



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	太平洋を伝播する1994年千島地震 (Mw8.3) で発生した津波
Author(s)	谷岡, 勇市郎; TANIOKA, Yuichiro
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 68, 191-197
Issue Date	2005-03-15
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.68.191
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14370
Type	departmental bulletin paper
File Information	68_p191-197.pdf



太平洋を伝播する 1994 年千島地震 (Mw 8.3) で発生した津波

谷岡勇市郎

北海道大学地震火山研究観測センター

(2005 年 1 月 14 日受理)

Pacific-wide Tsunamis due to 1994 Kurile Earthquake (Mw 8.3)

Yuichiro TANIOKA

Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

(Received January 14, 2005)

The 1994 Kurile earthquake (Mw8.3) generated the large tsunami which propagated through the Pacific Ocean. The tsunami was observed at several tide gauge stations along the west-coast of the United State. The large later phase of tsunami was observed at the tide gauge station at Port Orford in the United State. The large tsunami arrived at the gauge about two hours after the first tsunami. The numerical computation of the Pacific-wide tsunami was carried out. The result shows that the large later phase of tsunami was caused by the shallow water region near Midway Islands.

I. はじめに

1994 年 10 月 4 日 22 時 23 分 (日本時間) 色丹島沖で巨大地震 (Mw 8.3) が発生した。メカニズムは Fig. 1 に示すように横ずれ成分を持つ逆断層タイプで、沈み込む太平洋プレート内で発生したと考えられている (Kikuchi and Kanamori, 1995; Tanioka et al., 1995)。この地震により大きな津波が発生し、色丹島・国後島で大きな被害となった。またこの津波は震源近傍だけでなく、東北地方及び関東地方の太平洋沿岸の検潮所で観測されている (Tanioka et al., 1995)。さらに津波は太平洋を横断し、アメリカ西海岸の検潮所で津波が観測されている。

本研究では 1994 年千島地震で発生した太平洋を伝播する津波を津波数値計算により再現し、アメリカ西海岸 Orford 港 (Fig. 1) の検潮所で観測された大きな後続波の発生原因を解明する。

II. 津波の数値計算

太平洋を伝播する津波を数値計算するための運動方程式はコリオリ力を考慮した線形 Bousinesq 式 (球面座標系) で次のように書くことができる。

$$\frac{\partial Q_\varphi}{\partial t} = -\frac{gd}{R\sin\theta} \frac{\partial h}{\partial \varphi} - fQ_\theta + \frac{1}{3R\sin\theta} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left[d^2 \frac{1}{R\sin\theta} \left[\frac{\partial^2 Q_\varphi}{\partial t \partial \varphi} + \frac{\partial^2}{\partial t \partial \theta} (Q_\theta \sin\theta) \right] \right] \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q_\theta}{\partial t} = -\frac{gd}{R} \frac{\partial h}{\partial \theta} + fQ_\varphi + \frac{1}{3R} \frac{\partial}{\partial \theta} \left[d^2 \frac{1}{R\sin\theta} \left[\frac{\partial^2 Q_\varphi}{\partial t \partial \varphi} + \frac{\partial^2}{\partial t \partial \theta} (Q_\theta \sin\theta) \right] \right]$$

ここで R は地球の半径, g は重力加速度, d は水深, f はコリオリ因子, h は津波の高さ, Q_φ と Q_θ はそれぞれ経度方向, 緯度方向で深さ方向に積分した流速. さらに連続の式は次のように書くことができる.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{1}{R\sin\theta} \left[\frac{\partial Q_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial}{\partial \theta} (Q_\theta \sin\theta) \right] \quad (2)$$

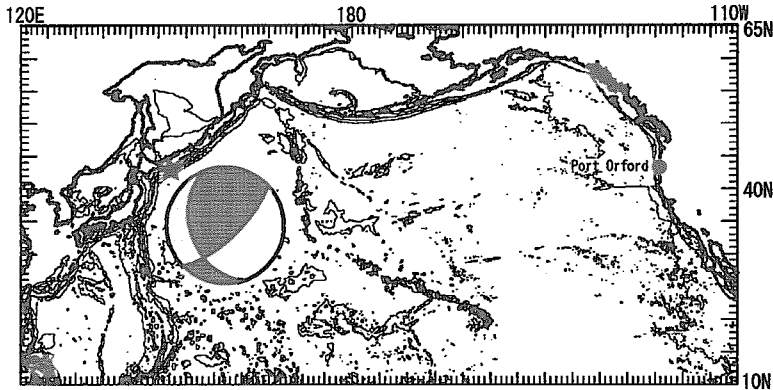


Fig. 1. The area of the tsunami computation and the focal mechanism of the 1994 Kurile earthquake. A star shows the epicenter of the Kurile earthquake. A solid circle shows the location of the tide gauge at Port Orford.

この2つの式を使って差分法 (Tanioka, 2000) で数値計算することも可能であるが, 陰的差分法であるため計算時間が膨大になる. 今回は今村・他 (1990) によって提案された, (1)式の右辺第3項の分散項と線形長波式を差分法で解いたときに発生する数値分散を同程度にする方法を使用する. そのためには下記に示す Im がほぼ1になる必要がある.

$$Im = \Delta x \sqrt{1 - \left(\sqrt{gd} \frac{\Delta t}{\Delta x} \right)^2} / 2d \quad (3)$$

ここで Δx は格子間隔, Δt は時間間隔, g は重力加速度, d は水深です. 今回の津波数値計算では格子間隔5分(約9 km), 時間間隔5秒で計算を行った. 平均の水深を4500 mと考えると Im はほぼ1となり, 線形長波式を差分法で解いたときの数値分散が実際の物理分散である(1)式第3項とほぼ等しくなる. 結果として数値計算を行う運動方程式は下記の線形長波式で済むことになる.

$$\frac{\partial Q_p}{\partial t} = -\frac{gd}{R \sin \theta} \frac{\partial h}{\partial \varphi} - fQ_p \quad (4)$$

$$\frac{\partial Q_e}{\partial t} = -\frac{gd}{R} \frac{\partial h}{\partial \theta} + fQ_p$$

(2)と(4)式をスタッガードグリッドを使用した差分法で解く。

Fig. 1 に示す領域が数値計算範囲である。格子間隔は上記の理由から5分であるが、検潮所 (Orford 港) 周辺ではさらに細かい格子間隔 (1分) を用いた。津波数値計算を行うための津波初期波形は、Tanioka et al. (1995) が日本沿岸の検潮所で観測された津波波形及び GPS 地殻変動データから推定した断層モデル (Fig. 2) より Okada (1985) の式を用いて計算した。震源メカニズムは、走向 160° 、傾斜角 40° 、すべり角 30° のほぼ南北の断層面を用いている。Fig. 2 に示す4つの小断層の長さ及び幅はそれぞれ 45 km, 35 km である。小断層の最浅端 (南東端) の深さはそれぞれ、A 23.5 km, B 21.5 km, C 46.2 km, D 35.0 km である。すべり量は Fig. 2 に示すように、A 16.8 m, C 8.1 m, D 7.0 m とした。

III. 結 果

Fig. 3 にアメリカ西海岸 Orford 港 (Fig. 1) での観測波形と計算波形の比較を示す。最初の到達時から2時間ほど遅れて大きな津波が到達しているのが分かる。計算波形を見ても、大きな津波は2時間ほど遅れて到達している。この後続波がどこで発生しているのかを知るため、Fig. 4 a-c に津波数値計算による津波伝播のスナップショット (地震発生後 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 時間) を示す。Fig. 4 中、赤星印が Orford 港の位置、大きな円が Orford 港に到達した後

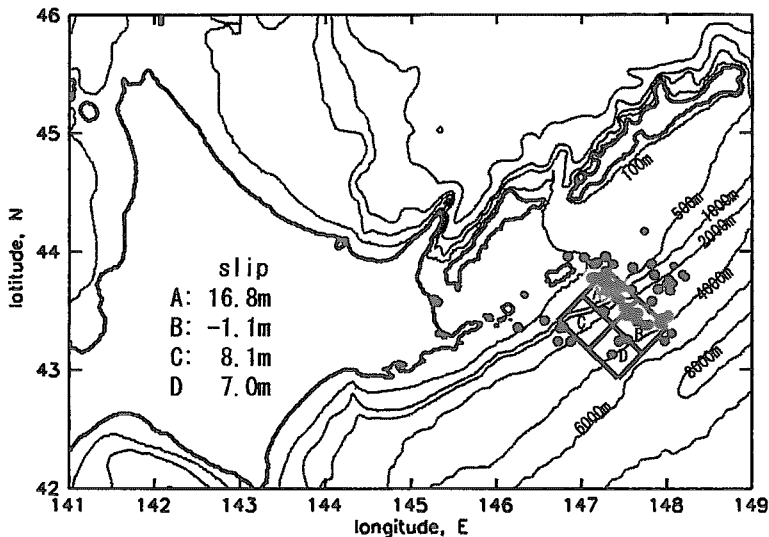


Fig. 2. The slip distribution of the 1994 Kurile earthquake estimated by Tanioka et al. (1995). Frames show the location of four subfaults.

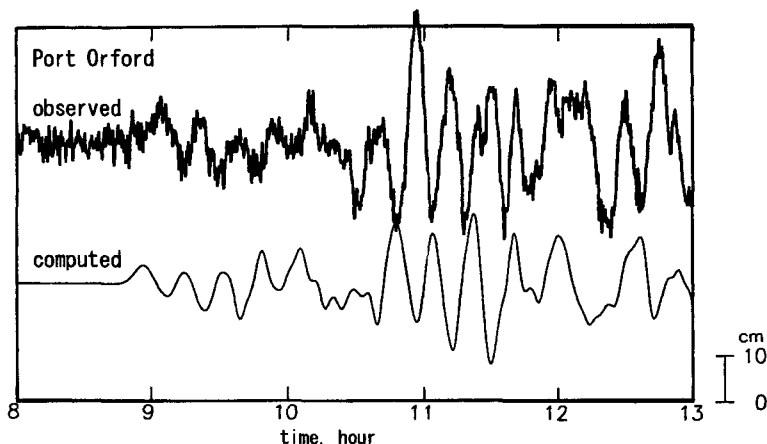


Fig. 3. Comparison of the observed and computed tsunami waveforms at Port Orford shown in Fig.1.

続波である。Fig. 4 a-c を見るとこの後続波は震源で発生しているのではなく、ミッドウェイ諸島周辺の水深が浅くなった場所で発生した境界波が基となって伝播し始めた2次的な津波であることが分かる。

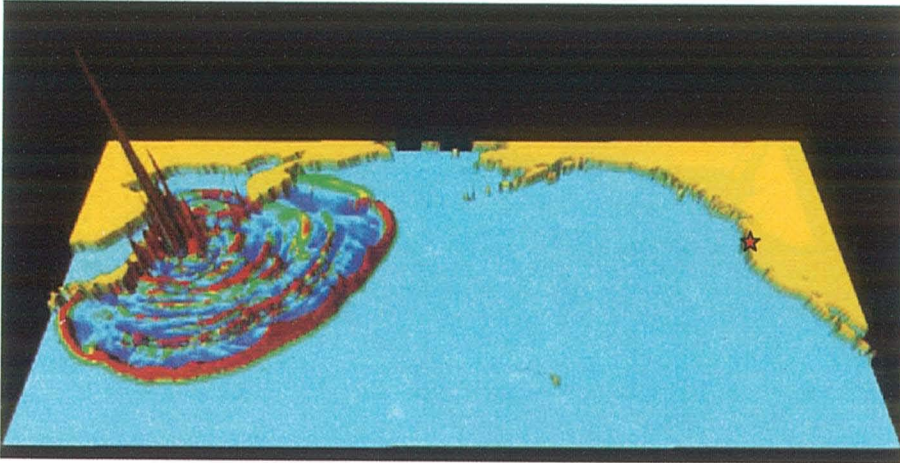
IV. 考察・結論

今回、1994年千島地震による津波を北太平洋を計算領域として計算した結果、アメリカ西海岸Orford港で観測された津波第1波到達から約2時間遅れで到達した大きな津波はミッドウェイ諸島周辺で水深が浅くなっていることが原因となって発生していることが明らかになった。1998年パプアニューギニアの地震による津波の際も、小笠原諸島周辺の水深が浅くなっている所が原因となり、日本沿岸（房総沖）で、津波第1波到達から1時間後に大きな後続波が観測された（Tanioka, 2000）。遠地津波の場合、上記の理由で局所的に後続波が大きくなる場合があり、津波災害を考える上で後続波の精度良い再現が重要となる。

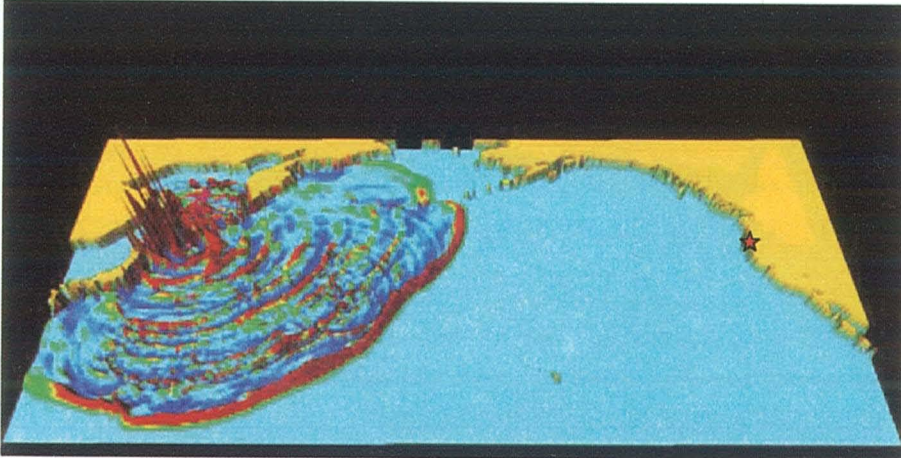
文 献

- 今村文彦・首藤伸夫・後藤智明, 1990. 遠地津波の数値計算に関する研究 その2 太平洋を伝播する津波の挙動, 地震2, **43**, 389-402.
- Okada, Y., 1985. Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seismo. Soc. Am.*, **75**, 1135-1154.
- Kikuchi, M. and H. Kanamori, 1995. The Shikotan earthquake of October 4, 1994: a lithospheric earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **22**, 1025-1028.
- Tanioka, Y., 2000. Numerical simulation of far-field tsunamis using the linear Boussinesq equation—the 1998 Papua New Guinea tsunami—, *Papers in Meteorology and Geophysics*, **51**, 17-25.
- Tanioka, Y., L. Ruff and K. Satake, 1995. The great Kurile earthquake of October 4, 1994 tore the slab, *Geophys. Res. Lett.* **22**, 1661-1664.

3hour



4hour



5hour

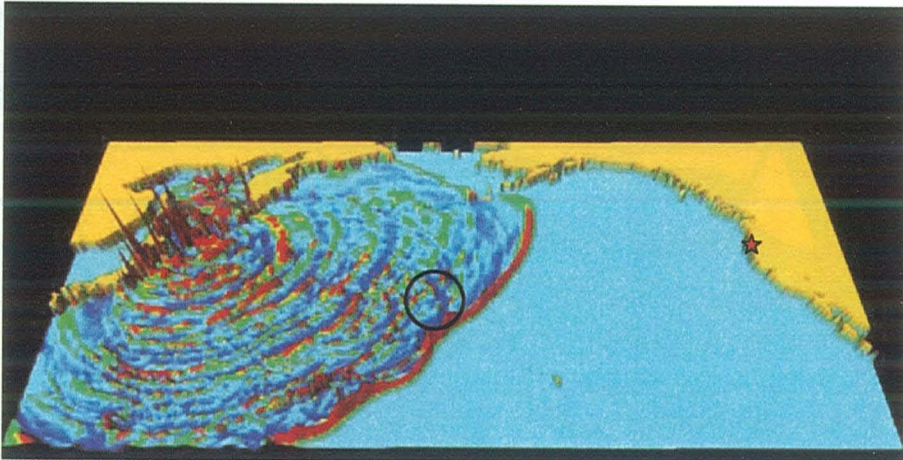
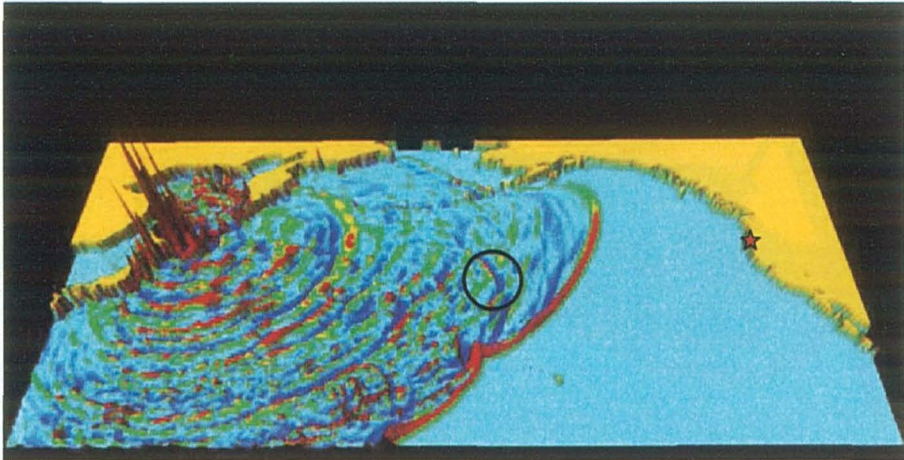
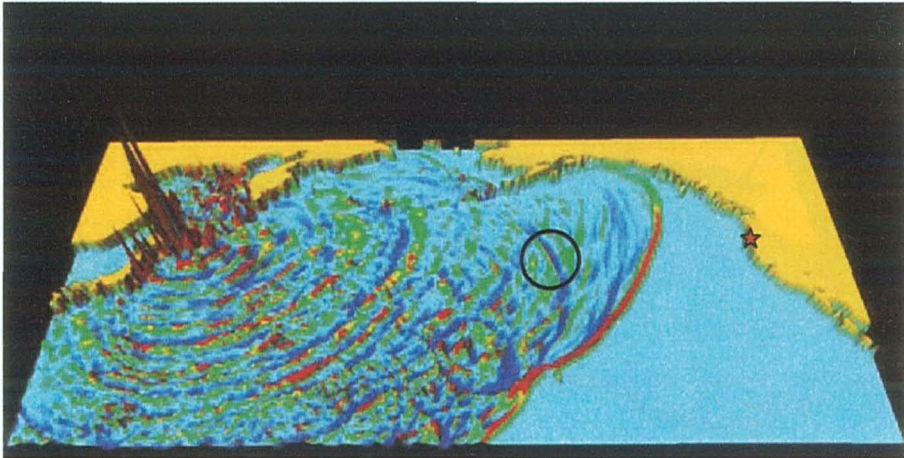


Fig. 4a. The snapshots of the computed tsunami at 3, 4 and 5 hours after the origin time of the Kurile earthquake.

6hour



7hour



8hour

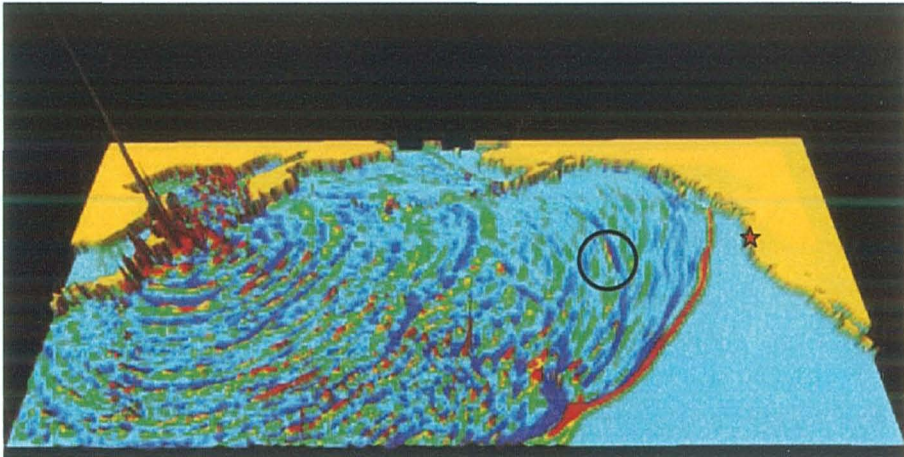
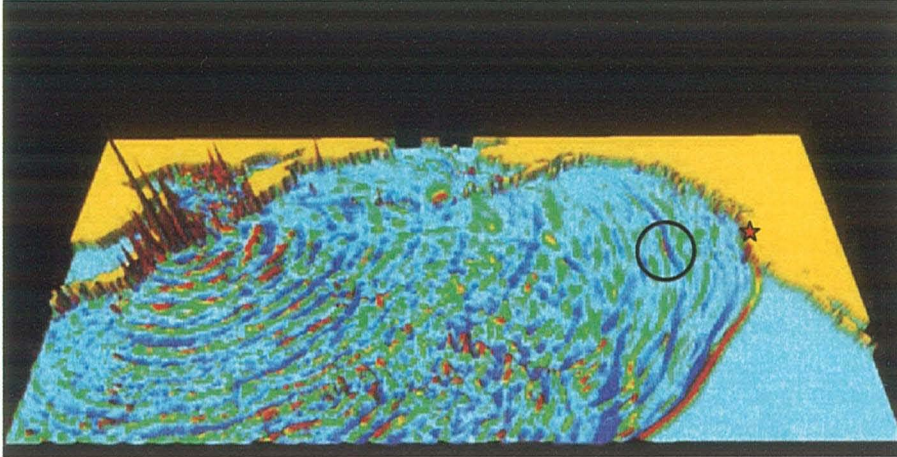
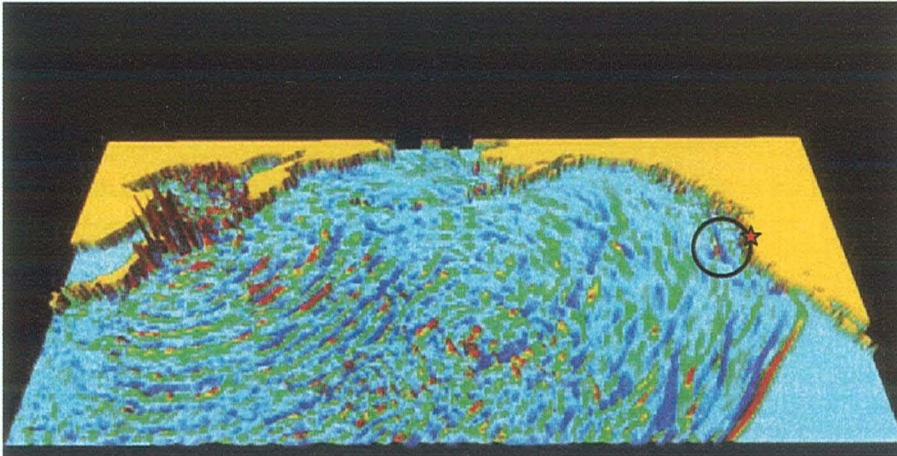


Fig. 4b. The snapshots of the computed tsunami at 6, 7 and 8 hours after the origin time of the Kurile earthquake.

9hour



10hour



11hour

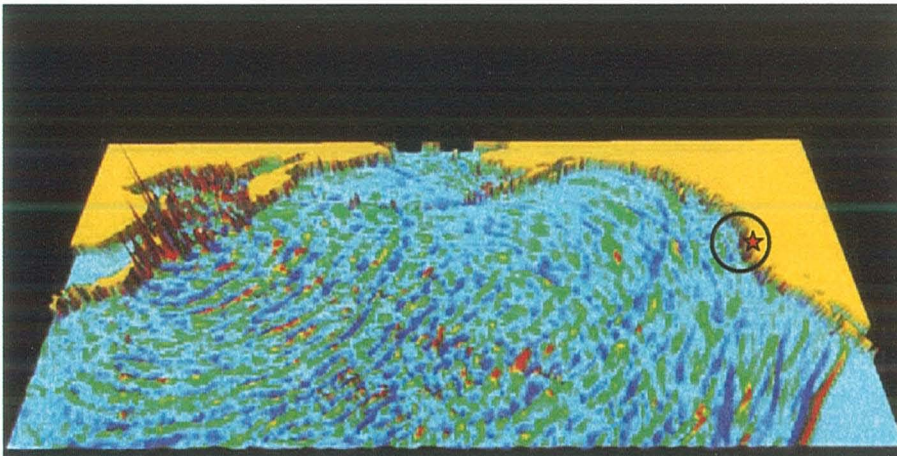


Fig. 4c. The snapshots of the computed tsunami at 9, 10 and 11 hours after the origin time of the Kurile earthquake.