

資源制約を考慮した工程計画システムの開発研究

—Personal Computer を用いたOn-site Management System 化にむけて—

京都大学工学部

正員 吉川和広

京都大学工学部

正員 春名 攻

京都大学研究員(フジタ工業) 正員○池田将明

1. はじめに

建設工事における生産性の向上は、建設業界のみならず社会資本の早急な整備を図る観点からも重要であると考えられる。

このような視点から、工事に携わる組織体制、特にシステム化を最も必要としている建設現場事務所における「工事マネジメント業務(On-site Management)」に焦点をあて、これをトータル的にシステム化するための方法論とシステム構築に関する実証的研究を行っている。

現在、この工事マネジメントシステムの中核となる部分を工程マネジメント(工程計画+工程管理)システムであると考えて、パーソナルコンピュータを用いたシステム開発を行っている。¹⁾ 本論文ではこの過程で検討した工程計画における資源制約の考え方とこのシステムでの資源制約対応法に関して発表することとした。

2. 工程計画の実行可能性と工事特性の分類

(1) 工程計画の実行可能性

建設工事の制約条件には様々なものが考えられるが、これらを整理すると ①技術的制約(作業順序や安全・品質)②工期制約③資源制約④原価制約 などとなる。様々な条件下で施工される建設工事では、これらの条件を全て最適化するような工程計画の作成方法は不可能に近いが、我々はこれを概念的に以下の3 Step(図-1)のようにとらえシステム化を進める事とした。

Step.1 技術的制約について作業工程の実行可能性を検討する。

Step.2 工期制約と資源制約下での工程計画の実行可能性を検討し、複数の代替案を作成する。

Step.3 上記代替案の中で原価最小の案を最適案とする。

(2) 建設工事特性の分類

工期制約の面と資源制約の面とが相対的に厳しいか緩いかで建設工事の特性を分類すると表-1のようになる。また、現場技術者からのヒヤリングなどによりその割合を推定すると、ほぼ表-1のようになると考えられる。

そこで工程計画立案法を考える場合、表-1のように4タイプの工事における工事費用最

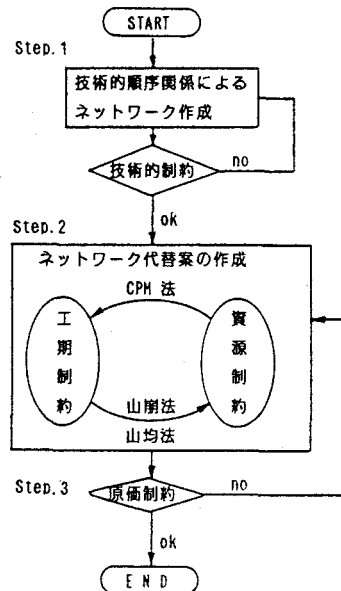


図-1 工程計画の概念フロー

Kazuhiro YOSHIKAWA , Mamoru HARUNA , Masaaki IKEDA

小化方法を検討する必要があるが、ここでは多くの工事が含まれる「工期制約が資源制約より相対的に厳しい場合」についてのみ検討する。

3. 最適化資源配分のためのアプローチ

工事への資源投入の最適化を検討する場合、以下のように①単位作業と②全体工程における最適化を考える必要がある。

(1) 単位作業における最適化

鉄筋組立やコンクリート打設などの単位作業については、建設現場において経験的に最も効率のよい投入資源数量を決めているように投入資源の最適数量が存在すると考えられる。そこで、図-2のような投入資源と作業速度、および図-3のような投入資源と所要費用のモデルを使った単位作業における最適性の研究²⁾に基づき、所要時間と所要コストの関係について新たに考察し図化すると図-4のようになる。また、これを投入資源と所要費用・所要時間の関係で整理すると最適投入資源量が明確に求められる。(図-5)

(2) 全体工程における最適化

全体工程における資源投入の最適化の内容には、①必要資源数量変動の最小化 ②遊休資源数量の最小化 ③全体投入資源数量の最小化 ④日最大必要資源数量の最小化 の4通りが考えられる。

ここで、資源数量が絶対的制約条件でない

場合は、経験上必要資源数量の変動の最小化を中心に検討することが重要であると考えられる。

Table.1 工事特性の分類

		工期制約	
		厳しい	緩い
資源制約	厳しい	少ない	中位
	緩い	多い	少ない

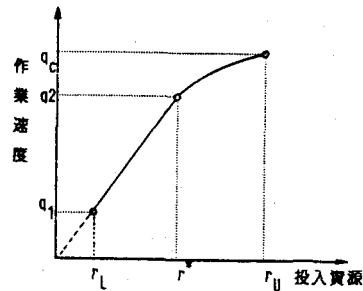


Fig. 2 投入資源と作業速度モデル²⁾

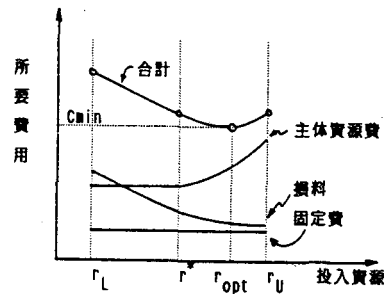


Fig. 3 投入資源と所要費用モデル²⁾

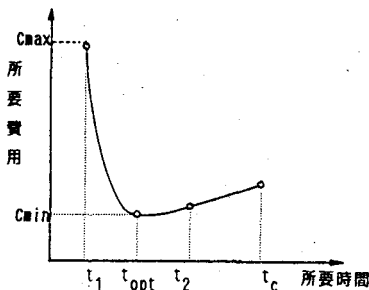


Fig. 4 所要時間と所要費用の関係

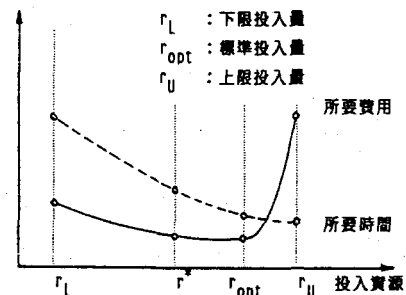


Fig. 5 単位作業における最適投入量

これまで全体工程における資源配分法としては、①ブランチ&バウンド法と線形計画法による最適化手法³⁾や、従来のPERT系の②山積山崩法、および③投入資源を変数としたヒューリスティック法⁴⁾などが提案されている。しかし、①は資源配分の組合せが膨大な数となるため現実の工事には適用し難い。また、②は当初に計算した日程を後追いの修正するため最適値との差異が把握できない。③は作業開始の優先順位設定のアルゴリズムが不明である。など、どれも決定的な方法とは考えられないのが現状である。

4. 資源制約を考慮した工程計画システム

今回開発した工程計画システムでは、計画化における資源制約条件の取扱いの方法として以下のように、①対話型法と②CPM山均法の2つを取上げ、この両者の利得を比較研究しようと考えている。

なお参考までにこのシステムの支援情報システム機器の構成を図-6に示す。

(1)対話型法

一般的な工事では、主要資源の制約条件は管理的順序関係(資源転用データ)の適切な指定によってある程度は満足される。そこで、残された問題を図-7のように①余裕時間内で操作する山均法と②計画立案者との対話による計画データ変更法による2段階の方法で対処することとしている。

この方法は計画立案者の経験をシステム内に取入れるという長所がある反面、思考の連続性を保つだけの応答性が現状のシステム機器構成で得られるかどうかの疑問が残る。

(2)CPM山均法

表-1に示したように資源制約よりも工期制約の方が厳しい場合が一般的である。

また図-5のように投入資源量を単位作業別に考えると、そこには所要費用最小の最適投入資源量が考えられる。

そこで、この最適投入量 r_{opt} を標準投入量とし、 r_U, r_L を各々上・下限投入量として指定し、この間を線形近似する事により図-8

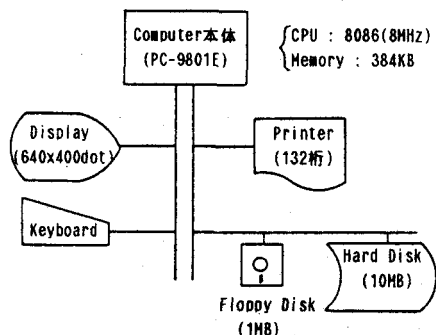


Fig.6 支援情報システム機器構成

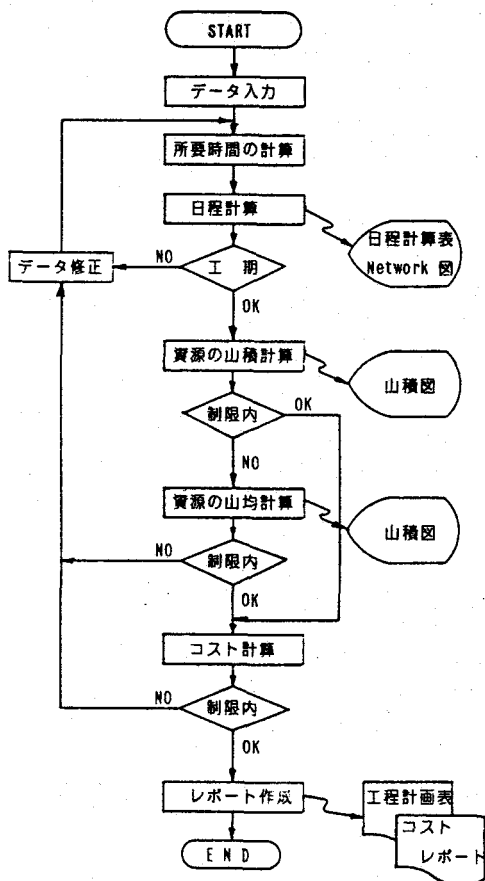


Fig.7 対話型工程計画法

のような２段階による資源制約対応法が考えられ、現在このアルゴリズムを開発中である。

Step.1 クリティカル作業による短縮費用山積図を用いて、工期に収まるように工程の短縮を図る。(図-9)

Step.2 クリティカル以外の作業の投入資源量を、投入下限値と作業のフロートの範囲内で、短縮費用最小な順序で削減する事により資源の山を均す(山均法)。

この方法の場合、投入資源の標準投入量と上・下限投入量をいかに設定するのかが問題となる。この設定方法として、同一の作業を一定の条件の下で投入資源量を変えて、図-2のような投入資源と作業速度の関係を明らかにする方法も考えられるが、全ての単位作業に適用する事は実験費用の面からも非現実的である。

そこで、作業単位ごとに多量に収集したデータを統計的に処理する事によりこの関係を求める方法が適当であると考え、歩掛りデータの分析研究を行っている。⁵⁾

5. おわりに

現在は、地下滞水池工事をモデルとしてこの工程計画システムの実験を行っている段階である。このように、今後いくつかの運用実験を通して、より実用的な計画手法を開発したいと考えている。

なお、このモデル工事における詳細な事例は、講演時に発表する予定である。

【参考文献】

- 1) 古川和広・春名 攻・池田将明：パソコンを用いた現場マネジメントシステムの実験の開発について
土木計画学研究・講演集No.7 1985年 1月
- 2) 宇津権昭八郎：工程管理の最適性に関する考察(1)(2)
土木技術39巻 3号(\$59.3) 39巻 5号(\$59.5)
- 3) 春名 攻：建設工事における施工管理に関するシステム

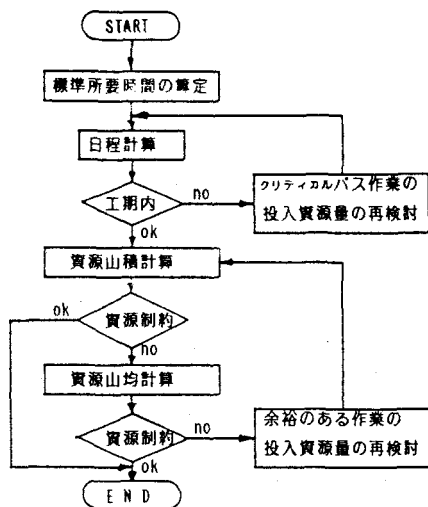
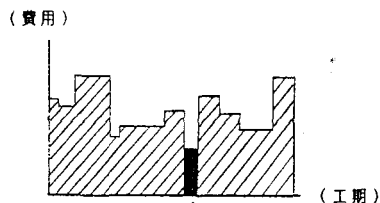


Fig.8 CPM山均法のフロー

Step.1 日程計算よりES,EF,TFを求める

Step.2 クリティカル作業による短縮費用山積図を作成する



Step.3 山積図の最小部を短縮予定日(X日)とする

Step.4 X日を含むクリティカル作業を1日短縮する

Step.5 最早時間でX日を含む経路の一般作業のTFを1日減ずる

Step.6 TFが0となった作業をクリティカル作業とし

山積図にその費用を追加する

Fig.9 短縮費用山積図による工程短縮法

論的研究, 京都大学学位論文, 1971.9

4) 山本幸司：土木工事における施工計画のシステム化に関する研究, 京都大学学位論文, 1978.11

5) 池田将明：統計的手法による歩掛りデータ利用の研究
土木工事のマネジメント問題に関する研究討論会
講演・資料集1984.11