

ファインメカ製品では、いろいろなメディア（媒体）をハンドリングするメディア搬送技術が重要な役割を果たしている。例えば、当社内でメディア搬送と呼んでいる技術には、①金融機器における紙幣・硬貨・通帳・キャッシュカードなど、②交通機器における切符・定期券・イオカードなど、③郵便機器における書状・はがきなど、④複写機やプリンタなどにおける印刷用紙、⑤ビデオや医療機器におけるフィルム・記録紙というように広い範囲にわたる。このなかから金融機器の紙幣処理における表裏取りそろえの技術を例に紹介する。この技術では、搬送ピッチを変えずに表裏反転する、ピッチ詰まりも安全に機能する、スキュー（斜向）に対応する、紙幣を痛めない、小スペースなどに対応する設計の解析手法を確立した。

Handling technologies are used for a wide variety of media, such as bills, coins, bankbooks and cash cards in cash handling systems; and tickets, commuter passes and prepaid cards in automatic fare and toll collection systems. Other types of systems include the handling of letters and postcards in mail handling systems, the handling of printing paper in copier machines, and so on.

This paper introduces a mechanism for placing bills the correct side up in cash handling systems. An analytical method is also described that has enabled us to achieve small size, high speed, and high reliability for this mechanism.

1 まえがき

情報化時代の今日、各分野においてメディアの発達に伴い、情報や価値を伝達するメディアをハンドリングする技術は、高速処理、正確性が要求されており、発展も目覚ましい。

ここで言うメディアは、メカニカルに搬送できる物体を指し、金融・交通・郵便機関、ファクシミリ、プリンタなどの紙、カード、テープ、フィルムなどである。

ここでは、これらのメディアをハンドリングする技術を自動入出金装置（ATM）の紙幣をハンドリングする技術の最新メカニズムを例に、開発設計における解析的な手法を紹介する。

図1にATMに搭載される紙幣入出金装置（BMM装置）の外観を示す。

2 ATMの概要

近年のATMに搭載されるBMM装置は、紙幣をマネジメントするように高度な技術で紙幣をハンドリングしている。そのメカニカルな内容は、紙幣を受け入れて不正と推定される紙幣は返却されるようになっている。受け入れられた紙幣は、再度、出金用の紙幣として循環され、汚れや痛みのひどい紙幣は分別・保管される。紙幣は、不特定多

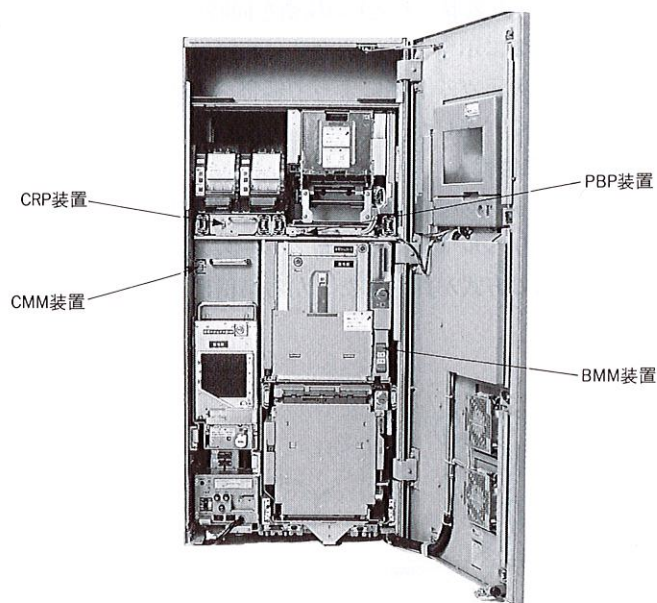


図1. ATMの内部 紙幣の入出金を行うBMM装置、キャッシュカード・ジャーナル・伝票を扱うCRP装置、通帳に印字するPBP装置、硬貨の入出金を行うCMM装置などから構成されている。

Inside view of ATM

数の人によって取り扱われるので入金投入される紙幣の向きは一定でなく、天地・表裏が不ぞろいである。これをユーザへは紙幣を表にして渡すという習慣に基づいてBMM装

置でも紙幣を表にして出金する。

ATM は、近年のメカトロ技術を多用した装置を搭載している。大半はメディア搬送技術であり、各装置の主な役割は次のとおりである(図1)。

- (1) カード読取りせん孔装置 (CRP 装置) キャッシュカードの読み書きとレシートの発行
- (2) 通帳処理装置 (PBP 装置) 通帳の処理(磁気ストライプの読み書き, 印字, 自動めくりなど)
- (3) 硬貨処理装置 (CMM 装置) 硬貨の入金・出金
- (4) BMM 装置 紙幣の入金・出金

この装置は“紙”というメディアを取り扱い、ベルト搬送・ローラ搬送の技術が採用されている。

以下では、メディア搬送の代表として BMM 装置での紙幣の表裏取りそろえ技術の設計における解析的な検討事例を紹介する。

3 当社における表裏取りそろえ技術の変遷

3.1 第一世代

1980 年に当社はフルリサイクル可能な ATM を開発し、千円、万円のリサイクル化を実現した。リサイクルに伴い、ばらで受け入れていた紙幣を表に統一し、出金の必要性から表裏反転(表裏取そろえ)の技術を同時に開発した。この方式は、図2に示すように入金時に裏紙幣だけをひねり、ベルトと三次元ガイド体によって紙幣を 180°ひっくり返すことによって実現した。

3.2 第二世代

1986 年に従来の紙幣容量を増量した ATM を開発した。従来のひねりベルト方式は、高スペースを必要とするために左右集積の方式が採られた。左右集積は、図3に示すよ

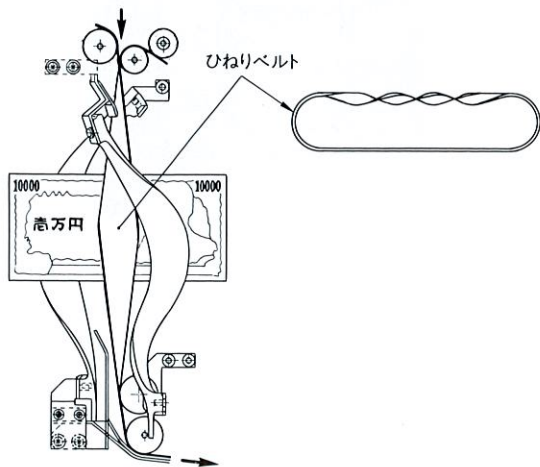


図2. 第一世代の表裏反転技術(ひねりベルト方式) 裏紙幣はメビウスの輪を応用したベルトで180°のひねりを与える。

First-generation switch-back technology (twisted belt type)

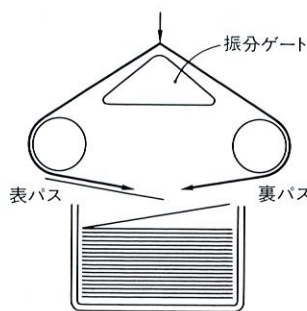


図3. 第二世代の表裏反転技術(左右集積方式) 左右に振り分けてから集積すると表裏がそろふ。

Second-generation switch-back technology (separate accumulation type)

うに入金の集積時に表と裏を別の方向から集積させるもので、技術的には左右から進入する紙幣の状態を図面上での時間軸シミュレーションで解析し、機能テストを経て実用化した。

3.3 第三世代

1995 年、図4に示す今回紹介するスイッチバック方式を開発・実用化した。

資金の圧縮ニーズに伴い、別の ATM と連結するグループリサイクルの必要性から、外部搬送路からの連続進入紙幣に対応できる表裏取りそろえ技術が要望された。

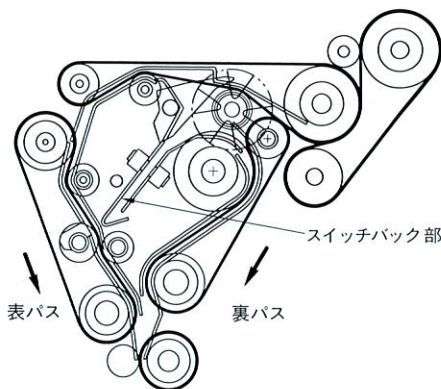


図4. 第三世代の表裏反転技術(スイッチバック方式) 裏紙幣をスイッチバックさせると表裏がそろふ。

Third-generation switch-back technology (switch-back type)

4 表裏取りそろえ(表裏反転)装置の解析的設計事例

4.1 スwitchバック方式の技術的検討要素

趣旨は「連続して搬送されている紙幣の裏紙幣を表にする」ことであるが、技術的な検討項目の主なものを次に示す。

- (1) 要素1: 搬送ピッチを変えないで表裏反転できる。
- (2) 要素2: 仕様上のピッチ詰まりも安全に機能する。
- (3) 要素3: 仕様上のスキューに対応できる。
- (4) 要素4: 紙幣を痛めることがない。

(5) 要素5：小スペースであること。
以下に、検討項目ごとに事例を示す。

4.2 要素ごとの解析事例

第三世代の表裏反転機構の概略の機能を図5に示す。紙幣ユニットの搬送路内に設けられる表裏反転部入り口から進入した紙幣は、表は外を大回りする搬送路である“表パス”を通過する。裏は進入口に設けた振分け装置で“裏パス”側に送り込む。裏パスに進入するとタイミングセンサの信号により、タイミングを合わせて動いたきローラと回転するゴムローラとで挟み込んで進入とは逆方向に“スイッチバック”する形で送り出す。表パスと裏パスの長さは、反転した紙幣と合流するときにピッチが狂わないように設定されている。もっともきびしい条件はピッチ詰まりの連続裏紙幣のときである。

以下に要素ごとの設計的解析例を示す。

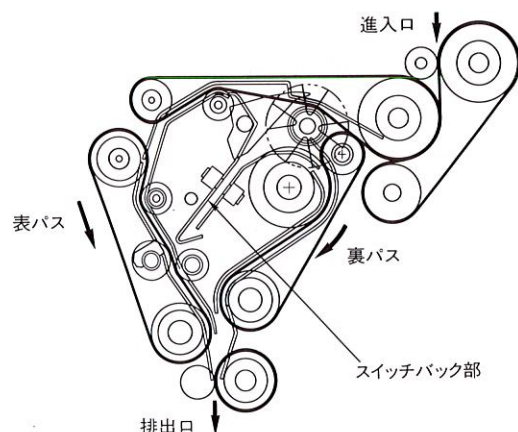


図5. スイッチバック方式の機能 表紙幣と裏紙幣を振り分け、裏紙幣だけをスイッチバックさせる。裏パスの搬送速度が速い。

Functional outline of switch-back type

4.2.1 要素1（搬送ピッチを変えないで表裏反転できる）

紙幣ユニットの処理スピードは1.6 m/sであり、処理能力は10枚/sである。したがって、搬送ピッチは160 mmであり、紙幣の幅が76 mmであるので紙幣間隔は84 mmになる。したがって、反転部に進入した紙幣が反転部から排出されるまでの時間は52.5 ms (84 mm) となる。この時間は、紙幣長さより間隔のほうが大きいので脱出可能となる。

4.2.2 要素2（仕様上のピッチ詰まりも安全に機能する）

実際の運用となると数々の検討項目が生ずる。仕様上のピッチ詰まりに関して、52.5 msの反転時間に対してピッチ詰まりは40 mm (25 ms) まで“よし”としている。したがって、一挙に25 msが反転時間となる。

(1) 問題の解決（解析） 問題の解決（解析）方法には2通りが考えられる。一つの方法は、搬送スピードを上

げてピッチを広げる方法である。もう一つの方法は、進入スピードを遅く、脱出スピードを速くする方法である。ここで、全体スピードを上げることは、数々の不具合が生ずるため後者を選択した。この方法であれば裏パスだけのスピードアップで解決できる。検証の計算は、最小のスペースをレイアウトすると、表パスの搬送距離は105.09 mm (レイアウト値)、裏パスの搬送距離は144.39 mm (レイアウト値) となった。

この比から、パス搬送スピードを S_1 とすると次式になる。

$$S_1 = 1.6 \text{ (m/s)} \times 144.39 / 105.09 \\ = 2.198 \text{ (ms)} \quad (1)$$

搬送速度は、紙幣の挙動に影響を受けるためにあまり大きい値を取れないことがわかっているため、搬送速度を計算値の約2.2 m/sとし、後の検討で不具合が発生した場合に再度検討を加えることにした。

(2) 裏パスの搬送スピードの検証計算（図6） まず、紙幣の挙動は、前の紙幣と次の紙幣が滞留などにより衝突すると想定される位置の座標を X_0, Y_0 と置くと、ゲートに沿って動く次の紙幣の先端を A と置いたとき最短ピッチの紙幣の先端は $X 32.4, Y 24.3$ であり、先行紙幣の後端を B とすると、任意の時間 (t) 後の座標は次式となる。

$$A : (32.4 - 1281.2 t, 24.3 - 958.4 t) \quad (2)$$

$$B : (2071.2 t, 741.6 t) \quad (3)$$

ここで、各数値は一定時間内に座標移動する定数である（設計上の紙幣の進行方向によって決定される）。 A と B の最短距離は、次のようになる。

$$D_{\min} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (4)$$

計算結果は、 $t = 0.0106$ (s) となり最小紙幣間を D_t とすると、

$$D_t = \sqrt{52.5} = 7.25 \text{ (mm)} \quad (5)$$

つまり、 A と B がもっとも近づくときの距離は7.25

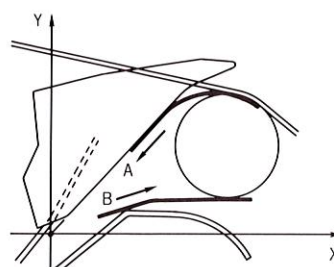


図6. スイッチバック部の搬送速度の検証 紙幣の端面をX軸とY軸のグラフで示す。

Verification of drive speed in switch-back section

(mm)となる。

A : (X 18.8, Y 14.1)

B : (X 22.0, Y 7.9)

次に、紙幣の距離のマージンを検討する。紙幣どうしが接触するときの、座標の原点であるときの紙幣間(最短ピッチで進入するときの座標間)位置は次のようになる。

$$\sqrt{(32.4)^2 + (24.3)^2} = 40.5(\text{mm}) \quad (6)$$

よって、次の紙幣が 40.5 mm 進む間に脱出紙幣が滞留すると紙幣どうしが接触する。このときの時間は 25.3 ms である。しかし、紙幣はゲートに沿って直進するとは限られない。特に、脱出紙幣の後端は紙幣自身の腰の強さによってローラから離れる方向に跳ね上がる。このときの状態を図 7 に示す。

図 7 では最短距離が 1.5 mm になる可能性がある。この状態を防ぐ働きをするのが羽根車である。

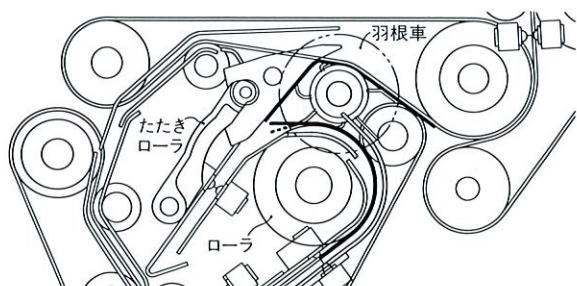


図 7. 羽根車の機能 進入紙幣の先端は外側に、排出紙幣の後端を内側に押さえる働きで衝突を防止する。

Function of fin roller

4.2.3 要素 3 (仕様上のスキューに対しても対応できる)

スキューには 2 種類のタイプがある (図 8)。しかし、ス

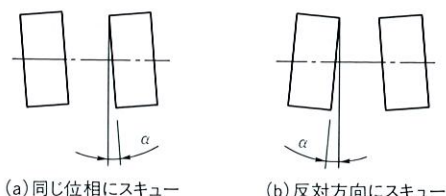


図 8. スキューのタイプ 同じ位相にスキューするタイプと、反対の方向にスキューする 2 タイプがある。

Types of skew

キューの判定よりもピッチが優先される構造になっているので最短ピッチを考慮すればタイミングの問題は発生しない。スイッチバック方式の特長として、紙幣の進入時に先端部が鉛直な壁にぶつかってストップするためにスキューは矯正される形となり、この方式のメリットになっている。

4.2.4 要素 4 (紙幣を痛めない) 紙幣を痛める原因には、次の二つがある。

- (1) 表裏反転時の紙幣どうしの接触。
- (2) たたきローラのタイミングのずれ。

(1)は前述のように検証しており安全である。(2)はたたきのタイミングセンサのファームウェアが認識する速度遅れと、たたきローラの慣性負荷とその駆動力によって算出される。いずれも遅れる方向に働くが、タイミングセンサ位置を前にし、ファームウェアの修正で簡単に最適値が求められることから、従来の類似品の動作スピードで設計し実際の試験機で検証・修正することで解決した。

4.2.5 要素 5 (小スペースである) 今回の設計の最大の課題が小スペースであることからスペースを最優先で設計し、前述の方法で諸問題を解決した。

5 あとがき

メディア搬送は、メカニカルな要素が重要視される。今回は ATM の一部分の例を紹介したが、操作部 (接客) はシンプルに、見えない部分では数多くのメカトロニクスが凝縮された形で発展を続けている。情報が増加し、メディアが発達すればするほどメディア搬送が形を変えて不可欠なものになる。今後も、よりシンプルで高性能な操作性のよいメディア搬送技術の磨上げに努めていきたい。



広瀬 稔 Minoru Hirose

柳町工場金融機器設計部主査。
金融機器における紙幣ハンドリング技術の開発設計に従事。
日本機械学会会員。
Yanagicho Works



安間 英之 Hideyuki Anma

柳町工場金融機器設計部主任。
金融機器における紙幣ハンドリング技術の開発設計に従事。
Yanagicho Works



中川 利範 Tosinori Nakagawa

柳町工場金融機器設計担当。
金融機器における紙幣ハンドリング技術の開発設計に従事。
Yanagicho Works