

全体会議発表資料

BECC JAPAN 2016

1B 家庭における省エネルギー行動変容促進策

デマンドレスポンスによる需要家行動の 経時変化に関する考察（変更・抜粋）

東京工業大学 環境・社会理工学院

辻本 将晴 ・ 錦織 聡一 ・ 日高 一義 ・ 荒牧 敬次 ・ 森谷 孟史

- 問題意識とモチベーション
- 既存研究のまとめと論点
- 結果と考察

- **問題意識とモチベーション**
- **既存研究のまとめと論点**
- **結果と考察**

- 社会システム視点

- 需要家だけではなく社会システム全体を分析対象として、長期的視点からその動態的変化のメカニズムを分析すべきでは

- リアリティ（本発表のポイント）

- 需要家、特に家庭部門は極めて多様（ライフステージ、ライフスタイル、ニーズ）
- 家庭の現実（本音）をふまえた抽象化、モデル化が必要では
- ハードデータとしての電力使用量はもちろんリアルだが、需要家の本音はそこからだけではわからない
- 本音を踏まえた上で受容可能な社会システムに変容していかなければならない（技術による解決、需要家の意識変容による解決）

Multi-level perspective on transitions

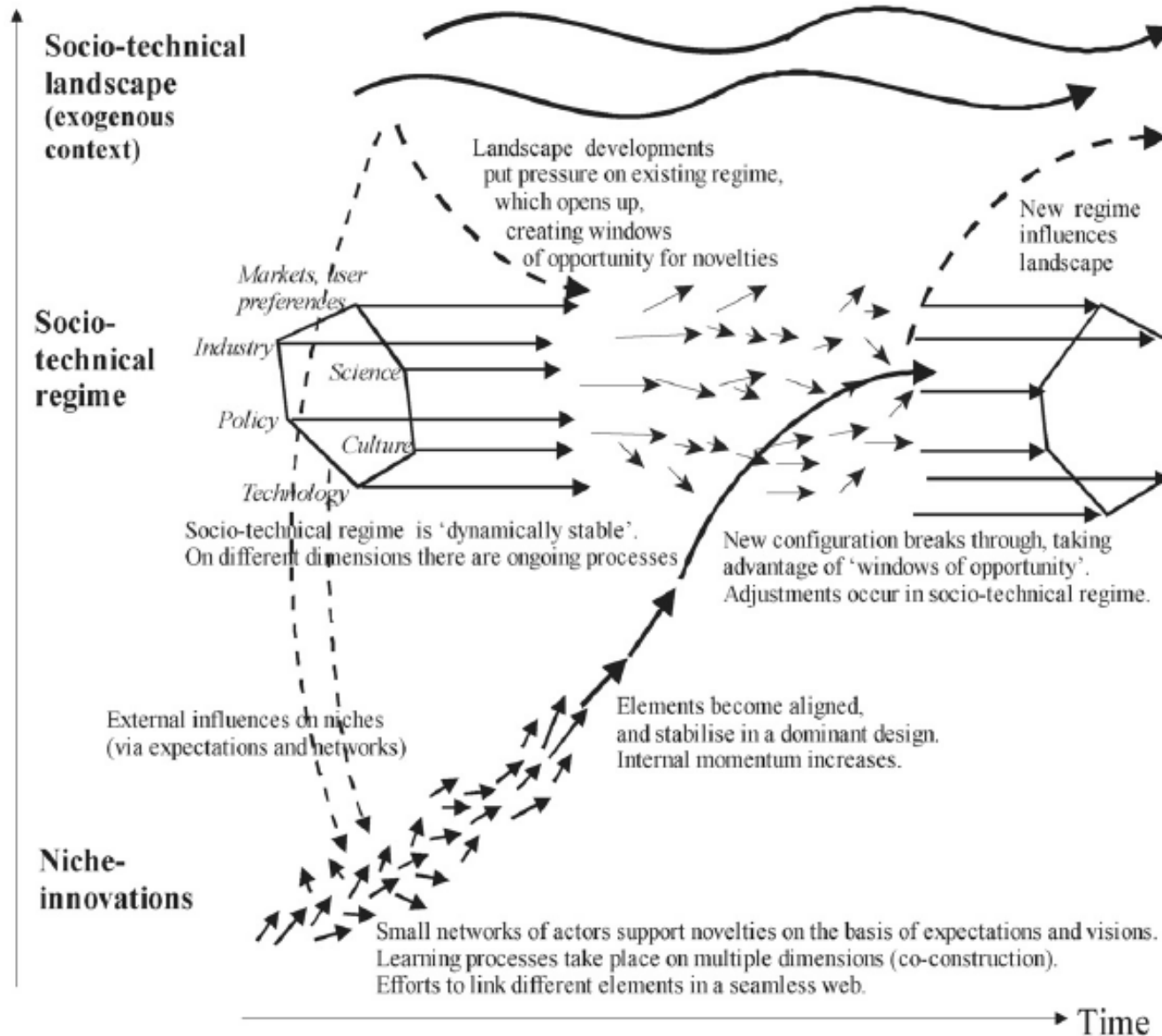


Fig. 1. Multi-level perspective on transitions (adapted from Geels, 2002, p. 1263).

- 価値提案を行うアクターのネットワークをInnovation Ecosystemという (Adner,2012;2013; Gulati, Puranam and Tushman,2012)
- 特に経路依存性 (Path Dependency) の変更を要求するようなイノベーションエコシステムは、初期にうまくいくように見えても社会受容されずに (強い社会的抵抗、あるいは無視) にあい、消滅していく (Ex. Better Place)
- その理由は、あるドメインで構成されるSocio-Technical Regime、すなわちルール、人工物、**習慣**にある (Geels, 2004; Geels and Schot, 2007; Nelson and Winter, 1982) 。

逆に言うと、新しい習慣・ルーティンを形成維持することができれば
新しいイノベーションエコシステムは社会受容される

- 問題意識とモチベーション
- 既存研究のまとめと論点
- 結果と考察

北九州デマンドレスポンス実証概要

- 地域：北九州
- 期間：平成24（2012）年度から平成26（2014）年度まで
- 参加家庭世帯数：約200世帯

| C P P 実証 | 2012 年 | | 2013 年 | | 2014 年 |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 夏 | 冬 | 夏 | 冬 | 夏 |
| 発動条件 | 30℃以上 | 5℃以下 | 30℃以上 | 9℃以下 | 28℃以上 |
| 料金レベル | 15 円 | 15 円 | 15 円 | 15 円 | 15 円 |
| | 50 円 | 50 円 | 50 円 | 50 円 | 50 円 |
| | 75 円 | 75 円 | 75 円 | | |
| | 100 円 | 100 円 | 100 円 | 100 円 | 100 円 |
| | 150 円 | 150 円 | 150 円 | | |
| 時間帯 | 13:00～ 17:00 | 18:00～ 20:00 | 13:00～ 17:00 | 17:00～ 19:00 | 13:00～ 17:00 |
| コントロール グループ の有無 | 有 | 有 | 有 | 有 | 無 |
| I P 併用 | 無 | 無 | 有 | 有 | 無 |
| 実施期間 | 6 月～9 月 | 11 月～2 月 | 6 月～9 月 | 11 月～1 月 | 6 月～8/12 |
| 対象日 | 平日 | 平日 | 平日 | 平日 | 平日 |

既存研究①：DPのピークカット効果



【家庭向けDP実証結果】

(1) ピークカット効果 (1/2) ～夏のピークカット効果～

- ✓ 夏季のダイナミックプライシングによる**ピークカット効果は最大10%超**
- ✓ 季節別時間帯別料金効果を補正すると**ピークカット効果は20%超**

| CPP効果のみ | | |
|----------------|--------|--------|
| 価格レベル (午後1～5時) | 効果 (%) | 統計的有意性 |
| 50円 | -9.0% | 5%水準 |
| 75円 | -9.6% | 5%水準 |
| 100円 | -12.6% | 1%水準 |
| 150円 | -13.1% | 1%水準 |

| CPP効果にTOU効果も加え補正 | | |
|------------------|--------|--------|
| 価格レベル (午後1～5時) | 効果 (%) | 統計的有意性 |
| 50円 | -18.1% | 5%水準 |
| 75円 | -18.7% | 5%水準 |
| 100円 | -21.7% | 1%水準 |
| 150円 | -22.2% | 1%水準 |

- 2012年6月～9月。サンプル数180
- 世帯属性・日時・曜日・天候などの非価格変数をコントロール済み。
- 効果 (%) は $\exp(\beta) - 1$ 調整前の推定値 β
- TOU補正には2011年東京実証9.1%を利用。



既存研究①：DPのピークカット効果



【家庭向けDP実証結果】

(1) ピークカット効果 (2/2) ～冬のピークカット効果～

- ✓ 冬季のダイナミックプライシングによる**ピークカット効果は最大10%超**
- ✓ 季節別時間帯別料金効果を補正すると**ピークカット効果は20%超**

| CPP効果のみ | | |
|---------------------------|--------|--------|
| 価格レベル (午前8～10時、午後6～8時) | 効果 (%) | 統計的有意性 |
| 50円 | -10.2% | 1%水準 |
| 75円 | -10.7% | 1%水準 |
| 100円 | -9.0% | 1%水準 |
| 150円 | -12.0% | 1%水準 |
| CPP効果にTOU効果も加え補正 | | |
| 価格レベル (午前8～10時、午後6～8時) | 効果 (%) | 統計的有意性 |
| 50円 | -19.3% | 1%水準 |
| 75円 | -19.8% | 1%水準 |
| 100円 | -18.1% | 1%水準 |
| 150円 | -21.1% | 1%水準 |

- 2012年12月～2013年1月(平日)。サンプル数180。 出典：京都大学大学院経済学研究科 依田高典教授 プレゼン資料
- 世帯属性・日時・曜日・天候などの非価格変数をコントロール済み。
- 効果(%)は $\exp(\beta) - 1$ 調整前の推定値 β 。
- TOU補正には2011年東京実証9.1%を利用。



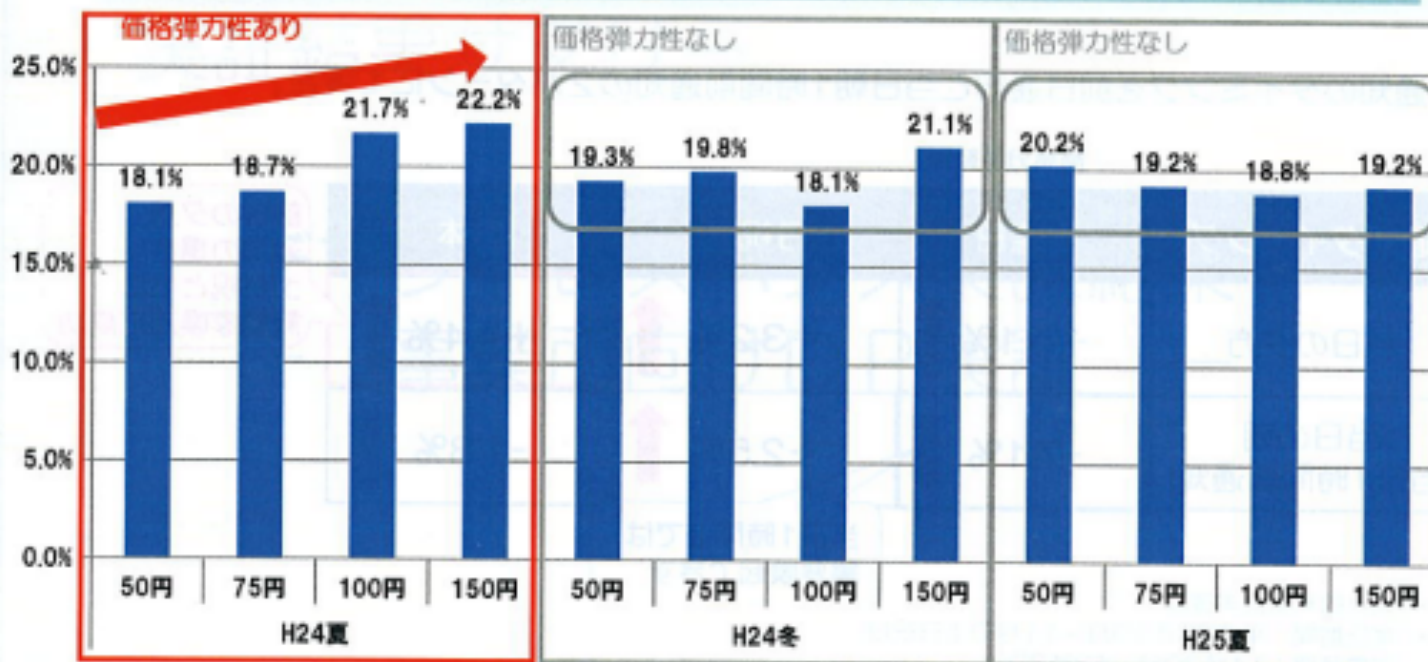
既存研究①：DPのピークカット効果



【家庭向けDP実証結果】

(3) ピークカット効果の価格弾力性 ～価格レベルへの反応～

- ✓ 実証開始当初は価格レベルに応じた**価格弾力性があることを確認**
- ✓ ただし、節電意識の根付きにより、次第に価格弾力性が低下する傾向



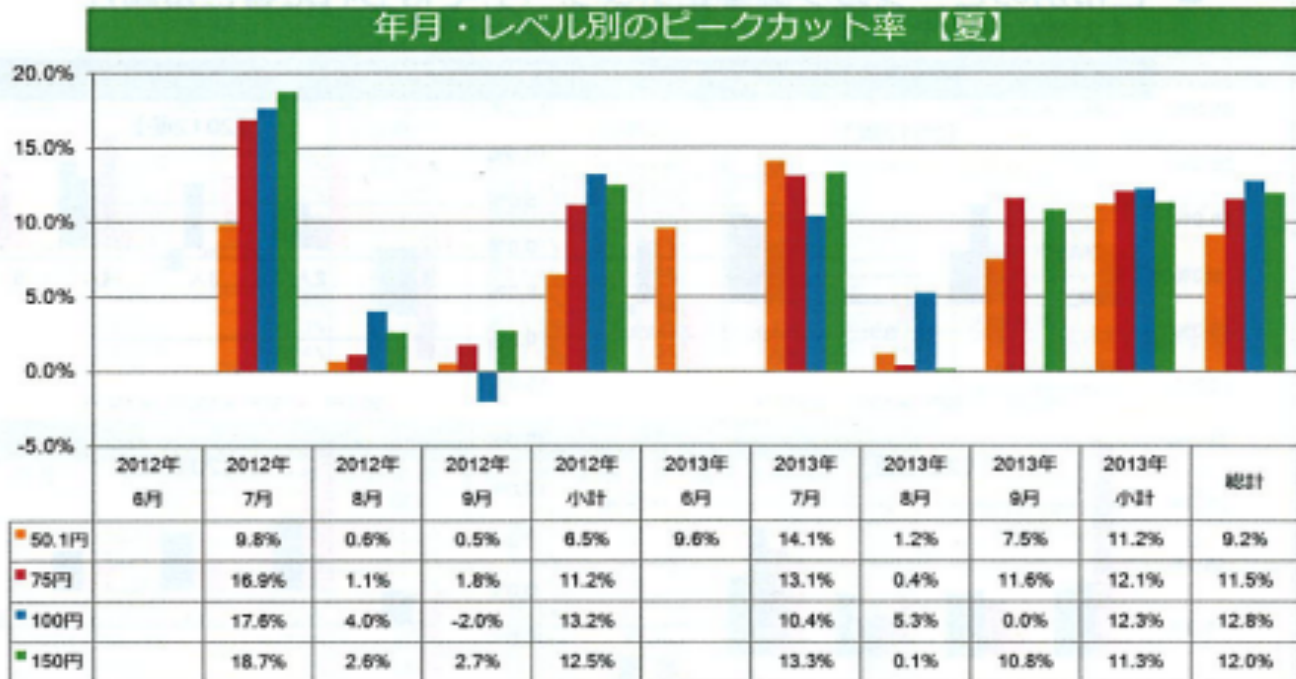
- 夏：2012年6月～9月、2013年6月～9月
- 冬：2012年12月～2013年2月
- 価格レンジが同一（50円、75円、100円、150円）の実証を比較



既存研究②：月別DPのピークカット効果

① ピークカット率の分布 (DPグループ)

■ DP対象月毎のレベル毎のCPP発動時のピークカット率の分布を調べる。



● 北九州スマートコミュニティDPデータ分析

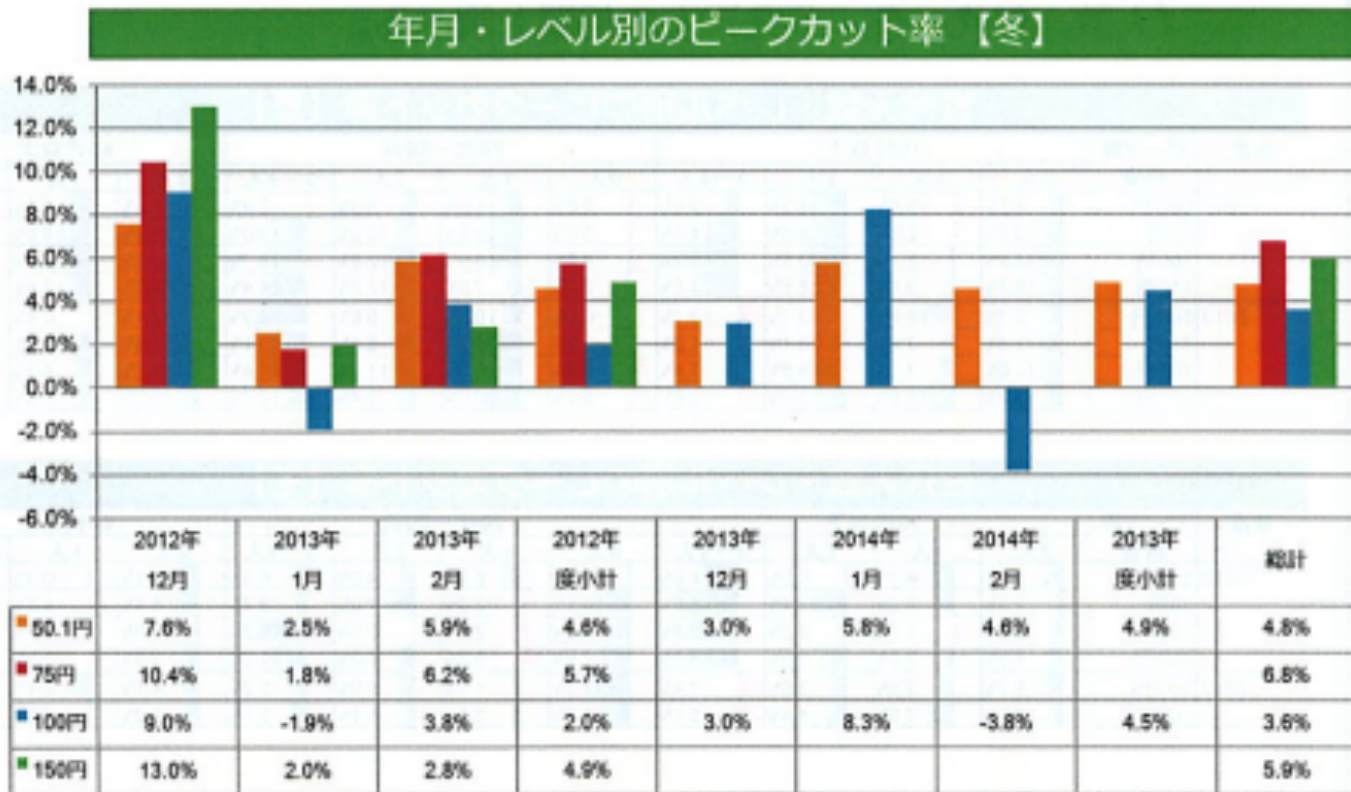
● 3

- ・初回 (2012年7月) では、レベルが高いほど、ピークカット率が向上する正の相関が確認できる
- ・2012年8月、2013年8月はどちらもピークカット率が低い傾向にあるが、これは比較対象となる非DP日がお盆期間であるためDP日のピークカット率が相対的に低くなっている
- ・2012年度に比べ2013年度はレベルとピークカット率の相関関係がみえ難い結果となっている
- ・2012年、2013年の9月はどちらもDP実施日が少ないため、データが偏りやすく、信頼性が低い

既存研究②：月別DPのピークカット効果

① ピークカット率の分布 (DPグループ)

■ DP対象月毎のレベル毎のCPP発動時のピークカット率の分布を調べる。



- ・ 2012年12月、2014年1月では、レベルが高いほど、ピークカット率が概ね向上する正の相関が確認できる
- ・ 上記以外の月では、レベルが高いほど、ピークカット率が減少する負の相関が表れている
- ・ 結果的に全期間の総計で見ると、レベルとピークカット率の相関関係がみえ難い結果となっている

既存研究のまとめ

- DPのピークカット効果は**継続的に確認**されている。
- 効果の大きさや傾向は、**期間全体でまとめるとほぼ類似**している。
- 価格弾力性（価格の変動によって、ある製品の需要や供給が変化する度合いを示す数値）は、**経時変化に伴い崩れて**いるように見える。
- 月別に、**ピークカット効果にばらつきが生じて**いる。

- ① DPの効果が継続するのはなぜか
 - 慣れると応答しなくなるのでは？
 - 電気代が1万円/月の家庭では3時間での価格差は約200円程度。おそらくインパクトがそれほど大きくないことに気づくのでは？
- ② 価格弾力性が崩れているように見えるのはなぜか
- ③ 月ごとの傾向のばらつきが生じているのはなぜか

- 問題意識とモチベーション
- 既存研究のまとめと論点
- 結果と考察

- 技術研究組合 北九州スマートコミュニティ推進機構(略称:KSCoP)への複数回にわたるインタビュー調査（継続的議論の実施）
 - 北九州市役所担当者に対するインタビュー調査
-
- 実験参加者の中でDPが発動されると大規模量販店に行って買い物をすることになっているといった人たちがいたようだ。
 - 小さな子供がいると近所で誘い合わせて買い物に連れていくという話もあった。
 - ご高齢の夫婦の中にはDP時に決まった場所を回って帰ってくるという人もいたようだ。
 - 時間帯によって、特に夕方は子供がいると動きにくいということもあったようだ。
 - 7月はともかく8月はお盆もありお客さんが来たりするなど、いつも通りの生活ではないため対応できないこともあったようだ。特に小さな子供がいる場合など。
 - DPにきちんと反応してくれる家庭とそうではない家庭がほぼ決まってきたようだ。

→ ルーティンの形成・繰り返し？

結果 DPに対する需要家の行動の特徴と経時変化

目的①経済的主法：DP(ダイナミックプライシング)を発動した時間帯と発動しない時間帯での特徴的な節電行動を探る

目的②DP実施における需要家の経年変化を探る

調査データ：北九州DP実験時のアンケート調査

DPに対する需要家の行動の特徴

DP発動時と非発動時の行動

2012年(夏)(172世帯)

- 1位 エアコンの使用頻度を減らした(63世帯)
- 2位 照明をこまめに消した(47世帯)
- 3位 電気使用時間をピーク時間以外にずらした(42世帯)

4位 外出の機会を増やした(40世帯)

2012年(冬)(178世帯)

- 1位 照明をこまめに消した(52世帯)
- 2位 エアコンの使用頻度を減らした(43世帯)
- 3位 洗濯機の使用頻度を減らした(34世帯)

10位 外出の機会を増やした(9世帯)

DP発動時

- DP
非発動時
- 1位 照明をこまめに消した(48世帯)
 - 2位 エアコンと扇風機を併用した(32世帯)
 - 3位 エアコンの使用頻度を減らした(31世帯)

11位 外出の機会を増やした(10世帯)

- 1位 照明をこまめに消した(53世帯)
- 2位 エアコンの使用頻度を減らした(29世帯)
- 3位 エアコンの設定温度を調整した(27世帯)

17位 外出の機会を増やした(0世帯)

DPに対する需要家の行動の特徴

結果：フィッシャー正確確率

2012年(夏)

2012年(冬)

DP発動時

| | 外出の機会を増やした | |
|--------------|------------|-------|
| | 選択した | 選択しない |
| 10代以下の人がある世帯 | 29 | 68 |
| 10代以下の人がない世帯 | 11 | 64 |

| | 外出の機会を増やした | |
|--------------|------------|-------|
| | 選択した | 選択しない |
| 10代以下の人がある世帯 | 9 | 85 |
| 10代以下の人がない世帯 | 0 | 84 |

p-value<0.05**

p-value<0.01***

DP
非発動時

| | 外出の機会を増やした | |
|--------------|------------|-------|
| | 選択した | 選択しない |
| 10代以下の人がある世帯 | 6 | 91 |
| 10代以下の人がない世帯 | 4 | 71 |

| | 外出の機会を増やした | |
|--------------|------------|-------|
| | 選択した | 選択しない |
| 10代以下の人がある世帯 | 5 | 89 |
| 10代以下の人がない世帯 | 2 | 82 |

p-value=1

p-value=1

DPに対する需要家の行動の経時変化

結果：フィッシャー正確確率

2013年(夏)

DP:レベル2(50円)

| | 外出の機会を増やした | |
|-------------------|------------|-------|
| | 選択した | 選択しない |
| 10代以下の人 がいる世帯 | 7 | 78 |
| 10代以下の人 がいない世帯 | 3 | 71 |

p-value=0.34

DP:レベル4(100円)

| | 外出の機会を増やした | |
|-------------------|------------|-------|
| | 選択した | 選択しない |
| 10代以下の人 がいる世帯 | 15 | 70 |
| 10代以下の人 がいない世帯 | 6 | 68 |

p-value=0.10*

DP:レベル3(75円)

| | 外出の機会を増やした | |
|-------------------|------------|-------|
| | 選択した | 選択しない |
| 10代以下の人 がいる世帯 | 9 | 76 |
| 10代以下の人 がいない世帯 | 5 | 69 |

p-value=0.54

DP:レベル5(150円)

| | 外出の機会を増やした | |
|-------------------|------------|-------|
| | 選択した | 選択しない |
| 10代以下の人 がいる世帯 | 19 | 66 |
| 10代以下の人 がいない世帯 | 7 | 67 |

p-value<0.05**

2013年(冬)

DP:8~10時

| | 外出の機会を増やした | |
|-------------------|------------|-------|
| | 選択した | 選択しない |
| 10代以下の人 がいる世帯 | 5 | 95 |
| 10代以下の人 がいない世帯 | 3 | 78 |

p-value=0.73

DP:17~19時

| | 外出の機会を増やした | |
|-------------------|------------|-------|
| | 選択した | 選択しない |
| 10代以下の人 がいる世帯 | 2 | 98 |
| 10代以下の人 がいない世帯 | 3 | 78 |

p-value=0.65

結果のまとめ

【DP発動時の行動の特徴】

- 機器の操作が増加する
- 外出を増やす
- 外出においては、10代以下の人がいる世帯といない世帯では、DP時の外出行動に有意差がある
- DP時の価格が大きいほうが、10代以下の人がいる世帯でのDP時の外出行動が行われる。

① DPの効果が継続するのはなぜか

- ある外部環境、属性、生活文脈の組み合わせの時に特定のルーティンが発動されるといった効果の現れ方をしているのではないだろうか。
- 例えば小さな子供がいて夏休みで家にいると近所で誘い合わせて量販店に行く、といったパターン（今回の結果から推定）。
- 決まった集団がある程度決まったパターンで行動をルーティン化させたのではないだろうか。例えば上記のような家庭（今回の結果から推定）。
- 外出は効果が高く、機器操作は状況によるがそれほどでもないので、外出誘発パターンは一つの知見となりうる。

- ② 価格弾力性が崩れているように見えるのはなぜか
- 面倒なので「発動したら応答する」、というパターンを決めているからではないだろうか。
 - ただしそのパターンはあるセグメントのみに定着し、発動条件に価格が効いている可能性がある（今回の結果から推定）。
- ③ 月ごとの傾向のばらつきが生じているのはなぜか
- 生活文脈が大きく異なるからではないだろうか。
 - ルーティン化しているグループを判別し、その規模をモニタリングすることで、一般にばらつきが大きすぎて操作可能性が低いとされる家庭部門の需要の予測精度が上がるのではないだろうか。
 - これらの「生活文脈のルーティン化」を考慮し、ルーティン化を促す取り組みを行うことは、DPの効果のリアリティを高めるのではないだろうか。

限界と今後の課題

- 実験事業推進者へのインタビューと小規模サンプルのアンケート結果の分析のみによる考察
→実験参加者へのエスノグラフィックな調査が必要
- 環境—属性—生活文脈のパターンが限定的
→大規模サンプルによるより多くのパターンとその時系列的変化の分析が必要
- インセンティブなど他の条件との関連性が不明確
- 社会システムレベルでの別の解を探索する必要がある

ご清聴ありがとうございました。

ご意見・ご質問、共同実験等の相談は個別でも承ります。

■ 辻本：tsujimoto.m.ac@m.titech.ac.jp

■ 錦織：nishikiori.s.aa@m.titech.ac.jp

まで、お気軽にお問い合わせください。

【補足】節電効果に対する感想

| 電気料金の変動実証プログラム（ダイナミックプライシング）の節電の効果について | 2012夏 | 比率 | 2012冬 | 比率 | 2013夏 | 比率 | 2013冬 | 比率 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 効果あり | | 84.5% | ↓ | 70.9% | | 72.4% | | 64.4% |
| ある程度は効果あり | | | | | | | | |
| どちらでもない | | 10.9% | ↑ | 20.0% | | 18.4% | | 24.6% |
| あまり効果はない | | | | | | | | |
| 全く効果はない | | 4.5% | ↑ | 9.1% | | 9.2% | | 11.0% |
| 小計 | | | | | | | | |

- 概ね満足度が高い
- 経年変化により、「効果あり」「ある程度効果あり」が減少し、「どちらでもない」が増加
- 満足度の減少がみられる

電力需要に対する外部環境変化

■ 原子力発電所の発電コスト不透明（安全対策・賠償・廃炉等）

■ 温暖化ガス削減（日本は世界第5位の排出国）

- 欧州連合（EU）は世界全体の温暖化ガスの排出量を「2050年までに10年比で少なくとも60%減らす」との新たな長期目標

- エネルギーミックス

- 原子力のみを軸に進めることは難しい

■ 化石燃料は海外依存

- エネルギー自給率・・・4.4%（2010年）

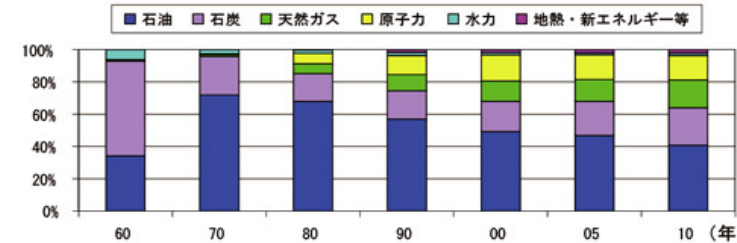


① 省エネ（需要のコントロール）

② 再生可能エネルギーの導入

— 太陽光・風力は出力変動の問題がある —

日本のエネルギー国内供給構成及び自給率の推移

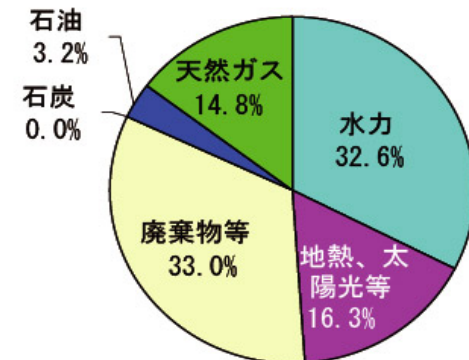


エネルギー自給率 (%)

| | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 58.1 | 14.9 | 6.3 | 5.1 | 4.2 | 4.1 | 4.4 |
| (58.1) | (15.3) | (12.6) | (17.1) | (20.4) | (19.3) | (19.5) |

(原子力含む) (%)

エネルギー自給率4.4%の内訳(2010年)



既存研究①：DPのピークカット効果

- DPのピークカット効果は、一定の効果がある。
- 夏・冬の効果の大きさや傾向はほぼ類似している。
- 価格弾力性（価格の変動によって、ある製品の需要や供給が変化する度合いを示す数値）は、経時変化につき弾力性が見られなくなる。

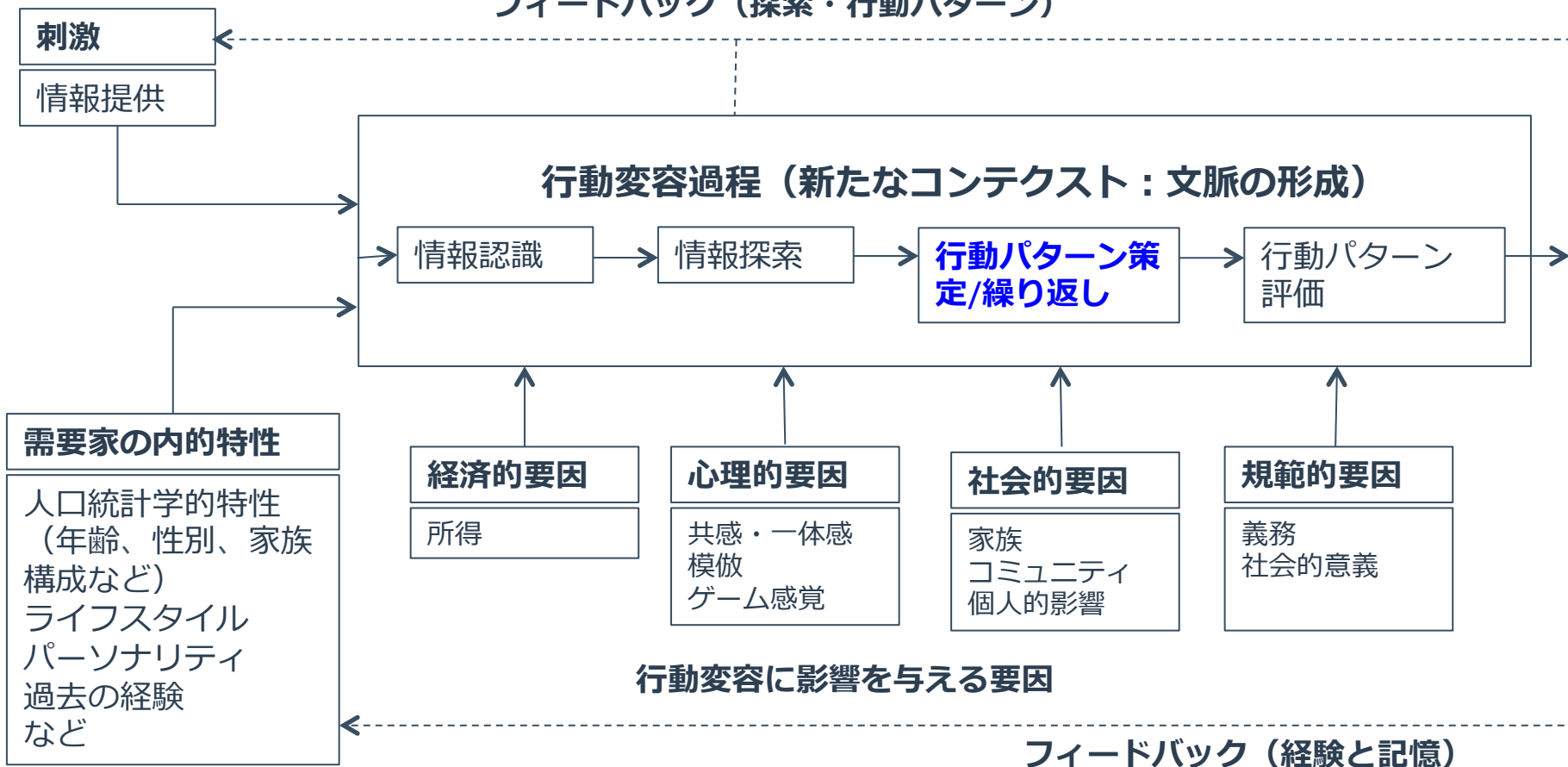


【論点】

- ・ 需要家の金額メリットが少ない = DPによる需要変容行動と削減又は上昇した電力支払いに対する対価が少ない。
例えば、月に1万円の電力支払いが生じている家庭の場合、ある3時間の価格が6倍（25円⇒150円）あたりに換算すると、単純計算で41.6円が250円となる。
- ・ 価格に応じた行動変更の困難性がある
- ・ 価格がいくらかという行動ではなく、DPが発動しているか否かという行動変容になったと考えられる。

行動心理学を用いた需要家の行動変容の理解

フィードバック（探索・行動パターン）



Based on the **Elaboration Likelihood Model(ELM)**

Richard E. Petty and John T. Cacioppo, *Communication and Persuasion :Central and Peripheral Routes to Attitude Change*, 1986, New York: Springer-Verlagなどを参照