

# 震災復興計画の策定における高精度地理情報の応用

## —中国四川大地震・都江堰市を対象として—

嚴 綱林\*・石川幹子・加藤孝明・趙 煊・稻葉佳之・大場章弘

### Applications of Geospatial Information for Post-Earthquake Reconstruction Planning -A Case in Dujiangyan City, Sichuan Province, China

Wanglin YAN, Mikiko ISHIKAWA, Takaaki KATO, Wei ZHAO, Yoshiyuki INABA and Akihiro OBA

#### Abstract

Dujiangyan City, a county-level world natural and cultural heritage city under Chengdu City, the capital of Sichuan Province of China was heavily damaged by the Wenchuan Earthquake on May 12, 2008. For quicker and better recovery from the quake, the city government has called for the post-quake reconstruction conceptual plans to the global community at the end of May. The University of Tokyo, Keio University and South-East Jiaotong University have attended the plan-making activity as a joint team. This paper is a report about the concept, the procedure and the geospatial data used in the plan. It was practically confirmed that the high-resolution satellite images such as IKONOS and ALOS/PRIMS are useful as substitute for urban planning base maps. The conceptual plan harmonized with quick recovery and long-term urban reconstruction vision was appreciated at the presentation and review conference on July 12, 2008 at Dujiangyan City, organized by the local government.

**Keywords :**震災復興計画 (post-quake reconstruction plan), 四川大地震(Sichuan Earthquake), 高解像度衛星画像(High-resolution satellite image), 都市計画 (Urban Planning)

#### 1. はじめに

2008年5月12日に中国四川省汶川県にマグネチード8.0の巨大地震が発生し, 四川省北部から陝西省と甘粛省南部までの51の市・県・区, 13万km<sup>2</sup>の土地, 2000万以上の人人が被災を受け, 死者69222人, 負傷者374638人, 行方不明者18176人も出て, 世界でまれにみる大災害となった.

地震発生後, 現地では中央から地方まで人命救助を最優先に, 迅速に救援救助活動を行った. テントの緊急調達, 食料品の支給, 仮設住宅の建設など, 被災地の秩序の回復に努めた. 初期の混乱を経て, 5月後半にベクトルが徐々に復興に向かわれた. しかし, 現代中国に未経験の大災害を前に, どのように復興を進めるか, 現地政府も戸惑いが大きかったようだ. そこで, 5月29日に被災都市の1つである都江堰市は復興グランド・デザインの策定を国際社会に呼びかけた. 日本

からは東京大学・慶應大学による合同チームで応募した. 世界各地からの47組の応募から10組がノミネートされ, 東京大学・慶應大学チームは現地西南交通大学と共同で提案を作ることになった. 6月3日にノミネート発表, 6月7~11日に現地視察, 6月12日~7月10日に提案作成, 7月11日に提出, 7月12日に最終プレゼン, わずか1ヶ月というきわめて短い期間に復興計画を策定することとなった.

私たちは東京大学石川幹子教授をリーダーに, 東京大学, 慶應大学, 西南交通大学が密に連携して, 計画作業を進めた. 世界遺産都市の再生と地球環境共生都市への復興を理念に, 高解像度衛星画像を駆使して, 被害の評価, 水路・緑地・文化遺産などの環境要素の抽出とネットワーク化を行い, 震災復興と都市再生の基盤を2300年の文化遺産によって形成された水の都としての都市アイデンティティに置いた. 本文は都市化の最中にある中国においては, 復興グランド・デザインがどのように作られ, そのために地理情報をどのように集め, どのように活用したかを取りまとめたものである. 計画の詳細は東京大学ら(2008)を参照されたい.

## 2. 対象都市の概要

都江堰市は四川省成都市から 50km, 今回の大地震の震源地である映秀鎮から 15km ほど離れた, 面積約 11121km<sup>2</sup>, 総人口 68 万人, 都市人口 20 万人ほどの中小都市である。都市の名前は 2300 年前に造られた土木工事, 都江堰にちなんだものである。都江堰市はまた道教の発祥地, パンダの生息地でもあるため, 2005 年に世界自然文化遺産都市に登録されている。

大都市成都に隣接するという好立地と, 世界遺産都市というブランドを持ち, 都江堰市は国際観光都市として大発展するマスター・プランを 2008 年 2 月に完成したばかりだった。その矢先に大地震に遭い, 死者 3069 人, 負傷者 4388 人, 建物の半分以上が倒壊・損壊する大災害となり, 都市機能が完全にマヒする街となつた。復興グランド・デザインには仮設住宅の建設や被災者の支援などのすぐに対応しなければならない課題と, 持続力のある産業と魅力のある都市へ再生する長期ビジョンが同時に求められる。

## 3. 復興グランド・デザインの策定方法

グランド・デザインは中国では「概念計画」という。マスター・プランに相当するものだが, 法的計画でないため, 内容ははつきり規定されていない。今回, とくに時間が

限られるため, 最初は概念的に復興のビジョンを描ければと思っていたが, 抽象的な概念だけでは操作性がなく, 現実に役に立たないだろうとわかった。

そこで, 私たちは概念ではなく, 可能な限り生活の再建という緊急な課題と都市の再生という長期ビジョンが両立できるように, 客観的なデータに基づいたグランド・デザインを提示することに努力した。その構成と手順は図1に示す6つの部分に分かれる。

- ① 人口動向と用地需要の予測。都市全域の人口構成と都市化の動向を予測し, 都市的土地利用の需要, 農村居住用地の需要を推計した。
- ② 被災人口分布と復興モデルの設定。土地利利用と建物状況から都市内街区別の人口を推計し, 建物被害状況と合わせて, 街区別の被害人口を算定して, 復興モデルの設計を行つた。軽い被害を受けた街区は棟別復興, 深刻な被害を受けた街区は一体的に復興する街区復興, 深刻な被害を受けた街区は復興を通して再開発するという3つの復興モデルを設定した。
- ③ 都市再生の理念と土地利用方針の設定。復興を通して実現すべき都市のビジョンを設定し, そのための土地利用方針を立てた。都市アイデンティティの伝承, 広域での位置づけ, 地球環境時代への対応を念頭に世界遺産都市の再生と環境共生都市の復興を理念とした。

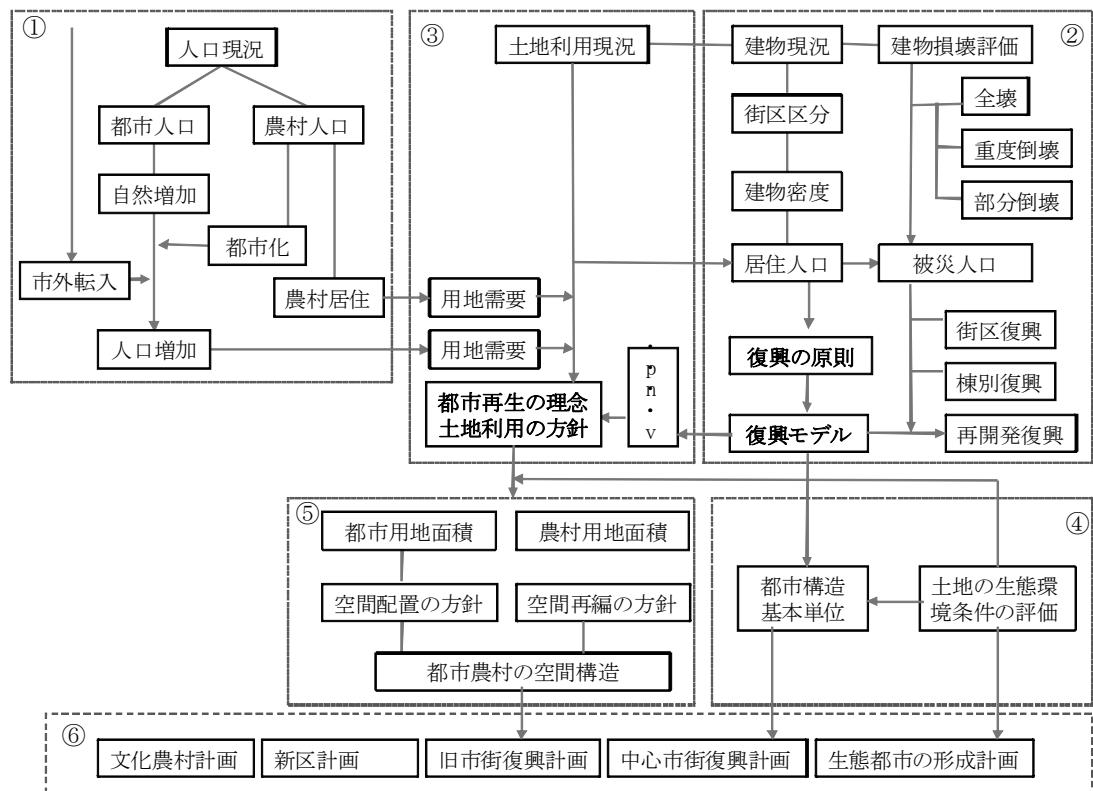


図1 復興グランド・デザインの手順と構成

この理念の下で 2300 年も続いた農地資源を極力節約するコンパクト・シティの設計原則を適用した。

④土地生態条件の評価。土地条件の可能性と限界を地質・地形・土壤・水理・気候・生物多様性などの諸条件から総合化し、都市全域の建設可能地とその環境容量を評価した。

⑤都市農村の空間形成計画。1~3の予測と評価によって算出された人口・土地の需要を、4の可能性と容量制限をもとに空間配分を行い、コンパクトな都市農村の空間形成戦略を提示した。

⑥都市再生計画の策定。以上の方針と戦略にしたがって、都市スケール、既成市街スケール、中心市街スケールなど、それぞれレベルのデザイン案を提示した。

#### 4. 復興計画の策定における地理情報

計画策定の前提は情報である。今回のグランド・デザインの策定にあたって、現地政府からある程度の基礎情報が提供された。なかには都江堰市の社会経済の概況、現存マスター・プランの図面、地方誌、歴史遺跡、建物被害情報などが含まれる。しかし、これらは「概念計画」レベルのものであって、客観的かつ実施可能な計画を作るためには情報の空間精度も時間精度も十分ではなかった。都市計画に欠かせない人口・土地利用・建物・地形などの詳細な GIS データはまったくなかった。それは計画内容に対する理解の違い、地理情報の不整備と不公開のためだったと考えられる。このような状況の中で、私たちは内外の情報ソースを総結集して、独自に高精度な地理情報を整備して対応した。

##### 4.1 都市計画ベースマップ

計画策定の基礎となるベースマップを高解像度 IKONOS 画像で代替した。対象都市の IKONOS 画像は中国国家測量局の Web サイトに公開されていた。撮影日は不明だが、参考資料と比較した結果、2005 年以降、地震前に撮影されたものと判明した。それを用いて、基礎情報を判読し、現地提供の土地利用データおよび建物被害データと合わせて、以下のように被害人口の分布と復興モデルの設計を行った(稻葉ら、2008)。

- 1) 都市基礎要素としての道路・水路・建物を判読し、市街地の構造、都市拡大の時系列を区分した。
- 2) 主要な水路・道路・建物形態から中心市街の空間単位として街区区分を行った。各街区は建物形態が均質になるように配慮した。
- 3) 土地利用図で住宅地となっている街区について、IKONOS 画像から家屋の階数・戸数を推測し、世帯あたり平均人口数を掛けて街区別人口とした。

- 4) 政府提供の建物倒壊・損壊分布図と合わせて、街区別被害人口・損壊建物延床面積を算出した。
- 5) 主要水路と道路によって囲まれた、人口 8000~15000 人の連続的な街区集合を住区とした。各住区は幹線水路・道路を境界とし、内部に生活水路を導入して、水の都の都江堰市のアイデンティティを強調する「水都社区」の概念を提案した。
- 6) 震災前のコミュニティの持続と土地資源の節約及び住民への開発利益の還元を考慮して、復興は原則として、「水都社区」を単位とした「現地連続復興」にした。
- 7) 建物の被害、建物現況、立地条件と都市ビジョンへの適合性から水都社区の復興モデルを棟別復興、街区復興、再開発復興に具体化した。既成市街地からの住民移転と新規都市建設用地の増加を最小限にとどめることにした。

##### 4.2 人口動向と建設用地の予測

復興を通して都市をより安全で活力のある街へ再生していくビジョンを提示することは復興グランド・デザインに求められる要件である。その前提は人口動向である。中国では 10 年に一度に国勢調査が行われているが、年次別に日本の市町村相当の行政レベルでの転入・転出データは整備されていない。それより、高度成長期の中国では、都市人口は計画の前提ではなく、結果だという言い方もある。開発政策が変われば、都市人口はいくらでも増やせるというのだ。この言い方の成否に関してはここでは議論しない。一般に中国都市の人口は

都市総人口 = 戸籍城鎮人口 + 非戸籍城鎮人口 (= 常住人口) + 戸籍農業人口

都市人口 = 戸籍城鎮人口 + 非戸籍城鎮人口 (= 常住人口)

都市化率 = 都市人口 / 都市総人口 \* 100

ここで、非戸籍城鎮人口 (= 常住人口) とは戸籍を持たないが、市内に一年以上住んでいる人である。都市化率は分母・分子の取り方によって大きく異なることに留意されたい。私たちは成都市、都江堰市 20 年間の戸籍上の都市人口と農村人口及びその成長率 (= 自然成長率) のデータを集めた。

震災前マスター・プランは、市の統計データをもとに、1990~2006 年平均人口自然成長率 0.5%、転入率 0.6%、成長率 1.1 とし、年間成長率を 2007~2012 年 1.5%、2012~2017 年 2% と予測していた。

しかし、私たちは成都市統計年鑑から都江堰市 1987~2006 年の人口自然成長率を、非線形最小二乗

法で当てはめた結果、対象都市の人口自然成長の伸びが遅く、戸籍総人口は 62 万人を超えることは少ないと確認できた。それに伴い、将来の都市規模は予測を下回る可能性があることが確認された。

対象都市の人口は成都市区からの転出と山地からの転出の影響が大きい。成都市区との間の都市間鉄道が 2008 年に着工し、2010 年に完成するとし、重力モデルを用いて、人口予測をやり直した。

その結果、将来の都市人口が 2012 年に 35.6 万人、2017 年に 44 万人、震災前計画よりそれぞれ 6 万人、14 万人ほど少ない。また、中央政府は復興建設用地基準を一人当たり  $90 \text{ m}^2$  と定めている。それに応じて、未来的な都市開発規模が縮小できることが確認された。

計画目標年を 2020 年とした場合、都市人口が 20 万人増える。中心市街のスプロールを食い止めながら、速やかな被災者支援と産業の回復という復興の基本的な考え方沿って、新規増加人口の三分の一を郊外に建設される新区、三分の一を郊外重点整備の鎮に、残り三分の一の半分を中心市街、もう半分を農村鎮に配分した。新規増加人口は土地資源の節約という政府方針とコンパクト・シティへ移行する国際潮流に合わせて、一人当たり建設用地を  $90 \text{ m}^2$  とした。これより、計画目標年に新規に必要な建設用地は  $18 \text{ km}^2$  で、新区、重点町にそれぞれ  $6 \text{ km}^2$ 、中心市街に  $3 \text{ km}^2$ 、他の農村町から  $3 \text{ km}^2$  の土地を捻出するとした。

#### 4.3 ALOS 画像の活用

ALOS は 2.5m 解像度の PRIMS と 10m 解像度の AVNIR 画像を持ち、3D モデルも生成できる PRISM は復興計画の基礎データとして期待していた。今回対象地域の ALOS 画像は雲で局地的しか使えなかつたため、主役は IKONOS 画像に譲った。それでも、安価な高解像度画像として重要な役割を果たした。

- 1) ALOS 画像の取得。2007 年 6 月 2 日の ALOS/PRIMS、2008 年 6 月 4 日の ALOS/PRIMS と AVNIR を取得した。
- 2) パンシャープ画像による全壊建物の抽出。2008 年 6 月 4 日の PRISM と AVNIR のパンシャープ画像を作成して、地震前の IKONOS 画像と比較して、全壊建物を抽出した。その結果、現地政府の調査データに全壊建物が必ずしも正確とは限らないことがわかった。
- 3) 山間部地震被害の抽出。2008 年 6 月 4 日の ALOS/AVNIR 画像と地震前の 2002 年の Landsat/TM 画像との比較から、北部山地では、地震による地滑り・山崩れが大規模に起きており、土砂ダムが発生していることが確認できた。
- 4) DSM の作成。ALOS/PRIMS を用いて DSM を作成し

た。地形図が提供されない中国では、このデータは非常に貴重である。DSM の作成と精度検証については、大場ら(2008)を参照されたい。

#### 5. おわりに

7 月 12 日に現地都江堰市にて提案発表会、13 日に専門家委員会による講評会が行われた。10 チームそれぞれの提案は特色に満ちていたが、開発を優先するものが多かった。それらと比べて、地球環境を考慮したコンパクト・シティを目指して、2300 年の灌漑システムで潤っている田園地帯も世界遺産の一部とみなし、環境共生都市へ再生する考えは私たちの提案にしか見られなかつた。また、客観的な地理データに基づいて、地域の自然と風土に根ざしたコンセプトを作り、生活の再建から都市の再生まで一貫して計画ができたのも私たちの提案の特徴だった。それは私たちのチームに都市防災、環境計画、地理情報など、多くの専門家が集まつて、密に連携しながら作業を進めたこと、日本の震災復興経験と客観的なデータに基づいて計画を作るという科学的姿勢があつてのことであろう。結果として、私たちの提案は現地でも高く評価され、防災・環境・都市計画の先進国としての日本の実力を世界に向けて発信することができた。

今回の提案活動は無報酬、無賞金のため、優勝は選ばなかつた。講評会の最後に、主催者の成都市人民政府から各機関に「都江堰市復興計画設計名賞」が授与された。提案された 10 の計画案は都江堰市の復興をタイアップで支援する同濟大学チームが責任を持って統合し、最終計画を策定することになっている。

#### 謝辞

復興グランド・デザインの作成は東京大学・慶應大学の多くの教員と学生に協力していただいた。この場を借りて深く御礼を申し上げたい。私たちの復興プランは被災者たちに新しい生活に向けて少しでも勇気と希望を与えることができたら幸いである。

#### 参考文献

- 東京大学・慶應大学・西南交通大学 (2008)『都江堰市震災復興概念計画』、2008 年 7 月。
- 大場章弘・本迫晋・福島光平・巖網林(2008)ALOS/PRISM 及び ALOS/AVNIR を用いた高精度 DEM の作成方法、地理情報システム学会講演論文集 Vol. 17.
- 稻葉佳之・大場章弘・巖網林(2008)ALOS/PRISM 画像を用いた地震による建物倒壊状況の抽出、土木計画学研究発表会 講演論文集 38.