

# レーザー誘起超音波による抵抗スポット溶接部の非破壊検査法の開発

マテリアル生産科学専攻 生産科学コース

加工物理学領域 佐野研究室 三島 真太郎

## 1. 研究背景・目的

溶接はものづくりにおいて不可欠な技術であり、中でも自動車分野を中心として薄板の接合に多用される抵抗スポット溶接は、作業効率が良く生産性が高い溶接法として需要が高い。一方で溶接部を起点とする破壊事例も多く、現在は品質保証のためにたがね試験や各種非破壊検査が行われている。しかし製品が量産品であることが多く、1製品あたりの施工点数が数千点以上になることもあるため、溶接部を全数検査することは難しく、現状は抜き取り検査が主流となっており、品質保証の信頼性が低いといった問題がある。よってさらなる信頼性向上のために、全数検査が可能な高能率・高速度で行える非破壊検査手法の確立が求められている。また、溶融凝固部であるナゲット部の成長過程など現象の解明も求められているが、抵抗スポット溶接に対して、溶融挙動を直接捉えられるインプロセス計測が可能な検査手法は未だ報告されていない。これらの課題を解決する方法として、レーザーをプローブとして用いることで遠隔から非接触で計測が可能であり、インプロセス計測にも適したレーザー超音波法に着目した。

本研究では、インプロセスでの適用を視野に入れた、レーザー超音波法によるスポット溶接モニタリング手法の確立を目的とした。方針としては、実験を通し本研究の目的に適用可能な超音波を探索し、その評価方法を検討した。その後実際に抵抗スポット溶接を行った試験体に対してポストプロセス計測を行い、目標とするナゲット径の計測が可能であるかを確認した。

## 2. 実験装置・計測システム

Fig. 1 に本研究でのレーザー超音波計測システムの概要を示す。送信レーザーには波長 1064 nm の Nd:YAG パルスレーザー (Nano L 90-100, Litron Lasers 社製) を、受信レーザーには波長 532 nm の Nd:YAG レーザーおよびマイケルソン干渉計を基盤とした多チャンネルランダム直交干渉法によるレーザー干渉計 (Quartet 1500, Bossa Nova 社製) を使用した。送信レーザーはガルバノミラーシステムにより、受信レーザーは汎用ロボットアーム上に受信プローブを取り付けることで、照射点の移動を可能にした。

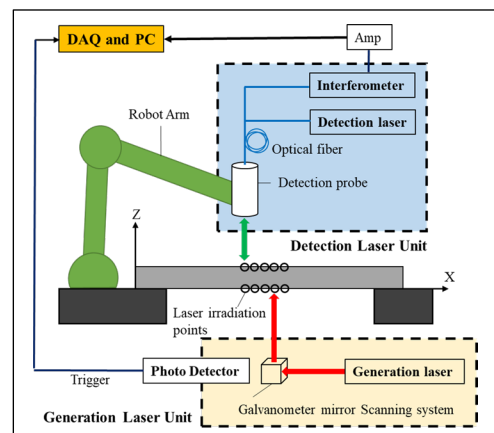


Fig. 1 Schematic of experimental setup

### 3. 実験結果

実際に抵抗スポット溶接を行った試験体  $R_1 \sim R_4$  を用いたポストプロセス計測結果を説明する。試験体は  $80 \times 150 \times 1.2 \text{ mm}^3$  の冷間圧延鋼板(SPCC)2枚に対し抵抗スポット溶接を行い、溶接時の加圧条件や溶接電流を変化させることで、ナゲット部や、その周辺に存在する圧着部であるコロナボンド部の寸法を変化させた。Fig. 2に計測体系を示しており、送受信レーザをナゲット部に対して左右方向から、溶接部直上を避けて試験体を挟み込むように配置することで、ナゲット部の端部付近で回折する超音波の観測を期待した。

計測結果の一例として、Fig. 3に試験体  $R_1$  (ナゲット径 4.9 mm), 送受信点  $X = -20 \text{ mm}$  で得られた A-Scope を示す。注目したい成分を取り出すため、A-Scope 波形には周波数 0.3 – 0.8 MHz のバンドパスフィルタを適用した。今回の送受信レーザ配置において、波長が長く振幅の大きい特徴的な回折波が観測できることがわかった。

Fig. 4 には縦軸に各試験体における  $X = -20 \text{ mm}$  と  $X = +20 \text{ mm}$  で行った計測での回折波到達時間の合計、横軸に各試験体のナゲット径をプロットした結果を示す。回折波到達時間の合計とナゲット径には非常に強い負の相関が見られ、回折波到達時間からナゲット径が識別できることがわかった。また Fig. 5 には今回の回折波到達時間を用いて試験体  $R_1 \sim R_4$  のナゲット径を計算した結果を示す。誤差は約 10% となっており、本手法を用いて高精度にナゲット径を算出可能であることがわかった。

### 4. 今後の展望

本手法は先述のように溶接部の直上、直下を避けて送受信点を配置することが可能で、またレーザ超音波法を用いているため装置のハンドリングが容易、1地点あたりの計測時間は 0.01 秒と非常に高速であるなど、従来手法に比べメリットの多い計測手法となっている。

今後は計測手法、評価方法の改善やインプロセス計測に向けた検討を進め、本手法の有用性を示していく必要がある。また高張力鋼板や 3 枚以上の板材に対する溶接、鋼-アルミニウム合金などの異種材料に対する溶接など、従来溶接や検査が難しかった条件に対しても本手法は適用できる可能性があり、今後実験などを通して確認していく。

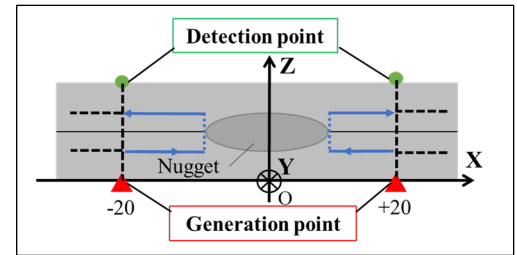


Fig. 2 Schematic diagram of LUT measurement for RSW specimen

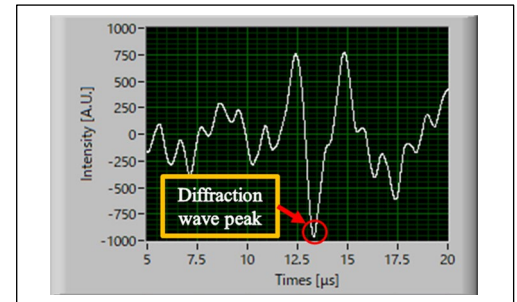


Fig. 3 A-Scope result of RSW specimen  $R_1$

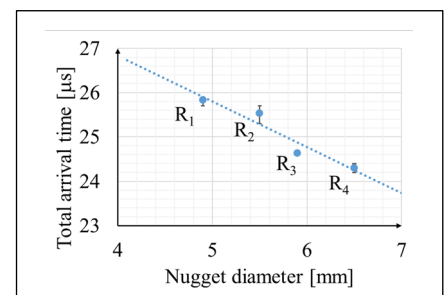


Fig. 4 Relation between total arrival time of diffraction wave and nugget diameter

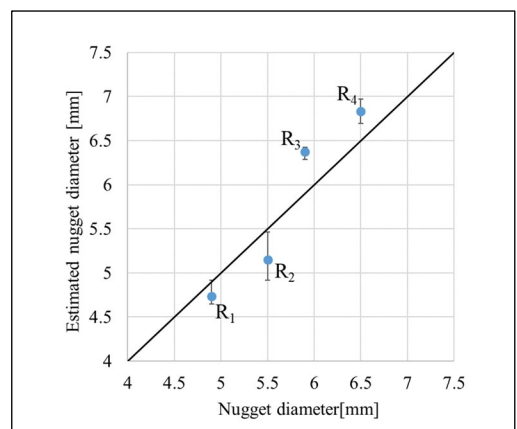


Fig. 5 Relation between nugget diameter and estimated nugget diameter