

D.T Varnes (1974)による 「地質図の論理—土木地質のための解釈と利用」

石井 武政・黒田 和男 (環境地質部)
Takemasa ISHII・Kazuo KURODA

本稿の執筆に当って

これから紹介する文章はアメリカ合衆国地質調査所の David J. VARNES (デビッド・J・バーンズ) という人が U.S.G.S. Professional Paper No. 837 に発表した論文「The Logic of Geological Maps, With Reference to Their Interpretation and Use for Engineering Purposes」の日本語訳である。

私達は 各種の土木工事にからむ地質学上の様々な問合せに地質図類——地質図幅を始めとし 学術雑誌に掲載される論文中の地質図版までを含めた——をもって応じて来た。

そのプロセスは まず 等高線式地形図の上に塗色や地紋記号などで区分されている図示単位を見て 立体的な地質構造を読み取り 次に 図示単位ごとの岩体や地層の物理的・工学的性質を判断しながら 土木工事が進行するにつれて予想される現象を考えていく。たとえば トンネルの掘さくに関する問題では 岩体や地層の図示単位ごとに それらの透水性を半ば定量的に判断しながら 切羽に現れる湧水量や トンネル掘進中に現れる地表の湧水現象のような 工事中のいろいろの過程で予想される出来ごとを案じていく。

このようなプロセスは おぼろげながらも理解していたが たまたま本論文に接して 何となく系統的にまとまりかけて来たひとつの論理学が そこに描き出されているのを見出した。

幸い バーンズ博士から 完訳の承諾を頂いたので ここに紹介する次第となった。ちなみに バーンズ博士は 緒言の中でも自己紹介しているように 永い間 土木地質に関する調査研究に従事しており 中でも1958年に「Landslide and Engineering Practice」の書物の中で発表している 地すべり現象の分類は バーンズの分類として 世界の国々で多くの学者が論文に引用している。

この文章は 次の章・節から構成されている。

- 要 約
- 序 章
- 分類の全般的特徴とマップ
- ユニットあるいは個体
- 分類の方法
- 基本的属性のマッピング
- 分類における目的性
- マップの情報
- マップに関わる操作
- 総描
- 選択
- 付加と重ね合せ
- 変換
- 操作のまとめ

分析および問題点

- マップ上の操作時における本質的属性の同定
- 類型特殊化
- 相互関係にもとづく図示単位
- 図学についてのコメント
- 土木地質図改善のための提案
- 関連性
- 明晰さ
- 批判的評価
- 創造性
- 結 論
- 引用文献

以下 要約の章は省略し 論文の紹介に入る。なお文章の日本語訳は主として石井が行い これを黒田が補足するという形をもって進められたことを付記する。

序 章

マップと娘は——

よく均整がとれていればよからう。

しかし余り器量がよくないのは困る。

注意深く慎重に色彩を選んでほしい。

上手に 度を越さないように着飾ったならば

ずっと魅力的になるはずだ。

相応に盛装させるということは

矢鱈とお金がかかる。

ただし綺麗に見えても

知らない人を欺くことがある。

つまり育ちが悪いと

広々にして とんだうそつきとなる。

(WILLATTS, 1970)

上記の詩文の最後の二節は 本文の内容の多くを物語っている。つまり マップの完璧さと育ちの良さである。なぜならば 私は 適切な構成こそが本質と考えているからである。私が本文を書いた目的は マップを構成する図示単位を定義する操作としての空間的分類の過程を調べ 情報伝達的手段としてマップがどのように機能しているかを論じ 事例の分析を通して マップによる情報伝達にかかわる問題点を摘出し 土木地質図

類を作成する際の考え方について改良点を示唆するためである。

これから述べる文中での議論は 多分に抽象的・哲学的であり かつ難解なものとなるだろう。なぜならば マップ作りにおける思考の段階を論ずるに必要な言語は マップのもつ科学的内容を議論する場合の言語とは明らかに異質だからである。とにもかくにも 私はこの文章を 初心者への手引きというよりは ある程度応用地質図の作成経験をもつ人への関心と利用を考えて著述した。さらに私は この報文を マップの図示単位を定義する過程に関心を抱く地質学者 そして特に一般地質図や土木地質図から 地質学的データを利用し これから行おうとしている事業に関する情報を判読し 導き出す仕事に従事している地質学者を対象に著述した。

本文の内容はほとんどが土木地質図に関するものであるが 一般的にマップというものの特質をどうみるかという内容も含まれている。私達はしばしば 自分自身の仕事・研究に余りにも没入しすぎている。だから自分達がめざす目標や それが抱えている困難さの多くは 必ずしも地質学にだけ関したのではなく ある特質をもった物質の空間的拡がりとその性質を扱う科学一般に共通したものであることを 常には意識していない。地理学や生物学といった同様な分野の進歩——情報を取得し 提供する方法とか 提供すべき情報の選択を指針する原則の進歩——は 私たちの地質学の分野における活動にも当てはめられるであろう。私達は 自分達の研究が他の分野とどのように関連し合っているか 目的よりも手法でみなければならない。ここでいう手法とは基本的には思考の方法である。

本文で マップそれ自体を用いるよりも 言語によって「マップ」を議論しなければならないのは困ったことである。事例を引用したり あるいは手助けとして簡単な図を示すが 「言語」を思考・観念の媒体として使用しなければならない。したがって 本文中に使用する若干の慣用語の意味は 適当な場所で定義され 吟味されている。

この文章は 土木地質に関連する多くの業務活動や関心事から派生したものである。それらは 合衆国地質調査所による土木地質調査部門の土木地質図作成というテーマに20年以上にもわたって従事してきたこと。現在 H. W. SMEDES が主査する「地質図作成に関する研究」プロジェクトに参画していること。E. E. LUTZEN

が議長を務める「Association of Engineering Geologists」の中のマッピングに関する付置委員会に加盟していること。Milan MATULA 教授が議長となり Dorothy RADBRUCH-HALL 女史が幹事をしている「International Association of Engineering Geologists」の中の土木地質図作成に関する作業グループの目的を深く切望していること等々である。I. A. E. G. の MATULA 教授 RADBRUCH-HALL 女史は 関心を示し この論文作成に励ましを与えてくれた。MATULA 教授 カナダ地質調査所の John S. SCOTT 氏 私の同僚である RADBRUCH-HALL 女史 D. L. SCHLEICHER 氏 J. E. HARRISON 氏 C. M. WENTWORTH 氏 からは非常に有益な批評と助言を与えられた。

分類の全般的特徴とマップ

ある特別な学問分野は 組み立てられ 型取られ 整理され あるいは相互に関連づけられた情報の集合体からなっている。そのような集合体を調べるには まず第一に 何がユニットを あるいは情報のブロックを構成している個体を形作るか 第二に これらユニットのどのような配列が可能 適切有効かということを考えなければならない。本論の大部分は分類のプロセスに関することなので 「分類」と「同定」は区別しなければならない。

「無秩序な対象の中の一群が類似の性質のもとに一括されたとき 生物学者はこれを「分類」と呼ぶ。ひとたび分類が設定された後 未確認の対象を正しい分類の中に配置することは一般に「同定」という言葉として表わされている」(SOKAL, 1966)

分類のプロセスは ある主題とか個体について 何が主張されまたは否定されるかという 一連の基本的かつ絶対的な命題の妥当性を考察することといえる。形式論理学では 主張されたり否定されたりするものは「賓辞」と呼ばれる。ゆえに完全な命題とは 例えば次のような形をとる。「大部分の(修飾語) Pierre 頁岩(主辞または主語)は 大きな石材には不向きで(賓辞または述語)ある(連辞または動詞)」

CARNAP (1962) によれば 賓辞とは 第一段階では個体の性質や特徴を明確に指摘するものであり 第二ないしそれ以上の段階で個体間の相互関係を示すものである。CARNAP はそのような性質とか相互の関係を「属性」という単語でまとめている。私もこの考えには賛成で 今後繰り返して使うことになる。「属性」には広範な意味が含まれるからである。他の似たような単語例えば「性質」・「特徴」が しばしば内容に変化をも

たせたそしてより制限をもった意味で用いられるのに反して一般に用いられているこの単語の使い方は変りないように思われる。

1. ユニットあるいは個体

理想的には 個体とかユニットは ひとつの独特な属性あるいは属性の集合によって定義される。 個体の集まりであるクラス (綱) は 個体が属全体として類似していれば意味をもっている。 horse と radish を集めても horseradish にはならないのである。

マップを作成する際の基本的かつ普遍的な問題は マップ上に描かれる図示単位を定義するのに必要かつ十分な属性を分離同定することである。 その属性は絶対的な すなわち存在しているか欠除しているかというものかもしれない 質または量という術語で測ることのできるもの あるいは測ることのできないものかもしれない。 属性は空間とか時間の中で 定常のものかもしれないしあるいは変化するものかもしれない。 あるいは時間・空間の中で 相互依存関係や因果関係をもって あるいはもたずに 他の属性と共変する属性もあるだろう。

例えば岩体とか地すべりのような複雑な対象物は 普通属性の組み合わせとして定義されるが それら属性の中には一般に 対象物の分類と同定に共に本質的で その物体に独特なものが 少くともひとつはある。 他の属性は本質的だが独特ではなく 別の属性は独特だが本質的ではないかもしれない。 また別の属性は本質的でも独特でもなく 単に存在するか付随しているものかもしれない。 もし個体の大きな集合の中に 何らかの独特な性質を見い出せない場合には クラスは相対的な類似性からだけで構成させることができる。 このようなクラスは ある種のデータをプロットしてメンバーを群集させることにより あるいは選択されたグループが 全個体群の中で 明らかに異なったものをもっていることを 統計的または非統計的な方法で示すことから定義することができる。

属性はユニットを構成する全ての成分に対して必ずしも共通するものではなく 従って形成されたグループに対して必ずしも独特なものではない。 地質図の多くの図示単位はそのように組み立てられていて そのことがなぜそれら図示単位が均質というより むしろ不均質なものであるかということを説明している。

マップには 4つの基本的属性のカテゴリーが適用される。 これらは時間 空間 対象の固有の性質 対象物相互間の関係である。 対応して時間的 空間的 類型的 そして相關的な 4種類のユニットを当てはめること

ができる。 地質の図示単位は通常 上述の4つの属性の組み合わせで定義される。 これらのカテゴリーの組み合わせの多くは互いに変化 (共変) するものではないので 我々地質学者は図示単位の定義に注意を払わなければ たちまち論理的困難に陥ってしまうだろう。

属性の4つのカテゴリーについては 一般にそれぞれ異なった取り扱いをする必要がある。 例えばマップ上の時間ユニットは 化石の記録 地質年代学 大洪水時の高水点などで設定された年代基準によって単独に定義される。 同様に純粹の空間ユニットは 物理的境界によって単独に定義する。 対照的に 類型のおよび相關的ユニットは それぞれ性質の多様性 様々な幾何学的あるいは時間的相互関係によって定義するのである。 時間 空間 固有の性質そして相互関係にもとづいて種の属性は重ね合わせることはできるが しかしどの「個体」もこれら全ての属性を実際に保有しているかどうかは重大な疑問となってくる。 我々はいかなる鳩にも全く適さない 複雑な鳩小屋を作ってしまうことがあるのかもしれない。

類型的属性ばかりではなく 相關的 時間的 そして空間的属性までも 新しいクラスを定義するために組み合わせるならば 新しいクラスの地域は必ずしも隣接させる必要はない。 例えば我々は 土木地質図を次のような属性をもつものとして定義したい時がある。

- (1) 岩質A
- (2) 斜面の傾斜度 S
- (3) 地下水の状態 I である。

これらの属性が図1のように分布しているとしよう。 この図では 3つの属性がすべて重なっているところが 2地域別々に示されている。 もし A₁ A₂ A₃ が異なった時代の地層で ただ本質的に同じ岩質を表わしているとすれば 2か所の斜線地域は 時間的にも不連続なのである。

空間的連続性の欠如は もし含まれる属性が明らかに成因的に関連していなければ 問題はない。 しかし類型的属性が場所 (空間) 的にも一致しているのではないか という疑念が起こることはある。 図1の A S I が もし物理的性質が似ているとか あるいはほとんど同じ地勢であると仮定すると 作図者の多くは 斜線部を (縮尺に応じて) 連続的とみなして結合してしまうだろう。 この場合 斜線部の内部と中間の地域は 成因的に共変する属性をもつ何か意味のある大きなグループであることが暗示される。 地層はしばしばそのように

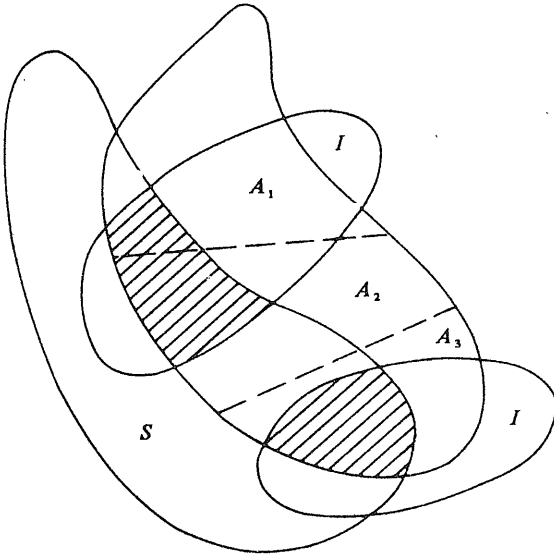


図1 岩質A 斜面の傾斜度S 地下水状態Iの属性の重なりで定義された図示単位。

考えられている。地層命名規約は地質層序の単位を定義する際に考えるべきものとして岩相・岩質だけを認めているが実際は起源および時代あるいは他の地質単位との幾何学的な相互関係などの属性がほとんど必然的にまた適当に取り入れられているのである。似たようなことは多くの作図機関が土木事業 土地利用計画 あるいは開発のために重要な地域 地勢 土質の図示単位を調査するときにも起こる。

図示単位を注意深く定義するということの重要性を強調しすぎるといえることはない。まず第一段階で設定する図示単位の目的を確認し 図示単位にはひとつないしそれ以上の基本的——時間的 空間的 類型的 相関的なカテゴリーを定める。第二段階で各カテゴリーのそれぞれにおける本質的属性を様式に従って記述する。その記述により 図示単位を定義するのに必要かつ十分な特徴を明確にする。そしてもし多くの本質的属性が明確にされれば それらは同じ条件下で互いに排他的ではないことに注意する。第三段階では マップの目指す目的を達成するには どの程度まで異質的な部分を許容できるか決めることである。

均質性 あるいはそれが欠けていること これは自然科学の概念にとって とくに土木地質学にとって非常に重要である。この報文では 属性が完全に均質のものであるか あるいはある程度の不均質性を有するのかわという度合のみで 均質性は絶対のものとして扱わ

れる。マッピングに関わる不均質性の程度は 例えば V_R/V_I で与えられる。 V_I は集合の総体積であり V_R は集合のある部分から得られたもっとも小さい代表的サイズである。そのため 考察しようとしている属性の不均質性の程度は V_R 以内にとどまる限り 予め設けた許容できる限界を越えることはない。これは BJERRUM (1954) が提唱した均質性の計測との逆である。BJERRUM の場合 その概念は 与えられた均質的集合体の土木地質的属性にとって意味をもっている最小のサンプルは 集合全体の属性に完全に一致している属性を示すと仮定している。

均質性は各属性に対して分離して考えなければならない。なぜならどのような対象もあるいは岩体も土壌もある属性に関しては均質であり また別の属性に関しては不均質であるからである。地質学では空間を指向した他の科学におけると同様に 境界は普通 地表面に実際に区画として描くことができるので ある命名された属性の集合に関しては 定義された区画は容認できない程不均質ではない。その区画のひとつのあるいはそれ以上の本質的特性の度合は 設定された境界で急激にあるいは急傾斜で変化することになる。

マッピングの本領は均質の地域 またはマップが要求している目的にとって許容できる程度に不均質の地域を線引きすることである。結果として出来上がったマップは分離しては考えることのできないふたつの部分から構成される。それは(1)同一とみなされる地域の輪郭を示す二次元的図面 (2)囲まれた地域が表わす本質的属性は何であるかを言語と記号・模様で説明することである。ひとつの目的のどおりにつくられたマップでは 選定した特徴あるいは属性の集合体としての図示単位は 不均質性がもっとも少ない地域の実体ないしそのグループとして表わされる。つまり 余計な地域を加えてしまうと本来の不均質性が増大し 逆に地域をより限定してしまうと 他の類似した区域が含まれなくなってしまふ。

マップはデータを分類しクラスの境界を描くことであるから 分類の方法はマップを作成する重要な要素である。その様々な過程とその論理を検討することは 新しいマップの作成あるいは既存のマップの評価に関係している。

2. 分類の方法

BECKETT (1968) によれば マップとは「ある地域全体についてというよりも マップとして描かれる小地域のより正確な説明ができるようにするために」作られる。これは真実であるが しかしまだ半分しか言い当てていない。マッピングとは 小さな地域をより大きなユニ

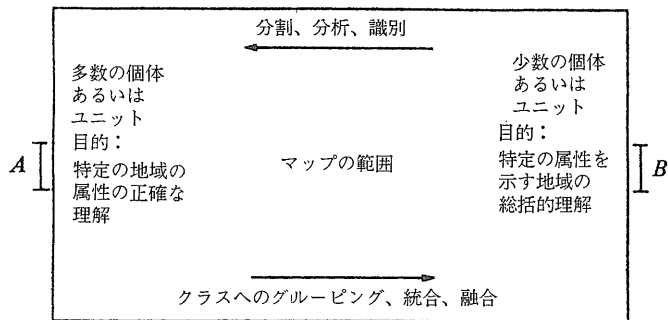


図2
マップの目的、ふたつの到達点——
Aは特定の地域の属性の正確な理解に達すること
Bは特定の属性を示す地域を総括的に理解すること
——には一般に分類の相対する方法で接近する、すなわち分割とグルーピングである。

ットの中へグルーピングする作業も含んでいるのであり我々はグループの部分についてというより より一般的なグループ全体についても説明できるのである。以上ふたつの側面に そしてその組み合わせに マッピングの全ての理由がある。ある地域が占めている属性について完全に詳細な情報を得ること その一方で 興味ある属性を示すすべての地域の位置を正しく把握することこの両面をどのマップももっているのである (図2)。

図2の右向きの作業 (グルーピング 統合) は 新しくより包括的な個性をもった集合体へと溶けこむことのできるよう定義された個体が存在することを前提としている。左向きの作業 (分析 論理的分割) は 大部分 扱い易く役に立つ個体の検討 およびその正確な定義から成り立っている。この検討では 個体を定義あるいは認識することのできる概念が存在することを前提としている。分割とグルーピング この相対するふたつの作業は論理学のよく知られたルールに従っている。

分割とグルーピングというふたつの相対する操作はある概念または実際に主題として扱うものの属性に基づいて行われる。分類のための概念は 多分 数学的論理の歴史的発展と一致している。ある概念を分類に利用することは KNOX (1965) や SCHELLING (1970) による土の分類においては たとえ空白となるクラスが生じようと 主唱されている。同様な考えは地理学分野でも MILOVIDOVA (1970) に引き継がれている。MILOVIDOVA は 論理的にも また実際にも可能ではあってもあるクラスは 検討中の地域には実在しないことがあることを説明している。対照的に CLINE (1949) は クラスとは中間的個体が実在することによって例証される集合であると言っている。地層はこの CLINE タイプの分類の産物である。なぜなら地層というものは 実例——岩層序学的単位あるいは模式層序タイプ——を必要とするからである (HEDBERG, 1970)。

フィールドデータを整理したり クラスを設定する最近のテクニックの多くは ことにアメリカにおいては 物理的ユニットやサンプルの特質を抽象的なクラスの概念に適応させることよりも それらを巧みに定量的に測定したり 実験によってグループを作ることに基づいている。ヨーロッパ とりわけ東ヨーロッパでは MILOVIDOVA の方法が広まっている。

情報を整理する際には 3種類の相互関係を考慮しなければならない。

- 1) 対象—属性 (“対象”と“主題”はここでは同義語として考える)
- 2) 属性—属性 (対象の範囲を越えて)
- 3) 対象—対象 (属性の範囲を越えて)

対象—属性の相互関係 あるいはサンプルとその特質との相互関係は 特質があるかないかを明確にすることで もっとも簡単に表わされる。一般的には 性質というものはその範囲あるいは程度があるので それを測定する方法によって 3種類の相互関係をより正確に記載することが可能である。

測定とは ルールに従って 現象と対象に対して数値を特定することである。そのルールには 4種類があり 表1に示されている (ABLER 他. 1971; STEVENS. 1946, 1958; SEARLES, 1956)。

この報文では対象の名称を ひとつの属性 恐らくもっとも基本的な属性とみなしている。なぜなら名称とは一般に 特定の同定や分類を意味するからである。マップの説明においては ある地層を同定することは例えば “Jones Pass砂岩” というように地層を特定する命名ばかりではなく それが “下部白亜系” に属し 他のユニットとの適切な関係から 地層が位置すべきところを類推して説明するという 順序だてた測定をも含んでいるのである。

表1 測定の種類

測定尺度	基本的作業	例
命名	各対象(あるいは各クラス)に番号(あるいは名称)をつけること	番号づけをした標本 岩石学的に名称をつけた岩石サンプル
順序	大小 上下を決定すること	鉱物の硬度 道路番号 年代で分類された地層
間隔	間隔あるいは相違の一様性を決定すること	華氏温度あるいは摂氏温度 カレンダータイム(暦時)
比率	比率の一様性を決定すること	長さ 質量 高度 速度 サイズ 絶対温度

図3 測定の種類によって対象と属性の関係を示すマトリクス。A、B-命名 C-順序 D-間隔 または比率

		属性					
		1	2	3	4	5	6
対象	A	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
	B	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6
	C	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
	D	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
	E	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6

A

		1	2	3	4	5	6
対象	A	1	1	1	1	1	1
	B	1	1	1	1	1	0
	C	1	1	0	1	1	1
	D	1	1	1	1	0	1
	E	1	1	1	1	1	1

B

		1	2	3	4	5	6
対象	A	1	2	1	1	2	1
	B	2	3	3	2	4	5
	C	3	1	5	3	1	3
	D	4	5	2	5	5	2
	E	5	4	4	4	3	4

C

		1	2	3	4	5	6
対象	A	500	16	40	0.73	1500	+6.2
	B	400	13	25	0.62	300	n.a.
	C	300	17	0.0	0.57	2670	-1.1
	D	200	10	30	0.39	0	+3.6
	E	100	12	5	0.43	1200	-2.3

D

2-a マトリクス

もし対象とその属性が数多いときにはデータを示すのにマトリクスを使えば 分類の構成や解析に非常に有益である。図3 Aは シンボル ab などが 対象と属性との対応関係を1つの測定法の様式に従って表現しているマトリクスである。

どのシンボルも 図3Bのように 相関があるかないかを 数字の1と0で置き換えて表現できる。この方法は数学的あるいはコンピュータでの取り扱いに便利である (LAFFITTE 1968 : DIXON, 1970)。漸移する属性はクラスとかレンジ(範囲)の中へ振り分けることができるので あるレンジの中にあるかないかということも 1とか0で表わすことができる。もし より多くの情報が利用できれば 図3Cのように対象を各欄に順序だてて振り分けて 示すことができる。あるいはまた図3Dのように 間隔とか比率の数値を与えることもできる。

図3に関連した対象物は ある種の空間的 または時間的な座標系に結びついたサンプルであり あるいは均質かつ偏りのない属性をもつような それ自体が空間的または時間的な個体であるといえる。

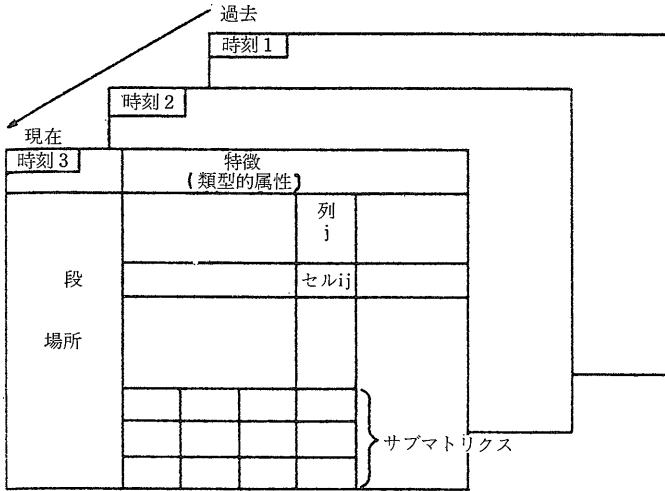


図4 地理学的マトリクス. BERRY (1964) を一部修正

- する. すなわち特徴に基づいて場所 あるいは地域的な相違を比較する.
- 4) 列の組み合わせあるいはシリーズを比較する. すなわち属性の空間的共変性あるいは関連性を調べる.
- 5) サブマトリクスを研究する (図4).
- 6) 段あるいは段の一部を経時的に比較する. すなわち一連のステージを通してある特定の地域の変化する特質を研究する.
- 7) 列あるいは列の一部を経時的に比較する. すなわち属性の空間的分布の変化を研究する.
- 8) 地域の特殊化を経時的に研究する.
- 9) 属性の空間的関連性を 経時的に 研究する.
- 10) サブマトリクスを列あるいは段によって 経時的に 比較する.

BERRY (1964) によって提唱された地理学的マトリクス (図4 一部修正) は 空間的 時間的 そして類型的な属性についての情報をどう整理するかを示している.

このマトリクスは ふたつの根本的に異なった方法で用いることができる. すなわちもしわれわれがある地域の属性を知りたいときには 各列の測定方法に注意して 興味ある特定の段を走査し 逆にある属性を示す地域を知りたいときには 各段の測定方法に注意して 関心のある列を走査するのである.

マップとはこのようなマトリクスを空間的な様式に従って 地理学的に表現する方法なのであるから “場所” は単に連続的に配列されるのではなく 実世界と位相的な相似性をもって図示される. これゆえにマトリクスのふたつの用い方はマップの基本的なふたつの利用法であり マップをデザインするときは これらマトリクスのふたつの用い方のどちらかを示す工夫をする ということになる.

マップの論理 あるいは論理の欠如 そしてマップが利用できるかできないかは マップそれ自体よりも その基礎となるマトリクスに関して一層容易に調べることができる. BERRY (1964) はデータマトリクスの10通りの扱い方を述べており その最初のふたつは 上述の基本的な方法である.

- 1) 段あるいは段の1部分のセルの配置を調べる.
- 2) 列あるいは列の1部分のセルの配置を調べる.
- 3) 段の組み合わせあるいはシリーズを比較

2-b 経時変化

地域の変化において時間の概念が重要なことは DUNCAN (1961) らによって力説され 次のようなことが示摘されている.

「ある科学者達は本当の根拠となる知識は縦断的なまたは経時的な観察 あるいは少なくとも変数間の時間的相関の情報だけから得られると信じている. 変化の道すじを理解し 将来の変化の方向を予測する必要性が強く感じられるので しばしば研究者は たとえ経時的なデータがなくとも 変化に関する推論をしなければならぬ. 従って 時間的相関はしばしば横断的データを有する相関から推測できるという暗黙の仮定が作られてしまう」

例えば図5を考えてみよう. そこでは異なる時代の A B C D というユニットあるいは個体が 時刻 t_0 で点 A_0 から D_0 へと示されるように 個体の時代が古くなる程特質が増加することが表わされている. このような“横断的データ”から 特質 X と時代との相関は実線で定義され 時間の経過とともに 各個体が A の位置から B の位置へと順に上がっていくことが容易に推測される. しかしこれは もし時刻 t_0 から t_2 にかけて個体をとる真の径路が破線で示されるならば 誤りである. 明らかに単なる時間の経過以外に他のファクターが 個体上に作用している.

2-c グルーピング

マトリクスは共変を研究するのに大いに役立つ. なげならマトリクスの列や段はクラスの設定に用いる グルーピングを設定する手段として うまく処理できるか

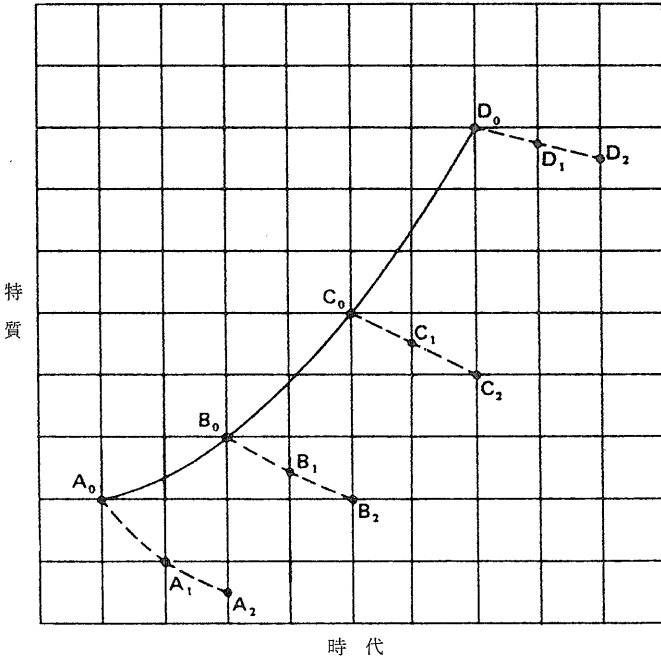


図5
 特質Xと時代との相関は 点A₀からD₀のように端的には個体に属しているデータから推定される。このときには各個体の置かれた時代に従って 相関は実線のように上がっていく。しかし時刻の経過とともに未確認のファクターの影響を受ければ 各個体はA₀からA₂のような径路をとるかもしれない。

らである。例えば図6 Aの段(場所)を図6 Bのように並べかえると ふたつの新しいクラス(マップユニット)——類似しているが同一ではない属性をもつ——を定義できる。この少し不均質なマップユニットが マップの目的を損わなければ 示すべき地域は9から5へと減少する。これは地域——類似した属性をもつ場所のグルーピング——の研究である。

図6 Cに示したように列のグルーピングからは 別の研究ができる。ここでは共変する属性をもつふたつの組み合わせ すなわち3と7は同じ 1と9はほぼ同じという組 が定義できる。そこで共変の理由を考察することが研究の主題となる。

歴史的研究により 時間の流れをとおして種々のマトリクスの相関を調べることができるだろう。属性のわくを越えて対象を比較しグルーピングすること(図6B)は Q モードにおける相関と呼ばれ 属性や変数をグルーピングすること(図6C)は R モードにおける相関と呼ばれている(KRUMBEIN and GRAYBILL, 1965; McCAMMON, 1968)。この命名法からすれば 時間の流れをとおしたグルーピングは Tモードにおける相関と呼べるだろう。

グルーピングが進むにつれて 次第に凝集されるグループについての説明は減少し より一般的となるが それは分類体系の目的と用途に対しては重要となる。我々はある時点で マップの目的のために述べたいグルー

プの説明に関して 最大限許容できる不均質性をもったグループにつきあたり そこでそのプロセスは終了するといえる。対象(場所)や属性 あるいはその両者をマップの目的にもっとも意義をもったユニットとしてグルーピングする技法には 普通 特殊な統計的方法が含まれているが この報文では言及しない。

グルーピングによって作られたマップ上の地域が重複することは 一般に許されない(GRIGG, 1965; RODOMAN, 1965)しかし連続とか隣接ということは別の問題である。ある地理学者は“地域”とは単に連続した場所からなるといっている(JOHONSTON 1968; GRIGG, 1965)。別の地理学者は 地域には連続性を要するものとそうでないもののふたつのタイプがあると述べている(BERRY, 1968; KING, 1969; ARMAND, 1965)。ARMANDは前者を“個体的地域”後者を“類型的地域”と呼んでいる。彼はまた類型的地域は正確に定義できるが 個体的地域はしばしばそれができないともいっている。個体的地域はその特殊性と完全性がある地域の卓越性や 土地型態の規則的パターンに支えられている。しかし 他の領域にかこまれた地域を包含してもよいと ARMANDは述べているのである。

GRIGG (1965)は同様に全般的な地域と特殊な地域とをそれぞれ事実上 類型的属性の組み合わせあるいは特有な空間的属性(境界とか位置の型態など)を強調することにより区別している。ファクターの様々な種類や組み合わせで定義される地域間の幾何学的相関のタイプは

		属 性										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
場 所	A		X	X	X		X	X	X		X	
	B	X	X	X		X	X	X		X	X	
	C	X			X		X		X	X		
	D			X	X		X	X	X		X	
	E	X	X	X		X	X	X		X		
	F		X		X					X		X
	G	X	X	X		X		X		X	X	
	H		X	X					X			
	I		X	X	X		X	X	X	X		

		属 性 ^A										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
場 所	A		X	X	X		X	X	X		X	
	D			X	X		X	X	X		X	
	I		X	X	X		X	X	X	X	X	
	B	X	X	X		X	X	X		X	X	
	E	X	X	X		X	X	X		X		
	G	X	X	X		X		X		X	X	
	C	X			X		X		X	X		
	F		X		X					X		X
	H		X	X					X			

		属 性 ^B										
		3	7	1	9	2	4	5	6	8	10	
場 所	A	X	X			X	X		X	X	X	
	B	X	X	X	X	X		X	X		X	
	C			X	X			X		X	X	
	D	X	X				X		X	X	X	
	E	X	X	X	X	X		X	X			
	F					X	X				X	X
	G	X	X	X	X	X		X				X
	H	X	X			X						
	I	X	X		X	X	X		X	X		

図6 マトリクスA—場所と属性
 B—類似した属性で仕分けされた場所 (Qモード)
 C—類似した場所で仕分けされた属性 (Rモード)

その最終的産物が同じであるという保証はない。

分割においては 分類の目的に対してもっとも重要なクラスが最初に生み出され もっともありきたりのものが最後に作られる。 従って最初のいくつかの分割のための判断基準と属性の選択が 非常に重要である。 これらが 結果として生ずる組織階層 (分類体系) の基本的性格を決定するからである。 分割を連続的に行うには 細部にわたって次第に焦点をあわせていく。

マッピングにおいては 論理的分割は 既に描かれた境界の削除や修正を除いて 単に境界を付け加えるということになる。 その過程は 選択された本質的概念や属性に照らし合わせて より細かい分割がそれ以上不均質性を巧みに減少できなくなるまで あるいは実際のなマップ作成上のまた経済的問題がのしかかるまで 図示単位内部の相違を減らして より小さな図示単位を生み出すべく続けることである。 この時点で 我々は実用的な類型的個体を手にすることになる。

連続的な論理的分割の段階に適用する判断基準は 労力の節約を図るため 研究途上のできるだけ初期に定められなければならない。 理想的には 判断基準の階層は 不完全でも代表的な空間的調査に基づいて設定できる。 地質図作成では それは予察的踏査とか広範囲の横断的概査 予備的な写真地質学的作業 あるいは他の図面の解釈などを含んでいる。 これらの調査検討を通じて 模式的地域—地域の属性 および研究にとって重要だと思われる属性のグループを例証する—の分類へと到達する。 この時点から分類計画は始められ 空白地域をマップとして埋めていくという新しい場所の類別作業は 属性の最高ランクのものから始め そして論理学の二分法のプロセスに従って 差別的な判断基準を連続して適用することにより 進展させることができる。 地質図作成の実際においては新しい属性の発見 新しい図示単位の認識はよくあることで 基準を連続的に修正すること および同じ地域をマッピングし直すことが 研究の進行とともに期待される。

McDONALD (1966) がうまく図示している。

2-d 分割

クラス 個体 図示単位 自然地域の検討は グループングよりもむしろ分割によって進めることができる。 グループングも分割も そのプロセスにおいて似たような論理の法則を受け しばしば同時に利用されるし また通常 ともにクラスの組織階層を生じさせる。 しかし 両者が同じ情報に対して独自に適用されたとしても

3. 基本的属性のマッピング

属性はそれ自体 組織階層に組み入れられる。 “液体廃棄物に適当な” という属性は 他のより基本的な属性例えば空隙率 透水係数 特殊な化学的物理的変質に対する感応性 廃液の性質 飽和度 層厚 地下水流の方向などを含んでいる。 これらのあるものは 例えば透水係数は空隙の大きさと分布 その形 結合性というように さらに単純な要素に次々と分解できる。 結局 我々は 基礎的な性質 (位置は除外) のほとんど独立した

		属性					
		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
属性	A ₁		X		X		
	A ₂	X		X	X	X	
	A ₃		X		X		X
	A ₄	X	X	X		X	X
	A ₅		X		X		X
	A ₆			X	X	X	

図7 属性—属性マトリクス。X印は互いに関連のある属性を示している。その関連の程度 依存関係の直接的な意味 あるいは因果関係は別の記号で表わすことができる。矢印は属性 A₄ が他に較べてより多くの属性と関連していることを示す。

択される。その特性は 別の方法から集められた他の属性と合わせて 属性—属性マトリクス (図7) のような方策を経て その適切さを確かめることができる。このようにして 重要なあるいはまさに基本的な もっとも共通した属性を識別できるのである。

様々な特性 性質 ユニットなどの分布は 一般に図1のようにマップ上で重複する。事実それは特定の仕事・用途などのために地域を定義したマップの目的に適切な 様々な特性が重複する領域である。多くの属性を描いたマップの境界は 示された属性の地域的分布によってのみ決定される。それら境界は地質図の図示単位の境界と一致するかもしれないし 一致しないかもしれない。境界が一致するところでは 地質の単位は 調査地域からの情報を他の関連する地域——とくに地質の単位が投影される属性に関してほとんど異質でないところ——へと 注意深く投影するのに役立てることができる。しかし付随するいくつかの属性 例えば斜面傾斜とか地下水面までの深さは せいぜいほんの 大まかに地層と共変するにすぎない。いくつかの単純なマップの重ね合わせでつくられる複合図は 重複は許され グルーピングと総描の必要はないが 図8のような属性—場所マトリクスのプロットとみなすことができる。

n 個の属性からなるセットを定義でき それが様々な組み合わせにおいて より大きな数の N 個の他の属性とかなその説明のための本質的な要素となる。

基本的属性は基礎的なビルディングブロックであるから 我々はそれらが 化学で用いられる元素のように マッピングにおいて区別され そして記述ないし測定され得ることを望んでいる。マッピングにおいては 化学と同様に 基本的属性は多くの方法で組み立てることができる。ただ残念なことに マップ作成者にとって とくに地質学のような自然科学においては 地球を構成する物質の物理的・化学的・構造的性質のほとんど無限の組み合わせが 扱えどころのない基本的属性を決定することである。たとえ基本的属性がひとつのサンプル中に識別できる場合でも 地球の全ての物質は不均質であるとする考えからは それら属性がサンプルというわくを越えて 注意深くかつ巧みに投影されることを要している。

地質図作成者は 自分のマップの目的に適切な属性を識別し それを図化することができるし またそうすべきである。もし真に基本的な属性を確認し作図できれば 明らかにより多くの用途をマップから得ることができる。なぜなら多くの特質とか資質は 基本的属性にかかっているからである。実際には マップの目的に適切なものとされている特性が マッピングのために選

4. 分類における目的性

どう形作るにしても マップは論理的分割と論理的グルーピングの適用を必要とするが 明確な目的なしでは マッピングを効果的に進めることはできない。それでも我々は 長い間特定の目的に対しては 土木地質の情報を一般地質図から引き出すことができるという考えを受け入れてきた (ECKEL, 1951; U. S. G. S., 1949)。この考えは 慣行的な地質図 (それ自体総合物であり ある地質学者にとっては特殊目的図であるが) を利用し 土木技師の要求に対して別の総合物をその地質図から 新しい線を描くとか 地質図の図示単位をより基本的な要素に分解して別の形に編集するというものなしに 引き出すことができるという程度の効用にすぎない。

基本的な前提は次のようなものである。(1)地質図の図示単位は“自然”の図示単位である。(2)これら図示単位の構成成分は 似かよった環境の要素と過程を受けている。(3)従ってそのような図示単位の全ての部分は 一般に多くの属性を含んでいるので 図示単位は 多様なあるいは一般的な目的に対して均質なものとみなすことができる。

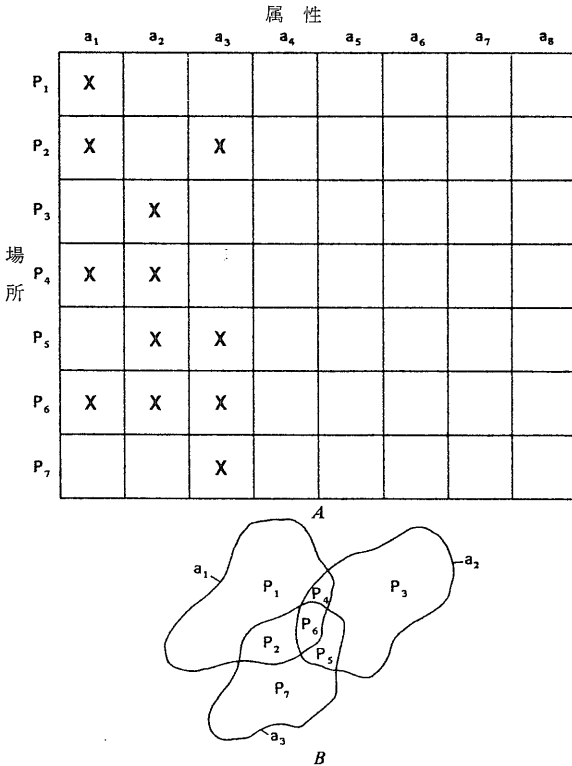


図8 A—属性—場所マトリクス。 Bはマトリクスの情報をプロットし、そして既知の場所を利用して作られた重ね図である。重複は許されている。

CLINE (1949) は次のように述べている。

「どの分類の目的も 我々の知識を系統だてることであるから 特定の目標に対しては もっとも簡単に対象物の性質を記憶し それらの関係を理解することができるだろう。このプロセスには 対象物の共通の性質に基づいて それらをグルーピングし クラスを形成するということが含まれている。 どの分類体系においても 目標に対してもっとも数多い もっとも正確な そしてもっとも重要な説明のできるグループが 分類の目的にもっとも役立つのである。 ある目標に対して重要なことが 他に対してはまれにしか重要ではないので ある分類体系がふたつの目標に等しく役立つことは めったにないのである。

ORVEDAL and EDWARDS (1941) は 耕作土の技術的および自然的グルーピングを区別している。 彼らが数10年も前に述べたことが 今日地表層土と土木地質図のマッピングとに直結した適切さをもっている。

「我々が言う技術的グルーピングとは一般に 土を直接実地的な目標——土の利用と管理に適した目標——のためのグループに配置することを意味している」 「もし土を自然分類の体系に適切に分類するならば 特別な目標のために多くの方法で土をグループ分けすることができる。 農業目的のために考えられる技術的グルーピングのほとんどは 十分に詳細な基礎的自然分類の中から引き出すことができる。 そしてこの事実は 補足すれば たとえ直接実地的な目標のためでも 土をまず自然分類に従って分類すべきであるというひとつの強い論拠なのである。 技術的グルーピングのための最初の必須条件は 他のグルーピングと同じくグルーピングを行う目標は何かを明確に認識することである」

SEARLES (1956) は次のように言っている

「分類は 分類される物質の性質と分類する人の目的に左右される。 このふたつの点は自然的な分類と人為的な分類との相違をみるのに役立つ。 自然的分類は理想的には 研究材料の発見し得る自然的構造・性質・属性に支配されている。 一方 人為的分类は 人間にとって実際のな目的 例えば時間とエネルギーの配分・節約など 便利さに支配されている」

HARVEY (1969) は 一般的分類は多くの目的に役立つよう設定できるが それは低いレベルでしか役立てられないと示摘している。

GRIGG (1967) は 分類に関して8つのルールを論じているが その最初のルールで「分類はある特定の目的のために企画すべきである。 分類がふたつの目的を等しく満たすことはめったにない」と述べている。

BOARD (1967) は GOMBRICK を引用して 「表現の形式はその目的と社会——与えられる視覚的イメージが汎用するようになる——の要求から 分離させることはできない」と言っている。

もちろん いくつかの目的に役立つためには 分類が十分に詳細かつ基本的であるかどうかということにすべてがかかっている。

地質図から引き出され あるいは解釈されて作り出されたマップは ふたつないしそれ以上の目標がひとつの分類体系によって役立てられるかどうかという命題によって準備される。 起源 年代 岩相などの基準による図示単位で示されている地質図から 我々は いわゆる岩質に関して十分な均質性をもつ図示単位の境界を推定する。 地質図上に示された境界あるいはその一部だけが 説明書中の補足的情報とともに利用できるものであり 何も新しいフィールドデータが必要なわけではない。 岩質による図示単位から我々は 特別な性質をもつ図示単位を推測し 特別な性質をもつ図示単位から 我々は 当面している作業・用途・挙動などの性質をどうかを推測するのである。

このような連続的な推測をうまく実行するためには原因が提供されるべき情報を必要なだけ詳細に描いているかどうかにかかっている。引き出されたマップが受容できる程に正確かどうかという最終的な見込み(確率)はそれぞれの推測の各段階に含まれる見込みにかかっている。地質図を考えてみると例えば「珪岩」という図示単位は「建築石材に適している」という図示単位に境界を修正することなく置き換えられる。図示単位が実際は珪岩0.8 頁岩0.2という場合にはたとえその岩石を珪岩と呼んでも「建築石材に適している」のは10のうち8の割合ということになる。この図示単位の任意の部分が実際に記載を満たす最終的な確率の平均は $0.8 \times 0.8 = 0.64$ ということになる。より高い確率は推測のどの段階にも含まれるがくり返し推測することは結果的にはマップの目的にとって不満足な精度となる。新しい補足的データが得られない限り図禅位の最終的な記述は大ざっぱで不正確でそして役立つ言葉で飾られることになり記述が真実で正確というには余りにも散漫なものとなるに違いない。

全体を通して言えば世界各地における土地利用には地質学者 地形学者 土壌学者 生態学者 環境学者などの高い関心が集まっている。人々の土地利用に対する関心とその必要性のためまた我々が誤った事柄を人々に伝えてしまう可能性があることのためにマップに関連した操作とその機能を伝達の特殊な手段とともに次の二章で短く扱うことにしたい。

マ ッ プ の 情 報

マップとは基本的に属性の空間的分布に関する情報を整理 蓄積 伝達 分析するための道具である。ここでいう「情報」という用語はそれ自体説明を要する。なぜなら情報は3つの主要な局面をもっているからでありそれらのどれかひとつあるいは全てが地質図に表現されるからである。

情報の最初の局面は統語論に関するものである。というのは情報とは様々な伝達手段(例えば電話 電信 日常会話など)で使用されるメッセージで評価できるひとつの量なのである。つまりこの局面は信号の信実性 正確さ 意味 価値あるいは重要性とは全く離れた信号自体の統計的珍しさを含んでいる。より出現頻度の低い珍しい信号はそれが現われたときには普通の信号よりも意義深いものとみなされるのである。これが情報の“驚愕的”局面であり(CHERRY, 1966) 熱力学における秩序無秩序とエントロピーの概念に極めて関係している。マップとの関連では我々は重力異常 地化

学異常 あるいは地熱異常を扱うかもしれないがそれら異常は予期しない場所にも現われてその意味 重要性および原因が統語論的情報の項目としては未だに知られていないということがある。同様に別にほとんど特徴のない平野にひとつの円錐形の山を示す地形図はたとえその山の構成 成因 あるいは土地利用への重要性が全くわからなくとも隣接のマップにはない情報を明らかに含んでいるのである。

情報の第二の局面は意味論に関するものである。情報は符号や言語の中の統計的相互関係より他の何ものかに関係している。それは何ものかについてである。情報のこの局面には命題の妥当性 グルーピングと分割による分類体系の構成が含まれている。また利用者にとっての重要性 および情報の価値 目的 あるいは利用についての重要性は別として図示単位の属性に関する不確かさが累進的に移動することも含んでいる。この種の情報が地質学的知識の大きな部分を形ち作っている。

第三の局面は 実用論に関するものである。つまり情報は 完結した一連の伝達プロセスに関係している。実用論的情報はメッセージの受信によって生み出される同一の受信器の状態の変化で測られる。その変化は与えられたメッセージに対して全くないか あるいは非常に大きいかであって 受信側のメッセージを理解する能力 興味 そしてメッセージの主題に関して受信側が予測していた可能性が結果的にどう変わったかということに依存している。実用論的情報は 美のように見る人の目と心の中にだけ存在しているのである。

CHERRY (1966) は次のように述べている。

「人々が情報源の中に見積もるのは(例えば 人々が何に対して金銭を支払う用意があるのか) 情報の独占性(唯一性)と予見力である。“独占性”はここではひとりの特定の受信者を全体の中から選び出すことを意味している。一方情報の“予見力”は どのような行動をとったらいのかという事前の不確かさの中から 受信者のとるべき将来の行動の指針を与える力にかかっている」

例えば重力異常を示すマップは 異常がどこにあるのかということを除くと 私には何の意味もないし興味もない。私にとってはこれは統語論的な情報であって価値がないのである。しかし 同じデータでも既に隣接地域に詳しい石油地質学者の目に触れればそれは大きな——マップ地域の属性に関して 彼の事前の評価を全く修正する程の——影響を与え 結果的にある決定とか 社会的行動を起こすものとなるかもしれないので

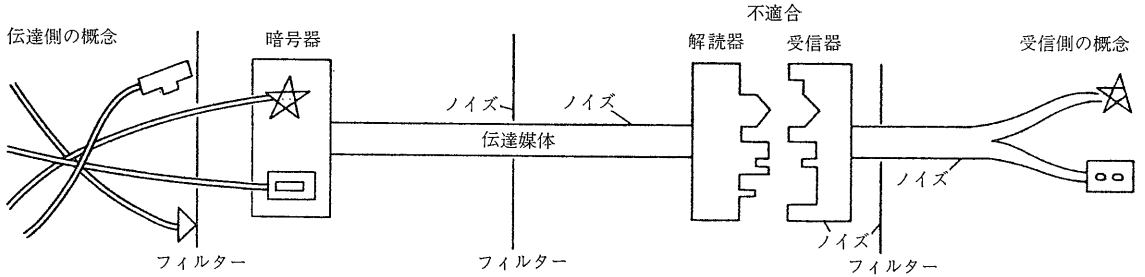


FIGURE 9. — Schematic diagram of some features of a communications system.

図9 伝達体系の模式概要図

ある。

応用科学の分野——土地地質学はそのひとつであるが——は 常に意味論的情報を実用論的情報に移し換え 抽象の中にある知識を利用に役立てようとし 情報を適切なものにしようとしているようである。このためには図9のように 伝達者 伝達媒体 受信者からなる 完全なそしてうまく作用する伝達体系を必要としている。これら三者は全て適切な特質を有し そして実際に 体系のもっとも効率よい運用のために形ち作られているものである。地形学に関する情報の伝達プロセスについては KOLANCY (1969) によって詳細に検討されている。

マップに関わる操作

我々は マップの情報を得るために マップを読んだり利用するばかりではなく ある操作を加えて 情報を新しい目的のためにうまく処理しようとするところがある。マップへのもっとも普通の操作は4つあり それらは総描 選択 付加あるいは重ね合わせ そして変換である。

1. 総描

マップを総描するためには より詳細な何ものかが既に存在していることが必要である。より詳細なマップが手近になければ あるいは少なくともマッピングできる心的概念——事物の存在を立証しようとするところよりも それらをより複雑な様式の中へ整理する方法——がなければ 総描図を演繹的に作ることはできない。

総描とは その言葉自体がもっているように単純化のことである。またマップは地域的および類型的属性を含んでいるので 単純化はそれらのどちらかの あるいは両方のタイプの属性に起こりうる。このふたつのタイプの属性は ORVEDAL and EDWARDS (1941) によって認識されたものであり 彼らは地図学的総描と類別的総描とを識別した。私は彼らの事例のいくつかには全く同意しないが その概念は有効なものである。そして彼らの論文は 全体として マッピングの哲学に素晴らしい

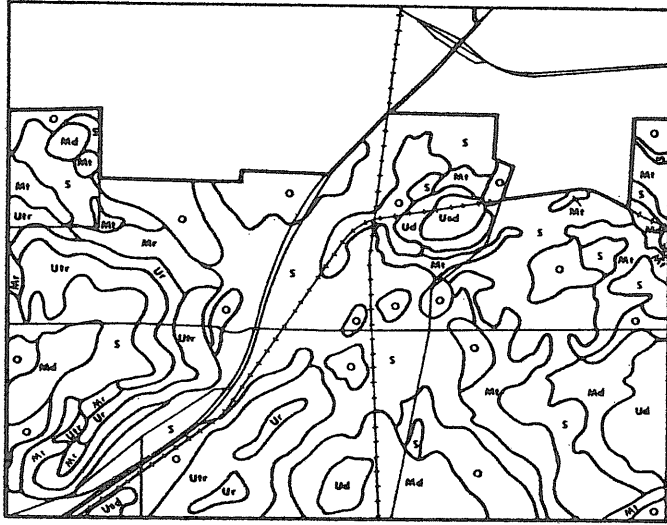
しい貢献をしている。

地図学的ないし空間的総描においては 図示単位の境界はより平滑になり ねじれは単純化され 図示単位の中の別の図示単位は 利用に適した縮尺で総描されるマップの目的にとって もし重要でなければ まわりの図示単位に併合される。類型的クラスの多くは変わらずに残るが クラスの不均質性は とくに境界近くでは大きく増加する。

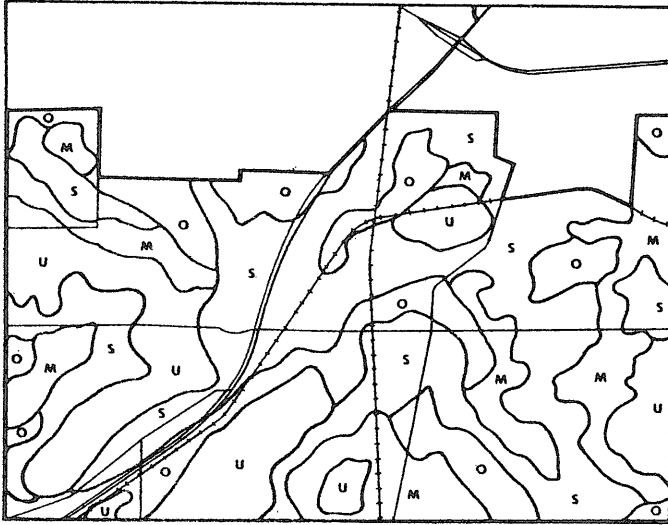
類別的ないし類型的総描においては クラスは融合される。もし融合される図示単位が隣接している時には境界は取り除かれる。さもなければ境界は変更されない。隣接しない図示単位を融合するには ひとつの新しい色彩 記号 紋様 あるいはその他のラベルを採用して 新しい図示単位を識別できるようにする。クラスは 本質的属性の新しいセットに基づいて再定義される。新しいセットは古い属性のいくつかを含むかもしれないが しかし必然的にその他の属性は以前よりも不明確となる。このように類別的総描は 不均質性を減少させるけれども 一部の情報が失われてしまう。以上二種類の総描は 情報をかかなりの小縮尺で再編集する時に必要であろう。

KIEFER (1967) は より詳細なマップからの地図学のおよび類型的総描を含んでいる土地利用図を示した (図10)。

普通 総描の逆はできない。逆総描は一般に論理的な手順ではない。なぜなら ひとつは境界の細部が平滑になれば あるいは属性の細部が図示単位の融合の中に失われれば 元の境界は元のデータを考察する以外には回復できないからである。元のデータを考察する手順は 事実上は新しいスタートであり 総描の反対のことではない。にもかかわらず 逆総描は派生マップの作成に用いられている。これをうまくやれるかどうかは 属性の共変に関した推論の利用と経験にかかっている。



A



B

図10 地方住居土地利用適性図の詳細図と総描図。
 A—詳細図で5エーカー程度の小さい図示単位を表わし 最適(O) 良好(S) 限界(M) 不良(U)などの等級と 傾斜(t) 土質区分(s) 水はけ(d) 基盤岩までの深度(r)などの制限要素を示している。
 B—総描図で10~20エーカーよりも大きい図示単位を示している。ここでは制限要素は省かれている。 BはAから地学的および典型的に作成されている。 原図は KIEFER (1967)。

2. 選択

選択は 情報を識別して選び出すというプロセスである。それは 最初の概念の形成から印刷に至るまで マップ作成に浸透させなければならない操作であり 最終的には 望まれる情報を効果的に見せる製品を生み出すべきものである。しかし 新しく認識された目的を満たす必要性は マップが完成し出来あがってから生ずるものであろう。そこで図示単位の選択は 図示単位

の記述中に 存在する(または存在しない)と述べられている属性に基づいている。

もし ある選択に必要な属性Aが 図示単位の記述中に述べられていなければ 他の明確に述べられた属性とAとの共変についての経験判断から Aのあるなしを推測しなければならない。明らかに 選択は付加とか変換の操作に先んずるものである。

選択は半ば機械的なものである。例えばそれは情報運搬ベースの限定を含んでいるので ある情報だけが伝えられることになる。マップは網板の点による色で類型的属性を示し 各点はあるせまい波長の光を反射したものであることを考えてみればよい。もしある属性Aが色aで指定されているとすれば 理論的に Aを示す地域はaの光でマップを照らすことにより あるいは白色光を照らして その反射光の中からaだけを透過させれば 選択的に表わすことができるのである。

選択の能力はまた もちろん受信側 例えば人の心にもある。目を通してマップからあらゆる種類の刺激を受けることができるけれども それは既に選択したものだけに反応するのであって 他の全てのものは否認されたり無視されてしまう。それにもかかわらず TREISMAN (1966)によれば 選択のプロセスは思ったよりも複雑である。TREISMANは 選択の注意力は望まれない感覚的データをごく少量にすることにより達成できるが 同時に 不注意から本当に重要なものを見落とす危険を減らすためには本質的な視点とその意味を認識する基準を かなり下に置かなければならないと言っている。それによっても 望まれない刺激は完全には阻止されないし 選択は複雑なそして多分骨の折れる心的過程となるだろう。

もし利用者への提供以前に 材料が予め選択されたりふるい分けられれば 情報の伝達はたとえそれ複雑ではないマップからも より単純に正確に 迅速に そして信頼性をもって行うことができるのは疑いない。

3. 付加と重ね合わせ

ひとつの属性の空間的分布 あるいはそのクラスの間

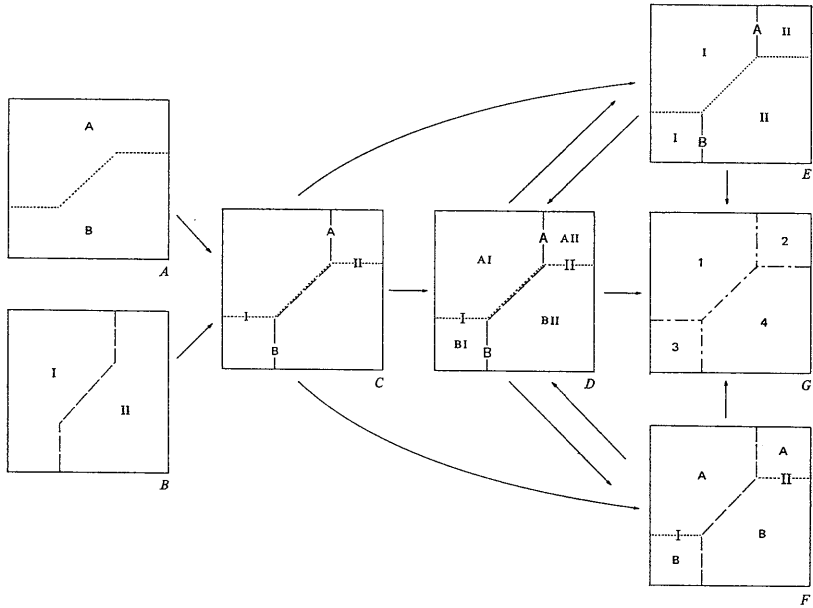


図11
 マップの重ね合わせと地域区分。
 AとB—単一図
 C—重ね合わせ
 D—地域区分で名称はそのまま残され文字と数字の名称の比重は同じである
 E—ローマ数字の地域は文字の地域に
 従属している
 F—文字の地域はローマ数字の地域に
 従属している
 G—アラビア数字を使って4つのユニットを全く新たに命名している。
 原図は RODOMAN (1965)。

隔を示すマップは単一図と言えるが 普通 多くのマップは複合図である。すなわち重ね合わせたり一緒に印刷されたいくつかの単一図からなっている。マッピングされたそれぞれの属性はむしろ簡単な定義あるいは比較的複雑な定義をもっている。

マップへの情報の付加は マップが作られるプロセスの途中あるいはその全てに伴っている。しかし基本的には 付加は3つのプロセスのどれかひとつ またはそれらの組み合わせであるとみることができる。

- 1) 既存の属性と 検討対象地域に加えられた場所あるいはまだマッピングされていない部分とを関係づけること。
- 2) 付加される属性と 既存の地域とを関係づけること。
- 3) 空間的あるいは類型的属性に関連した情報を新に加えること。

これらのプロセスの2番目 属性を加えることは一枚のマップを他のマップに付加することにより その地域全体にわたって達成できる。このことは“付加”というよりも“重ね合わせ”といったほうが判然とする。重ね合わせは RODOMAN (1965) のダイアグラムで図示できる (図11)。

単一図の重ね合わせと 複合図の融合による類型的総描との間には 根本的な差異がある。この差異を認識することは 土木地質図の現状を理解するのに大切であ

る。融合による類型的総描は 図11G のように 新しい空間一類型的な図示単位を生み出すが その属性の定義は 図示単位の成分の定義よりも 普通不正確なものとなる。もし重複を大目に見ることができれば 図11 D に示したように 最大の情報量が単純な重ね合わせから得られる。この場合 全てのもとの地域的類型的データが依然として示される。

環境計画では 重ね合わせが効果的に用いられてきた。例えば McHARG (1969) はフィルムの透明陽画を利用して どの地域が最高の段階の属性を示すか述べている。すなわちその透明陽画には 光学的濃度の減少の段階に応じて各属性が記録され もっとも透明な地域がもっとも望まれる段階の属性を示しているのである。別々のネガを重ね合わせたとき—McHARG の言葉では真実に真実を重ねたとき—そのもっとも透明な地域は最大級の望まれる属性を示している。GRABAU (1968) は“ファクターコンプレクス (factor-complex)” マップを導き出すためにファクターマップを重ね合わせるという同様な手法を用いている。カンザス州地質調査研究委員会 (Kansas Geol. Survey, 1968) はファクターマップを重ね合わせて配合し 単一目的適性図を導き出している。パンチカードを使った類似の例はBRINK (1966) 他にあり それは項目ごとの特徴ないし属性がカードに符号化されているものである。HAANS and WESTERVELD (1970) は 土壌適性図を作るために 様々の土壌利用に対する適性を重ね合わせ それぞれ利用に適した土

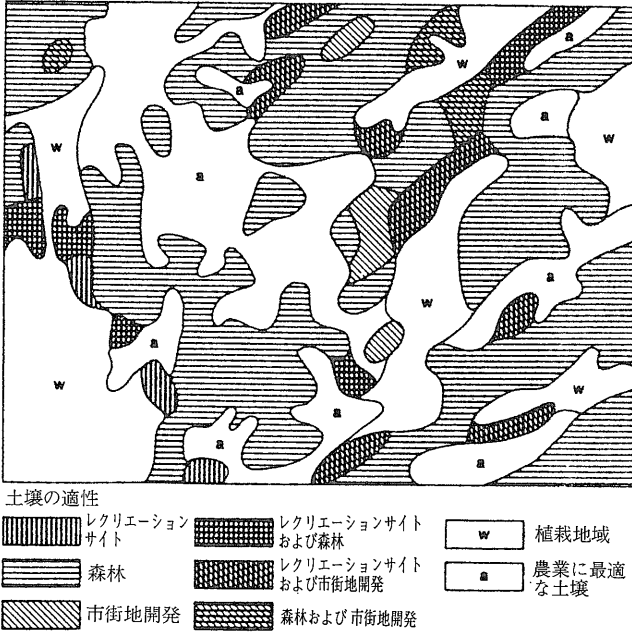


図12 土地利用の適性を重ね合わせた土壤適性図。
原図は HAANS and WESTERVELD (1970).

地の空間的分布がわかるようにしている (図12)。

4. 変換

伝達媒体と受信側との接合点が不適格であると図9に示したような系では しばしば伝達の成り立たないことがある。 かくといって受信側を変化させて伝達を可能にしようとしても 相当な努力を必要とするし 受信側を余りに修正すれば 他の望まれる性質に逆に影響を与えてしまうかもしれない。 接合点において伝達側を変えることのほうがより容易である。 すなわち (もし我々が機械ではなく人間を相手としているならば) 初めから訳のわからないマップから情報を抽出できるようにするためには 一般に利用者側を変えるよりも マップの性格を利用者のニーズに当てはまるように変化させるほうが関係するすべてに対して より易しいし そして早くかつ 好ましいことだといえる。

変換とは質を変化させるプロセスであり 一般的にはマップの描線 地域 記号などを 読図者により理解し易くかつ意味深いものとする こと また読図者の目的に一層容易に適応できるようにすることである。 新しいデータの付加あるいは取得は含まれない。 つまり質の変化とは 記号化 同定識別 整理であり とくに既存データの記載あるいはそれらのグルーピングにおける変化である。 この変化には6種類があり 一般により複

雑になる順に以下述べることにする。 このうち初めの3つは 利用者のニーズにより適応するように マップを変形ないし修正する初歩的機械的な方法である。 残りの3つは データを集め分類し そしてプロットする全てのプロセスに関係したより根本的なものである。 なぜならそれらは既存の描線などの意味を変化させるからである。

- 1) 保管あるいは表示のための媒体中の変化。
これは論文 フィルム 磁気テープ 陰画と陽画のスクライブシートなどの間の相互変化である。
- 2) シンボル化における変化。
これは描線 パターン あるいは色彩などの変化と ある言語から他の言語への翻訳 量的データに用いるシンボルの変化である。
- 3) メートル法の変化。
 - A 空間的属性の変化 すなわち縮尺とか投影法の変化である。
 - B 類型的属性の変化 すなわちクラス間の距離の限界の変更 あるいは X から $\log X$ のような変数の変化である。

4) 空間的外挿法

これは 場所 P_2 について 場所 P_1 で知られている属性のセット A を たとえ A の全てが P_2 で測定または観察されなくても P_2 は A を有しているという説明である。 この説明は (1) P_2 は単に P_1 に近い (2) A のサブセット a が P_2 で観察され a が P_1 その他の場所で A に常に含まれると認識されている場合 完全な A の存在が P_2 にも推定される (3) 属性のセット B が A を包含し あるいは B が A と十分密接な関係をもつ場合で P_1 と P_2 の両方が B の境界内に含まれている 等々の理由によっている。 全てこれらはむしろいい加減な理論に聞こえるが (実際そうである) マップが描かれる方法でもあり また誤解を招く経緯でもある。

空間的外挿法は 地点の情報を地域についての説明に布符し あるいは利用者がマッピングされた地域から 付近のまだ作図されていない地域へと興味を拡大するという 極めて普通のそして重要なプロセスである。 この外挿法はまた内挿法のプロセスを含んでいる。 すなわち 未調査地点の属性の価値は 近くの地点の知識を通して評価できるという推論である。

5) 類型的な外挿法

これは次のような主張である。 地点 P_1 が $A B C D$ という本質的属性を示すことが知られているとき P_1 がさらに まだ観察されていないそして本質的ではない属性 $E F$ を示すという蓋然性 (確率) は 他の地点を分類する際に $E F$ を $A B C D$ の代わりに本質的なものとみなすことができれば 充分に高いものである。 この主張

の妥当性は セットA—B—C—DとセットE—Fとの間に 例えば前者が後者を包含するかあるいは必要としているという相関が存在することにかかっている。 類型的外挿法のプロセスは “地点” よりもむしろ “地域” に対して利用され また空間的外挿法が含まれるという複雑さをもっている。 類型的外挿法は普通 次のふたつの状況下において用いられる。

- A 地質ユニットの本質的属性 AB が EF に比べて それ程容易には観察されないとき EF はマッピングに利用されるが そのマップは AB の存在をも意味している。
- B 利用者が属性 ABCD には無関心で EF に関心があるときには EF は利用者が関心をもつ新しいクラスの定義にとって本質的である。 従って 属性AからDに基づいてマッピングは進められるかもしれないが マップ自体はそれらとの関係を割愛して 図示単位が EF だけをもつことを示すことになる。

6) 時間的外挿法

これはある決定を下すために あるいは別の機会に解釈を加えるために マップを準備し利用することである。 もし示される属性が本質的に静的なものならば 含まれる誤差は非常に小さいので無視してもよい。 しかし属性が経過するもの あるいはその速度 (割合) を変化させるものならば 誤差は大きくなる。 伝達体系が データ獲得から図面を通じて利用のための決定に至るまで 事実上即座に機能しなければ 時間的外挿法は マップの利用において常に要求されているのである。

5. 操作のまとめ

マップに関わる操作のいくつかは 完全には独立していないが 議論を明瞭にするために 幾分意図的に分離して扱ってきた。 例えば 小さな内座層の抹消を含む地図学的ないし空間的総描は 内座層が本来有していた属性が周囲の図示単位の属性へと変換されるような 徹底的な類型的変換とみなすことができるのである。

表2は重要な操作について要約したものである。

(つづく)

訳者付記

VARNES 氏の論文は 引き続き 実際の各種図面の分析と問題点提起 さらに地質図類改善のための提言へと発展していく。 その中で現われる engineering という単語の意味を一語で適切に受ける日本語は 現在のところ見当たらない。 従って我々は用語の統一のために それを「土木の」あるいは「土木に関する」とし engineering geology を「土木地質学」と訳している。

一方 applied geology (応用地質学) という用語があ

る。 BATES and JACKSON (1980) の Glossary of Geology には engineering geology とは「工学の実際面とくに採鉱および土木工学に応用される地質学」 applied geology とは「経済 土木 水利用 あるいは環境問題などに応用されるもので いわば人間活動に関連した地質学」であると記述されている。 すなわち応用地質学は 地質学の応用分野の総称と理解され 土木地質学はその一分野を構成しているといえる。

私達が日本で目にする土木地質図類は 土木建造物の計画 設計 施工の基礎資料として 地殻物質の工学的性質 (または岩盤分類や岩級区分) を基準に 大縮尺で作成されたものをさす場合が多い。 とくに巨大な重量構造物を構築するには できる限り詳細かつ精度の高い工学的情報が要求されるからである。 これに対して VARNES 氏が議論の対象としている図面類は むしろ小縮尺であり 一般地質図から派生した あるいは特定の目的のために提供されたものである。 それらの内容は単に土木に関することよりはむしろ 地域開発や土地利用など広範囲にわたっており まさに応用地質図と呼べるものを含んでいる。 すなわち VARNES 氏の engineering geology には 私達が通常考える土木地質学よりも幅広い範囲が含まれている。

欧米でも日本においても 応用地質学は営利・生産活動に結びついて発展してきた。 その主流は 初期の鉱山開発から ダム 橋梁 トンネルなどの土木建設工事さらに地域開発 保全へと いわば点から線 線から面へと拡大しつつある。 応用地質学は 単に土木建設工事に伴う問題解決ばかりではなく より直接人間の日常生活に関連した要求にまで対応することを求められている。

この時点で私達は 「環境地質学」というより包括的な視点に到達する。 1970年代初めの “成長の限界” あるいは “有限な地球” という警鐘は 人間活動の巨大化・広域化に伴う負のひずみに対する認識である。 環境地質学という用語が現われたのもこの頃からである。 それら負のひずみの速さと方向を 地質学的諸過程との関連において予測することは 社会の継続した発展のために強く望まれているのである。 再び Glossary of Geology によれば environmental geology とは「人間が自然環境を占有しかつ開発することにより生じる問題への 地質学の原理と知識の適用」なのである。

VARNES 氏の論文は この問題に 地質学者がマップをどうして基本的にとどのように寄与できるかを示唆しているとみることができる。

表2 マ ッ プ 上 実 行 さ れ る 操 作

操 作	原因 理由 あるいは目的	図 面 へ の 影 響	記 述 へ の 影 響
総 描 空 間 的 類 型 的 (グルーピングに同じ)	強調あるいは明晰さを達成するため—— 縮尺を小さくすれば図学的に要求される。 概念を明確にし強調するため あるいは 目的に重要でないものを取り除くため。	境界は平滑となる。 内座層は除去される。 いくつかのシンボルは ひとつに まとめられる。 描線は省かれシンボルは数少なくなる。	一般的に必ずしも変化しないが適合性は 弱くなる。 不均質性が増す。 総括のために書き直す。
選 択 空 間 的 類 型 的	利用者の関心のために地域を限定する。 強調のため あるいは特定のニーズに答 えるため。	範囲外の地域は削除される。 一部のユニットは削除される。	一部変更を必要とする。 一部の記述は削除される。
分 割 空 間 的 類 型 的	調査 サンプリング あるいは精査のた めに地域を分けるため。 新しい種類 ないし性質を 詳細にみる ため。	画線が加えられる。 画線が加えられる。	類型的ユニットに関しては影響はない。 空間的ユニットは定義される。 新しいユニットが定義される。
付 加 空 間 的 類 型 的 同じマップに 重ね合わせた マップにおい て	地域を拡大しあるいは詳細にするため。 関連する情報を加えるため。 異なる種類の情報を加えるため。	マップは拡大し情報の密度は濃くなる。 な し 全てのマップ要素が重ね合わされる。	な し 新しい属性が加えられる。 記述は各属性に対して同一視できる地域 へと一層向けられる。
変 換 地 図 学 的 空 間 的	媒体を変えるため。 縮尺あるいは投影法を変えるため。	な し 図示単位の大きさ あるいは形状が修正 される。 総描を必要とする。	な し な し
時 間 的 類 型 的	将来の利用のため。 マップに対する実際的あるいは潜在的利 用における変化のため。	属性が一定か可変的かにかかっている。 描線は省れる。しかし新たなフィールドワ ークがない限り加えられることはない。	属性が一定か可変的かにかかっている。 図示単位の定義において完全な変化は小 さい。

地 質 調 査 所 の 出 版 物

- ・日本水理地質図 No.30 山梨県甲府盆地 (1/5万)
- ・地質調査所月報 第31巻 第5号
向井清人・橋本知昌・井上正文・磯部一洋：安房鴨川海岸にお
ける海浜変形について——実体図化機による図化素図
の比較研究——
- S. ISHIHARA, K. SHIBATA, R. KITAGAWA and S. KAKITANI:
K-Ar Ages of Sericites from the Chugoku Dis-
trict, Japan.
- M. D. RUIZ CRUZ and M. A. CABALLERO LOPEZ-LENDI-
NEZ: イベリヤ山系三疊紀層の微細フラクション中の
鉱物の鉱物学的成因的及び分布上の特徴 (志達晃訳)

- ・地質調査所月報 第31巻 第6号
角 清愛：日本の温泉放熱量分布と第四紀火山分布との関係
内海 茂・柴田 賢：K-Ar 年代測定における誤差について
M. TERASHIMA: Determination of monosaccharides in
submarine sediments using a full automatic
amino-acid analyzer.
岸本文男訳：鉱物の高周波誘電分離
新着資料の紹介
第141回研究発表会講演要旨 (支所・出張所特集)
- ・地質調査所月報 第31巻 第7号
寺岡易司・小島郁生・水野岩根：四国西部近永地域の四万十果
層群 とくに宮古・ギリヤーク両統について
沢村孝之助・中嶋輝允：房総半島中新統の珪質鞭毛藻化石群集
による層序区分
N. HANAOKA: Numerical Model Experiment of
Hydrothermal System: Topographic Effects.
岸本文男訳：変成作用解析への地球化学的データの適用