

北海道における最大加速度推定について

開発土木研究所	正員	島田	武
開発土木研究所	正員	西	弘明
開発土木研究所	正員	西村	敦史
北海道開発コンサルタント(株)	正員	畑	一洋
開発土木研究所	正員	佐藤	昌志

1. はじめに

平成6年10月4日午後10時23分頃、根室市から約180km沖合いの北緯43度22分、東経147度40分、深さ30kmを震源とするマグニチュード8.1の地震が発生した。この地震は、気象庁により「平成6年(1994)北海道東方沖地震」と命名された。これで北海道は去年の釧路沖地震、南西沖地震そしてこの東方沖地震と2年の間に三度もマグニチュード8クラスの地震を体験した事になる。北海道は、強震地域のため地震の頻度は高いものであったが、この三地震の連続発生はたぐい希なる確率である。今回、この様な地震頻度を考え以前より収集整理を行ってきた地震データを使い、北海道における地震規模ごとの発生確率を求めることとした。また、震央と観測施設の距離と加速度記録の関係について様々な分類を行い北海道における最大加速度の推定式の検証を行った。

2. 北海道における地震の発生確率

1) 解析手法

開発土木研究所構造研究室では、地震発生確率を求めるにあたり、便宜上、新たに揺れの大きさを表す“有感振動レベル”を定義し、地震の発生確率を求めた。有感振動レベルの定義は、おおむね気象庁の日本震度階に準拠しているもので震度階を実数化した物と考えてもよい。解析方法としては、まず、室蘭、釧路、札幌、浦河、広尾の5カ所の気象台観測地別に地震情報年数68年(1926年～1993年)に対し、震度を有感振動レベルに置き換えたときレベル1以上を示す地震の回数を累計した。これを有感振動レベルの地震回数で除算して、有感振動レベル別の確率年数を算出し有感振動レベルと確率年数の折れ線グラフを作図した。ここで最大値は便宜上、有感振動レベルで7、確率年数で100年とした。次に各観測地域に設置している橋梁を表-1に示す通りとし加速度データを記録した地震の震央、マグニチュード、観測地域に及ぼした有感振動レベルを求め、式-1に示す距離減衰式¹⁾を用いてI～III種地盤に対する最大加速度を算出し実測値と合わせて有感振動レベルとの散布図にした。また、実測値とI～III種地盤加速度別に最小自乗法により有感振動レベルに対する線形方程式を求めた。

表-1 観測地点別設置橋梁名

観測地点	橋 梁 名
室 蘭	白鳥大橋
釧 路	大楽毛橋、釧路跨線橋
札 幌	新石狩大橋、石狩河口橋 札幌IC高架橋、札幌大橋
浦 河	幌満橋
広 尾	広尾橋

式-1 距離減衰式 (M =マグニチュード, Δ =震央距離(km))

$$a_{\max} = \begin{cases} 987.4 \times 10^{0.218M} \\ 232.5 \times 10^{0.813M} \\ 403.8 \times 10^{0.285M} \end{cases} \times (\Delta + 30)^{-1.218} \quad \begin{matrix} \text{(I種地盤)} \\ \text{(II種地盤)} \\ \text{(III種地盤)} \end{matrix}$$

Estimation of maximum acceleration in Hokkaidou

By Takeshi SHIMADA, Hiroaki NISHI, Atushi NISHIMURA, Kazuhiro HATA, Masashi SATOU

2) 解析結果

有感振動レベルと確率年数の折れ線グラフより確率年数 30 年、50 年、100 年の有感振動レベルを求めた。さらにその値を用いて実測値とⅠ～Ⅲ種地盤の予測加速度も求め、その結果を下記に表－2 として示した。また、札幌と浦河についてはそれぞれのグラフを資料として最後のページに記載する。

表－2 30 年、50 年、100 年確率で起こりうる有感振動レベルと各最高加速度

気象台 観測地	確率年数	有感振動 レ ベ ル	最大加速度 (gal)			
			実 測	Ⅰ 種 地 盤	Ⅱ 種 地 盤	Ⅲ 種 地 盤
室 蘭	30 年	4.63	160.42	70.96	96.55	70.58
	50 年	5.31	192.38	81.11	113.07	81.83
	100 年	7.00	271.81	106.34	154.11	109.8
釧 路	30 年	5.42	94.55	158.27	195.7	149.27
	50 年	5.70	107.38	177.48	222.45	168.67
	100 年	7.00	139.62	225.74	289.62	217.38
札 幌	30 年	4.57	148.26	65.76	82.89	62.74
	50 年	5.26	181.51	72.47	91.47	69.22
	100 年	7.00	265.35	89.40	113.1	85.55
浦 河	30 年	5.50	57.05	156.21	175.09	140.48
	50 年	5.93	65.30	170.74	195.49	155.38
	100 年	7.00	85.84	206.92	246.27	192.45
広 尾	30 年	5.38	581.72	143.20	187.42	139.46
	50 年	8.84	667.95	154.29	206.88	152.33
	100 年	7.00	885.42	182.27	255.96	184.76

表－2 より、50 年、30 年確率では、釧路、浦河、広尾が、札幌、室蘭に比べ有感振動レベルが高い結果となっている。このことから浦河沖、釧路沖で多発する中規模地震が北海道における地震全ての中でその比重が大きいことを示していると考えられる。また、この表から釧路で有感振動レベル 6 を記録する地震は、50 年確率であることが解り、昨年、一昨年と続いた釧路沖地震、東方沖地震は正にたぐい希なる確率であることとなる。

次に、表－3 に最大加速度の実測値、Ⅰ種地盤、Ⅱ種地盤、Ⅲ種地盤について、求められた線形方程式を示す。方程式の変数は、最大加速度が y 、予想有感振動レベルを x として定義しています。

表－3 観測地点別有感振動レベルによる最大加速度推定線形方程式

観測地点	実 測 値	Ⅰ 種 地 盤	Ⅱ 種 地 盤	Ⅲ 種 地 盤
室 蘭	$y=46.99x - 57.18$	$y=14.92x + 1.84$	$y=24.28x - 15.87$	$y=16.54x - 6.04$
釧 路	$y=28.52x - 60.06$	$y=42.70x - 73.20$	$y=59.43x - 126.45$	$y=43.11x - 84.39$
札 幌	$y=48.18x - 71.93$	$y=9.72x + 21.29$	$y=12.43x + 26.08$	$y=9.38x + 19.85$
浦 河	$y=19.19x - 48.51$	$y=33.80x - 29.73$	$y=47.45x - 85.91$	$y=34.64x - 50.06$
広 尾	$y=187.47x - 426.87$	$y=24.12x + 13.43$	$y=42.31x - 10.21$	$y=27.96x - 10.96$

表－3 より、Ⅰ種地盤とⅢ種地盤では係数はほとんど変わらなく、大二項がⅠ種地盤の方がⅢ種地盤に比べ大きいことにより低い有感振動レベルで加速度が記録されることとなっている。Ⅱ種地盤はⅠ種地盤、Ⅲ種地盤に比べると第二項は小さいが、係数が大きいことから低い有感振動レベルではほとんど加速度を伴うことはなく有感振動レベルが高くなるに従い急激に加速度が大きくなる傾向になる。

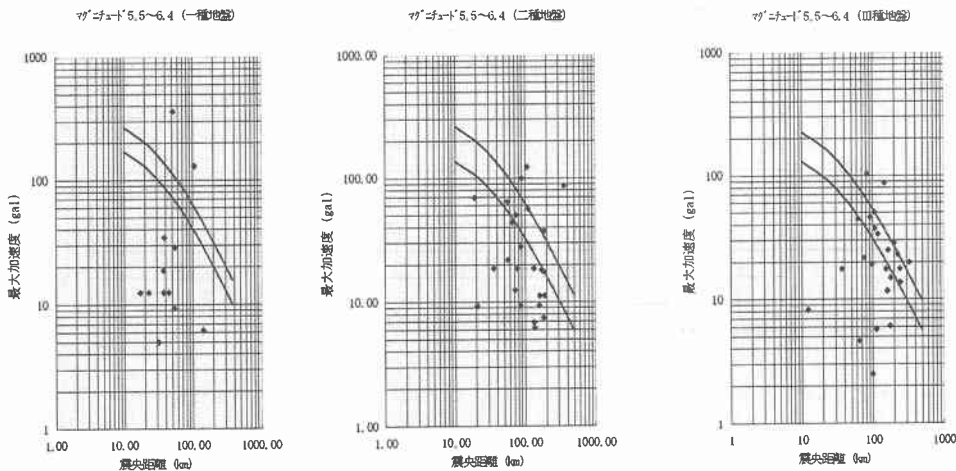
次に、実測値と距離減衰式により求められる有感振動レベルによる最大加速度推定線形方程式とは、統一された関係が見あたらな。つまりは、北海道においては地域性を加味する必要があると推察される。

3. 北海道における最大加速度の推定

2において、北海道においては、特有の加速度伝達があると仮定し、開発土木研究所構造研究室にて集められた加速度データを使い様々な分類比較を行った。これによりもっとも相関の高い要因を導き出すことにする。

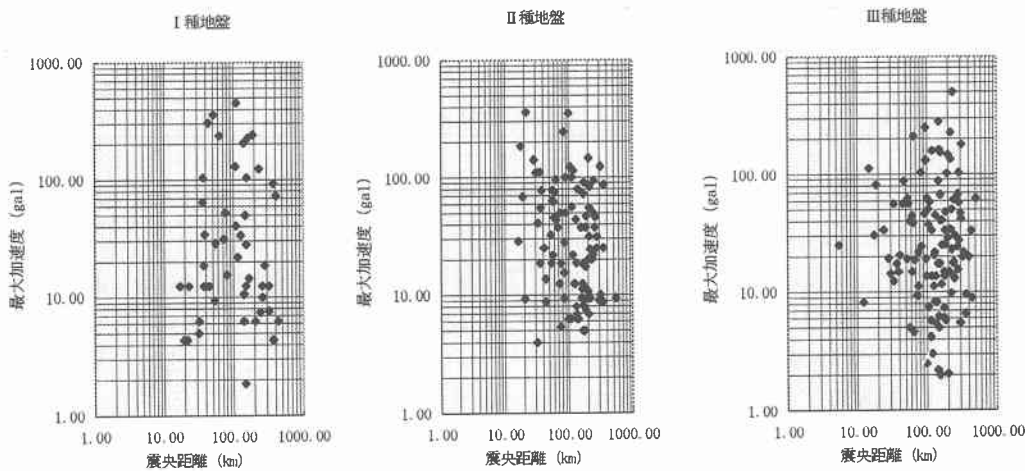
まず、観測地点の地盤種別別に分類を行い次にマグニチュード別に分類を行い、最大加速度と距離によるグラフを作成した。これに設定したマグニチュードの上限値と下限値で距離減衰式をプロットした。図-1に代表としてⅠ種地盤、Ⅱ種地盤、Ⅲ種地盤それぞれについてマグニチュード5.5～6.4の範囲のグラフ掲載する。

図-1 地盤種別別 (マグニチュード5.5～6.4)



図からⅠ種地盤、Ⅱ種地盤においては、実際の加速度は距離減衰式から求めた値よりも下回っているのが多い。加速度分布は、100～300km に集中しており急激に減衰している傾向となっている。これはどの地盤種別にもいえ地盤種別による差がほとんどないとも考えられる。次に、観測地点の地盤種別別に分類を行ったものをマグニチュード別に分けずにグラフにし図-2に示す。

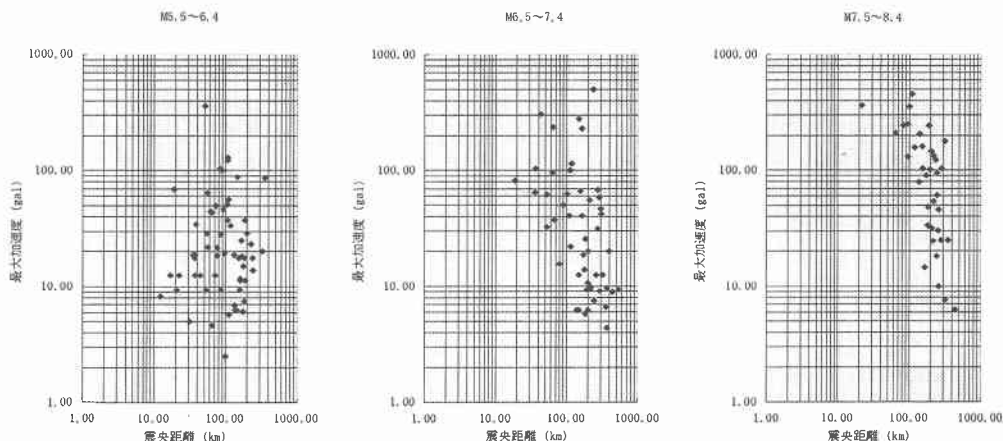
図-2 地盤種別別距離減衰



図よりⅡ種地盤において、いくぶん最大加速度の値が集中してはいるが、Ⅰ種地盤、Ⅲ種地盤とほとんど変わることがない結果となっている。地盤種別による差違は、散布状態から見ても地盤種別による変化はほとんど見受けられないと考えられる。また、ここでも震央距離 100～300km の範囲における散布状態はあまりにも上下限が広く、地震の強さによる影響が大きいように考えられる。次に、地盤種別別に分類せず、発生マグニチュードを M3.5～4.4、M4.5～5.4 以下 1 ずつの範囲を持って分類しグラフにした。図－3 には代表としてマグニチュード 5.5～6.4、6.5～7.4、7.5～8.4 のグラフを掲載する。

図－3

マグニチュード別距離減衰

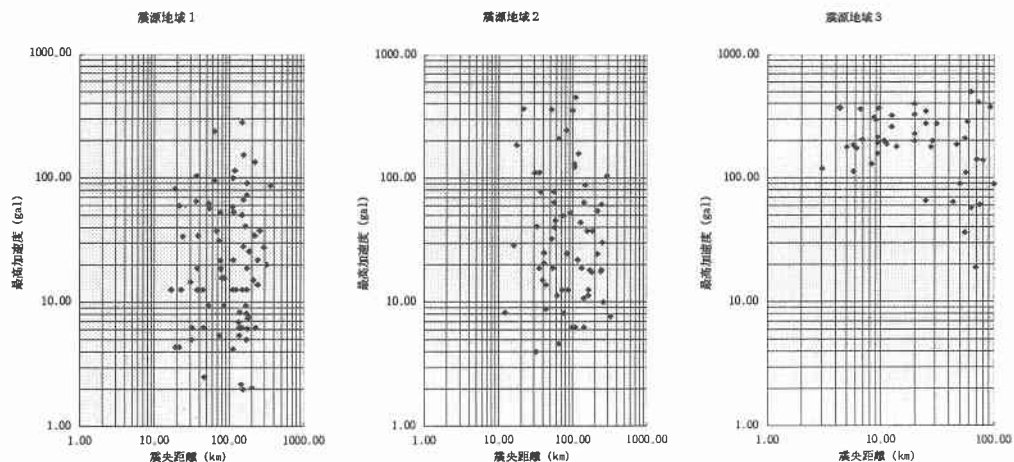


この図からマグニチュードが 6 以上を記録したならば震央距離 100～300km で急激に加速度が減衰する傾向となる。しかし、マグニチュード 6 以前の段階においては、相関性が低い。また、以前に釧路沖、東方沖地震で収集された地震データのみを使い同様にグラフを作成した²⁾ところ、そのグラフから求められる回帰曲線は、ほぼこの図の M7.5～8.4 のグラフに近い物であった。この結果については、今回、使用したデータがマグニチュード 6 以上では、その震源地が釧路沖、浦河沖に特定されていくため釧路沖、東方沖地震と震源地が同じためだと考えられる。すなわち、北海道における地震では、震源地による特性が大きいと推察され、震源地別に加速度推定を行うことが最も適していると考えられる。そこで北海道における地震について発生頻度の高い地域を選択して震源範囲を決め、北海道全体を対象とした分類解析と同様のことを行った。選択した震源範囲は三カ所あり一つは、(42.5', 143.5')、(40.5', 141.5')を対角線とする四角形とし以下同様に (43.5', 145.5') (41.5', 143.5')と (44.5', 147.5')、(42.5', 145.5')をそれぞれ対角線とする四角形を範囲とした。これをそれぞれ震源地域 1～3 と定義して距離と最高加速度のグラフを作成し、図－4 として以下に示す。

この図より各震源地域ごとにそれぞれ特性が現れていることがわかる。特に震源地域 3 においては東方沖地震の最大加速度データの特性とほとんど等しい結果となっているほか、震源地域 2 においても幾分の幅があるが釧路沖地震で得られた加速度データによくあっていると考えられる。しかしながら、震源地域 1 に関しては、その範囲がプレートをもたがっているため³⁾に加速度データにばらつきが生じたと推測される。このグラフはマグニチュード別に分類してはいないことから、マグニチュードによる影響よりも地震発生地域による相関の方がかなり高いと考えられる。

図－4

地震地域別距離減衰



4. まとめ

本論文では結論として以下のことが推察された。

- * 北海道における加速度推定は、震源地に左右される傾向があり、震源地域別や発生形態等に分類し行うことが最も適切だと考えられる。

しかし、解析は行っていないが、経験的に北海道における加速度推定の要因として震源地域の他に観測地点による影響が無視できないことがあげられる。観測地点の特性とは地盤種別ではなく断層等を含む地質条件のことである。すなわち、近年の三大地震について主軸方向の解析を行った²⁾ときに震源位置が違っても関わらずその主方向がほぼ同じ角度を示していたことがあったため地震はの伝搬がかなり地質条件に左右されているのではないかと考えたからである。

今後は、今回課題として残った、

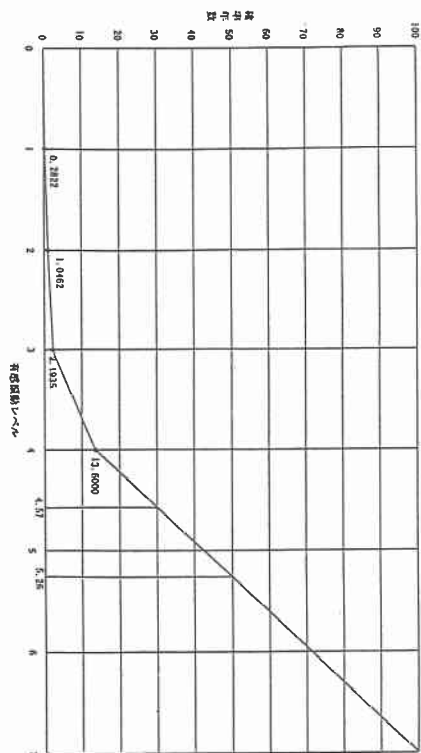
- 1 有感振動レベルと加速度、速度、変位についてその相関についての考察
- 2 地震波の伝搬と観測地域特性について地質条件等を含めた調査研究

の以上に点について研究を行っていきたいと考えている。

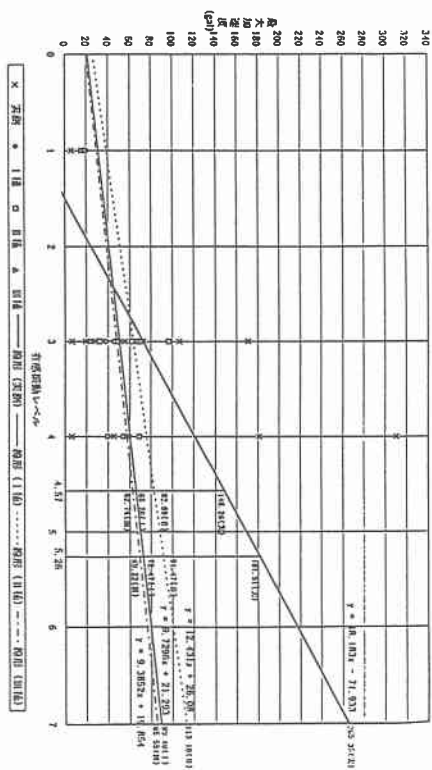
<参考文献>

- 1) 建設省地震防災部・振動研究室：最大地震動および地震応答スペクトルの推定法－（その7）地震動加速速度の継続時間の推定法－，土木研究所資料第2118号，昭和59年3月
- 2) 北海道開発局 開発土木研究所 構造部 構造研究室：平成6年北海道東方沖地震（速報），平成6年11月30日
- 3) 萩原幸夫，1986，太平洋プレートとフィリピン海プレートの中部日本重力場への影響，測地学会誌，32, 12-22.

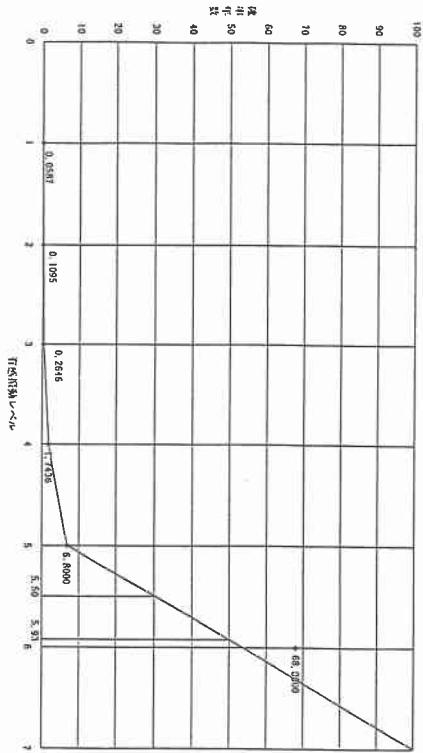
札幌市の震害年数



札幌市（新石狩大橋、石狩河口橋、札幌IC高架橋、札幌大橋）の最大加速度



浦河町の震害年数



浦河町（渡瀬橋）の最大加速度

