

寄 書

気象庁、東北大学の震源  
カタログに含まれる  
人工震源の抽出

北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻\*

平 貴 昭

(財)日本気象協会\*\*

津村建四朗

The Identification and Removal of Artificial Events  
from the JMA and Tohoku University  
Earthquake Catalogs

Taka'aki TAIRA

Division of Earth and Planetary Science, Graduate  
School of Sciences, Hokkaido University,  
North 10 West 8, Kita-ku, Sapporo  
060-0810, Japan

Kenshiro Tsumura

Japan Weather Association, Sunshine 60 Building,  
3-1-1, Higashi-Ikebukuro, Toshima-ku,  
Tokyo, 170-6055 Japan

(Received April 3, 2000;

Accepted June 8, 2000)

§ 1. はじめに

気象庁や大学の震源カタログには、採石発破などに伴う人工震源が少なからず含まれているので、浅発地震の活動を知るうえで、このような人工震源を取り除く必要がある。関東・東海地域における人工震源の抽出は松村(1985)、岡田(1996)により詳細に行われているが、本研究では、厳密ではないが簡単に人工震源を抽出する手法を考案し、人工震源のリストアップを行う。そして、人工震源を取り除き、自然地震の活動だけが示される震源カタログを作成する。データとして、気象庁(1982~1996)、東北大(1975~1997)の震源カタログを用いた。

§ 2. 人工震源の抽出

2.1 人工震源の特徴

人工震源の多くは発破によるものなので、震源時間や震源分布に自然地震とは異なる特徴が見られる。主な特徴として以下の4つが挙げられる。

1. 採石発破の作業が同一の場所で繰り返し実施されることが多く、空間的にクラスター状の震源分布になる
2. 震源時間が日中の定時に集中する
3. 震源の深さが地表近くである
4. マグニチュードはおおむね3.5以下である

まず、2番目の特徴から人工震源の発生は7時~19時の間にその大部分が含まれることを利用し、震源カタログを以下の2つの震源時間帯に分類する。

1. 日中: 7時~19時
2. 夜間: 19時~7時

Fig. 1は、東北大学の震源カタログにおいて日中発生した地震の震央を赤色の丸で、夜間のもは緑色の丸で表した岩手県の震央分布図である。Fig. 1から、日中のみ発生している地震クラスターがいくつかはっきりと把握することができる。Fig. 1で日中のみ集中し発

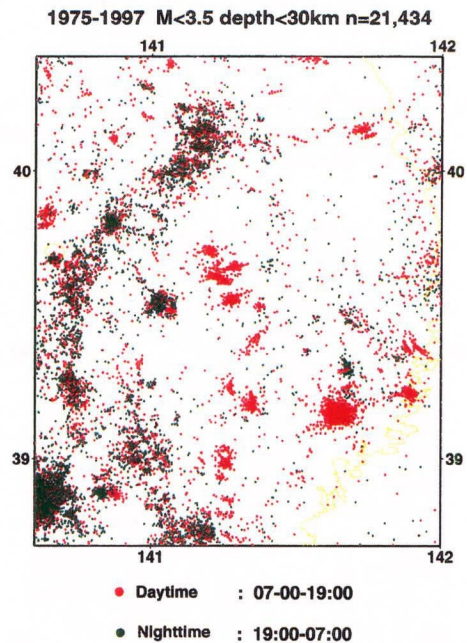


Fig. 1. Epicentral distribution ( $M < 3.5$ , depth < 30 km) in Iwate prefecture during the period of 1975 to 1997 by the Tohoku University earthquakes catalog. Red circles show events during daytime (07:00-19:00) while green ones during nighttime (19:00-07:00).

\* 〒060-0810 札幌市北区北10条西8丁目

\*\* 〒170-6055 東京都豊島区東池袋3丁目1番地1号 サンシャイン60

生している地震クラスターは、人為的な発破などの可能性が高い。

2.2 震源時間の日周変化図

人工震源の1日における震源時間の分布は、11時台と16時台に二つのピークを有するが、これは昼休みと終業前のいわゆる“上がり発破”に対応するものである。この特徴から、地震が多発している地域で、震源時間の分布がどのように変化しているかを調べることにより人工震源をより正確に推定できる。日周変化を表す要素として以下の三つを考える (Fig. 2)。

- 1) 時間軸: 円周を24時間と考えて、円周上のどの位置にプロットされているかによって震源時間をあらわす
- 2) 地震数: 各時刻ごとの地震数をカウントし、外向きの線の長さで地震数を表す

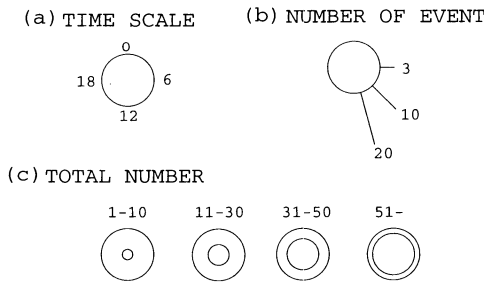


Fig. 2. Three factors in diurnal periodicity: (a) time scale (hour), (b) number of event, and (c) total number.

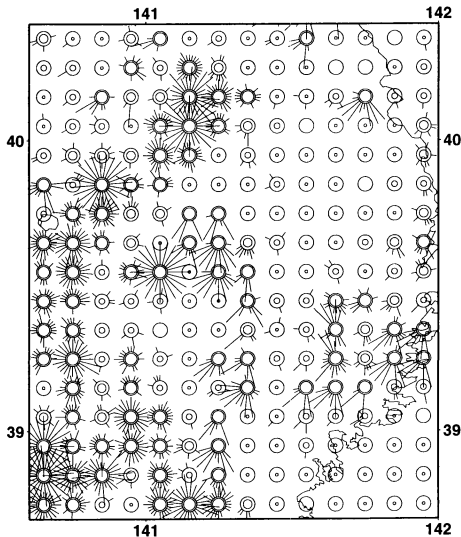


Fig. 3. Illustration of diurnal periodicity in 0.1 x 0.1 degrees meshes in Iwate prefecture (Fig. 1) with the scheme of Fig. 2.

3) 総地震数: 地域ごとの地震総数は、内側の円の大きさで表す

緯度、経度 0.1°のメッシュに区切り、メッシュごとに地震の日周変化を表したものを Fig. 3 に示す。人工震源の日周変化のパターンは震源時間にピークがあり Fig. 4(a) のようになるが、自然地震では、Fig. 4(b) のように特徴的なピークはない。本研究では、第1段階として色分けした震央分布図 (Fig. 1) と日周変化図 (Fig. 3) の両方で上に示したような人工震源の特徴をもつクラスター

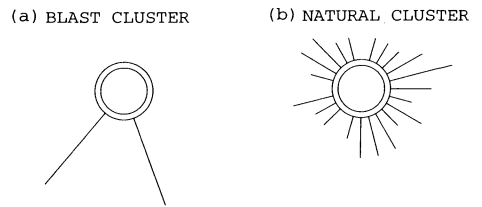


Fig. 4. Diurnal periodicity pattern in clusters of (a) blasters and (b) natural earthquakes.

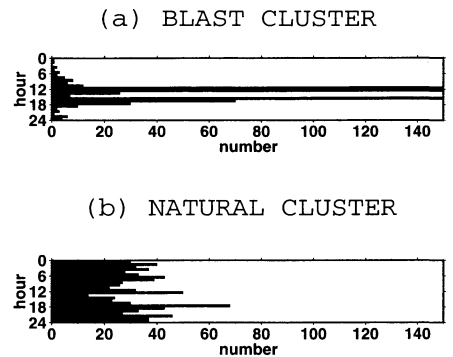


Fig. 5. Comparison of hourly frequency of event time in clusters of (a) blasters and (b) natural earthquakes.

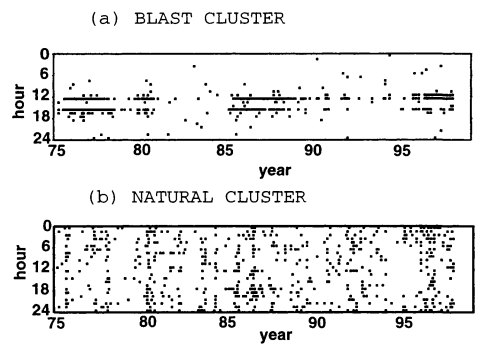


Fig. 6. Comparison of daily event numbers in clusters of (a) blasters and (b) natural earthquakes.

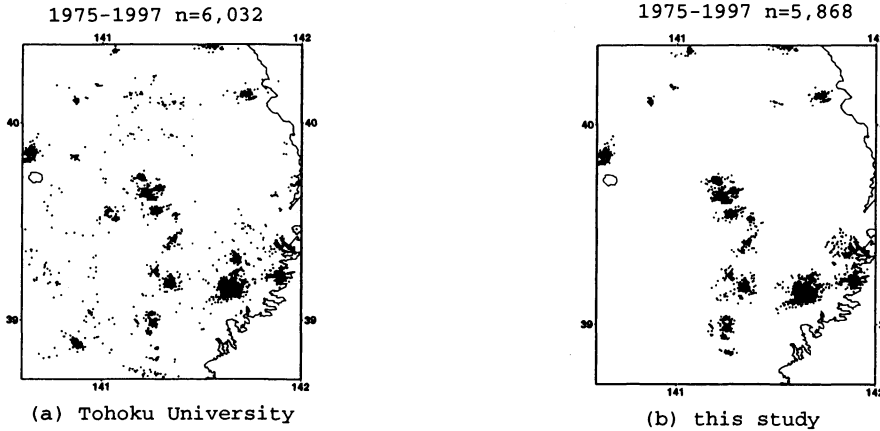


Fig. 7. Comparison of artificial events identified in Iwate prefecture by (a) the Tohoku University and the ones by (b) this study.

を人工震源の候補としてまず取り上げる。第2段階として、人工震源の候補となったクラスターについて、1時間ごとの地震の総数 (Fig. 5) と、震源時間の経年変化 (Fig. 6) をプロットして、人工震源の特徴がどちらにも現れた場合、最終的にそのクラスター全体を人工震源として抽出する。

抽出の際には、余震活動や群発地震などの短期間に集中している自然地震クラスターを誤まって取り除かないように、日中に発生しているクラスターの震源リストと比較する必要がある。採石発破は、1日で多くても2~3回しか発破を行わないので、同一日に数多く発生しているものは取り除かないようにした。

§3. 考 察

東北大の震源カタログでは、波形などを用いて人工震源の識別がされているが、今回はそれを考慮せずに上述の解析を行い、本研究の妥当性を調べた。Fig. 1より抽出された人工震源と、東北大で識別された人工震源カタログとの比較を Fig. 7に示す。東北大で識別された岩手県の人工震源は6,032個、本研究では5,868個である。東北大と本研究で共通な人工震源は5,307個であり、震源時間にも注目した本研究の方法でも88%と高い割合で東北大で識別された人工震源の抽出ができた。この結果から、浅発地震においては震源時間さえわかっているならば、本研究の手法を用いて他の震源カタログでも同様な処理が期待できる。

Fig. 8は Fig. 7(b)の人工震源を取り除いた震央分布図であり、より本来の地震活動を示している。この震源カタログを用いれば、より詳細な地震活動の解析が可能となる。東北地方全域と、気象庁による日本全体の震源カタログから同様に求めた人工震源の分布を Fig. 9お

1975-1997  $M < 3.5$  depth  $< 30$  km  $n = 15,566$

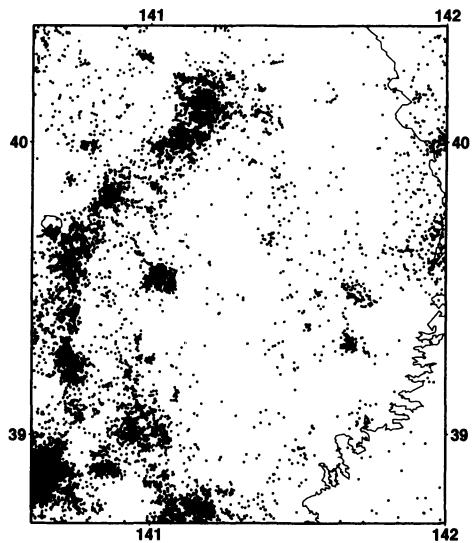


Fig. 8. Epicentral distribution ( $M < 3.5$ , depth  $< 30$  km) in Iwate prefecture (Fig. 1) after artificial events are removed.

および Fig. 10に示す。本研究により、東北大の震源カタログから11,634個、気象庁の震源カタログから548個の人工震源が抽出された。

§4. ま と め

震源時間を昼と夜の二つに分類する簡単な方法でも、震源カタログから人工震源の大部分を抽出することができたが、すべての人工震源を取り尽くしているわけではない。特に、人工震源と自然地震が同一の場所で発生した地域では、抽出から洩れて取り残された人工震源、あ

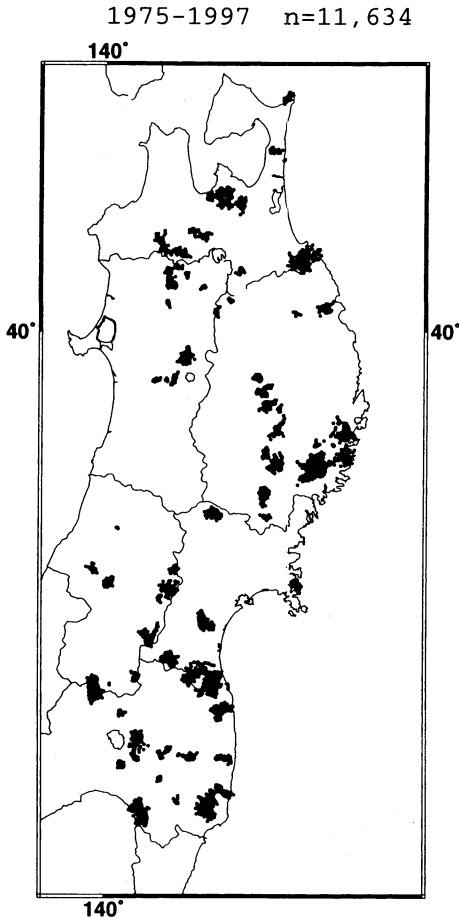


Fig. 9. Epicentral distribution of artificial events identified from the Tohoku University earthquake catalog during the period 1975 to 1997.

るいは人工震源と一緒に取り除かれてしまった自然地震がある。

今回の人工震源クラスターは、震央分布図上から抽出されたものであるため、最終的には採石発破地点で実際に発破が行われたのかの確認が必要である。今後は作業履歴の調査を行い、人工震源クラスターの決定を最終的

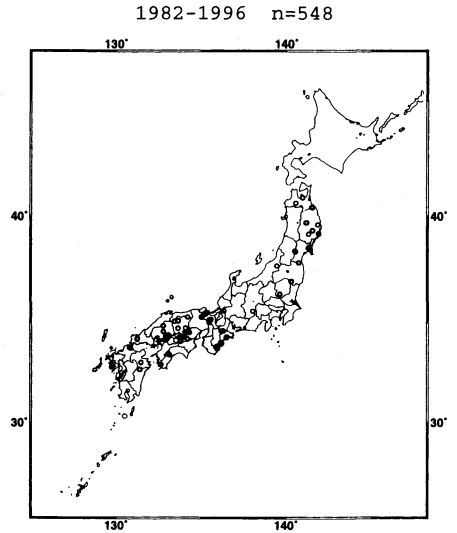


Fig. 10. Epicentral distribution of artificial events identified from JMA earthquake catalog during the period of 1982 to 1996.

に確認することが必要である。

#### 謝 辞

本研究を進めるに当たって、気象庁震源データと、東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センターの微小地震観測網による震源カタログを使用させていただきました。記して感謝いたします。

また、本稿の査読に際して、石川有三氏ならびに、松村正三氏には、貴重なご意見をいただきました。併せて感謝の意を表させていただきます。

#### 文 献

- 岡田義光, 1996, 関東・東海地域における人工震源の分布とその時間的変遷, 国立防災科学技術センター研究報告, no. 57, 33-57.
- 松村正三, 1985, 国立防災科学技術センターの地震カタログに含まれる発破データの識別, 地震 2, 38, 457-459.