

第10章 曲げ板金の分析

第10章 曲げ板金の分析

1. 高度熟練技能者の技能についての総論

自動車板金の分析と同様に、高度熟練技能者の持つ技能を総合的に分析する際の切り口として、成形技術力、観察分析力、判断対策力という3つの能力に着目した。

(1) 成形技術力

成形技術力とは、技能者が考えたとおりに身体と工具をコントロールして、工作物を加工するテクニック面での能力である。

具体的なテクニックとしては、次のようなものがあげられる。

- a. 展開で誤差を少なくする（例えば左右で誤差が生じない）テクニック
- b. コンパスの使い方のテクニック
- c. 原物合わせの時のけがきのテクニック
- d. 自分の技量に合わせたたがねの調整（刃先の R 寸法、端部のそり具合など）
- e. けがき線に沿って正確にたがねをかけるテクニック
- f. 片ぎきしないようにたがねをかけるテクニック
- g. 溝の端の部分も含めて均一な深さでたがねをかけるテクニック
- h. 曲げ線と加工開始線で溝の深さを使い分けるテクニック
- i. 折れ線がたれずかつ割れない適度な深さにたがねをかけるテクニック
- j. 直線をゆがめずに曲げるテクニック
- k. 腰折れせずに曲面に曲げるテクニック
- l. 開放端や加工開始位置といった曲げにくい箇所で正確に曲げるテクニック
- m. R の大きさに合わせて曲げる力を加減できるテクニック
- n. ねじれないように曲げるテクニック
- o. フランジの平面を出すハンマ操作のテクニック
- p. のぼし加工や絞り加工における効率的なハンマ操作のテクニック
- q. ワイヤリング巻き込み加工時に周囲に傷をつけずに叩くハンマ操作のテクニック
- r. 突合せ面の形状に合わせたエッジのヤスリがけテクニック
- s. ひずみを防止する仮組み時の微調節テクニック
- t. 溶接棒をできるだけ消費しない溶接テクニック
- u. 溶接時間をできるだけ短くする溶接テクニック
- v. 溶接形状と目的の違いに応じたガス溶接の炎の調節テクニック

(2) 観察分析力

観察分析力とは、技能者が成形技術力の挙動を把握して正しい状況にあるか分析し、同時に加工対象の加工部位、加工部位周辺部、工作物全体の状況を、成形中の加工形状の進捗状況とひずみの発生状況を観察して、その程度を分析する認識面での能力である。

具体的な認識項目としては、次のようなものがあげられる。

- a. たがねの溝の深さが均一なことの確認
- b. たがねをかける際に、できるだけ視線を動かさずに刃先の動きを観察
- c. たがねの溝の深さが適切かどうか、一度試しに曲げてみての確認・分析
- d. たがねをかけた溝から割れが発生しそうかどうかの分析
- e. 直線曲げの角度の把握
- f. 曲線曲げ時の母線方向の把握
- g. 複合形状加工時の加工形状の確認（半分先に加工し付け合せ部と中心線の一致を確認）
- h. ゲージを使ったタイミングの良かつ無駄のない確認
- i. ゲージを使う際に、ゲージを当てる位置の確認
- j. 基準となる平面度の適切なタイミングでの確認
- k. 手の触感による R 形状と腰折れが発生したかどうかの確認
- l. フランジやワイヤリング加工時の加工幅の確認
- m. 仮組み時の接合部位での形状確認
- n. 溶接によりひずんだ形状とひずんだ量の分析

(3) 判断対策力

判断対策力とは、加工手順の決定や、観察分析力で得られた結果から、作業中の加工をどう軌道修正するか判断し、あるいはひずみの原因を特定してそれを修正するために必要な対策方法・量・時期を判断するなどの、思考面での能力である。更にこの判断対策力には、判断根拠としての一般的な金属の物性に関する知識、各種加工法における金属の挙動とその背景にある理論といった幅広い知識が含まれる。

具体的な思考項目としては、次のようなものがあげられる。

- a. 部品形状と溶接方法を考慮した加工可能な段取りの選択
- b. 部品の加工順序の判断
- c. 基準面・基準位置と優先順位の選定
- d. 展開時の形状に合わせた12等分または16等分の選択
- e. 展開時の形状に合わせて弧・弦・中間のどの方法を採用するか判断
- f. 展開時の、中立線・内径・外径のどの基準を採用するか判断

- g. 寸法取りにおける自分の癖の補正
- h. 必要に応じてゲージを当てる位置へのマーキング
- i. フランジやワイヤリング加工における伸び量・縮み量の計算
- j. スプリングバックが発生しなくなる溶接前に、確保しなければならない寸法・形状の判断
- k. 必要に応じた割れ止め溶接の実行
- l. 形状修正時に使用する工具の選択
- m. 形状修正時に、変形で修正できるひずみか、切断（またはヤスリがけ）しないと修正できないひずみかの判断
- n. 仮組み時の接合部位の修正で、どちら側をどのような方法で修正するか判断
- o. 溶接量を少なくするための加工形状に応じたエッジ処理
- p. ひずみやすさに応じた溶接順序の決定
- q. 溶接によりひずむ方向・倒れこむ方向の判断
- r. 加工量から考えられるひずみ量の推定
- s. 仮付け溶接する状態かまだ加工するかどうかの判断
- t. 仮付け溶接時の溶接部位の固定方法の選択
- u. 仮付け溶接と修正を何回に分けてどのくらいの頻度でおこなうかの決定
- v. ひずみが修正可能かどうかの判断
- w. 取りきれないひずみが出た場合、守るべき寸法・形状とあきらめる寸法・形状の判断

自動車板金の分析（第8章参照）で考察したことが、曲げ板金にもあてはまり、これら3つの能力は相互に密接に連携して、高度熟練技能者の技能を支えている。

図10-1（図8-1を再掲）にこれらの関係を図式化して示すが、表面上見えているのは成形技術力であるが、その裏で観察分析力と判断対策力が支えており、更にこれを豊富な加工経験と幅広い知識が支えるといった能力構造となる。従って観察分析力と判断対策力があってもしっかりとした成形技術力がなければトータルの技能力としては及ばないことが分かる。

自動車板金と曲げ板金で異なる点があるとすれば、曲げ板金では溶接が占める割合が大きく、これによるひずみは完全に取り除くことができないという宿命を持っていることである。従って、いかに溶接時に変形する方向と量を推定し、実際の変形量を推定した量に近づけられるかが大きなポイントを占め、ひずみを抑えるだけでなく積極的にコントロールするための判断対策力のウエートが相対的に重くなっていることである。

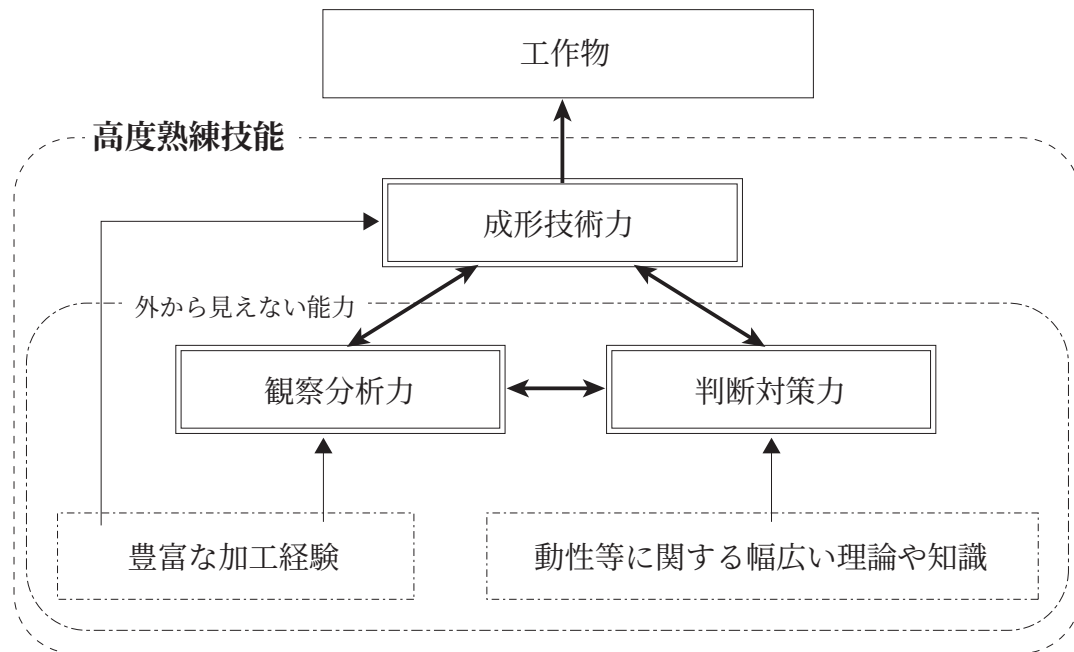


図10-1 高度熟練技能の能力構造（図8-1再掲）

次項以降では、自動車板金と同様に、各工程における高度熟練技能者の3つの能力を具体的に分析していく。その際には、高度熟練技能者の能力の中でも表面上にはなかなか見えてこない観察分析力や判断対策力について、「訓練受講生」ができるだけその能力を理解するうえで手がかりとなるようにとの観点で分析する。

自動車板金で前述したように、技能分野でよく言われるノウハウ、あるいはカンやコツというものは、観察分析力や判断対策力の実践的な断片であるので、個々に習得していくことはもちろん重要であるが、幅広く能力全般を理解したうえで全体的にレベルを高めていくことで技能向上の進捗が早くなり、ひいてはノウハウやカン・コツの取得もしやすくなると考える。

2. 加工工程

加工工程の項目で分析するのは、図面を見たときのチェックポイント、全体の加工工程の選択、各加工工程における更に詳細な加工段取りへの分解などであり、合わせて高度熟練技能者と一般技能者との間で違いが出た部分についての考察もおこなう。

(1) 図面を見たときのチェックポイント

図面を見たときのチェックポイントは、重要なものから軽微なものまで多岐にわたるが、必ず押さえておきたい項目は以下のとおりである。

- a. 各部品の形
- b. 溶接箇所と溶接指示
- c. 寸法に関する指示
- d. 材質；冷間圧延鋼板か
- e. 板厚；標準的な1.0ミリかどうか

まず部品ごとの立体形状のイメージを頭の中で思いうかべ、部品ごとに加工が簡単な部品か、テーパや複合形状をしていて難しそうな部品かという検討をおこなう。次にこれらの部品を組み合わせた全体のイメージを思い浮かべ、部品同士の組み合わせがやさしいか難しいか、本当に成り立つのかといった検討をおこなう。

(2) 全体の加工工程

全体の加工工程について、まず部品を加工してから組み付けをおこなうという手順では、高度熟練技能者と一般技能者で違いは生じなかったが、部品の加工順序と組み付ける順番については、次のような違いが生じた。

- ① 高度熟練技能者は中間体の部品加工を最後におこなったが、一般技能者はベースの次におこなった
- ② 高度熟練技能者は「楕円筒の組み付け→中間体の穴あけ→円筒の組み付け」の順番でおこなったが、一般技能者は「中間体の穴あけ→楕円筒の組み付け→円筒の組み付け」の順番でおこなった

上記の工程の違いが生じた原因は以下のとおりである。

①で高度熟練技能者が、中間体の加工を部品加工の最後に持ってきたのは、その後のベースとの組み付けに際し、接合面の調整を部品加工と合わせておこなえば、作業の流れが良くなるためである。一般技能者は、ベースから順番に部品加工を進めていくという工程にしたため、部品加工が全て終わってから、中間体とベースの接合面の

調整作業をおこなうという手順になった。

加工効率の観点で考えた場合、両者の加工工程の差はあまりないように思えるが、実際に加工した中間体接合面の微妙な形状（どの部分が外側に膨らんでおり、どの部分が内側に入り込んでいるかなど）が、まだ記憶に残っているうちに接合面の修正作業をおこなうことのメリットは大きいと考える。

②で工程が分かれた原因は、中間体の円筒接合面に穴をあけた後におこなうひずみの修正方法の差である。高度熟練技能者は、あけた穴からこまのつめを手持ちで差込んで修正作業をおこなった。（図10－2 参照）

これに対し、一般技能者は、あけた穴のひずみの修正を、中間体に心金を差し込む方法でおこなった。（図10－3 参照）この時、楕円筒が組み付けてあると心金が差し込めないために、穴をあけてから楕円筒を組み付ける工程になったものである。

楕円筒を組み付ける際の溶接による変形が必ず起こることを考えれば、高度熟練技能者の工程の方が加工精度を高めるためには有利である。こまのつめを手持ちで使うという成形技術力の有無が、工程の違いとなって表れたと考えられる。



図10－2 高度熟練技能者の穴あけひずみの修正



図10-3 一般技能者の穴あけひずみの修正

(3) 詳細な加工段取り

全体の各加工工程の一つ一つは、更に詳細な加工段取りに分解することができる。この詳細な加工段取りをどのレベルまで分解できるか、分解した各段取りでは加工、形状確認、修正のどの作業をするのか、加工の場合にはその段取り終了時の理想形状がイメージできているのか、溶接の場合にはひずみの発生する方向と予測量がイメージできているか、形状確認する場合には、将来の変形を読み込んだ形状や寸法で確認しているか、またそれぞれの作業の背景にある理論的な裏付けが理解できているか、などがこの能力の構成要素になる。

実際の加工精度を出すための鍵を握る部分であり、判断対策力としても重要なポイントである。この点に関する具体的な事例として、今回の課題におけるベースの部品加工の工程が、高度熟練技能者と一般技能者で、どのような詳細な加工段取りに分解されたか分析する。

表10-4に両者の詳細な加工段取りを比較したものを示す。ここでポイントとなる点は3つあり、考察①～③とする。

考察①は、高度熟練技能者が、まずベース底辺のかげたがねとその後の直線曲げをまず1辺でのみおこなった段取りについてである。これは、たがねをかけた溝の深さが、曲げがだれない適切な深さかどうか、自分の感覚を確認するためにおこなったものである。一度確認できれば、その後は同じ深さに加工すれば良く、成形技術力と観察分析力のコンビネーションによる技能の一例である。

表10-4 ベースの詳細加工段取りの比較

高度熟練技能者	一般技能者	考察
底辺部分一辺のかげたがね	全てのかげたがね	①
底辺部分	一辺の曲げ	
底辺部分残りのかけたがね		
溶接部分を残して曲げ		②
本体部分のかげたがね		
本体部分の曲げ	全ての曲げ	
仮付け	仮付け	
基準面の修正	修正	
コーナーの割れ止め		③
本溶接	本溶接	
溶接部分のならし	溶接部分のならし	②
溶接部分のかげたがね		②
溶接部分の底辺の曲げ		②
修正	修正	
四隅の溶接	四隅の溶接	
修正	修正	

考察②は、ベース底辺の直線曲げと溶接の段取りで、一般技能者は全ての直線曲げをおこなってから溶接する段取りとしたが、高度熟練技能者は溶接する部分の直線曲げは溶接後におこなう段取りとしたものである。

高度熟練技能者の工程の方が、作業効率と加工精度の両面で優れている理由は、次のとおりである。

- a. 曲げの済んだ形状では、仮組み時に突合せ部分の位置と角度の調整（修正）作業が発生しやすい
- b. 平面の溶接の方が、仮組みが単純で位置合わせの精度が出る
- c. 平面の溶接は曲げの済んだ方よりも簡単で、溶接時間も短くできる
- d. 平面の溶接の方がひずみは出にくく、発生するひずみも単純なひずみとなる（曲げの済んだ方は複雑なひずみとなりやすい）
- e. 曲げの済んだ溶接はひずみ取りがしにくく、曲げの部分はひずみ取りができない
（図10-5の高度熟練技能者は、溶接部分が平面なので定盤のコーナーを使ってひずみ取りをしているが、図10-6の一般技能者は、直線曲げした形状が邪魔で、ベースの表側のひずみ取りで心金を使わなければならない）



図10-5 高度熟練技能者のベース表側のひずみ取り



図10-6 一般技能者のベース表側のひずみ取り

高度熟練技能者の工程でおこなうには、図10-7に示すように、溶接した部分を後から直線曲げできるだけの成形技術力が必要である。図では、かけたがねをバイスに固定し、拍子木をあてながら加工するという高度な技が使われている。



図10-7 溶接部分の直線曲げ

考察③は、かけたがねをかけた溝から、割れが発生しそうな状況を高度熟練技能者が察知したためにおこなった段取りで、当初から想定していたものではない。

加工状況に応じて必要な箇所を観察し、状況に応じて適切な対応をおこなうという、観察分析力と判断対策力のコンビネーションによる技能の一例である。

3. 展開とけがき

展開とけがきの項目で分析するのは、展開をおこなうときの要点、けがきをするときの要点、展開図の比較である。

(1) 展開の要点

展開をおこなう際の要点は以下のとおりである。

- a. 何等分するか
- b. 弧・弦・中間のどの基準を使うか
- c. 板厚の取り扱い
- d. 寸法の調整

aの要点は、局面の展開をおこなう際に何等分するかで、一般には12等分もしくは16等分する。分割数を増やせば精度は上がりそうだが、誤差の累積という観点からすると結果的に精度を落とすことにもなりかねない。従って、加工形状と効率を考えて適切な分割数を選択する必要がある。

bの要点は、曲面の展開を円周率から計算で求める弧で取るか、作図から取る弦で取るか、あるいはその中間の値で取るかといった基準の使い分けである。単純な円筒の場合には円周率の計算で求める弧で取れば良いが、今回の課題における中間体のように径が連続的に変化するものは、弧で取れば実寸より大きくなり、弦で取れば実寸より小さくなる。高度熟練技能者は、展開図において直線や直線に近くRのゆるい部分では弦で、Rのきつい部分は弧で取るようにしていたが、実際の判断基準は長年の経験に基づいており、例えば、今回の課題における中間体の下側では、弧と弦の中間値で取るといったことをしている。

cの要点は、板厚があることによる、展開の基準の考え方をどう調整するかである。一般には鉄板を曲げたときに伸びも縮みもしない中立線を基準に展開を考えれば良いが、今回の課題におけるベース下部のように直角に近く曲げる場合には、曲げた場合に内径と内径が当たるために、内径で展開しないと幅の寸法が出なくなってしまう。そのため、ベースの下部は内径基準、上部の円(φ200)は中立線基準となるため、板厚の半分(0.5ミリ)のずれが展開で生じ、そのまま加工したのでは端面の垂直が出なくなってしまう。(図10-8参照)

実際の課題製作時には、加工途中で上手に調整することで、端面の垂直を確保しているが、こうした板厚を原因とする調整が必要な部分があることを、正しく理解しておくことは、非常に重要な判断対策力上のポイントである。

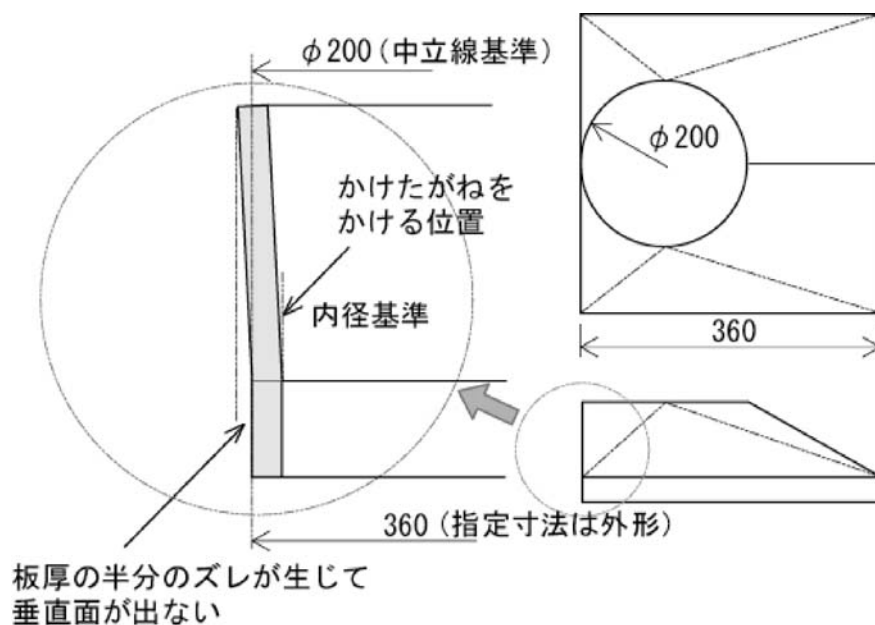


図10-8 展開基準の違いによる問題

dの要点は、溶接によるひずみの影響を見越した寸法の調整をどうするかである。今回の課題では、中間体の倒れこみの挙動に関係なく、中間体に組み付ける楕円筒と円筒の高さ方向の寸法が確保できるように、楕円筒と円筒両方の長手方向の寸法に、調整代として10ミリの余肉を設定した。

② けがきの要点

けがきをおこなう際の要点は以下のとおりである。

- a. 自分の寸法取りの癖の補正
- b. コンパスの取り扱い

aの要点は、ゲージの最小メモリの1ミリ以下の寸法を取るときには目分量とせざるを得ないが、このときに真の寸法に対して大きめにするか小さめにするかは個人の癖として特定の傾向があるということである。熟練技能者はこの点について長年の経験から傾向を把握しており、この癖による誤差を考慮しながら作業できる。

bの要点は、コンパスの中心点は、けがき線の交点上を取るが、その時に針先を固定することができないため、作業中に微妙にずれる可能性があるということである。こうしたことを避けるためには、経験を重ねることで成形技術力をあげる必要がある。

また、コンパスを使う際にバックラッシュによる寸法の狂いを防止するためには、必ずコンパスを開く方向で寸法を取る必要がある。これは、コンパスを閉じる方向で寸法を取ると、円弧をけがく際にコンパスを開こうとする力が生じるため、バックラッシュによる遊びが原因となって、実際よりも大きな寸法になってしまうためである。

る。

a、bいずれの要点においても、一回のずれ量は0.1ミリ以下であったとしても、曲線部分のけがきでは12等分や16等分して、前のけがき線を基準に書き足していくため、積み重ねていくことでミリ単位の誤差になってしまう可能性がある。



図10-9 コンパス操作の例

(3) 展開図の比較

中間体とベースについて、高度熟練技能者、一般技能者と専用コンピュータが実寸で展開したマイラーの比較をおこなった。

図10-10 中間体実物（高度熟練技能者）

図10-11 中間体マイラー

図10-12 実物上にマイラーを重ねたもの（高度熟練技能者）

図10-13 実物上にマイラーを重ねたもの（高度熟練技能者のアップ）

図10-14 実物上にマイラーを重ねたもの（一般技能者のアップ）

図10-15 ベース実物（高度熟練技能者）

図10-16 ベースマイラー

図10-17 実物上にマイラーを重ねたもの（高度熟練技能者）

図10-18 実物上にマイラーを重ねたもの（高度熟練技能者のアップ）

図10-19 実物上にマイラーを重ねたもの（一般技能者のアップ）

中間体の比較では、高度熟練技能者の実物とマイラーはほぼ完全に一致した。一般技能者は、中心線から遠い位置で若干のずれが生じていたが、加工工程の中で十分吸収できる範囲内に収まっていた。



図10-10 中間体実物（高度熟練技能者）

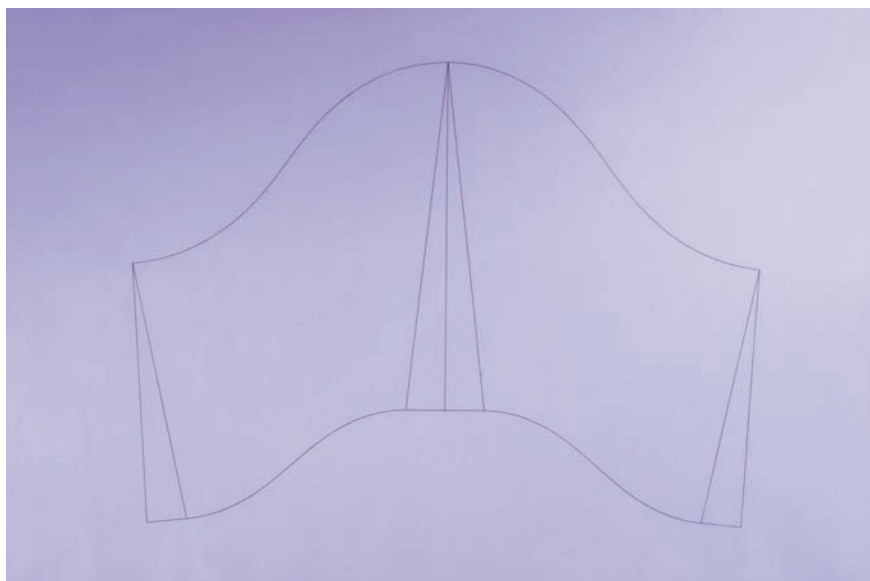


図10-11 中間体マイラー

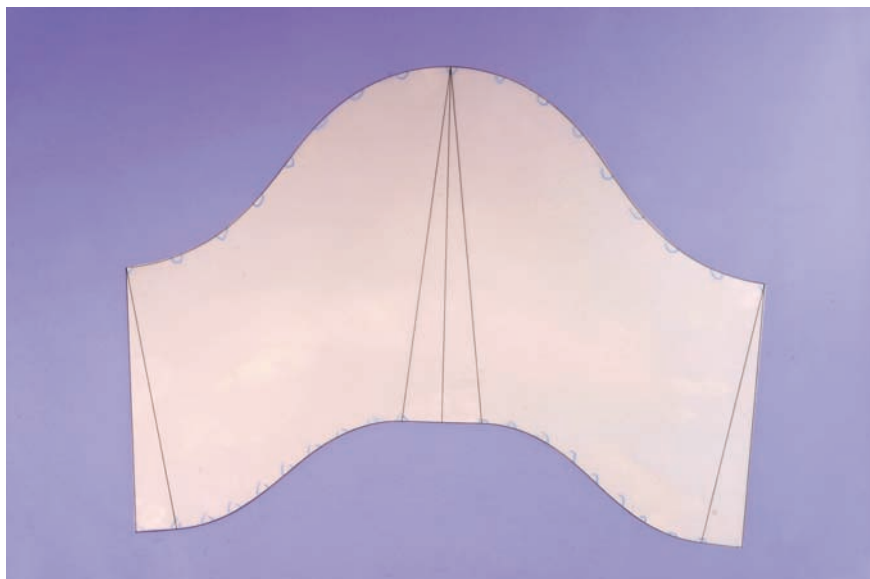


図10-12 中間体の実物とマイラー比較（高度熟練技能者）

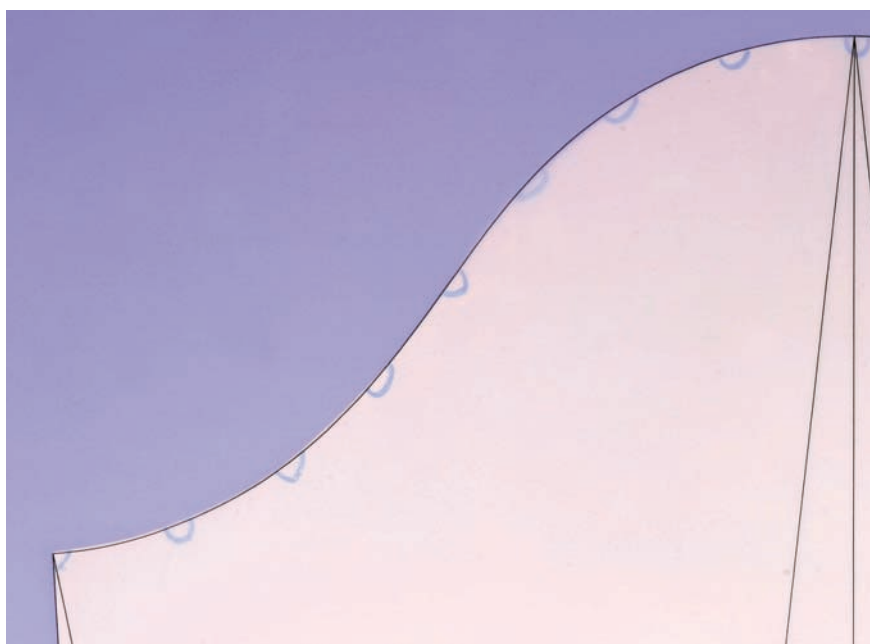


図10-13 中間体の実物とマイラー比較（高度熟練技能者のアップ）



図10-14 中間体の実物とマイラー比較（一般技能者のアップ）

ベースの比較では、高度熟練技能者の実物とマイラーは、中間体と同様にほぼ完全に一致した。一般技能者は、中心線から遠い位置で1～2ミリのずれが生じており、しかも左右でずれた量が違っていた。

マイラーは、専用コンピュータが完全な中立線基準で展開するため、前述したように、加工形状に合わせて内径や外径基準を使い分けるといったことはできないし、また変形を考慮したオフセットといった操作もできない。従って、マイラーと現物が一致していることでそのまま正しい展開ができたと結論付けることはできない。

繰り返し製作するような場合であれば、個人の加工上の癖を見込んであらかじめ補正を加えるといったことも考えられ、その場合にはマイラーと現物が当然一致しなくなる。

しかし、左右で形状に相違が生じることは、成形技術力がまだまだ安定性の面で問題があるということであり、左右の位置のズレは突合せ溶接した際にねじれを発生させて大きなひずみにつながりやすいため、左右の誤差は極力小さくする必要がある。



図10-15 ベース実物（高度熟練技能者）

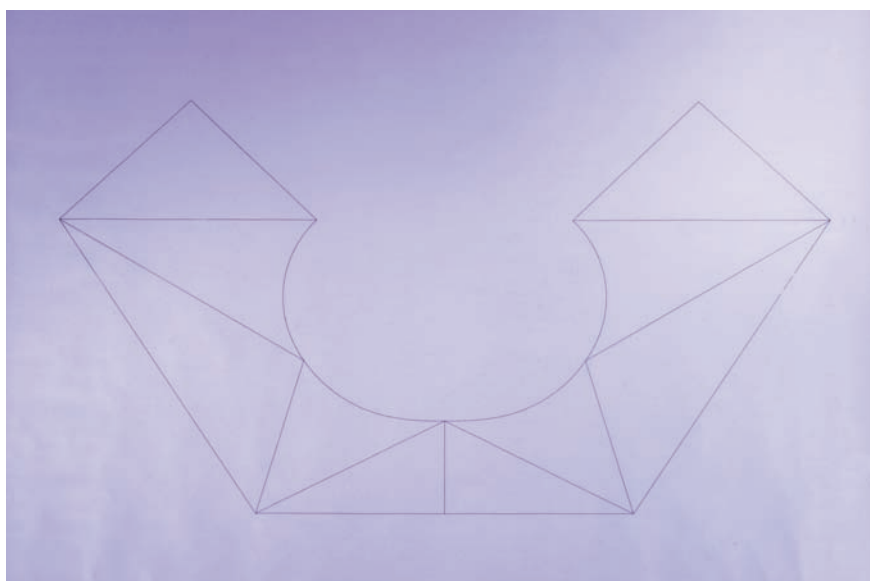


図10-16 ベースマイラー

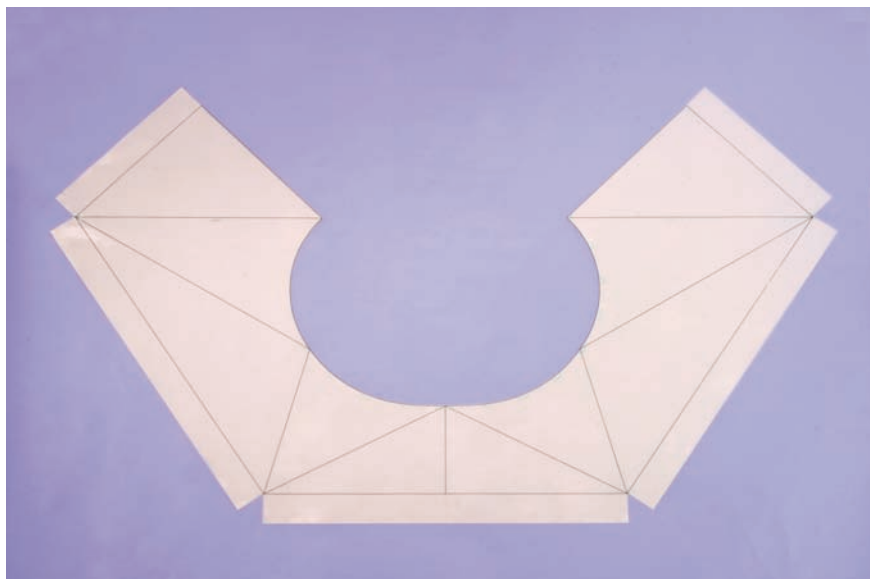


図10-17 ベースの実物とマイラー比較（高度熟練技能者）

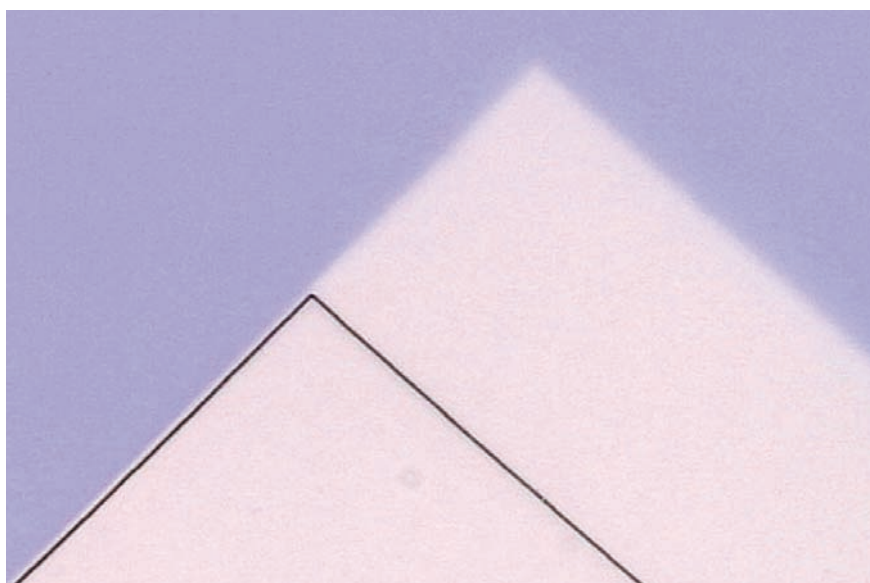


図10-18 ベースの実物とマイラー比較（高度熟練技能者のアップ）



図10-19 ベースの実物とマイラー比較（一般技能者のアップ）

4. かげたがねと直線曲げ

かげたがねと直線曲げの項目で分析するのは、かげたがねと直線曲げをおこなうときの要点、高度熟練技能者と一般技能者のたがねとたがねをかけた溝の比較、たがねかけの動作分析とアイカメラ分析である。

(1) かげたがねと直線曲げの要点

かげたがねと直線曲げをおこなう際の要点は以下のとおりである。

- a. たがねの溝を均一にかける
- b. たがねの溝を必要十分な深さにかける
- c. 目的に合わせた溝の深さにする
- d. 片ぎきしないようにたがねをかける

aの要点は、たがねの溝を端から端まで均一な深さにかけることである。溝の深さが不均一だと、浅い部分でだれが生じ、エッジが正確に出なくなる。また長い直線曲げの場合、中央部でそりが発生しやすいが、たがねがかかりやすい中央部で溝が深くなると、そりがひどくなってしまうので、そりを防止するためにも、たがねの溝を均一の深さにかける必要がある。

成形技術力としては、たがねがかかりにくい端の部分にも十分かけられる技術が必要ということにある。今回の課題では、ベース下部の直線曲げのためのたがねかけで、たがねの角を叩いてかけるという技が見られた。(図10-20参照)



図10-20 端部のたがねかけの例

bの要点は、たがねの溝を加工に必要なだけ十分な深さにかけるということである。直線曲げのためのたがねの溝が浅い場合、直線曲げの角がR状になり、きちんとしたエッジにならなくなる。このため形状が正確に出なくなるだけでなく、周辺に対するひずみが出やすく、隣接する位置に平面があるような場合には、膨らませるような悪影響を与える可能性が高い。(図10-21参照)

しかし、反対に溝の深さが深すぎると割れやすくなるため、必要十分な深さに加工することが重要となる。材料により柔らかかったり硬かったりという品質の差があるため、今回の材料でも最適と考えている溝の深さが適切な深さなのかどうか、試しに1箇所曲げて様子を確認するといった段取りも、実践的な判断対策力の一つである。今回の課題でも、高度熟練技能者が実際におこなっている。

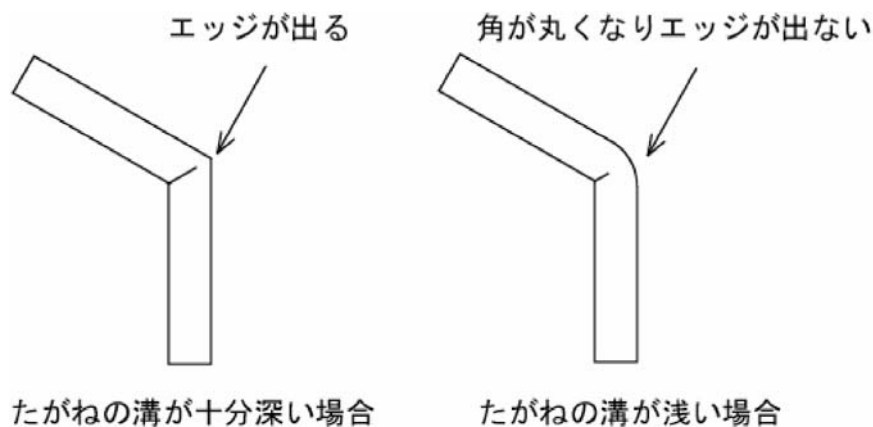


図10-21 直線曲げの溝深さ

cの要点は、直線曲げのためのたがねの溝と、平面と曲面との境目にある加工開始線の位置決めのためのたがねの溝では深さが異なり、この使い分けをきちんとおこなう必要があるということである。加工開始線の位置決めのためのたがねの溝が深すぎた場合には、この部分で腰折れが生じる可能性があり、加工精度を大きく悪化させる要因になってしまうし、反対に浅すぎた場合には、加工開始線の位置が決まらず、形状が定まらなくなってしまう。

dの要点は、初心者が起こしやすい、たがねの角が深く入ってしまう片ぎき(図10-22参照)を起こさないようにすることである。片ぎきを起こすと、その部分だけ溝が深くなるため、割れの発生箇所になりやすい。片ぎきを修正しようとして、反対にひどくすることも多いので、初心者は十分に注意する必要がある。

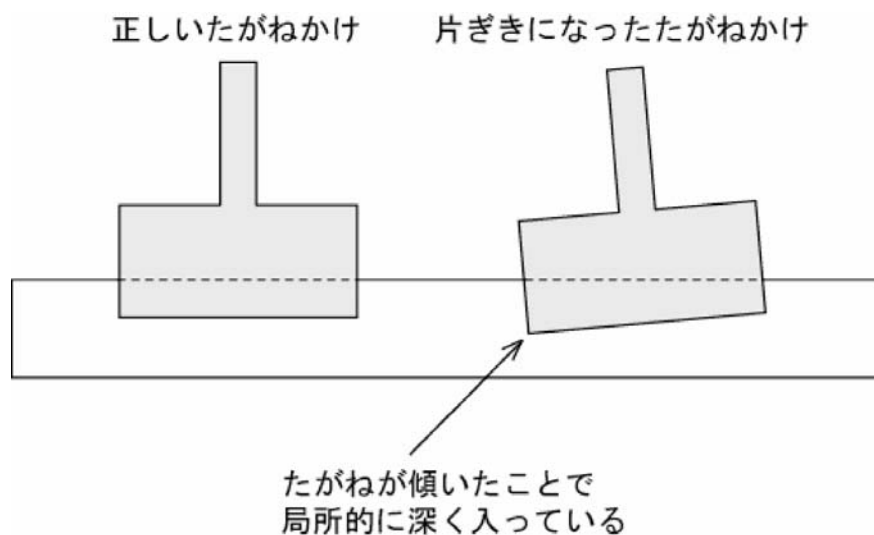


図10-22 かけたがねの片ぎき

(2) たがねの比較

今回の課題で技能者が使用したかけたがねは個人別に調整しており、その形状を比較した。

高度熟練技能者のたがねを横から見たものを図10-23に、一般技能者のたがねを図10-24に示す。

両者のたがねを比較したところ、次のような相違が見られた。

- a. 高度熟練技能者の方が、たがねの端の刃先が反っている部分が長く、刃先がまっすぐな部分があまり広くない。
- b. 一般技能者のたがねの刃先の方が明らかに鋭く、高度熟練技能者の方の刃先は丸みを帯びたような形状になっていた。

どちらのたがねのほうが使いやすいかという単純な結論は出せないが、高度熟練技能者の方が、たがねの端の部分はかかりにくい、しっかりとした溝が形成できると考えられる。また、たがねの端の刃先の反っている部分が長い、片ぎきしにくいとも考えられる。

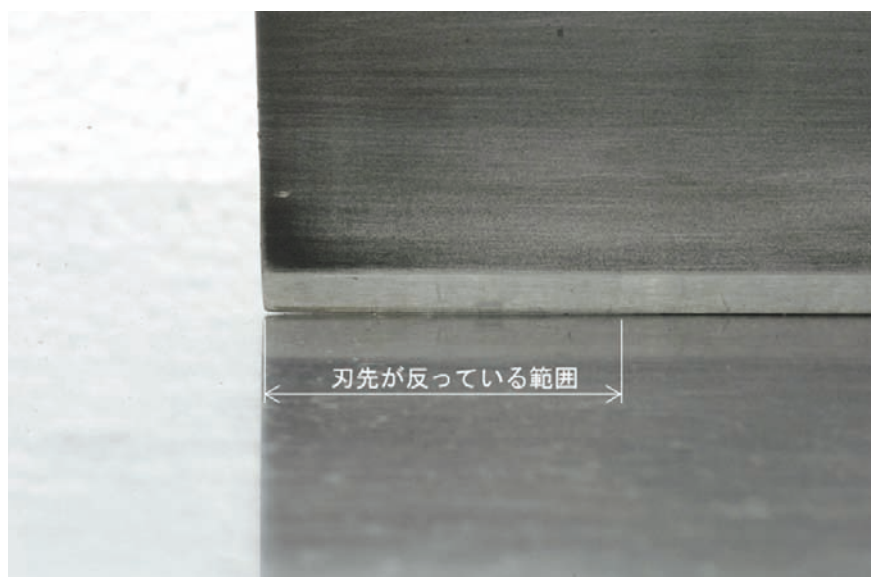


図10-23 高度熟練技能者のたがね



図10-24 一般技能者のたがね

両者のたがねを使って、直線曲げを想定してテストピースに形成した溝の比較を図10-25に示す。下側の高度熟練技能者の溝の方が、たがねがきれいにかつ確実にかかっていることが分かる。

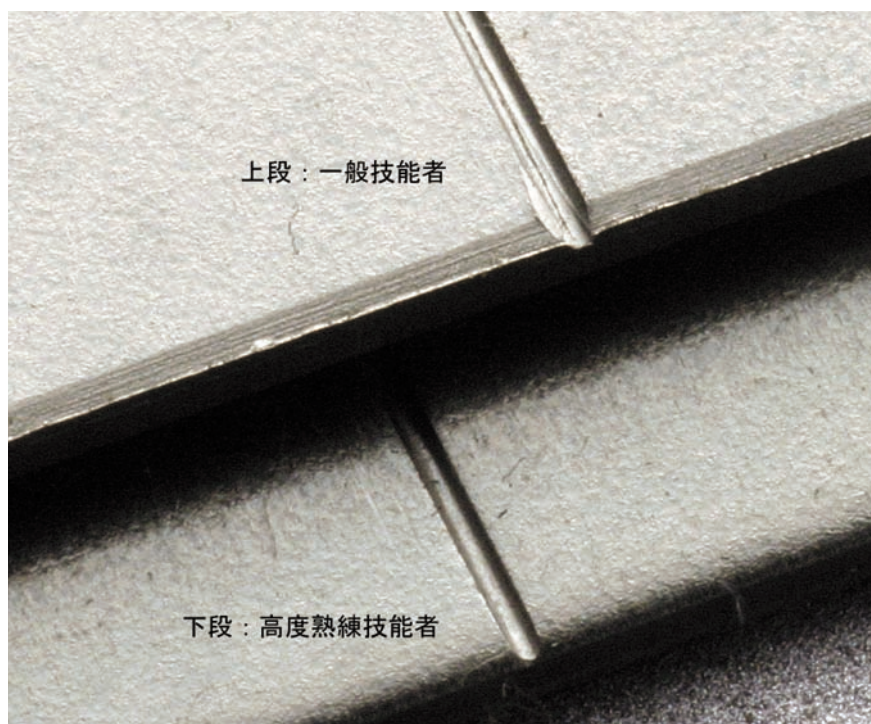


図10-25 たがねをかけた溝の比較

(3) 動作分析

かげたがねの動作について、腕の振りに着目して動作分析をおこなった。高度熟練技能者と一般技能者に対し、テストピースとして30センチメートル角の平らな鉄板を用意し、その上でたがねをかけて比較した。

高度熟練技能者は、体に平行になるようにけがき線を置いて、右から左に向けてたがねを操作した。一般技能者は体に向かって垂直になるようにけがき線を置いて、奥から手前に向けてたがねを操作した。今回は、体の正面から見た腕の振りを分析対象としており、従ってたがねの動きは両者で異なっている。(比較のために、一般技能者にも高度熟練技能者と同じ横方向でのたがねがけをしてもらったが、普段おこなっていない動きであり、慣れていないせいか非常に不自然な動作となったため、今回の分析対象には含めなかった)

高度熟練技能者の3回分の動作を体の正面から撮影した映像に基づいて、ハンマヘッドの軌跡を分析して画像上に重ねて表示したものを図10-26に、同様に一般技能者の3回分の動作を表示したものを図10-27に示す。

各々、ハンマヘッドの軌跡が緑線で表示されているが、両者の動きには次のような特徴がある。

- a. 一般技能者は、たがねを叩く時のハンマの上下動のモーションが大きく、叩いた後はハンマがはね上がる感じだが、高度熟練技能者は、叩いた後にハンマがはねあがらず、たがねを押し込むような感じで叩いているように見える。

- b. 前項の叩いた後のハンマのフォロースルーの高さは、一般技能者は叩く前の8割程度、高度熟練技能者は2～3割であった。
- c. たがねを次の位置に動かしている間、一般技能者のハンマは定盤すれすれまで下がり、次の打撃のために余分に一度持ち上げる動きが見られるが、高度熟練技能者のハンマは下がらず、無駄な動きがない。



図10-26 たがね動作分析（高度熟練技能者）



図10-27 たがね動作分析（一般技能者）

上記ハンマの軌跡を、横軸に時間経過をとったグラフにすることで、更に詳しく動きを分析した。まず、ハンマの上下動（グラフではZ軸と定義している）の位置と加速度を比較した。

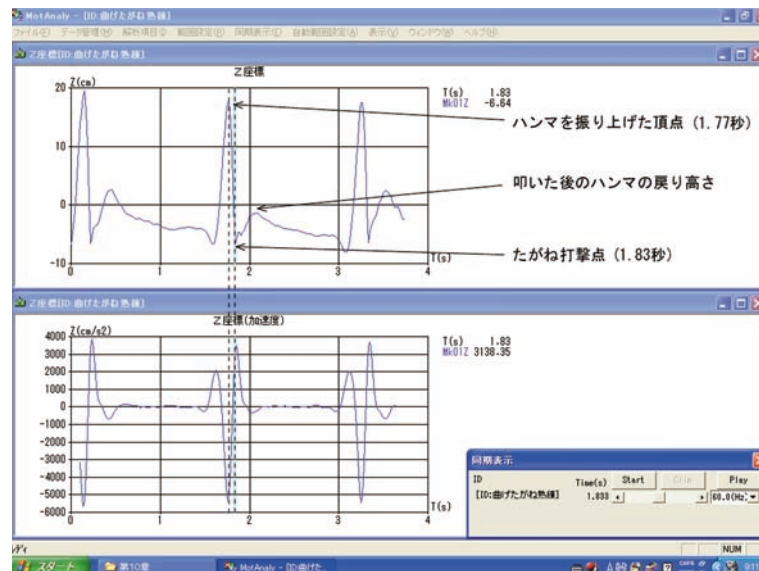


図10-28 たがねの上下動の分析（高度熟練技能者）

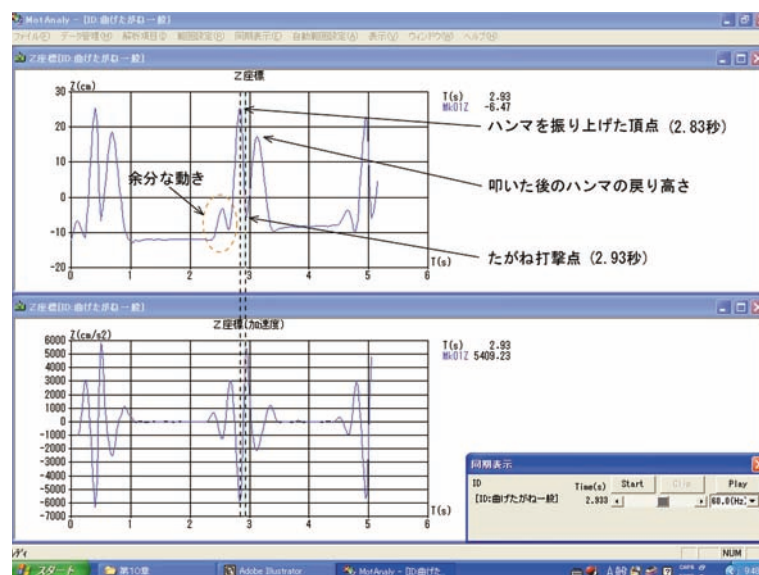


図10-29 たがねの上下動の分析（一般技能者）

一般技能者は、打撃前に一度ハンマを持ち上げてまた下ろすという余分な動きがあることが分かる。

同様に、ハンマの軌跡を、ハンマの左右の動き（グラフでは X 軸と定義している）の位置分析してグラフ化した。（高度熟練技能者は左利き、一般技能者は右利きであるため、ハンマの動きが X 軸で見ると上下が逆の正反対になっている点に注意のこと、また分かりやすくするために Z 座標のグラフと並べて表示した）

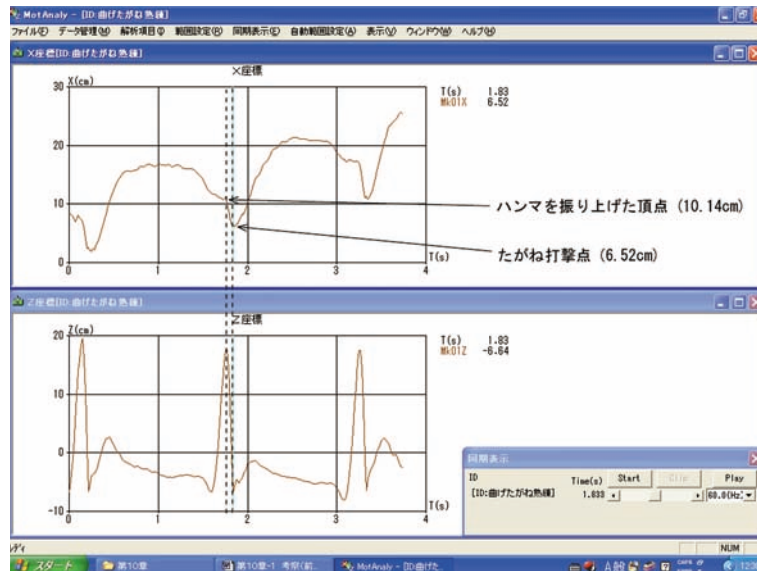


図10-30 たがねの左右方向の分析（高度熟練技能者）

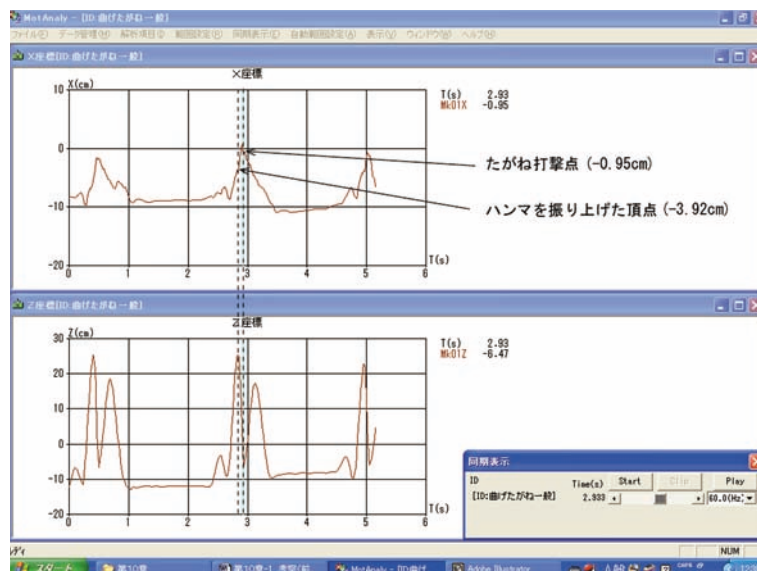


図10-31 たがねの左右方向の分析（一般技能者）

以上の分析結果から、高度熟練技能者と一般技能者の動作を数値的に比較したものを表10-32に示す。

表10-32 たがねがけの動作分析結果比較表

項目	高度熟練技能者	一般技能者
ハンマストローク	24.7 cm	30.8 cm
フォロースルー高さ	7.6 cm	24.4 cm
打撃時間（頂点～打撃点）	0.07秒	0.1秒
打撃時間（振上げ～フォロースルー）	0.48秒	0.75秒
打撃時の加速度（上下方向）	3335 cm/s ²	5337 cm/s ²
打撃時の左右方向の移動距離	4.3 cm	3.9 cm

一般技能者の方が打撃動作のモーションは大きく、ハンマストローク、フォロースルーの高さ、打撃時の加速度はいずれも高度熟練技能者よりも数値が高く、反対に打撃時間は長くなっている。

特に打撃後のフォロースルーは高度熟練技能者が30%であるのに対し一般技能者は80%近い高さまでハンマが上がっており、一般技能者はパワフルにハンマを上下に振っていることがわかる。

打撃時の加速度について、ハンマの重さが高度熟練技能者と一般技能者が同じだとすれば、力は加速度にそのまま比例するので、ハンマの打撃力は一般技能者の方が1.6倍大きいということになる。

打撃時の左右方向の移動距離の結果からは、たがねを叩くときのハンマが、高度熟練技能者、一般技能者ともにほぼ垂直に入っていることが分かる。（図では3回の平均値を表示しているが、最大値でも5cm未満であった）

全体的な評価としては、高度熟練技能者は一般技能者ほどパワフルではないが無駄な動きがなく、コンパクトでスムーズな素早いハンマ操作をしており、一般技能者はパワフルで若干無駄な動きもあるが、たがねを打撃するときの角度などは正しくキープされている、というものである。

(4) アイカメラによる分析

たがねかけの動作を、アイカメラを使って分析した。

一般技能者がたがねをかけている間の視点の動きは、たがねをけがき線や溝に当てる際には、たがねの刃先もしくは溝の位置に視点が移動し、ハンマで打撃する際にはたがねの柄の先端部分に視点が移動する。一般技能者が、たがねを当てている時のアイカメラの映像を図10-33に、たがねを叩く直前のアイカメラの映像を図10-34に示す。(技能者の視点は、図の中で「□」と「+」と記された位置にある。)



図10-33 アイカメラによる分析（一般技能者その1）



図10-34 アイカメラによる分析（一般技能者その2）

高度熟練技能者がたがねをかけている間の視点の動きは、けがき線上に最初にたがねをかける最初の一系列分と、2回目以降にたがねをかける際の各列1回目の打撃時には、一般技能者と同様にたがねの柄の先端部分に視点が移動するが、それ以外では、たがねの刃先もしくは溝の位置を追いかけるように視点が留まり、たがねの柄の先端部分には移動しない。

高度熟練技能者が、たがねを叩く直前のアイカメラの映像を、図10-35に示す。（視点がたがねの刃先もしくは溝の位置にある）



図10-35 アイカメラによる分析（高度熟練技能者）

高度熟練技能者は、ハンマの動きを自由にコントロールできるため、たがねの柄の部分毎回確認しないですむので、刃先に視点を固定させておくことができる。これにより視線が安定し頭の動きが抑えられることから、たがねの操作がより安定するのではないかと考えられる。

5. 曲線曲げ

曲線曲げの項目で分析するのは、曲線曲げの要点、動作分析とアイカメラによる分析である。

(1) 曲線曲げの要点

曲線の曲げ加工をおこなう際の要点は以下のとおりである。

- a. 母線に沿って曲げる
- b. 曲げにくいところから始める
- c. 一箇所に関力が集中しないようにする
- d. 曲げが生じる箇所を正確に把握する
- e. 腰折れの確認を適宜おこなう
- f. スプリングバックの戻り量は実際の加工中の感覚で把握する

aの要点は、曲げ板金の曲線曲げには必ず母線があるので、それに沿って正しく曲げるということである。複雑な形状で母線が分かりにくい場合には、あらかじめ油性ペン等で目印などを書き込んでおくことも推奨できる工夫のひとつである。

bの要点は、曲げにくいところから作業段取りを行うことである。これは曲げにくいところは力を強く加える必要がある箇所や、力のかけ方が難しい箇所なので、加工物を保持している位置で変形が生じやすく、後から加工をしようとする、せっかく加工の済んだ場所を保持したことでその部分の修正作業が必要になったりするためである。単純な円筒の加工において開放端の部分から開始するもの、この部分の曲げが一番難しいためである。

cの要点は、一箇所に力が加わると腰折れを生じるので、これを防止するためにできるだけ力が集中しないようにすることである。実際の加工では、心金もしくはかたな刃に加工物を当てて力を上から押さえつけながら、加工物を横方向にずらすような感覚で更に力を加えて曲げていく感じになる。このとき、上から加える力が強過ぎたり、横へのずらしが滑らかにならずに引っかかるように瞬間的に止まったりすると、腰折れが発生しやすい。

dの要点は、鉄板の曲げは、心金もしくはかたな刃に当たっているところではなく、その両側のある幅を持った範囲内でおこなうので、これを理解していないと、曲げたい箇所が曲がらなかったり、曲げたくないところが曲がってしまったということがある。例えば平面から曲面が始まる加工開始線付近の加工をおこなう際に、加工開始線ぎりぎりに心金をあてると、平面部も曲がってしまうことになる。(図10-36参照)

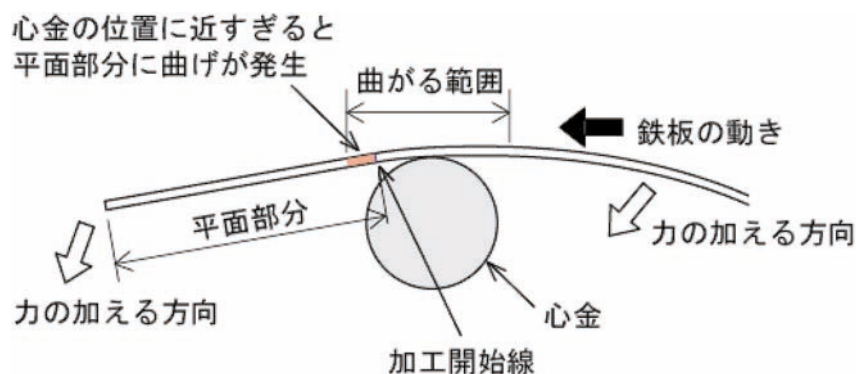


図10-36 曲げが発生する範囲

eの要点は、いったん腰折れが発生すると、その場所には力が集中しやすくなり、更に曲がりやすくなるため、できるだけ早期に腰折れを発見することである。腰折れが発生したかどうかは手で触って確認するのが一番早く、確実である。高度熟練技能者は、手で触っておこなう形状の確認兼腰折れの確認を高い頻度で実施していた。

(ゲージの項で詳細な考察をおこなう)

fの要点は、スプリングバック量は材料の硬さや形状の差により予測が難しいので、実際に曲げた際に戻ってきた量の感覚で把握するということである。

(2) 動作分析

曲線曲げの動作について、加工物の動きに着目して動作分析をおこなった。高度熟練技能者と一般技能者に対し、テストピースとして30センチメートル幅の扇形の鉄板を用意し、円錐形状に曲げてもらった。テストピースの表面には、加工物の動きを追跡できるように、油性ペンで母線に沿って等間隔に線を引いた。

なお、曲げ加工をおこなう際には、技能者は力を加えるために加工物に覆い被さるような姿勢で作業をおこなうので、動作分析用の映像は技能者の正面斜め上から見下ろすアングルで撮影した。このため座標系の設定が斜めになることから、本項では数値的な解析までは踏み込まない。

図10-37に、加工物上に設定した追跡ポイントとこれらを結んだスティックの設定条件を、図10-38に、曲げ加工をおこなった際の工作物の動きを連続スティック表示で分析したものを示す。



図10-37 曲線曲げスティック設定

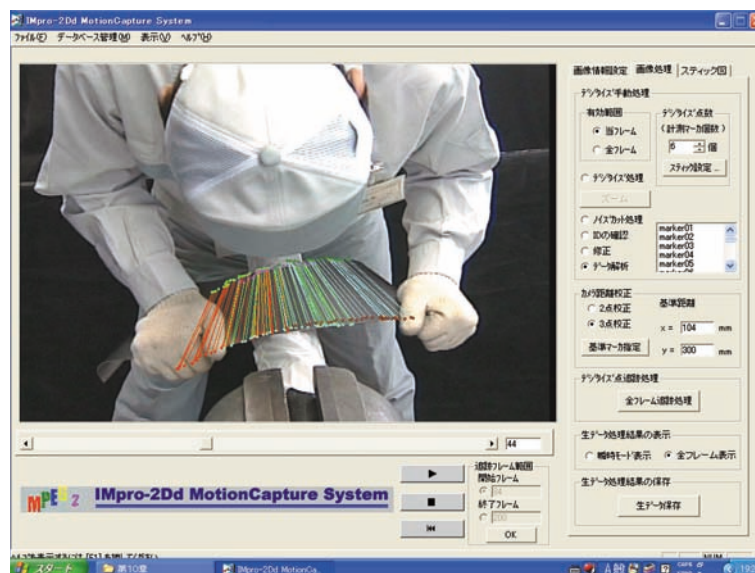


図10-38 曲線曲げ連続スティック表示

心金と加工物の母線の向きが加工の間、常に一定しており、心金に接する大きな円弧状に加工物が右から左にスムーズに移動していている様子が分かる。

加工物と心金の位置関係を把握するために、目印に引いた線の2番目と3番目が心金の上に移動した際の映像を抜き出して合成したものを図10-39に示す。

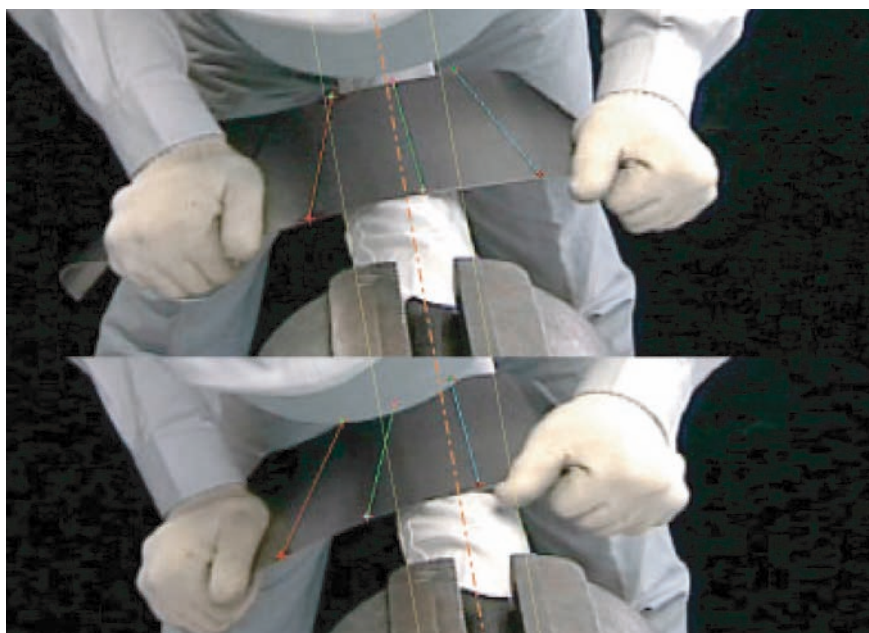


図10-39 曲線曲げ母線分析

心金と加工物の母線は完全に並行ではなく、若干の角度を構成していることが分かる。この加工では、テストピースの外径側により力を加えて加工しているところであるが、加工物に力を加えながらそうとする動きをスムーズにおこなうため、力を加えている部分がやや遅れ気味に動いているのではないかと考える。

(3) アイカメラによる分析

曲線曲げの動作を、アイカメラを使って分析した。

曲線曲げをおこなっている間の視点の動きは、高度熟練技能者と一般技能者の間に差がなく、力を加えている加工部位と心金が接するあたりに視点が留まっていることが分かった。

高度熟練技能者が、テストピースの外径側を曲げている時のアイカメラの映像を図10-40に、内径側を曲げている時のアイカメラの映像を図10-41に示す。(技能者の視点は、図の中で「□」と「+」と記された位置にある。)

テストピースは幅があるため、技能者は内径と外径に同時に力を加えるのではなく、内径主体の加工と外径主体の加工に分けて作業をしており、力を加えている方に視点が移動しているものと考えられる。



図10-40 アイカメラによる分析（曲線曲げ外径側）



図10-41 アイカメラによる分析（曲線曲げ内径側）

6. ワイヤリング

ワイヤリングの項目では、第9章の作業報告と重複する部分もあるが、作業手順に従って、作業の要点を述べていく。

(1) のばしの要点

のばしの要点は以下のとおりである。

- a. のばした分だけ倒し込む
- b. けがき線の0.1ミリ外側から曲げ始める
- c. 最初にハンマが入らず内側から叩けない場合は、外側から叩く

aの要点は、のばした分以上に倒そうとすると、ひずみが発生するためである。

bの要点は、この後のならし作業の修正分と、キズを取るための叩き代を確保するためである。

cの要点は、外側の部分は後で巻き込まれて見えなくなる部分であるため、物理的に内側からハンマで叩けない場合には、代替手段としておこなっても問題がないためである。

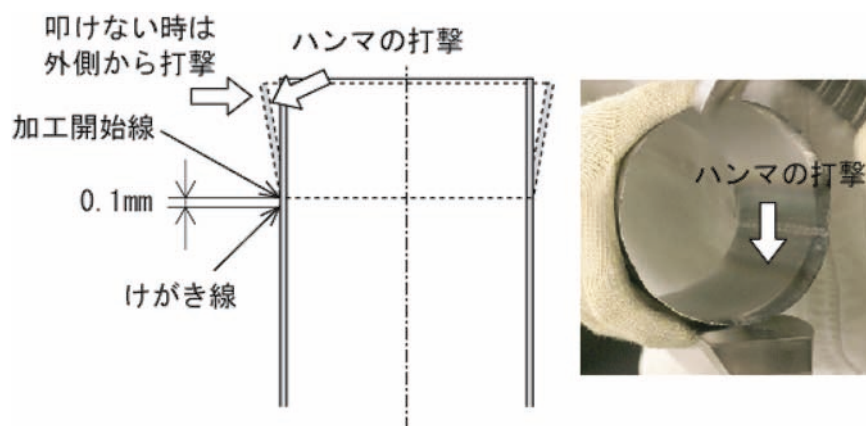


図10-42 ワイヤリングののばし

(2) R 形成の要点

R を形成する際の要点は以下のとおりである。

- a. 正確な形状の確保
- b. R 加工開始線位置近くを含めて十分のばしながら加工する

a の要点は、R 4 の形状は、この後の段階では修正が効かず丸棒をはめ込む際に隙間やひずみが生じないためにも、正確な形状を確保しておく必要があるためである。また、この段階で形状がゆがんでいると、この後のならし作業のときに、ワイヤリング先端部で平面度がでにくくなるといった不具合が発生するためである。

b の要点は、ワイヤリングはフランジ加工と比較してのばす量が多いので、十分のばさないと正しい形状に成形できないためである。特に R 4 の形状がうまく出なかった原因が、R 加工開始位置近くののばしが不十分だったという場合が多いので、この部分をきちんとのばすことが肝要となる。

ワイヤリングの加工は、フランジ加工よりもキズを気にする必要があるが少ないので、高度熟練技能者は作業効率の高い打撃面が丸みを帯びたやや大振りのハンマを使用した。

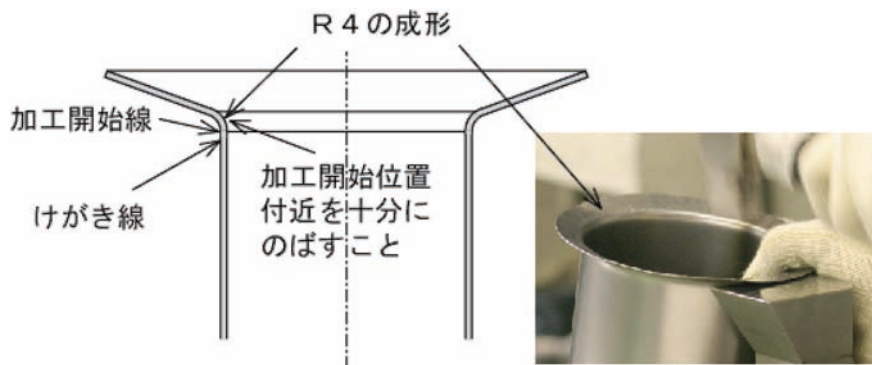


図10-43 ワイヤリングの R 4 形成

(3) ならしの要点

ならしの際の要点は以下のとおりである。

- a. 必要な部分にならしをおこなう
- b. ならしで生じるのび量を修正する
- c. けがき線と加工開始位置との差の0.1ミリを使ってキズを直す

aの要点は、ワイヤリング先端部などの寸法を出す部分や、製品完成時に目に見える部分など、表面の滑らかさが必要な部分にならしをおこなうことである。この後の加工でハンマで叩かれる部分や、ワイヤリングで巻き込まれる部分などのならしは当然必要ない。

bの要点は、ならしをおこなうことで更に鉄板が若干のびるため、この分の修正が必要になるということである。この時に、けがき線と加工開始位置との差の0.1ミリ分を吸収して、正確な位置と寸法に修正しておく必要がある。

ならしでのびる分を事前に加工寸法に折り込んで作業できるようになると、修正量を少なくすることができて、加工効率が上がる。

cの要点は、のぼしとR 4成形で生じたハンマの打痕などのキズを、このならしで直しておくことである。けがき線と加工開始位置との間に0.1ミリ分の余裕を持たせておいたので、これを使って打撃範囲の境界線部分のキズも直すことが可能である。

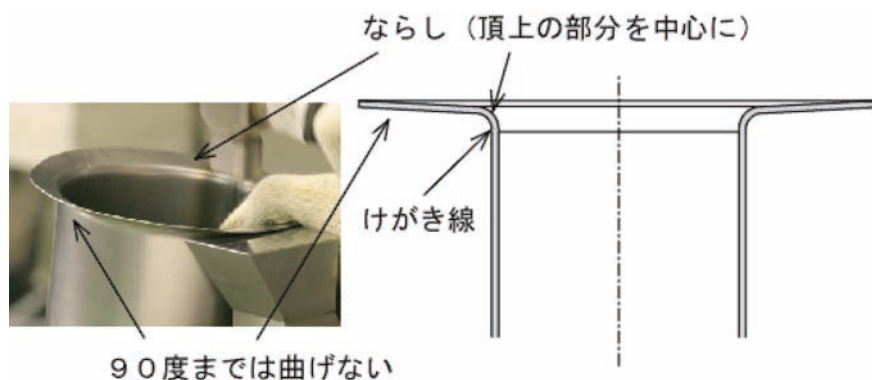


図10-44 ワイヤリングのならし

(4) 絞りの要点

絞りをおこなう際の要点は以下のとおりである。

- a. 完全に直角にのばさずに絞りを始める
- b. 絞れた量だけ倒し込む
- c. R 4 の形状をできるだけ正確に形成する
- d. しわを作らないようにする

aの要点は、のばした後に反対の絞り加工をするため、加工効率と材料へのストレス軽減を考えて、完全に直角までのばさずに絞りを開始するということである。

bの要点は、のばしの要点と同様に、無理な加工によるひずみを防止するためである。

cの要点は、絞り加工により、ワイヤリング先端部の形状と平面度が決まるので、できるだけ正確な形状に加工することである。

dの要点は、絞り加工をおこなう際にしわをなるべく作らないようにハンマを操作することで、しわになりかけた場合にはその場所をハンマで叩いて修正する必要がある。観察分析力と成形技術力のコンビネーションによる技能の一例である。

(5) ワイヤリングはめ込みの要点

ワイヤリングをはめ込む際の要点は以下のとおりである。

- a. 円筒にキズつけないようにはめ込む

これには、ワイヤリングの開口部に何か物（例えば木ハンマの柄）を挟んで広げることで、円筒にキズをつけずにはめ込むことができる。ただし、R 4 に形成した部分に隙間なくはめ込むためにはかなりの手際が必要で、成形技術力のポイントである。

なお、ワイヤリング部の形状（特に平面度）を正確に出すためには、リングの部品単品での平面度が出ている必要があり、はめ込む前に必ず確認・修正しておくことが肝要である。

(6) ワイヤリングのガイド形成の要点

ワイヤリングのガイドを形成する際の要点は以下のとおりである。

- a. リングの押さえとなるガイド部を適宜設ける

これは、リングをはめ込んだ後の加工をおこなう際に、リングが移動しないように確実に固定させるためにおこなうものである。円周上の4箇所程度をハンマで倒し込むようにしてガイドを形成する。

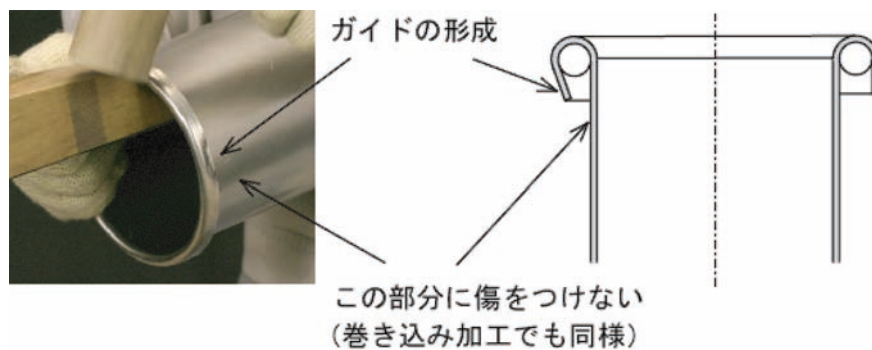


図10-45 ワイヤリングのガイド形成

(7) ワイヤリングの巻き込みの要点

ワイヤリングの巻き込みの加工をする際の要点は以下のとおりである。

- a. しわを作らないようにする
- b. 円筒部本体にキズが付かないように、ハンマ操作を確実にこなう

aの要点は、絞りの要点と同じである

bの要点は、巻き込みの加工をおこなう際には、木ハンマのエッジの部分で叩くようになるため、打ち損じしやすく、その場合には円筒本体にキズが付いてしまうので、確実なハンマ操作でこれを防止することである。

7. 溶接

溶接の項目で分析するのは、溶接の要点、変形量の読みと変形を抑える工夫である。

(1) 溶接の要点

溶接をおこなう際の要点は以下のとおりである。

- a. 溶接時間を短くする
- b. 溶接棒をできるだけ消費しないで溶接する
- c. 炎を細かく調節する
- d. 溶接する順番を理論的に考えて決定する
- e. 溶接後のならしを適宜小まめに実施する

aの要点は、熱変形によるひずみをできるだけ抑えるために、溶接時間をできるだけ短くするという溶接作業における大原則である。

bの要点は、溶接棒を消費するということは、ビードの量が増えてかつ溶接時間が長くなることにつながるため、これを避けるということである。ビードの量が多いと、付け合せ部ではヤスリで削り落とす量が増え、また溶接した部分をのぼしたり絞ったり後加工する場合には、加工量を増さなければならなくなることになる。具体的な量は計測できなかったが、高度熟練技能者の溶接棒の消費量は一般技能者よりも明らかに少なかった。

cの要点は、無駄な熱を加工物に与えず、かつ溶接時間を短くするためには、溶接する部位の形状や状況に応じて細かく炎を調節するということである。例えば、溶接する部品同士が鋭角で接合する部位と鈍角で接合する部位では溶けやすさがかなり違うため（鈍角のほうが溶けやすい）、同じ円周上で溶接する場合でも場所に応じて炎を調節する必要がある。

dの要点は、溶接により変形が出やすい箇所と出にくい箇所、組み付けがずれやすい箇所とあまり気にしなくていい箇所といった特性を把握し、かつ一ヶ所に熱が溜まらないように適当に分散させながら、溶接する順番を決めることである。溶接する順番によってひずみが抑えられることもあればひずみが大きく出てしまうこともあり、判断対策力の非常に重要なポイントである。

eの要点は、仮溶接、本溶接の後のならしを小まめにおこない、ひずんだまま次の溶接をおこなわないことである。最初のひずみを修正しないまま次の溶接をおこなった場合には、最初のひずみが修正できなくなるだけでなく、累積によってひずみが拡大したり複合したりする可能性が高い。

今回の課題における高度熟練技能者の溶接では、仮付け溶接を1～2箇所おこなうとならしと形状の確認をおこない、それからまた次の仮付け溶接をおこなう、といった場面が随所に見受けられた。

(2) 変形量の読み

今回の課題における部品同士を組み付けて溶接する際に、高度熟練技能者が溶接前に予想したひずみの方向とその変形量と、溶接後に発生した実際の変形量を以下に事例に分けてまとめた。

a. ベースと中間体の溶接

ベースと中間体を溶接する場合の、変形量の事前の予測と実際の結果を、図10-46に示す。

ベースと中間体の接合部が鋭角をなす部位での熱変形による収縮が大きく、中間体が倒れこみ、中間体の先端で1ミリ程度下がると予測したが、実際には中間体の先端で0.5ミリ上がる結果になった。これはベースと中間体の接合面が鈍角となる部分で、ベースの垂直面を確保するために板厚半分ずらして組み付けたが、この箇所で溶接時にずれが生じたためと高度熟練技能者は判断した。

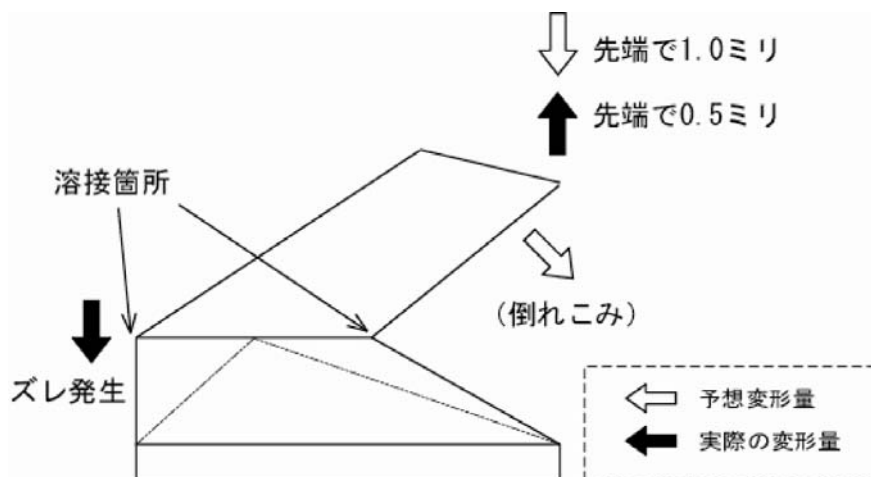


図10-46 ベースと中間体溶接時の変形量

b. 中間体と楕円筒の溶接

中間体と楕円筒を溶接する場合の、変形量の事前の予測と実際の結果を、図10-47に示す。

中間体と楕円筒の接合部が鋭角をなす部位での熱変形による収縮が大きく、楕円筒が1ミリ程度倒れこみ、その結果楕円筒先端の内側で1.0ミリ下がり、外側では中立になると予測したが、実際には内側はほぼ予想どおり1.2ミリ下がり、外側は0.2ミリ上がる結果になった。これは中間体と楕円筒の溶接時の挙動が予想したとおりであったためと考えられる。

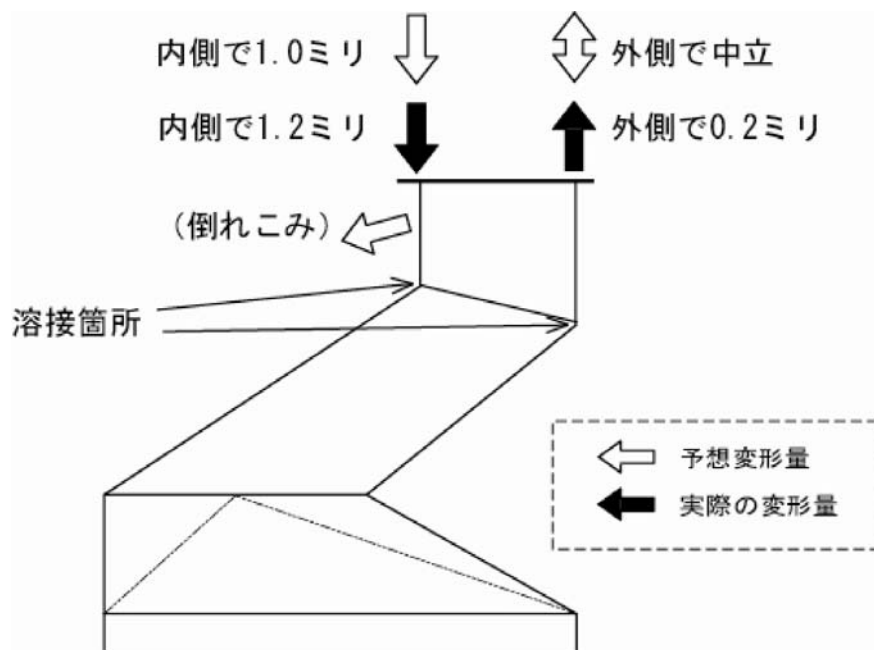


図10-47 中間体と楕円筒溶接時の変形量

c. 中間体と円筒の溶接

中間体と円筒を溶接する場合の、変形量の事前の予測と実際の結果を、図10-48に示す。

中間体と円筒の接合部の形状等から熱変形による倒れこみは発生しないと判断し、円筒先端部で全体的に0.5ミリ程度下がると予測したが、実際には内側はほぼ予想どおり0.5ミリ下がったが、外側は予想と違って上下いずれの方向にも変化しなかった。これは中間体と円筒の溶接時に若干の倒れ込みが起きたためと考えられる。

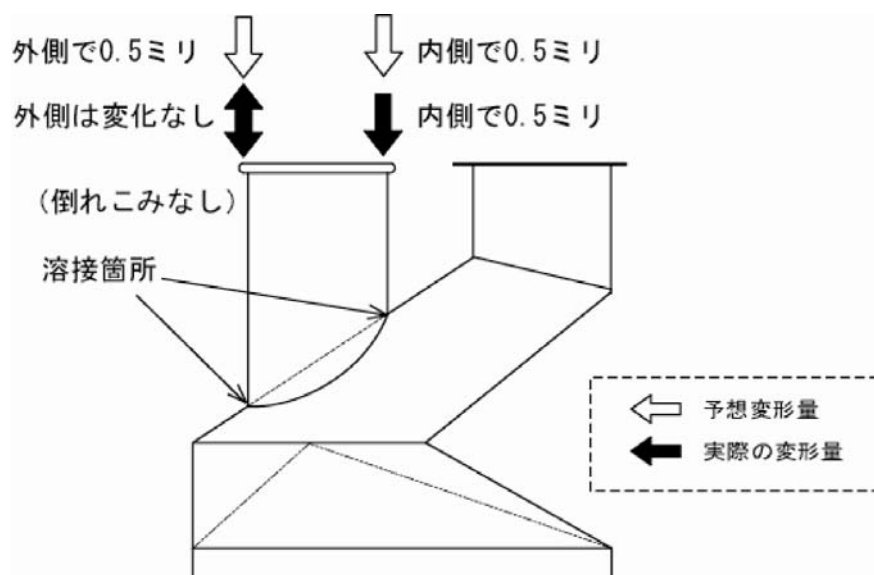


図10-48 中間体と円筒溶接時の変形量

以上の3例とも、高度熟練技能者の事前の予想と実際の変形とは、当たった部分もあれば外れた部分もあるという結果になった。このように溶接時の変形方向とその量を事前に予測することは非常に難しいが、予測が外れた場合でも寸法誤差の許容値内に入っており、かつその後の修正でよりゼロに近いところまで実際は補正している。

(3) 変形を抑える工夫

今回の課題を製作する中で、高度熟練技能者が溶接時の変形を抑えるためにおこなった3つのテクニックは次のとおりである。

a. ベース四隅の溶接前に、コーナー部分のエッジをヤスリがけで整形した

ベースの四隅を溶接する前に、鉄板の角を斜めにヤスリで落とすと、溶接時のひずみを抑えることができる。これは角が残ったままの場合は、溶接するために接合部を埋める多量のビードが必要となり、溶接時間が長くなることで鉄板自身の一部が溶融し変形してしまい、大きなひずみが発生してしまう。またこの場合には、ビードや溶けた鉄板が溶接箇所の周辺部で盛り上がることで、平面度が出なくなるといった悪影響も考えられる

角を斜めに落とすことで、ごく少量のビードで溶接が可能になり、またビードの収まりが良くなるため、全体的にひずみを抑えることが可能となる。

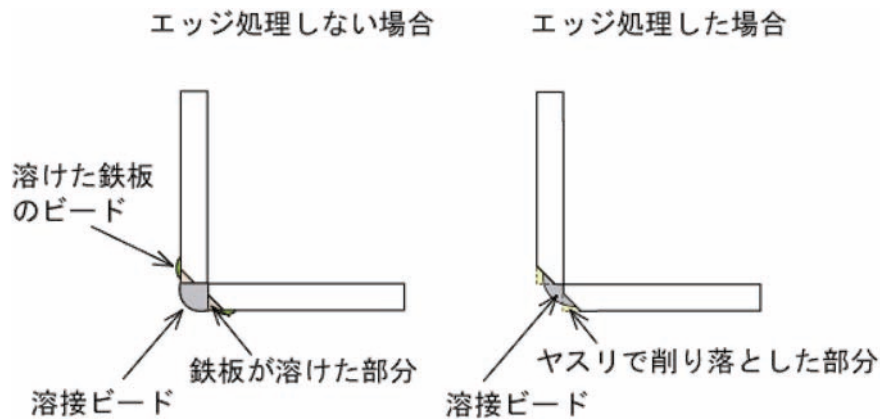


図10-49 ベース四隅の溶接

- b. 斜めに接合する部分の鋭角側と鈍角側で炎の大きさと溶接棒の使い方を調節した
 今回の課題におけるベースと中間体の接合部、中間体と楕円筒の接合部のように、接合部が斜めになっている場合では、部品同士がなす角度が鋭角の部分と鈍角の部分があり、溶接の特性が大きく異なる。

鈍角の場合には、接合部分が尖った形状になっているために、非常に溶けやすく、小さな炎で溶接棒もほとんど消費せずに溶接することが可能で、かつ熱変形によるひずみが小さい。こうした部位を大きすぎる炎で溶接すると、与える熱が大きくなりすぎて部材が溶けて穴が開いたり、溶けた部材が冷却時に収縮することでひずみが発生するため、適切な大きさに炎を絞る必要がある。

鋭角の場合には、熱を吸収する部分が広くなるために温度が上がりにくく、手際良く溶接しないと、溶接に時間がかかり、広い範囲に熱が伝わりひずむ範囲を広げてしまうことになる。大きめの炎で溶接棒をしっかりと使って溶接すればよいが、どうしても冷却時の熱収縮の影響が出やすく、角度が狭まる方向に変形が生じやすい。

また、溶接棒の向きに制約が多くなるため、溶接箇所周辺の形状や、部品の組み付け順序によっては溶接できなくなるといった検討なども必要で、注意を要する形状である。

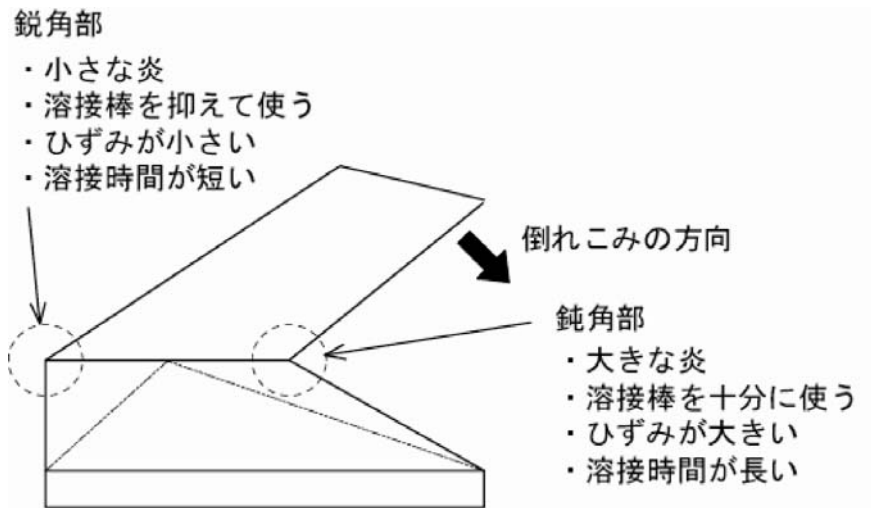


図10-50 斜め接合部の違い

c. 楕円筒溶接時に作業を分割して変形しやすい部分から先に溶接した

この部分の溶接指示は全周溶接であるが、一気に溶接すると熱集中が大きすぎるために、今回の課題では7回に分けて溶接した。溶接する順序は、変形しやすい内側を出発点に、変形しにくい外側を最後にしたが、これは後の方がひずみが出やすいので、ひずみやすい部分を先に固定するためである。

また接合部の交差角度が鋭角から鈍角に切り替わる部位はひずみやすいので、その区間は連続して一気に溶接する必要がある。

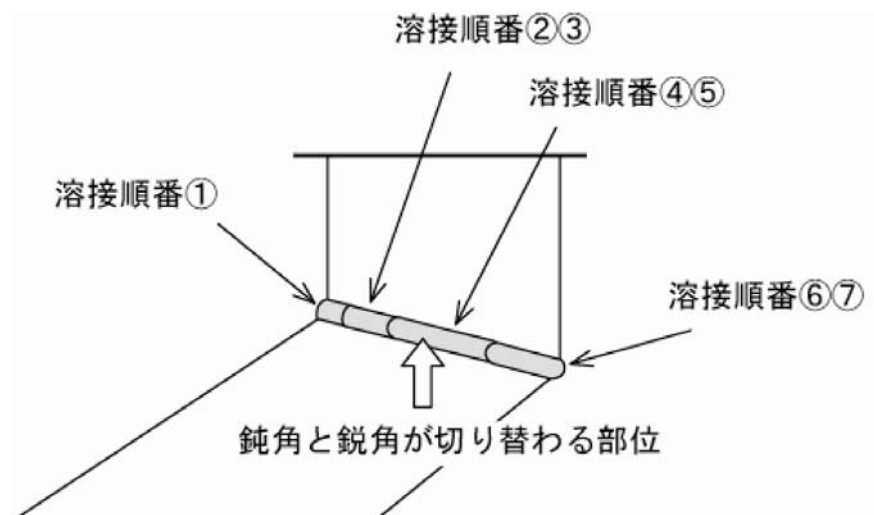


図10-51 楕円筒の溶接順序

8. ゲージ

ゲージの項目で分析するのは、ゲージの比較とゲージの利用である。

(1) ゲージの比較

今回の課題において、高度熟練技能者が用意したゲージと、一般技能者が用意したゲージを比較する。

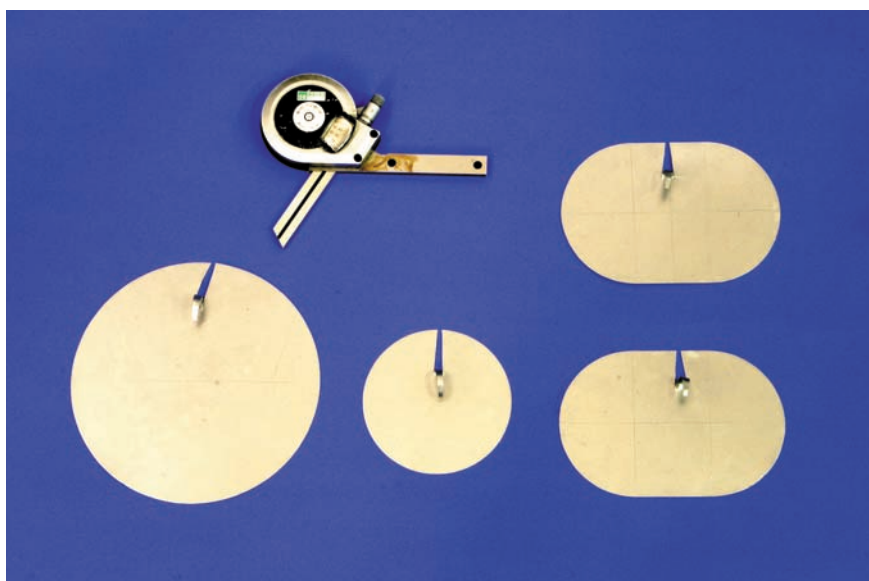


図10-52 用意されたゲージ（高度熟練技能者）

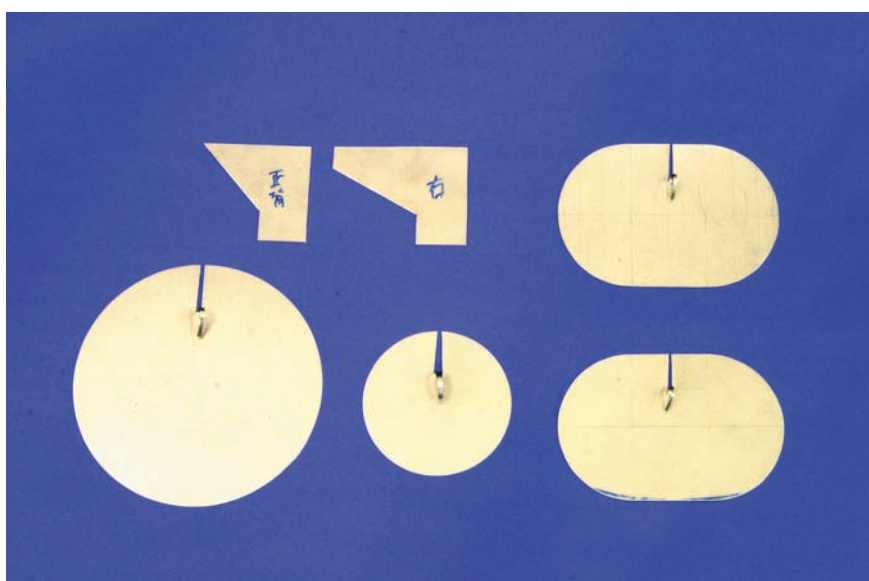


図10-53 用意されたゲージ（一般技能者）

両者を比較すると、一般技能者が直線曲げ用に作製した外輪郭ゲージ 2 種類の代わりに、高度熟練技能者は角度スケールを用いている。それ以外の内輪郭ゲージは両者とも同じであった。

ゲージを利用する場合には、確認の時間は短くて済むが融通が利かず、角度スケールを利用する場合には、融通は利くものの確認の時間はどうしても長くなる。工具自身の優劣はないので、加工効率を考えた場合には、慣れた方を利用することが望ましい。高度熟練技能者は、円形といった基本的な形状や良く使う角度は感覚的に把握しているので、加工途中でスケールを利用するのは、自分の感覚を確認・修正するといった要素が強いためと考えられる。

(2) ゲージの利用

ゲージの利用について、今回の課題の円筒の部品加工において、曲げ加工時に高度熟練技能者と一般技能者が内輪郭ゲージを使用した回数と腰折れを確認した回数を比較して、表10-54に示す。

表10-54 ゲージ使用回数の比較

	高度熟練技能者	一般技能者
端曲げでのゲージ利用回数	11	9
全体曲げでのゲージ利用回数	2	12
腰折れ確認回数	40	0
腰折れ修正回数	3	0

高度熟練技能者の全体曲げでのゲージ利用回数が 2 回と少なく、一方腰折れ回数の確認が 40 回と多い。高度熟練技能者の腰折れ確認の作業は、同時に目視と手の感触による形状の確認を兼ねているため、高度熟練技能者の形状確認回数としては 42 回と考えるのが正しく、一般技能者よりも、高度熟練技能者のほうが確認回数としては多い。高度熟練技能者でもこまめに形状の確認をしているのであり、加工物の精度を上げるための確認作業の重要性が改めて確認できた。

前項でも述べたように、高度熟練技能者は基本的な円形などの形状は感覚的に把握しているため、全体曲げにおいては、既に R が取れている端部と比較して修正すれば作業を進めることができるため、ゲージの利用回数としては、極端に少ない数字になったものと考えられる。

曲線曲げのアイカメラ撮影時においても、高度熟練技能者は端部を曲げる際にはゲージを利用したが、その後の中央部分の全体的な曲げの際には、ゲージを利用しな

かった。その時のアイカメラの映像を図10-55に示す。(技能者の視点は、図の中で「□」と「+」と記された位置にある。)

高度熟練技能者の視点は、テストピースの形状に沿って移動しており、目視により形状を確認していることが分かる。



図10-55 アイカメラによる形状確認