

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：34428

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510195

研究課題名(和文) スタビリティを指向するプロジェクト管理の意思決定モデルと実用技法の開発

研究課題名(英文) Development of stability-oriented model and practical method for project management

研究代表者

諏訪 晴彦 (SUWA, HARUHIKO)

摂南大学・理工学部・教授

研究者番号：40299029

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：プロジェクト・タイム・マネジメントにおいて、不確実性の生起に対してロバストなプロジェクト・スケジュール生成法を開発した。プロジェクト遅延に対する予見性という意味での「スタビリティ」と呼ばれるスケジュールの特性を新たに導入した。スタビリティに基づく評価尺度を定義し、スタビリティを最大化にする(遅延に関わる費用を最小化する)ことを目的とした種々のスケジュール生成手順を提案し、数値シミュレーションによりその有効性を示した。

研究成果の概要(英文)：We developed a method to generate project schedules with robustness against disturbances which might occur randomly during project execution. We introduced the concept of "stability" that can be considered as one of schedule properties in the sense of the predictability for fluctuation of the schedule. We define the performance measure regarding the stability in a stochastic manner, and then built some mathematical models for optimizing the stability of the project schedules as well as its productivity. We demonstrated the applicability of our model through the computational experiments.

研究分野：新複合領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 / 社会システム工学・安全システム

キーワード：プロジェクト管理 スタビリティ 数理モデル 不確実性

1. 研究開始当初の背景

プロジェクト管理に関する研究は、RCPSP (Resource Constrained Project Scheduling Problem) の枠組みを前提とした成果が多数報告されている。これらの中心は「効率的解法や手順」の提案である。国内ではこのようなプロジェクトのスケジュール生成が重要視され(多くの場合、生産スケジューリングと同列で扱われている)、生成したスケジュールにしたがうプロジェクトをどうマネジメントするかという意思決定のモデルと方法論の研究はほとんど見受けられない。一方、国外では、組合せ最適化の枠を超えたプロジェクト管理の研究が増えつつあり、CC/BM (Critical Chain/Buffer Management) に代表される制約理論(TOC)ベースの管理技法の妥当性が検証されつつある。プロジェクト管理に関する研究での課題は、次のように要約される。

〔課題1〕現実のプロジェクト管理では、ある程度の遅延を容認した上でプロジェクト計画を可能な限り変更しないことが基軸となることが多い。にもかかわらず、これを考慮した客観的評価方法はもとより管理技法さえも確立されていない。

〔課題2〕遅延を陽に考慮した管理技法としてCC/BMが有名である(ただし国内の実務レベルではほとんど知られていない、採用されていない)。CC/BMはスケジュールに時間バッファを持たせるが、その与えるべき大きさについて理論的根拠がないことや、作業の開始時刻を決定するためのポリシーが不明確といった問題が顕在化している。

以上の課題はプロジェクトの評価と運用の面で深く関連するものであり、当該研究は、上記二つの課題を解決するための端緒として位置付けられる。

2. 研究の目的

1.で列挙した課題を解消するために、不確実性への予見性を意味する「スタビリティ」という概念を新たに導入する。これを前提とした新たな問題の枠組みとプロジェクト・マネジメントの管理技法を確立するという考えに至った。本研究では、スケジュールのスタビリティを指向したプロジェクト管理の意思決定モデルを構築し、実用性の高い管理技法を開発する。

3. 研究の方法

(1) スタビリティの概念を定義し、スタビリティに基づくプロジェクト計画作成問題を定式化する。この問題はRCPSPの上位に位置付けられ、具体的には作業時間の見積もりと資源の必要量を(同時に)決定する静的問題である。数理計画問題として定式化することを考える。

(2) スタビリティを評価指標とした、実利用に直

結するクリティカルチェーン・バッファ管理技法を開発する。

4. 研究成果

(1) 従来のロバスト・スケジューリングの研究では、計画やスケジュールのロバスト性を評価する尺度として、各作業の開始時刻や完了時刻の「ずれ」、すなわち予定時刻と実際時刻との偏差を用いることがほとんどである。本研究では、不確実性の生起に対する予見性を、計画やスケジュールの持つ「スタビリティ」と捉まえ、確率論的アプローチによる二つの評価尺度を考案した。

一つは、プロジェクトを構成する作業 i ($i=1, \dots, N, A=\{1, \dots, N\}$) の時刻 t に開始することに関わるコスト h と、その作業が時刻 t で開始する確率 $G_i(t)$ を定義し、開始時刻のずれにかかわる総期待費用 C :

$$C = \sum_{i \in A} \sum_{t=\alpha_i}^{\beta_i} h(t, S_i) G_i(t)$$

を導入した。ただし、 α_i および β_i は開始時刻(見積もり)の上限および下限を表す。(なお本研究では、 $G_i(t)$ を算出するにあたり、作業所要時間の変動分布としてベータ分布を仮定している。)

二つ目に対象プロジェクト(ないしはシステム)での工程 k の第 t 期における資源要求量の総和が τ となる確率 $G_{kt}(\tau)$

$$G_{kt}(\tau) = F_{n_{kt}}(\tau - r_{kt}) \quad (\tau = 0, \dots, U_{kt})$$

をスタビリティ評価尺度として採用した。ただし、 r_{kt} は第 t 期に工程 k を使用する作業の資源要求量の総和を、第 t 期工程 U_{kt} は資源要求量の上限を表す。また、 $F_{n_{kt}}(a)$ はある期間で n_{kt} 個の作業を実行するとき生じる得る時間的遅延量の総和が a になる確率を表す。

次にスタビリティに基づく意思決定モデルについて、上記二つ目の確率 $G_{kt}(\tau)$ を例にとって説明する：工程 k での生産能力の上限が C_k とすれば、生産能力を超過する確率を低減する意味において、スタビリティ向上を指向するプロジェクト・スケジュール生成の最

$$\min. C = \sum_{k \in W} \sum_{t=1}^T \sum_{\tau=C_k+1}^{U_{kt}} G_{kt}(\tau)$$

$$\text{s.t. } S_i + d_{im_i} \leq S_j \quad (i \in A, j \in Q_i)$$

$$S_i + d_{im_i} \leq D_i \quad (i \in A)$$

$$\max_{i \in A} (S_i + d_{im_i}) \leq T$$

$$\sum_{i \in A_t} R_{ikm_i}(t - S_i) \leq C_k \quad (k \in W, 1 \leq t \leq T)$$

$$S_i \geq 0 \quad (i \in A)$$

適化を講じることができる。本研究では、次のような数理モデルを構築した。

このモデルでは d_i, D_i, m_i, S_i はそれぞれ、プロジェクトを構成する作業(i)の所要時間、期日、処理モードおよび予定開始時刻を表す。また、 $R_{ikm_i}(t)$ は時刻 t において工程 k で作業 i

を処理モード m_i で実行する場合に必要な資源量である。処理モードは作業の処理時間（見積もり）と必要資源量で表される。すなわち、各作業の処理モードを特定することは、各作業の適切な作業時間と資源量を決定することと等価である。

(2) (1)で述べた評価尺度の性質に応じたプロジェクト・スケジュール作成手順をいくつか提案した。問題規模が比較的小さい場合（例えば作業数が 30~60）、分枝限定法を構成し最適スケジュールを導出した。規模の大きい問題に対しては、Greedy を基本とするヒューリスティクスを開発した。提案手法の検証実験としてさまざまなケースを想定した数値シミュレーションを実施した。

実験結果として（大まかな傾向として）、従来の生産性最大化（メイクスパン最小化など）を目的とするプロジェクト・スケジュール生成とは異なり、不確実性に対応するという点では特徴的なプロジェクト・スケジュールを生成することに成功した。例えば、図 1 に示すように、資源量の逼迫度合いにさほど影響されることなく、プロジェクトの実際の遅延を低減することを誘導するスケジュールが作成できる。

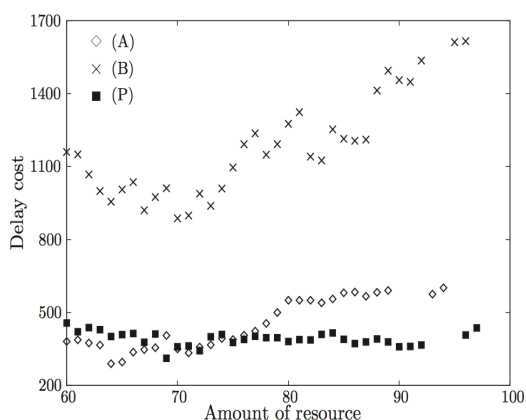


図 1: 資源量とプロジェクト遅延費用(作業数: 60, (P)は提案手法, (A)および(B)は従来手法)

数値シミュレーションでは最大で 120 作業の問題に適用したが、大規模プロジェクトに見られるような数千規模の適用は実現できなかった。今後、開発した手法の高速性・効率性を検討せねばならない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

諏訪晴彦・森田大輔, スタビリティを指向する能力所要量計画に関する一考察(柔軟ジョブショップへの適用), 日本機械学会論文集 C 編 (2014)(掲載決定)

Morita, D., and Suwa, H., An Optimization Method for Critical Chain Scheduling toward

Project Greenality, International Journal of Automation Technology, Vol.6, No.3, pp.331-337 (2012)

森田大輔・諏訪晴彦, プロジェクト管理におけるスケジュール・スタビリティ向上のための作業時間の見積もり方法, システム制御情報学会論文誌, Vol.25, No.6, pp.145-151 (2012)

〔学会発表〕(計 10 件)

Fujiwara, T., Suwa, H., and Morita, H., A Dynamic Scheduling with Using Rescheduling Strategy and Reduction Processing Time, International Symposium on Scheduling 2013, pp.32-35 (2013.07, Tokyo International Exchange Center, Tokyo)

森田大輔・諏訪晴彦, 生産システムにおけるロバストな負荷計画の生成法, 日本機械学会生産システム部門研究発表講演会2014, pp.17-18 (2014.03.17, 電気通信大学(東京都調布市))

森田大輔・諏訪晴彦, スタビリティを指向する能力所要量計画とスケジューリングに関する基礎的検討, スケジューリング・シンポジウム2013講演予稿集, pp.113-118 (2013.9.21, 名古屋大学(愛知県名古屋市))

森田大輔・諏訪晴彦, 生産システムにおけるスタビリティを指向する能力所要量の計画に関する基礎研究, 日本機械学会生産システム部門研究発表講演会 2013 講演論文集 (2013.3.12, 中央大学(東京都文京区))

Morita, D. and Suwa, H., A Method for Activity Duration Estimation Based on Project Stability, Electronic Proceedings of 2012 International Symposium on Flexible Automation, 6 pages (2012.06, St. Louis, MO, USA)

森田大輔・諏訪晴彦, 資源と作業時間のトレードオフを考慮したロバスト・スケジューリング法に関する基礎的検討, 第56回システム制御情報学会研究発表講演会論文集 (CDROM) (2012.5.21, 京都テルサ(京都府京都市))

Suwa, H., Morita, D. and Sandoh, H., A New Slack Protection Strategy in Dynamic Project Scheduling, Electronic Proceedings of the 21th International Conference on Production Research, 6 pages (2011.8, Stuttgart, German)

藤原稔久・諏訪晴彦・森田浩, 処理時間の縮約を考慮した動的プロジェクトスケジューリングに関する研究, スケジューリング・シンポジウム2011講演予稿集, pp.61-66 (2011.9.25, 大阪工業大学(大阪府大阪市))

森田大輔・諏訪晴彦, プロジェクトのスタビ

ティ向上のための作業所要時間の見積もり
方法に関する基礎的検討, スケジューリン
グ・シンポジウム 2011 講演予稿集,
pp.55-60 (2011.9.25, 大阪工業大学(大阪
府大阪市))

〔図書〕(計1件)

Suwa, H. and Sandoh, H., Online Scheduling
in Manufacturing - Cumulative Delay
Approach, Springer, London (2012) 全 156
頁(全頁にわたって執筆)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.setsunan.ac.jp/~suwa/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

諏訪 晴彦 (SUWA HARUHIKO)

摂南大学・理工学部・教授

研究者番号: 4 0 2 9 9 0 2 9

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

森田 大輔 (MORITA DAISUKE)

摂南大学・大学院生