GA によるヒューリスティック探索の最適化

— バスダイヤ編成システムへの適用 —

仙石 浩明[*]　吉原 郁夫[*]　捧 保浩[†]　今川徹三[‡]
(株) 日立製作所　システム開発研究所[*]，情報システム事業部[‡]
日立東北ソフトウェア (株) システム開発本部[†]

1　はじめに

従来人手で解かれていたような問題を計算機で解く場合、人手による手順を手続き化して、ヒューリスティック探索アルゴリズムを作ることは比較的容易である。しかし実問題に適用するには、より詳細にわたる知識の抽出が必要である。

そこで我々は既存のヒューリスティック探索に GA を組み込む汎用的手法を提案した [1]。GA を用いることにより少ない知識でも質の高い解が得られる。今回、本手法をバスダイヤ編成システムにおける仕業ダイヤ作成へ適用したので報告する。

2　GA によるヒューリスティック探索の最適化 [1]

互いに異なるアルファベット $(\{s_i\})$ の順列組合せを解 $\sigma = s_{i_1}s_{i_2}\cdots s_{i_m}$ とする組合せ最適化問題を分枝限定法 [2] を用いて解く方法について考える。

分枝限定法では、探索途中の部分解 $\sigma_k = s_{i_1}s_{i_2}\cdots s_{i_k}$ $(k < m)$ を評価して、最適解が得られないことが判明したものは枝刈りして探索効率を高める。しかし多くの問題、特に実問題においては現実的な計算時間で厳密解を求めることは困難である。そこで、枝刈りにヒューリスティックスを用いる近似解法「ヒューリスティック探索」がよく用いられる。

ヒューリスティックスにより枝刈りした後に残った分枝を、「選択枝集合」と呼ぶことにする。選択枝集合の要素数が大き過ぎると組合せ爆発が起き、また小さ過ぎると探索が偏り、最適解が探索範囲から洩れるおそれがある。適切な選択枝集合を求めるには、問題に関する詳細な知識に基づく複雑なロジックが必要となる。

そこで我々は、選択枝集合を GA で最適化する手法を提案した [1]。各アルファベットの優先順位を遺伝子にコーディングし、この優先順位に基づき選択枝集合の絞り込みを行なう。このため、ヒューリスティックによって求めた選択枝集合の要素数が大きい場合でも組合せ爆発を避けることができる。また、選択枝集合の最適化は GA が担当するため、ヒューリスティックによる枝刈りのロジックは単純なもので良い。

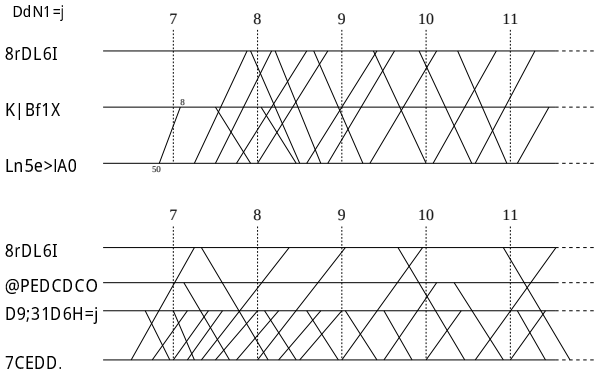

図 1: バスダイヤ

3　バス仕業ダイヤ作成への適用

3.1　仕業ダイヤ作成問題

図 1 のようなバス運行ダイヤが与えられた時、図中斜めの線分で表されたバスの運行 (山ダイヤと呼ばれる) に、運転手を割り当てる仕業ダイヤを作成する問題が仕業ダイヤ作成問題である。

バス仕業ダイヤ (図 2) において、横軸は時間であり、山ダイヤが線分で表される。各行は運転手を表し、同じ行にある山ダイヤ全てを運転することを表す。種々の制約を満たしつつ、回送本数が少なく、かつ各運転手の労働時間のバランスがとれるように山ダイヤを割り当てる問題が仕業ダイヤ作成問題である。

3.2　ヒューリスティック探索による仕業ダイヤ作成

まず、従来の手作業による仕業ダイヤ作成を参考にして、ヒューリスティック探索アルゴリズムを構成した。このアルゴリズムでは、山ダイヤを時刻順に各運転手に割り当てていく。

GA based Optimization of Heuristic Search
— Applied to a Bus Diagram System —
Hiroaki SENGOKU*, Ikuo YOSHIHARA*,
Yasuhiro SASAGE†, Tetsuzo IMAGAWA‡
Systems Development Lab.*,
Information Systems Division‡ Hitachi Ltd.
Hitachi Tohoku Software, Ltd.†

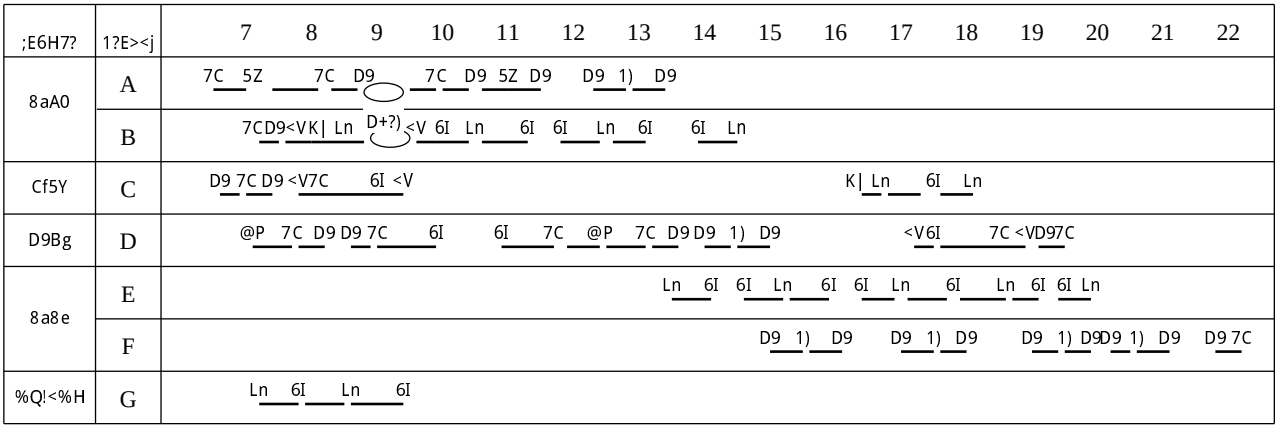

図 2: バス仕業ダイヤ

山ダイヤの一部は容易に割当先を決定できる。例えば郊外の停留所などでは折り返し運転になるため、往路と復路の山ダイヤを接続すればよい。ところが主要ターミナルなど、多くのバス路線が集中するバス停においては、接続先候補が多く、その全ての組合せを探索することは組合せ爆発により現実的ではない。

そこで枝刈りが必要となるが、山ダイヤの出発時刻と到着時刻は固定であるから、局所的な割り当て選択の影響が仕業ダイヤ全体に及ぶことがある。また、各運転手に平等に休憩時間が与えられているか等は、全山ダイヤを割り当てた後でないと評価できない。したがって仕業ダイヤの作成の途中で中間評価を行なうことは困難である。

3.3 ヒューリスティック探索への GA の組み込み

仕業ダイヤは前節で述べたように、局所的な評価は困難であるので、生成検査型である GA の活用が期待される。そこで、 2 章で延べた提案手法に基づき GA を組み込んだ。

山ダイヤの割当順は固定であるから、割り当てた時にその直前に位置する山ダイヤをアルファベットとして定義すれば、仕業ダイヤ作成問題はアルファベットの順列組合せを解とする組合せ最適化問題とみなせる。

枝刈りでは、まず割り当てた時の仕業ダイヤが許容できなくなる (致死である) ものをヒューリスティックスで除外する。次に残った候補の中から、そのアルファベットの優先順位が低いものを枝刈りする。ここで優先順位は互いに異なる $1 \sim M$ (M はアルファベットの個数) の整数値であり、順序表現 [3] (Grefenstette による遺伝子表現法) を用いて遺伝子にコーディングされている。 GA が優先順位を最適化することにより、最適な探索が行なわれ、最適な仕業ダイヤが得られる。

交差は一点交差法を用いる。自然淘汰は、個体集合の多様性を維持するために、まず類似個体を取り除き、次に適応度の低い個体から順に一定数を取り除く。突然変異は行なっていない。

4 バスダイヤ編成システム

提案手法をバスダイヤ編成システムに適用した。このシステムは、 (1) データ管理 (2) 山ダイヤ作成 (3) 仕業ダイヤ作成 (4) 帳票出力 の各サブシステムから構成される。提案手法により (3) の自動化が可能となった。

本システムはパソコン (486DX2/66MHz, メモリ 12MB) 上で動作する。一つの営業所で扱う規模の仕業ダイヤ (山ダイヤ数 168) の実行可能解の作成が約 30 秒で可能である。 100 秒 (100 個体, 100 世代, 淘汰率 30 %) ほど世代交代を進めると、ベテランが妥当と判断するレベルに「進化」する。

5 おわりに

GA とヒューリスティックスを併用した解法の研究は数多いが、問題領域に強く依存しており、タイプが異なる問題への応用は困難であった。提案方法は、問題とは独立であり、 GA の応用分野拡大に寄与するものと期待される。

参考文献

[1] 仙石, 吉原, 今川: *GA* によるヒューリスティック探索の最適化 —バス仕業ダイヤの作成 —, 情報処理学会 95-MPS-2 (1995)

[2] 茨木: 組合せ最適化 — 分枝限定法を中心として —, 産業図書 (1983)

[3] Grefenstette, et al, *Genetic algorithms for the traveling salesman problem,* Proc. of an International Conference on Genetic Algorithms and Their Applications, pp 160-168 (1985)