

地震被害指標 DI 値の変動を利用した 2004 年新潟県中越地震の震源推定

○佐藤勉¹⁾・中村豊²⁾

1) 正会員 ㈱システムアンドデータリサーチ, 東京都国立市富士見台 3-25-3, tsato@sdr.co.jp

2) 正会員 ㈱システムアンドデータリサーチ, 東京都国立市富士見台 3-25-3, yutaka@sdr.co.jp

1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震(緯度:37.288度, 経度:138.870度, 深さ:約13km, M6.8)は, 内陸直下型地震が引き起こした周辺地域への震災や規模の大きな余震の発生はもちろんのこと, 新幹線開業以来初めて脱線をもたらした地震としても記憶に新しい。

本研究では, 新潟県中越地震で得られた観測記録から地震被害指標DI値を算出し, その変動から導かれたP波検知時間を基に最小自乗法による震源推定を試みた。

本研究で用いた地震被害指標DI値は, 地震動のエネルギーに着目した指標であり, リアルタイムに計算されるだけでなく, その変動から地震検知を行うことも可能な指標である。現在, 東北・上越・長野新幹線や東京メトロでP波警報の指標として利用されている。

2. 地震被害指標 DI 値

地震被害指標 DI 値は, 地震動による加害性を示す指標であり, 気象庁の計測震度と類似した特性を持つ。DI 値は地震動の加速度 α (gal) と速度 v (m/kine) の積を算出し, 常用対数をとった値として定義される。すなわち,

$$DI = \log |\alpha \times v| \quad \dots (1)$$

となる。ここで加速度 α と速度 v は, ともに地震観測時にリアルタイムに観測することができるため, DI 値はリアルタイムに算出することができる。警報地震計のように迅速性が要求される場合に非常に有用である。これに対し気象庁の計測震度は, 被害と関連付けて定義された指標であるが, 定義上地震波形の始めから終わりまでの地震波形が必要であり, 地震発生に対してリアルタイムに算出することはできない。ここでは, P 波検知かつ DI 値の変動開始

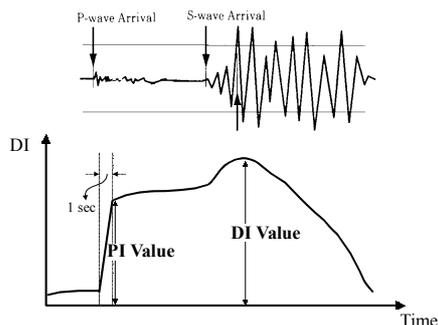


図1 PI 値・DI 値の概念図

点を地震検知時間(P 波検知時間)とし, P 波検知後 1 秒以内に観測された最大の DI 値を PI 値とする。DI 値および PI 値の概念図を図 1 に示す。DI 値の P 波部分である PI 値は, 地震動の発生とともに急激に値が増加し, DI 値は S 波到達後の主要動で最大となる。

3. 震源の推定方法

本研究で行った震源の推定方法は, 地震観測網のデータを用いて震源を求める際に一般的に使われている最小自乗法を利用した。具体的には, 仮震央の緯度・経度を $\phi \cdot \lambda$, 深さを h , 震源時を t , 正しい震央, 深さ, 震源時を各々 $\phi + \delta \phi$, $\lambda + \delta \lambda$, $h + \delta h$, $t + \delta t$ とした場合, $\delta \phi$, $\delta \lambda$, δh , δt を最小自乗法により求める。

以下に, 推定までの手順を示す。

- ①対象とした地震記録の収集
- ②地震記録の DI 値シミュレーション
- ③P 波検知時刻の算定
- ④算定された検知時刻を基に最小自乗法により震源推定

なお, 本研究で用いた新潟県中越地震の地震記録は, 気象庁・K-NET・KiK-net の提供データを利用した。また, P 波検知時刻は, 各観測網での記録開始時間とシミュレーション結果を基に算定した。

4. 震源推定の結果

図 2 に, 新潟県中越地震の震央位置および本研究で対象とした強震観測点の位置を示す。なお図 2 には, 地震発生時に走行していた新幹線の位置やその後発生した余震分布も合わせて表記した。表 1 は対象となった観測点の一覧で, 各観測点での震央距離,

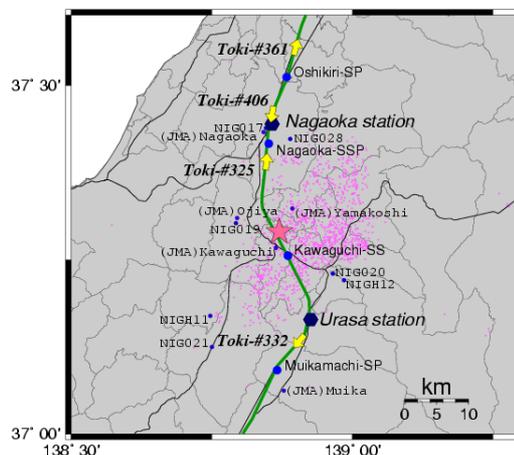


図2 新潟県中越地震の震央位置と各強震観測点

表 1 各地震観測点における新潟県中越地震の概要および算出された DI 値・P 波検知時間

観測地点名	緯度(°)	経度(°)	震央距離(km)	震央方位(°)	計測震度	DI 値	P 波検知時間 15:56:**
JMA 山古志	37.324	138.893	4.45	207.4	6.3	7.1	2.50
JMA 川口町役場	37.267	138.864	2.34	12.3	6.5	7.2	2.64
JMA 小千谷市消防署	37.310	138.795	7.08	110.1	6.3	6.8	2.77
NIG019 小千谷	37.303	138.793	7.02	103.4	6.7	7.3	2.79
NIG020 小出	37.230	138.965	10.61	307.2	5.5	6.2	3.35
NIGH12 湯之谷	37.221	138.985	12.66	306.1	5.3	5.8	3.54
NIG028 長岡支所	37.423	138.889	15.09	186.5	6.1	6.8	3.64
JMA 長岡市役所	37.433	138.842	16.32	171.2	5.5	6.0	3.73
NIG017 長岡	37.439	138.846	16.85	172.8	5.5	6.1	3.83
NIGH11 川西	37.170	138.747	17.06	39.7	5.7	6.3	4.59
JMA 六日町役場	37.062	138.878	25.13	358.3	5.2	5.9	5.19
NIG021 十日町	37.125	138.750	20.99	30.5	6.2	6.7	5.33

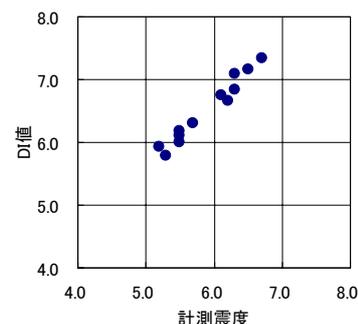


図 3 計測震度と DI 値の関係

表 2 最小自乗法より求められた各回数数の推定震源

	地震検知後の経過時間(秒)	推定緯度(°)	推定経度(°)	深さ(km)	発生時刻 15:56:**	推定に用いた観測点
1次推定	0.29	37.315	138.879	15.4	-0.1	山古志、川口町役場、小千谷市消防署、小千谷
2次 "	0.85	37.313	138.872	11.8	0.5	山古志、川口町役場、小千谷市消防署、小千谷、小出
3次 "	1.04	37.314	138.873	12.5	0.4	山古志、川口町役場、小千谷市消防署、小千谷、小出、湯之谷
4次 "	1.14	37.301	138.870	10.2	0.8	山古志、川口町役場、小千谷市消防署、小千谷、小出、湯之谷、長岡支所
5次 "	1.23	37.301	138.869	10.4	0.7	山古志、川口町役場、小千谷市消防署、小千谷、小出、湯之谷、長岡支所、長岡市役所
6次 "	1.33	37.301	138.869	10.4	0.7	山古志、川口町役場、小千谷市消防署、小千谷、小出、湯之谷、長岡支所、長岡市役所、長岡
7次 "	2.09	37.307	138.878	8.4	1.0	山古志、川口町役場、小千谷市消防署、小千谷、小出、湯之谷、長岡支所、長岡市役所、長岡、川西
8次 "	2.69	37.302	138.878	10.8	0.7	山古志、川口町役場、小千谷市消防署、小千谷、小出、湯之谷、長岡支所、長岡市役所、長岡、川西、六日町役場
9次 "	2.83	37.305	138.884	9.6	0.8	山古志、川口町役場、小千谷市消防署、小千谷、小出、湯之谷、長岡支所、長岡市役所、長岡、川西、六日町役場、十日町

計測震度やシミュレーションから算定された DI 値および P 波検知時間を示した。表 1 および図 2 より、本研究における観測点の選定は、震源域かつ震央を取囲む様な観測点とし、最も震央に近い所で川口町役場(震央距離約 2km)、最も遠い所で六日町役場(震央距離約 25km)がある。また、P 波検知時間については、最も P 波到達が早い山古志観測点が 15 時 56 分 2.50 秒、最も遅い六日町観測点が 15 時 56 分 5.33 秒であった。シミュレーションの結果、各観測点の DI 値は、図 3 の通り計測震度とよく対応しており、リアルタイムに計測震度相当の値が得られることが改めて確認された。

表 1 の P 波検知時間を基に最小自乗法で震源推定を行った経過結果を表 2 および図 4 に示す。推定には、リアルタイムでの震源推定を想定するため、検知時間の早い観測点のものから順に採用し、4 観測点での 1 次推定から全 12 観測点での 9 次推定までを行った。その結果、最初の地震検知後 0.29 秒間に地震検知した 4 観測点のみの 1 次推定でもかなりの精度で震源位置が推定され、全 12 観測点を用いた推定でも最初の地震検知から 3 秒以内にもかかわらず相当の推定結果が得られた。全推定結果の分布を見ると、全ての推定震央が気象庁発表の震央の北東約 5km 以内に位置し、深さについては 1 次推定から 9 次推定まで順に浅くなる傾向が見られた。なお、最終推定の結果、地震発生時刻は 15 時 56 分 0.8 秒となった。本研究の最終推定結果と気象庁発表の諸元を比較すると、震央および深さとも約 3km の差があった。それら差には各観測点での時刻校正の問題もあるが、震源域の 12 点で観測された記録のみを用いたこと、リアルタイムでの推定を行ったことを

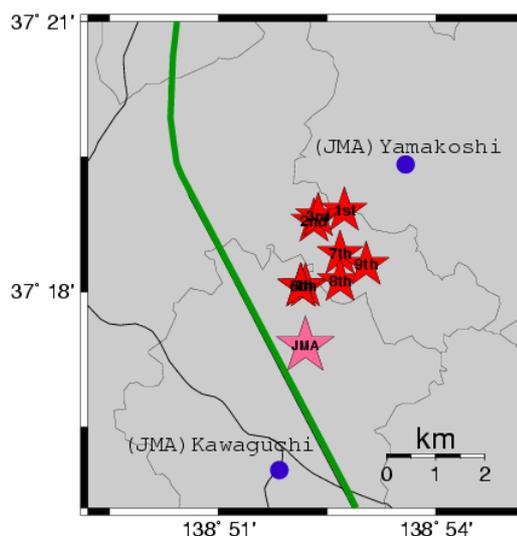


図 4 最小自乗法より求められた推定震央

考慮すると、地震発生後数秒程度でもかなりの精度で震源の推定が可能であることが示唆された。

5. おわりに

本研究で行った DI 値の変動を用いた最小自乗法による震源推定は、多少の誤差はあるものの、震源域 12 観測点のみおよび地震発生後数秒以内でもかなり正確な震源推定が可能であることが確認された。

本方法は、より迅速に震源位置を推定し、より早急な地震警報や震源地の把握などに有効な手段と思われる。今後は、正確な検知時刻の把握、より多くの観測記録を用いること等で精度向上の方向性を模索して行きたい。

参考文献：中村豊，合理的な地震動強度指標値の検討 -DI 値を中心にした地震動指標値間の関係-，第 27 回地震工学研究発表会