

1960年代に日本国内に紹介された工程ネットワーク手法は、米国で誕生したPERT/CPM法を元にした手法である。この元になったPERT/CPM法¹⁾では、作業を示すアローにある程度のばらつきがあることを踏まえた計算方法などが示されていた。ただ、工程ネットワーク手法やこれに基づくネットワーク工程表を用いて日々行われる工事の工程計画を立案する際には、計算の簡便さも求められることから、基本的には標準的な作業日数を設定し、加算により最早終了時間を計算する手法が広く定着している。一方で、PERT/CPM法が当初、想定していたように、建築工事においては作業にばらつきが存在している。また、コンピュータの進歩もあり、確率密度分布などの表現が行いやすくなったことも踏まえ、研究者は工程ネットワーク手法の作業においてばらつきがある状態で計算を行うシステムの開発を行うことを目的に研究を開始した。建築工事の作業を確率密度分布がベータ分布に従う乱数を生成するプログラムを作成した上で、モンテカルロ・シミュレーションにより10万回、計算を行い、ネットワーク図で示された工程の計算システムを開発する。これにより、ばらつきがある状態でのネットワーク工程表の最早終了時間の推定が行えることになり、工事時間の遅延の予測や、遅れが生じやすいネットワーク図を探し出すことが可能になると考える。

まず、ベータ分布に従う確率密度分布は以下の式①により定義される。

$$f(x; \alpha, \beta) = \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)} \dots \text{①}$$

このベータ分布 $f(x; \alpha, \beta)$ に従う乱数 X の生成は、標準ガンマ分布 $\Gamma(\alpha, 1)$ に従う乱数 Y_1 と $\Gamma(\beta, 1)$ に従う乱数 Y_2 を独立に生成し、以下の式②を用いることで作成できる。

$$X = \frac{Y_1}{Y_1 + Y_2} \dots \text{②}$$

この乱数 X の生成手順を表1に示す。

この手順によりベータ分布に従う乱数を生成するプログラムをExcel VBAを用いて作成した。

つぎに「複数の作業の合流点」、「平行作業間のダミーアローの結節点」、「連続するダミーアロー」の3つのネットワーク図に関してモンテカルロ・シミュレーションを実行した。図1に1つのノードに1~100個の作業が合流していくことで作業時間に起きた変化を示す。また、図2に合流する作業の数の増加により最早終了時間が長くなっていく結果を示す。

このように、モンテカルロ・シミュレーションを実行するプログラムを作成したことで、工事現場における工程で出てきやすいネットワーク図の典型例である3つのネットワーク図に対して、シミュレーションを実行した。これにより、作業にばらつきがある状態では、合流点に相当するノードが存在すると最早終了時間が通常の工程ネットワーク手法による計算結果よりも遅れることを示した。

参考文献

- 1) 森竜雄：PERT 新しい仕事のまとめ方，日本能率協会，pp. 122-126，1964. 7
- 2) 四辻哲章：計算機シミュレーションのための確率分布乱数生成法，プレアデス出版，2010. 6

表1 各乱数の利用した手法²⁾

	計算内容	利用した手法
(1)	一様乱数を発生させる	メルセンヌ・ツイスタ
(2)	正規分布に従う乱数を発生させる	Ziggurat法
(3)	ガンマ分布に従う乱数を発生させる	圧搾法
(4)	ベータ分布に従う乱数を発生させる	(3)の乱数より導出

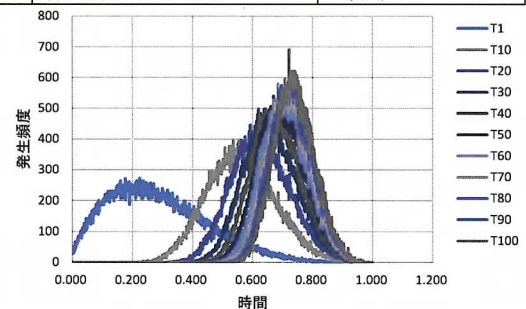


図1 $f(x; 2, 5)$ のベータ分布の場合における計算結果

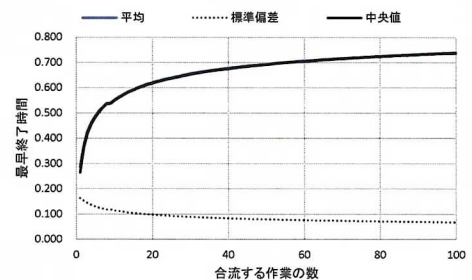


図2 合流する作業の数による最早終了時間の変化