

大津市都心地区における建物用途毎の電力デマンド特性の分析

創造理工学専攻 環境都市コース 6164110028-4 小林 寛也
(指導教員 近本智行)

1. はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災により、夏期や冬期において電力需給が不安定な状況が続いた。電力の安定供給を目的として電力会社では電力管内単位での時刻別の電力消費量(以下、デマンド)の公開や予測を行っているが、公開されている内容は、建物用途毎の詳しい内訳まで明らかにされたものではない。それぞれの配電系統には複雑に多種多様な建物用途が混在しており、電力会社でも建物用途毎のデマンドを計量し、把握するのが困難な状況にある。しかしながら、建物用途で主に稼働する時間帯は異なり、デマンド特性も大きく異なる。そのため、削減余地のある節電時間帯や目標値も建物用途で異なるため、電力消費量の削減対策を行うためには、現状の建物用途毎の電力消費実態の把握が不可欠である。

この問題に対し、これまでは個々の建物を対象としたサンプル調査によって、建物用途毎のエネルギー消費特性の実態把握に関する研究が行われてきた。例えば、JSBCは省エネ政策立案の基礎資料作成を目的として、非住宅建築物の環境関連データベース(DECC)^{文1)}を構築し、建物用途毎のエネルギー消費量に関する分析を行っている。議論の対象は年間や月別の積算エネルギー消費量分析に重点が置かれ、全国の非住宅建築物を対象に大規模なサンプル調査を行っている。赤林ら^{文2)}は新潟市における民生用エネルギー需要構造を明らかにすることを目的に、新潟市の事業所ビルのエネルギー消費量及び熱源設備に関する実態調査により、事業所ビルの二次エネルギー消費量についての基礎資料を蓄積した。須藤ら^{文3)}は東北地方における業務用建築の省エネルギー対策の可能性を検討するため、5つの建物用途におけるエネルギー消費量に関する基礎情報をまとめた。

このように、建物用途毎のエネルギー消費特性に関する分析はこれまでも行われてきたが、未だ建物用途毎のデマンド特性に関する分析事例は少ない。サンプル調査では調査件数の確保が難しく、その中で詳細な時刻別データを計量している建物も不十分であったため、建物用途毎の平均的なデマンド特性は明らかにされていない。また、震災後の節電呼びかけによって、デマンド特性にも変化が生じた可能性があるが、現状では電力会社でもこういった詳細な建物用途毎のデマンド特性を把握することは極めて困難な状況にある。

そこで本研究では、より小規模な配電系統である配電

線単位の電力データに着目し、これまで明らかにされてこなかった建物用途毎のデマンド特性の把握を行う。既往研究^{文4)}では、配電線単位の電力データを用いた建物用途毎のデマンド分類手法を提案している。そこで、本論文では様々な建物用途が混在する大津市の都心地区においてこの手法を適用し、建物用途毎の平均的な電力デマンドを統計的に算出する。また、電力の使用実態を把握するため、算出したデマンド結果を基に電力と外気温の相関分析や、月別や時間帯別などの視点から電力の消費実態を捉える事を目的とする。

2. 研究概要

2.1 研究フロー

研究フローを図1に示す。既往研究では複数の配電エリアの1時間毎の電力データ^{注1)}と、それぞれの配電エリアの建物用途毎の床面積を行列計算することで、建物用途毎の電力デマンドを算出する手法を提案した。本研究ではこの手法を用いて、建物用途毎の電力デマンドを算出した。また、算出したデマンド結果を基に電力と外気温の相関分析や、月別や時間帯別などの視点から電力の消費実態を捉え、また震災後の節電効果の検証を行った。

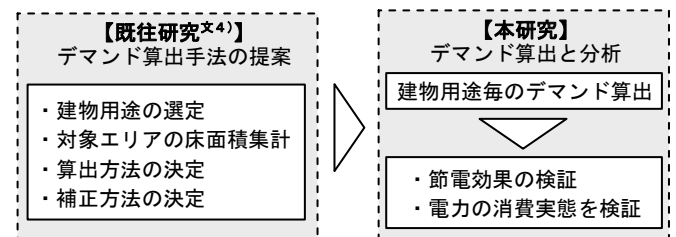


図1 研究フロー

2.2 分析期間

2010年8月1日～2011年10月31日までの配電エリア毎の時刻別電力需要データを用いる。本論文では平日のデータを基に分析を行う。平日が祝日の場合や、お盆と年末年始の期間に関しては分析から除外した。

2.3 分析時間帯の設定

住宅用途に関して、時間帯毎の電力消費実態を明らかにするために、吉野ら^{文5)}の研究を基に分析時間帯を設定した。6時～9時を朝、10時～15時を昼、16時～22時を夜、23時～5時を就寝時の時間帯とした。

3. デマンド算出結果

3.1 建物用途毎のデマンド特性

既往研究^{文4)}の算出手法に基づき建物用途毎の電力デマンドを算出した^{注2)}。

3.1.1 戸建住宅

図 2 に戸建住宅の月別デマンドを示す。概ねどの月に関しても朝と夜に電力需要が増加する傾向が見られた。6 時頃から立ち上がり、特に冬期は朝方の暖房機器の使用による電力需要の増加を示した。夜は夕食から夜の団欒を迎える時間帯に対応して 16 時頃から立ち上がり、概ね 18 時にピークを迎える。夏期のデマンドは日中の電力需要の落ち込みがあまり見られない。日平均外気温が最も高くなる 8 月は日中の電力需要が最も大きくなる月であり、主に冷房機器の使用によるものだと考えられる。

3.1.2 集合住宅

図 3 に集合住宅の月別デマンドを示す。デマンドの傾向は戸建住宅と似た傾向を示した。戸建同様 6 時頃から立ち上がり、概ねどの月も 8 時に朝のピークを迎え、戸建よりも朝のピークが顕著に見られた。1 月や 2 月は戸建同様に、朝方の立ち上がりが大きい傾向が見られる。夜のピークは戸建に比べて遅く、19 時頃に多く見られ、そ

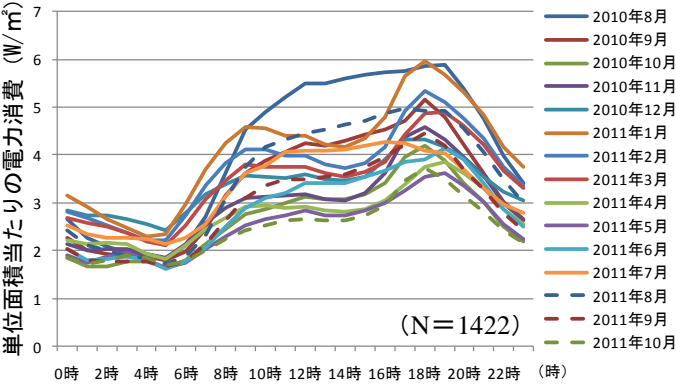


図 2 戸建住宅月別デマンド

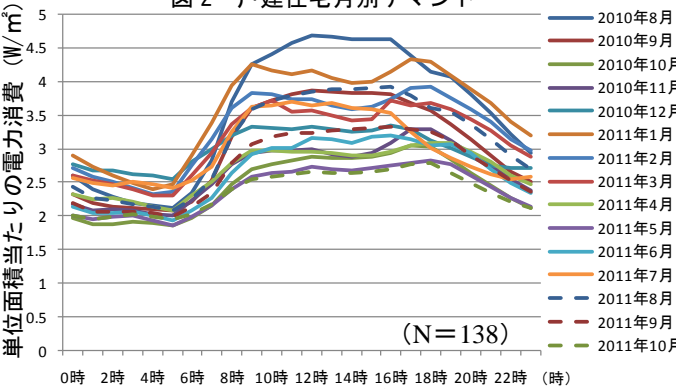


図 4 事務所月別デマンド

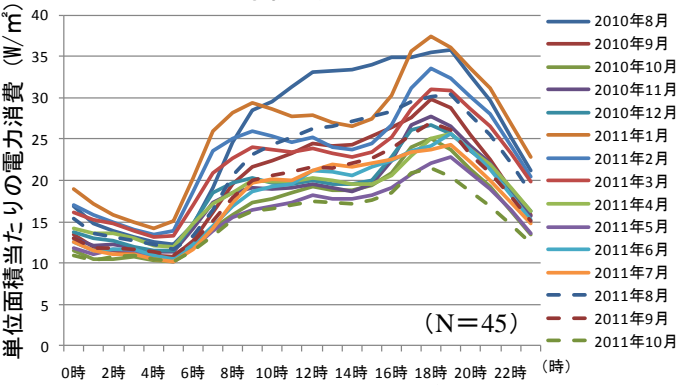


図 6 店舗兼住宅(大)月別デマンド

の後の落ち込みも緩やかに減少する傾向が見られた。

3.1.3 事務所

図 4 に事務所の月別デマンドを示す。震災前後共に 6 月～9 月のデマンドは 10 時～17 時までデマンドを維持する傾向が見られた。11 月～4 月のデマンドは朝の立ち上がり時間が早く、6 時から急激に立ち上がる傾向が見られ、また日中のデマンドが落ち込む時間帯が見られる。デマンドの値が他の建物用途と比べて小さくなっているのは、行列計算に用いる事務所用途の床面積に、実際には使われていない建物や共用部分の床面積を多く含んでしまったことが要因として考えられる。

3.1.4 店舗兼住宅(小)

図 5 に店舗兼住宅(小)の月別デマンドを示す。朝の立ち上がりからデマンドは継続し、17 時～18 時から緩やかに減少していく傾向が見られる。12 月～3 月のデマンドは朝の立ち上がりが顕著に見られ、9 時～10 時にピークを迎える。

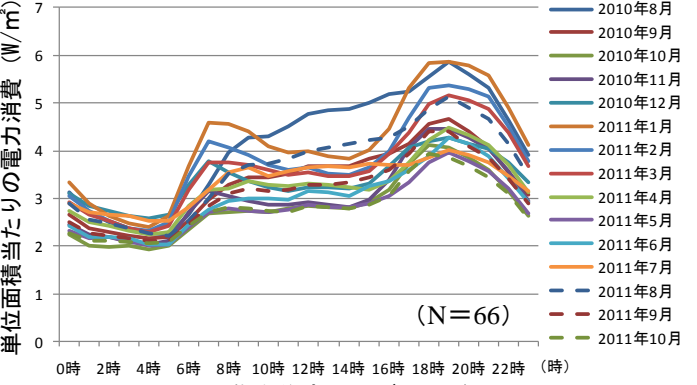


図 3 集合住宅月別デマンド

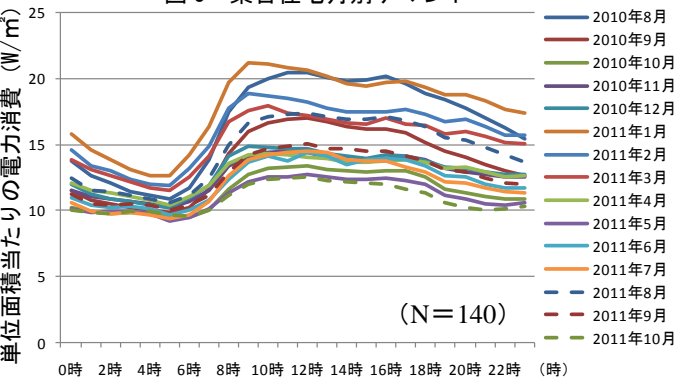


図 5 店舗兼住宅(小)月別デマンド

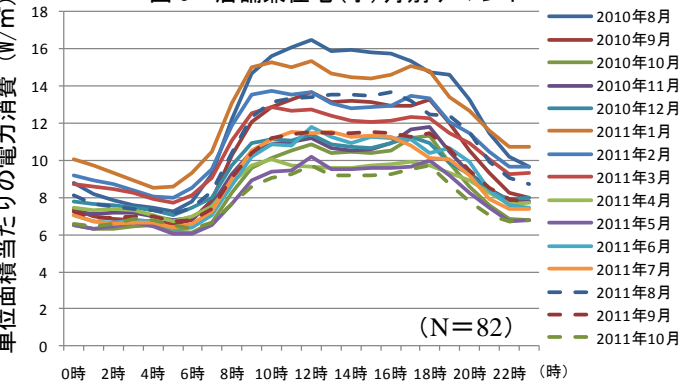


図 7 飲食店月別デマンド

3.1.5 店舗兼住宅(大)

図 6 に店舗兼住宅(大)の月別デマンドを示す。住宅用途と似た傾向が見られ、概ねどの月に関しても朝と夜にデマンドが増加する傾向が見られた。他の用途と同様に1月～3月は朝の時間帯の電力需要が顕著に見られる。

3.1.6 飲食店

図 7 に飲食店の月別デマンドを示す。概ねどの月でも食事時である昼と夜の時間帯にデマンドが増加する傾向が見られた。8時から一気に立ち上がり、12時に一度目のピークを迎える。また昼過ぎもデマンドを維持し、17時～18時の時間帯に二度目のピークを示した。

3.2 震災後の節電効果

建物用途毎の8月と9月における電力の削減率を節電時間帯別に算出した。また、それぞれの時間帯の削減率の差異を表 1 に示す。全ての建物用途で8月の節電時間帯の削減率が最も高く、15%前後の削減率が見られた。削減率には節電効果以外にも2010年に比べて日平均外気温度が低かった(8月: -1.4℃、9月: -1.3℃、10月: -0.8℃)ことも影響していると考えられる。戸建に関しては8月と9月共に、節電時間帯外の時間帯に関しても10%程度の削減率を示した。時間帯別の差異は、節電時間帯とそれ以外の時間帯の削減率の差を表す。戸建に関してはこの値が他の用途と比較して小さくなっており、また削減率は他の用途と比較しても大きい。節電時間帯以外の時間でも電力の削減努力をしていた可能性がある。本分析は統計的な手法で行ったため、詳細なライフスタイルまでは追えていないが、戸建世帯に関してはピーク時間の電力を削減するという節電の本来の目的を把握していない可能性があることが推測される。

4. デマンド分析結果

4.1 外気温と電力の相関分析

図 8、図 9 に戸建住宅における時間帯別の外気温^{注3)}と電力の関係を示す。図中には震災前後における回帰曲線を示した。時間帯に限らず、外気温の上昇または下降に伴い、電力消費の増加が見られる。両時間帯共に震災後の回帰曲線が震災前よりも下方に推移しており、気温の上昇や低下に伴う電力消費の増加が抑制されていることがわかる。戸建住宅においては朝の時間帯(6時～9時)の平均電力が震災前に比べて19.8%減少し、電力消費の削減率が最も高い時間帯となった。また、削減量では夜の時間帯(16時～22時)の0.74(W/m²)が最も高い結果となった。

4.2 電力消費量月変動

4.2.1 時間帯別冷暖房原単位

図 10 に戸建住宅の時間帯別冷暖房消費量を示す。1世帯あたりの1日の平均電力消費量として算出するため、選定した7エリアにおける戸建住宅の平均延床面積(161m²)を用いた。冷暖房消費量は震災前後での月別電力消

費量の最小値との差分とした。月別の電力消費量の変動パターンから震災前後でそれぞれ1つずつ最少極小点を定めた(2010年:10月、2011年:10月)。2つの最少極小点の値をそれぞれ震災前後の照明・家電によるベース電力とし、ベース電力からの増分を空調電力と定義した極小点を夏期と冬期の転換点と判断し、冷暖房期間の転換月とした。朝の空調電力は震災前の暖房期間(11月～2月)が震災後の冷房期間(6月～9月)の2.52倍となり、冬期における朝の電力消費量が顕著に見られた。昼の空調電力は冷房期間が暖房期間の1.41倍となり、夏期は日中の気温上昇により空調使用頻度が高いことがわかる。夜は暖房期間が冷房期間の1.12倍と若干の差しか見られなかったが、就寝時は3.44倍も暖房期間が高くなり、冬期の深夜における気温の落ち込みが影響していると考えられる。また、震災後のベース電力が震災前と比べて5.97%減少していることから、照明・家電の使用による削減効果が表れたと考えられる。

4.2.2 月変動誤差評価

図 11 に戸建住宅の月変動誤差評価を示す。各月にお

表 1 節電時間帯別の電力削減率

建物用途	時間帯	削減率(%)		時間帯別の差異(%)	
		8月	9月	8月	9月
戸建	節電時間帯(9時～20時)	16.4	14.1	40.6	32.5
	節電時間帯外(20時～9時)	9.7	9.5		
集合	節電時間帯(9時～20時)	14.6	7.9	54.6	46.8
	節電時間帯外(20時～9時)	6.6	4.2		
事務所	節電時間帯(9時～20時)	15.4	12.9	57.7	57.3
	節電時間帯外(20時～9時)	6.5	5.5		
店兼住(小)	節電時間帯(9時～20時)	14.6	10.8	41.7	73.4
	節電時間帯外(20時～9時)	8.5	2.9		
店兼住(大)	節電時間帯(9時～20時)	18.0	9.5	46.3	70.0
	節電時間帯外(20時～9時)	9.7	2.8		
飲食	節電時間帯(9時～20時)	15.5	13.2	50.1	79.1
	節電時間帯外(20時～9時)	7.7	2.7		

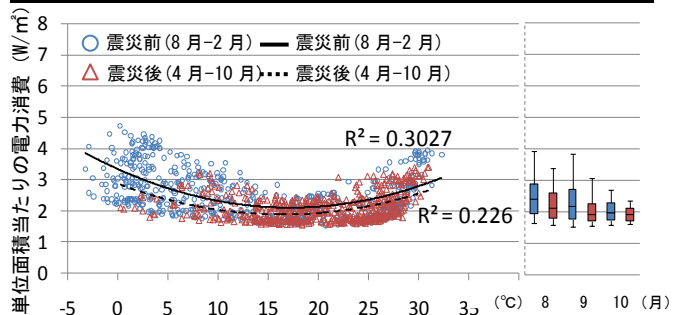


図 8 戸建住宅の外気温と電力消費の相関(6時～9時)

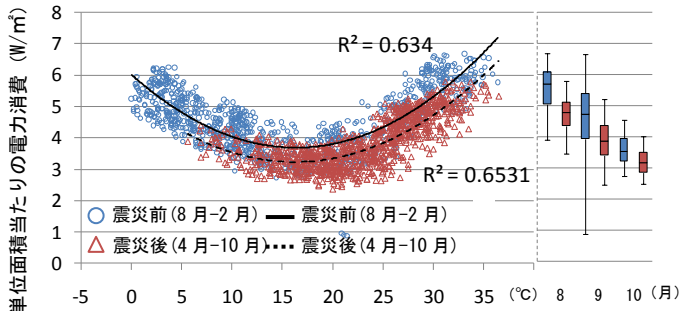


図 9 戸建住宅の外気温と電力消費の相関(16時～22時)

る 1 日の平均電力消費量として算出した。夏期は 8 月、冬期は 1 月にピークを迎える。気温変動の大きい 9 月や雨天の多い 6 月のばらつきが大きく、5 月や 10 月は比較的安定している結果となった。

4.3 2010 年と 2011 年における電力消費量比較

図 12、図 13 に戸建と事務所の震災前後の電力消費量比較を示す。横軸に 2010 年、縦軸に 2011 年の電力消費量と取り、同一月日のある 8 月～9 月のデータに関して同曜日で比較した。また、図中に時間帯別の回帰直線^{注4)}を示した。戸建に関しては、全ての月で昼の時間帯の削減量が

注釈

- 注 1) 本研究のデータは関西電力から提供して頂いた。配電エリア毎の 1 時間毎の電流計測値（最大瞬時値と最少瞬時値の平均値）を電圧計測値（最大瞬時値と最少瞬時値の平均値）に乗じて 1 時間毎の平均電力とした。
- 注 2) 図中の N 値は選定した 7 エリアにおける建物用途毎の延棟数である。
- 注 3) 大津観測所の 1 時間毎の外気温データを用いた。
- 注 4) 回帰直線は切片を 0 として作成したため、決定係数はマイナスの値をとる場合がある。

参考文献

- 文 1) 高口洋人, ほか 13 名: 非住宅 (民生業務部門) 建築物の環境関連データベース (DECC) の構築と解析 (その 1) 基礎データベースの構築, 日本建築学会環境系論文集, 第 678 号, pp.699-705, 2012.8
- 文 2) 赤林伸一, 足立直之: 事業所ビルにおけるエネルギー消費実態調査 新潟市におけるエネルギー需要構造に関する研究その 2, 日本建築学会計画系論文集, 第 481 号, pp.93-102, 1996.3
- 文 3) 須藤諭, 三浦秀一, 渡辺浩文: 東北地方における業務用建築物のエネルギー消費実態調査 (第 2 版), 東北都市環境研究グループ, 2000
- 文 4) 加藤優介: 配電線電力データを用いた建物用途毎のデマンド分類手法の検討, 卒業論文, 2012
- 文 5) 吉野 博: ミクロモデルを用いた省エネライフスタイルによる省エネルギー効果の検討

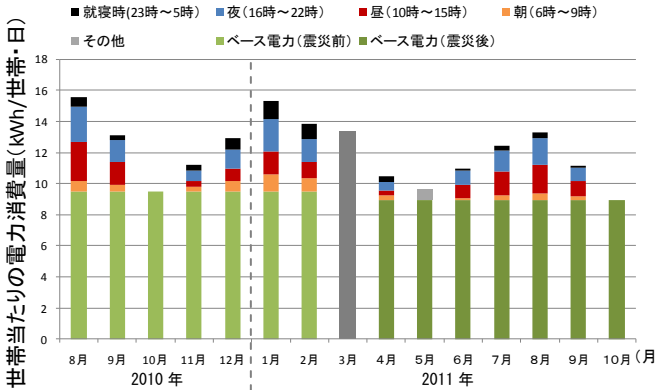


図 10 戸建住宅の時間帯別冷暖房消費量

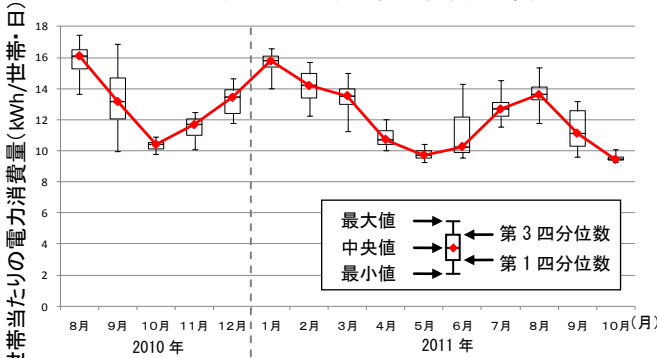


図 11 戸建住宅の電力消費量月変動誤差評価

最も高く、特に 8 月と 9 月に関しては 20%程度減少している。事務所に関しては、8 月と 9 月の節電時間帯の削減量が 15%程度あり、10 月でも 10%程度の削減が見られる。また、8 月と 9 月に関しては節電時間帯以外でも削減していることから、ベース電力も削減したと考えられる。

5. まとめ

本研究では大津市都心地区において、建物用途毎の電力デマンドを算出し、戸建と事務所の用途に関して様々な視点から電力の消費実態の検証を行った。建物用途によっては夏期と冬期のデマンド傾向が異なることを確認できた。戸建に関しては、節電時間帯以外の時間でも削減努力をしていた可能性があることが示された。電力会社と電力ユーザーが節電の目的を共有することで、より効果的な節電対策に繋がると考える。

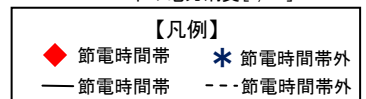
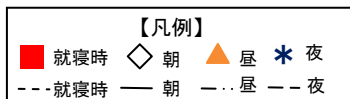
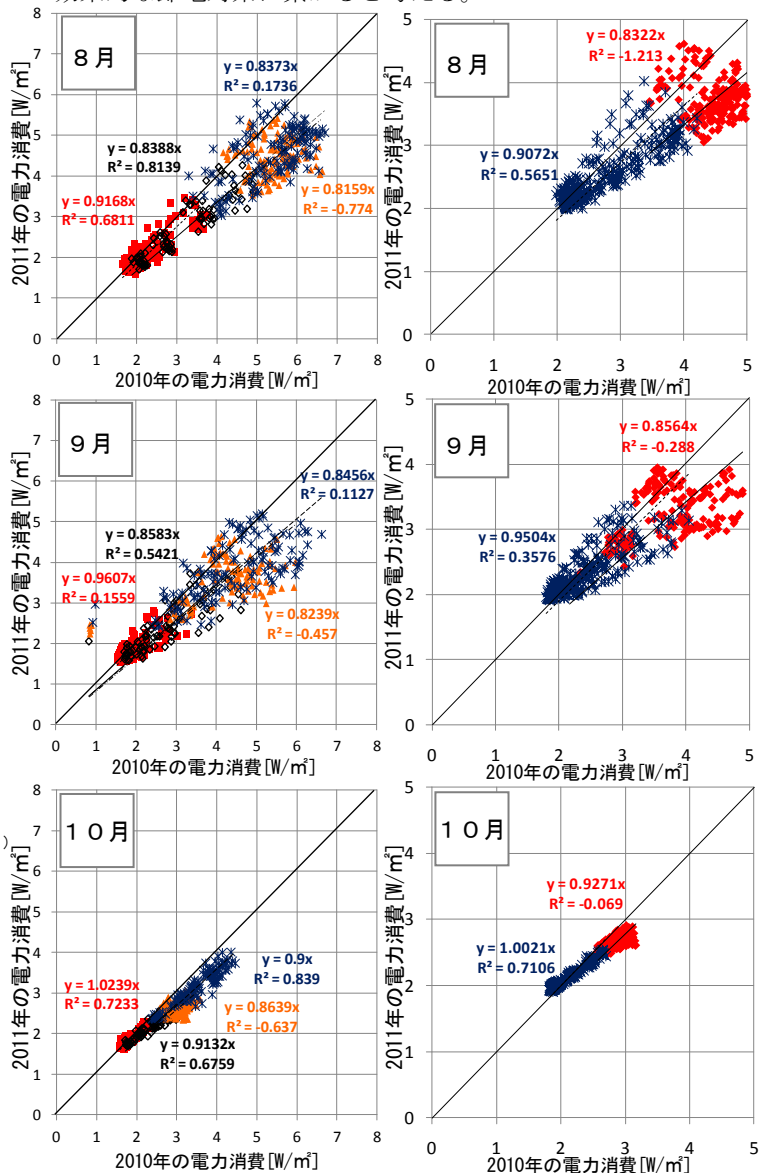


図 12 戸建住宅の震災前後比較

図 13 事務所の震災前後比較