

## ブロックモデルを用いた土工計画及び自動積算に関する研究

株式会社コンポート 正会員 ○有賀 貴志  
 国土基盤モデル小委員会 委員 正会員 城古 雅典  
 大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 教授 正会員 矢吹 信喜

### 1. 目的

土地造成工事や道路工事において大規模土工を行う際、土工計画は重要な検討項目である。特に、工事範囲内で切土と盛土のバランスを考慮した土量配分と、土砂を運搬する距離（運土距離）が最短となるよう繰返し検討が行われる。このとき、市販の3次元CADや土量管理ソフトを使えば作業の省力化は可能であるが、導入にかかるコストが高いこと、現状ではソフトウェア間のデータ連携が不十分であることなどがあり、広く使われるには至っていない実情がある。

本研究は安価で汎用性のある土工計画の一手法の開発を目的として、3次元CAD及び表計算ソフトを用いた、「ブロックモデル」による土量配分及び運土距離の算定に関するプロセスを検討し、当該手法のプログラムの作成及び実装、また、課題の抽出を行った。

### 2. ブロックモデルとは

ブロックモデルとは、複雑な形状を持つ地山を平面及び標高を考慮した3次元のグリッドで区切り、立方体あるいは直方体により近似させた地山モデルである<sup>1)</sup>。地山をブロックモデルとすることで、土量や施工サイクルが視覚化されることにより施工計画が容易となること、ブロックモデルが位置、体積等の情報を持つことから積算が容易になるなどの利点がある。

### 3. ブロックモデルを用いた土工計画のプロセス

ブロックモデルの生成及び操作は3次元CADを用いる必要がある。本研究では、操作性と拡張性を考慮し、フリーソフトである「Google SketchUp (<http://sketchup.google.com/intl/ja/>)」、積算については、広く普及している表計算ソフト「Microsoft Excel」を用いるものとした。また、プログラムの作成は、対応するソフトウェアに応じて「Ruby」及び「Visual Basic for Applications (VBA)」を用いた。

これらのソフトウェアの使用を踏まえて、ブロックモデルを用いた土工計画のプロセスを次のとおり想定した。( )内は当該ステップで用いたソフトウェアを示す。

- ①地山のブロックモデルの生成 (Google SketchUp & Ruby)。
- ②ブロックモデルの操作による土工計画 (Google SketchUp)。
- ③ブロックモデルの情報の取得 (Google SketchUp & Ruby)。
- ④③で取得した情報に基づく積算 (Microsoft Excel & VBA)。

### 4. ブロックモデルの生成

地山のブロックモデルは、数値地図等のDEMより3次元CAD上に生成するものとした。ブロックモデルの生成手法の概念を図1に示す。

任意の基準面に対してX軸及びY軸を基準とする等間隔のグリッドで囲まれた領域を想定し、地表面に相当する4点の標高値を平均した標高面までを平面のグリッド間隔に等しい高さで分割し、原則として立方体で表現するものである。砂層と岩層の区分なども同様の手法で対応することができる。また、各ブロックモデルを固有化するIDを付与し、情報を一意に管理できるものとした。

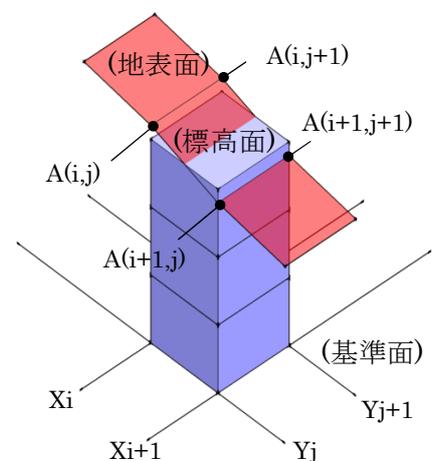


図1 ブロックモデル概念図

キーワード ブロックモデル, 土工計画, 積算, 3次元CAD, フリーソフト

連絡先 〒191-0011 東京都日野市日野本町3-8-3 株式会社コンポート TEL:042-507-8594

5. ブロックモデルによる土工計画

土工計画は、3次元 CAD 上でブロックモデルを積み木の要領で操作して行うものとした。図 2 にブロックモデルによる土工計画の概念図を示す。

6. 土量と運土距離の取得

積算に用いるブロックモデルのパラメータとして、ID、中心座標 (X, Y, Z)、形状 (縦×横×高) を取得するものとした。

土工分類は、ステップ S(i) とステップ S(i+1) のブロックモデルのパラメータを照合して次のとおり判定するものとした。

- ① S(i) 及び S(i+1) に同一の ID がある場合、中心座標が同じ値であれば「地山」として除外する。
- ② S(i) 及び S(i+1) に同一の ID がある場合、S(i) と S(i+1) で中心座標が異なれば「切土及び盛土」と判定する。
- ③ S(i) にある ID が S(i+1) にない場合、「残土」と判定する。
- ④ S(i) にない ID が S(i+1) にある場合、「搬入土」と判定する。

運土距離は、土工区分判定が②の場合において、図 2 に示すとおりブロックモデルの中心座標間の距離とした。

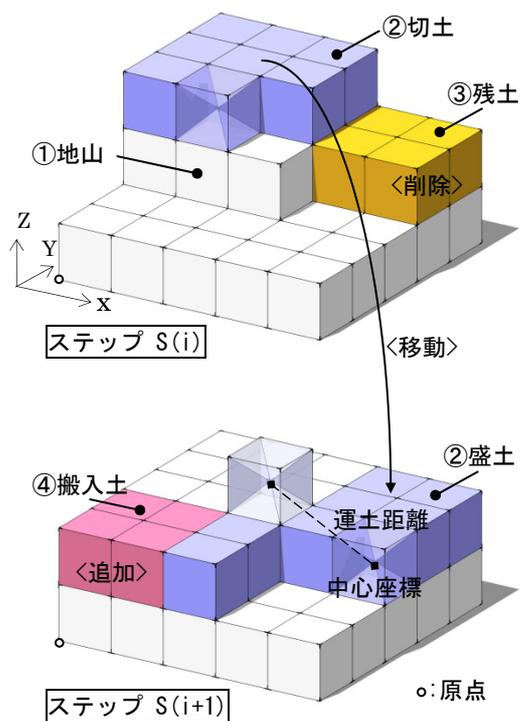


図 2 土工計画概念図

7. 積算

本研究では積算対象として、バックホウ掘削積込、ダンプトラック運搬、ブルドーザ敷均し、ブルドーザ締固めを考慮した。各積算項目に要するパラメータを設定後、ブロックモデルから取得したデータを用いて、土工区分の判定、土量計算及び運土距離を求め、合計金額までの算定をプログラムで処理するものとした。表 1 に土工区分判定②における土量及び運土距離の取得と積算結果について示す。本手法は、表計算ソフトで処理するため、工事毎に必要な積算項目に対応した拡張を行うことができる。なお、積算基準は「土木・造園工事積算要領 平成 20 年度独立行政法人都市再生機構」を用いた。

表 1 土量及び運土距離の取得と積算結果

Step S(i) ID	中心座標			Step S(i+1) ID	中心座標			単位:m 単位:m3 単価(円/m3)							金額(円)	
	Xc	Yc	Zc		Xc	Yc	Zc	運土距離	土量	掘削・積込	運搬	敷均	締固	単価計	体積*単価計	
5164	2.5	12.5	12.5	5164	17.5	12.5	7.5	15.811	125.000	82	415	38	27	562	70,250	
5158	2.5	17.5	12.5	5158	17.5	17.5	7.5	15.811	125.000	82	415	38	27	562	70,250	
5161	2.5	22.5	12.5	5161	17.5	22.5	7.5	15.811	125.000	82	415	38	27	562	70,250	
5167	7.5	12.5	12.5	5167	22.5	12.5	7.5	15.811	125.000	82	415	38	27	562	70,250	
5170	7.5	17.5	12.5	5170	22.5	17.5	7.5	15.811	125.000	82	415	38	27	562	70,250	
5185	7.5	22.5	12.5	5185	22.5	22.5	7.5	15.811	125.000	82	415	38	27	562	70,250	
5176	12.5	17.5	12.5	5176	12.5	2.5	7.5	15.811	125.000	82	415	38	27	562	70,250	
5173	12.5	22.5	12.5	5173	12.5	7.5	7.5	15.811	125.000	82	415	38	27	562	70,250	
※ブロックモデルは5m X 5m X 5m														合計	562,000	

8. まとめ

地山のブロックモデルを用いた一連の土工計画に関する手法を検討し、プログラムの実装と結果出力までのプロセスを構築することができた。本手法は、フリーソフト及び表計算ソフトを用いているため、導入コストはほとんど気にする必要がなく、さらにユーザーの目的に応じた設定及び拡張を実現できる。

一方、測量成果からのブロックモデルの生成、土質変化率に対する処理、最適運土距離の算定、土工計画に応じた最適な機械・機種を選定などの課題もあり、本手法の最適化を図るためさらに研究を進めていく。

**謝辞:** 本研究の遂行にあたり、多大な協力を頂いた(株)ジェイアール総研情報システムの蒲地秀矢氏に謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 小菅生 賢, ブロックモデルを用いた土砂・岩掘削および盛土の 4 次元 CAD システムに関する研究, 室蘭工業大学工学部建設システム工学科卒業論文, 2008 年 3 月