

K-NET, KiK-net, Hi-net, F-net

堀 貞 喜 (ほり さだき)

御防災科学技術研究所 防災研究情報センター 総合地震観測管理主幹

1. はじめに

ほとんどの地震は、地中における岩石の破壊現象であり、破壊の様子や、地震波の伝わる岩石の性質などの違いによって、様々な地震動が発生する。地震観測の主たる目的は、地震によって引き起こされた地震動を正確に測定し、震源を特定して、震源域での破壊過程や、地下の岩石と地盤の性質について多くの知見を得ることであると言える。地震計は、地震動を記録するための測定器であるが、実際の地震動は多種多様であるため、ターゲットを絞って設計されたセンサーが、それぞれの目的に応じて使用されることになる。例えば、高感度地震計（微小地震計）は、体に感じないほど微弱な信号でも検出することのできるセンサーであり、強震計は、建造物を破壊する様な激しい地震動に対しても振り切れることなく記録することの可能なセンサーである。また、広帯域地震計は、広い周期範囲で地震動を正確に記録するためのセンサーである。

詳細な地震動の解析をするためには、より多くの観測データが不可欠であるが、実際の地震観測では、データ収集・処理システムとリンクされた複数台の地震計を、複数箇所に設置することによって行われることが多い。こうして、地震観測のために構築された、複数の地震計とデータ収集のための通信回線、そしてコンピュータを中心とするデータ処理用の機器を統合したシステムを総称して地震計ネットワーク、あるいは地震観測網と呼ぶ。ここでは、1995年の阪神・淡路大震災後に、防災科学技術研究所（以下「防災科研」と言う。）が全国的に整備を行った地震観測網である、K-NET, KiK-net, Hi-net, そして F-net の概要について説明を行う。

2. K-NET

6400名を超える犠牲者を出した、1995年の阪神・淡路大震災で、我が国の地震観測体制が抱える、大きな問題点の一つが浮き彫りとなった。端的に言うと、それまでの地震観測は、複数の行政・研究機関によって、個別の目的のために実施されてきたため、観測点の分布が一樣でないだけでなく、記録されたデータも非公開であったり、保存形式や保存方針が著しく異なっていたりして、貴重な観測記録が十分に活用され難い状況が続いていた。こうした中で発生した兵庫県南部地震では、各種の地震観測網が十分なパフォーマンスを発揮したとはいえず、地震現象や地震災害の解明にとって、少なからぬ障壁が

存在していたと言っても過言でない。震災による貴重な人的・物的損失を経験して、こうしたことに対する反省をもとに、日本のどこで地震が発生したとしても必ずその記録が取得でき、しかもそれらの観測記録は、データを必要としているすべての人々が自由に利用できるような、「基盤的」地震観測網を構築する必要性が、広く認識されるに至った。

そして、こうした基本理念に基づいて、最初に構築された地震観測網が、防災科研によって整備が行われた、全国強震ネットワーク（K-NET）である。K-NETについては、既に、藤原（「土と基礎」2004年12月号）による説明が行われているため、ここでは詳細な説明は割愛する。しかしながら、震災から10年以上が経過した現在においても、高品質なデータを安定的に供給し続けている K-NET は、我が国の地震学や地震工学にとって、必要不可欠な研究基盤として確固たる地位を確立しているだけでなく、2003年から始まった、新型 K-NET の導入により、地震防災行政上も、極めて重要な設備となっていることは、改めて指摘しておくべきことであろう。

3. Hi-net と KiK-net

阪神・淡路大震災の教訓は、制度の上からも、我が国の地震観測体制に大きな変革をもたらすこととなった。1995年7月には、議員立法により地震防災対策特別措置法が成立し、当時の総理府に地震調査研究推進本部（推本）が設置された。推本では、我が国の地震調査研究のあるべき姿について、行政関係者や有識者等による議論が重ねられ、1997年8月には、「地震に関する基盤的調査観測計画（基盤計画）」が策定された。この計画では、地震災害の軽減と地震現象の理解を目的とした地震調査研究に必要な事項として、①陸域における高感度・広帯域地震観測、②地震動（強震）観測、③地殻変動観測等を、業務的かつ数十年間程度の長期にわたって推進すべきであるとされた。防災科研は、この基盤計画に沿って、既に整備の行われた K-NET を安定的に運用するとともに、高感度地震観測網（High sensitivity seismograph network, Hi-net）と広帯域地震観測網（Full range seismograph network, F-net）の整備を開始することとなった。

Hi-net の主たる目的の一つは、想定される地震の震源域の広がり、すなわち地震の規模を精度良く推定するために、地震発生域の下限の深さを明確にする、と言う

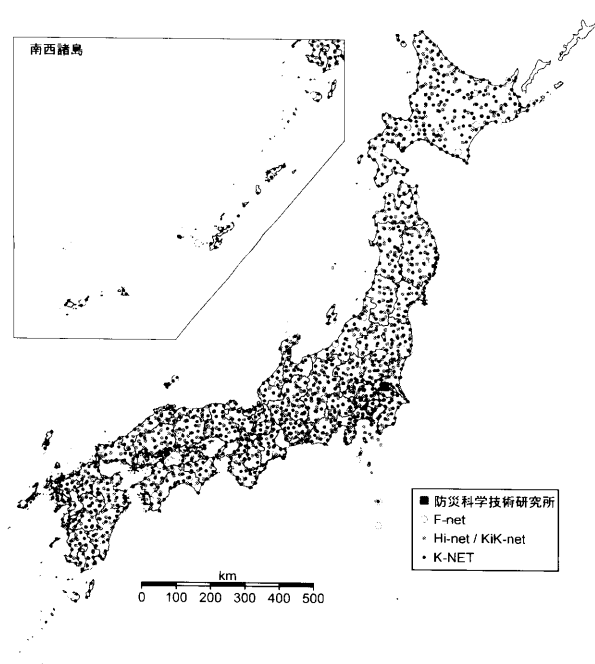
ものであった。そのため、水平距離で15～20 km 間隔の三角網を目安として全国的な観測点整備が必要であるとされ、既存の観測点分布を考慮して、新たに700カ所あまりの観測点を全国に整備することとなった。Hi-netの観測機器は、表層のノイズの影響を避けるため、深さ100 m 以上の観測井を掘削して、地下の基盤岩中に設置されている。観測井内の観測機器としては、固有周期1秒の速度型高感度地震計に加え、強い地震動による振り切れを補うために、低感度の加速度計、すなわち、強震計も併設されることとなった。強震計は、地表にも設置され、ここにおいて、高感度地震観測網だけでなく、地表と基盤岩中に設置された強震計のペアから成る強震観測網も整備されることとなった。こうして、(K-NETとは別に) Hi-netに併設された、強震観測網をKiK-net (Kiban-Kyoshin network) と呼ぶ。推本の基盤計画でも、表層に比べて不均質性の少ない地下の基盤における入力地震動を捉え、震源で生成される地震動、表層地盤の地震動応答特性を系統的に把握することが有益であるとされ、KiK-netの必要性が明記されている。

Hi-netの観測点で収録された地動のデータは、100 Hz, 27ビット相当の分解能でデジタルデータに変換され、連続波形データとして、防災科研までリアルタイム伝送されている。データ伝送は、フレームリレー網、またはIP-VPN 網上のTCP/IP プロトコルを用いたパケット通信として行われており、信頼性の高いデータ収集方式が確立されている。収集されたすべてのデータは、防災科研のサーバ上に蓄積・保管されるだけでなく、気象庁や国立大学等にもリアルタイムで配信が行われており、それぞれが実施する業務的な監視や、学術・教育活動に利用されている。気象庁や国立大学の地震観測網から得られるデータも、防災科研へリアルタイムで配信されており、防災科研のデータサーバには、我が国の主要な高感度地震観測網から得られるすべてのデータが保管・蓄積されていることになる。

一方、KiK-netでは、Hi-netとは異なり、連続データが収集・伝送されているわけではなく、イベントトリガー方式が採用され、一定の条件を満たすシグナルが検出された時だけ収録が行われている。観測点のフラッシュメモリ上に蓄積されたイベント波形データは、防災科研からダイアルアップ手順によって収集される。ダイアルアップは、定時プロセスとして実行されるだけでなく、併設されたHi-netの地動データを監視しながら随時起動されており、よりタイムリーなデータ収集が実現される様になっている。Hi-net および KiK-net で収集されたデータは K-NET と同様、完全公開となっている。

4. F-net

防災科研による広帯域地震観測網の整備は、阪神・淡路大震災の直前である1994年からスタートした特別研究「地震素過程と地球内部構造に関する総合的研究（フ



図—1 防災科学技術研究所の地震観測施設の分布

リージア計画)」によって開始された。当初の計画では、2004年までの10年間で、全国の約30カ所に観測点を配備するとしていたが、推本の基盤計画に基づくF-netでは、100 km 間隔の三角網で約100カ所の広帯域地震観測施設を全国的に整備することとなった。観測施設の基本的なデザインはフリージア計画がそのまま踏襲された。すなわち、高感度の速度型広帯域地震計に加えて、低感度の広帯域地震計として速度型強震計を、35～50 m 程度の奥行きを持つ横坑最奥部の台座に設置するというものである。データの伝送は、当初、海外の広帯域地震観測網にならって、米国クエンテラ社製のロガーによって行われていたが、現在では、Hi-netと同一仕様の伝送装置が採用されており、データの収集・公開処理については、気象庁や国立大学へのリアルタイム配信も含めて、Hi-netと同様の処理が行われている。

5. 今後の課題

防災科研は、2005年3月現在で、図—1に示すとおり、K-NET 約1 000観測点、Hi-net/KiK-net 約700観測点、F-net 約70観測点の合計約1 800カ所において様々な地震計を設置し、世界でも例を見ない程の、高密度地震観測網を運用している。これらの観測網から得られるデータは、研究者だけでなく、国民全体の貴重な財産であると言って良い。その使命感と責任感だけで、これだけの観測網を、安定的に維持し続けることは不可能で、継続的な予算措置に加え、常に新しい手法・技術を取り込むことにより、運用のさらなる効率化を目指す必要がある。

(原稿受理 2005.8.1)