(昭和46年3月8日受理)

綿塊の分塊過程のシミュレーション*

工業技術院
繊維高分子材料研究所 赤見 仁・川上 達也

A SIMULATION OF BREAKAGE OF COTTON TUFT BY BREAKER

By Hitoshi Akami and Tatyua Kawakami.
(Research Institute for Polymers and Textile
Sawatari 4 Kanagawa-Ku Yokohama Japan)

In this report, an analysis of breakage effect of cylinder type- and beater-type machines, which are used in breakage of cotton tufts, was performed by a digital simulation.

As cylinder type machine, double Crighton Opener and Superio Cleaner, and also as beater type machine, Double Scutcher were used.

On cylinder type machine, the size distribution obtained experimentally agreed with that obtained by the simulation which was made under the assumption that the ratio of a tuft affected by breakage action is propotional to its weight (called size) and the break part was distributed uniformly on tuft.

Superio Cleaner

It was considered from size distributions by experiment and simulation that breakage of tuft in Superio cleaner is saturated at break stage of S-4 or S-3. Good results were obtained when a by-pass effect that only the tufts with the sizes larger than the max-size estimated from size distribution are broken was introduced into the simulaton model of Superio Cleaner.

Crighton Opener

A difference of simulation model between Superio Cleaner and Crighton Opener concerned with the transfer of tuft in the breakage zone and it was supposed in the simulation model that transfer condition of a tuft passing through the breakage zone was propotional to the size.

Then, using the transfer condition weighed by a factor decided from the relation between max. length of tuft and size, good results were obtained.

In the simulation model of beater type machine, it was assumed in beating zone of Scutcher that the size distribution of tufts cut by beater is exponential and the distance from the beating point to the nip point of a tuft (effective beater guage) was about 30 ~ 45 mm.

The size distributions of the simulaton of beater type machine agreed with experimental results under the above assumptions and the relation between size of a tuft and its max. length.

As input data to these simulation models, the size distributions obtained experimentally were used.

(Received March 8, 1971)

1. 緒 言

混打綿機の各機械操作によって得られる分塊状態について測定を行なったが、シリンダ型、ビータ型機械において分塊効果が大きく、ホッパ型機械ではほとんど分塊作用が行なわれていないことが実験的に明らかになった。

*この報文を「混打綿工程における綿塊の開綿と分塊に関する研究(第5報) Study on opening and breakage of cotton tuft in blowing room (part 5)」とする。

本報では混打綿工程中の単位操作の一つである分塊作用に注目し、(1)シリンダ型、(2)ビータ型、(3)ホッパ型の機械操作のうち、分塊作用の大きな(1)、(2)の単位操作について分塊モデルを設定し、シミュレーションと実験によって分塊作用の解析を行なった。シリンダ型機械についてはクライトン・オープンナとスーパーリオ・クリーナ、ビータ型機械ではスカッチャについて分塊作用の解析を行なった。

シリンダ型機械については、綿塊が分塊作用を受ける割合が重量に比例し、綿塊上に生ずる分塊位置は一様分

布するという仮定を用いてモデルを作成すれば、綿塊の粒度分布の実測値と計算結果がよい一致をみせ、ピータ型機械では、ピータにより分塊される綿塊長が指数分布することを用いれば、粒度分布の実測値と計算値がよい一致をみせることが明らかになった。

2. 本報におけるシミュレーションの概要について

一般に、シミュレーションは実体による実験が道義的、経済的あるいは時間的困難さや危険があり、理論模型による解析も困難であるか、実効の少ない場合に実施されるが、典型的な例としては原子炉シミュレータあるいは航空機のフライト・シミュレータなどがある。

一方、知能の研究などにおいて、しばしば、心理学者は被験者の観察あるいは記録データから問題解法のアルゴリズムを求め、これに基づくシミュレーションの成績と被験者の成績を比較してシミュレーション・プログラムを改良するという手段を用いる。

本報におけるシミュレーションは後者の手法に類すると考えられ、メカニズムが不明な部分の多い綿塊の分塊操作を解明するために仮定をたて、これに基づくシミュレーション結果と実験結果との適合性をしらべたので、シミュレーション中で用いた仮定あるいはパラメータについて概括的な説明を述べる。

2.1 シリンダ型分塊装置のモデルについて

シリンダ型分塊装置では綿塊が回転するシリンダとグリッドバー間に、自由状態で置かれて、分塊される。

分塊域に供給される綿塊はわずかな外力によって容易に変形するので、姿勢や形状などは不定と考えられる。シリンダ型分塊装置ではシリンダとグリッドバーなどによって綿塊に与えられた衝撃力によって分塊が行なわれるので綿塊粒度は要因として考えられ、実験的にも粒度の大なる綿塊の減少は明らかである。

綿塊上に発生した分塊位置は綿塊がシリンダあるいはグリッドバーと接した位置であることが多いと推定されるが、その位置が綿塊の受けた衝撃の履歴のいづれであるかを定めることは困難であろう。しかし、衝撃を受ける位置の分布に関して確率的に推定して分塊位置を定める分布・ R を仮定した。シミュレーションではモデルへの入力データは実測の粒度分布を用いたが、粒度 X の綿塊は分塊作用を受けるか否かを $P(X)$ により定め、分塊作用を受ける綿塊については R によって分塊後の粒度を定めた。

分塊割合を定める分布・ R について

分塊作用域に移送される綿塊の状態(姿勢、形状など)はランダムであると考えられる。分塊作用域中の綿塊はシリンダとグリッドバーにより分塊されるので、グリッ

ドバー上に落下した綿塊はシリンダの回転によってその先端がグリッドバー上をおおう面と交叉しなければ綿塊は分塊されにくいと考えられる。(Fig.1 Aの場合)

Fig.1 Schematic diagram of breakage zone of SPC. (G; grid bar, H; intersection of horn, r; dia. of horn, r"; pitch of horn)

綿塊がランダムにグリッドバー上に供給されるとき、綿塊のさしわたした $T T'$ と $h h'$ の交点は $T T'$ 上で一様に分布する。⁵⁾ シリンダの先端によって綿塊がおおわれる部分 $C T$ のどの位置で分塊されるか、また、 $C T$ 以外の位置で分塊されるのかは確定できないが、 $C T$ 内で分塊されることが多いと考へて R は一様分布すると仮定した。

分塊作用を受ける割合 $P(X)$ について

シリンダの回転はその先端の切線方向の速度が 10m/sec (SPC), 28m/sec (COD)程度となり、シリンダ先端周辺の空気は同程度の速度で移動する。したがって、分塊作用域に供給された綿塊はシリンダ回転の遠心力あるいは空気流によってシリンダとグリッドバーで構成される分塊域に移送されるが、この時受ける遠心力は粒度に比例するので、極端に大きな粒度の綿塊を除けば、粒度の大なる綿塊ほど早く分塊作用域に達し、分塊作用を受け易いと考へられる。したがって、 $P(X) \propto X$ としてシミュレーションを行なった。

クライトン・オーブナの $P(X)$ の補正について

クライトンオーブナにおいてもグリッドバーと回転するシリンダの衝撃によって分塊が行なわれることはスーベリオ・クリーナの場合と同様であるが、クライトン・オーブナでは分塊作用域からの綿塊の脱出が空気流によって行なわれるので、粒度によって分塊作用域からの脱出し易さが異なる。

クライトン・オーブナの構造諸元、回転数からシリンダ先端部の表面速度は $21 \sim 28\text{m/sec}$ となり、シリンダ先端部や軸周辺部の空気流も同程度の速度で運動する。クライトン・オーブナに投入された綿塊はシリンダの回転により遠心力を受けて粒度の大なる綿塊ほど早くシリンダの先端部に達する。シリンダ先端周辺とグリッドバ

一付近で移送される綿塊は(終末速度 $\approx 0.5 \sim 1.5 \text{ m/sec}$) $21 \sim 28 \text{ m/sec}$ の気流で移動するが、シリンダ先端周辺部を移動する綿塊ほど強い遠心力を受けて回転外周を円運動するので同一粒度の綿塊について比較すると、シリンダ軸周辺を移動する綿塊よりもシリンダ先端周辺部にある綿塊が分塊作用を受け易いと考えられる。このように、分塊作用を受けて生じた粒度Xの綿塊は入力綿塊群中の粒度Xの綿塊よりも分塊され易いと考えられるのでW(1)による補正を考慮した。

2.2 ビータ型分塊装置のモデルについて

ビータ型分塊装置では綿塊はニップローラによって把持され、ビータブレードの打撃によって分塊される。鳴海³⁾らの研究によればビータ・ブレードの打撃を受けた綿塊はブレードの回転方向に垂下し、片山¹⁾らの実験によればニップ・ローラの把持圧の影響によって実質ビータ・ケージのあることが明らかにされた。

ニップ・ローラに把持された綿塊は実質ビータ・ゲージ間では分塊を受けずに送り出され、実質ビータ・ゲージ域を通過した後にビータの打撃を受けて垂下し、分塊されるものと推定される。

この時、綿塊のもつ幾何学的形状は無視できず、綿塊がニップ・ローラに把持された時の形状は不定であると考えられるが、実質ビータ・ゲージ域を通過した後はビータの作用により回転方向に力を受けるので、引き延ばされた状態になると考えられる。したがって、シミュレーション・モデルでは綿塊の長軸がビータの回転方向にそろえられて分塊されるものとした。

その他、ニップ・ローラとビータからなる系のどの位置で綿塊が分塊されるか、分塊された綿塊の粒度分布や綿塊粒度と綿塊最大長の関係などについて実験的な検討を加えてシミュレーション・モデルを作成した。

3. スーペリオ・クリーナに分塊作用のシミュレーション

3.1 シミュレーション・モデル

混打綿工程における綿塊の分塊がビータ、シリンダあるいはスパイクなどの引き裂きによって行なわれることは直観的に理解できる。

スーペリオ・クリーナは第2図に示されるようなホーン・シリンダとグリッド・バーから構成される6段階の分塊作用域が直列に接続され、それぞれの分塊作用域はほとんど同一の系であると考えられる。

綿塊はこの作用域を順次送られてゆくが、綿塊が同じ作用域に停滞して、つまった状態になることは少ないことが経験的に知られている。

スーペリオ・クリーナに供給された綿塊群は第2図のようなホーン・シリンダのホーン(先端の径25 mm ϕ)

とグリッド・バー間で分塊作用を受ける。また、先端が25 mm ϕ のホーンによって分塊が行なわれるのであるから、分塊作用を受けても、多数個の綿塊が同時に生ずる

Fig.2 Schematic diagram of Superio Cleaner (SPC).

Fig.3 Main part of flow diagram of SPC simulation model.

場合は少ないものと考えられる。

以上、スーパーリオ・クリーナの基本的な作用を考慮して、シミュレーション・モデルを設定するに際して次の仮定を用いた。

- 仮定 1. 綿塊は一つに分塊作用域に滞留することはない。
 仮定 2. 綿塊が分塊作用を受ける割合は重量に比例する。
 仮定 3. 分塊作用を受けた綿塊は 2 個に分かれ、分塊位置は一様分布する。

シミュレーション・モデル中では、入力された綿塊の一個づつについて分塊作用を受ける割合を求め、分塊位置を一様分布に従って定めるとい、ショブショップ形式のシミュレーションを行なった。シミュレーション・モデル中の分塊作用に関する主要な部分を第 3 図の流れ図に示した。

粒度 X の綿塊が分塊作用を受ける割合 $P(X)$ は、仮定 2 で与えたように、 X に比例としたから

$$P(X) = \frac{1}{X_{MAX}} \cdot X \quad X_{MAX}: X \text{ の最大値}$$

で与えられる。したがって $P(X)$ に $[0, 1]$ の乱数を用いれば、分塊作用域中にある粒度 X の綿塊が分塊作用を受けるか否かが決定され、また、分塊位置を定める割合 R には $[0, 1]$ の乱数を与えることによって分塊作用を受けた結果として生ずる新しい綿塊の大きさが決定できる。

3.2 シミュレーション・モデルによる計算結果と検討 パラメータの値の設定

分塊作用域中にある綿塊が分塊作用を受ける割合 $P(X)$ は X_{MAX} によって定まるが、 X_{MAX} はその分塊作用域の出力綿塊粒度分布の実測値中で最大粒度のものとした。第 2 図に示したスーパーリオ・クリーナの分塊作用域を入口側から順次、BREAK STAGE-1……BREAK

Fig.4 ~ Fig.6 Size distribution (by experiment) of each break stage of SPC.

STAGE-6 とし、略称を S-1, S-2, ……S-6 とした。

〔各分塊作用域における綿塊粒度分布〕

第 4 図～第 6 図はスーパーリオ・クリーナの各分塊作用域における粒度分布の状態を実測した結果であるが、S-3 または S-4 の段階で分塊作用は終了していることが推定できる。

〔 X_{MAX} の推定と $P(X)$ 〕

第 7 図は横軸を $\log X$ とした場合の粒度分布である。この図で、滑らかに描いた曲線の値が 0.5 % に到達した時の X の値を最大粒度として第 1 表に示した。

X_{MAX} の値を粒度分布より推定して、定めたから、粒

Fig.7 Size distribution of each break stage of SPC. Value of X_{MAX} which is a parameter of $P(X)$ (See fig.8) was estimated by this graph.

Table 1 Value of X_{MAX} at each break stage of SPC.

No.OF BREAK STAGE	X_{MAX} (g)
S - 1	0.4 ~ 1.11
S - 2	0.18 ~ 0.22
S - 3	0.16 ~ 0.19
S - 4	0.15 ~ 0.16
S - 5	0.16 ~ 0.18
S - 6	0.16 ~ 0.18

Fig.8 Conceptual graph of $P(X)$.
 $P(X)$: ratio of a tuft undertaken breakage action

度 X の綿塊が分塊作用下に入る割合 $P(X)$ は第8図に示すような形となる。

$$\begin{aligned} P(X) &= \frac{1}{X_{MAX}} \cdot X & 0 \leq X \leq X_{MAX} \\ P(X) &= 1 & X_{MAX} < X \end{aligned} \quad (1)$$

計算結果

シミュレーション・モデルに対する入力データには実測した粒度分布を用い、計最結果と対応する実験結果と比較した。演算を実行する時に、最小粒度(X_{MIN})は $0.001(g) \sim 0.01(g)$ とした。これは、綿塊粒度の測定の最小読取りを $0.001(g)$ 、また、粒度分布の級間を $0.01(g)$ としたからであり、この間で適当な X_{MIN} を定めた。

シミュレーションでは X_{MAX} の値を変化させて、各分塊作用域 $S-1$ から $S-6$ までについて粒度分布の変化を求めて、実測値との比較を行なった。

第9図から第14図は(1)式と第1表によって $P(X)$ を定めて $X_{MIN} = 0.004(g)$ とした時の結果であり、それぞれの分塊作用域に対する入力データは粒度分布の

実測値を用いた。計算値と実測値は $S-1$ から $S-4$ まではよい一致をみせているが、 $S-5$ 、 $S-6$ において、その差が大きい。

第5、6図の実験結果によれば、 $S-4$ の段階ですでに分塊作用が飽和に達していることが推定できるので、 $S-5$ 、 $S-6$ のシミュレーションに対して、これに相当する条件として $P(X)$ を次のように定めた。

$$\begin{aligned} P(X) &= 0 & X < X_{MAX} \\ P(X) &= \frac{1}{X_{MAX}} \cdot X & X \geq X_{MAX} \end{aligned} \quad (2)$$

すなわち、分塊作用を X_{MAX} 以上の綿塊のみが受けて他の綿塊は通過するのみとして計算を行なった結果を第15、16図に示した。

以上のシミュレーションモデルから各分塊作用域における分塊がどのような状態で行なわれているかが推定されたので、スーパーリオ・クリーナ全体としての分塊作用を構成するため $S-1$ から $S-6$ までのモデルを直列に結び、入力データに $S-1$ に対する粒度分布を用いて各分塊作用域における粒度分布の計算値と実験値との一致性

Fig.9 Relation between size distributions by simulation and experiment, when X_{MAX} is changed at break stage 1 ($S-1$).

Fig.10 Relation between size distributions by simulation and experiment, when X_{MAX} is changed at break stage 2 ($S-2$).

Fig.11 Relation between size distribution by simulation and experiment, when XMAX is changed at break stage 3 (S-3).

Fig.12 Relation between size distributions by simulation and experiment, when XMAX is changed at break stage 4 (S-4).

Fig.13 Relation between size distribution by simulation and experiment when XMAX is changed at break stage 5 (S-5).

Fig.14 Relation between size distribution by simulation and experiment when XMAX is changed at break stage 6 (S-6).

を検討した。

分塊作用域の中間段階である第 17, 18 図では計算値と実験値がかなりよく一致し, 第 19, 20 図の結果からは(2)式によるバイ・パスの影響が推定できる。そして

スーベリオ・クリーナに分塊作用が S-3 または S-4 の段階で飽和に達し, 以降では分塊作用を受けない綿塊が急速に増加してゆくことが予想される。

Fig.15 Influence of by-pass (by eq.1) to the out-put size distribution at break stage 5 (S-5).

Fig.16 Influence of by-pass (by eq.1) to the out-put size distribution at break stage 6 (S-6).

Fig.17 Out-put size distribution when two break stages, S-1 and S-2 are connected.

Fig.18 Out-put size distributions when three break stages, S-1, S-2 and S-3 are connected.

4. クライトン・オープナの分塊作用のシミュレーション

4.1 シミュレーション・モデル

クライトン・オープナでは綿塊は回転するシリンダとグリッド・バー間で分塊されるから、基本的には、スーパーリオ・クリーナの場合と同様な分塊形式と考えることができる。しかしながら、綿塊が分塊作用域を脱出する条件を比較すると、両者の相違は著しい。スーパーリオ・クリーナでは綿塊が分塊作用域に投入されると、綿塊は強制的に分塊作用域を通過させられる。そして、同一の分塊作用域にもどることは少ないと考えられる。

一方、クライトン・オープナでは、綿塊は空気流によって分塊作用域に移送され、空気流によって搬出さるので綿塊それぞれが分塊作用を受ける回数が異なり、粒度の大なる綿塊ほど多数回の分塊作用を受けるものと考えられる。したがって、クライトン・オープナによって

Fig.19 Influence of by-pass to size distribution by simulation model of SPC.

Fig.20 Comparison between size distributions performed by simulation model and experimental results.

一個の綿塊が分塊されてゆく状態に着目するとき、スーパーリオ・クリーナに分塊モデルに対して、分塊されて生じた綿塊がその粒度によって分塊作用域の脱出し易さが定まるという条件を加味すればよいと考えられる。

3-1で用いた仮定を考慮してクライトン・オープナの分塊過程を模型的に描くと第21-1図のような分枝過程と考えることができる。さらに、この内の一回の分塊について検討すると第21-2図のような変化を考へることができる。3-1で用いた仮定や第21-1, 21-2図に従ってクライトン・オープナの分塊過程の流れ図の主要部分を第22図に示した。集計、初期条件の設定などは

Fig.21-1 Conceptive diagram of breakage in Crighton opener, as a kind of Branching process.

Fig.21-2 Conceptive diagram of breakage of one time in Crighton opener.

Fig.22 Main part of Crighton opener (COD) simulation model.

除かれている。第22図中の*i*は一個の綿塊が分塊された回数を示し、*X(j)*の*j*は分塊が進められたために生じた綿塊個数となる。

*j*は綿塊の粒度によっても異なるので値は確定できないが、入力綿塊中の最大粒度のものが最小粒度になったと仮定した時に必要なディメンジョンを満たすのに十分な大きさとして目安を立てることができる。

集計(1)は一度以上の分塊を受けたために生ずる綿塊に関する集計であり、集計(2)は一度も分塊されなかった場合についての集計である。

粒度*X*の綿塊が分塊作用域を脱出する条件は(1)式を用い、*P(X)*によって分塊されないと判定されるまでの分塊をくり返すことになる。

$$P(X) = \frac{1}{X_{MAX}} \cdot X \quad 0 \leq X \leq X_{MAX} \quad (1)$$

$$P(X) = 1 \quad X_{MAX} < X$$

4.2 シミュレーション・モデルによる計算結果と検討 クライトン・オープンナのシミュレーション・モデルに

よって計算を行なう場合、*XMAX*や*XMIN*などのパラメータやモデルへの入力データは3-2の場合と同様な方法で定めた。第23図にシミュレーション・モデルの入力データとした粒度分布を示した。これより、3-2の場合と同様に*XMAX*を定め、*XMAX* = 0.25を用いた。

第24、25図に*XMIN*をパラメータとした場合の粒度分布の計算結果を実験値と共に示した。この場合、*XMIN*の変化のみでは計算値と実験値とが一致しない。さらに粒度が0.07(g)程度より大となると計算値は実験値よりも常に頻度が大きくなっている。

このことは、クライトン・オープンナの分塊作用域においては0.07(g)程度以上の粒度の綿塊が、それ以下の綿塊よりも多くの分塊作用を受けることが推測される。

第26図に綿塊最大長*l*と粒度との関係を示す曲線*W*(1)を示した。クライトン・オープンナの分塊作用域中では綿塊が空気流によって移動し、分塊作用を受ける。この移動には分塊作用域中にある綿塊の幾何学的な形態など複雑な要因が関連していると考へられるが、綿塊が分

Fig. 23 Input data to COD simulation model.

Fig. 24 Comparison of experiment and results performed by simulation model when *XMIN* is changed.

Fig. 25 Comparison of experiment and results performed by simulation model when *XMIN* is changed.

塊作用域を脱出する条件の $P(X)$ を定める時には X_{MAX} のみを考慮し、例へば $W(1)$ などは考慮されていない。さらに $W(1)$ は線形ではなく、第26図に示したように粒度 $0.07 \sim 0.08$ (g)において変化率が大きく変っている。

この条件を考慮して、粒度 0.07 (g) 以上において分塊作用下に入る割合を増加させてゆくと、第27図に示すように、粒度分布はかなりよい一致をみせる。

シミュレーション・モデル中では分塊作用下に入る割合を増加させることは作用域中の綿塊の重量を見かけ上定まった係数 $C = C1/C2$ で増加させ、分塊作用の終了後、集計時にもとの重量にもどすことで実現できる。

5. スカッチャの分塊過程のシミュレーション

5.1 分塊作用域中における分塊位置と粒度分布に関する検討

分塊作用域中において分塊が発生する位置やその結果としての粒度分布と綿塊最大長分布は、主として、シミュレーション・モデルに用いる仮定についての検討として実験的な考察を行なった。実験には第28図に示すような、ニップ・ローラとビータからなる系を用いた。

分塊の発生する位置について

5.2.1 接触摩擦の影響

平均繊維長 25 mmの綿ラップとカード・スライバを第28図のニップ・ローラに把持させて、垂直方向に重垂の衝撃力を与えて切断した。この時の切断位置を垂下長をパラメータとして実測すると第2表の結果が得られた。

試料が垂下する方向をボトム・ニップ・ローラに対する接線とし、その接点を基準位置として、切断が発生した位置をあらわした。試料の垂下長は平均繊維長により指数化した。この結果から、ビータの衝撃によってタフトが分塊される時、タフトとニップ・ローラが接している範囲では分塊が発生しにくいことが推定される。

Fig.26 Relation between max. length of tuft and size of tuft.

Fig.27 Size distribution performed by simulation model, when size, which is larger than 0.07 (g), is weighed by C .

Fig.28 Fundamental system of beater and nip roller to observe the breakage zone of beater type machine.

5.1.2 気流の影響

スカッチャではビータの打撃を受けた綿塊が空気流によってケージ・ローラ上に集められるので、綿塊の分塊に対して空気流の影響は無視できないと考えられる。第28図のような基本ビータ系において、垂下しているタフトがビータによって分塊される時、タフトが分塊されるまでに要するビート数、タフトの垂下長、垂下するタフトに直角に送られる空気流との関係をしらべた。結果を第3表に示したが、タフトは気流がゼロの時は非常に分塊されにくく、垂下長が長い程タフトは分塊され易い、また、垂下長が50 mm 以上の場合は非常に分塊され易くなっていることが実験的に認められる。

Table 2 Distance between break part and origin, which is a point of contact when tuft hangs down along a tangent line.

		LENGTH OF TUFT (×25 mm)			
		NL = 1	NL = 2	NL = 3	NL = 4
SAMPLE	LAP	- 8.4	0.1	9.2	
	CARD SLIVER	- 4.6	- 0.5	13.5	17.5

(mm)

Table 3 Relation among air velocity, length of tuft hanging down, and number of beating till tuft is cut.

		LENGTH OF TUFT (×25mm)			
		NL = 1	NL = 2	NL = 3	NL = 4
AIR VELOCITY m/sec		(8.0)			
	0	21.8	70 (OVER)	70 (OVER)	70 (OVER)
		(5.2)	(3.2)	(3.0)	(1.8)
	5	22.0	21.1	11.5	8.1
		(4.7)	(4.8)	(3.2)	(1.2)
	10	19.0	18.2	12.0	5.5
		(5.1)	(3.2)	(2.0)	(1.5)
	15	18.1	20.6	12.2	6.9
		(2.5)	(4.3)	(1.9)	(1.6)
	20	14.8	22.2	11.9	7.8

5.1.3 十分に大きな粒度の綿塊が分塊された場合の粒度分布

5.1.1, 2の実験は静的な状態での分塊であったが、第28図に示した基本ビータ系のニップ・ローラを回転させ、動的な状態における綿塊の分塊について実験を行った。試料は5.1.1.2で用いたカード・スライバを用

いた。

ビータ回転数 1 c/s

ビート数 1.6 mm/beat

モデル装置のためビータの回転数を増すことができなかったで、ニップ・ローラの表面速度を調節して、ビートニングの条件を実際の場合に近いものとした。

風速をパラメータとして、実測した粒度分布を第29図に示した。この結果から、ニップ・ローラによって把持された十分に大きな綿塊最大長をもつ綿塊がビータによって分塊されてゆく場合、分塊によって生ずる綿塊の粒度分布は指数分布することが実験的に推定される。

5.2 スカッチャのシミュレーション・モデル

スカッチャなどビータ型機械による分塊操作では綿塊の一端がニップ・ローラに把持され、順次を送り出されながら綿塊は分塊作用を受けるので、分塊作用域にある綿塊がビータとニップ・ローラ間のゲージよりも小になれば分塊されないことになる。

スカッチャのビータによる打撃に関して片山¹⁾らは歪計を用いて実測したが、綿塊上ではビータによる打撃を受けた点が衝撃力のピーク点と対応して実測でき、打撃点の間隔はビータ回転数と給綿速度によって定まり、0.17 cm/beat 程度である。また、ビータ・ブレードによって生ずる空気流は3～5 m/sec程度であり、¹⁾ 綿塊は垂下してビータの打撃を受ける。²⁾ シミュレーション・モデルではつぎの仮定を用いた。

仮定1. 分塊プロセスへの入力綿塊群の綿塊最大長分布は定常性をもち、綿塊は分塊作用域中で長さ方向にそろえられている。

仮定2. 綿塊がビータによって分塊される時、粒度分布は指数分布する。

以上の仮定を用いてシミュレーション・モデルを作ったので、シリンダ型機械の場合と異なってビータ型機械

Fig.29 Size distributions of tuft when infinite size of tuft was broken by the beating system, Fig.28.

では綿塊のもつ長さも考慮して分塊が進められなければならない、綿塊最大長分布や綿塊粒度と綿塊最大長の関係、あるいは、ニップ・ローラとビータ間ゲージなどの実験値がシミュレーションを実行する場合に必要なものとなる。

ビータ型分塊過程の流れ図の主な部分を第30図に示した。集計や初期条件の設定あるいは結果の打出しなどは除かれている。ビータ

ビータ型機械による分塊操作では綿塊が作用域を通過する条件は、分塊作用域中にある切断されるべき綿塊の最大長 $XL1$ が、切り取られる長さ $XL2$ やゲージ長 XLG と比較して

$$XL1 \leq XL2$$

または

$$XL1 \leq XLG$$

となった場合である。

5.3 シミュレーション・モデルによる計算結果と検討 パラメータの値の設定

ゲージ長: XLG スカッチャにおいては、ビータブレードの先端とニップ・ローラ中心との間の距離は 45 mm 程度である。片山¹⁾らの実験によれば綿塊がニップ・ローラによって把持される場合に把持圧力分布域が生じ、ビータ・ブレードとニップ・ローラ間における実質ゲージ長は減少し、30 mm 程度となることが明らかにされた。

したがって、 XLG は $30 \text{ mm} \leq XLG \leq 45 \text{ mm}$ にあるものとした。

$XMIN$ シミュレーションに用いた入力データの測定は 0.001 (g) の精度で測定されており、ヒストグラムの作成は 0.01 (g) 単位で集計されているから $XMIN$ の値は $0.001 < XMIN < 0.01$ (g) とした。

綿塊最大長分布: $F(X2)$

$$F(X2) = 1 - e^{-\lambda \cdot X2}$$

綿塊がビータ・ブレードによって切り取られる長さの分布は、仮定より、第(2)式で示される。この式によって定まると $X2$ の平均値は λ^{-1} となるから第3報、1表³⁾より、

$$\lambda = \frac{1}{T} = \frac{1}{4.6} = 0.243$$

となる。

これらの値を用いて計算を行なったが、シミュレーション・モデルに与えた入力データは第2報、第1表⁴⁾の値を用いた。

計算結果と検討 第31図は $XMIN$ をパラメータとした時の粒度分布の計算値を実験値と比較したものである。 $XMIN = 0.005 \sim 0.004$ (g) 程度の値では実験値と計算値はよい一致をみせている。

Fig.30 Main part of simulation model of scatcher.

Fig.31 Size distribution performed by simulation model of scatcher. RAMD is T^{-1} , reciprocal number of mean of max. length of tuft. XLG: gauge between nip roller and beater.

λ やXLGの値を実測値から大巾に変化させることは意味がなく、変化範囲が狭いので、0.01, 0.02 (g)程度の粒度における若干の変化を除けば影響が少ない。

例へば、XLGについての变化範囲は機械条件から3.0~4.5 (cm)程度となるが、最大1.5 cmの変化を与えたとしても、第33図より綿塊粒度に換算して0.005 (g)程度となり、分級する場合の誤差と同程度になる。

Fig.32 Size distributions performed by simulation model of scutcher, when RAMD is changed.
RAMD: mean length of tuft cut by beater.

Fig.33 Relation between size of tuft and max. length of tuft.

一般に、スカッチャなどのゲージが仕掛け原料によって変更されることが少ない理由も、このことから推定される。

6. 結 論

混打綿工程における綿塊の分塊に関する単位操作としてのシリンダ型機械とビータ型機械について、分塊モデルを作成し、シミュレーションによって分塊過程の解析を試みた。

スーベリオ・クリーナの方塊過程について

スーベリオ・クリーナによる分塊はS-3またはS-4の段階で終了していると推定される。また、その分塊過程は綿塊の粒度によって分塊作用を受ける割合が定まり、分塊位置は綿塊上に一様分布すると考えると、実験結果とシミュレーション結果とはよい一致をみせる。

クライト・オープナの分塊過程について

クライトン・オープナの分塊過程は、基本的には、スーベリオ・クリーナの方塊過程と類似するが、綿塊が分塊作用を受ける条件に若干の相違がある。

即ち、分塊作用を受ける割合 $P(X)$ は 0.07 (g) 程度の粒度で変曲点をもち、この点は綿塊最大長と綿塊粒度の関係を示す曲線を二直線で近似した時、その交点に近い。この関係を $P(X)$ 中に入れることによって粒度分布の実験値とシミュレーション結果とがよく一致する。

スカッチャの方塊過程について

スカッチャの方塊作用域ではビータにより切り取られる綿塊の重量が指数分布すると推定され、この時の綿塊最大長の平均は作用受けた後の綿塊群最大長の平均値に近いと考えられる。ニップ・ローラとビータ・ブレード間のゲージ長は30~45 mm程度と考えられ、実際の機械条件とも一致する。これらのパラメータを用いた分塊過程のシミュレーション結果は実際値とよい一致をみせる。

参 考 文 献

1. 片山 織機誌 **23**, 1/2, 1, (1970)
2. 鳴海 織機誌 **10**, 10, 768, (1953)
3. 赤見 織学誌 **21**, 11, 528, (1970)
4. 赤見 織学誌 **21**, 11, 517, (1970)
5. 津田孝夫, 「モンテカルロ法とシミュレーション」 共立