

微小地震観測の現状と将来像

—「定常観測をどうすべきか」への提案—

ト 部 卓

東京大学地震研究所堂平微小地震観測所

(1992年6月29日受理)

1. 微小地震観測の抱える問題点

大学の微小地震観測は第3次～第5次地震予知計画でテレメータ化され、その後自動観測の導入、隣接間波形データ交換、観測データの全国伝送など、機能も充実して地震予知研究の有力な武器として多大な成果を挙げてきた。微小地震がどこでどのように起こっているかを高精度で知ることができるようになったのである。刻々と変化する地震活動を微小地震観測網でリアルタイムに監視することは重要であるし、また一方ではもとより地震活動は時間スケールの長い現象でもあるから、数十年あるいはそれ以上の長期間のデータの蓄積も必要である。これはすでに約100年にわたって続けられている測地測量が現代の地震予知研究に大いに役立つデータを提供していることから明らかである。

このように地震予知研究にとって最も基本的な、いわば耳目にあたる重要性をもつ微小地震観測網は、多数の観測点と地域センターなどを専用回線で結び、オンライン・リアルタイム処理を行う大規模な設備である。その最も基本的な機能は地震波の観測と震源決定による地震活動の把握であるが、テレメータ開始後十数年たった今やこの部分はもはや先端的・開発的であるよりは業務的色彩が強く、ルーチンワークであると言ってよい。これらの作業や観測システムの保守には、地域センターなどの研究者や技官などがあたっているのだが、本来基礎研究に取り組むべき大学がすでに軌道に乗った大規模な業務的観測に携わることは決して望ましいことではなく、いくつかの問題点が現れている。

まず、得られるデータを材料に研究成果をあげるべき当の地域センターなどのスタッフが、観測網の維持やデータのルーチン処理に追われて十分に成果が出せない場合がある、すなわち必ずしもデータが十分利用されないことである。このことが外部の研究者によるデータの利用を妨げることにつながることは明らかであろう。あるいは逆に、研究成果をまとめるために、肝心の定常観測の質を保つことがおろそかになるのもありがちなことである。もちろん手際の良し悪しによって程度の差があるとはいえ、

これらは研究者ベースで小さからぬ業務的観測を維持する場合には避けられない事態であり、観測業務を研究者から切り放すことが最善の解決法であろう。

また、現在のように各大学に所属する地域センターや観測所がシステム構成、保守管理、データ処理などの意味でそれぞれ基本的に独立して運営されていると、システム開発やデータ処理の点で、全体を見ると結果として重複した無駄な投資をしていることが多い。先端的な研究でそれぞれの機関の独自性が尊重される必要があるのはもちろんであるが、現在の微小地震定常観測に関する限り、ほとんど同じことを別々の地域で(場合によっては同じ地域でも)やっているのが実情である。従って、現在の微小地震観測網を全国的に統合することは、大いにプラスにはなってもマイナスの点はないようにみえる。

少なくとも以上2つの問題点を解決しない限り、維持に多大な費用のかかる微小地震観測が、それに見合う成果を上げていないのではないかという批判から逃れることは難しいであろう。

2. 関東の特殊事情

以上のような問題点に加え、関東地方では別の問題もある。関東の場合、地震研究所(の地震予知観測室)、科学技術庁防災科学技術研究所、それに気象庁の観測網がほぼ完全に重なり合っている。このうち気象庁は海底地震計を除くと独自の観測点の感度は低いものの、他の2機関からも提供を受けたデータを総合処理している(ただしこれは気象庁の結果としては公表されない)。他の2機関はそれぞれ独自の観測網のデータを同様にルーチン処理しているが、じつはこのうち防災科学技術研究所の観測網は、人員、予算、観測点数、観測点の質などあらゆる面で地震研究所のそれをはるかに凌ぐものであり、とりわけ人員と予算は文字通り桁違いの差がある。そもそも同一地域で省庁ごとに別々の定常観測網を維持することは予算と労力の無駄使いであるが、かといって一方的に定常観測をやめると、現在の体制では単に研究の耳目を失うことになるだけである。このため地震研究所としては定常観測網をなんとか維持してはいる。しかし現在のような少ない人員と限られた予算では、定常観測体制の整備で他機関に「対抗」することはいわば放棄し、伊豆半島や栃木県西部といった特定地域での重点観測やシステム開発に活路を見出す方向に向かわざるを得ないのが現状である。

3. 理想像は何か

限られた予算と人員で効率的な定常観測を行い、得られたデータを広く利用して地震予知研究の成果を上げるためには、これまでの議論で明らかのように、定常観測網の全国的かつ省庁間の統合・一元化を行って無駄をなくすことと、定常観測を大学から切り離して専門機関に任せることが必要である。こうすることによって初めて、データの完全な公開利用と長期にわたる継続的な観測データの蓄積が保証されるはずである。

これを具体的にどのような機関が行うか(気象庁か、「地震庁」か、科学技術庁か、文部省か、など)についてはここでは議論しないが、機能としては、その機関は質の高い観測データの提供と長期にわたる蓄積をその使命とすること、波形まで含めたデータ

を、計算機ネットワークを通じて全国の研究者の手元にリアルタイムに近い形で配布できる体制を整えることが重要である。大学などの基礎研究機関は、定常観測データについては専門観測機関から提供を受け、観測的研究としてはより先端的・開発的な分野や重点地域でのいわゆる移動観測などに専念すべきであろう。

4. 突破口としての戦略

実際に観測網の統合を進めていくには、組織の問題は別としても、解決しなければならない技術的な問題がある。現在の観測方式では各観測網ごとにシステムがばらばらで、データの統合は容易ではなく、何らかの標準化が必要である。この場合の標準システムとしては、移行を容易にするために、既存システムから徐々に切り替えていけるもの、しばらくは既存システムとも共存でき、既存システムを取り込んでなるべくそれを生かすものであり、かつ予算的に無理のないものであることが重要である。逆にまずこのような標準システムを提案し、一部での運用の実績を先行させれば、これが突破口となって組織上の改革を容易にする環境を作れる可能性もある。

ここでは一つの具体策を以下に提案することにより、定常観測網の統合へ向けた標準化が技術的には十分可能であることを示したい。地震研究所内のいくつかの観測網でこの方式の実用試験を行ってみることは比較的容易である。

5. 具体案

現在のテレメータシステムでは、地震観測点とセンターを専用回線をつないで常時リアルタイム伝送を行っている。この場合、センターに集まるデータの遅延時間はたかだか数100ミリ秒で、データはセンターで直ちにオンライン処理される。この方法を守る限り、センター間でデータの交換を行う場合には必要なチャンネル数を収容する専用回線を使用せざるをえない。

ここでこの「常時リアルタイム伝送」の条件を緩めることを考えてみる。すなわち専用回線の代わりに交換回線を使い、ある程度蓄積した波形データをまとめて高速伝送する。このような用途に最適なのは最近普及してきたISDN(サービス総合デジタル網)であり、これを地震観測に利用することを考えてみる。ISDNでは回線交換とパケット交換の2つの方法でデジタルデータの伝送が行える。回線交換では通常の電話のように通信のたびに相手呼び出して回線を設定し、時間と距離に応じた料金がかかる。パケット交換では、相手の宛て先番号を付けたデータのパケットを送り出すとこれが相手に届けられ、料金はパケットの数と大きさによるが距離にはほとんどよらない。現在国内ではNTTがINSネット64とINSネット1500を提供しており、これらの伝送速度はそれぞれ64KBPSと1.5MBPSである。地震観測への応用を考えた場合、前者は観測点-センター間の、後者はセンター同士のデータ伝送に相当であろう。INSネット64の回線交換の場合の料金体系は従来のアナログ電話と同じであって、デジタルデータの伝送では、アナログ電話回線でモデムを使った場合9.6KBPS程度だった伝送速度が、64KBPSになる分だけ通信料が安くなる計算である。通常利用される専用回線(3.4KHz)と比較した場合でも、簡単な試算によれば観測点1点分のデータ量

を送送するのに、ほとんどの距離においては連続データを送った場合でさえ ISDN の方が通信料は安くなる。

ここに提案するシステムは一種のダイヤルアップ方式で、その要点は次の通りである。観測点には過去 1~ 数時間分程度の波形データの蓄積機能とトリガー検出機能をもたせる。センターにとって迅速に必要なトリガー情報(簡単な初動検測値を含む)は、観測点からパケット交換で直ちにセンターへ伝送する。センターではトリガー情報を総合して簡単な震源決定やノイズの判別などを行う。ここまでは地震発生 1 分以内に可能である。センターは、その結果として波形データが必要となったら、回線交換で観測点を順次呼び出して送らせる。センターに適当な数、例えば観測点数の 1/10 程度の ISDN 回線を設置することにより、波形データの収集は数分以内に完了する。観測点によってはトリガーにかかわらず連続データが必要な場合があるが、この場合でも試算によれば約 5% の時間、例えば 20 分ごとに 1 回、1 分間程度、回線を接続することによって伝送ができる。ISDN のまだ利用できない地域の観測点の場合は、最寄りの利用できる地域までなるべく短い専用回線を引き、そこに上述の観測点機能をおくことも考えられる。

このようなシステムの利点は、まずネットワークの構造が柔軟になることである。例えば A センターの観測点のデータを、隣の B センターが肩代わりして、あるいは並行して、収集することは容易である。またパケット通信の料金はもちろん、回線交換でも 320km 以上は定額であるなど通信料金が距離にあまりよらないため、データを収集するセンターが観測網の真ん中にあることは必ずしも重要ではなくなる。これは観測網の統合を段階的に進めていく上で有利な条件である。さらに回線使用料の大幅な低減が見込める。もし現在専用有線回線を使用している観測点をすべてこの方式に切り替えることができると、試算によれば回線使用料は 1/10 以下、おそらく数 10 分の 1 になるはずである。一方問題点としては、観測点に時計が必要になること、ISDN のサービス地域が現在のところ比較的都市部に限られていること、非常時の回線輻輳対策が必要なことなどであるが、これらはいずれも解決可能である。

以上がこのシステムの基本であるが、考え方を次のように整理することにより、この方式をサブセンター-センター間やセンター同士のデータ交換にも適用することができ、また既存のテレメータシステムをこの方式にはめ込むこともできる。すなわち、観測点機能は、波形の過去の一定時間分の波形データを常時保存しておくこと、トリガーの検出とトリガー情報の発信、要求に応じた波形の送り出しである。それに対してセンター機能は、トリガー情報の受信とその総合判断、波形の収集、それにいわゆる自動検測処理である。こう規定すると、既存のテレメータシステムでは、センターがここでいう観測点機能とセンター機能の両方を果たしていることになる。これを 2 つの機能別に分離すれば新方式のシステムにはめ込むことができる。たとえば伝送部分は従来通りでも、テレメータ装置に集中された波形データを常時計算機に取り込めば、これに(複数点分の)観測点機能を果たさせることができる。これとセンター機能とをソフト的またはハード的に分離し、両者間の通信に計算機ネットワークの通信機能を使えば、新方式のシステムの一部として機能するようになる。つまりトリガー情

報や波形を他のセンターや観測点とやりとりできるようになる。リアルタイムの制約を外した波形データは、時刻ラベルの付いた単なるデータファイルであるので、特にセンター間のデータ交換の場合、現在のリアルタイム伝送方式のような専用の設備と回線を必要とせず、既存の計算機ネットワークによるファイル転送方式および経路も利用できることは大きな利点である。またリアルタイムでないためデータ圧縮も利用しやすい。このようにして既存のサブセンター－センター間やセンター同士の伝送でも、観測点機能とセンター機能とに切り分けて計算機間通信を利用することにより、新方式に適應することができる。