

介護サービススケジューリングへのGAの適用

青山 功†, 佐藤 裕幸†

†三菱電機(株) 情報技術総合研究所

在宅介護サービスの幹旋窓口である在宅介護支援センターではケアマネージャーが各要介護者に必要な介護サービスのケアプランとサービス実施スケジュールを作成し、各サービス提供機関に人員の派遣を依頼する。実施スケジュールの立案においては、要介護者の実施日時の希望とサービス提供機関の派遣可能人数を考慮しなければならず、ケアマネージャにとってスケジュールの立案は負担となっている。我々は、サービス実施スケジュールの自動立案に遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm, GA)を適用し、50人分の一週間のスケジュールを30~60秒(平均46秒)と短時間で求めることができた。

本論文では適用したGAモデルとその評価結果について述べる。

A Genetic Algorithm for Home Care Service Scheduling Problem

Isao Aoyama†, Hiroyuki Sato†

†Mitsubishi Electric Corp. Information Technology R&D Center

Care managers of home care service centers make care plans and care service schedules for each dependent. It takes a lot of time for them to plan schedules, since such schedules have to satisfy dependents' preferences and keep the number of helpers who visit dependents' home under the maximum number of helpers for each care service agency. We employed the cooperative genetic algorithm (GA) for planning schedules. Our method takes less than 60 seconds to plan 50 dependents' weekly schedules. In this paper, we describe about our method and its evaluation.

1 はじめに

在宅介護サービスの幹旋窓口である在宅介護支援センターではケアマネージャーが各要介護者に必要な介護サービスの実施計画(ケアプラン)とサービス実施スケジュールを作成する。サービス実施スケジュールの立案においては、要介護者の希望をできる限り満足し、各サービス機関の派遣人数が派遣可能人数(派遣能力)を超えないようにしなければならない。このようなサービス実施スケジュールの立案作業はケアマネージャにとって負担となっており、立案の自動化が望まれている。

サービス実施スケジュールの立案は多目的な組合せ最適化問題の一種である。組合せ最適化問題は線形計画法や整数計画法等の数理計画法により最適解を求めることができるが、実用規模の(大規模な)問題に対しては、これらの手法は一般に解の探索に長時間を要し実用的でないと言われている。一方、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm, GA)[1][2][3][4]やタブサーチ(Tabu Search, TS)などのメタヒュー

リスティックス手法は、最適解が求まる保証はないものの、数理計画法に比べて短時間で解を求めることができる。

そこで、我々はサービス実施スケジュールの自動立案にGAのモデルの一つである共存型GA[2][4]を適用し、その評価を行なった。

2 介護サービススケジューリング問題

各要介護者のサービス実施スケジュールを立案する問題を介護サービススケジューリング問題(CSSP: Care Service Scheduling Problem)と呼ぶことにする。図1はサービス実施スケジュールの例である。

各要介護者に実施するサービスの種類とサービス毎の一週間当たりの回数とサービス一回当たりの実施時間はケアプラン作成時に決められるので、CSSPでは各サービスの実施日時と各サービスを担当するサービス機関を決定する。

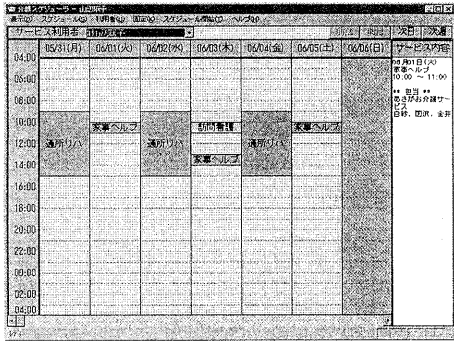


図1:サービス実施スケジュール例

CSSPの絶対条件及び最適化条件を以下に示す。

● 絶対条件

1. 実施日時は要介護者の希望日時とする（希望厳守の場合）。
2. 要介護者がサービスを利用できない時間帯には割り付けない。
3. 同一要介護者に対して、同一日に実施されるサービスは実施時間帯を重複させない。

● 最適化条件

1. 実施日時が要介護者の希望と異なるサービスの数を最小にする（希望を厳守しなくて良い場合）。
2. 一人の要介護者に対してはできる限り毎日何らかのサービスを実施する¹。
3. 同一要介護者に対する同一サービスを担当するサービス機関の数を最小にする。
4. できる限り要介護者が希望するサービス機関を担当させる。
5. サービス機関の派遣人数は派遣能力を超えない。

※ 最適化条件5は本来は絶対条件であるが、GAを適用するにあたり、致死遺伝子を発生させない処理が複雑になると予想されるのでここでは最適化条件として扱うことにした。

3 GAモデル

CSSPは各要介護者が受けるサービス毎に一週間の実施日時と担当するサービス機関を決定する問題である。横方向を曜日、縦方向を各要介護者が受け

¹ 要介護者の安否確認のため。

るサービスとするとCSSPは2次元の最適化問題として扱うことができる。横方向は実施日の最適化を行ない、縦方向は一日内での各サービスの実施時刻と各サービス機関の派遣能力の最適化を行なう。このような2次元の最適化が行なえるGAモデルとして共存型GA[2][4]が挙げられる。共存型GAは複数の個体で1つの解を表現するモデルである。

我々は、CSSPにこの共存型GAを適用した。図2はCSSPに共存型GAを適用した例を示したものである。一つの個体は曜日と一対一に対応し、各個体の遺伝子座は全要介護者が受けるサービスと一対一に対応する。各遺伝子座は、サービスの実施時刻を表わす遺伝子（時刻遺伝子）と担当するサービス機関のIDを表わす遺伝子（機関遺伝子）の二つの遺伝子を保持する。

個体に対応する曜日にサービスを実施しない場合は時刻遺伝子の値を-1とする。

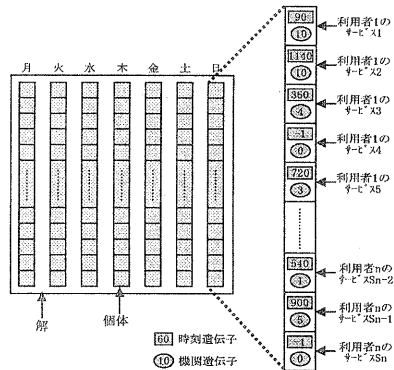


図2: CSSPへの共存型GAの適用

3.1 交叉

一つの個体中の遺伝子座の並び順には意味が無いので、個体中の一部の連続した遺伝子座の状態を保持するような交叉は必要無い。そこで、交叉対象とする遺伝子座の範囲（交叉範囲）を指定し、交叉範囲内の遺伝子座の遺伝子を確率的に入れ替える交叉を行う。

以下に交叉の手順を示す。

1. 同一解に含まれる二つの個体をランダムに選択する。
2. 交叉範囲をランダムに選択する。
3. 交叉範囲内の同一遺伝子座の遺伝子がある一定の確率（交換率と呼ぶ）で入れ替える。ただ

し、絶対条件に違反する場合は入れ替えを行わない。

図3は交叉の様子を示したものである。

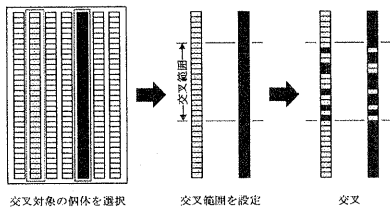


図3: 交叉例

3.2 突然変異

突然変異は、ランダムに選択された一つの個体の一つの遺伝子座において、(1)時刻遺伝子のみ、(2)機関遺伝子のみ、(3)両方の遺伝子のいずれかを行なう。時刻遺伝子の値をランダムに変更すると実施時刻が要介護者の希望時間帯に近づき難いので、時刻遺伝子の突然変異は要介護者の希望時間帯に近づく方向に値を変更する操作とする。一方、機関遺伝子の突然変異はランダムな値の変更とする。

以下に突然変異の手順を示す。

1. ある解から個体の一つランダムに選択する。
2. 突然変異対象を、(1)時刻遺伝子のみ、(2)機関遺伝子のみ、(3)両方の遺伝子、の中からランダムに選び、(1)または(3)の場合は3に、(2)の場合は5に進む。
3. 要介護者の希望時間帯との差が大きい遺伝子座ほど選ばれる確率を高くして遺伝子座の一つを選択する。
4. 時刻遺伝子の値が要介護者の希望時間帯に近づくように、適当に値を変更する。ただし、絶対条件に違反する場合は変更を行わない。機関遺伝子の突然変異を行わない場合は終了。
5. 2で選択された個体からランダムに遺伝子座の一つを選択する。
6. 遺伝子座と対応するサービスを担当できるサービス提供機関をランダムに1つ選び、機関遺伝子の値を新たに選んだサービス提供機関のIDに変更する。

3.3 世代更新

本モデルでは、各世代で複数の解を保持し各解毎に独立に世代更新を行なう。以下に本モデルの世代

更新の手順を示す。

1. i 番目の解に対して交叉及び突然変異²により生成された新規解のうち適応度が最も良い解を選択する。
2. 1で選択された新規解の適応度が i 番目の解の適応度よりも良ければその新規解を新たな i 番目の解とする。
3. 1,2の処理を全ての解に対して行なう。

3.4 適応度

最適化条件毎に、条件を満たすほど値が小さくなり、0~1の値を取るように正規化された適応度を求め、各最適化条件の重要度を示す重み係数と最適化条件別の適応度の積和を解の適応度とする。

4 評価実験

交叉率を0.5、突然変異率を0.5、交換率を0.3、各最適化条件の重み係数を全て1.0とし、収束時の適応度及び収束時間を、乱数のシードを変えて50回ずつ測定した。使用した計算機はMITSUBISHI ME/RC 160 (UNIX ワークステーション, CPU:160MHz, メモリ:64MB)、評価データは以下の通りである。

- 要介護者数: 50
- 要介護者一人当たりのサービス数: 1~5
- 要介護者一人当たりの希望サービス機関: 各サービス第二希望まで
- サービス機関数: 3
- サービス一つ当たりの担当可能サービス機関数: 各サービス二つ

尚、要介護者の希望日時を厳守し、サービス機関の派遣能力を超えない様にできるだけ要介護者の希望するサービス機関を担当させた場合に、各最適化条件の適応度が表1に示す値となる解が存在することが分かっている。表1において、実施日・実施時刻は最適化条件1、平準化は最適化条件2、機関数は最適化条件3、希望機関は最適化条件4、派遣能力は最適化条件5をそれぞれ表わしている。

²交叉が行なわれた場合は交叉によって生成された新規解に対して突然変異を行なう。交叉が行なわれなかった場合は、 i 番目の解に対して突然変異を行なう。

表1: 実施日時と派遣能力の条件を満たす適応度例

実施日	実施時刻	平準化
0.0000	0.0000	0.1057
機関数	希望機関	派遣能力
0.0311	0.0079	0.0000

初期解の生成及び収束条件は以下の通りである。

- 初期解
乱数のシードをその都度変え、各要介護者のサービス実施日時、担当サービス機関ともランダムに設定した解を生成する。
- 収束条件
 - 同じ解が200回連続して最良解となる。
 - 世代数が50,000に達する。

4.1 最良適応度

50回の測定でそれぞれ得られた解（ここでいう『解』とは同一世代の中で最も適応度が良い解のことを指す）の中で最も適応度が良い解における、最適化条件別の適応度及び表1との差を表2に、また、各測定における解の最適化条件別適応度の、50回の測定の平均値及び表1との差を表3に示す。

表1に示した解を求めることはできなかったが、それに近い解を求めることはできた。これより、本手法はこの種の問題の解の探索に有効であると言える。

表2: 最良解の最適化条件別適応度

	実施日	実施時刻	平準化
適応度	0.0377	0.0038	0.1057
表1との差	0.0377	0.0038	0.0000

	機関数	希望機関	派遣能力
適応度	0.0248	0.0508	0.0000
表1との差	-0.0063	0.0429	0.0000

表3: 収束時の最適化条件別平均適応度

	実施日	実施時刻	平準化
適応度	0.0570	0.0067	0.1049
表1との差	0.0570	0.0067	-0.0008

	機関数	希望機関	派遣能力
適応度	0.0472	0.0681	0.0007
表1との差	0.0161	0.0602	0.0007

4.2 収束時間-適応度分布

収束までに要した時間に対する収束時の最良適応度の分布を図4に示す。収束時間は31~58秒と短時間であり、実用的な時間内にスケジュールの立案が可能である。

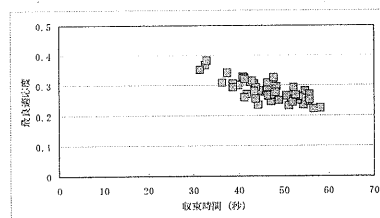


図4: 収束時間-最良適応度分布

5 まとめ

在宅介護サービスにおいて、各要介護者の希望を満足し、各サービス機関の派遣人数が派遣可能人数を超えないサービス実施スケジュールの立案に共存型GAを適用し、その評価実験を行なった。

実験の結果、全ての要介護者の希望日時を満足し、且つ、サービス機関の派遣人数が派遣可能人数を超えない解を求めることはできなかったが、それに十分近い解を求めることはできた。このことから、本手法はこの種の問題における解の探索に有効であると言える。

また、要介護者50名の1週間分のスケジュールを31~58秒（平均46秒）と短時間で立案でき、本手法は立案時間に関して実用性を備えているといえる。

参考文献

- [1] 北野宏明: 遺伝的アルゴリズム, 産業図書 (1993)
- [2] 北野宏明: 遺伝的アルゴリズム2, 産業図書 (1995)
- [3] 小林重信: 遺伝的アルゴリズムの基礎と応用 [I], オペレーションズ・リサーチ, Vol.38, No.5, pp.258-310 (1993).
- [4] 小林重信: 遺伝的アルゴリズムの基礎と応用 [II], オペレーションズ・リサーチ, Vol.38, No.6, pp.311-319 (1993).