

## パッケージ用木箱の製造装置開発

鎌田 英博, 吉成 哲, 岡田 浩司\*  
 岡田 和雄\*, 横山 勝雄\*\*, 中村 吉明\*\*\*  
 清野 栄司\*\*\*\*

### Development of Product System of Wooden package

Hidehiro KAMATA, Satoshi YOSHINARI, Koji OKADA\*  
 Kazuo OKADA\*, Katsuo YOKOYAMA\*\*, Yoshiaki NAKAMURA\*\*\*  
 Eiji SEINO\*\*\*\*

#### 抄 録

パッケージ用木製小箱の生産性を向上させるために自動組立装置の開発を実施した。中でもワークの供給ユニットは、ホッパー内に積載したワークを最下部から引き出すボトムスイーパー方式を採用し信頼性を高めた。また、搬送中のワークの姿勢を安定させるためにストッパ機構なども考案し、欠陥製品の発生率の低減を進めた。そのほか、サイズ変更による段取り替えには、箱の縦（裨板）、横（側板、底板）、深さ（裨板、側板）とも仕様に応じて行えるような機能を装備した。

#### 1. はじめに

北海道で水揚げされ加工した水産食品のパッケージにも、消費者の高級品志向にあわせて洗練されたイメージが要望されている。この高級化志向はコストダウンとは相反するが、売上額に多大な影響を与えていると予想されるため、製造技術の高度化で対応する必要がある。

とくに季節的に水揚げが集中する水産物では、その水揚げ量やサイズの比率も予測不可能であるため、木箱として通年在庫しておくには経費が膨大である。したがって、短期間で集中的に注水量を出荷せねばならないため、人員確保や工場生産体制などに負担も大きい。

本テーマは、そのパッケージ用に使用され、商品としての美観性が高く、保存性も高い木製小箱の製造工程の装置化を目的とした。

#### 2. 木製小箱の製作工程の現状

水産加工品の多くは、鮮度を維持させるために冷蔵される。一般的な発泡スチロールやダンボール箱の形態では密閉状態となり、そのまま積載すればさらに通気性や強度に問題が生じる。しかし、図1に示す構造の木箱は通気も良好で、構成部材に木材を採用すれば積載・運搬時の強度も高い上、吸湿

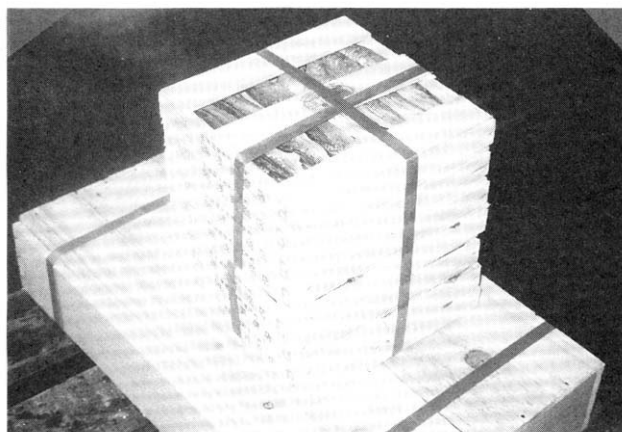


図1 パッケージ用木製小箱

\*\* 岡田産業株式会社 \*\* (株) 渡辺機械製作所  
 \*\*\* (株) サントウ \*\*\*\* (株) 司機工エンジニアリング

性、油の吸着性などにも優れ、紙製のように湿度や油成分による強度低下の恐れもないため、食品の保存や管理用として最適であろう。

木製の小箱を組み立てるとき、締結部が釘（ネイル）によるカステープルによるかでその商品のイメージは大きく異なると言われている。釘による締結はいかにも“人の手で丹精込めた”イメージを提案できるため、パッケージとしての評価は高いと思われる。また、オプションで真鍮やステンレス製の釘を使用すれば高級感が増す上、鉄錆による汚れも防止できる。さらに、鉄釘はステープルより低価格であるため、ランニングコストを抑えられるなど、釘を使用することでのメリットは数多い。

さて、現在この釘打ち作業は専用の装置で行われているが、使用されている釘打設機の多くは、釘を整列させ、打設ヘッドに供給し、バーで強制的に押し込む方式である。打設は電動機の回転運動をクランクで直線運動に変換する機構を採用したものが一般的である。これを使用した組み立て作業の様子を図2に示した。

この際、材料の姿勢や釘の位置は打設ヘッド下部の簡単なガイドのみで支持しているため、組み立て精度は作業者の習熟度に依存している。したがって、個人差や適性により、作業効率に差が生じる上、熟練者の養成も必要で、生産計画どおりの供給体制を維持し難い。さらに、サイズ変更時の段取り替えも頻繁という事情も加わり、人の作業に頼らざるを得ない状況である。そのため、近年は人手不足および作業者の高齢化による作業能率の低下を来している。図3は現状の作業フローである。材料の欠陥検出、ワークや釘などの補給確認を人が行い、カギ手打ち（襖板と側板各1枚ずつの締結）、四角打ち（襖板と側板各2枚で枠を作る、図2参照）、ソコ打ち（底板を前記の枠に締結する）の各工程にそれぞれ釘打設機を使用している。図4は実際に行われている工場での工程のレイアウトである。限定された空間内でAからEまでの5人が連携して組立作業（立ち作業）を行っている。

このような、現状の生産体制には限界がありながら、木製

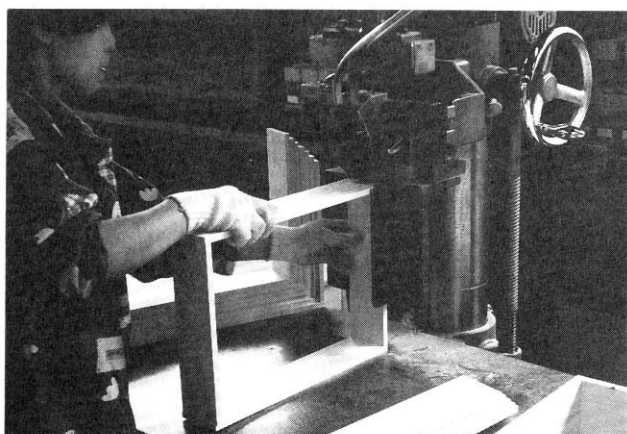


図2 手作業による組立

小箱の発注量は年々増加傾向にある。したがって、早急に生産システムを改良し、良質の木箱を大量に迅速に供給できるシステムの構築が要求されている。

### 3. 製箱装置の基本構想

前述した木製小箱の製作工程の現状を踏まえて、組み立て自動化／省力化システムの開発条件を検討したが、その結果を以下に述べる。

- 1) 頻繁なサイズ変更に伴う段取り替えに対応できること。
- 2) 熟練技能者に依存しない組み立て装置とすること。
- 3) 各工場でのリードタイムを一定にし生産計画の信頼度を高めること。
- 4) 省力化を進め、労働条件の改善を行うこと。

その他に安全性、操作性、経済性、耐久性なども考慮したがこれらは1)から4)までの条件と照合しながら総合的に判断することとした。

製箱装置のワーク供給から組立、完成までの手順を図5に示す。図中(I)の工程は襖（つま）と称される部分の供給である。(II)の工程では底板用ワークを襖上の指定位置に載せる。この際襖板と底板の供給を空気圧シリンダの直進運動で同時に行い、その場で(III)の工程の釘打設を行う。次に(IV)の工程で側板の供給と釘打設、さらに(V)の工程でもう一方の側板の供給と釘打設を行う。図6はそのシステムの基本構想案（平面図）である。前記の図5で説明した工程の範囲やワーク供給部位置を示した。工程は図中左から進み、まず、襖板と底板の供給と位置決め、次に上方に設置した釘打設機で締結、さらにその右端からの側板を供給した後、水平に釘打設を行う。最後にもう一方の側板を締結し、次工程へ搬送する。

この自動装置はそれぞれ機械的に独立した工程から構成されており、それをユニットと呼ぶ。例えばワーク供給ユニット、搬送ユニット、締結ユニットなどで、このユニットを単機能作業を行う単位として扱うこととした。ところで、搬送ユニットをベースユニットとして他の作業ユニットとは別に定義する1)考え方もあるが本報では同じ次元で扱うこととした。

次に、この自動化装置のワーク供給機能と段取り替機能についてその基本概念を説明する。

#### 1) 襖および側板の供給ユニット

図7に襖板と底板の供給装置のための構想案を示す。これは矩形ワークの短辺側から見た状態である。ワークを積載するケーシング部をホッパーと称し、その中の最下端部のワークは③で支持されている。これを抜くとワークはガイド④に沿って落下し、指定した状態（長辺断面で接地）で次のユニットへ供給される。同時に上に載っていた残りのワークは横方

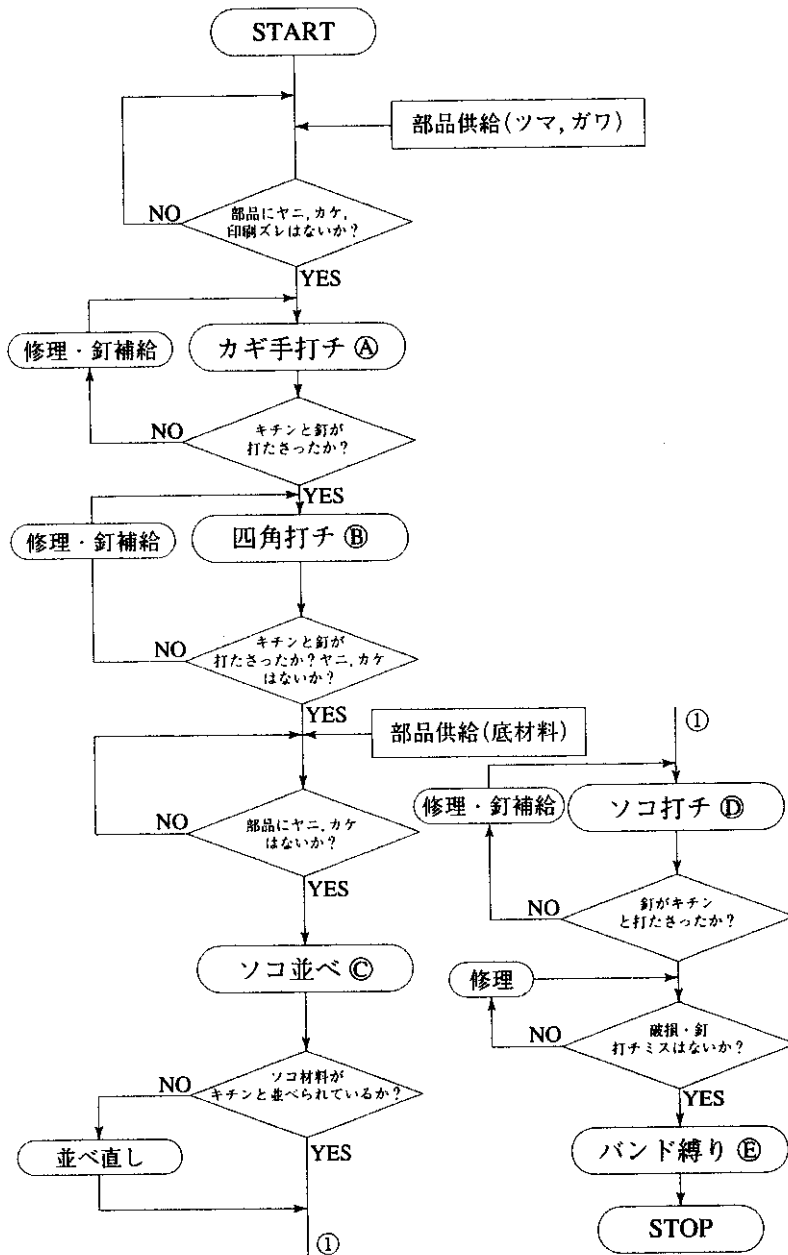


図3 現状の作業フロー

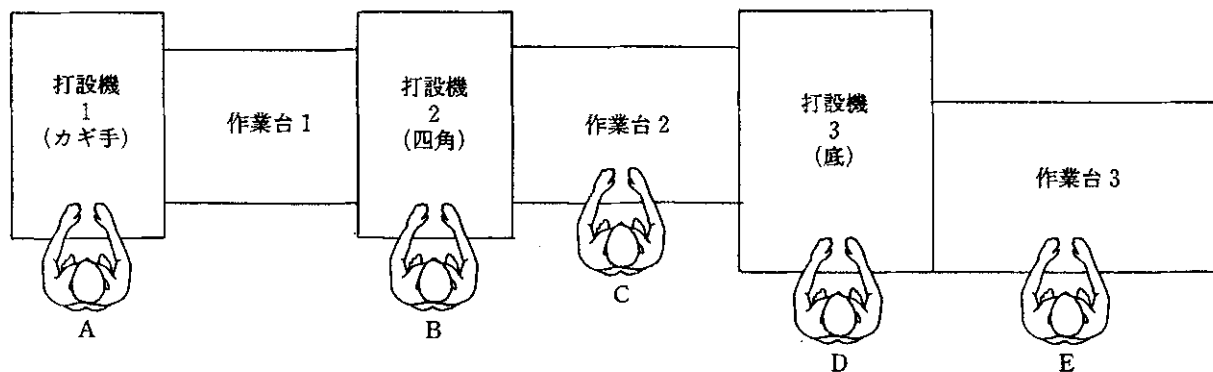


図4 現状の工程のレイアウト

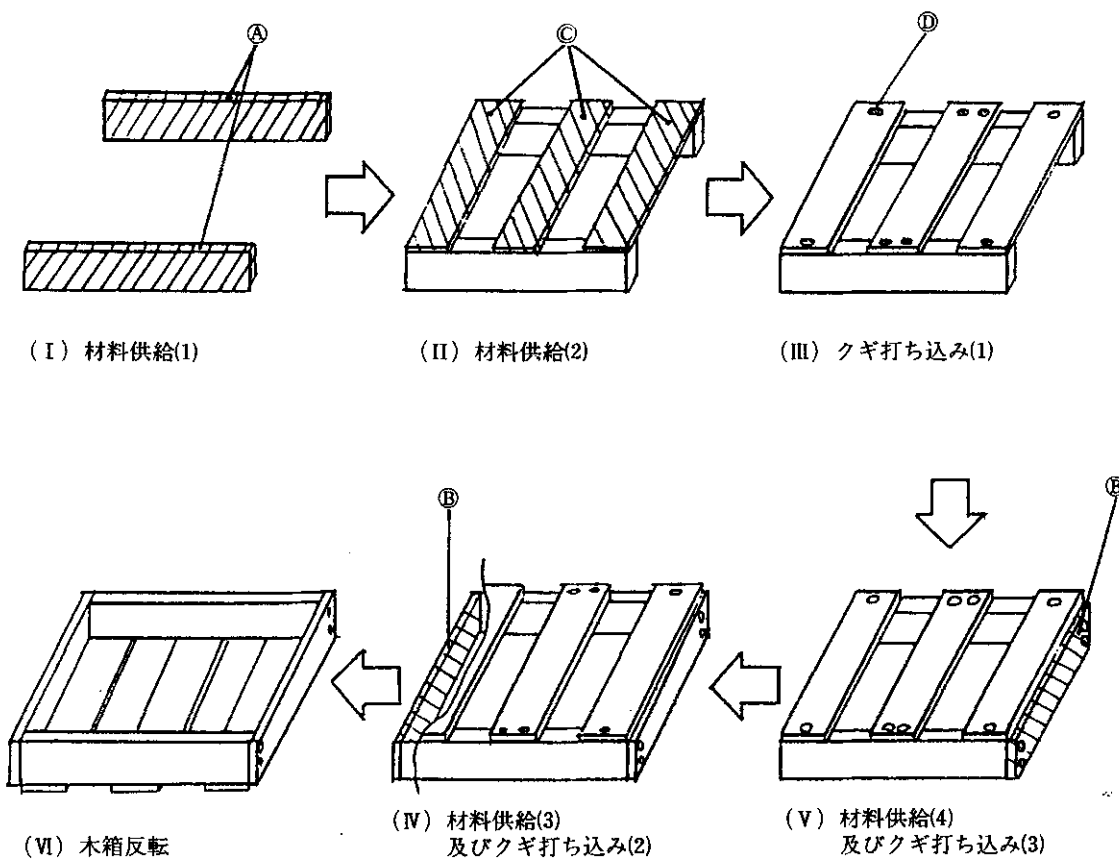


図5 ワークの供給から組み立てまでの順序

向から②のバーで拘束されるため落下しない。尚、この一連の動作は一本のエアシリンダの往復運動で可能である。

2) 底板の供給ユニット

図8に底板の供給機構を示す。ホッパー内に積載されたワークは送り出し用のフックにより最下部から3枚が裨板上まで搬送され、精密に位置決めされる。このフックは元の位置に復帰する時、ホッパ下部のワークと接触しても回避可能な機構とする。また、フックは着脱可能とし段取り替え時には移動させる。

3) 箱のサイズ変更のための段取り替

収納する食品に合わせた箱のサイズは縦(裨板), 横(側板, 底板), 深さ(裨板, 側板), 厚さとも変更しなければならない。その詳細を表1に示すが, その種類も多い上, 1日に何

表1 部材のサイズ (単位: mm)

|        |                  |
|--------|------------------|
| 裨 (長さ) | 190~280 (5 mm 毎) |
| ( 幅 )  | 28, 30, 35, 40   |
| 側 (長さ) | 180~395 (5 mm 毎) |

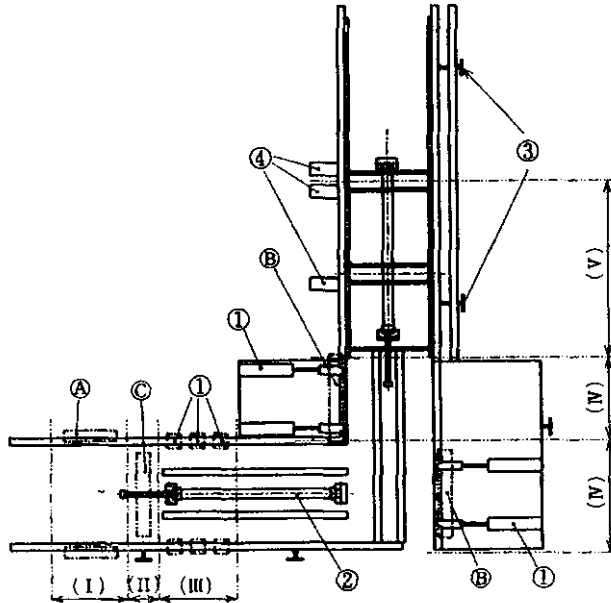


図6 装置全体の基本構想

- ④ 襖板用ホッパー, ⑥ 側板用ホッパー, ③ 底板用ホッパー
- ① 釘打設用空気圧シリンダ, ② 搬送用空気圧シリンダ,
- ③ サイズ変更用ハンドル, ④ 搬送用モーター
- (I) 襖板供給ユニット, (II) 底板供給ユニット,
- (III) 襖・底板締結ユニット,
- (IV) 側板供給・締結ユニット, (V) 搬送ユニット

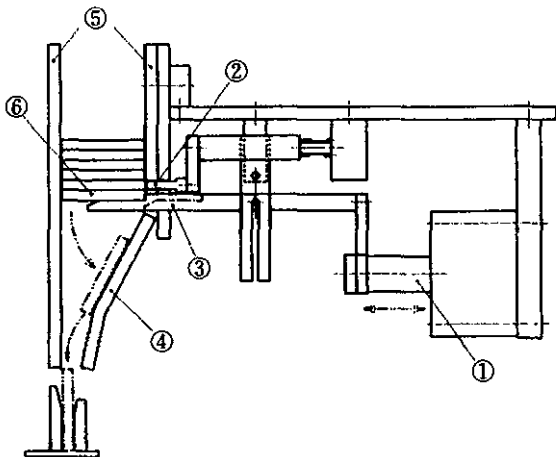


図7 襖板供給ユニットの構想図

- ① 空気圧シリンダ, 襖板落下止め, ③ 供給用スライドバー,
- ④ 落下用ガイド, ⑤ 襖板ストック用ケース,
- ⑥ 襖板用材料

度も段取り替えを行う可能性もあるため、リニアアクチュエータとスライドレールを利用した無段階の調整機構で対応することとした。

4. 製箱装置の試作試験

図9は製箱装置のプロトタイプモデルの概略図で、図10は

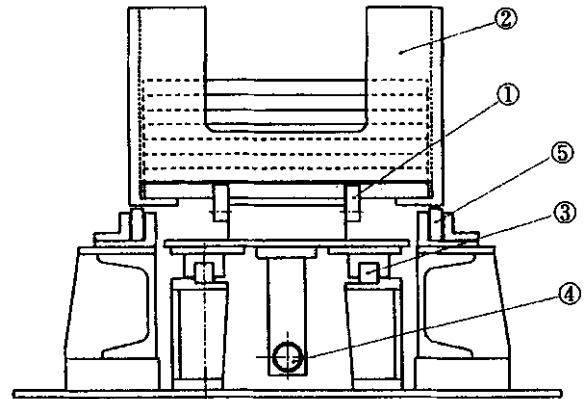


図8 底板供給ユニット

- ① 底板抜き出し用つめ, ② 底板ストックケース,
- ③ スライドレール, ④ 空気圧シリンダ

その外観である。底板・襖板供給ユニットは、送りレールを共用することで簡素化を図り、装置全体をコンパクトに纏めることができたが、各ユニットの配置は基本構想での直線的な形式から合流方式へと変更した。また、搬送ユニットの水平および垂直送りは、電動モータを用いた方式では組立や微調整に精度を要求されるため、空気圧シリンダを採用した。さらに、各ホッパーのワーク最大保有時間を10分以内に収まるように設計した。その結果、装置全体でワーク補充に一名の専従人員を必要とするにとどまった。

そのほかの試作したユニットや機能の主な内容を以下に述べる。尚、段取り香えの移動機構などは基本構想通りの内容であったため本項では割愛する。

1) 襖板および側板の供給ユニット

基本構想を基に図11に示す供給ユニット部分を試作し検討を加えた。その結果、フリー状態でもワーク同士が附着して落下しなかったり、ホッパー内部で引っかかり停滞する現象が頻発したためこの方式は断念せざるをえなかった。その原因として、ワーク切削面が毛羽立っていることなどの材料特性と、自由落下の際、極めて軽量のワークの姿勢を安定化できなかったことが挙げられる。

そこで材料特性の影響を受けにくい様にワークを拘束し、強制的に引き抜くボトムスイーパ方式を採用することにした。この方式は、図12示すようにホッパー内に積載されワークの最下層から引き抜き、自然落下させ、下蹴動面で受け、最下点で持ち上げる機構である。

2) 底板の供給ユニット

前期と同様のボトムスイーパ方式で3枚のワークを引き抜き、襖板上に並べる機構である。ワーク供給のホッパーは2台用意し、ワーク保有量がしきい値を越えると順次入れ換えることとした。また、襖板上への整列は位置精度を要求されるため板ばねやガイド等で搬送時のワークの遊びを抑制した。



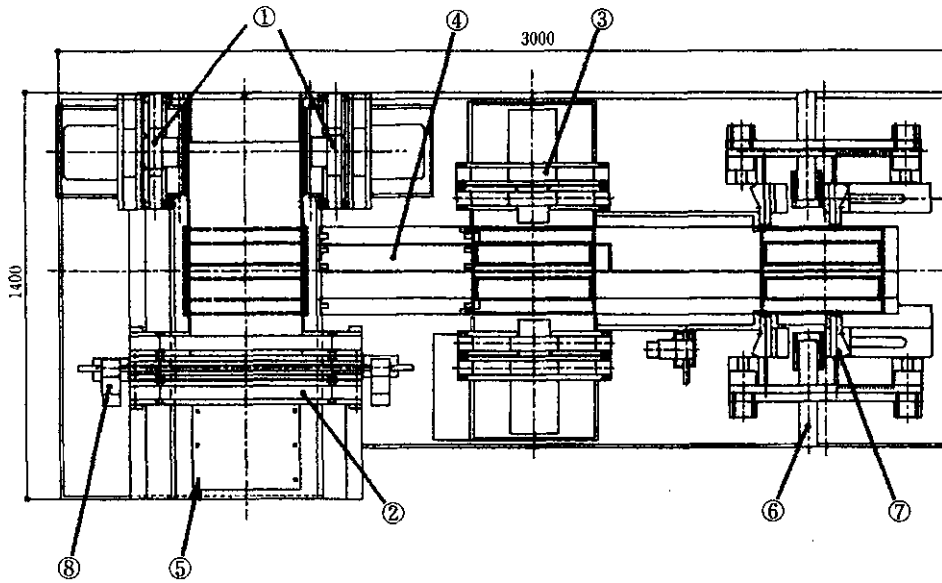


図9 プロトタイプモデルの概略

- ① 襖板供給ユニット
- ② 底板供給ユニット
- ③ 側板供給ユニット
- ④ 搬送用ベース
- ⑤ 底板引き出し用フック
- ⑥ 側板の釘打設ユニット
- ⑦ 釘打設ヘッド
- ⑧ サイズ変更用アクチュエータ

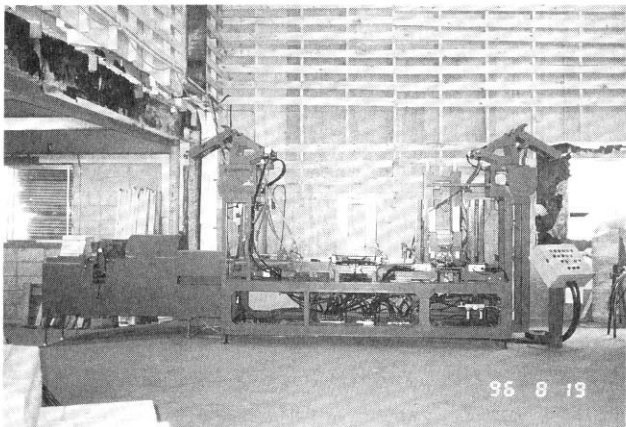


図10 プロトタイプモデルの外観

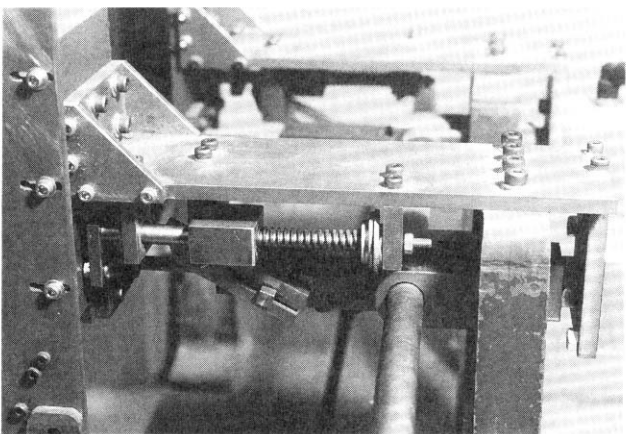


図11 襖板と側板の供給用試験機

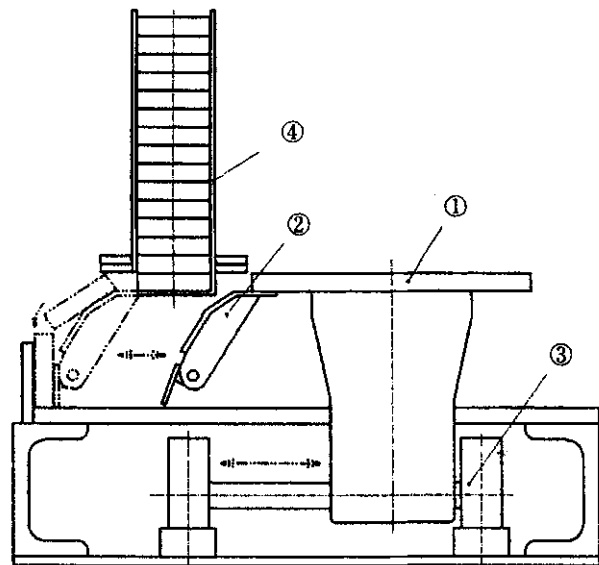


図12 襖板の供給ユニット (ボトムスライバ方式)

- ① 襖板抜き出し用プレート
- ② 襖板落下用ガイド
- ③ 直動アクチュエータ
- ④ 襖板ストック用ケース

ワーク長手方向はおよそ5mm刻みでサイズ変更が必要であるため、その設定方法を基本構想を基に再検討した。動力付きの機構であれば制御は容易であるがコストアップを伴うため、プロトタイプという観点から当初の構想通りディスタンスプレートを作成し、フックの着脱による段取り替え方式とする事とした。

### 3) 搬送ユニット

ワークを次のユニットへ受け渡す場合、同一平面上で移動する機構が望ましいが、裨板と底板の締結後、裨板供給用ガイド等との干渉を避けるため、上方へ垂直移動し、側板供給ユニットまで水平移動を行う方式を考案した。また、側板供給ユニットと締結ユニット間の搬送はチェーンやベルトによる送り機構では位置決め精度が保証されず、スペースの確保などにも難点があるため空気圧シリンダを採用し、一定ストロークの間欠送りとした。

裨板に底板を締結した後次のユニットへ搬送するフック付きのベースは直動のアクチュエータで移動させた。このベースはワークを載せ、側板供給ユニットから側板締結ユニット、さらに次の反転ユニットへワークを搬送する。

### 4) 釘打設ユニット

釘打設はヘッドをワーク表面に接触させ、エアシリンダで打設する方式とした。釘打設時にはワークの側面から釘が飛び出す状況が発生したため、打設位置精度が重要なファクターと考え、釘打設の相手板厚さ 8.5mm に対して単面より  $4.5\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$  の位置を打設目標値として定めた。このことで相手板の割れ等の欠陥にも対応できる可能性が高くなった。

## 5. 結果および考察

製箱装置のプロトタイプモデルの各ユニットの機能について次のような所見を得た。

### 1) 裨板の供給ユニット

ホッパーから引き出したワークが、前方へ飛び出すため、防止用のガイドを考案した。飛び出す様子を観察し、ほかの駆動部との干渉も考慮して形状やサイズを決定し装着した結果、ワークの飛び出し現象はほぼ完全に抑えることができた。また、ホッパーから離脱した後のワークは姿勢が定まらず、所定の位置に落下しなかった(図 13) ので、原因究明のために繰り返しその現象を観察すると、両端を固定されたワークが離脱する際に、左右端で時間差のあることが判明した。そこで、プレートの形状を変更し時間差を減少させ、姿勢を安定させた。上記 2 点を解決した後、さらに次のような障害が発生した。それは、落下地点の走行用ガイドへ収納されるはずのワークが、慣性で落下角度が減少せずガイド直前で停止してしまう現象(図 14) である。検討の結果、下蹴動画の一部にボール紙で暫定的な突起を設けると落下角度を希望値まで誘導できる(図 15) ことがわかったため、今後最適な耐摩耗性や摩擦係数の材料を選定し付加する予定である。上記の対策の結果、ボトムスイーパープレートの速度が多少変動しても信頼性の高い供給が可能となり、このユニットの性能は格段に改善された。

しかし、本件のように自由落下を利用した供給機構はコス

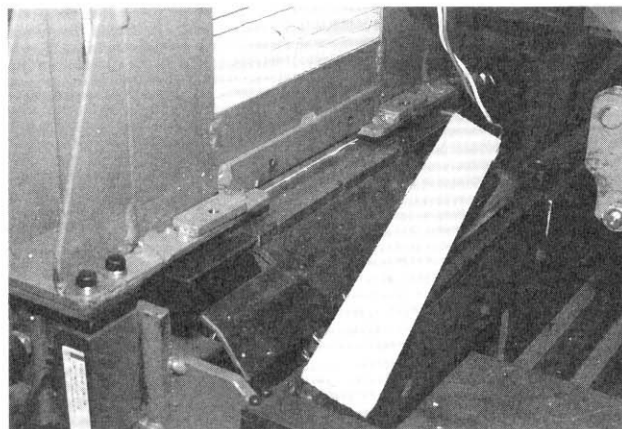


図 13 姿勢の不安定なワーク

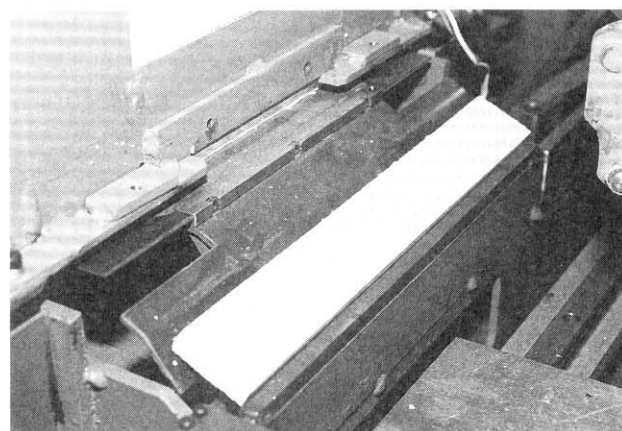


図 14 途中停止した落下中のワーク

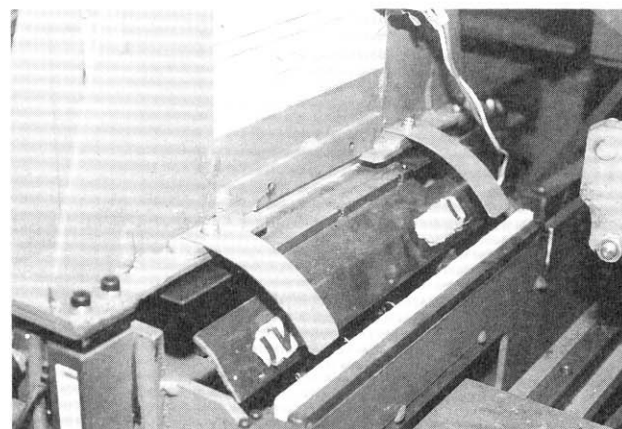


図 15 突起の設置でワークが安定

トダウンでのメリットはあるが、発生する障害の解決には試行錯誤で取り組むこととなり、多少時間が必要であった。また、厚紙 両面テープ、はさみなどを利用して暫定的な対策を実施し丹念に観察したため、その主要な原因が絞り込まれ、根本的な解決策へつながったと思われる。

### 2) 底板の供給ユニット

底板供給の際もホッパーから引き出した直後、ワークの姿勢が不安定となるので、前記と同様に左右端の離脱時間差が



要因と考え、引き出し用フックの位置を変更したが、予想通り姿勢は極めて安定するようになった。次に、シリンダ停止時の底板の位置決め精度の低下が問題であった。その原因は停止時の慣性によるものと思われたので、振り子式のストッパで慣性を抑える機構を考案し付加した結果、目標の位置精度を維持するようになった。

上述した 1) も含めて、発生した障害の多くは設計時予測し難いものであった。その理由は、木材の多様な特性がイメージとして理解不可能だったことだと思われる。本件で利用したエゾマツ材は軽量であることに加え、表面は毛羽立ちが多く、ナイフマークが露呈し、摩擦係数も高いと推定された。したがって、搬送中の挙動は極めて安定性を欠き、前述したほかにも落下の衝撃で容易に飛跳するなど、数々の意外な現象が観察された。これらを解決するためには、適度の圧力を加えたり、ガイドによる誘導経路を設けたり、あるいは逆に、姿勢が安定するまでタイムラグを設けるなど臨機応変の対策が効果的であった。

### 3) 搬送ユニット

このユニットも当初の予想通りの機能で作動したが、底板の釘打設直後にワークが移動する現象が発生し、側板の締結が不可能となった。この原因は、釘打ちヘッドの口金部に釘の頭部が挟まるためと思われた。釘打設機以外の外力は加わっていないため、釘打設機の調整のみで姿勢は安定した。

### 4) 製品のサイズ変更に伴う段取り替え

試作した移動機構はワークサイズの変更が終了するとブレーキで移動を抑止するが、これは試作試験段階では適切であると判断された。しかし、現場での実地試験でその耐震動性や耐久性を再度検討する予定である。

## 6. まとめ

製品のイメージアップを図りながら、保存性や強度等の機能を求められるパッケージとして、木製小箱が目目されている。しかし、製造工場では短納期と多品種大量生産体制の維持が求められるながら、段取り替えによる生産効率が大幅にダウンするなどの問題が解決されないまま、依然として人による組立作業が主流である。そこで、製品の信頼性と生産性を向上させるために自動化ユニットの集合体としての組立装置の開発に着手した結果、次のような知見を得た。

- 1) 棲板と底板の供給ユニットは、ホッパー内に積載したワークを最下部から引き出すボトムスイーパ方式である。試作ユニットに飛び出し防止用ガイドの追加や、ワークの姿勢安定のための調整作業を行った結果、設計通りの供給ユニットを実現できた。
- 2) 底板の供給ユニットでは基本構想に則して同時に 3 枚のワークを並べる方式を採用した。3 台のワーク供給用ホッパーは、ワークの保有量がしきい値を超えると順次入れ換

える様式として試作した。その後、ワーク移送中の姿勢安定のために引き抜き用フックの位置調整、ワークの位置決め精度を高めるためストッパ機構を設置などして調整した結果、希望通りの位置精度が得られた。

- 3) 段取り替えは、箱の縦（棲板）、横（側板、底板）、深さ（棲板、側板）とも変更しなければならない。リニアアクチュエータとスライドレールの構成で試作し良好な位置決め結果が得られた。
- 4) ワークを次の組付け工程へ搬送するユニットでは、底板・棲（つま）板の合流点より上方への垂直移動を行い、さらに水平移動を行う方式を採用したため機構のシンプル化を達成できた。
- 5) 釘打設による締結ユニットは、釘の飛び出しやワークの割れ等の対策として打設位置精度の向上を図った。また打設機の再調整なども行き最適な条件の設定が可能となった。

一般的に新規の開発プロジェクトは、技術蓄積などの要素も重要視され、長期的な視点でその成果を評価することが望ましい。しかし、中小規模の製造業が本テーマのような開発行為を推進する時は、当然のことながら開発に寄せる期待は大きく、早急な結論を求められる場合も多い。したがって、本プロジェクトも、その辺のリスクを意識しながら担当者間の意志疎通を密にし十分な協力体制を維持し、また、特性・仕様およびコストとのトレードオフを検討し熟成させる作業を怠らなかつた。さらに、担当者の多くが現場の状況を体験し、熟知していたため、開発条件設定の段階で極めて具体的な内容まで想定できたことを考慮すると、今後の工場での耐久性試験などで、開発装置の性能は大いに期待できると思われる。今後、本装置のような品種切り替え頻度の高い自動化システムの需要は伸びるであろうから、本テーマの成果を有効に利用して本道製造業の活性化に繋げたい。

## 引用文献

- 1) 熊谷英樹：機械設計，第 39 巻第 14 号，3（1995）