

氏 名	とび 飛 田 幹 男
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	論 理 博 第 1259 号
学位授与の日付	平 成 7 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	The Establishment of Precise Geodetic Network in Japan (日本における高精度測地基準系の構築)

論文調査委員 (主 査) 教授 中川 一郎 教授 田中 寅夫 教授 古澤 保

### 論 文 内 容 の 要 旨

測地基準点は、位置を表わす基本として、あらゆる測量や研究や行政などに使用されている。その座標は、約 100 年前に実施された一等三角測量のデータを網平均計算することによって決定された。しかし、当時では避けられなかった問題、すなわち、

①手計算のために、全国同時網平均計算ができなかった、

②ジオイド高の知見がなかったために、測定量を楕円体面上に厳密に投影できなかった、

などによる誤差が基準点の座標に含まれていた。一方、その間に測地測量の精度が向上したことにより、さらに高い精度をもつ基準点の座標が求められていた。近年、コンピューターや計算手法の進歩、ジオイド高の推定、さらに、光波測距儀による高精度な辺長測量(精密測地網一次基準点測量)のデータが全国的に整備されるなど、問題解決への環境が整ってきた。しかし、これらのデータのみを用いた測地網平均計算では、固定点から遠ざかるに従って誤差が累積し、測地網の末端で 2 m にも達する回転誤差となることは避けられなかった。

主論文 1 では、長距離でも測位精度の高い超長基線電波干渉法(VLBI)による測定データを一次基準点測量のデータに組み入れる手法を、座標系の違いや重みなどを考慮に入れて開発している。しかし、VLBI による長基線データの利用は、正規方程式を解く際の帯行列の幅を増加させ、また、計算時間を増大させる。申請者は、スカイライン法を適用することによって、これを避けている。これらの手法を用いて、全国測地網平均計算を試み、すべての一次基準点(2,900 余点)において、その座標の標準偏差が 20 cm 以内というこれまでになく精度の高い測地基準系「筑波測地系 1992」を構築している。また、計算結果に対して、スケールや方位角などの検討を詳細に行ない、VLBI による測定データの利用が測地網をゆがめることなく座標の推定精度を向上させていること、採用した手法が有効であること、および、約 8,000 辺の辺長測定および天文測量に含まれる系統的な誤差が十分に小さいことを確認している。

つぎに、主論文 2 では、求められた筑波測地系 1992 を基準として、現行の測地基準点成果に対する座標

の更新ベクトルを 20 cm という高精度で求め、基準点測地網のゆがみを地域ごとに定量的に調べている。また、旧三角測量データの再計算座標と筑波測地系 1992 の座標とを比較して、北海道と九州において地殻変動をとらえている。そして、北海道の東西方向の圧縮は、太平洋プレートの北米プレートの下への沈み込みに起因するものと推論している。一方、別府一島原地溝では、従来求められていたよりも大きい拡張速度を得ている。さらに、地殻変動ベクトルを国際地球回転観測事業地球基準系 (ITRF) のなかで推定する可能性を論じている。この目的のために、精密測地網一次基準点測量のような高精度測量を繰り返し実施すること、および、VLBI あるいは汎地球測位システム (GPS) による測定をこれと同じ時期に実施することを提案している。

さらに、筑波測地系 1992 を地球重心系 (ITRF 89 系) および世界測地系 (WGS 84 系) へ座標変換し、座標系の統一を試みている。加えて、地域ごとの東京測地系—WGS 84 系間の座標変換マップを作成し、多くの関連分野の利用者の便に供しうる資料を提供している。

参考論文 8 篇は、いずれも、本研究の基礎となっている。参考論文 1 と 3 では、測地 VLBI システムの精度を維持しながら移動性を向上する方法を論じており、測地網の規正に必要な数の VLBI 測定値を得る基礎を確立している。参考論文 2 と 4 では、座標系の変換と地球基準系の確立について論じており、国内の座標系の統一の基礎となっている。参考論文 5 は、VLBI によりフィリピン海プレート運動を実測したことを示している。参考論文 6 と 7 は、VLBI の座標系、座標値および座標結合について論じたもので、本研究はその成果を使用している。参考論文 8 は、本研究の延長上にあるもので、構築された高精度測地基準系を GPS 測位に応用し、測定確度を 0.1 ppm に向上させるためのソフトウェアの開発について論じている。

## 論文審査の結果の要旨

位置情報の基準となる日本の測地基準点の座標は、約 100 年間にわたって、地球物理学の研究において直接的あるいは間接的に使用されてきたが、物理測定量の高精度化などにより、その精度は時として十分ではない場合があった。近年、光波測距儀による高精度な辺長測量 (精密測地網一次基準点測量) のデータが全国的に整備されてきたのに加えて、超長基線電波干渉法 (VLBI) による長基線測定辺数が 5 辺を超えるなど、この問題を解決するための環境が整ってきた。しかし、VLBI の測定データを網平均計算プログラムにいかにか組み入れるかということが解決されていなかったために、光波測距儀による測定データのみを用いる網平均計算による座標の推定誤差 (2 m) をより小さくすることは困難であった。具体的には、VLBI が準拠する座標系に関する知見やその測定データの重みをいくりにするかなどの考察が十分でなく、また、VLBI 基線長を組み入れると計算時間が著しく増大する問題もあった。

主論文 1 では、VLBI による測定座標値から網平均計算を行なう筑波測地系に座標変換する手法を考察し、また、それを計算する際の重みを VLBI による測定値の誤差から計算する単純かつ有効な手法を提案している。これらの手法とともに、VLBI データの挿入による計算時間増大を避けるためのスカイライン法を適用することによって、VLBI データを組み込んだ全国測地網平均計算を可能にしたことは評価できる。申請者は、みずから開発したこの手法を用いて網平均計算を試み、すべての一次基準点 (2,900 余点)

において、その座標の標準偏差が 20 cm 以内という高い精度をもつ測地基準系「筑波測地系 1992」を構築しているが、この筑波測地系 1992 の精度は、現行の測地基準系の精度の 10 倍以上になっている点で価値が高い。また、計算結果に対してスケールや方位角などの検討を詳細に行ない、VLBI による測定データの利用が測地網をゆがめることなく座標の推定精度を向上させていること、および、採用した手法が有効であることを確認している。その結果から、約 8,000 辺の辺長測定および天文測量に含まれる系統的な誤差が十分に小さいことをみだしており、両測量の精度評価を行なった意義はきわめで大きい。

主論文 2 では、計算された筑波測地系 1992 を基準として、現行の測地基準点成果に対する座標の更新ベクトルを高精度に求めており、北海道 (5.4 m) と九州 (4.4 m) に加え、山陰地方でも 5.4 m に達する成果の更新が必要であることを指摘している。また、基準点測地網のゆがみを地域ごとに定量的に調べており、現行の測地基準系の特徴と限界を具体的に示した点は評価される。また、旧三角測量データの再計算座標と筑波測地系 1992 の座標を比較することにより、北海道と九州で地殻変動をとらえている。さらに、将来、同じ手法で同等精度の座標値を計算することにより、地殻変動ベクトルを地球基準系のなかで推定する可能性を論じているが、将来への提案として適切である。

申請者は、父島において VLBI と衛星レーザー測距 (SLR) のコロケーションを行ない、日本にも適用できる ITRF 座標系の構築に貢献している。また、筑波測地系 1992 を地球重心系 (ITRF 89 系) および WGS 84 系へ座標変換し、座標系の統一を試みている。加えて、地域ごとの東京測地系—WGS 84 系間の座標変換マップを作成し、多くの関連分野の利用者の便に供しうる資料を提供している。

申請者の研究成果は、「基準点座標 92」や「TKY 2 WGS for Windows」として、利用者が実際に利用できる形にまとめられており、すでに研究者や測量関係者などに配布され、研究者が行なう高精度測量や国が実施する 4 種類の基本測量に利用されはじめている。このことは、申請者の研究成果が高い精度を要する地球物理学の研究に寄与することを証明しており、研究面での価値ばかりでなく、実用面での価値も高く評価できる。

参考論文 8 篇は、本研究の基礎または応用を論じたものであり、いずれも、申請者の活発な研究活動を示している。

よって、本論文は、博士 (理学) の学位論文として価値あるものと認めた。

なお、平成 6 年 11 月 4 日に、主論文および参考論文に報告されている研究実績を中心とし、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。