

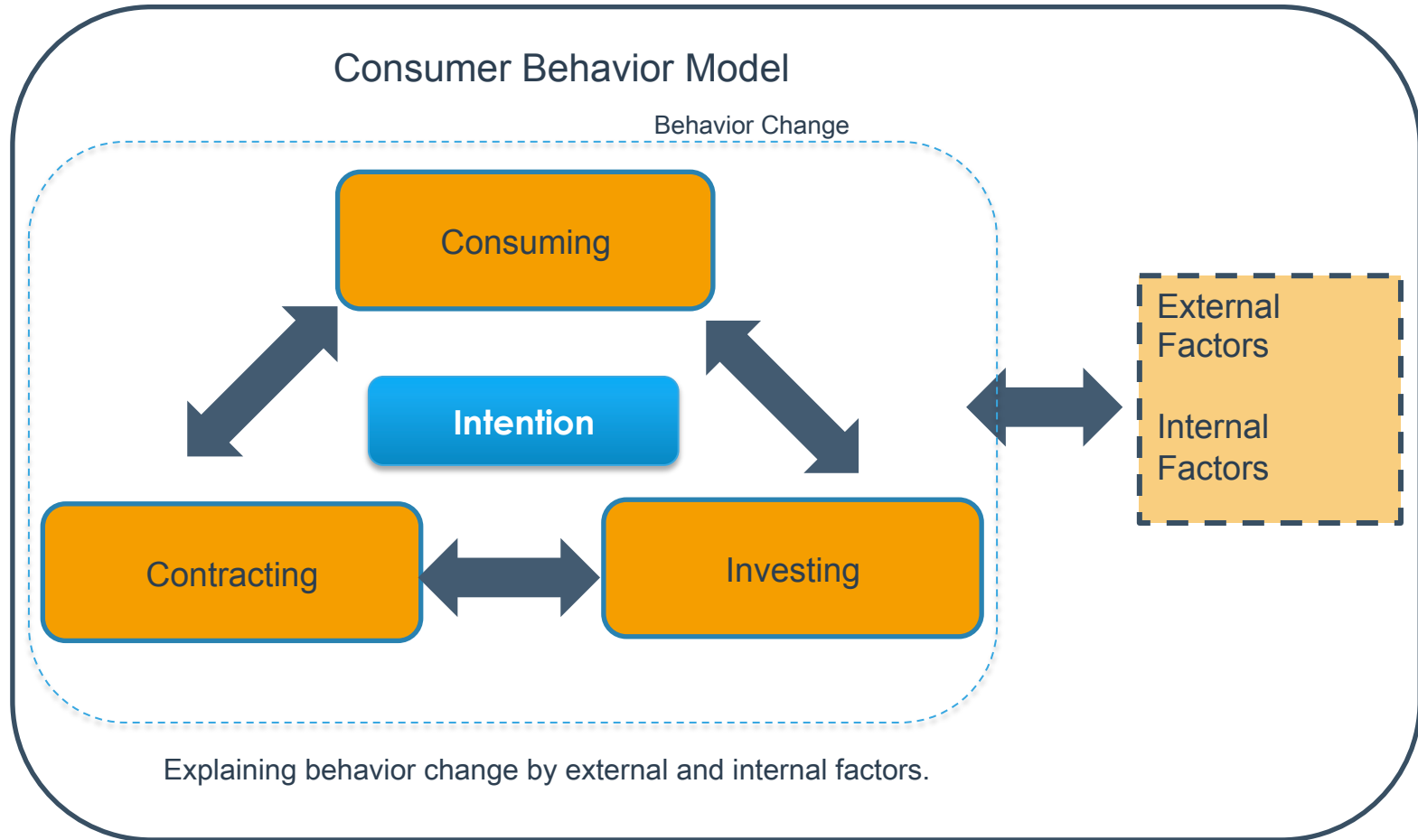
# 需要家行動モデルの研究・開発の 進捗状況と今後の予定

日高一義，辻本将晴，錦織聡一，荒牧啓次  
川本弥希，渋谷一夫

東京工業大学  
環境・社会理工学院

- 目的・全体的なスコープ（再掲）
- 研究項目
- 研究結果と今後の予定
  1. 使用行動変容の規定因
  2. 需要家3行動（使用行動、投資行動、契約行動）関係性
  3. エネルギー需要科学への貢献
  
- 他チーム、他グループとの連携の状況
- 対外公表（論文・口頭発表等）

# Consumer Behavior Model for Distributed Collaborative Energy Management System



## Objectives

- Develop the consumer behavior model which will give the significant insight on “energy use” in the distributed collaborative energy management system, through ...
  - Finding dominant internal/external factors which affect the consumer behavior change (Consuming, Contracting and Investing),
  - Analyzing the relations among consumer’s intention and behaviors composed of consuming, contracting and investing, and
  - Structuralizing consumer behavior and consumer behavior change.

1. 使用行動変容の規定因
  - a. ナッジ効果
  - b. DPにおける行動変容の経時変化
  - c. 行動変容の規定因  
(省エネ⇒再エネ導入におけるタイムシフト)
2. 需要家3行動（使用行動、投資行動、契約行動）関係性
3. エネルギー需要科学への貢献

# 1. 使用行動変容の規定因 a. ナッジ効果

## 1. 使用行動変容の規定因

### a. ナッジ効果

b. DPにおける行動変容の経時変化

c. 行動変容の規定因

(省エネ⇒再エネ導入におけるタイムシフト)

2. 需要家3行動（使用行動、投資行動、契約行動）関係性

3. エネルギー需要科学への貢献

# Experiment A: Feedback of the average

The electricity consumption monitoring and information presentation system (using tablet pc) is newly developed and installed into 50 residential houses in Kitakyusyu City, Japan.

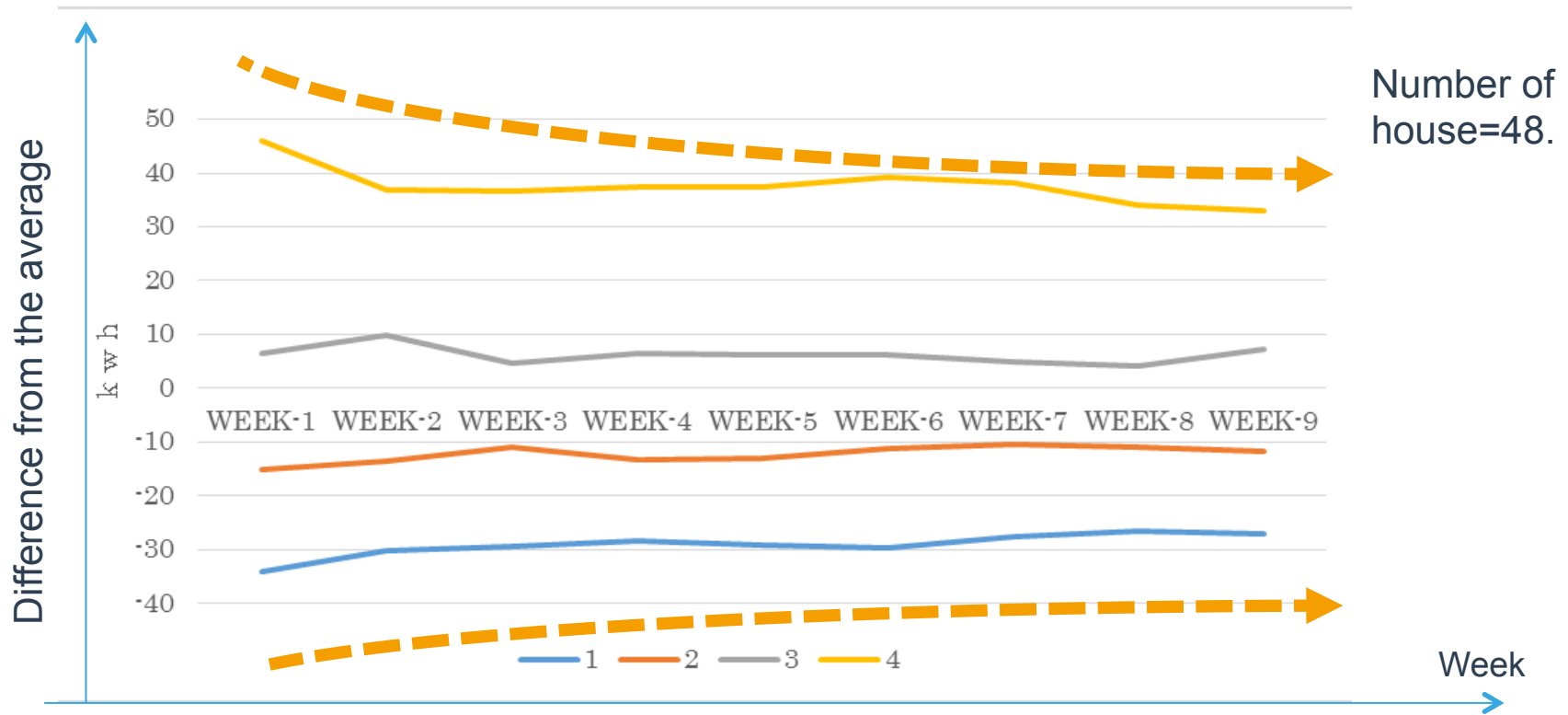
The electricity consumption data is acquired every 20 seconds, stored into the cloud server, and analyzed.

Several information is feed backed to consumers

- real-time energy consumption [Experiment-1] => No clear difference (C <> T).
- average of consumer clusters which that consumer is included in [Experiment-2]
- information of best practice consumers [Experiment-3]

The effect of displayed information is analyzed by monitoring the change of the energy consumption afterward. (Reference dependence)

# Experiment A: Feedback of the average Observed Results



- Average data of each house of each day is calculated for 45 days during 9/1~10/31, 2015 (weekday only).
- Differences of the houses from the average of the group including the house are calculated.
- These differences are clustered into 4 groups at the first week by their scale and plotted about their change for the follower weeks.

**Energy usage of lower average consumers converge toward the average. (and maybe, upper average consumers also)**

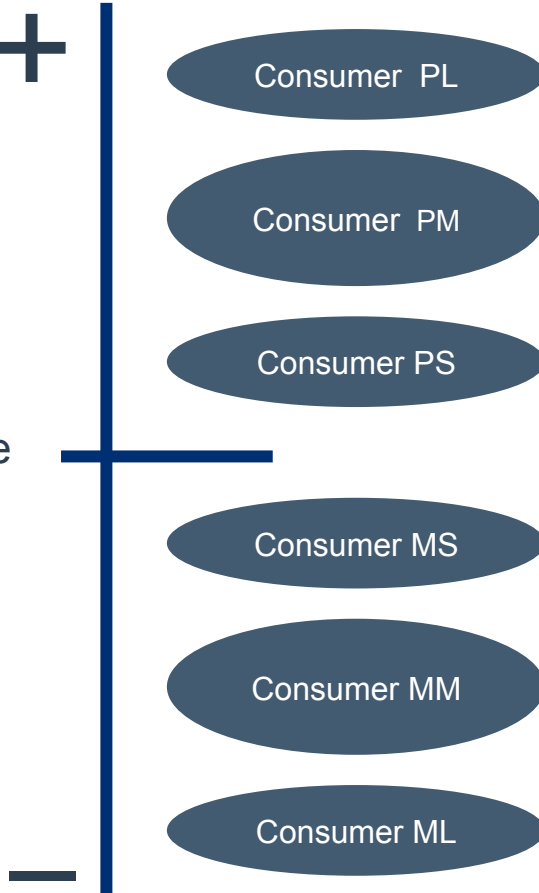


# Experiment A: Feedback of the average Observed Results

Energy consumption

+

Average



The degree of the information impact on energy reduction.

Less

Some

Less

Less

Some

Less

Information impacts less on consumers who are too close to or too far from average. (Need the exact qualitative study. Samples are not enough this time.)

Investigate the consumer behavior change by showing the message on

- 1) advice for saving energy (behavior itself)
- 2) significance of the behavior

Experiment period : 2014/11/17 – 2015/3/29 (4 months)



The screenshot shows the Navi-ENE web interface. At the top, there is a navigation bar with options like 'ホーム', '一覧表示', 'マスター情報', 'タップ情報', '機器情報', and '設定変更'. Below this, the main content area displays weather and electricity usage information for October 16th (Thursday). A central notification box titled '照明で節電' (Save energy with lighting) is overlaid on the page, containing the text: '人のいない部屋や廊下はこまめに消灯しましょう。お客さまとよく似たご家庭では、21%の家庭が行っています。' (Please turn off lights in empty rooms and hallways. In households similar to yours, 21% of households do this.) and an 'OK' button. To the right of the notification, there is a '電気予報' (Electricity forecast) section showing peak usage time (17:00, 80%) and peak usage (3289 kWh). At the bottom, there are five icons for 'マスター登録' (Master registration), 'タップ登録' (Tap registration), '機器登録' (Device registration), and '表示設定' (Display settings).

# Experiment B : Impact by Social Norm

Message #	[result]	Examples of Message
Social norm (descriptive norm)	◎	x% compare to neighbors put into action
Social norm (descriptive + injunctive norm)	◎	x% compare to neighbors put into action + Good job + Expect more
Self-interest	○	You benefit x-yen, if you fail to do . . .
Loss aversion	○	You lose x-yen, if you fail to do . . .
Environmental protection	◎	You can reduce x kg CO2 emissions for global environment.
Social responsibility	△	You can reduce x % power usage for next generation
Only advice for power saving		--

# 使用行動変容の規定因

## b. DPにおける行動変容の経時変化

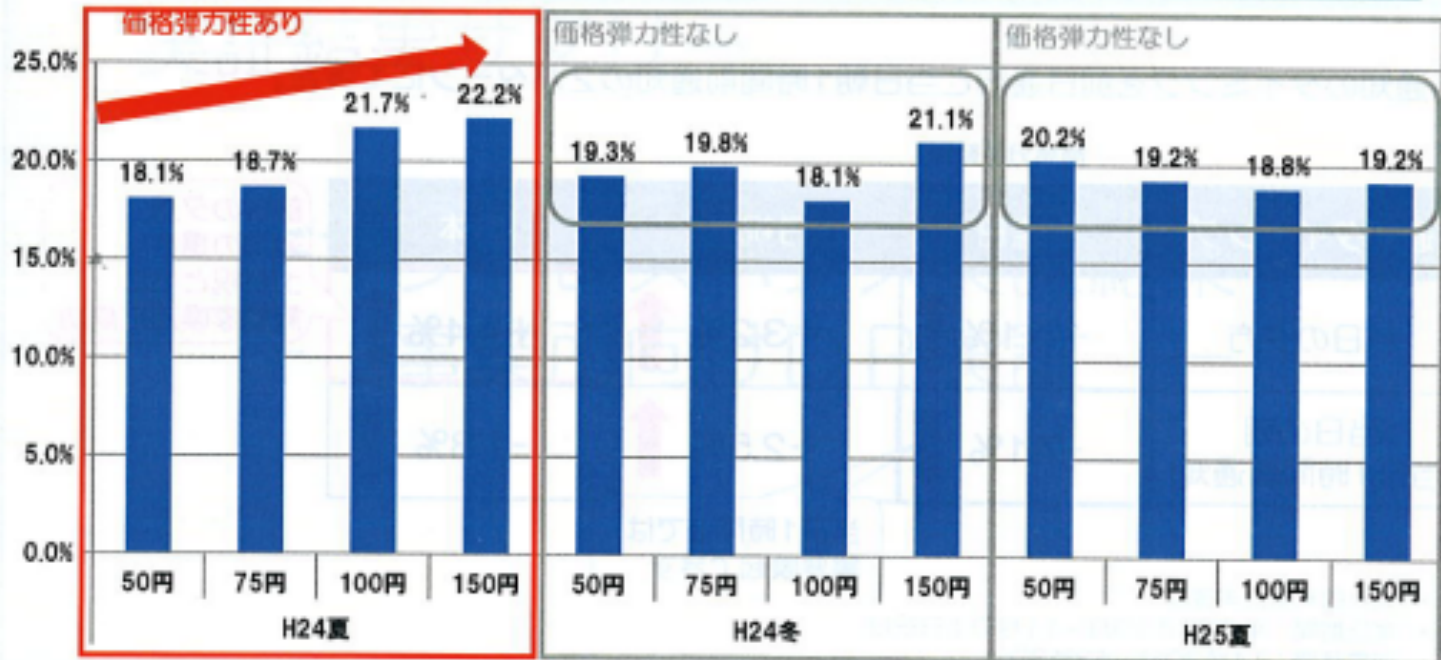
1. 使用行動変容の規定因
  - a. ナッジ効果
  - b. DPにおける行動変容の経時変化
  - c. 行動変容の規定因  
(省エネ⇒再エネ導入におけるタイムシフト)
2. 需要家3行動（使用行動、投資行動、契約行動）関係性
3. エネルギー需要科学への貢献



## 【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



■ 北九州で行われたDP実証実験に対して、経時変化するDPの継続性と価格弾力性を再分析し、追加の探索的調査を行った。

## [得られた知見]

### 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  
- 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
- 特定集団のパターンされた行動のルーティン化

### 2. 価格弾力性が崩れているように見えるのはなぜか

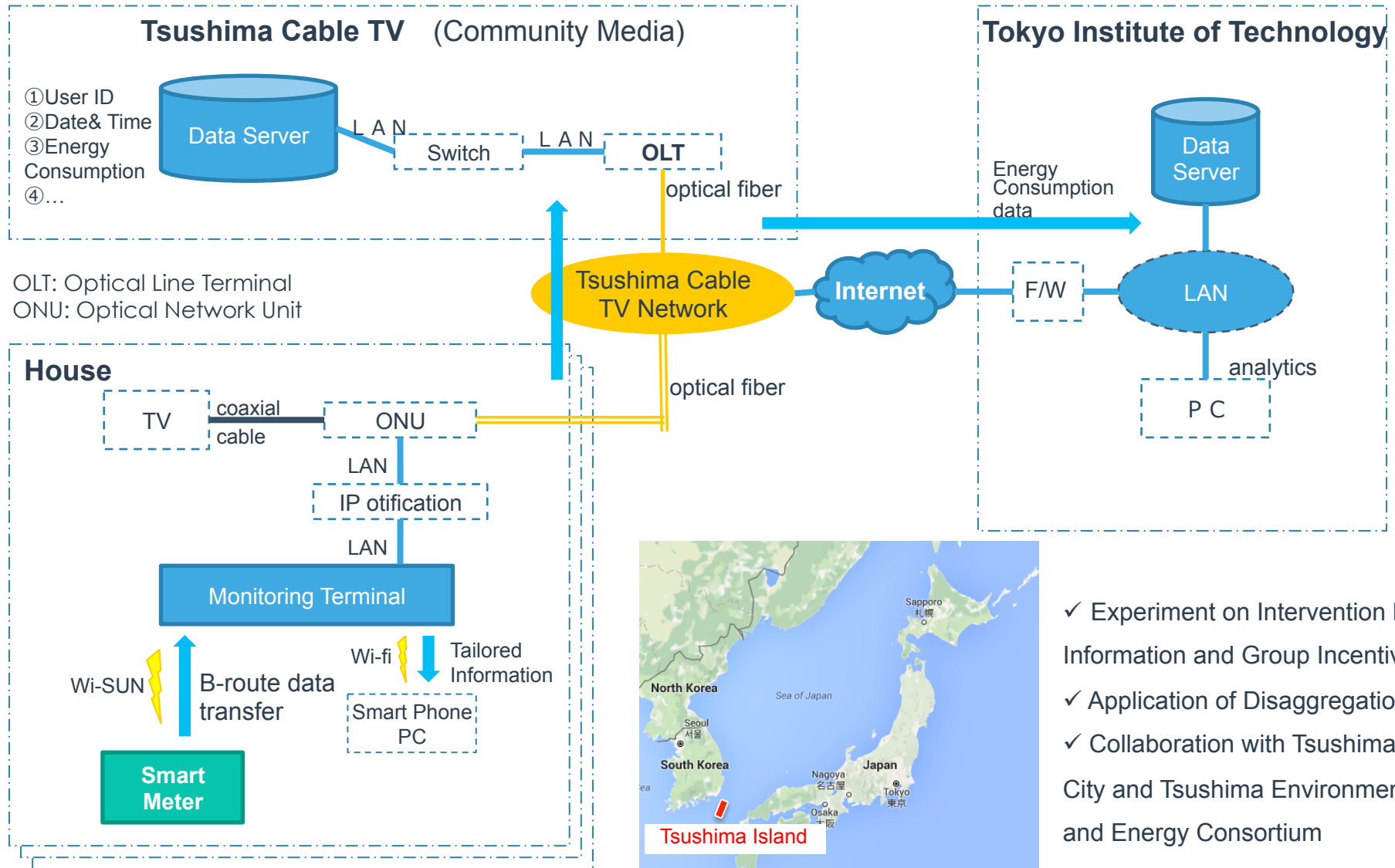
- 面倒なので「発動したら応答する」というパターンを決めている。  
(ただしそのパターンはあるセグメントのみに定着し、発動条件に価格が効いている可能性がある)。

### 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。

1. 使用行動変容の規定因
  - a. ナッジ効果
  - b. DPにおける行動変容の経時変化
  - c. 行動変容の規定因  
(省エネ⇒再エネ導入におけるタイムシフト)
2. 需要家3行動（使用行動、投資行動、契約行動）関係性
3. エネルギー需要科学への貢献

# 進捗：実証地選定 データ収集・情報提示システムの開発 (Project Tsushima)



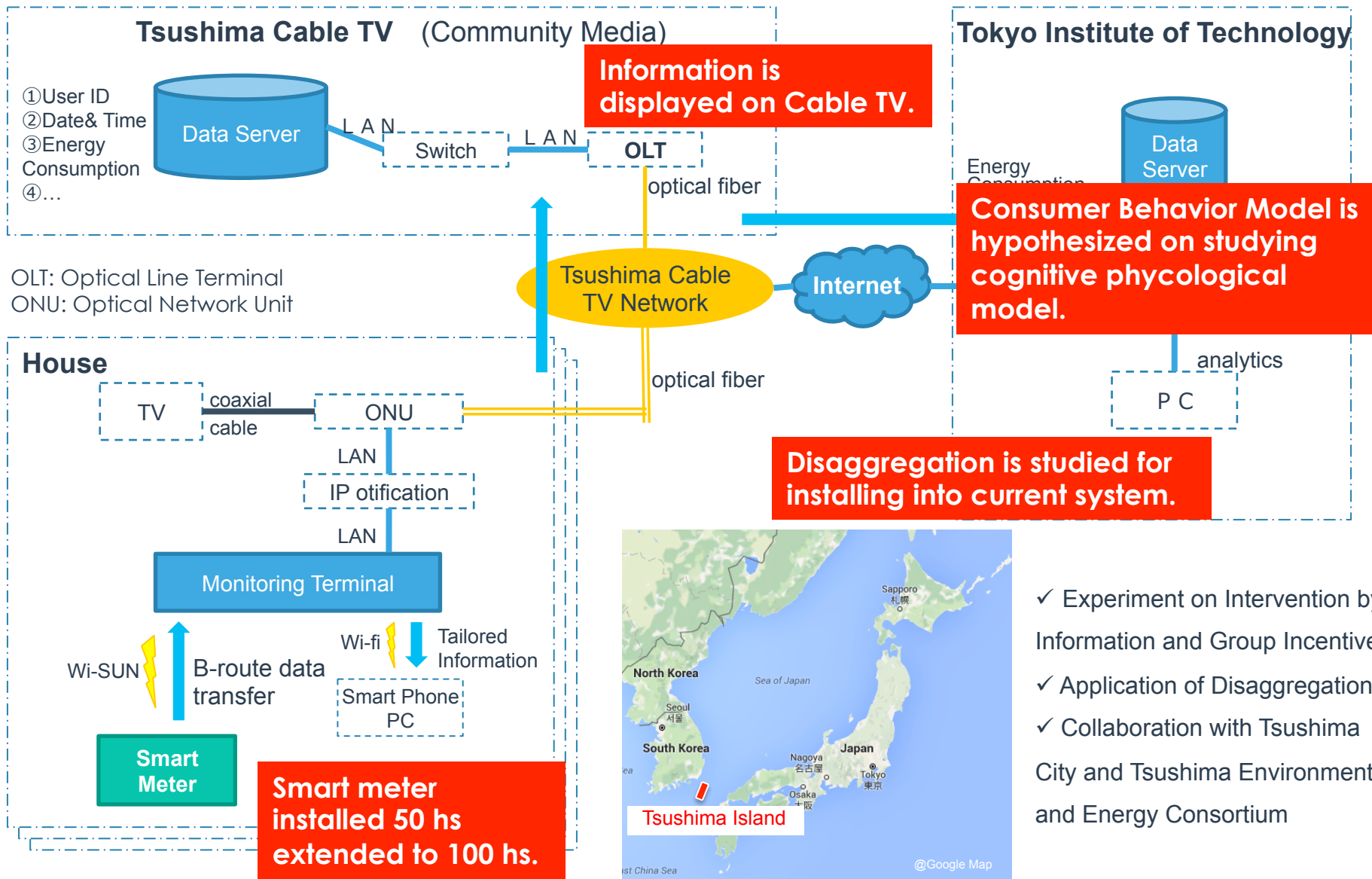
OLT: Optical Line Terminal  
ONU: Optical Network Unit



- ✓ Experiment on Intervention by Information and Group Incentive
- ✓ Application of Disaggregation
- ✓ Collaboration with Tsushima City and Tsushima Environment and Energy Consortium

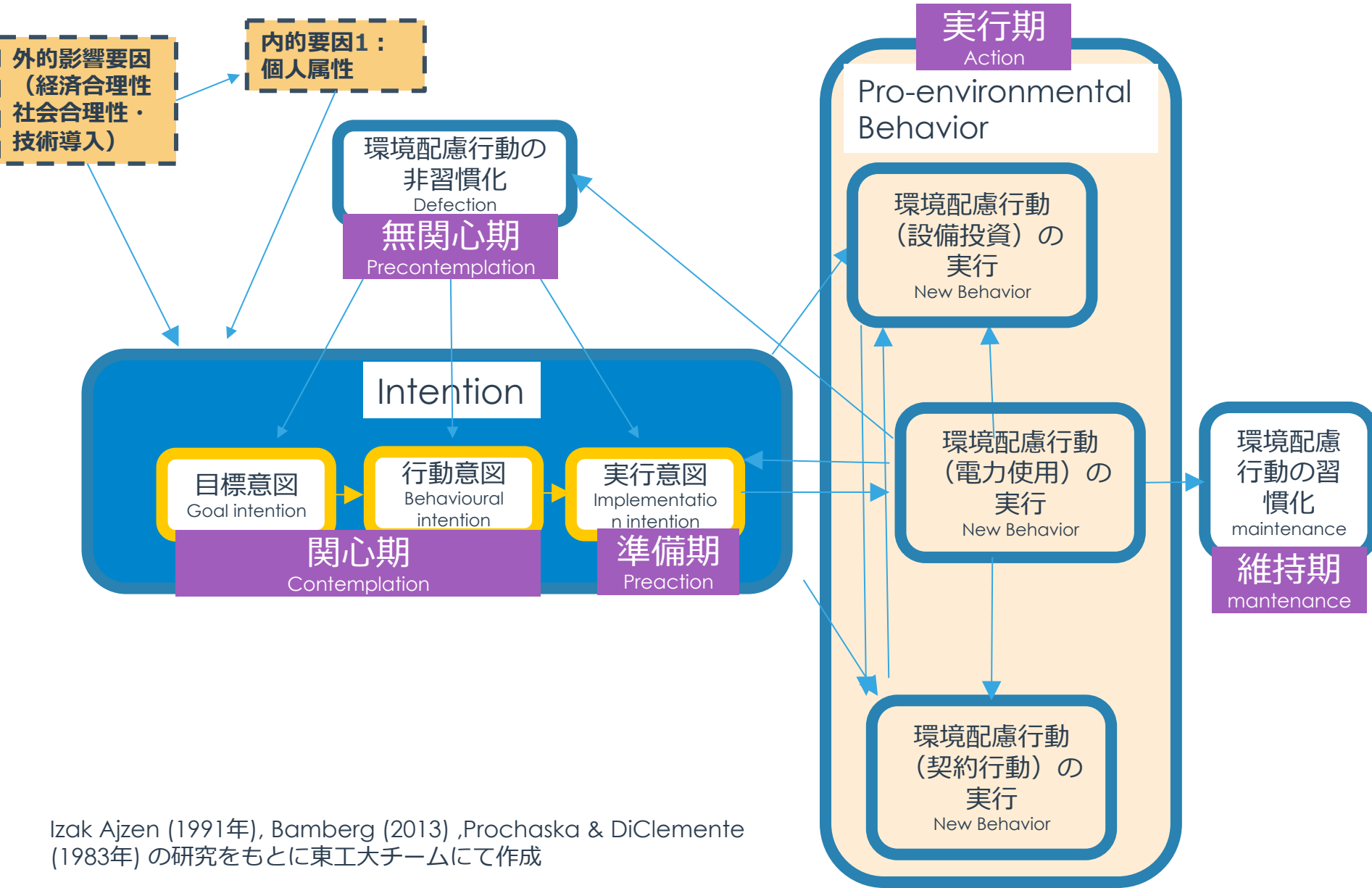


# 進捗：実証地選定 データ収集・情報提示システムの開発 (Project Tsushima)



- ✓ Experiment on Intervention by Information and Group Incentive
- ✓ Application of Disaggregation
- ✓ Collaboration with Tsushima City and Tsushima Environment and Energy Consortium

# 参照モデル： 人間行動の推移



Izak Ajzen (1991年), Bamberg (2013), Prochaska & DiClemente (1983年) の研究をもとに東工大チームにて作成

- 研究概要

- 目的：電力需要家に対して、電力消費に関する様々な比較情報の提示することによる意識と電力消費行動の変容を測定し、電力消費量の削減に与える影響を明らかにする
- 対象：長崎県対馬市の一般家庭48世帯

- 研究方法

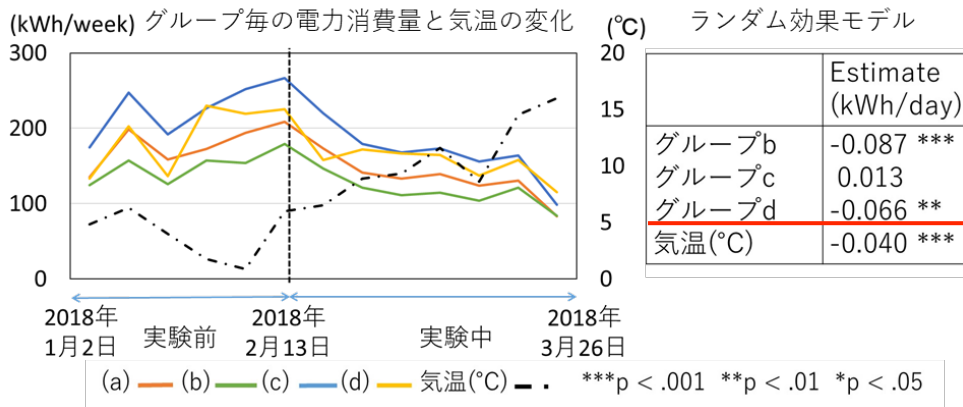
- 研究1：ウェブシステムによる電力消費量表示
  - グループa：電力消費量を表示しない（コントロール）
  - グループb：過去の電力消費量を比較できない形で表示する
  - グループc：過去の電力消費量を比較できる形で表示する
  - グループd：自分と他者の電力消費量を比較できる形で表示する
- 研究2：計画行動理論（Ajzen 1991）に基づく節電に関する意識のアンケート



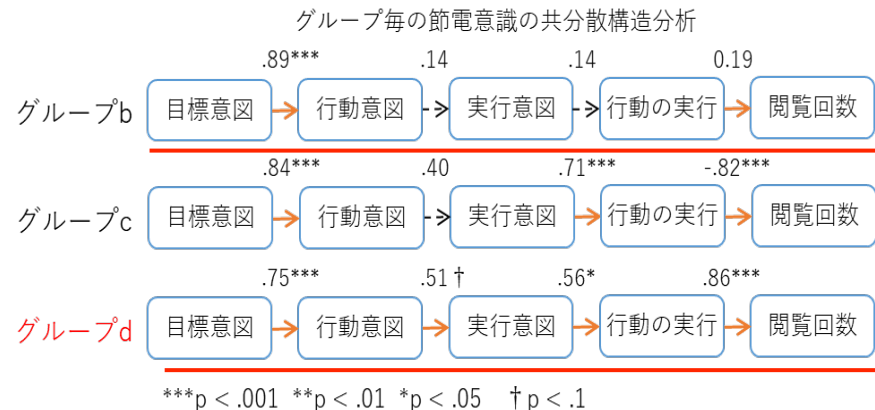
- 結果
  - 研究1：電力消費量は、グループb（比較情報なし）、グループd（他者比較可）で削減がみられた
  - 研究2：グループdでは目標意図から行動の実行への意識の形成が行われた、グループa, b, cでは意識の形成が十分に行われなかった

- 考察
  - (d)他者との比較情報が意識の形成を伴う行動変容であるのに対し、(b)比較情報無しは、意識が伴わない行動変容である
  - 介入情報により、意識を伴う行動変容と、無意識の行動変容が存在
  - 行動変容の背景（意識、無意識）を計測するモデルとして検討できる可能性を示唆する

研究1の結果



研究2の結果



# 再エネと需要の同期化に関する行動変容

目的：再生可能エネルギーが大量に導入される社会において、需要家の協力行動として省エネだけではなく、再エネとの需要同期を行うようなタイムシフトの行動変容をターゲットとする。

実験1：知識が行動に与える影響

実験2：天気や再エネ発電状況が行動に与える影響

実験3：「個人」から「マス」への情報提供（対馬全島への島民行動変容）  
（九州電力及びCATV番組内の調整ができれば・・・。）

# 実験3：知識と使用行動

1

太陽光や太陽熱、水力、風力、バイオマス、地熱といったエネルギーは、一度利用しても比較的短期間に再生可能なことから「再生可能エネルギー」と呼ばれており、資源が枯渇しないエネルギーです。



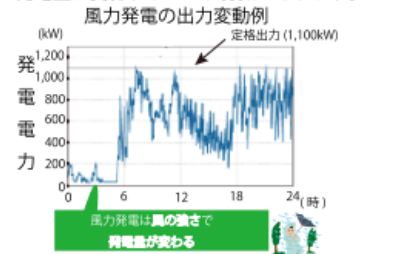
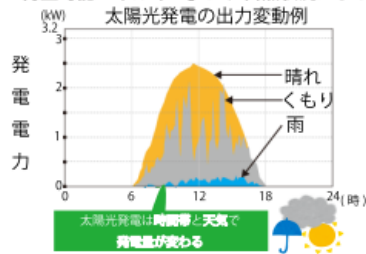
2

対馬では「原油などを利用した火力発電」と「再生可能エネルギー」の併用により電力が供給されています。



3

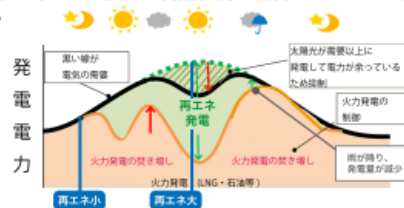
「再生可能エネルギー」は、自然状況によって発電量が変化するという特徴があります。



参考: [http://www.kepeco.co.jp/energy\\_supply/energy/newenergy/about/task.html](http://www.kepeco.co.jp/energy_supply/energy/newenergy/about/task.html)

4

電気は貯めることが難しいので、使われる電気と常に同じ量を発電しています。再生可能エネルギーは天候など自然状況に左右されるため、火力発電量との割合が大きく変動します。



# 実験4 : 再エネと需要の同期化

電力モニタリング 使用量画面 アカウント情報

◀ 前日に切り替える 1日で見ると 1ヶ月で見ると 1年で見ると

構成1

似たような家庭における  
昨日の電力使用量  
XXX kWh  
YYY 円

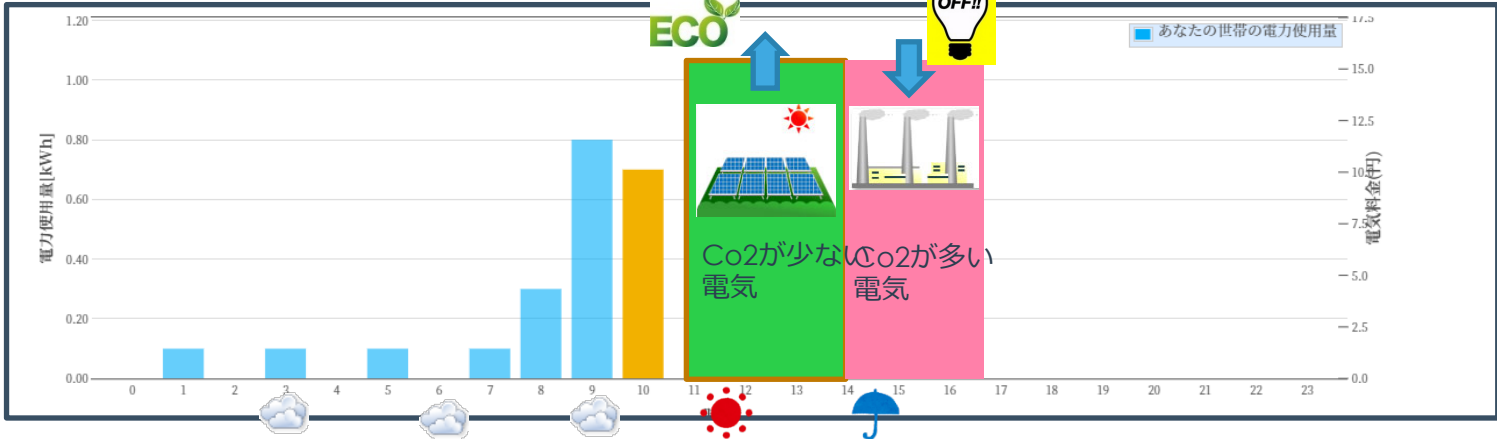
昨日の電力使用量  17.3 kWh 297.4 円	今日使った電力使用量  2.2 kWh 37.8 円	今の使い方で1日過ごした場合の電力使用量  4.3 kWh 73.9 円 瞬時値 (160W)
-------------------------------------	-------------------------------------	---

今日の電力使用量

構成2

因子に呼びかけるメッセージ  
(それぞれ一つずつ)

構成3



構成3

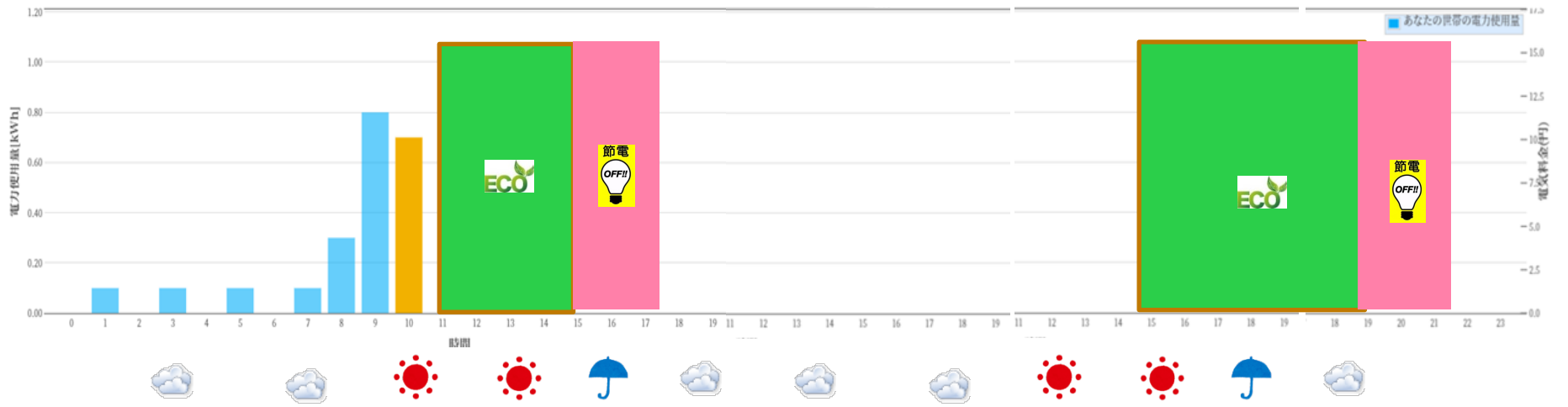


再生可能エネルギー発電中・Co2が少ない電気を利用できます  
 火力発電エネルギー・節電しましょう

14-15時は



電力使用量と環境にやさしい行動



再生可能エネルギー発電量予測





# 需要家の需要家 3 行動（使用行動、投資行動、契約行動）関係性

1. 使用行動変容の規定因
  - a. ナッジ効果
  - b. DPにおける行動変容の経時変化
  - c. 行動変容の規定因  
(省エネ⇒再エネ導入におけるタイムシフト)
2. 需要家の需要家 3 行動（使用行動、投資行動、契約行動）関係性
3. エネルギー需要科学への貢献

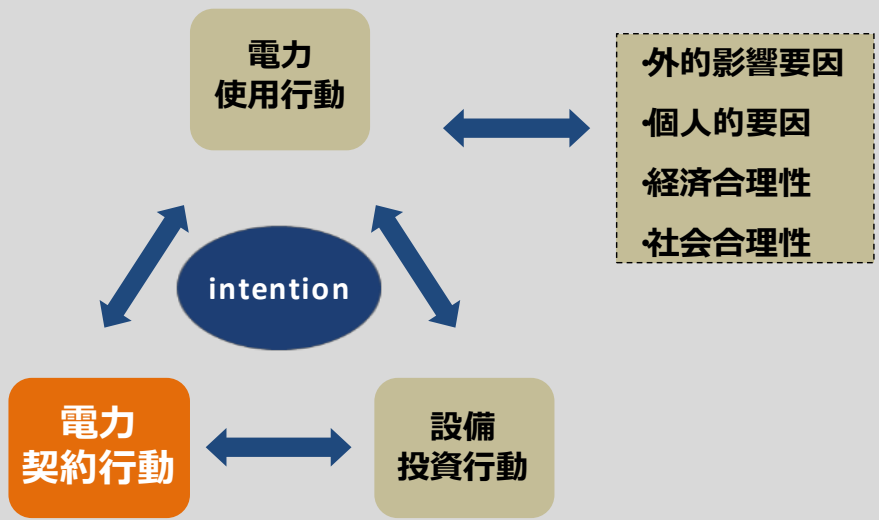
# 需要家の需要家3行動（使用行動、投資行動、契約行動）関係性

- 電力契約を変更した消費者に対して、契約の特徴毎に変更行動理由とその行動が生じる要因（属性）、電力使用行動及び設備投資行動との関係性を明らかにするとともに契約変更していない消費者の意識・行動を明らかにする。

## 需要家行動モデル

## データの取得：消費者へのアンケート

### Consumer Behavior Model



- 新電力会社に対して、下表に示すように再生可能エネルギーを重視する会社、地域とのつながりを重視する会社、経済的メリットを重視する会社の3つのタイプに分類。
- 契約の特徴（3タイプ+契約変更無し）毎に需要家へのwebアンケート調査を行う。

新電力会社区分	再エネ・環境	地域	経済プラン	契約変更なし
特徴	再エネ50%以上電源の電力会社	自治体に関わる電力会社	経済的に有効なプランを有する電力会社	既存の電力会社

本研究のスコープ

- アンケート調査期間：2018年7月～8月中旬
- 回答者数のうち分析対象データ数：1096

# 需要家の需要家3行動（使用行動、投資行動、契約行動）関係性

## 契約特徴毎の電力契約行動における主な変更理由

[Q]あなたのご家庭で、「電気の購入先」を変更したきっかけや理由として、それぞれの程度あてはまりますか。

回答：1とてもあてはまる 2ややあてはまる 3どちらともいえない 4あまりあてはまらない 5まったくあてはまらないにて各グループの平均値を下表に示す。

アンケート項目	再エネ	地域	経済プラン
変更前の電気料金より安くなると考えたから	3.92	3.06	1.85
周囲の人が「電気の購入先」を変更していたから	4.45	4.46	3.75
再生可能エネルギーで作られた電気を選びたいと考えたから	1.19	1.74	3.54
会社の信頼性があるから	2.66	2.73	2.48
地元の地域社会に貢献したいと考えたから	2.64	1.86	3.46
ポイントサービスがあるから	4.73	4.48	2.75
環境に配慮している会社だから	1.25	1.93	3.31
事前の説明などが丁寧で好感が持てたから	3.34	3.48	3.11
自分の地域に根ざした会社だから	2.89	1.71	3.20
変更前の電力会社に不満があったから	1.57	2.08	2.92

電力会社毎に訴求している契約の特徴に対して消費者の変更理由に影響していることがわかる。会社の信頼性や事前の説明については、各社に有意な差は見られなかった。

# 需要家の需要家3行動（使用行動、投資行動、契約行動）関係性

## 電力契約行動と電力使用行動の関係性

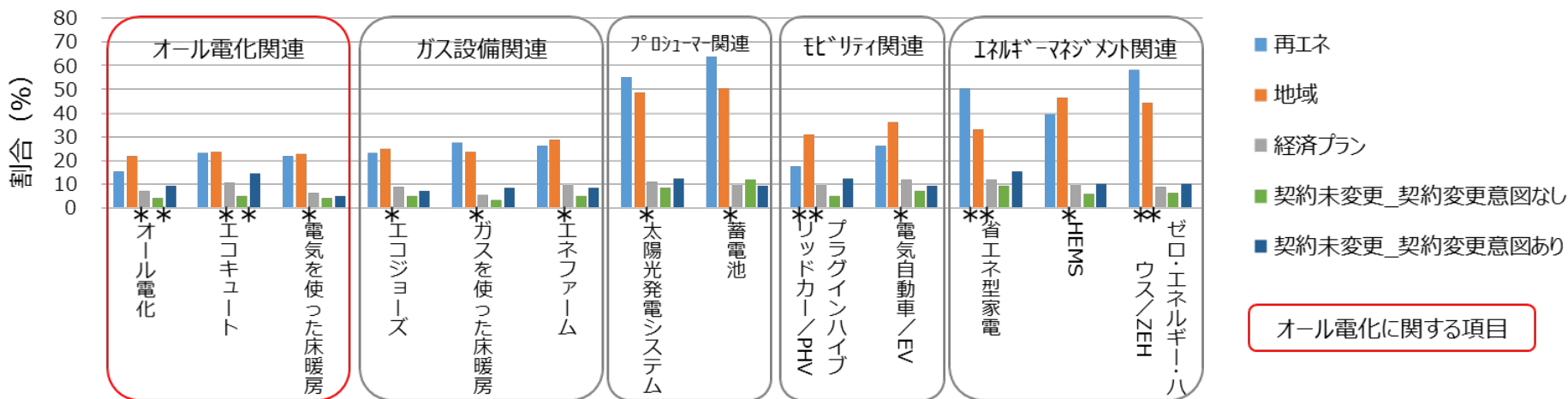
\*P<0.05

契約有無比較	契約変更あり	契約変更なし
1か月平均料金	6800円 *	5870円

契約特徴の比較	再エネ	地域	経済プラン
平均の電気料金	6460円	5970円 *	7540円

## 電力契約行動と設備投資意図の関係性

多重検定結果：隣接する特徴に関して\*項目P<0.05 それ以外P>0.05



電力契約を変更した需要家の方が、電力使用行動に関わる電気料金が大きく、また設備により相違はあるが、再エネ、地域の電力会社へ変更した需要家は設備投資への意図が大きい傾向にあるとともに、契約変更意図のある需要家の方が契約変更意図のない需要家と比較し、設備の電化への意図が高いことがわかる。

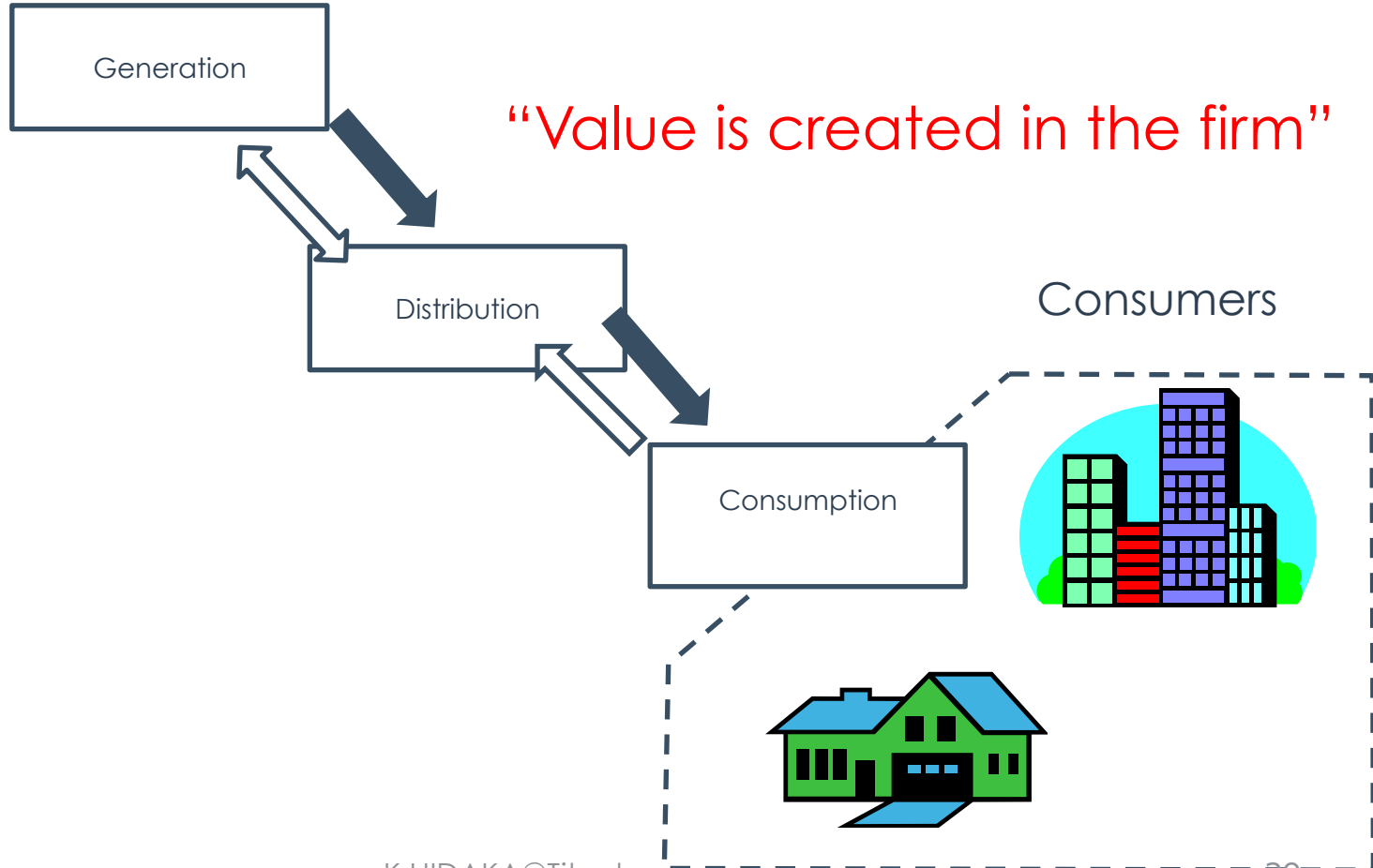
### 3. エネルギー需要科学への貢献

1. 使用行動変容の規定因
  - a. ナッジ効果
  - b. DPにおける行動変容の経時変化
  - c. 行動変容の規定因  
(省エネ⇒再エネ導入におけるタイムシフト)
2. 需要家の需要家3行動（使用行動、投資行動、契約行動）関係性
3. エネルギー需要科学への貢献

# Traditional Energy Service System



Traditional Supplier



# New Energy Service System



Traditional Supplier



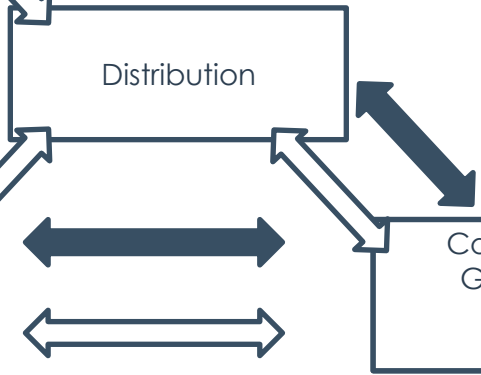
**We should change the way of**



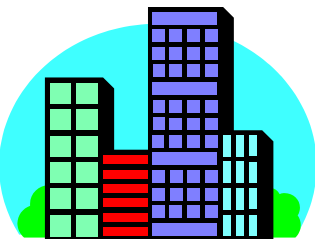
“Value is created among actors”

“Demanding Actors’ roles become complicated and significant.”

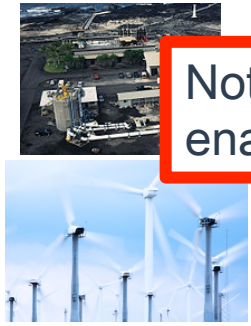
Distributed Supplier



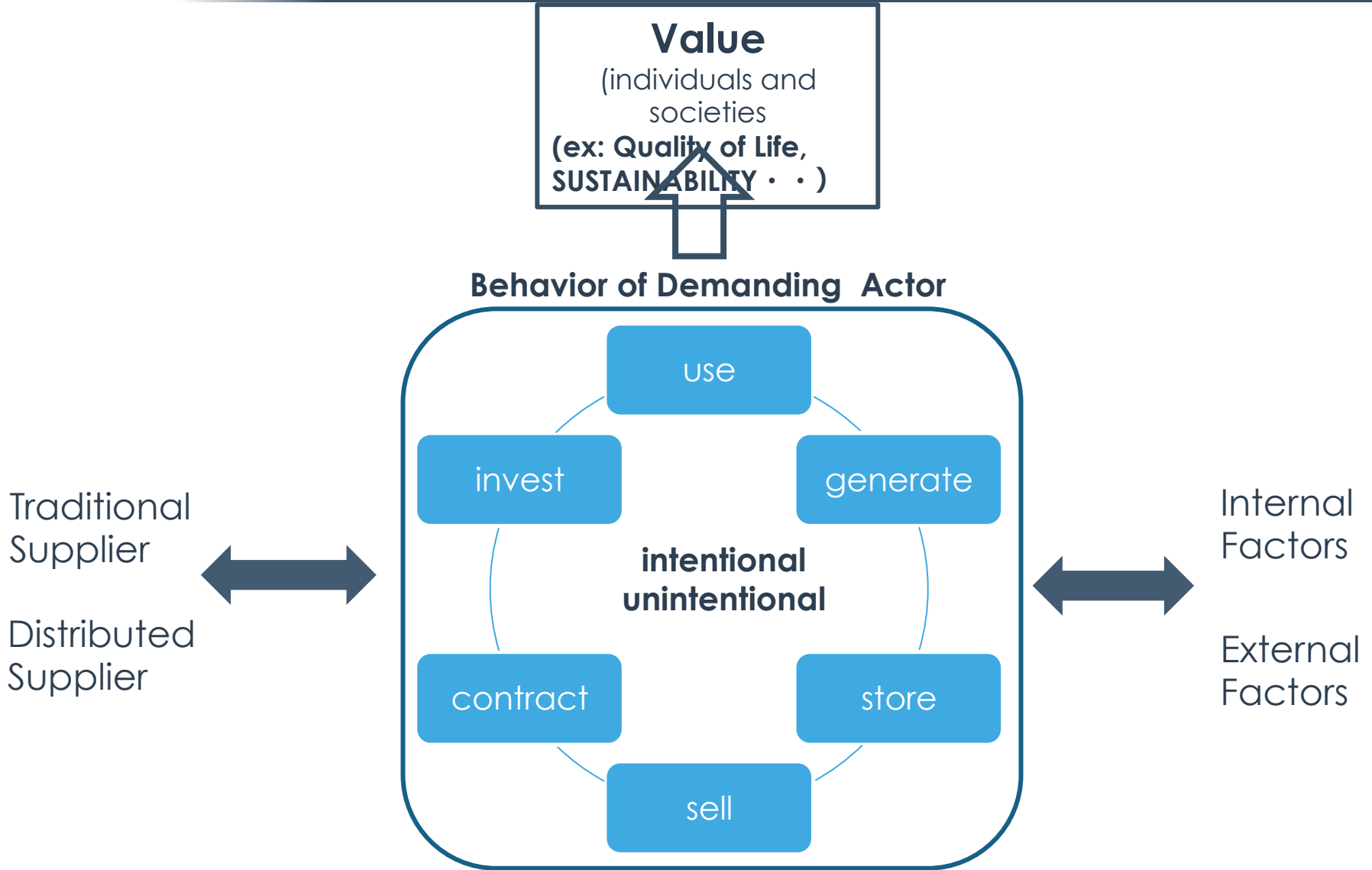
Demanding Actors



**Not Power but Information flow enables the co-creation.**

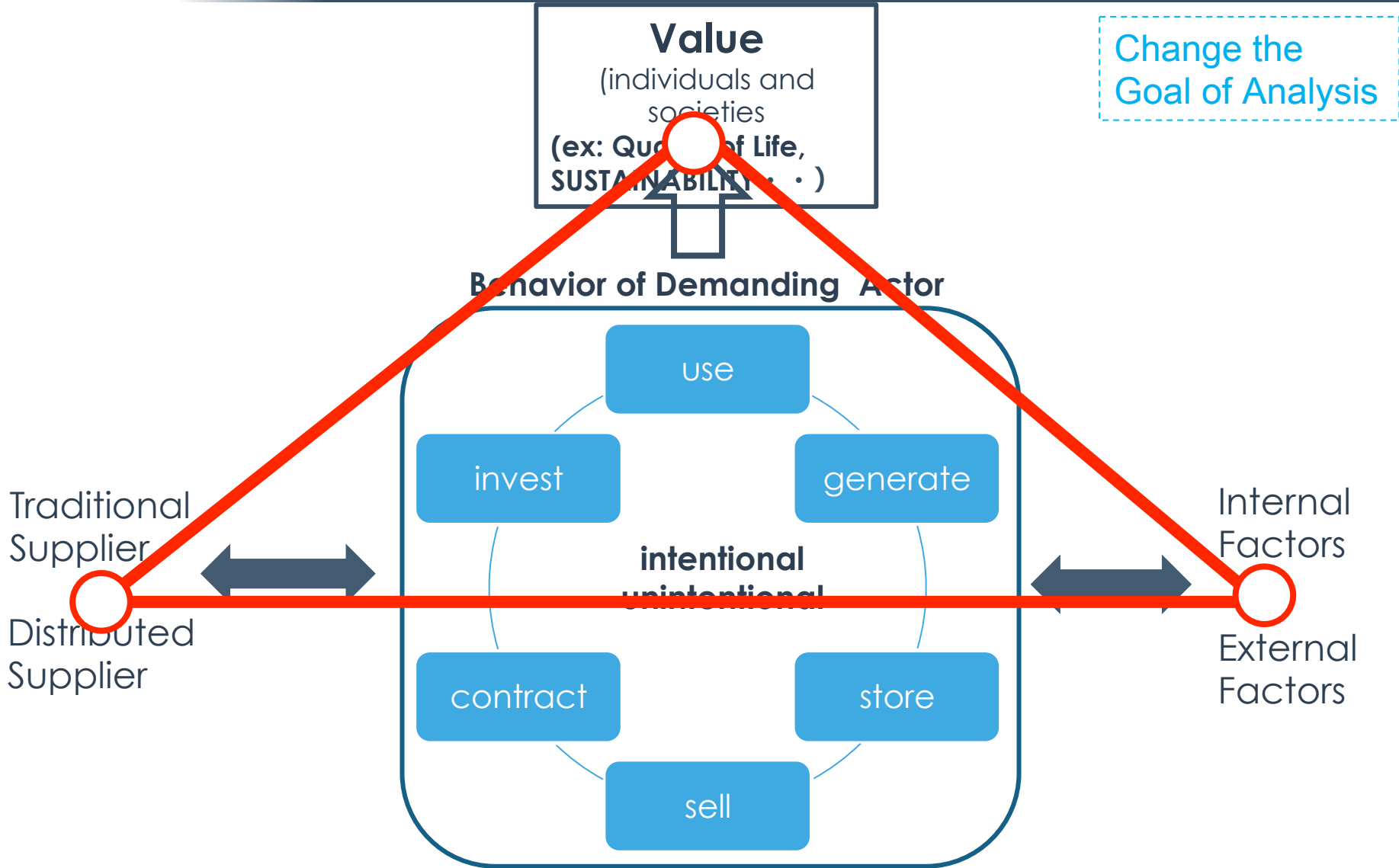


# Service System Aspect for Energy System





# Service System Aspect for Energy System



# Flanagan Quality of Life Scale (QOLS) original conceptual categories and scale items.

## Conceptual Category

## Scale Item

Material and Physical Well-being

Material well-being and financial security  
Health and personal safety

Relationships with other People

Relations with parents, siblings, other relatives  
Having and raising children  
Relations with spouse or significant other  
Relations with Friends

Social, Community, and Civic Activities

Activities related to helping or encouraging others  
Activities related to local and national government

Personal Development and Fulfillment

Intellectual development  
Personal understanding  
Occupational role  
Creativity and personal expression

Recreation

Socializing  
Passive and observational recreational activities  
Active and participatory recreational activities

Carol S Burckhardt and Kathryn L Anderson "The Quality of Life Scale (QOLS): Reliability, Validity, and Utilization", Health Qual Life Outcomes. 2003; 1: 60

# Flanagan Quality of Life Scale (QOLS) original conceptual categories and scale items.

## Conceptual Category

## Scale Item

Material and Physical Well-being

Material well-being and financial security  
Health and personal safety

Relationships with other People

Relations with parents and other relatives  
Having and raising children  
Relations with spouse or significant other  
Relations with friends

Social, Community, and Civic Activities

Activities related to helping or encouraging others  
Activities related to local and national government

Personal Development and Fulfillment

Intellectual development  
Personal understanding  
Occupational role  
Creativity and personal expression

Recreation

Socializing  
Passive and observational recreational activities  
Active and participatory recreational activities

**Need QOLS in Energy Service System**

Carol S Burckhardt and Kathryn L Anderson "The Quality of Life Scale (QOLS): Reliability, Validity, and Utilization", Health Qual Life Outcomes. 2003; 1: 60

## ■ 他チーム、他グループとの連携の状況

九州電力  
(東工大G)  
H27～

九州電力との研究協力。  
九州電力から過去の島内発電量や需要量データを貸与してもらい、本研究結果を九州電力へフィードバックする予定である。  
また、島内の教育においては、対馬営業所と連携し、小中学生を対象とした見学会と教育を共同で行うことを検討している。

長崎県・対馬市・長崎環境コンソーシアム  
(東工大G)  
H28～

長崎県・対馬市・長崎環境コンソーシアムとの研究協力。  
3組織と研究連携を行い、実験計画を検討している。また、システム構築にあたっては対馬CATV会社と協力することで、将来的に実用化する際に社会実装できるフィージビリティを検討しながら実験を進めている。

■地球科学チーム：太陽光放射コンソーシアムから対馬の過去の日射量データを受領。日射量予測モデルに反映  
地球科学チームの日射量予測データを実験に活用予定。また、九州電力等へのデータ活用連携を実施。

# ■ 对外公表（論文・口頭発表等）

## 【口頭発表】

錦織聡一, 日高一義, 丹俊貴, 辻本将晴 ”社会規範等メッセージによる電力消費における行動変容の効果分析結果”, BECC Japan 2015(査読有り), 8 Sep 2015	国内	
辻本将晴, 錦織聡一, 日高一義, 荒牧敬次, 森谷孟史, ”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”, BECC Japan 2016(査読有り), 6 Sep 2016.	国内	
錦織聡一, 日高一義, 辻本将晴, 川本弥希 ”需要家の行動変容を促すための要因および介入手法と効果に関する既存研究の考察”, BECC Japan 2017(査読有り), 5 Sep 2017	国内	
日高一義, 錦織, 辻本, 川本, 森谷, 荒牧	需要家の行動変容に影響を与える要因に関する基礎的研究	第26回CEEシンポジウム
Hidaka, K., S. Nishikiori, T. Numada, M. Tsujimoto	Information impact on consumer behavior change	BECC 2015
Kazuyoshi Hidaka*, Soichi Nishikiori, Hisaki Kawanoto, Takefumi Moriya, Shinji Amaha	Service System Research Aspect of Energy Service System	BECC 2018

# ■ 对外公表（論文・口頭発表等）

## 【論文】

中島孝, 中島映至, 入江仁士, 下田吉之, 岩船由美子, 日高一義, 山本義郎, 竹中栄晶, 渡邊武志, カトリプラ デーブ, 打田純也, 井上豊志郎, 日暮明子, 錦織聡一, 辻本将晴, 荒牧敬次, “エネルギーマネジメントシステム に貢献する地球科学と需要科学”, 計測と制御, vol. 55 No. 7, pp.585-591, <a href="#">July 2016</a> .	国内
下田吉之, 岩船由美子, 日高一義, 山口容平, 松岡綾子, 八木田克英, 錦織聡一, 辻本将晴, “エネルギー需 要科学の確率—エネルギーマネジメントにおける需要研究”, エネルギー・資源 Vol. 38 No. 5, <a href="#">Sep 2017</a>	国内

## 【ポスター発表】

S. Nishikiori, K. Hidaka, M. Tsujiimoto, T. Moriya and H. Kawamoto	Consumer Behavior Model for Distributed Collaborative Energy Management System	2017 JST-NSF-RCN Workshop on Distributed Energy Management Systems
天羽伸二, 錦織聡一, 辻本 将晴, 日高一義	電力契約の変更行動に関する研究 (「Switching behavior of consumers in the electricity market」)	BECC JAPAN 2018
森谷 孟史, 日高 一義, 錦織 聡一	電力消費に関する比較情報が与える電力消費行動 への影響	BECC JAPAN 2018

※残りの研究期間では、論文投稿(4本) と需要科学確立に寄与するための对外活動行う



**EMS**  
ENERGY  
Management  
SYSTEM

ご静聴ありがとうございました。