

FPS法の極限解析への応用に関する一考察

A Study on Application of F.P.S. Method to The Limit Analysis

木内 学*・金 炫 琪**

Manabu KIUCHI and Hyunkee KIM

1. はじめに

FPS (Flexible Polyhedron Search) 法は複数の変数を持つ関数の極値を求める直接探索法の一種であり、多くの分野においてその適用が試みられている。

本研究では、FPS法の塑性加工への応用をより正しく行うために、その特性を検討し、MFPS (Modified FPS) 法を提案し、FPS法と比較した結果について報告する。

2. FPS法の収束に影響を与える因子

図1にはFPS法の収束に影響を与える因子をまとめて示す。本研究では表1に示す4種類の簡単な形態の関数を用いて、FPS法による収束の特性について検討した。

図2は図1の因子が収束に与える影響を示す。図中のFnc.は関数のType, Nは変数の数, Eyp.は収束の判定基準, \tilde{X}_0 は初期Simplexの基準点(たとえば, $\tilde{X}_0 = (\tilde{1})_0$ の場合, N次元の変数座標空間における基準点の座標値がすべて10になることを意味する), L_0 は初期Simplexの点の間の距離, Distanceは収束した結果の点と正解点の間の距離である。図2の結果を見ると、望ましい解を求

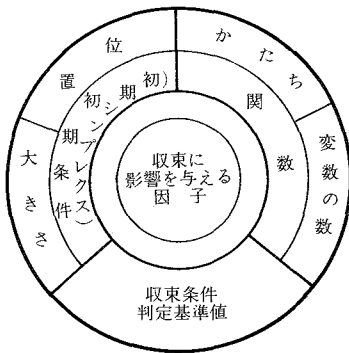


図1 収束に影響を与える因子

*東京大学生産技術研究所 第2部

**助韓国機械研究所

表1 計算に用いた関数

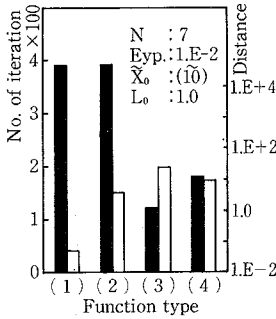
FNC. TYPE NO.	FNC. TYPE	CONSTANTS						
		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇
(1)		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
(2)	$f(\tilde{X}) = \sum_{i=1}^N A_i X_i^2$	10^{-6}	1.0	10^{-6}	10^{-1}	10^{-4}	10^{-2}	10^{-3}
(3)		10^{-6}	10^{-1}	10^{-6}	10^{-1}	10^{-6}	10^{-1}	10^{-6}
(4)	$f(\tilde{X}) = \sum_{i=1}^N X_i ^{1/2}$							

めるためには、正解から適当な距離にある初期Simplexを、適当な大きさで仮定して、適当な判定基準値を用いて収束計算をしなければならないことがわかる。

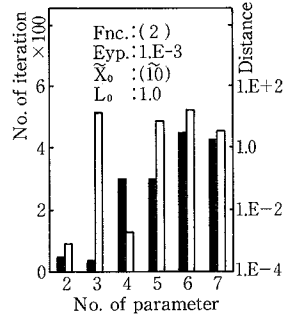
3. FPS法の収束の過程の究明

FPS法では、N個の変数を持つ関数の極値を探す際にN+1個の点のうち一番大きい(または小さい)関数値を持つ点を変化させて、収束計算中のSimplexの大きさ、およびSimplexを構成する各点における関数値の間の差が十分に小さくなったとき、収束が完了したと見なす。したがって、収束値が真の極値へ十分近接する以前でも収束判定値が収束の判定基準より小さくなると、計算は終了する。これがFPS法の収束過程で発生する最も基本的な問題となる。

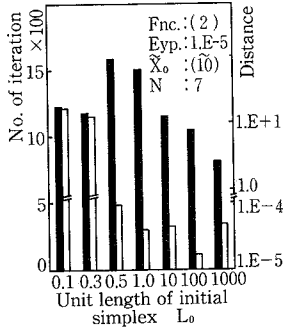
図3は、FPS法による収束の進行中の、Simplexと関数値の変化の計算例である。図中のDis.は現在収束中のSimplexのうちで関数値が一番小さい点と正解である点($\tilde{0}$)との間の距離、 ΔL はSimplexの点の間の平均距離、 f_{\min} はSimplexの点における関数値のうち一番小さい値、 Δf はSimplexの各点における関数値の差の平均値である。FPS法では、 ΔL と Δf が収束の判定基準より小さくなると、計算が止まる。たとえば、図3-1でEyp.が 10^{-2} の場合、 ΔL と Δf が初めて 10^{-2} より小さくなる点Aで計算が止まるはずである。しかし、Eyp.が 10^{-6} の場合は点Bまで計算が続くことになる。なお、Type(4)の関数の場合



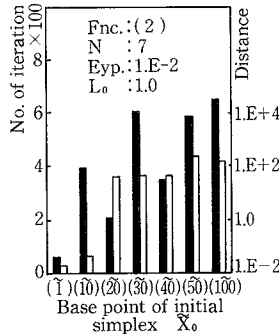
(1)関数のかたち



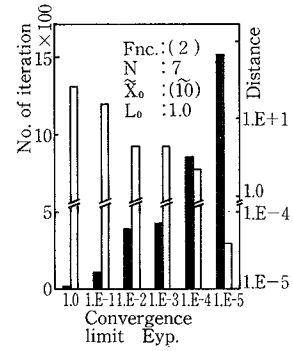
(2)独立変数の数



(3)初期Simplexの大きさ



(4)初期Simplexの位置



(5)収束の判定条件

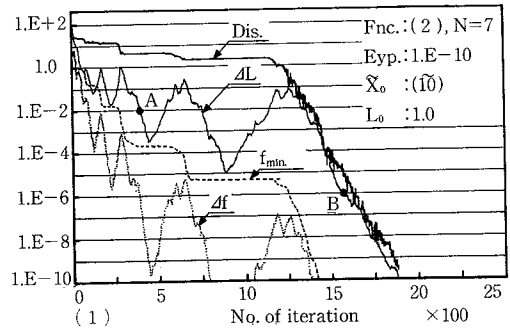
図 2 収束因子の影響

(図 3-2) は Eyp. が非常に小さく設定されても、結果は満足できるものではない。

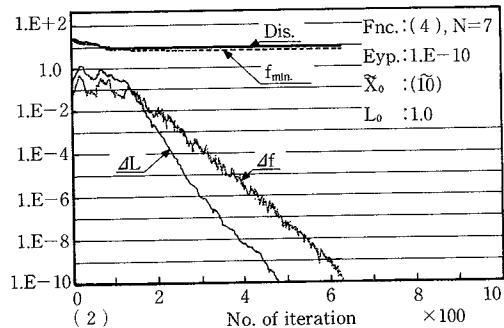
以上、FPS法で関数の極値問題を解く場合、初期値および収束の判定基準の設定によって、収束の経路が変わり、Simplexの大きさ ΔL が変化しながら収束が進み、 ΔL と Δf の値が設定された判定基準より小さくなると計算が止まる。

4. MFPS (Modified FPS) 法

本研究では上述のFPS法の問題点を補完する方法を提案する。この方法は、当初設定した条件で収束計算が終了した際のSimplexの点のうちの最適点を基準として、適当な大きさのSimplexを新たに仮定して計算を続行しようとするものである。図 4 はMFPS法の概念図である。方法II (図 4-1) は、初期Simplexを仮定し、FPS法で解を求めて、求めた解を基準点にして初期Simplexと同じ大きさの新しいSimplexを仮定し、またFPS法で解を求める。このような計算を繰り返し、各段階の解の変化が十分に小さくなった場合、最終の解を解とする。方法III (図 4-2) は、初期のFPSで、初期Simplexの大きさと収束判定基準を十分大きい値にして計算する。これか



(1)



(2)

図 3 FPS法による収束の過程

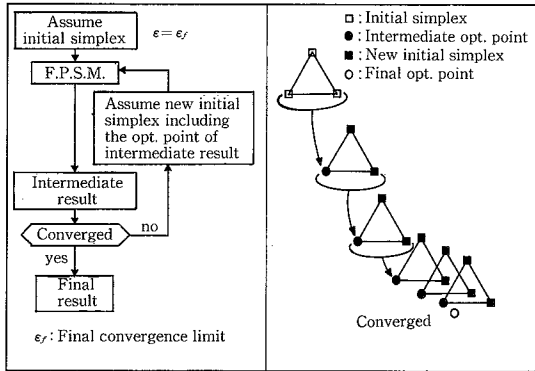
研究速報

ら求めた最適点を基準点にして、最初より小さい初期 Simplex と収束基準を設定して計算を再開する。その結果をまた基準にして、同様の計算を行い、収束の判定基準が十分小さくなるまで繰り返す。方法IV(図4-3)はまず、最初のSimplexの大きさと収束の判定基準を十分大きい値で設定し、方法IIと同じ方法で計算する。これ

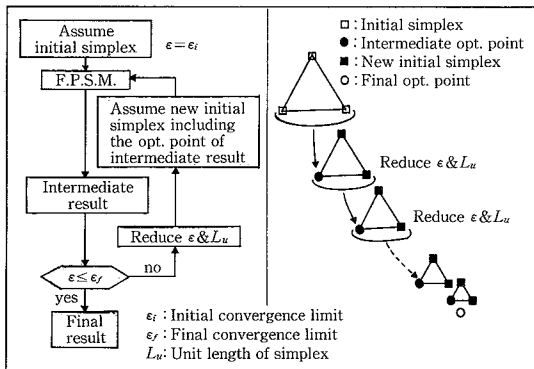
により求めた最適点を基準点にして、より小さい Simplex と収束判定基準で計算を繰り返し、最終的に望ましい収束値まで続けて計算する。方法IはFPS法である。

5. MFPS法による解析結果

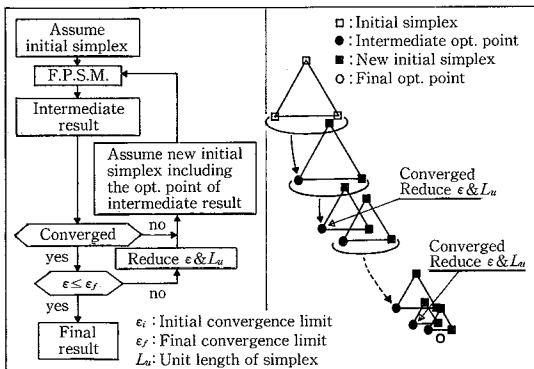
図5はMFPS法による収束の過程である。図中の●印は新しいSimplexで計算を始めた点を示す。図6はFPS法とMFPS法を比較しつつ計算した結果であるが、関数のType, \tilde{X}_0 , Eyp.による各MFPS法の効率が変わることがわかる。なお、表2の計算条件で、方法Iと方法IIは収束計算が、ある時点より、全く進行しなくなった。こ



(1)方法II

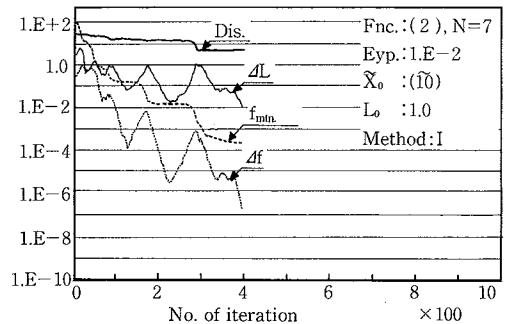


(2)方法III

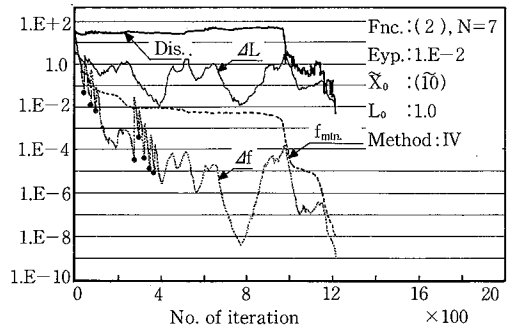


(3)方法IV

図4 MFPS法



(1)FPS法



(2)MFPS法

図5 FPS法とMFPS法による収束過程

表2 収束停止現象の例

MFPS方法	ITERATIONの数	正解からの距離	計算条件
I	収束停止		FNC. TYPE : (2)
II	収束停止		EYP. : 1.E-6
III	4657	5.30E-6	N : 7
IV	3993	4.78E-4	\tilde{X}_0 : (10 ⁵)
			L ₀ : 1.0

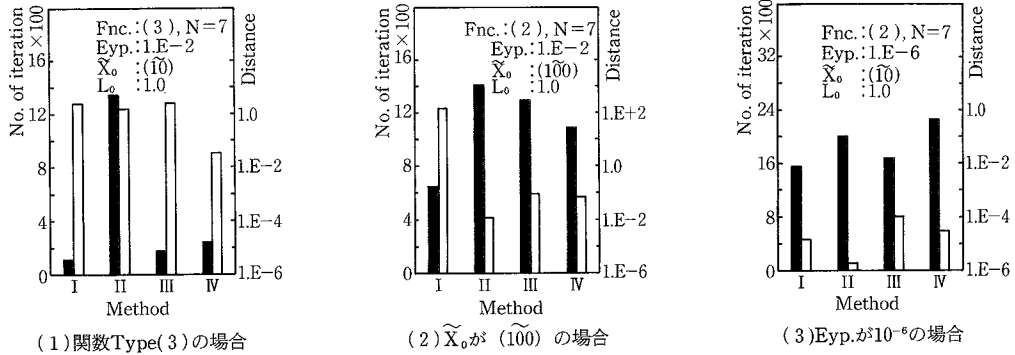


図 6 FPS法とMFPS法による計算結果の比較

表 3 複合押し出し問題の計算結果の比較

の計算条件の特徴は、 \tilde{X}_0 が正解から遠いこと、Eyp.が厳しいこと、 L_0 が \tilde{X}_0 と比べて小さいことである。この停止原因は収束が進行中のSimplexを構成する点の関数値がみな同じになることであることが判明した。したがって、FPS法のプログラムを作る際、Simplexの関数値が同じになるか否かをチェックするルーチンが必要である。

6. MFPS法の効率的な利用方法

上述のMFPS法の特徴を考え、その効率的な使い方を整理すると、①計算の結果に一定な傾向があるものの、何個かの結果が悪い場合には方法IIまたは方法IVで計算する。②計算結果の傾向がわかりにくいときは、方法IVで計算する。③収束停止が生じるときは、初期Simplexをもっと大きくし、方法IVで計算する。④初期値によって結果が大きく変わるときは方法II, III, IVのうちの一つの方法で計算する、ことになる。

7. 実際の問題への応用

図7は準独立変数5個を持つUBETによる複合押し出し問題の分割された要素速度場の境界を示す。図中の境界のうち5個を選び、そこでの境界速度を準独立変数に

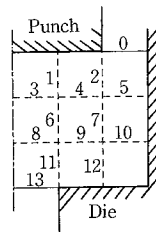


図 7 複合押し出し加工の解析モデル

境界の番号	仕 事 率	
	FPS法	MFPS法
1: 4: 8: 9: 13	2582.568	2556.542
1: 2: 6: 7: 13	2640.507	2556.801
1: 2: 6: 9: 13	3075.727	2556.068
2: 3: 6: 12: 13	2567.219	2556.147

すると問題が解ける。表3は種々の準独立変数の組み合わせを想定し、方法Iと方法IVによって計算した結果である。

8. ま と め

本研究ではFPS法を用いて極限解析問題を解く際に発生する収束の問題を解決するために、収束の過程を究明し、MFPS法を提案し、MFPS法とFPS法による計算の結果を比較し、実際の極限解析問題へ応用し、これらを通して、MFPS法の有効性を確認した。

(1987年10月27日受理)