



Title	海底地震計のためのカセットレコーダー
Author(s)	島村, 英紀; SHIMAMURA, Hideki; 浅田, 敏 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 32, 17-24
Issue Date	1974-12-14
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.32.17">https://doi.org/10.14943/gbhu.32.17</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/14043">https://hdl.handle.net/2115/14043</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	32_p17-24.pdf



## 海底地震計のためのカセットレコーダー

島村英紀\*・浅田 敏\*\*

(昭和49年6月10日受理)

### A Cassette Recorder for An Ocean Bottom Seismometer

By Hideki SHIMAMURA\* and Toshi ASADA\*\*

(Received June 10, 1974)

A new taperecorder for a highly sensitive ocean bottom seismograph was developed. The taperecorder is an improved one from the reel-to-reel taperecorder (SHIMAMURA, ASADA and TAKANO, 1970) which utilizes compact cassette magnetic tapes. One of the purposes of the revision is to minimize mechanical vibrations and noises of the tape transport which are harmful for OBS because highly sensitive seismic sensor is packed together in a pressure case. Another purpose is to secure good condition of the taperecorder against shocks which may be delivered in its preparation on the ships or during free falling to the bottom of the sea. Frequency band and period of recording are easily changed by modifying tape speed. Since the tape speed of 0.15 mm/sec is generally used, the OBS can record seismic signals with frequencies from less than 0.1 to more than 40 Hz (Figs. 2 and 4) for the period of 14 days. The over-all signal-to-noise ratio and the dynamic range are 34 dB (at 5 Hz) and 65 dB, respectively.

Some examples of replayed seismograms off magnetic tapes (Figs. 5 and 8) show wide frequency response of the OBS as well as high sensitivity of the instrument which has been enabled by adopting new type of the tape transport.

筆者らが1969年くらい今までに開発してきた海底地震計(浅田・島村, 1971; 島村・浅田・高野, 1970)は, その観測・研究上の要請からみて, すでに「設計者でなければうまくつかえないかもしれない」測器からもう一段, 道具としての進展を考えなくてはならない段階にたちいたっている。つまり観測船に乗る他の分野の研究者に委託して観測をしたり, あるいは他の地震学研究者に貸与したりしなければならなくなっている。

こういった理由で1971年の末くらい, コンパクトカセット型磁気テープをつかった新しい海

\* 北海道大学理学部地球物理学教室  
Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo

\*\* 東京大学理学部地球物理学教室  
Geophysical Institute, Faculty of Science, The University of Tokyo, Tokyo

底地震計の開発をはじめ、1972年の夏くらい29回ほどの海底での観測経験を得た (Fig. 1) ので、以下にその概要をのべる。

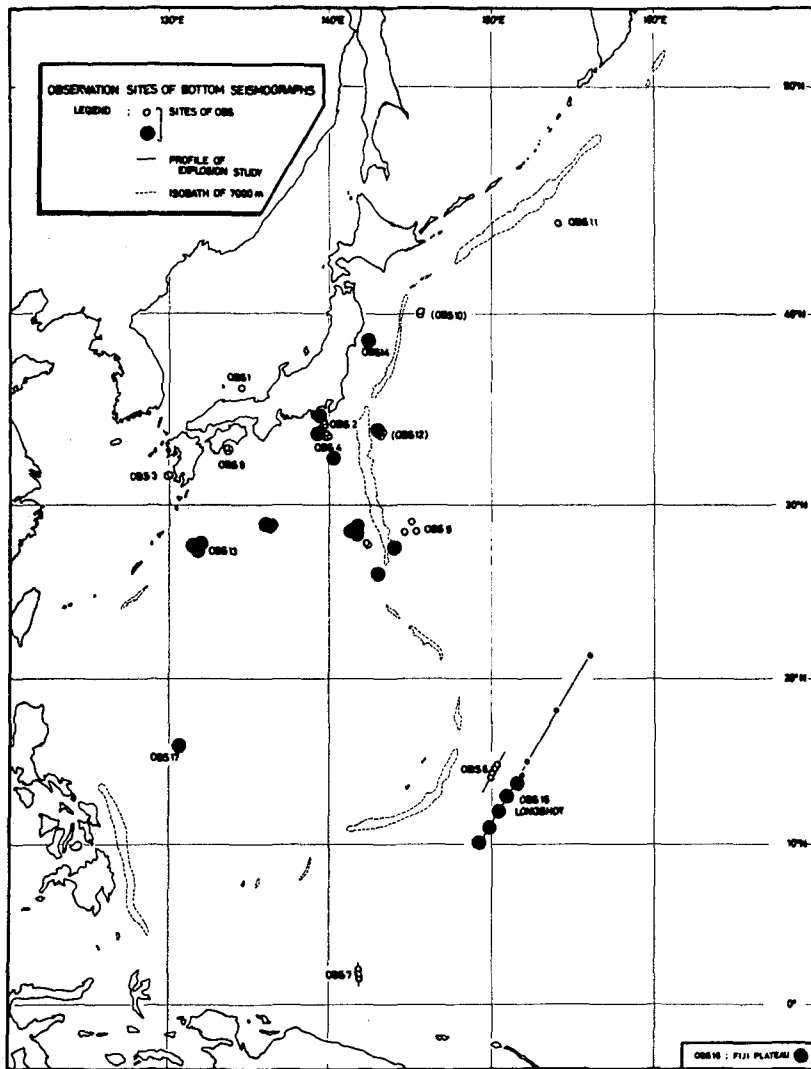


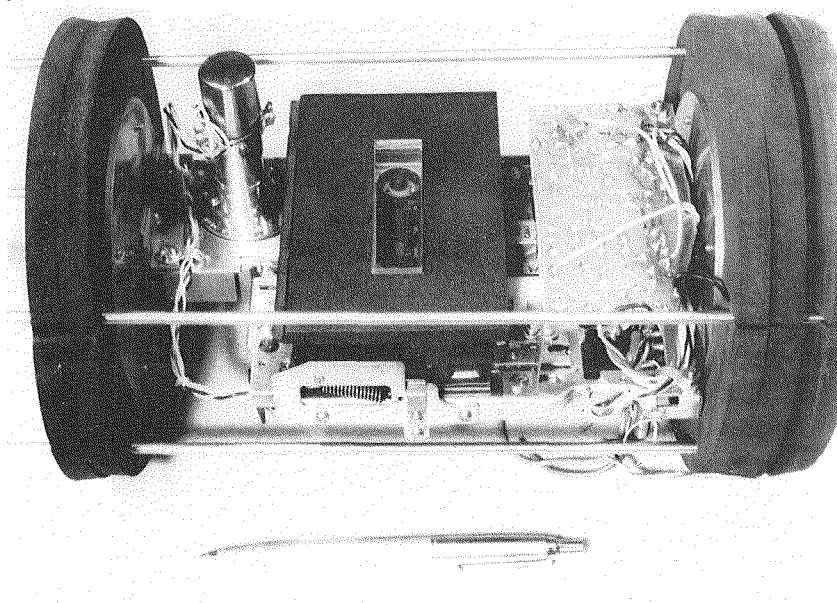
Fig. 1. Observation sites of the ocean bottom seismographs. Solid circles indicate sites by new OBS's which adopted cassette recorders (29 sites). Depths of OBS observations range from 500 to 6500 m. Solid lines show profiles of explosion studies, including long range shot whose profile length extends to 1450 km.

従来のオープンリール型テープにかわってカセットテープをつかうことによって、海底地震計の船上での操作や準備は著しく簡単になり、また時間的にも短くなる。このことはフィールドで使う測器、とりわけ船上で操作する測器にとっては観測全体の信頼性を高めることになる。またカセット用レコーダの各機械部品が小さく軽いため、船上や海底への落下途中で受

けるかもしれない加速度に対する耐力も増す。

しかし一方で磁気テープ上に記録するトラック幅が1トラックあたり0.6倍、テープ長が0.3倍(従来の5インチリールとくらべて)になるために、同等の性能を維持することは簡単ではない。このため、観測の機会も少なく、またくりかえしのきかない海での観測が備えるべきデータの質と、さきのにべたメリットをどこで折りあわせるかが課題であった。

レコーダーは市販のカセットメカニズムを改造して用いている。録音ヘッドはインラインの4トラックのもので、磁気テープは周波数サーボのギアード・マイクロモーターで駆動されている。その外観を Photo 1 に示す。



**Photo 1.** The cassette recorder for ocean bottom seismographs. A geared micromotor with tachogenerator for frequency servo circuits drives the mechanism. Electrical circuits consist of seismic amplifiers with gains of 94 dB and 74 dB and buffer amplifier for AC bias current (Fig. 6). The circuits are fully composed of integrated circuits so that they occupy only 10×5×1.5 cm (above right of the tape deck mechanism). Special rubber insulators on both sides carry out an important role in order to insulate vibrations and sound noises generated in the recorder from highly sensitive seismic sensor. An in-line four track head is used.

テープ速度は観測可能日数と記録周波数帯域とのかねあいによるが、すでに指摘した(島村・浅田・高野, 1970)ように深海底で地震観測をするには少なくとも20 Hzまでは必要である。このため現在標準としているものは、14日間記録可能のもので、周波数帯域は0.2~25 Hz (-6 dB)である(Fig. 2)。録音方式は直接アナログ録音方式(DR方式)を採用している。このときのテープ速度は0.15 mm/secであるが、観測の目的によってテープ速度をかえ、記録できる周

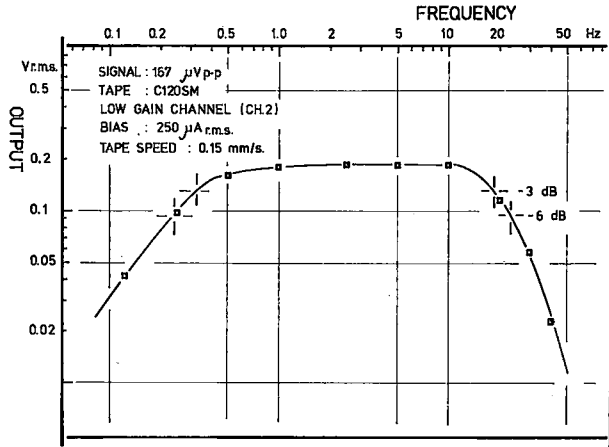


Fig. 2. Frequency response characteristic of the cassette recorder of the OBS. Tape speed is 0.15 mm/sec. Since we adopt replay magnetic head with narrow gap, frequencies up to more than 40 Hz can be replayed by correcting roll off at high frequencies. Roll off at lower frequencies together with roll off of seismic sensor (natural frequency 3 Hz) function as deemphasis to enhance S/N ratio because ambient noise at sea bottom increases in accordance with lowering frequencies (Fig. 4).

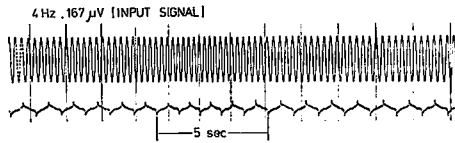


Fig. 3. Replayed test recorded signal off magnetic tape of the slow speed cassette recorder. The S/N ratio exceeds 34 dB at 4 or 5 Hz for the thinnest tapes (C 120 SM).

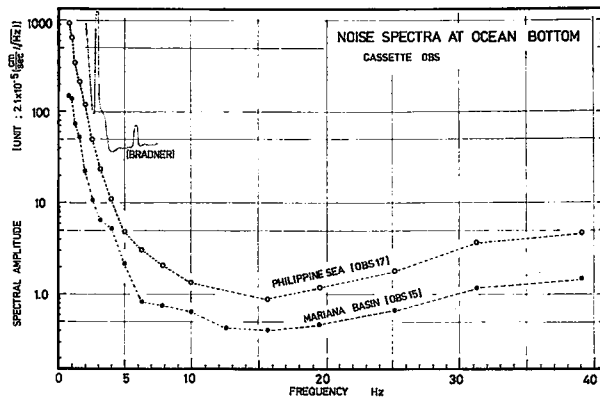


Fig. 4. Ambient noise spectra at sea bottoms, which were analysed from cassette OBS tapes. Data from Bradner (1964) is also shown, but noise level is much different from our data. By our data, noise level at deep sea bottom is comparable with the most quiet place on land at frequencies more than six or seven Hz.

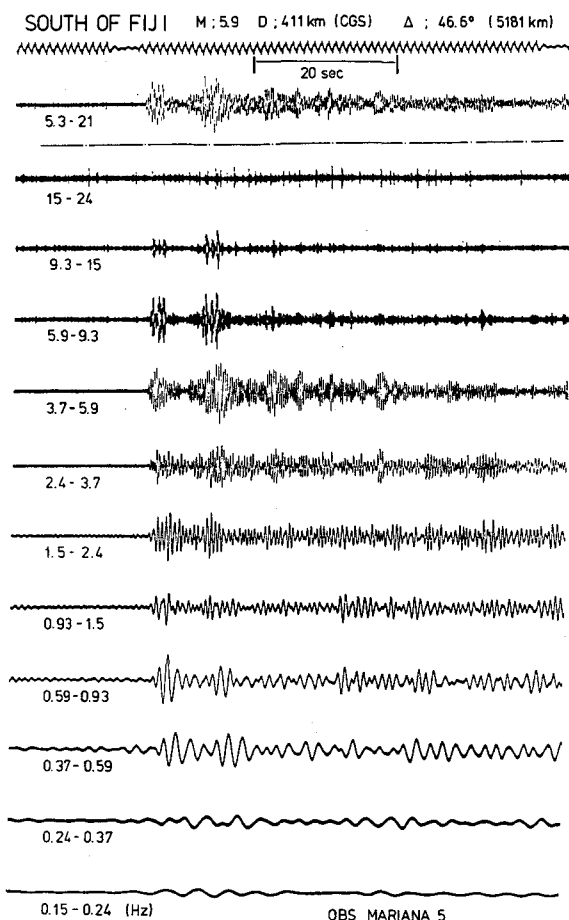
波数帯域と記録可能時間をかえることは容易である. このレコーダーによる正弦波入力の磁気テープ再生記録の例を Fig. 3 に示してある.

標準速度の 0.15 mm/sec の場合でも, 磁気テープ上での記録密度は再生用テープレコーダーの磁気ヘッドのギャップ幅にくらべてまだ余裕があるために, 録音再生の周波数特性の平坦域 (25 Hz まで) をこえた高周波も録音・再生することが可能である. Fig. 4 には深海底でのノイズ・スペクトルが示されているが, ダイナミックレンジはもちろん狭くなるが, roll off を補正して 50 Hz 近くまでの周波数を“しぼり出す”ことは可能である. 一方, 低い方の周波数については, 地震計センサーの固有周波数が約 3 Hz であり, 速度型の特性が低域側で下がっていることとあいまって, 低周波帯域での海底での高いノイズ (Fig. 4) に対して一種のディエンファシス特性をもたせて, ノイズで記録が満されないようにしている. このため, 数千 km の震央距離の遠震でも, 数秒周期までの地震波を良い S/N 比で観測できるように設計されている (Fig. 5).

カセットテープをつかって必要な性能を出し, 観測の段階で, つまり船上で“楽をする”ためには, 測器の開発の段階で

配慮しなければならないことが増える. このため, カセットテープには二酸化クロムを磁性体につかった特定の 120 型カセットのみを使い, DR 録音に必要な高周波バイアスの設定もひとつのヘッドの各チャンネルごとに最適値をきめることが必要になる場合もある (Fig. 6).

トラック数 4 のうち 1 は刻時用であり, のこり 3 を信号用に用いている. 現在ではこの 3 のうち 2 を, ゲインを 20 dB かえた高, 低両感度の信号用にあて, のこり 1 トラックを, 観測の



**Fig. 5.** Examples of teleseismic records which were recorded at Mariana Basin. Numerals show frequencies of band pass filters through which magnetic tapes were reproduced. Because of roll off characteristics at lower frequencies, signals with lower frequencies are recorded with good S/N for teleseisms, as shown. Note that high frequency components are surprisingly abundant in spite of great epicentral distance. It suggests that the attenuation is much less at ocean basin.

種類に応じて別の信号にあてるようになって  
いる。このトラックは、たとえば爆破地震動  
観測のときは、震源要素をきめるために重要  
な高周波の水中音波を記録するために用いら  
れた。このため、このときは信号を積分して  
その包絡線を記録するような回路が試みら  
れた。

このカセットレコーダーは120型カセット  
を用いた場合、5 Hzでのダイナミックレンジ  
は(1チャンネルで)45 dBになり、90型カ  
セットを用いればさらに6 dBほど改善され  
る。また高、低の両ゲインのチャンネルを併  
用することでさらに20 dBほど広くとれて  
いる(Fig. 7)。S/N比はFig. 3から知られるよ  
うに34 dBほどである。

信号増幅器は低雑音型の集積回路を用いた  
もので、入力換算雑音は $0.3 \sim 0.5 \mu V_{p-p}$  (1~  
100 Hz)である。増幅器のゲインは94 dB(高ゲイン)と74 dB(低ゲイン)に設定されているが  
変更は容易である。DR録音のための高周波バイアスは、ギャード・マイクロモーターの周波  
数発電機の出力をバッファ増幅器を介して利用している。刻時のため精度 $4 \times 10^{-7}$ の水晶時  
計を用いている。

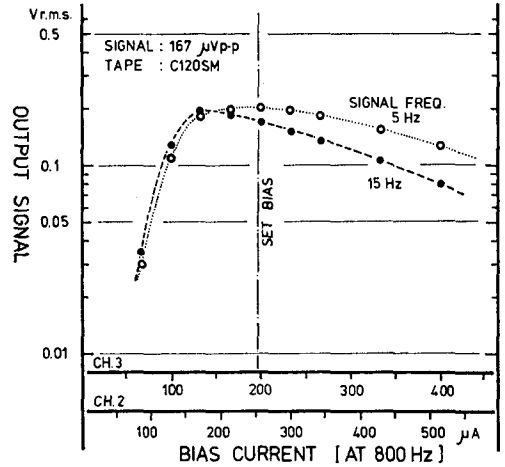


Fig. 6. Setting of AC bias current for recording magnetic head which is necessary for direct analogue recording (DR). In order to obtain high performance for the thinnest magnetic tapes, bias currents are required to be adjusted individually for each channel of a head. An example is shown.

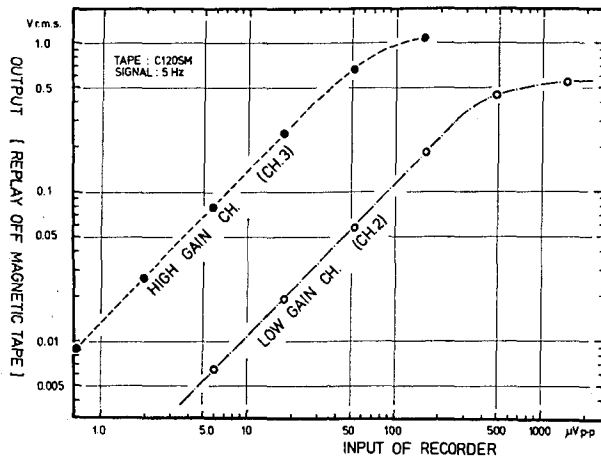


Fig. 7. The input output diagram of the cassette recorder. Dynamic range of 65 dB is obtained by using two tracks for the same seismic signal with difference of gain of 20 dB. Dynamic range is improved by more than 6 dB by using the less thin magnetic tapes (C90).

カセットレコーダーを採用したもうひとつの利点は回転部分の質量が小さいので、より小さい力で駆動されるために、オープンリール型レコーダーよりも機械的雑音が小さいことである。高感度(約1 V/cm/sec)の地震計センサーと同一の耐圧容器で同居しなければならないレコーダーとしてはこのことは重要な要件のひとつであり、Photo 1 にみられるフォームラバーの支えとあいまって、機械的なノイズは非常に少なくなった。具体的に言えば、筑波山観測所での夜間静穏時のノイズを十分に下まわっている。

筆者等の海底地震計の耐圧ケース(浜田・島村・浅田, 1972)は空中重量40 kgであり、船上での経験からみてもこれ以上小さくする必要も利点もないので、カセット型OBSの現在もそのまま用いているが、カセットレコーダーが小さいために、レコーダーを2台入れて長期観測や広帯域観測などを行うこと、またはセンシングエレメントを3成分にすること等々が可能であ

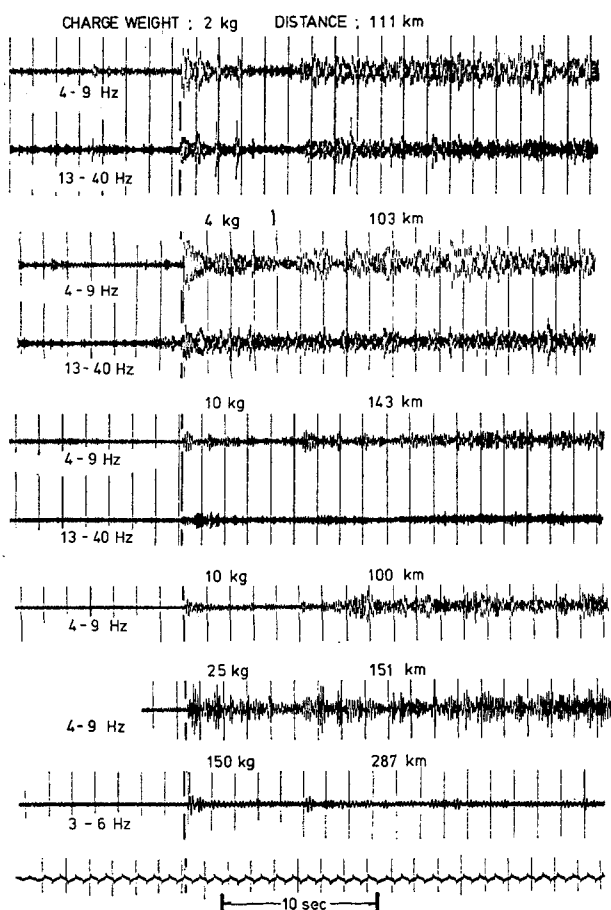


Fig. 8. Some examples of seismograms of explosion studies obtained at Mariana Basin, recorded by the cassette OBS's. As refraction arrivals from two kg explosion were recorded clearly at distances of more than 100 km, the OBS's are much more powerful compared with conventional hydrophones.

る。このことは測定器としての可能性と適応性を増すことを意味している。

なおカセットレコーダーの消費電力は必要な駆動力の減少ともなってさらに減少し、深海底の温度(約0°C)で2週間の観測をまかなうに必要な電池(アルカリマンガン型)の容積は、耐圧ケースの内容積の9%にすぎない。

Fig. 8には1973年8月にマリアナ海盆でおこなった爆破地震動実験のときの記録例が掲げられている。2kgの火薬爆破による地震動(屈折初動)が100km以上の距離でも明瞭に記録されており、海底地震計の検知能力(SHIMAMURA and ASADA, 1971)はハイドロホンをはるかにしのいでいるようである。

なおこの研究の一部は文部省科学研究費を用いたことを付記し感謝の意を表す。

## 文 献

- 浅田 敏・島村英紀, 1971. 海底地震観測の問題点, うみ(日仏海洋学会誌), 9(1), 35-45.
- ASADA, T. and SHIMAMURA, H., 1971. Observation of earthquakes with ocean bottom seismometers at ocean basin, Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise KH-71-3 (*Ocean Research Institute, Tokyo University*).
- 浅田 敏, 1973. 長距離爆破と上部マントルの構造, 海洋科学, 5(8), 21-27.
- 浅田 敏・島村英紀, 1974. 海底地震計と地球物理学, 科学, 44(5), 278-285.
- BRADNER, H., 1964. Seismic Measurements on the Ocean Bottom, *Science*, 146, 208-216.
- 島村英紀・浅田 敏・高野健三, 1970. 海底での極微小地震観測, うみ, 8(1), 6-12.
- 島村英紀・浅田 敏, 1971. 海底地震計による島弧・海溝系の研究, 島弧と縁海(浅野・ウデインツェフ編), 東海大学出版会, 188-199.
- SHIMAMURA, H. and ASADA, T., 1971. Explosion seismological observation by ocean bottom seismographs, Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise KH-71-1 (*Ocean Research Institute, Tokyo University*), 11-41.
- 島村英紀, 1973. 海底地震計による地震探査, 海洋科学, 5(8), 27-33.
- 島村英紀, 1974. マリアナ海盆での長距離爆破, 海洋科学, 6(8), 40-46.
- 浜田信生・島村英紀・浅田 敏, 1972. 海底地震計の耐圧ケース, 地震, II, 24, 366-368.