

多孔質岩盤中の水理／核種移行解析評価プログラムの 理論的背景と使用方法の整備

(研究報告)

2001年11月

核燃料サイクル開発機構
東 海 事 業 所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1194 □ 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

□ 核燃料サイクル開発機構 東海事業所

□ 技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

4-49 Muramatsu, Naka-gun, Ibaraki 319-1194,

Japan

©核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001

多孔質岩盤中の水理 / 核種移行解析評価プログラムの理論的背景と使用方法の整備

白川敏彦¹⁾, 畑中耕一郎²⁾

(研究報告)

要旨

不均質多孔質岩盤中の水理 / 核種移行解析における入出力データ, 実行手順を基本マニュアルとして取りまとめることを目的として, 既存の不均質透水係数場作成コードの理論的背景と3次元水理解析コード, 核種移行経路抽出コード, 1次元核種移行計算コードからなる水理 / 核種移行解析プログラムの使用方法について調査した。

本報告書では, 調査結果に基づいて不均質透水係数場の作成に関する地質統計学的背景を説明した。さらに, 不均質透水係数場作成プログラムおよび水理 / 核種移行解析プログラムのファイル構成, 入出力データ, 実行方法, 実際の計算例を記載した。

以上のように既存の不均質透水係数場作成コードおよび水理 / 核種移行解析プログラムの理論的背景と使用方法についてまとめることにより, 上記の計算プログラムによる解析方法を手順化することができた。また, 本報告書でまとめられた情報を活用することにより, 自由に不均質多孔質岩盤をモデル化して水理 / 核種移行解析をすることが可能になった。

1) コンピュータソフト開発株式会社

2) 東海事業所環境保全研究開発センター 処分研究部 システム解析グループ

Theoretical Background and User's Manual for the Computer code on Groundwater Flow and Radionuclide Transport Calculation in Porous Rock

Toshihiko Shirakawa¹⁾ , Koichiro Hatanaka²⁾

Abstract

In order to document a basic manual about input data , output data , execution of computer code on groundwater flow and radionuclide transport calculation in heterogeneous porous rock , we investigated the theoretical background about geostastical computer codes and the user's manual for the computer code on groundwater flow and radionuclide transport which calculates water flow in three dimension , the path of moving radionuclide , and one dimensional radionuclide migration.

In this report , based on above investigation we describe the geostastical background about simulating heterogeneous permeability field. And we describe construction of files , input and output data , a example of calculating of the programs which simulates heterogeneous permeability field , and calculates groundwater flow and radionuclide transport.

Therefore , we can document a manual by investigating the theoretical background about geostastical computer codes and the user's manual for the computer code on groundwater flow and radionuclide transport calculation. And we can model heterogeneous porous rock and analyze groundwater flow and radionuclide transport by utilizing the information from this report.

1) Computer Software Development Co., Ltd.
2) Waste Isolation Research Division , Tokai Works

目次

1.	はじめに	1
2.	不均質場シミュレーションの理論的背景	2
2.1	用語の定義	2
2.2	不均質場作成プログラムの概要	3
2.3	不均質場作成の手順	5
2.4	各モジュールの理論的背景	6
2.4.1	DECLUS	6
2.4.2	NSCORE	8
2.4.3	GAMV	11
2.4.4	VMODEL	14
2.4.5	SGSIM	15
3.	統合化環境の使用方法	18
3.1	用語の定義	18
3.2	統合化環境の概要	19
3.3	データファイル	20
3.3.1	ファイル構成	20
3.3.2	入力ファイル	20
3.3.3	出力ファイル	20
3.4	入力データ	24
3.4.1	GSLIB における不均質場生成段階における入力データ	24
3.4.2	S_SURF3D, TR3D/Info, MATRICS の統合環境による解析の段階	39
3.4.3	ソースファイルで変更を与える変数	50
3.5	出力データ	52
3.5.1	GSLIB における不均質場生成段階における出力データ	52
3.5.2	S_SURF3D, TR3D/Info, MATRICS の統合環境における出力データ	60
3.6	実行方法	67
3.7	例題	68
3.7.1	デクラスタリング	68
3.7.2	正規化	79
3.7.3	経緯的バリオグラムの作成	82
3.7.4	バリオグラムモデルによる適合	89
3.7.5	不均質場シミュレーション	96
3.7.6	S_SURF3D, TR3D/Info, MATRICS の統合環境による核重移行解析	105
4.	おわりに	110

5. 参考文献	.....	111
付録A 地質統計学における空間的相関の定量化	.....	112
付録B バリオグラムモデルの説明	.....	117
付録C Geo-EAS フォーマットの説明	.....	119
付録D グリッドの定義	.....	119
付録E 地質統計学に関する統計論および確率論の基礎	.....	121

表目次

表 3.1	GSLIB による不均質場生成においてユーザーが用意するファイル	24
表3.2	実測データをデクラスタリングするためのパラメータを入力したファイル(declus.par)	27
表3.3	実測データをデクラスタリングするための入力データの説明	27
表3.4	実測データファイルの例(vargdat.dat)	28
表3.5	実測データファイルの説明	28
表3.6	DECLUS モジュールの実行用入力ファイル(declus.inp)	28
表3.7	規格化するためのパラメータを入力したファイル(ncscore.par)	29
表3.8	規格化するための入力データの説明	29
表3.9	デクラスタリングを実行した後の実測データ	30
表3.10	デクラスタリングを実行した後の実測データの説明	30
表3.11	NSCORE モジュールの実行用入力ファイル(ncscore.inp)	30
表3.12	バリオグラムを作成するためのパラメータを入力したファイル	31
表3.13	バリオグラムを作成するための入力データの説明	32
表3.14	NSCORE により正規化して得られたファイル	33
表3.15	NSCORE により正規化して得られたファイルの説明	33
表3.16	GAMV モジュールの実行用入力ファイル(gamv*.inp)	33
表3.17	バリオグラムモデルによる適合を実施するためのパラメータを入力したファイル	34
表3.18	バリオグラムモデルによる適合を実施するための入力データの説明	35
表3.19	VMODEL モジュールの実行用入力ファイル(vmodel*.inp)	35
表3.20	不均質場シミュレーションを行うためのパラメータを入力したファイル	36
表3.21	不均質場シミュレーションの入力データの説明(その1)	37
表3.22	不均質場シミュレーションの入力データの説明(その2)	38
表3.23	SGSIM モジュールの実行用入力ファイル(*.inp)	38
表3.24	統合環境による解析でユーザーが用意するファイル	39
表3.25	コントロールファイルの例	41
表3.26	コントロールファイルの入力データの説明	42
表3.27	透水係数データファイルの例	43
表3.28	透水係数データファイルの入力データの説明	43
表3.29	グリッドデータファイルの例	44
表3.30	グリッドデータファイルの入力データの説明	45
表3.31	速度ベクトルファイルの例	46
表3.32	速度ベクトルファイルの入力データの説明	46
表3.33	速度データファイルの例	47
表3.34	速度データファイルの入力データの説明	47

表3.35	核種物性ファイルの例	.....	48
表3.36	核種物性ファイルの入力データの説明	.....	48
表3.37	核種ソースファイルの例	.....	49
表3.38	核種ソースファイルの入力データの説明	.....	49
表3.39	ソースファイルmkinp.fの抜粋	.....	50
表3.40	ソースファイルflux.fの抜粋	.....	51
表3.41	デクラスタリングを実行した後の実測データ	.....	53
表3.42	デクラスタリングを実行した後の実測データの説明	.....	53
表3.43	正規化した実測データ	.....	54
表3.44	NSCOREにより正規化して得られたファイルの説明	.....	54
表3.45	経緯鉛バリオグラムデータ	.....	55
表3.46	経緯鉛バリオグラムデータの説明	.....	55
表3.47	バリオグラムモデルデータ	.....	56
表3.48	バリオグラムモデルデータの説明	.....	56
表3.49	不均質場データファイルの例	.....	57
表3.50	不均質場データファイルの説明	.....	57
表3.51	ログファイルの例	.....	58
表3.52	デバックファイルの例	.....	59
表3.53	速度ベクトルファイルの例	.....	61
表3.54	S_SURF3Dによる解析のステータスファイルの例	.....	61
表3.55	速度データファイルの例	.....	62
表3.56	TR3D/Infoによる解析のステータスファイルの例	.....	62
表3.57	核種移行率ファイルの例(抜粋)	.....	63
表3.58	ステータスファイルの例(その1)	.....	64
表3.59	ステータスファイルの例(その2)	.....	65
表3.60	ログファイルの例(抜粋)	.....	66
表3.61	井戸SN4における地質データ(抜粋)	.....	70
表3.62	井戸TH2における地質データ(抜粋)	.....	70
表3.63	井戸TH3における地質データ(抜粋)	.....	71
表3.64	井戸TH4における地質データ(抜粋)	.....	71
表3.65	井戸TH5における地質データ(抜粋)	.....	72
表3.66	井戸TH6における地質データ(抜粋)	.....	72
表3.67	井戸TH7における地質データ(抜粋)	.....	73
表3.68	井戸TH8における地質データ(抜粋)	.....	73
表3.69	井戸TT1における地質データ(抜粋)	.....	74
表3.70	実測データvardat.dat(抜粋)	.....	75

表3.71	実測データをデクラスタリングするためのパラメータを入力したファイル (declus.par) ..	76
表3.72	実測データをデクラスタリングするためのパラメータの根拠	77
表3.73	デクラスタリングを実行した後の実測データ (抜粋)	78
表3.74	正規化するためのパラメータを入力したファイル (nscore.par)	80
表3.75	正規化するためのパラメータの根拠	80
表3.76	NSCORE により正規化して得られたファイル (抜粋)	81
表3.77	経緯的バリオグラムを作成するためのパラメータを入力したファイル	83
表3.78	垂直方向のバリオグラムを作成するパラメータの根拠	84
表3.79	水平方向のバリオグラムを作成するパラメータの根拠	85
表3.80	GAMV を使用して作成された垂直方向の経緯的バリオグラム	86
表3.81	GAMV を使用して作成された水平方向の経緯的バリオグラム	87
表3.82	バリオグラムモデルによる適合を実施するためのパラメータを入力したファイル	90
表3.83	垂直方向においてモデルによる適合を実施するためのパラメータの根拠	91
表3.84	水平方向においてモデルによる適合を実施するためのパラメータの根拠	92
表3.85	VMODEL を使用して作成された垂直方向のバリオグラムに関するファイル	93
表3.86	VMODEL を使用して作成された水平方向のバリオグラムに関するファイル	94
表3.87	不均質場シミュレーションを行うためのパラメータを入力したファイル	98
表3.88	不均質場シミュレーションの入力パラメータの根拠 (その1)	99
表3.89	不均質場シミュレーションの入力パラメータの根拠 (その2)	100
表3.90	不均質場シミュレーションの結果 (抜粋)	101
表3.91	正規分布データを任意の統計量に変換するためのパラメータを入力したファイル	102
表3.92	正規分布データを任意の統計量に変換するプログラムの入力パラメータの根拠	102
表3.93	正規分布データを任意の統計量に変換した結果	103
表3.94	統合化環境の実行を制御するパラメータを入力したコントロールファイル	106
表3.95	コントロールファイルの入力データの根拠	107
表3.96	核種移行解析に必要なパラメータを入力した核種物性ファイル	108
表3.97	核種物性ファイルの入力データの根拠	109

目次

図 2.1	GSLIB における不均質透水性係数場の作成	5
図 2.2	任意の測定点が存在する領域	7
図 2.3	4 個のセルで分割した領域	7
図 2.4	正規化の概念	10
図 2.5	任意の領域における測定点	12
図 2.6	2 地点間のベクトルの各部位	12
図 2.7	測定点を結ぶベクトル	12
図 2.8	lag の例	13
図 2.9	バリオグラムモデルの例	14
図 3.1	統合化環境実行におけるファイル構成	21
図 3.2	GSLIB のモジュールを使用する手順とファイル構成 (その1)	22
図 3.3	GSLIB のモジュールを使用する手順とファイル構成 (その2)	23
図 3.4	垂直方向と水平方向の経緯的バリオグラム	88
図 3.5	垂直方向と水平方向のバリオグラムモデルの曲線	95
図 3.6	SGSIM により不均質場シミュレーションを行って作成した不均質場の例	104
付録		
図 A.1	2 地点間のベクトルの各部位	112
図 D.1	xy 面上のデータを定義するグリッド	120
図 D.2	xz 面上のデータを定義するグリッド	120

1. はじめに

核燃料サイクル開発機構において、多孔質岩盤を対象とした 3 次元不均質連続モデルを用いた核種移行評価を実施した(井尻ほか, 1999)。この解析では、不均質透水係数場作成コード SGSIM, 3 次元水理解析コード S_SURF3D, 核種移行経路抽出コード TR3D/Info, 1 次元核種移行計算コード MATRICS が使用された。上記のコードのうち, S_SURF3D, TR3D/Info, MATRICS については, シェル・スクリプトを用いて S_SURF3D から MATRICS まで連続的かつ効率的に解析可能なように統合化されている(長坂ほか, 2000)。一方, 上記の統合化した水理 / 核種移行解析モデルを使用して自由に不均質多孔質岩盤をモデル化および解析することが可能となるためには, 不均質透水係数場作成コード SGSIM による不均質透水係数場の作成方法, 水理 / 核種移行解析モデルの入出力データ, ファイル構成, 実行方法を一括してまとめた資料が必要とされていた。

以上のことから, 一連の不均質多孔質岩盤中の水理 / 核種移行解析における入出力データ, 実行手順をマニュアル化することを目的として, 不均質透水係数場作成コード SGSIM の理論的背景と不均質透水係数場作成コード SGSIM および 3 次元水理解析コード S_SURF3D, 核種移行経路抽出コード TR3D/Info, 1 次元核種移行計算コード MATRICS からなる水理 / 核種移行解析プログラムの使用方法についてまとめた。

2 . 不均質場シミュレーションの理論的背景

2.1 用語の定義

ランダム変数

確率的メカニズムによってランダムに生成された変数のこと。

累積頻度分布

データ値を適当な階級（クラス）に区分し，各階級ごとの頻度を求めたのち，階級値の小さいほうから各々の頻度を累積して得られる分布のこと。

累積分布関数

累積頻度分布における頻度を全データ数に対する比率で表したものの。

共分散

2 変数 X , Y の相互関係を表す統計用語であり，以下のような式で定義される。

$$COV(X, Y) = E[(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})] \quad (2.1)$$

ここで，

E : 確率変数の期待値

\bar{X} : 変数 X の平均値

\bar{Y} : 変数 Y の平均値

本式より共分散は，変数 X の平均値 \bar{X} からの偏差の期待値と変数 Y の平均値 \bar{Y} からの偏差の期待値の積である。

2.2 不均質場作成プログラムの概要

不均質透水係数場生成コード SGSIM (Sequential Gaussian SIMulation) は、任意地点における実測された既知透水係数の情報を用いて、デクラスタリング、規格化、バリオグラムの作成、バリオグラムモデルの作成といった手続きを経て、実測データと実測データの確率分布から空間的に相関関係が等価な不均質透水係数場を生成するコードである。SGSIM は、デクラスタリングからバリオグラムモデルの作成で使用されるモジュールと同様に、地質統計法ライブラリー-GSLIB Software (Deutsch and Journel , 1992) に収納されているものである。以下に各手順について概説する。

デクラスタリング

データが局所的に集中している場合に、領域に対してデータ数が一樣になるように各データの重み付けを行う手順。GSLIB 内のモジュール名は DECLUS である。

正規化

SGSIM が正規分布データを入力として必要であることから でデクラスタリングした実測データを規格化する手順。規格化を実行する前に でデクラスタリングした実測データ cluster.dat をコピーして declus.out の名称で保存しておく。GSLIB 内のモジュール名は、NSCORE である。

経験的バリオグラムの作成

の段階で規格化した実測データに基づいてバリオグラム作成する手順。GSLIB 内のモジュール GAMV を使用する。

なお、バリオグラムは空間的な相関を定量化する量であり、距離 h の lag (隔たり) に対するバリオグラムは、(2.2) 式のように距離 h だけ隔てた異なる 2 点における値の差を平均した量として定義される。

$$\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{N(h)} [z(u) - z(u+h)]^2 \quad (2.2)$$

$N(h)$: lag h に対するペアの総数

$z(u)$: 座標 u における測定データ

u : 座標

バリオグラムモデルによる適合

バリオグラムモデルの曲線が の段階で作成した経験的バリオグラムと適合するように、

モデルのパラメータをトライアンドエラーによって決定する手順。モジュール名は、**VMODEL** である。

不均質場シミュレーション

の段階で決定した、モデルを経験的バリオグラムに適合させるのに必要なパラメータと、乱数の初期値を指定することで複数の統計量および空間的な相関関係が等価な場 (**realization**) を作成する手順。本解析においては **Gaussian** シミュレーションを用いて不均質場を作成する。モジュール名は、**SGMIM** である。

2.3 不均質場作成の手順

GSLIB Software おいて、最終的に SGSIM で不均質透水係数場を生成するまでの手順を下図に記載した。

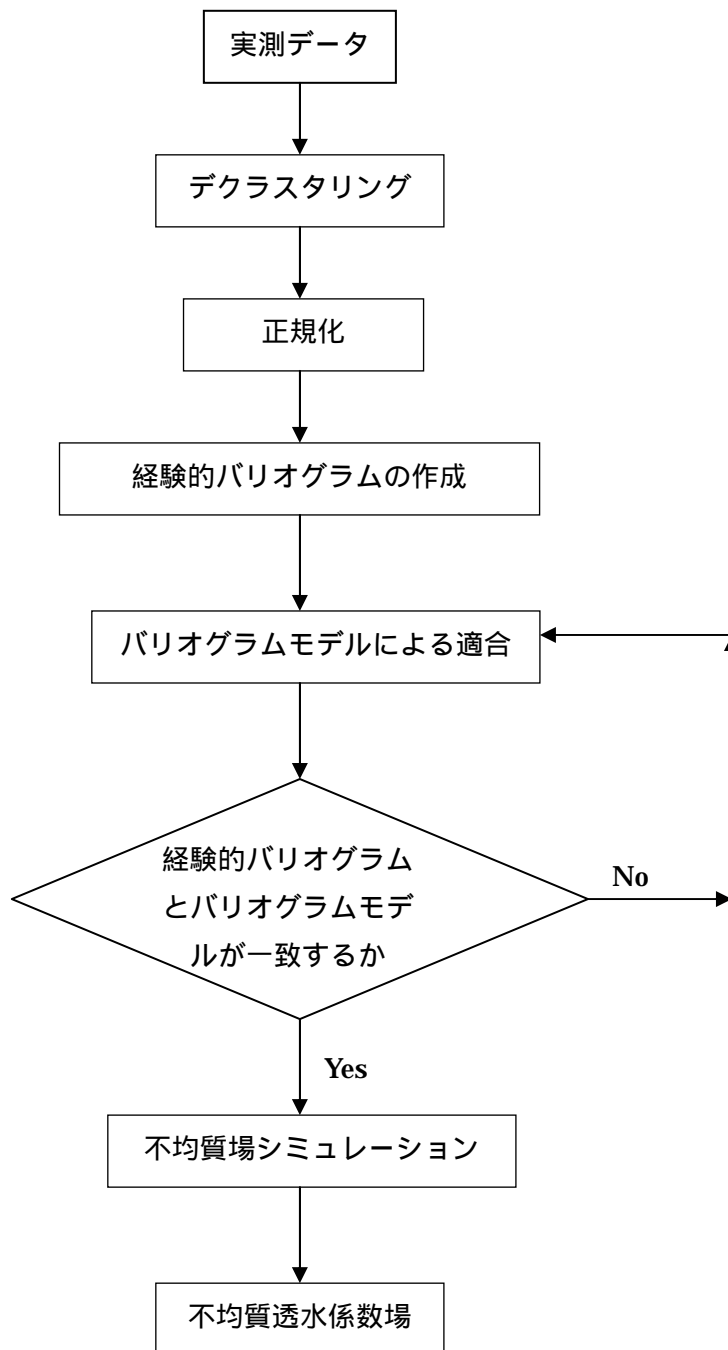


図 2.1 GSLIB における不均質透水係数場の作成

2.4 各モジュールの理論的背景

2.4.1 DECLUS

2.2 節で述べたように、DECLUS はデクラスタリングを実行するモジュールである。以下において、デクラスタリングについて説明する。

任意の領域においてデータが局所的に集中している場合、領域全体のデータの正規化やヒストグラムは、集中している領域のデータに強く影響される。特定領域のデータに影響されないようにする方法として、特定領域のデータ個数を小さく見積もる、もしくは、他の領域のデータ個数を大きく見積もることにより、領域内のデータ数を一様にするのが考えられる。このように、データが局所的に集中している場合に、領域に対してデータ数が一様になるように各データに重み付けを行う手順のことをデクラスタリングと呼ぶ。なお、各データに付けられた重みは、次の処理を行うときに元のデータの値に掛け合わせなど、元のデータとともに使用される。

DECLUS において、デクラスタリングによる重み付けは、図 2.2 のようなデータ数 8 個のデータにおいて以下のように行う (Deutsch, 1989)。

図 2.2 のようなデータが存在する領域を、図 2.3 のように A, B, C, D の 4 つの領域に分割する。各領域中には各々 2, 3, 2, 1 個のデータが存在する。領域 A のデータに各々 W_1 と W_2 、領域 B のデータに各々 W_3 , W_4 , W_5 、領域 C のデータに各々 W_6 , W_7 、領域 D のデータに W_8 の重みをつける場合、各々の重みは以下のように算出する。

$$W_1, W_2 = 1/(4 \cdot 2) = 1/8$$

$$W_3, W_4, W_5 = 1/(4 \cdot 3) = 1/12$$

$$W_6, W_7 = 1/(4 \cdot 2) = 1/8$$

$$W_8 = 1/(4 \cdot 1) = 1/4$$

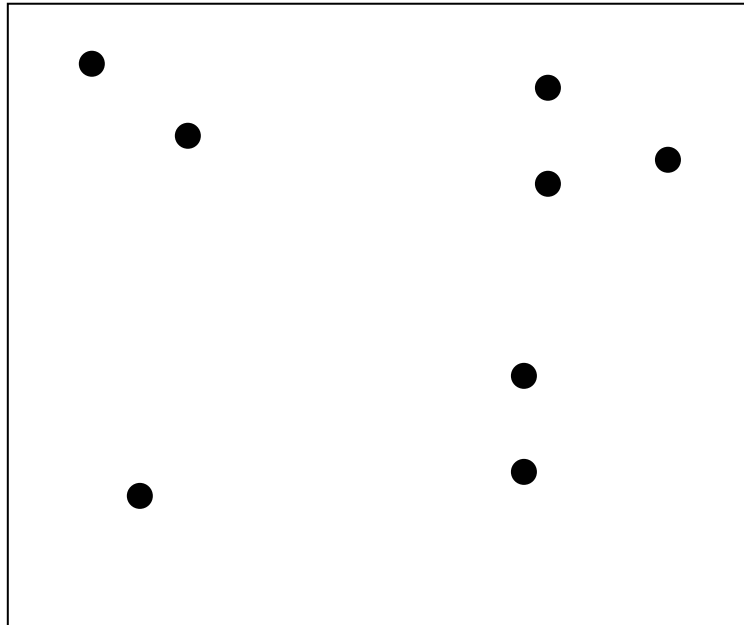


図 2.2 任意の測定点が存在する領域

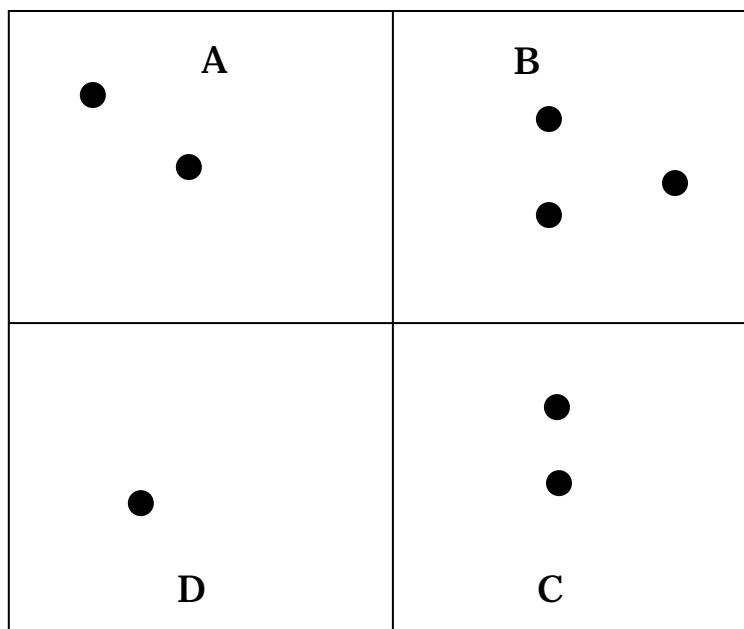


図 2.3 4 個のセルで分割した領域

2.4.2 NSCORE

(1) 正規化

2.2 節で述べたように、NSCORE は、正規化 (normal score transform) を実施するモジュールである。正規化は、ガウシアンシミュレーションによって不均質場シミュレーションを行う場合、シミュレーションは正規分布データを使用して実行されることから、実測データを正規分布に変換する手順である。

(2) 正規化の方法

正規化によるデータの変換は以下のような考え方で行われる。

図 2.4(a) のような累積頻度関数が存在する場合、変数 0.1 における累積頻度関数の値は 0.3 である。一方、図 2.4 (b) のような正規的な累積分布の値が 0.3 における変数の値は -0.6 である。上記のような変数を 0.1 から -0.6 への変換は、累積頻度関数を F 、正規的な累積分布関数を G とおくと、

$$G^{-1}(0.3) = G^{-1}(F(0.1)) = -0.6 \quad (2.3)$$

と表される。ここで、 G^{-1} は G の逆関数である。つまり、変数 z_k を正規化して y_k に変換することは、

$$y_k = G^{-1}(F(z_k)) \quad (2.4)$$

と表されるように、 z_k を代入した累積分布関数 F を、正規的な累積分布関数 G の逆関数 G^{-1} に代入して y_k を算出することに相当する。上記のことを統計学的に述べると、変数 z_k は全 n 個の採取データの k 番目であることから、変数 z_k における累積頻度 F の値は k/n となる。この関係を式で表すと (2.5) 式のようなになる。

$$F_Z(z_k) = \frac{k}{n} \quad (2.5)$$

(2.5) 式を (2.4) 式に代入すると、

$$y^{(k)} = G^{-1}\left(\frac{k}{n}\right) \quad (2.6)$$

となる。(2.6)式の意味するところは、 y_k は正規的な累積分布において、変数の区分を k/n 等分したときの最小値である(このことを、統計学的には q/n quantile と呼ぶ)。結局、全 n 個の採取データのうち、 k 番目の変数を正規化することは、正規的な累積分布関数における変数の区分を k/n 等分したときの最小値を求めることである。

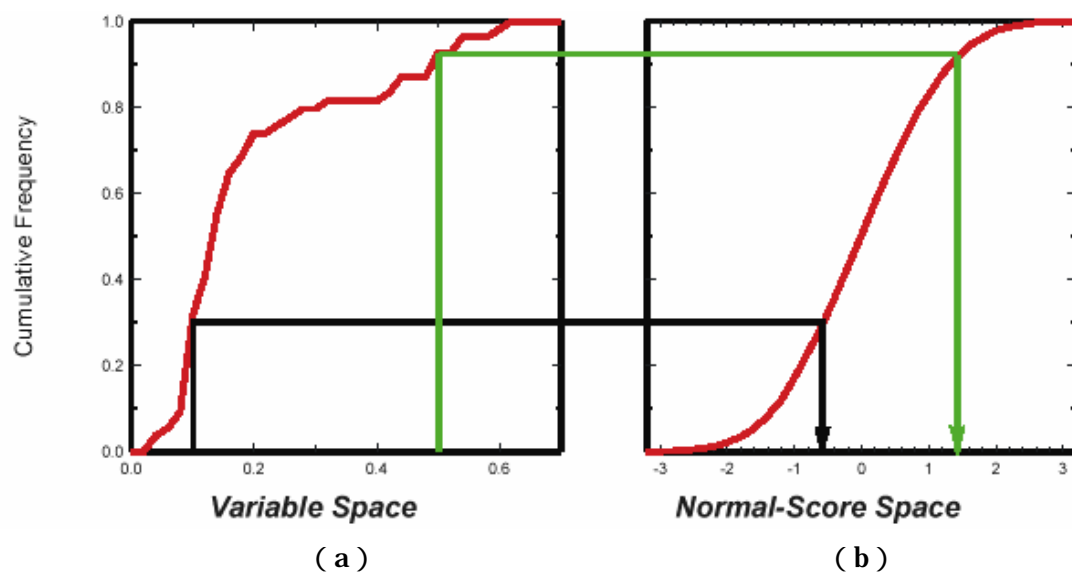


図 2.4 正規化の概念

2.4.3 GAMV

2.2 節で述べたように，GAMV は経験的バリオグラムを作成するモジュールである。以下において，経験的バリオグラムについて説明する。

空間中に図 2.5 のように測定されたデータが分布していると仮定する。2 点のデータを図 2.6 のようにベクトルで結ぶ時，ベクトル h の矢印の先端を **head**，矢印の末端を **tail**，長さ（距離）を **lag** と呼称する。

図 2.5 の各点のデータに関して，図 2.7 のようにベクトルを結ぶことができる。この場合，ベクトル h_1 ，ベクトル h_2 に関する空間的相関は各々以下のように定量化することができる。

$$\gamma(h_1) = \frac{1}{2 \times 2} \left\{ (z_1 - z_2)^2 + (z_2 - z_1)^2 \right\} \quad (2.7)$$

$$\gamma(h_2) = \frac{1}{2 \times 2} \left\{ (z_2 - z_3)^2 + (z_3 - z_2)^2 \right\} \quad (2.8)$$

なお，上記の空間的相関の定量化には **Semivariogram** を採用した。

また，GAMV は空間的相関を定量化するときに，単位（基準）となる **lag** の長さ（距離）と考慮する **lag** の数を設定することになっている。なお，**lag**（単位 **lag**）/2 以下の長さ（距離）を **lag** の許容誤差と呼び，この範囲内に存在する測定点は同一 **lag** とする。図 2.7 の例で説明すると，ベクトル h_2 の長さ（距離） h_2 を単位 **lag** と設定すると，空間的相関の定量化のときに測定点 2 に関して図 2.8 に記載された実線の円弧が単位 **lag** であり，点線の円弧で囲まれた部分を同一 **lag** として考える。さらに，GAMV は基準となる測定点から空間的相関の定量化において考慮する方向を設定することになっている。この方向についても許容誤差を設定することになっており，この範囲内に存在する測定点は同一 **lag** とする。ただし，角度の許容範囲によって考慮される範囲は，基準となる測定点から離れると増大することから，方位角の帯域を設定することになっている。図 2.7 の例で説明すると，空間的相関の定量化のときに測定点 2 に関して図 2.8 に記載された実線の直線で囲まれた部分考慮することになる。なお，図 2.8 の例では 2 次元であるが，GAMV では 3 次元の方向を考慮することができる。

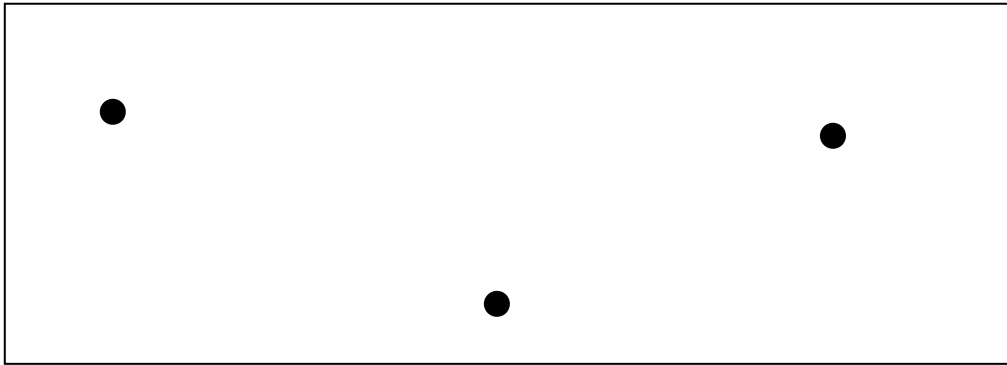


図 2.5 任意の領域における測定点



図 2.6 2 地点間のベクトルの各部位

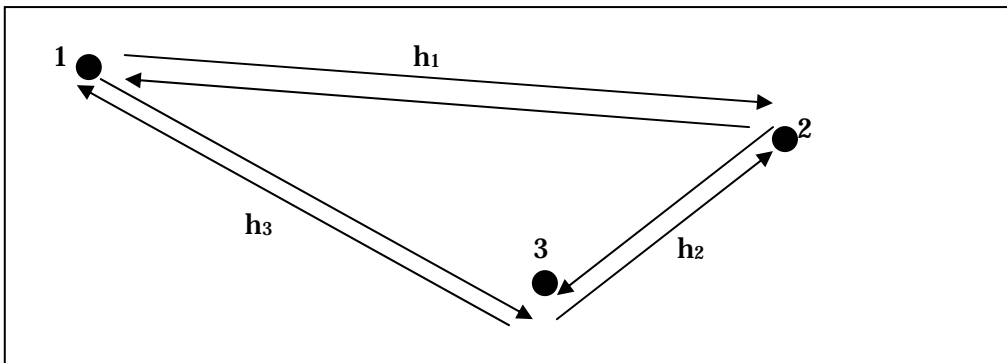


図 2.7 測定点を結ぶベクトル

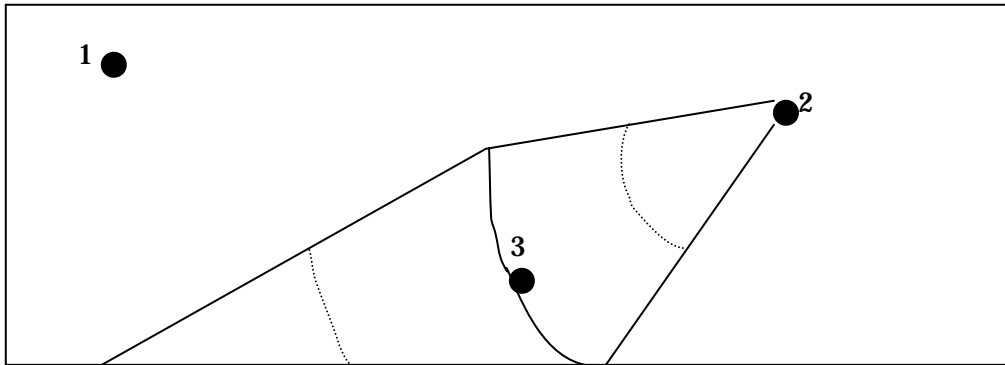


図 2.8 lag の例

2.4.4 VMODEL

2.2 節で述べたように、VMODEL は、バリオグラムモデルの曲線が経験的バリオグラムと適合するようにモデルのパラメータをトライアンドエラーによって決定する手順において使用するモジュールである。トライアンドエラーによって決定するパラメータは、シル (sill), レンジ (range), 切片 (nugget effect) であり, 図 2.9 のようなバリオグラムモデル (図の例は球状モデル) の場合は, 図中で示したものである。

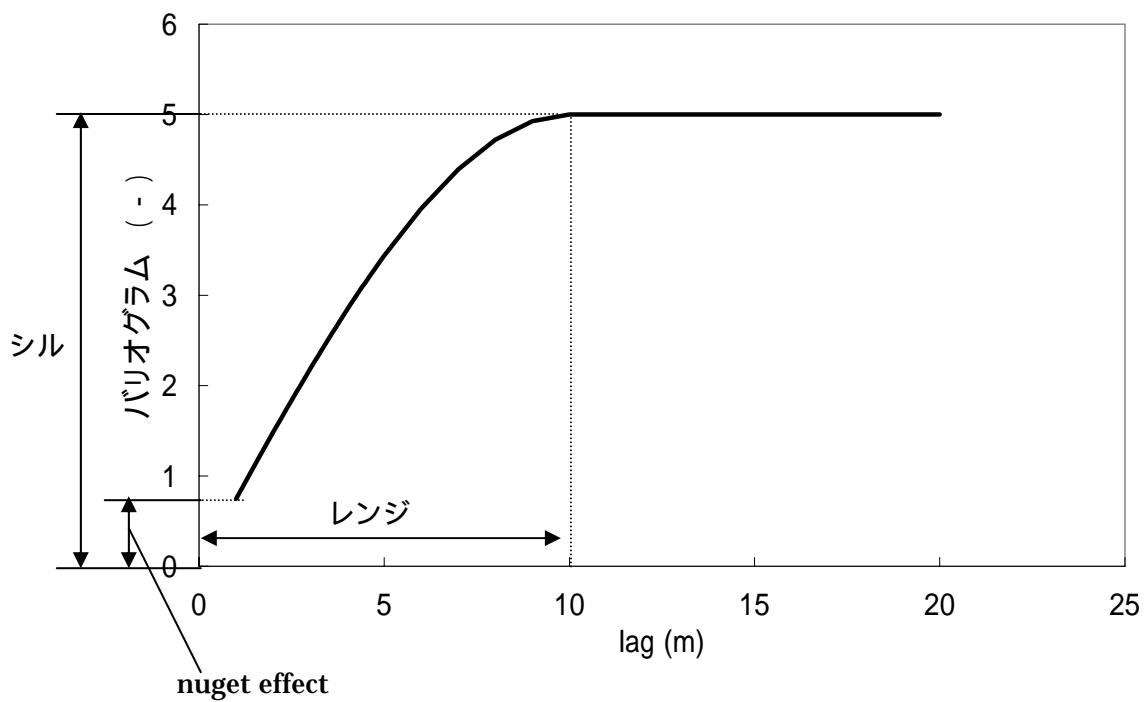


図 2.9 バリオグラムモデルの例

2.4.5 SGSIM

(1) 不均質場シミュレーション

2.2 節で述べたように、SGSIM は不均質場シミュレーションを実行するモジュールである。不均質場シミュレーションとは、地質データの空間分布が、地質データの統計的情報及び確率分布にしたがうという仮定に基づいて、乱数から確率変数を算出し、算出した確率変数と地質データの統計情報を使用して、測定値が得られていない地点の物理量を予測する手法である。1回のシミュレーションにより1つのリアライゼーションと呼ばれる地質データの予測値の空間分布が生成され、シミュレーションにより与えられる解はリアライゼーションごとで異なる。

なお、SGSIM は、確率変数に正規分布を使用することに加えて、(2)で説明する連続的シミュレーションという手法も取り入れていることから連続的ガウシアンシミュレーション (Sequential Gaussian Simulation) と呼ばれる。

(2) 連続的ガウシアンシミュレーション (Sequential Gaussian Simulation)

ここでは、連続的ガウシアンシミュレーションについての説明を行う。(i)において連続的シミュレーションについて概説を行い、(ii)において連続的ガウシアンシミュレーションについて概説する。

(i) 連続的シミュレーション

任意の場所 u における共分散値によって与えられる条件付き分布からランダム変数 $Z(u)$ を算出する近似法が存在する。連続的シミュレーションの原理は、本近似法の条件付け (コンディショニング) の対象を、任意の場所 u のみから任意の場所 u の近傍内における有用な全データ (オリジナルデータ及び以前シミュレーションした全ての値を含む) にまで拡張して、条件付き分布からランダム変数 $Z(u)$ を算出するものである。

上記の条件付き確率に関する手続きを連続的に実施することにより、条件付き累積分布関数 (2.9) から N 個のシミュレーション結果が N 個の連続的段階で描画される。なお、各段階で条件付き累積分布関数の条件付けのレベルが上がっていく。

$$F_{(N)}(z_1, \dots, z_N | (n)) = \text{Prob}\{Z_i \leq z_i, i = 1, \dots, N | (n)\} \quad (2.9)$$

連続的シミュレーションは、上記のように条件付き確率に関する手続きを連続的に実施することから「連続的」と呼ばれる。

連続的シミュレーションにおける条件付き確率に関する手続きは、具体的には各リアラ

ゼーションにおいて以下のような手続きを実施する。

オリジナルデータ(n)によって与えられるランダム変数 Z_1 の1変量の条件付き累積分布関数から、 $[0,1]$ の間の z_1 を、乱数を使用して算出する。このとき、 z_1 は条件付けしたデータ（コンディショニングデータ）と考えることができる。

この手続きによって、データ(n)は、 $(n+1)=(n) \{Z_1= z_1\}$ のように更新される。

更新したデータ(n+1)によって与えられるランダム変数 Z_2 の1変量の条件付き累積分布関数から z_2 を算出（描画）する。

この手続きによって、データ(n+1)は、 $(n+2)=(n+1) \{Z_2= z_2\}$ のように更新される。

上記の手続きを、N個のランダム変数 Z_i に対して繰り返す。

(ii) 連続的ガウシアンシミュレーションの概説

連続的ガウシアンシミュレーションは、地質データが多変量ガウシアン分布にしたがうという仮定に基づいて、ガウシアン分布となっている地質データを (i) で述べた連続的シミュレーションの原理を使用して生成する手法である。つまり、各変数を単純 Kriging (Simple Kriging) により特徴づけられる正規的な条件付き累積分布関数により連続的にシミュレートする手法である。本シミュレーションにおいて条件付けしたデータは、オリジナルデータ及び以前シミュレートした場所近傍内の以前シミュレートしたすべての値である。

連続的ガウシアンシミュレーションの具体的手続きは以下のような手続きを実施する。

対象となる領域全体及び有用な測定データ z を表す1変量の累積分布関数 $F_z(z)$ を決定する。

データ z が特定の領域に集中している場合、デクラスタリングを行う。

累積分布関数 $F_z(z)$ をシミュレーションに使用することから、データ z を正規化する。

データ z を正規化したデータ y の2変量正規性をチェックする。このチェックにより、データが正規分布でなかった場合、多変量ガウシアンモデルをシミュレーションに採用するのに適さないことから、別のモデルでシミュレーションする。

以下の手順で SGSIM を実行する。

(ア) グリッドの各節点を訪れる経路を定義する。このとき各節点では、節点近傍の条件付けしたデータ（オリジナルデータ及び以前シミュレートした接点の値）を保持しておく。

(イ) 条件付き累積分布関数の平均と分散を算出するために単純 Kriging を行う。

(ウ) 条件付き累積分布関数からデータ y をシミュレーションする。

(エ) データセットにシミュレーションして得られたデータ y を付け加える。

(オ) 全節点をシミュレートするまで、上記の手続きを繰り返す。

シミュレーションしたデータは正規空間中のものであるから、実空間に変換する。

ところで、シル、レンジなどのバリオグラムに関するパラメータは Kriging を実施するときに使用される。また、
、 の段階は DECLUS、NSCORE によって同様のことが実行されている場合は省略できる。なお、正規空間中データを実空間に変換するプログラムを用意すれば、 の段階は実施する必要はない。

3 . 統合化環境の使用方法

3.1 用語の定義

経験的バリオグラム

実測データを(2.2)式に代入して得られた空間的相関量のこと。英語では ,Experimental Variogram と呼ばれており , 試験バリオグラムと訳されてきた。本多 (2000) は Experimental を「経験的」と訳しており , また , Boomer ら (2000) は同様の空間的相関量を Empirical (先験的) と呼称していた。本空間的相関量は , 試験データから得られるという意味から「試験」と訳してきたが , 空間的相関量を算出する以前に得られた実測データを使用するという視点に立てば , むしろ , 「先験的」であり , 「経験的」である。また , 「試験」という呼称には , 本空間的相関量は試行的なものであると解釈される可能性がある。したがって , 本報告書では , Experimental Variogram を経験的バリオグラムと呼称する。

3.2 統合化環境の概要

3次元水理解析コード S_SURF3D, 核種移行経路抽出コード TR3D/Info, 1次元核種移行計算コード MATRICS の統合化環境は, シェル・スクリプトを用いて S_SURF3D から MATRICS まで連続的かつ効率的に解析可能なように統合化したものである。本統合化環境は, 3次元不均質透水係数場中の核種移行経路を抽出して, 各核種移行経路において 1次元核種移行計算を実施することにより, 1次元核種移行計算コード MATRICS を使用して 3次元不均質透水係数場中の核種移行解析を可能にしたものである。以下に各解析コードの特徴を記載する。

- ・水理解析コード S_SURF3D

3次元水理解析コード S_SURF3D は, 有限要素法によるポテンシャル流を解くためのコードである。解析は, 不均質透水係数場生成コード SGSIM によって生成された透水係数場に関して計算を実施する。

- ・核種移行経路抽出コード TR3D/Info

核種移行経路抽出コード TR3D/Info は, 3次元水理解析によって算出された流れ場上に追跡粒子を配置して, 流れ場に沿って粒子を移行させることにより, 粒子の移行経路長および移行時間を求めるコードである。

- ・核種移行解析コード MATRICS

核種移行解析コード MATRICS は, 1次元亀裂中を移行する核種のフラックスを算出するコードである。

3.3 データファイル

本章では、統合化環境の実行に関係するデータファイルについて説明する。

3.3.1 ファイル構成

図 3.1 に統合化環境の実行に関係するファイル構成を示す。

解析実行時に必要なファイルは、コントロールファイル、グリッドデータファイル、透水係数データファイル、核種物性ファイル、ソースタームファイルであり、コントロールファイルに名前を入力されたグリッドデータファイル、透水係数データファイル中において透水係数、解析モデルの接点座標、核種の遅延係数などの主な入力条件が指定される。解析終了後には、統合化環境の計算条件やエラー出力などの情報、計算状況、各解析コードの計算結果が出力される。なお、透水係数データファイルは不均質場作成コード SGSIM によって作成されるものであり、透水係数データを作成するまでの GSLIB のモジュールを使用する手順とファイル構成を図 3.2 と図 3.3 に示す。

3.3.2 入力ファイル

上記のとおり、解析実行時に必要なファイルは、コントロールファイル、グリッドデータファイル、透水係数データファイル、核種物性ファイル、ソースタームファイルである。コントロールファイルは、各解析コードを実行するシェルをコントロールする情報を登録したファイルであり、各解析コードに必要な入力ファイル名を指定することができる。グリッドデータファイルは、解析モデルの接点座標、要素コネクティビティを指定する。核種物性ファイルは、崩壊系列および計算核種、各核種の半減期と分配係数を指定する。ソースタームファイルは、各時間における人工バリアからの核種移行率を指定する。

一方、透水係数データを作成するのに必要なファイルは、コンディショニングデータファイル、DECLUS、NSCORE、GAMV、VMODEL、SGSIM の各モジュールの入力ファイルと実行用入力ファイルである。コンディショニングデータファイルは、実測した透水係数データが入力されたファイルである。各モジュールの入力ファイルは、各モジュールを実行するのに必要な全ての入力情報が指定される。実行用入力ファイルは、入力ファイル名を入力したファイルである。

3.3.3 出力ファイル

解析終了後に出力されるファイルは、ステータスファイル、ログファイル、各解析コードの計算結果である。ステータスファイルは、統合化環境の計算条件やエラー出力などの情報が出力される。ログファイルは、計算状況を記録したものを出力する。S_SURF3D の計算結果には、X 軸、Y 軸、Z 軸の各方向速度ベクトルと水頭圧が出力される。TR3D/Info の計算結果には、各流線の長さ、各流線上を移行した粒子の移動時間が出力される。MATRICS の計算結果には、核種移行率が出力される。各解析コードの計算結果のうち、S_SURF3D と TR3D/Info の出力は各々 TR3D/Info、MATRICS の入力データとして用いられる。

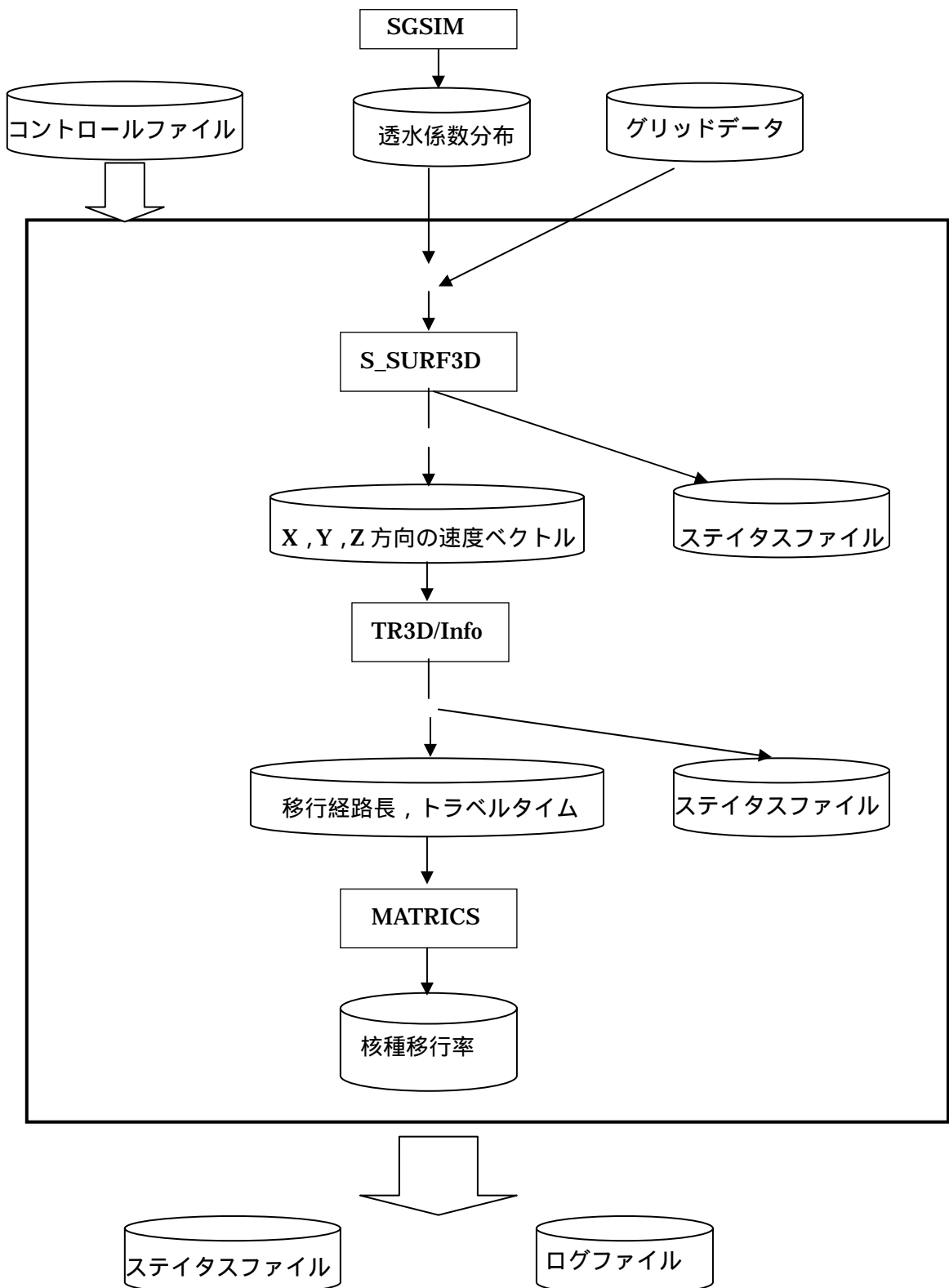


図 3.1 統合化環境実行におけるファイル構成

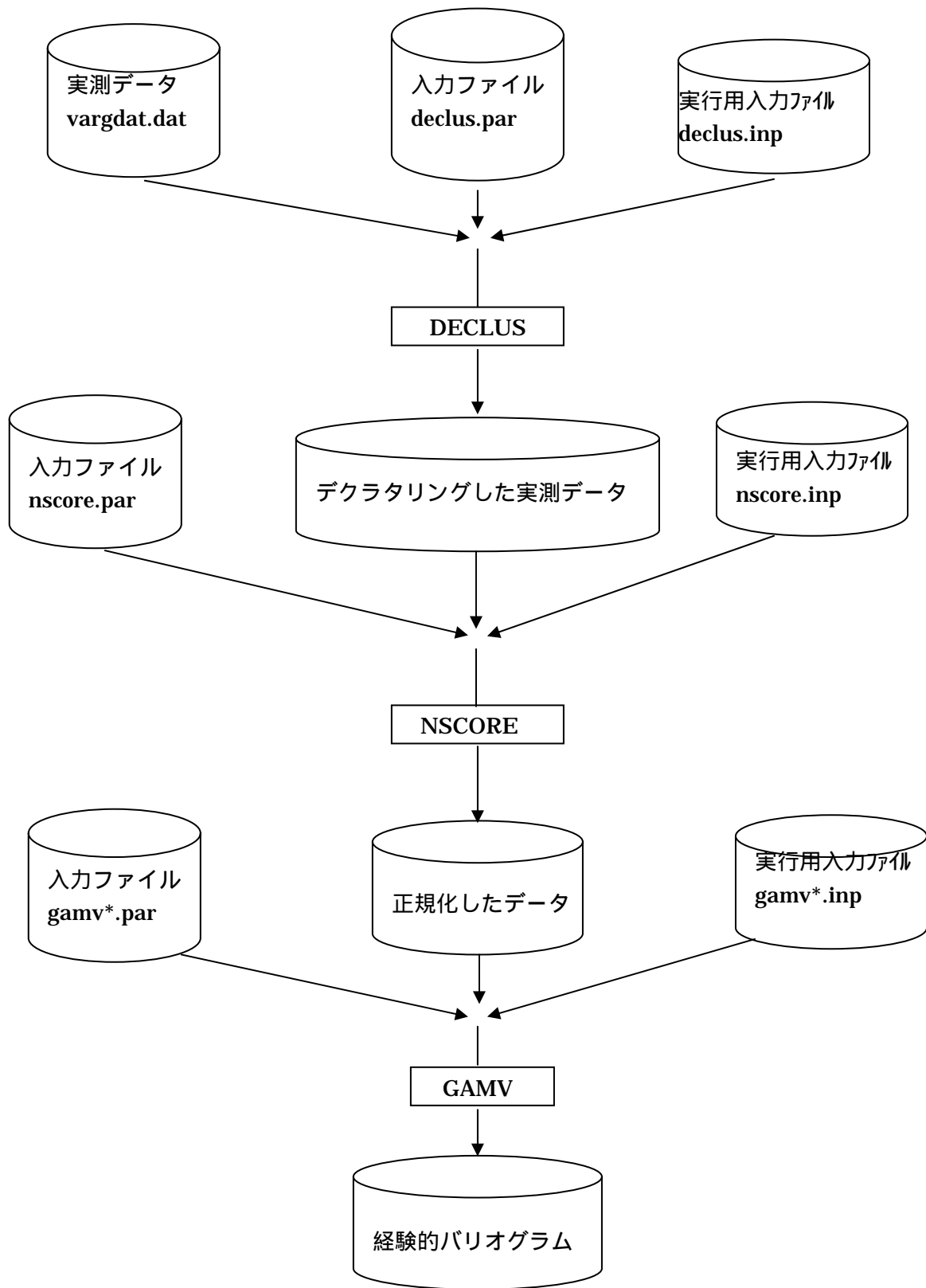


図 3.2 GSLIB のモジュールを使用する手順とファイル構成 (その 1)

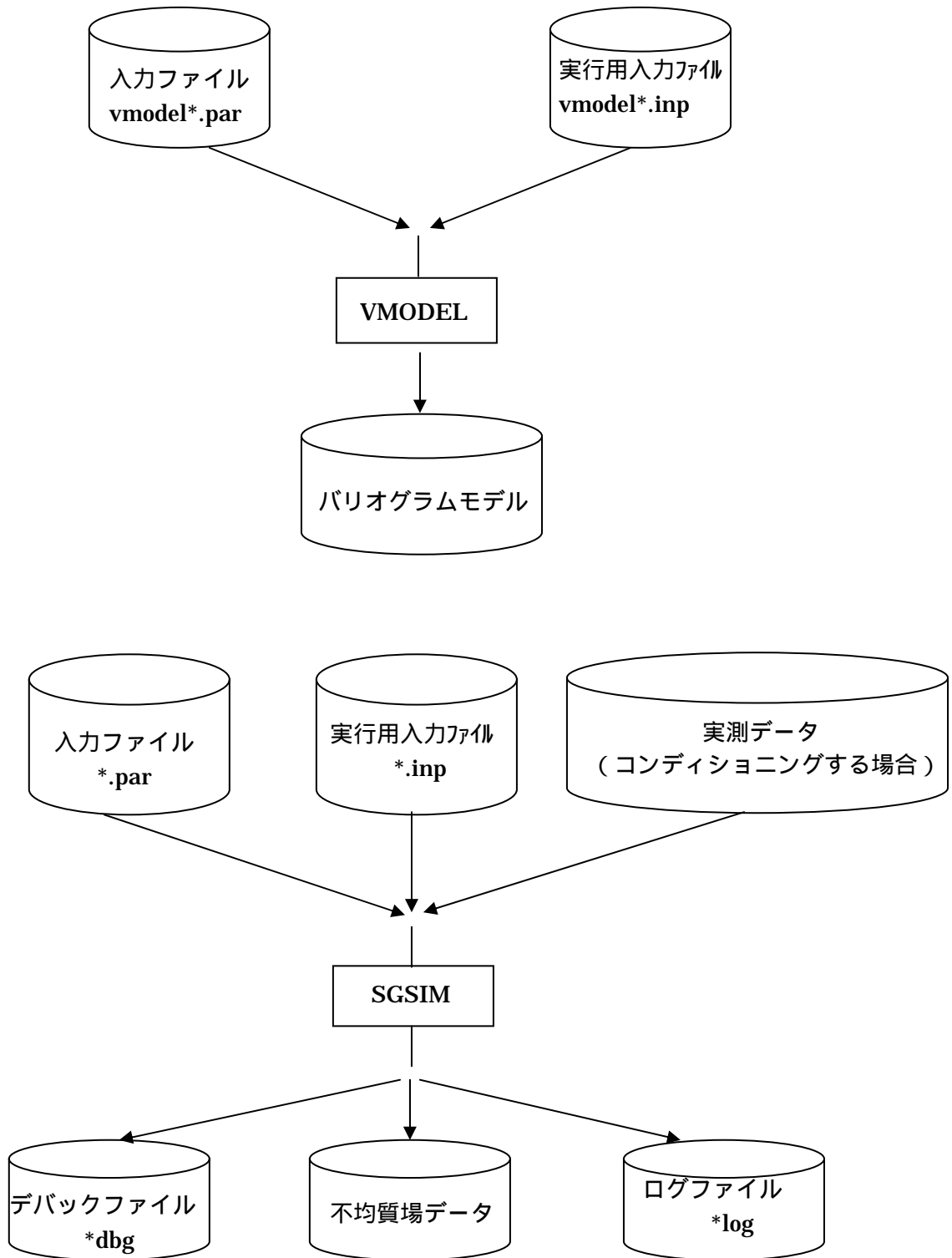


図 3.3 GSLIB のモジュールを使用する手順とファイル構成 (その 2)

3.4 入力データ

前章までに記載した解析に必要な情報は、いくつかの入力ファイルに登録されている。以下に各手順で使用される入力ファイルとその中に登録される情報について説明する。

3.4.1 GSLIB における不均質場生成段階における入力データ

表 3.1 にデクラスタリングから不均質場シミュレーションまでの各手順においてユーザーが用意する入力ファイルを記載した。以下に各入力ファイルのデータについて解説する。

表 3.1 GSLIB による不均質場生成においてユーザーが用意するファイル

段階	ファイル名	内容
デクラスタリング	vargdat.dat	実測データ（透水係数）に登録したファイル
	declus.par	実測データのデクラスタリングに使用する入力ファイル
	declus.inp	DECLUS モジュールの実行に使用するファイル
正規化	nscore.par	規格化するためのパラメータを入力したファイル
	declus.out	デクラスタリングした実測データ
	nscore.inp	NSCORE モジュールの実行に使用するファイル
経験的バリオグラムの作成	gamvv.par	垂直方向バリオグラムの作成に使用する入力ファイル
	gamvv.inp	GAMV モジュールの実行に使用するファイル
	gamvo.par	水平方向バリオグラムの作成に使用する入力ファイル
	gamvo.inp	GAMV モジュールの実行に使用するファイル
バリオグラムモデルによる適合	vmodelv.par	垂直方向バリオグラムのモデル化に使用する入力ファイル
	vmodelv.inp	VMODEL モジュールの実行に使用するファイル
	vmodelo.par	水平方向バリオグラムのモデル化に使用する入力ファイル
	vmodelo.inp	VMODEL モジュールの実行に使用するファイル
不均質場シミュレーション	*.par	不均質場作成に使用する入力ファイル
	*.inp	SGSIM モジュールの実行に使用するファイル

(1) DECLUS を実行するときに必要な入力データ

(i) 入力ファイル

実測データをデクラスタリングするために必要なパラメータを登録したファイルであり、表 3.2 に例を示した。表 3.2 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.3 に記載した。

(ii) 実測データ

実測した透水係数とその測定した地点を登録したファイルであり、表 3.4 に例を示した。表 3.4 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.5 に記載した。

(iii) 実行用入力ファイル

DECLUS を実行するとき、コンピュータの画面に入力ファイルのかわりにファイル名を入力するファイルである。本ファイル中には入力ファイルを登録する。表 3.6 に例を示した。

(2) NSCORE を実行するときに必要な入力データ

(i) 入力ファイル

デクラスタリングした実測データを正規化する必要なパラメータを登録したファイルであり、表 3.7 に例を示した。表 3.7 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.8 に記載した。

(ii) デクラスタリングした実測データ

DECLUS によりデクラスタリングした実測データであり、表 3.9 に例を示した。表 3.9 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.10 に記載した。

(iii) 実行用入力ファイル

NSCORE を実行するとき、コンピュータの画面に入力ファイルのかわりにファイル名を入力するファイルである。本ファイル中には入力ファイルを登録する。表 3.11 に例を示した。

(3) GAMV を実行するときに必要な入力データ

(i) 入力ファイル

経験的バリオグラム の算出に必要なパラメータを登録したファイルであり、表 3.12 に例を示した。表 3.12 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.13 に記載した。

(ii) 正規化した実測データ

NSCORE により正規化した実測データであり、表 3.14 に例を示した。表 3.14 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.15 に記載した。

(iii) 実行用入力ファイル

GAMV を実行するとき、コンピュータの画面に入力ファイルのかわりにファイル名を入力するファイルである。本ファイル中には入力ファイルを登録する。表 3.16 に例を示した。

(4) VMODEL を実行するときに必要な入力データ

(i) 入力ファイル

バリオグラムモデルによる適合を実施するために必要なパラメータを登録したファイルであり、表 3.17 に例を示した。表 3.17 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.18 に記載した。

(ii) 実行用入力ファイル

VMODEL を実行するとき、コンピュータの画面に入力ファイルのかわりにファイル名を入力するファイルである。本ファイル中には入力ファイルを登録する。表 3.19 に例を示した。

(5) SGSIM を実行するときに必要な入力データ

(i) 入力ファイル

不均質場の作成を実施するために必要なパラメータを登録したファイルであり、表 3.20 に例を示した。表 3.20 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.21、表 3.22 に記載した。

(ii) 実行用入力ファイル

SGSIM を実行するとき、コンピュータの画面に入力ファイルのかわりにファイル名を入力するファイルである。本ファイル中には入力ファイルを登録する。表 3.23 に例を示した。

表 3.2 実測データをデクラスタリングするためのパラメータを入力したファイル (declus.par)

```

Parameters for DECLUS
*****

START OF PARAMETERS:
vargdat.dat 1)          ¥file with data
1 2) 2 3) 3 4) 5 5)    ¥ columns for X, Y, Z, and variable
-1.0e21 6) 1.0e21 7)   ¥ trimming limits
declus.sum 8)          ¥file for summary output
cluster.dat 9)         ¥file for output with data & weights
1.0 10) 1.0 11)        ¥Y and Z cell anisotropy (Ysize=size*Yanis)
0 12)                  ¥0=look for minimum declustered mean (1=max)
24 13) 2.7 14) 100.0 15) ¥number of cell sizes, min size, max size
5 16)                  ¥number of origin offsets
    
```

表 3.3 実測データをデクラスタリングするための入力データの説明

No.	名称	単位	内容
1	datafl	-	コンディショニングファイル名
2	icolx	-	x 軸座標のカラム数
3	icoly	-	y 軸座標のカラム数
4	icolz	-	z 軸座標のカラム数
5	icolvr	-	シミュレーションする変数のカラム数
6	tmin	m	トリミングの下限
7	tmax	m	トリミングの上限
8	sumfl	-	出力ファイル名
9	outfl	-	PostScript 形式の出力ファイル名
10	anisy	-	セルの y 方向の異方性因子
11	anisz	-	セルの z 方向の異方性因子
12	minmax	-	平均最小値もしくは平均最大値を特定するかどうかのフラグ
13	ncell	-	考慮するセルサイズの数
14	cmin	m	セルの最小サイズ
15	cmax	m	セルの最大サイズ
16	noff	-	原点の数

表 3.4 実測データファイルの例 (vargdat.dat)

Conditioning data for the 300 m block
 5
 Northing (m)
 Easting (m)
 Elevation(m)
 Log 10 of Permeability (cm/sec)
 Log10 of Perm shifted by +11
 -68402.81 1) 4563.61 2) 234.17 3) -9.05 4) 1.95 5)
 -68402.81 4563.61 234.07 -9.04 1.96
 -68402.81 4563.61 233.97 -9.00 2.00
 -68402.81 4563.61 233.87 -8.97 2.03
 -68402.81 4563.61 233.77 -8.92 2.08

表 3.5 実測データファイルの説明

No.	名称	単位	内容
1	Northing	m	北方向の距離 (範囲)
2	Easting	m	東方向の距離 (範囲)
3	Elevation	m	上方向の距離 (範囲)
4	Log 10 of Permeability	cm/sec	透水係数 (の常用対数)
5	Log10 of Perm shifted by +11	-	透水係数 (の常用対数) +11

表 3.6 DECLUS モジュールの実行用入力ファイル (declus.inp)

DECLUS.PAR

表 3.7 規格化するためのパラメータを入力したファイル (nscore.par)

Parameters for NSCORE

START OF PARAMETERS:

```

declus.out 1)          ¥file with data
5 2) 6 3)             ¥ columns for variable and weight
-1.0e21 4) 1.0e21 5)  ¥ trimming limits
0 6)                  ¥1=transform according to specified ref. dist.
histsmth.out 7)       ¥ file with reference dist.
1 8) 2 9)             ¥ columns for variable and weight
nscore.dat 10)        ¥file for output
nscore.trn 11)       ¥file for output transformation table
    
```

表 3.8 規格化するための入力データの説明

No.	名称	単位	内容
1	datafl	-	デクラスタリングしたファイル名
2	icolvr	-	シミュレーションする変数のカラム数
3	icolwt	-	シミュレーションする重みのカラム数
4	tmin	m	トリミングの下限
5	tmax	m	トリミングの上限
6	ismooth	-	=1 : データの分布を滑らかにする =0 : datafl のデータをそのまま使用する
7	smoothfl	-	データの分布を滑らかにしたファイル名
8	icolvr	-	smoothfl におけるシミュレーションする変数のカラム数
9	icolwt	-	smoothfl におけるシミュレーションする重みのカラム数
10	outfl	-	出力ファイル名
11	trnsfl	-	変形用テーブルを含んだ出力ファイル名

表 3.9 デクラスタリングを実行した後の実測データ

Conditioning data for the 300 m block

5				
Northing (m)				
Easting (m)				
Elevation(m)				
Log 10 of Permeability (cm/sec)				
Weight*nd				
-68402.81 4563.61	234.17	-9.05	1.00000	
<u>-68402.81 4563.61</u>	234.07	-9.04	1.00000	
1)	2)	3)	4)	5)

表 3.10 デクラスタリングを実行した後の実測データの説明

No.	名称	単位	内容
1	Northing	m	北方向の距離（範囲）
2	Easting	m	東方向の距離（範囲）
3	Elevation	m	上方向の距離（範囲）
4	Log 10 of Permeability	cm/sec	透水係数（の常用対数）
5	Weight*nd	-	重み

表 3.11 NSCORE モジュールの実行用入力ファイル（nscore.inp）

nscore.par

表 3.12 バリオグラムを作成するためのパラメータを入力したファイル

垂直方向 (gamvv.par)

Parameters for GAMV

```

START OF PARAMETERS:
nscore.dat 1)           ¥file with data
1 2) 2 3) 3 4)         ¥ columns for X, Y, Z coordinates
1 5) 7 6)              ¥ number of variables, column numbers
-1.0e21 7) 1.0e21 8)   ¥ trimming limits
vertvar.out 9)         ¥file for variogram output
20 10)                ¥number of lags
1.0 11)               ¥lag separation distance
0.5 12)               ¥lag tolerance
1 13)                 ¥number of directions
0.0 14) 45.0 15) 10.0 16) -90.0 17) 45.0 18) 10.0 19) ¥azm, atol, bandh, dip, dtol, bandv
1 20)                 ¥standardize sills? (0=no, 1=yes)
1 21)                 ¥number of variograms
1 22) 1 23) 1 24)     ¥tail var., head var., variogram type
    
```

水平方向 (gamvo.par)

Parameters for GAMV

```

START OF PARAMETERS:
nscore.dat           ¥file with data
1 2 3                ¥ columns for X, Y, Z coordinates
1 7                  ¥ number of variables, column numbers
-1.0e21 1.0e21      ¥ trimming limits
omnivar.out         ¥file for variogram output
10                  ¥number of lags
10.0                ¥lag separation distance
5.0                 ¥lag tolerance
1                   ¥number of directions
0.0 180.0 500.0 0.0 180.0 500.0 ¥azm, atol, bandh, dip, dtol, bandv
1                   ¥standardize sills? (0=no, 1=yes)
1                   ¥number of variograms
1 1 1               ¥tail var., head var., variogram type
    
```

表 3.13 バリオグラムを作成するための入力データの説明

No.	名称	単位	内容
1	datafl	-	規格化したファイル名
2	icolx	-	x 軸座標のカラム数
3	icoly	-	y 軸座標のカラム数
4	icolz	-	z 軸座標のカラム数
5	nvar	-	変数の数
6	ivar(nvar)	-	各変数のカラムのオーダー
7	tmin	m	トリミングの下限
8	tmax	m	トリミングの上限
9	outfl	-	出力されたバリオグラムファイル
10	nlag	-	計算する lag (隔たり) の数
11	xlag	-	単位 lag 間の距離
12	xltol	-	lag の許容誤差 (xlag の 1/2 以下)
13	ndir	-	考慮する方向の数
14	azm	°	方位角
15	atol	°	半分のウィンドウにおける方位角の許容誤差
16	bandwh	°	方位角の帯域
17	dip	°	俯角
18	dtol	°	半分のウィンドウにおける俯角の許容誤差
19	bandwd	°	俯角の帯域
20	standardize	-	セミバリオグラムの値を変数値で割るかどうかのフラグ
21	nvarg	-	計算するバリオグラムの数
22	ivtail	-	各バリオグラムの始点
23	ivhead	-	各バリオグラムの終点
24	ivtype	-	integer code に対応する変数

表 3.14 NSCORE により正規化して得られたファイル

Normal Score Transform:Conditioning data for the 300 m block

6					
Northing (m)					
Easting (m)					
Elevation(m)					
Log 10 of Permeability (cm/sec)					
Weight*nd					
Normal Score value					
-68402.81	4563.61	234.17	-9.05	1.00000	-1.90373
-68402.81	4563.61	234.07	-9.04	1.00000	-1.89885
-68402.81	4563.61	233.97	-9.00	1.00000	-1.87666
-68402.81	4563.61	233.87	-8.97	1.00000	-1.86287
<u>-68402.81</u>	<u>4563.61</u>	233.77	-8.92	1.00000	-1.83631
1)	2)	3)	4)	5)	6)
			⋮		
			⋮		

表 3.15 NSCORE により正規化して得られたファイルの説明

No.	名称	単位	内容
1	Northing	m	北方向の距離（範囲）
2	Easting	m	東方向の距離（範囲）
3	Elevation	m	上方向の距離（範囲）
4	Log 10 of Permeability	cm/sec	透水係数（の常用対数）
5	Weight*nd	-	重み
6	Normal Score value		正規化した値

表 3.16 GAMV モジュールの実行用入力ファイル（gamv*.inp）

gamvo.par

表 3.17 バリオグラムモデルによる適合を実施するためのパラメータを入力したファイル

垂直方向 (vmodelv.par)

Parameters for VMODEL

START OF PARAMETERS:

vmodelv.out	1)	¥file for variogram output			
1	2) 20	3) ¥number of directions and lags			
0.0	4) -90.0	5) 1.0	6) ¥azm, dip, lag distance		
1	7) 0.0	8) ¥nst, nugget effect			
1	9) 46.0	10) 0.0	11) 0.0	12) 0.0	13) ¥it, cc, ang1, ang2, ang3
	1.0	14) 1.0	15) 16.0	16) ¥a_hmax, a_hmin, a_vert	

水平方向 (vmodelo.par)

Parameters for VMODEL

START OF PARAMETERS:

vmodelo.out	¥file for variogram output				
1	50	¥number of directions and lags			
0.0	0.0	2.0	¥azm, dip, lag distance		
1	0.0	¥nst, nugget effect			
1	1.0	0.0	0.0	0.0	¥it, cc, ang1, ang2, ang3
	80.0	1.0	1.0	¥a_hmax, a_hmin, a_vert	

表 3.18 バリオグラムモデルによる適合を実施するための入力データの説明

No.	名称	単位	内容
1	outfl	-	出力ファイル名
2	ndir	-	考慮する方向の数
3	nlag	-	考慮する lag の数
4	azm	°	方位角
5	dip	°	俯角
6	lag	m	データ間の距離
7	nst	-	考慮する構造の数
8	c0	-	nugget effect
9	it	-	構造のタイプ
10	cc	-	シル
11	ang1	°	モデル面を Y 軸から回転させた角度
12	ang2	°	モデル面を水平面から下に回転させた角度
13	ang3	°	ang1 , ang2 の回転でも変化しなかった軸とモデル面の角度
14	a_hmax	m	水平方向の最大範囲
15	a_hmin	m	水平方向の最小範囲
16	a_vert	m	垂直方向の範囲

表 3.19 VMODEL モジュールの実行用入力ファイル (vmodel*.inp)

vmodelo.par

表 3.20 不均質場シミュレーションを行うためのパラメータを入力したファイル

Parameters for SGSIM

START OF PARAMETERS:

<u>data2.dat</u> 1)	¥file with data
<u>1</u> 2) <u>3</u> 3) <u>4</u> 4) <u>5</u> 5) <u>0</u> 6) <u>0</u> 7)	¥ columns for X,Y,Z,vr,wt,sec.var.
<u>-1.0e21</u> 8) <u>1.0e21</u> 9)	¥ trimming limits
<u>0</u> 10)	¥transform the data (0=no, 1=yes)
<u>sgsim.trn</u> 11)	¥ file for output trans table
<u>0</u> 12)	¥ consider ref. dist (0=no, 1=yes)
<u>dist.out</u> 13)	¥ file with ref. dist distribution
<u>1</u> 14) <u>2</u> 15)	¥ columns for vr and wt
<u>0.0</u> 16) <u>0.0</u> 17)	¥ zmin,zmax(tail extrapolation)
<u>1</u> 18) <u>0.0</u> 19)	¥ lower tail option, parameter
<u>1</u> 20) <u>0.0</u> 21)	¥ upper tail option, parameter
<u>0</u> 22)	¥debugging level: 0,1,2,3
<u>porsim9.dbg</u> 23)	¥file for debugging output
<u>porsim9.out</u> 24)	¥file for simulation output
<u>1</u> 25)	¥number of realizations to generate
<u>40</u> 26) <u>2.5</u> 27) <u>5.0</u> 28)	¥nx,xmn,xsiz
<u>40</u> 29) <u>2.5</u> 30) <u>5.0</u> 31)	¥ny,ymn,ysiz
<u>40</u> 32) <u>2.5</u> 33) <u>5.0</u> 34)	¥nz,zmn,zsiz
<u>7</u> 35)	¥random number seed
<u>0</u> 36) <u>8</u> 37)	¥min and max original data for sim
<u>12</u> 38)	¥number of simulated nodes to use
<u>1</u> 39)	¥assign data to nodes (0=no, 1=yes)
<u>1</u> 40) <u>3</u> 41)	¥multiple grid search (0=no, 1=yes),num
<u>0</u> 42)	¥maximum data per octant (0=not used)
<u>100.0</u> 43) <u>100.0</u> 44) <u>20.0</u> 45)	¥maximum search radii (hmax,hmin,vert)
<u>0.0</u> 46) <u>0.0</u> 47) <u>0.0</u> 48)	¥angles for search ellipsoid
<u>0</u> 49) <u>0.60</u> 50)	¥ktype: 0=SK,1=OK,2=LVM,3=EXDR,4=COLC
<u>../data/ydata.dat</u> 51)	¥ file with LVM, EXDR, or COLC variable
<u>4</u> 52)	¥ column for secondary variable
<u>1</u> 53) <u>0.0</u> 54)	¥nst, nugget effect
<u>1</u> 55) <u>1.27</u> 56) <u>0.0</u> 57) <u>0.0</u> 58) <u>0.0</u> 59)	¥it,cc,ang1,ang2,ang3
<u>80.0</u> 60) <u>80.0</u> 61) <u>16.0</u> 62)	¥a_hmax, a_hmin, a_vert

表 3.21 不均質場シミュレーションの入力データの説明 (その1)

No.	名称	単位	内容
1	datafl	-	入力データファイル名
2	icolx	-	x 軸座標のカラム数
3	icoly	-	y 軸座標のカラム数
4	icolz	-	z 軸座標のカラム数
5	icolvr	-	シミュレーションする変数のカラム数
6	icolwt	-	デクラスタリングする重みのカラム数
7	icolsec	-	第 2 変数のカラム数
8	tmin	-	トリミングの下限
9	tmax	-	トリミングの上限
10	itrans	-	入力データを正規分布へ変換するかどうかのフラグ
11	transfl	-	データ変換に必要な表の出力ファイル名
12	ismooth	-	データヒストグラムを変換するときに別ファイルを使用するかどうかのフラグ
13	smthfl	-	データヒストグラムを変換するときに使用するファイル名
14	icolvr	-	上記ファイルにおける値
15	icolwt	-	上記ファイルにおけるデクラスタリングする重み
16	zmin	-	back-transformation で許される最小値
17	zmax	-	back-transformation で許される最大値
18	ltail	-	back-transformation において分布の下端を補間する方法の指定
19	ltpar	-	back-transformation において指数関数補間するときに必要なパラメータ
20	utail	-	back-transformation において分布の上端を補間する方法の指定
21	utpar	-	back-transformation において指数関数補間するときに必要なパラメータ
22	idbg	-	デバッグレベルの設定
23	dbgfl	-	デバッグ結果の出力ファイル名
24	outfl	-	SGSIM の出力ファイル名
25	nsim	-	生成する透水係数場の数
26	nx	-	x 軸方向のグリッドを定義する量
27	xmn	-	x 軸方向のグリッドを定義する量
28	xsiz	-	x 軸方向のグリッドを定義する量
29	ny	-	y 方向のグリッドを定義する量
30	ymn	-	y 方向のグリッドを定義する量
31	ysiz	-	y 方向のグリッドを定義する量
32	nz	-	z 方向のグリッドを定義する量
33	zmn	-	z 方向のグリッドを定義する量
34	zsiz	-	z 方向のグリッドを定義する量
35	seed	-	乱数発生用のパラメータ
36	ndmin	-	入力データの最小値

表 3.22 不均質場シミュレーションの入力データの説明 (その2)

No.	名称	単位	内容
37	ndmax	-	入力データの最大値
38	ncnode	-	シミュレーションに使用する最大節点数
39	sstrat	-	節点へのデータの割り振り方
40	multgrid	-	multiple grid search を行うかどうかのフラグ
41	nmult	-	考慮する multgrid の数 (multgrid=1 のときに入力する)
42	noct	-	45 度あたりに使用されるデータの数
43	radius _{hmax}	m	データを検索する範囲：水平方向の最大値
44	radius _{hmin}	m	データを検索する範囲：水平方向の最小値
45	radius _{vert}	m	データを検索する範囲：垂直方向の最大値
46	sang1	°	データを検索する楕円を表す角度
47	sang2	°	データを検索する楕円を表す角度
48	sang3	°	データを検索する楕円を表す角度
49	ktype	-	kriging タイプ 0=simple kriging (単純 kriging) 1=ordinary kriging (通常の kriging) 2=局所変動平均を含む kriging 3=外部変動トレンドを含む kriging 4=第二変数が存在する選点 Cokriging
50	rho	-	collocated cokriging で使用される相関係数
51	varred	-	collocated cokriging で使用される分散縮小因子
52	secfl	-	局所変化平均もしくは、外部 drift 変数もしくは、collocated cokriging の第 2 変数用のファイル名
53	nst	-	半バリオグラム構造の数
54	c0	-	等方的 nugget 定数
55	it	-	構造のタイプ
56	cc	-	シル
57	ang1	°	モデル面を Y 軸から回転させた角度
58	ang2	°	モデル面を水平面から下に回転させた角度
59	ang3	°	ang1, ang2 の回転でも変化しなかった軸とモデル面の角度
60	a_hmax	m	水平方向の最大範囲
61	a_hmin	m	水平方向の最小範囲
62	a_vert	m	垂直方向の範囲

表 3.23 SGSIM モジュールの実行用入力ファイル (*.inp)

case111.par

3.4.2 S_SURF3D , TR3D/Info , MATRICS の統合環境による解析の段階

表 3.24 に解析を行うときにユーザーが用意するファイルを記載した。以下に各入力ファイルのデータについて解説する。

表 3.24 統合環境による解析でユーザーが用意するファイル

段階	ファイル名	内容
統合環境全体	コントロールファイル	S_SURF3D , TR3D/Info , MATRICS の実行を制御する内容を設定したファイル
S_SURF3D , TR3D/Info	グリッドデータファイル	解析モデルのグリッド情報を入力したファイル
S_SURF3D	透水係数データファイル	SGSIM による不均質場シミュレーションで生成された透水係数が記載されたファイル
TR3D/Info	速度ベクトルファイル	S_SURF3D によって出力された流速を記載したファイル
MATRICS	速度データファイル	核種移行経路（流線）情報（速度データ）を記載したファイル
	核種物性ファイル	MATRICS で解析を行うための情報を入力したファイル
	核種ソースファイル	MATRICS で解析を行うために必要な核種のソースタームを記載したファイル

(1) コントロールファイル

S_SURF3D, TR3D/Info, MATRICS の各解析コードを実行するシェルをコントロールする情報を登録したファイルであり, 表 3.25 に例を示した。表 3.25 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.26 に記載した。

(2) 透水係数分布ファイル

SGSIM により作成された透水係数分布の情報を登録しているファイルであり, 表 3.27 に例を示した。表 3.27 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.28 に記載した。

(3) グリッドデータファイル

解析モデルの接点座標, 要素コネクティビティを登録しているファイルであり, 表 3.29 に例を示した。表 3.29 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.30 に記載した。

(4) 速度ベクトルファイル

S_SURF3D によって算出された水理ポテンシャルに関する情報を登録しているファイルであり, 表 3.31 に例を示した。表 3.31 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.32 に記載した。

(5) 速度データファイル

TR3D/Info によって算出された核種移行経路に関する情報を登録しているファイルであり, 表 3.33 に例を示した。表 3.33 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.34 に記載した。

(6) 核種物性ファイル

崩壊系列および計算核種, 各核種の半減期と分配係数を登録しているファイルであり, 表 3.35 に例を示した。表 3.35 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.36 に記載した。

(7) ソースタームファイル

各時間における人工バリアからの核種移行率を登録しているファイルであり, 表 3.37 に例を示した。表 3.37 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.38 に記載した。

表 3.25 コントロールファイルの例

```

*CASE      TEST 1)

*SSURF3D   1 2)
*TR3D      1 3)
*CRYSTAL   1 4)

*BEGIN     SSURF3D 5)
  !GRID     data/grid.asci 6)
  !MATERIAL data/porsim01.val 7)
  !OUTPUT   test_surf.out 8)
  !SIGMA    0.85 9)
  !EPS      1.0e-12 10)
  !ITERMAX  2000 11)
  !PARAM    1 12)
  !SOLVER   1 13)
*END SSURF3D 14)

*BEGIN TR3D 5)
  !GRID     data/grid.asci 15)
  !FLOWFIL  data/test_surf.out 16)
  !OUTPUT   test_tr3d.out 17)
  !DISPLACE 150.0 18)
  !SPOINT   110.0 50.0 99.0 19)
  !EPOINT   110.0 150.0 101.0 20)
  !ICUT     1 3 2 21)
  !MINTIME  1.0e+01 22)
  !MAXTIME  1.0e+20 23)
  !CFL      0.3e+00 24)
  !SOLVER   3 25)
*END TR3D 14)

*BEGIN CRYSTAL 5)
  !VELCITY  data/test_tr3d.out 26)
  !STREAM   6 27)
  !MINTIME  1.0e0 28)
  !MAXTIME  1.0e8 29)
  !TIMESTEP 50 30)
  !DISPLACE 150.0 31)
  !CRYSTFILE ./jnc.src 32)
  !SOLVER   1 33)
  !INTEGRATE 257 34)
*END CRYSTAL 14)

```

表 3.26 コントロールファイルの入力データの説明

No.	名称	単位	内容
1	CASE	-	ケース名の指定
2	SSURF3D	-	S_SURF3D の起動制御を行う
3	TR3D	-	TR3D/Info の起動制御を行う
4	CRYSTAL	-	MATRICES の起動制御を行う
5	BEGIN	-	各計算コードの計算条件の入力開始宣言
6	GRID	-	グリッドデータファイル名の指定
7	MATERIAL	-	透水係数データファイル名の指定
8	OUTPUT	-	出力ファイル名の指定
9	SIGMA	-	ソルバーパラメータの指定
10	EPS	-	打ち切り誤差の設定
11	ITERMAX	-	反復回数の設定
12	PARAM	-	ソルバーパラメータの指定
13	SOLVER	-	ソルバーフラグ
14	END	-	各計算コードの計算条件の入力終了宣言
15	GRID	-	グリッドデータファイル名の指定
16	FLOWFL	-	速度ベクトルファイル (S_SURF3D の結果) 名の指定
17	OUTPUT	-	出力ファイル名の指定
18	DISPLACE	m	評価断面積までの距離を指定
19	SPOINT	m	追跡粒子初期座標の始点を指定
20	EPOINT	m	追跡粒子初期座標の終点を指定
21	ICUT	-	追跡粒子の X 方向, Y 方向, Z 方向の切り取り数の指定
22	MINTIME	y	最小刻み時間の設定
23	MAXTIME	y	最大刻み時間の設定
24	CFL	-	クーラン条件の設定
25	SOLVER	-	ソルバーフラグ
26	VELOCITY	-	速度データファイル (TR3D/Info によって生成されたファイル) 名の指定
27	STREAM	-	流線数の指定
28	MINTIME	y	計算最小時間の設定
29	MAXTIME	y	計算最大時間の設定
30	TIMESTEP	y	出力時間の設定
31	DISPLACE	m	評価距離の指定
32	CRYSTFILE	-	MATRICES の実行に必要な核種物性ファイル名の指定
33	SOLVER	-	ソルバーフラグ
34	INTEGR	-	積分点数の指定

表 3.27 透水係数データファイルの例

1 1) 2.31133E-07 2)
 2 3.15956E-07
 3 5.37508E-07

 63998 1.35031E-06
 63999 1.38674E-07
 64000 2.27512E-07

表 3.28 透水係数データファイルの入力データの説明

No.	名称	単位	内容
1	ii	-	接点番号
2	cc	m/sec	透水係数

表 3.29 グリッドデータファイルの例

90569 ¹⁾	46 ²⁾	1927 ³⁾			
1840 ⁴⁾					
84640 ⁵⁾					
0.0000000000000000E+000	0.0000000000000000E+000	0.0000000000000000E+000			6)
5.0000000000000000	0.0000000000000000E+000	0.0000000000000000E+000			
195.00000000000000	200.00000000000000	200.00000000000000			7)
200.00000000000000	200.00000000000000	200.00000000000000			
1	2	49	48	2	3
50	49	3	4	51	50
1925	1924	1878	1879	1926	1925
1879	1880	1927	1926		
1	2	3	4	5	6
7	2	8	9	10	6
3762	3759	3671	3763	3764	3761
3673	3765	3766	3763		
3766 ⁹⁾					
1	2	2	49	49	48
1	48	2	3	3	50
50	49	3	4	4	51
1879	1926	1926	1925	1880	1927
1927	1926				
1	0	1	2	1	47
1	0	2	0	2	3
2	48	3	0	3	4
3	49	4	0	4	5
1839	1840	1839	0	1840	0
1840	0				
40 ¹²⁾					
4	142	235	328	421	514
607	700	793	886	979	1072
1165	1258	1351	1444	1537	1630
2839	2932	3025	3118	3211	3304
3397	3490	3583	3676		
46 ¹⁴⁾					
3675	3678	3680	3682	3684	3686
3688	3690	3692	3694	3696	3698
3700	3702	3704	3706	3708	3710
3736	3738	3740	3742	3744	3746
3748	3750	3752	3754	3756	3758
3760	3762	3764	3766		
40 ¹⁶⁾					
138	231	324	417	510	603
696	789	882	975	1068	1161
1254	1347	1440	1533	1626	1719
2928	3021	3114	3207	3300	3393
3486	3579	3672	3765		
46 ¹⁸⁾					
1	5	8	11	14	17
20	23	26	29	32	35
38	41	44	47	50	53
92	95	98	101	104	107
110	113	116	119	122	125
128	131	134	137		

表 3.30 グリッドデータファイルの入力データの説明

No.	名称	単位	内容
1	INODTOT	-	モデルの全節点数
2	ILAYTOT	-	モデルの全層数
3	IBNODTOT	-	モデルの断面節点数
4	IFACTOT	-	モデル断面の要素数
5	ICELTOT	-	モデル全体の総要素数
6	XYZ	m	モデル全部の座標値
7	IFAC_POI	-	面のコネクティビティ
8	IFAC_EDG	-	面を構成する辺
9	IBEDGTOT	-	断面での辺の総数
10	IBEDG	-	辺を構成する節点番号
11	IBEDG_NEIB	-	辺を共有する面の番号
12	NBEDG_A	-	境界となる辺の総数
13	IBEDG_A	-	境界となる辺の指定
14	NBEDG_B	-	境界となる辺の総数
15	IBEDG_B	-	境界となる辺の指定
16	NBEDG_C	-	境界となる辺の総数
17	IBEDG_C	-	境界となる辺の指定
18	NBEDG_D	-	境界となる辺の総数
19	IBEDG_D	-	境界となる辺の指定

表 3.31 速度ベクトルファイルの例

90569 1)				
1.3017279E-10	1.3497237E-10	1.2140854E-10	6.8389135E-11	2.9303334E-11
3.3864200E-11	3.5590291E-11	2.0394002E-11	1.2744456E-11	1.7106559E-11
9.3935667E-13	6.9134195E-12	4.2921354E-11	8.2670273E-11	1.0553899E-10
1.1338049E-10	9.7789853E-11	9.3861960E-11	9.9741403E-11	
1.2408992E-12	4.2237832E-12	1.9929123E-11	3.2465385E-11	5.2309680E-12
-8.4715785E-12	4.4270191E-12	8.8922611E-12	1.4672814E-12	-2.7252961E-12
4.2443689E-14	-1.7866515E-13	3.8191360E-12	6.8673942E-12	1.4926905E-11
-1.4167841E-11	-3.7077376E-11	-1.6386451E-13	9.7064804E-13	
-3.8177894E-12	-9.0233506E-12	-1.5657254E-12	2.1906127E-12	-8.0116491E-13
-5.1908960E-13	2.8375579E-12	-9.6054881E-13	-1.7494474E-12	-1.3546416E-12
-2.1184401E-13	-5.0480578E-13	-2.1353770E-13	-2.3783965E-14	6.3387108E-14
4.2870305E-13	5.6815815E-12	2.6685881E-11	2.3765100E-12	-1.3020979E-12
8.3845361E-12	2.7270044E-11	6.0433073E-12	2.9527500E-12	
1.600000	1.313063	1.101201	1.026179	0.8627772
0.7775252	0.7709850	0.7585792	0.7497978	0.7413409
0.9217201	0.7767777	0.6965207	0.6860842	0.6318103
0.5779318	0.5425193	0.2075288	6.4790503E-30	

表 3.32 速度ベクトルファイルの入力データの説明

No.	名称	単位	内容
1	INODTOT	-	S_SURF における総節点数
2	SU	m/sec	X 軸方向の速度ベクトル
3	SV	m/sec	Y 軸方向の速度ベクトル
4	SW	m/sec	Z 軸方向の速度ベクトル
5	SHEAD	g/s ² ・m	水頭圧

表 3.33 速度データファイルの例

4.85056445E+04 1)9.46533279E+01 2)2.00000031E+02 3)4.47729721E+01 4)8.68281021E+01 5)
 1.74760879E+04 9.32974014E+01 2.00000153E+02 1.11513832E+02 9.85888138E+01
 1.78168027E+04 1.17421402E+02 2.00000061E+02 1.30063766E+02 1.02851120E+02
 4.31750938E+04 9.53408356E+01 2.00000031E+02 4.47954559E+01 8.71677246E+01
 2.00726895E+04 9.45927353E+01 2.00000046E+02 1.11404739E+02 9.85571899E+01
 2.73328535E+04 1.17794617E+02 2.00000076E+02 1.30152405E+02 1.02870277E+02

表 3.34 速度データファイルの入力データの説明

No.	名称	単位	内容
1	TPX	y	移行時間
2	DIX	m	移行距離
3	XPX	m	追跡粒子射出 X 座標
4	YPX	m	追跡粒子射出 Y 座標
5	ZPX	m	追跡粒子射出 Z 座標

表 3.35 核種物性ファイルの例

```

*LINE      TC-099:CHAIN1  1)

*BEGIN     TC-099  2)
!NAME      'TC-099'  3)
!TIME      8.500e+3  5)
!RATI      1.030e+3  6)
!INPUT     src/tc099.src  7)
!OUTPUT    tc099  8)
*END       TC-099  4)

*BEGIN     CHAIN1
!NAME      `PU-240':`U -236':`TH-232'
!TIME      6.540e+3:2.340e+7:1.410e+10
!RATI      1.000e+4:1.000e+4:1.000e+4
!INPUT     src/chain1.src
!OUTPUT    chain1
*END       CHAIN1
    
```

表 3.36 核種物性ファイルの入力データの説明

No.	名称	単位	内容
1	LINE	-	計算を行う核種及び崩壊系列名の指定
2	BEGIN	-	核種及び崩壊系列の計算条件の入力開始宣言
3	NAME	-	核種及び崩壊系列名の指定
4	END	-	核種及び崩壊系列の計算条件の入力終了宣言
5	TIME	y	半減期の指定
6	RATI	-	遅延係数の指定
7	INPUT	-	ソースファイル名の指定
8	OUTPUT	-	出力ファイル名の指定

表 3.37 核種ソースファイルの例

```

chain1 1)
1.00E+00 2) 1.00E-99 1.00E-99 1.00E-99 3)
1.30E+00 1.00E-99 1.00E-99 1.00E-99
1.60E+00 1.00E-99 1.00E-99 1.00E-99
2.00E+00 1.00E-99 1.00E-99 1.00E-99
2.50E+00 1.00E-99 1.00E-99 1.00E-99
3.20E+00 1.00E-99 1.00E-99 1.00E-99
4.00E+00 1.00E-99 1.00E-99 1.00E-99
5.00E+00 1.00E-99 1.00E-99 1.00E-99
6.40E+00 1.00E-99 6.64E-96 1.00E-99
8.00E+00 1.00E-99 2.92E-91 4.74E-96
1.00E+01 1.00E-99 1.41E-86 2.18E-91

1.00E+06 2.75E-42 6.00E+00 4.36E-03
1.30E+06 4.17E-56 5.95E+00 5.03E-03
1.60E+06 6.30E-70 5.91E+00 5.51E-03
2.00E+06 2.36E-88 5.85E+00 5.92E-03
2.50E+06 1.00E-99 5.78E+00 6.19E-03
3.20E+06 1.00E-99 5.67E+00 6.28E-03
4.00E+06 1.00E-99 5.55E+00 6.15E-03
5.00E+06 1.00E-99 5.41E+00 5.84E-03
6.40E+06 1.00E-99 5.20E+00 5.30E-03
8.00E+06 0.00E+00 4.97E+00 4.68E-03
1.00E+07 0.00E+00 4.70E+00 3.94E-03
1.30E+07 0.00E+00 4.30E+00 2.95E-03
1.60E+07 0.00E+00 3.95E+00 2.10E-03
2.00E+07 0.00E+00 3.51E+00 1.15E-03
2.50E+07 0.00E+00 1.38E+00 2.28E-04
3.20E+07 0.00E+00 2.34E-03 1.37E-06
4.00E+07 0.00E+00 1.60E-06 1.90E-09
5.00E+07 0.00E+00 1.78E-10 3.85E-13
6.40E+07 0.00E+00 5.15E-16 2.13E-18
8.00E+07 0.00E+00 3.46E-21 2.60E-23
1.00E+08 0.00E+00 2.77E-27 4.17E-29
    
```

表 3.38 核種ソースファイルの入力データの説明

No.	名称	単位	内容
1	不明	-	核種ソース名
2	stimes	y	時間
3	source	mol/y	出力フラックス

3.4.3 ソースファイルで変更を与える変数

統合環境を実行する場合において、一部の解析パラメータについては、入力ファイルで与えるのではなく、ソースファイルを変更することで値を与えなければならない解析パラメータがある。上記に該当する解析パラメータは、有効空隙率、亀裂開口幅、動水勾配である。有効空隙率と亀裂開口幅については、各々表 3.39 に示されたソースファイル `mkinp.f` の 152 行目の 1) と 150 行目の 2) の部分を変更し、動水勾配については表 3.40 に示されたソースファイル `flux.f` における 1) の部分 (変数 `DPHIDX`) を変更する。

表 3.39 ソースファイル `mkinp.f` の抜粋

```

200 continue

9   format(1pe9.3)
8   format(1pe9.3,' ',1pe9.3)
99  format(a50)
2   format(2(a100),i10)

10  format(14H1e00 1.0e09 50)
11  format(3H3,1)
12  format(1H5)
16  format(6H'slab')
17  format(8H2.14e-01) 2)
18  format(8H1.00e-05)
19  format(8H2.00e-01) 1)
21  format(8H1.00e+00)
22  format(8H1.00e-02)
23  format(8H2.00e-01)
24  format(18H1.00e-00 0.00e-00)
25  format(4H-1.0)
26  format(18H1.00e-00 0.00e-00)
*
stop
end

```

表 3.40 ソースファイル flux.f の抜粋

```

C
C***
C*** FLUX1
C***
      subroutine FLUX1

C
C      GENERATEs FORCE FLUX VECTOR
C
      include '3D.inc'
      include 'PCG1.inc'

C
C-- INIT

      DLENGTH= 200.
      DPHIDX = 0.008  1)

      H0= 0.0
      H1= DLENGTH * DPHIDX

      do 10 in= 1, INODTOT
         BFORCE(in)= 0.
10      continue

C
C +-----+
C | BOUNDARY-A |
C +-----+
C===
      do 110 ilay= 1, ILAYTOT
         do 110  ibe= 1, NBEDG_A
            ie= IBEDG_A(ibe)

            in1= IBEDG(ie,1) + (ilay-1)*IBNODTOT
            in2= IBEDG(ie,2) + (ilay-1)*IBNODTOT
            in3= IBEDG(ie,2) +  ilay  *IBNODTOT
            in4= IBEDG(ie,1) +  ilay  *IBNODTOT

```

3.5 出力データ

3.5.1 GSLIB における不均質場生成段階における出力データ

(1) デクラスタリングした実測データ

DECLUS によりデクラスタリングした実測データを出力したファイルであり，表 3.41 に例を示した。表 3.41 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.42 に記載した。

(2) 正規化した実測データ

NSCORE により正規化した実測データを出力したファイルであり，表 3.43 に例を示した。表 3.43 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.44 に記載した。

(3) 経験的バリオグラムデータ

GAMV により算出した経験的バリオグラムに関するデータを出力したファイルであり，表 3.45 に例を示した。表 3.45 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.46 に記載した。

(4) バリオグラムモデルデータ

VMODEL により算出したバリオグラムモデルに関するデータを出力したファイルであり，表 3.47 に例を示した。表 3.47 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.48 に記載した。

(5) 不均質場データ

SGSIM により算出した透水係数分布に関するデータを出力したファイルであり，表 3.49 に例を示した。表 3.49 中に番号を付けた各パラメータの説明を表 3.50 に記載した。

(6) ログファイル

SGSIM による解析終了後，拡張子.log の名前で出力されるファイルであり，SGSIM の入力データに関する情報などを出力したファイルである。表 3.51 に例を示した。

(7) デバックファイル

SGSIM による計算による解析終了後，拡張子.dbg の名前で出力されるファイルであり，不均質場シミュレーションに使用したグリッドの情報，統計量などを出力したファイルである。表 3.52 に例を示した。

表 3.41 デクラスタリングを実行した後の実測データ

Conditioning data for the 300 m block

5				
Northing (m)				
Easting (m)				
Elevation(m)				
Log 10 of Permeability (cm/sec)				
Weight*nd				
-68402.81 4563.61	234.17	-9.05	1.00000	
<u>-68402.81 4563.61</u>	234.07	-9.04	1.00000	
1)	2)	3)	4)	5)

表 3.42 デクラスタリングを実行した後の実測データの説明

No.	名称	単位	内容
1	Northing	m	北方向の距離（範囲）
2	Easting	m	東方向の距離（範囲）
3	Elevation	m	上方向の距離（範囲）
4	Log 10 of Permeability	cm/sec	透水係数（の常用対数）
5	Weight*nd	-	重み

表 3.43 正規化した実測データ

Normal Score Transform:Conditioning data for the 300 m block

6					
Northing (m)					
Easting (m)					
Elevation(m)					
Log 10 of Permeability (cm/sec)					
Weight*nd					
Normal Score value					
-68402.814563.61	234.17	-9.05	1.00000	-1.90373	
-68402.814563.61	234.07	-9.04	1.00000	-1.89885	
-68402.814563.61	233.97	-9.00	1.00000	-1.87666	
-68402.814563.61	233.87	-8.97	1.00000	-1.86287	
<u>-68402.814563.61</u>	233.77	-8.92	1.00000	-1.83631	
1)	2)	3)	4)	5)	6)
		⋮			
		⋮			

表 3.44 NSCORE により正規化して得られたファイルの説明

No.	名称	単位	内容
1	Northing	m	北方向の距離（範囲）
2	Easting	m	東方向の距離（範囲）
3	Elevation	m	上方向の距離（範囲）
4	Log 10 of Permeability	cm/sec	透水係数（の常用対数）
5	Weight*nd	-	重み
6	Normal Score value		正規化した値

表3.45 経験的バリオグラムデータ

Semivariogram	tail:Normal Score	head:Normal Score	direction	1	
1	.000	.00000 9396	-.00016	-.00016	
2	.300	.01578 46789	-.00260	.00090	
3	.999	.05012 102227	-.00990	.00104	
4	1.999	.10019 101216	-.02073	.00084	
5	2.999	.15355 100201	-.03213	.00053	
6	3.999	.20002 99187	-.04377	-.00026	
7	4.999	.24071 98203	-.05448	-.00136	
8	5.999	.27961 97206	-.06421	-.00304	
9	6.999	.31631 96198	-.07303	-.00519	
10	7.999	.34866 95193	-.08108	-.00731	
11	8.999	.37366 94190	-.08795	-.00925	
12	9.999	.39128 93190	-.09432	-.01092	
13	10.999	.40435 92193	-.10069	-.01231	
14	11.999	.42066 91199	-.10803	-.01369	
15	12.999	.43547 90205	-.11501	-.01532	
16	13.999	.44633 89211	-.12185	-.01775	
17	14.999	.45695 88217	-.12787	-.02084	
18	15.999	.46146 87223	-.13407	-.02416	
19	16.999	.46070 86229	-.13992	-.02788	
20	17.999	.45873 85235	-.14566	-.03120	
21	18.999	.45740 84241	-.15194	-.03369	
22	19.999	.45784 83247	-.15855	-.03629	
1)	2)	3)	4)	5)	6)

表 3.46 経験的バリオグラムデータの説明

No.	名称	単位	内容
1	semivariogram	-	lag の番号
2	なし	m	lag の平均距離
3	なし	-	バリオグラムの値
4	なし	-	lag の対の和
5	なし		tail に寄与するデータの平均値
6	なし		head に寄与するデータの平均値

表 3.47 バリオグラムモデルデータ

Model Variogram for Direction: 1

1	.000	.00000	1	46.00000	1.00000
1	.000	.00000	1	46.00000	1.00000
2	1.000	4.30688	1	41.69312	.90637
3	2.000	8.58008	1	37.41992	.81348
4	3.000	12.78589	1	33.21411	.72205
5	4.000	16.89063	1	29.10938	.63281
6	5.000	20.86060	1	25.13940	.54651
7	6.000	24.66211	1	21.33789	.46387
8	7.000	28.26147	1	17.73853	.38562
9	8.000	31.62500	1	14.37500	.31250
10	9.000	34.71899	1	11.28101	.24524
11	10.000	37.50977	1	8.49023	.18457
12	11.000	39.96362	1	6.03638	.13123
13	12.000	42.04688	1	3.95313	.08594
14	13.000	43.72583	1	2.27417	.04944
15	14.000	44.96680	1	1.03320	.02246
16	15.000	45.73608	1	.26392	.00574
17	16.000	46.00000	1	.00000	.00000
18	17.000	46.00000	1	.00000	.00000
19	18.000	46.00000	1	.00000	.00000
20	19.000	46.00000	1	.00000	.00000
21	20.000	46.00000	1	.00000	.00000
1)	2)	3)	4)	5)	6)

表 3.48 バリオグラムモデルデータの説明

No.	名称	単位	内容
1	semivariogram	-	lag の番号
2	なし	m	lag の平均距離
3	なし	-	バリオグラムの値
4	なし	-	lag の対の和
5	なし		tail に寄与するデータの平均値
6	なし		head に寄与するデータの平均値

表 3.49 不均質場データファイルの例

1) 2.31133E-07 2)
 2 3.15956E-07
 3 5.37508E-07

 63998 1.35031E-06
 63999 1.38674E-07
 64000 2.27512E-07

表 3.50 不均質場データファイルの説明

No.	名称	単位	内容
1	ii	-	接点番号
2	cc	m/sec	透水係数

表 3.51 ログファイルの例

SGSIM Version: 2.000

Which parameter file do you want to use?

```

data file = data2.dat
input columns =          1          2          3          4          0
                    0
trimming limits = -1.000000E+21  1.000000E+21
transformation flag =          0
transformation file = sgsim.trn
consider smoothed distribution (1=yes) =          0
file with smoothed distribution = dist.out
columns =          1          2
data limits (tails) =  0.000000E+00  0.000000E+00
lower tail =          1  0.000000E+00
upper tail =          1  0.000000E+00
debugging level =          0
debugging file = case111_02.dbg
output file case111_02.out
number of realizations =          1
X grid specification =          40          2.500000          5.000000
Y grid specification =          40          2.500000          5.000000
Z grid specification =          40          2.500000          5.000000
random number seed =          1
min and max data =          0          8
maximum previous nodes =          12
two-part search flag =          1
multiple grid search flag =          1          3
number of octants =          0
search radii =          100.000000          100.000000          20.000000
search anisotropy angles =  0.000000E+00  0.000000E+00  0.000000E+00
kriging type =          0
secondary model file = ../data/ydata.dat
column in secondary model file =          4
nst, c0 =          1  0.000000E+00
it,cc,ang[1,2,3];          1          1.270000          0.000000E+00          0.000000E+00
0.000000E+00
a1 a2 a3:          80.000000          80.000000          16.000000
    
```

WARNING the sill of your variogram is not 1.0!
the sill = 1.270000

WARNING data file data2.dat does not exist!

- Hope your intention was to create an unconditional simulation
- Resetting ndmin, ndmax, and itrans to 0
- Resetting sstrat to 1

Setting up rotation matrices for variogram and search

```

Working on realization number          1
currently on node          6400
currently on node          12800
currently on node          19200
currently on node          25600
currently on node          32000
currently on node          38400
currently on node          44800
currently on node          51200
currently on node          57600
currently on node          64000
    
```

```

Realization 1: number = 64000
              mean   = .0975 (close to 0.0?)
              variance = 1.2194 (close to 1.0?)
    
```

SGSIM Version: 2.000 Finished

Stop - Program terminated.

表 3.52 デバックファイルの例

Covariance Look up table and search for previously simulated grid nodes. The maximum range in each coordinate direction for covariance look up is:

X direction: 225.000000

Y direction: 225.000000

Z direction: 100.000000

Node Values are not searched beyond this distance!

Realization 1: number = 64000

mean = .0975 (close to 0.0?)

variance = 1.2194 (close to 1.0?)

3.5.2 S_SURF3D , TR3D/Info , MATRICS の統合環境によおける出力データ

(1) 速度ベクトルファイル

S_SURF3D により算出した水理ポテンシャルに関する情報を出力しているファイルであり、表 3.53 に例を示した。

(2) S_SURF3D による解析のステータスファイル

S_SURF3D による解析終了後に.surf の拡張子をつけて出力されるファイルであり、解析に使用したグリッドデータ名、出力した速度ベクトルファイル名、不均質場データファイル名などを出力する。表 3.54 に例を示した。

(3) 速度データファイル

TR3D/Info により算出した核種移行経路に関する情報を出力しているファイルであり、表 3.55 に例を示した。

(4) TR3D/Info による解析のステータスファイル

TR3D/Info による解析終了後に.tr3d の拡張子をつけて出力されるファイルであり、解析に使用したグリッドデータ名、入力に使用した速度ベクトルファイル名、出力した速度データファイル、追跡粒子の初期座標などを出力する。表 3.56 に例を示した。

(5) 核種移行率ファイル

MATRICS により算出した核種移行率の時間変化に関する情報を出力しているファイルであり、表 3.57 に例を示した。

(6) ステータスファイル

統合化環境の計算条件、エラー出力などの情報を出力しているファイルであり、表 3.58、表 3.59 に例を示した。

(7) ログファイル

計算状況を記録したファイルであり、表 3.60 に例を示した。

表 3.53 速度ベクトルファイルの例

```

90569
1.3017279E-10 1.3497237E-10 1.2140854E-10 6.8389135E-11 2.9303334E-11
3.3864200E-11 3.5590291E-11 2.0394002E-11 1.2744456E-11 1.7106559E-11

9.3935667E-13 6.9134195E-12 4.2921354E-11 8.2670273E-11 1.0553899E-10
1.1338049E-10 9.7789853E-11 9.3861960E-11 9.9741403E-11
1.2408992E-12 4.2237832E-12 1.9929123E-11 3.2465385E-11 5.2309680E-12
-8.4715785E-12 4.4270191E-12 8.8922611E-12 1.4672814E-12 -2.7252961E-12

4.2443689E-14 -1.7866515E-13 3.8191360E-12 6.8673942E-12 1.4926905E-11
-1.4167841E-11 -3.7077376E-11 -1.6386451E-13 9.7064804E-13
-3.8177894E-12 -9.0233506E-12 -1.5657254E-12 2.1906127E-12 -8.0116491E-13
-5.1908960E-13 2.8375579E-12 -9.6054881E-13 -1.7494474E-12 -1.3546416E-12
-2.1184401E-13 -5.0480578E-13 -2.1353770E-13 -2.3783965E-14 6.3387108E-14

4.2870305E-13 5.6815815E-12 2.6685881E-11 2.3765100E-12 -1.3020979E-12
8.3845361E-12 2.7270044E-11 6.0433073E-12 2.9527500E-12
1.600000 1.313063 1.101201 1.026179 0.8627772
0.7775252 0.7709850 0.7585792 0.7497978 0.7413409

0.9217201 0.7767777 0.6965207 0.6860842 0.6318103
0.5779318 0.5425193 0.2075288 6.4790503E-30

```

表 3.54 S_SURF3D による解析のステータスファイルの例

```

data/grid.asci
c121_11_surf.out
data/c121_11.val
0.85
1.0e-12 2000 1
1
./c121_11_ref.sta
~

```

表 3.55 速度データファイルの例

4.85056445E+04	9.46533279E+01	2.00000031E+02	4.47729721E+01	8.68281021E+01
1.74760879E+04	9.32974014E+01	2.00000153E+02	1.11513832E+02	9.85888138E+01
1.78168027E+04	1.17421402E+02	2.00000061E+02	1.30063766E+02	1.02851120E+02
4.31750938E+04	9.53408356E+01	2.00000031E+02	4.47954559E+01	8.71677246E+01
2.00726895E+04	9.45927353E+01	2.00000046E+02	1.11404739E+02	9.85571899E+01
2.73328535E+04	1.17794617E+02	2.00000076E+02	1.30152405E+02	1.02870277E+02

表 3.56 TR3D/Info による解析のステータスファイルの例

```

data/grid.asci
data/c121_11_surf.out
c121_11_tr3d.out
tmptr3d.3797
2
110.0 50.0 99.0
110.0 150.0 101.0
1 20 2
1.0e+01 1.0e+20
150.0
0.3e+00
F F
3
~
    
```


表 3.57 核種移行率ファイルの例 (抜粋)

1.00000000E+00	0.00000000E+00
1.04710000E+00	0.00000000E+00
1.09650000E+00	0.00000000E+00
1.14820000E+00	0.00000000E+00
1.20230000E+00	0.00000000E+00
9.54990000E+03	5.75375000E-12
1.00000000E+04	1.73150000E-11
1.04710000E+04	8.35007500E-11
1.09650000E+04	3.32112500E-10
1.14820000E+04	1.16551250E-09
1.20230000E+04	3.55805000E-09
1.25890000E+04	9.12272500E-09
1.31830000E+04	2.95920000E-08
1.38040000E+04	8.75594103E-08
1.44540000E+04	2.35959032E-07
1.51360000E+04	5.76814029E-07
1.58490000E+04	1.26667086E-06
1.65960000E+04	3.18643458E-06
1.73780000E+04	7.47246778E-06
1.81970000E+04	1.63589478E-05
1.90550000E+04	3.34563310E-05
1.99530000E+04	6.38978478E-05
2.08930000E+04	1.31495051E-04
2.18780000E+04	2.56683660E-04
2.29090000E+04	4.76445094E-04
2.39880000E+04	8.43022300E-04
2.51190000E+04	1.42550965E-03
2.63030000E+04	2.50304506E-03
2.75420000E+04	4.22530932E-03
2.88400000E+04	6.87535186E-03
3.02000000E+04	1.08132600E-02
3.16230000E+04	1.64849855E-02
3.31130000E+04	2.55402279E-02
3.46740000E+04	3.84331374E-02
3.63080000E+04	5.63061864E-02
3.80190000E+04	8.05004002E-02
3.98110000E+04	1.12567446E-01
4.16870000E+04	1.58066105E-01
4.36520000E+04	2.17232184E-01
4.57090000E+04	2.92737345E-01
4.78630000E+04	3.87519142E-01
5.01190000E+04	5.04775844E-01
5.24810000E+04	6.56040421E-01
5.49540000E+04	8.39124529E-01
5.75440000E+04	1.05774359E+00
6.02560000E+04	1.31572492E+00
6.30960000E+04	1.61688247E+00
6.60690000E+04	1.97615878E+00
6.91830000E+04	2.38621544E+00
7.24440000E+04	2.84949306E+00
7.58580000E+04	3.36806473E+00
7.94330000E+04	3.94358570E+00
8.31770000E+04	4.58497535E+00
8.70970000E+04	5.28041273E+00
9.12010000E+04	6.02783602E+00
9.54990000E+04	6.82445429E+00
1.00000000E+05	7.66655632E+00
1.04710000E+05	8.54435023E+00
1.09650000E+05	9.44763744E+00
1.14820000E+05	1.03682928E+01
1.20230000E+05	1.12968994E+01

表 3.58 ステータスファイルの例 (その 1)

```

Wed Jun 13 11:29:29 JST 2001
c121_11_ref

      JJJJJ  NN      NN      CCCCCC
      JJ   NNNN   NN   CC      CC
      JJ   NN NN   NN   CC
      JJ   NN   NN   NN   CC
JJ   JJ   NN   NN NN   CC      CC
JJJJ      NN      NN      CCCCCC

      CCCCCC  RRRRRRRR  YY      YY  SSSSSSSS  TTTTTTTTTT  AA      LL
CC      CC  RR      RR  YY  YY  SS      TT      AA  AA  LL
CC      CC  RRRRRRRR  YY      SSSSSS  TT      AA  AA  LL
CC      CC  RR      RR  YY      SS      TT      AAAAAAAAAAAAAA LL
      CCCCCC  RR      RR  YY      SSSSSSSS  TT      AA      AA LLLLLLLLLL

---- ECHO  USER  INPUT  ----
*CASE      c121_11_ref

*SSURF3D   1
*TR3D      1
*CRYSTAL   0

*BEGIN      SSURF3D
!GRID      data/grid.asci
!MATERIAL   data/c121_11.val
!OUTPUT     c121_11_surf.out
!SIGMA      0.85
!EPS        1.0e-12
!ITERMAX    2000
!PARAM      1
!SOLVER     1
*END SSURF3D

*BEGIN TR3D
!GRID      data/grid.asci
!FLOWFIL   data/c121_11_surf.out
!OUTPUT     c121_11_tr3d.out
!DISPLACE  150.0
!SPOINT    110.0  50.0  99.0
!EPOINT    110.0  150.0  101.0
!ICUT      1      20      2
!MINTIME    1.0e+01
!MAXTIME    1.0e+20
!CFL        0.3e+00
!SOLVER     3
*END TR3D

*BEGIN CRYSTAL
!VELOCITY   data/c121_11_tr3d.out
!STREAM     40
!MINTIME    1.0e0
!MAXTIME    1.0e8
!TIMESTEP   50
!DISPLACE  150.0
!CRYSTFILE  ./parana0.src
!CRYSTFILE  ./parana0.src
!SOLVER     1
!INTEGRATE  257
*END CRYSTAL

---- WORK  DIRECTORY  ----
DIRECTRY NAME : c121_11_ref.c121_11_ref.3797
S_SURF3D ..... c121_11_ref.c121_11_ref.3797/SURF
TR3D/info ..... c121_11_ref.c121_11_ref.3797/TR3D
CRYSTAL ..... c121_11_ref.c121_11_ref.3797/CRTSTAL

---- SOLVER  FLAG  ----
S_SURF3D ..... CALC
TR3D/info ..... CALC
CRYSTAL ..... NOT CALC

---- SOLVER  PARAMETER  ----
* S_SURF3D
      CARD      TYPE  INPUT
GRID FILE ..... (C) ... data/grid.asci
MATERIAL FILE ..... (C) ... data/c121_11.val
OUTPUT FILE ..... (C) ... c121_11_surf.out
SIGMA ..... (F) ... 0.85
EPS ..... (F) ... 1.0e-12
ITERMAX ..... (I) ... 2000
SOLVAER PARAMETER ... (I) ... 1
SOLVER ..... (I) ... 1

* TR3D/info
      CARD      TYPE  INPUT
GRID FILE ..... (C) ... data/grid.asci
FLOW FILE ..... (C) ... data/c121_11_surf.out
OUTPUT FILE ..... (C) ... c121_11_tr3d.out
POINT(1) ..... (F) ... 110.0 50.0 99.0
POINT(2) ..... (F) ... 110.0 150.0 101.0
    
```

表 3.59 ステイタスファイルの例 (その2)

```

CUT NUBER ..... (I) ... 1 20 2
MINIMUM TIME ..... (F) ... 1.0e+01
MAXIMUM TIME ..... (F) ... 1.0e+20
CFL CONDITION ..... (F) ... 0.3e+00
SOLVER ..... (I) ... 3

---- S _ S U R F 3 D ----
---- T R 3 D / i n f o ----
*** FILES
  GRID   FILE           : data/grid.asci
  FLOW   FILE           : data/c121_11_surf.out
  OUT    FILE           : c121_11_tr3d.out

*** INITIAL PARTICLE INFORMATION
  Source Point = 40pt
  (Xini, Yini, Zini) : 1.10E+02 5.00E+01 9.90E+01
  (Xini, Yini, Zini) : 1.10E+02 1.50E+02 1.01E+02

*** CONTROL PARAMETERS
  MaxdT (yr) : 1.000E+01

*** Logical Variables
  BACK (T/F) : F
  CRYSTAL(T/F) : 0.0000000E+00

*** GRID DATA DESCRIPTION
  Total Layer # ILAYTOT : 46
  Total Base-Face # IFACTOT : 1840
  Base-Quad # IFACQTOT : 0
  Base-Node # IBNODTOT : 1927
  Total Node # INODTOT : 90569
  Total Cell # ICELTOT : 84640

*** FLOW DATA
  Maximum Velocity (m/vr) : 1.093E+00
  : 65281 1.086896 -7.8852750E-02 -8.5540839E-02

*** INITIAL PARTICLE POINT
  No. X Y Z Cell No.
  1: 110.00 50.00 99.00 : 40922
  2: 110.00 55.26 99.00 : 41014
  3: 110.00 60.53 99.00 : 41060
  4: 110.00 65.79 99.00 : 41106
  5: 110.00 71.05 99.00 : 41152
  6: 110.00 76.32 99.00 : 41198
  7: 110.00 81.58 99.00 : 41244
  8: 110.00 86.84 99.00 : 41290
  9: 110.00 92.11 99.00 : 41336
  10: 110.00 97.37 99.00 : 41382
  11: 110.00 102.63 99.00 : 41428
  12: 110.00 107.89 99.00 : 41474
  13: 110.00 113.16 99.00 : 41520
  14: 110.00 118.42 99.00 : 41566
  15: 110.00 123.68 99.00 : 41612
  16: 110.00 128.95 99.00 : 41658
  17: 110.00 134.21 99.00 : 41704
  18: 110.00 139.47 99.00 : 41750
  19: 110.00 144.74 99.00 : 41796
  20: 110.00 150.00 99.00 : 41842
  21: 110.00 50.00 101.00 : 42762
  22: 110.00 55.26 101.00 : 42854
  23: 110.00 60.53 101.00 : 42900
  24: 110.00 65.79 101.00 : 42946
  25: 110.00 71.05 101.00 : 42992
  26: 110.00 76.32 101.00 : 43038
  27: 110.00 81.58 101.00 : 43084
  28: 110.00 86.84 101.00 : 43130
  29: 110.00 92.11 101.00 : 43176
  30: 110.00 97.37 101.00 : 43222
  31: 110.00 102.63 101.00 : 43268
  32: 110.00 107.89 101.00 : 43314
  33: 110.00 113.16 101.00 : 43360
  34: 110.00 118.42 101.00 : 43406
  35: 110.00 123.68 101.00 : 43452
  36: 110.00 128.95 101.00 : 43498
  37: 110.00 134.21 101.00 : 43544
  38: 110.00 139.47 101.00 : 43590
  39: 110.00 144.74 101.00 : 43636
  40: 110.00 150.00 101.00 : 43682
    
```

表 3.60 ログファイルの例 (抜粋)

```

Wed Jun 13 11:29:29 JST 2001
c121_11_ref

      JJJJJ  NN      NN      CCCCCC
      JJ     NNNN   NN      CC      CC
      JJ     NN NN  NN      CC
      JJ     NN   NN NN     CC
JJ     JJ     NN   NN NN   CC      CC
      JJJJ   NN      NN      CCCCCC

      CCCCCC  RRRRRRRR  YY  YY  SSSSSSSS  TTTT TTTT  AA  AA  LL
CC      CC  RR      RR  YY  YY  SS      TT      AA  AA  LL
CC      RRRRRRRR  YY  SSSSSS  TT      AA  AA  LL
CC      CC  RR      RR  YY  SS      TT  AAAAAAAAAAAAAA LL
      CCCCCC  RR      RR  YY  SSSSSSSS  TT      AA  AA LLLLLLLLLL

Wed Jun 13 11:29:29 JST 2001
S_SURF3D .. Start.
..... init. shape functions
..... read-in info
*** POINTER FILE
-----
--- Solver Version 1.4 ---
-----

*** Problem Size ***
IBNOTDOT=      1927
INODTOT =     90569
ILAYTOT =       46
IFACTOT =     1840
ICELTOT =     84640
IBEDGTOT=     3766
NBEDG_A =       40
NBEDG_B =       46
NBEDG_C =       40
NBEDG_D =       46

XMIN, XMAX      0.000000E+00  2.000000E+02
YMIN, YMAX      0.000000E+00  2.000000E+02
ZMIN, ZMAX      0.000000E+00  2.000000E+02
sirf00
..... metrics
123  1.100000E+02  1.000000E+01  0.000000E+00
124  1.150000E+02  1.000000E+01  0.000000E+00
171  1.150000E+02  1.500000E+01  0.000000E+00
170  1.100000E+02  1.500000E+01  0.000000E+00
2050 1.100000E+02  1.000000E+01  5.000000E+00
2051 1.150000E+02  1.000000E+01  5.000000E+00
2098 1.150000E+02  1.500000E+01  5.000000E+00
2097 1.100000E+02  1.500000E+01  5.000000E+00
..... construct global matrix connectivity
      TIME= 0.000E+00 sec.
..... element-global stiffness matrix
      TIME= 0.000E+00 sec.
..... surface flux
      TIME= 0.000E+00 sec.
..... go solver! GO COWBOYS !!!
..... CONJUGATE GRADIENT
2.000000000000000  1.000000000000000E+020  2.000000000000000E+020
ITERATION=      314
*** ICCG CALC.  0.000000E+00 sec.
..... OUTPUT
surf01
      TIME= 0.000E+00 sec.
S_SURF3D .. End.
Wed Jun 13 11:32:07 JST 2001

Wed Jun 13 11:32:07 JST 2001
TR3D ..... Start.
**** raed flow data : INODTOT=      90569
110.0000  50.00000  99.00000
0.0000000E+00  5.263158  2.000000

1  110.0000  50.00000  99.00000
2  110.0000  55.26316  99.00000
3  110.0000  60.52631  99.00000
4  110.0000  65.78947  99.00000
5  110.0000  71.05263  99.00000
6  110.0000  76.31579  99.00000
7  110.0000  81.57895  99.00000
8  110.0000  86.84210  99.00000
9  110.0000  92.10526  99.00000
10 110.0000  97.36842  99.00000
11 110.0000  102.6316  99.00000
12 110.0000  107.8947  99.00000
13 110.0000  113.1579  99.00000
14 110.0000  118.4211  99.00000
15 110.0000  123.6842  99.00000
16 110.0000  128.9474  99.00000
    
```

3.6 実行方法

統合化環境の実行方法のうち、S_SURF3D、TR3D/Info、MATRICS の統合環境の実行方法については長坂ほか(2000)に記載されている。本節では、SGSIM による不均質場の作成までの一連の GSLIB モジュールの実行手順について記載する。

一連の GSLIB モジュールは MS_Windows の環境にインストールされており、実行は DOS プロンプト環境で行う。DOS プロンプト環境において GSLIB の実行モジュールが存在するディレクトリーに移行した後、DECLUS、NSCORE、GAMV、VMODEL、SGMIM の順に実行していく。DECLUS の実行方法は、入力ファイル DECLUS.PAR、実行用入力ファイル declus.inp およびコンディショニングファイルを用意して以下のように入力して、Enter キーを押す。

declus.exe <_ declus.inp

NSCORE の実行方法は、最初に DECLUS の実行結果である cluster.dat を declus.out という名称のファイルにコピーする。次に入力ファイル nscore.par、実行用入力ファイル nscore.inp を用意して以下のように入力して、Enter キーを押す。

nscore.exe <_ nscore.inp

GAMV の実行方法は、垂直方向の経験的バリオグラムを作成する場合は、入力ファイル gamvv.par、実行用入力ファイル gamvv.inp を用意して以下のように入力して、Enter キーを押す。

gamv.exe <_ gamvv.inp

水平垂直方向の経験的バリオグラムを作成する場合は、入力ファイル gamvo.par、実行用入力ファイル gamvo.inp を用意して以下のように入力して、Enter キーを押す。

gamv.exe <_ gamvo.inp

VMODEL の実行方法は、垂直方向のバリオグラムモデルを作成する場合は、入力ファイル vmodelv.par、実行用入力ファイル vmodelv.inp を用意して以下のように入力して、Enter キーを押す。

vmodel <_ vmodelv.inp

水平垂直方向の垂直方向のバリオグラムモデルを作成する場合は、入力ファイル vmodelo.par、実行用入力ファイル vmodelo.inp を用意して以下のように入力して、Enter キーを押す。

vmodel <_ vmodelo.inp

SGMIM の実行方法は、入力ファイル*.par、実行用入力ファイル*.inp を用意して以下のように入力して、Enter キーを押す。

sgsim <_ porsim.inp >_ porsim.log

3.7 例題

本節では、GSLIB による不均質場作成の手順を含めた 統合化環境の計算例を記述した。本計算例は、新第三紀堆積岩の砂岩および泥岩・凝灰岩について 3 次元連続体モデルを用いたニアフィールドの性能評価解析の例であり、入力データの根拠、データの変遷を、GSLIB モジュールの入出力データ例、統合化環境における各計算コードの入出力データ例とともに提示したものである。

3.7.1 デクラスタリング

不均質場は、東濃鉱山において測定された透水係数データ（以下から実測データと呼称する）に基づいて作成した。実測データは、DECLUS によってデクラスタリングするために以下のように取り扱う。

東濃地域の SN4, TH2~TH8, TT1 の 9 本の井戸で実測した透水係数は、各々表 3.61~表 3.69 のように各深度に対して電気検層の比抵抗値から計算されている。

これらのデータの意味は以下のとおりである。DEPTH(GL)は測定点の深度、DEPTH(EL)は測定点の標高、RESISTIVITY は電気検層法の測定における比抵抗であり、後ろについている数字は電極の間隔（単位は cm）である。また、PERMEABILITY(SD)は砂岩・泥岩層における透水係数、PERMEABILITY(CG)は礫岩層における透水係数を意味している。TH2 から TH8 におけるデータにおいて、RESISTIVITY100 と PERMEABILITY(SD)の間に存在するカラムは Geologic unit である。Geologic unit は地層を意味しており、基盤から 1, 2, ..., 10 と番号を付けている。

これらのデータのうち、網掛けした DEPTH(EL)のデータを標高のデータを入力するカラムに登録し、PERMEABILITY(SD)における透水係数データの常用対数をとった値を透水係数の常用対数を入力するカラムに登録して、表 3.70 のように一つのファイルにまとめて、実測データ vargd.dat を作成する。

一方、デクラスタリングに使用する入力ファイル declus.par は表 3.71 のようになっている。5)のシミュレーションする変数のカラム番号は、表 3.70 の実測データにおいて、デクラスタリングの対象となる変数（透水係数に対数をとったもの）が、第 4 番目のカラムに存在することから 4 と設定した。また、セル（グリッド）の形状は立方体に設定することから、10)と 11)を各々1.0 に設定した。なお、13)~16)のセル（グリッド）サイズおよび原点の数に関する値は任意の値を設定した。

ただし、10)~15)のセルに関するパラメータを設定する場合には以下のことに注意する。任意の領域中のデータをデクラスタリングするとき、領域をさらに小さな領域に分割する。DECLUS では、このような小さな領域をセル（cell）と呼称している。DECLUS を実行するためには、デクラスタリングの重みを計算する前に、セルに関するパラメータであるセルのサイズとセルネットワークの原点を定義しなければならない。セルのサイズは、小さ

すぎる，または大きすぎる場合，領域内の全データの重みが等しくなることから，最適なセルサイズを設定しなければならない。一方，16)のセルネットワークの原点は，考慮する原点の数が多いほど，セルサイズが変化しても重みをつけたデータの平均値が一定になることから，考慮する原点の数は多い方がよい。ただし，DECLUS で考慮できる原点の数の最大値は5である。

なお，以上の入力パラメータの根拠を表 3.72 にまとめた。デクラスタリングを実行した後の実測データは表 3.73 のようになる。本表より，デクラスタリングしたデータは，実測データに透水係数データの重みの値を記載したカラムを付け加えたものであることがわかる。

表 3.61 井戸 SN4 における地質データ (抜粋)

DEPTH(GL)	DEPTH(EL)	RESISTIVITY(25)	RESISTIVITY(100)	PERMEABILITY(SD)	PERMEABILITY(CG)
20	234.17	0.74	2.54	9.00E-10	6.67E-10
20.1	234.07	0.72	2.56	9.08E-10	6.89E-10
20.2	233.97	0.63	2.81	9.96E-10	1.02E-09
20.3	233.87	0.54	3.06	1.08E-09	1.47E-09
20.4	233.77	0.79	3.36	1.19E-09	2.18E-09
20.5	233.67	1.96	3.76	1.33E-09	3.50E-09
20.6	233.57	2.25	4.09	1.45E-09	5.00E-09
20.7	233.47	2.01	4.45	1.58E-09	7.14E-09
20.8	233.37	2.14	4.72	1.67E-09	9.15E-09
20.9	233.27	6.47	5.13	1.82E-09	1.30E-08
21	233.17	19.77	5.57	1.97E-09	1.84E-08
21.1	233.07	39.4	6.01	2.13E-09	2.54E-08
21.2	232.97	31.15	6.35	2.25E-09	3.21E-08
21.3	232.87	18.31	6.79	2.41E-09	4.26E-08
21.4	232.77	13.5	7.36	2.61E-09	5.99E-08
21.5	232.67	12.49	7.99	2.83E-09	8.48E-08
21.6	232.57	11.9	8.78	3.11E-09	1.26E-07
21.7	232.47	11.46	9.34	3.31E-09	1.64E-07
21.8	232.37	10.72	10	3.55E-09	2.19E-07
21.9	232.27	9.29	10.68	3.79E-09	2.89E-07
22	232.17	8.93	11.23	3.98E-09	3.57E-07
22.1	232.07	8.88	11.45	4.06E-09	3.88E-07
22.2	231.97	8.79	11.55	4.09E-09	4.03E-07
22.3	231.87	8.54	11.59	4.11E-09	4.08E-07

表 3.62 井戸 TH2 における地質データ (抜粋)

DEPTH(GL)	DEPTH(EL)	RESISTIVITY25	RESISTIVITY100		PERMEABILITY(SD)	PERMEABILITY(CG)		
23.7	265.62	9.35	9.89	8	2.74E-07	2.09E-08	0.0000576	1.13E-07
23.8	265.52	9.53	9.71	8	2.55E-07	1.93E-08	0.0000531	9.93E-08
23.9	265.42	9.33	9.61	8	2.45E-07	1.85E-08	0.0000508	9.24E-08
24	265.32	8.75	9.23	8	2.09E-07	1.56E-08	0.0000425	6.98E-08
24.1	265.22	8.72	8.6	8	1.59E-07	1.16E-08	0.0000311	4.27E-08
24.2	265.12	8.65	8.55	8	1.55E-07	1.13E-08	0.0000303	4.10E-08
24.3	265.02	8.77	8.53	8	1.54E-07	1.12E-08	0.00003	4.04E-08
24.4	264.92	8.8	8.68	8	1.65E-07	1.20E-08	0.0000324	4.56E-08
24.5	264.82	8.9	8.73	8	1.68E-07	1.23E-08	0.0000332	4.74E-08
24.6	264.72	8.7	8.65	8	1.62E-07	1.19E-08	0.0000319	4.45E-08
24.7	264.62	8.35	8.58	8	1.57E-07	1.15E-08	0.0000307	4.20E-08
24.8	264.52	8.12	8.4	8	1.45E-07	1.05E-08	0.000028	3.63E-08
24.9	264.42	8.07	8.25	8	1.36E-07	9.70E-09	0.0000259	3.20E-08
25	264.32	8.25	8.08	8	1.24E-07	8.89E-09	0.0000236	2.77E-08
25.1	264.22	8.37	8.08	8	1.24E-07	8.89E-09	0.0000236	2.77E-08
25.2	264.12	8.32	8.03	8	1.21E-07	8.66E-09	0.0000229	2.65E-08
25.3	264.02	8.25	7.97	8	1.18E-07	8.39E-09	0.0000222	2.52E-08
25.4	263.92	8.22	8.15	8	1.29E-07	9.22E-09	0.0000245	2.94E-08
25.5	263.82	8.14	8.23	8	1.34E-07	9.60E-09	0.0000256	3.15E-08
25.6	263.72	8.22	8.25	8	1.35E-07	9.70E-09	0.0000259	3.20E-08
25.7	263.62	8.35	8.38	8	1.44E-07	1.04E-08	0.0000277	3.57E-08
25.8	263.52	8.45	8.33	8	1.40E-07	1.01E-08	0.000027	3.42E-08
25.9	263.42	8.4	8.23	8	1.34E-07	9.60E-09	0.0000256	3.15E-08
26	263.32	8.37	8.23	8	1.34E-07	9.60E-09	0.0000256	3.15E-08

表 3.63 井戸 TH3 における地質データ (抜粋)

DEPTH(GL)	DEPTH(EL)	RESISTIVITY(25)	RESISTIVITY(100)		PERMEABILITY(SD)	PERMEABILITY(CG)
41.5	256.05	11.26	4.36	8	1.12E-08	6.55E-10
41.6	255.95	12.08	4.34	8	1.10E-08	6.42E-10
41.7	255.85	14.66	3.6	8	5.29E-09	2.91E-10
41.8	255.75	16.4	4.26	8	1.02E-08	5.93E-10
41.9	255.65	18.66	4.78	8	1.60E-08	9.66E-10
42	255.55	18.4	5.22	8	2.26E-08	1.40E-09
42.1	255.45	18.1	5.86	8	3.55E-08	2.28E-09
42.2	255.35	18.46	9.16	8	2.03E-07	1.51E-08
42.3	255.25	18.36	10.54	8	3.52E-07	2.73E-08
42.4	255.15	17.88	11.52	8	4.98E-07	3.98E-08
42.5	255.05	17.64	10.32	8	3.24E-07	2.50E-08
42.6	254.95	18.28	9.52	8	2.36E-07	1.78E-08
42.7	254.85	18.56	9.6	8	2.44E-07	1.84E-08
42.8	254.75	18.3	9.84	8	2.69E-07	2.04E-08
42.9	254.65	18.7	9.32	8	2.17E-07	1.63E-08
43	254.55	18.78	8.92	8	1.83E-07	1.36E-08
43.1	254.45	18.52	9.96	8	2.82E-07	2.15E-08
43.2	254.35	18.1	10.56	8	3.54E-07	2.76E-08
43.3	254.25	17.68	10.46	8	3.41E-07	2.66E-08
43.4	254.15	17.1	10.32	8	3.24E-07	2.50E-08
43.5	254.05	16.8	10.52	8	3.49E-07	2.71E-08
43.6	253.95	16.78	9.58	7	2.42E-07	1.83E-08
43.7	253.85	16.58	9.18	7	2.05E-07	1.52E-08
43.8	253.75	16.78	8.34	7	1.41E-07	1.02E-08

表 3.64 井戸 TH4 における地質データ (抜粋)

DEPTH(GL)	DEPTH(EL)	RESISTIVITY25	RESISTIVITY100		PERMEABILITY(SD)	PERMEABILITY(CG)
94.7	215.37	5.59	7.93	5	1.16E-07	8.21E-09
94.8	215.27	5.69	8.13	5	1.28E-07	9.12E-09
94.9	215.17	5.99	7.83	5	1.10E-07	7.78E-09
95	215.07	5.79	8.13	5	1.28E-07	9.12E-09
95.1	214.97	5.49	8.23	5	1.34E-07	9.60E-09
95.2	214.87	5.69	8.23	5	1.34E-07	9.60E-09
95.3	214.77	5.99	8.33	5	1.40E-07	1.01E-08
95.4	214.67	5.89	8.43	5	1.47E-07	1.06E-08
95.5	214.57	5.29	8.63	5	1.61E-07	1.17E-08
95.6	214.47	5.19	8.63	5	1.61E-07	1.17E-08
95.7	214.37	5.49	8.53	5	1.54E-07	1.12E-08
95.8	214.27	5.59	8.13	5	1.28E-07	9.12E-09
95.9	214.17	5.29	7.83	5	1.10E-07	7.78E-09
96	214.07	5.09	8.23	5	1.34E-07	9.60E-09
96.1	213.97	4.9	8.13	5	1.28E-07	9.12E-09
96.2	213.87	4.1	7.83	5	1.10E-07	7.78E-09
96.3	213.77	3.6	7.53	5	9.45E-08	6.60E-09
96.4	213.67	3.9	7.33	5	8.51E-08	5.89E-09
96.5	213.57	4.2	7.13	5	7.63E-08	5.24E-09
96.6	213.47	4.7	6.92	5	6.79E-08	4.61E-09
96.7	213.37	4.8	7.23	5	8.06E-08	5.55E-09
96.8	213.27	5.39	7.53	5	9.45E-08	6.60E-09
96.9	213.17	5.39	7.73	5	1.05E-07	7.37E-09
97	213.07	5.39	7.73	5	1.05E-07	7.37E-09

表 3.65 井戸 TH5 における地質データ (抜粋)

DEPTH(GL)	DEPTH(EL)	RESISTIVITY25	RESISTIVITY100		PERMEABILITY(SD)	PERMEABILITY(CG)
90.8	196.62	2.73		6		
90.9	196.52	2.11		6		
91	196.42	1.24		6		
91.1	196.32	1.34		6		
91.2	196.22	1.3		6		
91.3	196.12	1.22	9.71	6	2.55E-07	1.93E-08
91.4	196.02	1.26	5.99	6	3.87E-08	2.51E-09
91.5	195.92	1.32	5.47	6	2.71E-08	1.71E-09
91.6	195.82	1.4	5.21	6	2.24E-08	1.39E-09
91.7	195.72	1.4	5.71	6	3.21E-08	2.05E-09
91.8	195.62	1.44	5.59	6	2.95E-08	1.87E-09
91.9	195.52	1.42	5.69	6	3.16E-08	2.02E-09
92	195.42	1.42	6.07	6	4.07E-08	2.65E-09
92.1	195.32	1.44	5.87	6	3.57E-08	2.30E-09
92.2	195.22	1.61	5.27	6	2.34E-08	1.46E-09
92.3	195.12	1.81	5.23	6	2.27E-08	1.41E-09
92.4	195.02	1.89	5.17	6	2.17E-08	1.35E-09
92.5	194.92	1.99	5.03	6	1.95E-08	1.20E-09
92.6	194.82	2.25	5.11	6	2.08E-08	1.28E-09
92.7	194.72	2.51	5.63	6	3.03E-08	1.93E-09
92.8	194.62	2.77	6.49	6	5.29E-08	3.52E-09
92.9	194.52	2.97	7.94	6	1.16E-07	8.25E-09
93	194.42	3.11	8.06	6	1.23E-07	8.79E-09
93.1	194.32	3.33	7.9	6	1.14E-07	8.08E-09

表 3.66 井戸 TH6 における地質データ (抜粋)

DEPTH(GL)	DEPTH(EL)	RESISTIVITY25	RESISTIVITY100		PERMEABILITY(SD)	PERMEABILITY(CG)
66.8	245.98	5.81	3.03	9b	2.70E-09	1.41E-10
66.9	245.88	5.94	3.38	9b	4.13E-09	2.23E-10
67	245.78	6.31	3.7	9b	5.88E-09	3.27E-10
67.1	245.68	7.11	3.95	9b	7.60E-09	4.31E-10
67.2	245.58	7.24	4.32	9b	1.08E-08	6.30E-10
67.3	245.48	7.63	4.79	9b	1.61E-08	9.74E-10
67.4	245.38	7.73	4.97	9b	1.86E-08	1.14E-09
67.5	245.28	7.6	4.66	9b	1.45E-08	8.67E-10
67.6	245.18	7.08	4.88	9b	1.74E-08	1.05E-09
67.7	245.08	7.53	5.42	9b	2.62E-08	1.64E-09
67.8	244.98	7.46	5.87	9b	3.57E-08	2.30E-09
67.9	244.88	7.4	6.04	9b	3.99E-08	2.60E-09
68	244.78	7.6	6.11	9b	4.18E-08	2.73E-09
68.1	244.68	8.3	6.18	9b	4.37E-08	2.86E-09
68.2	244.58	8.63	5.74	9b	3.27E-08	2.09E-09
68.3	244.48	9.33	5.71	9b	3.21E-08	2.05E-09
68.4	244.38	9.91	6.13	9b	4.23E-08	2.76E-09
68.5	244.28	10.13	6.03	9b	3.97E-08	2.58E-09
68.6	244.18	10.5	5.93	9b	3.72E-08	2.40E-09
68.7	244.08	10.78	6.16	9b	4.31E-08	2.82E-09
68.8	243.98	10.89	6.4	9b	5.01E-08	3.32E-09
68.9	243.88	11.15	6.49	9b	5.29E-08	3.52E-09
69	243.78	11.51	6.95	9b	6.91E-08	4.70E-09
69.1	243.68	11.66	7.04	9b	7.27E-08	4.96E-09

表 3.67 井戸 TH7 における地質データ (抜粋)

DEPTH(GL)	DEPTH(EL)	RESISTIVITY25	RESISTIVITY100		PERMEABILITY(SD)	PERMEABILITY(CG)
72.5	234.33	11.23	23.54	7	8.12E-06	8.17E-07
72.6	234.23	10.91	23.4	7	7.93E-06	7.96E-07
72.7	234.13	10.43	23.16	7	7.62E-06	7.63E-07
72.8	234.03	10.24	22.88	7	7.27E-06	7.24E-07
72.9	233.93	10.22	22.7	7	7.04E-06	7.01E-07
73	233.83	10.06	22.44	7	6.73E-06	6.67E-07
73.1	233.73	9.8	21.94	7	6.17E-06	6.07E-07
73.2	233.63	9.7	21.01	7	5.21E-06	5.05E-07
73.3	233.53	9.54	20.09	7	4.37E-06	4.18E-07
73.4	233.43	9.44	18.97	7	3.49E-06	3.28E-07
73.5	233.33	9.4	17.26	7	2.42E-06	2.20E-07
73.6	233.23	9.64	16.28	7	1.92E-06	1.72E-07
73.7	233.13	9.8	15.02	7	1.40E-06	1.22E-07
73.8	233.03	10.08	13.7	7	9.80E-07	8.28E-08
73.9	232.93	10.28	12.75	7	7.40E-07	6.11E-08
74	232.83	10.47	12.37	7	6.57E-07	5.38E-08
74.1	232.73	10.65	12.47	7	6.78E-07	5.57E-08
74.2	232.63	11.01	12.77	7	7.44E-07	6.15E-08
74.3	232.53	11.25	13.17	7	8.40E-07	7.01E-08
74.4	232.43	11.85	13.23	7	8.55E-07	7.15E-08
74.5	232.33	12.19	13.17	7	8.40E-07	7.01E-08
74.6	232.23	12.95	1309	7	53.47155655	19.51546483
74.7	232.13	13.63	12.87	7	7.67E-07	6.36E-08
74.8	232.03	14.64	12.67	7	7.22E-07	5.95E-08

表 3.68 井戸 TH8 における地質データ (抜粋)

DEPTH(GL)	DEPTH(EL)	RESISTIVITY25	RESISTIVITY100		PERMEABILITY(SD)	PERMEABILITY(CG)
41.9	234.22	14.9	14.17	10	1.12E-06	9.55E-08
42	234.12	15.04	14.17	10	1.12E-06	9.55E-08
42.1	234.02	15.08	14.07	9b	0.000001087	9.27E-08
42.2	233.92	15.08	14.09	9b	1.09E-06	9.33E-08
42.3	233.82	15.08	14.09	9b	1.09E-06	9.33E-08
42.4	233.72	15.04	14.09	9b	1.09E-06	9.33E-08
42.5	233.62	14.98	14.09	9b	1.09E-06	9.33E-08
42.6	233.52	14.94	14.09	9b	1.09E-06	9.33E-08
42.7	233.42	14.94	14.09	9b	1.09E-06	9.33E-08
42.8	233.32	15.89	14.05	9b	1.08E-06	9.22E-08
42.9	233.22	22.64	13.99	9b	1.06E-06	9.05E-08
43	233.12	25.29	13.99	9b	1.06E-06	9.05E-08
43.1	233.02	27.15	13.97	9b	1.06E-06	9.00E-08
43.2	232.92	28.68	13.87	9b	1.03E-06	8.73E-08
43.3	232.82	30.69	13.87	9b	1.03E-06	8.73E-08
43.4	232.72	33.82	13.93	9b	1.05E-06	8.89E-08
43.5	232.62	35.91	16.41	9b	1.98E-06	1.78E-07
43.6	232.52	38.94	16.91	9b	2.23E-06	2.02E-07
43.7	232.42	41.25	17.29	9b	2.43E-06	2.22E-07
43.8	232.32	42.04	17.77	9b	2.71E-06	2.49E-07
43.9	232.22	42.18	18.17	9b	2.95E-06	2.73E-07
44	232.12	42.16	18.33	9b	3.06E-06	2.84E-07
44.1	232.02	41.57	18.35	9b	3.07E-06	2.85E-07
44.2	231.92	40.17	18.35	9b	3.07E-06	2.85E-07

表 3.69 井戸 TT1 における地質データ (抜粋)

DEPTH(GL)	DEPTH(EL)	RESISTIVITY25	RESISTIVITY100	PERMEABILITY(SD)	PERMEABILITY(CG)
18.5	281.9	8.58	10.97	4.11E-07	3.24E-08
18.6	281.8	8.86	11.12	4.33E-07	3.43E-08
18.7	281.7	8.86	11.26	4.55E-07	3.61E-08
18.8	281.6	8.92	11.38	4.74E-07	3.78E-08
18.9	281.5	9.18	11.43	4.83E-07	3.85E-08
19	281.4	8.99	11.41	4.79E-07	3.82E-08
19.1	281.3	8.98	11.57	5.06E-07	4.05E-08
19.2	281.2	9.21	11.65	5.20E-07	4.17E-08
19.3	281.1	9.31	11.43	4.83E-07	3.85E-08
19.4	281	9.27	11.65	5.20E-07	4.17E-08
19.5	280.9	9.23	11.61	5.13E-07	4.11E-08
19.6	280.8	9.01	11.58	5.08E-07	4.07E-08
19.7	280.7	8.65	11.72	5.32E-07	4.28E-08
19.8	280.6	8.77	11.77	5.41E-07	4.36E-08
19.9	280.5	9.12	11.8	5.47E-07	4.41E-08
20	280.4	9.51	11.76	5.39E-07	4.34E-08
20.1	280.3	9.53	11.67	5.23E-07	4.20E-08
20.2	280.2	9.39	11.57	5.06E-07	4.05E-08
20.3	280.1	9.52	11.63	5.16E-07	4.14E-08
20.4	280	9.96	11.78	5.43E-07	4.37E-08
20.5	279.9	10.12	11.81	5.48E-07	4.42E-08
20.6	279.8	10.15	11.81	5.48E-07	4.42E-08
20.7	279.7	10.4	11.8	5.47E-07	4.41E-08
20.8	279.6	10.44	11.77	5.41E-07	4.36E-08

表 3.70 実測データ vargd.dat (抜粋)

Conditioning data for the 300 m block

4

Northing (m)

Easting (m)

Elevation(m)

Log 10 of Permeability (cm/sec)

-68402.81	4563.61	234.17	-9.05
-68402.81	4563.61	234.07	-9.04
-68402.81	4563.61	233.97	-9.00
-68402.81	4563.61	233.87	-8.97
-68402.81	4563.61	233.77	-8.92
-68402.81	4563.61	233.67	-8.88
-68402.81	4563.61	233.57	-8.84
-68402.81	4563.61	233.47	-8.80
-68402.81	4563.61	233.37	-8.78
-68402.81	4563.61	233.27	-8.74
-68402.81	4563.61	233.17	-8.71
-68402.81	4563.61	233.07	-8.67
-68402.81	4563.61	232.97	-8.65
-68402.81	4563.61	232.87	-8.62
-68402.81	4563.61	232.77	-8.58
-68402.81	4563.61	232.67	-8.55
-68402.81	4563.61	232.57	-8.51
-68402.81	4563.61	232.47	-8.48
-68402.81	4563.61	232.37	-8.45
-68402.81	4563.61	232.27	-8.42
-68402.81	4563.61	232.17	-8.40
-68402.81	4563.61	232.07	-8.39
-68402.81	4563.61	231.97	-8.39
-68402.81	4563.61	231.87	-8.39
-68402.81	4563.61	231.77	-8.39
-68402.81	4563.61	231.67	-8.39
-68402.81	4563.61	231.57	-8.39
-68402.81	4563.61	231.47	-8.39
-68402.81	4563.61	231.37	-8.39
-68402.81	4563.61	231.27	-8.40
-68402.81	4563.61	231.17	-8.40
-68402.81	4563.61	231.07	-8.38
-68402.81	4563.61	230.97	-8.39
-68402.81	4563.61	230.87	-8.38
-68402.81	4563.61	230.77	-8.37
-68402.81	4563.61	230.67	-8.37
-68402.81	4563.61	230.57	-8.36
-68402.81	4563.61	230.47	-8.35
-68402.81	4563.61	230.37	-8.34
-68402.81	4563.61	230.27	-8.34
-68402.81	4563.61	230.17	-8.34
-68402.81	4563.61	230.07	-8.33
-68402.81	4563.61	229.97	-8.33
-68402.81	4563.61	229.87	-8.33

表 3.71 実測データをデクラスタリングするためのパラメータを入力したファイル (declus.par)

```
Parameters for DECLUS
*****

START OF PARAMETERS:
vargdat.dat 1)           ¥file with data
1 2) 2 3) 3 4) 4 5)     ¥ columns for X, Y, Z, and variable
-1.0e21 6) 1.0e21 7)    ¥ trimming limits
declus.sum 8)           ¥file for summary output
cluster.dat 9)          ¥file for output with data & weights
1.0 10) 1.0 11)         ¥Y and Z cell anisotropy (Ysize=size*Yanis)
0 12)                  ¥0=look for minimum declustered mean (1=max)
24 13) 2.7 14) 100.0 15) ¥number of cell sizes, min size, max size
5 16)                  ¥number of origin offsets
```

表 3.72 実測データをデクラスタリングするためのパラメータの根拠

No.	名称	単位	内容	根拠
1	datafl	-	実測データファイル名	デクラスタリングする入力ファイル名を設定
2	icolx	-	x 軸座標のカラム数	入力ファイルにおいて x 軸座標が存在するカラム番号を設定
3	icoly	-	y 軸座標のカラム数	入力ファイルにおいて y 軸座標が存在するカラム番号を設定
4	icolz	-	z 軸座標のカラム数	入力ファイルにおいて z 軸座標が存在するカラム番号を設定
5	icolvr	-	シミュレーションする変数のカラム数	入力ファイルにおけるデクラスタリングの対象となる変数が存在するカラム番号を設定
6	tmin	m	トリミングの下限	任意の値を設定 (通常は Geo-EAS フォーマットの下限値を設定)
7	tmax	m	トリミングの上限	任意の値を設定 (通常は Geo-EAS フォーマットの上限値を設定)
8	sumfl	-	出力ファイル名	出力ファイル名を設定
9	outfl	-	PostScript 形式の出力ファイル名	PostScript 形式の出力ファイル名を設定
10	anisy	-	セルの y 方向の異方性因子	セルの形状は立方体に設定することから 1.0 と設定
11	anisz	-	セルの z 方向の異方性因子	セルの形状は立方体に設定することから 1.0 と設定
12	minmax	-	平均最小値もしくは平均最大値を特定するかどうかのフラグ	任意の値を設定
13	ncell	-	考慮するセルサイズの数	
14	cmin	m	セルの最小サイズ	
15	cmax	m	セルの最大サイズ	
16	noff	-	原点の数	

表 3.73 デクラスタリングを実行した後の実測データ（抜粋）

Conditioning data for the 300 m block
5

Weight*nd	Log 10 of Permeability (cm/sec)	Elevation(m)	Easting (m)	Northing (m)
-68402.81	4563.61	234.17	-9.05	1.00000
-68402.81	4563.61	234.07	-9.04	1.00000
-68402.81	4563.61	233.97	-9.00	1.00000
-68402.81	4563.61	233.87	-8.97	1.00000
-68402.81	4563.61	233.77	-8.92	1.00000
-68402.81	4563.61	233.67	-8.88	1.00000
-68402.81	4563.61	233.57	-8.84	1.00000
-68402.81	4563.61	233.47	-8.80	1.00000
-68402.81	4563.61	233.37	-8.78	1.00000
-68402.81	4563.61	233.27	-8.74	1.00000
-68402.81	4563.61	233.17	-8.71	1.00000
-68402.81	4563.61	233.07	-8.67	1.00000
-68402.81	4563.61	232.97	-8.65	1.00000
-68402.81	4563.61	232.87	-8.62	1.00000
-68402.81	4563.61	232.77	-8.58	1.00000
-68402.81	4563.61	232.67	-8.55	1.00000
-68402.81	4563.61	232.57	-8.51	1.00000
-68402.81	4563.61	232.47	-8.48	1.00000
-68402.81	4563.61	232.37	-8.45	1.00000
-68402.81	4563.61	232.27	-8.42	1.00000
-68402.81	4563.61	232.17	-8.40	1.00000
-68402.81	4563.61	232.07	-8.39	1.00000
-68402.81	4563.61	231.97	-8.39	1.00000
-68402.81	4563.61	231.87	-8.39	1.00000
-68402.81	4563.61	231.77	-8.39	1.00000
-68402.81	4563.61	231.67	-8.39	1.00000
-68402.81	4563.61	231.57	-8.39	1.00000
-68402.81	4563.61	231.47	-8.39	1.00000
-68402.81	4563.61	231.37	-8.39	1.00000
-68402.81	4563.61	231.27	-8.40	1.00000
-68402.81	4563.61	231.17	-8.40	1.00000
-68402.81	4563.61	231.07	-8.38	1.00000
-68402.81	4563.61	230.97	-8.39	1.00000
-68402.81	4563.61	230.87	-8.38	1.00000
-68402.81	4563.61	230.77	-8.37	1.00000
-68402.81	4563.61	230.67	-8.37	1.00000
-68402.81	4563.61	230.57	-8.36	1.00000
-68402.81	4563.61	230.47	-8.35	1.00000
-68402.81	4563.61	230.37	-8.34	1.00000
-68402.81	4563.61	230.27	-8.34	1.00000
-68402.81	4563.61	230.17	-8.34	1.00000
-68402.81	4563.61	230.07	-8.33	1.00000
-68402.81	4563.61	229.97	-8.33	1.00000
-68402.81	4563.61	229.87	-8.33	1.00000
-68402.81	4563.61	229.77	-8.34	1.00000
-68402.81	4563.61	229.67	-8.37	1.00000
-68402.81	4563.61	229.57	-8.40	1.00000
-68402.81	4563.61	229.47	-8.42	1.00000
-68402.81	4563.61	229.37	-8.47	1.00000
-68402.81	4563.61	229.27	-8.47	1.00000
-68402.81	4563.61	229.17	-8.46	1.00000
-68402.81	4563.61	229.07	-8.43	1.00000
-68402.81	4563.61	228.97	-8.40	1.00000
-68402.81	4563.61	228.87	-8.36	1.00000
-68402.81	4563.61	228.77	-8.28	1.00000
-68402.81	4563.61	228.67	-8.23	1.00000
-68402.81	4563.61	228.57	-8.17	1.00000
-68402.81	4563.61	228.47	-8.14	1.00000

3.7.2 正規化

ガウシアンシミュレーションによって不均質場シミュレーションを行う場合、シミュレーションは正規分布データを使用して実行されることから、実測データを正規化してシミュレーション可能なデータセットに変換する。このときの正規化の条件を記載した入力ファイル `nscore.par` は表 3.74 のようになっている。デクラスタリングした実測データにおいて、正規化の対象となる変数は第 4 番目(透水性係数)、重みは第 5 番目に存在することから、ファイル中 2)の正規化する変数のカラム番号と 3)の正規化する変数につけた重みのカラム番号は、各々 4,5 と設定した。また、正規化にはデクラスタリングした実測データのみ使用することから、6)の値を 0 と設定した。これより、7)~ 9)に記載されている値は正規化には影響しない。例題においては使用しなかったが、6)の `ismooth` は、以下の場合に使用される。正規化の対象となるデータ数が少ない場合、データの分布が離散的すぎて、正規化したデータはプロットの関係を表現しきっていない。このため、NSCORE にはデータをスムージングする機能が用意されている。スムージングは、表 3.74 に記載された入力ファイル中の `ismooth` を 1 と設定することにより実行される。なお、`smmthfl`、`icolvr`、`icolwt` のパラメータは、スムージングを実行するのに必要なファイルに関するものである。

以上の入力パラメータの根拠をまとめたものを表 3.75 に示す。また、正規化した後のファイルを表 3.76 に示した。

表 3.74 正規化するためのパラメータを入力したファイル (nscore.par)

```

Parameters for NSCORE
*****

START OF PARAMETERS:
declus.out 1)          ¥file with data
4 2) 5 3)             ¥ columns for variable and weight
-1.0e21 4) 1.0e21 5)  ¥ trimming limits
0 6)                  ¥1=transform according to specified ref. dist.
histsmth.out 7)       ¥ file with reference dist.
1 8) 2 9)             ¥ columns for variable and weight
nscore.dat 10)        ¥file for output
nscore.trn 11)        ¥file for output transformation table
    
```

表 3.75 正規化するためのパラメータの根拠

No.	名称	単位	内容	根拠
1	datafl	-	デクラスタリングしたファイル名	デクラスタリングしたファイル名を設定
2	icolvr	-	シミュレーションする変数のカラム数	入力ファイルにおいて変数が存在するカラム番号を設定
3	icolwt	-	シミュレーションする重みのカラム数	入力ファイルにおいて重みが存在するカラム番号を設定
4	tmin	m	トリミングの下限	任意の値を設定
5	tmax	m	トリミングの上限	
6	ismooth	-	=1 : データの分布を滑らかにする =0 : datafl のデータをそのまま使用する	デクラスタリングしたファイルのデータをそのまま使用することから 0 と設定
7	smoothfl	-	データの分布を滑らかにしたファイル名	の値が 0 であることから, 設定されている値は無関係
8	icolvr	-	smoothfl におけるシミュレーションする変数のカラム数	
9	icolwt	-	smoothfl におけるシミュレーションする重みのカラム数	
10	outfl	-	出力ファイル名	出力ファイル名を設定
11	trnsfl	-	変形用テーブルを含んだ出力ファイル名	変形用テーブルを含んだ出力ファイル名を設定

表 3.76 NSCORE により正規化して得られたファイル (抜粋)

Normal Score Transform:Conditioning data for the 300 m block

6

Northing (m)

Easting (m)

Elevation(m)

Log 10 of Permeability (cm/sec)

Weight*nd

Normal Score value

-68402.814563.61	234.17	-9.05	1.00000	-1.90373
-68402.814563.61	234.07	-9.04	1.00000	-1.89885
-68402.814563.61	233.97	-9.00	1.00000	-1.87666
-68402.814563.61	233.87	-8.97	1.00000	-1.86287
-68402.814563.61	233.77	-8.92	1.00000	-1.83631
-68402.814563.61	233.67	-8.88	1.00000	-1.82069
-68402.814563.61	233.57	-8.84	1.00000	-1.79472
-68402.814563.61	233.47	-8.80	1.00000	-1.77633
-68402.814563.61	233.37	-8.78	1.00000	-1.75106
-68402.814563.61	233.27	-8.74	1.00000	-1.71512
-68402.814563.61	233.17	-8.71	1.00000	-1.70022
-68402.814563.61	233.07	-8.67	1.00000	-1.66719
-68402.814563.61	232.97	-8.65	1.00000	-1.63793
-68402.814563.61	232.87	-8.62	1.00000	-1.58797
-68402.814563.61	232.77	-8.58	1.00000	-1.53732
-68402.814563.61	232.67	-8.55	1.00000	-1.50425
-68402.814563.61	232.57	-8.51	1.00000	-1.39096
-68402.814563.61	232.47	-8.48	1.00000	-1.33621
-68402.814563.61	232.37	-8.45	1.00000	-1.29563
-68402.814563.61	232.27	-8.42	1.00000	-1.25884
-68402.814563.61	232.17	-8.40	1.00000	-1.23047
-68402.814563.61	232.07	-8.39	1.00000	-1.22650
-68402.814563.61	231.97	-8.39	1.00000	-1.21861
-68402.814563.61	231.87	-8.39	1.00000	-1.22086
-68402.814563.61	231.77	-8.39	1.00000	-1.22820
-68402.814563.61	231.67	-8.39	1.00000	-1.21974
-68402.814563.61	231.57	-8.39	1.00000	-1.22707
-68402.814563.61	231.47	-8.39	1.00000	-1.22311
-68402.814563.61	231.37	-8.39	1.00000	-1.22763
-68402.814563.61	231.27	-8.40	1.00000	-1.24135

:
:
:
:
:

3.7.3 経験的バリオグラムの作成

正規化した後に経験的バリオグラムを作成する。表 3.76 のような正規化したファイルに対して GSLIB 内の経験的バリオグラムを作成するためのモジュール GAMV を使用して経験的バリオグラムを作成する。経験的バリオグラムの作成においては、垂直方向と水平方向のバリオグラムを作成する。このときの垂直方向と水平方向における経験的バリオグラム作成に使用した入力ファイル `gamvv.par` と `gamvo.par` を表 3.77 に示す。経験的バリオグラムの作成対象となる正規化したデータは 6 番目のカラムに記載されていることから 6) の値を 6 と設定した。10)~12)までの値は任意に設定したが、垂直方向のデータは短距離の間隔で多く存在することから、水平方向よりも小さな値を設定したと推測される。また、経験的バリオグラムは 1 次元であるから、13)の値は 1 と設定した。`gamvv.par` においては垂直方向のバリオグラムを作成することから、17)の俯角は-90.0 度、`gamvo.par` においては水平方向のバリオグラムを作成することから、俯角は 0.0 度と設定した。20)~23)までの値は任意に設定した。最後に、24)の値は経験的バリオグラムなど空間的相関を定量化するとき使用する数式のタイプを設定するもので、1~10 の値に対して `Semivariogram ~ Indicator semivariogram (categorical variable)` が対応している。1~10 の値に対応する数式の詳細な説明は付録 A に記載する。本ケースでは、空間的相関の定量化にセミバリオグラムを使用することから、24)の値を 1 と設定した。以上の入力パラメータの根拠をまとめたものを表 3.78、表 3.79 に示す。

GAMV を使用して作成された垂直方向および水平方向の経験的バリオグラムを表 3.80、表 3.81 に示す。本ファイル中の値の意味は、1 番目のカラムが lag の番号、2 番目が lag の平均距離、3 番目がバリオグラムの値、4 番目が lag の対の数、5 番目が tail に寄与するデータの平均値、6 番目が head に寄与するデータの平均値である。ここで、lag, head, tail といった用語の解説は付録 A に記載した。2 番目のカラムの値と 3 番目のカラムの値を使用して経験的バリオグラムを作成する。作成した垂直方向及び水平方向の経験的バリオグラムを図 3.4 に記載した。本図の経験的バリオグラムに対してバリオグラムモデルの曲線を適合させる。次章において、経験的バリオグラムに対するバリオグラムモデルによる適合について説明する。

表 3.77 経験的バリオグラムを作成するためのパラメータを入力したファイル

垂直方向 (gamvv.par)

Parameters for GAMV

START OF PARAMETERS:

nscore.dat 1)	¥file with data
1 2) 2 3) 3 4)	¥ columns for X, Y, Z coordinates
1 5) 6 6)	¥ number of variables, column numbers
-1.0e21 7) 1.0e21 8)	¥ trimming limits
vertvar.out 9)	¥file for variogram output
20 10)	¥number of lags
1.0 11)	¥lag separation distance
0.5 12)	¥lag tolerance
1 13)	¥number of directions
0.0 14) 45.0 15) 10.0 16) -90.0 17) 45.0 18) 10.0 19)	¥azm, atol, bandh, dip, dtol, bandv
1 20)	¥standardize sills? (0=no, 1=yes)
1 21)	¥number of variograms
1 22) 1 23) 1 24)	¥tail var., head var., variogram type

水平方向 (gamvo.par)

Parameters for GAMV

START OF PARAMETERS:

nscore.dat	¥file with data
1 2 3	¥ columns for X, Y, Z coordinates
1 6	¥ number of variables, column numbers
-1.0e21 1.0e21	¥ trimming limits
omnivar.out	¥file for variogram output
10	¥number of lags
10.0	¥lag separation distance
5.0	¥lag tolerance
1	¥number of directions
0.0 180.0 500.0 0.0 180.0 500.0	¥azm, atol, bandh, dip, dtol, bandv
1	¥standardize sills? (0=no, 1=yes)
1	¥number of variograms
1 1 1	¥tail var., head var., variogram type

表 3.78 垂直方向のバリオグラムを作成するパラメータの根拠

No.	名称	単位	内容	根拠
1	datafl	-	規格化したファイル名	正規化したファイル名を設定
2	icolx	-	x 軸座標のカラム数	入力ファイルにおける x 座標が存在するカラム番号を設定
3	icoly	-	y 軸座標のカラム数	入力ファイルにおける y 軸座標が存在するカラム番号を設定
4	icolz	-	z 軸座標のカラム数	入力ファイルにおける z 軸座標が存在するカラム番号を設定
5	nvar	-	変数の数	バリオグラム作成に使用する変数は 1 個なので 1 と設定
6	ivar(nvar)	-	各変数のカラムのオーダー	入力ファイルにおけるバリオグラム作成に使用する変数が存在するカラム数を設定
7	tmin	m	トリミングの下限	任意の値を設定
8	tmax	m	トリミングの上限	
9	outfl	-	出力されたバリオグラムファイル	出力されるバリオグラムファイル名を設定
10	nlag	-	計算する lag (隔たり) の数	任意の値を設定
11	xlag	-	単位 lag 間の距離	
12	xltol	-	lag の許容誤差 (xlag の 1/2 以下)	
13	ndir	-	考慮する方向の数	1 次元の経験的バリオグラムを作成することから 1 を設定
14	azm	°	方位角	垂直方向のバリオグラムを作成することから 0.0 度を設定
15	atol	°	半分のウィンドウにおける方位角の許容誤差	任意の値を設定
16	bandwh	°	方位角の帯域	
17	dip	°	俯角	垂直方向のバリオグラムを作成することから -90.0 度を設定
18	dtol	°	半分のウィンドウにおける俯角の許容誤差	任意の値を設定
19	bandwd	°	俯角の帯域	
20	standardize	-	セミバリオグラムの値を変数値で割るかどうかのフラグ	
21	nvarg	-	計算するバリオグラムの数	セミバリオグラムを type として選定することから 1 を設定
22	ivtail	-	各バリオグラムの始点	
23	ivhead	-	各バリオグラムの終点	
24	ivtype	-	integer code に対応する変数	

表 3.79 水平方向のバリオグラムを作成するパラメータの根拠

No	名称	単位	内容	根拠容
1	datafl	-	規格化したファイル名	正規化したファイル名を設定
2	icolx	-	x 軸座標のカラム数	入力ファイルにおける x 座標が存在するカラム番号を設定
3	icoly	-	y 軸座標のカラム数	入力ファイルにおける y 軸座標が存在するカラム番号を設定
4	icolz	-	z 軸座標のカラム数	入力ファイルにおける z 軸座標が存在するカラム番号を設定
5	nvar	-	変数の数	バリオグラム作成に使用する変数は 1 個なので、1 を設定
6	ivar(nvar)	-	各変数のカラムのオーダー	入力ファイルにおけるバリオグラム作成に使用する変数が存在するカラム数を設定
7	tmin	m	トリミングの下限	任意の値を設定
8	tmax	m	トリミングの上限	
9	outfl	-	出力されたバリオグラムファイル	出力されるバリオグラムファイル名を設定
10	nlag	-	計算する lag (隔たり) の数	任意の値を設定
11	xlag	-	単位 lag 間の距離	
12	xltol	-	lag の許容誤差 (xlag の 1/2 以下)	
13	ndir	-	考慮する方向の数	1 次元の経験的バリオグラムを作成することから 1 を設定
14	azm	°	方位角	水平方向のバリオグラムを作成することから 0.0 度
15	atol	°	半分のウィンドウにおける方位角の許容誤差	任意の値を設定
16	bandwh	°	方位角の帯域	
17	dip	°	俯角	水平方向のバリオグラムを作成することから 0.0 度
18	dtol	°	半分のウィンドウにおける俯角の許容誤差	任意の値を設定
19	bandwd	°	俯角の帯域	
20	standardize	-	セミバリオグラムの値を変数値で割るかどうかのフラグ	
21	nvarg	-	計算するバリオグラムの数	セミバリオグラムを type として選定することから 1 を設定
22	ivtail	-	各バリオグラムの始点	
23	ivhead	-	各バリオグラムの終点	
24	ivtype	-	integer code に対応する変数	

表3.80 GAMVを使用して作成された垂直方向の経験的バリオグラム

Semivariogram		tail:Normal Score	head:Normal Score	direction	1
1	.000	.00000	9396	-.00016	-.00016
2	.300	.01578	46789	-.00260	.00090
3	.999	.05012	102227	-.00990	.00104
4	1.999	.10019	101216	-.02073	.00084
5	2.999	.15355	100201	-.03213	.00053
6	3.999	.20002	99187	-.04377	-.00026
7	4.999	.24071	98203	-.05448	-.00136
8	5.999	.27961	97206	-.06421	-.00304
9	6.999	.31631	96198	-.07303	-.00519
10	7.999	.34866	95193	-.08108	-.00731
11	8.999	.37366	94190	-.08795	-.00925
12	9.999	.39128	93190	-.09432	-.01092
13	10.999	.40435	92193	-.10069	-.01231
14	11.999	.42066	91199	-.10803	-.01369
15	12.999	.43547	90205	-.11501	-.01532
16	13.999	.44633	89211	-.12185	-.01775
17	14.999	.45695	88217	-.12787	-.02084
18	15.999	.46146	87223	-.13407	-.02416
19	16.999	.46070	86229	-.13992	-.02788
20	17.999	.45873	85235	-.14566	-.03120
21	18.999	.45740	84241	-.15194	-.03369
22	19.999	.45784	83247	-.15855	-.03629

表3.81 GAMVを使用して作成された水平方向の経験的バリオグラム

Semivariogram		tail:Normal Score	head:Normal Score	direction	1
1	.000	.00000	18792	-.00016	-.00016
2	2.529	.12664	915606	-.01317	-.01317
3	10.490	.49254	2334200	.06453	.06453
4	20.286	.78340	3006536	-.01366	-.01366
5	30.513	.91038	3024324	-.14788	-.14788
6	40.427	.85152	3724398	-.12459	-.12459
7	50.059	.80877	4929222	.05272	.05272
8	60.121	.97109	4340818	.06484	.06484
9	69.663	1.17722	3505044	.00362	.00362
10	79.766	1.20549	2555384	.00982	.00982
11	89.670	1.02936	2952004	.08132	.08132
12	99.697	1.11593	1880358	.16041	.16041

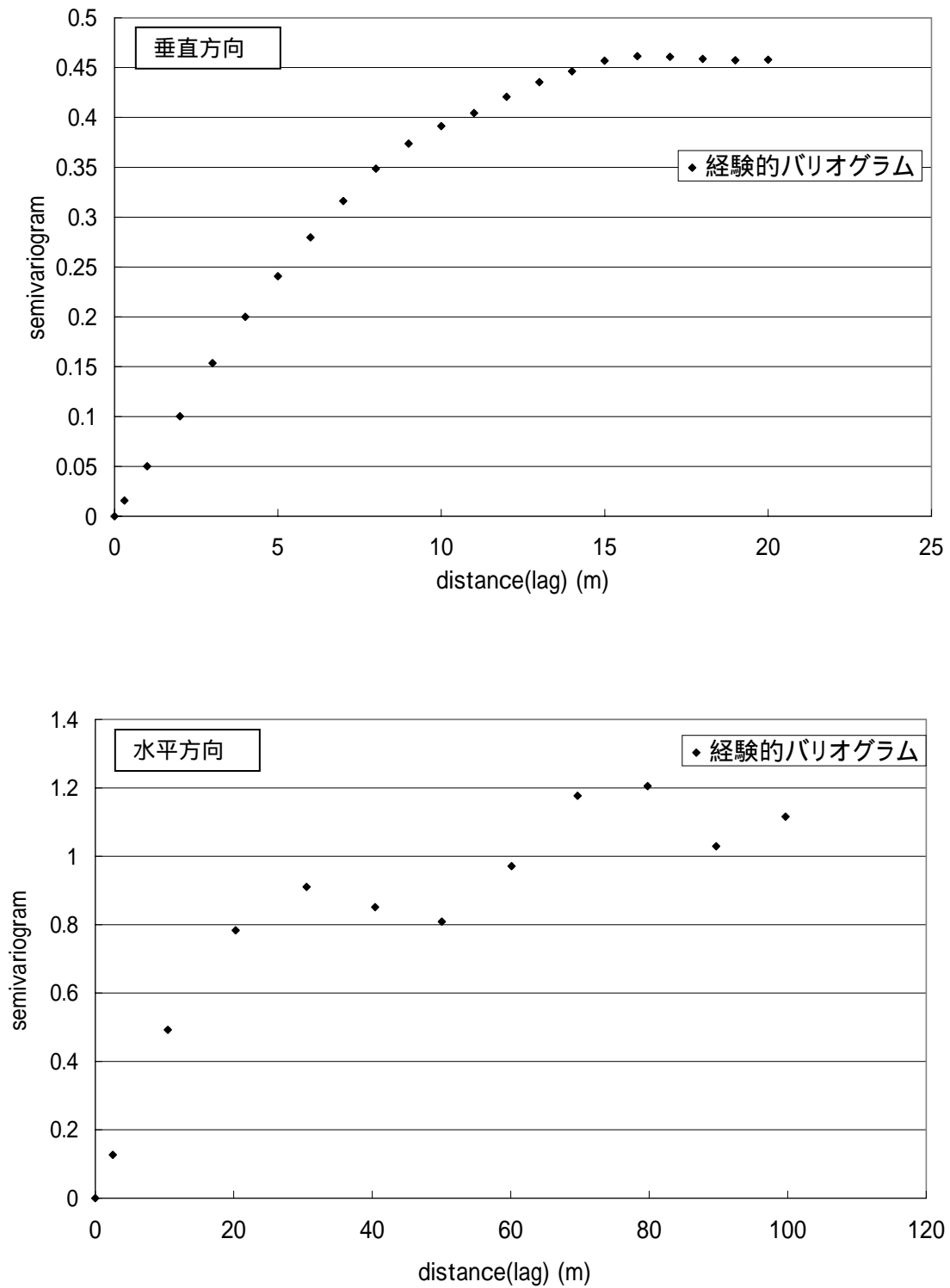


図 3.4 垂直方向と水平方向の経験的バリオグラム

3.7.4 バリオグラムモデルによる適合

3.7.3 項で作成した垂直方向，水平方向の経験的バリオグラムに対してバリオグラムモデルの曲線を適合させる。表 3.82 に垂直方向および水平方向のバリオグラムモデルの作成に関する条件を記載した各々のファイルを示す。表中の 1)~ 16)までのパラメータのうち，3)のバリオグラムを算出する範囲内における lag (バリオグラムを算出する距離) の数，4)の azm (方位角)，5)の dip (俯角)，6)の lag 間の距離 (lag の間隔) は，経験的バリオグラムの作成に使用した入力ファイル gamvv.par (gamvo.par) 中のものと同じ値を設定する。一方，7)~ 16)までのパラメータは，経験的バリオグラムと適合するまで変化させる量である。表 4.1 の例では，適合させるバリオグラムの曲線は原点を通ることから，8)の nugget effect の量は 0.0 と設定した。また，11)~ 13)の値はバリオグラムモデルにおいて考慮する平面を設定するパラメータであり，等方的な体系を扱うことから 11)~ 13)の値は全て 0.0 と設定した。9)の値は，適合させるモデルのタイプを設定するもので，1 ~ 5 の値に対して Spherical model ~ Hole effect model が対応している。1 ~ 5 の値に対応する数式の詳細な説明は付録 B に記載する。本ケースでは，バリオグラム曲線が直線的に増加する単純な形状であることから Spherical model を選択する。これより，9)の値は 1 と設定した。10)に入力する値は，モデル式中の定数 c の値であり，経験的バリオグラムと適合するようにトライアンドエラーによって決定する。本ケースでは Spherical model を選択することから，c の値はシル (sill) に相当する。なお，シルとは，任意の点からの距離がある値以上を超えたとき，バリオグラムの値が一定になるときの値のことである。最後に，14)~ 16)は水平方向および垂直方向のレンジ (range) を設定するところであり，垂直方向の経験的バリオグラムに適合させる場合は 16)の値を，水平方向の経験的バリオグラムに適合させる場合は 14)の値をトライアンドエラーによって決定する。本ケースでは，図 3.1 の水平方向および垂直方向の経験的バリオグラムがシルの値に達するときの距離を設定する。表 3.82 における 10)，14)，16)の値は，水平方向および垂直方向の経験的バリオグラムのシルとシルの値に達するときの距離を設定したものである。入力パラメータの根拠をまとめたものを表 3.83，表 3.84 に示す。

表 3.82 の入力データを使用して VMODEL によって作成した，垂直方向および水平方向のバリオグラムに関するファイルを表 3.85，表 3.86 に示す。本ファイル中の各カラムの意味は表 3.80，表 3.81 と同一である。表 3.85，表 3.86 に示されたデータに基づいて作成した垂直方向および水平方向のバリオグラムを図 3.5 に示す。本図より，経験的バリオグラムと適合させた場合のバリオグラムモデルのシルのより作成したバリオグラムモデルは経験的バリオグラムの傾向を再現していると考えられる。したがって，バリオグラムモデルを経験的バリオグラムに適合させるのに必要なパラメータの値を使用して不均質場シミュレーションを行う。次項において，不均質場シミュレーションについて説明する。

表 3.82 バリオグラムモデルによる適合を実施するためのパラメータを入力したファイル

垂直方向 (vmodelv.par)

Parameters for VMODEL

START OF PARAMETERS:

vmodelv.out	1)	¥file for variogram output
1	2) 20	¥number of directions and lags
0.0	4) -90.0	¥azm, dip, lag distance
	5) 1.0	
1	7) 0.0	¥nst, nugget effect
1	9) 0.46	¥it,cc,ang1,ang2,ang3
	10) 0.0	
	11) 0.0	
	12) 0.0	
	13) 1.0	¥a_hmax, a_hmin, a_vert
	14) 1.0	
	15) 16.0	
	16)	

水平方向 (vmodelo.par)

Parameters for VMODEL

START OF PARAMETERS:

vmodelo.out		¥file for variogram output
1	50	¥number of directions and lags
0.0	0.0	¥azm, dip, lag distance
	2.0	
1	0.0	¥nst, nugget effect
1	1.0	¥it,cc,ang1,ang2,ang3
	0.0	
	0.0	
	80.0	¥a_hmax, a_hmin, a_vert
	1.0	
	1.0	

表 3.83 垂直方向においてモデルによる適合を実施するためのパラメータの根拠

No.	名称	単位	内容	根拠	
1	outfl	-	出力ファイル名	出力ファイル名を設定	
2	ndir	-	考慮する方向の数	1次元のバリオグラムを扱うことから1を設定	
3	nlag	-	考慮する lag の数	経験的バリオグラムの作成に使用したパラメータと同じ値を設定	
4	azm	°	方位角		
5	dip	°	俯角		
6	lag	m	データ間の距離		
7	nst	-	考慮する構造の数		任意の値を設定
8	c0	-	nugget effect		図 3.1 の切片の値を設定
9	it	-	構造のタイプ	任意の値を設定 (Spherical model を設定することが多い)	
10	cc	-	シル	Spherical model を設定した場合、バリオグラムのシルの値を設定	
11	ang1	°	モデル面を Y 軸から回転させた角度	等方的な体系を扱うことから 0.0 と設定	
12	ang2	°	モデル面を水平面から下に回転させた角度		
13	ang3	°	ang1 ,ang2 の回転でも変化しなかった軸とモデル面の角度		
14	a_hmax	m	水平方向の最大範囲	1.0 を設定する	
15	a_hmin	m	水平方向の最小範囲		
16	a_vert	m	垂直方向の範囲	垂直方向の経験的バリオグラムがシルの値に達するときの距離を設定	

表 3.84 水平方向においてモデルによる適合を実施するためのパラメータの根拠

No.	名称	単位	内容	根拠
1	outfl	-	出力ファイル名	出力ファイル名を設定
2	ndir	-	考慮する方向の数	1次元のバリオグラムを扱うことから1を設定
3	nlag	-	考慮する lag の数	経験的バリオグラムの作成に使用したパラメータと同じ値を設定
4	azm	°	方位角	
5	dip	°	俯角	
6	lag	m	データ間の距離	
7	nst	-	考慮する構造の数	
8	c0	-	nugget effect		図 3.1 の切片の値を設定
9	it	-	構造のタイプ	任意の値を設定 (Spherical model を設定することが多い)
10	cc	-	シル	Spherical model を設定した場合、バリオグラムのシルの値を設定
11	ang1	°	モデル面を Y 軸から回転させた角度	等方的な体系を扱うことから 0.0 と設定
12	ang2	°	モデル面を水平面から下に回転させた角度	
13	ang3	°	ang1 ,ang2 の回転でも変化しなかった軸とモデル面の角度	
14	a_hmax	m	水平方向の最大範囲	水平方向の経験的バリオグラムがシルの値に達するときの距離を設定
15	a_hmin	m	水平方向の最小範囲	1.0 を設定する
16	a_vert	m	垂直方向の範囲	

表 3.85 VMODEL を使用して作成された垂直方向のバリオグラムに関するファイル

Model Variogram for Direction: 1

1	.000	.00000	1	.46000	1.00000
1	.000	.00000	1	.46000	1.00000
2	1.000	.04307	1	.41693	.90637
3	2.000	.08580	1	.37420	.81348
4	3.000	.12786	1	.33214	.72205
5	4.000	.16891	1	.29109	.63281
6	5.000	.20861	1	.25139	.54651
7	6.000	.24662	1	.21338	.46387
8	7.000	.28261	1	.17739	.38562
9	8.000	.31625	1	.14375	.31250
10	9.000	.34719	1	.11281	.24524
11	10.000	.37510	1	.08490	.18457
12	11.000	.39964	1	.06036	.13123
13	12.000	.42047	1	.03953	.08594
14	13.000	.43726	1	.02274	.04944
15	14.000	.44967	1	.01033	.02246
16	15.000	.45736	1	.00264	.00574
17	16.000	.46000	1	.00000	.00000
18	17.000	.46000	1	.00000	.00000
19	18.000	.46000	1	.00000	.00000
20	19.000	.46000	1	.00000	.00000
21	20.000	.46000	1	.00000	.00000

表 3.86 VMODEL を使用して作成された水平方向のバリオグラムに関するファイル

Model Variogram for Direction: 1					
1	.000	.00000	1	1.00000	1.00000
1	.000	.00000	1	1.00000	1.00000
2	2.000	.03749	1	.96251	.96251
3	4.000	.07494	1	.92506	.92506
4	6.000	.11229	1	.88771	.88771
5	8.000	.14950	1	.85050	.85050
6	10.000	.18652	1	.81348	.81348
7	12.000	.22331	1	.77669	.77669
8	14.000	.25982	1	.74018	.74018
9	16.000	.29600	1	.70400	.70400
10	18.000	.33180	1	.66820	.66820
11	20.000	.36719	1	.63281	.63281
12	22.000	.40210	1	.59790	.59790
13	24.000	.43650	1	.56350	.56350
14	26.000	.47034	1	.52966	.52966
15	28.000	.50356	1	.49644	.49644
16	30.000	.53613	1	.46387	.46387
17	32.000	.56800	1	.43200	.43200
18	34.000	.59912	1	.40088	.40088
19	36.000	.62944	1	.37056	.37056
20	38.000	.65891	1	.34109	.34109
21	40.000	.68750	1	.31250	.31250
22	42.000	.71515	1	.28485	.28485
23	44.000	.74181	1	.25819	.25819
24	46.000	.76745	1	.23255	.23255
25	48.000	.79200	1	.20800	.20800
26	50.000	.81543	1	.18457	.18457
27	52.000	.83769	1	.16231	.16231
28	54.000	.85873	1	.14127	.14127
29	56.000	.87850	1	.12150	.12150
30	58.000	.89696	1	.10304	.10304
31	60.000	.91406	1	.08594	.08594
32	62.000	.92976	1	.07024	.07024
33	64.000	.94400	1	.05600	.05600
34	66.000	.95674	1	.04326	.04326
35	68.000	.96794	1	.03206	.03206
36	70.000	.97754	1	.02246	.02246
37	72.000	.98550	1	.01450	.01450
38	74.000	.99177	1	.00823	.00823
39	76.000	.99631	1	.00369	.00369
40	78.000	.99907	1	.00093	.00093
41	80.000	1.00000	1	.00000	.00000
42	82.000	1.00000	1	.00000	.00000
43	84.000	1.00000	1	.00000	.00000
44	86.000	1.00000	1	.00000	.00000
45	88.000	1.00000	1	.00000	.00000
46	90.000	1.00000	1	.00000	.00000
47	92.000	1.00000	1	.00000	.00000
48	94.000	1.00000	1	.00000	.00000
49	96.000	1.00000	1	.00000	.00000
50	98.000	1.00000	1	.00000	.00000
51	100.000	1.00000	1	.00000	.00000

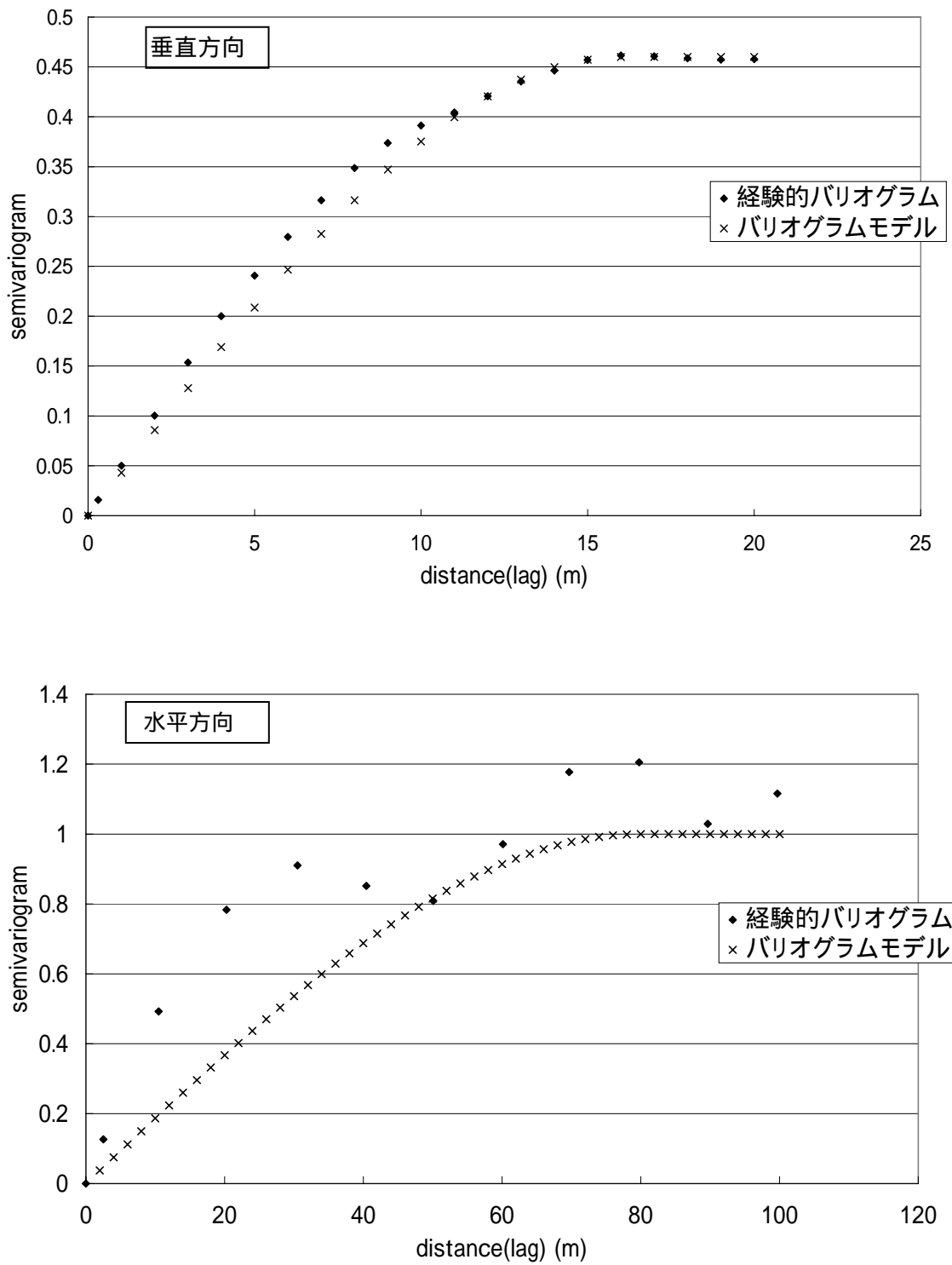


図 3.5 垂直方向と水平方向のバリオグラムモデルの曲線

3.7.5 不均質場シミュレーション

3.7.4 章において決定したバリオグラムモデルに関する値を使用して不均質場シミュレーションを行う。表 3.87 に不均質場シミュレーションの条件を記載したファイルを示す。表 3.87 に記載された SGSIM の入力パラメータは、(連続的ガウシアンシミュレーションの手続きの各段階に関連するパラメータに分類することができる。

条件つきデータ読み込みに関するパラメータ

datafl , icolx , icoly , icolz , icolvr

デクラスタリングに関するパラメータ

icolwt , icolsec , tmin , tmax , icolwt

正規化に関するパラメータ

itrans , transfl , ismooth , smthfl , icolvr , icolwt

不均質場シミュレーションで使用するグリッドに関するパラメータ

nsim , nx , xmn , xsiz , ny , ymn , ysiz , nz , zmn , zsiz

データ読み込みに関するパラメータ

ndmin , ndmax , ncnode , sstrat , multgrid , nmult , noct , radius_{hmax} , radius_{hmin} , radius_{vert} , sang1 , sang2 , sang3

kriging に関するパラメータ

ktype , rho , varred , secfl

その他の不均質場シミュレーションに関するパラメータ

seed , nst , c0 , it , cc , ang1 , ang2 , ang3 , a_{hmax} , a_{hmin} , a_{vert}

逆変換に関するパラメータ

zmin , zmax , ltail , ltpar , utail , utpar

上記のパラメータは以下の根拠に基づいて設定した。表中のパラメータのうち 6) , 7) , 10) , 12) , 16) , 17) , 19) , 21) , 22) , 42)は、今回の不均質場シミュレーションにおいて考慮しないものであるから 0 と設定した。この設定により 11) , 13) , 14) , 15) , 18) , 20) , 23) は不均質場シミュレーションに影響しない。25)の値はシミュレーションにより作成する不

均質場（リアライゼーション）の数であり，本ケースでは 1 個であることから 1 と設定する（2 と設定すれば 2 個の不均質場を作成する）。一方，26)~ 41)までの値は任意に設定する。この中で 36)~ 41)の値は，シミュレーションの各ケースで同一のものを使用している。一方，26)~ 35)までの値は，シミュレーションの各ケースで様々な値に変更している。43)~ 45)は，表 3.82 で決定したバリオグラムの範囲以上の値を設定する。また，46)~ 48)は，等方的な体系を考慮することから 0 と設定した。不均質場シミュレーションにおいて様々なタイプの Kriging が使用可能であるが，今回のシミュレーションでは最も簡単な Simple Kriging を選択する。このことから，49)は 0 と設定する。また，これに関連して 50)は 0.6 と設定する。53)，54)，55)，57)，58)，59)の値は，VMODEL を実行するときに使用した表 3.82 中の値を設定する。60)~ 62)の値は 3.7.4 節で決定したバリオグラムの範囲を設定する。56)の値はモデルのシルの値を入力する。シルの値は，3.7.4 節の図 3.5 におけるフィティングにより，垂直方向は 0.46，水平方向は 1.27 であることがわかったが，ここでは，値の大きい 1.27 を使用した。以上の入力パラメータの根拠をまとめたものを表 3.88 表 3.89 に示す。

上記のようにして設定した条件を用いて不均質場シミュレーションにより算出した透水係数データを表 3.90 に示す。本データは正規分布にしたがう不均質場であり，任意の統計量にしたがう不均質場に変換する必要がある。これより，gstotag を使用して正規分布にしたがう不均質場から任意の統計量にしたがう不均質場に変換する。表 3.91 に変換に関する条件を記載したファイルを示す。表中のパラメータのうち 4)から 6)は，正規分布データから任意の統計量への変換に無関係な量であることから適当な値を登録する。7)から 9)は各々 x 軸，y 軸，z 軸方向のグリッド幅の値であるから，各々表 3.87 中の 28)，31)，34)の値を設定した。10)から 12)は，各々 x 軸，y 軸，z 軸方向のグリッドの数であることから，各々表 3.87 中の 26)，29)，32)の値を設定した。13)は正規分布データから任意の統計量へ変換することから y と設定する。16)は変換した値を対数値から真数に変換することから y と設定する。以上の入力パラメータの根拠をまとめたものを表 3.92 に示す。

上記のようにして設定した条件を用いて正規分布データから任意の統計量へ変換した結果を表 3.93 に示す。また，変換した透水係数データから作成した不均質場を図 3.6 に示す。

表 3.87 不均質場シミュレーションを行うためのパラメータを入力したファイル

```

Parameters for SGSIM
*****

START OF PARAMETERS:
data2.dat 1)           ¥file with data
1.2) 2.3) 3.4) 4.5) 0.6) 0.7)
-1.0e21.8) 1.0e21 9)   ¥ columns for X,Y,Z,vr,wt,sec.var.
0 10)                 ¥ trimming limits
sgsim.trn 11)         ¥transform the data (0=no, 1=yes)
0 12)                 ¥ file for output trans table
dist.out 13)         ¥ consider ref. dist (0=no, 1=yes)
1.14) 2.15)          ¥ file with ref. dist distribution
0.0 16) 0.0 17)      ¥ columns for vr and wt
1 18) 0.0 19)        ¥ zmin,zmax(tail extrapolation)
1 20) 0.0 21)        ¥ lower tail option, parameter
0 22)                ¥ upper tail option, parameter
porsim9.dbg 23)      ¥debugging level: 0,1,2,3
porsim9.out 24)     ¥file for debugging output
1 25)                ¥file for simulation output
40 26) 2.5 27) 5.0 28) ¥number of realizations to generate
40 29) 2.5 30) 5.0 31) ¥nx,xmn,xsiz
40 32) 2.5 33) 5.0 34) ¥ny,ymn,ysiz
7 35)                ¥nz,zmn,zsiz
0 36) 8 37)          ¥random number seed
12 38)              ¥min and max original data for sim
1 39)                ¥number of simulated nodes to use
1 40) 3 41)          ¥assign data to nodes (0=no, 1=yes)
0 42)                ¥multiple grid search (0=no, 1=yes),num
100.0 43) 100.0 44) 20.0 45) ¥maximum data per octant (0=not used)
0.0 46) 0.0 47) 0.0 48) ¥maximum search radii (hmax,hmin,vert)
0 49) 0.60 50)       ¥angles for search ellipsoid
../data/ydata.dat 51) ¥ktype: 0=SK,1=OK,2=LVM,3=EXDR,4=COLC
4 52)                ¥ file with LVM, EXDR, or COLC variable
1 53) 0.0 54)        ¥ column for secondary variable
1 55) 1.27 56) 0.0 57) 0.0 58) 0.0 59) ¥nst, nugget effect
80.0 60) 80.0 61) 16.0 62) ¥it,cc,ang1,ang2,ang3
¥a_hmax, a_hmin, a_vert

```

表 3.88 不均質場シミュレーションの入力パラメータの根拠（その1）

No.	名称	単位	内容	根拠
1	datafl	-	入力データファイル名	入力データのファイル名を設定
2	icolx	-	x 軸座標の個数	入力ファイルにおける x 座標が存在する個数番号を設定
3	icoly	-	y 軸座標の個数	入力ファイルにおける y 座標が存在する個数番号を設定
4	icolz	-	z 軸座標の個数	入力ファイルにおける z 座標が存在する個数番号を設定
5	icolvr	-	シミュレーションする変数の個数	入力ファイルにおけるシミュレーションする変数が存在する個数番号を設定
6	icolwt	-	データ系列化する重みの個数	今回の不均質場シミュレーションにおいて考慮しないものであるから 0 と設定
7	icolsec	-	第 2 変数の個数	6)の値が 0 であることから、設定されている値は無関係
8	tmin	-	トリミングの下限	任意の値を設定
9	tmax	-	トリミングの上限	
10	itrans	-	入力データを正規分布へ変換するかどうかのフラグ	今回の不均質場シミュレーションにおいて考慮しないものであるから 0 と設定
11	transfl	-	データ変換に必要な表の出力ファイル名	10)の値が 0 であることから、設定されている値は無関係
12	ismooth	-	データ死スタックを変換するときに別ファイルを使用するかどうかのフラグ	今回の不均質場シミュレーションにおいて考慮しないものであるから 0 と設定
13	smthfl	-	データ死スタックを変換するときに使用するファイル名	12)の値が 0 であることから、設定されている値は無関係
14	icolvr	-	上記ファイルにおける値	
15	icolwt	-	上記ファイルにおけるデータ系列化する重み	
16	zmin	-	back-transformation で許される最小値	
17	zmax	-	back-transformation で許される最大値	
18	ltail	-	back-transformation において分布の下端を補間する方法の指定	16), 17)の値が 0 であることから、設定されている値は無関係
19	ltpar	-	back-transformation において指数関数補間するときに必要なパラメータ	今回の不均質場シミュレーションにおいて考慮しないものであるから 0 と設定
20	utail	-	back-transformation において分布の上端を補間する方法の指定	16), 17)の値が 0 であることから、設定されている値は無関係
21	utpar	-	back-transformation において指数関数補間するときに必要なパラメータ	今回の不均質場シミュレーションにおいて考慮しないものであるから 0 と設定
22	idbg	-	デバッグレベルの設定	
23	dbgfl	-	デバッグ結果の出力ファイル名	不均質場シミュレーションのデバッグファイル名を設定
24	outfl	-	SGSIM の出力ファイル名	不均質場シミュレーションの出力ファイル名を設定
25	nsim	-	生成する透水係数場の数	1 個の不均質場を作成することとすることから 1 と設定
26	nx	-	x 方向のグリッドの個数	任意の値を設定
27	xmn	-	x 方向のグリッドを定義する量	
28	xsiz	-	x 方向のグリッド幅	
29	ny	-	y 方向のグリッドの個数	
30	ymn	-	y 方向のグリッドを定義する量	
31	ysiz	-	y 方向のグリッド幅	
32	nz	-	z 方向のグリッドの個数	
33	zmn	-	z 方向のグリッドを定義する量	
34	zsiz	-	z 方向のグリッド幅	
35	seed	-	乱数発生用のパラメータ	
36	ndmin	-	入力データの最小値	

表 3.89 不均質場シミュレーションの入力パラメータの根拠（その2）

No.	名称	単位	内容	根拠
37	ndmax	-	入力データの最大値	任意の値を設定
38	ncnode	-	シミュレーションに使用する最大節点数	
39	sstrat	-	節点へのデータの割り振り方	
40	multgrid	-	multiple grid search を行うかどうかのフラグ	
41	nmult	-	考慮する multgrid の数 (multgrid=1 のときに入力する)	今回の不均質場シミュレーションにおいて考慮しないものであるから 0 と設定
42	noct	-	45 度あたりに使用されるデータの数	
43	radius _{hmax}	m	データを検索する範囲：水平方向の最大値	
44	radius _{hmin}	m	データを検索する範囲：水平方向の最小値	ハリアグラムモデルの適合により決定したハリアグラムの範囲以上の値を設定
45	radius _{vert}	m	データを検索する範囲：垂直方向の最大値	
46	sang1	°	データを検索する楕円を表す角度	
47	sang2	°	データを検索する楕円を表す角度	等方的な体系を考慮することから 0 と設定
48	sang3	°	データを検索する楕円を表す角度	
49	ktype	-	kriging タイプ 0=simple kriging (単純 kriging) 1=ordinary kriging (通常の kriging) 2=局所変動平均を含む kriging 3=外部変動トレンドを含む kriging 4=第二変数が存在する選点 Cokriging		任意の値を設定 (最も簡単な Simple Kriging を選択)
50	rho	-	collocated cokriging で使用される相関係数	デフォルトの値を設定
51	varred	-	collocated cokriging で使用される分散縮小因子	任意の値を設定
52	secfl	-	局所変化平均もしくは、外部 drift 変数もしくは、collocated cokriging の第 2 変数用のファイル名	
53	nst	-	半ハリアグラム構造の数	ハリアグラムモデル適合で使用した同一名称のパラメータと同じ値を設定
54	c0	-	等方的 nugget 定数	
55	it	-	構造のタイプ	
56	cc	-	シル	透水係数の対数値の標準偏差の値を設定
57	ang1	°	モデル面を Y 軸から回転させた角度	ハリアグラムモデル適合で使用した同一名称のパラメータと同じ値を設定
58	ang2	°	モデル面を水平面から下に回転させた角度	
59	ang3	°	ang1, ang2 の回転でも変化しなかった軸とモデル面の角度	
60	a_hmax	m	水平方向の最大範囲	ハリアグラムモデルの適合により決定したハリアグラムの範囲を設定
61	a_hmin	m	水平方向の最小範囲	
62	a_vert	m	垂直方向の範囲	

表 3.90 不均質場シミュレーションの結果 (抜粋)

SGSIM Realizations

1

value

1.3702
1.4941
1.7545
1.2834
1.1284
.9286
.3080
.0565
.3252
-.1888
-.4511
-.4885
-.6881
-.6074
-.0813
-.6462
-1.2199
-1.4077
-1.1803
-1.3504
-2.1703
-2.2113
-.6905
.3252
-.4244
-.6948
-.6117
.0010
.5419
-.0648
.1498
-.1133
.0015
.4446
.6602
.6267
1.8006
1.7796
1.4446
1.3551
.4395
.8276
1.2520
1.4246
.6404
.2673

表 3.91 正規分布データを任意の統計量に変換するためのパラメータを入力したファイル

case111.out 1)
 case111.inp 2)
 case111.mat 3)
 0 4) 30 5) 0 6)
 5 7) 5 8) 5 9)
 40 10) 40 11) 40 12)
 y 13)
 -6.81 14) 1.27 15)
 y 16)
 1 17)

表 3.92 正規分布データを任意の統計量に変換するプログラムの入力パラメータの根拠

No.	名称	単位	内容	根拠
1	gstyle	-	不均質場シミュレーションの出力ファイル名	任意
2	inptitle	-	入力ファイル名	
3	mattitle	-	変換したファイル名	
4	suc	-	水理解析プログラム TAGSAC で必要な水理パラメータ	変換したデータ TAGSAC で使用しないので適当に設定する
5	por	-		
6	ss	-		
7	xdist	m	x 方向のグリッド幅	不均質場シミュレーションで使用した値を設定する
8	ydist	m	y 方向のグリッド幅	
9	zdist	m	z 方向のグリッド幅	
10	xdim	-	x 方向のグリッドの個数	
11	ydim	-	y 方向のグリッドの個数	
12	zdim	-	z 方向のグリッドの個数	正規分布データから任意の統計量へ変換するための y と設定する
13	scale	-	正規分布データから任意の統計量へ変換するかどうかのフラグ	
14	mu		平均値の対数	任意の統計量の平均値に対数をとった値を設定する
15	st	-	標準偏差	任意の統計量の標準偏差
16	trans	-	透水係数を対数表示で表すかどうかのフラグ	真数表示で表すため y と設定する
17	realz		リアライゼーションの数	不均質場シミュレーションで使用した値を設定する

表 3.93 正規分布データを任意の統計量に変換した結果

64000	
realization	1
1	.85144E-05
2	.12232E-04
3	.26195E-04
4	.66057E-05
5	.41982E-05
6	.23406E-05
7	.38121E-06
8	.18271E-06
9	.40087E-06
10	.89171E-07
11	.41410E-07
12	.37120E-07
13	.20707E-07
14	.26218E-07
15	.12211E-06
16	.23406E-07
17	.43725E-08
18	.25248E-08
19	.49093E-08
20	.29853E-08
21	.27147E-09
22	.24080E-09
23	.20562E-07
24	.40087E-06
25	.44773E-07
26	.20305E-07
27	.25891E-07
28	.15534E-06
29	.75546E-06
30	.12815E-06
31	.24002E-06
32	.11120E-06
33	.15556E-06
34	.56838E-06
35	.10677E-05
36	.96807E-06
37	.29975E-04
38	.28190E-04

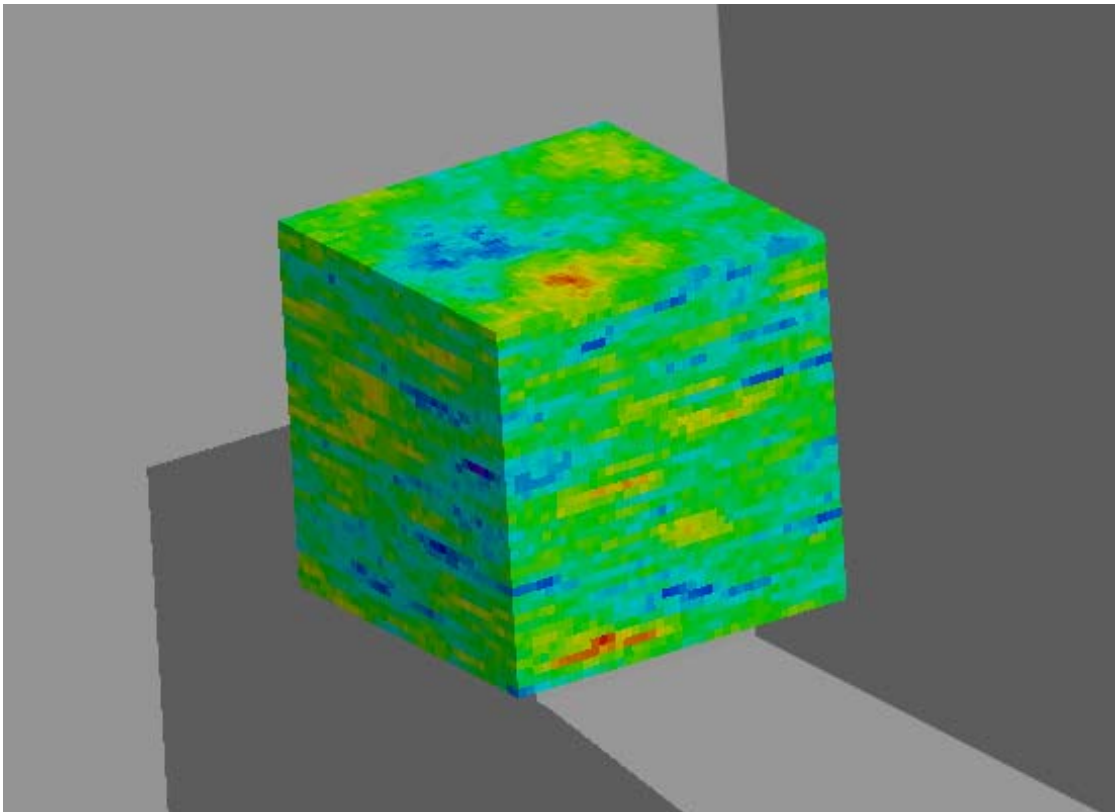


図 3.6 SGSIM により不均質場シミュレーションを行って作成した不均質場の例

3.7.6 S_SURF3D , TR3D/Info , MATRICS の統合化環境による核種移行解析

3.7.5 節で作成した不均質透水係数場に基づいて核種移行解析を実施する。S_SURF3D , TR3D/Info , MATRICS の統合化環境の実行を制御するための条件を記載したコントロールファイルを表 3.94 に示す。2)から 4)は、実行する解析コードに 1 を登録する。6) (15)) は解析のために用意したグリッドデータファイル名を登録する。7)は 3.7.5 節で作成した透水係数データファイル名を登録する。18) (31)) は核種を放出する処分場が境界面から 100m 離れているが、裕度を持たせて 150m と設定した。27)は 21)で設定した値のうち、左から 2 番目と 3 番目の数字の積 (表 3.94 の場合 $3 \times 2 = 6$) である 6 を設定した。32)は解析のために用意した核種物性ファイル名を登録する。他は任意の値及び任意のファイル名を設定した。以上の入力パラメータの根拠をまとめたものを表 3.95 に示す。

なお、表 3.96 に核種物性ファイルを示す。5)と 6)は核種固有の物性値を登録する。7)は解析のために用意したソースファイル (各時間における人工バリアからの核種移行率を登録しているファイル)名を登録する。以上の入力パラメータの根拠をまとめたものを表 3.97 に示す。

表 3.94 統合化環境の実行を制御するパラメータを入力したコントロールファイル

```

*CASE          TEST 1)

*SSURF3D      1 2)
*TR3D         1 3)
*CRYSTAL      1 4)

*BEGIN        SSURF3D 5)
  !GRID       data/grid.asci 6)
  !MATERIAL   data/porsim01.val 7)
  !OUTPUT     test_surf.out 8)
  !SIGMA      0.85 9)
  !EPS        1.0e-12 10)
  !ITERMAX    2000 11)
  !PARAM      1 12)
  !SOLVER     1 13)
*END SSURF3D 14)

*BEGIN TR3D 5)
  !GRID       data/grid.asci 15)
  !FLOWFIL    data/test_surf.out 16)
  !OUTPUT     test_tr3d.out 17)
  !DISPLACE   150.0 18)
  !SPOINT     110.0 50.0 99.0 19)
  !EPOINT     110.0 150.0 101.0 20)
  !ICUT       1 3 2 21)
  !MINTIME    1.0e+01 22)
  !MAXTIME    1.0e+20 23)
  !CFL        0.3e+00 24)
  !SOLVER     3 25)
*END TR3D 14)

*BEGIN CRYSTAL 5)
  !VELOCITY   data/test_tr3d.out 26)
  !STREAM     6 27)
  !MINTIME    1.0e0 28)
  !MAXTIME    1.0e8 29)
  !TIMESTEP   50 30)
  !DISPLACE   150.0 31)
  !CRYSTFILE  ./jnc.src 32)
  !SOLVER     1 33)
  !INTEGRATE  257 34)
*END CRYSTAL 14)

```

表 3.95 コントロールファイルの入力データの根拠

No.	名称	単位	内容	根拠
1	CASE	-	ケース名の指定	任意の名前を設定
2	SSURF3D	-	S_SURF3Dの起動制御を行う	S_SURF3Dを実行する場合は1と設定
3	TR3D	-	TR3D/Infoの起動制御を行う	TR3D/Infoを実行する場合は1と設定
4	CRYSTAL	-	MATRICESの起動制御を行う	MATRICESを実行する場合は1と設定
5	BEGIN	-	各計算コードの計算条件の入力開始宣言	以下の行でパラメータの設定をする解析コード名を設定
6	GRID	-	グリッドデータファイル名の指定	用意したファイル名を設定
7	MATERIAL	-	透水係数データファイル名の指定	透水係数データファイル名を設定
8	OUTPUT	-	出力ファイル名の指定	任意の名前を設定
9	SIGMA	-	ソルバーパラメータの指定	任意の値を設定
10	EPS	-	打ち切り誤差の設定	
11	ITERMAX	-	反復回数数の設定	
12	PARAM	-	ソルバーパラメータの指定	
13	SOLVER	-	ソルバーフラグ	デフォルトの値である1を設定
14	END	-	各計算コードの計算条件の入力終了宣言	パラメータの設定が終了した解析コード名を設定
15	GRID	-	グリッドデータファイル名の指定	6)と同じファイル名を設定
16	FLOWFL	-	速度ベクトルファイル(S_SURF3Dの結果)名の指定	8)と同じファイル名を設定
17	OUTPUT	-	出力ファイル名の指定	任意の名前を設定
18	DISPLACE	m	評価断面積までの距離を指定	境界面からの距離に裕度を持たせた値を設定
19	SPOINT	m	追跡粒子初期座標の始点を指定	任意の値を設定
20	EPOINT	m	追跡粒子初期座標の終点を指定	
21	ICUT	-	追跡粒子のX方向、Y方向、Z方向の切り取り数の指定	
22	MINTIME	y	最小刻み時間の設定	
23	MAXTIME	y	最大刻み時間の設定	
24	CFL	-	クーラン条件の設定	
25	SOLVER	-	ソルバーフラグ	
26	VELOCITY	-	速度データファイル(TR3D/Infoによって生成されたファイル)名の指定	17)と同じファイル名を設定
27	STREAM	-	流線数の指定	21)から決定される値を設定
28	MINTIME	y	計算最小時間の設定	任意の値を設定
29	MAXTIME	y	計算最大時間の設定	
30	TIMESTEP	y	出力時間の設定	
31	DISPLACE	m	評価距離の指定	
32	CRYSTFILE	-	MATRICESの実行に必要な核種物性ファイル名の指定	用意したファイル名を設定
33	SOLVER	-	ソルバーフラグ	デフォルトの値である1を設定
34	INTEGR	-	積分点数の指定	任意の値を設定

表 3.96 核種移行解析に必要なパラメータを入力した核種物性ファイル

```
*LINE      TC-099:CHAIN1  1)

*BEGIN      TC-099  2)
  !NAME      'TC-099'  3)
  !TIME      8.500e+3  5)
  !RATI      1.030e+3  6)
  !INPUT     src/tc099.src  7)
  !OUTPUT    tc099  8)
*END        TC-099  4)

*BEGIN      CHAIN1
  !NAME      `PU-240':`U -236':`TH-232'
  !TIME      6.540e+3:2.340e+7:1.410e+10
  !RATI      1.000e+4:1.000e+4:1.000e+4
  !INPUT     src/chain1.src
  !OUTPUT    chain1
*END        CHAIN1
```

表 3.97 核種物性ファイルの入力データの根拠

No.	名称	単位	内容	根拠
1	LINE	-	計算を行う核種及び崩壊系列名の指定	任意の名前を設定
2	BEGIN	-	核種及び崩壊系列の計算条件の入力開始宣言	任意の核種及び崩壊系列名を設定
3	NAME	-	核種及び崩壊系列名の指定	
4	END	-	核種及び崩壊系列の計算条件の入力終了宣言	
5	TIME	y	半減期の指定	核種固有の値を設定
6	RATI	-	遅延係数の指定	
7	INPUT	-	ソースファイル名の指定	用意したファイル名を設定
8	OUTPUT	-	出力ファイル名の指定	任意の名前を設定

4．おわりに

不均質多孔質岩盤中の水理／核種移行解析における入出力データ，実行手順を基本手順として取りまとめることを目的として，不均質透水係数場作成コード SGSIM の理論的背景と 3次元水理解析コード S_SURF3D，核種移行経路抽出コード TR3D/Info，1次元核種移行計算コード MATRICS の順に解析コードを計算する水理／核種移行解析プログラムの使用方法についてまとめた。

具体的には，不均質透水係数場の作成に関する地質統計学的背景を説明した。さらに，不均質透水係数場作成プログラムおよび水理／核種移行解析プログラムのファイル構成，入出力データ，実行方法，実際の計算例を記載した。

以上のように不均質透水係数場作成コード SGSIM および水理／核種移行解析プログラムの理論的背景と使用方法についてまとめることにより，上記の計算プログラムによる解析方法を手順化することができた。また，本報告書でまとめられた情報を活用することにより，自由に不均質多孔質岩盤をモデル化して水理／核種移行解析をすることが可能になった。今後，透水係数分布の空間特性を表す地質統計学パラメータを変えて様々な不均質透水係数場を作成して水理／核種移行解析をすることにより，水理／核種移行に対する透水係数分布の空間特性を表す地質統計学パラメータ影響を評価する予定である。

5 . 参考文献

- Boomer,K. et al. : “ CO2 emissions related to the Yellowstone volcanic system. 1.Developing a stratified adaptive cluster sampling plan ” , Journal of Geophysical Research , Vol.105 , No.B5 , pp.10817 ~ 10830 (2000)
- Deutsch,C. : “ DECLUS : A FORTRAN77 Program for Determining Optimum Declustering Weights ” ,Computers & Geosciences vol.15 ,No.3 ,pp.325 ~ 332 (1989)
- Deutsch,C. and Journel,A. : “ GSLIB:Geostatistical Software Library ” , Oxford Univ. Press , New York. (1992)
- 本多眞 : “ 地質工学における時間及び空間系挙動の確率・統計学的予測に関する研究 ” , ORI 研究報告 00-02 ,(2000)
- 井尻裕二 ,他 : “ 多孔質岩盤を対象とした天然バリア中の核種移行解析 ” , JNC TN8400 99-092 ,(1999)
- 長坂和佳 ,他 : “ ニアフィールド水理 / 核種移行評価モデルの信頼性評価に関する研究 ” , JNC TJ8400 2000-006 ,(2000)

付録 A 地質統計学における空間的相関の定量化

A.1 head, tail, lag の説明

GSLIB を解説している文献 (Deutsch and Journel, 1992) で使用している 2 地点間のベクトルの各部位に関する説明を行う。図 A.1 に 2 地点間のベクトルを記載した。本図に記載されているようにベクトル h の矢印の先端を head, 矢印の末端を tail, 長さ (距離) を lag と呼称する。

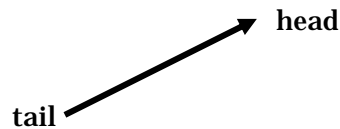


図 A.1 2 地点間のベクトルの各部位

A.2 空間的相関の定量化を行う数式の説明

GAMV で空間的相関の定量化を行う場合, 入力ファイル中のパラメータ ivtype に 1~10 の中から 1 つの値を選択して, 空間的相関の定量化を行う数式を設定する。1~10 の値には空間的相関の定量化を行う数式が各々対応している。以下に 1~10 の値に対応した各式の説明を述べる。

1 : Semivariogram

空間的相関を定量化する数式であり, 以下のように表される。

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (x_i - y_i)^2$$

ここで,

$N(h)$: head-tail 対の数

x_i : head-tail 対 i の tail における測定データ

y_i : head-tail 対 i の head における測定データ

である。

2 : Cross semivariogram

測定データの変化が交差する場合，2つの異なる h の積から空間的相関を定量化する数式であり，以下のように表される。

$$\gamma_{ZY}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (x_i - x'_i)(y_i - y'_i)$$

ここで，

x_i : head-tail 対 i の tail における測定データ

x'_i : head-tail 対 i の head における測定データ

y_i : もう一つの head-tail 対 i の tail における測定データ

y'_i : もう一つの head-tail 対 i の head における測定データ

h : head-tail 対 i を表すベクトル

である。

3 : Covariance

本定量化式は，non-ergodic covariance と呼ばれ，統計学では一般に使用されており，以下のように表される。

$$C(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} x_i y_i - m_{-h} m_{+h}$$

ここで，

m_{-h} : tail における測定データの平均値 $m_{-h} = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} x_i$

m_{+h} : head における測定データの平均値 $m_{+h} = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} y_i$

4 : Correlogram

本定量化式は，covariance を head と tail の各々の標準偏差によって正規化するもので

あり，以下のように表される。

$$\rho(h) = \frac{C(h)}{\sigma_{-h}\sigma_{+h}}$$

ここで，

σ_{-h}^2 : tail の標準偏差

σ_{+h}^2 : head の標準偏差

である。

5 : General relative semivariogram

本定量化式は，semivariogram を tail と head における各々の測定データの平均値 m_{-h} ， m_{+h} を，さらに平均して二乗した値を正規化するものであり，以下のように表される。

$$\gamma_{GR}(h) = \frac{\gamma(h)}{\left(\frac{m_{-h} + m_{+h}}{2}\right)^2}$$

6 : Pairwise relative semivariogram

本定量化式は，各 head-tail 対を head と tail における各々の測定データ x_i ， y_i の平均値を二乗した値を正規化するものであり，以下のように表される。

$$\gamma_{PR}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \frac{(x_i - y_i)^2}{\left(\frac{(x_i + y_i)}{2}\right)^2}$$

7 : Semivariogram of logarithms

本定量化式は，head と tail における各々の測定データに自然対数をとった値に対して semivariogram を算出するものであり，以下のように表される。

$$\gamma_L(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_I^{N(h)} [\ln(x_i) - \ln(y_i)]^2$$

8 : Semimadogram

本定量化式は、慣習的に用いられている semivariogram の $x_i - y_i$ の二乗を $x_i - y_i$ の絶対値に置き換えたものであり、以下のように表される。

$$\gamma_M(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_I^{N(h)} |x_i - y_i|$$

Madogram は、range や非等方性が大きい地質構造に使用される。

9 : Indicator semivariogram (continuous variable)

本定量化は semivariogram で使用されている x_i, y_i の変数として internally constructed indicator 変数を用いて semivariogram を算出するものである。なお、本定量化で用いる internally constructed indicator 変数は連続変数であり、データ x_i を本定量化で用いる連続変数に変換する、指標変換 (indicator transform) ind_i は以下のように定義される。

$$ind_i = \begin{cases} 1, & \text{if } x_i \leq cut_k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

ここで、 cut_k は cutoff, i は特定の場所を表している。

10 : Indicator semivariogram (categorical variable)

本定量化は semivariogram で使用されている x_i, y_i の変数として internally constructed indicator 変数を用いて semivariogram を算出するものである。なお、本定量化で用いる internally constructed indicator 変数は categorical な変数であり、データ x_i を本定量化で用いる categorical な変数に変換する、指標変換 ind_i は以下のように定義される。

$$ind_i = \begin{cases} 1, & \text{if } x_i = s_k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

ここで, s_k は category, i は特定の場所を表している。

付録 B バリオグラムモデルの説明

VMODEL でバリオグラムモデルによる適合を実施する場合，入力ファイル中のパラメータ *it* に 1～5 の中から 1 つの値を選択して，バリオグラムモデルを設定する。1～5 の値にはバリオグラムモデルが各々対応している。以下に 1～5 の値に対応した各式の説明を述べる。

1 : Spherical model

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \cdot \left[1.5 \frac{h}{a} - 0.5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], & \text{if } h \leq a \\ c & , \text{if } h \geq a \end{cases}$$

ここで，

a : 実際の range

c : sill

である。

2 : Exponential model

$$\gamma(h) = c \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{3h}{a}\right) \right]$$

ここで，

a : 実効 range (シルが漸近値である場合，0.95*c* と定義される)

c : 変数に寄与する値

である。

3 : Gaussian model

$$\gamma(h) = c \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{(3h)^2}{a^2}\right) \right]$$

ここで,

a : 実効 range

c : 変数に寄与する値

である。

4 : Power model

$$\gamma(h) = c \cdot h^\omega$$

なお, 本モデルはべき数が $0 < \omega < 2$ の範囲で定義され, **c** は正数でなければならぬ。
また, 距離 **h** は 2 次元もしくは 3 次元では非等方な量である。

5 : Hole effect model

$$\gamma(h) = c \cdot \left[1.0 - \cos\left(\frac{h}{a} \cdot \pi\right) \right]$$

ここで,

a : 第 1 番目のピークまでの距離

c : 変数に寄与する値

である。

付録 C Geo-EAS フォーマットの説明

GSLIB による計算において、入力および出力ファイル中の透水係数などの地質データは Geo-EAS フォーマットにしたがって記載されている。以下に GSLIB で使用される Geo-EAS フォーマットについて述べる。

Geo-EAS フォーマットにおいて、地質データなどの数値は自由フォーマットである。しかし、ファイルの最初の 3 行は以下に記載する事項を入力しなければならない。

- 1 行目 Title および出力ファイル名
- 2 行目 変数の個数を表す値
- 3 行目 各変数が存在する列を表す値

上記で変数と表現しているものは、透水係数、デクラスタリングの重みなどの値である。4 行以降から最終行は、各行に地質データの座標、2 行目に入力した個数の変数の値を入力する。なお、各値がとりうる上限および下限を、各々トリミングの上限、トリミングの下限と呼称し、GSLIB では t_{max} 、 t_{min} というパラメータで表される。なお通常、トリミングの上限は 1.0×10^{21} 、トリミングの下限は -1.0×10^{21} となっている。

付録 D グリッドの定義

SGSIM などの不均質場シミュレーションは、グリッド上に配置した地質データを対象にしてシミュレーションを実施する。上記のグリッドは、シミュレーションを実施する前に入力ファイルにおいて定義する必要がある。以下にグリッドを定義するパラメータについて述べる。

図 B.1 に xy 面上のデータを定義するグリッドを記載し、図 B.2 に xz 面上のデータを定義するグリッドを記載した。図 B.1 の xy 面上のグリッドにおいて、x 軸の正方向は東の方角を示し、節点の座標を i_x と表す。y 軸の正方向は北の方角を示し、節点の座標を i_y と表す。一方、図 B.2 の xz 面上のグリッドにおいて、z 軸の正方向は標高を示し、節点の座標を i_z と表す。なお、x、y、z 座標は、図に記載したように増加させることになっている。また、図に記載しているように、着色しているブロックを第 1 番目のブロックと定義しており、本ブロックの中心の座標を (x_{mn}, y_{mn}, z_{mn}) と表すことになっている。また、グリッドの節点の個数を (n_x, n_y, n_z) と表し、グリッドの間隔を $(x_{siz}, y_{siz}, z_{siz})$ と表すことになっている。

付録 E 地質統計学に関する統計論および確率論の基礎

地質統計学は、ある地点において測定されたデータから、測定されていない地点のデータを予測するために、限られた測定データ（透水係数など）からその物性値の空間的変動を確率論的にモデル化するものである。空間的変動を確率論的にモデル化したものを地質統計学ではランダム関数と呼ばれ、ランダム変数の集合として定義されている。以下の節から、空間的変動を確率論的にモデル化するのに重要なランダム変数とランダム関数について解説する。

E.1 ランダム変数

ランダム変数は、確率的なメカニズムによってランダムに生成された変数である。さいころを例に説明すると、ランダム変数は{1, 2, 3, 4, 5, 6}である。ランダム変数とランダム変数から得られる結果は異なり、さいころの場合ではランダム変数は $d_{(1)}=1$, $d_{(2)}=2$, $d_{(3)}=3$, $d_{(4)}=4$, $d_{(5)}=5$, $d_{(6)}=6$ であるが、ランダム変数から得られる結果は、さいころを振って得られる値であり、1 回目は $d_1=4$, 2 回目は $d_2=5$, 10 回目は $d_{10}=6$... と表す違いがある。また、ランダム変数は同じ確率で生じるが、ランダム変数から得られる結果は、同じ確率をとる必要がないという違いがある。

ランダム変数はパラメータを使って表すことが可能であり、ランダム変数がガウシアン分布になっている場合は、平均と標準偏差で完全にランダム変数を表すことができる。

E.2 ランダム関数

ランダム変数の集合として定義されているもので、地質統計学においては透水係数などの物性値の空間的変動をモデル化したものである。ランダム関数から得られる結果はリアライゼーションと呼ばれ、予想される透水係数の空間分布の様々なパターンなどを与える。したがって、ランダム関数をモデル化することが重要となるが、ランダム関数はバリオグラムを使ってモデル化することができる。