

VI-135

ニュートリノ発射施設建設におけるGPS長基線測量について

ハザマ 正員○笠 博義、正員 黒台昌弘、正員 吉村和彦
文部省高エネルギー物理学研究所 中村健蔵、野海博之

1. はじめに

宇宙の起源を探求する上で、素粒子物理学の果たす役割は大きく、中でも素粒子の一種であるニュートリノについては研究者の関心が集まっている。こうした中で、高エネルギー物理学研究所では、人工的にニュートリノを作り出すことによって、その性状や質量について検討を行う大規模な実験計画が進められている。実験は図-1に示すように、上記研究所内のニュートリノを射出するビームラインより、岐阜県神岡町に建設された観測装置である「スーパーカミオカンデ」へ向けてニュートリノを射出するもので、ニュートリノが飛行中にその種類を変化させるという現象（ニュートリノの振動）の検証が期待されている。ここで、この実験では、約250km離れたスーパーカミオカンデにビームラインの方向を正しく合わせた上で、ニュートリノを発射することが必要であることから、ビームラインの方向角を決定することは非常に重要である。このため、実際の施設建設においては、同研究所およびスーパーカミオカンデの3次元的な位置を正確に測量することによって、ビームラインの方向を決定しなければならない。

こうした要求に対して、従来の方法では、各施設に近接する三角点を基準として、それぞれの座標をトラバース測量等によって求め、両者の座標値を求める方法が考えられるが、この方法では、各々の地区の属する公共座標系が異なる

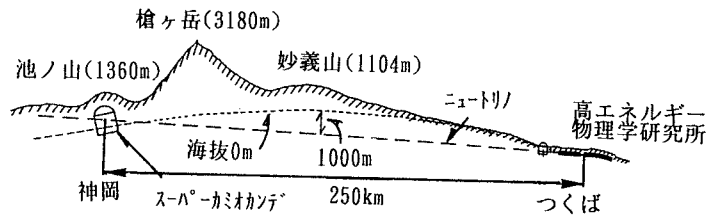


図-1 ニュートリノ発射実験の概要

ため、厳密には座標値同士の比較には系の違いによる誤差が含まれることになる。

以上のようなことから、本研究は、上記の問題を解決する手法として、地球全体を一つの系として位置決めを行うGPSの適用を検討を行ったものである。すなわち、本研究の目的は、通常の建設工事では必要とされることがなかった、100kmを越えるGPS測量を実際に行うことを通じて、長基線測量におけるより簡易で高精度な測量手法としての、GPSの適用性について検討することである。

2. 実験施設の概要とGPS測量の適用方法

スーパーカミオカンデは土被り1000mの地中に建設されたニュートリノ観測装置であり、弾丸型の地下空洞内に構築された、直径約40m、高さ約42mの純水を満たした水槽である。水槽内壁にはニュートリノの反応を検出するための光電子倍增管が11200個取り付けられている。このように、スーパーカミオカンデが地中深く構築された施設であるため、この位置を直接的にGPSで求めることは不可能である。

このため、本検討においては、つくば地区では高エネルギー物理学研究所内の三角点を基準としてビームライン方向を決めるための測点（つくば測点）を設置し、神岡地区では、既存の三角点の配置やGPSの受信状態を考慮して、スーパーカミオカンデからは約15km離れた地点に測点（神岡測点）を設けて測量を行った。これは、スーパーカミオカンデに通じる坑道付近は急峻な山岳部であり、GPSのデータの受信上の制約が大きいためである。神岡測点からスーパーカミオカンデの位置を求める方法としては、最初に神岡測点を基準としてGPSで坑口の位置を測量し、そこから坑内は従来の測量を行うことによって、装置の中心位置を決定することとした（図-2）。つくば測点～神岡測点の測量は、次に示す2つの方法で行った。

1) GPS長基線測量：つくば～神岡間をGPSによって一度に測量する方法で、実際のデータ取得は、両

地区同時に連続6時間の受信を3回実施し、データのばらつきなどを考慮して最も精度が高いと判断されるものを採用した。

なお、長基線解析においては、公共測量や建設工事等で広く用いられている一般の基線解析手法に加えて、測点周辺の電子基準点データを用いて、厳密な電離層補正が可能な解析手法（GAMIT）を適用した検討も行った。

また、GPSの座標系であるWGS-84座標系と東京測地系の変換には、z軸方向の補正効果が大きい精密座標変換マップを用いた。

ここで、GAMITでの解析においては、通常24時間以上の連続受信が必要とされていることから、精度的には問題が残るが、今後の電子基準点網の整備と共に、この手法の実用性が向上するものと予想され、本研究ではこの検討を将来に備えた予備的な検討と位置付けている。

2) 従来のGPS基準点測量：神岡地区内の3箇所の三角点と神岡測点にGPS受信機を設置し、衛星配置条件を考慮して連続2時間のデータ受信を行った。なお、標高値については、今回使用した三角点の配置状況が、鉛直線偏差を推定するには不適切であったことから、神岡測点に近接する別の三角点から間接水準測量で求めた値を採用することとした。

3. 測量結果と精度の検討

本研究のような長距離の測量において、真値との比較をもとに誤差を論じることが不可能であることから、ここでは、公共測量として認められている手法に準拠して行った、従来のGPS基準点測量に対する長基線測量の値の差について検討を行った。表-1には各手法で求められた神岡測点の座標値を示した。この表からわかるように、従来のGPS基準点測量と2種類の長基線測量結果の差は、平面的にはほぼ30cm以内、標高で1m以内である。一方、本研究で要求されている測量精度は、250kmの距離やスーパーカミオカンデの大きさと合わせて、ニュートリノの射出方向のばらつき等を考慮すると、神岡に到達した時点で数m程度が要求されている。このことから、本研究で検討した2つの手法による測量結果の差は、許容誤差に対して十分に小さく、実用上は両手法とも精度的には問題ないものと推定される。

4. まとめ

本研究の結果から、従来の測量法では高精度の測量が困難であった長基線間の測量でも、GPSは有効な手段となり得るものと考えられる。特に、一般的には数10km程度までが適用範囲と言われていた従来のGPS基準点測量でも、長基線測量に対して、十分実用的な測量が可能であることが確認された。また、今後の電子基準点網の整備とともに、100km以上の長基線測量における、高精度の解析手法の実用性が大きく向上するものと思われる。

今後は、GPSによって高精度で決定されたビームラインの方向角を建設工事にできるだけ正確に反映させる方法や、WGS-84系と東京測地系との鉛直線偏差に対する補正について検討を行う必要があるものと考えられる。

最後に、GAMITによる長基線データの解析は、建設省国土地理院測地部測地第二課において実施して頂いた。また、GPSデータ受信においては、高エネルギー物理学研究所物理研究部ビームチャンネルグループの方々ならびに（株）トプコンにご協力を頂いた。ここに感謝の意を表します。

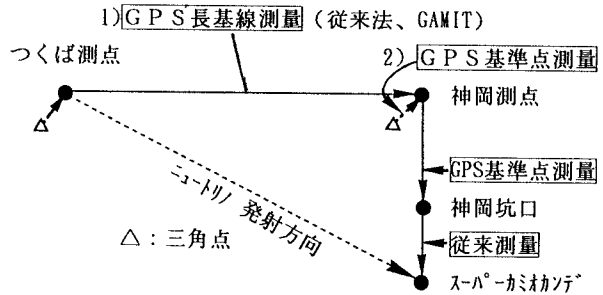


図-2 測量方法の概要

表-1 測量結果（神岡測点）

	公共座標 (第7系)	従来の基準点 測量との差
従来の基準 点測量	33571.144m 12959.478m 564.145m	—
長基線測量 (従来法)	33571.329m 12959.794m 565.064m	+0.185 +0.316 +0.919
長基線測量 (GAMIT)	33571.212m 12959.775m 565.033m	+0.068 +0.297 +0.888