと考える。

押上針本数は、ゲージ数により異なる。それぞれのピークの荷重平均は、それぞれ表 2 に示した通りである。荷重平均を押上針本数で除することで 1 本あたりの針押上荷重を算出した。洗浄後の荷重は、7、10、12、14G で 0.6、0.7 [N] となった。一方で、3、5G では、1.1、1.2 [N] と高かった。針形状が 3、5G の場合には CP ニードルであることから、針の種類により針を押し上げるために必要な荷重が異なると考える。

表 2 洗浄前後の 1 本あたりの針押上荷重

ゲージ数 (G)	針押上本数 (本)	洗浄前	洗浄後	洗浄前	洗浄後
		荷重平均 (N)		1 本あたりの荷重 (N/本)	
3	4	9.1	8.5	1.1	1.1
5	7	7.3	8.2	1	1.2
7	8	4.5	4.5	0.6	0.6
10	12	7.1	7	0.6	0.6
12	17	23.4	12.2	1.4	0.7
14	18	20.2	12.7	1.1	0.7

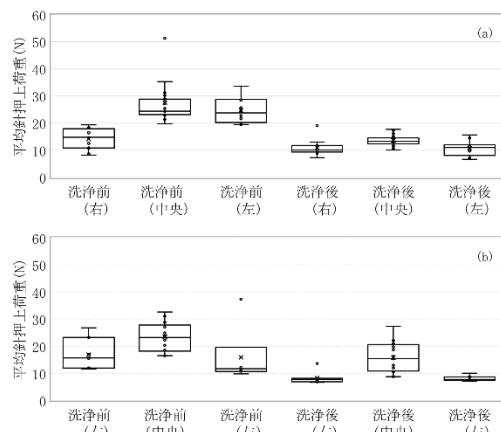


図 5 3 区間の平均針押上荷重 (a) 12G、(b) 14G

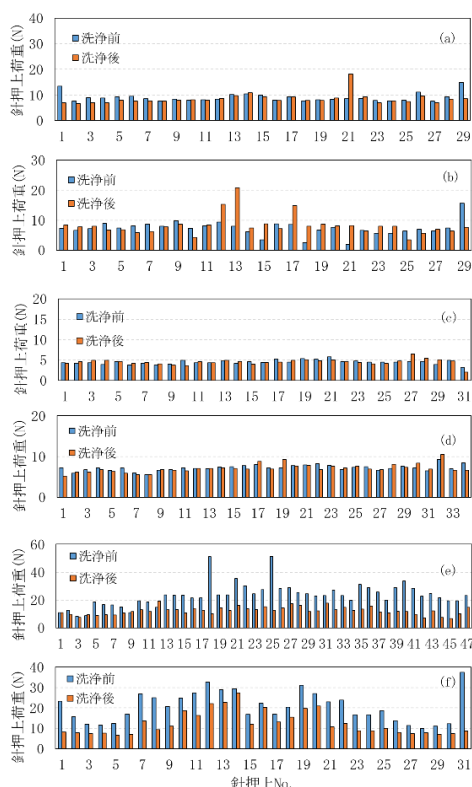


図 4 各ニードルベッドの洗浄前後の針押上荷重測定により得られた各ピークの平均値
(a) 3G、(b) 5G、(c) 7G、(d) 10G、(e) 12G、(f) 14G

各ニードルベッドの針押上荷重について洗浄前後で t 検定を行った。3、5、7 及び 10G では、統計的に有意差がなく ($p > 0.05$)、12 及び 14G は、有意差があった ($p < 0.05$)。図 5 に 12 及び 14G の針押上荷重の各ピークを右及び左端（両端合わせたピーク数＝中央のピーク数）と中央の 3 区間に分けた結果を示す。中央が高い傾向であったが、これは編地を作る場合に中央部がよく使われるため繊維くずがたまりやすく、その結果、針の動きが阻害され針押上荷重が高くなっていると考えられる。

これらの結果から、針を押し上げるために必要な荷重の測定は、内部の汚れの蓄積の状態の判断につながる可能性があると考えられる。一方で、汚れが蓄積していく途中のデータがなく、どの状態で洗浄をするべきか、という点については定性的なため、洗浄時期の予測までは至らなかった。

3. 3. 洗浄前後の針重量測定

3G を対象として、洗浄前後の針を中央部から 37 本抜き取り、油及び繊維くずの付着したままの針の重量を測定した。洗浄前の針の重量は、399.25 [g] であったが、洗浄後では 396.49 [g] と 2.96 [g] 減少した。また、油及び繊維くずが付着したままの 5G のニードルベッド全体での重さは、洗浄前で 41.64 [kg]、洗浄後で、41.60 [kg] と 0.04 [kg] 減少した。一方で、5G の針押上荷重測定の結果 (図 4 (b)) からは、洗浄前後で有意差が

なく、局所的に洗浄後に荷重が上がっている。このことから、重量から針の特定の箇所の汚れを判断することは難しいが、ニードルベッド全体の状態を把握するパラメータとして活用できる可能性がある。

3. 4. 堆積物の分析

洗浄前のニードルベッドから堆積物を採取し、処理したものを赤外分光法により組成を分析した結果を図6に示す。回収物(A) (図6 (a))を分析した結果、タンパク質とみられるIRスペクトルが得られた。また、回収物(B) (図6 (b, c, d, e, f))は、順にパルプ由来物質、シルク、ポリスチレン、アクリロニトリル、ポリエステルといった繊維のトレンドに近いスペクトルが得られた。これらの結果から、堆積物のFT-IRにより堆積する繊維の解析が可能であることが分かった。しかしながら、今回対象としたニードルベッドは、様々な種類の素材を扱ったものであり、この結果と汚れとの関係を明らかにすることは難しいと考える。

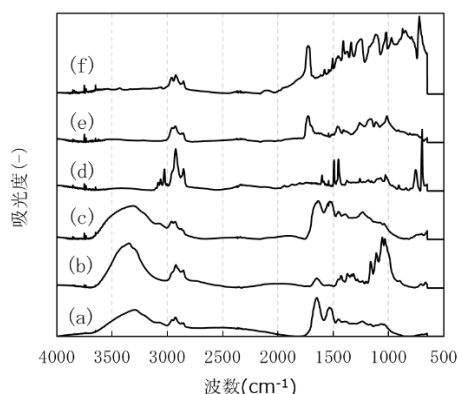


図6 回収物(A) (a)及び回収物(B) (b, c, d, e, f)のIRスペクトル

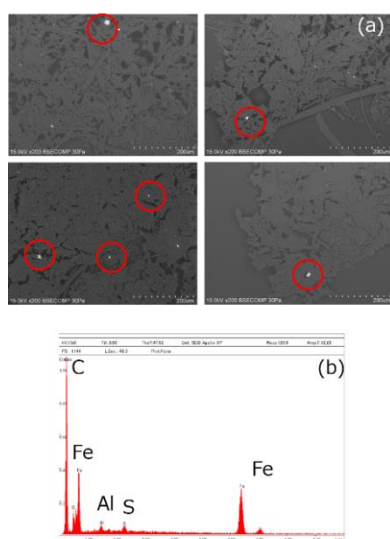


図7 回収物 (A) のSEM観察画像(a)及びEDS分析結果(b)

無機成分が含まれているか確認するために、SEM観察を行った。回収物(A)の観察画像とEDS分析の結果を図7に示す。繊維状の物質が見られる。また、図7 (a)中の丸に白色に見える物質が見られた。これをEDSにより分析するとFeを主成分とする粒子であることが分かった。これは、針や装置に由来する装置の動作により摩耗した金属と考えられるが、この微量の成分から装置の寿命など装置のメンテナンスに結び付けることは困難であると考ええる。

4. 結言

ニードルベッド洗浄機を使った洗浄工程の中で、フォースゲージにより各ゲージ数のニードルベッドの針押上荷重を測定した結果、3、5、7及び10Gに関しては、洗浄前後で針の押上荷重に統計的な有意差はなかった。12及び14Gの針押上荷重は、洗浄後に有意に減少した。これについて中央と左右端の3区間に分けると、中央で針押上荷重が高い傾向にあることが分かった。また、ニードルベッドの状態により、平均よりも大きな荷重が必要な個所があった。

繊維くずを分析することにより、何が繊維くずとして堆積しているかを確認できた。また、装置由来と考えられる金属粒子についても確認できた。

本研究では、洗浄前と洗浄後のデータを取得した。今後、洗浄して汚れていく段階の針の押上荷重や重量から、繊維くずの堆積や、局所的な繊維くずの堆積などの情報を得ることができれば、洗浄の適切なタイミングの提案する方法の開発につながるのではないかと考える。それにより、ニット製品メーカーでは、洗浄を効果的に行うことができ生産性の向上、高品質な製品生産の維持につながり、編み機メーカーでは、編み機の保守管理に数値データを活用できる可能性があるのではないかと考えている。

謝辞

ニードルベッド洗浄機に関して様々な助言をいただきました株式会社島精機製作所の中ロー人様に心から感謝の意を表します。