

プレス金型の故障診断手法の確立（第2報）

－ 加速度の周波数解析 －

松原 早苗、横山 貴広

The establishment of failure diagnosis system for die (II) - Frequency analysis for acceleration -

Sanae Matsubara and Takahiro Yokoyama

本研究では、県内製造業の中核を担っているプレス加工企業を支援することを目的に、プレス機や金型にセンサを取り付け、そのセンサデータを解析することで、早期に加工異常を検知する技術の開発を目指している。本年度は、金型の摩耗と振動の変化の関係を評価するため、金型に加速度センサを取り付け、取得された加速度データを解析した。その結果、ショット数の増加に伴い、加速度データの原波形は一部が鈍化すること、周波数分布はある範囲において周波数強度が強くなることがわかったので報告する。

1. はじめに

金型を用いるプレス加工は、加工速度が速く、大量生産に向くため、自動車や家電をはじめとして、広く使用され、県内製造業でも多く行われている。プレス加工は、高速に大量の製品を生産できる反面、金型に異常が発生すると大量に不良品を生成してしまう課題がある。そのため、早期に金型の異常を検出する技術が求められている。現在、金型の異常を検出する方法としては、加工後の製品の抜き取り検査を行い、製品にバリやキズなどの異常が発生した場合、金型が摩耗した、損傷したと判断する方法や、ショット数を管理し定期的にメンテナンスを行うことが行われている。抜き取り検査では、製品の不良を発見するまでの間、大量に不良品を生成してしまう課題がある。また、定期メンテナンスでは、メンテナンスにかかるコストが大きいため、不良を発生しない範囲で限界まで加工したいとの要望がある。そのため、金型の摩耗、損傷等の状態を、稼働中にリアルタイムに取得、可視化、異常検知する技術が求められている¹⁾。

金型の異常としては、金型の摩耗による製品のバリの発生、パンチやダイの欠損、異物混入（主にカス上がり）による圧痕などがある。中でも、不良発生の原因として発生頻度が高いのは、製品のバリの発生である²⁾。

本研究では、プレス機や金型にセンサを取り付け、そのセンサデータを解析することで早期に加工異常を検知する技術の開発を目指す。本年度は、金型の摩耗と振動の変化の関係を評価するため、金型に加速度センサを取り付け、取得される加速度データを解析した。その結果から、ショット数の増加と、加速度データの変化について考察したので報告する。

2. 実験

本稿では、5 工程あるトランスファー型プレス機（図 1(a)）において、中央となる 3 工程目のダイ（図 1(b)）



(a) プレス加工機



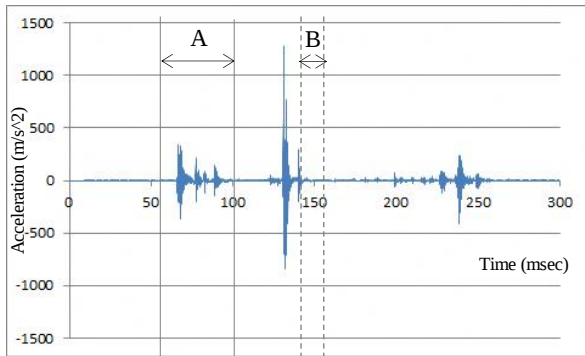
(b) 金型

図 1 実験環境

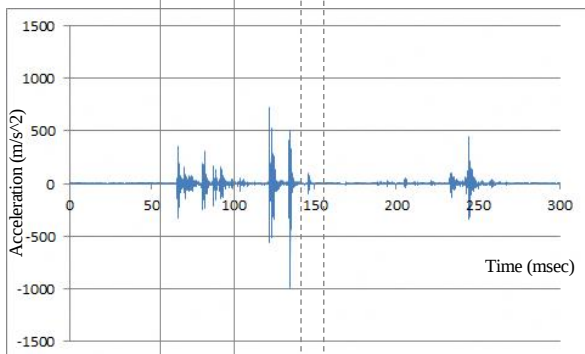
に、加速度センサを取り付け、加速度データを取得した。この 5 工程は、打ち抜き工程、トリミング工程等を含む。加速度センサは、PCB 社製の Model No.352C65 を使用し、図 1(b)に示すように、ダイの静止部（図中白丸の箇所）に、真空グリースを使用し、専用のマグネット式の治具で設置した。データロガーは、キーエンス社製の NR-600 を使用した。データの取得条件についての詳細を表 2 に示す。

表 2 データの取得条件

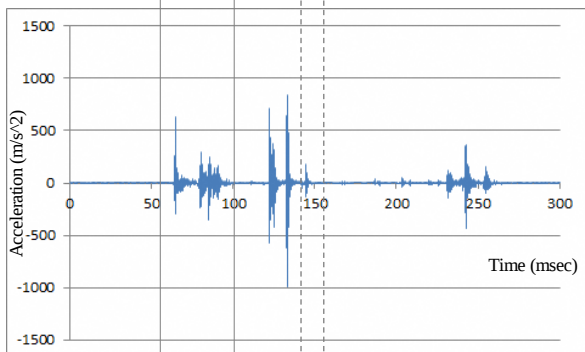
サンプリング間隔	10μsec
サンプリング周波数	100kHz
ショット間隔	2.47sec
金型の状態 (ショット数)	(a)約 100 ショット目 (b)約 1,500 ショット目 (c)約 24,000 ショット目



(a)約 100 ショット目



(b)約 1,500 ショット目



(c)約 24,000 ショット目

図2 加速度データの前波形

3. 実験結果及び考察

3. 1 振動と摩耗の関係について

金型の摩耗と振動の変化の関係を評価するため、金型のメンテナンス後 100 ショットから、1,500 ショット、24,000 ショットとショット数を増やし、3つの状態において加速度データを取得した。また、各時点から、連続 140 ショットのデータに対して解析した。

3. 1. 1 加速度の原波形

加工中に取得した加速度データを 1 ショットごとに切り出した原波形を図 2 に示す。図 2 において(a)は、金型のメンテナンスを行った直後から約 100 ショット目の波形を示し、(b)はショット約 1,500 ショット目の波形、(c)は約 24,000 ショット目の波形である。図 2 の波形は加工過程で発生した振動と考えられる。ショット数が進

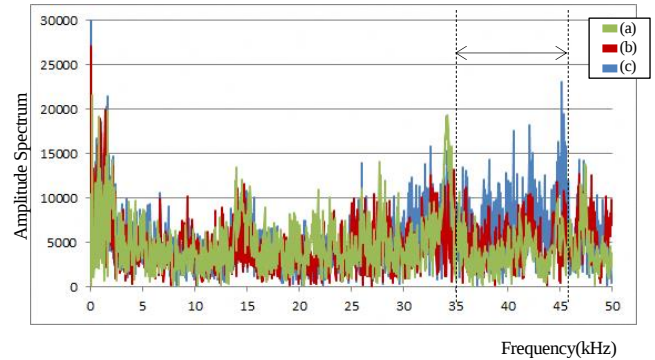


図3 周波数解析の結果

むにつれ、図中 A 部は、波形が鈍化している。また、B 部においては、(a)にはない小さな振動が、(b)、(c)において発生する変化が生じた。この特徴は、(a)、(b)、(c)の各時点から連続 140 ショットにおいて、同様にみられた。これらの変化と金型の摩耗に関係があるのではないかと考えられる。今後、この振動の変化と、金型の摩耗状態、摩耗により発生する製品のバリ、キズ等の製品の状態との対応を評価し、振動変化と金型、製品の状態の関係性について考察を加える必要がある。

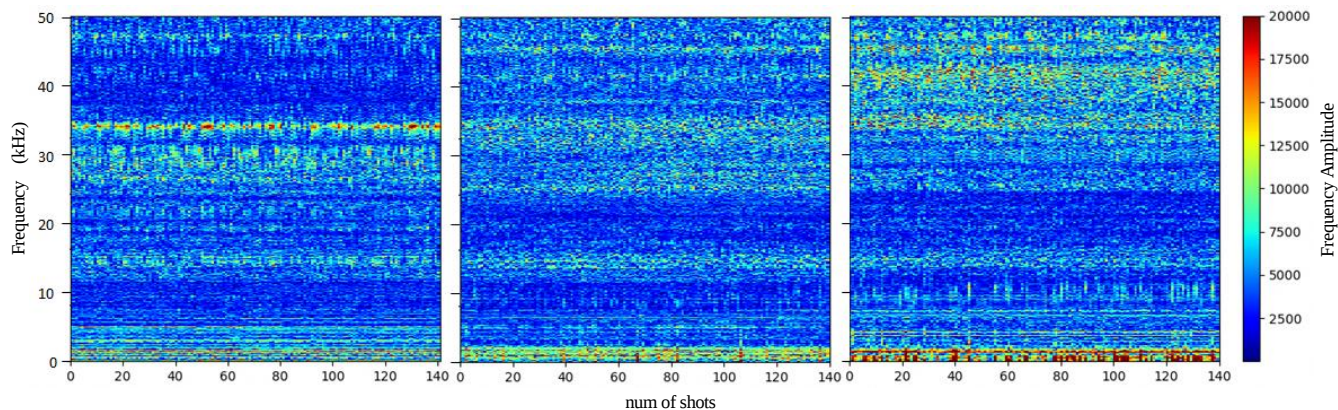
3. 1. 2 周波数解析

図 2 の原波形の全体に対して FFT を用いて周波数解析を行った結果を図 3 に示す。図 2 と同様に(a)はメンテナンス後約 100 ショット目、(b)は約 1,500 ショット目、(c)は約 24,000 ショット目の加速度データに対して周波数解析を行った結果を重ねて示す。(a)、(b)、(c)を比較すると、35kHz~45kHz 辺りの範囲においてショット数が増えるに伴い、周波数強度が高くなっていることがわかる。こちらにおいても、今後、周波数の変化と金型、製品の状態の関係性について調べる必要がある。

3. 1. 3 スペクトログラム

図 4(a)に、約 100 ショット目から連続 140 ショット分のスペクトログラムを示す。横軸がショット数を、縦軸が周波数、各点の色は周波数強度を表している。1 ショットの周波数分布が、スペクトログラムの 1 列に対応しており、図 3(a)で強度の強い 15kHz、35kHz 辺りで、図 4(a)においても強度が高い色となっていることがわかる。図 4(a)は、約 100 ショット目から連続する 140 ショット分の周波数分布を並べていることになるが、この間においては、周波数分布に大きな変化はなく、一定のパターンが表れている。これにより、140 ショット程度の連続加工においては、振動の変化がみられないと考えられる。

図 4 には、これまでと同様に(a)はメンテナンス後約 100 ショット目、(b)は約 1,500 ショット目、(c)は約 24,000 ショット目の各時点から連続 140 ショット分のスペクトログラムを示す。それぞれ連続 140 ショットの間では、周波数分布に大きな変化はみられないが、(a)、(b)、(c)の比較では、特に 35kHz~45kHz の範囲において、ショット数が増えるに伴い、周波数強度が大きくな



(a)約 100 ショット目

(b)約 1,500 ショット目

(c)約 24,000 ショット目

図4 加工時の加速度の原波形

る変化が生じている。連続 140 ショット程度の短期間では、振動の変化は表れず、100 ショット目から 24,000 ショット程度の長い期間では、振動に変化が表れている。この結果から、周波数強度の変化が金型の摩耗と関係があると考えられる。今後、実際の金型、製品の状態との関係の評価していく必要がある。また、摩耗が発生する長期間に対して連続したデータを収集し、連続的にどのように振動が変化していくかを確認する必要がある。

3. 2 プレス機停止の影響

メンテナンス後約 100 ショット辺りにおいて、プレス機が一時停止した。その停止前後の加速データに対するスペクトログラムを図 5 示す。ショット数 1~60 が停止前で、61~80 が停止期間、81~140 が停止後である。プレス機の停止前後で、若干変化がみられる。35kHz 付近にて停止後、強度が弱くなっている。また、25~30kHz 付近においても停止後の強度が弱くなっている。この停止は生成された製品を受ける箱を取り換える目的であり、試料の材質等に変更はない。そのため、停止前後の周波数強度の変化は、プレス機が停止することにより、金型の温度変化や、連続加工によるプレス機自身の振動の影響等が考えられる。これについては、長時間の連続するデータを収集し、停止前後のデータを複数回において比較し、同様の特徴があらわれるかを評価する必要がある。また、金型の温度や、プレス機自身の振動を計測することで、この変化の原因について調べる必要がある。

4. まとめ

本年度は、プレス加工における金型の摩耗と振動の変化との関係を知るため、金型に加速度センサを設置し、加工中の加速度データを取得した。その結果、加速度データの原波形においては、ショット数の増加に伴い、ある範囲において、波形が鈍化する、新たな振動が発生する変化があらわれた。また、周波数解析においても、ショット数の増加に伴い、ある範囲において強度が強くな

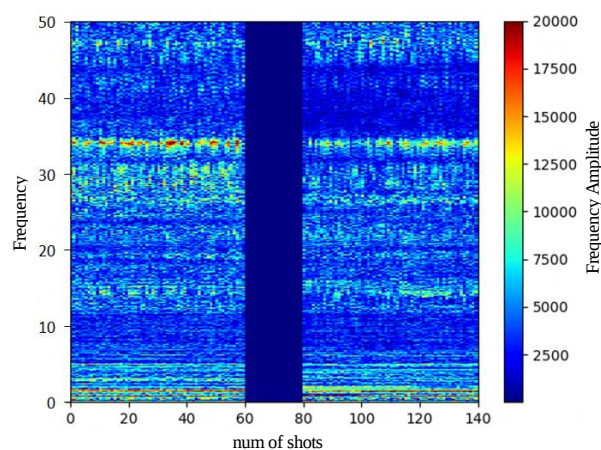


図5 プレス機停止前後のスペクトログラム

る変化がみられた。連続 140 ショット程度の短期間では、周波数分布に変化がみられなかった。これらの結果から、長期的に徐々に変化が起きているため、振動の変化と金型の摩耗に関係があるのではないかと推測される。今後は、振動の変化と金型や製品の状態とを突き合わせ、その関係性を評価する必要がある。また、金型のメンテナンス後から摩耗が発生するまでの連続したデータを取得し、振動の連続した変化について評価を行う必要がある。

【謝 辞】

本研究を進めるにあたり、データ収集においてご協力を頂きました株式会社ツカダ様に深く感謝致します。

【参考文献】

- 1) 横山, 岐阜県工業技術研究所研究報告 第5号, pp9-13, 2017
- 2) 西本ら, 第11回アコースティックエミッション総合コンファレンス論文集, pp.195-198, 1997