ディマンドサイドマネジメント(DSM)に対する意識調査結果報告

Attitude survey report on demand side management (DSM)

早稲田大学　鷲津 明由

日本福祉大学　中野 諭

問題の背景

WASEDA University

電力システムは，大規模な電源で電気を作り，電力ネットワークを通じて需要家に，電力を一方向に届けてきた。ネットワークの運用者は常時，需給制御と電圧制御を行ってきた。しかし今後は電力需要サイドの協調が不可欠。

分散型エネルギー資源(DER)利用の必然性

- 需要家側に設置される分散型エネルギー資源(Distributed Energy Resource: DER，太陽光発電(PV)，蓄電池，電気自動車(EV)，ヒートポンプ　等)の導入拡大

需要家のプロシューマー化

- 需要家は単に電力を消費するだけでなく，電力を創りだすプロシューマー(Prosumer)になる⇒電気の流れが双方向化して，需給制御，電圧制御が**困難**に。

ディマンドサイドマネジメント(DSM)の活用

- 太陽光発電の電気が余剰気味になるとき，太陽光発電を抑制するか電力需要を創出**(上げDR)**する
- 発電量が不足気味の時DER から発電や放電によって電力を供給するか，電力需要を削減**(下げDR)**する

} **ディマンドサイドマネジメント(DSM)**

行動変容による地球温暖化問題の解決

- 節電だけが唯一の選択肢ではない
- 電力使用時間帯を変えるという行動変容があれば再生可能エネルギーの最大利用により低炭素化が実現する。

(石井英雄, エネルギー・資源, 40(6), pp.17-21)

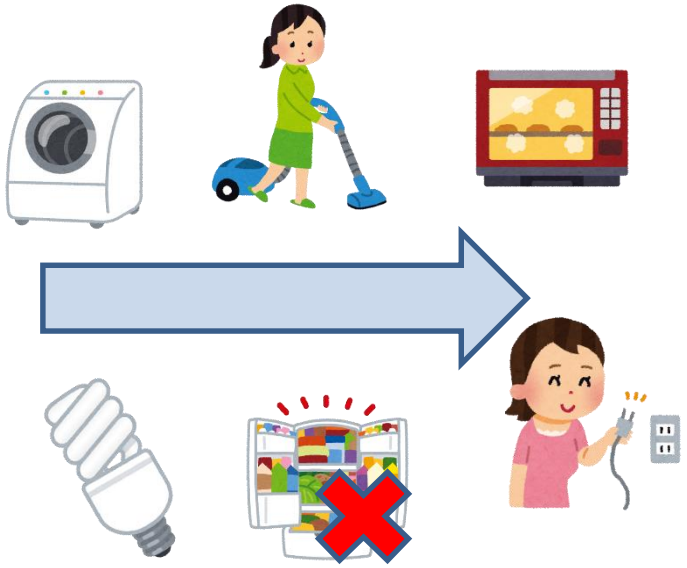
昨年の発表

「人々が受け入れ可能なDSMを実施するためには，家庭のライフスタイルとの関連において，時間帯別に電力消費動向を分析することが必要である」との問題意識から，社会統計を用いて時間帯別家庭の節電ポテンシャルを推計した。

どのタイプの家庭が，いつ，どのような方法でDSMに応じられるか最大可能量を確認

社会生活基本調査(B票)
一日を96の15分間に分け，各時間帯に人々がそのような行動をしているかを調査

省エネカタログ(資源エネルギー庁)
家電別15分当たり節電量の推定
買い替え／使い方の工夫／使用中止

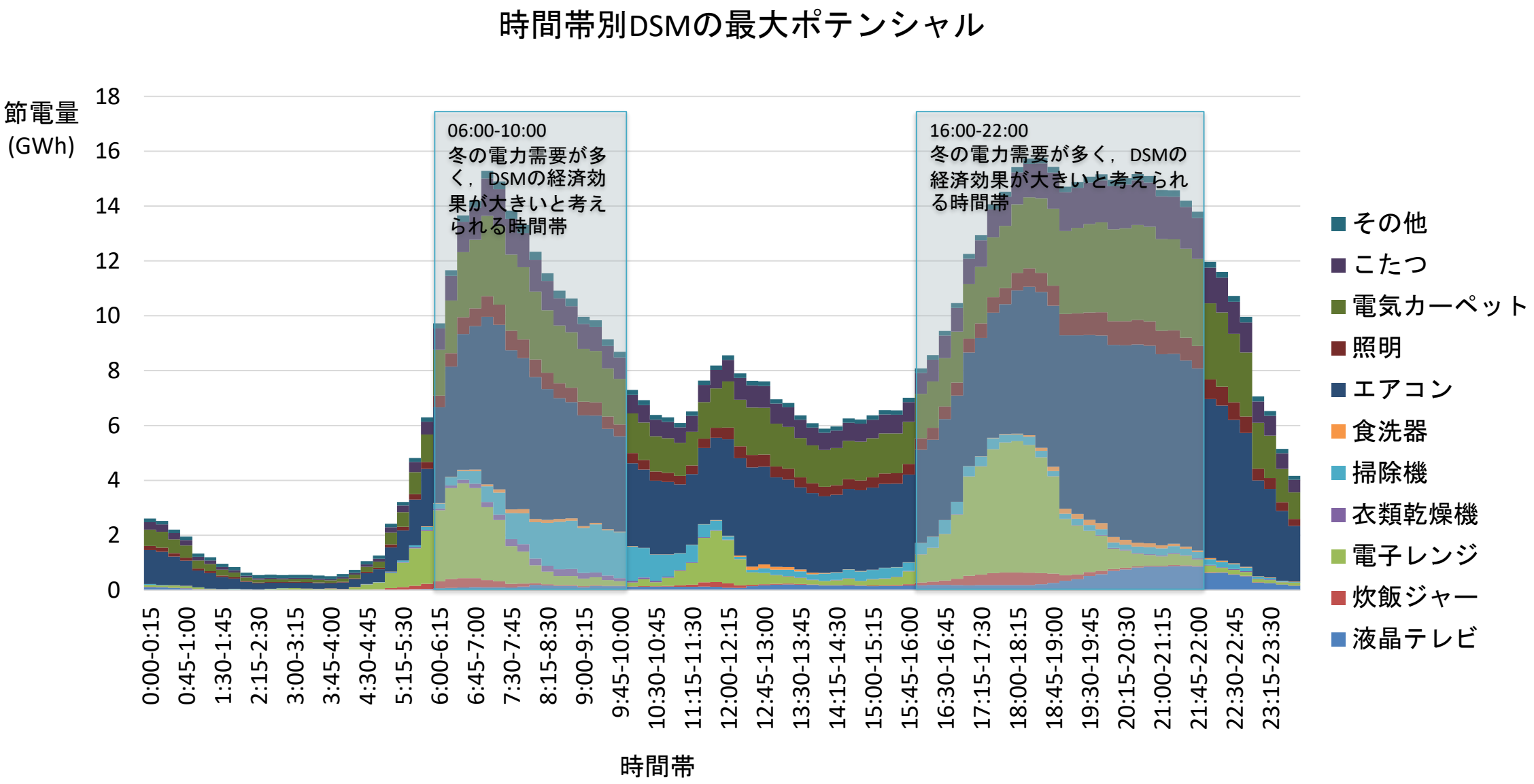


15分ごとの
節電ポテンシャルカーブ

時間帯別
家庭の属性別
家電の買い替え／使い方の工夫／使用中止　別

節電ポテンシャルカーブ　(冬，使用中止)

WASEDA University



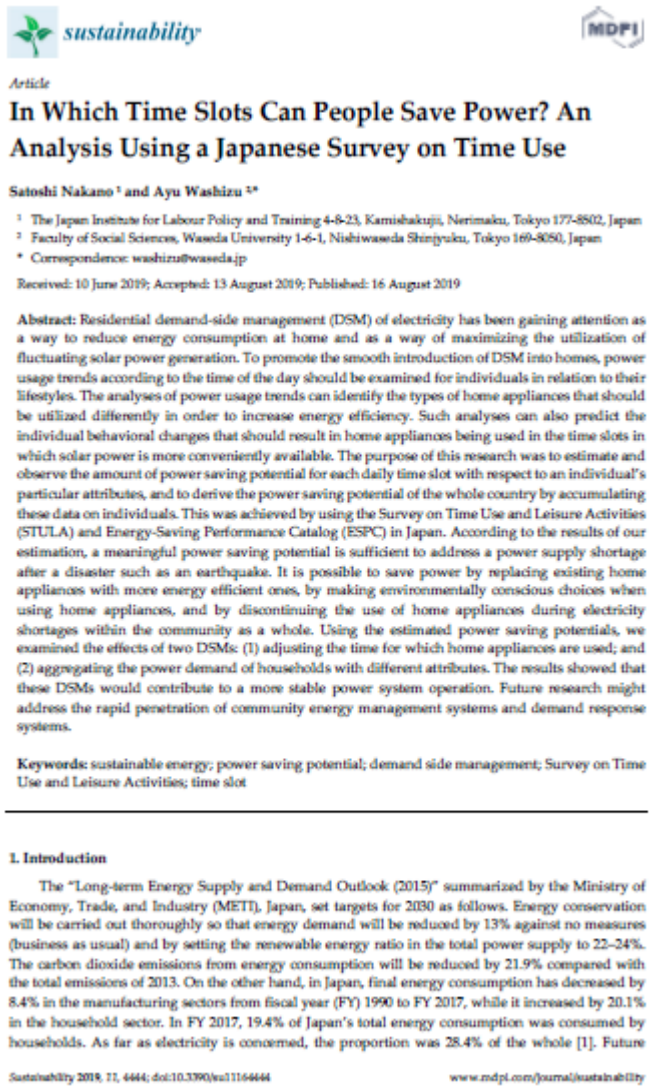
残された課題と本研究の目的

WASEDA University

- ✓ 前回の研究では100%の世帯が節電行動やDSMに応じるとした場合の，最大ポテンシャルを計算した。
- ✓ その結果十分に意味のある大きさの節電効果やDSM効果が存在することが確認できた。
- ✓ ただし現実的にそのうちの何%の世帯が実際に節電行動をとったり，DSMに応じたりするかを調査する必要があると考えられた。

そこで

- ✓ 本研究では全国の10,000人に対してアンケート調査を実施した。
- ✓ DSMが必要な時間帯にどの程度の割合の人がどの程度のインセンティブがあればDSMに応じてくれそうかを調査した。
- ✓ どの様な要因がDSMへの応答確率を高めるかを分析した。



sustainability MDPI

Article

In Which Time Slots Can People Save Power? An Analysis Using a Japanese Survey on Time Use

Satoshi Nakano [1] and Ayu Washizu [2,*]

[1] The Japan Institute for Labour Policy and Training 4-8-23, Kamishakujii, Nerimaku, Tokyo 177-8502, Japan
[2] Faculty of Social Sciences, Waseda University 1-6-1, Nishiwaseda Shinjyuku, Tokyo 169-8050, Japan
* Correspondence: washizu@waseda.jp

Received: 10 June 2019; Accepted: 13 August 2019; Published: 16 August 2019

Abstract: Residential demand-side management (DSM) of electricity has been gaining attention as a way to reduce energy consumption at home and as a way of maximizing the utilization of fluctuating solar power generation. To promote the smooth introduction of DSM into homes, power usage trends according to the time of the day should be examined for individuals in relation to their lifestyles. The analyses of power usage trends can identify the types of home appliances that should be utilized differently in order to increase energy efficiency. Such analyses can also predict the individual behavioral changes that should result in home appliances being used in the time slots in which solar power is more conveniently available. The purpose of this research was to estimate and observe the amount of power saving potential for each daily time slot with respect to an individual's particular attributes, and to derive the power saving potential of the whole country by accumulating these data on individuals. This was achieved by using the Survey on Time Use and Leisure Activities (STULA) and Energy-Saving Performance Catalog (ESPC) in Japan. According to the results of our estimation, a meaningful power saving potential is sufficient to address a power supply shortage after a disaster such as an earthquake. It is possible to save power by replacing existing home appliances with more energy efficient ones, by making environmentally conscious choices when using home appliances, and by discontinuing the use of home appliances during electricity shortages within the community as a whole. Using the estimated power saving potentials, we examined the effects of two DSMs: (1) adjusting the time for which home appliances are used; and (2) aggregating the power demand of households with different attributes. The results showed that these DSMs would contribute to a more stable power system operation. Future research might address the rapid penetration of community energy management systems and demand response systems.

Keywords: sustainable energy; power saving potential; demand side management; Survey on Time Use and Leisure Activities; time slot

1. Introduction

The "Long-term Energy Supply and Demand Outlook (2015)" summarized by the Ministry of Economy, Trade, and Industry (METI), Japan, set targets for 2030 as follows. Energy conservation will be carried out thoroughly so that energy demand will be reduced by 13% against no measures (business as usual) and by setting the renewable energy ratio in the total power supply to 22–24%. The carbon dioxide emissions from energy consumption will be reduced by 21.9% compared with the total emissions of 2013. On the other hand, in Japan, final energy consumption has decreased by 8.4% in the manufacturing sectors from fiscal year (FY) 1990 to FY 2017, while it increased by 20.1% in the household sector. In FY 2017, 19.4% of Japan's total energy consumption was consumed by households. As far as electricity is concerned, the proportion was 28.4% of the whole [1]. Future

Satoshi Nakano, Ayu Washizu, "In Which Time Slots Can People Save Power? An Analysis Using a Japanese Survey on Time Use," Sustainability 2019, 11(16), 4444, 1-19; https://doi.org/10.3390/su11164444

調査の概要

WASEDA University

調査日程　　：2019年5月31日～6月5日
調査対象　　：全国，20～79歳の男女、各世帯の家事を主に担当している方
サンプリング：日経リサーチ提携モニター　調査方法：インターネット調査　回収数：10,881人

2015年国勢調査に基づく割り付け

	単独世帯(男)	単独世帯(女)	夫婦のみ	夫婦と子ども	ひとり親と子供	3世代世帯
～39歳	7.7%	4.9%	2.4%	6.9%	1.1%	0.2%
40～64歳	7.8%	4.5%	6.8%	16.6%	4.6%	1.7%
65歳～	4.2%	8.6%	12.9%	5.9%	2.6%	0.6%
Total	19.7%	18.1%	22.0%	29.3%	8.3%	2.5%

男性：女性＝24.1%：75.9%

質問のながれ

WASEDA University

DRへの応答可能性と，受け取りたい報酬額の推定

掃除，食事の支度，洗濯，テレビの視聴をする時間について

現在の行動時間帯

その行動時間帯をずらせるかどうか

無条件でずらしてもよい，(ひと月当たり)1～99円，・・・，1000円以上，報酬にかかわらずずらせない，から選択

行動時間帯をずらせる場合，

どの時間帯にその行動をずらすか

DRの社会的有効性についての知識提供の前後で，DRへの応答可能性と受け取りたい報酬額に変化があるか？

質問

WASEDA University

Q1.　　あなたの自宅での平均的な平日(休みでない日)を想定してください。比較的、在宅していることが多い時間、および、掃除や食事の支度、洗濯、テレビの視聴をすることが多い時間帯を選んでください。(タイマーを仕掛けて、留守中や睡眠中に洗濯機を動かしたり、炊飯をしたりする場合には、その時間帯も「洗濯をする時間」や「食事の支度をする時間」としてお答えください。)（いくつでも）

⇒　2時間刻みで回答

Q2.　　Q1でお答えいただいた掃除をする時間、食事の支度をする時間、洗濯をする時間、テレビの視聴をする時間を、ほかの時間帯にずらしてください、とお願いされた場合、ご自分の行動時間を変更したり、洗濯機や自動掃除機のタイマーを利用したりするなどして、応じていただけますか。次の選択肢からお選びください。(時間帯をずらすことによって支払われる報酬で、掃除機などを購入するとき、タイマー付きのものを選ぶことで追加的にかかってしまう費用を補えることなども想定してお答えください。)（1つずつ）

⇒　無条件でずらしてもよい，1～99円，・・・，1000円以上，報酬にかかわらずずらせない，から選択

Q3.　　Q2で①～⑧と回答してくださった方にお伺いします。掃除をする時間、食事の支度をする時間、洗濯をする時間、テレビの視聴をする時間をずらしてもよい時間帯をお選びください。ずらしたくない場合はQ1と同じものをお答えください。(タイマーをかける時間をずらすことも含みます。)（いくつでも）

Q4.以降　日本全体の電力使用量が大幅に増える時間帯に、もし一般の家庭の多くが、ふだんその時間帯に使用している家電をほかの時間帯で使用するように協力すると、予備的な火力発電所の稼働を回避することなどができ、社会全体のエネルギー費用やCO_2排出を低減できる可能性があります。

⇒　Q2～3　と同じ内容を再度回答

回答者の属性についての質問

WASEDA University

- 世帯年収　　2018年の実数
- 世帯人数　　人数
- 世帯構成ダミー　　就学前の方がいる
  小学生の方がいる
  中学・高校生の方がいる
  それ以外の学生の方がいる
  65歳以上の方がいる
  お身体に障害をお持ちの方がいる
- 就労状況
- 都道府県
- 年齢
- パソコンやスマートフォンの閲覧時間

  以下の項目ごとに，全く使わない～6時間以上の6段階を回答

  ニュースの閲覧，内外の社会情勢の把握，食に関する情報の閲覧，ネットショッピングや買い物情報の収集，語学、情報処理、商業実務，資格などの教養情報の収集，スポーツ、車、旅行，芸術など，自分の関心事に関する情報の収集，SNSやメールのやり取り，好きな動画をみたり、音楽を聴いたりして楽しむ，ゲームをして楽しむ，仕事，その他

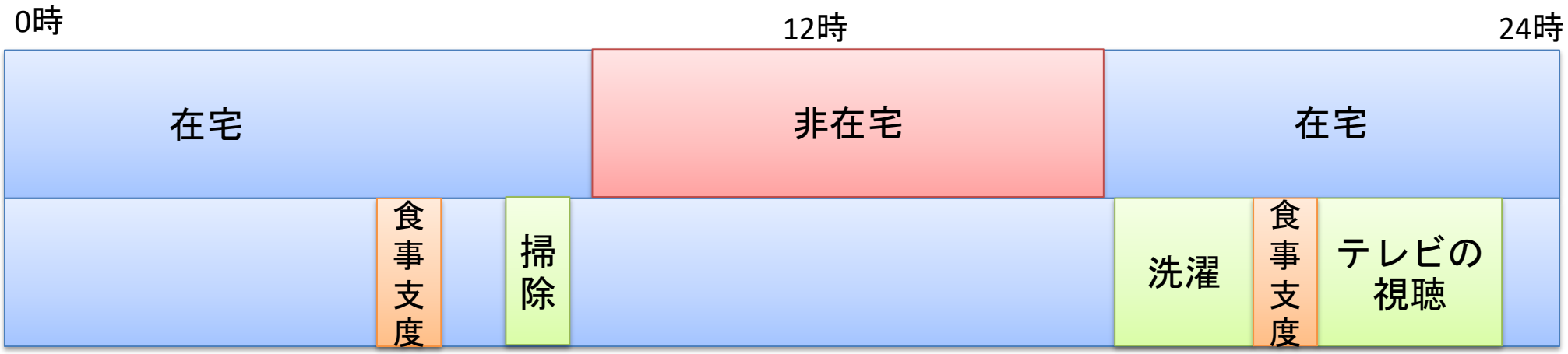
省エネ意識に関する質問：4段階のリッカート尺度を回答

WASEDA University

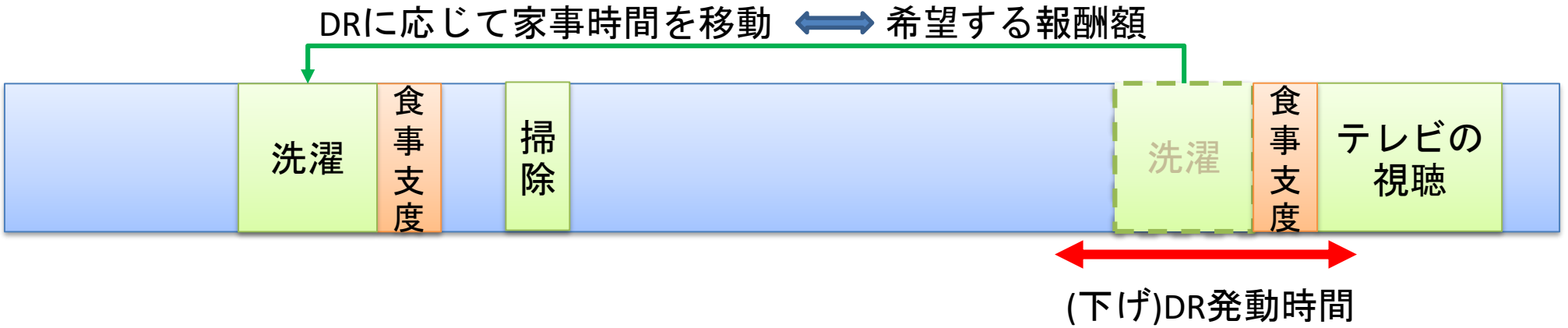
寝る前にはエアコンを切るか、タイマーをかけて停止させる。
テレビの輝度を明るくしすぎないようにしている。
ほかのことをしながらテレビを見ないようにしている。
冷蔵庫のものを詰め込みすぎないようにしている。
冷蔵庫の扉の開閉はなるべく少なくするようにしている。
節電を心がけた冷蔵庫の設定温度にしている。
冷蔵庫を壁から適正な間隔をあけて設置している。
ジャー炊飯器の保温機能は節電のためなるべく利用しないようにしている。
照明はLEDを使用している。
洗濯は2日に一回程度、まとめてするようにしている。
乾燥機は節電を心がけて、自然乾燥も併用しながら使用するようにしている。
掃除機のごみパックをこまめに取り換えるなどの節電に心がけている。
掃除機をつけっぱなしにしながら部屋を片付けたりしないようにしている。
太陽光発電の電力を最大限に利用するために、朝や夕方などに行っていた(家電の使用を伴う)家事を昼間の時間帯にずらすなどの協力をしてもよい。
再生可能エネルギーの電力比率を上げ化石燃料や原子力への依存をできるだけ減らすために、(家電の使用を伴う)家事をやめ、大幅な節電に協力してもよい。
再生可能エネルギーの電力比率を上げ化石燃料や原子力への依存をできるだけ減らすために、エアコンや冷蔵庫などを最新のものに買い替え、大幅な節電に協力してもよい。
電力使用が急増する時間帯の、電力系統の不安定化を防ぐために、その時間帯に行っていた(家電の使用を伴う)家事をほかの時間帯にずらすなどの協力をしてもよい。
電力使用が急増する時間帯の電力系統の不安定化を防ぐために、その時間帯に行っていた(家電の使用を伴う)家事をやめ、大幅な節電に協力してもよい。

集計の概要

1. 在宅/非在宅時間の集計，掃除，食事の支度，洗濯，テレビの視聴時間の集計



2. 家事時間の移動に応じられる場合の，報酬の受取意思額の調査結果より報酬額の水準別のDR供給確率を導出



3. DRの社会的影響を理解した場合，報酬額の水準別のDRの供給確率に変化はみられるか？

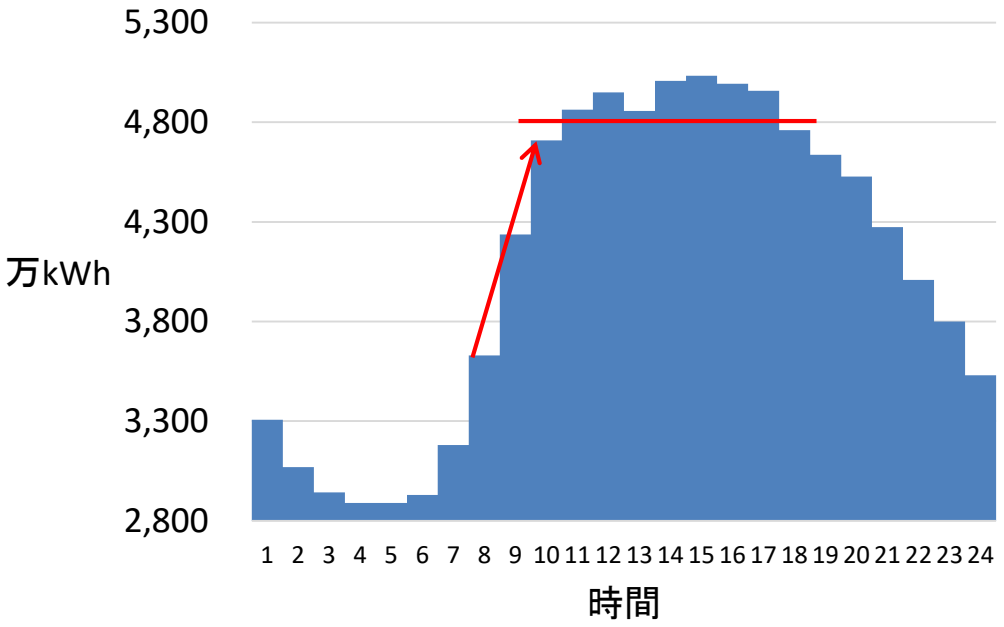
下げDRの発動時間帯の想定

電力需要の多い時間帯の家電使用をほかの時間に移動させるなどして電力消費を控える

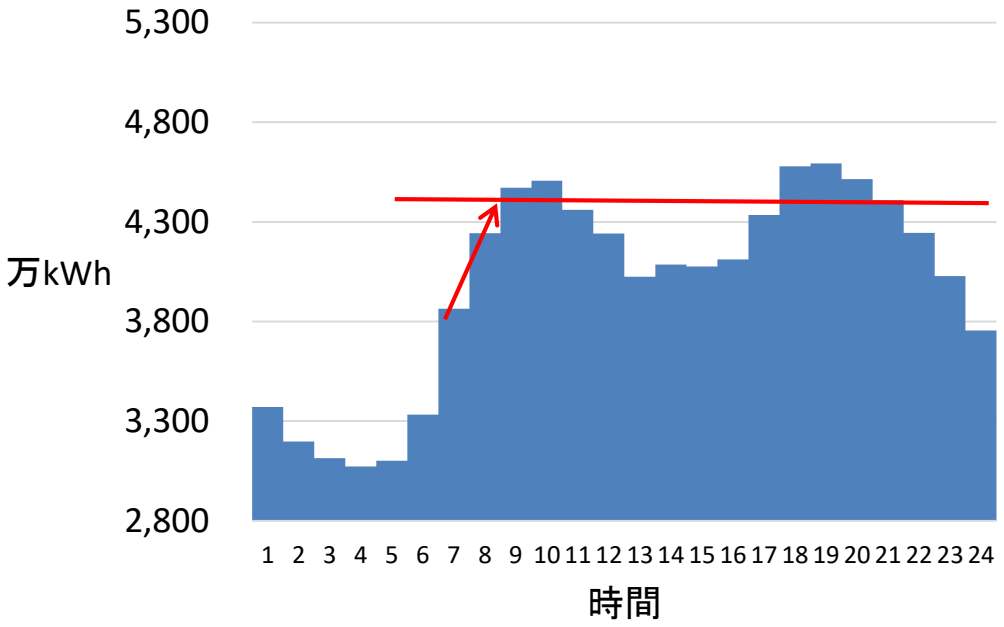
WASEDA University

2018年度　東京電力パワーグリッド サービスエリアの電力需給実績*

夏季のピーク：7/23-27平均



冬季のピーク：1/7-11平均



夏季：8-16時

冬季：6-10時，16-22時

*電力需給実績：電力広域的運営推進機関の送配電等業務指針に基づき、エリアごとに電力需給実績を公表。

上げDRの発動時間帯の想定

太陽光発電量が多い一方電力需要の少ない時間帯に充電をするなどして電力需要を増やす

WASEDA University

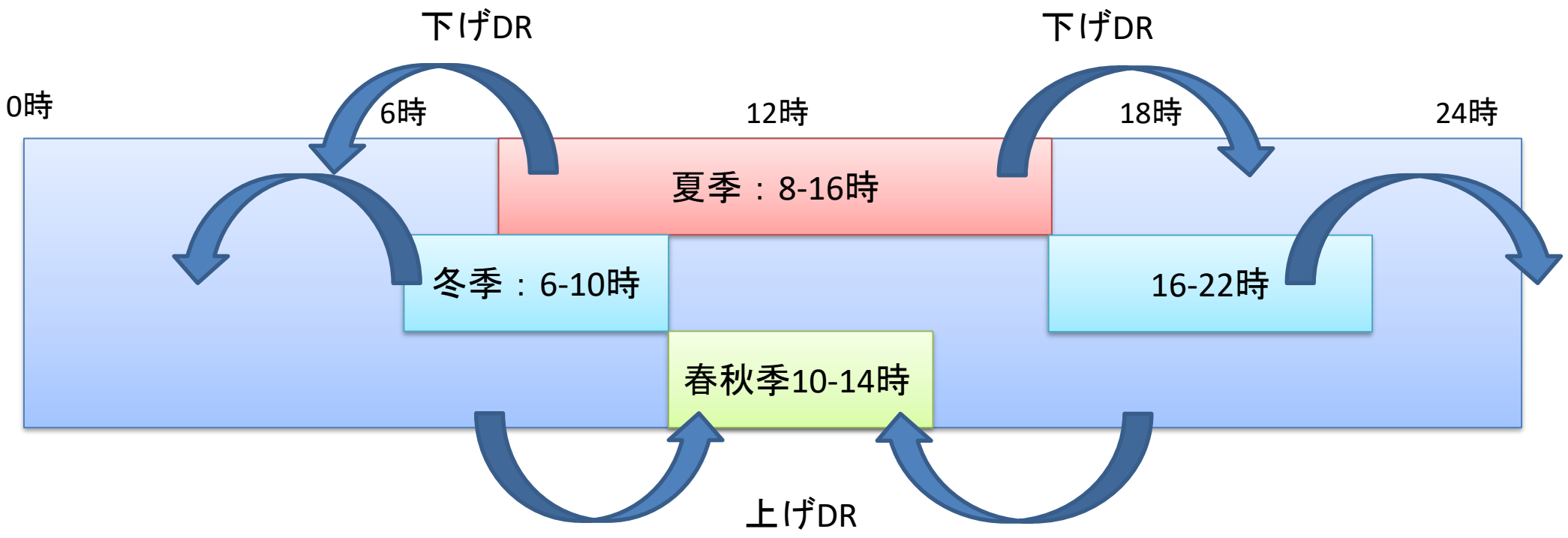
過去の出力制御実績（九州本土）
『再生可能エネルギーの固定価格買取制度』に基づく再エネ出力制御指示に関する報告

最大余剰電力発生時刻(2018年度実績)

1	10/13（土）	12時00分	～	12時30分	14	3/11（月）	12時30分	～	13時00分
2	10/14（日）	11時00分	～	11時30分	15	3/12（火）	12時30分	～	13時00分
3	10/20（土）	12時00分	～	12時30分	16	3/13（水）	12時00分	～	12時30分
4	10/21（日）	12時00分	～	12時30分	17	3/15（金）	12時00分	～	12時30分
5	11/3（土）	12時00分	～	12時30分	18	3/16（土）	12時30分	～	13時00分
6	11/4（日）	12時00分	～	12時30分	19	3/17（日）	13時00分	～	13時30分
7	11/10（土）	12時00分	～	12時30分	20	3/20（水）	12時00分	～	12時30分
8	11/11（日）	11時30分	～	12時00分	21	3/23（土）	12時30分	～	13時00分
9	1/3（木）	12時00分	～	12時30分	22	3/24（日）	12時00分	～	12時30分
10	2/24（日）	12時30分	～	13時00分	23	3/26（火）	12時00分	～	12時30分
11	3/2（土）	12時00分	～	12時30分	24	3/27（水）	12時00分	～	12時30分
12	3/5（火）	12時00分	～	12時30分	25	3/30（土）	13時00分	～	13時30分
13	3/8（金）	12時30分	～	13時00分	26	3/31（日）	12時30分	～	13時00分

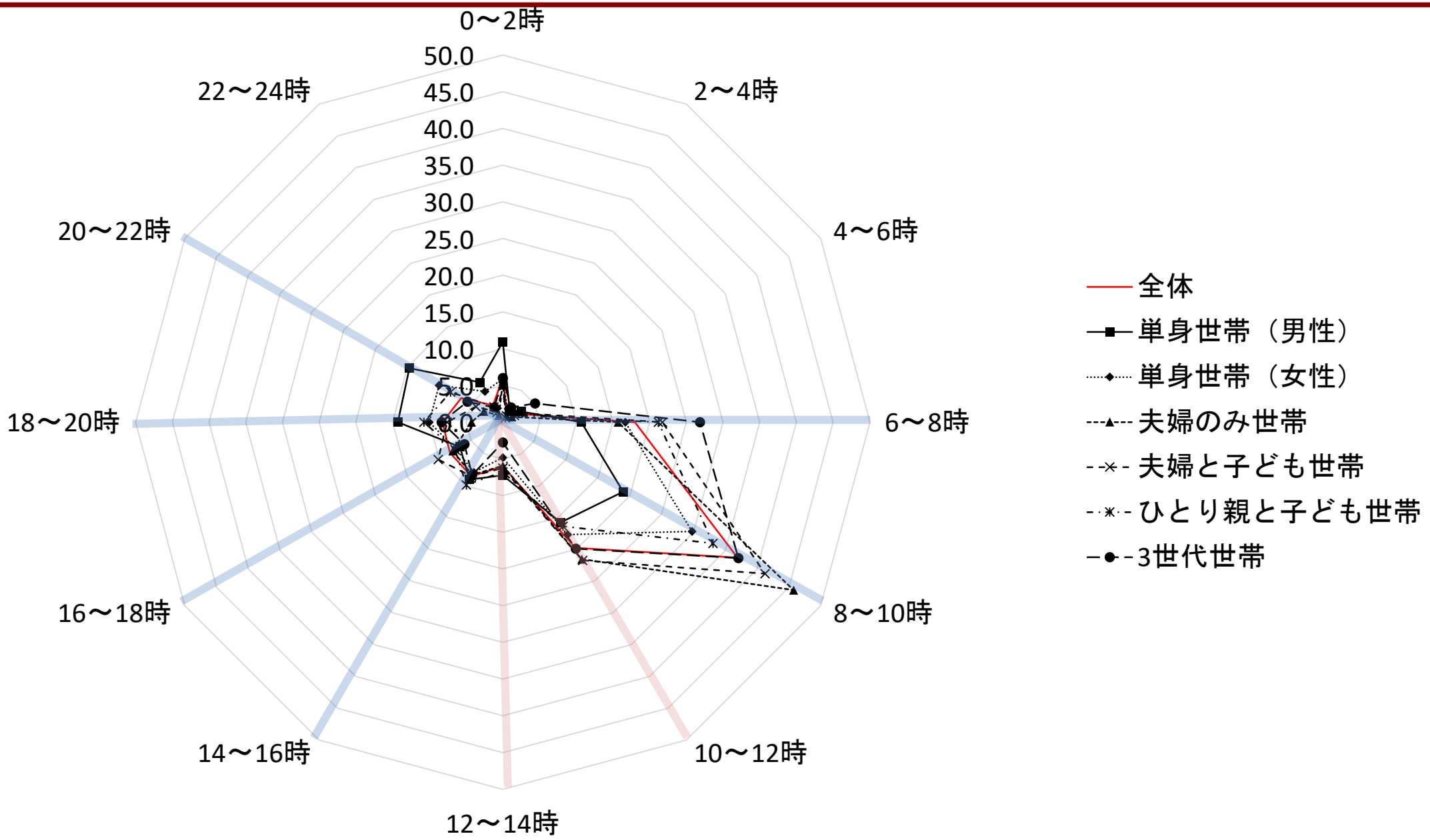
春秋季　10-14時

DR発動時間帯の想定



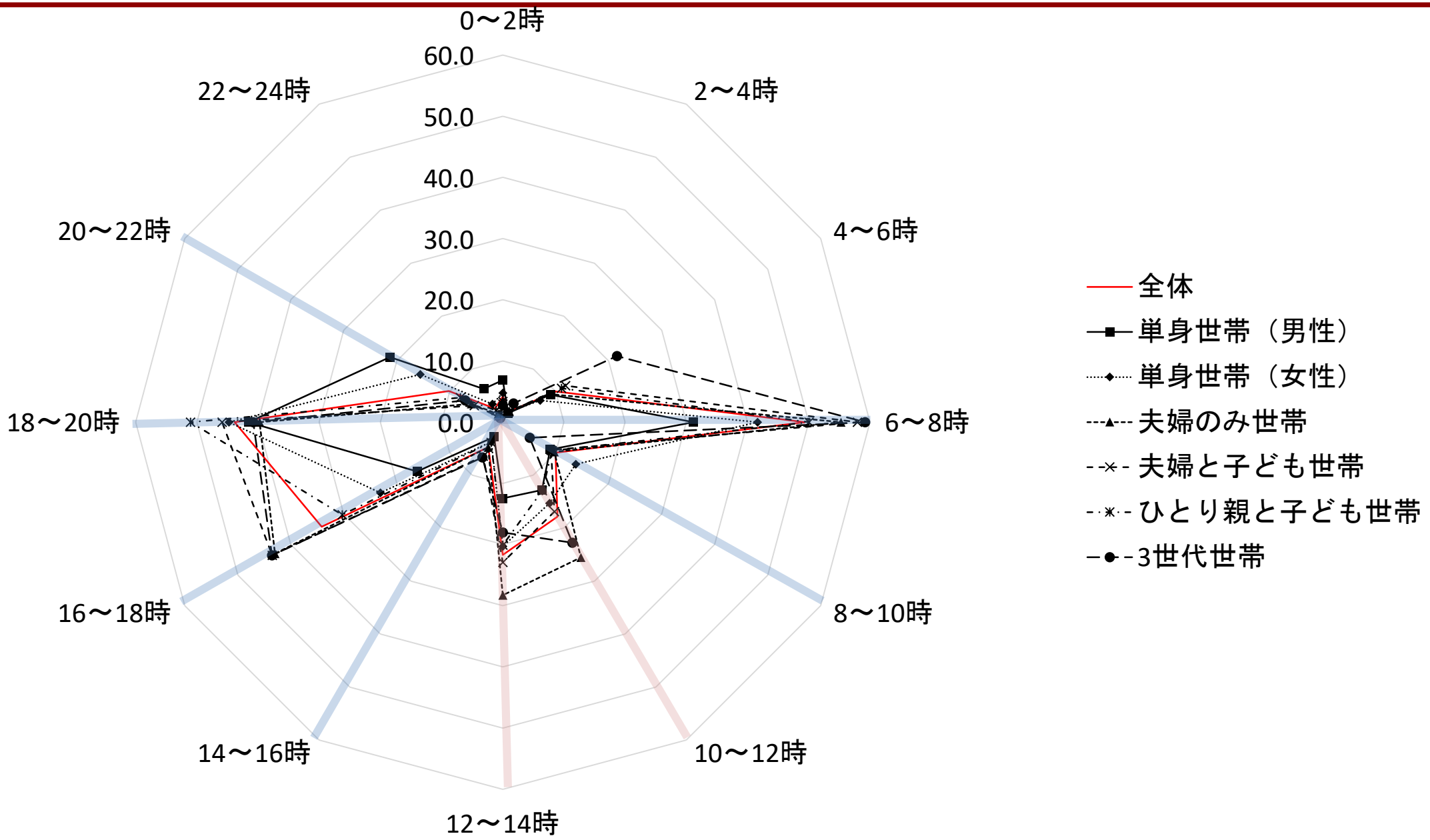
夏・冬　上記時間帯に行っている家事をやめ，他の時間帯にその家事を移動することをお願いする。
春・秋　他の時間帯に行っている家事を，上記時間帯に移動することをお願いする。

行動者率：掃除


0～2時
2～4時
4～6時
6～8時
8～10時
10～12時
12～14時
14～16時
16～18時
18～20時
20～22時
22～24時
50.0
45.0
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
全体
単身世帯（男性）
単身世帯（女性）
夫婦のみ世帯
夫婦と子ども世帯
ひとり親と子ども世帯
3世代世帯

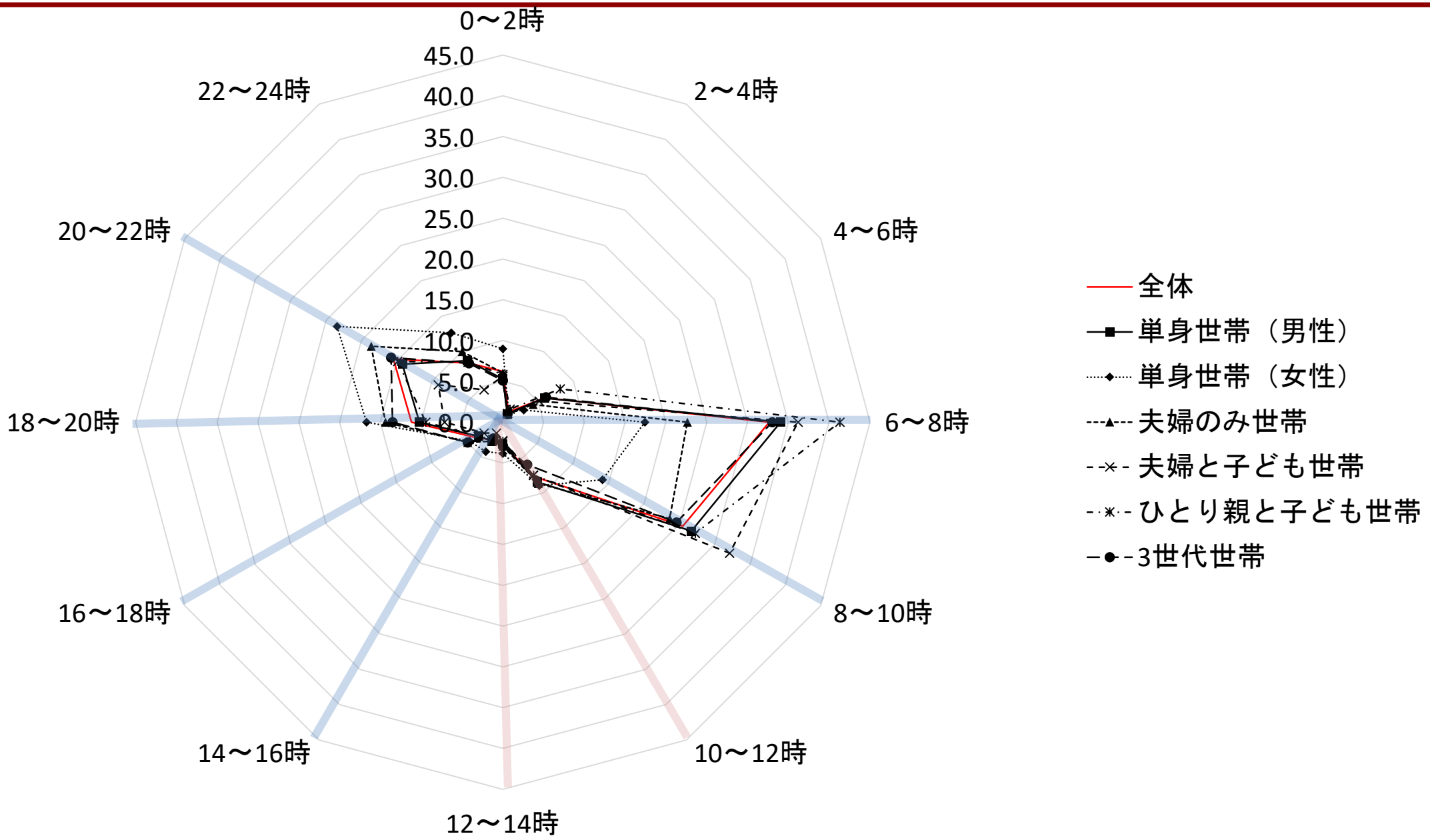
WASEDA University

行動者率：食事の支度



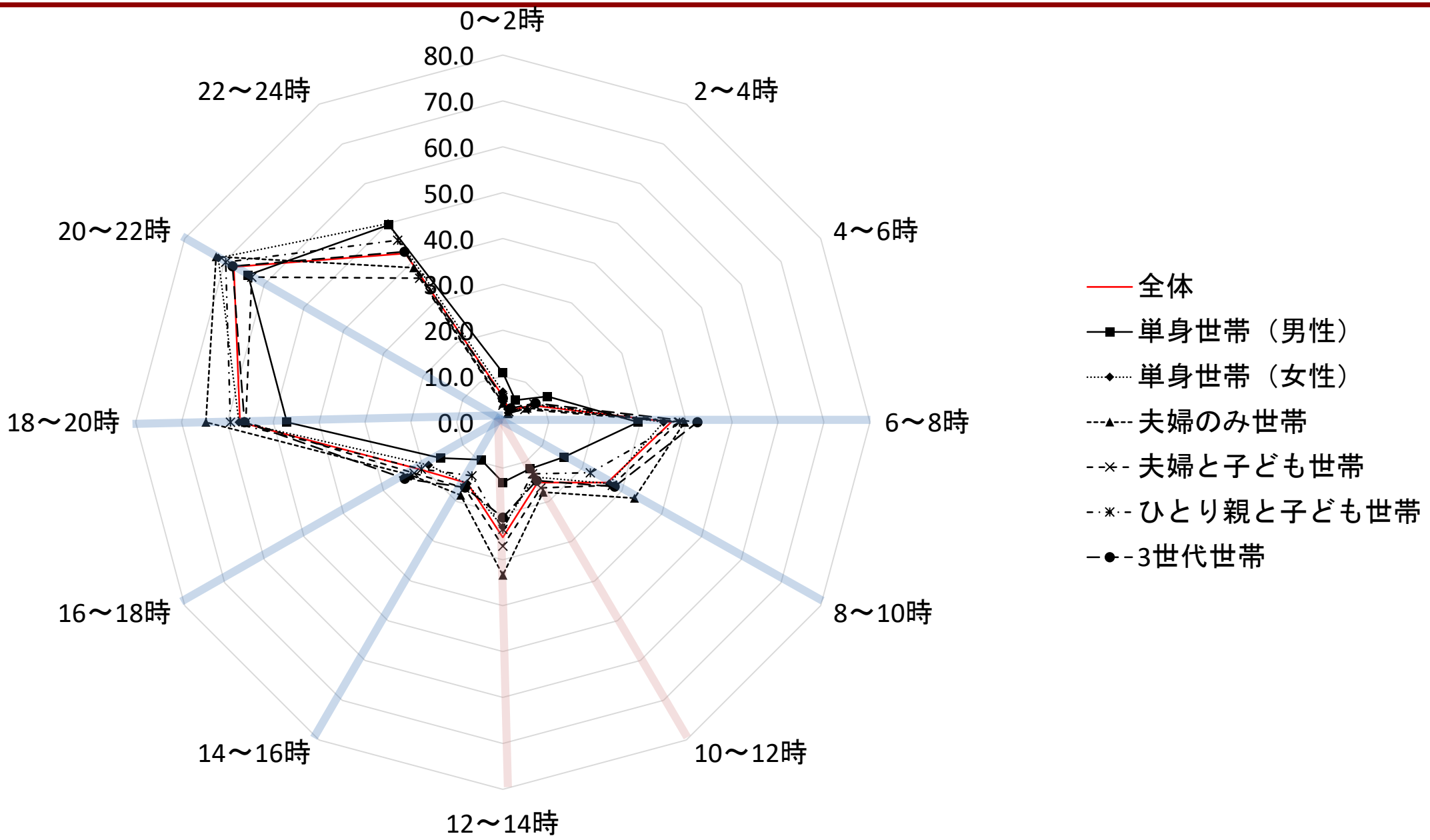
WASEDA University

行動者率：洗濯



WASEDA University

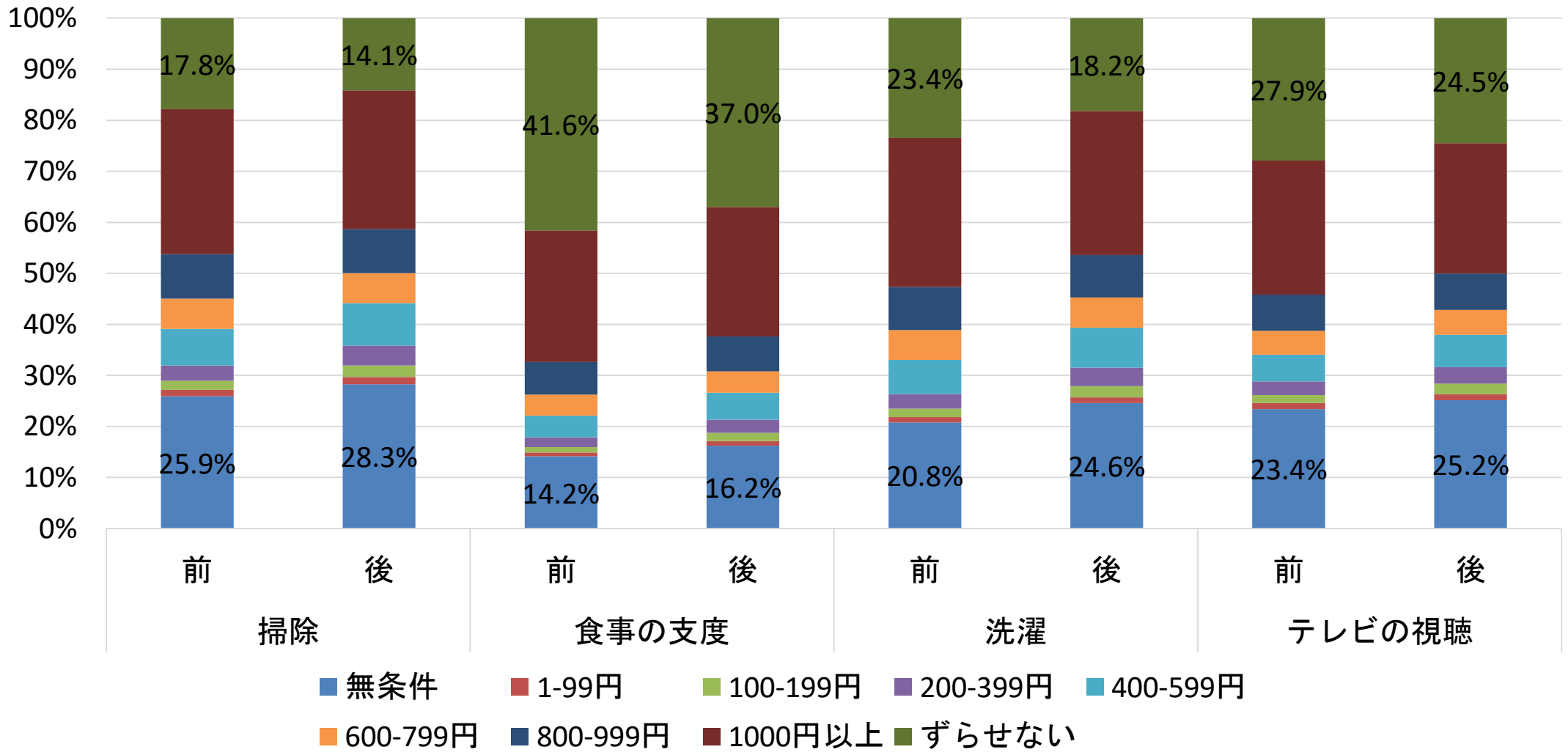
行動者率：テレビの視聴



調査結果

WASEDA University

情報提供前後の行動変更意思の変化(全体)



「報酬にかかわらずずらせない」人の割合は，食事の支度については約4割，テレビの視聴については約3割，洗濯と掃除については約2割。DRの社会的意義に関する知識の取得によって，これらの比率は低下

DRに対応できる人の割合（日常的にその家事を行う人全体に対する割合）

WASEDA University

情報提供前後の比較

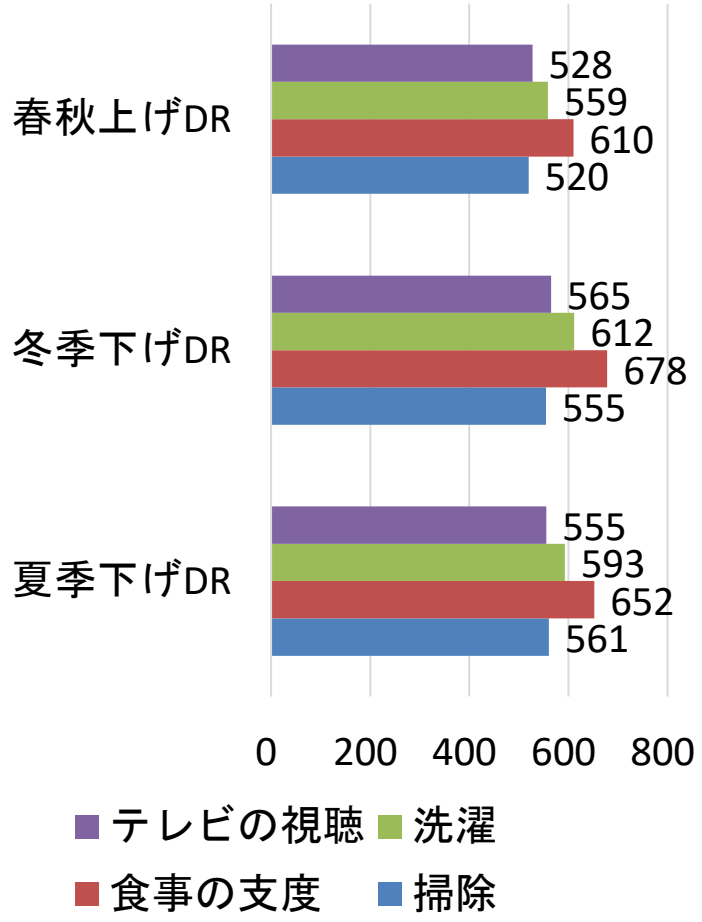
情報	夏下げDR		冬下げDR		春秋上げDR		その他の対応	
	提供前	提供後	提供前	提供後	提供前	提供後	提供前	提供後
掃除	11.4%	15.7%	18.7%	19.6%	18.0%	17.5%	31.5%	30.7%
食事の支度	4.8%	6.1%	8.8%	11.8%	3.9%	4.4%	31.5%	32.0%
洗濯	9.9%	11.7%	15.5%	19.3%	11.8%	11.9%	33.2%	33.4%
テレビの視聴	11.1%	13.0%	15.7%	17.6%	6.8%	7.1%	31.0%	31.4%

家事によるが，特定のDRに応じられる人はその家事を日常的にしている人の5～20%
その割合はDRの有効性についての情報提供で上昇する。
他の何らかのDRに応じる意思ある人がさらに30%いる。⇒それらの人を特定のDRに誘導することが望ましい。

DRに応答するためのひと月当たり希望報酬額

WASEDA University

平均希望報酬額 (円/月)



世帯属性別希望報酬額　(円/月)

		単身世帯(男性)	単身世帯(女性)	夫婦のみ世帯	夫婦と子ども世帯	一人親と子ども世帯	3世代世帯
夏季下げDR	掃除	591	510	552	595	525	534
	食事の支度	708	605	603	697	626	623
	洗濯	596	537	603	615	603	550
	テレビ視聴	626	574	551	519	603	631
冬季下げDR	掃除	507	561	513	599	572	525
	食事の支度	585	648	644	748	735	650
	洗濯	583	589	555	684	594	620
	テレビ視聴	558	572	554	552	637	606
春秋上げDR	掃除	528	517	472	565	509	505
	食事の支度	580	600	560	633	703	656
	洗濯	559	545	589	500	609	536
	テレビ視聴	528	541	536	521	506	604

春秋季の上げDRに対する希望報酬額が，やや低い。食事の支度時間変更の際の希望報酬額が最もが高い。
子供がいる世帯での希望報酬額が高い。

ひと月当たり希望報酬額に影響する要因(有意な変数のみ)

WASEDA University

順序プロビットモデルを用いて，希望報酬額に影響する要因分析を実施　（知識提供後）

$$p_c' = \alpha_3 + \sum_i \beta_{3i} x_i + u_3$$

p_c'は希望報酬額の潜在変数，x_iは希望報酬額に影響する要因

		掃除		食事の支度		洗濯		テレビの視聴	
PCやスマホの閲覧時間	ニュース，内外の社会情勢の把握			-0.057	**				
	食に関する情報の閲覧					-0.065	*	-0.070	*
	自分の関心事に関する情報の収集	-0.065	***						
	その他					-0.058	**	-0.048	*
省エネ意識	ほかのことをしながらテレビを見ないようにしている。			-0.064	*				
	洗濯は2日に一回程度、まとめてするようにしている。			-0.142	***	-0.089	**		
	乾燥機は節電を心がけて、自然乾燥も併用しながら使用するようにしている。	-0.103	**					-0.086	**
	掃除機をつけっぱなしにしながら部屋を片付けたりしないようにしている。			0.090	*				
	PVの電力を最大限に利用するために、朝や夕方の家事を昼間の時間帯にずらしてもよい。	-0.198	***	-0.230	***	-0.183	***	-0.179	***
	電力使用が急増する時間帯の家事をほかの時間帯にずらしてもよい。	-0.546	***	-0.265	***	-0.489	***	-0.397	***
	電力使用が急増する時間帯の家事をやめ大幅に節電に協力してもよい。	-0.147	***	-0.340	***	-0.173	***	-0.224	***

		掃除		食事の支度		洗濯		テレビの視聴	
世帯年収	400-600万円未満			0.149	**				
	600-800万円未満			0.150	**				
	800-1000万円未満			0.151	*				
	1000-1200万円未満			0.183	*				
	1600-1800万円未満			0.473	*				
光熱費		0.079	***	0.045	*	0.054	**	0.049	*
世帯構成	大学生などの学生の方がいる							-0.164	**
就労	働いている	0.141	***	0.123	***			0.103	**
大都市		0.100	***			0.123	***		
年齢	30代	0.205	*					0.184	*
	40代							0.188	*
	50代							0.278	**
	60代			0.270	**			0.363	***
	70代			0.318	**			0.351	***
Log pseudolikelihood		-5709.371		-6137.576		-6476.909		-6058.403	
Pseudo R2		0.029		0.033		0.026		0.025	
Number of observations		3,278		3,806		3,661		3,522	

DSMの社会的有効性を認知している場合に，希望報酬額は有意に低くなる。
スマホやPCによる情報収集行動も希望報酬額を低める可能性がある。

希望報酬額に対するDRへの応答確率の推定

WASEDA University

2項ロジットモデルを用いてDRへの応答確率P_{yes}を推定

$$P_{yes} = \frac{1}{1 + e^{-\Delta V}}$$

ただし，ΔVはDRに応答するときとしないときの効用差を示す関数

効用差関数 ΔV について2つの定式化

(1) $\Delta V = \alpha_1 + \beta_1 p + u_1$

ΔV を価格のみの関数とする(1)式を，DRの社会的有効性に関する知識提供前後の２つのデータセットで計測し，知識提供が応答確率にもたらす効果を検証

(2) $\Delta V = (\alpha_1 + \alpha_d \delta) + (\beta_1 + \beta_d \delta)p + u_2 = \alpha_2 + \beta_2 p + u_2$

(2)式によってシフト要因 δ が応答確率にもたらす効果を検証(シフト項の効果)

シフト要因：DRの社会的有効性についての認知の有無

「電力使用が急増する時間帯の、電力系統の不安定化を防ぐために、その時間帯に行っていた(家電の使用を伴う)家事をほかの時間帯にずらすなどの協 力をしてもよい」の質問に対する回答結果

DRの有効性に関する情報提供が応答確率にもたらす効果
(情報提供の前後のデータセットを用いた場合の結果比較)

WASEDA University

		提供前	提供後	提供前	提供後	提供前	提供後
		夏下げDR		冬下げDR		春秋上げDR	
応答の弾力性	掃除	0.457	0.431	0.443	0.423	0.388	0.372
	食事の支度	0.625	0.535	0.662	0.592	0.577	0.518
	洗濯	0.504	0.449	0.559	0.486	0.462	0.420
	テレビの視聴	0.420	0.393	0.457	0.421	0.432	0.396
	全行動平均	0.501	0.452	0.530	0.480	0.465	0.426
応答確率 提示額50円	掃除	0.333	0.351	0.341	0.357	0.381	0.396
	食事の支度	0.243	0.286	0.228	0.259	0.266	0.296
	洗濯	0.303	0.337	0.275	0.316	0.330	0.360
	テレビの視聴	0.355	0.375	0.330	0.356	0.349	0.377
	全行動平均	0.308	0.337	0.294	0.322	0.331	0.357
応答確率 提示額1000円	掃除	0.832	0.841	0.831	0.845	0.839	0.851
	食事の支度	0.803	0.815	0.794	0.814	0.815	0.818
	洗濯	0.815	0.827	0.824	0.837	0.834	0.847
	テレビの視聴	0.819	0.826	0.813	0.830	0.834	0.845
	全行動平均	0.817	0.827	0.816	0.832	0.830	0.840

知識提供後に，提示額の変動に対して応答性が安定し，応答確率も高まる。DRに対する提示報酬額50円の時の応答確率は3割程度で，1000円の時には8割程度である。食事の支度にかかわる応答確率が相対的に低く，春秋上げDRの応答確率が相対的に高い。

DRの社会的有効性についての認知が応答確率にもたらす効果(シフト項の効果)
(DRの有効性情報提供前における有効性認知の有無別)

WASEDA University

		意識なし	意識あり	意識なし	意識あり	意識なし	意識あり
		夏下げDR		冬下げDR		春秋上げDR	
応答の弾力性	掃除	0.568	0.437	0.537	0.422	0.544	0.364
	食事の支度	0.943	0.571	0.695	0.652	0.542	0.586
	洗濯	0.795	0.464	0.617	0.543	0.552	0.445
	テレビの視聴	0.509	0.401	0.570	0.428	0.469	0.424
	全行動平均	0.704	0.468	0.605	0.511	0.527	0.455
応答確率 提示額50円	掃除	0.270	0.346	0.284	0.356	0.282	0.401
	食事の支度	0.148	0.267	0.215	0.232	0.283	0.261
	洗濯	0.184	0.327	0.248	0.283	0.280	0.341
	テレビの視聴	0.298	0.369	0.268	0.348	0.326	0.355
	全行動平均	0.225	0.327	0.254	0.305	0.293	0.340
応答確率 提示額1000円	掃除	0.820	0.835	0.810	0.836	0.818	0.844
	食事の支度	0.805	0.804	0.787	0.797	0.815	0.815
	洗濯	0.799	0.820	0.821	0.825	0.838	0.833
	テレビの視聴	0.802	0.824	0.810	0.815	0.839	0.834
	全行動平均	0.807	0.821	0.807	0.819	0.827	0.831

DRの社会的有効性を認知している場合に，提示額の変動に対して応答性が安定し，応答確率も高まる。

ひと月当たりの提示報酬と調整力の電力量価格(円/kWh)との関係

WASEDA University

K タイプのDRが一月当たりR 円の提示報酬の下で，i 番目の活動の活動時間調整から調達できる一月当たり「調整電力」

$$E_i^{KR} = e_i \cdot D_i \cdot Aprob_i^K \cdot Rprob_i^{KR} \quad (kWh/month)$$

e_i : i番目の活動によって調整できる時間当たり電力量原単位 (kWh/min)
D_i : i番目の活動の月当たり継続時間 $(min/month)$
$Aprob_i^K$: KタイプのDR時間帯におけるi番目の活動の平均行動率
$Rprob_i^{KR}$: KタイプのDRにおける一月当たり提示報酬Rの下でのi番目の活動によるDRへの応答確率

ただしK= 夏の下げDR，冬の下げDR，春秋の上げDR
R= 50，150，・・・・，1000円/月
i = 掃除，食事の支度，洗濯，テレビの視聴

KタイプのDRにおける一月当たり提示報酬R (JPY/month)の下での，一月当たり「調整力の合計電力量」

$$TE^{KR} = \sum_i E_i^{TK} \ (kWh/month)$$

KタイプのDRが一月当たりR円の提示報酬の下で調達した「調整電力」の価格

$$PE^{KR} = \frac{R}{\sum_i E_i^{TK}} \ (JPY/kWh)$$

ひと月当たりの提示報酬と調整力の電力量価格(円/kWh)との関係

WASEDA University

ひと月当たりの報酬を調整力の電力量価格に換算した値: $PE^{KR} = \frac{R}{\sum_i E_i^{TK}}$

単位：円/kWh

	提示報酬	50円/月	150円/月	300円/月	500円/月	700円/月	900円/月	1000円/月
DRの有効性情報提供前	夏下げDR	20.29	50.47	78.69	99.38	112.60	124.50	130.82
	冬下げDR	10.71	26.40	40.61	50.42	56.32	61.63	64.50
	春秋上げDR	15.77	39.48	62.18	79.59	91.27	101.86	107.42
DRの有効性情報提供後	夏下げDR	17.64	44.69	71.58	93.34	108.48	122.07	129.06
	冬下げDR	9.50	23.68	37.05	47.08	53.71	59.75	62.95
	春秋上げDR	14.28	36.28	58.37	76.55	89.38	100.93	106.85

(参考) 計算の前提
各活動の月当たり継続時間(分/月): 掃除 225 (15分 x 15 回), 食事の支度1800 (30 分 x 60 回), 洗濯 450 (30 分 x 15 回), テレビの視聴1800 (60 分 x 30 回)
節電原単位 (Wh/15分)　掃除：317.8，食事の支度：474.9，洗濯：96.8，テレビの視聴：24.9

仮に今後は調整力の電力価値が高め(10～20円/kWh)になると仮定しても，DR対応に対するひと月当たり報酬額として妥当なのは，50円／月程度である。

一般送配電事業者が指令をした調整力の電力量価格 (平成30年度)　単位:円/kWh

電力ガス取引等監視委員会
https://www.emsc.meti.go.jp/info/public/news/20190124001.html

	上げ（出力増）を指令した価格						下げ（出力減）を指令した価格						上げ・下げ絶対値の10社加重平均
	週ごとの最高価格			週ごとの加重平均価格			週ごとの最低価格			週ごとの加重平均価格			
	10社中	最高	最低	単純平均	最高	最低	加重平均	最低	最高	単純	最低	最高	加重平均	
3月31日～4月6日		83.0	7.4	20.7	11.2	5.9	8.4	1.6	4.7	3.5	4.4	9.7	6.1	7.3
4月7日～4月13日		83.0	7.8	21.2	11.4	6.1	8.6	1.6	4.9	3.6	5.0	11.1	6.4	7.5
4月14日～4月20日		23.4	7.8	13.1	11.7	6.0	9.0	1.6	4.8	3.7	5.4	10.8	6.5	7.7
4月21日～4月27日		59.6	7.8	17.7	10.9	6.1	8.4	1.6	4.7	3.5	5.3	11.1	6.0	7.1
4月28日～5月4日		78.8	8.0	19.8	11.1	6.7	8.6	1.6	4.8	3.6	5.2	10.0	6.3	7.4
5月5日～5月11日		78.8	8.0	21.1	10.9	6.5	8.9	2.1	5.5	3.9	5.1	9.5	6.4	7.8
5月12日～5月18日		56.6	8.9	18.3	12.5	6.6	9.0	1.5	4.9	3.7	5.5	11.6	6.7	7.9
5月19日～5月25日		23.1	8.9	14.5	11.9	5.5	9.1	1.5	4.8	3.6	5.9	11.6	6.7	7.8
5月26日～6月1日		56.6	8.9	19.1	11.4	6.4	9.2	1.3	4.9	3.7	5.4	11.0	6.9	7.9
6月2日～6月8日		56.6	10.4	19.4	11.5	6.2	9.6	1.8	5.0	3.9	6.1	10.7	7.3	8.4
6月9日～6月15日		24.0	10.4	15.6	11.4	5.2	9.8	1.8	5.0	3.7	5.9	13.4	6.8	8.4
6月16日～6月22日		56.6	10.4	20.3	12.2	5.7	9.8	1.3	5.1	3.9	5.5	13.0	6.7	8.2
6月23日～6月29日		24.0	10.9	16.1	12.6	6.2	10.3	1.4	4.9	3.8	5.9	12.3	7.2	8.8
6月30日～7月6日		79.0	11.6	23.3	11.9	7.2	10.3	1.4	5.1	3.8	5.4	11.7	7.3	8.8
7月7日～7月13日		24.0	11.3	16.4	12.2	6.0	10.8	1.1	5.1	3.9	5.9	10.4	7.3	9.0
7月14日～7月20日		56.4	11.6	21.8	13.6	7.1	10.9	1.3	5.0	3.9	6.3	13.4	8.2	9.7
7月21日～7月27日		70.0	11.8	22.4	16.8	6.9	11.8	1.1	5.0	4.0	6.8	17.3	9.4	10.6
7月28日～8月3日		70.0	12.1	22.6	14.5	7.5	11.3	1.1	5.1	3.9	6.1	11.1	7.8	9.2
8月4日～8月10日		79.2	12.1	29.5	12.8	8.6	11.2	0.8	5.3	3.9	6.8	10.2	8.0	9.4
8月11日～8月17日		23.0	10.5	14.8	12.3	7.1	10.7	0.8	5.3	4.0	6.3	10.4	7.4	8.8
8月18日～8月24日		70.0	12.5	26.2	17.1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5.1	4.0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8月25日～8月31日		70.0	12.1	22.2	17.4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5.1	4.0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9月1日～9月7日		49.5	11.5	18.9	13.1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5.2	4.0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9月8日～9月14日		69.7	12.1	24.8	18.0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5.2	4.1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9月15日～9月21日		79.7	12.1	27.3	16.0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5.3	4.1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9月22日～9月28日		31.1	12.1	17.8	13.8	6.7	11.2	1.3	5.2	4.1	5.5	11.1	8.1	9.6
9月29日～10月5日		79.7	11.9	23.7	14.3	7.5	10.9	1.2	5.5	4.1	5.9	9.9	8.0	9.4
10月6日～10月12日		23.8	11.9	17.6	12.9	6.8	10.8	1.7	5.5	4.3	6.3	9.7	8.6	9.9
10月13日～10月19日		18.7	11.6	15.3	16.8	6.3	10.6	2.7	5.5	4.3	6.2	10.7	8.3	9.4
10月20日～10月26日		85.4	11.3	23.5	15.9	6.4	10.6	1.7	5.4	4.2	6.2	13.5	8.3	9.5
10月27日～11月2日		26.6	11.8	17.4	14.4	6.8	11.1	1.6	5.4	4.2	5.9	12.9	8.3	9.6
11月3日～11月9日		57.3	11.9	19.2	15.1	8.0	10.8	2.1	5.4	4.5	5.8	11.6	8.2	9.6
11月10日～11月16日		25.1	11.9	16.3	15.8	6.9	10.9	2.1	5.5	4.4	5.9	13.5	8.3	9.7
11月17日～11月23日		79.7	12.3	22.1	13.9	7.3	11.2	2.0	5.5	4.4	5.4	13.7	8.2	9.6
11月24日～11月30日		79.7	12.2	23.3	13.0	7.4	10.9	2.0	5.4	4.4	6.0	10.4	8.1	9.5

上げ出力
平均10.4円

下げ出力
平均7.5円

上げ下げ出力
平均8.9円

社会生活基本調査による時間帯別節電ポテンシャル推算結果との関係
(今年の報告と昨年の報告との関係)

WASEDA University

単位：GWh		DRポテンシャル**				行動変更に対する1月あたり報酬が50円である場合の想定量			
		下げDR			上げDR	下げDR			上げDR
		夏	冬		春秋	夏	冬		春秋
		8時-16時	6時-10時	16時-22時	10時-14時	8時-16時	6時-10時	16時-22時	10時-14時
知識提供前	掃除	19.1	14.7	5.5	23.4	6.4	5.0	1.9	8.9
	食事の支度	9.7	14.6	32.1	52.5	2.4	3.3	7.3	13.9
	洗濯	2.3	3.2	0.5	4.2	0.7	0.9	0.1	1.4
	テレビの視聴	3.4	1.4	7.7	12.8	1.2	0.5	2.5	4.5
	計	34.6	34.0	45.8	92.8	10.6	9.7	11.9	28.7
	構成比*	25.3%	17.9%	13.9%	323.5%	7.8%	5.1%	3.6%	100.0%
知識提供後	掃除	20.0	15.4	5.8	24.5	7.0	5.5	2.1	9.7
	食事の支度	10.6	15.9	34.8	56.9	3.0	4.1	9.0	16.8
	洗濯	2.5	3.5	0.5	4.5	0.8	1.1	0.2	1.6
	テレビの視聴	3.5	1.5	8.1	13.4	1.3	0.5	2.9	5.1
	計	36.6	36.2	49.2	99.3	12.2	11.2	14.1	33.2
	構成比*	26.8%	19.1%	14.9%	346.0%	8.9%	5.9%	4.3%	115.6%

* 対応する時間帯の節電(使用中止)ポテンシャル合計＝使用量に対する割合　**全ポテンシャルから，行動を「ずらせない」と答えた人を除いたDRの最大ポテンシャル

夏季と冬季の下げDRが必要な時間帯は，家庭による電力消費の4～9%程度の調整力が，10～20円/kWh程度の調整の電力量価格で，DRによって調達できそうだ。春秋季の上げDRが必要な時間帯では，もともと電力需要の少ない時間帯なので，10～20円/kWh程度の調整の電力量価格でも，DRによる調整量が相対的に大きな意味を持つ。

まとめ

WASEDA University

- 全国の家庭に比較的大規模(10,000世帯)なアンケート調査を実施し，DRを発動してDSMをおこなうことが必要な時間帯に，どの程度の割合の人がどの程度の報酬額でDRに応じてくれそうかを調査し，さらに人々がDRに応じることについての要因分析を行った。そしてNakano, Washizu (2019)で明らかにしたDRの対象となる調整可能な潜在的電力量のうち，ある報酬額の下でどの程度の調整力が実現するかを検討した。

- 現在行動をしている時間を「報酬にかかわらずずらせない」とした(したがってDRに対応できない)人の割合は，食事の支度については約4割，テレビの視聴については約3割，洗濯と掃除については約2割。DRの社会的意義に関する知識の取得によって，これらの比率は低下し，一方で，行動時間をずらすことに同意してくれる(したがってDRに対応してくれる)人の比率が上昇する。

- DRに対応するために，人々が希望するひと月当たり報酬額は，春秋季の上げDRに対する額が，夏冬季の下げDRに対する額よりもやや低い。夏冬の下げDRより，春秋の上げDRのほうが対応しやすいと考えられる。また，食事の支度時間変更の際の希望報酬額が最も高く，次いで洗濯が高い。世帯属性間の比較では，子供がいる世帯での希望報酬額が高い。

- 順序プロビットモデルを用いて，希望報酬額に影響する要因分析を実施した結果，回答者がDSMの社会的有効性を認知している場合に，希望報酬額は有意に低くなり(DRに対応しやすくなり)，回答者が光熱費を多く払っている場合，就労している場合，大都市に住んでいる場合，年代が高い場合には，希望報酬額は有意に高くなる(DRに対応しにくくなる)。

まとめ

- 2項ロジットモデルの推定結果を用いて，提示された報酬額に対するDRへの応答確率を推定した。DRの社会的有効性に関する知識提供の前後での応答確率を比較すると，知識提供後に，提示額の変動に対して応答性が安定し，応答確率も高まる。DRに対する提示報酬額50円の時の供給確率は3割程度で，1000円の時には8割程度である。食事の支度にかかわる応答確率が相対的に低く，春秋上げDRの応答確率が相対的に高い。DRの社会的有効性を認知している場合に，提示額の変動に対して応答性が安定し，応答確率も高まる。

- 実際の調整力の電力量価格は現状では高くないが，仮に今後は調整力の電力価値が高めになり，同価格が10～20円/kWhとなると仮定しても，DR対応に対するひと月当たり報酬額として妥当なのは，50円／月程度である。

- Nakano, Washizu (2019)で推算された潜在的な調整対象電力量に，本研究調査で明らかになったDRへの応答確率を乗ずることで，全潜在量のうち何%ほどが実際にDRの調整力として顕在化するかを推算した。その結果，夏季と冬季の下げDRが必要な時間帯は，家庭による電力消費の4～9%程度の調整力が，10～20円/kWh程度の調整の電力量価格で，DRによって調達できそうだ。

- 春秋季の上げDRが必要な時間帯は，もともと電力需要の少ない時間帯なので， 10～20円/kWh程度の調整の電力量価格でも，DRによる調整量が相対的に大きな意味を持つ。春秋季の上げDRは比較的応答されやすいことから，まず春秋季の上げDRの実施から取り組むのが良い。

energies MDPI

Article

On the Acceptability of Electricity Demand Side Management by Time of Day

Satoshi Nakano [1] and Ayu Washizu [2,*]

[1] Faculty of Economics, Nihon Fukushi University, Aichi 477-0031, Japan; nakano@n-fukushi.ac.jp
[2] Faculty of Social Sciences, Waseda University, Tokyo 169-8050, Japan
* Correspondence: washizu@waseda.jp

Received: 29 June 2020; Accepted: 13 July 2020; Published: 16 July 2020

check for updates

Abstract: Advances in the introduction of fluctuating renewable energies, such as photovoltaics (PV), have caused power-system destabilization. However, stability can be improved if consumers change the way they use power, moving to time slots when the PV output in an area is high. In large cities in developed countries, where the types of distributed energy resources are varied, demand side management (DSM) in which consumers share power supplies and adjust the demand has received considerable attention. Under effective DSM that uses the latest information and communication technology to maximize the use of renewable energy, we believe that sparing use of appliances is not the only solution to address global warming. If behavioral change shifts the use of domestic appliances from one time slot to other time slots, we do not have to abandon the use of these appliances. The aim of this study is to determine the possibility of such behavioral changes in people in order to provide basic information for operating an effective DSM. To that end, we conducted a questionnaire-based survey of 10,000 households in Japan. We investigated the proportion of people responding to a request for a demand response (DR) under the given presented reward in time slots when DSM by DR is required. We also analyzed the factors influencing people's response to a request for a DR. Furthermore, based on the rewards likely to be achieved in the adjustable power market, we estimated how much adjustable power would be realized.

Keywords: demand side management; demand response; random utility model; consumer behavior; prosumer

1. Introduction

The number of homes with rooftop solar panels (photovoltaic (PV) devices) in Japan has rapidly increased from 0.28 million in 2003 to 2.19 million in 2018 [1]. Simultaneously, distributed energy resources (DERs), such as domestic-sized batteries, electric vehicles (EVs), and domestic heat pump water heaters, have become popular in residential areas. The number of domestic-scale lithium-ion storage battery systems shipped in Japan increased from 1939 units in FY2011 to 73,594 units in FY2018 [2]. The composition ratio of EVs (including plug-in hybrid vehicles) will increase to 20–30% of all vehicles by 2030 [2]. Domestic heat pump water heaters, first commercialized in 2001, cumulatively amounted to 6.39 million units by FY2018 [3]. These DERs transformed end users of electricity into prosumers. Prosumers are consumers who benefit from electricity trading by generating electricity or creating electricity demand using their own devices. To increase the reliability of both electric utilities and prosumers, energy management technology is rapidly progressing to connect these DERs using information and communication technology (i.e., Internet of Things (IoT)) [4].

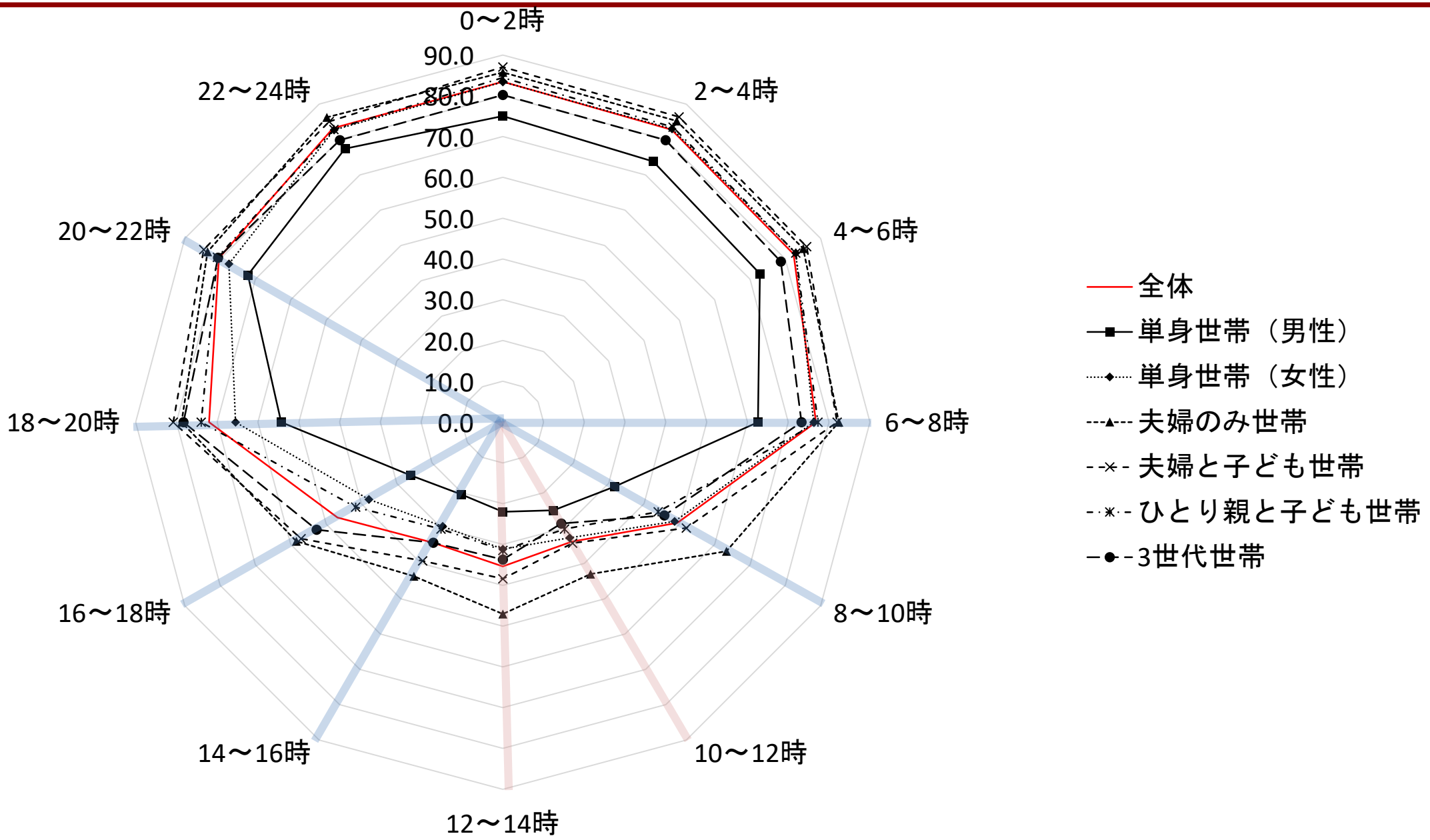
Recently in Japan, PV output fluctuations have destabilized the power system. If prosumers shift power consumption to time slots when the PV output in the area is excessive, they can contribute to the improved stability of the power system. Demand response (DR) means that a prosumer takes

Satoshi Nakano, Ayu Washizu," On the Acceptability of Electricity Demand Side Management by Time of Day," Energies 2020, 13, 3665,1-21, https://doi.org/10.3390/en13143665, https://www.mdpi.com/1996-1073/13/14/3665/pdf

補足資料

調査結果

在宅率


0～2時
2～4時
4～6時
6～8時
8～10時
10～12時
12～14時
14～16時
16～18時
18～20時
20～22時
22～24時
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
全体
単身世帯（男性）
単身世帯（女性）
夫婦のみ世帯
夫婦と子ども世帯
ひとり親と子ども世帯
3世代世帯

行動当たり受取意思額に影響する要因

WASEDA University

順序プロビットモデルを用いて，受取意思額に影響する要因分析を実施　（知識提供前）

		掃除	食事の支度	洗濯	テレビの視聴
PCやスマホの閲覧時間	ニュース，社会情勢の把握		-0.049*		
	食に関する情報の閲覧				-0.100**
	教養情報の収集		-0.057*		
	自分の関心事に関する情報収集	-0.056*			
	仕事		-0.043***		
省エネ意識	ほかのことをしながらテレビを見ない				-0.090**
	冷蔵庫のものを詰め込みすぎない	0.120**			
	冷蔵庫を壁から適正な間隔をあけて設置				0.072*
	ジャー炊飯器の保温機能は利用しない		0.114**		
	洗濯は2日に一回程度、まとめてする	-0.107**	-0.187***	-0.204***	
	乾燥機は節電を心がけて自然乾燥も併用		0.094**		
	掃除機をつけっぱなしにしない		0.159***		0.112**
	PV利用のため朝や夕方の家事を昼間にずらしてもよい	-0.208***	-0.215***	-0.162***	-0.211***
	再エネ比率を上げるためエアコンなどを買い替えて節電		0.083*		
	電力使用が急増する時間帯の家事をずらしてもよい	-0.400***	-0.188***	-0.325***	-0.285***
	電力使用が急増する時間帯の家事をやめ大幅に節電してもよい	-0.161***	-0.318***	-0.261***	-0.197***

		掃除	食事の支度	洗濯	テレビの視聴
世帯年収	400-600万円未満		0.146**		
	600-800万円未満		0.127*		
	1000-1200万円未満		0.256**		
光熱費		0.062**	0.067***	0.049**	0.042*
世帯構成	就学前の方がいる			-0.185**	-0.249***
	小学生の方がいる	0.143**	0.152**	0.192***	
	それ以外の学生の方がいる				-0.152**
	65歳以上の方がいる		0.122*	0.122*	0.143**
就労	働いている	0.101**	0.154***	0.107**	0.134***
大都市				0.104***	
年齢	30代			0.178*	
	40代		0.192*	0.231**	0.228**
	50代			0.204*	0.314***
	60代		0.221*		0.229*
Log pseudolikelihood		-5749.176	-5712.133	-6372.324	-5924.732
Pseudo R2		0.021	0.032	0.025	0.025
Number of observations		3,278	3,806	3,661	3,522