

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7275547号
(P7275547)

(45)発行日 令和5年5月18日(2023.5.18)

(24)登録日 令和5年5月10日(2023.5.10)

(51)国際特許分類	F I			
G 0 6 Q 50/06 (2012.01)	G 0 6 Q 50/06			
H 0 2 J 13/00 (2006.01)	H 0 2 J 13/00	3 1 1 T		
H 0 2 J 3/14 (2006.01)	H 0 2 J 13/00	3 0 1 A		
	H 0 2 J 3/14	1 6 0		

請求項の数 6 (全40頁)

(21)出願番号	特願2018-225079(P2018-225079)	(73)特許権者	000006105 株式会社明電舎 東京都品川区大崎2丁目1番1号
(22)出願日	平成30年11月30日(2018.11.30)	(74)代理人	100086232 弁理士 小林 博通
(65)公開番号	特開2020-87281(P2020-87281A)	(74)代理人	100092613 弁理士 富岡 潔
(43)公開日	令和2年6月4日(2020.6.4)	(74)代理人	100104938 弁理士 鶴澤 英久
審査請求日	令和3年2月3日(2021.2.3)	(74)代理人	100210240 弁理士 太田 友幸
前置審査		(72)発明者	津久井 哲也 東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式 会社明電舎内
		審査官	後藤 昂彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電力削減要請配分最適化装置および電力削減要請配分最適化方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

システム運用者からの電力削減要請に応じて、配下の複数の電力需要家のいずれかに電力削減を要請するアグリゲータシステムにおいて、

前記システム運用者およびアグリゲータの間で結ばれた電力削減契約情報と、アグリゲータおよび各電力需要家の間で結ばれた電力削減契約情報を収集する電力削減契約情報取得手段と、

前記電力削減契約情報取得手段により収集された電力削減契約情報に基づいて、電力削減要請回数が公平となる電力削減要請先の需要家を選定する電力削減要請先選定手段と、

前記電力削減契約情報取得手段により収集された電力削減契約情報に基づいて、前記選定された電力削減要請先の需要家の電力削減要請量を決定する電力削減要請量決定手段と、を備え、

前記電力削減要請先選定手段は、複数にグループ分けした需要家グループの範囲から電力削減要請先を選定するものであり、前記選定された電力削減要請先における要請累計回数の、需要家グループ内での平均値を基準とし、選定された各需要家についての電力削減要請累計回数と、前記平均値との絶対値差が許容定数値を超えないように選定する第1の選定方式と、

前記システム運用者からの電力削減要請回数の増加にともなって変化する、需要家グループに含まれる需要家の選定優先順位を示す輪番順を定義し、前記輪番順に沿って需要家グループに含まれる需要家の選定を行う第2の選定方式とを、

10

20

前記需要家グループの範囲に対して選択することを特徴とする電力削減要請配分最適化装置。

【請求項 2】

前記電力削減要請先選定手段が第 2 の選定方式を選択した場合に、前記電力削減要請先選定手段および電力削減要請量決定手段は、

式 (1) で定義されるアグリゲータの収益 $y_{benefit}$ を目的関数とし、式 (2) ~ 式 (5) および式 (8)、式 (9) を制約条件として前記目的関数を最大化するよう数理計画法を実行することで、前記電力削減要請先の需要家の選定と電力削減要請量の決定を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の電力削減要請配分最適化装置。

【数 1】

10

$$y_{benefit} = \sum_{t \in T_a} \left(y_a[t] - \sum_{i=1}^N y_{b,i}[t] \right) \quad \dots (1)$$

20

【数 2】

$$y_a[t] = \begin{cases} 0 & (l_a[t] < 0) \\ l_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (0 \leq l_a[t] < L_a[t]) \\ L_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (L_a[t] \leq l_a[t]) \end{cases} \quad (t \in T_a) \quad \dots (2)$$

30

【数 3】

$$y_{b,i}[t] = \begin{cases} l_{b,i}[t] \cdot \beta_{B,i} \Delta T & (t \in T_a \cap T_{B,i}) \\ 0 & (\text{上記以外の} t) \end{cases} \quad \dots (3)$$

40

【数 4】

50

$$\begin{aligned} 0 \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \quad (t \in \mathbf{T}_a) \\ (z_{b,i}[t] \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \cdot z_{b,i}[t]) \end{aligned} \quad \dots (4)$$

10

【数 5】

$$l_a[t] = \sum_{i=1}^N l_{b,i}[t] \quad \dots (5)$$

20

【数 8】

$$m = ((n - 1 + S_0) \bmod N_G) + 1 \quad \dots (8)$$

30

【数 9】

$$z_{b,p_g(m)}[t] \geq z_{b,p_g(m+1)}[t] \quad (t \in \mathbf{T}_a, g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (9)$$

40

(但し、 $y_a[t]$ は時間帯 t において系統運用者が受け取る額、 $y_{b,i}[t]$ は時間帯 t において需要家 i へ支払う額、 $L_a[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減時間帯 t における削減要請量、 $l_a[t]$ はアグリゲータとしての電力削減時間帯 t における削

50

減目標量、 β_A は系統運用者からアグリゲータが受け取る補償単価、 T_a は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請における削減要請時間帯、 $l_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請の削減時間帯における需要家*i*への削減要請量、 $l_{maxB,i}$ はアグリゲータと需要家*i*の間の電力削減契約の中の契約電力削減容量、 $z_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請に対する、アグリゲータから需要家*i*への削減要請有無の変数、 g は需要家グループのグループ番号、 n は需要家グループに含まれる需要家につけられた順番、 S_0 は系統運用者の電力削減要請回数、 m は電力削減要請回数 S_0 の増加に伴って変化する輪番順、 mod は剰余の演算子、式(8)の N_g は需要家グループ*g*に含まれる需要家の総数、式(9)の N_g は需要家グループ*g*の総数、 P_g は需要家グループ*g*に含まれる需要家の順番*n*から需要家の識別番号を求める関数であり、式(8)、式(9)は、電力削減要請回数 S_0 によって輪番順*m*が形成され、式(8)で決定される輪番順に沿って需要家グループに含まれる需要家が選定されることを示す)

10

【請求項3】

前記電力削減要請先選定手段が第1の選定方式を選択した場合に、前記電力削減要請先選定手段および電力削減要請量決定手段は、

式(1)で定義されるアグリゲータの収益 $y_{benefit}$ を目的関数とし、式(2)~式(5)および式(10)、式(11)を制約条件として前記目的関数を最大化するよう数理計画法を実行することで、前記電力削減要請先の需要家の選定と電力削減要請量の決定を行うことを特徴とする請求項1に記載の電力削減要請配分最適化装置。

【数1】

20

$$y_{benefit} = \sum_{t \in T_a} \left(y_a[t] - \sum_{i=1}^N y_{b,i}[t] \right) \quad \dots (1)$$

30

【数2】

$$y_a[t] = \begin{cases} 0 & (l_a[t] < 0) \\ l_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (0 \leq l_a[t] < L_a[t]) \\ L_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (L_a[t] \leq l_a[t]) \end{cases} \quad (t \in T_a) \quad \dots (2)$$

40

【数3】

50

$$y_{b,i}[t] = \begin{cases} l_{b,i}[t] \cdot \beta_{B,i} \Delta T & (t \in \mathbf{T}_a \cap \mathbf{T}_{B,i}) \\ 0 & (\text{上記以外の } t) \end{cases} \quad \dots (3)$$

10

【数 4】

$$\begin{aligned} 0 \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} & \quad (t \in \mathbf{T}_a) \\ (z_{b,i}[t] \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \cdot z_{b,i}[t]) & \quad \dots (4) \end{aligned}$$

20

【数 5】

$$l_a[t] = \sum_{i=1}^N l_{b,i}[t] \quad \dots (5)$$

30

【数 10】

$$\bar{s}_g = \sum_{i \in \mathbf{G}_{B,g}} S_i / \sum_{i \in \mathbf{G}_{B,g}} 1 \quad (g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (10)$$

40

【数 11】

50

$$-\varepsilon_{S_g} \leq (S_i + z_i) - \overline{S_g} \leq \varepsilon_{S_g} \quad (\forall i \in G_{B,g}, \forall g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (11)$$

10

(但し、 $y_a[t]$ は時間帯 t において系統運用者が受け取る額、 $y_{b,i}[t]$ は時間帯 t において需要家 i へ支払う額、 $L_a[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減時間帯 t における削減要請量、 $l_a[t]$ はアグリゲータとしての電力削減時間帯 t における削減目標量、 A は系統運用者からアグリゲータが受け取る補償単価、 T_a は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請における削減要請時間帯、 $l_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請の削減時間帯における需要家 i への削減要請量、 $l_{maxB,i}$ はアグリゲータと需要家 i の間の電力削減契約の中の契約電力削減容量、 $z_{b,i}[t]$ 、 z_i は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請に対する、アグリゲータから需要家 i への削減要請有無の変数、 S_g はアグリゲータから需要家グループ g に含まれる需要家への電力削減要請累計回数 S_i の平均値、 $G_{B,g}$ は需要家グループ g の集合、 s_g は許容定数値)

20

【請求項 4】

系統運用者からの電力削減要請に応じて、配下の複数の電力需要家のいずれかに電力削減を要請するアグリゲータシステムにおいて、

電力削減契約情報取得手段が、前記系統運用者およびアグリゲータの間で結ばれた電力削減契約情報と、アグリゲータおよび各電力需要家の間で結ばれた電力削減契約情報を収集する電力削減契約情報取得ステップと、

電力削減要請先選定手段が、前記電力削減契約情報取得手段により収集された電力削減契約情報に基づいて、電力削減要請回数が公平となる電力削減要請先の需要家を選定する電力削減要請先選定ステップと、

30

電力削減要請量決定手段が、前記電力削減契約情報取得手段により収集された電力削減契約情報に基づいて、前記選定された電力削減要請先の需要家の電力削減要請量を決定する電力削減要請量決定ステップと、を備え、

前記電力削減要請先選定ステップは、複数にグループ分けした需要家グループの範囲から電力削減要請先を選定するものであり、前記選定された電力削減要請先における要請累計回数の、需要家グループ内での平均値を基準とし、選定された各需要家についての電力削減要請累計回数と、前記平均値との絶対値差が許容定数値を超えないように選定する第 1 の選定方式と、

前記系統運用者からの電力削減要請回数の増加にともなって変化する、需要家グループに含まれる需要家の選定優先順位を示す輪番順を定義し、前記輪番順に沿って需要家グループに含まれる需要家の選定を行う第 2 の選定方式とを、

40

前記需要家グループの範囲に対して選択することを特徴とする電力削減要請配分最適化方法。

【請求項 5】

前記電力削減要請先選定ステップが第 2 の選定方式を選択した場合に、前記電力削減要請先選定ステップおよび電力削減要請量決定ステップは、

式 (1) で定義されるアグリゲータの収益 $y_{benefit}$ を目的関数とし、式 (2) ~ 式 (5) および式 (8)、式 (9) を制約条件として前記目的関数を最大化するよう数理計画法を実行することで、前記電力削減要請先の需要家の選定と電力削減要請量の決定を

50

行うことを特徴とする請求項 4 に記載の電力削減要請配分最適化方法。

【数 1】

$$y_{benefit} = \sum_{t \in \mathbf{T}_a} \left(y_a[t] - \sum_{i=1}^N y_{b,i}[t] \right) \quad \dots (1)$$

10

【数 2】

$$y_a[t] = \begin{cases} 0 & (l_a[t] < 0) \\ l_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (0 \leq l_a[t] < L_a[t]) \\ L_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (L_a[t] \leq l_a[t]) \end{cases} \quad (t \in \mathbf{T}_a) \quad \dots (2)$$

20

【数 3】

$$y_{b,i}[t] = \begin{cases} l_{b,i}[t] \cdot \beta_{B,i} \Delta T & (t \in \mathbf{T}_a \cap \mathbf{T}_{B,i}) \\ 0 & (\text{上記以外の } t) \end{cases} \quad \dots (3)$$

30

【数 4】

$$\begin{cases} 0 \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} & (t \in \mathbf{T}_a) \\ (z_{b,i}[t] \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \cdot z_{b,i}[t]) \end{cases} \quad \dots (4)$$

40

【数 5】

50

$$l_a[t] = \sum_{i=1}^N l_{b,i}[t] \quad \dots (5)$$

10

【数 8】

$$m = ((n - 1 + S_0) \bmod N_G) + 1 \quad \dots (8)$$

20

【数 9】

$$z_{b,p_g(m)}[t] \geq z_{b,p_g(m+1)}[t] \quad (t \in T_a, g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (9)$$

30

(但し、 $y_a[t]$ は時間帯 t において系統運用者が受け取る額、 $y_{b,i}[t]$ は時間帯 t において需要家 i へ支払う額、 $L_a[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減時間帯 t における削減要請量、 $l_a[t]$ はアグリゲータとしての電力削減時間帯 t における削減目標量、 P_A は系統運用者からアグリゲータが受け取る補償単価、 T_a は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請における削減要請時間帯、 $l_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請の削減時間帯における需要家 i への削減要請量、 $l_{max B,i}$ はアグリゲータと需要家 i の間の電力削減契約の中の契約電力削減容量、 $z_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請に対する、アグリゲータから需要家 i への削減要請有無の変数、 g は需要家グループのグループ番号、 n は需要家グループに含まれる需要家につけられた順番、 S_0 は系統運用者の電力削減要請回数、 m は電力削減要請回数 S_0 の増加に伴って変化する輪番順、 \bmod は剰余の演算子、式(8)の N_G は需要家グループ g に含まれる需要家の総数、式(9)の N_G は需要家グループ g の総数、 P_g は需要家グループ g に含まれる需要家の順番 n から需要家の識別番号を求める関数であり、式(8)、式(9)は、電力削減要請回数 S_0 によって輪番順 m が形成され、式(8)で決定される輪番順に沿って需要家グループに含まれる需要家が選定されることを示す)

40

50

【請求項 6】

前記電力削減要請先選定ステップが第 1 の選定方式を選択した場合に、前記電力削減要請先選定ステップおよび電力削減要請量決定ステップは、

式 (1) で定義されるアグリゲータの収益 $y_{benefit}$ を目的関数とし、式 (2) ~ 式 (5) および式 (10)、式 (11) を制約条件として前記目的関数を最大化するよう数理計画法を実行することで、前記電力削減要請先の需要家の選定と電力削減要請量の決定を行うことを特徴とする請求項 4 に記載の電力削減要請配分最適化方法。

【数 1】

10

$$y_{benefit} = \sum_{t \in \mathbf{T}_a} \left(y_a[t] - \sum_{i=1}^N y_{b,i}[t] \right) \quad \dots (1)$$

【数 2】

20

$$y_a[t] = \begin{cases} 0 & (l_a[t] < 0) \\ l_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (0 \leq l_a[t] < L_a[t]) \\ L_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (L_a[t] \leq l_a[t]) \end{cases} \quad (t \in \mathbf{T}_a) \quad \dots (2)$$

30

【数 3】

$$y_{b,i}[t] = \begin{cases} l_{b,i}[t] \cdot \beta_{B,i} \Delta T & (t \in \mathbf{T}_a \cap \mathbf{T}_{B,i}) \\ 0 & (\text{上記以外の } t) \end{cases} \quad \dots (3)$$

40

【数 4】

50

$$\begin{aligned} 0 \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \quad (t \in \mathbf{T}_a) \\ (z_{b,i}[t] \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \cdot z_{b,i}[t]) \end{aligned} \quad \dots (4)$$

10

【数 5】

$$l_a[t] = \sum_{i=1}^N l_{b,i}[t] \quad \dots (5)$$

20

【数 10】

$$\bar{s}_g = \sum_{i \in \mathbf{G}_{B,g}} S_i / \sum_{i \in \mathbf{G}_{B,g}} 1 \quad (g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (10)$$

30

【数 11】

$$-\varepsilon_{S_g} \leq (S_i + z_i) - \bar{s}_g \leq \varepsilon_{S_g} \quad (\forall i \in \mathbf{G}_{B,g}, \forall g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (11)$$

40

(但し、 $y_a[t]$ は時間帯 t において系統運用者が受け取る額、 $y_{b,i}[t]$ は時間帯 t において需要家 i へ支払う額、 $L_a[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減時間帯 t における削減要請量、 $l_a[t]$ はアグリゲータとしての電力削減時間帯 t における削

50

減目標量、 T_a は系統運用者からアグリゲータが受け取る補償単価、 T_a は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請における削減要請時間帯、 $l_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請の削減時間帯における需要家*i*への削減要請量、 $l_{maxB,i}$ はアグリゲータと需要家*i*の間の電力削減契約の中の契約電力削減容量、 $z_{b,i}[t]$ 、 z_i は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請に対する、アグリゲータから需要家*i*への削減要請有無の変数、 S_g はアグリゲータから需要家グループ*g*に含まれる需要家への電力削減要請累計回数 S_i の平均値、 $G_{B,g}$ は需要家グループ*g*の集合、 s_g は許容定数値)

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、多くの需要家を束ねて大きな電力削減効果を得る計算機システムに係り、そのために個別に削減を要請する需要家の決定とその削減量の配分計算に関するものである。

【背景技術】

【0002】

電力削減要請の配分を最適化する従来の最適化システムは、例えば特許文献1に記載のものが提案されていた。特許文献1では、電力削減を要請する需要家の組み合わせを決定する方法として、過去に実施した各需要家への電力削減要請の達成実績を統計処理し、その達成の不確実度を最小とするような需要家の組み合わせを選択する、といった方式が採られている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2015-104137号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

そもそも「電力削減要請」は、電力需要逼迫に対応するための緊急・一時的措置であり、発動される頻度としては例えば日本の気象上言えば全国的に猛暑日・真冬日を記録する日などに限られ、およそ年間で多くても合わせて30日程度と推定される。

30

【0005】

特許文献1では、電力削減要請の達成不確実度を統計的に算出する方式を提案しているが、実際の運用では高々数日程度の標本値を元に分散や標準偏差を計算して不確実度を求める場合も想定され、統計処理としては適切とはいえず、これを元に決定する需要家の組み合わせの最適性には疑問がある。

【0006】

また、電力削減要請の多くはデマンドレスポンス(以下、DRと称することもある)、つまり対価を支払う仕組みで実施されるわけであるが、需要家にいろいろな形(例えば電灯消灯・空調抑制・エスカレータ停止等)での不利益を強いることに対するこの対価の性質は「報酬」というよりは「補償」である。

40

【0007】

したがって需要家から見れば、いくら補償があるとはいえ、できるだけ要請されることが少ないほうが望ましいと考えられる。しかしながら特許文献1の方式ではそのような配慮はなく、むしろ電力削減の達成成績が良い需要家に対し偏って要請する方向となり、需要家が不公平感を感じるおそれがある。

【0008】

本発明は上記課題を解決するものであり、その目的は、各需要家に対する電力削減要請を、より公平に行うことができる電力削減要請配分最適化装置、方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決するための請求項 1 に記載の電力削減要請配分最適化装置は、
 系統運用者からの電力削減要請に応じて、配下の複数の電力需要家のいずれかに電力削減
 を要請するアグリゲータシステムにおいて、

前記系統運用者およびアグリゲータの間で結ばれた電力削減契約情報と、アグリゲータ
 および各電力需要家の間で結ばれた電力削減契約情報を収集する電力削減契約情報取得手
 段と、

前記電力削減契約情報取得手段により収集された電力削減契約情報に基づいて、電力削
 減要請回数が公平となる電力削減要請先の需要家を選定する電力削減要請先選定手段と、

前記電力削減契約情報取得手段により収集された電力削減契約情報に基づいて、前記選
 定された電力削減要請先の需要家の電力削減要請量を決定する電力削減要請量決定手段と
 、を備え、

前記電力削減要請先選定手段は、複数にグループ分けした需要家グループの範囲から電
 力削減要請先を選定するものであり、前記選定された電力削減要請先における要請累計回
 数の、需要家グループ内での平均値を基準とし、選定された各需要家についての電力削減
 要請累計回数と、前記平均値との絶対値差が許容定数値を超えないように選定する第 1 の
 選定方式と、

前記系統運用者からの電力削減要請回数の増加にともなって変化する、需要家グループに
 含まれる需要家の選定優先順位を示す輪番順を定義し、前記輪番順に沿って需要家グルー
 プに含まれる需要家の選定を行う第 2 の選定方式とを、

前記需要家グループの範囲に対して選択することを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

請求項 2 に記載の電力削減要請配分最適化装置は、請求項 1 において、

前記電力削減要請先選定手段が第 2 の選定方式を選択した場合に、前記電力削減要請先
 選定手段および電力削減要請量決定手段は、

式 (1) で定義されるアグリゲータの収益 $y_{benefit}$ を目的関数とし、式 (2) ~
 式 (5) および式 (8)、式 (9) を制約条件として前記目的関数を最大化するよう数理
 計画法を実行することで、前記電力削減要請先の需要家の選定と電力削減要請量の決定を
 行うことを特徴とする。

【 数 1 】

$$y_{benefit} = \sum_{t \in T_a} \left(y_a[t] - \sum_{i=1}^N y_{b,i}[t] \right) \quad \dots (1)$$

【 数 2 】

10

20

30

40

50

$$y_a[t] = \begin{cases} 0 & (l_a[t] < 0) \\ l_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (0 \leq l_a[t] < L_a[t]) \\ L_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (L_a[t] \leq l_a[t]) \end{cases} \quad (t \in \mathbf{T}_a) \quad \dots (2)$$

10

【数 3】

$$y_{b,i}[t] = \begin{cases} l_{b,i}[t] \cdot \beta_{B,i} \Delta T & (t \in \mathbf{T}_a \cap \mathbf{T}_{B,i}) \\ 0 & (\text{上記以外の } t) \end{cases} \quad \dots (3)$$

20

【数 4】

$$\begin{aligned} 0 \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} & \quad (t \in \mathbf{T}_a) \\ (z_{b,i}[t] \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \cdot z_{b,i}[t]) & \quad \dots (4) \end{aligned}$$

30

【数 5】

$$l_a[t] = \sum_{i=1}^N l_{b,i}[t] \quad \dots (5)$$

40

【数 8】

50

$$m = ((n - 1 + S_0) \bmod N_G) + 1 \quad \dots (8)$$

10

【数 9】

$$z_{b,p_g(m)}[t] \geq z_{b,p_g(m+1)}[t] \quad (t \in T_a, g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (9)$$

20

(但し、 $y_a[t]$ は時間帯 t において系統運用者が受け取る額、 $y_{b,i}[t]$ は時間帯 t において需要家 i へ支払う額、 $L_a[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減時間帯 t における削減要請量、 $l_a[t]$ はアグリゲータとしての電力削減時間帯 t における削減目標量、 P_a は系統運用者からアグリゲータが受け取る補償単価、 T_a は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請における削減要請時間帯、 $l_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請の削減時間帯における需要家 i への削減要請量、 $l_{max,b,i}$ はアグリゲータと需要家 i の間の電力削減契約の中の契約電力削減容量、 $z_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請に対する、アグリゲータから需要家 i への削減要請有無の変数、 g は需要家グループのグループ番号、 n は需要家グループに含まれる需要家につけられた順番、 S_0 は系統運用者の電力削減要請回数、 m は電力削減要請回数 S_0 の増加に伴って変化する輪番順、 \bmod は剰余の演算子、式(8)の N_G は需要家グループ g に含まれる需要家の総数、式(9)の N_G は需要家グループ g の総数、 P_g は需要家グループ g に含まれる需要家の順番 n から需要家の識別番号を求める関数であり、式(8)、式(9)は、電力削減要請回数 S_0 によって輪番順 m が形成され、式(8)で決定される輪番順に沿って需要家グループに含まれる需要家が選定されることを示す)

30

【0011】

請求項3に記載の電力削減要請配分最適化装置は、請求項1において、

40

前記電力削減要請先選定手段が第1の選定方式を選択した場合に、前記電力削減要請先選定手段および電力削減要請量決定手段は、

式(1)で定義されるアグリゲータの収益 $y_{benefit}$ を目的関数とし、式(2)～式(5)および式(10)、式(11)を制約条件として前記目的関数を最大化するよう数理計画法を実行することで、前記電力削減要請先の需要家の選定と電力削減要請量の決定を行うことを特徴としている。

【数 1】

50

$$y_{benefit} = \sum_{t \in \mathbf{T}_a} \left(y_a[t] - \sum_{i=1}^N y_{b,i}[t] \right) \quad \dots (1)$$

10

【数 2】

$$y_a[t] = \begin{cases} 0 & (l_a[t] < 0) \\ l_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (0 \leq l_a[t] < L_a[t]) \\ L_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (L_a[t] \leq l_a[t]) \end{cases} \quad (t \in \mathbf{T}_a) \quad \dots (2)$$

20

【数 3】

$$y_{b,i}[t] = \begin{cases} l_{b,i}[t] \cdot \beta_{B,i} \Delta T & (t \in \mathbf{T}_a \cap \mathbf{T}_{B,i}) \\ 0 & (\text{上記以外の } t) \end{cases} \quad \dots (3)$$

30

【数 4】

$$\begin{cases} 0 \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} & (t \in \mathbf{T}_a) \\ (z_{b,i}[t] \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \cdot z_{b,i}[t]) \end{cases} \quad \dots (4)$$

40

【数 5】

50

$$l_a[t] = \sum_{i=1}^N l_{b,i}[t] \quad \dots (5)$$

10

【数 1 0】

$$\bar{s}_g = \sum_{i \in G_{B,g}} S_i / \sum_{i \in G_{B,g}} 1 \quad (g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (10)$$

20

【数 1 1】

$$-\varepsilon_{S_g} \leq (S_i + z_i) - \bar{s}_g \leq \varepsilon_{S_g} \quad (\forall i \in G_{B,g}, \forall g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (11)$$

30

(但し、 $y_a[t]$ は時間帯 t において系統運用者が受け取る額、 $y_{b,i}[t]$ は時間帯 t において需要家 i へ支払う額、 $L_a[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減時間帯 t における削減要請量、 $l_a[t]$ はアグリゲータとしての電力削減時間帯 t における削減目標量、 A は系統運用者からアグリゲータが受け取る補償単価、 T_a は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請における削減要請時間帯、 $l_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請の削減時間帯における需要家 i への削減要請量、 $l_{maxB,i}$ はアグリゲータと需要家 i の間の電力削減契約の中の契約電力削減容量、 $z_{b,i}[t]$ 、 z_i は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請に対する、アグリゲータから需要家 i への削減要請有無の変数、 S_g はアグリゲータから需要家グループ g に含まれる需要家への電力削減要請累計回数 S_i の平均値、 $G_{B,g}$ は需要家グループ g の集合、 s_g は許容定数値)

40

【0 0 4 0】

請求項 4 に記載の電力削減要請配分最適化方法は、
系統運用者からの電力削減要請に応じて、配下の複数の電力需要家のいずれかに電力削減を要請するアグリゲータシステムにおいて、

50

電力削減契約情報取得手段が、前記系統運用者およびアグリゲータの間で結ばれた電力削減契約情報と、アグリゲータおよび各電力需要家の間で結ばれた電力削減契約情報を収集する電力削減契約情報取得ステップと、

電力削減要請先選定手段が、前記電力削減契約情報取得手段により収集された電力削減契約情報に基づいて、電力削減要請回数が公平となる電力削減要請先の需要家を選定する電力削減要請先選定ステップと、

電力削減要請量決定手段が、前記電力削減契約情報取得手段により収集された電力削減契約情報に基づいて、前記選定された電力削減要請先の需要家の電力削減要請量を決定する電力削減要請量決定ステップと、を備え、

前記電力削減要請先選定ステップは、複数にグループ分けした需要家グループの範囲から電力削減要請先を選定するものであり、前記選定された電力削減要請先における要請累計回数の、需要家グループ内での平均値を基準とし、選定された各需要家についての電力削減要請累計回数と、前記平均値との絶対値差が許容定数値を超えないように選定する第1の選定方式と、

前記系統運用者からの電力削減要請回数の増加にともなって変化する、需要家グループに含まれる需要家の選定優先順位を示す輪番順を定義し、前記輪番順に沿って需要家グループに含まれる需要家の選定を行う第2の選定方式とを、

前記需要家グループの範囲に対して選択することを特徴としている。

【0041】

請求項5に記載の電力削減要請配分最適化方法は、請求項4において、前記電力削減要請先選定ステップが第2の選定方式を選択した場合に、前記電力削減要請先選定ステップおよび電力削減要請量決定ステップは、

式(1)で定義されるアグリゲータの収益 $y_{benefit}$ を目的関数とし、式(2)～式(5)および式(8)、式(9)を制約条件として前記目的関数を最大化するよう数理計画法を実行することで、前記電力削減要請先の需要家の選定と電力削減要請量の決定を行うことを特徴とする。

【数1】

$$y_{benefit} = \sum_{t \in T_a} \left(y_a[t] - \sum_{i=1}^N y_{b,i}[t] \right) \quad \dots (1)$$

【数2】

$$y_a[t] = \begin{cases} 0 & (l_a[t] < 0) \\ l_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (0 \leq l_a[t] < L_a[t]) \\ L_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (L_a[t] \leq l_a[t]) \end{cases} \quad (t \in T_a) \quad \dots (2)$$

10

20

30

40

50

【数 3】

$$y_{b,i}[t] = \begin{cases} l_{b,i}[t] \cdot \beta_{B,i} \Delta T & (t \in \mathbf{T}_a \cap \mathbf{T}_{B,i}) \\ 0 & (\text{上記以外の } t) \end{cases} \quad \dots (3)$$

10

【数 4】

$$\begin{aligned} 0 \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} & \quad (t \in \mathbf{T}_a) \\ (z_{b,i}[t] \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \cdot z_{b,i}[t]) & \quad \dots (4) \end{aligned}$$

20

【数 5】

$$l_a[t] = \sum_{i=1}^N l_{b,i}[t] \quad \dots (5)$$

30

【数 8】

$$m = ((n - 1 + S_0) \bmod N_G) + 1 \quad \dots (8)$$

40

【数 9】

50

$$z_{b,p_g(m)}[t] \geq z_{b,p_g(m+1)}[t] \quad (t \in T_a, g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (9)$$

10

(但し、 $y_a[t]$ は時間帯 t において系統運用者が受け取る額、 $y_{b,i}[t]$ は時間帯 t において需要家 i へ支払う額、 $L_a[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減時間帯 t における削減要請量、 $l_a[t]$ はアグリゲータとしての電力削減時間帯 t における削減目標量、 C_A は系統運用者からアグリゲータが受け取る補償単価、 T_a は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請における削減要請時間帯、 $l_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請の削減時間帯における需要家 i への削減要請量、 $l_{maxB,i}$ はアグリゲータと需要家 i の間の電力削減契約の中の契約電力削減容量、 $z_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請に対する、アグリゲータから需要家 i への削減要請有無の変数、 g は需要家グループのグループ番号、 n は需要家グループに含まれる需要家につけられた順番、 S_0 は系統運用者の電力削減要請回数、 m は電力削減要請回数 S_0 の増加に伴って変化する輪番順、 mod は剰余の演算子、式(8)の N_G は需要家グループ g に含まれる需要家の総数、式(9)の N_G は需要家グループ g の総数、 P_g は需要家グループ g に含まれる需要家の順番 n から需要家の識別番号を求める関数であり、式(8)、式(9)は、電力削減要請回数 S_0 によって輪番順 m が形成され、式(8)で決定される輪番順に沿って需要家グループに含まれる需要家が選定されることを示す)

20

【0042】

請求項6に記載の電力削減要請配分最適化方法は、請求項4において、前記電力削減要請先選定ステップが第1の選定方式を選択した場合に、前記電力削減要請先選定ステップおよび電力削減要請量決定ステップは、

30

式(1)で定義されるアグリゲータの収益 $y_{benefit}$ を目的関数とし、式(2)~式(5)および式(10)、式(11)を制約条件として前記目的関数を最大化するよう数理計画法を実行することで、前記電力削減要請先の需要家の選定と電力削減要請量の決定を行うことを特徴としている。

【数1】

$$y_{benefit} = \sum_{t \in T_a} \left(y_a[t] - \sum_{i=1}^N y_{b,i}[t] \right) \quad \dots (1)$$

40

【数2】

50

$$y_a[t] = \begin{cases} 0 & (l_a[t] < 0) \\ l_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (0 \leq l_a[t] < L_a[t]) \\ L_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (L_a[t] \leq l_a[t]) \end{cases} \quad (t \in \mathbf{T}_a) \quad \dots (2)$$

10

【数 3】

$$y_{b,i}[t] = \begin{cases} l_{b,i}[t] \cdot \beta_{B,i} \Delta T & (t \in \mathbf{T}_a \cap \mathbf{T}_{B,i}) \\ 0 & (\text{上記以外の } t) \end{cases} \quad \dots (3)$$

20

【数 4】

$$\begin{aligned} 0 \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} & \quad (t \in \mathbf{T}_a) \\ z_{b,i}[t] \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \cdot z_{b,i}[t] & \quad \dots (4) \end{aligned}$$

30

【数 5】

$$l_a[t] = \sum_{i=1}^N l_{b,i}[t] \quad \dots (5)$$

40

【数 10】

50

$$\bar{S}_g = \sum_{i \in \mathbf{G}_{B,g}} S_i / \sum_{i \in \mathbf{G}_{B,g}} 1 \quad (g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (10)$$

10

【数 1 1】

$$-\varepsilon_{S_g} \leq (S_i + z_i) - \bar{S}_g \leq \varepsilon_{S_g} \quad (\forall i \in \mathbf{G}_{B,g}, \forall g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (11)$$

20

(但し、 $y_a[t]$ は時間帯 t において系統運用者が受け取る額、 $y_{b,i}[t]$ は時間帯 t において需要家 i へ支払う額、 $L_a[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減時間帯 t における削減要請量、 $l_a[t]$ はアグリゲータとしての電力削減時間帯 t における削減目標量、 α_A は系統運用者からアグリゲータが受け取る補償単価、 T_a は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請における削減要請時間帯、 $l_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請の削減時間帯における需要家 i への削減要請量、 $l_{max B,i}$ はアグリゲータと需要家 i の間の電力削減契約の中の契約電力削減容量、 $z_{b,i}[t]$ 、 z_i は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請に対する、アグリゲータから需要家 i への削減要請有無の変数、 S_g はアグリゲータから需要家グループ g に含まれる需要家への電力削減要請累計回数 S_i の平均値、 $\mathbf{G}_{B,g}$ は需要家グループ g の集合、 ε_{S_g} は許容定数値)

30

【発明の効果】

【0043】

(1) 請求項 1 ~ 6 に記載の発明によれば、特定の電力需要家に電力削減要請が集中することなく、より公平に電力削減要請先を選定することができる。このため、需要家側の不公平感を解消することができる。また、全ての電力需要家の中から電力削減要請先を選定するのではなく、グループ分けした需要家グループの範囲内にある需要家の中から選定

40

【0044】

このため、実際の電力需要家の契約電力には様々な規模(大口、小口など)があるなか、例えば小口の電力需要家のみを対象として、より公平に電力削減要請先を選定することができる。また、各需要家について、電力削減要請回数の、累計回数の需要家平均値から多いか少ないかは、許容定数値を超えない範囲に抑えることができる。また、電力削減要請回数が多い需要家グループ内の需要家の選定優先順位を、電力削減要請回数が少ない需要家グループ内の需要家よりも低くする(選定の順番を遅くする)ことができる。

【0045】

これによって、電力削減の達成成績の良い需要家(すなわち電力削減要請回数が多い需

50

要家) に対し偏って電力削減を要請するような、不公平な選定を防止することができる。また、複数の需要家グループのうちの、例えば各需要家グループの電力削減契約情報の違いなどに応じて、第1の選定方式又は第2の選定方式のどちらかを選択することができ、電力削減要請配分の最適化が図られる。

(2) 請求項2、3、5、6に記載の発明によれば、アグリゲータにおける収益を最大化することができる電力削減要請先の需要家の選定と、電力削減要請量の決定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明の、電力削減要請先を需要家単位で選定する実施形態例の全体構成図。 10

【図2】本発明の実施形態例における算出処理プログラムと入出力ファイルの構成図。

【図3】本発明の、電力削減要請先を需要家グループ単位で選定する実施形態例の全体構成図。

【発明を実施するための形態】

【0047】

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明するが、本発明は下記の実施形態例に限定されるものではない。まず、系統運用者からの電力削減要請に応じて、配下の複数の電力需要家のいずれかに電力削減を要請するアグリゲータの定義を、図1とともに説明する。

【0048】 20

アグリゲータ100は、1つの系統運用者200とのDR契約Aを結び、また複数の需要家1, 需要家2, ..., 需要家NとそれぞれDR契約B₁, B₂, ..., B_Nを結ぶ。

【0049】

アグリゲータ100は、系統運用者200からまとまった量の電力削減を要請(DR要請a)される。アグリゲータ100はこの要請に対して配下の各需要家に対し、契約DR容量に応じた適切な配分量の電力削減を要請(DR要請b₁, b₂, ...)することで、系統運用者200からの要請に応える。アグリゲータ100は、系統運用者200への要請に応えた対価として、需要家を束ねて実際に削減した電力量総量に対してDR契約Aで定めた単価を掛けた金額を補償金として受け取る(ただしDR要請aで要請された削減量を超えた分については受け取れない)。 30

【0050】

アグリゲータ100は一方で、需要家に要請して応えてもらった対価として、実際に削減してもらった電力量に対して、それぞれのDR契約B₁, B₂, ...で定めた単価を掛けた金額を補償金として当該需要家に支払う。

【0051】

前記アグリゲータ100は、例えば図示省略の電力管理システムを有しており、この電力管理システム内に、本実施形態例による電力削減要請配分最適化装置の各手段を備えている。

【0052】

電力削減要請配分最適化装置の各手段は、前記系統運用者200および各電力需要家1~Nとの間で各々結ばれた電力削減契約情報を収集する電力削減契約情報取得手段と、前記電力削減契約情報取得手段により収集された電力削減契約情報に基づいて、電力削減要請回数が公平となる電力削減要請先の需要家を選定する電力削減要請先選定手段と、前記電力削減契約情報取得手段により収集された電力削減契約情報に基づいて、前記選定された電力削減要請先の需要家の電力削減要請量を決定する電力削減要請量決定手段と、を備えている。 40

【実施例1】

【0053】

まず実施例1における、アグリゲータ100および系統運用者200間で結ばれるDR契約A、アグリゲータ100および各需要家1~N間で結ばれるDR契約B₁~B_N、系統 50

運用者 200 からアグリゲータ 100 への DR 要請 a 、アグリゲータ 100 から各需要家 $1 \sim N$ への DR 要請 $b_1 \sim b_N$ の内容について説明する。

【0054】

以下、 $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ は需要家の識別番号を表す。また、1日を30分刻み ($T = 0.5$ 時間) で区切り、その通番 t で時間帯を表し、その集合 $T = \{0, 1, 2, \dots, 47\}$ を定義する。時間帯 $t = 0$ は $0:00 - 0:30$ 、時間帯 $t = 1$ は $0:30 - 1:00$ 、... 時間帯 $t = 47$ は $23:30 - 0:00$ を表すものとする。

【0055】

DR 契約 A および B_i では、以下の契約 DR 容量、DR 対応可能時間帯、補償単価の条項が各々定められているものとする。

【0056】

【表 1】

DR 契約 A	
契約 DR 容量	$L_{\max A}$ [kW]
DR 対応可能時間帯	$T_A \in T$
補償単価	β_A [円/kWh]

10

20

【0057】

【表 2】

DR 契約 B_i	
契約 DR 容量	$L_{\max B,i}$ [kW]
DR 対応可能時間帯	$T_{B,i} \in T$
補償単価	$\beta_{B,i}$ [円/kWh]

30

【0058】

これら表 1、表 2 の各契約条項は、アグリゲータ 100 の電力削減契約情報取得手段が取得する。系統運用者 200 からアグリゲータ 100 への DR 要請では、次の表 3 に示す各要請項目をもって電力削減を要請する。そしてアグリゲータ 100 の電力削減要請量決定手段では、次の表 3、表 4 に示す各算出項目の最適値を算出するものである。

【0059】

40

50

【表 3】

DR 要請 a		
要請項目	削減時間帯	$t \in T_a \in T_A$
	削減時間帯毎の削減要請量	$L_a[t]$ [kW]
算出項目	削減時間帯毎の削減目標量	$l_a[t]$ [kW]

10

【 0 0 6 0 】

【表 4】

DR 要請 b _i		
算出項目	DR 要請 a に対する 需要家 i への削減要請有無 (1:有、0:無)	$z_{b,i}[t]$
	DR 要請 a の削減時間帯における、 需要家 i への削減要請量	$l_{b,i}[t]$ [kW]

20

【 0 0 6 1 】

尚、需要家への DR 要請の公平性を考慮するパラメータとして、需要家 i に対してこれまでに要請された DR の累計回数を S_i とする。

【 0 0 6 2 】

本実施例では、アグリゲータ 100 における収益を最大化することを目的として、需要家への削減要請量及び時間帯の最適配分を算出する。

【 0 0 6 3 】

アグリゲータ 100 の収益 $y_{benefit}$ は、系統運用者 200 から受け取る補償額から、各需要家 1 ~ N へ支払う補償額合計の差であり、以下の式 (1) ~ 式 (3) で表される。

30

【 0 0 6 4 】

【数 1】

$$y_{benefit} = \sum_{t \in T_a} \left(y_a[t] - \sum_{i=1}^N y_{b,i}[t] \right) \quad \dots (1)$$

40

【 0 0 6 5 】

【数 2】

50

$$y_a[t] = \begin{cases} 0 & (l_a[t] < 0) \\ l_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (0 \leq l_a[t] < L_a[t]) \\ L_a[t] \cdot \beta_A \Delta T & (L_a[t] \leq l_a[t]) \end{cases} \quad (t \in T_a) \quad \dots (2)$$

10

【 0 0 6 6 】

【数 3】

$$y_{b,i}[t] = \begin{cases} l_{b,i}[t] \cdot \beta_{B,i} \Delta T & (t \in T_a \cap T_{B,i}) \\ 0 & (\text{上記以外の} t) \end{cases} \quad \dots (3)$$

20

【 0 0 6 7 】

式(1)～式(3)において、 $y_a[t]$ は時間帯 t において系統運用者が受け取る額、 $y_{b,i}[t]$ は時間帯 t において需要家 i へ支払う額、 $L_a[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減時間帯 t における削減要請量、 $l_a[t]$ はアグリゲータとしての電力削減時間帯 t における削減目標量、 β_A は系統運用者からアグリゲータが受け取る補償単価、 T_a は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請における削減要請時間帯、 $l_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請の削減時間帯 t における需要家 i への削減要請量である。

30

【 0 0 6 8 】

需要家 i への支払いは、式(3)の右辺上段が示すように、DR要請 a における削減要請時間帯 T_a の中で、契約 b_i の中でDR対応可能としている時間帯 $T_{b,i}$ に関わる部分で削減された場合にその義務が生じること留意する。

【 0 0 6 9 】

尚、需要家への削減要請量は、契約DR容量を上回らないように計画する。削減要請有無の変数 $z_{b,i}[t]$ を含めて次の式(4)が成り立つ。

【 0 0 7 0 】

【数 4】

40

50

$$\begin{aligned} 0 \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \quad (t \in T_a) \\ (z_{b,i}[t] \leq l_{b,i}[t] \leq L_{\max B,i} \cdot z_{b,i}[t]) \end{aligned} \quad \dots (4)$$

10

【 0 0 7 1 】

式(4)中の $L_{\max B,i}$ はアグリゲータと需要家*i*の間の電力削減契約の中の契約電力削減容量、 $z_{b,i}[t]$ は系統運用者からアグリゲータへの電力削減要請に対する、アグリゲータから需要家*i*への削減要請有無の変数である。

【 0 0 7 2 】

全需要家の削減要請量の合計はその定義により、次の式(5)に示すアグリゲータとしての削減目標量 $l_a[t]$ となる。

【 0 0 7 3 】

【数5】

20

$$l_a[t] = \sum_{i=1}^N l_{b,i}[t] \quad \dots (5)$$

30

【 0 0 7 4 】

ここで、アグリゲータ100の電力削減要請先選定手段は、各需要家への削減要請について、その回数をなるべく公平にするように決定する制約を加える。本実施例では以下のようにする。

【 0 0 7 5 】

式(6)に示す要請累計回数 S_i の需要家平均値(S)を基準とし、各需要家について、今回の算出計算で要請するとした場合の要請累計回数と前記需要家平均値との絶対値差が、式(7)のようにある許容定数値 s を超えないように削減要請有無の変数 $z_{b,i}$ を決定する(第1の選定方式)。すなわち、電力削減要請回数が公平となる電力削減要請先の需要家を選定する。

40

【 0 0 7 6 】

【数6】

50

$$\bar{S} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i \quad \dots (6)$$

10

【 0 0 7 7 】

【 数 7 】

$$-\varepsilon_S \leq (S_i + z_i) - \bar{S} \leq \varepsilon_S \quad (\forall i \in \{1, 2, \dots, N\}) \quad \dots (7)$$

20

【 0 0 7 8 】

各需要家 1 ~ N への削減要請有無と削減要請量は、式 (2) ~ 式 (7) を制約条件とし、目的関数式 (1) を最大化するよう数理計画法 (混合整数線形計画法) を用いて決定することができる。

【 0 0 7 9 】

本実施例では、以上の算出処理を行うソフトウェアプログラムを作成している。その概要を図 2 に、仕様を以下に示す。

30

【 0 0 8 0 】

図 2 は算出処理プログラム 1 1 0 と入力ファイル、出力ファイルの構成を示している。前記プログラム 1 1 0 に入力するファイルとして、表 5 に示す種類のものを定義する。

【 0 0 8 1 】

【 表 5 】

名前	ファイル名	備考
時間設定	time. dat	
DR 契約 A	cont_A. dat	
DR 契約 B	cont_B. dat	需要家 1, 2, ..., N 全ての契約情報を含む
DR 要請 a	signal_a. dat	
運用設定	setting. dat	需要家 1, 2, ..., N の DR 要請公平運用に関わる情報を設定
最適化配分	opt. dat	DR 要請公平性パラメータを設定

40

【 0 0 8 2 】

入力ファイルである、time. dat (時間設定)、cont__A. dat (DR 契約 A)、cont__B. dat (DR 契約 B)、signal__a. dat (DR 要請 a

50

)、`setting.dat` (運用設定)、`opt.dat` (最適化配分) は全てのテキストファイルとし、それぞれの設定例を以下に示す。

【0083】

【表6】

<pre>[time.dat] dT = 0.5; // ΔT = 0.5時間を設定する</pre>
--

10

【0084】

【表7】

<pre>[cont_A.dat] beta_A = 30.0; // β_A [円/kWh]を設定する</pre>
--

20

【0085】

30

40

50

【表 8】

```

[cont_B. dat]
C_B = 1 2 3 4 5;           // 需要家として 1, 2, 3, 4, 5 が存在する

Lmax_B = // 各需要家の契約 DR 容量  $L_{\max B,i}$  と対応可能時間帯  $T_{B,i}$  を併せて設定する
[1, 34] 150 // 需要家 1 は時間帯 34-37 にて 150kW 削減可能
[1, 35] 150
[1, 36] 150
[1, 37] 150
[2, 34] 70 // 需要家 2 は時間帯 34-35 にて 70kW 削減可能
[2, 35] 70
...
[5, 38] 100 // 需要家 5 は時間帯 38-39 にて 100kW 削減可能
[5, 39] 100
;

beta_B = // 各需要家の  $\beta_B$  [円/kWh] を設定する
[1] 28.5
[2] 28.0
[3] 28.0
[4] 27.6
[5] 28.3
;

```

10

20

30

【 0 0 8 6 】

40

50

【表 9】

```
[signal_a.dat]
```

```
L_a = // 削減要請時間帯 $T_a$ と削減要請量 $L_a$ を併せて設定する  
[34] 150 // 時間帯 34 にて 150kW 削減要請  
[35] 140 // 時間帯 35 にて 140kW 削減要請  
[36] 130 // 時間帯 36 にて 130kW 削減要請  
[37] 140 // 時間帯 37 にて 140kW 削減要請  
;
```

10

20

【 0 0 8 7 】

【表 1 0】

```
[setting.dat]
```

```
S = // 需要家 1-5 の DR 要請累計回数を設定する  
[1] 5  
[2] 2  
[3] 3  
[4] 4  
[5] 5  
;
```

30

40

【 0 0 8 8 】

50

【表 1 1】

```
[opt. dat]
eps_S = 1.3;           // 許容定数値 $\epsilon_S$ を設定する
```

10

【0089】

入力ファイルを以上のように分割して設定することで、DR 契約などの固定的なデータを変更せず、DR 要請のたびに変わるデータ（DR 要請・運用設定）のみを変更して算出計算できるようにしている。

【0090】

算出処理プログラム 110 からはテキスト（CSV）ファイルとして結果（出力ファイル result.csv）が出力される。出力例を次の表 12 に示す。

【0091】

【表 1 2】

20

```
[result.csv]
i, n, l_b           // 需要家番号, 時間帯, 削減要請量 kW
1, 34, 0.000000    // 需要家 1 へは要請しない
1, 35, 0.000000
1, 36, 0.000000
1, 37, 0.000000
2, 34, 25.000000   // 需要家 2 へは時間帯 34 において、25kW 削減を要請
2, 35, 25.000000
2, 36, 45.000000
2, 37, 45.000000
3, 34, 100.000000  // 需要家 3 へは時間帯 34 において、100kW 削減を要請
3, 35, 100.000000
3, 36, 80.000000
3, 37, 80.000000
4, 34, 100.000000  // 需要家 4 へは時間帯 34 において、100kW 削減を要請
4, 35, 100.000000
4, 36, 100.000000
4, 37, 100.000000
5, 34, 0.000000    // 需要家 5 へは要請しない
5, 35, 0.000000
5, 36, 0.000000
5, 37, 0.000000
```

30

40

【0092】

50

前記算出処理の実行は、Windowsではコマンドプロンプトより、入力ファイル名と出力ファイル名を引数に指定して実行することにより行う。

【0093】

以上のように本実施例1によれば、特定の電力需要家に電力削減要請が集中することなく、より公平に電力削減要請先を選定することができる。このため、需要家側の不公平感を解消することができる。

【0094】

すなわち、いわゆる「アグリゲータ」システムにおける需要家へのDR削減要請の最適配分計算について、各需要家へのDR要請累計回数について、その時点の平均値からの絶対値差が許容値内に抑える制約を加えた数理計画を行うことで、需要家がDR要請の負担の不公平感を感じることを防ぎながら、アグリゲータの収益を最大化する配分を算出することができる。

10

【実施例2】

【0095】

実施例1では、各需要家への削減要請の公平化について、それぞれへのDR要請累計回数と「全需要家の平均回数」の絶対値差を許容値内に抑える制約を加えた数理計画を行うことで実現しているが、実際には需要家の契約電力にはさまざまな規模（大口、小口）があるため、「全需要家の平均回数」ではなく、例えば小口需要家のみを対象として回数公平化を図る運用方式などが想定される。

【0096】

そこで本実施例2では、アグリゲータ100の電力削減要請先選定手段が、図3のように複数にグループ分けした需要家グループ（公平化グループ）の範囲から電力削減要請先を選定するように構成した。

20

【0097】

図3において、図1と異なる点は、複数の需要家を、例えば需要家1、需要家2を公平化グループ1に、需要家3...を公平化グループ2に分類して取り扱って入る点と、アグリゲータ100の電力削減要請先選定手段がグループ分けされた需要家グループ（公平化グループ1、公平化グループ2など）の範囲から電力削減要請先を選定する点にあり、その他の部分は図1と同様に構成されている。

【0098】

DR契約Aおよび B_i で定められた各条項は実施例1で述べた表1、表2と同様であり、DR要請 a 、DR要請 b_i の要請項目、算出項目も実施例1の表3、表4と同様である。

30

【0099】

尚、需要家へのDR要請の公平性を考慮するパラメータとして、系統運用者200がこれまで要請してきたDRの累計回数を S_0 、需要家 i に対してこれまでに要請されたDRの累計回数を S_i とする。

【0100】

本実施例では、アグリゲータにおける収益を最大化することを目的として、需要家への削減要請量及び時間帯の最適配分を算出する。その算出時は実施例1と同様に式(1)～式(5)を用いる。

40

【0101】

ここで、各需要家への削減要請について、その回数をなるべく公平にするように決定する制約を次のように加える。需要家の公平化グループを集合 $G_{B,g}$ で分類する（ g ：グループ番号、 $g \in \{1, 2, \dots, N_G\}$ ）。グループに含まれない需要家があってもよい。

【0102】

グループ g に含まれる需要家に「順番」をつける。順番 n （ $1 \leq n \leq N_G$ ）から需要家の識別番号を求める関数を $P_g(n)$ とする。ここで、系統運用者のDR要請回数によるグループ g の「輪番順」 m を次の式(8)のように定義する。

【0103】

【数8】

50

$$m = ((n - 1 + S_0) \bmod N_G) + 1 \quad \dots (8)$$

10

【0104】

なお、式(8)のmodは剰余の演算子であり、 $a \bmod b$ は整数aを整数bで割ったときの余りを表す。式(8)によれば、順番 $n = 1$ の需要家は、系統運用者200のDR要請回数が0, 1, 2, ...と増えていくと順番は $m = 1, 2, 3, \dots, N_G, 1, 2, \dots$ と変わっていく。

【0105】

各需要家の削減要請の決定について、この「順番」に沿うようにする。すなわち、順番 m の関係式は次の式(9)で表される。

20

【0106】

【数9】

$$z_{b,p_g(m)}[t] \geq z_{b,p_g(m+1)}[t] \quad (t \in T_a, g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (9)$$

30

【0107】

式(9)は、需要家グループ g それぞれにおいて、系統運用者のDR要請回数による順番に需要家を選定すること(第2の選定方式)を意味している。

【0108】

各需要家への削減要請有無と削減要請量は、式(2)~式(5)および式(8)、式(9)を制約条件とし、目的関数式(1)を最大化するよう数理計画法(混合整数線形計画法)を用いて決定することができる。

40

【0109】

本実施例では、以上の算出処理を行うソフトウェアプログラムを作成している。その概要および仕様を以下に示す。算出処理プログラム110と入力ファイル、出力ファイルの構成は図2のとおりである。

【0110】

前記プログラム110に入力するファイルとして、表13に示す種類のものを定義する。

【0111】

50

【表 1 3】

名前	ファイル名	備考
時間設定	time.dat	
DR 契約 A	cont_A.dat	
DR 契約 B	cont_B.dat	需要家 1, 2, ..., N 及び公平化グループ 全ての契約情報を含む
DR 要請 a	signal_a.dat	
運用設定	setting.dat	需要家 1, 2, ..., N の DR 要請公平運用に関わる情報を設定
最適化配分	opt.dat	DR 配分決定の戦略（輪番制/回数公平） および DR 要請公平性パラメータを設定

10

20

【0 1 1 2】

入力ファイルは全てテキストファイルとし、それぞれの設定例を以下に示す。

【0 1 1 3】

time.dat（時間設定）、cont_A.dat（DR 契約 A）は実施例 1 で述べた表 6、表 7 と同一である。

【0 1 1 4】

cont_B.dat（DR 契約 B）は表 1 4 のとおりであり、この例では公平化グループ 1 を需要家 2、3 で構成し、公平化グループ 2 を需要家 1、4 で構成している。

【0 1 1 5】

30

40

50

【表 1 4】

```

[cont_B.dat]
C_B = 1 2 3 4 5;           // 需要家として1, 2, 3, 4, 5が存在する

G_B =
[1] 2 3 // 公平化グループ1を需要家2, 3で構成する
[2] 1 4 // 公平化グループ2を需要家1, 4で構成する
;

Lmax_B = // 各需要家の契約DR容量 $L_{\max B,i}$ と対応可能時間帯 $T_{B,i}$ を併せて設定する
[1, 34] 150 // 需要家1は時間帯34-37にて150kW削減可能
[1, 35] 150
[1, 36] 150
[1, 37] 150
[2, 34] 70 // 需要家2は時間帯34-35にて70kW削減可能
[2, 35] 70
...
[5, 38] 100 // 需要家5は時間帯38-39にて100kW削減可能
[5, 39] 100
;

beta_B = // 各需要家の $\beta_B$  [円/kWh]を設定する
[1] 28.5
[2] 28.0
[3] 28.0
[4] 27.6
[5] 28.3
;

```

10

20

30

【0116】

setting.dat (運用設定) は、実施例1の表10のものに系統運用者の要請累計回数を追加した表15となる。

【0117】

40

50

【表 1 5】

```
[setting.dat]

S = // 系統運用者[0]、および需要家 1-5 の DR 要請累計回数を設定する
[0] 5
[1] 5
[2] 2
[3] 3
[4] 4
[5] 5
;
```

10

20

【0 1 1 8】

opt.dat (最適化配分) は表 1 6 のとおりである。

【0 1 1 9】

【表 1 6】

```
[opt.dat]

// 下記を設定しない場合は、輪番制による DR 配分決定がされるとする
// 下記を設定した場合は、回数公平による DR 配分決定がされるとする
eps_Sg =
[1] 1.3 // 公平化グループ毎に許容定数値 $\epsilon_{Sg}$ を設定する
[2] 1.4
;
```

30

40

【0 1 2 0】

尚表 1 6 において、「輪番制」とは、本実施例 2 の式 (8)、式 (9) で示される、選定優先順位を規定する第 2 の選定方式を指し、「回数公平」とは、後述する実施例 3 の、要請累計回数とその平均値の絶対値差が許容定数値 s_g を超えないように決定する選定方式を指している。

50

【 0 1 2 1 】

入力ファイルを以上のように分割して設定することで、DR 契約などの固定的なデータを変更せず、DR 要請の度に変わるデータ (DR 要請・運用設定) のみを変更して算出計算できるようにしている。

【 0 1 2 2 】

算出処理プログラム 1 1 0 からは、テキスト (c s v) ファイルとして例えば実施例 1 と同様に表 1 2 の結果 (出力ファイル r e s u l t . c s v) が出力される。

【 0 1 2 3 】

本実施例 2 では複数の需要家をグループ分けして取り扱っているが、式 (9) において、需要家グループ g の順番から該 g に含まれる需要家の識別番号を求める関数 P_g を用いているため、結果の出力例は実施例 1 の表 1 2 と同一となる。

10

【 0 1 2 4 】

前記算出処理の実行は、Windows ではコマンドプロンプトより、入力ファイル名と出力ファイル名を引数に指定して実行するものである。

【 0 1 2 5 】

以上のように本実施例 2 によれば、需要家グループ毎の各需要家に順番をつけて、系統運用者からの DR 要請累計回数で輪番順を形成し、その輪番順で削減要請有無の優先を決める制約を加えた数理計画を行うことで、需要家が DR 要請の負担の不公平感を感じることを防ぎながら、アグリゲータの収益を最大化する配分を算出することができる。

【 0 1 2 6 】

また、第 2 の選定方式を用いているため、電力削減要請回数が多い需要家グループ内の需要家の選定優先順位を、電力削減要請回数が少ない需要家グループ内の需要家よりも低くする (選定の順番を遅くする) ことができる。

20

【 0 1 2 7 】

これによって、電力削減の達成成績の良い需要家 (すなわち電力削減要請回数が多い需要家) に対し偏って電力削減を要請するような、不公平な選定を防止することができる。

【 実施例 3 】

【 0 1 2 8 】

本実施例 3 では、実施例 2 のように、複数の需要家を需要家グループとして取り扱う構成において、各需要家への削減要請について、その回数をなるべく公平になるように決定するための選定方式として、実施例 1 で述べた第 1 の選定方式を採用し、「回数公平」とした。

30

【 0 1 2 9 】

すなわち、各グループの各需要家について、式 (10)、式 (11) に示すように、今回の算出計算で要請するとした場合の要請累計回数 S_i と、要請累計回数の平均値 S_g との絶対値差が、ある許容定数値 s_g を超えないように要請有無変数 $z_{b,i}$ (z_i) を決定する。

【 0 1 3 0 】

【 数 1 0 】

40

$$\bar{S}_g = \sum_{i \in G_{B,g}} S_i / \sum_{i \in G_{B,g}} 1 \quad (g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (10)$$

50

【 0 1 3 1 】

【 数 1 1 】

$$-\varepsilon_{S_g} \leq (S_i + z_i) - \overline{S_g} \leq \varepsilon_{S_g} \quad (\forall i \in \mathbf{G}_{B,g}, \forall g \in \{1, 2, \dots, N_G\}) \quad \dots (11)$$

10

【 0 1 3 2 】

尚、式 (1 0)、式 (1 1) において、 N_G は需要家グループの総数である。

【 0 1 3 3 】

各需要家への削減要請有無と削減要請量は、式 (2) ~ 式 (5) および式 (1 0)、式 (1 1) を制約条件とし、目的関数式 (1) を最大化するよう数理計画法 (混合整数線形計画法) を用いて決定することができる。

【 0 1 3 4 】

その他の構成は実施例 2 と同様である。すなわち、図 2 の算出処理プログラム 1 1 0 の入力ファイルは表 1 3 で定義され、それぞれの設定例は、表 6、表 7、表 1 4、表 9、表 1 5、表 1 6 となり、出力ファイルは表 1 2 となる。

20

【 0 1 3 5 】

ここで、前記輪番制による削減要請先需要家決定方法 (実施例 2 の第 2 の設定方式) と、回数公平での削減要請先需要家決定方法 (実施例 3 の第 1 の設定方式) は、需要家グループ毎に、2 つのうちどちらかを、システム設定などの手段によって選択することができる。

【 0 1 3 6 】

すなわち、表 1 3 の opt . dat (最適化配分) の定義や、表 1 6 の設定によりどちらかを選択できるように構成する。

30

【 0 1 3 7 】

以上のように本実施例 3 によれば、各需要家への DR 要請累計回数について、需要家グループ毎にその時点の平均値からの絶対値誤差が許容値内に抑える制約を加えた数理計画を行うことで、需要家が DR 要請の負担の不公平感を感じることを防ぎながら、アグリゲータの収益を最大化する配分を算出することができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 3 8 】

1 0 0 ... アグリゲータ

1 1 0 ... 算出処理プログラム

2 0 0 ... 系統運用者

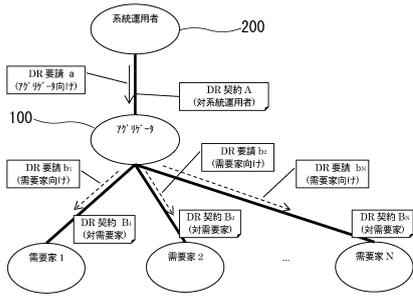
1 ~ N ... 需要家

40

50

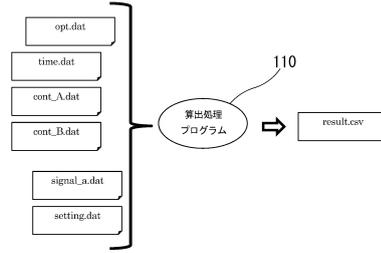
【図面】

【図 1】



アグリゲータシステムの定義

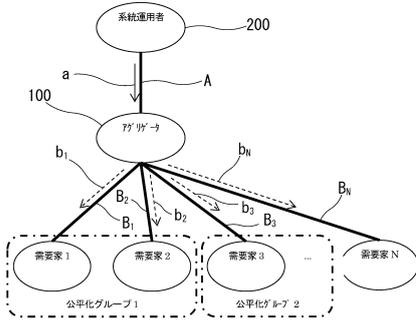
【図 2】



算出処理プログラムと入出力ファイルの構成

10

【図 3】



アグリゲータシステムの定義

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2013/179876(WO,A1)
特開2013-117769(JP,A)
特開2016-167191(JP,A)
特開2018-112796(JP,A)
特開2012-198726(JP,A)
特開2018-045692(JP,A)
特開2016-038795(JP,A)
国際公開第2018/029871(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G06Q 10/00 - 99/00
H02J 13/00
H02J 3/14