

# 省エネルギー製品開発のためのウェブベース生産システムの構築に関する研究 — 可変治工具の開発 (第2報) —

泉川達哉、國吉和男、比嘉眞嗣、棚原 靖

## 1 はじめに

本研究はNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）の地域コンソーシアム事業において、製品指向・プロセス指向・物流指向の3つの観点に基づく総合的な省エネルギー化を目標としたテーマであり、工業技術センターでは、現在のアルミサッシ製造工程を改善することでプロセスの省エネルギー化に取り組んでいる。

前年度はアルミサッシの三次加工プロセスを改善するため、一つの治工具で出来るだけ多くの打ち抜き加工が行える可変治工具の機構を提案し、アルミサッシ一製品当たり40～50個も使われている治工具数が低減される可能性を示した。今年度は、可変治工具を試作し加工実験を行うことで、可変機構の動作、加工精度、パンチ変形量を評価した。またウェブベース生産システムと連携させるための前段階として、javaによるネットワークプログラムを用いた加工情報の通信実験を行った。

## 2 可変治工具概要

アルミサッシの製造工程を図1に示す。押し成形によって加工された形材は、アルミサッシ製品として組み立てるため図中⑤の三次加工を行う必要がある。現在、三次加工では、主にプレス治工具を用いた打ち抜き加工が行われており、可変治工具は、その打ち抜き加工で使用する装置である。

図2はプレス治工具の例で、価格が約15～30万円/個程度で安価であること、加工時間が短い等の長所があるが、基本的にパンチと加工形状の組み合わせは一通りしかなく、組み立てに必要な加工形状の数だけプレス治工具が必要となる。一方、このようなプレス治工具に対して、プログラムさえすれば殆どの形状に対応できる形材用汎用機を用いた三次加工も行われているが、高価であること、段取り時間や加工時間が長いのが短所である。

三次加工で用いられるこれらの治工具や加工機を価格と加工形状数で分類すると図3のようになる。本研究で開発を進めている可変治工具は、低価格で複数の加工形状に対応できることを目標としている。

また、ウェブベース生産システムにおける可変治工具の活用例を図4に示す。可変治工具は、その制御用パソコンのネットワーク機能を利用することでインターネット上のウェブベース生産システムと連携することが出来

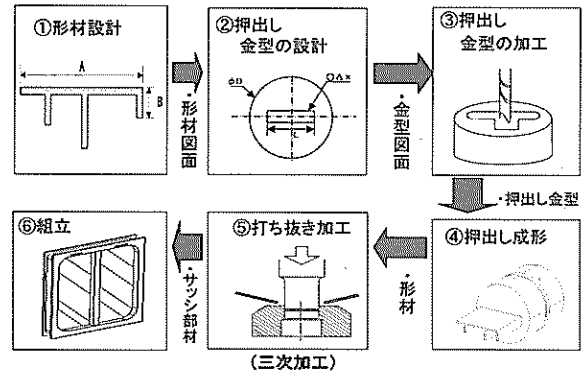


図1 アルミサッシ製造工程

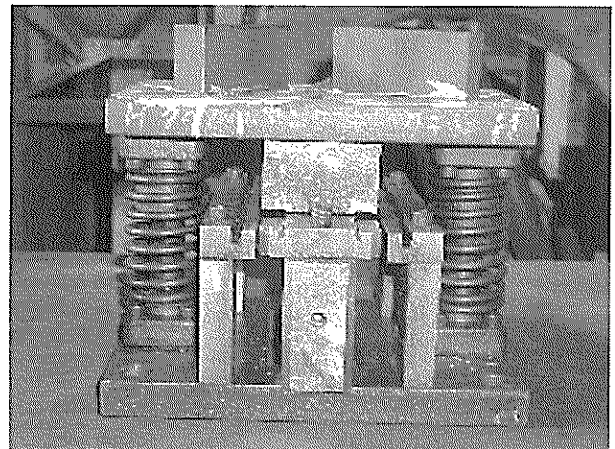


図2 プレス治工具

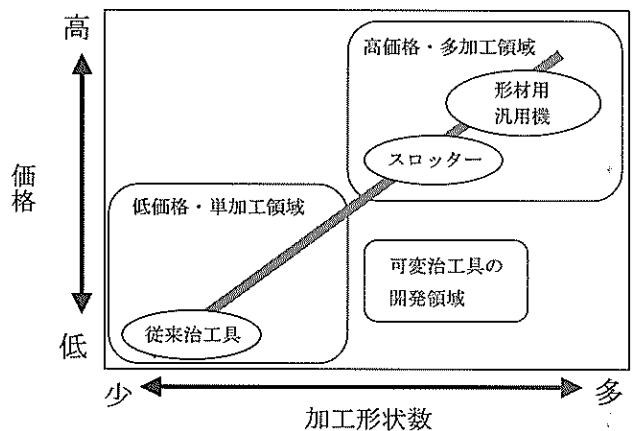


図3 開発製品の位置付け

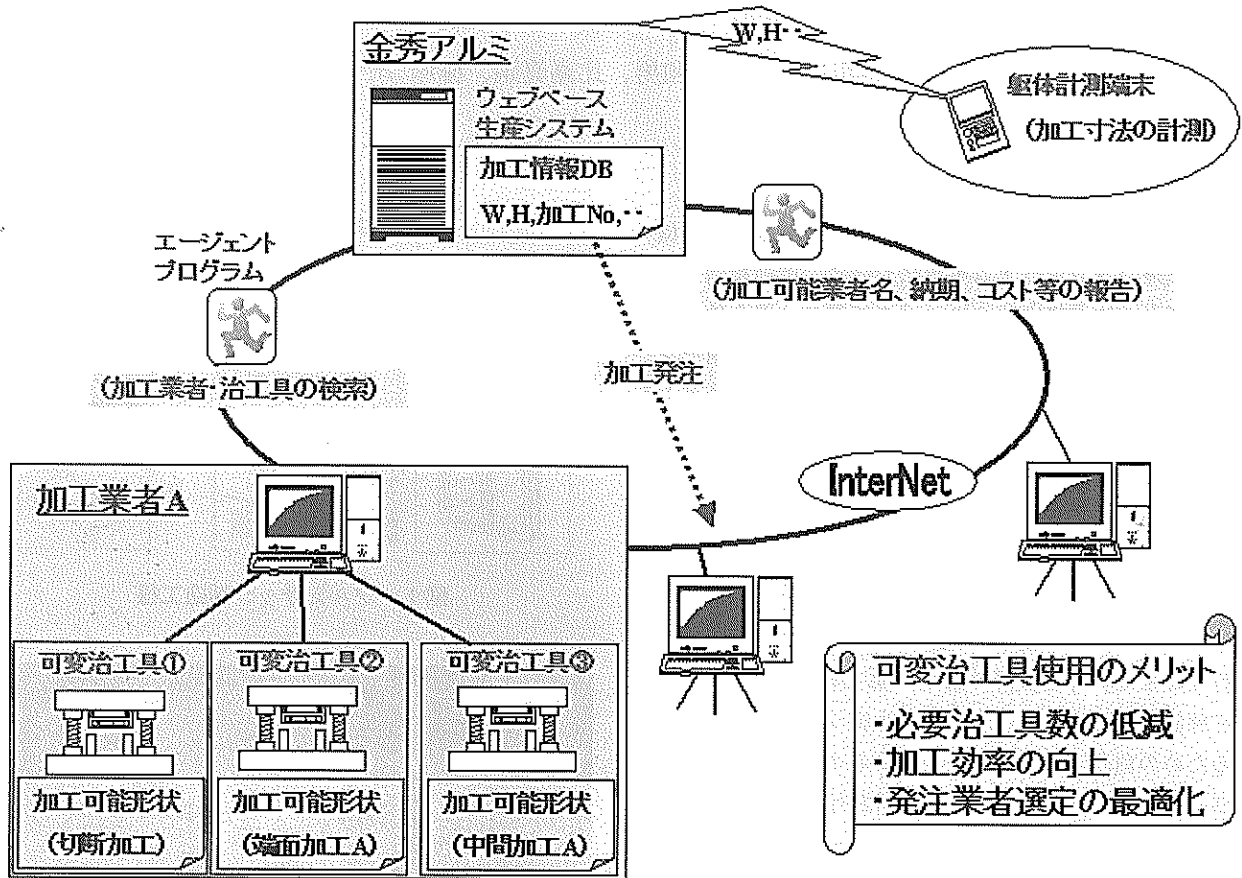


図4 ウェブベース生産システムとの関連

る。ウェブベース生産システムに用意した加工情報データベースには、躯体寸法や加工番号などの他にエージェントプログラムを組み込む予定である。エージェントプログラムはデータベースが更新されると、インターネットで連結された全ての可変治工具へ移動し、どの可変治工具で加工できるのかを調べ、加工可能業者名、納期、コストなどの情報をデータベースへ持ち帰ってくる。発注者はその情報の中から最適な三次加工業者を選定することができるようになる。また、ネットワーク上で加工の注文を受けた可変治工具は、加工情報を最適な順番で並び替え、最初の加工形状に変形して待機し、所定の加工回数を行った後、随時、次の加工形状へ自動変形する計画である。可変治工具を使用する三次加工業者では、従来のようにFAXや電話で加工の注文を受け、加工に必要な治工具を探すなどの段取り作業を行うことが少なくなるので生産効率が向上すると考えられる。

### 3 試作機仕様

試作機の全体組立図を図5に示す。図中、側面図に示

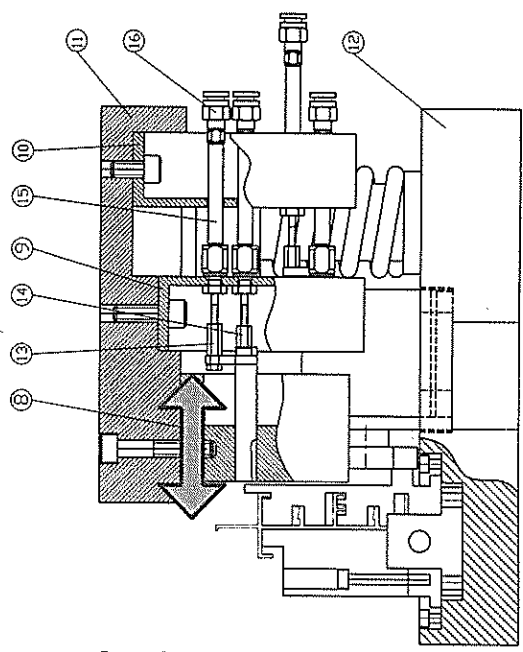
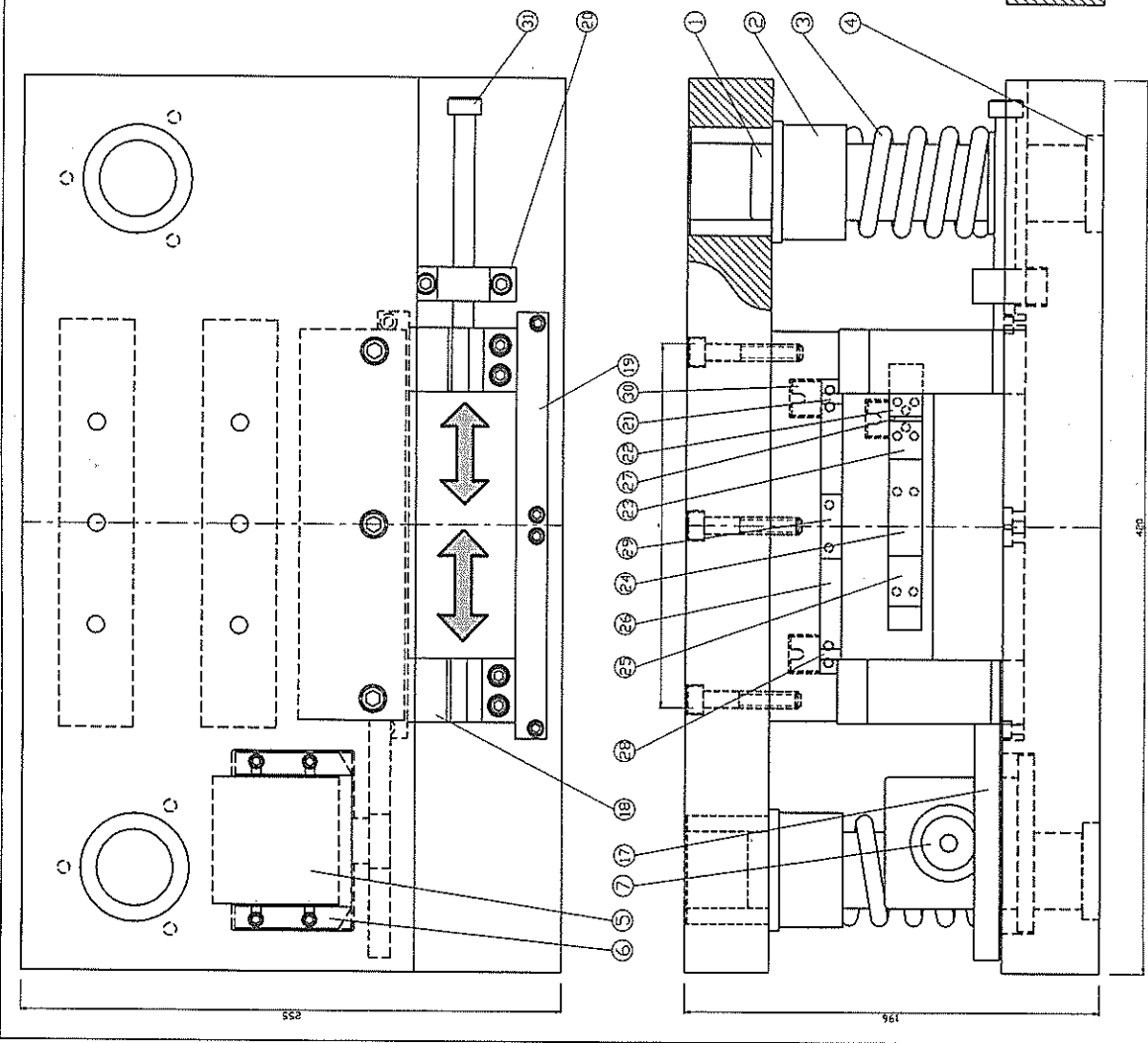
した矢印の方向へエアシリンダによりパンチを移動させ、突き出したパンチの組み合わせで加工寸法を変更できるようになっている。また、ダイはステッピングモーターとラック、ピニオンを用いて、上面図に示した矢印の方向へ移動させることができる。パンチは8つあり、それぞれの組み合わせによって6種類の加工を行うことができる。

各パンチの幅と加工する材の形状概略を図6に示す。また、6種類のパンチの組み合わせを表1に示す。

表1 パンチ組み合わせ

加工形状	加工寸法	パンチ組み合わせ
1	120	2,3
2	89	4,5,6,7
3	76.2	5,6,7,8
4	63.2	5,6
5	45.2	5
6	120	1,2

部号	部名	部材	数量	加工工程
1	ガイドホース	DPD-φ36	2	
2	ガイドワッフル	GHC-φ36	2	
3	コイルスプリング	SVSS2-70	2	
4	既製ホース付(自作)	DVD-φ36	2	
5	スプリングホルダ	UPK566AV	1	
6	モーターワッフル	PAL2P-5	1	
7	ピン	SS400-φ30	1	A114
8	ハンダ	SKD11	1	B03
9	シリンダガイド	SS400	1	B02
10	シリンダガイド	SS400	1	B01
11	ワッフルプレート	SS400	1	B04
12	ワッフルプレート	SS400	1	B05
13	ワッフルプレート	FALC2-φ5-10	1	
14	ワッフルプレート	FALC2-φ5-15	1	
15	ワッフルプレート	7Z-2R6102	8	
16	ワッフルプレート	NC6-H5	16	
17	ワッフルプレート	SRCP25-1000	1	A11
18	ガイドローラ	FB-SKH100	1	A12/A13
19	ガイドローラ	GR15-100	1	
20	ガイドローラ	AJ1100-20	4	
21	ガイドローラ	SKH51	1	A101
22	ガイドローラ	SKH51	1	A102
23	ガイドローラ	SKH51	1	A03
24	ガイドローラ	SKH51	1	A04
25	ガイドローラ	SKH51	1	A05
26	ガイドローラ	SKH51	1	A06
27	ガイドローラ	SKH51	1	A07
28	ガイドローラ	SKH51	1	A08
29	ガイドローラ	HLRA4	1	A09
30	ガイドローラ	HLRA4	1	A10
31	ガイドローラ	MID-100	7	A10



Property	Company	Appr. by: 004	Drawn by: 004	Scale	1/1
Drawn by: 004	Company	Appr. by: 004	Drawn by: 004	Scale	1/1
沖工研工業技術センター 可変治工具実験装置 DRAWING NUMBER					
Sheet	1/1				

図5 可変治工具組立図

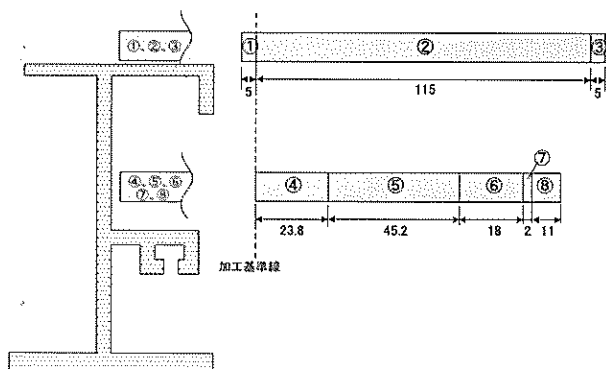


図6 パンチ幅と形材形状

パンチの材質は、耐久性に優れたSKH51とし、真空炉を用いて1,473Kにて焼き入れ、その後、873Kの焼き戻し（1回）と823Kの焼き戻し（2回）を行った。熱処理後の各パンチの硬度は、設計値のHRC62（ロックウェルCスケール）より若干硬めになりHRC63～68となった。図7にパンチ4～8を突き出した状態、図8には組み立て後の可変治工具を示す。

エアシリンダを駆動する電磁弁やステッピングモーターのコントローラは図9のように制御用ボードを介してパソコンへ接続され、パソコンへ組み込んだ図10の制御用ソフトで操作するようになった。前述のように可変治工具はウェブ上の加工データに基づき自動変形する予定であるが、現段階では加工者がパソコン画面上で加工形状を選択し、可変治工具の変形を行うようになっている。

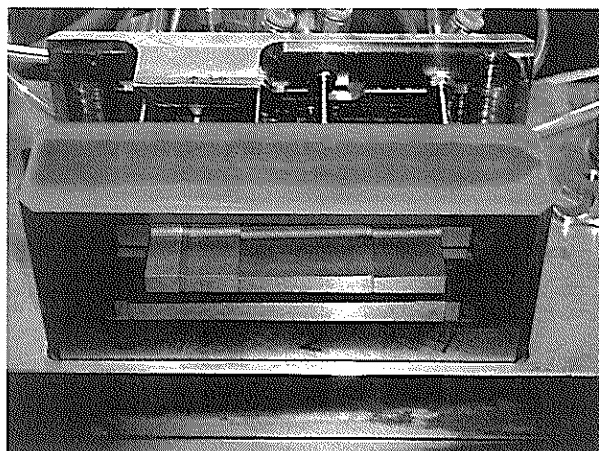


図7 集合パンチ（4～8）

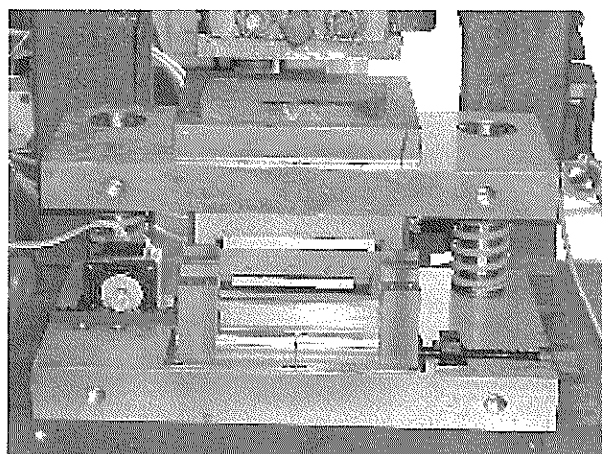


図8 試作機外観（正面から見た）

#### 4 加工実験

加工実験は、(株)三晃機械製作所製147kN(15ton)パワープレスに試作した可変治工具を備え付けを行った。供試形材は金秀アルミ工業製の引違い左縦枠（図番：KA-70S AT）である。

##### 4-1 可変機構の動作評価

6種類の加工形状について、形材の加工を行い不具合がないか確認した。

エアシリンダによるパンチの出し入れはスムーズに行うことができた。また、エア圧0.6MPaで十分に加工時のパンチを保持することができた。しかし、ラックとピニオンを用いたダイの移動では、位置決め精度が悪く、突き出した集合パンチとダイの適切なクリアランスを保つことが困難であった。6種類の加工形状の内、前出の表1で示した加工形状2では、最も幅の小さい(2mm)パンチ7が破断してしまっていたが、その他の加工形状では、問題なく打ち抜き加工ができた。

通常、打ち抜き加工を行うパンチはその下面にテーパ

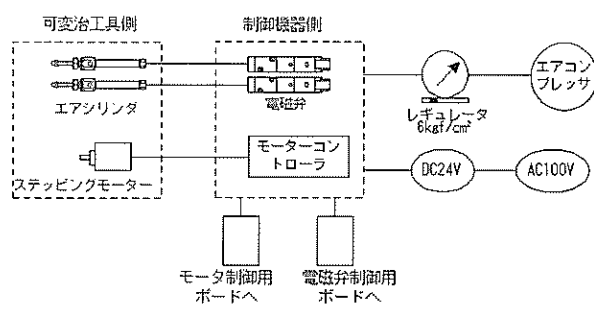


図9 制御機器

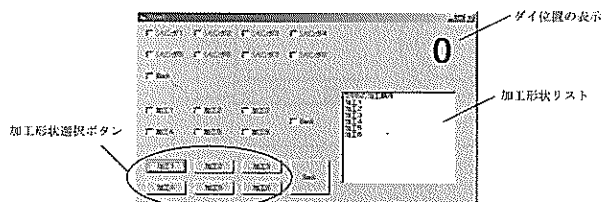


図10 制御ソフト

を設け、加工時にパンチとワークが面接触しないようにするが、パンチ7は幅が2mmと小さかったため、テーパ（2度）の効果が無く、パンチ下面全体でプレス荷重を受けてしまい破断したものと考えられる。また、パンチ7が集合パンチの中程に位置する加工形状3では破断することなく加工できたが、これは、パンチ7の両サイドが剛性の高いパンチで保持されていたためであると考えている。この場合の最大発生応力はCAEによる応力解析により1.1GPaであることを確認した。

これらの結果より、パンチ幅は強度的に余裕のある5mm以上は必要であることが分かった。また、パンチの耐久性については図11のグラフ<sup>1)</sup>で推測することができる。これによるとパンチ幅2mmの場合でも、集合パンチの端に位置しなければ約2万回程度の打ち抜きに耐えられることが推測される。

#### 4-2 加工精度の評価

パンチ1～3の組み合わせで形材を加工し、剪断部の観察を行った。

加工後の形材は図12に示す形状になるが図12の丸印部分を上面から見たのが図13である。パンチ2と3の接合部で微小な段差が確認された、またパンチ2と3の先端が最初に形材に接触する部分（2カ所）に形材のダレが発生していた。

微小な段差とダレ部分を拡大表示して図14に示す。段差はおよそ0.07mmあり、ダレの発生している部分では形材の表面にシワの発生も見られた。

破断面に確認された微小な段差は、試作機の集合パンチ先端と比較することで、単純に集合パンチの刃先が揃っていないことによるものと分かった。この程度の段差は、組み立てには殆ど影響しないが、エアシリンダのストロークを最大に延ばした状態で集合パンチを構成している現在の方法から、図15のようにストロークを当て止め方式に変更すれば、より剪断面の加工精度を改善する

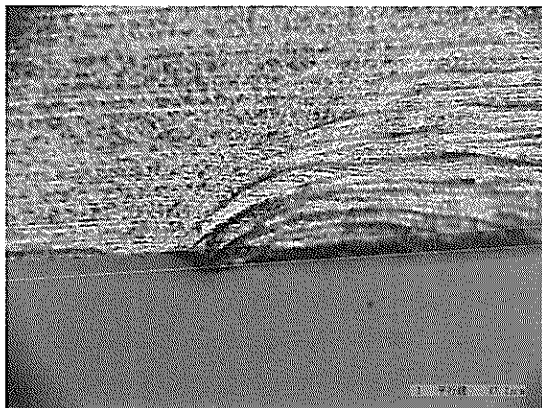


図14 段差とシワ (×150)

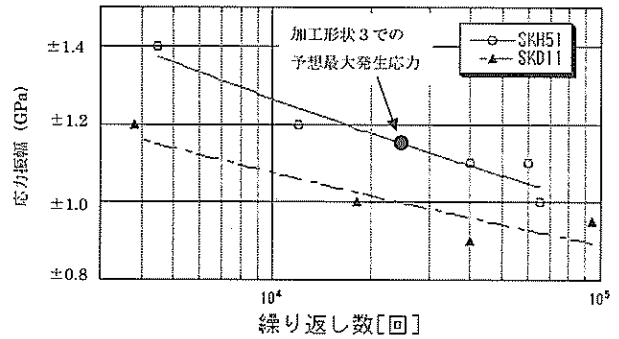


図11 SKH51の疲労特性

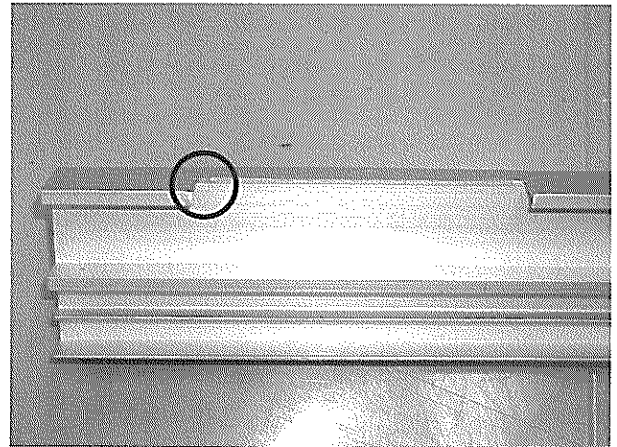


図12 加工後の形材

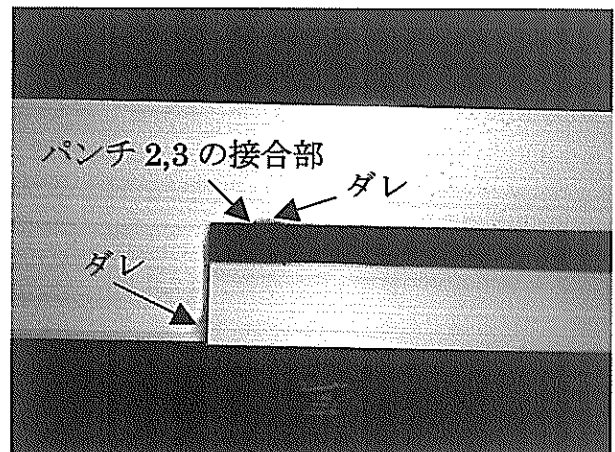


図13 切断面の様子

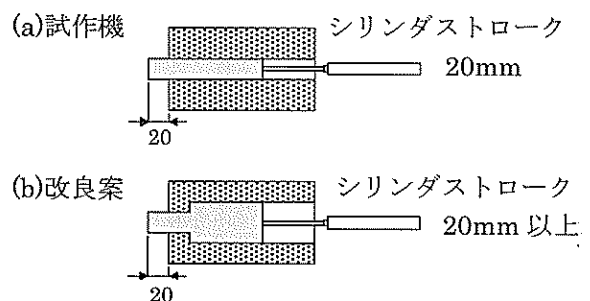


図15 パンチ突き出し方法の改良

ことができると考えられる。またダレやシワは形材がパンチで切断されたというよりも、引きちぎられるように加工されたことを示しているが、これはパンチとダイのクリアランスが大き過ぎる等、ダイによる当ての効果が少ない場合に発生することから、ダイの位置決めボールネジを活用することや、図16のようにパンチ下面の逃げ角を工夫することで改善できる。

#### 4-3 パンチ変形量の評価

可変治工具では、幅の異なる複数のパンチの組み合わせにより加工を行うため、加工時に生じる各パンチの変形量が異なる。その変形量の差が加工精度に悪影響を与えるのではないかと考え、歪みゲージによるパンチの応力測定とCAEによる変形量解析を行った。

歪みゲージでは可変治工具の構造上、パンチ上面の応力しか測定できないが、CAEでは実測した応力値を参考にパンチ先端の変形量を推定することができる。歪みゲージによる応力測定は図17のようにパンチ1の上面に歪みゲージを取り付けを行った。

応力測定の結果を表2に示す。また、パンチ1についてCAEによる応力解析を行った結果を図18に示す。解析では荷重条件として、パンチ先端外周に標準のアルミ材を打ち抜く際に発生する剪断抵抗(130MPa)を作用させた。

表2 応力測定結果

	1回目	2回目	3回目	平均値
最大主応力(MPa)	31.65	14.49	-14.22	10.64
最小主応力(MPa)	-85.03	-85.52	-166.3	-112.28

図18に示した主応力の値はゲージの貼り付け位置に対応する計算要素での値である。また、最大変位はパンチ先端における値である。これらの結果から、解析により実際に発生する応力値を精度良く推測することが可能であることが分かり、同時にパンチ1の加工時の変形量が約0.09mmであることも推定された。同じ手法で、最大幅をもつパンチ2について解析した結果、その変形量は約0.04mm程度であった。この場合、パンチ1と2の変形量の差は0.05mmである。この結果から今回の場合、加工時のパンチ変形量よりも、むしろ図16に示したようにパンチ下面がノコギリ状であり、隣り合うパンチ間の段差が最大約2mmにもなることが、加工精度に悪影響を及ぼしていると言え、パンチの変形量を抑える工夫よりもパンチ逃げ角の工夫が必要であることが分かった。

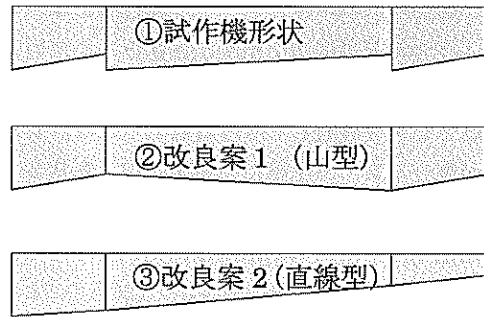


図16 パンチ逃げ角の改良 (パンチ正面から見た)



図17 応力測定

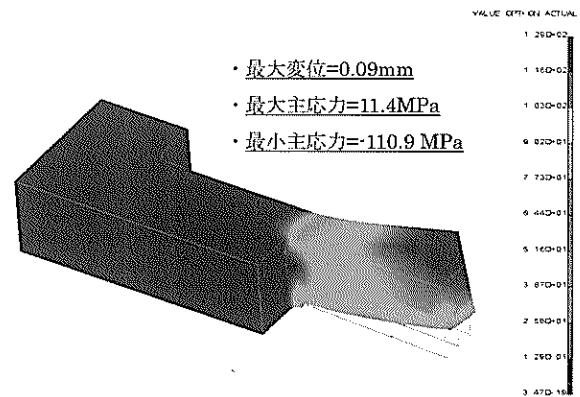


図18 変形量解析結果 (応力コンタ図)

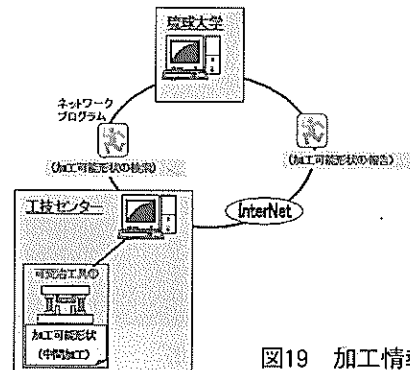


図19 加工情報の通信実験

## 5 加工情報通信実験

可変治工具にネットワーク機能を付加し、ウェブベース生産システムと連携させるための前段階として、javaによるネットワークプログラムを作成し、図19のように琉球大学と工業技術センター間における加工情報の相互通信実験を行った。

その結果、工技センターに用意した加工情報（テキストデータ）を琉大側で取得できることを確認した。

現状では、ウェブサーバーやFTPサーバーから情報をダウンロードすることと機能的に何ら変わりはないが、プログラムに複数の行き先を組み込むこと、加工情報データベースの更新時とプログラムがインターネットへ出発するタイミングを自動連携させることで、エージェントプログラムとして活用できるものと考えられる。

## 6 まとめ

複数の加工形状に対応できる可変治工具を試作し、加工実験を行った結果、以下のような成果が得られた。

- ①集合パンチで加工された剪断面には、パンチ接合部の影響と考えられる微小な段差やダレが発生した。
- ②微小段差はサッシ組み立てに影響を与えないが、ダレについてはパンチ下面の逃げ角を工夫し改良する必要がある。
- ③パンチ幅は強度的に余裕のある5mm以上が望ましい。

④エアシリンダのみで加工時のパンチを保持することができる。

⑤CAEを用いた応力解析によりパンチの発生応力及び変形量を精度良く推定することができる。

⑥ネットワークプログラムを利用し加工情報の送受信を確認した。

また、本研究の最終年度である平成14年度は、下記の項目について検討を行い可変治工具の製品化を進める。

- ①パンチ形状や可変機構を改良する。
- ②ネットワークプログラムを発展させエージェントプログラムとして活用する。
- ③ウェブベース生産システムとの連携を含めたトータル評価を行う。

## 参考文献

- 1) 株式会社ミスミ プレス金型用標準部品カタログ (2000)
- 2) 株式会社共和電業 電子計測器カタログ (2001)
- 3) オリエンタルモータ株式会社 総合カタログ (1999)
- 4) 小高和宏著 基礎からわかるTCP/IP Javaネットワークプログラミング オーム社 (1999)
- 5) 大川善邦著 計測・制御プログラミングのノウハウ 日刊工業新聞社 (2000)



編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。