

氏名	サントス アンジェラ クリスティーナ カルバル ダ シルバ Santos Angela Cristina Carvalho da Silva		
授与学位	博士(工学)		
学位授与年月日	平成20年9月11日		
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第1項		
研究科, 専攻の名称	東北大学大学院工学研究科(博士課程) 土木工学専攻		
学位論文題目	Tsunami Hazard Assessment in Portugal by the Worst Case Scenario : The November 1st, 1755 Lisbon Tsunami (最悪シナリオに基づくポルトガルの津波評価-1755年11月1日リスボン津波-)		
指導教員	東北大学教授 今村 文彦		
論文審査委員	主査 東北大学教授 今村 文彦	東北大学教授 真野 明	
	東北大学准教授 越村 俊一		

論文内容要旨

Abstract

The November 1st, 1755 Lisbon Earthquake, one of the most catastrophic events to have ever occurred in Portugal, Spain and Morocco, caused severe damage and casualties. The tsunami generated by this earthquake is well documented in the historical accounts, being reported throughout the Atlantic Ocean, reaching not only Portugal, Spain and Morocco, but also the Madeira and Azores Archipelagos, England, Ireland and the Caribbean. In spite of all the available information, the overall picture of this event remains unknown.

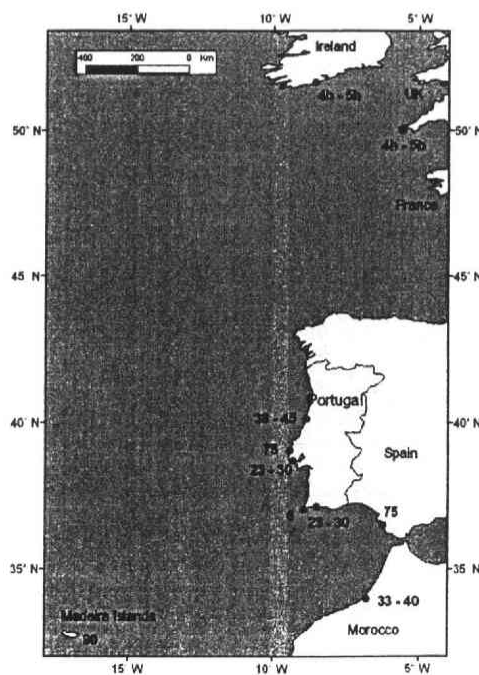


Figure 1: summary of the travel times (in minutes) given by the historical accounts.

After the careful analysis of the historical records, the earthquake may occurred between 9:45 and 9:50 AM on the All Saitns Day, Saturday, November 1st, 1755. The duration of the 3 shocks varies between 8 and 15 minutes. Figure 1 shows the summary of the historical travel times provided by the historical accounts.

Turbidites are sedimentary units which have been transported from their initial depositional environment as turbidity currents to be re-deposited downslope, with mixing and differential settling en route (Thomson and Weaver, 1994). There are many potential causes of large-scale turbidity currents which deposit megaturbidites in the deep-sea, with the most frequently being earthquake activity.

Thomson and Weaver, 1994 obtained turbidites on Tagus Abyssal Plain and Horseshoe Abyssal Plain. The 3 locations are shown in Figure 2. The radiocarbon dates on these spots are all consistent with turbidite initiation by the 1755 earthquake, within the measurement error intervals. On the other hand, Lebreiro *et al.*, 1997 conducted a series of cores on the Horseshoe Abyssal Plain. Their locations are shown in Figure 2. In core D11948P there is a local biogenic turbidite, with 0.12 m thick. It contains abundant corals and it was originated from Goringe Bank. This turbidite could possibly be correlated with a foraminifer-rich turbidite emplaced at a similar position in Core D11946P, although corals are rare in the later. In core D11950P, the identification of individual turbidites for correlation with the rest of the cores was almost impossible on account of the presence of numerous very thin beds, some of which could have originated from the Goringe Bank because they show more common but still rare corals (Lebreiro *et al.*, 1997). By the combination of the Radiocarbon dating obtained by Thomson and Weaver, 1994, the above authors concluded that a thin turbidite layer can be linked to the 1755 Earthquake.

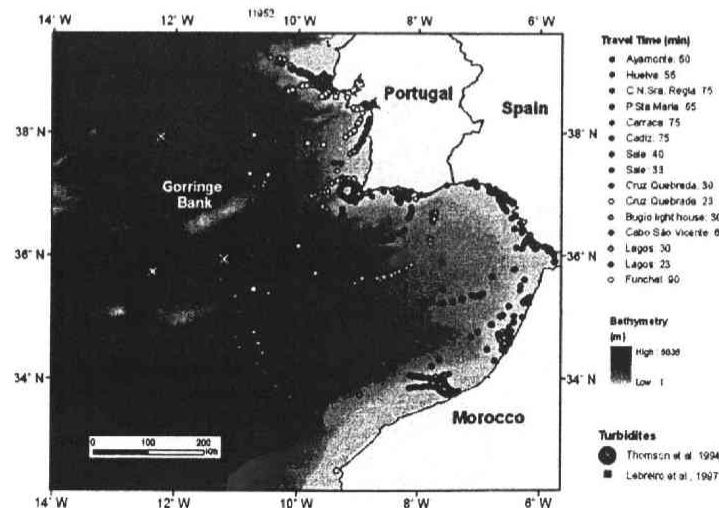


Figure 2: Wave ray analysis of the 1755 Lisbon Tsunami, with 1 min cell size, considering the travel times obtained by the interpretation of the historical accounts. The 3 yellow Stars and the 6 green rectangles represent the location of the turbidites.

Both travel time and turbidites are used to determine the location of the tsunami source area, represented in Figure 2. By the analysis of Figure 2 it can be concluded that the tsunami source area is located at the Grringe Bank.

The numerical simulation of this tsunami was carried out considering the source parameters proposed by Johnston, 1996. In spite of all the uncertainties the model results have good agreement with both historical account and geological records. Figure 3 shows the travel times considering a scenario similar to the 1755 Lisbon Tsunami. This plot is very important to future tsunami hazard studies, because it shows that the south-west part of Portugal will be the first to be hit by a similar tsunami.

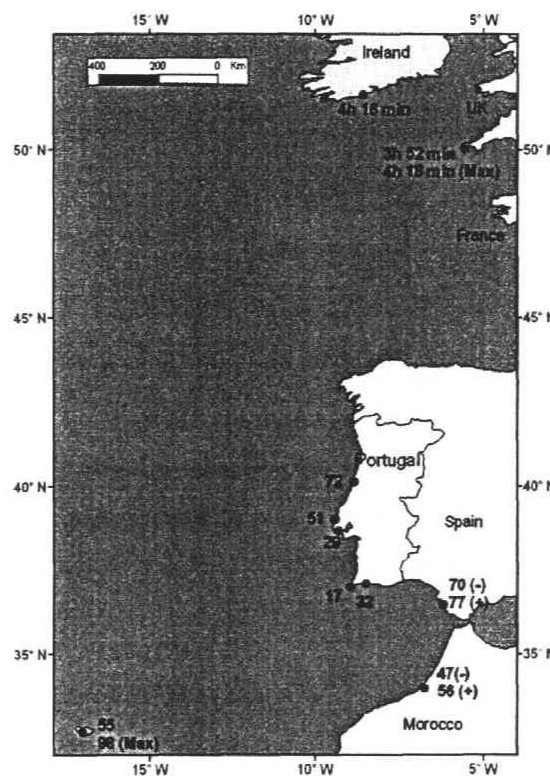


Figure 3: Travel times at Atlantic Northeast inferred from the numerical model.

The existence of sediment records at the south coast of Portugal allows a more detailed calibration of the model. An example is the Boca do Rio, where Hidson and Andrade, 1999 obtained sediments till 900 m inland (Figure 4). The calculation of the inundation gave a maximum inland penetration of 750 m, being in agreement with the sediment layer limits. This result is important particularly in a historical event, where the tsunami data is scarce. On the other hand, it helps to reconsider the fallibility of the historical accounts. In the case of boca do Rio, the historical accounts report an inundation of 2500 – 3000 m. This is largely exaggerated.

In spite of all the uncertainties, it can be concluded that the 1755 Lisbon Tsunami was originated at the Gorringe Bank.

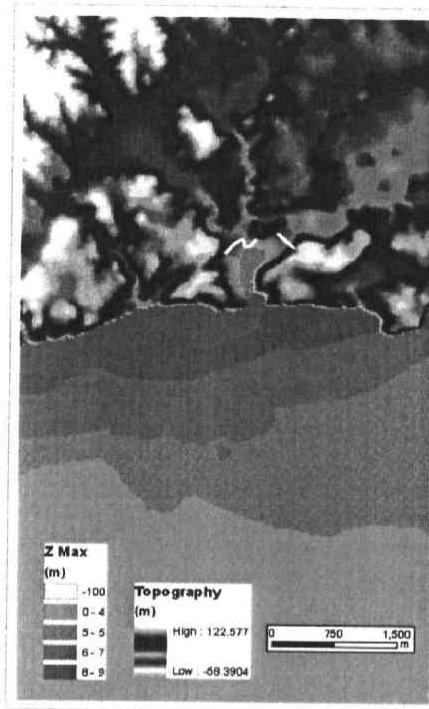


Figure 4: Model results with an inundation till 750 m. The white lines show the limit of sediment obtained by Hidson and Andrade, 1999.

論文審査結果の要旨

1755年リスボンで発生した巨大地震は、地震の揺れによる被害に加え津波による死者1万人におよんだといわれている。発生した津波は、ポルトガル沿岸部のみならず大西洋全域に波及し、甚大な被害をもたらした。しかしながら、この地震・津波の発生領域および発生メカニズム、被害の全貌は未解明であり、大西洋全体で考慮すべき巨大地震津波のシナリオも明らかになっていない。そこで、本研究では、1755年リスボン津波の発生メカニズムを明らかにし、得られた津波の発生シナリオに基づいてポルトガル沿岸部の津波評価を行うことを目的とする。

第1章では、本研究の背景、目的、およびその意義について述べている。

第2章では、2004年スマトラ島沖地震津波の再現計算を実施し、被害の全貌と併せて災害の教訓をまとめた。これにより、再起時間の分からないいわゆる Extreme Event に対して考慮すべき条件を整理した。

第3章では、リスボン津波後の歴史資料の分析を行い、各地の津波来襲状況の全貌を明らかにするとともに、被害程度をまとめた。丹念な資料分析から、津波来襲状況を明らかにしたのは本研究が初めての成果である。

第4章では、特に地質学的資料についての既往研究のレビューを通じて、沿岸部の津波氾濫状況について得られた知見をまとめた。また、次章から実施する数値解析の検証材料についても整理した。

第5章では、第各地で報告された津波到達時刻から波向線法を用いた逆解析を実施し、津波波源域の推定を行った。この津波波源モデルは、未解明であった津波の全体像を明らかにするための重要な成果である。

第6章では、北大西洋を対象とした津波伝播計算を実施し、リスボン津波の波及状況を確認した。また、特に各地で報告された津波来襲の目撃証言を用いて計算結果の検証を行うことができた。

第7章では、ポルトガル南部の海岸を対象として津波の浸水計算を実施し計算結果の検証を行うとともに、ポルトガルに來襲する津波のシナリオについて検討した結果、津波來襲時には8mの津波浸水により甚大な被害が予想されることが分かった。

第8章では、結論と今後の課題について述べた。

以上、これまで未解明であった1755年ポルトガル・リスボン津波の全貌を明らかにし得る津波波源モデルを提案し、数値計算によりモデルの検証およびポルトガル南部の津波災害シナリオを整理したことは、今後の大西洋沿岸諸国の津波研究および津波災害対策の発展に寄与すると期待できる。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。