土木学会第52回年次学術講演会（平成９年９月）

Ⅰ－Ａ159　Wright-Fisher Modelによる確率的探索手法の効率化

（株）篠塚研究所　正会員　望月　智也
（株）地崎工業　　正会員　須籐　敦史
武蔵工業大学　正会員　星谷　勝

１．はじめに

組み合わせ最適化問題を解く手法として、Simulated annealing, GA や著者らの提案したｲﾝﾎﾟｰﾀﾝｽｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ法を改良した確率的探索手法(MIS)[1]が用いられている。この手法は良い解が存在する確率が高い領域をｻﾝﾌﾟﾙにより導き、そこに次回のｻﾝﾌﾟﾙを集中させることで効率的に最適解の探索を行う手法である。しかし、この手法では最適解を得るためにｻﾝﾌﾟﾙ数を多くすると解候補集合の特性の変化より、効率的な領域推定をが行われない欠点がある。そこで、本研究では提案手法をより安定した手法とするために、集団遺伝学におけるWright-Fisher Model[2]を導入し効率的な組み合わせ最適化手法の検討を行ったものである。

２．ＷＦオペレータ

WFｵﾍﾟﾚｰﾀは、集団遺伝学における Wright-Fisher Model をｱﾙｺﾞﾘｽﾞﾑ化したものである。その基本操作は本手法と同様にﾗﾝﾀﾞﾑｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞにより解候補を選択するものであり、特徴は目的関数値に応じた選択確率を決定するものである。以下にこのｵﾍﾟﾚｰﾀを取り入れた最適化手法の手順を示す。ここで、目的関数 $G(X_j)$ を最大にする X_j ($j=1\sim N$) を求める最適化問題を設定する。ただし、X_j の許容領域は $X_{jMIN} \leqq X_j \leqq X_{jMAX}$ の離散値をとる。

Step 1. Y_j ($j=1\sim N$; N は解の要素数) に初期値を与える。

Step 2. $R(Y_j)=(Y_j-X_{jMIN})/(X_{jMAX}-X_{jMIN})$ を計算し、許容領域において Y_j から上限値 X_{jMAX} までの選択確率を $R(Y_j)$、下限値 X_{jMAX} から Y_j までの選択確率を $1-R(Y_j)$ とする。

Step 3. 解候補 X_{ij} ($i=1\sim M$; M はｻﾝﾌﾟﾙ数) のｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞを行う。M 個のｻﾝﾌﾟﾙは、$R(Y_j)$ の確率で $Y_j \leqq X_{ij} \leqq X_{jMAX}$ から、$1-R(Y_j)$ の確率で $X_{jMIN} \leqq X_{ij} \leqq Y_j$ から抽出する。

Step 4. 目的関数 $G(X_{ij})$ を算出し、(1)式により適応度 $p(X_{ij})$ を算出する。

$$p(X_{ij}) = F(X_{ij}) / \sum_{i=1}^{M} F(X_{ij}) \qquad , F(X_{ij}) = \exp(\beta G(X_{ij})) \tag{1}$$

$F(X_{ij})$ は評価値、β は選択の重みを調節するﾊﾟﾗﾒｰﾀである。

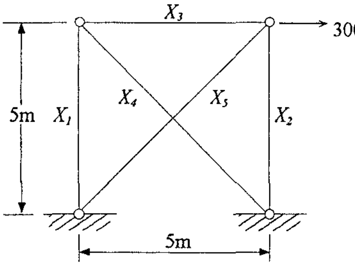
Step 5. Y_j を(2)式により更新するとともに、許容領域の縮小を行う。

$$Y_j = \sum_{i=1}^{M} p(X_{ij}) X_{ij} \quad (j = 1 \sim N) \tag{2}$$

Step 2.～**Step 5.**の操作を最適化回数:n 回繰り返す。ここで(2)式に注目すると、Y_j を解:X_j の期待値ともとらえることができる。

３．数値解析例

図－１に示す５部材ﾄﾗｽを用いて解析を行う。この問題は、図に示した荷重条件下において許容応力を満足し、かつ使用鋼材の総体積が最小となるように断面積の異なる29種類の鋼材の組合せを考える最適設計問題を考える。本解析では、この29種類の鋼材それぞれに部材No.として１から29までの値を与え、それらを状態変数 X_{ij} として用いる。また、解を $X_j=\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$ ($i=1\sim M$) と設定し、上記に示す手順で最適解の探索を行う。



図－１　５部材トラス

KEY WORDS:最適設計,確率論的手法,ﾓﾝﾃｶﾙﾛ法,集団遺伝学

連絡先：〒160　東京都新宿区新宿 6-26-4　TEL03-5285-4791 FAX03-5285-4793

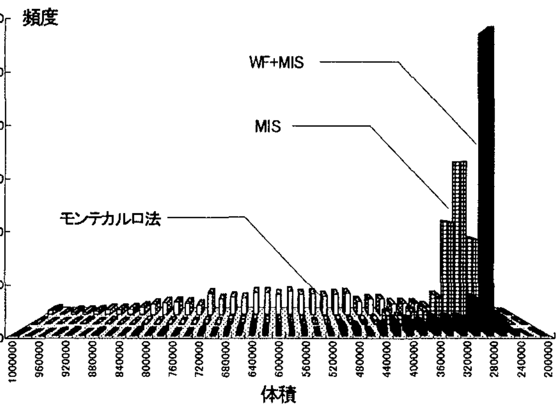
この問題においては Y_j を1以上29以下の実数値とし、Y_j の初期値を15.0と設定する。また、総体積が小さくなるほど評価値 $F(X_{ij})$ が大きくなるように、目的関数 $G(X_{ij})$ を設定する。

図－2に、本手法(WF+MIS),WFを導入しないMISおよびﾓﾝﾃｶﾙﾛ法の体積頻度の比較を示す。図よりWF+MISは、MIS,ﾓﾝﾃｶﾙﾛ法と比較して最適解付近の解が得られる頻度が高く効率的なｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞを行っている。ここで、X_1、X_2 におけるｻﾝﾌﾟﾙ領域の縮小を図－3に示す。図より選択確率 $R(Y_j)$ による効率的な領域縮小および解の推移がわかる。また、Y_j は解 X_j の期待値ともとらえることができるので、X_j が Y_j に漸近していることもわかる。

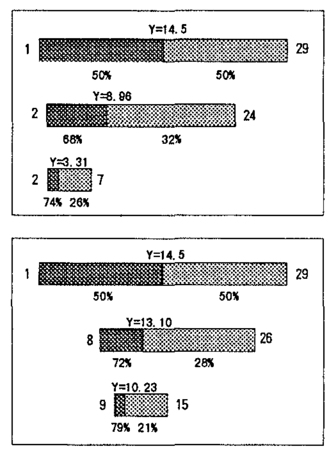
次に、WF+MISとMISにおけるｻﾝﾌﾟﾙ数の増加に伴う探索の安定性や効率を比較したものを表－1に示す。ここでは乱数を変えて100回の解析を行い、各解析において得られた体積の最良解について、平均値、最小値、分散値を算出している。ここで、全数解析(29^5 通り)より求めた最適解を以下に示す。

$$X^{opt}=\{2, 10, 1, 2, 15\} \qquad (\text{体積}:240943.6\text{cm}^3)$$

表－1よりWF+MISの最小値は最適解を得ている。加えてｻﾝﾌﾟﾙ個数が多くなると分散値は小さくなり安定した手法と言える。



図－2　体積(cm³)の頻度



図－3　Y_1(上),Y_2(下)の推移

表－1　体積(cm³)の平均値,最小値,分散

	平均値	平均値	最小値	最小値	分散	分散
ｻﾝﾌﾟﾙ数	WF+MIS	MIS	WF+MIS	MIS	WF+MIS	MIS
50	277036.6	361395.5	240943.6	301575.4	5.98×10^8	8.98×10^8
100	259186	352650.4	240943.6	288987.6	2.84×10^8	8.48×10^8
200	250494.6	342066.4	240943.6	281904.6	0.91×10^8	7.85×10^8

4. まとめ

本研究では、ｲﾝﾎﾟｰﾀﾝｽｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞを基本とした確率的探索法による効率的な組合せ最適化手法の検討を目的として、集団遺伝学におけるWright-Fisher Modelを導入した結果、効率的なｱﾙｺﾞﾘｽﾞﾑであることが判明した。

＜参考文献＞
1)須藤敦史・星谷勝：修正ｲﾝﾎﾟｰﾀﾝｽｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ法による離散変数の最適化,第44回応用力学連合講演会,pp.413-414,1995
2)菊池康裕:WFｵﾍﾟﾚｰﾀを用いた揺動淘汰GAにおけるﾊﾟﾌｫｰﾏﾝｽ方程式,計測自動制御学会論文集,Vol.31,No.5,pp.577-582,1995
3)杉本博之：GAの工業設計への応用に向けて,数理科学別刷,No.353,pp45-50,1992