

日立市における地震災害と土地条件との関係

橋本 操, Konstantin GREGER, 益田理広, 山本敏貴, 久保倫子, 松井圭介

Analyzing on the Relationship between Earthquake Hazard and Land Condition in Hitachi City

Misao HASHIMOTO, Konstantin GREGER, Masahiro MASHITA,
Toshiki YAMAMOTO, Tomoko KUBO and Keisuke MATSUI

Abstract: The East Japan Earthquake that occurred in March 2011 resulted in extensive damage over a wide area. This study, a case study of Hitachi City, Ibaraki prefecture, analyzed the relationship between damage caused by the earthquake and the following tsunami and soil condition by overlaying the distribution of building damage data and soil condition data using GIS. The urban area of Hitachi City is very limited as it is cramped between the Pacific Ocean and mountainous areas. Significant differences could be shown in the damage of housing according to the soil condition it is situated on. Buildings on alluvial lowlands are amongst the hardest damaged. In addition, the damage tended to increase near geological boundaries.

Keywords: 地震災害 (earthquake hazard), 土地条件 (land condition), GIS (geographical information system), 日立市 (Hitachi city)

1. 研究課題

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、茨城県から東北地方にかけての太平洋沿岸地域において甚大な被害を及ぼした。今回のような大規模な地震災害からの建造物再建、都市機能復旧には、地域別の被害状況の把握が不可欠なものとなる。そのため、数多くの既往研究が建築学や都市工学の領域を中心に蓄積されている。一例として、建物構造による地震被害のパターンについて分析した岡田・高井(1999)、高井・岡田(2001)、高井ほか(2000)などの研究や、建物構造と築年数を付加し被害関数

について求めた村尾・山崎(2002)の研究が挙げられ、建物の被害調査方法についても、村尾・山崎(1999)が自治体による調査法の比較検討を行い、統一した調査方法を提唱している。

また、建造物の構造に加えて土地条件も地震による被害状況に影響を与えることが示されてきた。小荒井・佐藤(2009)は、ボーリングデータから沿岸域の地震建物被害や地形分類との分析を行い、地域の災害脆弱性に対する評価方法を検討した。小荒井ほか(2007)は、過去の災害履歴と土地条件図をオーバーラップすることにより、地形分類と地震被害との関連を解析した。さらに、災害直後の空中写真判読による地形変化と被害の分布特性も報告されている(小荒井ほか, 2008)。

橋本 操 〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

筑波大学大学院生命環境科学研究科地球環境科学専攻

E-mail: misao@geoenv.tsukuba.ac.jp

これらの研究蓄積によって、地域の土地条件と災害被害の関係性が明らかにされてきたが、微地形や住宅建材の差異による被災状況の変化を詳細に扱ったものは限られている。

本研究では、茨城県日立市において住民に対する住宅の建材と被災状況に関するアンケート調査を実施した。住民から得られた個別の情報と土地条件データを併せて分析することにより、詳細な地震災害と土地条件の関係を明らかにする。東日本大震災による建物被害状況を早急に把握することは、地域の復興や防災という観点からも重要な課題である。

2. 研究対象地域と研究方法

茨城県日立市は県北部に位置する、東西 17.9 km、南北 25.9 km の広がりを持つ市であり、日立製作所およびその関連会社が集積する企業城下町である（図-1）。市東部は太平洋に面し、内陸部である北西部および西部の 3 分の 2 は、標高約 300m の多賀山地で占められる。市街地は崖と砂浜が交互に続く海岸線に連なる狭小な台地上に形成されている。市の東部に平行して南北に延びる海岸段丘は、標高が西 120m、東 20m 前後と全体として海岸に向かって傾斜している（日立市教育委員会、2009）。

日立市では、東日本大震災による住宅等の損壊被害、インフラの寸断、津波による浸水被害が発生した。本研究では、土地条件と地震との関係について比較考察を行うため、性質の異なる市内 4 地区（A～D 地区と呼称する）を選定しアンケート調査を実施した。各地区の特徴を略述すると、A 地区は中心市街地、B 地区は 1980 年代に分譲された山沿いの住宅団地となり、C 地区は 2000 年代に分譲された山沿いの住宅地、D 地区は津波被害のあった沿岸の旧集落となる。各地区の人口は、A 地区が 5,872 人、B 地区が 1,861 人、C 地区が 768 人、D 地区が 5,770 人である（国勢調査、2005）。調査実施期間は

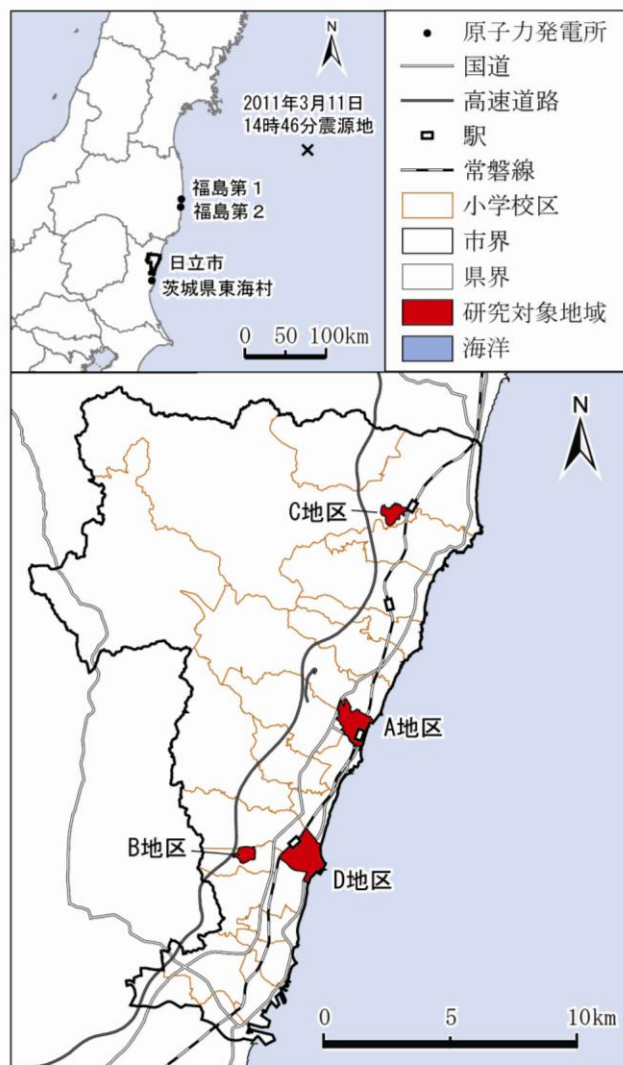


図-1 研究対象地域と震源地，原子力発電所の立地
（基盤地図情報，国土数値情報により作成）

2011 年 5 月 24 日～6 月 4 日であり、地区 A、C、D は自治会役員を介して、地区 B はポスティング方式によりアンケート用紙を配布した。用紙は各地区に 500 部（計 2,000 部）を配布し、地区 A、B、D では返信用封筒により、地区 C は自治会長に収集・郵送を依頼することにより回収した。各地区のアンケートの回収数は、以下の通りである。A 地区：129（有効回答数 123）、B 地区：128（同 120）、C 地区：139（同 112）、D 地区：96（同 91）。

アンケート項目の地震の被害については、村尾・

山崎 (1999) で提案されている方法を使用し、点数による集計を行った。建築物全体の被害状況については、無被害、軽微 (軽微な損傷で使用可)、小破 (小規模の修繕で使用可)、中破 (大幅な修繕で使用可)、大破 (再使用不可、撤去要、または住める見込みが非常に少ない) の5段階に分類した。また、村尾・山崎 (1999) に倣い、木造建築と非木造建築 (鉄筋・軽量鉄筋、その他) の項目も設置した。なお、対象地域においては大半の住宅が木造建築であることを鑑み (後述の表-2 参照)、建物構造が未記入のものは木造建築として扱った。建物構造と部位における損傷の点数は表-1 の通りとした。全被害を100点とし、その内何パーセントの被害があったかを集計し、0%を被害なし、3%未満をその他、3%以上 20%未満を一部損壊、20%以上 50%未満を半壊、50%以上を全壊として分類した。

表-1 建物構造と各部位における被害点数と損傷内容

木造(点数)	非木造(鉄筋・軽量鉄筋点数, その他点数)	損傷内容
屋根 無被害(0), 軽微(4) 小破(8), 中破(12), 大破(16)		瓦のゆるみ・落下, 屋根のうねり・損壊
外壁 無被害(0), 軽微(2), 小破(4), 中破(6), 大破(8)	外装 無被害(0, 0), 軽微(3, 2), 小破(6, 4), 中破(9, 6), 大破(12, 8)	亀裂, 剥落, 浮上, ずれ
内壁 無被害(0), 軽微(3), 小破(6), 中破(9), 大破(12)	内装 無被害(0, 0), 軽微(3, 3), 小破(6, 6), 中破(9, 9), 大破(12, 12)	亀裂, 剥落, 浮上, 室内の損傷, 倒壊
基礎・床 無被害(0), 軽微(4), 小破(8), 中破(12), 大破(16)	基礎 無被害(0, 0), 軽微(4, 4), 小破(8, 8), 中破(12, 12), 大破(16, 16)	陥落, 沈下, 亀裂
柱・軸組 無被害(0), 軽微(4), 小破(8), 中破(12), 大破(16)	柱・梁・耐 震壁 無被害(0, 0), 軽微(8, 8), 小破(16, 16), 中破(24, 24), 大破(32, 32)	傾斜, 損傷, 割れ, たわみ, 座屈, 亀裂, 工筋の露出
建具 無被害(0), 軽微(5), 小破(10), 中破(15), 大破(20)	建具 無被害(0, 0), 軽微(3, 3), 小破(6, 6), 中破(9, 9), 大破(12, 12)	建付け不良, ガラス 等の損傷・落下
	設備器 具・階段 無被害(0, 0), 軽微(1, 2), 小破(2, 4), 中破(3, 6), 大破(4, 8)	損傷
その他 無被害(0), 軽微(3), 小破(6), 中破(9), 大破(12)	その他 無被害(0, 0), 軽微(3, 3), 小破(6, 6), 中破(9, 9), 大破(12, 12)	

注1) 木造建築のその他には、設備器具、階段などを含む。
注2) 非木造建築のその他には、屋根などを含む。

(村尾・山崎(1999)より作成)

さらに、アドレスマッチングにより位置情報を付与し、各地区の建物ごとの被害を地図化した。アドレスマッチングには、フリーソフトの AG2KML, GoogleEarth と ESRI 社の ArcGIS を使用した。手順としては、被害のあった住宅の住所の CSV ファイルを作成し、AG2KML で KML データに変換し、

GoogleEarth で表示することで、住所の位置情報の付与された KML データを取得した。その後、ArcGIS で KML データをシェープファイルに変換し、建物のポイントデータを作成した。土地条件のデータは、常磐地下工業株式会社により作成された日立台地の地盤地質図を使用した。

3. 分析結果

各地区における建物の構造を表-2 に示す。

表-2 各地区の建物構造とその割合

建物構造	A地区(%)	B地区(%)	C地区(%)	D地区(%)
木造	82(66)	104(87)	5(4)	70(77)
非木造	38(31)	10(8)	101(90)	17(19)
不明	4(3)	6(5)	6(5)	4(4)
計	124(100)	120(100)	112(100)	91(100)

(アンケートより作成)

木造建築が最も多いのは B 地区であり (約 87%), D 地区 (約 77%), A 地区 (約 66%) がそれに続く。2000 年代に分譲された C 地区は、非木造建築が約 90% を占めており、他の地区に比べ新しい建材を使用した住宅が多く立地している。

また各地区の建物の被害状況については、最も被害が多かったのは D 地区で (図-2), A 地区, C 地区, B 地区がそれに続く。ただし、「全壊」に該当する建物のみに関していえば、A 地区, D 地区, B 地区, C 地区の順に多く、C 地区については該当するものは存在しなかった。

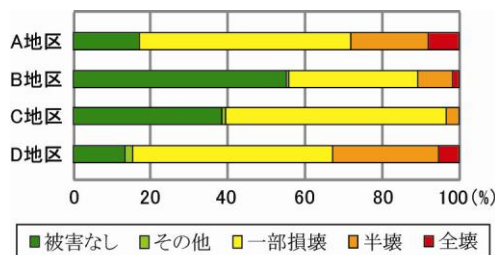


図-2 各地区における建物の被害割合 (%)
(アンケートより作成)

各地区の部位別の被害状況については、最も多くの被害がみられたのは「内壁・内装」であり(図-3)、それに「外壁・外装」、「建具」、「屋根」が続いている。また被害の程度をみると、「外装」、「建具」、「設備器具・階段」が「大破」に分類された

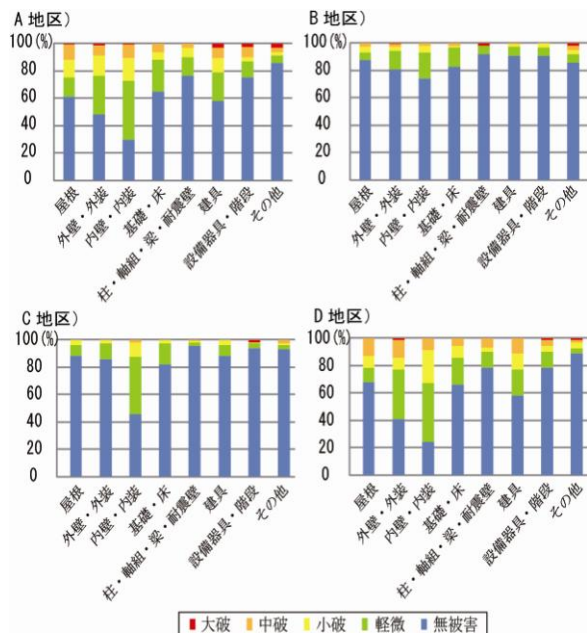


図-3 各地区における建物部位別被害
(アンケートより作成)

被害状況と地質データを照合したものを図-4～図-7に示した。

まず、A地区の地形をみると、海岸部から内陸部に向かって沖積谷低地、低位・中位段丘面が広がる。住宅への被害は地区内の全域で確認された。なお、A地区では津波による被害はあまり確認されなかった。

被害が少なかったB地区とC地区は、成田層相当層や基盤岩、白水層からなる丘陵地や山地地形の上に立地している。B地区では、成田層相当層の中心に位置する建物よりも外側の基盤岩付近に位置する建物に大きな被害が認められた。C地区では、被害は地区内にほぼ均等に広がっていた(写真1)。なお、図-6において被害が東側に集中しているように見えるのは、西側が現在開発中であり、建物が東

側に偏って分布しているためである。

最後に、最も大きな被害を受けたD地区について述べる。D地区においては、海岸から沖積堆積物が分布する沖積谷低地、多賀層群が分布する台地、低

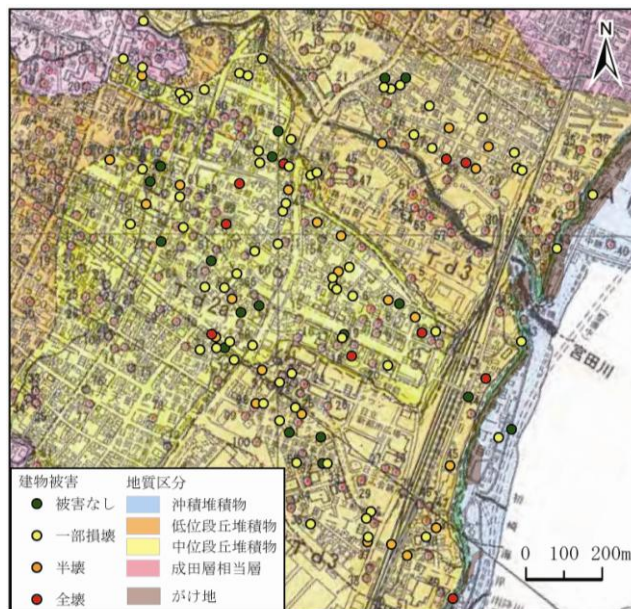


図-4 A地区における地震による被害と地質の分布

(アンケート、日立台地の地盤地質図より作成)

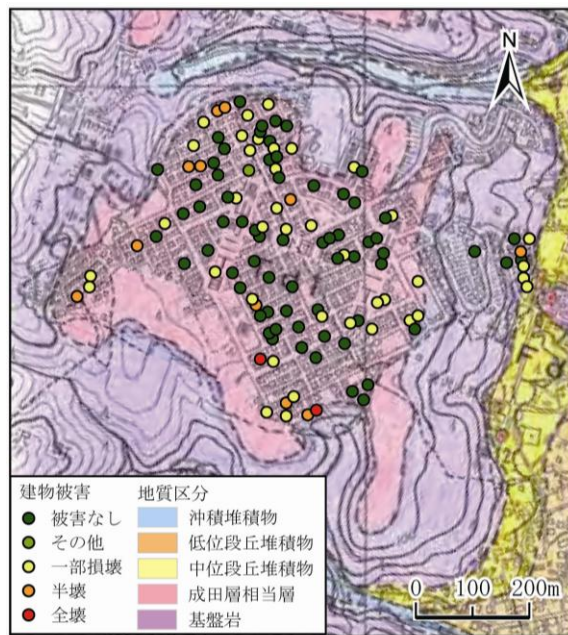


図-5 B地区における地震被害と地質の分布

(アンケート、日立台地の地盤地質図より作成)

位段丘堆積物、中位段丘堆積物が分布する低位段丘

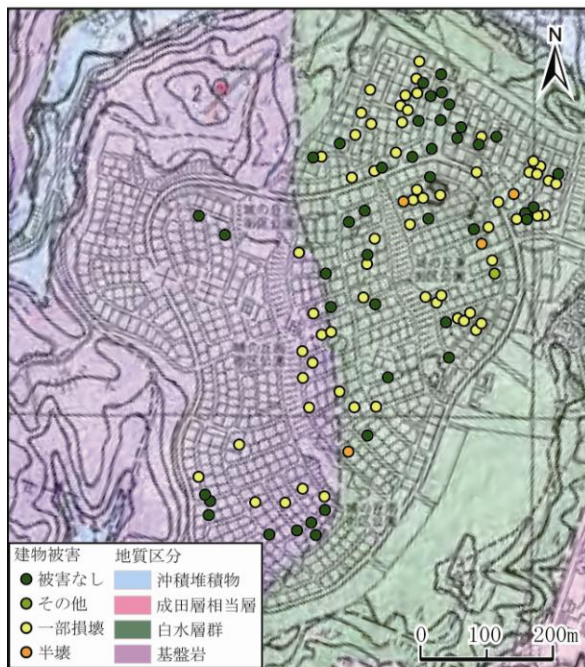


図-6 C地区における地震被害と地質の分布
(アンケート, 日立台地の地盤地質図より作成)

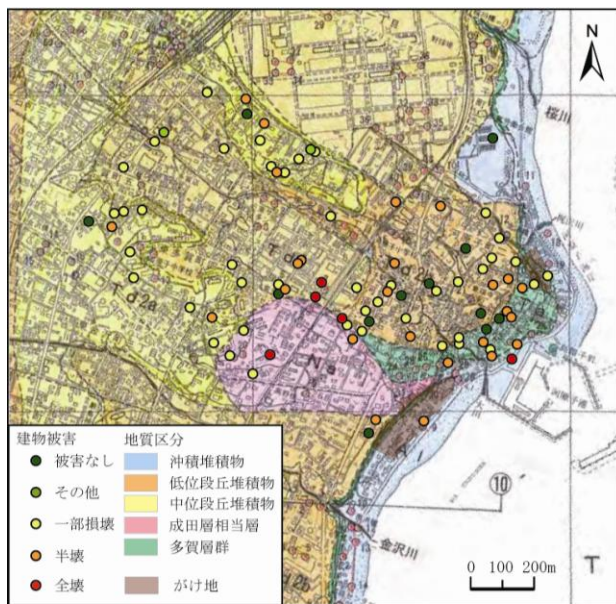


図-7 D地区における地震による被害と地質の分布
(アンケート, 日立台地の地盤地質図より作成)

面, 中位段丘面が続く地形上に存在し, 沖積谷低地と台地との境界にがけ地を成していた. また岬の先, 海岸に近くなるにつれ住宅に対する被害が甚大であった(写真2). これは地震による被害に加えて, 沿岸部の広域で津波による浸水被害を受けたため

である.

4地区に共通する地質条件に起因する被害としては, 異なる地質同士の境界付近で全壊被害等の大きな被害が生じる傾向が認められた. 特に, 沖積堆積物と多賀層群との境界, 多賀層群と低位段丘堆積物, 低位段丘堆積物と成田層相当層, 低位段丘堆積物と中位段丘堆積物の境界付近は地震に対する脆弱性が高いと考えられる.



写真1 基礎部分に被害を受けた建物 (C地区)



写真2 津波による被害 (D地区)

4. 結論

本研究は, 2011年3月に発生した東日本大震災による日立市の被害について, アンケート調査と地盤地質データの解析より, 地震の被害と土地条件との関係の把握を行った. 各地区における建物被害と地盤地質との関係として以下の4点が指摘された.

1) 海岸に近い沖積谷低地や低位・中位段丘面の上に位置する建物ほど被害が大きい. 2) 複数の地質

が混在する場所では被害が多く、単一の地質上に立地する建物の被害は少ない。3) 建築物の被害は構造条件よりも立地する地質の条件に左右されやすい。4) 異なる地質同士の境界付近に被害が集中する。

特定の地質条件の下で被害が多発しているものの、一般的に地盤が良いとされる段丘面においても建物被害が認められるため、建物被害の大小は、より局所的な地盤の良し悪しや、地下の地盤の深さや厚さといった地盤地質条件等も考慮する必要がある。また、山沿いに位置する地区においても、異なる地質同士の境界付近に建物が立地する場合、大きな被害が生じやすいという傾向があることも明らかになった。また、木造建築が最も多いB地区にあまり大きな被害がみられないなど、土地条件が建物被害に与える影響は、建物構造よりも大きいことが示された。しかし、建物被害は今回考慮しなかった築年数等の複合的な要因に影響を受けると考えられる。これらは今後の課題としたい。

謝辞

本研究を実施するにあたって、日立市役所の皆様、日立市民の皆様に多大なご協力をいただきました。また、日立台地の地盤地質データに関しましては、常磐地下工業株式会社様から承りました。アンケート調査の集計には、筑波大学比較文化学類3年の落合李愉氏、唐澤護氏、田島光紀氏、中山陽子氏にご助力いただきました。記して御礼申し上げます。

本研究では、社団法人東京地学協会「東北地方太平洋沖地震関連緊急研究・調査助成金」(「被災地域における流通空間の変容・再編に関する地理学的研究」、研究代表者：松井圭介)の一部を使用した。

参考文献

- 岡田成幸・高井伸雄(1999):地震被害調査のための建物分類と破壊パターン,日本建築学会構造系論文集,524,65-72.
- 小荒井衛・佐藤浩・宇根寛(2007):地震による地盤災害と土地条件との関連に関するGIS解析,国土地理院時報,112,115-123.
- 小荒井衛・佐藤浩・長谷川裕之・宇根寛(2008):平成19年(2007年)新潟県中越沖地震による地盤変状,国土地理院時報,114,81-90.
- 小荒井衛・佐藤浩(2009):地形分類とボーリングデータを活用した沿岸域の地震脆弱性に関するGIS解析,沿岸域学会誌,22(2),49-61.
- 高井伸雄・岡田成幸・高井博雄・宮野道雄・鈴木有(2000):建物破壊パターン分類に基づく1995年兵庫県南部地震における北淡町富島地区の建物被害調査,日本建築学会技術報告集,10,305-308.
- 高井伸雄・岡田成幸(2001):地震被害調査のための鉄筋コンクリート造建物破壊パターン分類,日本建築学会構造系論文集,549,67-74.
- 日立市教育委員会(2009):「日立の自然と環境」,日立市教育委員会.
- 村尾修・山崎文雄(1999):兵庫県南部地震における建物被害の自治体による調査法の比較検討,日本建築学会計画系論文集,515,187-194.
- 村尾修・山崎文雄(2002):震災復興都市づくり特別委員会調査データに構造・建築年を付加した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,555,185-192.