

最小拘束問題の近似解法

1130314 大久保 孝則 【坂本研究室】

1 はじめに

あるドラマの収録において役者の撮影計画を決める問題を考える。各シーンに 1 人以上の役者が配役されており、一度撮影現場に入ると最後の出番が終わるまで現場に拘束される。シーンの順序は自由に変更できる時、出演者の拘束時間の総和を最小にする問題を考える。

本研究では最小拘束問題に対し 3 種類の探索方法を実装した。その実験結果についての比較と考察を報告する。

2 最小拘束問題

最小拘束問題とは、 M 行 N 列の要素が 0 と 1 からなる 2 値行列が与えられたとき、その列を並び替えてできるだけ 1 を連続して並べる問題である [1][2]。また各列にシーンの撮影時間に対応する重みを与え、拘束量が最小の並び方を求める。

図 1 は、 $M = 4$, $N = 6$ の 2 値行列 A の例である。列の並びは行ベクトル α を用いて変更する。各列の重みがすべて 1 であるとすれば、 $\alpha = [0, 1, 2, 3, 4, 5]$ の拘束量は 18 であるが、 $\alpha = [2, 1, 4, 0, 3, 5]$ の拘束量は 11 となり、これはこの問題の最適解である。

$$\alpha = [0, 1, 2, 3, 4, 5] \quad \alpha = [2, 1, 4, 0, 3, 5]$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

図 1 2 値行列と並び替えた行列の例

3 探索方法

探索方法は、ランダムウォーク、ランダムサーチ、ランダムサンプリングの 3 種類を用いて比較した。

- (1) ランダムウォーク：順列の一部を変更する近傍探索を終了条件(指定回数または指定時間)を満たすまで繰り返す。
- (2) ランダムサーチ：ランダムな順列を終了条件を満たすまで作りつづける。
- (3) ランダムサンプリング：順列の要素の位置をランダムに k 個選び、要素を $k!$ 通り入れ替え、それによってできる順列の中で最も良いものを次の順列とする。

4 実験結果

$M = 10$, $N = 25$ で、1 の割合が 50% と 75% の例題をランダムに作成し 3 種の探索方法での結果を比較した。表 1 は、それぞれ異なる乱数系列で 10 回測定したときの拘束量の良い値と悪い値、平均時間(秒)である。

なお終了条件は 25^2 回として、ランダムサンプリングの k の値は 3 である。表 1 より、1 の割合が違って平均時間は大きく変動しなかった。ランダムサンプリングの計算時間はランダムウォークの 6 倍近く費やしている。ランダムサンプリングは 1 回の動作で $3!$ 個の解を調べているため他の 2 つより時間が大きくなっている。最良解に関しては、他の 2 つより良い結果を出力していることが分かる。

表 1 探索方法の比較

	50%			75%		
	good	bad	average	good	bad	average
Walk	568	600	0.0375	757	773	0.0372
Search	574	598	0.0458	754	768	0.0437
Sampling	480	520	0.1983	727	742	0.1874

実験 2 は、ランダムサンプリングの能力を最適解が分かっている行列を用いて調べた。 M と N の値は表 2 の通りに変化させ、10 秒間各行列を 10 回動作させている。なおランダムサンプリングの k の値は 3 である。表 2 より、 M と N が大きくなると、誤差は大きくなり精度が下がっていることが分かる。なお、終了条件を 60 秒とすると $M=53$, $N=100$ まで最適解を得られた。

表 2 ランダムサンプリングでの時間変化による最良解

M, N	10s	誤差	M, N	10s	誤差
28, 50	700	1.00	48, 90	2112	1.02
33, 60	990	1.00	53, 100	2493	1.06
38, 70	1229	1.08	58, 110	2866	1.11
43, 80	1700	1.01	66, 120	3050	1.29

5 まとめ

本研究では、最小拘束問題に 3 種類の探索方法を用いて比較実験を行った。実験結果よりそれぞれの探索方法で性能が良かったのはランダムサンプリングであった。ランダムサンプリングは、回数や時間に応じて最適解により近い値を出力していることがわかった。今後ランダムサンプリングの能力についてさらに詳しく調べる必要がある。

参考文献

- [1] 小林弘典, 坂本明雄; 遺伝アルゴリズムによる最小拘束問題の解法, 高知工科大学 情報工学システムコース 修士論文, 2010.3.1
- [2] 片岡靖詞, 坂森義成; 最小拘束問題の分枝限定法アルゴリズム, 情報処理学会誌, Vol. 50, No. 8, 2009.