

## ファジィ制御を用いたライダー光軸の自動アライメント

Automatic Alignment of Lidar Optical Axis using Fuzzy Control

阿保 真 齊木 誠 長澤 親生

Makoto ABO Makoto Saiki Chikao NAGASAWA

東京都立大学 工学部

Tokyo Metropolitan University

**Abstract** Alignment of lidar optical axis is very important for lidar measurement. Especially on airborne lidar, it is an indispensable condition. We show algorithm and result of computer simulation about automatic alignment using fuzzy control.

### 1. はじめに

ライダーにおけるレーザ光と受光系の光軸のアライメントは、ライダーデータの精度に関わる重要なポイントであるが、このアライメントは熟練者による手動により行なわれている。飛行機、衛星等飛翔体搭載ライダーの場合、アライメントの自動化は必須となってくる。今回我々は、現在各種応用が進んでいるファジィ制御を用いた光軸の自動アライメント法を開発し、簡単なモデルでのシミュレーションを行なった。

### 2. ファジィ制御

ファジィ制御はファジィ理論、つまり言語の意味や概念の定義に見られるあいまいさを定量的に表すための理論を制御に応用したもので、最近各種家電等にも応用され注目されている。ファジィ制御は人間の判断など、あいまいさを含む制御アルゴリズムを *if-then* 形式で表現し、ファジィ推論を用いてコンピュータ等に実行させるものである。ファジィアルゴリズムとは「もし  $x$  が大きいなら、 $y$  をいくらか増やせ」というようなあいまいな指示を含むものである。ファジィ制御、ファジィ理論の詳細はここでは省略する。

### 3. 光軸の自動アライメントのコンピュータシミュレーション

ライダー光軸の自動アライメントのシミュレーションを行なうために、簡単なモデルとしてガウス型の強度分布を持ったレーザビームと円形の検出器（受光系の視野）を設定し、レーザビームをいかに早く検出器内に入れることができるかのシミュレーションを行なった。ライダー光軸のアライメントは2つの段階に分けられる。最初は粗調整で、レーザビームを検出器に入れることが目的となる。次は微調整で、レーザビームを検出器出力最大の位置、つまり検出器の中心に持って行く。この二つの段階ではアルゴリズムが異なり、ファジィ制御は微調整に応用する。

まず粗調整に求められることは、いかに効率よくビームを検出器に近づけるかである。走査型にスキャンするのが最も簡単だが、より効率的な方法として渦巻型のスキャンを採用した。これは、真ん中に検出器の径より小さいスペースを空けて、それを取り囲むようにして渦巻状にレーザを移動させる方法である。

粗調整によりレーザが少しでも検出されれば次に微調整となる。微調整は次の手順で行なう。

- ・ 検出強度から検出器とレーザビームの中心の距離  $K$  を推定する。
- ・ レーザビームを縦横それぞれ少しずつ移動させ、検出器とビームの中心間距離  $K'$  を推定する。
- ・  $K$  と  $K'$  の差を  $\Delta K$  とする。
- ・ 検出強度の変化率からビームの位置を推定する。（ $G$  とする）
- ・ 距離  $K$  に対する変化率  $G$  の大小によってレーザの位置が推定できる。

- ・  $\Delta K$  に対するメンバーシップ関数を Fig. 1 のように設定する。アルファベットは検出器を 1/2 分割したときのレーザの位置を意味する。
- ・ 強度の変化率  $G$  に対するメンバーシップ関数を Fig. 3 のように考える。ここでラベルの意味は、NB=Negative Big, NM=Negative Medium, NS=Negative Small, ZO=Zero, PS=Positive Small, PM=Positive Medium, PB=Positive Big である。
- ・ 2つのメンバーシップ関数からファジィ推論を行ない、ビームを移動する角度を求める。
- ・ さらに必要な場合は操作を繰り返す。

シミュレーションは、ランダムに選んだビームの位置からどれだけのステップ数でアライメントができるかを比較した。Fig. 3 にシミュレーション結果をレーザビームの軌跡で示す。比較のため手動による制御例も示した。本制御で効率良くアライメントができることが示された。

#### 4. まとめ

今回は、レーザ強度がある程度推定できることを前提としてシミュレーションを行なったが、実際のライダーでは散乱光強度、ビーム拡がり等不確定要素が大きい。今後はこれらの不確定要素に対しても対応できるアルゴリズムの開発を行ないたい。

参考文献 菅野道夫 ファジィ制御 日刊工業新聞社

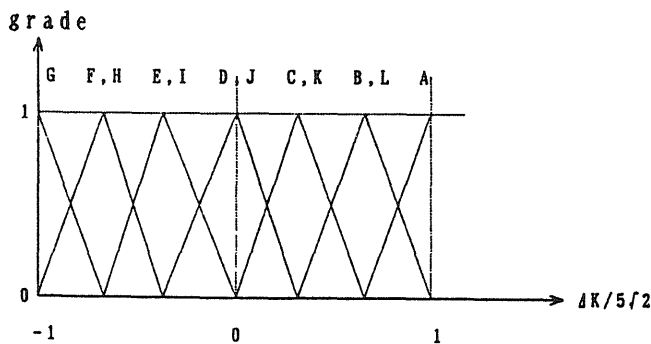


Fig. 1 Membership function as a function of  $\Delta K$

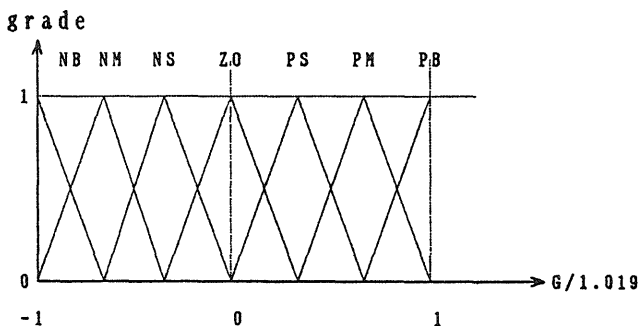
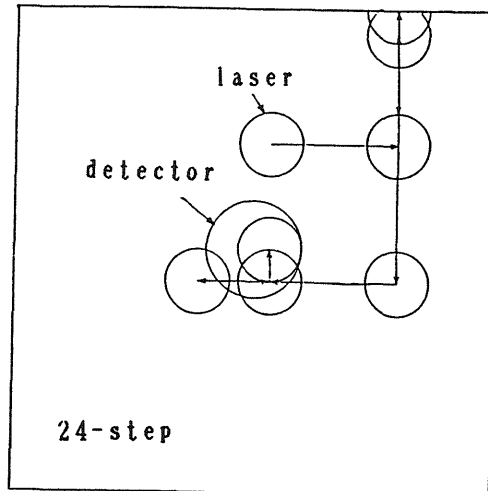
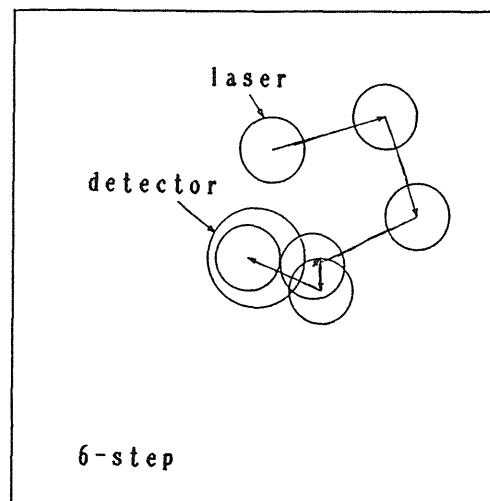


Fig. 2 Membership function as a function of  $G$



(a) manual control



(b) fuzzy control

Fig. 3 Simulated path of controlled laser beam