

FOSS4Gを利用した ベトナムの都市変容と持続可能性

2015.01.29

大阪市立大学大学院創造都市研究科 米澤 剛

現在の研究プロジェクト

現在進行している研究プロジェクト

- 「水環境モニタリングからみる紅河流域都市の変容と持続可能性ーハノイを中心としてー(2012-2015年)」
(文部科学省科学技術研究費基盤研究A:研究代表)
- 「Project on Sustainable Development of River Basin in Vietnam(2012-2018年)」
(ベトナム政府教育訓練省日本-ベトナムマッチングファンドプロジェクト:研究分担者)

はじめに

- ベトナム研究関連コミュニティ(日本 - ベトナム空間情報学コンソーシアム:JVGC)をはじめとした、さまざまな分野の国内外の研究者が参加している学際的研究プロジェクト
- コア研究の一つは、ベトナムのハノイという都市を一つの空間として捉え、その空間を構成するさまざまな空間情報(歴史、社会、自然...)を情報学的手法を用いて統合し、都市の過去、現在、将来を考える研究
- オープンソースのGIS(地理情報システム)や関連ツールをデータ作成、分析、管理に導入(オープンソースアプローチ)

ハノイ(ベトナム)の位置



ハノイ市(ベトナム社会主義共和国)

- 首都
- 人口: 623万2940人(2008年)
〔大阪市: 268万3417人(2013年)〕
- 面積: 3,345 km²(2009年)
〔大阪府: 1,899km²(2013年)〕

ハノイの自然環境



(引用: Google)

- 紅河デルタと呼ばれる沖積地の上に形成された都市
- ハノイは「河内(Ha Noi)」という漢字に由来
- ハノイの北側と東側には巨大な紅河が流れ、西側と南側にはその支流であるトーリック川とニュエ川が流れる
- ハノイは川の中にある、川に囲まれた都市
- 古くから堤防の決壊による洪水被害に悩まされていた



1926年の
ハノイ大洪水
(大田、2008)

研究対象地域(ハノイの都市域)



ハノイ(ベトナム)の主な歴史

- 7C初頭: 中国(唐朝)の統治下
- 1010年: ベトナム李朝がこの地(現在のハノイ)を都とし、「タンロン(昇竜)」と呼んだ
- 1884年: フランスの統治下(約80年間)
- 1976年: 南北統一後、ベトナム社会主義共和国が誕生
- 2010年: 建都1,000周年を迎えた

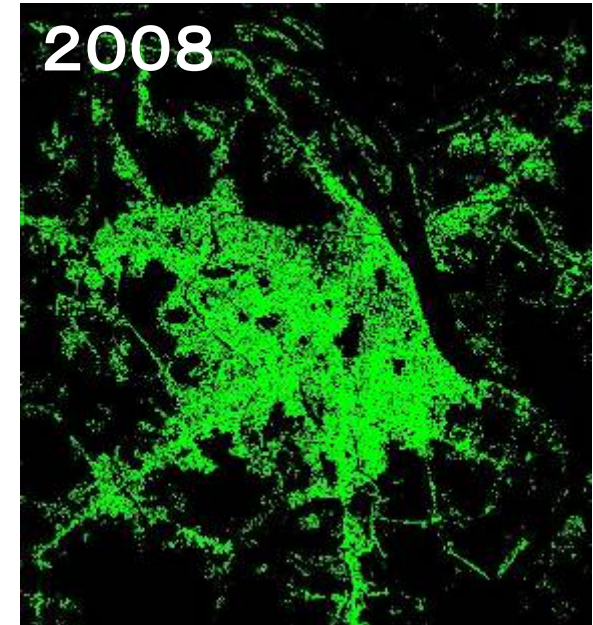
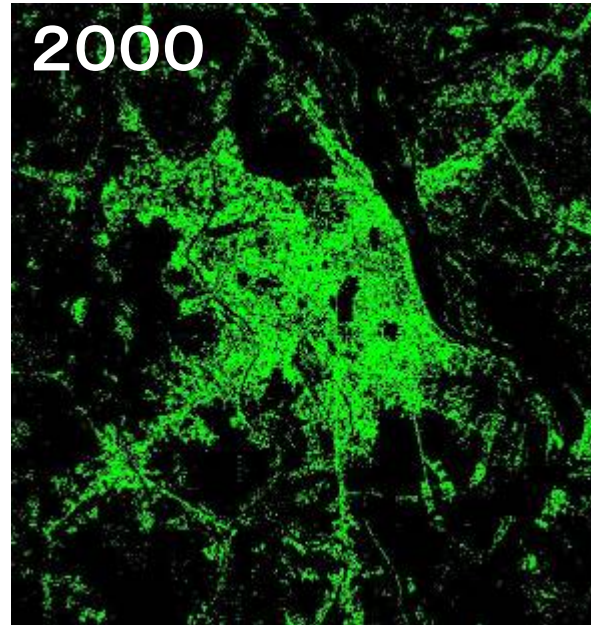
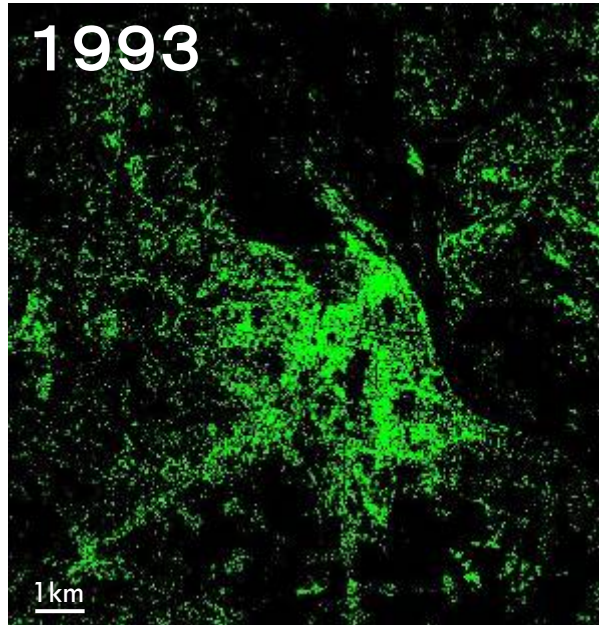


碑文



給水塔
(フランスによる建造物)

ハノイの都市発展



オープンソースGIS(GRASS GIS)を用いた
Landsat衛星画像によるハノイの都市化

ハノイは東南アジアの中でも急成長した都市の一つである

現在のハノイ

- 都市のインフラが追いつけずに様々な都市環境問題が頻発
 - ・ 洪水や内水氾濫
 - ・ 地盤沈下(建物沈下)
 - ・ 地下水汚染
 - ・ 交通渋滞
 - ・ 大気汚染
 - ・ ゴミ問題
 - など

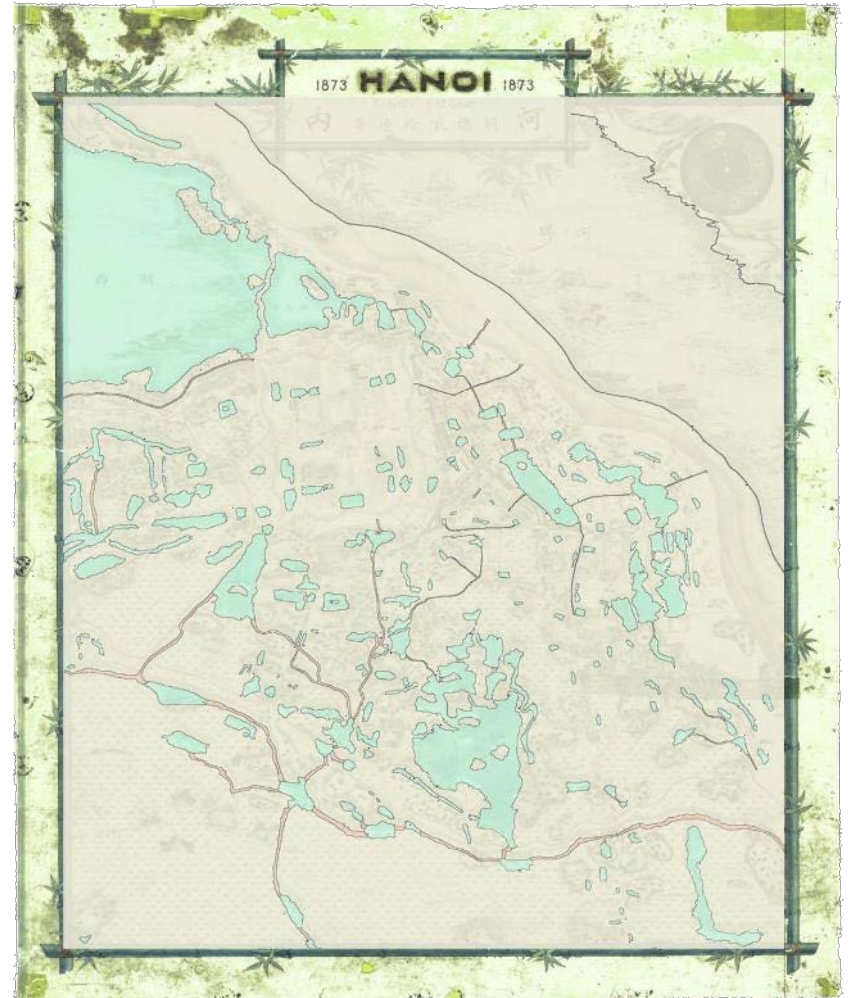


ハノイの今と昔

水域面積の減少



IKONOS衛星画像(2005年)



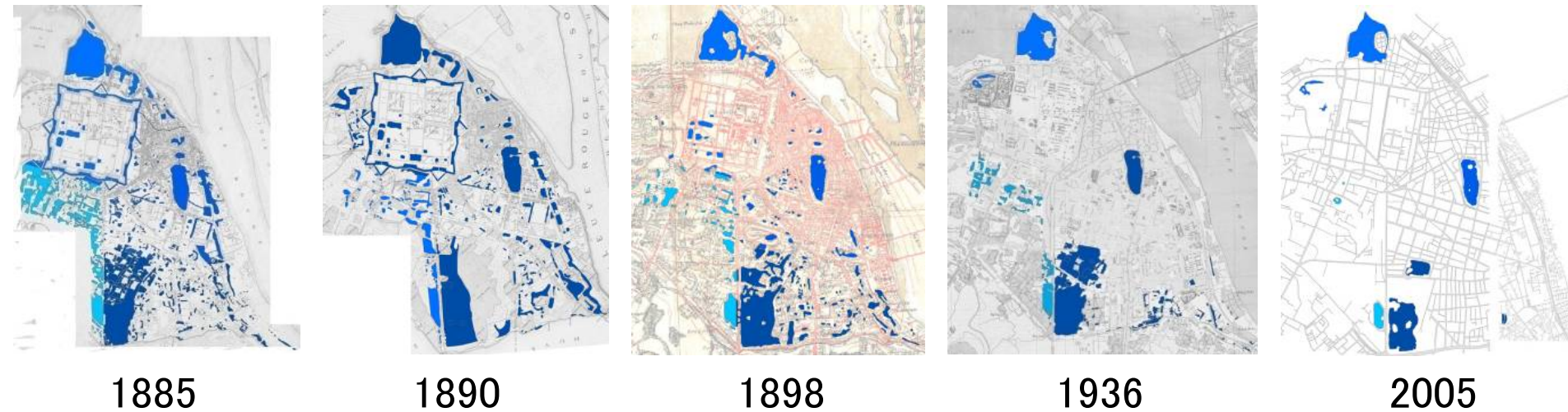
古地図(1873年)

ハノイの都市変容

歴史学からの見解

- ハノイはベトナムの阮(グエン)朝時代(1802-1945年)にフランスの統治下(1884~1945年)にあり、フランス政府の都市計画により、著しい都市発展を遂げた(桜井ほか、2007)
- 不断の埋め立てによる都市の拡張

情報学的手法による検証



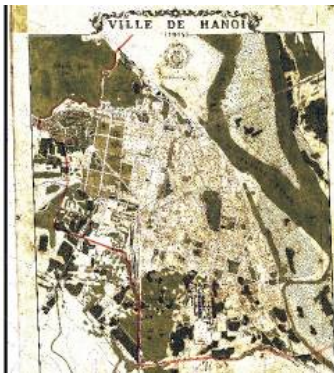
ハノイ都市域における水域変化(柴山、2012)

ハノイの都市変容と地形変化

- 地形の変化(池や沼の埋め立て)が最も顕著
- 空間的な(3次元的な)地形の変化を把握
- 地形情報が必要(地形図や標高測量)
 - 歴史地図は多く残っているが、地形情報が記載されたものはほとんどない



1902年



1915年



1925年



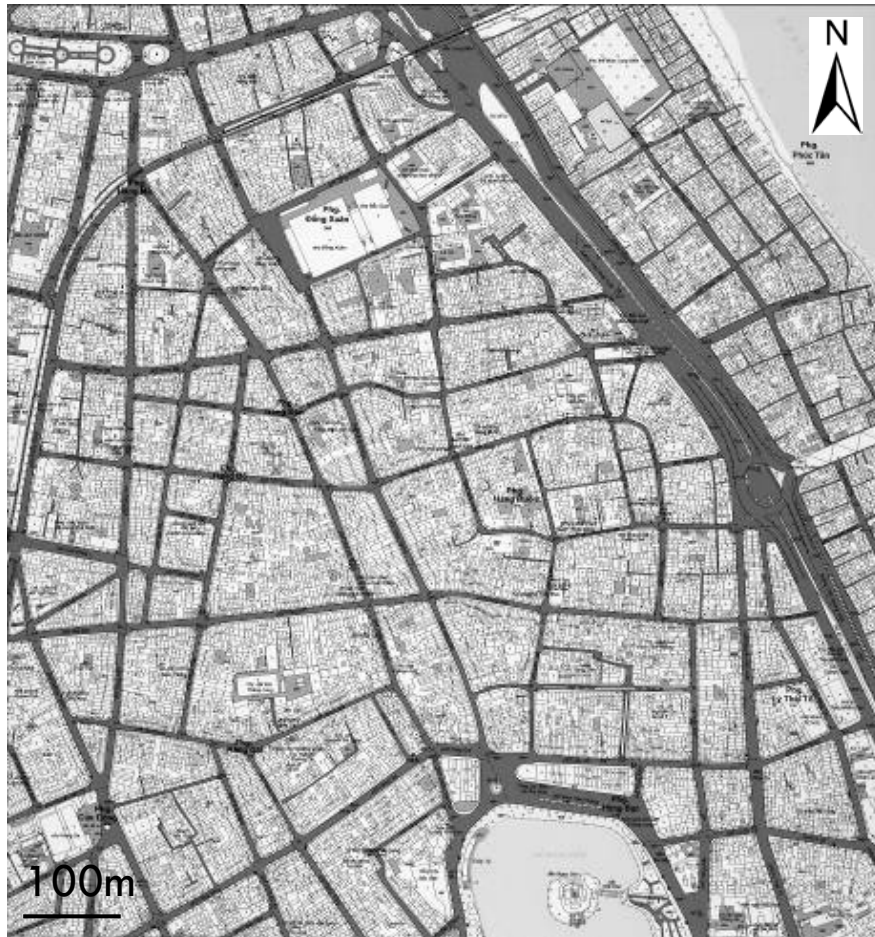
1936年



1958年

数多く残る歴史地図(古地図)

地形データの作成1



ハノイ都市計画地図

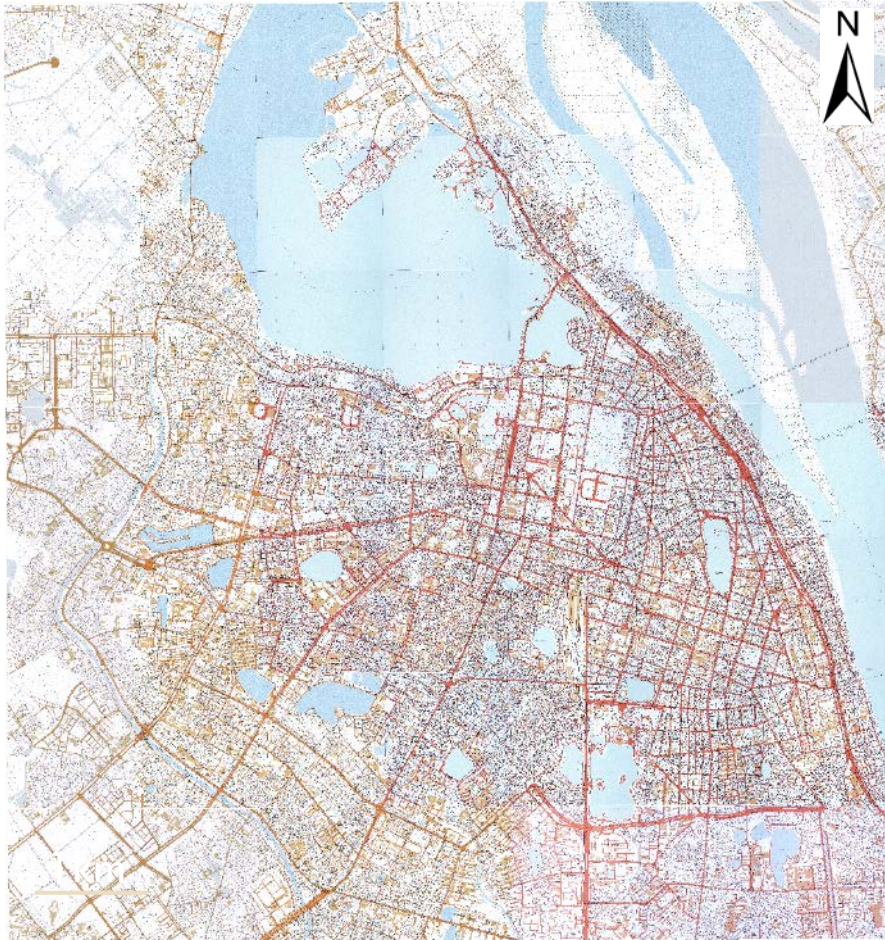
- 2005年作成(ハノイ市)
- 紙地図(縮尺:1:2,000)
- 地図枚数:49枚(紙地図)
- 記載事項:標高測量点、
建物階数など



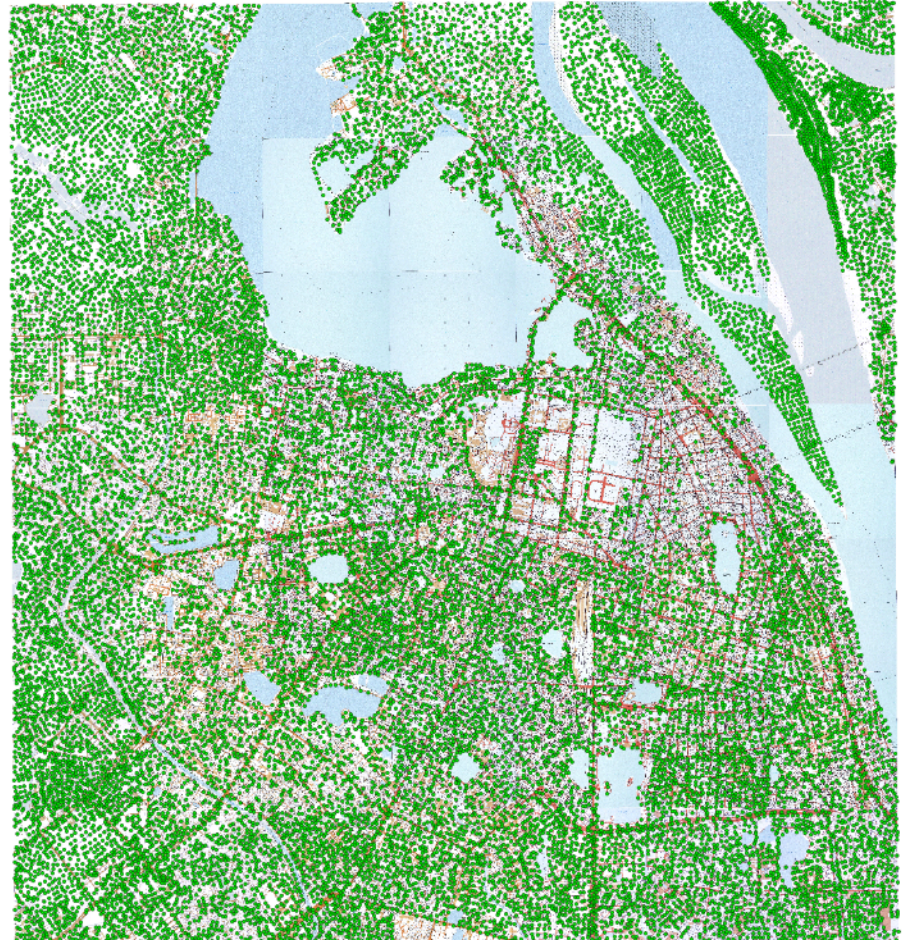
ハノイ都市計画地図の例
(ハノイ鉱山地質大学より提供)

記載された標高測量点

地形データの作成2



対象地域(東西7km × 南北9km)



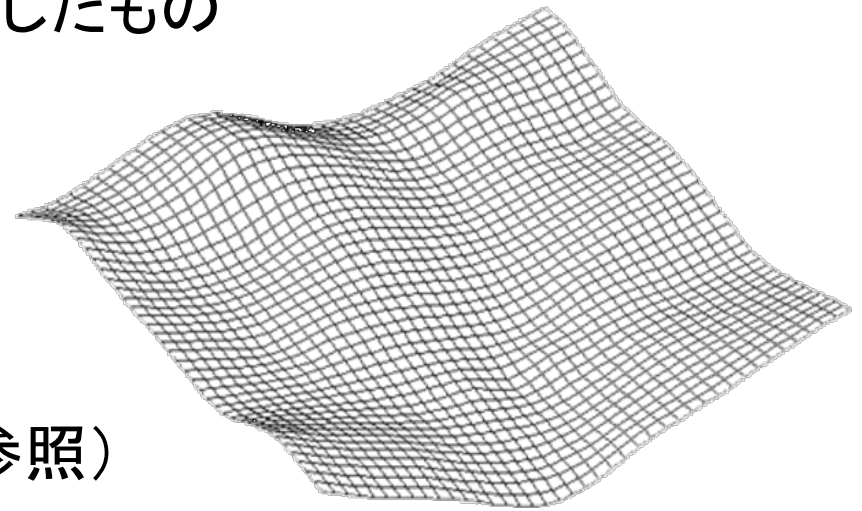
標高測量地点●(16,745地点)

地形データの作成3

デジタルの地形データは、DEM(数値標高地図)と呼ばれ、格子の交点の標高値で曲面を近似したもの

DEMの作成手順

1. ポイントデータ(x, y, z)の入力
 - ・ 16,745点のデータ入力
 - ・ 座標変換(地図の4隅の座標参照)
2. ポイントデータを用いた地形面の推定
 - ・ 地形面の推定プログラム(野々垣ほか,2008)を使用
3. DEMの出力
4. DEMの可視化 → オープンソースGISソフトを利用



地形データの出力

出力結果

格子数 3211 × 4026

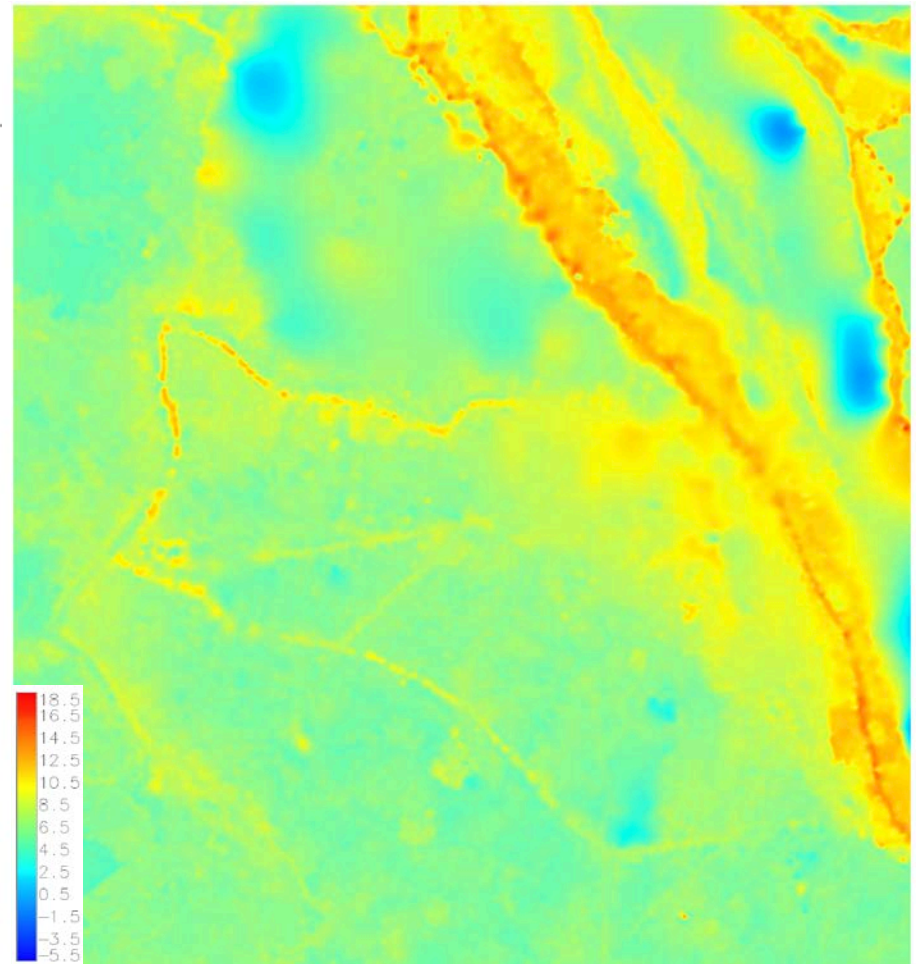
格子間隔(解像度) 2 m

等高線間隔 0.5 m

平均誤差
(データ1点あたり) 0.024 m

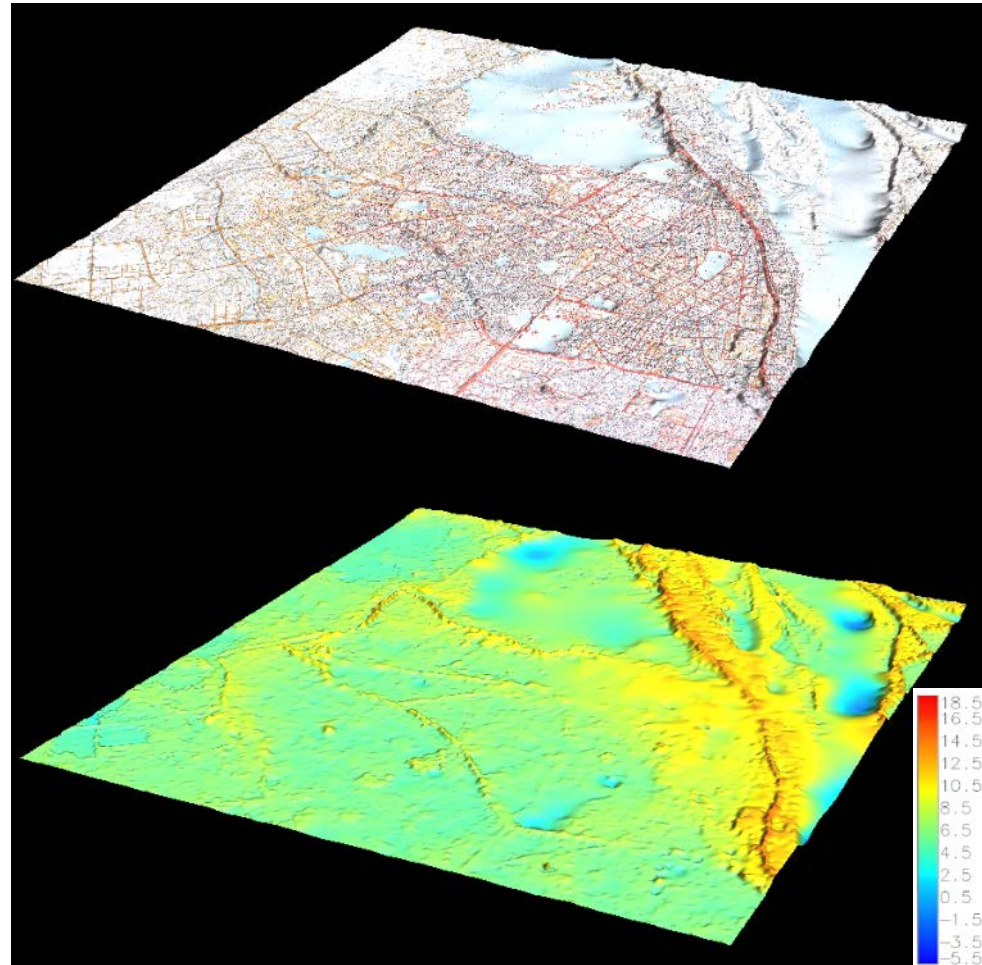
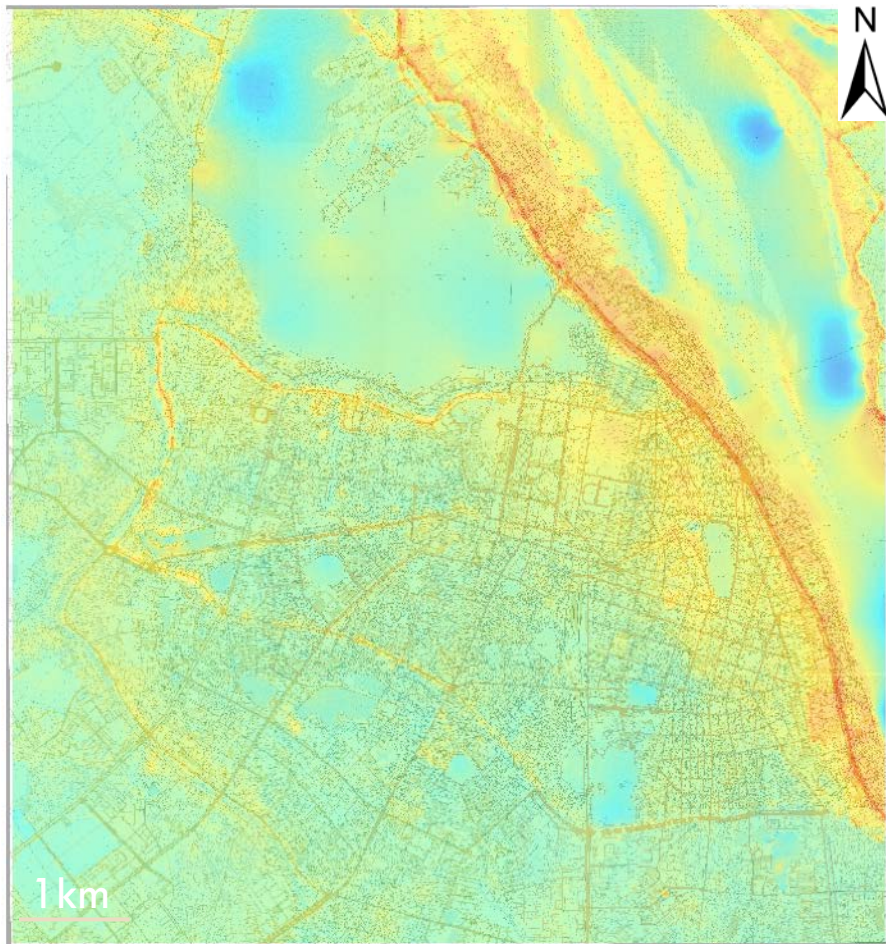
国土地理院提供の(国内)DEM
よりも高精度のDEM

対象地域(東西7km × 南北9km)



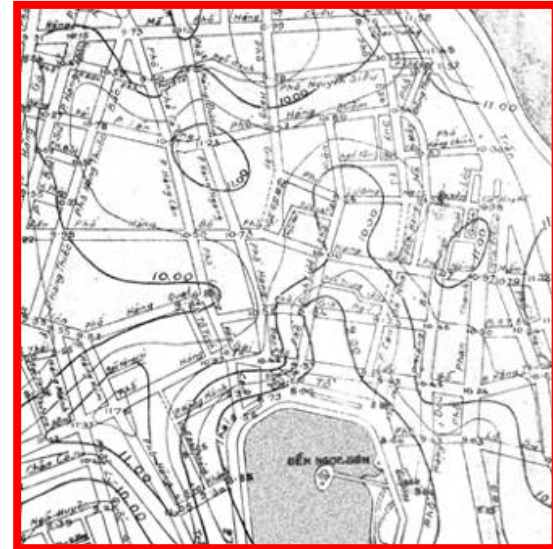
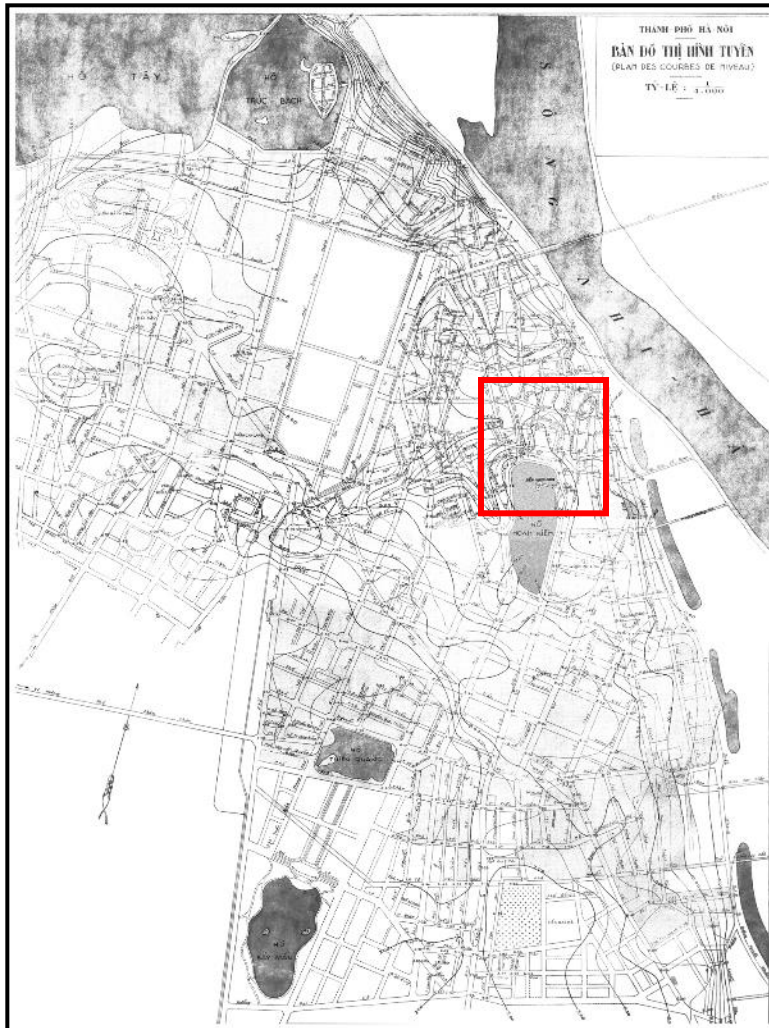
推定した地形データ(DEM)

地形データの可視化



オープンソースGIS (GRASS GIS) を用いた
可視化例 (左: 重ね合わせ、右: 3次元表現)

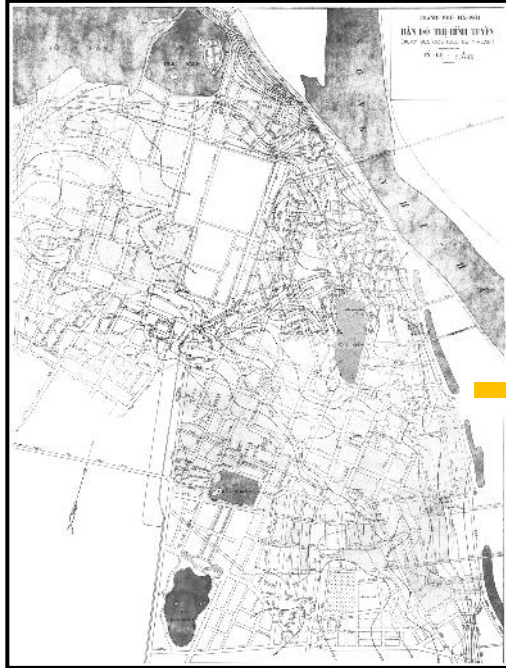
地形データの活用1



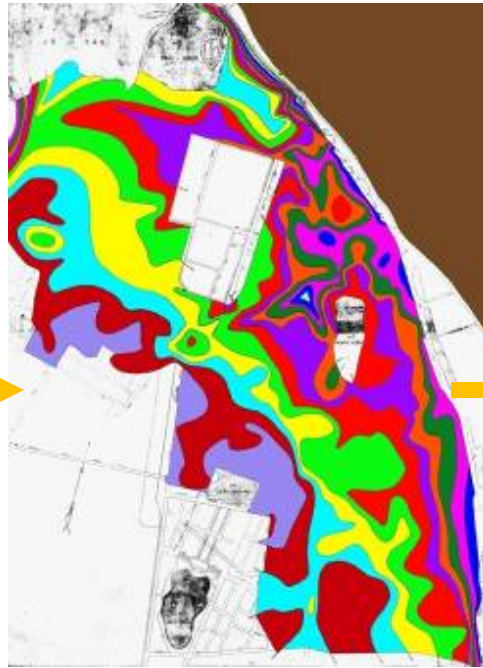
フランス国会図書館所蔵地図

- 1950年作成(フランス政府)
- 紙地図(縮尺:1:4,000)
- 地図枚数:1枚
- 記載事項:0.5m等高線

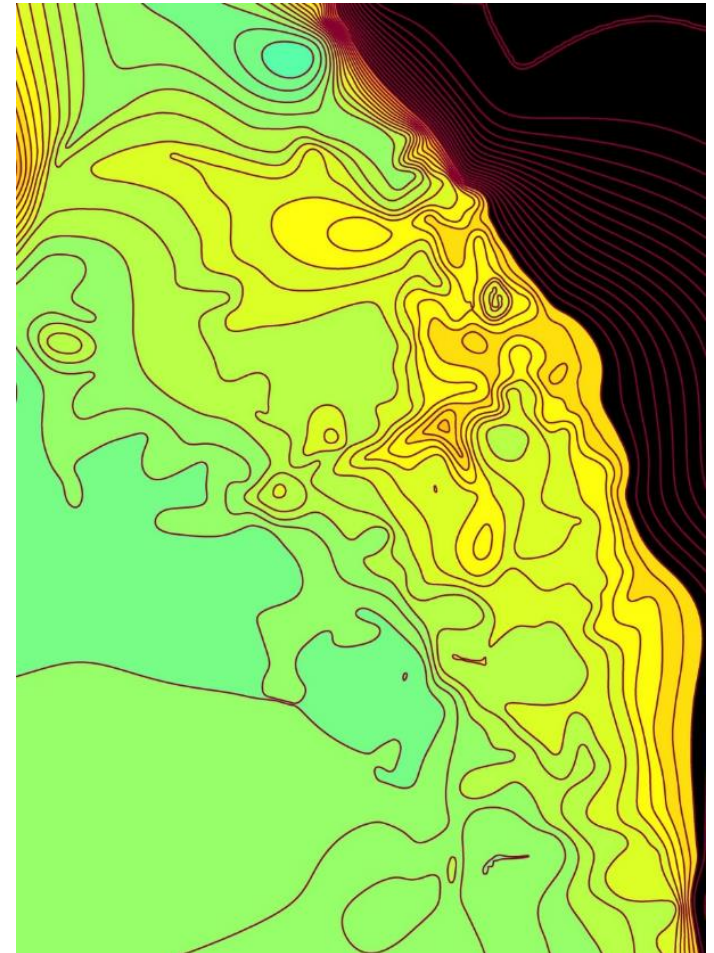
地形データの活用2



紙地図をデジタル化



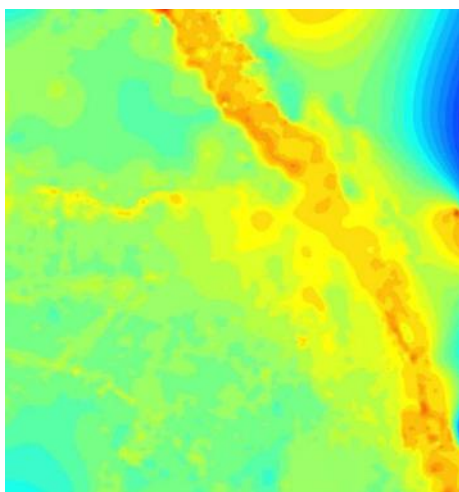
等高線間の情報
を利用する



作成した地形データ (DEM)

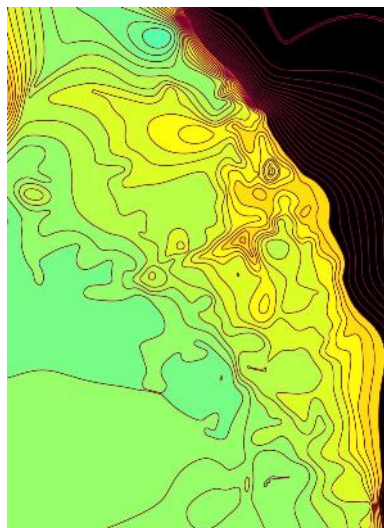
STRIPE法 (Noumi et. al., 2003)による等高線図(紙)のデジタル化

地形データの活用3

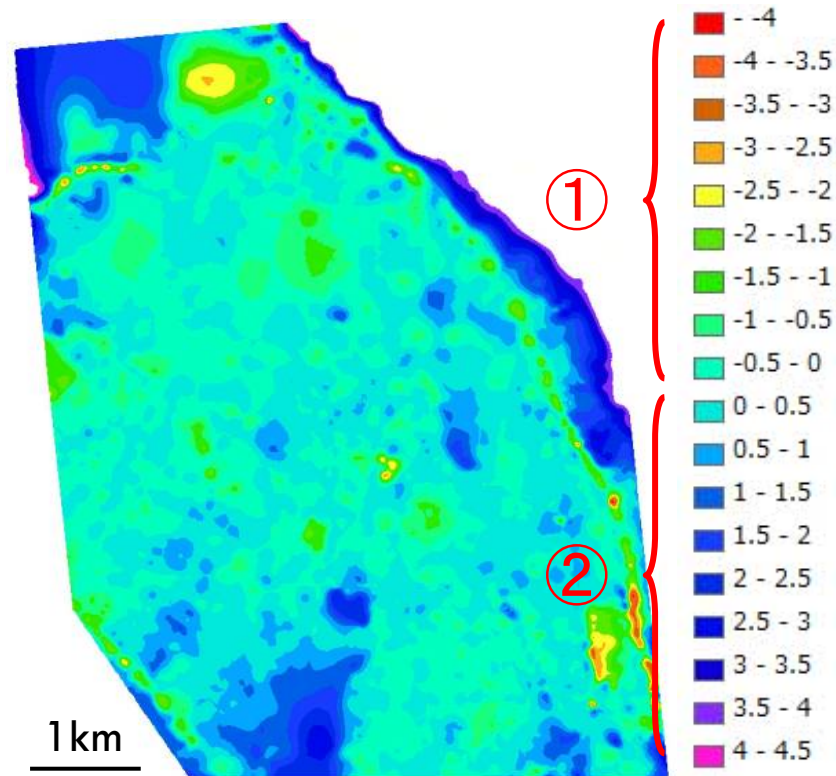


2005年の地形データ
(DEM_2005)

標高の差分
をとる

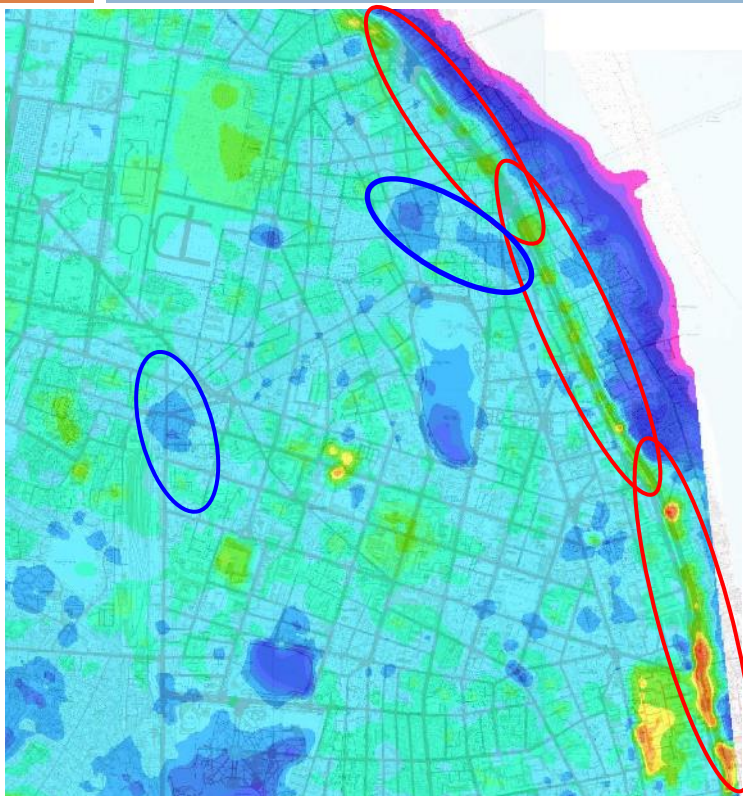


1950年の地形データ
(DEM_1950)



- ① 2005年の標高が1950年よりも高くなっている地域
- ② 2005年の標高が1950年よりも低くなっている地域

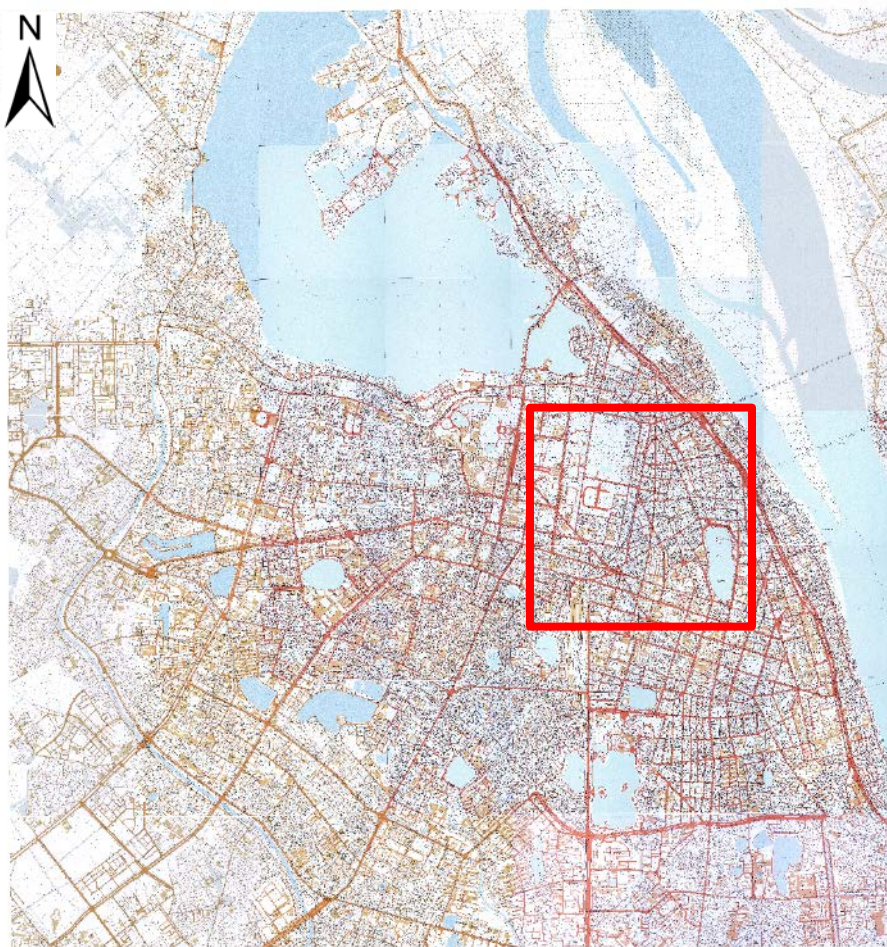
地形データの活用4



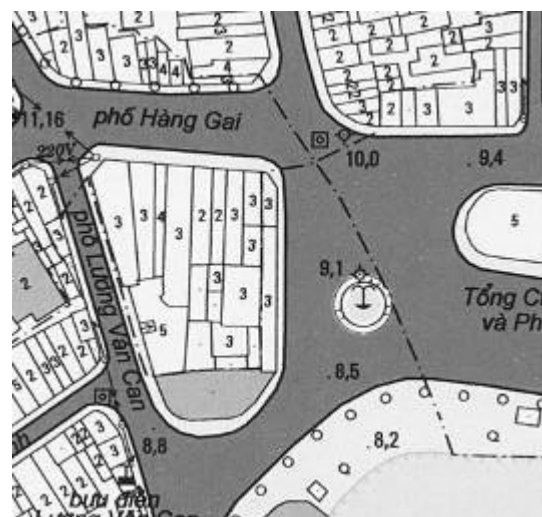
オープンソースGIS (GRASS GIS) を用いて2005年地図を重ね合わせたもの

- 赤い枠で囲まれた地域は、1950年の地形と比べて高くなっている
 - 青い枠で囲まれた地域は、1950年の地形と比べて低くなっている
- 「ハノイ大堤防」の高さは、1950年(平均10m)より約1~2mほど増築され、現在(平均12m)に至っている
→ 14世紀ごろは3~4mだったことから、堤防は少しずつ増築されている
 - ホアンキエム湖の北側に1950年の地形より1~1.5mほど低い場所がある
→ 1885年に記載されている湖沼の場所と一致し、現在の地盤沈下域とも一致

建物データの作成1



対象地域(東西7km × 南北9km)



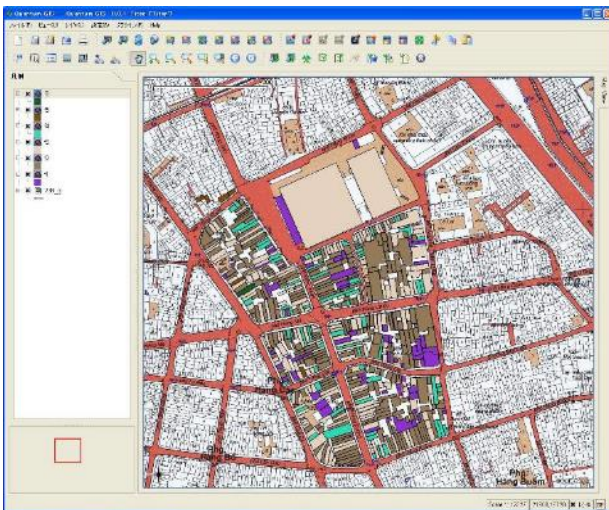
地図には標高情報以外に建物階数が記載されている

ハノイ都市計画地図

- 抽出した建物データ:
22,713点(個)
- 建物階数: 1~26階

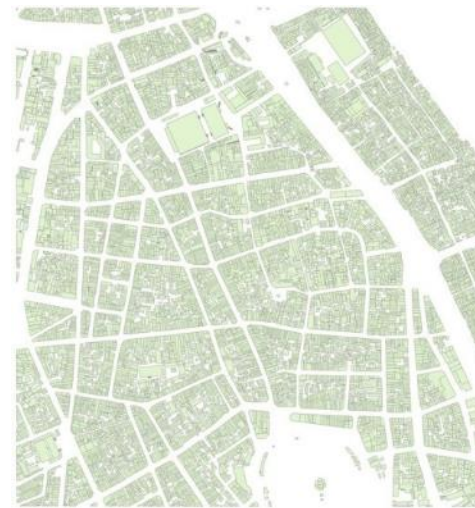
建物データの作成2

①



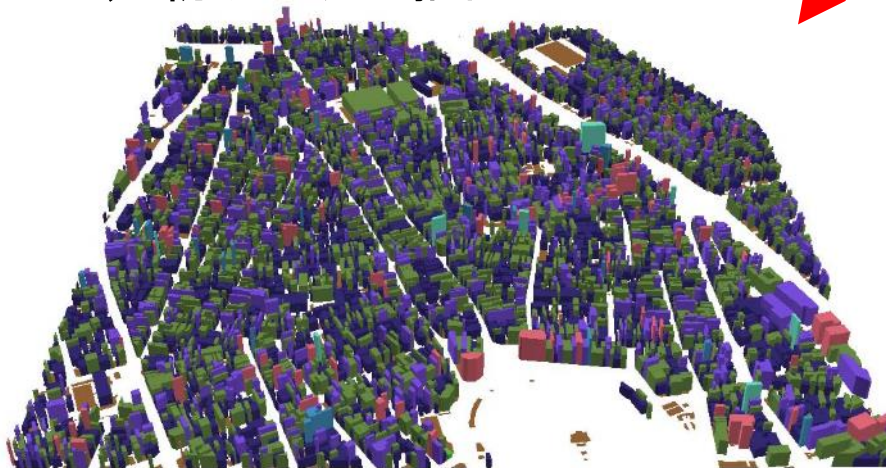
建物データの抽出

②



2次元の
建物データ作成

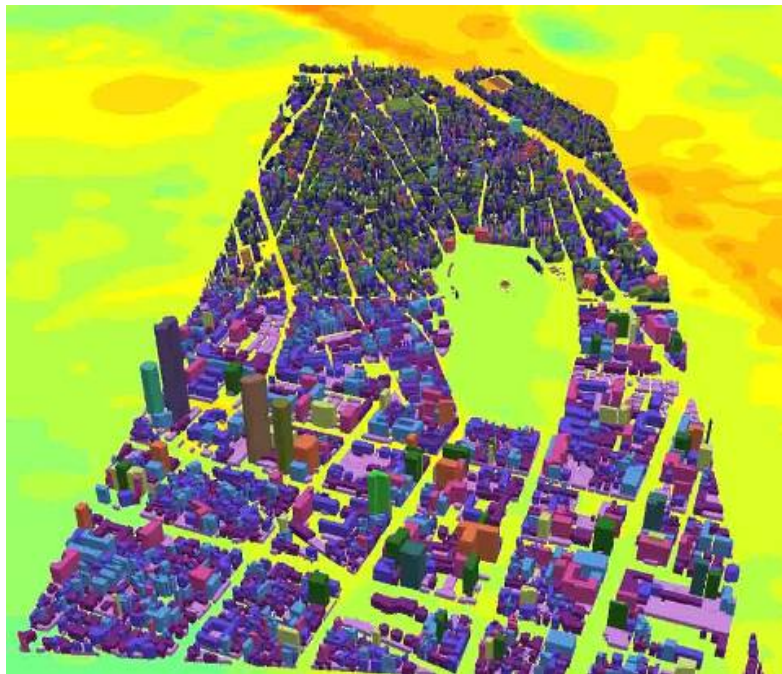
③



3次元の建物
データへ変換

- ①、②はオープンソースGISのQGISを使用
- ③はオープンソースGISのGRASS GISを使用

建物データの活用



DEMと作成した
建物データとの重ね合わせ

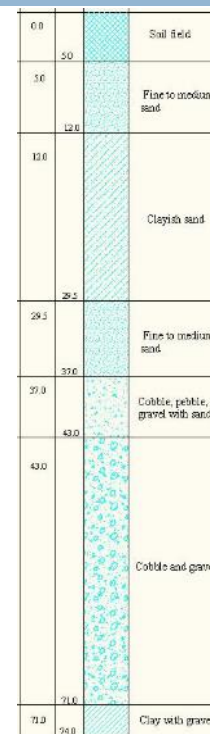
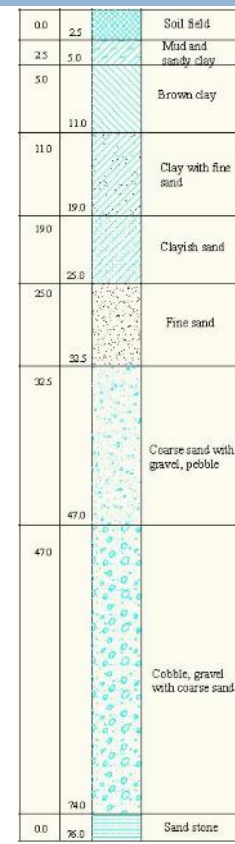
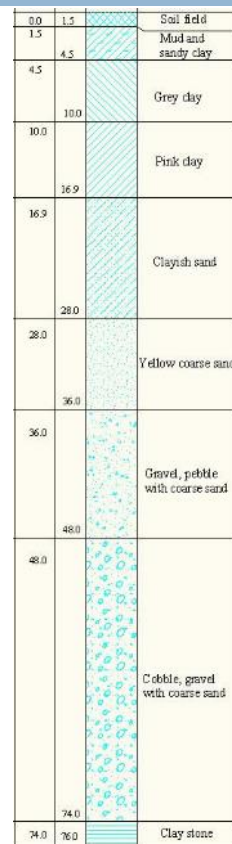
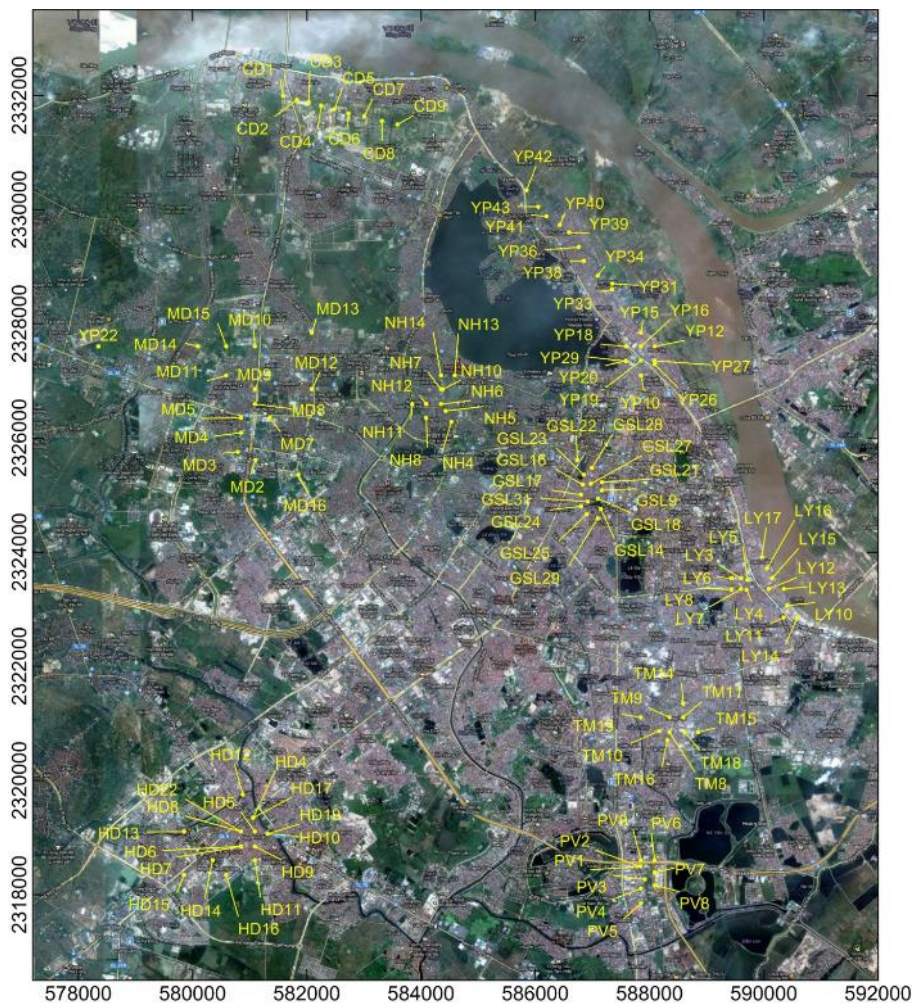


1885年の地図と作成した
建物データとの重ね合わせ



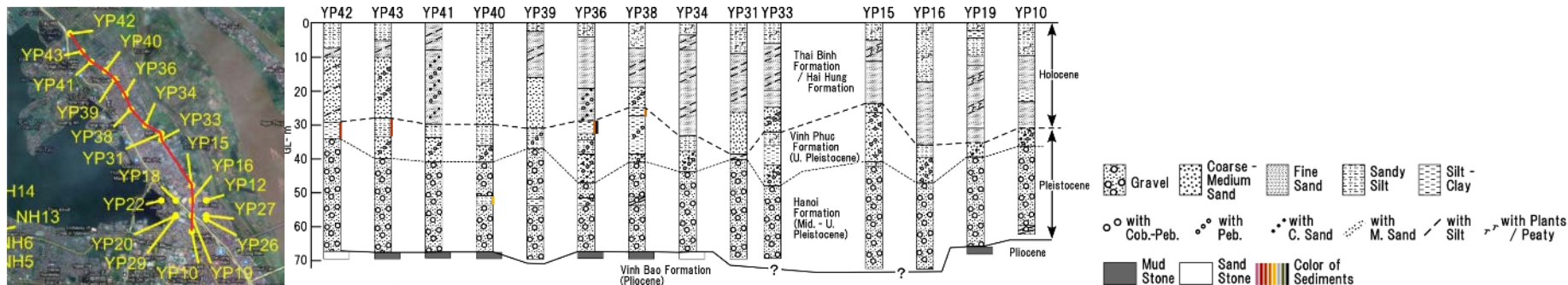
埋立地の把握と埋立て後の様子
(柴山、2012)

地下(地質)情報の活用

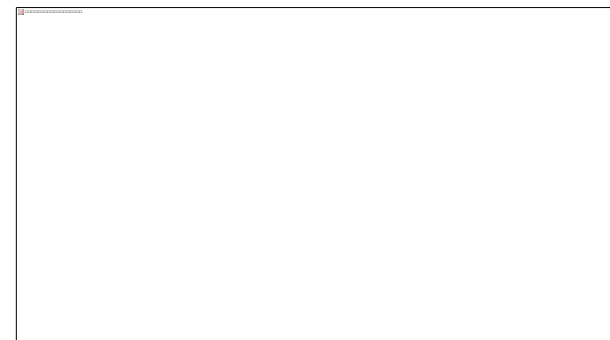
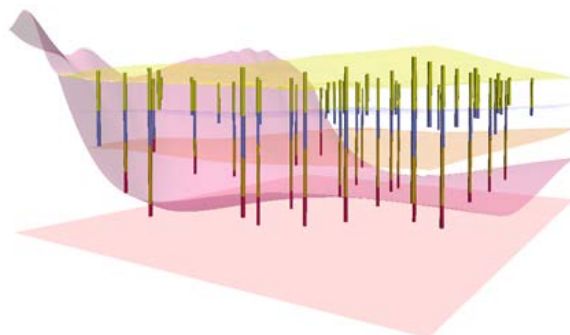
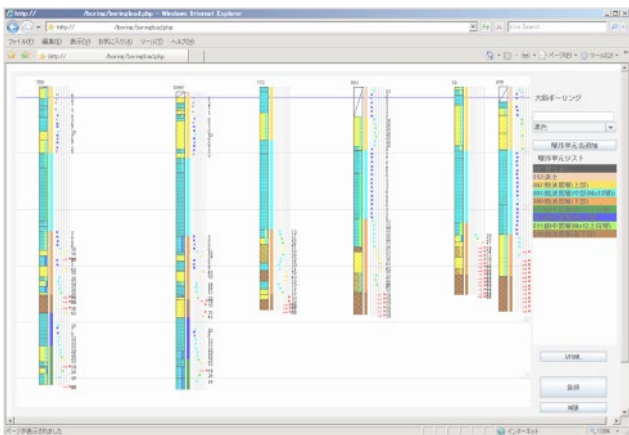


使用ボーリングデータ(井戸用): 116本
 ボーリング深度: 平均74m
 調査日: 2004年

地質構造データの作成・管理



ボーリングデータ柱状図作成(三田村作成)



オープンソースWeb GISシステム(升本ほか、2012)を利用した地形・地質データの管理・活用

ボーリングデータの分析

Well name: CD1

Depth: 71m

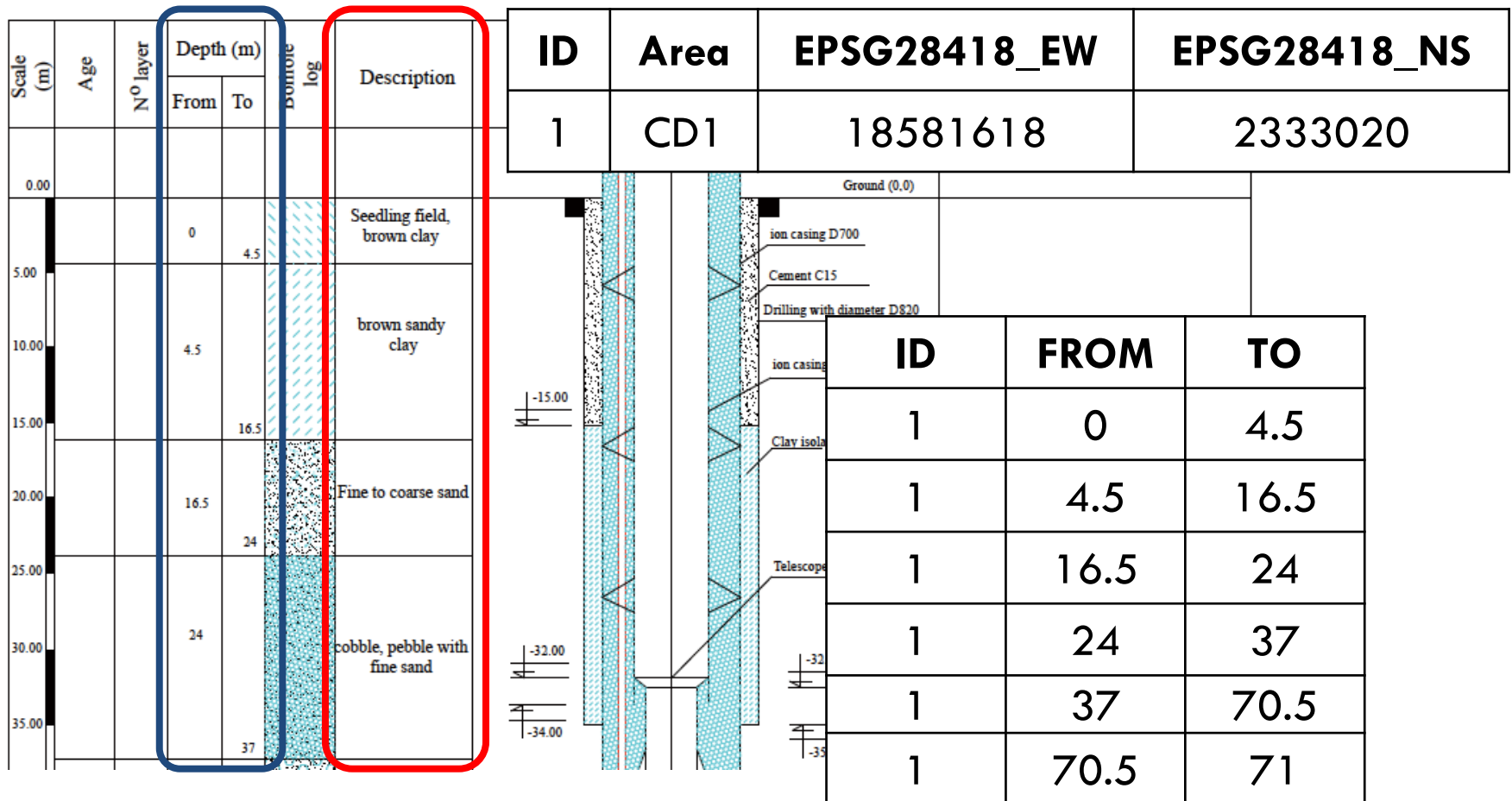
Date of start:

Engineer:

Cordinator: X = 18581618 N Y = 2333020 E Z = m

Date of stop:

Check by:



土質区分

| Type | Description (Japanese / English) | JACIC * |
|------|---|---------|
| 1 | 礫混り泥岩 / Mudstone with gravel | 20042 |
| 2 | 泥岩 / Mudstone | 20040 |
| 3 | 砂岩 / Sandstone | 20020 |
| 4 | 有機質土混りシルト質粘土 / Silty clay with organic soil | 03236 |
| 5 | 砂混りシルト質粘土 / Silty clay with sand | 03233 |
| 6 | シルト質粘土 / Silty clay | 03230 |
| 7 | 礫混り砂質粘土 / Sandy clay with gravel | 03222 |
| 8 | 砂質粘土 / Sandy clay | 03220 |
| 9 | 有機質土混り粘土 / Clay with organic soil | 03206 |
| 10 | シルト混り粘土 / Clay with silt | 03204 |
| ... | ... | ... |
| 30 | 礫 / Gravel | 01100 |

日本のJACIC*が定めた分類(国内標準)にもとづき、ハノイの地質(土質)を分類した。→30種類

*一般財団法人日本建設情報総合センター(Japan Construction Information Center Foundation)

ボーリングデータベースの開発

ボーリング対比支援システム ×

192.168.1.134/hanoi/index2.php

プロジェクト名: HANOI_boring

プロジェクト選択
作業内容を選択してください。

表示
 対比

エリア選択
マウスを用いてエリアを選択してください。

対比開始座標 X:
対比開始座標 Y:
対比終了座標 X:
対比終了座標 Y:

オプション
Buffer Zone: 100
 N値を表示する。
 坑内水位を表示する。

Borehole Data view

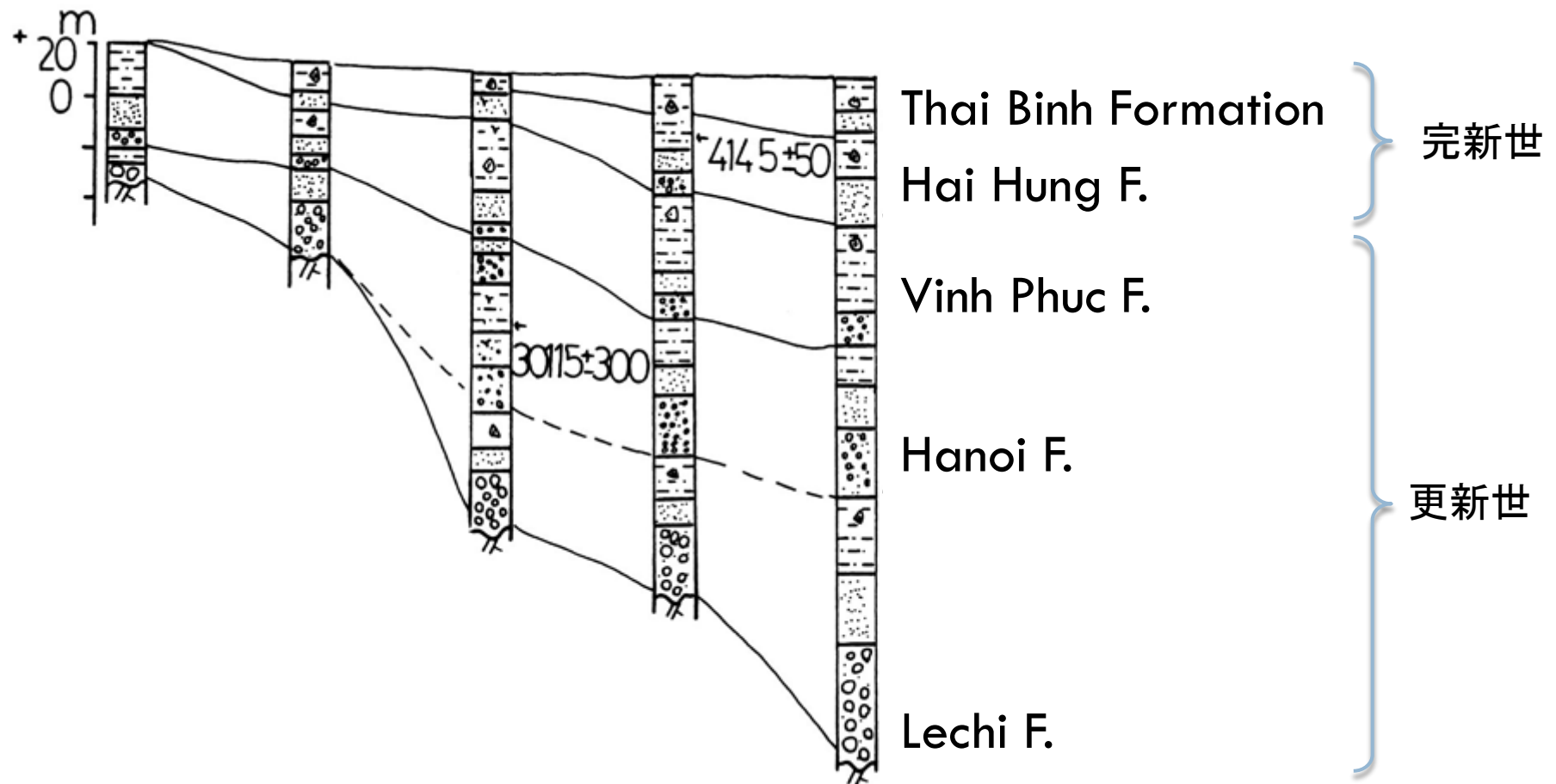
ファイルアップデート
データベースに登録するXMLファイルを指定してください。

ファイル: ファイルを選択 選択されていません

Borehole File Update

192.168.1.134/hanoi/index2.php#zoomin

ハノイの地質

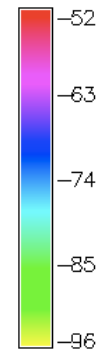
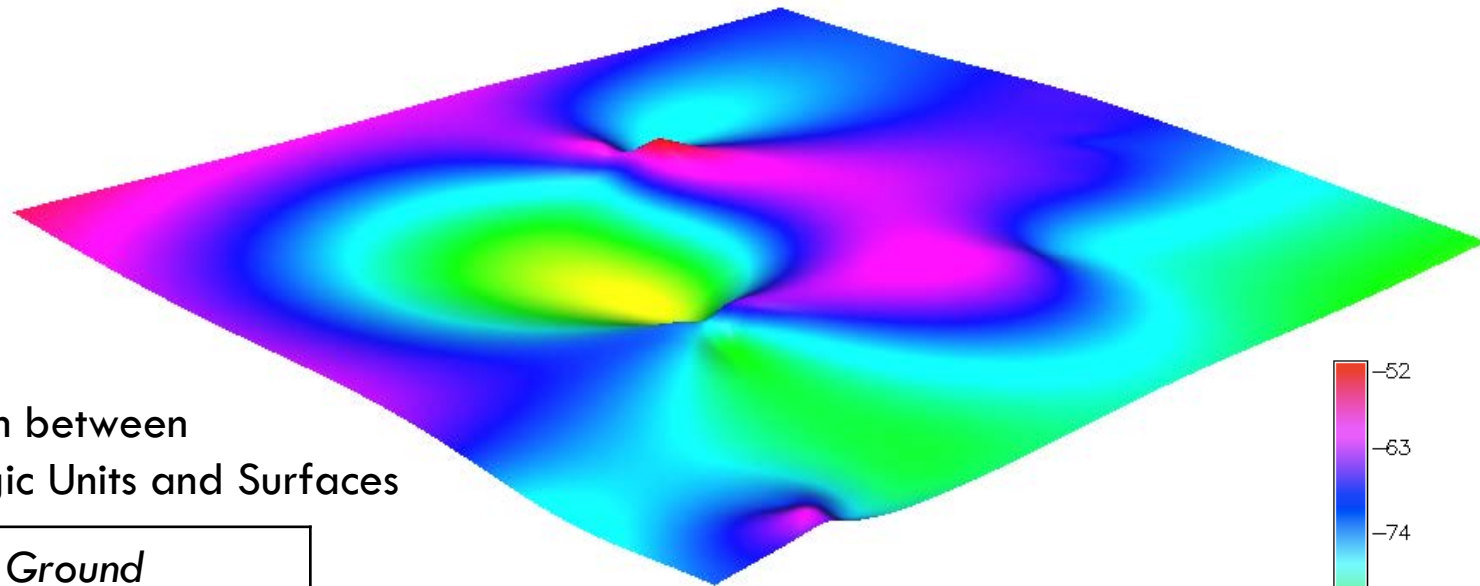


(Tran et al., 1991, Haruyama, 2004, Nguyen et al 2007)

ボーリングデータベースの開発



地質境界面のDEM



Relation between
Geologic Units and Surfaces

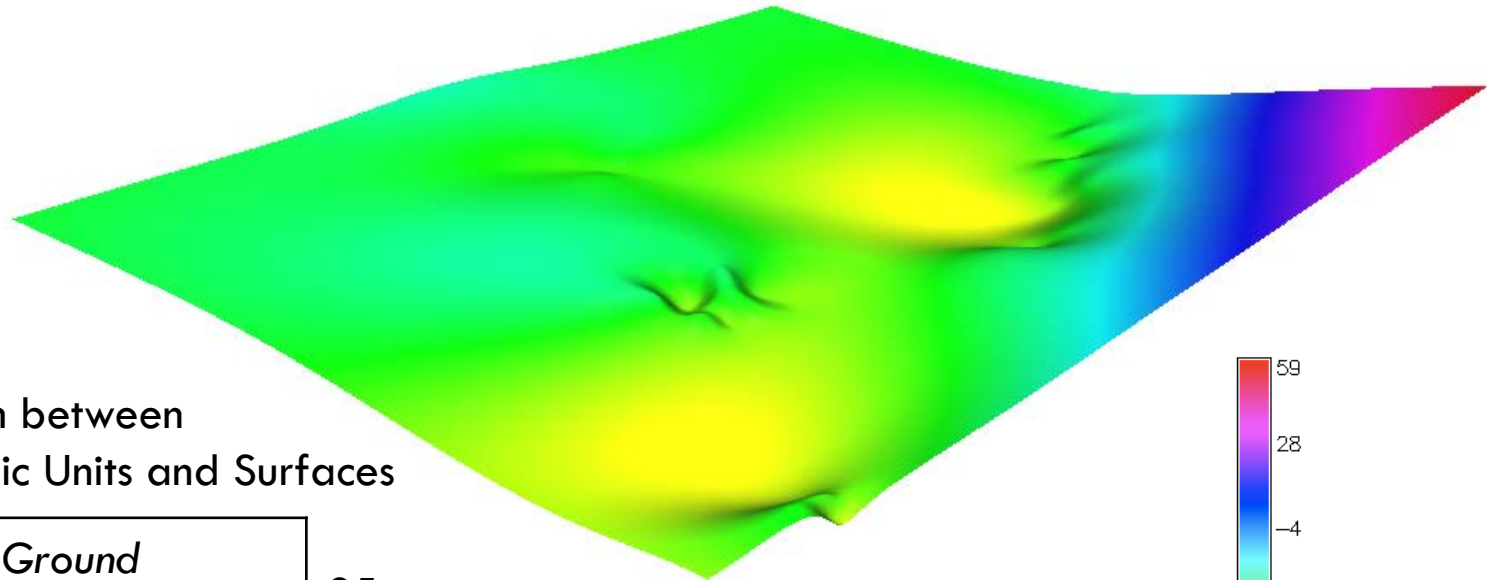
| | |
|---------------------|----|
| Ground | |
| Thai Binh Formation | S5 |
| Hai Hung Formation | S4 |
| Vinh Phuc Formation | S3 |
| Hanoi Formation | S2 |
| Lechi Formation | S1 |

Hanoi Formation

Lechi Formation

Surface 1

地質境界面のDEM



Relation between
Geologic Units and Surfaces

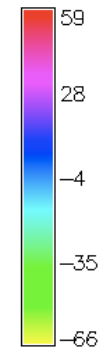
| |
|----------------------------|
| Ground |
| Thai Binh Formation |
| Hai Hung Formation |
| Vinh Phuc Formation |
| Hanoi Formation |
| Lechi Formation |

S5
S4
S3
S2
S1

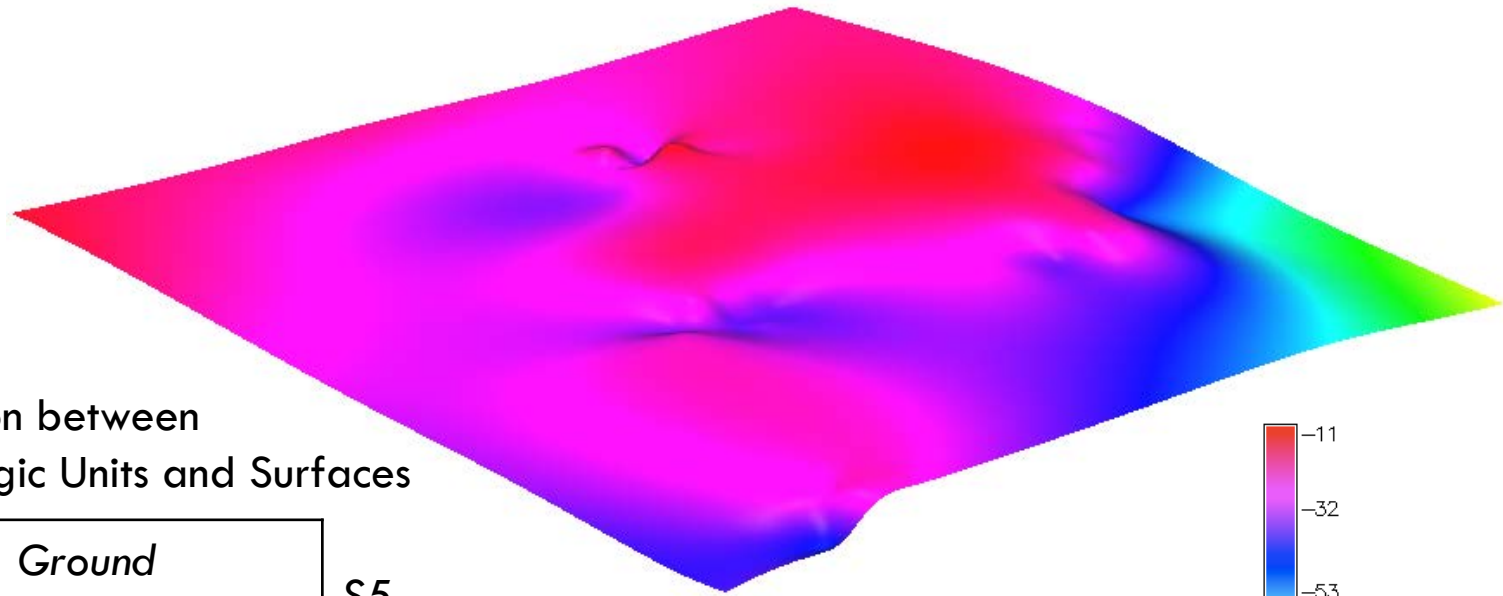
Vinhphuc Formation

Hanoi Formation

Surface 2



地質境界面のDEM



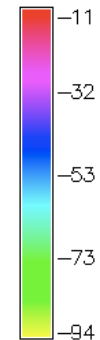
Relation between
Geologic Units and Surfaces

| | |
|----------------------------|-----------|
| <i>Ground</i> | |
| Thai Binh Formation | S5 |
| Hai Hung Formation | S3 |
| Vinh Phuc Formation | S2 |
| Hanoi Formation | S1 |
| Lechi Formation | |

S5
S4
S3
S2
S1

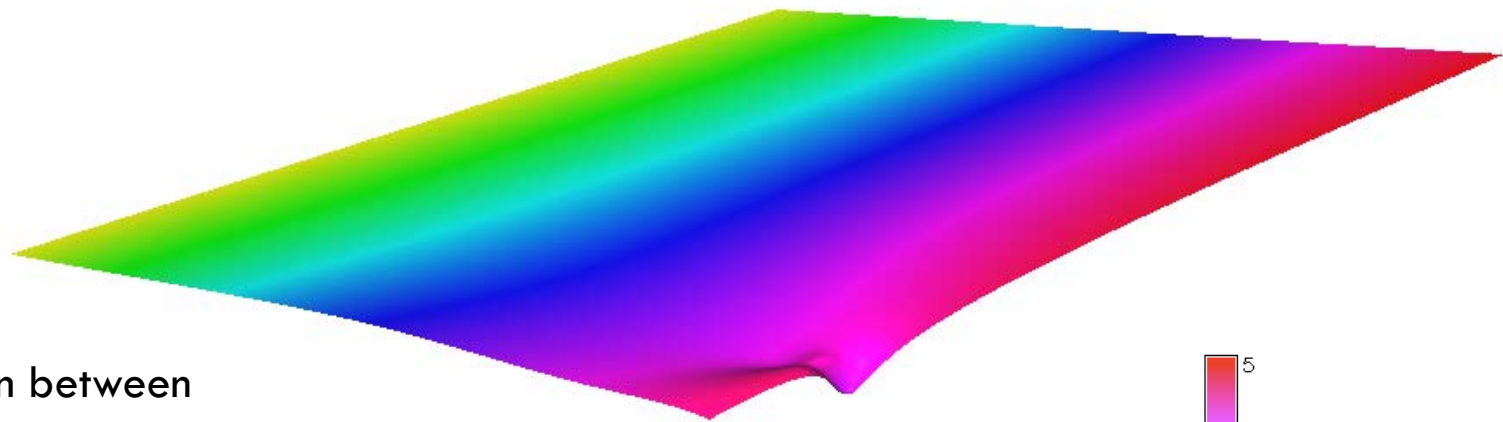
Haihung Formation

Vinhphuc Formation



Surface 3

地質境界面のDEM



Relation between
Geologic Units and Surfaces

| | |
|----------------------------|-----------|
| Ground | |
| Thai Binh Formation | S4 |
| Hai Hung Formation | S3 |
| Vinh Phuc Formation | S2 |
| Hanoi Formation | S1 |
| Lechi Formation | |

S5

S4

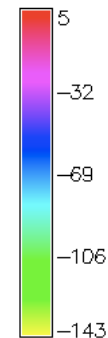
S3

S2

S1

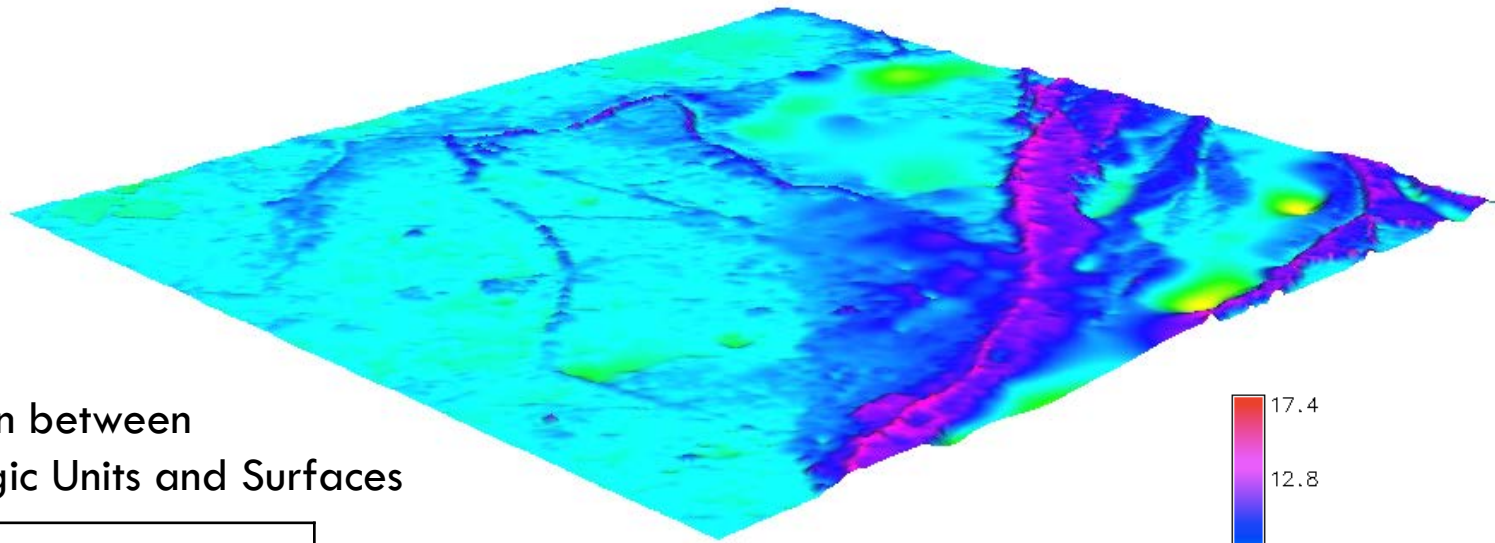
Thaibinh Formation

Haihung Formation



Surface 4

地形面のDEM



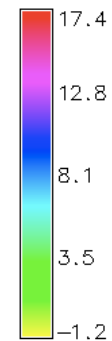
Relation between
Geologic Units and Surfaces

| |
|----------------------------|
| Ground |
| Thai Binh Formation |
| Hai Hung Formation |
| Vinh Phuc Formation |
| Hanoi Formation |
| Lechi Formation |

S5
S4
S3
S2
S1

Ground

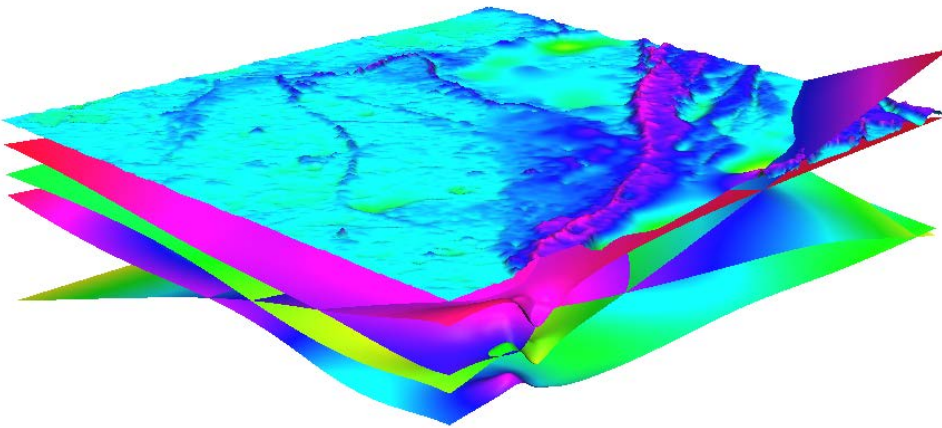
Thaibinh Formation



Surface 5

地質構造の論理モデル

地質構造の論理モデルは、地層の分布域と境界面の上に成り立つ論理的関係を表や数式で表現したもの。



DEMの重ね合わせ

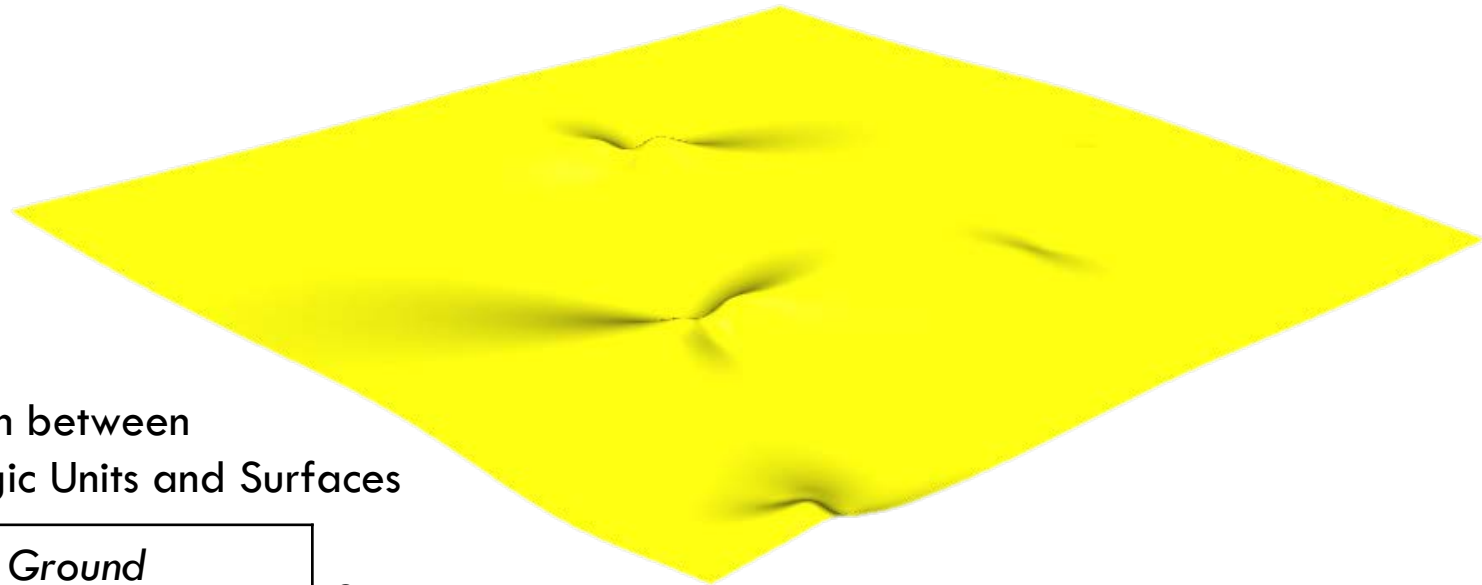
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
|--------------|----|----|----|----|----|
| Lechi F. | - | | | | - |
| Hanoi F. | + | - | | | - |
| Vinh Phuc F. | + | + | - | | - |
| Hai Hung F. | + | + | + | - | - |
| Thai Binh F. | + | + | + | + | - |
| Ground(Air) | | | | | + |

+ ; the geologic unit lies above the corresponding boundary surface

- ; the geologic unit lies below the corresponding boundary surface

blank ; no specific relation with the surface

論理モデルにもとづくDEM



Relation between
Geologic Units and Surfaces

| |
|------------------------|
| <i>Ground</i> |
| Thai Binh Formation |
| Hai Hung Formation |
| Vinh Phuc Formation |
| Hanoi Formation |
| Lechi Formation |

S5

S4

S3

S2

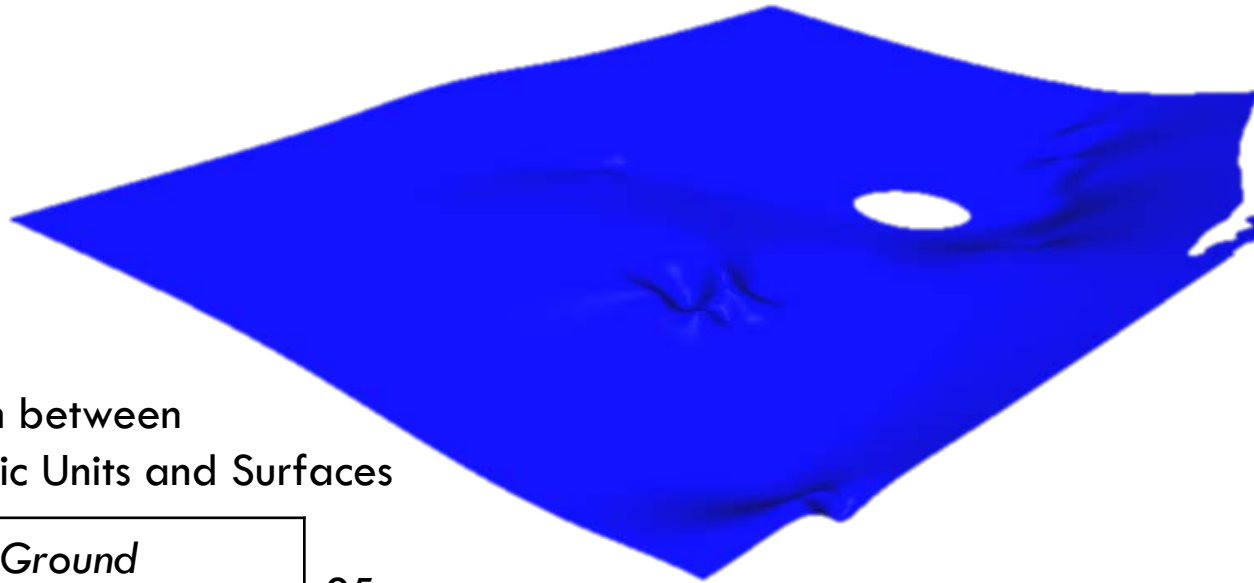
S1

Hanoi Formation

————— *Surface 1*

Lechi Formation

論理モデルにもとづくDEM



Relation between
Geologic Units and Surfaces

| |
|----------------------------|
| <i>Ground</i> |
| Thai Binh Formation |
| Hai Hung Formation |
| Vinh Phuc Formation |
| Hanoi Formation |
| Lechi Formation |

S5

S4

S3

S2

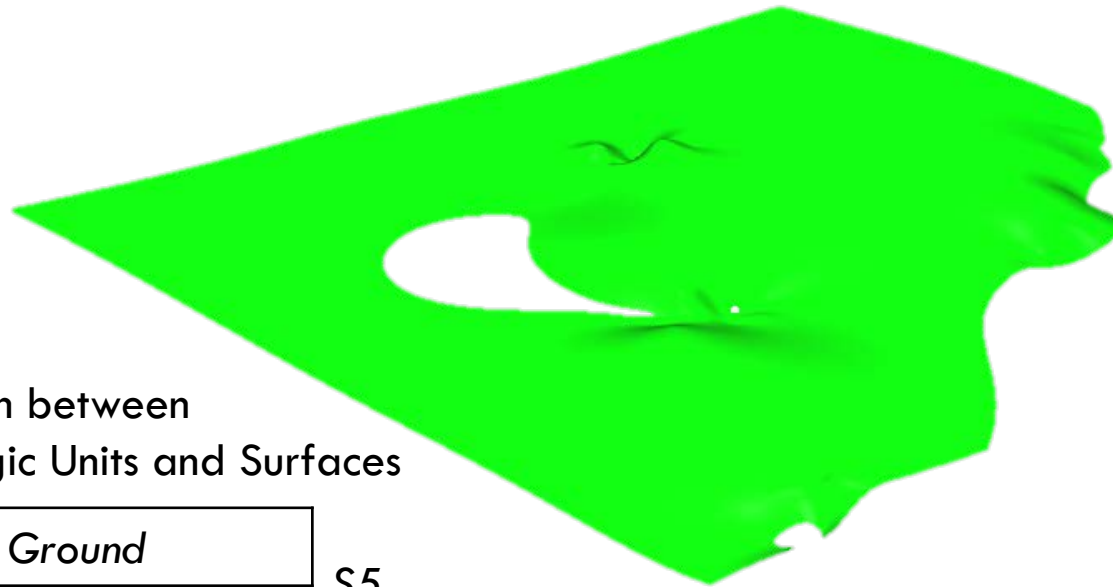
S1

Vinhphuc Formation

Hanoi Formation

Surface 2

論理モデルにもとづくDEM



Relation between
Geologic Units and Surfaces

| | |
|----------------------------|-----------|
| Ground | |
| Thaibinh Formation | S5 |
| Hai Hung Formation | S3 |
| Vinh Phuc Formation | S2 |
| Hanoi Formation | S1 |
| Lechi Formation | |

Haihung Formation

Vinhphuc Formation

Surface 3

論理モデルにもとづくDEM

Relation between
Geologic Units and Surfaces

| | |
|---------------------------|-----------|
| Ground | S5 |
| Thaibinh Formation | S4 |
| Hai Hung Formation | S3 |
| Vinh Phuc Formation | S2 |
| Hanoi Formation | S1 |
| Lechi Formation | |



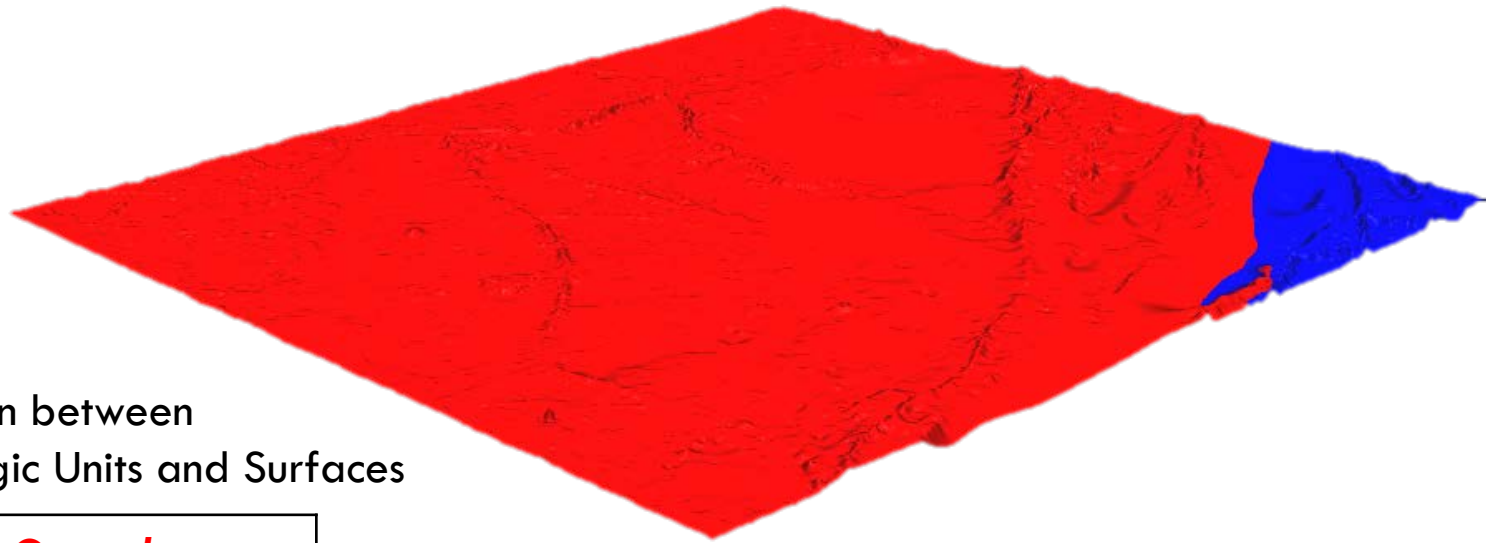
Thaibinh Formation



Haihung Formation

Surface 4

論理モデルにもとづくDEM



Relation between
Geologic Units and Surfaces

| |
|----------------------------|
| Ground |
| Thai Binh Formation |
| Hai Hung Formation |
| Vinh Phuc Formation |
| Hanoi Formation |
| Lechi Formation |

S5

S4

S3

S2

S1

Ground

Thaibinh Formation

Surface 5

論理モデルにもとづくDEM



Relation between
Geologic Units and Surfaces

| |
|----------------------------|
| Ground |
| Thai Binh Formation |
| Hai Hung Formation |
| Vinh Phuc Formation |
| Hanoi Formation |
| Lechi Formation |

S5

S4

S3

S2

S1

都市計画図を
重ね合わせたもの

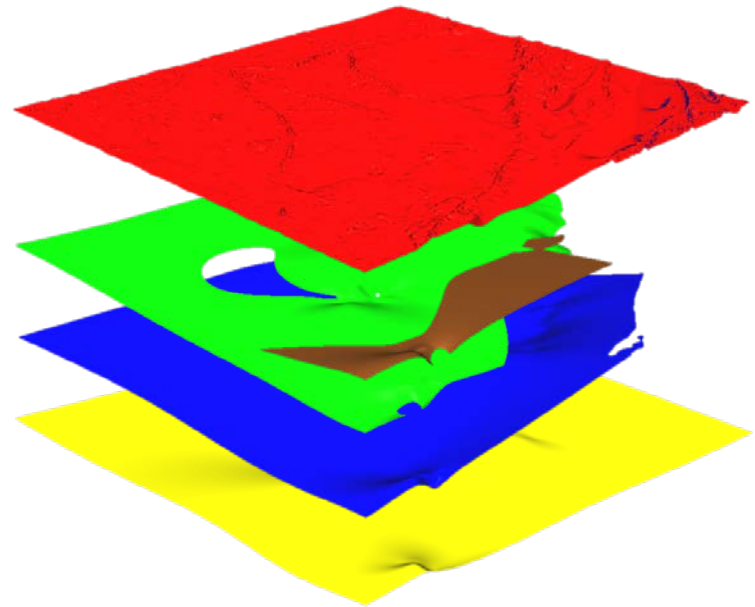
Ground

Surface 5

Thaibinh Formation

3次元地質モデリング

| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
|-------------|----|----|----|----|----|
| Lechi F. | - | | | | - |
| Hanoi F. | + | - | | | - |
| Vinhphuc F. | + | + | - | | - |
| Haihung F. | + | + | + | - | - |
| Thaibinh F. | + | + | + | + | - |
| Ground(Air) | | | | | + |

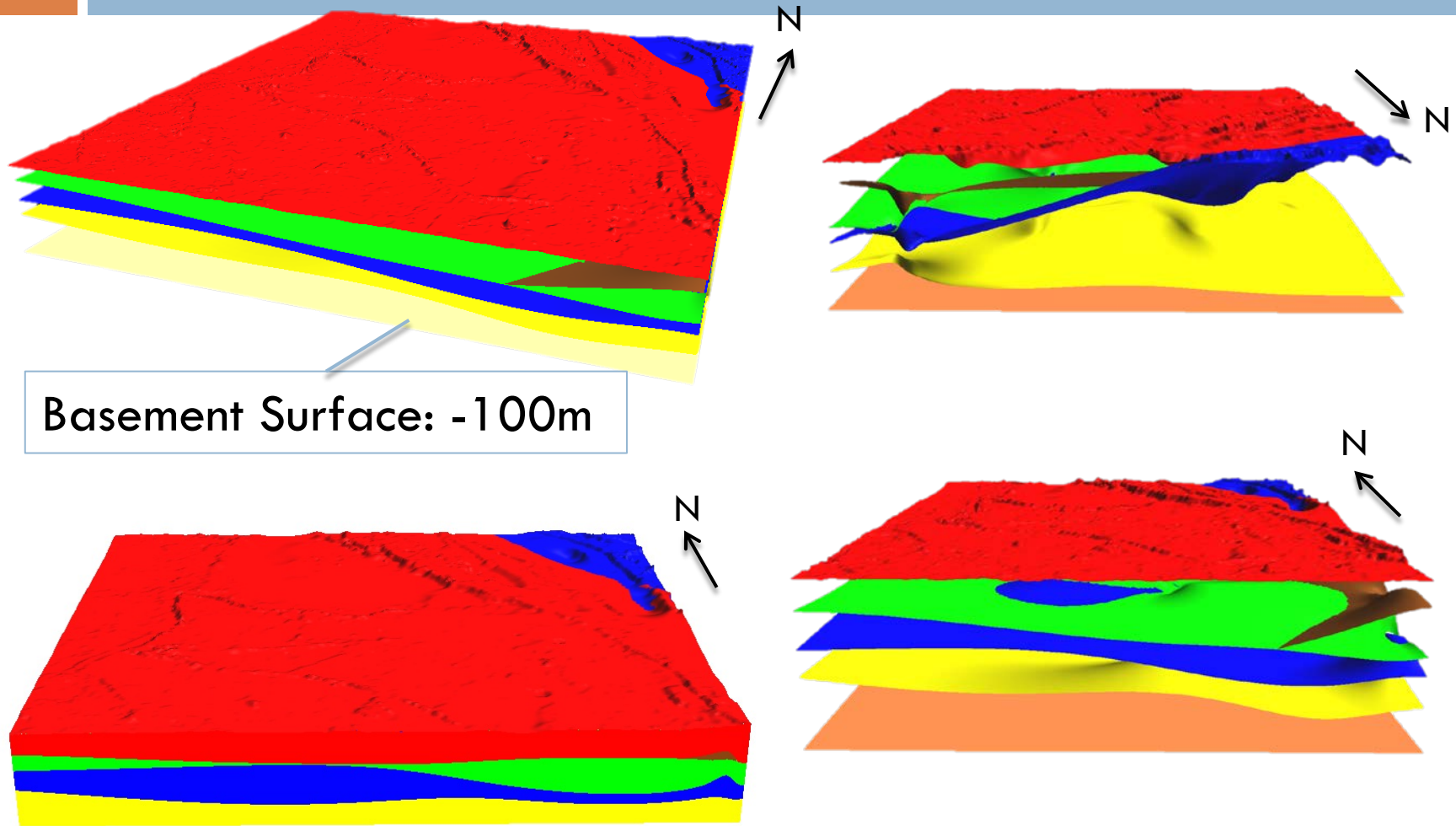


地質構造の論理モデル

DEMs

3次元地質モデリング

ハノイの3次元地質モデル



GRASS GISを用いた可視化

まとめ

- 作成した地形や地質に関連するデータは、さまざまな都市環境問題を解決するための基盤データとなる可能性がある
- 今後のハノイの持続可能性を考える上でも有効なデータである
- オープンソースのツールは都市研究に有効なツールであり、とくにGISは時空間的な変容(都市変容)を解明する上で、視覚的かつ統計・分析を行う上でも有効である
- オープンソースアプローチは、ベトナム側へのフィードバックと情報共有を可能にする
- 今後は収集・作成したデータをもとに、「水」を一つのキーワードとして、ハノイだけでなく紅河流域都市(ラオカイ)の持続可能性を考えていく

今後の研究

