

# 中とじ製本機 SD-513 におけるペーパーハンドリング技術

Paper Handling Technologies in SD-513 Saddle-stitch Finisher

山 崎 勝\*  
Masaru YAMAZAKI

北 村 圭\*  
Kei KITAMURA

## 要旨

コニカミノルタでは2016年春、プロダクションプリント向けのフィニッシャーオプションとして、中とじ製本機 SD-513 を発売した。最大50枚・200ページの中とじ製本機能に、新たにスリット、クリース、角背形成のユニットを内蔵可能として機能を強化した。

さらに、新規の冊子ペーパーハンドリング技術を採用することで、前任機SD-506とは外観、用紙搬送経路が全く異なるフルモデルチェンジ機として、「製本品質向上」による製品仕様の改善と、市場からの要望の強い、「成果物アクセス性改善」を実現した。

## Abstract

Konica Minolta placed SD-513 on the market in the spring of 2016. SD-513 is a new saddle stitcher for the lineup of the production printing.

In addition to a function of maximum 50 sheets saddle stitching, functions of SD-513 have been strengthened with optional units such as a two-edge slitter unit (top and bottom slitter), a creaser unit, and a spine corner forming unit.

We reexamined paper paths of the predecessor machine SD-506 and developed unique booklet handling technologies for SD-513. Specifically, in the conventional method, a booklet is handled in a sideways position, but in SD-513, a booklet is handled in a vertical position and is given an equal moment around a spine during a binding process. As a result, we succeeded in improving cutting accuracy, positioning accuracy of staple in a spine corner formed booklet, and accessibility to booklets.

## 1 はじめに

コニカミノルタがPOD市場に向けて中とじ製本機SD-506をリリースしてから10余年が経過した。この間、競合各社は、主に高性能機向けに3<sup>rd</sup>Partyの中とじ製本機を接続することで中とじ製本システムをラインナップし、市場におけるポジションを狙うようになった。

これら3<sup>rd</sup>Partyの中とじ製本機は、「揃え→とじ→まとめ折り」の順で冊子を作るまとめ折り方式を採用している。この方式では50枚の用紙をまとめて折るため、大きな力が必要となり、必然的に大型・大重量の機械となっている。

一方、SD-506は鞍掛け方式を採用している。この方式は、従来から商用製本で用いられており、「少数枚の折り→揃え→とじ」の順で冊子を作る方式である。少数枚で折るため折り目が鋭く、でき上がった冊子の仕上げ品位が良好である。また、少ない力で折れるため折りユニットが小型・軽量・低コストとなる。結果、商用製本と同等の仕上げ品位を、小型で、手頃な価格で顧客に提供することができている。

後任機の中とじ製本機であるSD-513では以下3点をポイントにしてSD-506の魅力を引き継ぎ、さらに付加価値の高い新たな機能を内蔵可能にすることでの商品競争力の強化を目指した。

### 1) 製本品質向上

- ・31～50枚冊子の断裁差仕様値の改善

### 2) 新しい機能の追加

- ・スリット：冊子の天地断裁機能
- ・クリーズ：画像のトナー割れを防ぐ機能
- ・角背形成：冊子の折り目頂点を四角に形成する機能

### 3) 成果物アクセス性改善

- ・冊子を機械上面に排出する

## 2 鞍掛け方式でのペーパーハンドリング

鞍掛け方式では上述のように「少数枚の折り→揃え→とじ」の順で冊子を作るが、「とじ」より前の工程では用紙は1枚ずつ搬送され、「とじ」以降では用紙は冊子として搬送されるので前者と後者で求められる機能が大きく異なる。そこで「とじ」より前を「製本工程上流」とし、「とじ」以降を「製本工程下流」として機能を整理した(Table 1)。

製本工程上流では従来の1枚送りの機能の延長が使えるのに対し、製本工程下流では、そこで扱う折り重ねた中とじ冊子の振る舞いが枚葉紙とは大きく異なったものとなることより、ペーパーハンドリングにも異なった機能が必要となる。

今回は、製本工程下流での冊子のペーパーハンドリングにフォーカスし、冊子の特性より、あるべきペーパーハンドリング方法を考えた。

Table 1 Functions required for upstream and downstream of binding processes.

Upstream and downstream: in a saddle stitching method, a booklet is made through the processes of folding a small number of sheets of paper, aligning the sheets, and stitching the sheets. In the preceding process of the stitching process, sheets of paper are conveyed one by one, and in the succeeding process of the stitching process, sheets are conveyed as a booklet. Therefore, functions required for the former and the latter greatly differ from each other. Then, the preceding process is named as "Upstream" and the succeeding process is named as "Downstream." Functions in each group are summarized in Table 1. In the upstream, the conventional sheet conveyance functions can be used, whereas in the downstream, a folded, saddle-stitched booklet is handled and then different handlings of paper are required. In this report, ideal paper handlings by focusing on the downstream are discussed.

		Functions	
Upstream	Entrance conveyance	Receiving sheets	
		Conveying sheets	
		Aligning sheets	
		Making creases in cover sheets	
		Two-edge (top and bottom) slitting	
		Transferring sheets to the next process	
	Folding	Receiving sheets	
		Double folding or triple folding	
		Transferring sheets to the downstream	
		Receiving sheets from the upstream	
Downstream	Saddle stitching	Stacking the folded sheets	
		Aligning sheets	
		Stitching	
	Clamping, trimming, & spine corner forming	Transferring the booklet to the next process	
		Receiving sheets from preceding process	
		Fore-edge trimming	
		Folding a book spine into a square shape	
		Transferring the booklet to the next process	
		Ejection & stacking	Receiving sheets
			Ejecting booklets
Stacking booklets			

## 3 縦横選択と物理特性

製本工程下流では、鞍掛け積載して中とじをした冊子は、次工程である断裁工程に搬送される。このときの、冊子姿勢としては、横向き搬送、または、縦向き搬送の2通りの方法が考えられる (Fig. 1)。

中とじ冊子进行处理する上での重要な機能である、「冊子をつかむ」、「搬送する」について、それぞれの長所と短所はTable 2になる。以下で詳細を説明する。

### 3.1 冊子をつかむ

冊子をつかむ際には、冊子両面を対称につかむことが必要であるが、横向き搬送では対称性を確保できない。その原理を以下に説明する。

冊子下面を原点とした鉛直方向の座標を設定し、折り目頂点の位置ずれ方向の変位を表す関数 $f(**)$ を導入すると式(1)が成り立つ。関数内の\*\*には冊子の上側本身が受けるモーメント $M_1$ 、下側本身が受けるモーメント $M_2$ 、重力 $mg$ が入る (Fig. 2)。

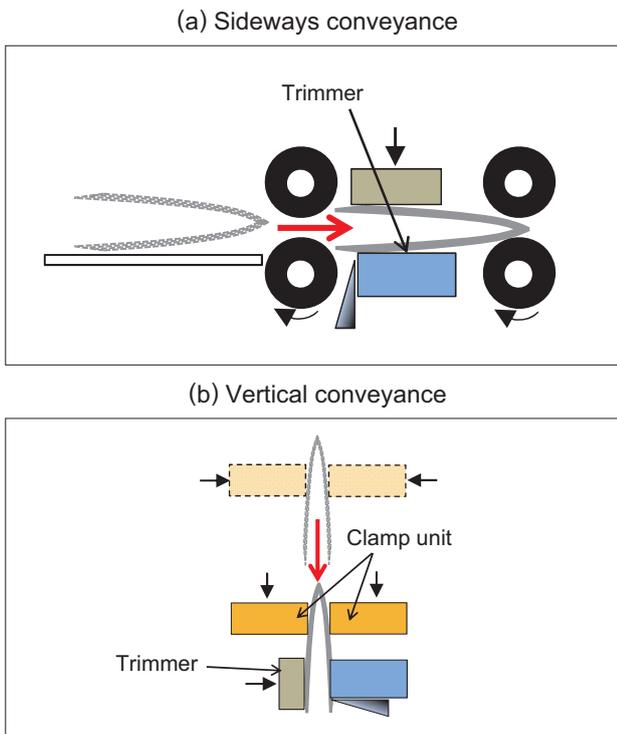


Fig. 1 Two ways of booklet conveyance.  
In the downstream, the saddle stitched booklet is conveyed to the next edge trimming process in sideways (Fig. 1 (a)) or vertically (Fig. 1 (b)). In Fig. 1 (a), a booklet is fed into a trimmer in a sideways position. In Fig. 1 (b), a booklet is fed into a trimmer vertically.

Table 2 Comparison between the two conveyance ways.  
Advantages and disadvantages on “booklet holding” and “booklet conveyance,” which are key functions on a saddle stitched booklet, are summarized in Table 2.

Booklet conveyance	Advantages	Disadvantages
Sideways conveyance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conveyance to the next process is easy.</li> <li>Gravity draw down can be used.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Booklet position is asymmetrical.</b></li> <li>Scratch occurs.</li> </ul>
Vertical conveyance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Symmetrical position of a booklet is good.</li> <li>Physical damage to a booklet cover is small.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Booklet handling is difficult because of booklet swelling.</li> <li>A new method for conveying a booklet to the next process is needed.</li> <li><b>Conveying a booklet in an upward direction is difficult.</b></li> </ul>

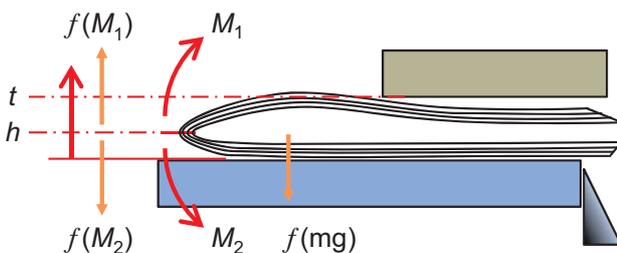


Fig. 2 Mathematical description for not obtaining a symmetry in a sideways conveyance.  
In holding a booklet, it is necessary to hold the both faces symmetrically. However, in a sideways conveyance, the symmetrical holding cannot be secured.

$$h = t/2 + f(M_1) - \{f(M_2) + f(mg)\} \quad (1)$$

- $h$ …折り目頂点の位置
- $t$ …冊子の束厚み
- $M_1$ …上側自身が受けるモーメント
- $M_2$ …下側自身が受けるモーメント
- $f(M_1)$ …頂点位置に対する  $M_1$  の項
- $f(M_2)$ …頂点位置に対する  $M_2$  の項
- $f(mg)$ …頂点位置に対する重力の項

式 (1) において冊子をつかむ時の折り目頂点位置  $h$  は、冊子束厚み  $t$  の半分の位置である  $h = t/2$  にないと斜め断裁による断裁差や、針位置ずれの不具合が生じる (Fig. 3, Fig. 4)。

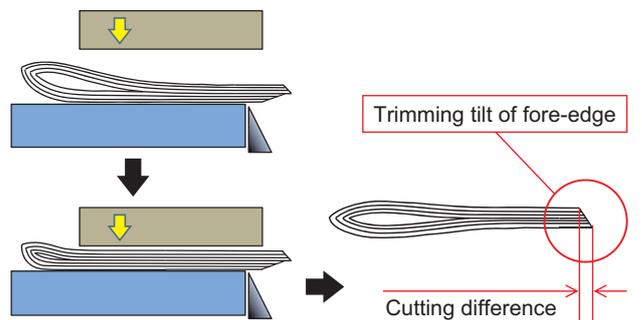


Fig. 3 When  $h \neq t/2$  in Eq. 1, a cutting difference occurs due to a skewed trimming.

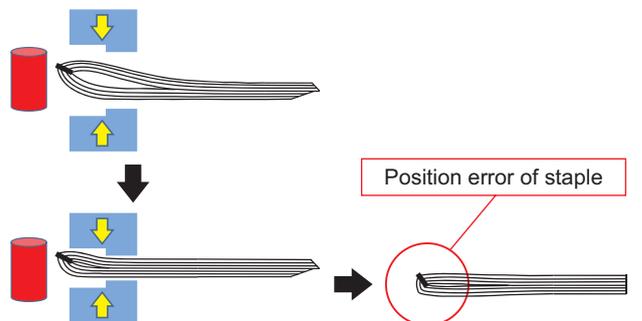


Fig. 4 When  $h \neq t/2$  in Eq. 1, a position error occurs in stapling.

式 (1) において、 $h = t/2$  とするには、冊子両面を対称につかむ必要があるが、横向き搬送では、下側の本身だけが重力の影響を受けることで  $f(M_1) < \{f(M_2) + f(mg)\}$  となり、 $h = t/2$  を維持することはできない。

この解決方法としては、 $f(M_1) - \{f(M_2) + f(mg)\} = 0$  にするための調整機構 (例えば上下の位相の調整機構など) を設けることが考えられる。しかし、とじ枚数や紙種、サイズなどのユーザーの使用条件が変わると冊子の重さや、こしの強さが変わり、 $f(M_1) - \{f(M_2) + f(mg)\}$  が変化することになる。つまり、冊子条件が変わるたびに折り目頂点位置  $h$  が変化することが原理的に避けられない。その結果、冊子条件ごとに、でき上がった品質を見ながら  $h = t/2$  になるように微調整を行う必要があるため、作業が煩わしく現実的ではない。

### 3.2 搬送する

縦向き搬送では、上方に冊子搬送する場合、ローラー対とガイド板を使った一般的な搬送方式では、冊子めくれ、皺、傷が発生する。原理を以下に説明する。

厚い冊子を上方に搬送する場合、冊子表層のローラーと接触している部分だけ用紙がめくれて搬送され、内側の本身が送られずに皺になる (Fig. 5 (1))。これは、表紙にかかる合力が  $\mu_{roller} \cdot f - \mu_{paper} \cdot f > 0$  で上向きであるのに対して、表紙を除く本身にかかる合力は  $\mu_{paper} \cdot f - mg < 0$  で下向きになる。表紙が上向きで、本身は下向きに運動することで表紙がめくれて搬送されることになる。ローラーを強く圧着して、重力による冊子内のずれを防止する方法があるが、圧着力が強すぎると傷や皺となる。

また、通常ガイド幅は冊子の最大厚みに合わせて設けられているため、薄い冊子を上方に搬送する場合、ほとんどガイド機能が働かない状態で上方に搬送されることになる。そのため、冊子のこしが弱いと自重に負けて座屈することがある (Fig. 5 (2))。

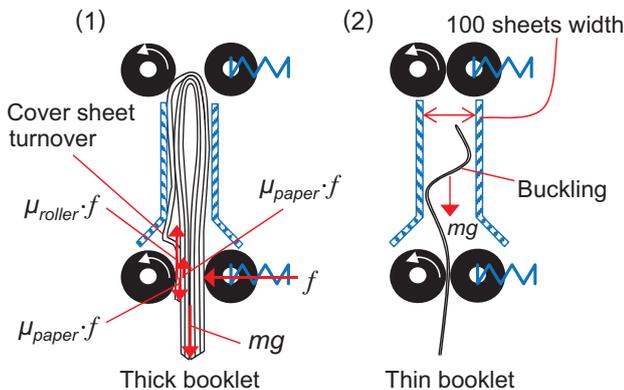


Fig. 5 Troubles in booklet conveyance in an upright position.

Fig. 5 (1) shows problems of a cover sheet turnover or scratches and/or wrinkles, and Fig. 5 (2) shows a buckling problem.

以上、「冊子をつかむ」と「搬送する」の2つの短所の原理を説明した。このうち「冊子をつかむ」際の冊子の対称性が確保できない短所は横向き搬送では原理的に解決できないため、SD-513では、縦向き搬送を選択した。

### 4 搬送の構想

物理特性を加味した上で、中とじから上面排出に向かったシステム構成を考えた。ここで、上面排紙は「成果物アクセス性向上」を目的としている (Fig. 6)。

中とじ部、断裁部、角背形成部、上面排出の各処理部の制約条件を考慮して、どのような順番で処理するのが合理的かを考え、各処理部の制約条件を Table 3 に整理した。

制約を基に考えた結果、SD-513では中とじから排紙部までの経路は、X方向搬送→Y方向搬送→Z上方向搬送→Z下方向搬送、断裁、角背形成→Z上方向搬送→上面排出のシステムを選択した。

ここでX方向とは折り目と同じ方向、Y方向とは折り目と直行する水平方向、Z方向とは折り目の鉛直方向のことを言う (Fig. 7)。

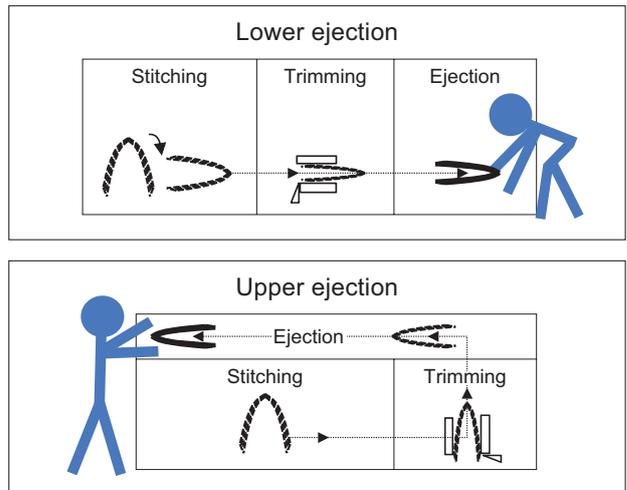


Fig. 6 Comparison of output accessibility between lower and upper ejection systems.

Table 3 Restrictions in a booklet handling system.

Items	Restrictions	Directions given in Fig. 7			Reasons for judgement	Problems
		X	Y	Z		
After stitching.	A stitched booklet has to be removed quickly to receive the next sheets.	OK	NG	NG	A fold line can be used as a guide.	Means of quick booklet ejection on the saddle is needed.
Conveyance to the spine corner forming unit.	Clearance between stitching and trimming areas has to be kept.	NG	OK	NG	The machine can be minimized.	Saddle conveyor requires two directions of movement.
Delivery to the clamp unit.	The booklet has to be delivered to between a trimmer and an ejection unit.	NG	NG	OK	Advantageous to upward ejection.	<b>Function to fold the swelling of the booklet is necessary.</b>
Insert fore-edge into the trimmer unit.	The trimmer has to be rigid.	NG	NG	OK	The center of gravity of the machine is stable.	Both reference positions of clamp and trimmer units must be agreed.
Convey to the spine corner forming unit.	The booklet has to be placed between a trimmer and an ejection unit.	NG	NG	OK	Minimum path.	Positioning the height of the fold line.
Pass to the ejection unit.	The booklet has to be ejected upward in a sideways position.	NG	NG	OK	Minimum path.	<b>Change in the conveyance direction from vertical to horizontal is needed.</b>

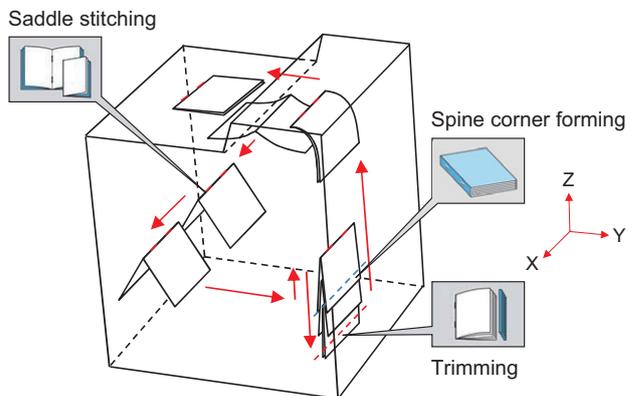


Fig. 7 Sheets and a booklet handling paths adopted in SD-513 based on Table 3.

具体的な機械構成を Fig. 8 に示す。ここで、中とじ部で開いていた冊子 (Fig. 8 (2)) は少なくとも断裁工程 (Fig. 8 (6)) では小口を閉じている必要がある。また、Table 2 で縦向き搬送で不利とされた冊子上方となる Z 方向搬送を行わないと冊子を機械上面に排出できないことから、「開いた冊子を閉じる・つかむ」「Z 方向搬送・搬送方向の変換」を課題と捉えた。

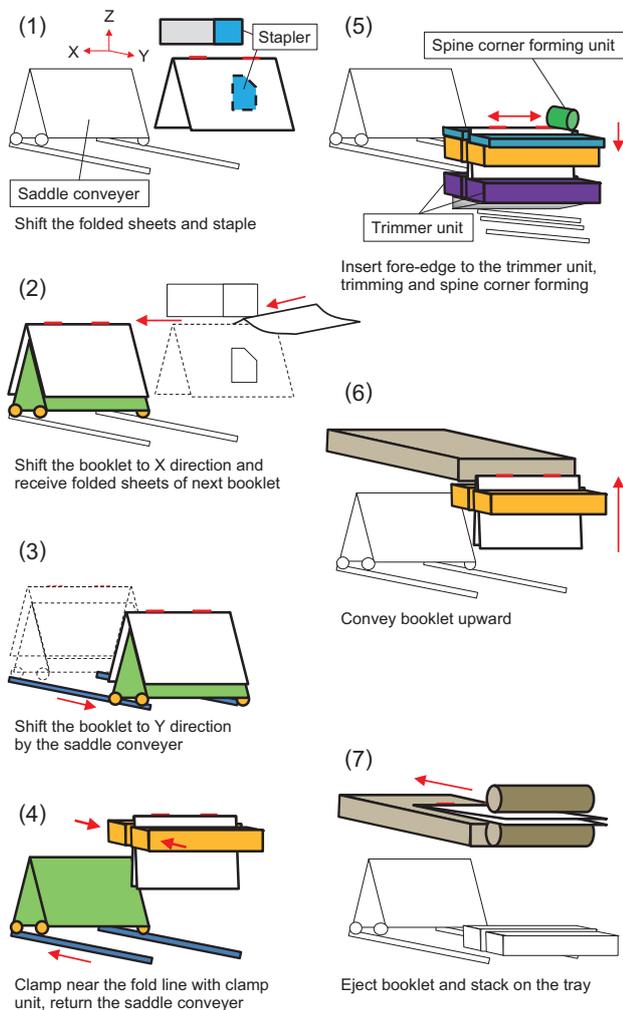


Fig. 8 Specific booklet handling mechanism of SD-513.

## 5 課題解決

それぞれの課題に対して縦向き冊子の物理特性をベースに解決方法を考えた。

### 5.1 「開いた冊子を閉じる・つかむ」

Fig. 2 で横向き搬送の場合に冊子両面を対称につかむことが困難であることを示した。縦向き搬送でも開いた冊子を非対称に閉じると、横向き搬送同様に非対称な形状になる。その原理を以下に示す。

縦向き搬送を採用することで、折り目頂点位置ずれの方向に対して重力の方向が直交するので位置ずれ方向の成分である  $f(mg)$  は 0 となり、式 (1) は  $h = t/2 + f(M_1) - f(M_2)$  となる (Fig. 9 (2))。

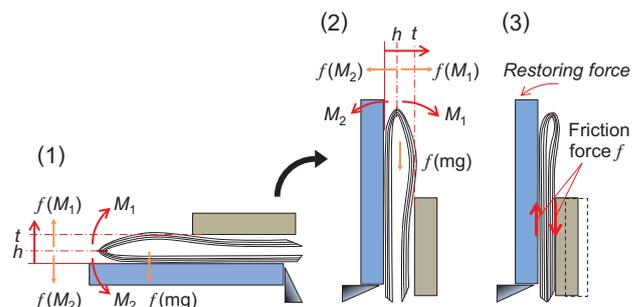


Fig. 9 Mechanism of displacement of the booklet spine formed in the vertical conveyance.

SD-513 adopted a vertical conveyance. (Fig. 9 (1) is the same as Fig. 2)

ここで、自身の両面が受けるモーメント  $M_1$  と  $M_2$  は冊子を閉じている間は常につかひを保つ必要がある。

その理由は、まず自身の両面が受けるモーメントのつかひが一度でも崩れると折り目頂点内側を回転支点としたモーメントが働く。つまり、式 (1) において  $M_1$  と  $M_2$  が自身の両面で異なることになり、保持が非対称になる。一度非対称になると冊子とつかむ部材の間に摩擦抵抗  $f$  が存在するため、その後に  $M_1 = M_2$  の関係に戻った場合でも元の  $h = t/2$  の位置に戻ることができない (Fig. 9 (3))。

従って、開いた冊子を閉じる間は常に対称性を維持したまま閉じることが必要になる。また、同様につかむ際も対称性を維持してつかむことが必要になる。すなわち、自身の両面が受けるモーメント  $M_1$  と  $M_2$  は、冊子を閉じている間、つかむ間は常に  $M_1 = M_2$  の関係を保つことで対称性が維持され、頂点位置  $h$  が  $h = t/2$  の位置を確保できる。

SD-513では、冊子を断裁機側に搬送する際に、搬送方向下流側の自身を固定物であるワイヤーに押し付けることで冊子を閉じる構成を取っている。このとき、反対側の自身は冊子押さえと呼ぶ部材で押さえる。冊子押さえは、鞍から冊子を受け取る時は退避しているが、搬送が始まり Y 方向下流の自身がワイヤーに押し付けられると、反対側の自身を押さえる位置を常に  $M_1 = M_2$  の関係を保つように連動して可変しながら押さえる。これにより、冊子の対称性を維持したまま閉じることを実現した。また、冊子搬送と連動しているので生産性を落とさずに課題を解決している (Fig. 10)。

閉じた後の、冊子をつかむ際は、冊子の折り目頂点近傍を 1 対の対向するクランプ板で挟みこんでつかむクランプユニットを設けている。冊子は両側のクランプ板の真ん中に来るように配置されているため、つかむ前の折り目頂点位置は  $h = t/2$  の位置にある。クランプ板は、冊子に対して両側から同時に動いて、折り目に対して対称な位置をつかむ構成となっている。つかむ時は両側から同時に同速度でクランプ板が移動して冊子を挟持することで、自身の両面が受けるモーメント  $M_1$  と  $M_2$  は常に釣り合った状態を維持し、冊子の対称性を維持したままつかむことを実現した。これにより、従来の片側からクランプする方式から断裁精度を大きく改善することに成功した (Fig. 11)。

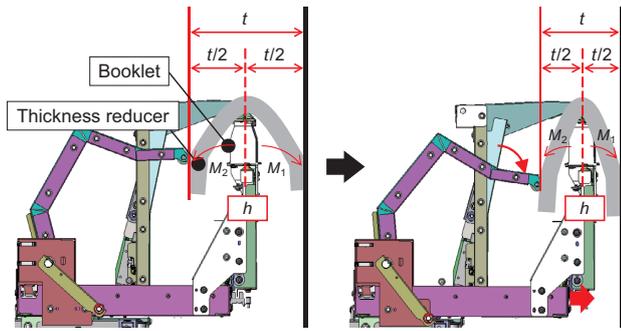


Fig. 10 Booklet closing mechanism of SD-513 before a clamp unit receives the booklet.  
The booklet closing is achieved with maintaining the symmetry of the booklet.

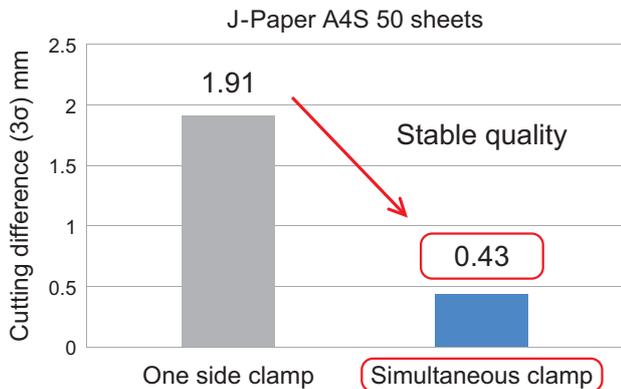
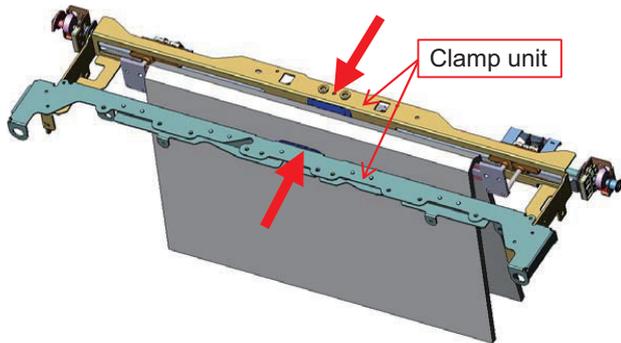
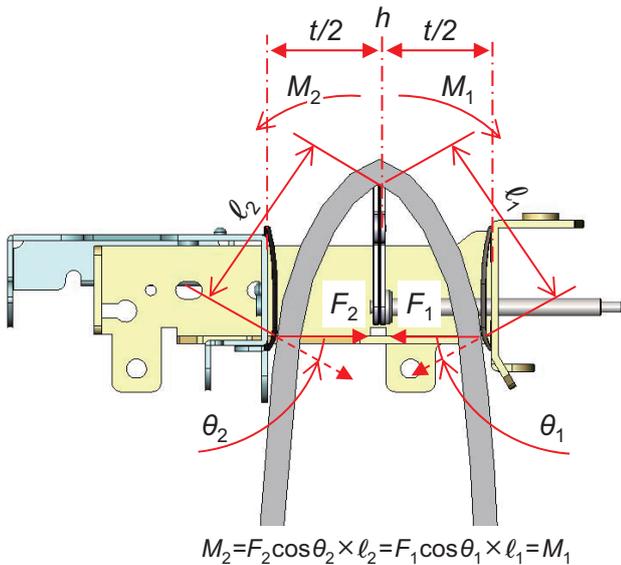


Fig. 11 Clamp unit of SD-513: a booklet is clamped from both sides simultaneously with maintaining the symmetry of the booklet.

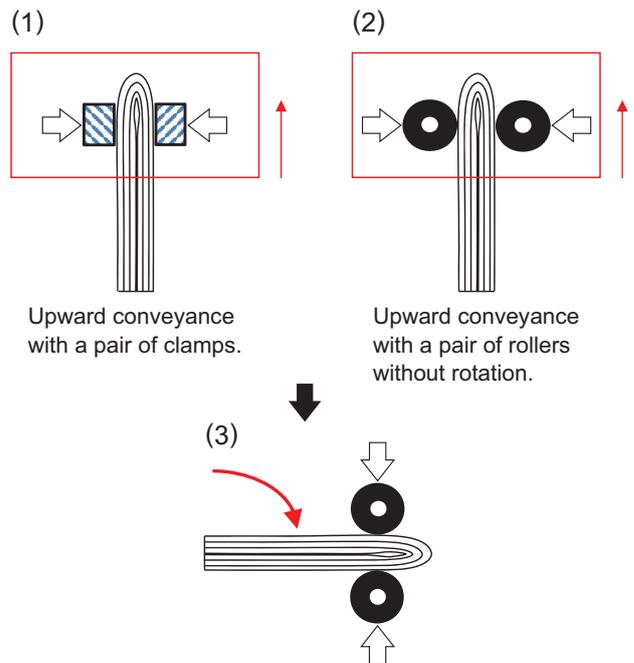
## 5.2 「Z方向搬送・搬送方向の変換」

3.2で説明した通り、今回の搬送の構想では縦向き搬送で不利なZ方向搬送を行うことを選択しており、断裁、角背形成後は冊子を上方方向に排出する必要があるが、ローラー対とガイド板を使った搬送方式では冊子めくれ、皺、傷が発生することが原理的に避けられない。

これに対して基本的な構成としては、冊子の折り目頂点近傍をつかみ、つかんだ状態のままZ方向に移動する搬送方式とした。

この方式は、冊子をつかんだ状態のままZ方向に移動するため、冊子をつかむ部材と冊子に間に相対運動がなく、強く圧着しても冊子に傷や皺が発生しない。従って重力による、厚い冊子の束内のずれを防止できる (Fig. 12 (1), (2))。

ただし、この構成では、搬送部材が冊子をつかんだ状態で移動しただけで、冊子を排出することはできない。一方、最終的に冊子は機械上面に横方向にして排出する必要があり、縦向き姿勢で保持された冊子を横向き姿勢にして排出するやり方として「つかんだ状態で90°回転させて排出する」という構成を考えた (Fig. 12 (3))。



The booklet is rotated by 90 degrees and is ejected to a stacking tray with rotation of the rollers.

Fig. 12 Conceptual diagrams of a booklet conveyance in a vertical direction.

「つかんだ状態で90°回転させて排出する」構成では、Z方向の搬送時と同様に、冊子をつかむ部材と冊子に間に相対運動がなく、また、ガイド板が不要となるため、3.2で説明した冊子のめくれや、皺、傷の発生を防止できる。冊子は、90°回転して横向きになった後は、ローラー対の搬送方式を使うことができる。原理はFig. 5における重力に対する搬送力の方向が90°変わることで、3.2で述べた表紙に加わる合力の方向と本身に加わる合力の方向が一致するためである。

SD-513では、クランプユニットが冊子をつかんだ後に、クランプユニットごとZ方向上方に移動する。

Z方向上方に移動した冊子は、上面排紙口にある、排紙用の大径ローラーと小径ローラーのローラー対で冊子搬送方向先端の折り目側をつかむ。ローラー対が冊子をつかんだ後に、クランプユニットは冊子を解放する。ローラー対のうち小径ローラーは、冊子をつかんだ状態のまま大径ローラーの周りを90°回転することで、冊子を縦向き姿勢から横向き姿勢へ方向変換している。方向変換後はローラー搬送で冊子を積載トレイに排紙する (Fig. 13)。

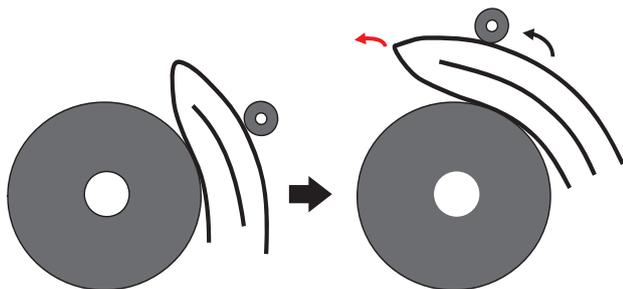


Fig. 13 The direction of the booklet is changed from vertical to horizontal.

## 6 まとめ

合理的なシステム選択を行うことで、今回開発した中とじ製本機SD-513は完成度が高く、高付加価値の中とじ冊子の提供を実現した (Fig. 14)。

### 1) 製本品質向上

- ・断裁差仕様

前任機では規定できなかった31~50枚冊子の仕様値を規定することができた。また、角背形成併用時では16~50枚冊子は、中とじと同じ仕様値を規定することができた (Table 4)。

### 2) 新しい機能の追加

- ・スリット：冊子の天地断裁機能
- ・クリース：画像のトナー割れを防ぐ機能
- ・角背形成：冊子の折り目頂点を四角に形成する機能

### 3) 成果物アクセス性改善

- ・冊子を機械上面に排出する

Table 4 Comparison of the cutting difference between SD-506 (a predecessor machine) and SD-513.

Number of sheets	SD-506		SD-513	
	Saddle stitching	Saddle stitching	Saddle stitching	With spine corner formation
2 to 15	0.5 mm or less	0.5 mm or less	0.5 mm or less	1.0 mm or less
16 to 30	1.5 mm or less	<b>1.5 mm or less</b>	<b>1.5 mm or less</b>	<b>1.5 mm or less</b>
31 to 50	<b>Not specified</b>	<b>2.0 mm or less</b>	<b>2.0 mm or less</b>	<b>2.0 mm or less</b>

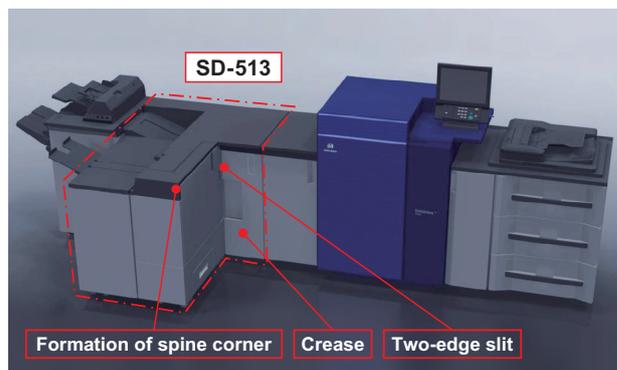


Fig. 14 Location of SD-513 (surrounded by dot-and-dash red lines).

商用製本機としての中とじ機には更に幅広い紙種・剛度・坪量への対応が求められている。

今後、商用製本対応可能な用紙条件の拡大にむけ継続して機械の改良、改善に取り組みたい。