

事例に基づくスケジュール最適化

宮下和雄

松下電器産業(株)

1D-5

1 序論

スケジューリング問題は、組み合わせ最適化の代表的な問題として、主としてOR分野で広く研究されてきた。その結果、大規模なスケジューリング問題を解く際の計算量の課題に対応するために、数理解析的手法だけではなく、様々なディスパッチングルールを用いた近似的手法が開発されてきた。しかし、ディスパッチングルールを用いるスケジューリングは、効率的に計算できる半面、最適化における有効性が限定的である欠点を持つ。

その欠点を補うために、近年スケジューリング問題への各種の近隣探索手法の適用が提案されている。[Baker92] 近隣探索手法とは、適当な方法で得られた初期解を種として系統的にその近傍の解を生成し、その解の評価に応じて解を置き換えていく手法である。近隣探索手法はあらゆる組み合わせ最適化問題に適用可能であるが、その効果的な適用に当たっては、

- ・明確な目的関数
- ・局所最適化を避けながら、効率良く探索するための探索制御戦略

の2種類の問題固有の情報が必要である。しかし、現実のスケジューリング問題において、これらを明示することはスケジューリングの専門家にとっても容易なことではないことは[McKay88]により議論されている。

本稿では、近隣探索手法の適用に必要な上記の2種類の知識を、ユーザとの協調的問題解決を通じて事例として自動的に獲得し、それらを新たな問題の解決に再利用するスケジューリングシステムCABINSの枠組みを提案し、実験を通じてスケジュール最適化におけるその有効性を確認する。

2 CABINSによるスケジュール最適化

CABINSの基本的な考え方は図1に示すように、(1)与えられたスケジュールに対してユーザが加えた変更や、変更結果に対するユーザの評価

を対話的に事例として蓄え、(2)新たなスケジュールを最適化する際、過去の類似スケジュールの事例を検索し、事例中の変更や評価を適用してスケジュールを反復改善するというものである。以下、この流れに沿って説明を加える。

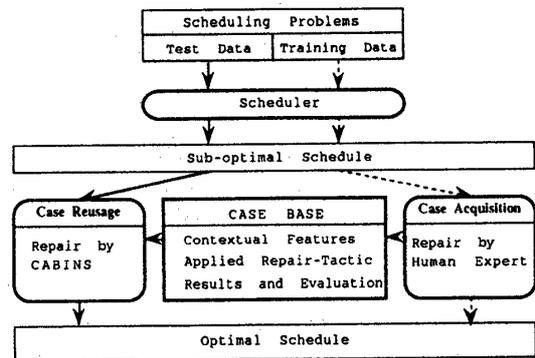


図1 CABINSシステム

2.1 事例獲得

CABINSは、図1中右の破線矢印の流れに沿ってユーザと協調的にスケジュールを生成、改善していくことにより事例ベースを構築する。

スケジュールの改善に当たっては、ユーザは生成されたスケジュールの問題点を見だし、予め用意されたスケジュール修復のための戦術群からその問題点を解決するために最適と思われるものを1つ選択する。CABINSは、そうして選択された戦術をスケジュールに適用する。最後に、ユーザはその適用結果に基づき、選択した戦術が適切であったか否かを判断する。

この過程において、ユーザによる戦術選択やその妥当性の評価結果が、それらの判断の根拠となるスケジュールの様々な特徴量と共に事例として蓄えられる。ここで蓄えられた戦術選択の事例集合が探索制御戦略として、また戦術の適用結果に対する評価の事例集合が目的関数として、後のCABINSによる近隣探索の際に用いられる。このように知識獲得は、具体的な例題を解くことのみでなされるため、ユーザに過度の負担を求めることなく、ユーザ固有の知識を抽出することができる。

2.2 事例に基づくスケジュール修正

利用可能な事例ベースが構築されると、CABINS は図1中左の実線矢印の流れに沿って、ユーザの介在なしに最適化されたスケジュールを生成することができる。図2にCABINSによるスケジュール修正処理の流れを示す。CABINSは、修正可能なスケジュールの欠陥が存在しなくなるまでこのループを繰り返すことにより、与えられたスケジュールを最適化する。

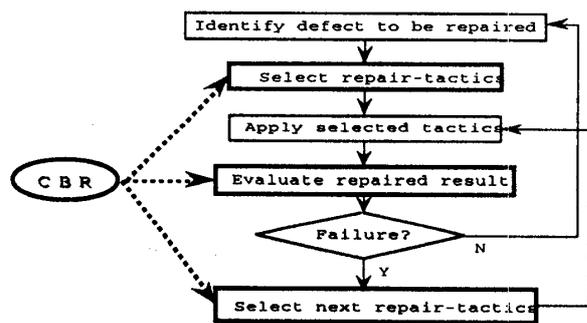


図2 スケジュール修正フロー

CABINSは、まずスケジュール上の欠陥（納期遅れなど）の中から修正すべきものを1つ選択する。次に、修正すべき欠陥の種類とスケジュールの特徴量を索引として、過去の事例から類似事例を検索し、そこで用いられたスケジュール修復戦術を現在のスケジュールに適用する。更に、CABINSは得られた結果を索引として事例を検索し、過去に得られた同様の結果に対する評価にしたがって、戦術の適用の成否を判定する。もし適用結果が失敗と判定されると、CABINSは上で用いられた2つの索引に加え、選択された戦術の適用が失敗した事実も索引として用いて、事例の再検索を行ない、次に適用するスケジュール修復戦術を決定する。

### 3 実験

重み付き総納期遅れ時間を最適化指標として、CABINSを用いて得られたスケジュールリング結果と他のスケジュールリング手法を用いた得られた結果との比較を行なった。

比較のために用いられたスケジュールリング手法は、(1)最早納期(EDD)順によるディスパッチング、(2)最小作業時間(SPT)順によるディスパッチング、(3)貪欲戦略を用いた制約探索型スケジュールリング(COP) [Sadeh90]である。各々5オペレーションから成る10ジョブを5マシンに割り付けるジョブショップスケジュールリング問題60題のスケジュール結果の平均値を用いて上記のスケジュールリング手法を比較した結果を

表1に示す。CABINSでのスケジュールリングの際には60問の問題を均等に2分し、一方の問題集合全体(30問)をユーザと協調的に解くことによって得られた事例ベースを、他方の問題集合に属する問題の解決に用いた。

表1 スケジュール結果比較

	EDD	SPT	COP	CABINS
Result	956.3	584.2	1173.1	550.8

この実験から、CABINSは陽に定義された制御知識や目的関数を持たなくても、他のスケジュールリング手法よりも優れた品質のスケジュールを生成できることが確認された。

### 4 考察

本稿では、事例の形で近隣探索における制御知識や目的関数を獲得、再利用するスケジュールリングシステムCABINSの枠組みについて述べた。また実験により、獲得された事例を用いたスケジュールの反復改善が(他の手法に比して)スケジュール最適化に有効であることが確認された。

CABINSの効率については、事例の蓄積に基づく学習効果による探索効率の改善、および実時間におけるスケジュール改良への適用可能性などについて興味深い結果が得られているので、別の機会でご報告する。

### 謝辞

Special thanks to Dr. Katia Sycara at CMU for her strong support and collaboration.

### 参考文献

- [Baker92] K.R.Baker, *Elements of Sequencing and Scheduling*, Dartmouth Collage, 1992
- [McKay88] K.McKay, J.Buzzacott and F.Safayeni, *The Scheduler's Knowledge of Uncertainty: The missing link*, In Proceedings of IFIP Working Conference on Knowledge Based Production Management Systems, 1988
- [Sadeh90] N.Sadeh and M.Fox, *Variable and Value Ordering Heuristics for Activity-based Job-Shop*, In Proceedings of the 4th international Conference on Expert Systems in Production and Operations Management, 1990