Testing for Intrinsic and Extrinsic Motivation: Field Experimental Evidence from Electricity Demand

ボストン大学 助教授 伊藤 公一朗* 京都大学 教授 依田 高典 政策研究大学院大学 教授 田中 誠

This version: June 10, 2014 * corresponding author: ito@bu.edu

本資料につきまして

- 本資料は、下記の研究論文の要所を日本語で簡潔にまとめたものです。詳細な分析結果や記述は、下記のHPに掲載されています下記論文をご覧下さい。
- 論文: Testing foribetrinsic and Extrinsic Motivation: Field Experimental Evidence from Electricity Demand
- HP: http://peoplebu.edu/ito/index.html **F**rice Household A Household B Consumption Household B Household A Consumption Household B Household A

- 電力の費用は時間によって異なるが、価格は時間によって変化しない
 - 発電・送電の限界費用はピーク時に高い
 - さらに、停電の恐れのある危機時の限界費用は非常に高い
 - しかしながら 消費者はそういった時間帯に特別なインセンティブを与えられていない



例:カリフォルニアの火力発電所の限界費用曲線 (Borenstein 2002)

スマートメータの導入によって、リアルタイムで消費者に情報を送ることが可能に

• 世界的なスマートメータの拡大



4

• Extrinsic Incentive (money)

● 通常の経済理論 — 需要の法則



• Extrinsic incentive (money)

- 通常の経済理論 需要の法則
- 消費者が時間ごとに変化する料金に本当に反応するならば(弾力性がある場合)効果的 Price
- ただし、政治的には価格変化の導入は難しいとされる場合も多い



• Intrinsic incentive (i.e. appealing for intrinsic motivation)

- 近年の経済理論研究 Kreps (1997), Benabou and Tirole(2006)
- 人々は価格以外のモチベーションでも行動を変化させる可能性がある
- 「世の中に敗いことをしたい」など



• Intrinsic incentive (i.e. appealing for intrinsic motivation)

- 近年の経済理論研究 Kreps (1997), Benabou and Tirole(2006)
- 人々は価格以外のモチベーションでも行動を変化させる可能性がある
- 「世の中に罠いことをしたい」など

Pirice

rice

- 歴史的に見てみると、intrinsic motivationに依拠した政策が取られることが多い
 - Examples: Flex Power (energy), Spare the Air (clean air)
 - Electridity crisis n 2011), Brazil 2001), Japan (2011)
 - 新聞報道などを見ると: "successful voluntary conservation"



• Intrinsic incentive (i.e. appealing for intrinsic motivation)

- 近年の経済理論研究 Kreps (1997), Benabou and Tirole(2006)
- 人々は価格以外のモチベーションでも行動を変化させる可能性がある
- 「世の中に罠にとをしたい」など
 Frice

rice

- 歴史的に見てみると、実際の政策ではintrinsic motivationに依拠した政策が取られる
 ことが多い
 Price
 House Poild A
 House Poild B
 House Poild B
 - Examples: Flex Power (energy), Spare the Air (clean air)
 - Electricity®Crisis In®CA®(2001), Brazil (2001), Japan (2011) Household Amption Household B - 新聞報道などを見ると: "successful voluntary conservation"
- しかしながら、Holeののタイプの政策の有効性を実証的に検証した研究がない
 - Intrinsic motivationとextrinsienがのものです。 Intrinsic motivationとextrinsienがのです。

本研究では、「フィールド実証実験」という手法を用いて分析します

Research question

• Intrinsic and extrinsic incentives が消費者行動にどういった効果を生み出すのか?



The Kyoto – Kansai Science City Recruitment Process for 2012 Summer



アウトライン

- Introduction
- Experimental Design and Data
- Empirical Analysis and Results

 Frice
 (1) Overall effects of intrinsic and extrinsic incentives

 Frice
 (2) Hotorogonaity in the offects (higher and lower-income household)
 - (2) Heterogeneity in the effects (higher and lower-income households)
 - (3) Learning or exhaustion? Effects over repeated intervention



経済産業省・参加企業の方々と共同で行った社会実証実験

● スマートコミュニティー4地域実証実験

● おそらく、日本では初めての無作為グループ化を行った大規模な社会実証実験

● 本論文は京都けいはんな地域での実証実験を扱います







実験に参加した全ての消費者に情報機器を配布→価格と消費量の見える化



分析で使用するデータ

データ:

- 各家庭レベルの30分ごとの電力消費量値(スマートメーター値)
- 世帯属性・住居属性情報(アンケート)



	Control Group	Warning-Only	Dynamic Pricing
		Group	Group
Variable	Mean $(S.D.)$	Mean $(S.D.)$	Mean $(S.D.)$
Electricity Use (kWh/day)	15.7	15.3	15.6
	(8.64)	(8.95)	(7.56)
Age of Building	13.5	13.7	13.1
	(9.4)	(8.3)	(8.1)
Square meter (m^2)	140.8	139.3	134.6
	(45.6)	(54.9)	(49.4)
Household Size	3.3	3.2	3.2
	(1.2)	(1.2)	(1.2)
Mean Age of Household	39.8	41.7	40.3
	(16.5)	(16.8)	(17.5)
Household Income (\$)	$73,\!500$	$73,\!030$	72,784
	$(33,\!012)$	$(34,\!673)$	$(32,\!633)$
Number of AC	3.7	3.5	3.6
	(1.6)	(1.9)	(1.7)
Number of Refrigerators	1.1	1.2	1.1
	(0.4)	(0.5)	(0.3)

"イベント日" for critical peak pricing (CPP)

- Peak-hours (1pm-4pm for summer, 6pm-9pm for winter):
- Event days = 週末・休日を省いた日のうち、最高気温予測が30度を超える日



1) Intrinsic incentive group — 「節電要請」のみ受信



件名:デマンドレスポンスのお知らせ	
本文: *デマンドレスポンスのお知らせ**	
下記時間帯は、電気のご使用をお控え下さい。	
8/21(火)13:00-16:00	

2) Extrinsic group — 「価格インセンティブを加えた節電要請」

- ピーク時間の電力価格が変動 (1pm-4pm for summer, 6pm-9pm for winter):
 - 週末・休日を除いた非イベント日はフラット料金で全時間帯¥25。
 - 平日非イベント日はTOU料金で午後1~4時は¥45、その他の時間帯は¥25。
 Price
 - 平日イベント日は CPPで午後1~4時は¥65、¥85、¥105から各5回づつランダムに選ばれ、その他の時間帯は¥25。



2) E

Subject: Notice of Demand Response

- Main text: *Notice of Demand Response**

 - 〒8月2年(fuesday) f 5:00半命:66 1~4時は¥45、その他の時間帯は¥25。
 - 平日イベント日はv-CPPで午後1~4時は¥65、¥85、¥105から各5回ずつランダムに選ばれ、その他の時間帯は¥25。

各世帯は一日前に価格情報の通達を受ける

件名:デマンドレスポンスのお知らせ

本文:*デマンドレスポンスのお知らせ**

デマンドレスポンスの時間帯は、電気料金が非常に高額になります。

下記時間帯は、電気のご使用をお控え下さい。

8/21(火)13:00-16:00

1 kWh: +80円

Roadmap

Introduction

- Experimental Design and Data
- Price Empirical Analysis and Results

(1) Overall effects of intrinsic and <u>extrinsic incent</u>ives

(2) Heterogeneity in the effects (higher and lower-income households)

(3) Learning or exhaustion? Effects over repeated intervention





- 最小自乗法にて推定。以下の3時間帯全て別個に結果を推定する: 1) peakhours, 2) shoulder-hours, and 3) off-peak hours,
- パネルデータでな●帯レベルデータに強い系列相関があるため、世帯レベルでクラ スターした標準誤差を使用(この修正を行わないと誤差を過小評価することになる) 23

Question 1) Intrinsic and extrinsic incentives がピーク時の電力消費をどのように変化させたか?

• We compare each group's peak-hour consumption on <u>"event-days"</u>



両方のタイプのインセンティブがピーク時間帯の消費量減少をもたらした



Intrinsic incentive (voluntary conservation-request): 消費削減 = 3.2%

	(1)	(2)
Time:	Peak	Peak
I(Warning only)	-0.0328**	
	(0.0132)	
I(Dynamic pricing)	-0.117***	
	(0.012)	
I(Price=45yen/kWh)		
I(Price=65ven/kWh)		
I(Price=85ven/kWh)		
()		
I(Price=105 ven/kWh)		
Observations	267943	

Note: Household fixed effects and time fixed effects are included. SE clustered at the household level

Extrinsic incentive (dynamic pricing): 追加的な消費削減 = 11.7%

	(1)	(2)
Time:	Peak	Peak
I(Warning only)	-0.0328**	
	(0.0132)	
I(Dynamic pricing)	-0.117***	
	(0.012)	ここでのDvnamic
		Warning only3.289
I(Price=45yen/kWh)		

I(Price=65yen/kWh)

I(Price=85yen/kWh)

I(Price=105yen/kWh)

Note: Household fixed effects and time fixed effects are included. SE clustered at the household level 27

267943

より高い価格 —> より大きな消費量削減効果 = 6%, 11%, 13%, 15%



Question 2) 世帯属性の違いによって、どれだけ政策効果が異なるか

● 所得の高い世帯は他の世帯に比べて反応が違うか?



<u>Intrinsic</u> incentive effect:高所得世帯のほうが効果が大きい

	(1)		
I(Warning only)	-0.0419^{***} (0.0134)	T/TT7 • 1 \¥1	
		I(Warning only)*Income	-0.0051*
I(CPP=45yen/kWh)	-0.0581^{**} (0.0226)	Note: Income in \$10,000	(0.0029)
I(CPP=65yen/kWh)	-0.1518^{***} (0.0241)		
		I(CPP=45)*Income	0.0090^{*}
I(CPP=85yen/kWh)	-0.1676^{***} (0.0247)		(0.0051)
I(CPP=105yen/kWh)	-0.1851^{***}		
	(0.0200)	I(CPP=65)*Income	0.0143^{***}
I(Warning only)*lncome [Note: Income in \$10,000]	-0.0051^{*} (0.0029)		(0.0054)
I(CPP=45)*Income	0.0090*		
	(0.0051)	I(CPP-85)*Income	0 0131**
I(CPP=65)*Income	0.0143***	I(OIII = 00) meome	0.0101
	(0.0054)		(0.0056)
I(CPP=85)*Income	0.0131**		
	(0.0056)	I(ODD 10F) *I	0 01 11 **
I(CPP=105)*Income	0.0141**	$I(CPP=105)^{T}Income$	0.0141^{**}
	(0.0059)		(0.0059)
Observations	267943		20
number of customers	081		30

<u>Extrinsic</u> incentive effect: 低所得世帯のほうが効果が大きい

	(1)		
I(Warning only)	-0.0419^{***} (0.0134)	$\mathbf{T}(\mathbf{W}_{2}, \dots, \mathbf{W}_{n}) \times \mathbf{W}_{n} \to \mathbf{W}_{n}$	0.0051*
		I (warning only) Income	-0.0051^{+1}
I(CPP=45yen/kWh)	-0.0581^{**} (0.0226)	Note: Income in \$10,000	(0.0029)
I(CPP=65yen/kWh)	-0.1518^{***} (0.0241)	$I(ODD 4F) * I_{10} = 0$	0.0000*
I(CPP=85yen/kWh)	-0.1676^{***} (0.0247)	I(CPP=45) Income	(0.0090) ((0.0051)
I(CPP=105yen/kWh)	-0.1851^{***} (0.0253)		0.01.49***
I(Warning only)*lncome [Note: Income in \$10,000]	-0.0051^{*} (0.0029)	I(CPP=65)*Income	(0.0143^{++++})
I(CPP=45)*Income	0.0090* (0.0051)		
I(CPP=65)*Income	0.0143^{***} (0.0054)	I(CPP=85)*Income	0.0131^{**} (0.0056)
I(CPP=85)*Income	0.0131^{**} (0.0056)		(0.000)
I(CPP=105)*Income	0.0141^{**} (0.0059)	I(CPP=105)*Income	0.0141^{**}
Observations	967049		(0.0059)
Number of customers	207943 681		31

Question 3) 複数回に渡るinterventionsで「学習効果」や「効果減少」などがおこ るか?

- 複数回に渡るintervention
 - 15 event days during each season (summer and winter)
- 政策効果は時間を経て大きくなるか、小さくなるか



The effect of the intrinsic incentive:時間を経ると効果が大きく減少



The effect of the extrinsic incentive: 時間を経ても効果が持続



Question 4) Intrinsic and extrinsic incentivesは、"habit formation"をもた らしたか?

- イベント日以外の日→価格変化も無し、節電要請もない
- Habit formation(習慣化)が起きていれば政策効果がここにも出る可能性はある



Other days are non-event days

Intrinsic group: "non-event days"における政策効果はゼロ

• "Non-event day" = "no intervention" (no CPP and no conservation request)



Note: Household fixed effects and time fixed effects are included. SE clustered at the household level 36

Extrinsic group: "non-event days" においても5%の消費削減効果

• "Non-event day" = "no intervention" (no CPP and no conservation request)



Note: Household fixed effects and time fixed effects are included. SE clustered at the household level

Question 4) Intrinsic and extrinsic incentivesは、"habit formation"をもた らしたか?

- 実験が終了後はどうか?
- 価格変化も節電要請もないが、習慣化が電力の使用形態を変えた可能性もある



Intrinsic group: 実験終了後、消費量削減効果はゼロ

• "After final intervention" = "after the experimental period"



39

Extrinsic group: 実験終了後も8%の削減効果が残った

• "After final intervention" = "after the experimental period" (no intervention)



Roadmap

Introduction

- Experimental Design and Data
- Empirical Analysis and Results

(1) Overall effects of intrinsic and <u>extrinsic incent</u>ives

(2) Heterogeneity in the effects (higher and lower-income households)

(3) Learning or exhaustion? Effects over repeated intervention



- 本研究ではフィールド実験を用いて以下の研究課題に取り組んだ
 - Intrinsic and extrinsic motivation が消費者行動をどのように変えるのか
- Price Price **Findings** ۲ 1. Intrinsic incentive (conservation request) = 3.2%の消費量削減効果 2. Extrinsic incentive (dynamic pricing) = 6% から 15% の追加的な削減効果 3. Heterogeneity in the treatment effects (高所得 vs 低所得の世帯での効果の違い) 4. After repeated interve Consumption 1. Intrinsic incentivenelfects 数回の酸策的及号効果がゼロに 2. Extrinsic incentive effects: 数回の跡意論が対象が持続 5. Habit formation (習慣化) 1. Intrinsic incelotisen。習慣化は起こららのusehold B
 - 2. Extrinsic incentive: 習慣化が起こっての「ないの」減効果が継続)

政策インプリケーション

- 歴史的に見てみると、intrinsic motivationに依拠した政策が取られることが多い
 - Examples: Flex Power (energy), Spare the Air (clean air)
 - Newspaper articles, "successful voluntary conservation"



Source: http://fox5sandiego.com/2014/02/06/natural-gas-shortage-prompts-state-power-alert/#axzz31hC1G6to

- しかしながら、本研究の発見は重要なインプリケーションを示している
 - Intrinsic incentives: 短期的には一定の効果はある
 - しかし、価格効果に比べればその効果は小さく、数回の発令で効果がゼロになる