

## GISを用いたベトナム・ハノイの都市形成

米澤 剛 柴山 守  
京都大学 東南アジア研究所

本研究では、地図資料にもとづいて19世紀後半から現在までのベトナム・ハノイの都市化と変容を分析・検証する。GISやリモートセンシングなどの情報技術を用いることで、歴史学や地域学とは違った視点や方法でハノイの都市変容が解明できる。また、ハノイ中心部の3次元標高モデルを構築することで、フランス統治下から20世紀前半までの都市計画を解明する。これらの手法により、これまで分かっていなかった新たな発見が得られた。

### Clarification of historical changes and urban transfiguration in Hanoi, Vietnam Using GIS

Go Yonezawa Mamoru Shibayama  
Center for Southeast Asian Studies  
Kyoto University

Based on map materials, in this study we are going to analyze and verify the progress of urbanization from the latter half of the 19th century to now. The urban transfiguration in Hanoi can be interpreted with using information technologies such as GIS, remote sensing and so on. This point of view would differ considerably from historical science or area study. Also the urban planning from the French governance era to the first half of 20th can be elucidated by constructing the 3D elevation model of the center of Hanoi. This method must bring a new understanding of what we could not figure out.

#### 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。一つは19世紀後半、ハノイはフランス政府の統治下にあったことである。1873年、王朝のあったハノイのタンロン城はフランス政府の管轄下におかれるが、現在の旧市街(フォーコー地区)はベトナム人自らの手で発展する過程を辿った。また、タンロン城や旧市街の南部ではフランス政府による街路や公園とみられる都市開発の計画が進められ、現在のハノイが20世紀初めにほぼ完成していたことも収集した地図から伺える。フランス政府の管轄下にあったタンロン城及びその周辺とベトナム人により発展した旧市街の相互の関係や特徴を歴史的に捉えることは、ハノイの都市変容を把握する上で重要である。

もう一つは、ハノイの地形と自然環境である。ハノイは都市の東を流れるRed River(紅河)の氾濫原(以下、紅河デルタとよぶ)に位置し、平均標高は10m以下である。そのため古くから度重なる洪水に直面してきた。19世紀後半のフランス統治下に作成された地図では、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。19世紀後半から20世紀初めに至る都市化のなかで、多数の湖や池が地図上から消滅する。これは紅河西岸の堤防施工が影響しているのか、また、遺跡や史跡はどのような地形的条件に置かれ、現在に引き継がれているか、を住民の生活・文化環境や防災対策に直接影響を及ぼす自然環境の角度からハノイの都市形成や変容を考える必要がある。

ハノイにおける歴史、文化や地域発展の過程を解明することは、単にハノイの都市形成過程を課題にするだけではない。紅河デルタが南部のメコンデルタと共に政治的背景や農業生産の視点から中国をはじめとして、広く東南アジアや東アジアが注目した神秘で未知の歴史を探ることにつながると考える。

#### 2. 歴史学におけるハノイの都市形成

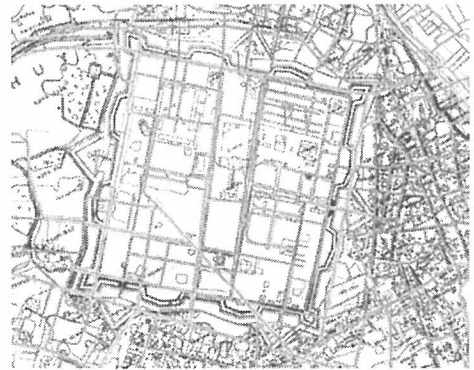
ハノイは紅河デルタに位置しているため、19世紀後半、ハノイには旧紅河の河床による残存湖や池沼が多数存在した。第1図に2005年のハノイの衛星画像(IKONOS)と1873年のハノイの地図を示す。桜井ほか(2007)によると、この池沼の不断の埋め立てによって、ハノイは阮朝時



第1図 2005年のハノイ (IKONOS) と 1873年のハノイ.



第2図 ハノイにおける対象地域の分割.



第3図 1885年のタンロン城とその周辺.

代(1802～1945)に著しい都市発展を遂げて変容した。その主な根拠として、桜井ほか(2007)では、次の理由を挙げている。

- (1) 1883年のフランス統治期以降におけるタンロン城内での司令部、兵営などの新たな建築物の出現と城内西方の湿地帯の埋め立て。
- (2) 旧タンロン城東側の旧市街地における1930年代までの小池沼群の消失と都市化。
- (3) タンロン城南側地域でのフランスによる街路や公園とみられる都市開発の進展。
- (4) 長大な紅河大堤防の1934年に至るまでの建設。

これらの検証にGISやリモートセンシング(以下、RSとする)などの情報技術や情報学の手法を用いれば、歴史学や地域学とは違った視点や方法での検証が進められる。また、検証の過

程で、新たな知見を得ることもできる。本研究では、地図資料、衛星画像、地簿資料、村落絵図などを基礎資料として、GIS・RSと情報学の手法を用いて検証を進める。

### 3. 地図資料から見るハノイの都市形成

収集した地図資料、1873年、1885年、1890年、1898年、1902年、1936年の地図と2005年の衛星画像(IKONOSとQuickBird)にもとづいて、ハノイの地域を大きく①タンロン城とその周辺、②城砦東側の旧市街地フォーコー地区、③紅河西岸からタンロン城南側地域、④大堤防に分けて都市形成を考える(第2図)。また、このとき基準となるベクトル地図を2種類作成した。2005年のQuickBird画像から作成したベクトル

地図は、図の相互の比較や重ね合わせを行う際の基準となる地図であり、縮尺 2,000 分の 1 の数値地図(以下、数値地図 2005 とよぶ)である。もう一つは、1898 年フランス統治下に作成された地図を元にしたベクトル地図である。これらのベクトル地図が定量的な分析を行うベースとなる。

最初に、タンロン城が現在の市街地でどのように残存するかについて調べるために、1885 年の地図を数値地図 2005 に重ね合わせて差異を比較した。1885 年は、フランス統治期に入って直後のことである。第 3 図に示す 1885 年の地図には、タンロン城の城砦が正確に記述されているが、現在のハノイでは、正方形の街路を除いて城砦や堀の痕跡は見られない。しかしながら、数値地図 2005 に含まれる衛星画像と地図資料の両方で観察すると、城砦や堀の痕跡が浮かび上がる。第 4 図(a)に示すように、城砦東側の部分に、1885 年地図で観察される城砦の堀と類似した形状に沿って家屋が並ぶ不整合な部分(第 4 図

(a)の A 点から B 点に至る右肩下りの斜線)が観察できる。第 4 図(b)は数値地図 2005 に 1885 年のラスター画像を透過させて重ね合わせた図である。これにより、不整合な家屋の並びは、堀を埋め立てた後に建てられた家屋である、と推定できる。城砦と旧市街の境界がどこであったのかという研究者間の議論に対して、一つの答えになり得ると考える。一般に、フィールド調査で不整合な家の並びを発見することは難しいため、RS 技術の有効性を示す良い事例と言える。この推定をもとにしてフィールド調査を行った写真が、第 4 図(c)、(d)の箇所である。第 4 図(c)の家屋での聴き取り調査とその証言から得られた建築年代から、推定通り当該箇所が城砦と旧市街の境界であることが検証された。

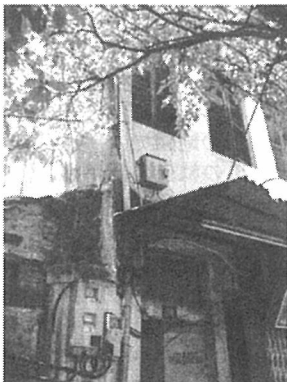
次に、タンロン城及びホアンキエム湖の南側地域の都市開発について考える。桜井ほか(2007)によると、1883 年以降タンロン城はフランス統治下に入り、この地域が都市開発地域となった。これについては、1890 年地図と数値地



(a) 地図資料で見る家屋の並び。



(b) 1885 年ラスター画像の重ね合わせ。

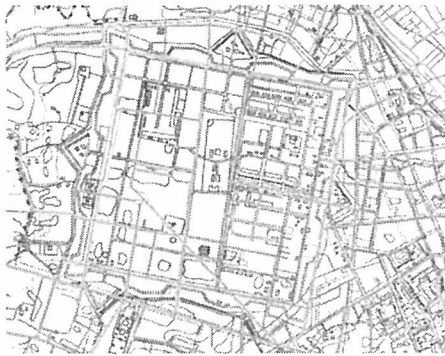


(c) 城砦と旧市街の境界に建つ家屋。

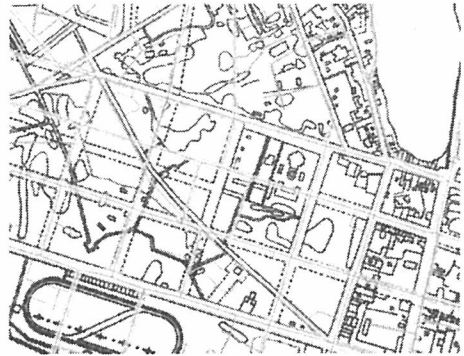


(d) 道路(aの A 点)から斜めに立ち並ぶ家屋群。

第 4 図 タンロン城砦の東側と旧市街の境界推定。



(a) 1890年のタンロン城.

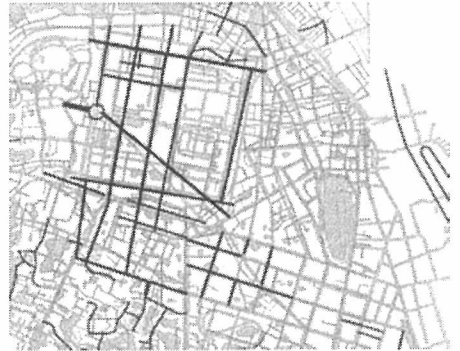


(b) 1890年のタンロン城の南側地区.

第5図 1890年のフランス統治下地域(タンロン城砦とその周辺).



(a) 1898年の街路状況.



(b) 1898年の街路開発計画.

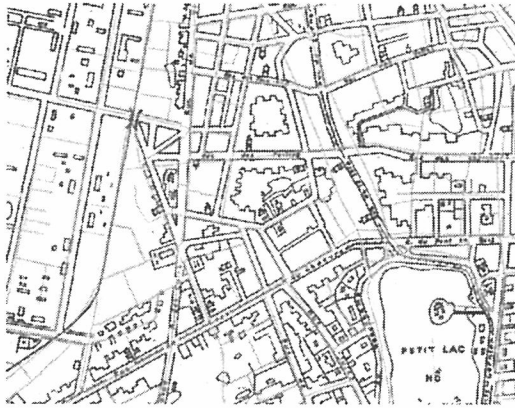
第6図 1898年のフランス統治下での道路開発計画.

図 2005 との比較・検討から検証することができる。第 5 図 (a), (b) は、1890 年地図と数値地図 2005 を重ね合わせた結果である。第 5 図 (a) において、城砦と堀は存在していた。タンロン城南側の街路開発の計画が変更され、1890 年の一部の計画街路が 1898 年には消失したことがうかがえる。また、1898 年地図の第 6 図 (b) において、城砦内西端からホアンキエム湖南部の方向に延びる右肩下がり斜めの直線街路の計画があったが、数値地図 2005 との重ね合わせから、現在の街路とは一致しないことがわかる。これも前述した計画倒れの例であると考えられる。この事例が示すように、過去の計画街路とその後の街路現況を重ね合わせることで、街路開発の実施状況が GIS によって明らかになる。

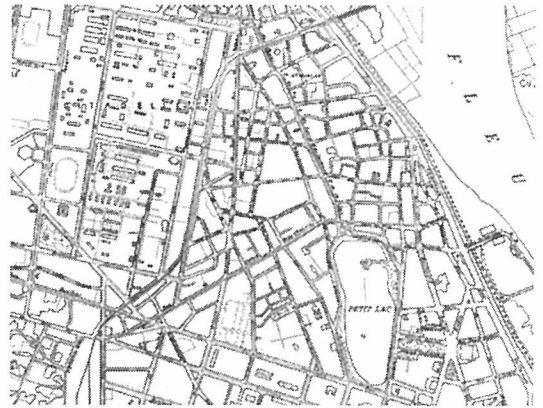
最後に、20 世紀に入ってハノイの都市化はどのように変化しかを考える。それを 1900 年以降の地図と数値地図 2005 を比較して検討する。代表的な 1900 年以降の地図を、第 7 図 (a), (b) に

示す。1885 年の第 3 図、及び 1890 年の第 5 図 (a) において観察されたタンロン城の城砦や堀は、1902 年の第 7 図 (a) では消失している。さらに、1898 年の第 6 図 (a) でホアンキエム湖の北側、即ち旧市街地に存在していたいくつかの沼・池が、4 年後の 1902 年の第 7 図 (a) では消滅し、その地域には新たな建築物の並びがみられる。そして、1902 年の地図では、1898 年には確認できなかった鉄道の軌道が観察され、現在ハノイからベトナム北部に通じる鉄道が、この時期に建設されたことが推察される。また同じ地図の比較から、市街地での街路が増加していることも読みとれる。また、数値地図 2005 に示される現在の街路の状況は、1936 年のその状況と一致しており、現在のハノイの街路は 1936 年までに完成していたことが判る。

以上のように、複数の地図を必要に応じてベクトル化して比較・検討し、対象の地図や衛星画像をラスター画像と重ね合わせることにより、



(a) 1902年のタンロン城の東側地域.



(b) 1936年の地図による街路状況.

第7図 ハノイ市街道路の完成時期.

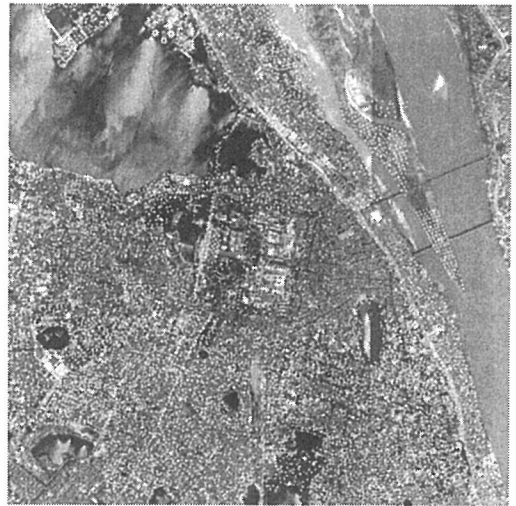
単に地図を眺めることから得られない新たな知的発見が得られる.

#### 4. 3次元都市モデルの構築

19世紀後半から20世紀初めに至る都市化の中で、どのように多数の湖や池が消滅したのか、紅河西岸の堤防施工はいかなる過程によって進捗し、それが都市環境にいかなる変容を与えているのか、という問題は2次元空間の分析では難しい。そのため、ここでは衛星画像や1950年及び2005年の地図資料、収集した標高調査データからDEM(数値標高モデル: Digital Elevation Model)を作成した。

日本で一般的に利用できるDEMのうち、最も解像度が高いものは、国土地理院による5mメッシュ(標高)である。しかし、このDEMの対象地域は日本国内でも限られた地域のみである。また、全国的に整備されている50mメッシュ(標高)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、存在しても解像度の粗いものが多い。また、無償で利用されているDEMにSRTM(スペースシャトル地形データ: Shuttle Radar Topography Mission)やGTOPO30がある。SRTMの解像度は約30mと約90mであり、GTOPO30は約1kmである。これらは対象が世界規模と範囲が広く、ハノイ市の微細な凹凸の地形変化を見るには解像度が粗くなってしまふ。そのため、独自に詳細なDEMを作成する必要がある。

ハノイ鉞山地質大学と共同で収集したデータの中に、ハノイ市全域の標高測量地図(1:2,000)がある。本研究では、現在のハノイ市の

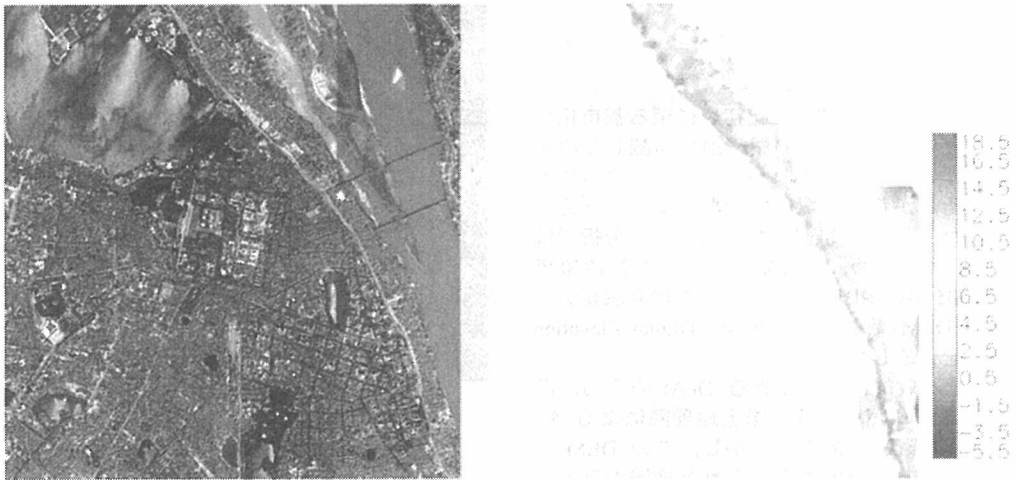


第8図 ハノイ全域の標高測量点.

微細地形を調べるために、この標高測量地図に記載されている標高値から格子間隔が約2mの詳細な解像度をもつDEMを作成した。第8図にDEM作成に用いた標高点(約10,000点)を示す。標高値から標高の格子データ(DEM)を作成するときは、地質調査から地層面を推定するときに使われている、3次B-スプラインを用いた特殊プログラムによって地形面を推定した(野々垣ほか、2006)。第9図左は、ハノイ市の中心部ホアンキエム湖周辺の衛星画像(IKONOS)である。第9図右は、作成した同地域の詳細DEM(等高線間隔は0.5mである)の可視化例である(可視化ソフトはオープンソースのTeramod2001を利用した)。衛星画像では分から



第9図 ホアンキエム湖周辺の2次元DEM  
(左はIKONOS画像, 右は作成したDEMで格子間隔2m, 等高線間隔は0.5m) .



第10図 ハノイ全域の詳細DEM  
(左はQuickBird画像, 右は作成したDEMで格子間隔2m, 等高線間隔は0.5m) .

ない微妙な標高差が表現されている。このような地形面のDEMをハノイ市全域で作成した。第10図にその可視化例を示す(可視化ソフトはオープンソースのGRASS GISを利用した)。また、GRASS GISの可視化ツールであるNvizを用いてハノイ市全域の鳥瞰図を作成した。第11図(a)はDEMデータであり、第11図(b)はDEMデータに地図画像を張り合わせたものである。

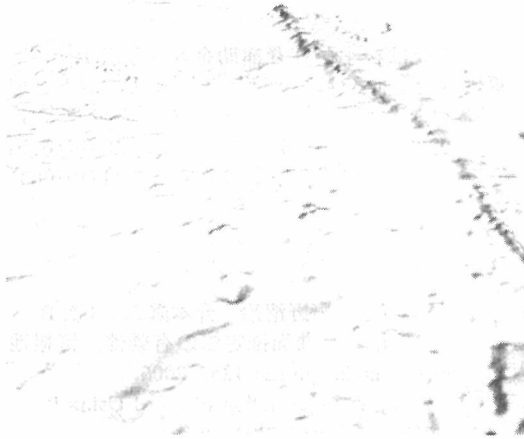
1950年にフランスによって作成された地形図を第12図(a)に示す。この地形図は現在の地形図との地形比較分析に適している。そのため、STRIP法を用いてこの地形図からDEMを作成

した(Noumi, 2003)。その結果を第12図(b)に示す。

1950年と2005年の両図を比較した結果、2005年における紅河西岸の大堤防の標高が、1950年より2m程度高くなっている。また、2005年におけるフォーコー地区は平均9.5mで、1950年より約0.5m沈下した。一方、堤防東側の紅河水表面の高さ(水位)は10.5mで、1950年より0.5m上昇していることが判った。つまり、大堤防は約60年間に約2m高くなり、フォーコー地区は、紅河水表面(水位)より約1m程度低い低地に位置している。さらに、フォーコー地区の地盤沈下と同時に紅河水位の上昇と思われる

る現象も認められる。これは Tran *et al.* (2007) において報告されているハノイの地盤沈下に当

てはまる結果である。



(a) DEM の 3 次元表示.



(b) DEM 上に地図を重ね合わせて表示 (等高線間隔は 0.5m) .

第 11 図 ハノイ全域の詳細 DEM の 3 次元表示 (両図とも高さは 50% 強調).



(a) 1950 年のフランス作成の地形図.



(b) STRIP 法を用いて作成した DEM (格子間隔は 2m, 図の右上はデータが無い部分) .

第 12 図 フランス作成によるハノイ地図の DEM 化 (等高線間隔は 0.5m) .

これにより、大堤防がその西側に位置する旧市街フォーコー地区や城砦を水災害から守り、住民生活や都市発展に重要な役割を果たしてきたと考えられるのである。

## 5. おわりに

本研究では、地図資料、衛星画像、地簿資料、村落絵図などを基礎資料として、GIS、RS と情

報学的手法を用いて検証を進めた。その結果、新たに次のような事実が判った。

- (1) 1885年から1898年の間にタンロン城周辺の城壁や堀が消滅した。
- (2) 旧市街地フォーコー地区では、急速に池沼、湖が埋め立てられ、1902年には当該地域に新たな街路が建設された。
- (3) タンロン城南側地域での都市開発が、1890年から1900年の約10数年間に紅河西側から順次、西方向に進められた。
- (4) 1898年までに紅河西岸の新たな堤防の建設が進められた。
- (5) 現在のハノイの街路は、概ね1936年までには完成していた。

これらは桜井ほか(2007)によるハノイの都市形成論を情報学的に裏付けるものである。さらに、GISとRSによる地図と衛星画像の分析から、1890年から1900年の都市開発において、部分的に計画が頓挫した形跡が発見されただけでなく、研究者間で議論のあるタンロン城砦東側とフォーコー地区の境界の確定が可能になった。また、旧市街地を中心にした標高を含む3次元都市モデルの構築により、紅河堤防が都市化や住民の生活・文化に与える影響、遺跡や史跡と地形的条件の関係などを解明するのに必要な基

礎データも得られることになった。

## 謝辞

本研究は科学研究費補助金若手研究(B)「地質情報を基盤とした東南アジア地域の地下と地上をつなぐ空間情報処理システムの構築」(19710208)と基盤研究(S)「地域情報学の創出—東南アジア地域を中心にして—」(17101008)の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 野々垣進, 塩野清治, 升本眞二: 3次B-スプラインを用いた曲面推定法の有効性, 情報地質, vol.17, no.2, pp.124-125, 2006.
- [2] Noumi, Y.: Generation of DEM Using Inter-Contour Height Information on Topographic Map, Journal of Geosciences, Osaka City University, 46, 14, 217-230, 2003.
- [3] 桜井由躬雄, 柴山 守: タンロン—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, pp.37-53, 2007.
- [4] Tran, A., Masumoto, S., Raghavan, V. and Shiono, K.: Spatial Distribution of Subsidence in Hanoi Detected by JERS-1 SAR Interferometry, Geoinformatics, vol.18, no.1, pp.3-13, 2007.