

学 位 論 文 題 名

Bouguer anomaly and 3-D crustal modeling
of the whole Peruvian Andes using
the completely revised gravity data

(高精度に改訂された重力データに基づく、
ペルーアンデスのブーゲー異常と 3 次元地殻構造)

学位論文内容の要旨

南北 8000km にも及ぶ南米のアンデス山脈は陸同士の衝突帯であるヒマラヤを除けば、世界で最も大きな山脈である。今回の研究の対象となっているペルーアンデス地域は、アンデス山脈中部の最も山体規模が大きい、いわばアンデスの骨格部分に位置している。またこの地域は南米大陸の回転運動の支点にあたる場所でもあり、非地震性であるナスカ海嶺が南米大陸に沈み込む興味深い地域である。

このペルーアンデス山脈を支える地殻の構造がどのような構造になっているのかという問題を考える際、重力のデータは有効かつ欠く事ができないものである。しかしながら、この地域において、重力ポテンシャルを示す精度の良い重力異常図はごく一部の地域を除いて過去に公表されていなかった。それは重力異常図の元になる面的に広く分布した精度の良い重力値を得ることが出来なかった事が原因である。

この地域における主な重力測定としては、ペルー国立地球物理学研究所 (IGP) の手によって 1950 年代後半から 40 年間にわたり続けられていたもの (延べ約 26,700 点)、および日本の観測隊が 80 年代に 2 度、アンデス山脈を横断する測線で独自に重力測定を行ったもの (約 600 点) が存在する。Ocola (1980) は前者のデータベースを基にペルー全土のブーゲー異常図を作成したがデータ処理上の問題により、重力値自体に解明不能の誤差が生じ、後者との差は 100mgal 以上にも達する事が知られていた。

こうした現状を考慮すると、ペルーアンデスにおける 3 次元的な地殻構造を解析するために面的に分布しかつ精度の良いデータを得ようとする場合、自前でペルー全土における重力測定をするか、IGP で蓄積された観測データを生かすか、という 2 つの選択肢が考えられる。独自測定を選んだ場合、年間 500 点の観測としても、IGP のデータセットに匹敵するものを得るには 15 年以上の年月を要する。しかも、国内の水準点の多くが道路拡張などで失われている現状では、重力測定以外に位置・高度測定も同時に行わなければならない。したがって今回、IGP の測定記録の完全な見直しを行い、両者の誤差の原因を追求・補正し、既存の測定値から重力値を決め直すという方法を選んだ。

この様な動機のもとに、1995 年から IGP との共同研究を開始したが、当初予想された以上の多くの困難に直面した。それらを簡潔に言えば、長い年月の間で測定値から絶対重

力値を求める際に必要な情報のいくつかが欠落していたという事であった。これらを克服する為に、IGP の重力測定点を探し出し、そこで再測定した値を使って元の測定値を補正する事で絶対重力値を決定するという方法を取った。この結果、最終的に 2mgal 以下の誤差で、7,659 点の重力値を約 5 年間で完成させ、初めてこの地域の面的に分布した高精度の重力値を得ることができた。

さらに、得られた重力値から海面上の質量の密度と地形をあたえる事でその影響を取り除いた、ブーゲー異常図を作成した。ただし、現時点では地形補正を施さない単純ブーゲー異常図である。地形補正を行わなかった原因は、それを正しく見積もるのに十分な精度の地形の標高データがなかったためである。このため、異常図においては観測点近傍の地形の短波長な凹凸は考慮されていない。現在この影響を見積もるべく滞在中に集めた 10 万分の 1 の地形図を読み取って、この標高データベースを作成中である。得られた異常図からは、

- (1) ブーゲー異常はアンデス山脈の走向に沿っており、負の異常帯の最大値は -400mgal にも達する、
- (2) この大きな負の異常帯の幅は、ナスカ海嶺が衝突する地域を境にして北側と南側とは大きく異なり、南側で急激に広がってボリビア国境付近まで追跡できる、
- (3) この特異な負のブーゲー異常帯の分布は、ナスカ海嶺が衝突する地域の北側と南側の地下構造が大きく異なる事を示唆する、

ことが読み取れる。これらは従来から知られていた事であるが、本研究によりその面的な詳細が初めて明らかになった。本研究で得られた重力値およびブーゲー異常図はペルーアンデス山脈の地下構造解析のための第 1 級の資料であるばかりではなく、アンデス山脈隆起のメカニズム解明のための非常に重要な成果である。

次にこうして得られた重力異常値を満足する 3 次元の地殻モデルを考えた。当然この地域において、重力以外のデータを用いていくつかの構造を推定する試みはなされているが、対象としているスケールが大きくデータも不十分なために、地殻に関して言えば、いくつかの測線での大雑把な地殻の 2 次元速度構造にとどまっている。したがって今回は、少なくとも得られた重力異常値の短波長を除いた特徴を満足する 3 次元的地殻モデルを考えた。勿論あるポテンシャル面を与える密度分布は一意に決まらないため、この構造はある仮定をおいた上でのモデルである。具体的には、地形が上部と下部の 2 つの様な仮定された密度を持った層から成り立っているとした。まず 2 次元断面で観測値と計算値が合うように地下構造解析をおこない、それを 3 次元に拡張し最終的にアンデス山脈の 3 次元地下構造モデルを作成した。その結果、

- (4) 地殻の最も深い部分は約 60km の深さにまで達している。
- (5) ほぼ同じ厚さを持つ南北に続く大陸地殻は、ナスカ海嶺との衝突部分で 7, 8 km 薄くなっており、そこで南北の地殻が分断されているように見える。これは本研究によって初めて明らかになった事実である。
- (6) 地形的には同規模である東西の山脈のうち、東側 (Eastern Cordillera) を支える地殻は 10km ほど薄くなっており、地殻の浮力以外の、例えばプレートの応力場などで支えられている可能性がある、

ことを明らかにした。

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	笠 原	稔
副 査	助教授	森 谷	武 男
副 査	教 授	西 田	泰 典
副 査	教 授	小 山	順 二
副 査	教 授	深 尾	良 夫 (東京大学地震研究所)

学 位 論 文 題 名

Bouguer anomaly and 3-D crustal modeling of the whole Peruvian Andes using the completely revised gravity data

(高精度に改訂された重力データに基づく、
ペルーアンデスのブーゲー異常と 3 次元地殻構造)

南北 8000km にも及ぶ南米のアンデス山脈は陸同士の衝突帯であるヒマラヤを除けば、世界で最も大きな山脈である。ペルーアンデス地域は、アンデス山脈中部の最も山体規模が大きい、いわばアンデスの骨格部分に位置している。またこの地域は南米大陸の回転運動の支点にあたる場所でもあり、非地震性であるナスカ海嶺が南米大陸に沈み込む興味深い地域である。このペルーアンデス山脈を支える地殻の構造がどのような構造になっているのかという問題を考える際、重力のデータは有効かつ欠く事がないものである。

申請者は、ペルー地球物理研究所が 40 年の歳月をかけてペルー全土で行ってきた膨大な重力測定データが世に出ることなく死滅しかかっていたのを、自らを含む日本人研究者が得た約 900 点の重力測定値と結ぶことによって計約 8700 点の重力値として見事に蘇らせたことにある。ペルーは今、道路の改修に伴って水準点が急速に失われつつあり、今後の再測は絶望的状况にある。将来の例えば人工衛星や航空機による詳細な重力図が得られるまでは、本結果がペルーアンデスに関する最も基本的・包括的なデータセットとして引用され続けることは疑いない。具体的な作業は、ペルー地球物理研究所の全アーカイブデータの野帖に遡っての数値チェック、コンパイルデータ相互の consistency check, 各サーベイルート結節点及び重要点における独自の重力測定、そしてそれら全てを総合した gravity reduction からなるが、初めは殆ど絶望的に思えた地球物理研究所の重力データの統一的な reduction に、標準偏差 2 mGal の精度で成功している。この精度は本データセットの信頼性を強く裏付けるものであり、申請者の業績として高く評価されるべきものである。

次に、重力値のコンパイルに基づいてブーゲー異常値を求め、その分布からアンデス山脈の地殻の“3次元”構造を世界で初めて求めた点にある。これは今回のような重力の広域2次元分布が得られて初めて可能となったものであり、従来のアンデス横断断面図に基づく地殻構造議論から脱却し、アンデス研究の新たな展開を促すものとしてその意義はきわめて大きい。アンデスの地殻3次元構造を見るのは、ペルー以外の地域も含めてアンデスでは初めてであり、非常に優れた結果である。

地殻構造を求めるアプローチ自体はナイーブなものであり未だ工夫の余地はあると考えられる。しかし、現段階においても既にきわめて重要な結果が得られており、それらは今後より詳細な解析が行われても定性的には変わることはないと考えられる。そうした結果の1つは、中部アンデスと北部アンデスとでは山体の規模は大きく異なるのに地殻の厚さには殆ど差が見られないという驚くべき結果である。北部アンデスは山幅が相対的に狭く、且つ西側サブアンデスで thrust 型の地震が頻発していることから、山体はブラジル側大陸リソスフェアの水平圧縮によって保たれていると考えられてきたが、こうした考えの再検討を促す新しい結果が得られている。

もうひとつの驚くべき結果は、ナスカ海嶺の延長戦上では、モホ面の形状にまでナスカ海嶺の影響が現れているという結果である。地殻構造がナスカ海嶺の影響を受けていること自体は今回得られたブーゲー異常分布を見れば直ちにわかることであるが、その影響がモホの深さにまで及んでいる（あるいは及んでいてもよい）とする結果は、今回の解析によって初めて明らかになったものであが、ridge subduction のテクトニックな重要性を再認識させるに十分な結果とすることができる。

この成果は、ペルーアンデス地域全体をカバーする高精度の重力データセットを編集し、その結果に基づいてアンデス山脈の地殻の“3次元構造”を世界で初めて明らかにしたもので、地球惑星科学分野に大きな貢献をしたものと高く評価できる。

よって、著者は北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。