

リモートセンシングデータを用いた釧路市周辺の液状化危険度分布

西松建設(株)技術研究所 正員 ○戸松 征夫
 西松建設(株)技術研究所 正員 佐藤 靖彦
 神戸大学工学部 正員 高田 至郎

1. はじめに

釧路沖地震(1993年1月15日20時06分)により釧路市を中心とした地域で液状化がみられた。一方、人工衛星によるリモートセンシングデータを、適切に選ぶことにより液状化地域と対応づけることの可能性が指摘されている^{1), 2), 3)}。そこで、釧路市周辺のリモートセンシングデータをあらかじめ分析し、その画像を持って対応しながら現地踏査を行なった。ただし、地震時の液状化は同一地盤で繰り返し発生し得ることを前提とし、土質情報により地震前後で液状化の可能性がわかると仮定する。

2. 釧路の気象条件とリモートセンシング画像の選択

衛星からのリモートセンシングデータは、地表により反射・放射される電磁波をとらえた画像データであり、その画像には植生分布、海洋汚染、エネルギー放出度合などの情報が含まれている。赤外線波長帯のデータを選べば、土壌区分や含水状態が把握し得るといわれている。特に、ランドサット5号衛星のTMセンサーによる赤外波長の画像(主にバンド7)は液状化地域とかなり対応するとされている³⁾。

リモートセンシングデータにはランドサット5号TMによる画像を用いる。ランドサット5号の軌道周期は16日であり、地震直前の釧路の画像は1993年1月6日に、地震直後は1月22日に得られている。1月22日の釧路市は全面的に雪に覆われており、この日の画像は地盤の情報を抽出するために適切なデータとならない。1月6日の画像では内陸部に積雪がみられるものの、市街地にはほとんど積雪がみられないので、この日の画像から地盤情報を読み取ることが可能となる。

表1 釧路地方気象台による気象観測データ

月日	天候	降雪 深さ (cm)	最深 積雪 (cm)	気温(°C)		
				平均	最高	最低
1/6	快晴	0	0	-7.9	-0.3	-15.5
7	晴後曇	0	0	-3.4	2.5	-10.0
8	曇後晴	0	0	-2.8	1.6	-6.8
9	薄曇	0	0	-4.1	-1.0	-8.4
10	曇時々雪	0	0	-4.6	1.3	-9.4
11	快晴	0	0	-5.6	-2.0	-11.2
12	快晴	0	0	-7.3	-0.4	-14.8
13	快晴	0	0	-7.7	-0.5	-14.2
14	晴	0	0	-7.0	-1.2	-13.0
15	晴	0	0	-7.4	-2.2	-11.7
16	曇後雪	0	0	-5.6	-3.3	-8.3
17	雪	13	12	-1.8	-0.7	-4.2
18	曇時々雪	0	12	-0.7	2.1	-3.4
19	雪	19	28	-0.7	1.6	-1.4
20	雪後晴	7	32	-1.6	1.4	-8.4
21	晴	0	27	-6.0	0.1	-13.4
22	晴一時雪	0	25	-5.8	-2.0	-9.0

釧路市周辺では、例年、冬季間に地盤が凍結する。地震のあった1月15日の最高気温は氷点下であり、発生時刻に外気温は-7度であった。釧路地方気象台による1月6日～22日の気象データを表1に示す。釧路市では1月初旬から地震発生の1月15日まで降雪がなく、平均気温も氷点下の日が続いた。このため、地震発生時には広範囲の地盤が凍結していたと推定される。そこで、地震発生時の積雪や凍結状態は画像撮影の1月6日とほぼ同様であったと仮定する。

この他に、積雪や地盤凍結のない時期の画像として、1990年10月29日および1989年5月19日に撮影された画像を参考に用いる。

3. 釧路沖地震による液状化発生地点と画像分析

リモートセンシング画像の分析には現地踏査を行なって、画像の特徴を確認することが重要である。地震直前のランドサットTMデータからバンド7のレベル値の高い地域を抽出した画像が図1である。ランドサットTMのリモートセンシング画像を液状化の判定に用いるために、釧路市を現地踏査したところ、次の制約が確認された。

- ① 構造物や舗装等による地盤の被覆程度が高い場所では分析対象から外される。
- ② その他にも、経済活動や人工物による特異点があり、製紙工場操業や古タイヤ置き場が対応していた。
- ③ 冬季の画像は全体にレベル値が低く、地盤の凍結状態を反映している。
- ④ 冬季の画像は日照と関係して、南向斜面で相対的にレベル値が高くなる。

⑤厳密な地点特定の議論に用いず、危険地域が落ちていなければ良いという利用が適切と思われる。

このような制約があるものの、レベル値の高い地域には、地盤災害のあった釧路西港、東港、木場町、緑ヶ岡などの地域がある。また、被害報告の少ない十條製紙工場、弁天ヶ浜、益浦、春湖台などの地域もある。

4. 凍結のない時の液状化の予想

前項の制約条件③、④に述べたように、図1の画像に地盤の凍結が影響していると判断される。この点を確認するために、秋季のリモートセンシング画像を用いて同じように分析する。1990年10月29日のデータによりバンド7のレベル値の高い地域を抽出したものが図2である。ただし、冬季の画像より全体にレベル値がかなり高いため、港湾地域で図1の画像と近づくようにレベル値を設定してある。図2でレベル値の高いところの多くは郊外の湿原地域にあたるが、市街地にも抽出地域の拡大がみられる。木場地域の他に、釧路川河川敷、昭和、北園、釧路湿原や、旧釧路川流域の広里、貝塚四などの広い地域が抽出される。逆に、益浦や奥津では図2に抽出されないが、南斜面の地形で冬季のレベル値が相対的に高くなる地域に対応するものとみられる。10月の画像の他にも、1989年5月19日に撮影された画像を参照したが、その特徴は図2と似ている。今回の現地踏査では細かく踏査したわけではないが、これらの地域で広範囲にわたる液状化の痕跡は確認されなかった。

もし地盤が凍結していなければ、今回程度の地震動により液状化する可能性が高い地域として、図2に抽出された地域が対応すると想定される。ただし、この分析では液状化の可能性のある地域を落とさないことに重点を置いたため、液状化しない場所も中には含まれていることは避けられない。また、前節の制約項目①、②、⑤は、凍結のない画像にも適用される。

5. まとめ

リモートセンシングデータを利用して液状化判断に利用することは、大都市のように地表の被覆やエネルギー放出活動が盛んな地域に適用することは困難が伴うとしても、数十万都市ならかなり有効な情報となると推定した。実際に、釧路市を現地踏査したところ、リモートセンシングデータの分析画像は液状化の可能性を広域にわたり把握するための手段となることを示している。

釧路沖地震の発生時に、釧路付近で地盤の表層は凍結していたと推測される。地震時に、地盤が凍結していないならば、図2のように河川流域や湿原地域で液状化がかなり広範囲で発生したものと想定される。

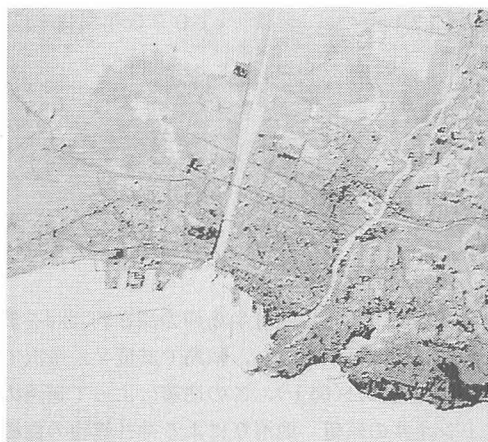


図1 釧路市周辺(1993.1.6)のランドサット画像
〔TM7バンド、二値化レベル値19〕



図2 釧路市周辺(1990.10.29)のランドサット画像
〔TM7バンド、二値化レベル値32〕

参考文献 1)後藤恵之輔・坂元誠・沢園佳稔・陶野郁雄：液状化地盤のランドサットデータ特性、土質工学研究発表会講演集、Vol.21, No.2-1, 831-832, 1986 2)栗田哲・岸田英明・北山浩平：液状化した地域におけるランドサットTMデータのバンド特性、土質工学研究発表会講演集、Vol.25, No.1, 119-120, 1990 3)戸松征夫・奥石肇・佐藤靖彦・細川勝巳：リモートセンシングデータを利用した液状化危険度予測の基礎的研究、土木学会年次学術講演会、Vol.47, No.1, 80-81, 1992