

使用する環境に応じて、適切な異種材料の接合ができれば、意図した性能を十分に発揮できる製品の製作が可能となります。本研究では、レーザーによる銅と鉄の異種材料溶接時の残留応力を低減させるため、コンピューター解析と溶接試験片の分析・計測により、レーザー溶接部の状況を詳細に調べました。

# 異種材料溶接加工における 残留応力等の低減に向けた研究開発

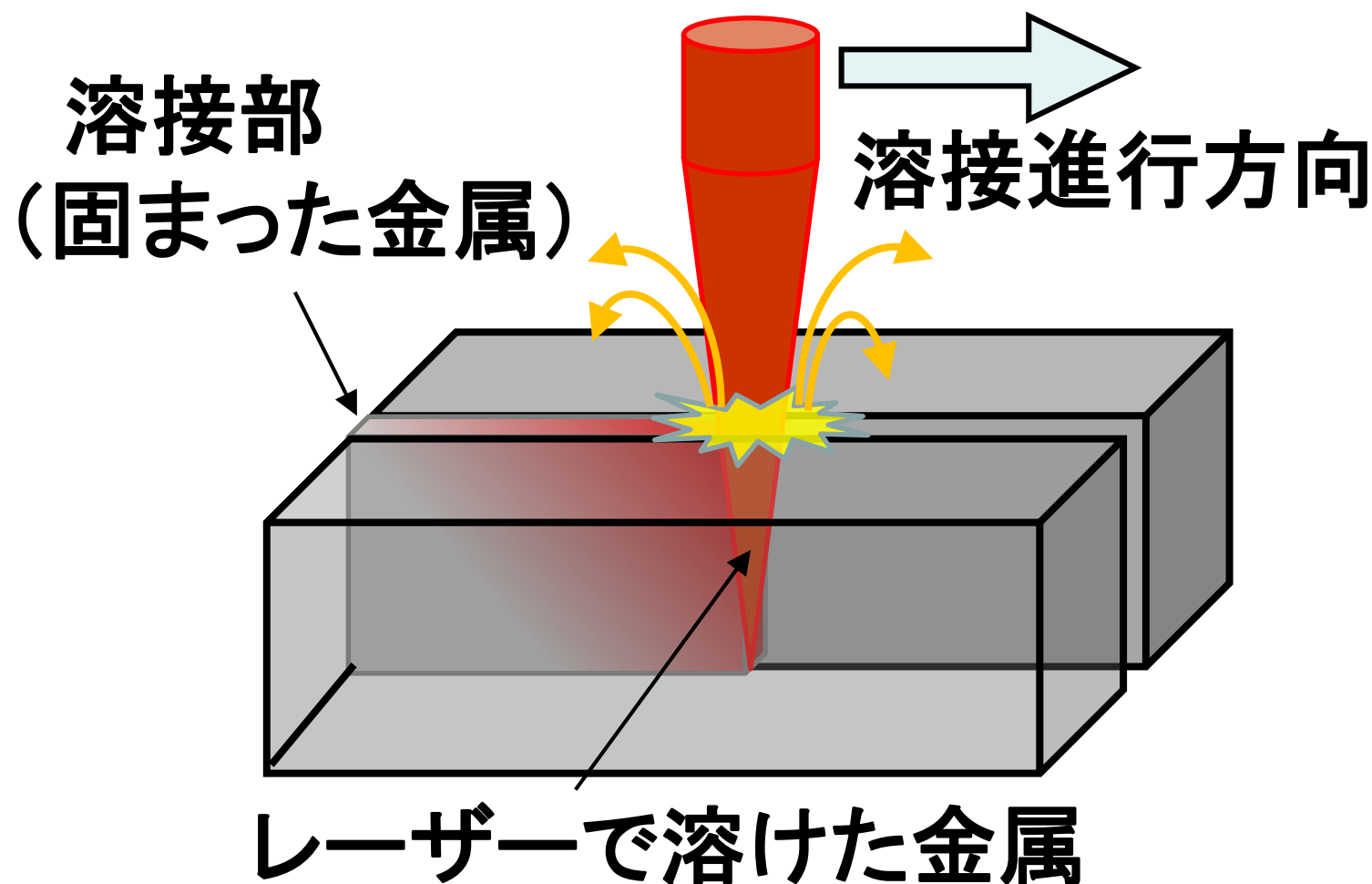
国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 村松 壽晴

## 研究の目的

レーザー溶接は、熱的な影響範囲が狭く、局所的な加工性に優れ、光ファイバー伝送による遠隔操作もできる特長がある。しかし、他の溶接と同様に施工後に残留応力(ひずみ)が発生するため、それを低減させる必要がある。そこで、コンピューター解析と溶接試験片の分析・計測により、溶接部の状況を詳しく調べる。

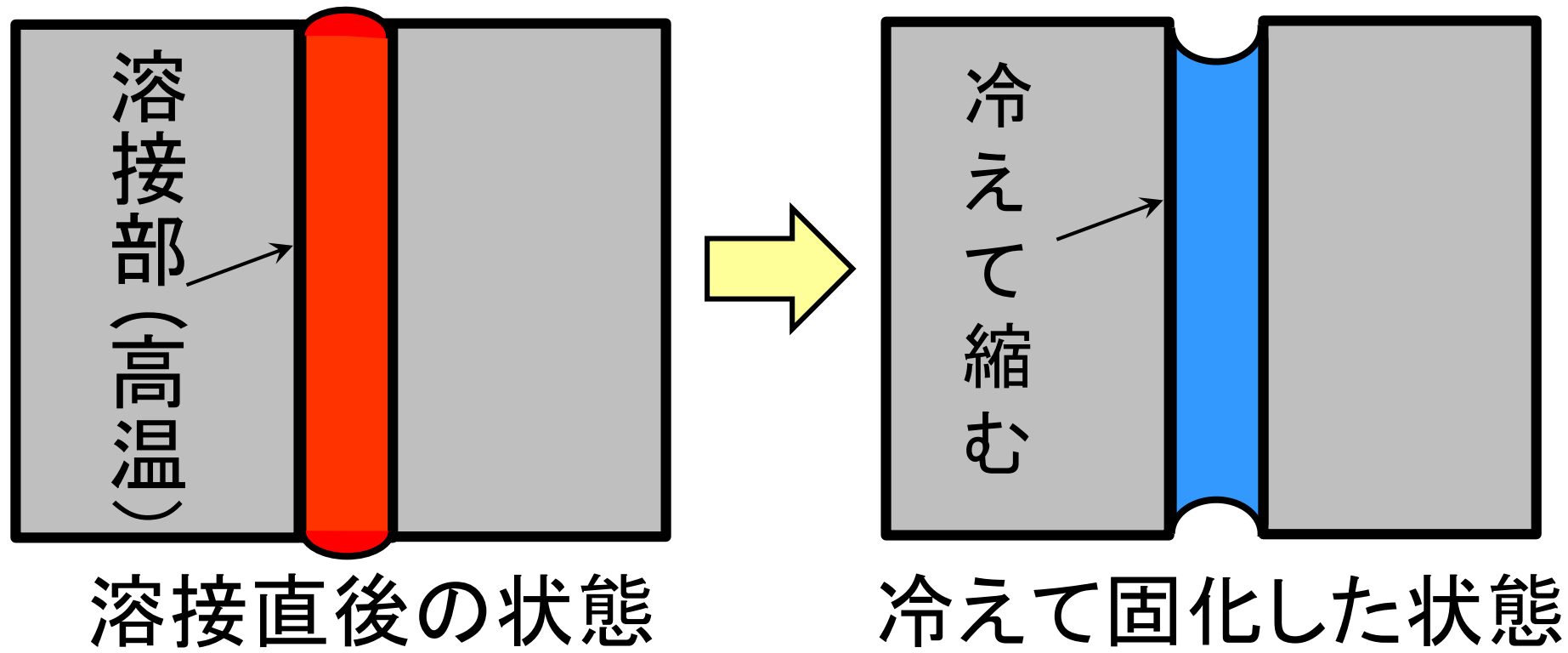
### [レーザー溶接]

他の溶接方法と比較して、レーザー溶接はエネルギー密度が高く制御もしやすいことから、微小な溶接や精密な溶接に適している。このため、コンピューター制御による工場でのオートメーション化にも用いられている。



## 残留応力 (ひずみ) とは

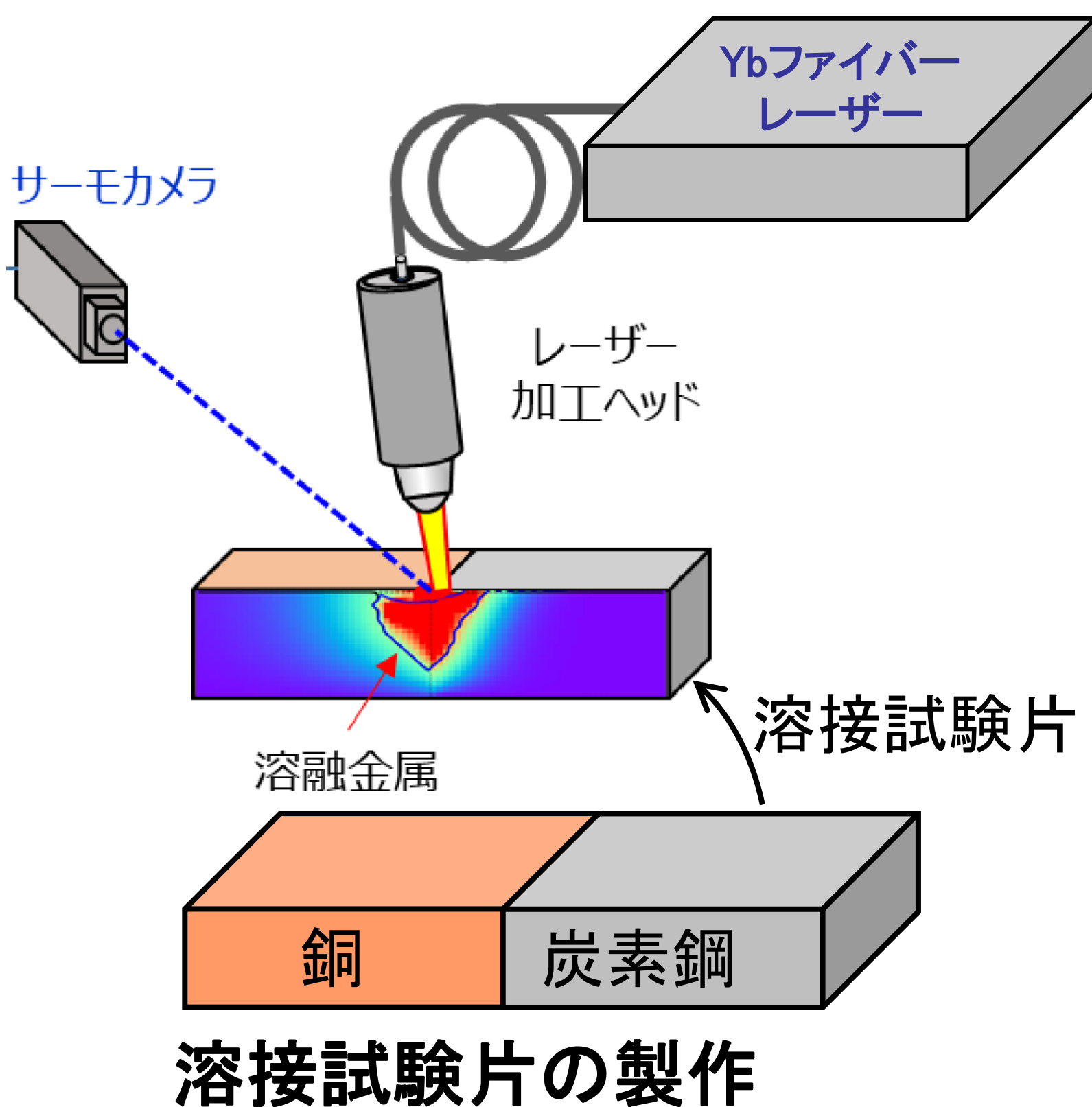
溶接の様に、接合する部分が局部的に加熱される場合、温度が上がると熱膨張し、その後温度が下がると縮む。このような材料の伸び縮みが周囲の材料によって妨げられることで、内部に力が生じる。この生じた力を残留応力、この力による



材料の伸び縮みの割合を残留ひずみと呼び、破損の原因となることがありうる。

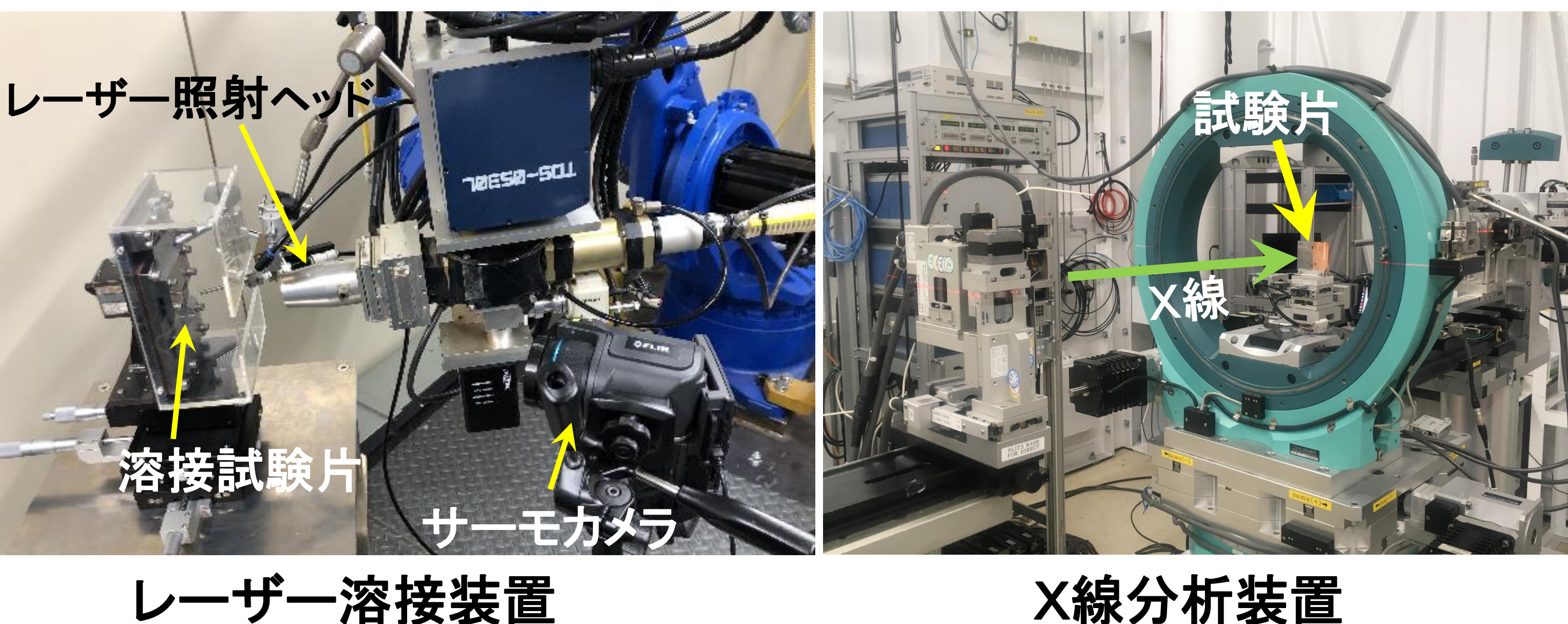
## 研究の内容

レーザーを用いて金属溶接試験片を製作する。レーザー照射後、溶けた両金属の溶接部が、冷え固まっていく様子をコンピューターで解析するとともに、サーモカメラでも観察する。さらに、X線を用いて、溶接部のひずみ分布や金属成分を調べる。



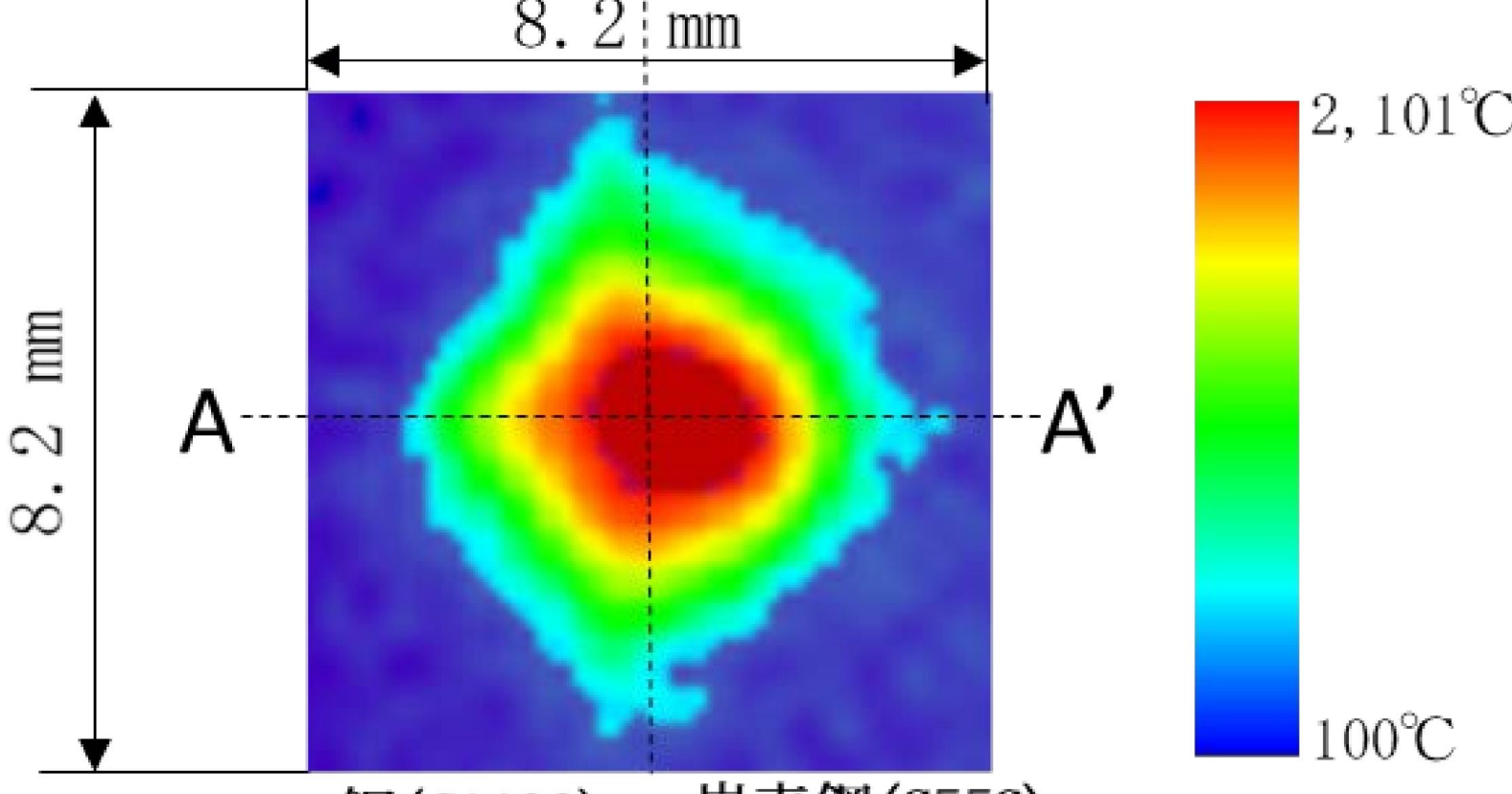
## 設備・装置写真

レーザー溶接装置を左図に、X線分析装置を右図に示す。X線分析装置では、X線を試験片に照射し、新たに出てくるX線(原子レベルでの散乱や干渉など)を測定することで、溶接部の金属成分や金属内のひずみを調べることができる。

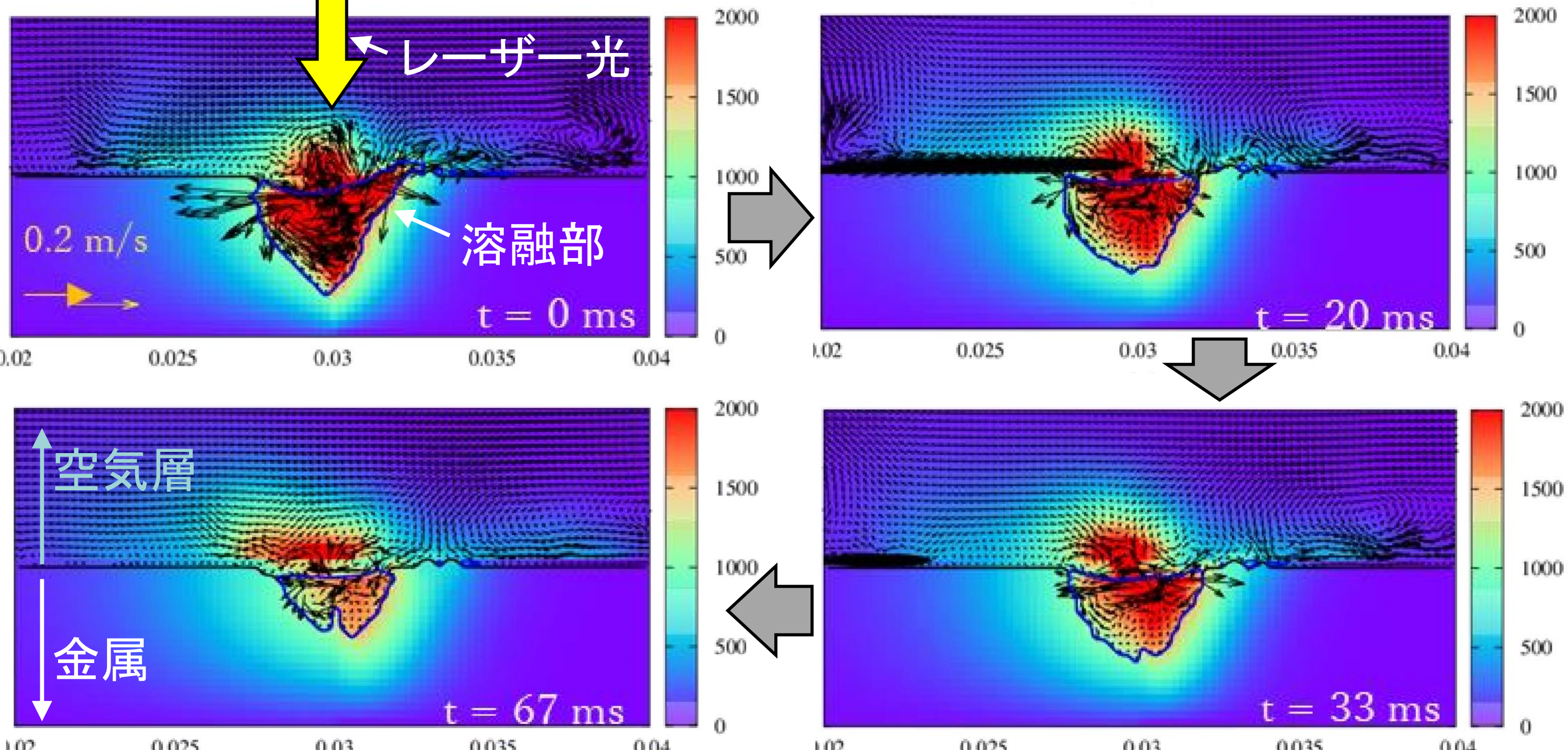


## レーザー照射溶融部の温度変化

サーモカメラによる溶接時の表面温度分布を右図に示す。また、下図に溶融部の温度が徐々に低下し、冷え固まっていく様子をコンピューターで解析した結果について示す。



### サーモカメラ観察結果

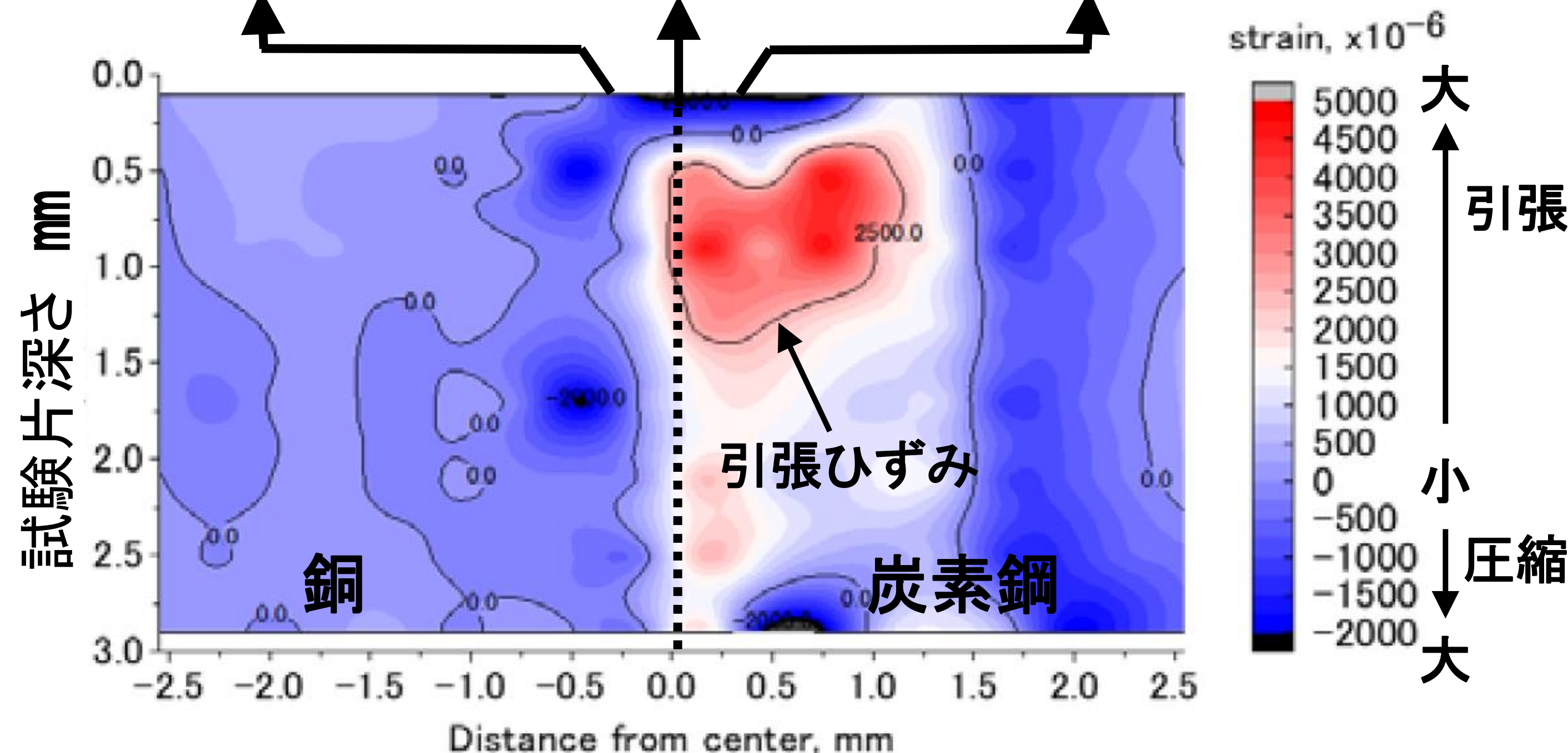
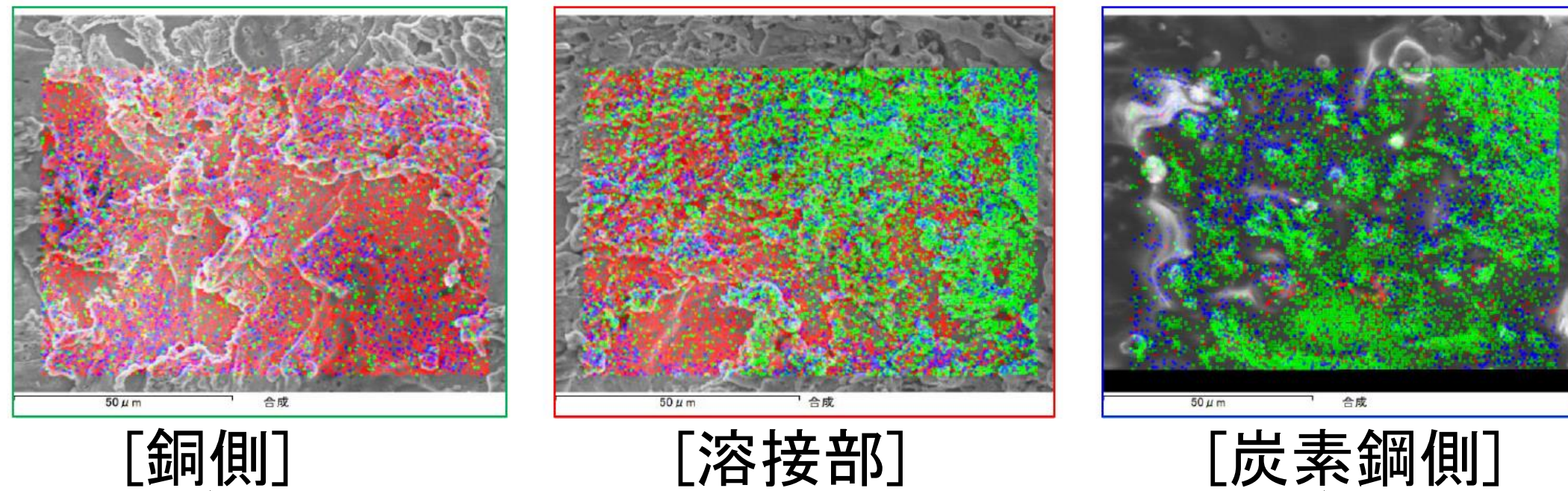


コンピューターで解析した溶融部が冷え固まっていく様子

## X線分析結果

X線分析装置の測定により、溶接部では、銅と鉄の両成分の混合が確認できる。ひずみは、銅側では小さく、炭素鋼側では溶接部近傍の上方に、き裂の要因となる引張ひずみが強く生じた。ひずみ分布は、両金属がレーザーで溶融混合した後、熱伝導率や熱膨張率などの違いの影響を受けながら冷えて固化した結果、このような特性になったと考えられる。

● : 銅成分 ● : 鉄成分 ● : 酸素成分



溶接部近傍のひずみ分布と金属成分分析結果

## まとめと課題など

この研究開発では、レーザー溶接部における照射後の温度変化とひずみ分布を明らかにした。今後、温度変化を考慮した応力解析を行い、溶接条件の最適化や残留応力低減策を具体化する必要がある。