Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2025-12-05

2011年東北地方太平洋沖地震における古川ガス本震記録の推定

後藤, 浩之
盛川, 仁
鍬田, 泰子

(Citation)
土木学会論文集A1（構造・地震工学）,68(4):I_111-I_118

(Issue Date)
2012

(Resource Type)
journal article

(Version)
Version of Record

(Rights)
©2012 公益社団法人 土木学会

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/90003277

土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol. 68, No. 4(地震工学論文集第31-b巻), I_111-I_118, 2012.

2011年東北地方太平洋沖地震における古川ガス本震記録の推定

後藤 浩之[1]・盛川 仁[2]・鍬田 泰子[3]

[1]正会員 京都大学防災研究所助教（〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄）
E-mail: goto@catfish.dpri.kyoto-u.ac.jp
[2]正会員 東京工業大学大学院総合理工学研究科准教授（〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259）
E-mail: morika@enveng.titech.ac.jp
[3]正会員 神戸大学大学院工学研究科准教授（〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1）
E-mail: kuwata@kobe-u.ac.jp

2011年東北地方太平洋沖地震では宮城県大崎市古川地区において地震動による家屋被害が局所的に発生した．被害地域を供給区域とする古川ガスではガスの供給停止を判断することを目的とした地震観測が行われており，本震の地震動が記録されているがその前半主要動部分が欠測しているため，本研究では，同古川地区に設置されている他機関の本震記録，余震記録，および記録されていたSI値，最大加速度値を利用して欠測した前半部分の地震動を推定した．推定した古川ガスの地震動を応答スペクトルで比較すると，短周期側で他機関で観測された地震動より小さな応答を示し，0. 5秒より長い周期ではほぼ似た傾向を示した．

Key Words: *Tohoku-oki earthquake, Furukawa, ground motion, time-frequency representation, Wavelet*

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震では，津波による被害が東北から関東地方にかけての沿岸部で発生している一方，地震動による被害は全体として顕著ではなかったが，内陸地域では局所的に被害が発生している．宮城県大崎市の古川地区も地震動により家屋の被害，液状化の被害が発生した地域である．古川地区に設置されている防災科学技術研究所K-NET古川観測点と気象庁大崎市古川観測点とで観測された本震の地震動は，1995年兵庫県南部地震のJMA神戸波やJR鷹取波に相当するレベルの地震動であったことが報告されている[1), 2)]．

古川ガスは上記古川地区に都市ガスを供給している事業者であるが，今回の地震で供給管などにほとんど被害が発生していない．このことは，耐震性の高い供給管（PE管）の普及に務めていた[3)]ことによると予想されるが，その詳細なメカニズムを議論することは今後のライフライン地震対策に向けて重要な知見となると思われる．このため，まずは古川地域の地震動がどのようであったかを把握することは重要であると考える．

古川ガスでは地震発生時の供給停止を判断するために地震観測が行われている．本地震でも揺れを感知してSI値，最大加速度値が表示されたものの，残念ながら記録されている波形は本震の地震動の一部であった．そこで，本研究では記録されていた本震の波形の一部や周辺の本震記録，余震記録，および本震時のSI値，最大加速度値を基に，古川ガスの本震記録を時間周波数解析を利用して推定する．

2. 古川ガスの観測記録

古川地区にはK-NET古川観測点（K-NET MYG006）と気象庁観測点（JMA Furukawa）とが設置されており，両地震計で観測された地震動の震度が大崎市古川の震度として気象庁から発表される．両観測点では本震の記録が得られ，既に公開されている．K-NETおよび気象庁の記録の最大加速度はそれぞれ566cm/s^2，551cm/s^2，またSI値はそれぞれ101cm/s，65cm/sである．図-1にこれらの地震観測点と古川ガスの地震観測点の位置関係を示す．K-NET観測点と気象庁観測点とは互いに1km程度

図-1　古川ガス地震観測点とK-NET古川観測点，気象庁観測点の位置関係．

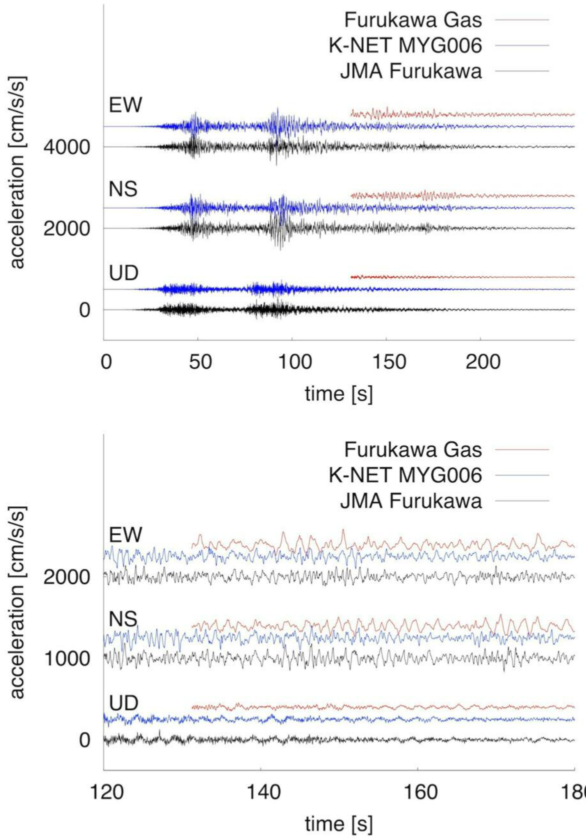

図-2　古川ガスで観測された本震波形記録（Furukwa Gas）とK-NET古川（K-NET MYG006），気象庁大崎市古川（JMA Furulawa）の加速度記録との比較（下図は後半部分の拡大図）．

離れて位置しており，古川ガス観測点はK-NET観測点の北西に位置する．K-NET観測点からの距離は1km程度である．

地震計は事務所の建屋内の床面に設置されている．事務所は杭基礎建物であるが，本震によってその周辺地盤は事務所と比較して数十cm沈下したということである．このため，本震時に周辺地盤は非線形挙動したことが推察される．

古川ガスの地震計は（株）山武製のSES60であり，120秒間の波形が上位から10波のみ地震計内部のメモリに記憶される仕様である．このうち，本震に相当すると考えられる記録はトリガ時刻14時48分14秒の記録と考えられ，その30秒前から90秒後までの120秒間の記録が残されている．ただし，時刻精度は保証されていないため，他観測点の波形と直接比較するために利用できる時刻ではない．そこで，K-NETの加速度波形と古川ガスの波形とで相互相関関数を計算し，そのピーク値を与えるタイムラグをK-NETの記録開始時刻を基準とした古川ガスの記録の時間遅れと仮定した．得られた時間差は131.23秒である．

図-2は古川ガスで記録された波形を推定した時間差分ずらしてK-NETおよび気象庁の加速度波形と比較したものである．宮城県以北の観測記録に見られる2つの顕著な波群[1)]がK-NET，および気象庁の記録の両者に見られるのに対し，古川ガスの記録には認められない．実際，地震計に接続された表示器には，SI値66cm/s，最大加速度322cm/s^2が表示されたということであるが，残されている波形記録から計算されるSI値，最大加速度値はこれに満たない．すなわち，振幅の大きな2つの波群を含む主要動部分の波形は何らかの理由により地震計のメモリに残っていないと考えられる．また，他の波形と比較してその振幅は同程度であるものの，最大加速度の違いに表れているように古川ガスの波形はやや短周期成分が少ないように思われる．前述したように，地盤が非線形化したことによる影響も考えられる．

3. 初期波形の設定

(1) 時間周波数域での領域分割

古川ガスの本震記録を推定するため，得られている情報を最大限活用しなければならない．利用できる情報は，古川ガスの地震計に残されていた本震の131.23秒以後の波形，その他の9波形，および古川地区のK-NET，気象庁観測点の記録である．そこで，古川ガスの本震波形を時間周波数で表現し，それぞれの領域を適切な方法で構成することを考える（図-3）．本震記録が残されている時刻（tc秒）以後とそれ以前とを分割し，実記録が利用できる領域をarea Cとする．また，長周期成分ほど空間的な相関が高いという性質[4)]や長周期成分ほど波長が長いため微細な地盤構造の影響を受けない性質を踏まえて，長周期成分（低周波数成分）はK-NETの観測記録と等しいと考えて，そのまま適用する．この領域をarea Bとする．残る領域をarea Aとし，この領域の振幅を求めることで波形を再構成し，推定波形と

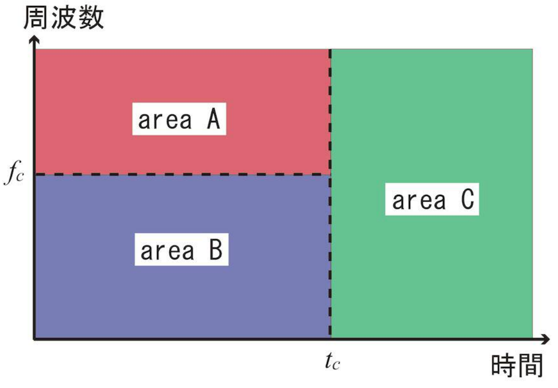

図-3 時間周波数域での領域分割の概念図.

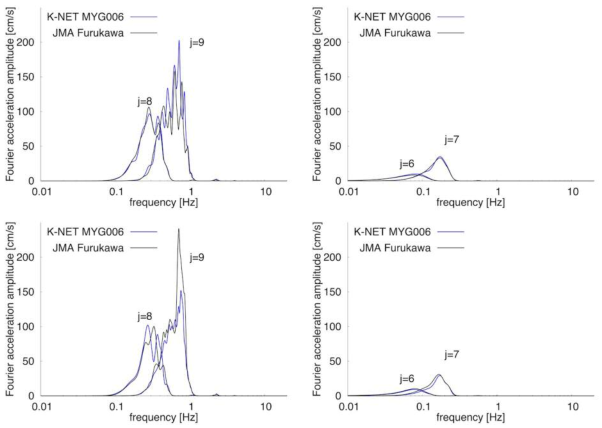

図-4 スケール毎に合成した波形の K-NET 記録と気象庁記録の比較（上：EW 成分，下：NS 成分）.

する.

本研究では波形の時間周波数解析に Wavelet 変換を用いる[例えば5),6),7)]. Daubechies の Wavelet[8] を選択した場合，正規直交 Wavelet であるため波形 $f(t)$ の Wavelet 変換，Wavelet 展開を次式のように表現することが出来る.

$$F_{jk}=\int f(t)\psi_{jk}(t)dt \quad (1)$$

$$f(t)=\sum_j\sum_k F_{jk}\psi_{jk}(t) \quad (2)$$

ここに，$\psi_{jk}(t)$は次式のように構成される.

$$\psi_{jk}(t)=2^{j/2}\psi(2^j t-k) \quad (3)$$

j は周波数を制御するスケールに相当する整数で，k は時間シフトに相当する整数である．なお，ここでは Daubechies の D20 Wavelet を使用する.

図-3 の概念図では時間と周波数を軸にとって概念的に示したが，Wavelet 係数を振幅値とし，時間と周波数を k と j の関数として表すこともできる．ただし，不確定性原理によって低周波数域では時間解像度が悪く，高周波数域では周波数解像度が悪くなる．このため，時刻 0 を基準に Wavelet 変換を行った場合，スケール j でシフト k に対応する時間周波数領域が時刻 tc を跨ぐ可能性があり，図-3 のように厳密に時刻 tc で area C と area A，area B を分割することができない．本研究では，以下のように領域分割をした.

$$\begin{cases} k<2^j t_c/T & \text{in area A or B} \\ k\geq 2^j t_c/T & \text{in area C} \end{cases} \quad (4)$$

ここに，T は解析に利用する時間区間 (327.68 秒)，tc は古川ガス観測記録の記録開始時間であり，前節で推定した 131.23 秒を代入する.

(2) area C

area C は古川ガス観測点で実記録が与えられている領域である．このため，記録の 131.23 秒以前の部分に 0 を挿入した波形を Wavelet 変換し，式 (4) の区分に従って area C に該当すると判断された Wavelet 係数を保持する.

(3) area B

area B は K-NET 記録の長周期成分を直接利用する領域であるが，どの周波数から適用してよいか判断する必要がある．図-1 に示すように K-NET 観測点から見て気象庁観測点と古川ガス観測点はほぼ等距離にあるとみなせるため，K-NET と気象庁の周波数特性を比較して，違いが顕著でないと考えられる周波数帯域を適用すればよいと考えられる.

K-NET 記録と気象庁記録をそれぞれ Wavelet 変換し，スケール毎に再合成した波形のフーリエ振幅を比較する．図-4 は EW 成分および NS 成分についてスケール j=8, 9 と j=6, 7 のフーリエ振幅を比較したものである．なお，スケールの小さな方が低周波数側に対応し，スケールの大きな方が高周波数側に相当する．j=6, 7 では両記録に顕著な違いが見られないが，j=8, 9 では 0.2Hz ほどから高周波数側にかけて違いが認められる．定量的に議論することは難しいが，本研究ではスケール j=7 以下のスケールは area B に属すると評価して，K-NET 記録の j=7 以下の Wavelet 係数を古川ガスの Wavelet 係数に直接適用した.

(4) area A の初期値

area A は実記録が得られてない上に，K-NET や気象庁の記録を直接利用することもできない．そこで，K-NET と古川ガスで同時に記録されている余震の観測記録から K-NET に対する古川ガスの周波数

表-1 解析に使用した余震の諸元.

発震日時	震源位置	深さ	Mj	最大加速度 (K-NET 古川，古川ガス)
2011/03/09 11:45	N38°19’, E143°17’	8 km	7.3	56, 66 cm/s^2
2011/03/11 16:29	N39°02’, E142°17’	36 km	6.6	221, 180 cm/s^2
2011/03/11 20:36	N39°10’, E142°37’	24 km	6.7	89, 95 cm/s^2
2011/03/24 17:20	N39°05’, E142°21’	34 km	6.2	102, 93 cm/s^2
2011/04/11 17:16	N36°57’, E140°40’	6 km	7.0	55, 62 cm/s^2
2011/08/19 14:36	N37°39’, E141°48’	51 km	6.5	60, 53 cm/s^2

伝達関数を推定し，その結果を用いてarea Aの初期値を構成する．その後，SI値と最大加速度値を再現する波形になるようにWavelet係数を修正する手順をとる．ここでは，まず初期値の設定方法について説明する．

古川ガスの地震計に本震の他に記録されていた波形は3月9日の前震と余震8波形とを併せた9波形である．ただし，4月7日の余震の波形は欠測していた．このうち，K-NET古川観測点の記録として公開されている波形と対応させることができるものは，3月9日11時45分，3月11日16時29分，20時36分，3月24日17時20分，4月11日17時16分，8月19日14時36分の計6波形である（**表-1**）．これらの波形をそれぞれWavelet変換し，Wavelet係数でスケールj=8以上の成分のみ抽出して高周波数域の波形を合成する．この波形をフーリエ変換して比を取ることで，K-NETに対する古川ガスのスペクトル比を求めた．**図-5**は余震毎に計算したK-NETに対する古川ガスのスペクトル比である．また，その平均値を赤線で併せて示している．0.8Hz付近にスペクトル比のピークが認められる．ただし，このスペクトル比は余震から計算されているため，本震と比較して小さな振幅レベルの波形から求められたものである．すなわち，本震時に想定されるレベルの地盤の非線形化の影響は含まれていないことに注意が必要である．

計算されたスペクトル比は振幅情報に加えて位相情報も含んでいるが，平均化することによって必ずしも因果性は満足されない．そのため，周波数域で表現したK-NETの本震記録に対して平均化したスペクトル比を乗じて波形を計算すると，因果性の乱れた波形となる．一方，Wavelet係数は時間と周波数の情報を保持しているため，特定のWavelet係数の値を変化させても，対応する時間域以外の因果性を崩すことはない．そこで，スペクトル比に応じてスケール毎にWavelet係数に乗じる係数を定め，K-NETの本震記録のWavelet係数を補正して古川ガスの本震記録の予測値とする方法をとる．

スペクトル比を$S(\omega)$，スケールjのWaveletのフーリエ変換を$\psi_j(\omega)$とした時に，補正係数S_jを以下で定める．

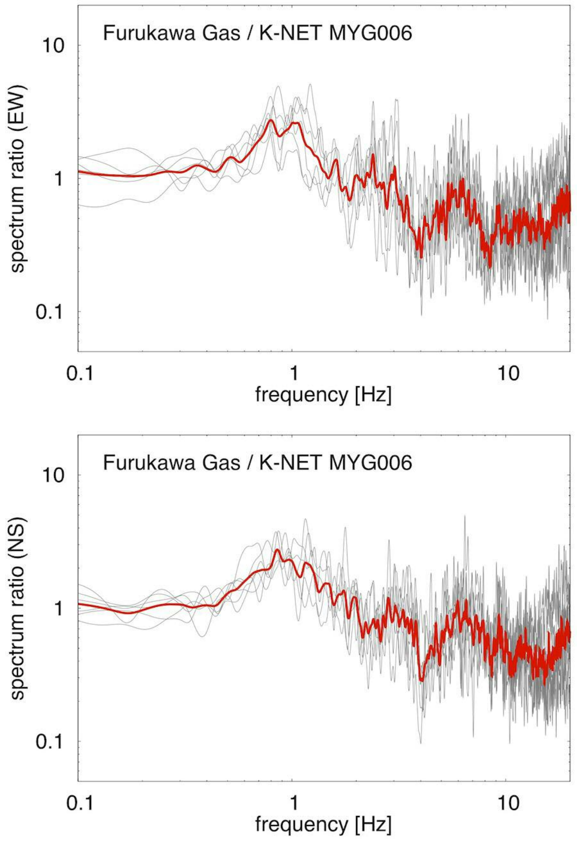

図-5 余震毎に計算したK-NET古川と古川ガスの記録のスペクトル比（灰色線）とその平均値（赤線）（上：EW成分，下：NS成分）．ただし，スケールj=8以上の成分のみを使用している．

$$S_j = \frac{\int S(\omega)\psi_j(\omega)d\omega}{\int \psi_j(\omega)d\omega} \tag{5}$$

この補正係数をK-NETの本震記録のWavelet係数に乗じて古川ガスのWavelet係数とする．**図-6**は余震記録から得られたスペクトル比（**図-5**）と，式(5)の補正係数を用いて補正したWavelet係数から構成した波形と元の波形とのスペクトル比をとったものとの比較を示している．ただし，スケールj=13以上は10Hz以上の高周波数に相当するため不確定性が強いと判断し，以後の波形合成に使用せず，area Aではスケールj=8-12のWavelet係数のみを設定する．なお，**図-6**にはスケール毎に補正した場合の周波数特性も併せて示している．本補正の結果，細かなスペクトル比の山谷を再現することはできていないものの，0.8Hz付近の山と1Hzより高周波数側の減少していく傾向は概ね再現できていると考えられる．

上記の補正を行ったWavelet係数をarea Aの初期値として，area B，およびarea CのWavelet係数と併

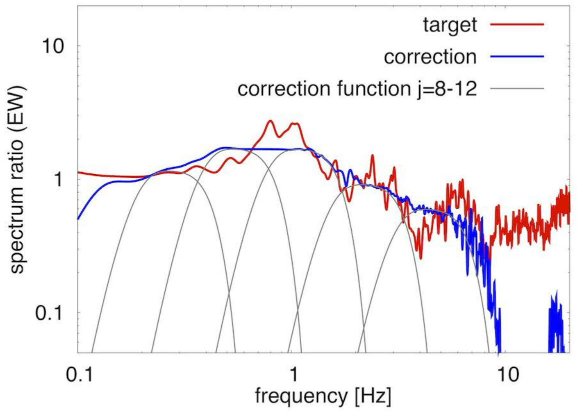

図-6　余震から直接計算したスペクトル比（赤線）とWavelet 係数を補正して得られる記録のスペクトル比（青線）の比較.

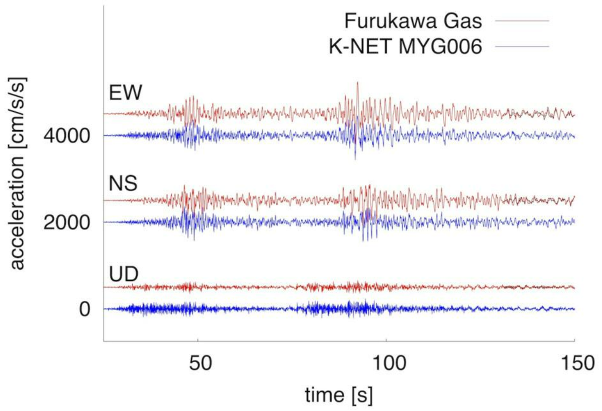

図-7　古川ガス本震記録の初期波形と K-NET 古川の記録の比較.

せて波形を構成したものを K-NET の波形と比較して図-7 に示す．K-NET の波形と同様に 2 つの明瞭な波群が認められること，131. 23 秒以後は観測された記録に整合した波形となっていることが確認できる．しかしながら，この波形の SI 値，および最大加速度値を計算するとそれぞれ 163cm/ s，735cm/ s^2となり，実観測値である 66cm/ s，322cm/ s^2に対して過大である．そこで，area A の Wavelet 係数を修正して SI 値と最大加速度値に整合する波形を推定する．

4. 本震波形の推定

area B と area C に属する Wavelet 係数は確定値であると仮定し，area A の Wavelet 係数のみを修正して観測された SI 値と最大加速度値に整合するような波形を構成する．ただし，area A の Wavelet 係数の拘束条件が SI 値と最大加速度のみであると拘束条件が不足して波形が収束しないため，前章で求めた初期波形から大きく変化しないという条件を課す．

具体的には，水平 2 成分と上下成分それぞれの area A の Wavelet 係数をまとめて推定変数 x とし，次の評価関数 J を最小化する最適化問題を考える．

$$J(\boldsymbol{x})=\frac{[SI_o-SI(\boldsymbol{x})]^2+[PGA_o-PGA(\boldsymbol{x})]^2+wL_2(\boldsymbol{x})}{SI_o{}^2+PGA_o{}^2}\rightarrow \min \qquad (6)$$

ここに，添字 o は観測された値を表す．L_2は初期の加速度波形と x により構成された加速度波形との差の L2 ノルムを表す．w は重み係数であり，徐々に値を小さくしながら結果を確認して，適切な値を判断した．ここでは 1/ 3T の場合の結果を示す．最適解は遺伝的アルゴリズム（GA）によって探索する．世代数 1000，個体数 200，交叉確率 75%，突然変異確率 0. 5%，ビット長 8 ビットとした SGA とする．乱数を変えて独立した計算を 5 回実行した．

なお，SI 値と最大加速度値の計算は地震計内部の処理に準拠する．最大加速度値は 3 成分ベクトル合成の最大値とする．SI 値は，水平面内に 22. 5°ずつ等間隔で設定した 8 方位毎に水平動成分を抜き出し，それぞれの成分を 1 次元の入力地震動とみなして減衰定数 20% の速度応答スペクトルを計算する．方位毎に Housner の定義式[9]に従って SI 値を算出し，その最大値を SI 値とする．ただし，ここでの SI 値の定義は 0. 1-2. 5 秒の速度応答スペクトルの積分値を 2. 4 で除した値，すなわち平均値とする．

図-8 に推定した 5 波形を成分毎に K-NET の加速度波形と比較して示す．また，図-9 に計算された SI 値と最大加速度（PGA）値を K-NET と気象庁の記録と比較して示す．それぞれの波形は観測された SI 値と最大加速度にほぼ一致し，かつ記録された後半部分の波形と整合している．また，波形には明瞭な 2 つの波群も確認できる．ただし，水平 2 成分と比較して上下動成分はそれぞれの波形に見られる細かなフェーズが互いに異なっている．これは，水平 2 成分が SI 値と最大加速度値の両者で拘束されているのに対し，上下動は最大加速度値のみで拘束されているため条件が少ないことに起因すると考えられる．ここに挙げる 5 波形は観測値と矛盾しないことからいずれの波形も棄却することができない．従って，可能性として考えられるいずれの波形も推定結果として呈示することが望ましいと考える．

図-10 は推定した 5 波形から計算した水平成分の加速度応答スペクトル（減衰定数 5%）と速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を K-NET と気象庁と比較したものである．推定した 5 波形は概ね同じ応答スペクトルを示していることが認められる．古川ガス

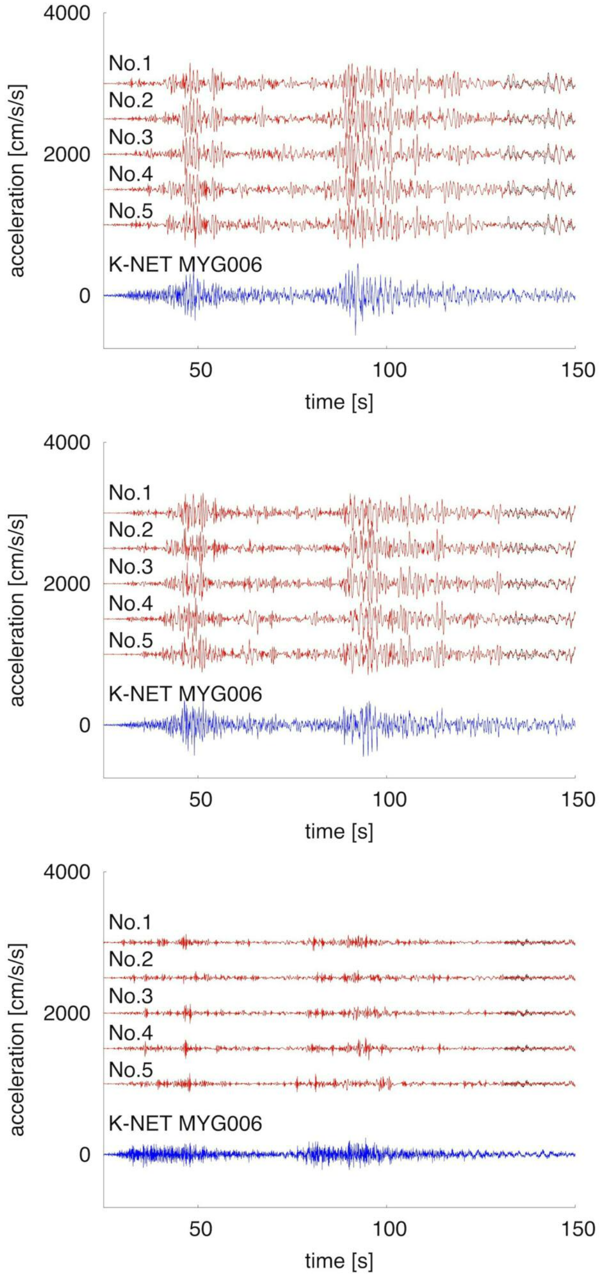

図-8　推定された古川ガス本震波形の EW 成分（上），NS 成分（中），UD 成分（下）．

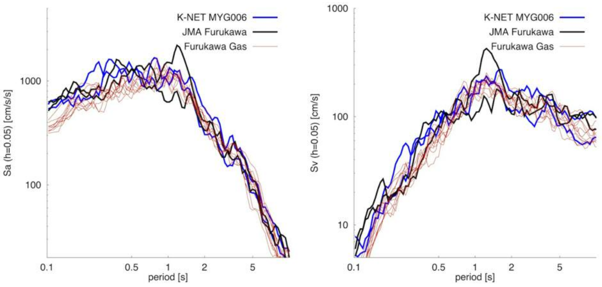

図-10　推定した古川ガス本震記録 5 波形と K-NET 古川，気象庁古川記録の応答スペクトルの比較（上：加速度応答スペクトル，下：速度応答スペクトル，水平 2 成分，減衰定数 5%）．

の加速度応答スペクトルは 0.2 秒より短周期側で他

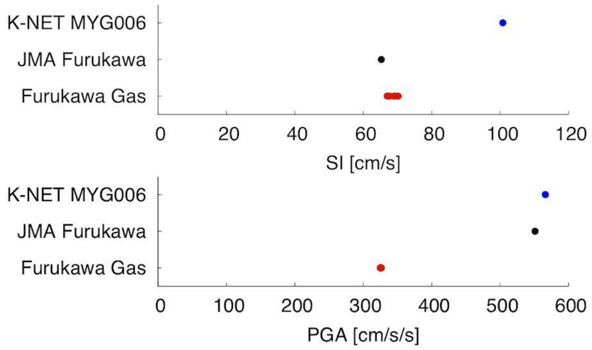

図-9　推定した古川ガス本震記録 5 波形と K-NET 古川，気象庁古川記録の SI 値，最大加速度（PGA）値．

記録と比較して小さい．これは最大加速度値が他記録と比較して小さいことを反映しているためである．また，0.5 秒より長い周期帯では K-NET と気象庁の応答の小さい側の成分と概ね似た傾向を示し，特に 2 秒より長い周期帯ではいずれの記録の応答もほぼ同じ値を示している．このように 0.5 秒以上の周期で応答スペクトルが K-NET と似た傾向を示すことは，古川ガスの地震動の実際の特徴であるのか，部分的ではあるにしても K-NET の波形を基にして推定されたことによるものかは判別することは難しい．しかし，余震から推定された地盤線形時の古川ガスと K-NET とのスペクトル比（図-5，図-6）は両観測点の振動特性が必ずしも同じではないことを示唆しており，古川ガスの初期波形はこのスペクトル比に準じているにも関わらず，SI 値の拘束条件を加えると結果的に似た応答スペクトルとなることは指摘できるのではないかと考える．

5. 手法の妥当性の検証

以上，本震波形について推定手法とその結果を示したが，結果の妥当性は実観測記録を用いて議論することはできない．そこで，観測されている余震記録から 1 つ選択し，これを仮想的に未知の記録であるとして同様の手法で波形を推定して検証する．

対象とする余震は，本震後の一連の余震からやや時間の経過した 8 月 19 日の余震とする．この余震は古川ガス，K-NET ともに記録が得られており，古川ガスの記録から計算される SI 値は 10.0cm/s，最大加速度値は 53cm/s^{2}である．古川ガスで得られている記録 120 秒のうち，前から 80 秒が欠測していると仮定して，本手法を適用して波形の再現を試みる．なお，areaA の初期波形を作成する際に使用する余震は，8 月 19 日の余震を除いた 5 波形とした．

図-11 に最適化問題の解として得られた 5 波形を

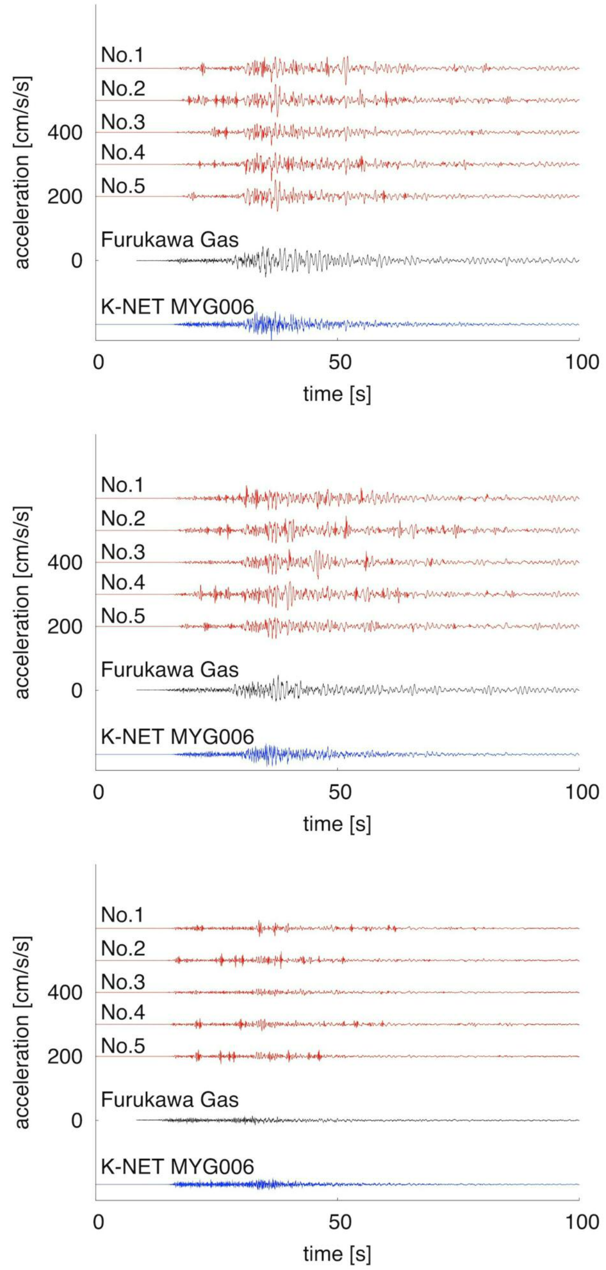

図-11　推定された古川ガス余震波形の EW 成分（上），NS 成分（中），UD 成分（下）．

成分毎に古川ガスの再現対象の記録，K-NET の記録と併せて示す．波形 No. 3 の NS 成分のように再現対象の記録より大きな振幅が見られ部分もあるが，5 波形に共通する主要動成分の包絡形状を見ると再現対象の記録に似た傾向である．また K-NET に比べて古川ガスの方が周期の長い成分が認められるが，その傾向が再現できていることが確認できる．しかし，上下成分や，振幅レベルの小さい時間域における波形の様相に差が見られる．図-12 は推定した 5 波形から計算した加速度応答スペクトル（減衰定数 5%）と速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を古川ガス，K-NET と比較して示す．再現対象の古川ガスの記録には 1 秒付近に明瞭なピークが見られるが，

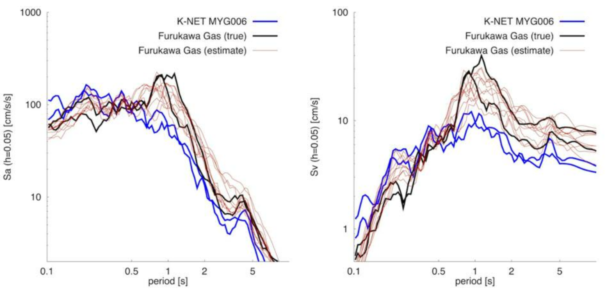

図-12　推定した古川ガス 5 波形と再現対象の古川ガス記録，K-NET 古川の応答スペクトルの比較（上：加速度応答スペクトル，下：速度応答スペクトル，水平 2 成分，減衰定数 5%）．

K-NET には見られない．本手法で復元した波形は K-NET の記録よりも古川ガスの記録に似たスペクトル形状を示し，特に 1 秒付近のピークを復元できていることが特徴である．

従って，本手法で復元される波形は，主要動成分の包絡形状は概ね再現できていると考えられるが，振幅レベルの小さい部分は正しくない可能性が考えられる．しかし，復元波形の加速度応答スペクトルは K-NET と比べると再現対象の応答スペクトルに似た特徴を有している．

6. まとめ

本研究では東北地方太平洋沖地震で本震記録の前半部分が欠測した古川ガスの観測波形を復元するため，Wavelet による時間周波数解析を用いて本震全体の波形の推定を試みた．欠測した時間領域の長周期側は K-NET 古川の観測記録の長周期成分を直接利用した．短周期側は K-NET と古川ガスで同時に観測されている余震のスペクトル比に準ずるように Wavelet 係数を定めて初期値とし，記録に残されていた実際の SI 値と最大加速度値を再現するように推定を行った．推定された 5 波形は欠測していた部分に 2 つの明瞭な波群が認められ，水平成分については概ね似たフェーズを示すものの，上下動成分にはばらつきが残る結果となった．応答スペクトルで K-NET 古川と気象庁古川と比較すると，いずれの波形も短周期側で小さめの応答，0. 5 秒より長い周期では概ね似た応答を示した．

なお，本研究では areaA の初期波形を作成する際に areaC の実記録の情報を使用しなかった．余震の記録と比較して本震が非線形性の影響を受けているのであれば，areaC の情報を積極的に areaA の初期波形を計算するときに活用することで，より適切な情報を加えることができる可能性がある．これは今後

の課題であると考えている.

謝辞：本研究では（株）古川ガスの観測記録を利用しました．古川ガス関係者の皆様のご配慮なしでは研究を遂行することはできませんでした．また，防災科学技術研究所 K-NET，および気象庁の観測記録を利用致しました．併せて感謝申し上げます.

参考文献

1) 後藤浩之：地震及び地震動の特性，土木学会東日本大震災被害調査団（地震工学委員会）緊急地震被害調査報告書，pp. 4-1-4-38，2011.
2) 日本建築学会：2011 年東北地方太平洋沖地震災害調査速報，日本建築学会，2011.
3) 古川ガス株式会社：保安体制，http://furukawa-gas.co.jp/security/index.html, 2011.
4) Zerva, A. : Spatial Variation of Seismic Ground Motions: Modeling and Engineering Applications, CRC Press, 2009.
5) 前田肇，佐野昭，貴家仁志，原晋介：ウェーブレット変換とその応用，朝倉書店，2001.
6) チャールズチュウイ：ウェーブレット応用 信号解析のための数学的手法，東京電機大学出版局，1997.
7) 本田利器，宮本崇：解析信号ウェーブレットによる時間周波数特性を考慮した入力地震動表現，土木学会地震工学論文集，Vol. 29，pp. 139-145，2007.
8) Daubechies, I. : Orthonormal bases of compactly supported wavelets, Comm. Pure. Appl. Math., Vol. 41, pp. 909-996, 1988.
9) Housner, G. W. : Spectrum Intensities of Strong-Motion Earthquakes, Proc. Symp. Earthquake and Blast Effects on Structures, Earthquake Engineering Research Institute, 1952.

（2011.12.6 受付，2012.2.7 修正，2012.3.6 受理）

ESTIMATION OF GROUND MOTION AT FURUKAWA GAS DURING 2011 OFF THE PACIFIC COAST OF TOHOKU EARTHQUAKE

Hiroyuki GOTO, Hitoshi MORIKAWA and Yasuko KUWATA

During 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, strong ground motion caused serious damage to residences at Furukawa area in Miyagi Prefecture, north eastern part of Japan. Furukawa Gas supplies city gas in the damaged area, whereas no major damages were reported. Furukawa Gas manages a seismometer to monitor seismic intensity (SI), and the seismometor recorded the ground motion. However, only the later ground motion is available, and the main parts were missed. In this study, we estimate the main parts of the ground motion from the surrounding other ground motion records, aftershock records, and observed SI and PGA values by applying a time-frequency analysis.