

数学的抽象階層に基づく増加的モジュール式の セルラーデータベースの開発

児玉 敏男^{†1} 國井 利泰^{†2}

要旨

インターネットが普及し、莫大な情報が常時処理される時代に入った。様々な情報戦略を展開している企業群においては、データまたはデータ属性間の依存関係が常に変化する状況に適合した情報システムの構築が時代の要請である。しかし、現在、最も汎用的に利用されているデータベースであるリレーショナルデータベースを振り返ると、データ間の依存関係が変化しない静的状況を前提にしている。ゆえに情報システム構築時は、業務アプリケーションの開発分量が必然的に大きくなり、システム全体のメンテナンスビリティが低下している状況にある。そこで、グローバルモデルとして数学的抽象階層に基づいた全事象を射影可能な情報空間構築モデルである階層モデルを採用したセルラーデータベースの開発提言をプロトタイプシステム作成・試用により行う。このセルラーデータベース利用によってシステム全体のメンテナンスビリティを格段に向上させる。

A Development of a Cellular Database Based on an Incrementally Modular Abstraction Hierarchy

Toshio Kodama^{†1} Tosiyasu L. Kunii^{†2}

Abstract

The Internet spreads, and the era has come when enormous information is always processed. As for the companies which progresses a variety of information strategies, the development of the information system which suits the situation where the data or data attributes dependencies are always changing is required. However, the relational databases, most popular commercial database, are built on the assumption that data dependencies will not change. Therefore, the amount of the business application inevitably grows in the development of the information system. Here, we propose the cellular database that is based on the layer model as a global model. The layer model is an information space construction model that is based on the mathematical abstraction hierarchy and can reflect all events, and the maintainability of the entire system is greatly improved by utilizing the cellular database.

1. はじめに

インターネット上で、様々なコンピュータ機器がグローバルに常時接続される時代に入り、莫大な情報が常時処理されるようになった。その中、各企業が展開するインターネットモールでの顧客管理、コンビニエンスストアでの商品の在庫管理、建設工事現場での資機材管理等々、データ管理上の要求属性が常に変化する状況に適合した情報システムの構築が時代の要請である。しかし、現在、最も汎用的に利用されているデータベースであるリレーショナルデータベース(以下、RDB)を振り返ると、データまたはデータ属性間の依存関係が変化しない静的状況を前提にしている、変化に対してはデータベース管理者の存在が必要になる。ゆえに情報システム構築時は、業務アプリケーションの開発分量が必然的に大きくなりシステム全体のメンテナンスビリティが低下する。これは、RDBが採用するリレーショナルモデルが集合論的处理のみに基づき、情報の排他和の概念に基づかず情報のモジュール性を具備しないゆえである。これは、現在の他の主要なデータモデルであるERモデル、オブジェクト指向モデル、UML、XML等、全て同様である。

^{†1} 前田建設工業(株)

Maeda Corporation

^{†2} 金沢工業大学 IT 研究所

IT Institute, Kanazawa Institute of Technology

情報の排他和について簡単な例を上げる。Web上で企業XがJV(Joint Venture)のパートナー企業Yを探しているとする。条件がうまくマッチしたとき、接着写像fによって以下のJVが形成される。

$$Y \sqcup X / \sim = Y \sqcup X / (x \sim f(y) \mid \forall y \in Y_0)$$

$$f: Y_0 \rightarrow X \mid Y_0 \rightarrow Y.$$

Y_0 は企業YのJVに関連する部分である。ここで \sqcup は数学的に排他和を表し、このJVモデルは排他和の概念に基づく。一方、企業XがM&Aを行う相手企業Yを探していたとする。条件がマッチした後の合併時、Yは Y_0 を結合部分としてXと和をとる。

$$X \sqcup Y / (x \sim f(y) \mid \forall y \in Y_0)$$

リレーショナルモデルでは、JOIN結合によって企業間のM&Aは射影可能であるが、JVはサポートしえない。マニファクチュアリングにおいてもJOIN結合による和では、製品のパーツを代替不可なのでウェブ上のマニファクチュアリング(e-manufacturing)の利点を享受できない。ERモデル、オブジェクト指向モデル、UMLも基本的にはグラフ理論モデルを基礎にしているので同値関係による接着をサポートしない。XMLはネスト構造を形成するが、複雑なネスティングの妥当性を検証するための形式に欠ける。よって、システムが大きくなるほどその妥当性の検証が困難になる。

そこで、本研究ではこれらのデータモデルの欠点を補

うため、グローバルモデルとしての代数的トポロジカルモデル（以下、階層モデル）を採用したセルラーデータベースの開発提言を行う。階層モデルは、数学的抽象階層に基づき数学的排他和を表す接着空間モデル、セル空間モデルをサポートした全ての事象を射影可能なモデルである。このセルラーデータベースの利用によって情報システム全体のメンテナンスリビリティを格段に向上させ時代の要請に応えようとするものである。

2. 数学的抽象階層に基づいた階層モデル

2.1 概要

サイバー世界のような多様性に富む世界において、事象の一貫性を見いだすためには、数学的な不変量を定め多様性の中から本質を抽象化する必要がある。数学的不変量を表す同値関係によって全てのオブジェクトは部分集合の排他和として同値類を形成するが、その同値関係には次のような数学的抽象階層^{[2][3]}が存在する。

1. ホモトピーレベル
2. 集合論レベル
3. トポロジー空間レベル(特殊ケースとしてのグラフ理論レベル)
4. 接着空間レベル
5. セル空間レベル
6. 表現レベル
7. ビューレベル

この数学的抽象階層では、最も抽象度が高いホモトピーレベルから最下層のビューレベルまで段階的に機構が継承される関係にある。この数学的抽象階層に基づいたモデリング手法を“代数的トポロジカルモデリング”(Algebraic Topological modeling, 以下階層モデル)^{[2][3][4][5]}と呼び、著者の一人(T. L. Kunii)の独創的なアイデアである。この階層モデルは、上層から下層へ各階層の機構をモジュールとして増加的に付加する構造、増加的モジュール式を持つ。サイバー世界、実世界の全事象はこの数学的抽象階層を形成するので、階層モデルは全ての事象を射影可能な極めて汎用性の高い情報空間モデルであり利用価値が高い。

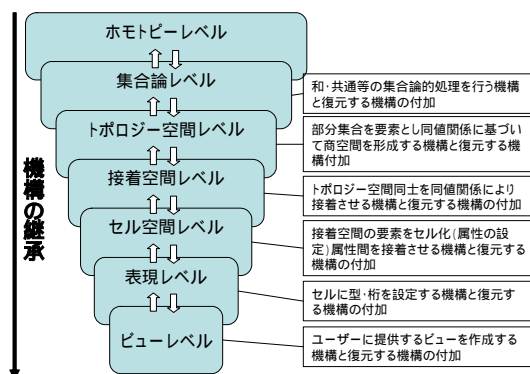


図 2.1 増加的モジュール式

以下に、同値関係の数学的定義(2.2)、階層モデルの各階層の機構(2.3-2.9)について順に定義と応用に分けて説明する。

2.2 同値関係

集合 X 上の関係 $R \subseteq X \times X$ において、

1. $(\forall x \in X)[xRx]$ ならば、関係 R は反射律を満足するという。
2. $(\forall x, y \in X)[xRy \Rightarrow yRx]$ ならば、関係 R は対称律を満足するという。
3. $(\forall x, y, z \in X)[[xRy \Rightarrow yRz] \Rightarrow xRz]$ ならば、関係 R は推移律を満足するという。

この 1. 反射律, 2. 対称律, 3. 推移律を同時に満足する関係 R を同値関係(equivalence relation)といい、 \sim で表す。 X の要素 x が与えられて、 $x/\sim = \{y \in X: x \sim y\}$ で定義される X の部分集合を x の同値類と呼び、全ての同値類の集合 X/\sim を X の商空間 (the quotient space), または等化空間 (the identification space) と呼ぶ。

$$X/\sim = \{x/\sim \in 2^X \mid x \in X\} \subseteq 2^X.$$

推移律から、 $x \in X, x/\sim \neq \emptyset$ ならば以下が成り立つ。

$$x \sim y \Leftrightarrow x/\sim = y/\sim,$$

$$x \neq y \Leftrightarrow x/\sim \cap y/\sim = \emptyset.$$

これは、集合 X を \emptyset ではない排他同値類への分解を意味する。

2.3 ホモトピーレベル

定義

ホモトピー理論は空間の変化の構造を扱う理論である。 X と Y をトポロジー空間、 f, g を X から Y の連続写像、 $I=[1,0]$ を变化のインターバルとする。

このとき、ホモトピー H は、

$$H: X \times I \rightarrow Y$$

$t \in I$ とし、

$$t=0 \text{ のとき } H = f,$$

$$t=1 \text{ のとき } H = g$$

である。ホモトピーは連続写像の拡張である。

$$H[X \times \{0\}] = f_0$$

$$H[X \times \{1\}] = g_1$$

このとき、

$$i_0 = X \times \{0\} \rightarrow X,$$

$$i_1 = X \times \{1\} \rightarrow X.$$

また、トポロジー空間 X, Y が以下の条件を満たすときホモトピー同値 $X \approx Y$ という。

2つの関数 f, h

$$f: X \rightarrow Y,$$

$$h: Y \rightarrow X,$$

があり、

$$h \circ f \approx 1_X \text{ かつ } f \circ h \approx 1_Y$$

となる。このとき、 1_X と 1_Y は以下の恒等写像である。

$$1_X: X \rightarrow X, 1_Y: Y \rightarrow Y.$$

応用

このホモトピーのレベルは抽象階層の中で最も抽象

度が高く位置づけられ、資源構成の候補となる全集合の全要素が存在するレベルである。またホモトピー保存の機構は集合論レベル以下の全ての階層で継承される。つまり、各空間が各階層レベル上にあるいは階層間を段階的に変化するときのホモトピーが保存されるので、変化の復元が可能になり資源の再利用率が向上する。

2.4 集合論レベル

定義

集合上のどのようなオブジェクトも要素と呼ぶ。要素のない集合を空集合と呼び \emptyset で表す。集合レベルの演算結果として、和集合 $(X \cup Y)$ 、共通部分 $(X \cap Y)$ 、差集合 $(X - Y)$ 、直積集合 $(X \times Y)$ 、否定 $(\neg X)$ 等がある。

応用

この集合論レベルでは、ホモトピーレベルの集合を集合演算する機構を付加する。この機構により資源を構成するための集合を作成する。また、このレベルはホモトピー保存の機構を継承しているので集合の演算結果を元の集合に戻すことができる。例えば、集合 A, B が $A \times B$ で直積処理されるとき一般的には情報が失われ変化前の集合に戻すことはできないが、変化のホモトピーを保存することで処理結果を復元することが可能になり、集合の再利用が可能になる。

2.5 トポロジーレベル

定義

集合 X の部分集合の族 T が次の条件を満足するとき、集合 X のトポロジーという。

- 1) $X \in T, \emptyset \in T$;
- 2) $\forall j \in J (U_j \in T) \rightarrow \bigcup_{j \in J} U_j \in T$;
- 3) $U, V \in T \rightarrow U \cap V \in T$.

トポロジー T を与えられた集合 X をトポロジー空間といい (X, T) で表す。集合 X に対して与えられた2つのトポロジー T_1, T_2 が $T_1 \subset T_2$ なら T_1 は T_2 より弱い(または粗い)という。逆に T_2 は T_1 より強い(または細かい)という。明らかに最も強いトポロジーは集合 X の巾集合(the power set)であり離散トポロジー(a discrete topology)という。また最も弱いトポロジーは \emptyset であり密着トポロジーという。また2つのトポロジー空間 $(X, T), (Y, T')$ がトポロジー同値であるとは、 $f: (X, T) \rightarrow (Y, T')$ が連続であり、逆写像 f^{-1} が存在し連続であるときである。トポロジー空間を X とすると X は全単射かつ連続な等化写像 f (an identification map)により各要素 $x \in X$ が部分集合 $(x/\sim \in X/\sim)$ に写像され商空間(a quotient space or an identification space)を形成する。

$$f: X \rightarrow X/\sim$$

また要素である部分集合が二項関係に限定されたときは特殊ケースとしてのグラフ理論レベルとなる。

応用

このトポロジーレベルでは、部分集合を要素として扱うトポロジー的処理を行う機構を付加する。このトポロジー的処理の機構とホモトピー保存機構により、集合論レベルの資源から要求に応じたトポロジー空間を作成

できる。さらにトポロジー空間は要求の同値関係に対応した商空間にホモトピックに変化でき、保存されたホモトピーにより復元も可能である。またトポロジー空間の構成を変更する要求に対しては、保存されたホモトピーによりトポロジー空間を一度集合論レベルに戻しトポロジー空間を再構成することが可能である。つまり集合論レベルの継承によって資源の再利用率が向上する。

2.6 接着空間レベル

定義

接着写像 f によりトポロジー空間 X の要素と別のトポロジー空間 Y の要素の間の同値関係により接着写像 f (an attaching map), 等化写像 g (an identification map), を定め、接着空間 Y_f (an attaching space, or an adjunction space, an adjoining space)を作成する。

$$f: Y_0 \rightarrow X \mid Y_0 \subseteq Y, \text{ and}$$

$$g: Y \sqcup X \rightarrow Y_f = Y \sqcup_f X = Y \sqcup X / \sim = Y \sqcup X / (x \sim f(y) \mid \exists x \in X, \forall y \in Y_0). \text{ ここで} \sqcup \text{は排他和を表す。}$$

応用

この接着空間レベルでは、要素間の同値関係の対応により複数の異なるトポロジー空間を接着させる機構を付加する。この機構とホモトピー保存の機構により、トポロジー空間の資源が要求された同値関係に対応した接着空間にホモトピックに写像される。同値関係は要求に応じて様々に変化するが、保存されたホモトピーにより接着空間は一度トポロジーレベルに戻し、要求の同値関係に対応して再度接着空間に写像すれば柔軟に要求の変化に対応可能である。つまりトポロジー空間レベルの継承によって資源の再利用率が向上する。

2.7 セル空間レベル

定義

n 次元のセルは、 n 次元の閉球とトポロジー的に同値であるトポロジー空間である。クローズドな n 次元のセルは n 個の属性を持ち \mathcal{B}^n と表し、オープンな n 次元セルは $\text{Int}\mathcal{B}^n$ と表す。 \mathcal{B}^n は、

$$\mathcal{B}^n = \{x \in \mathbb{R}^n, \|x\| \leq 1\}$$

である。ここで \mathbb{R}^n は n 次元の実数である。

また、セル接合写像 g によりセル \mathcal{B}_s^p を別のセル \mathcal{B}_c^q にセル接合すると、統合セルが形成される。

$$\begin{aligned} \mathcal{B}_s^p \sqcup_g \mathcal{B}_c^q \\ &= \mathcal{B}_s^p \sqcup \mathcal{B}_c^q / \sim \\ &= \mathcal{B}_s^p \sqcup \mathcal{B}_c^q / (x \sim f(y) \mid \exists x \in \mathcal{B}_s^p, \forall y \in \mathcal{B}_c^q) \end{aligned}$$

応用

このセルレベルでは、接着空間の要素に属性を設けてセルを作成する機構、また設けられた各属性間で同値関係の対応を取る機構(セル接合機能), 属性でセルを分解する機構(セル分解機能)を付加する。これらの機構とホモトピー保存の機構により、接着空間の資源が、要求に対応したセル空間にホモトピックに写像される。セルの属性設定, 属性間の同値関係の対応への要求は様々に変化するが、保存されたホモトピーによりセル空間は一度接着空間レベルに戻し、要求に対応して再度セル空

間に写像すれば柔軟に要求の変化に対応可能である。つまり接着空間レベルの継承によって資源の再利性が向上する。

2.8 表現レベルの特徴

定義

セル空間の各属性に対する型（とそれに伴う桁）と、型に基づいた資源の出力形式が決定される。型とは、資源における品質・規格の同一性を保証する情報であり、型が定めればユーザーが共通概念として資源を認識することができる。

応用

この表現レベルでは、セル空間の各属性に対して型・桁を定義する機構、型情報に基づき資源の出力形式を選択する機構を付加する。この機構とホモトピー保存の機構により、セル空間の資源が要求に対応した表現レベルにホモトピックに写像される。各属性の型設定に対する要求は様々に変化するが、保存されたホモトピーにより表現レベルの資源は一度セル空間レベルに戻し要求に対応して再度表現レベルに写像すれば、柔軟に要求に対応することができる。つまりセル空間レベルの継承によって資源の再利性が向上する。

2.9 ビューレベルの特徴

定義

型が設けられた共通概念としての資源の中から、ユーザーが操作対象とする資源を一意に識別可能である。

応用

このビューレベルでは、ユーザーが資源を一意に特定するための出力形式を提供する機構を付加する。この機構とホモトピー保存の機構により、表現レベルの資源が要求に対応したビューレベルにホモトピックに写像される。ユーザーへの出力形式への要求は様々に変化するが、保存されたホモトピーによりビューレベルの資源を一度表現レベル（またはセル空間レベル）に戻し要求に対応して再度ビューレベルに写像すれば、柔軟に要求に対応することができる。つまり表現レベルの継承によって資源の再利性が向上する。

3. 階層モデルの事例

階層モデルの事例として、建設現場における資機材管理のモデリング例を上げる。

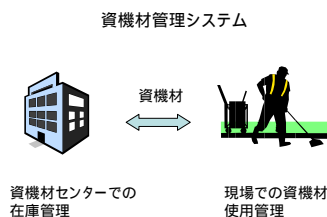


図 3.1 建設現場の資機材管理

1. ホモトピーレベル

このレベルでは資機材管理を表現する要素を含む各集合が存在する。

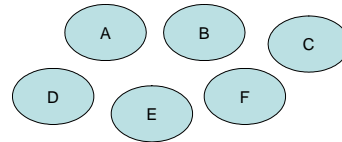


図 3.2 ホモトピーレベル

2. 集合論レベル

ホモトピーレベルの各集合に対して選択または和、共通などの集合論的処理を行い、資機材管理の構成要素となる集合をホモトピックに作成する。ここでは、各集合から“資機材の使用状況管理”を表現する要素の集合として X, “資機材の在庫管理”を表現する要素の集合として Y を作成したとする。

$X = \{ \text{コード, NO., 名称, 数量, 日付, 開始, 終了, 資機材, 作業所, 担当者, 作業種, 使用} \}$

$Y = \{ \text{コード, NO., 名称, 数量, 日付, 開始, 終了, 資機材, 在庫, 出庫, 入庫, 担当者} \}$

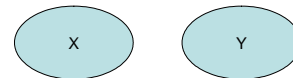


図 3.3 集合論レベル

3. トポロジー空間レベル

集合論レベルにて作成された集合 X, Y に対し、部分集合を要素として扱うトポロジー的処理により、次のように“使用管理”, “在庫管理”のトポロジー空間(X, T_{使用管理}) (#1), (Y, T_{在庫管理}) (#2)をホモトピックに作成していく。

まず集合 X において同値関係[使用情報, 資機材情報, 作業所情報]を定め、各トポロジーを作成する。

同値関係 “使用情報” によるトポロジー

$T_{\text{使用}} = \{ .X, \{ \text{使用}, \{ \text{No.}, \{ \text{開始}, \text{日付} \}, \{ \text{終了}, \text{日付} \} \}, \dots \}$

同値関係 “資機材情報” によるトポロジー

$T_{\text{資}} = \{ .X, \{ \text{資機材}, \{ \text{コード}, \text{名称}, \text{数量} \} \}, \dots \}$

同値関係 “作業所, 作業種” によるトポロジー

$T_{\text{作}} = \{ .X, \{ \text{作業所}, \{ \text{コード}, \text{名称} \} \}, \{ \text{作業種}, \{ \text{コード}, \text{名称} \} \}, \dots \}$

同値関係 “担当者情報” によるトポロジー

$T_{\text{担}} = \{ .X, \{ \text{担当者}, \{ \text{コード}, \text{名称} \} \}, \dots \}$

そして、各トポロジーの部分集合である $A = \{ \text{使用}, \{ \text{No.}, \{ \text{開始}, \text{日付} \}, \{ \text{終了}, \text{日付} \} \} \}$, $B = \{ \text{資機材}, \{ \text{コード}, \text{名称}, \text{数量} \} \}$, $C = \{ \text{作業所}, \{ \text{コード}, \text{名称} \} \}, \{ \text{作業種}, \{ \text{コード}, \text{名称} \} \}$, $D = \{ \text{担当者}, \{ \text{コード}, \text{名称} \} \}$ を開集合に持つ使用管理のトポロジー空間を作成する。

使用管理トポロジー

$T_{\text{使用管理}} = \{ .X, \{ A \}, \{ B \}, \{ C \}, \{ D \}, \dots \} (A \ T_{\text{資}}, B \ T_{\text{状}}, C \ T_{\text{作}}, D \ T_{\text{担}})$

組) (#1)

次に、同様にして集合 Y において同値関係[在庫情報, 資機材情報]を定め, 各トポロジーを作成する.

同値関係 “在庫情報” によるトポロジー

$$T_{\text{在}} = \{ \dots, X, \{\text{在庫}, \{\text{No.}, \{\text{入庫}, \text{日付}\}, \{\text{出庫}, \text{日付}\}\}, \dots \}$$

同値関係 “資機材情報” によるトポロジー

$$T_{\text{資}} = \{ \dots, X, \{\text{資機材}, \{\text{コード}, \text{数量}\}\}, \dots \}$$

そして, 各トポロジーの部分集合である $P = \{\text{在庫}, \{\text{No.}, \{\text{入庫}, \text{日付}\}, \{\text{出庫}, \text{日付}\}\}\}$, $Q = \{\text{資機材}, \{\text{コード}, \text{数量}\}\}$ を開集合に持つ在庫管理のトポロジー空間を作成する.

在庫管理トポロジー

$$T_{\text{在庫管理}} = \{ \dots, X, \{P\}, \{Q\}, \dots \} (P \in T_{\text{在}}, Q \in T_{\text{資}}) \text{ (#2)}$$

また, 集合 X, Y の異なる 2 点が開集合によって分離される使用管理トポロジー $T_{\text{使用管理}}$, 在庫管理トポロジー $T_{\text{在庫管理}}$ を持つ X, Y はともにハウスドルフ (T_2) 空間と定義できる.

作成したトポロジー空間の修正を行う要求があった場合, 保存されたホモトピーにより集合論レベルに戻り, 要求の同値関係を定め新たにトポロジー空間を作成することができる. 例えば, 作成された使用管理トポロジー $T_{\text{使用管理}}$ において, “コードが設定されている属性が知りたい” という要求に合わせて同値関係[コード]を定め以下のように $T'_{\text{使用管理}}$ を作成すると,

$$T'_{\text{使用管理}} = \{ \dots, X, \{\{\text{資機材}, \text{作業所}, \text{作業種}, \text{担当者}\}, \text{コード}\}, \dots \}$$

となり, 同値関係[コード]に関連する部分集合を抽出することができる.

また, X, Y に含まれる要素では要求のトポロジー空間が得られない場合は, 保存されたホモトピーによりホモトピーレベルまで戻り, X, Y を作成し直して再度要求のトポロジー空間を作成することが可能である.

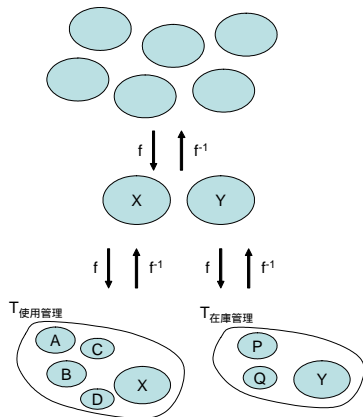


図 3.4 トポロジーレベルからホモトピー・集合論レベルへの復元

4. 接着空間レベル

次に, 作成された 2 つのトポロジー空間において, 以下のように使用管理のトポロジー空間 $(X, T_{\text{使用管理}})$ の要素と在庫管理のトポロジー空間 $(X, T_{\text{在庫管理}})$ の要素の間で同値関係により接着写像 f (an attaching map), 等化写像

g (an identification map) を定め, ホモトピックに空間を接着し接着空間 (an adjunction space) を作成する. (図)

$$f: Y_0 \rightarrow X \mid Y_0 \subseteq Y$$

$$g: Y \sqcup X \rightarrow Y_f = Y \sqcup_f X = Y \sqcup X / \sim = Y \sqcup X / (x_i \sim f(y_i) \mid \exists x_i \in X, \forall y_i \in Y_0).$$

同値関係の対応が取られる $(X, T_{\text{使用管理}}), (X, T_{\text{在庫管理}})$ の各要素は以下である.

$$\{x_1, y_1\} = \{\{\text{資機材}, \text{コード}\}, \{\text{資機材}, \text{コード}\}\}$$

$$\{x_2, y_2\} = \{\{\text{資機材}, \text{数量}\}, \{\text{資機材}, \text{数量}\}\}$$

$$\{x_3, y_3\} = \{\{\text{在庫}, \{\text{入庫}, \text{日付}\}\}, \{\text{使用}, \{\text{終了}, \text{日付}\}\}\}$$

$$\{x_4, y_4\} = \{\{\text{在庫}, \{\text{出庫}, \text{日付}\}\}, \{\text{使用}, \{\text{開始}, \text{日付}\}\}\}$$

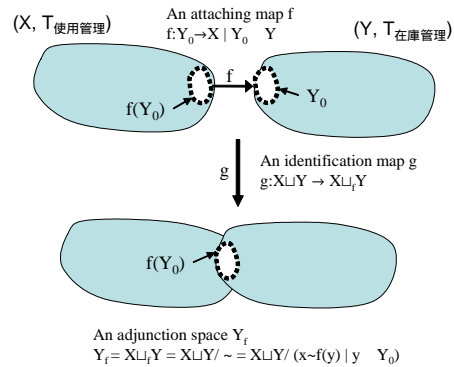


図 3.5 接着空間レベル

ここで接着部分を修正する要求がある場合には, 保存されたホモトピーにより接着空間をトポロジーレベルに戻す. そして要求を満たす接着写像を定め, 再び接着空間を作成することが可能である. (図)

5. セル空間レベル

次に, 作成された接着空間において, 以下のようなスキーマ (セル ID, 属性) を設けて統合セル空間 (an integrated cellular space) を作成する. このときセル空間の次元数はその属性数に等しい. また接着空間レベルにおける要素間の同値関係による対応はセル空間レベルにおいてはセル空間の属性間の対応になる. (図)

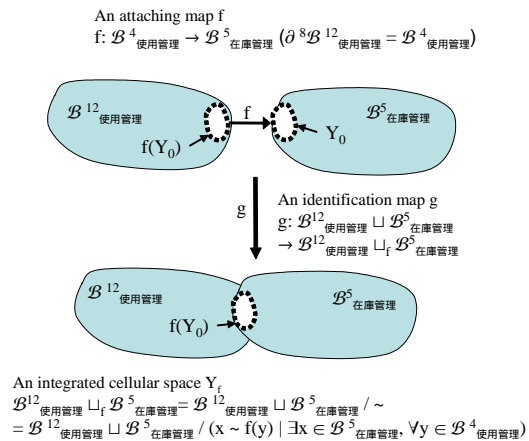


図 3.6 セル空間レベル

(X, T 使用管理) → B¹² 使用管理

B¹² 使用管理=使用管理セル(使用 NO, 開始日付, 終了日付, 資機材コード, 資機材名, 数量, 作業所コード, 作業所名, 作業種コード, 作業種名, 担当者コード, 担当者名)

(X, T 在庫管理) → B⁵ 在庫管理

B⁵ 在庫管理=在庫管理セル(在庫 NO, 入庫日付, 出庫日付, 資機材コード, 数量)

ここで, セル空間の属性間の対応に対して変更の要求がある場合には, 保存されたホモトピーによりセル空間を接着空間レベルに戻す. そして要素間の対応関係の修正を行った後, 属性を設定してセル空間レベルに戻すことで要求を満たすことが可能である. また, セル空間の属性の追加, 削減, 変更等の要求がある場合には, 保存されたホモトピーによりセル空間をトポロジーレベルに戻す. そしてトポロジーの要素の追加, 削減, 変更等の処理を行った後, セル空間レベルに戻せば要求を満たすことが可能である.

6. 表現レベル

次に, 作成されたセル空間の各属性に対して以下のような型を設け, ユーザーがその型情報に基づいた資源の出力形式 “2次元表” を選択し表現空間を作成する.

B¹² 使用管理=使用管理セル(使用 NO(数値型), 開始日付(日付型), 終了日付(日付型), 資機材コード(文字型), 資機材名(文字型), 数量(数値型), 作業所コード(文字型), 作業所名(文字型), 作業種コード(文字型), 作業種名(文字型), 担当者コード(文字型), 担当者名(文字型))

B⁵ 在庫管理=在庫管理セル(在庫 NO(数値型), 入庫日付(日付型), 出庫日付(日付型), 資機材コード(文字型), 数量(数値型))

型の設定後, 必要な資源としてのインスタンス群を入力する. 型の設定を修正する要求がある場合には, 保存されたホモトピーにより表現空間をセル空間レベルに戻す. そして要求を満たすよう型を再設定することが可能である.

7. ビューレベル

作成された表現空間において, ユーザーが資源を特定可能にする表示機能によりビュー空間を作成する. ここでは2次元テーブルが表示される.(図)

使用管理表						
使用NO	開始日付	終了日付	資機材コード	資機材名	...	
...	
在庫管理表						
在庫NO	入庫日付	出庫日付	資機材コード	資機材数量	...	
...	
...	
...	

図 3.7 2次元表での出力

ここで, 表現形式の変更要求として, 例えばインスタンスを一件ずつ表示させる要求があったときは, 保存されたホモトピーによりセル空間レベルまで戻り, 表現レベルで出力形式 “伝票型表示” を再選択すれば要求に対応できる.



図 3.8 伝票形式での出力

4. プロトタイプシステムの実装

前章の設計に基づき, セルラーデータベースのプロトタイプ実装を行った. ただし今回の実装は, 開発期間を考慮してセル空間レベルの実装に限定した. また全階層のプロトタイプ実装は今後行う予定である. この階層モデルの重要な位置を占めるセル空間レベルの有効性検証の意義は大きく, 階層モデル全体を実装した場合の評価の推測にも有益である.

4.1 機能構成

実装したプロトタイプシステムは次の5つの機能で構成される.

1. セル表示機能

2次元表でセル(セルID, 属性, インスタンス)を表示させる機能である.

2. セル作成機能

あるセルから属性を追加・削減し新たなセルを作成する機能である. セルの初期値は0次元属性を持つ null セルである.

3. インスタンス入力機能

指定したセルにインスタンスを入力する機能である. 全てのセルはインスタンス初期値として値が無い null インスタンスを持つ. null インスタンス, または指定したインスタンスをホモトピックに変化させて目的のインスタンスを入力する.

4. セル・インスタンス履歴表示機能

指定したインスタンスの履歴を表示する機能である.

5. セル接合機能

複数のセルの属性間で同値関係を定めてセル接着し統合セルを作成する機能である.

4.2 実装環境

プロトタイプシステムは Web アプリケーションであり, 実装には JSP1.4, Web サーバーには Tomcat4.2, データベースには MySQL4.0.4 を用いた. クライアントとサーバーは同一の PC (OS: Windows2000, CPU: Intel Pentium 1.2GHz, メモリ: 512Mbyte, ハードディスク: 20Gbyte) とした.

5. 評価

プロトタイプを試用した結果, 既存手法での開発と比較したセルラーデータベース利用時の利点は以下であると考えられる.

5.1 統一的なモデル

アプリケーションモデルとして、典型的なクライアント/サーバシステムは、プレゼンテーション層とデータ層の2層アーキテクチャに基づいていたが、クライアントマシンのリソース制限、メンテナンス性等の問題点が見直され、現在は多層アプリケーションモデルが主流である。多層アプリケーションは、一般的にブラウザ・JAVA アプリケーション等のプレゼンテーション層、アプリケーションロジック・業務ロジックを含む業務層、データベースを含むデータ層から構成される。(図 5.1)

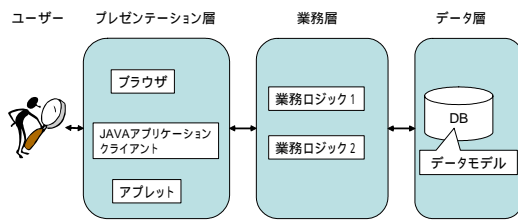


図 5.1 3層アーキテクチャ

また、J2EE アーキテクチャのように MVC モデルというデザインパターン(図 5.2)を採用し、ビューを含む WEB 層と業務モデルを含む EJB 層に業務層を分離する4層アーキテクチャも提供されている。(図 5.2)これは業務ロジックにおける業務モデル(Model)をビュー(View)、コントローラー(Controller)と分離することで、作業分担による開発効率の向上、業務モデルの再利用性とメンテナンス性の向上を図ろうとするものである。さらに、フレームワークのように、実装レベルで Web 業務の内容をパターン化したアーキテクチャを提供する技術も盛んである。

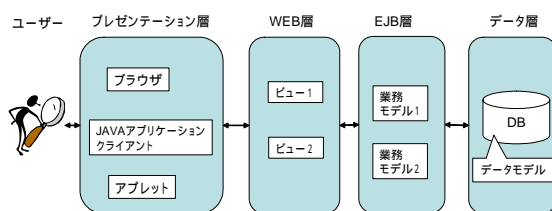


図 5.2 4層アーキテクチャ

これらの近年の技術開発の動向を俯瞰しても、システム開発において技術的に業務モデルとデータベースのデータモデルを統一化する志向性はない。それに対し、階層モデルは業務層の業務モデルとデータ層のデータモデルに統一したモデルとなる。よって業務設計とデータベース設計が統一化され、システム全体のメンテナンス性が格段に向上するので開発・保守コストの削減につながる。

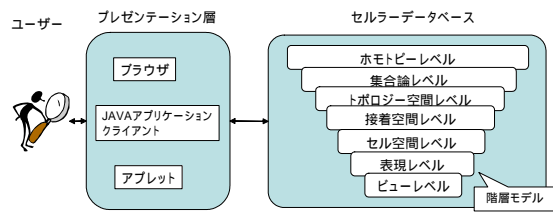


図 5.3 セルラーデータベース利用によるアーキテクチャ

5.2 概念設計レベルでの開発・修正

階層モデルでは接着空間モデルをサポートしているので、セルラーデータベースを使用すれば概念設計レベルでの開発が可能であり、システム開発工程における詳細設計、コーディングを省くことが可能である。また従来の一般的なシステムにおける仕様変更は、概念設計、詳細設計、コーディングの順に修正を加える必要があるためメンテナンスが非常に大変であるが、これに対しセルラーデータベースを使用して開発されたシステムは、概念設計レベルで開発されているので設計内容への理解が容易であり、修正作業も概念モデルを修正するのみで済むので保守コストの大幅な削減を可能にする。

6. おわりに

本論文では、階層モデルをデータモデルとして採用したセルラーデータベースの開発提言を行った。また、機能を限定したプロトタイプ作成・試用により、階層モデルは情報システムの業務モデル・データモデルの統一的なモデルとなりえることを確認し、システム全体のメンテナンス性向上を示唆する結果を得た。

今後の課題として、階層モデルの全階層のプロトタイプ作成を通じてセルラーデータベースの有効性を確認が上げられる。

謝辞

企業の情報システムの既存システムの問題点把握に関して貴重な意見を頂いた前田建設工業情報システム SC の関洋一氏（専任部長）、池上一茂氏（副部長）、久村賢一氏（課長）、廣田健治氏（主任）に衷心より御礼申し上げます。

参考文献

- [1] C. J. Date, "The Database Relational Model: A Retrospective Review and Analysis", Addison Wesley Publishing Company, 2000.5.
- [2] T. L. Kunii and H. S. Kunii, "A Cellular Model for Information Systems on the Web -Integrating Local and Global Information-", Proceedings of 1999 International Symposium on Database Applications in Non-Traditional Environments (DANTE'99), November 28-30, 1999,

- Heian Shrine, Kyoto, Japan, Organized by Research Project on Advanced Databases, in cooperation with Information Proceeding Society of Japan, ACM Japan, ACM SIGMOD Japan, pp. 19-24, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California, U.S.A.
- [3] T. L. Kunii, "Creating a New World inside Computers -Methods and Implications-", Proc. of the Seventh Annual Conference of the Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE 89), G. Bishop and J. Baker (eds.), pp. 28-51, Gold Coast, Australia, December 11-13, 1989, [also available as Technical Report 89-034, Dept. of Information Science, The University of Tokyo].
- [4] T. L. Kunii, "Homotopy Modeling as World Modeling", Proceedings of Computer Graphics International '99 (CGI99), (June 7-11, 1999, Canmore, Alberta, Canada) pp. 130-141, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California, U. S. A.
- [5] T. L. Kunii, "Web Information Modeling: The Adjunction Space Model", Proceedings of the 2nd International Workshop on Databases in Networked Information Systems (DNIS 2002), pp. 58-63, The University of Aizu, Japan, December 16-18, 2002, Lecture Notes in Computer Science, Subhash Bhalla, Ed., Springer-Verlag, December, 2002.
- [6] T. L. Kunii, "What's Wrong with Wrapper Approaches in Modeling Information System Integration and Interoperability?", Proceedings of the 3rd International Workshop on Databases in Networked Information Systems (DNIS 2003), pp.86-96, The University of Aizu, Japan, September 22-24, 2003, Lecture Notes in Computer Science, Nadia Bianchi-Berthouze, Springer-Verlag, December, 2003.
- [7] T. L. Kunii, "Web Information Modeling: The Adjunction Space Model", International Journal of Shape Modeling, World Scientific, December 1999.
- [8] Setrag Khoshafian, "Object-Oriented Databases" pp. 132-142, John Wiley & Son, 1993.
- [9] E. F. Codd, "A Relational Model for Large Shared Data Banks," Communications of the ACM, Vol. 13, No. 6, pp.377-387, June 1970.
- [10] Yousuke Watanabe, Hiroyuki Kitagawa, "Integration of Multiple Dissemination-Based Information Sources Using Source Data Arrival Properties", Proceedings of the 2nd International Conference on Web Information Systems Engineering (WISE2001), pp21-30, Kyoto, Japan, December 3-6, 2001, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California, U.S.A.
- [11] Ilya Zaslavsky, "XML-based Spatial Data Mediation Infrastructure for Global Interoperability", http://www.npaci.edu/DICE/Pubs/gsdi4-mar00/gsdi_iz.ht ml.
- [12] Gottfried Vossen, Mathias Weske, "The WASA2 Object-Oriented Workflow Management System", Proceedings of the 1999 ACM SIGMOD international conference on Management of data (SIGMOD'99), pp.587-589, Philadelphia, Pennsylvania, United States May 31 - June 03, 1999, ACM Press, New York, USA.
- [13] Asuman Dogac, Yusuf Tambag, "An ebXML Infrastructure Implementation through UDDI Registries and RosettaNet PIP's", Proceedings of the 2002 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data (SIGMOD'02), pp.512-514, Madison, Wisconsin, U.S.A., June 4 - 6, 2002, ACM Press, New York, U.S.A.



児玉 敏男 (正会員)

1997年東京大学工学部卒業。
1999年同大学院修士課程修了。
同年前田建設工業(株)入社,
現在,情報システム部に在籍。
2001年法政大学大学院ITPC修了。
主にセルモデルを用いた

DBMSの開発に従事。



國井 利泰 (フェロー会員)

1962年東京大学理学部卒業。
1964年同大学院修士課程修了。
1967年同大学院博士課程修了,
理学博士。1978~93年同大学
理学部情報科学科教授。1993
~1997年会津大学学長兼教授。
1998年~法政大学教授,
2003年~金沢工業大学IT研究所長兼教授,
現在に至る。2000年東京大学,
会津大学名誉教授,
現在に至る。主として,
サイバーワールドに関する
研究とその若手研究者の育成に従事。
1998年にIEEE CSよりTaylor L. Booth Education Award
を受賞。IEEE, IPSJ 各フェロー。