

日本列島の地殻水平歪

Horizontal Strain in Japanese Islands

地殻調査部 石川典彦
Crustal Dynamics Department Norihiko ISHIKAWA

測地観測センター 多田 堯
Geodetic Observation Center Takashi TADA

京都大学防災研究所 橋本 学
DPRI, Kyoto University Manabu HASHIMOTO

要旨

1977年から開始された精密測地網一次基準点測量第2回全国測量は、1994年をもって終了した。その測量成果は、“日本列島の地殻水平歪”として、その都度地震予知連絡会に報告され、地震予知研究の基礎的データとして貢献してきた。

そこで、第2回目の全国改測が終了したことにより、今までの測量成果をまとめて、全国を统一的に網平均して水平歪を算出した。これの集大成というべきものとして、1997年4月に“日本の地殻水平歪図”として刊行されている。

1. はじめに

1973年から開始された精密測地網一次基準点測量（以下一次網）は、一部地域を除いて第一回目の測量が1985年度で終了し、その成果は“日本の地殻水平歪図”（文献）として報告されている。

一次網第2回目の全国測量は、1977年から開始され、1993年度をもって、北海道の一部を除き全国が終了した。その測量成果は、“日本列島の地殻水平歪”として、各地域毎に地震予知連絡会で報告され、地震予知研究の基礎的データとして貢献してきた。

そこで、2回目の全国測量が終了したことにより、今までの成果をまとめ、全国を统一的に網平均して、水平歪を計算した。その成果は、“日本の地殻水平歪図”として、1997年4月に刊行された。

本報告では、この地殻水平歪図に関して、歪を求めるまでの過程に関する技術的内容や、これから推定される地学的内容について議論する。

2. 日本列島精密測地網測量

日本における最初の組織的な測地測量は、1883年（明治16年）に始まった一等三角測量である。一等三角測量は、1913年（大正2年）に終了し、同時に始まった二等三角測量は少し遅れて1917年（大正6年）に終了した。

その後、1946年（昭和21年）の南海地震後の震災復旧測量に端を発した第2回目の全国一等三角測量が1967年

（昭和42年）に終了し、1968年から第3回目の全国一等三角測量が開始され、1972年までに近畿地方以西の測量が終了した。

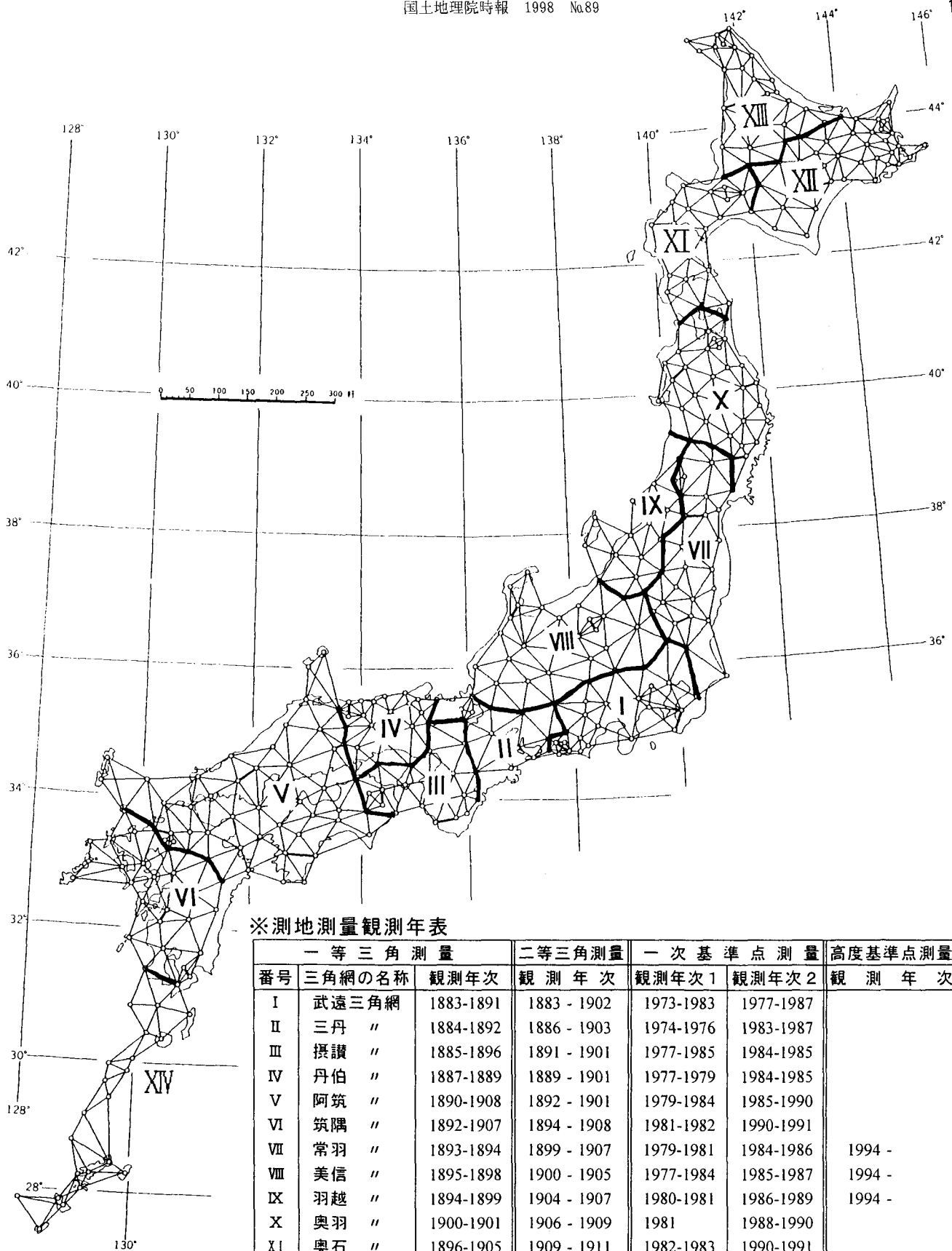
一方、一等補点以下の三角点については、本来地図作製を目的に設置された経緯があるために、組織的な改測が実施されなかった。そのため、大地震などの自然的変動や土地開発などによる人為的変動により、亡失したり、あるいは成果の値に大きな差違があったりして、測量成果として、一般に提供できない場合が生ずるようになった。

また、1960年代後半に地震をはじめ地球上に発生する地学的現象の原因を説明するプレートテクトニクス理論が登場し、この学説の検証に測地測量から得られる地殻変動が重要な役割を果たすと考えられたことから、1970年代前半には、測地測量の繰り返しで地震の発生をはじめとする地学的現象の解明に重要であるとの認識が確立されるに至った。

測量技術においては、光波を用いて距離を極めて高い精度でかつ短時間で直接測定する光波測距儀が登場し、従来の測量方式であった三角測量に代わって、三辺測量が可能になった。さらに、光源にレーザ光線を用いたレーザ測距儀が普及すると、50～60kmの距離が数cmの精度で測定できるようになった。このため数年という短期間の繰り返し測量で、地殻の水平変動を検出することが可能となり、地震予知などにおいても測地測量に対する期待が高まった。

このような地球科学の発展、測量技術の画期的飛躍を背景として、また、実用的には一等補点以下の三角網の組織的改測の緊急性と合わせて、新しい測量体系の設定が立案された。これが日本列島精密測地網測量である。このため、国土地理院は、実施中であった第3回目（一等三角測量）を途中で打ち切り、昭和49年度（1974年）より始まった第3次基本測量長期計画の重要な柱として、精密測地網測量事業が開始された。

その後、1980年代後半に、GPS衛星を使用した宇宙測地測量の登場により、測量精度が数cmから数mmのオーダーへと飛躍的に向上し、精密測地網測量も光波測



※測地測量観測年表

一等三角測量			二等三角測量	一次基準点測量		高度基準点測量
番号	三角網の名称	観測年次	観測年次	観測年次1	観測年次2	観測年次
I	武遠三角網	1883-1891	1883 - 1902	1973-1983	1977-1987	
II	三丹 "	1884-1892	1886 - 1903	1974-1976	1983-1987	
III	撰讀 "	1885-1896	1891 - 1901	1977-1985	1984-1985	
IV	丹伯 "	1887-1889	1889 - 1901	1977-1979	1984-1985	
V	阿筑 "	1890-1908	1892 - 1901	1979-1984	1985-1990	
VI	筑隅 "	1892-1907	1894 - 1908	1981-1982	1990-1991	
VII	常羽 "	1893-1894	1899 - 1907	1979-1981	1984-1986	1994 -
VIII	美信 "	1895-1898	1900 - 1905	1977-1984	1985-1987	1994 -
IX	羽越 "	1894-1899	1904 - 1907	1980-1981	1986-1989	1994 -
X	奥羽 "	1900-1901	1906 - 1909	1981	1988-1990	
XI	奥石 "	1896-1905	1909 - 1911	1982-1983	1990-1991	
XII	石根 "	1903-1908	1911 - 1917	1982-1983	1992-1993	
XIII	石北 "	1908-1909	1911 - 1916	1983-1984	1993	1994
XIV	隅沖 "	1912-1913				

図-1 一、二等三角測量・一次基準点測量・高度基準点測量観測年度表

表-1 精密測地網測量の概要

作業種類	旧名称	作業内容	備考
一次基準点測量	一等三角測量 二等三角測量	平均的間距離8kmの網を標準の基準点網とする。	○主として外注、一部直営 ○5年周期 繰り返し測量 ○計画点数……………6000点
二次基準点測量	三等三角測量	平均点間距離4kmとする。	○原則として外注 ○当面10ヶ年で全国を測量し、以後成果維持のため復旧改測を行う。 ○計画点数……………32000点
高度基準点測量	一次基準点測量	電子基準点を既知点とした単位多角形網とする。	○原則として外注 ○5年周期 繰り返し測量 ○計画点数……………2000点

距儀を使用した三辺測量から、GPS測量へと変化した。そのため、平成6年度（1994年）から始まった第5次基本測量長期計画では、GPSを利用した新しい精密測地網測量事業が開始された。

こうした日本列島精密測地網測量の全体計画を、表-1に示す。ここにいう一次基準点は、従来の一等三角点、同補点、二等三角点の合計6000点より構成され、高度基準点は、一次基準点を2000点に再構成したもので、5年周期で繰り返し測量する事になっている。

3. 網平均計算と地殻水平歪計算

測地測量結果から地殻水平歪を求めるには、各三角点の新旧経緯度から変動量を得ることが必要である。この変動量を求めるために、測地測量結果を網平均計算をしなければいけない。今回使用した一次網データ中の観測点数と網平均した結果の標準偏差を表-2に示す。但し、一次網2回目のデータを網平均する際に、北海道の一部は、一次網の観測に代わって、高度基準点測量がなされているので、その観測結果を使用した。また、表-2には参考のため、一次網1回目の全国測定の網平均結果も示す。

表-2に示すように、一次網1回目より2回目の観測点数が少ないのは、当初一次網は平均辺長8kmの標準網で全国を覆う予定にしていたが、途中から標準網は地震予知連絡会が指定した「観測強化地域」、「特定観測地域」のみに適用され、残りの地域については平均辺長20kmの中距離網で観測することとなった。その後、諸事

情により、中距離網地域が拡大されたためである。

また、1回目より2回目の方が標準偏差（辺長の重量を角度で表している）が小さくなっている。これは、測定精度が向上したというよりも、1回目の観測の時には、効率性の観点からアンブレラ方式（辺長測定と角測定のとの組み合わせを考え、単三角形群の測地網を単有心多角形群に分け、多角形の中心三角点においてのみ全辺、全角の測定を行う方式）での観測が導入されており、一方2回目にあたっては、ほぼ3辺測量方式で観測されているためだと思われる。

なお、網平均計算をするにあたって、各三角点の移転・再設の履歴を加味している。使用した網平均プログラムは、小牧（1990）による。

こうして求めた結果から汎用プログラム（原田：1966）を用いて水平歪を求めた。計算結果の図は、平成9年4月に「日本の地殻水平歪」として刊行された。本図は、日本列島を3分割にして、過去100年間〔一次網2回目（1977～1994）と明治三角測量（1883～1916）との比較〕の水平歪図と、過去10年間〔一次網2回目（1977～1994）と一次網1回目（1973～1984）との比較〕の水平歪図の6枚セットとなっている。

本報告では、各地域毎に、一次網を一等三角点のみの網で再編成した水平歪図と面積歪図を図示する（図-2～5）。

4. 地殻水平歪の地学的意義

こうして求めた歪図に関して、いくつか特徴的なことを以下に述べてみる。

4.1 過去100年間（図-2, 3）

- 各地被害地震に影響を受けた地域（図-6参照）は、卓越した伸びまたは縮みが現れている。
- 九州地方中部では、南北の伸びの歪が卓越しており、多田（1985）が指摘した別府-島原地溝帯の拡大を

表-2 網平均計算結果

	網平均点数	標準偏差 (sec)
一次網1回目	2760	0.70
2回目	2451	0.61

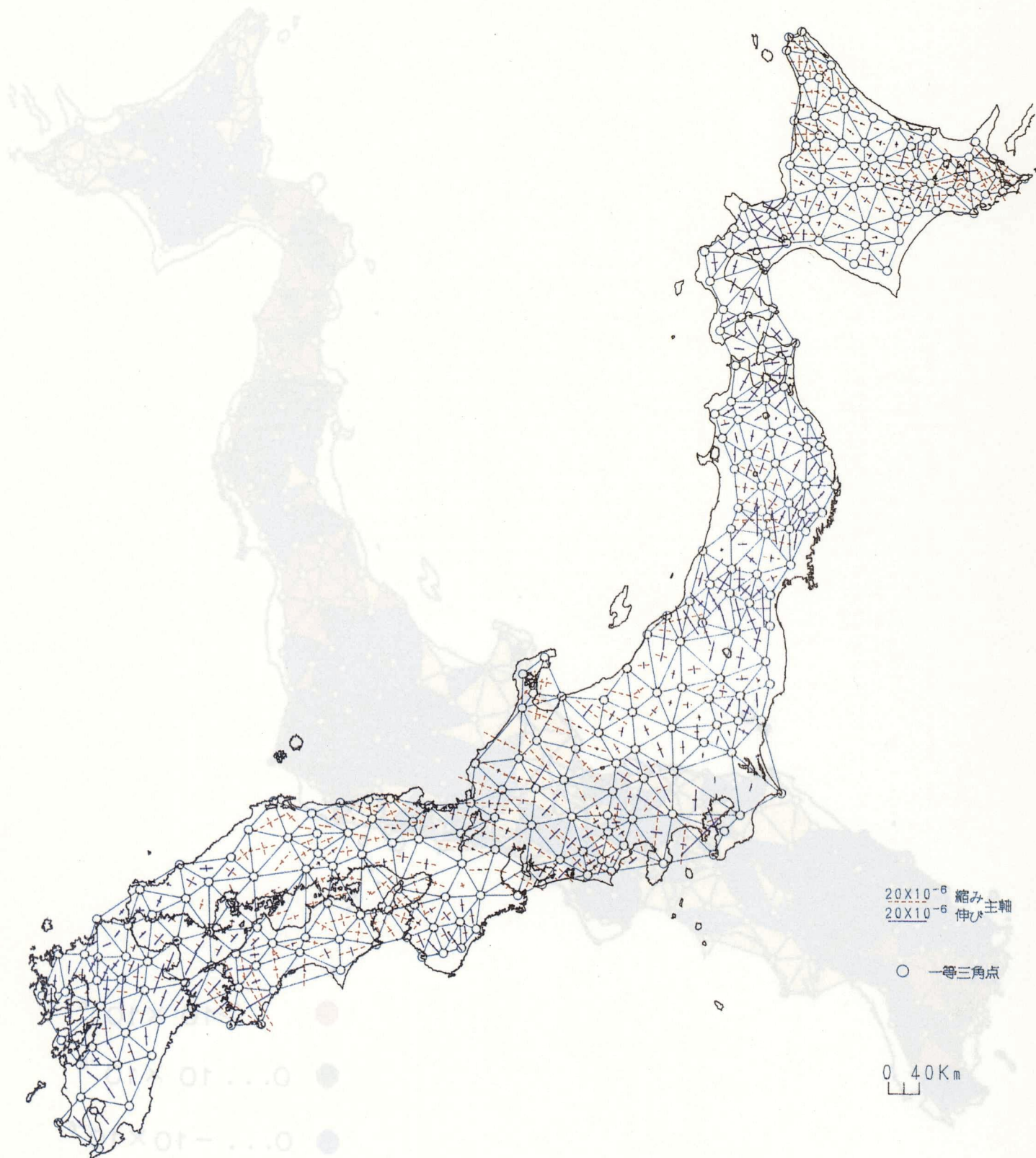


図-2 過去100年間の水平歪

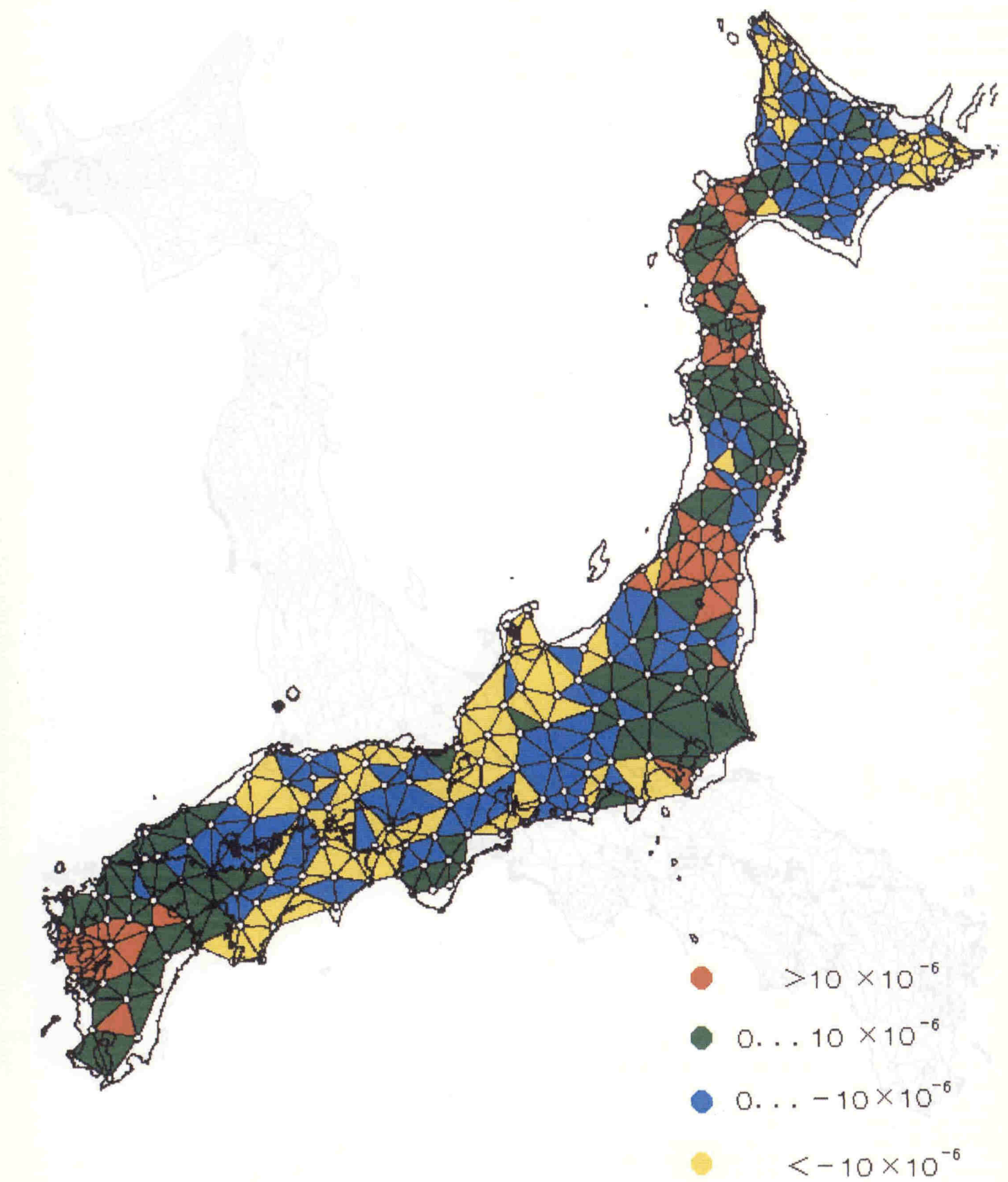


図-3 過去100年間の面積変

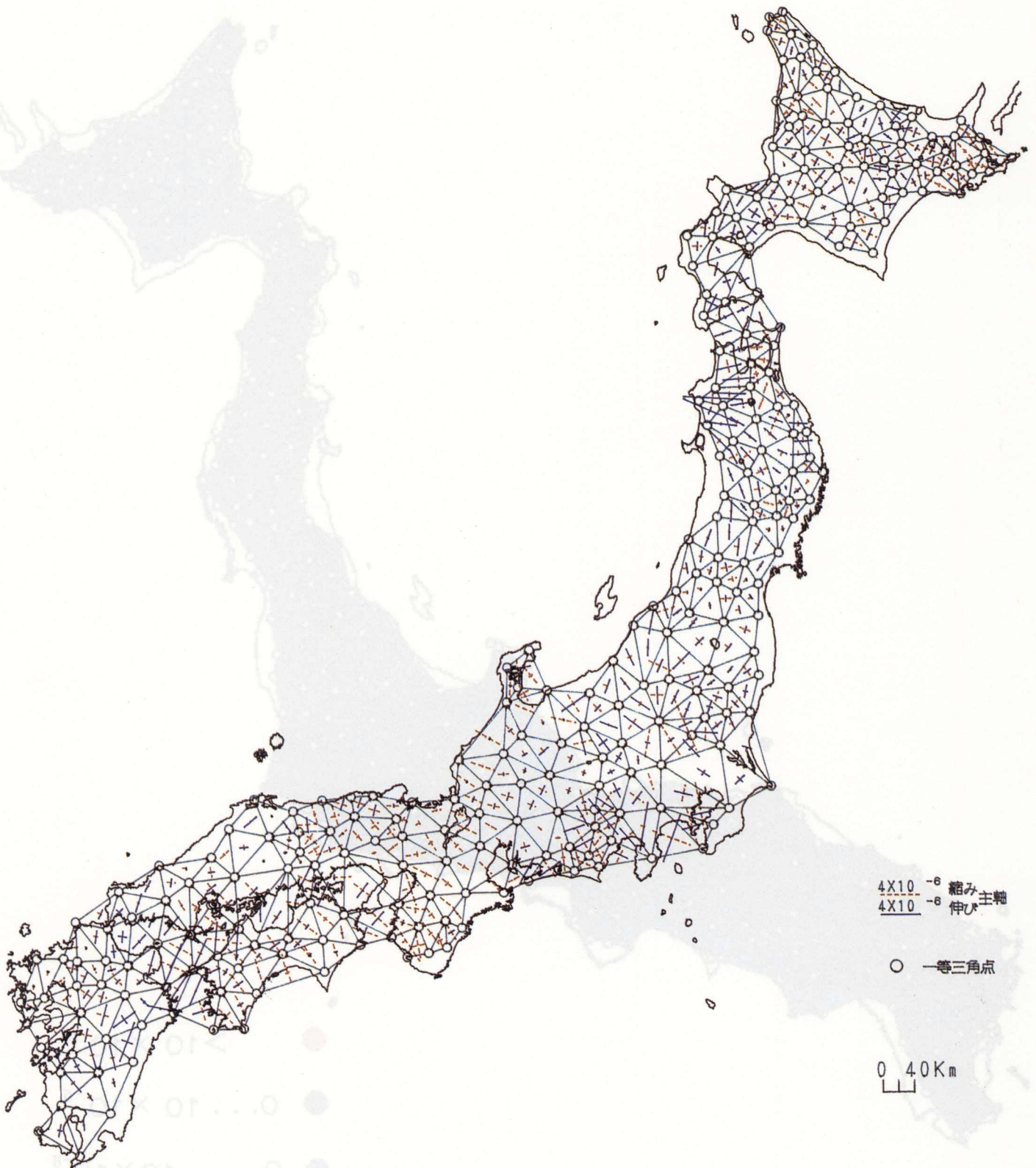


図-4 過去10年間の水平歪

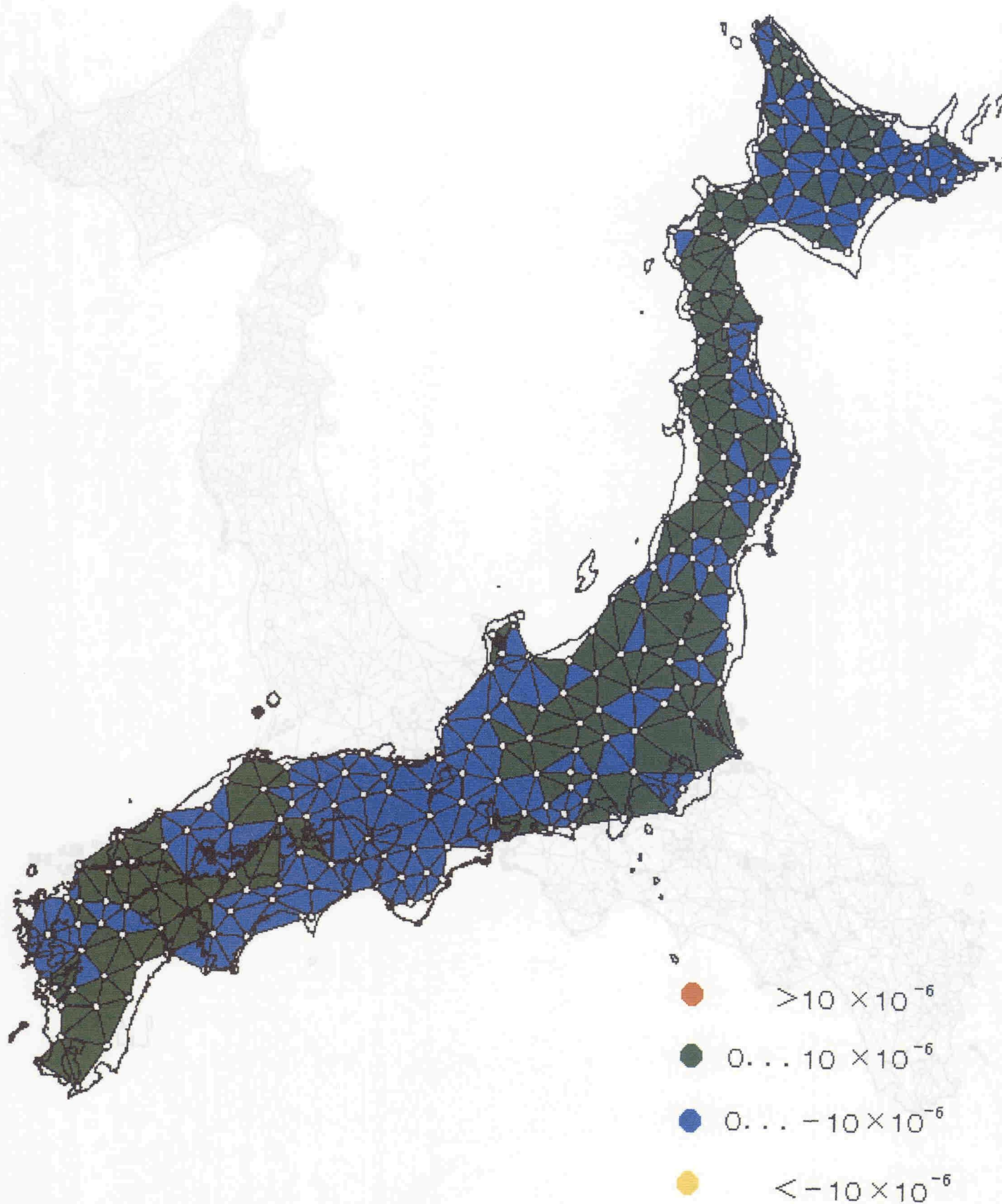


図-5 過去10年間の面積歪

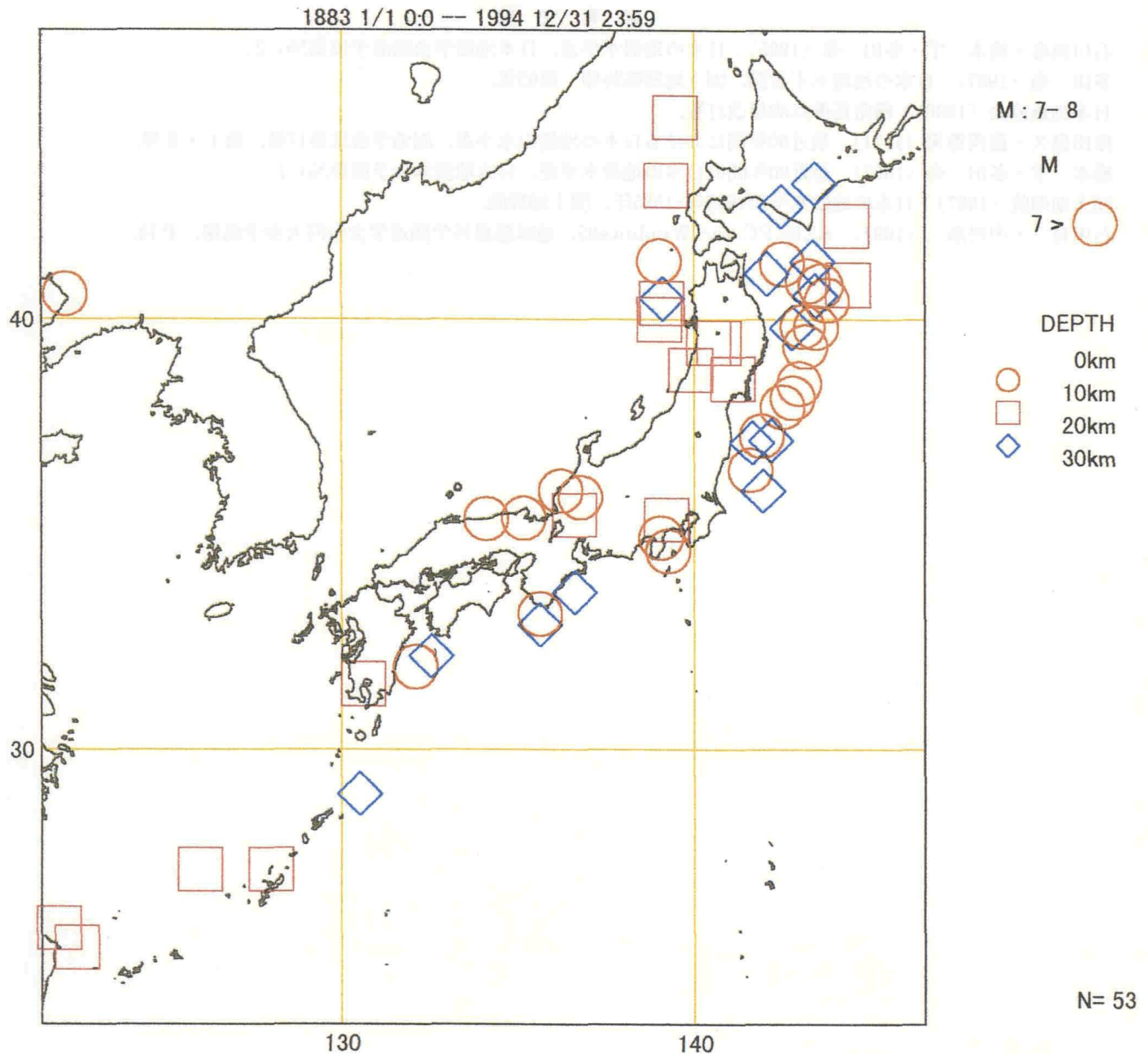


図-6 被害地震震源マップ

示していると思われる。

- 被害地震の震源域等の伸縮の歪が卓越した地域において、面積の増大または縮小が目立つ。

4.2 過去10年間（図-4, 5）

- 東北部に日本海中部地震（1983年M7.7）に伴う伸びが見られる。
- 南関東～東海～紀伊～四国のフィリピン海プレートの沈み込みによる縮みが顕著に表れている。
- 伊豆半島付近に見られる伸びの変化は、伊豆大島近海地震（1978年M7.0）以降、活発化している伊豆半島周辺における活動のものと思われる。

- 面積歪は、全国的に $\pm 10\text{ppm}$ 以内である。

5. まとめ

以上のような結果から、日本の地殻水平歪図に関してまとめると、全体的に地震に伴う地殻変動のある地域ではその影響が、また影響のない地域では、蓄積歪がよく表れているといえるだろう。今後、電子基準点が整備されたことにより、リアルタイムに地殻の変動が明らかになるとと思われるが、過去100年間にも及ぶ長期間の歪の様子がわかるという点において地殻水平歪図は、地震調査におけるたいへん貴重な資料となるであろう。

参 考 文 献

- 石川典彦・橋本 学・多田 堯 (1995) : 日本の地殻水平歪, 日本地震学会講演予稿集No. 2 .
- 多田 堯 (1987) : 日本の地殻水平歪図, 国土地理院時報 第65集.
- 日本測量協会 (1980) : 精密基準点測量改訂版,
- 原田健久・葛西篤男 (1971) : 最近60年間における日本の地殻の水平歪, 測地学会誌第17巻, 第1・2号.
- 橋本 学・多田 堯 (1987) : 最近90年間の日本の地殻水平歪, 日本地震学会予稿集No. 1 .
- 国土地理院 (1987) : 日本の地殻水平歪1883年-1985年, 国土地理院.
- 石川有三・中村浩二 (1997) : SEIS-PC for Windows95, 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, P 78.