

エージェントベース確率的生活行動スケジュール発生法の理論構成

エネルギー最大負荷の高精度予測のために

主査 谷本 潤*¹

委員 萩島 理*²

エネルギー消費に大きな影響を及ぼす居住者の生活スケジュールを多数サンプル生成させる手法を構築した。基となるデータは平均値等の統計情報であり、生成方法の大枠は generate & kill 的方法による。提示手法はデータの属性に依存しない普遍的生成アルゴリズムである点であり、その精度も従来に較べて良好であることが示された。最終的データセットは、ながら行為および在宅フラグの付加、家族の生成など、実際のエネルギー計算に供し得るデータ形式にて提示される。また、生成生活スケジュールにエネルギー消費行動の原単位を貼り付け、エネルギー消費時系列を生成し、これと実測に基づく尾島研原単位データとを比較し、良好な結果が得られた。

キーワード : 1)最大負荷予測, 2)生活スケジュール, 3)普遍的生成法, 4)モンテカルロシミュレーション

A UNIVERSAL METHODOLOGY FOR TO GENERATE INHABITANTS' BEHAVIOR SCHEDULE DATA FOR DWELLING.

For Accurate Prospect of Maximum Energy Requirement.

Ch. JunTanimoto

Mem. Aya Hagishima

An algorithm to generate myriad schedule data of each inhabitants' behavior that is provided by a fine time resolution was shown. This procedure seems to be useful to estimate energy and utility requirements such as electricity, gas and water demand in a residential building, a certain district and an urban area, especially for a prediction of maximum loads of those. The method is evolved from the previous one authors' proposed, and is based on several public statistical data. The proposed method can deal with a simultaneous behavior (watching TV with another behavior), adding at-home-flag and family formation, which are necessary for practical calculations.

1. はじめに

ヒートアイランドの詳細評価やエネルギー供給計画、都市における最大負荷の高精度予測は基本的課題である。UHI 数値予測に供される、所謂、エネルギー消費マップは用途毎の期間負荷を基礎に推定された原単位に依拠するものだから、ここで云う時間分解能は到底期待し得ない。一方、建築単体、ひいては室単独で計算された最大負荷を積み上げることで、住棟なり街区なりの最大負荷を推定する方法も適当でない。なぜなら、元々、室単位の最大負荷を推定する目的の算法ゆえ、空調発停や機器使用を含む居住者スケジュールは一意確定的に付与されているから、結果を単純に重畳するときわめて過大な最大負荷予測をもたらすためである。とくに住宅系の空調最大負荷を論じるのなら、外界気象の影響より、寧ろ、在・不在、発停、機器使用を包含した居住者生活スケジュールの多様性の方が遙かに重要であると考えられる。

本論では、申請者による既往研究 1) (以下、既報とする) で試行したエージェントベース生活スケジュール発生

方法を抜本的にリバイズし、最新データに基づく普遍的データ発生法を開発した。既報の基礎データは 1990 年度版 NHK 国民生活時間調査 2)のうち男性・勤め人・平日を対象としたものであり、当該データセット特有の処理をアルゴリズムに含むものであったが、本報告では 8 属性、3 曜日、合計 24 データセット全てに対して普遍的に適用し得る発生法を開発した。基礎データは 2000 年度版 HNK 国民生活時間調査 3)であるが、一部に総務庁の社会生活基本調査 4)を参照した。

本方法は、基礎データが有する時刻別行為者率、一日で各行為が行われる平均的時間を示す平均行為時間、一日で各行為が生起する確率を示す行為者比率をもとに、各属性行為者のある一日の生活スケジュールを多数サンプル発生させるものである。基礎データで与えられる統計的特徴を保持しながら、生データを発生させるアルゴリズムには、既報同様 Generate & Test 的アプローチを適用する。既報との大きな違いは、三つある。まず一つに、行為者比率を基礎データに用いることで、その一日に生起した要素行為だ

*1 九州大学大学院総合理工学研究院エネルギー環境共生工学部門 教授

*2 九州大学大学院総合理工学研究院エネルギー環境共生工学部門 助教授

けを先ずスクリーニングするプロセスを加えたことにより、既報では heuristic に構えられていた“特別ルール”的処理が不要となり、データ属性に依存しない普遍的な発生法が構築し得、かつ、格段の精度向上（既報の男性・勤め人・平日と比較）が達成された。

二つめに、既報で試行したエージェントベース生活スケジュール発生方法における課題であった、別途データがとられている「テレビ（ながら）」の処理、在宅非在宅のフラグ（住宅のエネルギー計算上重要）を加えることにより、実用に供する生活スケジュールデータセットを作成した点である。

最後に発生させたスケジュールデータを組み合わせ家族生成について検討した。

以上により、実際の住居モデルへの適用が可能となる。

2. 普遍的発生方法およびその統計的検証

2-1 基礎統計データ

今回用いた基礎データは 2000 年度版 HNK 国民生活時間調査 3) である。文献 5) の分類に倣って、勤め人（男女）、家庭婦人、小学生、中学生、高校生、70 歳以上（男女）の 8 属性に 3 種（平日、土曜、日曜）を乗じた計 24 データセットとした。発生に用いる統計データは、属性ごとに、42 小分類された行為の時間別行為者率（24 時間を 15 分間隔で区切った（24*4=96 ステップ）1000 分率で表示。ながら行為のため合計は 1000 に一致するとは限らない）、行為者比率（当該行為の一日における生起確率）、平均行為時間(A)（全行為者 flat rate でみた当該行為の一日における平均継続時間、以下、平均 A）、平均行為時間(B)（当該行為を行った者を抽出しその一日における平均行為時間、以下、平均 B）、平均行為時間(A)の標準偏差（以下、偏差 A）である。また、統計データには示されていないが、平均行為時間(B)に対応した標準偏差（以下、偏差 B）については、行為者比率、平均 A、偏差 A、さらに恒等的

表2-1 行為分類の一覧及び各行為と”テレビ・ながら”、”在宅”との同時生起性

index#	行為名	分類	ながら可否	在宅状況	index#	行為名	分類	ながら可否	在宅状況
1	睡眠	中	×	○	18	社会参加	中	×	△
2	食事	中	○	△	19	会話・交際	中	○	△
3	身の回りの用事	中	○	△	20	スポーツ	小	×	×
4	療養・静養	中	○	△	21	行楽・散策	小	○	△
5	仕事	小	○	×	22	趣味・娯楽・教養	小	○	△
6	仕事のつきあい	小	○	×	23	テレビ(専念)	小	×	△
7	授業・学内活動	小	×	△	24	ラジオ	小	○	△
8	学校外活動	小	○	△	25	新聞	小	○	△
9	炊事・掃除・洗濯	小	○	○	26	雑誌・漫画	小	○	△
10	炊事	小	○	○	27	本	小	○	△
11	掃除	小	○	○	28	CD・テープ	小	○	△
12	洗濯	小	○	○	29	ビデオ	小	○	△
13	買い物	小	○	×	30	休憩	中	○	△
14	子供の世話	小	○	△	31	その他・不明	中	○	△
15	家庭雑事	小	○	△	32	テレビ(ながら)	中	-	-
16	通勤	中	×	×	33	在宅	大	-	-
17	通学	中	×	×					

ながら可否:テレビ(ながら)との同時生起が ○可能 ×不可能

在宅状況:該当行為の生起と在宅状況との関係 ○必ず在宅 ×必ず非在宅 △在宅率に依存

に成立する（平均 A）=（行為者比率）×（平均 B）なる関係を基礎に、確率計算を行うことで、解析的に導出することが出来る(注 1)。

以下に述べる生成プロセスで実際に必要となる基礎統計データは、時刻別に付与される各行為の時間別行為者率および各行為の行為者比率、平均 B、偏差 B である。

2-2 ターゲットデータ

42 小分類された行為をエネルギー計算上影響が小さいと思われるものについては中分類を用いることにし、表 2-1 に示す 31 行為(index #1~9, #13~31)に統合した。なお、「炊事・掃除・洗濯」は 1990 年度版データ 2)では分離集計されているが、2000 年度版データ 3)ではまとめてられている。家事に関わる行為はエネルギー計算上重要であるから、ここでは、家庭婦人、勤め人女、70 歳以上女の各属性データセットについては、1990 年度版と 2000 年度版のデータが質的に大きく異なっていないことを確認した上で(注 2)、1990 年度版の時間別行為者率で 2000 年度版の「炊事・掃除・洗濯」時間別行為者率を案分して分離した(index #10~12)。

また、テレビ(ながら)以外にも実際には複数の行為が同時発生していると考えられるが(テレビ(ながら)を除く全行為の時間別行為者率の総和が 1000 にならないことから自明)、それを単独行為とながら行為に分離することが困難なため、今回は 2000 年度版データで特に統計が取られている(表 2-1 参照)テレビ(ながら)のみをながら行為として取り扱った。

また、発生データに在宅、非在宅のフラグを立てるために「在宅」という行為の時間別行為者率を用いた。

2-3 単峰性分布への分離

基礎統計データには該当行為が一日に何回行われたか、という情報がないため、行為ごとに一日の行為回数を規定

する必要がある。そこで発生処理上、31 行為の時間別行為者率を図 2-1 のように単峰性分布に分割し、分割後の細分行為（図 2-1 の例では食事 1,2,3。以下、分割後の行為を細分行為とする）は別々の行為として取り扱った。この細分行為が連続して行われる行為のユニットを意味する。例えば、食事などは明瞭な 3 ピークを持つから単峰性分布への分離は容易だが、行為によってはピークが明確でないも

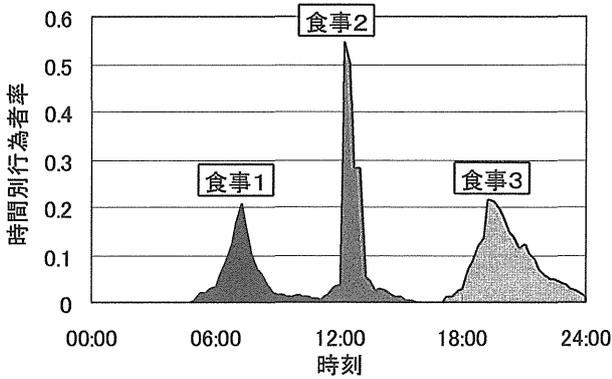


図 2-1 時間別行為者率の単峰性分割
 のもあり、検討の結果、それらをどう分離するか（全体で単一の単峰分布とみるか or 複数に分割するか）によって精度（後述）に大きな差異が発生することが解った。そこで、今回は試行錯誤により、各データセットの 31 行為ごとに単峰性分布への分解を行った（試行錯誤の結果、単一で単峰分布とした行為もある）。

また、単峰性分布に分割した行為ごとに、行為者比率、平均 B、偏差 B、を算出する必

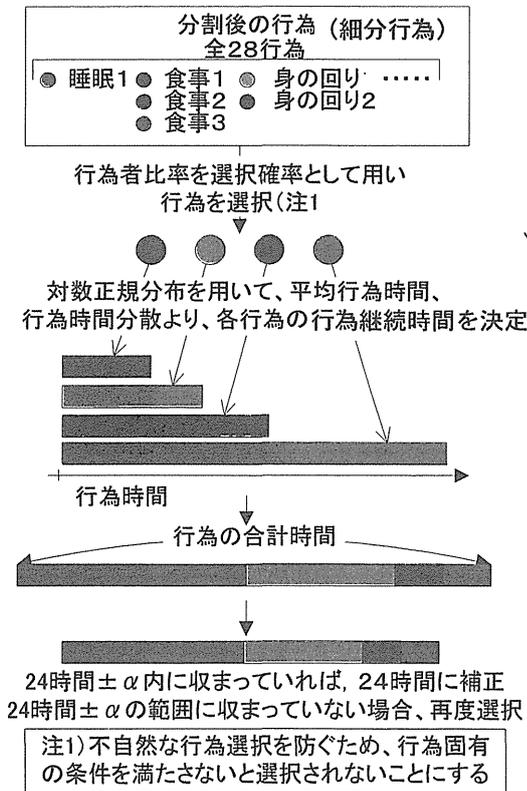


図 2-2 行為選択のフローチャート

要がある。本論では、以下のように処理した。

- (1) 細分後の行為（食事 1, 食事 2etc）の行為者比率は、分割前のそれ（食事）と等しいと設定。
- (2) 細分後の平均 A は細分前の平均 A を各細分行為の時間別行為者率を積分し、その比で案分して分離。
- (3) 上記(1),(2)により、細分後の平均 B は一意に定まる(注 1 を参照)。細分後の偏差 A は単峰分離前後で変動係数は保存されると仮定して算出。
- (4) 細分後の偏差 B は、上記の細分後の行為者比率、平均 A、平均 B、偏差 A より解析的に導出 (注 1 を参照)。

2-4 発生プロセス

「一日に行われる行為の選択」、「行為の配置」、「行為の在宅状況の決定」、「家族の生成」の 4 フェイズからなる。最初の 3 フェイズは発生サンプル数だけ繰り返し処理する（本論では 10000 サンプル）。そして、生成したスケジュールサンプルを複数のデータセットで組み合わせて“家族”を作成する。

なお、ながら行為として考慮したテレビ（ながら）については、表 2-1 に示した行為とのながら（同時生起）だけを考慮する。

2-4-1 1日に行われる行為の選択

図 2-2 のフローチャートに沿って、行為者比率を 1 日の間に行われる生起確率として、行為を選び出す（ルーレツ

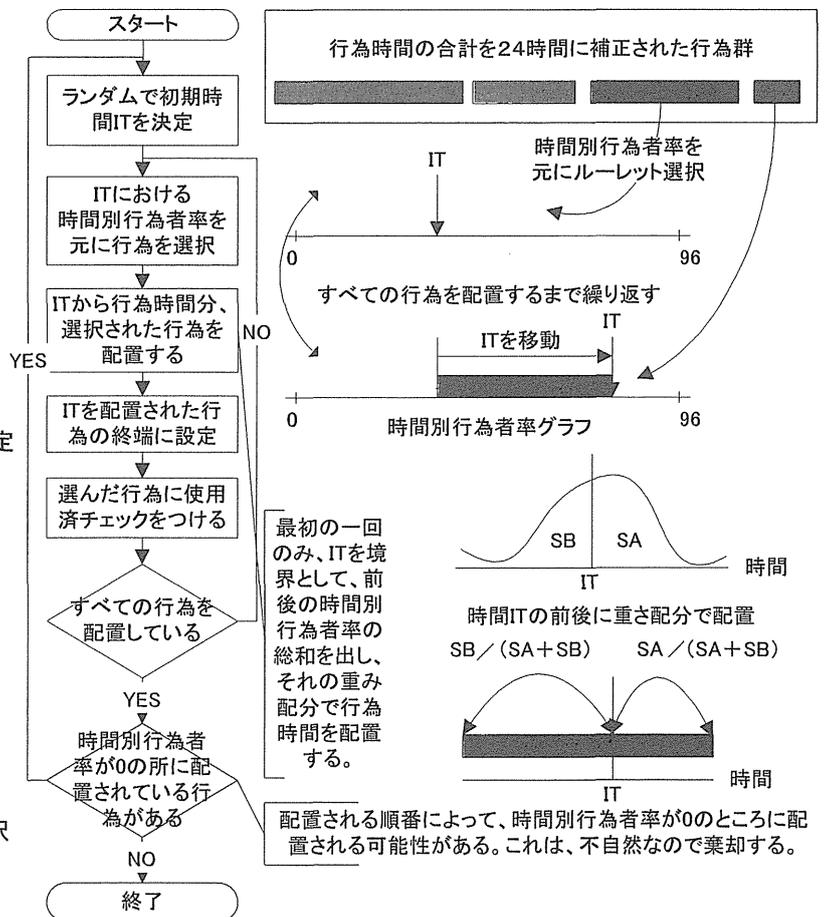


図 2-3 行為の配置フロー

ト選択)。選び出した細分行為ごとに、平均 B 、偏差 B をパラメータとした対数正規分布を適用し、該当行為の行為時間を決定する。以下ではこれを行為継続時間とする。選ばれた行為継続時間の総和が $24 \pm \alpha$ 時間内に入っていないければ、再度選択をやり直す（本論では $\alpha=1[h]$ とした）。

また、選択された行為が一定の条件を満たさない場合にはこのサンプルを棄却し、再度、一日の行為選択をやり直す。この一定条件とは、通勤と通学について、例えば通勤であれば、通勤 1（出勤）と通勤 2（退勤）があって、通勤 1 しか選択されていない、すなわち出勤するが帰宅しない場合である（これは通勤 1 と通勤 2 とに完全従属性があることを仮定することになる）。

2-4-2 行為の配置

フローを図 2-3 に示す。

1 日 96 ステップの時刻を $i (1 \leq i \leq 96)$ 、行為を $b_j (1 \leq j \leq r, r: \text{行為数})$ で表し、時間別行為者率を $P(i, b_j)$ 、各行為の行為継続時間を $t(b_j)[\text{step}]$ で表すなら、課された問題は一定の大きさを持つ（行為時間）ピースの 96（15 分間隔 24 時間）マスへの穴埋め問題に帰着される。

- ① 設置開始時間を一様乱数で設定。設定した時間を IT とする。
- ② $P(IT, b_j)$ をベースにルーレット選択を適用し、その時刻において行われている細分行為 b_m を定める。
- ③ 最初に配置される行為に関しては、次式で定義する DT を用い、 IT 前後で行為 b_m が行われている時間を求め、求めた時間分、前後のステップに b_m のフラグを立てる。

$$DT(i, b_j) = \frac{\sum_{k=i+1}^{i+1+4 \times 12} P(k, b_j)}{\sum_{k=i-4 \times 12}^{i+1+4 \times 12} P(k, b_j)} \quad (1)$$

IT より後に配置する時間：

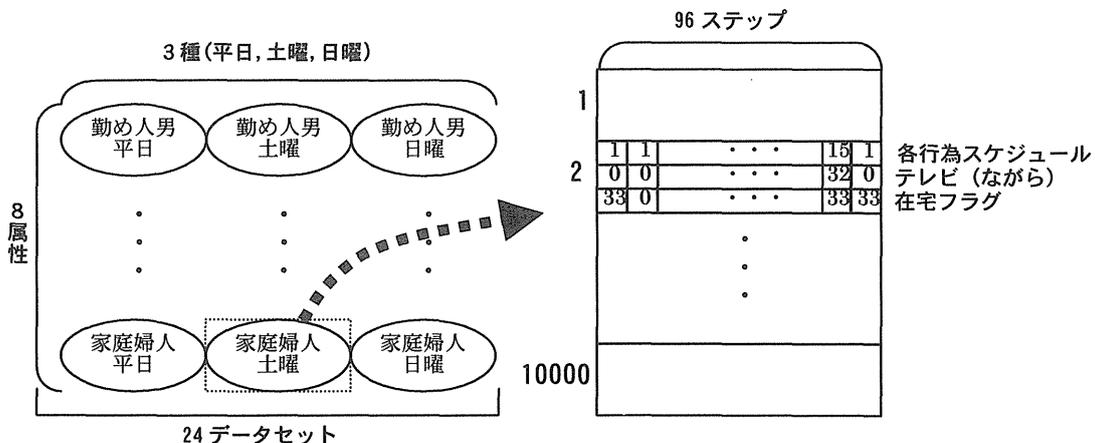
$$t_{back}(IT, b_m) = DT(IT, b_m) \times t(b_m) \quad (2)$$

IT より前に配置する時間：

$$t_{fore}(IT, b_m) = (1 - DT(IT, b_m)) \times t(b_m) \quad (3)$$

DT は行為 b_j の時刻 i より後の時間別行為者率が全体の時間別行為者率に占める割合を表している。

- ④ b_m に選択済みのフラグを立てる。
- ⑤ その行為の継続中にテレビ（ながら）行為が行われているかを決定する。すなわち、その行為の継続時間内における、テレビ（ながら）行為の時間別行為者率の平均値を選択確率と看做して、テレビ（ながら）が生起しているか否かを決定する。
- ⑥ 該当の行為が表 2-1 に示す在宅行為であれば、その行為の行為継続時間における在宅フラグを立てる。また、確率的在宅行為（表 2-1 の Δ ）であれば、その行為の継続時間帯における在宅の時間別行為者率の平均値を選択確率と看做して、在宅状況を決定する。その結果、在宅とされれば該当行為の継続時間にわたって在宅フラグを立てる。また、通勤及び通学（出勤（通勤 1）、登校（通学 1））が発生し、次に通勤および通学（退勤（出勤 2）、下校（通学 2））が発生する間の全ての行為は表 2-1 の定義に拘わらず非在宅行為とする。
- ⑦ 時間をフラグの立っている先頭まで進め、その次のステップの KT を次から配置する先頭とする。
- ⑧ $P(KT, b_j)$ をベースにルーレット選択を適用し、その時刻において行われている要素行為 b_n を定める。
- ⑨ 時刻ステップ KT 以降、要素行為 b_n が行われている時間は $t(b_n)$ であるため、 $t(b_n)$ 分、ステップに b_n のフラグを立て、時間ステップを進める。選択された b_n は選択済みフラグを立てる。
- ⑩ 選択済みフラグがたっていない b_n があれば⑤に戻り、そうでなければ次に進む。
- ⑪ すべての行為を配置したら、スケジュールとして保存し、次のサンプルのスケジュール発生に移る。



- 個人のスケジュールを使用する際には、24 データセットの各 10000 サンプルからランダム抽出する
- 家族スケジュールを必要とする場合、必要とする家族構成の各データセットからスケジュールをランダム抽出し、組み合わせる。

図 2-4 データ形式

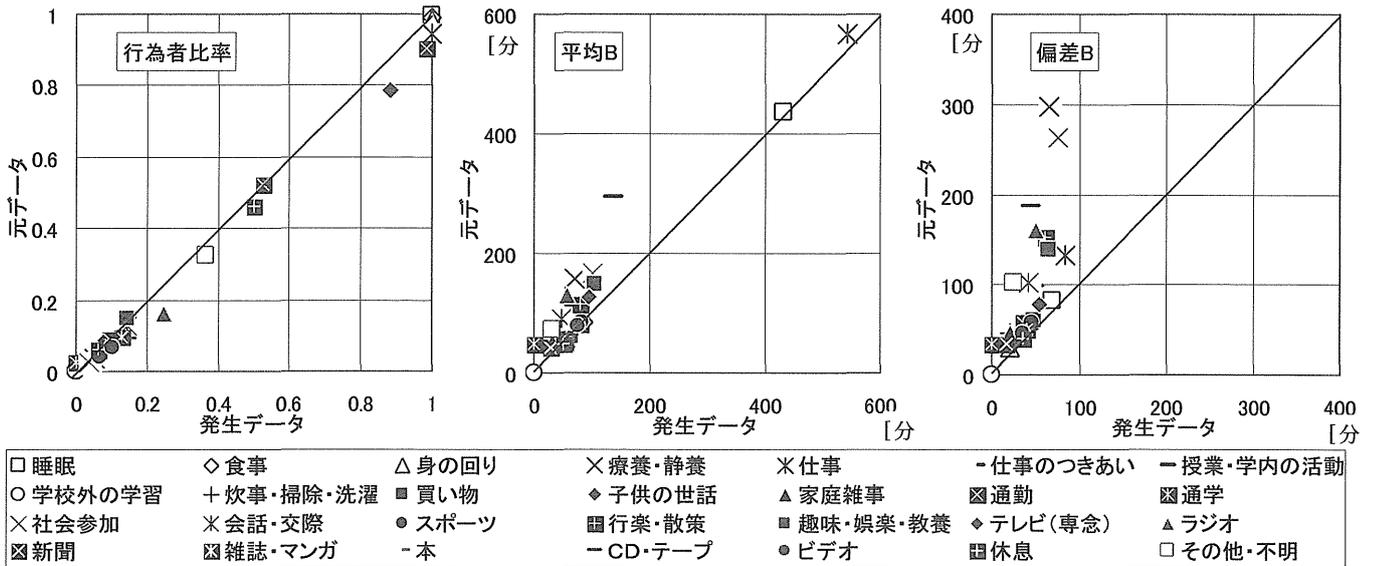


図 2-5 行為者比率, 平均 B, 偏差 B の, 発生データと基礎統計データの相関 (勤め人男・平日)

2-5 家族の生活スケジュールの作成

本論では, 上記の手順で発生させた 8 属性 (勤め人男, 勤め人女, 家庭婦人, 小学生, 中学生, 高校生, 70 歳以上男, 70 歳以上女) データ群の各サンプルからランダムに選んだ 1 日のスケジュールを組み合わせ (例えば, 3 人家族であれば, 勤め人男, 家庭婦人, 小学生の生成済 10000 サンプルからランダムに選んだスケジュールを組み合わせる), このユニットを家族と看做することとする (注 3 を参照)。

以上, 本手法により生成されるスケジュールデータの構成をまとめて図 2-4 に示す。

2-6 結果及び考察

以上の発生方法に基づき, 24 データセットごとに夫々 10000 サンプルのデータを生成した。これの統計値を基礎統計データと比較した。

図 2-5 は, 勤め人男・平日のデータセットについて, 行為者比率, 平均 B, 偏差 B ごとに, 発生データと基礎統計データの相関を見たものである。なお, 単峰性分離のため

表 2-2 発生させたスケジュールの EST

データセット	EST	データセット	EST
勤め人・男	平日 0.0142	中学生	平日 0.0221
	土曜 0.0174		土曜 0.0143
	日曜 0.0172		日曜 0.0088
勤め人・女	平日 0.0096	高校生	平日 0.0186
	土曜 0.0103		土曜 0.0154
	日曜 0.0111		日曜 0.0102
家庭婦人	平日 0.0166	70歳以上男	平日 0.0163
	土曜 0.0154		土曜 0.0131
	日曜 0.0169		日曜 0.0111
小学生	平日 0.0181	70歳以上女	平日 0.0204
	土曜 0.0113		土曜 0.0184
	日曜 0.0091		日曜 0.0192

に再分割した細分行為はもとの統合した行為 (食事 1, 食事 2, 食事 3 ではなく食事に統合して) で表示してある。行為者比率はきわめて良好な一致を示している。平均 B で発生データが過小値をとる「授業・学内の活動」とはそもそも行為者比率が小さい行為でありサンプル全体で見ると大きな問題にはならない。同様に偏差 B で発生データが過小値をとるものは, 行為者比率の小さい行為である。以上を総じて, ほぼ満足すべき精度を得ているものと考えられる。

表 2-2 は, データセット毎の誤差を一括して評価する EST の一覧である。なお, 既報で定義した EST は,

表 2-3 テレビ (ながら) ・在宅率の EST

データセット	EST	
	テレビ(ながら)	在宅率
勤め人・男	平日 0.00854	0.14779
	土曜 0.00940	0.14536
	日曜 0.01338	0.10266
勤め人・女	平日 0.00745	0.10511
	土曜 0.00619	0.14479
	日曜 0.01362	0.10686
家庭婦人	平日 0.01185	0.10168
	土曜 0.01142	0.13193
	日曜 0.01076	0.12345
小学生	平日 0.00691	0.10387
	土曜 0.01151	0.10310
	日曜 0.01094	0.10766
中学生	平日 0.01340	0.12668
	土曜 0.00653	0.14431
	日曜 0.01195	0.13069
高校生	平日 0.01498	0.13809
	土曜 0.00797	0.11751
	日曜 0.00706	0.10959
70歳以上男	平日 0.01085	0.13561
	土曜 0.00577	0.14050
	日曜 0.00947	0.11604
70歳以上女	平日 0.01065	0.11479
	土曜 0.00814	0.14913
	日曜 0.01538	0.13961

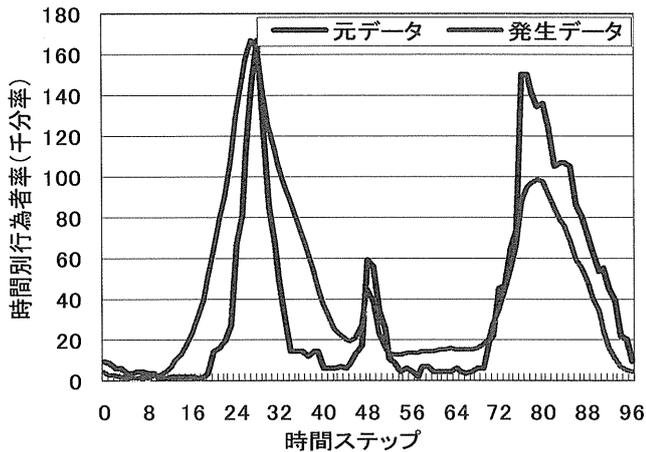


図 2-6 テレビながら時間別行為者率
(勤め人男・平日)

$$EST = Ave \left[Abs \left(P(i, b_j) - P_{pred}(i, b_j) \right) \right]_{1 \leq i \leq 96} \quad 1 \leq j \leq r$$

なお、 P_{pred} は元データの時間別行為者率、 P は発生データの時間別行為者率である。すなわち、 EST とは、時間毎、行為毎に見た時間別行為者率の誤差の絶対値を 1 日 96 ステップ、全行為にわたって平均したものである。

本報における勤め人男・平日の EST は 0.0142、既報のそれは 0.0249 であり、格段の精度向上が確認出来る。

図 2-6 と図 2-7 は、勤め人男・平日について、テレビ(ながら)と在宅行為の元データと発生データの時系列を示す。また、表 2-3 は表 2-2 と同様にして求めたテレビ(ながら)と在宅行為の時間ステップ平均した誤差の絶対値(行為数 $i=1$ とした EST に相当)である。

図 2-6 を見ると、元データと発生データとで、分布のピークに大きな差異はないが、午前中に発生データの行為継続時間は元データのそれより大きくなっている。これは、午前中は比較的、行為継続時間が長い行為で占められている(なぜなら勤め人男・平日であれば多くは仕事が行われている)ため、貼り付けられるながら行為も長くなってしまふ点によるものと考えられる。しかし、仕事とテレビ(ながら)とが同時生起しないとすると、テレビ(ながら)の時間別行為者率のピークが大幅に下がり誤差が拡大してしまう(勿論、仕事とテレビ(ながら)の同時生起はなしとした上で前記の誤差が大きくなるような別の生成アルゴリズムがあり得、両行為間の相関性の定量的推定方法を含めその点は今後の課題である)。

また、図 2-7 では、深夜において若干のずれがみられたが、これは、睡眠を在宅行為と決定づけているためであり、実際には外泊などもあるため、差異が生じていると考えられる(この夜間の差により、在宅率の EST は一桁大きい値となっているが、時系列でみた差は図 2-7 の程度)。

表 2-3 の各データセットの誤差は、勤め人男・平日と同程度であり、この点と図 2-6、図 2-7 の時系列の差異から判断

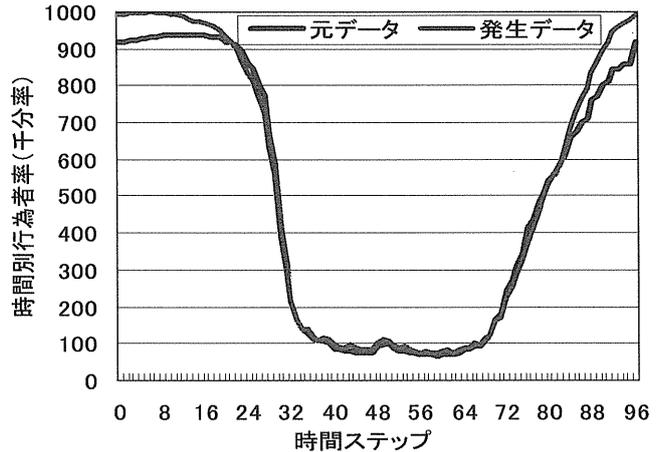


図 2-7 在宅行為の時間別行為者率
(勤め人男・平日)

して、発生データにおけるテレビ(ながら)と在宅行為の再現性は、大略、満足すべきものであったと考えられる。

3. 生成スケジュールに基づくエネルギー時系列の検証

以上により確率的に生成した生の生活スケジュールの妥当性については、時間解像度の確保された、ある領域に対する電力、ガスなどの時系列実データと生成データに基づく予測値とを比較検討する必要がある。予測データとは、生成データに各行為に貼り付けるエネルギー機器、水湯消費原単位を決定した上で、機器発熱、在室スケジュールなど生活スケジュールから定まる条件を反映させた動的熱負荷計算を行い、その空調負荷分を上乗せした予測エネルギー時系列を意味する。しかし、現実にはある程度のサンプル数が確保された(すなわち空間代表性を有する)上記の時系列実データを得ることはきわめて困難であり、このような点も手伝って、例えば、標準的な生活スケジュールに関する有用な提案 5) はあっても、ことその検証に関してはきわめて重要でありながらも深く顧慮されてこなかった経緯がある。本稿では検証用データとして、所謂、尾島研原単位データ 7) に注目する。標記のデータでは、一般的郊外型ファミリーマンション 2 棟(B マンション、マンション) 合計 58 世帯の時刻別空調電力、一般電力、給湯負荷を夏期 2 日にわたって精録した時系列を元に、2 日アンサンブル平均した住戸平均時刻別負荷が示されており、本検証の要に適うものと思われる。

3-1 生活スケジュールを生成させる住戸の仮定条件

尾島研原単位データの根拠となる実測の詳細を報告している文献 8)、9) を参照し、これをターゲットとして確率的に居住者生活スケジュールを生成する住戸の床面積は、B マンション、C マンションの実際の床面積平均値(夫々 77.9、101.4m²) を確定的に付与する。文献 8)、9) には両マンションの詳細間取りに関する情報はないので、B マン

表 3-1 給湯負荷生起イベントに貼り付ける生活行為

給湯イベント	貼り付ける行為
洗顔 [朝の洗顔]	各人の在宅時間中で 1 日の最初に出現する 3.身の回りの用事の header に
入浴 / 洗い場 (湯張りあり)	各人の在宅時間中で 18 時以降に出現する 3.身の回りの用事の header に
入浴 / 湯張り	家族中もっとも早い時間に出現する在宅中 18 時以降の 3.身の回りの用事の直前に
炊事 [食事の後片付け]	各人の在宅時間中に行われる 2.食事の直後に

・“header”とは 15 分 1 単位 (ユニット) で定義される各行為の連続ユニットの冒頭の 15 分単位を意味する。行為が 15 分 1 単位で完結するなら当該ユニット。

表 3-2 給湯負荷生起イベントに対する設定条件

／時期	夏期		備考
T _w [°C]	23.6		東京都水道局の水道水水温データの 8 月の平均値 13)。
給湯イベント \	V _{hw}	T _{hw} [°C]	↓文献 3)のデータ*1
洗顔	0.0105	39.0	
入浴	洗い場	0.0186	37.7
	湯張り	0.2	41.5
炊事	0.0120	39.7	

*1: 文献 3)によるとこれらの湯量, 湯温データは, 3 住戸に関する実測データから定めた値。従って, 高い信頼性は期待できない可能性がある。

ションは 3 LDK, C マンションは 4 LDK とし, LDK, 和室, 主寝室, 子供室 1, 子供室 2 (3 LDK の B マンションにはない), 浴室・洗面所, 便所, ホール・廊下の各室面積は文献 10)のモデル住戸 L タイプの各室面積比と一致するように定めた。家族構成人数は文献 8), 9)に示されてい

表 3-3 各生活行為とそれが行われる室の関係

生活行為 (在宅時間中の行為が考慮対象)	生起室
1.睡眠, 30.休憩	各自寝室
3.身の回りの用事, 12.洗濯	浴室・洗面所
子供 1or 子供 2 が行う 8.学校外学習, 23.テレビ (専念), 26.雑誌・漫画, 27.本	子供 1:子供室 1, 子供 2:子供室 1(B マンション)or 子供室 2(C マンション)
それ以外の行為	LDK

各自寝室の定義; 祖母:和室, 父・母:主寝室, 子供 1:子供室 1, 子供 2:子供室 1(B マンション)or 子供室 2(C マンション)。

る平均値と標準偏差が保存され, かつ実測サンプル数とも一致するように, B マンションでは, 2 人家族 (勤め人・男 + 家庭婦人) 8 戸, 3 人家族 (勤め人・男 + 家庭婦人 + 小学生子供) 11 戸, 4 人家族 (勤め人・男 + 家庭婦人 + 高校生子供 + 小学生子供) 7 戸, 5 人家族 (勤め人・男 (以下父とする) + 家庭婦人 (以下母とする) + 高校生子供 (以下子供 2 とする) + 小学生子供 (以下子供 1 とする) + 70

歳以上・女 (以下祖母とする)) 6 戸, 合計 32 戸 (平均家族構成人数 3.344±1.005sd[人]) とした。同様に C マンションでは, 2 人家族 2 戸, 3 人家族 6 人, 4 人家族 12 戸, 5 人家族 6 戸, 合計 26 戸 (平均家族構成人数 3.846 ±0.637sd[人]) とした。データ生成では B マンションの

表 3-4(1) 想定した電力機器の諸元と割り付けた生活行為

機器	消費電力[W] (待機電力[W])	保有率		割り付ける生活行為, 使用時間, 使用室。
		B マンション	C マンション	
炊飯器	225 (31.0)	0.9	0.9	母 or 祖母 (同時使用なし) の在宅中 15 時以降の 10.炊事 (夕食) の header に.使用時間 30 分.LDK.
オーブントースター	750 (2.8)	0.9	0.6	母 or 祖母 (同時使用なし) の在宅中 1 日の最初に出現する 10.炊事 (朝食) の header に.使用時間 5 分.LDK.
電子レンジ	200 (2.8)	0.9	0.5	母 or 祖母 (同時使用なし) の在宅中の 10.炊事 (毎食) の header に.使用時間 5 分.LDK.
電子ジャーポット	- (66.0)	0.6	0.6	待機電力のみあるベース機器.24 時間使用.LDK.
ビデオ	120 (6.2)	1	1	各人在宅時間中の 29.ビデオに (同時使用なし).使用時間は各行為ユニット分だけ.LDK.
ラジオ/CD プレーヤ	100 (14.0)	0.5	0.5	各人在宅時間中の 24.ラジオ, 28.CD・テープに (同時使用なし).使用時間は各行為ユニット分だけ.LDK.
パソコン	300 (1.5)	0.3	0.3	各人在宅時間中の 22.趣味・娯楽・教養に (同時使用なし) 使用時間は各行為ユニット分だけ.LDK.
BS チューナー	- (12.3)	0.2	0.2	待機電力のみあるベース機器.24 時間使用.LDK.
FAX	- (20.0)	0.4	0.4	待機電力のみあるベース機器.24 時間使用.LDK.
電話	- (5.0)	1	1	待機電力のみあるベース機器.24 時間使用.LDK.
温水洗浄便座	夏期:- (23.0) 冬期:- (35.0) 中間:- (27.0)	0.5	0.5	待機電力のみあるベース機器.24 時間使用.便所.
エアコン	- (2.6)	1	1	冷暖房電力負荷は別扱いなので待機電力 (24 時間) のみを考慮.LDK, 主寝室, 子供室 1 及び 2 に各 1 台.
テレビ	120 (2.0)	1	1	各人在宅時間中の 23.テレビ (専念), 32.テレビ (ながら) に.行為者が父, 母, 祖母ならば LDK で同時使用なし.行為者が子供 1 ならば子供室 1, 子供 2 ならば子供室 2 (ただしマンション B ならば子供室 1 で子供 1 との同時使用なし).使用時間は各行為ユニット分だけ.
冷蔵庫	- (66.0)	1	1	待機電力のみあるベース機器.24 時間使用.LDK.

表 3-4(2) 想定した電力機器の諸元と割り付けた生活行為

機器	消費電力[W] (待機電力[W])	保有率		割り付ける生活行為, 使用時間, 使用室.
		B マンション	C マンション	
換気扇	20 (-)	1	1	①母 or 祖母 (同時使用なし) の在宅中の 10.炊事 (毎食) の header に.使用時間 15 分.LDK. ②各人の在宅時間中で 18 時以降に出現する 3.身の回りの用事の header に.使用時間 15 分.浴室・洗面所.
洗濯機	126 (-)	1	0	母 or 祖母 (同時使用なし) の在宅中の 12.洗濯に.使用時間は各行為ユニット分だけ.浴室・洗面所.
衣類乾燥機	1300 (-)	0.7	0	母 or 祖母 (同時使用なし) の在宅中の 12.洗濯に.使用時間は各行為ユニット分だけ.浴室・洗面所.ただし,夏期は 1992.8.6-8.7 が雨模様であったことを考慮し, 機器使用確率は 0.5 とした.冬期, 中間期は天日干が行われたとし, 機器使用確率は 0.
ドライヤー	450 (-)	1	1	各人在宅時間中の①朝 9 時までの, ②18 時以降の 3.身の回りの用事.使用時間 3 分.浴室・洗面所.
スタンド	30 (-)	1	1	①子供 1or2 の在宅中の 8.学校外学習, 26.雑誌・漫画, 27.本に.使用時間は各行為ユニット分だけ.ただし, 点灯可能時間帯のみ.子供室 1or2. ②父, 母, 祖母の在宅時間中の 25.新聞, 26.雑誌・漫画, 27.本に (同時使用なし).使用時間は各行為ユニット分だけ.ただし, 点灯可能時間帯のみ.LDK.
掃除機	200 (-)	1	1	母 or 祖母 (同時使用なし) の在宅中の 11.掃除.使用時間は各行為ユニット分だけ.使用室は全室とし, 使用電力量を各室面積重みで配分.
アイロン	500 (-)	1	1	母 or 祖母 (同時使用なし) の 12.洗濯の header に.使用時間 1 日に 1 回 10 分.和室.
扇風機	夏期:40 (-)	0.7	0.2	LDK に在室者がいれば on.
炬燵	冬期:800. (-)	0.7	0.2	LDK に在室者がいれば on.
電気コンロ	2600 (-)	0.1	1	母 or 祖母 (同時使用なし) の在宅中の 10.炊事 (毎食) の header に.使用時間 15 分.LDK.
布団乾燥機	500 (-)	0.2	0.2	母 or 祖母 (同時使用なし) の 12.洗濯の header に.使用時間 1 日に 1 回 15 分.和室.

計 32 戸, C マンションの 26 戸を併せて 1 セットとし, これらに対する各家族の生活スケジュールを, 前章に基づき生成した家族を統合した生活スケジュール (2 人家族 (父+母), 3 人家族 (父+母+子供 1), 4 人家族 (父+母+子供 1+子供 2), 5 人家族 (父+母+子供 1+子供 2+祖母) ごとに) 10000 サンプルからランダムに割り当てる。後述する予測エネルギー消費時系列の算出に当たっては, 1 セット平均の単位面積当たり, 一般電力エネルギー消費, 給湯エネルギー消費に加え, 10 セット平均のそれらについても検討する。サンプルのランダムネスに対する感度を観るためである。

3-2 各行為への各電力機器, 給湯イベントの貼り付け

生活スケジュールの各行為とエネルギー消費行為との因果関係を定義する必要がある。基本的には, 文献 5) の方法を踏襲する。各機器の待機電力および消費電力量は, 文献 5) に加えて, 文献 12) のデータも適宜参照する (文献 12) も基本的には文献 5) をベースにしている)。ただし, 原単位対象住戸について, 文献 8) に保有電力機器調査結果が示されているので, 想定機器はかなりの確度で特定できる。

3-2-1 給湯負荷

給湯負荷生起イベントは, ①洗顔, 入浴行為に関連して ②湯張り, ③洗い場 (湯張りあり), 食器の後片付けを意

味する④炊事の 4 種類とする。給湯負荷は水の容積比熱に湯量 ($V_{hw}[m^3/event]$) 及び使用湯温 ($T_{hw}[^{\circ}C]$) と給水温度 ($T_w[^{\circ}C]$) の温度差を乗じた値として求まる。給湯負荷が生起するイベントとそれを貼り付ける生活行為の関係を表 3-1 に, 湯量, 使用湯温, 給水温度の仮定値を表 3-2 に示す。

3-2-2 照明電力負荷

各室の照明原単位 5) を $5[W/m^2]$ とした。点灯可能性は水平面全日射量が $50[W/m^2]$ を下回る時間帯とした。点灯可能時間帯に各室に家族の誰かが在室しており, かつ睡眠中でない, との条件を満たした場合に, その時間単位 (15 分間) 内の点灯が行われる。各行為とそれが行われる室との関連を表 3-3 に示す。

3-2-3 照明以外の一般機器電力負荷

文献 8) に示されている B マンション及び C の保有電力機器 (保有率も併示されている) に文献 5), 12) に記載されているごく一般的な生活関連電力機器を加え 24 種類の機器を想定し, 夫々, 生活行為に割り付けた。詳細設定を表 3-4 にまとめて示す。

3-3 比較結果及び考察

図 3-1 に夏期の生成した一般電力 (照明および一般機器の合計) 及び給湯負荷の時系列を尾島研原単位と共に示し

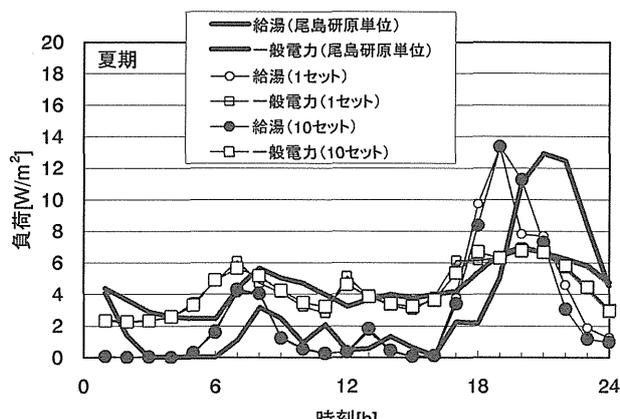


図 3-1 生成データと尾島研原単位の時系列(夏期)

た。生成時系列は、既述したように1セット合計58住戸(Bマンション32+Cマンション26住戸)平均値と10セット平均値を併示してある。両者に大きな差異はなく、想定した家族構成にあつては、生活スケジュールのサンプルによるばらつきは大きくないことをうかがわせる。大略、時系列の傾向は類似しており、その絶対値も大きな乖離はない。但し、子細にみると、夜間の給湯、朝の給湯及び一般電力についてはピークにずれが認められる。生活スケジュールデータは、概して云うなら、15分1ピース合計96ピース(24時間)の群穴にある長さを持った行為をランダムな順序で当て嵌めていく数理的穴埋め問題を generate & kill の手法で解くことで生成されている。相対的に行為時間の長い「1.睡眠」はどうしても穴埋め上の自由度が低下してしまうため、その前後での誤差が生じ易くなること、上記のピークのずれの一因と考えられる。また、生成データの基となる生活スケジュールは、NHK調査データ3)のうち全国調査データに依拠しているため、今回対象とした都市型住居とは若干異なる時間特性を有する可能性もある。

4. 結論

エネルギー消費に大きな影響を及ぼす居住者の生活スケジュールを多数サンプル生成することが出来れば、モンテカルロ法により情報欠損のない最大負荷が特定可能となる。本論では、これらに適用すべく、平均値など限局された統計情報から、生の生活スケジュールを確率的に発生させる方法を構築した。手法はデータセット特性に依存しない普遍的生成方法であり、既報との比較において精度向上を確認した。さらに、既報では考慮されていなかった、ながら行為を生活スケジュールに付加し、併せて各行為について在宅情報を付加した。

提示した手法に基づき確率的に生成した生の生活スケジュールをベースに、先行研究の知見を踏襲しながら、各行為に給湯イベント及び使用電力機器貼り付け設定値を定め、一般電力負荷、給湯負荷の時系列データを生成した。これと、尾島研原単位データとを比較したところ、睡眠前

後に若干のピークずれが不可避免的に生じるものの、大略その妥当性が確認された。

<注>

注 1)

集団の個体数を N 、行為を行った人の集団の個体数を n とすると、次の関係が成り立つ。

$$n = P \cdot N \quad (A1)$$

但し、 P :行為者比率。行為を行った人の集団の平均を $AveB$ 、標準偏差を $DevB$ 、各個体の行為時間を $t_i (i=1..n)$ とすると、標準偏差の定義により次の関係が成り立つ。

$$DevB^2 = \frac{\sum(t_i^2 + \dots + t_n^2)}{n} - AveB^2 \quad (A2)$$

また、集団全体についても同様に成り立つ。ここで、行為を行っていない人の行為時間は $t_i=0$ となるので、集団全体の平均を $AveA$ 、集団全体の標準偏差を $DevA$ とすると、次の式が成り立つ。

$$DevA^2 = \frac{\sum(t_i^2 + \dots + t_n^2)}{N} - AveA^2 \quad (A3)$$

(A1),(A2),(A3)より

$$DevB = \sqrt{\frac{DevA^2 + AveA^2}{P} - AveB^2} \quad (A4)$$

が成り立つ。

注 2)

2000年度版の「炊事・掃除・洗濯」の時間別行為者率のグラフと1990年度版のデータにおける「炊事」、「掃除」、「洗濯」の時間別行為者率の時間ごとの和のグラフの形状がおおむね同じことを確認した。

注 3)

家族の構成に関しては、生成サンプルデータに何らかのスクリーニングを適用してピックアップする方法を検討した。

総務庁データ(文献4)の第21表)に家族中の特定構成員ごとに家族類型別に当該家族で一緒に食事をする時間の一日合計の統計値が示されている。ここでは、そのうちの2種のデータを抜き出した(付表-1)。

平日の時間量が少ないのは、このデータが本論で云うところの勤め人・男性からみた「家族で共にした食事時間の一日合計値」を意味するので、一般に彼が在宅しない平日昼食は合計の対象から除外されていると思われるからである。

ここでは、本論生成データについて、①家族らしい家族のサンプル、②全サンプルの家族で共にする夕食時間を求め、これらと上記の総務庁データとを比較してみる。

具体的には、3人家族であれば、勤め人男、家庭婦人、小学生のデータセット(各10000サンプル)からランダム

付表-1 家族スケジュールの食事の平均行為時間

		総務省 統計データ	ソート後 上位平均①	単位 分
				全データ 平均②
勤め人男・家庭婦人・ 小学生	平日	35.4	91.2	92.6
	土曜	79.8	97.6	99.1
	日曜	72.2	96.1	98.3
勤め人男・家庭婦人・ 小学生・高校生	平日	/	92.6	91.0
	土曜	/	94.1	96.1
	日曜	/	96.1	95.3
70歳以上男・70歳以 上女・勤め人男・家庭 婦人・小学生・高校生	平日	33.6	78.2	79.3
	土曜	66.6	81.6	82.9
	日曜	72	83.9	83.7

にピックアップして組み合わせたデータを 10000 サンプル作り、夕食の開始時間の分散が小さい順にソート（同一分散のデータがあれば行為継続時間のずれの小さい順）し、その上位 3000 サンプルについて家族で共にする食事時間の平均を取った値が①であり、全 10000 サンプルの平均が②である。結果を付表-1 に示す。

平日の総務庁データと①および②の乖離が大きいのは、上記したように前者では、例えば妻と子供で共にする昼食時間が除外されている可能性が高いからである。何れにしても、サンプル①と②とではほとんど差異は無い。このことから、本論ではランダムにサンプルして構成した家族データであっても、平均的には家族の特性を包含し得るとの立場をとった。

<参考文献>

- 1) 谷本潤,藤井晴行; エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究 第1報 確率プロセスに基づく発生法の基礎的検討, 空気調和・衛生工学会論文集 No. 89 (2003)
- 2) NHK 放送文化研究所; 1990 年度版 国民生活時間調査
- 3) NHK 放送文化研究所; 2000 年度版 国民生活時間調査
- 4) 総務省統計局; 平成 13 年社会生活基本調査, (2003)
- 5) 空気調和・衛生工学会; 住宅設備委員会住宅のエネルギーシミュレーション小委員会; 住宅における生活スケジュールとエネルギー消費, (2000)
- 6) 谷本潤, 萩島理, 片山忠久; 実測に基づく冷房発停状態の遷移特性に関する考察/冷房発停にマルコフモデルを適用した場合の熱負荷特性に関する基礎的検討 第3報, SHASE 論文集 #. 82, pp. 59-66, 2001.
- 7) 尾島俊雄; 建築の光熱水原単位 東京編, 早稲田大学出版局, (1995)
- 8) 洪元和; 集合住宅における住戸属性と年間エネルギー消費量の分析, 日本建築学会計画系論文報告集 No. 445, pp. 53-61, (1993)
- 9) 秋本智教, 洪元和, 草刈和俊, 須藤諭, 尾島俊雄; 集合住宅の生活行為とエネルギー・水消費調査 その1, 日本建築学会大会講演梗概集 (環境), pp1195-1196, (1992)

- 10) 空気調和・衛生工学会 住宅設備委員会 集合住宅の熱負荷と機器容量の検討小委員会; 集合住宅の熱負荷シミュレーションのための計算モデル (委員会成果報告書), (2003)
- 11) 谷本潤, 萩島理, 片山忠久; 実測に基づく冷房発停状態の遷移特性に関する考察/冷房発停にマルコフモデルを適用した場合の熱負荷特性に関する基礎的検討 第3報, 空気調和・衛生工学会論文集 No. 82, pp. 59-66, (2001)
- 12) 藤井拓郎, 下田吉之, 森川貴夫, 水野稔; 熱負荷計算を組み込んだ都市住宅エネルギーエンドユースモデルの開発 世帯小差幾分が他都市住宅エネルギーエンドユースモデルの開発と応用(1), 日本建築学会環境系論文報告集 No. 589, pp. 51-58, (2005)
- 13) 東京都水道局>水源・水質情報>水質検査結果の web 開示データ。(2003 年都庁付近の実測データ) (http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/w_info/s_kekka_topi03.htm)

<研究協力者>

相良博喜 九州大学大学院総合理工学府環境エネルギー工学専攻修士課程