

平成22年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「難加工材の三次元形状を超精密に創成する丸プレート方式によるプレス金型製造技術の確立」

## 研究開発成果等報告書概要版

平成23年 9月

委託者 中部経済産業局

委託先 財団法人岐阜県産業経済振興センター

## 目 次

第 1 章 研究開発の概要	4
1-1 研究開発の背景	
1-2 研究の概要	
1-3 研究体制	
1-4 成果概要	
1-5 当該プロジェクト連絡窓口	
第 2 章 本論	13
《 丸プレート構造 (システム) に係る課題について 》	13
2-① 丸プレート実験用 (試作用) 金型システムの研究開発	
2-①-1 研究目的及び目標	
2-①-2 金型システム	
2-①-3 丸プレート金型構造のメリット	
2-①-4 開発した金型システム (金型設計図)	
2-② トランスファープレスを可能とする丸プレート金型の設計システムの確立	
2-②-1 研究目的及び目標	
2-②-2 実験方法	
2-②-3 トライプレス機による実証実験	
2-②-4 トライプレス機にて実証実験を行った結果	
2-②-5 まとめ	
《 丸プレート金型の性能評価等 》	17
3-① 丸プレート金型構造等の評価	
3-①-1 研究目的及び目標	
3-①-2 試作金型の嵌め合い部の信頼性評価について	
3-①-3 ダイセットにバネによる偏芯荷重を負荷した評価と結果	
3-①-4 ダイセットにバネを複数本負荷した評価	
3-①-5 ダイセットにバネを複数本負荷した結果	
3-①-6 ダイのひずみ測定	

3-①-7 パンチの変位挙動

3-①-8 まとめ

3-② 丸プレート金型構造の最適化の研究

3-②-1 研究目的及び目標

3-②-2 実験方法

3-②-3 得られた成果

3-②-4 まとめ

3-③ 実証実験用金型で成形した製品に係る品質評価等

3-③-1 研究目的及び目標

3-③-2 実証実験金型の設計

3-③-3 実証実験金型の加工

3-③-4 実証実験金型システムの評価（金型）

3-③-5 実証実験金型システムの評価（製品）

3-③-6 まとめ

**第3章 全体総括** . . . . . 41

1 総括

2 工業所有権の取得状況、対外発表等の状況

3 今後の事業化に向けた取り組み

## 第1章 研究開発の概要

### 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

自動車産業界の裾野企業では、大手自動車メーカーの海外進出に伴い、部品に対する品質・コスト・納期に対する国際競争力の強化が急務となっている。

このような環境変化に対応する為に、部品メーカーでは、従来は機械加工や鍛造で行われてきた切削工程や厚盛工程を、生産性の優れたプレス加工に置き換えるなどの設計見直しが進んでいる。

そして、プレス加工技術においては、「コスト」低減および「納期」短縮を可能とする“シンプル構造で高精度金型”の設計・製作技術、「品質」保証に対応する高剛性・長寿命型技術を目指して、顧客と連携して研究開発が取組まれている。

従来、成形が困難なステンレス材料の深絞り製品では、精密加工、つまり、製品の寸法誤差を最小とするために、高剛性で高精度のダイセットに金型を組み付けてプレス加工を行っている。このダイセット方式では精度は保証されるが、ダイセットの費用、組み付けコストなどを含めて、製品コストアップを招くのが解決すべき課題である。

本研究開発では、高価なダイセットを用いずに、「自己調芯を可能とするシンプルで高精度な嵌め合い構造の金型構造」を確立することで、型費用の低減と型組み付け時間の短縮を可能とする。それにより、製品の低コスト化・短納期化に対応し、事業化においては自動車分野のみならず、家電産業、エネルギー関連産業など新規事業分野への適用拡大を目指す。

### 1-2 研究の概要

本研究開発では従来のガイドポストを用いたダイセット方式とは異なり、丸プレート方式による嵌め合い自己調芯機能を高精度に発揮させる構造を検討している。

特に、摺動部と嵌め合い部の適正クリアランスが最重要であり、金型の寸法精度は勿論のこと、摺動部の型内給油・コーティング・表面テクスチャリング技術等を用いて、焼付き防止方法等を研究評価する。また、その研究評価の結果及び、実機金型における隙間ばめ部の摺動特性を、模擬実験とコンピューター支援による解析手法を用いて検証し、その結果を金型構造にフィードバックしながら最適化した丸プレート方式によるプレス金型製造技術を確立する。

これらに関する技術目標値は次の通りである。

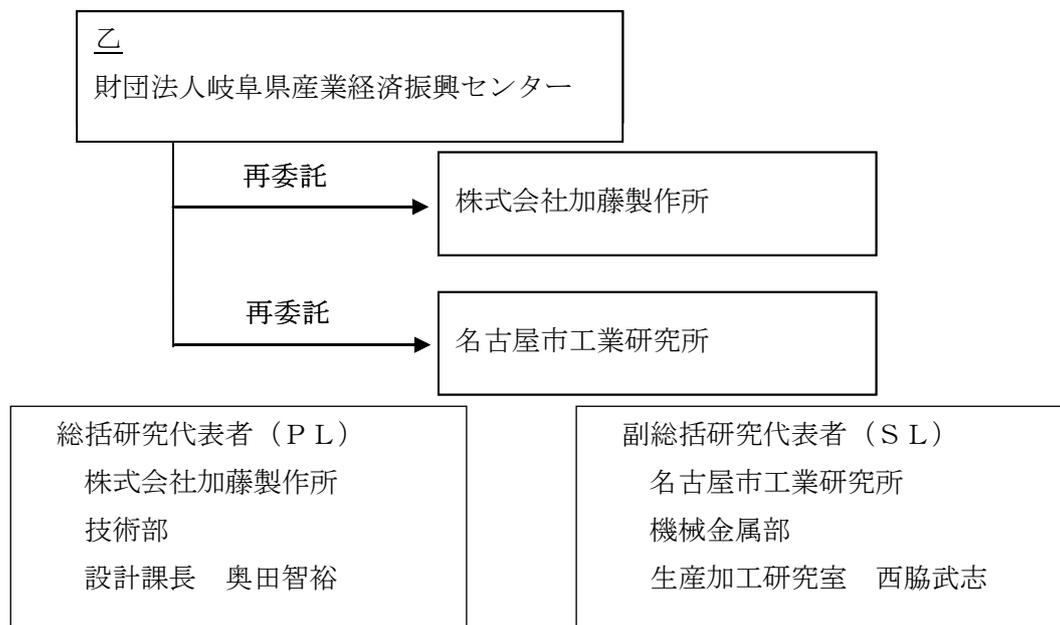
区 分	現 状	目 標 値
加工精度 (Φ30)	20 μm	10 μm以下
製品における歪 (Φ20)	1%	0.25%
仕上げ工数 (現状を100とする)	100	60
金型コスト	100	50
体積	角形プレートに比して22%低減	

実施した研究項目は以下のとおり。

- 2-① 丸プレート実験用(試作用)金型システムの研究開発
- 2-② トランスファープレスを実現とする丸プレート金型の設計システムの確立
- 3-① 丸プレート金型構造等の評価
- 3-② 丸プレート金型構造の最適化の研究
- 3-③ 実証実験用金型で成形した製品に係る品質評価等

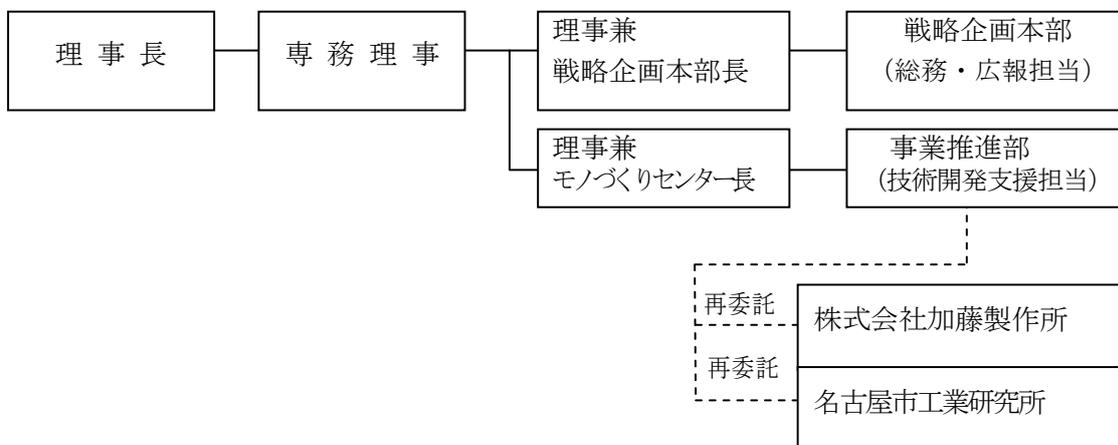
### 1-3 研究体制 (研究組織・管理体制、研究者氏名)

#### 1) 研究組織 (全体)



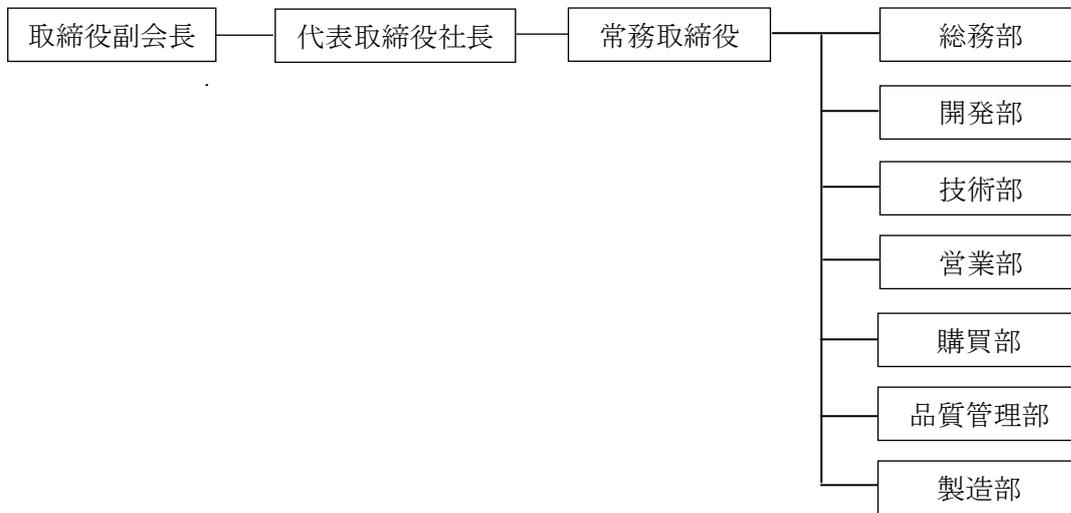
#### 2) 管理体制

① 事業管理者 財団法人岐阜県産業経済振興センター

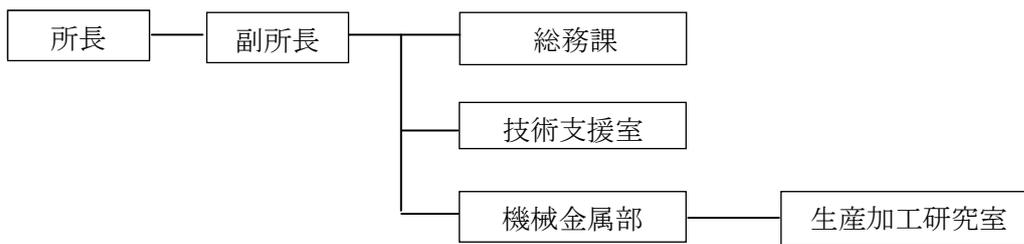


② 再委託先

株式会社加藤製作所



名古屋市工業研究所



3) 管理員および研究員

【事業管理者】

管理員

財団法人岐阜県産業経済振興センター

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
石樽 芳直	モノづくりセンター長	プロジェクトの 管理・運営
宮田 高	事業推進部 部長	
山田 博義	事業推進部 統括主査	
小川 誠	事業推進部 主査	
永田 幸衛	事業推進部 管理員	
瀬瀬まゆみ	戦略企画本部 主任	

【再委託先】

研究員

株式会社加藤製作所

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
加藤 博保	取締役副会長	2-①②、3-①②③
加藤 安行	常務取締役	2-①②、3-①②③
竹腰 秀男	開発部	2-①②、3-①②③
岩田 英司	技術部長	2-①②、3-①②③
奥田 智裕	技術部設計課長	2-①②、3-①②③
高橋 幸一	品質管理部係長	2-①②、3-①②③

名古屋市工業研究所

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
西脇 武志	機械金属部 生産加工研究室	2-②、3-①②③
村田 真伸	機械金属部 生産加工研究室	2-②、3-①②③

※実施内容番号は実施計画書のサブテーマおよび、第1章、第2章に記載の研究項目番号による。

## 1-4 成果概要

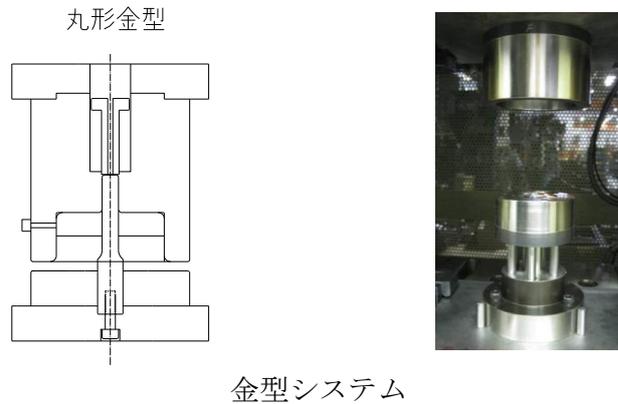
### 丸プレート構造に係る課題について

#### 2-①丸プレート実験用(試作用)金型システムの研究開発 課題

- ・加工荷重が「成型型」に偏って作用すると、金型が偏芯して、製品寸法が悪化する。
- ・本研究では、ダイセットを用いなくて、シンプルで高精度な嵌合構造(印籠方式)で、自己調芯を可能とする金型システムを構築する。

#### 成果

- ・実験用(試作用)金型システムの基本設計及び、試作を計画通りに完了。



#### 2-②トランスファープレスを可能とする丸プレート金型の設計システムの確立 課題

- ・トランスファープレス(順送多段絞り成形)の基本工程確認として、試作した金型を用いて、単一絞り工程の実証実験を実施する。
- ・絞り加工した試作製品からサンプリングして、下記項目を実験的に検証する。

加工欠陥：製品の表面キズ、割れ等の有無

寸法精度：製品の外径、肉厚、真円度

#### 成果

- ・本製品は円筒上の深絞り加工品で、外径寸法と円筒度の精度保証が重要である。外径、円筒度および製品外観が良好であることが確認できた。



製品の外観

項目	測定具	クリアランス0.005mm					クリアランス0.01mm					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
外径	デジタルノギス	29.08	29.08	29.07	29.08	29.08	29.08	29.07	29.08	29.08	29.07	
肉厚	デジタルポイントマイクロ	0°	0.942	-	0.943	-	0.937	0.941	-	0.943	-	0.926
		45°	0.941	-	0.933	-	0.944	0.936	-	0.935	-	0.933
		90°	0.933	-	0.934	-	0.935	0.927	-	0.930	-	0.944
		135°	0.937	-	0.939	-	0.938	0.929	-	0.946	-	0.934
		180°	0.936	-	0.937	-	0.930	0.946	-	0.939	-	0.927
		225°	0.939	-	0.936	-	0.940	0.935	-	0.939	-	0.938
		270°	0.932	-	0.935	-	0.933	0.928	-	0.926	-	0.939
		315°	0.930	-	0.935	-	0.934	0.936	-	0.939	-	0.938
真円度	真円度測定機	5.5	0.016	-	0.019	-	0.011	0.022	-	0.021	-	0.016
		10	0.027	-	0.029	-	0.020	0.038	-	0.042	-	0.025
		17	0.022	-	0.031	-	0.030	0.037	-	0.043	-	0.027

製品の寸法測定結果

### 丸プレート金型の性能評価等

#### 3-①丸プレート金型構造等の評価

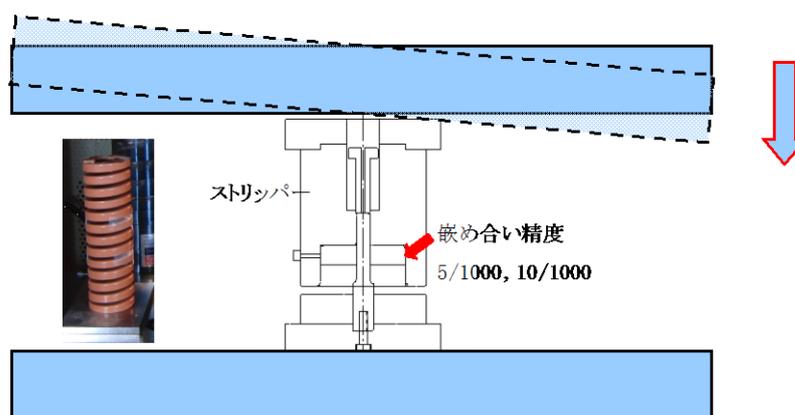
##### 課題

・実際のプレス加工時には、偏芯荷重発生による製品品質(寸法精度、キズや割れ発生など)の悪化の懸念がある。そこで、量産時と同様な偏芯荷重をバネを用いて模擬的に発生させ、嵌合構造金型の自己調芯機能、プレス成形性能等を評価する。模式図のようにバネを配置し、最大3本まで増やした。

##### 成果

・バネ無しからバネを1本ずつ増加させる毎に、変位量は15μmずつ増加したが、3本からは変位増加は認められなかった。理由として自己調芯機能発現が考えられる。

・金型のキズ、焼付きの発生や、製品寸法には変化はなく、良好な結果が得られた。



偏芯荷重による金型挙動の模式図



バネによる偏芯荷重を与えながら加工した製品(左)と金型(中、右)

### 3-②丸プレート金型構造最適化の研究

#### 課題

- ・実際のプレス加工においては、型の芯ズレが生じ、製品に悪影響を及ぼす。その原因は、次の2つに大別できる。

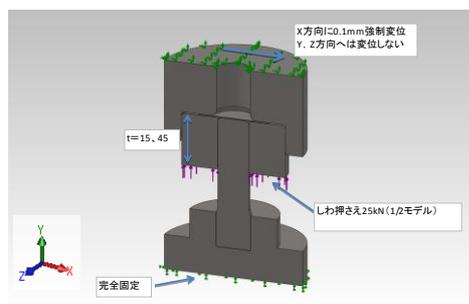
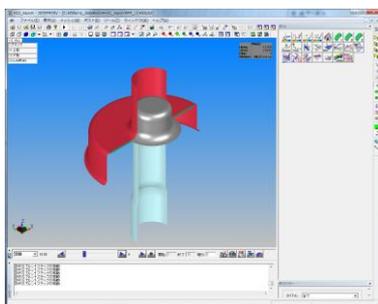
パターン1：金型を組付ける際の上型(ダイ)と下型(パンチ)との偏芯

パターン2：プレス加工中に生じる偏芯荷重による型の不均一変形、芯ズレ

#### 成果

課題となる上記2通りのパターンを想定したCAE解析により、金型構造最適化の設計指針として、次項を得た。

- ・金型の組み付け時の芯ずれが発生するような場合には、ストリッパーの厚みが薄い方が自己調芯しやすく、発生する応力は低くなる。
- ・偏芯荷重のように外力が加わるような場合には、ストリッパーの板厚を厚くしてパンチ周りの剛性をあげた方が、パンチの変形が抑えられ、応力は低くなる。
- ・ブランクを抑える面圧に関しては、ストリッパーの厚みが薄い方が均一になる傾向を示す。



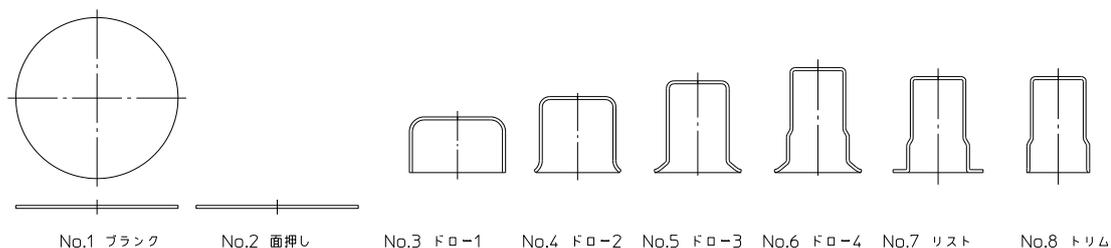
実際に行ったコンピューターシュミレーションの一例

3-③実証実験用金型で成形した製品に係る品質評価等  
課題

丸プレート金型の実用化を図るために、量産プレス機において、多段絞り加工品の品質評価が必要。

成果

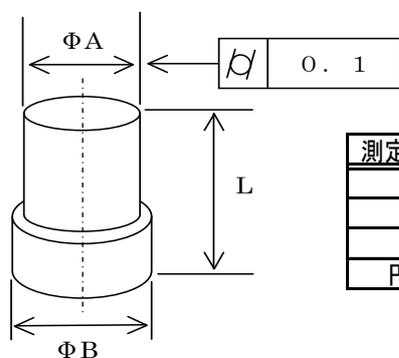
200個程度のプレス成形を行った。評価項目に対して、何れについても規格値(合格基準)および、研究目標値を満足できた。よって、基本的な欠陥はないと考える。



プレス工程レイアウト図



プレス工程レイアウト品



測定ポイント	規格値	研究目標値	Max値	Min値	Max-Min値
ΦA	18 +0.1/0	公差レンジ0.45	18.053	18.035	0.018
ΦB	19 0/-0.1	公差レンジ0.475	19.045	19.028	0.017
L	30±0.1	-	30.05	30.00	0.05
円筒度	0.1以下	0.045以下	0.042	0.039	0.003

プレス品の品質評価結果

## まとめ

本研究開発では、弊社の生產品目の大半（約70%）を占めるボリュームゾーンのBクラスの製品を対象に、加工精度の保証、型費の半減を主目的とした。

シミュレーションや、試作金型による実験を繰り返し、実証実験金型を製作して、製品（外観と寸法）及び金型を評価した。金型に若干のキズが確認されたものの、他の不具合は無かった。また、研究の技術目標値もクリアすることが出来た。さらに丸プレート構造金型システムを完成させたことで、金型コストも達成できたと考えている。

今後、事業化を促進するために、型の長寿命化および、製品品質（寸法精度、表面キズなし）の保証が不可欠であるので、今後も研究を継続する。

### 1-5 当該プロジェクト連絡窓口

財団法人岐阜県産業経済振興センター 事業推進部 山田博義

電話：058-277-1093 FAX：058-273-5961

E-mail：gifu-sapoin@gpc-gifu.or.jp

## 第2章 本論

### 丸プレート構造に係る課題について

#### 2-① 丸プレート実験用(試作用)金型システムの研究開発

##### 2-①-1 研究目的及び目標

従来は、角プレート金型素材を用いた金型であり、その位置決めは、ガイドポストやサブガイドといった位置決めピンを使用して、プレス機の偏芯荷重の抑制や、成形荷重の適正化を図っていた。しかし、それらを満足させる為には金型製作コストがUPし、コストを下げる事が大きな課題となっていた。

そこで、角プレートではなく、丸プレート構造金型を開発することで、材料歩留まりが角プレート比で、22%程度UPできる。また、丸形(円形)構造のため、金型の補強や嵌め合いによる位置決めが容易であることから、図1のようにガイドポストを不要とする自己調芯機能を具備した金型構造が可能となる。さらに丸形であることから、成形荷重を均一化させることで、製品品質の向上も期待出来る。よって、これらを満足する金型システム(金型設計図)を研究開発する。

##### 2-①-2 金型システム(金型設計図)

従来のガイドポストを用いたダイセット方式金型と、開発する丸プレート構造金型の違いを下記に簡略図(図1)で示す。

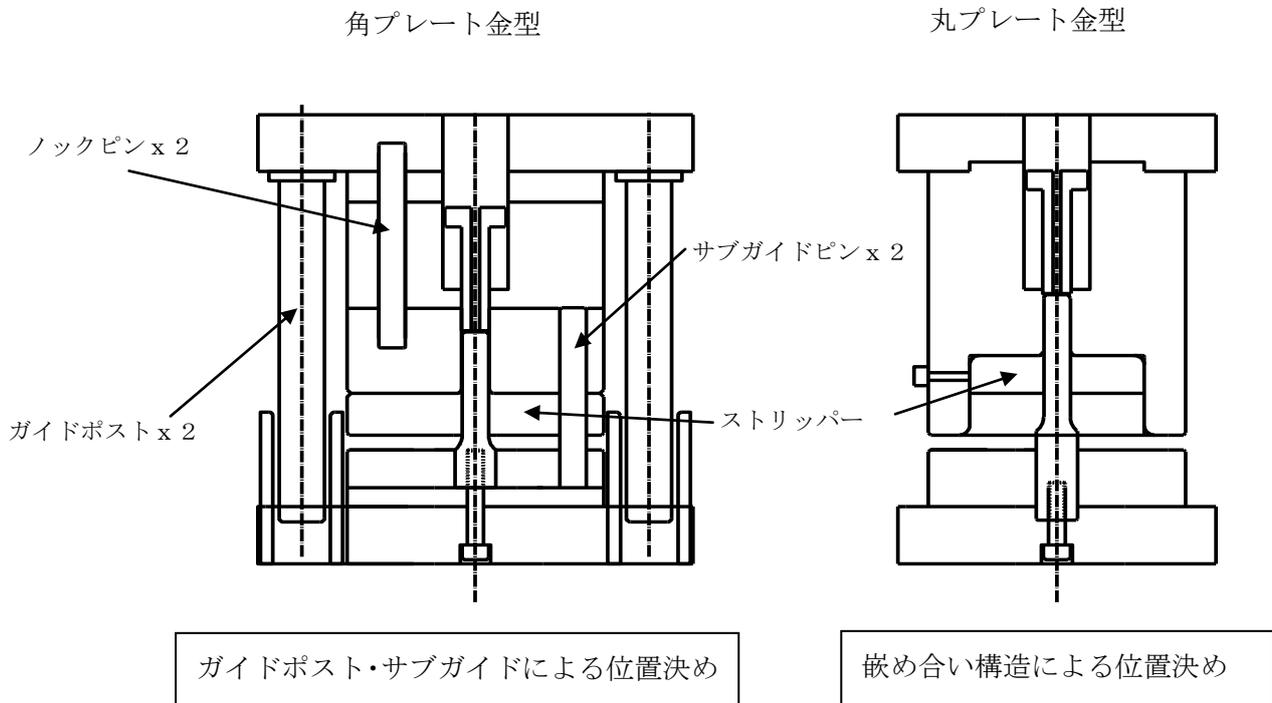


図1 丸プレート構造金型の特徴

### 2-①-3 丸プレート金型構造のメリット

丸プレート構造により、下記のようなメリットが発生し、精度を維持しながらトータルコストを下げる事が出来る。

- 1 材料歩留まりが22%程度向上
  - ・金型材料費の節約
  - ・金型重量軽量化によるプレス電力消費量のダウン
- 2 位置決め部品が不要
  - ・嵌め合い構造による位置決め精度の向上
  - ・金型部品点数の削減で金型費用の削減（図1において、角プレート金型では16点のところ、丸プレートでは7点）
  - ・金型加工時間の短縮



金型トータルコストの削減

### 2-①-4 開発した金型システム（金型設計図）

丸プレート金型のメリットを全て盛り込んだ金型設計図を、完成させた。

## 2-② トランスファープレスを可能とする丸プレート金型の設計システムの確立

### 2-②-1 研究目的及び目標

2-①で研究開発を行った金型システム（金型図面）を確立するには金型に対する偏芯荷重や、製品精度を決定付ける金型の嵌合い精度が得られる嵌め合い摺動部の技術確立が必要となる。

従来のガイドポストを用いたダイセット方式の金型は、サブガイドにて高精度の位置決めを行う。丸プレート方式での金型では、金型嵌合い摺動部のみによる位置決めとなっている。つまり、従来型とは異なり、丸プレート方式では、嵌合い部の焼き付き、摩擦、加工精度の低下といった現象により、金型の位置決め精度を保てなくなる。

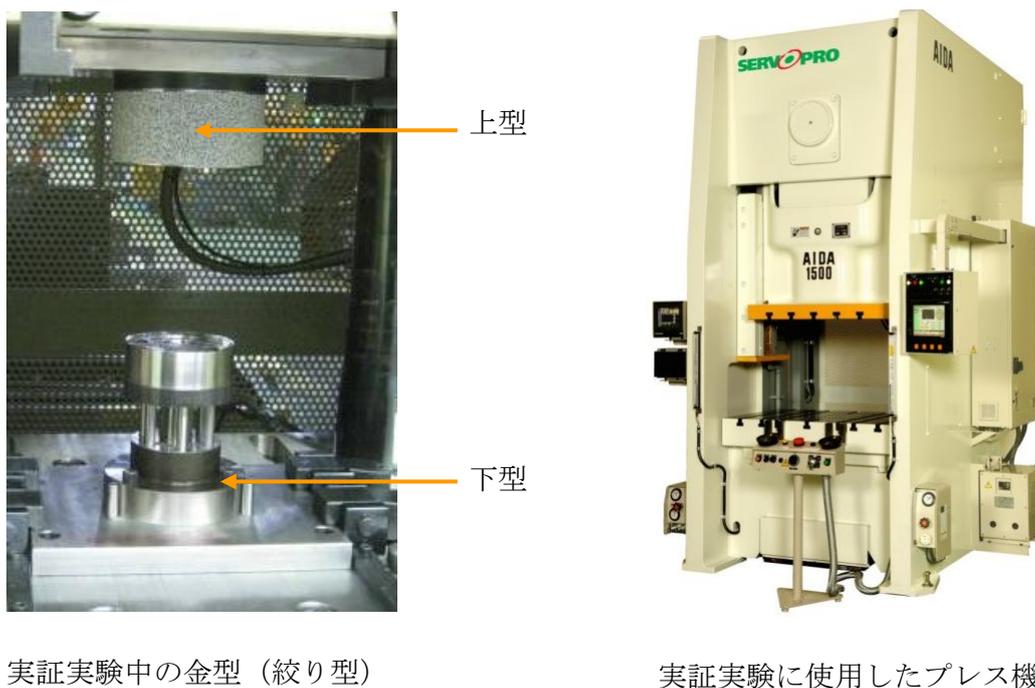
よって、嵌合い部の径、真円度、円筒度、面粗度といった加工要素を研究し、金型設計システムの確立を行う。

### 2-②-2 金型加工

2-①で研究開発を行った金型システム（金型図面）を基に、丸プレート金型を製作した。

### 2-2-③ トライプレス機による実証実験

試作した金型を用いて、実証実験（図2）を行った。上型と下型の嵌め合い部のクリアランスが異なるストリッパーを3種類製作した。そのクリアランスは、0.01mm、0.005mm、0.0025mmのものを製作した。しかし、0.0025mmのものは無負荷状態で明らかに焼きつきが発生すると思われたため、0.01mmと0.005mmのもので評価を行った。製作した製品は、深絞り加工品（図3）である。



実証実験中の金型（絞り型）

実証実験に使用したプレス機

図2 実証実験金型とプレス機

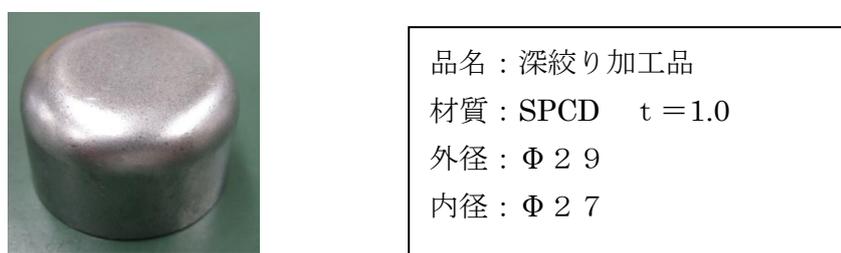


図3 試作した絞り製品

### 2-②-4 トライプレス機にて実証実験を行った結果

下表のように、製品の外径、肉厚、真円度を測定して評価した。クリアランス条件の異なる2種類についてそれぞれ評価（n=5）した。

## 製品の外観

金型のより等によるキズ・割れ等は全く確認されなかった。(図4)

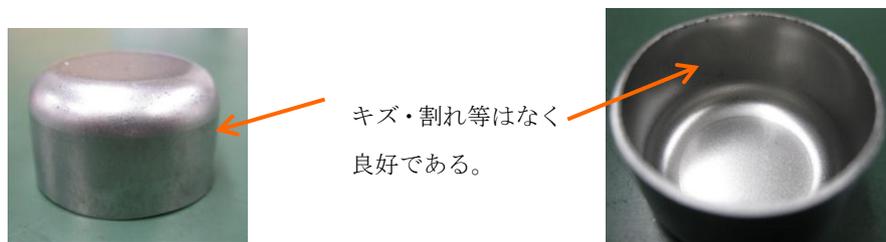


図4 製品の外観

## 製品の測定結果

金型の嵌め合いクリアランスが0.01mm、0.005mmの場合、それぞれの製品寸法評価を行った。測定内容は絞り外径、製品側壁の肉厚、真円度を評価することで、金型精度を製品にて確認した。表1にその結果を纏めた。

項目	測定具	クリアランス0.005mm					クリアランス0.01mm				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
外径	デジタルノギス	29.08	29.08	29.07	29.08	29.08	29.08	29.07	29.08	29.08	29.07
肉厚	0°	0.942	-	0.943	-	0.937	0.941	-	0.943	-	0.926
	45°	0.941	-	0.933	-	0.944	0.936	-	0.935	-	0.933
	90°	0.933	-	0.934	-	0.935	0.927	-	0.930	-	0.944
	135°	0.937	-	0.939	-	0.938	0.929	-	0.946	-	0.934
	180°	0.936	-	0.937	-	0.930	0.946	-	0.939	-	0.927
	225°	0.939	-	0.936	-	0.940	0.935	-	0.939	-	0.938
	270°	0.932	-	0.935	-	0.933	0.928	-	0.926	-	0.939
	315°	0.930	-	0.935	-	0.934	0.936	-	0.939	-	0.938
真円度	5.5	0.016	-	0.019	-	0.011	0.022	-	0.021	-	0.016
	10	0.027	-	0.029	-	0.020	0.038	-	0.042	-	0.025
	17	0.022	-	0.031	-	0.030	0.037	-	0.043	-	0.027

表1 測定結果

## 2-②-5 まとめ

以上の結果から、クリアランスが0.005mmの条件では、0.01mmの条件と比較して肉厚及び真円度が0.01mm程度良い結果が得られた。また、製品の側壁偏肉量も、0.01mm程度、良い結果が得られた。

つまり、クリアランスが狭いほうが、金型位置決め精度がよいことが分かる。よってプレス後工程となる成形しごき絞りを行えば、目標値を達成できると思われる。

ただし、量産プレス機での加工時に発生するプレス偏芯荷重などの外乱の影響は否めない。3-③で慎重に調査する必要がある。具体的には偏芯を嵌め合い部で吸収しきれず、焼付きや偏摩耗などの懸念である。この偏芯荷重による金型構造の信頼性については、次項3-①において実証実験を行う。

## 丸プレート金型の性能評価等

### 3-① 丸プレート金型構造等の評価

#### 3-①-1 研究目的及び目標

2-②における試作金型を用いた結果と、3次元ひずみ測定システムと、パンチ変位挙動測定を行い、丸プレート金型に必要な嵌め合い部のすべり性や耐摩耗性UPに必要な諸条件等を研究評価する。

#### 3-①-2 試作金型の嵌め合い部の信頼性評価方法について

実際のプレス加工時には、偏芯荷重などの外乱の影響が大きい。そこで、今回研究開発した設計システムの偏芯荷重による影響を評価する。

図5、6のように、量産時と同様な偏芯荷重を模擬的にバネをダイセットの片側に設置して、成形時にバネによる圧縮荷重を発生させる。



図5 バネによる偏芯荷重の負荷

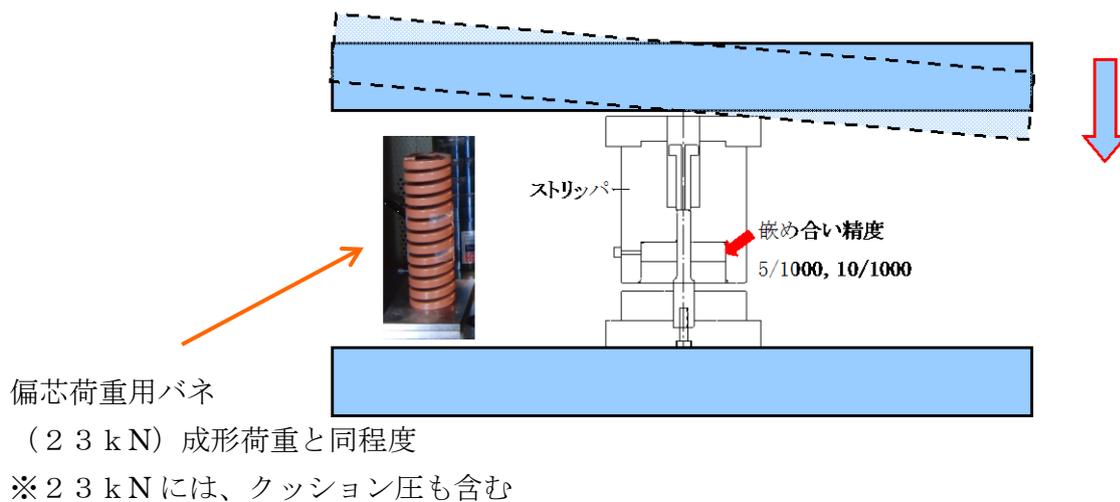


図6 偏芯荷重負荷による金型挙動の模式図

### 3-①-3 ダイセットにバネによる偏芯荷重を負荷する評価

図5, 6のようにバネをダイセットにセットして、絞り成形加工を行った。バネのたわみ量は10mmである。その結果、表2にあるように成形荷重が3.5t程度であった。また、製品の寸法（外径、肉厚、真円度）を測定したところ、バネによる負荷をなしで成形した結果、表1の結果と殆ど差は見られなかった。金型の嵌め合い部についても確認を行ったが、キズ・焼付き等の不具合は発見されなかった。そこで、たわみ量を10mmずつ増加させて、成形荷重、製品寸法変化を調査することで、嵌め合い部の信頼性を評価した。40mmまでたわみ量を増加させたが、製品（図7）や金型（図8）に変化は見られなかった。



図7 バネによる偏芯荷重を負荷して加工した製品

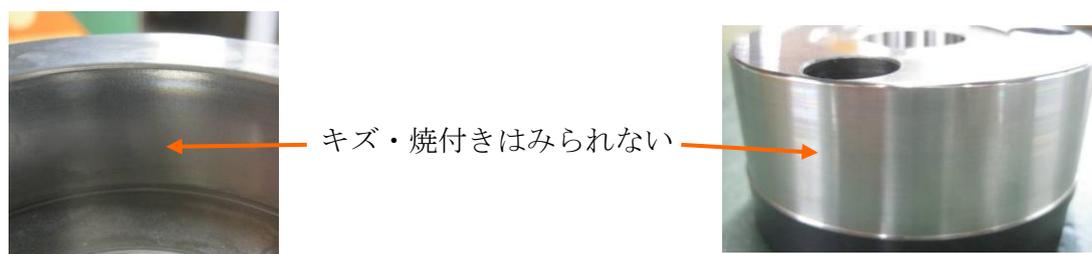


図8 バネによる偏芯荷重を負荷して加工した金型

### 3-①-4 ダイセットにバネを複数本負荷する評価

3-①-3において、成形荷重を変化させるため、たわみ量を変化させた。ところが製品や金型には不具合が認められなかった。

よって、実際に偏芯荷重の影響が金型に発生しているかどうかを定量的に評価することとした。量産での金型に発生する偏芯荷重によるひずみは定量的に分かっていないが、さらに偏芯荷重を負荷することで、どれほどの偏芯荷重に製品や金型が耐えるか調査することにした。そこで、バネの本数を増やしながら、金型（ダイスホルダー）の挙動を高精度型3次元ひずみ測定システム（図9）を用いて測定した。

試作金型

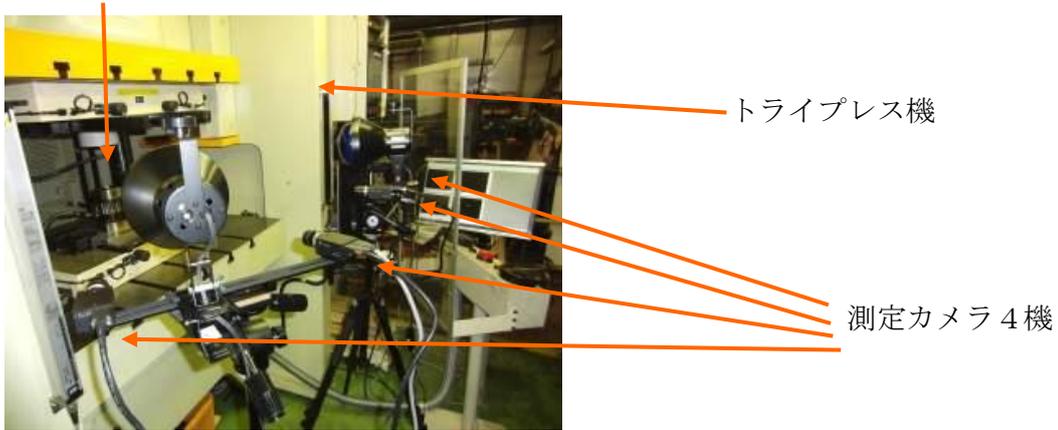


図9 高精度型3次元ひずみ測定システム

3-①-5 ダイセットにバネを複数本負荷した結果

測定した結果を表2、3に示す。表2にあるようにバネの本数を増やすごとに、成形荷重は増加している。つまり、ダイセット左側に配置したバネにより発生した偏芯荷重が成形荷重に影響していることとなる。表3は、無負荷状態からバネを3本まで増やした場合のダイスホルダーの変位量を表す。その結果バネを1本増やす毎に、 $15\mu\text{m}$ ごとに変位して、3本からはそれ以上、変位が認められなかった。また、そのときの金型と製品にはキズ・焼付きなどの不具合はなく、良好な結果が得られた。

たわみ量 (mm)	バネ本数	バネ荷重(理論値) (kgf)	実成形荷重 (kgf)	製品キズ 等の有無
0	0	-	3200	無
10	1	360	3571	無
20	1	720	3673	無
30	1	1080	4082	無
40	1	1440	4592	無
40	2	2880	5408	無
40	3	4320	6633	無

011	無負荷
012	1本
013	2本
014	3本

表2 プレス成形時におけるたわみ量と荷重の関係

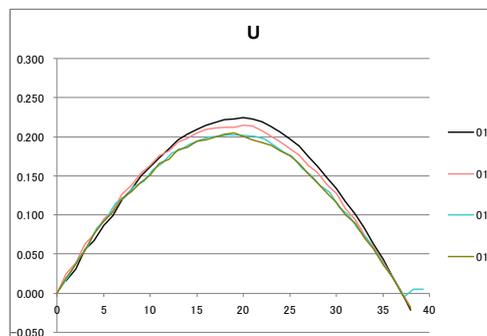


表3 ダイスホルダーの変位量

### 3-①-6 ダイのひずみ測定

トライプレス成形中のダイのひずみを3次元型ひずみ測定システム(図9)を利用して金型挙動などをビジュアル的にとらえ、ひずみを検証した。ダイの外側表面に、ランダムパターンを貼り付け、プレス中のダイを連続的に撮影することで、成形前中後の鉛直方向ひずみと相当ひずみを測定した。また、3次元ひずみ測定システムのひずみは予め、ひずみゲージを用いて校正を行った。

ダイに発生するひずみを図10に示す。成形中、成形後の鉛直方向ひずみ、相当ひずみのカウンターは、ともに0近傍であり、いずれも測定限界以下であった。このことから、ダイには荷重のかかる成形中もひずみが生じず、問題ないことが確認できた。

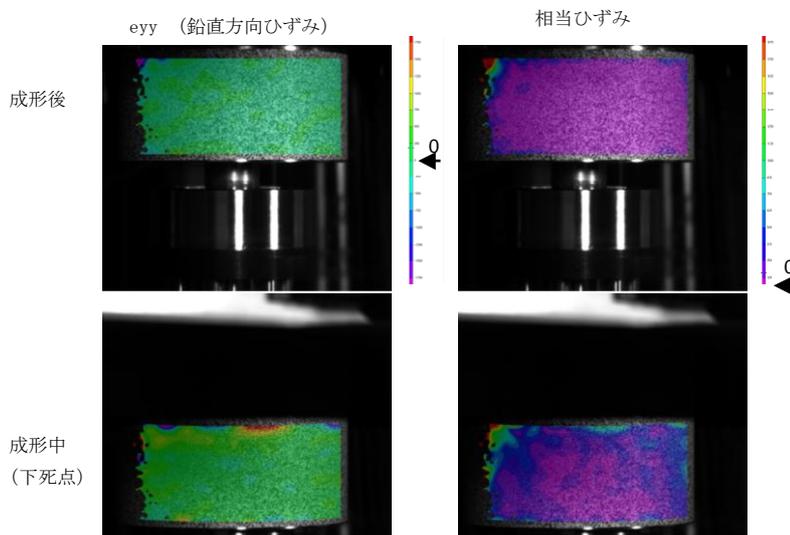


図10 成形中後のダイの歪測定

### 3-①-8 まとめ

結果、金型のキズ・焼付きの発生や、製品寸法等には変化はなく、良好な結果を得られた。バネによる負荷を用いて偏芯荷重を作用させたが、バネ2本から変位は発生しなかった。25 $\mu$ mくらいの変位が認められたのは、実際の偏芯によるズレを補正した変位、金型のクリアランスだと考えられる。ダイの歪は3-①-6の結果から、発生していないと考えられる。

また、当初は試作金型に嵌め合い部のすべり性などを目的とした、型内給油、コーティング、表面テクスチャリング技術等を用いて焼付き防止方法などを検討する予定であったが、大きな偏芯荷重を負荷した場合でも、金型や製品には問題は無かったため中止とした。

3-③の実証実験金型評価時に焼付き等が発生するようであれば、検討することとする。以上の結果から、バネ3本程度の偏芯荷重では、製品寸法にも変化が無いことから、嵌め合い構造金型には影響は殆どないと推測される。

### 3-② 丸プレート金型構造最適化の研究

#### 3-②-1 研究目的及び目標

3-①の試作金型における隙間嵌め部の摺動特性を模擬実験とコンピュータ支援による解析手法を用いて検証しながら、金型構造の最適化に関する研究開発を実施し、3-③での実証実験金型製作に繋げる。

本研究では、(1) 試作金型における隙間嵌め部の摺動特性の模擬実験、(2) コンピュータシミュレーションによる摺動部の金型接触原因の検証、(3) コンピュータシミュレーションによる金型構造の最適化の検討を実施した。

#### 3-②-2 実験方法

##### (1) 試作金型における隙間嵌め部の摺動特性の模擬実験

隙間嵌め部の摺動特性を模擬するため、プレス金型の円柱ガイドポスト（直径 28.0mm 長さ 230mm）と円筒ガイドブッシュ（328.5g）を利用して、金型の嵌め合い部を模擬した。図 1 1 に両者の嵌め合い状態を示す。嵌め合い部に潤滑油を塗布した後にウェスで拭き取りを行った。ガイドポストは円筒ガイドブッシュを嵌め込んだ後にハンドプレス加圧部の上端に接着し、ハンドプレス下部には、圧縮荷重を測定するための計測器としてロードセルを取り付けた。また、ガイドポスト下端はプレートに圧入し、下端部の変形が生じないように拘束した。図 1 2 に実験の様子を示す。

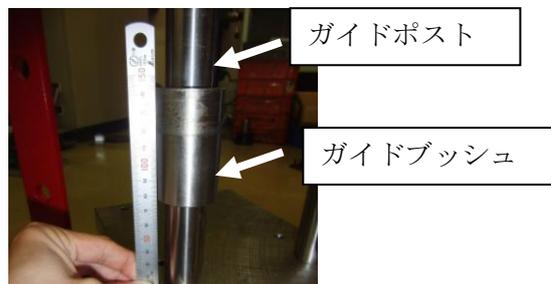


図 1 1 カイドポストおよびガイドブッシュの嵌め合い

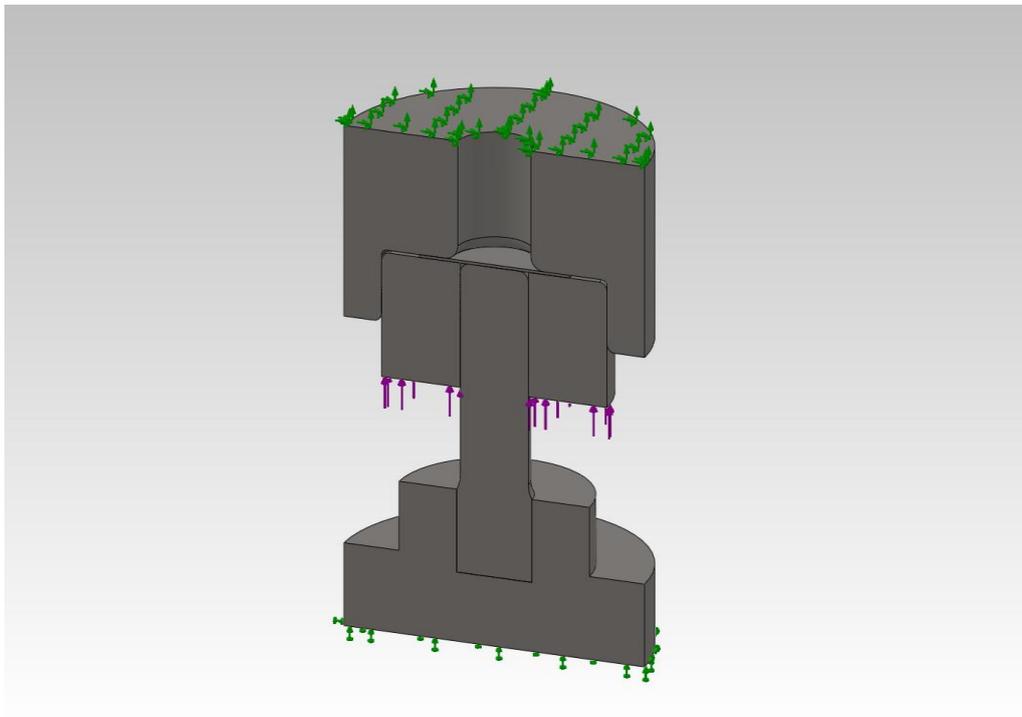
プレス成形時の金型に負荷される荷重を模擬するため、ハンドプレスを用いて、円柱ガイドポストを加圧した。加圧により、円柱ガイドポストは弾性変形を生じて変形するので、円筒ガイドブッシュとの嵌め合い部の間隔が狭くなり摺動特性が変化する。そのため、加圧すると円筒ガイドブッシュは円柱ガイドポストの下端まで落ちることなく、摩擦によって途中の位置で保持される。その状態で加圧力を弱めていくと、円筒ガイドブッシュが自重により徐々に落下していく。加圧力に対する円筒ガイドブッシュの保持位置を測定した。そのときの静摩擦力は、自重による重力と等しくなるので、摩擦力 3.2N となる嵌め合いの位置の変化を調べたことになる。



図 1 2 ハンドプレスを改造し計装化したカイドポスト加圧試験機

(2) コンピュータシミュレーションによる摺動部の金型接触原因の検証

コンピュータシミュレーションにてプレス成形中の金型の変形や摺動部の接触状況を解析するために、CAD データの作成を行い、(イ) プレス成形解析を実施して成形中に金型に加わる荷重分布を見積り、(ロ) 金型の弾性変形解析を実施した。



アセンブリ CAD モデル

(イ) プレス成形解析

プレス成形解析には動的陽解法有限要素ソフトウェアである LS-DYNA を使用した。メッシュ作成や解析結果の評価には、プレス成形用のプリポストソフトウェアである J-STAMP を使用した。CAD モデルを利用し、解析モデル(図 1 3)を作成した。また、対象とする成形は、荷重が最大となるように絞り比 2.2 の初絞りの成形で実施した。

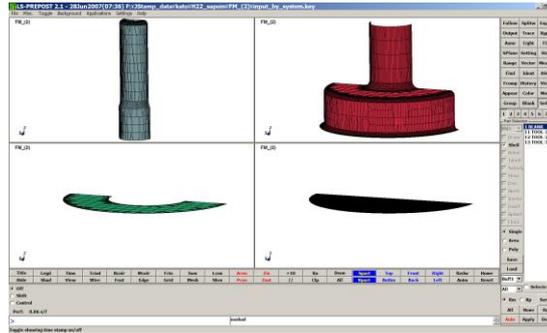
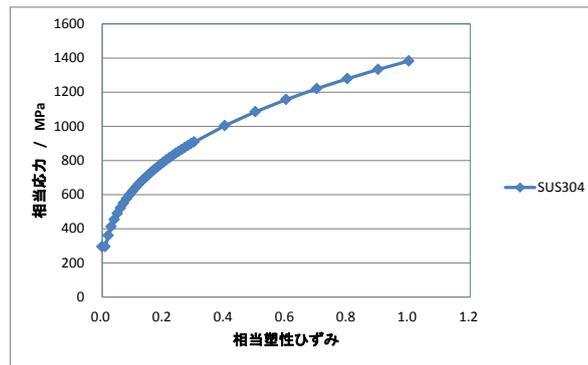


図 1.3 解析モデル



SUS304 の相当応力-相当塑性ひずみ曲線

(ロ) 金型の弾性変形解析

(ロ) - 1 かじりの要因の考察と解析内容の検討

無負荷で理想的な寸法精度、組み付け状態の条件下では、各工具間には隙間があり、接することなく摺動が可能である。しかしながら、理想状態からのずれによって工具は接触し、高い接触面圧が発生する。これらの要因を考察し、解析条件への反映を試みた。以下に理想条件からずれ得る要因と解析内容を列挙する。

なお、プレス成形品と金型のかじりについては、ガイドポスト付きの従来構造金型と本研究対象の丸プレート金型とも、工具の剛性・空間位置が同じであれば、本質的には同じであると考えられるため、ここでは解析対象として取り扱わない。

①成形荷重による弾性変形

成形時の荷重により、工具が弾性変形し、寸法が変化することによって工具間の隙間が変化することが考えられる。具体的には、

(a)パンチ直径の膨張

(b)ダイの変形

が生じると考えられるが、加工公差との大きさを比較する。

## ②偏心荷重による非垂直荷重の負荷

パンチの鉛直度の寸法精度、ストリッパーの傾き、ブランクの置き方、組み付け精度などの様々な理由により、パンチへの荷重は、必ずしもパンチの軸と平行に負荷されるとは限らない。そのため、荷重の傾きによってパンチが中心軸からのずれるように弾性変形を受ける。このずれ量を計算し、加工公差との大きさを比較する。

## ③組付けの位置ずれによる型間接触

組み付け時にダイとパンチの中心軸の位置ずれによって、工具は接触して互いに力を及ぼし接触面圧が発生する。

このときの金型の変形挙動を計算し、金型構造による変形挙動、発生応力、接触面圧の影響を検討する。

## ④外力（外乱）による金型の変形

振動や他工程からの影響など、様々な外乱によって、嵌め合い位置の変動をもたらすような外力が負荷される事が考えられる。

このときの金型の変形挙動を計算し、金型構造による変形挙動、発生応力、接触面圧の影響を検討する。

本節では、上記の①、②を解析の対象とし、③、④については、次節（3）コンピュータシミュレーションによる金型構造の最適化にて検討を行う。

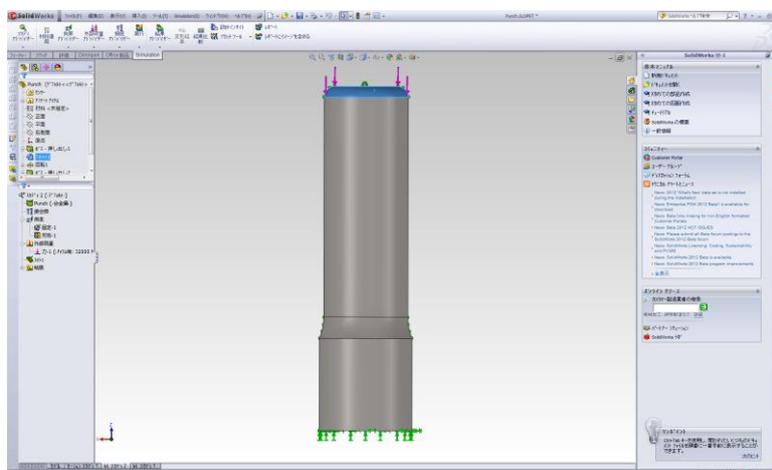
### （ロ）－2 解析条件

#### ①成形荷重による弾性変形

##### （a）パンチ直径の膨張解析

プレス成形時にパンチ頭部に鉛直方向の力が加わり、パンチ直径が膨張する。この現象を再現するため、プレス成形解析から求めた荷重をパンチに負荷し、弾性解析をおこなった。

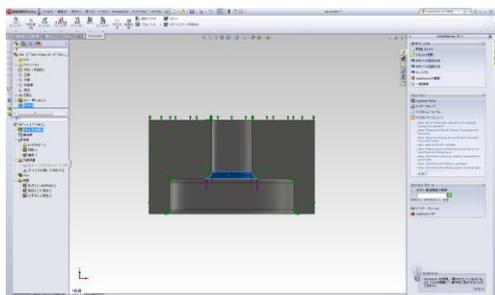
解析ソフトは、SolidWorksPremium2011 を使い、金型の材料パラメータとしては鋼材の物性（ヤング率 206GPa、ポアソン比 0.30）を使用した。



パンチ直径の膨張解析の拘束および荷重条件

## (b) ダイの変形解析

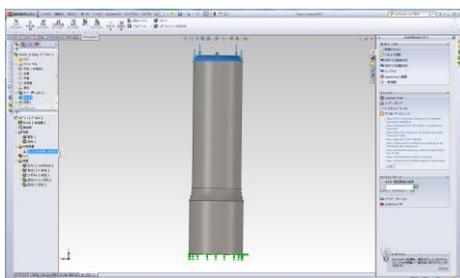
プレス成形時にダイ肩部に垂直方向の力が加わり、ダイが変形する。この現象を再現するため、プレス成形解析から求めた荷重をダイ肩部に負荷し、弾性解析をおこなった。解析ソフトは、SolidWorksPremium2011 を使い、金型の材料パラメータとしては鋼材の物性（ヤング率 206GPa、ポアソン比 0.30）を使用した。



ダイの変形解析の拘束および荷重条件

### ② 偏心荷重による非垂直荷重の負荷

プレス成形時にパンチ頭部に鉛直方向の力が加わるが、理想条件（パンチ頭部平面に完全に垂直）に負荷されることはありえず、必ず偏心荷重が加わって曲げが生じる。この現象を再現するため、プレス成形解析から求めた荷重(7t)に角度を与えてパンチに負荷し、弾性解析をおこなった。偏心の角度は0.1度および1度の2条件で解析を実施した。解析ソフトは、SolidWorksPremium2011 を使い、金型の材料パラメータとしては鋼材の物性（ヤング率 206GPa、ポアソン比 0.30）を使用した。



解析条件 パンチ底面拘束、パンチ頭部 R 部に偏心荷重 35kN (1/2 モデル)

### (3) コンピュータシミュレーションによる金型構造の最適化

より実際の使用環境に近い状態で金型の変形や面圧分布を確認するため、金型部品が組み合わさったアセンブリ状態で構造解析を行った。解析に使用したアセンブリ CAD モデル（ストローク位置 31mm）を図 1 4 に示す。なお、計算時間短縮のため 1/2 だけモデル化している。CAD モデル上では金型は理想的な相対関係で組み合わさっており、このまま金型同士を摺動させても金型に応力や面圧が発生することはない。しかし現実には、金型の組み付け誤差や加工による寸法誤差、

偏荷重の発生など様々な要因によって金型に応力や面圧が生じる。ここでは、3-①の実験結果より以下の2つの境界条件パターンを考えて解析を行った。

- ・パターン1 芯ずれ想定解析

金型を組み付ける際に上型（ダイ）と下型（パンチ）との間に芯ずれが発生したと想定した解析。芯ずれ想定量は0.1mmと設定した。

- ・パターン2 外力想定解析

プレス機の不均等荷重などにより上型（ダイ）に外力が働くことを想定した解析。想定外力は10kNとした。

なお、芯ずれ、及び外力の想定量については3-①の実験結果を参考に設定した。パターン1と2の境界条件をそれぞれ図15、16に、共通解析条件を表4に、接触条件設定箇所を図17に示す。パターン1と2について、ストリッパーの厚みを15mmと45mmで計算した場合に金型の変形状態や応力状態がどのような違いが生じるかを比較、検討する。

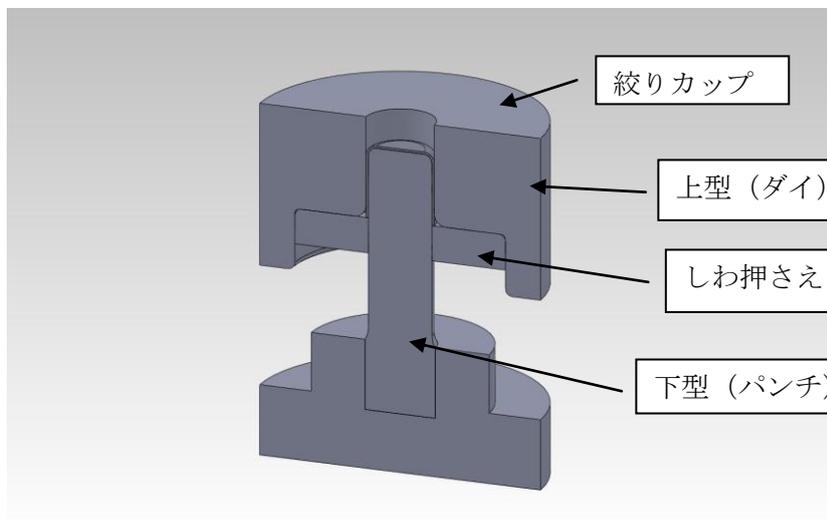


図14 アセンブリ CAD モデル (ストローク位置 31mm)

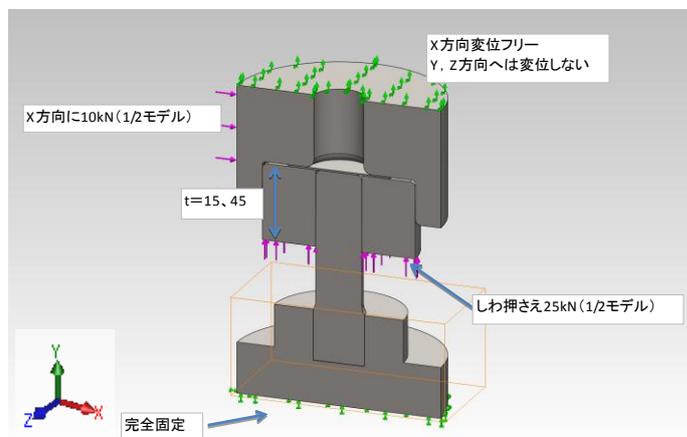


図15 パターン1 芯ずれ想定解析 境界条件

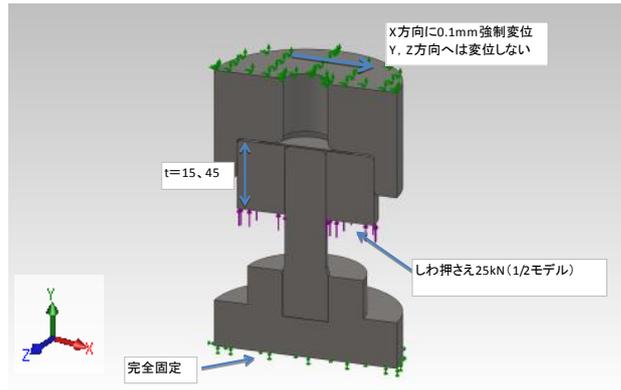


図 1 6 パターン 2 外力想定解析 境界条件

表 4 共通解析条件

解析ソフト	SolidWorksPremium2011
金型材料物性	鉄鋼材料相当・・・弾性率 210Gpa 、ポアソン比 0.28
ブランク材料物性	SUS 相当・・・弾性率 193Gpa 、ポアソン比 0.27
金型クリアランス	0.0mm

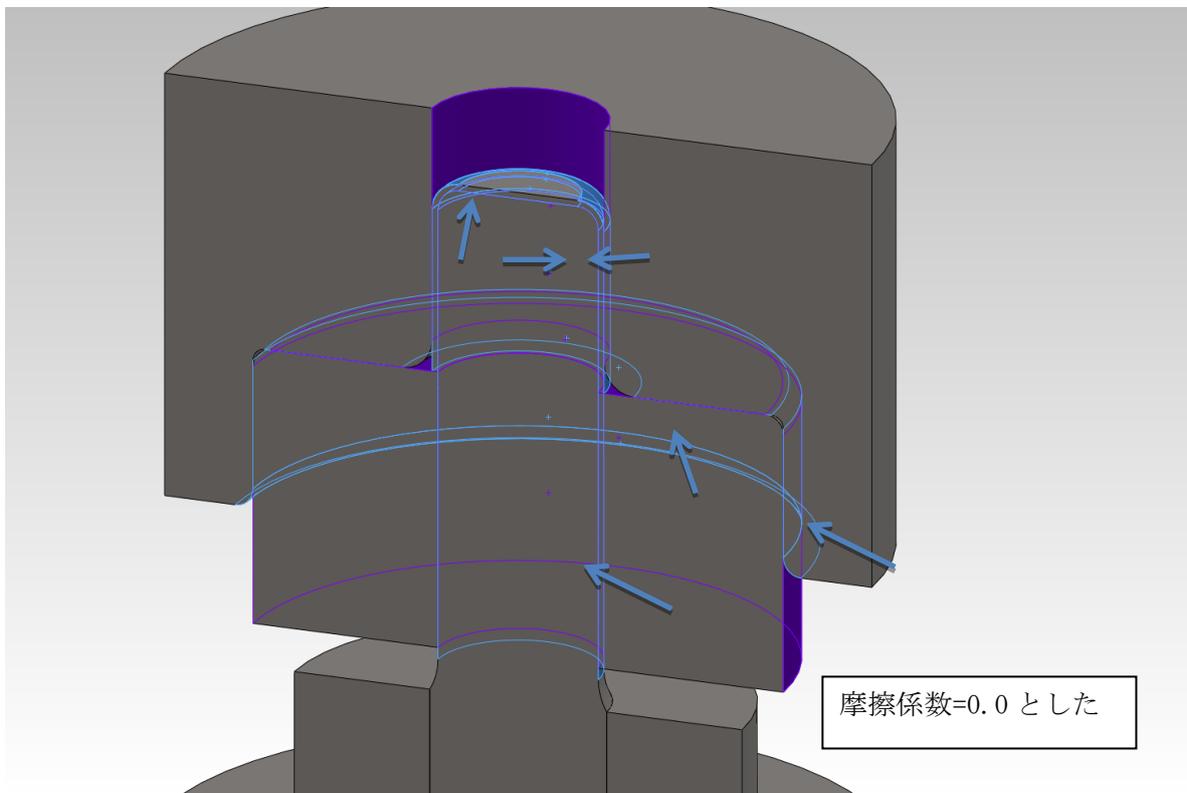


図 1 7 接触条件設定箇所

### 3-②-3 得られた成果

#### (1) 試作金型における隙間嵌め部の摺動特性の模擬実験

図18に軸の加圧力と保持位置の関係の測定結果を示す。加圧力が増加すると円筒ガイドブッシュの保持位置が高くなる傾向にあり、摺動特性が変化していることが分かる。この原因を考察すると、円柱ガイドポストは軸方向の弾性変形とそれに伴う直径方向の膨張だけであれば、円柱ガイドポストの位置によらず、全ての位置において摩擦が増加して摺動しにくくなるはずである。しかしながら、本実験では、円柱ガイドポストの上部においては摺動が可能で、特定の位置に来たときに摺動しにくくなっている。これは、軸が曲げ変形を起こし、鉛直度が保たれなくなることによって、隙間嵌め部の間隔が狭くなり摺動しにくくなっていると考えられる。

次に球面座を円柱ガイドポストと加圧治具の間に挟みこみ、同様の加圧試験を行なった。荷重が垂直に負荷されていないために円柱ガイドポストが曲げ変形を起こした可能性があるため、垂直に荷重を負荷するためである。しかしながら、球面座の有無に関わらず、同様の結果となった。このことから、円柱ガイドポストの曲げ変形は避けることが出来ない本質的な変形であることが分かった。

これらの実験結果を、プレス金型に置き換えて考えてみると、プレス成形荷重によってパンチは必ず曲げ変形を生じ、ストリッパーとの嵌め合いがきつくなっていくということである。したがって、成形荷重の大きさによっては、隙間嵌め部の摺動特性を変える必要があることが分かる。

この簡易試験によりプレス成形荷重が負荷された時の隙間嵌め部の摺動特性の変化を模擬することができ、摺動特性評価の模擬試験の手法を確立できた。この結果を生かし、次節では、コンピュータシミュレーションを実施して、深絞り成形におけるパンチの変形量を検証し、摺動特性の関係を定量化して試作金型の設計へと反映させる。

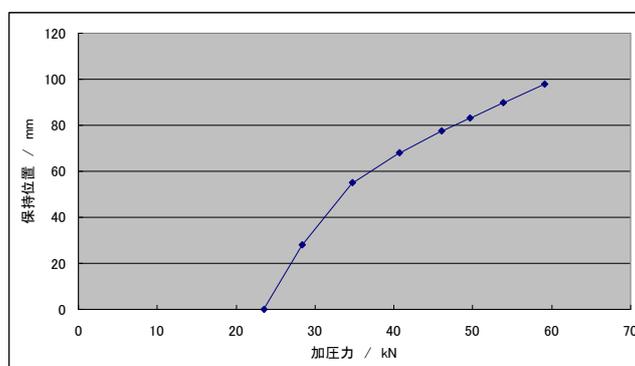


図18 加圧力と保持位置の関係

#### (2) コンピュータシミュレーションによる摺動部の金型接触原因の検証

##### (ロ) プレス成形解析結果

図19～22にプレス成形解析の結果を示す。パンチのストロークごとにブランクの形状や金型の位置関係が変化しており、金型間の接触応力を解析していくためには、これらの位置関係を考慮しないとイケない。また、成形解析と同時に、金型にかかる接触面圧を計算した。ストローク21mm時の金型への接触面圧を図23、24、25に示す。パンチ頭部のR部に平均で約200MPaの圧力、ダイのR部に平均で約300MPaの圧力が生じている。また、垂直方向(Z方向)の成形荷

重を図 2 6 に示す。ストローク 21mm の時点で、パンチには 35kN (1/2 モデル)、ダイには 37.5kN (1/2 モデル) の荷重が垂直方向に発生している。

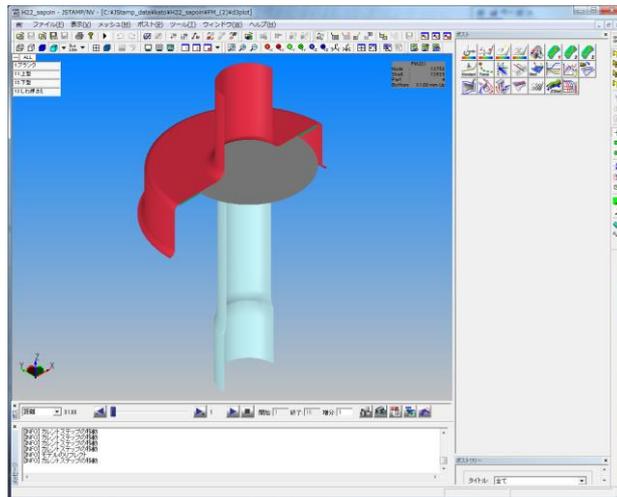


図 1 9 ストローク 0mm のプレス解析結果

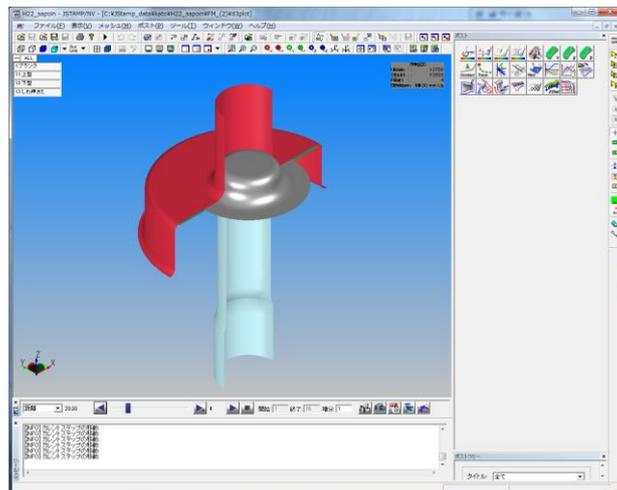


図 2 0 ストローク 11mm のプレス解析結果

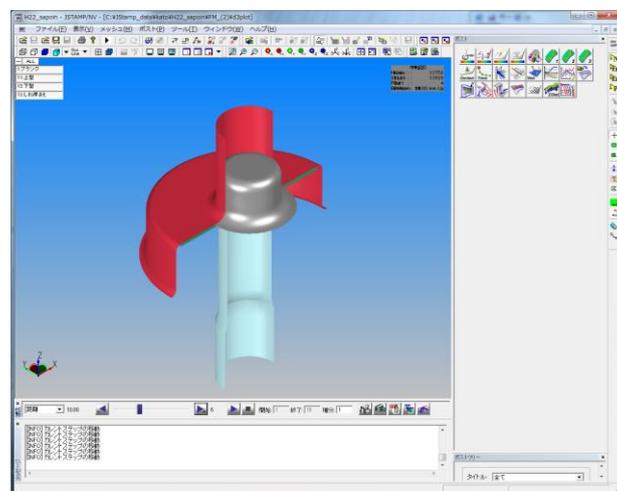


図 2 1 ストローク 21mm のプレス解析結果

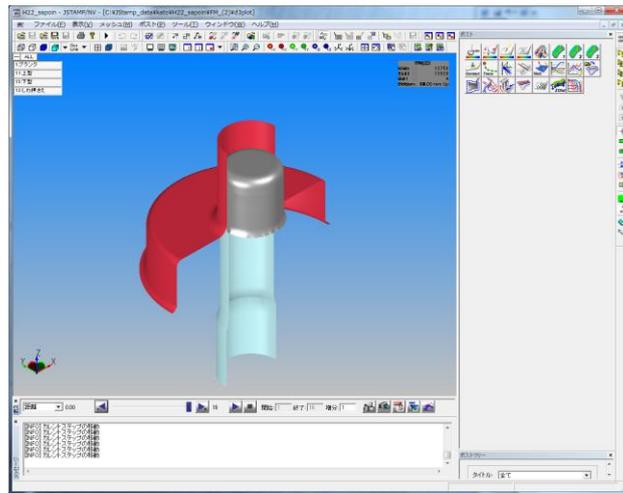


図 2 2 ストローク 31mm のプレス解析結果

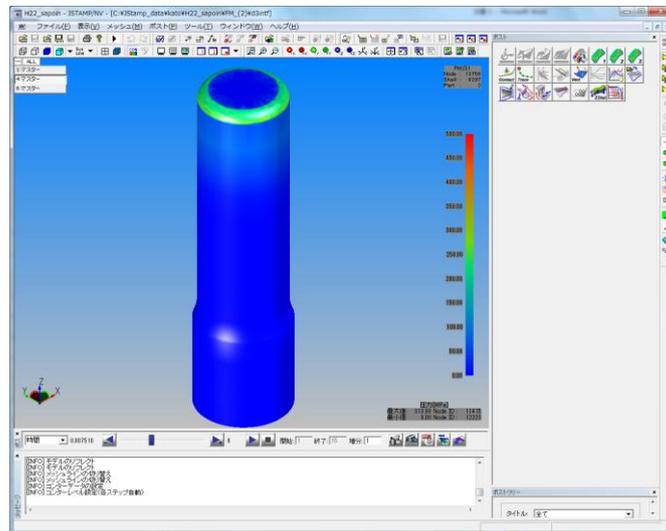


図 2 3 パンチの接触面圧

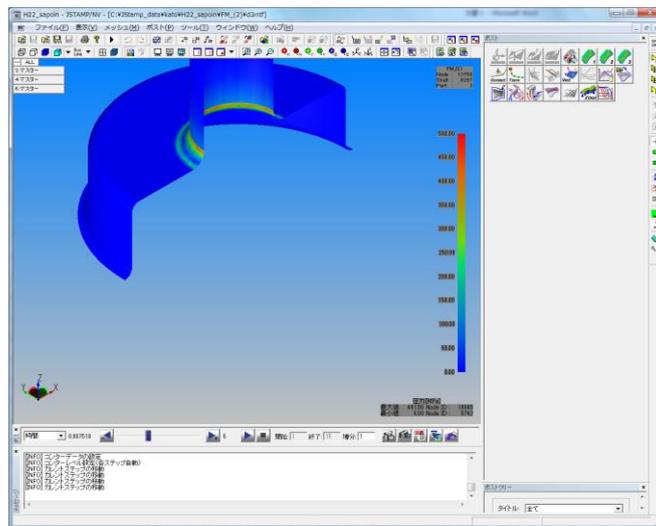


図 2 4 ダイの接触面圧

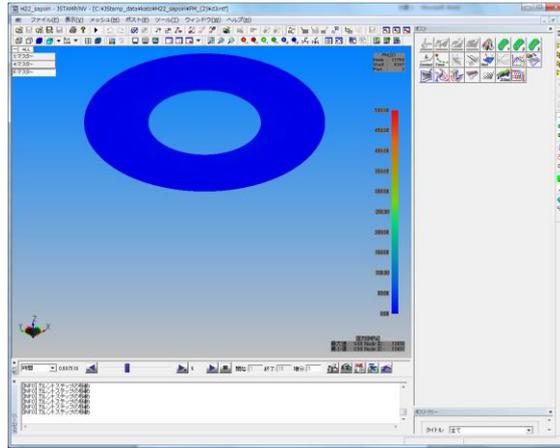


図 2 5 ストリッパーの接触面圧

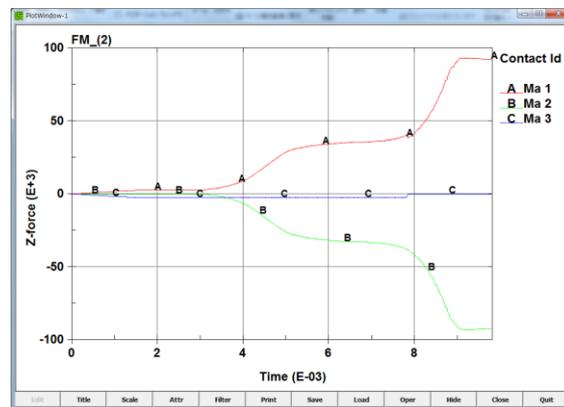


図 2 6 成形荷重

(3) コンピュータシミュレーションによる金型構造の最適化

(ハ) 金型の弾性変形解析

①成形荷重による弾性変形

(a) パンチ直径の膨張

成形荷重によるパンチの弾性変形の解析結果を図 2 7 に示す。弾性変形によるパンチ半径の増加量は最大で  $2.4 \mu\text{m}$  程度であり、加工公差と比べて小さく、影響は無視できると考えられる。

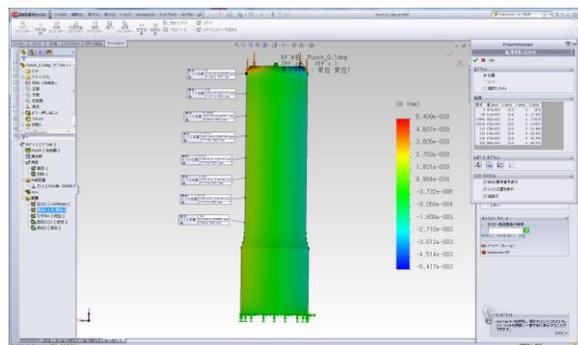


図 2 7 パンチの膨張変位の解析結果

## (b) ダイの変形

成形荷重によるダイの弾性変形の解析結果を図 2 8 に示す。また、その変形の拡大図を図 2 9 に示す。ダイの肩 R の部分だけが弾性変形で変形しており、上部で  $2.3\mu\text{m}$  直径が増加、下部で  $1.0\mu\text{m}$  直径が減少している。しかしながら、加工公差と比べて小さく、影響は無視できると考えられる。

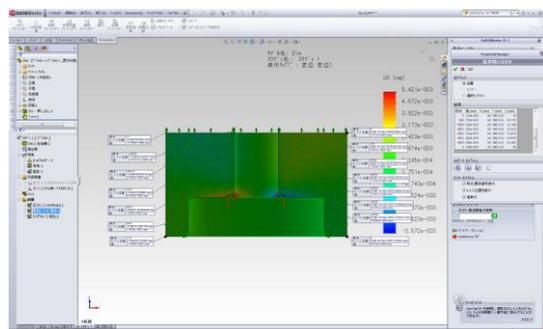


図 2 8 ダイの変形解析結果

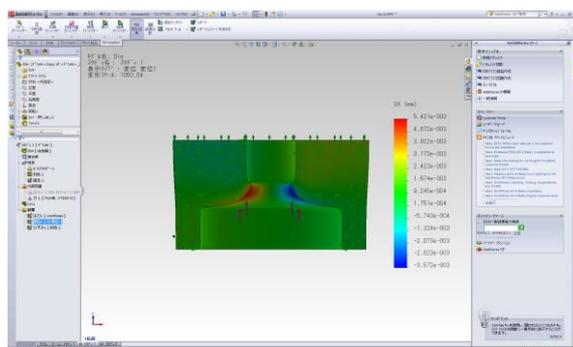


図 2 9 ダイの変形解析結果 変形の拡大図 1000 倍

## ②偏心荷重による非垂直荷重の負荷

鉛直方向からの  $0.1^\circ$  と  $1^\circ$  の偏心荷重負荷を与えたときの解析結果を図 3 0、3 1 に示す。 $0.1^\circ$  の時は、パンチ側面先端の横ずれは  $10.1\mu\text{m}$  (最大) 程度であり、加工公差と比べ同等レベルといえる。一方、 $1^\circ$  の時は、パンチ側面先端の横ずれは  $72.7\mu\text{m}$  (最大) 程度であり、加工公差と比べ大きい。この変形量は無視できず、隙間嵌め部の摺動特性を悪化させる原因となりうる。3-①-3 (2) で示したパンチの変形挙動および 3-②-3 (1) で示した隙間嵌め部の摺動特性の模擬実験も、成形荷重によって、パンチの曲げ変形が生じ、摺動特性を悪化させる結果が出ていたが、コンピュータシミュレーションを用いた解析でもその実験が裏付けられたといえる。

パンチの横ずれ量をパンチ頭部 R 端からの距離でプロットした解析結果を図 3 2 に示す。横ずれ量は R 端からの距離にほぼ比例していることが分かる。一方、3-①-3 (2) で示したパンチの変形はパンチの付け根からではなく、途中から変形をしている。この違いは、パンチ付け根の拘束状態が、実験の方が強いためと推察できる。パンチ根元の拘束状態を強くすると、ある程度変形が抑制できると考えられる。

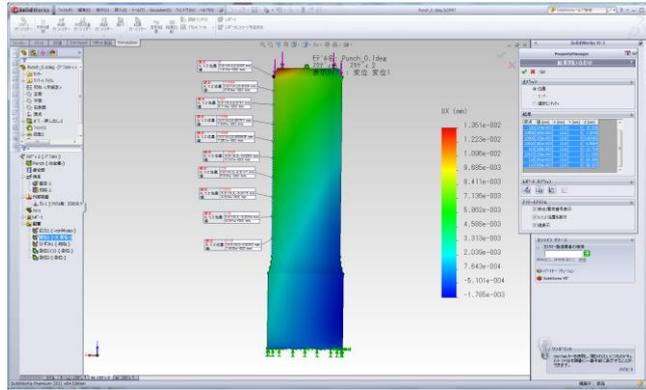


図 3.0 解析結果 鉛直方向からのずれ  $0.1^\circ$  の偏荷重負荷時のパンチの横ずれ

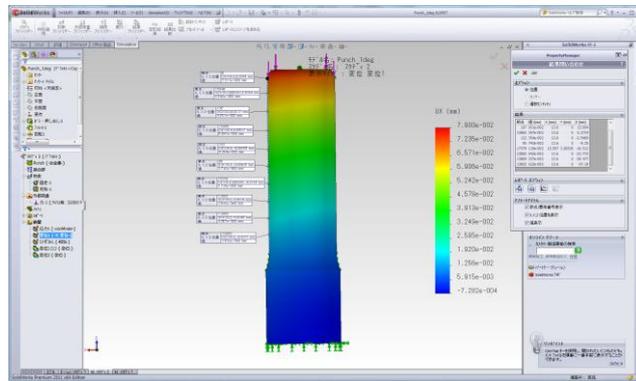


図 3.1 解析結果 鉛直方向からのずれ  $1^\circ$  の偏荷重負荷時のパンチの横ずれ

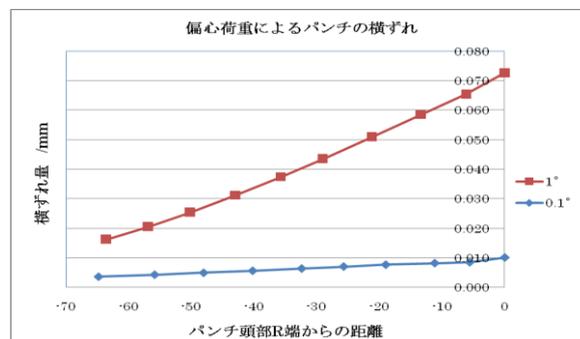


図 3.2 解析結果 パンチ側面の横ずれ

### (3) コンピュータシミュレーションによる金型構造の最適化

前節では金型の単体でも変形挙動を解析したが、本節では、アセンブリ状態での金型の変形挙動の解析結果を示す。

#### (イ) パターン1 芯ずれ想定解析 解析結果

パターン1 芯ずれ想定解析の変形解析結果を図 3.3、3.4 に示す。ダイに  $0.1\text{mm}$  強制変位を与えているため、ダイの変位量はストリッパー厚みによらず  $0.1\text{mm}$  である。ストリッパー厚みによってパンチの変形状態が異なることが分かる。

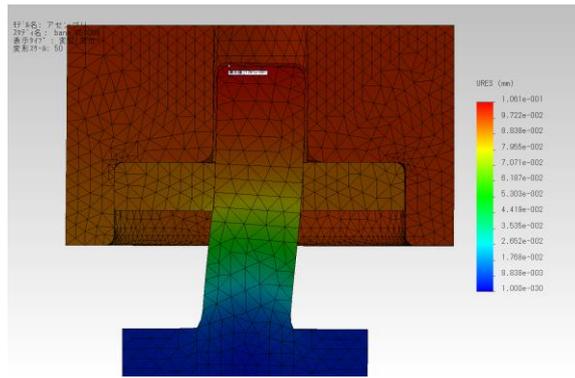


図 3 3 変形解析結果 ストリッパー厚み 15mm

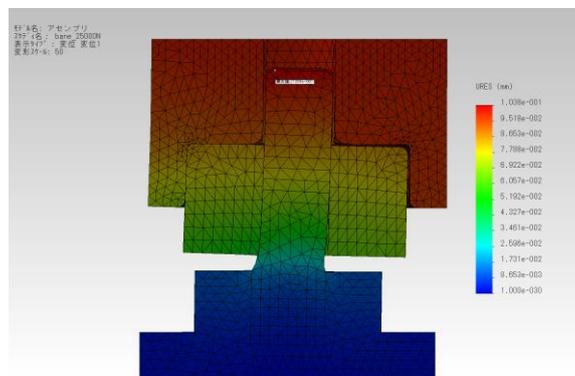


図 3 4 変形解析結果 ストリッパー厚み 45mm

パターン 1 芯ずれ想定解析の応力解析結果を図 3 5, 3 6 に示す。ストリッパー厚み 15mm のほうがストリッパーとパンチとの摺動面 (A)、およびパンチ根元 (B) の応力値は小さくなるのがわかった。

- ストリッパー厚み 15mm     A : 376MPa    B : 309MPa
- ストリッパー厚み 45mm     A : 516MPa    B : 435MPa

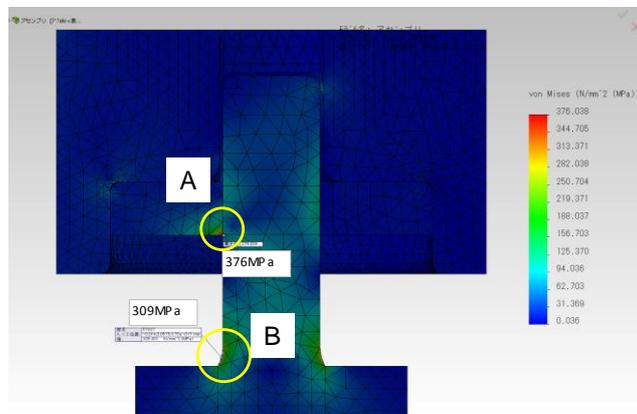


図 3 5 応力解析結果 ストリッパー厚み 15mm

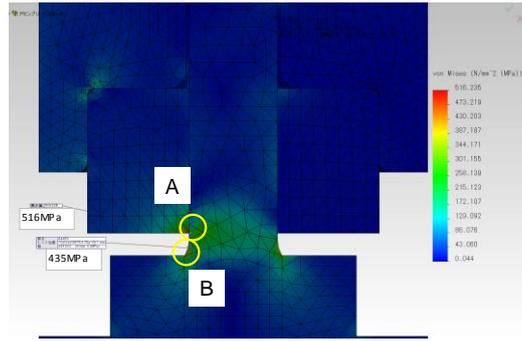


図 3 6 応力解析結果 ストリッパー厚み 45mm

パターン 1 芯ずれ想定解析の接触面圧解析結果を図 3 7、3 8 に示す。黄色円で示すようにブランクを抑える面圧はストリッパー厚み 15mm の方が均一な面圧になることがわかった。これは厚みが薄いほうがパンチの傾きに沿って回転しやすいためと考えられる。

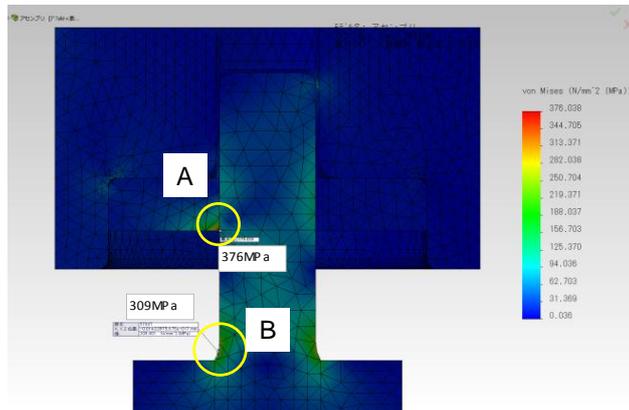


図 3 7 面圧解析結果 ストリッパー15mm

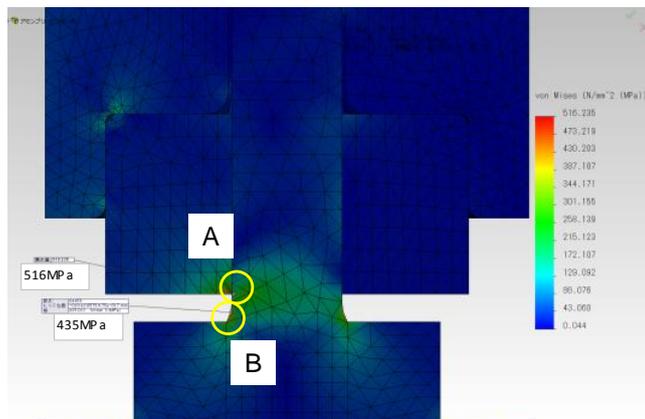


図 3 8 面圧解析結果 ストリッパー45mm

(ロ) パターン2 外力想定解析 解析結果

パターン2 外力想定解析の変形解析結果を図39, 40に示す。ダイ変位量は以下のとおりである。ストリッパー厚みが45mmの方がダイの変位量が少なくなることがわかった。

- ・ストリッパー厚み 15mm      ダイ変位量 0.104mm
- ・ストリッパー厚み 45mm      ダイ変位量 0.032mm

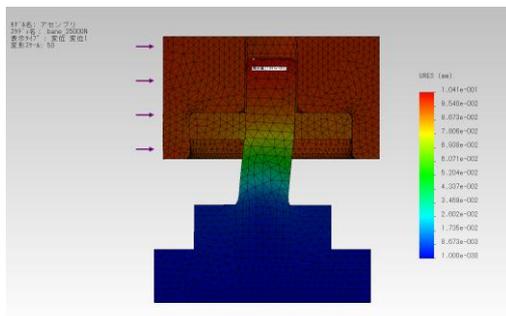


図39 変形解析結果 ストリッパー厚み 15mm

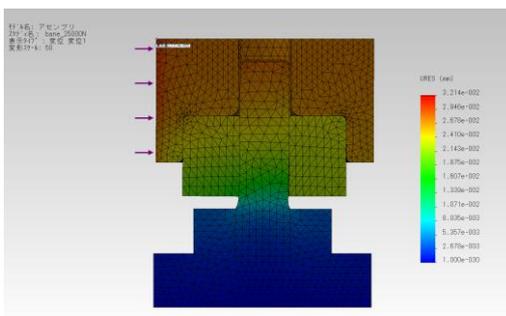


図40 変形解析結果 ストリッパー厚み 45mm

パターン2 外力想定解析の応力解析結果を図41, 42に示す。パターン1とは逆にストリッパー厚み45mmのほうがストリッパーとパンチとの摺動面(A)、およびパンチ根元(B)の応力値は小さくなることがわかった。

- ・ストリッパー厚み 15mm      A : 353Mpa    B : 305Mpa
- ・ストリッパー厚み 45mm      A : 168Mpa    B : 138Mpa

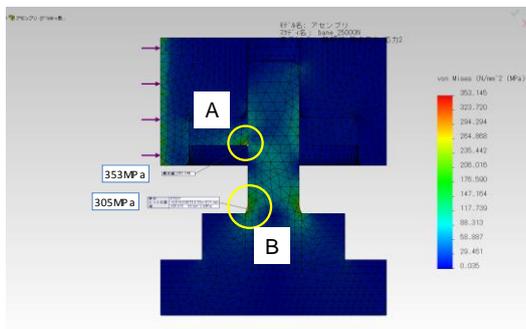


図41 応力解析結果 ストリッパー厚み 15mm

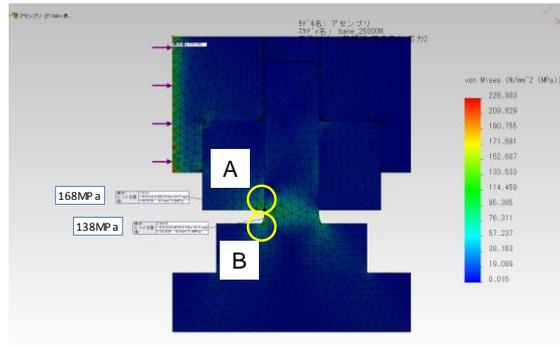


図 4 2 応力解析結果 ストリッパー厚み 45mm

パターン 2 外力想定解析の接触面圧解析結果を図 4 3, 4 4 に示す。黄色円で示すようにブラ  
 ンクを抑える面圧はパターン 1 と同様に、ストリッパー厚み 15mm の方が均一な面圧になることが  
 わかった。

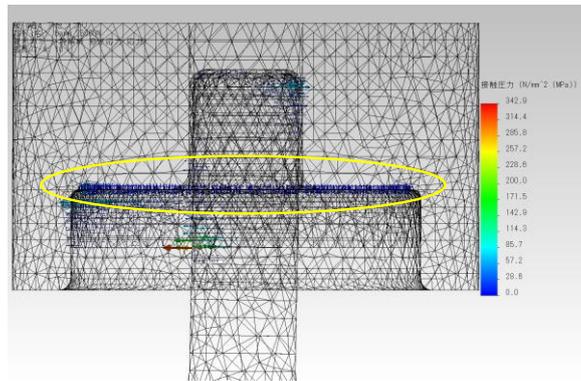


図 4 3 面圧解析結果 ストリッパー15mm

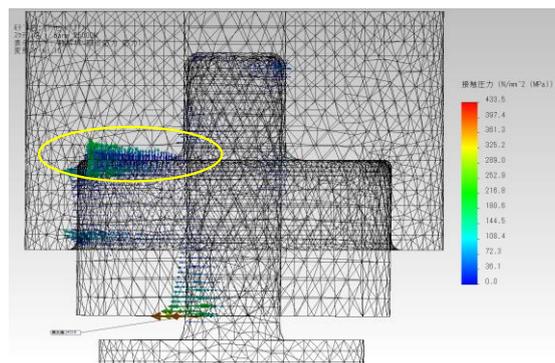


図 4 4 面圧解析結果 ストリッパー45mm

パターン1、パターン2のストリッパー厚みに対する変位量と応力値の解析結果を、図45、46にまとめた。

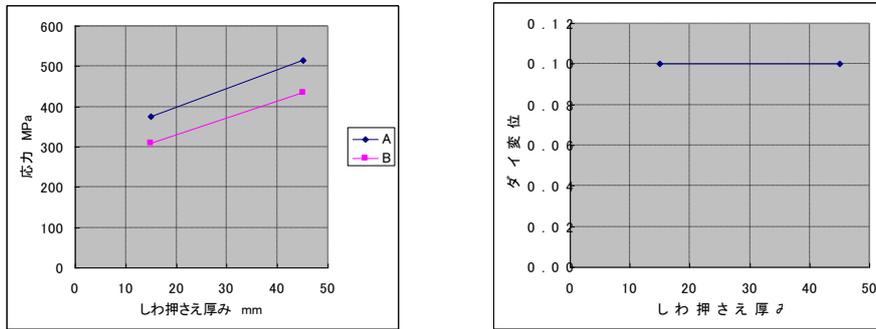


図45 パターン1 芯ずれ想定解析 ダイ変位 (左図) と発生応力 (右図)

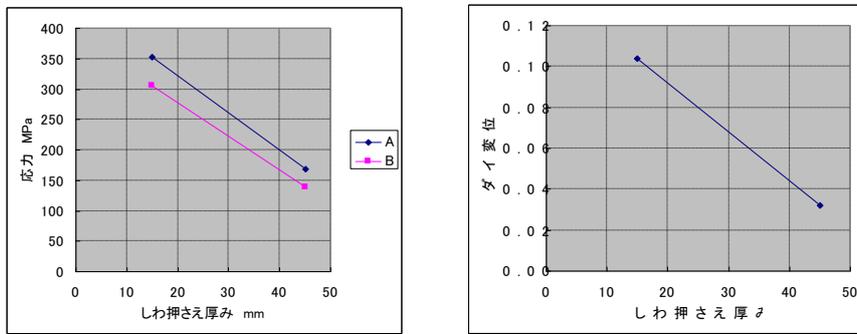


図46 パターン2 外力想定解析 ダイ変位量 (左図) と発生応力 (右図)

#### (ハ) 金型構造の最適化に対する考察および設計指針

これまでの結果から、パターン1の芯ずれ想定解析のように、金型の組み付け時にダイとパンチとの芯ずれが発生するような場合には、ストリッパーの厚みが薄い方が、ダイにパンチが入りやすく (= 自己調芯しやすく) なるため発生する応力は低くなったと考えられる。一方、パターン2の外力想定解析のように、ダイに外力が加わるような状況 (たとえばプレス機の偏荷重など) の場合には、逆にストリッパーの板厚を厚くしてパンチ周りの剛性をあげた方が、パンチの変形が抑えられ、応力としても低くなったと考えられる。ただ、また、ブランクを抑える面圧に関してはパターン1、パターン2を問わず、板厚が薄いほうが均一になる傾向にあった。実際の金型では、芯ずれ量や外力の大きさは加工精度や組み付け精度、プレス機のどこに設置されるかなどによっても異なるため、一概にどちらのパターンを想定すべきかをきめることは難しい。個々の案件ごとに、変位の外乱が重視すべきか、力の外乱を重視すべきかを判断をする必要がある。

しかしながら、今回の解析により、芯ずれや外力などの不具合の原因となる外的要因と金型の変形や応力状態の関係が明らかになったことで、不具合が発生した場合の金型構造変更の指針を得ることができたと考えられる。

<設計指針>

- ① 金型の組み付け時の芯ずれが発生するような場合には、ストリッパーの厚みが薄い方が自己調整しやすく、発生する応力は低くなる。
- ② 偏芯荷重のように外力が加わるような場合には、ストリッパーの板厚を厚くしてパンチ周りの剛性をあげた方が、パンチの変形が抑えられ、応力は低くなる。
- ③ ブランクを抑える面圧に関しては、ストリッパーの厚みが薄い方が均一になる傾向を示す。

3-③ 実証実験用金型で成形した製品に係る品質評価等

3-③-1 研究目的及び目標

3-②までの結果を実証実験金型製作にフィードバックし、その金型で成形したプレス製品について、寸法測定、表面キズ、偏肉状態などを評価し、その繰返しを行うことで、丸プレート実験用金型システムの確立を行う。

3-③-2 実証実験金型の設計

現状の角型構造による金型で生産した製品は、製品径の1%程度のひずみが発生している。そこで、丸形構造金型による嵌め合い構造での製品ひずみ量を、角形構造金型と比較するため、量産品と同形状の金型を実証実験金型（丸形構造金型）として設計した。工程数は全8工程となる。

3-③-3 実証実験金型の加工

本来、2-②にて今回の丸形構造金型の特徴である深穴加工を精密に加工する実験を行う予定であったが、機械装置納入の遅れが発生した為、実証実験金型製作で、加工実験も兼ねて行うこととした。この深穴加工は、切削加工と研削加工を兼ね備えた牧野フライス製のマシニングセンタV3 3iを使用して行った。

複数個の加工ワークを準備して、加工テストを行った。その結果、精密な深穴加工に必要な研削方法と加工条件を作成して加工を行った。その結果、図47の加工結果を得た。よって、実証実験金型の製作した。

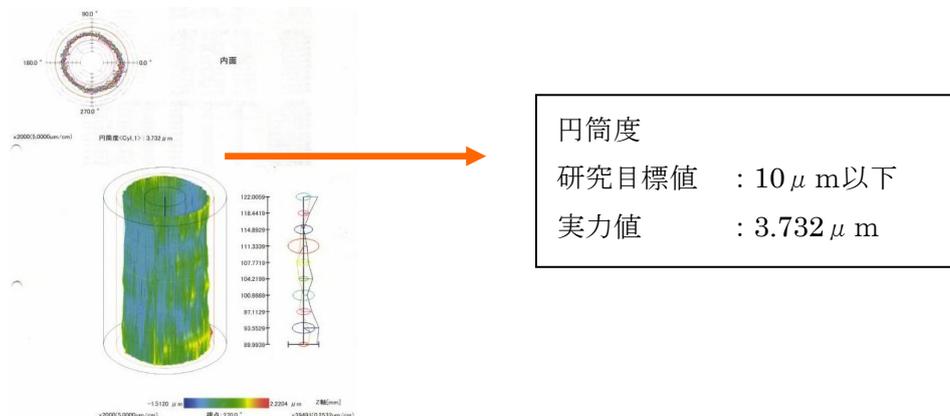
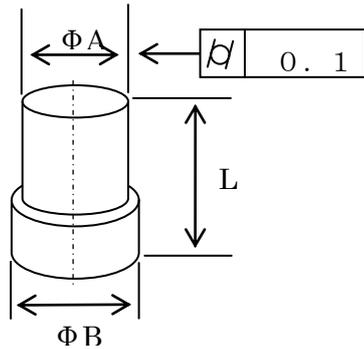


図47 研削加工の結果

### 3-③-4 実証実験金型システムの評価（製品）

全8工程の丸プレート実証実験金型を用いて、プレス加工を行った。n数は50ヶで、そのうち抜き取りで10個測定を行った。その結果を表5に纏めた。研究の目標値は、製品における歪（Φ20の場合）を製品径の0.25%以下であるため、径ΦA、ΦB、円筒度（ΦA部）の研究目標値は、それぞれ公差レンジ0.45、0.475、0.045となる。結果、目標値を全て満足する結果となった。



製品図面



完成品

測定ポイント	規格値	研究目標値	Max値	Min値	Max-Min値
ΦA	18 +0.1/0	公差レンジ0.45	18.053	18.035	0.018
ΦB	19 0/-0.1	公差レンジ0.475	19.045	19.028	0.017
L	30±0.1	-	30.05	30.00	0.05
円筒度	0.1以下	0.045以下	0.042	0.039	0.003

表5 実証実験金型でプレス加工した製品の測定結果

### 3-③-5 実証実験金型システムの評価（金型）

金型調整を含め、総トータル200ショットほどのプレス加工を行った。金型の嵌め合い摺動部を確認したところ、若干の縦キズは確認されたものの、有害なキズ、焼付き等は見られなかった。キズや、焼付き対策として、金型コーティングやショットブラスト等も検討していたが、現段階では金型コストをおさえるため、そういった処置は施さないこととする。



若干の縦キズ

### 3-③-6 まとめ

3-②までの結果を実証実験用金型にフィードバックし、全8工程の金型を製作した。その金型を用いて製品を50ヶ生産した。その結果、金型には若干の縦キズが確認されたものの、他は良好な結果となった。

今後は実証実験金型ではなく、量産を踏まえた金型を製作し、丸形プレート構造金型の耐久評価を補完研究にて対応していかなければならないと考えている。

## 第3章 全体総括

### 1 総括

丸プレート構造金型の確立のため、金型設計、設計の妥当性確認と試作金型製作、試作評価を経て、実証実験金型を製作し、丸プレート構造金型の評価を終えた。

実証実験では、弊社の量産品の大半(70%)を占めるボリュームゾーンであるBクラスの製品を対象とし、金型および、製品の加工精度の保証、型費の半減を目的とした金型を製作した。その結果、金型に若干のキズが確認されたものの、他の不具合はプレス製品も含め、無かった。

研究の技術目標値である、加工精度・製品における歪については、目標をクリアしている。また、仕上げ工数・金型コスト・金型の体積についても、丸プレート構造金型システムが完成したことから、達成したと考えている。

しかし、実証実験金型であったことから、数多くのプレス加工はできず、金型の耐久性という点での評価は出来ていない。また、市場(川下ユーザー)の要求品質にも変化があり、Bクラスの製品価格でありながら、今回製作した製品よりも深絞り加工が必要な製品要求がある。原因は、海外メーカーとの価格競争である。

今後の取り組みとして、事業化を促進するには、金型の長寿命化および、市場(川下ユーザー)のニーズにマッチした製品づくりと品質(寸法精度、表面キズ無し)の保証が必要不可欠であるので、今後も継続して研究を行う。

### 2 工業所有権等の取得状況、対外発表等の状況

無し

### 3 今後の事業化に向けた取り組み

研究期間は終了するが、未だ、上述のような研究の余地を残している為、補完研究で対応していかなければならないと考えている。そして、研究を終えた後には、自動車部品メーカーのみならず、燃料電池分野や、情報家電分野等に高品質のプレス品でありながら、金型費用は従来半額であることを強くPRしながら、新規受注獲得に向けて取り組んでいく考えである。