

工程の順序の入れ替えによるコストの最小化

01406230 産業技術総合研究所 *中田亨 NAKATA Toru

産業技術総合研究所 渡辺創 Watanabe Hajime

1. 研究目的および問題の基本形

一般に工程では、加工の失敗により不良品となった中途加工品は工程途中で廃棄される。廃棄はロスではあるが、それら廃棄品には下流工程で加工が行われずに済むという利得もあり、損得の収支は自明ではない。このため、工程の順序を入れ替えることで、各ステップの成功率や実行コストに応じて、全体のコストは複雑に変化する。本稿ではこの現象に注目し、コスト最小化の戦略を述べる。

工程順序の入れ替えは、物理的・化学的な加工を主体とする工業的な工程では難しいことが多く、これまで盛んには論じられてこなかった。事務作業の工程では順序の入れ替えは比較的容易であり、業務改善の検討点として考慮に値すると考える。

ある仕事を完遂するためには、AとBという二つのステップをなさねばならないとする。各ステップには、入力量に対する合格品出力量の比である成功率 S_i と、1件あたりの実行に要するコスト C_i という特徴量があるとする。

本稿の問題の基本形は、AとBとの先後順序が自由であり、それぞれの実行コストも順序によらず一定である場合に、仕事全体のコストを最小化するAとBの順序を求めることである。

ステップAを先に、Bを後にする直列工程で、入力量が1の場合、各ステップでの製品流量と実行コストは図1のようになる。仕事全体では、出力される合格品の量は $S_A S_B$ であり、コストは $C_A + S_A C_B$ となる。

順序をB→Aの順に逆転すると、全体の成功率は変化しないが、全体コストは $C_B + S_B C_A$ に変わる。

A→Bの順の方が全体コストが小さくなる条件とは、 $C_A + S_A C_B < C_B + S_B C_A$ であるが、これは式(1)のように整理できる。

$$(1 - S_A)/C_A > (1 - S_B)/C_B \quad (1)$$

この両辺は各ステップのごとの失敗率と実行コストの比であり、この値が大きいステップから先着すると全体コストを小さくできると言える。よって、この比を優先度と呼ぶこととする。

A→Bという工程全体でのコストは、コストと成功率を軸に取った図で図形的にも求めることができる。Aの状況を表す点と全体を表す点を結ぶ直線は、コストが0で成功率が1の点からBを表す点に伸ばした直線と平行になる(図2)。また、全体の成功率は $S_A S_B$ であるから、全体コストはこれら直線の交点で示される。

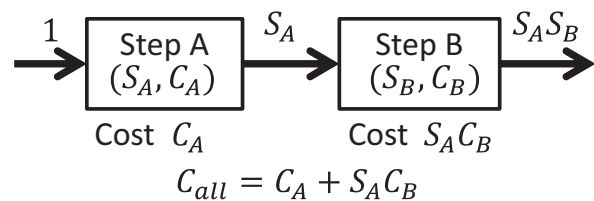


図1. 直列2ステップでの成功率とコスト

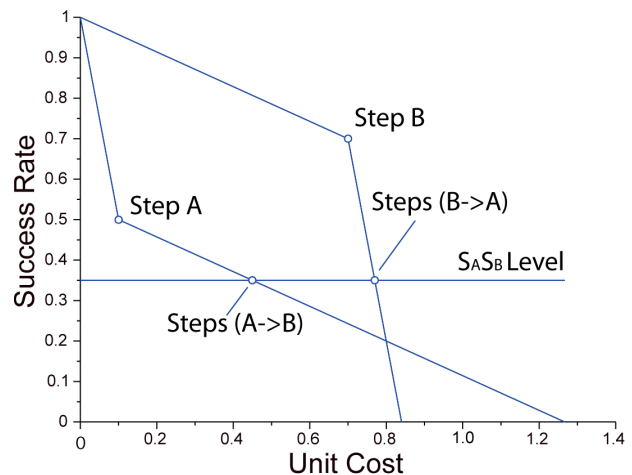


図2. 直列2ステップのコストの図形解法

2. 多ステップの場合の図形的解法

3個以上のステップを要する仕事において、全体コストを最小化する手順は、図形を使うと容易に見出すことができる。

例として、10 個のステップを要する仕事があり、それぞれのコストと成功率は図 3 上に丸点で示される値であるとする。

優先度が等しいステップ同士は、コストが 0 で成功率が 1 の点から伸ばした特定の傾きの直線の上に共に乗る。この直線を等優先度直線と呼ぶ。

全体コストを最小化するには、優先度の高いものから着手すればよい。これは図 3 上では、等優先度直線を反時計回りに掃過させ、順序を決める作業で求められる。(アルファベット順が最適解である。)

なお、図 3 の仕事を最適手順で実行した際に、各ステップを通過するにつれて、図 2 の図形解法に従い、コストは次第に蓄積され、全体の成功率は漸減する(図 4)。

3. 順序に拘束条件がある場合

一部のステップに実行の先後関係の拘束条件がある場合でのコスト最小化を考える。拘束条件は一般に、「ステップ A を完了しなければステップ B は着手できない」という形式である。

拘束条件が優先度の序列に逆らわない場合は、優先度のみを考慮してコスト最小化する戦略が拘束条件をも満たす。

拘束条件が優先度の序列に逆らう場合は、次のように考えられる。ステップ B が A より先には実行できないとする。

最適な戦略は、A 完了の後に直ちに B を実行することである。というのも、A 完了の時点で B よりも優先度が高いステップが残存していれば、そもそもそのステップは A の着手前に着手されるべきだったのである。

この理由で、A と B とは、その間に別のステップが割り込まない、一体の手順で実施されるべきである。よって、A と B とを合成したステップで優先度を計算し、他のステップとの先後を決すれば最適手順を求めることができる。

4. 必須ではないステップの採否の判断

仕事の完結には必須ではないが、行うことで付

加価値を与えるステップもありえる。不必須のステップを実施すべきかの判断は、コスト・成功率の蓄積図(図 4)の上で行える。

完成合格品 1 つあたりに要するコスト(「実質総コスト」と呼ぶ)は、この図の原点と、最終手順終了後のコストと成功率を表す点(「最終状態点」と呼ぶ)とを結ぶ直線(「等実質総コスト線」と呼ぶ)の傾きの逆数になる。

不必須のステップを追加すると、最終状態点はより右下に移動するだろう。しかし、付加価値の利得によって実質総コストを補い、最終状態点を追加以前の等実質総コスト線の左側に移動させられるなら、その不必須ステップは追加する利がある。

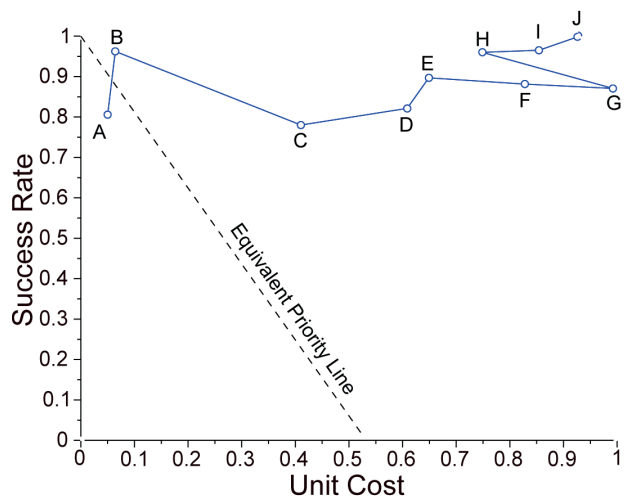


図 3. 作業例と最小コスト手順の図形解法

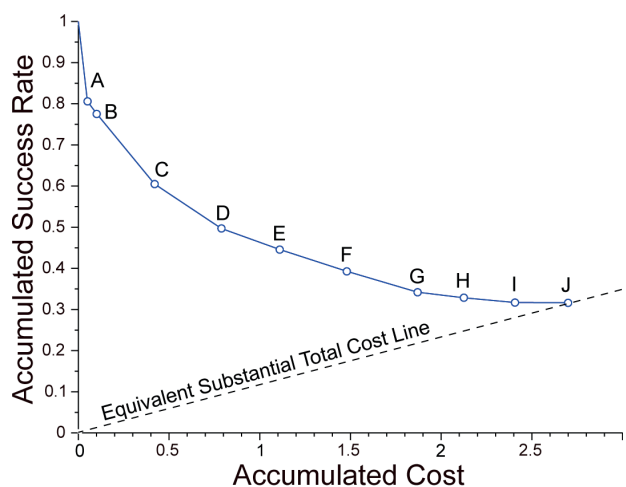


図 4. コストと成功率の蓄積(図 3 の例)