

## サイバースクール経営モデル

鈴木 二紀<sup>†</sup> 國井 利泰<sup>†</sup>

### 要 旨

今後、E-learning の更なる普及や複数の学校法人による学校共同経営の増加が考えられる。また、複数対複数の学校経営の増加も考えられる。このように大きく変貌しつつある学校経営および事務セルモデルを用いることで、データ共有や公開を容易に行なうことができかつ情報化社会に順応した学校経営ができるモデルを提案する。

キーワード：e-learning、サイバースクール、セル理論、接着空間レベル、セル構造空間レベル

## Modeling of Cyber School Management

Niki Suzuta<sup>†</sup> Tosiyasu L.Kunii<sup>†</sup>

### Abstract

In the future, it is expected that both e-learning systems and a school management by two or more educational foundations to increase. Also many-to-many school management. Thus, the school managements and its' office work model are changing. In this paper, we discuss the new information system in the school managements using *cellular database*. It would be a smart solution for new school management.

Key Word : e-learning, Cyber School, Cellular Theory, The Adjunction Space Level, The Cellular Structured Space Level

### 1. はじめに

進学率の増加に対して、近年の児童数の低下、学校の乱立によって、各学校は様々な生き残り策を打ち出している。同時に、そのような取り組みの下、現在のブロードバンドの普及を活用した e-learning への取り組みが、各学校で行われ始めている。

本論文では、今後増加するであろう学校統

合、e-learning のみを行う学校、また、それぞれの特徴を生かした複数の学校法人による学校経営といった新しい学校経営の方法に対し、トポロジー理論に基づいたセル理論のデータベース（セルラーデータベース）を応用することによって、起こりうる様々な状況に対して、これまでより柔軟な対応ができる学校経営モデルを論じた。

<sup>†</sup> 法政大学大学院 情報科学研究科  
Graduate School of Computer and Information Sciences,  
Hosei University

## 2. サイバースクールとは

サイバー世界における学校であり、情報空間における教育すなわち e-learning、および実際に教室で行われている教育（実教育）、またその融合をも指す。サイバースクールでは、すべてのデータベースが、セル理論を元にしたセルラーデータベースによって管理される。

これまでの学校経営にかかわる、データベース等の管理は、各学校によって異なる。複数の学校が共同で一つの学校を運営する場合や新しく e-learning をはじめる、もしくはその両方を行うといった場合、それらのデータを一元的に統一することは困難を極める。今回のセル理論を基にしたセルラーデータベースを用いることで、学校のデータ構造の統一を図る。

複数の学校法人が、それぞれの利点を生かした学校経営を行う場合に、各学校の教育データの統合や、学校事務管理データの統一といった作業が出てくる。その場合、セルラーデータベースを用いることによって、近年多い企業の統合合併にみられる様々な困難を回避し、スムーズな移行を行うことが可能になる。

e-learning についても、Web という一元の管理者のいない構造や様々なフォーマットであったとしても、その背景にセルラーデータベースを用いることで、Web 上でも汎用性のあるデータとなる。

授業科目についても、これらの統一によって、特にリテラシーといった共通基礎科目のような複数の教師が一つの教育データベースを基に教育を行うことで、より良い教育データベースを作成することが可能になる。

さらに、

### 2.1 セル理論 (Cellular Theory)

セル理論とは、著者の一人である國井によって、1990年代後半に発表された理論である。実空間とサイバー空間の融合空間であるサイバー世界上の「サイバー世界管理システム」のための基本モデルである。

サイバー世界における変化による不変量に基づく同値関係を見つけることにより、サイバー世界は直和同値類に自動的に分割される。これによって、様々な同値関係を特定することが可能になる。サイバー空間をセル構造空

間として規定することで、各空間の同値類の集合であるの等化空間を統合するセル接着関数を定義する。また、変化の不変量をホモトピー不変量として保存しデータベース化することが可能となり、このホモトピー不変量を保存しておくことで、サイバー世界の急激な変化も元に戻すことが可能になる。

セルは、トポロジー的に  $n$  次元の開球体 (Open Ball)  $IntB^n$  と同等なトポロジー空間にあり、 $n$ -cell の開球体を  $e^n$  と表記する。集合  $X$  から、セル接合により、有限あるいは、無限のセル列  $X^p$  を帰納的に構成することができる。  $X^p$  は、 $X$  の部分空間であるように構成し、整数  $Z$  で索引付ける。この様にして得られる。

$\{X^p \mid p \in Z\}$  を、被覆と呼ぶ。

$X^p$  は  $X$  を被覆している。

すなわち、 $X = \cup_{p \in Z} X^p$  であり、 $X^{p+1}$  は、 $X^p$  の部分集合である。つまり、 $X^0 \subseteq X^1 \subseteq X^2 \subseteq \dots \subseteq X^{p-1} \subseteq X^p \subseteq \dots \subseteq X$  となる。

この様にして  $X$  から得られるセル構造空間  $\{X : X^p \mid p \in Z\}$  をフィルター空間と呼ぶ。

セル理論をベースにして考えるにあたり、以下のような抽象階層のレベルを考察する必要がある。これらのレベルは、①の方がより抽象度が高く、⑤の方がより現実性が高い。

- ① ホモトピーレベル
- ② トポロジーレベル、集合論レベル
- ③ グラフレベル
- ④ 接着空間レベル
- ⑤ セル構造空間レベル

本論文では、具体例を用いて、接着空間レベルを考え、セル構造空間レベルについて検討する。

### 2.2 接着空間モデル (The Adjunction Space Level)

接着空間 (The Adjunction Space) では、トポロジー空間における二つの物体の接着状態を示すことができる。例えば、人が床の上に立っている状態は、集合論で表そうとすると、足の裏と床が接着した上は離れなくなってしまふ。しかし、この接着空間モデルを用いると、人が床の上に立っており、かつ足を上げて床と足を離すという関係も表現できることになる。

トポロジー空間に二つのオブジェクト  $X$  と

Yがある。

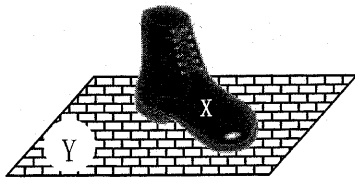


図1 靴と床の接合空間

これを集合論で表すと、  
 $X \cup Y$

といった形でしか表現できない。したがって、靴の裏の要素と床の靴に接している要素が同じ要素となってしまう、離れなくなってしまう。

対して、接着空間モデルで表と、XはYと部分的に接している。それらの界面は同値関係を定義づける接着関数  $f$  によって規定される。 $f$  は、数式記号では「 $\sim$ 」と表現される。

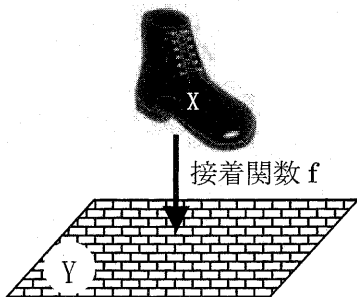


図2 床に靴がのる状況

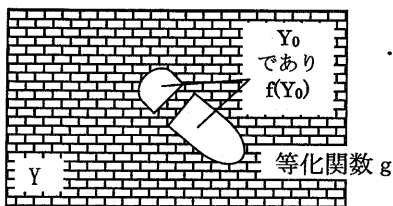


図3 床と靴の界面

靴と床の界面は、床側から見ると  $Y_0$  であり、靴がわから見ると  $f(Y_0)$  となる。接した状態を  $Y_f$  とする。接着関数  $f$  を用いて、靴  $X$  と床  $Y$  を接着する。接着関数  $f$  は、

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

である。また、2つの空間の中から共通して

いる要素を取り出す等化関数  $g$  は、

$$g: Y \sqcup X \rightarrow Y_f = Y \sqcup_f X = Y \sqcup X / \sim$$

となる。これらの関数を用いて、界面  $Y_f$  は、

$$Y_f = Y \sqcup_f X = Y \sqcup X / \sim$$

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

となる。

## 2.3 セル構造空間レベル

### (The Cellular Structured Space Level)

セル構造空間モデルでは、前述の接着空間モデルをさらに抽象度を下げ、現実の世界に近づける。具体的には、接着空間レベルに、次元を加える。

先ほどの、靴と床の関係を考える。

セル構造空間レベルでは、靴も床も3次元の物体なので、靴は  $\mathcal{B}^3_{shoe}$  と靴は  $\mathcal{B}^3_{floor}$  と表現できる。

$$X = \mathcal{B}^3_{shoe}$$

$$Y = \mathcal{B}^3_{floor}$$

靴と床を接しているのは面なので、それぞれを接させるためには、 $\mathcal{B}^3_{floor}$  を2次元で行う必要がある。

$$\partial \mathcal{B}^3_{floor} = \mathcal{B}^2_{floor}$$

また、 $\mathcal{B}^2_{floor} \subseteq \mathcal{B}^3_{floor}$  なので、

$$f: \partial \mathcal{B}^3_{floor} \rightarrow \mathcal{B}^3_{shoe}$$

$$g: \mathcal{B}^3_{floor} \sqcup \mathcal{B}^3_{shoe} \rightarrow \mathcal{B}^3_{floor} \sqcup_f \mathcal{B}^3_{shoe}$$

と表せる。界面は、

$$\mathcal{B}^3_{floor} \sqcup_f \mathcal{B}^3_{shoe} = \mathcal{B}^3_{floor} \sqcup \mathcal{B}^3_{shoe} / \sim$$

$$= \mathcal{B}^3_{floor} \sqcup \mathcal{B}^3_{shoe} / (x \sim f(y) \mid \exists x \in \mathcal{B}^3_{shoe}, \forall y \in \mathcal{B}^3_{floor})$$

$$\forall y \in \mathcal{B}^3_{floor}$$

## 3. 具体例の考察

具体例として、Web上で学生が、履修登録する状況をモデリングする。

### 3.1 接着空間モデル

学生  $X$  が、学校の Web ページ上にある授業科目  $Y$  を見ながら、自分の希望に合った授業を履修登録しようとしている。

接着空間モデルを説明するにあたり、これら  $X$  と  $Y$  は、トポロジー空間にあるとする。

学生  $X$  と学校授業科目  $Y$  は、当然それぞれが独立している。そのため、学生のデータと学校のデータとが、結合（融合）することはありえない。したがって、これらのデータは接着することになる。この場合に、これらの

データは、共通要素がない和集合、つまり排他和 $\sqcup$ を使って表現できる。

学生  $X$  にとって、履修希望する科目  $Y_0$  が学校の授業科目  $Y$  上にあったとする。

科目  $Y_0$  は、授業科目  $Y$  の一部のデータであるので、 $Y_0 \subseteq Y$  を満たしている。

この履修登録をするという状況を、図で示すと図 2 のようになる。履修する科目が特定されることによって、学生  $X$  は授業科目のデータ  $Y$  と関連を持つこととなる。これが、いわゆるダイナミックな関係であり、Web の特徴的な関係である。

接着空間レベルでは、接着関数  $f$  を用いてこれらの関係を表現している。また、履修登録において授業科目内の科目が特定されるという状況を、二つのトポロジー空間  $X$  (学生) と  $Y$  (授業科目) において、学生  $X$  が授業科目  $Y$  に接合空間を、それぞれの接合要素  $y$  を等化関数  $g$  を用いることで特定する。1要素  $y$  は接着空間である  $Y_0$  に属しており、また、 $Y_0$  はトポロジー空間  $Y$  に属しているので、 $y \in Y_0 \mid Y_0 \subseteq Y$

と表現できる。等化関数  $g$  によって得られたイメージ  $f(y)$  は、トポロジー空間にある学生  $X$  に属しており、 $x$  と  $f(y)$  は同値関係にあることになる。ただし、 $x$  は  $X$  に属しており、かつすべての  $y$  は  $Y_0$  に属していることが条件となる。これを数式で示すと、

$$x \sim f(y) \mid \forall y \in Y_0$$

となる。

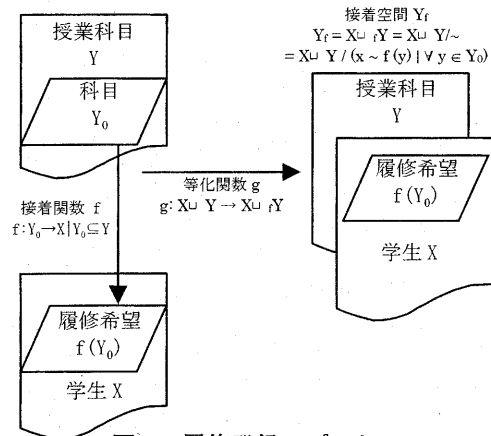


図 4 履修登録のプロセス

このように学生  $X$  と授業科目  $Y$  との間の Web を介した履修登録における接着空間である  $Y_f$  は、以下のように示される。

$$Y_f = Y \sqcup_f X = Y \sqcup X / \sim$$

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

つまり、 $y$  ( $y \in Y_0 \mid Y_0 \subseteq Y$ ) の各点から等化することによって、 $f(y) \in X$  の写像  $Y_f$  を得ることができる。このことは、学生  $X$  による履修登録という行為はダイナミックであることを表している。

さらにこのダイナミックであることを詳しく書くと、授業科目  $Y$  にある一部の授業科目  $Y_0$  の集合から、学生  $X$  は興味のある 1 科目  $f(y)$  を授業科目  $Y$  から選択する。この 1 要素  $f(y)$  は通常は学生  $X$  の 1 要素  $x$  となる。このことは、 $x$  と  $f(y)$  は同値関係 ( $x \sim f(y)$ ) であることを示している。このように、学生  $X$  は興味あるいくつかの科目を決定する。この場合の、接着関数  $f$  と等化関数  $g$  は以下ようになる。

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

$$g: Y \sqcup X \rightarrow Y_f = Y \sqcup_f X = Y \sqcup X / \sim$$

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

等化関数 (または商関数とも呼ばれる) は、学生  $X$  が興味あるいくつかの科目  $f(Y_0)$  を決めた後の、学生  $X$  と学校  $Y$  の状態を示しており、学生  $X$  と学校  $Y$  の排他和をとった状況 ( $Y \sqcup X$ ) である。学校  $Y$  上の授業科目  $Y_0$  と学生  $X$  上の興味ある科目  $f(Y_0)$  は、関係づいている。

### 3.2 セル構造空間モデル

先ほどの、接着空間モデルより、次元の低いセル構造モデルについて考察する。このセル構造空間モデルでは、接着空間モデルでのトポロジー空間に次元を付け、分析する。

学生  $X$  の次元を  $n$  とし、学校  $Y$  の次元を  $m$  とする。また、学校  $Y$  にある授業科目  $Y_0$  を  $k$  ( $k \leq m$ ) とする。

さらに、セル構造空間モデルでは、 $n$  次元の閉じたトポロジー空間を、閉  $n$ -セル呼び、 $\mathcal{B}^n$  と表記する。従って、学校は、 $\mathcal{B}^m$  school と表せ、学生は  $\mathcal{B}^n$  student と表せる。そして、授業科目は、学校  $\mathcal{B}^m$  school 内の  $k$  次元のセルとなるので、 $\mathcal{B}^k$  school と表せる。

この定義をもとに、接着空間は次のようになる。

$$\begin{aligned} \mathcal{B}^{m_{\text{school}}} \sqcup_f \mathcal{B}^{n_{\text{student}}} &= \mathcal{B}^{m_{\text{school}}} \sqcup \mathcal{B}^{n_{\text{student}}} / \sim \\ &= \mathcal{B}^{m_{\text{school}}} \sqcup \mathcal{B}^{n_{\text{student}}} / (x \sim f(y) \mid \exists x \in \mathcal{B}^{n_{\text{student}}}, \forall y \in \mathcal{B}^{k_{\text{school}}}) \end{aligned}$$

さらに、接着関数  $f$  と等化関数  $g$  は以下のようになる。

$$\begin{aligned} f: \mathcal{B}^{k_{\text{school}}} &\rightarrow \mathcal{B}^{n_{\text{student}}} \\ (\mathcal{B}^{k_{\text{school}}} &\subseteq \mathcal{B}^{m_{\text{school}}}) \text{ の場合} \\ g: \mathcal{B}^{m_{\text{school}}} \sqcup \mathcal{B}^{n_{\text{student}}} &\rightarrow \mathcal{B}^{m_{\text{school}}} \sqcup_f \mathcal{B}^{n_{\text{student}}} \end{aligned}$$

学校内にある授業科目は、 $m$  次元である学校

$\mathcal{B}^{m_{\text{school}}}$  を  $k$  次元になるまで微分をするため以下のようになる。

$$\partial^{m-k} \mathcal{B}^{m_{\text{school}}} = \mathcal{B}^{k_{\text{school}}}$$

#### 4. まとめと今後の課題

本論文では、セル理論を用いて、学校データベースを統一化することで、e-learningの導入や、学校の統合を容易に行えるモデル、サイバースクールについて論じた。今回は理論を考察したが、今後の課題として、本理論を実際のデータベースに活かし、学校経営実装モデル行うことが挙げられる。

#### 5. 参考文献

- [1]Tosiyasu L. Kunii, Tsukasa Noma, Kyujac Lee "ASSEMBLABILITY DISCRIMINATING METHOD AND ASSEMBLING SEQUENCE GENERATING METHOD" United States Patent
- [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 Processing 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, "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.
- [4]T. L. Kunii, Daisuke Terasaki, Masumi Ibusuki, and Hiroshi Hanaizumi, "Modeling of Conceptual Multiresolution Analysis by an Incrementally Modular Abstract Hierarchy", IEICE Transactions on Information and Systems, VOL.E86-D NO.9, In press, The Information and Systems Society, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers.
- [5]Tosiyasu L. Kunii and Annie Luciani, Eds., "Cyberworlds", Springer-Verlag, 1998.
- [6]Tosiyasu L. Kunii, "Discovering Cyberworlds", Vision 2000 of the January/February, 2000 issue of IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 64-65.
- [7]Tosiyasu L. Kunii, "Cyber Graphics", Proceedings of the First International Symposium on Cyber Worlds (CW2002), November 6-8 2002 Tokyo, Japan, in press, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California, November 2002.