

# 土工計画における地形改変モデルの提案

熊本大学大学院 正会員 椎葉祐士  
熊本大学大学院 学生会員 ○秋山慶介

熊本大学大学院 正会員 小林一郎  
熊本大学 正会員 上田誠

## 1. はじめに

土木分野での地形情報や地盤情報の3次元管理については、施工段階において様々な研究がおこなわれている<sup>1)</sup>。本研究でも地盤を立方体の集合として取り扱い、地形の概略設計や土工の工程計画の最適化<sup>2)</sup>について研究をおこなってきた。本研究では、土工計画の施工計画立案の現状と先行研究の比較から地形改変モデルを用いた施工計画立案方式を提案する。

## 2. 土工計画における現状と課題

### (1) 土工計画の現状

土工計画では図-1に示すように大きく3つの段階（運土計画、工程計画、機械計画）に分けて立案されている。この時、施工者は2次元図面等の資料をもとに多くの検討項目を処理しなければならない。その際、現場経験を基にした予測から判断をする場面も多い。

一方、業務効率向上や改善に向けた情報技術を用いた研究が進められている。竹本らや矢吹らは、立方体地盤を用いて土量の把握や掘削、運搬のアルゴリズムを研究している<sup>2)3)</sup>。これらは、土工計画の検討項目の全体ないしは、一部を自動化するための研究である。そのため、施工者の経験が含まれず、施工者が実際に計画立案時に利用するシステムとしては考えられていない。

### (2) 土工計画の現行業務における現状と課題

図-1に一般土工の施工計画立案のフロー図を示す<sup>4)</sup>。施工計画は大きく3つの段階（運土計画、工程計画、機械計画）に分けられる。まず、運土計画で土量配分を線土工、面土工、塊土工のいずれかかによりおこなう。その後、工事用道路の設計と距離別の運搬土量を決定する。次に、工程計画で工期から施工速度を求め、機械計画をおこなう。施工法は、大きく分けてスクレーパ工法とショベル、ダンプトラック工法に分類できる。まず、工程計画の施工速度からメイン機種を選定をおこなう。3つの工程を終えた後に必要延台数を算出し積算をおこなう。以上のような施工計画の現状では、施工者が施工計画フローの順序で検討要素を1つずつ精査し、最終的に積算の値が条件に合うまで検討を繰り返す。この時、検討項目は独立した解を持つ理由ではなく、他の検討項目も考慮、予測した上で判断しなければならない。したがって施工者の経験に基づく予測が非常に重要である。また、フローの各段階で必要となる地形情報が違うことも検討を困難にしている。それは、現況の地形や、広域の地形、施工途中の地形、施工終了時の地形といったものがあげられる。施工者はそのような刻々と変化していく地形情報を考慮した上で重機セットや土量配分、積算、運搬距離といったことを検討しなければならない。

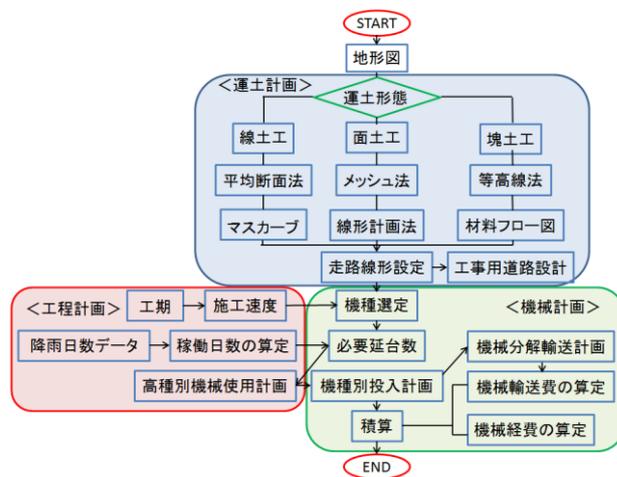


図-1 一般土工の施工計画立案のフロー

立案方法	従来方式	地形改変モデル	先行研究
概念図			
データ形式	2次元データ	3次元データ	3次元データ
作業形式	手作業	手作業/自動化	自動化
判断基準	経験	経験/機械的	機械的
問題点	時間と労力がかかる 検討要素が複雑	長所を生かし、短所を補い合う存在	柔軟に対応できない 人の判断の数値化が困難

図-2 地形改変モデルによる施工計画立案の特徴

## 3. 地形改変モデルによる施工計画立案

地形改変モデルを用いた施工計画立案の特徴を図-2に示す。本研究では、地形改変モデルを現在の計画立案方式と先行研究が目指す自動化の中間に位置する計画立案方法として提案する。検討すべき項目の判断材料となる、地形や重機、地質を3次元で表現する。それらを利用して施工者が経験をもとにシミュレーションをおこなう。

地形改変モデルを用いた施工計画のフローの概念図を図-3に示す。地形改変モデルを用いた施工計画では、これまでひとつずつ検討していた項目を本システムで一括して検討し、結果を出力できるものとする。これは、検討の各段階で必要となるデータを参考にして施工者が操作することで可能にする。地質や重機能力といった施工の際に必要な情報を参考にしながら施工者は本システムを操作する。これにより、土工計画のフローに近い形で検討を進めることができ、施工者の経験を活かすことができる。例えば、土量や地形、地質、日程を確認しながら重機を選択す

る。施工者の判断を難しくしていた様々な条件を包括したものにする。

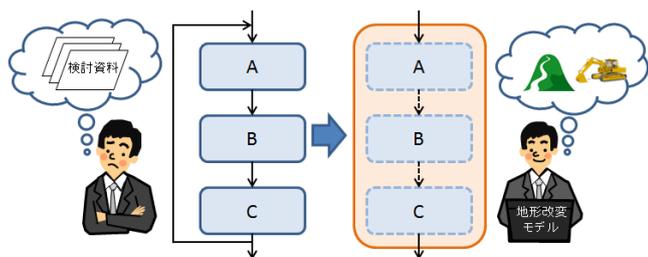


図-3 地形改変モデルによる立案フローの概念図

## 4. 地形改変モデル

### (1) 地形改変モデルの概要

地形改変モデルの概念図を図-4に示す。本モデルは、地形及び地盤情報を立方体で表示する地盤モデルと、建設機械による作業を表現する建機モデルを同一空間上で扱うものである。地盤モデルとは、地形形状を立方体の集合で表現したものである。各立方体はx, y, z座標を持ち、固有のIDが割り振られている。また、立方体は辺の長さを任意で決定できるので様々な形状にあった地形を再現できる。建機モデルとは、機械土工での建設機械の動きを表現するものとする。具体的な属性は、主に機械種別と機械台数である。機械種別属性では、アーム長やバケット容量、ブレード幅などの各パラメータを設定することができ、各重機の能力を再現する。これらの属性により、どの重機が何台かという表現が可能となる。

### (2) 地形改変モデルの拡張

土工計画を一括してサポートすることに着目して開発をおこなう。その際にシミュレーションを可能にするために3次元地形と建機モデルを利用する。本研究では、建機モデルとしてバックホウに加えてダンプについてのモデル化をおこなう。以下にシステムの機能詳細を示す。まず、図-5a) b)に示すように計画サーフェスからツールで切土盛土の属性を加味した立方体で地形を作成する。次にc)d)に示すように立方体を同じ高さのものから層状に消去と配置ができる。この際に切土と盛土の土量配分計画を考慮できるシステムとする。最終的には作業能力の算定も可能にしたい。

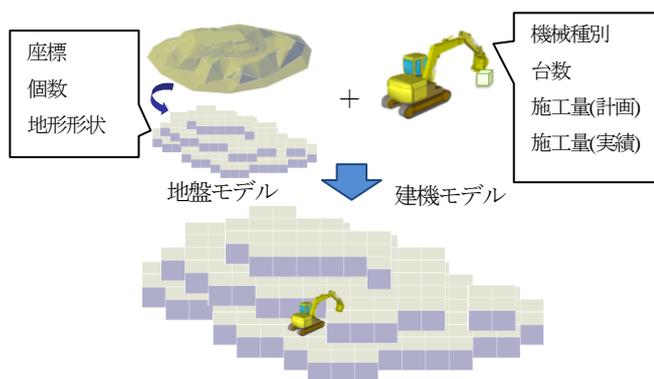


図-4 地形改変モデルの概念図

## 5. 適用事例

本モデルを曾木の滝分水路設計事業に適用する。平成

18(2006)年7月19日から23日にかけて、薩摩地方北部を中心に浸水被害等が発生した。再度災害防止を図るため、川内川流域が河川激甚災害対策特別緊急事業(激特事業)に採択された。分水路事業は、本川流量約3,900m<sup>3</sup>/sのうち約200m<sup>3</sup>/sを高水分流によって分水路へ分担させた。現況を立方体の地盤モデルで表したものを図-6に示す。赤く表示している立方体が掘削部分で2260 m<sup>3</sup>である。バックホウで掘削した土を場外の数カ所に運搬する計画となっている。運搬先として場外地点A、地点Bと二カ所があり、15km以上離れた別工事現場

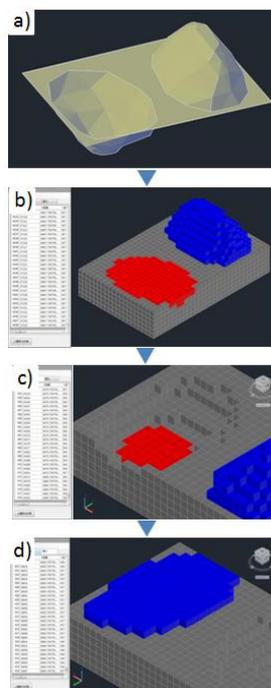


図-5 モデル利用例

である。そのため、当該工事においては、場内からの搬出を調整しながら工事を進めていく必要がある。本適用事例における主な検証内容は以下のとおりである。

- ①掘削、運搬、積込といった土工の作業プロセスを通した土工計画立案の適用性確認
- ②施工実績をフィードバックした土工計画の適用性確認



図-6 モデル利用例

## 5. おわりに

掘削、運搬といった作業プロセスを一貫して表現する地形改変モデルを提案した。各プロセスでの重機の挙動を地盤モデルの編集により示し、計画段階での利用を試みる。

### 【謝辞】

国土交通省 九州地方整備局 川内川河川事務所にはデータを提供して頂き心より感謝致します。

### 【参考文献】

- 1) 藤島 崇：道路工事における設計データの効率的利用と施工管理方法に関する研究，熊本大学，平成17年度，博士学位論文。
- 2) 竹本 憲充：立方体地盤モデルを用いた土工の設計施工プロセスの効率化に関する研究，熊本大学，平成25年度，博士学位論文
- 3) 矢吹信喜ほか：ブロックモデルを用いた土工計画および積算シミュレーション，土木学会論文集F, Vol.66, No.3, pp. 432-446, 2010.
- 4) 岡本直樹：専門工事業者による機械土工の施工計画，建設機械施工, Vol.18, No.9