講演要旨

個人用露頭(野帳)データベースの設計について

—露頭構造の数学モデル—

河西秀夫*

A Design of personal Geological Exposures (Field note) Database

—A Mathematical model of the Exposure Structure—

H I d e o K A S A I *

*山梨学院大学 Yamanashi Gakuin University, 2-4-5 Sakaori, Kofu, Yamanashi, email kasai@ygu.ac.jp

キーワード: プログラム設計, データベース, 露頭, 地質, 有向グラフ

Key words: Program design, Database, Exposure, Geology, Directed graph

1. はじめに

地質調査では露頭の記載が重要である。通常露頭の観察結果は野帳に記載され、露頭の位置は地図上に記入される。露頭観察の記載にはスケッチや写真も含まれる。調査が進むにつれて観察された露頭の数が増加するとともに観察結果の整理が大きな負担になる。このため、写真やスケッチを含めた統一的な露頭観察結果のデータベース化が必要になってくる。露頭データベースの必要性は岩崎・松山(1992)、横田(1996)、佐野(1997)などにより地質図の作成の観点から提唱されている。通常露頭データを整理検討して地質図が作成される。このため、単なる露頭リストだけのデータベースではなく、露頭データを整理検討できる機能を持つデータベースが望ましい。しかし、現状の露頭記載方法と大きくかけ離れた登録方法のデータベースでは使いにくいものとなる。なるべく、現状の記載方法に近い登録方法が望ましい。また、地質学的論理に基づいたデータベースの検討も必要である。地質学的論理の数学的表現は塩野他(1999)の一連の研究がある。

今回個人の調査に使用する露頭観察結果のデータベースの数学的考察と基本設計について検討した結果を報告する。

2. 設計方針

2-1. データベースについて

露頭観察結果の記載には野帳と地図(国土地理院発行地形図)が使用されることが多く、野帳には露頭観察結果が文字で記載され、地図上には露頭の位置が記入される。横田(1996)は野外で得られる地質データを分布データ、方向データ、関係のデータの3つに区分している。今回設計するデータベースで直接扱うデータは方向データと関係のデータ、及び質のデータである。分布データは検索結果により得られるものとなる。

データベースでも露頭の位置の記載は地形図が使用されることが望ましい。このため、基本的に国土地理院の数値地図 25000(地図画像)を使用して露頭の位置を記載表示することにする。

露頭観察結果の記載は基本的に文字である。観察結果は形式化できる部分と形式化が困難な部分に区分される。形式化が可能な部分は、露頭番号、観察日付、走向傾斜等である。これらは数値で表すことが可能なデータである。形式化が困難な部分は岩相や断層・不整合等の質の記載であり、文字で説明され数値化が不可能である。記載内容にも一定の形式が存在しない。記載内容自体は形式化が困難ではあるが、記載形式はある程度形式化ができるものと思われる。また、文字記載の補助として写真やスケッチが使用される場合もある。このような形式化が可能な部分と形式が困難な部分が混在しており、さらに文字データと数値デー

タが混在しているデータは岩崎・松山（1992）が提唱しているようにカード形式のデータベースが適している。また、カード形式の場合は写真やスケッチもカードとして取り扱える利点がある。

2-2. 露頭構造の形式化

①露頭構造

露頭を構成する地質体 Ω は調査地域全体を構成する地質体 G の部分集合であり、地層（単層）と地層（単層）相互の接触関係を元とする有限集合である。露頭の構造 O は次のように表現される。

$$O = \{L, C \mid L \in \Omega, C \in \Omega\} \quad (1)$$

L は地層（単層）の集合、 C は接触関係の集合である。 L と C は次のように表現される。

$$L = \{Ly_i \mid Ly_i \in \Omega\} \quad (2)$$

$$C = \{Ct_j \mid Ct_j \in \Omega\} \quad (3)$$

$$1 \leq i \leq n, 0 \leq j \leq n-1$$

n は露頭を構成する地層の数である。

地層（単層）の接触関係 C は上下2つの地層（単層） Ly_i と Ly_{i+1} の堆積順序と接触状態を示すものなので次のように2項関係で表わすことができる。

$$Ly_i, Ly_{i+1} \in L \text{ に対して } Ly_i R Ly_{i+1} \quad (4)$$

R は接触関係で、具体的には整合、不整合、断層等をあらわす。層序は R の右が下位と決めれば全順序集合となる。この関係を一般的に表現すると次のようになる。

$$R = \{L, L, P(Ly_i, Ly_{i+1})\} \quad (5)$$

$$O = \{L, R\} \quad (6)$$

②露頭から得られる情報

単層或いは地層のどちらかを単位として記録するか調査目的により異なる。そのため、ここでは単層と地層を区別せずに両方を地層という用語で扱う。

露頭の観察結果（露頭から得る情報） WO は位置の情報 X （3次元情報）が追加され、次のように表現される。

$$WO = \{X, WL, WC \mid X \in \Omega, WL \in \Omega, WC \in \Omega\} \quad (7)$$

地層の情報 WL は地層名 $WL n_i$ と地層の質の記載（観察結果） $WL p_i$ からなる集合で、次のように順序対を使用して表現される。

$$WL = \{(WL n_i, WL p_i) \mid WL n_i \in \Omega, WL p_i \in \Omega\} \quad (8)$$

露頭には1枚以上の地層が存在するので、 $WL \neq \phi$ （空集合）である。また、両者の間には $WL n_i HWL p_i$ の2項関係が存在する。 H は左項は右項の性質を持つという関係を表わしている。

接触関係の情報 WC は接触関係の名称（不整合、

断層等） $WC n_i$ と接触面の状況記載 $WC p_i$ からなる集合で、順序対を使用して表現される。

$$WC = \{(WC n_j, WC p_j) \mid WC n_j \in \Omega, WC p_j \in \Omega\} \quad (9)$$

単一地層からなる露頭の場合は接触面が存在しないので、 $WC = \phi$ となる。また、両者の間には $WC n_j TWC p_j$ の2項関係が存在する。 T は左項は右項の性質を持つという関係を表わしている。

露頭から得られる情報を一般化すると次のように表現される。

$$WO = \{X, WL, H, T\} \quad (10)$$

露頭で観察される情報は全順序集合であるが、露頭観察では層序を明示的に記載することが多い。層序の記載 WS は次のように表現される。

$$WS = \{S_k \mid S_k \in \Omega\} \quad (11)$$

$$S_k = WL n_k UWL n_{k+1} \quad (12)$$

$$1 \leq k \leq n-1$$

U は2つの地層 $WL n_k$ と $WL n_{k+1}$ が上下に重なる関係を表わす。この関係では地層名のみが使用される。

③ラベル付き有向グラフを使用した記載

ラベルつき有効グラフ $D(V, A)$ は節点の集合 V と、節点の順序対（辺） A から構成されるもので、各辺は有向辺である。また、各節点と各辺はそれぞれ情報をもっている。節点は地層名に、辺は堆積順序に相当する。辺の向きは下位の地層から上位の地層の方向とする。集合 V と集合 A は次のように表現される。

$$V = \{WL n_i \mid i \in \Omega\} \quad (13)$$

$$A = \{(WL n_j, WL n_{j+1}) \mid (WL n_j, WL n_{j+1}) \in \Omega\} \quad (14)$$

$$1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n-1$$

節点 i （地層名）の持つ情報 VI_i は地層の質の記載内容であり、辺 ij の持つ情報 AI_{ij} は層序関係と接触関係である。接触関係は接触面の種類とその記載内容である。これらを2項関係を用いて次のように表現する。

$$VI_i = WL n_i HWL p_i \quad (15)$$

$$AI_{ij} = WC n_{ij} HWC p_{ij} \quad (16)$$

$$j = i + 1$$

H は左の項が右の項の性質を持つという関係である。 $WC n_{ij} = WL n_i C WL n_j$ で、 C は接触面の関係（整合、不整合、断層等）を表わす。

露頭では、接触面が未露出なため接触関係が確認できない場合もある。この未露出も接触面の情報であると考えられる。これを関係??で表現する。また、周辺の露頭の観察結果から接触関係が推定できることも多い。この推定も重要な情報で

あり、これを?Cで表現する。??と?Cの場合は、接触面の状況の記載 WCp_{ij} はNULL(無記載)となる。

接触面の種類C、??と?Cを記号で次のように表現することにすれば、記号を使用して形式的に露頭の構造を表現できることになる。

- a. 露頭が単一の地層から構成される場合…L
- b. 露頭が複数の地層から構成される場合
 - 整合関係……L1→L2
 - 不整合関係……L1⇒L2
 - 断層で接している…L1//L2
 - 岩脈で接している…L1↑↑L2
- c. 接触面が未露出ではあるが、周辺の露頭から推定される場合
 - 整合関係……L1?→L2
 - 不整合関係……L1?⇒L2
 - 断層で接している…L1?//L2
- d. 接触面が未露出で、周辺の露頭からも推定できない場合
 - L1??L2

L1, L2は単層名や地層名である。地層名のなれば方は下位から上位とし、実際の単層名や地層名が使用される。どのような名称を使用するかはユーザーが判断するものとする。例えば、凝灰角礫岩1⇒⇒砂層→⇒凝灰角礫岩2のようになる。

④調査地域の地質構造の組み立て

調査地域の地質構造は複数の露頭で観察される構造から組み立てられる。ラベル付き有向グラフを使用すると、次のように推移律を使用して地質構造を組み立てることができる。

L1CL2かつL2CL3ならばL1CL3
具体的には次のようになる。

L1⇒⇒L2とL2→⇒L3ならば

L1⇒⇒L2→⇒L3

L1⇒⇒L2とL2?→L3ならば

L1⇒⇒L2?→L3

⑤検索方法について

地層の検索は地層名を入力し、接触関係の検索は接触関係の記号を入力して行うようにする。例えば、断層の位置を検索する場合は、「//」と入力する。特定の地層間の接触関係の検索は、「L1⇒⇒L2」と入力する。検索結果を地形図上に表示されるようにすれば分布状態を得ることができる。

接触面が露出している露頭だけではなく、周辺の露頭から推定した接触面を持つ露頭も合わせて分布を表示したい場合もある。「L1⇒⇒L2」AND「L1?⇒L2」と入力すればよいが、わず

らわしいので、共通検索子「*」を導入する。意味は次のようになる。

「*→」=「→→」AND「?→」

「*⇒」=「⇒⇒」AND「?⇒」

「*/」=「//」AND「?/」

2-3. メイン画面と機能の設計

メイン画面はデータベースを起動したときに表示される画面であり、地図の表示、露頭の登録削除、露頭データの表示、登録データの印刷等の機能を持つ(第1図)。

第1図 メイン画面の画面設計

○印が露頭の位置。地図はイメージ例

露頭の位置は前述のように数値地図 25000(地図画像)を使用することにし、マウス操作で露頭位置を登録する。このため、メイン画面に地図が表示できるようにする。

露頭番号、露頭の位置(地名)、調査日付をこのメイン画面で登録する。露頭の平面座標値は自動的に入力できるようにする。露頭の標高はユーザーが地図から読み取って記入することとする。露頭の座標は地図内の座標とUTM座標とし、マウスのクリック位置(登録位置)から自動的に両座標値が計算できるようにする。

個々の登録済みの露頭のデータを見る場合は露頭マークをクリックするようにする。この場合、露頭マークはインデックスの役割を有する。

2-4. 露頭観察カードの設計

露頭観察カードは2種類が用意されるが、1つは露頭の構造と層序を記載し、1つは観察結果を記載するカードである。1枚の露頭構造カードに対して、複数の観察カードが存在する(第2図)。これは、 $WL_n HWLp_i$ と $WC_n TWCP_j$ の関係に対応している。露頭の位置や調査日付はメイン画面で入力したものを継承する。層序は前

述の記号を使用して入力し、観察結果は文字で入力する。写真やスケッチの有無も登録される。

2-5 写真・スケッチカード

写真・スケッチ類が貼り付けられたカード（第3図）で、前述の露頭単位の構造記述カード内と関係づけられる。写真の説明文が記載できるようにする。写真・スケッチ類の取り込みは取り込み用のソフトを使用することにし、写真名称とディレクトリ、説明文（文字データ）のみを管理するものとする。また、1つの露頭で複数の写真・スケッチ類が存在することもあるので、複数の写真・スケッチ類も管理できるようにする

第2図 露頭の構造記述カードと観察カードの関係

The screenshot shows the '露頭カード (写真・スケッチ類)' form. It includes fields for '露頭番号' (Exposure Number), '調査日付' (Survey Date), '地図名称' (Map Name), '地図内座標' (Coordinates: X, Y, h), and '調査場所' (Survey Location). There is a photo/sketch area with a '写真説明' (Photo Description) box and buttons for '登録' (Register), '取消' (Cancel), '次頁' (Next Page), '戻る' (Back), and '終了' (End).

第3図 写真・スケッチカードの画面設計

2-6. カード (露頭) の階層性

横田 (1996) は、露頭データには様々なレベルのものがあ、いくつかの露頭データが組み合わされて構築された中間的な地質モデルと合わせて地質モデルが構築されるとしている。これは、周辺の露頭群の観察結果からある地域の地質構造が決められることに対応している。露頭単位でなく、露頭群から決められた地質構造もデータベースに登録する必要がある。この場合、露頭カードに階層性を導入すればよく、露頭群から決められた地質構造が記述されたカードの階層を露頭単位の

カードよりも高くする。この場合、階層を記述するカードは露頭の構造記述カードとする。最低階層をAとし、B、C…と階層が高くなる (第4図)。

露頭群から決められた地質構造が記述されているカードには其の根拠となっている個々の露頭番号が記載されるようにする。この方法では中間構造群からさらに上位の中間構造を作成できる。

第4図 カードの階層性

3. おわりに

集合の概念を使用して個人用 (野帳) 露頭データベースの数学的検討と基本的な設計を行った。ラベル付き有向グラフを使用した表記方法を用い、さらに接触面未露出という2項関係を導入すると、接触面が未露出な露頭を含めた調査地域全体の層序が組み立てられる。

また、データベースの形式としてはカード型が適していると思われる。カードに階層性を導入すると、様々なレベルの露頭データに対応できる。

文献

岩崎好規・松山紀香 (1992) 露頭データベース作成への提言, 第3回日本情報地質学会 GEOINFORUM-92, 講演会講演予稿集, pp11-12

佐野雅之 (1997) デジタルフィールドマップ, 日本情報地質学会シンポジウム '97, 地球情報の特性と処理, 講演論文集, p27-32

塩野清治 (1999) 地質学原理の定式化を基礎とした人工知能型地質構造推定システムの開発, 平成8~10年度文部省科学研究費補助金研究成果報告書

横田修一郎 (1996) 露頭データベースの作成はなぜ困難か?, 情報地質, vol.7, no4, pp297-301