



# 隆起速度・地質と山地の傾斜

日本大学文理学部 野上道男

# なぜ、地形計測をするのか

地形発達シミュレーションをするため

地球気候モデルのように、未来を予測したい

時間は10万年後——氷期・間氷期の1サイクル

# 地形発達シミュレーションには何が必要か

- ・現象に関する地形学的知見
- ・そのモデル化
  - ――微分方程式による記述
  - ――ロジックによる記述

モデル化してみることで、従来の地形学的知識の不足点が判明  
法則追求型の研究が不足している、ということ

# 採用した基本モデル

## 拡散方程式／物質収支モデル

侵食されたものは運搬されて堆積して  
地形変化(標高変化)が起こる.

(物理法則にもとる形態模写は避ける)

斜面領域 — 定数拡散係数

河川領域 — 非定数拡散係数

海岸領域 — ロジック(仮)

# シミュレーションの実行に必要なもの

- 初期条件
- 境界条件

# シミュレーションの実行に必要な初期条件

DEM — 地形学的に意味のある空間解像度  
5~50 m

今後10万年は氷期なので海底地形図が必要

→現状では無理なので、現在の地形を水没させる

# シミュレーションの実行に必要な境界条件

境界条件とは、システムの状態とは独立に与えられる条件でシステムの状態を一方向的に規制するもの

- 基準面(海面高)変化
- 地殻運動(局地的には海面変動と分離できない)
- 気候変化(岩石物性と重合して拡散係数を決定)

岩石制約は気候と独立ではない！

気候は水文・土壌・植生をほぼ支配(独立性が高い)

地形が文・土壌・植生・岩石物性(風化)を決めるという回路もある

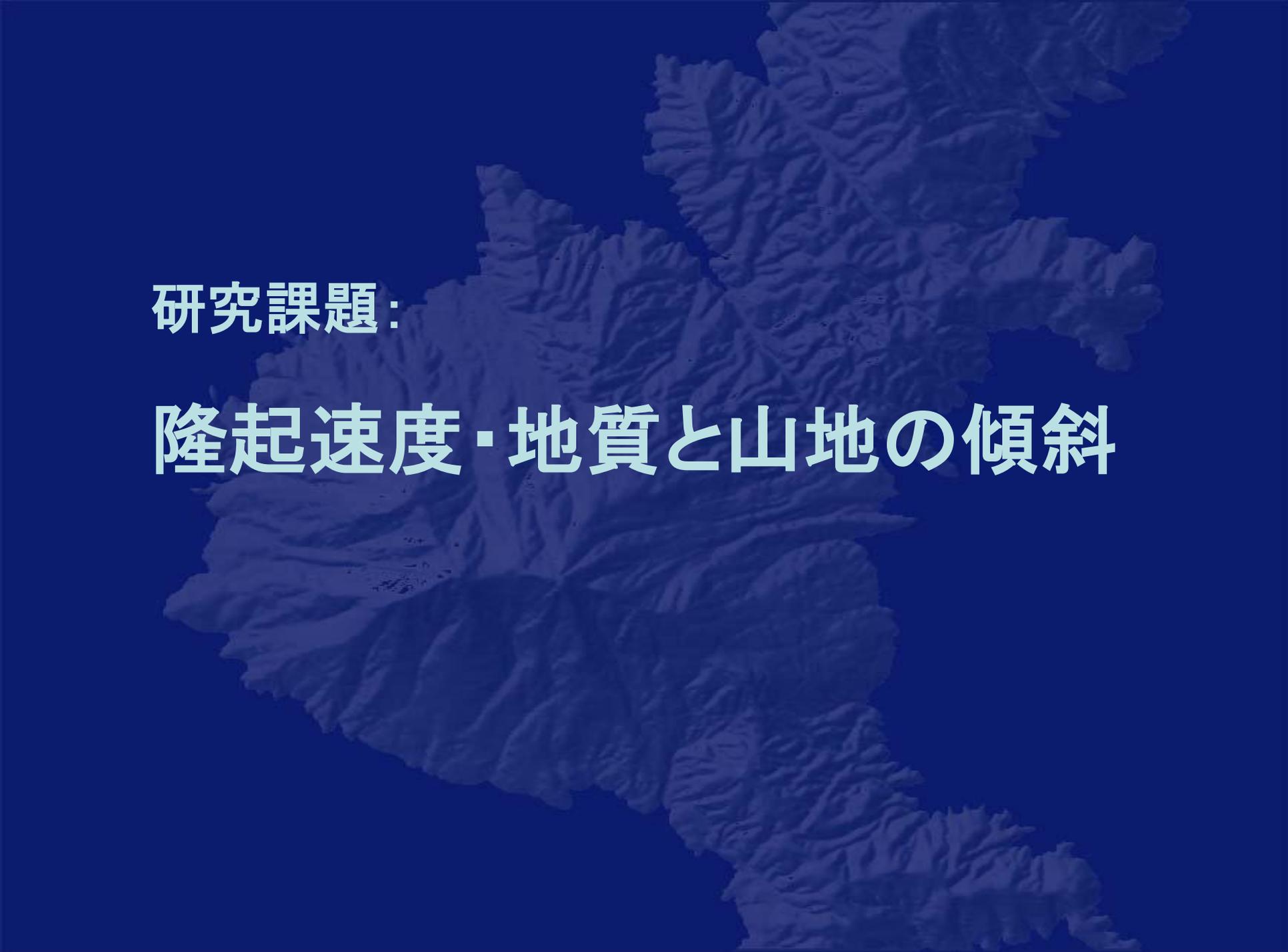
これら境界条件はほんとうに現実の地形を  
支配しているか → 地形計測で調べてみよう

取り上げる要素:

- 隆起速度
- 地質区分 (地質図)

対象とする地形特性:

- 斜面の傾斜 (勾配の大きさ)



研究課題:

隆起速度・地質と山地の傾斜



その前に、DEMの特性をチェックしておきたい  
なぜなら、微分値：勾配はDEMの特性の影響を強く受けるから

対象とするDEMは、国土地理院 50m-DEM(通称)

北海道地図、10m-DEM

NASA、 SRTM(3秒解像度)

# 国土地理院 50m-DEM

- 2.5万分の1地形図(等高線原図から調製された)
- 緯度・経度法: 東西格子間隔が緯度によって異なるので補正して、勾配(の大きさ)を計算
- 標高単位は1m.
- 等間隔にサンプリングして、格子間隔の大きなDEMを準備
  - 傾斜の格子間隔に対する依存性をチェックするため

# (株)北海道地図 10m-DEM

- ・ 2.5万分の1地形図(等高線を抽出して調製)
- ・ 緯度・経度法: 国土地理院の50m-DEMと同じ座標系  
スプライン関数あるいは高次な補間法(詳細不明)らしく、  
調和法(1次)より急な勾配が現れている。また等高線を  
挟んで上下で、勾配が急変していることがある。これはラプ  
ラシアンで検出できる。
- ・ 国土地理院の50m-DEMより、等高線の位置を細密に表  
現している。標高単位は10cm。

# 国土地理院 50m-DEM から補間した 10m-DEMの作成

5x5の窓関数を適用して、反復計算によって補間した(調和法)

{ 0.5, 1.0, 0.5 },

{ 1.0, 1.5, 1.0 },

{ 0.5, 1.0, 0.5 }

注目点(窓の中心点)からの距離の二乗に反比例し、総和が7.5になるよう  
重み付けされている

SRTMに似た特性を示す。ただし調和法であるため、  
原データより急な勾配が現れることはない

# NASA SRTM



- 衛星(毛利衛氏搭乗)から直接取得(レーダー)
- 緯度・経度法: 3秒間隔

## 勾配の大きさの計算式(前方差分)

$$\text{sqrt} \{ (\text{高度差} / \text{南北格子間隔})^2 + (\text{高度差} / \text{東西格子間隔})^2 \}$$

表1 東日本(135° E以東、北海道を除く)を対象とした累積面積率(%)における勾配計測値  
(平坦地からの累積面積(%)ごとの勾配値(正接)たとえば50%値は面積を二分する勾配)

格子間隔	総数	累積面積率 (%) に対応する勾配						
		25%	50%	75%	90%	95%	99%	99.9%
1000	187,465	0.02	0.08	0.18	0.28	0.35	0.50	0.68
800	292,914	0.02	0.09	0.20	0.32	0.39	0.55	0.74
500	749,708	0.03	0.12	0.25	0.39	0.48	0.66	0.86
400	1,171,457	0.03	0.13	0.28	0.43	0.53	0.71	0.91
250	2,998,762	0.04	0.16	0.34	0.52	0.62	0.80	1.02
200	4,685,471	0.04	0.18	0.37	0.56	0.66	0.84	1.07
100	18,741,657	0.05	0.24	0.47	0.67	0.77	0.95	1.22
50#	74,965,489	0.06	0.29	0.55	0.75	0.85	1.04	1.35
10*	1,876,967,869	0.05	0.22	0.43	0.60	0.69	0.84	1.06
10&	1,867,074,257	0.04	0.30	0.61	0.85	0.99	1.29	1.77
50!	74,248,214	0.05	0.29	0.56	0.75	0.86	1.06	1.37
SRTM\$	28,565,563	0.07	0.22	0.41	0.60	0.70	0.89	1.25

注: 格子間隔 **50#** は国土地理院の原DEM(通称50m-DEM)、  
**10\*** はそれから内挿で作成した10m-DEMデータ、  
**10&** は北海道地図の10m-DEM(原データ)、  
**50!** はそれから間隔サンプリングした50m-DEM  
**SRTM\$** はNASAの原データSRTM(格子間隔通称90m)  
 これら以外はすべて国土地理院の50m-DEMを間隔サンプリングして作成したDEM

## 表2 東日本(135° E以東、北海道を除く)を対象とした 勾配帯(%)ごとの面積率(%)

格子間隔	勾配帯 (%) 面積率											
	0- 9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	100-109	110-119
1000	52.72	25.08	13.06	5.78	2.23	0.82	0.23	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00
800	49.18	24.44	14.18	7.03	3.21	1.30	0.47	0.14	0.03	0.01	0.00	0.00
500	42.72	22.29	15.25	9.61	5.40	2.77	1.24	0.48	0.16	0.05	0.01	0.00
400	40.14	21.13	15.38	10.30	6.43	3.63	1.79	0.79	0.28	0.09	0.03	0.01
250	35.56	18.50	14.99	11.26	8.06	5.44	3.34	1.73	0.73	0.26	0.09	0.03
200	33.87	17.18	14.55	11.42	8.61	6.22	4.15	2.33	1.06	0.39	0.14	0.05
100	30.45	13.13	12.57	11.15	9.52	7.95	6.42	4.52	2.48	1.09	0.43	0.17
50#	29.03	10.64	10.10	10.18	9.44	8.73	7.97	6.30	4.02	2.01	0.88	0.38
10*	31.55	14.34	13.60	11.76	9.85	8.03	5.87	3.22	1.22	0.37	0.12	0.04
10&	31.81	9.20	8.11	7.86	8.08	8.10	7.56	6.31	4.74	3.23	2.05	1.24
50!	29.85	10.10	9.89	9.98	9.34	8.63	7.91	6.31	4.13	2.13	0.96	0.42
SRTM\$	28.94	15.78	14.61	12.44	10.00	7.62	5.24	2.98	1.37	0.55	0.22	0.10

注: 格子間隔 **50#** は国土地理院の原DEM(通称50m-DEM)、  
**10\*** はそれから内挿で作成した10m-DEMデータ、  
**10&** は北海道地図の10m-DEM(原データ)、  
**50!** はそれから間隔サンプリングした50m-DEM  
**SRTM\$** はNASAの原データSRTM(格子間隔通称90m)  
 これら以外はすべて国土地理院の50m-DEMを間隔サンプリングして作成したDEM

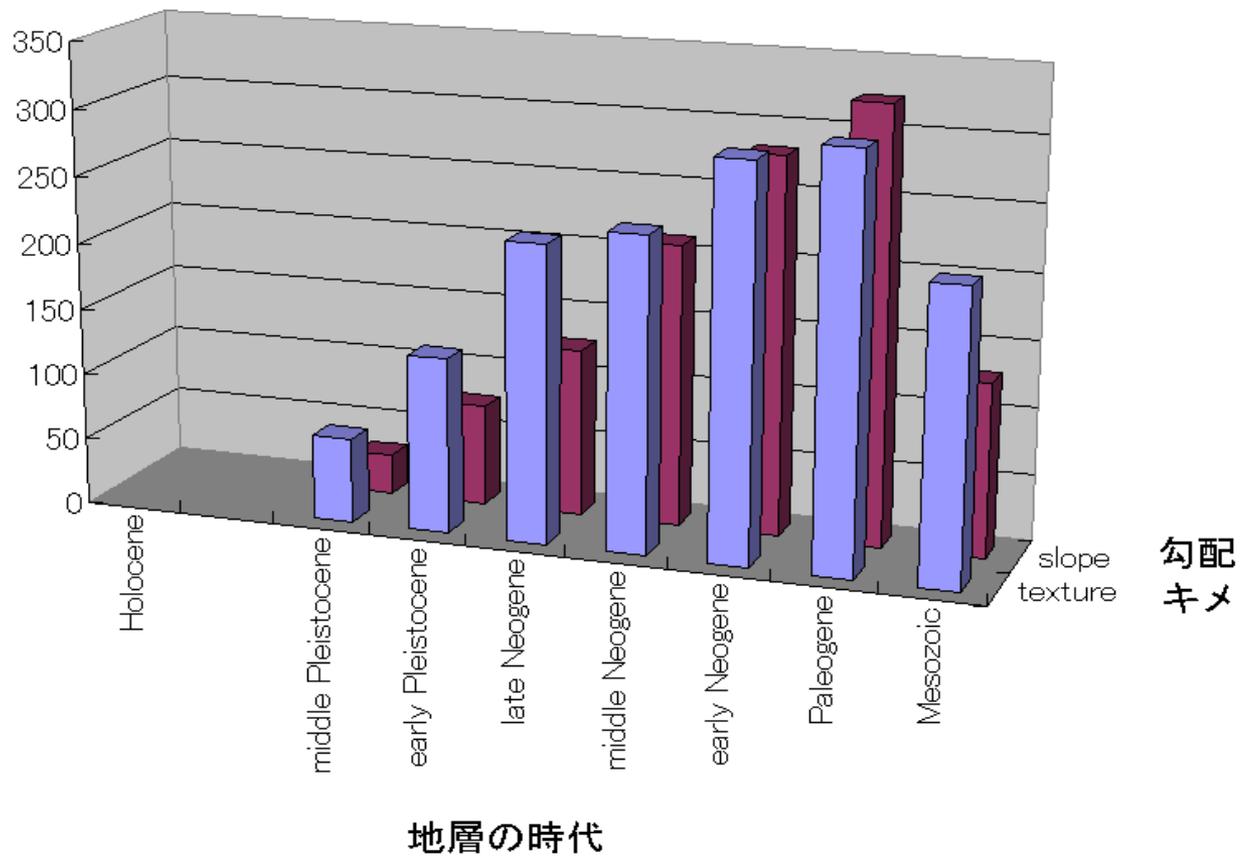
# 地質区分 産総研 100万分の1地質図 250m解像度

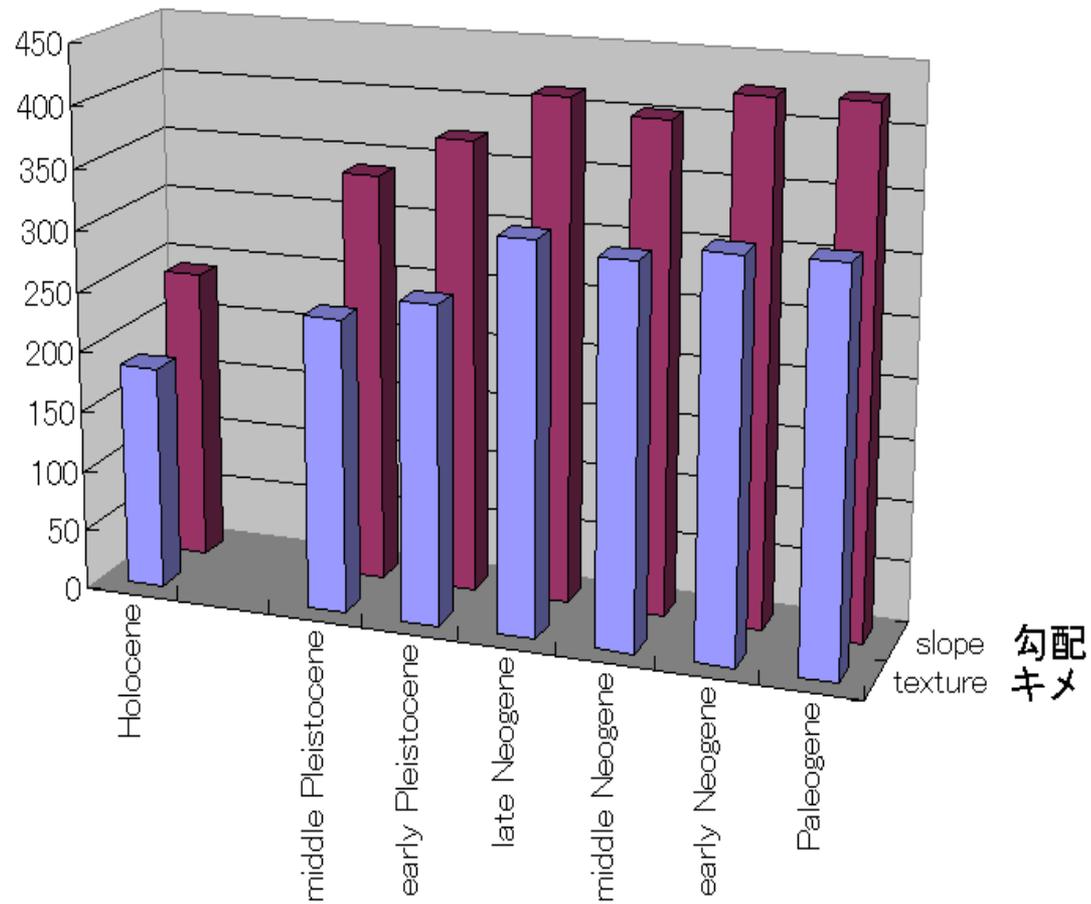
堆積岩		付加体	
1	H 完新世	20	細屑岩
2	Q3 更新世 後期	21	玄武岩
3	Q2 中期	22	石灰岩
4	Q1 前期	23	チャート
5	N3 鮮新世	24	火成岩
6	N2 中新世 後期		
7	N1 前期	30	変成岩 低-中圧型
		31	高圧型
9	PG 古第三紀		
10	K 中生代	40	深成岩 珪長質
11	P 古生代	41	苦鉄質
100	K 火山岩		
110	PG		
120	N1		
130	N2		
140	N3		
150	Q1		
160	Q2		
170	Q3		
180	H		

0xFF SEA/ water

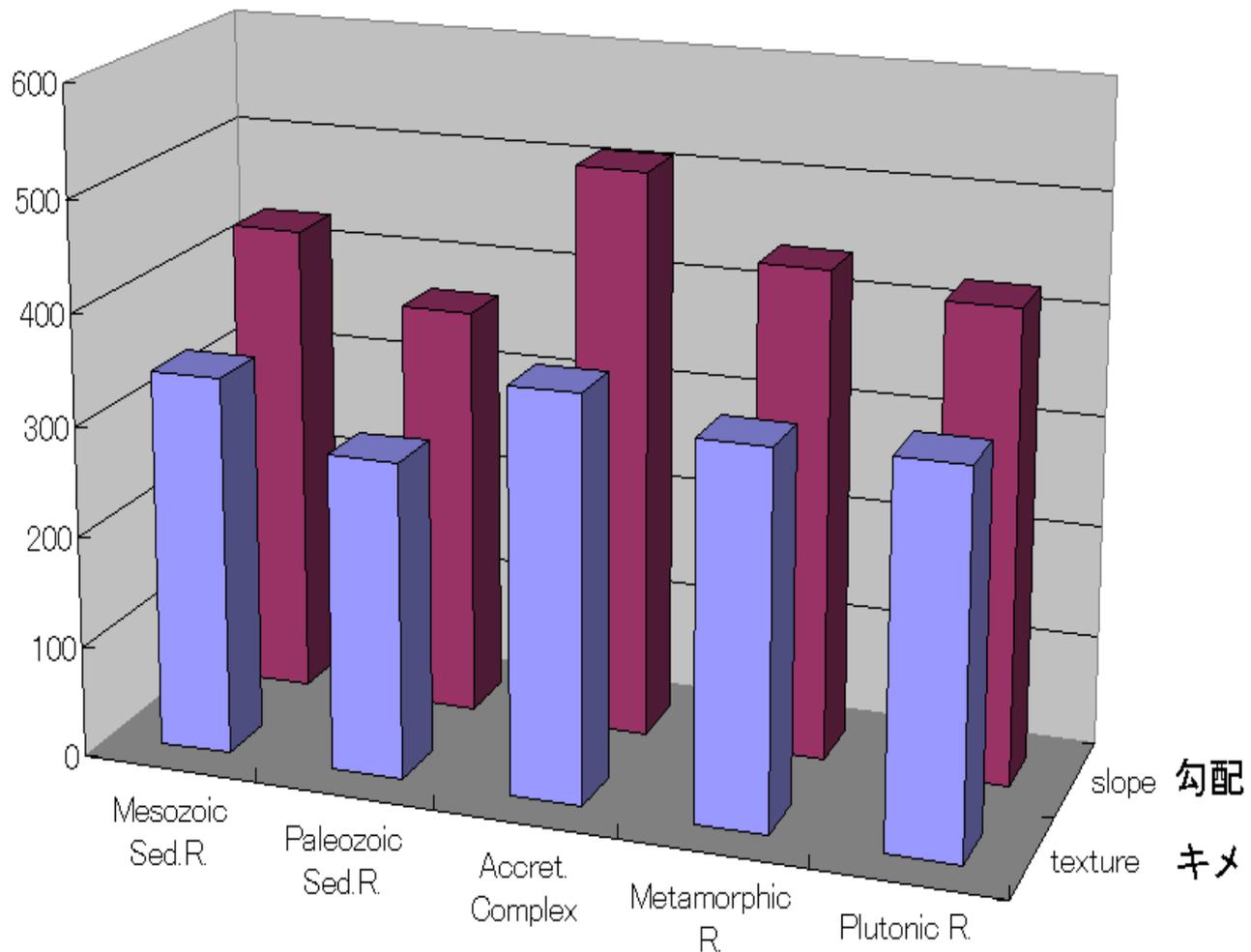
表3 地質区分・隆起速度帯別(最頻)勾配平均値(%)

区分	隆起速度帯 (m/10万年)							
	0-19	20-39	40-59	60-79	80-99	100-119	120-139	140-159
堆積岩 N3	48.3	64.1	66.2	82.8	71.7	68.6		
N2	52.7	73.3	66.9	70.6	52.9	63.5	55.6	38.6
N1	47.9	65.2	68.6	87.2	66.6	79.0		
K	72.0	64.9	82.3	97.1	73.3	102.7	138.6	112.5
P	66.9	86.5	88.6	54.5	77.6			
付加体 20	47.1	59.9	84.0	61.5	50.0	71.4	61.2	42.2
22	53.0	80.9	35.9	33.5	64.1	73.3	36.4	
23	61.8	52.9	51.8	67.5	44.9	57.1	130.0	
24	60.2	94.7	100.1	129.3	98.1	108.0	125.0	125.3
変成岩 30	65.7	80.9	72.8	47.7	93.5	109.5	115.0	
31	54.3	71.4	79.2	28.6	60.9	91.1	70.1	
深成岩 40	75.0	85.0	87.7	86.0	90.5	88.1	83.4	77.4
41	91.0	81.0	81.0	88.5	129.8	140.0	40.0	
火山岩 110	62.6	64.4	85.7	82.5	85.8	103.4		
120	69.8	73.1	80.6	83.8	104.7	87.8		
130	70.7	71.2	68.0	43.8	80.1			
140	73.9	80.1	83.5	81.6	93.4	101.5	145.0	
150	41.7	95.6	101.2	102.4	90.6	155.6		

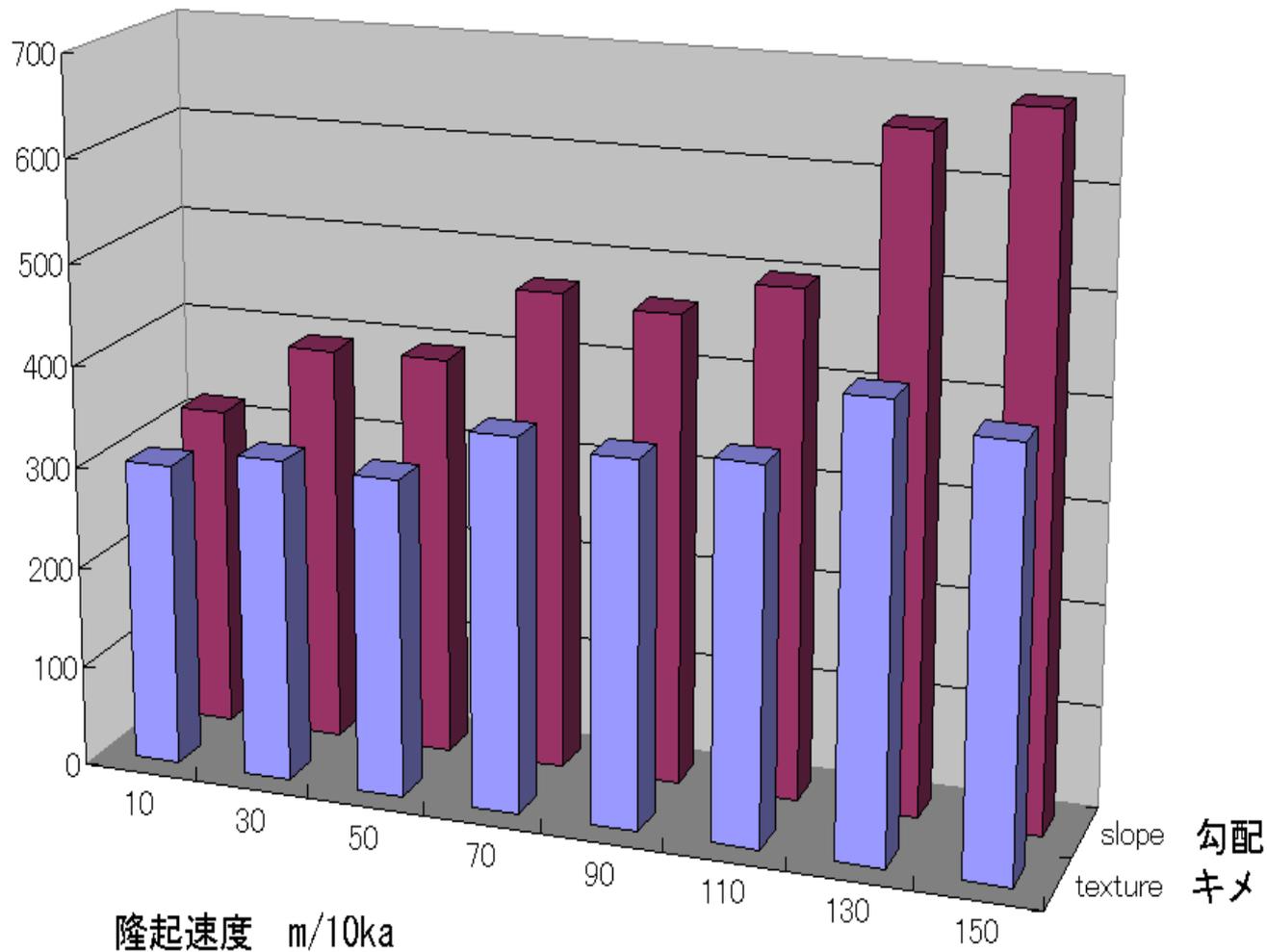




火山岩の年代



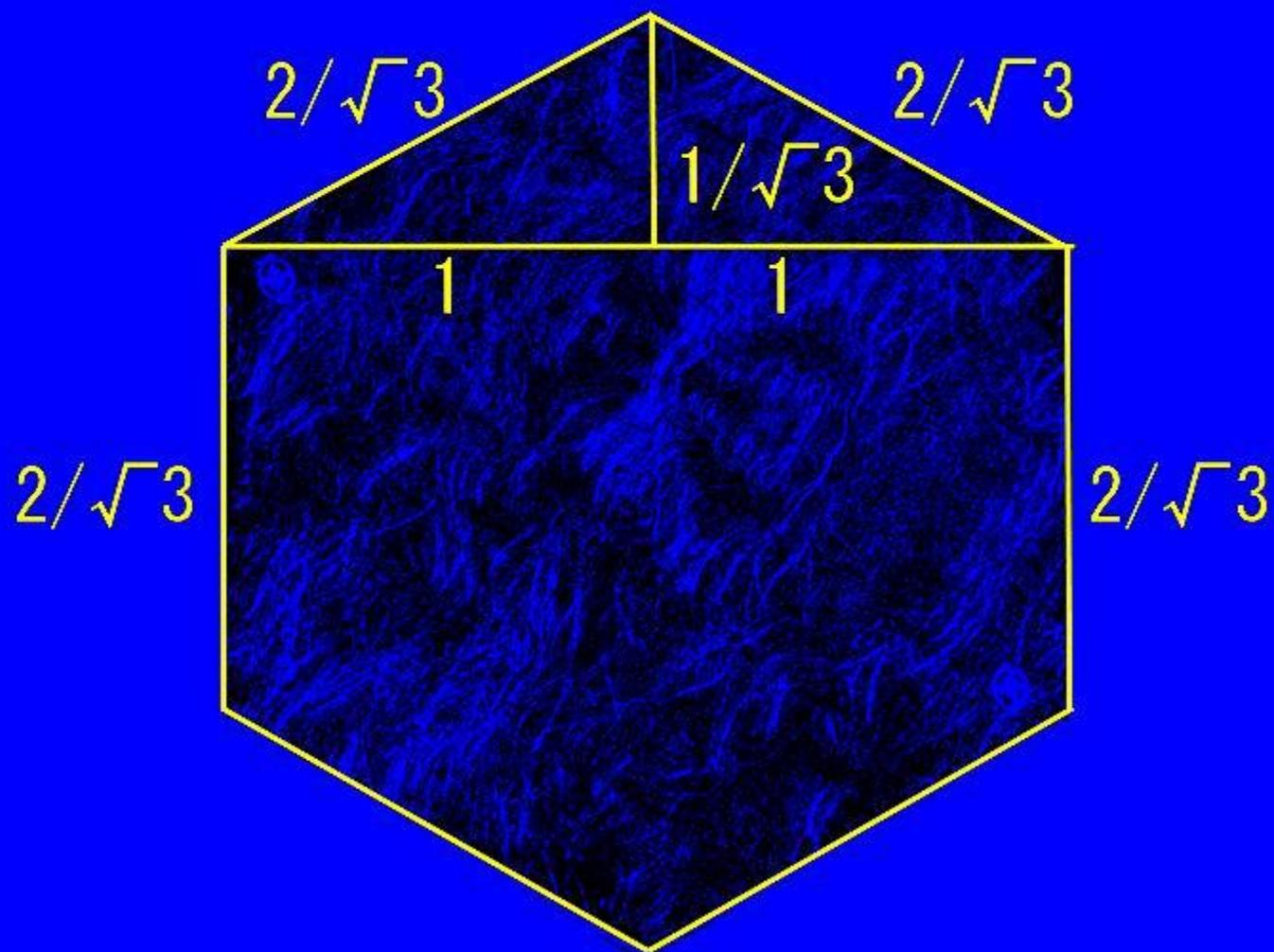
地質区分

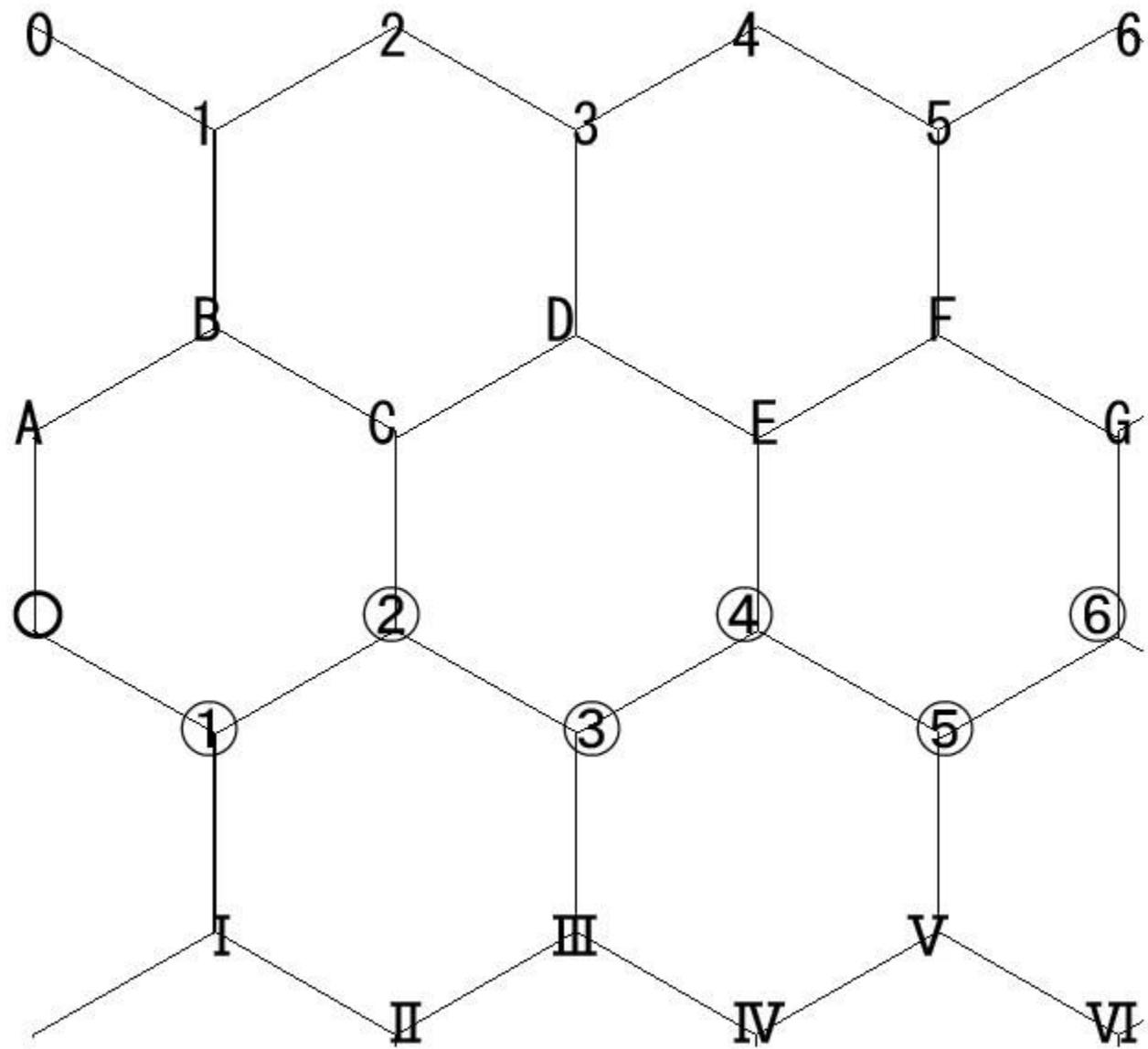


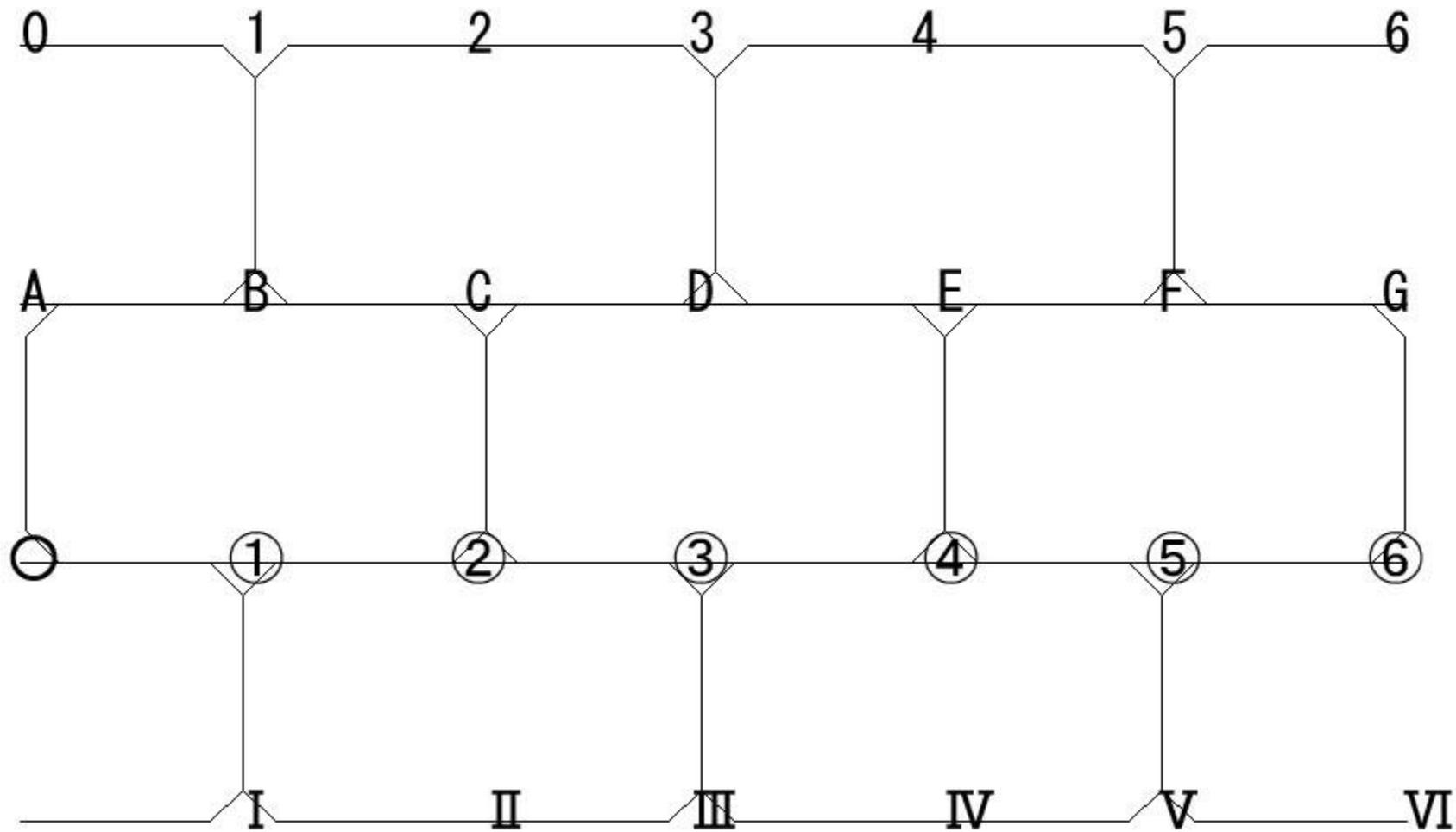


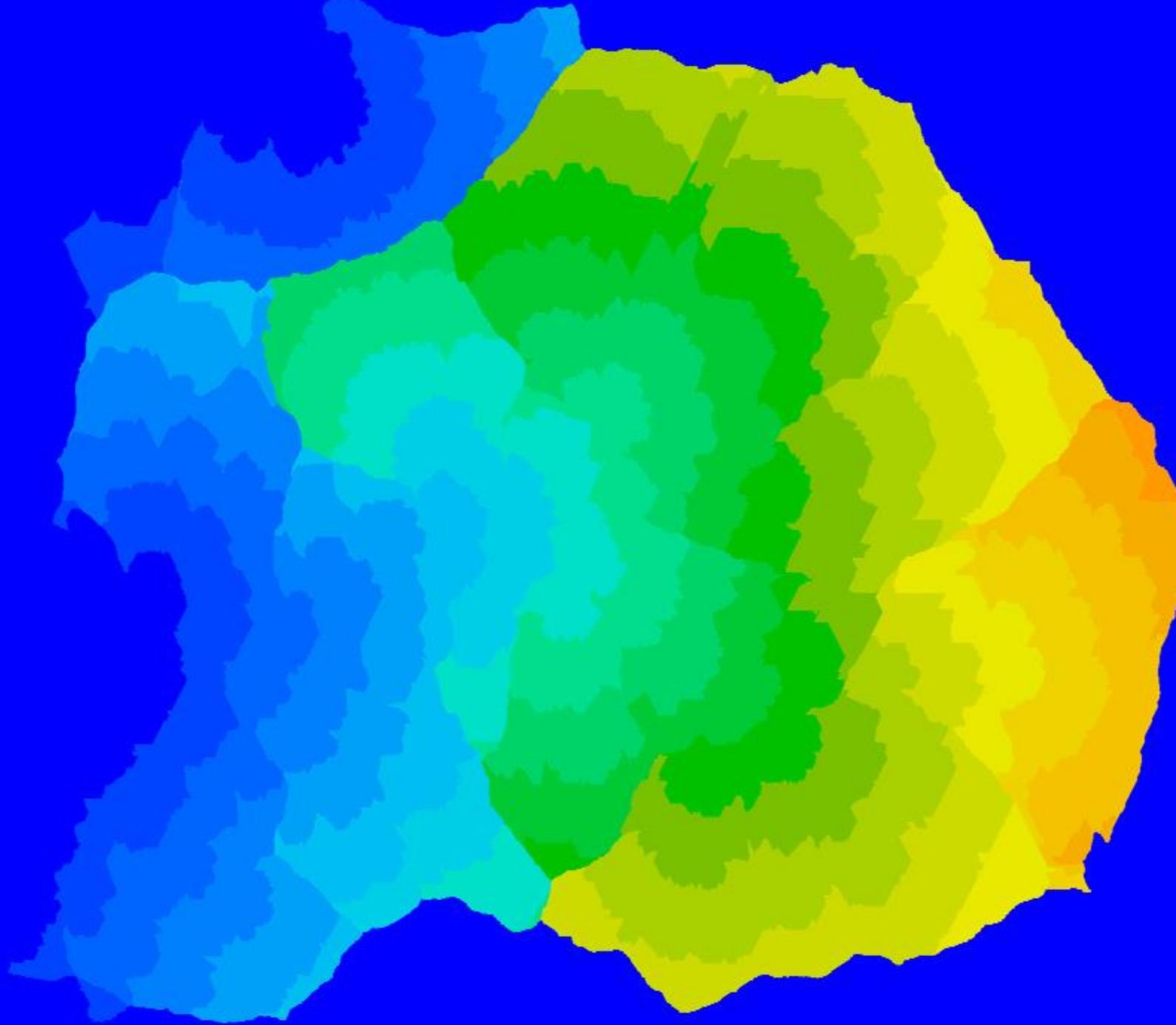
# 正六角形DEMによる 流域地形計測

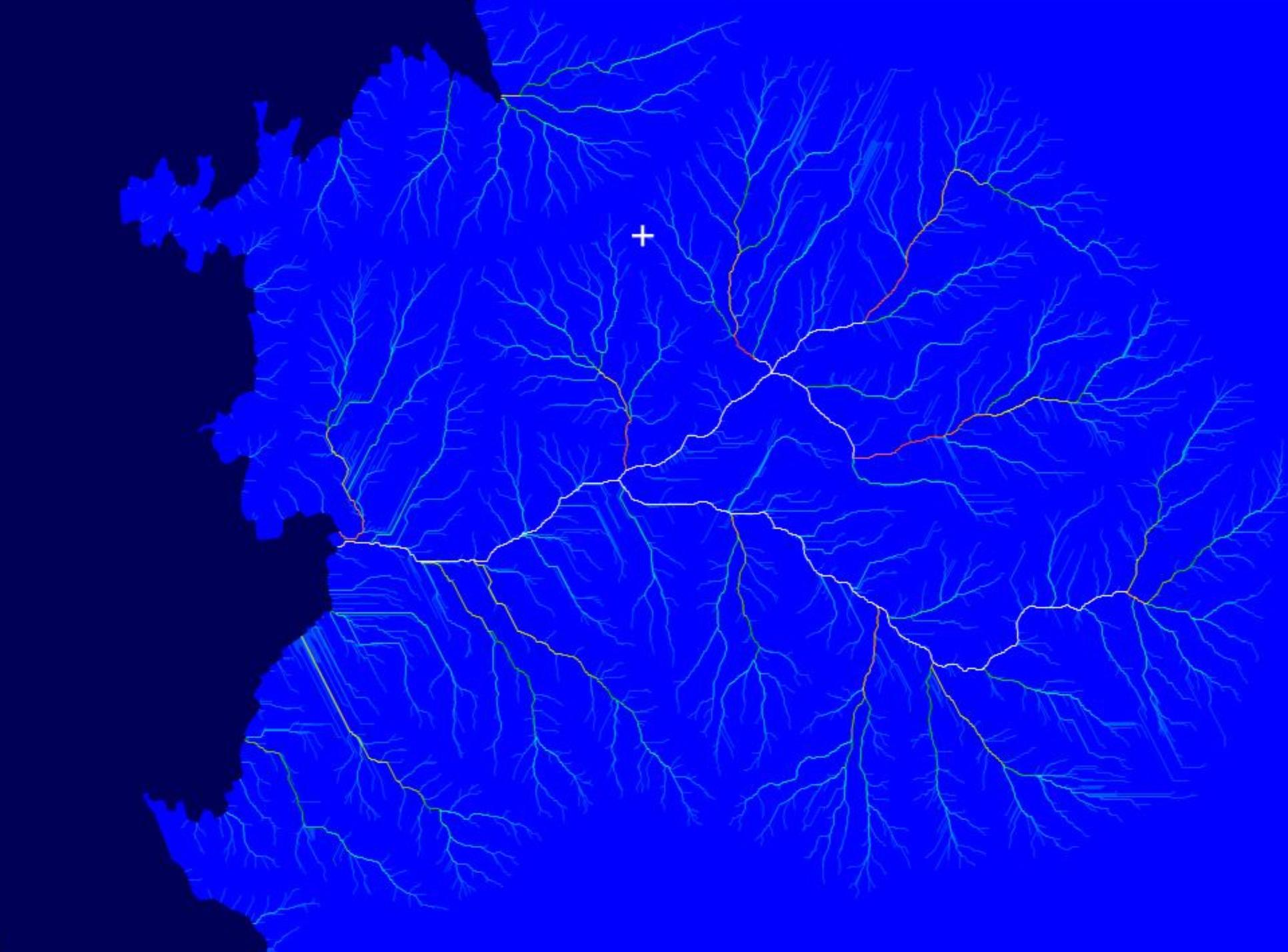
# Geometry of the Orthohexagon

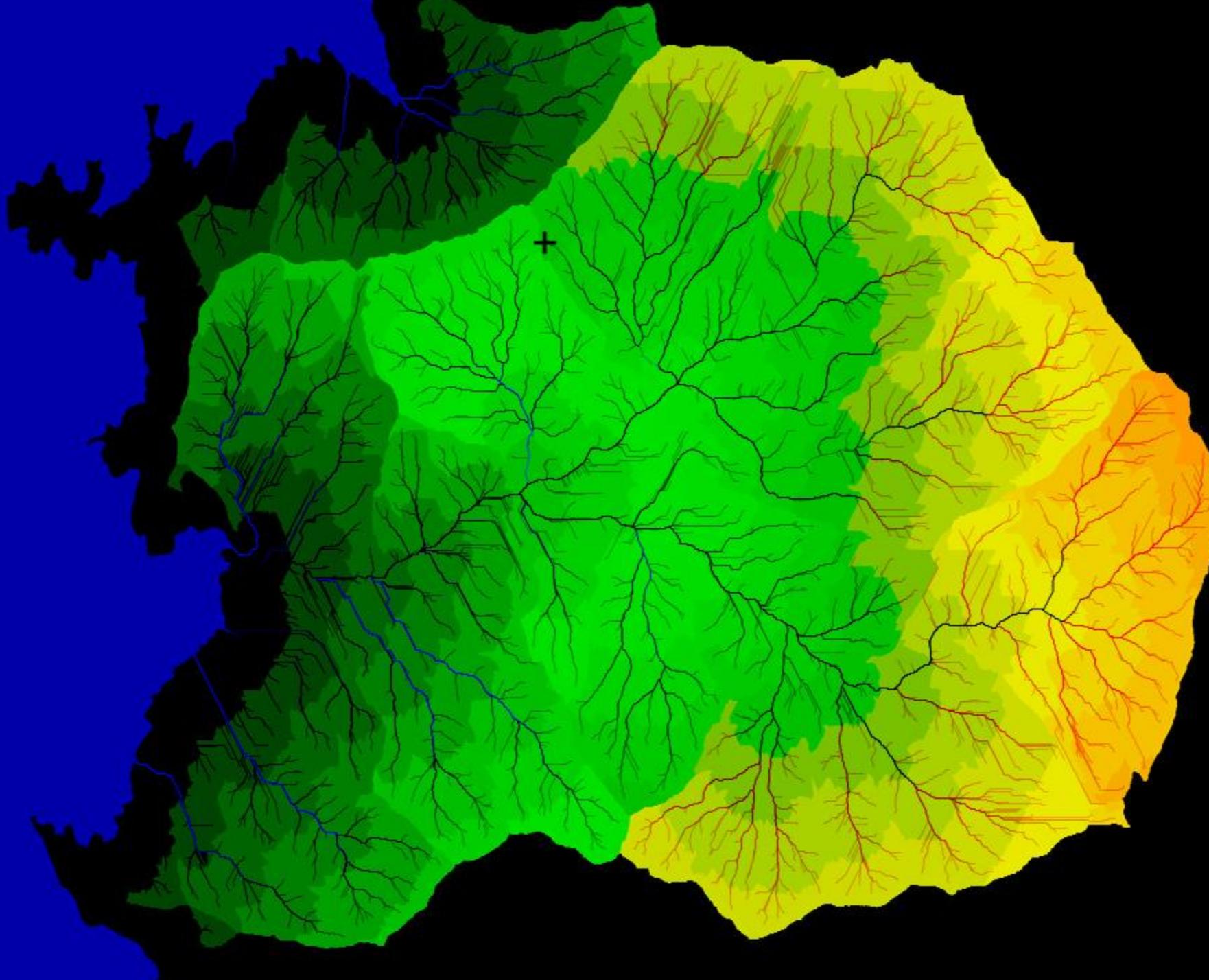






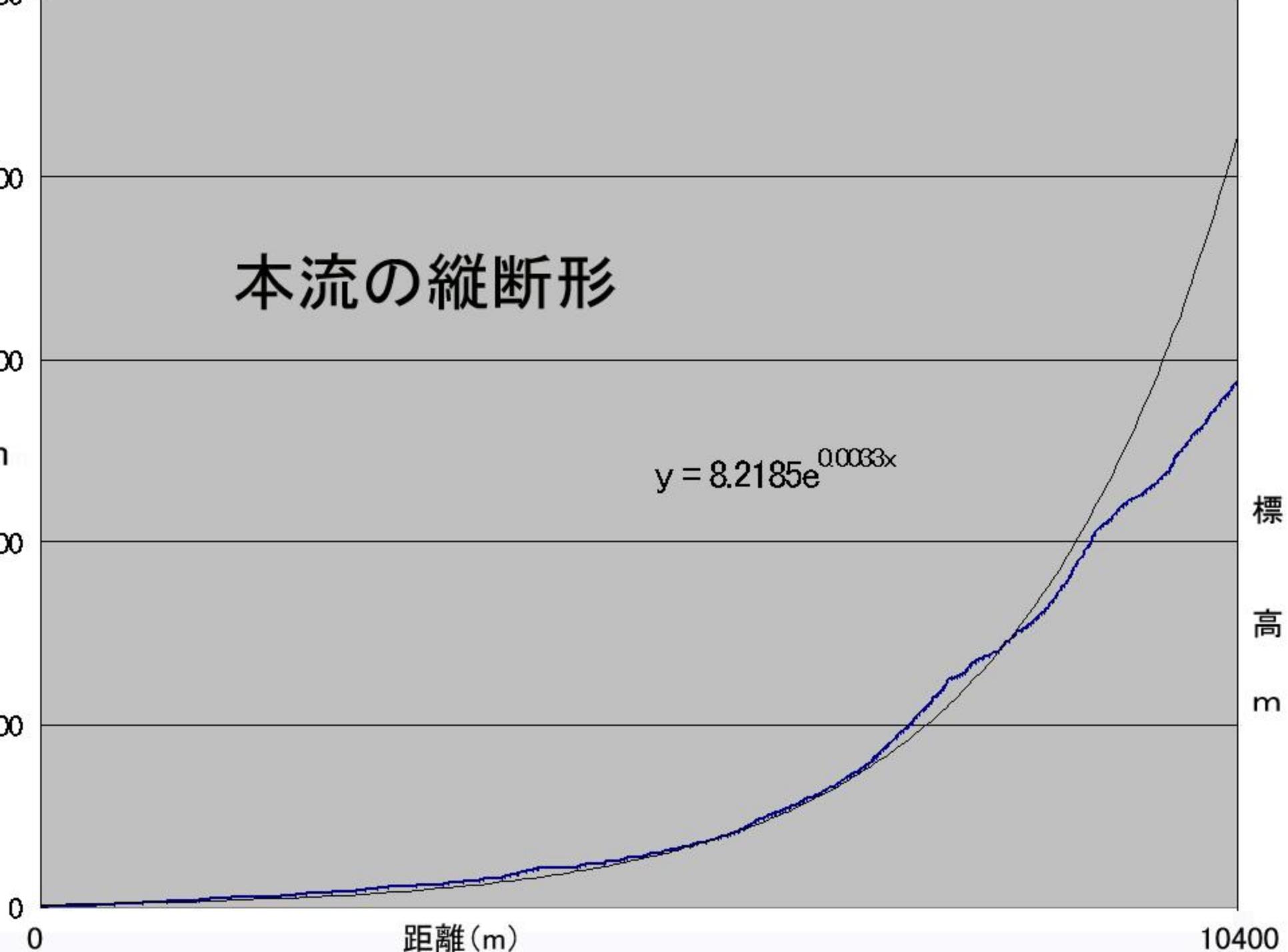




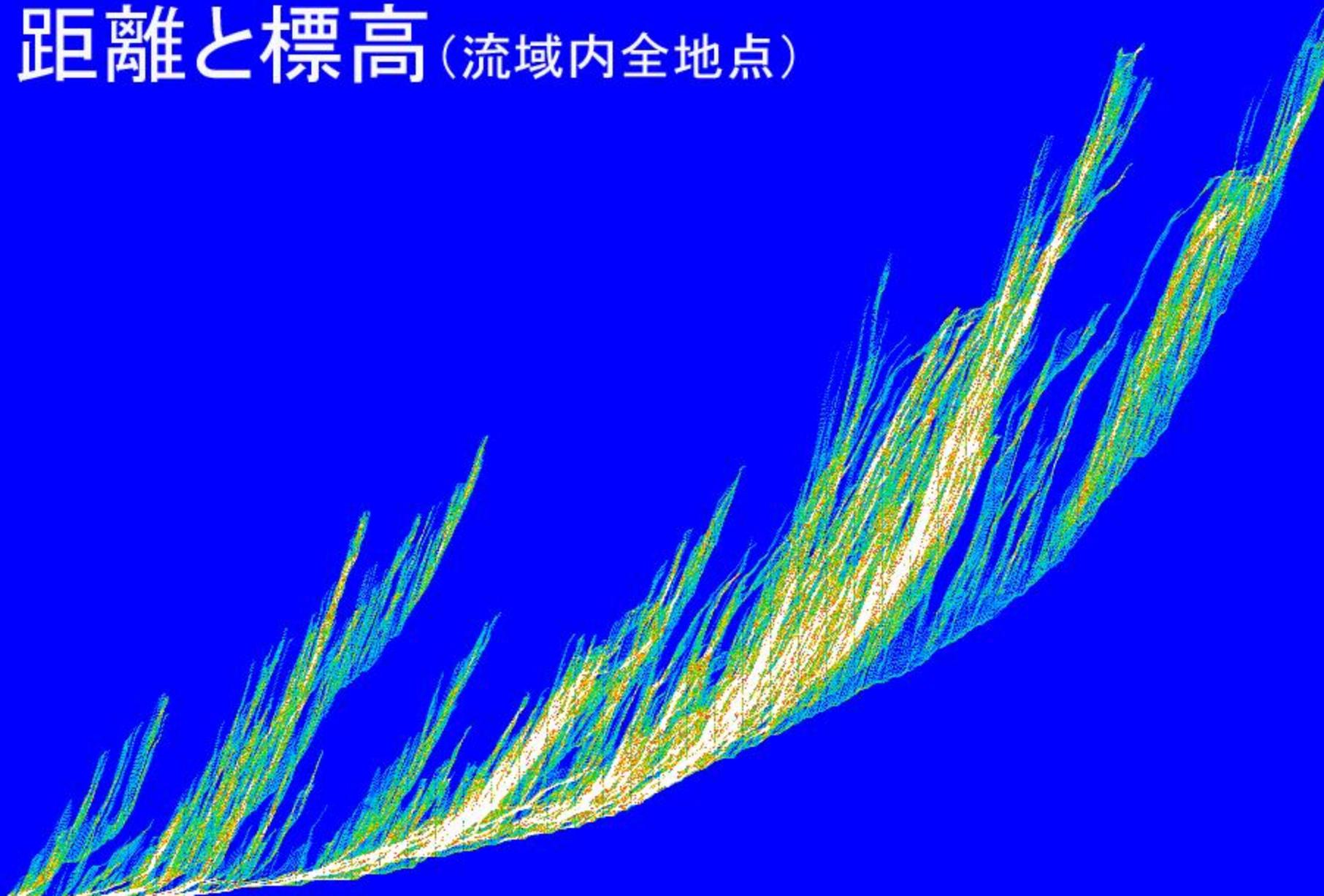


# 本流の縦断形

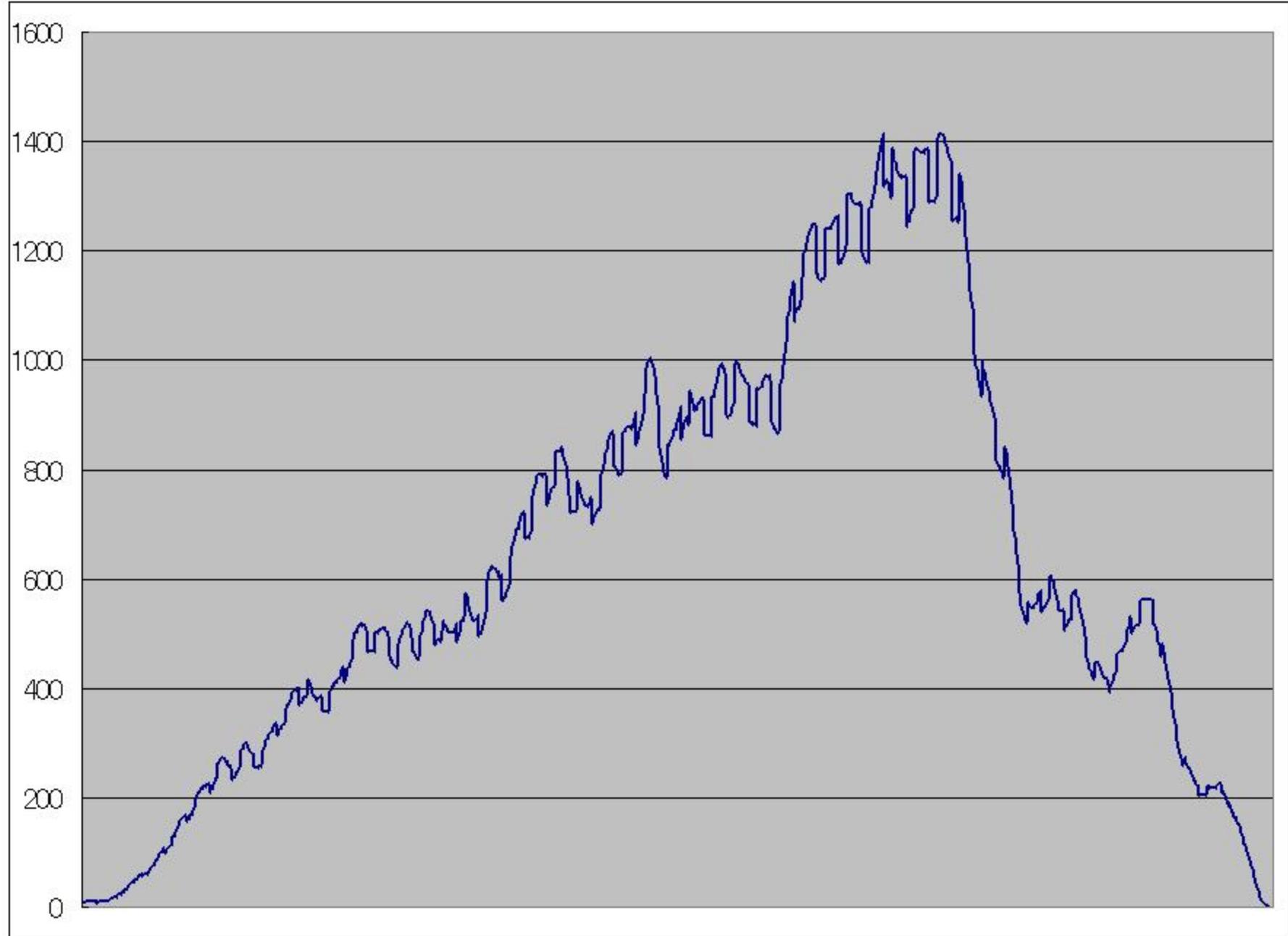
$$y = 8.2185e^{0.0033x}$$



# 距離と標高 (流域内全地点)



ピ  
ク  
セ  
ル  
数



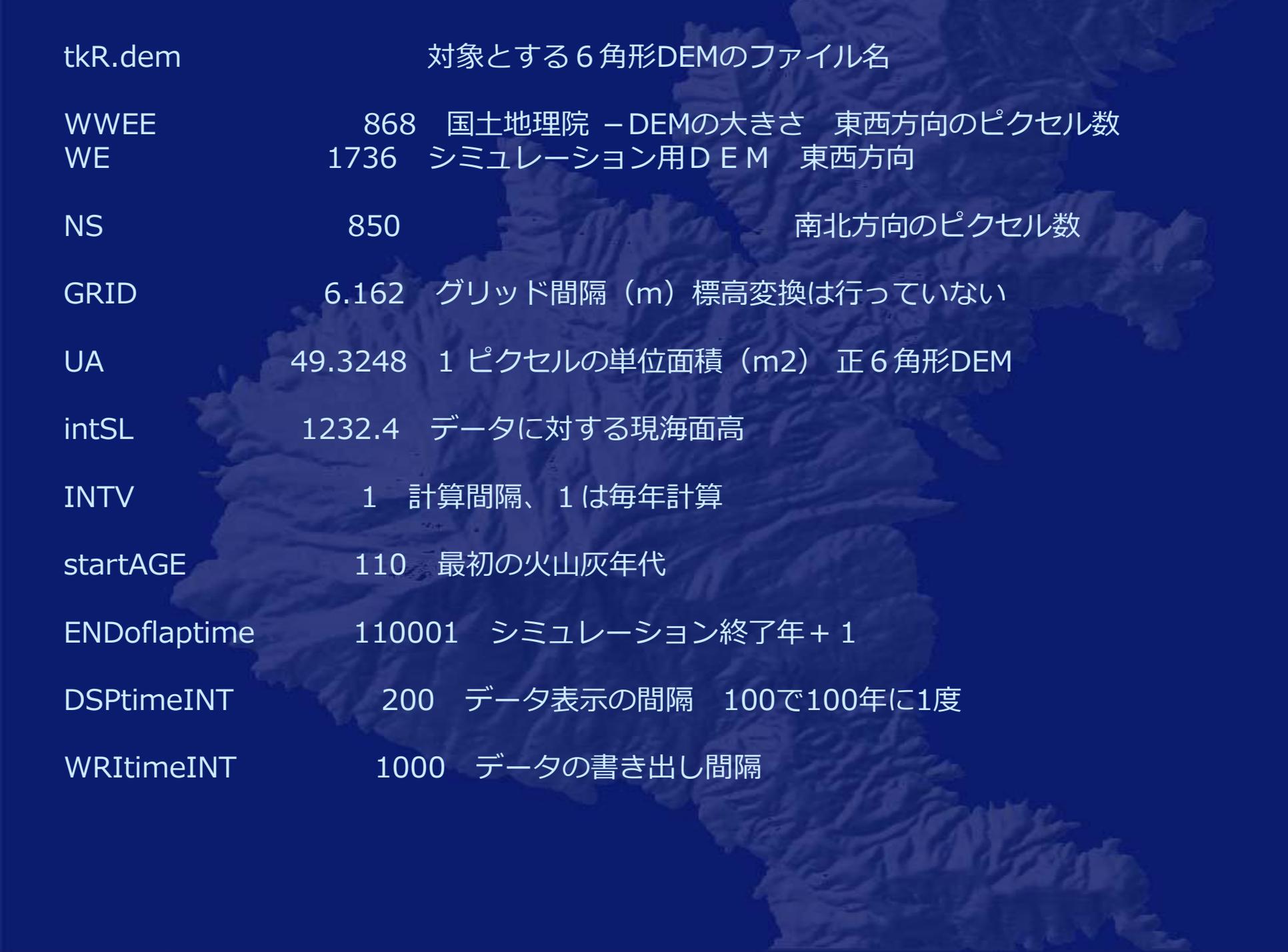
0

距離 m

10400

そして、何が出来るか

# 6角形格子網にそって物質が移動する 2次元地形変化シミュレーション



tkR.dem		対象とする6角形DEMのファイル名
WWEE	868	国土地理院 - DEMの大きさ 東西方向のピクセル数
WE	1736	シミュレーション用DEM 東西方向
NS	850	南北方向のピクセル数
GRID	6.162	グリッド間隔 (m) 標高変換は行っていない
UA	49.3248	1ピクセルの単位面積 (m <sup>2</sup> ) 正6角形DEM
intSL	1232.4	データに対する現海面高
INTV	1	計算間隔、1は毎年計算
startAGE	110	最初の火山灰年代
ENDoflaptime	110001	シミュレーション終了年 + 1
DSPTIMEINT	200	データ表示の間隔 100で100年に1度
WRITIMEINT	1000	データの書き出し間隔

CRSTMVtimeINT 3000 地殻変動が起きる間隔 xxxx 年  
MV 0.5 その時の変位量

SCLFtimeINT 20 海崖後退が起きる間隔 xxxx 年  
SCLF 2.0 海崖後退が起きる限界比高

ASHTimeINT 10000 火山灰降下の間隔  
VASHD 1.0 一回の降灰堆積深

gRr 0.50000 氷期の 河川曲率の対現在比  
igRr 1.00000 間氷期の河川曲率の対現在比

gRD 0.00100 氷期の 河川拡散係数  
igRD 0.00200 間氷期の河川拡散係数

gDD 0.00005 氷期の 斜面拡散係数  
igDD 0.00001 間氷期の斜面拡散係数

gVheadS 400 氷期の 谷頭面積  
igVheadS 100 間氷期の谷頭面積