

距離センサを用いたアクティブセンシング法

北海道大学工学部 ○福島孝明 近藤司 金子俊一 五十嵐悟

要旨

本研究では、ロボットアームにより制御されたレーザー計測ヘッドを用いて、死角領域をも含む対象物の全体形状を自動計測するためのアクティブセンシング法を開発することを目的とする。ブロック方式による概計測戦略および本計測において基本となるスライスデータの合成について報告する。

1. はじめに

三角測量原理に基づく距離センシング技術は、CAD/CAM、形状処理、グラフィクス、ロボット応用など広い応用の可能性をもつ [1]。我々は、未知形状の三次元対象物の全体形状計測という基本的課題へのアプローチとして、計測戦略を立案するアクティブセンシング方式を検討している。そのための第一段階として、本報告では、「概計測戦略」に関する基本的手順について述べる。

物体計測を行う際、単一のセンサーもしくは計測機器では、固定方向からの測定が一般的である。一般的な非接触三次元測定システムでは、測定不能な死角領域を持つようなものの測定に対して、データの合成が必要である。また、効率的なデータの取得方式についても考えなくてはならない。

本研究においては、物体の形状を推測しつつロボットアームにより、Laser Range Finder (以下LRF) の軌道 (位置および姿勢) を制御することにより、戦略を持つ拡張したアクティブセンシング計測システムについて検討する。

図1にLRFによる測定原理を示す。

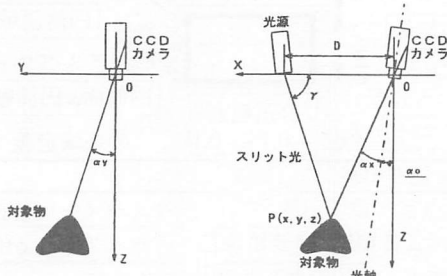


図1 LRFの三次元画像処理原理

x, y, zの座標は次式によって求められる。

$$x = \frac{D \tan(\alpha O + \alpha x)}{\cot \gamma + \tan(\alpha O + \alpha x)}, y = \frac{D \tan \alpha y}{\cot \gamma + \tan(\alpha O + \alpha x)}, z = \frac{D}{\cot \gamma + \tan(\alpha O + \alpha x)}$$

2. アクティブセンシングアルゴリズム

2-1 概計測

自動計測を行う場合、高速かつ無駄がないよう行うために計測を概計測、本計測の二段階に分けることとする。概計測を行うことに

より、おおよその外形を把握し、本計測の計測位置や計測姿勢に関する戦略を決めることとする。これにより、時間短縮と高効率化が期待できる。

1 スリットデータの点数は約 40mm 中に 484 点あるため、概計測ではそのうちの 16 点を間引いて使うことにする。

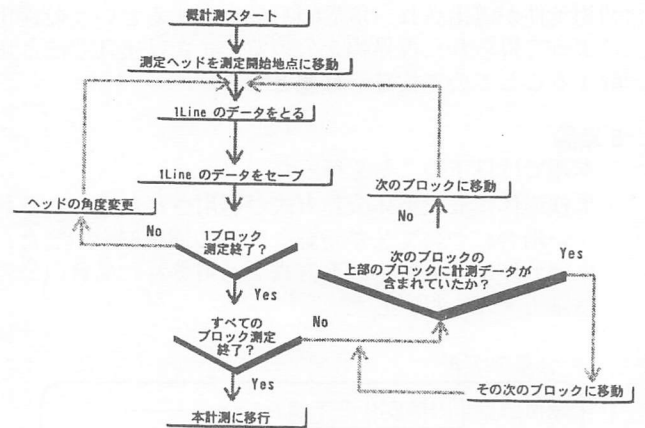


図2 概計測ブロック図

前提条件

- ・ 被測定物の高さに制限を設ける。
- ・ おおよそのわく (計測領域) を作りその内部に対象物を置く。
- ・ 透明なもの、鏡面反射をするものは測定不可能である。

制御方法

図3に概計測の概略を示す。1 ≤ i, j, k ≤ n (i, j, k ∈ I) とする。ロボットの手首に首振り機能 (ロール軸回転) を利用する。1回の首振りで測定できる領域を1ブロックとする。正確には領域内で内接する直方体である。1ブロックのサイズは 60mm×40mm×40mm である。計測領域を決めてその中で計測の可、不可の判定をする。計測領域は 18ブロック分にあたる 120mm×120mm×120mm の立方体とする。ブロックはそれぞれ固有番号を用いて識別する。点Pは測定ヘッド座標の原点として設定する。それは各ブロックの重心上に位置させる。図4に1ブロック内の測定における首振り角度の設定方法を示す。概計測では、少なくとも9枚のスライス面(Q)を測定する。スライス面に対応する角度 θ は LRF の z 軸 (光軸) を基準として表わし、たとえば最初のスライス面

の角度は $\theta \rightarrow \theta_1 = \angle Q_1 P Q_5 = 2 \tan^{-1} \frac{D}{2l}$ であらわされる。測定範囲 z は $l \leq z \leq L$ とする。スライス面は固有の番号をつけることで、番号を命令することにより制御を行う方式にする。

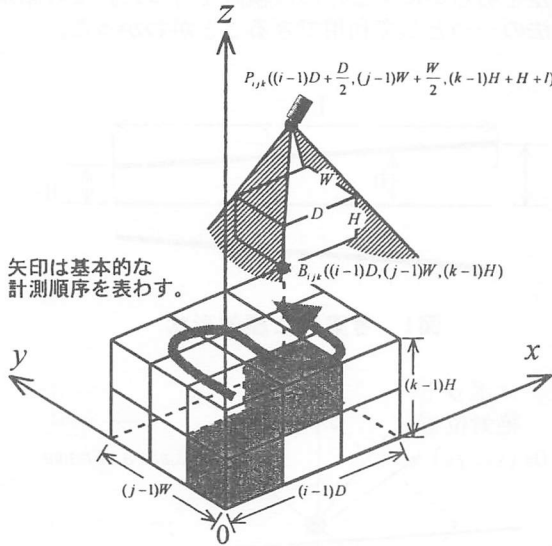


図3 概計測の計測順序と計測法式

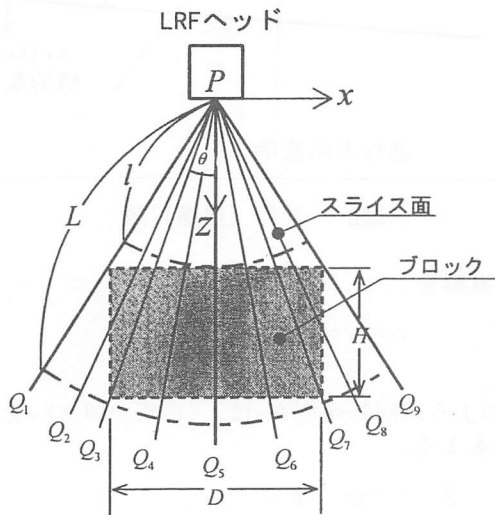


図4 スライス面の定義

2-2 三次元誤差モデル

本計測においては、LRFの特性を考慮した測定位置および姿勢を設定していく必要がある。そこで、スリット測定における誤差量のモデルについて考える。ここで用いているスリット投影方式の測定においては、スリット面と対象物の被測定部分を近似する局所接平面とのなす角度の余弦に比例する、という仮定を設ける。

誤差指標値 ε は単位法線ベクトル \vec{n} 、CCDカメラの単位視線ベクトル \vec{i} を用いて次の関係で表わされる。

$$\varepsilon = 1 - \vec{i} \cdot \vec{n} = 1 - (i_x \cdot n_x + i_y \cdot n_y + i_z \cdot n_z)$$

ただし、この定式化は、スリットと接平面が平行な場合は扱えない。

本計測においては、上の誤差指標値に関する許容範囲を示すしき

い値 E を設定し、すべての測定点における予想誤差が許容範囲内にあるように、LRFの位置・姿勢を設定していく必要がある。

2-3 スリットデータの合成

スリットデータを合成するために、測定ヘッドを移動して連続したデータを得る必要がある。

LRFの位置 T_{ij} を $T_{i,j+1}$ に移動するための変換行列 $W_{i,j+1}$ は平行

移動 W_1 と回転移動 W_2 との積であらわされ、

$$W_{i,j+1} = W_2 \cdot W_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

となる。

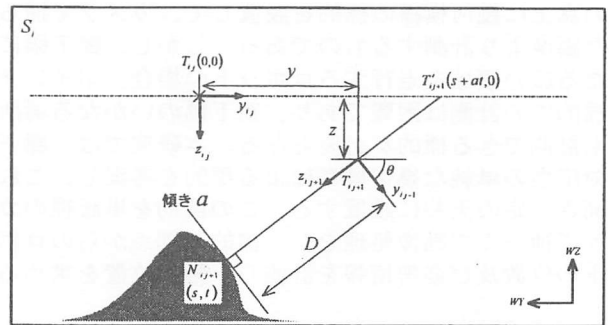


図5 レーザヘッドの移動概略

図6は試験体の断面の合成例である。

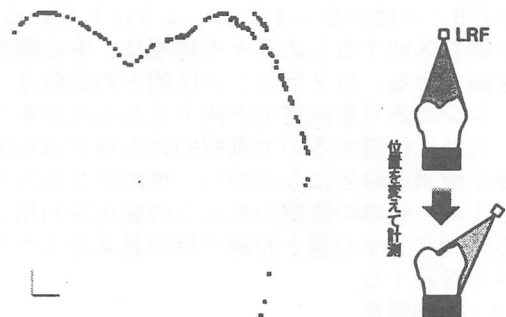


図6 合成データ

3. おわりに

この研究では、LRF、5軸制御ロボットおよびパルスステージを用いて、自動計測を行うシステムを提案した。測定精度の向上、移動戦略の設計、計測時間の短縮もこれからの課題となる。

参考文献

[1] 本多, 他: 画像処理と視覚認識, オーム社, 1995.

[2] 三好: 曲面形状の測定技術と評価システム, 型・模型

pp. 17-26, 1993.