

# 気象庁と地震研究所の震源及び検測値の比較

## はじめに

1997年10月より気象庁が行っている高感度地震計記録一元化処理の結果がftpサイトを通じて入手可能になった(現在試験期間中)。入手可能なデータは震源パラメータ(気象庁での呼称:全国会話震源)及びその元となる検測値(同:全国会話検測値)であり、イベント発生後約一日半で準備される。一元化処理されている地震計記録は気象庁、防災科学技術研究所、地質調査所、諸大学(北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学地震研究所、名古屋大学、京都大学防災研究所、高知大学、九州大学、鹿児島大学)の観測点での記録である。一方で東京大学地震研究所地震地殻変動観測センターでは独自の観測網とデータ交換されている諸機関からの地震計記録を手動検測し震源を決定している。これらは今後、地震活動等の解析の基本となるべきデータベースであり、平行して作成されている2つのデータベースの質、量を比較しておくことは今後の研究計画上意義深い。そこで関東・甲信越地域、1997年10月より1997年12月までの3ヶ月間を対象に気象庁及び地震研の検測値と震源パラメータの統計的な比較を行った。

## 観測点分布

気象庁、地震研の観測網は関東・甲信越地域では図1 a, bのような配置になっている。気象庁(図1 a)は1997年10月~12月の期間に実際に検測値が決定されているすべての観測点を、地震研(図1 b)は1998年1月1日の時点で関東甲信越検測システムに登録されている観測点を表示した。気象庁は防災科学技術研究所の観測点を利用して関東甲信越に均質な観測網を展開している。地震研は大島、浅間、草津白根の火山観測点を除けば足尾、伊豆(伊東沖)、箱根、富士川等の観測点の密集が特徴的である。

## 検測値

まず、検測値データベースの中から同じイベントの同じ相を指すものを同定し、観測点ごと、P相、S相ごとに検測位置を比較した。両者に時間差1秒以内で同じ相の検測値が存在する場合に同じ相の検測値とした。図2 a, bはそれぞれP相、S相の相対時間の度数分布、及び平均値、標準偏差を表す(+は気象庁の検測位値が地震研のものに対し遅れていることを示す)。

P相では、ほとんどの場合、両者は良い一致を示し、平均値のずれは1ないし2サンプル程度である(図2 a)。特筆すべきはNIK(日光)で、気象庁が0.1秒ほど早く読む場合がある。これは同観測点の明星電機製収録システムが非因果的なデジタルフィルターを用いているためである。地震研の収録システムでは位相補正により初動以前の非因果成分を抑えて検測しているが気象庁には補正前のデータが届いているため気象庁では非因果成分を初動と誤認することがある。同様の誤差はわずかであるが同システムを導入しているDDR(堂平)、KWI(川上)にもみられ

る。対照的に非因果的フィルターを用いる白山工業製の収録システムを導入した NRY ( 韮山 ) では両者は良く一致する。

十分予想できることであるが、*S* 相は明らかに分散が大きく平均値も場合によっては 5 サンプル以上ずれている ( 図 2 b )。さらに気象庁の検測位置が地震研より全般に早い傾向があり、中には堆積層などでの変換波を誤認している場合が含まれるのかもしれない。標準偏差は 0.1 から 0.2 程度で、この検測値を用いた解析をする場合には常にこの程度の誤差を考慮する必要がある。

*P* 波初動の方向はメカニズム解の決定等に重要であるが、その決定率は両データベース間で大きく異なる。気象庁が全読み取りの約 2 割の決定率なのに対し、地震研は約 8 割の検測値に *P* 波初動方向が付帯している。

一つのイベントを震源決定する際にどれだけの検測情報を用いているかを検測値の数で見してみる。図 3 は気象庁、地震研それぞれのデータベースについてイベントごとの *P* 相、*S* 相の検測値数の度数分布図である。関東甲信越 ( 北緯 34° ~ 38°、東経 137° ~ 141° )、マグニチュード 2 より大きいイベントについて調べた。一見して気象庁の *S* 相の検測値数は地震研に比べてはるかに多いことがわかる。*P* 相も気象庁の方が多。この差の原因として、地震研では震源決定の際に解の収束を良くするためにあまり多くの観測点で検測しないことが慣例化していること、気象庁は防災科学技術研究所の観測点も使用していることが挙げられる。

## 震源パラメーター

次に検測結果から決定された震源分布同士を比較する。図 4 a,b はそれぞれ気象庁、地震研の関東甲信越 ( 北緯 34° ~ 38°、東経 137° ~ 141° )、10 月 ~ 12 月の震源分布である。マグニチュードの決定されていないものは表示していない。気象庁は深さ 90km より深い地震についてマグニチュードを決定していない ( 震源位置は決定されている ) 場合が多いことが大きな違いである以外、一見して両者を区別するのは困難である。総イベント数は気象庁 3809 個、地震研 5441 個である。以下にこの分布についてさらに細かく調べる。

まず、これらの震源のうちから同じイベントを示すものを同定する。基準は時間ずれ 2 秒以内、震央ずれ 50km 以内とした。この作業の結果 2492 個の地震が同定された。図 5 は一つの地震について気象庁と地震研の震源を線で結んで表示したものである。全般的に地震研の決定した震源のほうが深い。太平洋スラブの地震を浅発地震として決定するという大きな誤差が目立つ。この場合気象庁が深さを 0 にしている ( 固定している ? ) 場合が多い。

次に一方のデータベースにのみ存在するイベントを取り出した。図 6 a,b はそれぞれ気象庁、地震研のデータベース一方のみに存在する震源の分布である。気象庁は地震研の観測点網の周縁地域、すなわち千葉、茨城、東京湾、長野・岐阜県境、静岡・愛知県境の地震を多く決定している。この中で最大のイベントは遠州灘沖の深発地震 ( 気象庁マグニチュード 4.6 )、浅発地震では

3.4 が最大である。一方地震研は栃木県西部（足尾）が圧倒的に多数を占め、他には長野県北部、静岡県中部（富士川）でマグニチュード 1 以下の地震を多数決定している。日本海にも地震研だけが決めている地震が多数ある。最大のイベントは地震研マグニチュード 3.0 である。伊豆半島東方沖には両データベースに対応しない小さな地震が多数存在する。また神津島の地震も対応しないものが多い。この地域では両データベースとも完全性が低いか、または何らかの系統的誤差のためにイベントの同定ができていないかのどちらかである。

最後にマグニチュードを検討する。図 7 は同じ地震について気象庁、地震研それぞれが決定したマグニチュードの比較である。地震研マグニチュード ( $M_{\text{ERI}}$ ) は気象庁マグニチュード ( $M_{\text{JMA}}$ ) とは系統的なずれがあり、大きな地震については  $M_{\text{ERI}} > M_{\text{JMA}}$ 、小さな地震については  $M_{\text{JMA}} > M_{\text{ERI}}$  となる。この傾向はマグニチュード 4 以上では特に顕著である。図 4 で示したすべての地震についてマグニチュードと頻度の分布を求めると図 8 のようになる。気象庁マグニチュードに対してはマグニチュード約 2 から 5 の範囲で  $b=1$  の Gutenberg-Richter の法則を良く満たす。このことから気象庁のデータベースはイベント決定の均質性はマグニチュード約 2 までであるといえる。一方地震研のマグニチュードでは  $b=1$  の Gutenberg-Richter の法則に従わない。大きな地震については地震研マグニチュードの不正確さが、小さな地震についてはデータベースが均質でないことが原因として挙げられる。現状では地震研のデータベースに基づく  $b$  値は地域、時間的な相対変化は議論できても絶対値については難しい。

## 考察・まとめ

気象庁が ftp によって検測値の公開を始めた 1997 年 10 月から 3ヶ月間の気象庁、地震研それぞれの検測値と震源パラメータのデータベースの比較を行った。P 相の検測値の中には AD 変換の際のフィルターの影響で顕著な系統誤差が存在し改善が必要な場合もあるが、両者は概ね整合する。S 相ではやや分散が大きいことに注意する必要がある。検測値数については両者に明らかな違いが見られた。気象庁は一つのイベントに対して多くの検測値を求めているのに対し、地震研は震源決定のために観測点を少数に絞っている。これは今後トモグラフィ等の解析の基礎資料とするには不利である。他方 P 波初動方向の決定率では地震研側に分があり、メカニズム解や広域応力場推定に有利である。

求められた震源の分布は観測点配置を反映したものになっている。気象庁は均質な観測点分布から  $M_{\text{JMA}}$  2 まで均質な震源分布を得ている一方、地震研は総地震の約半数を占める栃木県西部を始め、箱根、富士川、長野県北部で密な観測点を用いて  $M_{\text{ERI}}$  1 以下の小さな地震を多数決定している。気象庁の震源データベースの欠点として多くの深発地震のマグニチュードが決められていないことが挙げられる。しかし検測値が与えられているのでそれを用いて独自に決定することは可能であり、これは重大な問題ではない。従ってマグニチュード 2 より大きい地震の広域活動の指標としてはより広い範囲を含むことから気象庁のデータベースの方が適している。地震研のデータベースは局所的に観測点を密にすれば気象庁データベースにほとんど含まれないマグニ

チュード1以下の地震を決定することが可能であることを示している。今後震源データベースとして気象庁との差別化を図るためにはこれらの小さな地震の震源決定が重要で、ある程度地域を限定する必要がある。また、早急に解決すべき問題として地震研マグニチュードの較正も重要である。

(文責：井出 哲)

## 図の説明

図1：観測点の配置図。a) 気象庁(1997年10月～12月に検測値のある点)、b) 地震研(1997年12月31日現在)。

図2：a) P波初動について「気象庁の検測値 - 地震研の検測値」の度数分布。0.01秒刻み。正は気象庁が遅いところを読み取っていることを示す。各分布の左上角に平均値、標準偏差、最小値、最大値を右上角に全度数の合計を示してある。b) S波初動について「気象庁の検測値 - 地震研の検測値」の度数分布。0.02秒刻み。

図3：イベントあたりの検測値数の度数分布。地震研(上段)、気象庁(下段)、P波(左)、S波(右)ごとに示してある。右上角の数字は全度数の合計。

図4：a) 気象庁決定の1997年10月～12月の震源分布図。マグニチュードの決定されているもの。b) 同期間の地震研決定の震源分布図。手動検測のみ。発破を除く。

図5：1997年10月～12月に気象庁と地震研が同一のイベントを別々に決定した震源の分布。白丸は地震研、灰色丸が気象庁を指す。対応する震源同士を直線で結んである。

図6：a) 図4 a) から図5に示した地震を除いたもの。気象庁のみが震源決定したイベントの分布。b) 図4 b) から図5に示した地震を除いたもの。地震研のみが震源決定したイベントの分布。

図7：図5に示した地震のマグニチュードの比較。すなわち気象庁マグニチュードと地震研マグニチュードの関係。色が濃いほど多くのイベントを含む。

図8：図4に示した地震のマグニチュード(M) - 頻度(N)分布。b=1と記してある直線はGutenberg-Richterの式 $[\log(N)=a-bM]$ のb=1とした場合の関係。

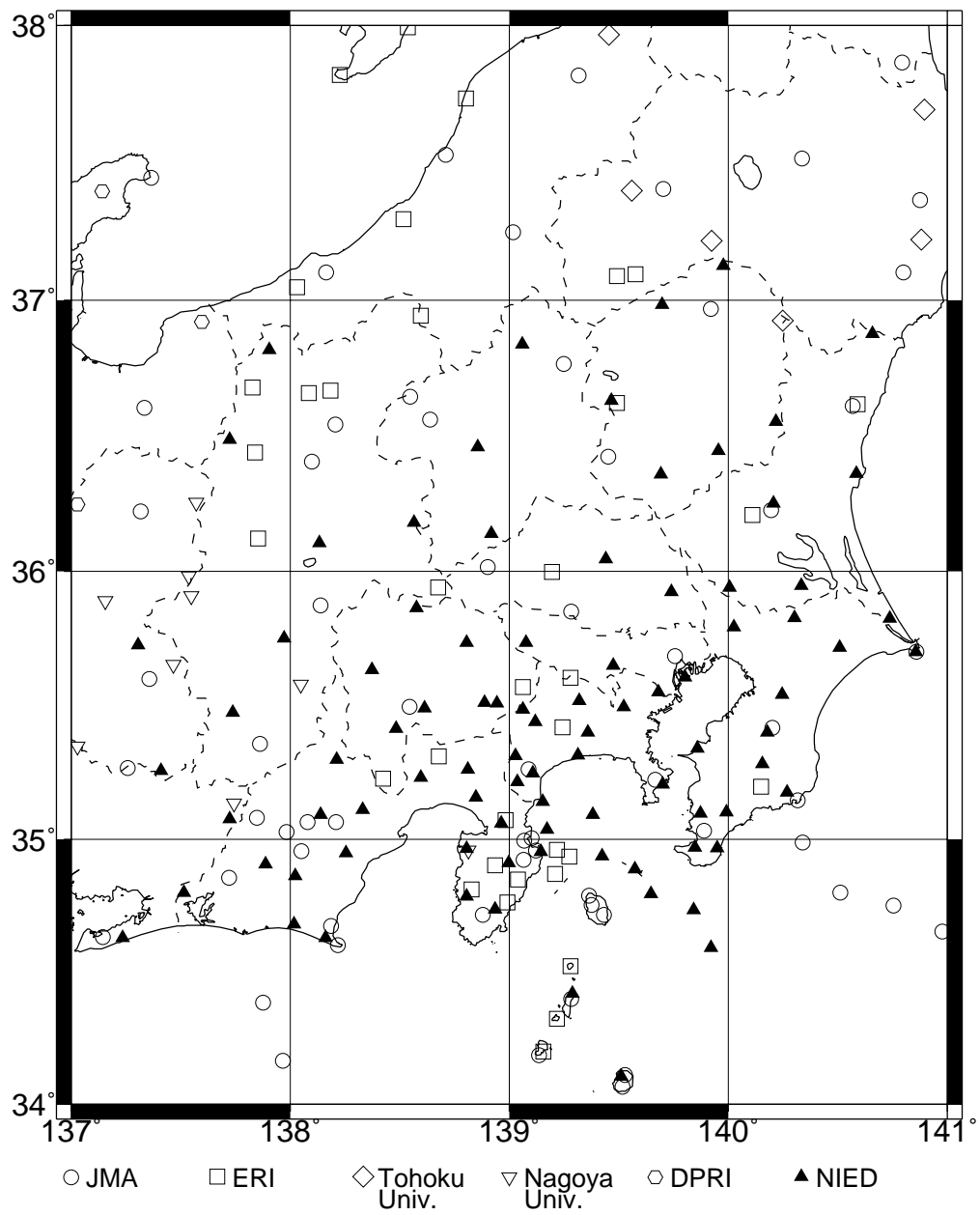


図 1 a)

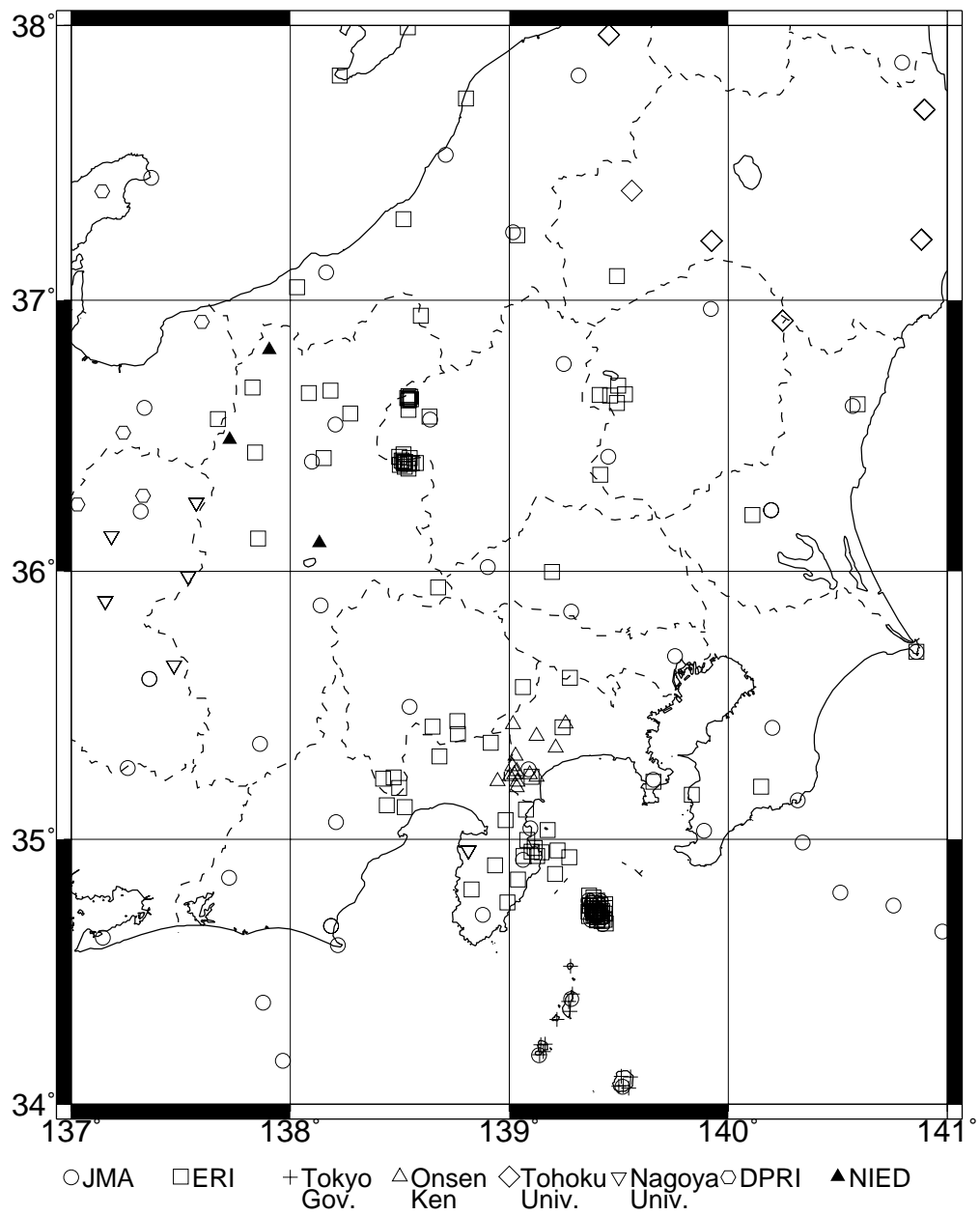


図 1 b)

## Phase Picking Statistics JMA - ERI ('97 Oct.-Dec.) P-arrival

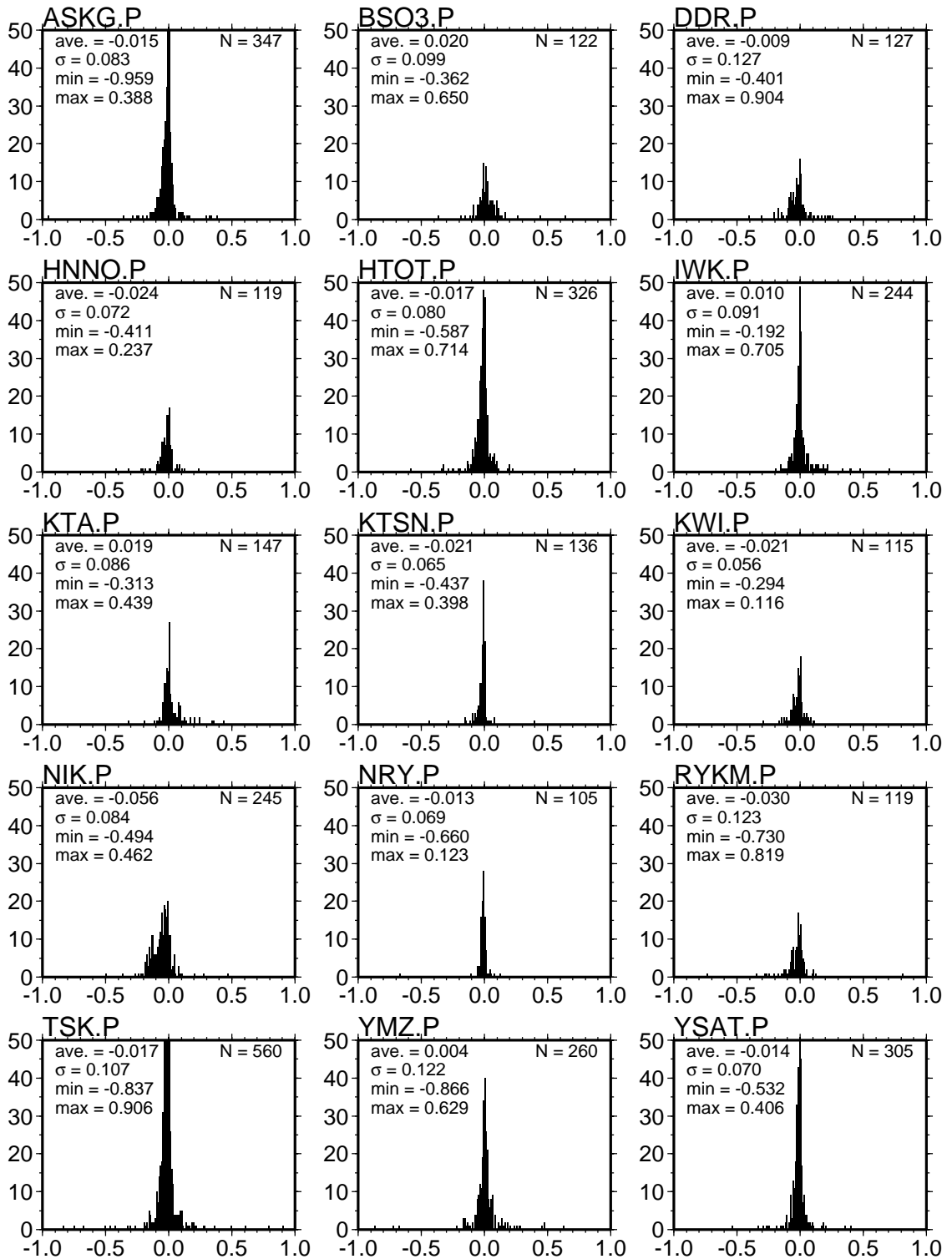


図 2 a)

## Phase Picking Statistics JMA - ERI ('97 Oct.-Dec.) S-arrival

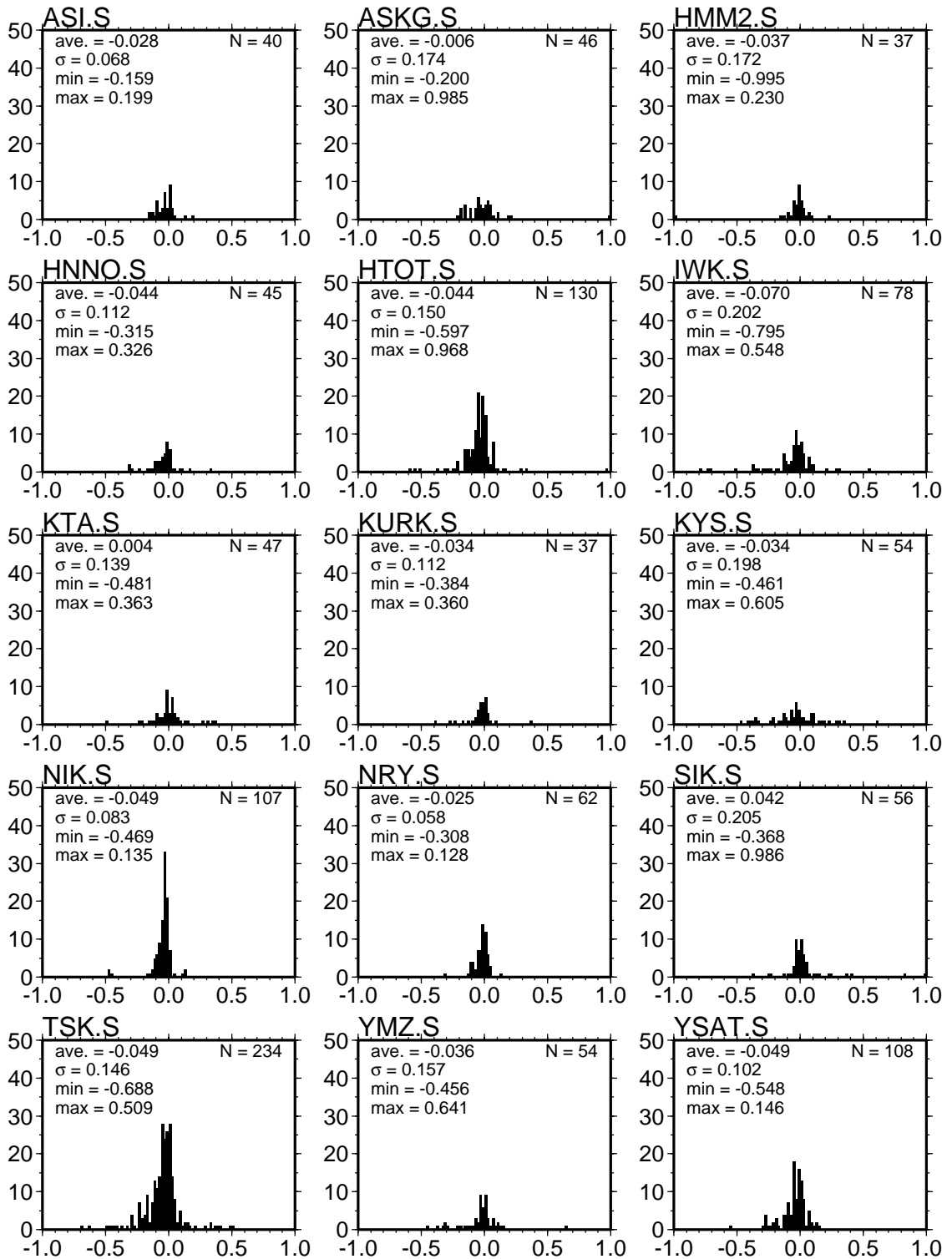


図 2 b)



# Phase Picking Statistics - ERI & JMA ('97 Oct.-Dec. M > 2.0)

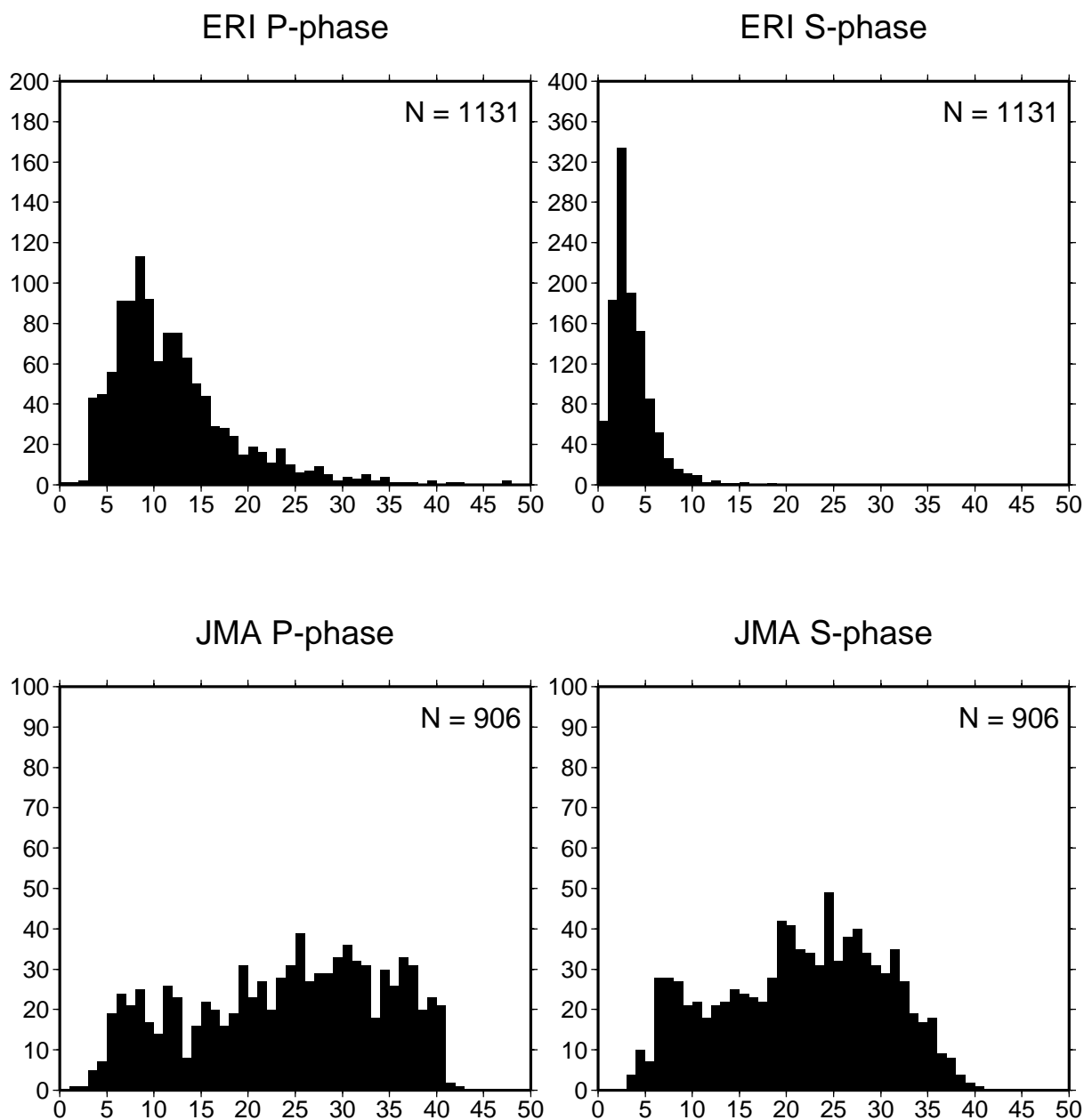


図 3

JMA Manually Determined Hypocenter ('97 Oct.-Dec.)

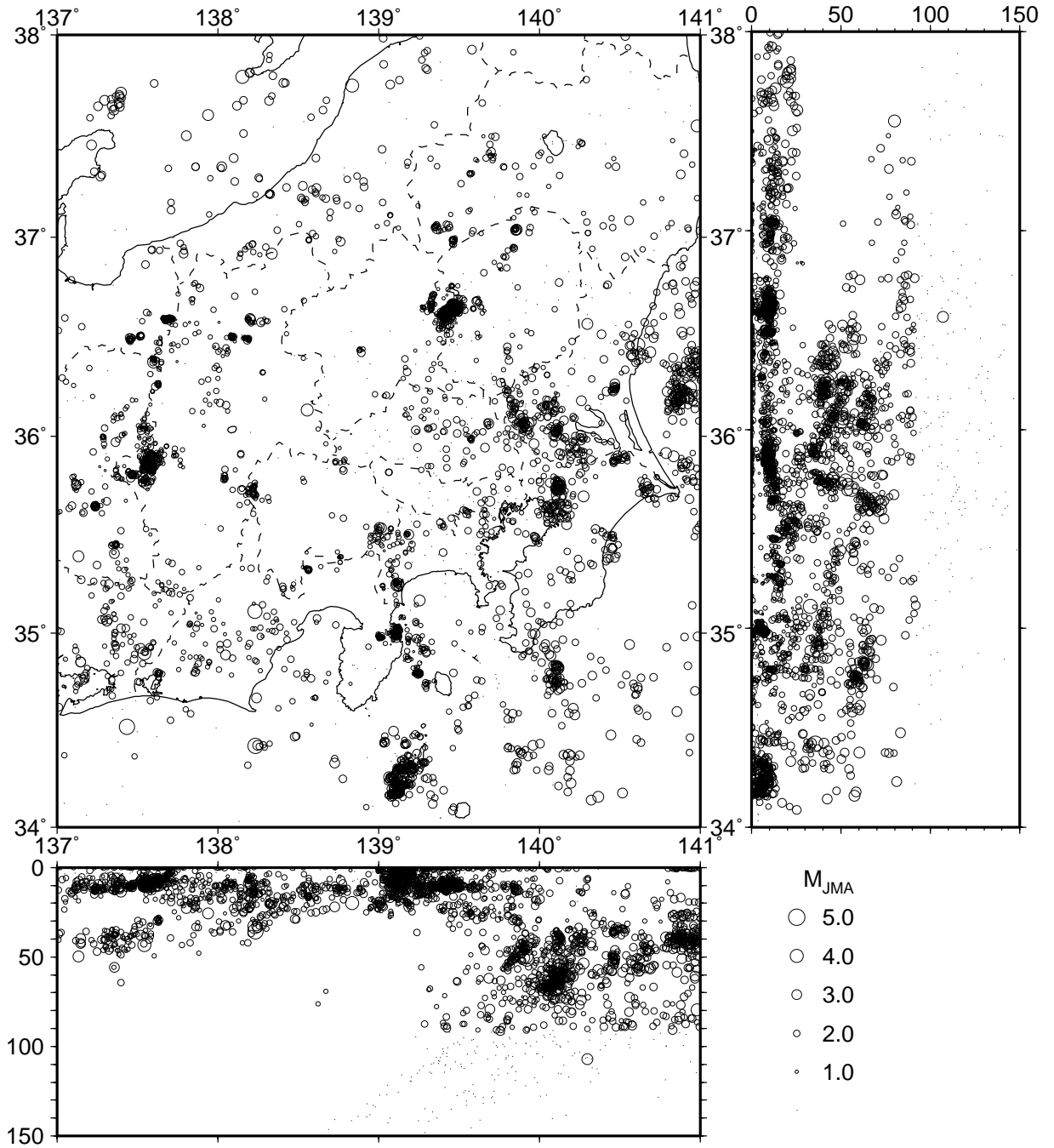


図 4 a)

ERI Manually Determined Hypocenter ('97 Oct.-Dec.)

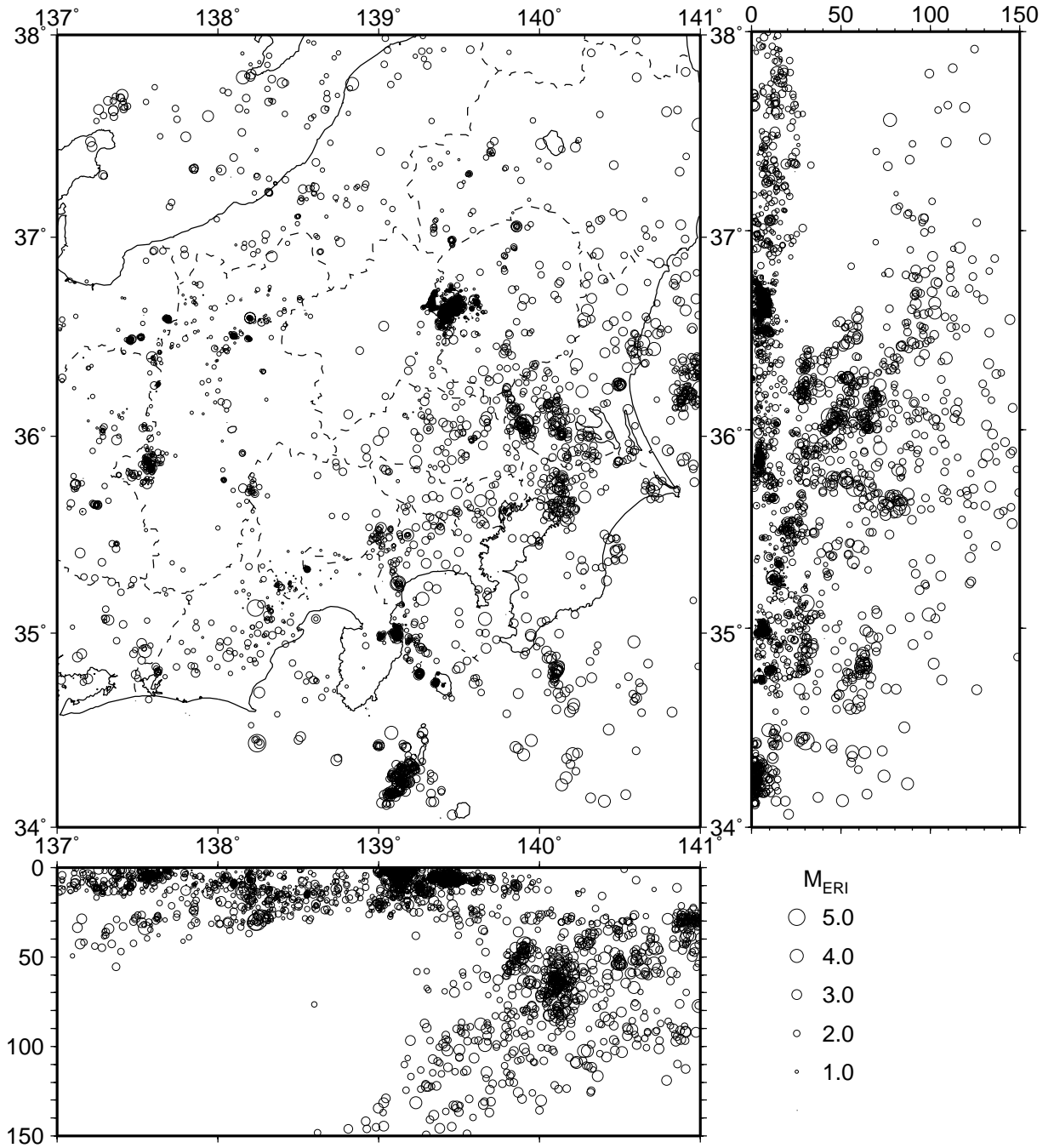


図 4 b)

Difference between JMA & ERI ('97 Oct.-Dec.)

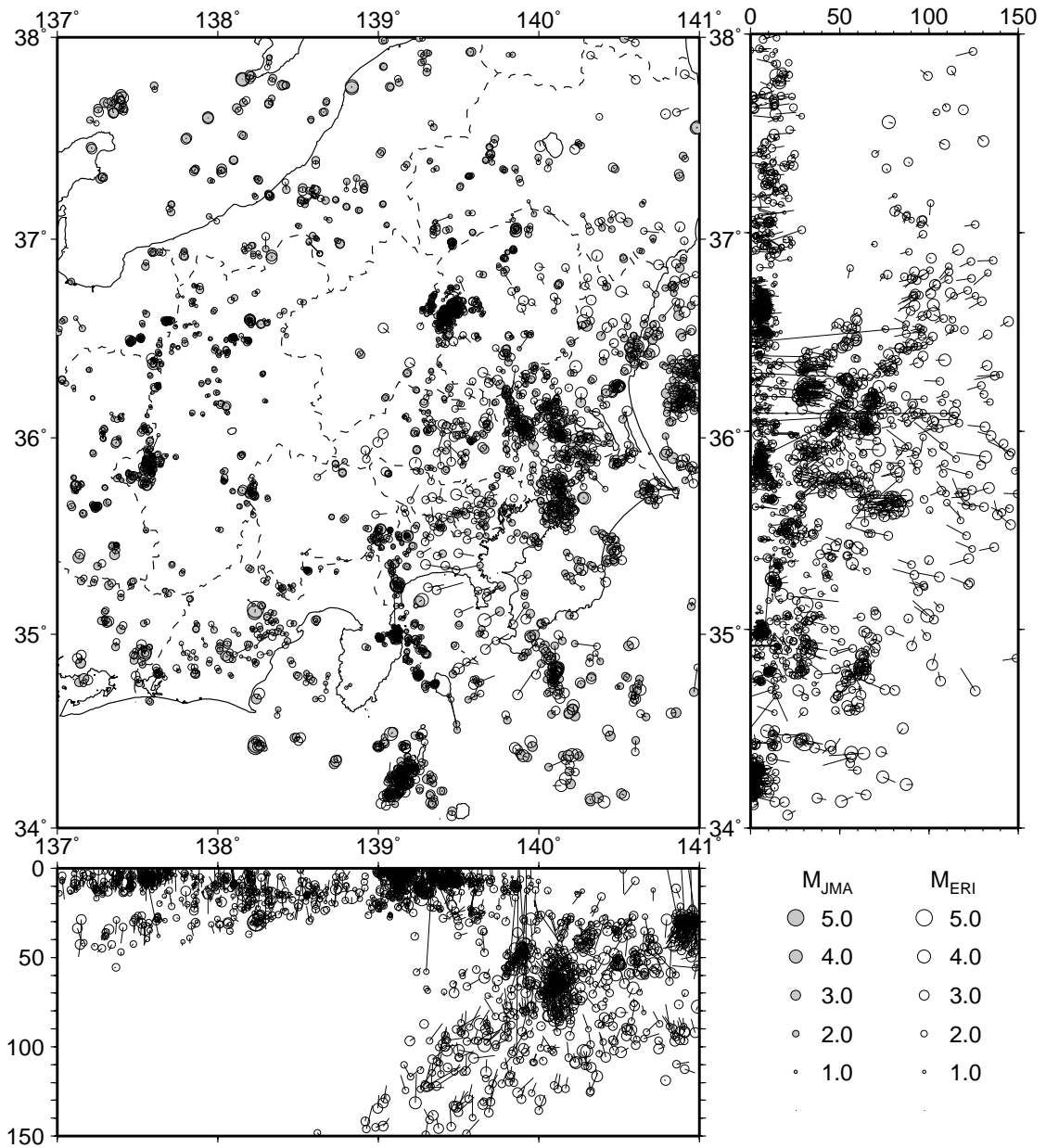


図 5

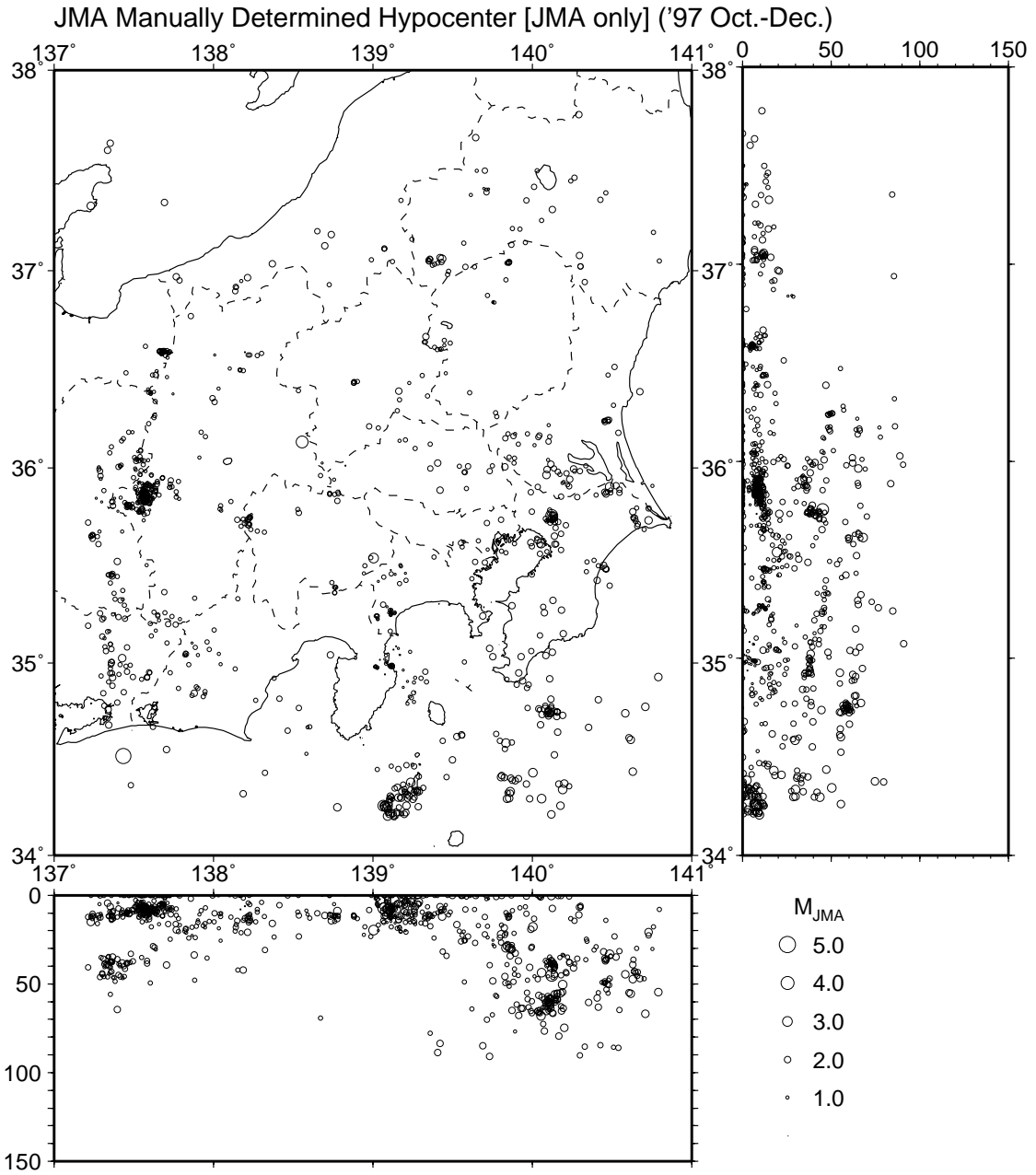


図 6 a)

ERI Manually Determined Hypocenter [ERI only] ('97 Oct.-Dec.)

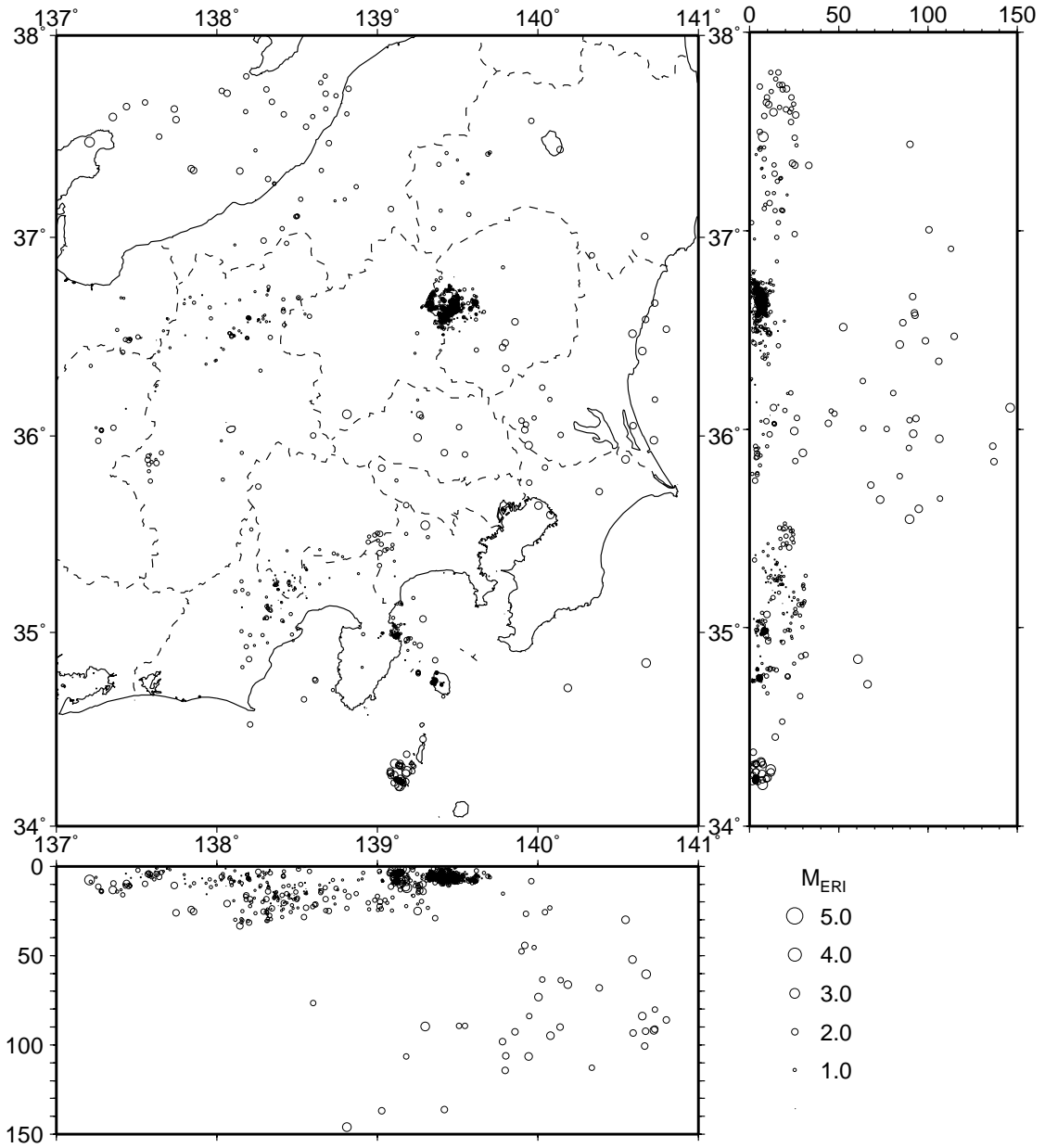


図 6 b)

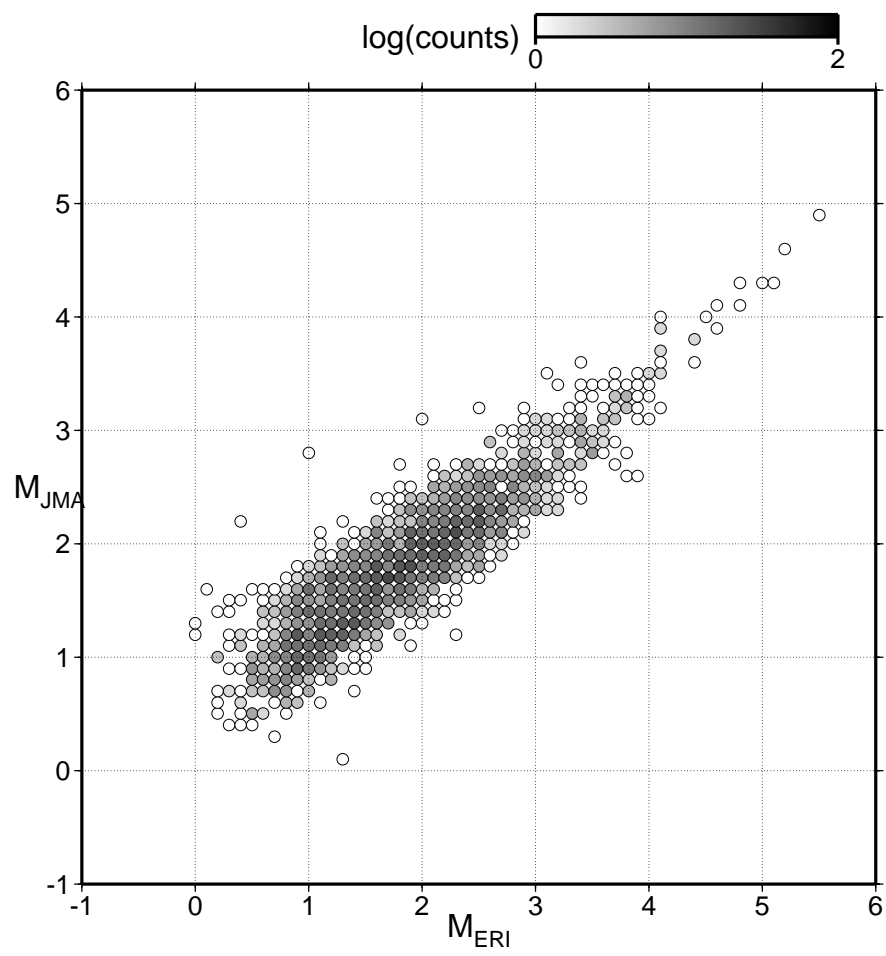


図 7

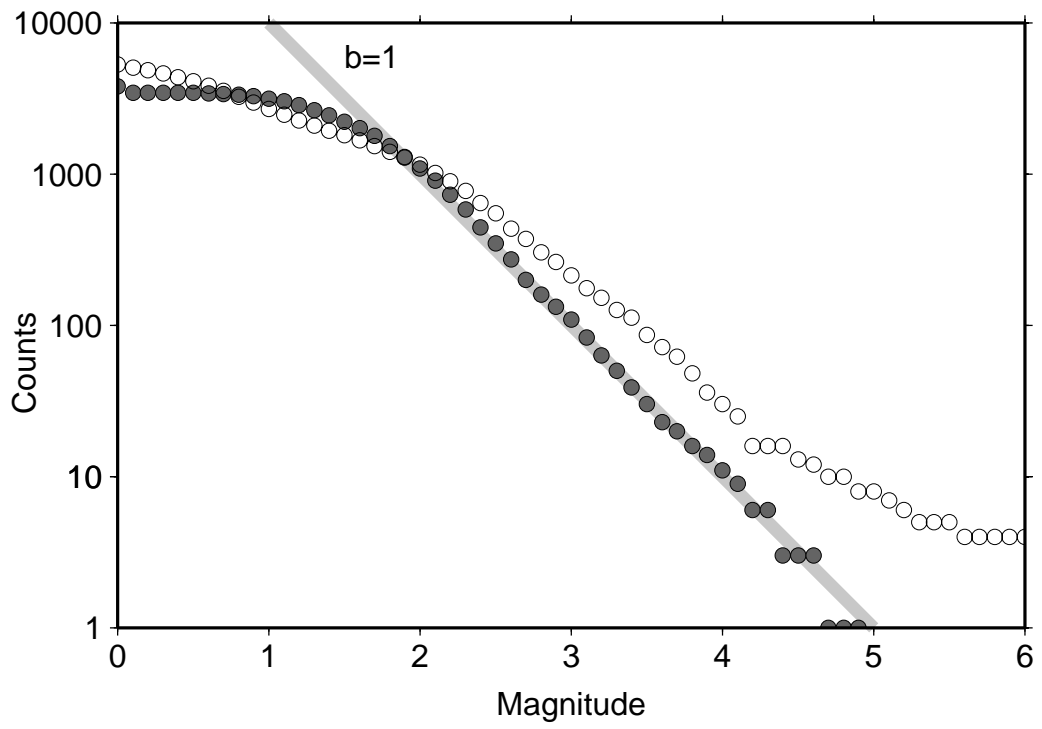


図 8