

# モノづくりの高度化と 塑性加工の進化

東京都立大学名誉教授 西村 尚\*

## わが国の産業展望

鉄鉱石 2t と石炭を 1 万円で輸入し、それを精錬・製鋼・圧延して 1t 10 万円の鋼板をつくり、プレス・溶接して自動車車体を 100 万円にして製品化する。その工程の中でわが国は 100 倍の付加価値を付けることで成長してきた。塑性加工技術を発展させて GDP の増大に貢献してきたことは間違いなかった。

しかし、平成に入って 30 年、わが国の産業構造はまったく変化がない。1 位は断トツのトヨタ自動車をトップとする自動車産業、NTT ドコモ、日本郵政、JT などの官業企業、次いで銀行で 30 年前と序列は変わらない。アメリカはどうかといえば、30 年前のトップ企業はマクドナルド、コカ・コーラ、3M であったが今日では、アップル、フェイスブック、アマゾン、グーグルがトップになった。アマゾンの株価はこの 20 年で 2 ドルから 1,000 ドルまで 500 倍になり、時価総額はトヨタ自動車の 3 倍にもなる。

日本はモノづくり以外には食べていけない。本当に今までのようなモノづくりで発展していけるのであろうか。塑性加工技術を高度化することで十分であるのか考えてみる必要があると思う。従来型の技術であれば新興国にすぐに追いつかれて価格競争の渦に巻き込まれて厳しい局面に追い込

まれることは、この 30 年の経験から明らかであろう。

## 職人の五感をデジタル化する技術

テレビ東京で放映している「和風総本家」を見ていると今でも職人の技、勘でモノをつくっている様に感激する。プレス・鍛造加工、金型製造職人は常に自分の五感を働かせて仕事をしている。これは 100 年前から変わっていない。五感とは、目から入る光と色、耳から入る音、手の平から入る感触と温度、鼻から入るにおい、舌から入る味である。この中で最も大切なのが音である。

音による検査としては構造物の亀裂感知が古くからおこなわれ現在でも重要な検査方法である。鉄道車輪の亀裂、コンクリートの剥離などは打音検査が現場での簡易検査として使われている。プレスでは、抜き音で材料の硬さ（抜き力）を推定する、金型の不具合、プレス機械の不具合、異常も普段と違う異常の検知により早期発見ができる。現在プレス加工の基礎研究、あるいはプレス現場で使われている音のセンサーは多くない。騒音・振動という言葉がよく現場で使われるが、作業にとってのうるささを定量的に測る方法はない。実験室では AE（アコースティックエミッション）などが金型の亀裂発生検知に使われているが試験レベルで実用には至っていない。職人の持つ耳から入る情報をデジタル化し、センサーとしての開発が切望されているが、現状は技術的な困

\*にしむら ひさし：工学博士  
hinishi@h02.itscom.net

難さが伴う。ユーザーからのニーズを整理して、開発テーマを決め公的な資金を使っても開発すべき課題である。

次に大切なのが目から入る情報である。熱間鍛造では色を見て温度を推定する。黄、赤、黒の色具合で材料の温度を推定し、加工抵抗力を推定する。グラインダー作業では火花の色を見て精度を見る、

JISには火花検査という項目もあり、鋼材メーカーでは、鋼材の成分検査に使っている。

## 知能機械、知能金型

機械は人間に代わって労力を担うもの、力を出す道具として発展してきた。これによって人間は楽をし、ほかの生物と違う優位性を保ってきた。しかし、最近の機械は人間に代わって考える道具に代わってきた。人間よりも優れた知能を持つ機械も現れてきた。囲碁・将棋の世界では人間による勝負の世界が危ぶまれてきている。自動運転は人間にない優れた安全機能を有し、運転者の楽しみを奪うことにもなりかねないが安全第一で開発が進むであろう。

話をプレス加工に戻すと、プレス機械そのものは、50年前とさほど変化していない、単純な往復運動を繰り返すだけでさほど考える機械ではない。プレスの最大の欠点は往復運動することにある。必ず速度がゼロになる点が存在し、ロールを使った機械、工作機械のように連続加工ができない。プレスストローク中加工しているストローク長さは全体の2割くらいである。タクシーで言えば実車率2割に当たる。圧延機とマシニングセンターは実車率10割であることからすると無駄の多い機械である。それにも関わらずプレス機械が重宝がられているのは優れた繰り返し性能があることである。工作機械の加工物は1品の精度は高いが同じものを10万個つくとばらつき精度は高くない。

最近プレス機械、金型を知能化して、機械、型に頭脳を持たせる技術が注目を集めてきている。

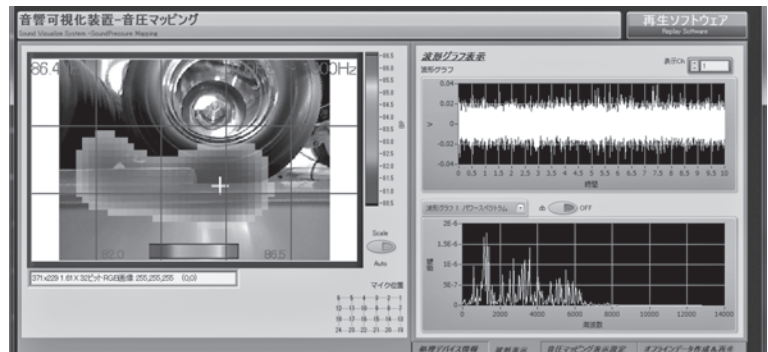


図1 音響可視化装置—音圧マッピング (株イー・アイ・ソル)

見える化、IoTもその手段として有効であろう。しかし、見える化も職人が見ている技能・勘に勝るものでなければならない。囲碁・将棋の例のように人間に勝てるものである必要がある。人間が持っている能力を超えるセンサーの開発が不可欠である。金型の中にセンサーを埋め込んでそこから得られる情報をもとに機械を制御することが考えられているが、型の中にセンサーを装着することは引き出されるワイヤーなど作業性が悪くなるので実験室レベルを除くと勧められない。あくまでもセンサーは機械の中に埋め込まれたものを使うべきである。

しかし、機械に装着されたセンサーからの情報は型に埋め込まれた情報と同じにならない可能性がある。荷重計を機械に着けるか、型に着けるかの違いは歴然としていて、型の中から得られる荷重の方が精度は高い。この矛盾を解決する方法は、ほかの産業で使っているセンサーを学ぶことからヒントが得られる。果実の糖度、人間の体脂肪率、木材の水分率を測るセンサーは直接それらの値を測っているわけではなく、相関性の高い電気的特性値を測ることから推定している。抵抗値、電流値など測りやすい測定値との相関を見て推定している。人間の五感でも温度は色で見ているので、「色温度計」が開発されれば非接触測定ができる。知能化の目的をはっきり定めて、センシング、制御技術を実用化することが大切である。

最近「音の見える化」装置を開発したメーカーがある。距離に依存して音圧を計測する「ビームフォーミング法」を採用している。図1左側の四角が、表示画角となり、33×33ピクセル分割が限界で、たとえばアレイと対象物間の距離を約