

循環式原稿搬送装置における 紙搬送技術

Paper Handling Technology in Recirculating Document Handler

山田 恭

事務機器事業本部

事務機生産事業部設計部



Konica U-BIX5170

Yamada, Yasushi

Copier Design Department

Business Machines Production

Division

Business Machines Headquarters

Abstract:

The Recirculating Document Handler for the KONICA U-Bix5170RF copier saves office work. It removes sheets one-at-a-time from the bottom of a stack, and returns them to the top of the stack after copying. It can do this virtually any number of times to produce collated copies which, incidentally can be stapled automatically.

The KONICA 5170RDH uses a friction belt to separate sheets of paper and achieve the following:

1. Reliable feeding from the bottom of the stack,
2. Reliable sheet recirculation, and
3. Protection of the original sheets from damage.

1

はじめに

1959年に乾式複写機が世に登場して以来、複写機は高速化、高信頼性への道をたどってきた。しかしながら、複写機市場の成熟化とともにメーカーの新規需要の開拓が活発となり、近年では

- ①カラー化
- ②編集機能化
- ③OA機器との複合化
- ④複写作業の省力化

を中心に開発製品化が進められている¹⁾²⁾。

この中で、オプション機器の開発は、複写作業の省力化・生産性向上に深く関わっており、自動原稿搬送装置(ADF)や丁合装置(STR)はその代表例である。

循環式原稿搬送装置(Recirculating Document Handler以下FRDH)は、原稿を1循ごとに1部ずつ複写することができる。

そのためRDHだけで頁順の揃った複数部数のコピーが作成できるとともに、フィニッシャーと組合せることにより、ステイプル・パンチ処理等、後処理まで自動化できる³⁾。

KONICA U-Bix5170RDHは、以下の項目をポイントとして採用技術が決定されている。

- ①KONICA U-Bix5070 (ADF&STR) と本体が共通
- ②繰り返し給送する際の給送信頼性の確保
- ③高生産性を達成する循環方式
- ④KONICA U-Bix5070と同等の画質の確保
- ⑤B5～A3サイズへの対応
- ⑥両面原稿への対応

本稿では、上記の点を基に採用されたRDHの技術の中で紙搬送技術(特に給紙技術)について述べる。

2

KONICA U-Bix 5170RDHの循環方式

原稿を循環させる方式の代表的な例をTable 1³⁾⁴⁾に示す。KONICA U-Bix5170RDHでは、原稿操作性・コピー紙処理性・コンパクト化及び高速機対応の観点から原稿面上向きセット底送り上戻し閉ループ循環方式を採用している(Fig.1)。そして原稿の高速処理を実現するための原稿同期露光方式とB5～A3サイズ対応を可能とする可動後端規制部材、両面原稿コピーのための反転部を組合せることでTable 2のような仕様を達成している。

3

給紙

KONICA U-Bix5170RDHの給紙部は、Fig.1で示すようにサクション吸引と送りベルトを組合せた送り出し部と分離ベルトと重送防止ローラーからなるフリクションベルト分離方式で構成されている。本方式は比較的広い斤量範囲で使用でき、高速搬送での耐久性が秀れている特徴をもつがRDHでは次の点が重要となる⁵⁾。

- I. 底送り分離する時の信頼性
- II. 繰返し分離する時の信頼性
- III. 繰返し分離する時の原稿保護

3.1 底送り分離する時の信頼性

摩擦分離方式についての解析は種々なされているので基本的な部分は省略し、底送り分離機構特有の現象⁶⁾⁷⁾⁸⁾を中心に解析する⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾。

3.1.1 給送条件に及ぼす底送りの影響

Fig.2に底送り摩擦分離方式のモデル図を示す。送り出しに必要な給送力の条件は

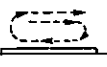

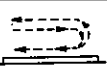

$$F = F_b + F_p + F_w - R_b - R_p - R_{pn} - R_w - R_{wn}$$

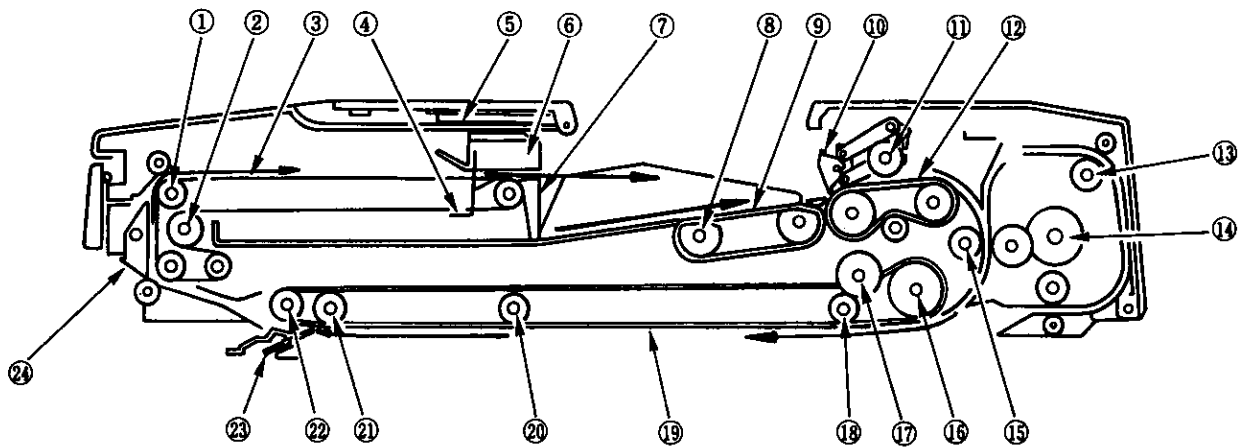
$$= \mu_f Q + F_p + a\mu_{ow}N - \mu_b Q - \mu_t P - \mu_{s1} P - (1 - \alpha)\mu_{tw}N$$

$$- \mu_{s1w}(N - 1) > 0$$

..... 2.1

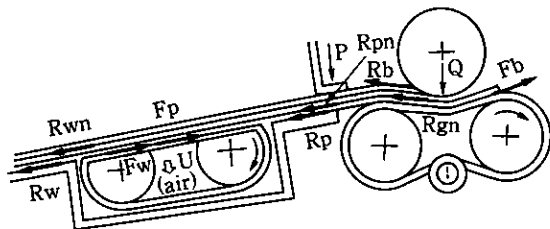
Table 1 Methods of Document Recirculation

Document handling	Visible original	Visible copy	High-speed	Wide-range orig. size	One-sided to two-sided
Face up Bottom feed Closed loop 	Yes	Yes	Easy	Avg	Slow
Face up Top feed Closed loop 	Yes	No	Easy	Hard	Fast
Face up Bottom feed switch back 	Yes	Yes	Hard	Easy	Slow
Face down Bottom feed Switch back 	No	No	Hard	Easy	Fast



- | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|
| ① Tension roller | ⑦ Rear edge regulator plate | ⑬ Reverse conveyance roller | ⑲ Conveyance belt |
| ② Paper exit drive roller | ⑧ Feed roller | ⑭ Originat conveyance clutch | ⑳ Back-up roller |
| ③ Paper exit belt | ⑨ Feed belt | ⑮ Center conveyance roller | ㉑ Stopper roller |
| ④ Driven upper plate (front) | ⑩ Gate | ⑯ Drive roller | ㉒ Driven roller |
| ⑤ SDH side plate | ⑪ Double feed pv. roller | ⑰ Tension roller | ㉓ Stopper |
| ⑥ Paper through guide | ⑫ Separator belt | ⑱ Hold roller | ㉔ Paper exit gate |

Fig. 1 Construction of the Konica U-Bix 5170 RDH



- Q : 分離ローラーの分離ベルトへの押圧力
P : ゲート加重
F_b : 分離ローラー押圧力により生じる搬送力
F_p : 吸引ファン負圧力により生じる送りベルトの搬送力
F_w : 積載原稿自重により生じる送りベルトの搬送力
R_b : 分離ローラー押圧力により生じる抵抗力
R_{gn} : 分離ローラー押圧力により生じる原稿間の抵抗力
R_p : ゲート加重により生じる底板の抵抗力
R_{pn} : ゲート加重により生じる原稿間の抵抗力
R_w : 積載原稿自重により生じる底板の抵抗力
R_{wn} : 積載原稿自重により生じる原稿間の抵抗力
U : サクション吸引圧
μ_b : 分離ローラーと原稿の摩擦係数
μ_t : 分離ベルトと原稿の摩擦係数
μ_{sn} : 下からn枚目と(n+1)枚目の原稿間の摩擦係数
μ_t : 底板と原稿の摩擦係数
μ_o : 送りベルトと原稿の摩擦係数
N : 積載原稿枚数
W : 原稿1枚当りの重量
*添字n: 下からn番目と(n+1)番目の間

Fig. 2 Friction separation for feeding bottom sheets

ここでαは原稿重量の送りベルトにかかる重量と底板にかかる重量比を表す。

式2.1を書き直すと、

$$F = \{(\mu_f - \mu_b)Q - (\mu_t + \mu_{s1})P\} + \{F_p + \alpha\mu_{ow}N - (1 - \alpha)\mu_{tw}N\} - \mu_{s1w}(N - 1) > 0 \quad \dots\dots 2.1'$$

Table 2 Konica U-Bix 5170RDH specifications

1. Type Recirculating Document Handler with two-sided original handling
2. Modes
SDH: Single document handling
RDH: Recycled document handling
One-sided original ↔ One-sided copy
Two-sided original ↔ Two-sided copy
3. Performance
1) Original size B5, A4, B4, A3
2) Original capacity 50 sheets
3) Copy speed

Mode	Original size	cpm
One-sided orig	B5, A4	70
↓	B4	60
One-sided copy	A3	55
Two-sided orig	B5, A4	26
↓	B4	24
One-sided copy	A3	23

cpm: copy per minute

4. Specifications
1) Power source DC35V, 28V, 12V, 5V
2) Power consumpiron Less than 120VA
3) Weight Approx. 22kg
4) Dimensions 655 (D) × 550 (W) × 122 (H)

第1項は一般的な摩擦分離での条件式であり、第2項は送りベルトと底板に関する項、第3項は原稿自重に関する項である。そこで第2項について解析する。

次のような仮定のもとに Fig.3 のようなモデルを設定する。

- 紙はカール、折れが存在しない
- Z方向は一様とする
- 紙の弾性係数・斤量は均一とする。

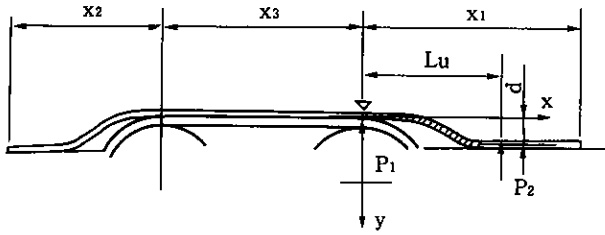


Fig. 3 Sheet bending by feeding belt (x-y orientation)

- 送りベルトの荷重変形は無視する。
- 原稿はdに比べ十分長い

送りベルトのX方向(進行方向)へのたわみはFig.3のような等分布荷重が作用した片持ち梁(固定端、自由端)のたわみと同等となる。さらにシートはdだけたわむと底板に接することから次の条件式が成立する。

$$\theta_x = L_u = 0, \quad \delta_x = L_u = d \quad \dots\dots 2.2$$

この場合、等分布荷重を受ける片持ち梁の先端のたわみ、たわみ角が式2.2を満たすようなP2を仮想すればよい。等分布荷重を受ける片持ち梁のたわみ、たわみ角は次式で表わされる。

$$\delta = \frac{ql^2}{24EI} x^2 (6 - 4\frac{x}{l} + \frac{x^2}{l^2}); \delta_{x=l} = \frac{ql^4}{8EI} \quad \dots\dots 2.3$$

$$\theta = \frac{ql^2}{6EI} x (3 - 3\frac{x}{l} + \frac{x^2}{l^2}); \theta_{x=l} = \frac{ql^3}{6EI} \quad \dots\dots 2.4$$

同様に先端に集中荷重を受ける片持ち梁のたわみ、たわみ角は次式で表される

$$\delta = \frac{Pl^3}{6EI} (3 - \frac{x}{l}) \frac{x^2}{l^2}; \delta_{x=l} = \frac{Pl^3}{3EI} \quad \dots\dots 2.5$$

$$\theta = \frac{Pl^2}{2EI} (2 - \frac{x}{l}) \frac{x}{l}; \theta_{x=l} = \frac{Pl^2}{2EI} \quad \dots\dots 2.6$$

- q : 単位長さ当りの梁の重量
- E : 弾性係数
- I : 断面2次モーメント
- l : 梁の長さ
- P : 集中荷

式2.2より次式が成立する

$$\theta_{x=L_u} = \frac{q(L_u)^3}{6EI} - \frac{P_2(L_u)^2}{2EI} = 0 \quad \dots\dots 2.7$$

$$\delta_{x=L_u} = \frac{q(L_u)^4}{8EI} - \frac{P_2(L_u)^3}{3EI} = d \quad \dots\dots 2.8$$

式2.7より

$$P_2 = \frac{qL_u}{3} \quad \dots\dots 2.9$$

式2.8にこれを代入して

$$\frac{q(L_u)^4}{72EI} = d \quad \dots\dots 2.10$$

これより

$$L_u = (\frac{72EI d}{q})^{1/4} \quad \dots\dots 2.11$$

また $qL_u = P_1 + P_2 = P_1 + \frac{qL_u}{3}$

$$p_1 = \frac{2}{3} qL_u \quad \dots\dots 2.12$$

さらに、 $0 \leq x < (8EI d/q)^{1/4}$ では原稿端が底板に接しないことから

$$\begin{aligned} P_1 &= P(q, x) = qx & 0 \leq x < L'_u \\ &= (\frac{2}{3} qL_u - qL'_u) (X - L'_u) / (L_u - L'_u) \\ &\quad + qL'_u & L'_u \leq x < L_u \\ &= \frac{2}{3} qL_u & L_u \leq x \quad \dots\dots 2.13 \end{aligned}$$

ここで $L'_u = (8EI d/q)^{1/4}$

以上より原稿自重によって生じる送りベルト搬送力をFnとすれば、次式で表される。

$$\begin{aligned} F_n &= |\alpha \mu_{ow} N - (1 - \alpha) \mu_{tw} N| \\ &= \{p(q, x_1) + qx_3 + p(q, x_2) | \mu_o L_z (N - 1) \\ &\quad - \{qL_x - p(q, x_1) - qx_3 - p(q, x_2) | \mu_t L_z N \quad \dots\dots 2.14 \\ q &: w/L_z \\ L_x &: x方向原稿長さ(x_1 + x_2 + x_3) \\ L_z &: z方向原稿長さ \end{aligned}$$

次に吸引によって生じる送りベルトの搬送力Fpを求める。

吸引ファンの吸引静圧をUmmAqとすれば、最下層原稿に対しU/1000gの等分布荷重が加圧されていると近似できる。ただし吸引静圧は原稿自重に比べ、はるかに大きくZ方向のたわみは無視できない。吸引時の半月ベルト近傍での原稿の変形は、Fig.4の実線のような形状となり、各部の荷重計算は非常に複雑となる。そこでFig.4の一点鎖線のようにX方向とZ方向の変形はほぼ独立して式2.13に従うものとし、4隅は、X方向とZ方向の底板との接線の交点と仮定する。

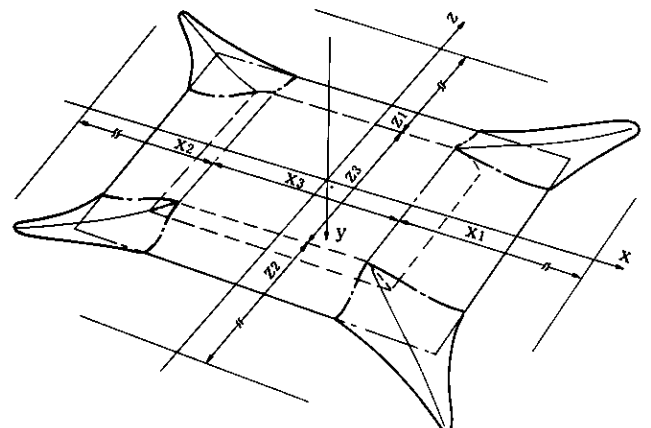


Fig. 4 Sheet bending by feeding belt (x-y-z orientation)

Fig.4のように各量を定義すれば、 F_p は次式のように表される。

$$F_p = \{x_3 z_3 q' + \{p(q', x_1) + p(q', x_2)\} (z_1 + z_2 + z_3) + \{p(q', x_1) + p(q', x_2)\} x_3\} \mu_0 - \{(x_1 + x_2 + x_3) (z_1 + z_2 + z_3) - x_3 z_3\} q' \mu_t \dots\dots 2.15$$

$$q' = q + U/1000$$

以上より式2.1'第2項の送りベルトの搬送力 F_1 は

$$F_1 = F_n + F_p \dots\dots 2.16$$

Fig.5のような底板形状において、送りベルトの搬送力 F_1 と最下層原稿を1枚だけ引き出すのに必要な力 F_2 の測定値をサイズ・積載原稿枚数・吸引圧を変えて Fig.6~9 に示す。また同時に計算値も示す。

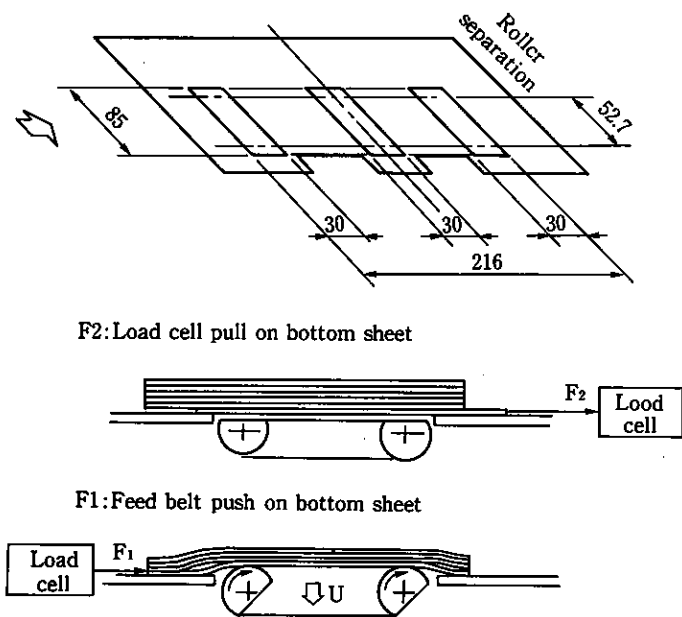


Fig. 5 Measurement of feeding force

$$F_2 = \{\mu_t N + \mu_{s1} (N-1)\} w$$

- $w : 81 \times 10^{-6} \text{ g/mm}^2 \times L_x \times L_z \quad \mu_0 : 1.3$
- $d : 1.5 \text{ mm} \quad \mu_t : 0.3$
- $n : 0.1 \text{ mm} \quad \mu_{s1} : 0.3$
- $E : 4 \times 10^5 \text{ g/mm}^2$
- $x_1 : 20 \text{ mm}$
- $x_3 : 52.7 \text{ mm}$

F_1 は、サイズに対する変化が少ないのに対し、 F_2 は大きいサイズになるに従い積載原稿枚数の増加による F_2 の増加量が大きくなっている。 $F_1 - F_2$ が大きい程搬送系は安定することから、大サイズ、多数枚において厳しい条件となることがわかる。

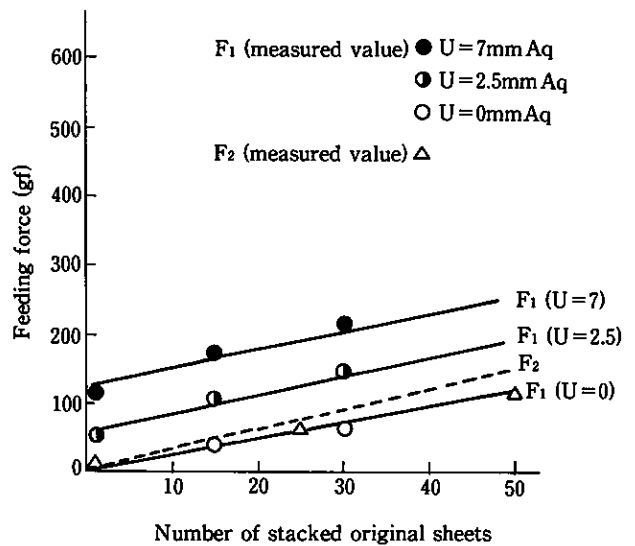


Fig. 7 Change of F_1, F_2 with number of sheets and feeding force (A4)

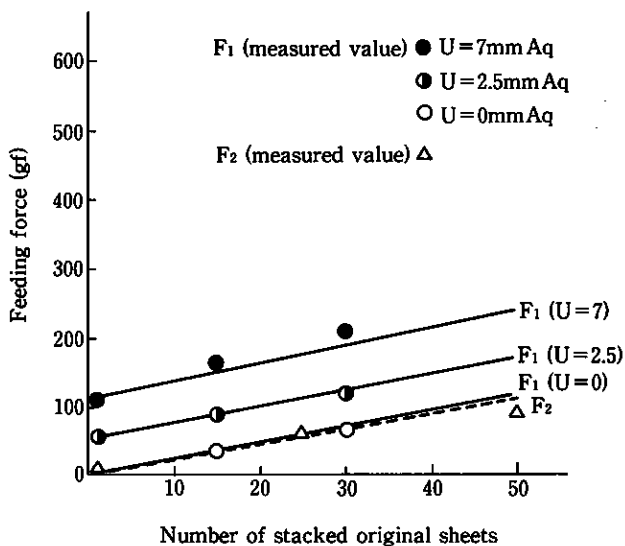


Fig. 6 Change of F_1, F_2 with number of sheets and feeding force (B5)

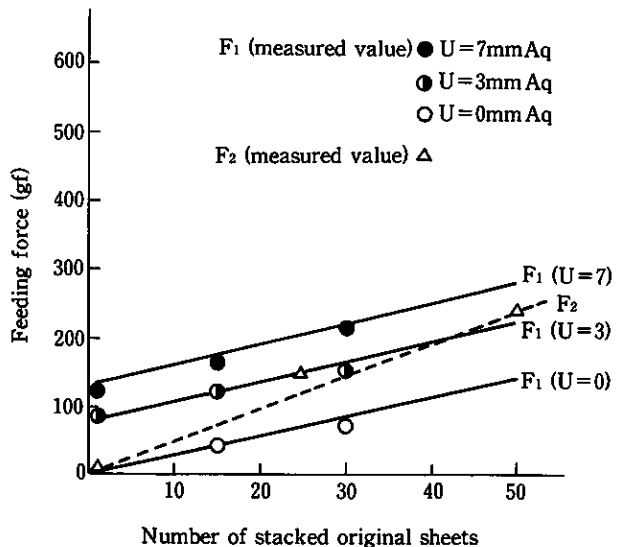


Fig. 8 Change of F_1, F_2 with number of sheets and feeding force (B4)

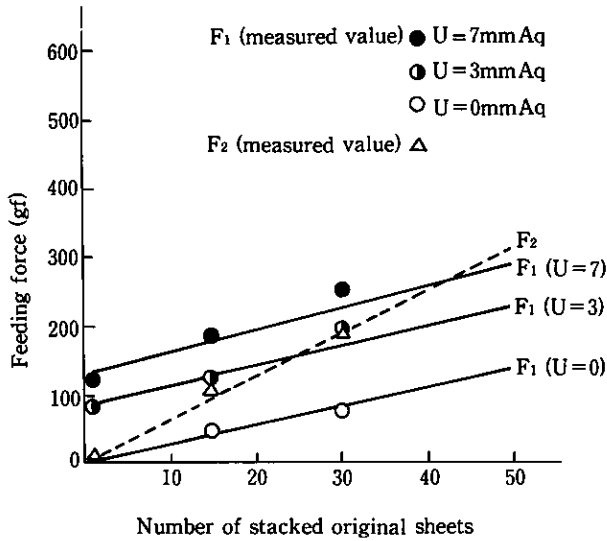


Fig. 9 Change of F_1 , F_2 with number of sheets and feeding force (A3)

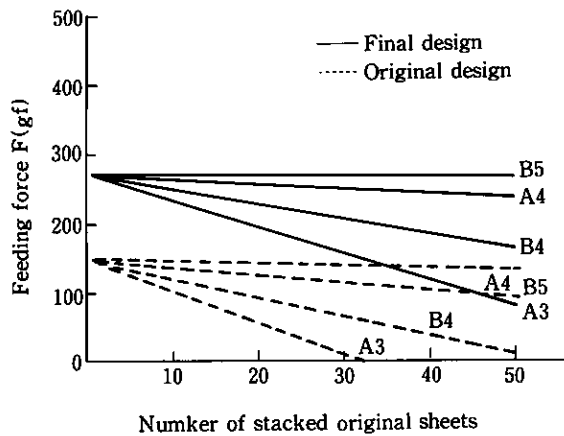


Fig. 10 Relation between feeding force and number of sheets

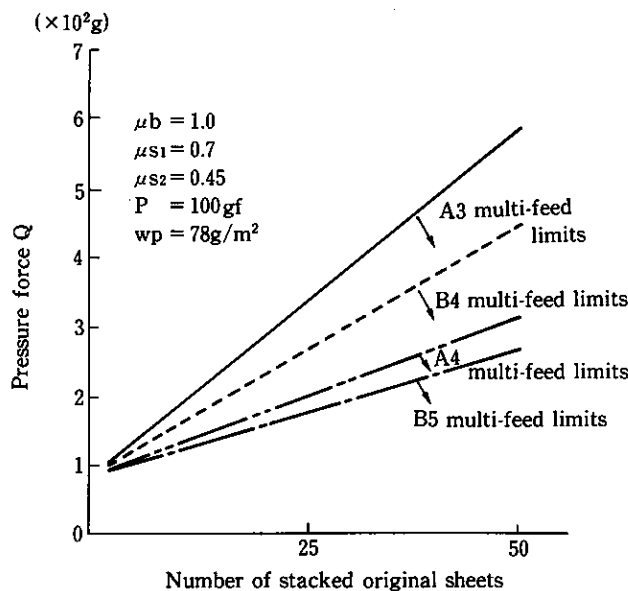


Fig. 11 Feeding limits: relation between number of sheets and Q

Fig.10に、開発初期の給送系の搬送力 F と最終的な搬送力 F の計算結果の比較を示す。スペース上の制約から底板形状等は変更せず、吸引力 $U = 7\text{mmAq} \rightarrow 10\text{mmAq}$ 、送りベルト摩擦係数 $\mu_o = 1.3 \rightarrow 1.5$ とした。

実機テストにおいても初期の系で大サイズ多数枚時の搬送不良が発生したが、上記対策により、最終的な給送系では、このような問題は発生していない。

3.1.2 分離条件に及ぼす底送りの影響
分離に必要な重送防止の条件は、

$$R = R_b + R_{p2} + R_{w2} - R_{g1} - R_{p1} - R_{w1} \\ = (\mu_b - \mu_{s1})Q + (\mu_{s2} - \mu_{s1})P \\ + \{\mu_{s2}(n-2) - \mu_{s1}(n-1)\}w_p > 0 \quad \dots\dots 2.17$$

この中で第1、2項は一般的な摩擦分離項であり、第3項が底送りに関する項である。Fig.11に78 g/m²紙での計算結果の一例を示す。積載原稿枚数が増加する程、また原稿サイズが大きくなる程重送防止に必要な Q の値が大きくなることわかる。

3.2 繰り返し分離する時の信頼性

3.2.1 繰り返し分離の影響

石川、井口によれば、数回程度での分離回数の範囲で紙と紙の摩擦係数は指数関数的に低下していくことが報告されている⁷⁾。また、松原らは、凹凸面を有したナイロンシートと5mm鋼球の繰り返し摩擦測定において、摩擦力は低下と共にある一定値に安定することを報告している¹⁴⁾。RDHでは、数十回の循環を行うことから、Fig.12のような測定系において、繰り返し回数100回までの紙と紙の静摩擦係

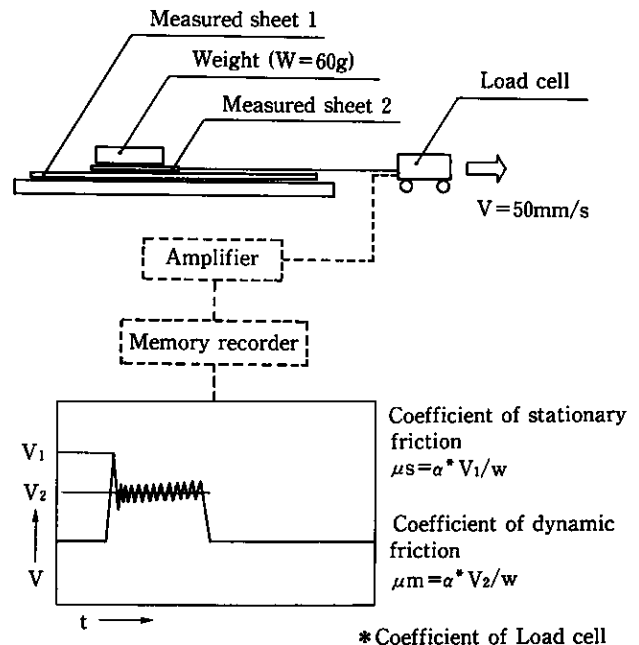


Fig. 12 Measurement of coefficient of friction (paper vs paper)

数と動摩擦係数を測定した。その測定結果を Fig.13, 14 に示す。両者とも傾向は一致しており、20回程度までは摩擦係数は指数係数的に低下していき、それ以降は一定値を示す。また各測定値に対して、標準偏差±σを合せて図示した。繰り返し数が増加するにつれてσが低下する傾向にあり、その値は、各回の摩擦係数値の0.12程度範囲内であった。以上によりN回分離した紙と紙の摩擦係数は

$$\mu_{sn}(N) = \mu_{sn}(1) \{ (1-\beta)N^{-1/2} + \beta \} \quad \dots\dots 2.18$$

$$\sigma_{sn}(N) = 0.12\mu_{sn}(N) \quad \dots\dots 2.19$$

$$\beta = \mu_{sn}(\infty) / \mu_{sn}(1)$$

と近似できる。静摩擦の場合、βは通常0.65近辺であるが、たとえばコピー表面の黒化率100%の場合、β=0.5程度となった。

次に分離ローラーと紙の摩擦係数に及ぼす繰り返し分離の影響を示す。Q=200g×2の押圧力で実際にRDHで繰り返し分離した後の紙と分離ローラーの摩擦係数をFig.15の測定系で測定した。この結果をFig.16に示す。繰り返しによる変化は少なく、約1割程度の変化で安定している。

以上より重送防止条件への繰り返し摩擦分離の影響は紙と紙の摩擦係数変化に大きく作用し、式2.17より繰り返すごとに重送防止条件は安全側へ移行する。ただし、未分離紙の間に数十回分離された紙が混入するような場合は、逆に重送しやすい系となる。

3.2.2 紙揃え性の影響

循環式原稿搬送装置では、各循ごとの原稿揃え性が給送条件に大きく影響する。Fig.17のようにあらかじめ不揃い量Xが生じるような原稿束を各原稿枚数ごとに4循させた時の重送発生率をFig.18に示す。明らかに不揃い量が増加するにつれて重送発生率も増加傾向を示す。また、4循させた64g/m²紙を再び4循させた時には不揃い量・積載枚数を変えても重送は発生しなかった。

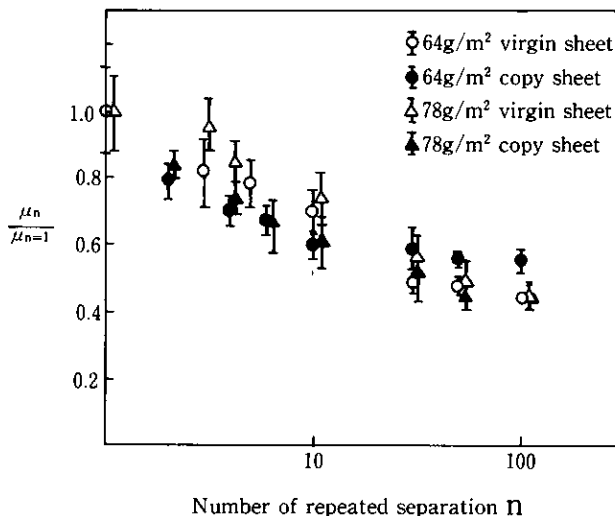


Fig. 14 Change of coefficient of dynamic friction with repeated separation (paper vs paper)

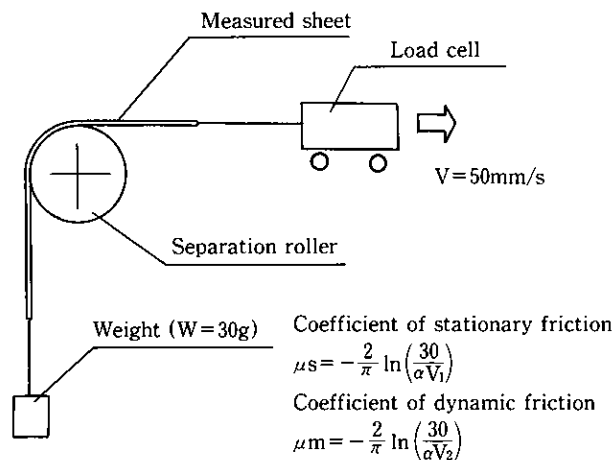


Fig. 15 Measurement of coefficient of friction (Separation roller vs paper)

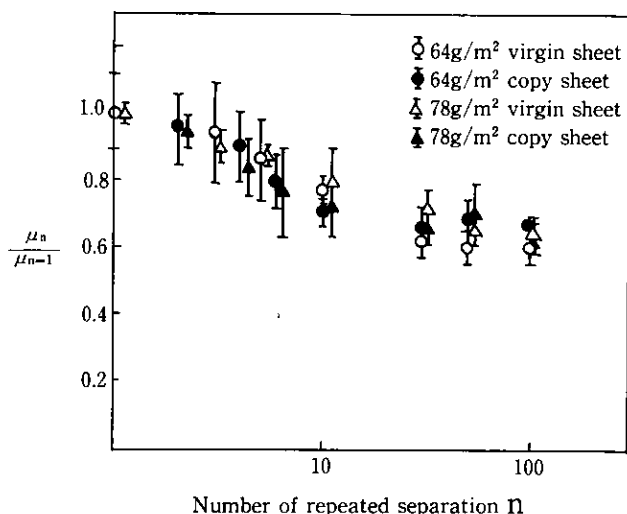


Fig. 13 Change of coefficient of stationary friction with repeated separation (paper vs paper)

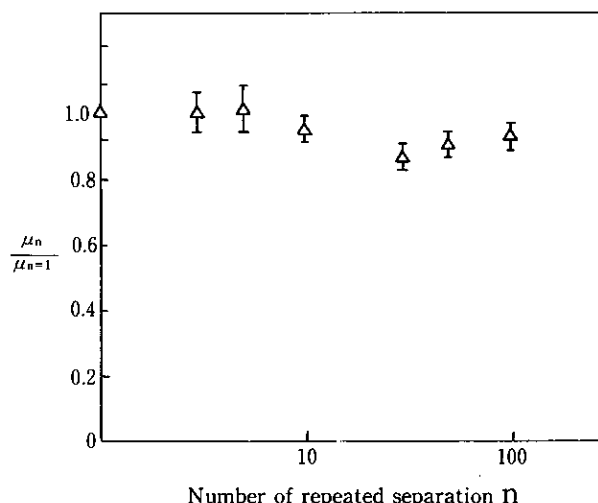


Fig. 16 Change of coefficient of stationary friction with repeated separation (separation roller vs paper)

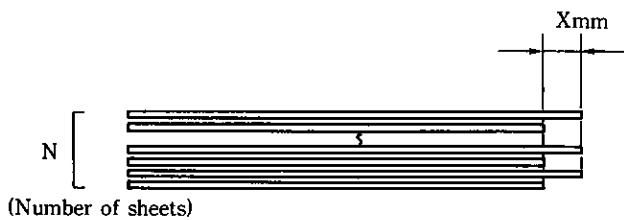


Fig. 17 Irregular sheets for separation test

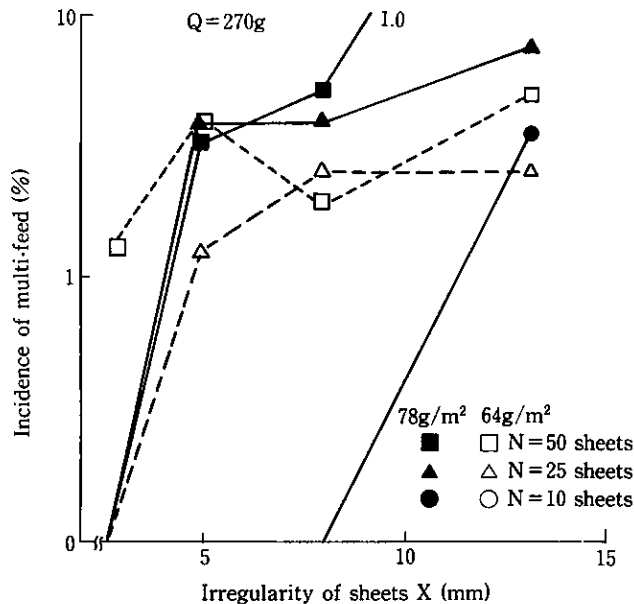


Fig. 18 Relation between irregularity and incidence of multi-feed

3.3 繰り返し分離する時の原稿保護

原稿を繰り返し摩擦分離することは、原稿にストレスを与えやすく、原稿種類、環境等により以下のような項目が問題となる場合がある。

- カール原稿の先端めくれ
- 重送防止ローラーによる分離跡
- 曲がりによる原稿コーナー部の破損

これらはいずれも給送、分離条件と深くかかわっており、独立的に判断はできない。最終的には実機テストにて給送性を確保しながら各対策の効果を確認することとなる。

4 KONICA U-Bix 5170RDHの給送仕様

最終的な給送系の主な仕様を以下に示す（摩擦係数は64 g/m²紙の代表値）

底板：	形状	Fig.5参照
	対紙摩擦係数	$\mu_t = 0.3$
送りベルト：	配置	Fig.5参照

対紙摩擦係数	$\mu_0 = 1.5$
軸間距離	$x_3 = 52.7$
突出量	$d = 1.5$
吸引ファン：	吸引静圧 $U = 10\text{mmA}_0$
ゲート：	押圧力 $P = 100\text{gf}$
分離ベルト：	対紙摩擦係数 $\mu_f = 1.5$
重送防止ローラー：	対紙摩擦係数 $\mu_b = 1.0$
	分離ベルトへの押圧力 $Q = 600\text{gf}$

原稿の進行方向ズレ： 3mm以内

(原稿の長さをセンサーにて読み取り、後端規制板をモーターにて移動させる。)

5

まとめ

KONICA U-Bix 5170RDHで採用した底送り循環方式での摩擦分離機構の給送条件について、従来の上送り摩擦分離機構と異なる特徴を明らかにした。

- ①給送力条件、重送防止条件ともに、底送り出しによる原稿自重が大きく影響を与える。
- ②繰り返し給送分離する系では、紙-紙の摩擦係数は、繰り返しによって最初指数関数的に低下しその後一定値に近づく。
- ③原稿スタック台がほぼ水平面の時、原稿スタックの不揃いが5mm以上のバラツキをもつと著しく給送性が低下する。

以上のような点を考慮し開発されたKONICA U-Bix 5170 RDHの給送性は、目標とする信頼性をほぼ達成できた。今後の課題としては、目標とする信頼性を維持しつつ、原稿にストレスを与えない分離搬送技術の確立が必須である。

●参考文献

- 1) 武田雅弘：画像電子学会誌 15.468(1986)
- 2) 桜井徹男他：Ricoh Technical Report 14.58(1985)
- 3) 平林次夫：Konica Technical Report 1.56(1988)
- 4) Matthew J.Russel USP4169674
- 5) 北島忠行他：特開昭58-148149
- 6) 牧山皓一他：紙送り機構における部材・用紙の特性・応用と設計技術P5 経営開発センター
- 7) 石川雅章他：画像電子学会予稿集5.1(1983)
- 8) 高橋靖弘：Ricoh Technical Report 9.29(1983)
- 9) 西村国俊：精密機械 50.22(1984)
- 10) 湯瀬主税他：画像電子学会全国大会予稿集10.6(1982)
- 11) 湯瀬主税他：精密機械 50.77(1984)
- 12) 鈴木洋治他：精機学会春季大会学術講演会講演論文集 403.(1982)
- 13) 門屋卓他：製紙科学 中外産業調査会
- 14) J.Halling：トライボロジ 近代科学社