

(Ⅲ-4)

土工事のG U I による対話型工程計画

Interactive Resource Leveling for Earthmoving

ロボテック研究所 岡本直樹・
同 上 ○大下裕之・
山崎建設株式会社 山崎裕司

By Naoki Okamoto, Hiroyuki Oshita, Hiroshi Yamazaki

著者等の大規模土工の施工管理の経験から、その工程計画に対する考え方と試作した対話型工程計画支援システムを紹介する。土工事の施工は自由度が大きい。特に敷地造成の様な面土工事では、土量配分、工程共に自由度が大きく、前後工程からの制約が少なく、施工の段階で運土の方向、運土手順の変更が容易に行える。このため、手順等の工程管理は軽視され、生産量の管理に重点が置かれる。従って、ネットワーク(P E R T)手法等の煩雑な計算を必要とする管理手法は敬遠されてきた。しかし、適正な機械投入計画を行うには、山積み・山崩しによる投入機械の平準化や工程チェックが必要である。また、運土手順も方針を決め、工程計画と運土計画の整合性を図りながら計画を立案する必要がある。これらの機能を考えて工程計画を運土計画と連携させたツールを試作した。その特徴は、操作性の良いG U I (Graphical User Interface)を採用し、計画変更やシミュレーションが容易に行える対話型計画支援ツールを目指したことである。

【キーワード】土工事、工程計画、運土計画、機械投入計画

1.はじめに

パーソナルコンピュータの普及に伴いオフィスワークの環境は大きく変わりつつある。建設現場においても、施工管理や施工計画の作成に必要な不可欠なツールとなり、そのデータ処理機としての機能を如何なく発揮している。

しかし、より高度な計画手法等の利用となるとアプリケーションの操作の複雑さが障害となり、その高度な利用を妨げている。ユーザインタフェースの抜本的改善が望まれている。

ところで、マッキントッシュ(Apple社)の出現後、そのG U Iやハイパーカード等を初めて操作した人は痛烈なショックを受けた。コンピュータを意識させないその操作性はユーザインタフェースを劇的に変革しただけでなく、単なるデータ処理機であったコンピュータを思考の道具に進化させるものであった。現

在、一般のデスクワーク、特にクリエイティブな仕事において思考の道具として利用され、IA(インテリジェンス・アンプリフィヤ)として機能する各種のソフトウェアが開発され用意されてきている。

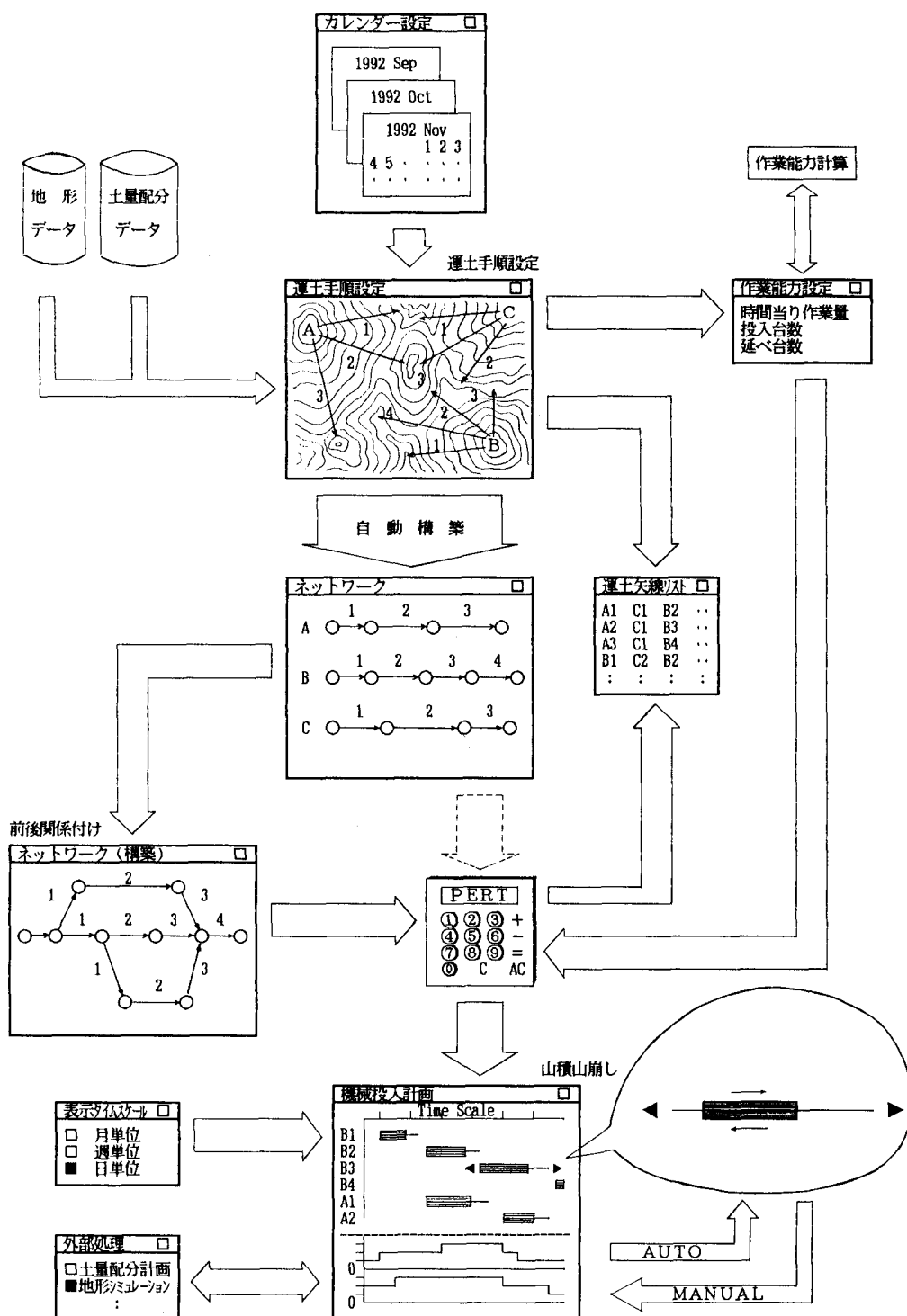
一方、土工事の施工計画においても運土計画や工程計画の立案時にIAとしてアイデアを醸成し、試行錯誤を助ける操作性の良いツールが望まれる。

著者等は、土工事関連の各種の施工計画支援ツールを研究しているが、その一環として、GUIを利用して操作性を改善した機械投入計画支援ツールを試作したので報告する。

2.土工事の特徴と開発方針

(1) 土工事の特徴

土工事の施工は自由度が大きい。特に敷地造成の様な面土工事では、土量配分、工程共に自由度が大きく、前後工程からの制約が少なく、施工の段階で運土の方向、運土手順の変更が容易に行える。このため、手順等の工程管理は軽視され、生産量(出来高)の管理、つまり進捗管理だけに重点が置かれている。従っ



〔図-1 対話型工程計画支援ツール〕

て、ネットワーク（PERT）手法等の煩雑な計算を必要とする管理手法は敬遠されてきた。

しかし、一方で適正な機械投入計画を行うために、山積み・山崩しによる投入機械の平準化や重複機械等の工程チェック機能が要望されていたが、使い易いツールが無かったため、これらの手法はあまり利用されていなかった。

運土計画における運土手順の考え方は、仕上げと土配バランス調整を考慮して手順を決める。各切盛りの土量は土量配分計画通りにバランスしないので端から隣同士で融通しあいながら順に仕上げていく。最終的に必ず土量の過不足が発生するが、運土の最終段階において、この過不足を他工区との客土・捨土で調整したり、計画盤の変更によって対応する。

この土量調整エリアを事前に決めて運土計画に盛り込んでおかないと遠距離運搬になったり、宅盤整形後のため通行不能になったりして、手戻り作業や二次運搬の原因となる。運土手順は、計画段階において土量調整エリアと仕上げ手順を念頭において大略的に運土手順を決めておき、子細な手順は仕上げに合わせてフレキシブルに施工時に調整する。以上のことから、自在に運土手順を操作できるツールが要望される。

（２）ツールの開発方針

具現すべき機能は、

- ・カレンダーによる月別稼働日数・時間設定機能
- ・運土矢線図での手順設定機能
- ・運土矢線を作業の単位とし工程アクティビティとして、手順計画へ展開する
- ・スライド機能を持ったバーチャートによる山積み・山崩し機能

留意すべき操作性は、

- ・GUIによる操作性向上と直感的にわかる操作性を目指す
- ・変更に伴う計画の再構築が容易
あまり緻密な計画は、変更に伴う再構築が困難となるので、現場管理においては現実的でない。容易に変更できる事が第一条件。
- ・複雑な処理の隠蔽（PERT手法もできるだけ表に出さない。）
- ・バーチャートのスライド機能

運土矢線図と工程計画図を連動させ、矢線に手順をつける事でバーチャートを作り、バーチャートにスライド機能を持たせ山崩しをマニュアルで行えるようにする。

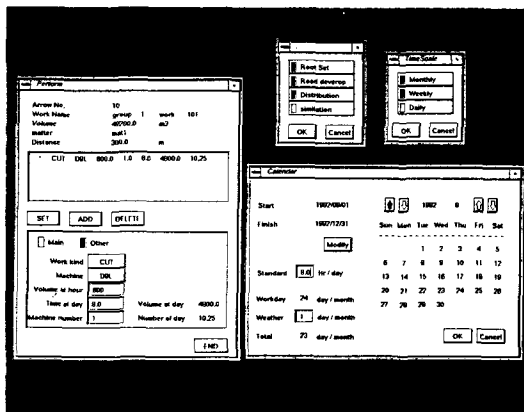
3. 支援ツールの試作

前述の開発方針に基づいて、IRIS (Silicon Graphics社)をプラットフォームとして対話型工程計画支援ツールを試作した。本ツールの処理の流れを示したものが図-1であり、図の中で以下に示す処理はそれぞれウィンドウ画面である。

- ・「カレンダー設定」
- ・「運土手順設定」
- ・「ネットワーク」
- ・「作業能力設定」
- ・「運土矢線リスト」
- ・「機械投入計画」
- ・「表示タイムスケール設定」
- ・「外部処理」

各ウィンドウは直感的に操作できるGUI画面であり、これらは互いに関連したデータをリアルタイムで自動表示する。例えば、作業能力を変更した場合、機械投入計画の中のバーチャート（工程図）や山積みヒストグラムも同時に変更する等である。ウィンドウ画面は用途に応じてサイズや表示位置を変えることができ、必要でない場合は消去することも可能である。

写真-1は上記ウィンドウのいくつかを示したものであり、図-1の処理の流れにしたがって各々の機能と操作方法について以下述べる。

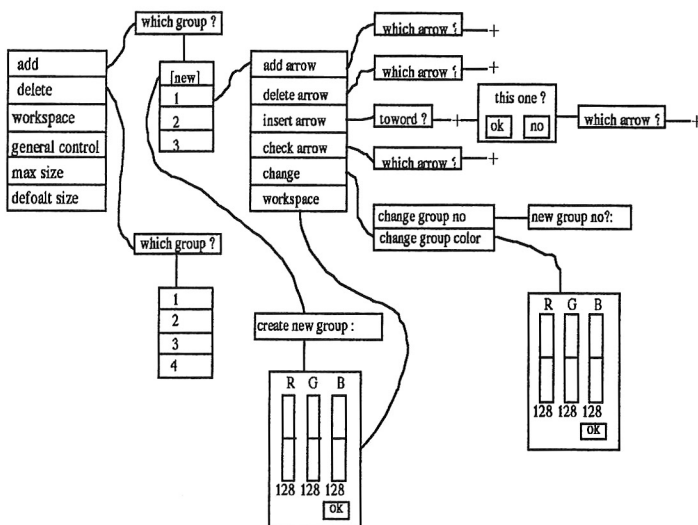


【写真-1 ウィンドウ画面】

(1)カレンダー設定

対象工事の着工から完工までの工期における月々のカレンダーを、現場の作業予定に合わせて設定する。

通常、月々の稼働時間は月毎の稼働日数の違いから当然異なってくる。手作業による機械投入計画策定では、月毎に稼働時間の設定を変えて求めることは計算が煩雑になり困難なため、平均稼働時間で処理することが多かった。しかし、生産計画や資源配分を行う上では月毎の稼働時間設定が不可欠である。そこで、カレンダー上で月々の稼働日数の設定を行ない、それを工程計画で利用するようにした。設定項目は休日等と降雨等による天候休日数であり、これを各月毎に与えることができる。写真－1の右端がカレンダー設定のウィンドウ画面である。



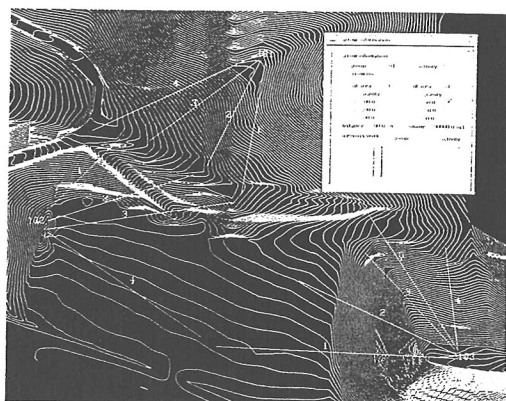
〔図－2 操作メニュー体系図〕

(2)運土手順の設定

与えられた土量配分データに基づいて、すべての運土矢線に運土手順を与えていく。手順設定は、計画者の意図にしたがっていくつかのグループに分け、各グループ毎にそれに属する運土矢線に手順を付与する。例えば、盛場中心で手順を設定する場合は、グループ分けした盛場毎に所属の運土矢線に番号を付けていく。その際、手順を与えられた運土作業は、グループ毎に順列でネットワーク画面に表示される。

ウィンドウ画面内には、写真－2に示すように等高線で表された地形と土量配分計画に基づく運土矢線が表示されている。設定は手順にしたがってマウスで選択された順に与えられ、選択された矢線は色を変えて表示することで他と区別がつくようにした。また、マウスを用いて地形をスクロールしたり、ズーム機能で任意に部分拡大できるようにした。

図－2は運土手順設定時における操作メニューの体系図を示したものであり、キー入力を伴わずにマウスだけで操作を施すことができる。このようにマウスを使って進めることができる環境は、当該ウィンドウのみならずすべてのウィンドウの操作画面に共通したものである。



写真－2 運土手順設定

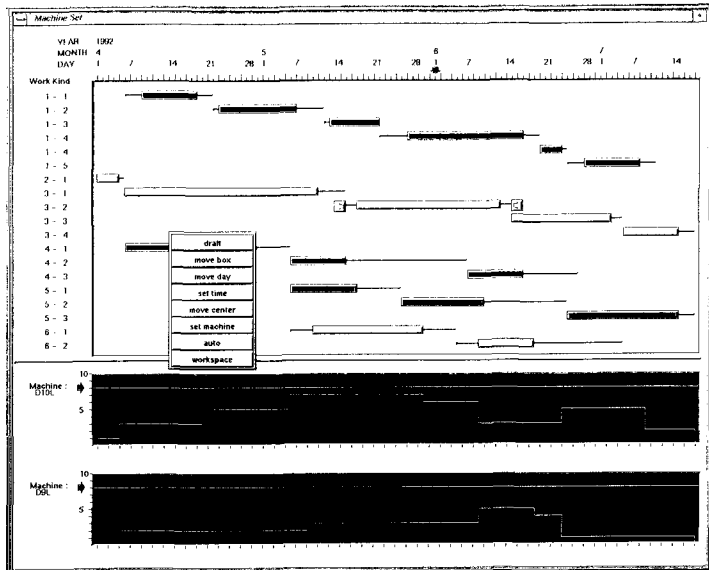
(3)ネットワーク

運土手順の設定段階では、それぞれのグループの中でしか運土手順は与えられておらず、ネットワーク全体の流れは構築されていない。そこで、運土手順の設定で得られたグループ毎の手順に対して、互いの先後続作業関係をマウスを使って連結し、全体のネットワークを構築する。

構築されたネットワークに対して、PERT計算後クリティカルパスは色を変えて表示し、ネットワーク中の管理上重要なイベントに対してマイルストーンも定義できるようにした。

(4)作業能力設定

一般に、土工事は積込や運搬など作業種目に合った機種種の構成で運土作業が行われ、作業条件により作業種目毎の機種や投入台数が決定される。したがって、設定項目は機種とそれぞれの作業能力であり、求められた投入台数により当該運土矢線の所要日数やその期間でアクティビティを完了させるために必要な機種毎の延べ台数を計算する。写真-1の左側が、当ウィンドウを示している。



〔写真-3 機械投入計画設定画面〕

(5)PERT

構築されたネットワークデータと作業能力設定で得られた各運土作業の所要日数によってPERT計算を行う。計算結果は運土矢線リストや機械投入計画のバーチャートに自動的に表示される。なお、PERT計算が随時実行される場合とまったく実行されない場合をスイッチで切り替えることができ、随時実行にセットされた場合は、運土手順やネットワークなどの入力データが変更されてもユーザーはPERTを意識せずにコンピュータ内部で変更と同時に自動計算され、その結果を関連したウィンドウにリアルタイムで表示する。

(6)運土矢線リスト

運土矢線毎に作業内容（運土量、運土距離等）とPERTで得られた結果を表示する。表示する情報は、PERTに関しては最早開始時期や最遅終了時期などであり、これ以外に計画／実績区分を設け、完了した運土アクティビティは実績フラッグを立て残工事に対してのみPERT計算を行えるようにした。また、任意に各運土矢線の最早開始時期や最遅終了時期を変更することができる。運土作業以外の工種についても新規で追加登録でき、追加されたアクティビティもネットワーク中に自動表示するようにした。

(7)機械投入計画

機械投入計画は、PERT計算によって得られたバーチャートとそれに基づいて集計された機種別の山積みヒストグラムを表示する。（写真-3）バーチャートは、工種（＝運土矢線）毎に最早開始時から最遅終了時の間をスライドできる。

当処理の目的は山崩し処理により適正な機械投入計画を策定することであり、1つのウィンドウ画面内にバーチャートと山積みヒストグラムを表示し、相互に参照しながら山崩し作業を容易に操作できるようにした。

山崩し作業は、オートとマニュアルの切替ができるようにした。マニュアルで行う方法はオートマティクな山崩しでなく、スライダーを任意に最早開始時期から最遅終了時期の間でマウスにより動かして行い、リアルタイムに山積みヒストグラムを表示するものであり、対話的に作業が進められるようにした。また、アクティブなスライダーの両側には微動ボタンが現れ、半日単位の細かい移動操作を行えるようにした。

(8)表示タイムスケール設定

初期状態における機械投入計画のタイムスケール（横軸）は日単位であるが、工期が長い場合など全体の機械投入計画を参照したい時は月単位の方が把握しやすい。そのため、用途に応じてタイムスケール

ルの単位を月、週、日の中から任意に選択できるようにした。タイムスケールを月単位にした場合、各月のスケール長はカレンダー設定情報に基づいてその月の稼働可能日数長で表示される。

(9)外部処理

本ツールの使用中において、工程計画に関するその他のツールへプロセスを移すときに使われる。例えば、土量配分計画の変更が生じた場合やある施工段階での地形形状を把握したい場合などに利用される。

以上が本ツールの処理の流れに基づく各処理の操作内容であり、1つの工事に対して複数の代替案を立案できるようにした。

4.おわりに

今回報告した工程計画支援ツールは、永年土工事関連の仕事に携わってきて、こんなツールが欲しかったというものを具現化したものである。まだ色々と手直しすべきところもあるが、一応基本機能の要求は達成された。

土工事も機械で行うのがあたりまえの今日であるが、いまだに機械化土工と云っている。これから情報化土工をスローガンにすべきである。来るべき自動化土工への過渡期としても・・・・。

本ツールは、情報化土工を目指して研究中の大規模土工計画支援トータルシステムのサブシステムとして位置付けている。運土計画、地形シミュレーション、重機稼働シミュレーション等と有機的に連動させるよう計画している。以上のような背景があるため、工程計画支援ツールのプラットフォームはマッキントッシュではなく、IRIS (SGI)としたが、将来はマックで動かしたい。

[参考文献]

- 1) R.B.Harris : PRECEDENCE AND ARROW NETWORKING TECHNIQUES FOR CONSTRUCTION , 1978
- 2) 岡本・大下：施工シミュレーションの研究とその開発、第8回シミュレーション・テクノロジー・コンファレンス発表論文集、1989年6月
- 3) 春名・原田・堀：地方都市圏域における山間部を対象とした大規模造成工事の工程計画手法に関する研究、第9回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集、1991年12月
- 4) 岡本・大下・宮本・山崎：搬土機械の走行シミュレーションにおける走行速度の合理的決定法、第9回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集、1991年12月
- 5) 岡本・大下・田中：重機稼働アニメーションについて、第17回土木情報シンポジウム講演集、1992年10月
- 6) 岡本・宮本・大下：無人タラップトラックの交通制御、第15回土木計画学研究・講演集1992年11月