そ毛コーマの問題点*

会 員 村 上 文 男**
〃 細 辻 寛 二

1. ま え が き

そ毛工程に限らずコーマ工程は、どこでもあまり喜ばれない。しかしそれだけに妙味もあり、工場の作業技術の水準をも、ある意味では代表することにもなる。

複雑な運動をし、そのほとんどがカムとリンク機構でなされていて、代表的な機構学だけで機械を論じていた古典機械時代の産物であるともいえる。そこで初歩的な力学の解析によっても、いくつかの改良策がでてくることに気がつく。

その回転数は 150 rpm の程度がせいぜいで、それ以上の回転はまだ望みえない。“もっと高速にならないか”という要望は強いのであるが、それに対する技術者の答は、“なにしろ往復運動だから、そうむやみに回転はあがらない”というのがつねである。この“なにしろ往復運動だから”という考え方は少しおかしい。たかが 150 rpm のオーダで、往復運動を円運動になおそうとする努力は見当はずれであろう。同じく往復運動の機械でも、内燃機関は、比較的回転のおそいディーゼル機関でも、1500 rpm 程度はだしている。ディーゼル機関が 1500 rpm であるのに繊維機械だけが、1 ケタ下の 150 rpm でがまんしなければならない理由はない。そこに力学的解析を忘れて古典機構学だけをふりまわしている大部分の繊維機械技術者の怠慢は強く責めらるべきであろう。それではなぜコーマの回転をあげなければ生産性があがらないか、まずそれから検討して後、回転をあげるには現状のコーマは、いかにまずい機械であるかの一端を述べてみよう。

2. そ毛コーマ運転の実態

そ毛コーマの稼動率を、2 週間のワーク サンプリングによって調べてみたのが第 1 表である。この表からわかることは、そ毛コーマは比較的良好稼動しており、た

(第 1 表) そ毛コーマ稼動率 (ただし 98 nip/min)

稼 動 率 (%)		88.2
停 台 率 (%) 11.8	A 定期保全および整備保全	4.6
	B 掃除 (合掃除, トップ コーム, ハーフ ラップ)	6.3
	C 運転上やむをえない停台 (玉揚げ切替, しのがえ)	0.7
	D 運転上事故停台 (まきつき, 前玉むらとり, 故障)	0.2

とえば掃除の自動化を考えたとしても、そのことによってコーマの生産性が向上するのは、わずかに 6.3% であり、回転数を現状 98 nip/min を 104 nip/min にあげたと同じ効果しかないことがわかる。したがって生産性の向上という面からみれば、回転数を大幅にひきあげることが、いかに大きい効果があるかがわかる。

さらに第 2 表は、停台を原因別にしらべたもので、ここでは単に掃除の自動化といっても、トップ コーム, 本体, ハーフ ラップ, クリヤラ, サーキュラ ブラシの 5 つの個所の掃除を考えないと、100% の掃除自動化にならないことがわかる。

(第 2 表) 停 台 原 因 別 比 率 (%)

定 期 保 全	33	注 油	2
ト ッ プ コ ー ム 掃 除	19	整 備 保 全	2
台 掃 除	18	まきつき, しの流れ	1
ニ ッ パ 調 整	10	紡出量目調整	1
ハ ー フ ラ ッ プ 掃 除	4	サーキュラ ブラシ掃除	1
ク リ ヤ ラ 掃 除	4	そ の 他	1
き り か え	4		

よく好んで考えられがちな注油の自動化などは、わずかに $2\% \times \frac{11.8}{100} = 0.236\%$ の生産性向上をもたらすにすぎない。しかし定期保全の周期などをのばすことが主眼であったり、あるいは機械がもっと高速化したときは、必要に迫られることもあろうから一概にはいえないが、現状のままで注油の自動化や集団注油などを考え

* Problems on Worsted Combers.
** F. Murakami, K. Hosotsuji, Member. 東洋紡績株式会社

(第3表) 作業工の動作解析

コーマ台まわり (A) (%)					
主体作業 84.2 (%)	し	の	が え	29.2	
	し	の	つ ぎ	22.9	
	ト	ッ	ブ 運 搬	11.8	
	ト	ッ	ブ コーム 掃 除	4.9	
	し	の	ほ ど き	4.9	
	き	り	か え	4.2	
	そ	の	他	6.3	
応 援	そ	の	他	3.3	
余 裕 12.5 (%)	看		視	12.5	
	非	作	業	1.4	
コーマ ケンスがえ (B) (%)					
主体作業 65.2 (%)	ノ	イ	ル 飛 毛 だ し	34.0	
	床		掃 除	15.3	
	く	ず	も の 処 理	9.0	
	ケ	ン	ス が え	5.6	
	そ	の	他	1.3	
応 援 16.0 (%)	し	の	が え	3.5	
	そ	の	他	12.5	
余 裕 18.8 (%)	看		視	15.3	
	非	作	業	3.5	
コーマ 中 持 ち (C) (%)					
主体作業 66.5 (%)	台	掃	除	27.8	
	ト	ッ	ブ コーム 掃 除	26.7	
	ク	リ	ャ	ラ ハーフ ラップ 掃 除	6.7
				5.8	
応 援 20.3 (%)	し	の	が え	5.6	
	し	の	つ ぎ	5.9	
	そ	の	他	9.9	
余 裕 13.2 (%)	看		視	10.8	
	非	作	業	2.4	

るのは技術者の道楽というべきであることもわからう。

第3表には、作業工の動作解析を行なった結果をあげた。この表とまえの表とを対称してみれば、どのようなところを自動化すれば有利かということも、おのずからわからう。機械メーカー側の人達の参考としてあえて提示しておく。たとえば、さきほどの掃除の自動化では、(B)、(C)工の主体作業の大部分を除去でき、人の節減、すなわち作業工1人当りの生産性では、寄与できることがわかる。しのがえなどが比較的大きいことは、ラージパッケージ化の効果も物語っている。

3. 現状機の解析

現在一般に用いられているデタッチングカムに注目

(第1図) 変位—時間曲線

(第4図) パルス—時間曲線

(第2図) 速度—時間曲線

(第3図) 加速度—時間曲線

してみよう。現状のカムのプロフィールから、変位—時間曲線をとってみると、第1図実線で示したようなものがえらばれている。このカムをそのまま用いて現状回転、98 nip/min の回転を 137 nip/min (40% ひきあげ) にしたとする。回転角速度を ω とすれば、当然のことながら、変位 S は ω に無関係であるが、速度は ω に、加速度は ω^2 に比例して大きくなる。いまの場合速度は1.4倍に、加速度は1.96倍になり、あとで述べるパルスは

2.74 倍になるわけである。第 2 図の実線は 137 nip/min の速度—時間曲線，第 3 図の実線は加速度—時間曲線をそれぞれ示している。

さて質量をもつものを往復運動させるときは，その動力学的反作用は加速度だけで済まるものではなく，加速度曲線の形状およびその連続性が重大な意味をもつ。すなわち，加速度の変化割合が大きい場合（極端には不連続）は，その間に過渡的な慣性力が作用し，カムフォロア系に衝撃が加わり，その振動数が固有振動の奇数倍になると，共振して大振幅の振動となる。応力は大きくなりジャンプ現象がおこるといわれている。したがって加速度の変化割合，すなわちその微分値も検討する必要がある。加速度の微分をいまはパルスとよんでおく。これら以外に起因する振動も考えられるが，それらを一定として除外して考えると，カムとしてよい曲線は

- (1) 加速度の最大値をできるだけ小さくすること。
- (2) パルスの値をつねに有限に保ち，かつ小さくすること。

在来カムの加速度を微分して，パルス曲線として示したのが第 4 図の実線である。

これらの曲線をまずクランクを用いたときと比較してみると，クランクでは変位を $A \sin \omega t$ とすれば，速度では $A \omega \cos \omega t$ ，加速度では $-A \omega^2 \sin \omega t$ ，パルスでは $-A \omega^3 \cos \omega t$ となる。137 nip/min としてのそれらの曲線をそれぞれ第 1～4 図に点線で入れた。そこで在来使用のカムと，クランクとについて比較すると，速度では在来カムは Max. -100 に対し，クランクでは Max. -50，加速度では Max. -3 200 に対し Max. -700，パルスでは 2.8×10^5 に対し Max. 10^4 程度で問題なしにクランクが高速化にむいていることがわかる。しかしクランクには静止点がないために，原料の受け渡しに難点があることが心配になる。事実そのままカムをクランクにかえると，第 4 表に示すように，ノイルは 26% 程度増大する。もちろん調整によりノイルを増大させない方法もあるが，そのことについては後述する。そこでまずカムのプロフィールを改善することを考える。

(第 4 表) カム台とクランク台のノイル比較

	カム台	クランク台	フィードカム改造クランク台
ノイル (%)	5.72	7.20	6.40
比率 (%)	100	126	112

4. 改造カムによる増速

クランクでも静止点をもたせることができる。たとえ

(第 5 図) 溝つきクランク

ば第 5 図 (a) のような形に溝つきクランクがそれである。しかしその運動図は変位，速度，加速度，パルス—時間曲線として，第 5 図の S, v, a, p 曲線のように得られる。パルス曲線 p では $\pm\infty$ の点がでて不都合となる。そこでこんどはパルスを一定にとるには，もとの変位曲線を 3 次曲線にとればよいことになるから， y を変位， θ を回転角として

$$y = a\theta^3, \quad y = -a\theta^3$$

を組合せたものにしてみる。このようなカムを定パルスカムという。

第 6 図 (a) は $y = \pm a\theta^3$ の曲線を示し，それによる定パルスカムの変位，速度，加速度，パルス—時間の曲線を S, v, a, p 曲線のように与えることができる。これらの曲線について，パルス曲線 p では，曲線のつぎ目でピークがでていることがわかり，これも使用できない。

このつぎ目の問題を解決するには，変位曲線を連続曲線にとらねばなら

(第 6 図) 定パルスカム

ない。この目的には多項式カムが使用できる。すなわち

$$y = C_0 + C_1 \theta + C_2 \theta^2 + C_3 \theta^3 + \dots + C_n \theta^n$$

で項数は境界条件によってきまる。

いまの場合は

$$\theta = 0 \text{ で } y = h, y' = 0, y'' = 0$$

$$\theta = \theta_0 \text{ で } y = 0, y' = 0, y'' = 0$$

である。

ここできめた式は h を最大変位として

$$y = h - 10h \left(\frac{\theta}{\theta_0} \right)^3 + 15h \left(\frac{\theta}{\theta_0} \right)^4 - 6h \left(\frac{\theta}{\theta_0} \right)^5$$

の 3, 4, 5 多項式である。たとえば最大変位を 68 mm

$\theta_0 = 150^\circ = 2.618 \text{ rad}$ とすれば、式は

$$y = 68 - 37.7 \theta^3 + 21.7 \theta^4 - 3.3 \theta^5$$

となる。この式からカム曲線を作り、これをカムとしてあてはめると変位—時間曲線が第 7 図の S 曲線（実線）のように得られる。同図には鎖線で 98 rpm (v_1), 破線で 137 rpm (v_2) 時における速度—時間曲線を併記して

(第 7 図) 多項式カム変位、速度—時間曲線

いる。また第 8 図には、加速度 α , パルス p —時間曲線を示し、いずれも実線で 98 rpm のとき (α_1, p_1) を示し、鎖線で 137 rpm のとき (α_2, p_2) を示している。

これらのカム曲線を用いると、いかに改善された運転状態が得られるかが、まえの在来カムに対する運動図、第 1～4 図と対称すればわかって。

こんどは実際にカムを試作して、在来カムととりかえ

(第 8 図) 多項式カム加速度、パルス—時間曲線

て実際の運転による実験を行なうわけであるが、多項式カムのプロフィールを正確に加工することは、実用的とはいえないので、ここでは近似の三角関数でそれを与えてその曲線によってカムを試作した。そのプロフィールについても運動図を作ったが、前述の多項式カムに近似しているの、ふたたび示すことは省略する。

まず在来カムによって、回転数が 98 rpm と 137 rpm の場合について高速度カメラによる解析をこころみた。その結果 98 rpm ではフォロアのジャンプ現象は認められなかったが、137 rpm では明らかにジャンプ現象が認められた。そのときの変位—時間線図を第 9 図に示す。それに対して改良カムを用いた場合には、137 rpm にお

(第 9 図)

在来カムのフォロア ジャンプ現象 (1317 nip/min)

ク ラ ン ク

改 良 カ ム

現在使用のカム

(第 10 図) 振動状態比較図 (高速 137 rpm の場合)

98 rpm

137 rpm

現在使用中のカム

98 rpm

137 rpm

改 良 カ ム

(第 11 図) 振動記録チャート

いても、ジャンプ現象はまったく認められなかった。

つぎにデタッチング カム軸の軸受上に、振動計をおき、振動測定を行なった結果を第 10 図に示す。それによるとクランクがもっとも静粛で、ついで改良カム、在来カムの順に悪くなっていることがわかる。また改良カムによれば、在来カムの 98 rpm における振幅と同程度の振幅で 137 rpm の回転が得られており、このようなカムを用いると 40% の増速が可能であることが見当がつく。事実はそのとおりであって、こうしてデタッチング カムをいれかえた改造台は充分その後も 137 rpm でなんの支障もなく運転をつづけている。

以上はデタッチング カムだけの考察であったが、増速にはこの部分がもっとも問題であって、事実ここだけの改造で、40% の増速が可能であることが確認されたわけである。もっと総合的な力学的解析をやれば、かならずもっと大きい収獲が得られるものと考えられる。

5. クランクによるデタッチングの考察

クランクは静止点がないので、デタッチング モーションとして使えないかといえは、そうでもないようである。静止部分がないクランクに対しては、フィードのタイミングをはやめて、ニップがもっともフロント ローラに近づいたときに、フィードが終了するようにすればよいわけである。前述第 4 表にあげたフィード カム改造クランク台というのは、そのときの実験結果を示している。しかしそれだけでは第 4 表にみるとおりまだノイ

(第 5 表) ノ イ ル (%) の 比 較

原 料 (s)	クランク(A) 改 良 台	カム台(B)	比 率 A/B×100
70	9.36	8.84	1.06
66 ①	7.48	7.21	1.04
②	7.54	6.78	1.11
64 ①	5.38	5.24	1.02
②	5.78	6.13	0.94
③	5.33	5.59	0.95
60 ①	7.86	7.00	1.12
②	7.27	7.44	0.97
平 均	7.00	6.78	1.03

ルは、在来カム台に比して多い。そこでさらにエカートメント ゲージを 1 mm ちぢめる。こうするともうゲージは限界に達するわけで、整備を充分にしないとこの調整は困難であるが、もちろん不可能ではない。こうすればノイル量はほとんど変らなくなる。第 5 表にその実験結果を示す。

6. あ と が き

わずかの実験と力学の初歩的な解析によって、デタッチング カムを改良した。しかしそれだけのことで、古いコーマの回転数を 98 rpm から 40% もひきあげることができた。いかに現在のコーマが古典機械の産物であり、まだまだ改善の余地がいくらも残されているものであるかが感じられる。この事実をわれわれは再認識してもう一度考える必要があると考える。