

コンピュータグラフィックスを利用した

対話型概略工事計画のシステム化に関する開発研究

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

京都大学大学院 学生員○荒井 清

1. はじめに

近年、建設工事の大型化・複雑化が以前にも増してより一層進んでいる。一方、大型高性能施工機械の導入に関する問題やそれにとまう環境問題等、工事をとりまく施工条件は厳しさを増す一方である。このような施工状況を勘案しながら工事を経済的で迅速に、かつ安全・確実に遂行するには、工事着手前に充分な検討を行ない工事に対する基本方針となる工事計画を立てる必要がある。

一方、最近のコンピュータを中心とするシステムマシンやそれらの利用技術の発展は機器の小型化・低廉化そして使用の簡易化を可能にした。本論においては、このような状況の下での工事の計画化の段階におけるコンピュータを中心とするシステムマシンの活用方法、中でもコンピュータグラフィックスを中心としたシステムマシンの利用方法について述べることにする。

2. 工事計画の階層性

工事計画は対象とする工事期間や構造物の範囲、さらには意思決定者の権能レベル等によって以下の4つに分類できる。(図-1)

- ①基本工事計画 ②概略工事計画
- ③月間工事計画 ④週間工事計画

一般に計画化の過程においては、工事計画の内容を上述した4つの計画レベルで必要とされる要件に適合するように順次ブレイクダウンしながら検討する。そこで、自由度が高く、工事の成否に与える影響も小さくない概略工事計画レベルを対象とする。

また、図-1に示すように工事計画には費用の側面、工程の側面、安全の側面、品質の側面がある。現在までの研究に基づきこれら4つの側面に対する検討は工程の側面を中心として行なうものとする。

3. 座標式工程表と他の工程表の関係

概略工事計画を作成する際に工程を中心として検討を進めることは、2. 節で述べた。本論では、経験や勘に基づく判断が合理的に成されやすいと考え

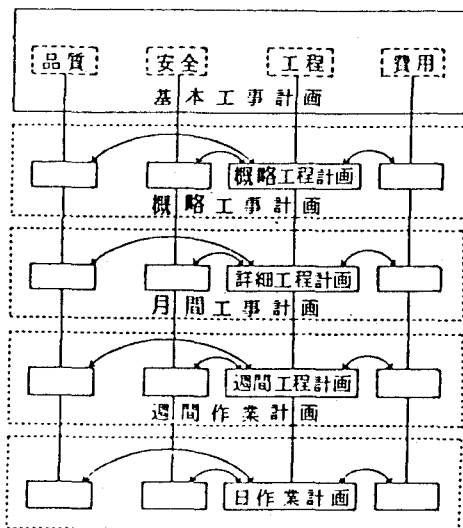


図-1 工事計画の階層構造

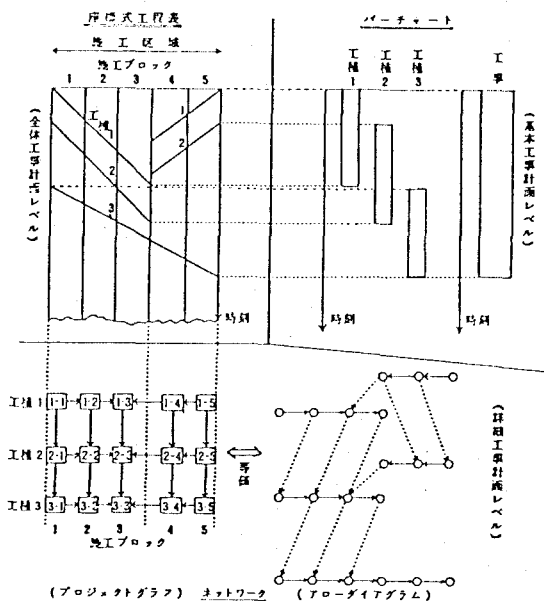


図-2 工程モデルの形式とそれらの関係概念

られる図形情報を用いることにより、工程計画を視覚的に捕える方法として図-2に示すような工程表を用いた計画化の方法について述べることにする。

また図-2に通常、用いられる3つの形式の工程表すなわち、

- ①バーチャート工程表 ②座標式工程表
- ③ネットワーク型工程表

の関係を小規模な工事を対象として概念的に表現している。図-2に示した3つの工程表の特徴や長・短所の説明は紙面の都合上省略することとするが、それらの相互関係はこの図より容易に理解されよう。さて本研究では、線形構造物に対象を限って座標式工程表を計画用のツールとする概略工程計画の作成方法について述べるとともに、概略工程計画の作成を対話型システムとして設計していくこととする。

4. 概略工事計画の作成方法

われわれは、基本工事計画によって明らかにされる与件や制約条件の下で、各工種の施工速度の変化や工区分割、さらには作業の中断等によって、工期を満足させかつ低廉な工事費用で実行可能性の高いような望ましい概略工程計画の作成方法の確立を目指した。そしてここでは計画化の段階を図-3に示す4つのステージに分けて検討を進めることとした。

また、工事費用を直接費用、間接費用、中断費用、一定費用の総和で表わすこととした。直接費用とは各工種の施工速度を大きくすることによって増加する費用である。間接費用とは工事期間の延長によって増加する費用である。中断費用とは作業を中断する際に機械等のクールダウン・ウォームアップに要する費用と中断の間、資源が拘束される損料の和である。一定費用とは材料費等の施工速度や工事期間に影響されない費用である。なお、ここでは施工順序は片押しだけを考えている。

ステージ1ではまず、所定の工期を満たす工区分割、作業中断、施工速度の組合せをコンピュータにより立案させこれを初期実行可能解とする。次に、工期を満たしながら総工事費用が初期実行可能解の総工事費用+ α %の範囲におさまる代替案を可能な限り全て立案する。(α 値は意思決定者が与えるものとする。)

ステージ2では、所定の工期を守るという条件の下で、立案した概略工程計画案各々について施工速度の変更により総工事費用を最小化する数理計画問題を解く。

最後に、ステージ3ではステージ2で絞りこまれ

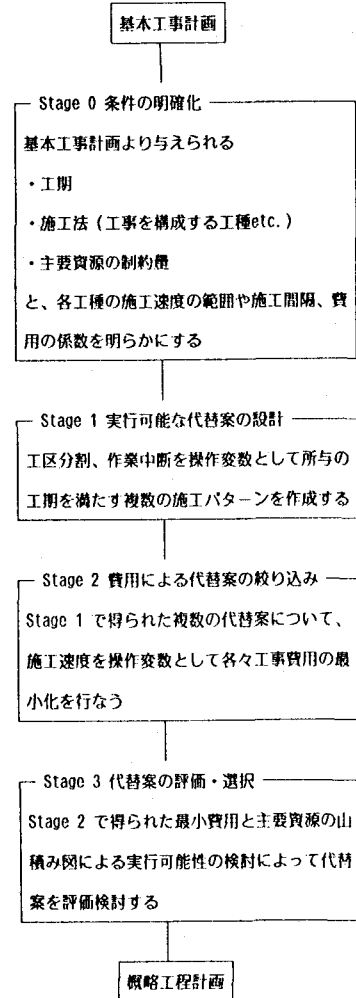


図-3 概略工程計画作成の手順

た各概略工程計画案について座標式工程表、主要資源の山積み図、直接費用累積曲線、出来形図等々を描く。そしてこれら図形情報や算出された工事期間・総工事費用等の情報を用いて総合判断を人間が下す。すなわち、所定の工事期間を満たし、十分な総工事費用低減が行なわれているという状態の下で、ステージ3における人間の総合判断が加わることにより概略工程計画案の実行可能性の保証が成立つこととなる。

5. 対話型のシステム化

工事を実施する上で安全性・施工性を確保するためには作業間にこれを保証するための時間的あるいは

は空間的間隔が必要となる。これを施工間隔と呼び、

①空間的施工間隔 ②時間的施工間隔
の2つに大別できる。

①の空間的施工間隔は、ある作業が行なわれている間、その作業に隣接する位置に何もかも侵入することができないという空間のことで、例えばケーソン掘付等の工種で生じる保安距離に当たる。

②の時間的施工間隔は同一の施工場所で、ある作業が終了してから次の異なる作業を開始するまでの時間のことで、例えばコンクリート打設工種で生じる養生期間にあたる。

以上に述べた施工間隔の問題は、定形化・定式化を行ないにくく、また行なえたとしても非常に複雑なものとなる。そこでさらに有効な方法として次のようなものを考える。すなわち、コンピュータグラフィックスを利用して施工間隔の検討を座標式工程表上で直接コンピュータと対話しながら行なうものである。

まず、コンピュータの画面上に示された座標式工程表の軌跡をカーソルを用いて移動する。次に、移動した軌跡の情報をコンピュータが読取り再び計算しその結果を画面上に表示する。

このような、Interactive Planning System の利点は、

- ①膨大な量の情報の処理はコンピュータに任せて人間は総括的な判断を有効に（効果的に）行なえばよい。
- ②コンピュータだけを使って非常に長い計算時間を必要として出た答と人間が画像情報を見て直観的に出した答が変わらなければ、人間の直観を利用した方が解答を得ることの出来る可能性は大きくなる。

等である。図-4にInteractive Planning System の概念図を示す。

6. 事例研究

高架橋下部工事の概略工程計画問題を解く。ここでは、工事を①杭打工種②フーチング工種③柱工種④梁工種の4つの工種に分割し①と②の間に20日、

②と③の間に30日、③と④の間に15日の時間的施工間隔が必要であると定めた。そして、工事期間 350日の制約を満たす初期実行可能解の探索をステージ1に従って行なうと工事期間 342.5日、総工事費用 2638千円となる解が得られた。（図-5） 続いて初期実行可能解の総工事費用5%増しの範囲で工期の制約を満たす実行可能解を探索すると図-6のようになった。これら5つの代替案に対してステージ2に従って検討を行なった結果、表-1が得られた。

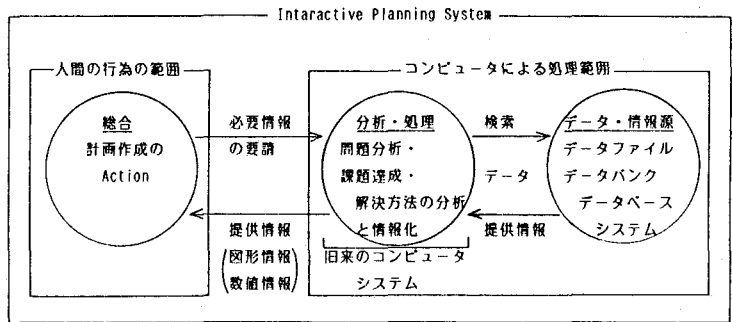


図-4 (Man-Machine型の)Interactive Planning Systemの概念図

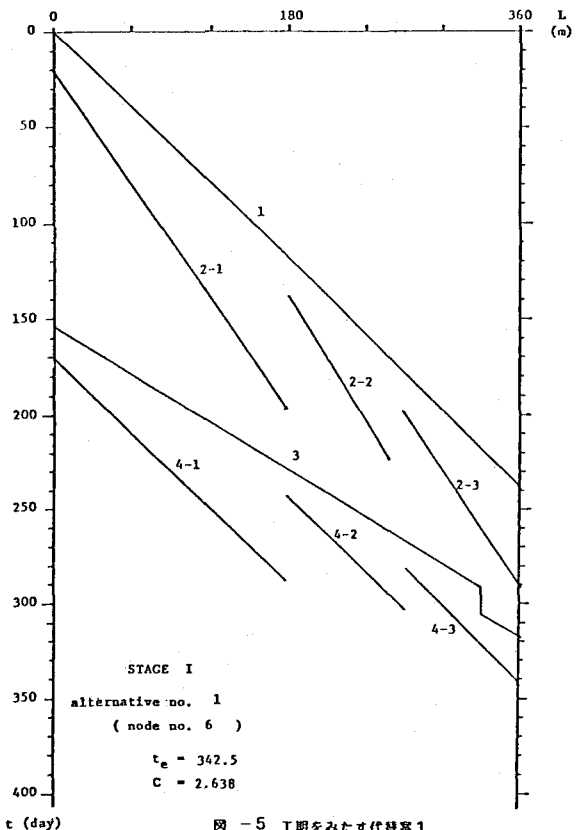


図-5 工期をみたす代替案1

ここで5つの代替案について座標式工程表等の図形情報を出力させた結果、工事期間 350日、総工事費用2114千円の代替案4が実行可能性の高いバランスのとれた概略工程計画案(図-7)として選出された。

7. おわりに

以上述べたようなシステム、すなわち人間の経験から得られた直観力を適切な場所に配置してコンピュータと対話しながら検討を進めていくシステムは

今後ますます必要となっていくと考えられる。数値に対する処理速度は、コンピュータがはるかに人間を越えていることはいうまでも無い。

従って今後人間の判断を組み入れる際にはより多くの図形情報を必要とすると考えられる。今後は、このようなコンピュータを中心とするシステムマシンの能力を活用する意味で、計画化の作業体制までをComputer AidedなSystemへと移行していくことが必要と考える。

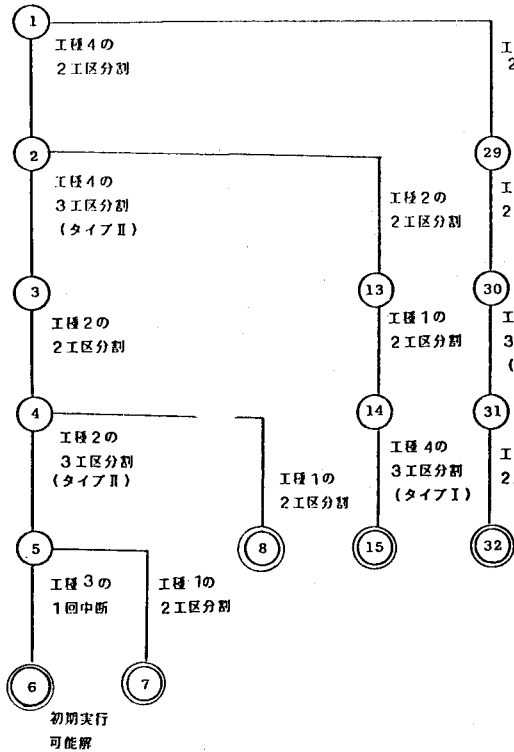


図-6 実行可能解にいたる手順(実行可能解にかかわる手順のみを示す)

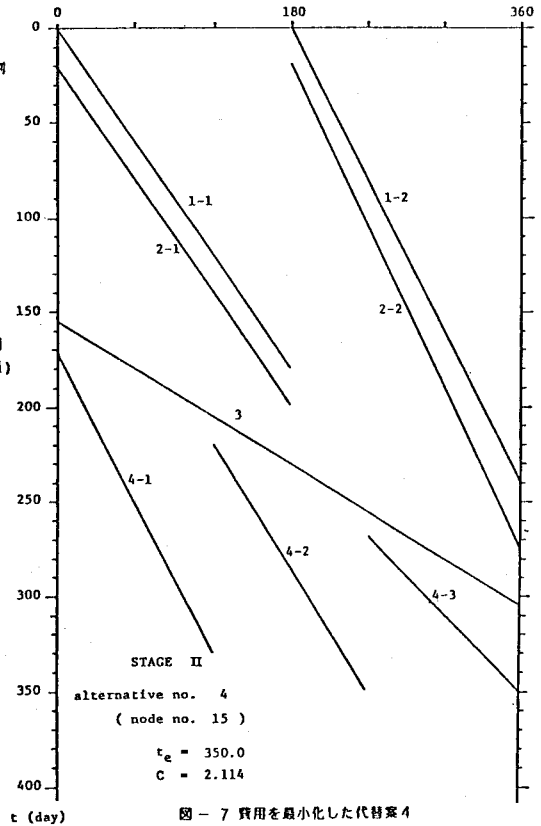


図-7 費用を最小化した代替案4

表-1 計画段階での代替案

代替案	node no.	ステージ1で 得られる 工事期間 te(日)	ステージ1で 得られる 総工事費用 C	工区分割・作業中断のパターン				ステージ2で 得られる 工事期間 te(日)	ステージ2で 得られる 総工事費用 C
				工種1 杭打	工種2 フーチング	工種3 柱	工種4 梁		
1	6	342.5	2,638	-	3工区分割 タイプII	1回中断	3工区分割 タイプII	350	2,548
2	7	342.5	2,688	2工区分割	3工区分割 タイプII	-	3工区分割 タイプII	344	2,188
3	8	342.5	2,521	2工区分割	2工区分割	-	3工区分割 タイプII	344.9	2,110
4	15	350	2,543	2工区分割	2工区分割	-	3工区分割 タイプI	350	2,114
5	32	335	2,565	2工区分割	3工区分割 タイプII	-	2工区分割	350	2,236