

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25630245

研究課題名(和文) デジタルアースを用いた都市リスク変遷の視覚化と災害対応建築空間アーカイブズの構築

研究課題名(英文) Visualization of Transition of Urban Risk on Digital Earth and Construction of Architecture and Urban Design Archives for Disaster Risk Reduction

研究代表者

村尾 修 (Murao, Osamu)

東北大学・災害科学国際研究所・教授

研究者番号：70292753

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、住宅・土地統計調査データに基づき東京都における建物倒壊リスクを分析し、その変遷と地域ごとの建物脆弱性を解消するための課題を明らかにし、それらを視覚化した。また、災害対応を考慮して形成されてきた国内外の伝統的集落、町並、都市空間、建築空間、その他災害復興と防災に関する空間について調査を行い、情報収集を行った。そして、それらを「災害対応の循環体系」における各フェイズ(被害抑止、被害軽減のための事前準備、災害時緊急対応、復旧・復興)に対応させ、位置情報、名称、目的、対象とする災害、成立年代、空間規模などに分類・整理し、災害対応の都市・建築空間データベースとしてデータベース化した。

研究成果の概要(英文)：Firstly, this research analyzed building collapse risk of Tokyo based on the statistical data of housing and land survey of Japan, and clarified and visualized a long-term change of the urban risk in order to solve regional problems on disaster risk reduction. Secondly, information of architecture and urban design for disaster risk reduction, such as traditional architectures preservation districts, townscape, and landscape, was collected based on literature and field surveys. Arranged by systematic scheme of the disaster life cycle, including (1) mitigation, (2) preparedness, (3) response, and (4) recovery, the collected information was organized by dataset of place, name, purpose, type of objective disasters, construction period, and scale, in Architecture and Urban Design for Disaster Risk Reduction Database.

研究分野：都市防災

キーワード：デジタルアース 建築ボキャブラリー 都市リスク デジタルアーカイブズ 都市デザイン 災害対応  
空間 東京 地域危険度

## 1. 研究開始当初の背景

(1) Nature 誌は 2004 年に Mapping Opportunities という記事を掲載し、ジオテクノロジーはナノテクノロジーとバイオテクノロジーと並んで 21 世紀の 3 大ビジネス分野の 1 つとなると言明した。この空間情報の技術革新と、仮想のデジタルアース (Digital Earth) を構築するデジタルアース構想 (1998 年、米国ゴア副大統領) は、特定の都市情報をひとつの仮想地球儀上で処理することを可能とした。防災分野においても、その技術の利点を活かした活用が期待される。

(2) 都市リスクを示す代表的な手法として、東京都が実施している地域危険度 (建物倒壊危険度、火災危険度、避難危険度等) がある。1975 年以降およそ 5 年ごとに更新されているが、その手法は各回異なっているため、都市リスクの変遷を把握できていない。しかしながら、都市化にともなう都市の脆弱性の変遷を同一尺度により把握し、行政や住民の共通認識として視覚的に理解することも必要である。

(3) Marcus Vitruvius Pollio は “De Architectura” の中で、建築に必要な要素の一つとして「強さ」を挙げており、また WHO は 1964 年の報告書の中で居住環境に必要な要素として「安全性」を挙げている。しかしながらこれまで、都市・地域・建築の意匠が、災害軽減という観点からとらえようとする試みはさほどされていなかった。最近ようやく世界地震工学会議 (2008) で建築デザインと地震工学のセッションが生まれ、ハーバード大学で Risk and the City と題した国際ワークショップが開催されるなど、新たな分野の必要性が叫ばれるようになり、筆者も関与してきた。

## 2. 研究の目的

自然災害の多発する我が国では、多くの災害を教訓とした防災上の様々な知見が蓄積され、都市や集落においても、人工的あるいは自然発生的に、防災のための様々な空間が施されてきた。高度情報化の進んだ現代において、それらの技術を活用し、従来の枠組みとは異なる都市防災の手法が求められている。本研究では、(1) 都市の危険性の変遷過程を分析・視覚化するとともに、(2) 国内外の土着的な集落および都市空間を「災害対応」という新たな枠組みで再整理したうえで、今後の災害環境に対応するよう都市・建築空間デザインコードを用いて体系化し、(3) インターネットのデジタルアース空間を通じて、その事例を世界中に配信することを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 都市危険性の変遷過程の分析と視覚化

### ①利用データの検討と入手

東京は、1923 年関東地震および 1945 年東京大空襲による 2 度の破壊とその後の近代化を経て、現在に至っている。20 世紀以降の都市化にともなう東京の都市リスクを評価するうえで、可能となる入手データについて検討し、データを収集する。

### ②都市リスク評価手法の検討

被害想定や地域危険度に関する既往研究を整理し、入手可能データの利用方法を考慮し、都市リスク評価手法について検討する。首都圏においては地震が最も深刻な都市災害であることから、建物倒壊リスク等に関する適切な手法を提案する。

### ③都市リスクの評価とその変遷の分析

②で提案された手法を用いて、10 年程度の時間間隔で、20 世紀以降の首都圏の都市リスクについて評価する。そして、その変遷を考察する。

### ④都市リスク変遷の視覚化と課題の抽出

③で得られた都市リスクの変遷を視覚化し、地域特性に応じた都市リスク軽減のための課題を抽出する。

### ⑤都市リスク変遷過程の把握手法の検討

統計データを使用せずに都市の変遷過程を把握する手法についても検討する。ここでは、2007 年ペルー地震で被災したピスコを対象とし、リモートセンシング技術を用いた被災と復興過程の把握手法の可能性について検討する。

## (2) 災害に対応した都市・建築空間の体系化

### ①文献調査

各種参考資料により、各地の伝統的集落、街並、都市空間、建築空間、その他災害復興と防災に関する空間を調べ、災害環境に対応した事例を抽出する。

### ②現地調査

文献調査により得られた情報に基づき、東日本大震災被災地を含む災害対応空間の事例を選定し、資料収集のための現地調査を実施する。

### ③災害対応空間の体系化

災害対応の空間事例が実質的な災害管理手法として利用できるよう、体系化する必要がある。ここでは、災害管理に用いられる災害対応の循環体系 (Disaster Life Cycle) という考え方 (参考文献①) に基づき、「被害抑止 (Mitigation)」、「被害軽減のための事前準備 (Preparedness)」、「災害時緊急対応 (Response)」、そして「復旧・復興 (Recovery)」に対応させ (図 1)、分類整理する。

#### ④データベースの構築

調査で得られた対応空間の情報を位置情報、名称、目的、対象とする災害、成立年代、空間規模（建築の一部、建築単体、建築群、外部空間、集落など）のように分類・整理し、データベース化する。

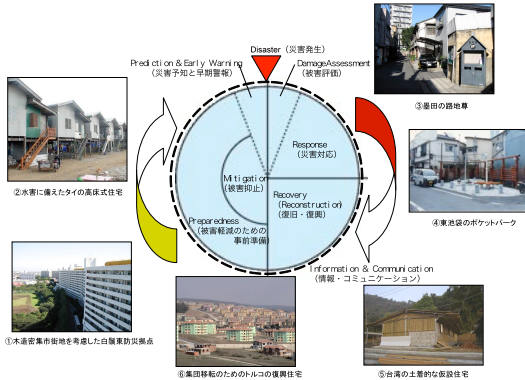


図1 Disaster Life Cycle と対応空間の例

### 4. 研究成果

#### (1) 都市危険性の変遷過程の分析と視覚化

##### ①使用データと建物倒壊リスクの算出方法

長期間にわたる都市リスクの変遷を把握するためには、継続的に同一の基準で収集されたデータを用いる必要がある。ここでは、総務省統計局により1948年から5年ごとに実施されている住宅・土地統計調査の市区町村別「住宅の種類、構造、建築の時期別住宅数」のデータを用いて、1978年から2013年までの東京特別区における建物倒壊危険性の推移を算出した。

建物倒壊危険性を評価する方法としては、東京都の地域危険度測定調査（たとえば参考文献②）に用いられている手法がある。しかし、この方法は東京都が所有する建物一棟一棟の詳細な情報を用いており、長期にわたる各時代の建物に関する同質のデータを入手するのは困難である。そのため、住宅・土地統計データを用いた手法を提案した。

ここで、地震動により全壊被害を受けるとされる住宅戸数（全壊戸数）を区域面積で除したものを住宅被害量（戸/ha）と定義する。東京都の第5回地域危険度測定調査（参考文献②）における建物倒壊危険量の算定方法に基づき、「地盤と建物の組み合わせによる被害率」と「建物に関する量」を乗じて算出した。「地盤と建物の組み合わせによる被害量」には地盤ごとの増幅率と村尾・山崎による建物被害関数（参考文献③）を用いた。

##### ②住宅戸数の変遷と建物特性の変化

図2に特別区全体における住宅戸数の推移を示す。東京特別区全体で、住宅総数では1978年時点で約290万戸だった住宅が2013年には約460万戸と、全体の住宅戸数は年を追うごとに増加し続けている。

構造別に見ると、木造住宅は1978年から2013年までの35年間で約4割減少しており、

非木造住宅は約3.5倍に増加している。これより、東京都区部全体で住宅の非木造化が進んでいることがわかる。

建築年代別に見ても、木造-70は1978年の155万戸から2013年には20万戸に減少し、非木造-70も37万戸から17万戸に減少している。建築年代が1970年以前の住宅は木造・非木造と、ともに大きく減少しており、住宅の構造・建築年代の視点からみて、耐震化が進んでいると言える。しかし、木造71-80は1983年の60万戸から2013年には20万戸に減少しているのに対して、非木造71-80は60万戸から40万戸と減少傾向にはあるものの、非木造ではあまり減少が大幅ではないことがわかる。よって、今後いかに非木造71-80の住宅の建て替えを進めていくかがひとつの課題になると考えられる。1981年以降の住宅は、とくに非木造において大幅な増加を見せており、2013年には約220万戸で全体の約5割を占めている。

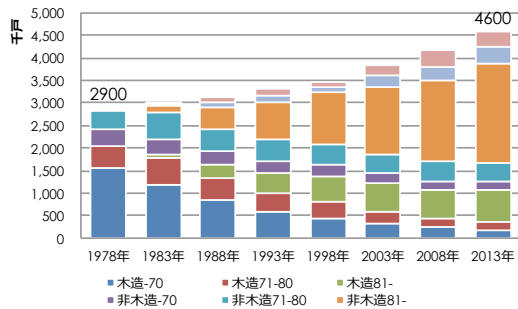


図2 東京特別区全体における住宅戸数の推移

##### ③東京特別区の建物倒壊危険性の変遷

分析結果に基づく、東京特別区における区毎の住宅被害量の推移を図3に示す。

荒川区と墨田区が他の区と比較して高い値を示している。これは、区域の大部分が増幅率の大きい沖積低地4によって占められているからであると考えられる。一方、増幅率の小さい西側の世田谷区や練馬区、杉並区などは住宅被害量の値が小さい。

住宅被害量については、いずれも減少傾向にあり、住宅の建て替え等により、都市の建物倒壊リスクは下がってきたことがわかる。

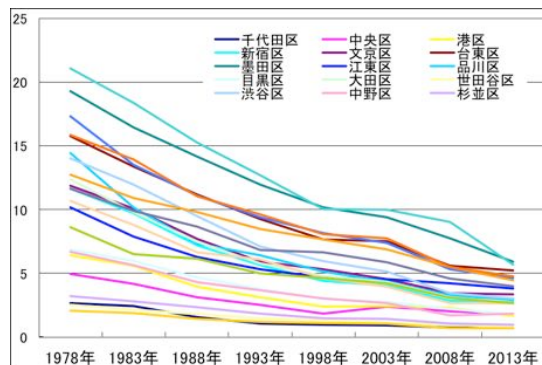


図3 東京特別区における区毎の住宅被害量の推移

④都市リスク変遷の視覚化と課題の抽出

分析結果(図4)に基づき、住宅の構造・建築年代別戸数の増減と昼夜間人口比率に着目し、東京特別区を7つに分類し、傾向と建物倒壊リスク軽減のための課題を整理した。以下にその例を示す。

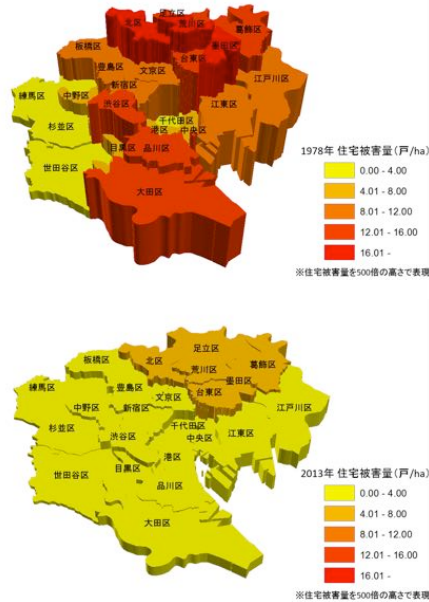


図4 建物倒壊リスクの視覚化と変化(1978年-2013年)

【都心グループ】

A-1: 千代田区、中央区、港区

住宅被害量の減少傾向が2003年から小さくなり、近年では横ばいである。1981年以降の住宅が全体の80%を占め、非木造住宅と木造住宅の割合も9:1となっている。とくに、木造住宅の減少率は1998年ごろから停滞している。住宅の耐震化は最も進んでおり、大きな改善を見込むことは困難である。

【副都心グループ】

B-1: 新宿区、渋谷区

非木造住宅が全体の85%となっており、比較的高くなっている。しかし、1981年以降の住宅は約70%となっており、依然として残っている1980年以前の建築物について今後対策をとる余地がある。

【住宅街グループ】

C-2: 世田谷区、中野区、杉並区、練馬区、足立区、葛飾区、江戸川区

1981年以降の住宅は約75%とC-1グループよりも高いが、非木造と木造住宅の割合は約6:4であり、依然として木造住宅が多く残っている。しかし木造住宅も1981年以降に建てられた住宅がほとんどで、1980年以前の木造住宅は減少し続けている。とくに西側の区は地盤の強さの影響にもより、住宅被害量が他の区と比較して低く、建物倒壊リスクは進んでいると言える。

(2) 都市リスク変遷過程の把握手法の検討

(1)では、統計データを用いた都市リスクの評価を行った。しかし、仙台防災枠組に示されているBuild Back Better「より良い復興」の視点で、統計データを用いずにリスクの変遷を評価する場合もあり得る。

そのため、本研究では2007年ペルー地震により被災したペルー・ピスコ市を対象に、2007年から2011年までの過去5年間の建物再建の推移を、従来行われてきた航空写真での目視判読と衛星画像解析を同一地区に対して適用することで定量化し、再建プロセスの時間的・空間的対応を比較した(図5)。画像解析では、解析精度が作業者の技術力によらないピクセルベースでの解析を軸に検討を行い、最尤法に基づく分類から敷地変化を4つに分類した。目視判読作業が困難な建物密集地区において目視判読結果の約71.2%の精度で検出に成功した(図6)。

また、解析結果から各年代別のピスコ市における建物再建は被災から1~2年後にピークを迎えていることが明らかになった。文献調査等で、同時期に策定された住宅開発計画の存在や、住宅再建のために必要となる居住地証明書の発行件数の増加が確認でき、関係する事象との対応を確認することが出来た。

本研究で検討した解析手法は、再建プロセスの概観を把握する際に、従来目視調査や現地調査が困難だった途上国の被災地における復興調査のためのツールとしての有用性が期待できるという示唆が得られた。

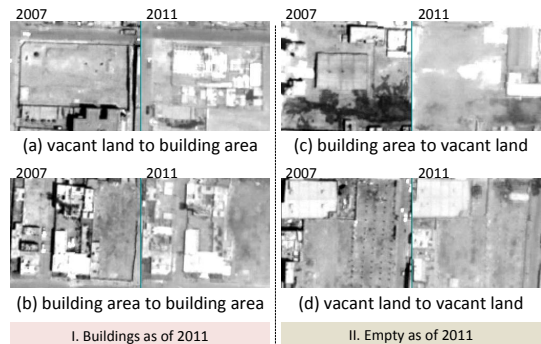


図5 衛星画像解析に基づく敷地の変化の把握

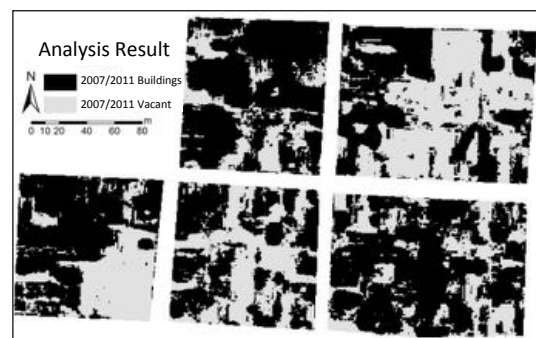


図6 衛星画像解析の一例



(3) 災害に対応した都市・建築空間の体系化  
 世界中の各地域には固有の風土や地勢があり、そこに住む人々はその立地に応じた自然災害を経験してきた。そうした集落では、地域固有の自然災害による被害を軽減するための建築ポキャブラリーが培われてきた。こうした仮説のもとで、これまでに災害に対応した都市や建築の空間事例を調査し、情報を収集した(図7)。それらを以下のような考え方により整理した。

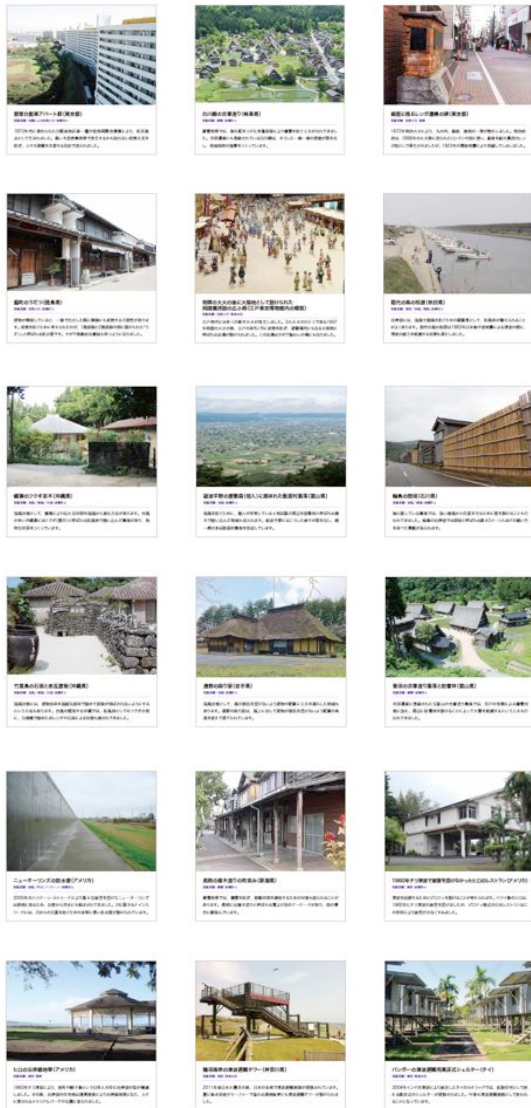


図7 災害対応の都市・建築空間の事例

①被害抑止のための空間

被害抑止とは、災害の発生を軽減もしくは取り除き、不可避の災害による影響を軽減することを目的とした活動であり、施設や構造物に対して行われる。主に構造物によるものと土地利用規制によるものがある。

②災害時緊急対応のための空間

災害時の緊急対応のためには、その空間を事前に準備しておかなくてはならない。こう

した空間には、地域のまちづくり活動の一環としてつくられた井戸などの機能を持つストリートファニチャーや、木造密集地帯における一時避難場所として考えられている小広場、あるいは津波来襲時の避難施設が挙げられる。

③復旧・復興の空間

発災後の緊急対応の段階が終わると、復旧や復興の段階に移行する。この段階ではBuild Back Better、すなわち以前よりもより安全性の高い場所づくりが求められる。また災害という負の遺産を将来に教訓として残していくための取り組みも行われる。復旧・復興に関連する空間としては、①応急仮設住宅、②仮設市街地、③恒久住宅(復興住宅)、④復興公園、⑤復興メモリアルとモニュメント、そして⑥防災教育・啓発施設などがある。

④データベースの構築

こうした考え方に基づくとともに、収集した事例を、位置情報、名称、目的、対象とする災害、成立年代、空間規模などに分類・整理し、災害対応の都市・建築空間データベースとしてデータベース化した。



図8 データベースの入力画面

<参考文献>

- ① 目黒公郎, 村尾修: 都市と防災, 放送大学教育振興会, 327, 2008.3
- ② 東京都都市計画局: 地震に関する地域危険度測定調査報告書(第5回), 2002
- ③ 村尾修, 山崎文雄: 自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数, 日本建築学会構造系論文集, 第527号, 189-196, 2000.1

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Hoshi, T., Murao, O., Yoshino, K., Yamazaki, F., and Estrada, M.: "Post-Disaster Urban Recovery Monitoring in Pisco After the 2007 Peru Earthquake Using Satellite Image," Journal of Disaster Research, Vol.9, No.6, 1059-1068, 2014.12 (査読有)

[学会発表] (計 12 件)

- ① Murao, O.: "'City" as a living environment from a viewpoint of disaster management," 3rd GRF One Health Summit 2015, Fostering Interdisciplinary Collaboration for Global Public and Animal Health, 2015.10.4-6, Davos, Sitzerland
- ② Murao, O.: "Traditional Architecture and Landscapes Designed for Disaster Risk Reduction in Japan," EUGEO 2015 Congress, 2015.8.30-9.2, Budapest, Hungary
- ③ Murao, O.: "Land Use Planning and Current Conditions in Areas Devastated by Tsunamis in the World," the 10th International Symposium on Multi-Hazards around the Pacific Rim, 2014.11.18-20, Santiago, Chile
- ④ 村尾修: 災害対応を考慮した都市・建築空間に関する一連の研究, 2014年日本建築学会賞(論文)受賞者記念講演, 2014.9.13, 神戸大学, 神戸市, 兵庫県
- ⑤ Murao, O.: "Lessons learnt from the Great East Japan Earthquake and the current recovery efforts," Asian Conference on Disaster Reduction 2014, 2014.3.3, Shinagawa Prince Hotel, Tokyo
- ⑥ 村尾修: 世界における震災・戦災復興後の都市, 第4回「震災対策技術展」宮城-自然災害対策技術展-, 2013.8.8, 仙台市情報・産業プラザ(AERビル), 仙台市, 宮城県

[図書] (計 3 件)

- ① 目黒公郎, 村尾修: 地域と都市の防災, 放送大学教育振興会, 292, 2016.3
- ② 糸井川栄一編著, 村尾修, 谷口綾子, 鈴木勉, 梅本通孝: 1. 都市リスクマネジメント, 都市のリスクとマネジメント, リスク工学シリーズ9, コロナ社, 1-10, 193, 2013.12
- ③ 村尾修: 建築・空間・災害, リスク工学シリーズ10, コロナ社, 172, 2013.9

[その他]

ホームページ等

<http://isdmirides.ec-net.jp/db/index>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

村尾 修 (MURAO, Osamu)

東北大学・災害科学国際研究所・教授

研究者番号: 70292753