

アーク溶接ロボットにおける視覚システム

仲田周次* 藤本公三**

1. はじめに

近年、溶接ロボットなど産業用ロボットが広い分野で使用されるようになってきたが、その大部分が人間の教示によって作動するティーチング・プレイバック方式のロボットで、自動車の製造ラインにおけるスポット溶接のような単純な繰返し作業に対しては大いに成果を上げているが、アーク溶接による多品種少量生産に対してロボットを使う場合、溶接線、トーチ角度、溶接条件（電流、電圧、速度など）を個々のワークに対して人間が教示しなければならず、かなりの時間と知識が必要になるため普及が伸び悩んでいる。このため、ロボットを人間による教示なしに、あるいは最小限にするための視覚機能をロボットに持たせる必要がある。

2. アーク溶接ロボットのための視覚系と線画画像の作成

図1は、本研究で構成したアーク溶接ロボットのための視覚系を示したものである。まず、溶接対象物体をTVカメラで撮像して得られる濃淡画像から対象物体に対する線画画像を作成し、その線画上の各頂点、線分、面およびそれらの隣接関係等を表わす二次元データ構造を計算機内部に作成する。さらに、この対象物体上の特徴点（頂点、縁辺上の点など）の三次元座標を計測し、二次元データ構造に付加することによって対象物体の三次元形状の記述を行い、この記述から溶接線を抽出又は指定することにより、ロボットを作動させ溶接を実行させる。

この視覚システムにおいて、対象物体の形状

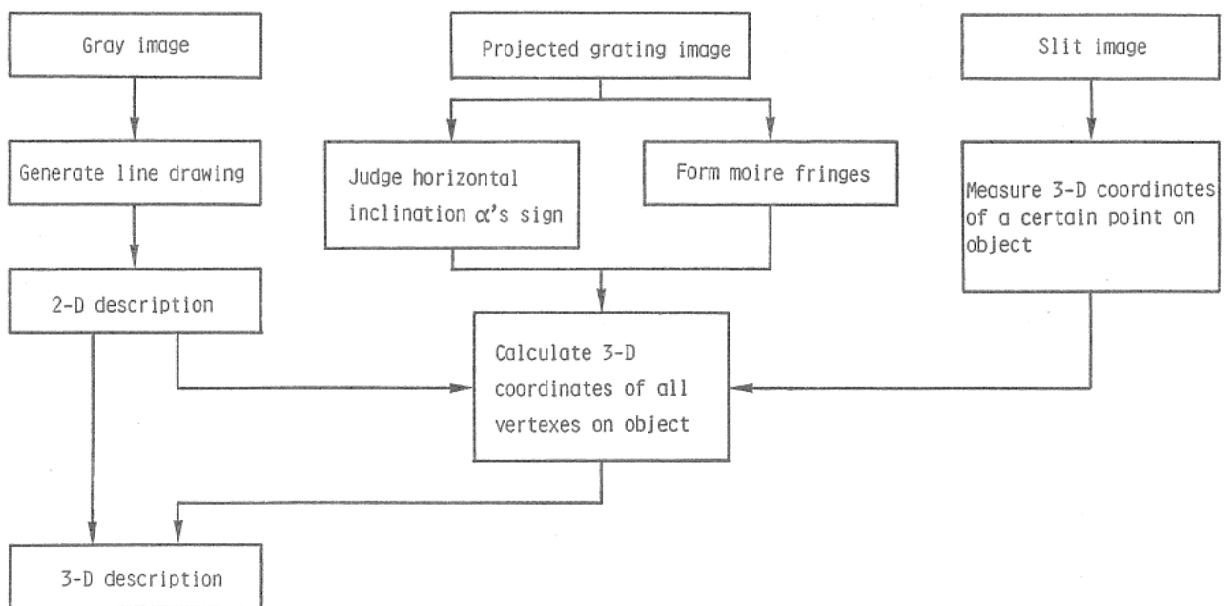


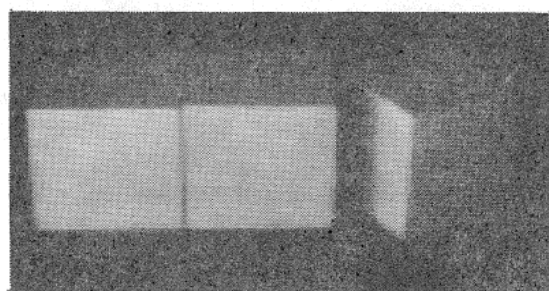
図1 アーク溶接ロボットの視覚系

* 仲田周次 (Shuji NAKATA), 大阪大学, 工学部, 溶接工学科, 仲田研究室, 教授, 工学博士, 溶接工学

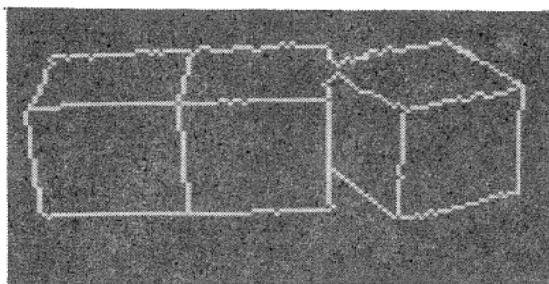
** 藤本公三 (Kozo FUJIMOTO), 大阪大学, 工学部, 溶接工学科, 仲田研究室, 助手, 工学修士, 溶接工学

を特徴づけている対象物体の輪郭、縁辺、物体と物体の突合せ部の線などで構成された線画画像を作成することがまず必要となる。溶接対象物体は一般に鋼板等の金属であるため、濃淡画像から線画画像を作成する場合、一般的な問題である影による濃淡変化以外に金属光沢による濃淡変化および表面の傷による画像ノイズの問題が付加される。これらの障害因子による濃淡変化および、輪郭や縁辺における濃淡変化は照明方法に大きく左右される。つまり、方向性の強い照明を用いると影や金属光沢による濃淡変化が急峻になり、縁辺での濃淡変化と区別できず縁辺として検出してしまう。又、照明の方向性をなくし、拡散光にすると、影や金属光沢、傷の影響はなくなるが、縁辺での濃淡変化も小さくなり検出が困難となる。以上のことを考慮に入れ、縁辺での濃淡変化が十分大きく、影や局部反射による濃淡変化が緩慢になるような照明方法として、TV カメラから見て物体の左上方から拡散的な光を物体に当てている。

上記の照明方法によって得られた濃淡画像(図2(a))を画像処理することによって得られた線画画像が図2(b)である。



(a)



(b)

図2 対象物体に対する濃淡画像(a)と線画作成処理結果(b)

3. 対象物体に対する距離情報の抽出

本システムにおける三次元距離情報(対象物体上の各頂点等の三次元座標)は、対象物体に対するモアレ縞像を主体として、三角測量法およびモアレ縞像を形成させる時に同時に得られる投影格子像を併用して抽出している。

対象物体に対するモアレ縞像は、図3に示す投影型モアレ法によって得ている。つまり、対象物体に格子間隔Pの格子を投影することによって形成された投影格子像と映像面直前に置かれた干渉用格子との透過率分布の差から生じる新たな縞模様が映像面上に映る。これがモアレ縞像で、図4(立方体対象物体に対するモアレ縞像)からわかるように、モアレ縞像は等高線として生じる。このモアレ縞像から距離情報を自動的に軸出するには、以下のような問題点がある。

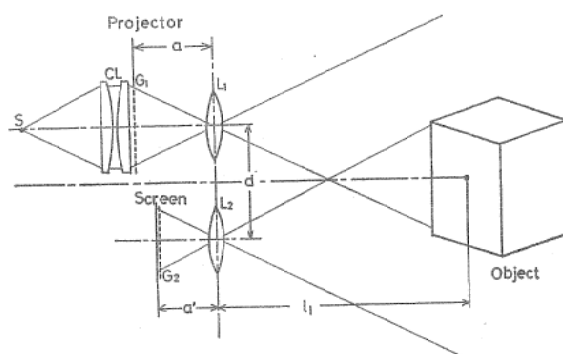


図3 投影型モアレ縞像の形成装置図

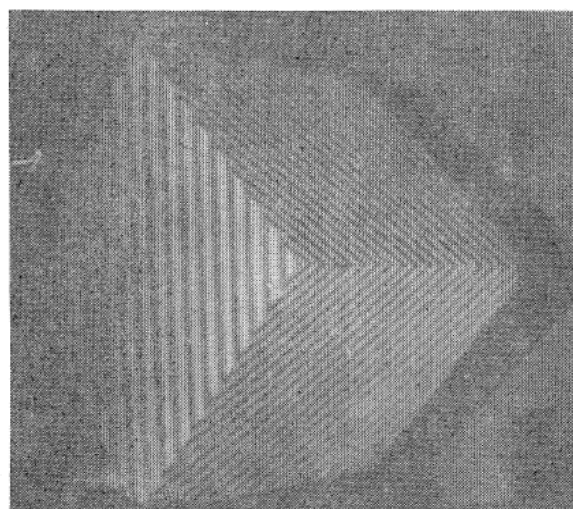


図4 光学的に形成させた立方体対象物体に対するモアレ縞像

- (1) 投影用および干渉用格子の明暗による不要縞が存在する。
- (2) モアレ縞のコントラストが悪い。
- (3) 凹凸情報および絶対距離情報を得るのが困難である。

上記の問題点(1), (2)の対策として図5に示すように, 投影格子像をTVカメラで撮像して得られる映像信号(①)を一定振巾の正弦波に波形整形し(④), 干渉用格子に相当する一定周波数の正弦波を加算・検波(⑩~⑮)することによってモアレ縞像を形成させている。図6は, このモアレ縞形成回路によって形成させた円柱および立方体に対するモアレ縞像である。

又, 問題点(3)に対しては一般的にはモアレ縞の縞次数の決定によって行われているが, 本研究では, モアレ縞像を形成させる時に同時に得られる投影格子像の水平方向の間隔が, 対象面の水平方向の傾きと1対1の対応関係があるのを利用し, 図5の④~⑨に示すように光軸に垂直な面に対する投影格子像の明暗の間隔(周期)を閾値として, 面の傾きの正負判定を行い凹凸の判定に用いている。しかし, これだけでは相対距離情報は得られるが, 絶対距離情報が得られない。そこで, 対象物体上の任意の点にスポット光を当て, それを撮像し, 三角測量法によってスポット光の当てられた点の三次元座標を決定し, その点を基準にして対象物体上の三次元座標を求めている。

4. おわりに

以上に示したように, 溶接対象物体の形状を三次元的に記述する基本システムが構成されているが, 実用化にはなお多くの問題をかかえている。例えば, 画像の処理時間の短縮や対象物体の配置によってはモアレ縞が形成されない面

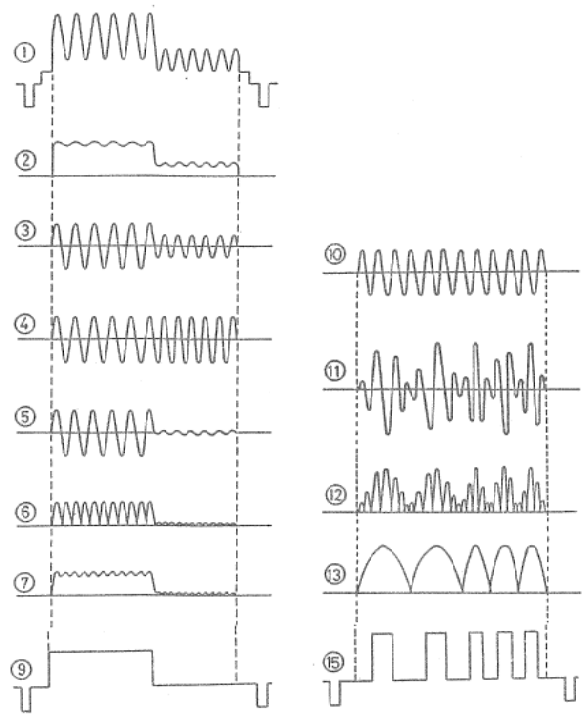


図5 モアレ縞形成回路における波形成形過程

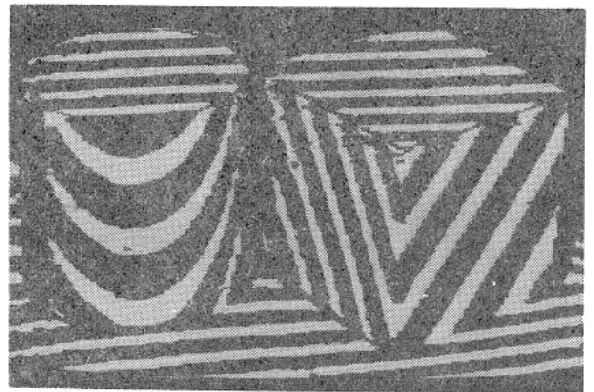


図6 モアレ縞形成回路によって形成されたモアレ縞像

が存在し, 距離情報を抽出できない箇所が生じることもある。これらの諸問題を実用化の観点から解決するのが今後の課題である。