

II-6 コンピュータグラフィックを用いた運土計画作成のためのCADシステムの開発研究

立命館大学 正員 春名 攻
 (株)大林組 正員 迫間 幸昌
 立命館大学大学院 学生員 ○上山 晃

1. はじめに

近年土地開発プロジェクトは、現在もかわらぬ大都市部における人口過密にともなう住宅不足の問題により、都市周辺の山間部や地方都市においてまで、宅地開発事業として展開されてきている。

山間部の土地造成工事においては、急峻・複雑な地形や土質・地質構成、さらには、工事施工途中における地形や地質等、施工条件の変化など平地や丘陵部の造成工事と異なる特徴が多い。そのため、造成工事の施工計画案の策定を合理的に行なうために、対象地域の周辺環境への影響を最小限に抑え、安全かつ迅速、経済的に工事を行なうための高度な支援情報技術・施工計画技術の開発が要求されている。また、一方ではコンピュータ技術の発展により、土木の分野においても、その活用技術の開発がこのような課題に対する有効な対応策として考えられるようになってきている。

本研究では、土工の施工計画の中でも中核的存在である運土計画の策定方法に着目し、時間経過にともなう地形の変化の把握と、それをベースとした合理的な運土ルート設定の方法開発という問題を扱うこととした。その過程において、急峻かつ複雑な地形の変化を、コンピュータ・グラフィックスを活用し3次元として捉えることによって、合理的な土地造成工事を実現するための運土計画の策定を念頭に置いて、施工計画CADシステムの開発をおこなった。

2. 山間部における土工の特性についての考察

山間部土工においては、丘陵地の土工に比べて原地形と計画地形の高低差が非常に大きく、地形は山あるいは尾根を中心とする切土地域と、谷部を中心とする盛土地域とに鮮明に分割される。このため、造成工事の計画プロセスでも高さ方向に対する

検討の必要がある。実施工においても、時間の経過にともなう地形が複雑に変化するために、施工空間や施工条件等の把握が非常に困難な場合が多く、投入機械の施工効率の影響を事前に考慮することも大変難しいといわれている。そして、このような土工事を一般的な計画法のように平面工事として捉えて計画的検討を加えることには限界があると考ええる。

近年の土工では土工量の増加や施工機械の大型化と機械性能の向上をめざして、タイヤ系重機の使用が多くなっている。タイヤ系重機の施工効率が運土ルートの勾配による影響を受けるために、運搬機械の走行路の検討は一層重要な課題となってきた。また、時間の経過にともなう施工条件が変化するので、運搬機械の走行路の設定を、施工計画時に工事の進捗に対応させて検討しておくことが要求されるようになってきている。

さらに山間部の土工は急峻かつ複雑な地形であるとか複数の土質・地質構成が多いなどという特徴がある。また、高盛土施工を必要とする場合があるというような土工設計の内容を始めとした設計の面でも注意を要することが多い。そして、設計当初の調査の質によっては、再調査や再設計を余儀なくされる場合もある。

このようなトラブルを避けるには、事前に十分な調査を行ない、この結果をもとに、長大のり面や軟弱地盤等の問題点や各土質の位置・規模を正確に把握しておく必要がある。また、環境保全地域を的確に捉え、表土や植生に対しても十分に検討しておくことによって、環境問題にも十分対応した施工計画案を策定することも重要である。

3. 土工計画システムの構成

本研究において構築した土工計画システムは、施工順序及び運土ルートの設定方法に着目した支援情報CADシステムとなっている。以下に本システ

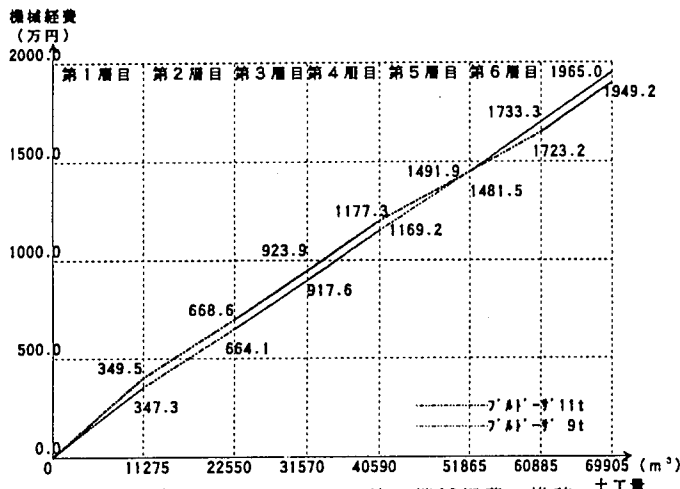


図-1 各運土作業における施工機械経費の推移
(切土2ブロック～盛土2ブロック)

ここで、本システム開発の特徴を簡単に示すとつぎのようである。

- ①時間の経過にともなう地形の形状や地形情報をコンピュータグラフィックスを活用して把握することとした。
- ②現場技術者のヒヤリング調査をもとに土工施工順序と運土ルートの設定を方法論的に整理した。
- ③運搬機械の走行性を考慮した運土ルートの設定方法をCADシステムとして構築した。
- ④地形の変化(運土計画案)の評価方法を施工機械の設定及び費用の算出により行なうこととした。

⑤工事プロジェクト計画段階において施工性を考慮して機械経費による土工費用の算出を行なえるようにした。

(2)現場マネジメント支援情報システムの開発

さらに、本システムをより下流部の問題に適用して、現場マネジメントのための支援情報システムの開発を行なった。ここでは、造成工事の施工管理における重要な検討作業を、運土ルートの設定と施工機械の機種とその組み合わせの選定方法であると考えた。このため、

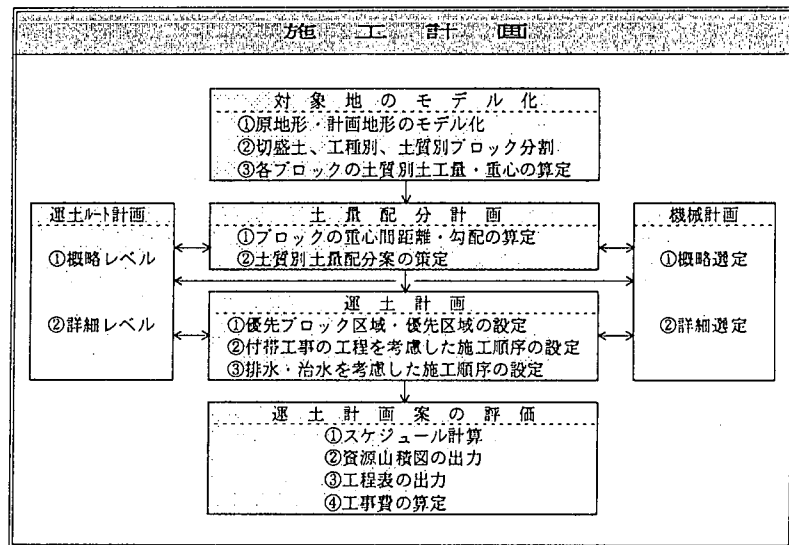


図-2 施工計画システムにおける計画検討プロセス

ムの特徴と造成工事現場マネジメントのための支援情報システムに関して述べることにする。

(1)山間部土工事を対象とした施工計画システムの特徴

ここでは、土工事の施工計画プロセスを、対象地の地形及び土質状態を把握するための地形分析、土量の最適な配分を行なうための土量配分計画、施工時刻の経過にともなう与条件を考慮した施工順序や運土ルートの設定と施工機械の選定を行なうことのできる運土計画、さらに、地形の変化の評価を行なう運土計画案評価の4つの段階として捉えている。

月・週・日ごとに地形を層分割したブロックを対象として、運土ルートの設定と施工機械の選定の検討が可能となるように、下記に示す支援情報システムの開発を行なった。

- ①概略工事費用算出システム
- ①詳細運土ルート設定システム
- ②施工機械の機種選定と組み合わせ選定システム

また、これらのシステムの開発にともない、図-1に示すような、施工時間の経過にともなう施工機械変更のタイミングに関する検討が可能となったと考える。

4. 土工事施工計画策定システムの概要

本研究で考察する土工事施工計画システムによる施工計画策定プロセスは図-2に示すようである。

(1)ステージ1：地形分析モデルによる分析

まず、対象地の原地形と計画地形のモデル化を行ない、地形の形状や尾根線、谷線、既存道路、軟弱地盤等の位置を地形情報により把握する。次に、重要構造物工事の位置や切土・盛土分布に応じたブロックの分割を行なう。さらに、与件情報としての土質データをもとに各ブロックの土質別土工量を算出し、切土量と盛土量のバランスに関する検討を行なうものとする。地形情報のアウトプットイメージを

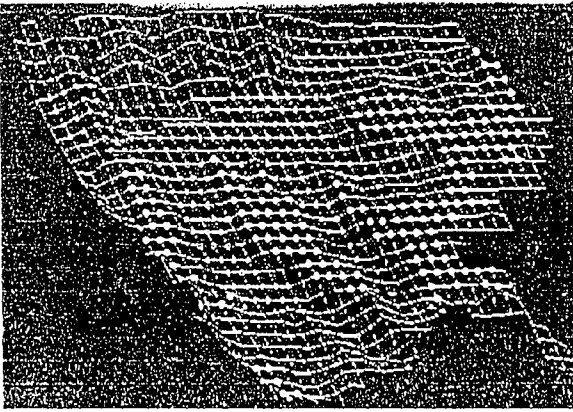


図-3 地形情報のアウトプットイメージ

図-3に示す。

(2)ステージ2：土量配分計画の策定

このステージでは、後に行なわれる運土計画の策定との整合性を図るために、ステージ1から求められる地形情報をもとに、施工条件を考慮した概略的な運搬機械を想定する。また、その情報をもとに切土・盛土ブロック重心間の迂回路の設定を行ない、その距離と勾配を算出する。そして、線形計画法輸送問題による土量配分計画モデルを用いて、土のマクロな動きを見ることとし、そのプロセスを図-4に示す。

(3)ステージ3：運土計画の策定

ここでは、ステージ2で求められた概略の土量配分計画の結果をもとに施工順序を設計し、地形の変化及びその変化にともなう施工条件の把握を行なう。なお、施工順序設計に関しては、現場技術者からのヒヤリング調査をもとに、制約条件の強いものから順に次のように整理した。

- ①付帯工事の工程を考慮した順序関係
 - ②現場技術者の経験に基づいた順序関係
 - ③各現場における防災性を考慮した順序関係
- また、そのプロセスを図-5に示す。

さらに、施工計画における土量配分計画と運土計画の一貫性や整合性を図るために、機械計画と運土ルート計画をサブシステムとして扱うこととした。

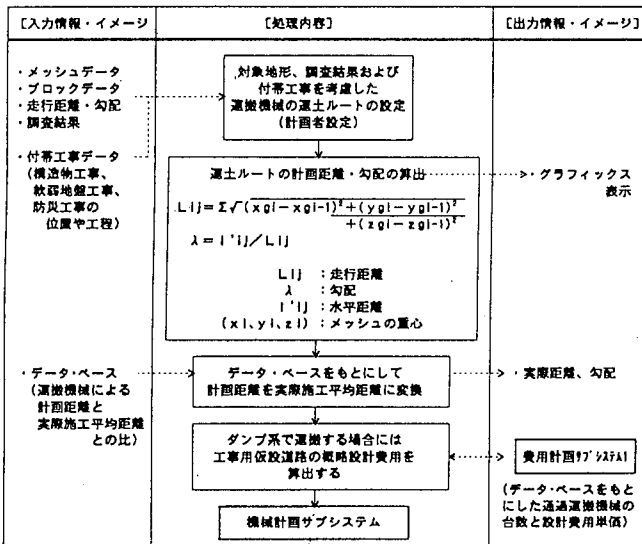


図-4 土量配分計画策定プロセス

a) 運土ルート計画の策定

運搬機械の走行性を確保するため、コンピュータグラフィックスを活用したビジュアルな検討システムを開発した。これによって、時間の経過にともなう地形の形状や尾根線、谷線、及び付帯工事の状況等の地形情報を視覚的に把握し、メッシュ単位ごとに勾配を考慮して施工順序を設計することができた。そのアウトプットの一部となる運土図を図-6に示す。

b) 機械計画の策定

土量配分計画段階における概略機械計画の検討では、対象地の地形情報や投入機械の施工性等の技術的問題のある場所を把握し、切土・盛土ブロックの迂回距離をもとに運搬機械の概略な設定(フル・サイズ or スモール・サイズ or ダンプトラック系)を行なうこととした。

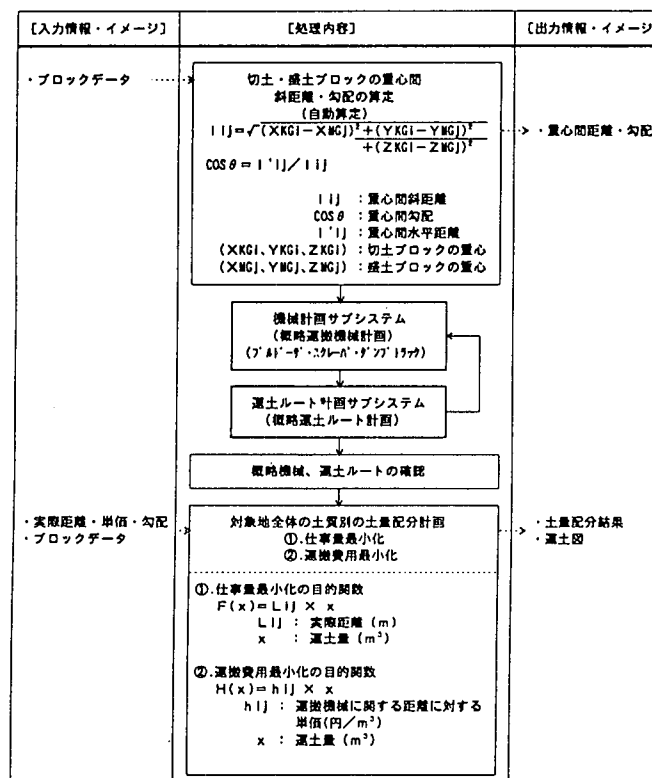


図-5 運土計画策定プロセス

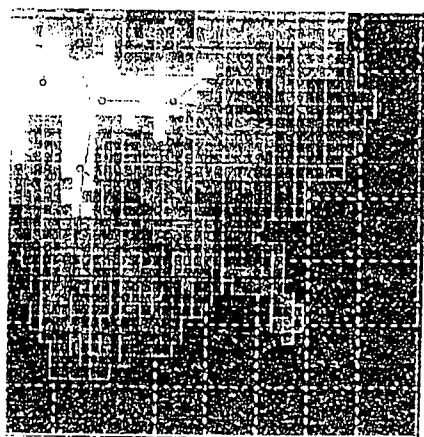


図-6 運土図

また、運土計画段階の詳細機械計画の策定では、地形の変化による施工条件を考慮して、「建設省土工工事積算基準」にもとづき施工機械の機種を選定し、台数の算出を行なうという方法を採用した。

(4) ステージ4：運土計画案の評価

ステージ3で立案された地形の変化（運土計画案）

に対して、機械経費による費用及び資源調達や稼働状況により評価・検討を行ない、最終的な施工計画案を工程表と資源山積図出力により取りまとめることとした。

5. おわりに

本研究では、山間部土工事における施工計画立案の問題に着目し、その施工計画プロセスを通しての一貫性や整合性を図ることを目的として、効果的な計画支援情報システムの開発研究を行なった。また、施工計画システムの構築にともない、現場マネジメントのための運土ルートの設定と、施工機械の選定を中心とした運土管理計画の支援情報システムの開発も行なった。そこでは、施工計画システムでは地形の変化（施工順序把握）を方法論的に整理し、その変化状況を施工機械の資源調達や費用により評価することを可能となるようにした。また、運土管理計画システムの開発にともない、施工時間の経過にともなう施工機械変更の

タイミングの検討を可能とした。さらに、工事費用算出システムの開発にともない、工事費用に対する土工事の特長や計画段階における概略費用を検討することも可能とした。

（参考文献）

- 1) 春名 攻：建設工事における施工管理に関するシステム論的研究、学位論文（京都大学工学博士）、1971年
- 2) 石川六郎：システムズアプローチによる工事管理、鹿島出版会、1977年
- 3) 宅地防災研究会：宅地防災マニュアル、建設省建設経済局、1992年
- 4) 土木工事積算研究所：建設省土木工事積算基準平成5年度版、建設物価調査会、1993年
- 5) 春名、竹林、迫間：大規模土地造成工事計画システムの開発に関する研究、第12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、1994年