

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 9 日現在

機関番号：72692

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350479

研究課題名(和文)過去の地震・津波災害における死者発生分布の法則性の解明

研究課題名(英文) Investigation of the law of the dead occurrence by historical earthquakes and tsunamis

研究代表者

都司 嘉宣 (Tsuji, Yoshinobu)

公益財団法人深田地質研究所・その他部局等・客員研究員

研究者番号：30183479

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：2016年の熊本地震では、全部で50人の死者が出たが、その大多数は起震断層となった布田川断層の北側3kmの範囲内で生じたものであった。一方、家屋の全壊被害は断層線から10km以上離れた場所でも相当数生じた。監視カメラの映像によると、断層線近くでは、衝撃的な短周期の揺れが卓越したために、家屋がわずか2～3秒以内で全壊し、家屋内部にいた人は机の下に体を移動させる時間的なゆとりがなかったからと推定される。この例が示すように、死亡率のほうが、家屋全壊率よりも鮮明に起震断層近くに集中した分布を示すと考えられる。歴史地震の場合に起震断層を特定するのに死者率分布図がより有効であろうと推測することが出来る。

研究成果の概要(英文)：Fifty people were killed by the Kumamoto earthquake in 2016, and most of them were killed in the zone up to 3 kilometers from the Futagawa seismogenic fault. On the other hand, distribution of entirely collapsed houses extended up to more than ten kilometers from the fault. Several video cameras showed that houses were collapsed entirely within a few seconds at the points close to the fault. It is presumable that people lived in a house close to the fault had no time to make sheltering to move their bodies under tables. We may generally say that the distribution of mortality shows the location of the seismogenic fault more clearly than that of house damage. We confirm this fact for the 1927 Okutango Earthquake, the 1854 Anei Iga Ueno Earthquake, the 1828 Echigo-Sanjo earthquake, and another several earthquakes.

研究分野：歴史地震津波

 キーワード：起震断層 地震死者密度分布 上盤側の被害 2016年熊本地震 1858安政飛越地震 1855安政江戸地震  
津波の死者 短周期成分の卓越

### 1. 研究開始当初の背景

明治20年代以前の歴史時代の地震の震央や起震断層は、地震波の観測データを用いて知ることはできない。歴史地震に対しては、従来の研究では家屋被害から推定した震度分布からおよその震央位置を推定するに留まっていた。しかしながら、内陸地震による死者の発生密度は、起震断層のごく近くに集中するという傾向があることが知られるようになってきた。

明治三陸地震(1896)や2011年東日本震災の津波では、死者が1桁にとどまる沿岸集落がある一方、ほぼ全員が死亡するという事例があった。このような著しい死者発生と津波高さの関係は解明されることがなかった。

### 2. 研究の目的

従来歴史地震の震央や断層位置の判定に使われていた家屋倒壊率に基づく震度分布によって判断するよりも、死者分布図を描いて判断する方がより物理的に正しい震央、起震断層位置を判定することが出来るという事実を近現代に起きた地震事例について検証する事を目的とした。津波の死者と津波高の関係性を解明した。

### 3. 研究の方法

近現代に起きた内陸地震について死者発生分布と断層の位置関係の法則性を検証した。この検証には、2016年熊本地震、1927年北丹後地震、および、1896年陸羽地震の3例を用いた。歴史地震事例として、文政11年(1828)越後三条地震、明和3年(1766)津軽地震、安政元年(1854)伊賀上野地震の3例を取り上げ、死者発生分布から起震断層を特定し、地震発生のメカニズムを推定した。明治三陸津波について死者率と津波高さの関係法則を見いだした。

### 4. 研究成果

#### 起震断層と死者分布

#### (1) 2016年4月16日、熊本地震(M7.3)

この地震は布田川断層を起震断層として発生し41人の死者を生じた。死者発生位置を図1に印で示す。死者は起震断層に沿って断層付近北側に集中していることが分かる。

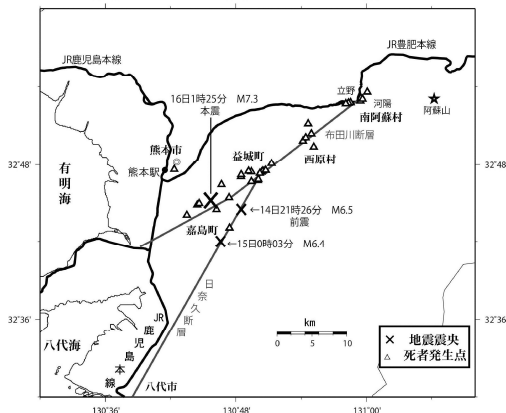


図1 熊本地震の死者発生位置

#### (2) 昭和2年(1927)北丹後地震(M7.3)

この地震の起震断層は郷村断層とその副断層である仲禅寺断層、およびそれらと共役な山田断層の3本の断層であった。図2は町村毎の家屋全壊率を示している。図3は町村別死者率を示している。両図には起震断層の配置も示しておいたが、家屋全壊率は起震断層付近で最大分布を示しながらも、分布は西方の久美浜湖周辺までも広がっており、家屋全壊率分布図では、起震断層が明白に示せないことがわかる。これに対して図3の死者率分布では、3本の起震断層のごく近くでのみ集中的に大きな値を示しており、鮮明に起震断層に対応していることが分かる。

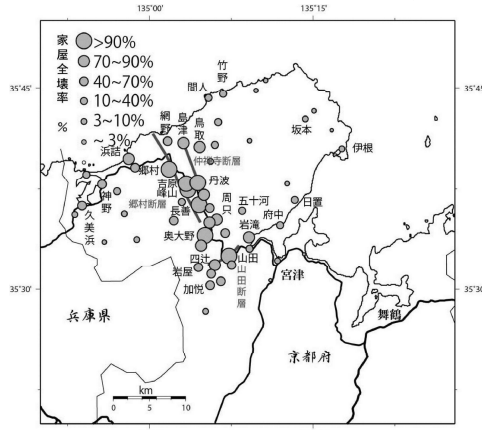


図2 北丹後地震(1927)の町村別家屋全壊率

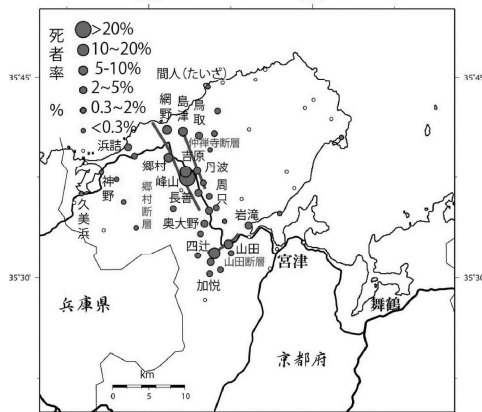


図3 北丹後地震(1927)の町村別死者率

#### (3) 明治29年(1896)陸羽地震

明治陸羽地震は秋田県の内陸部の角館・横手付近の奥羽山脈の縁を南北に走る千屋断層が起震断層であったことが知られている。図4は陸羽地震による町村別死者数の分布図である。この図から千屋断層に近接した町村で多数の死者が集中的に生じていたことが分かる。千屋断層は南端は横手付近で地上断層としては終わっているが、死者分布はその南の延長部にまで分布している。千屋断層の南の延長部は地下に伏在していて、ここまで起震断層部分が延びていたことを示している。

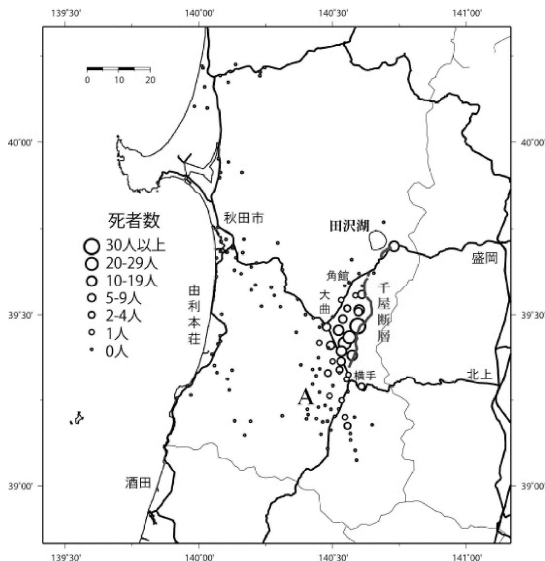


図4 陸羽地震(1896)の町村別死者数

**(4) 文政11年(1828)越後三条地震**

近現代の3件の地震事例から、起震断層がどれであるかを判定するのに、家屋全壊率か分布から描いた震度分布図よりも死者数、あるいは死者率分布図の方が有効であることが分かった。この事実を、起震断層が明白には知られていなかった歴史地震に応用した。まず第一に文政越後三条地震(1828)を取り上げた。図5は町村別の家屋倒壊率から推定した震度分布図である。この図から震央の推定位置として三条付近の図の×印付近と推定されてきた(例えば宇佐美, 2003)。ところが本研究によって、江戸期の町村別の死者数の分布図を描いてみると図6のようになる。図6によると町村別死者数の大きな数値を示すのは、三条のあたりではなく、そこから南南西に約10km離れた見附付近であることが分かる。つまり、この地震の力学的な

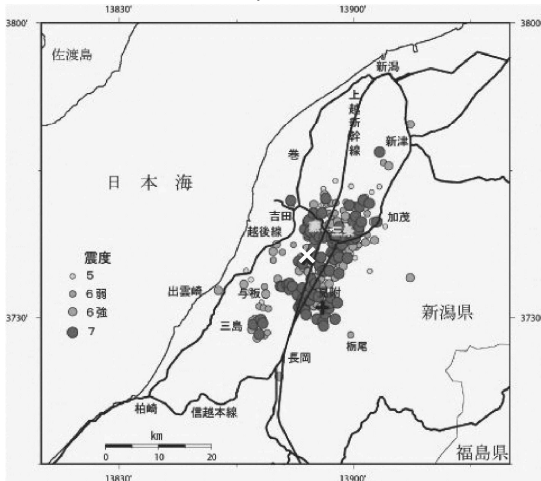


図5 文政越後三条地震(1828)の家屋倒壊率から推定された震度分布。震央は三条付近の×印点とされていた(宇佐美, 2003)

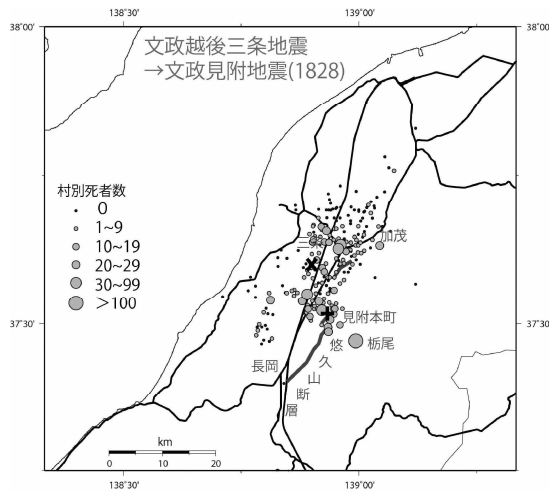


図6 文政越後三条地震(1828)の町村別死者数分布 ×印は家屋被害による震央, +印は死者分布から推定した震央

震央は、三条ではなく、見附付近であると考えられる。この見附の死者分布から推定した震央付近には悠久山断層が走っており、これがこの地震の起震断層であったと推定される。したがって、今後この地震は「文政越後三条地震」ではなく「文政見附地震」と呼ぶ方が適切である。

**(5) 明和3年(1766)津軽地震**

明和3年(1766)津軽地震は、家屋被害率による震度分布図が図7のように示されてきた。この図によると弘前や五所川原を含む津軽平野では震度5、津軽半島の中央部、および津軽海峡に面した三厩・今別付近は震度6とされ、特にどの断層が起震断層であったかについては、判断は示されてはこなかった。

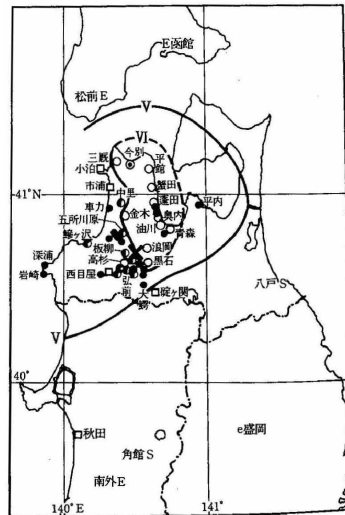


図7 明和津軽地震(1766)の家屋被害率から推定された震度分布図(宇佐美, 2003)

本研究では、明和津軽地震について、組(津軽藩の行政単位)、および町村別の死者率(人口当たりの死者%)を計算し、プロットしたところ図8が得られた。図には津軽半島に存

在する活断層を書き入れてある。この図によると、死者分布で見たとき、地域は3つの群から成っていることが分かる。すなわち、浪岡、藤崎、五所川原、金木などを含む津軽平野のグループ、青森、油川、蟹田を含む陸奥湾西岸のグループ、および津軽海峡に面した三厩・今別グループである。との間、および との間には、それぞれ無被害地域が挟まれている、各グループは相互に明白に分離している。活断層と合わせて見ると、グループは津軽山地西縁断層の滑りによって生じたと推定される。またグループは青森湾西断層の活動によるものであろう。は対応する地表活断層は見いだせないが、この付近に局部的に伏在する断層の滑りによるものであろう。

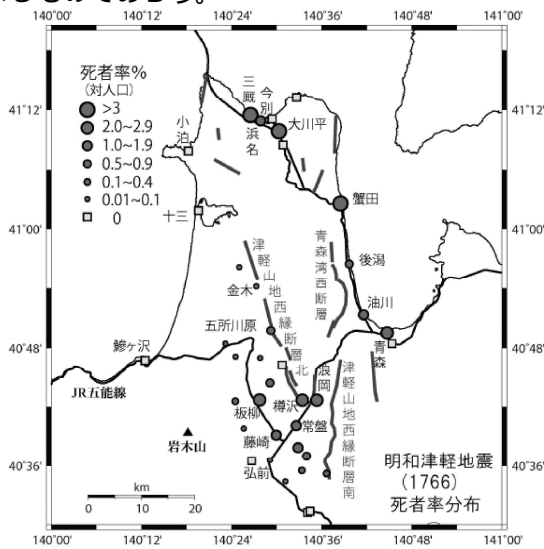


図8 明和津軽地震の町村別死者率(%)

### (6) 安政伊賀上野地震(1854)

歴史地震の第三番目の事例として、幕末の嘉永七年(=安政元年, 1854)に起きた安政伊賀上野地震を取り上げよう。図9は安政伊賀上野地震による村、および上野の城下町の街区ごとの潰家率をプロットしたものである。伊賀上野の城下を構成する各街区や、西郊外の長田、朝屋などの村より、それらの北側を東西に走る木津川断層から至近の位置にある西高倉、野間、三田などの各村での家屋倒壊率が高く、この三村ではいずれも倒壊率は80%を越えており、ほぼ全家屋が倒壊したことが分かる。この地震の場合には、家屋倒壊率分布によってすでに木津川断層が起震断層であることが分かる。図10に村・街區別死者率の分布を示したが、こちらの図の方がより明瞭に木津川断層に近接した村で多くの死者が集中的に生じたことが分かる。

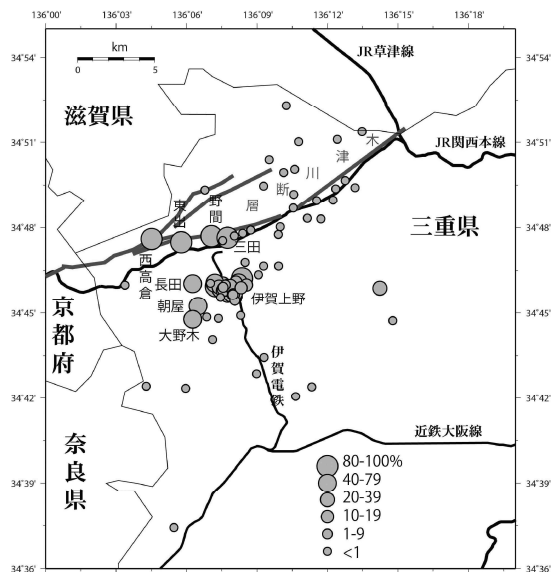


図9 安政伊賀上野地震(1854)の村・街區別家屋倒壊率

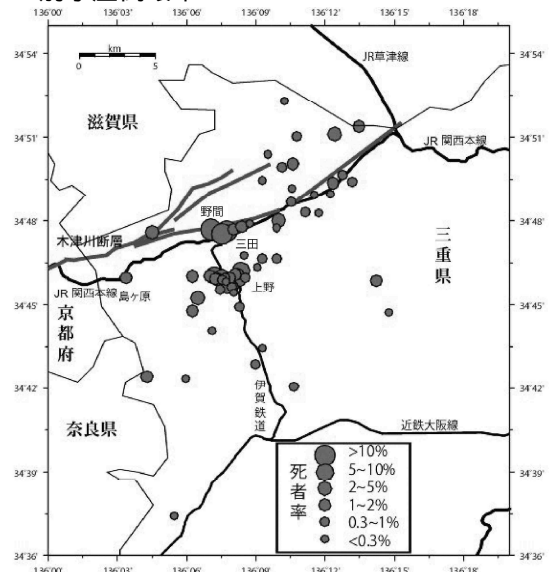


図10 安政伊賀地震(1854)による集落別死者数

以上、地震による死者は活断層に至近の位置の上盤側で集中的に発生する、ということが過去事例から帰納的に証明することが出来た。

### ・津波による死者発生法則

津波による死者は、地震による死者よりも格段に大きな死者率を示す。1995年の阪神淡路大震災の最大被災地となった神戸市三宮の古い木造家屋の街区でも、死者率は7%程度であった。また、図3に掲げた昭和2年北丹後地震の最大被災地の峰山でも死者率は20%程度であった。ところが、津波警報もなく津波避難もほとんど行われなかった明治三陸津波(1896)の場合、死者率が80%を越え、ほぼ完全に壊滅・消滅した沿岸集落が多数存在した(図11)。

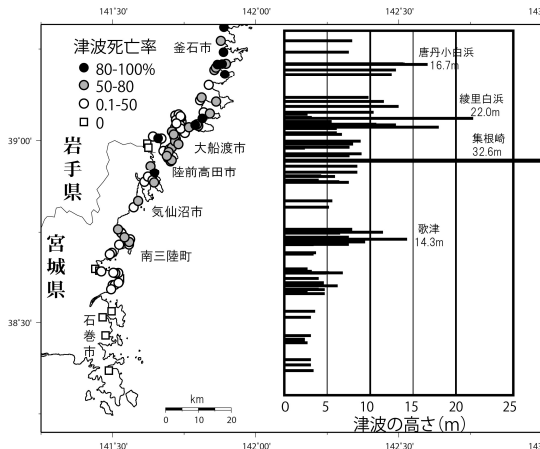


図 11 明治三陸地震津波(1896)の三陸海岸南半部での集落別死者率(左図)と津波の高さ(右図棒グラフ) 左図黒丸は死者率が80%を越えてほぼ完全壊滅した集落

明治三陸津波(1896)について、沿岸集落での津波による死者率、およびそこでの津波の高さの両方が知られている場所は、全部で193ヶ所に昇る。横軸に津波の高さを対数目盛りで取り、縦軸に死者率を取ってプロットすると図12が得られた。



図 12 津波の高さと死者率

このプロットされた各点に対して最小二乗法により対数正規分布曲線を当てはめ、図12の太実線が得られた。この結果から次のことが言える。

- (A) 津波高2.5m以下では死者を生じない。
- (B) 津波高さが7.3mのとき、死者率がほぼ50%に達する。
- (C) 津波高さが12mに達すると死者率が80%を越える「全滅集落」が発生し始める。
- (D) 津波高さが20mに達するとほぼすべての沿岸集落で死者率80%を越える「全滅集落」となる。

ここに得られた法則は歴史津波事例に応用することが出来るであろう。たとえば、慶長南関東地震(慶長九年, 1605)のさい、房総半島の大多喜領七ヶ村(現在のいすみ市と御宿町)が「人馬数百人死、中にも七村は跡なし」と記されている。ここでは津波高さは20mに達したと推定出来るのである。

## 5. 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計12件)

都司嘉宣, 2016, 平成28年(2016)と明治

22年(1889)の両熊本地震の類似点と相違点, 深田地質研究所年報, 17, 73-87

都司嘉宣, 2016, 京都府北部の直下地震の特徴と将来の地震予測, 水路新技術講演集, 29, 53-63

都司嘉宣, 2015-a, 昭和2年(1927)京都府北丹後地震の被害と津波について, 津波工学研究報告, 32, 263-270

都司嘉宣, 2015-b, 安政江戸地震(1855)の被害から見た江戸市中の詳細震度分布と大正関東震災(1923)との共通性について, 深田地質研究所年報, 16, 117-134

都司嘉宣, 2015-c, 延宝五年(1677)房総沖地震津波の経験は元禄16年(1703)関東地震の津波死者を減らすのに役だったか?, 津波工学研究報告, 32, 221-229

矢田俊文, 2015-a, 1858年飛越地震における死亡者数と土砂災害-飛騨国を事例として, 資料学研究, 12, 1-13

矢田俊文, 2015-b, 自然災害の発生頻度と被害規模 越後長岡藩領を事例として, 災害・復興と資料, 6, pp.15-18,

矢田俊文, 2016, 一八五八年飛越地震の史料と家屋倒壊率 - 飛騨国を事例として -, 災害・復興と資料, 7, 1-30

矢田俊文, 村岸 純, 2016, 1.1703年元禄関東地震における九十九里地域の被害-死亡者数と津波到達点, 資料学研究, 13, 1-15

小野映介・日塔梨奈・片桐昭彦・矢田俊文, 2016, 絵図に描かれた1858年飛越地震による山崩れと天然ダム, 災害・復興と資料, 8, pp.25-31

佐藤孝之, 2015, イェール大学バイネキ図書館所蔵の地震史料について 安政江戸地震「なみ記」を中心に, 東京大学史料編纂所編『イェール大学所蔵日本関連資料 研究と目録』勉誠出版, 141-159

佐藤孝之, 2014, 幕末期の日記にみえる地震  
関係記事 陸奥国磐前郡高坂村「四家又  
左衛門日記」から, 近世史叢, 7, 129  
- 136

#### 〔学会発表〕(計 4 件)

同名の論文があるものは載せなかった。

都司嘉宣, 岩瀬浩之, 今井健太郎, 2015, 宝  
永地震(1707)および安政南海地震  
(1854)の豊後水道両岸での津波の高さ  
分布, 地球惑星科学連合 2015 年

都司嘉宣, 今井健太郎, 畔柳陽介, 2015, 文  
化象潟地震(1804), および天保出羽沖地  
震(1833)に伴う津波, 地球惑星科学連  
合 2015 年

都司嘉宣, 畔柳陽介, 今村文彦, 2016, 寛保  
元年(1741)渡島大島の噴火に伴う津波  
の北海道, および青森県海岸の浸水標高  
の精密調査, 地球惑星科学連合 2016 年

都司嘉宣, 岩瀬浩之, 今村文彦, 2016, 津波  
特異点とそこでの防災対策について -  
京都府舞鶴市大浦半島, および和歌山件  
御坊市を例として, 地球惑星科学連合  
2016 年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕(この項なし)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

都司嘉宣(深田地質研究所, 客員研究員,  
Yoshinobu Tsuji)  
研究者番号: 30183479

### (2) 研究分担者

矢田俊文(新潟大学人文学部教授,  
Toshibumi Yata)  
研究者番号: 40200521

佐藤孝之(東京大学史料編纂所教授,  
Takayuki Sato)  
研究者番号: 30170757

中西一郎(京都大学地震予知研究センター  
教授, Ichiro Nananishi)  
研究者番号: 10164229