

11-1 最近の地震観測の精度 ～気象庁における地震観測業務～

The precision of recent seismic observation. - Observation and data processing by JMA -

原田智史（気象庁地震予知情報課）

Satoshi HARADA (Earthquake Prediction Information Division, Japan Meteorological Agency)

1. 気象庁における震源決定

気象庁で行われている震源決定は、大きく分けて2種類ある。一つは、津波予報を含めた地震後の基礎的な防災情報として、地震発生後数分で決定し発表される震源で、これらは速報値として、発震時については1分、緯度経度については0.1度、深さ10kmの単位で発表される。

もう一つは、地震防災対策特別措置法の趣旨に沿って、大学・防災科学技術研究所等関係機関から提供された地震観測データを併せて、速報値より高い精度で決定し発表される震源である。後者により決定される震源を一元化震源と呼ぶ。一元化震源は、検測数や震源要素の標準誤差の大きさについて、全国でほぼ統一された採用基準を設け、また複数人のチェック（検討会）を経ることによって品質管理が行なわれている。本庁及び各地方中核で生産された震源および検測値は、通常一日毎にデータを本庁でとりまとめ、暫定値としてftpサイト等で翌日に公表される。その後必要に応じデータの妥当性について再精査を行った後、約3ヶ月後に確定値としてカタログ化され、月報・年報という形で公表される。一元化震源は、カタログ上は発震時刻0.01秒、緯度経度0.01分、深さ0.01kmの単位まで計算されている。

2. 一元化業務における検測と震源決定

一元化業務における震源決定は、詳細な地震活動の把握のために、より正確な震源を可能な限り多数決定することを旨としている。そのため波形の検測は、すべて現業当番者がマニュアルで行っている。しかし観測点が1000点を越える現在では、波形を記録したすべての観測点について検測を行うのは作業量的に困難である。そのため波形検測は、精度の高い震源を決定するのに十分なだけ行うという思想に基づき、震源距離などをもとに選択された観測点（最大20点～40点）についてのみ行われる。（ただし、M5以上の地震については、その後の調査等に資するため、追加的に検測を行い、検測値を保存している。）波形が記録された観測点については、波形データそのものをWINフォーマットで保存している¹⁾。

震源決定は、観測点の震源距離や相の種類に応じた重みを与えた上で、深さを含めた3次元位置および時刻を同時に求めるGeiger法により行われている。ただし深さの誤差が大きかったり、解が振動する場合には、深さを1kmきざみで固定して変数を減らして計算を行い、最も誤差の小さい解を選んでいく。到達時間の計算は走時表によって求めている²⁾。

3. 近年の地震観測の強化

震源決定に用いられる地震観測点は、1980年は120点であった。その後、津波地震早期検知網の整備、さらに一元化業務の開始により、2003年現在では、気象庁226点、防災科研Hi-netやその他大学等関係機関の観測点が900余点と、合計して約1200点の観測点を使用している（第1図）。

また、観測網の強化に伴い、震源決定数も飛躍的に増大し、1982年は全国で年間3725個であったものが、1992年には15411個、2002年には119623個に達している。また、観測可能な地震の規模の指標である最頻Mも、1982年ではM3.0であったものが、1992年にはM2.0に、2002年にはM0.5にまで下がった（第2図）。

第3図は、一元化以前と以後における、5年間の震源分布図である。観測網が強化されたことにより、特に内陸の浅い地震については、地震帯における地震活動の様子がはっきりと捉えられるようになっている。

第4図は、日本及びその周辺の深さ30kmまでの地震について、震源決定の際の標準誤差の平均値を、一元化前（1996年）と一元化後（2002年）について比較したものである。楕円の縦軸・横軸がそれぞれ緯度方向、経度方向の誤差を表し、深さ方向の誤差を色の濃さで表している。一元化前と以後では標準誤差もかなり縮小したことがわかる。

4. 震源カタログの改訂

気象庁の震源カタログは、その時代の観測網の規模や検測精度、震源計算能力により、提供される震源データの精度が異なり、それに応じ発震時や震源位置、深さの刻みが変化している。また、過去のカatalogについても、震源決定方法、使用走時表、マグニチュードの改訂等によって、適宜改訂が加えられている³⁾。

現在、精度の低い過去の震源について、地震原簿等から可能な限りの検測値を集め、現在公表している精度と同等の精度で震源を再計算する作業が進行中である。再計算結果は順次最新の地震カタログに反映され、地震年報等で公表している。

気象庁震源カタログに関する最近の大きな変更として、2003年9月25日に、過去の震源も含めた気象庁マグニチュードの全面的な改訂が行われた⁴⁾。改訂の主な目的は、津波地震早期検知網による変位Mの系統的なずれの補正、速度Mと変位Mの不整合の解消、深い地震の速度Mの決定である。この改訂により、規模の小さい地震については従来に比べMが平均で0.5程度に小さくなっている。また、得られたMが変位Mであるか速度Mであるかの別もカタログに示すようにした。

5. 発震機構解・CMT解

一元化業務においては、初動発震機構解およびCMT解の計算・発表も行っている。初動発震機構解については、内陸でおおむねM3.2以上、海域でおおむねM5.0以上の地震について計算を行ない、CMTについてはM5.0以上の地震について計算を行っている。2002年は873個の地震について計算を行い、そのうち解が良く決まった421個の計算結果を公表している。またCMT解についても57個の解を公表している。CMT解の公表は2002年より始まり、57個の解を公表した。2003年からは防災科研のF-net一部データも計算に利用している。

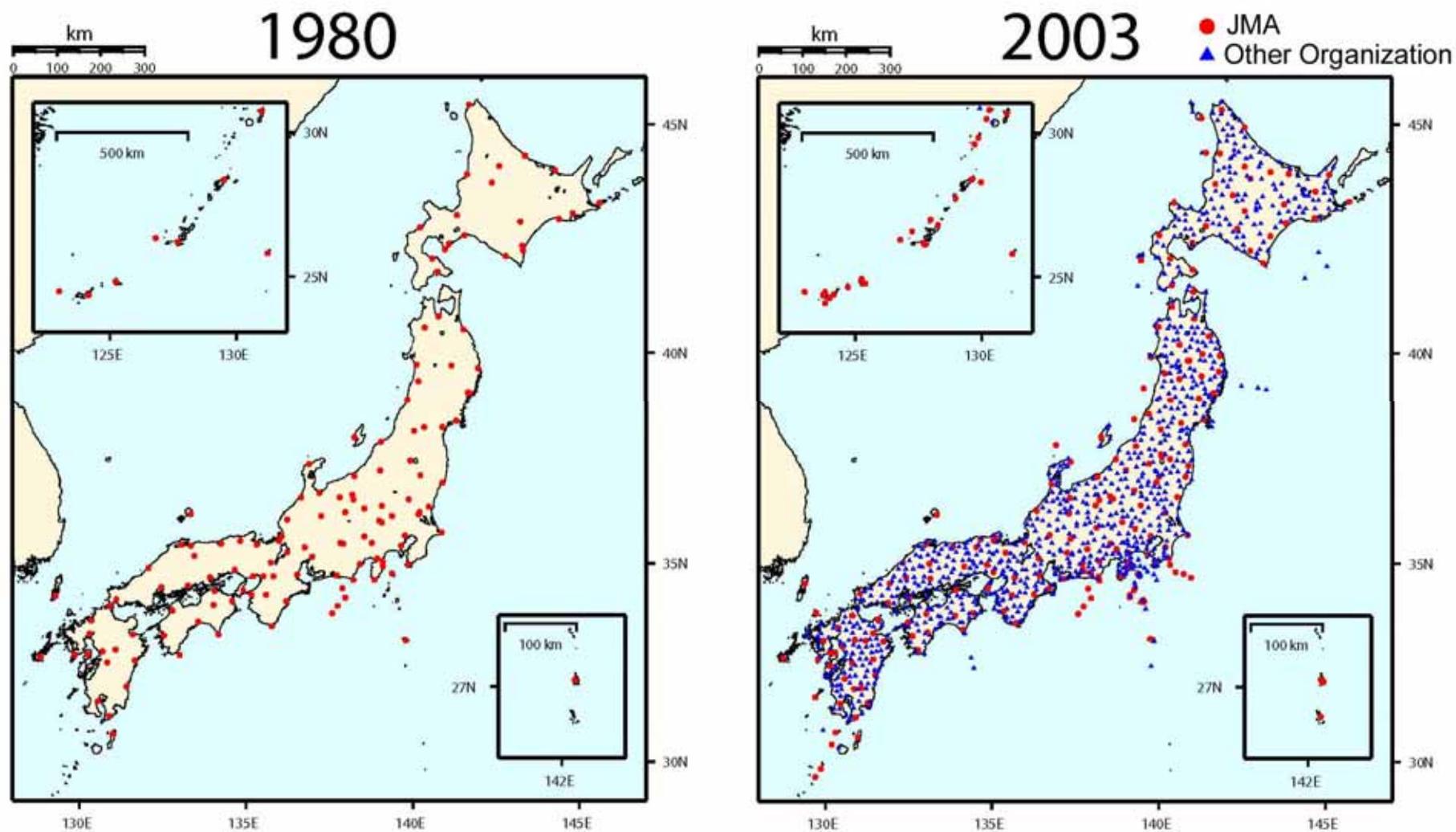
6. 今後の課題

現在の方法（1次元速度構造を仮定した震源計算）における震源決定の精度は、以前に比べかなり良くなったものと思われるが、堆積層の影響が無視できないOBSの補正、高度補正など、未着手の問題も残っている。また、3次元速度構造を用いた震源計算法についても、気象研究所で開発中である。しかし、海域の震源の深さ方向の精度改善については、陸域中心の観測網では限界があり、Depth-Phaseの検測など、検測方法そのものの見直しなども必要と思われる。いずれにせよ、今後よ

り震源決定精度を上げるためには、投資対効果や作業コストの増大とのトレードオフを考慮に入れながら、比較的簡単に実現可能なところから実施を検討する必要があると思われる。

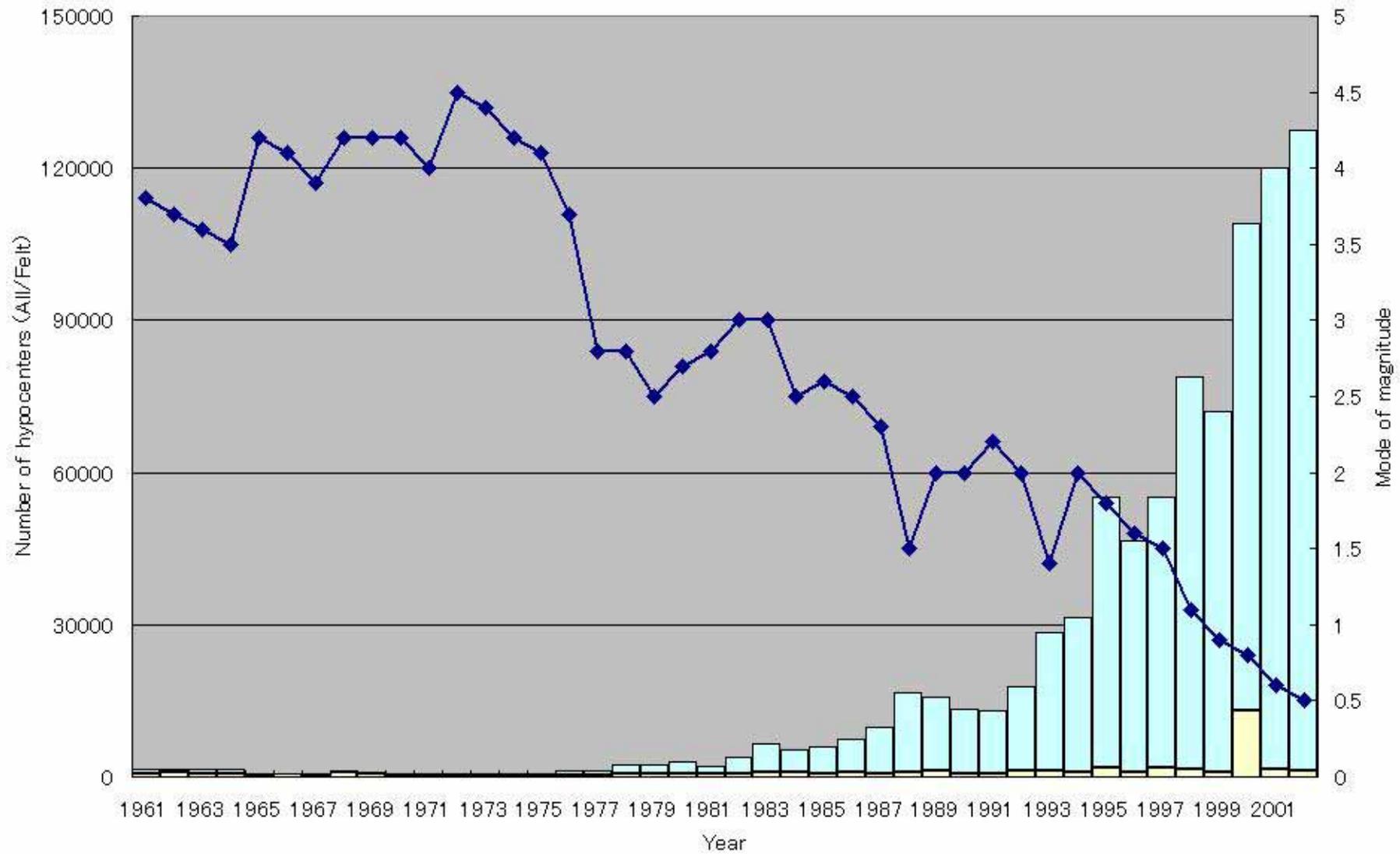
参 考 文 献

- 1) 会話検測マニュアル,データ処理係,地震火山技術通信 No.73,37-82,1998
- 2) 上野寛・畠山信一・明田川保・舟崎淳・浜田信生(2002) 気象庁の震源決定方法の改善—浅部速度構造と重み関数の改良—, 験震時報, 65, 123-134.
- 3) 石川有三(2002) 気象庁地震観測網と処理システムの変遷, 日本地震学会ニュースレター, Vol. 13, No. 5, 30-33.
- 4) 地震予知情報課(2003) 気象庁マグニチュードの改訂について, 日本地震学会ニュースレター, Vol. 15, No. 3, 5-9.



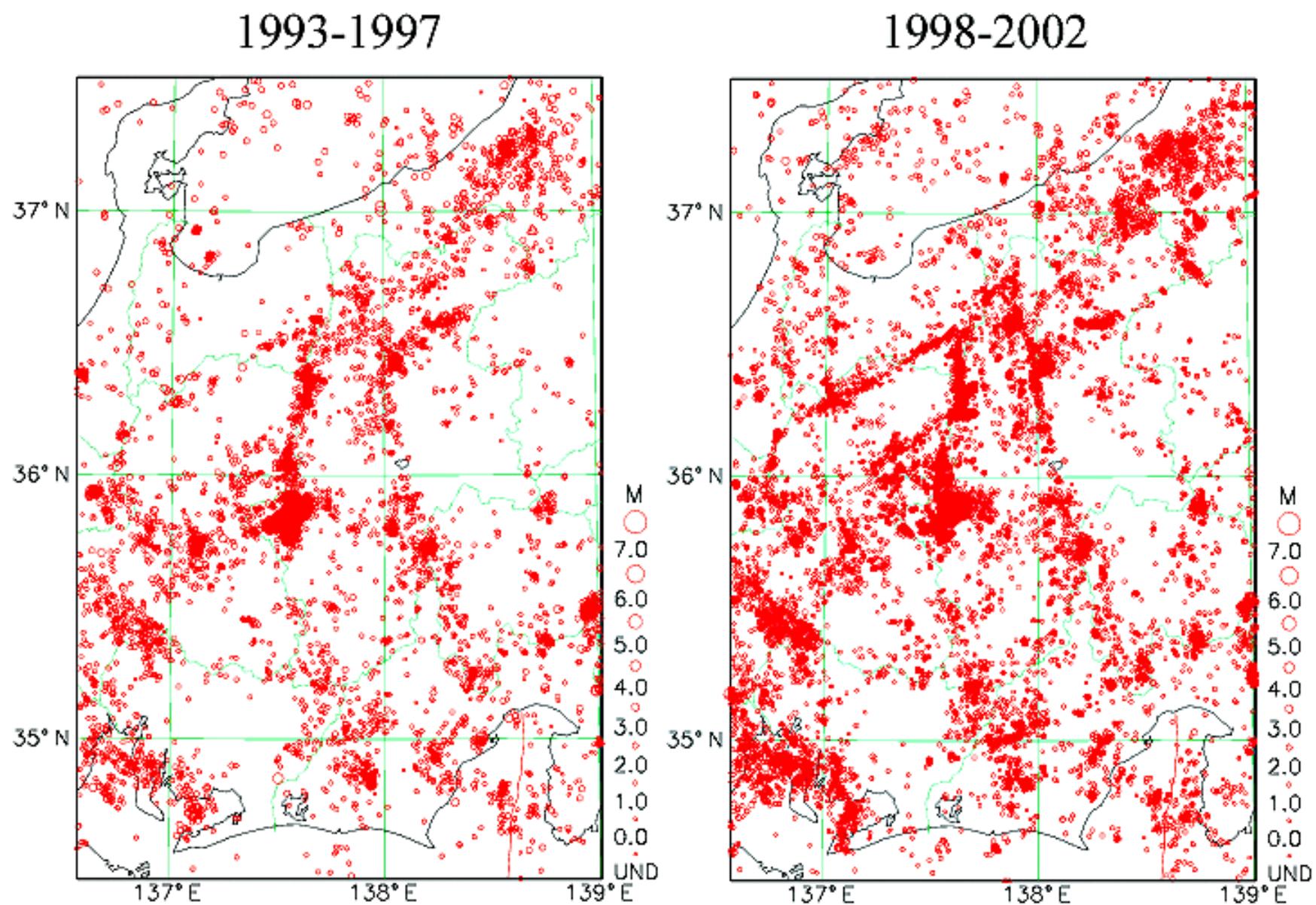
第1図 気象庁において震源決定に使用している観測点の分布図（1980年／2003年）

Fig 1 The distribution of the stations used for hypocenter determination in JMA (1980 vs. 2003).



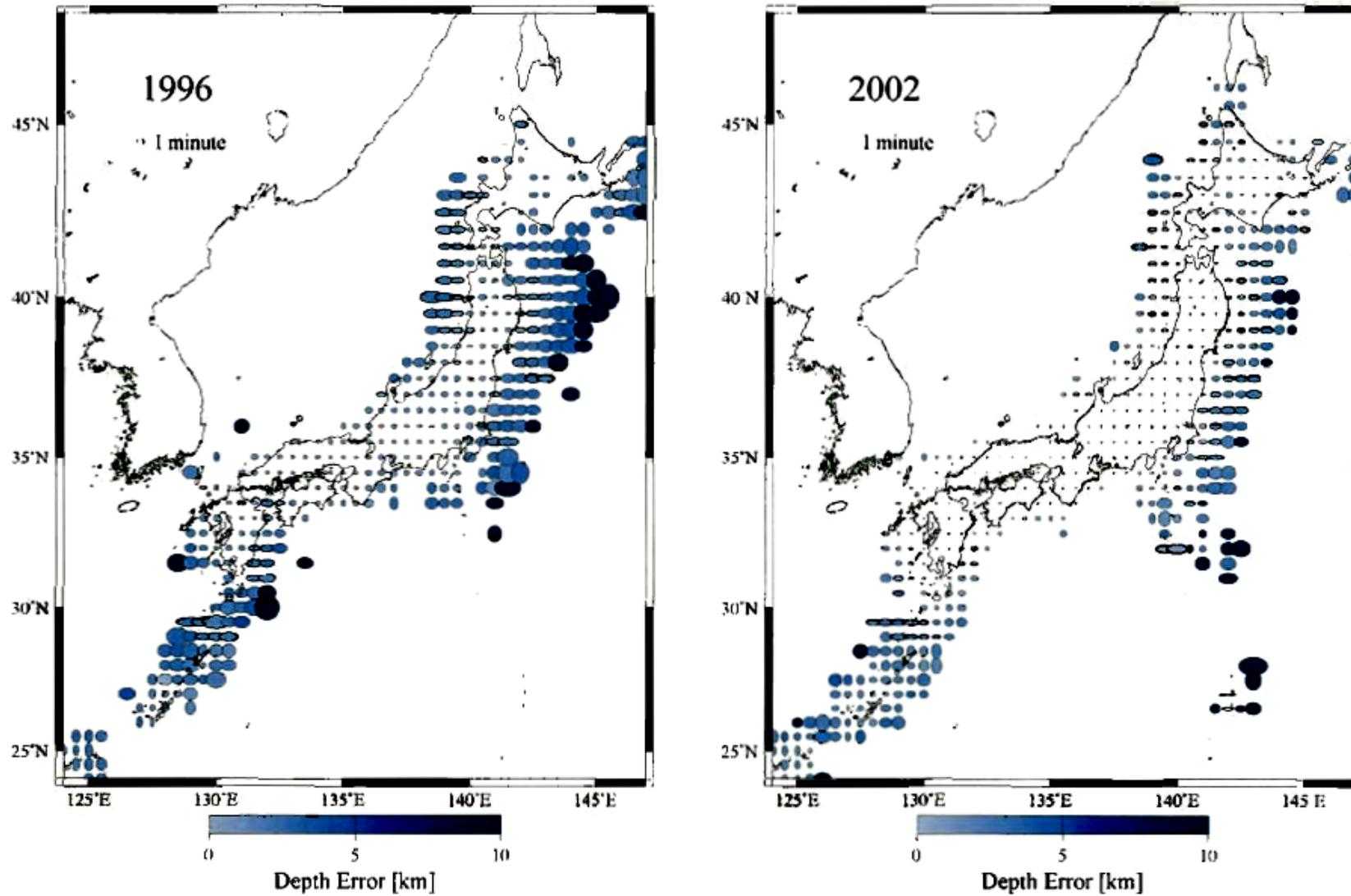
第2図 気象庁の年間震源決定数及びマグニチュードの最頻値の変化

Fig 2 The annual number of hypocenters determined by JMA and the mode of magnitude.



第3図 中部日本における震央分布図の例（1993～1997年および1998～2002年）

Fig 3 A map of hypocenter distribution in central part of Japan (1993-1997 vs. 1998-2002).



第 4 図 震源決定における標準誤差の平均値 (1996 年/2002 年)。楕円の縦軸・横軸の長さはそれぞれ緯度・経度方向の誤差を表し、色は深さ方向の誤差を表す。

Fig 4 The mean of residuals in hypocenter determination (1996 vs. 2002). The lengths of vertical and horizontal axes show residual in latitude and longitude. Color means residual in depth.