



Table 1 Doffing Operations for 300 Head Double Covering Machine

Operation	Force (N)	Position (mm)	Number of Turns	Special Characteristics (Hardness of Operation)	Request of Automations
Cover Yarn Bobbin Take out	410 *1	600 ~ 1000	600	Large Pull-up Force, Special Tool Required	○
Core Yarn Package Take out	1	200	300	Low Position, Secluded Place	◎
Manufacture Take out	20 ~ 30	2000	300	High Position, Fall Down Easily	○
Cover Yarn Supply	8	600 ~ 1000	600		○
Core Yarn Supply	10	200	600	Low Position, Secluded Place	◎
Yarn Drawing in	—	300 ~ 1000	600	Handling Yarn is Difficult, Technique Required	◎
Take-up Bobbin Supply	1	2000	300	High Position	○
Yarn Winding	—	1000 ~ 1800	300		△
Transportation		400 ~ 500N / 10Spindles			◎
Length of Travel		20000mm / Oneside			◎

◎ Automation is required strongly ○ Automation is recommended △ Manual operation is advantageous under the current conditions  
\*1: Maximum force of pull-up device. The device operates nearly maximum force.

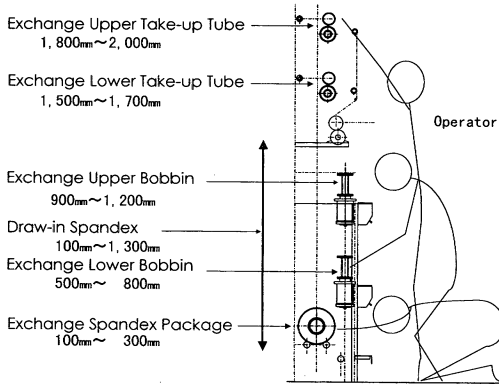


Fig. 1 Operating Position for Covering Machine

業のサイクルは7~10日と比較的長く、糸の交換時に作業が集中するという特徴をもっている。さらに、図1に示すように作業者のとる姿勢はしゃがんだ格好から背伸びまで上下に幅があり、長さ方向の移動に加えてかなりの重労働となっている。その諸作業の特徴と自動化への要求を表1に示す。

紡績機やワインダーなどにみられる一斉ドoff方式による自動化は作業性や所要時間の面で有利ではあるが、規模やコストで考えるとカバリングマシンに適用するのは不可能である。古い機械を使い続ける工場も多く、自動化をするために大規模な工場を建設したり設備を更新することが行いにくい状況にある。

### 3. 自動化への取り組み

カバリング工場では、カバリングマシン同士が人間の作業通路(1メートル程度)の間隔をあけて設置されており、自動化装置もこのスペースに収まる必要がある。工場の床面は比較的粗く、コンクリートなどのことが多いため、床面への新たな工事はあまり期待できない。

このような理由により、既存の工場設備をなるべく

く生かした自動化が考えられる。現在、設置されているカバリングマシンは構造上の制約から、自動化のための大規模な改造が困難である。そのため、簡単なガイドを取り付けるなどの最小限の改造を加えることで、自動化ができると好都合である。本研究では、人間に代わって工場内を移動しながら作業を行う自走式自動化装置の実現を最終的な目標としている。そのためには以下のような条件を満たさなければならない。

- ・装置自体が自走・自律式であること
- ・工場・マシン本体への改造が最小限ですむこと
- ・機能に対して比較的安価なこと
- ・高い信頼性と汎用性を持つこと

なお、本報では自動芯糸通し装置だけを自走台車に載せたものを報告するが、表1でも示したように自動化への要求は非常に多い。芯糸通しと同じ作業ライン上で満ボビンの回収、空ボビンのセット、空カバー糸ボビンの回収および満カバー糸ボビンのセットの自動化装置についても今後報告していく予定である。最終的にすべての自動化装置が搭載できた場合、カバリングマシンに対する主要な運転準備作業とそれに伴う運搬作業が行われ、大幅な労力軽減がはかれる。さらに、近年の多品種小ロット生産や見本品生産の増加、定番品の生産に加えフレキシブルな生産体制の要求にも対応できるものと考えられる。例えば、将来的には1錘ごとに掛ける糸の種類や運転条件を変えて各錘独立運転するような単錘駆動カバリングマシンと協調して、材料の管理から製品出荷までをカバーする多品種少量生産に対応した自動化システムの構築なども考えられる。

### 4. 自走台車の制御理論

左右輪が独立して回転できる2輪速度差制御方式の2駆動輪1キャスト(2DWIC)自走台車における運動<sup>2,3)</sup>について考える。車輪のすべりや外乱がない

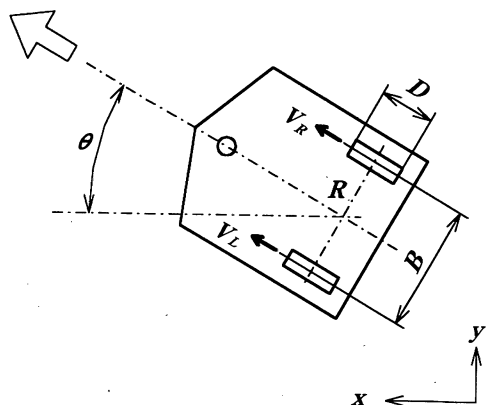


Fig. 2 2DW1C-type Vehicle Steering Model

場合、台車の2次元運動は左右輪の回転速度により理論的な台車の位置と姿勢を表すことが可能であり、この方法を『デッドレコニングシステム』とよんでいる。図2において、

$B$  : トレッド

$J$  : 走行行列 (3×2)

$R$  : 台車位置 (駆動輪中心点) (3×1)

$x$  :  $R$  における  $x$  座標

$y$  :  $R$  における  $y$  座標

$\theta$  :  $R$  における姿勢角

$t$  : 時間

$V$  : 台車速度 (2×1)

$V$  :  $R$  における台車速度の絶対値

$V_R$  : 右駆動輪の移動速度

$V_L$  : 左駆動輪の移動速度

$D$  : 駆動輪直径

とすれば、

$$dR/dt = JV$$

$$\begin{bmatrix} dx/dt \\ dy/dt \\ d\theta/dt \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta/2 & \cos\theta/2 \\ \sin\theta/2 & \sin\theta/2 \\ 1/B & -1/B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ V_L \end{bmatrix} \quad (1)$$

となる。また  $R$  の位置での速度の絶対値は、

$$V = (V_R + V_L)/2 \quad (2)$$

で表されるが、左右輪の回転数を  $N_R, N_L$  とすれば、

$$V_R = \pi D N_R, \quad V_L = \pi D N_L \quad (3)$$

となって両輪の回転数で制御可能であることがわかる。

次に、カバリングマシン壁面に沿って台車が移動する際の経路追従制御理論<sup>9)</sup>を考える。台車が一定速度で移動するとき、図3に示すようにその速度の絶対値を  $V$  とし、台車と目標軌道との最短距離を  $y$

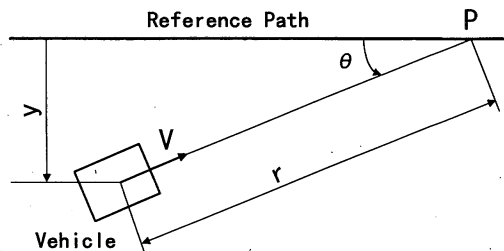


Fig. 3 Path Tracking Control

とする。また、台車は常にその進行方向が台車から  $r$  だけ離れた軌道上の点  $P$  を向くように操舵されるとする。台車の現在位置から点  $P$  までの軌道はほぼ直線であると仮定すると、幾何学的関係から、

$$y/r = \sin\theta$$

となる。また、

$$dy/dt = -V \sin\theta$$

であるから

$$dy/dt = -(V/r)y$$

となり、 $V$  が一定のとき、時間  $t=0$  での軌道誤差を  $y(0)=y_0$  とすると、

$$y(t) = y_0 \exp(-Vt/r) \quad (4)$$

となる。上式から時間とともに  $y(t) \rightarrow 0 (t \rightarrow \infty)$  となり、軌道追従が可能なることがわかる。2DW1C 台車では、台車の前輪キャストを目標軌道上にのせることで軌道追従が実現されるが、台車前側面をカバリングマシン壁面に接触させながら移動する場合も同様の取り扱いができる。

## 5. 自走台車の試作

第1報で報告した自動糸糸通し装置を自走台車に搭載するに際し、これまで固定式であった吹き出し・吸い込み口を台車からスライドユニットによって前後できるようにした。また、カバリングマシン1スパン (8 錘分) のスパンデッキパッケージをストックヤードに収納できるようにした。これらの詳細については、続報にて報告する。

今回試作した台車は、狭い工場内で自由自在に動き回り、カバリングの各種準備作業を行っていくため以下のような性能が要求される。

- 十分な停止位置精度をもつこと
- 旋回半径が小さく、コンパクトであること
- 高い搬送能力をもつこと
- 制御プログラムの変更が容易など、フレキシブルであること

作業を行いながらカバリングマシンに沿って移動

する方法には、  
 カバリングマシンのフレームに接触しながら移動  
 ……自走、接触式  
 カバリングマシンのフレームを検知しながら移動  
 ……自律、非接触式  
 の2つが考えられるが、本報では接触式台車のみについて報告し、非接触式台車については今後報告していく予定である。2DW1C 台車の理論は前節で述べたとおりであるが、試作した台車は安定性を考慮し、長さ700mm、幅600mm、トレッド500mmの2DW2Cの4輪台車とした。2DW2C 台車は、キャストが駆動輪の動きにあわせて回転・旋回するという点では、理論的に2DW1C 台車と同じとみなすことができる。後輪2輪を左右独立のDCスピードコントロールモータ（オリエンタルモータ製HBL425GN/4GN180K, DV24V, 25W）により駆動し、方向は左右駆動輪の速度差制御で行う。前輪2輪はこの動きに従い自由に回転するキャスト（ハンマーキャスト製420E-N100）を使用した。図4に台車のシステム構成を、また図5に台車の移動および停止までの動作を示す。カバリングマシンのフレームが平面で接触を許す場合、台車をカバリングマシンに完全に接触させて移動することができるので、自由度が小さくなるかわりにデッドレコニングに理論は簡略化され制御は容易になる。台車側面に取り付けたり

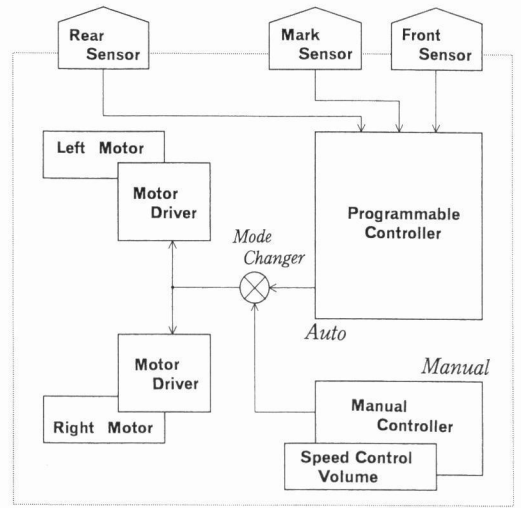


Fig. 4 System Diagram of Vehicle Control

ミットスイッチ（オムロン製 形Z-15GW22-B）で、カバリングマシン壁面からの離脱が検出されると左右輪駆動速度を調整し、台車を再び壁面に接触させる。台車とカバリングマシンとの接触およびころがりスムーズにするため、台車側面には小さなキャスト（ハンマーキャスト製420R-UR25）を取り付けてある。カバリングマシンへの最初の接近は手動操作で行い、第1スピンドルから以後はプログラマブルコントローラ（キーエンス製KZ-300）に

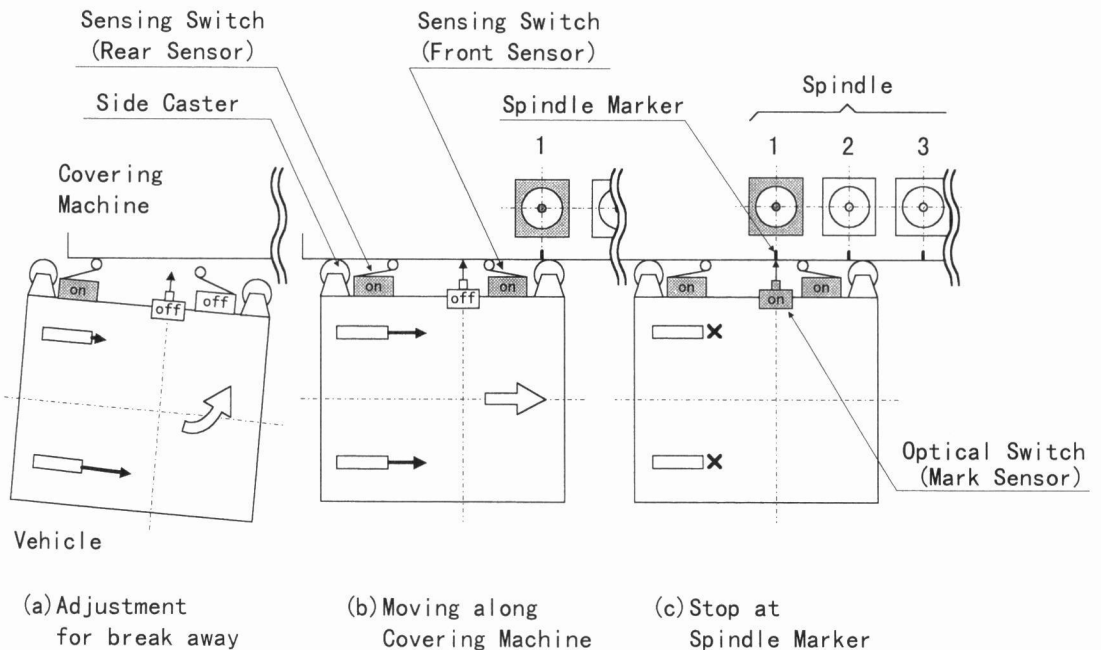


Fig. 5 Motion of Vehicle

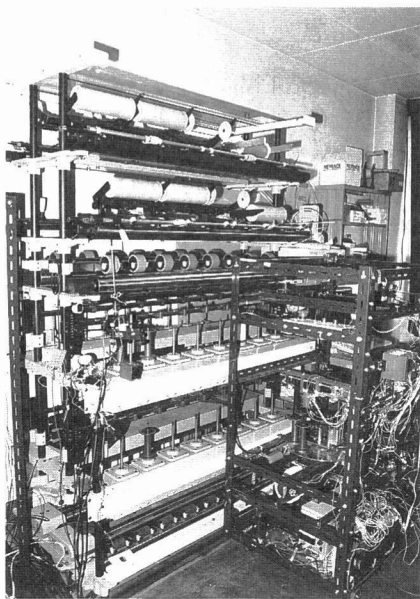


Fig. 6 Doffing Operation with Controlled Vehicle

より自動運転を行う。カバリングマシンのフレームには、各錘の軸線上に細線を引いた紙を貼り付け停止マークとし、台車上には反射式の光電スイッチ（キーエンス製 FU22/FS2-60）を取り付けこのマークに反応して台車が停止するようになっている。

### 6. 実験および考察

試作した台車を用い、芯糸通しを行った。なお、モデルカバリングマシンとして片岡機械工業(株)製の単錘駆動ダブルカバリングマシン DCM 機を使用した。実験は、コンクリートの塗装床面で行い、台車の移動速度は15mm/sとした。図6にその様子を示す。

走行試験を繰り返したところ、台車前部の首振りおよび後輪の離脱（カバリングマシン壁面から離れる）現象がみられた。これは、理論上直進すべき台車が床面や装置等の外乱により直進できなくなったため、修正動作を開始するタイミングまでの間に累積された誤差のためといえる。いったん駆動輪（後輪）が壁面から離脱すると、後輪自身は横移動機能を持たないので横方向への修正は困難である。前輪を、目標経路を超えて大きく内側へ向けて移動（オーバーシュート）すれば位置修正は可能であるが、カバリングマシン壁面があるため、事実上この方法による修正はできない。また、台車の離脱は壁面から直線的に起こるのに対し、(4)式より壁面への

収束は指数関数的に行われるため、外乱を受けながらの直進において、壁面に完全に密着しながら移動することはかなり困難であることが推察される。

累積誤差を走行中にできるだけ少なくするために、駆動輪の向きを内側（壁面側）に傾斜させ、常に駆動輪をカバリングマシン壁面に押しつけるような形にすることで台車の離脱は避けることができ、同時に首振り現象も抑制することができた。この傾斜角度は、台車のホイールベースおよび、離脱開始から修正動作を開始するまでのリミットスイッチの動作量により決定される。

台車の必要停止精度は、芯糸通しに必要とされる精度±3mm以内とされているが、この接触式台車は横ずれを抑制されているので、実質進行方向のずれが問題となる。この台車を自然停止（電源断）と瞬時停止（ブレーキ）によって停止させた場合の停止誤差を図7に示す。△xは台車停止時に、その作業軸がスピンドル中心から行き過ぎた量を示している。想定される移動速度50%以下において、瞬時停止によって停止したものは十分芯糸通しの行える範囲に入っている。なお、実際の移動では、台車はモータ最高速度の20~30%で運転している。

一方、実験では台車を停止させるためのセンサとしてファイバ式光電スイッチおよび停止マークを使用してきたが、この場合事前にカバリングマシン壁面にマークを貼り付けなければならない。理想的にはスピンドル中央を検出して台車が停止できれば、事前の準備も不要であり、精度上も大変好ましいことである。しかし、

- スピンドルが鏡面の円筒面であること
- 作業時にはポピンが挿入されその露出部分が少ないこと

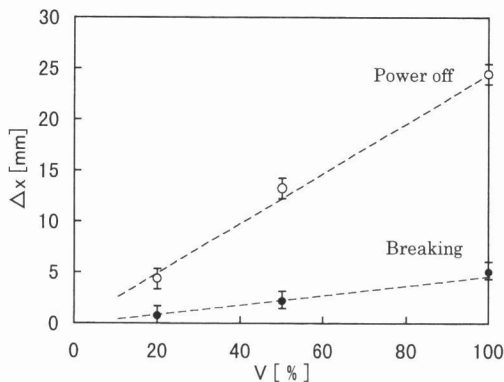


Fig. 7 Overrun of Vehicle at Stop Motion Vmax = 58mm/s (at 100%)

- ・スピンドルのごく近い位置にカバリングマシンの柱が存在すること
- ・スピンドル軸線上での各種作業が集中していること

などの理由から、スピンドルを正面から直接利用することは避けてきた。そこで、センサーとして距離設定型光電スイッチ（キーエンス製 PK-72）を三角測量方式で配置することにより、これらの諸問題を解決することができた。ただ、スピンドルの太さおよびセンサーのスポット径の大小により、検出はセンサー出力の立ち上がりを利用することが必要である。

以上のような改善を加え、台車の移動・芯糸通し作業を繰り返したところ連続的に糸交換を行うことができた。なお、ベルト駆動式のカバリングマシンに対する非接触式台車の実験は、続報にて報告する予定である。

## 7. 結 言

カバード糸製造工程における一連の作業に対し、各作業の自動化への取り組みと、それらを網羅した台車型システムを提案した。2輪速度差制御方式の自走作業台車を試作し、単錘駆動型カバリングマシンに接触させながら移動させて、連続的に芯糸交換を行うことができた。

なお、本研究は平成8年度の日本繊維機械学会北陸支部研究発表会で発表したものである。また、本研究を進めるに際し、ご協力を頂いた片岡機械工業(株)に感謝の意を表したい。

## 文 献

- 1) 堀純也, 喜成年泰, 新宅救徳; 織機誌, 50, 1, T24 (1997)
- 2) 高野政晴; 日本ロボット学会誌, 5, 5, 384 (1987)
- 3) 水谷元彦, 対馬一憲; 日本機械学会論文集 (C編), 58, 6, 1965 (1992)
- 4) 日本機械学会; 機械工学便覧 C4 メカトロニクス, p. 101, 丸善 (1994)