

セルモデルによる教育データベースの研究

舟橋義人

法政大学大学院 IT Professional Course

國井利泰

法政大学大学院 IT Professional Course

要旨

学習指導要領の変更が頻繁になされる一方で、皮肉にも学生の学力低下を指摘する声は年々増大している。そこで、個々人について勤務先や最終学歴、大学・高校・中学・小学校で履修した科目名や成績を網羅する教育データベースを想定する。このデータベースの活用によって、履修科目がどのように人材育成に影響するかを検証できることを提示し、国家的急務となっている教育改革——人材育成の一助とするのが本研究の狙いである。

A Study of Educational Database applying Cellular Model

Yoshito Funabashi

IT Professional Course, Graduate School Hosei University

Tosiyasu L. Kunii

IT Professional Course, Graduate School Hosei University

Abstract

While the teaching guidelines are revised frequently, many voice the concern regarding the supposed decline in the students' ability. In this paper, we propose to create a database that covers the occupation, school names, all classes taken at universities, high schools, junior high schools and elementary schools as well as the grades. Our objective is to show that such a database can be used to study the impact of the education history on individuals' development and provide inputs to the educational reform underway.

1. 研究の目的

我が国は明治以来、公教育を柱として国家を支える人材を育成し、世界に重きをなしてきた。しかしながら、長く世界のトップと言われてきた教育水準は、旧来依然とした教育制度や改革の後れ、ビジョンなき学習指導要領の改定によって、特に科学技術分野の人材排出という面で欧米諸国に劣勢を強いられていると言わざるを得ない。

レーガン政権下の米国は1981年に「教育の卓越に関する国家委員会」を組織し、この委員会による報告書「危機に立つ国家(A NATION AT RISK)」の中で来るべき情報化社会を見通す一方で、「偏ったエリート教育を反省し、数学と英語(国語)という基礎学力の大切さを見直して全ての児童層の学力の底上げを図れ」と提言[1]。1990年代後半には衰退する日本を尻目に再び世界経済のけん引役として返り咲いた。

これと対照的に日本はこの間、詰め込み教育の反省から「ゆとり学習」を旗印に、文部科学省の主導によって学習指導要領の変更が繰り返された。しかしながら、これによる変更点が結果的にどのような影響を学生に及ぼしたかについては検証されることがなかった。このため、変更点が教育の

質の向上に結びついていない、あるいは学力低下に直結している場合でも、放置されているのが実情である。学識者らによって学生の学力低下が指摘されている[2]中、教育の質の検証は急務である。

そこで、特定の個人がどのような学習履歴を経てその職業に就いたのかを調べるためのデータベースを構築する。

例えば日立製作所のエンジニアになった個人が、高校や中学校の選択科目でどのような科目を履修し、小学校時代には何を学び、どのような理解度(成績)であったのかをデータベース化する。

これにより、小中高校あるいは大学で設定している科目が生徒の進路にどのような影響を及ぼしているのかがわかるようにする。さらに、科目の削除や時間数の削減がどのような影響をもたらしたかを推論できるようにし、学習指導要領の更なる変更の際の参考となるようにする。このようなデータベースを提案し、教育の質の向上を促すのが狙いである。

このデータベースには、著者の一人(國井)によって1999年に発表されたモデルであるセルモデル(Cellular Model) [3][4]を応用する。テーブル間の関係、テーブル内の

関連をホモトピー (homotopy)、等化関数 (identification function)[4]で動的に対応付けし、対応付けするもの同士の共通部分を的確に特徴付けるモデリングを提示する。さらに、現在普及しているリレーショナルデータベースと比較して、セルモデルを利用したデータベースでは検索時の工数が削減できることを示す。

2. セルモデルとリレーショナルモデルとの比較

現在普及しているリレーショナルモデルにおけるデータの関連性はテーブルで表わされる。テーブル間の関係はデータ依存関係に基づいて正規化され、固定されてしまう。一方、セルモデルでは、ホモトピー理論を用いる事により、セル空間を動的に構成できるという面で柔軟性がある[3]。

さらに、リレーショナルモデルでは、射影(projection)によりテーブルから必要な属性を取り出した後は、もとのテーブルとの関連性は保つ事ができない。これに対し、セルモデルでは、必要な属性を射影(セル分解)した際の分解写像 (decomposition map) f を保存し、ホモトピー理論を適用することでもとのセル空間 (テーブル) との関係を保つことが可能になる。

ここで、具体例をあげてリレーショナルモデルによるデータ操作とセルモデルによるデータ操作の違いを見ることにする。

「リレーション社員」から、「社員番号1」に対応する「氏名」と「電話番号」を求めるデータ操作を想定する。

リレーショナルモデルにおいての手順は

- ①選択(select)
- ②射影(projection)

であり、

リレーション社員

社員番号	氏名	電話番号	住所
1	山田花子	03...	東京都
2	法政太郎	045...	横浜市
3	飯田橋雄	03...	東京都
:	:	:	:

中間リレーション

社員番号	氏名	電話番号	住所
1	山田花子	03...	東京都..

結果リレーション

氏名	電話番号
山田花子	03...

—という手順で必要な属性を得る。

これに対して、セルモデルの場合は、

①射影(projection、セル分解)

②選択(select)

の手順であり、

社員セル空間

社員番号	氏名	電話番号	住所
1	山田花子	03...	東京都
2	法政太郎	045...	横浜市
3	飯田橋雄	03...	東京都
:	:	:	:

セル分解(cell decomposition)により、社員番号の属性に対するタプルのみ参照する。

社員番号
1
2
3
:

結果セル空間

氏名	電話番号
山田花子	03...

—という手順で必要な属性を得ることができる。

さらに、セル分解の際の分解写像 f を保存しておくことによってホモトピー理論を応用でき、その社員番号に対応した氏名と電話番号を得ることができるわけである。

この操作は、射影により必要な属性を含むセル空間だけを分割しても、もとのセル空間と切り出したセル空間との関係をホモトピー理論により関係付けることによって可能になる。

また、ホモトピー理論による写像の保存は、セル空間同士の関係を保証するという機能以外にも、セル空間を再利用できるという意味で要求処理の効率化にも役立つ。

例えば、上記のセル空間に対して「社員番号1」に対応する顧客の「氏名」と「電話番号」を求めるとする。この時の操作は属性として「社員番号」を射影して、「社員番号1」の「氏名」と「電話番号」を選択する。つまり、全ての属性について調べて「社員番号」の属性を射影する必要がなく、分解写像 f をたどる事によりセル空間同士の関係を導き出せる。

一方でリレーショナルモデルの場合、同じテーブルの変形を要求する操作に対して、要求があるたびデータ操作を繰り返さねばならない。セルモデルを応用することで、保存している写像をたどる事により一

度使用したセル空間を再利用でき、効率的な要求処理や情報の有効利用に役立つ。

3. セルモデルとリレーショナルモデルの検索工数の比較

データベースへのセルモデルの応用は、リレーショナルモデルと比較して情報検索の際に必要な工数の削減に役立つ。

以下に、建設工事に関するデータ検索の工数についてセルモデルとリレーショナルモデルを比較した論文[5]を引用する。

「ここでは、上記の事例においてデータ出力の種類を、工事に関するデータの検索、工事に関する元の資源データの検索、の2つに分けて、そのデータ出力時の検索工数を比較する。

1.1.1 Search data of construction work

<Cellular DBMS>

ユーザーが、一度, equivalent relation を定めて統合 cell を作成すれば, その Homotopy が保存されるので, 要求毎に統合 cell を作成する必要がない。また, 統合 cell において, cell definition information から出力対象とする cell の open cell, closed cell 情報を指定することで要求されたデータを得ることができる。

An integrated cell (X)

$$X = B_n \cup_p B_m = B_n \cup B_m / \sim$$

B_n, B_m are the closed cells.

事例では、Customer cell, Manager cell, Worker cell, Material cell を equivalent relation により Project cell に cell attachment し、an integrated cell を作り、その map を保存する。そしてから要求毎に、cell definition operation から 4cell のいずれかの open cell/closed cell 情報を選択してオブジェクト単位でのデータの検索を行う。

<Relational DBMS>

ユーザーが、要求毎に必要なテーブルを探し、JOIN 結合させ、必要なデータの属性を指定すれば、要求されるデータを得ることができる。

事例では、要求毎に正規化された各テーブルから要求に応じて JOIN 結合で Customer master table, Manager master table, Worker master table, Material

master table, を作成した後、Project table と JOIN 結合することでデータ検索を行う。

<検索工数の一般式と工数の比較>

Relational DBMS と Cellular DBMS の検索工数を表す一般式を作成し工数比較をするため、各変数を以下のように定義する。

n: データ出力の要求件数

m: 要求されたデータの属性数

C(n, m): Cellular DBMS における検索工数

R(n, m): Relational DBMS における検索工数

e: 対象とする 2 つの cell(table) を探して結合させるときの手間

f: 属性 1 つを指定するときの手間

これまでの考察により、2 つ DBMS の検索工数の一般式は以下になる。

$$C(n, m) = 4e + n * f$$

- $4e$ は、 B_c, B_m, B_b, B_p を P に接合する工数
- $n * f$ は、要求対象となる closed cell を n 件指定する工数

$$R(n, m) = n * 3e + \sum_i^n (m_i * f)$$

- $3e$ は、要求に応じて JOIN 結合で各テーブルを作成する工数 ($3 = \text{JOIN 結合の平均回数}$)
- $\sum_i^n (m_i * f)$ は、要求毎に異なるデータ属性数 m_i を n 件指定する工数

よってこれらの差を取ると、

$$\begin{aligned} R(n, m) - C(n, m) \\ &= n * 3e + \sum_i^n m_i * f - (4e + n * f) \\ &= (3n - 4) * e + (\sum_i^n m_i - n) * f > 0 \end{aligned}$$

よって、件数(n)、要求されたデータの属性数(m)が多いほど明らかに、

$$R(n, m) > C(n, m)$$

となり、既存の Relational DBMS より Cellular DBMS の方が、検索工数が少なく済むことがわかる。

<実例における検索工数の比較>

ここで、設定された Situation において、工事に関するデータ検索として頻繁に起こ

りうる①・⑤のデータ出力要求の実例を以下に挙げ、前述に従って2つのDBMSにおける検索手順と検索工数を述べる。

- ① 「ある作業員が、ある工事 (name = "AB")を担当している Manager A(code = "a")の section と extension number を調べて連絡を取る。」

Cellular DBMS:

- Bp と Bm を接合した後、closed cell として Bm を指定する。
- $n=1, m=1$ より、 $C(1,1) = e + f$

Relational DBMS:

- Table P, M1, M2 を JOIN 結合した後、2 属性(section, extension)を指定する。
- $n=1, m=2$, JOIN 結合 2 回より、 $R(1,2) = 2e + 2f$

- ② 「ある Manager が、ある工事 (name = "CD")の作業員 (code = "b") の age, qualifications, name of qualifications を check する。そして後で、その工事 (name = "CD")の作業員 B(code = "b") の name, telephone を調べて連絡を取る。」

Cellular DBMS:

- Bp と Bw を composition した後、closed cell として Bw を指定する。このときの attaching map は保存されるので、2 回目の要求では、cell composition する必要がなく closed cell として Bw を指定するのみ。
- $n=2, m_1=m_2=1$ より、 $C(1,1) = e + 2f$

Relational DBMS:

- Table P, W1, W2, W3, W4 を JOIN 結合した後、3 属性 (age, qualifications, name of qualifications) を指定する。2 回目の要求で、再度 Table P, W1, W2, W3, W4 を JOIN 結合し、2 属性(name, telephone)を指定する。

- $n=2, m_1=3, m_2=2$, JOIN 結合計 8 回より、 $R(2, (3,2)) = 8e + 5f$

- ③ 「ある Manager が、ある工事 (name = "EF") の機材 B(number = "3")の type, weight, maker を check する。また、別の Manager が、ある工事 (name = "GH")の機材 C(number = "4") の type, weight, maker を check する。」

Cellular DBMS:

- cell Bp と Bb を composition した後、closed cell として Bb を指定する。このときの attaching map は保存されるので、2 回目の要求では、cell composition する必要がなく closed cell として Bb を指定するのみ。
- $n=2, m_1=m_2=1$ より、 $C(1,1) = e + 2f$

Relational DBMS:

- table P, B1, B2, B3 を JOIN 結合した後、3 属性(type, weight, maker)を指定する。2 回目の要求で、再度 table P, B1, B2, B3 を JOIN 結合した後、同じ 3 属性を指定する。
- $n=2, m_1=m_2=3$, JOIN 結合計 6 回より、 $R(2, (3,3)) = 6e + 6f$

- ④ 「ある営業マンが、営業戦略を立てるため、ある工事 (name = "GH")を依頼した顧客 D(Customer code = "d")の sex, age, address を調べる。また、別の営業マンが、ある工事 (name = "IJ")を依頼した顧客 E(Customer code = "e")の sex, age, address を調べる。」

Cellular DBMS:

- cell Bp と Bc を composition した後、closed cell として Bc を指定する。このときの attaching map は保存されるので、2 回目の要求では、cell

composition する必要がなく closed cell として Bc を指定するのみ。

- ・ $n=2, m_1=m_2=1$ より、 $C(1,1)=e+2f$

Relational DBMS:

- ・ table P, C1, C2 を JOIN 結合した後、3 属性(sex, age, address)を指定する。2 回目の要求で、再度 table P, C1, C2 を JOIN 結合した後、同じ 3 属性を指定する。
- ・ $n=2, m_1=m_2=3$, JOIN 結合計 4 回より、 $R(2, (3,3))=4e+6f$

これらをまとめると、

$$C(n, m) = \sum_{①-⑤} C = 4e + 7f$$

$$R(n, m) = \sum_{①-⑤} R = 20e + 19f$$

よって明らかに、既存の Relational DBMS より Cellular DBMS の方が、検索工数が少なく済むことがわかる。

1.1.2 Search data of construction work

<Cellular DBMS>

ユーザーが、一度, equivalent relation を定めて cell composition すれば, Homotopy が保存されるので、それをもとに注目している cell から簡単に接合前の資源データ cell を参照することができる。

事例では、Customer cell, Manager cell, Worker cell, Material cell を equivalent relation により Project cell に cell composition して、その homotopy を保存すれば、Project cell から要求に応じて Homotopy により接合前の cell(この場合、Customer cell, Manager cell, Worker cell, Material cell のどれか)を指定することで資源データの検索を行う。

<Relational DBMS>

工事に関する資源データへの要求に対して、関連するテーブルを探し出して JOIN 結合し資源データテーブルを作成し、その table を指定すれば要求された資源データを検索することができる。

事例では、Project transaction table に注目しているユーザーが、要求に応じて資源データ table (Customer, Manage, Worker, Material の each master table)に関連する

である table を探しを JOIN 結合して、その table を指定することで資源データの検索を行う。

<検索工数の比較>

Relational DBMS と Cellular DBMS の検索工数を表す一般式を作成し工数比較をするため、各変数を以下のように定義する。

n: データ出力の要求件数

C(n): Cellular DBMS における検索工数

R(n): Relational DBMS における検索工数

g: 対象とする資源データ cell (table) 1 つを探す手間

h: cell(table)1 つを指定するときの手間

これまでの考察により、2 つ DBMS の検索工数の一般式は以下になる。

$$C(n) = 4g + n \cdot h$$

- ・ $4g$ は、Bc, Bm, Bb, Bp を探す工数
- ・ $n \cdot h$ は、要求対象となる closed cell を n 件指定する工数

$$R(n) = n \cdot 3g + n \cdot h \\ = n \cdot (3g + h)$$

- ・ $3g$ は、要求毎に資源テーブルに関連するテーブルを探す工数 ($3 =$ 平均テーブル数)
- ・ $n \cdot h$ は、JOIN 結合されたテーブルを n 件指定する工数

よってこれらの差を取ると、

$$R(n) - C(n) = n \cdot 3g - 4g \\ = (3n - 4) \cdot g$$

よって、件数(n)が多いほど明らかに、

$$R(n) > C(n)$$

となり、既存の Relational DBMS より Cellular DBMS の方が、検索工数が少なく済むことがわかる。

<実例における検索工数の比較>

ここで、設定された Situation において、工事に関する資源データの検索として頻繁に起こりうる①・③のデータ出力要求の実例を以下に挙げ、前述に従って 2 つの DBMS における検索手順と検索工数を述べる。

- ① 「Manager が、ある工事(name = "AB")の Worker A の代わりを探すため、workers データを参照する。その後、またある工事(name = "CD")の Worker B の代わりを探すため workers データを参照する。」

Cellular DBMS:

- Bw を探し、Bp に equivalent relation で cell composition した後、Homotopy により、Bm を指定する。2 回目の要求では、保存された Homotopy により Bw を指定する。
- $n=2$ より、 $C(2) = g + 2h$

Relational DBMS:

- M1, M2 を探し JOIN 結合し Worker master table を作成し、その table を指定する。2 回目の要求でも同じことを行う。
- $n=2$ 、テーブル数 2 より、 $R(2) = 8g + 2h$

- ② 「Manager が、ある工事(name = "CD")の機材(number = "2")と同じ maker の機材を調べる。Worker がある工事(name = "EF")の機材(number = "3")と type が同じで weight がより小さいものを調べる。」

Cellular DBMS:

- Bb を探し、Bp に equivalent relation で cell composition した後、Homotopy により Bb を指定し、"code = d と同じ maker の機材"という条件のもと検索を行う。2 回目の要求では、保存された Homotopy により Bb を指定し、"number = 2 と type が同じで weight がより小さい"という条件のもと検索を行う。
- $n=2$ より、 $C(2) = g + 2h$

Relational DBMS:

- B1, B2, B3 を探し、JOIN 結合し Material master table を作成し、その table を指定し、"number = 2 と同じ maker の機材"という条件のもと検索を行う。2 回目の要求でも同様にし、"number = 2 と type が同じで weight がより小さい"という条件のもと

と検索を行う。

- $n=2$ 、テーブル数 3 より、 $R(2) = 6g + 2h$

- ③ 「ある営業マンが、ある工事(name = "GH")の顧客(code = "e")の近隣に住む顧客データをリストアップする。また別の営業マンが、ある工事(name = "IJ")の顧客(code = "f")と年齢が近い顧客データをリストアップする。」

Cellular DBMS:

- Bc を探し、Bp に equivalent relation で cell composition した後、Homotopy により Bc を指定し、"code = e と近隣の顧客"という条件のもと検索を行う。2 回目の要求では、保存された Homotopy により Bc を指定し、"code = f と年齢が近い顧客"という条件のもと検索を行う。
- $n=2$ より、 $C(2) = g + 2h$

Relational DBMS:

- C1, C2 を探し、JOIN 結合し Customer master table を作成し、その table を指定し、"code = e と近隣の顧客"という条件のもと検索を行う。2 回目の要求でも同様にし、"code = f と年齢が近い顧客"という条件のもと検索を行う。
- $n=2$ 、テーブル数 2 より、 $R(2) = 4g + 2h$

これらをまとめると、

$$C(n) = \sum_{i=1}^n C = 3g + 6h$$

$$R(n) = \sum_{i=1}^n R = 18g + 6h$$

よって、明らかに既存の Relational DBMS より Cellular DBMS の方が、検索工数が少なくて済むことがわかる。」

4. 「教育データベース」の特徴

こうしたセルモデルの特徴を生かし、「教育データベース」を構築することを想定する。「教育データベース」には個人の氏名、勤務先、最終学歴、大学・高校・中学・小学校で履修した科目名と成績を蓄積する。

利用者はデータベースにアクセスし、「高校数学の成績5」といった条件をもとに、対象となる人物の勤務先や最終学歴といった人物情報を取得する。初等、中等教育が人物の進路にどのように関係し、人材育成に

どのように影響しているのかを検証できる仕組みを提案する。

5. 「教育データベース」へのセルモデルの応用例

ここで、上記の「教育データベース」にセルモデルを応用した典型例を示す。

利用者がこのデータベースにアクセスし、ある条件をもとに人物情報を取得するケースを想定する。

利用者は「高校数学の成績5」「中学1年国語の成績5」の検索条件を基に、それに該当する人物の勤務先や最終学歴といった情報一覧を検索することとする。

このとき、多数の人物の氏名や勤務先、最終学歴、学習履歴といった情報を集約した「教育データベース」全体のサイバースペースを p 次元のセル空間 $\mathcal{B}_{DB}^p$ 、学習履歴のセル空間を r 次元のサイバースペース $\mathcal{B}_{学習履歴}^r$ 、利用者が指定した検索条件を含む利用者のサイバースペースを q 次元のセル空間 $\mathcal{B}_{利用者}^q$ と定義する。

「教育データベース」セル空間： $\mathcal{B}_{DB}^p$ ($p=10$)= $\mathcal{B}_{DB}^{10}$ ={氏名、住所、勤務先、最終学歴、高校物理の成績、高校数学の成績、高校国語の成績、中学3年の英語の成績、中学2年の数学の成績、中学1年の国語の成績}

学習履歴セル空間： $\mathcal{B}_{学習履歴}^q$ ($q=6$)= $\mathcal{B}_{学習履歴}^6$ ={高校物理の成績、高校数学の成績、高校国語の成績、中学3年英語の成績、中学2年の数学の成績、中学1年の国語の成績}

利用者セル空間： $\mathcal{B}_{利用者}^r$ ($r=3$)= $\mathcal{B}_{利用者}^3$ ={氏名、検索条件①、検索条件②}

「教育データベース」はそれぞれの人物について高校、中学、小学校での成績など膨大な情報を含んでいるため、「教育データベース」セル空間の次元数 (P) の値は実際には数十項目にも上ると考えられるが、ここでは便宜上、10項目と定義する。また、同様に学習履歴セル空間、利用者セル空間の次元数 (q, r) についても便宜上、それぞれ6項目、3項目と定義する。

このとき、学習履歴セル空間 $\mathcal{B}_{学習履歴}^6$ は、「教育データベース」セル空間 $\mathcal{B}_{DB}^{10}$ と以下の関係にある。

$$\mathcal{B}_{学習履歴}^6 \subset \mathcal{B}_{DB}^{10}$$

この関係に基づき、「教育データベース」セル空間を、学習履歴セル空間と、その他の属性で構成するセル空間とにセル分解する。

$$\begin{aligned} f_m: \mathcal{B}_{DB}^{10} &\rightarrow \mathcal{B}_{DB}^4 \sqcup_m \mathcal{B}_{学習履歴}^6 \\ m: \partial \mathcal{B}_{DB}^{10} &\rightarrow \mathcal{B}_{学習履歴}^6 \quad (\partial \text{ は4回繰り返す}) \\ \mathcal{B}_{DB}^4 &= \{\text{氏名、住所、勤務先、最終学歴}\} \\ \mathcal{B}_{学習履歴}^6 &= \{\text{高校物理の成績、高校数学の成績、高校国語の成績、中学3年の英語の成績、中学2年の数学の成績、中学1年の国語の成績}\} \end{aligned}$$

このように、学習履歴セル空間 $\mathcal{B}_{学習履歴}^6$ は、「教育データベース」セル空間 $\mathcal{B}_{DB}^{10}$ に含まれる学習履歴の情報からなるセル空間として定義する。

ここで用いた f_m は分解写像で、 m は等化関数である。この変形における写像を保存しておくことにより、変形前後のセル空間同士の間でホモトピー同値性を保つことができる。

このセル空間の変形に用いた写像 f_m と m は連続的な変形であるため逆写像が存在する。

$$\begin{aligned} m: \mathcal{B}_{DB}^4 \sqcup_m \mathcal{B}_{学習履歴}^6 &\rightarrow \mathcal{B}_{DB}^{10} \\ f_m^{-1}: \mathcal{B}_{DB}^{10} &\rightarrow \mathcal{B}_{DB}^4 \sqcup_m \mathcal{B}_{学習履歴}^6 \end{aligned}$$

ここで、 $h=f_m^{-1}$ とすると

$$h \circ f_m \simeq 1_X \quad f_m \circ h \simeq 1_Y$$

($1_X, 1_Y$: identity maps)

$$1_X: \mathcal{B}_{DB}^{10} \rightarrow \mathcal{B}_{DB}^{10}$$

$$1_Y: \mathcal{B}_{DB}^4 \sqcup_m \mathcal{B}_{学習履歴}^6 \rightarrow \mathcal{B}_{DB}^4 \sqcup_m \mathcal{B}_{学習履歴}^6$$

このことから、上記のセル空間の変形はホモトピー同値性を保っていることがわかる。

次に、セル分解により、学習履歴セル空間と利用者セル空間との共通部分を抜き出し、セル統合 (cell attachment) により統合セルを構成することにする。

まず、利用者セル空間 $\mathcal{B}_{利用者}^3$ と学習履歴セル空間 $\mathcal{B}_{学習履歴}^6$ の両者について、equivalent cells $\mathcal{B}_e^i$ (e =利用者、学習履歴)と、それ以外の属性を含むセル空間とにセル分解する。

このとき利用者は、「高校数学の成績5」「中学1年の国語の成績5」を条件として検索をすることとする。したがって、equivalent cells $\mathcal{B}_e^2$ は $\mathcal{B}_e^2$ となる。

$$\begin{aligned} f_{利用者}: \mathcal{B}_{利用者}^3 &\rightarrow \mathcal{B}_{利用者}^1 \sqcup_g \mathcal{B}_{利用者}^2 \\ f_{学習履歴}: \mathcal{B}_{学習履歴}^6 &\rightarrow \mathcal{B}_{学習履歴}^4 \sqcup_k \mathcal{B}_{学習履歴}^2 \\ \mathcal{B}_e^2 &= \{\text{高校数学の成績5、中学1年国語の成績5}\} \end{aligned}$$

$B_{\text{利用者}}^1 = \{\text{氏名}\}$

$B_{\text{学習履歴}}^4 = \{\text{高校物理の成績、高校国語の成績、中学3年の英語の成績、中学2年の数学の成績}\}$

ここで用いた $f_{\text{利用者}}$ 、 $f_{\text{学習履歴}}$ は分解写像である。さらに、 g 、 k 、は等化関数であり、以下のように定義される。

$g: \partial \dots \partial B_{\text{利用者}}^3 \rightarrow B_{\text{利用者}}^2$ (∂ は1回)

$k: \partial \dots \partial B_{\text{学習履歴}}^6 \rightarrow B_{\text{学習履歴}}^2$ (∂ は4回繰り返す)

次に、セル統合により統合セルを構成する。

利用者セル空間 $B_{\text{利用者}}^3$ と学習履歴セル空間 $B_{\text{学習履歴}}^6$ を、 B_{DB}^4 を共通部分 (quotient space) として attaching map p により対応を取り、統合セルを構成する。

$p: \partial \dots \partial B_{\text{利用者}}^3 \rightarrow B_{\text{学習履歴}}^2$ (∂ は1回)

となり、統合セルが構成される。

$B_{\text{利用者}}^3 \sqcup_p B_{\text{学習履歴}}^6 = B_{\text{利用者}}^3 \sqcup B_{\text{学習履歴}}^6 / \sim$

さらに、この統合セルと、「教育データベース」セル空間から学習履歴セル空間を除いた残りのセル空間 B_{DB}^4 との関係は、等化関数 m により、

$m: B_{\text{学習履歴}}^6 \sqcup B_{\text{利用者}}^3 / \sim \rightarrow (B_{\text{DB}}^4 \sqcup_m B_{\text{学習履歴}}^6) \sqcup B_{\text{利用者}}^3 / \sim$

となる。

さらに、「教育データベース」セル空間を学習履歴セル空間とその他の属性からなるセル空間とにセル分解した際に用いた分解写像 f_m の逆写像を用いて、

$f_m^{-1}: B_{\text{DB}}^4 \sqcup_m B_{\text{学習履歴}}^6 \rightarrow B_{\text{DB}}^{10}$ (f_m : 分解写像)

となる関係を利用すると、

$f_m^{-1}: (B_{\text{DB}}^4 \sqcup_m B_{\text{学習履歴}}^6) \sqcup B_{\text{利用者}}^3 / \sim \rightarrow B_{\text{DB}}^{10} \sqcup B_{\text{利用者}}^3 / \sim$

であり、最終的な統合セル空間 B は $B = B_{\text{DB}}^{10} \sqcup B_{\text{利用者}}^3 / \sim$ となる。

以上のように、利用者は「高校数学の成績5」といった検索条件を指定することで、対象となる人物の勤務先や最終学歴といった情報を取得することができる。

ここで論じた典型例において、「教育データベース」セル空間と学習履歴セル空間との関係付けは、リレーショナルモデルにおけるテーブル間の関連付けと同じ役割である。ただ、ここで取り上げた典型例で、利用者は検索条件を自由に設定できると同時に、学習履歴セルも利用者の条件付けによって動的に構成される。つまり、リレーショナルモデルではテーブル間を固定的に

関連付けなければならないのに対し、セル空間同士の関連付けは動的であるという点で優位性がある。

6. 結論

高校や中学、小学校時代の学業成績を検索条件として該当する人物の勤務先や最終学歴といった人物情報を取得する「教育データベース」は、現在の教育制度や、将来の学習指導要領に基づく変更点の人材育成にどのような影響を及ぼしているかを探るのに有益であることを提示した。

また、セルモデルは、現在最も普及しているリレーショナルモデルと比較して、テーブル間の関係がホモトピーや等値関数によって動的に対応付けられる点で優位性があることを示した。さらに、セル間の同値関係によりセル分解・接合することで、検索工数を削減できることを示した。

「教育データベース」は人物に関する膨大な情報を蓄積するため、内部の情報が常に変化する、まさに一つの巨大なサイバー世界であると言える。セルモデルの「教育データベース」への応用はこうした点からも有用であると考えられる。

参考文献

- 1) 文芸春秋編：教育の論点，文芸春秋（2001）
- 2) 左巻健男編著：「理数力」崩壊，日本実業出版社，（2001）
- 3) T.L.Kunii, "A Cellular Web Model -For Information Management on the Web -", September 14, 2001. Corrected and Revised: September 18-20, 2001
- 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) 児玉敏男，國井利泰：セルモデルに基づいた新しい DBMS の開発—データ出力の側面から—，情報処理学会研究報告，2002-DBS-126 (8)，印刷中，情報処理学会データベース研究会
- [6] 早川耕二，國井利泰：セルモデルによる、サイバー世界の情報構築，情報処理学会研究報告，2002-DBS-126 (13)，印刷中，情報処理学会データベース研究会