

第2章 調査研究の実施概要

第2章 調査研究の実施概要

1. 本事業の目的

板金加工は、製品の形状・寸法と一対一に対応しない工具によって金属板材を成形する加工法といえることができる。これに対しプレス加工は、金型とよばれる製品の形状・寸法に一対一に対応した工具によって成形する加工法である。使用する工具が製品の形状・寸法と直接対応しているか、否かによって両者は区別される。

金型は加工に必要なノウハウのほぼ大部分を注入した工具といえることができる。このため金型が完成すれば、均一で安定した精度の製品を多量に生産することができる。しかし製品仕様がわずかでも変更になった場合や、新しい製品に対しては金型を作り直さなければならない。このため金型を使用するプレス加工は試作や、少量生産には適さない加工法である。

一方、板金加工は加工の手順、方法にノウハウの大部分が含まれている。工具にはノウハウをほとんど含ませていないことから、簡素で汎用性の高いものとなる。このため製品仕様変更になった場合や、まったく別の製品に対しても工具を大幅に変更する必要は無い。したがって生産数量が少ないほど優位性が明確となり、板金加工は一品生産や試作においてその特性を最もいかせることになる。しかし加工のノウハウのほとんどが作業者の手順、方法に含まれていることから、製品の出来栄は作業者の技能レベルによって大きく左右される。また同一仕様の製品を複数個作った場合にも、作業者の技能レベルによって製品間のばらつきが大きくなることもある。このようなことから板金加工で精度の良い製品を安定して作るには、高度で熟練した技能が必要となる。

本事業では、第一課題として「自動車板金作業」、第二課題として「曲げ板金作業」をとりあげ、熟練技能者のノウハウを分析し、それらをデジタル化して今後の高度熟練技能者の育成に役立てることを目的としている。

「自動車板金作業」は新型車開発にあたっての試作車製作、ショウ出品モデルカーの製作、顧客ニーズに応える特殊仕様車（カスタムカー）の製作、クラシックカーの復元、事故変形車の修復などを行うにあたって求められる技能である。「曲げ板金作業」は円筒、円錐筒、角筒などを複雑に組み合わせたダクト製品やプラント、建物、機械装置などに合わせた各種板金製品の製作、あるいはそれらの修復にあたって求められる技能である。それぞれ求められる基本技能は自動車板金作業では「絞り、伸ばし」、曲げ板金作業では「展開、曲げ」と異なるが、対象とする加工物から分かるように、いずれも製作、試作、修復される製品、部品は原則としてすべて一品生産であり、作業者の高度技能が要求される典型的な作業である。

個性の時代といわれるように、現在の社会において消費者の価値観は多様化し、それ

にともなって自動車をはじめとする多くの製品が多様化し、豊富な品揃えが必要となっている。同時に製品のライフサイクルも一段と短くなる傾向にある。また建物、設備もこれまでとは様式が大きく変わって、個性の求められる時代となっている。これらのことから試作、建物や設備に合わせた一品生産へのニーズがますます高まりつつある。今後は加工製品の高精度化、試作・製作期間の短縮も含めて、その重要性は一段と高まってくると考えられる。

2. 本事業の概要

ものづくりを支える汎用性を有する職種にかかる高度熟練技能者等を対象に、これまでブラックボックス化していた高度技能について、科学的に分析するほか、デジタル化を図り、その成果物をもとにカリキュラムを作成し、公共職業訓練施設での訓練に活用する。

具体的には、次の各項目の内容を実施する。

(1) 作業の分析およびデジタル化

高度熟練技能の特徴・ポイントが浮き彫りになる作業内容で、当該技能の関係者が見たときに、納得性、汎用性があるものおよび職業訓練に取り入れる必要性の高いものを課題として設定する。

与えられた課題に関する高度熟練技能者の作業を測定・記録・解析する

同じ課題に対して、一般技能者の作業と比較することにより、高度熟練技能者のポイントを抽出する

高度熟練技能者の作業において「カン・コツ」と呼ばれるものを、技能者へのヒアリングにより文章化・イラスト化・アニメーション化してできるだけ分かりやすく表現する。

(2) 訓練カリキュラムの作成

調査研究の成果を活用するための訓練カリキュラムの開発を図り（訓練カリキュラムは、(1)の成果を反映させて、高度熟練技能者のポイントが引き出せるものとする）公共職業訓練施設の訓練教材としてとりまとめる。

なお、ここでいうデジタル化とは、次のように解釈いただきたい。

今回のデジタル化では、熟練技能全般をデジタルビデオカメラによりデジタル化した映像資料として記録し、将来にわたって画像分析等の研究手法で利用可能な研究素材としてコンピュータが取り扱えるデータ形式に変換して保存する。さらに基本的な動作のいくつかについては動作分析ソフトによる解析をおこなうが、作業全般を全て数値化してそれを分析することまではおこなわない。これは訓練受講者の理解を助け

る上では、いたずらに動作の分析を深くおこなって数値化することは本調査研究の趣旨から外れてしまうことになるため、むしろ高度熟練技能者および一般技能者の生の声や、技能ポイントのイラスト化・アニメーション化といった視覚に訴えた方が、理解しやすいためである。従って、本調査研究の成果物については、高度熟練技能を画像化（ビジュアル化）したものが主体となる。

3. 技能者の選定

今回の調査研究では、自動車板金と曲げ板金の各分野で高度熟練技能者1名と一般技能者1名を、次のように選定した。

完成したビデオやマニュアル教本が、能力開発施設等における「能力開発セミナー」に活用されたり、各企業において、技能訓練の参考資料となることが考えられるため、高度熟練技能者は協力企業の中から現役の技能者で同社研修センターで部下の指導や教育をされる立場にあり技能検定全国大会入賞者の方とし、また一般技能者は技能五輪出場選手として訓練中の若手技能者の方とした。

(1) 自動車板金

・高度熟練技能者

トヨタ自動車株式会社 人事部 エキスパート

小林 信行氏（31歳）

[自動車板金実務経歴]

1991年 入社

1991年～1993年 技能五輪訓練「自動車板金職種」選手

第31回技能五輪全国大会「自動車板金職種」優勝

1994年～1996年 試作車両特殊板金加工

1997年～1999年 試作車両組付け

平成11年全国溶接技術競技会 CO₂半自動溶接の部3位

2001年～現在 技能五輪訓練「自動車板金職種」指導員

・一般技能者

トヨタ自動車株式会社 人事部 一般技能員

遠藤 翼氏（19歳）

[自動車板金実務経歴]

2003年 入社

2003年～現在 技能五輪「自動車板金職種」訓練選手



図 2 - 1 小林 信行氏



図 2 - 2 遠藤 翼氏

(2) 曲げ板金

・高度熟練技能者

トヨタ自動車株式会社 人事部 エキスパート

鈴木 泰司氏 (39歳)

[曲げ板金実務経歴]

1983年 入社

1983年～1985年 技能五輪訓練「曲げ板金職種」選手

第22回技能五輪全国大会「曲げ板金職種」第2位

第23回技能五輪全国大会「曲げ板金職種」第2位

1985年～1986年 技能五輪訓練「曲げ板金職種」指導員

1986年～1988年 試作車両組付け

1988年～1999年 試作車両部品加工

2000年～現在 技能五輪訓練「曲げ板金職種」指導員

・一般技能者

トヨタ自動車株式会社 人事部 一般技能員

土屋 友幸氏 (19歳)

[曲げ板金実務経歴]

2003年 入社

2003年～現在 技能五輪「曲げ板金職種」訓練選手



図2 - 3 鈴木 泰司氏



図2 - 4 土屋 友幸氏

4. 実施手順

(1) 調査実施計画書の作成

調査実施計画書を作成するにあたっては、事前ヒアリングを実施し、高度熟練技能者および一般技能者に課題図面を見せて加工ポイント、手順、注意事項、測定項目等のチェックをおこなう。またここで、訓練コースに使用する記録ビデオのシナリオ内容の妥当性についても同時に検証する。

(2) 本調査

課題について、それぞれ高度熟練技能者および一般技能者の方に作業をしてもらい、その様子をデジタルビデオカメラで収録し、一部の作業工程については「二次元動作分析システム」、「アイカメラ」による作業データの取り出しを実施し、高度熟練技能者の作業のポイント、カン・コツを解析し、また部分的に一般技能者との作業内容の比較をおこなう。

(3) 分析

(2)の本調査結果を(1)のヒアリングにおける測定項目に基づき調査分析する。特に高度熟練技能者の作業上のポイントやカン・コツといわれるところを重点分析し、一般技能者との比較は、このカン・コツの差を理解するという観点で必要な箇所のみおこ

なう。

また撮影した画像を使って、いくつかの作業動作についての動作分析をおこない、「訓練受講生」が高度熟練技能者の技能を理解する上での手助けとなるようにとの観点で考察をおこなう。

「訓練受講生」が知りたがっていることは、加工の全体像ではなく、自分がなかなか克服できず次のステップにいけない一部の「ポイント」であり、また自分自身が気付いていない「ポイント」である。ここを中心に高度熟練技能者の生の声（アドバイス）や、ポイント部分のイラスト、アニメーション、ビデオ画像等で表現することに努力した。

(4) 能力開発セミナー用カリキュラム

上記の結果より、公共職業能力開発施設等で訓練（能力開発セミナー）が実施できるように在職者訓練カリキュラムシートと参考ビデオとそのマニュアル（解説書）を作成する。

5. 動作分析システム

本調査研究では、高度熟練技能者の作業について、そのカン・コツの部分を解明するために、動作分析の手法の一つである画像解析による二次元動作分析システムを活用した。この分析のために今回の調査研究で使用したプログラムは、ヒューテック株式会社（東京都多摩市）が開発した「二次元動作分析システム；I Mpro - 2 DdA」である。

このシステムの概要は下記のとおりである。

(1) システム構成と概略

必要な機器構成は、（家庭用）デジタルビデオカメラと（ノート）パソコン、ビデオカメラとパソコンをつなぐ IEEE 1394（Iリンク）ケーブルである。パソコンにはマイクロソフト社のエクセルと市販の家庭用 DVD 用動画編集ソフトが別途インストールされている。

ビデオカメラで撮影した映像は、IEEE 1394ケーブルを通してパソコンに取り込まれ、動画編集ソフトにより DVD 等で使われている MPEG 2 と呼ばれるデータ形式に変換される。二次元動作分析システム（I Mpro - 2 DdA）は、この変換された MPEG 2 の画像データから、毎秒60枚の連続した静止画像を作成する。分析したいポイントを静止画像上でマウス操作により入力していくことで、分析対象ポイントの座標値、速度、加速、ポイント間の角度、角速度、角加速度が数値化され、またグラフ表示されるものである。

図2 - 5は、曲げ板金における動作分析用データの撮影風景である。分析対象とす

る動作に対して垂直の角度にカメラを固定して撮影する。撮影中はズームやパンといった動きはおこなってはならず、これは撮影対象の座標系を固定できなくなるためである。

今回の調査研究では、動作分析用の画像を撮影するために家庭用のビデオカメラを1台設置したが、撮影対象との角度の問題などから、業務用カメラで撮影した画像を転用した部分もある。また MPEG 2 へのデータ変換は、業務用のノンリニア編集ソフトによりおこなっている。



図 2 - 5 動作分析データ撮影風景

(2) システムの分析例

角度の分析

計測ポイント3点から構成される角度を任意に設定し、数値化することが可能。今回の研究調査でハンマなどの工具を振る時の腕の動きにおける肘や手首の角度について分析した例を、図 2 - 6 に示す。

図では肘の角度、角速度、角加速度と、肘の角度の最大値と最小値が表示されており、最大値と最小値の右側カッコ内の数値は、それぞれの数値が得られた時のフレーム数を表している。このフレーム数に合わせて背景の画像を選択することで、動作中のどの位置で得られたのかが画像的に把握できる。



図 2 - 6 二次元動作分析システムによる角度分析例

速度の分析（連続スティック表示）

計測ポイントを結んだスティックを、動作時間内に渡って連続してかつ元画像に重ね合わせて表示することが可能。図 2 - 6 を連続スティック表示した例を図 2 - 7 に示す。

スティックは一定時間の間隔で表示されているため、その間隔の粗密により動きの早い・遅いが視覚的に理解でき、また滑らかな動作かぎこちない動作かといった分析も可能である。

図ではハンマー先端の速度、加速度と、速度の最大値と最小値が表示されており、最大値と最小値の右側カッコ内の数値は、角度の時と同様にそれぞれの数値が得られた時のフレーム数を表している。このフレーム数に合わせて背景の画像を選択することで、動作中のどの位置で得られたのかが画像的に把握できる点も同様である。



図2-7 二次元動作分析システムによる速度分析例

軌跡分析

計測ポイントが動作時間内で連続して動いた軌跡を画像に重ね合わせて表示することが可能。図2-6を軌跡表示した例を図2-8に示す。

軌跡の動きにより滑らかに連続した動作か、特異点があるような動作かといった分析が可能である。

軌跡表示をさせながら背景の動画を再生することで、動作が変化する挙動を視覚的に把握しやすくするといった使い方も可能である。



図2-8 二次元動作分析システムによる軌跡表示例

数値分析とグラフ表示

これまでの分析結果は、マイクロソフト社のエクセルを使った数値データとして取り扱うことが可能になっており、より高度な研究に転用することも容易である。

エクセルのグラフ作成機能を活用し、結果をグラフ化する機能も付いている。図 2 - 9 に数値化されたデータの例を、図 2 - 10 にそのグラフ表示例を示す。

Field	Times	MK01x	MK01y	MK01z	MK02x	MK02y	MK02z	MK03x	MK03y	MK03z	MK04
0	0	75.7	0	-72.3	-28.6	0	25.2	0	0	55.6	1
1	0.0167	72.3	0	-52.2	-45.5	0	43.7	-11.7	0	74.1	1
2	0.0333	69.1	0	-53.9	-43.7	0	50.5	-10	0	75.7	1
3	0.05	75.7	0	-55.6	-18.4	0	58.8	28.6	0	87.6	1
4	0.0667	82.4	0	-50.5	-3.2	0	67.3	35.3	0	96	1
5	0.0833	96	0	-13.3	-3.2	0	94.3	33.6	0	126.3	1
6	0.1	96	0	3.2	-6.6	0	109.5	201	0	138.2	1
7	0.1167	87.6	0	52.2	-25.2	0	144.9	-3.2	0	182	1
8	0.1333	92.6	0	69.1	-40.3	0	156.7	-18.4	0	192.1	1
9	0.15	75.7	0	116.2	-65.7	0	175.2	-48.8	0	219.1	1
10	0.1667	63.9	0	139.7	-64.2	0	192	-69.1	0	225.8	1
11	0.1833	52.2	0	158.3	-106.1	0	183.7	-99.3	0	232.6	1
12	0.2	36.6	0	167.6	-121.3	0	177	-117.9	0	222.5	1
13	0.2167	28.6	0	166.8	-136.5	0	160.1	-139.8	0	209	1
14	0.2333	26.8	0	151.7	-133.1	0	150	-138.2	0	197.2	1
15	0.25	54.7	0	110.7	-126.3	0	133.1	-105.1	0	179.1	1
16	0.2667	82.5	0	55.6	-82.4	0	114.6	-50.6	0	151.7	1
17	0.2833	79.1	0	-72.3	-8.3	0	40.3	31.9	0	65.7	1
18	0.3	72.3	0	-74.1	-8.3	0	42.1	21.8	0	67.3	1

図 2 - 9 二次元動作分析システムによる数値化データ例

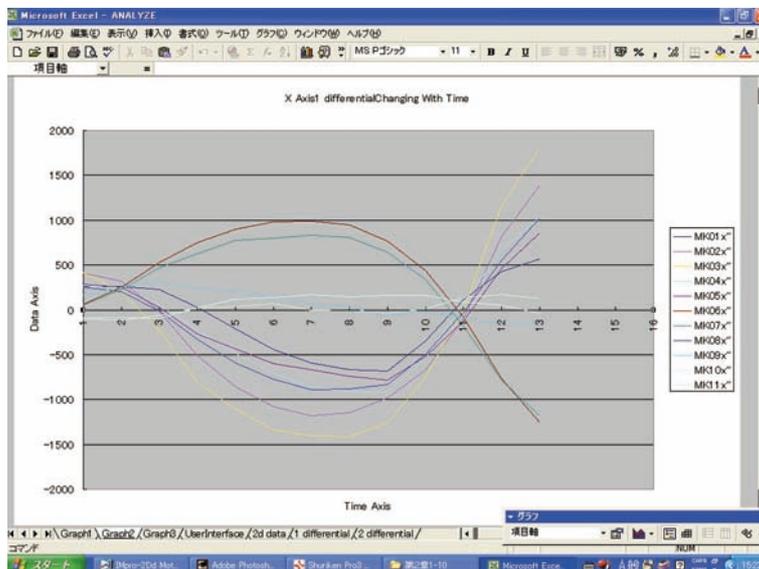


図 2 - 10 二次元動作分析システムによるグラフ表示例

(3) システム利用のメリット

動作を数値化することで、特徴的な動きが明確に認識できるようになる

人間の動作を映像で比較して見た場合、その違いに気がついた場合でも、具体的にどの程度違いがあるのか、その部分の動きの差が大きいのかといったことは意外とわかりにくいものである。

動作分析により数値化（デジタル化）することで、例えば腕の動きを骨と関節を模したスティックと結合点に置き換えてアニメーション化ができるため、対象となる動きの特徴が明確になり、動きの違いを数値として把握できることでイメージ的に理解しやすくなる。このアニメーションを画像の上に重ねて表示することでさらに視覚的に理解しやすくなり、高い教育・訓練効果が得られるようになる。

技能訓練教育時のフィードバック効果が高い

自分の動きを把握すること、特に技能訓練教育時にお手本の動きと比較してどこが違っているかを客観的に把握して理解することは難しいが、動作分析を使うことで、視覚的かつ客観的に理解できるようになる。またお手本との違いや過去の自分の動きとの違いが数値化されるために、どこまで技能が向上したかを図る物差しを得ることにもなる。こうしたことは、各種技能訓練（スポーツのフォーム習得なども同様）において、訓練受講者に対するフィードバックを入門者を含めた全レベルの受講者に対して、直感的に与えることが可能になることを意味している。