

氏名(本籍)	ゴンサロ バルカサ (チリ)				
学位の種類	博士(理学)				
学位記番号	博甲第5580号				
学位授与年月日	平成22年12月31日				
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当				
審査研究科	生命環境科学研究科				
学位論文題目	Detection of Glacier Surface Conditions Using Landsat and ERS-1/2 Data and Their Implications to Glacier Variations : Northern Patagonia Icefield, Chile (Landsat と ERS-1/2 を用いた氷河表面状態の観測と氷河変化への影響予測 : チリ国北パタゴニア氷原)				
主査	筑波大学教授	工学博士	福島	武彦	
副査	筑波大学名誉教授	理学博士	安仁屋	政武	
副査	気象研究所	理学博士	青木	輝夫	
副査	筑波大学准教授	博士(地球環境科学)	松下	文経	

論文の内容の要旨

南米に位置する面積約 3950km² の北パタゴニア氷原は、温暖氷河としては南半球で南パタゴニア氷原 (13000km²) に次ぐ第二の規模を持つ氷体である。規模と位置から気候変動の指標として重要であるが、気象条件の厳しさやアクセスビリティの悪さから現地調査が困難で氷河や氷河変動に関するデータは依然として少ない。

氷河は、積雪が氷に変化して氷河を涵養する涵養域と氷が融けて氷河が縮小する消耗域に分けられる。積雪量と融雪量が等しい所を平衡線と呼ぶが、これが年々同じところであれば氷河は停滞、上流側へ移動すれば氷河は後退、下流側へ移動すれば氷河は前進する。従ってこの平衡線の位置(平面・高度)を求めることは氷河の変動を知る上で大切である。現地調査の可能な氷河ではこれを通年の現地観測で求めるが、パタゴニアでは現地観測は不可能に近いので、未だにこのようなデータはない。そこで、本研究は北パタゴニア氷原を研究対象地域として、この平衡線の位置と高度を衛星データによって求め、これと末端変動との関連を明らかにすることを目的とした。細かくは、(1) ランドサット・データを使って平衡線高度と冬の積雪限界高度を求める、(2) 晩夏、冬、春に撮られたレイダー (SAR・合成開口レイダー)・データを使って涵養域の雪・氷の状態を推定する、(3) そしてこれらと氷河末端変動との関連を解析する、ことである。

北パタゴニア氷原はほぼ西経 73°30' に沿って南緯 46°30' から 47°30'S にまたがり、28 の溢流水氷河を持つ。このうち今回対象としたのは 1945 - 2007 年の末端変動のデータがある 21 の氷河である。平衡線を求めるのに使用したランドサット・データ (MSS, TM, ETM) は、1979 年から 2003 年にまたがる夏の 5 シーン (1979、1985、2000、2001、2003)、冬の雪線高度は 2 シーン (1999、2004) である。現地調査は 2004、2005、2007、2009、2010 年に行った。SAR データは European Remote Sensing Satellite (ERS-1 and -2) で 1997 - 98 年に撮られたものである。平衡線高度を推定するために ASTER のステレオ・ペアーから DEM を作成した。気温 0°C の高度を求めるには北パタゴニア氷原の北端に位置するエクプロラドール氷河で観測した気

温を利用した。

1979年から2003年の間の5時期で求めた21の氷河の平衡線の高度は870mから1529m(精度29m)であった。同じ氷河での平衡線の変動は11mから最大で376m(精度29m)であった。このように氷河毎、あるいは年々の変動が大きい結果は、北パタゴニア氷原の溢流氷河の地域性が大きいことを示していた。一般に氷原の西側および南側に位置する氷河の平衡線高度が低く、しかもその変動が大きいことが判明した。これはそれらの氷河の涵養域が偏西風帯の風向き斜面にあるという地形効果に加えて、傾斜が緩く面積が大きいからと推測した。

1997年-98年の南半球の晩夏、冬、春のSARデータの解析により、涵養域の氷・雪の状態(雪温、雪密度、雪湿度)は凍結温度、融解温度など気温の季節変化に対応していることが判明した。氷原西側に位置し第二の規模を持つ(面積760km²)サンラファエル氷河の涵養域で2009年の冬(8月)に掘ったピットでは、循環した水が氷っている層が卓越していた。この層が春になるにつれて融け、湿雪層を形成する。氷河末端の気象データから推定した夏の0℃の標高は約1850mで、これは涵養域のかなりの部分を含み、雪解けによる湿雪を生み出している。一方、冬の0℃高度は650mで、消耗域のかなりの部分を含み、冬でも消耗が起きていることを示す。既存の1945-2007年の氷河末端変動データと今回求めた平衡線の位置とその変動を比べたところ、一般に末端変動が大きい氷河は平衡線の高度が低く、その変動が大きいことが判明した。

審査の結果の要旨

本研究は、衛星データから求めた北パタゴニア氷原の21の溢流氷河の5時期(1979年から2003年の間)の平衡線の位置と高度が氷原の東西南北でかなり異なること、また年々変動が大きいことを示した。これらは地形的な位置や流域面積の大きさを反映しているものと考えられた。また、SARデータは涵養域の氷・雪の状態の推定に有効であることが判明した。さらに、気温データの解析から夏でも涵養域の大部分で融解し、消耗域では冬も融解していることが明らかになった。平衡線の高度の変動が大きい氷河では、1945年以降の末端変動(後退)が大きいことが判明した。

以上、観測結果の乏しかった南アメリカ大陸での氷河の変化を明らかにした成果は学術的に大きいと判断する。

よって、著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。