

デジタルカメラを用いた溶接中における溶接変形計測法の開発

大阪府立大学 工学部 海洋システム工学科 正岡研究室 恩田尚弘

研究背景・目的

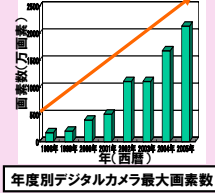
背景

溶接中は高光度なので照合が困難

ESPIシステム¹⁾などの高精度非接触計測システムがあるがレーザーを用いているため高価かつ計測範囲が狭いため、安価で全視野計測ができる画像計測²⁾の方が大型構造物に適用でき有効である。

デジタルカメラによる画像計測の利点

- ・画素数の増加に伴い、実用上十分な精度で変形計測可能
- ・画素数の増加に伴い計測精度が向上するので、将来性に期待できる。



照度変化に強い正規化相関、連続画像を用いた変形計測を行えば溶接中および冷却過程の変形計測が可能となる。

- ・溶接変形発生メカニズムの解明
 - ・冷却過程における相変態挙動の検出
 - ・溶接割れの検出
- などにも適用可能と考えられる

参考文献
1) 日黒良, 村松由樹, ESPIシステムの溶接への適用, 溶接学会論文集, 第24巻, 第3号, p.247-252 (2006)
2) 山口良司, 画像処理による非接触変形・応力計測法の開発, 溶接シンポジウム (2006)

本研究の流れ

本研究の目的

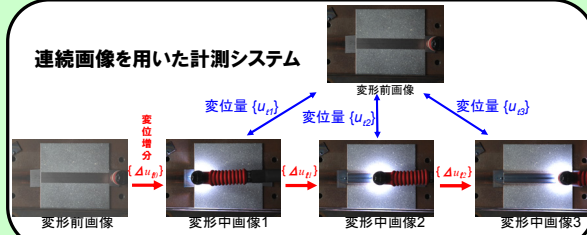
デジタルカメラを用いて溶接中および冷却過程における溶接変形が計測可能な変形計測システムを開発する。

本手法による溶接中および冷却過程における変形計測の結果と熱弾塑性解析結果およびレーザー変形計測結果と比較することにより、本手法の妥当性・有用性について検証する。

時系列型変形計測法による変位計測システム

時系列型計測の概念

連続画像を用いた計測システム



時系列型画像計測法

変位場 $\{u\}$ を $\{u_{t,i}\} = \{\Delta u_{t1}\} + \{\Delta u_{t2}\} + \dots + \{\Delta u_{t,i-1}\}$ により変位を算出する

溶接中の変形挙動を算出可能

溶接中および冷却過程において同じ位置から画像を複数撮影

基準画像と比較画像の2枚でサブピクセル処理を用いた画像照合

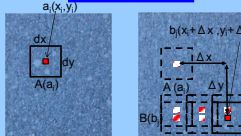
溶接中はアーク光が強いため画像照合に正規化相関を用いる

画像照合により算出された変位増分を足し合わせて変形量を算出

変形挙動を算出

サブピクセル画像照合法

画像照合法



基準画像 比較画像
比較する画像領域 A (a), B (b) を同サイズ $dx \times dy$ で設定 (dx, dy は 10 ~ 100 程度)

比較画像の画像領域 B (b) をずらしながら順次設定

各々の領域の輝度相関値 $R_{ij}(a, b)$ を正規化相関により求める。

輝度相関値 R_{ij} が最大時における B (b) の中心位置 $b_c(x_c + \Delta x, y_c + \Delta y)$ が対応点 (サブピクセル単位) となる。

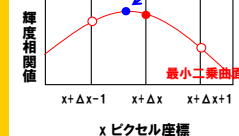
全画素について繰り返し適用

サブピクセル処理

ピクセル単位の対応点 b_c を基準にそれと隣接する点 (x方向3×y方向3) の輝度相関値から最小二乗曲面を作成

最小二乗曲面が最大値をとるときの座標 (x, y)

対応点 (サブピクセル単位)



x方向の最小二乗曲面

正規化相関

正規化相関は周囲の照度変化に強い相関法であり、溶接前画像と溶接中の画像において平均的な照度が異なる場合に有効である。

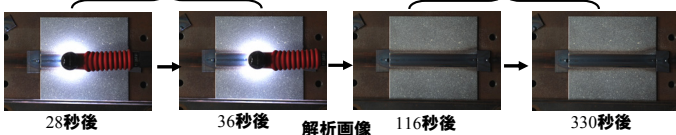
$$R_{ij}(b, a) = \frac{\sum_{x,y} (a_i(x, y) + \Delta x, y) - a_i(x, y) - b_j(x, y) - b_j}{\sqrt{\sum_{x,y} (a_i(x, y) + \Delta x, y) - a_i(x, y) - b_j(x, y) - b_j} \sqrt{\sum_{x,y} a_i(x, y) - a_i(x, y) - b_j(x, y) - b_j}}$$

ただし、 a, b は画像探索領域全域における輝度相関の平均値である。

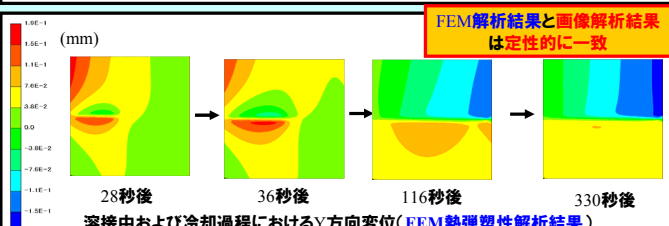
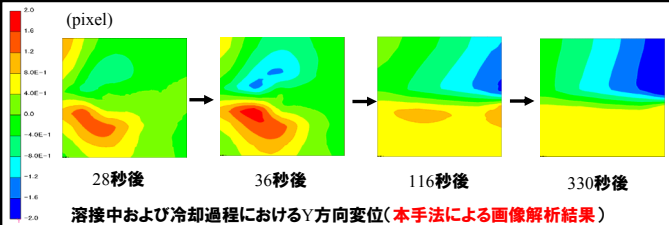
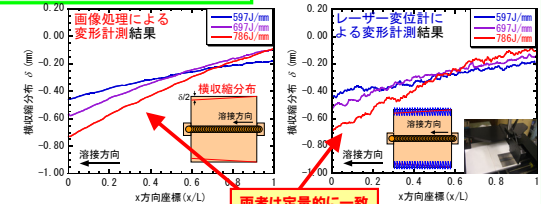
輝度相関値 R_{ij} の値は大きいほど相関が高い、つまり類似性が高い。

横収縮分布の計測

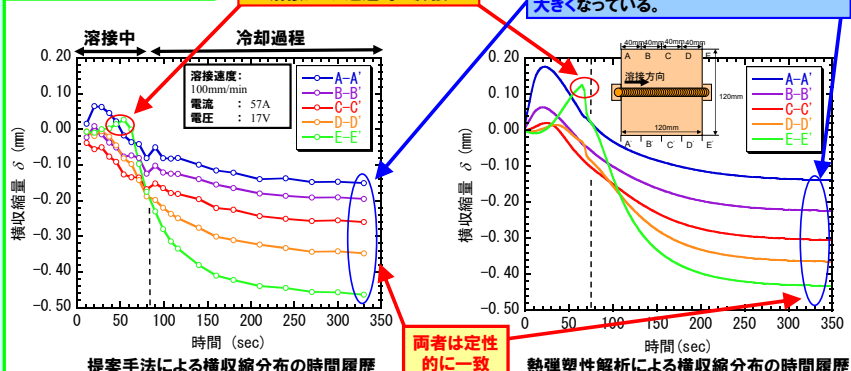
溶接中 冷却過程



残留横収縮分布



横収縮量の時間履歴



本手法を用いることにより、これまで実験では計測することが困難であった高温下、高光度下における変形の時間履歴が計測可能になった。

結論

提案手法を溶接中および冷却過程における溶接変形計測に適用した結果、以下の結論が得られた。

- ・溶接中および冷却過程におけるY方向変位分布および、横収縮量の時間履歴の結果が熱弾塑性解析結果と良好に一致することを確認した。
- ・残留横収縮分布の結果がレーザー変形計測結果と定量的に一致することを確認した。
- ・提案手法を用いることで、溶接による高光度下においても変形計測可能であることを示した。

今後の展望

- ・本手法を3次元化することにより角変形および屈座変形等の面外変形発生メカニズムについて検討する。
- ・変形量の少ない縦収縮の高精度変形計測を行う。
- ・本手法をひずみ計測に拡張する。