

エアーアシストを使用したコート紙・薄紙排紙積載性向上技術

A New Technology for High Stacking Performance of Coated Paper Using Air-Assisting System

鈴木 淳也*

Junya SUZUKI

福本 孝*

Takashi FUKUMOTO

新倉 康夫*

Yasuo NIIKURA

松元 信太郎*

Shintaroh MATSUMOTO

児島 秀俊*

Hidetoshi KOJIMA

高野 悟*

Satoru TAKANO

佐々木 圭*

Kei SASAKI

紺野 和法*

Kazunori KONNO

森 雄太*

Yuuta MORI

芳賀 宏次郎*

Kohjiro HAGA

要 旨

近年、プロダクトプリンティング市場では、コート紙特有の表面性により、用紙間が密着することで発生する押出しや座屈による排紙積載不良の改善が求められていた。トレイ等の補助部材を使用せずに幅広い紙厚のコート紙／薄紙をすらさずに積載できる方式を確立することを目指して検討した。積載紙後端を押え押しを防止する機構と、送風によって排出紙と積載紙の間に空気層を作り、用紙間密着を防止する機構にて、機能性評価および気流シミュレーションの技法を使用し、機能範囲を明確化し、コート紙・薄紙の排紙積載性に関するロバスト性の高い技術を開発した。

ABSTRACT

In recent years, customers in the production printing market request the high stacking performance, namely the printing system without paper stacking failure due to buckling and extrusion, which come from the close contact between papers by the distinctive surface properties of coated paper. In order to stack the coated and/or thin paper of various thicknesses with high precision without using an auxiliary member, For two mechanisms, to prevent extrusion presses the rear end stacking paper, and to prevent the adhesion between sheets by generating an air layer between the paper stacking and discharge paper by blast, we have developed a robust system based on restraint device of paper and air flow. The functionality evaluation and simulation of air flow was used to optimize the system.

* リコートテクノロジーズ株式会社 第二設計本部
Design Division 2, Ricoh Technologies Co., Ltd.

1. 背景と目的

1-1 市場の動向

近年、プロダクトプリンティング市場への参入により、周辺機（後処理装置）にも用紙対応力向上が要求されている。

特に、カラー機においてはカタログ、チラシ等に画像映えのするコート紙へのプリント比率が高くなっている。しかし、コート紙の一般的な特徴として表面平滑度が高い／用紙間密着力が高い／クラーク剛度が低いということが原因で、コート紙の積載性を悪化させる場合がある。また、書籍等に使用されている薄紙についても、クラーク剛度が低く、積載性を悪化させる場合があり、市場からの要求に十分に答えられていないのが現状である。

プロダクトプリンティング市場では、コート紙を大量に精度良く排紙積載できる後処理装置の開発が要求されている。

1-2 従来方式

コート紙を通紙した場合に発生する排紙積載不良として、大きく2種類に分類できる。

(1) 積載紙の押し出し

コシが強い用紙では、印刷によって生じる排出紙と積載紙の帯電と、排出紙と積載紙の摩擦により用紙間が密着し貼り付いてしまうと、排出紙が積載紙を押し出してしまう（Fig.1参照）。

(2) 排出紙の座屈

コシが弱い用紙では、印刷によって生じる排出紙と積載紙の帯電と、排出紙と積載紙の摩擦により用紙間が密着し貼り付いてしまうと、排出紙先端が貼り付きで搬送できなくなり、排出紙後端が丸まってしまう（Fig.1参照）。

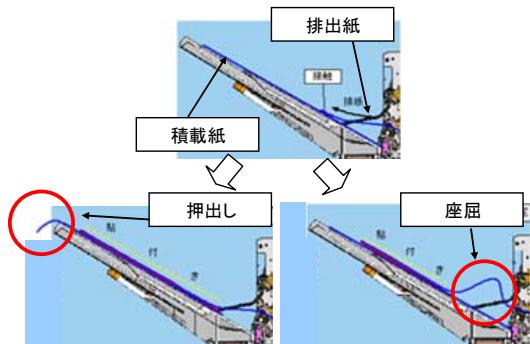


Fig.1 Extrusion and compression buckling of Stacked paper.

そこで、前身機リコーフィニッシャー[SR5040/SR5030]では、コート紙積載時の排紙積載不良を防止するために、Fig.2に示すように、通紙するコート紙の紙厚に応じて厚紙用と薄紙用の2つの補助トレイを設置していた。

厚紙用補助トレイは、トレイ先端にウイング形状（トレイ形状よりさらに角度を増加する）を追加することで、積載紙が排出紙に押し出された際に、積載紙が押し出されることを低減させることを狙った。

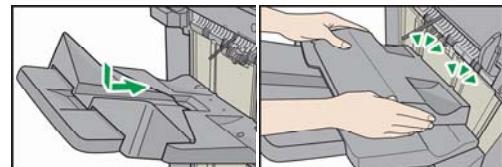


Fig.2 Conventional supporting tray.

薄紙用補助トレイは、Fig.3に示すように、トレイ上に積載されている積載紙と、排出紙の接触面積を減らし、積載紙と排出紙の貼付きを防止する狙いがあった。

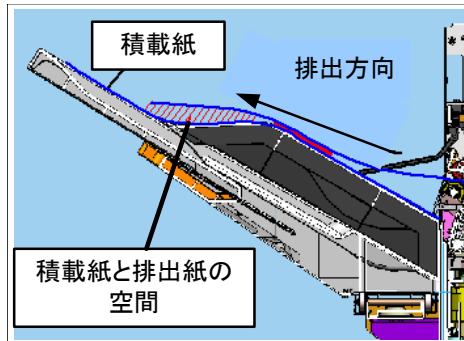


Fig.3 The aim of the thin paper supporting tray.

しかし、紙厚が厚くてもコシがない用紙では、厚紙用補助トレイではなく、薄紙用補助トレイを設置しないと排紙積載性を満足できないものがある。積載枚数が増加していくと、トレイ形状の効果が弱まっていき、排紙積載不良が発生する懸念があり、積載枚数を普通紙に比べて少なく制約する場合があった。

2. 新方式

2-1 コート紙対応技術

用紙排出時の押し出し、座屈への対応策として、従来のコート紙専用の補助トレイは使用せず、積載性を向上させ、揃え精度の目標値を達成するために下記の方式を採用了した。

押し出しによる排紙積載不良に対しては、Fig.4, 5に示すように、2枚目以降の排出紙が、排紙トレイ上の積載紙と接触する時、積載紙後端をレバーで押え、排出紙が積載紙と貼り付き、押し出そうとする力（押し出し力）以上の力で後端を押えることで抑止する（後端抑止力）機構を用いた。

貼付きでの座屈に対しては、排出紙と排紙トレイの間にファンによる送風で空気層を作り、用紙間密着による貼付きを防止する方式を採った。

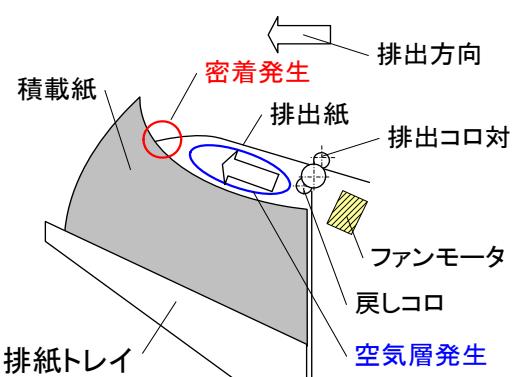
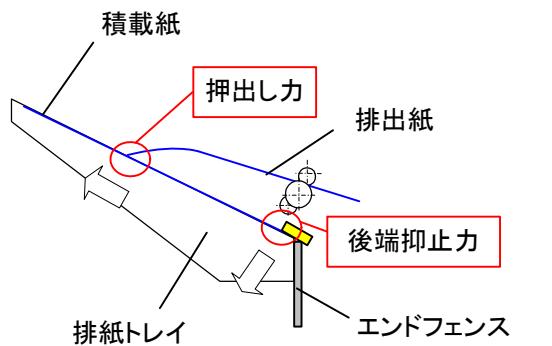
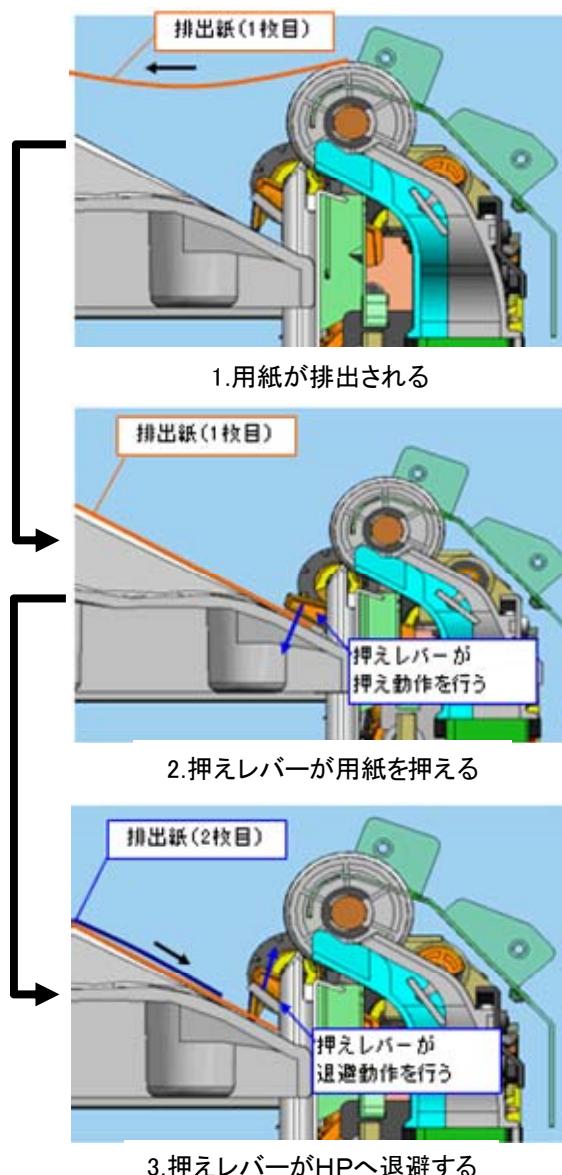


Fig.4 Mechanism of restraint device for coated paper.



(1) トレイ角度

水平に近づける。これにより用紙の搬送抵抗を低減させる。

(2) エアー制御

用紙後端を確実に排出させ、用紙後端の浮きを抑える。

特に、Fig.6に示すように、排出紙と積載紙の間に送風を行うファンの排気部に機械的に開閉可能な遮蔽板を追加し、ファン排気部内で風量を調整する機構を検討した。後端押え機構と連動する構成とし、用紙後端が排紙ローラを抜けるタイミングで遮蔽板を塞ぎ、ファンの風量を減らすことで、用紙後端の浮きを防止する思想で作り込みを行った。

Fig.5 Operation of restraint device against extrusion of paper.

2-2 薄紙対応技術

コート紙対応技術を搭載した改良機においても、薄紙 ($52.3 \text{ [g/m}^2\text{]以下}$) では、排出紙のコシが弱く、排紙トレイ上を上りきれずに、丸まりが発生し、積載が不可能であることが確認された。そこで、トレイ角度変更、エアーオン/オフ制御の組合せを検討した結果、下記2条件があれば積載可能であることを見だした。

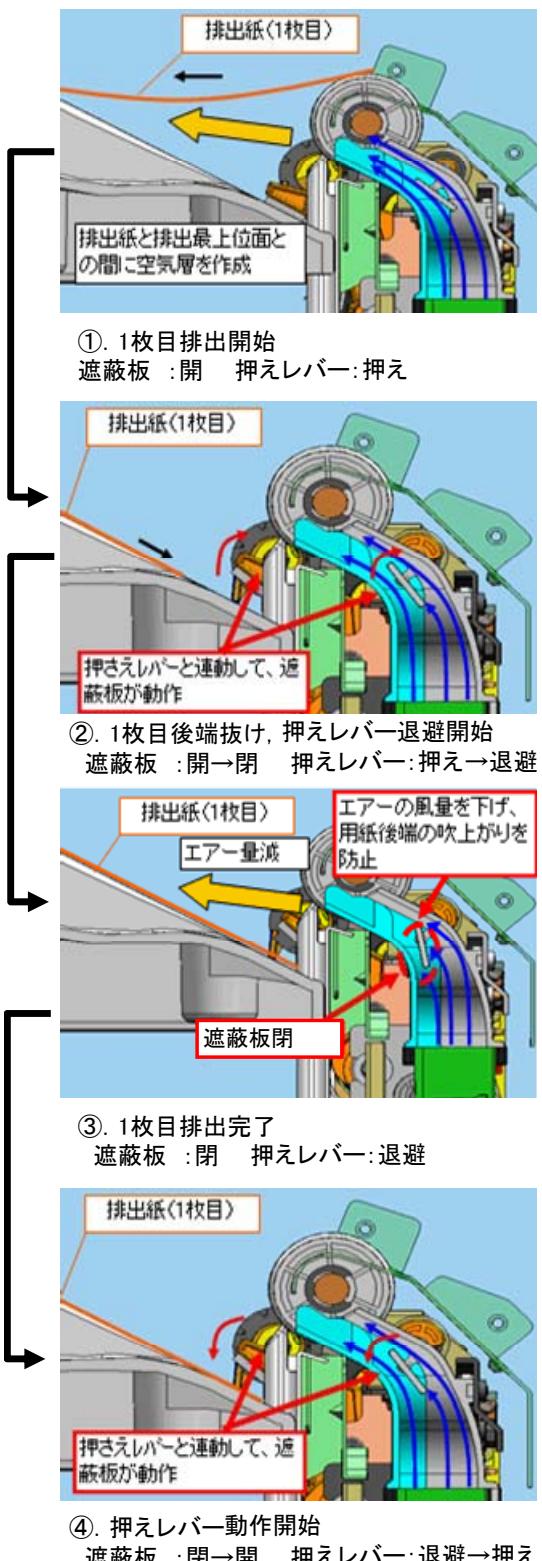


Fig.6 Technology corresponding to a coated paper.

3. 機能性とロバスト性の評価

3-1 機能性評価

押し出し、座屈による排紙積載不良の対策として、様々なバラつきに対しても効果のある機能を選定するため、機能性評価を行った。

誤差因子を抽出する予備実験と、制御因子の予備実験を行い、その結果を基に機能性評価を行った。まず基本機能はFig.7に示すように、「エンドフェンスから排出紙後端までの距離が狙いの位置にくるように排出すること」とした。

エンドフェンスから用紙後端までの距離が狙いの位置(0mm)にくること

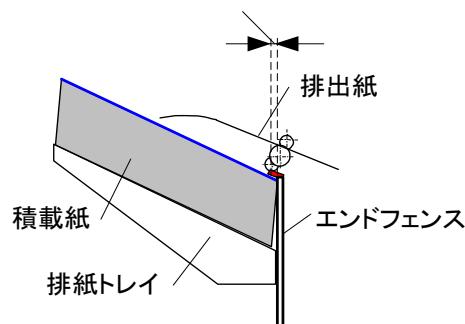


Fig.7 Functionality evaluation of stacking of paper.

誤差因子は、紙種、帯電量、紙面画像の組合せ、積載形状を選定した。紙種は、前身機評価の中から押し出し、座屈状態の最も悪い最悪紙を選定した。帯電量は、除電ブラシの本数を変更し帯電量測定した。紙面画像の組合せは、摩擦係数測定にて用紙が滑りやすい条件を選定した。積載形状は、フェイスカール、バックカールの用紙を500枚積載状態にて通紙確認した。

制御因子は、ファン風速、送風角度、用紙後端を抑える抑止力、トレイ角度の4因子とした。

ファンの風速は、送風なしと、座屈に効果のある風速から風速2, 4 (1~4で数字が大きいほど速い) の3水準を選定した。送風角度は、Fig.8示すように、送風角度1, 6 (1~6で数字が大きいほど角度大) の

2水準を選定した。後端抑止力は、積載紙の押し出し力測定と通紙確認を行い、押ししが発生せず、汚れ、傷が発生しない抑止力をなし、1, 2（数字が大きいほど抑止力大）として選定した。トレイ角度は、現状の排紙トレイ角度2と、角度1, 3（数字が大きいほど角度大）の3水準を選定した。これらの制御因子を直交表に割り付けたものをTable 1に示す。

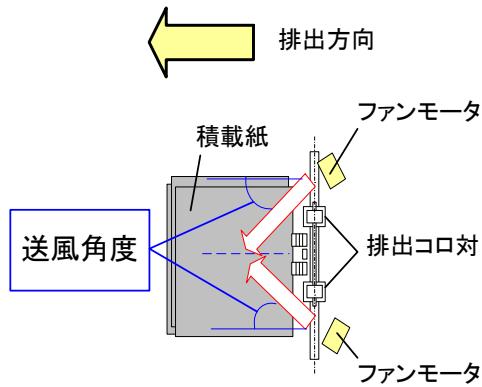


Fig.8 A air blower angle to the direction of paper feeding.

Table 1 Allotment to orthogonal table.

評価No	制御因子			
	ファン風速	送風角度	後端抑止力	トレイ角度
1	風速4	角度1	なし	角度1
2	風速4	角度1	抑止力1	角度2
3	風速4	角度1	抑止力2	角度3
4	風速2	角度1	なし	角度1
5	風速2	角度1	抑止力1	角度2
6	風速2	角度1	抑止力2	角度3
7	なし	角度1	なし	角度2
8	なし	角度1	抑止力1	角度3
9	なし	角度1	抑止力2	角度1
10	風速4	角度6	なし	角度3
11	風速4	角度6	抑止力1	角度1
12	風速4	角度6	抑止力2	角度2
13	風速2	角度6	なし	角度2
14	風速2	角度6	抑止力1	角度3
15	風速2	角度6	抑止力2	角度1
16	なし	角度6	なし	角度3
17	なし	角度6	抑止力1	角度1
18	なし	角度6	抑止力2	角度2

評価内容としては、Fig.9に示すように、1枚ずつ10枚の通紙を行い、測定は「エンドフェンス～用紙後端までの距離」を押し出し、座屈について測定した。その結果を基に押し出しと座屈に対する総合SN比を算出した。

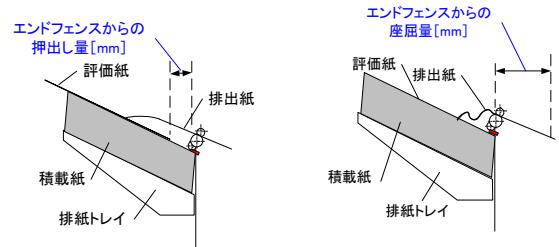


Fig.9 Measuring method for extrusion and buckling.

評価結果をFig.10以降に示す。Fig.10は評価NoごとのSN比を示している。青丸で囲んである評価No.7が現状の構成であり、押し出し、座屈が発生しており、SN比が低くなっている。赤丸は、積載紙後端を押さえ、ファンによる送風によって押し出し、座屈を防止できた評価No.12ではSN比が高くなっている。

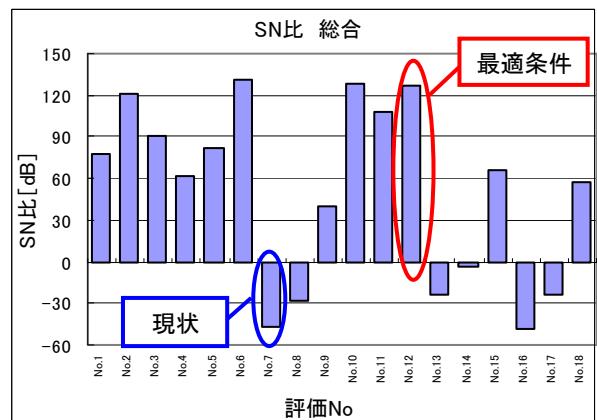


Fig.10 Results of functionality assessment.

Fig.11は総合の要因効果図を示している。最適条件は風速：4、送風角度：6、後端押え力：2になった。トレイ角度は水準の全てが測定誤差の範囲内に入っており、効果が低い結果となった。

最適条件での改善量としては、Fig.12, 13に示すように、青丸から赤丸に改善されており、押出しではファンによる送風で48.3 [dB]、積載紙後端を押することで50.2 [dB]改善があり、座屈に対しファンによる送風で74.3 [dB]の改善があった。この結果を基に再現性確認を行った結果、Table 2にあるように、再現性は総合で14.7%，座屈で2%と再現性が高い結果となった。押出しについては、33%と再現性の目安である30%を超えておりが、評価中で押出しは発生しなかった。

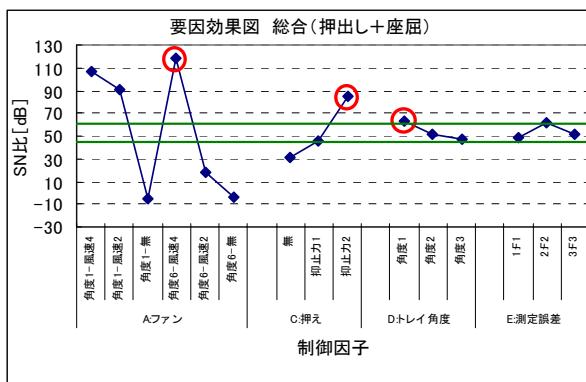


Fig.11 S/N ratio cause and effect diagram for extrusion and buckling.

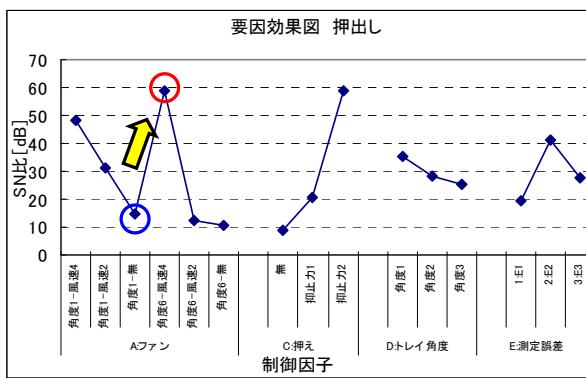


Fig.12 The amount of S/N ratio improvements of extrusion.

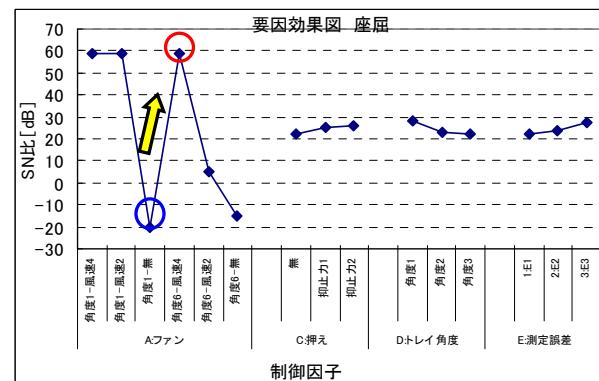


Fig.13 The amount of S/N ratio improvements of compression buckling.

Table 2 Confirmation of reproducibility (Gain).

項目	推定[dB]	確認[dB]	再現性[%]
総合	200.13	174.43	14.73
押出し	94.56	70.95	33.28
座屈	82.73	84.44	2.03

以下に、各因子の特徴的効果を述べる。

(1) ファンによる送風

薄紙の座屈、厚紙の押出しどもに効果がある。

風速：4では、送風角度に関係なく座屈に効果がある。ただし、送風角度：1は搬送方向に対して内向きの角度が小さいので、風速：4で排出すると、排出紙後端の両端を送風によって捲り上げてしまい、浮きっぱなしでトレイ上に落下しない不具合が発生した。風速：1、角度：6では、排出紙先端がトレイ上の積載紙に接触時に座屈は発生しなかったが、送風の効果が用紙長全体を網羅できずに、積載紙の先端付近で座屈が発生した。

(2) 後端押え

抑止力1では、送風により押出しが発生したが、抑止力2では、トレイ角度に関わらず押出しを防止できる。

(3) トレイ角度

トレイ角度の差による影響が少なく、積載面形状の変化にもロバスト性が高い。

3-2 機能範囲の明確化

機能性評価の結果から、押し出し、座屈に対して送風の効果が大きいことが確認できた。しかし、Fig.14に示すように、最適条件として送風角度6を選定したが、風速：4から風速：2へ遅くした際にSN比が大幅に落ちているのに対し、逆に送風角度：1の場合は、送風角度：6に比べ風速の影響を受け難い結果となった。

このため、風速、送風角度がどの程度のバラつきに対し効果があるかについて、機能範囲を明確化し、最適条件を選定した。誤差因子と評価方法は、機能性評価と同様に実施した。制御因子は、機能性評価にて押し出し、座屈に対し効果が大きいファンの風速と送風角度以外を固定し、揃え精度が目標値未満になるまで風速を下げて評価を行った。風速は、機能性評価の結果から、風速：3で効果があることが確認できていた、風速：4では送風量が多く、排出紙の後端が浮きっぱなしになる副作用が発生するので、風速4は参考として評価を行った。

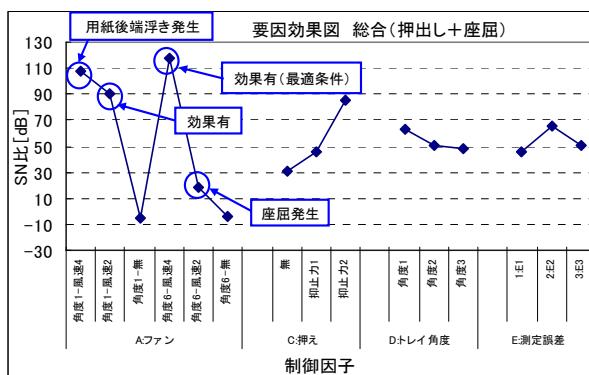


Fig.14 S/N ratio variation due to the change of angles and speed of air flow.

上記に基づき、風速、送風角度の機能範囲の明確化を行った結果、座屈に対し効果があることが分かった。揃え精度の規格値を達成できるのは、Table 3に示しているように風速：2, 3では、送風角度：1～4になった。機能性評価で最適条件として設定した送風角度：4は、風速を弱めることにより先

端付近で座屈が発生し、効果が低い結果となった。この結果から、送風角度は搬送方向に対して平行に排出紙先端に向けた方がより効果があることが確認できた。ファンの選定条件は、送風角度：2、風速：3に設定した。

Table 3 Experimental results of stackability for various angles and speeds of air flow.

送風角度	風速[m/s]			
	1	2	3	4
1	NG	OK	OK	OK
2	NG	OK	OK	OK
3	NG	OK	OK	OK
4	NG	OK	OK	OK
5	NG	NG	NG	OK
6	NG	NG	NG	OK

仕様の揃え精度を満足できる機能範囲

3-3 気流シミュレーションとの紐付け

これまでの実機評価結果から、機能性評価、機能範囲の明確化で効果を確認できたが、気流は可視化できないので、風速、送風角度を定量的に表すことができない。そこで、気流シミュレーションで確認を行い、実機評価との相関がとれるか確認を行った。

その結果、風の流れの解析では、送風角度ごとの気流の差異が分かりにくく、実機評価との紐付けができることが確認された。そこで、排出紙が排紙トレイに接触する用紙の挙動を動画にて撮影し、測定したデータを基に3DCADにてモデル化した。Fig.15に作用力の解析用モデルデータを示す。送風の上下方向は排紙トレイ角度と平行に固定して、送風が用紙に作用する力を送風角度、風速を変更して解析を行った。

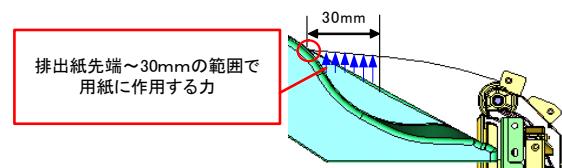


Fig.15 Calculated force acting on paper using air flow simulation.

シミュレーション条件

- トレイ角度：現状
- 送風角度：6パターン（角度1～6）
- 風速：4パターン（風速1～4）
- 解析位置：排出紙先端から30mmまでの領域

Fig.16がシミュレーション結果になっており、各送風角度、風速での用紙に掛かる力を示している。グラフに示しているように、シミュレーションでの最適条件は、送風角度：3になり、実機評価結果の最適条件である送風角度：2と差異がある結果となった。これは気流シミュレーションでは送風を受ける用紙を板上の形状で固定しているので、排出紙がトレイ面に接触後の用紙の挙動を含んでいないことで差異が生じたと考えられる。送風角度：4以上では、実機評価結果と同様に角度が大きくなるほど用紙に作用する力が減っていく傾向にあった。

次に、気流シミュレーション結果を基に、実機評価結果の座屈の発生有無とシミュレーション結果を比較し、相関確認を行った。Table 3に示している実機評価で座屈に効果のあるOK領域、座屈が発生したNG領域、OK領域とNG領域の境界領域を判別し、実機評価結果とシミュレーション結果の相関確認をした。境界領域は、実機評価で判断できていない①風速：3での送風角度：4、5の間、②風速：2での送風角度4、5の間の、2箇所を選定している。

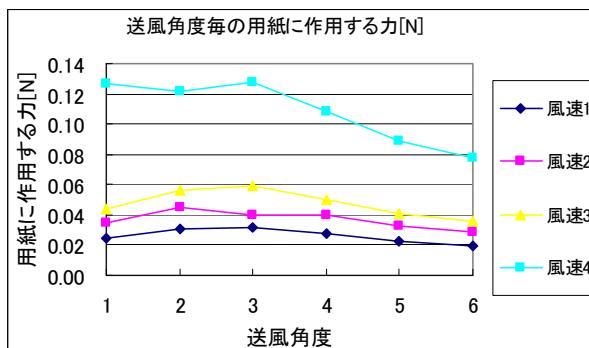


Fig.16 Force on paper for various angles and speed of air flow.

確認結果

Table 4でAの範囲が、シミュレーション、実機とともに効果のある範囲、Cの範囲がシミュレーション、実機ともに座屈が発生する範囲、Bの範囲が判断できない境界領域となり、A、Cの範囲で相関がとれていることが確認できた。

この結果から、排紙トレイでトレイ角度が現状の場合、座屈を防止するには、Aの範囲の力が排出紙先端に作用していれば貼付き、座屈に対して効果があることが確認できた。

Table 4 Correlation confirmation using air flow simulation.

A: 解析結果、実機評価共に座屈に効果有

B: 解析結果、実機評価共に座屈に効果無

C: 解析結果が実機評価の境界内

		排出用紙に作用する力			
送風角度	風速1	風速2	風速3	風速4	
角度1	B1	B4	A1	A4	
角度2	B2	B5	A2	A5	
角度3	B3	B6	A3	A6	
角度4	C1	B7	B9	A7	
角度5	C2	B8	B10	A8	
角度6	C3	C4	B11	A9	

C

B

A

3-4 ロバスト性確認

次に、ロバスト性確認として、これまでの評価の選定条件でロバスト性、用紙対応力の見極めを行った。選定条件は、以下である。

- ファン風速：風速3
- 送風角度：角度2
- 後端抑止力：抑止力2

確認項目は、前身機リコーフィニッシャー[SR5030/SR5040]（以降、「前身機」と呼ぶ）と改良機リコーフィニッシャー[SR5050/SR5060]（以降、「改良機」と呼ぶ）のコート紙揃え精度を比較することと、改良機での普通紙に対するコート紙の揃え精度を確認する2項目を行った。評価方法としては、1枚目の積載位置を基準に、積載紙の揃えズレ量を測定した。

3-4-1 前身機とのコート紙揃え精度比較結果

Fig.17が搬送方向の揃えズレ量、Fig.18が幅方向の揃えズレ量を示している。搬送方向、幅方向ともに前身機に比べ、改良機の方が揃え精度が向上し、全て規格値の搬送方向、幅方向が目標値を達成していることが確認できた。この結果から、揃え精度の改善量は、Fig.19に示すように、搬送方向で-4.9 [dB]から16.2 [dB]～21.1 [dB]、幅方向で-5.1 [dB]から7.7 [dB]～12.8 [dB]に大きく向上できた。

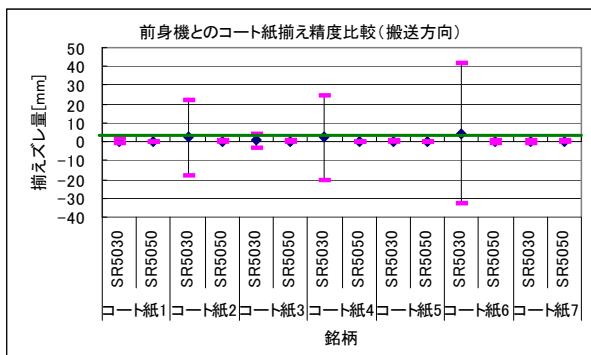


Fig.17 Comparison of the precision of paper registration between the improved and preceding machines (transfer direction).

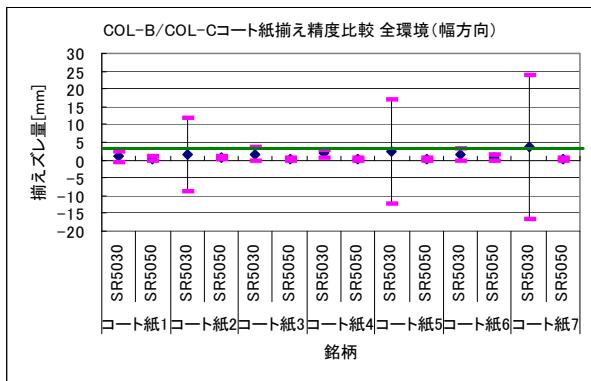


Fig.18 Comparison of the precision of paper registration between the improved and preceding machines (width direction).

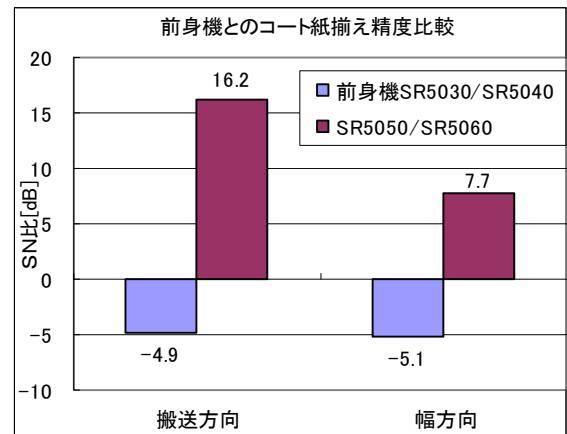


Fig.19 S/N ratio of precision of paper registration of the improved and preceding machines.

Fig.20, 21の積載写真にあるように、前身機では座屈、押し出し等の積載不良が発生していたが、改良機では正常に排出できている。



Fig.20 Improvement of stackability for thin and coated paper.



Fig.21 Improvement of stackability for pasteboard coated paper.

3-4-2 普通紙とコート紙の揃え精度比較

代表的な普通紙と、コート紙について揃えズレ量を比較している。Fig.22が搬送方向、Fig.23が幅方向の揃えズレ量を示している。確認の結果、コート紙は搬送方向、幅方向ともに全て目標値を達成できていることが確認できた。揃え精度は、Fig.24に示すように、搬送方向が代表的な普通紙が16 [dB]に対しコート紙は10.9 [dB]と5.1 [dB]低下しているが、幅方向は普通紙が3.1 [dB]に対し7.7 [dB]と、普通紙の揃え精度に勝る結果となった。

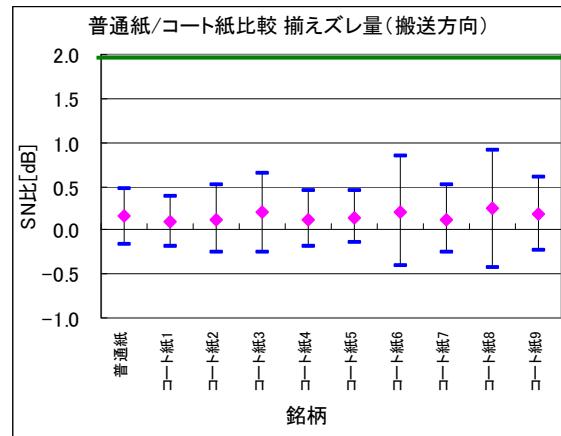


Fig.22 Comparison of the precision of paper registration between regular and coated paper (paper-transfer direction).

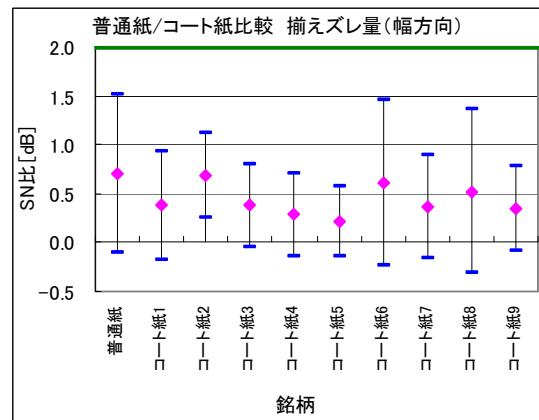


Fig.23 Comparison of the precision of paper registration between regular and coated paper (width direction).

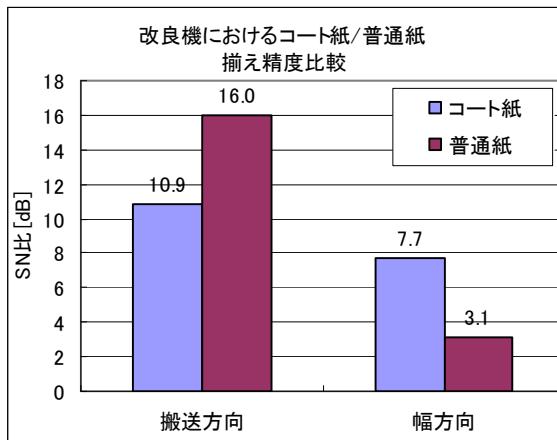


Fig.24 S/N ratio of paper registration of regular and coated paper.

これらの結果から、コート紙に対しても以下のようないくつかの効果がある。

- (1) 積載紙の後端を確実に押えることで、排紙トレイ上に積載後に、排出紙によって押し出される不良が発生しない。
- (2) 排出時にエアーによって排出紙先端まで送風を行うことで、貼付きを防止することができ、積載紙が増えて、積載面の形状が変化しても、送風の効果が継続している。

3-5 薄紙対応技術の評価結果

コート紙対応技術を搭載した改良機においても、薄紙 ($52.3 \text{ [g/m}^2\text{]以下}$) の排紙積載性確認では積載が不可能なので、積載可能な方式の検討を行った。各方式での積載可否結果をTable 5に示す。

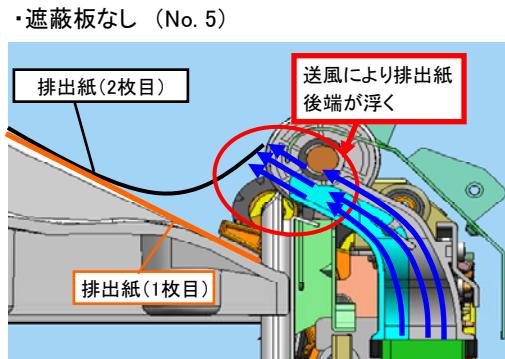
評価方法は、各設定にて環境、紙種、画像の条件を誤差として通紙を行い、丸まり／座屈の有無を確認した。

Table 5 Stackability examination of thin paper.

No	設定	積載可否	備考
1	用紙正セット	×	座屈、丸まり発生
2	用紙逆セット	×	座屈、丸まり発生
3	排紙エアー風量UP	×	座屈、丸まり発生
4	補助トレイ	×	後端残り発生
5	補助トレイ+排紙エアー	△	後端浮き発生
6	補助トレイ+排紙エアー(ファンON/OFF制御)	○	正常排出

No.1～3の設定では、排紙トレイの角度が大きく、排出紙が排紙トレイ上を上ることができずには積載不良が発生した。No.4の設定では、排紙トレイの角度を小さくすることで、丸まり／座屈は発生しないが、排出紙を搬送する中で、排出紙のコシが弱いので、推進力が低下し、排出紙後端が排出しきれなかった。Fig.25に示すように、No.5の設定では、エアーによって排出紙の搬送をサポートでき、後端まで確実に排出することができたが、排出紙後端に送風を続けることで、後端がトレイ上に落下できずに正常に排出完了できなかった。No.6の設定では、No.5の設定に送風量の可変を追加し、用紙後端が排出完了後に風量を下げることで、排出紙後端が排紙トレイ上に落下でき、正常に排出できることを確認できた。

この結果から、ファンON/OFF制御時の制御タイミングとして、押えレバーと同期して制御することで効果があることが確認できたので、押えレバーと同期した構成でモータ等の新規追加は行わずにレイアウトを検討した。



・遮蔽板あり (No. 6)

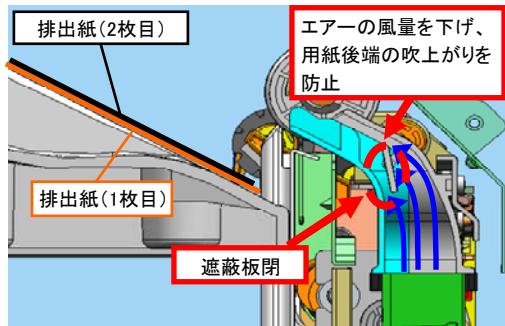


Fig.25 The action of a shutter mechanism on the backside of the paper.

検討結果の確認として、通常構成と対策構成での排紙積載精度の比較を行った。Fig.26, 27に示すように、対策を行うことで丸まり／座屈の発生がなく、排出性が改善されていることが確認できた。

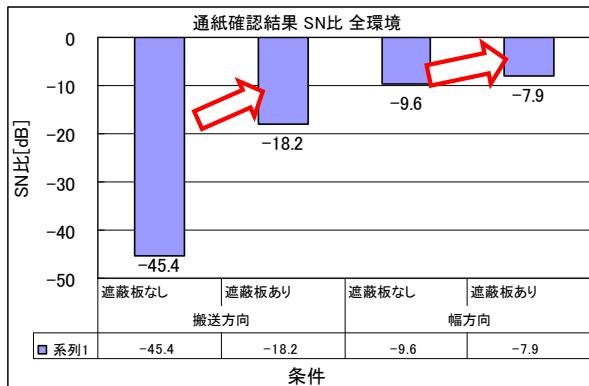


Fig.26 S/N ratio of stackability for thin paper.



Fig.27 Improvement of stackability of thin paper by the shatter mechanism.

4. 結論

機能性評価、機能範囲の明確化の結果、ファン風速、送風角度、後端抑止力の最適条件を選定することができ、コート紙積載性向上技術を構築することができた。

また、ロバスト性確認の結果、押し出し、座屈の発生がなく揃え精度が安定している技術であることが確認できた。

薄紙に対しても、トレイ角度の変更と、排紙エラーの風量制御を行うことで排出可能であることを見だせた。

以上の結果から、コート紙・薄紙排紙積載時の押し出し、座屈に対して用紙後端抑え機構、排紙エアー機構を改良機に搭載し、用紙対応力強化ができた。今後の機種にもこの技術を搭載し、プロダクトプリンティング市場の種々用紙への対応ができるように発展させたい。