

スケジューリング問題のハイブリッド解法

森田 浩*



研究ノート

Hybrid algorithm for scheduling problems

Key Words : Hybrid algorithm, production scheduling, meta heuristics, mathematical programming, multi-objective scheduling

1. はじめに

スケジューリング問題とは、処理する仕事の順番や使用する設備や作業員などの割り当てなどを決める問題である。生産の場面でよく見られるが、組合せ最適化問題として取り扱われる範疇の問題である。この問題では、仕事の数や設備の数が多くなるとそれらの組み合わせや順列の数は膨大となり、最適なものを見つけるというのは不可能に近くなる。また、納期を守ること、作業の無駄をなくすること、できるだけ早く処理することなどさまざまな要求項目があると、評価基準を一つに絞きれず、何をもち最適というのかもわからなくなる。膨大な中から解を見つけることを人は行っているのではなく、何らかの経験則にしたがってスケジュールを組むことがよくある。例えば納期の近い順に作業するとか、早く処理できるものから順に処理するとかである。比較的良い結果を導いてくれるルールを経験的に見つけ出すもので、さまざまな状況において適用される複合的なルールが用いられているが、やはり良いスケジュールは得られても最適なスケジュールを見つけることはできない。一方で、組合せ最適化問題として数学的に定式化して最適なスケジュールを求める方法も古くから取り組まれている。動的計画法、

整数計画法、ネットワーク計画法、線形計画法などが用いられるが、計算しなければならない量が爆発的に増加することで、計算機的能力が向上したといっても対応できる問題の大きさや複雑さには限りがある。

しかしながら、すでに新たな流れとはいえないが、計算機を活用したシミュレーションやランダム探索法などが大規模なスケジューリング問題にも見られる。特に、メタヒューリスティック解法や進化型計算とか呼ばれる解法は、その枠組みは単純でわかりやすいことも急速に普及した理由であろう。基本的には乱数を用いたランダム探索法であるが、探索の方向性を決めたり局所解に陥らないための工夫を入れたりしている。生物界の現象をモデルにした遺伝的アルゴリズムやアント法、Particle Swarm法、焼きなまし現象をモデルにしたシミュレーテッドアニーリング法、禁止リストも使ったタブー探索法などいろいろな解法が示され、さらにそれらを拡張したさまざまな展開が見られている。しかしその多くは「解を探索して」「解を更新する」という手続きを「反復する」ということから構成されているといっただろう。「探索」するときに遺伝操作に倣った交叉や突然変異を行ったり、「更新」に焼きなましに倣った遷移確率を設けたりしている。

2. ハイブリッド解法

複数のアルゴリズムを組み合わせたハイブリッド解法に注目してみよう。ハイブリッドとは雑種とか交配種という意味であり、2つのものを単に組み合わせたというのではなく、2つのものから新たなものを生み出すということを表している。アルゴリズムのハイブリッド化により、新たな計算の枠組みを生み出そうということである。いろいろなアルゴリ



* Hiroshi MORITA
1961年1月生
昭和63年大阪大学大学院・工学研究科・
応用物理学専攻修了
現在、大阪大学・大学院情報科学研究
科・情報数理学専攻・数理コンピュー
ティング講座、教授、博士(工学)、
オペレーションズ・リサーチ
TEL 06-6879-7870
FAX 同上
E-Mail morita@ist.osaka-u.ac.jp

ズムをハイブリッド化することで、より高速により効率的により複雑で大規模な問題に対応できることが期待されるが、そこでのハイブリッドの程度や方法はさまざまである。特に、進化型計算ではその変形や拡張がかなり自由に行えることから、いろいろな解法とのハイブリッド化が多く見られる。最適性を追求する数理計画法と探索の効率性を兼ね備えた進化型計算のハイブリッド解法によって、両方の特徴をもったより有効な解法が現れることも期待できるが、必ずしもよい交配種ができるとも限らない。まず、ハイブリッド解法のカテゴリを紹介しよう。(図1)

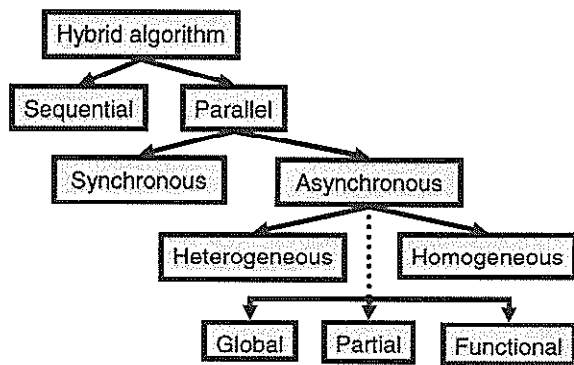


図1 ハイブリッド解法のカテゴリ

2つの解法をハイブリッド化するとき、これらを適用する形態として直列型(sequential)と並列型(parallel)がある。解法Aを適用した後で解法Bを適用するというのが直列型である。前の解法の出力が後の解法の入力として使われる。「貪欲法」で初期解を見つけてから「局所探索法」を適用するというのは、貪欲法と局所探索法を直列型でハイブリッド化していると見ることができる(図2(a))。並列型は複数の解法を並列に適用するもので、演算を並列処理することではなく、新たな解法の枠組みを与えるものである。並列型はさらに複数の解法の適用のタイミングによって同期型(synchronous)と非同期型(asynchronous)に分類することができる。同期型はある解法における一つの操作として他の解法を用いるものである(図2(b))。例えば、「遺伝的アルゴリズム」の適合度を「数理計画法」によって求めるとか、「分枝限定法」の下界値を「遺伝的アルゴリズム」によって求める場合などである。収束が早すぎ

て解の探索が十分に行われないことがあるなど、ハイブリッド化の効果が常にあるとは限らないが、大規模で複雑な問題に対しては効果が期待される。非同期型では、「解空間の探索」と「最適解の発見」を複数の解法が協力しながら行うものである(図2(c))。同じ解法を適用するのを同質(homogeneous)、異なる解法を適用するのを異質(heterogeneous)という。また、それぞれの解法が対象とする解空間の違いによって、全体的(global)、部分的(partial)、機能的(functional)に分けることもできる。全体的非同期型ではそれぞれの解法は同じ解空間を探索するものである。部分的非同期型では解空間を部分空間に分解してそれぞれの解法はそれぞれの空間を探索するもので、各空間に特化した専用の解法が用いられる。機能的非同期型ではそれぞれの解法は異なった問題を解くことになる。これらのハイブリッド解法では複数の解法の間で、どのような情報を共有するのか、どのような情報をどこで交換するのか、交換した情報をどのように利用するのが重要となる。

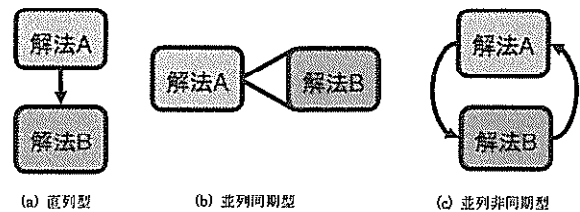


図2 ハイブリッドの構造

ハイブリッド解法の考え方は特に新しいというものでもなく、アルゴリズムの改良として一般的な考え方であろう。遺伝的アルゴリズムにおいても、遺伝操作の後に局所探索を取り入れたり、シミュレーテッドアニーリングの考え方によって解を更新したりする方法が考えられているが、特に「ハイブリッド解法」であると名付けられていない。しかしいろいろな解法の組合せをハイブリッドという観点から整理してみると、それらの特徴が明らかになってくる。直列型や並列同期型では、対象を一つの問題として捉え、それをいかに効率的に解くかを追求している。並列非同期型では、対象をいくつかの部分問題に切り分けてそれぞれに適切な解法を適用している。数理計画問題のための一般的な解法としてみるなら前者になるが、スケジューリング問題のよう

に現実に存在している対象では、その特徴を十分に把握することで後者のハイブリッド解法が威力を発揮できる場面が現れる。

3. スケジューリング問題への適用例

遺伝的アルゴリズムに動的計画法をハイブリッド化した多目的スケジューリング法の研究を紹介する。対象とするのはシートの生産工程(図3)で、シートの処理順序と使用する押出工具の割り付けを決めなければならない。シート幅はダイスと呼ばれる押出工具によって決められた幅で押し出され、切断機により幅と長さを整えて最終製品となる。シート幅に応じてダイスを切り替えるか幅広のシートを作って切断するかを決めなければならない。前者では立ち上げロスが発生して生産性が落ちる。後者では資源ロスが発生する。資源ロスを減らすには幅の降順に処理したり、厚みの近い順に処理したりする方法が有効であるが、各シートに設定されている納期を考慮するときには、総処理時間や納期遅れ時間などを少なくすることも考えなければならない。このときには、ダイスやロールの切り替え時間を少なくしなければならず、複数の評価基準を考慮する多目的スケジューリング法が必要となってくる。

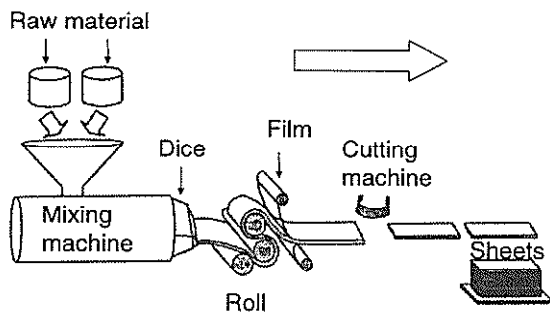


図3 シート生産工程

対象とする生産工程におけるスケジューリング問題の決定要素は、生産するシートの順列と各シートの処理に用いるダイスである。シートの処理順序によって使用するダイスが変わるため、シートの順列とダイス割り付けを同時に考えて最適化するには、探索空間は膨大となり効率的な探索は難しい。もし仕事の処理順序が決まれば、数理計画法により効率的に求解することができる割り当て問題が残されることになる。処理順序の決め方は順列を求めるスケ

ジュール問題となるため、メタヒューリスティックによる近似解法である遺伝的アルゴリズムを用いる。そこで、遺伝的アルゴリズムによる順列探索と動的計画法による割り付けを行うハイブリッド解法を考案した。遺伝的アルゴリズムにおける個体の持つ情報は処理順列のみで、ダイス割り付けは動的計画法を用いている。対象とする解空間は、遺伝的アルゴリズムがシートの順列、動的計画法がダイスの割り付け先となっており、並列型の部分的非同期型である(図4)。詳細は参考文献[2]を参照されたい。

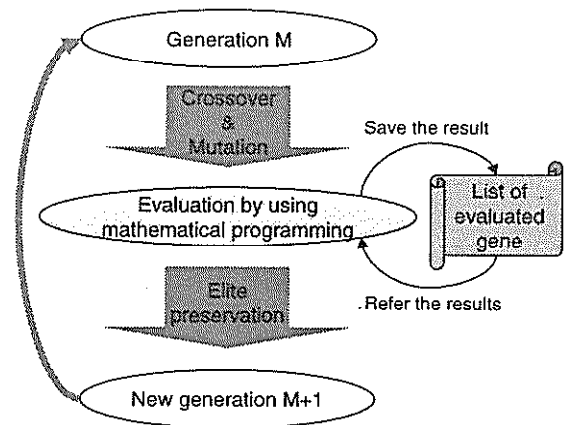


図4 ハイブリッド解法の流れ

この他にも、分枝限定法に遺伝的アルゴリズムを組み込んだアルゴリズム[3]などにも取り組んでいる。

参考文献

1. P. Preux, E. Talbi, Toward hybrid evolutionary algorithms, International Transaction of Operations Research, 6 (1999) 557-570.
2. 森田 浩, 鬼頭繁彦, シート生産工程における遺伝的アルゴリズムと動的計画法によるハイブリッド多目的スケジューリング法, システム制御情報学会論文誌, 17 (2004) 155-161.
3. H. Morita and N. Shio, Hybrid branch and bound method with genetic algorithm for flexible flowshop scheduling problem, JSME International Journal, C-48 (2005) 46-52.

この記事をお読みにになり、著者の研究室の訪問見学をご希望の方は、当協会事務局へご連絡ください。事務局で著者と日程を調整して、おしらせいたします。

申し込み期限：本誌発行から2か月後の月末日

申し込み先：生産技術振興協会 tel 06-6395-4895 E-mail seisan@maple.ocn.ne.jp

必要事項：お名前，ご所属，希望日時(選択の幅をもたせてください)，複数人の場合はそれぞれのお名前，ご所属，代表者の連絡先

著者の都合でご希望に沿えない場合もありますので、予めご了承ください。

