

福島原発事故の電力会社とガス会社の株価への影響

名古屋市立大学大学院経済学研究科附属経済研究所 程 島 次 郎

1. はじめに

2011年3月11日に東北大震災が発生して福島原発事故が起きた。東北大震災は、地震の規模がマグニチュード9.1であるという数字が示しているように、日本観測史上最大であり、世界でも1900年以降4番目に大きい超巨大地震であった。地震の規模という点では、1995年1月17日に起きた阪神・淡路大震災（通称神戸大震災と呼ばれる）は、マグニチュード7.3であり、またそれよりずっと以前の1923年9月1日に起きた関東大震災はマグニチュード7.9であり、東北大震災には及ばない。また、その被害の深刻さの程度ということでは、東北大震災は、2年たっても依然として復興が進んでいないという現実がしめすように、阪神・淡路大震災よりも深刻であり、関東大震災以来の被害をもたらしていると言えよう。とりわけ、福島原発事故が依然として収拾がついておらず、いつ解決できるかわからない現在、その影響は、日本の社会や経済に深刻な被害をもたらしている。福島原発事故の放射線の影響から逃れて避難している人々は、まだ以前住んでいたところに帰れない人が多く、仕事に関しても東北大震災以前に従事していた事業や職業に復帰できていない人が多い。また、エネルギーという点では、日本の51基ある原子力発電のうち現在運転しているのは関西電力の大飯3号と4号の2基の発電所だけであり、足りない分は火力発電に頼っており、火力発電用の液化天然ガスや原油の輸入が増え貿易収支が赤字になっている。このような現状を考えると、東北大震災とりわけ福島原発事故の影響を調べる意義は大いにあると言えよう。本論文では、福島原発事故の電力会社とガス会社の株価への影響を測定したい。電力会社は、福島原発事故で最も影響のあった当事者といえる対象である。一方、ガス会社は、電力の代替エネルギーのガスを供給する会社である。福島原発事故後電力会社の経営や社会の評価が悪化したが、ガス会社の経営は、電力の代替エネルギーのガスを供給するからといって、必ずしも良かったとはいえない。主たる事業である都市ガスの供給では、原料高によって経営が苦しくなったことや、ガス料金値上げで価格転嫁できて営業利益が増加することもあったり、またガス会社によっては電力発電事業を行っていた場合は、電力料金の上昇が経営に良い効果があったなど、いろいろな側面がある。

本研究では、福島原発事故の影響を電力会社とガス会社の株価について見てゆく。福島原発事故の電力会社の株価への影響を調べている研究は、いくつかある。すなわち、Betzer et al. (2011), Ferstl et al. (2012), Lopatta and Kaspereit (2012), Mama and Bassen (2011) などの研究は、福島原発事故直後の数日およびその後の20~30日の日本や海外の原子力発電やその他のエネルギーの会社の株価への影響を調べている。これらの研究では、福島原発事故の後に原子力や伝統的な電力会社には有意なマイナスの影

響がみられ、自然エネルギーなどを利用するそれ以外の会社にはプラスの効果があった。また、日本で行われた研究としては、福島原発事故以来1年余りのデータを用いた Kawashima and Takeda (2012) や Serita and Xu (2012) がある。Kawashima and Takeda (2012) では、東京電力以外の日本の9電力会社と J-Power への影響を調べている。そこでの分析は、分析対象の会社のグループのマーケットモデルで計算される株価の理論値からの乖離である累積超過利回り (cumulative abnormal return (CAR)) を用いて分析している。一方 Serita and Xu (2012) は、電力供給会社だけでなく、原子力関連ビジネスの会社、代替エネルギーを供給する会社、ガス会社、電力会社の子会社への影響を調べている。分析方法も対象となる会社の収益率を被説明変数とする多変量回帰モデルの一種である Zellner の seemingly unrelated regression model による分析やクロスセクション回帰による分析を行っている。また、原発事故による損害の救済に関する法律の影響などを調べている。

本論文では、週次データを用いて10電力会社と3つのガス会社の株価収益率を分析する。週次データを用いるのは、Serita and Xu (2012) に従った。本論文では、先行研究と比較してより長期のデータを用い、また適切な計量分析を用いて分析を行うことを、論文の目的としている。

2. データ

2009年10月23日から2012年7月27日の週次データの株価収益率を用いる。標本の大きさは、145である(2011年3月11日より前の標本が72個、それ以後の標本が72個、3月11日が1個である)。収益率は、週末の終値を使って求めている。対象となる会社は、電力会社として東京電力、中部電力、関西電力、中国電力、北陸電力、東北電力、四国電力、九州電力、北海道電力、沖縄電力の10電力会社、そしてガス会社として、東京ガス、大阪ガス、東邦ガスの3社である。

データの特徴を示すために、分析に用いる株価収益率ではなく、株価をグラフで示してみよう。以下は、代表的な会社の株価のグラフである。すなわち、東京電力、中部電力、関西電力、東京ガス、TOPIXの株価である。TOPIXの株価は、マーケット全体の動きを示している。

図1 東京電力の株価

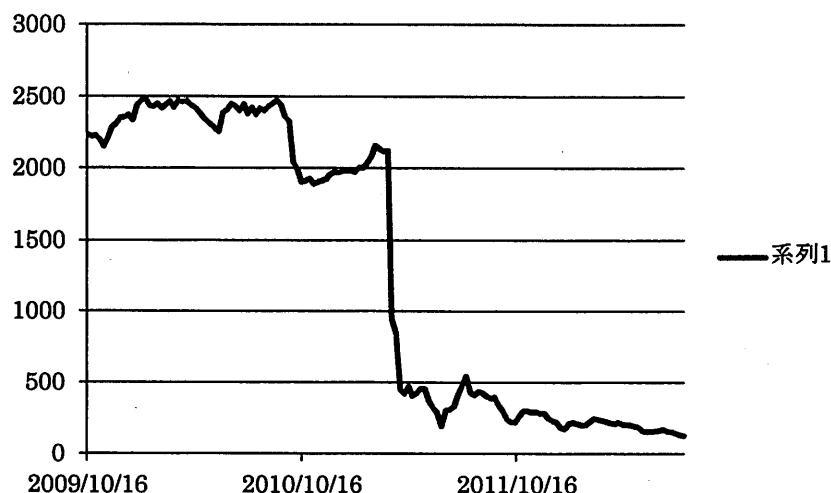


図2 中部電力の株価

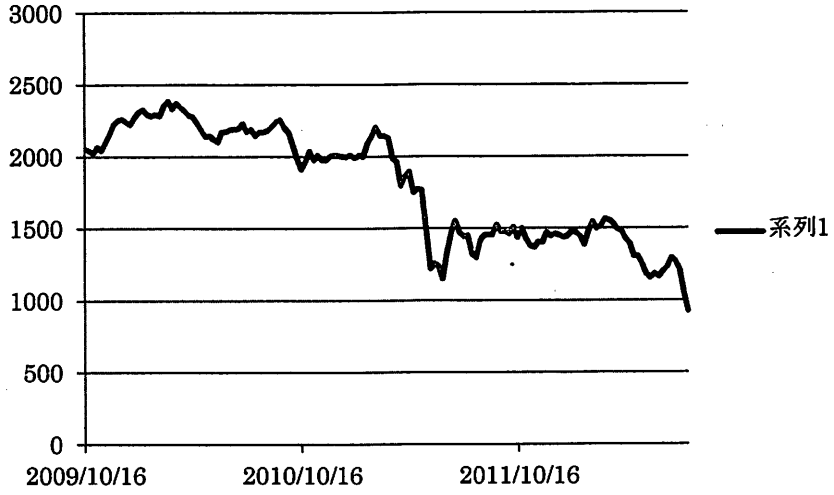


図3 関西電力の株価

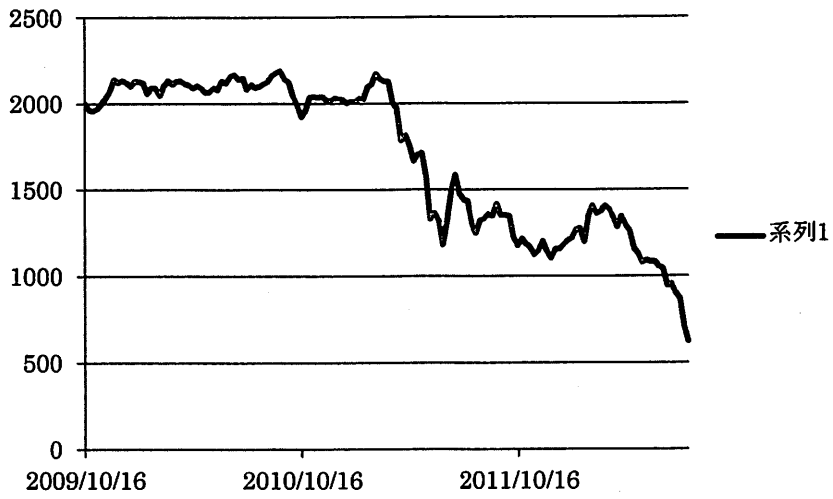


図4 東京ガスの株価

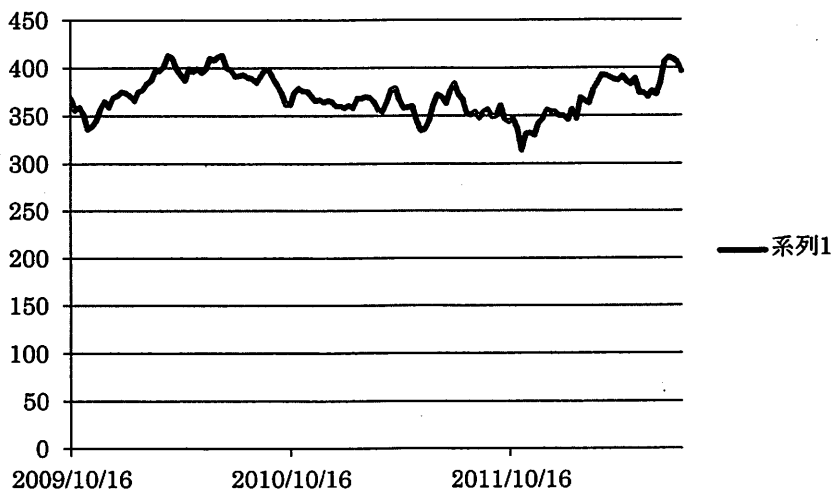


図5 TOPIXの株価

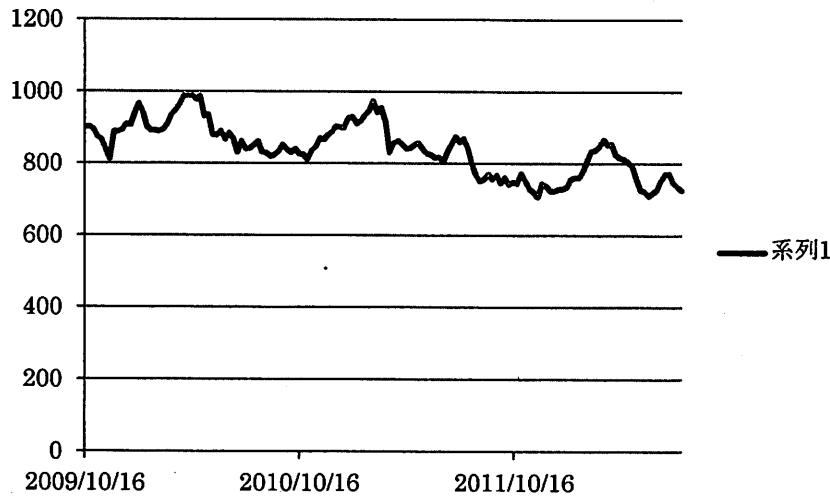
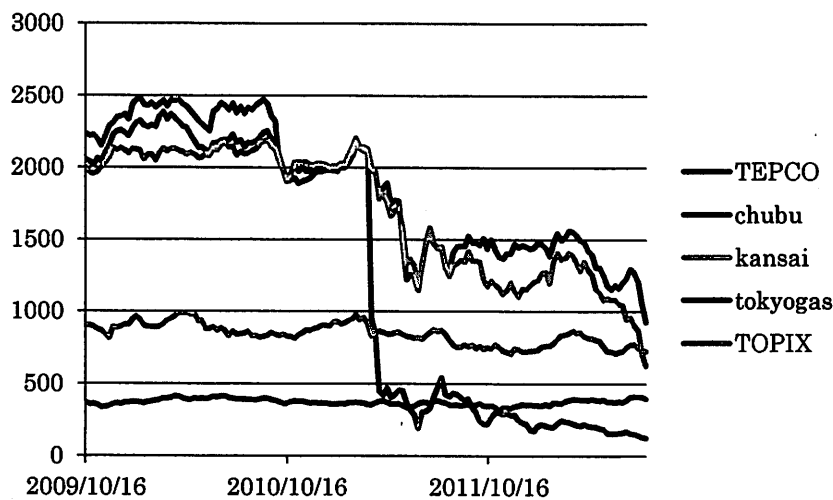


図6 5個の株価



これらのグラフを見ると、東京電力の株価が最も下落しており、またそれ以外の電力会社の株価も福島原発事故以来下落し、また TOPIX も停滞している傾向がある。一方、東京ガスは福島原発事故後下落したがその後上昇に転じているようである。

上記のグラフで示された状況をより詳しく知るために、2011年3月11日より前と後の株価収益率の記述統計を示してみよう。

ここで、8電力会社とは、東京電力と沖縄電力を除いた8電力会社を示しており、3ガス会社とは東京ガス、大阪ガス、東邦ガスの3社を意味する。8電力会社は、福島原発事故の影響の大きい東京電力と原子力発電を持たない沖縄電力を除いた、その他の電力会社の姿を現している。また、これらの株価収益率はその値を%表示（もともとの数値を100倍してある）してある。この記述統計を見ると、週次のデータで測定しても、東京電力の株価の事故後の下落の深刻さと変動の大きさにぞっとする。中部電力も関西電力も、東京電力ほどではないにしろ、株価は下落し変動も大きくなっている。そのことは、8電力会社の

表1 3.11より前の株価収益率の記述統計

	東京電力	中部電力	関西電力	8電力会社	3ガス会社	TOPIX
平均	-0.017	0.112	0.136	0.048	0.048	0.11
メディアン	0.112	0.098	0.104	0.104	0	0.102
最大値	5.888	4.596	4.18	5.861	7.143	9.688
最小値	-10.942	-4.469	-3.362	-9.222	-7.911	-6.061
標準偏差	2.195	1.877	1.507	1.789	2.093	2.419
歪度	-1.361	0.032	0.097	-0.355	0.096	0.297
尖度	10.175	2.624	3.221	4.683	4.18	5.369

表2 3.11より後の株価収益率の記述統計

	東京電力	中部電力	関西電力	8電力会社	3ガス会社	TOPIX
平均	-2.636	-0.923	-1.441	-1.067	0.212	-0.291
メディアン	-3.009	-0.625	-1.414	-0.69	0.104	-0.204
最大値	58.947	16.214	13.413	29.395	8.137	5.313
最小値	-55.304	-17.672	-18.807	-30.921	-10.905	-9.298
標準偏差	14.823	5.483	5.697	5.553	2.639	2.457
歪度	0.064	-0.318	-0.115	-0.209	-0.192	-0.483
尖度	8.303	4.735	3.991	6.648	3.876	4.153

データでも同様にみられる。一方、3つのガス会社のデータからは、原発事故前よりも後のほうがより大きなプラスの収益率の平均であることがわかる。しかし、マーケット全体を示す TOPIX の収益率は、原発事故前はプラスだが事故後はマイナスである。

3. 推定結果

この節では、福島原発事故の電力会社とガス会社の株価への影響を調べるために、以下のモデルを推定する。

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{mt} + \gamma_i d_i R_{mt} + \delta_1 d_i dum1_t + \delta_2 d_i dum2_t + \delta_3 d_i dum3_t + \delta_4 d_i dum4_t + \delta_5 d_i dum5_t + \varepsilon_{it}$$

ここで、 i は i 企業を表し、 t は t 週を表す。また、 R_{it} は、収益率を示し、 R_{mt} はマーケットの収益率を示し、 d_i は 2011 年 3 月 11 日より後だと 1 をとりそれ以外は 0 をとるダミー変数であり、 $dum1_t$ は東京電力だと 1 をとりそうでないと 0 になる東京電力のダミー変数であり、 $dum2_t$ は東北大震災の直接的な被害を受けた東京電力と東北電力だと 1 をとりそうでないと 0 になるダミー変数であり、 $dum3_t$ は原子力発電を行っていた電力会社は 1 をとりそうでないと 0 をとるダミー変数であり、 $dum4_t$ は原子力発電の割合が多い電力会社は 1 をとり、そうでないと 0 をとるダミー変数であり、最後の $dum5_t$ はガス会社だと 1 をとりそうでないと 0 をとるガス会社のダミー変数である。原子力発電を行っていた会社は、東京電力、中部

電力、関西電力、中国電力、北陸電力、四国電力、九州電力、北海道電力である。また、原子力発電の多い会社（発電の中で原子力の占める割合が20%以上）は、東京電力、関西電力、北陸電力、四国電力、九州電力、北海道電力である。これらのダミー変数は、ガス会社のダミー変数以外は、Kawashima and Takeda (2012) のやり方を踏襲した。上記の式は、いわゆる seemingly unrelated regression model と呼ばれる多変量回帰モデルの一種であり、誤差項に同時点の相関を認め異時点の相関を認めない一般化最小2乗推定量 (generalized least squares estimator (GLSE)) で推定するのが通常である。本論文では、それ以外に、最小2乗推定量 (least squares estimator (LSE)) で推定し、最小2乗推定量の漸近分散の推定で、同じ企業の残差には相関を認めたクラスターロバスト (cluster-robust) な推定を行う。クラスターロバストな漸近分散の推定量については、例えば、Cameron et al. (2008) (2011), Petersen (2009), Thompson (2011) などの参考文献がある。そのうち、Petersen (2009) と Thompson (2011) は、ファイナンスの専門雑誌に掲載された計量経済学的手法とそのファイナンスの応用が書いてある論文であり、ファイナンスの実証研究でも残差項の相関を考慮するクラスターロバストな方法が重要であることを示している。

モデルの推定結果が、表3に与えられている。表3は、GLSEの結果とそのt値、次にOLSEとそのt値、さらに同じ企業の残差項の相関を考慮したクラスターロバストな漸近分散の推定値に基づくロバストなt値、が順に並んでいる。また、一番最後の行に決定係数 R^2 が示されているが、GLSEの決定係数は seemingly unrelated regression model に対する McElroy (1977) の当てはまりの良さの尺度で、OLSEの決定係数はモデルに定数項がない場合の被説明変数の変動と残差項の変動に基づいたものである。 α , β , γ のパラメータがそれぞれ13個あるが、1から13の順番は、東京電力、中部電力、関西電力、中国電力、北陸電力、東北電力、四国電力、九州電力、北海道電力、沖縄電力、東京ガス、大阪ガス、東邦ガスの順である。GLSEの推定値については、 α については沖縄電力がマイナスで有意、 β については3つのガス会社がどれもプラスで有意、 γ については東京電力、東北電力、沖縄電力がみなプラスで有意、 δ については原子力発電が多いか否かを示す $dum4_i$ の係数がマイナスで有意である。それ以外のパラメータは、有意でなかった。とくに、東京電力を示す $dum1_i$ はマイナスだが有意でなかったが、上記の図や表で示したように、東京電力は最も福島原発事故の影響を受けているにもかかわらず、この結果は事実と反するように思う。この原因としては、標本の大きさ (145 個) に対してパラメータの数 (44 個) が多く推定の精度が低いことが原因のように思われる。他方、OLSEの結果は、異なる企業の誤差項が同時点の共分散がゼロでなく、異時点間の誤差項では相関がゼロという標準的な仮定の下で得られる推定値とt値 (t-value) は、GLSEの推定値とt値とかなり似た結果になっている。 α については、GLSEとOLSEの推定値はそれほど似ていないが、唯一有意な沖縄電力の推定値とt値は同じ値になっている。この α のパラメータは、企業ごとの切片に相当するので、推定方法が異なると推定結果に違いが出る。しかし、それ以外の β , γ , δ のパラメータは、GLSEとOLSEの推定値とt値の推定結果にあまり大きな差がないようである。 β については、GLSEとOLSEで有意な結果はともに3つのガス会社で起きている。 γ については、有意なのはGLSEとOLSEともに東京電力、東北電力、沖縄電力の3社だけである。 δ に関しては、OLSEはどれも有意でない。したがって、OLSEの推定結果は、東京電力の悲惨な状況を反映していないことになる。

表3 モデルの推定結果

パラメータ	GLSE	t-value	OLSE	t-value	robust t-value
α_1	-0.438	-0.324	-0.024	-0.017	-2.04E+13
α_2	-0.310	-0.660	-0.037	-0.071	-0.402
α_3	-0.346	-0.724	-0.090	-0.170	-1.592
α_4	-0.216	-0.507	0.057	0.117	0.619
α_5	-0.212	-0.435	0.044	0.082	0.780
α_6	-0.384	-0.607	0.039	0.055	2.76E+13
α_7	-0.112	-0.263	0.144	0.298	2.537
α_8	-0.269	-0.610	-0.013	-0.025	-0.221
α_9	-0.169	-0.385	0.087	0.176	1.538
α_{10}	-0.463	-1.701	-0.463	-1.701	-1.41E+15
α_{11}	0.021	0.082	0.015	0.052	0.632
α_{12}	-0.021	-0.088	-0.027	-0.101	-1.159
α_{13}	0.007	0.021	0.001	0.002	0.026
β_1	0.219	0.378	0.215	0.372	7.91E+14
β_2	0.179	0.791	0.176	0.781	221.638
β_3	0.160	0.687	0.158	0.678	321.689
β_4	0.288	1.470	0.285	1.458	358.322
β_5	0.323	1.351	0.321	1.342	652.330
β_6	0.318	1.098	0.314	1.085	2.55E+14
β_7	0.157	0.799	0.154	0.787	314.006
β_8	0.183	0.885	0.181	0.874	368.196
β_9	0.133	0.648	0.131	0.637	266.170
β_{10}	0.139	0.888	0.139	0.888	3.52E+14
β_{11}	0.208	1.722	0.208	1.722	1018.4252
β_{12}	0.230	2.115	0.230	2.116	1125.9452
β_{13}	0.340	2.100	0.340	2.101	1666.5603
γ_1	1.510	1.840	1.493	1.819	8.34E+15
γ_2	0.407	1.269	0.395	1.234	105.531
γ_3	0.274	0.827	0.263	0.795	113.666
γ_4	0.305	1.102	0.294	1.061	78.533
γ_5	0.270	0.795	0.259	0.764	111.843
γ_6	0.875	2.131	0.857	2.088	3.20E+14
γ_7	0.251	0.903	0.241	0.865	103.920
γ_8	0.465	1.583	0.455	1.547	196.345
γ_9	0.425	1.459	0.415	1.423	179.133
γ_{10}	0.403	1.812	0.403	1.812	5.18E+14
γ_{11}	0.098	0.571	0.098	0.572	101.879
γ_{12}	-0.021	-0.139	-0.021	-0.137	-21.955
γ_{13}	-0.195	-0.849	-0.194	-0.848	-202.456
δ_1	-1.020	-0.587	-1.002	-0.555	-4.46E+14
δ_2	0.237	0.444	-0.101	-0.174	-0.879
δ_3	-0.034	-0.065	-0.588	-0.840	-3.159
δ_4	-0.458	-1.883	-0.423	-1.502	-1.932
δ_5	0.267	0.879	0.280	0.711	5.863
R ²	0.036		0.110		

そこで、クラスターロバストな t 値 (robust t -value) の推定結果を見てみよう。クラスターロバストな t 値では、 α が東京電力、東北電力、四国電力、沖縄電力が有意となり、 β と γ についてはすべての企業で有意となり、 δ については東京電力ダミー ($dum1_i$)、原子力発電のダミー変数 ($dum3_i$)、原子力発電が多いかどうかを示すダミー変数 ($dum4_i$)、ガス会社のダミー変数 ($dum5_i$) が有意になり、GLSE の結果と OLSE と標準的な仮定の下での t 値 (t -value) とはかなり異なった結果になる。したがって、このクラスターロバストな結果では、東京電力ダミー変数が有意になっているので、一番影響の大きかった東京電力の実態が実証結果と整合的である。また、有意な δ のなかで t 値の絶対値がもっと大きかったのは東京電力ダミーである。そのため、クラスターロバストな漸近分散に基づく t 値では、その点では納得のゆく結果になっている。

4. 結論

本論文では、福島原発事故の電力会社とガス会社という公益事業の株価への影響を株価収益率のデータを用いて検証した。その結果、データの数 (145 個) に比べてモデルのパラメータの数 (44 個) が相対的に多いということもあり、用いる手法によって結果に大きな違いが生ずることになった。標準的な GLSE による推測では、一番影響の大きかった東京電力が実証結果に表れてこないという結果になった。同様に、OLSE を使った標準的な推測でも、東京電力への影響が実証結果に表れなかった。そこで、最近特に 2000 年代になって活発に研究されているクラスターロバストな漸近分散に基づく t 値による推測を行ったところ、東京電力への影響が実証結果に現れ、データと整合的な結果が得られた。しかしながら、本論文で扱ったデータは、パラメータの数に対してデータの数が少ないので、 t 値の絶対値の大きさが極端に大きいなど不自然と思えるような側面がある。そのため、将来的には、よりデータの数を増やした実証研究を行うことが良いと思われる。これは、今後の課題である。

参考文献

- Betzer, A., Doumet, M., Rienne, U., 2011. How policy change affect shareholder wealth : the case of the Fukushima Daiichi nuclear disaster. *Schumpeter Discussion Paper Series* 2011-011.
- Cameron, A. C., Gelbach, J. B., Miller, D. I., 2008. Bootstrap-based improvements for inference with clustered errors. *The Review of Economics and Statistics* 90, 414-427.
- Cameron, A. C., Gelbach, J. B., Miller, D. I., 2011. Robust inference with multiway clustering. *Journal of Business and Economic Statistics* 29, 238-249.
- Ferstl, R., Utz, S., Wimmer, M., 2012. The effect of the Japan 2011 disaster on nuclear and alternative energy stocks worldwide - an event study. *J. Bus. Res.* 5, 25-41.
- Kawashima, S., Takeda, F., 2012. The effect of the Fukushima nuclear accident on stock prices of electric power utilities in Japan. *Energy Economics* 34, 2029-2038.
- Lopatta, K., Kaspereit, T., 2012. The effects of the Fukushima Daiichi nuclear accident on utility share prices of firms with nuclear, renewable and conventional energy production. Working paper.
- Mama, H. B., Bassen, A., 2011. Contagion effects in the electric utility industry following the Fukushima nuclear accident.

Working Paper

McElroy, M. B., 1977. Goodness-of-fit for seemingly unrelated regressions. *Journal of Econometrics* 6, 381-387.

Petersen, M. A., 2009. Estimating standard errors in financial panel data sets: Comparing approaches. *The Review of Financial Studies* 22, 435-480.

Serita, T., Xu, P., 2012. Energy stock returns and the Fukushima nuclear accidents. presented at the 20th conference of Nippon Finance Association.

Thompson, S. B., 2011. Simple formulas for standard errors that cluster by both firm and time. *Journal of Financial Economics* 99, 1-10.