

同一世帯の電力消費記録に基づいた 世帯内行動の推論

三谷 卓摩¹・植村 恵里²・山根 啓典³・羽藤 英二⁴

¹正会員 復建調査設計株式会社 総合計画部 (〒101-0032 東京都千代田区岩本町3-8-15)
E-mail:mitani@fukken.co.jp

²学生会員 東京大学大学院 都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)
E-mail:uemura@bin.t.u-tokyo.ac.jp

³非会員 復建調査設計株式会社 総合計画部 (〒101-0032 東京都千代田区岩本町3-8-15)
E-mail:h-yamane@fukken.co.jp

⁴正会員 東京大学大学院准教授 都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)
E-mail:hato@bin.t.u-tokyo.ac.jp

本研究では、2世帯の繰り返し電力消費記録を用いて、世帯内の協調行動のリズムやその調整可能性について把握するための基礎的な考察を行った。基礎分析では、妻の在宅の有無が電力消費原単位に与える影響の大きさを示した。世帯間の違いに着目した分析では、似通った世帯構成であっても、家電の使用頻度や時間、活動パターンは異なる傾向があることを示した。

Key Words : power consumption, intra-household behavior, Probe Person

1. 本研究のねらい

近年、米国を中心としてスマートグリッドに関する取り組みが活発化している。スマートグリッドによって、個別（世帯もしくは家電ごと）の動的な電力量消費の把握や自律分散方式による効率的な制御が容易になってきている。動的な電力量消費の把握は、時間帯別の電力料金の設定を可能としており、さらにPHVやEVの導入や家庭用太陽電池と組み合わせることで、複雑なシステムの最適制御が求められている状況にある。このようなシステムの一つとして、スマートハウスが登場している(図-1)。スマートハウスは、オール電化された各家電やエコキュートでの電力消費を把握しつつ、PHVやEVや蓄電池による充放電を行うことが可能である。これらの管理を行うのがHEMSであり、HEMSで計算された電力消費に関する情報を見える化することで、さらなる電力消費の削減も期待されている。しかしながら、見える化の内容とその効果については正確に見積もられていない現状もある¹⁾。さらに、この見える化にプラスしてある活動の時間帯をずらす、日をずらす、場所を変更するといった人々の交通行動の変容を促すことも電力消費の削減の1つの方法であろう。しかし、交通行動の変容には、個人の取り組みだけでなく、個人が属する世帯内での協調行動が関係することからこれらの状況を把握し、その世

帯内に見合った内容のレコメンドをすることが必要であるがこれも非常に難しいと考えられる。現在、こうした世帯内の協調行動に関する研究では、アクティビティモデルを構築²⁾し、世帯内の協調行動を考慮した外出活動に関するモデル³⁾に対して、在宅活動や電力消費を考慮したものは存在しない。また、住居内のエネルギー消費に関する研究では、詳細な実態調査は、いくつか実施されている^{4) 5) 6)}が、移動-活動について同時に調査したものは存在しない。

そこで本研究では、繰り返しの電力消費記録に個人の交通行動を把握することが可能なプローブパーソン調査を世帯内の夫と妻に同時に実施する。その調査結果を用いて、世帯内の協調行動のリズムや、その調整可能性について把握し、妥当性のあるレコメンドにより、電力消費削減につながることを目的とした基礎的な考察を行いたい。

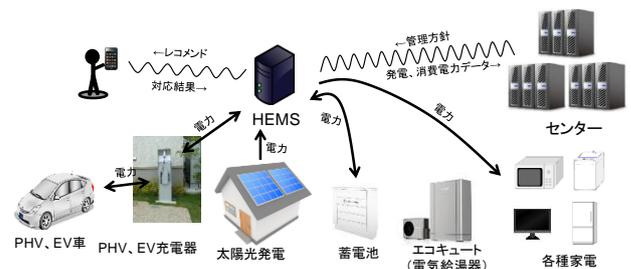


図-1 スマートハウスの仕組み

3. 分析結果

(1) 基礎分析

表-3に家電別電力消費の特徴と家庭内活動との関係性について示す。テレビ、ビデオ、オーディオ、ゲーム機については、世帯内での余暇・娯楽活動に対して、電力消費が直接的に参与していることがわかる。電子レンジ、炊飯器、洗濯機、ドライヤーについては、世帯内での維持活動に対して、電力消費が直接的に参与していることがわかる。冷蔵庫については、冷却のための電力消費が大きいこと、冷蔵庫の開閉といった世帯内活動との関係性が小さいことがわかる。この傾向は、温水便座やポットなども同様な傾向があるものと考えられる。さいごに、エアコン、ホットカーペット、電気ストーブについては、世帯内での余暇・娯楽活動や維持活動の場所や時間に対応して使用されるものであり、家庭内活動へ間接的に参与するものであることがわかる。以上のように、家電によって電力消費量の波形が家庭内活動との関係性から分類できることがわかった。

表-4に世帯別電力消費量の原単位について示す。

1日あたりと活動時間あたりで比較すると、活動時間あたりのほうが大きくなることが分かる。これは、夜間の電力消費量が小さいためと考えられる。つぎに、全員在宅と全員不在を比較すると、2~3割程度に減少することが分かった。また、全員在宅時と夫不在妻在宅時で比較すると、大きな違いはみられなかった。全員在宅時と妻不在夫在宅時で比較すると、6割程度にまで減少することが分かった。これにより、妻の在宅の有無が電力消費に大きな影響を与えることがわかった。

表-8に時間帯別世帯別電力消費量の原単位について示す。朝ピーク、夕ピークの時間帯は夫妻ともに在宅よりも夫が不在の方が電力消費量が大きい。これは、朝ピーク、夕ピークの夫が出勤後、帰宅前に家事活動が行われるためと考えられる。

(2) 世帯間の違いに着目した分析

今回対象とした世帯Aは夫(40)、妻(40)、子供1(7)、子供2(4)の4人家族、世帯Bは夫(45)、妻(39)、子供1(12)、子供2(6)の4人家族と、世帯構成について大きな違いはないと言った特徴がある。そこで、世帯構成の似通った2世帯間での違いに着目した分析を行っている。

表-5に世帯別家電別の使用頻度について示す。世帯AとBでテレビやホットカーペットの1日当たりの平均利用時間をみると、世帯Bの利用時間が1.5倍から2倍と世帯Aと大きく異なることが分かる。

表-6に世帯別家電別のonまたはoffが多い時間帯について示す。世帯AとBでテレビについて比較すると、世帯Aではonまたはoffの時間帯が朝に集中しているのに対して、世帯Bでは朝と夕の2つの時間帯にピークが存在している。これは、プロファイリング調査の結果から世帯Aでは夫妻があまりテレビを見ないためと考えられる。つぎに、世帯AとBで洗

表-3 家電別電力消費の特徴と家庭内活動との関係性

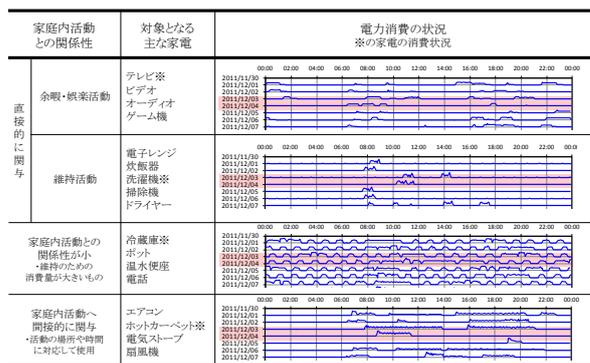


表-4 世帯別電力消費量の原単位

		活動時間:7~24時 ※ただし、平日は11~17時までのぞく	
		世帯A	世帯B
1日あたりの電力消費量(Wh/日)		9.1	7.1
活動時間あたりの電力消費量(Wh/日)		11.4	8.8
活動時間あたりの 夫妻の在宅別 電力消費量 (Wh/日)	全員在宅	14.6	9.3
	夫不在、妻在宅	15.2	8.4
	夫在宅、妻不在	8.3	5.8
	全員不在	2.3	3.1

表-5 世帯別家電別の使用頻度

		日平均		1回あたり	
		使用時間 (hour)	標準偏差 (hour)	使用時間 (hour)	標準偏差 (hour)
世帯A	テレビ、ビデオ	4.6	2.5	0.9	0.8
	ホットカーペット	7.8	5.4	3.1	3.5
	洗濯機	0.9	0.6	0.7	0.3
世帯B	テレビ	10.0	5.1	2.1	2.7
	ホットカーペット	12.9	4.3	4.2	2.9
	洗濯機	1.2	1.3	0.3	0.4

表-6 世帯別家電別のonまたはoffが多い時間帯

		ON時間帯		OFF時間帯	
		1位	2位	1位	2位
世帯A	テレビ、ビデオ	6時(11%)	8時(6%)	7時(12%)	8時(12%)
	ホットカーペット	6時(13%)	15時(10%)	8時(13%)	20時(13%)
	洗濯機	6時(36%)	7時(22%)	8時(39%)	9時(17%)
世帯B	テレビ	6時(11%)	18時(8%)	8時(10%)	19時(8%)
	ホットカーペット	6時(14%)	22時(9%)	22時(10%)	1時(8%)
	洗濯機	21時(11%)	8時(10%)	9時(12%)	21時(9%)

表-7 世帯別夫妻別の1日の活動パターン

活動パターン (N=91)	世帯A		世帯B	
	頻度(割合)	電力消費量 (Wh/日)	頻度(割合)	電力消費量 (Wh/日)
H	8(9%)	11.3	24(26%)	7.5
HCH,HCHCH	23(25%)	13.2	28(31%)	7.2
HCH+C,U	29(32%)	8.8	4(4%)	7.1
HUH	14(12%)	9.8	35(38%)	7.2
O	17(19%)	2.5		
H			16(18%)	8.3
HWH(22時以前帰宅)	22(24%)	10.9	35(38%)	7.2
HWH(22時以降帰宅)	20(22%)	8.7	27(30%)	6.7
HWH+C,U(22時以前帰宅)	5(5%)	9.9		
HWH+C,U(22時以降帰宅)	11(13%)	10.1		
HCH	2(2%)	11.3	8(9%)	7.7
HCH+U	5(5%)	8.0		
HUH	11(13%)	10.1	5(5%)	7.5
O	15(16%)	5.6		

H:自宅
W:職場、業務先
C:送迎、私用
U:買物、食事、娯楽
O:自宅外に宿泊

表-8 時間帯別世帯別電力消費量の原単位

活動時間あたりの 夫妻の在宅別電力消費量 (Wh/日)	世帯A			世帯B			
	夫:在宅○ 妻:在宅○	夫:不在× 妻:在宅○	夫:在宅○ 妻:不在×	夫:不在× 妻:不在×	夫:在宅○ 妻:在宅○	夫:不在× 妻:不在×	
平日	朝ピーク(6-9時)	16.8	24.0	3.4	7.6	9.5	11.1
	午前(9-12時)	-	13.6	-	3.5	-	5.6
	午後1(12-15時)	-	12.9	-	3.3	-	5.2
	午後2(15-18時)	-	20.2	-	4.6	-	8.2
	夕ピーク(18-21時)	17.6	19.2	-	2.4	6.6	8.8
	夜ピーク(21-24時)	8.4	6.4	3.7	1.3	10.3	8.4
夜間(0-6時)	2.6	2.8	1.9	1.4	4.4	-	
休日	朝ピーク(6-9時)	12.5	12.7	-	1.1	7.4	-
	午前(9-12時)	18.4	16.2	7.6	1.4	10.6	12.4
	午後1(12-15時)	15.8	14.1	-	1.4	7.6	9.4
	午後2(15-18時)	16.9	10.9	-	1.6	6.8	5.7
	夕ピーク(18-21時)	19.5	22.0	-	1.4	8.8	6.9
	夜ピーク(21-24時)	7.1	-	2.0	1.5	8.9	8.8
夜間(0-6時)	2.7	3.7	2.1	1.2	5.2	4.4	

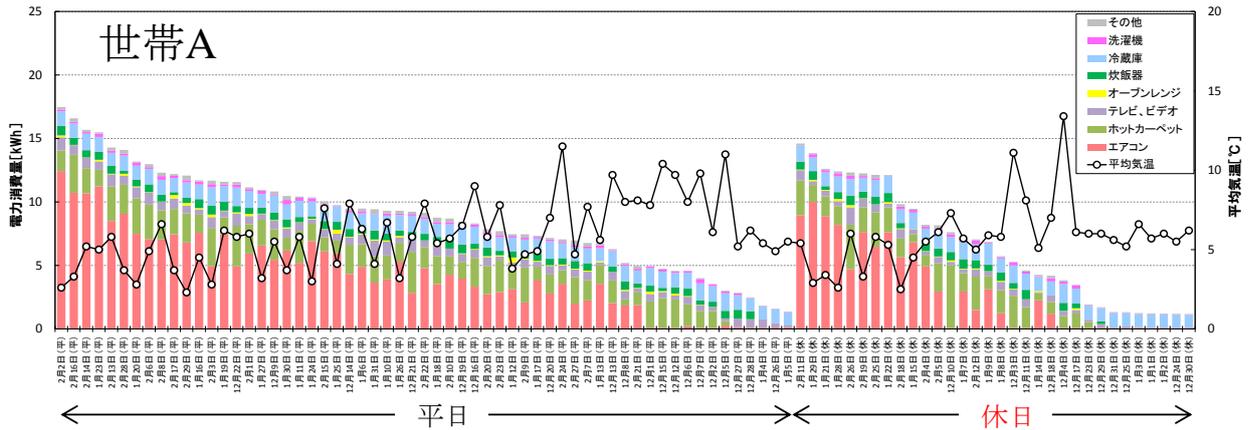


図-5 平休別家電別の日単位の電力消費量(世帯A)

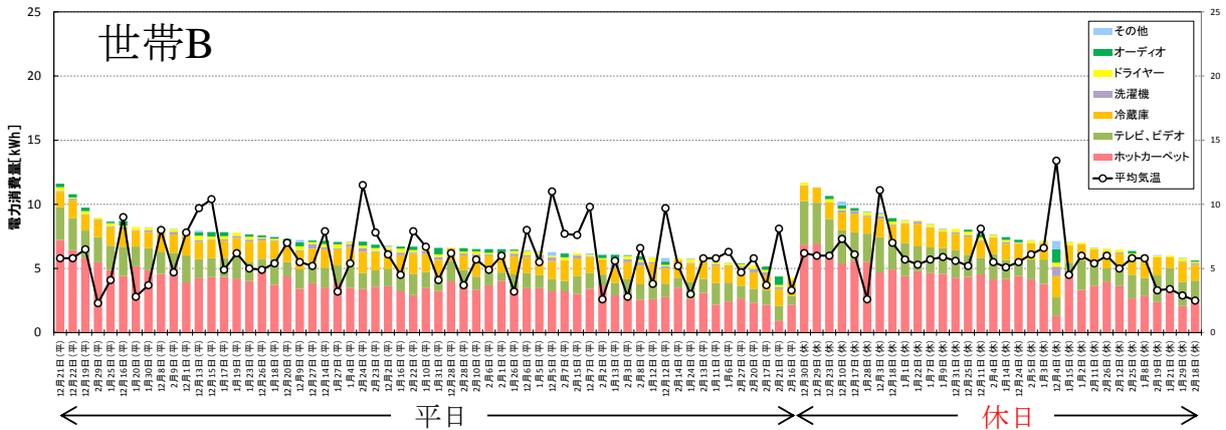


図-6 平休別家電別の日単位の電力消費量(世帯B)

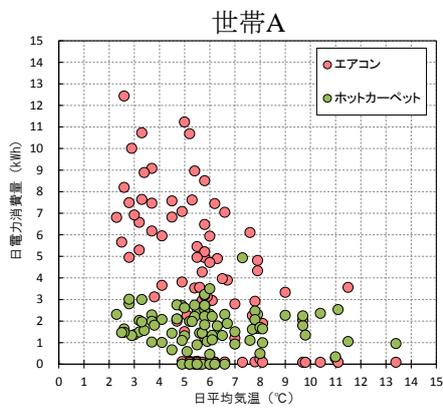


図-7 日平均気温と暖房関連の日電力消費量の関係(世帯A)

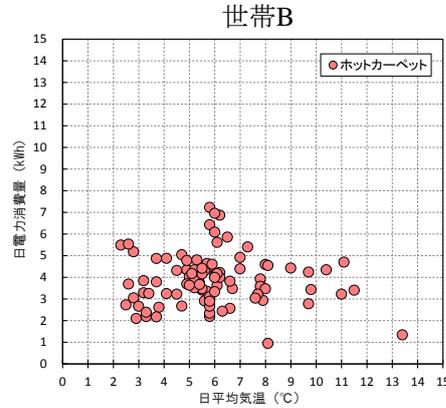


図-8 日平均気温と暖房関連の日電力消費量の関係(世帯B)

濯機について比較すると、世帯Aではonまたはoffの時間帯が朝に集中しているのに対して、世帯Bでは朝と夜の2つの時間帯にピークが存在している。これは、プロファイリング調査の結果から世帯Bでは夜に子供の柔道着を洗濯しているためと考えられる。それぞれ、同一の家電であっても世帯によって利用される時間帯が大きく異なることがわかった。

表-7に世帯別夫妻別の1日の活動パターンについて示す。活動パターンは、H:自宅、W:職場、業務先、C:送迎、私用、U:買物、食事、娯楽、O:自宅外に宿泊としたうえで、妻は5分類、夫は9分類に整理した。その結果、世帯AとBで外出率を比較すると、妻(91%>74%)、夫(100%>82%)と世帯Aで外出行動が多いことがわかった。つぎに、世帯AとBで活動パターンの豊富さを比較すると、世帯Aでは、活動パターンの利用割合がばらついており、妻も夫も活動パターンが豊富であることがわかった。

図-5と図-6に平休別家電別の日単位の電力消費量を、図-7と図-8に日平均気温と暖房関連の日電力消費量の関係を示す。世帯AとBで気温との関係と比較すると、世帯Aではエアコンの電力消費量と気温に負の相関があることがわかった。世帯Bではその傾向はみられなかった。これは、世帯Bでは世帯Aのエアコンの代替として石油ファンヒーターを利用しているためと考えられる。つぎに、世帯AとBで平日と休日の電力消費量の違いを比較すると、世帯Aでは平日の電力消費量が多いのに対して、世帯Bでは休日の電力消費量に多い傾向がみられる。これは、世帯Bでは在宅活動が多いためと考えられる。

4. おわりに

基礎分析では、妻の在宅の有無が電力消費に与える影響が大きいことを示した。世帯間の違いに着目した分析では、似通った世帯構成であっても、家電の使用頻度や時間帯、活動パターンが異なる傾向があることを示した。

今後は、夫妻(世帯内)の相互作用を考慮したアクティビティモデルの作成を行いたい。さらに、アクティビティモデルと組み合わせたかたちで離散連続モデルを組み合わせた家電使用と電力消費量の算出を考えたい。

参考文献

- 1) 高山, 山口, 高橋, 戸田, 浅野: スマートメータ導入に関する米国の動向とわが国における便益評価の課題, 調査報告 Y09028, 2010.
- 2) Bowman, J.L., M.E. Ben-Akiva: Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. *Transportation Research Part A*, 35, 1-28, 2000.
- 3) 張峻屹, Aloys BORGERS, H.J.P. TIMMERMANS: 集団効用関数に基づく世帯時間配分モデルの開発及び実証的分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.19, No.3, 391-398, 2002.
- 4) 山岸明浩, 赤林伸一, 坂口淳, 浅間秀樹, 石山洋平: 用途別エネルギー消費量の実態 新潟地域の住宅におけるエネルギー消費に関する調査研究 その1, 日本建築学会環境系論文集, No.593, pp.25-31, 2005.
- 5) 長谷川兼一, 吉野 博, 松本真一: 東北地方における断熱気密住宅のエネルギー消費量 暖房用を中心とした実態調査と数値計算, 日本建築学会環境系論文集, No.557, pp.49-56, 2002.
- 6) 水谷傑, 井上隆, 小熊孝典: 住宅内における用途別エネルギー消費と住まい方の実態に関する研究 アンケート調査に基づく分析, 日本建築学会環境系論文集, No.609, pp.117-124, 2006.