Ｄ５－８

廃棄物の３次元モデル化と情報化施工のシステム構築に関する研究

(賛)大塚義一[1)]、○(賛)岡崎浩一[1)]、(正)川口光雄[1)]、(正)古市　徹[2)]、(正)石井一英[2)]、(正)谷川　昇[2)]
村中　一意[3]、山根 裕之[3)]、新　良子[3)]
1) (株) 奥村組、2) 北海道大学、3) 伊藤忠テクノソリューションズ (株)

１．はじめに

不法投棄現場や不適正最終処分場の修復・再生事業における一連の流れのなかで、環境負荷を最低限に抑えながら事業全体のコストと工期を短縮することが求められる。その手段のひとつとして、埋立廃棄物の３次元モデル化と情報化施工に関するシステム構築の研究を実施している。具体的には、現地を掘削する前に埋立廃棄物全体の質と量がある程度の精度で推定でき、それらの埋立分布が３次元的に電子情報化されていれば、想定可能な複数の対策工法における比較評価がソフトを利用して少ないマンパワーで迅速に対応できる。また、様々な現場条件に応じて最も効率的で適確な施工計画を立案することが可能になる。

今回の報告では、実際の不法投棄廃棄物を対象として廃棄物の３次元モデル化を実施し、3D モデル化の作成方法、地質の３D モデル化システムである GEORAMA を廃棄物３D モデル化に適用したことに関する問題点及びそれらを解決するために必要な提案を行う。

２．廃棄物の３次元モデル化と情報化施工の考え方

不法投棄現場と不適正最終処分場を修復・再生する際には、現場の廃棄物を掘削して所定の場所まで運搬し、その後中間処理を行った後にそれぞれの中間処理仕様に応じた後処理が実施されることがある。たとえば、不法投棄廃棄物や処分場埋立廃棄物などを掘削後に仮置ヤードまで運搬し、廃棄物の水分調整や分別・選別処理を行い、その後現場外の焼却・焼成・溶融処理施設などにて中間処理した後、最終処分や再利用を行うことが考えられる。

今回の報告では、廃棄物の３D モデル化時に抽出した具体的な課題と解決策の提案を中心に報告するが、本研究における成果の展開としては，3D モデル化を実現することで、後述する情報化施工やモデルベース設計、各種シミュレーション（廃棄物撤去、移流拡散や耐震）など 3D モデルを中心とした幅広い活用が期待できる。特に廃棄物処理の施工時の進捗に伴って加わるデータをモデルにフィードバックすることができれば、より精密で効率的な施工計画を立てることができるため、モデル化したデータの追加・変更に伴うモデルの修正（更新）方法についても検討を行った。

３．モデル化の仕様およびモデルの作成方法

今回の３Dモデルの仕様は、**表-1** に示す通りである。

表－１　廃棄物３D モデルの仕様

モデル化対象	某不法投棄廃棄物
モデルの領域	1053.607m×722.283m
メッシュ分割	メッシュ幅：約 5m　分割数：211×144（4.993m×5.016m）
入力データ	・鉛直断面図：12 断面，平面図（図 5.2-2 の断面位置図を参照） 注）ボーリング等は不使用
分類区分	15　（廃棄物部分は以下①～⑤の５層に分類した） ①バーク片・堆肥、②焼却灰、③RDF 様物、④汚泥、⑤廃棄物と土質の混合物
境界区分	36　（分類した廃棄物部分は，分布場所別に境界分類した） ①バーク片・堆肥（12 境界）、②焼却灰（4 境界）、③RDF 様物（4 境界）、④汚泥（3 境界）、⑤廃棄物と土質の混合物（2 境界）

モデルの作成は、以下のＡからＥの５段階で行った。

Ａ．既存の CAD 平面図を元に領域を設定し、CAD 断面図を断面位置に入力し、パネルダイアグラムを作成した（**図-1** 参照）。

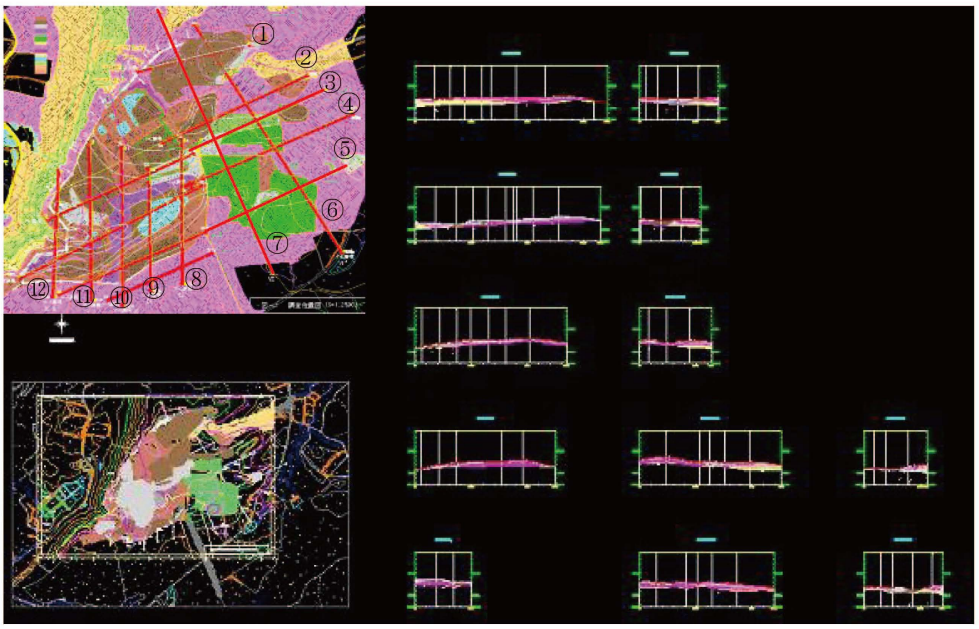
Ｂ．図面に表記されている地層・廃棄物の分類を用いて地質分類及び境界面を設定した。GEORAMA では境界面テーブルという概念を用いてモデル構造を作成する。境界テーブル上では各境界面でそれぞれのパラメータを設定する。パラメータの例としては、面種（面のどちら側を定義するかを決定するパラ

【連絡先】〒108-8381　東京都港区芝 5-6-1　株式会社 奥村組　技術本部　環境プロジェクト部
大塚義一　Tel:03-5427-8475　FAX:03-5427-8104　e-mail:yoshikazu.otsuka@okumuragumi.jp
【キーワード】不法投棄廃棄物現場、不適正最終処分場、修復、再生、３次元廃棄物モデル

メータ)、優先度（どちらの面を優先するかを決定するパラメータ）などがある。

C．既存の断面図、平面図上にある各地層境界線が上記で設定したどの境界面テーブルに当たるかを判断し、それに対して各境界面を割り当てた。

D．メッシュ分割数を設定し、推定を行った。GEORAMA では境界面の分布を「最適化原理による地層面の推定法」で計算する。この手法では、制約条件付きの非線形最適化問題として最適解を求める。



図－１　GEORAMA 上で入力した断面図及び平面図

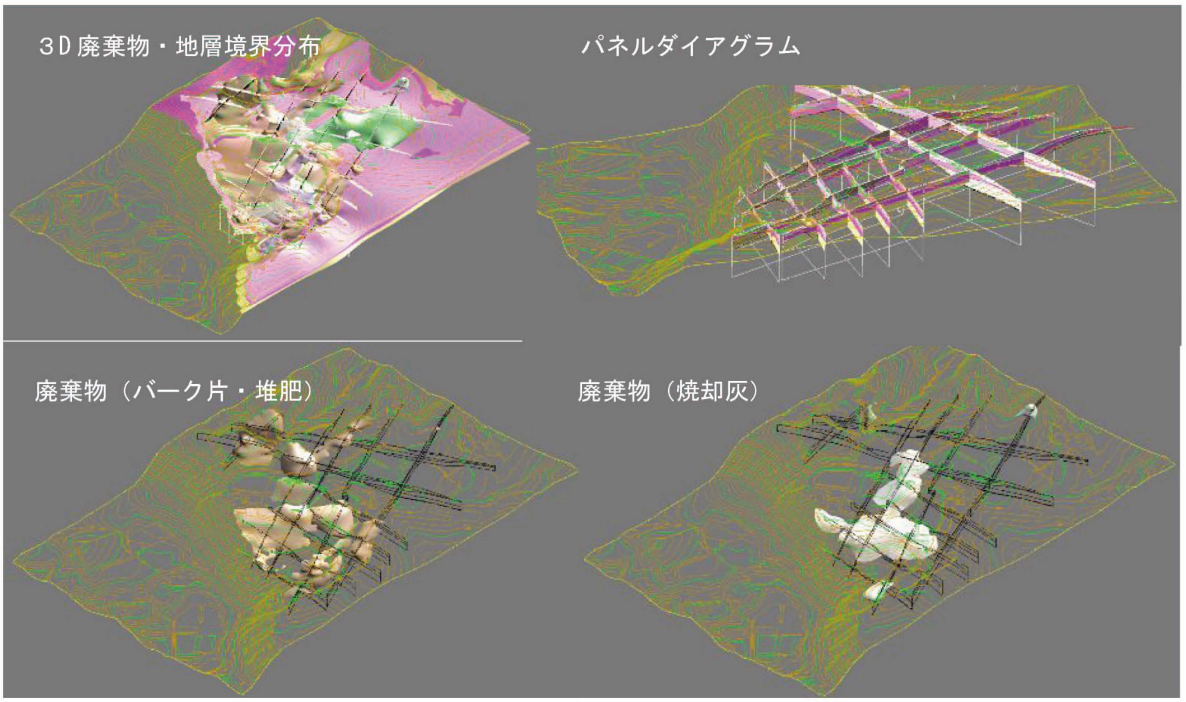
$$Q(f) = mJ(f) + aF(f)$$

ここで、Q：拡大目的関数 、J：目的関数、F：制約条件、f：求める境界面、m：目的関数の重み、a：制約条件の重みである。f が求める境界面で制約条件は入力するデータを表す。f は、Q を最小にすることによって求める。

E．入力した断面図だけで推定した場合、モデリングが困難（推定形状がうまくできない）であったため、人為的に修正用データを追加して断面図・平面図上で形状を修正した（修正用データは、GEORAMA では境界ポイントとして入力することができる)。

４．モデル化の結果

モデル化した結果を**図－２**に示す。



図－２　３Dモデル化結果例

５．モデル化の課題と解決策

実現場廃棄物の３D モデル化に関して３つの課題を抽出し、それらの考察を行った。

１）人工地盤と自然地盤の違い

廃棄物分布では，地中に掘削や盛土（人工地盤）構造が現れる。今回使用した地層を対象とした曲面を推定する手法では推定形状が曲面になってしまうため、人工基盤のような推定には向かない形状（平面で構成されている形状）を正確には再現できていない。

２）修正用データの多用

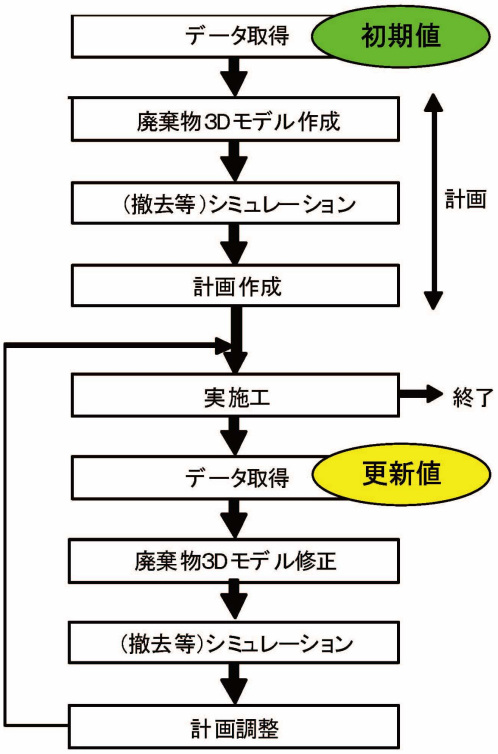
調査・観測等において準備されたデータのみでモデルを構築するとモデル形状がうまくいかない場合がある。修正用データは、モデル形状を調整するために意図的にデータを付け加えるものである。今回のように廃棄物を対象としたモデルは、通常の地質モデルに比べて修正用データを多く使用した。

３）廃棄物モデル構造解釈の困難性

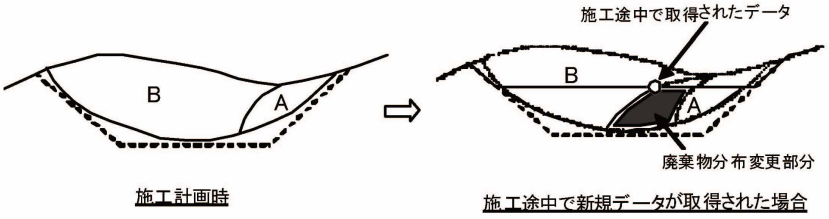
地質モデルを作成するためには、モデル（地質）構造を解釈し、パラメータとして入力する必要がある。一般的に地質の場合、地層の層序則などを元に解釈するが、廃棄物の場合もそれに類する考え方を考慮に入れないと精度良くモデル化できない。

４）課題の解決策

抽出した課題の具体的解決方法としては、廃棄物３D モデルにおける構築手法の研究と、廃棄物３D モデルにおける更新手法の研究の２つについて検討する。前者では、自然地盤と人工地盤とを組み合わせたハイブリッドモデル構築手法や廃棄物構造の明確化とモデル化の適用方法が必要である。廃棄物ハイブリッドモデルの構築では、人工地盤（造成のため平面で構成）と自然地盤（自然の地質のため曲面で構成）をひとつに統合し３Dモデルとして構築する方法がある。また、廃棄物構造(特性)の明確化と適用では、廃棄物の投棄履歴の整理・調査、分布域の調査を実施するとともに、それらの解釈をモデルに組み込むことによって、モデルの推定精度を大きく上げる方法がある。



図－３　モデル情報更新の流れ



図－４　モデル情報の更新イメージ

これらの手法以外で、今回のシステムをより実質的に適用可能なレベルするための方法として、モデル情報の更新手法がある。計画段階で作成した３D モデルは、施工途中で新たな情報が加わり、モデル（計画）の齟齬が判明したとしても修正するのは困難である。新たに加わった情報をモデルにフィードバックすることができれば、当初計画からの調整を行い、実際の施工の実情に沿った管理を行うことができる。また、修正したモデルを元に各種シミュレーション（撤去等）を行うことができる。これらのイメージを**図－３・４**に示す。

６．おわりに

本研究は、モデル化対象が実現場であり（机上検討だけではない多数の情報が得られる）、実現場情報と３次元モデル化結果を比較検証して埋立分布の推定手法を体系化することで、今後発生する同様な課題に対しても適用可能な普遍的テーマであるという点が特徴である。また、不法投棄現場や最終処分場などでの空間的な廃棄物分布の把握は非常に重要である。一方で、モデル化における課題の克服レベルは高く、より多面的な検証が必要である。

謝辞　本研究は環境省廃棄物処理等科学研究の補助金をうけて行われました。「不適正な最終処分システムの環境再生のための社会・技術システムの開発」のプロジェクトメンバーの皆様に深く感謝致します。