

整地作業時ブルドーザブレードのファジィ制御に関する基礎的研究

愛媛大学工学部 正 員 深川良一・室 達朗
愛媛大学工学部 学生員 ○保積浩二

1. はじめに 整地作業時、ブルドーザブレードの操作は高度の熟練を必要とする。本研究では、こうしたブレードの操作をファジィ制御に基づいて自動化し、整地作業における操作を容易にし、作業精度並びに作業能率の向上を図ることを目的としている。ここでは、ファジィ制御数値シミュレーションを実施した。この際、ファジィラベル数、ファジィ推論規則などの制御条件や、入力データを計算する基準となる地表面形状を変化させ、これらの影響を定量的に評価することを試みた。

2. 車両モデル 実際のブルドーザは、Fig. 1に示すように路面に障害物があると、前後に傾斜し、一般にこのようなケースではブレードの制御はより困難になる。そこで、Fig. 2に示すようにブレードの動きを単純化し、入力情報として、1)車両の基準位置からの鉛直方向変位、2)車両の傾斜角を、出力情報としてFig. 1のリフトシリンダによるブレードの鉛直方向変位を取るようなファジィ制御数値シミュレーションを実施した。入力情報のうち、1)はレーザ変位計を用いれば十分測定可能であるし、2)は勿論傾斜計などを利用することができる。このシミュレーションは、ブルドーザがある時点で上記の1)、2)の入力情報を与えられた場合、ファジィ推論に従えばいかなる制御結果が期待できるかを計算したものである。計算の前提は、地盤からの抵抗がなく、制御はごく短時間に終了するというものである。

3. 制御条件 今回の計算例は典型的な2入力1出力のファジィ制御である。制御条件としては、条件部では鉛直方向変位、傾斜角双方についてファジィラベル数を5とした。つまり、基準位置より上側にある場合および上り勾配の場合をそれぞれ鉛直方向変位、傾斜角の正の側とすると、正の側で大きい(LP)、正の側で小さい(MP)、ゼロに近い(ZR)、負の側で小さい(MN)、負の側で大きい(LN)である。操作部においては、ファジィラベル数3、5、7としてそれらの影響を調べた。例えばファジィラベル数が7つの場合、大きく上げる(UUU)から大きく下げる(DDD)まで7通り設定している(Table 1)。これらに対応するメンバーシップ関数の設定は、通常よく用いられる等間隔の二等辺三角形形状のものとした(Fig. 3にその1例を示す)。さらに、操作部のファジィラベル数が7の場合について、ファジィ推論規則を変えた場合の影響も調べた。

4. シミュレーション結果

1) ラベル数の影響 ラベル数を条件部で5とし、操作部のラベル数を3、5、7と変化させた。地盤の形状として、1サイクルが12m、振幅が0.5mの正弦曲線を考える。0.5mおきに入力データを与える。さらに、ブルドーザの寸法としてブルドーザブレードの腕の支点から刃先までを1m

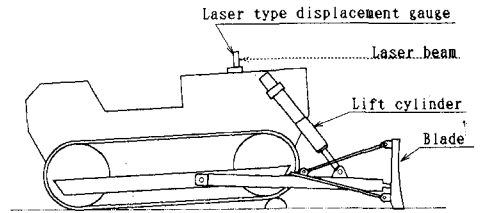


Fig. 1 Blade operation of bulldozer

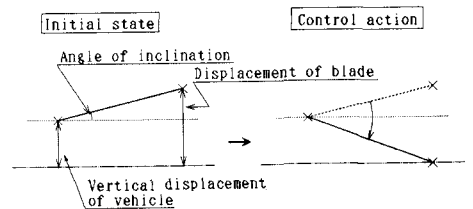


Fig. 2 Modeling of blade movement

Table 1 Fuzzy rules in fuzzy reasoning

		Angle of inclination				
		LP	MP	ZR	MN	LN
Vertical displacement of vehicle	LP	—	DDD	DD	D	—
	MP	DD	DD	D	D	ZR
	ZR	D	D	ZR	U	U
	MN	ZR	U	U	UU	UU
	LN	—	U	UU	UUU	—

と考える。以上のような条件のもと、ラベル数を増やすに連れてばらつきが少なくなることが分かる (Fig. 4)。しかし、7つの場合でも定量的には若干改善の余地がありそうである。例えば、ファジィラベル数を9つに増やしてさらにきめ細かい制御を実施させたり、入力側のラベル数を増やすことも効果があるだろう。しかし、あまり増やしすぎると規則構築の手間が増加し、また規則の妥当性を検討することも困難となるから、ファジィラベル数を増やしすぎることには問題がある。

2) ファジィ推論規則の影響 ここでは、地盤形状を1サイクル12m、振幅0.2mの正弦曲線と設定している。初期地盤形状の変更に対応して、Fig. 3の鉛直方向変位および傾斜角の設定最大値を比例的に小さくしている。したがって推論規則を変更しなければ、制御結果も比例的に変化する。ここではさらに推論規則も変えた場合について考察している。地盤形状としての正弦曲線の振幅を小さくしたのは、整地作業における地盤の状況をより実際の場合に近づけるのが目的である。実際のブレードの操作はある基準高さ付近で小刻みに実施されるから、ここでの偏差 ± 20 cmは制御にとってはなお厳しい水準であると予想される。Table 1の規則のうち、DDDをDDに、その対角のUUUをUUに変更したシミュレーション結果をFig. 5に示す。推論規則を変更することにより基準値からのずれが目立つようになる。通常、推論規則の変更は、規則を構築する人の経験と勘に頼ることが多い。今回の例は規則設定の重要性を指摘するのに必ずしも適切ではないが、制御結果に微妙なときに無視できない差が生じてくることがあるので要注意である。

5. 最後に 実際のブルドーザによる整地作業は、前後のみならず左右方向への傾斜を考慮しなければならない。さらに、地盤条件は一様ではないことが予想される。こうした複雑な制御環境を考えれば、明確な制御条件の定式化の必要な比例動作制御 (より一般的にPID制御) よりも、曖昧さを残したままでもかつ高速度で制御することが可能なファジィ制御はより有利になると予想される。

6. 参考文献 深川・室・門嶋(1992): 平面掘削におけるブレード制御の自動化に関する基礎的研究, 平成4年度土木学会中国四国支部研究会講演概要集, PP. 686-687

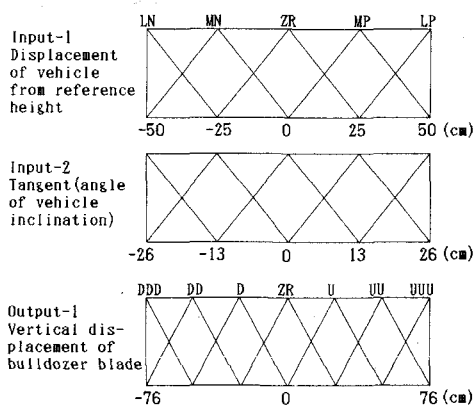


Fig. 3 Membership functions

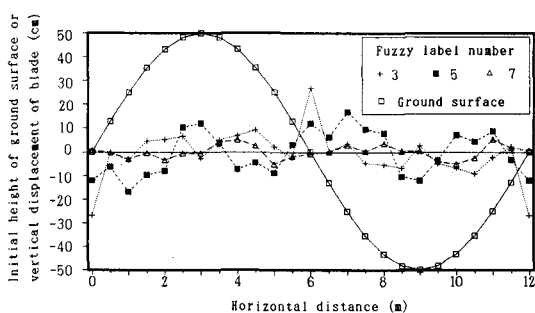


Fig. 4 Effect of fuzzy control conditions on simulation results

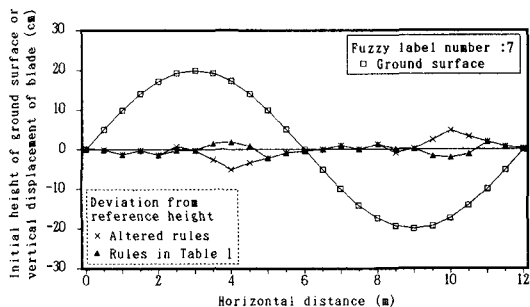


Fig. 5 Effect of some conditions on simulation results