

モデル空間の地質情報利用プロセスへの適用

山根 裕之*・小林一郎**

Application to the geological information utilization process of model space

Hiroyuki YAMANE* and Ichiro KOBAYASHI**

*伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 3-2-5
Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-6080, Japan. E-mail:hiroyuki.yamane@ctc-g.co.jp

**熊本大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology Kumamoto University,
2-39-1 Kurokami, Chuo-ku, Kumamoto 860-8555, 100-6080, Japan.

キーワード：モデル空間 DB, アセンブリ,ブリッジ
Key words : Model space database, Assembly, Bridge

1. はじめに

建設業界では CIM, i-Construction, IoT など で 3 次元データを用いた業務変革が進みつつある。それに従って業種・現場・プロセスごとに様々な適用例が増えている。しかし、建設生産プロセス全体で作業を最適化・効率化するためには様々な作業で得られたデータを連携して管理する枠組みが必要になる。

一方、建設生産プロセスには 1)プロセスの過程で様々な業者が参加する、2)構築物は環境や地理的制限をうけるため一品生産である という特徴がある。つまり、作業結果のデータは業者間で明確に継承され、かつ個別の現場に応じた対応が容易でなければならない。これらの要求を満たして連携を行うためにはデータの独立性を確保し、かつ変化に対応する柔軟な枠組みが必要となる。

筆者らはこれまで建設業務で得られたデータを共有する場としてモデル空間という考え方を述べてきた(山根ほか, 2013; 小林ほか, 2015)。本稿ではこの考え方を発展させてモデル空間をプロセス間でデータ連携するための枠組みとして考察した。建設生産プロセスで得られた多種多様なデータはテーブル単位で統合的に管理され、柔軟に修正できることを目指した。そのためにモデル空間 DB, アセンブリ, ブリッジという考え方を新たに加え、利用手順をデータ登録とアセンブリ登録の 2 つに分けて考えた。次に本手法を地質情報の利用プロセスに適用して考察した。

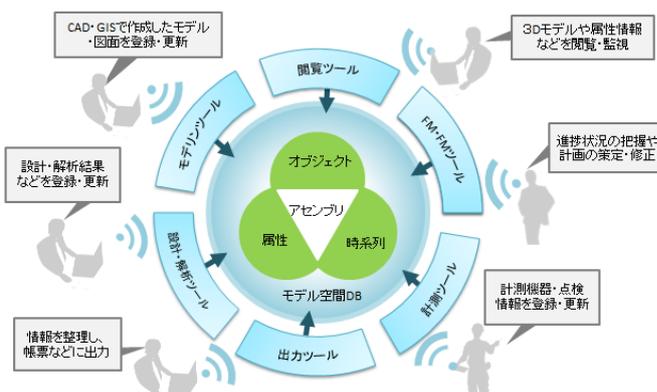
2. モデル空間 DB によるプロセス管理

2.1 モデル空間 DB

モデル空間 DB はデータをオブジェクトテーブル, 属性テーブル, 時系列テーブルの 3 つのタイプに分類したりレイショナルデータベースである(第 1 表)。プロジェクトに参加する担当者はそれぞれの役割でモデル空間 DB にアクセスする。例えばある担当者は作成したデータやモデルをモデル空間 DB に登録する。別の担当者はモデル空間 DB に登録されたデータを取り出して利用する(第 1 図)。

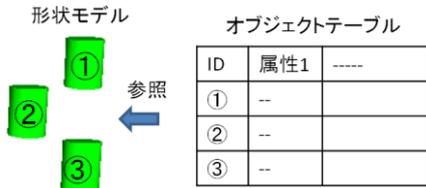
第 1 表 テーブルタイプ

テーブルタイプ	内容
オブジェクトテーブル	オブジェクトを表すテーブル(CAD/解析メッシュなど)
時系列テーブル	時間変化を表すテーブル(センサー/点検データなど)
属性テーブル	一般的なテーブル(物性表/価格表など)



第 1 図 モデル空間 DB の利用

モデル空間 DB ではすべての情報をテーブル形式で管理する。そのため、CAD や GIS 等で作成した 2D, 3D のオブジェクトもテーブル形式で登録する。例えば CAD ツールで作成した形状モデルはオブジェクトテーブルとして登録する。オブジェクトテーブルは ID を共通キーとしてオブジェクトと 1:1 で対応したレコード(行)から構成される。モデル空間 DB 上ではオブジェクトは全てオブジェクトテーブルとして取り扱うため、形状モデルのフォーマットに依存しない(第 2 図)。

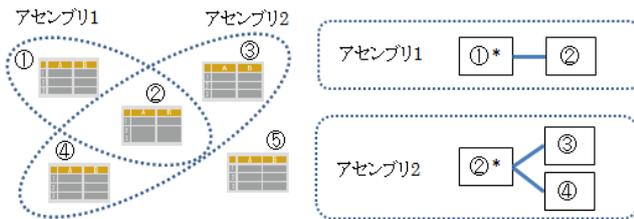


第2図 オブジェクトテーブル

2.2 アセンブリ

アセンブリはモデル空間 DB に登録されたテーブル同士を共通キーで関連付けたものである。モデル空間 DB 上には様々な情報がテーブルとして管理されている。利用者には目的に応じてモデル空間 DB から必要なテーブルを組み合わせてアセンブリを構築する。

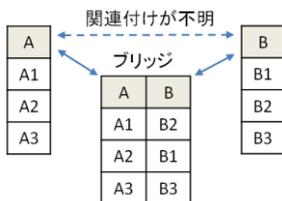
アセンブリは複数テーブルの関連付けで構成されるが、その中でメインテーブルを1つ選択する。メインテーブルは利用者がアセンブリから情報を得るための窓口となるインデックスである。メインテーブルには利用者が見やすく整理されたテーブルを選択する。第3図におけるアセンブリ1は①がメインテーブルで②と関連付けられ、アセンブリ2は②がメインテーブルで③と④が関連付けられている。



第3図 アセンブリの説明(*がメインテーブル)

2.3 ブリッジ

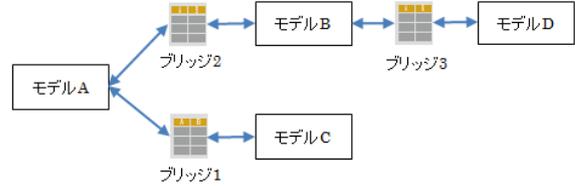
ブリッジとは2つのテーブルを関連付けるためのテーブルである。一般的に2つのテーブル間を関連付けるためには、テーブル間で共通するキー項目が必要である。共通キーがない場合は、一方のテーブルを関連付けられるように修正する必要がある。ブリッジは2つのテーブル間の対応を別テーブルに記述することで関連付ける。そのため、オリジナルのテーブルを修正する必要はなく、データの独立性が保つことができる。第4図では2つのテーブルにある項目AとBをブリッジを用いて対比することでテーブル間の関連付けを行っている。



第4図 ブリッジの説明

対象が同じでプロセスが異なる2つのモデルの場合(設計・施工モデルなど)、モデルを構成するオブジェクトは詳細度や分類が違うため、異なる形状になる場合が多い。ブ

リッジを利用すれば元のモデルを修正することなく、2つのモデルを関連付けることができる。1つのモデルから複数の派生モデルを作成する場合でもブリッジを準備することで全体の関連づけを行うことができる(第5図)。



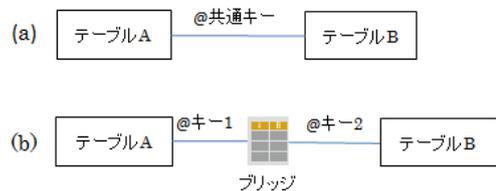
第5図 ブリッジの適用

2.4 利用方法

モデル空間 DB を構築する場合は、データ登録/アセンブリ登録という2段階の手順を実施する。最終的には現場担当者が登録されたアセンブリを利用することになる。

1) データ登録

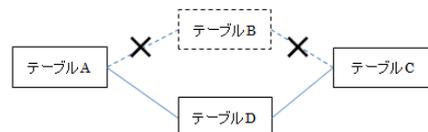
モデル空間 DB 上にデータを登録する。例えばモデル担当者は作成した形状をオブジェクトテーブルとして登録し、計測業者は計測結果を時系列テーブルとして登録する。それぞれのデータを関連付けるためには、事前に担当者間で共通キーを合意して運用するか(第6図(a))、後でブリッジを用いるか(第6図(b))の2つの方法がある。共通キーを利用する方法が効率的と考えられるが、共通キーによる合意が利用できない場合もある。既にデータが納品されている場合や次プロセスでの運用方法が不明確な場合などがある。その場合はブリッジを登録する。



第6図 関連付け方法。(a)共通キー利用, (b)ブリッジ利用 (@は共通キーを表す)

2) アセンブリ登録

業務の目的に応じてデータを組み合わせ、アセンブリ登録を行う。アセンブリは簡単に構築、廃棄、変更することができる。あるアセンブリが廃棄されても他のアセンブリやデータに影響を及ぼすことはない。またそれぞれのデータ(テーブル)は独立しているため、関連付けなどの変更が容易に実現できる(第7図)。例えば作業中に計画外の変更が生じた場合、現場ごとに異なる作業フローに修正したい場合、詳細な点は未確定だがとりあえず作業を実施していきたい場合など、アセンブリを組み替えることで迅速な対応が可能となる。



第7図 関連付けの変更

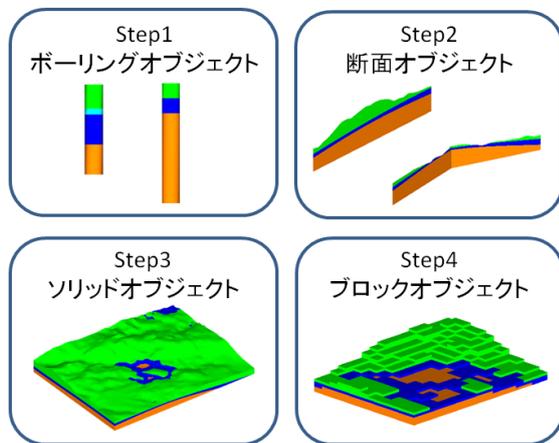
3. 地質情報の利用プロセス

3.1 地質情報の利用

モデル空間 DB を用いて地質情報の利用プロセスを表現することを試みた。利用プロセスはオブジェクトを中心として以下のように 4 つの Step で分けて考えた(第 8 図)。

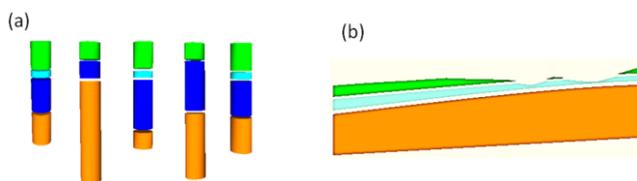
- Step1 : ボーリングオブジェクトを作成する。
- Step2 : 断面オブジェクトを作成する
- Step3 : ソリッドオブジェクトを作成する。
- Step4 : ブロックオブジェクトを作成する。

Step1 では柱状図を元にボーリングを作成する。Step2 ではボーリングを元に断面図を作成する。Step3 では断面図から推定を行い、3 次元的な分布を表すソリッドを作成する。Step4 では施工管理・FEM 解析などで利用するために分割したブロックを作成する。なお、説明の単純化のために境界や断層などの面構造は省いている。



第 8 図 地質情報の利用プロセス

ボーリングオブジェクトは円柱体で表す。例えば第 9 図 (a) ではボーリングが 5 本で地質区分ごとに複数の円柱体に分割されており、合計 18 個のオブジェクトが存在することがわかる。断面オブジェクトは領域ごとに別れた複数のポリゴンで表す(第 9 図 (b))。各断面を構成するポリゴンの数に断面数をかけたものが全体のオブジェクト数になる。ソリッドオブジェクトは地質ごとのソリッドで表す。ブロックは利用目的に応じて分割された形状で表す。例えば造成など領域を表す場合、直方体などを用い、トンネルなどの場合は長手方向に分割した形状を用いて表現する。



第 9 図 オブジェクトの表現。
(a)ボーリング、(b)断面図

3.2 データ登録

地質情報の利用プロセスで用いるテーブルを 7 種類とした(第 2 表)。①から④はオブジェクトテーブルである。それぞれ、①ボーリングオブジェクト、②断面オブジェクト、③ソリッドオブジェクト、④ブロックオブジェクトを表す。⑤から⑦は属性テーブルになる。⑤はボーリングのリストを表す。孔口の緯度、経度や掘削長などの属性をもつことができる。1 レコードが 1 ボーリング(柱状図)を表す。⑥は断面図のリストを表す。断面線の端点座標などを持つことができる。⑦は地質のリストを表す。物性などの属性値を持つことができる。

第 2 表 登録データ

テーブル名	テーブルタイプ	内容
①BORING	オブジェクトテーブル	地質ごとのボーリング柱状体を表す。
②PROFILE	オブジェクトテーブル	地質断面を表す。
③SOLID	オブジェクトテーブル	地質ごとのソリッドを表す。
④BLOCK	オブジェクトテーブル	地質ごとに分割したブロックを表す。
⑤BORINGLIST	属性テーブル	ボーリングのリストを表す。
⑥PROFILELIST	属性テーブル	断面図のリストを表す。
⑦GEOLIST	属性テーブル	地質のリストを表す。

第 3 表 キー項目

テーブル名	ID	地質名	ボーリング名	断面名
①BORING	○	○	○	
②PROFILE	○	○		○
③SOLID	○	○		
④BLOCK	○	○		
⑤BORINGLIST			○	
⑥PROFILELIST				○
⑦GEOLIST		○		

第 3 表はそれぞれのテーブルが持つキーとなる項目を示す。①から④はオブジェクトと関連付けるためのキー項目である“ID”をもつ。①のボーリングには“ID”の他に“地質名”と“ボーリング名”というキー項目がある。“ボーリング名”は⑤にもあるので①と⑤は関連付けることができる。“地質名”は⑦にあるので①と⑦は関連付けが可能であることがわかる。

3.3 アセンブリ登録

登録されたデータを元にアセンブリを登録する。ここでは 3 種類のアセンブリを考える(第 4 表)。

第 4 表 アセンブリの種類

アセンブリ	内容
ボーリングリスト	ボーリングごとにオブジェクトを表示する。
断面リスト	断面ごとにオブジェクトを表示する。
地質リスト	地質ごとにボーリング・断面図・ソリッド・ブロックを表示する。

1) ボーリングリスト

ボーリングのリストから 3 次元空間上に分布しているボーリングを確認する。アセンブリは BORINGLIST と

BORING を“ボーリング名”をキー項目として関連付けて作成する。メインテーブルを BORINGLIST にする(第 10 図)。BORINGLIST はボーリング単位でのリスト情報を表すが、それだけでは 3 次元空間上にオブジェクトを表示できない。オブジェクトテーブルである BORING を関連付けることでボーリングの分布が確認できるようになる。

(a)

ボーリング名	X	Y	標高	掘削長	角度	方向	経度	緯度
NO.1	508.9538	492.064	80.078	50	0	0	139.7554	35.6585
NO.2	296.5578	527.294	61.275	50	0	0	139.7556	35.6584
NO.3	679.9731	463.6972	88.054	20	0	0	139.7552	35.6586
NO.4	570.392	565.0234	86.444	20	0	0	139.7553	35.6582
NO.5	310.3343	256.1984	54.975	50	0	0	139.7559	35.6583



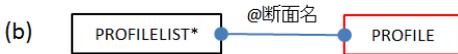
第 10 図 ボーリングリスト。
(a)メインテーブル, (b)アセンブリの構成

2) 断面リスト

断面のリストから断面図を確認する。アセンブリは PROFILELIST と PROFILE を“断面名”をキー項目として関連付けて作成する。PROFILELIST をメインテーブルとすることで、利用者は断面のリストからどの場所に断面図があるかを画面上で確認できる(第 11 図)。

(a)

断面名	始点X	始点Y	終点X	終点Y
A	108.9538	321.2	239.2	43.1
B	196.5578	21.1	121.2	22.2



第 11 図 断面リスト。
(a)メインテーブル, (b)アセンブリの構成

3) 地質リスト

地質のリストを用いて地質がどこに分布しているかを確認する。アセンブリは GEOLIST をメインテーブルにして BORING, PROFILE, SOLID, BLOCK を“地質名”で関連付けて作成する(第 12 図)。利用者は別々のプロセスで作成されたオブジェクト(ボーリング, 断面図, ソリッド, ブロック)の関係を確認することができる。第 12 図(c)は断面図とソリッドでの地質 G2 の分布を表示している。

(a)

地質名	物性
G1	0.1
G2	0.12
G3	0.41

(b)

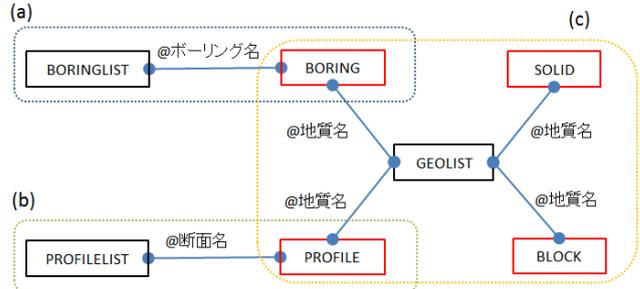
```

    graph LR
      GEOLIST -- "@地質名" --- BORING
      GEOLIST -- "@地質名" --- PROFILE
      GEOLIST -- "@地質名" --- SOLID
      GEOLIST -- "@地質名" --- BLOCK
  
```

(c)

第 12 図 地質リスト。(a)メインテーブル, (b)アセンブリの構成, (c)地質 G2 の分布

全てのデータの関連付けをまとめたものが第 13 図になる。7 種類のテーブルがキー項目によって関連付けられている。(a)部分がボーリングリスト, (b)部分が断面リスト, (c)部分が地質リストのアセンブリに相当する。それぞれは全体の関連付けから一部を切り取ったものである。



第 13 図 関連付け全体の構成。
(a)ボーリングリスト, (b)断面リスト, (c)地質リスト

3.4 ブリッジ利用

前節ではボーリングと断面図などの地質区分を同じにして関連付けた。しかし、一般的にはボーリングで用いている地質区分と断面図で用いる地質区分は異なるため、そのままでは 2 つのデータを関連付けることができない。これを解決するためには断面図の地質区分に合わせた標準ボーリングを作成して地質区分を同じにする方法もあるが、オリジナルのボーリング情報(地質区分)が欠落してしまう。オリジナルのボーリング情報を修正せずにボーリングとソリッドを関連付けるためにはブリッジを利用する。ブリッジはボーリングの地質区分とモデルの地質区分との対応表になる。第 14 図ではボーリングの区分 1 が C1,C2,C3,C4 であり、断面図の区分 2 は G1,G2,G3 で区分が異なる。そのため、ブリッジを用いて C1,C2 を G1 に C3 を G2 に C4 を G3 に対応させている。

	ボーリング	ブリッジ		断面図
	区分 1	区分 1	区分 2	区分 2
G1	C1	C1	G1	G1
	C2	C2	G1	G2
G2	C3	C3	G2	G3
G3	C4	C4	G3	

第 14 図 地質区分のブリッジ利用

4. おわりに

本稿ではモデル空間 DB の考え方をういて各プロセスで得られたデータを関連付けて運用する方法について説明した。例として地質情報の利用プロセスを用いたが、実際にはもっと多くのデータが関係することになる。他業種でも同じスキームで利用することが可能であると考えている。

文 献

小林一郎・山根裕之・藤田陽一(2015)モデル空間のデータ構成とその運用に関する提案, 土木情報学シンポジウム講演集 40, pp.87-90
 山根裕之・椎葉航・新良子・小林一郎(2013) CIM における 3D モデルの属性利用について, 日本情報地質学会シンポジウム