

日常生活のセンシングによる実施時期変更が容易な行動の推定 Estimating Reschedulable Actions through Sensing Daily Activities

高岡 伸明[†] 問谷 洋平[‡] 梶原 祐輔[†] 島川 博光[†]
Nobuaki Takaoka Yohei Tontani Yusuke Kajiwara Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

再生可能エネルギーの利用は環境保全に有用であるが、導入には設備価格や日照時間などによる発電量の不安定性が問題となっている [1]。再生可能エネルギーによる発電のもと、電力の需要と供給のバランスを維持するには、電力消費の平準化を実現する必要がある。

本研究では、一般家庭での電力を消費する行動の実施時期を移動させることを考える。行動実施時期をスケジュールすることにより、地域全体での電力消費を平準化する。一般家庭が実施時期の移動をどれだけ許容できるかを行動ごとに数値化することができれば、一般家庭が電力平準化に協力しやすいか否かを判断する指標になる。また、各家庭がもつ、行動間の制約を普段の行動の履歴からマイニングする。この指標と制約により、一般家庭に協力してもらえるような行動スケジュールリングシステムの実現が可能になる。

2. 研究背景

2.1 一般家庭の電力負荷平準化

再生可能エネルギーによる発電により社会を運営することを実現するため電力負荷平準化が注目されている。供給電力量が不安定でも、電力消費が極端に多い時間帯が存在しないように平準化されると、需要電力量が超過する時間帯がなくなる。日本全体の3割ある一般家庭の電力負荷を調整し、日本の電力負荷を平準化する。

調整方法の1つに、一般家庭用蓄電池を用いて電力需要の低い時間帯は蓄電、高い時間帯は放電する方法がある。しかし一般家庭用蓄電池は高価である。もう1つの調整方法として、電力消費行動をスケジュールする方法がある。たとえば入浴行動の場合、今までは電力需要の高い夜に実施していたが、電力需要の低い夕方に実施するようにスケジュールする。これにより一般家庭の電力負荷が調整され、地域での電力負荷平準化を達成することができる。

2.2 一般家庭の電力負荷平準化を達成する既存研究

既存研究 [2] は、一般家庭へのアンケートと日本全体の電力需要予測をもとに、システムが一般家庭の許容範囲内で行動をスケジュールリングする。システムはユーザに対してスケジュール案の提示とアンケートの実施を繰り返し、結果を取得することでユーザの許容範囲がわかる。ユーザの許容範囲がわかるので、一般家庭が実際に実行しやすい電力負荷平準化スケジュールが提案できる。しかしアンケートを実施するたびに一般家庭はわずらわしく感じ、負担がかかる。また既存研究では、行動実施や家電稼働に要する消費電力量は家族形態によるものと仮定しているが、一般家庭ごとに消費電力量が異なる。つまり正確に消費電力量が把握できなければ、最適な行動スケジュールができない。そのため、一般家庭の許容

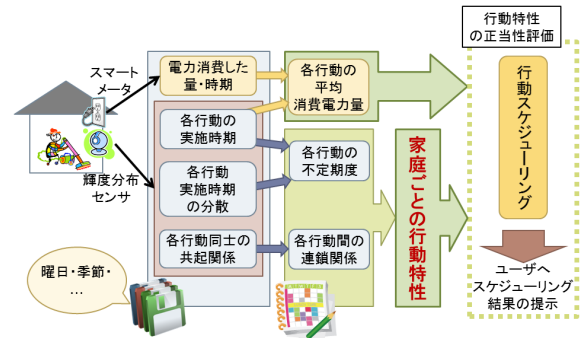


図 1: システムの全体図

範囲と消費電力量を、センサを用いて負荷なく取得する手法が必要である。

3. センシングによる行動スケジュールリング

3.1 不定期度と連鎖関係

本論文は、家庭ごとの行動特性を導出する手法を提案する。手法の概要を図 1 に示す。一般家庭に負担をかけずに電力消費行動を取得するために、行動が識別でき、かつ、設置コストやプライバシーの漏洩リスクが低い輝度分布センサを用いる [3]。輝度分布センサからは、居住者の行動をリアルタイムに取得することができる。本手法はセンシングによって、行動と実施時間帯が正確に取得できることを利用して、家庭ごとの行動特性を検知する。

本研究では、家庭ごとの行動特性は、不定期度と連鎖関係であるとする。不定期度とは、行動実施予定時間帯を変更させるときのユーザの許容度のことである。不定期度は、各家庭がその行動に対して予定通りの時間帯にどれだけ実施したいかというこだわりで反比例する。たとえば毎日必ず 20 時に夕食行動を実施していた場合、不定期度は低い。連鎖関係とは、ある行動の前後に別の行動を実施する共起関係と順序関係をさす。たとえば必ず洗濯機稼働行動を実施したあとでなければ乾燥機稼働行動を実施しない場合、両行動には連鎖関係があることがわかる。

3.2 行動の不定期度

行動への不定期度が低い場合、1日の予定の中の実施時期にこだわりがあると考えられる。たとえば朝食をとる時間帯は一般的におおむね同じ時間帯であり、時間帯を極端にずらすと一般家庭への負担はより大きくなる。この場合、行動を実施する時間帯の分散は小さくなると判断する。それに対して行動への不定期度が高い場合、実施する時間帯に特にこだわりがなく時間帯の分散は大きいと考えられる。行動の不定期度は行動の実施時間帯の分散から取得できる。

不定期度の導出方法を図 2 に示す。輝度分布センサを用いて複数日にわたってある行動 A の実施開始時期 A^b と実施終了時期 A^e を取得する。複数日にわたってユー

[†]立命館大学情報理工学部

[‡]立命館大学大学院理工学研究科

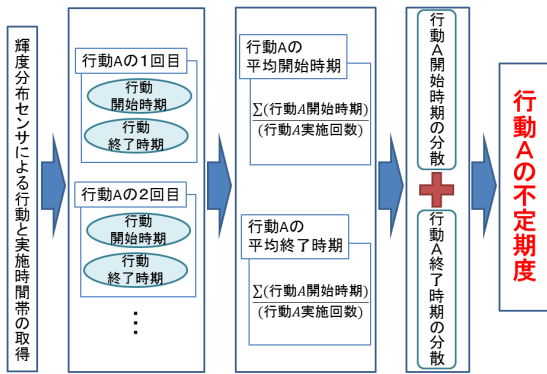


図2: 不定期度の導出方法

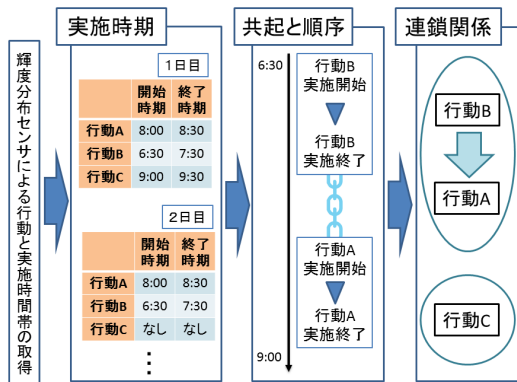


図3: 連鎖関係の導出方法

が行動 A を n 回実施したときの行動 A の開始時期の分散 u_A^b , 行動 A の平均開始時期 \bar{A}_A^b は

$$u_A^b = \sum_{k=1}^n (\bar{A}_A^b - A_k^b)^2, \bar{A}_A^b = \frac{\sum_{k=1}^n A_k^b}{n}$$

で表され, 終了時期の分散 u_A^e も同様にして算出できる. 行動 A の不定期度 I_A を以下で定義する.

$$I_A = u_A^b + u_A^e$$

2つの分散を合算することで行動の不定期度とする.

3.3 行動間の連鎖関係

行動の中には, 特定の目的を達成するために, 組として実施される行動がある. たとえば洗濯物を洗濯する場合, 洗濯機を使う前に乾燥機を使うことは少ない. 連鎖関係から発生する制約は行動同士の共起関係から取得できる. この制約を守りつつスケジューリングすることで行動実施目的に矛盾が発生することを防げる.

連鎖関係の導出方法の概要を図3に示す. 複数日にわたる行動の中から共起することが多い組をアソシエーション分析により抽出する. 各組内の行動の開始時期と終了時期をもとに行動間の順序関係を推定する. 推定された共起関係と順序関係から, 共起する行動の組と, その組の中での行動の順序制約を, 行動の連鎖関係として抽出する.

3.4 行動のスケジューリング

行動の不定期度と行動間の連鎖関係を用いて, 各家庭の行動をスケジューリングすることにより, 地域での電力消

費量の平準化に寄与する. 事前に地域における各時間帯の電力需要量を調べておく. 各家庭の行動を不定期度の低い順に並べる. 不定期度が低いものから順に, 各行動をスケジュールしていく. 行動 A が連鎖関係をもつ行動がすでにスケジュールされているときは, その連鎖関係が示す順序関係を満たすように A を配置する. さらに, 実施時期は, 不定期度を調べる際に得られた, 行動 A の開始時期, 終了時期の標準偏差 σ_A^b, σ_A^e より決定する. 平均の開始時期と終了時期を \bar{A}_A^b, \bar{A}_A^e として, 行動 A を区間 $(\bar{A}_A^b - k\sigma_A^b, \bar{A}_A^e + k\sigma_A^e)$ の中でもっとも地域の電力消費量が少ないと予想される時間帯に, 行動 A をスケジュールする. ただし k は定数である. これにより一般家庭に無理のないスケジュールを提示することができる.

4. 実験方法

本システムの入力である各行動の開始時間と終了時間は, 実際に行動の不定期度や連鎖関係を獲得できるようなデータであるのかは不確かである. そこで実際にユーザの行動の開始時間と終了時間を取得し, 有用なデータであるか確かめる実験を実施する必要がある.

ある被験者の家庭内の行動と実施時間帯を輝度分布センサで50日間取得する. また実際にどのような行動を実施したかを被験者にアンケートし, ユーザのスケジュールとして用いる. センシングデータから各行動の開始時間と終了時間を取得し, 解析する. その結果が有用なデータであるかは, 被験者への50日間どのような行動を実施したかのアンケート結果を用いることでわかる. システムにより出力される家庭の行動特性とアンケート結果を比較し, 妥当な出力結果であったかを考察する.

5. おわりに

本研究では, 一般家庭での行動の実施時期を変更することにより, 地域の電力平準化を達成するスケジュール作成手法を考案した. これにより一般家庭に協力してもらえるような行動スケジューリングシステムを実現できる. 今後は実際に数値化できるか確かめたいうえで, 家庭ごとの行動特性を用いてシステムを構築し, 電力平準化を目指す.

参考文献

- [1] 経済産業省 “再生可能エネルギーの種類と特徴” http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/renewable/outline/
- [2] 中村 笙子, 廣森 聡仁 他 “世帯におけるエネルギー消費行動の最適化支援システム” マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム, pp1995-2007, 2013-07
- [3] Shota Nakashima, Huimin Lu, Kohei Miyata, Yuhki Kitazono, and Seiichi Serikawa: “Person Localization System Using Privacy-Preserving Sensor”, Journal of Applied Mechanics and Materials (Trans Tech Publications), Vol.103, pp.622-627 (27 September, 2011)