

# プレス金型の変形量測定技術の開発研究（第1報）

今井 智彦

## Development of deformation measuring technique for die (I)

Tomohiko Imai

本研究では、プレス金型に関する物理量の可視化として、プレス金型側面の変形を簡易測定可能な非接触式変位センサを活用した測定機構を開発し、県内プレス金型製造業者の金型設計製造に資することを旨とする。本報告では、本研究で用いる非接触式変位センサの一種である渦電流式変位センサと一般的に用いられるひずみゲージ（ロゼットゲージ）を使用し、加工動作中の金型変形量を測定する実験を行い、それら測定データの関連性を調査した。その結果、渦電流式変位センサの測定データから求めた変位量とロゼットゲージの測定データから求めた主応力との関連性を確認し、渦電流式変位センサによるプレス金型側面の変形量測定の可能性を示した。

### 1. はじめに

金型は被成形材を所定の形状に成形加工するための工具であり、自動車や家電等の幅広い産業分野で使用されている。金型の種類は成形する材料や成形方法によって様々あるが、県内では金属プレス加工に用いるプレス金型、プラスチックの射出成形等に用いるプラスチック金型の生産量が多い。

金型で製品を成形するにあたり、金型の精度が製品の品質に大きく左右することから、川下製造業者からの金型に対する要求は高度化しているが、金型の基盤技術の多くは依然として熟練技術者の経験に依存している。自動車部品等の製造に用いる金型の技術課題としては、可視化技術の活用を図り、熟練技術者の経験への依存から脱却することである。可視化方法としては、コンピュータ・シミュレーションによる成形の状態解析、センサを用いた物理量の直接測定がある。プレス金型に関しては、シミュレーションのみならず、実機の停止時および加工時における金型の測定、加工時におけるプレス機の変形を可視し、不良率低減につなげることが求められている。

一方、プレス金型の変形量測定に関する既存技術として、ひずみゲージを用いる測定が知られている。これは一般的な測定方法であり、金型または金型に付随する治具に貼り付けてひずみ測定し、金型にかかる負荷等を求めるために行われる。しかし、ひずみゲージを金型に直接貼り付ける必要があることから、メンテナンスを考慮すると、実際加工に用いる金型には取り付けことは困難である。

そこで本研究では、プレス金型に関する物理量の可視化として、プレス金型側面の変形を簡易的に測定可能な非接触式変位センサを活用した測定機構を開発し、県内プレス金型製造業者の金型設計製造に資することを旨とする。本報告では、非接触式変位センサによるプレス金型側面の変形量測定の可能性について報告する。

### 2. 実験

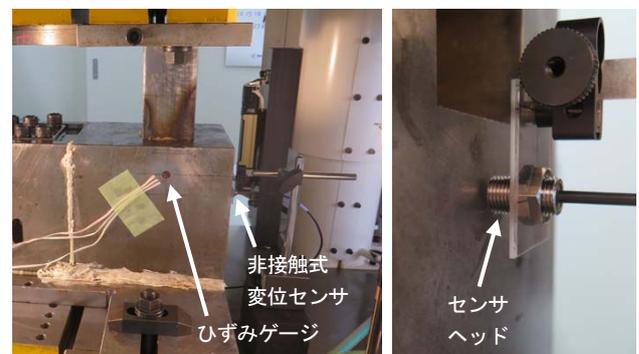
#### 2.1 実験概要

非接触式変位センサによるプレス金型側面の変形量測定の可能性を調査するため、本研究で用いる非接触式変位センサと一般的に用いられるひずみゲージを使用し、加工動作中の金型変形量を測定し、それら測定データの関連性を調べる。

#### 2.2 実験方法

図1に実験環境を示す。電動サーボプレス機（放電精密加工研究所製 ZENFormer MPS675DS）に実験用の金型を設置し、非接触式変位センサおよびひずみゲージを配置する。実験用の金型は、液圧バルジ加工に類する加工を行う金型であり、今回は液圧を昇圧する工程について測定を行う。また、金型の構造から液圧の負荷は図1(a)の左から右方向にかかる想定されるので、変位センサとひずみゲージの配置位置は図1に示すとおりとする。

今回使用する非接触式変位センサは、渦電流式変位センサ（キーエンス製センサヘッド EX-110V、アンブユニット EX-V02）とし、AD変換器を介してパソコンに測



(a) 非接触式変位センサとひずみゲージの配置 (b) 非接触式変位センサ

図1 実験環境

定データを記録する。サンプリング周波数は1kHzとする。

また、ひずみゲージは直角3軸型のひずみゲージ（共和電業製 KFG-5-120-D17-11L3M3S）（以下、ロゼットゲージという）とし、これを接着剤（共和電業製 CC-33A）で金型に貼り付け、センサインタフェース（共和電業製 PCD-300A）に接続し、制御ソフトウェア（共和電業製 PCD-30A）を使用して測定する。サンプリング周波数はインタフェース仕様を考慮し200Hzとする。

## 2. 3 測定データ処理方法

### 2. 3. 1 非接触式変位センサ

渦電流式変位センサと加工動作前の金型との間隔を初期値とし、この値と測定データとの差をみられるようにするため、測定開始後一定時間の測定データについて平均をとり、この平均値と各測定データの差分を求める。

### 2. 3. 2 ひずみゲージ

ロゼットゲージの各軸に働くひずみの測定データから、主ひずみ（最大主ひずみ  $\epsilon_1(\max)$ 、最小主ひずみ  $\epsilon_2(\min)$ ）および主応力（最大主応力  $\sigma_1(\max)$ 、最小主応力  $\sigma_2(\min)$ ）を求める<sup>1-2)</sup>。なお計算で用いる縦弾性係数は206GPa、ポアソン比は0.3とする。

## 3. 結果及び考察

図2に渦電流式変位センサの測定データから求めた変位量を、図3および図4にロゼットゲージの測定データから求めた主ひずみおよび主応力を示す。なお、ロゼットゲージの測定データは、データ処理前に、前述の制御ソフトウェアの解析処理を用いてバターワースローパスフィルタ処理を行った。また、渦電流式変位センサとロゼットゲージの測定は開始時の同期がとれておらず、ロゼットゲージの測定開始が若干早いことに注意されたい。

図2および図3から、変位量の変化と最小主ひずみの変化がほぼ同様に起きていることを確認した。また図2および図4から、変位量の変化と最大主応力および最小主応力の変化がほぼ同様に起きていること、最小主応力の方が変化の度合いが大きいことを確認した。

このことから、渦電流式変位センサの変位量とロゼットゲージの主応力との関連性を確認でき、渦電流式変位センサによるプレス金型側面の変形量測定の可能性を示した。しかし、今回の実験で用いた金型は、一般のプレス金型と比べて、金型内部に高圧の負荷がかかることから、ひずみゲージで測定するような局所的なひずみだけでなく、変位センサで測定するような全体的な変位にも顕著な値が検出された可能性は否定できず、その検討が必要である。

## 4. まとめ

本報告では、本研究で用いる非接触式変位センサの一種である渦電流式変位センサと一般的に用いられるひずみゲージ（ロゼットゲージ）を使用し、加工動作中の金

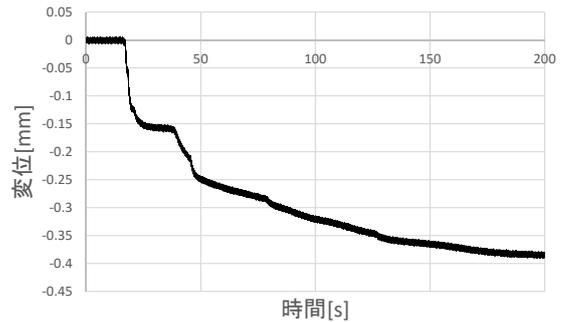


図2 変位量（元データ：渦電流式変位センサ）

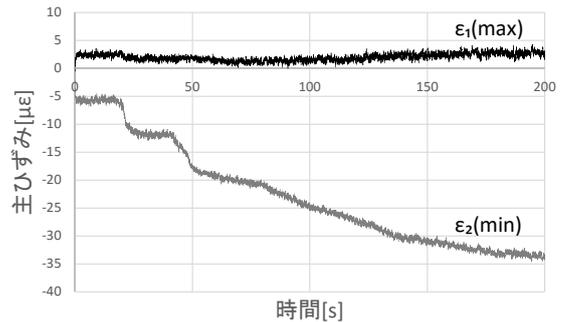


図3 主ひずみ（元データ：ロゼットゲージ）

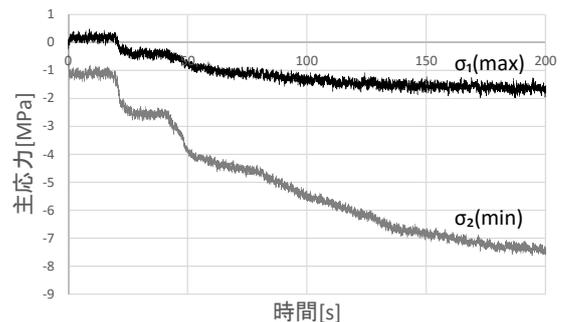


図4 主応力（元データ：ロゼットゲージ）

型変形量を測定する実験を行い、それら測定データの関連性を調査した。その結果、渦電流式変位センサの測定データから求めた変位量とロゼットゲージの測定データから求めた主応力との関連性を確認し、渦電流式変位センサによるプレス金型側面の変形量測定の可能性を示した。しかし、今回用いた実験用の金型ゆえに得られた結果であることも否めず、その検討が今後の課題である。

### 【謝 辞】

本研究遂行にあたり、実験用金型についてご協力いただきました（有）シバ金型の皆様に深く感謝いたします。

### 【参考文献】

- 1) 一般社団法人日本非破壊検査協会, 非破壊検査技術シリーズ ひずみ測定Ⅱ, pp5-20, 2014
- 2) 高橋ら, 改訂新版ひずみ測定入門, pp132-137, 2015