第16回横幹連合コンファレンス　2025.12.13-14
金沢工業大学扇が丘キャンパス

実行段階でのスケジュール調整を考慮したプロジェクト・スケジューリング手法

2025年12月14日

神奈川大学　工学部　経営工学科　石井 信明　n-ishii@jindai.jp
神奈川大学，アフターデジタルDX研究所　大場 允晶

世界へ、そして未来へ 神奈川大学

目　次

1. 背景
2. 先行研究
3. 研究の目的
4. プロジェクト・スケジューリング手法
5. 数値計算例と考察
6. まとめと今後の課題

背　景

① 業務の変化

- プロジェクトエコノミーの到来により、

  オペレーショナル型業務からプロジェクト型業務への移行が進行

- プロジェクトマネジメント技術が多くの分野に浸透

DIAMONDハーバード・
ビジネス・レビュー
2022年2月号

② プロジェクトの特性と課題

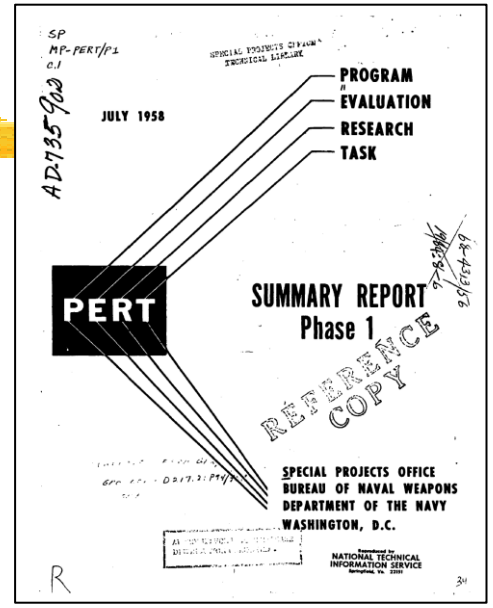
- 独自の成果物を生み出す業務であり、不確実性と変化を伴う
- 実務では不確実性管理が十分でなく、納期遅延・コスト超過が頻発

③ プロジェクトのトラブルの要因　原因は多岐にわたり、複雑に関連

- 多くはスケジュールと費用の見積り精度に起因

  ➔見積りの精度不足が、費用増加と納期遅延を引き起こし、失敗につながる

先行研究　プロジェクトスケジューリングについて



Special Projects Office, Bureau of Naval Weapons, Department of the Navy, Washington D.C., Program Evaluation Research Task (PERT), Summary Report; Phase 1 (1958)

① 近代的プロジェクトスケジューリングの歴史

- 1950年代のPERTに始まり、多くのプロジェクトで実績を蓄積

② 代表的な研究

- 資源制約付きプロジェクトスケジューリング
- クリティカルチェーン法（共有バッファによる変動対応）

③ 既存研究の限界

- 多くは、アクティビティ時間を固定あるいは確率分布で設定
- 実行段階でのアクティビティ時間の柔軟な調整は十分に探求されていない

④ 実務での対応策

- 計画段階でのスケジュールを、実行段階において進捗に応じて調整
  - ✓ クラッシング、ファストトラッキングが代表的な調整法
- 実行段階で調整が可能として、<u>納期遅れの可能性のある計画を許容</u>

プロジェクトスケジューリング　従来の考え方

従　来

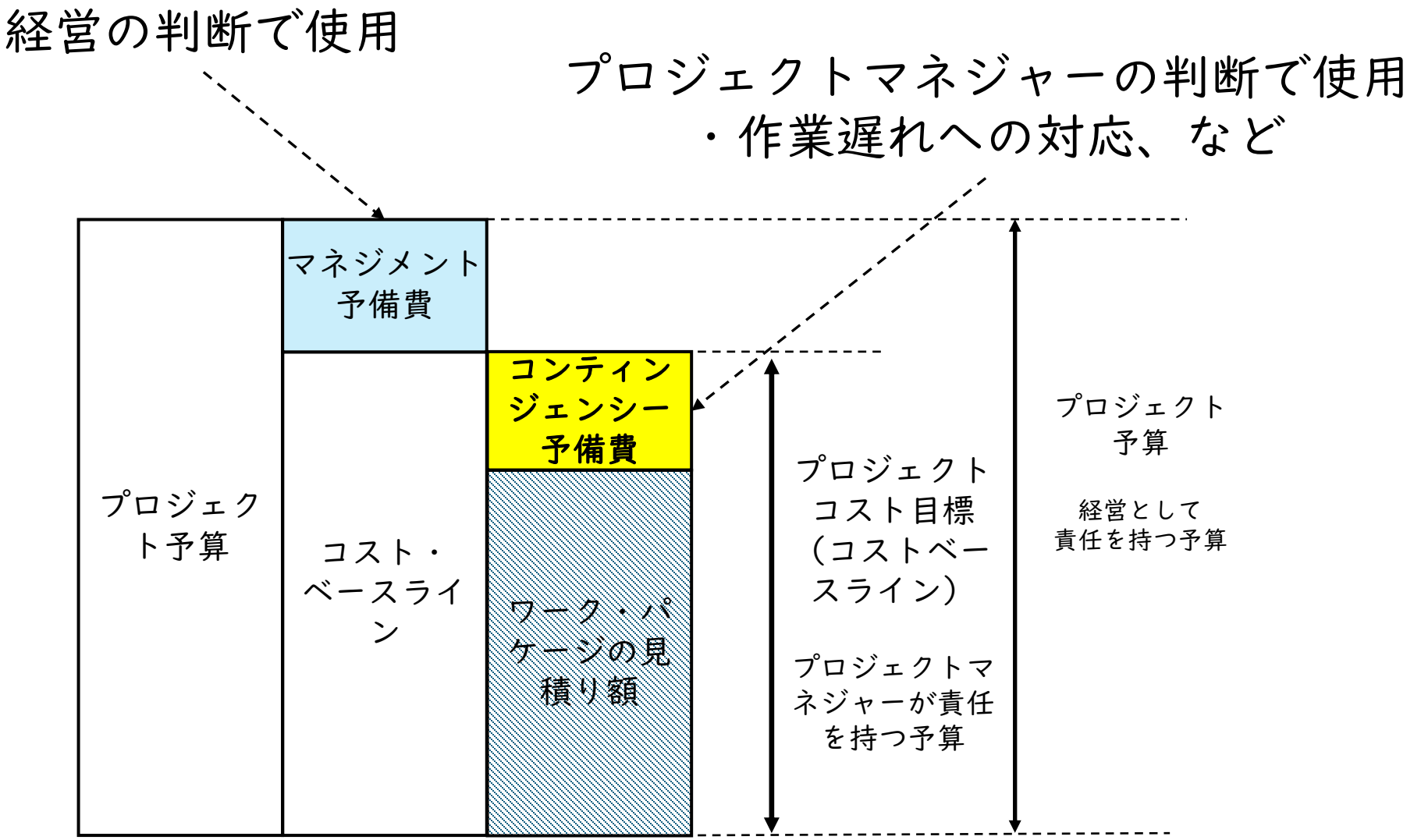
- 計画段階で、納期遵守率を考慮しながら各アクティビティ時間を調整
- 納期遵守率が100%の計画はほぼない
- 遅れへの実行段階での調整可能範囲と必要リソースの定量的な検討が不十分

- 実行段階での納期遵守に向けた「頑張り」に期待
- プロジェクトマネジャーの判断で使用できるコンティンジェンシー予備費を活用
- プロジェクトマネジャーの判断で使用できるコンティンジェンシー予備費の見積り根拠が薄い

Oracle Primavera Risk Analysisの例
https://www.youtube.com/watch?v=ThI-QOjXdcA&t=16s

納期遵守率：プロジェクトが納期以内で完了する割合

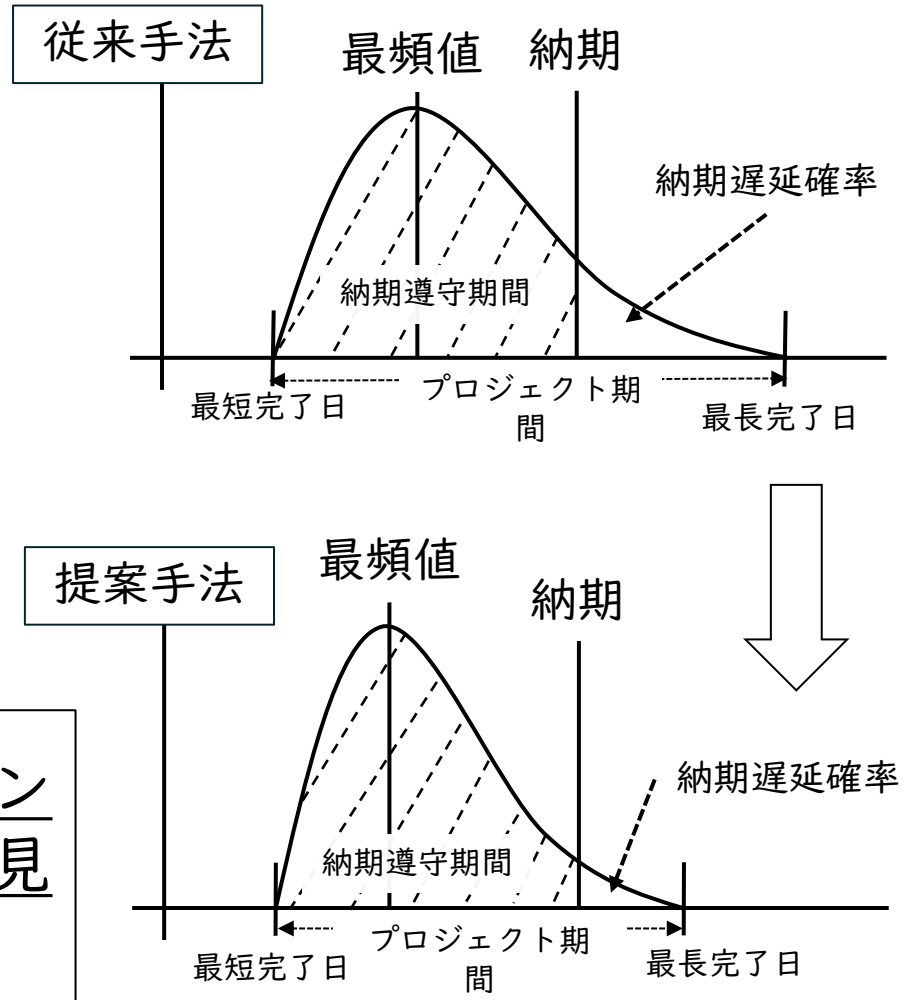
見積りと各種コスト・予算



提案手法の考え方

従来の考え方に加え、実行段階でのアクティビティ時間調整の柔軟性を考慮

- シミュレーションにより、不確実な進捗状況を模擬
- 進捗状況により、柔軟に時間調整をするアクティビティを決定
- 調整可能な範囲で、リソースを投入してアクティビティ時間を短縮



より現実的な
- プロジェクト期間、
- 納期遵守率、
- 必要なリソースの見積りが可能となる

根拠のあるコンティンジェンシー予備費の見積りにより、
納期への責任を明確化

・プロジェクト期間短縮　　・納期遅延確率低減

研究の目的

プロジェクト計画段階において、

実行段階でのアクティビティ時間調整の柔軟性を考慮した、

より現実的なプロジェクト期間の分布と納期遵守率の見積り方法を提案

実行段階での納期遅延対応を考慮した、

プロジェクト期間の分布と

予備費（時間調整の費用）を見積ることが可能になる

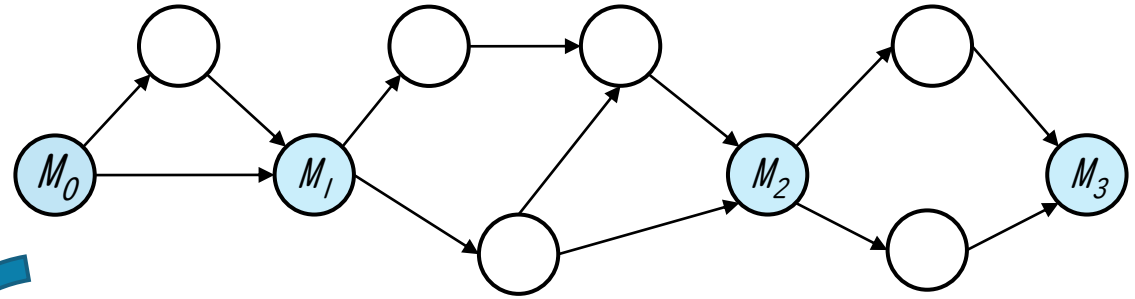
プロジェクト・スケジューリング手法　概要

計画段階で設定する仮定

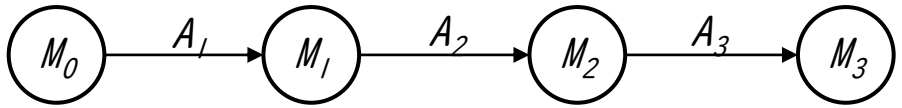
① アクティビティ時間を確率分布に基づいて設定

② マイルストーン到着時刻をアクティビティ遂行中に予測可能

③ 到着予測時刻に応じてアクティビティ時間を設定範囲内で短縮可能



アクティビティの集約



A_i: 集約後のアクティビティ　i　　M_i: マイルストーン　i

手法の概要

① スケジュール・ネットワークモデル上にマイルストーンを設定

② マイルストーン間のアクティビティを一つのアクティビティに集約し，I 個の直列アクティビティからなるネットワークを設定

③ 各マイルストーン到達時刻を目標に、以降のアクティビティ時間を調整

- 目標到達時刻以内の場合、到達時刻を維持
- 目標到達時刻を超過した場合、設定範囲内で短縮
- 過度な遅れで調整範囲を超える場合、納期超過が発生

アルゴリズム　その１

- 手順1：対象のプロジェクトについて，プロジェクト・スケジュール・ネットワークを作成する．
- 手順2：プロジェクト・スケジュール・ネットワークに I 個のマイルストーンを設定する．
- 手順3：マイルストーン間のアクティビティを一つのアクティビティに集約し，I 個の直列アクティビティからなるネットワークとする．
- 手順4：マイルストーン i への計画到着時刻 MS_i を設定する．$(i = 1 \sim I)$ MS_I がプロジェクトの完了時刻となる．
- 手順5：マイルストーン間のアクティビティ時間について，確率分布を設定する．
- 手順6：手順3で集約したプロジェクト・スケジュール・ネットワークと手順5で設定したアクティビティ時間の確率分布によりモンテカルロシミュレーションを行い，各マイルストーンへの到着時刻 P_i を求める．$(i = 1 \sim I)$

アルゴリズム　その２

- 手順7：n回目のシミュレーションについて，$i=1$ からIまで，次の S1～S4 を順次繰り返す．ただし，次の初期設定をおこなう．また　P_i^r　は，アクティビティ i の時間変動調整後のアクティビティ時間とする．

$$i=1, \qquad P_1^r = P_1$$

S1:マイルストーン i への到着時刻について，時間変動を考慮したアクティビティ時間調整必要時間 PC_i の算出

$$PC_{n,i} = \begin{cases} P_i^r - MS_i & \text{if } P_{n,i}^r > MS_i \\ 0 & \text{if } P_{n,i}^r \leq MS_i \end{cases}$$

S2:アクティビティ時間調整限界値 PC_i^{over}の算出．ただし，アクティビティ i の時間の最頻値を P_i^m，最頻値に対する最大短縮可能割合を $limit_i$ (0.0~1.0)　とする．

$$PC_{n,i}^{over} = \begin{cases} PC_{n,i} - P_i^m \times limit_i & \text{if } PC_{n,i} > P_i^m \times limit_i \\ 0 & \text{if } PC_{n,i} \leq P_i^m \times limit_i \end{cases}$$

アルゴリズム　その３

S3:マイルストーン i への調整後到着時刻 P_i^r の算出 $(i=1\sim I)$.

$$P_{n,i}^r = \begin{cases} MS_i + PC_{n,i}^{over} & \text{if } P_{n,i}^r > MS_i \\ P_{n,i} & \text{if } P_{n,i}^r \leq MS_i \end{cases}$$

S4: マイルストーン $i+1 \sim I$ の到着時刻の修正

$$P_{n,j+1}^r = P_{n,j}^r + (P_{n,j+1} - P_{n,i}) \qquad (j = i \sim I-1)$$

- 手順8：手順7を手順6のシミュレーションで得た回数分（N 回）のデータで行い，求めた各　P_I^r の値と納期から納期遵守率を算出する.
- 手順9：求めプロジェクト期間となる $P_{n,I}^r$ と納期から下記のように納期遵守率を算出する.

納期遵守率 $= \sum_{n=1}^{N} D_n / N$

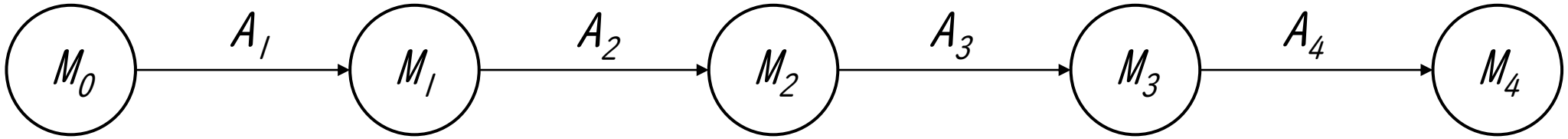
ただし，$D_n = \begin{cases} 1 & \text{if } P_{n,I}^r \leq MS_I \\ 0 & \text{if } P_{n,I}^r > MS_I \end{cases}$

アルゴリズム　その４

- 手順10：求めたアクティビティ時間調整必要時間PC_i，および調整限界値　$p_i^m \times limit_i$から，アクティビティ時間を短縮するために必要なリソースと量を求め，コンティンジェンシー予備費を算出する．

数値計算例　データ設定

- スケジュール・ネットワーク図



A_i: アクティビティ　i　　M_i: マイルストーン　i

- アクティビティ時間

すべてのアクティビティで，三角分布を設定する．

・楽観値：7.0　・最頻値：10.0　・悲観値：15.0

- 手順6のシミュレーション回数: 1000回

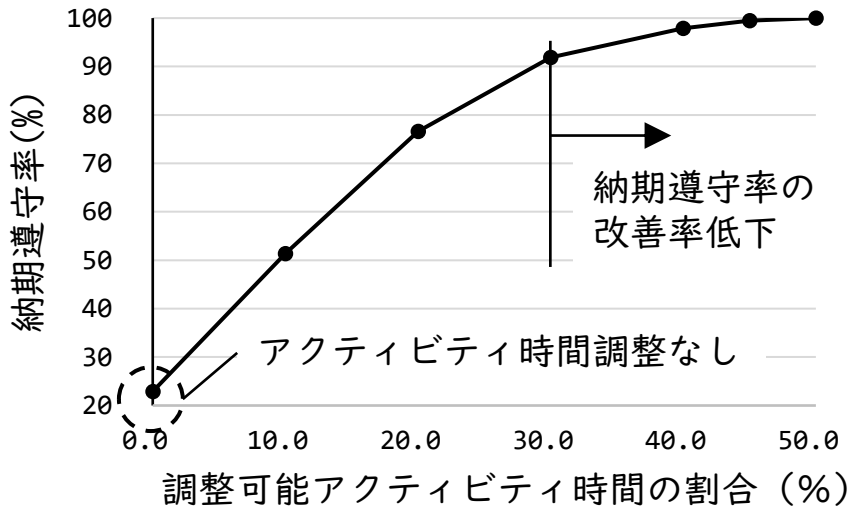
- マイルストーンへの到達時刻（日）

M_1	M_2	M_3	M_4（納期）
10.0	20.0	30.0	40.0

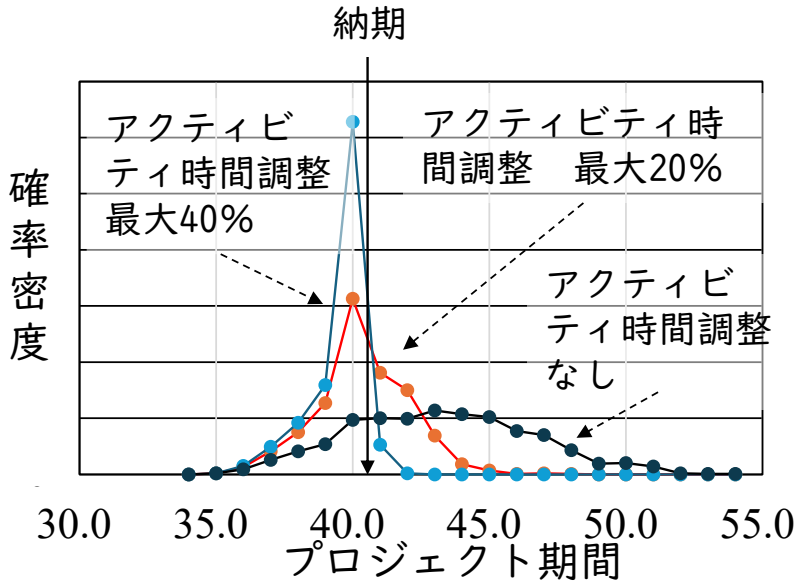
プロジェクトの開始を0.0とする．
M_4への到達時刻を納期（40日後）とする．

数値計算結果

- 納期順守率はアクティビティ時間を調整しない場合約20%
- 時間遅れに応じて調整を行うことで，調整可能時間の割合に応じて改善



- 時間調整により過度な納期超過が減少
- 時間調整は費用を伴うため，調整時間は納期遵守率と費用とのバランスで決まる



プロジェクト計画段階でスケジュール調整の柔軟性を考慮することで，
より現実的なプロジェクト期間の分布，納期遵守率、予備費の見積りが可能になる．

数値計算結果

アクティビティ時間調整と必要なリソース

時間に比例したリソース量が必要となる

	修正に必要なリソース量（日）　（削減時間で代替）					
短縮可能割合	10%	20%	30%	40%	45%	50%
平均	1.736	2.776	3.304	3.490	3.515	3.517
分散	1.103	1.930	2.447	2.679	2.720	2.724
最小	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
最大	4.000	8.000	11.077	13.423	14.532	14.537

まとめと今後の課題

① 実行段階におけるアクティビティ時間調整の柔軟性を計画段階で考慮

② プロジェクト期間予測精度を向上するとともに，納期遵守率およびコンティンジェンシー予備費を見積る手法を検討

③ 提案した手法を適用することで，より合理的かつ定量的な予備費の設定が可能となる

まとめと今後の課題

- 今後の課題
  - ① マイルストーン到着時刻の予測手法の開発
  - ② アクティビティ時間短縮と費用（予備費）の関係の探求
  - ③ コンティンジェンシー予備費の適切な設定方法も検討

おしまい

Q&A

本研究はJSPS科研費24K07936の助成を受けたものです．

参考文献

1)DIAMONDハーバード･ビジネス･レビュー編集部，アジャイル化するプロジェクトマネジメント，DIAMONDハーバード・ビジネス・レビュー，2月号(2022)

2)Turner, J. R., The Handbook of Project-Based Man-agement: Leading Strategic Changes in Organizations 4th edition, McGraw-Hill (2014)

3)Project Management Institute，プロジェクトマネジメント知識体系ガイド 第7版，Project Manage-ment Institute (2023)

4)加藤昭吉，計画の科学，講談社（1965）

5)Hartmann S., Briskorn, D., An updated survey of variants and extensions of the resource-constrained project scheduling problem, European Journal of Operational Research, 297 (1), 1/14 (2022)

6)Special Projects Office, Bureau of Naval Weapons, Department of the Navy, Washington D. C.: Program Evaluation Research Task (PERT), Summary Report; Phase 1 (1958)

7)石井信明，三点見積り再考，第15回横幹連合コンファレンス，ID E-5-4 (東京科学大学，大岡山キャンパス，東京)（2024）

8)石井信明，スケジュール調整の柔軟性を考慮したプロジェクト計画段階における納期遵守率の見積り， 2025年度日本経営工学会春季大会予稿集，204，pp. 48-49 (静岡市 グランシップ静岡)（2025）