

(解説)

バーチャルトレーニングシステムによる溶接の技能伝承

青山雄一郎*¹

Transferring Welding Skills through Virtual Training System

Yuichiro AOYAMA

要旨

若手の溶接士がベテランから、直に指導や手ほどきを受ける機会が減っている昨今において、VR（バーチャルリアリティ）技術を活用した訓練シミュレーターを開発することで、ベテランによる指導訓練の代替になると考えた。検証の結果、アーク溶接については、従来の実技訓練と同等の教育成果が認められた。さらには、他の支店や工場といった遠隔地にいる若手溶接士への実技指導や、ほかにも練度が求められる手技（運動技能）への展開の可能性について考察した。

Abstract

In recent years, fewer opportunities have been provided for young welders to receive direct guidance and training from veterans. To address this issue, a training simulator using virtual reality (VR) technology was developed to serve as an alternative to instruction and training provided by veterans. Verification results show that, for arc welding, the educational outcomes are equivalent to those obtained by traditional practical training. Further possibilities include providing practical instruction to young welders in remote locations, such as other branches or factories, and expanding the training to other techniques that require a high skill level (e.g., motion skills).

検索用キーワード

技能伝承, 溶接, 溶接訓練, バーチャルリアリティ, アーク溶接, 炭酸ガスアーク溶接, TIG溶接

まえがき＝株式会社神戸製鋼所のグループ会社である(株)コベルコE&M（以下、当社という）は、製鉄（せいせん）・製鋼設備にケミカルプラント、火力発電設備の建設と設備保全を担っており、製缶組立や設備補修はもとより、配管加工に従事する溶接士を大勢擁している会社である。昨今の労働人口減少、製造業における定期採用の難しさ、そして若手社員の早期離職という問題を解決するために、若手溶接士の早期戦力化が喫緊の課題となっていた。

このような中、経験の浅い若手溶接士の習熟日数を短縮し、なおかつ早い段階で「ものづくり」の楽しさを体感してもらうことを目的にVR溶接トレーニング（以下、ナップ溶接トレーニングという）を開発し、2020年より販売するに至っている。

このナップ溶接トレーニングは、ベテラン溶接士の手技をバーチャルな空間に3Dモデルを使って再現・可視化することで、溶接技術の習得を可能にした。また、溶接時のアーク光を消すことや、溶接時の動きを可視化し、何度でも繰り返し見ることができるようになるなど、従来おこなっていた実習訓練では不可能だった様々なことを実現している。当然のことながらバーチャルトレーニングであるため、時間や場所を問わないことも利点の一つである。

本稿では、ナップ溶接トレーニングの概要と今後の展望について紹介する。

1. OJTの機能不全

いま社内において、中核として活躍しているベテラン溶接士たちは、「若手の頃に古参のベテラン溶接士から薫陶を受け、また彼らの背中を見て学んできた世代」である。彼らは終身雇用制度の下で、長期にわたる師弟関係を背景にした「伝統的徒弟制度」（狭義のOJTである）で技能を受け継いできた最後の世代と言える。そこでのOJTによる学びの機序というものは、若手溶接士がミスをしたその瞬間に、ベテラン溶接士が的確なアドバイスを若手溶接士に伝え、そうでないときは、ただ見守るという指導法である。

そしてここで重要なのは、この若手溶接士にとっての学びのタイミングがいつ起こるか判らない、何日も一緒に過ごしていて、ほんの一瞬というケースもあるということである。したがって、ベテラン溶接士と若手溶接士がともにいる時間が長いことが、このOJTが機能するための必要条件なのである。もちろんのこと、観察眼と指導力がベテラン溶接士に求められるのは言うまでもない。ところが、溶接士不足が深刻化する現状において、上述したような環境を作り出すことは非常に難しい。そ

*¹(株)コベルコE&M 経営企画部

ここで我々は、ナップ溶接トレーニングの開発に際し以下の点を重視した。

(1) 若手社員が継続して溶接訓練に取り組むことができるよう、容易に成長が実感できる。

(2) 社員同士の深いつながり、一体感や共感が得られるようなコミュニケーションの機会が生まれる。

このように、高度技能の伝承ツールとしてではなく、早く現場に出てもらい、若手溶接士に「やりがい」を感じて「すばらしい仕事」だと思ってもらうために、従来のOJTを補完するツールとして、ナップ溶接トレーニングの開発と運用を目指した。

2. ナップ溶接トレーニング導入による効果

ナップ溶接トレーニングを導入することで期待される効果を列挙する。

まず、ベテラン溶接士の手技をVRヘッドセットで、色々な視点から繰り返し再現できる。現実の溶接では、強いアーク光のまぶしさ、遮光保護面に遮られてベテラン溶接士の手元とホルダーやトーチで行う手技を見ることができない。ナップ溶接トレーニングでは、アーク光を消し、かつベテラン溶接士の体を消すことでホルダーやトーチの動きだけを再現し、ベテラン溶接士の視点で観察することを可能にしている。もちろん、火傷や眼炎(雪目と同じ)を心配することなく、色々な角度からも観察できる。

つぎに、自分が溶接しているときの動きを後からVRヘッドセット上で再現できる。若手溶接士が行う溶接の様子を記録しておき、後からVRヘッドセットで再現できる。若手溶接士が自分自身の出来栄を振り返ることはもちろんのこと、ベテラン溶接士がこれを確認して指導ポイントや勘所を伝えることができる。

また、アーク長、溶接棒の移動速度や角度など運棒データを元に採点される。VRヘッドセットとあいまってゲーム感覚で行うので、飽きることなく練習のモチベーションが維持できる。同じ溶接を繰り返し何度も体験することができるため、各自の習熟度に応じたペースで学ぶことができる。各自の採点結果を披露し合うことからコミュニケーションが活発になり、若手溶接士同士の一体感醸成につながる。

さらに、好きな場所、時間に、安全に練習ができる。現実の溶接では、たとえ保護具を装着していても飛散するスパッタやスラグで火傷する、溶接直後の母材に触れて火傷する、アーク光を直視して眼炎になる、溶接棒先端に触れて感電する、など枚挙にいとまがない。したがって、初学者の溶接訓練ではベテラン溶接士がマンツーマンに近い状態で立ち会わなければならない。また、溶接機材などが使える訓練場所やベテラン溶接士の確保など、どうしても訓練日時が限定されてしまう。

この問題に対し、ナップ溶接トレーニングでは、VRヘッドセットと溶接棒ホルダーもしくは溶接トーチとノートパソコンを用意すれば、そこが訓練場所となる。十数人の若手溶接士を一人のベテラン溶接士が空調の効いた会議室で教えることも可能となる。

最後に、練習用の母材や溶接棒などのコストが発生しない。VR技術で実現した訓練ツールなので、母材も溶接棒も仮想であり、繰り返し練習しても消耗しない。これら部材の費用もさることながら、置場や在庫管理から解放されるため、訓練計画を立案する者からすると大きなメリットである。

3. ナップ溶接トレーニングの概要

ナップ溶接トレーニングは、被訓練者が装着するVRヘッドセット(図1)、溶接ホルダーや溶接トーチを模した専用アタッチメント(図2)、およびパソコンにインストールする溶接VRプログラム(図3)から構成される。実際の溶接に近づけるためにこの専用アタッチメントは、アーク溶接用のホルダー、半自動炭酸ガスアーク溶接用のトーチ、TIG溶接用のトーチと3種類を用意



図1 VRヘッドセット
Fig.1 VR headset

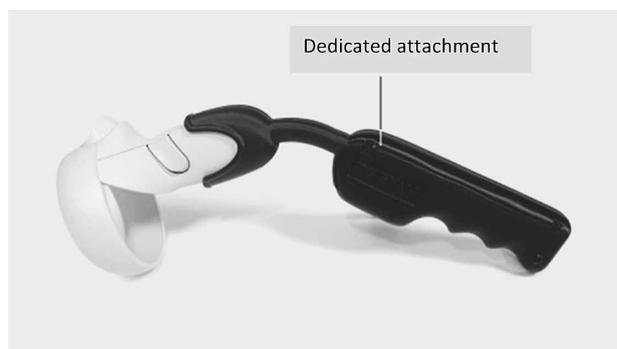


図2 専用アタッチメント
Fig.2 Dedicated attachment



図3 溶接VRプログラム
Fig.3 VR program for welding

表1 溶接メニュー
Table 1 Welding menu

| Welding conditions | Arc welding | Semi-auto welding | TIG welding |
|---------------------|----------------------------|-------------------|-------------|
| Welding position | Flat, Horizontal, Vertical | | |
| Plate thickness | 9 (mm), 19 (mm) | | 4.5 (mm) |
| Wire diameter | 3.2 (mm), 4 (mm) | 1.2 (mm) | 2.4 (mm) |
| Base material shape | Bead on, Fillet, Groove | | |

している。

溶接の初心者を対象として下向突合せアーク溶接から始めて、熟練溶接士からの使用感を聴き取りながら溶接条件や溶接種類を増やしてきた(表1)。図4にVRヘッドセット上で見えるメニュー画面を示す。

ここで、ナップ溶接トレーニングが実現したソフトウェアについて紹介する。現実の溶接では、強いアーク光のまぶしさで溶接箇所が見えない、ベテラン溶接士の溶接手技を学ぶ場を設けてもベテラン溶接士の背中や遮光保護面、皮手袋に遮られて運棒を見るができないという問題がある。ナップ溶接トレーニングでは、アーク光を消し、ベテラン溶接士の体を消すことで、トーチの動きだけを再現することができる(図5)。この機能は、ベテラン溶接士の溶接を再現する場面だけではなく、自身の溶接時も同様に可能である。

また、このナップ溶接トレーニングには採点機能が実装されている。これは、アーク長、スピード、ビードの向きを評価して点数化したナップ溶接トレーニング独自の機能である(図6)。実際の溶接では、目視によるビード外観検査結果や、X線による内部欠陥の検査結果などを総合的に評価しなければならないが、ナップ溶接トレーニングでは、即座に採点結果が表示される。VRヘッドセットとあいまってゲーム感覚で行え、飽きることなく練習のモチベーションが維持できる。また、各自の採点結果を元に会話が弾み、溶接士同士の一体感醸成に役立っている。

ナップ溶接トレーニングの最大の売りは、訓練場所を問わないことである。図7は、溶接の座学と実習を同じ教室で行った事例である。

最後に、ナップ溶接トレーニングを使って新人教育を行った結果を紹介する。9名の新卒採用者を、ナップ溶接トレーニングを使って教育する5名、もう一つは従来の実技実習を行う4名の二組に分けて、その効果を確かめた。両方の習熟度を正しく比較するためにナップ溶接トレーニングを使って教育する組についても、その日の最後に実際に溶接を行わせて採点した。その結果は、図8に示すとおり、バラツキを考慮すると両者には差異がない。すなわち、火傷や危険が無く、一度に多くの未経験者が練習でき、空調の効いた会議室で幾度も繰り返し練習できるというナップ溶接トレーニングの有効性が実証できたといえる。もちろん、母材や溶接棒といった消耗品が不要になることによる経費削減効果もある。

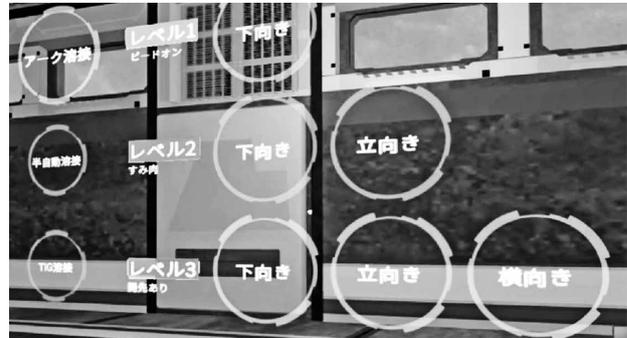


図4 設定画面
Fig.4 Setting screen



図5 TIG溶接でアーク光を消した画像
Fig.5 Image without arc with TIG welding

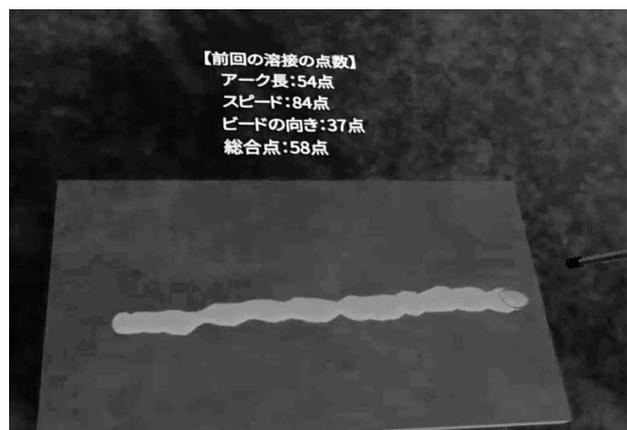


図6 点数表示
Fig.6 Score display



図7 ナップ溶接トレーニングによる実習風景
Fig.7 Training status with Nap Welding Training System

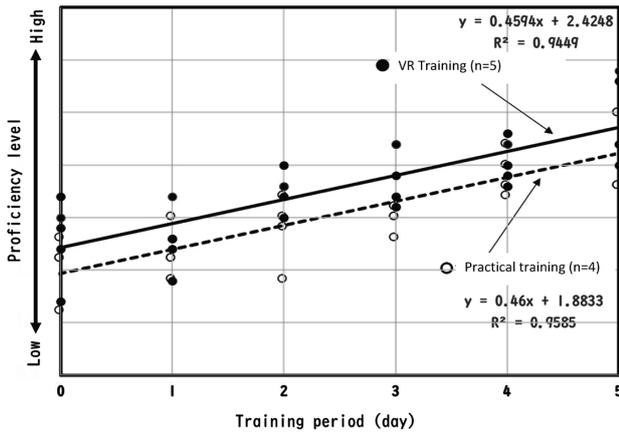


図8 VRと実技による習熟度合の比較
Fig.8 Comparison of proficiency level through VR and practical skills

4. 今後の展望

4.1 海外展開

2022年に米国アトランタで開催された北米最大の金属成形、溶接、仕上に関する展示会「ファブテック (FABTECH)」への出展を皮切りに、2023年度より本格的な海外展開を開始した。展示会の反応は上々であり、技能訓練は国境を超えると実感している。海外には先行する競合製品も存在しているが、ナップ溶接は「価格競争力」、「持ち運びの手軽さ」、「技能のリアルさ」の点で優位性があると考えている。

4.2 社内での最大限の活用

まずは、社内で十分に使いこなすことを目指している。新入社員研修で使用して3年目になるが、「VRでの訓練とは別に、アークを発生させる練習をすると習熟が速くなる」ことや、「受講者同士で点数を競い合わせると上達が早くなる」、「目が疲れる人がいるので、定期的な休憩が必要」など、VR訓練のノウハウも蓄積しつつある。新入社員以外にも活用の幅を広げるなど、社内で徹底的に活用していく。

4.3 溶接における機能の拡充

社内も含めユーザの声を取り入れ、新しい機能を実装していく。母材の形状としては、パイプ溶接の実装を進めたい。また、業種別に溶接の特徴を理解し、各業種に特化した訓練ツールも検討していきたい。さらに、遠隔地にいる研修生が、VRを介して熟練工の指導が受けられるような、VRならではの機能の拡充も考えている。

4.4 溶接以外の技能訓練への展開

当社には、ガス溶断、機械仕上げ、芯出しなど習熟する必要のある技能が多数あり、自社として技能訓練の課題が存在している。その課題に対してVR技術を活用して訓練ツールとして展開していきたい。溶接のような動作を伴う訓練はもちろんだが、手順を覚えるタイプの技能訓練にもVRは有効である。技能士試験が存在する技能など、基本的なものから順次検討を進めていきたい。

むすび=ベテラン溶接士による若手溶接士の指導機会が減少する中で、技能伝承の手段として、安全に練習が行えること、ゲーム感覚で楽しんで取り組むことができること、訓練場所が制約されないことなどから、VR技術を応用した溶接シミュレーターを開発し検証を続けてきた。その結果、本論で述べたとおり、技能伝承の手段としてVR技術が期待できる。当社には、習熟する必要のある技能が多数あり、自社として技能訓練の課題が存在している。今後は、適用範囲を拡げて、その課題を解決していきたい。

最後に、ナップ溶接トレーニングの開発にあたり、イマクリエイト株式会社・CTO員川崎仁史氏には、多大なご助言、ご協力を頂いた。ここに感謝の意を表す。