

〔資 料 編〕

溶接技能解析システムの開発

日向輝彦、安田克彦

1. はじめに

近年、産業用ロボットなどのコンピュータ制御された自動化機器の発展は著しく、溶接技術においても、大量生産される溶接製品の自動化は急速に進められている。しかし、材質や形状などに特異性が求められる個別生産的な溶接製品については、現在もその多くが熟練技能者により生産されている。ただ、今日の我が国における産業の空洞化現象や若者の技術・技能離れ、モノづくり産業を支えてきた熟練技能者の高齢化問題など、これまで長年にかけて培われてきた熟練技能が近い将来にかなりの部分が消滅してしまうことが心配されている。こうしたことから、最近、モノづくりに関わる技能を一層尊重する機運を醸成しようとする動きが各方面で広がってきており、技能の教育訓練に携わる分野においても、現在残されている貴重な熟練技能の伝承や時代に即した新たな訓練方法の開発が望まれるようになっている。

著者らは、従来から技能の技術化を目標として、熟練した溶接技能者が溶接現象の微妙な変化を捕らえ、その状況に応じて最適なコントロールを行う技能を「感覚的制御」と名付け、その解明に向けての検討を進めてきている^{(1), (2), (3)}。現在は、これまでの各種の検討結果を踏まえ、近年のコンピュータ制御関連技術を活用することで、溶接技能者が駆使している技能データをリアルタイムに採取してその解析や評価が可能となる「溶接技能解析システム」を開発し、その実用化に向けた検討を進めている。

本報告では、これまでの溶接の技能訓練の場における従来型の技能伝達手法に係わる様々な問題点の整理を行いながら、本システムの開発意義やその概要について、炭酸ガス半自動アーク溶接法に適用した場合の事例を中心に、その将来展望を含めて紹介する。

2. 溶接技能訓練の場における技能伝達方法

2.1 溶接技能訓練における従来型の訓練形態

溶接の技能訓練の場においては、始めて溶接技能の習得に取り組む段階から、かなり熟練した技能者レベルまで、その技能の習得を目標とする訓練課題毎に、従来からほぼ類似した形態の訓練が行われてきている。こうした従来型の訓練方法の基本的な形態としては、①設定した訓練課題について、その内容や到達目標、作業上の具体的なキーポイントなどの基本的な解説を行う（場合によっては、ビデオ等の視聴覚教材を併用する）、②使用機器の構造や取り扱いについて、安全面を含めた解説を行う、③目標とする溶接課題の作業方法について、その解説を含めながら作業見本としてのデモンストレーションを行う、④デモンストレーションにおける指導者の作業行動やその溶接結果、あるいは優れた熟練技能者によって行われた溶接見本等を参考に、これらにできるだけ近づく事を目標にして繰り返しの練習をさせる、⑤訓練生のトレーニング状況を監視しながら状況に応じて適宜個別指導を行う、⑥設定した訓練時間の終盤において、訓練生全員に課題の訓練成果としての結果を提出させてその解析や評価を行い、今後の改善目標等についての解説や指導を行う、といった手順で行われている。

2.2 従来型の訓練方法における問題点

2.2.1 溶接作業環境の特殊性

上述したように、溶接の技能訓練における従来型の訓練スタイルは、指導者や熟練技能者の作業状態や溶接見本を参考に、繰り返しの練習で徐々にその技能レベルを向上させて行くといった形態が一般的である。ただ、こうした溶接技能の習得においては、訓練生個々の個人差による違いはあるものの、一般的には数週間から数ヶ月といった比較的長い訓練時間が必要となっている。

これは、炭酸ガスアーク溶接法を含めた各種のアーク溶接作業では、強烈なアーク光から顔や目を保護するための溶接用保護面を着用する必要があり、遮光ガラスを通した薄暗く狭い視野の中で、①刻々と変化する溶融池やアークの状況を視覚や聴覚を用いて的確に認識する、②これらの情報を基に、得られる溶接結果を正確に推量しながら、刻々と変化する溶接状況を適正な状態に制御・維持する、などの能力が必要となる。

すなわち、初心者にとっては、こうした特殊でしかも非日常的な作業環境に対する慣れや肉体的・感覚的なイメージがある程度形成できるまでにかかなりの時間が必要になることが考えられ、相当経験を積んだ技能者であっても、新しい作業課題や新たな溶接方法に初めて挑戦する場合等においても類似の状況が発生しているものと推察される。

2.2.2 溶接技能伝達上の問題点

炭酸ガスアーク溶接法などのアーク溶接作業における溶接現象は、刻々の変化が急速であり、その現象自体も様々な要因により複雑に支配されている。こうした面から、指導者レベルの高度な熟練技能者においても、溶接過程で自らが感覚的に行っている多様なコントロール状況について、言葉あるいは文章等の客観的な表現に基づく正確な伝達が難しい。そこで、溶接における技能の伝達手段として、従来から指導者によるデモン

ストレーションがその代表的な手法として一般的に採用されてきた。ただ、こうしたデモンストレーションによる指導手法における大きな欠点は、これを観察する側の訓練生も遮光ガラスを通した観察となり、指導者が行う一連の作業状況が十分に確認できないと共に、訓練生にとって最も重要な情報となる溶融金属の微妙なコントロールに関する視覚情報が得られにくいなどである。すなわち、これまで一般的に行われてきているデモンストレーションによる指導形態は、本質的な技能の中身を伝達するための手段としては不十分であるといえる。

そこで、これらの欠点を補うために、①ビデオ教材の利用、②溶接現象を間近に観察させられる状況での個別のデモンストレーション、③訓練生個々の溶接過程における状況に合わせた助言、④訓練生のトーチ操作の補助、などの様々な手段が用いられている。このように、溶接技能をできるだけ短時間で効率よく伝達するためには、高い技能レベルの指導者による密接な個別指導が理想的と考えられるが、いずれにせよ、刻々変化する溶接現象に合わせて行われる技能の詳細な内容についての客観的な表現による伝達は難しい。

3. 炭酸ガス半自動溶接における感覚的制御と溶接技能解析システム

3.1 炭酸ガス半自動アーク溶接における感覚的制御

これまで述べてきたように、溶接技能をできるだけ短時間で効率よく伝達するには、高いレベルの指導者による密接な個別指導が理想的と考えられる。しかしこの方法においても、技能内容の客観的な表現による伝達は難しい。

そこで、著者らは、まず炭酸ガス半自動アーク溶接作業に着目して、その感覚的制御の実態について調べた⁽²⁾。その結果、①溶接トーチの移動速度（溶接速度）の変化による制御、②溶融池とアークの相対位置関係をコントロールすることによる制御、③溶接トーチの保持角度の変化

による制御、④溶接ワイヤの突き出し長さを変化させることで生じる電流変化による制御、などが中心に行われていることが判明した。

ただ、これらの感覚的制御の実態の解明は、熟練技能者による作業状況を詳細に観察することでその検討を進め、ここで明らかとなったそれぞれの制御要素について、その制御効果を実験により実証する方法で確認しているにすぎない。すなわち、これまでの検討においては、溶接現象の刻々の変化に対応したリアルタイムな感覚的制御の実態について明らかにするところまでは至っていない。

3.2 溶接技能解析システムの開発

溶接技能における感覚的制御の実態についての解明をさらに一歩進めるためには、技能者が溶接過程で行っているトーチ操作やこれによる溶接状態の変化などの情報をリアルタイムに採取できる装置が必要となる。そこで、近年のコンピュータ制御技術を活用し、こうしたリアルタイムな情報の収集が可能となる「溶接技能解析システム」を開発し、これまでに判明している感覚的制御の実態をより一層明確にするための検討を進めた。

3.2.1 溶接技能解析システムの概要

本システムは、図1に示すように、トーチの三次元の動きをリアルタイムに採取するためのマニピュレータとしての多関節位置計測リンク機構を中心とする「**技能データ収集部**」、トーチ操作や溶接条件などをリアルタイムに収集したデータを保存し、その処理や管理などを行うためのパーソナルコンピュータ（PC）を中心とする「**データ処理・管理部**」、収集された技能データを実際の溶接作業として再現するための溶接ロボットを中心とする「**技能データ再現部**」の、3つの主要なサブシステムで構成されている。それぞれのサブシステムの主な機器構成と代表的

な機能は以下のようなものである。

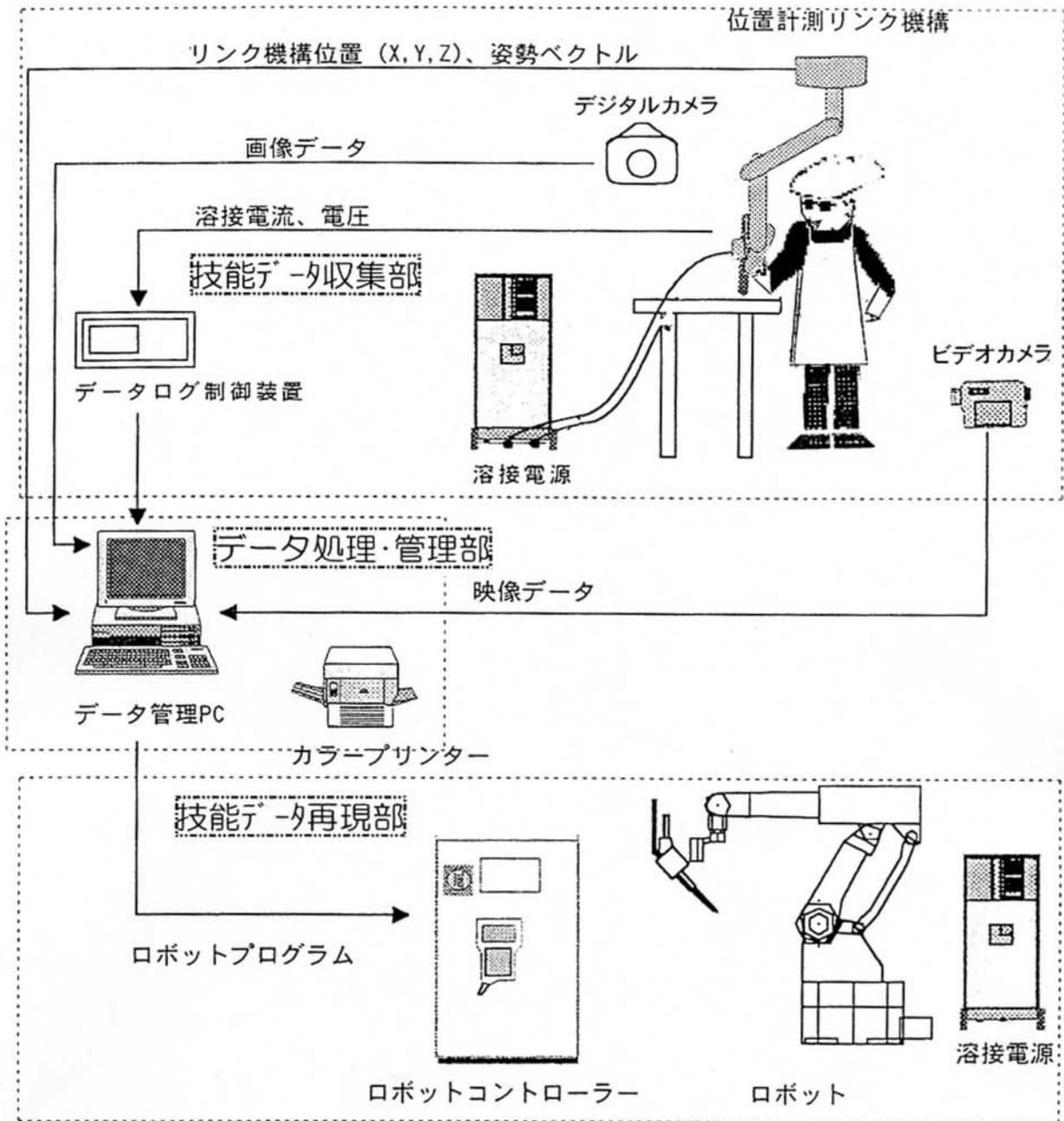


図1 溶接技能解析システムの概念図

(1) 技能データ収集部の機器構成と機能

「技能データ収集部」では、作業者が溶接過程で行っているトーチの操作状況について、トーチの移動やその保持姿勢などのトーチ操作の変化状態を三次元データとしてリアルタイムに採取する。この場合、作業

者が行う微妙なトーチ操作に対し、トーチを装着するマニピュレータが作業者自身に操作上の違和感を全く感じさせないことが理想となる。そこで、本システムでは、こうした違和感がほぼ許容できるマニピュレータとして、図2に示すような6軸多関節リンク機構を採用している。ただ、現在使用しているマニピュレータにはそれぞれのリンク部に可動限界があり、その取り付け方法などの使用面での若干の工夫が必要となっている。なお、このマニピュレータの基本的なスペックである測定範囲は750×400×400、定点測定精度は±0.3mmである。

さらに、データ収集部における関連装置として、図3に示すように、各種の溶接装置の他、溶接電流・電圧をリアルタイムに計測するための波形測定装置（データロガー）、溶接結果などの静止画像を採取するためのデジタルカメラ、作業者の溶接姿勢などの動的画像を採取するためのデジタルビデオカメラなども装備している。図4に技能データ収集部の外観写真を示す。

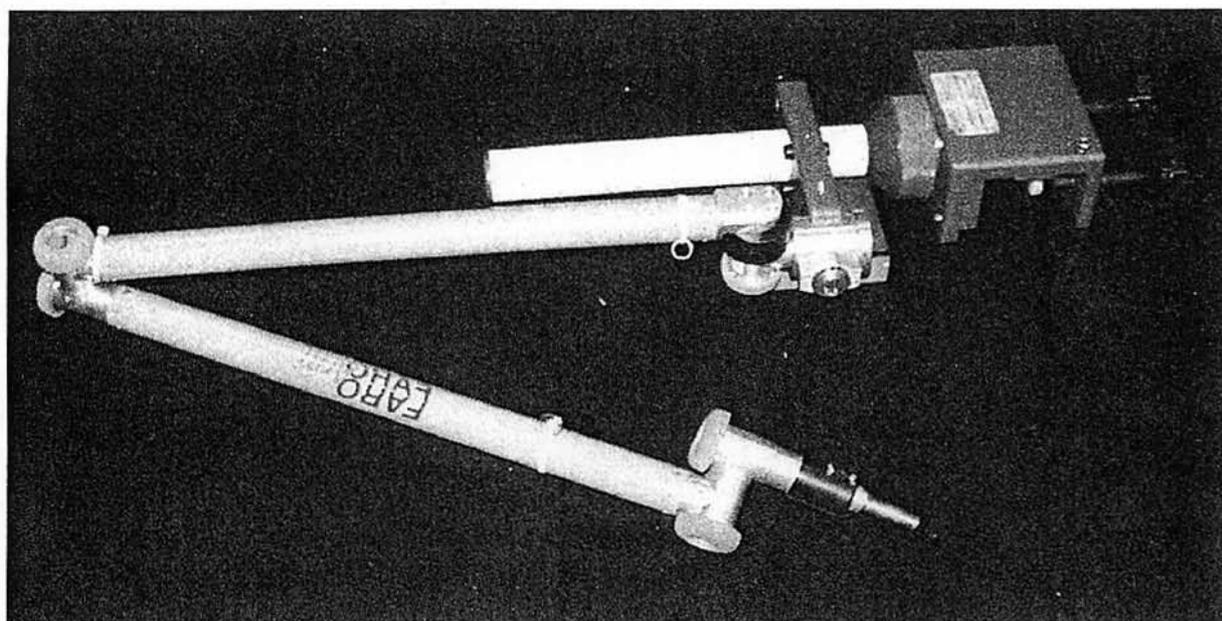


図2 トーチ操作軌跡データ収集用マニピュレータ

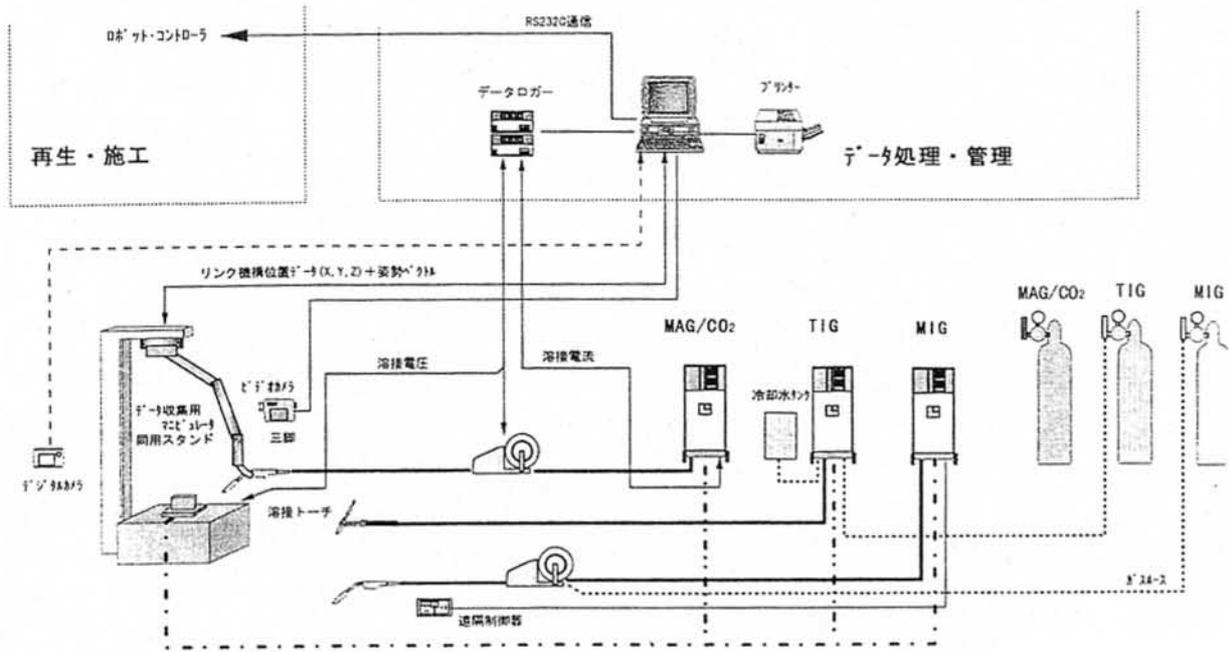


図3 技能データ収集部の機器構成図

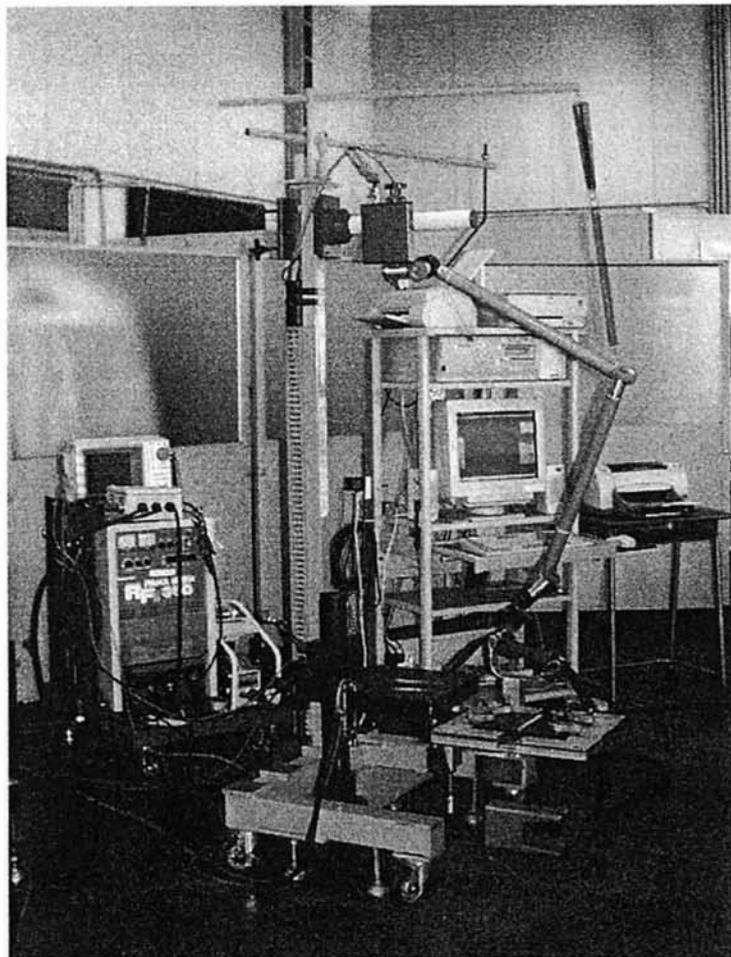


図4 技能データ収集部の外観写真

なお、本システムで溶接技能データの採取が可能となっている溶接法は、炭酸ガス（CO₂/MAG）半自動アーク溶接法、ミグ（MIG）溶接法およびティグ（TIG）溶接法で、それぞれの溶接法において対応可能な溶接姿勢は、図5に示すように、JISにおける溶接技能検定試験の内容に準じている。

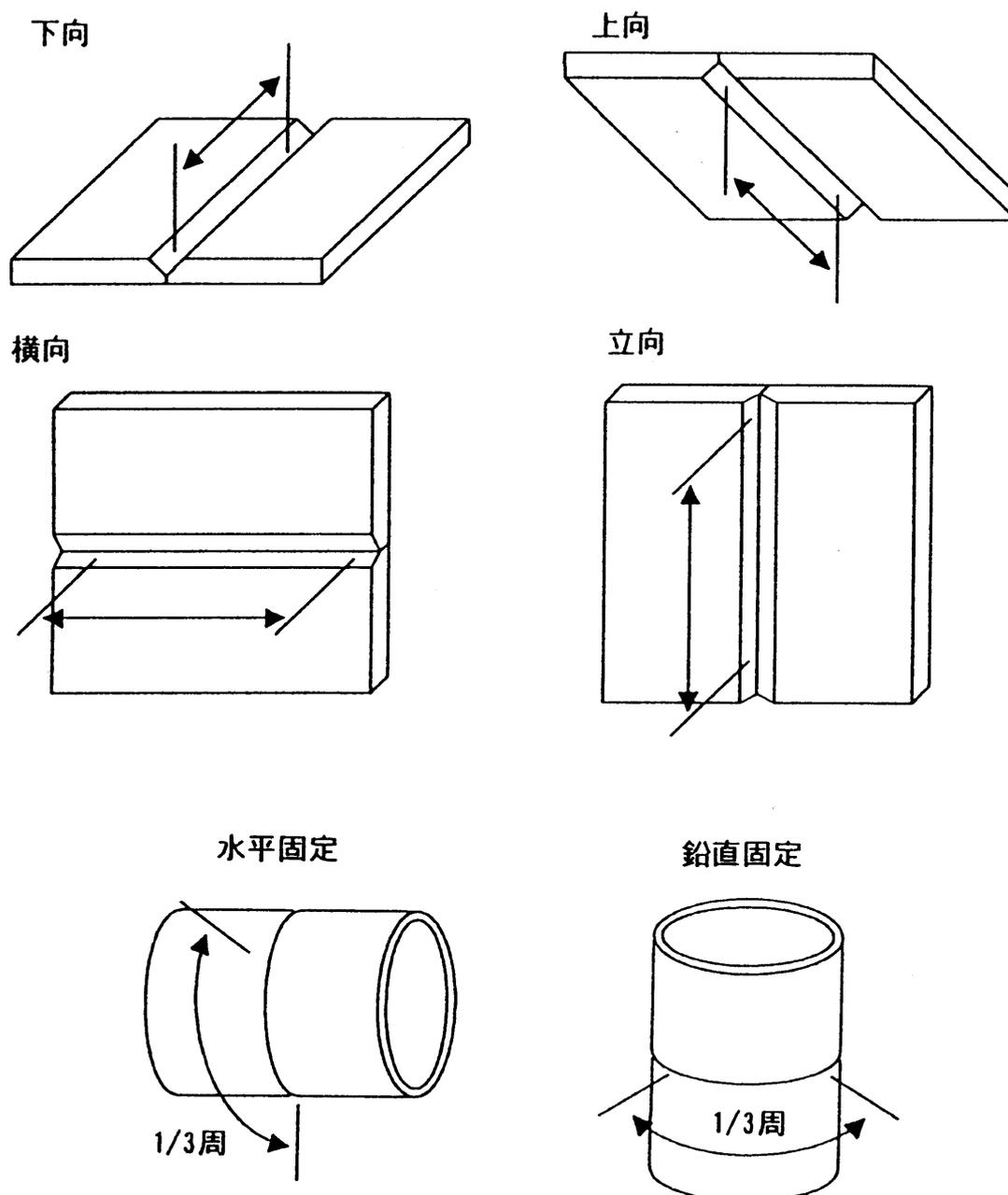


図5 本システムで適用可能な溶接の種類

(2) データ処理・管理部の機能と構成

上述したマニピュレータからリアルタイムに送られるトーチ操作データは、パーソナルコンピュータ（PC）を中心とする「データ処理・管理部」に送られ、ここで様々なデータ処理を行った後、図6に示すような連続的なトーチ移動軌跡図としてCRT画面に表示する。なお、これらの表示は三次元の各方向からの自由な角度やサイズに調整して観察ができると共に、溶接中に刻々と変化するトーチの保持角やひねり角などのトーチ操作の状況は、シミュレーション機能を用いることで、実際の溶接の経過とほぼ同様な一連の動きを伴った表示による観察が可能となっている。図7にシミュレーション機能による観察例として、トーチの移動を一定の場所に停止させて観察している状況を示す。

また、その他の機能として、刻々変化する溶接電流・電圧波形やその平均値の表示、デジタルカメラで撮影した溶接結果の画像情報および作業者の溶接中の作業行動をビデオ撮影した動画情報の保存や再生などが可能となっている。

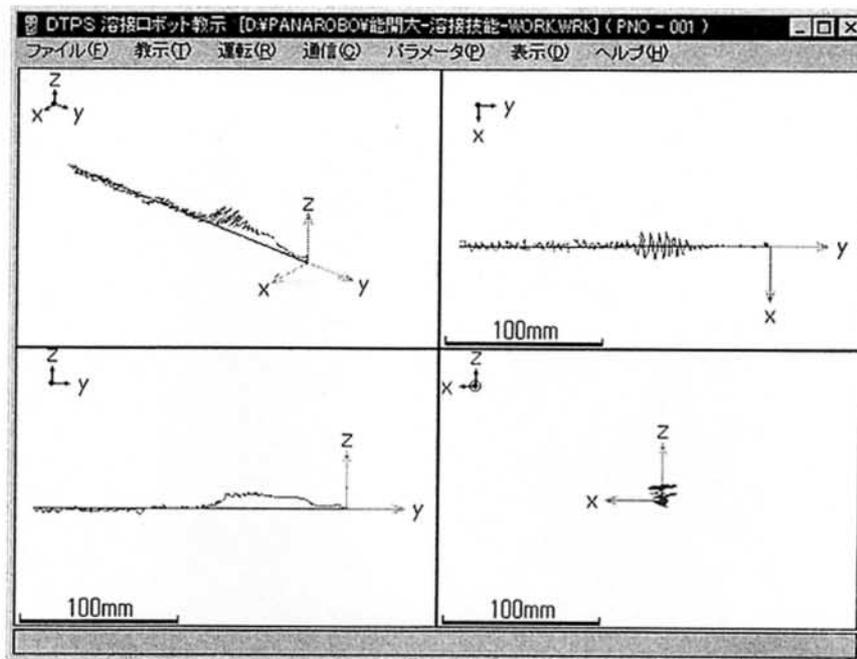


図6 トーチ移動軌跡の観察例

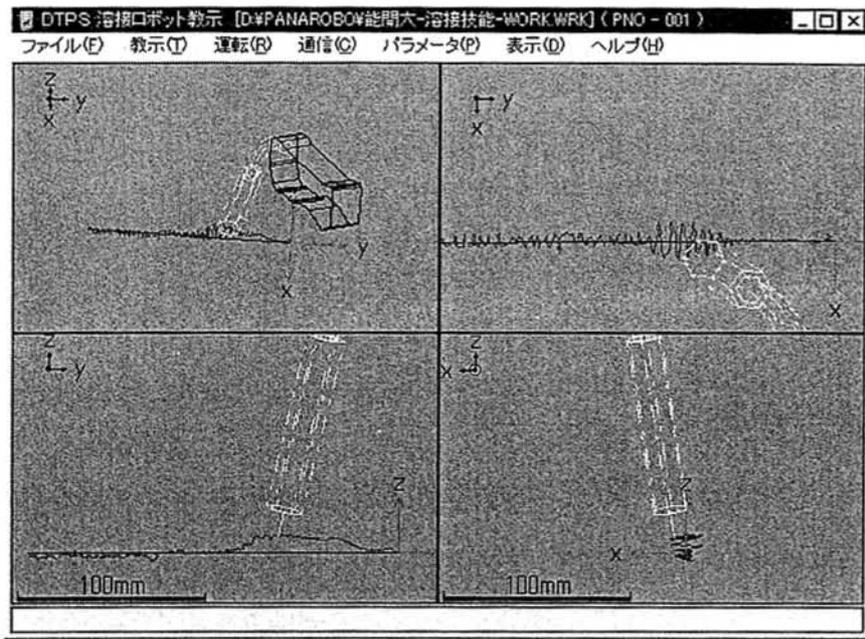


図7 トーチ操作シミュレーション機能による観察例

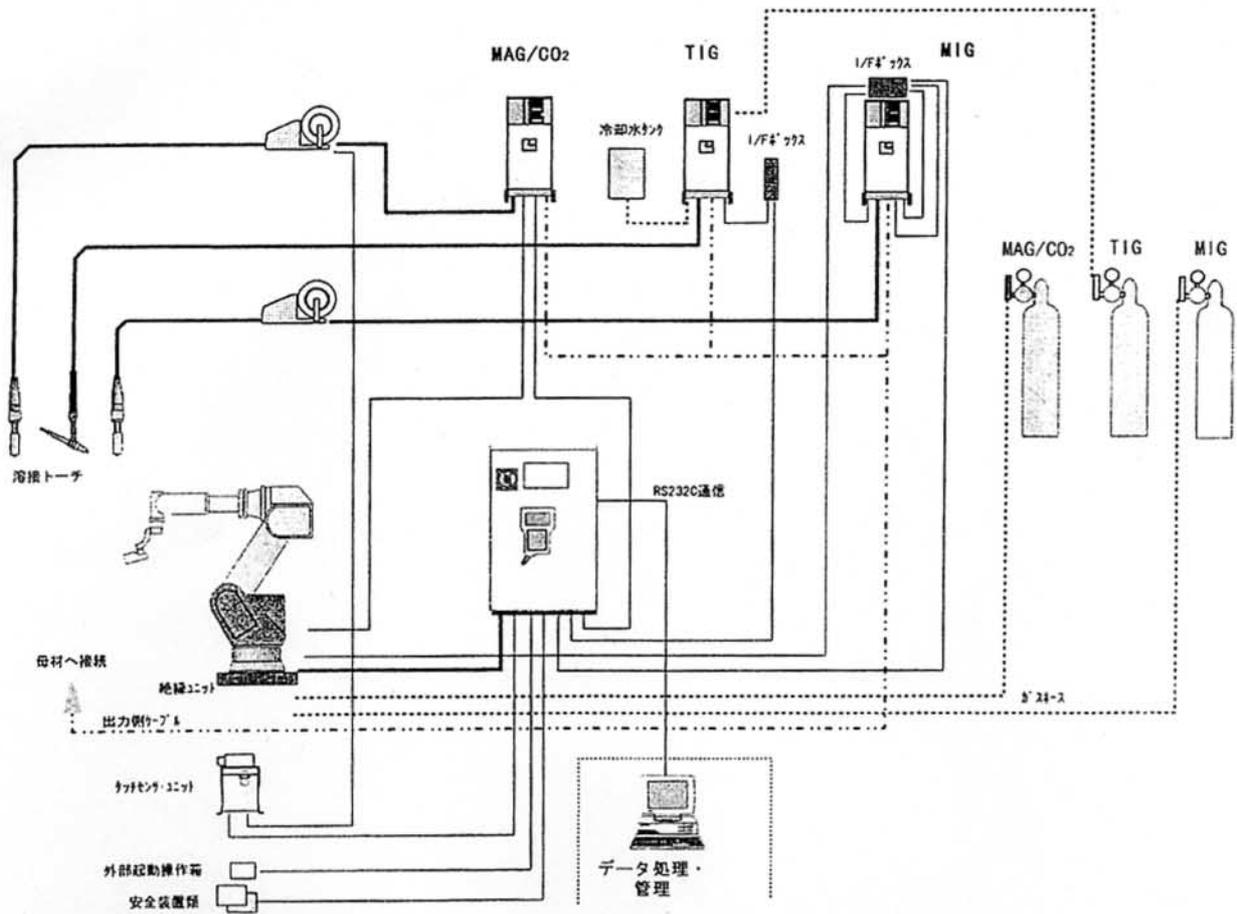


図8 技能データ再現施工部の機器構成図

(3) 技能データ再現部の機器構成と機能

「技能データ再現・施工部」は、図8に示すように、6軸の溶接用多関節ロボットと各種の溶接装置で構成されている。ここでは、前述したデータ処理・管理部でロボット用プログラムに変換した技能データを、ロボットコントローラに転送してロボットを稼働させることで、技能者が行った場合の結果とほぼ同様な溶接の再現施工が可能となっている。

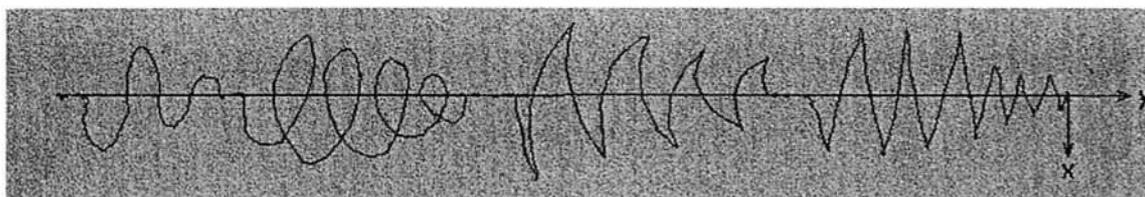
(4) システムの精度管理

本システムでは、技能データの収集から、その表示、再現施工までの各サブシステムにおける精度の維持管理を容易にするために「ペンタッチ機能」を設けている。この機能では、マニピュレータに取り付けた溶接トーチの先端部に、ボールペン又はサインペンを固定し、これを保持して手動でペーパー上に二次元的な軌跡を描き、これをトーチ操作データとして収集・処理した結果の表示やこれをロボットで再現した場合の結果などについて、それぞれを比較対照することで各部の基本的な精度チェックが可能となっている。図9がペンタッチ機能を用いた場合の一例で、図中の(a)がトーチの先端にサインペンを固定して手動で描いた軌跡図、(b)がそのデータを収集してデータ処理・管理部のCRT画面に表示させた軌跡図である。この場合、トーチ先端部に取り付けたサインペンのペン先の描画による変形やマニピュレータへのトーチ固定精度およびデータ処理など、各部の累積誤差に伴う微妙な相違は認められるものの、(a)の手動の場合とほぼ同様な軌跡図が得られている。また、(c)は、(b)のデータをロボット用データに変換後、ロボット制御装置に転送して6軸の多関節ロボットで描いた図である。この場合も、ロボットにペンを保持させるための衝撃緩和用ジグに若干のゆるみもたせてあることから、ロボットの動きに対するペン先の追従が完全ではなかったものの、手動の場合とほぼ類似した軌跡図が描かれている。このように、ペンタッチ機能による精度の確認状況から、本システムを実際の溶接作業に適用

した場合にも同様な結果が得られるものと推察され、その解析や評価等への活用の可能性が十分あるものと思われる。



(a)



(b)



(c)

図9 ペンタッチ機能による精度チェック例

4. システムの技能解析への適用事例と将来展望

4.1 実作業におけるデータ収集と技能解析

4.1.1 下向き溶接における検討事例

図10は、炭酸ガス半自動アーク溶接による下向き溶接に適用した場合の一例で、この場合の溶接は、データの収集状況を確認する目的で、あえて溶接中のトーチ操作を様々に変化させながら行った場合の結果である。図中の(a)は、母材面に垂直に上方から見たX-Y面、(b)は、母材面に水平に正面方向から見たY-Z面を観察したトーチ軌跡図である。また、(c)は、実際の溶接結果をデジタルカメラで採取した画像データである。なお、(a)(b)のトーチ軌跡に合わせて表示されている直線は、溶接

開始前の基本設定段階で目標として設定した溶接線を示し、それぞれのトーチ移動軌跡はノズル先端部から15mmのワイヤ突き出し長さで溶接を行うことを想定して設定した測定基準点がたどった軌跡を示している。

また(d)は、実際の溶接とトーチ軌跡との関連を詳細に観察する目的で(c)の溶接結果に(a)の軌跡図を重ねて表示したものである。このように実際の溶接結果とトーチ軌跡図とを合わせて観察することで、どの位置でどのようなトーチ操作が行われたかなどの状況も明らかとなり、各種のデータを比較対照することにより、感覚的制御に関する様々な角度からの解析が可能になることが分かる。

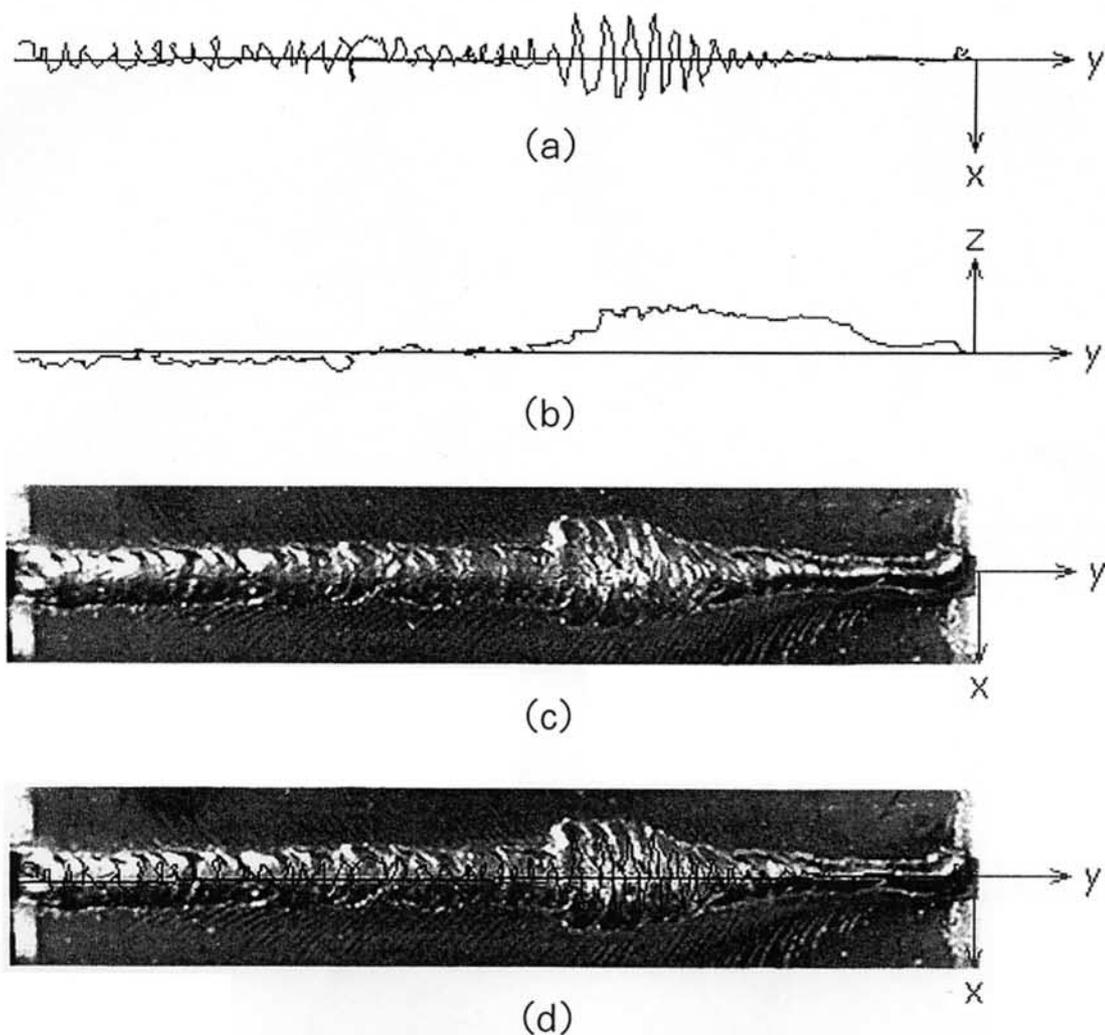


図10 下向き溶接におけるデータ収集例

4.1.2 立向き溶接における検討例

図11は、本システムを立向きすみ肉溶接に適用した場合の一例である。この場合は、前述した下向き溶接の場合と同様、溶接結果の良否は考慮せず、特にワイヤ突き出し長さを徐々に変化させながら溶接を行った場合について検討した結果である。この例に見られるように、本システムでは、従来の方法では考えられなかった三次元で立体的に変化する溶接作業でも、その溶接技能の解析や評価が可能になることが分かる。また、(c)図は、立向き溶接を側面方向から見たX-Z面の軌跡図と溶接電流のデータを同一画面で表示させて観察している状況を示しており、図に見られるように、ワイヤ突き出し長さ（トーチ・母材間距離）が長くなるにしたがって溶接電流値が徐々に低下するように変化している状況が観察される。このようにトーチ移動軌跡と合わせてこうしたデータを参照することで、感覚的制御に関する一層詳細な解明が可能になるものと考えている。

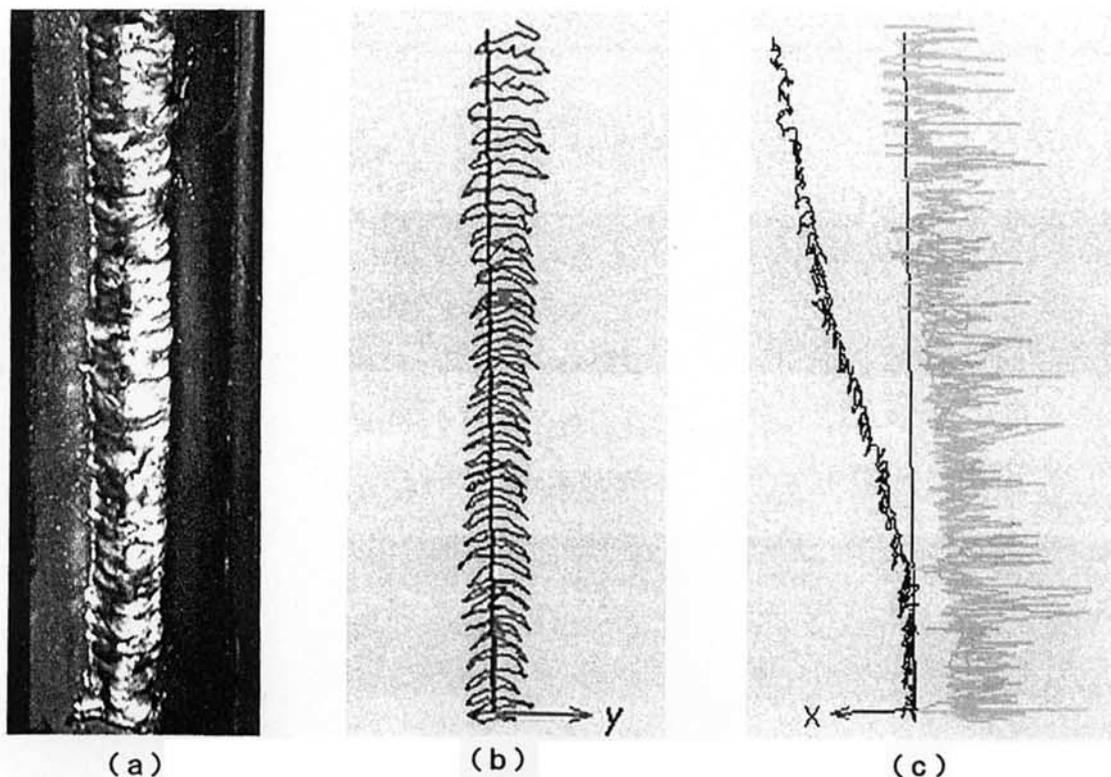


図11 立向きすみ肉溶接におけるデータ収集例

4.1.3 熟練技能者の技能データ採取例

図12は、熟練技能者による溶接技能データを本システムにより収集した結果の一例である。ここでは、下向きビード溶接の場合について示している。図から分かるように、(a)のX-Y軌跡図からは、熟練技能者のトーチ移動が溶接線全長に渡って幅のそろった均一なピッチで、しかも小さな円運動形式のウィービング操作によって溶接が行われたこと、また、(b)のY-Z軌跡図からは、溶接線全長に渡ってトーチ保持高さにほとんど変動がなく、一定の突き出し長さにより安定な溶接が行われたことなどが明瞭に観察される。

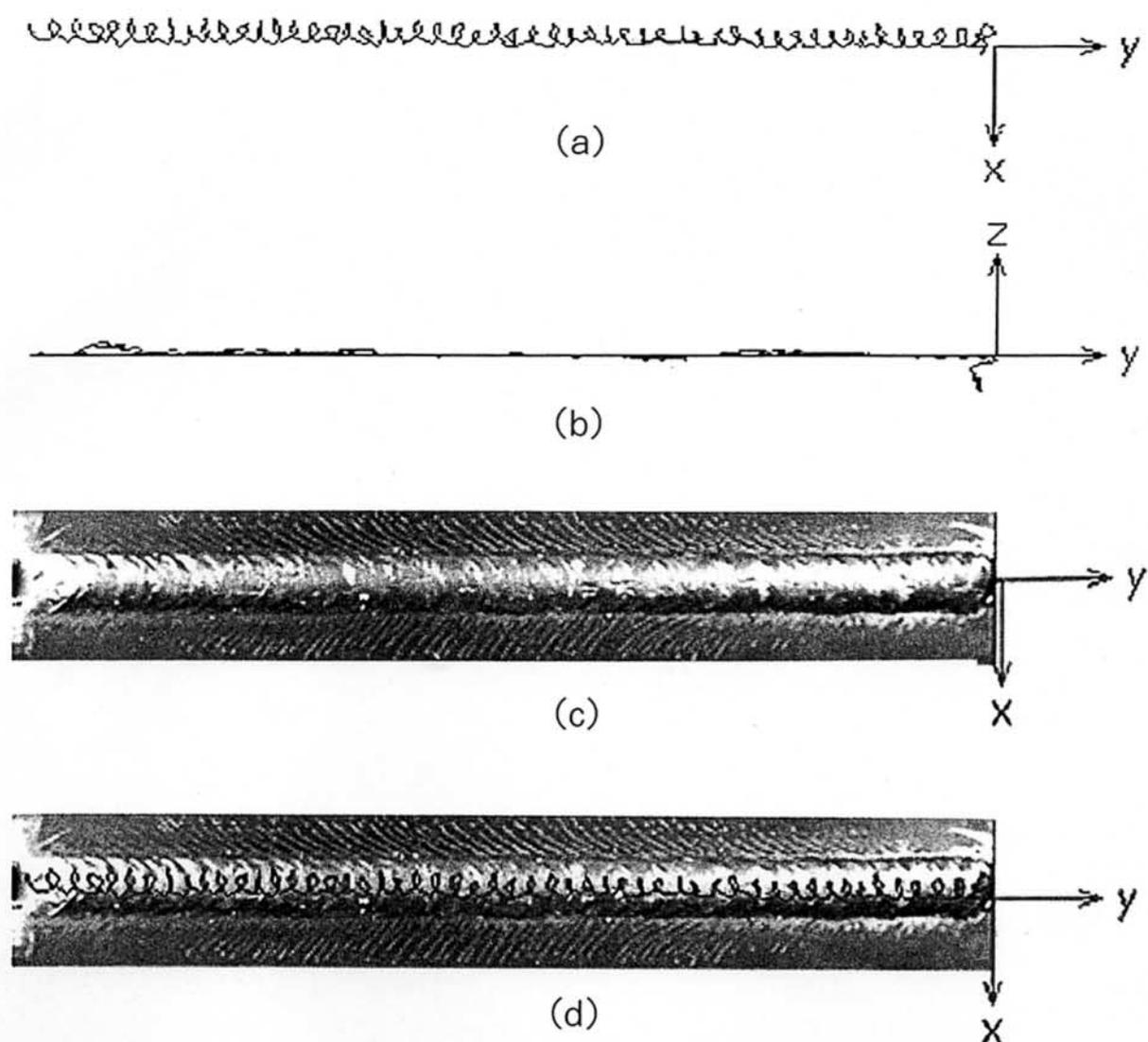


図12 熟練技能者による技能データ収集例（下向きビード溶接の場合）

4.1.4 溶接ロボットによる再現施工の検討

図13は、高度熟練技能者が行った溶接施工データを、ロボット用データに変換後、溶接ロボットに転送して再現施工した結果の一例である。この場合は、前述の図12で示した、熟練技能者による下向き溶接のデータを再現したものである。写真に見られるように、熟練技能者の溶接結果を溶接ロボットで再現施工した場合にもほぼ同様な溶接結果が得られており、高度熟練技能者による高品質な溶接が溶接ロボットにより再現できるといった実用面でも本システムが十分活用できることも確認された。

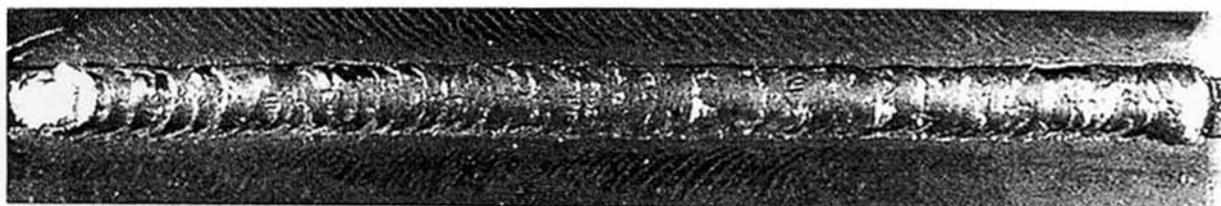


図13 熟練技能者による技能データの再現施工例

5. 本システムの活用メリットと将来展望

本システムの実用化に関する検討は、現在、まだ緒についたばかりであり、今後も、それぞれのサブシステムの部分的な改良・改善などが必要となることが考えられる。しかしながら、これまでの検討結果からも分かるように、現状のレベルにおいても、これまで不可能であったの部分の感覚的制御の実態についての解明が可能になりつつあるなど、その実用性が認められる。そこで、こうしたシステムを各分野で活用した場合のメリットと将来の可能性について展望する。

5.1 溶接技能の教育・訓練分野における活用メリット

技能の教育・訓練の場において本システムを活用するメリットとして

は、①初心者、熟練者を問わず、作業者自身が行った溶接結果と本システムで収集したトーチ移動軌跡やトーチ姿勢などの技能データを画像として客観的に把握できることにより、作業上の欠点などが明確に判断でき、その改善のための示唆が得られる、②収集・保存した高度熟練技能者の技能データの自由な参照が可能となることから、技能習得上の見本としての活用や自らの技能データと比較することで各自の技能レベルの客観的な判断ができる。

また、将来的な可能性として、技能データ再現・施工部の溶接ロボットに人間が近づいたり、触れるなどしても危険のないロボットが採用できた場合、①保存してある高度熟練技能者の技能データを繰り返し再現動作させることで、熟練者が行っている溶融部近傍のコントロール状況に関する視覚情報などが容易に得られる。また、②溶接ロボット本体に取り付けられたトーチを訓練生が保持してこれを做うことで、高度熟練技能者が行っている溶接と同じ状況が臨場感をもって直接的に体感でき、高度なレベルの技能が短時間で習得可能になる、などのことが考えられる。

5.2 産業界における活用メリット

溶接に関わる産業界の現場での本システムの活用メリットとしては、まず、①減少しつつある高度熟練技能者の技能を保存することで将来への技能の伝承が可能となる。さらに、②溶接ロボットを用いた自動化を進める場合、14に示すように、ロボットに対する従来形のティーチング作業が不要となる。したがって、従来の比較的単純なパターンの溶接を超えて、熟練技能者が行う必要があるような、微妙な制御を要する溶接作業も本システムを利用することで、熟練技能者の溶接作業そのものが溶接ロボットにより施工することが可能となり、熟練技能者が行っている高度なレベルの溶接作業が直接的にロボットに代替できるなどが考えられる。

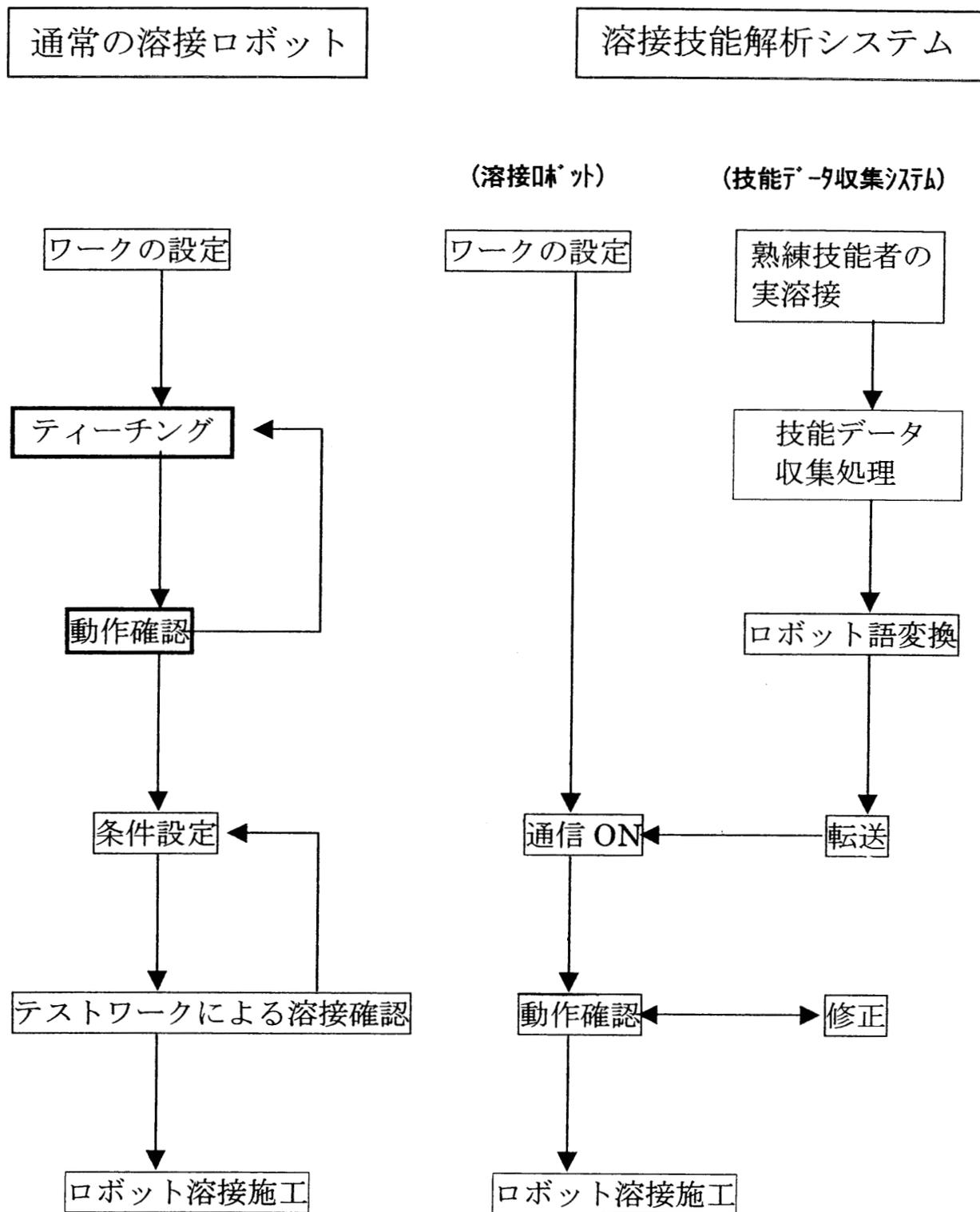


図14 溶接ロボットと本システムの溶接施工手順の違い

6. まとめ

技能解析システムの開発から実用化の検討まで、現時点で明らかとなっている内容の紹介や将来展望などについて報告した。

今後は、さらに難度の高い炭酸ガス半自動アーク溶接作業における感覚的制御の実態についての解明を進めると共に、溶接が難しく付加価値の高いアルミニウム合金やステンレス鋼の溶接などへの適用に関する検討を順次行い、それぞれの溶接における技能の技術化を進める予定である。

(参考文献)

- (1) 安田克彦、嶋田智明、日向輝彦：技能における感覚的制御(1)、日本産業技術教育学会誌、1982年11月、vol. 24-No. 3、pp43-51.
- (2) 安田克彦、嶋田智明、日向輝彦、森 周蔵：技能における感覚的制御(2)、日本産業技術教育学会誌、1983年12月、vol. 25-No. 4、pp 67-76.
- (3) 日向輝彦、森 周蔵、安田克彦：技能における感覚的制御(3)、日本産業技術教育学会誌、1987年3月、vol. 29-No. 1、pp61-69.

(ひなた てるひこ 職業能力開発総合大学校 産業機械工学科)

(やすだ かつひこ 職業能力開発総合大学校 産業機械工学科)

Title : アニメ 《1》

Scene :

page :

1

11

CUT	SITUATION	SOUND
Effect 1	作業を行う前に確認するポイント 溶接前の事前ポイントとして 3つのポイントをミニアニメと 共に箇条書きで明確に説明	※ナレーションについては ナレーション原稿参照
Effect 2	作業を行う前に確認するポイント ・何層で行うか？  3層	それぞれのポイントについて 順次表示しながら説明していく ※各ミニアニメの動きについては 次ページより詳細説明ご参考
Effect 3	作業を行う前に確認するポイント ・何層で行うか？  3層 ・溶接姿勢は？  全姿勢	
Effect 4	作業を行う前に確認するポイント ・何層で行うか？  3層 ・溶接姿勢は？  全姿勢 ・アークをどこで切るか？ 	
Effect 5		

Title : アニメ 《1》 ①

Scene :

page :
2

11

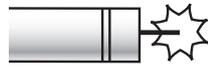
CUT	SITUATION	SOUND
Effect		Time
1	BG	
Effect		Time
2	溶接母材の断面図 	
Effect		Time
3	1層から順次、3層まで重なっていく 	
Effect		Time
4		
Effect		Time
5		

Title : アニメ 《1》 ②

Scene :

page :
3

11

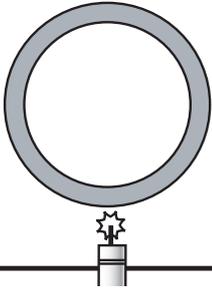
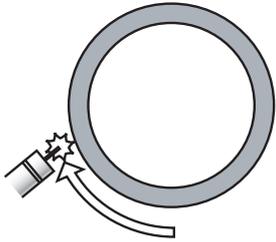
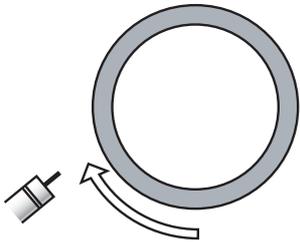
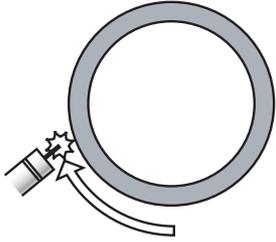
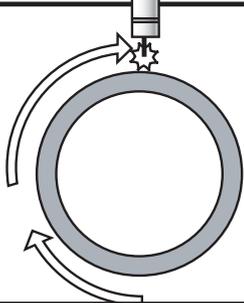
CUT	SITUATION	SOUND
Effect		Time
1	上向き 	上向き、立向き、下向き それぞれの溶接姿勢を 順次表示していく
Effect		Time
2	立向き 	
Effect		Time
3	下向き 	
Effect		Time
4		全姿勢については、下から 上に矢印に沿ってトーチが 動いていく
Effect		Time
5	全姿勢 	

Title : アニメ 《1》 ③

Scene :

page :
4

11

CUT	SITUATION	SOUND
Effect 1		Time
Effect 2		Time
Effect 3		Time
Effect 4		Time
Effect 5		Time

Title :

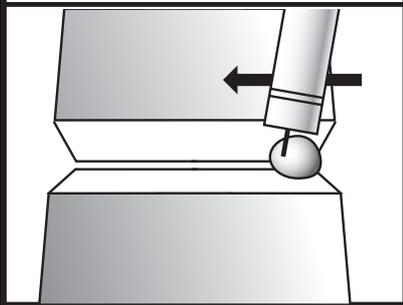
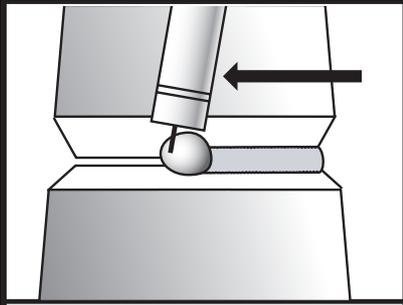
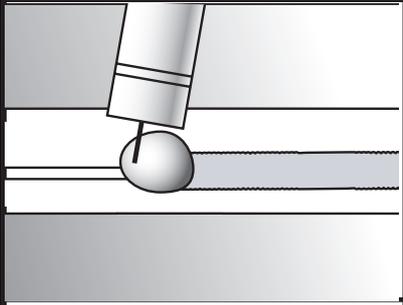
アニメ 《2》

Scene :

page :

5

11

CUT	SITUATION	SOUND
Effect 1		Time ※ナレーションについては ナレーション原稿参照
Effect 2		Time
Effect 3		Time 最後のカットはトーチの アップの映像で、熔融池 先端にあてる運棒操作の 重要性を説明する
Effect 4		Time
Effect 5		Time

Title :

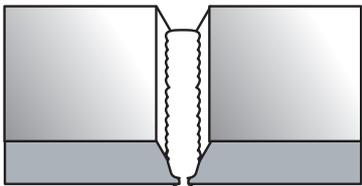
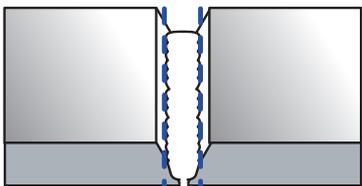
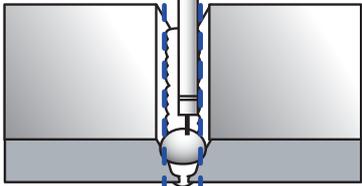
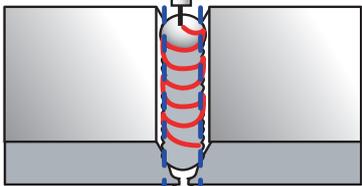
アニメ 《3》

Scene :

page :

6

11

CUT	SITUATION	SOUND
Effect		<p>Time</p> <p>※ナレーションについては ナレーション原稿参照</p>
Effect	<p>1</p> 	<p>2層目の溶接で、溶接欠陥をださない為に、前層ビードと母材との際にアークを充分にあてる運棒操作をおこなう説明</p>
Effect	<p>2</p> 	<p>前層ビードと母材との際に注目させるラインの表示</p>
Effect	<p>3</p> 	<p>ラインにあわせ、運棒操作</p>
Effect	<p>4</p> 	<p>トーチの軌跡を赤く残し、前層ビードと母材との際にしっかりトーチを運棒する事を説明する</p>
Effect	<p>5</p>	<p>Time</p>

Title :

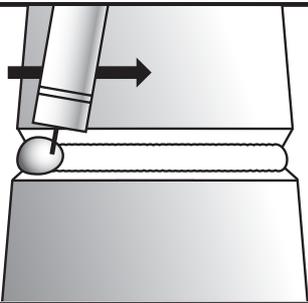
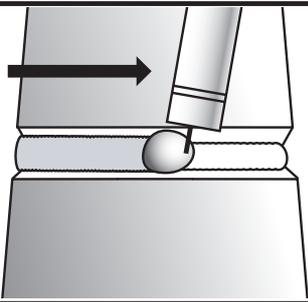
アニメ 《4》

Scene :

page :

7

11

CUT	SITUATION	SOUND
Effect		説明にあわせ、後退法の動きを見せる
1		
Effect		
2		Time
Effect		
3		Time
Effect		
4		Time
Effect		
5		Time

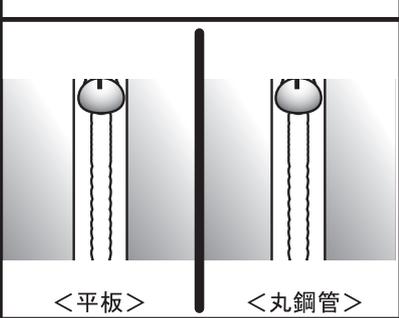
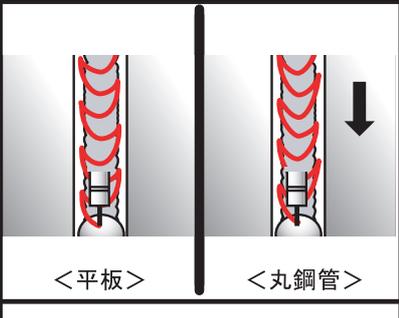
Title :

アニメ 《5》

Scene :

page :
8

11

CUT	SITUATION	SOUND
Effect 1	 <p><平板> <丸鋼管></p>	<p>丸鋼管の運棒操作と、低電流値の前進法溶接の類似点について説明しながら、それぞれの運棒操作を分割画面で、同時に見せていく</p>
Effect 2	 <p><平板> <丸鋼管></p>	<p>さらに、トーチ軌跡を赤く残して表現していく事でよりわかりやすく説明</p>
Effect 3		
Effect 4		
Effect 5		

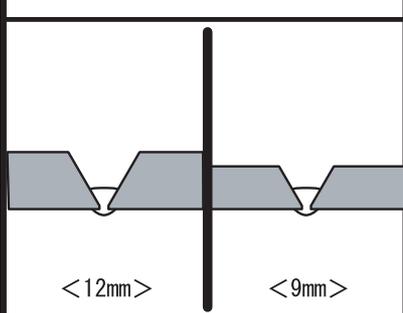
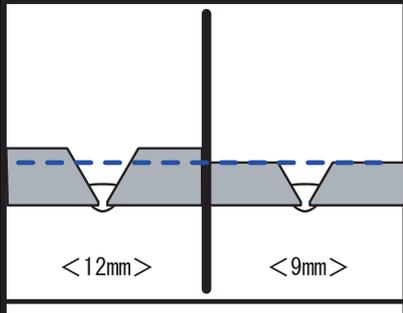
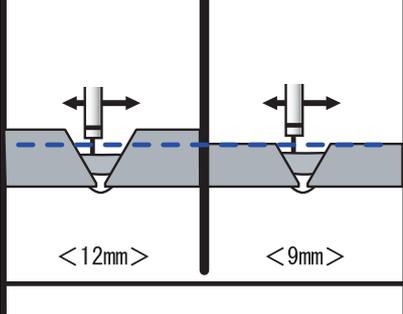
Title : アニメ 《6》

Scene :

page :

9

11

CUT	SITUATION	SOUND
Effect 1	 <p><12mm> <9mm></p>	<p>Time</p> <p>※ナレーションについては ナレーション原稿参照</p>
Effect 2	 <p><12mm> <9mm></p>	<p>Time</p> <p>ラインを表示し、板厚の 違いを視覚的にわかりやす く説明</p>
Effect 3	 <p><12mm> <9mm></p>	<p>Time</p> <p>運棒の操作が、開先の底部 で行っているか、表面より でおこなっているか視覚的 に説明</p>
Effect 4		<p>Time</p>
Effect 5		<p>Time</p>

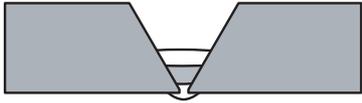
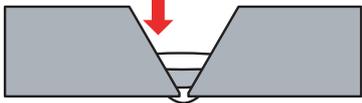
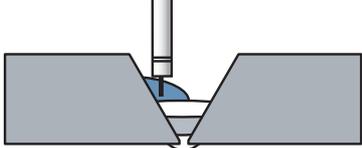
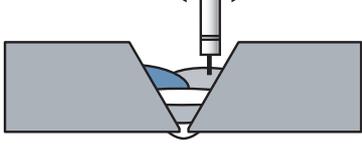
Title :

アニメ 《7》

Scene :

page :
10

11

CUT	SITUATION	SOUND
Effect		Time
1	 <p>2パス溶接を行う際の運棒操作のポイントを説明</p>	<p>※ナレーションについては ナレーション原稿参照</p>
Effect		Time
2	 <p>1パス目は前層ビードと母材との際に注目して運棒操作を行う説明</p>	
Effect		Time
3		
Effect		Time
4	 <p>2パス目は1パス目と高さをあわせ、出来るだけ、平らに仕上げることに注目した運棒操作</p>	
Effect		Time
5		

Title :

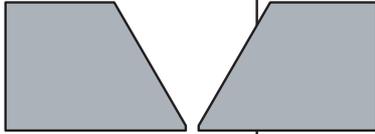
ご参考：各板厚の比率

Scene :

page :

11

11

CUT	SITUATION	SOUND
Effect		Time
1	9mm平板 	
Effect	12mm平板 	Time
2	19mm平板 	Time
Effect		Time
3		Time
Effect		Time
4		Time
Effect		Time
5		Time

調査研究報告書 No.112

高度熟練技能者の作業分析とデジタル化
溶接作業編

発行	2003年3月
発行者	職業能力開発総合大学校 能力開発研究センター 〒229-1196 相模原市橋本台4-1-1 電話 042-763-9046 (普及促進室)
印刷	システム印刷株式会社 〒191-0031 日野市高幡 1012-13 電話 042-591-1411
