

原油タンクスケジューリングへの適用

—数理計画法による定式化(2)—

01107933 富士通株式会社
富士通株式会社
富士石油株式会社
01011280 富士石油株式会社

*草刈 君子 KUSAKARI Kimiko
宮崎 知明 MIYAZAKI Tomoaki
高瀬 裕司 TAKASE Yuuji
池ノ上 晋 IKENOUE Susumu

1. はじめに

国際化に対応し、企業競争力を強化していくための重要なシステムとして生産計画特にスケジューリング機能の強化が必要となっている。一方、現実の設備に即したサイズで定式化し数値実験を行った事例が少なく、適用可能性が確認されていなかったため、[3]において、原油タンクスケジューリング問題の数理計画法による定式化を行った。今回は、数値実験の過程での定式化の改善について報告する。

2. 対象問題

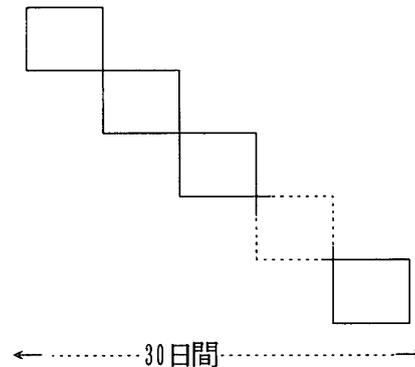
原油タンカーが入港するスケジュールと原油タンカーが荷揚げする原油の量があらかじめ確定し、月間の原油の総処理量も確定しているとき、各設備の能力範囲内（常圧蒸留装置装置の能力と原油タンクの容量の範囲内）で、揚荷するための原油タンクの選定と揚荷する量、および通油するための原油タンクの選定と通油量を確定する問題である。ただし、揚荷する原油タンクの個数は少ないことが好ましく、通油する原油タンクの切り替えはなるべく平日に行うことが好ましく、通油する原油タンクの切り替え回数なるべく少ないことが望ましい（一度通油が始まればできるだけ長期間通油を続けたい）。なお、原油の性状については、揚荷する原油タンクを選定において、期初在庫の原油グループの範囲内で行うことで対応し、最小連続稼働日数については制約式を追加することで対応した。

3. モデルサイズの縮小について

1) 期間への着目

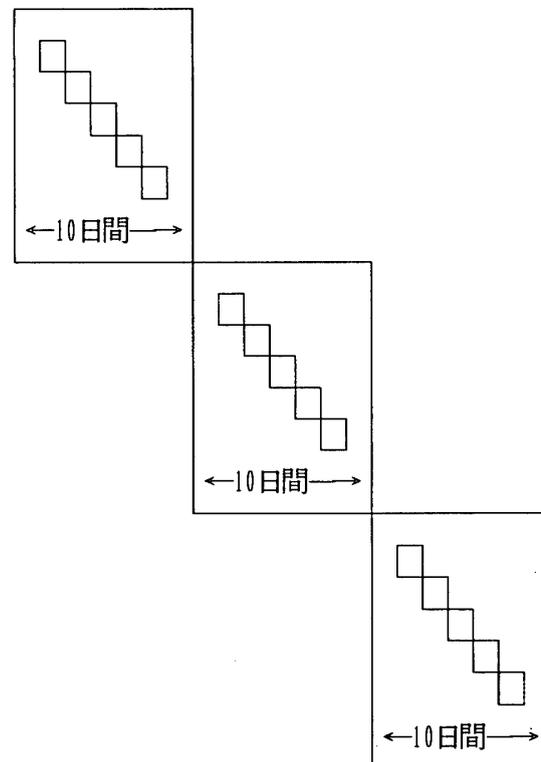
当初は、月間モデルとして各日をすべて均一に扱う方法を取った（イメージを図1に示す）。この結果、モデルサイズが増大し、処理速度が現実性を持たないことがわかったため問題の見直しを行った。

図1 均一モデル



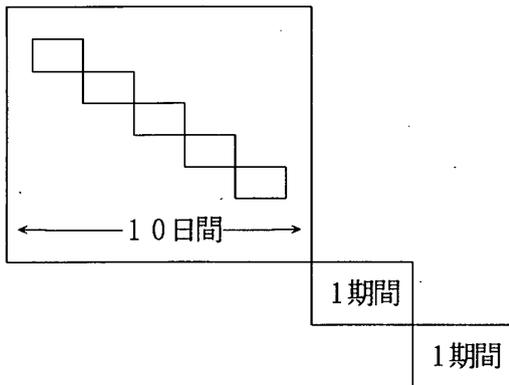
一方、対象問題の意味付けを確認する中で、期間の意味を検討した。一つは、期間に対して段階を置くことである。これは、30日間を上旬、中旬、下旬に分割し、分割した旬間の中で10日間モデルをスケジューリングするものである。

図2 2段階モデル



もう一つの方法は、期間に対してズームをかける方法であり、スケジューリングの立案時期に近い部分を細かく、離れるに従い粗く算出するものである。

図3 ズームモデル



2) 切り替え表現への着目

スケジューリング問題の特性である切り替えを次の方法で表現していた。制約式として、

$$F_d - F_{(d-1)} = ON_d - OFF_d = K_d, \quad \text{for } \forall d \dots \textcircled{1}$$

を定義し、変数として

F_d : 日程 d に状態が ON である場合には 1 を、OFF である場合には 0 を取る

ON_d : 日程 d に、状態が ON に変化した場合には 1 を、変化しなければ 0 を取る

OFF_d : 日程 d に、状態が OFF に変化した場合には 1 を、変化しなければ 0 を取る

K_d : 日程 d に、状態が変化した場合には 1 を、変化しなければ 0 を取る

とした。変数 F_d, ON_d, OFF_d がバイナリ変数であれば、数値パターンは表 1 となる。

表 1 数値パターン

F_d	$F_{(d-1)}$	$F_d - F_{(d-1)}$	ON_d	OFF_d	K_d
0	0	0	0	0	0
0	1	-1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	0	0

しかし、対象問題のように連続的な実行が望まれるスケジュールを立案する場合には、目的関数として、

$$\sum_a C_a * K_a + \dots \rightarrow \text{最小化} \dots \textcircled{3}$$

を加えることが必要となり、これと同時に次のことがいえる。

a) 切り替え回数の最小化が目的関数に入っているため、前述の変数 ON_d, OFF_d はバイナリ変数である必要はなく、単に非負変数であれば良い。加えて、前述の制約

式①は、

$$F_d - F_{(d-1)} \leq ON_d - OFF_d = K_d, \quad \text{for } \forall d \dots \textcircled{1}$$

と緩和することが可能である。

b) ある装置を ON にすると同時に別の装置を OFF にすることが同時に発生する場合には、変数 OFF_d は省略可能である。

a) と b) を同時に採用することで、問題のサイズが縮小できる。今回の実行では分枝限定法を使用しているため、少なくとも連続緩和検出の処理時間 (primal 機能) につながる。

7. おわりに

数値計画法による定式化では、数々の工夫が可能である。当初は、数値計画法の厳密解の検出時間と検出解値を、スケジューリング問題の近似解法との比較のためのベースとして利用することを目的として数値実験を開始したが、実際には数値計画法モデルの数式表現の多様性を見ることとなった。

また、すべての条件を数値計画法モデルとしてフラットに取り込むことが、スケジュール立案として望ましいのかどうかについての検討も併せておこなっている ([2])。

尚、本研究は、(株)石油産業活性化センターの石油産業高度化技術開発事業の一環として実施したものである。

参考文献

- [1] 富士通株式会社、'AMPS 説明書 (数値計画法システム-線形計画法問題及び混合整数計画法問題の最適化)', 1994
- [2] 池ノ上晋, 他、'石油精製業におけるスケジューリング問題への適用-対話型計画作成システムのモデル化について-', 1996 年度日本 OR 学会春季研究発表会、1996
- [3] 草刈君子, 他、'原油タンクスケジューリングへの適用-数値計画法による定式化-', 1995 年度日本 OR 学会秋季研究発表会アストラ外集, pp. 186-187, 1995
- [4] 石油学会、'経営情報部会分科会活動報告書 (平成 4 年 7 月~平成 7 年 1 月)', 1995

訂正

対象問題の定式化のために、[3] を次の通り訂正する必要があった。蒸留常圧装置の切り替えを考慮するため、変数 $K, CON, COFF$ に蒸留常圧装置を区分するための添字 p を追加し、切り替えを定義するための制約式を添字 p に対しても生成する。