



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	地理情報システムとバーチャル・リアリティによる地盤情報の3次元地理教材開発
Author(s)	橋本, 雄一; 川村, 壮
Citation	北海道大学文学研究科紀要, 133, 155(左)-205(左)
Issue Date	2011-03-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/44973
Type	departmental bulletin paper
File Information	133_5.pdf



地理情報システムとバーチャル・リアリティ による地盤情報の3次元地理教材開発

橋 本 雄 一
川 村 壮

1. はじめに

地理教育の役割には様々なものがあるが、その中の1つとして、学生の空間認識能力を高めることが挙げられる(橋本, 2006)。この目的を達成するためには、知識の伝達だけでなく、体験的な学習も不可欠である。体験的な学習としてまず挙げられるのはフィールドワークであるが、俯瞰的な空間認識力を高めるためには、バーチャル・リアリティなどの技術を活用した地理教材による体験学習が有効であると考えられる。バーチャル・リアリティの技術を活用することにより、学生に現実では不可能な視点の移動や時系列的変化を体験させることができる。また、これによって学生は、一方的に情報を享受するだけでなく、自ら仮想の世界に働きかけ知的創造を行うことも可能となる。

このバーチャル・リアリティ技術は、Ellis (1991) によると、ジオメトリ、コンテンツ、ダイナミクスの3要素から構成される。これら要素を、地理教材を例にして説明すると、ジオメトリは地図上に表示されている範囲、コンテンツは地図に掲載されている地物などの要素、ダイナミクスは現実世界における視点移動等の現象を仮想世界でも再現する様に設定した規則に該当する。なお、コンテンツは地物などの地図要素、ダイナミクスは立体地図の視点移動に関するものであり、空間認識力を高めるために重要な要素となる。

バーチャル・リアリティの活用方法として、シミュレーションでの活用がある。バーチャル・リアリティにおけるシミュレーションは、MaKechnie (1977) によると、概念的シミュレーション、静態的シミュレーション、動態的シミュレーションに分類され、その中で動態的シミュレーションが俯瞰的な空間認識力の向上に最も有効であると考えられる。この動態的シミュレーションは、Weisman et al (1987) によると、利用者が自分の興味に応じて操作する余地の大きい能動的シミュレーションと、利用者が一方的に情報を享受する受動的シミュレーションとに分類される。

受動的シミュレーションによる地理教材は、アニメーションなど動画による鑑賞型地理教材が該当し、これの活用を検討した研究として Lobben (2003) が挙げられる。この研究では、時間、場所、属性を要素として動画教材の分類を行っており、属性のみが変化する場合を主題的アニメーション、属性と時間が変化する場合を時系列的アニメーション、属性と場所が変化する場合を地域的アニメーション、3要素すべてが変化する場合を経緯的アニメーションとしている。これに橋本 (2006) は、能動的シミュレーションによる地理教材も加えた検討を行っている。ここで用いられる能動的シミュレーションによる教材は、バーチャル・リアリティ技術により、利用者が任意の操作で変化する画像をリアルタイムでみる操作型の地理教材である。

橋本 (2006) と Lobben (2003) とで動画教材の動作の分類を比較すると (図 1), Lobben (2003) では視点移動ごとの特徴 (立体感の強調, 地域間比較, 異なる縮尺の対応) は考慮されていない。また, 橋本 (2006) では, 属性変化も時間変化も地図要素変更の 1 種と考えられていることから, 1 つの動作の組み合わせが, 複数の Lobben (2003) の分類に対応している。これらの相違は, Lobben (2003) が受動的シミュレーションの重視の立場から, アニメーションによるコンテンツの内容に関する分類を行っているのに対し, 橋本 (2006) は能動的シミュレーションの立場も考慮に入れ, 操作型のバーチャル・リアリティ技術を加えた分類を行っていることにより生じていると考えられる。

この様に, 受動的シミュレーションだけでなく能動的なものも含めること

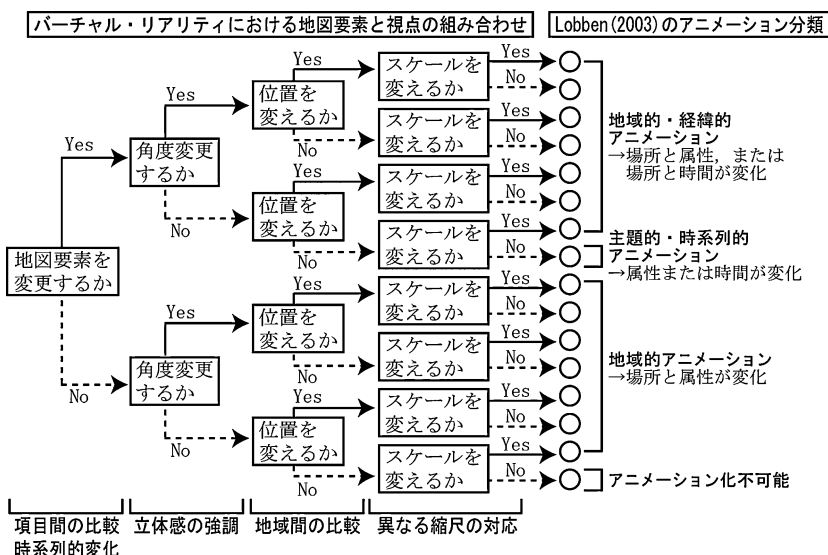


図1 3次元教材における動作の組み合わせ (橋本, 2006)

で、教材に多彩な視点を加えることができる。しかし、この教材作成には多大な労力がかかり、その作成に関する知識の蓄積も多くない。特に、3次元的な教材作成を有効活用している例は稀である。

そこで本稿は、地理情報システム (GIS)、3次元グラフィック、バーチャル・リアリティのソフトを連携させて、少ない労力で作成できる3次元地理教材の作成方法を提案し、加えて操作型地理教材と鑑賞型地理教材の特性を明らかにすることで、両者の有効性について検討することを目的とする。

そのために本稿では、札幌市の地下における地盤情報の3次元教材作成を例とし、2章で使用データの概要、第3章で数値データの加工方法を述べる。さらに、第4章でGISソフトによる地図データ作成、第5章で2次元グラフィックソフトによるデータ加工、第6章で3次元グラフィックソフトによるデータ作成を説明する。さらに、第7章で地盤データに関する操作型および鑑賞型3次元教材作成について解説し、第8章で両教材の教育効果について学生アンケートの結果をもとに考察を行う。

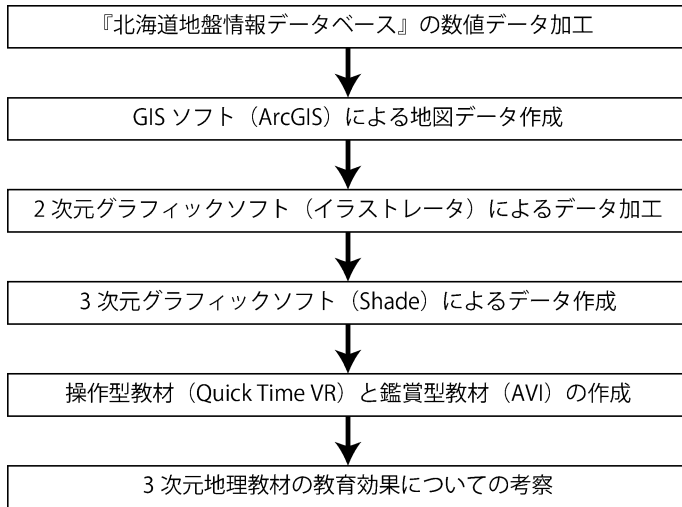


図 2 研究の流れ

なお、本稿では GIS ソフトとして ESRI 社の ArcGIS 9.3.1 を、2 次元グラフィックソフトとして Adobe 社のイラストレータ CS5 を、3 次元グラフィックソフトとしてイーフロンティア社の Shade 11 を、表計算に Microsoft 社の Excel2007 を用いる。これらソフトを用いるパソコンの OS は Windows7 である。

2. 北海道地盤情報データベースの概要

2-1 フォルダ構成

本稿のデータとしては、地盤工学会北海道支部が作成および販売している『北海道地盤情報データベース Ver.2003』に収録されているポーリングデータを用いる¹⁾。データが収納されている CD-ROM の「Setup.exe」を実行すると、データおよびデータ閲覧ソフトが HDD にインストールされる。なお、本稿で扱うのはデータのみである。

インストール先を変更しなければ、C ドライブの「Program Files」フォル

ダに「JibanView」というフォルダが生成される。このフォルダの中には「CSV」、「Data」、「Image」、「prog」の4つのフォルダがあり、このうち「CSV」フォルダにはCSV形式のボーリングデータが格納されている。また、「Data」フォルダにはボーリングの位置を示すポイントデータ等のGISで利用するためのファイル形式が格納されている（図3）。

「CSV」フォルダ内の構成は次の通りである。「CSV」フォルダの下には4桁の数字がついたフォルダがあり、その中に2桁の数字のついたフォルダがある。このフォルダには、「69-11-01」のように6桁の数字が名称となっているCSVファイルが収納されている。これらフォルダやファイルにつけられた数字は、当該ボーリングデータが存在する位置のメッシュコードを表しており、最初の4桁のフォルダ名は1次メッシュコード、次の2桁のフォルダ名は2次メッシュコードを表している。CSVファイルのファイル名の最初の2桁の数字は3次メッシュコードを表している。

本データベースに付属している説明書によれば、CSVファイルのファイル名の3桁目および4桁目の数字は4次メッシュコードを表しているとあるが、実際には3桁目の数字は2分の1地域メッシュ番号から1を引いた数値であり、4桁目の数字は4分の1地域メッシュコードから1を引いた数値で

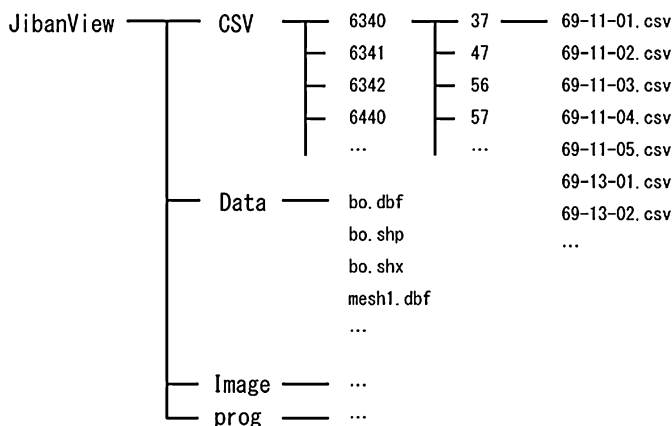


図3 データベースのフォルダ構成

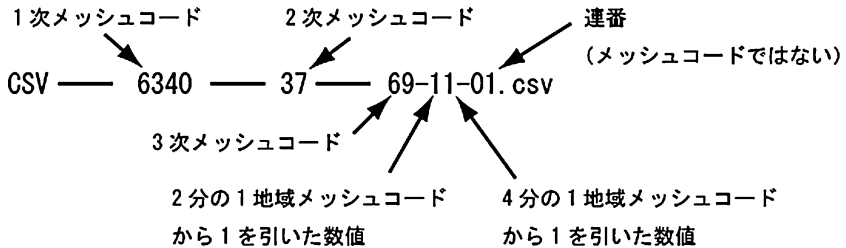


図4 フォルダ名とファイル名が示すメッシュコード

ある。最後の2桁の数字に関しては、同一の4分の1地域メッシュに存在しているボーリングデータについて連番を与えているものであり、メッシュコードではない。例えば図4の場合、当該ボーリングデータが存在する場所のメッシュコードは「6340-37-69-2-2」となる。

2-2 ボーリングデータの内容

CSV形式のボーリングデータの内容は次の通りである。1つのボーリングについて1つのCSVファイルが割り当てられており、図5は、図4で例示した「69-11-01.csv」をExcelで開いた画面である。

① 座標

このボーリングが実施された地点の経緯度座標を示している。なお、同一の4分の1地域メッシュ内に1つのボーリングデータしか存在しない場合、そのボーリングデータのCSVファイルには記載されていない場合がある。

② メッシュコード

このボーリングが実施された地点のメッシュコードを示している。メッシュコードの見方は図4で説明したものと同じであり、最初の4桁が1次メッシュ、次の2桁が2次メッシュ、その次の2桁が3次メッシュコードをそれぞれ示している。さらに、次の1桁が2分の1地域メッシュコードから1を引いた数値、その次の1桁が4分の1地域メッシュコードから1を引いた数値を示しており、最後の1桁は連番である。つまり、

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1			ボーリングデータシート						
2									
3		調査名:							
4		工事名:							
5		調査位置住所:							
6		調査業者名:				責任者氏名:			
7		調査期間:	平成2年3月12日～平成2年3月14日						
8		ハンマー落下方式:							
9				度	分	秒			
10	①	座標:	(北緯)	42	18	12			
11			(東経)	140	59	34			
12	②	メッシュ:	6340	37	69	11	1		
13									
14		孔口標高(m)	64.58		総掘進長(m)	14			
15		地下水位(m)	11.47						
16	③	角度(deg):	0		方向(deg):				
17		地盤傾斜(d)	45						
18									
19		[地盤データ]	入力者氏名:						
20	④	(柱状図)	データ数	3		⑤	(N値)	データ数	14
21									
22		土質記号	深さ(m)		色調記号	深さ(m)	N値	貫入量(cm)	
23		Ss	0.7		BwBr	0.8	3	30	
24		M-G	8.8		YwGr	1.8	4	30	
25		An	14		Gr-GrWh	2.8	3	30	
26						3.8	19	30	

図5 ボーリングデータ (CSV ファイル) の内容

図5のデータのメッシュコードは「6340-37-69-2-2」となる。

③ 孔口標高など

ボーリングを掘り始めた地点の標高(孔口標高)や地下水位, 地面の傾斜などが記載されている。

④ 柱状図

ボーリングにより採取された土の種類を示す土質記号と, その深度が記載されている。図5の場合は, 「Ss」が地表から0.7 mまで, 「M-G」がそこから8.8 mまで, 「An」がそこから14 mまで分布していることを示している。

⑤ N値

土質記号と同じく, ボーリングにより採取された土の任意の深さ地点におけるN値が記載されている。N値は, ボーリングの標準貫入試験によりサンプラーを30 cm 打ち込むのに要する回数のことである。地盤の強度を示す値として広く用いられているが, 軟弱地盤ではサンプラーが

自重で沈んでしまうためN値を計測できない場合もあり、必ずしも万能な数値ではない。

2-3 本データの土質記号

本データベースの付属説明書には、データベースで用いられている土質記号の一覧表が掲載されているが、実際にはこの表に掲載されているもの以外の土質記号も用いられているため注意が必要である。表1は、実際にデータ

表1 データベースの土質記号一覧

土質記号	土質名称	土質記号	土質名称	土質記号	土質名称
B	玉石	G	礫	Kb	黒ボク
B-MS	玉石まじり砂質シルト	Gf	礫質土	Lm	ローム
		GM	シルト質礫	Lm-Pt	泥炭まじりローム
C	粘土	G-M	シルト混じり礫	LmM	シルト質ローム
C-G	礫まじり粘土	GV	火山灰質礫	LmS	砂質ローム
C-M	シルトまじり粘土	G-V	火山灰まじり礫	LmS-G	礫まじり砂質ローム
C-O	有機質粘土まじり粘土	Gc	砂礫	LmS-Pt	泥炭まじり砂質ローム
C-Pt	泥炭まじり粘土	Gc-B	玉石まじり砂礫	LmC	
C-S	砂まじり粘土	Gc-C	粘土まじり砂礫	Lms-G	
CS-B	玉石まじり砂質粘土	GcM	シルト質礫		
C-V	火山灰まじり粘土	Gc-M	シルトまじり砂礫		
CM	シルト質粘土	Gc-S	砂まじり礫		
CO	有機質粘土	GcV	火山灰質礫		
CS	砂質粘土	Gc-Va	火山灰まじり礫		
CM=G		Gc-V			
Co-C		GC-M			
Cs		GC			
C=D		GcB			
		G=B			
En	盛土	Gc-Pm			
Fi	埋土	G-Sf			
En.MS		GC=S			
En.Gc		GcS			
En.Gc-C		Gc-M-B			

表1 (続)

土質記号	土質名称	土質記号	土質名称	土質記号	土質名称
M	シルト	O	有機質土（腐食土）	S	砂
M-C	粘土まじりシルト	O=C	粘土まじり有機質土	Sf	砂質土
M-G	礫まじりシルト	O-G	礫まじり有機質土	S-G	礫まじり砂
M-O	有機質土まじりシルト	O-M	シルトまじり有機質土	S-GV	礫まじり火山灰質砂
M-Pt	泥炭まじりシルト	O-S	砂まじり有機質土	S-M	シルトまじり砂
M-S	砂まじりシルト	O-V	火山灰まじり有機質土	S-Pm	軽石まじり砂
M-V	火山灰まじりシルト	OM	シルト質有機質土	S-Pt	泥炭まじり砂
M=O	有機質土・シルト互層	OS	砂質有機質土	SV	火山灰質砂
MC	粘土質シルト	O-Pt		S-V	火山灰まじり砂
MCV	火山灰質シルト	O=SM		S=M	シルト・砂互層
MO	有機質シルト	OC		SM	シルト質砂
MPm	軽石質シルト			SM-G	礫まじりシルト質砂
MPt	泥炭質シルト	Pm	軽石（浮石）	SMV	火山灰質シルト質砂
MS	砂質シルト	Pm-C	粘土まじり軽石	S-O	腐食土まじり砂
MSO	有機質シルト	Pm-V	火山灰まじり軽石	SPm	軽石まじり砂
MV	火山灰質シルト	Pm-M	シルトまじり軽石	S-SH	貝殻まじり砂
MV=G	礫混火山灰質シルト	Sc	スコリア	SV-G	礫まじり火山灰質砂
M-Va		Pt	泥炭（高有機質土）	SV-C	
MS-O		Pt-C	粘土まじり泥炭	S-Va	
MS-G		Pt-M	シルトまじり泥炭	S-Sh	
MLm		PtM	シルト質泥炭	Sf=G	
MS=C		PtS	砂質泥炭	S-C	
MC-O		Pt-G		SC	
		PtC		Ss-G	
		Pm-Lm		SsC	
				SsS	
				SM-Pt	
				S-Gc	
				S-Pm	
				SG	

表 1 (続)

土質記号	土質名称	土質記号	土質名称		
V	火山灰質粘性土	W	廃棄物		
VC	粘土質火山灰	Ss	表土		
VLM	ローム質火山灰	Wg	まさ土		
VM	シルト質火山灰	Si	しらす		
VO	有機質火山灰				
VPm	軽石質火山灰	Wr	軟岩, 風化岩		
VS	砂質火山灰	Mr	中硬岩		
Va	火山灰	Hr	硬岩		
Va-C	礫まじり火山灰	Tb	凝灰角礫岩		
Va=S	砂まじり火山灰	Tf	凝灰岩		
VaM-G	礫まじりシルト質火山灰	An	安山岩		
Va-O	有機質土まじり火山灰	Pr	変朽安山岩		
V-M	シルトまじり火山灰	Gr	花崗岩		
Va=Pm	軽石まじり火山灰	Bs	玄武岩		
V-Pm		Ms	泥岩		
VaC		SS	砂岩		
Va=Pt		Ry	流紋岩		
V-O		Ne	粘板岩		
Vas		Gs			
Va-Pm-G					
V=CO		Tl	崖錐堆積物		
VO-G		Dt	崩積土		
V-S		Df			
Vs					

ベースで用いられている土質記号の一覧であり、太線で囲まれている土質記号は、説明書の表には掲載されていないがデータベースで使用されているものである。

なお、データ中には単純な記載間違いや書式の不統一と思われる土質記号もいくつか存在したため、修正を施した(表2)。また、データベースの一部には、土質記号が記載される箇所に日本語と土質記号が併記されているものがみられたが、その場合は日本語部分を無視して解釈する(表3)。なお、日

表 2 修正した土質記号

修正前	修正後
C~G	C-G
O~Pt	O-Pt
C-G	C-G
S=M	S=M
Va-pm	Va-Pm
Gc-s	Gc-S

表 3 日本語併記の土質記号

修正前	修正後
崖錐 (M-G)	M-G
C-G (崖錐)	C-G

本語表記のみのものは、データが存在しないものとして扱う。

このデータベースにより、目的に応じた土質選択を行うことができる。本稿では「Pt」（泥炭）を含むものをすべて取り上げ、これらを泥炭関係地盤として扱う。

2-4 本データベースの空間データ

本データベースの「Data」フォルダ内には、ボーリング地点を示すシェープ形式のポイントデータ (bo.shp) や、1次メッシュおよび2次メッシュのポリゴンデータ (mesh1.shp, mesh2.shp) 等の空間データが格納されており、属性としてメッシュコードや地点高度の数値が入っている (図6)。

これらを GIS で利用することは可能であるが、投影法が定義されていないため、他の空間データとの重ね合わせで問題となる。データベースの付属説明書には測地系や投影法に関する説明は記載されていないため、製作団体へのインタビューをもとに様々な座標系を試した結果、本データベースにおける空間データは、日本測地系の UTM 座標系第 54 帯であることが判明した²⁾。そこで本稿では、この空間データの投影法の定義付けを行った上で作業を行う。

属性: bo

	FID	Shape	CODE	TYPE	H0	Z
	0	Point	644154250201	0	5.19	7
	1	Point	644154250202	0	7.3	6.989
	2	Point	644154250301	0	4.21	4.453
	3	Point	644154250302	0	5.24	5.099
	4	Point	644154251201	0	4.26	5.238
	5	Point	644154251202	0	4.49	4.339
	6	Point	644154251203	0	4.59	4.471
	7	Point	644154251301	0	4.24	4.137
	8	Point	644154251302	0	7.83	5.146
	9	Point	644135342001	0	9.27	8
	10	Point	644135342002	0	9.19	8
	11	Point	644134083001	0	12.92	13.952
	12	Point	644134083002	0	12.89	13.952

図6 ポイントデータ (bo.shp) の属性テーブル

3. ボーリングデータの加工

作業では、まず『北海道地盤情報データベース』に収納されている CSV ファイル群を1つのファイルに結合させる。このデータベースでは、ボーリング1本につき1つの CSV ファイルが割り当てられており、約13,000個の CSV ファイルが収録されている。このままでは、ArcGIS 上でシェープファイルと結合させるのは極めて困難であるため、これらの CSV ファイル群を1つの CSV ファイルにまとめて作業を行う。

ファイル結合の作業手順は次の通りである。まず、CSV フォルダ内の全ての CSV ファイルを1つのフォルダにまとめ、さらに「0.csv」、「1.csv」、「2.csv」…というように、連番になるようにリネームする。これらを、1ファイルにつき150行を割り当てて³⁾、Excel のビジュアルベーシック (以下 VBA と称する) により結合させる。なお、Excel ではデフォルトの状態では VBA に関する項目が表示されないため、Excel のオプションを開き、「「開発」タブをリボンに表示する」をチェックする。それから「0.csv」を開いて、新たに出現

した「開発」タブをクリックし「Visual Basic」を選択すると、マクロの入力画面が現れる。そこに、図7のようなマクロを入力する。このマクロを実行することにより、結合作業が自動的に行われ、「0.csv」の151行目から「1.csv」の内容が記され、さらに301行目から「2.csv」の1行目が入力される⁴⁾。

次に、データを一括処理しやすいように、表4のようなフォーマットに変換し1次データを作成する。これに含まれるデータでは、各ボーリング地点に関して、地盤の種類とその境界深度が交互に入力されており、さらに経緯度やメッシュ番号が付加されている。なお、このデータでは一部の地点に関してしか経緯度情報が付加されていない。また、統合前の個々の地点データの中で、最もファイル容量の大きなものが130項目のデータを有していたため、地盤の種類とその境界深度をそれぞれ130項目分設定する(図8)。

さらに、1次データを図9のように加工し、各ボーリング地点における1

```
Sub CSV 結合 ()  
    Application.DisplayAlerts = False  
    Dim a As Long  
    a = 0  
    Do While a < 13165  
        Workbooks.Open Filename:=("< 絶対パス名 >" & a & ".csv")  
        Range("A1:H150").Select  
        Selection.Copy  
        Windows("ketsugou1.xlsm").Activate  
        Range("A" & a * 150 + 1).Select  
        ActiveSheet.Paste  
        Windows(a & ".csv").Activate  
        ActiveWindow.Close  
        a = a + 1  
    Loop  
End Sub
```

図7 CSV 結合のための Excel2007 用マクロ

表 4 1 次処理したデータのフォーマット

項目	型	項目	型
ボーリング番号	整数	地盤 01	文字
緯度 (北緯) 1	整数	深度 01	小数
緯度 (北緯) 2	整数	地盤 02	文字
緯度 (北緯) 3	小数	深度 02	小数
経度 (東経) 1	整数	地盤 03	文字
経度 (東経) 2	整数	深度 03	小数
経度 (東経) 3	小数	...	...
メッシュ番号 1	整数	...	...
メッシュ番号 2	整数	地盤 129	文字
メッシュ番号 3	整数	深度 129	小数
メッシュ番号 4	整数	地盤 130	文字
メッシュ番号 5	整数	深度 130	小数

番号	北緯			東経			メッシュ番号				地盤01	深度01	地盤02	深度02
1							6441	43	0	0	1	Vs-G	12.5	
2							6441	53	0	0	1	C	2.2	S 3.6
3							6441	54	0	0	1	O	0.5	M-V 1.5
4	42	25	5	141	7	32	6341	51	0	0	1	S-G	2.5	O 2.7
5							6441	53	0	0	2	M	0.6	Pt 1.5
6							6341	51	0	0	2	M-G	0.38	S 1
7	42	25	1	141	7	38.1	6441	53	0	0	3	Se	0.3	M 0.5
8	42	25	4.5	141	7	36.5	6341	51	0	0	3	En	2.7	SM 3.8
9							6441	53	0	0	4	C	0.7	Pt 1
10	42	25	4.3	141	7	37.1	6341	51	0	0	4	En	2.5	S 4
11							6441	54	0	1	1	Se	2	S 8.8
12							6441	53	0	1	1	Se	0.6	C-Pt 3.5
13							6441	53	0	2	1	Se	0.5	M-Va 1.6
14	42	40	5.7	141	45	23.6	6441	6	0	2	1	Kb	0.2	En 3.75
15							6441	35	0	3	1	Se	0.7	MV 4.1
16							6441	33	0	3	1	Fi	0.4	Fi 0.8
17							6441	33	0	3	2	Se	0.1	S 0.5
18							6441	33	0	3	3	C-G	1.4	G 3.65
19							6441	53	0	10	1	Se	0.5	O 2.7

図 8 1 次処理したデータ

m 深度ごとの地盤データを収納した 2 次データベースを作成する。このデータでは、各ボーリング地点に関して、深度 1 m から 15 m までの地盤の種類と、位置情報 (経緯度, メッシュ番号) が付加されている (表 5)。なお, 全地点の中で泥炭に関係する地盤が 15 m を超える深度では 20 地点未満となるため, 本研究では当該深度までのデータを取り扱う (図 10)。なお, このデータベースに収納されているデータの深度は 10 cm 精度で入力されているため, 最高 10 cm 深度ごとのデータが作成可能である。

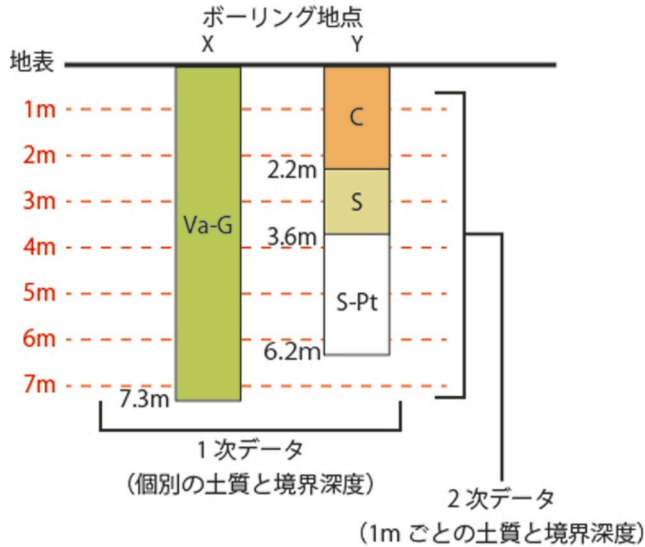


図 9 1 次データの加工

表 5 2 次処理したデータのフォーマット

項目	型	項目	型
ボーリング番号	整数	地盤 (深度 1 m)	文字
緯度 (北緯) 1	整数	地盤 (深度 2 m)	文字
緯度 (北緯) 2	整数	地盤 (深度 3 m)	文字
緯度 (北緯) 3	小数	地盤 (深度 4 m)	文字
経度 (東経) 1	整数	地盤 (深度 5 m)	文字
経度 (東経) 2	整数	地盤 (深度 6 m)	文字
経度 (東経) 3	小数	...	...
メッシュ番号 1	整数	...	...
メッシュ番号 2	整数	地盤 (深度 12 m)	文字
メッシュ番号 3	整数	地盤 (深度 13 m)	文字
メッシュ番号 4	整数	地盤 (深度 14 m)	文字
メッシュ番号 5	整数	地盤 (深度 15 m)	文字

番号	北緯			東経			メッシュ番号				1m	2m	3m	4m
1							6441	43	0	0	1	Va-G	Va-G	Va-G
2							6441	53	0	0	1	C	C	S
3							6441	54	0	0	1	M-V	VM	S
4	42	25	5	141	7	32	6341	51	0	0	1	S-G	S-G	Pm
5							6441	53	0	0	2	Pt	M	M
6	42	25	1	141	7	38.1	6341	51	0	0	2	S	W	S-G
7							6441	53	0	0	3	Pt	M	M
8	42	25	4.5	141	7	36.5	6341	51	0	0	3	En	En	SM
9							6441	53	0	0	4	Pt	C	S
10	42	25	4.3	141	7	37.1	6341	51	0	0	4	En	En	S
11							6441	54	0	1	1	Ss	Ss	S
12							6441	53	0	1	1	C-Pt	C-Pt	C-Pt
13							6441	53	0	2	1	M-Va	M	M
14	42	40	5.7	141	45	23.6	6441	6	0	2	1	En	En	Pm
15							6441	35	0	3	1	MV	MV	MV
16							6441	33	0	3	1	Va	Va	Va
17							6441	33	0	3	2	G	G	G
18							6441	33	0	3	3	C-G	G	G
19							6441	53	0	10	1	O	O	S

図 10 2 次処理したデータ

4. ArcGIS による地図データの作成

本稿では、GIS ソフトである ArcGIS により、ボーリング地点を示すシェープ形式のポイントデータ (bo.shp) を ArcGIS で表示させ、座標系の定義付けを行う。まず、ArcToolbox から「データ管理ツール」を選択し、さらに「投影変換と座標変換」、「座標系の定義 (Define of Projection)」の順に選択する。すると、図 11 のようなダイアログ・ボックスが表示されるので、入力データセットとして「bo」を選択する。座標系は、「日本周辺座標系」、「投影座標系」、「UTM 座標系」、「Tokyo」の順にフォルダを指定し、最後に「Tokyo UTM 第 54 帯 N.prj」を選択する。以上の作業で、「bo.shp」が日本測地系の UTM 座標系第 54 帯として定義付けされ、他の空間データと重ね合わせる事が可能となる。

次に、この点データの位置を確認するために、国土数値情報の市町村界図を重ねて表示させたのが図 12 であり、さらに 2 次メッシュの境界を重ね合わせたのが図 13 である。図 13 を拡大して表示させると、札幌市中心部は、ほぼ「644142」、「644143」、「644152」、「644153」の 4 つのメッシュに収まるため、対象地域をこの 4 つのメッシュの範囲として、この範囲以外に位置する地点データを消去する (図 14)。これは、今後 3 次元化して VR へと変換する作業を行う上で範囲を画定する必要がある、さらにデータ容量を少なくして、

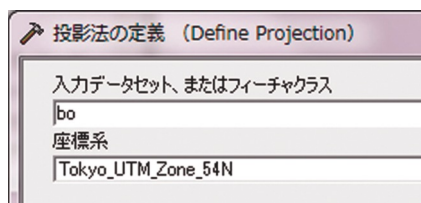


図 11 投影法の定義

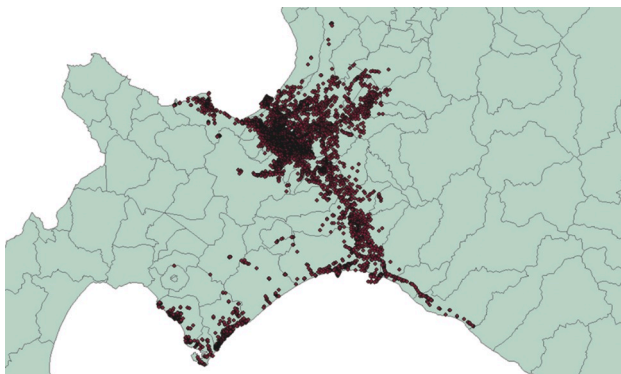


図 12 ボーリング地点と市町村界との重ね合わせ

作業の効率化を図るためである。

次に、この地図データに、前述した2次データを結合する(図15)。両者を結合させるキーになるのはメッシュ番号であり、地図データ側では「CODE」という項目で、「644153992001」というように表2のメッシュ番号1～5が連続した文字型形式で入力されている。Excelで2次データのメッシュ番号1～5を連続した文字型形式に変換し、それを「CODE」という項目にして、地図データ側の属性データにリレートする。なお、図16で示しているように、各ボーリング地点における地盤データにおいて、便宜的に泥炭関係地盤は「99」を、それ以外の地盤は「0」を整数データとして示すように変換している。

この地図データに国土数値情報の鉄道、方位記号、縮尺を加え、ボーリン

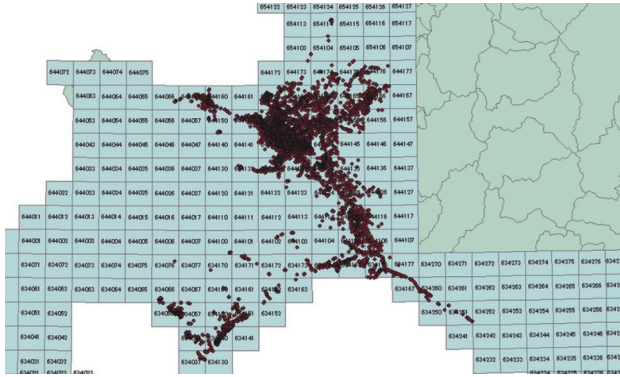
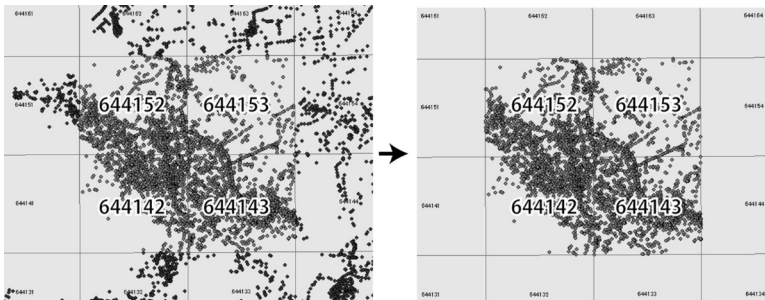


図 13 ボーリング地点と 2 次メッシュとの重ね合わせ



対象地域外の地点データを選択して消去

図 14 対象地域の画定と地点データの抽出

グ地点を表示したものが図 17 である。また、泥炭関係地盤を深度ごとに表示したものが図 18 である。ここで各ボーリング地点は、ArcGIS の絵文字マーカースンボルの「○」を 8 ポイントで記してある。これらをみると、泥炭関係地盤は深度 6～7 m まで広く分布していることや、JR 函館本線の北側市街地に分布していることなどがわかる。特に、白石区や厚別区といった市街地の東部では深度 10 m 程度まで分布しており、泥炭関係地盤が厚く堆積していることがわかる。逆に手稲付近に広く分布する泥炭関係地盤は深度 5 m 程度までしかみられず、あまり厚く堆積していない。

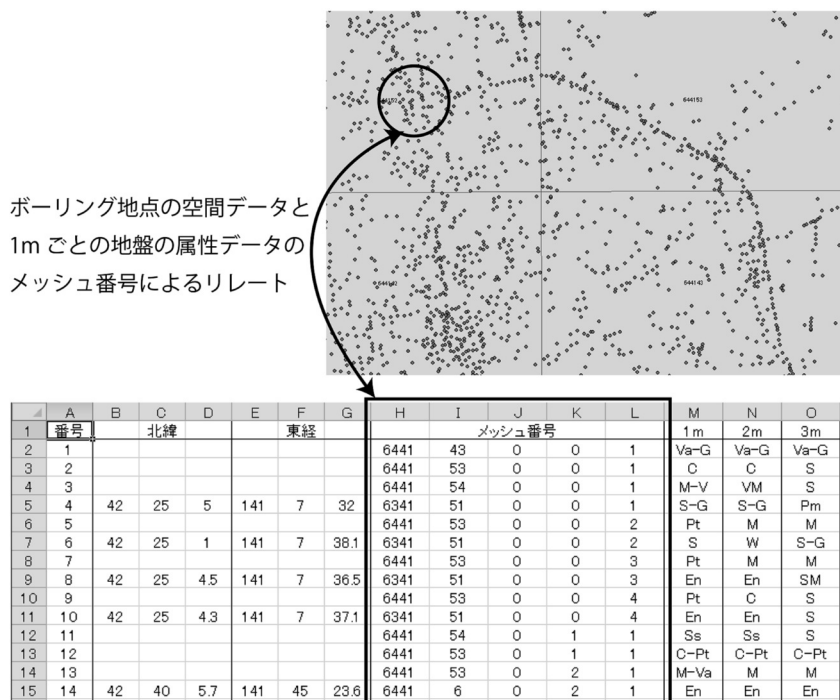


図 15 地図データと属性データのリレート

この地図データを ArcMap の「表示」を「レイアウトビュー」にしてから深度ごとに表示し、「ファイル」の「マップのエクスポート」により、イラストレータ形式 (AI 形式) で保存する。ここでは、泥炭関係地層のみを表示した深度 1 m から 15 m までの 15 個のファイルと、全ボーリング地点、鉄道、方位記号・縮尺に関する 3 個のファイルを作成する。

リレーのキーとなるメッシュ番号

CODE	TYPE	H0	Z	id	CODE_1	UM1m	UM2m	UM3m
644153992001	0	2.8	6	1311	644153992001	99	99	99
644153982202	0	3.6	6	1303	644153982202	99	99	99
644153982201	0	3.4	6	1303	644153982201	99	99	99
644153981001	0	3.5	5	1296	644153981001	99	99	0
644153973201	0	5.0	2.642	1290	644153973201	0	0	0
644153972201	0	4.7	3.712	1287	644153972201	0	0	0
644153961101	0	3.2	2.634	1271	644153961101	0	0	0
644153943101	0	2.4	2	1249	644153943101	0	99	0

図 16 リレー後の属性テーブル

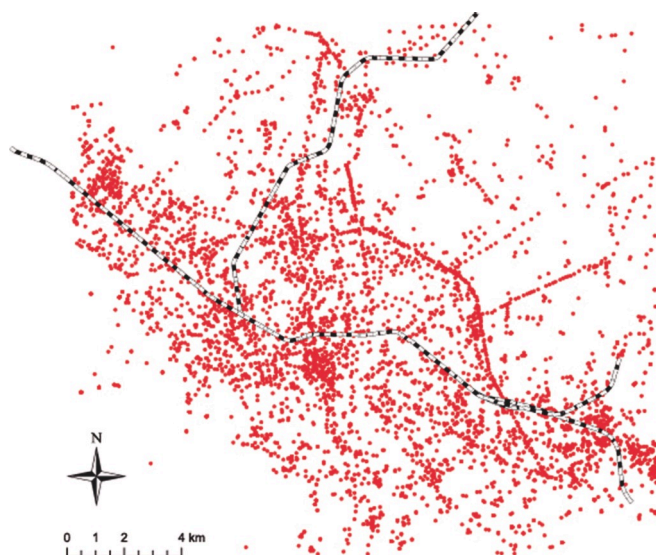


図 17 ArcGIS で表示したボーリング地点

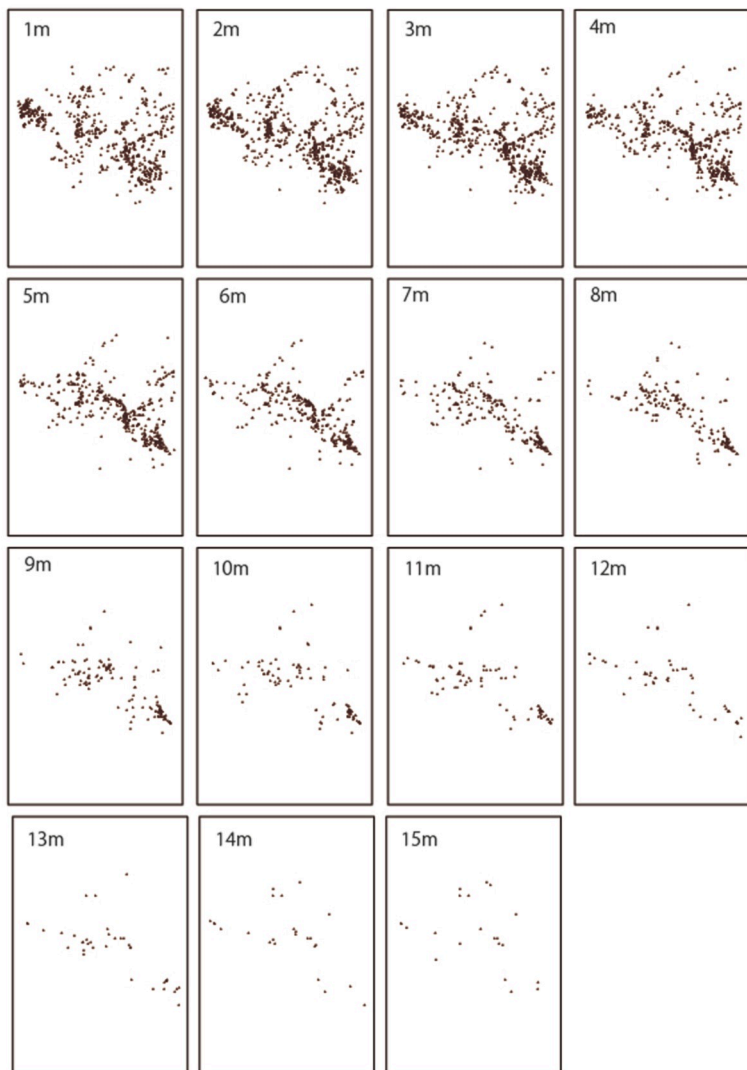


図 18 深度 1 m ごとの泥炭関係地盤の分布

5. イラストレータによる図形の加工

本稿の作業では、ArcGIS により作成した地図データを、3次元グラフィックソフトである Shade に読み込む。その事前準備として、地図データを2次元グラフィックソフトであるイラストレータにより加工する。ここでの注意点は次の通りである。まず、イラストレータのバージョン8.0以前の形式でファイルを保存しなければならない。これは Shade 11 が、イラストレータのバージョン9.0以降のファイル形式には対応していないためである。

次に、Shade は文字などのフォントを読み込むことはできず、線や塗りの設定も無視される。そのため、文字や ArcGIS の記号を読み込んだり、線の太さの情報を残したりする場合には、アウトライン化することが必須である。

さらに、イラストレータファイルがもつガイドラインなども、Shade では普通の線形状として読み込まれるため、不要なガイドラインは削除する。

なお、イラストレータの作業エリアの左下が、ファイルを読み込んだ時の Shade 上での原点となるため(図 19)、イラストレータにおいて適切な位置に画像を移動させてから保存する。

イラストレータのフレームを消去しないで Shade に読み込んだ場合には、パートが作成され、地点データが見えなくなる。

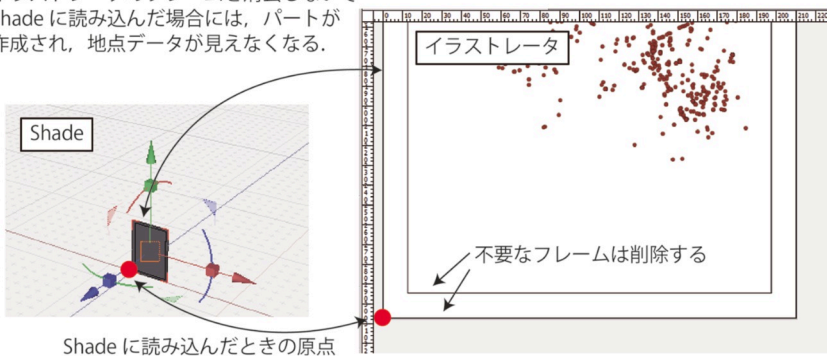


図 19 イラストレータでの画像処理

6. Shade による3Dデータ作成

6-1 Shadeでのイラストレータファイルの読み込み

本稿では、作業上、イラストレータのベジェ曲線をそのまま利用できる3次元グラフィックソフトが必要となるため、当該機能を有するShadeを用いる。これ以外のソフトでは、ベジェ曲線が使えないため、曲線の部分を細分化して短い直線で疑似的に表現することになる。この点で、Shadeは利用しやすいソフトである。なお、今後の説明で用いるShade画面の名称は図20の通りである。

イラストレータファイルを読み込むには、Shadeのメインメニュー「ファイル」の「インポート」で「EPSF…」を選択する。そうするとファイル選択ウィンドウが開くので、右下のファイル種類を「Illustrator (*.ai)」として、読み込みたいファイルを選択する。ここで、深度1mの地盤データを読み込むと図21のようになる。

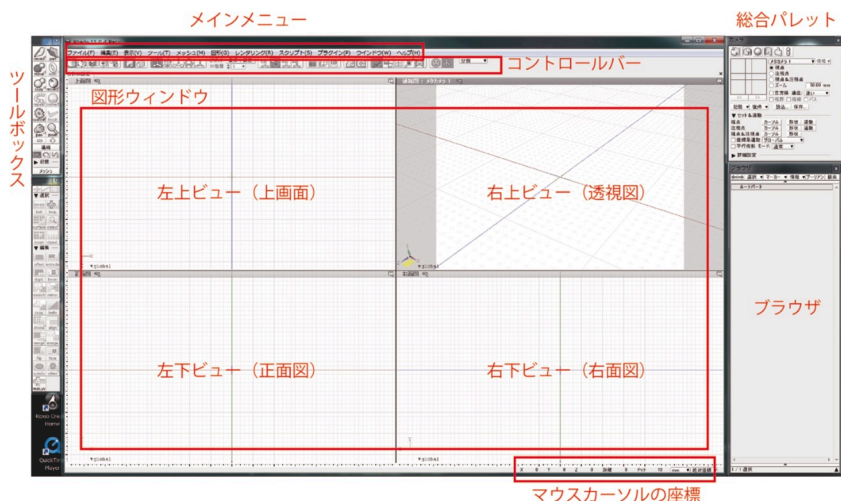


図 20 Shade 画面の名称

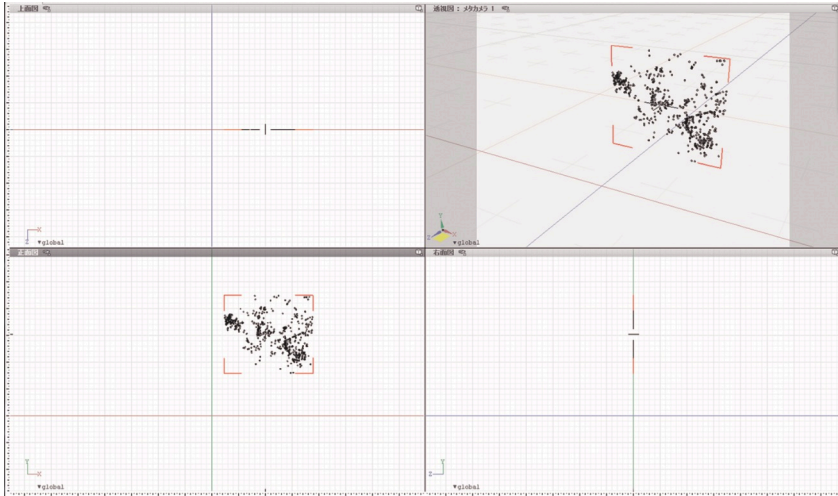


図 21 Shade によるイラストレータファイルの読み込み

なお、イラストレータ上のサイズが、そのまま Shade 上でのサイズになる。ただし、Shade の画面上のグリッドは、薄い線で描かれた 1 マスが 10 cm 角であり、イラストレータの A 4 用紙サイズ程度で作成した図形は、非常に小さく表示されるので、作業前に拡大する必要がある。

6-2 Shade における地盤データの 3 次元化

読み込まれたイラストレータファイルの図形は正面と平行に配置され、Z 軸（奥行き）方向は全て 0 になるので、上や横からみると一直線に見える。そこで、まず図形を上面と平行になるように回転させる。

ブラウザで、対象となるパートが選択されていることを確認してから、図形ウィンドウ上でマウスを右クリックしてメニューを出し、「移動」の「数値入力」を選択する。その後、対象となる図形をクリックするとトランスフォーメーションウィンドウが現れるので、X 方向の回転を「-90」と指定し「OK」を押すと（図 22）、地盤データが上面と平行になる（図 23）。

次に、この地盤データに厚みをつけ 3 次元化する。まず、ツールボックス



図 22 図形のトランスフォーメーションウィンドウ

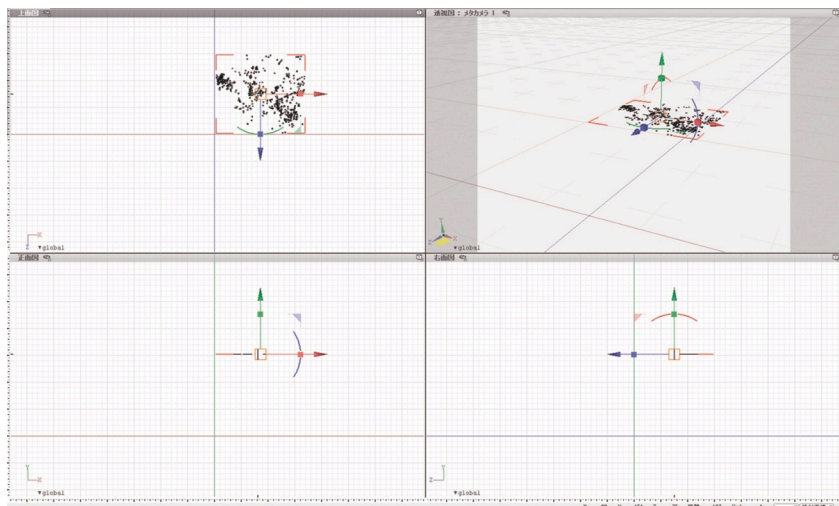


図 23 上面と平行になった地盤データ

の「solid」で「掃引体」を選択する。次に、左下ビューの正面図にある薄い地盤データを左クリックしながら上方向に引くと(図 24), 任意の厚みの3次元図形ができる。正確な厚みをもたせるには、総合パレットの「形状情報」でバウンディングボックスサイズの中央の数値を変更する(図 25)。なお、ここでは1mを3mmとして表現するため、「3」を入力する(図 26)。本稿で

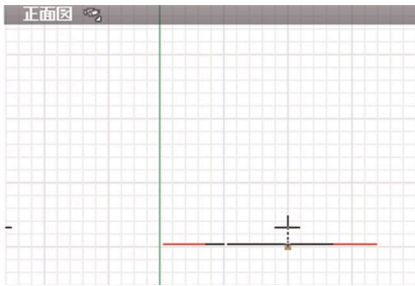


図 24 地盤データの 3 次元化

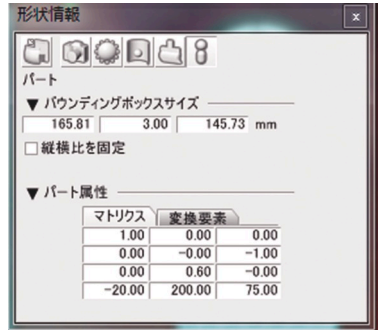


図 25 形状情報での厚みの設定

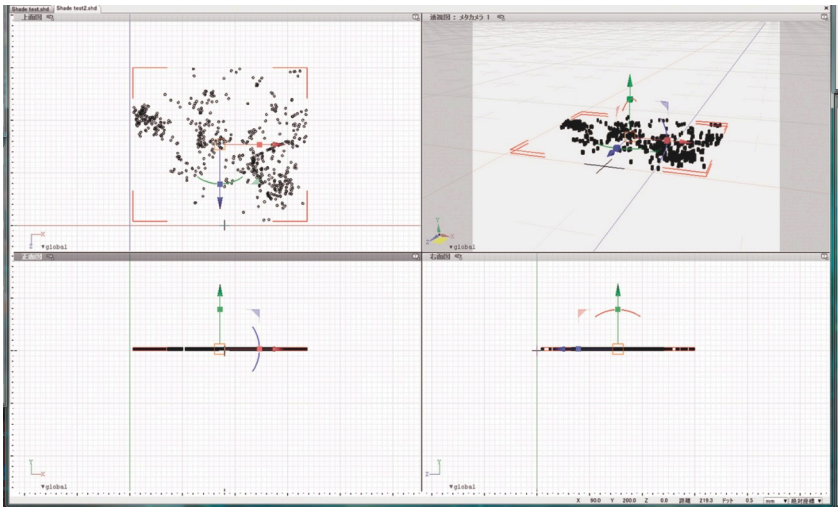


図 26 地下方向の 1 m を 3 mm で表現した地盤データ

は、作業速度の面から、このような方法を採用したが、メインメニューにおける「表示」の「形状情報」を選択し、出現したウィンドウにおける「掃引」の中央の数値に「3」を入力しても同じ結果となる（図 27）。

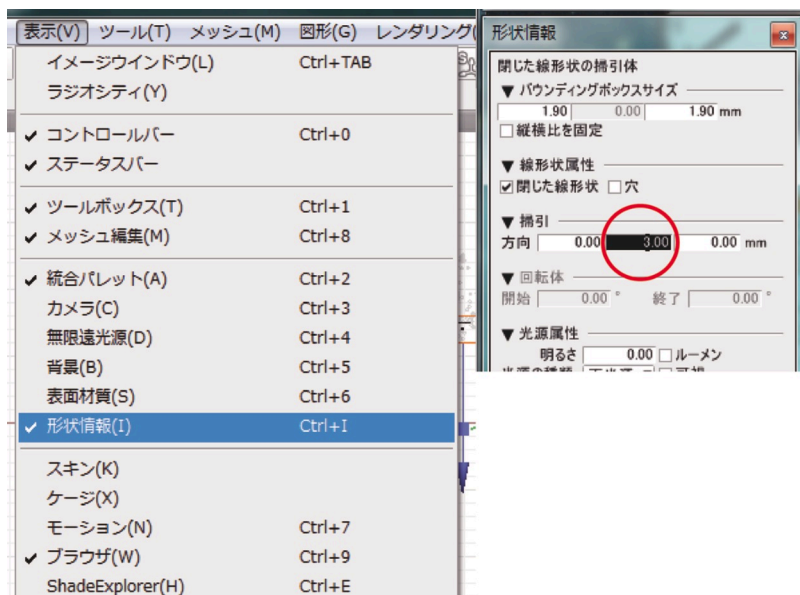


図 27 「形状情報」における「掃引」の設定

6-3 2 番目以降の地盤データの追加

ここまでは、深度 1 m の地盤データの読み込みと、3次元化を行った。これに、深度 2 m の地盤データを追加する。まず、前述と同じ方法で、深度 2 m のイラストレータファイルを読み込み、上面と平行になるように回転させる。次に 3 mm の厚みをもたせて3次元化する。ここで、形状情報ウィンドウにおけるパート属性の変換要素で、深度 1 m の図形と深度 2 m の図形の「移動」の中央の値が 3 mm ずれるように設定する(図 28)。こうすると、2 つの図形は垂直方向に隙間なく重なる。

また、水平方向にズレが認められるときには、ブラウザでいずれか片方の図形を選択し、キーとするボーリング地点を設定して、2 つの図形が重なるように移動させる。そのためには、事前にツールボックスにおける「zoom」の「ズームインモード」で上面図を拡大し、「pan」の「スクロールモード」で画面の設定をする必要がある。ここで、ブラウザで移動させる図形(パー

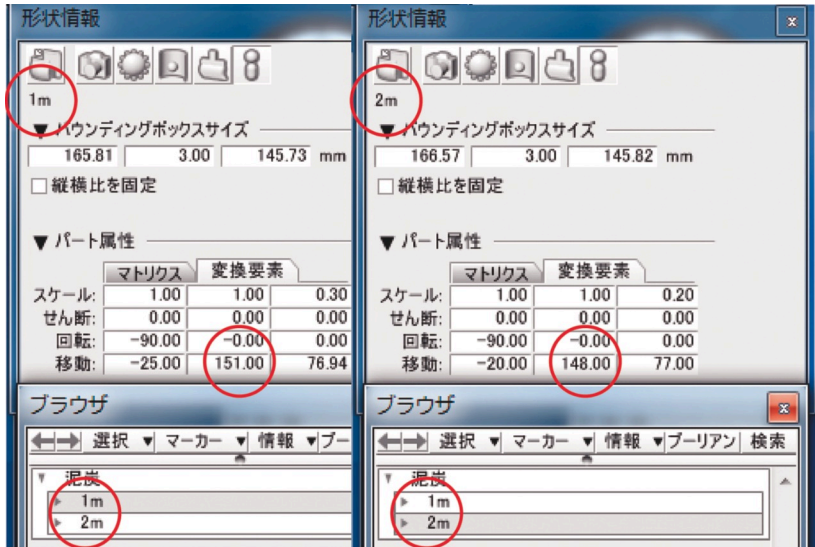


図 28 深度 1 m と 2 m の垂直方向の重なり

ト)を選択し、ツールボックスで「move」の「直線移動」を選択して、左上ビューで図形の移動を行う(図 29)。

以上のような方法で、深度 1 m から 15 m まで重ね合わせたものが図 30 である。さらに、深度 1 m の地盤データから 3 mm 上に、ボーリング地点、鉄道、方位記号および縮尺の 3 種類の図形データを加える。なお、ブラウザで各パート名を、図形の種類に合わせて変更しておく(図 31)。

ここで、図形ウィンドウ上で色を確認するために、メインメニューにおける「図形」の「表示モード」を「テキストチャ」に変更する。さらに、ブラウザのパートを選択してから、メインメニューにおける「表示」の「表面材質」を選択し、表面材質ウィンドウにおける基本設定の拡散反射の色を指定すると、パートの図形が指定の色に変わる(図 32)。ここで、本稿は、深度 1 m～5 m を黄色、6 m～10 m をオレンジ色、11 m～15 m を赤色、地表のボーリング地点を青色、鉄道と方位記号・縮尺を灰色に指定する。なお、ブラウザの右下にある三角形のマークでパートの情報表示を切り替えることができ、これ

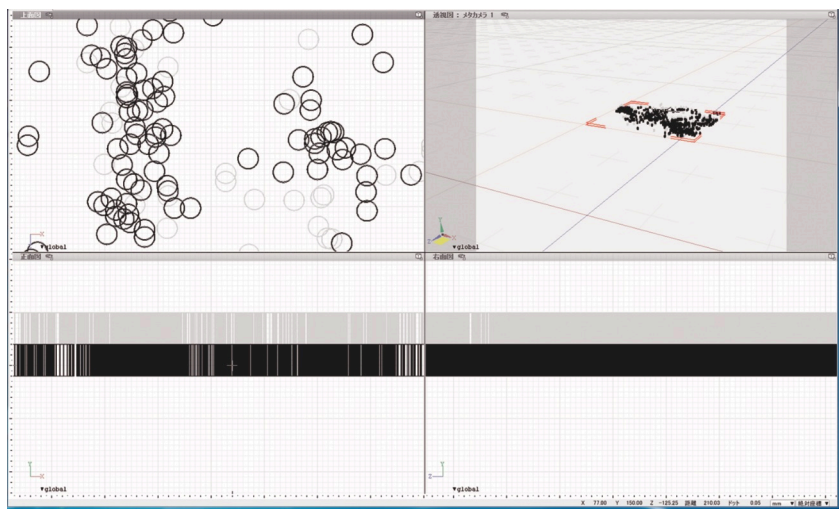


図 29 深度 1 m と 2 m の水平方向の重なり

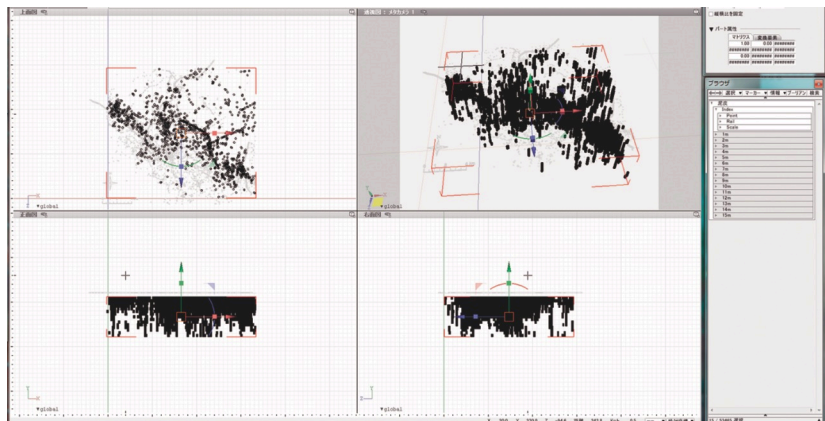


図 30 深度 15 m までの 3 次元化した地盤データ

によってパートの色を確認したり、表示の有無を切り替えたりできる。

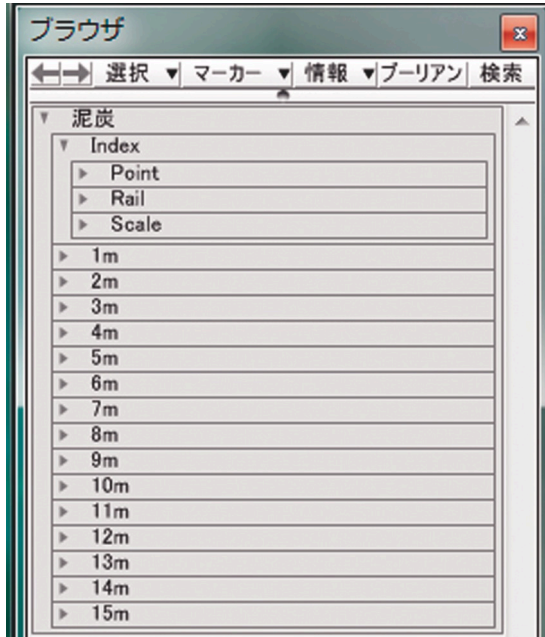


図 31 パート名の変更

6-4 3次元図の作成

ここで、これまでに作成したデータを基に、地盤に関する3次元の静止画を描画する。まず、メインメニューで「表示」の「カメラ」を選択し、カメラウィンドウを呼び出し、構図を決定する（図33）。

このカメラウィンドウでは、カメラ操作を「視点」、「注視点」、「視点&注視点」、「ズーム」の4つに切り替えできる。まず、「視点」は、カメラのある位置を決める操作モードで、対象の周りを回るようにカメラの位置決めを行う。「視点」ラジオボタンにチェックを入れ、ジョイスティックエリアの中央にマウスカースルを入れ、そこから上下左右にドラッグすると、対象との距離を一定に保ったまま、視点が対象の周りを回転移動する。

「注視点」は、カメラの位置はそのままに、対象が変化する操作モードである。ここでも対象とカメラの距離は一定で、ジョイスティックエリアの中央



図 32 表面材質による色指定とブラウザでの確認

にマウスカーソルを入れて上下左右にドラッグすると、対象はカメラの周りを回転移動する。

「視点&注視点」は、カメラも対象も同時に変化する操作モードであるが、両者の距離は一定である。ジョイスティックエリアの中央にマウスカーソルを入れて上下左右にドラッグすると、回転移動ではなく、水平・垂直な移動が行われる。

「ズーム」はカメラと対象の距離を操作するモードである。対象はそのまま、カメラがまっすぐ近づいたり離れたりする。ジョイスティックエリアで上へのドラッグはズームイン、下へのドラッグはズームアウトである。なお、左右のドラッグでズーム値が変化し、右へのドラッグで望遠、左へのドラッグ

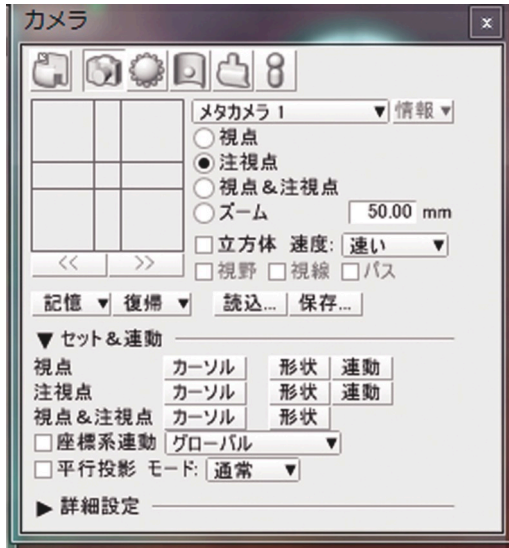


図 33 カメラの操作ウィンドウ

グで広角となる。このズーム値は「ズーム」の横に表示され、直接数値として入力することもできる。

構図を決定したら、レンダリングを行って静止画を作成する。まず、ブラウザで、すべてのパートを選択する。次に、メインメニューの「レンダリング」の「レンダリング設定」で画像の大きさを決定する(図 34)。ここではイメージウィンドウの「イメージ」で、幅 640 ピクセル、高さ 480 ピクセル、解像度 72 dpi を選択する。なお、Shade では製品により、設定できる最大ピクセル数に違いがある。最後に、イメージウィンドウの「レンダリング」をクリックするか、メインメニューで「レンダリング」の「レンダリング開始」を選択すると、静止画が作成される(図 35)。このイメージ画像を保存するには、イメージウィンドウの「保存」をクリックし、出現したウィンドウでフォルダとファイルの種類を指定した後、「保存」ボタンを押す。なお、保存できるファイルの種類も Shade の製品によって異なるが、BMP、JPEG、GIF、TIFF、PNG などの形式は全製品で対応している。なお、このブラウザで表

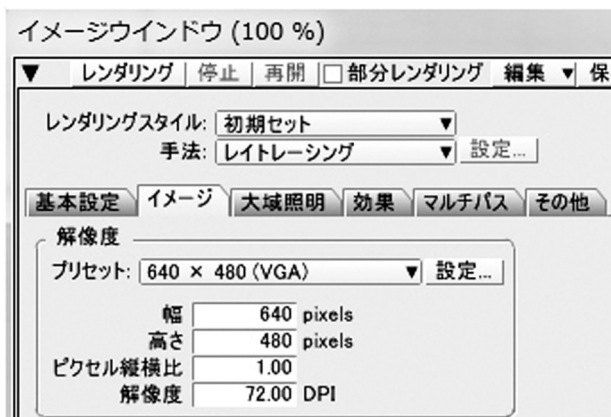


図 34 レンダリングのための画像設定

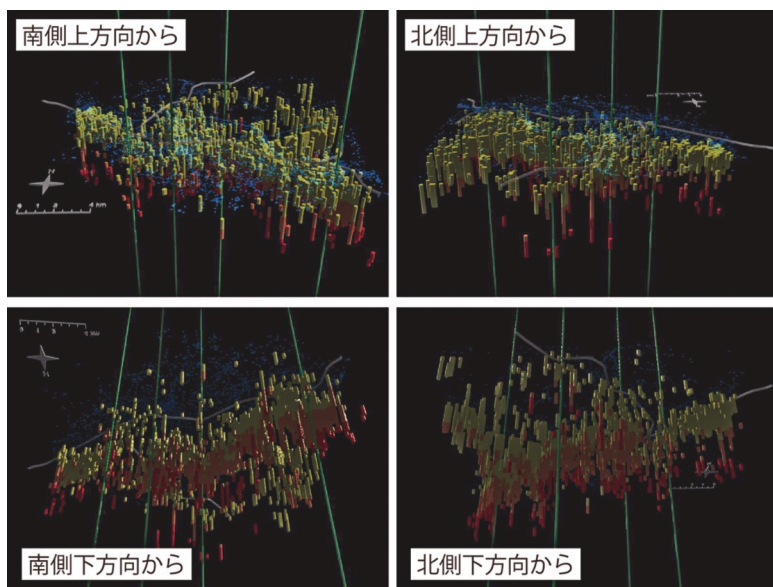


図 35 泥炭関係地盤の方向別 3 次元図

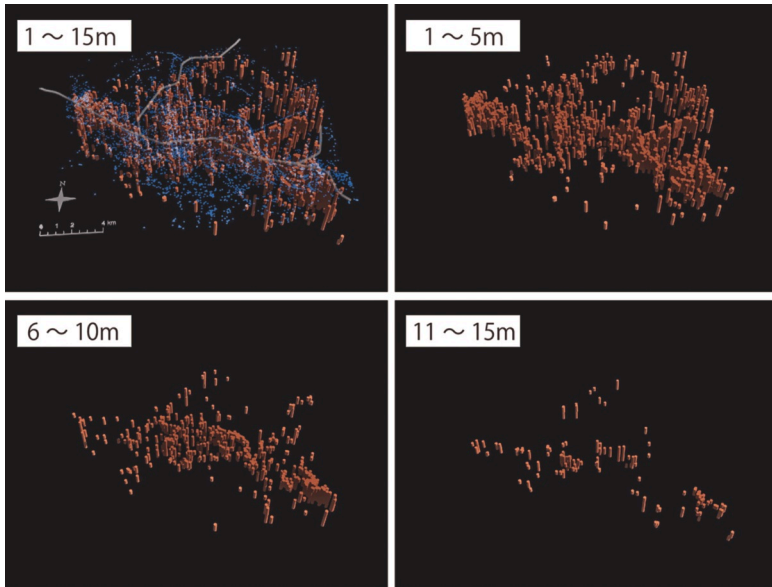


図 36 泥炭関係地盤の深度別 3 次元図

示の有無を設定し、一部分のパートのみで静止画を作成することも可能である（図 36）。

7. 地盤データに関する操作型および鑑賞型 3 次元教材の作成

7-1 QuickTime VR による操作型教材の作成

ここまでで作成した地盤データを、Shade で QuickTime VR として出力することにより、操作型の教材を作成することが可能である。QuickTime VR は、Apple 社の QuickTime プレーヤーで再生できるバーチャル・リアリティ（Virtual Reality）データであり、Shade はこの形式のデータを出力することができる。この QuickTime VR は 360° 様々な方向から対象をみてレンダリングした画像を組み合わせたものであるため、通常、非常に多くのレンダリングが行われ、データ作成に時間がかかる。

Shade で作成できる QuickTime VR には 3 つの種類がある。まず、「QTVR Panorama」は仮想空間を水平方向に 360° 見渡すことができるパノラマ映像が出力される。「QTVR Cubic」は仮想空間を全方向 360° 見渡すことができるパノラマ映像が出力され、「QTVR Panorama」と異なり、上下もみることができる。「QTVR Object」は、対象物を全方向 360° 回転させてみることができる映像を出力する。

出力のための操作は、メインメニューで「ファイル」の「エクスポート」の中の「QTVR Panorama」、「QTVR Cubic」、「QTVR Object」のいずれかを選択する。ここでは、札幌の地盤データを対象として外側から視点を移動させて観察することができるようにするため、「QTVR Object」を選択する(図 37)。そうすると、QTVR Object ウィンドウが現れるため、水平方向および垂直方向の分割数を指定する。両数値の積がレンダリングの回数とな

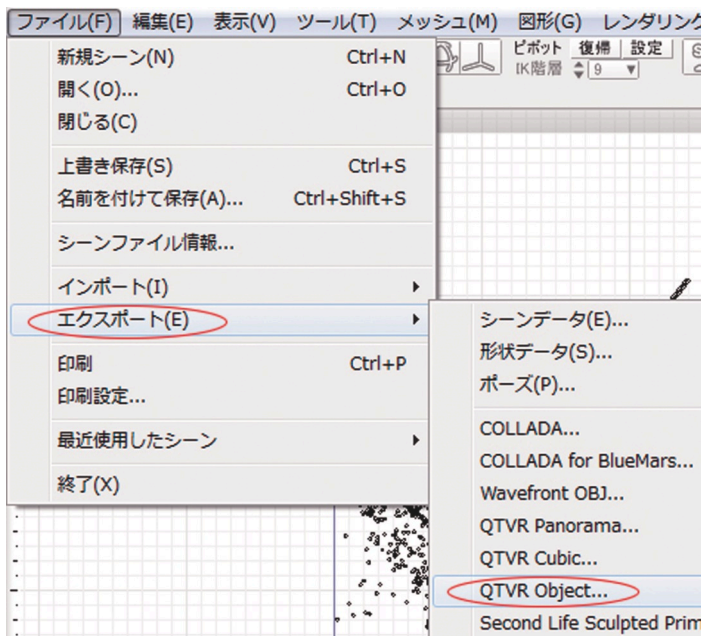


図 37 QuickTime VR 作成のためのメニュー

るため、多くなりすぎないように注意する必要がある。ここでは、デフォルト値である水平方向に「30」、垂直方向に「19」を入力し（図 38）、「OK」を押すと、QuickTime VR のデータが出力される。これを QuickTime プレーヤーで鑑賞することにより、札幌市の泥炭関係地盤の 3 次元的な分布を直感的に把握することができる（図 39）。

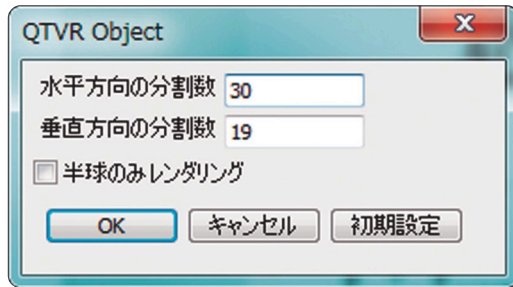


図 38 QuickTime VR の出力設定

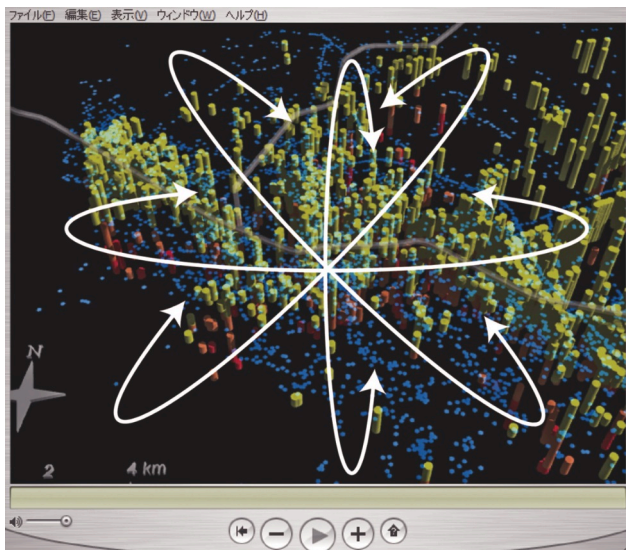


図 39 QuickTime プレーヤーで再生された泥炭関係地盤の 3 次元図

7-2 アニメーションによる鑑賞型教材の作成

地盤データの3次元データからアニメーションを作成することにより、鑑賞型の教材を作成することが可能である。これは、AVI形式やQuickTime形式のファイルとして作成されるため、音声や他の動画を付加するなどの加工がしやすい。

ここではShadeを用いて、札幌の地盤の3次元図を水平方向に360°回転させるアニメーションを作る。まず、ツールボックスの「part」で「回転」を選択し、正面図のウィンドウでマウスを上下にドラッグすると、上面図に円が描画される。地盤データをすべて内側に納められる程度の円が描画されたら、その円の中心を、回転の中心となる場所に移動させる(図40)。ここで用いる「回転」などパートを動かすための設定は、ジョイントと呼ばれるものであり、ブラウザでは図41のように表示される。なお、ブラウザでは、「回転」の中にすべてのパートが含まれるような階層構造となる。

次に、モーションウィンドウを使って、時間軸に沿った動きの設定を行う。メインメニューで「表示」の「モーション」を選択すると、モーションウィンドウが表示される(図42)。まず、ブラウザで操作対象となるジョイントである「回転」を選択し、それがモーションウィンドウに表示されているか確認する。このとき、「シーケンス」と「オートキー」にはチェックを入れておく。

開始点である0フレーム目の設定では、モーションウィンドウ上側のフレーム設定に「0」を入力し、左側のレバーでジョイント値を「-180」に設定する。これにより作成されるアニメーションは地盤データの北側からの視点により始まる。ここではテレビと同じく30フレームで1秒のアニメーションを作成することとし、30フレーム目で1回転を終えるように設定する。そのために、モーションウィンドウ上側のフレーム設定に「30」を入力し、左側のレバーでジョイント値を「180」に設定する。

ここで、アニメーションの画像設定を行う必要がある。データが多くなると、メモリ不足などの理由からアニメーション作成がうまくいかない場合がある。その場合には、メインメニューにおける「レンダリング」の「レンダ

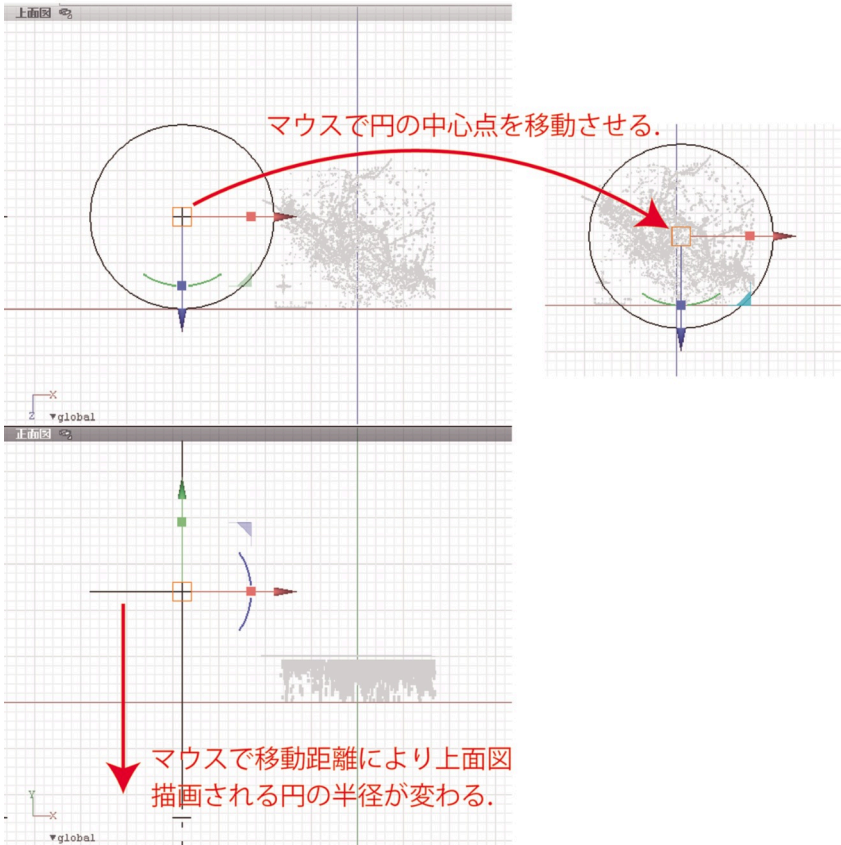


図 40 回転半径と中心点の設定

リング設定」で、レンダリングの「手法」を「レイトレーシング (ドラフト)」にしたり、「基本設定」の「面分割」を「粗い」にしたり、「イメージ」の解像度を小さくするなどの設定に変えるとうまくいくことがある。

設定が終了したら、モーションウィンドウ左上のマーカーをクリックし、レンダリングの設定画面を出す (図 43)。これまでにアニメーションを 30 フレームで設定したため「フレーム数」は「30」と入力する。また、ここでは 1 秒のアニメーションを 30 フレームで作成することになっているため、1 秒間

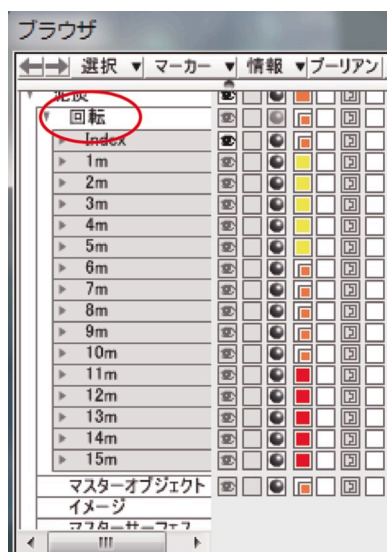
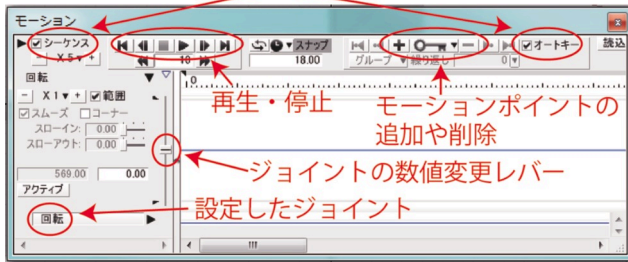


図 41 ブラウザにおける回転ジョイント

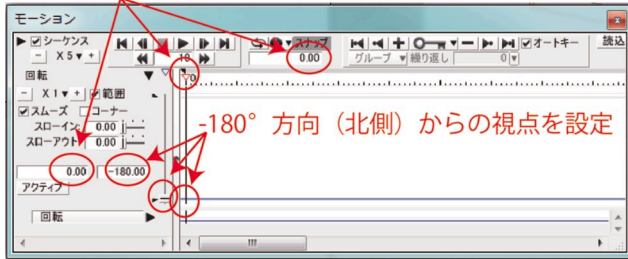
のフレーム数である「フレームレート」に「30」と入力する。そして、「アニメーションレンダリング」をクリックすると、「名前を付けて保存」ウィンドウが出るため任意のファイル名を付け、ファイルの種類を指定する。ここで「水平回転.avi」という名前を付け、AVI 形式を選択してから「保存」を押すと、「ビデオの圧縮」ウィンドウが現れる。ここで圧縮プログラムを「全フレーム（未圧縮）」にして「OK」を押すと、レンダリングが始まり、アニメーションファイルが作成される（図 44）。

ここからは水平方向だけでなく、垂直方向にも回転するように設定を行う。ツールボックスの「part」で「回転」を選択し、上面図のウィンドウでマウスを左右にドラッグすると、右面図に円が描画される。地盤データをすべて内側に納められる程度の円が描画できたら、その円の中心を、回転の中心となる場所に移動させる（図 45）。このときブラウザでは、新しい「回転」ジョイントの中に、水平回転を設定した前回の「回転」ジョイントが含まれるような階層構造となる。

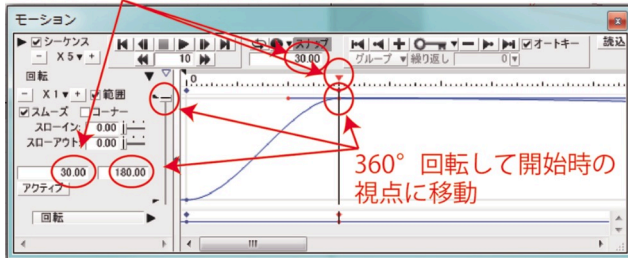
「シーケンス」と「オートキー」にチェックを入れる



0 フレーム目の設定



30 フレーム目 (1 秒後) の設定



操作の流れ

図 42 モーションウィンドウの設定

新しく作るアニメーションは2秒の長さで、最初の1秒で対象が水平に180°回転し、次の1秒で対象前面が上に90°回転するという内容である。まず、メインメニューにおける「表示」の「モーション」でモーションウィンドウを表示させ、その左上のマーカーをクリックして、レンダリングの設定画面を出した後、「フレーム数」に「60」と入力する。

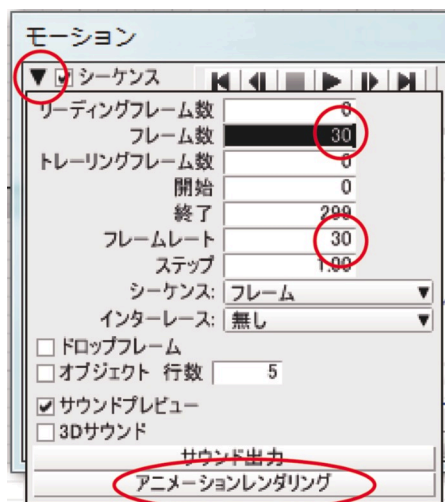


図 43 アニメーションレンダリングの設定

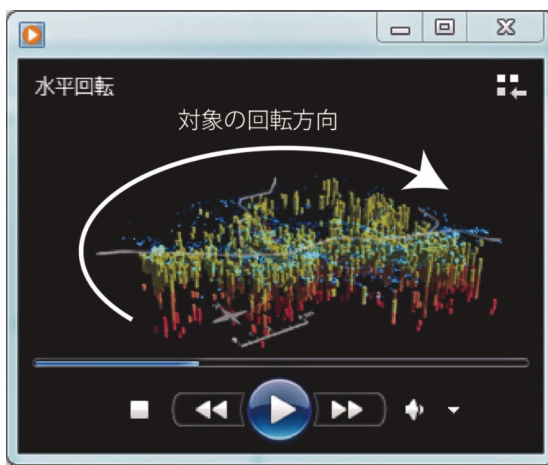
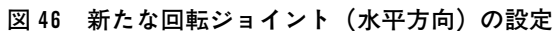
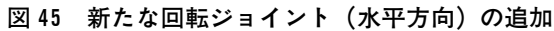


図 44 地盤データが水平に 360° 回転するアニメーション

モーシオンウィンドウの設定は次の通りである(図 46)。まず、新しい回転ジョイント(垂直方向)は、0 フレーム目と 30 フレーム目のジョイント値を

ブラウザにおけるジョイントの階層



— 196 —

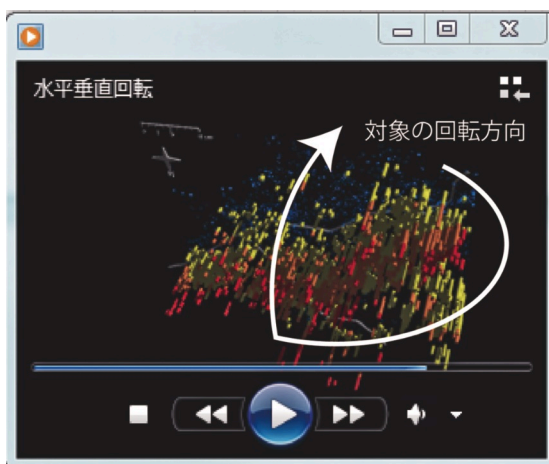


図 47 地盤データが水平・垂直方向に回転するアニメーション

レーム目を「0」に設定する。ここで、再びウィンドウ左上のマーカーを押し、「アニメーションレンダリング」をクリックすると、前回と同様の操作を経て、アニメーションファイルが作成される（図 47）。

8. 教材の教育効果

ここまでは、札幌市の地盤情報の3次元データ化と、操作型および鑑賞型の教材作成を行った。最後に、本章では作成した2種類の教材に関する教育効果について検討する。中学や高校の地理の教科書で、地形の説明などで3次元的に可視化した画像を用いているが、これは現実の世界に存在する地物は、2次元表示したものより3次元表示したものの方が理解しやすいことによる。3次元の地理教材は、静止画として見せるだけでなく、画像に様々な動作を加えて動画として使用した方が、その特性を有効に活用できる。

教材である3次元画像の動かし方としては、垂直的視点移動、水平的視点移動、垂直的および水平的角度変更があり、これらを併用することで複雑な動きを演出することが可能となる（図 48）。さらに、これらの動きを複合して、

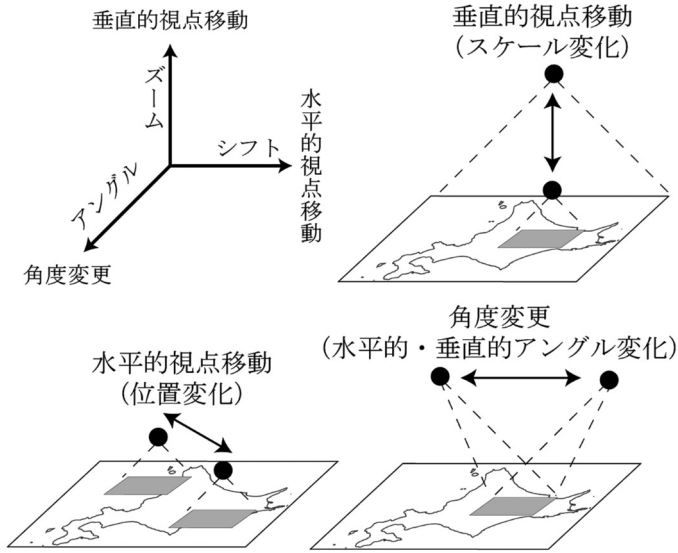


図 48 視点移動の種類

垂直的視点移動と水平的視点移動の複合，垂直的視点移動と角度変更，水平的視点移動と角度変更，3つの視点移動すべての複合という4種類の組み合わせを加えることで，一層多様な動きを見せることができる（橋本，2006）。

3次元的な地理教材としては，バーチャル・リアリティのように学生が自分で操作を行って画像を動かす操作型地理教材と，アニメーションのようにあらかじめ動きが設定された動画として学生に見せる鑑賞型地理教材とが考えられる。これらの方法には，それぞれ利点と欠点があり，3次元教材の動作の種類ごとに教育効果が違ってくる。

ここで操作型地理教材と鑑賞型地理教材との教育効果の相違を検討するため，2006年4月19日に行った両教材の活用に関する比較調査を用いて分析を行う。調査対象者は，北海道大学文学部で開講されている教職科目講義「人文地理学」の出席者93名である。これら対象者に操作型と鑑賞型の教材を見せて説明し，教材の特徴を理解させた後で，両教材の長所や短所，授業での使い分けなど，考えたことすべてを自由形式で記述してもらった。この

記述からキーとなる項目を抽出して、個人データを作成し、出現頻度などを算出したのが図49である。

その結果、操作型地理教材の長所としては、半数以上の者が「課題設定で自由度が高い」、「学生が興味を持ちやすい」と回答し、自分の意志で視点を移動させることが地理的興味につながると考えていた。また、学生個々が納得いくまで教材を操作できる事を長所として挙げる者も20%程度存在した。しかし、コンピュータ技術に関する学生の個人差により授業進行に支障がでる可能性から、30%程度の者が「作業に時間がかかる」や「体系的に学習しにくい」と回答した。さらに、意見の中には授業の進め方に関するものが20%程度含まれており、そのほとんどは鑑賞型教材を始めに見せて、その後に操作型教材を用いることが、最も教育効果が高いというものであった。

ここで、上記評価の間の関係を見る。図50は、任意の意見を記した学生の80%以上が、他の意見も記したという関係を、項目間の矢印によって表して

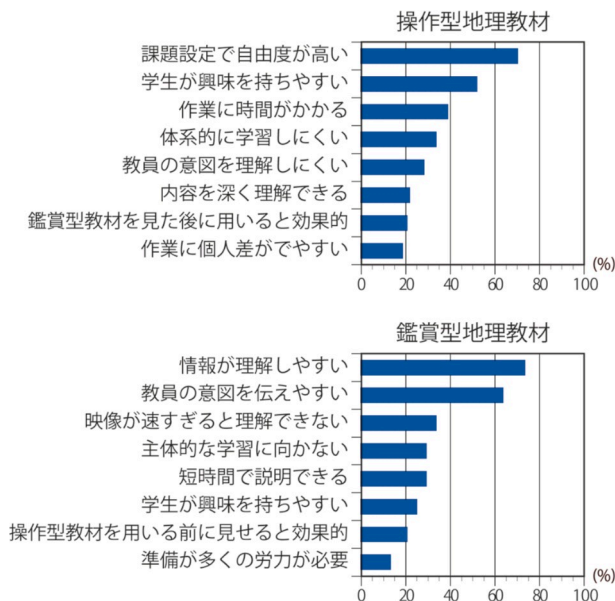


図49 大学生による操作型と鑑賞型の教材比較

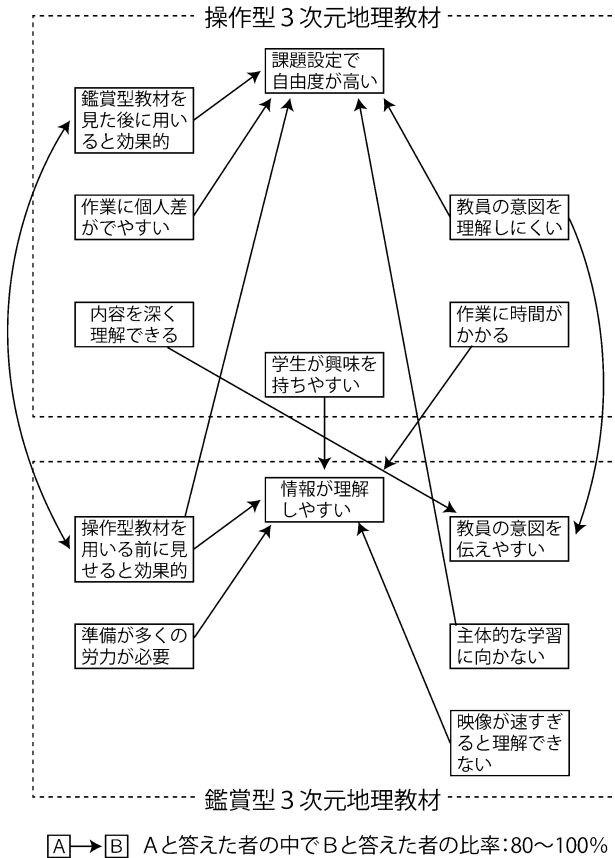


図 50 大学生による評価項目間の対応関係

いる。この図をみると、操作型地理教材では「課題設定で自由度が高い」に、鑑賞型地理教材では「情報が理解しやすい」に矢印が集中しており、これら項目が両教材の中核的な評価となっている。

さらに任意の学生が、いずれかの教材の長所や短所を判断する上で、他教材のどの評価項目と関連させて判断を行ったのかを検討するため、操作型教材の評価項目と鑑賞型教材の評価項目との対応をみると、ここでも「情報が理解しやすい」と「課題設定で自由度が高い」に多くの矢印が集っている。

この結果から、調査対象者は、「自由度が高く興味を持たせやすい操作型教材」と「理解させやすく意図を伝えやすい鑑賞型教材」という、2教材に対する基本的構図をもとにして回答したと考えられる。

以上の調査結果では、短時間で効率的に知識の伝達を行う鑑賞型教材と、時間はかかるが学生に何かを発見させ興味を育てられる操作型教材の効果の違いを明らかにした。

地理教育は、本来、「空間認識力の向上」、「地理的知識の蓄積」、「新たな地理的知識に対する関心や探求心の拡大」などの効果が関連しあうことにより効果が高まると考えられる。これに、本稿で作成した札幌市の3次元地盤データを当てはめると、次のようになる。

操作型教材は、どこに泥炭関係地盤が厚く堆積しているか、学生自らが教材を操作して観察することが学習の中心になり、そのために、まず3次元的な形状の認識能力を向上させることが必要となる。本教材の特徴として、様々な角度から納得がいくまで興味ある部分をみることができ、この操作によって学生は、地下にある泥炭関係地盤の3次元的分布を認識できるようになる。その結果、「泥炭関係地盤がJR 函館本線より北側の石狩低地に分布している」というような知識を蓄積したり、「なぜ当該地域に分布するようになったか」といった地理的関心を高めたりと、地理学の学習に関する効果が広がる(図 51)。

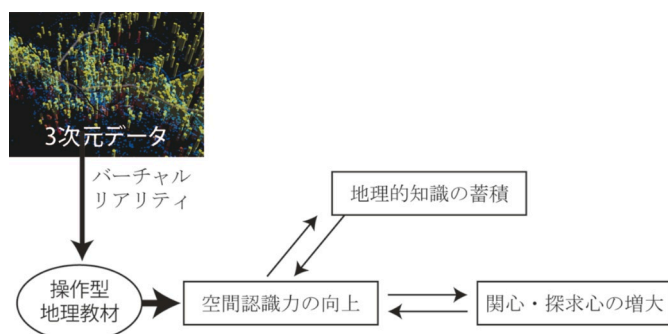


図 51 操作型地理教材の効果

それに対して鑑賞型教材は、どこに泥炭関係地盤が厚く堆積しているか、あらかじめ設定された動きをみたり、解説を聞いたりすることが学習の中心になる。その場合は、外部から提供される知識の吸収が行われ、3次元の形状の認識能力向上は、知識の提供に付加される効果という位置付けになる。すなわち、この学習により学生は、「泥炭関係地盤は深度6～7mまで広く分布していること」、「JR 函館本線の北側市街地に分布していること」、「特に白石区や厚別区など市街地の東部で深くまで泥炭関係地盤が堆積していること」などの知識の証明として、3次元図を理解することになる。この様に鑑賞型教材は、アニメーションなどで提供される知識の蓄積が起点となり、3次元的な空間認識力が向上したり、地理的関心を高めたりする効果がある(図52)。

しかし、いずれも起点となる効果から、他の効果を生起させるだけでは、「空間認識力の向上」、「地理的知識の蓄積」、「関心や探求心の拡大」が一体となって循環するような高い総合的效果を得るのに不足がある。そこで図53のように、操作型地理教材と鑑賞型地理教材の併用により、操作型教材が「空間認識力の向上」、鑑賞型教材が「地理的知識の蓄積」と2つの起点を作ることができれば、それによって他の効果が重なり合って生起し、これらが一体となって循環することで、高い学習効果が期待できると考えられる。例えば、「泥炭関係地盤が JR 函館本線の北側市街地に分布しており、特に白石区

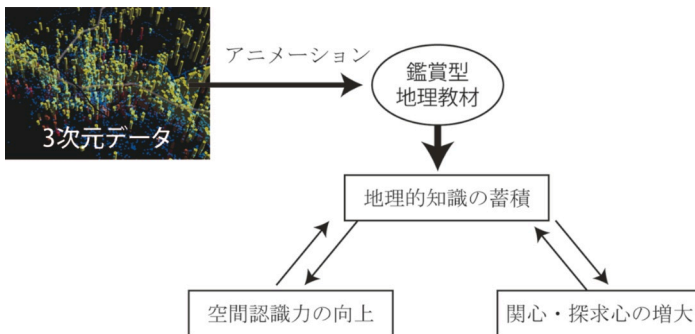


図 52 鑑賞型地理教材の効果

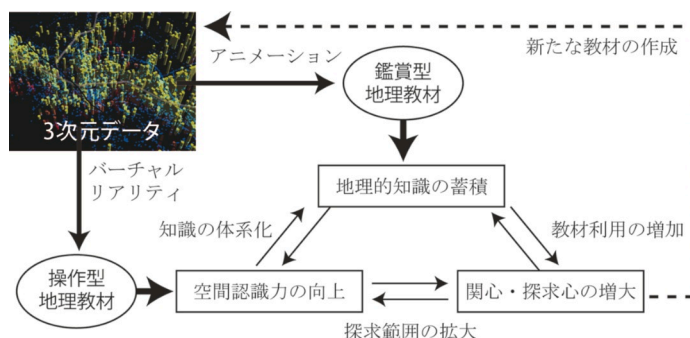


図 53 操作型・鑑賞型教材併用の効果

や厚別区など市街地の東部で深くまで分布している」という説明とともに鑑賞型教材をみせた場合、地理的知識の蓄積が行われ、その後、操作型教材で当該地域の3次元分布を学生個々の操作で納得するまで観察させれば、操作型教材のみによる学習よりも効率的に空間認識力を向上させることができる。これら両教材の効果の相互作用は、単体の教材よりも教材に対する理解を深め、地理的関心や探求心を拡大させやすいと思われる。この様に関心や探求心が一層高まれば、新たな教材の希望や発想が得られ、さらに効果的な教材開発の契機となる可能性が生じる。地球の姿を様々なスケールで観察し、議論する契機を与える3次元地理教材は、このような循環を授業中に作り出すことで高い教育効果が期待できると考えられる。

9. おわりに

本稿はGIS、3次元グラフィック、バーチャル・リアリティのソフトを連携させた3次元地理教材の作成方法を提案し、その効果に関する考察を行った。そのために、札幌市を対象とした泥炭関係地盤の3次元データを利用した。地理教材の作成に関しては、まず、GISで地盤情報データを空間データ化し、それに対して3DCGソフトで3次元的な可視化を行った。さらに、それを基に、バーチャル・リアリティによる操作型教材と、アニメーションに

による鑑賞型教材を作成した。さらに、学生への調査結果から、両教材の特性について検討し、教材としての有効性について考察を行った。

本研究で行ったのは、バーチャル・リアリティやアニメーションに関する教育効果を検討することであったが、今後は Lobben (2003) のようにコンテンツの内容による効果を詳細にみることも必要と考えられる。これらの立場を統合し、画面動作と内容との組み合わせを検討することにより、細かな教育目的に対応した適正な効果を取得できるものと思われる。

また、本稿で検討した操作型教材や鑑賞型教材は、e-ラーニングの素材として活用できる。これらの教材は、スマートフォンやハンドヘルド PC などによる活用も可能なため、地理学の野外実習など広範囲での教育利用が期待できる。

注

- 1) このデータは、地盤工学会北海道支部 Web サイトにて購入可能である。
(<http://www.jiban.or.jp/organi/shibu/hokkaido/hokkaido.html>)
- 2) ボーリングデータの座標系検証方法は次の通りである。まず、北海道地盤情報データベースに収録されている、ボーリングデータの位置を示すポイントデータ「bo.shp」と 1 次メッシュマップ「mesh1.shp」を ArcGIS で表示させる。続いて、ESRI 社の公式サポート Web サイトよりダウンロード可能な標準地域メッシュ・ポリゴン作成ユーティリティにより生成した 1 次メッシュコード「6441」のメッシュマップを表示させる。なお、測地系は日本測地系のものを選択する。投影法が定義されていない本データベースに収録されているメッシュマップとは異なり、投影法は地理座標系で定義されている。このため、投影変換を行うことによって他の座標系の地図と重ね合わせることが可能である。ここで、まず ESRI のユーティリティにより生成したメッシュマップを、地理座標系から日本測地系の UTM 座標系第 54 帯に変換する。ArcToolbox から「データ管理ツール」を選択し、「投影変換と座標変換」、「フィーチャ」、「投影変換 (Project)」の順に選択する。次に、入力データセットに「札幌 1 次メッシュ 6441 日本」を入力すると、入力データの座標系と出力データセットが自動的に入力される。出力座標系は、「日本周辺座標系」、「投影座標系」、「UTM 座標系」、「Tokyo」の順にフォルダを選択していき、「Tokyo UTM 第 54 帯 N.prj (日本測地系 UTM 座標系第 54 帯)」を選択する。変換結果をみると、北海道地盤情報データベースに収録されているメッシュマップと、ESRI 社のユーティリティにより生成したメッシュマップが重

なっている。これより、北海道地盤情報データベースに収録されているメッシュマップに収録されている GIS 用の地図は、日本測地系の UTM 座標系第 54 帯であることが明らかとなる。しかし、メッシュの角の部分や左右の辺では正確に重なっているものの、上下の辺では若干のずれがみられる。これは、当該データベースの空間データが、既存の紙地図をもとにして作成されたためであると考えられる。

- 3) フォルダ内の CSV ファイルをファイル容量でソートし、最も大きなファイルサイズの CSV ファイルを開くと、122 行目まで数値が記入されていたため、このファイルの情報が余裕をもって収まるように、1 ファイルに対して 150 行を割り当て、ファイルの結合を行う。
- 4) ファイルの行数が膨大になることから、途中で作業が止まってしまうことがある。その場合は別途ファイルを作成し、マクロの 4 行目の数値を作業が止まった時点のファイルの数値に変更して、結合作業を再開する。

参考文献

- 橋本雄一 (2006) : バーチャル・リアリティおよびアニメーションによる 3 次元地理教材の開発と利用. 北海道地理, 81, 1-18.
- Ellis, S. R. (1991) Prologue. Ellis, S. R., Kaiser, M. K. and Grunwald, A. J. eds.: *Pictorial communication in virtual and real environments*. Taylor & Francis.
- Lobben, A. (2003) Classification and application of cartographic animation, *The Professional Geographer*, 55, 318-328.
- McKechnie, G. E. (1977) Simulation techniques in environmental psychology. Stokols, D.: *Perspectives on environment and behavior: theory, research, and applications*, Plenum.
- Weisman, G. D., O'Neill, M. J. and Doll, C. A. (1987) Computer graphic simulation of wayfinding in a public environment: a validation study, *Environmental Design Research Association Proceedings*, 18, 74-80.