

1. はじめに

Max-plus 線形システムは、作業の順序関係から最早・最遅開始時刻を計算する計算システムであり、この時刻から作業の余裕時間を求めることができる。近年では鉄道システムのスケジューリングへの適用の研究が行われている[1]。本稿では鉄道システムを取り扱えるよう拡張された Max-Plus 線形システムに簡単な鉄道ネットワークに適用して、その有効性を確認する。列車の遅延がその後の運行にどのように残存していくのかを示す。

2. 鉄道システムへの PERT の適用

PERT は生産システムなどのスケジューリングに一般的に用いられる技法である。システム全体に影響を及ぼす作業や各作業の余裕時間を求めることができる。

PERT における最早開始時刻は各作業を最も早く開始できる時刻、最遅開始時刻はシステムの最終作業を最早開始時刻で開始させるために、各作業を遅くとも開始していなければならない時刻である。鉄道スケジューリングでは最早開始時刻は遅延を生じさせない条件のもと各駅への最も早く到着できる時刻、最遅到着時刻は列車が路線ネットワークの終点に最早到着時刻で到着するために、各駅へ到着していなければならない時刻である。余裕時間は最早到着時刻で運行している列車の各駅における待機時間である。

3. 計算結果

鉄道ネットワークを図 1 に示す。

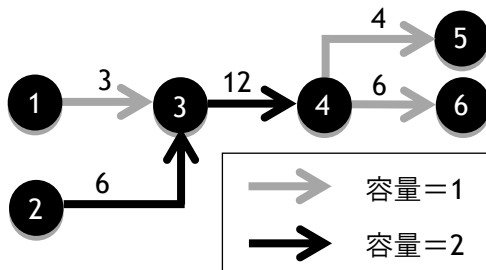


図 1. 鉄道ネットワーク

ノードは駅を、リンクは線路を表す。またリンクにはコストと容量が設定され、数値はコストを表す。

8 本の列車がこのネットワーク上を運行し、各列車はいずれも全ての駅に停車するものとする。駅 3 で 3 本目の列車が遅延した場合としていない場合での各列車の各駅への到着時刻を求める。その到着時刻から待機時間を求め余裕時間を計算する。

各駅において遅延のない余裕時間が、遅延が

生じたことによりどのように変化したかを図 2 に示す。駅 5, 6 の余裕時間については駅 4 と同一となるため省略する。

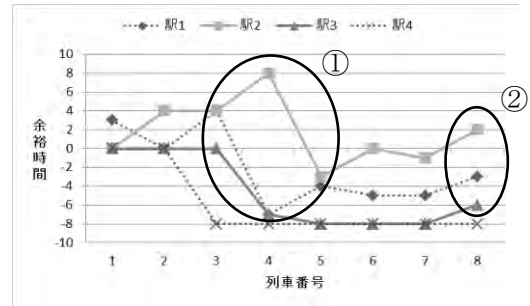


図 2. 余裕時間のグラフ

図 2 では列車 3 が駅 3 へ到着後に遅延が起きており、後続駅に影響が表れている。列車 3 の駅 3 の時点で影響が表れていないのは、駅 3 への到着時刻には遅延が起きていないことによる。この図中の負の値は該当する列車の運行に余裕がない状態を表している。

図中①では駅 1, 2, 3 の余裕時間が遅延により減少しているが、図中②で徐々に取り戻しているのが分かる。これは駅 1-3 間の通過するコストが比較的少ないことや、駅 2-3, 3-4 間では 2 つの列車を同時に処理できることなど、これらの線路が高い処理能力を持っているためである。後続駅の余裕時間を取り戻すことがないのは駅 3-4 間がボトルネックとなっているためと考えられる。

4. まとめ

本稿では、鉄道システムにおいて列車の遅れが発生した場合での各列車運行の余裕時間を示した。今後はより高密度かつ大規模な実際の路線ネットワークを用いたネットワークの評価や、今回は考慮されていない環状ネットワークのスケジューリングなどを課題とする。

文献

- [1] Hiroyuki Goto, Hirotaka Takahashi, "Monitoring and Prediction Method for a Class of Railway Systems based on State-space Representation in Dioid Algebra", International Journal of Computational Science, Volume 3, Number 3, pp.233-250, Jun. 2009.
- [2] Hiroyuki Goto, "Modeling methods based on discrete algebraic systems", Discrete Event Simulations, Chapter 3, pp.35-62, Aug. 2010.
- [3] 丸山達也, 高橋弘毅, 五島洋行, 「Max-plus 線形システムを用いた鉄道システムのスケジューリング手法の開発に向けて」, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2014 年秋季研究発表会予稿集, pp.64-65, 1-D-5, 2014.