

快適度を考慮した電力ピークシフトに貢献する行動を 学習可能なシリアスゲームの提案と開発

中村 仁美^{†1} 荒川 豊^{†1} 安本 慶一^{†1}

概要：ピークシフト貢献行動の容易な学習に向けたシリアスゲームの設計を行い実装・評価した結果を報告する。本ゲームでは、電力の上限（契約電力）が設定された集合住宅において複数の住人が家電を使用して生活している環境で、プレイヤーは一人の住人の家電使用予定を変更して、集合住宅全体での契約電力を超えない（ピークシフトに貢献する）ようにする。集合住宅内の電力使用予定は各家電の使用予定を縦が消費電力、横が使用時間のブロックとして表示し、ブロックをずらすことでゲーム内の予定変更を実現する。また、家電の種類や変更時間に応じて減少する快適度を設定し、これによりゲーム内に住人が予定変更の際に感じる不快感をゲームのスコアに反映する。これらの仕組みにより、プレイヤーはゲームを通してピークシフト貢献行動を学習することができる。提案したゲームを実装し、被験者実験を通して、ピークシフト貢献行動の習熟度やゲームの熱中度合いを評価した結果を報告する。

キーワード：電力ピークシフト、シリアスゲーム

1. はじめに

現在日本では、大型発電所が消費者の需要に合わせた発電を行っている [1]。大型発電所では、消費者の需要がピークに達する時間帯にはそれに合わせ発電設備の稼働数を増加させ、需要の少ない時間帯には稼働数を減少させている。発電所の運転、停止にはそれに伴うコストがかかるため、同じ発電量であれば発電所を稼働させ続けるほうが効率のよい発電を行うことができる。効率のよい発電を行うためにはピーク需要を平滑化（以下ピークシフトと呼ぶ）し、ピーク時とそれ以外の需要の差を縮め発電所の運転、停止の切り替えを減少させる必要がある。ピークシフトを実現するためには消費者の協力が不可欠であり、消費者がピーク需要を避けるように電力の消費を行うことで、ピークシフトを実現することができる。

しかし、一般に消費者はどのような行動をとればピークシフトに貢献することができるかを理解していないため、ピークシフトを実現するためには消費者にピークシフトに貢献するような行動を学んでもらう必要がある。一般的な学習方法として書籍などの学習教材を使用した学習方法があるが、この学習方法では消費者が飽きて学習を中止する可能性がある。またピークシフト貢献行動は電力需要から

自身の電力消費予定を柔軟に変更する必要があるため、長期的な学習が必要になると考えられる。従って、ピークシフト貢献行動の学習には長期間自発的に学習を行い続けられるような学習の仕組みを作る必要がある。

また、消費者に継続的にピークシフトに貢献してもらうためには、快適度の低下が少なくなるようなピークシフト貢献行動をとる必要がある。消費者がピークシフトに貢献するために予定変更を行うと、本来家電を使用したいと考えていた時間帯に使用できなくなる事により快適度の低下が発生する。快適度が大きく低下すれば消費者のピークシフトへの貢献意欲を失ってしまうため、消費者に快適度の低下が少なくなるようなピークシフト貢献行動を学習してもらう必要がある。

本稿では、消費者に長期的に自発的な学習を促すようなシリアスゲームを提案する。シリアスゲームとは教育を始めとする社会の諸領域の問題解決のために利用されるデジタルゲームのことである。ゲームはプレイヤーのレベルに適した制約設定、ポイントやトロフィーなどのフィードバック・報酬といった人を作業に没頭させる仕組みを持っている。これらのゲームの仕組みをピークシフトの学習に取り入れることにより、消費者の長期的かつ自発的な学習を促すことを目標とする。

提案するゲームでは、消費者の快適度をなるべく低下させないようなピークシフト貢献行動を学習してもらうこと

^{†1} 現在、奈良先端科学技術大学院大学
Presently with Nara Institute of Science and Technology

を目的とする。この目的を達成するためには、ゲームが以下の条件を満たす必要がある。(1) 時間軸に沿った全体の電力の仕様および予定が分かること、(2) 各居住者の電力消費行動(家電などの使用に対応)の時間帯をずらすことにより、その居住者の快適度がどれだけ低下するかが分かること、が必要である。提案するゲームでは、複数の仮想的な居住者(以下アバタと呼ぶ)が1つの集合住宅に居住し、消費者の生活スタイルに似た生活スタイルで電力消費行動を行っている。集合住宅に住んでいる複数のアバタの消費行動予定をゲーム内のピークシフトの対象とし、各プレイヤーは自身に対応するアバタの消費行動予定を操作することができる。(1)を満たすために、提案するゲームでは各アバタの今後の電力消費行動を消費電力の大きさを縦方向、使用時間を横方向にとったブロックで表現し、全アバタのブロックを時間軸上に積み重ねて表示する。これにより、プレイヤーはピークとそうでない時間帯を直観的に把握し、自身の操作するアバタのブロックを適切にずらすことで、ピークシフトに貢献し、ピークの削減度合いに応じた得点を得る。また(2)を満たすために、ゲーム内で予定変更した際にアバタの快適度が変化する仕組みを導入する。ゲーム内でプレイヤーがブロックを移動させアバタの消費行動予定を変更すると、アバタの快適度が変化し、ゲーム内の得点やアバタの見た目の様子も変わるようにする。

以上のゲームをプレイし高得点を目指すことで、プレイヤーは、快適度の低下を抑えたピークシフト貢献行動を学習できると考えている。

本稿では、文献[9]で設計したシリアスゲームを発展させ、実装及び評価を行った結果の詳細を述べる。

以下、2章で関連研究について述べ、3章でピークシフト貢献行動を効果的に学習させるための要件を述べる。4章で提案するゲームの基本設計について述べ、5章でゲームの詳細について述べる。6章で学習効果や継続性に関する評価実験について述べ、最後に7章で本稿のまとめを述べる。

2. 関連研究

本章では、シリアスゲームに関する既存研究とエネルギー問題を扱うソーシャルゲームおよびアプリケーションに関する既存研究について概説する。

2.1 省エネルギーを目標とするソーシャルゲーム

Liuら[4]は、家庭内の省エネルギーを目標とするゲームEcoIslandの提案、評価を行った。EcoIslandでは、ユーザが自身で省エネルギーの目標値を設定することができる。消費電力は家電に取り付けられたセンサに表示される消費電力をプレイヤーが携帯電話を使ってゲームに送信することでゲームに反映される。目標の達成度により、画面の状態やゲーム内のアバタのアドバイスが変化し、目標が達成さ

れるとゲーム内のアイテムを獲得することができる。評価実験ではEcoIslandを使用した場合と使用しなかった場合の省エネルギーに対する意識や実際の消費電力の比較を行っている。その結果、EcoIslandを使用した場合にはプレイヤーがより省エネルギーを意識するようになったという結果が得られた。

この研究における問題点は、目標値をプレイヤー自身で設定している点、および消費電力を自己申告で行っている点が挙げられる。また、この研究では省エネルギーを目標として消費電力のみで達成度を評価しているが、我々の提案手法はピークシフトを目標として消費電力と快適度により達成度を評価しており、その点で異なっている。

2.2 省エネルギー度合いのランキングやユーザ同士のインタラクションを取り入れたアプリケーション

Fosterら[5]は、ランキングやユーザ間のインタラクションなどのソーシャルネットワークの要素をシステムに取り入れることによって、ユーザに競争を促すアプリケーションの提案、評価を行った。実験ではソーシャルネットワークを取り入れたアプリケーションと取り入れてないアプリケーションの比較を行い、ソーシャルネットワークを取り入れたアプリケーションを使用した回数が、取り入れていない場合の5倍になるという結果が得られた。

この研究ではランキングによりユーザ同士の競争を促しているが、我々の提案手法では、ピークシフトを実現するためにユーザ同士の競争に加え協調行動を促すという点で異なっている。

2.3 子供を対象とした食事に関するシリアスゲーム

Kadomuraら[6]は、子供を対象とした食事に関するシリアスゲームHUNGRY PANDA 2の提案を行った。HUNGRY PANDA 2ではフォークの持ち手に加速度センサと色センサを埋め込み、フォークの状態と皿に残っている食材やフォークに刺さっている食品の情報をスマートフォンに送信する。スマートフォンでは食事状況のフィードバックを、ゲームのキャラクターであるパンダを通して画像と音声で行う。様々な色の食材を食べるとゲームのスコアが上がり、食事中にフォークを机に置いたりフォークを持ったまま食事をしない状態が続く場合には食事再開を促すような画像とメッセージが表示される。以上により、プレイヤーが正しい食事の仕方を学習することができる。

この研究は、子供に栄養的にバランスの良い食事を摂り、食事に集中させるよう、センサ付きフォークを用いて行った食事行動がゲーム中のアバタと連動している点で直接的な学習法であると言える。一方、我々の提案手法は、ピークシフト貢献行動によるアバタの快適度変化がプレイヤーの実際の生活行動と連動しておらず間接的な学習となっている点で異なる。我々の提案手法への実際の生活行動と連動

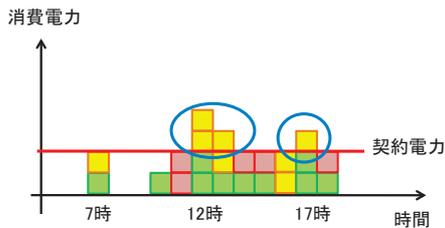


図 1 複数居住者の電力消費行動による需要電力の時間推移

させる仕組みの導入については今後の課題である。

2.4 健康的な食事習慣の学習を促すゲーム

Andrea ら [7] は、大人を対象に健康的な食事習慣の学習を促すゲーム OrderUP! の提案、評価を行った。OrderUP! ではゲーム内に存在する複数人のキャラクタに対し、プレイヤーは選択肢の中から最も健康的な料理を勧める。プレイヤーには料理をどれだけ素早く選択することができたか、選択した料理により変化するキャラクタのスコア、そして選択肢の正誤がフィードバックとして与えられる。被験者に OrderUP! を使用してもらい食事習慣に関する調査を行ったところ、ゲームで遊ぶことにより自らの食事習慣に対して意識する機会が増えたという意見が挙げられた。

この研究ではゲーム内の複数のキャラクタに対し料理の推薦を行っているが、我々の提案手法ではゲーム内の 1 体のアバタに対し消費行動を推薦するという点で異なっている。

3. ピークシフト貢献行動の効果的な学習のための要件

本章ではピークシフト貢献行動の学習を行うための前提条件を示し、解決すべき課題を明らかにする。

3.1 想定環境と前提条件

東京電力では、法人契約において、過去 1 年間の各月の最大需要電力のうち最も大きい電力を契約電力としている [8]。契約電力により基本料金が決まり、需要電力が契約電力を一度でも超えると契約電力が上がるため、電気料金を抑制するためピークシフトは必要である。本研究においては、複数の世帯が入居している集合住宅が法人契約しているものと想定し、集合住宅内でのピークシフトを対象とする。

3.1.1 想定する集合住宅と居住者

対象とする集合住宅を A とする。集合住宅 A に入居している世帯は簡単のため全て単身とし、全世帯 (居住者) の集合を $A.Resident = \{u_1, \dots, u_n\}$ と表記する。ここで、 n は集合住宅 A の入居世帯数である。

3.1.2 居住者の電力消費行動

各居住者 u_i は、独自の生活スタイルのもと、好きな時間

に家電を使用する。家電を使用する行動を電力消費行動と呼ぶ。居住者が使用する家電のうち使用時間帯の変更が可能なものの集合を $Appliance$ と表記する。居住者 u_i により家電 $d \in Appliance$ を時刻 t_1 から t_2 まで使用する電力消費行動 (予定含む) を $Action_i(d, t_1, t_2)$ と表記する。

3.2 ピークシフト貢献行動

$n = 3$ の時、居住者 u_1 (緑), u_2 (黄), u_3 (赤) の電力消費行動 (予定) が図 1 のようであったとする。図において、同じ色の連続するブロックは一つの電力消費行動に相当し、赤い線は契約電力を表しているとする。図において、2カ所で契約電力を超えているところがあり、このままでは、次の契約期間の契約電力が上がり、電気料金が上がってしまう。図 1 の場合では、 u_1 あるいは u_2 が 12–14 時、17–18 時に予定している電力消費行動 (緑, 黄) を他の時間帯にずらす (例えば、8–10 時または 19 時以降) ことで契約電力内に収めることができる。このように、居住者が、自身が予定する電力消費行動の時間帯をずらし A 内の需要電力を下げる行動をピークシフト貢献行動と呼ぶ。

3.3 想定するゲームの目的と要件

想定するゲームはマルチプレイヤーゲームであり、プレイヤー p_i に対応したゲーム内のアバタ a_i が存在する。アバタ a_i はプレイヤー p_i に似た生活スタイルを持っており、 p_i は A 全体における今後の需要電力の推移を見ながら a_i の電力消費予定を変更する。ピークシフトに貢献するように a_i の電力消費予定を変更することで、 p_i はピークシフト貢献ポイント (以下貢献ポイントと呼ぶ) を獲得する。ゲーム内の目標は、より多くの貢献ポイントを獲得することである。

本ゲームをプレイすることで、プレイヤーが、電力重要がピークになりやすい時間帯とその対処法を効果的に学習できることを本研究での主要な目的とする。

3.3.1 ゲームが備えるべき要件

提案するゲームでは、他の居住者も含めた集合住宅全体の電力需要が契約電力を超えないよう、かつ、ゲーム中の自分の分身であるアバタの快適度をできるだけ下げないようなピークシフト貢献行動を学習できることが求められる。そのためにゲームが備えるべき要件は次の 3 点である。

要件 1: 予定されている電力消費行動およびピーク電力需要が容易に把握できること

要件 2: アバタの快適度の低下がプレイヤーのデメリットとして実感できること

要件 3: 自身の努力のみではピークシフトが実現できない場合への対処

要件 1: ピーク需要や電力消費予定の直観的把握が可能なこと

ピーク需要は居住者一人ひとりの電力消費行動によって

時間帯や大きさなどの性質が変化する。消費者がピークシフトに貢献するためには、どの時間帯がピーク需要なのか、また自身の電力消費行動予定がピーク需要にどれだけ影響しているのかを把握し、その上で自身の予定を変更する必要がある。従って、ユーザにピークシフト貢献行動を学習してもらうためには、まずピーク需要や自身の消費予定の可視化が必要不可欠である。さらに、これらの要素を直観的に理解できるような工夫も必要となる。

要件 2： アバタの快適度の低下がプレイヤーのデメリットとして実感できること

実世界では居住者が家電を使用する時間帯を変更すると、本来使用したい時間に使用できなくなり、快適性が損なわれる。この快適性の変化は、使用する家電やどれだけ時間をずらすかによって異なる。快適性が著しく損なわれるような予定変更を居住者が頻繁に行うことは難しいと考えられる。しかしゲーム内では予定変更によるプレイヤーへのデメリットが生じにくいいため、実世界では実現困難な予定変更も行いやすい。実現困難なピークシフト貢献行動を学習すると、実世界でピークシフトを実現することが不可能になってしまう。この問題を解決するためには、ゲーム内でも実世界における不快感のようなデメリットを設け、実現不可能な予定変更を行わせないような仕組みを作る必要がある。

要件 3： 自身の努力のみではピークシフトが実現できない場合への対処

プレイヤーは自身（のアバタ）の電力消費行動を変更することができるが、自身以外の居住者の電力消費行動を変更することができない。そのため、ピーク需要が大きい時や既にピーク需要の時間帯から自身の予定をずらしている場合には、それ以上ピークシフトに貢献することができない。このような状態になった場合プレイヤーは理想的な選択をしているが、これ以上ゲーム内でポイントを獲得できる機会がなくなってしまう。プレイヤーの学習意欲を低下させないために、このような状態は避ける必要がある。よって、そのようなプレイヤーが、他のプレイヤーに予定を変更してもらうことで、ポジティブなフィードバックを獲得できる機会を設ける必要がある。

4. ピークシフト貢献行動を学習するためのシリアスゲーム：基本構成とアイデア

本章では、提案するゲームの基本構成と3章で述べた要件を満たすために導入する仕組みについて述べる。

4.1 ゲームの基本構成

プレイヤーの端末上に表示されるゲーム画面を図2に示す。ゲーム画面は大きく3つのウィンドウにゲーム画面の左（図2の電力需要ウィンドウ）には仮想集合住宅内の全

プレイヤーの電力使用予定を時間ごとに積み上げたものが表示される。提案するゲームでは、この画面に表示されている電力使用予定を集合住宅内の電力需要とする。ゲーム画面の右上（図2の情報ウィンドウ）にはプレイヤーが獲得した貢献ポイント、アバタの快適度、家電の使用時間帯などの情報が表示される。ゲーム画面の右下（図2のアバタウィンドウ）には現在のアバタの様子が表示される。

4.2 要件 1 を満たすアイデア： ピーク需要・電力消費予定のブロックによる表示

図2の電力需要ウィンドウに表示されているように、提案するゲーム内では電力需要をブロックで表現している。このブロックは縦が消費電力、横が使用する時間の長さを表しており、縦1マスで200Wの消費電力、横1マスで1時間の電力使用を表しており、ゲーム内では複数のブロックを組み合わせて電力消費行動を表現する。電力消費行動を表すブロックはアバタごとに色が異なり、各プレイヤーに対応するアバタの電力消費行動のみ移動させることができる。このように個人の消費電力、全体の消費電力の予定、そして契約電力を表示し、予定変更による電力需要のグラフ変化を1つの画面で表示することで、プレイヤーの直観的な理解を助ける。

4.3 要件 2 を満たすアイデア： 予定変更によるアバタの快適度の変化

プレイヤーに実世界でも実行可能な予定変更を学習してもらうために、提案するゲームに**快適度**というパラメータを導入する。快適度は家電を使用したい時間帯に使用できなかったかを表す度合いであり、実世界における予定変更時に生じる不快感を反映するものである。ゲーム内の快適度は家電を使用したい時間帯に使用するようにより予定変更を行うと向上し、使用したい時間帯から別の時間帯に予定変更を行うと低下する。本ゲームでは快適度を著しく下げようとする予定変更を行うと、貢献ポイントを獲得しづらくなるという仕組みを入れる。よって、プレイヤーがより多くの貢献ポイントを獲得するためには、快適度を著しく低下させないような予定変更を行う必要がある。快適度の変化度合いは、家電の種類と変更する時間帯によって異なるため、これらをゲームに反映する。

4.4 要件 3 を満たすアイデア： 他のプレイヤーとの協調によるピークシフト

既にピーク需要時に電力消費予定がないプレイヤーは、自身の予定を変更してピークシフトに貢献することができない。提案するゲームでは、このようなプレイヤーにもポイントを獲得する機会を設け、学習へのモチベーション維持を図る。ゲーム内では、上記で述べた既にピークシフトへの行動を実施済みのプレイヤーは、電力需要が一定の値を超え

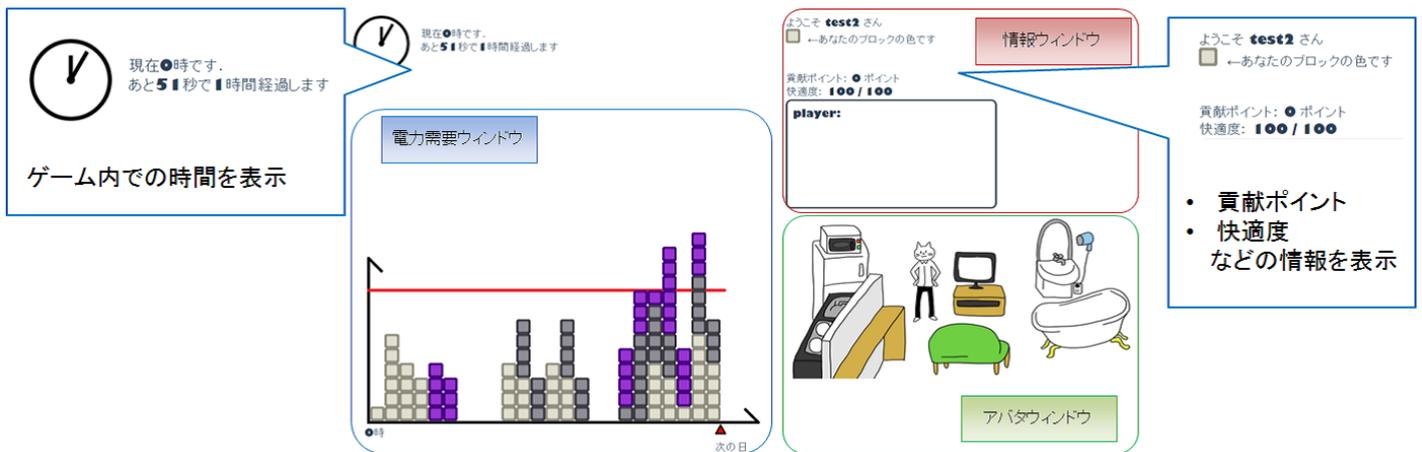


図 2 ゲーム画面

ている時間帯に電力消費行動を予定している他のプレイヤー全員に対して予定変更を依頼できるようにする。依頼が受け入れられた場合には、依頼元プレイヤーと協力したプレイヤーに対して、特別報酬ポイントを与える。このような仕組みを通して、居住者間の協調により効果の高いピークシフト貢献行動を達成できることを、プレイヤーが学習できるようにする。

5. ゲームの詳細設計

本章では、4章でのゲームの基本構成とアイデアや以前の論文に記述した詳細設計を踏まえ、ゲームの詳細を設計していく。

本ゲーム内でのプレイヤーの目標は、ピークシフトに貢献するような予定変更を行うことで得られる貢献ポイントにより多く獲得することである。貢献ポイントは、快適度を高く保つことでも多く獲得できるため、より多くの貢献ポイントを獲得するには快適度を著しく低下させないような予定変更も必要になる。電力需要ウィンドウ内には、契約電力を表す赤線が表示されている。本ゲームでは、契約電力を上回るブロックを減らすように電力消費行動を表すブロックを移動させる行為をピークシフト貢献行動と定義する。電力需要が契約電力を超えている時間帯の電力消費行動をずらす行為を、ゲーム内でのピークシフト貢献行動とみなす。ピークシフトに貢献するような予定変更を行うことでプレイヤーは貢献度に応じた貢献ポイントを獲得できるが、アバタは家電を使用したい時間に使用できず快適度が低下する。

5.1 アバタの電力消費行動

本ゲームでは、1人のプレイヤーに対し1体のアバタが存在する。アバタ a_i はプレイヤー p_i の生活スタイルに似た電力消費行動を持っており、それを元に消費電力を著すブロックの配置が行われる。電力消費ウィンドウには図3のように、ゲーム内の現在時刻から24時間後までの電力消

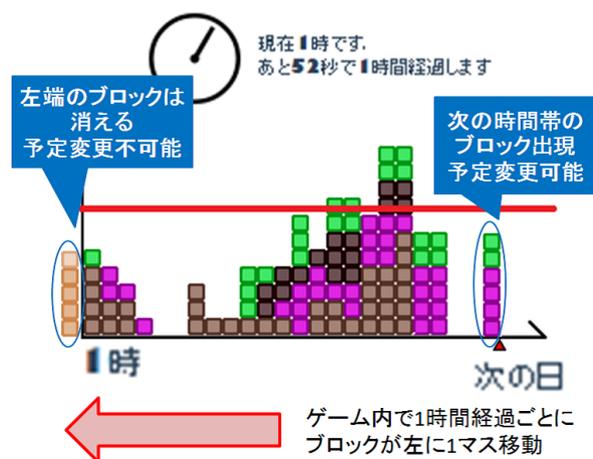


図 3 電力消費ウィンドウの時間経過による変化

費予定が表示されており、ゲーム内で1時間が経過するとブロック全体は1マスずつ左に移動する。経過したブロックは動かすことができなくなり、画面からも消える。

5.2 アバタの電力消費行動予定の作成

実世界とゲームの世界の環境を近くするためには、アバタの電力消費予定をプレイヤーが実世界で行う電力消費行動に近づける必要がある。本ゲームではアバタとプレイヤーの消費行動予定を近づけるために、プレイヤーの生活パターンからアバタの電力消費予定を作成する。プレイヤーには、ゲームに参加する際に食事・入浴・睡眠・外出・自炊を行っているかを入力してもらい、これらの情報をアバタの生活パターンとし、電力消費行動予定を作成する。

5.3 貢献ポイントの変化

本ゲーム内にはプレイヤーのピークシフトへの貢献度合いを示す貢献ポイントという指標が存在する。ゲーム内での直接の目標はより多く貢献ポイントを獲得することである。プレイヤーは (1) ブロックを移動する、(2) 他プレイヤーへ予

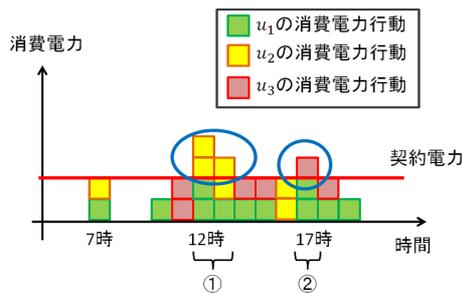


図 4 ピークシフトが必要な場面

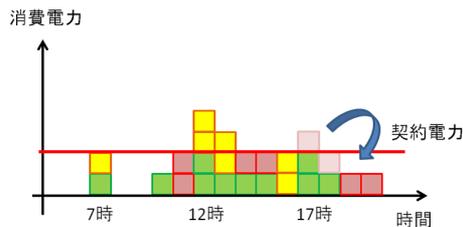


図 5 ピークシフト貢献行動の例

定変更依頼を出す，(3) 快適度を高く保つ，ことによって貢献ポイントを増やすことができ，ピークシフトを達成できなかった場合には貢献ポイントが減少する．(2) 他プレイヤーへの予定変更依頼を提出する，(3) 快適度を高く保つことによる貢献ポイントの獲得については 5.4，5.3.3 で後述する．

5.3.1 ブロックの移動による貢献ポイントの獲得

ブロックを移動させ契約電力を超えているブロックの数を減らすことで，プレイヤーは貢献ポイントを獲得することができる．その際に獲得する貢献ポイントは，契約電力を超過するブロックの減少数に応じて決まり，プレイヤーは超過しているブロック数を 1 マス減少させるごとに 10 ポイントを獲得する．ブロックの移動による貢献ポイント獲得の例を図 4 に示す．例では，緑のブロックが a_1 ，黄のブロックが a_2 ，赤のブロックが a_3 の電力消費予定を表している．図 4 の状況では，丸で囲まれたブロックが契約電力を超過しており，この時間帯の電力消費予定を変更する必要がある．この時，①の時間帯は a_1 または a_2 ，②の時間帯は a_1 または a_3 がブロックを移動させることにより，プレイヤーはピークシフトに貢献できる． p_1 が②の時間帯のブロックを移動させた例を図 5 に示す．この場合，プレイヤー p_3 は契約電力を超過しているブロックを 1 マス減少させたので， $10 \times = 10$ ポイント獲得する．

5.3.2 ピークシフト未達成時のペナルティ

しきい値を上回ったまま電力消費行動が行われた場合は，プレイヤーにピークシフトを達成できなかった事によるペナルティを課す．ペナルティポイントをしきい値からの超過幅を基に決定し，しきい値を上回っていた時間帯に電力消費行動を行っていたプレイヤーの貢献ポイントから，それぞ

れの消費電力に応じた割合を没収する．図 4 の①では，誰もブロックを動かさず 12 時まで時間が経過した場合，12 時の電力需要が契約電力を超過しているため，このまま時間が経過して電力消費が行われた場合， p_1 ， p_2 はそれぞれ 2 マス分のペナルティが課せられ，貢献ポイントが減少する．

5.3.3 ブロック移動による快適度の変化

図 2 の情報ウィンドウに示しているように，本ゲームでは貢献ポイントの他に快適度という指標がある．電力消費予定を変更すると，貢献ポイントだけでなく快適度も変化する．快適度は，アバタが家電を使用したい時間帯から予定を変更すると低下し，使いたい時間に予定を変更すると上昇する．本ゲームでは予定変更する時間，家電の種類によって快適度の関数を作成し，快適度の計算を行う．予定変更による快適度の変化は，ブロックを移動し予定変更を行った際に起こる．

快適度は（予定を変更された）家電を使用するタイミングで低下し，低下した快適度は時間経過とともに徐々に回復する．快適度を高く保ったプレイヤーを優遇するため，ゲーム内で日付が変わる際に，1 日分の快適度の積分値を貢献ポイントに追加する．この仕組みにより，快適度を高く保つことでより多くの貢献ポイントを獲得できる．従って，より多くの貢献ポイントを獲得するためには，プレイヤーはアバタの快適度の低下を最小限に抑えつつ予定変更を行う必要がある．

5.4 他のプレイヤーへのブロック移動の依頼

既にピークシフトに貢献しているプレイヤーも貢献ポイントを設ける機会として，本ゲームではそのようなプレイヤーが予定変更の依頼を提出できるような仕組みを導入する．予定変更の依頼はピーク需要に電力消費予定がないプレイヤーが，ピーク需要時に電力消費予定があるプレイヤーに対して提出することができる．長期間では，プレイヤーの自発的なピークシフト貢献行動を期待するため，予定変更の依頼は，現在時刻から 3 時間後までの電力消費予定に対して提出することができる．

依頼を出した時間帯のピークシフトが実現されると，依頼主と予定変更を行ったプレイヤーは追加の貢献ポイントを獲得することができるようにする．これにより，既にピークシフトに貢献しているプレイヤーも貢献ポイントを獲得する機会が発生し，さらにプレイヤー同士の協調行動を促すことも可能になる．

6. 評価実験

ゲームをプレイすることによるピークシフト貢献行動の習熟度を測定するため，評価実験を行う．

本実験ではゲームの目的，ゲーム内の目標，ゲームの操作方法を説明した後に，被験者に同時にゲームをプレイし

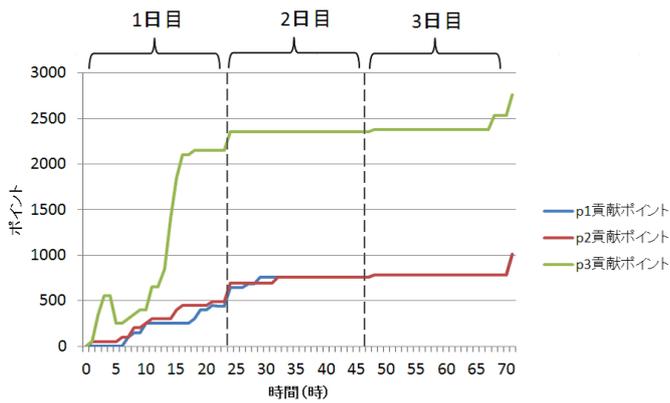


図 6 貢献ポイントの推移

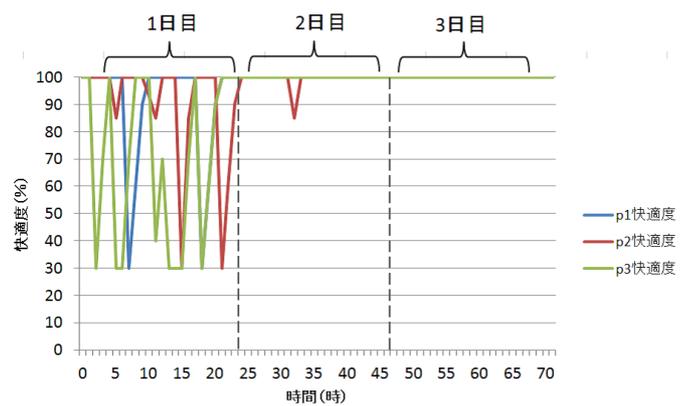


図 7 快適度の推移

てもらふ。以下に評価実験の概要と結果について述べる。

6.1 実験概要

今回の評価実験では、消費電力が大きく使用予定の変更も可能であると考えられる IH, 電子レンジ, ドライヤ, 浴室乾燥機の 4 つの家電の使用予定をゲーム内で変更してもらふ。個人のピークシフト貢献への機会をより多くするために、本実験は 3 人の被験者で実験を行った。

実験期間はゲーム内で 3 日間 (約 1 時間 30 分に相当) 行った。プレイヤーが自発的・長期的なゲームプレイを目的としているため、被験者にゲームをプレイする頻度の指定は行わず、実験期間内の好きな時間に好きな回数だけゲームをプレイしてもらった。本ゲームでは全体の電力需要を把握したり、他プレイヤーがブロックを動かすまで待つという、ゲームには参加しているがゲーム内では何も行動しないという行為が存在する。本稿ではこのような時間もゲームをプレイしている時間とみなし、ゲームをプレイしている時間としてゲームウィンドウがアクティブになっている時間を取得している。

また、実験の終了後にゲームに関するアンケートを行った。アンケートの結果とゲーム中の被験者の行動ログをから、(1) 時間ごとの貢献ポイント、快適度から各被験者のゲーム内における行動の変化を測定し、被験者がゲーム内での理想的な電力消費行動に近づくことが出来たか否かの習熟度、(2) ゲームへのアクセス頻度を測定し、ゲームへの熱中度、を検証する。

6.2 評価結果

6.2.1 被験者の習熟度

表 1 各被験者のブロック移動回数

	1 日目	2 日目	3 日目
p_1	33	4	5
p_2	15	2	1
p_3	62	2	6

表 2 各被験者の予定変更効率

	1 日目	2 日目	3 日目
p_1	13.33	79	50.8
p_2	32.67	133	254
p_3	34.68	103	67.33

被験者の習熟度について、評価結果と考察を述べる。

時間ごとの貢献ポイントの推移を図 6、アバタの快適度の推移を図 7 に示す。また、被験者の日ごとのブロック移動回数を表 1 に示す。表 1 すべての被験者においてゲーム序盤である 1 日目は貢献ポイントや快適度が大きく変動していたが、ゲーム終盤である 3 日目にはブロックの移動がほぼ行われず、貢献ポイントと快適度に変化がない。ゲーム序盤と終盤を比較してこのような結果になった 1 つの原因として、ピーク需要が少なく、プレイヤーがピークシフトを行う機会が少なかったことが挙げられる。本実験は被験者がピークシフトに貢献できる機会を増やすために 3 人で行ったが、その分ゲーム内の電力消費予定が少なくなり、ブロックが契約電力を超えている時間帯が少なくなっていた。この点に関しては、プレイヤーが動かすことができないブロックを用いて意図的にピーク需要を増やすことで解決できるのではないかと考えている。

次に、被験者の行動について評価を行う。被験者 p_i の 1 日の予定変更回数を $n(p_i)$ 、1 日の貢献ポイント増加量を $d(p_i)$ とする。この時の予定変更効率 $E(p_i)$ を、

$$E(p_i) = \frac{d(p_i)}{n(p_i)} \quad (1)$$

と定義する。各被験者の日ごとの予定変更効率を表 2 に示す。1 日目と 3 日目を比較すると、予定変更の回数は減少しているが、予定変更の効率は上がっている。予定変更の回数が減少したが、効率が上がっていることから、被験者は少ない予定変更で多くの貢献ポイントを獲得できるようになったと考えられる。このことから、被験者はゲームをプレイする過程でゲーム内の理想的な行動を学習できたことがわかる。

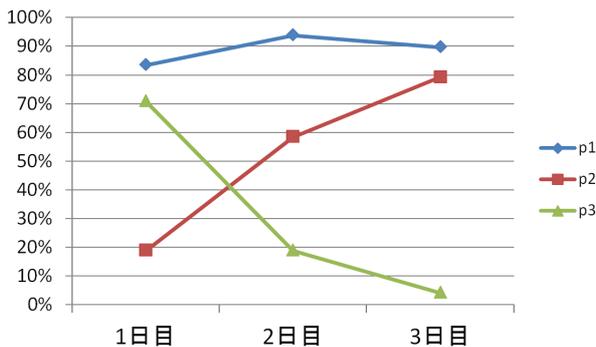


図 8 ゲーム画面の閲覧頻度

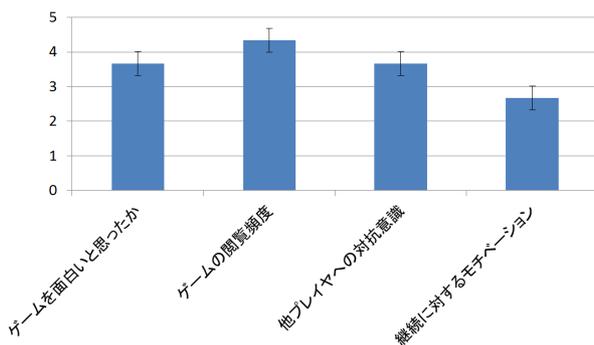


図 9 感性アンケート結果

6.2.2 ゲームへの熱中度

各被験者のゲーム画面の閲覧頻度を図 8 に示す。図 8 では、ゲーム内の 1 日 (24 分相当) のうちゲーム画面を閲覧していた時間の割合を日ごとに比較している。また、感性アンケートの結果を図 9 に示す。ゲームの面白さ、閲覧頻度、他プレイヤーへの対抗意識に関しては評価が高く、被験者はゲームに熱中していたのではないかと考えられる。図 6 の各被験者の獲得ポイントと図 8 から、獲得した貢献ポイントとゲームへの熱中度には関連性がないことがわかる。ただ、継続に対するモチベーション項目より、プレイヤーに自発的に継続して学習を行ってもらうにはゲームのさらなる改善が必要であることが分かった。

7. おわりに

本稿では、消費者が自身の快適度を著しく下げないようなピークシフト貢献行動を学習できるようなシリアスゲームの提案・開発を行った。消費者がゲームをプレイすることによってピークシフトに貢献する方法を学ぶことはできたが、よりゲームをプレイしたプレイヤーが多くポイントを獲得し、より学習できるようなシステムを設計できていなかった。

今後の課題として、ポイントと快適度のモデル設定、ピーク需要の作成方法、プレイヤーの継続性を上げるためのゲームシステムの追加を挙げる。ゲーム内でピークシフトに貢献したプレイヤーに多くポイントを与えるためには、ポイントと快適度のモデル設定を改善する必要がある。また、プ

レイヤがピークシフトに貢献できる機会を増やすために、ピークを作成するためのブロックを追加し、ピーク需要を増やしプレイヤーの行動を分析する。さらに、ランキングや他プレイヤーのステータス開示など、よりゲームに熱中できる要素を追加し、プレイヤーがより自発的に継続して学習を行えるような仕組みを追加する予定である。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 25280031 の助成のもと行った。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 電気事業連合会. 電力需要の負荷平準化 - 電力事情について. <http://www.fepc.or.jp/enterprise/jigyuu/juyou/>.
- [2] 藤本徹. シリアスゲーム - 教育・社会に役立つデジタルゲーム. 東京電機大学出版局, 2007.
- [3] Jane McGonigal. *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World*. Penguin Press HC, The, 1 2011.
- [4] Y. Liu, T. Alexandrova, and T. Nakajima. Gamifying intelligent environments. In *Proceedings of the 2011 international ACM workshop on Ubiquitous meta user interfaces*, pp. 7-12. ACM, 2011.
- [5] D. Foster, S. Lawson, M. Blythe, and P. Cairns. Wattsup?: motivating reductions in domestic energy consumption using social networks. In *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, pp. 178-187. ACM, 2010.
- [6] Azusa Kadomura, Cheng-Yuan Li, Yen-Chang Chen, Hao-Hua Chu, Koji Tsukada, and Itiro Siio. Sensing fork and persuasive game for improving eating behavior. In *Proceedings of the 2013 ACM conference on Pervasive and ubiquitous computing adjunct publication*, pp. 71-74. ACM, 2013.
- [7] Andrea Grimes, Vasudhara Kantroo, and Rebecca E Grinter. Let's play!: mobile health games for adults. In *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing*, pp. 241-250. ACM, 2010.
- [8] 東京電力. 契約電力の決定方法 (実量制). <http://www.tepco.co.jp/e-rates/corporate/data/decision/index-j.html>.
- [9] 中村仁美, 上山芳隆, 荒川豊, 安本慶一. 快適度を下げずに電力ピークシフトに貢献する行動を学習可能なシリアスゲームの提案. 情報処理学会研究報告. MBL,[モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会研究報告], Vol. 2014, No. 25, pp. 1-7, 2014.