

日本学士院賞 受賞者

首藤伸夫



専攻学科目 土木工学（津波工学）

生年 昭和九年一月

略歴 昭和三二年 三月

同 三二年 四月

同 四一年 四月

同 四三年 六月

同 四六年 四月

同 四六年 八月

同 四八年 二月

同 五二年 五月

平成二年 八月

同 一〇年 三月

同 一〇年 四月

同 一七年 四月

東京大学工学部土木工学科卒業

建設省建設技官

中央大学理工学部助教

工学博士

中央大学理工学部教授

タイ・国際機関アジア工科大学院准教授

タイ・国際機関アジア工科大学院教授（昭和四八年八月まで）

東北大学工学部教授

東北大学工学部災害制御研究センター教授

東北大学名誉教授

岩手県立大学総合政策学部教授

日本大学大学院総合科学研究科教授（平成二二年三月まで）

## 工学博士首藤伸夫氏の「津波防災の総合的研究」に対する授賞審査要旨

津波は海底地震、海底火山の噴火、あるいは沿岸部での大規模地震すべりなどによって起るが、最も注目されるのは海底地震によるものである。近年大規模な津波が内外で頻発し、津波災害に対する関心は著しく高まっている。

首藤伸夫氏は、一九六〇年チリ地震津波以降、津波の調査・研究を重ね、自ら提唱した「津波工学」の確立に努めてきた。その成果は国内外において高く評価されると共に、各地の津波対策の策定に重要な寄与をしている。

首藤氏の研究は、大きく二つに分けられる。その第一は、人間活動の盛んな陸上を含めた沿岸域における津波の挙動を、実用に値する精度で求める手法を完成したことである。第二は、津波による被害の実態を定量的に明らかにしたことである。

二〇一一年東北地方太平洋沖地震津波からの復興に際しては、この二つを組み合わせる宅地の位置や家屋構造の選定等が行われている。

### 1. 津波数値計算手法の確立

#### 1-1. 津波諸形態の確認

津波は水深に比べて波長の長い長波と呼ばれる水の波である。その波高は深海では、高々一〇m程度で水深や波長に比して微小であり、線形理論が適用される。しかし浅海や陸上では水深よりも波高が大きくなり、有限振幅波理論に切り替えねばならない。更に条件によっては先端部に周期一〇秒程度の波列（波状段波）が発生するので、有限振幅分散波理論を適用しなければならない。

このような適用理論の切り替えが必要か否かを、一九八三年日本海中部地震津波の調査から確認した。特に、河川でよく見られた波状段波が沿岸海域でも発生することを確認した。

#### 1-2. 数値計算誤差の管理

数値計算では、時間・空間を細かく区切って方程式を解くが、この区切りの寸法によって解の精度が変わる。細かく区切るほど滑らかな解になるが、答えを有限にすることによる打ち切り誤差が累積する。区切りが粗ければ、波形は平滑になる。

これらを検討するために、理論解との比較を行った。陸上に遡上する津波は非線形性が強いので、理論解ですら複雑である。そこで、方程式系を見直し、単純な理論解を導き、これとの比較によって数

値解の精度を決める条件を見出した。さらに一定水深の場を進む津波の波形を維持するために必要な空間格子の寸法を求めた。これらは「一波長間に少なくとも二〇個以上、出来うれば三〇個以上の空間格子を含むことが必要である」と表現される。最も重要な陸上の津波の計算では、計算の不安定が起こり易く、これを制御するため条件を確定した。

上述の諸条件は、我が国を含め世界各地で実行されている数値計算の制御に適用されている。

### 1-3. 国際的貢献

一九九〇年代は、日本とモロッコが共同提案し、国連総会において満場一致で採択された国際防災の一〇年であり、国際測地学地球物理学連合(IUGG)とユネスコ政府間海洋委員会(IOC)の共同事業として、T.I.M.E.(Tsunami Inundation Modeling Exchange)計画が行われた。そこで、首藤氏を中心に開発した数値計算の手法はユネスコIOCの標準手法となり、米国、韓国、トルコ、メキシコを皮切りに、現在までに二四カ国五二機関に無償で技術移転された。この際の条件は次の三つである。まず第一に非営利であること、第二に成果発表時にT.I.M.E計画の成果であると付記すること、第三に計算時に問題が生じた場合には東北大学に相談すること、であ

る。第三の条件は、東北大学で積み上げたノウハウを提供し、結果の精度を保証するためである。

こうした三〇余年の活動に対して、一九九六年九月米国土木学会のInternational Coastal Engineering Awardを、また二〇一二年七月には日本水大賞国際貢献賞が授与された。

### 2. 定量的津波強度の提案

津波の大きさを表すのに、津波のマグニチュードが使われるが、これは津波全体のエネルギーを表す。これに対して、津波強度は津波襲来地点ごとの津波の大きさに対応する。従来から津波強度の考え方はあったが、これは「岸の船が流されたから津波強度いくら」と云った定性的なものであった。

首藤氏は、構造形式ごとの家屋被害、船舶被害、防潮林の効果と被害、養殖筏の被害などに加えて、沿岸での津波の形態、それによって生じる異常音響の発生などを、場所ごとの地盤上の津波高と関連付けた。

例えば、木造家屋の全面破壊は津波強度1(津波高2m)から発生する。現在、二〇一一年東北地方太平洋沖地震津波災害からの復興に際して、宅地造成地で木造住宅の建築を許可する場所は予想津波浸水深が2m以下でなければならないとしているのは、この津波

強度からの判断である。

以上に述べたように、沿岸域及び陸上の津波の挙動の解明に大きな寄与を行った。更に、定量的な津波強度の提案によって、津波防災・減災対策の指針を示した。この指針に基づいて国内外の多くの地点での対策計画の策定に指導的役割を果し、その業績は国内外で高く評価されている。よって首藤伸夫氏の研究成果は日本学士院賞に相応しい。

## 論文リスト

### 1-1. 基礎理論

1. Shuto, N.: Run-up of long waves on a sloping beach, *Coastal Engineering in Japan*, Vol.10, pp.23-38, 1967.
2. Shuto, N.: Three dimensional behavior of long waves on a sloping beach, *Coastal Engineering in Japan*, Vol.11, pp.53-58, 1968.
3. Shuto, N.: Standing long waves in front of a sloping dike, *Coastal Engineering in Japan*, Vol.15, pp.13-23, 1972.
4. Shuto, N.: Shoaling and deformation of nonlinear long waves, *Coastal Engineering in Japan*, Vol.16, pp.1-12, 1973.
5. Shuto, N.: Nonlinear long waves in a channel of variable section, *Coastal Engineering in Japan*, Vol.17, pp.1-17, 1974.
6. Shuto, N.: Dispersion and nonlinearity in tsunami computation, *Coastal Engineering in Japan*, Vol.20, pp.17-25, 1977.
7. Tanaka, H. and N. Shuto: Friction laws and flow regimes under wave and cur-

rent motion, *Journal of Hydraulic Research*, Vol.22, No.4, pp.245-261, 1984.

8. Fujima, K. and N. Shuto: Formulation of friction laws for long waves on a smooth dry bed, *Coastal Engineering in Japan*, Vol.33, No.1, pp.25-47, 1990.
9. 高橋智幸、今村文彦、首藤伸夫：津波による流れと海底変動に関する研究、*海岸工学論文集*、第三八巻、pp.161-165, 1991.
10. Koshimura, S., F. Imamura and N. Shuto: Propagation of obliquely incident tsunami on a slope, Part II: Characteristics of on-ridge tsunamis, *Coastal Engineering Journal*, Vol.41, No.2, pp.165-182, 1999.

### 1-2. 数値計算手法と適用例

11. Shuto, N. and T. Goto: Numerical simulation of tsunami run-up, *Coastal Engineering in Japan*, Vol.21, pp.13-20, 1978.
12. 首藤伸夫：津波遡上計算時に生ずる短周期振動について、*第二六回海岸工学講演会論文集*、pp.66-69, 1979.
13. 後藤智明、佐々木順次、首藤伸夫：津波による木材の移動、*第二九回海岸工学講演会論文集*、pp.491-495, 1982.
14. Goto, C. and N. Shuto: Numerical simulation of tsunami propagations and run-up, *Tsunamis: Their Science and Engineering, Advances in Earth and Planetary Sciences*, Terra Scientific Publishing Co. and D. Reidel Publishing Co., pp.439-451, 1983.
15. Goto, C. and N. Shuto: Effects of large obstacles on tsunami inundations, *Tsunamis: Their Science and Engineering, Advances in Earth and Planetary Sciences*, Terra Scientific Publishing Co. and D. Reidel Publishing Co., pp.511-525, 1983.
16. 藤間功司、後藤智明、首藤伸夫：非線形分散波式の精度の検討、*土木学会論文集*、No.369/II-5, pp.223-232, 1986.
17. Shuto, N., T. Suzuki, K. Hasegawa and K. Inagaki: A study of numerical techniques on the tsunami propagation and run-up, *Science of Tsunami Hazards*,

- Vol.4, No.2, pp.111-124, 1986.
18. Sawayama, J., N. Shuto and C. Goto: Errors induced by refraction in tsunami numerical simulation, Proceedings of the 6<sup>th</sup> Congress APRD, IAHR, Vol.IV, pp. 257-264, 1986.
19. 今村文彦、後藤智明、首藤伸夫：一九六四年アラソカ津波の外洋伝播計算、第三三回海岸工学講演会論文集、pp.209-213, 1986.
20. 今村文彦、永野修美、後藤智明、首藤伸夫：一九六〇年チリ津波に対する外洋伝播計算、第三四回海岸工学講演会論文集、pp.172-176, 1987.
21. 佐山順一、今村文彦、後藤智明、首藤伸夫：外海域における津波の高精度計算法に関する検討、第三四回海岸工学講演会論文集、pp.177-181, 1987.
22. 後藤智明、今村文彦、首藤伸夫：遠地津波の数値計算に関する研究、その一支配方程式と差分格子間隔、地震第二輯、第四一巻、第四号、pp.515-526, 1988.
23. 今村文彦、首藤伸夫：津波高をとり及ぼす断層パラメータ推定誤差の影響、海岸工学論文集、第三六巻、pp.178-182, 1989.
24. Imamura, F. and N. Shuto: Tsunami propagation simulation by use of numerical dispersion, Numerical Methods in Fluid Dynamics I, edited by M. Yasuhara, H. Daiguji and K. Oshima, Japan Society of Computational Fluid Dynamics, pp. 390-395, 1989.
25. Shuto, N., C. Goto and F. Imamura: Numerical simulation as a means of warning for near-field tsunamis, Coastal Engineering in Japan, Vol.33, No.2, pp.173-193, 1990.
26. 今村文彦、首藤伸夫、後藤智明：遠地津波の数値計算に関する研究、その二太平洋を伝播する津波の挙動、地震第二輯、第四三巻、第三号、pp.389-402, 1990.
27. 今村文彦、泉谷恭男、首藤伸夫：断層パラメータ即時的推定法による津波数値予報の精度——一九四四年東南海地震を例とした応力降下量に違いのある二枚の断層の場合——、地震第二輯、第四四巻、第三号、pp.211-219, 1991.
28. Nagano, O., F. Imamura and N. Shuto: A numerical model for far-field tsunami and its application to predict damage done to aquaculture, E.N. Bernard (ed.) Tsunami Hazard, Kluwer Academic Publishers, pp.235-255, 1991.
29. Kawamata, S., F. Imamura and N. Shuto: Numerical simulation of the 1883 Krakatau Tsunami, Proceedings of XXV Congress of International Association for Hydraulic Research, Vol.IV, pp.24-31, 1993.
30. Takahashi, T., F. Imamura and N. Shuto: Numerical simulation of topography change due to tsunamis, Proceedings of the IUGG/IOC International Tsunami Symposium, pp.243-255, 1993.
31. Noji, M., F. Imamura and N. Shuto: Numerical simulation of movement of large rocks transported by tsunamis, Proceedings of the IUGG/IOC International Tsunami Symposium, pp.189-197, 1993.
32. Imamura, F., N. Shuto, B.H. Choi and H.J. Lee : Visualization of Nicaraguan Tsunami in September 1992, Proceedings of the IUGG/IOC International Tsunami Symposium, pp.647-656, 1993.
33. 松山昌史、今村文彦、首藤伸夫：一九九二年ニカラガマ地震による津波の解析、海岸工学論文集、第四〇巻、pp.196-200, 1993.
34. Shuto, N., K. Chida and F. Imamura: Generation mechanism of the first wave of the 1983 Nihonkai-Chubu Earthquake Tsunami, Tsuchiya, Y. and N. Shuto (ed.) Tsunami in Prediction, Disaster Prevention and Warning, Kluwer Academic Publishers, pp.37-53, 1995.
35. Takahashi, To., Ta. Takahashi, N. Shuto, F. Imamura and M. Ortiz: Source models for the 1993 Hokkaido Nansei-Oki Earthquake Tsunami, Pure and Applied Geophysics, Vol.144, Nos. 3/4, pp.747-767, 1995.
36. 越村俊一、今村文彦、高橋智幸、首藤伸夫：境界波としての津波の挙動特性とその他の数値解析、海岸工学論文集、第四三巻、pp.276-280, 1996.
37. Takahashi, T., N. Shuto, F. Imamura and D. Asai: Modeling sediment transport due to tsunamis with exchange rate between bed load layer and suspended load layer, Coastal Engineering 2000, pp.1508-1519, 2001.

38. Sugawara, D., K. Minoura, F. Imamura, T. Takahashi and N. Shuto: A huge dome formed by the 1854 Earthquake in Suruga Bay, Central Japan, *ISFT Journal of Earthquake Technology*, Paper No.462, No.4, pp.147-158, 2005.
  39. Fujii, H., S. Hotta and N. Shuto: Numerical simulation of damage to a soil embankment from tsunami overflow, *Journal of Disaster Research*, Vol.4, No.6, pp.469-478, 2009.
- II 破壊と対策
40. Horikawa, K. and N. Shuto: Tsunami disasters and protection measures in Japan, *Tsunamis: Their Science and Engineering*, Advances in Earth and Planetary Sciences, Terra Scientific Publishing Co. and D. Reidel Publishing Co., pp.9-22, 1983.
  41. Shuto, N.: The Nihonkai-Chubu Earthquake Tsunami on the North Akita Coast, *Coastal Engineering in Japan*, Vol.28, pp.255-264, 1985.
  42. Shuto, N.: The effectiveness and limit of tsunami control forests, *Coastal Engineering in Japan*, Vol.30, pp.143-153, 1987.
  43. Shuto, N.: Spread of oil and fire due to tsunamis, *Proc. of International Tsunami Symposium*, pp.188-204, 1987.
  44. 首藤伸夫：津波災害の交遷と対策上の問題点，第三五回海岸工学講演会論文集，pp.237-241, 1988.
  45. Shuto, N.: Tsunami intensity and disasters, *Tsunamis in the World*, Kluwer Academic Publishers, pp.197-216, 1993.
  46. 松富英夫，首藤伸夫：津波の浸水深，流速と家屋被害，海岸工学論文集，第四一巻，pp.246-250, 1994.
  47. Shuto, N. and H. Matsutomi: Field survey of the 1993 Hokkaido Nansei-Okai Earthquake Tsunami, *Pure and Applied Geophysics*, Vol.144, Nos.3/4, pp.649-663, 1995.
  48. Shuto, N.: Tsunami, disasters and defense works in case of the 1993 Hokkaido Nansei-Okai Earthquake Tsunami, *Tsuchiya, Y. and N. Shuto (ed.) Tsunamis: Progress in Prediction, Disaster Prevention and Warning*, Kluwer Academic Publishers, pp.263-276, 1995.
  49. Shuto, N.: A natural warning of tsunami arrival, *Advances in Natural and Technological Hazard Research*, Vol.9, pp.157-173, 1997.
  50. Minoura, K., F. Imamura, T. Takahashi and N. Shuto: Sequence of sedimentation processes caused by the 1992 Flores Tsunami: Evidence from Babii Island, *Geology*, Vol.25, No.6, pp.523-526, 1997.
  51. Shuto, N.: Traffic hindrance after tsunamis, *Advances in Natural and Technological Hazards Research*, Vol.18, pp.65-74, 2001.
  52. 首藤伸夫：津波による地形変化の実例と流体力学的説明の現状，第四紀研究（The Quaternary Research）第四六巻，第六号，pp.509-516, 2007.
  53. Shuto, N.: Damage to coastal structures by tsunami-induced currents in the past, *Journal of Disaster Research*, Vol.4, No.6, pp.462-468, 2009.
  54. Supparsi, A., A. Muhari, P. Ranasinghe, E. Mas, N. Shuto, F. Imamura and S. Koshimura : Damage and reconstruction after the 2004 Indian Ocean tsunami and the 2011 Great East Japan tsunami, *Journal of Natural Disaster Science*, Vol.34, No.1, pp.19-39, 2012.
  55. Supparsi, A., N. Shuto, F. Imamura, S. Koshimura, E. Mas and A.C. Yalciner: Lessons learned from the 2011 Great East Japan tsunami: Performance of tsunami countermeasures, coastal buildings and tsunami evacuation in Japan, *Pure and Applied Geophysics*, Vol.170, pp.993-1018, 2013.
- III 防災教育・災害文化
56. 柄谷友香，越村俊一，首藤伸夫：津波常襲地帯における持続可能な防災教育に向けた防災知識の体系化に関する研究－気仙沼市の高校を対象とした津波防災講座を事例として－，海岸工学論文集，第五〇巻，pp.1331-1335, 2003.
  57. 首藤伸夫：記憶の持続性－災害文化の継承に関連して－，津波工学研究報

告、第二五号、pp.175-184, 2008.  
58. 首藤伸夫・昭和三陸大津波来襲時の人間行動、津波工学研究報告、第二七号、pp.19-41, 2010.