

Q 35. 雪の重みで大地が凹む？

私の家は雪国にあるので、毎年冬には、屋根の雪下ろしをしないといけない。さもないと雪の重みで、家がつぶれてしまうからです。家の屋根だけではなくて、山や平地に積もった雪は、すごい重みを地面にかけているはずですが、地面が凹んだりしないのですか？

A35. 車を大切にする人の家には鉄骨と透明な天井板からできたカーポートと呼ばれるものがあって、車を雨や雪から守っています。2000年から2001年にかけての冬は、予想以上に雪が多く降りました。私の団地でもいたるところで、雪の重みでカーポートの天井が割れたり鉄骨が曲がったりして、大変だったようです。雪の多い地方では、冬の朝の仕事として「雪かき」があります。一見軽そうな雪ですが、ドカ雪のあとの雪かきは重労働です。このように雪が結構「重い」ことを実感する機会は多々あります。

わが国の日本海側は世界に冠たる雪国です。シベリアから吹く冷たい冬の季節風は、日本海の上空を通過する際にたっぷり水蒸気を溜め込みます。季節風が日本列島の背骨をなす山脈にぶつかった際に、水蒸気は雪として放出されます。北陸地方から東北地方日本海側にかけての山沿いでは、深さ数 m とした雪は珍しくありません。

新雪の密度は 1 cm^3 あたり 0.1 g 程度ですが、上に降り積もる雪に圧縮されて徐々に重くなっていき、雪融けの頃には平均密度は 1 cm^3 あたり $0.4\text{--}0.5 \text{ g}$ くらいにまで増えます。もっとも雪深い地域での積雪荷重は、同じ重さの水に直すと深さ 1 m ほど、つまり 1 m^2 あたり 1 t もの重さになります。雪の下にある大地は大丈夫なのでしょうか。カーポートのように雪の重みで壊れることはないでしょうが、凹むくらいのはあってもよさそうです。

最近の GPS 衛星を用いた観測 (**Q&A22, 23**) では、雪の荷重で日本列島が凹み、かつ縮む様子がはっきりととらえられています。雪の多い日本海側の山沿いを中心に、およそ 1 cm の沈降、また雪の重みに引っ張られて日本列島は幅が $3\text{--}4 \text{ mm}$ 縮みます (図 35-1)。この縮みは、当然ながら雪の少ない温暖な地域では小さくなります。このように重さのかかり方の違いによって変形の度合いが異なることを、「荷重弾性変形」といいます。

荷重に対する地球の応答はモデル計算できますから、荷重の大きさと分布がわかれば、地球の変形が計算できます。逆に、変形を観測して未知の荷重を求めることも可能です。わが国の大地は季節によって伸び縮みしているのです。四季の移ろいは、日本列島の自然を語るうえで大事なキーワードですが、大地そのものまで季節の変化にしたがって変形しているのは驚きです。

変化量は雪ほどではありませんが、大気のもみ (大気圧) も大地にとっては大きな荷重になっています。西日本では冬の平均気圧は夏に比べて 10 ヘクトパスカル以上も高いのですが、これは冬に大地一面に深さ十数 cm に張った氷が、夏に消えることに相当します。

Q&A25 でも少し説明しましたが、土壌に含まれる水分も、季節によって変化します。夏の間は植物による蒸散作用や地面からの蒸発作用が活発になります。

そのため、夏の雨量が比較的少ない瀬戸内や北海道では、土壌水分が大気圧の季節変化と同じ程度の荷重変動をもたらします。ダムに貯えられた水も季節によって変化し、そのまわりの大地が周期的に変形します。さらに地下水や水田に引いた水による荷重も季節変化します。雪に限らず、一般的にこれらの荷重は冬になると増える傾向があるため（水田は例外）、全国的に冬季に地面が縮み、かつ凹むこととなります。

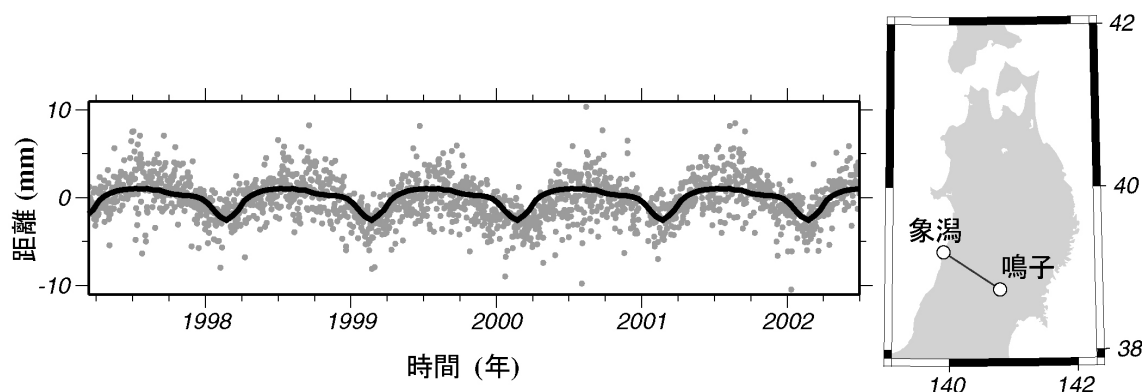


図 35-1 東北地方の象潟（秋田県）と鳴子（宮城県）を結ぶ直線の距離の季節変化。点々は GPS で実際に測った値（国土地理院提供）、黒い線は雪の量や冬の大気圧の増加などから予測された距離の季節変化。

冬季に地面が縮む傾向は、世界の多くの地域で見られます。12月から2月にかけての北半球の冬には、雪、大気、陸水といった荷重が北半球の高緯度地域に増えます。これらの荷重は南半球が冬になる6月から8月の間は南半球に移動します。その結果、地球の重心は1年周期で南北に1cm弱の振幅で振動し、かつ北半球と南半球が交互に縮むというスケールの大きな現象が、衛星を用いた観測で確認されています。

こういった荷重の波及効果として、地震発生への影響があるという説があります。地震は地下の断層の両側の岩盤がずれて、大地に蓄積されたひずみを解放する現象です（Q&A33）。地表に雪などの荷重があると、それらは地下の断層を両側から押し付けて動きにくくするはたらきをします。

地震発生寸前までひずみがたまった断層があったとしましょう。冬の間は雪の荷重でなんとか動きを押さえられていた断層が、春の雪どけで荷重が取り除かれたときに動き出すことは、十分考えられます。事実、日本の積雪地域で過去に発生した被害地震の発生時期を見てみると、春から夏にかけての発生数が秋から冬にかけての発生数の何倍かになります。雪には、動き出す寸前の断層を一時抑える効果があるのかもしれませんが。

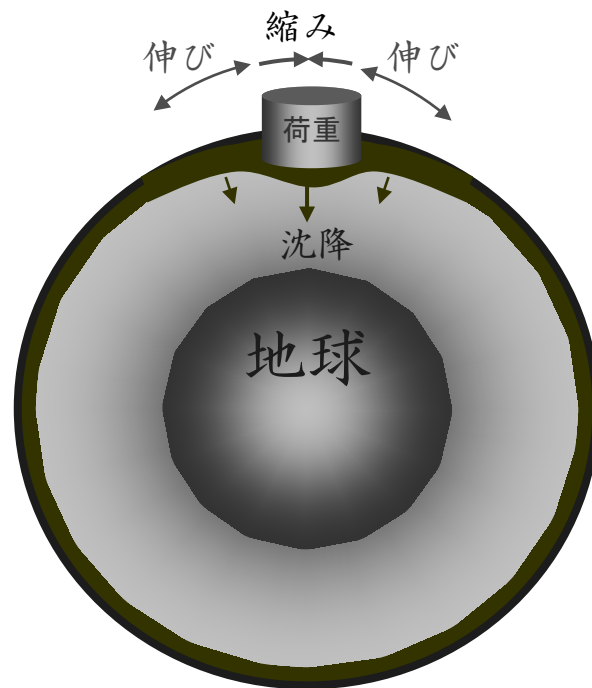


図 35-2 地球上の荷重があると、地表が沈降するだけでなく、荷重直下は水平方向に縮み、荷重の外側は伸びが見られる。

茨城県鹿嶋市に、鹿島神宮という古い神社があります。その境内の深い森のなかに、「要石」と呼ばれる石が、地面からわずかに顔を出しています。言い伝えでは、どれだけ掘っても掘り出せない巨大な石だとか。鹿嶋大明神がこの要石で地震をおこすナマズの頭を抑えているおかげで、茨城県には地震が少ないのだそうです。雪国の要石は、案外雪なのかもしれません。 (H)