

地盤物性断面表示のための標準書式案
の提案

平成 22 年 3 月

独立行政法人 土木研究所

目 次

	頁
はじめに	1
1. 標準書式の設計	2
1.1 標準書式の基本構造	2
1.1.1 概要	2
1.1.2 対象とする断面	5
1.1.3 データの基本構造	5
1.1.4 ファイルの構成	14
1.1.5 地盤物性データ形式 (XML ファイル)	16
1.1.6 地盤物性原データ形式 (アスキーファイル)	38
1.1.7 文書型定義ファイル (XML スキーマ or DTD)	41
1.2 電気探査により得られた比抵抗断面	50
1.2.1 概要	50
1.2.2 対象とする探査手法	50
1.2.3 比抵抗垂直探査および比抵抗水平探査の書式	51
1.3 表面波探査により得られた S 波速度断面	58
1.3.1 概要	58
1.3.2 書式化の範囲	58
1.3.3 データの構造	59
1.4 屈折法地震探査により得られた P 波 (S 波) 速度断面	65
1.4.1 概要	65
1.4.2 書式化の範囲	65
1.4.3 屈折法地震探査データの全体構造	67
1.4.4 屈折法地震探査管理データの構造	68
1.4.5 屈折法地震探査解析データの構造	69
1.4.6 データ群の相互関係	73
1.4.7 XML ファイルタグ名一覧	73
1.4.8 文書型定義ファイル	75
1.5 反射法地震探査および地中レーダ探査により得られた反射断面	81
1.5.1 概要	81
1.5.2 画像データ	81
1.5.3 波形データ	85
1.5.4 ポジショニング・データ	85
1.5.5 地中レーダ探査	86
2. 標準書式の物理探査断面データ等表示プログラム	89
2.1 概要	89

2.2 主な機能	92
3. 今後の課題	104
3.1 書式の改良	104
3.2 凶化ソフトウェアの問題点	104
3.3 既存の物理探査データソフトウェア処理結果の取り込み	104
3.4 海外との協調	105
3.5 物理探査の成果	105
おわりに	107

はじめに

国土の地下の構造や物性に関わる地盤情報は、地表情報等とともに国土の利用、開発および保全に資する重要な基本情報の一つであり、極めて公共性が高く、広く国民に提供されるべき情報として位置づけられるものである。国土交通省では「CALIS/EC アクションプログラム」を段階的に策定し、公共施設の調査・計画・設計・施工・管理の全過程を通じて情報を共有・利活用する制度の整備を進めてきた。また地理空間情報活用推進基本法に基づいて策定された地理空間情報活用推進基本計画では、道路や河川施設などの社会資本に関する情報に加え、地形・地質・土地利用などの国土基本情報を一元的に管理し、「誰もがいつでもどこでも必要な地理空間情報を使ったり、高度な分析に基づく的確な情報を入手し行動できる地理空間情報高度活用社会の実現を目指す」ことを目標として掲げている。さらに国土交通省は、2007年3月に「地盤情報の集積および利活用に関する検討会」からの提言；「地盤情報の高度な利活用に向けて 提言 ～集積と提供のあり方～」を受け、地下地盤情報の集積と提供を進めることを宣言した。

土木研究所は、2006年度より防災科学技術研究所ほか5機関とともに科学技術振興調整費重要研究解決型研究「統合化地下構造データベースの構築」に参画してきた。この研究プロジェクトのなかで、土木研究所は2008年3月に国土地盤情報検索サイト"KuniJiban"を開設し、国土交通省および関連機関から収集した地盤情報を地盤力学情報データベースとして公開・提供を開始した。このサイトでは、主として浅部地盤を対象としたボーリング柱状図とそれに伴う土質試験データを自由に閲覧し、ダウンロードすることができる。現時点で閲覧可能なデータは、柱状図情報で約75,000本、土質試験データで約25万件に達している。

これらの情報に加え、土木研究所では弾性波探査で得られた速度層構造や電気探査による比抵抗断面などの物理探査断面データを、重要な地盤力学情報として集積・公開することを検討してきた。ボーリング調査やそれに伴う土質試験が、空間的には“線”あるいは“点”の情報であるのに対し、これらの物理探査断面情報は基本的に二次元の地下構造情報として特徴づけられ、より高度な利活用が可能になると期待された。

位置情報と物性情報を合わせもつ物理探査断面情報をデータベース化するには、それらを記述するための標準的な記述様式を定義しておくことが必要不可欠である。実際、ボーリング柱状図や土質試験結果については、2000年に策定された「地質・土質調査成果電子納品要領（案）」（国土交通省）によって電子ファイルの書式が標準化されたことで、データベース化が飛躍的に進展した。一方、物理探査結果は依然としてCAD形式の画像情報として提供されているに過ぎないため、それらから数値処理が可能なデータベースを構築することが困難であった。そこで土木研究所は、物理探査断面を画像としてではなく数値データとして記述するための書式の素案を作成し、さらに物理探査技術に関わる専門的な学会組織である（社）物理探査学会にその検討を委託した。

対象とする物理探査断面データを限定し、集中的な検討を加えた結果、物性断面データを格子データとして定義するとともに、原データに関係したメタデータ、流通のためのメタデータ等を合わせてXML形式で記述する標準書式を短時日のうちに取りまとめることができた。

その結果を、「地盤物性断面表示のための標準書式案」としてここに提案する。

1. 標準書式的设计

本章では、物理探査結果を記述する共通書式的设计の基本的な考え方についてまとめる。物理探査には多くの手法があり、したがってその成果物として提供される断面に示される物性情報も、またその表現方法も多くの様式がある。したがって、全ての手法の成果物を網羅する書式を設計することは容易ではない。そこで本提案ではまず、対象とする物理探査手法を、土木物理探査分野で比較的多く実施されている電気探査、表面波探査、屈折法地震探査、反射法地震探査、PS 検層の 5 手法に限定し、さらに断面情報としては、これらの物理探査によって得られる物性断面情報のうち最終成果物として提出される弾性波速度と比抵抗の二次元断面に限定することとした。またこれを記述するファイルの標準書式には、ボーリング柱状図の電子ファイル等でも採用されている XML ファイル形式を用いることを提案する。

以下、1.1 節で標準書式の基本構造を、つぎに 1.2~1.6 節では土木分野で必要とされる成果物やその標準書式について提案する。

1.1 標準書式の基本構造

以下、物理探査結果の標準書式の基本構造についてまとめる。書式は原則として二次元断面を対象としている。二次元断面ではない成果物（例えば検層結果や、反射法探査や地中レーダー探査で提供される各種波形データ）や生データ、解析過程については今後の検討課題とするが、以下に示す XML ファイルの書式を継承することを想定している。

1.1.1 概要

標準書式の概要は下記のとおりである。前述のように、ここでは主に二次元断面の成果物についてまとめる。

- ファイルは XML ファイル形式とし、国土交通省の「地質土質成果電子納品要領(案)」の書式に基づく。
- 文書形定義は DTD もしくは XML スキーマを用いて記述する。
- 対象とする地盤物性は主に弾性波速度（P 波速度、S 波速度）および比抵抗の 2 種類とするが、土質断面など他の情報も表示できるように拡張機能を持たせる。
- 地盤は要素で表現し、トモグラフィ的な多数の要素や格子が集まったモデルと、従来の屈折法地震探査のような層構造の両方を表現できるようにする。
- 地盤物性の記述形式には、一般的で拡張性が高い、節点と要素を別々に定義する「節点-要素モデル」を基本とする。
- 「節点-要素モデル」では地盤の表記方法に自由度を設定し、自由度は低いがいより簡便な要素を四角形に限定する「四角形格子モデル」を定義する。
- 地盤の物性値の与え方は、一つの要素や格子の中は均一の値とする「要素定義」と、節点に値を定義しその間は補間する「節点定義」の二種類を基本とする。
- 一つのファイルには一つの断面を基本とするが、複数の断面や地盤物性を収録可能な書式としておく。
- 断面と同じファイルに、測線や座標、業務に関する情報や調査の概要などを記述できるようにす

る。

- 断面と同じファイルに、描画スケールやコンターの境界・配色など描画パラメータも収録可能とする。
- 断面と同じファイルに、波形などの生データや、解析過程の情報などを記述できるようにする。
- ファイルの作成や流通を容易にするために、単純なアスキー形式のファイルも定義する。

現在、通常的地質調査業務における二次元の物理探査結果等の成果品は、一般に汎用ソフトに貼り付けたメタファイルやビットマップなどの図面、PDF ファイル、CAD (DXF) ファイルなどの形式で提供されている。これらの成果品は電子ファイルではあるものの、それらから数値情報を抽出して解析することが困難であるため、データベース化には不適である。ここで提案する電子ファイルは、地盤の物性を空間情報と共に保持することにより、流通や再利用を可能にするものである。図 1.1.1 にデータとその利用のイメージを示す。空間地理情報を記述・表示する技術に GIS があるが、これらは主に平面的な座標を対象にした簡単なものか、三次元座標も含むことができる非常に複雑なシステムである場合が多く、物理探査結果として提供される鉛直二次元断面を取り扱うことができるシステムは少ない。そこで、土木地質調査の物理探査に特化した扱いやすい電子ファイルの書式を提案するとともに、それで記述された物性断面データを表示する簡易ビューアを併せて提供する。

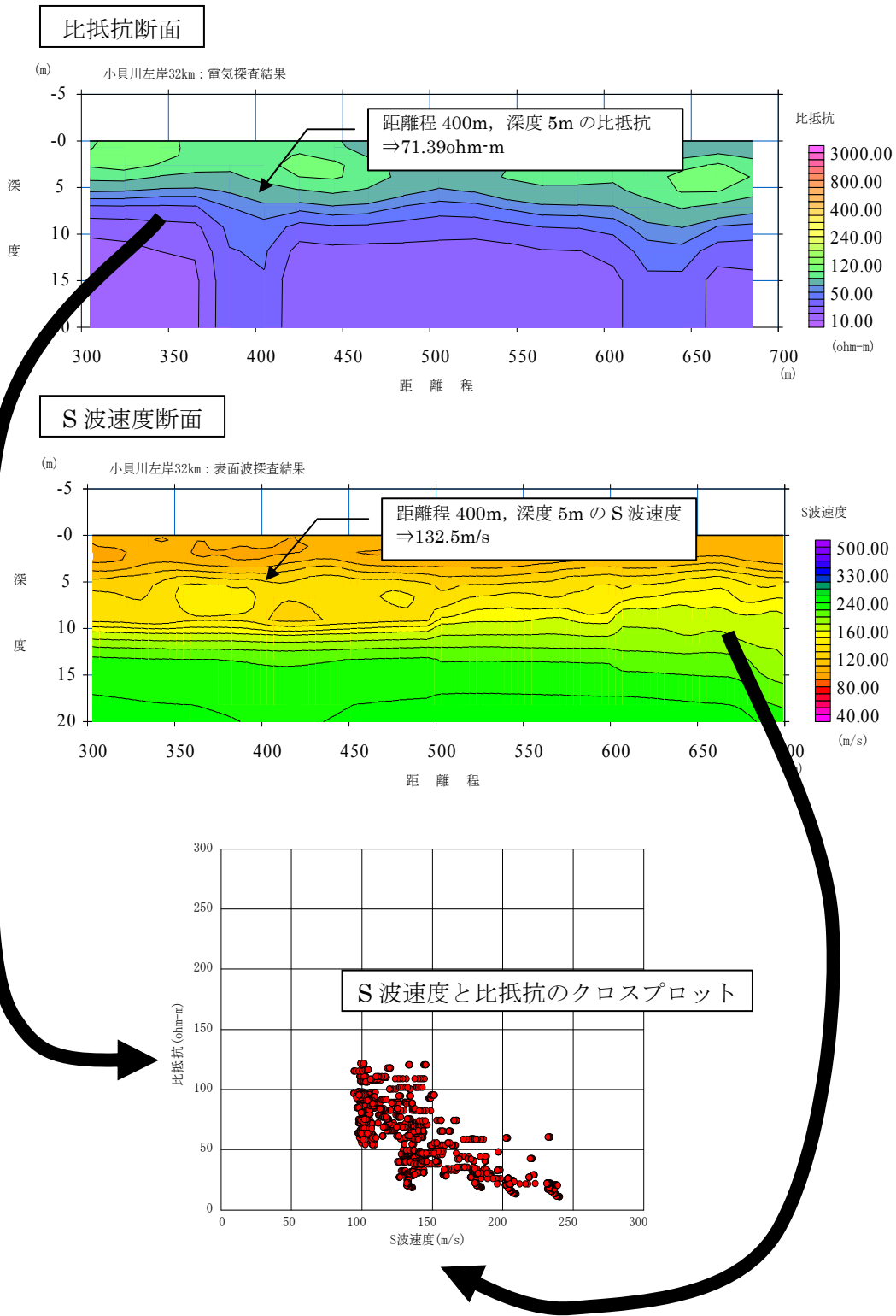


図 1.1.1 対象とする地盤物性断面とその利用のイメージ

1.1.2 対象とする断面

図 1.1.2 に、主として対象とする二次元の比抵抗や S 波速度の断面例を示す。断面は、電気探査などのトモグラフィ的な解析の結果として提供される、滑らかに変化する構造も、屈折法の萩原の方法などで用いられる層構造も両方表現できるようにする。また、地形や層境界が複雑な形状であっても対応できるようにする。

1.1.3 データの基本構造

1) 節点-要素モデル

前述のように、現在二次元の物理探査結果の表現方法は、トモグラフィ的な解析で用いられるような滑らかに変化する構造と、従来の屈折法地震探査で用いられているような層構造の二種類に大きく分けられる。そこで、提案するデータ書式は図 1.1.3 に示すように、構造は任意の形状の多角形の集合で表現し、多角形の形や大きさは自由とする。多角形のサイズを小さくすることにより、滑らかな構造を表現することが可能となる。すなわち、滑らかな構造と層構造の両方を同一の書式で表現することができるようにする。また、将来的にはより複雑な地質断面も表記することが可能な形式とする。基本とする物性分布定義形式には、一般的で拡張性が高い節点と要素を別々に定義する「節点-要素モデル」を採用する。

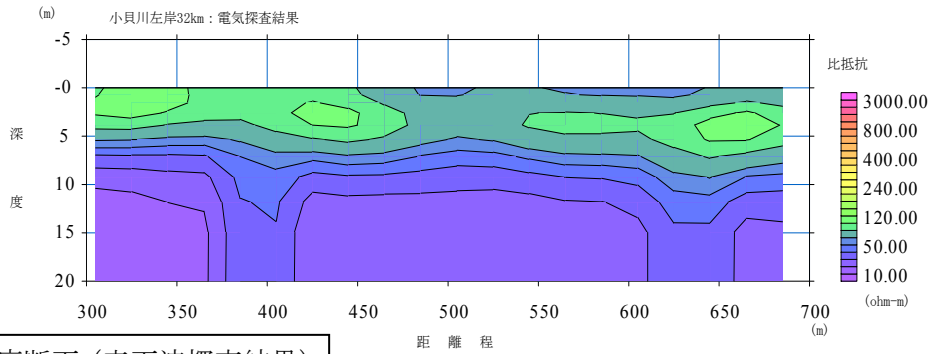
図 1.1.4 に節点-要素モデルの概念を、図 1.1.5 に同モデルによる記述例を示す。節点-要素モデルの定義の特徴は下記のとおりである。

- データはファイル中では、節点、要素、物性値の三つに分けて記述する。
- 座標は節点で定義する。
- 要素は複数の節点の集合として定義する。
- 地盤の物性値の与え方は、一つ要素や格子の中は均一の値とする「要素定義」と、節点に値を定義しその間は補間する「節点定義」の二種類を基本とする（図 1.1.4）。
- 物性値を要素の値として定義する場合、各要素の中で物性値は一定とする。
- 物性値は、節点もしくは要素に記述することも可能とする。
- 地表は節点の属性として定義する。
- 頂点および要素の数に制限は設けない。

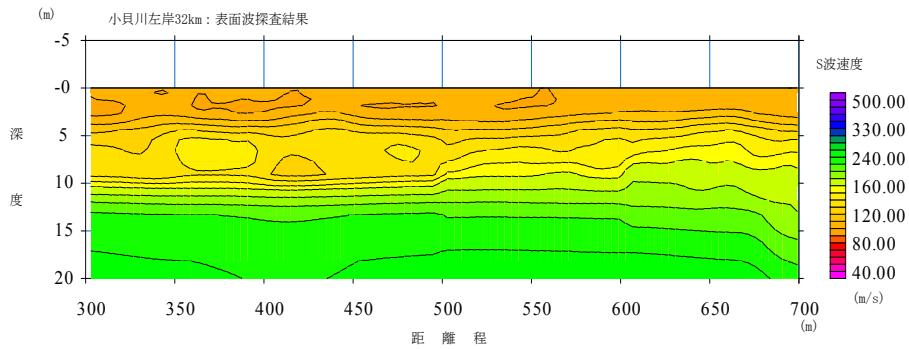
節点-要素モデルの長所・短所は下記のとおりである。

- 一般的で拡張性が高い。
- 任意の多角形、線分（二つの節点からなる）を扱うことができる。
- 大きな変更なしに、三次元モデルを扱える形式に拡張することが可能である。
- 冗長でありファイルサイズが大きくなる可能性がある。

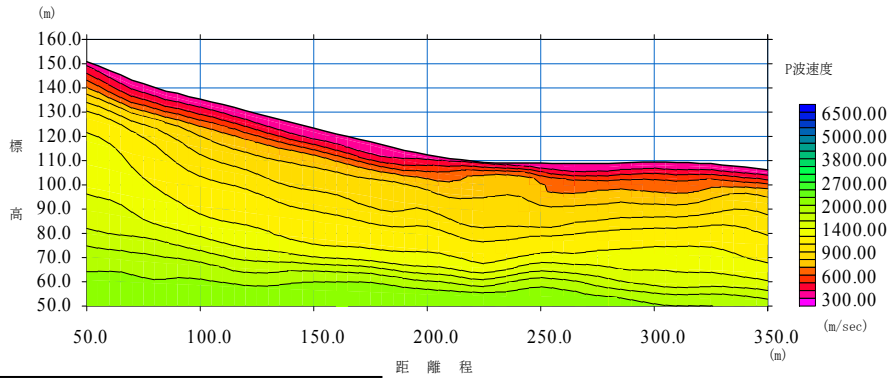
比抵抗断面（電気探査結果）



S波速度断面（表面波探査結果）



P波速度断面（屈折法地震探査結果）



P波速度断面（屈折法地震探査結果）

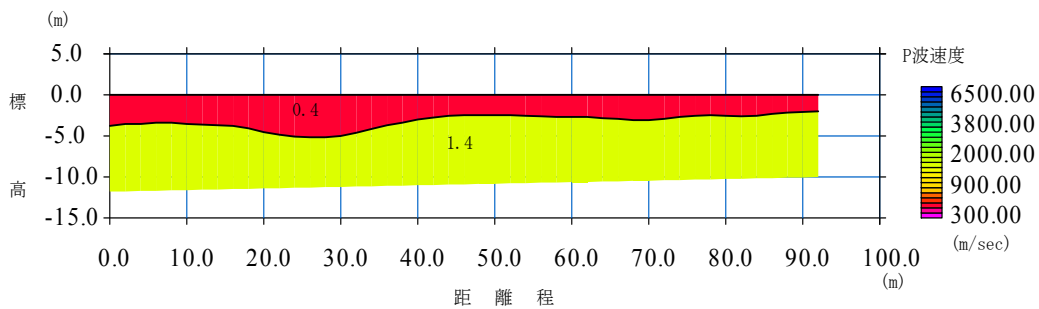


図 1.1.2 対象とする2次元の比抵抗やS波速度の断面例

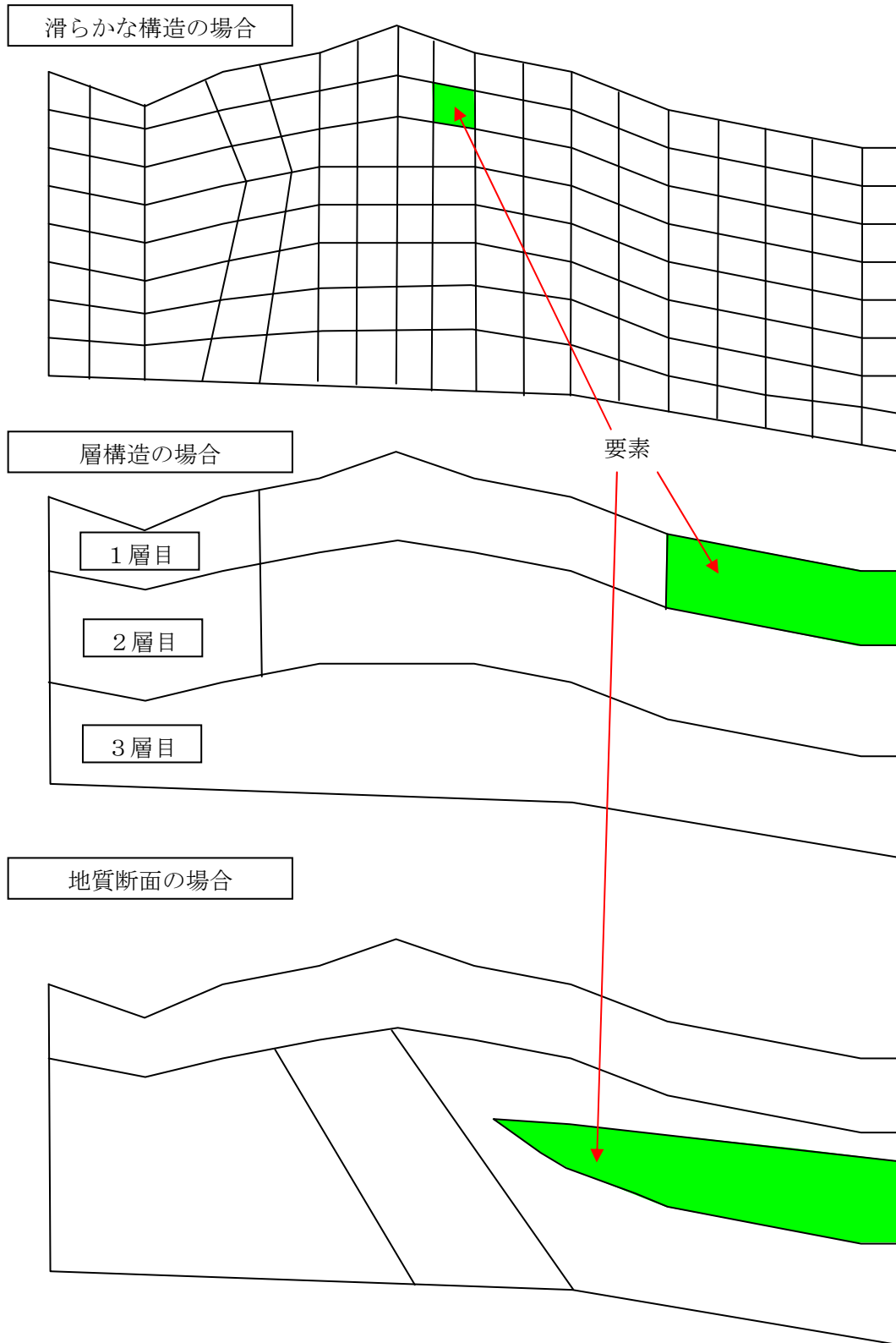


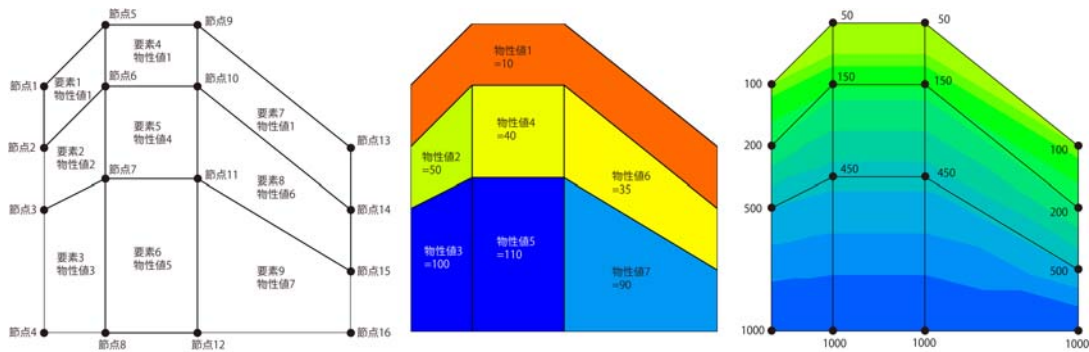
図 1.1.3 データの表現方法の概念図

節点番号	X	Z
1	0	80
2	0	60
3	0	40
4	0	0
5	20	100
6	20	80
7	20	50
8	20	0
...

節点の定義

要素番号	物性値番号	節点	節点	節点	節点
1	1	1	2	6	5
2	2	2	3	7	6
3	3	3	4	8	7
4	1	5	6	10	9
5	4	6	7	11	10
6	5	7	8	12	11
7	1	9	10	14	13
8	6	10	11	15	14
9	7	11	12	16	15

要素の定義

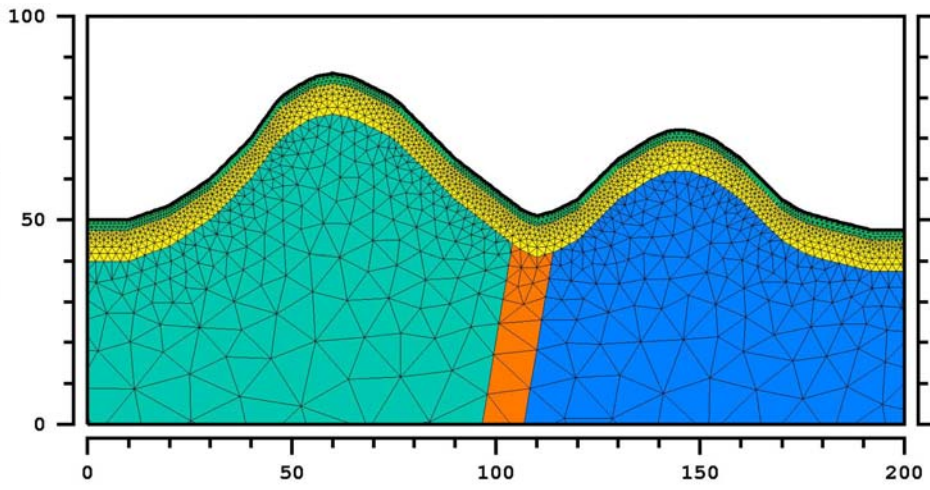


節点と要素の配置

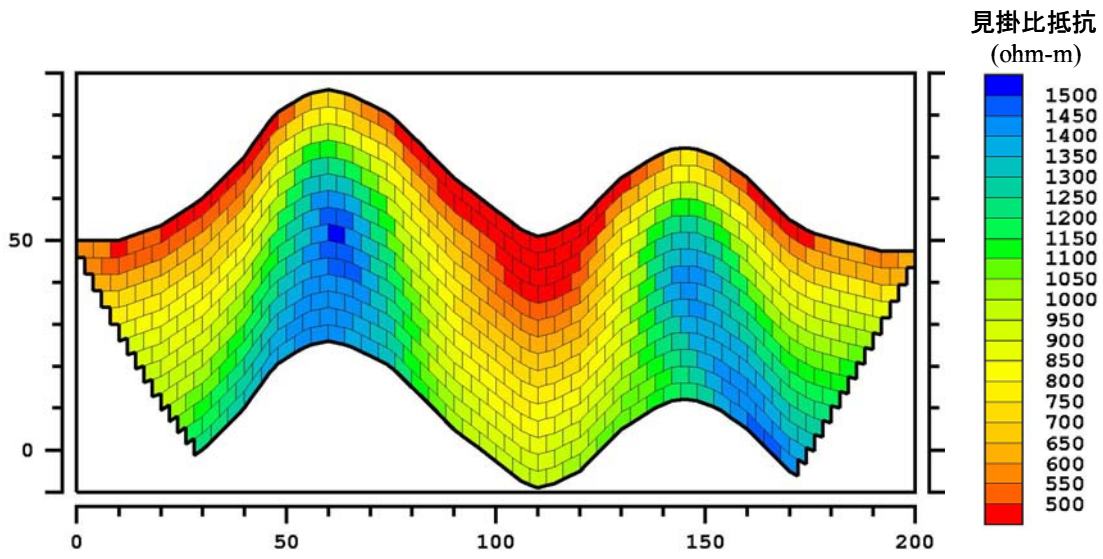
物性値を要素に与えた場合
 (「要素定義」)

物性値を節点に与えた場合
 (節点定義)

図 1.1.4 データの表現方法の概念図 (節点-要素モデル)



三角形要素を用いた記述例



六角形要素を用いた記述例

図 1.1.5 データの表現方法の概念図 (節点-要素モデル)

2) 四角形格子モデル

節点-要素モデルは拡張性が高いので、将来の発展性を考慮し書式の基本モデルとして用いるが、逆に自由度が高いために扱いにくい可能性がある。そこで、書式の自由度にランクを設定し、通常の電子納品報告書や汎用の描画ソフトウェアでは自由度を限定した書式を用いることとする。自由度を限定した書式として、要素の形を四角形に限定し、全要素の数が水平方向の要素数×鉛直方向の要素数となる「四角形格子モデル」(図 1.1.6) を定義する。図 1.1.7 に「節点-要素モデル」と「四角形格子モデル」の関係を示す。以下、一般的な「節点-要素モデル」は「任意多角形モデル」と記す。「四角形格子モデル」は「節点-要素モデル (任意多角形モデル)」の自由度が少ない書式と位置づける。

四角形格子モデルの概要は下記のとおりである。

- 要素は任意の四角形 (一つの内角が 180 度以上となる凹四角形は除く) とする。
- モデル全体は水平方向の要素数 (nx) と鉛直方向の要素数 (nz) で定義し、全要素の数は $nx \times nz$ とする。

図 1.1.8 に四角形格子モデルの実際のデータ例を示す。

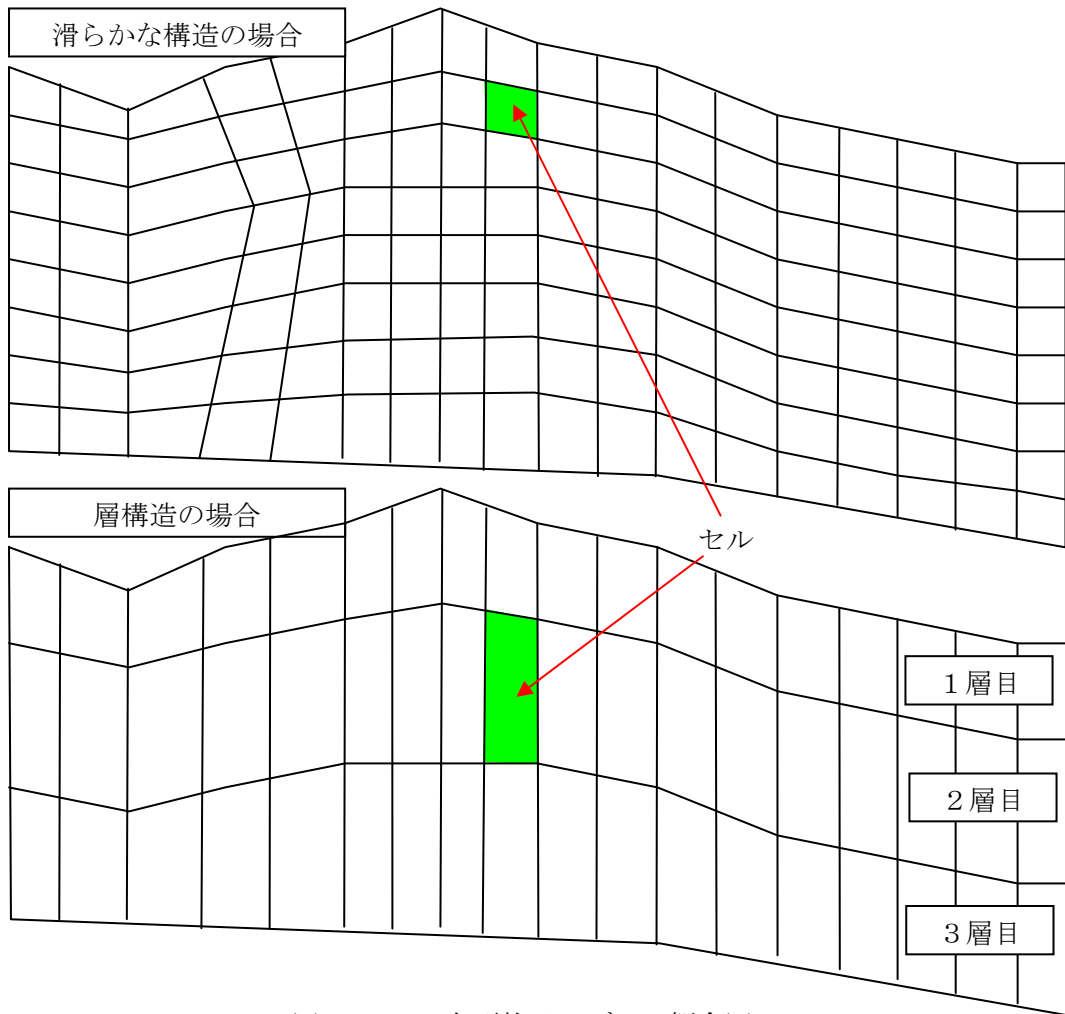


図 1.1.6 四角形格子モデルの概念図

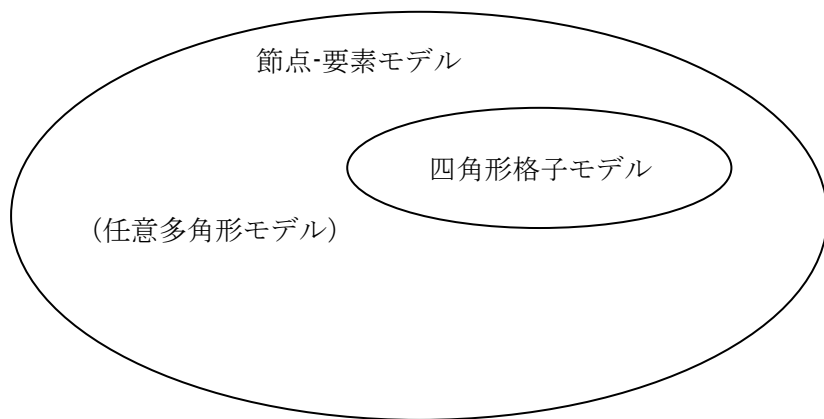
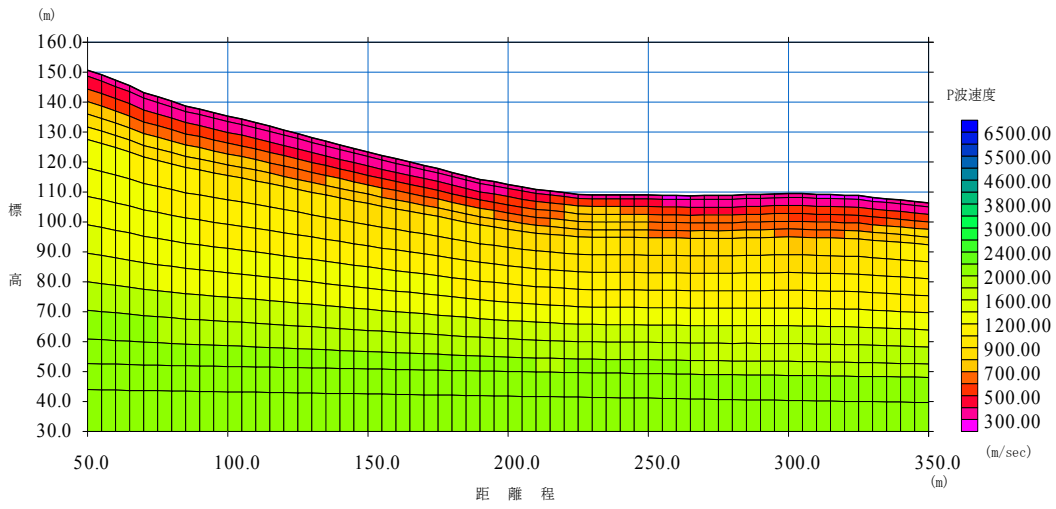


図 1.1.7 節点-要素モデル (任意多角形モデル) と四角形格子モデルの関係

滑らかな構造の場合



層構造の場合

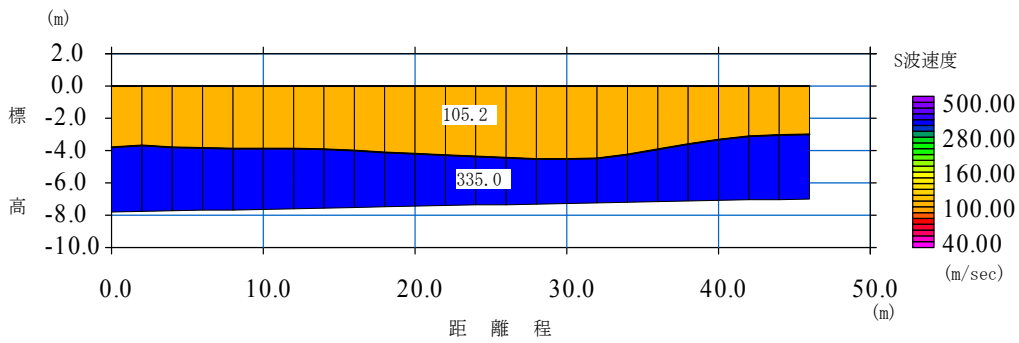


図 1.1.8 四角形格子モデルのデータ例

3) データ値の抜き出し

上記のように、物性値の与え方として、一つの要素や格子の中は均一の値とする「要素定義」と、節点に値を定義しその間は補間する「節点定義」の二種類の形式を採用する(図 1.1.4)。任意の地点のデータを抜き出す場合、要素定義の場合は二次元断面上ですべての空間に物性値が定義されているので、その地点が属する要素の物性値をそのまま用いればよいが、節点定義の場合には節点以外の地点には物性値が定義されていないため、その地点の値を周りの節点の値から補間して再定義する必要がある。この補間方法としては、任意の地点が属する要素を三角形要素に分割して平面を求める方法、その要素に平面を最小二乗法などで近似する方法、二次以上の高次の項を含む多項式をあてはめる方法などが考えられる。補間方法によって抜き出した物性値が異なる可能性があるため、必要な場合には補間方法の定義も記述することが必要である。

1.1.4 ファイルの構成

ファイルは XML 形式とし、国土交通省の「地質土質成果電子納品要領」に基づいた書式とする。また、後述するように、ファイルの作成や流通を容易にするために、単純なアスキー形式のファイルも定義する。XML ファイルの概要は下記のとおりとする。

- 一つのファイルには一つの測線（断面）を保存することを基本とするが、ファイル構造としては必要に応じて複数の測線や断面（地盤物性）を収録可能な書式とする。
- ファイル中では「測線」エレメントを一つの単位とし、「測線」エレメントの中は大きく「断面」エレメントと「標題情報」エレメントに分ける。
- 「断面」エレメントには、地盤物性値そのものを記述する。この部分だけあれば、断面そのものは再現できるようにする。後述するアスキーファイルには主としてこの部分を保存する。
- 「標題情報」エレメントには、測線や座標、調査の概要や業務に関する情報などを記述する。
- 一つの「測線」エレメントには一つの「断面」エレメントを基本とするが、ファイル構造としては必要に応じて複数の断面（地盤物性）を収録可能な書式とする。
- 波形などの生データや、解析過程に関わる情報などは「断面」エレメントや「標題情報」エレメントとは分けて記述する。これらの情報の書式は本提案には含めていない。
- ファイルには、描画スケールやコンターの境界・配色など描画に関する情報も収録可能とする。つまり、PDF ファイルと同じように、データそのものの情報とそれを表示するパラメータを同一のファイルに保存する。これにより、ファイルにデータの保存および成果図面としての画像の二つの役割を持たすことができる。描画に関する情報は主に「断面」エレメントに記述する。
- 文書形定義は DTD もしくは XML スキーマを用いて記述する。
- タグ名は日本語を基本とするが、英語も定義し両方使えるようにする。

図 1.1.9 にファイル構成の概念図を示す。

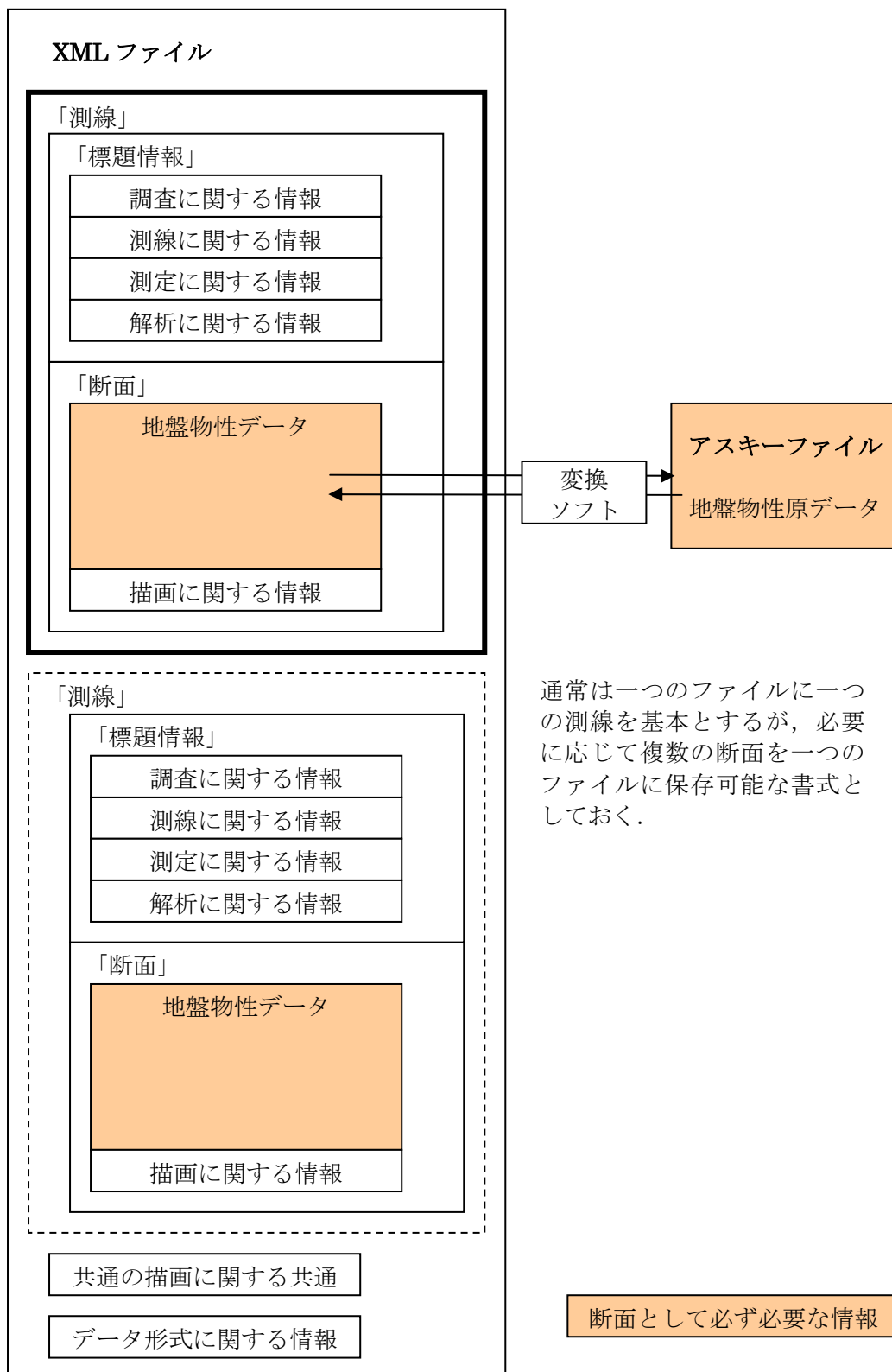


図 1.1.9 データの表現方法の概念図

1.1.5 地盤物性データ形式 (XML ファイル)

本項では、前述した XML ファイルの中に定義する一つの「測線」エレメントの書式についてまとめる。書式は基本的に二次元断面を対象としている。

1) 基本構造

前述のように、物性値断面は大きく節点、要素、物性値から構成され、「断面」エレメント中に、「節点定義」エレメント、「要素定義」エレメント、「物性値定義」エレメントに分けて記述する。「節点定義」エレメントと「要素定義」エレメントは必ず必要であるが、物性値は「物性値定義」エレメントではなく「要素定義」エレメントもしくは「物性値定義」エレメント中に記述してもよい。図 1.1.11 に節点、要素および物性値の記述場所をまとめて示す。

物性値の定義形式は、前述のように大きく要素定義と節点定義に分けられる。図 1.1.12 に要素定義と節点定義の例を示す。物性値は、要素定義の場合は「物性値定義」もしくは「要素定義」、節点定義の場合は「物性値定義」もしくは「節点定義」に記述する。ただし、「物性値定義」に記述する場合と、「節点定義」もしくは「要素定義」に記述する場合はその書式は異なる。

前述のように、本提案における物性断面書式の基本モデルは「節点-要素モデル (任意多角形モデル)」であり任意の多角形を扱うことができるが、通常はモデルの自由度に制限を設けた「四角形格子モデル」を用いる。したがってファイルの内容は、まず四角形格子モデルであるかどうかで異なり、次に物性値の定義方法および定義場所で異なる。本書式において選択できる主なオプションは、以下のようにまとめることができる。

① 四角形格子モデルであるか？

節点-要素モデル (任意多角形モデル) :

「断面」エレメント中の「断面書式」エレメントに「任意多角形」と記述する。

四角形格子モデル :

「断面」エレメント中の「断面書式」エレメントに「四角形格子」と記述する。

「断面」エレメント中「四角形格子モデル」エレメントを設ける。

② 物性値は要素定義か節点定義か？

要素定義 :

物性値は「物性値定義」エレメントか「要素」エレメントに記述する。

「物性値_定義方法」エレメントに「要素」と記述する。

節点定義 :

物性値は「物性値定義」エレメントか「節点」エレメントに記述する。

「物性値_定義方法」エレメントに「節点」と記述する。

③ 物性値はどこに記述するか？

* 「物性値定義」エレメント :

要素定義の場合は「要素」、節点定義の場合は「節点」エレメントから参照する。

「物性値_定義場所」エレメントに「物性値定義」と記述する。

* 「要素」エレメント：

要素定義の場合に可能.

「物性値_定義場所」エレメントに「要素定義」と記述する.

* 「節点」エレメント：

節点定義の場合に可能.

「物性値定義場所」エレメントに「節点定義」と記述する.

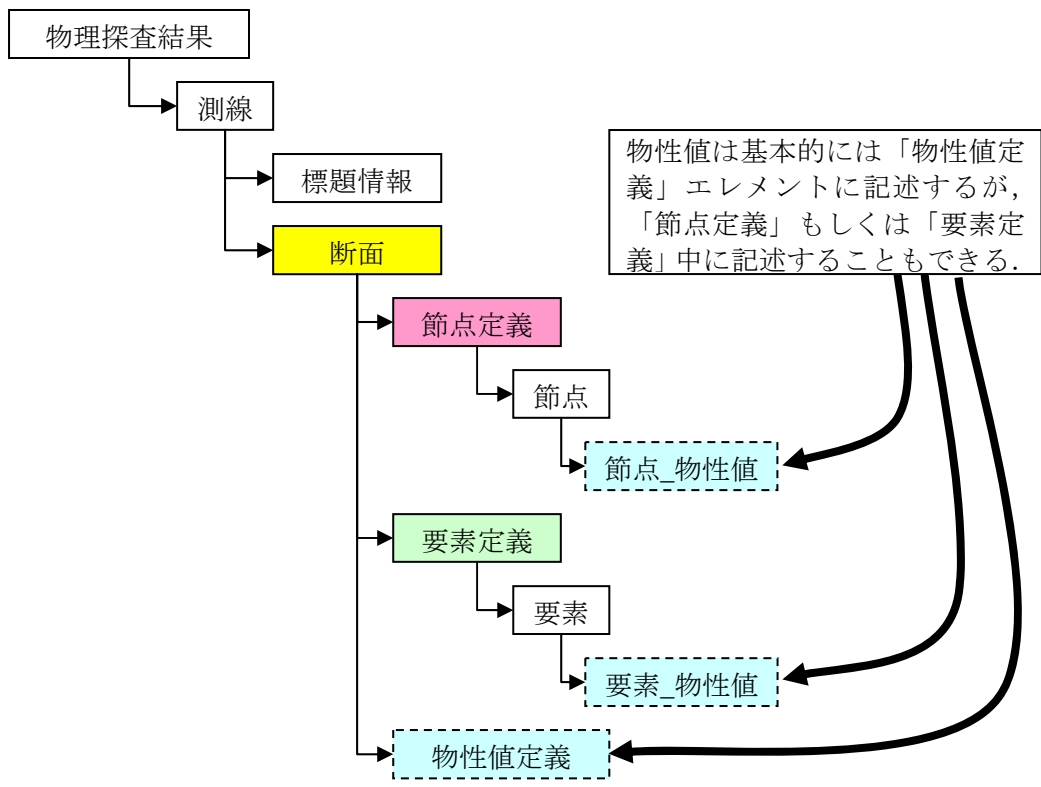


図 1.1.11 節点，要素，物性値の記述場所

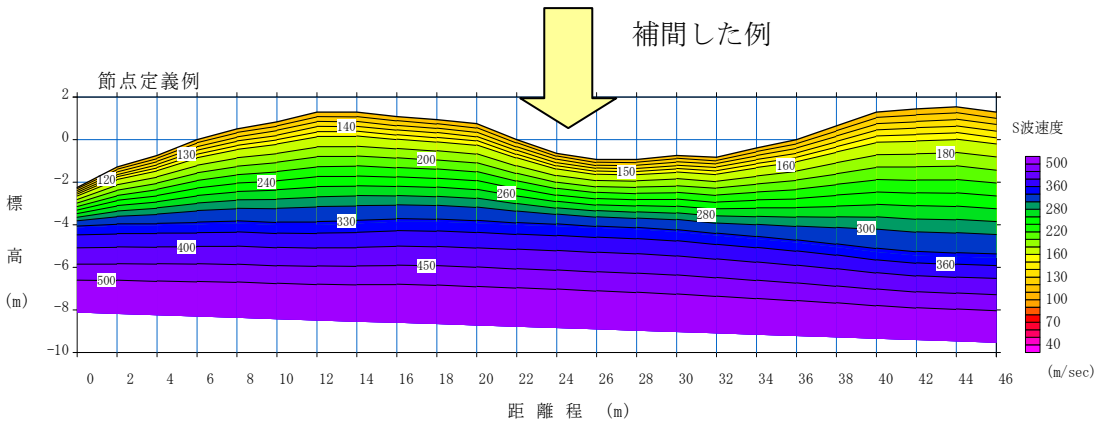
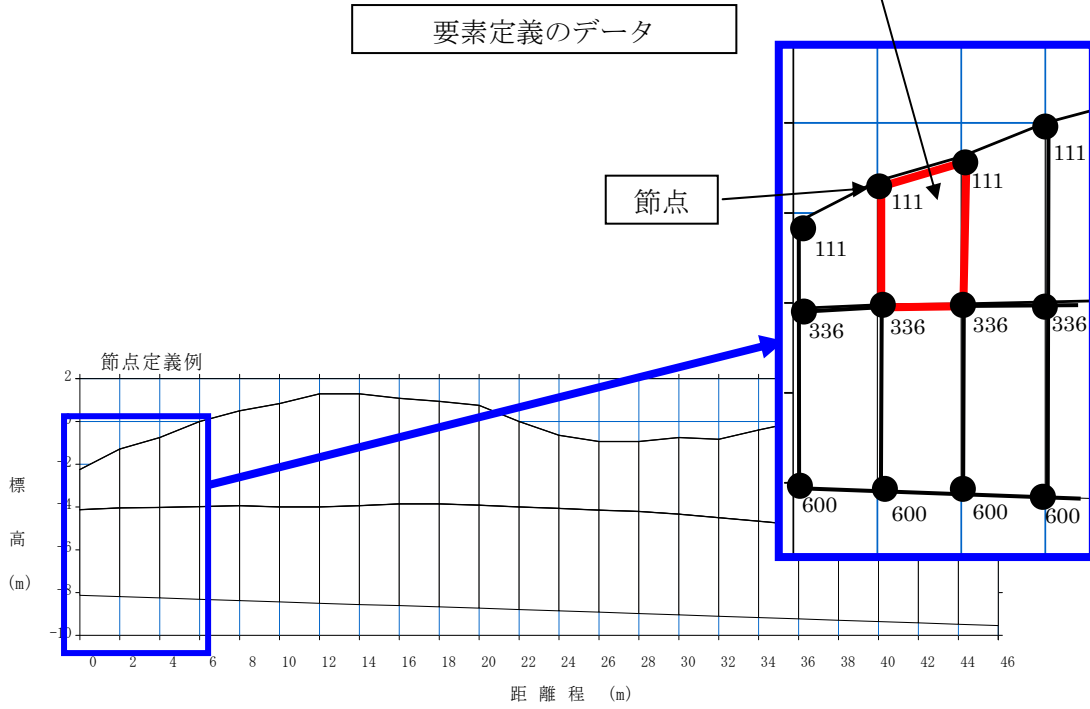
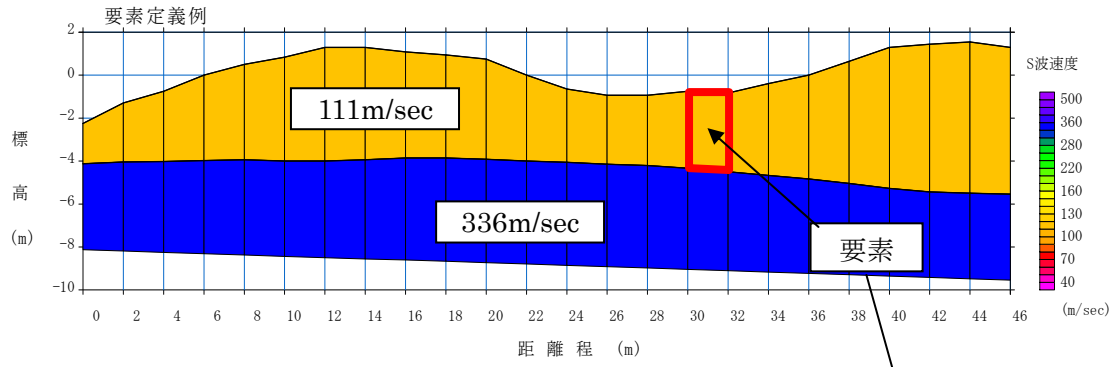


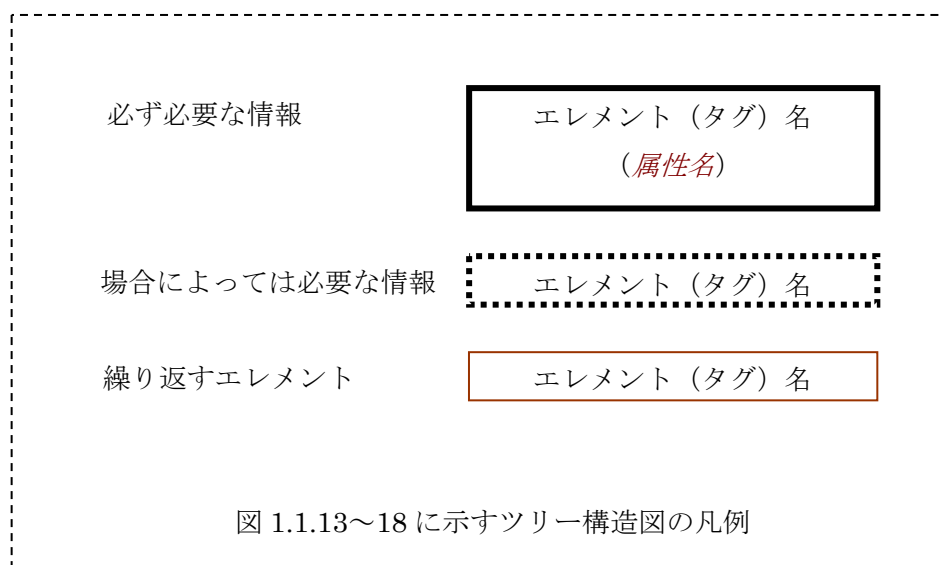
図 1.1.12 要素定義（上）と節点定義のデータ例（下）

2) ツリー構造とタグ名

図 1.1.13～18 に、XML ファイルの主なツリー構造とタグ名（エレメント）を示す。エレメントの記述方法の詳細は図中の囲み記事および次項以降に示す。

各エレメントは必要に応じて、探査手法によって拡張（継承）して使用することとする。例えば、「探査管理データ」のエレメントには測定器や解析者などの情報を記述するが、探査手法によって「屈折法地震探査管理データ」や「表面波探査管理データ」などに継承し、例えば屈折法地震探査の場合には起振方法、表面波探査の場合には受振器の固有周波数など、個々の手法に必要な情報を記述できるようにする。このような個々の探査手法に応じた書式の拡張は今後検討する。

以下に、図 1.1.13～18 に示したツリー構造図の凡例を示す。



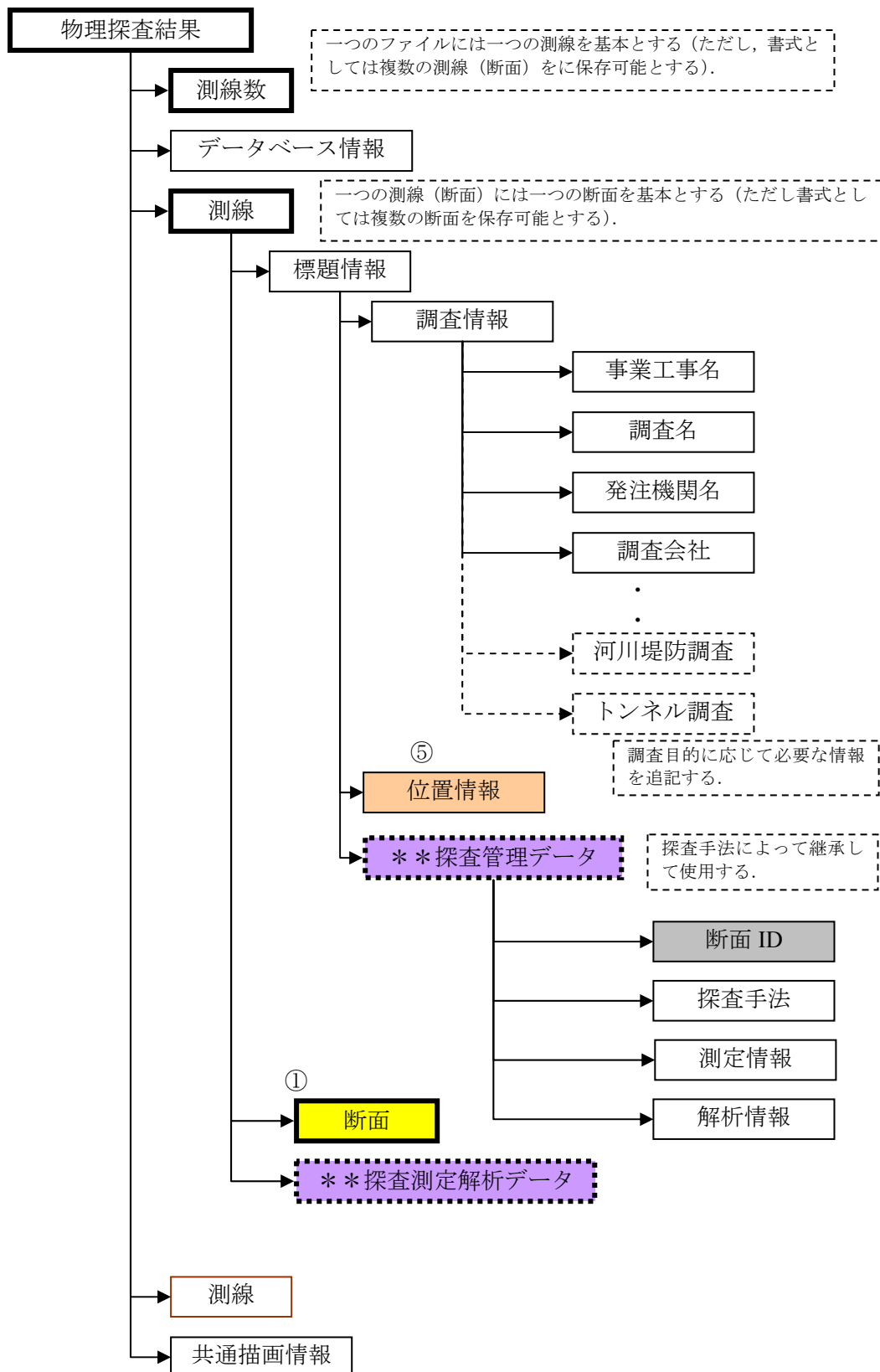


図 1.1.13 主なツリー構造とタグ名（全体構成）

①

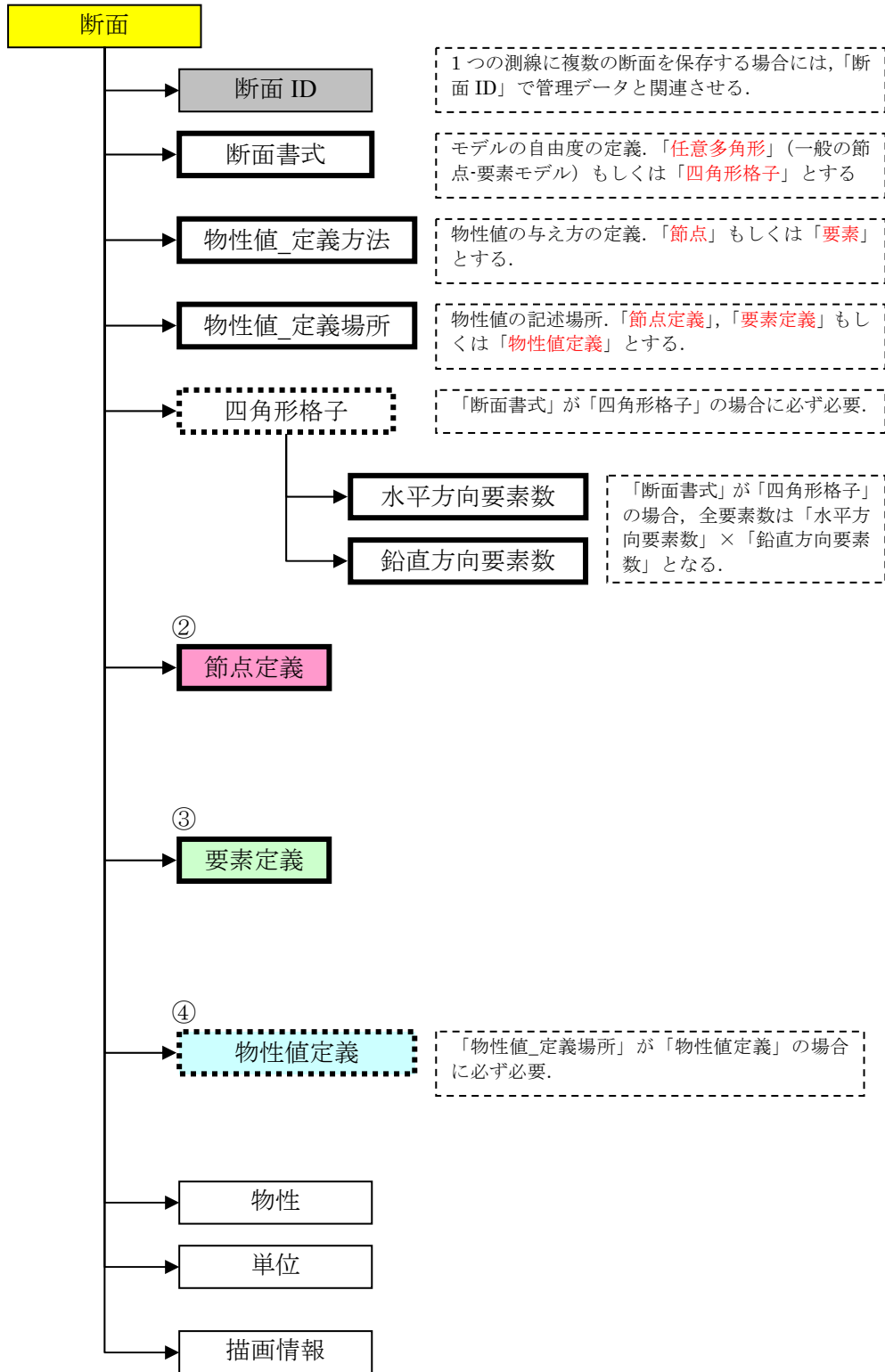


図 1.1.14 「断面」 エlementとタグ名

②

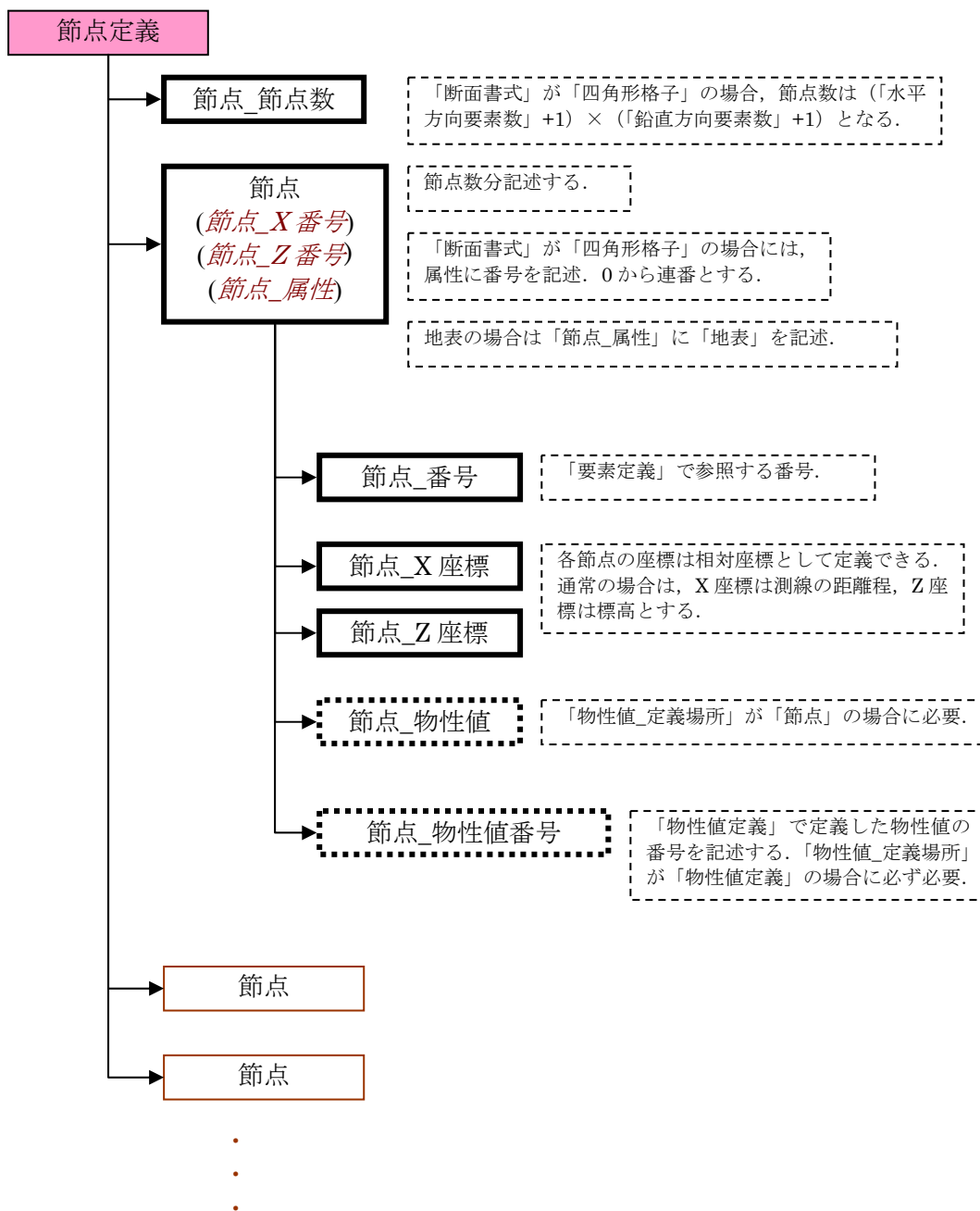


図 1.1.15 「節点定義」エレメントとタグ名

③

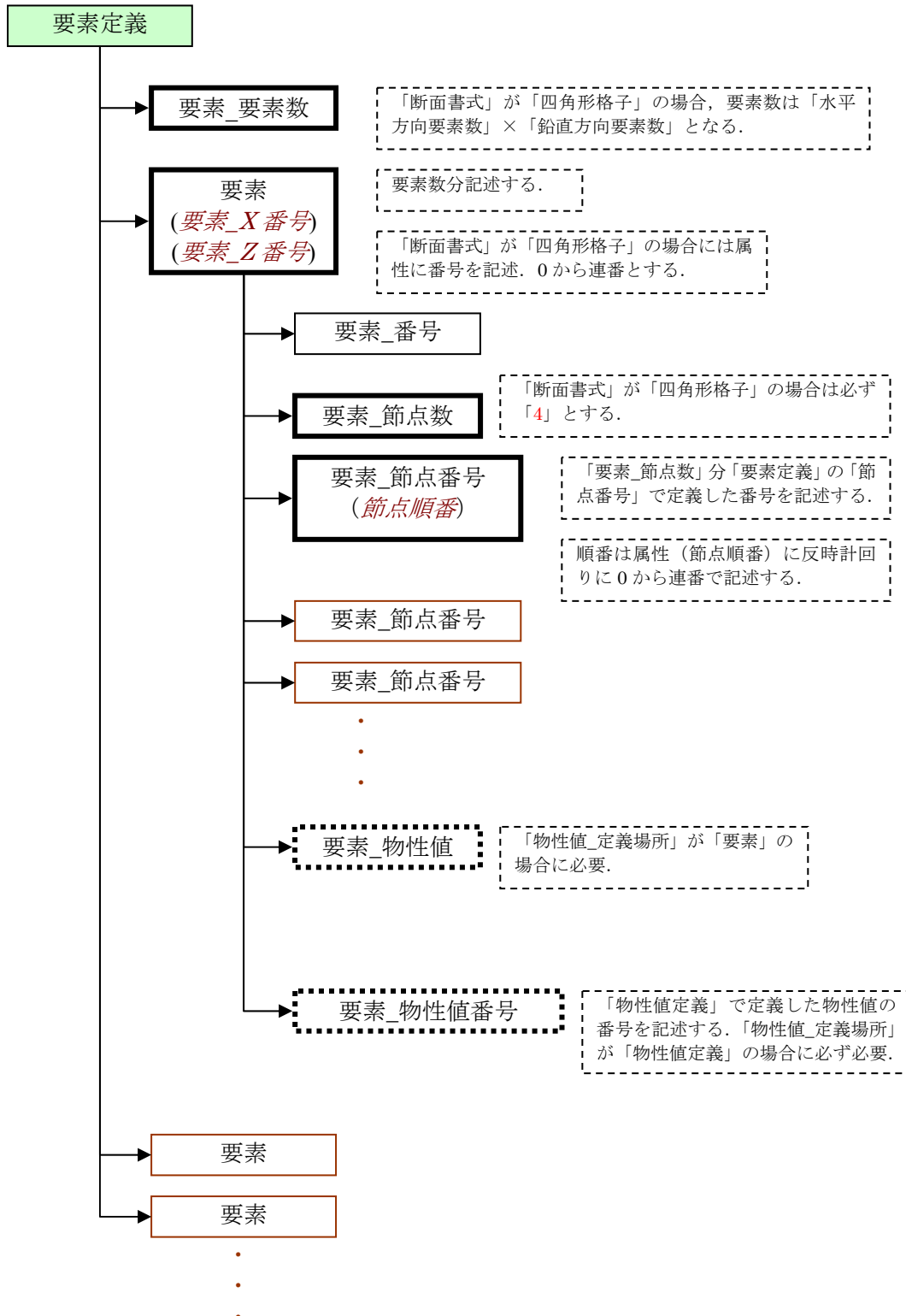


図 1.1.16 「要素定義」 エレメントとタグ名

④

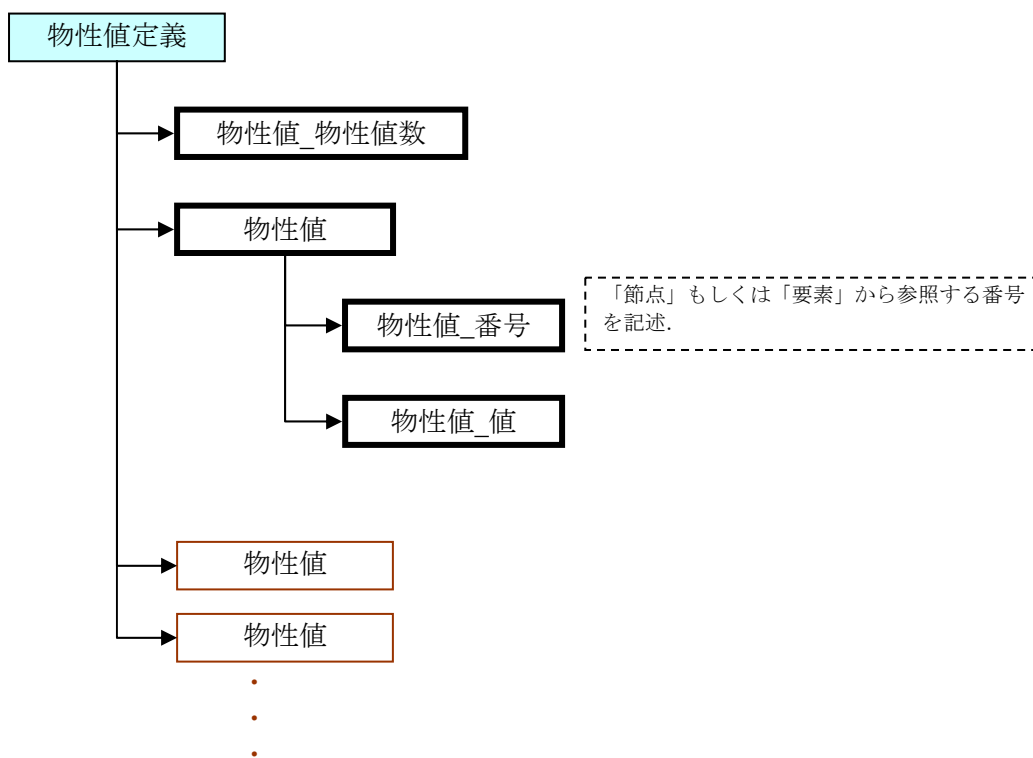


図 1.1.17 「物性値定義」エレメントとタグ名

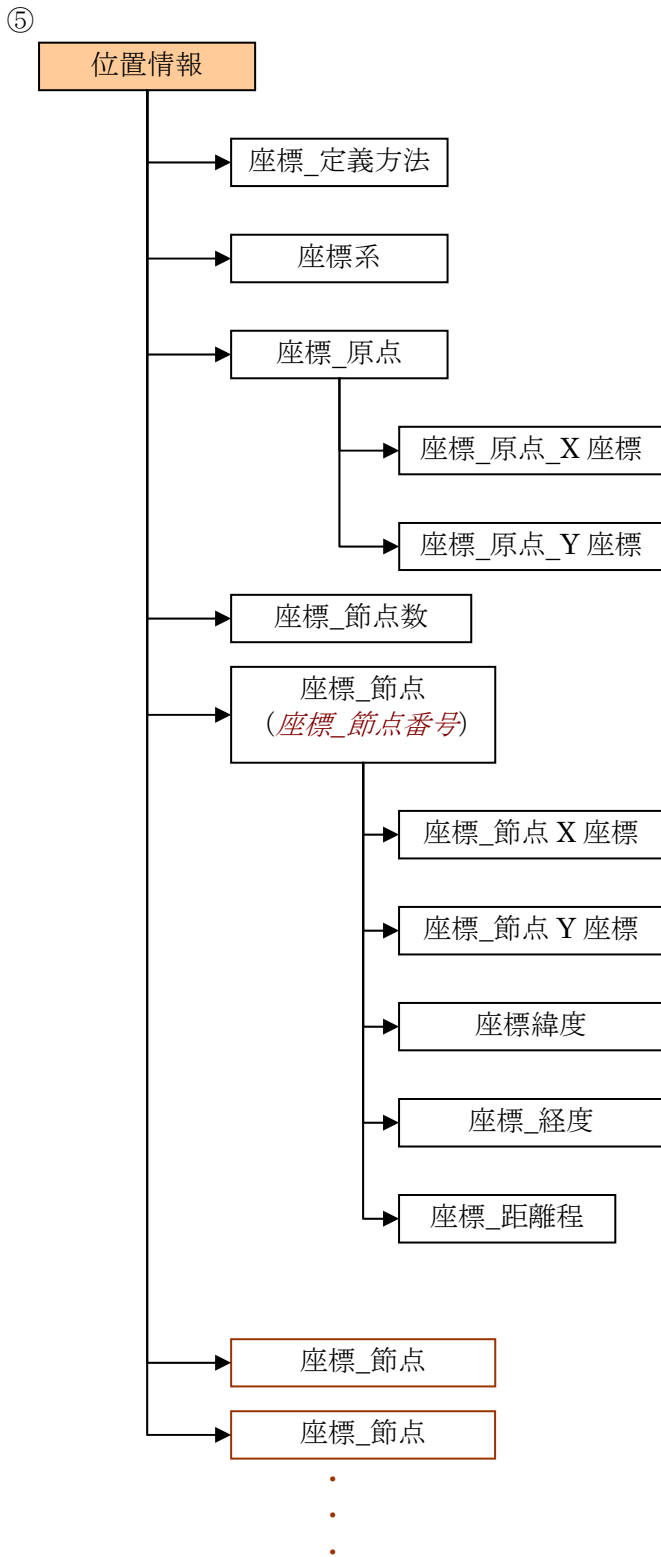


図 1.1.18 位置情報エレメントとタグ名

3) 節点-要素モデルの表現方法

図 1.1.19 に、節点-要素モデル (任意多角形モデル) の概念図を示す。節点-要素モデルは、節点数、要素数および物性値数で定義される。断面構造は、「節点定義」、「要素定義」、「物性値定義」の各エレメントに分けて記述する。一つの「断面」エレメントの中には「節点定義」と「要素定義」は必ず一つ記述する。「物性値定義」は一つ、もしくはなくてもよい。

個々の節点や要素、物性値は、「節点定義」、「要素定義」、「物性値定義」エレメント中に「節点」、「要素」、「物性値」エレメントとして記述する。「節点定義」、「要素定義」、「物性値定義」エレメントの中には多数の「節点」、「要素」、「物性値」エレメントを記述する。エレメントの数は、「節点_節点数」、「要素_要素数」、「物性値_物性値数」として必ず記述する。

「節点」エレメントには個々の節点の座標を記述し、物性値を節点で定義する場合には、節点には物性値の参照番号 (もしくは物性値) を記述する。「節点」エレメントには「要素」エレメントから参照する番号 (「節点_番号」) を記述する。

「要素」エレメントは三つ以上の節点で定義される多角形であり、各要素にはその要素を構成する節点の番号を反時計回りで記述しておく。物性値を要素で定義する場合には、要素は物性値の参照番号 (もしくは物性値) を記述する。「要素」エレメントには番号 (「要素_番号」) を記述しておく。

物性値は基本的には「物性値定義」エレメントに記述し、「節点」もしくは「要素」エレメントから参照するが、物性を節点で定義する場合には「節点」、要素で定義する場合には「要素」エレメントにそれぞれ記述することができる。「物性値定義」エレメントに物性値を記述する場合、個々の物性値は「物性値」エレメントに記述する。「物性値」エレメントには「要素」もしくは「節点」エレメントから参照する番号 (「物性値_番号」) を記述しておく。

後述する四角形格子モデルを用いる場合には、「四角形格子モデル」を設けその中に水平方向の要素数 (nx) と鉛直方向の要素数を記述する。

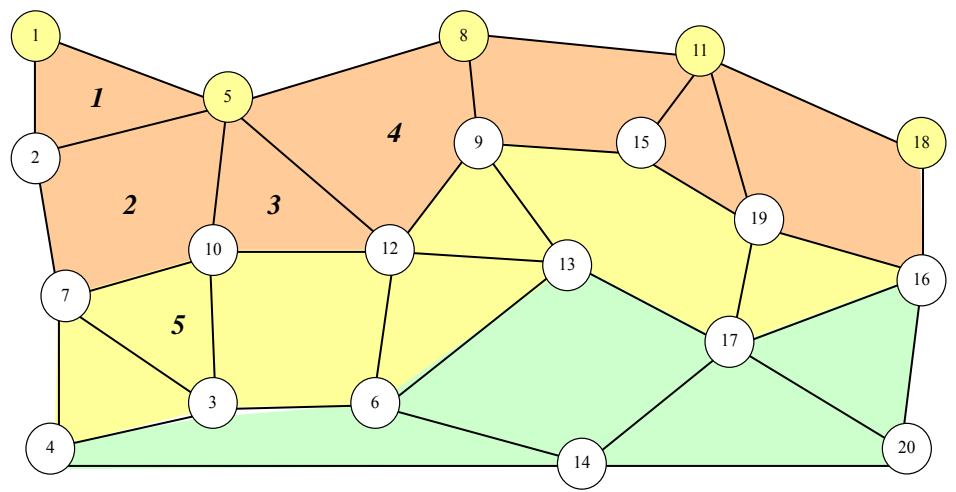
節点定義

節点番号	節点 X座標	節点 Z座標	節点属性
①	0.0	20.0	地表
②	0.0	15.0	
③	10.0	3.0	
④	2.0	0.0	
⑤	11.0	17.5	地表

要素定義

要素番号	要素節点数	要素物性値番号	要素節点番号	要素節点番号	要素節点番号	要素節点番号
1	3	1	①	②	⑤	
2	4	1	②	⑦	⑩	⑤
3	3	1	⑤	⑩	⑫	
4	4	1	⑤	⑫	⑨	⑧
5	3	2	⑦	③	⑩	

⋮



物性値定義

物性値番号	物性値値
1	20
2	30
3	40

⋮

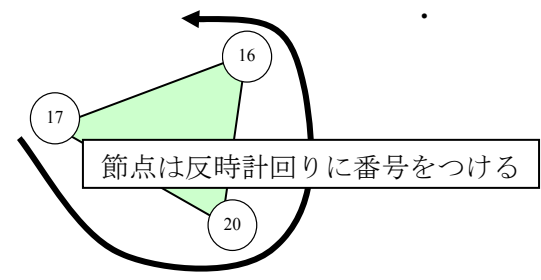


図 1.1.19 一般的な節点-要素モデル (物性値は要素定義であり, 「物性値定義」に記述する例)

4) 四角形格子モデルの表現方法

四角形格子モデルは節点-要素モデル（任意多角形モデル）の一つの形式であり，基本的には前項に記した書式に基づいて記述する．以下主に，前項の一般的な節点-要素モデル（任意多角形モデル）と異なる点について記す．

四角形格子モデルは，ファイルの扱いを容易にするためモデルの自由度を制限した書式であり，モデルは水平方向の要素数（ nx ）と鉛直方向の要素数（ nz ）で表される．図 1.1.20 に，四角形格子モデルの概念図を示す．四角形格子モデルでは，要素の形は必ず四角形（一つの内角が 180 度以上となる凹四角形の除く）であり，各要素の「要素_節点数」は必ず 4 となる．四角形格子モデルを用いる場合，「断面」エレメント中に「四角形格子モデル」エレメントを設け，その中に nx と nz をそれぞれ「水平方向要素数」および「鉛直方向要素数」エレメントとして記述する．節点の数「節点_節点数」は $(nx+1) \times (nz+1)$ ，要素の数「要素_要素数」は $nx \times nz$ となる．

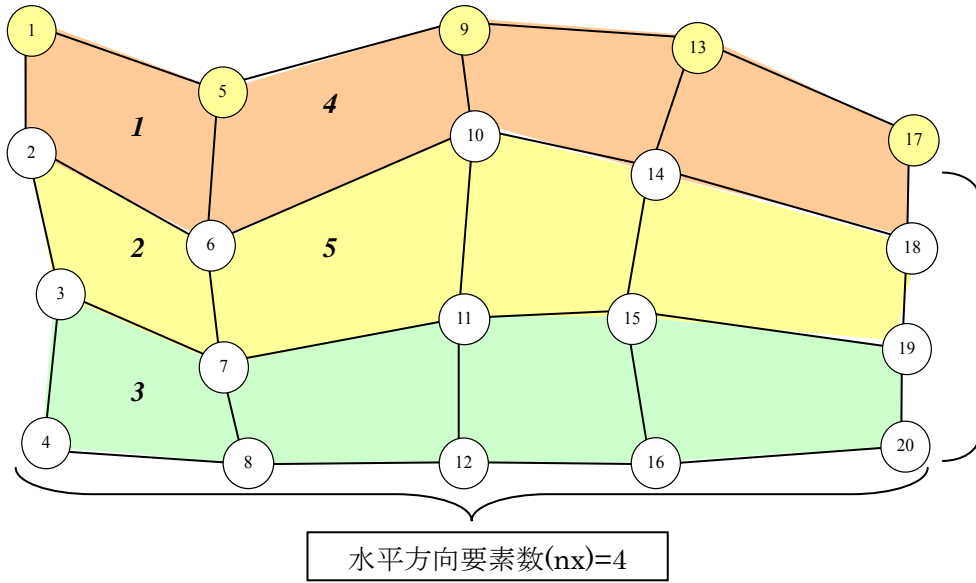
「節点」および「要素」エレメントには，プログラムでの読み込みが容易になるように，節点と要素の水平方向と鉛直方向の順番を「節点_X 番号」「要素_X 番号」(ix) および，「節点_Z 番号」「要素_Z 番号」(iz) として記述する．これらの順番は，図 1.1.17 に示すとおり図の左上端を 0 として連番とする．

節点定義

節点番号	節点 X座標	節点 Z座標	節点 X番号	節点 Z番号	節点 属性
①	0.0	20.0	0	0	地表
②	0.0	15.0	0	1	
③	3.0	8.0	0	2	
④	2.0	0.0	0	3	
⑤	11.0	17.5	1	0	地表

要素定義

要素番号	要素 節点数	要素 物性値	要素 節点番号	要素 節点番号	要素 節点番号	要素 節点番号	要素 X番号	要素 Z番号
1	4	20	①	②	⑥	⑤	0	0
2	4	30	②	③	⑦	⑥	0	1
3	4	40	③	④	⑧	⑦	0	2
4	4	20	⑤	⑥	⑩	⑨	1	0
5	4	30	⑥	⑦	⑪	⑩	1	1



鉛直方向要素数(nz)=3

節点の数「節点数」は $(nx+1) \times (nz+1)$, 要素の数「要素数」は $nx \times nz$ とする. 「節点_X番号」「要素_X番号」(ix) および, 「節点_Z番号」「要素_Z番号」(iz) は上記のとおり図の左上端を 0 として連番とする.

図 1.1.20 四角形格子モデルの概念と「要素」タグの定義 (物性値は要素定義であり, 「要素定義」に記述する例)

5) 測線の位置情報の表現方法

図 1.1.21 に、測線の位置情報の表現方法の概念図を示す。位置情報のツリー構造は図 1.1.18 に示した。

位置座標は緯度・経度で記述することを基本とするが、調査目的によっては直交座標系やローカルな座標で記述してもよい。位置情報は測線の全ての点について記述するのではなく、始点と終点のみ記述することを基本とする。測線が途中で折れたり曲がったりしている場合には、測線中に節点を設けてその座標を記述する。

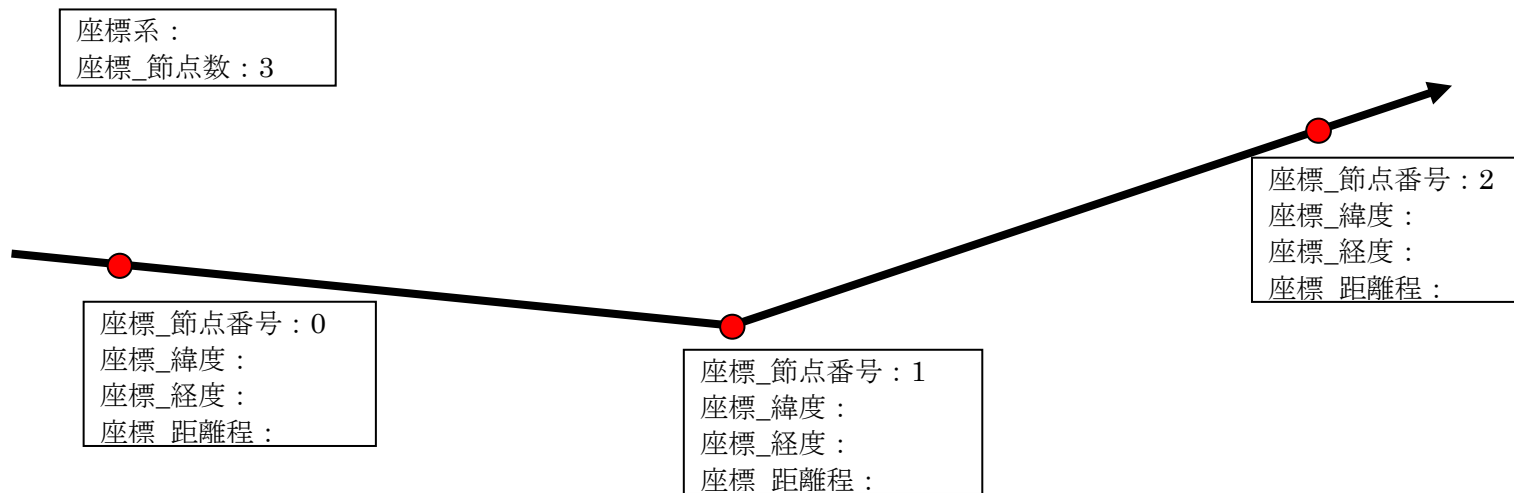


図 1.1.21 位置情報の概念

6) ファイル例

図 1.1.22 に XML ファイルの一部を示す。データは四角形格子モデルであり，物性値は要素で定義し「要素」エレメント中に記述している。ファイル全体については別資料を参照されたい。

全体構造

```
<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?>
<!-- 物理探査結果二次元断面共通書式 -->
<!DOCTYPE 物理探査結果 (View Source for full doctype...)>
- <物理探査結果 DTD_version="2010.01">
  <language>日本語</language>
  + <データベース情報>
    <測線数>1</測線数>
  - <測線>
    + <標題情報>
      - <断面>
        <断面ID>0</断面ID>
        <断面_書式>四角形格子</断面_書式>
        <物性値_定義方法>要素</物性値_定義方法>
        <物性値_定義場所>要素定義</物性値_定義場所>
      + <四角形格子>
        + <節点定義>
        + <要素定義>
        <物性値定義 />
        <物性>S波速度</物性>
        <単位>(m/sec)</単位>
      - <描画情報>
        + <軸>
        + <コンター>
        </描画情報>
      </断面>
    </測線>
  - <共通描画情報>
    <縮尺>32.000000</縮尺>
    <縦横比>1.000000</縦横比>
    </共通描画情報>
  </物理探査結果>
```

「節点定義」を開いた場合

```
<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?>
<!-- 物理探査結果二次元断面共通書式 -->
<!DOCTYPE 物理探査結果 (View Source for full doctype...)>
- <物理探査結果 DTD_version="2010.01">
  <language>日本語</language>
  + <データベース情報>
    <測線数>1</測線数>
  - <測線>
    + <標題情報>
      - <断面>
        <断面ID>0</断面ID>
        <断面_書式>四角形格子</断面_書式>
        <物性値_定義方法>要素</物性値_定義方法>
        <物性値_定義場所>要素定義</物性値_定義場所>
      + <四角形格子>
        + <節点定義>
          + <節点_節点数>72</節点_節点数>
          - <節点_節点_×番号="0" 節点_Z番号="0" 節点_属性="地表">
            <節点_番号>0</節点_番号>
            <節点_×座標>0.000000</節点_×座標>
            <節点_Z座標>-2.250000</節点_Z座標>
            </節点>
          - <節点_節点_×番号="0" 節点_Z番号="1">
            <節点_番号>1</節点_番号>
            <節点_×座標>0.000000</節点_×座標>
            <節点_Z座標>-4.132272</節点_Z座標>
            </節点>
          - <節点_節点_×番号="0" 節点_Z番号="2">
            <節点_番号>2</節点_番号>
            <節点_×座標>0.000000</節点_×座標>
            <節点_Z座標>-8.132272</節点_Z座標>
            </節点>
          - <節点_節点_×番号="1" 節点_Z番号="0" 節点_属性="地表">
            <節点_番号>3</節点_番号>
            <節点_×座標>2.000000</節点_×座標>
            <節点_Z座標>-1.300000</節点_Z座標>
            </節点>
          - <節点_節点_×番号="1" 節点_Z番号="1">
            <節点_番号>4</節点_番号>
            <節点_×座標>2.000000</節点_×座標>
            <節点_Z座標>-4.045403</節点_Z座標>
            </節点>
          - <節点_節点_×番号="1" 節点_Z番号="2">
            <節点_番号>5</節点_番号>
            <節点_×座標>2.000000</節点_×座標>
            <節点_Z座標>-8.193779</節点_Z座標>
            </節点>
          - <節点_節点_×番号="2" 節点_Z番号="0" 節点_属性="地表">
            <節点_番号>6</節点_番号>
```

要素定義を開いた場合

```
<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?>
<!-- 物理探査結果二次元断面共通書式 -->
<!DOCTYPE 物理探査結果 (View Source for full doctype...)>
- <物理探査結果 DTD_version="2010.01">
  <language>日本語</language>
  + <データベース情報>
    <測線数>1</測線数>
  - <測線>
    + <標題情報>
      - <断面>
        <断面ID>0</断面ID>
        <断面_書式>四角形格子</断面_書式>
        <物性値_定義方法>要素</物性値_定義方法>
        <物性値_定義場所>要素定義</物性値_定義場所>
      + <四角形格子>
        + <節点定義>
        + <要素定義>
          <要素_要素数>46</要素_要素数>
          - <要素_要素_×番号="0" 要素_Z番号="0">
            <要素_番号>0</要素_番号>
            <要素_節点数>4</要素_節点数>
            <要素_物性値>110.870003</要素_物性値>
            <要素_節点番号_節点順番="0">0</要素_節点番号_節点順番>
            <要素_節点番号_節点順番="1">1</要素_節点番号_節点順番>
            <要素_節点番号_節点順番="2">4</要素_節点番号_節点順番>
            <要素_節点番号_節点順番="3">3</要素_節点番号_節点順番>
            </要素>
          - <要素_要素_×番号="0" 要素_Z番号="1">
            <要素_番号>1</要素_番号>
            <要素_節点数>4</要素_節点数>
            <要素_物性値>335.705017</要素_物性値>
            <要素_節点番号_節点順番="0">1</要素_節点番号_節点順番>
            <要素_節点番号_節点順番="1">2</要素_節点番号_節点順番>
            <要素_節点番号_節点順番="2">5</要素_節点番号_節点順番>
            <要素_節点番号_節点順番="3">4</要素_節点番号_節点順番>
            </要素>
          - <要素_要素_×番号="1" 要素_Z番号="0">
            <要素_番号>2</要素_番号>
            <要素_節点数>4</要素_節点数>
            <要素_物性値>110.870003</要素_物性値>
            <要素_節点番号_節点順番="0">3</要素_節点番号_節点順番>
            <要素_節点番号_節点順番="1">4</要素_節点番号_節点順番>
            <要素_節点番号_節点順番="2">7</要素_節点番号_節点順番>
            <要素_節点番号_節点順番="3">6</要素_節点番号_節点順番>
            </要素>
          - <要素_要素_×番号="1" 要素_Z番号="1">
            <要素_番号>3</要素_番号>
            <要素_節点数>4</要素_節点数>
            <要素_物性値>335.705017</要素_物性値>
```

図 1.1.22 図 1.1.13~18 に示したツリー構造に基づく XML ファイルの例

7) XML ファイルのタグ名一覧

以下に、二次元断面の XML ファイルの構造とタグ名（および属性名）の一覧を示す。斜体で示したのは属性である。（）内は英語のタグ名（案）である。

物理探査結果 (geophysical_sections)

DTD_version (DTD_version)

language

データベース情報 (database)

データベース形式 (database_version)

測線数 (number_of_lines)

測線 (line)

標題情報 (header)

調査情報 (investigation)

事業工事名 (project)

調査名 (investigation_name)

発注機関名 (client)

調査会社 (contractor)

調査目的 (application)

調査地 (site)

位置情報 (location)

座標_定義方法 (location_type)

座標系 (location_coordinate)

座標_原点 (location_origin)

座標_原点_X座標 (location_origin_x)

座標_原点_Y座標 (location_origin_y)

座標_節点数 (location_n_node)

座標_節点 (location_node_of_location)

座標_節点番号 (location_i_node)

座標_節点_X座標 (location_node_x)

座標_節点_Y座標 (location_node_y)

座標_緯度 (location_latitude)

座標_経度 (location_longitude)

座標_距離程 (location_distance)

探査管理データ (survey)

探査手法 (survey_method)

探査管理_断面 ID (survey_section_index)

測定情報 (acquisition)

測定者 (operator)

測定日 (acquisition_date)

測定方法 (method)

測定器 instrument)

解析情報 (analysis)

解析者 (analyst)

解析方法 (analysis_method)

解析ソフトウェア (analysis_software)

断面 (section)

断面 ID (section_index)

- 断面書式 (section_format)
- 物性値_定義方法 (data_method)
- 物性値_定義場所 (data_area)
- 四角形格子 (section_grid)
 - 水平方向要素数 (grid_nx)
 - 鉛直方向要素数 (grid_nz)
- 物性 (physical_property)
- 単位 (unit)
- 節点定義 (node_definition)
 - 節点_節点数 (node_n_node)
 - 節点 (node)
 - 節点_X 番号 (node_x_index)*
 - 節点_Z 番号 (node_z_index)*
 - 節点_属性 (node_property)*
- 節点_番号 (node_index)
- 節点_X 座標 (node_x)
- 節点_Z 座標 (node_z)
- 節点_物性値 (node_data)
- 要素定義 (element_definition)
 - 要素_要素数 (element_n_element)
 - 要素 (element)
 - 要素_X 番号 (element_x_index)*
 - 要素_Z 番号 (element_z_index)*
 - 要素_番号 (element_index)
 - 要素_節点数 (element_n_node)
 - 要素_物性値 (element_data)
 - 要素_節点番号 (element_node_index)
 - 節点順番 (element_node_order)*
- 物性値定義 (data_definition)
 - 物性値_物性値数 (data_n_data)
 - 物性値 (data)
 - 物性値_番号 (data_index)
 - 物性値_値 (data_data)
 - 描画情報 (view)
 - 軸 (axis)
 - 軸_X_最小値 (axis_xst)
 - 軸_X_最大値 (axis_xe)
 - 軸_X_目盛間隔 (axis_xi)
 - 軸_X_目盛数 (axis_nx)
 - 軸_Y_最小値 (axis_yst)
 - 軸_Y_最大値 (axis_ye)
 - 軸_Y_目盛間隔 (axis_yi)
 - 軸_Y_目盛数 (axis_ny)
 - コンター (contour)
 - コンター方法 (contour_method)
 - コンター線 (contour_line)
 - コンター数 (n_contour)
 - コンター境界 (contour_booundary)

コンター番号 (*i_contour_booundary*)

赤 (*r*)

緑 (*g*)

青 (*boundary_value*)

境界値

共通描画情報 (*common_view*)

縮尺 (*scale*)

縦横比 (*vertical_horizontal_ratio*)

1.1.6 アスキーファイルの概要

XML ファイルは、ツリー構造を基本としたオブジェクト指向のファイル形式であり拡張性の高いデータ形式であるが、作成や読み込みにはプログラムの専門技術を必要とする。そこで、ファイルの作成や流通を容易にするために、単純なアスキー形式のファイルも利用可能にする。アスキーファイルの形式としては様々なものが考えられるが、ここでは比較的単純な書式を示し、後述する表示プログラムでこれを扱うことができるようにした。

ファイルの概要は下記のとおりとする。

- 四角形格子モデルのみ扱う。
- 物性値の定義方法は、節点定義と要素定義の両方を扱う。
- 作成と読み込みを容易にするために、なるべく単純なフォーマットとする。
- プログラムの作成が容易なように、スペースもしくはタブ区切りとする。

図 1.1.23 に要素定義、図 1.1.24 に節点定義のファイル例をそれぞれ示す。両図に示したデータは、図 1.1.12 に示した断面と同じデータである。

ファイルは、一行目に物性値の定義方法（要素定義 (0) か節点定義 (1)）、二行目に水平 (X) および鉛直 (Z) 方向の要素数を記述する。以下、ファイルの前半に節点の座標、後半に要素もしくは節点の物性値を記述する。物性値を節点に定義する場合は、ファイル後半の物性値は要素定義に比べて一行、一列多くなる。

1.1.7 文書型定義ファイル

1) DTD ファイル例

DTD ファイルは下記のとおりである（日本語タグの場合）.

```
<!--*****-->
<!-- 物理探査結果 -->
<!--*****-->

<!ELEMENT 物理探査結果 (language?,データベース情報?,測線数,測線+,共通描画情報?)>
<!ATTLIST 物理探査結果
  DTD_version CDATA #REQUIRED>

<!ELEMENT language (#PCDATA)>
<!ELEMENT データベース情報 (データベース形式?)>
<!ELEMENT 測線数 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 測線 (標題情報?,断面+)>
<!ELEMENT 共通描画情報 (縮尺*,縦横比*)>

<!--*****-->
<!-- データベース情報 -->
<!--*****-->

<!ELEMENT データベース形式 (#PCDATA)>

<!--*****-->
<!-- 標題情報 -->
<!--*****-->

<!ELEMENT 標題情報 (調査情報?,位置情報?,探査管理データ*)>

<!ELEMENT 調査情報 (事業工事名?,調査名?,発注機関名?,調査会社?,調査目的?,調査地?)>
<!ELEMENT 事業工事名 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 調査名 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 発注機関名 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 調査会社 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 調査目的 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 調査地 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 探査管理データ (探査手法?,探査管理_断面ID?,測定情報?,解析情報?)>
<!ELEMENT 探査管理_断面ID (#PCDATA)>
<!ELEMENT 探査手法 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 測定情報 (測定者?,測定日?,測定方法?,測定器?)>

<!ELEMENT 測定者 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 測定日 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 測定方法 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 測定器 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 解析情報 (解析者?,解析方法?,解析ソフトウェア?)>

<!ELEMENT 解析者 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 解析方法 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 解析ソフトウェア (#PCDATA)>

<!--*****-->
<!-- 位置情報 -->
<!--*****-->

<!ELEMENT 位置情報 (座標_定義方法?,座標系?,座標_原点,座標_節点数,座標_節点+)>

<!ELEMENT 座標_定義方法 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 座標系 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 座標_原点 (座標_原点_X座標,座標_原点_Y座標)>

<!ELEMENT 座標_原点_X座標 (#PCDATA)>
```

```

<!ELEMENT 座標_原点_Y座標 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 座標_緯度 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 座標_經度 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 座標_距離程 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 座標_節点数 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 座標_節点 (座標_節点_X座標,座標_節点_Y座標,座標_緯度?,座標_經度?,座標_距離程)>
<!ATTLIST 座標_節点
  座標_節点番号 CDATA #IMPLIED>

<!ELEMENT 座標_節点_X座標 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 座標_節点_Y座標 (#PCDATA)>

<!-- ***** -->
<!-- 断面 -->
<!-- ***** -->

<!ELEMENT 断面 (断面ID?,断面_書式,物性值_定義方法,物性值_定義場所,四角形格子?,節点定義,要素定義,物性值定義?,物性,单位,
描画情報?)>

<!ELEMENT 断面ID (#PCDATA)>

<!ELEMENT 断面_書式 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 物性值_定義方法 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 物性值_定義場所 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 四角形格子 (水平方向要素数,鉛直方向要素数)>

<!ELEMENT 物性 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 单位 (#PCDATA)>

<!-- ***** -->
<!-- 節点 -->
<!-- ***** -->

<!ELEMENT 節点定義 (節点_節点数,節点+)>

<!ELEMENT 水平方向要素数 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 鉛直方向要素数 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 節点_節点数 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 節点 (節点_番号,節点_X座標,節点_Z座標,節点_物性值?)>
<!ATTLIST 節点
  節点_X番号 CDATA #IMPLIED
  節点_Z番号 CDATA #IMPLIED
  節点_属性 CDATA #IMPLIED>

<!ELEMENT 節点_番号 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 節点_X座標 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 節点_Z座標 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 節点_物性值 (#PCDATA)>

<!-- ***** -->
<!-- 要素 -->
<!-- ***** -->

<!ELEMENT 要素定義 (要素_要素数,要素+)>

<!ELEMENT 要素_要素数 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 要素 (要素_番号,要素_節点数,要素_物性值?,要素_節点番号*)>
<!ATTLIST 要素
  要素_X番号 CDATA #IMPLIED
  要素_Z番号 CDATA #IMPLIED>

<!ELEMENT 要素_番号 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 要素_節点数 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 要素_物性值 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 要素_節点番号 (#PCDATA)>

```

```

<!ATTLIST 要素_節点番号
  節点順番 CDATA #IMPLIED>

<!--*****-->
<!-- 物性値 -->
<!--*****-->

<!ELEMENT 物性値定義 (物性値_物性値数?,物性値*)>

<!ELEMENT 物性値_物性値数 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 物性値 (物性値_番号,物性値_値)>

<!ELEMENT 物性値_番号 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 物性値_値 (#PCDATA)>

<!--*****-->
<!-- 描画情報 -->
<!--*****-->

<!ELEMENT 描画情報 (軸,コンター)>

<!--*****-->
<!-- 軸 -->
<!--*****-->

<!ELEMENT 軸 (軸_X_最小値,軸_X_最大値,軸_X_目盛間隔,軸_X_目盛数,軸_Y_最小値,軸_Y_最大値,軸_Y_目盛間隔,軸_Y_目盛
数)>

<!ELEMENT 軸_X_最小値 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 軸_X_最大値 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 軸_X_目盛間隔 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 軸_X_目盛数 (#PCDATA)>

<!ELEMENT 軸_Y_最小値 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 軸_Y_最大値 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 軸_Y_目盛間隔 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 軸_Y_目盛数 (#PCDATA)>

<!--*****-->
<!-- コンター -->
<!--*****-->

<!ELEMENT コンター (コンター方法?,コンター線?,コンター数,コンター境界+)>

<!ELEMENT コンター方法 (#PCDATA)>
<!ELEMENT コンター線 (#PCDATA)>
<!ELEMENT コンター数 (#PCDATA)>
<!ELEMENT コンター境界 (境界値)>
<!ATTLIST コンター境界
  コンター番号 CDATA #REQUIRED
  赤 CDATA #IMPLIED
  緑 CDATA #IMPLIED
  青 CDATA #IMPLIED>

<!ELEMENT 境界値 (#PCDATA)>

<!--*****-->
<!-- 共通描画情報 -->
<!--*****-->

<!ELEMENT 縮尺 (#PCDATA)>
<!ELEMENT 縦横比 (#PCDATA)>

```

2) XMLスキーマ例

XML スキーマは下記のとおりとなる（日本語タグの場合）.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- ***** -->
<!-- 物理探査結果 -->
<!-- ***** -->
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" elementFormDefault="qualified">
  <xs:element name="物理探査結果">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element minOccurs="0" ref="language"/>
        <xs:element minOccurs="0" ref="データベース情報"/>
        <xs:element ref="測線数"/>
        <xs:element maxOccurs="unbounded" ref="測線"/>
        <xs:element minOccurs="0" ref="共通描画情報"/>
      </xs:sequence>
      <xs:attribute name="DTD_version" use="required"/>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <xs:element name="language" type="xs:string"/>
  <xs:element name="データベース情報">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element minOccurs="0" ref="データベース形式"/>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <xs:element name="測線数" type="xs:unsignedInt"/>
  <xs:element name="測線">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element minOccurs="0" ref="標題情報"/>
        <xs:element maxOccurs="unbounded" ref="断面"/>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <xs:element name="共通描画情報">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="縮尺"/>
        <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="縦横比"/>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <!-- ***** -->
  <!-- データベース情報 -->
  <!-- ***** -->
  <xs:element name="データベース形式" type="xs:string"/>
  <!-- ***** -->
  <!-- 標題情報 -->
  <!-- ***** -->
  <xs:element name="標題情報">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element minOccurs="0" ref="調査情報"/>
        <xs:element minOccurs="0" ref="位置情報"/>
        <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="探査管理データ"/>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <xs:element name="調査情報">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element minOccurs="0" ref="事業工事名"/>
        <xs:element minOccurs="0" ref="調査名"/>
        <xs:element minOccurs="0" ref="発注機関名"/>
        <xs:element minOccurs="0" ref="調査会社"/>
        <xs:element minOccurs="0" ref="調査目的"/>
        <xs:element minOccurs="0" ref="調査地"/>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>

```

```

    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="位置情報">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element minOccurs="0" ref="座標_定義方法"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="座標系"/>
      <xs:element ref="座標_原点"/>
      <xs:element ref="座標_節点数"/>
      <xs:element maxOccurs="unbounded" ref="座標_節点"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="探查管理データ">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element minOccurs="0" ref="探查手法"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="探查管理_断面ID"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="測定情報"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="解析情報"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="事業工事名" type="xs:string"/>
<xs:element name="調査名" type="xs:string"/>
<xs:element name="発注機関名" type="xs:string"/>
<xs:element name="探查管理_断面ID" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="調査会社" type="xs:string"/>
<xs:element name="調査目的" type="xs:string"/>
<xs:element name="調査地" type="xs:string"/>
<xs:element name="測定情報">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element minOccurs="0" ref="測定者"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="測定日"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="測定方法"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="測定器"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="測定者" type="xs:string"/>
<xs:element name="測定日" type="xs:string"/>
<xs:element name="測定方法" type="xs:string"/>
<xs:element name="測定器" type="xs:string"/>
<xs:element name="解析情報">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element minOccurs="0" ref="解析者"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="解析方法"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="解析ソフトウェア"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="解析者" type="xs:string"/>
<xs:element name="解析方法" type="xs:string"/>
<xs:element name="解析ソフトウェア" type="xs:string"/>
<!-- ***** -->
<!-- 位置情報 -->
<!-- ***** -->
<xs:element name="座標_定義方法" type="xs:string"/>
<xs:element name="座標系" type="xs:string"/>
<xs:element name="座標_原点">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="座標_原点_X座標"/>
      <xs:element ref="座標_原点_Y座標"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="座標_原点_X座標" type="xs:float"/>

```



```

<xs:element name="座標_原点_Y座標" type="xs:float"/>
<xs:element name="座標_緯度" type="xs:float"/>
<xs:element name="座標_經度" type="xs:float"/>
<xs:element name="座標_距離程" type="xs:float"/>
<xs:element name="座標_節点数" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="座標_節点">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="座標_節点_X座標"/>
      <xs:element ref="座標_節点_Y座標"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="座標_緯度"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="座標_經度"/>
      <xs:element ref="座標_距離程"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="座標_節点番号"/>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="座標_節点_X座標" type="xs:float"/>
<xs:element name="座標_節点_Y座標" type="xs:float"/>
<!-- ***** -->
<!-- 断面 -->
<!-- ***** -->
<xs:element name="断面">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element minOccurs="0" ref="断面ID"/>
      <xs:element ref="断面_書式"/>
      <xs:element ref="物性値_定義方法"/>
      <xs:element ref="物性値_定義場所"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="四角形格子"/>
      <xs:element ref="節点定義"/>
      <xs:element ref="要素定義"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="物性値定義"/>
      <xs:element ref="物性"/>
      <xs:element ref="単位"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="描画情報"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="断面ID" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="断面_書式" type="xs:string"/>
<xs:element name="物性値_定義方法" type="xs:string"/>
<xs:element name="物性値_定義場所" type="xs:string"/>
<xs:element name="四角形格子">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="水平方向要素数"/>
      <xs:element ref="鉛直方向要素数"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<!-- ***** -->
<!-- 節点 -->
<!-- ***** -->
<xs:element name="節点定義">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="節点_節点数"/>
      <xs:element maxOccurs="unbounded" ref="節点"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="物性" type="xs:string"/>
<xs:element name="単位" type="xs:string"/>
<xs:element name="探查手法" type="xs:string"/>
<xs:element name="水平方向要素数" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="鉛直方向要素数" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="節点_節点数" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="節点">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>

```

```

        <xs:element ref="節点_番号"/>
        <xs:element ref="節点_X座標"/>
        <xs:element ref="節点_Z座標"/>
        <xs:element minOccurs="0" ref="節点_物性値"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attribute name="節点_X番号"/>
    <xs:attribute name="節点_Z番号"/>
    <xs:attribute name="節点_属性"/>
</xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="節点_番号" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="節点_X座標" type="xs:float"/>
<xs:element name="節点_Z座標" type="xs:float"/>
<xs:element name="節点_物性値" type="xs:float"/>
<!-- ***** -->
<!-- 要素 -->
<!-- ***** -->
<xs:element name="要素定義">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element ref="要素_要素数"/>
            <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="要素"/>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="要素_要素数" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="要素">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element ref="要素_番号"/>
            <xs:element ref="要素_節点数"/>
            <xs:element minOccurs="0" ref="要素_物性値"/>
            <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="要素_節点番号"/>
        </xs:sequence>
        <xs:attribute name="要素_X番号"/>
        <xs:attribute name="要素_Z番号"/>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="要素_番号" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="要素_節点数" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="要素_物性値" type="xs:float"/>
<xs:element name="要素_節点番号">
    <xs:complexType mixed="true">
        <xs:attribute name="節点順番"/>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<!-- ***** -->
<!-- 物性値 -->
<!-- ***** -->
<xs:element name="物性値定義">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element minOccurs="0" ref="物性値_物性値数"/>
            <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="物性値"/>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="物性値_物性値数" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="物性値">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element ref="物性値_番号"/>
            <xs:element ref="物性値_値"/>
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="物性値_番号" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="物性値_値" type="xs:float"/>
<!-- ***** -->
<!-- 描画情報 -->
<!-- ***** -->

```

```

<xs:element name="描画情報">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="軸"/>
      <xs:element ref="コンター"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<!-- ***** -->
<!-- 軸 -->
<!-- ***** -->
<xs:element name="軸">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="軸_X_最小値"/>
      <xs:element ref="軸_X_最大値"/>
      <xs:element ref="軸_X_目盛間隔"/>
      <xs:element ref="軸_X_目盛数"/>
      <xs:element ref="軸_Y_最小値"/>
      <xs:element ref="軸_Y_最大値"/>
      <xs:element ref="軸_Y_目盛間隔"/>
      <xs:element ref="軸_Y_目盛数"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="軸_X_最小値" type="xs:float"/>
<xs:element name="軸_X_最大値" type="xs:float"/>
<xs:element name="軸_X_目盛間隔" type="xs:float"/>
<xs:element name="軸_X_目盛数" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="軸_Y_最小値" type="xs:float"/>
<xs:element name="軸_Y_最大値" type="xs:float"/>
<xs:element name="軸_Y_目盛間隔" type="xs:float"/>
<xs:element name="軸_Y_目盛数" type="xs:unsignedInt"/>
<!-- ***** -->
<!-- コンター -->
<!-- ***** -->
<xs:element name="コンター">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element minOccurs="0" ref="コンター方法"/>
      <xs:element minOccurs="0" ref="コンター線"/>
      <xs:element ref="コンター数"/>
      <xs:element maxOccurs="unbounded" ref="コンター境界"/>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="コンター方法" type="xs:string"/>
<xs:element name="コンター線" type="xs:string"/>
<xs:element name="コンター数" type="xs:unsignedInt"/>
<xs:element name="コンター境界">
  <xs:complexType>
    <xs:complexContent>
      <xs:extension base="境界値">
        <xs:attribute name="コンター番号" use="required"/>
        <xs:attribute name="赤"/>
        <xs:attribute name="緑"/>
        <xs:attribute name="青"/>
      </xs:extension>
    </xs:complexContent>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:complexType name="境界値">
  <xs:sequence>
    <xs:element ref="境界値"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:element name="境界値" type="xs:float"/>
<!-- ***** -->
<!-- 共通描画情報 -->
<!-- ***** -->
<xs:element name="縮尺" type="xs:float"/>

```

```
<xs:element name="縦横比" type="xs:float"/>
</xs:schema>
```

1.2 電気探査により得られた比抵抗断面

1.2.1 概要

電気探査のうち、比抵抗分布を求める探査に関するデータとしては、①測量データや抵抗値などの測定データ、②比抵抗や IP 法における充電率などの解析断面データ、③電位分布や感度分布など解析において補足的に使われるデータがある。このうち、②が 1.1 に示した二次元断面に関する書式でデータベース化される対象断面データとする。また、③に挙げた電位分布や感度分布も、解析断面とほぼ同様の取扱ができるので、二次元断面に関する書式でデータベース化する対象に含める。したがって、本節では①測量データや抵抗値などの測定データについて検討する。なお、比抵抗水平探査や自然電位法では平面図を出力することがある。したがって解析断面データを拡張して平面図データを定義できるようにしておくことが望ましいが、本提案には含めない。

1.2.2 対象とする探査手法

現在、各分野で実施されている電気探査を表 1.2.1 に示す。なお、ボーリング孔内で実施する比抵抗トモグラフィについては、二次元（三次元）比抵抗探査に含まれるものとした。また、流電電位法は二次元（三次元）比抵抗探査の書式で対応できるため、ここでは除外した。

表 1.2.1 電気探査の種類

大分類	電極配置	電極配置を指定する パラメータ	測定値
比抵抗垂直 探査	ウェンナー法	電極間隔, 測定点位置情報	比抵抗
	エルトラン法	電極間隔, 測定点位置情報	比抵抗 分極率, FE
	ダイポールダイポール法	電極間隔, 電極隔離係数, 測定点位置情報	比抵抗 分極率, FE
	シュランベルジャー法	電流電極間隔, 電位電極間 隔, 測定点位置情報	比抵抗
	3 極法	電極間隔, 電極隔離係数, 測定点位置情報	比抵抗
比抵抗水平 探査	垂直探査と同じ		比抵抗, 分極率, FE
	2 極法	電極間隔, 測定点位置情報, 遠電極位置情報	比抵抗
二次元(三次 元)比抵抗探 査	2 極法, 3 極法, 4 極法	各電極点の位置情報(電極数 は電極配置による)	比抵抗 充電率
自然電位法		2つの電極位置	電位差

1.2.3 比抵抗垂直探査および比抵抗水平探査の書式

比抵抗垂直探査と比抵抗水平探査の書式は共通点が多いため、同じ形式で扱うものとした。

1) 比抵抗垂直探査（水平探査）データの全体構成

比抵抗垂直探査および比抵抗水平探査のデータを記述するために必要な内容は、調査概要を示す部分と、測定データを示す部分からなる。

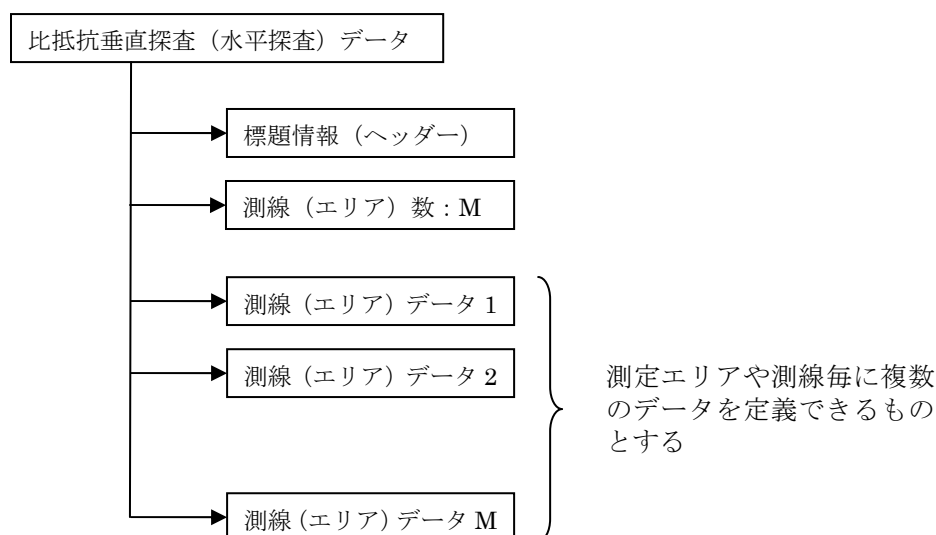


図 1.2.1 比抵抗垂直探査（水平探査）データの概要

a) 標題情報（ヘッダー）

ここでは、探査の概要を記述する。ここで記述される項目は以下のとおりである。なお、これらの項目は、比抵抗二次元（三次元）探査や自然電位法、弾性波探査など他の手法と統一しておくことが望ましい。

- ① 調査件名
- ② 調査期間
- ③ 調査地
- ④ 発注機関名
- ⑤ 実施機関名
- ⑥ 測定担当者
- ⑦ 探査目的
- ⑧ 探査方法（比抵抗垂直探査または比抵抗水平探査であることを示す）
- ⑨ その他

b) データの記述

比抵抗垂直探査のデータを記述するために必要な項目としては以下のものがある。

i) 電極配置の種類

ウェンナー法やエルトラン法、ダイポールダイポール法などいくつかの手法がある（図 1.2.2）。

このうちエルトラン法やダイポールダイポール法は、比抵抗の他に IP の測定にも使われる。

名称	電極配置および見掛け比抵抗表示点	電極配置係数
二極法 (ポール・ポール法)		$2pa$
三極法 (ポール・ダイポール法)		$4pa$
		$2n(n+1)pa$
ウェンナー法		$2pa$
エルトラン法		$6pa$
ダイポール・ダイポール法		$n(n+1)(n+2)pa$
シュランベルジャー法		$\frac{p(L^2 - l^2)}{4l}$ $L = 5l$

C1, C2: 電流電極 ●: 見掛け比抵抗表示点
 P1, P2: 電位電極 a, L, l: 電極間隔
 C8, P8: 遠電極 n: 電極隔離係数

電気探査の代表的電極配置

図 1.2.2 代表的な電極配置

(社団法人物理探査学会編 新版物理探査用語辞典より)

ii) 電極配置に関するパラメータ

電極配置に関するパラメータとしては、電極間隔や電極隔離係数が挙げられる。これは、電極配置の種類によって指定のしかたがやや異なる(表 1.2.1)。ウェンナー法やエルトラン法では1つの電極間隔のみを指定するだけでよいが、シュランベルジャー法では電流電極間隔と電位電極間隔を指定する必要がある。また、ダイポールダイポール法では、電極間隔(電流と電位の電極間隔は同じ)と電極隔離係数を指定する必要がある。

iii) 測定点の位置情報

測定点の位置情報には、見掛け比抵抗表示点(図 1.2.2)の水平座標や測線展開の方向が挙げられ

る。これらは、三次元座標系で指定できることが望ましい。

iv) 測定値

比抵抗の場合は通電した電流量と測定電位，または測定電位を通電電流で割った抵抗値を指定する。抵抗値は，通電電流が 1A（または 1mA）のときの測定電位(V または mV)であるので，測定電位の欄に抵抗値を，通電電流の欄に 1 を記入すればよい。また，通電電流が 0 以下の場合は，測定電位を抵抗値と読み替えてもよい。これら測定データの代わりに，測定データから算出した見掛け比抵抗で指定することも可能にするのが望ましい。

IP 法の測定の場合は，比抵抗のデータに加えて分極率（時間領域 IP）や FE 値（周波数領域 IP）を指定する必要がある。

v) 遠電極位置の情報

2 極法による測定の場合は，上記の情報に加えて電流および電位の遠電極位置を指定する必要がある。遠電極位置は三次元座標で指定できるようにすることが望ましい。

c) 比抵抗垂直探査（水平探査）の測定データの書式

測定データは測線あるいは測定エリア毎に区切って記述する。測線名（測定エリア名）や測定点数を記述するとともに，測定点毎に，複数の電極間隔（測定深度）および測定値をまとめて記述する。比抵抗水平探査では各測定地点に一つの測定値が記述される。

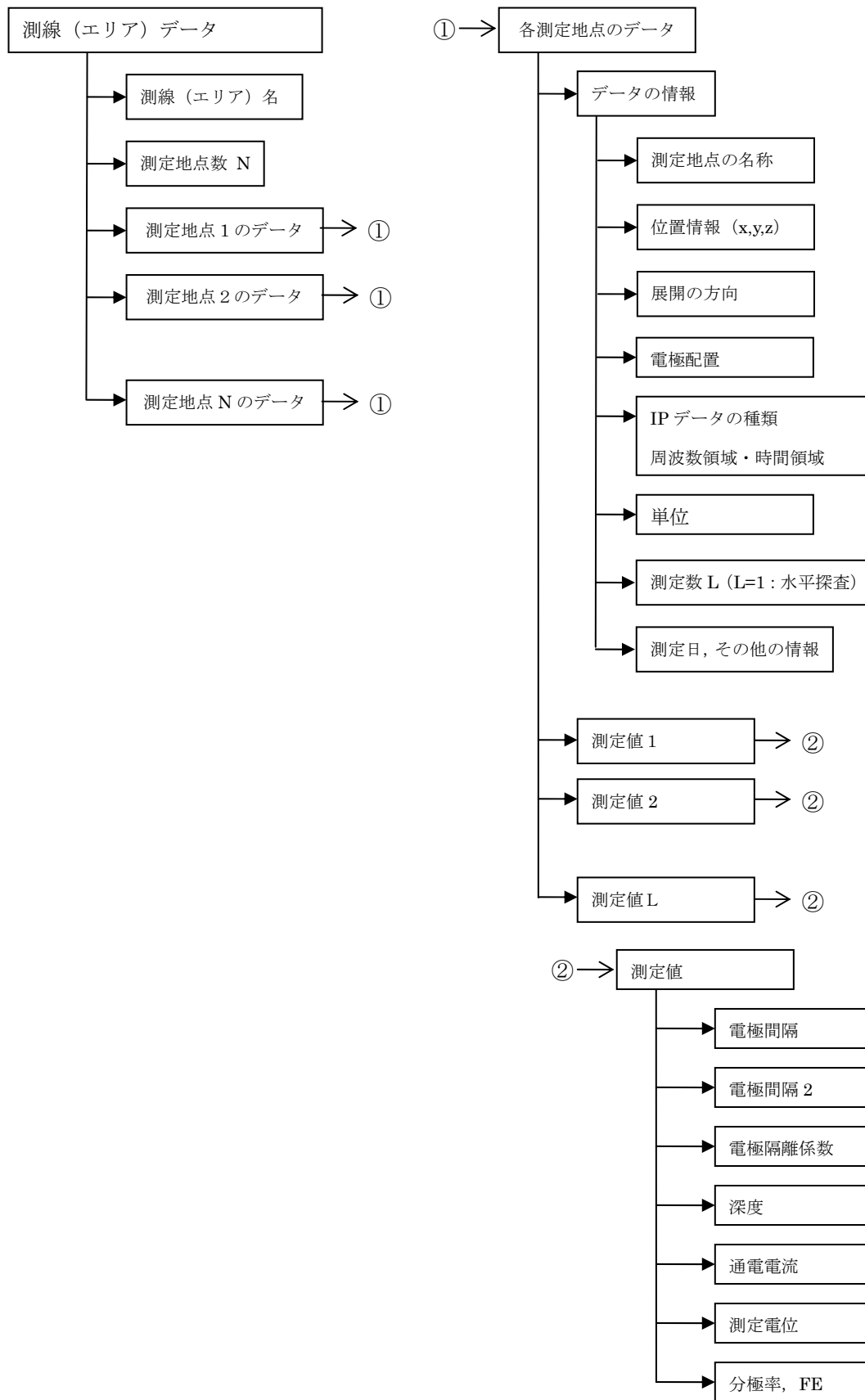


図 1.2.3 比抵抗垂直探査（水平探査）のデータの記述

3) 二次元（三次元）比抵抗探査データの書式

a) 二次元（三次元）比抵抗探査データの全体構成

データは、複数の測線（三次元探査の場合はエリア）を記述できるものとする。したがって、測線概要と測線（エリア）数、それぞれの測線（エリア）のデータから成る（図 1.2.4）。

比抵抗垂直探査や比抵抗水平探査では、見掛け比抵抗表示点の水平座標を使って測定点位置を指定するが、二次元（三次元）比抵抗探査では、電極毎に座標を定義する必要があるため、測線（エリア）データの中に測定点座標を記述する項目を設ける。

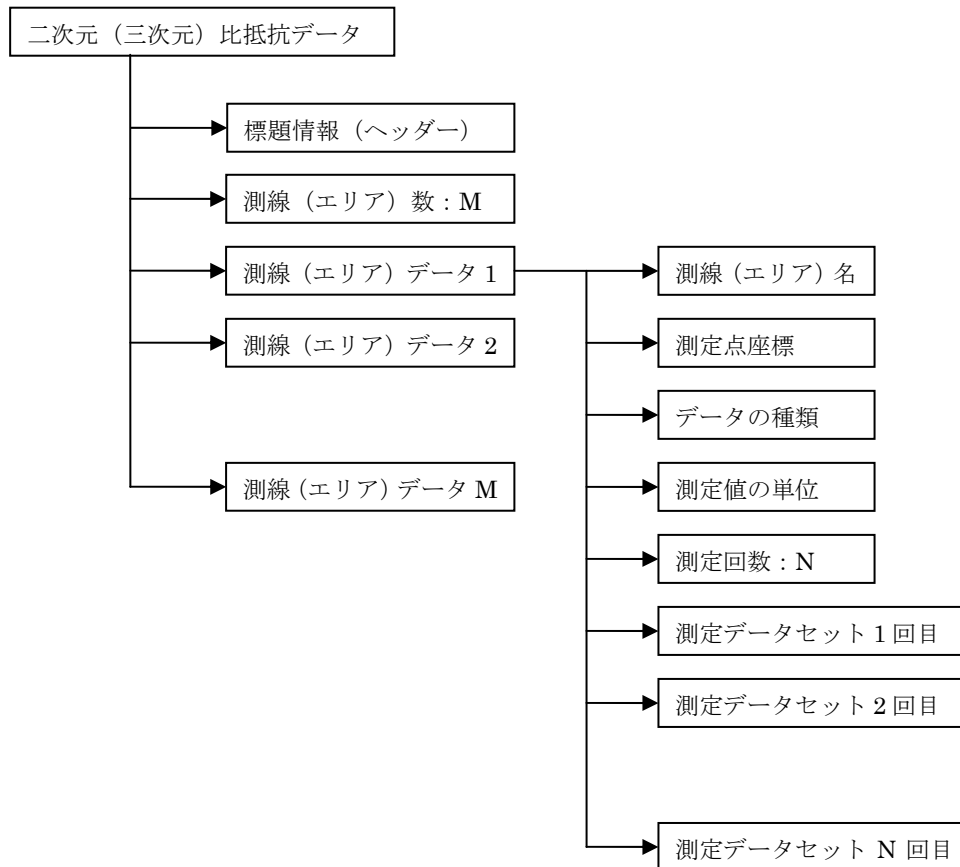


図 1.2.4 二次元（三次元）比抵抗探査データの全体構成

b) 標題情報（ヘッダー）

標題情報の記述内容は比抵抗垂直探査と同じとする。

c) 測定点座標データ

測定点座標データの書式を図 1.2.5 に示す。

測定点座標として記述すべき項目は、測線内のローカル座標（測線方向の X 座標と標高（Z 座標））の他、三次元の実座標である。また、これらの座標系の単位を定義する必要がある。

三次元座標が記述されない場合には、X 座標と Z 座標については二次元座標の値と同じとし、また、Y 座標については 0 とする。これらの、三次元座標は遠電極補正や測線の曲がりの影響を補正するために使われる。したがって、測線が曲がっている場合には、三次元座標の記述は必須である。

また、遠電極についても三次元座標を記述しておく必要がある。

三次元探索データでは、二次元のローカル座標は使わないため、空欄または-999を入れておくものとする。

電極が地表にあるか孔内にあるか、通常の測定電極か遠電極かの区別をするための項目（電極属性）を指定する欄を設けるものとする。

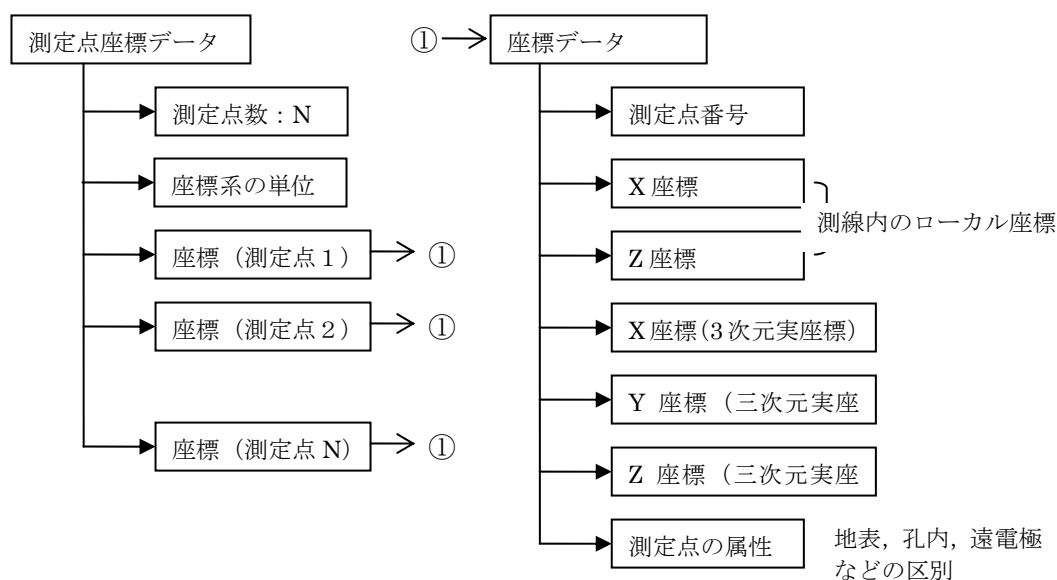


図 1.2.5 測定点座標データの書式

d) 測線（エリア）データの書式

前述のように、測定データは測線（エリア）毎に記述する。測定データに記述される項目は以下のとおりである。

① 測線（エリア）名

二次元の場合は測線名、三次元の場合はエリア名を記述する。

② 測定回数

モニタリングのように同一測線で複数回数、測定することを想定して、複数回数のデータを記述できるようにする。モニタリング測定以外の一般の探索では0または空白を入れておく。

③ 測定値の単位

単位系を指定する。(A,V) または (mA, mV)。

④ データの種類

比抵抗法、時間領域 IP 法、周波数領域 IP 法の区別を指定する。比抵抗探索の場合は空白にしておく。

⑤ 1 回あたりの測定データセットの記述

1 回あたりの測定データセットの書式を図 1.2.6 に示す。

測定番号（何回目の測定かを記述）、測定日時、測定データ数 (M) および M 個の測定値からなる。各測定値は電流電極 (C1,C2) および電位電極 (P1,P2) の番号、通電電流量、測定電

位, IP 測定値からなる. 2 極法の測定では C2,P2 のところを空欄または-1 としておく. また, 3 極法では電位電極 P2 を空白または-1 としておく. また, 通電電流量を 1 とした場合には, 電位 V は抵抗値を意味する.

以上の項目に加えて, シミュレーションによる検討結果を記述できるように, 計算電位の項目を追加した. なお, シミュレーションを実施していない場合には, 空欄としておくものとする.

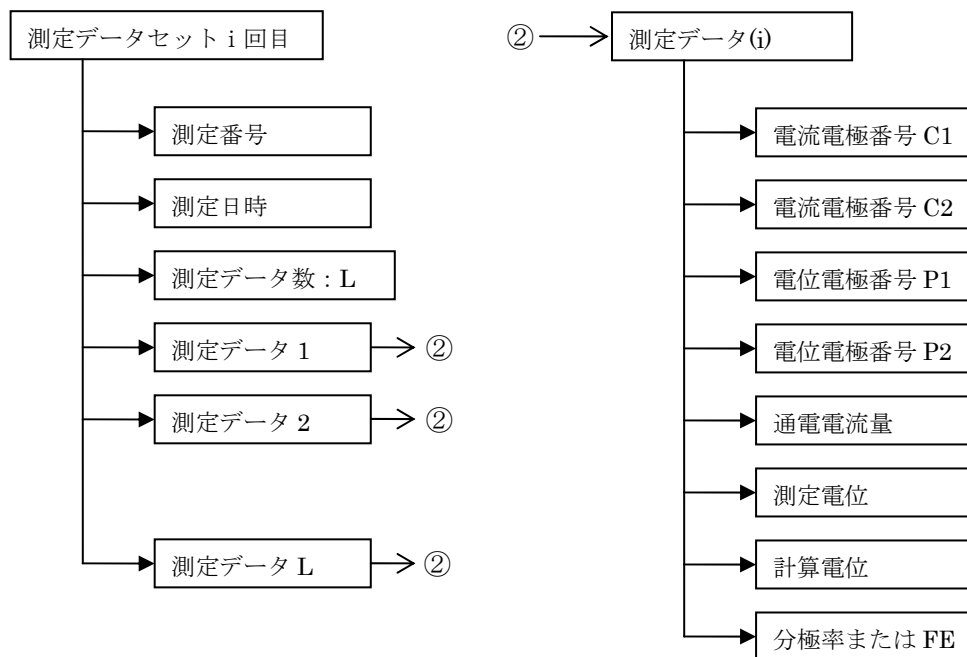


図 1.2.6 二次元 (三次元) 比抵抗探査における 1 回あたりの測定データセットの書式

4) 自然電位法データの書式

自然電位データは, 二次元 (三次元) 比抵抗探査データと同じ書式で扱うことができる. 二次元 (三次元) 比抵抗探査データを使って自然電位法のデータを記述する際には, 以下のように行なう.

① 測線データの下データの種類の記述法

自然電位法であることを明記する

② 電流電極番号の項目取り扱い

自然電位法では通電を行わないため, 電流電極の項目は空欄または-1 とする.

③ 分極率, FE の項目の取り扱い

IP 法の測定値に拘わる項目は空欄または-1 とする.

④ 計算電位

シミュレーションを実施していない場合は, 比抵抗データと同様に空欄にしておくものとする.

1.3 表面波探査により得られた S 波速度断面

1.3.1 概要

表面波を用いた物理探査手法には、人工振源を用いる表面波探査と振源を用いず常時微動を用いる微動アレイ探査がある。本節では、表面波探査と微動アレイ探査の両手法を対象として書式を検討する。表面波探査は一次元探査、もしくはこれを連続した二次元探査、微動アレイ探査は一次元探査として実施される場合が多い。一次元の表面波探査を連続して実施する場合、解析は一次元の波動場理論に基づいて行なうが、その結果は一般的に二次元断面として表示される。したがって以下、本節では一次元の解析を連続して表示させて作成した擬似的な二次元断面を、屈折法地震探査や電気探査と同様に二次元断面として扱う。

以上のように、表面波探査および微動アレイ探査では、これを連続的に実施することにより結果を二次元的に表示することはあるが、その解析は本質的には一次元である。したがって、標準とする書式は一次元と二次元でなるべく共通とする。また、一般に一本の分散曲線から一地点の一次元構造を求める場合が多いため、一本の分散曲線と一点の一次元構造をセットで考える。以下に書式の方針をまとめる。

- 一次元の探査と二次元の探査でなるべく共通とする。
- 一本の分散曲線と一点の一次元速度構造をセットとする。
- 速度構造には S 波速度、P 波速度、密度を記述できるようにする。
- 二次元探査の場合、成果断面は標準書式の「断面」に S 波速度構造を記述するが、これとは別に測定・解析データとして一次元の構造を P 波速度や密度と一緒に記述する。
- 微動アレイ探査では三成分の常時微動測定も一緒に実施する場合が多いため、常時微動測定結果 (H/V) も一緒に記述できるようにする。

1.3.2 書式化の範囲

表面波探査および微動アレイ探査では、測定から解析、成果品まで様々なデータが存在する。主なデータや成果品は下記のようにまとめられる。

表 1.3.1 表面波探査および微動アレイ探査におけるデータ

	表面波探査	微動アレイ探査
生データ	測定波形データ 測点・測線位置データ	
基本データ	クロスコリレーション 分散曲線	空間自己相関関数 分散曲線 スペクトル H/V
解析中間データ	初期モデル	初期モデル
解析結果データ	一次元 S 波速度構造 二次元 S 波速度構造	一次元 S 波速度構造
解析評価データ	理論分散曲線	理論分散曲線 理論 H/V

この中で標準書式として登録するのは下記のとおりとする。

表 1.3.2 表面波探査および微動アレイ探査において標準書式化するデータ

		表面波探査	微動アレイ探査	補足
生データ	測定波形データ			今後の検討項目
	測点・測線位置データ	○	○	標題情報に記述
基本データ	クロスコリレーションもしくは空間自己相関関数			今後の検討項目
	分散曲線	○	○	高次モードの扱いは今後検討する。
	スペクトル, H/V		△	必要に応じて記述
解析中間データ	初期モデル			今後の検討項目
解析結果データ	一次元 S 波速度構造		○	
	二次元 S 波速度構造	○		二次元の場合は一次元構造の連続として記述
解析評価データ	理論分散曲線	○	○	
	理論 H/V		△	観測 H/V を記述している場合

1.3.3 データの構造

1) 全体構成

図 1.3.1 に表面波探査および微動アレイ探査の全体構成を示す。XML ファイルでは、同一のファイル中では同じタグ名は別の場所に用いることができないため、接頭詞をつけるかネームスペースを用いる必要があるが、本節ではこのような他の手法との名前の重複は考慮していない。二次元探査の場合は、1.1 節に示した測線エレメント中に、標題情報や断面を記述する。一次元探査の場合は、二次元探査の「測線」エレメントに相当する「測点」エレメントを設けて、この中に標題情報

や測定データ，解析結果を記述する。

一次元の表面波探査や微動アレイ探査は，「測点」エレメント中に一つの地点ごとに一つの「一次元表面波探査測定解析データ」エレメントを設け，この中に測定データや解析結果を記述する。

二次元表面波探査の解析結果は，1.1 節に示した「断面」エレメント中の「節点定義」や「要素定義」に S 波速度構造を記述する。この S 波速度断面とは別に，分散曲線や P 波速度や密度などを含む一次元構造は「一次元表面波探査測定解析データ」エレメントとして，「二次元表面波探査測定解析」エレメント中に記述する。したがって，「二次元表面波探査測定解析」エレメントは複数の「一次元表面波探査測定解析データ」エレメントから構成される。

2) 探査管理データ

図 1.3.2 には，表面波探査用の「探査管理データ」エレメントを示す。1.1 節に示した「探査管理データ」に受振点の配置や受振器の固有周波数など，表面波を用いた探査では必ず必要な情報を追記する。

3) 二次元表面波探査

図 1.3.3 に二次元表面波探査の測定・解析データのデータ構造を示す。上記のように「二次元表面波探査測定解析」エレメントは複数の「一次元表面波探査測定解析データ」エレメントから構成される。「二次元表面波探査測定解析」エレメントには，一次元のエレメント数，測定点間隔などを記述する。

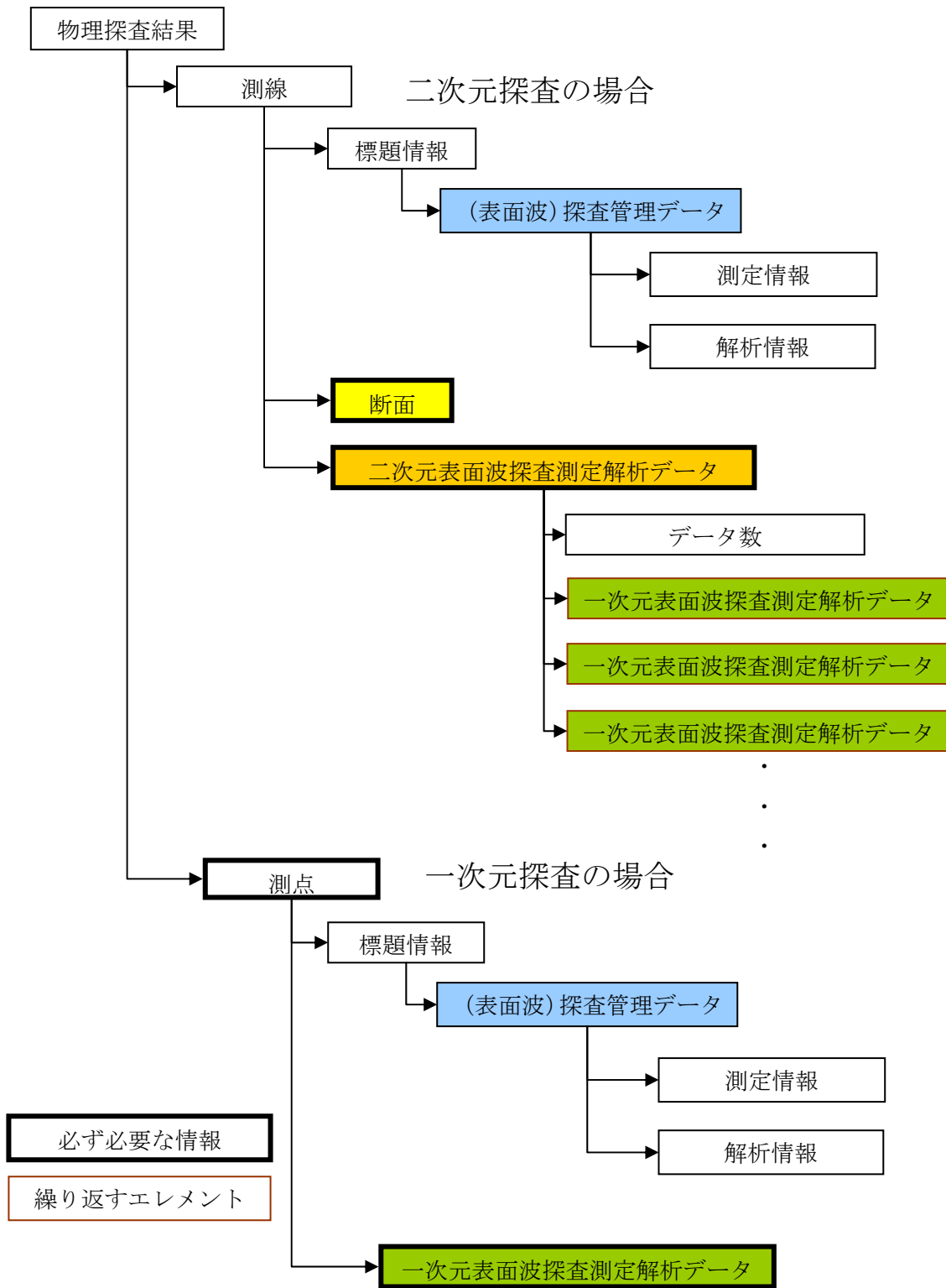


図 1.3.1 表面波探査および微動アレイ探査結果の記述位置

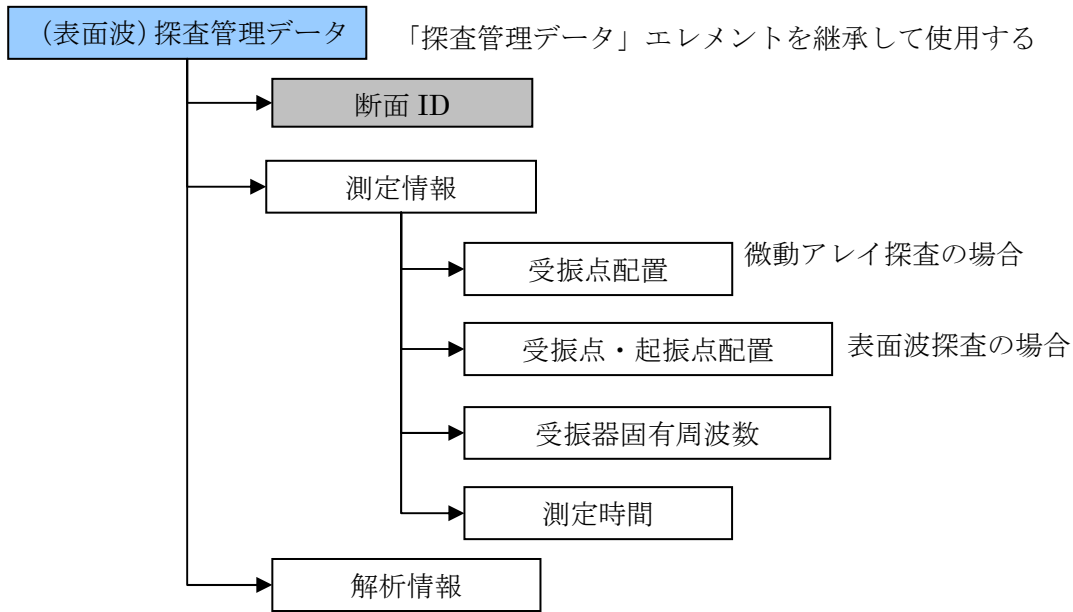


図 1.3.2 表面波探索管理データの基本的なデータ構造
 (「探索管理データ」を継承する)

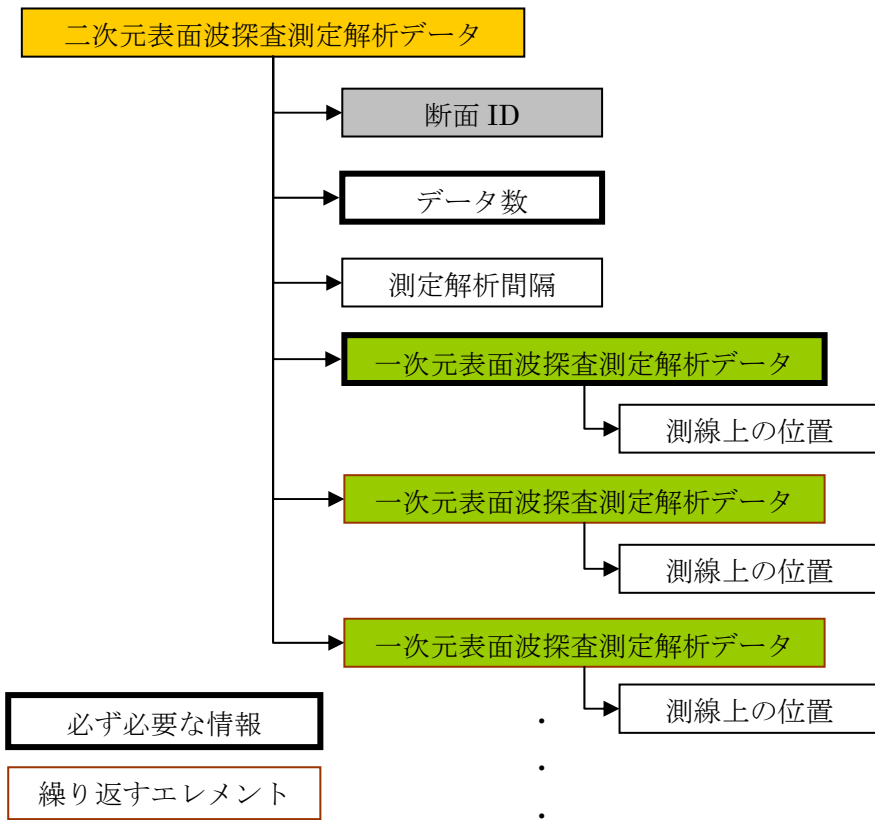


図 1.3.3 二次元表面波探索の測定解析データのデータ構造

4) 一次元表面波探査

図 1.3.4 に一次元表面波探査の測定・解析データのデータ構造を示す。前述のように一次元表面波探査の測定・解析データは、二次元の測定・解析データを構成する要素となる。測定・解析データは主に「分散曲線」「H/V」「一次元速度構造」の三つのエレメントに分けて記述する。

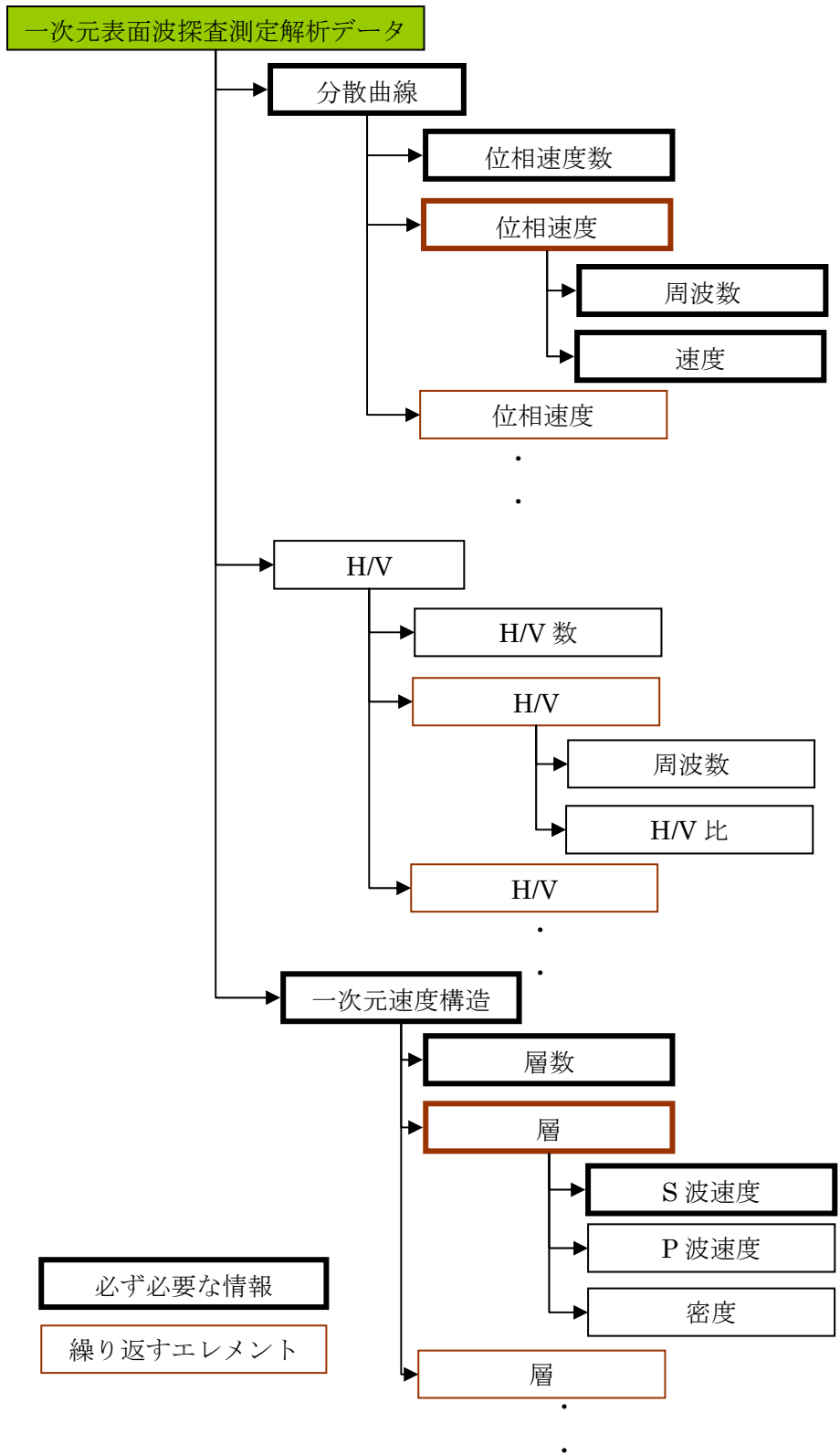


図 1.3.4 一次元表面波探査の測定解析データのデータ構造

1.4 屈折法地震探査により得られた P 波（S 波）速度断面

1.4.1 概要

屈折法地震探査の成果は速度構造断面図として提供され、速度構造断面図は 1.1 に示した二次元断面に関する書式でデータベース化されるものとする。しかし、速度構造断面図は、屈折法地震探査の最終成果であり、現場測定データからデータ処理、解析によって得られたものである。屈折法地震探査結果を有効利用、高度利用するためには、解析への入力となった基本データ、解析過程などを含めて標準化した上でデータベース化することが重要である。本節では、屈折法地震探査に関する電子ファイルの標準的な書式案を提案する。書式化の設計は、以下に示す方針に行なうものとする。

- 二次元断面に関する書式に整合する書式とする。
- 屈折法弾性波探査の様々な実施形態、解析手法に対応できる書式とする。
- 既往の図面における一般的な成果品を包含できる書式とする。
- 同一測線において、同一仕様の探査が複数回実施された場合にも対応できる書式とする。
- 三次元化に容易に対応できる書式とする。
- 屈折法弾性波探査に関する管理情報データ部と、測定・解析データ部を分離したデータ構造とし、管理情報データ部から容易に対応する二次元断面と測定・解析データを参照できる構造とする。

二次元断面データから、地盤の物性値の抽出は可能であるが、さらに測定・解析データを付加することで、二次元断面データの品質の評価、再解析が可能となる。このことにより、探査成果の品質管理と信頼性向上に資することができるかと期待される。

1.4.2 書式化の範囲

1) 対象とする探査手法・解析手法

現在、主に土木建設分野で実施されている屈折法地震探査においては、地表測点（起振点、受振点）の測定結果から走時図を作成し、それにハギトリ法解析（層構造解析）あるいはトモグラフィ法解析を適用して速度構造断面を得ている。最近では、ボーリング孔や坑道を利用して、地中測点における測定を加えた複合解析が実施されることもある。一方、実施数は少ないが、孔間弾性波トモグラフィも存在する。ここでは、それらを含めて標準書式化の対象とする。また、同じく実施数は少ないが、地表における屈折法地震探査と同じ原理で実施される海上屈折法についても、標準書式化の対象とする。表 1.4.1 に対象とする測定方法と解析手法の組み合わせを示す。

なお、ハギトリ法解析には、ハギトリ法解析を拡張した解析手法を含めるものとする。

表 1.4.1 対象とする探査手法と解析手法の組み合わせ

	測点の位置		解析手法	
	地表測点	地中測点	ハギトリ法	トモグラフィ法
屈折法地震探査	○		○	○
	○	○		○

孔間弾性波トモグラフィ		○		○
	○	○		○

2) 登録断面について

表 1.4.1 に示したように、屈折法地震探査では、解析原理の異なる 2 つの解析手法が使用されており、同一の探査データに対して両法の解析手法による速度構造断面を成果として提供する事例もありうる。この場合、成果とした複数の断面を記述し、断面数に対応した管理情報データを記述するものとする。一方、測定・解析データ部を共用できる場合、その部分の記述は一度でよいものとする（断面数の登録を行なってもよい）。

3) 書式化するデータの範囲

屈折法地震探査では、測定段階から最終成果まで様々なデータが存在する。また、そのデータも解析手法に依らず共通するものと、解析手法固有のものがある。表 1.4.2 は、屈折法地震探査における代表的なデータを整理したものである。なお、孔間トモグラフィは、屈折法地震探査トモグラフィ法に含まれるものとする。

表 1.4.2 屈折法地震探査におけるデータ

	ハギトリ法	トモグラフィ法
生データ	測定波形データ 測点位置データ	
基本データ	読み取り走時（走時図）	
解析中間データ	T'曲線 深度走時データなど	解析メッシュ 繰り返し計算ごとの解析結果
解析結果データ	速度構造断面図	
解析評価データ	パス計算結果（波線経路） 理論走時	パス計算結果（波線経路） 理論走時 収束過程，解析誤差分布など

現状において、ハギトリ法解析では、T'曲線を含めた走時図と速度構造断面図が主たる成果品となっており、トモグラフィ法解析では、理論走時を含めた走時図と速度構造断面図が主たる成果品となっている。このほか、収束過程を示したグラフや波線経路図が成果として加えられていることがある。

書式化に際しては、現状の主たる成果に加えて、探査解析結果の品質を評価できるデータを含めることができるようにする。また、解析手法に対応して登録するデータを区分する。表 1.4.3 は、登録するデータ区分を示したものである。区分において登録を任意とする項目は、現状で手計算が残っていることに対応した処置であるが、プログラムによる解析を実施した場合は、必須項目とする。

一方、測定波形データについては、標準書式化、登録することが望ましいが、波形データの書式やデータ形式、ファイル容量など検討を必要とする。したがって、今後の検討項目とし、本提案に

は含めない。

表 1.4.3 書式化の対象と登録データの区分

		ハギトリ 法	トモグラ フィ法	補 足
生データ	測定波形データ			今後の検討項目
	測点位置	○	○	共通データ
基本データ	測定走時	○	○	共通データ
解析中間データ	T'曲線	○		
	解析メッシュ		○	トモグラフィ法では、解析に用いたメッシュと断面データにおけるメッシュを一致させる。これにより解析メッシュの登録の代用する。
解析結果データ	速度構造断面	○	○	断面データとして登録
解析評価データ	理論走時	△	○	プログラム解析の場合は必須。 手計算の場合、実施したデータのみ登録。遠隔走時は除外。
	波線経路	△	○	

○：必須，△：任意

1.4.3 屈折法地震探査データの全体構造

屈折法地震探査のデータは、屈折法地震探査管理データ、二次元断面データ、屈折法地震探査測定解析データの3つのデータ群から構成される。全体のデータ構造における屈折法地震探査データの位置づけを図 1.4.1 に示す。二次元断面データは、各探査手法共通の書式であり、1.1 節に示したとおりである。

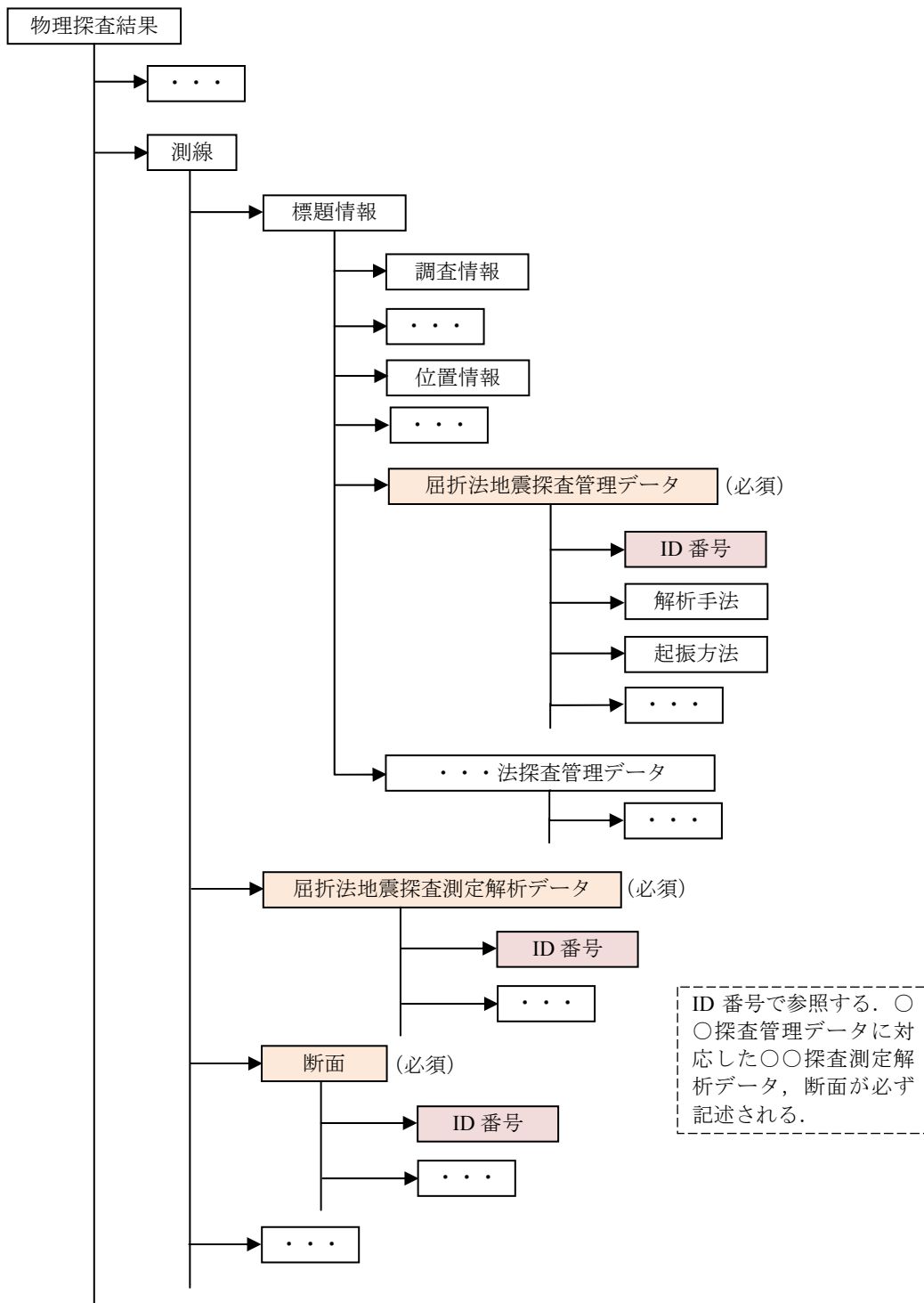


図 1.4.1 屈折法地震探査データの位置

1.4.4 屈折法地震探査管理データの構造

管理データは、探査実施日や解析手法などを記述したデータ群であり、図 1.4.2 に記述項目と構造を示す。管理 ID 番号は、屈折法地震探査測定解析データおよび二次元断面データとの対応を示す番号であり、解析結果断面と解析に使用したデータを対応づけるものとなっている。

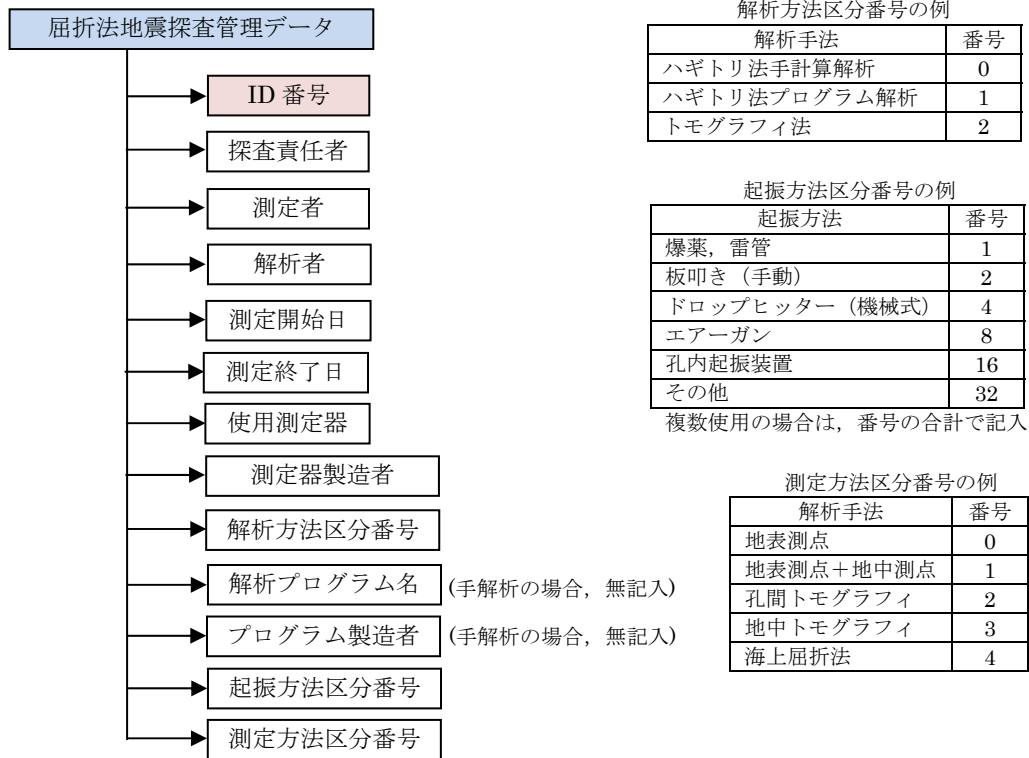


図 1.4.2 屈折法地震探査管理データの記述項目

1.4.5 屈折法地震探査測定解析データの構造

屈折法地震探査測定解析データは、管理 ID 番号、①測定解析基本データ、②測点データ、③走時データ、④T'曲線データ、⑤波線経路データから構成される。図 1.4.3 にデータの構造を示す。以下、各データ群の概要を示す。

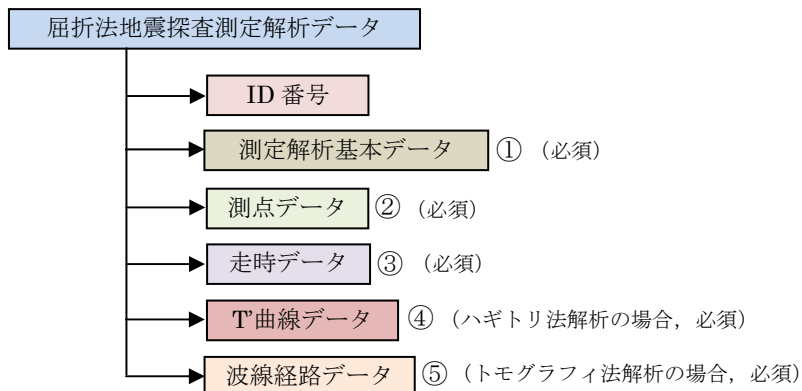


図 1.4.3 屈折法地震探査測定解析データの構造

1) 測定解析基本データ

測定解析データの概要を示すデータ群であり、記述項目を図 1.4.4 に示す。測定解析基本データにより、測定解析内容の概要を把握することが可能である。データ項目は二次元断面と重複する項目も含まれているが、屈折法地震探査測定解析データ群内での処理が完結することを考慮して、重

複記入としている。

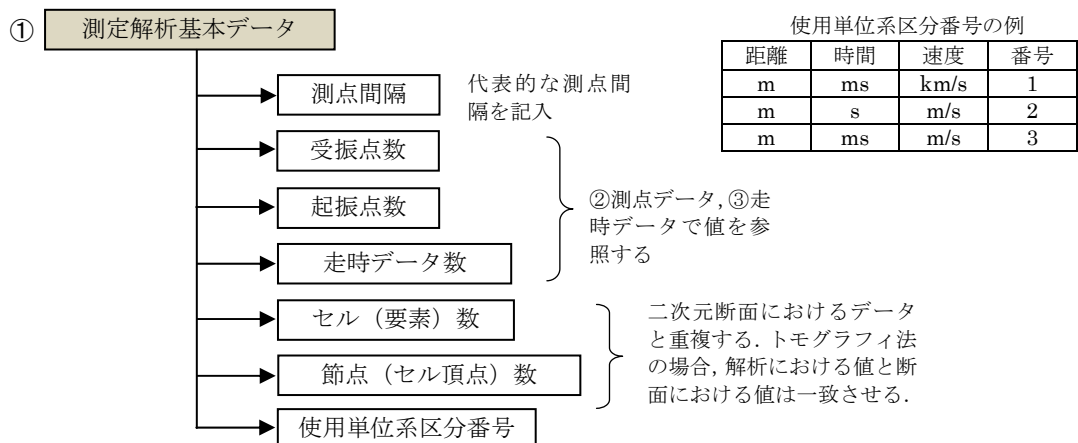


図 1.4.4 測定解析基本データの構造

2) 測点データ

測点データは、受振点および起振点の座標などを記述したデータ群であり、①測定解析基本データで記述した受振点数と起振点数を加えたデータ数組の記述を行なう。図 1.4.5 に測点データの構造を示す。

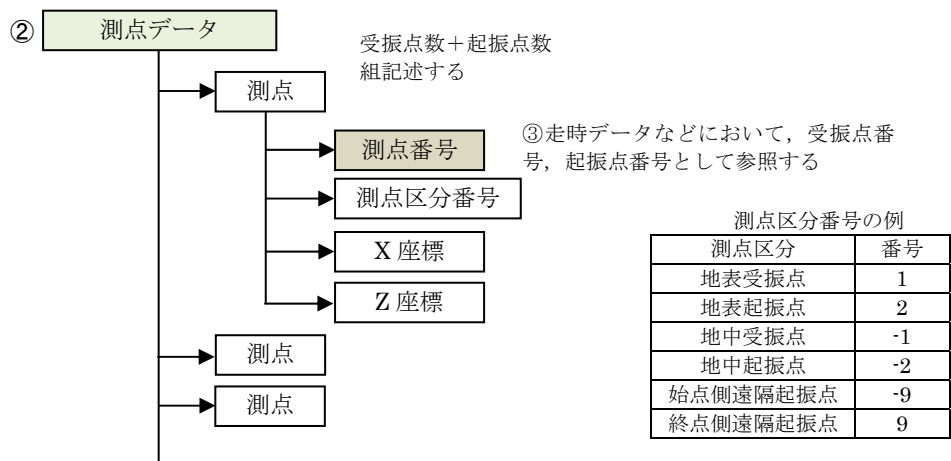


図 1.4.5 測点データの構造

3) 走時データ

走時データは、起振点と受振点の組み合わせと走時を記述するデータ群であり、②測点データと③走時データを組み合わせることにより、走時図の作成が可能である。図 1.4.6 に走時データの構造を示す。なお、走時は、表 1.4.4 に示す基準に従って記述するものとする。

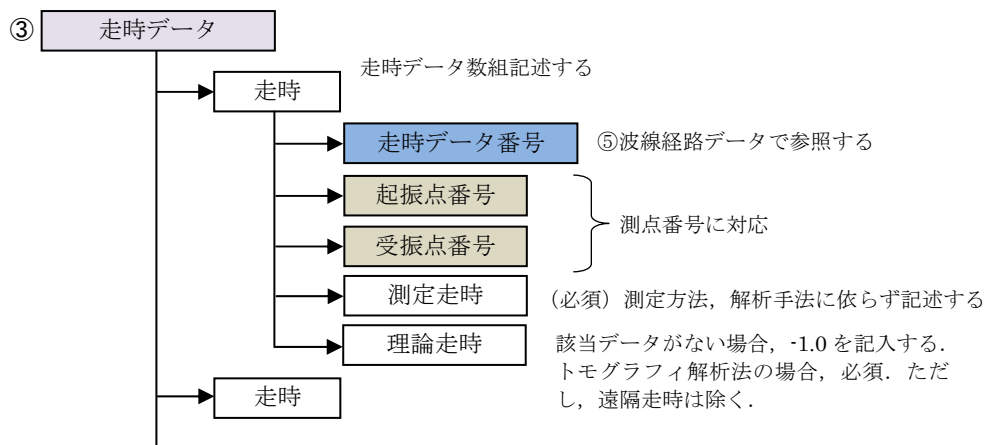


図 1.4.6 走時データの構造 (案)

表 1.4.4 走時データの記入基準 (案)

解析手法	測定走時	理論走時
ハギトリ法手計算解析	全データ	パス計算を行ったデータ
ハギトリ法プログラム解析	全データ	全データ (遠隔走時は除く)
トモグラフィ法	全データ	全データ (遠隔走時は除く)

4) T'曲線データ

T'曲線データは、ハギトリ法解析における基本的な解析中間データとして記述を行なうものとする。走時図に重ね合わせて利用することを想定したデータ構造とし、T'曲線を折れ線として記述する。図 1.4.7 に T'曲線の記述概念を、図 1.4.8 に T'曲線データの構造を示す。

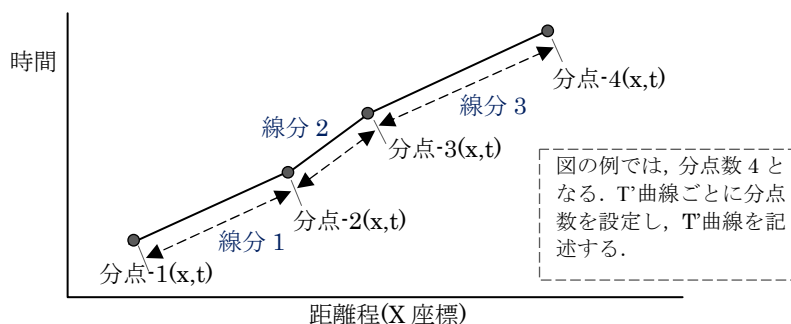


図 1.4.7 T'曲線の記述概念

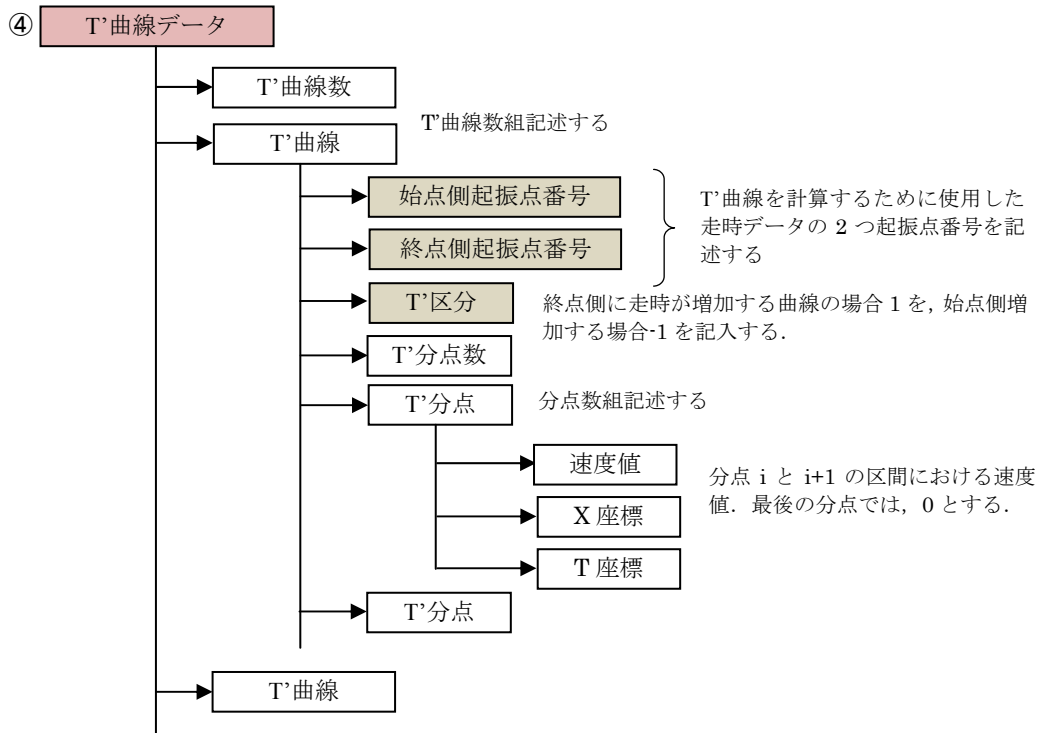


図 1.4.8 T'曲線データの構造 (案)

5) 波線経路データ

波線経路データは、③走時データにおいて記述した理論走時と対をなすデータであり、起振点から受振点へ至る波線の経路（パス）を記述するものである。速度構造断面図（二次元断面）に重ね合わせて利用することを想定したデータ構造とし、波線経路は折れ線で記述する。図 1.4.9 に波線経路の記述概念を、図 1.4.10 に波線経路データの構造を示す。

波線経路データの記入基準は、表 1.4.4 に示した理論走時の記入基準に従うものとする。トモグラフィ法解析においては、解析過程において波線経路は計算されており、データの記入は必須とする。ただし、遠隔起振による波線経路は除外してよい。

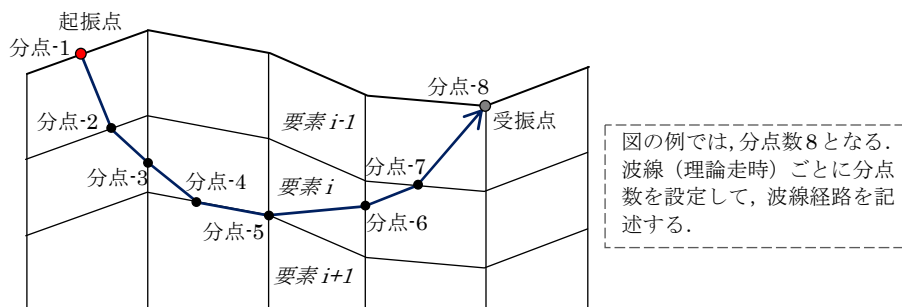


図 1.4.9 波線経路の記述概念

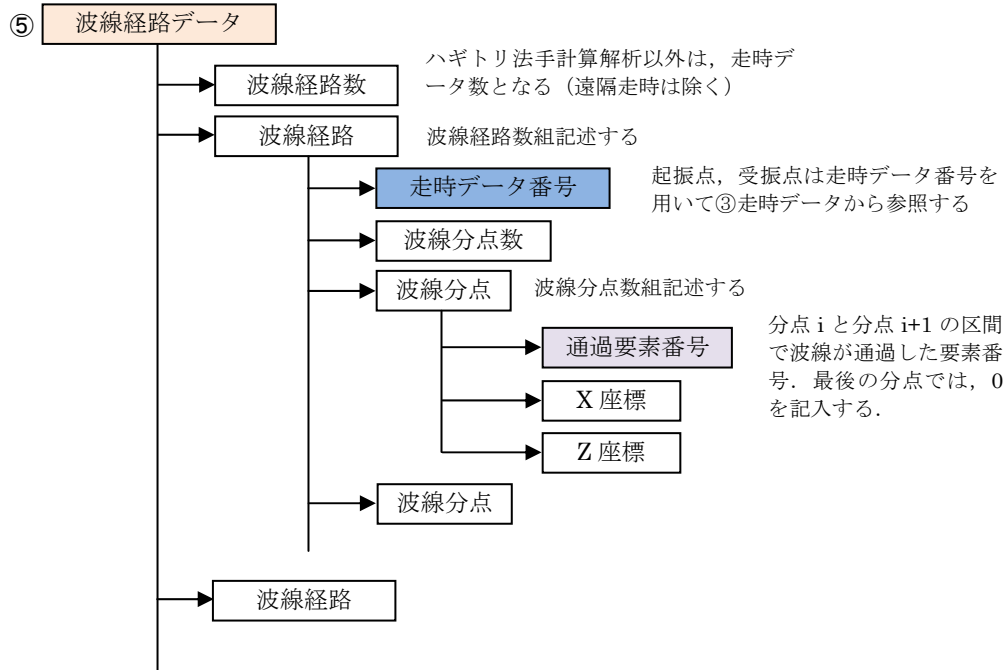


図 1.4.10 波線経路データの構造

1.4.6 データ群の相互関係

1.4.4 および 1.4.5 で示した各データ群の相互関係を明確にするため、屈折法地震探査の成果として利用される各種図面などを作成するために必要なデータ群を表 1.4.5 に示す。

表 1.4.5 作図に必要なデータ群

作 図 データ利用	測 線						
	標題情報	断 面	屈折法地震探査測定解析データ				
	屈折法 地震探査 管理データ		測定解 析基本 データ	測 点 データ	走 時 データ	T'曲線 データ	波線経 データ
地形断面，測点配置図	○	○	○	○			
速度構造断面図	○	○					
ハギトリ法走時図	○		○	○	○	○	
トモグラフィ法走時図	○		○	○	○		
トモグラフィ法波線図	○	○	○	△	△		○
測定，理論走時の誤差	○		○		○		

○：使用， △：関連データを参照せずに作図のみの場合は不要

1.4.7 XML ファイルタグ名一覧

1.4.4 および 1.4.5 に示した屈折法地震探査のデータ構造における日本語タグ名の一覧を、データ群ごとに示す。なお、下線を記入したタグ名は、該当データ群の親となるタグ名である。また、()

内は、1.4.4 および 1.4.5 において、説明で用いた用語である。

1) 屈折法地震探査管理データ

物理探査結果

測線

標題情報

屈折地震_管理 (屈折法地震探査管理データ)

屈折地震_識別番号 (ID 番号)

屈折地震_責任者 (探査責任者)

屈折地震_測定者 (測定者)

屈折地震_解析者 (解析者)

屈折地震_測定開始年月日 (測定開始日)

屈折地震_測定終了年月日 (測定終了日)

屈折地震_測定器 (使用測定器)

屈折地震_測定器製造者 (測定器製造者)

屈折地震_解析方法番号 (解析方法区分番号)

屈折地震_プログラム (解析プログラム名)

屈折地震_プログラム製造者 (プログラム製造者)

屈折地震_起振区分番号 (起振方法区分番号)

屈折地震_測定区分番号 (測定方法区分番号)

2) 屈折法地震探査測定解析データ

物理探査結果

測線

屈折地震_測定解析 (屈折法地震探査測定解析データ)

屈折地震_測定解析識別番号 (ID 番号)

屈折地震_測定解析基本 (測定解析基本データ)

屈折地震_測点間隔 (測点間隔)

屈折地震_受振点数 (受振点数)

屈折地震_起振点数 (起振点数)

屈折地震_走時数 (走時データ数)

屈折地震_要素数 (セル (要素) 数)

屈折地震_節点数 (節点 (セル頂点) 数)

屈折地震_単位区分番号 (使用単位系区分番号)

屈折地震_測点位置 (測点データ)

屈折地震_測点 (測点)

屈折地震_測点番号 (測点番号)

屈折地震_測点区分番号 (測点区分番号)

屈折地震_測点 X 座標 (X 座標)

屈折地震_測点 Z 座標 (Z 座標)
 屈折地震_走時図 (走時データ)
 屈折地震_走時 (走時)
 屈折地震_走時番号 (走時データ番号)
 屈折地震_起振点番号 (起振点番号)
 屈折地震_受振点番号 (受振点番号)
 屈折地震_測定走時 (測定走時)
 屈折地震_理論走時 (理論走時)
 屈折地震_速度走時 (T 曲線データ)
 屈折地震_T 曲線数 (T 曲線数)
 屈折地震_T 曲線 (T 曲線)
 屈折地震_始点起振点番号 (始点側起振点番号)
 屈折地震_終点起振点番号 (終点側起振点番号)
 屈折地震_T 曲線区分 (T 区分)
 屈折地震_T 分点数 (T 分点数)
 屈折地震_T 分点 (T 分点)
 屈折地震_T 線速度 (速度値)
 屈折地震_T 線 X 座標 (X 座標)
 屈折地震_T 線 T 座標 (T 座標)
 屈折地震_走時波線経路 (波線経路データ)
 屈折地震_波線経路数 (波線経路数)
 屈折地震_波線経路 (波線経路)
 屈折地震_波線走時番号 (走時データ番号)
 屈折地震_波線分点数 (波線分点数)
 屈折地震_波線分点 (波線分点)
 屈折地震_通過要素番号 (通過要素番号)
 屈折地震_波線 X 座標 (X 座標)
 屈折地震_波線 Z 座標 (Z 座標)

1.4.8 文書型定義ファイル

日本語タグを用いた DTD ファイルと XML スキーマの例を下記に示す.

1) DTD ファイルの例

```

<!-- ***** -->
<!--   ダミー   -->
<!-- ***** -->
<!ELEMENT 物理探査結果 ( 測線数, 測線* ) >
<!ELEMENT 測線数 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 測線 ( 標題情報, 屈折地震_測定解析* ) >
<!ELEMENT 標題情報 ( 屈折地震_管理* ) >
<!-- ***** -->
  
```

```

<!-- ***** -->
<!-- 屈折地震_管理 (屈折法地震探査管理データ) -->
<!-- ***** -->
<!ELEMENT 屈折地震_管理 ( 屈折地震_識別番号,
    屈折地震_責任者, 屈折地震_測定者, 屈折地震_解析者,
    屈折地震_測定開始年月日, 屈折地震_測定終了年月日,
    屈折地震_測定器, 屈折地震_測定器製造者,
    屈折地震_解析方法番号,
    屈折地震_プログラム, 屈折地震_プログラム製造者,
    屈折地震_起振区分番号, 屈折地震_測定区分番号
)>
<!ELEMENT 屈折地震_識別番号 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_責任者 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_測定者 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_解析者 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_測定開始年月日 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_測定終了年月日 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_測定器 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_測定器製造者 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_解析方法番号 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_プログラム (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_プログラム製造者 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_起振区分番号 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_測定区分番号 (#PCDATA) >
<!-- ***** -->

<!-- ***** -->
<!-- 屈折地震_測定解析 (屈折法地震探査測定解析データ) -->
<!-- ***** -->
<!ELEMENT 屈折地震_測定解析 ( 屈折地震_測定解析識別番号,
    屈折地震_測定解析基本,
    屈折地震_測点位置,
    屈折地震_走時図,
    屈折地震_速度走時,
    屈折地震_走時波線経路
)>
<!ELEMENT 屈折地震_測定解析識別番号 (#PCDATA) >

<!-- ***** -->
<!-- 屈折地震_測定解析基本 (測定解析基本データ) -->
<!-- ***** -->
<!ELEMENT 屈折地震_測定解析基本 ( 屈折地震_測点間隔,
    屈折地震_受振点数, 屈折地震_起振点数,
    屈折地震_走時数,
    屈折地震_要素数, 屈折地震_節点数,
    屈折地震_単位区分番号
)>
<!ELEMENT 屈折地震_測点間隔 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_受振点数 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_起振点数 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_走時数 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_要素数 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_節点数 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_単位区分番号 (#PCDATA) >

<!-- ***** -->
<!-- 屈折地震_測点位置 (測点データ) -->
<!-- ***** -->
<!ELEMENT 屈折地震_測点位置 ( 屈折地震_測点* ) >
<!ELEMENT 屈折地震_測点 ( 屈折地震_測点番号, 屈折地震_測点区分番号,
    屈折地震_測点X座標, 屈折地震_測点Z座標
)>
<!ELEMENT 屈折地震_測点番号 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_測点区分番号 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_測点X座標 (#PCDATA) >
<!ELEMENT 屈折地震_測点Z座標 (#PCDATA) >

<!-- ***** -->

```

```

<!-- 屈折地震_走時図 (走時データ) -->
<!-- ***** -->
<!ELEMENT 屈折地震_走時図 ( 屈折地震_走時* ) >
  <!ELEMENT 屈折地震_走時 ( 屈折地震_走時番号,
    屈折地震_起振点番号, 屈折地震_受振点番号,
    屈折地震_測定走時, 屈折地震_理論走時
  ) >
    <!ELEMENT 屈折地震_走時番号 (#PCDATA) >
    <!ELEMENT 屈折地震_起振点番号 (#PCDATA) >
    <!ELEMENT 屈折地震_受振点番号 (#PCDATA) >
    <!ELEMENT 屈折地震_測定走時 (#PCDATA) >
    <!ELEMENT 屈折地震_理論走時 (#PCDATA) >

<!-- ***** -->
<!-- 屈折地震_速度走時 (T' 曲線データ) -->
<!-- ***** -->
<!ELEMENT 屈折地震_速度走時 ( 屈折地震_T曲線数, 屈折地震_T曲線* ) >
  <!ELEMENT 屈折地震_T曲線数 (#PCDATA) >
  <!ELEMENT 屈折地震_T曲線 ( 屈折地震_始点起振点番号, 屈折地震_終点起振点番号,
    屈折地震_T分点数, 屈折地震_T分点*
  ) >
    <!ELEMENT 屈折地震_始点起振点番号 (#PCDATA) >
    <!ELEMENT 屈折地震_終点起振点番号 (#PCDATA) >
    <!ELEMENT 屈折地震_T曲線区分 (#PCDATA) >
    <!ELEMENT 屈折地震_T分点数 (#PCDATA) >
    <!ELEMENT 屈折地震_T分点 ( 屈折地震_T線速度,
      屈折地震_T線X座標, 屈折地震_T線T座標
    ) >
      <!ELEMENT 屈折地震_T線速度 (#PCDATA) >
      <!ELEMENT 屈折地震_T線X座標 (#PCDATA) >
      <!ELEMENT 屈折地震_T線T座標 (#PCDATA) >

<!-- ***** -->
<!-- 屈折地震_走時波線経路 (波線経路データ) -->
<!-- ***** -->
<!ELEMENT 屈折地震_走時波線経路 ( 屈折地震_波線経路数, 屈折地震_波線経路*
  ) >
  <!ELEMENT 屈折地震_波線経路数 (#PCDATA) >
  <!ELEMENT 屈折地震_波線経路 ( 屈折地震_波線走時番号,
    屈折地震_波線分点数, 屈折地震_波線分点*
  ) >
    <!ELEMENT 屈折地震_波線走時番号 (#PCDATA) >
    <!ELEMENT 屈折地震_波線分点数 (#PCDATA) >
    <!ELEMENT 屈折地震_波線分点 ( 屈折地震_通過要素番号,
      屈折地震_波線X座標, 屈折地震_波線Z座標
    ) >
      <!ELEMENT 屈折地震_通過要素番号 (#PCDATA) >
      <!ELEMENT 屈折地震_波線X座標 (#PCDATA) >
      <!ELEMENT 屈折地震_波線Z座標 (#PCDATA) >
<!-- ***** -->

```

2) XML スキーマ

```

<?xml version="1.0" encoding="shift_jis"?>
<xs:schema elementFormDefault="qualified" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xs:element name="物理探査結果">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element ref="測線数" />
        <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="測線" />
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
  <xs:element name="測線数" type="xs:unsignedShort" />

```



```

<xs:element name="測線">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="標題情報" />
      <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="屈折地震_測定解析" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="標題情報">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="屈折地震_管理" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_管理">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="屈折地震_識別番号" />
      <xs:element ref="屈折地震_責任者" />
      <xs:element ref="屈折地震_測定者" />
      <xs:element ref="屈折地震_解析者" />
      <xs:element ref="屈折地震_測定開始年月日" />
      <xs:element ref="屈折地震_測定終了年月日" />
      <xs:element ref="屈折地震_測定器" />
      <xs:element ref="屈折地震_測定器製造者" />
      <xs:element ref="屈折地震_解析方法番号" />
      <xs:element ref="屈折地震_プログラム" />
      <xs:element ref="屈折地震_プログラム製造者" />
      <xs:element ref="屈折地震_起振区分番号" />
      <xs:element ref="屈折地震_測定区分番号" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_識別番号" type="xs:unsignedShort" />
<xs:element name="屈折地震_責任者" type="xs:string" />
<xs:element name="屈折地震_測定者" type="xs:string" />
<xs:element name="屈折地震_解析者" type="xs:string" />
<xs:element name="屈折地震_測定開始年月日" type="xs:date" />
<xs:element name="屈折地震_測定終了年月日" type="xs:date" />
<xs:element name="屈折地震_測定器" type="xs:string" />
<xs:element name="屈折地震_測定器製造者" type="xs:string" />
<xs:element name="屈折地震_解析方法番号" type="xs:unsignedShort" />
<xs:element name="屈折地震_プログラム" type="xs:string" />
<xs:element name="屈折地震_プログラム製造者" type="xs:string" />
<xs:element name="屈折地震_起振区分番号" type="xs:unsignedShort" />
<xs:element name="屈折地震_測定区分番号" type="xs:unsignedShort" />
<xs:element name="屈折地震_測定解析">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="屈折地震_測定解析識別番号" />
      <xs:element ref="屈折地震_測定解析基本" />
      <xs:element ref="屈折地震_測点位置" />
      <xs:element ref="屈折地震_走時図" />
      <xs:element ref="屈折地震_速度走時" />
      <xs:element ref="屈折地震_走時波線経路" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_測定解析識別番号" type="xs:unsignedShort" />
<xs:element name="屈折地震_測定解析基本">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="屈折地震_測点間隔" />
      <xs:element ref="屈折地震_受振点数" />
      <xs:element ref="屈折地震_起振点数" />
      <xs:element ref="屈折地震_走時数" />
      <xs:element ref="屈折地震_要素数" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>

```

```

        <xs:element ref="屈折地震_節点数" />
        <xs:element ref="屈折地震_単位区分番号" />
    </xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_測点間隔" type="xs:double" />
<xs:element name="屈折地震_受振点数" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_起振点数" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_走時数" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_要素数" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_節点数" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_単位区分番号" type="xs:unsignedShort" />
<xs:element name="屈折地震_測点位置">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="屈折地震_測点" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_測点">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element ref="屈折地震_測点番号" />
            <xs:element ref="屈折地震_測点区分番号" />
            <xs:element ref="屈折地震_測点X座標" />
            <xs:element ref="屈折地震_測点Z座標" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_測点番号" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_測点区分番号" type="xs:short" />
<xs:element name="屈折地震_測点X座標" type="xs:double" />
<xs:element name="屈折地震_測点Z座標" type="xs:double" />
<xs:element name="屈折地震_走時図">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="屈折地震_走時" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_走時">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element ref="屈折地震_走時番号" />
            <xs:element ref="屈折地震_起振点番号" />
            <xs:element ref="屈折地震_受振点番号" />
            <xs:element ref="屈折地震_測定走時" />
            <xs:element ref="屈折地震_理論走時" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_走時番号" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_起振点番号" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_受振点番号" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_測定走時" type="xs:double" />
<xs:element name="屈折地震_理論走時" type="xs:double" />
<xs:element name="屈折地震_速度走時">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>
            <xs:element ref="屈折地震_T曲線数" />
            <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="屈折地震_T曲線" />
        </xs:sequence>
    </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_T曲線数" type="xs:unsignedShort" />
<xs:element name="屈折地震_T曲線">
    <xs:complexType>
        <xs:sequence>

```

```

    <xs:element ref="屈折地震_始点起振点番号" />
    <xs:element ref="屈折地震_終点起振点番号" />
    <xs:element ref="屈折地震_T曲線区分" />
    <xs:element ref="屈折地震_T分点数" />
    <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="屈折地震_T分点" />
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_始点起振点番号" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_終点起振点番号" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_T曲線区分" type="xs:short" />
<xs:element name="屈折地震_T分点数" type="xs:unsignedShort" />
<xs:element name="屈折地震_T分点">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="屈折地震_T線速度" />
      <xs:element ref="屈折地震_T線X座標" />
      <xs:element ref="屈折地震_T線T座標" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_T線速度" type="xs:double" />
<xs:element name="屈折地震_T線X座標" type="xs:double" />
<xs:element name="屈折地震_T線T座標" type="xs:double" />
<xs:element name="屈折地震_走時波線経路">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="屈折地震_波線経路数" />
      <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="屈折地震_波線経路" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_波線経路数" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_波線経路">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="屈折地震_波線走時番号" />
      <xs:element ref="屈折地震_波線分点数" />
      <xs:element minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="屈折地震_波線分点" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_波線走時番号" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_波線分点数" type="xs:unsignedShort" />
<xs:element name="屈折地震_波線分点">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element ref="屈折地震_通過要素番号" />
      <xs:element ref="屈折地震_波線X座標" />
      <xs:element ref="屈折地震_波線Z座標" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
<xs:element name="屈折地震_通過要素番号" type="xs:unsignedInt" />
<xs:element name="屈折地震_波線X座標" type="xs:double" />
<xs:element name="屈折地震_波線Z座標" type="xs:double" />
</xs:schema>

```

1.5 反射法地震探査および地中レーダ探査により得られた反射断面

1.5.1 概要

反射法地震探査（海上音波探査も含む）の結果は、屈折法地震探査や電気探査の結果のようにセルやグリッドに物性値が与えられた二次元断面とは異なり、反射波形を並べた断面である。図 1.5.1 に示すような画像データにボーリング柱状図を重ねる、あるいは図 1.5.2 に示すような地質構造断面図に反射面を重ね合わせるなど、主に画像データが用いられる。一方、波形データの書式については、SEG（Society of Exploration Geophysics; 米国物理探査学会）で標準化されている。反射法地震探査結果を活用するには、最終結果である画像データ及びデータ処理後の波形データだけでなく、収録データや速度解析結果なども必要となる。

反射法地震探査と同じようなデータ形式を扱う地中レーダも事情は同様である（ただし、通常はマルチチャンネル計測ではないため速度解析は行われない）。

本節では反射法地震探査及び地中レーダの書式についての現状と課題を挙げるに留め、標準書式の検討および提案は今後の課題とする。

反射法地震探査データは屈折法地震探査などとは異なるデータを扱う。しかし、全体の構造は図 1.5.3 に示すようなツリー構造を適用できるものと考えられる。

1.5.2 画像データ

探査結果を報告書に記載する場合、画像データとして保存し、CAD を初めとした描画ソフトウェアを用いてボーリング柱状図や地質解釈断面図などと重ね合わせるにより、成果とする場合がほとんどであった。画像データの形式としては BMP, TIFF, PNG が使われている。JPEG や GIF などは電子メールで送るときなど簡易的に使用されているようであるが、各種地質調査成果の電子納品には使われることはない。TIFF や PNG では圧縮率を設定できるため、目的に応じて圧縮率を設定して使われている。

探査結果については断面のサイズや縮尺に応じて画像サイズや解像度をある程度決めることで標準的な書式を決めることができる可能性がある。例えば、測線長と深度の比率や、測線長に応じた縮尺を決める（ある程度の幅あるいは解像度に制限を持たせる）ことで電子納品への対応が可能と考えられる。

速度解析は、図 1.5.4(Yilmaz,2001)に示すような CMP ギャザーと速度スペクトル及び NMO 補正後の CMP ギャザーの 3 つの画像データを扱う。これらの画像を保存するとともに、図 1.5.5 に示すような CMP 番号とその地点のピックアップ時間・RMS 速度のデータを読み込んで、図 1.5.6 に示すようなコンターを描かせる機能をビューアに持たせる必要がある。

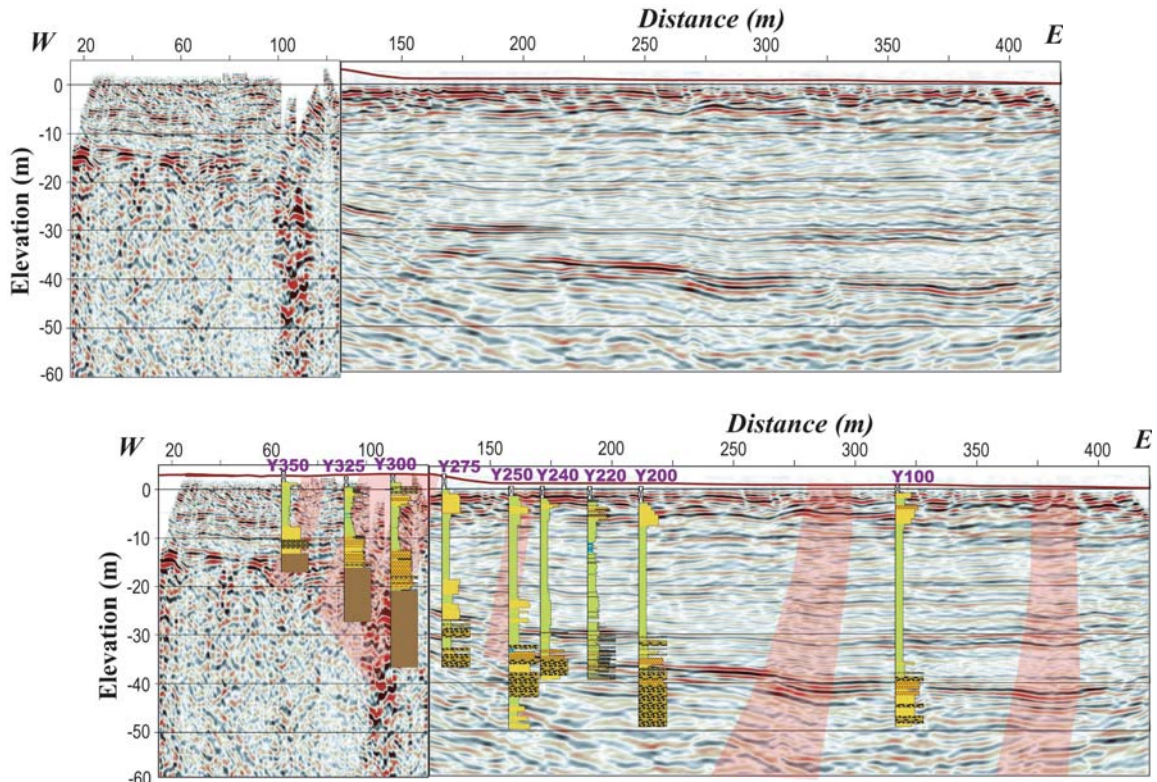


図 1.5.1 反射法地震探査結果と地質柱状図との重ね合わせ事例 (稲崎・中西, 2007)

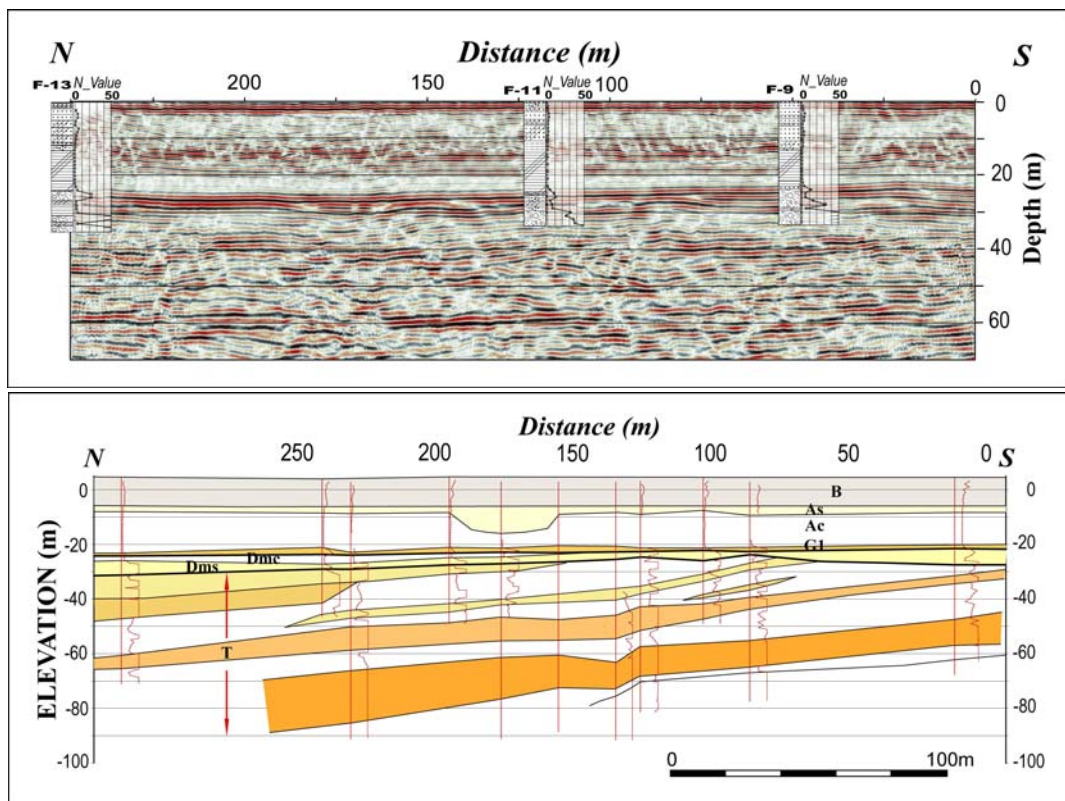


図 1.5.2 反射法地震探査結果と地質断面図との重ね合わせ事例 (稲崎, 2007)

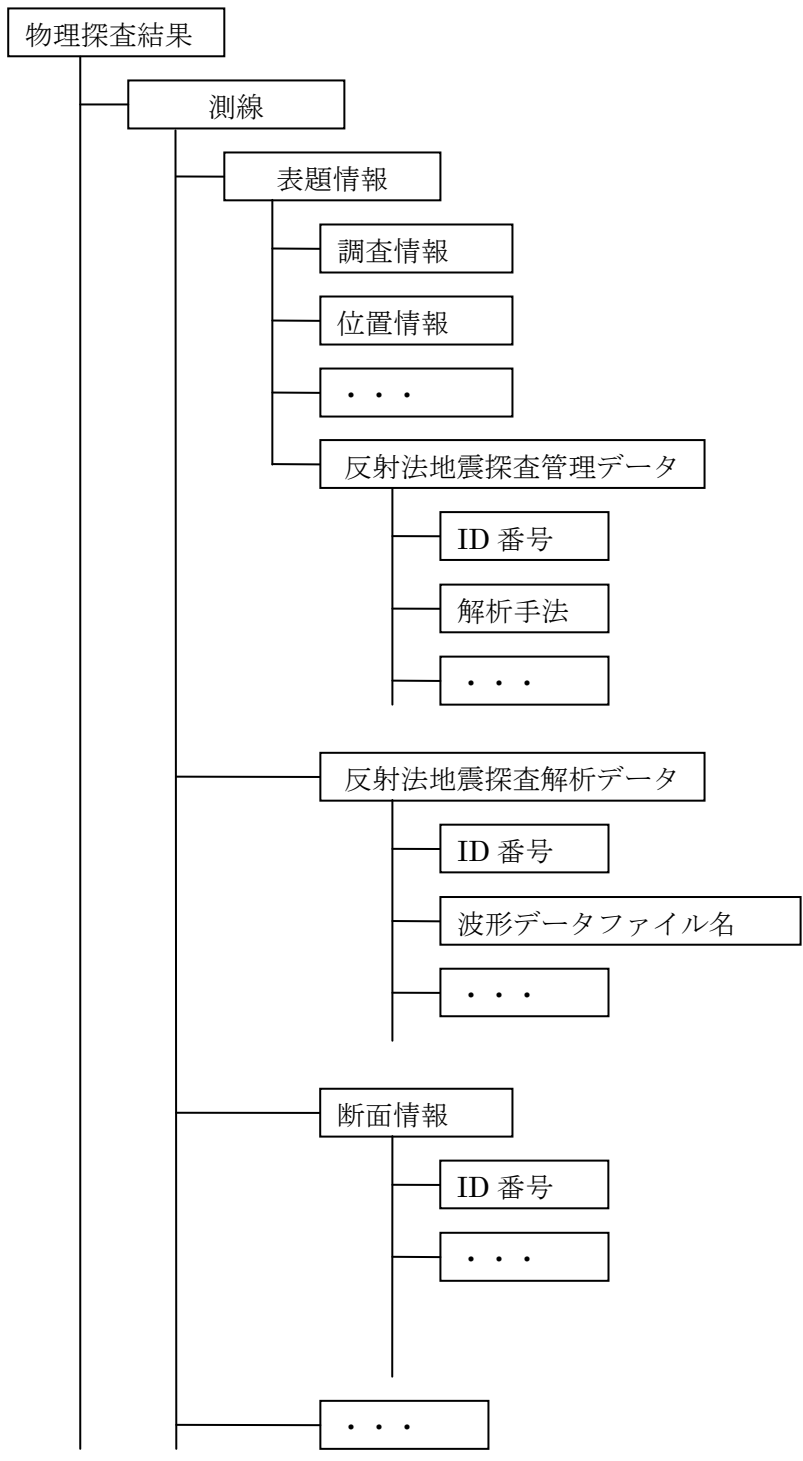


図 1.5.3 反射法地震探査データの全体構造

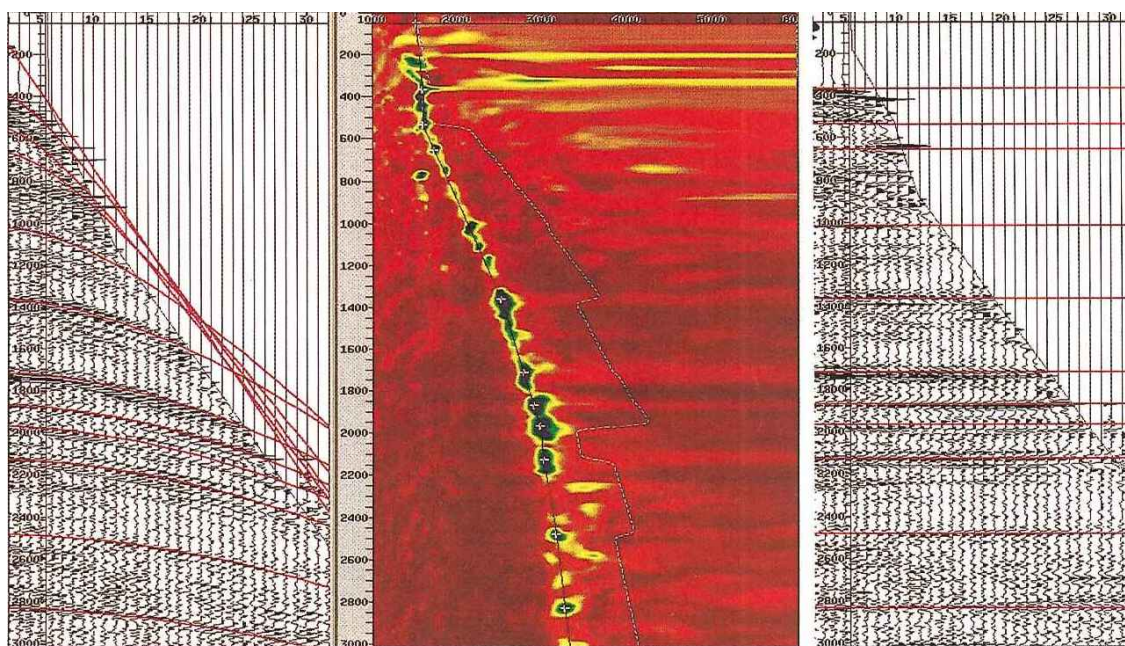


図 1.5.4 速度解析例

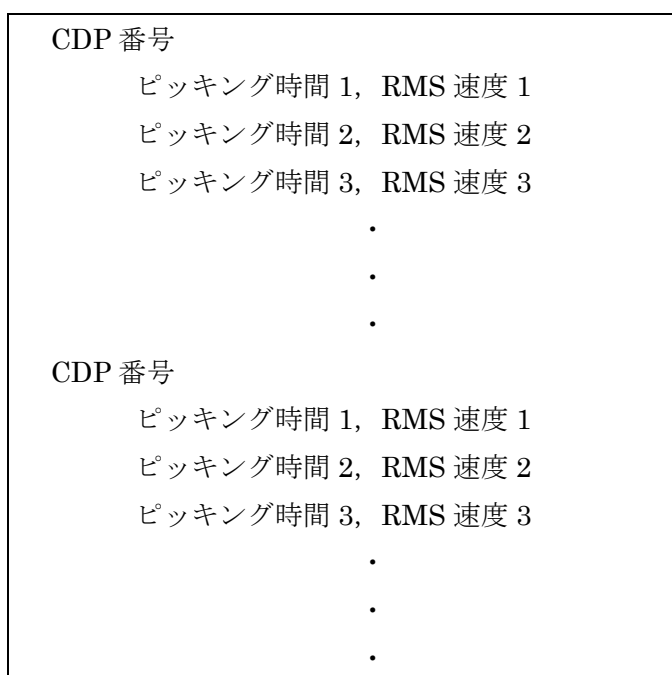


図 1.5.5 速度断面図例

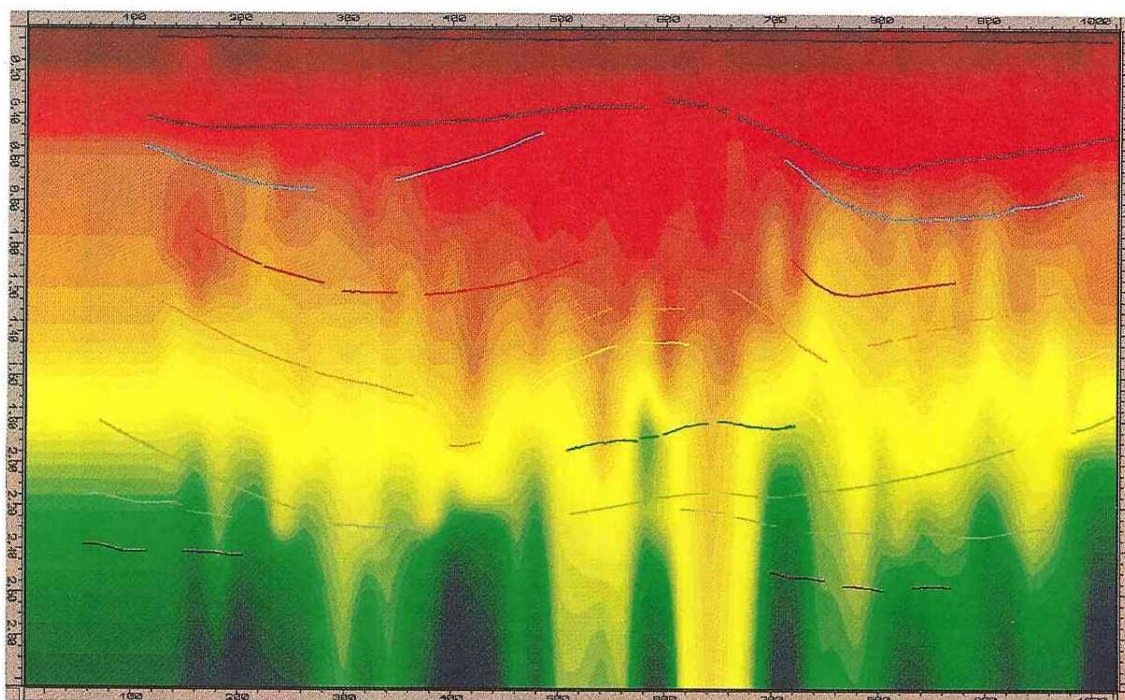


図 1.5.6 速度断面図例

1.5.3 波形データ

波形データについては、SEG-Y が最も使われている。SEG フォーマットには SEG-A・SEG-B・SEG-C・SEG-X・SEG-Y・SEG-D・SEG-2 がある (SEG,1997; Pullan,1990)。このうち SEG-A・SEG-B・SEG-C・SEG-X は古い書式である (SEG-A が 1966 年) ため、現在ではほとんど使われることはない。ショット・ギャザーなど収録データまでさかのぼると、収録器に依存したデータ・フォーマットもあるが、データ処理段階では最初にフォーマット変換を行って、SEG-Y 形式にすることが多い (物理探査学会, 2008)。

SEG-Y 以外の書式としては SEG-2 が考えられる。SEG 土木・地下水小委員会では、反射法地震探査及び地中レーダのデータを PC (small computer) で扱う場合には SEG-2 フォーマットを推奨している (Pullan,1990)。ただし、「SEG-2 フォーマットは自由度が高い反面バリエーションが多く、処理ソフトウェアによっては必ずしもデータ記録装置の記録を読み込むことができない」あるいは「SEG-Y フォーマットは制定された年代が古く、記載されるパラメータに制約があるが、書式が単純なため互換性が良く、ほとんどの反射法探査ソフトウェアで読み書きが可能である」とされている (物理探査学会, 2008)。また、SEG-Y 形式は、フリーのソフトウェアも出回っているため、将来ビューアーに組み込むことが容易となる可能性がある。

データ処理前の波形データ (ショット・ギャザー) についても同様である。反射法地震探査の測定パラメータは図 1.5.7 に示すように非常に複雑である。データの書式については今後の精査が必要である。

1.5.4 ポジショニング・データ

反射法地震探査の場合、長大な測線・屈曲した測線・交差する測線・三次元探査測線など様々な測

線配置が考えられる。そのため、位置データを別途作成する場合がある(例えば, The Surveying and Positioning Committee for the U.K.O.O.A. Exploration Committee, 1990, 図 1.5.8)。このようなデータはポジショニング・データあるいはナビゲーション・データと呼ばれる。屈折法地震探査や電気探査で提案されているものと同様のタグを用いることで、位置情報とデータの対応ができる場合もあると考えられる。

1.5.5 地中レーダ探査

地中レーダ探査は、探査結果の取り扱いは反射法地震探査とほぼ同じ状況である。したがって、反射法地震探査に準拠することになる。物理探査学会(2008)では、データの提出に当たって、「波形の電子データは、SEG-Y などのできるだけ汎用性の高い形式とし、特定の計算機やプログラムに対応した形式は避けることが望ましい」としている。

なお、地中レーダ探査装置の種類はあまり多くない。国内では以下のメーカーのものが多く使われている。

- ・ GSSI(拡張子 : DZT)
- ・ Sensor and software(拡張子 : DT1)
- ・ RAMAC(拡張子 : RD3)

KIGAM の RADPro for windows(拡張子 : RD4)というソフトウェアでは、上記 3 種類のフォーマット及び SEG-Y 形式、テキスト形式に対応している。

地中レーダの波形データの取り扱いあるいはビューアの制作にあたっては汎用性という観点から、DZT・DT1・RD3・RD4・SEG-Y・テキストの 5 つの形式に対応できるものができれば受注者側の負担が低減する可能性がある。

LINE SENDAI03	PROSPECT 仙台平野南部地下構造調査03	AREA 青葉区、太白区、若林区 仙台市	CLIENT MIYAGIPREF	CREW NO. II	OBSERVER JGI	OBSERVER DATE: 2003/7/25~2003/7/31
GENERAL						
LINE CONFIGURATION (DRAW SCHEMATICS)						
<p>FIRST AND LAST SP. NO. [GdAPS Loc.597] TOTAL LINE Km. SHOT TO SHOT 14,750 Km TOTAL LINE Km. RECEIVER TO RECEIVER 12,400 Km TOTAL SHOT POINTS (反射) 166 POINTS TOTAL SHOT POINTS (屈折) 3 POINTS TOTAL RECEIVER LOCATIONS 497 Ch AVERAGE SHOT POINT INTERVAL 50 m RECEIVER INTERVAL 25 m STANDARD CDP FOLD % NO. OF CH./EACH LINE/SHOT 240,308,497ch./1LINE</p>						
SEISMIC RECORDING						
INSTRUMENT						
* G•DAPS-4A RECORDING SYSTEM * PELTON E.S.G., V.C.E.						
RECORDING	SAMPLE RATE	4 msec				
	RECORD LENGTH	(反射) 5.12.16 sec / (屈折) 12sec				
	LOW CUT FILTER	108 Hz				
	HIGH CUT FILTER	30dB				
	PRE-AMP.GAIN	Minimum				
TAPE FORMAT	3490E Cartridge					
FIELD TAPE REEL NUMBER OF THIS LINE REEL No. 1 ~ 3						
AUX. CH. CONTENTS						
VIBROSEIS CLOCK TB RADIO VIB RADIO REF REF SWEEP (Cort) REF SWEEP						
SEISMIC SOURCE						
TYPE OF SOURCE Y-2400[台]HEMI-50[2台](VIBRATOR)						
NO. OF VIBS/SHOT 3						
FORCE OUT/SHOT High Force 70or90% , Low Force 30,50%						
VIBROSEIS SWEEP LENGTH 16 sec						
START TAPER 0.3,0.5 sec END TAPER 0.3,0.5 sec						
SWEEP TYPE Linear Up						
TYPICAL SOURCE PATTERN (DRAW SCHEMATICS)						
SEISMIC RECEIVER						
RECEIVER TO RECORDER CONNECTION						
(DRAW SCHEMATICS)						
SEISMIC RECEIVER						
GEOPHONE						
TYPE SM-7						
FREQUENCY 10 Hz						
NO. OF UNITS/LOCATION 18 UNITS/Loc.						
CONNECTION 3 SERIES						
PATTERN (DRAW SCHEMATICS)						

図 1.5.7 反射法地震探査の測定パラメータ例 (http://www.hp1039.iishin.go.jp/kozo/Miyagi8/figures/zf30.pdf)

00000000111111112222222233333333444444445555555566666666777777778
 1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

```

H0100 SURVEY AREA          EXAMPLE FIELD UKCS BLOCKS 311/7 AND 311/2
H0102 VESSEL DETAILS      M.V.CONTRACTOR          1
H0102 VESSEL DETAILS      M.V.PROSPECTOR         2
H0103 SOURCE DETAILS      STDB SOURCE             1 1
H0103 SOURCE DETAILS      PORT SOURCE             1 2
H0103 SOURCE DETAILS      STBD SOURCE            2 3
H0103 SOURCE DETAILS      PORT SOURCE            2 4
H0104 STREAMER DETAILS    STDB 240 CHANNEL        1 1 1
H0104 STREAMER DETAILS    PORT 240 CHANNEL        1 2 2
H0104 STREAMER DETAILS    STBD 120 CHANNEL        2 3 3
H0104 STREAMER DETAILS    PORT 120 CHANNEL        2 4 4
H0105 OTHER DETAILS      FRONT NAV. FLOAT        1 5
H0200 SURVEY DATE          JANUARY - FEBRUARY 1990
H0201 TAPE DATE (D.M.Y.)  02.03.90
H0202 TAPE VERSION        UKOOA P1/1990 - 1990 TAPE 2
H0300 CLIENT              PETROLEUM PLC
H0400 GEOPHYSICAL CONTRACTOR A.N.OTHER
H0500 POSITIONING CONTRACTOR A.N.OTHER
H0600 POSITIONING PROCESSING XYZ LTD
H0700 POSITIONING SYSTEM    PRIMARY SYSTEM HYPERFIX WITH SYLEDIS
H0700                      FOR CALIBRATION AND SECONDARY SYSTEM
H0700                      TAILBUOY POS'N BY DIFFERENTIAL PULSE 8
H0800 SHOTPOINT POSITION    CENTRE OF SOURCE
H0900 OFFSET SHIP SYSTEM TO SP 1 1 0.00 -150.00
H0901 OFFSET ANTENNA TO SYSTEM 1 1 2.50 -3.00
H0900 OFFSET SHIP SYSTEM TO SP 2 1 0.00 -150.00
H0901 OFFSET ANTENNA TO SYSTEM 2 1 -1.50 2.10
H1000 CLOCK TIME          GMT
H1100 RECEIVER GROUPS PER SHOT 480
H1400 GEODETIC DATUM AS SURVEYED ED50 INTERNAT1924 6378388.000 297.0
H1401 TRANSFORMATION PARAMETERS 89.5 93.8 123.1 0.000 0.000 0.000 0.0
H1500 GEODETIC DATUM AS PLOTTED ED50 INTERNAT1924 6378388.000 297.0
H1501 TRANSFORMATION PARAMETERS 89.5 93.8 123.1 0.000 0.000 0.000 0.0
H1600 DATUM SHIFTS        N/A
H1601 DATUM SHIFTS        N/A
H1700 VERTICAL DATUM      MSL CENTRE OF SOURCE
H1800 PROJECTION          001 UTM
H1900 ZONE                31 N
H2000 GRID UNITS          1 INTERNATIONAL METRE 1.00
H2001 HEIGHT UNITS        1 INTERNATIONAL METRE 1.00
H2002 ANGULAR UNITS        1 DEGREES
H2200 CENTRAL MERIDIAN    3 DEG
H2600 STREAMER AND SOURCE POSITIONING BY LEAST SQUARES ADJUSTMENT OF
H2600 COMBINED NETWORK OF ACOUSTIC RANGES, COMPASSES AND LASER RANGE AND
H2600 BEARING FROM EACH VESSEL. ACOUSTIC NETWORK ALSO USED TO POSITION TAIL OF
H2600 STREAMERS. DEPTHS GIVEN IN SOURCE RECORD RELATE TO VESSEL
H2600 FIRING THE SOURCE ARRAY. DEPTHS UNCORRECTED FOR DRAUGHT OR SPEED OF SOUND.

```

00000000111111112222222233333333444444445555555566666666777777778
 1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

図 1.5.7 海上音波探査ポジショニング・データのフォーマット例

(The Surveying and Positioning Committee for the U.K.O.O.A. Exploration Committee(1990))

2. 標準書式の物理探査断面データ等表示プログラム

2.1 概要

本章では、本業務で作成した標準書式で記述されている物理探査結果（二次元断面）を表示するプログラム（以下、「物性断面表示プログラム」と記す）についてまとめる。プログラムの仕様は下記のとおりである。またプログラム本体およびマニュアル等は別途提供するファイルを参照されたい。

*以下の三種類の断面データを表示できるものとする。

- 1) 二次元電気探査により得られた比抵抗断面データ
- 2) 表面波探査により得られた S 波速度断面データ
- 3) 屈折法地震探査により得られた P 波（S 波）速度断面データ

*主な機能は下記のとおりとする。

- 1) Windows 上で動作するアプリケーションとする。
- 2) ダイアログボックスやメニューバーを用い、マウスで容易に操作できる。
- 3) 二次元断面をカラーで表示できる。物性値の定義方法は要素定義と節点定義の両方を扱う。
- 4) 縮尺や縦横比を変更できる。
- 5) 表示した断面をプリンターに印刷できる。
- 6) 断面データに記述された物性値を数値情報として抽出できる。
- 7) 標準書式の XML ファイルと単純なアスキーファイル（四角形格子アスキーファイル）を相互に変換できる。

作成した物性断面表示プログラムの主な仕様を表 2.1.1 にまとめる。表 2.1.2 に、物性断面表示プログラムが入出力することができるファイルを示す。本プログラムは、バイナリー形式のファイルを含めて三つの形式のファイルを相互に変換することができる。

表 2.1.1 標準書式の物理探査断面データ等表示プログラムの主な仕様

	仕 様	備考
プログラム名	物性断面表示プログラム「GeoEXViewer」	
開発言語	C++	
開発環境	VisualStudio2005	
動作環境	Windows-XP, Windows-Vista, Windows-7	
使用する GUI	MFC, SDI	
水平方向の最大要素数	10000	
鉛直方向の最大要素数	1000	
断面数	20	
入力ファイル形式	標準書式の XML ファイル 四角形格子アスキーファイル バイナリー形式ファイル (GeoPlot ファイル)	
出力ファイル形式	標準書式の XML ファイル 四角形格子アスキーファイル バイナリー形式ファイル (GeoPlot ファイル)	
コンター表示	セル表示, コンター表示, コンター線表示他	
印刷機能	Windows の標準印刷機能	
クリップボードコピー	拡張メタファイル	
データの抽出	マウスで指定, 距離程を指定, 座標ファイルを読み込む	
XML の扱い	Mxxml6.dll を使用	
対応言語	日本語	
実行ファイルサイズ	約 2MB	
実行時のメモリー使用量	通常 10MB 程度	

表 2.1.2 物性断面表示プログラム「GeoEXViewer」で扱うことができるファイル

	標準書式 XML ファイル	四角形格子 アスキーファイル	バイナリー形式の GeoPlot ファイル
描画情報の 保存	△ 一部は可能	×	○
複数の断面の 保存	○	×	○
業務情報など の保存	○	×	○
ファイル サイズ	大	中	小
扱いやすさ	テキストエディターなど で編集することは可能	容易に編集可能	編集は不可能
他のプログラ ムとの互換	インターネットエクスプ ローラーなどで表示可能. Excel やテキストエディタ ーで編集可能.	Excel やテキストエ ディターで編集可能	応用地質社製 「GeoPlot」と互換

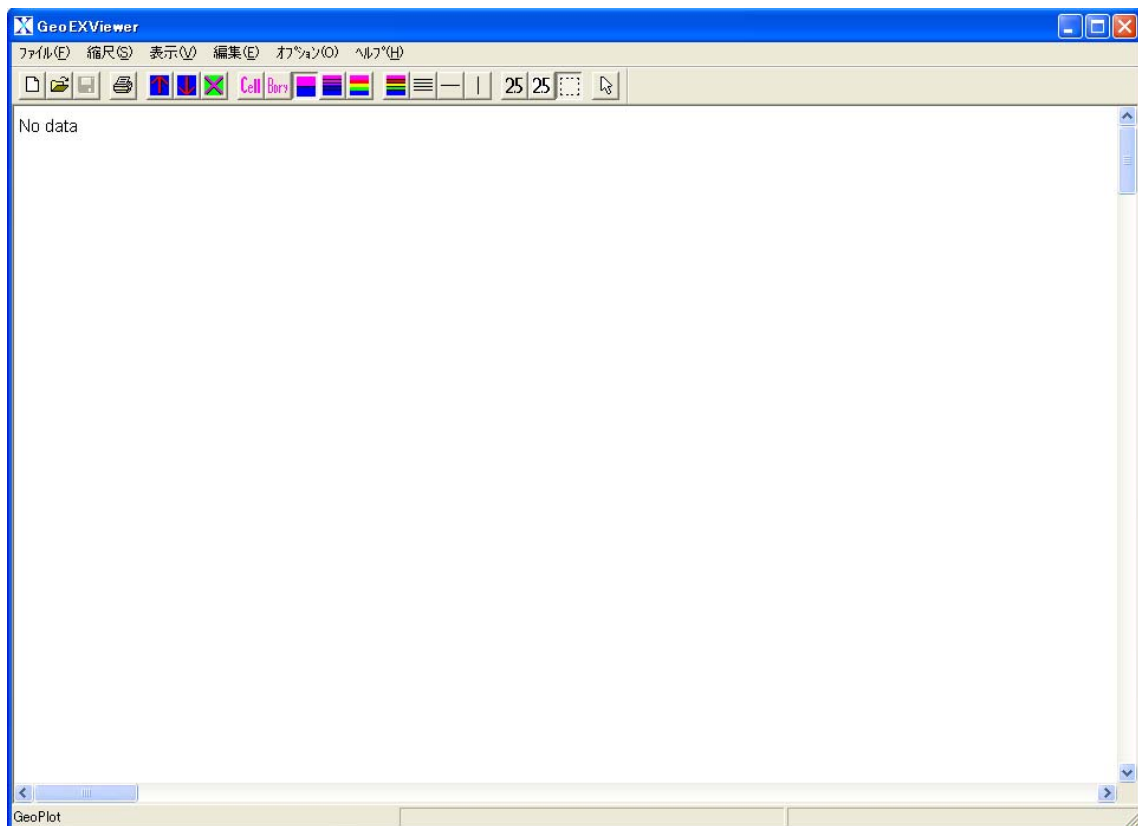
2.2 主な機能

主な機能とその使い方を以下にまとめる。詳しいマニュアルは別資料に示す。

1) GeoEXViewer の起動

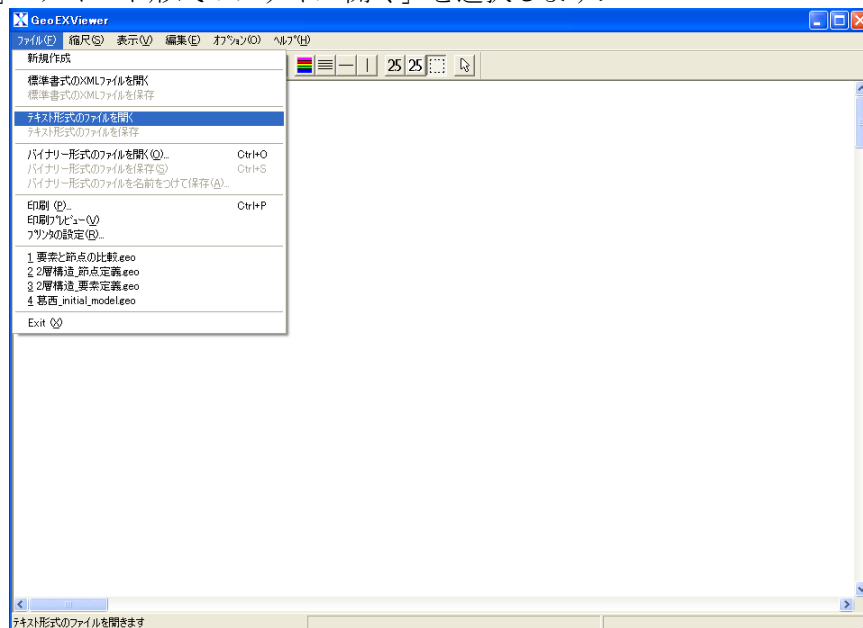


GeoEXViewer のアイコンをダブルクリックすると、GeoEXViewer が起動し次のようなウィンドウが開きます。

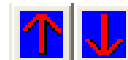


2) 四角形格子アスキーファイルの入力と標準書式の XML の出力

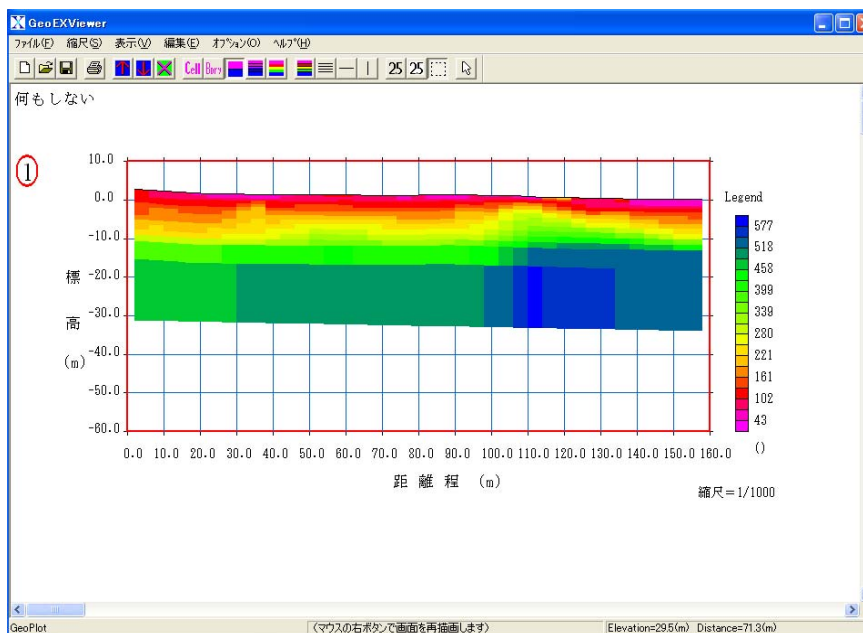
① 「ファイル」「テキスト形式のファイルを開く」を選択します。



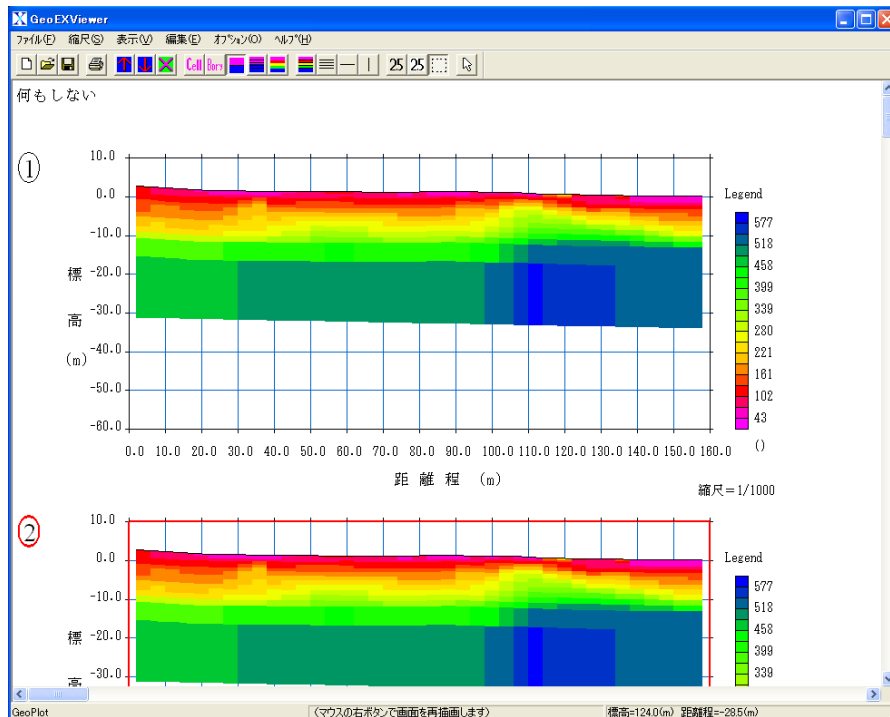
②物性断面が表示されます。



: 表示スケールを変更します。



③続いて「ファイル」→「テキスト形式のファイルを開く」を選択することにより、複数の断面を並べて表示することができます。









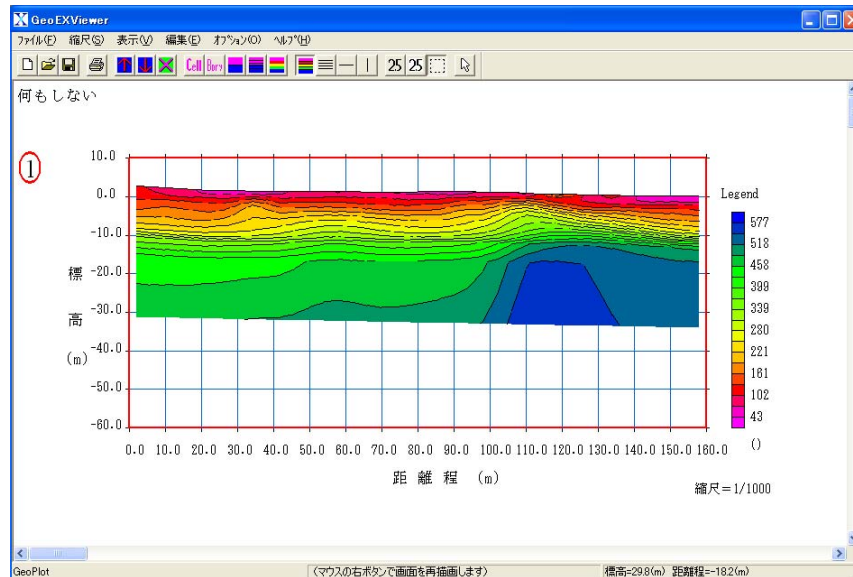
④作業は全て赤枠で囲まれた断面に対して行うことができます。断面の左上の数字①をクリックすることにより、作業を行う断面を変更できます。

① : 作業を行わない断面

② : 作業中の断面

⑤ 「表示」「セル表示」「コンター表示」 などにより，表示方法を変更できます．

-  : セル表示
-  : セル表示のコンター線を重ねて表示
-  : コンター表示
-  : コンター表示（線あり）
-  : コンター線のみ表示
-  : 走境界のみ表示



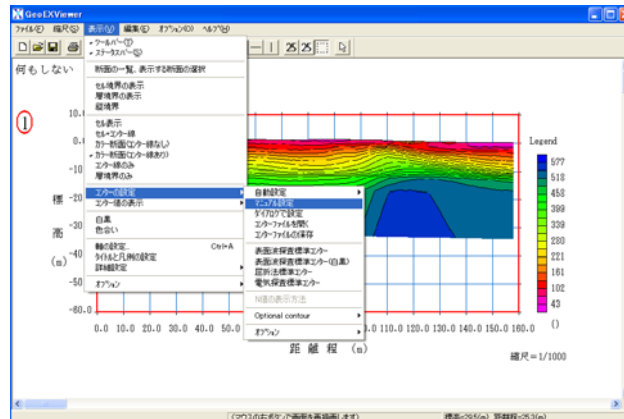
(コンター表示 (線あり))

⑥ GeoEXViewerで作成した図面は「ファイル」「標準形式のXMLファイルを保存」でXMLファイルとして，また「ファイル」「バイナリー形式のファイルを名前をつけて保存」でGeoPlot形式ファイルとして保存して下さい．作成した図面のイメージをそのまま保存することができます．

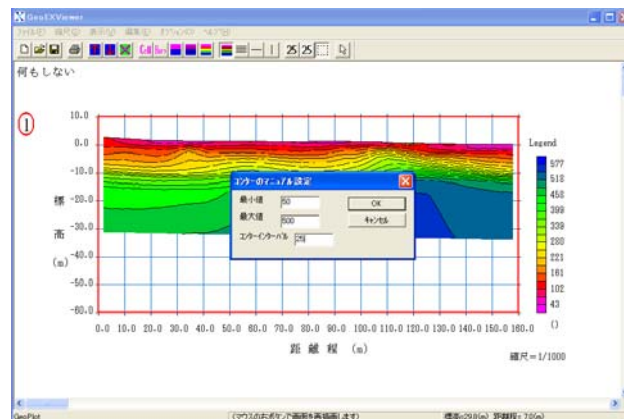
3) コンターの設定

コンター間隔は任意に設定することができます。

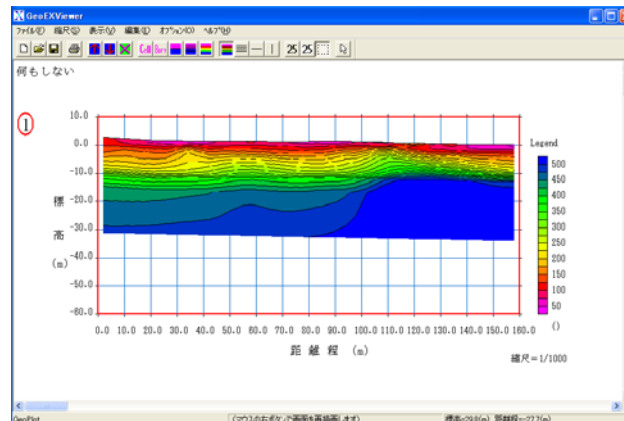
① 「表示」「コンターの設定」「マニュアル設定」を選択します。



②表示されたダイアログボックスで、最小値、最大値、コンターインターバルを設定します。

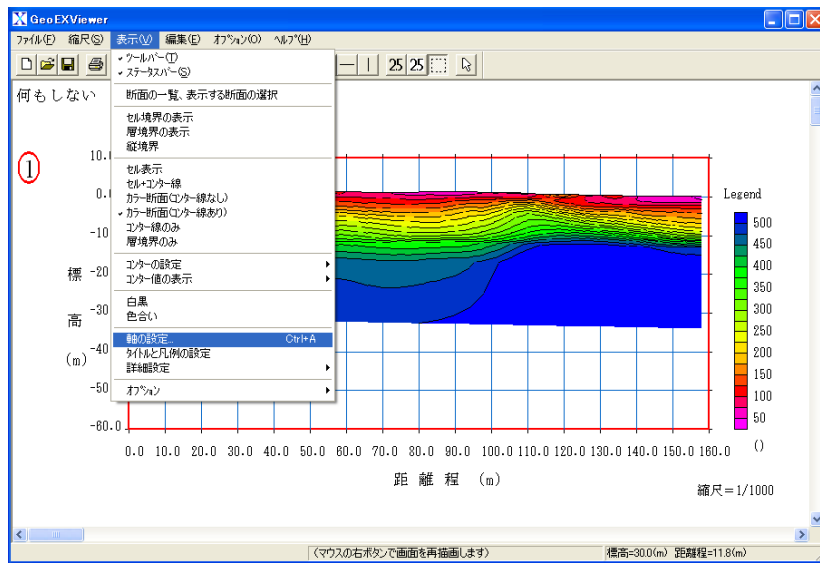


④ 「OK」をクリックすると、設定したコンター間隔で断面が表示されます。

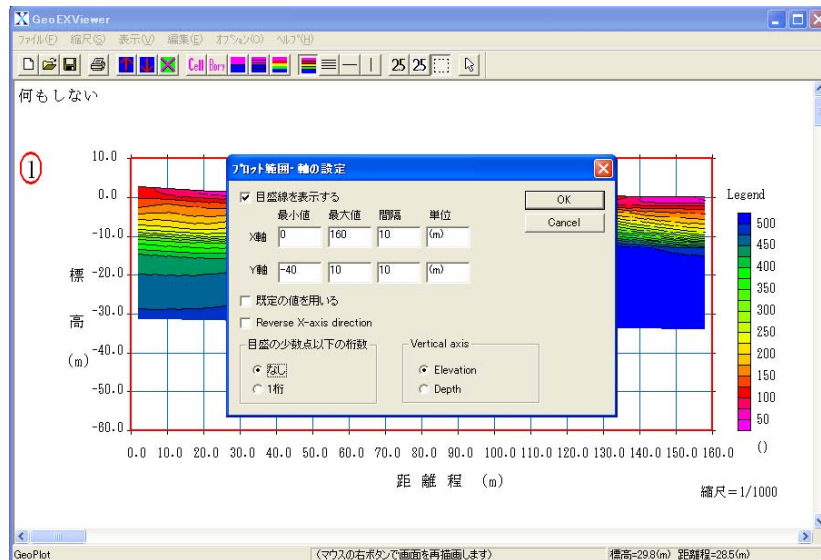


4) 軸の設定

① 「表示」「軸の設定」を選択します。



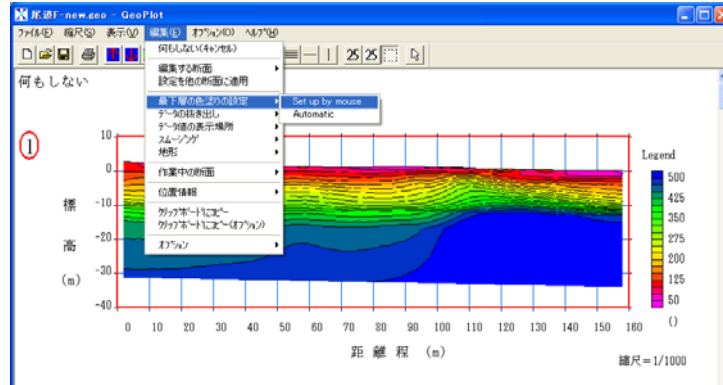
②表示されたダイアログボックスで、軸の範囲やラベル間隔などを設定します。



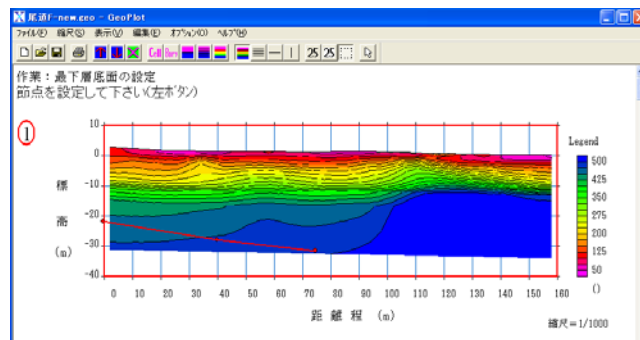
5) 断面の下側の色塗り範囲の設定

断面の下側については、色を塗る範囲や形状を任意に設定できます。

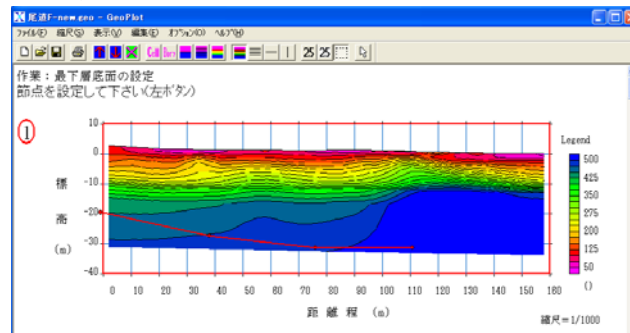
① 「編集」「最下層の色塗り設定」「Setup by mouse」を選択します。



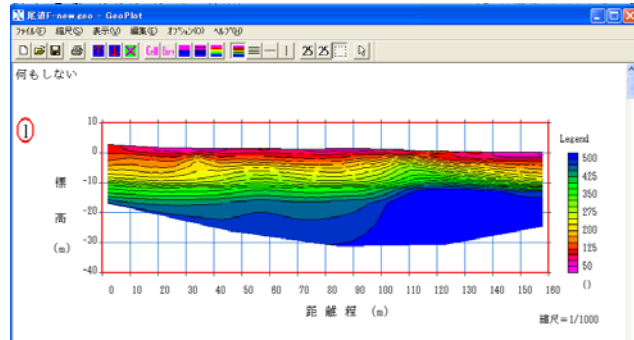
②マウスの左ボタンで色塗り範囲を設定します。最初は断面の左端より外側から始めます。



③左から右にマウスで色塗り範囲を指定していきます。



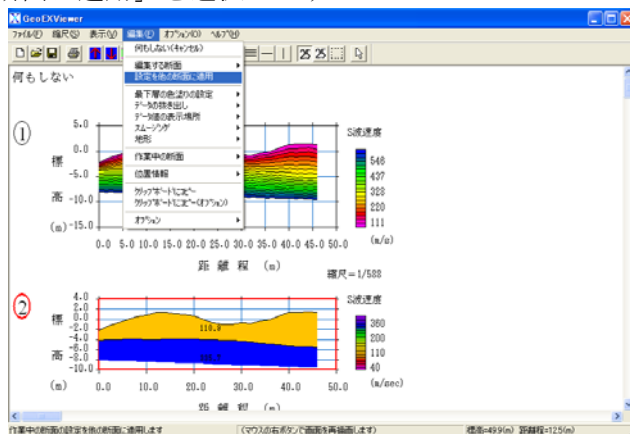
④右端より外側をクリックすると、指定を終了します。指定した範囲まで色が塗られて断面が表示されます。



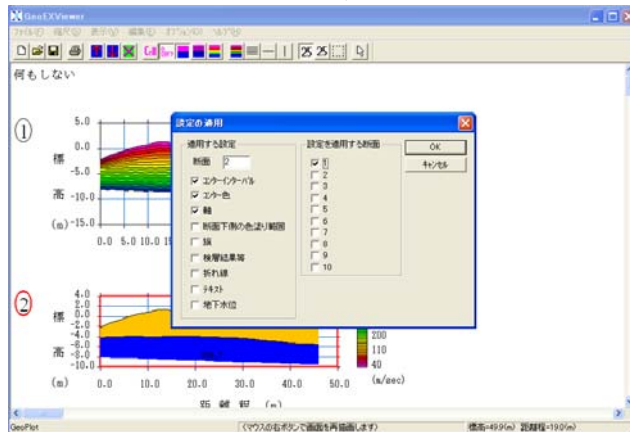
6) 設定を他の断面に適用

1つの断面に対して設定した値を他の断面に適用することができます。

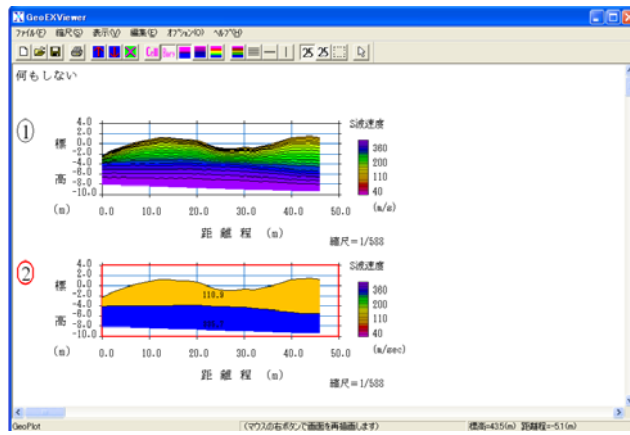
① 「作業」 「設定を他の断面に適用」 を選択します。



②表示されたダイアログボックスで適用する断面と、適用する描画パラメータを設定します。

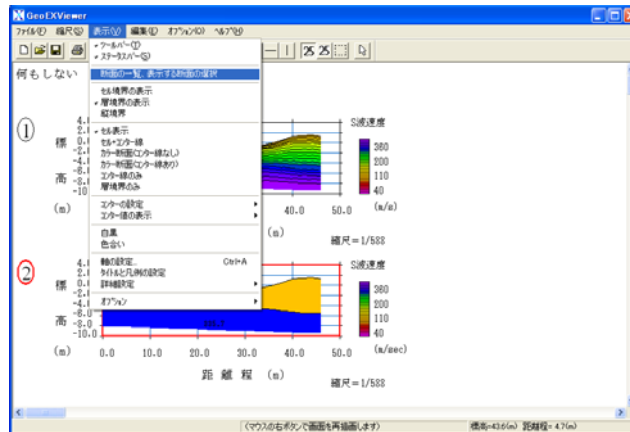


⑤ 複数の断面が同じパラメータで表示されます。

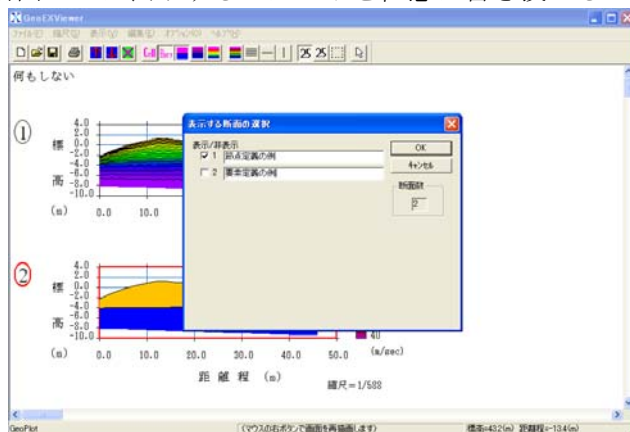


7) 表示する断面の選択

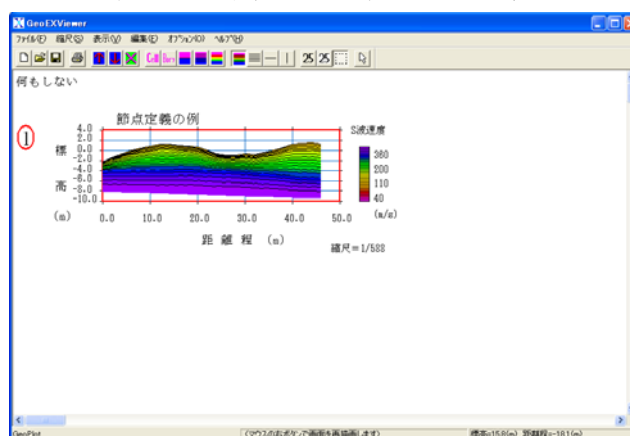
①複数の断面がある場合、特定の断面だけ表示させることができます。「表示」「断面の一覧・表示する断面の選択」を選択してください。



②表示されたダイアログボックスのチェックボックスで、個々の断面の表示・非表示を切り替えることができます。また、断面左上に表示するコメントを任意に書き換えることもできます。



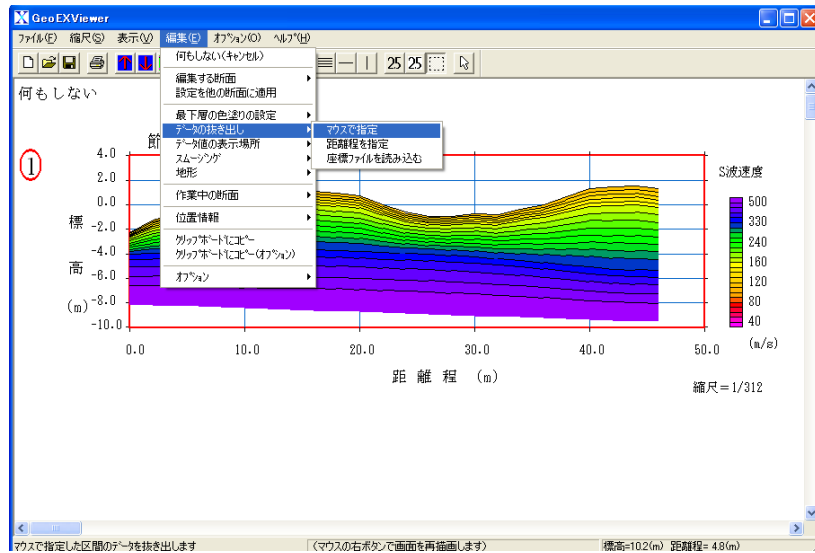
③「OK」をクリックするとチェックした断面だけが表示されます。



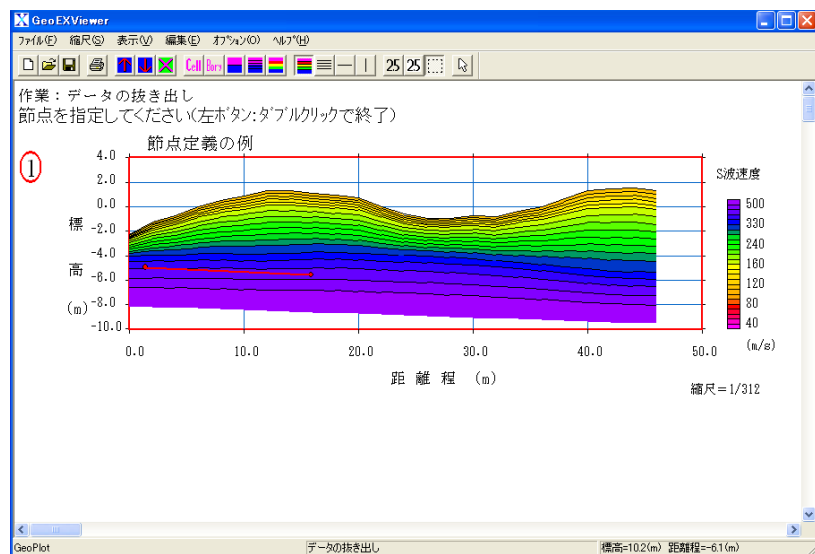
8) データの抜き出し

任意に設定した折れ線上の区間のデータを抜き出し、ファイルとして保存することができます。

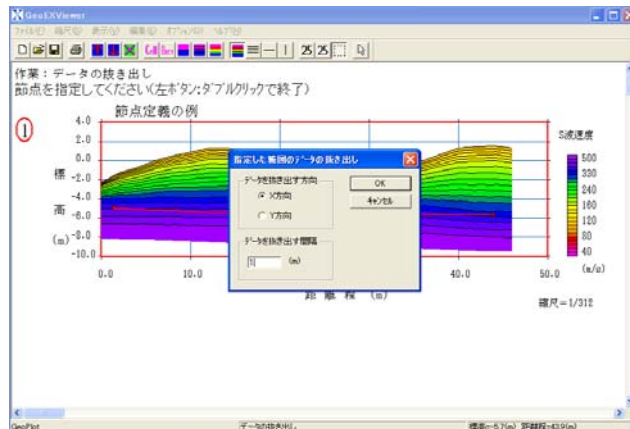
① 「編集」「データの抜き出し」「マウスで指定」を選択します。



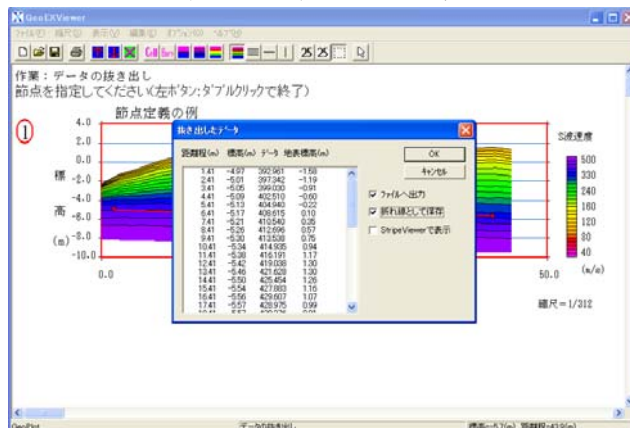
② データ抜き出す区間を、左から右にクリックしていきます。



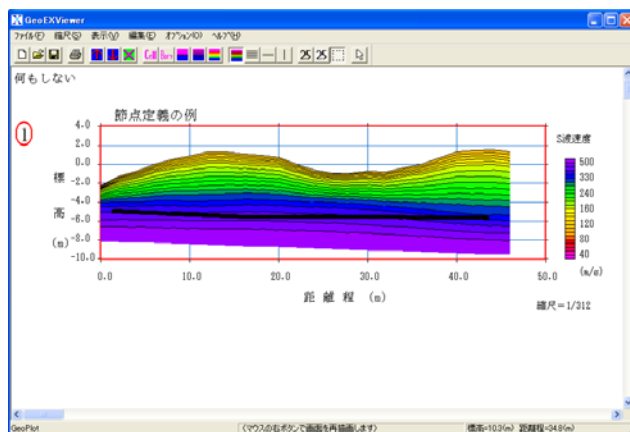
③ダブルクリックで指定を終了します。表示されたダイアログボックスで、データを抜き出す間隔を指定してください。



④抜き出されたデータがダイアログボックスに表示されます。



⑤抜き出したデータをファイルに保存したり、抜き出した位置を折れ線として断面上に残したりすることができます。



3.今後の課題

3.1 書式の改良

本報告は短期間でまとめられた。それにもかかわらず、物理探査成果の出力書式は拡張性の高いものになっている。異なる考え方に基づく処理ソフトウェアから出力された物理探査成果であっても、それを理解できるスキーマを用意しているからである。要素（多角形で定義されるセルに物性値を持たせる形式）にも節点（1点に物性値を持たせる形式）にも対応しているし、3次元表現にも対応した構造になっている。

しかし、あらゆるソフトウェアの考え方や出力書式を検討することは不可能である。さらにXML自体がフレキシブルであることから、時代と共に構造定義の妥当性や嗜好が変化していく可能性もある。スキーマ言語にはやり廃りがあるのも事実であり、技術的な優位性やデファクトスタンダードの成立で変更を余儀なくされる可能性もある。現在のところ、国土交通省が設定している『地質・土質調査成果電子納品要領（案）』に記された形式も視野にいて書式を作成しているが、物理探査成果を表現するために変更される可能性がある。時代に即し、換言すれば利用者にとって利用しやすい書式に逐次改良していくことが重要であるとともに、互換に配慮した改良が不可欠である。

3.2 図化ソフトウェアの問題点

物理探査成果の書式の統一と共に図化ソフトの作成も行なった。この図化ソフトを利用すると異なるソフトウェアで計算した物理探査成果を容易に可視化できるので、多くの方々に成果を提供できる。

ところで、物理探査の処理ソフトウェアはほとんどの場合離散化されたデータを取り扱っており、処理過程を付属の図化ソフトウェアで表示しながら解析を進めていくようになっている。少なくとも最終成果は、処理ソフトウェアに組み込まれた図化ソフトウェアで表示ができるようになってきている。離散化した値は補間あるいは塗りつぶしなどの方法で連続表示され、データの分布が相対的に密であれば、補完の有無あるいは補間方法や表示方法が異なってもほぼ同じ印象を得られるが、データ間隔が粗い場合は図化ソフトウェアによって受ける印象が変わる可能性がある。その結果、処理ソフトウェアに付属する図化ソフトウェアと今回提供したソフトウェアで表示したものが同じようなパラメータ設定をしても異なる印象を与えかねない。

また、異なるデータとの比較、例えば同一地域で得られた弾性波速度分布と比抵抗分布から地盤性状を判定するような場合、解析成果の位置座標は多くの場合両者は異なる。さらに、要素と節点では厳密に考えると値の意味合いが違う。要素における値をどの場所で代表できるかなどは処理ソフトウェアが管理するものであるから、対応するふたつの物性値から得られる結果の判断にあたっては、ある程度の揺らぎがあることを念頭に置いておく必要がある。

3.3 既存の物理探査処理ソフトウェア処理結果の取り込み

現状を俯瞰すると、物理探査処理ソフトウェアの処理結果の書式は反射法処理を除くとまちまちである。バイナリー書式の場合、利用者が共通書式に変換することは現実的でなく、テキスト形式であっても共通書式へ変換することは負担が大きい。そこで、今回提案した書式についてコンセン

サスが得られたならば、ソフトウェアハウスに共通書式に則った出力ができるようにプログラミングすることを働きかけたい。国内で利用されている物理探査処理ソフトウェアは日本製とは限らない。欧米で制作されたものも多数使用されている。したがって、海外のソフトウェアハウスに対してもこのような取り組みをしている情報を発信しなければならない。

3.4. 海外との協調

物理探査法は日本国内だけでなく世界各国で使われている技術である。事実アメリカ (SEG : Society of Exploration Geophysicists) やヨーロッパ(EAGE : European Association of Geoscientists and Engineers)をはじめオーストラリア、中国、韓国等においても物理探査に関する学会があり、活発に活動をしている。また、物理探査を地盤調査の重要な手法として位置づけて積極的に利用している学会もいくつか存在する。

物理探査のデータ取得ならびに処理はほとんどデジタル化され、計算機無しでは解析できなくなってきている。しかしながら、データ出力に関する統一は海外も含めできていない。唯一公式に定められているのは、反射法地震探査の書式 (SEG Format) であり、この書式は日本の物理探査業界においても標準的な書式として採用されている。

国際化が進んでいる状況の中で、処理経過や結果の出力書式を共有しトレーサビリティを確保したり、異なる手法による結果との対比や解釈を行いやすくするためにも、国際的な書式の統一を図る必要がある。今後、関係機関や学協会をとおして海外の関連学会等と協力して、コンソーシアムの設立準備を進めることを推奨したい。

海外との協調を念頭に置くと、“ことば”の問題も浮上する。英語ならびにアルファベットは最も汎用であるが、日本人にとってはやはり漢字ならびに日本語が使いやすく便利である。『地質・土質調査成果電子納品要領 (案)』においても、タグ内の用語はすべて日本語である。同様に中国人や韓国人にとっては母国の文字ならびに母国語が使いやすい。英語を母国語としない国民にとっては、こうした場合の対処方法を利用者の立場に立って検討することも必要である。煩雑ではあるが、2カ国語によるタグを内包させる方法、処理ソフトウェアに通訳機能を持たせる方法などが考えられる。

3.5 物理探査の成果

本報告では、

- 1) 二次元電気探査により得られた比抵抗断面データ
- 2) 表面波探査により得られたS波速度断面データ
- 3) 屈折法地震探査により得られたP波 (S波) 速度断面データ
- 4) 反射法地震探査および地中レーダ探査により得られた反射断面データ

を対象とし、主として最終出力形式について検討してきた。

物理探査の成果が妥当であるかを検証するためには、測定から最終出力までの処理過程が明確で、かつ各種パラメータが明らかでなければならない。トレーサビリティの確保には必須である。各種処理が妥当であるかを判断するためには、処理過程における出力 (デジタルデータと図面) があると容易であるから、処理過程のファイル等も成果と考えて標準化することも必要である。

しかし，物理探査の手法によって主要な処理過程は異なり，場合によっては目的によっても変化するとも考えられる．今後，手法毎に出力する標準的な中間処理成果を選定して，これらについても標準化を進めることが必要である．中間処理成果の中に処理の流れやパラメータを含むヘッダーを組み込むかなど，テクニカルな事項も含めて検討していきたい．

おわりに

本標準書式案の取りまとめ作業の一部は、前述のように社団法人物理探査学会に委託された。同学会では、物理探査断面の標準書式化の重要性にいち早く気づき、(独)土木研究所の検討作業と相前後して学会内に専門委員会を組織し、検討を進めていた。(独)土木研究所からの委託に際しても、この委員会が母体となり当該検討作業を担った。(独)土木研究所における先行的な素案検討と、(社)物理探査学会に組織された専門委員会における独自検討の開始が、本提案の短期間のうちの取りまとめを可能にしたといってもよいであろう。すなわち、本提案は(独)土木研究所と(社)物理探査学会との共同の成果物であるともいうことができる。ここに、検討作業に携わった専門委員会の構成を記し、諸氏の貢献に謝意を表する次第である。

表 1.5.1 物理探査書式検討研究委員会委員

委員長	林 宏一	応用地質(株) 技術本部
委員兼幹事	高橋 亨	(財)深田地質研究所
委員	相澤隆生	サンコーコンサルタント(株) 事業本部
委員	今里武彦	(株)日本地下探査 事業推進本部
委員	杉本芳博	(株)ダイヤコンサルタント ジオエンジニアリング事業本部
委員	鈴木敬一	川崎地質(株) 事業本部
委員	中塚正	日本物理探査(株)
委員	馮 少孔	中央開発(株)探査計測部
委員	三木 茂	基礎地盤コンサルタンツ(株) 保全防災センター
委員	横田俊之	独立行政法人産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門
委員	渡辺 文雄	日本物理探査(株) 技師長室