

GIS を用いた凍結指数および凍結期間の推定法について

高見雅三*・川端伸一郎**

Estimation of freezing index and period using GIS

Masazo TAKAMI* and Shinichiro KAWABATA**

*道総研地質研究所 Geological Survey of Hokkaido, Nishi 12-1, Kita 19-jo, Kita-ku, Sapporo 060-0819, Japan. E-mail: takami-masazo@hro.or.jp

**北海道科学大学 Hokkaido University of Science 15-4-1, 7-jo, Maeda, Teine-ku, Sapporo 006-8585, Japan. E-mail: kawabata@hus.ac.jp

キーワード：凍結指数・凍結期間，凍結深さ，凍上対策，GIS，重力地形補正

Key words：Freezing index and Freezing period, Frost depth, Frost penetration, Geographic Information System, Terrain correction for gravity survey

1. はじめに

北海道のような積雪寒冷地では、道路やそれに付帯する土留め擁壁およびカルバートボックスなどの構造物で、凍上による被害が発生している。凍上対策の設計には凍結深さが重要であり、実測のほか、地盤の熱定数と凍結指数や凍結期間により算出することができる（高見，2006）。凍結指数や凍結期間を知るには気温観測データが必要であるが、凍結深さを知りたい場所で必ずしも気温観測が行われているとは限らない（川端ほか，2013）。

本研究の目的は、気温観測データから年変動や地域特性を解析し、気温観測が行われていない場所で、GIS等を用いて最適な凍結指数や凍結期間を推定することである。

2. 凍結指数と凍結期間

一般に凍結指数の計算は、1時間間隔の気温データを積算した時の最大値と最小値の差（累積気温の最小になる積算値－累積気温の最大になる積算値）で求める2点法が用いられる。単位は（ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{days}$ ）で、 F 記号で表される。凍結期間の計算は、（累積気温の最小になる日付）－（累積気温の最大になる日付）が用いられる。単位は（days）で、 t 記号で表される。

3. 利用した気象データと期間

道内の気温観測は、主として気象台や1975年～観測を開始した気象庁の自動気象データ収集システム（以下、AMeDAS観測点）のほか、道路管理者（以下、Telemeter観測点）によりおこなわれている。本研究では、AMeDAS観測点の158地点と、Telemeter観測点のうち、峠などの比較的標高の高い41地点、計199地点（以下、全観測点）の1時間間隔の気温観測データをDB化し、年度毎に日平均気温、凍結指数、凍結期間などを算出した。凍結深さの推定に必要な凍結指数と熱比の相関式なども求めた。

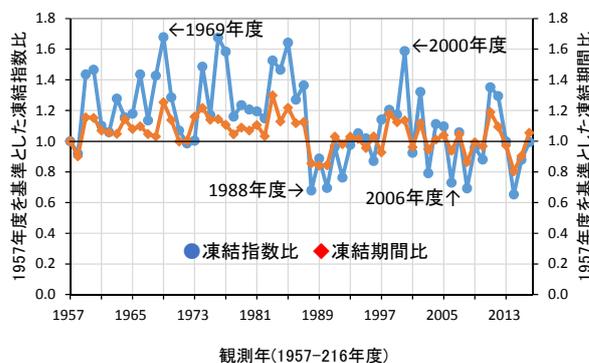
凍結指数や凍結期間の推定に用いた期間は、AMeDAS観測点は、1957～2016年度まで、Telemeter観測点は、1961～2008年度（11月～翌年5月）までである。

4. 凍結指数や凍結期間の年変動特性と地域特性

4.1 年変動特性

AMeDAS観測点の158地点のうち、気温観測期間が長い、気象台・測候所区分とAMeDAS（以下、AMeDAS主要観測所）の22地点の気温観測データを用いて、1957～2016年度までの年変動特性を調べた（第1図）。

その結果、1957～1987年度の間では、凍結指数は、1957年度の凍結指数を下回る（1.0以下）のは1/31回、1988年度以降は、15/29回、同様に、凍結期間は、1957年度を下回るのは1/31回、1988年度以降は、17/29回であり、1988年度を境にギャップがあることがわかった。

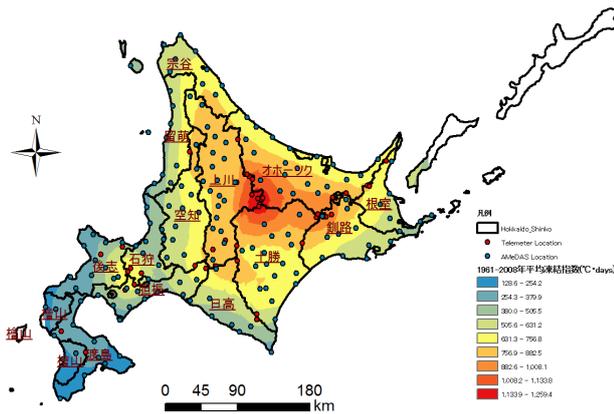


第1図 1957年度の凍結指数および凍結期間を基準とした年変動

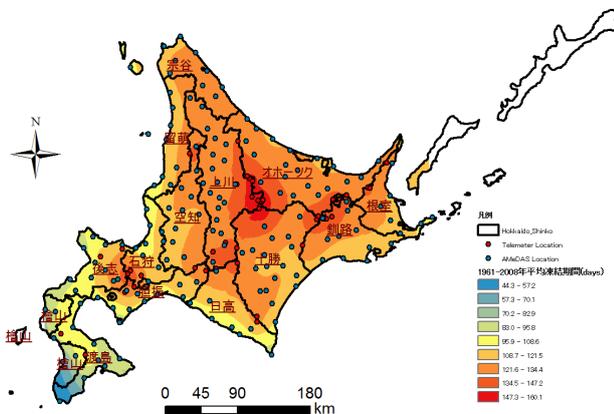
4.2 地域特性

1961～2008年度までの全観測地点の平均凍結指数および平均凍結期間の空間分布を第2図、第3図に示す。作図にはEsri社のArcGISを、空間補間にはそのExtensionの一つであるSpatial AnalystのKrigingを用いた。

その結果、道内の凍結指数や凍結期間の空間分布の特徴は、大局的に道央～道東の内陸部が大きく、隔海度が小さい（より海に近い）ほど、小さくなり、また、道内では比較的温暖な道南では小さく、海岸線沿いは、宗谷岬～日本海（積丹半島）～渡島半島～室蘭～襟裳岬、宗谷岬～オホーツク海～知床岬～根室～襟裳岬まで同レベルの値を示すことがわかった。これらは標高と調和的な結果である。



第2図 1961～2008年度の全観測地点における平均凍結指数の空間分布図 (°C・days)



第3図 1961～2008年度の全観測地点における平均凍結期間の空間分布 (days)

5. 新たな推定法の試み

重力探査は地下の密度構造を把握するための物理探査の1つである。重力は高さや地形の影響を受けるため、解析には、ある範囲内の地形を平らな地盤上の値と仮定する地形補正（以下、地形補正值）などを施す。

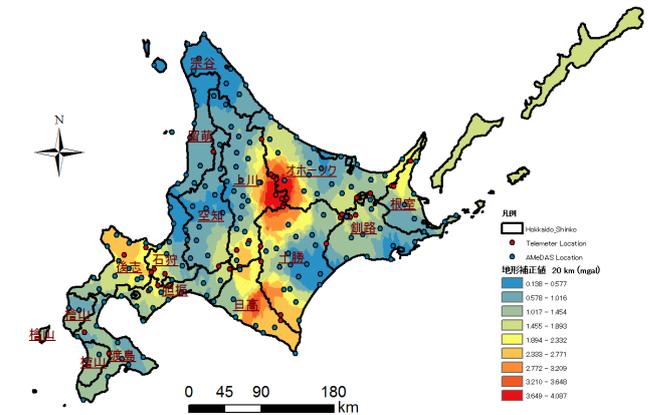
本研究では、気温も標高や地形の影響を受けることから、地形補正值から凍結指数や凍結期間を推定する方法を試みた。地形補正を行う計算範囲は、気候の地域特性などを勘案し、既知観測点から半径20 km範囲とした。

地形補正值の空間分布を第4図に示す。地形補正值は、標高が高く地形の起伏に富む場所は大きく、平野や盆地では小さい結果を示し、第2図、第3図の結果と調和的である。標高の高い場所では、地形補正值と凍結指数や凍結期間には相関係数が0.7以上と強い相関を示し、推定に利用できるが、帯広のように内陸部の平野で、かつ気温が低い場所では、相関係数が0.4以下と相関が弱く、推定には利用できなかった。また地形補正值は、年変動しない定数であり、年変動する凍結指数や凍結期間を推定する場合、地形補正值との相関だけでは難しいこともわかった。

次に総合振興局・振興局毎に標高と凍結指数や凍結期間との相関から推定する方法を試みた。その結果、オホーツク・渡島・上川・釧路・後志総合振興局、石狩振興局では、相関係数が0.7以上と強い相関があり、知りたい場所の標高がわかれば、推定できることがわかった。しかし、観測地点の標高が同じような空知・宗谷総合振興局、根室・檜山・留萌・日高振興局では、相関係数が0.4以下と弱く、

また胆振・十勝総合振興局は、比較的標高の高い観測点はあるが、標高の低い観測点が多いため、相関係数が0.5前後と弱く、推定には利用できないこともわかった。

従って、それぞれの利点を活かすとともに、年変動や地域特性を加味すれば、凍結指数や凍結期間を推定には利用できると考える。



第4図 重力の地形補正值（半径20 km）の空間分布

6. おわりに

以上の結果を纏めると以下のとおりである。

- (1) AMeDAS観測点やTelemeter観測点による計199地点の気温観測データを最大1957～2016年度まで収集し、DB化した。
- (2) 気温観測データから凍結指数や凍結期間を求め、凍結深さの推定に必要な凍結指数と熱比の相関式を求めた。
- (3) 凍結指数や凍結期間は、年変動特性から1988年度を境にギャップがあること、空間分布から隔海度が小さいほど、小さくなるなどの地域特性を明らかにした。
- (4) 気温は標高や地形に影響を受けることより、重力探査で用いる地形補正值と、また総合振興局・振興局毎に既存観測点の標高と、凍結指数や凍結期間の相関から凍結指数や凍結期間を推定する方法を試みた。その結果、それぞれの利点を活かすとともに、年変動や地域特性を加味すれば、利用できることを明らかにした。

7. 謝辞

本研究は、平成27～29年度科学研究費助成事業（基礎研究(C)(一般)、研究代表者 北海道科学大学 川端伸一郎教授）「道路舗装の長寿命化を目指した凍上対策工法の高度設計手法の開発」の一部を分担者として実施したものである。本研究の遂行にあたり、重力の地形補正の計算には、地質研究所の田村 慎研究員に、GIS解析にはESRIジャパン(株)の茅田高志氏にご協力頂いた。Telemeter観測点の気温観測データは寒地土木研究所の佐藤厚子研究員に提供して頂いた。ここに記して謝意を表します。

文 献

- 伊福部宗夫(1962)北海道における道路の凍上・凍結深さおよび置換率に関する研究。土木試験所報告,no.26,102p.
- 川端伸一郎・佐藤厚子・石川達也(2013):凍結指数の地域分布および年代特性に関する考察。地盤工学会北海道支部,技術情報集, no.53,pp.263-270.
- 高見雅三(2006)Excel/VBAによる凍結深さの推定について—修正 Berggren 式を用いた場合—。情報地質,vol.17, no.2, pp.142-145.