

- | | |
|---------------|----------|
| ○ 構造計画コンサルタント | 正会員 小間廣之 |
| 前田建設工業 | 正会員 岡村和之 |
| 武蔵工業大学 | 正会員 西脇威夫 |

I 序論

最適設計に関する多くの研究が行なわれており、それらはかなりの分野で実用化の域に入つたものと思われる。さらに現在探索されている最適化手法はIIに分類するようにその数は極めて多く、それらにはそれぞれ長短がある。ある問題の最適解を求めるにはそれに適した最適化手法を用いることが重要なことであると思われる。

しかし、一般に最適設計問題は複雑な非線形問題になるために残念ながら万能な手法が存在するとは思われない。したがって、個々の問題についてその性質、電子計算機の能力等を考慮しながら適切な数学的モデル化を行ない問題に適した手法を選択していかなければならない。

そこで本論文では最適化手法を分類し、それらの手法を二、三の構造モデルに適用することにより各手法の収束時間、解の精度、使用性(使いやすさ)、計算機に要求する記憶容量等を評価することを目的とした。

II 最適化手法の分類

a 最適設計問題はいわゆる「制約条件のある最適化問題」である。この問題を解くのに二通りのアプローチの方法がある。このアプローチの方法に基づいて最適化手法を分類する。

①「制約条件のある最適化手法」を用いる方法

手法としては、L.P. 整数解線形計画法 S.L.P. G.P.M. 実行可能方向法 Complex 法 幾何計画法 モンテカルロ法 D.P. 等がある。

②「制約条件のある問題」を「制約条件のない問題」に変換してこれに「制約条件のない最適化手法」を用いる方法

変換手法としては、S.U.M.T. 等がある。

又、制約条件のない手法としては、Davidon-Fletcher-Powellの方法(Variable Metric法) Fletcher-Reevesの方法(共役傾斜法) Powellの直接探索法 最大傾斜法 Relaxation法 Univariate法 Rosenbrockの方法 Hooke-Jeevesの方法 等がある。

b 独立変数が連続であるか不連続であるかに基づき、 n 変数の関数の最小点を求める方法として分類する。

①関数値のみを用いるもの

手法としては、L.P. Complex法 Relaxation法 Powellの直接探索法 Simplex法 Univariate法 Rosenbrockの方法 Hooke-Jeevesの方法 モンテカルロ法 D.P. 整数解線形計画法 等がある。

なお、独立変数が離散値のみとる場合は以下の手法でなければならない。

モンテカルロ法 D.P. 整数解線形計画法

②導関数を用いるもの

手法としては、S.L.P. G.P.M. 実行可能方向法 幾何計画法 Fletcher-Reevesの方法 Davidon-Fletcher-Powellの方法 最大傾斜法 Newton-Raphson法 最小二乗法 等がある。

Ⅲ 数値計算

下図に示すトラス、ラーメンの最小重量設計に、S.U.M.T. (Davidon-Fletcher-Powellの方法、Fletcher-Reevesの方法、最大傾斜法、Powellの直接探索法、Relaxation法)、S.L.P.、Complex法、モンテカルロ法を適用した結果の一例を示す。

①トラス (各部材の断面積: A_1, A_2, A_3 を設計変数とした。単位 cm^2)

目的関数 $f = L_1 A_1 + L_2 A_2 + L_3 A_3 \rightarrow \text{Min}$ (L_1, L_2, L_3 : 各部材長 cm)

②ラーメン (各部材断面 (正方断面) の辺長 x_1, x_2, x_3 を設計変数とした。単位 cm)

目的関数 $f = L(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) \rightarrow \text{Min}$ (L : 部材長 cm)

トラス、ラーメンともに制約条件には各部材に生ずる応力を拘束する許容応力度と設計変数を直接に拘束するものを選んだ。制約条件式の数はそれぞれ9個、27個存在する。

表1はそれぞれの設計変数の初期値に対する収束時間(秒)、収束値(設計変数: トラス (cm^2), ラーメン (cm), 目的関数: $f(\text{cm}^2)$)を表わしている。その下に、収束時間、解の精度、使用性、記憶容量に対する手法の評価を示した。又、S.U.M.T.のペナルティ・パラメータの初期値は、トラス: $\tau_0 = 10^2$ ラーメン: $\tau_0 = 10^6$ である

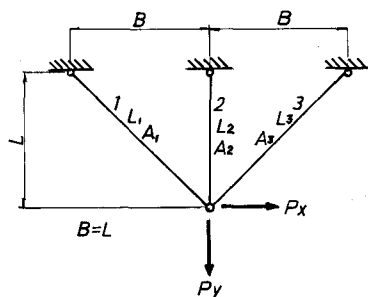


図1 トラス

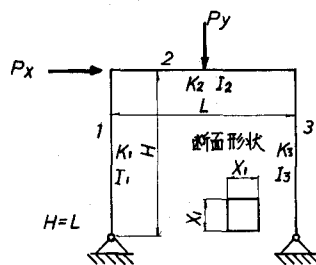


図2 ラーメン

Ⅳ 結論

上に示したモデルに限り、一般に言われているようにS.L.P.、S.U.M.T. (D-F-P法、Powellの直接探索法) が解の収束の程度がよく、演算時間も短い。しかしながら各手法とも一長一短があり同一の問題に対していくつかの手法を組合せて長短を補うことが望ましい。たとえば、前半でモンテカルロ法を使い後半たとえばS.U.M.T. (D-F-P) で実行することも考えられる。

いずれにせよ、複数の初期値、手法を用い、解を吟味すべきであり、また事前に問題を良く把握し適当と思われる手法の組合せを選択しなければならぬ。現在、最適化手法の組合せの最適化を考えている。

(表-1) 収束時間(秒) 収束値と各手法の評価 (評価順位: A, B, C, D)

手法		S.U.M.T.					COMPLEX	S. L. P.	MONTE CARLO
		D-F-P	共役傾斜	最大傾斜	Powell's	Relaxation			
トラス	収束時間	9	13	14	15	15	15	2	125
	$f = 3063$	1548	1548	1548	1548	1548	1548	1547	1731
	8.0 8.0 8.0	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	8.6 0.1 3.6
	収束時間	12	13	14	15	14	19	3	98
ラーメン	$f = 2980$	1548	1548	1548	1548	1548	1548	1547	1749
	8.0 10.0 6.0	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	7.6 0.0 3.4	8.8 0.1 3.6
	収束時間	23	23	27	38	37	53	6	94
	$f = 217500$	71750	76310	76447	103680	103684	73297	75461	74933
ラーメン	20. 15. 10.	0.3 10.9 11.0	7.2 10.1 10.1	7.4 10.0 10.0	11.5 13.3 6.0	11.4 13.4 6.0	7.2 9.8 9.9	8.7 9.0 9.8	7.3 10.2 9.7
	収束時間	20	21	28	26	26	47	7	123
	$f = 360000$	76219	76290	76374	71764	71739	107509	77177	81599
	20. 20. 20.	6.9 10.1 10.2	7.1 10.0 10.1	7.3 10.0 10.1	0.1 10.9 11.0	0.1 10.9 11.0	10.2 12.4 9.1	8.3 9.9 9.5	7.2 9.9 11.1
収束時間		A	A	B	B	C	C	A	D
解の精度		A	A	C	A	B	B	A	D
使用性		A	A	A	A	A	A	B	A
記憶容量		B	A	A	A	A	B	B	A