

平成 2 1 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「複雑型構造に対応可能なプレス加工の型設計検証システムの開発」

研究開発成果等報告書

平成 2 2 年 3 月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社 計算力学研究センター

目次

第1章 研究開発の概要	P. 1
1 - 1 研究開発の背景・研究目的及び目標	P. 1
1 - 1 - 1 本研究の分類	P. 1
1 - 1 - 2 現状のシミュレーション位置付け	P. 1
1 - 1 - 3 現状の課題	P. 2
1 - 1 - 4 研究目的（課題をどう解決するか）	P. 3
1 - 1 - 5 研究目標（8項目のサブテーマ）	P. 4
1 - 2 研究体制	P. 6
1 - 2 - 1 研究組織、統括研究代表者、副統括研究代表者	P. 6
1 - 2 - 2 管理体制	P. 6
1 - 2 - 3 管理員及び研究員	P. 7
1 - 2 - 4 経理担当者及び業務管理者	P. 7
1 - 2 - 5 アドバイザー	P. 8
1 - 3 成果概要	P. 8
1 - 4 当該研究者の連絡窓口	P. 8
第2章 本論	P.10
2 - 1 サブテーマの関連性	P.10
2 - 2 サブテーマの開発成果	P.11
2 - 2 - 1 サブテーマ1；上死点作成機能	P.11
2 - 2 - 2 サブテーマ2；CADからの型データ抽出機能	P.12
2 - 2 - 3 サブテーマ3；型メッシング機能	P.14
2 - 2 - 4 サブテーマ4；型位置相関検出機能	P.14
2 - 2 - 5 サブテーマ5；型の閉じた形状対応機能	P.15
2 - 2 - 6 サブテーマ6；CAE高速処理機能	P.15
2 - 2 - 7 サブテーマ7；ポストプロセッサ機能	P.15
2 - 2 - 8 サブテーマ8；検証テスト	P.16
第3章 全体総括	P.20

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

1-1-1 本研究の分類

本研究は、中小企業の特定期間ものづくり基盤技術の高度化に関する指針における、

- ・金属プレス加工に係る技術に関する事項

の中の、

- ・自動車に関する事項

に該当する。

1-1-2 現状のシミュレーション位置付け

プレス加工の分野において、

- ・生産準備の中の工程計画および型設計(図1.1)における現状のシミュレーションの位置付けは(図1.2)、
- ・設計のフェーズ1と2であって、
- ・設計のフェーズ3をやるツールではない。

これはシミュレーションの役割が、

- ・白紙の状態から設計素案を作るための道具であるが、
- ・トライ回数を減らすための道具ではない

ということを意味している。

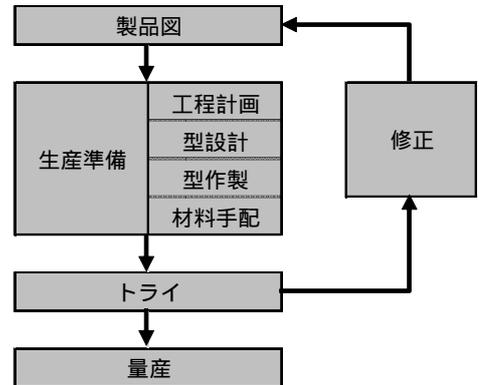


図1.1 製品図を受取ってから量産に至るまで

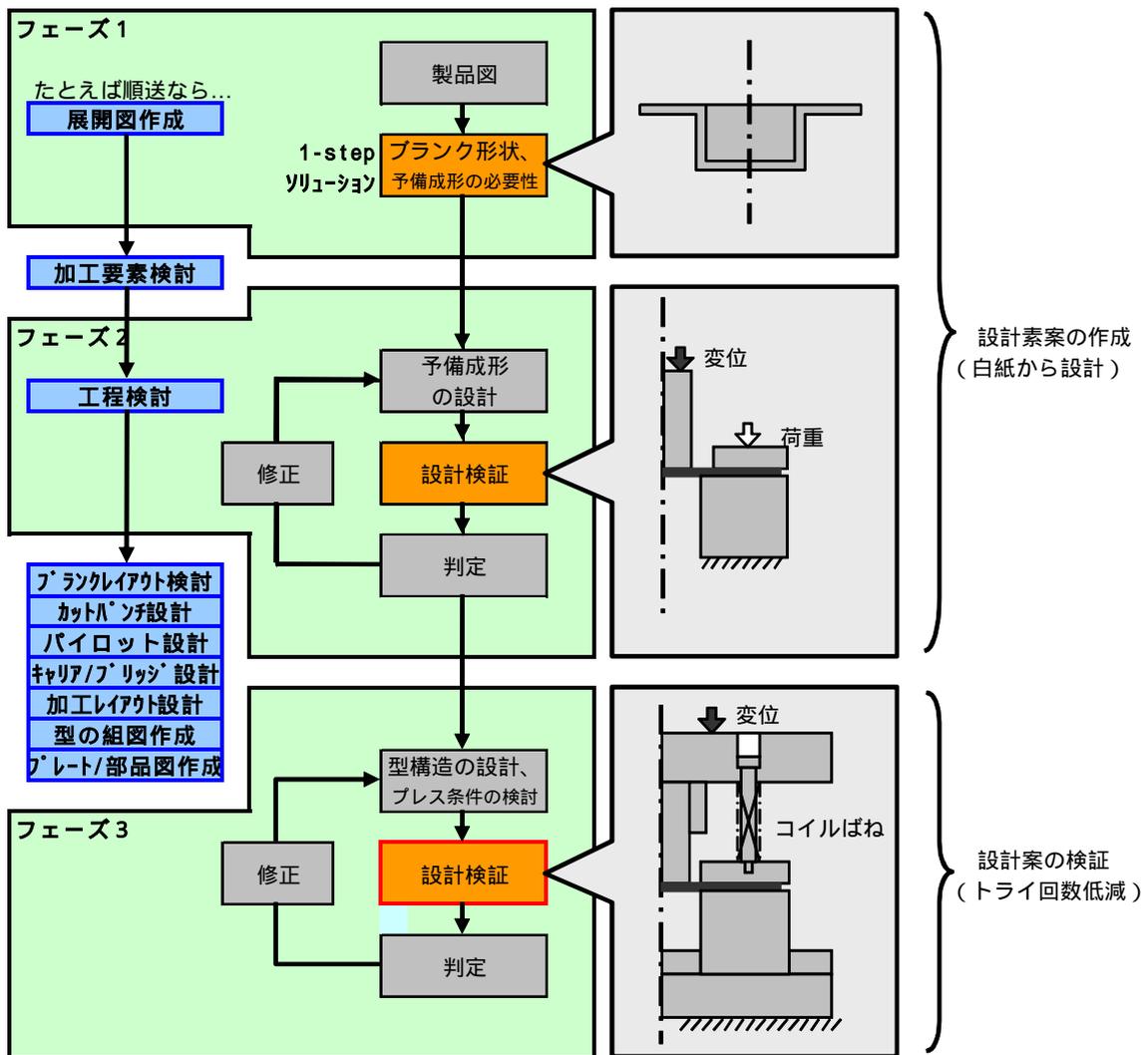


図1.2 設計の各種フェーズ

1-1-3 現状の課題

シミュレーションが前節に示す位置付けであるため超えられない壁がある。以下、これを

- ・川下製造業者等の抱える課題及びニーズ

と関連付け、

- ・ア) 低コスト化
- ・エ) 短納期化

の観点で説明する。

ア) 低コスト化(図 1.3)

「生産準備(量産前の工程設計・トライ)」に関しては、

- ・試作型費低減
- ・生産準備スタッフ人件費低減

を狙って、

- ・トライ回数の低減

を実現すべく各社で設計標準化が進められてきた。しかし前節で触れた設計検証のフェーズ3のツールが無いため、

- ・設計の予測外れ
- ・ヒューマンエラーの設計ミス

があれば、それらがそのままトライ回数増大に直結する。「量産」についても加味すれば、

- ・量産型の費用低減

を狙って、

- ・工程短縮

も目標として掲げられてきたが、

- ・良いツールが無い
- ・設計時間を費やせない 安全設計(ギリギリ段数に挑戦しない余剰段数を含む設計)しかない

という事情により壁を越えられない。

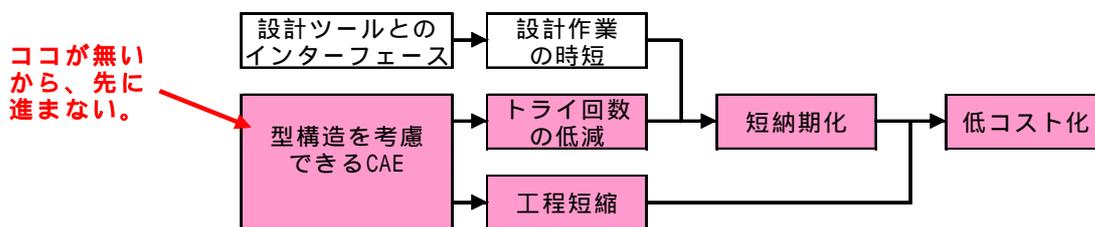


図1.3 低コスト化との関係

エ) 短納期化(図 1.4)

納期を短縮するには、

- ・個々のトライに至るまでの設計作業の時短
- ・量産に至るまでのトータルのトライ回数の低減

の両方が効く。前者の設計作業の時短に関し、生産準備の業務の中で設計に割く作業時間を減らそうとするが故に、

- ・計算のためだけにモデリングする時間的余裕は無く、
- ・その結果、成形不具合が発生

となる。これによって後者のトライ回数の低減も実現されない。つまり、作業時短を狙うがために設計期間が長期化するという悪循環になる。

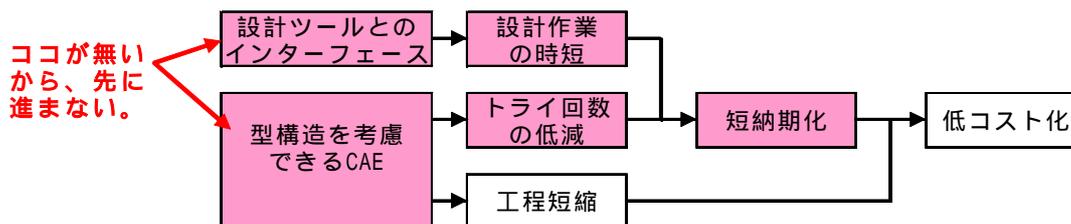


図1.4 短納期化との関係

1-1-4 研究目的（課題をどう解決するか）

上記を踏まえて本提案で作るのは、

- ・トライさながらの精度良いシミュレーションを、
- ・簡単便利な操作で実現する手間要らずのシステム

である。これを、

- ・高度化目標

と関連付け、

- ・イ) 高張力鋼板、アルミニウム合金等の難加工材に対応した金型及び成形技術の構築
- ・ウ) シミュレーション技術と融合させた高度知能化プレス生産システムの構築
- ・オ) 複合加工、部品組立及び工程短縮等を可能とする技術の向上
- ・カ) ITを生かした生産技術の向上

の観点で説明する。

イ) 高張力鋼板、アルミニウム合金等の難加工材に対応した金型及び成形技術の構築(図 1.5)

高張力鋼板やアルミニウム合金等の「難加工材」で問題になるのは、

- ・成形荷重不足に起因する押込み不足による不良
- ・過剰スプリングバックによる不良
- ・破断限界低下による割れ

である。これらの改善策は加工方法及び加工条件にあり、型構造の果たす役割が大きい。そこで、

- ・型構造を扱える設計検証ツール

を開発する。

なお、「高張力鋼板」の「スプリングバック」を精度良く予測するに当たって、シミュレーションには、

- ・特殊な材料モデル
- ・型構造を考慮できる仕組み

の2つの要件が必要になる。前者の材料モデルは他の研究者に委ねるとし、本提案で取り組む型構造は並列した2つの課題のうち後者に該当する。

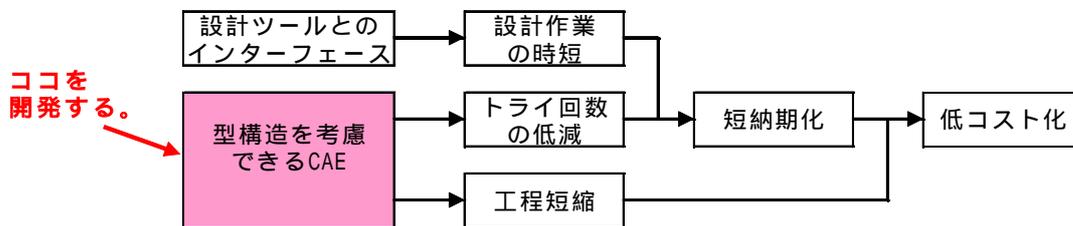


図1.5 難加工材に対応した金型及び成形技術の構築との関係

ウ) シミュレーション技術と融合させた高度知能化プレス生産システムの構築(図 1.6)

設計のフェーズ1と2(図 1.2)は設計素案を作るための計算であり、この段階では型図が実在しない。フェーズ1は型データを使わない計算であるため良いが、フェーズ2では型データを使う。このためフェーズ2を扱う市販商品にはCAEの前処理として型データを作成する機能がある。これに対して本提案は既に設計を終えたところからスタートするので、

- ・シミュレーションのために型データを作るのではなく(製品データを元にして型データを作ることもなく)、
- ・型加工用に作る型組図をそのままシミュレーションに入力する

という流れになる。もはやCAE側に型モデリング機能を付ける必要はなく、正規の設計ツール側の出力をそのまま扱えるよう、設計ツール側とのリンクをとる。

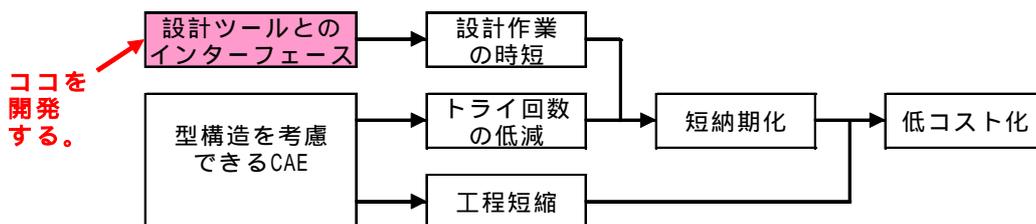


図1.6 シミュレーション技術と融合させた高度知能化プレス生産システムの構築との関係

オ) 複合加工、部品組立及び工程短縮等を可能とする技術の向上(図 1.7)

工程短縮には、

- ・再絞りの絞り率をギリギリに設定するなど「複数工程を圧縮(省略)」する 限界設計への挑戦 ---- (A)
- ・曲げ/絞り/バーリングごとにバラさず「工程を合体」する 複雑な型構造で実現 ---- (B)
- ・順送プレスにして「複数型を一体化」する 複雑な型構造で実現 ---- (C)

などの考え方がある。(B)(C)とも型構造が複雑化するため既存の CAE の範疇を超えており、思いついた工程短縮案は現物トライで確認するしか手がない。これに対して提案の手法を使うと工程短縮の案をコンピュータ上で検証できる。

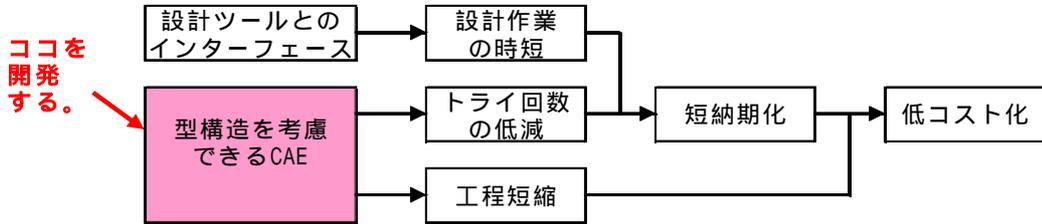


図1.7 複合加工、部品組立及び工程短縮を可能とする技術の向上との関係

コ) IT を活かした生産技術の向上(図 1.8)

CAD/CAE の一貫システムを構築し、トライまでの設計作業時間も短縮、量産までのトータルの設計期間も短縮する。

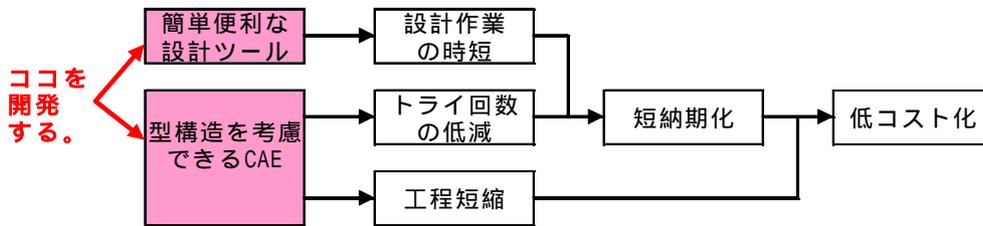


図1.8 ITを生かした生産技術の向上との関係

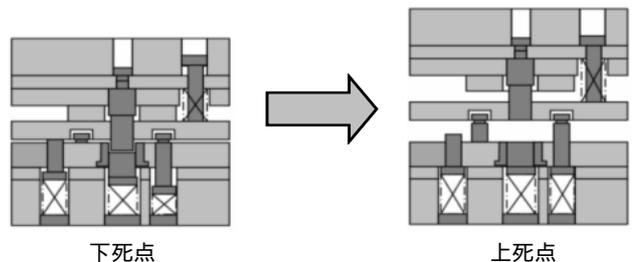
1-1-5 研究目標(8項目のサブテーマ)

サブテーマ1 : 上死点作成機能(図 1.9)

新規にツールを作成し、

- ・上型と下型を分類
- ・上型を上死点位置に移動
- ・コイルばねに支持される型について、コイルばねの初期化に応じて位置補正

の手順で型を移動する仕組みを開発する。基本はインターフェースの開発であるが、追加で必要となる型情報提供のための型モデリングツールの開発と、データ受け入れのためのCAE開発も付帯的に発生し、また全体を通した検証作業も発生するため、型モデリングツールを使う。



単に上に上げるだけではなく、バネを元の長さにしたときのプレートや型の位置にすることが難しい。

図1.9 上死点への移動

サブテーマ2 : CADからの型データ抽出機能(図 1.10)

新規にツールを作成し、型の組図の部品リストにマーキングして抽出する機能を開発する。基本的にはCADで作った型全てをそのままCAEが読込むが、ボルト・ナットなどの不要なデータや、コイルばねのように定数だけで良く形状が要らないものがあるため、これらを簡単に種分けする。基本はインターフェースの開発であるが、型モデリングツールとCAEの開発および通しの検証作業も発生するため型モデリングツールを使う。

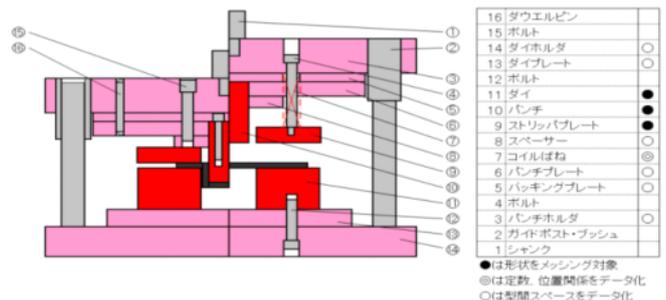


図1.10 CADからの型データ抽出

サブテーマ3 : 型メッシング機能

市販メッシュジェネレータを使用し、それをインターフェースから起動する仕組みを開発する。型モデリング側の開発は無いが、型モデリングが出力した形状モデルをインターフェースで読み込み、メッシュジェネレータを起動する一連の動作確認のため、型モデリングツールを使う。

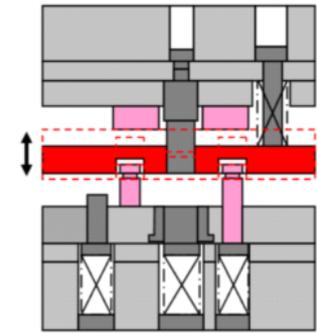


図1.11 型位置相関検出

サブテーマ4 : 型位置相関検出機能(図 1.11)

新規にツールを作成する。メッシュ分割した各型を上下に動かしながら、干渉をチェックして移動の制約範囲をテーブル化する仕組みを開発する。面データでの幾何計算を避けハンドリングが楽なメッシュデータを使う予定ではあるが、幾何処理に時間を要さないプログラミングテクニックが要る。基本はインターフェースの開発であるが、型モデリングツールとCAEの開発および通しの検証作業も発生するため、型モデリングツールを使う。

サブテーマ5 : 型の閉じた形状対応機能(図 1.12)

CAE側で扱える型データは、閉じた面データではなくオープン形状(板に接する部分にはメッシュを生成するが、それ以外にメッシュを作らない)である。しかし設計ツール側では型の外側全体に面が存在するし、それに加え上記「型位置相関検出機能」のためには閉じた形状がハンドリングし易い。そこでCAE側で閉じた型形状に対応させる。

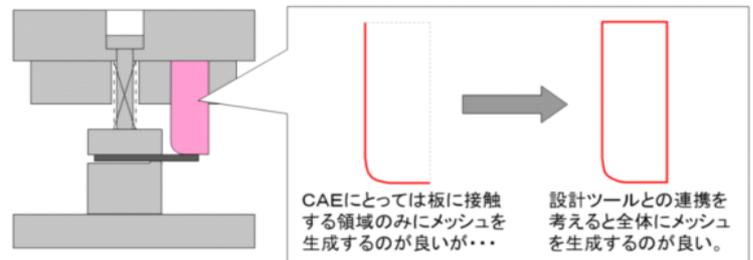


図1.12 型の閉じた形状対応

サブテーマ6 : CAE高速処理機能

大規模線形方程式のマトリクス演算を高速にするよう、マルチコアプロセッサを有効に使った並列化を行う。なお、高速化にはソフトのみならずコンピュータ側による解決手段も講じていて、独自仕様のマシン(個々の部品は汎用品)を手配する。これも本テーマの枠組みの中で検討するが、研究開発ではなくマシンの性能評価にとどめる。

サブテーマ7 : ポストプロセッサ機能

既存の型設計検証ツールのポストプロセッサの機能を拡張する。研究的性質は薄いですが、機能を追加したり、大規模なモデルを読み込むことで重たくなならないように改良する。

サブテーマ8 : 検証テスト

提案システムを使って10段階未満の順送プレスでの型設計と設計検証を行う。その結果を使って実際に型を作製し、プレス加工品としての可否判定を行う。

1 - 2 研究体制

1 - 2 - 1 研究組織、統括研究代表者、福統括研究代表者(図 1.13、表 1.1)

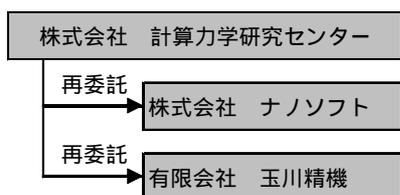


図1.13 研究組織

表1.1 統括研究代表者及び福統括研究代表者

役割	会社	氏名
統括研究代表者 (P L)	株式会社 計算力学研究センター	白滝 之博
副統括研究代表者 (S L)	株式会社 ナノソフト	大町 勝一郎

1 - 2 - 2 管理体制(図 1.14)

事業管理者

【株式会社 計算力学研究センター】

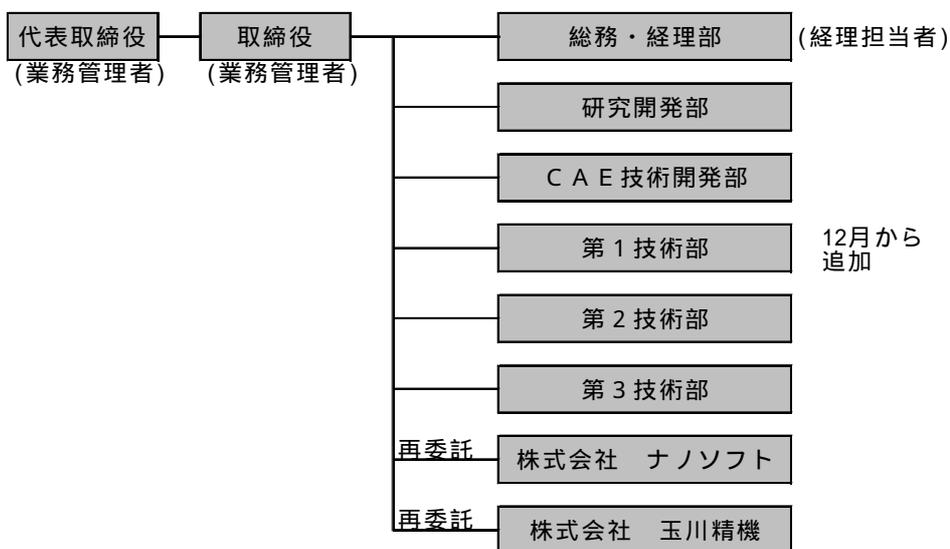


図1.14 事業管理者の体制

再委託先

【株式会社 ナノソフト】(図 1.15)



図1.15 ナノソフトの体制

【有限会社 玉川精機】(図 1.16)

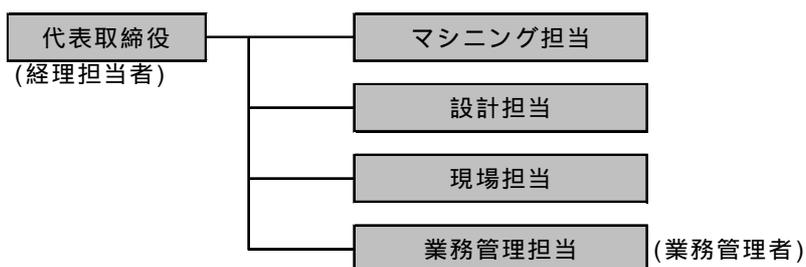


図1.16 玉川精機の体制

1 - 2 - 3 管理員及び研究員

【事業管理者】株式会社 計算力学研究センター

管理者(表 1.2)

表1.2 計算力学研究センターの管理者

氏名	所属・役職	実施内容
熊井 規	代表取締役	プロジェクトの管理・運営

研究員(表 1.3)

表1.3 計算力学研究センターの研究員

氏名	所属・役職	実施内容(サブテーマ番号)	
		10、11月	12～3月
白滝 之博	研究開発部 マイスター		
荒川 貴道	研究開発部 マイスター		
伊藤 元	第2技術部 部長		
三又 秀行	第3技術部		
濱口 一博	C A E 技術開発部		
岡田 光代	C A E 技術開発部		
川又 祐一	第3技術部		
長尾 佐市	第1技術部		

【再委託先】株式会社 ナノソフト

研究員(表 1.4)

表1.4 ナノソフトの研究員

氏名	所属・役職	実施内容(サブテーマ番号)
大町 勝一郎	代表取締役社長	
小坂 利宏	営業技術部	
桐川 聖優	営業技術部	

【再委託先】株式会社 玉川精機

研究員(表 1.5)

表1.5 玉川精機の研究員

氏名	所属・役職	実施内容(サブテーマ番号)
若林 昭博	代表取締役	
中島 喜彦	設計担当	
田村 崇	マシンニング担当	
横山 勇三	設計担当	
馬場 衛	現場担当	

1 - 2 - 4 経理担当者及び業務管理者

【事業管理者】株式会社 計算力学研究センター(表 1.6)

表1.6 計算力学研究センターの経理担当者および業務管理者

担当	所属・役職	氏名
経理担当者	総務・経理部 総務・経理部長	加藤 晃
業務管理者	代表取締役	熊井 規
	取締役	北川 和士

【再委託先】株式会社 ナノソフト(表 1.7)

表1.7 ナノソフトの経理担当者および業務管理者

担当	所属・役職	氏名
経理担当者	代表取締役社長	大町 勝一郎
業務管理者	取締役	鹿取 貞夫

【再委託先】玉川精機(表 1.8)

表1.8 玉川精機の経理担当者および業務管理者

担当	所属・役職	氏名
経理担当者	代表取締役	若林 昭博
業務管理者	業務管理担当	村田 正夫

1 - 2 - 5 アドバイザー(表 1.9)

表1.9 アドバイザー

氏名	所属・役職
遠藤 順一	神奈川工科大学 自動車システム開発工学科 教授

1 - 3 成果概要(表 1.10、1.11)

良いこと :

- (1) 順送を型構造ごと計算できた。
 - ・計算に取り込んだプレートと型は合わせて30個弱、バネは上下合わせて5種類。
 - ・使用する型をステージごとに指定するのではなく、最初に全ての型を丸ごと指定。
 - ・押込み指定は全ステージに共通のプレート1枚のみ。
- (2) 結果が良好で、本当にトライ削減に繋がるレベルであることを実感。
 - ・2箇所設計不具合を予測し、
 - ・計算結果から容易に原因究明ができ、
 - ・計算結果から容易に対策を思いつき、
 - ・それを反映した再トライで合格になった。

今後の課題 :

- (1) 簡単便利が不十分
 - ・上死点移動を自動処理にはできなかった。
 - ・CAE側のポストではなく、CAD上でシミュレーション結果を表示できたが、その表示中にこれを活かしてCAD上で型を修正することはできない。
- (2) メモリが多大
 - ・32ビットマシンの2GBでは30型がギリギリ。送りピッチ分の板取りなら可能だが、全ステージ分の板取りの場合にはメッシュを細かくすると計算できない(粗くすればできる)。
- (3) ステージ間の高低差が低精度
 - ・前半ステージと後半ステージの中間プレートが分離しているとき、前後半の板の高低差が現実以上に大きい。切断荷重やコイルばねの初期撓みの未考慮が原因と考える。

1 - 4 当該研究者の連絡窓口(表 1.12)

プロジェクトリーダーを連絡窓口とする。

表1.10 トライ回数削減寄与度評価

不具合予測	当り不良	意図的に設定した不具合ではなく、合格を狙った設計で不具合が発生。それを本開発システムは予知し、原因が可視的に分かり、対策を容易に考えることができ、再トライで合格になった。
	立上りフランジの跳ね上がり不良	
原因究明	当り不良	
	立上りフランジの跳ね上がり不良	
対策への寄与	当り不良	
	立上りフランジの跳ね上がり不良	

表1.11 サブテーマの開発実績評価

上死点作成機能	上/中/下のプレート郡のうち上/中を上昇	()	従来機能で対応
	バネ伸縮を自動算出して中プレートを移動		自動化を断念して手動で対応
	バネ伸縮を自動算出して下型を移動		自動化を断念して手動で対応
CADからの型データ抽出機能	簡単便利に選出する機能		
	属性付与の仕組み		
	情報出力		
型メッシング機能	メッシャー起動		
型位置相関検出機能	型移動制約の自動算出		方法を変更
型の閉じた形状対応機能	前処理の対応		
	本計算の対応		
CAE高速処理機能	マルチコアプロセッサ対応		
	ステップ数削減		
	コンピュータ購入	()	購入品による対応で開発無し
ポストプロセッサ機能	CAD上での計算結果表示		
	計算結果表示中に型修正	x	表示中はCAD機能仮死状態
検証テスト	10段階程度の順送プレス設計		
	トライ		

) 表中のx印の「計算結果表示中に型修正」は計画に明記してはいなかったが、希望としてやりたかった機能。

表1.12 連絡窓口

氏名	白滝 之博
郵便番号	〒142-0041
住所	東京都品川区戸越1-7-1 戸越NIビル
会社名	株式会社 計算力学研究センター
部署	研究開発部
電話番号	03-3785-3687
FAX番号	03-3785-6066
Eメール	shirataki@rccm.co.jp

第2章

2-1 サブテーマの関連性

開発するシステムは、

- ・ C A D : SolidWorks
- ・ 型モデラー : 3DQuickPress
- ・ C A E : Qsheet

をベースにしている、

- ・ C A D上に型モデラーがアドオンされた状態から開発をスタートし、
- ・ C A Eを型モデラーのコマンドから起動する仕組みを作る。

つまり、

- ・ C A Eをアドオンした形をとり、
- ・ そのためのインターフェース開発とC A E内部の部分開発が開発課題

であり、研究開発を、

- 上死点作成機能
- C A Dからの型データ抽出機能
- 型メッシング機能
- 型位置相関検出機能
- 型の閉じた形状対応機能
- C A E高速処理機能
- ポストプロセッサ機能
- 検証テスト

といったサブテーマで構成した(図 2.1)。

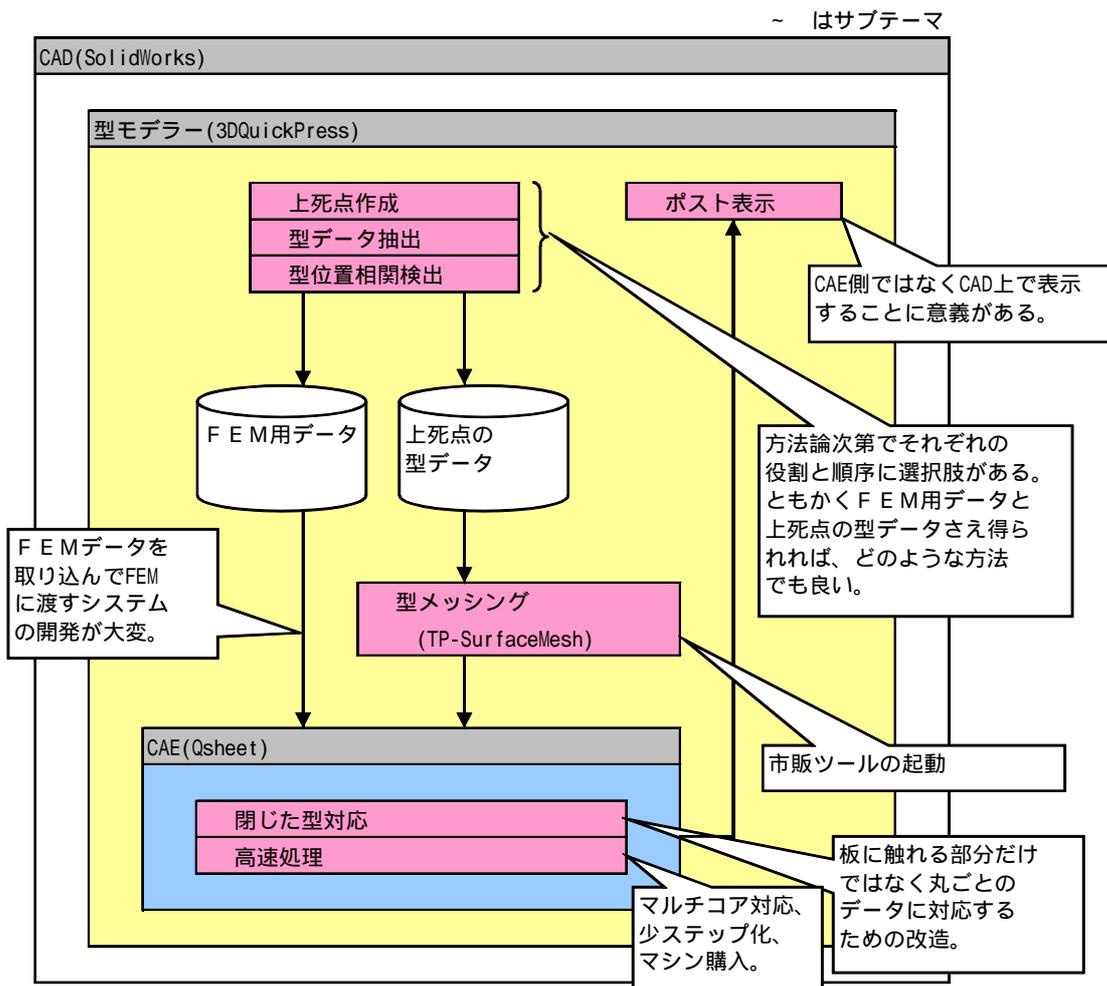


図2.1 各サブテーマの関連性

2-2 サブテーマの開発成果

2-2-1 サブテーマ1：上死点作成機能

上死点の位置で型データを作るには、

- ・上プレート群と中間プレート群(群とはプレートにボルトやピンで接続している型やブロックを含めたもの)を、押込み量のみで上げる

というだけでは済まず、下死点で縮んでいるコイルばねをもとの状態に戻すことにより、

- ・板よりも上側にあるコイルばねに起因して中間プレート群を下げる
- ・板よりも下側にあるコイルばねに起因して下型を上げる

という作業が必要である(図2.2)。このとき、

- ・変位量をどうやって求めるか ---- (1)
- ・どういうオペレーションにするか - (2)

という2つの課題が発生する。

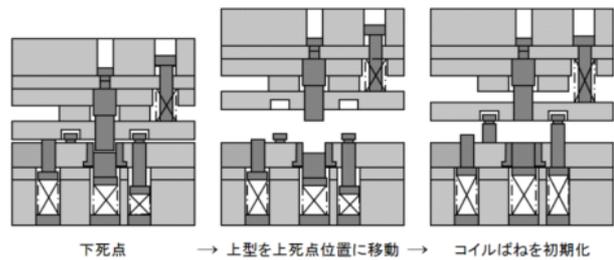


図2.2 上死点作成の手順

前者の(1)に関し、本システムの運用を考えたとき、設計の段階において「コイルばね強度」「コイルばね縮み量」「座グリ深さ、ボルトやピンの選出、エンドブロック位置」などを決めていく。つまり下死点製図の時点では既に必要情報の上記(1)が分かっているので、自動的に算出する必要はないと考え、ここでは操作性に関わる上記(2)に専念した。

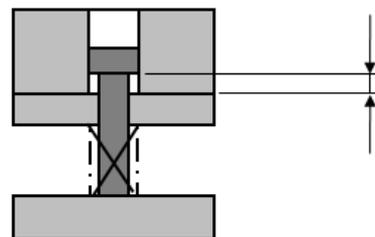


図2.3 距離の認識

この(2)については、

- ・先に必要なプレートと型を抽出してから上死点データを作るか、
- ・全てのプレートや型を上死点データにおいてから必要なものを選出するか
- ・型間距離はどのタイミングで求めるか

という順序、つまり、

- ・サブテーマ2
：CADからの型データ抽出機能
- ・サブテーマ4
：型位置相関検出機能

との関わり方がポイントになる。

これらサブテーマ1, 2, 4の順序に関して、

- ・3DQuickPressの機能としてダイセットテンプレートを使って製図すれば上/中/下プレート類を見極められるから、
- ・この段階で上死点データを作り(サブテーマ1)、
- ・属性を与えながら抽出(サブテーマ2)すると共にiges出力することでメッシング(サブテーマ3)の準備をし、
- ・上下死点の図を比べて型間距離を算出(サブテーマ4)する

とした。

2-2-2 サブテーマ2：CADからの型データ抽出機能

このサブテーマは、

- ・組図が持つ全ての部品の中からF E Mに必要なプレートや型を如何にして抽出するか

であるが、併せて「シミュレーションのための属性データ出力」についてもこのサブテーマの一部として含める形にした。

部品分別をするに当たり、

- ・データ抽出のための分別
シミュレーションに用いる部品の抽出を楽にする
- ・抽出したデータへの属性付与のための分別
シミュレーションに与えるべき部品情報を作る

の2つを分けて考える必要がある。前者は、

- ・上/中間/下プレート類 ----- (1)
- ・プレート/パンチ ----- (2)

の分別、後者は、

- ・成形型/切断型 ----- (3)

の分別である。

(1)に関しては、3DQuickPress で型構造を製図する際に、ダイセットテンプレート(デフォルトで持っている型構造のパターン)を使って組図を作成すれば、その段階で自ずと分類はなされているので、これを有効利用した。(2)についても3DQuickPress 側で認識しているのでこれを有効利用した。これら(1)(2)から該当するものを絞り込めるような仕組みと、それに従った画面メニューにすることによって、シミュレーションに用いる部品の抽出を楽にした(図2.4)。

一方でシミュレーションには(3)の情報を与えねばならず、QSPunchTypeなるフラッグによりこれを分別できるようにした(表2.1)。これにより、

- ・QSPunchType で「抜き」と分類されれば、
 - 切刃面データを生成
 - 型属性編集(図2.5)には自動的に「抜き」と記載
- ・QSPunchType で「抜き」と分類されなければ、
 - 型属性編集(図2.5)には自動的に「成形」と記載

とした。

表2.1 型属性分類のためのQSPunchType

名称	設定値	成形/抜き	項目	値
QSPunchType	整数	成形	曲げ	1 0
			その他	1 1
		抜き	Punch	0
			切刃	1

型属性編集に示すものは「成形型/切断型」の区別のみにとどまらず、成形型なら、

- ・上昇/静止/下降 ----- (1)
- ・摩擦係数 ----- (2)
- ・押え荷重 ----- (3)

切断型なら、

- ・切断方向のX/Y/Z成分 ----- (4)
- ・外捨て/内捨て ----- (5)

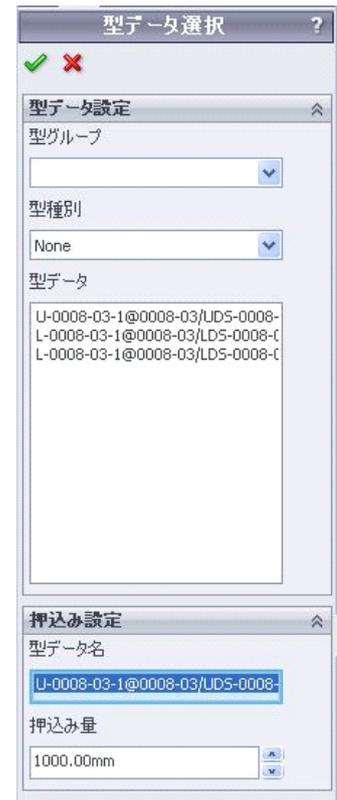


図2.4 型データ抽出画面

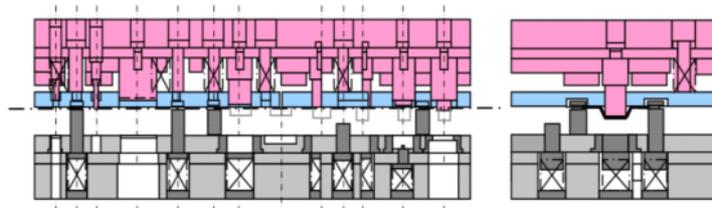


図2.5 型情報編集画面

を記録する。成形型に関する(1)は、

- ・上プレート群なら下降
- ・中間プレート群なら下降
- ・下プレート群なら静止

とルール付けているので(図 2.6)、これに従ってデフォルトとして記載するが、例外対策のための型属性編集の画面では変更入力することも可能である。(2)は板と型の材質、粗さ、潤滑に加え、面圧による影響も受けるが、簡易的に型の物性として属性扱いです。切断型については切断する向きを(4)によりベクトルの成分で入力する。



薄赤 ; 上プレート群 = 下降
薄青 ; 中間プレート群 = 下降
灰色 ; 下プレート群 = 静止

図2.6 成形開始時のプレート群の動き

シミュレーションに出力するデータはこれらの他に、

- ・コイルばね情報
- ・型間距離
- ・押し込み量

の三つがあり、型間距離はサブテーマ4で後述するとして、コイルばねと押し込み量について順次説明する。

コイルばねは2つの型の間には存在するが、

- ・変位が分かっている型(マスター型)
- ・変位が分かっていない型(スレーブ型)

を区別して型を指定する。このとき、1つのマスター型に対して、ボルトで締結してある複数の型にコイルばねが接続してある場合、スレーブ型は複数個発生する(図 2.7)。こうした状況を想定の上、コイルばね情報は、

- ・1個のマスター型
- ・複数個のスレーブ型
- ・バネ定数

を入力する画面とした(図 2.8)。

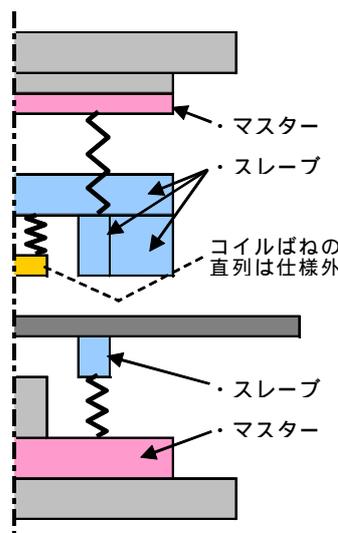


図2.7 型のマスターとスレーブ

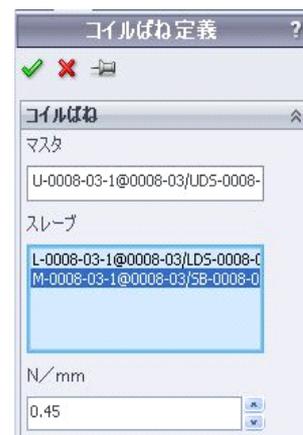


図2.8 バネの入力画面

押し込み量に関し、フェーズ2(図 1.2)の計算ではプレートは登場せず、板に触れる型だけを扱うのが一般であるため、全ての型に個別に変位を指定する。これに対して開発のシステムでは全ステージを基本的には丸ごと扱い、多くのプレートや型が登場する中、

- ・全ステージに共通のプレート一枚のみを指定し(図 2.9)、
- ・そのプレートの押し込み量を入力する。

なお、他のプレートや型には動きが固定であるものも、途中で変化するものがあるが、全てシミュレーションが計算の中で自己判断し、必要に応じて成形途中に変化する。

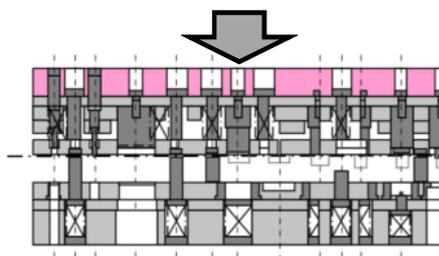


図2.9 押し込み指定型

2 - 2 - 3 サブテーマ3：型メッシング機能

型は、

- ・変形体ではなく剛体扱いとするため、
- ・形を認識するためだけのメッシングであり、
- ・よって内部にはメッシュは不要で、
- ・表面を三角形でメッシングする。

このときメッシュ - に求められる要件(図 2.10)は、

- ・稜線を守る ----- (1)
- ・同一面に二重にメッシュを生成しない ----- (2)
- ・隣接面境界がウォータータイトである ----- (3)
- ・短時間で処理可能 ----- (4)
- ・安価 ----- (5)

である。こういう観点で評価して TP-SurfaceMesh を採用した。これに加え、

- ・複数のパーツが独立している部品を一つの部品として扱うことが可能(図 2.11)

ツイン型の場合に便利

- ・閉じた形状でも、閉じていない形状でも問題無し
型やプレートは閉じた形状、切刃は閉じていない形状のため、両方の対応が発生

であるので、今回のシステムには好都合である。この TP-SurfaceMesh は本システム導入時に格納場所を設定し、TP-SurfaceMesh が出力する unv ファイルは iges データと同じフォルダーという約束事を設けた。

2 - 2 - 4 サブテーマ4：型位置相関検出機能

成形開始の折には、

- ・上/中間プレート群は下降
- ・下プレート群は静止

で始まるものの、その後は、

- ・バネや荷重一定による変化
- ・型同士の接触による変化

により動きを変える。後者についてはシミュレーション内部で型形状データから干渉を判定する機能は無く、事前に準備した上下の動きの制約データを用いる。この制約データは、

- ・型 A と型 B があつたとき、型 B がどれだけ上昇すれば型 A に接触するか

を知らせるものである。これには、

- ・上死点の位置において、
- ・型どうしの距離を、
- ・全ての型どうしの総当りで算出

するのが正しく、

- ・投影による物体間距離測定
- ・型を少しずつ動かしての干渉チェック

などによって求める方法もある。

しかし高度な幾何処理ツールを使うのは開発期間と費用と処理速度の面で得策ではないと判断し、

- ・上/下死点の二つのデータを見比べ、
- ・各型の基準位置の Z 座標値の差分から算出

とした。

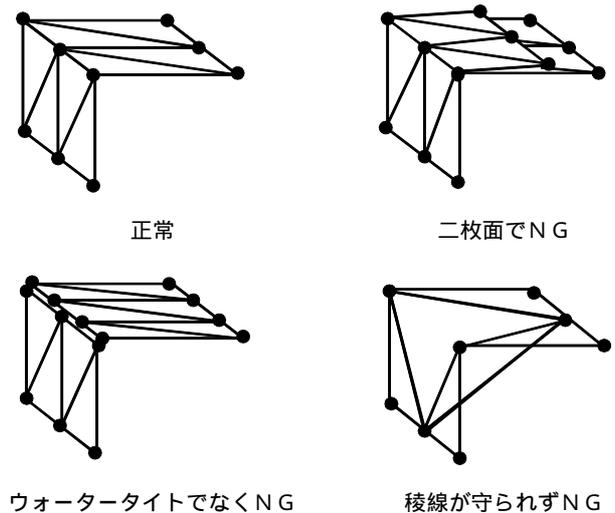


図2.10 メッシングの良い例と悪い例

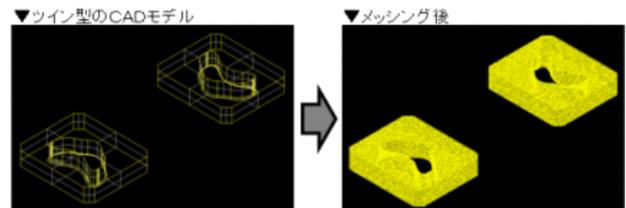


図2.11 ツイン型のメッシング

2-2-5 サブテーマ5：型の閉じた形状対応機能

型を変形体として扱わない限り、フェーズ2(図1.2)の通常のシミュレーションで扱う型データは板に接触する部分のみであり、それで十分目的を果たす。本システムでも型を変形体として扱う訳ではないが、型構造を扱うため、

- ・型位置相関機能 : 型どうしの距離を求める場合に閉じた型が便利
- ・メッシング : 特定の面を抽出するのは手間
- ・計算結果の評価 : ポスト表示でプレート間距離をチェックするにはZ高さの分かる立体的な表示が必要

により閉じた型を扱う必要がある。しかしそれによって型表裏を区別できなくなるため、メッシュの法線がどちらを向いているかをチェックする必要がある。そこでモデル中心から外表面の点に向かうベクトルと、その外表面のベクトルの内積で判断した。ところが本研究を推進していく中で、合体型とする必要性が発生して不都合が生じた(図2.12)。そこで、

- ・合体型にする前に個別型で内外判定してから、
- ・合体型作成することで、
- ・もはや内外判定をせず、既に正しいとして処理という手順を踏むことにした。

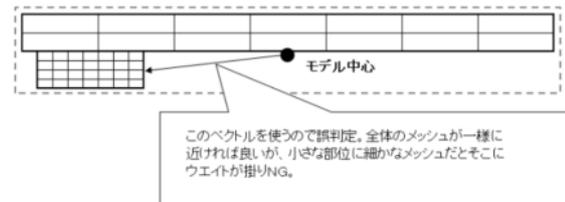


図2.12 合体型での誤判定

2-2-6 サブテーマ6：CAE高速処理機能

シミュレーションの仕組みは、

- ・剛性マトリクスを作成 ----- (1)
- ・境界条件付与 ----- (2)
- ・剛性本定式を解く(分解&求解) ----- (3)
- ・解を使っての物理量算出 ----- (4)
- ・繰返しのステップ ----- (5)

という流れになっている。そこで圧倒的に時間を要している(3)の処理を速くすべく、マルチコアプロセッサに対応したパラレル処理として、spooles から MKL ライブラリに切り替えた。

2-2-7 サブテーマ7：ポストプロセッサ機能

計算結果の表示には、

- ・シミュレーションソフトに付随のポストプロセッサ
 - ・シミュレーションソフトから独立した汎用のポストプロセッサ
- の二択があり、プレスに関しては前者の形態をとるのが一般であるが、本提案では、
- ・将来性を考えてCAD上で表示

CAD上であれば計算結果を製品図や測定結果や型図と重ね合わせて評価でき、その場で型修正できる。を基本方針とした。これを実現するにあたり、

- ・シミュレーションソフトに付随の、既存のポストプロセッサのプログラムを有効利用し、
- ・その既存のポストプロセッサはVTKライブラリーを用いているので、CAD上でこれを使うのがポイントで、
- ・そこをクイヤーできれば諸機能はマンパワーで開発可能

と考えた。

計算結果の表示については、

- ・CAD上で表示はできたが、
- ・vtkグラフィックコンテキストをCADに渡すところが問題で、
- ・vtkの背景がCADと別々に表示されてしまうので、
- ・計算結果と元の型を同一画面に重ね合わせ表示した状態で、CAD上で型を修正することはできない。

である。

なおポストプロセッサの機能は、「読み込み」「削除」「表示」から構成され、表示には「3D表示」「2D表示」を設けた。

2 - 2 - 8 サブテーマ 8 : 検証テスト

検証用の実験として選んだものは、

- ・ 11 ステージの順送プレス

で(表 2.2)、

- ・ 両端にイチョウ形状
- ・ 中央部に張出し形状
- ・ その間が細いブリッジ状
- ・ 両端は立上りフランジ
- ・ 両サイドもフランジアップ

という製品にした(図 2.13、 2.14)。

型構造は、

- ・ 上下のダイセットプレートが全ステージをカバー
- ・ 中間プレート郡は前半の 1 ~ 5 ステージと、後半の 6 ~ 11 ステージに分離
- ・ コイルばねは、
 - 前後半それぞれの上/中間プレート間
 - 前後半それぞれの下プレートには、リフターとしてのバネ
 - 前後半それぞれの中間プレート/ノックアウト間
 - 第 9 ステージにはノックアウト(カウンターパンチとしての役割を兼任)が下降する際に抵抗を与えるためのバネ

という方針に基く。この設計に基き、各種プレートや型を作製して組み立て、検証テストを行った。

表2.2 検証テストの加工要素と工程分解

ステージ	内容	切断	成形
第 1 ステージ	ピアス、成形		
第 2 ステージ	ピアス、ノッチング		
第 3 ステージ	ノッチング		
第 4 ステージ	ノッチング		
第 5 ステージ	ノッチング		
第 6 ステージ	成形		
第 7 ステージ	フランジ成形		
第 8 ステージ	バンド		
第 9 ステージ	フランジ成形		
第10ステージ	ピアス		
第11ステージ	切出し		

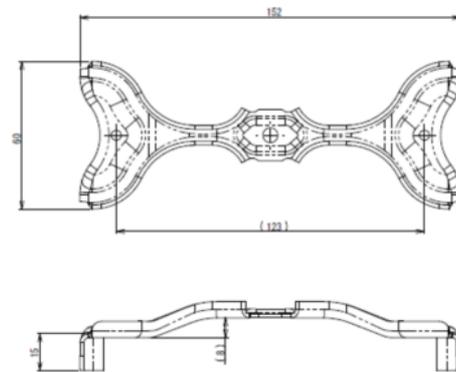


図2.13 製品図

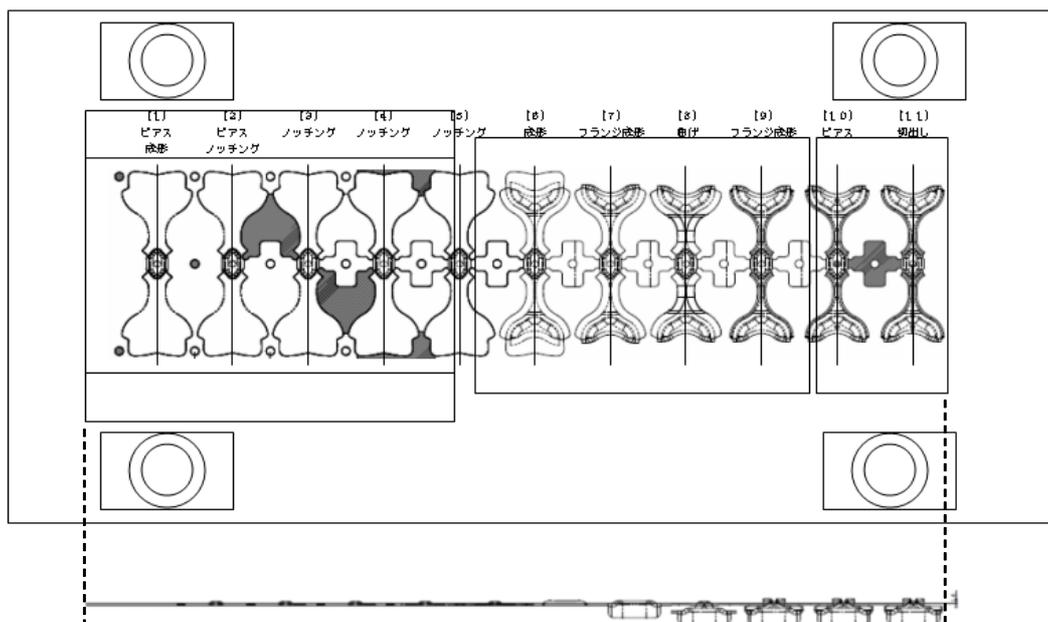


図2.14 ストリップレイアウト

トライでは、

- ・第9ステージにおいて、
 - 両端フランジの幅方向に当たりによる疵、亀裂が発生。
 - 両端フランジの立上り部分に開きが発生

の二つの不具合が発生した(写真 2.1)。

ステージ	斜め	上	
1			
6			
7			
8			 <p>第8ステージでは開いていないが、第9ステージでは開いた。</p>
9			  

写真2.1 トライ結果

一方、検証の計算では、

・バネが直列接続となる第1工程のノックアウト、第6工程のノックアウトは除外とした以外はこの型構造をそのまま取り入れた(図 2.15)。そして、

- ・単発ステージ分の板取り
- ・9ステージ分の板取り

の二水準で実行した。単発ステージ板取りの計算(図 2.16)に関しては実験と同様に第9ステージにおいて、

- ・両端フランジの両耳の幅が予想以上に大きく、逃がしたつもりの型の段付き部に当たり発生。
- ・両端フランジの立ち上がり部が開いて直角度不良発生。

という二つの成形不具合が発生した(図 2.17)。この二つの不具合は実トライの状況と同じである。

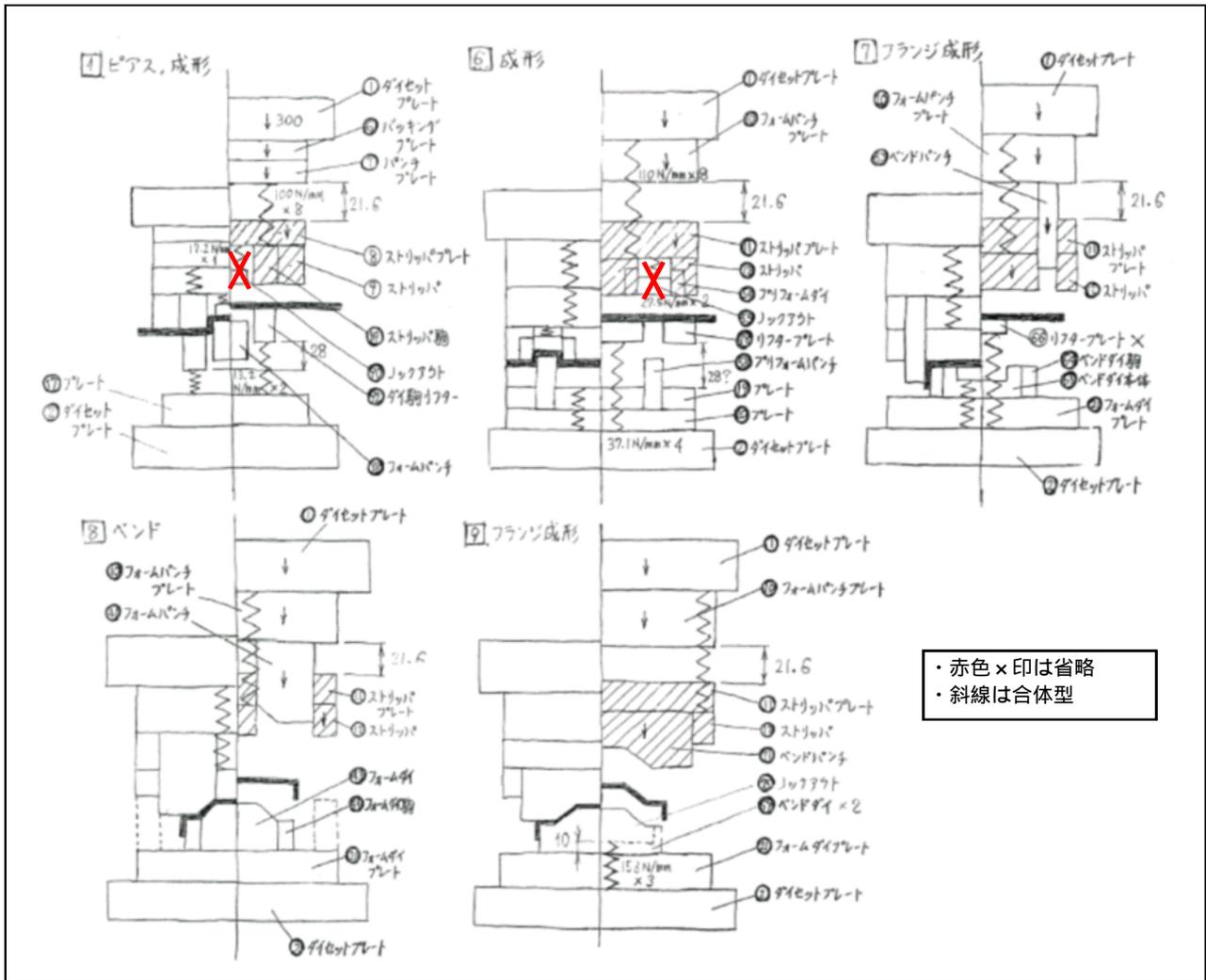


図2.15 シミュレーションで扱った型構造

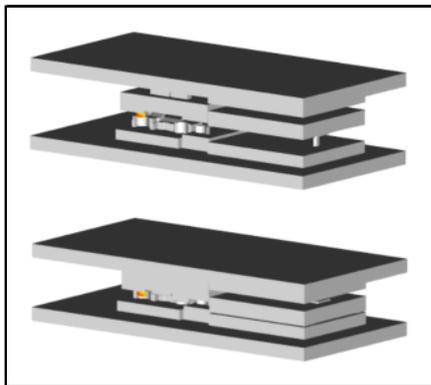


図2.16 外観イメージ

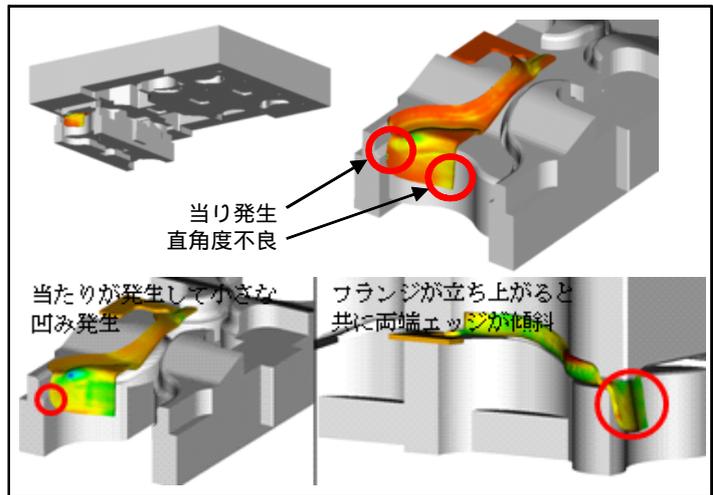


図2.17 シミュレーション結果

前者の不良は単に寸法の見込み違いで発生したものである。一方で後者は、

- ・前ステージでは直角度が出ており、
 - ・両サイドのフランジを上げると両端フランジの立上り部が開く
- という不可解な現象であるが、成形中の変形挙動をよく観察すると、
- ・サイドを押えるから両端が「お辞儀」するかのように回転し、そのとき立上り部がロックアウトの側面に当たって押し広げる幾何的な現象

であることが分かった(図 2.18)。更に詳しく見れば、両端フランジがロックアウトから浮いていて、その空間が押し込みと共に狭くなっていくことが観察できた。これは、

- ・両端フランジがロックアウトから浮いていたことが諸悪の根源で、この空間が無ければ両端フランジは下らないということの意味している。したがって対策は簡単で、

- ・ロックアウトの両端水平部に形状を付けて板との隙間を埋める

という案が自ずと浮かぶ。そこでロックアウトとバンドダイを修正して再トライしたところ不具合は消えた(写真 2.2)。なお 9 ステージ分の板取りで計算した結果を参考として示す(図 1.19)。この 9 ステージの計算では、メモリが多であること、前後半ステージに分けた中間プレートの高低差が低精度(コイルばねの初期撓みが原因と推測)であること、などが課題として残った。

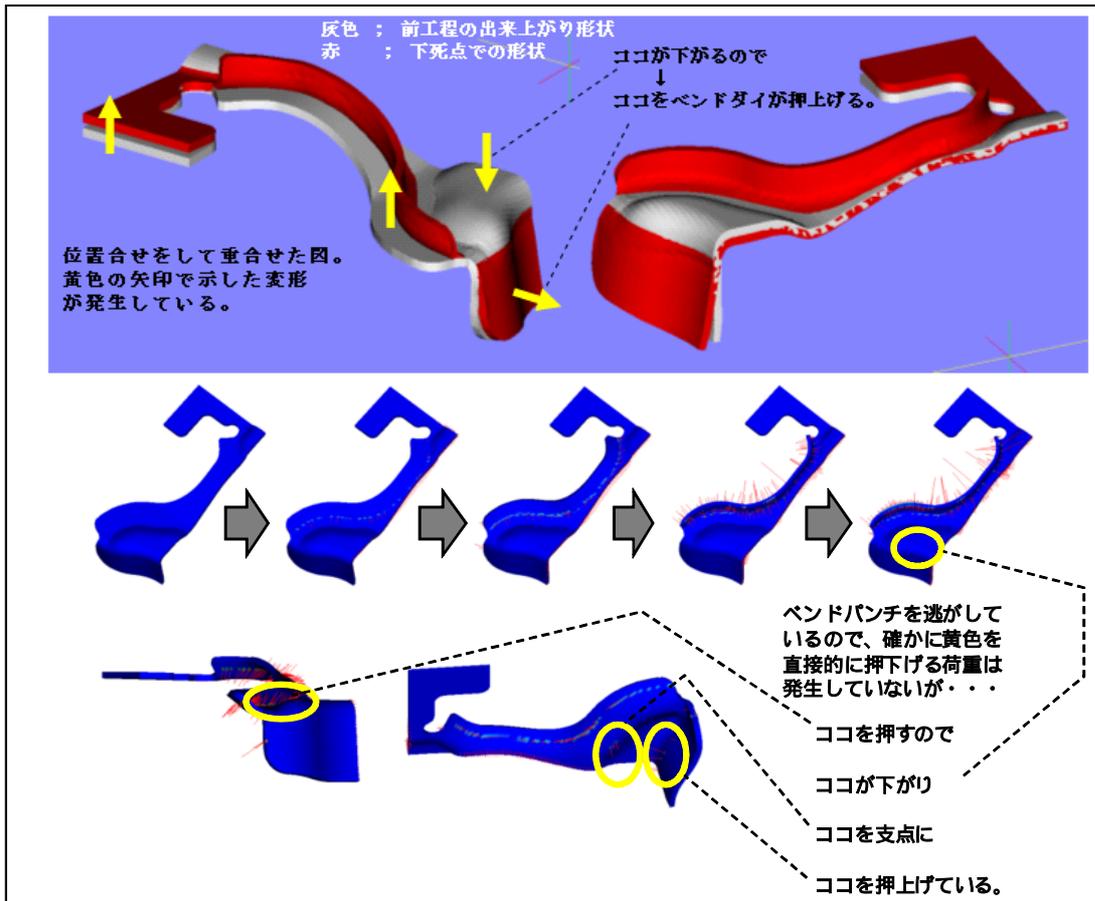


図2.18 不具合の発生メカニズム

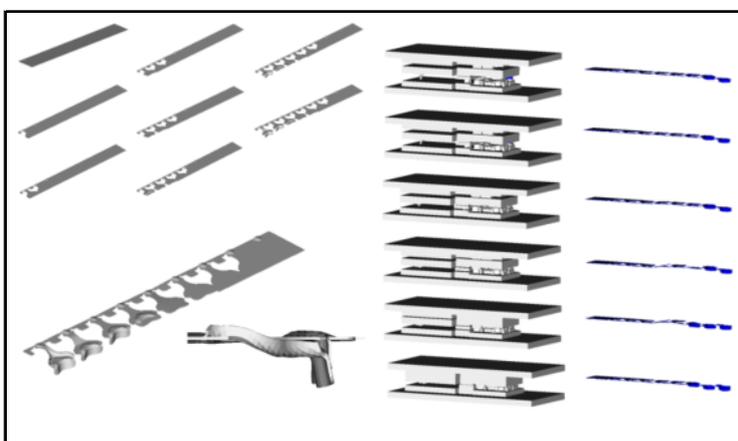


図2.19 9ステージ分の板取りによるシミュレーション



写真2.2 再トライの結果

第4章 全体総括

本研究開発は、

- ・金属プレス加工に係る技術に関する事項の中の、
- ・自動車に関する事項

に関して、

- ・シミュレーションの位置付けを、設計前の白紙状態ではなく、設計後のトライ前にする。
- ・型構造を扱う

により

- ・トライ回数削減
- ・工程短縮

に寄与し、

- ・低コスト化
- ・短納期化

の問題を解決し、

- ・高張力鋼板、アルミニウム合金等の難加工材に対応した金型及び成形技術の構築
- ・シミュレーション技術と融合させた高度知能化プレス生産システムの構築
- ・複合加工、部品組立及び工程短縮を可能とする技術の向上
- ・ITを活かした生産技術の向上

を目標とするものである。

検証を含めた事実を列記すると、

- ・順送を型構造(プレート、型、パネ)ごと計算でき、
- ・シミュレーションによって2箇所の不具合を予測でき、
- ・シミュレーションによって不具合発生メカニズムを容易に想像でき、
- ・シミュレーションによって対策も分かり、
- ・その対策が功を奏して合格品を得た

であり、

- ・トライ回数削減に寄与できる

ということを確認した。

今後は、

- ・技術開発と評価を踏まえて10月末までに商品合否を判断し、
- ・合格と判断できれば11月から営業活動

と考えている。

リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。