(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2013-105497
(P2013-105497A)
(43)公開日　平成25年5月30日(2013.5.30)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
G06Q 50/06 (2012.01)	G06Q 50/06	

審査請求 未請求　請求項の数 20　ＯＬ　（全 25 頁）

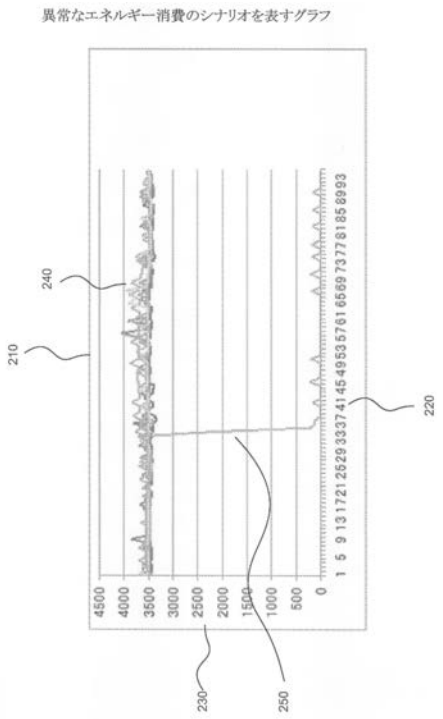
(21)出願番号　特願2012-249089 (P2012-249089)
(22)出願日　平成24年11月13日 (2012.11.13)
(31)優先権主張番号　13/297,033
(32)優先日　平成23年11月15日 (2011.11.15)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(71)出願人　000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号
(74)代理人　100107766
弁理士　伊東　忠重
(74)代理人　100070150
弁理士　伊東　忠彦
(74)代理人　100146776
弁理士　山口　昭則
(72)発明者　カーディナス　モーラ・アルヴァロ　エイ
アメリカ合衆国，カリフォルニア州　９４０８６，サニーヴェイル，イー・イヴリン・アヴェニュ　９５８番

最終頁に続く

(54)【発明の名称】エネルギー消費のプロファイリング

(57)【要約】
【課題】異常なエネルギー消費を検出するための実施形態が提供される。
【解決手段】指定された時間期間にわたるエネルギー消費に関連する情報が受領される。閾値が受領される。前記情報に、自己回帰移動平均モデルに基づく分類器が適用されて攻撃の確からしさを表す結果が決定される。次いでその結果が前記閾値を達成したかどうかを判定するために解析される。次いで、前記情報が、攻撃を示すものとして分類される。さらに、自己回帰移動平均モデルのためのパラメータを発達させるようトレーニング・データを使って分類器をトレーニングするために機械学習を利用する実施形態が提供される。さらに、データを分類するための自己回帰移動平均モデルで使われるパラメータの有効性を評価する実施形態が提供される。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
一つまたは複数のコンピュータ・システムが：
指定された時間期間にわたって測定されたエネルギー消費に関連する情報を受領する段階と；
エネルギー消費に関連する閾値を受領する段階であって、該閾値が達成されるときに攻撃の可能性が示される、段階と；
前記一つまたは複数のコンピュータに付随する一つまたは複数のプロセッサを使って、前記情報に、自己回帰移動平均モデルに基づく分類器を適用して攻撃の確からしさを表す結果を決定する段階と；
前記一つまたは複数のプロセッサを使って、前記結果が前記閾値を達成したかどうかを判定する段階と；
前記情報を、攻撃を示すものとして分類する段階とを実行する、
方法。
【請求項２】
前記自己回帰移動平均モデルが、特定のエネルギー消費者に関連付けられた一組のパラメータを利用する、請求項１記載の方法。
【請求項３】
前記分類器を適用して攻撃の確からしさを表す結果を決定する段階が：
前記自己回帰移動平均モデルについてのパラメータに基づいて考えられる攻撃の最尤推定を実行する段階と；
一般化された尤度比試験を適用する段階とを含む、
方法。
【請求項４】
偽警報の平均数が最大偽警報レートを超えない、請求項１記載の方法。
【請求項５】
前記の受領された情報が、一つまたは複数の先進計量インフラストラクチャー・ベースの装置によって測定されたエネルギー消費に関連する、請求項１記載の方法。
【請求項６】
攻撃を示す前記情報が、エネルギー消費の低下を表す、請求項１記載の方法。
【請求項７】
エネルギー消費に関連付けられたトレーニング・データを受領する段階と；
前記一つまたは複数のプロセッサを使って、前記トレーニング・データに基づいて、前記自己回帰移動平均モデルのためのパラメータを発展させるよう前記分類器をトレーニングする段階とをさらに含む、
請求項１記載の方法。
【請求項８】
前記トレーニング・データが一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを表し、前記分類器が前記一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを正常であると分類するようトレーニングされる、請求項７記載の方法。
【請求項９】
前記トレーニング・データが特定のエネルギー消費者に関連付けられており、前記自己回帰移動平均モデルについてのパラメータが、前記一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを、その特定のエネルギー消費者にとって正常として認識するよう発展させられる、請求項９記載の方法。
【請求項１０】
前記トレーニング・データが前記特定のエネルギー消費者に関連付けられた履歴データを含み、前記履歴データは前記特定の消費者についての正常な使用の期間を表すと見なされる、請求項９記載の方法。
【請求項１１】

一つまたは複数のコンピュータ・システムが：
複数の分類器を受領する段階であって、各分類器は異常なエネルギー消費を検出して攻撃の確からしさを予測する、段階と；
最大偽警報レートを受領する段階と；
前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについて、前記最大偽警報レートに基づいて閾値を決定する段階と；
各分類器について最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定するよう前記一つまたは複数の分類器のそれぞれを評価する段階であって、前記評価は各シナリオのコストに基づく、段階と；
全体的なコストによって前記複数の分類器をランク付けする段階であって、各分類器についての全体的なコストは前記最大偽警報レートおよびその分類器についての最悪不検出攻撃シナリオの集合に基づく、段階と；
前記ランク付けに基づいて前記複数の分類器から選ばれた分類器を選択する段階とを実行する、
方法。
【請求項１２】
分類器についての前記閾値が、前記最大偽警報レートを超えることなく偽警報の数を最大化することを含む、請求項１１記載の方法。
【請求項１３】
前記最悪不検出攻撃シナリオの集合が、各攻撃シナリオについての最大損失に基づいて決定される、請求項１１記載の方法。
【請求項１４】
各攻撃シナリオについての前記最大損失が、実際のエネルギー消費と予測されるエネルギー消費との間の差を含む、請求項１３記載の方法。
【請求項１５】
少なくとも一つの分類器が自己回帰移動平均モデルに基づく、請求項１１記載の方法。
【請求項１６】
一つまたは複数のコンピュータ・システムが：
自己回帰移動平均モデルに基づく分類器を受領する段階であって、前記分類器は異常なエネルギー消費を検出して攻撃の確からしさを予測するものである、段階と；
最大偽警報レートを受領する段階と；
前記最大偽警報レートに基づいて閾値を決定する段階と；
最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定するよう前記分類器を評価する段階であって、前記評価は各シナリオのコストに基づく、段階と；
全体的なコストを決定する段階であって、前記全体的なコストは前記最大偽警報レートおよび前記最悪不検出攻撃シナリオの集合に基づく、段階とを実行する、
方法。
【請求項１７】
前記閾値を決定する段階が、前記最大偽警報レートを超えることなく偽警報の数を最大化することを含む、請求項１６記載の方法。
【請求項１８】
前記最悪不検出攻撃シナリオの集合が、各攻撃シナリオについての最大損失に基づいて決定される、請求項１６記載の方法。
【請求項１９】
各攻撃シナリオについての前記最大損失が、実際のエネルギー消費と予測されるエネルギー消費との間の差を含む、請求項１８記載の方法。
【請求項２０】
前記自己回帰移動平均モデルが特定のエネルギー消費者に関連付けられた一組のパラメータを利用する、請求項１６記載の方法。
【発明の詳細な説明】

【技術分野】
【０００１】
本開示は概括的にはエネルギー消費のプロファイリングに関する。
【背景技術】
【０００２】
電力会社は、エネルギー利用者に対し、利用者が消費するエネルギーの量に応じて課金する。この請求方法は、実際に消費されたエネルギーの量を電力会社に対して過少報告しようという誘因を利用者に与える。この過少報告は一般に、エネルギー窃盗または詐取として知られる。専門家の推定によれば、エネルギー窃盗は現在、毎年の損失で数十億ドルにも上り、絶えず増え続けている。この窃盗は著しい負の帰結をもたらす。電力会社は自社のシステムに適正に投資することができず、将来のエネルギー配送ニーズに対して正確な計画を立てられない。結果として、停電がより一般的になり、これは経済発展を妨げる。さらに、実際に消費したエネルギーについて支払っている顧客に対してもエネルギー価格が人工的に上昇する。
【０００３】
エネルギー消費は伝統的には、電気機械的なメーターを使って記録される。これらのメーターは、金属円板の磁場との相互作用を介して機械的にエネルギー消費を記録する。次いで、エネルギー消費は電力会社によって記録される。伝統的には、電力会社は、ディスプレイを介して直接エネルギー消費を記録していた。
【０００４】
より最近では、電力会社は、メーターからの定期的な送信を介してリモートでエネルギー消費を記録するようになっている。最も最近では、電力会社は、先進計量インフラストラクチャー（AMI: Advanced Metering Infrastructure）に基づく高度なメーターを導入しつつある。これらのメーターはエネルギー消費データを過去のメーターより頻繁に――しばしばリアルタイムまたはほぼリアルタイムで――送信する。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
AMIベースのメーターで使われる高度な技術にも関わらず、そうしたメーターもやはり不正の対象となり、エネルギー詐取が生じる。したがって、エネルギー消費窃盗およびエネルギー消費データにおけるその他の異常を検出する進んだ方法が望ましい。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本稿では、エネルギーの異常な消費を検出する諸実施形態が記載される。指定された時間期間にわたるエネルギー消費に関連する情報が閾値とともに受信される。すると、自己回帰移動平均（Auto-Regressive Moving Average）モデルに基づく分類器がその情報に適用され、攻撃の尤度を表す結果が決定される。すると、その結果が解析されて、閾値を達成したかどうかが判定され、前記情報はその後、攻撃を示すものとして分類される。
【０００７】
加えて、前記自己回帰移動平均モデルのためのパラメータを発達させるよう、トレーニング・データを使って分類器をトレーニングするために機械学習を利用する諸実施形態が提供される。データを分類するために前記自己回帰移動平均モデルで使われるパラメータの有効性を評価する諸実施形態も提供される。
【０００８】
本発明の目的および利点は、請求項において具体的に指摘される要素および組み合わせによって実現され、達成されるであろう。上記の一般的な記述および以下の詳細な記述はいずれも例示的で、説明のためのものであって、特許請求される本発明を制約するものではないことは理解しておくべきである。
【図面の簡単な説明】
【０００９】

本開示内に見出されるこれらの革新、実施形態および／または例を合理的な程度に記述し、例解するために、一つまたは複数の付属の図面を参照することがある。一つまたは複数の付属の図面を記述するために使われる追加的な詳細または例は、特許請求される発明のいずれか、ここに記載される諸実施形態のいずれか、また本開示内で提示される任意の革新の現在理解されるところの最良の形態の範囲を限定するものと考えるべきではない。

【図１】個別的な諸実施形態のためのシステムを示す図である。

【図２】異常なエネルギー消費のシナリオを表すグラフである。

【図３】エネルギー消費をプロファイリングするプロセスを記述する図である。

【図４】エネルギー消費をプロファイリングするモデルを発展させるために分類エンジンをトレーニングするために機械学習を利用するプロセスを記述する図である。

【図５Ａ】エネルギー消費をプロファイリングするためのモデルを評価するプロセスを記述する図である。

【図５Ｂ】エネルギー消費をプロファイリングするための二つ以上のモデルを評価するプロセスを記述する図である。

【図６】個別的な諸実施形態のためのネットワーク・システムを示す図である。

【図７】個別的な諸実施形態のためのコンピュータ・システムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１０】

本稿において開示される諸実施形態は、異常なエネルギー消費を検出するために機械学習を利用する方法を提供する。いくつかの実施形態では、機械学習は、トレーニング・データを使って分類器をトレーニングすることによって自己回帰移動平均モデルのためのパラメータを発展させるために利用されてもよい。さらなる諸実施形態では、データを分類するための自己回帰移動平均モデルを使って、それらのパラメータの有効性が解析されてもよい。

【００１１】

図１は、個別的な諸実施形態のための例示的なシステムを示している。個別的な諸実施形態では、本システムは一つまたは複数のメーター１０を有していてもよい。いくつかの実施形態では、メーター１１０はエネルギー消費データを記録および送信してもよい。個別的な諸実施形態では、メーター１１０は先進計量インフラストラクチャー（AMI）技術を利用してもよい。さらなる諸実施形態では、このエネルギー消費データは記録されるにつれて送信されてもよい。いくつかのさらなる実施形態では、このエネルギー消費データは記録されるにつれてリアルタイムで送信されてもよい。他のさらなる実施形態では、このエネルギー消費データは記録され、記憶され、その後送信されてもよい。いくつかのさらなる実施形態では、このエネルギー消費データはデータのストリームとして送信されてもよい。他のさらなる実施形態では、このエネルギー消費データはデータのパケットとして送信されてもよい。

【００１２】

個別的な諸実施形態では、メーター１１０によって記録され、送信されるエネルギー消費データは、ある時点で消費されるエネルギーの量に限定されていてもよい。さらなる実施形態では、エネルギー消費データは追加的データを含んでいてもよい。この追加的データは、どの機器または装置が電気を消費しているかを識別する情報を含んでいてもよい。この追加的データはまた、個人の身元〔アイデンティティ〕、アドレス、電話番号、地理的座標などを含むデータ・セットのソースを識別する情報も含んでいてもよい。

【００１３】

個別的な諸実施形態では、メーター１１０によって送信されたエネルギー消費データは収集器１２０および変電所１３０によって受信されてもよい。個別的な諸実施形態では、収集器１２０および変電所１３０は実質的に同じ物理的位置にあってもよい。他の実施形態では、収集器１２０および変電所１３０は異なる物理的位置にあってもよい。個別的な諸実施形態では、収集器１２０は変電所１３０の物理的な構成要素であってもよい。他の実施形態では、収集器１２０は変電所１３０とは別個の構成要素であってもよく、地上べ

ースのネットワーク、無線ネットワークなどのいずれであれ、ネットワークを通じて変電所１３０と通信してもよい。

【００１４】

個別的な諸実施形態では、メーター１１０によって送信されたデータを受信する一つの収集器１２０および一つの変電所１３０だけがあってもよい。他の実施形態では、メーター１１０によって送信されたデータを受信する一つだけの収集器１２０および複数の変電所１３０があってもよい。他の実施形態では、メーター１１０によって送信されたデータを受信する複数の収集器１２０および一つだけの変電所１３０があってもよい。他の実施形態では、メーター１１０によって送信されたデータを受信する複数の収集器１２０および複数の変電所１３０があってもよい。

【００１５】

個別的な諸実施形態では、収集器１２０および変電所１３０は、受信したエネルギー消費データを記録し、送信してもよい。さらなる実施形態では、収集器１２０および変電所１３０は、エネルギー消費データが記録されるにつれて該エネルギー消費データを送信してもよい。いくつかのさらなる実施形態では、収集器１２０および変電所１３０は、エネルギー消費データが記録されるにつれて該エネルギー消費データをリアルタイムで送信してもよい。他のさらなる実施形態では、収集器１２０および変電所１３０はエネルギー消費データを記録し、記憶し、その後送信してもよい。いくつかのさらなる実施形態では、収集器１２０および変電所１３０はこのエネルギー消費データをデータのストリームとして送信してもよい。他のさらなる実施形態では、収集器１２０および変電所１３０はこのエネルギー消費データをデータのパケットとして送信してもよい。

【００１６】

個別的な諸実施形態では、収集器１２０および変電所１３０はメーター１１０によって受信されたエネルギー消費データをネットワーク１４０に送信してもよい。さらなる実施形態では、メーター１１０はエネルギー消費データを直接、ネットワーク１４０に送信してもよい。個別的な諸実施形態では、ネットワーク１４０はイントラネット、エクストラネット、仮想閉域網（VPN: virtual private network）、ローカル・エリア・ネットワーク（LAN: local area network）、無線LAN（WLAN: wireless LAN）、広域ネットワーク（WAN: wide area network）、都市圏ネットワーク（MAN: metropolitan area network）、インターネットの一部、セルラー技術ベースのまたはその他のネットワーク１１０またはそのようなネットワーク１４０の二つ以上の組み合わせであってもよい。本開示は、任意の好適なネットワーク１４０を考えている。個別的な諸実施形態では、ネットワーク１４０は受信したエネルギー消費データをデータ・センターおよびサーバー１５０ならびに記憶装置１６０に送信してもよい。

【００１７】

個別的な諸実施形態では、データ・センターおよびサーバー１５０ならびに記憶装置１６０は、実質的に同じ物理的位置にある。他の実施形態では、データ・センターおよびサーバー１５０ならびに記憶装置１６０は異なる物理的位置にある。個別的な諸実施形態では、記憶装置１６０はデータ・センターおよびサーバー１５０の物理的な構成要素である。他の実施形態では、記憶装置１６０はデータ・センターおよびサーバー１５０とは別個の構成要素であり、データ・センターおよびサーバー１５０と、地上ベースのネットワーク、無線ネットワークなどのいずれであれ、ネットワークを通じて通信する。

【００１８】

個別的な諸実施形態では、ネットワーク１４０によって送信されたデータを受信する一つの記憶装置１６０および一つのデータ・センターおよびサーバー１５０だけがあってもよい。他の実施形態では、ネットワーク１４０によって送信されたデータを受信する一つだけの記憶装置１６０および複数のデータ・センターおよびサーバー１５０があってもよい。他の実施形態では、ネットワーク１４０によって送信されたデータを受信する複数の記憶装置１６０および一つだけのデータ・センターおよびサーバー１５０があってもよい。他の実施形態では、ネットワーク１４０によって送信されたデータを受信する複数の記

憶装置１６０および複数のデータ・センターおよびサーバー１５０があってもよい。

【００１９】

個別的な諸実施形態では、データ・センターおよびサーバー１５０ならびに記憶装置１６０によって受信されるエネルギー消費データはデータ・センターおよびサーバー１５０において解析されてもよい。他の実施形態では、データ・センターおよびサーバー１５０ならびに記憶装置１６０によって受信されるエネルギー消費データは記憶装置１６０において解析されてもよい。他の実施形態では、データ・センターおよびサーバー１５０ならびに記憶装置１６０によって受信されるエネルギー消費データはデータ・センターおよびサーバー１５０および記憶装置１６０の両方において解析されてもよい。個別的な諸実施形態では、データ・センターおよびサーバー１５０ならびに記憶装置１６０によって合同してまたは独立に行われる解析は、図３、図４、図５Ａおよび図５Ｂにおいて説明される方法の任意のものまたは全部からなっていてもよい。

【００２０】

図２は、異常なエネルギー消費の例示的なシナリオを表すグラフ２１０を示している。個別的な諸実施形態では、軸２２０は時間を表し、よって、軸２２０に沿った変位は時間の変化を表す。時間は、ミリ秒、秒、時間などを問わず、いかなる時間に基づく単位を使って記述されてもよい。個別的な諸実施形態では、軸２３０は電力消費を表し、よって軸２３０に沿った変位は電力消費の変化を表す。電力消費は、キロワット時、ワット時、メガジュール、馬力などを問わず、いかなるエネルギーに基づく単位を使って記述されてもよい。

【００２１】

個別的な諸実施形態では、正常なデータ・セット２４０は、諸時点における電力消費の情報を含んでいてもよい。個別的な諸実施形態では、正常なデータ・セット２４０は、個人の身元〔アイデンティティ〕、住所、電話番号、地理的座標などを含む当該データ・セットのソースのような追加的な情報を含んでいてもよい。さらなる実施形態では、正常なデータ・セット２４０は、一つだけのソースから導出された情報を含んでいてもよい。一方、他の実施形態では、正常なデータ・セット２４０は、複数のソースから導出された情報を含んでいてもよい。

【００２２】

個別的な諸実施形態では、異常なデータ・セット２５０は異常な電力消費データを表していてもよい。他の実施形態では、異常なデータ・セット２５０は、個人の身元〔アイデンティティ〕、住所、電話番号、地理的座標などを含む当該データ・セットのソースのような追加的な情報を含んでいてもよい。さらなる実施形態では、異常なデータ・セット２５０は、一つだけのソースから導出された情報を含んでいてもよい。一方、他の実施形態では、異常なデータ・セット２５０は、複数のソースから導出された情報を含んでいてもよい。

【００２３】

個別的な諸実施形態では、そのような異常な電力消費データは一つの原因のみを有していてもよい。その原因は、装置の誤動作、エネルギー利用者による自分のエネルギー使用量の変更、エネルギー利用者による自分の真のエネルギー使用料に関係するデータの偽造などのいずれでもよい。さらなる実施形態では、データ・セット２５０は電力消費における異常な減少、増加またはゆらぎを表していてもよい。

【００２４】

図３は、エネルギー消費をプロファイリングする例示的なプロセスを記述している。指定された時間期間にわたるエネルギー消費に関連する情報が、受領または取得される（３１０）。個別的な諸実施形態では、この情報は正常データ・セット２４０、異常データ・セット２５０または両方を含んでいてもよい。個別的な諸実施形態では、受領された情報は一つまたは複数の先進計量インフラストラクチャー・ベースの装置によって測定されるエネルギー消費と関連付けられてもよい。さらなる実施形態では、前記情報は、ネットワーク１４０から受信されたものであってもよい。その後、エネルギー消費に関連付けられ

た閾値が受領または取得される（３２０）。個別的な諸実施形態では、この閾値は、電力会社が容認するつもりのある偽警報の最大数を表していてもよい。次いで、前記情報に分類器が適用されて、結果を決定する（３３０）。個別的な諸実施形態では、この分類器は、自己回帰移動平均（ARMA: Auto-Regressive Moving Average）モデルを使って前記情報に適用される。他の実施形態では、ARMAモデル以外のアルゴリズムが使用されてもよい。そうしたアルゴリズムに含まれるものとしては、移動平均（MA: Moving Average）モデル、自己回帰（AR: Auto-Regressive）モデル、自己回帰積分移動平均（ARIMA: Auto-Regressive Integrated Moving Average）モデル、外来入力をもつ自己回帰移動平均（ARMAX: Auto-Regressive Moving Average with eXogeneous inputs）モデル、線形回帰（LR: Linear Regression）モデルおよび隠れマルコフ（HM: Hidden Markov）モデルがある。モデルの目標は、次の時間ステップにおいて受け取るエネルギー消費値を予測することであってもよい。個別的な諸実施形態では、ARMAモデルは下記のアルゴリズム第１に基づいていてもよい。

【数１】

$$Y_{K+1} = \sum_{i=1}^{p} A_i Y_{k-i} + \sum_{j=0}^{q} B_i \left(V_{k-j} - \gamma \right) \qquad (1)$$

【００２５】

個別的な諸実施形態では、ARMAモデルは、特定のエネルギー消費者に関連付けられたパラメータの集合を利用してもよい。特定のエネルギー消費者は、エネルギー消費のいかなる測定可能なブロックを含んでいてもよい。たとえば、家、家の中の部屋、オフィスビル、オフィスビル内のフロア、集合住宅、集合住宅の一戸、単一構造内の個別の回路、単一の電力コンセント、複数の建物の複合体（たとえば複数の寮からなるブロック）、都市ブロック、小都市、配電網のセクターまたは上述したものの任意の一部である。

【００２６】

ARMAモデルでは、変数は次のように定義される。Y_{K+1}は予測されるエネルギー消費；A_iは自己回帰の重み；pは自己回帰項の数；B_iは移動平均の重み；qは移動平均項の数；V_kは実際のエネルギー消費Y_kとモデルからの予測されたエネルギー消費Y_{K+1}との間の誤差；γは、ARMAプロセスに関しての平均における変化を表すパラメータである。前のARMAパラメータがエネルギー消費に適合すれば、γは0より小さいまたは0に実質的に等しいはずであり、γは異常ではない可能性が高い。しかしながら、前のARMAパラメータがエネルギー消費に適合しない場合、γは0より大きくなるはずであり、γは異常である可能性が高い。個別的な諸実施形態では、γは一般化された尤度比試験を通じて決定されてもよい。個別的な諸実施形態では、一般化された尤度比試験は、下記に示すアルゴリズム第２を利用して最大を決定してもよい。ここで、γは0より大きい。

【数２】

$$\sum_{i=1}^{N} \left(\frac{\varepsilon_i \gamma}{\sigma} - \frac{\gamma^2}{2\sigma} \right) \qquad (2)$$

【００２７】

この一般化された尤度比試験では、γは上述したパラメータであり、εは誤差である。この誤差は、ARMAモデルによって予測された値（＾付きのY）と各ステップについての受領された値Yとの間の差である。Nは時間ステップの数であり、σは誤差の標準偏差である。

【００２８】

結果が決定されたのち、その結果は閾値と比較されて、その結果が該閾値を達成したかどうかが判定される（３４０）。個別的な諸実施形態では、結果が閾値を達成したと言えるのは、閾値より大きい場合である。他の実施形態では、結果が閾値を達成したと言えるのは、閾値に実質的に等しい場合である。次いで、その情報は、エネルギーの異常な消費を示すものとして分類される（３５０）。結果が閾値を達成した場合、その情報は、エネルギーの異常な消費を積極的に示すものとして分類される。結果が閾値を達成しなかった場合には、その情報は、エネルギーの異常な消費を示さないものとして分類される。個別的な諸実施形態では、異常な電力消費情報は、一つまたは複数の原因を有していてもよい。その原因は、装置の誤動作、エネルギー利用者による自分のエネルギー使用量の変更、エネルギー利用者による自分の真のエネルギー使用料に関係するデータの偽造（たとえば「攻撃」）などのいずれでもよい。さらなる実施形態では、攻撃を示す異常な電力消費情報はエネルギー消費の低下を表していてもよい。

【００２９】

図４は、エネルギー消費のプロファイリングのためにモデルを発達させるよう例示的な分類エンジンをトレーニングするために機械学習を利用するための例示的なプロセスを記述している。エネルギー消費に関連付けられたトレーニング・データが受領または取得される（４１０）。個別的な諸実施形態では、受領された情報は一つまたは複数の先進計量インフラストラクチャー・ベースの装置によって測定されたエネルギー消費と関連付けられてもよい。さらなる実施形態では、前記情報は、記憶装置１６０から受領されたものであってもよい。次いで、分類器は、トレーニング・データに基づいてモデルのためのパラメータを発達させるよう、トレーニングされる（４２０）。個別的な諸実施形態では、この分類器は、自己回帰移動平均（ARMA）モデルのためのパラメータの学習を通じてトレーニングされる。他の実施形態では、ARMAモデル以外のアルゴリズムのためのパラメータが学習されてもよい。そうしたアルゴリズムに含まれるものとしては、移動平均（MA）モデル、自己回帰（AR）モデル、自己回帰積分移動平均（ARIMA）モデル、外来入力をもつ自己回帰移動平均（ARMAX）モデル、線形回帰（LR）モデルおよび隠れマルコフ（HM）モデルがある。

【００３０】

下記に示すアルゴリズム第３は、ARMAモデル

【数３】

$$\hat{Y}_{K+1} = \sum_{i=1}^{p} A_i Y_{k-i} + \sum_{j=0}^{q} B_i V_{k-j} \qquad (3)$$

のためのパラメータを決定するための例示的な機械学習アルゴリズムを提示する。この例示的なARMAモデルでは、パラメータは次のように定義される。＾付きY_{K+1}は予測されるエネルギー消費；A_iは移動平均の重み；pは平均する項の数；B_iは誤差平均の重み；qは平均する誤差項の数；V_kは実際のエネルギー消費Y_kとモデルからの予測されたエネルギー消費（＾付きY_{K+1}）との間の誤差である。パラメータA_i、B_i、pおよびqは、ユール・ウォーカー（Yule-Walker）方程式および赤池（Akaike）の情報基準を使って学習される。

【００３１】

個別的な諸実施形態では、トレーニング・データは一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを表していてもよく、分類器は、前記一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを正常として分類するようトレーニングされてもよい。個別的な諸実施形態では、トレーニング・データは、特定のエネルギー消費者に関連付けられていてもよく、ARMAモデルのためのパラメータが、その特定のエネルギー消費者については、前記一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを正常として認識するよう発展させられてもよい。個別的な諸実施形態では、トレーニング・データは、その特定のエネルギー消費者に関連付けられた、その

特定のエネルギー消費者について「正常な使用」の期間を表すと見なされる実際の現実世界のデータの履歴集合を表す。

【００３２】

次いで、指定された時間期間にわたるエネルギー消費に関連する情報が、方法３００におけるステップ３１０と実質的に同じ仕方で、受領または取得される（４３０）。次いで、エネルギー消費に関連付けられた閾値が、方法３００におけるステップ３２０と実質的に同じ仕方で、受領または取得される（４４０）。次いで、方法３００におけるステップ３３０と実質的に同じ仕方で、前記情報に分類器が適用されて、結果を決定する（４５０）。結果が決定されたのち、方法３００におけるステップ３４０と実質的に同じ仕方で、その結果は閾値と比較されて、その結果が該閾値を達成したかどうかが判定される（４６０）。次いで、方法３００におけるステップ３５０と実質的に同じ仕方で、その情報は、エネルギーの異常な消費を示すものとして分類される（４７０）。

【００３３】

図５Ａは、エネルギー消費をプロファイリングするためのモデルを評価する例示的なプロセスを記載している。分類器に関連付けられた情報が受領または取得される（５１０）。個別的な諸実施形態では、分類器は、異常なエネルギー消費を検出し、攻撃の可能性を予測してもよい。個別的な諸実施形態では、分類器は自己回帰移動平均（ARMA）モデルに基づいていてもよい。他の実施形態では、分類器は、ARMAモデル以外のアルゴリズムに基づいていてもよい。そうしたアルゴリズムに含まれるものとしては、移動平均（MA）モデル、自己回帰（AR）モデル、自己回帰積分移動平均（ARIMA）モデル、外来入力をもつ自己回帰移動平均（ARMAX）モデル、線形回帰（LR）モデルおよび隠れマルコフ（HM）モデルがある。次いで、最大偽警報レートが受領または取得される（５２０）。個別的な諸実施形態では、この最大偽警報レートは、電力会社が許容する最大の偽警報のレートである。次いで、分類器について閾値が決定される（５３０）。個別的な諸実施形態では、この閾値は、最大偽警報レートを超えることなく分類器についての偽警報を最大にする。次いで、分類器が評価され、最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定する（５４０）。ここで、分類器にとっての最悪不検出攻撃シナリオは、実際のエネルギー消費と予測されたエネルギー消費との間の最大の差として定義される。次いで、分類器の全体的なコストが決定される（５５０）。個別的な諸実施形態では、分類器についての最悪不検出攻撃シナリオが分類器のコストとして定義される。

【００３４】

図５Ｂは、エネルギー消費をプロファイリングするための二つ以上のモデルを評価する例示的なプロセスを記載している。複数の分類器に関連付けられた情報が受領または取得される（５１０）。個別的な諸実施形態では、各分類器は、異常なエネルギー消費を検出し、攻撃の可能性を予測してもよい。個別的な諸実施形態では、少なくとも一つの分類器は自己回帰移動平均（ARMA）モデルに基づいていてもよい。他の実施形態では、分類器は、ARMAモデル以外のアルゴリズムに基づいていてもよい。そうしたアルゴリズムに含まれるものとしては、移動平均（MA）モデル、自己回帰（AR）モデル、自己回帰積分移動平均（ARIMA）モデル、外来入力をもつ自己回帰移動平均（ARMAX）モデル、線形回帰（LR）モデルおよび隠れマルコフ（HM）モデルがある。次いで、最大偽警報レートが受領または取得される（５２０）。個別的な諸実施形態では、この最大偽警報レートは、電力会社が許容する最大の偽警報のレートである。次いで、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについて閾値が決定される（５３０）。個別的な諸実施形態では、この閾値は、最大偽警報レートを超えることなく、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについての偽警報を最大にする。次いで、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれが評価され、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについて最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定する（５４０）。ここで、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれにとっての最悪不検出攻撃シナリオは、実際のエネルギー消費と予測されたエネルギー消費との間の最大の差として定義される。個別的な諸実施形態では、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについての最悪不検出攻撃シナリオが、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれの分類器のコストとして定義さ

れる。次いで、前記一つまたは複数の分類器のそれぞれがコストによってランク付けされる（５６０）。次いで、前記一つまたは複数の分類器から、選ばれた分類器が選択される。個別的な諸実施形態では、選択された分類器はコストが最も低い分類器であってもよい。

【００３５】

図６は、個別的な諸実施形態にとって好適な例示的なネットワーク・システム６００を示している。ネットワーク環境６００は、一つまたは複数のサーバー６２０、一つまたは複数のメーター６３０および／または一つまたは複数のクライアント６６０を通信可能に結合するネットワーク６１０を含む。個別的な諸実施形態では、ネットワーク６１０はイントラネット、エクストラネット、仮想閉域網（VPN: virtual private network）、ローカル・エリア・ネットワーク（LAN）、無線LAN（WLAN）、広域ネットワーク（WLAN）、都市圏ネットワーク（MAN）、インターネットの一部、セルラー技術に基づくまたは他のネットワーク６１０または二つ以上のそのようなネットワーク６１０の組み合わせである。本開示は、任意の好適なネットワーク６１０を考えている。

【００３６】

一つまたは複数のリンク６５０はサーバー６２０、メーター６３０またはクライアント６６０をネットワーク６１０に結合する。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のリンク６５０はそれぞれ一つまたは複数の有線、無線または光学的リンク６５０を含む。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のリンク６５０はそれぞれ、イントラネット、エクストラネット、VPN、LAN、WLAN、WAN、MAN、インターネットの一部または他のリンク６５０またはそのようなリンク６５０の二つ以上の組み合わせを含む。本開示は、サーバー６２０、メーター６３０および／またはクライアント６６０をネットワーク６１０に結合する任意の好適なリンク６５０を考えている。

【００３７】

個別的な諸実施形態では、各サーバー６２０は一体のサーバーであってもよいし、あるいは複数のコンピュータまたは複数のデータ・センターにまたがる分散式のサーバーであってもよい。サーバー６２０はさまざまな型のものであってもよく、たとえば、限定するものではないが、ウェブ・サーバー、ニュース・サーバー、メール・サーバー、メッセージ・サーバー、広告サーバー、ファイル・サーバー、アプリケーション・サーバー、交換サーバー、データベース・サーバー、プロキシ・サーバーまたは本稿に記載する具体的な機能もしくはプロセスを実行するために好適な他のサーバーといったものであってもよい。個別的な諸実施形態では、各サーバー６２０は、サーバー６２０によって実装またはサポートされる適切な機能を実行するためのハードウェア、ソフトウェアまたは埋め込まれた論理コンポーネントまたはそのようなコンポーネントの二つ以上の組み合わせを含んでいてもよい。たとえば、ウェブ・サーバーは一般に、ウェブ・ページまたはウェブ・ページの個別的な要素を含むウェブサイトをホストする機能をもつ。より特定的には、ウェブ・サーバーは、HTMLファイルまたは他のファイル型をホストしてもよいし、あるいは要求に際してファイルを動的に生成または提供［または実装］して、クライアント６６０からのHTTPまたは他の要求に応答してそれをクライアント６６０に通信してもよい。メール・サーバーは一般に、さまざまなクライアント６６０に電子メール・サービスを提供する機能をもつ。データベース・サーバーは一般に、一つまたは複数のデータ・ストアにおいて記憶されているデータを管理するためのインターフェースを提供する機能をもつ。個別的な諸実施形態では、サーバー６２０は一般に、本稿に記載される機能および／またはプロセスを実行するために、メーター６３０からデータを受領および／または取得する機能をもつ。個別的な諸実施形態では、サーバー６２０は一般に、ネットワーク・システム６００の他の要素との関係でモニタリング、行政管理、構成設定および／または管理を実行するための典型的な機能および／またはプロセスを実行するために、クライアント６６０からデータを受領および／または取得する機能をもつ。

【００３８】

個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のデータ記憶装置６４０が一つまたは複数の

サーバー６２０に一つまたは複数のリンク６５０を介して通信上リンクされていてもよい。個別的な諸実施形態では、データ記憶装置６４０はさまざまな型の情報を記憶するよう使用されてもよい。個別的な諸実施形態では、データ記憶装置６４０に記憶される情報は、特定のデータ構造に従って組織化されてもよい。個別的な諸実施形態では、各データ記憶装置６４０はリレーショナル・データベースであってもよい。個別的な諸実施形態は、サーバー６２０および／またはクライアント６６０が、データ記憶装置６４０に記憶されている情報を管理する、たとえば検索／取り出し、修正、追加または削除することができるようにするインターフェースを提供してもよい。

【００３９】

個別的な諸実施形態では、各メーター６３０は、ハードウェア、ソフトウェアまたは埋め込まれた論理コンポーネントまたはそのようなコンポーネントの二つ以上の組み合わせを含み、メーター６３０によって実装またはサポートされる適切な機能を実行することのできる電子装置であってもよい。個別的な諸実施形態では、メーター６３０は、本稿に記載される機能および／またはプロセスを実行する機能をもつ任意の通常のメーターであってもよい。そのような通常のメーターは、典型的には時間ベースのデータを収集する固体式の電子メーターであり、収集したデータネットワークを通じて送信してもよい。該ネットワークは、電力線上のブロードランド（BPL: Broadland over Power Line）、電力線通信（PLC: Power Line Communications）、固定電波周波数（RF: Radio Frequency）ネットワーク、イントラネット、エクストラネット、仮想閉域網（VPN）、ローカル・エリア・ネットワーク（LAN）、無線LAN（WLAN）、広域ネットワーク（WLAN）、都市圏ネットワーク（MAN）、インターネットの一部、セルラー技術に基づくまたは他のネットワークまたは二つ以上のそのようなネットワークの組み合わせなどである。個別的な諸実施形態では、そのようなメーターは、メーターとエネルギー提供者との間の双方向通信を可能にしてもよい。

【００４０】

個別的な諸実施形態では、各クライアント６６０は、ハードウェア、ソフトウェアまたは埋め込まれた論理コンポーネントまたはそのようなコンポーネントの二つ以上の組み合わせを含み、クライアント６６０によって実装またはサポートされる適切な機能を実行することのできる電子装置であってもよい。たとえば、限定するものではないが、クライアント６６０は、デスクトップ・コンピュータ・システム、ノートブック・コンピュータ・システム、ネットブックもしくはタブレット・コンピュータ・システム、ハンドヘルド電子コンピュータ・システムまたはコンピュータ・システムの要素を組み込んだ携帯電話であってもよい。本開示は、任意の好適なクライアント６６０を考えている。クライアント６６０は、クライアント６６０のところにいるネットワーク・ユーザーが、ネットワーク６１０にアクセスできるようにしてもよい。クライアント６６０はそのユーザーが、他のクライアント６６０のところにいる他のユーザーと通信できるようにしてもよい。

【００４１】

クライアント６６０は、マイクロソフト・インターネット・エクスプローラ、グーグル・クロームまたはモジラ・ファイアフォックスといったウェブ・ブラウザー６３２を有していてもよく、ツールバーまたはヤフー・ツールバーのような一つまたは複数のアドオン、プラグインまたは他の拡張を有していてもよい。クライアント６６０のところにいるユーザーは一様リソース位置指定子（URL: Uniform Resource Locator）またはウェブ・ブラウザー６３２をサーバー６２０に案内する他のアドレスを入力してもよく、ウェブ・ブラウザー６３２はハイパーテキスト転送プロトコル（HTTP: Hyper Text Transfer Protocol）要求を生成し、該HTTP要求をサーバー６２０に通信してもよい。サーバー６２０はHTTP要求を受け容れ、該HTTP要求に応答してクライアント６６０に一つまたは複数のハイパーテキスト・マークアップ言語（HTML: Hyper Text Markup Language）ファイルを通信してもよい。クライアント６６０は、ユーザーへの呈示のために、サーバー６２０からのHTMLファイルに基づいてウェブ・ページを表現してもよい。本開示は、任意の好適なウェブ・ページ・ファイルを考えている。限定ではなく例として、ウェブ・ページは

、個別的なニーズに応じて、HTMLファイル、拡張可能ハイパーテキスト・マークアップ言語（XHTML）ファイルまたは拡張可能マークアップ言語（XML）ファイルからレンダリングされてもよい。そのようなページはまた、限定するものではないがたとえば、ジャバスクリプト、ジャバ、マイクロソフト・シルヴァーライト（SILVERLIGHT）で書かれているようなスクリプトやAJAX（Asynchronous JAVA(登録商標)SCRIPT and XML［非同期ジャバスクリプトおよびXML］）のようなマークアップ言語とスクリプトの組み合わせなどを実行してもよい。ここで、適切な場合には、ウェブ・ページへの言及は、（該ウェブ・ページを表現するためにウェブ・ブラウザーが使用しうる）一つまたは複数の対応するウェブ・ページ・ファイルを包含し、逆もまたしかりである。

【００４２】

図７は、個別的な諸実施形態のための例示的なコンピュータ・システム７００を示している。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のコンピュータ・システム７００が、本願で記載または図示される一つまたは複数の方法の一つまたは複数のステップを実行する。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のコンピュータ・システム７００は本願で記載または図示される機能を提供する。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のコンピュータ・システム７００上で走るソフトウェアが本願で記載または図示される一つまたは複数の方法の一つまたは複数のステップを実行し、あるいは本願で記載または図示される機能を提供する。個別的な諸実施形態は、一つまたは複数のコンピュータ・システム７００の一つまたは複数の部分を含む。

【００４３】

本開示は、任意の好適な数のコンピュータ・システム７００を考えている。本開示は、任意の好適な物理的形態を取るコンピュータ・システム７００を考えている。例として、限定するわけではないが、コンピュータ・システム７００は組み込みコンピュータ・システム、システム・オン・チップ（SOC: system-on-chip）、単一ボード・コンピュータ・システム（SBC: single-board computer system）（たとえばコンピュータ・オン・モジュール（COM: computer-on-module）またはシステム・オン・モジュール（SOM: system-on-module）のような）、デスクトップ・コンピュータ・システム、ラップトップまたはノートブック・コンピュータ・システム、対話的キオスク、メインフレーム、コンピュータ・システムのメッシュ、携帯電話、携帯情報端末（PDA: personal digital assistant）、サーバーまたはこれらの二つ以上の組み合わせであってもよい。適宜、コンピュータ・システム７００は一つまたは複数のコンピュータ・システム７００を含んでいてもよいし、単体でも分散式でもよいし、複数の位置にまたがってもよいし、複数の機械にまたがってもよいし、クラウドに存在してもよい。クラウドは、一つまたは複数のネットワークにおける一つまたは複数のクラウド・コンポーネントを含んでいてもよい。適宜、一つまたは複数のコンピュータ・システム７００は、実質的な空間的または時間的制約なしに、本願で記載または図示される一つまたは複数の方法の一つまたは複数のステップを実行してもよい。一例として、限定するわけではないが、一つまたは複数のコンピュータ・システム７００は、リアルタイムで、あるいはバッチ・モードで、本願で記載または図示される一つまたは複数の方法の一つまたは複数のステップを実行してもよい。一つまたは複数のコンピュータ・システム７００は、本願で記載または図示される一つまたは複数の方法の一つまたは複数のステップを、適切な場合には、異なる複数の時間に、あるいは異なる複数の位置で、実行してもよい。

【００４４】

個別的な諸実施形態では、コンピュータ・システム７００はプロセッサ７０２、メモリ７０４、記憶装置７０６、入出力（I/O）インターフェース７０８、通信インターフェース７１０およびバス７１２を含む。本開示は具体的な数の具体的なコンポーネントを具体的な構成で有する具体的なコンピュータ・システムを記載および図示しているが、本開示は任意の好適な数の任意の好適なコンポーネントを任意の好適な構成で有する任意の好適なコンピュータ・システムを考えている。

【００４５】

個別的な諸実施形態では、プロセッサ７０２は、コンピュータ・プログラムをなす命令のような命令を実行するためのハードウェアを含む。一例として、限定するわけではないが、命令を実行するために、プロセッサ７０２は内部レジスタ、内部キャッシュ、メモリ７０４または記憶装置７０６から命令を取得（またはフェッチ）し、それらの命令をデコードおよび実行し、次いで一つまたは複数の結果を内部レジスタ、内部キャッシュ、メモリ７０４または記憶装置７０６に書き込んでもよい。個別的な諸実施形態では、プロセッサ７０２はデータ、命令またはアドレスのための一つまたは複数の内部キャッシュを含んでいてもよい。本開示は、適宜、任意の好適な数の任意の好適な内部キャッシュを含むプロセッサ７０２を考えている。一例として、限定するわけではないが、プロセッサ７０２は一つまたは複数の命令キャッシュ、一つまたは複数のデータ・キャッシュおよび一つまたは複数のトランスレーション・ルックアサイド・バッファ（TLB: translation lookaside buffer）を含んでいてもよい。命令キャッシュ中の命令は、メモリ７０４または記憶装置７０６中の命令のコピーであってもよく、命令キャッシュはプロセッサ７０２によるそれらの命令の取得を高速化しうる。データ・キャッシュ中のデータはプロセッサ７０２で実行中の命令が作用するメモリ７０４または記憶装置７０６中のデータのコピーであってもよく、プロセッサ７０２で実行されるその後の命令によるアクセスのためまたはメモリ７０４もしくは記憶装置７０６への書き込みのための、プロセッサ７０２で実行された前の命令の結果であってもよく、あるいは他の好適なデータであってもよい。データ・キャッシュは、プロセッサ７０２による読み出しまたは書き込み動作を高速化しうる。TLBは、プロセッサ７０２のための仮想アドレス変換を高速化しうる。個別的な諸実施形態では、プロセッサ７０２は、データ、命令またはアドレスのための一つまたは複数の内部レジスタを含んでいてもよい。本開示は、適宜、任意の好適な数の任意の好適な内部レジスタを含むプロセッサ７０２を考えている。適切な場合には、プロセッサ７０２は、一つまたは複数の算術論理ユニット（ALU: arithmetic logic unit）を含んでいてもよく、マルチコア・プロセッサであってもよく、あるいは一つまたは複数のプロセッサ７０２を含んでいてもよい。本開示は具体的なプロセッサを記載および図示しているが、本開示は任意の好適なプロセッサを考えている。

【００４６】

個別的な諸実施形態では、メモリ７０４は、プロセッサ７０２が実行するための命令およびプロセッサ７０２が作用するためのデータを記憶するためのメイン・メモリを含む。一例として、限定するわけではないが、コンピュータ・システム７００は記憶装置７０６または他の源（たとえば別のコンピュータ・システム７００のような）から命令をメモリ７０４にロードしてもよい。プロセッサ７０２は次いでメモリ７０４からの命令を内部レジスタまたは内部キャッシュにロードしてもよい。命令を実行するために、プロセッサ７０２は内部レジスタまたは内部キャッシュから命令を取得し、それをデコードしてもよい。命令の実行中または実行後に、プロセッサ７０２は一つまたは複数の結果（これは中間結果であってもよいし、最終結果であってもよい）を内部レジスタまたは内部キャッシュに書き込んでもよい。プロセッサ７０２は次いでそれらの結果のうちの一つまたは複数をメモリ７０４に書き込んでもよい。個別的な諸実施形態では、プロセッサ７０２は、（記憶装置７０６やその他の箇所ではなく）一つまたは複数の内部レジスタまたは内部キャッシュ内またはメモリ７０４内の命令のみを実行し、（記憶装置７０６やその他の箇所ではなく）一つまたは複数の内部レジスタまたは内部キャッシュ内またはメモリ７０４内のデータに対してのみ演算する。一つまたは複数のメモリ・バス（これはそれぞれアドレス・バスおよびデータ・バスを含んでいてもよい）がプロセッサ７０２をメモリ７０４に結合してもよい。バス７１２は後述するように一つまたは複数のメモリ・バスを含んでいてもよい。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のメモリ管理ユニット（MMU: memory management unit）がプロセッサ７０２とメモリ７０４との間に存在し、プロセッサ７０２によって要求されるメモリ７０４へのアクセスを容易にする。個別的な諸実施形態では、メモリ７０４はランダム・アクセス・メモリ（RAM）を含む。このRAMは適切であれば揮発性メモリであってもよい。適切であれば、このRAMは動的RAM（DRAM）または静的RAM（S

RAM）であってもよい。さらに、適切であれば、このRAMは単一ポートまたはマルチポートのRAMであってもよい。本開示は任意の好適なRAMを考えている。メモリ７０４は適宜一つまたは複数のメモリ７０４を含んでいてもよい。本開示は具体的なメモリを記述および図示しているが、本開示は任意の好適なメモリを考えている。

【００４７】

個別的な諸実施形態では、記憶装置７０６はデータまたは命令についての大容量記憶装置を含む。一例として、限定するわけではないが、記憶装置７０６はHDD、フロッピー(登録商標)ディスクドライブ、フラッシュ・メモリ、光ディスク、光磁気ディスク、磁気テープまたはユニバーサル・シリアル・バス（USB: Universal Serial Bus）ドライブまたはこれらのうち二つ以上の組み合わせを含んでいてもよい。記憶装置７０６は、適宜、リムーバブルまたは非リムーバブルな（すなわち固定式の）メディアを含んでいてもよい。記憶装置７０６は適宜コンピュータ・システム７００の内部または外部であってもよい。個別的な諸実施形態では、記憶装置７０６は不揮発性の半導体メモリであってもよい。個別的な諸実施形態では、記憶装置７０６は読み出し専用メモリ（ROM）を含む。適切であれば、このROMはマスク・プログラムされたROM、プログラム可能型ROM（PROM）、消去可能型PROM（EPROM）、電気的消去可能型EPROM（EEPROM）、電気的変更可能型ROM（EAROM）またはフラッシュ・メモリまたはこれらのうち二つ以上の組み合わせであってもよい。本開示は、任意の好適な物理的形態を取る大容量記憶装置７０６を考えている。記憶装置７０６は、適宜、プロセッサ７０２と記憶装置７０６の間の通信を容易にする一つまたは複数の記憶装置制御ユニットを含んでいてもよい。適切であれば、記憶装置７０６は一つまたは複数の記憶装置７０６を含んでいてもよい。本開示は具体的な記憶装置を記載および図示するが、本開示は任意の好適な記憶装置を考えている。

【００４８】

個別的な諸実施形態では、I/Oインターフェース７０８は、コンピュータ・システム７００と一つまたは複数のI/O装置との間の通信のための一つまたは複数のインターフェースを提供するためのハードウェア、ソフトウェアまたはその両方を含む。コンピュータ・システム７００は適宜、これらのI/O装置の一つまたは複数を含んでもよい。これらのI/O装置の一つまたは複数は、人とコンピュータ・システム７００の間の伝達を可能にしうる。一例として、限定するわけではないが、I/O装置はキーボード、キーパッド、マイクロホン、モニタ、マウス、プリンタ、スキャナ、スピーカー、スチール・カメラ、スタイラス、タブレット、タッチスクリーン、トラックボール、ビデオ・カメラ、他の好適なI/O装置またはこれらのうちの二つ以上の組み合わせを含んでいてもよい。I/O装置は一つまたは複数のセンサーを含んでいてもよい。本開示は任意の好適なI/O装置およびそのための任意の好適なI/Oインターフェース７０８を考えている。適切であれば、I/Oインターフェース７０８は、プロセッサ７０２がこれらのI/O装置の一つまたは複数を駆動できるようにする一つまたは複数の装置またはソフトウェア・ドライバを含んでいてもよい。I/Oインターフェース７０８は、適宜、一つまたは複数のI/Oインターフェース７０８を含んでいてもよい。本開示は具体的なI/Oインターフェースを記載および図示しているが、本開示は任意の好適なI/Oインターフェースを考えている。

【００４９】

個別的な諸実施形態では、通信インターフェース７１０は、コンピュータ・システム７００と一つまたは複数の他のコンピュータ・システム７００または一つまたは複数のネットワークとの間の通信（たとえばパケット・ベースの通信）のための一つまたは複数のインターフェースを提供するハードウェア、ソフトウェアまたはその両方を含む。一例として、限定するわけではないが、通信インターフェース７１０は、イーサネット(登録商標)または他の有線ベースのネットワークと通信するためのネットワーク・インターフェース・コントローラ（NIC: network interface controller）またはネットワーク・アダプター、あるいはWI-FIネットワークのような無線ネットワークと通信するための無線NIC（WNIC）または無線アダプターを含んでいてもよい。本開示は任意の好適なネットワークおよびそのための任意の好適な通信インターフェース７１０を考えている。一例として、限

定するわけではないが、コンピュータ・システム７００はアドホック・ネットワーク、パーソナル・エリア・ネットワーク（PAN）、ローカル・エリア・ネットワーク（LAN）、広域ネットワーク（WAN）、都市圏ネットワーク（MAN）またはインターネットの一つまたは複数の部分またはこれらのうちの二つ以上の組み合わせと通信してもよい。これらのうち一つまたは複数のネットワークの一つまたは複数の部分は有線または無線であってもよい。一例として、コンピュータ・システム７００は無線PAN（WPAN）（たとえばブルートゥースWPANのような）、WI-FIネットワーク、WI-MAXネットワーク、携帯電話ネットワーク（たとえばグローバル移動通信システム（GSM(登録商標): Global System for Mobile Communications）ネットワーク）または他の好適な無線ネットワークまたはこれらのうちの二つ以上の組み合わせと通信してもよい。コンピュータ・システム７００は、適宜、これらのネットワークのうちの任意のネットワークのために、任意の好適な通信インターフェース７１０を含んでいてもよい。通信インターフェース７１０は、適宜、一つまたは複数の通信インターフェース７１０を含んでいてもよい。本開示は具体的な通信インターフェースを記載および図示するが、本開示は任意の好適な通信インターフェースを考えている。

【００５０】

個別的な諸実施形態では、バス７１２は、コンピュータ・システム７００のコンポーネントを互いと結合するハードウェア、ソフトウェアまたはその両方を含む。一例として、限定するわけではないが、バス７１２は、加速グラフィクス・ポート（AGP: Accelerated Graphics Port）または他のグラフィクス・バス、向上業界標準アーキテクチャ（EISA: Enhanced Industry Standard Architecture）バス、フロントサイド・バス（FSB: front-side bus）、ハイパートランスポート（HT: HYPERTRANSPORT）相互接続、業界標準アーキテクチャ（ISA: Industry Standard Architecture）バス、インフィニバンド（INFINIBAND）相互接続、低ピン数（LPC: low-pin-count）バス、メモリ・バス、マイクロチャネル・アーキテクチャ（MCA: Micro Channel Architecture）バス、周辺コンポーネント相互接続（PCI: Peripheral Component Interconnect）バス、PCIエクスプレス（PCI-X: PCI-Express）バス、シリアル先進技術アタッチメント（SATA: serial advanced technology attachment）バス、ビデオ電子標準協会ローカル（VLB）バス（Video Electronics Standards Association local bus）または他の好適なバスまたはこれらのうち二つ以上の組み合わせを含んでいてもよい。バス７１２は適宜一つまたは複数のバス７１２を含んでいてもよい。本開示は具体的なバスを記載および図示しているが、本開示は任意の好適なバスまたは相互接続を考えている。

【００５１】

本稿において、コンピュータ可読記憶媒体への言及は、構造を有する一つまたは複数の非一時的な有形のコンピュータ可読記憶媒体を包含する。一例として、限定するわけではないが、コンピュータ可読記憶媒体は、適宜、半導体ベースのまたは他の集積回路（IC）（たとえば、現場プログラム可能なゲート・アレイ（FPGA: field-programmable gate array）または特定用途向けIC（ASIC: application-specific IC））、ハードディスク、HDD、ハイブリッド・ハードドライブ（HHD）、光ディスク、光ディスクドライブ（ODD）、光磁気ディスク、光磁気ドライブ、フロッピーディスク、フロッピーディスクドライブ（FDD）、磁気テープ、ホログラフィー記憶媒体、固体式ドライブ（SSD: solid-state drive）、RAMドライブ、セキュア・デジタル（SECURE DIGITAL）カード、セキュア・デジタル（SECURE DIGITAL）ドライブまたは他の好適なコンピュータ可読記憶媒体またはこれらのうちの二つ以上の組み合わせを含んでいてもよい。本稿では、コンピュータ可読記憶媒体への言及は、特許法のもとでの特許保護の資格のない媒体は除外する。本稿では、コンピュータ可読記憶媒体への言及は、信号伝達の一時的な形（伝搬する電気または電磁信号自身のような）は、それが特許法のもとでの特許保護の対象でない限りにおいて、除外する。コンピュータ可読な非一時的な記憶媒体は適宜、揮発性、不揮発性または揮発性と不揮発性の組み合わせであってもよい。

【００５２】

本開示は、任意の好適な記憶を実装する一つまたは複数のコンピュータ可読記憶媒体を考えている。個別的な諸実施形態では、コンピュータ可読記憶媒体は、適宜、プロセッサ７０２の一つまたは複数の部分（たとえば一つまたは複数の内部レジスタまたはキャッシュのような）、メモリ７０４の一つまたは複数の部分、記憶装置７０６の一つまたは複数の部分またはこれらの組み合わせを実装する。個別的な諸実施形態では、コンピュータ可読記憶媒体はRAMまたはROMを実装する。個別的な諸実施形態では、コンピュータ可読記憶媒体は揮発性または持続性メモリを実装する。個別的な諸実施形態では、一つまたは複数のコンピュータ可読記憶媒体がソフトウェアを具現する。本稿において、ソフトウェアへの言及は、適宜、一つまたは複数のアプリケーション、バイトコード、一つまたは複数のコンピュータ・プログラム、一つまたは複数の実行可能形式、一つまたは複数の命令、論理、機械コード、一つまたは複数のスクリプトまたはソース・コードを包含し、逆もまたしかりである。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアは一つまたは複数のアプリケーション・プログラミング・インターフェース（API）を含む。本開示は、任意の好適なプログラミング言語またはプログラミング言語の組み合わせで書かれたまたは他の仕方で表現された任意の好適なソフトウェアを考えている。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアはソース・コードまたはオブジェクト・コードとして表現される。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアはたとえばC、Perlまたはそれらの好適な拡張のような高レベルプログラミング言語で表現される。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアは、アセンブリ言語（または機械コード）のような低レベルプログラミング言語で表現される。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアはジャバで表現される。個別的な諸実施形態では、ソフトウェアはハイパーテキスト・マークアップ言語（HTML）、拡張可能マークアップ言語（XML）または他の好適なマークアップ言語で表現される。

【００５３】

本願において、「または／もしくは」は、そうでないことが明示的に示されているかコンテキストから示されているのでない限り、包含的であって、排他的ではない。したがって、本願において、「AまたはB」は、そうでないことが明示的に示されているかコンテキストから示されているのでない限り、「A、Bまたは両方」を意味する。さらに、「および／ならびに」は、そうでないことが明示的に示されているかコンテキストから示されているのでない限り、合同および各個の両方である。したがって、本願において、「AおよびB」は、そうでないことが明示的に示されているかコンテキストから示されているのでない限り、「AおよびBが合同して、または各個に」を意味する。

【００５４】

本開示は、当業者が把握するような本稿に記載される例示的実施形態へのあらゆる変更、置換、変形、改変および修正を包含する。同様に、適切であれば、付属の請求項は、当業者が把握するような本稿の例示的実施形態へのあらゆる変更、置換、変形、改変および修正を包含する。さらに、付属の請求項における、装置もしくはシステムまたは装置もしくはシステムのコンポーネントがある特定の機能を実行するよう適応されている、構成されている、機能を与えられている、構成設定されている、できるようにされている、動作可能である、動作するという言及は、その装置、システム、コンポーネント自身や該特定の機能がアクティブ化されたり、オンにされたり、アンロックされたりするかどうかによらず、その装置、システム、コンポーネントを包含するのであって、その装置、システムまたはコンポーネントがそのように適応されている、構成されている、機能を与えられている、構成設定されている、できるようにされている、動作可能である、あるいは動作するのであればよい。

【００５５】

以上の実施例を含む実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

（付記１）

一つまたは複数のコンピュータ・システムが：

指定された時間期間にわたって測定されたエネルギー消費に関連する情報を受領する段階と；

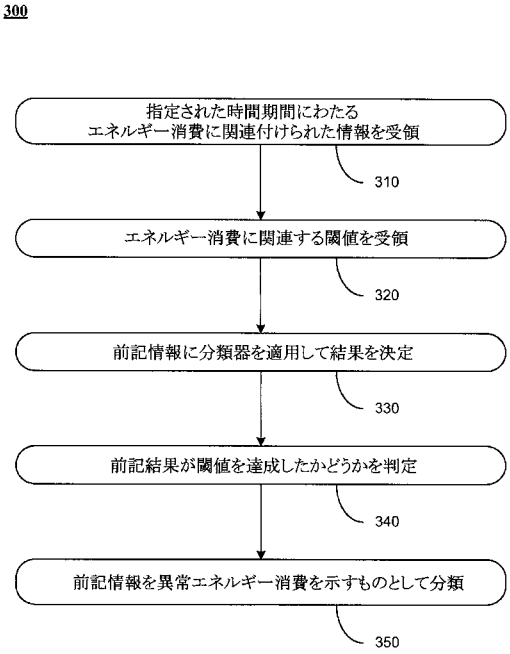
エネルギー消費に関連する閾値を受領する段階であって、該閾値が達成されるときに攻撃の可能性が示される、段階と；
前記一つまたは複数のコンピュータに付随する一つまたは複数のプロセッサを使って、前記情報に、自己回帰移動平均モデルに基づく分類器を適用して攻撃の確からしさを表す結果を決定する段階と；
前記一つまたは複数のプロセッサを使って、前記結果が前記閾値を達成したかどうかを判定する段階と；
前記情報を、攻撃を示すものとして分類する段階とを実行する、
方法。
（付記２）
前記自己回帰移動平均モデルが、特定のエネルギー消費者に関連付けられた一組のパラメータを利用する、付記１記載の方法。
（付記３）
前記分類器を適用して攻撃の確からしさを表す結果を決定する段階が：
前記自己回帰移動平均モデルについてのパラメータに基づいて考えられる攻撃の最尤推定を実行する段階と；
一般化された尤度比試験を適用する段階とを含む、
方法。
（付記４）
偽警報の平均数が最大偽警報レートを超えない、付記１記載の方法。
（付記５）
前記の受領された情報が、一つまたは複数の先進計量インフラストラクチャー・ベースの装置によって測定されたエネルギー消費に関連する、付記１記載の方法。
（付記６）
攻撃を示す前記情報が、エネルギー消費の低下を表す、付記１記載の方法。
（付記７）
エネルギー消費に関連付けられたトレーニング・データを受領する段階と；
前記一つまたは複数のプロセッサを使って、前記トレーニング・データに基づいて、前記自己回帰移動平均モデルのためのパラメータを発展させるよう前記分類器をトレーニングする段階とをさらに含む、
付記１記載の方法。
（付記８）
前記トレーニング・データが一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを表し、前記分類器が前記一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを正常であると分類するようトレーニングされる、付記７記載の方法。
（付記９）
前記トレーニング・データが特定のエネルギー消費者に関連付けられており、前記自己回帰移動平均モデルについてのパラメータが、前記一つまたは複数のエネルギー消費シナリオを、その特定のエネルギー消費者にとって正常として認識するよう発展させられる、付記９記載の方法。
（付記１０）
前記トレーニング・データが前記特定のエネルギー消費者に関連付けられた履歴データを含み、前記履歴データは前記特定の消費者についての正常な使用の期間を表すと見なされる、付記９記載の方法。
（付記１１）
一つまたは複数のコンピュータ・システムが：
複数の分類器を受領する段階であって、各分類器は異常なエネルギー消費を検出して攻撃の確からしさを予測する、段階と；
最大偽警報レートを受領する段階と；
前記一つまたは複数の分類器のそれぞれについて、前記最大偽警報レートに基づいて閾

値を決定する段階と；
各分類器について最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定するよう前記一つまたは複数の分類器のそれぞれを評価する段階であって、前記評価は各シナリオのコストに基づく、段階と；
全体的なコストによって前記複数の分類器をランク付けする段階であって、各分類器についての全体的なコストは前記最大偽警報レートおよびその分類器についての最悪不検出攻撃シナリオの集合に基づく、段階と；
前記ランク付けに基づいて前記複数の分類器から選ばれた分類器を選択する段階とを実行する、
方法。
（付記１２）
分類器についての前記閾値が、前記最大偽警報レートを超えることなく偽警報の数を最大化することを含む、付記１１記載の方法。
（付記１３）
前記最悪不検出攻撃シナリオの集合が、各攻撃シナリオについての最大損失に基づいて決定される、付記１１記載の方法。
（付記１４）
各攻撃シナリオについての前記最大損失が、実際のエネルギー消費と予測されるエネルギー消費との間の差を含む、付記１３記載の方法。
（付記１５）
少なくとも一つの分類器が自己回帰移動平均モデルに基づく、付記１１記載の方法。
（付記１６）
一つまたは複数のコンピュータ・システムが：
自己回帰移動平均モデルに基づく分類器を受領する段階であって、前記分類器は異常なエネルギー消費を検出して攻撃の確からしさを予測するものである、段階と；
最大偽警報レートを受領する段階と；
前記最大偽警報レートに基づいて閾値を決定する段階と；
最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定するよう前記分類器を評価する段階であって、前記評価は各シナリオのコストに基づく、段階と；
全体的なコストを決定する段階であって、前記全体的なコストは前記最大偽警報レートおよび前記最悪不検出攻撃シナリオの集合に基づく、段階とを実行する、
方法。
（付記１７）
前記閾値を決定する段階が、前記最大偽警報レートを超えることなく偽警報の数を最大化することを含む、付記１６記載の方法。
（付記１８）
前記最悪不検出攻撃シナリオの集合が、各攻撃シナリオについての最大損失に基づいて決定される、付記１６記載の方法。
（付記１９）
各攻撃シナリオについての前記最大損失が、実際のエネルギー消費と予測されるエネルギー消費との間の差を含む、付記１８記載の方法。
（付記２０）
前記自己回帰移動平均モデルが特定のエネルギー消費者に関連付けられた一組のパラメータを利用する、付記１６記載の方法。
【符号の説明】
【００５６】
１１０　メーター
１２０　コレクター
１３０　サブステーション
１４０　ネットワーク

１５０　データ・センターおよびサーバー
１６０　記憶装置
２１０　異常なエネルギー消費の例示的なシナリオを表すグラフ
２２０　時間を表す軸
２３０　電力消費を表す軸
２４０　正常なデータ・セット
２５０　異常なデータ・セット
３１０　指定された時間期間にわたるエネルギー消費に関連付けられた情報を受領
３２０　エネルギー消費に関連する閾値を受領
３３０　前記情報に分類器を適用して結果を決定
３４０　前記結果が閾値を達成したかどうかを判定
３５０　前記情報を異常エネルギー消費を示すものとして分類
４１０　エネルギー消費に関連付けられたトレーニング・データを受領
４２０　トレーニング・データに基づいて、分類器をトレーニングしてモデルのパラメータを発達させる
４３０　指定された時間期間にわたるエネルギー消費に関連付けられた情報を受領
４４０　エネルギー消費に関連する閾値を受領
４５０　前記情報に分類器を適用して結果を決定
４６０　前記結果が閾値を達成したかどうかを判定
４７０　前記情報を異常エネルギー消費を示すものとして分類
５１０　分類器を受領
５２０　最大偽警報レートを受領
５３０　分類器について閾値を決定
５４０　最悪不検出攻撃シナリオの集合を決定するために分類器を評価
５５０　全体的なコストを決定
５６０　コストによって複数の分類器をランク付け
５７０　複数の分類器から選ばれた分類器を選択
６１０　ネットワーク
６２０　サーバー
６３０　メーター
６４０　データ記憶装置
６５０　リンク
６６０　クライアント
６６５　ウェブ・ブラウザー
７０２　プロセッサ
７０４　メモリ
７０６　記憶装置
７０８　I/0インターフェース
７１０　通信インターフェース

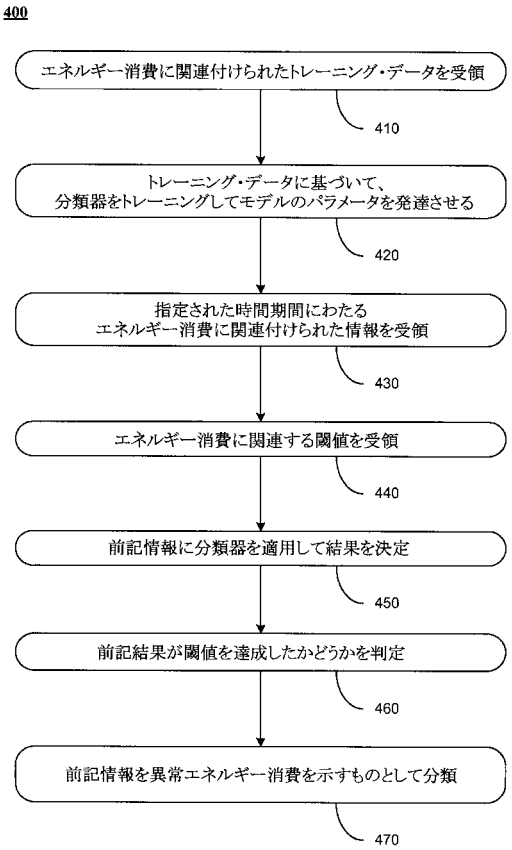
【図３】

エネルギー消費をプロファイリングするプロセスを記述する図



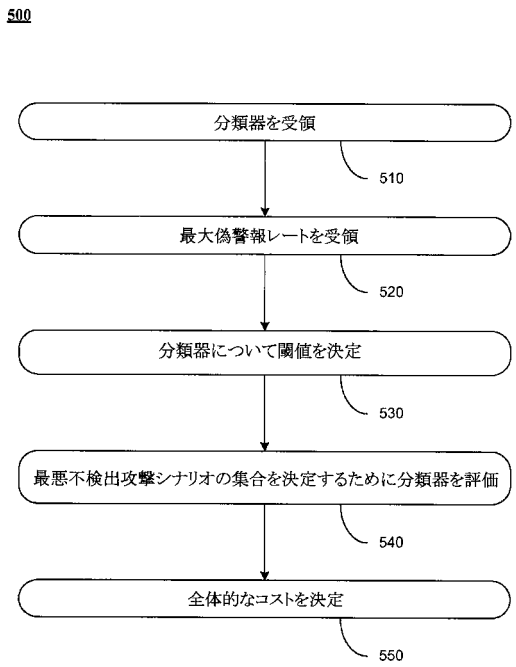
【図４】

エネルギー消費をプロファイリングするモデルを発展させるために分類エンジンをトレーニングするために機械学習を利用するプロセスを記述する図



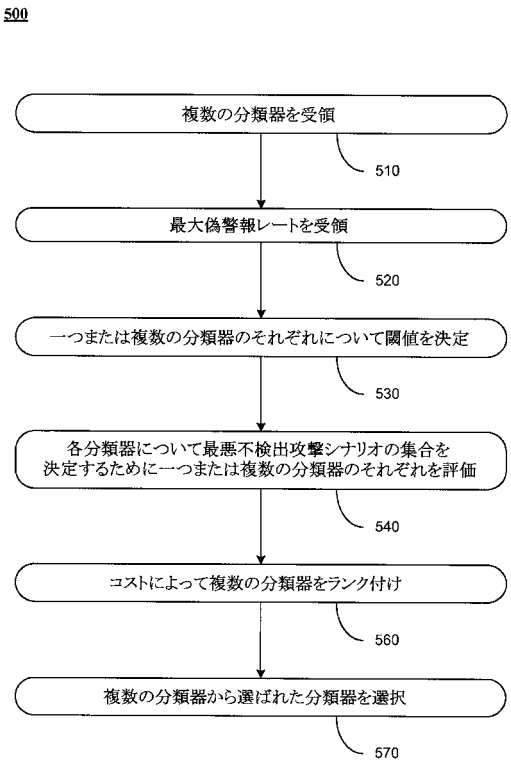
【図５Ａ】

エネルギー消費をプロファイリングするためのモデルを評価するプロセスを記述する図



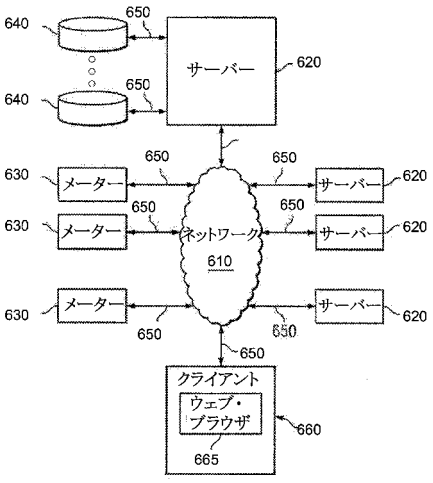
【図５Ｂ】

エネルギー消費をプロファイリングするための二つ以上のモデルを評価するプロセスを記述する図



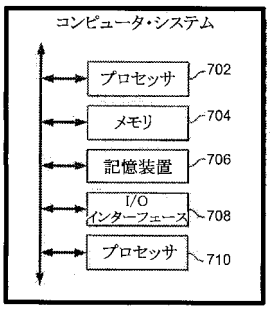
【図６】

個別的な諸実施形態のためのネットワーク・システムを示す図



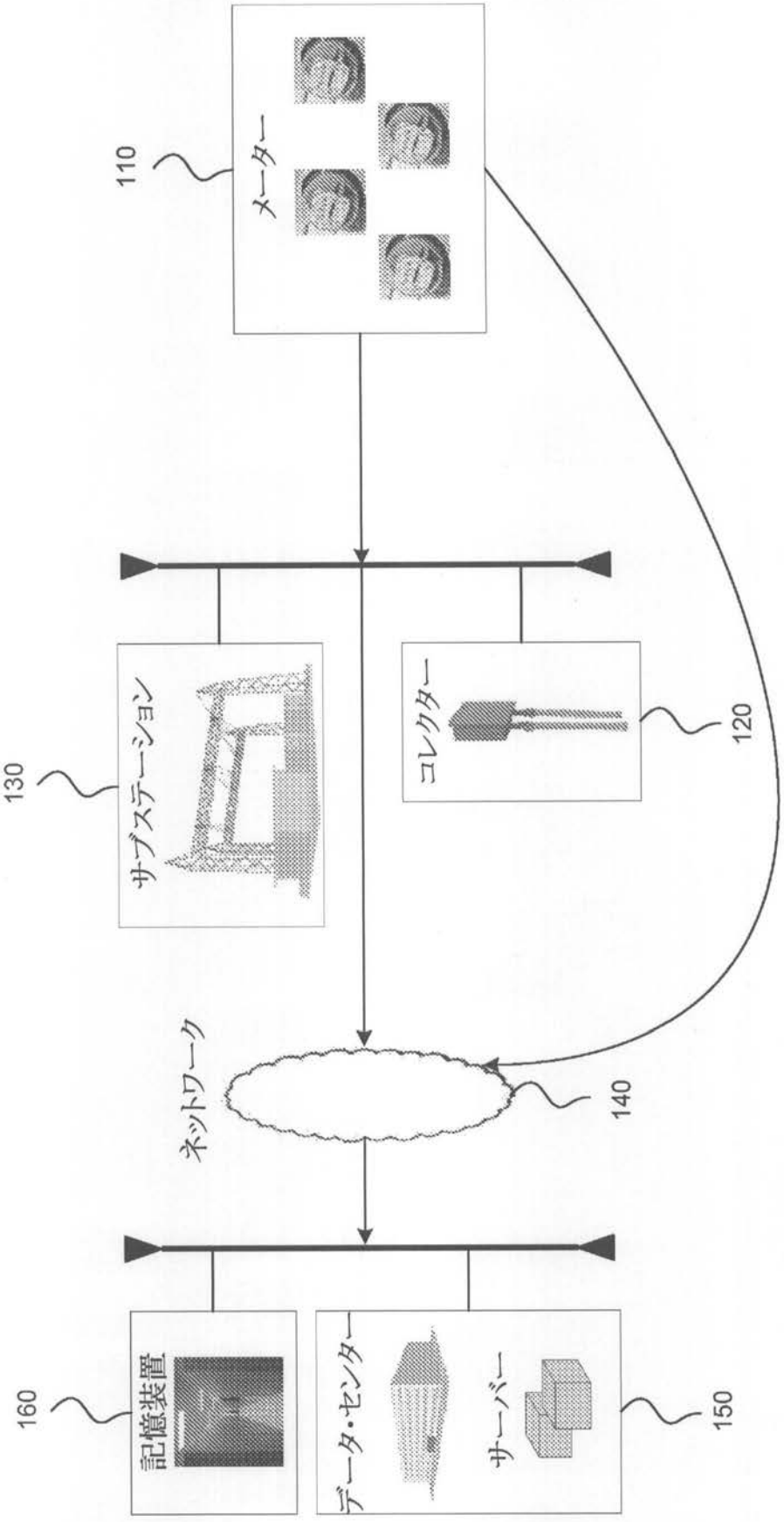
【図７】

個別的な諸実施形態のためのコンピュータ・システムを示す図



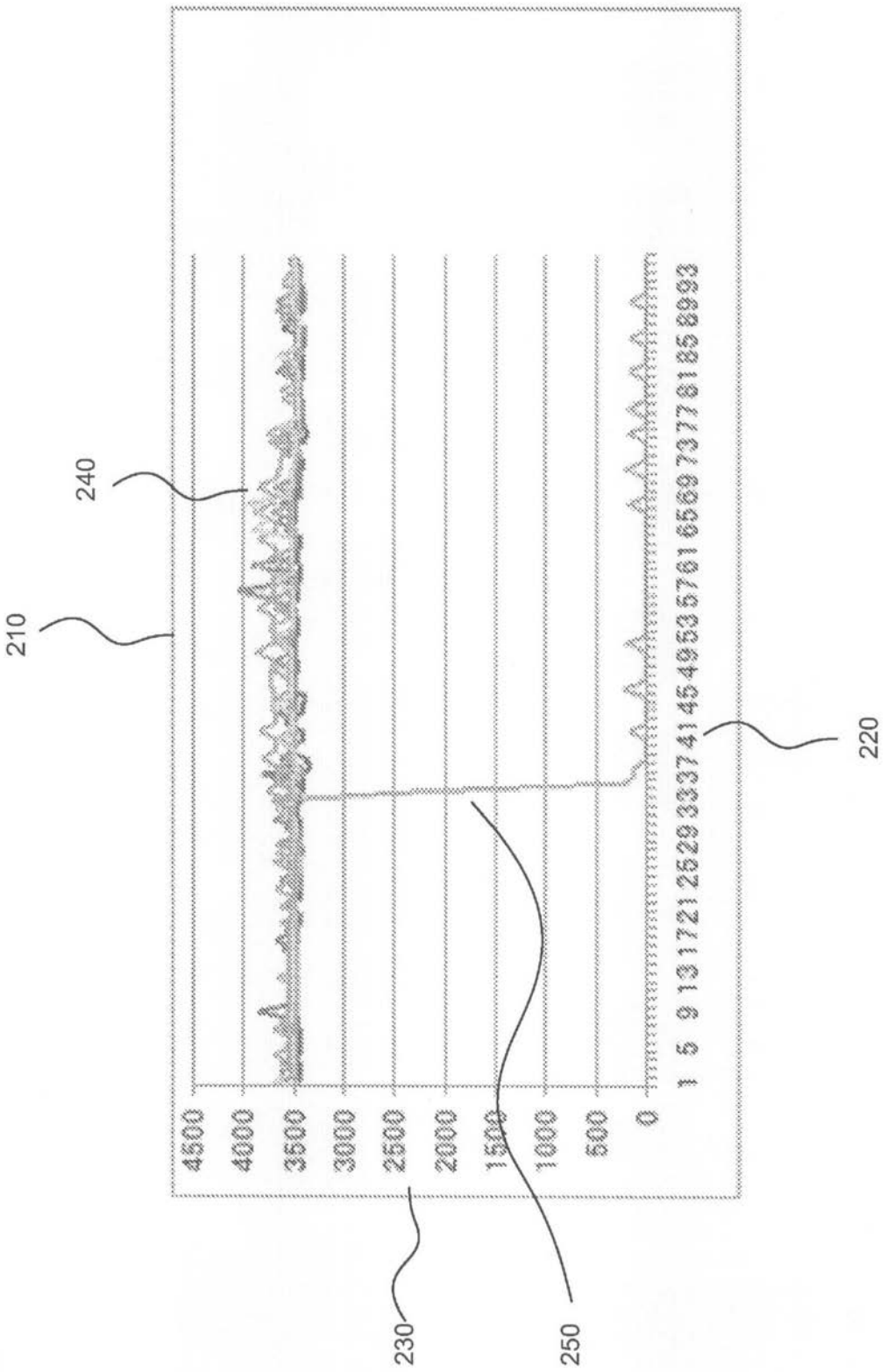
【図１】

個別的な諸実施形態のためのシステムを示す図



【図２】

異常なエネルギー消費のシナリオを表すグラフ



フロントページの続き

(72)発明者　マシマ・ダイスケ
アメリカ合衆国，ジョージア州　３０３２４，アトランタ，シドニー・マルクス・ブルヴァード
７４０番，アパート　５３０３号