

解 説

6. KSP 計画の今後

吉野 泰造*¹ 高橋富士信*² 高橋 幸雄*³ 今江 理人*⁴
 栗原 則幸*³ 国森 裕生*⁵

(1995年10月16日受理)

6. FUTURE ASPECTS OF THE KEY STONE PROJECT

By

Taizoh YOSHINO, Fujinobu TAKAHASHI, Yukio TAKAHASHI, Michito IMAE,
 Noriyuki KURIHARA and Hiroo KUNIMORI

The Key Stone Project (KSP) adopted advanced space technologies to monitor crustal deformation around Tokyo. To understand the mechanism of large earthquakes, research studies should be done using both observations and theoretical aspects. The KSP should keep track of new technologies that may be applied to improve the performance of observations.

[キーワード] VLBI, SLR, 基準座標系.

Very long baseline interferometry, Satellite laser ranging, Reference frame.

1. はじめに

大地震は一般に大規模災害を伴うため、地震研究に対する期待感は強い。しかし、残念ながら地震発生メカニズムの完全な解明はまだ途上である。地震前後の観測として地殻変動に対する研究は以前から行われているが、技術上の問題から精度、観測頻度等に問題があった。このため、1960年代に始まり飛躍的に進歩した宇宙測地による高精度地殻変動観測に地震研究の突破口が期待されている。観測による自然現象の観察と基礎研究を並行して進めた時、観測事実の積み重ねとともに物理的背景の理解が促進される。一方のみでは研究の閉塞状況を作り出す可能性がある。両者の有機的な結合こそが、社会的期待の大きい、地震と地殻変動に関する学問の発展を大いに促すものと考えられる。首都圏広域地殻変動観測(KSP計画)の概要は本特集号や吉野⁽¹⁾で紹介されており、ここでは、KSP計画の特徴をふりかえりながら将来のあり方につき展望を試みる。

2. KSP 計画の特徴

VLBI (超長基線電波干渉計)、SLR (衛星レーザ測距)、GPS (汎地球測位システム)等は宇宙測地技術と呼ばれ、近年の高度な光・電波技術、宇宙技術、精密時間計測技術を駆使し、地上観測局に対する天体電波源や人工衛星との幾何学的位置関係を頼りに高精度測位を可能とした。VLBIおよびSLR技術は、NASAの推進するCDP計画(地殻力学計画)により1980年代に世界的な広がりを見せた⁽²⁾。また、通信総合研究所もVLBIの技術開発を進め⁽³⁾CDP計画において、日米間の協力を中心としVLBI技術により太平洋プレート運動の実測に成功した。また、これらの技術の応用により、グローバル測地、地球回転観測を代表に地球科学は一新したと言える。

KSPは広域の地殻変動観測に的を絞る、これを先進技術で連日行うという世界的にも稀な計画であり、その活動に注目が集まっている。計画の主目的である、地殻変動観測の地震研究への応用に加え、技術的には実時間VLBIの可能性、VLBIおよびSLRシステムの省力化運用等が注目されている。また、プレート運動の解明から一歩進んでプレート縁辺部の変動観測が重視されるようになった現在、KSP観測網は、太平洋プレート、フィリ

*¹ 標準計測部 時空技術研究室

*² 標準計測部

*³ 関東支所 宇宙電波応用研究室

*⁴ 標準計測部 周波数標準課

*⁵ 標準計測部 時空計測研究室

ピン海プレート、北米プレートの3つのプレートが入り組む複雑な地殻構造を持つ地域に位置し、連日の観測は貴重な結果をもたらすと期待される。

KSP計画は地殻変動観測という明確な目的を持つ。その設計には、一方で実用レベルに達した技術に対する信頼性が求められる。その一方では、最新技術を用いた場合に生ずる、実績の少なさによるリスク管理の問題があり、相反する要求を考慮しつつ技術仕様を決定した。また、基線長観測ではVLBIの観測結果とSLRの観測結果をともに得ることにより、信頼性の高い情報を提供することができる。

KSP計画が一過性のR&D実験でない以上、今後、計画の推進に役立ち実用に耐える新技術を取り込む必要がある。新技術による信頼性と高精度がKSPにとって重要である。事実、KSPシステムの整備を開始した平成5年には含まれていなかったリアルタイムVLBIの機能が、高速データ通信網の急速な発達に支えられ平成7年度の整備項目に追加された点はシステムの進化の一端を示していると言えよう。

KSPには信頼性の高い観測を継続的に行うことが求められている。連日の観測を、運用面、機器の保守等の観点で問題なくこなせるようにするためには、どうしても運用の単純化や省力化に力を注ぐ必要がある。VLBI観測の例では、テープをセットすれば、観測開始から、観測終了まで全自動で、全システムが運用されるようになった。また、リアルタイムVLBI化も、データ処理の迅速化と並び省力化の意義も大きい。さらに、SLRにおける省力化は、各観測局における自動化、中央局からの遠隔制御とともに進められており、マンパワーを必要としてきたSLR観測に変革をもたらしつつある。

3. システム性能の向上

3.1 VLBI

VLBIシステムの高度化は感度向上という方向性で追求されている。そのために、性能価格比で最も有利な広帯域記録の性能向上を求め、K-4システムの上限である256 Mbpsの記録と処理が行われる。また、これに伴うデータ処理ソフトの高速化も図られている。この性能で定常的に連日のVLBI観測が行われている例はまだ無い。VLBIの天文応用では、感度向上は微弱電波源の研究を可能とし、測地応用では観測電波源の数を増やし、天球上に一様に分布する基準電波源を使用できるメリットがある。また、小型移動局との観測では、開口径の不利を補うことができる。

今後のリアルタイムVLBI観測技術はデータ記録の性能に制約されていた広帯域化の壁を破る可能性を持つ

た有望な技術である。マルチメディアの普及により、通信料が低価格化すれば、現在のNTTとの共同研究用回線という位置づけからさらに継続的にKSPでも使用されよう。なお、リアルタイムVLBIはデータ処理の実時間化を図ったものであり、データ処理後の解析結果を得るまでの時間は短縮されないことに注意が必要である。

3.2 SLR

SLR観測では、アジアでの最初の本格的コロケーション点としての性能発揮、ネットワーク技術による省力化が重要である。両者の実現は、世界的にもインパクトを持つと考えられる。コロケーションは、基準座標系の向上とその維持のため必要である。KSP観測点に整備した地上基準点を活用して、各観測技術の成果を結合していく必要がある。

通信ネットワークを用いた4局SLR運用は、独立な4観測局の集まりと異なり、情報の交換により衛星の初期補足だけでなくさらに高度な応用が見込まれる。

一般にSLR観測は高度の高い局の方が大気層の影響が少なく有利である。しかし、首都圏は関東平野部にあり概して海拔は低い。この点は地殻変動観測では注目する地点を先に決めるため、観測の条件が多少低下するのはやむを得ない。問題はその技術的な克服である。大気遅延の精密補正のため、将来マルチカラー観測を可能とするシステムを整備している。また、アイセーフ化もこれと同時に進行中である。

4. 観測計画の継続と展開

観測の目的が地殻変動と地震発生の関係を見極めるものである以上、観測は短期的なものではなく長期の継続が必要である。ただし、今後のさらなる技術発展はKSP計画のシステムの自己変革、あるいは新技術の登場による新システム移行等が考えられる。保守的に、システムの安定運用を図るだけではなく、高精度化または結果の即時利用等への進化を考える必要がある。ただし、実用システムの運用では、システムの変更による観測結果への影響、または連続データに系統誤差が入り込まぬよう注意が必要である。

KSPシステムの地殻変動観測への有効性が見極められるとともに、他の地域への観測網展開も考え得るが、全体構想を国内関連研究機関と調整することが必要であろう。

今後、GPS等の他の技術との結合観測が増大すると考えられるが、互いの装置で出力される結果の表現形式が異なる場合があり、比較が容易でない。観測データの公開が強く求められる中で、現在以上に準拠する基準座標系の統一化が必須であろう。

5. データの公開

KSP は先進的な観測技術を投入した計画ではあるが、地震予知計画の中における地殻変動観測の一つであり、基線ベクトルという観測量を通じた地殻変動のデータである。前兆現象の見極めには、微小地震観測、電磁気観測等とあわせて利用すべきものである。既に、観測データは気象庁に集中化する原則が確認されており、関係機関はこの方針に従い作業を進めている。一方、インターネットを用いた WWW (World Wide Web) は関係者へのデータの流通に極めて有効であることから、KSP ではこれを用いてデータ公開を進めている。

6. 計画の波及効果

KSP 計画を推進することにより、さまざまな副産物も生まれる。VLBI 観測の電波源や、大気の日観測により、自然現象の挙動が興味深い結果をもたらす可能性がある。SLR の連日観測ではグローバルな軌道決定精度向上をもたらす。また、これまで、地球上の基準座標系は欧米を中心に高精度化され、続いて、南半球そしてアジア地域の高精度化が進められている。KSP 計画によりアジアにおける基準観測点のコロケーション観測点が一挙に充実しグローバルな基準座標系が向上する。こうした副産物の有効性が確認されれば、その成果を積極的に応用する観測を新たに開始することが可能となる。

7. むすび

最新の技術が、近年、地球科学に与えた影響は計り知れないものがある。KSP 計画は、最新の宇宙測地技術から、特に信頼性の高い VLBI と SLR という 2 つの技術を首都圏広域地殻変動観測に応用したものである。本計画は、21 世紀に向けた野心的、挑戦的な側面と社会的貢献の側面とを併せ持つ。IERS (国際地球回転事業) の VLBI 技術開発センターでもある通信総合研究所では、両者の調和を図りつつ計画を推進している。また、日進月歩でめざましい進歩を遂げつつある先端的通信基盤を有効に活用した点も大きな特徴である。今回、整備した施設も先進性ゆえに、さらに発展する要素を内在している。ここで整備されるシステムは、首都圏における地殻変動の理解へ寄与するとともに、今後の地球科学進展やさまざまな応用に向けた起爆剤としても大きな可能性を秘めているものである。

参 考 文 献

- (1) T. Yoshino, "Crustal Deformation Monitoring in Tokyo Metropolitan Area by Space Geodetic Observation", J. Com. Res. Lab., Vol. 41, No.3, 1994.
- (2) D.E. Smith, and D.L. Turcotte, "Contribution of Space Geodesy to Geodynamics", AGU monograph, Vol. 23-35, 1993.
- (3) 電波研究所季報, K-3 型超長基線電波干渉計 (超長基線電波干渉計) システム開発特集号, 第 30 巻, 特 1 号, 昭和 59 年 11 月号.