



Title	視覚センサによる溶接自動化システムの高機能化と実用化に関する研究
Author(s)	浅井, 知
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/34407
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

〔 題 名 〕 視覚センサによる溶接自動化システムの高機能化と実用化に関する研究

学位申請者 浅井 知

本論文では、視覚センサを用いてビード形状や溶融池現象を直接検知することで抽出する情報と溶接品質との相関を明らかにし、視覚センサから得られる多岐にわたる情報を溶接条件の適応制御や施工中の品質確認評価に活用する手法を提示するとともに、それらを適用した実用的な溶接自動システムを構築することで、溶接自動化システムの高機能化の基本的技術の有効性を明らかにした。

第1章は、本論文の緒論であり、本研究を行うに至った背景と本研究の目的を記すとともに、視覚センサを用いた自動溶接システムに関する従来の研究の概要について述べた。

第2章では、視覚センサとして近赤外線 CCD カメラを用いた溶融池センシングシステムの検討を行っており、画像抽出のための光学システムならびに画像処理手法を確立するとともに、溶融池形状と溶接品質にかかわる溶接パラメータの相関を調査し、溶接条件適応制御への適用に関して考察した。

第3章では、CCD カメラを用いた溶接ビード表面外観検査システムについて検討し、ステレオビジョンを用いた3次元形状計測手法を検討し、併せて試作装置による溶接ビード形状および欠陥検出性能を調べた。そして、表面欠陥の自動識別手法の検討を加え、自動溶接システムの品質確認機能への適用に関して考察した。

第4章では、第2章の溶融池センシングシステムと第3章の溶接ビード外観検査システムの検討結果をもとに、これらの機能をあわせ、熟練溶接士を不要とする、溶接前、溶接中、溶接後の作業を通じて無監視が可能な全自動溶接システムについて検討した。そして、パルス MAG 溶接の開先突合せ溶接およびすみ肉溶接を対象とし、実用的な全自動溶接システムを製作し、ファジィ制御による溶接条件適応制御機能および品質確認機能に関する検証試験とともに、環境等の異常事象に対応する機能を有することを確認し、全自動溶接システムの有効性を示した。

第5章では、溶融池センシングシステムの実用化として、固定配管狭開先 GTAW システムへ適用検討を行った。近赤外線 CCD カメラを用いて、多重フィルタリング手法を用いて高電流条件においても画像抽出が可能な光学システムの開発を行い、抽出画像と溶接欠陥との相関を調査することで溶接条件適応制御手法およびインプロセスでの品質確認手法を提示した。そして、レーザセンサを加えた実用的な高機能自動溶接システムを製作し、火力プラント機器の配管溶接実作業へ適用し、オペレータに熟練度が不要な高能率・高品質な自動溶接を実現した。

第6章では、溶融池センシングシステムと溶接ビード外観検査システムを統合した自動溶接システムの実用化として原子炉内構造物現地遠隔ロボット溶接システムを開発した。溶接ロボットに取り付けた CCD カメラによるステレオビジョンによる3次元計測手法を開先検査およびビード余盛形状検査に適用した。さらに、円錐ミラーを用いた裏波直視技術を応用し、裏波ビードの溶接条件適応制御システムを構築した。そして、作業者のアクセス性に制約のある原子炉内被曝環境下の遠隔溶接作業に実機適用し、自動溶接システムの高機能化の有効性を明らかにした。

第7章では、多種の視覚センサ等を活用してアーク現象、溶融池、溶接ビード形状などの溶接部を可視化することにより、溶接中の異常を検出できるシステムを検討し、視覚センサによる溶融池センシング、ビード形状センシング、裏波形状センシングに加えレーザ超音波法による内部欠陥センシングを加えた統括的なインプロセス品質管理システムを構築した。そして、実際に、火力プラントの蒸気タービンロータの溶接作業への適用し、システムの有効性を示した。

第8章では、複数の視覚センサを活用した溶接技能デジタル化システムへの検討を行った。画像計測による溶接状況ならびに溶接士の挙動を数値化、定量化する手法を開発することにより、溶接技能の定量化を実現した。そして、実際に溶接技能デジタル化システムを製作し、溶接訓練ならびに技能継承へ適用することにより、訓練の効率化、技能ノウハウの明示化をはかり、システムの有効性を示した。

第9章は、結論であり、本研究によって得られた主な結果を総括した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (浅 井 知)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	平田 好則
	副 査	教授	中田 一博
	副 査	教授	田中 学

論文審査の結果の要旨

本論文は、溶接条件の適応制御や施工中の品質確認評価を行うため、視覚センサを用いたビード形状や溶融池現象の直接観察・計測と溶接品質との相関性を明らかにするとともに、実用的な溶接自動システムを構築し、実機製作への適用を通して有効性を明らかにしたものである。

主な研究成果を要約すると、次のようになる。

- (1) 視覚センサとして近赤外線 CCD カメラを用いた溶融池センシングシステムの検討を行ない、画像抽出のための光学システムならびに画像処理手法を確立するとともに、溶融池形状と溶接品質に関わる溶接パラメータの相関を明らかにしている。
- (2) ステレオビジョンを用いた 3 次元形状計測手法に基づいた試作装置による溶接ビード形状および欠陥検出性能を調査し、自動溶接システムの品質確認機能への適用性を明らかにしている。
- (3) パルス MAG 溶接の開先突合せ溶接およびすみ肉溶接を対象とした実用的な全自動溶接システムを製作し、ファジイ制御による溶接条件適応制御機能および品質確認機能に関する検証試験とともに、環境等の異常事象にも対応できる機能を有することを検証し、全自動溶接システムの有効性を示している。
- (4) 近赤外線 CCD カメラを用いて、多重フィルタリング手法を用いて高電流条件においても画像抽出が可能な光学システムを開発し、固定配管狭開先 G T A W システムへの実用化を行った。さらに、レーザセンサを加えた高機能自動溶接システムを製作し、火力プラント機器の配管溶接実作業へ適用し、オペレータに熟練度が不要な高能率・高品質な自動溶接を実現している。
- (5) 溶融池センシングシステムと溶接ビード外観検査システムを統合した自動溶接システムの実用化として原子炉内構造物現地遠隔ロボット溶接システムを開発し、開先検査およびビード余盛形状検査に適用した。さらに、円錐ミラーを用いた裏波直視技術を応用し、裏波ビードの溶接条件適応制御機システムを開発することで、作業者のアクセス性に制約のある原子炉内被曝環境下の遠隔溶接作業へ実機適用し、自動溶接システムの高機能化の有効性を示している。
- (6) 多種の視覚センサ等を用いてアーク現象、溶融池、溶接ビード形状などの溶接部を可視化することにより、溶接中の異常を検出できるシステムを開発し、火力プラントの蒸気タービンロータの溶接作業に適用し、システムの有効性を示している。
- (7) 画像計測による溶接状況ならびに溶接士の挙動を数値化、定量化する手法を開発することにより、溶接技能の定量化を実現している。さらに、溶接技能デジタル化システムを製作し、溶接訓練ならびに技能継承へ適用することにより、訓練の効率化、技能ノウハウの明示化をはかり、システムの有効性を示している。

以上のように、本研究では今後ますます進展する自動化・ロボット化溶接において、溶接構造物を製作する上で最も重要な溶接品質を確認する技術として、視覚センサによる直接観察・計測方法を明らかにするとともに、実機製作に適用し、有効性を示しており、学術的に重要な成果である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。