

CGA を用いた訪問介護スケジュールリングの最適化に関する研究

1 序論

近年日本では少子高齢化の進行を受け、訪問介護などの居宅介護への需要が高まっている。本論文では高齢化の進行により注目を受けている訪問介護の人員スケジュールリングに対し、作成者の負担の軽減のため、勤務の自動割当てを目的に遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) の拡張手法である共存型遺伝的アルゴリズム (Cooperative Genetic Algorithm: CGA) に先祖返り戦略 [1][2] をはじめとした様々な手法を導入し、各手法の組み合わせから最適と思われるオペレーションを決定した。

2 訪問介護スケジュールリング

訪問介護スケジュールリングは、ヘルパーの勤務可能な時間帯に、利用者からの時間指定の付いたサービスを割り当てるといった問題である。ヘルパーの希望、利用者の希望などの様々な条件を考慮しなければならず、作成に数日間要する場合もあり、作成者への負担は大きい。

3 共存型遺伝的アルゴリズム

GA とは生物進化のメカニズムを模倣したアルゴリズムである。問題における解を個体として扱い、複数の個体からなる集団の中から、最も優れた個体を抽出する多点探索である。これに対し、CGA は解の一部を個体として割り当て、集団が一つの解をなす単点探索となる (図 1)。

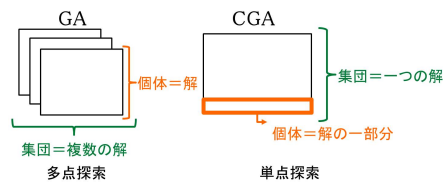


図 1: GA と CGA の違い

4 提案手法

4.1 コーディング

各サービスに対する状態を 3 つの整数で表す (図 2)。

4.2 初期集団の生成

初期集団は勤務可能時間が短いヘルパーから順に、サービスを実施時間が長い順に割り当てた。

4.3 交叉

各日のサービス数に比例した確率でランダムに日にちを 1 日選択し、選択した日にちに対応する遺伝子を

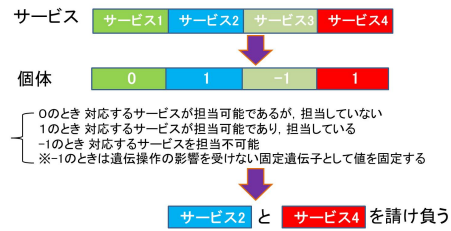


図 2: 提案手法における遺伝子コーディング

交叉範囲する。交叉範囲内で複数回の交叉を行い、複数の次世代候補を生成し、親とこれらの中から次世代解を選択する。選択された日と同じ曜日となる日に対しても同様の操作を行う。本稿では交叉点の取り方によって、2 つの手法に分ける。

4.3.1 C1 : Crossover1

1 点はランダムに選択し、交叉範囲内でもう 1 つの交差点が取り得る全てのパターンで交叉を行い、複数の次世代候補を生成する。

4.3.2 C2 : Crossover2

上記 C1 の手法に、両端を交叉点とし、交叉範囲内の全ての遺伝子を交叉させたものを次世代候補に換える。

4.4 親選択

本稿では親選択の仕方によって、2 つの手法に分ける。

4.4.1 S1 : Selection1

ルーレット選択とランダム選択でそれぞれ 1 個体選択し、一度選択した個体を母集団に戻さない非復元抽出を用いる手法を S1 とする。ただし、後述する局所解から脱出を図る際には 2 個体ともにランダム選択を用いる。

4.4.2 S2 : Selection2

上記の交叉において、ランダムに選択された日にちに対し、出勤状態のヘルパーと出勤可能状態のヘルパーからそれぞれランダムに 1 個体選択し、一度選択した個体を母集団に戻す復元抽出を用いる手法を S2 とする。

4.5 次世代解選択

各世代において交叉により生成した複数の次世代候補と親の中から評価値が最も高いもの次世代解として選択する。ただし、局所解に陥った際は次世代候補から次世代解をランダムに選択する。

4.6 先祖返り

探索で見つかった中で評価値が最も高い暫定最良解を先祖解として保持しておく。解が局所解に達した

際に、現在の解を先祖解へ戻す先祖返り操作 (AO : Atavism Operation) を行う。

4.7 局所解の判別

探索の停滞回数を表す停滞カウンタと定義する。停滞カウンタの値が事前に設定した閾値に達した場合、局所解とみなし、先祖返り操作を行う。

5 検証

実際の介護事業所で割当てに使われた実績データを元に作成されたデータによって実験を行う。CGA を約 10 分間、比較手法として通常の GA で 10 分間と 30 分間の計算をそれぞれ 10 回実行する。なお、GA のコーディングは遺伝子を各サービスを担当するヘルパーの ID で表すものとし、各パラメータは事前検証によって適切と思われる値を割り当てた。

5.1 評価関数

労働時間、休日数、休憩時間、移動時間、待機時間、利用者数に関する制約を評価関数 f_{in} に盛り込む。以下に、本論文で用いる記号を示す。

H : ヘルパーの集合

i : ヘルパー番号を示す添え字

f_{in} : ヘルパー i の評価項目 n の評価値

f_i : 個体 i の適合度 f_i

w_n : 評価値 f_{in} の重み

E : 集団の評価値 E

$mean$: 集団内の個体の評価値の平均値

dev : 集団内の個体の評価値の標準偏差

w_{mean} : 平均値 $mean$ の重み

w_{dev} : 平均値 dev の重み

個体の適合度

個体 i の適合度 f_i は各評価値 f_{in} の線形加重和にマイナスを乗じ、式 (1) のように単一の目的関数として扱う。

$$f_i = -\sum_{n=1}^6 w_n f_{in} \quad i \in H \quad (1)$$

集団の評価値

集団の評価値 E は平均値と標準偏差の線形加重和で式 (2) のように表す。

$$E = w_{mean}|mean| + w_{dev}|dev| \quad (2)$$

5.2 実験結果

図 3 と表 1 に出力結果を示した。表 1 の値は各手法の 10 回の試行の計算世代数、最良評価値、先祖返り数の平均値である。計算世代数、先祖返り数は小数点以下を切り捨て、評価値は小数点第 2 位以下切り捨てとしている。GA の手法は GA(10min)、GA(30min) とともに CGA の各手法に比べ大きく評価値が劣っていることから、訪問介護スケジューリングにおいては CGA の方が有効であると思われる。

AO を用いていないケースと用いたケースを見ると、全ての手法において AO を用いたほうが評価値が高いという結果が得られている。AO が上手く機能し、AO を用いなかったケースよりも評価値の改善が行われたのではないかと思われる。また、交叉と選択手法については C2 と S2 の組み合わせを用いた方が評価値が高いという結果が得られた。

ヘルパー 日付	曜日	開始時刻	終了時刻	利用者ID	移動時間		
1	月曜日	10	0	11	30	5	28
1	月曜日	14	30	15	30	20	42
1							16
3	水曜日	9	30	10	40	9	21
3	水曜日	14	30	15	30	20	35
3							16
4	木曜日	9	30	10	0	34	34
4	木曜日	10	30	12	0	32	20
4	木曜日	13	0	14	0	13	26
4	木曜日	14	30	15	30	23	18
4							13
8	月曜日	10	0	11	30	5	28
8	月曜日	14	30	15	30	20	42

図 3: 割当て結果の一例

	最終世代数	評価値	AO 数
GA(10min)	26913	450.31	
GA(30min)	81951	410.24	
CGA(C1+S1)	12087	276.38	
CGA(C1+S2)	11972	272.15	
CGA(C2+S1)	11604	263.89	
CGA(C2+S2)	11635	237.07	
CGA(AO+C1+S1)	12074	248.30	11
CGA(AO+C1+S2)	11989	242.66	11
CGA(AO+C2+S1)	11600	231.27	11
CGA(AO+C2+S2)	11205	223.14	10

表 1: 実験の結果

6 結論

本論文では訪問介護スケジューリングにおいて CGA と GA の解法の比較を行い、CGA の有用性を示すことができた。中でも、CGA(AO+C2+S2) が特に有効な手法であると思われる。実用化への課題として勤務表の変更に対する再スケジュール支援機能、ユーザーインターフェースの向上の実装や制約条件の充実などが挙げられる。

参考文献

- [1] 北村太一, 黒川達矢, 金川明弘, “突然変異代用操作を用いた共存型 GA による訪問介護スケジューリング”, オペレーションズ・リサーチ学会 2013 年秋季研究発表会アブストラクト集, pp.240-241, 2013.
- [2] T. Kurokawa, T. Kitamura, A. Kanagawa, “Home Helper Sceduling Using Genetic Algorithm with Throwback Operation”, Proceedings of Interntional Conference on Industrial Management, pp.85-89, 2014.