

(24) モデル空間のデータ構成と その運用に関する提案

小林 一郎¹・山根 裕之²・藤田 陽一³

¹正会員 工博 熊本大学大学院教授 自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)

E-mail: ponts@gpo.kumamoto-u.ac.jp

²非会員 伊藤忠テクノソリューションズ (〒100-6080 東京都千代田区霞が関3-2-5 霞が関ビル)

E-mail: hiroyuki.yamane@ctc-g.co.jp

³正会員 博士(工学) 学術研究員 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2-39-1)

E-mail: fujitay@kumamoto-u.ac.jp

建設事業のライフサイクル全般でモデル空間を考える場合、最低でも地形・土質、構造物（設計対象物、支保工、重機等）がモデル化される必要がある。さらに、それらの連携を固定的ではない方法で、運用できるようにしておく必要がある。たとえば、道路の盛り土は、土が現地盤にあるときは地表の一部であるが、施工されれば、構造物としてモデル化しておく必要がある。これらを含め、モデル空間を総合的に扱える仕組みが必要である。本論文で提案するモデル空間は、①形状、②属性、および③時間の3要素からなり、それらは、キーにより関連づけられている。これにより、上記の地形・土質、構造物とそれらの様々な情報を関連づけることが可能となる。

Key Words: model space, key, database, GIS,

1. はじめに

CIMでは建設ライフサイクルの各プロセス（調査、設計、施工、維持管理）において3次元モデルにおける一元管理が求められる。しかし、建設事業では各プロセスで作業者が異なるため、プロセス間においてモデルの受け渡しが必要になる。一方、プロセス内では作業の進捗状況に応じてモデルを最新のものに更新していくことが要求される。

近年、3DプリンターやAR、センシング、マシンコントロールなどの技術の進展により仮想空間と現実空間の間のインターフェースが進化している。これらはIoT (Internet of Things) によって“もの”と“もの”がネットワークにより結びつけられ、仮想空間が現実空間の最新状況を表す“*As Build*”な状態が可能になりつつある。

本稿ではCIMにおけるこのような状況を表現するためにモデル空間という考え方を適用することを試みた。モデル空間は“もの”を表す“形状”、情報を表す“属性”、時間変化を表す“時間”の3つの構成要素からできている仮想空間である。モデル空間をCIMに適用する目的には以下の2つがある。

(a) 3Dの仮想空間内で様々な情報を統合し、プロセス間のモデルの受け渡しや3Dインデックスとして必要な情報を迅速に検索・表示できるようにする。

(b) 施工や維持管理における計測値などの最新情報や点検などの更新履歴を保持し、共有化することで現状把握や意思決定のサポートができるようにする。

筆者らはこれまでCIMとモデル空間の関係や適用例について述べてきた^{1) 2)}。本稿ではより詳細にモデル空間について分析を行い、基礎的な考え方を整理し、その上でCIMに適用する場合の準備作業について考察する。

2. モデル空間の説明

(1) モデル空間とは

モデル空間は“形状”と“属性”と“時間”が“キー”により関連付けられた仮想空間である。“形状”は複数のオブジェクトからできた形状モデルとして表現され、それぞれのオブジェクトには識別するためのID (名称) をつける。同じIDを”属性”上にもつけて、それらを“キー”として結びつける。同様に”時間”にも同じIDをつけて“キー”として結びつける。“キー”を共有す

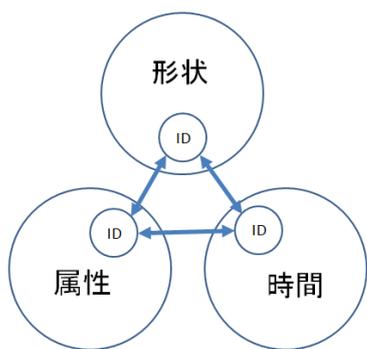


図-1 モデル空間の構造

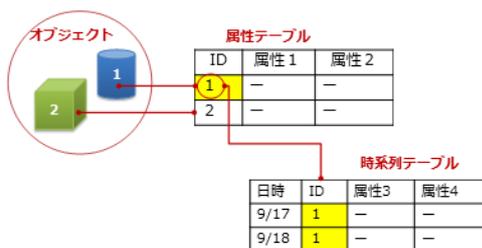


図-2 モデル空間での関連付け

ることで個々のオブジェクトが持っている属性や時間変化を表現する(図-1, 図-2)。

モデル空間内には様々な種類の形状モデルが配置される。形状モデルは主にCADツールで作成する。形状モデルの種類によって作成ツールは異なることがあり、例えば地形では土木系のCADツール、構造物では構造系のCADツールを用いる。

“属性”は列が属性項目、行がオブジェクトなどを表すテーブル形式で表現する(属性テーブル)。オブジェクトと関連付ける場合は、対象オブジェクトのIDをキー項目とする。“時間”は日時と対象オブジェクトのID、測定値などの時間変化を表す属性値をもつテーブル形式で表現する(時系列テーブル)。テーブルは表作成ツールやテキストエディタで作成することができる。

(2) キーによる関連付け

属性テーブル上の特定の属性項目がキーになり、他の属性テーブルと関連付けすることもできる。例えば、図-3のように、ボーリングデータを円柱オブジェクトの集合体として表現した場合を考える。円柱オブジェクトにIDを付け、これをキーとして属性テーブル(オブジェクト)と円柱オブジェクトを関連付ける。属性テーブル(オブジェクト)の属性項目としてボーリング名と地層名を設定する。ボーリング名は属性テーブル(ボーリング)上のキーとして、地層名は属性テーブル(地層)上のキーとして関連付ける。

同じ形状モデルであってもプロセスの違いにより取り扱う属性が異なる。例えば設計、施工、維持管理で属性

は違う。この場合、図-4のように、ひとつのオブジェクトに対して複数の属性テーブルが”1対多”の関係で対応することになる。

同じ属性であっても利用目的や表現の違いにより異なる形状を取り扱いたい場合がある。例えばソリッド表現とポリゴン表現(断面図)である。この場合、図-5のように、複数のオブジェクトに対して1つの属性テーブルが”多対1”の関係で対応することになる。



図-3 テーブル間の関連付け

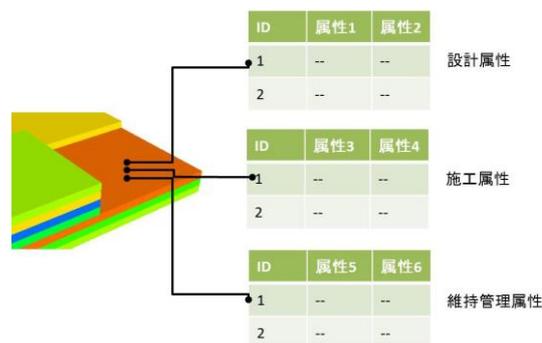
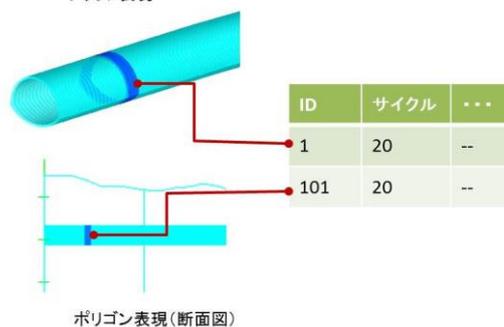


図-4 オブジェクト：属性=1：多

ソリッド表現



ポリゴン表現(断面図)

図-5 オブジェクト：属性=多：1

(3) キーの管理

モデル空間では“形状”と“属性”と“時間”が独立しているため、それぞれの作業を別々に行うことができる。担当者ごとに作業を並行して進めることができるため、効率性・柔軟性が高い。これを実現するためには、

それぞれの作業員間で“キー”を共通化して管理していくことが必要である。キーの管理は形状や属性が追加、削除された場合における連携をスムーズに行うためにも重要になる。属性項目にグループや系統を示すキーを設定することでオブジェクトの関係を表現することもできる。

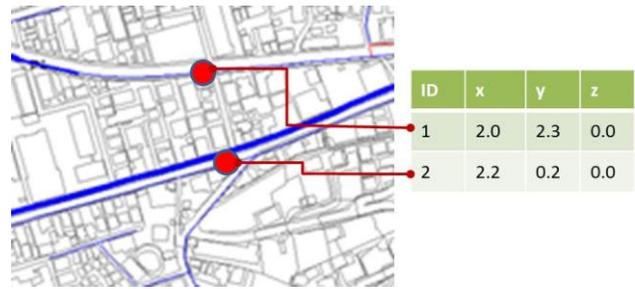


図-7 GISの表現

3. モデル空間の利用方法

(1) 地盤

土木では地形や地盤といった自然環境を対象とするため、モデル空間上でこれら表現する必要がある。特に地盤分布を表現する場合、目的に応じて図-6のように、パネルダイアグラム、サーフェス、ソリッド、ブロックなど様々な使い分けを行う必要がある。これらの表現は形状は異なるが同じ地盤の分布状態を表し、地盤名称がキーとなり関連付けられる。それぞれの形状表現は、同じモデル空間の中で併存することになる。

地盤や盛土などを3次元のブロックで表現すると施工管理において便利な場合がある。ブロック表現は地盤を立方体などの細かいブロックに分割した表現方法である。地盤を管理されたブロックとして表現する場合、ブロック単位でIDを付けてオブジェクトとして表現し、属性項目として物性情報や施工情報などを加えることができる。ブロックにするとブロック単位での地盤の掘削（削除）や追加（盛土）が行いやすくなる。トンネルなどの線形の場合は線形方向にブロックを作成すると扱いやすい。

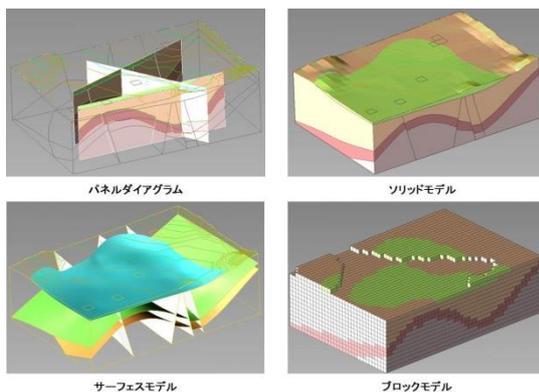


図-6 地盤の表現

(2) GIS

GISは位置をキーとしたデータベースである。一方、モデル空間はオブジェクトのIDをキーとしたデータベースである。モデル空間上で、GIS的な表現を行う場合は位置に対して目印となる“位置オブジェクト”のような形状を3次元空間上におく必要がある。“位置オブジェクト”に対してIDを付けて属性情報を管理する。図-7のように位置を示す座標は属性項目として扱うことになる。

(3) 更新データ

属性項目には更新しない値と進捗に伴って更新する値がある。更新する値としては計測値や点検、進捗を示すステータスなどがある。更新する値で履歴を残したい属性は時系列テーブルとして扱う。時系列テーブルとして取り扱った場合は、過去の値の変化をトレースして確認することができる。更新される属性は外部システムとリアルタイムで連携することで現実空間の最新状態をモデル空間で確認することができる。

(4) 外部参照など

属性テーブルにはオブジェクトと関連付けられないもの（メタデータなど）もある。これらはモデル空間全体に関連付けると考えることができる。また情報にはテーブルで表現する必要がないものや表現できないもの（ドキュメント、画像、図）もある。それらは属性項目に外部参照キーを設定することで関連付けることができる。

4. モデル空間利用のための準備作業

モデル空間は目的・用途に応じて利用者が属性項目や関連付けなどの構成を自由に設計できるデータベースである。ダム、トンネル、橋梁などの対象業種ごと、個々の具体的な事業ごとにおいてもモデル空間の構成は異なる。しかし、モデル空間を対象業務に適用する場合、いくつか共通となる作業が必要になる。ここでは運用開始前に準備する必要な作業項目について考える。

(1) 形状を作成する

管理対象となる形状モデルの種類と詳細度（LOD）を決めて作成する。オブジェクトには識別するためのIDを付けておく。形状はできるだけ、後々再利用することを考えて作成する。例えば、図-8のように、ある形状を1つのオブジェクトで表現するのが良いか、4分割して表現するのが良いかを判断して作成する。当初のプロセスでは1つのオブジェクトの表現でよかったとしても、

後のプロセスで4分割の表現が必要になった場合、形状を分割する作業が必要になってしまふ。当初のプロセスからオブジェクトを4分割して準備しておけば手間の低減を図ることができる。

すべての形状は管理対象としなくてもよい。対象形状と比較して位置関係を確認するための形状もある。その場合はオブジェクトにIDを付ける必要はないため、作業の手間を省くことができる。

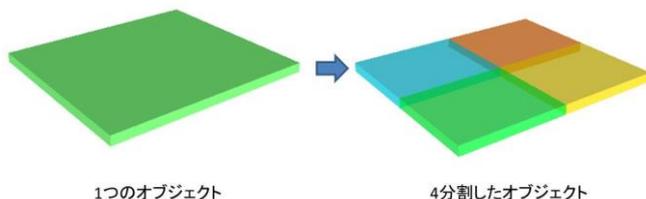


図-8 形状表現

(2) 属性を作成する

管理対象となるテーブルを作成する。テーブルは通常、形状モデルごとに複数のテーブルを準備するが、管理対象が1つの場合はテーブルが1つでもよい。目的に応じて必要なテーブルだけを準備することで手間を省くことができる。前プロセスで利用した属性も必要であれば継承して利用する。

テーブルには必要とする属性項目を設定する。属性項目にはオブジェクトやテーブル間を関連づけるためのキーを設定する。運用時に更新しない属性項目はあらかじめ運用前に値を入力して固定値としておく。更新する項目は準備段階では空白のままでもよい。図-9のように、運用時に更新する項目でかつ時刻歴を残したい場合は時系列テーブルを準備しておく。

	固定値	更新する値
ID	体積	計測値
1	11.2	0.1
2	15.3	0.1

属性テーブル

日時	ID	計測値
9/17	1	0.0
9/18	1	0.1
9/18	2	0.1

時系列テーブル

図-9 更新する値

(3) 更新方法を準備する

更新する項目に関しては運用時に取得する方法を決めておく。例えば計測や点検、進捗管理システムなどから属性値や帳票、日報などのドキュメントを取得する場合、システムとの連携方法などを考えておく。形状を更新する場合はCADなどとの連携して形状を更新する仕組みなどを決めておく。それぞれのシステムとはキーを共通化する。

(4) 確認方法を準備する

モデル空間では様々な情報が3次元で統合されている、3次元表現は全体配置や位置関係を確認するにはわかりやすいが、目的とする形状や属性を見つけ出すのは難しい。そのため、簡単に検索・表示する方法や見せ方を整理して準備しておく。モデル空間を準備する担当者と運用する担当者は異なることが多いため、運用時には操作が簡単であることが重要になるからである。例えば属性ごとに色分けする表示や、特定の属性だけの表示、時間変化を表すアニメーション、2次元図面との連携方法などをあらかじめ準備しておく。

5. おわりに

本稿ではモデル空間の基本的な考え方の説明と利用方法、CIMに適用した場合に必要な作業を考察した。モデル空間には様々な情報を統合管理することができるが、キーが重要であることを示した。今後は様々な業務における運用を通して効率的なキーの管理方法及び情報の更新方法の仕組みを構築していく必要がある。モデル空間の考え方自体は、形状・属性・時間をキーで関連付けるというシンプルなものなのでIFC(Industry Foundation Classes)やCOBie(Construction Operations Building Information Exchange)などのマッピングも可能であろう。

実際の事業では様々な意見を関係者同士で交換する。今後の課題としてはこれらの意見をモデル空間の中で関連付けを行い、参照することができればモデル空間はより有意義なものになるのではないかと考えている。

参考文献

- 1) 小林一郎, 吉田史朗, 野間卓志, 小林優一: モデル空間を用いた3次元モデルの生成に関する研究, 土木情報利用技術論文集, Vol.19, pp.157-164, 2010.
- 2) 小林一郎, 吉田史朗, 小林優一, 寺中愛瑛: 点群モデル空間を用いた歩道橋の概略設計協議, 土木構造・材料論文集, Vol.26, pp.151-158, 2010.