

# ベトナム・ハノイの3次元モデル構築

## 米澤 剛・柴山 守・ベンカテッシュ ラガワン

### 3D Modeling of Hanoi, Vietnam

Go YONEZAWA, Mamoru SHIBAYAMA and Venkatesh RAGHAVAN

**Abstract:** ベトナムの首都であるハノイは、東南アジアの中でも古い歴史を持つ都市の一つである。ハノイの都市形成には、自然環境が大きくかかわっている。本研究で作成したDEMからハノイの地形の微細な起伏を知ることができ、さらに地形分析を進めて旧河道や埋め立てられた池や沼の痕跡を探ることである。本研究では、これまで歴史学的視点を中心に考えられてきたハノイの都市形成・発展論を自然科学的手法や結果を考慮しながら明らかにし、都市のもつ空間情報の利用の可能性を考察する。

**Keywords:** ハノイ (hanoi), DEM (digital elevation model), 3次元モデル (3D model)

#### 1. はじめに

ベトナムの首都ハノイは、急速な都市化が進む東南アジアでも成長著しい都市の一つであり、同時に約2,000ヶ所の史跡や歴史的建造物を残す歴史都市でもある。そのハノイの都市形成を考える上で、重要となる点が2つある。1つは19世紀後半、ハノイはフランス政府の統治（植民地）下にあったことである。フランス政府とベトナム人の相互の関係や特徴といった歴史的背景を踏まえてハノイの都市変容を捉える必要がある。もう1つは、ハノイの地形と水文環境である。ハノイは都市の東を流れる紅河の氾濫原に位置し、平均標高は10メートル以下である。そのため歴史資料によると、古くから度重なる洪水に直面していた。19世紀後半にフランスが作成した地図では、すでに紅河の西岸に沿って大規模な堤防が標され、自然災害への対策が講じられていたことが伺える。また、19世紀後半から20世紀初頭に至る都市化

の中で、多数の湖や池が地図上から消滅する。これらはハノイの都市変容にどのように影響し、その結果いかなる都市発展を遂げているかを考える必要がある。

本研究は、これまで歴史学的視点を中心に考えられてきたハノイの都市形成・発展論を自然科学的手法や結果も考慮しながら明らかにすることを目的としている。具体的には、ハノイという都市地域を「地下」・「地表」・「地上」の情報で構成する3次元空間として捉え、それぞれが相互に作用するような基盤データの構築を目指す。

#### 2. ハノイの都市変容

図-1に1873年のハノイの古地図と2005年の衛星画像を示す。この地図からハノイには数多くの湖沼や池、川、運河が存在していたことがわかる。ハノイの語源は「河内」という漢字からきており、まさに「河の内」にある都市である。1873年に多数存在した池や沼などは姿を消し、約130年間で都市化が急速に進んでいることがわかる。桜井ほか（2007）は歴史資料にもとづき、ハノイはフランスの統治下となった19世紀後半から20世紀初

---

米澤 剛 〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138

大阪市立大学大学院創造都市研究科

Phone: 06-6605-3392

E-mail: yonezawa@media.osaka-cu.ac.jp



図-1 1873年のハノイの古地図  
と2005年の衛星画像（IKONOS）

頭にかけて著しい都市発展を遂げて変容したことを見た。米澤ほか（2007）は、GISとRSといった情報技術や情報学を用いて歴史学や地域学とは違った視点や方法で桜井ほか（2007）を検証した。しかしながら、ハノイの都市化の中でどのように多数の湖沼や池などが消滅したのか、洪水対策が都市環境にいかなる変容を与えていたのか、という問題は2次元空間の分析では難しい。そのため、本研究では現地の協力機関と収集したデータを用いて、これらの分析の基礎となるDEMを作成した。

### 3. ハノイの高精度DEMの作成

日本で一般的に整備されているDEMの一つとして国土地理院発行の『数値地図 50m メッシュ（標高）』がある。これは、地形解析や各種目的のGISデータとして広く利用されている。しかしながら、ベトナムにはこのような正式なDEMが存在せず、全世界を対象としているSRTM（スペースシャトル地形データ：Shuttle Radar Topography Mission）なども都市を対象とするには解像度が低い。ハノイの地形変化を見るためには、独自に精度の高いDEMを作成する必要があると考える。

これまでに収集したデータの1つに、2005年のハノイ市全域の標高測量データ（約8,000点）がある。本研究では、この標高値から格子間隔が約

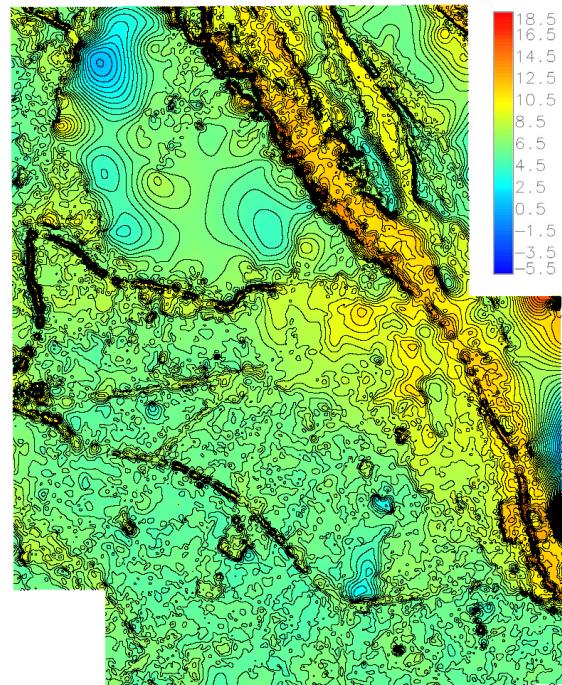


図-2 作成した2005年のハノイ中心部のDEM

2mの高精度な解像度をもつDEMを作成した（図-2）。このDEMは、野々垣ほか（2008）が開発した3次B-スプラインを用いたプログラムにより作成された。作成したDEMの上にFOSS（Free and Open Source Software）ツールであるGRASS GISを用いてハノイの住宅地図を重ねた可視化例を図-3に示す。衛星画像では分からぬ微細な標高差が表現できている。



図-3 作成したDEMに都市計画図  
を重ね合わせた3次元表示例

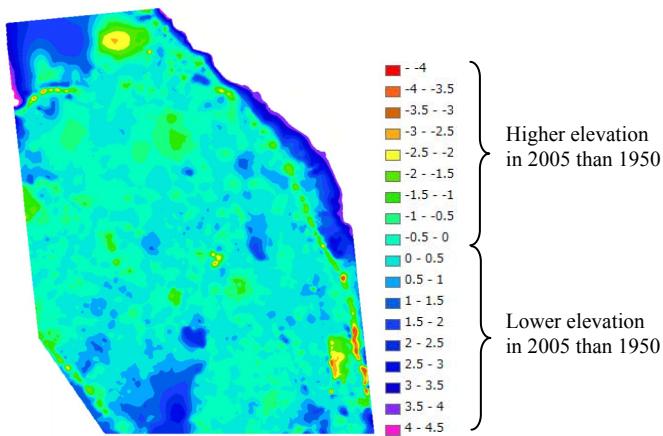


図-4 2005 年と 1950 年の DEM の差分結果

さらに、収集したデータとして 1950 年にフランス政府が作成した地形図 (50cm 間隔等高線) がある。これは当時のフランスによる都市計画とハノイの地形を反映した数少ない資料といえる。作成した 2005 年の DEM と比較検証をするため、Noumi (2003) の STRIPE 法を用いて地形図から DEM (格子間隔 2m) を作成した。

#### 4. 地形変化から見る都市変容

2005 年の標高測量データから作成した地形図以外、入手可能な地形図は 1950 年にフランス政府が作成した地形図のみである。現在と過去の地形変化を見るためには、現在のところ、この両者を比較することのみである。

1950 年と 2005 年の DEM を比較した結果を図-4 に示す。注目したい点は 2005 年における紅河西岸の大堤防の標高が、1950 年より平均して約 2m 程度高くなっている点である。このことから、歴史資料に記載されていた洪水対策として治水事業の整備が実際に行われていたことが伺える。

ハノイ中心部のホアンキエム湖北部に旧市街地と呼ばれるフォーコー地区がある。ここはベトナム人自らの手で発展を遂げたハノイでも数少ない地域である。この地域の 2005 年における平均標高は約 9.5m であるが、1950 年より約 0.5m 沈下している。これは RS を用いた地形解析結果で

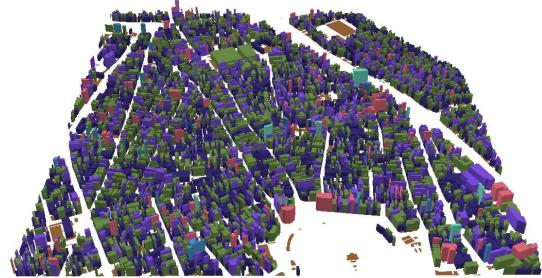


図-5 フォーコー地区における建物の 3 次元分布図

報告されているハノイの地盤沈下の結果に当てはまる (Tran et al., 2007)。主な原因としては、地下水利用者の増加が報告されている。

#### 5. 今後の課題

都市空間は「地上」「地表」「地下」の 3 つの要素から構成される。本研究では、「地表」の情報である地形データを中心に分析をおこなったが、今後は「地上」や「地下」の情報を考慮する必要がある。具体的には「地上」の建物データや「地下」の地質データを考える。「地上」の情報である建物データは、ハノイの都市計画図から作成した 3 次元のベクトルデータである。都市計画図から建物情報だけを抽出し、2 次元ベクトルデータ (約 22,000 ポリゴン) を作成した。この 2 次元データを GRASS GIS を用いて建物の 3 次元データに変換した。ハノイの中心部に位置するホアンキエム湖周辺 (フォーコー地区) の建物の 3 次元表示例を図-5 に示す。この 3 次元データを用いて、19 世紀後半におこなわれたフランスによる都市計画 (多数の池や湖の埋め立て) を明らかにすることができると考える。

「地下」の情報としては、現地の大学と共同で収集したハノイ全域の地質ボーリングデータを用いて、地質構造の推定をおこなっている。これまでに収集したデータは約 120 本であり、図-6 にボーリングデータの分布図とオリジナルデータの表示例を示す。地質構造のモデリングは、ハノイにおける深刻な都市問題の一つである地盤沈下

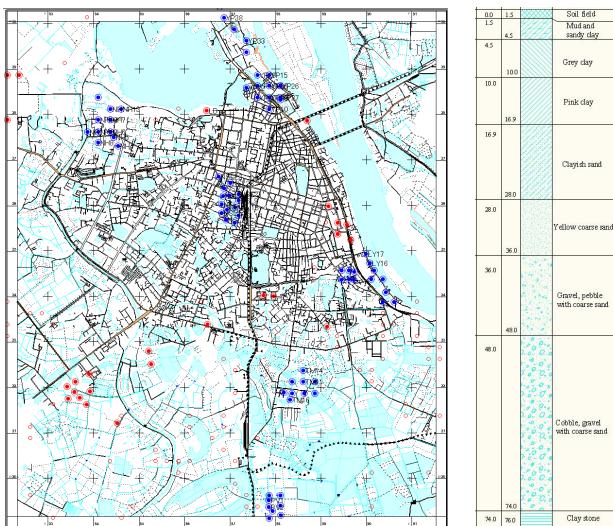


図-6 ハノイにおけるボーリングの分布図（左）  
とデータの表示例（右）

と地下水利用の因果関係を特定できる可能性がある (Tran et al., 2007). 地下水の分布を知るには地質構造の把握が不可欠である.

## 5. おわりに

本研究で作成した DEM から, ハノイの地形の微細な起伏を知ることができる. 今後, さらに地形分析を進めて旧河道や埋め立てられた池や沼の痕跡を探ることで, それらと都市形成との関係を明らかにすることができると考える. また, 地上・地表・地下の要素で構成される 3 次元の都市のモデルに更なる歴史情報を加えていくことにより新たな知見を得る可能性は大いに広がる. ハノイには地図や地籍簿, 碑文, 遺跡・史跡資料など, 数多くの歴史資料が残されている. 時間概念を持った歴史資料を今回開発した 3 次元モデルに重ね合わせていくことで, ハノイという都市の移り変わりを時空間的に検証していくことができるるのである. これは地域情報学の創出につながる一つの可能性と考えている.

## 参考文献

- 野々垣進・塩野清治・升本眞二(2008) : 3 次 B-ス  
ープラインを用いた地層境界面の推定, 情報地質,  
19, 2, 61-77.
- Noumi, Y. (2003) : Generation of DEM Using  
Inter-Contour Height Information on  
Topographic Map, *Journal of Geosciences,*  
*Osaka City University*, 46, 14, 217-230.
- 桜井由躬雄・柴山 守 (2007) : タンロンーハノ  
イの遺跡・碑文分布の GIS4D 分析, シンポジウ  
ム『地域研究と情報学: 新たな地平を拓く』講  
演論文集, 37-53.
- Tran, A., Masumoto, S., Raghavan, V. and Shiono,  
K. (2007) : Spatial Distribution of  
Subsidence in Hanoi Detected by JERS-1 SAR  
Interferometry, *Geoinformatics*, 18, 1, 3-13.
- 米澤 剛・柴山 守 (2007) : G I S を用いたベト  
ナム・ハノイの都市形成, 日本情報処理学会「人  
文科学とコンピュータシンポジウム」論文集  
2007, 15, 139-146.