

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年6月8日(08.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/100735 A1

(51) 国際特許分類:

G06Q 10/063 (2023.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/043325

(22) 国際出願日: 2022年11月24日(24.11.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

PCT/JP2021/044115 2021年12月1日(01.12.2021) JP

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: スチュワート ヘレン (STEWART, Helen); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目

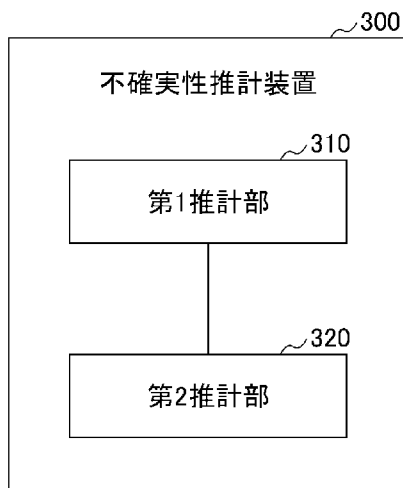
9-1-1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 中村 亨(NAKAMURA, Toru); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1-1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 久田 正樹(HISADA, Masaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1-1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 古谷 崇(FURUTANI, Takashi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1-1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 原 美永子(HARA, Minako); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1-1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16階 Tokyo (JP).

(54) **Title:** UNCERTAINTY ESTIMATION DEVICE, UNCERTAINTY ESTIMATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 不確実性推計装置、不確実性推計方法、及びプログラム

[図18]



300 Uncertainty estimation device
310 First estimation unit
320 Second estimation unit

(57) **Abstract:** According to the present invention, an uncertainty estimation device comprises: a first estimation unit that estimates the uncertainty of an estimated food consumption amount; and a second estimation unit that, on the basis of the uncertainty of the food consumption amount, estimates the uncertainty of an environmental burden prediction value predicted using a food consumption model constructed on the basis of the food consumption amount.

(57) 要約: 不確実性推計装置において、推計された食料消費量の不確実性を推計する第1推計部と、前記食料消費量に基づき構築された食料消費モデルを用いて予測された環境負荷予測値の不確実性を、前記食料消費量の不確実性に基づいて推計する第2推計部とを備える。

[続葉有]

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

不確実性推計装置、不確実性推計方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、食料消費による環境負荷を予測する技術に関連するものである。

背景技術

[0002] まず、背景技術について説明する。なお、本明細書において参考にする文献については、”[1]”などにより表記し、対応する文献名については最後にまとめて記載した。

[0003] 気候変動の緊急性が高まる中、地球温暖化による社会のリスクが高まっている。気候変動に強い持続可能な社会を実現するためには、食料及び水の安全保障という人間の基本的ニーズを満たすことを優先しなければならない。

[0004] 気候変動緩和政策では見落とされることが多いが、食料システムは重大な環境への影響を持つ。世界の食料生産により、2015年には約18Gtの温室効果ガスを排出したと推定されており、これは世界の排出量の34%に相当する[1]。

[0005] さらに、農業灌漑は毎年淡水取水の2/3を占め、世界の氷と砂漠のない土地の水の43%を使用している[2]。こうした膨大な資源の投入にもかかわらず、2011年のFAOは、人間が消費するために生産された食料の1/3が無駄になっていると推定している[3]。

[0006] 環境を犠牲にすることなく食料需要の増大に対応し、気候変動に対応することは、21世紀において人類が直面する最大の課題の一つである[4]。世界の人口が年間8300万人以上増加する中[5]、栄養価の高い食料の需要が高まっている。

[0007] グローバル化と可処分所得の増加はまた、資源集約的な西洋食の採用増加につながっている[6]、[7]。この傾向が続けば、食料需要は地球の限

界を超えると予測される〔8〕。将来の農業の拡大と集約化のシナリオを分析すると、生産面での効率性の向上を図っても、増大する世界的な需要を満たしつつ、気候変動緩和目標を達成するには不十分である〔9〕。気候変動への適応と緩和戦略を前進させるためには、食料消費習慣の変化が不可欠であるとの指摘が増えている〔2〕、〔9〕～〔12〕。

先行技術文献

非特許文献

[0008] 非特許文献1: B. Bajzelj et al., "Importance of food-demand management for climate mitigation," *Nature Climate Change*, vol. 4, no. 10, Art. no. 10, Oct. 2014, doi: 10.1038/nclimate2353.

非特許文献2: D. Tilman, C. Balzer, J. Hill, and B. L. Befort, "Global food demand and the sustainable intensification of agriculture," *PNAS*, vol. 108, no. 50, pp. 20260-20264, Dec. 2011, doi: 10.1073/pnas.1116437108.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 気候変動緩和目標の進捗を追跡するためには、食料消費パターンとその結果として生じる環境への影響（負荷）をリアルタイムで定量化し、予測することが必要である。しかし、将来（未来）の食料需要とその環境負荷を予測する研究は少なく、マクロレベルの予測が1年よりも粗い時間分解能で与えられているに過ぎない〔8〕－〔10〕、〔13〕－〔17〕。

[0010] 従来の研究では、多重回帰〔9〕、部分平衡モデル〔16〕および統合評価モデル〔17〕を用いて、食料システムの環境負荷の変化を予測していた。これらの従来の方法は、国および世界レベルの人口、GDPおよび平均作物収量などのマクロスケールのパラメータに焦点を当てている。このマクロレベルのデータは編集が難しく、ほとんどのデータは1年よりも粗い時間分解能でしか入手できない。しかし、現在の気候変動緩和目標の緊急性を考え

ると、環境負荷予測のための時間分解能が1年では不十分である。

[0011] また、現在のマクロレベルのアプローチでは、自然災害、国レベルの経済変化、消費者意識の変化、文化的要因などの局所的な現象の、様々な食品群の消費レベルに対する影響、およびその結果として生じる環境への影響（負荷）を予測するには不十分である。

[0012] 複数の研究において、緩和目標を確実に達成するためには、持続可能な食料システムへの移行のための政策を作成し、その政策を地域レベルでカスタマイズしなければならないことが述べられている[2]、[4]。環境負荷予測を構成食料群に分解することは、文化的な食事の好みと生産制約に特化した国家レベルの戦略を設計するために特に重要である。

[0013] 上記の点から、従来技術よりも細かな時間分解能で、食料群毎の環境負荷を予測することが望ましい。

[0014] 従来技術よりも細かな時間分解能で環境負荷を予測することに限らず、環境負荷予測全般において、いずれの手法を用いる場合でも、環境負荷予測には不確実性が含まれる。環境負荷予測の信頼性を判断するためには、不確実性を定量的に算出することが重要であるが、従来技術においては、環境負荷予測の不確実性を定量的に算出することができなかった。

[0015] 本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、食料による環境負荷を予測する技術において、環境負荷の予測の不確実性を定量的に算出することを可能とする技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0016] 開示の技術によれば、推計された食料消費量の不確実性を推計する第1推計部と、

前記食料消費量に基づき構築された食料消費モデルを用いて予測された環境負荷予測値の不確実性を、前記食料消費量の不確実性に基づいて推計する第2推計部と

を備える不確実性推計装置が提供される。

発明の効果

[0017] 開示の技術によれば、食料による環境負荷を予測する技術において、環境負荷の予測の不確実性を定量的に算出することを可能とする技術が提供される。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]従来手法を示す図である。

[図2]第1実施形態の概要を説明するための図である。

[図3]第1実施形態における環境負荷予測装置の構成図である。

[図4]環境負荷係数の例を示す図である。

[図5]食料消費量推定結果の例を示す図である。

[図6]食料消費による環境負荷（温室効果ガス排出）の推計の例を示す図である。

[図7]食料消費による環境負荷（富栄養化排出）の推計の例を示す図である。

[図8]食料消費による環境負荷（酸性排出）の推計の例を示す図である。

[図9]食料消費による環境負荷（温土地利用）の推計の例を示す図である。

[図10]食料消費による環境負荷（淡水採取）の推計の例を示す図である。

[図11]環境負荷推計のための処理を示すフローチャートである。

[図12]モデル構築手法の例を示す図である。

[図13]食料の消費量予測の例を示す図である。

[図14]モデルパラメータの例を示す図である。

[図15]第1実施形態における環境負荷予測装置の処理の流れを示すフローチャートである。

[図16]第2実施形態における環境負荷予測装置の構成図である。

[図17]第2実施形態における環境負荷予測装置の処理の流れを示すフローチャートである。

[図18]不確実性推計装置の構成図である。

[図19]装置のハードウェア構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態（本実施の形態）を説明する。

以下で説明する実施の形態は一例に過ぎず、本発明が適用される実施の形態は、以下の実施の形態に限られるわけではない。以下では、第1実施形態と第2実施形態を説明する。なお、以下の説明において、「推計」を「推定」に置き換えてもよい。

[0020] (第1実施形態の概要)

従来手法では、図1に示すように、環境負荷について、マクロレベルの長期の予測しかできなかった。これに対し、本実施形態では、図2に示すように、時系列モデリングに基づく食料消費モデルを構築することで、様々な食料群それぞれの将来の環境負荷を、従来よりも細かな時間分解能（例えば1日）で予測可能である。このような予測を、後述する環境負荷予測装置100が実行する。

[0021] 食料消費モデルの性能は、温度、テキストマイニングに基づく集団感情[18]、日経225株価指数[19]、一致指数[20]などの経済指標など、を含む高解像度モデルパラメータの導入によって向上させている。モデルパラメータの詳細については後述する。

[0022] 図2に示すように、環境負荷の将来（未来）予測は、マクロレベルで行うこともできるし、個々の食料群毎に行うこともできる。これにより環境負荷予測を環境負荷削減目標と継続的に比較して、様々な食料群にわたる進捗状況を追跡することができる。

[0023] 以下、第1実施形態における環境負荷予測装置100の構成と動作について詳細に説明する。

[0024] (第1実施形態：装置構成例)

図3に、本実施形態における環境負荷予測装置100の構成例を示す。図3に示すように、環境負荷予測装置100は、入力部110、消費DB（データベース）140、食料消費量推計部130、食料消費未来シナリオ定量分析モジュール120、環境負荷係数DB160、環境負荷推計部150、及び出力部170を有する。

[0025] また、食料消費未来シナリオ定量分析モジュール120は、食料消費量格

納部 1 2 1、モデルパラメータ DB 1 2 2、食料消費モデル構築部 1 2 3、モデル格納部 1 2 4、定量的シナリオ入力部 1 2 5 を有する。

[0026] なお、環境負荷予測装置 1 0 0 を環境負荷予測システムと呼んでもよい。また、環境負荷予測装置 1 0 0 は、1 つの装置（コンピュータ）で構成されていてもよいし、複数の装置で構成されていてもよい。また、環境負荷予測装置 1 0 0 には食料未来シナリオ定量分析モジュール 1 2 0 のみが備えられ、図 3 におけるそれ以外の機能部が環境負荷予測装置 1 0 0 の外部に備えられてもよい。食料未来シナリオ定量分析モジュール 1 2 0 を備える装置をモデル学習装置と呼んでもよい。

[0027] また、図 3 における消費 DB 1 4 0、環境負荷係数 DB 1 6 0、及びモデルパラメータ DB 1 2 2 はそれぞれ、環境負荷予測装置 1 0 0 の外部に備えられてもよい。

[0028] 主要な部位の概要は下記のとおりである。詳細については後述する。

[0029] 入力部 1 1 0 は、処理に必要なデータを入力する。食料消費量推計部 1 3 0 は、消費 DB 1 4 0 からの入力を用いて食料消費量を推計する。食料消費未来シナリオ定量分析モジュール 1 2 0 は、4 0 以上の食料群それぞれにおける日々の食料消費量と高解像度モデルパラメータに基づき、食料消費モデルの構築を行って、当該食料消費モデルを格納する。

[0030] 環境負荷推計部 1 5 0 は、食料消費未来シナリオ定量分析モジュール 1 2 0 におけるモデル格納部 1 2 4 からのモデルと、環境負荷係数 DB 1 6 0 から得られた環境負荷係数とを用いて環境負荷を予測する。出力部 1 7 0 は、定量的な食料消費シナリオに基づく日々の環境負荷予測を出力する。以下、各部の詳細を説明する。

[0031] <消費 DB 1 4 0>

消費 DB 1 4 0 は、広範囲の国と地域における、生鮮食料の日々の消費データを格納し、利用可能とするための DB である。消費 DB 1 4 0 は、外部から取得した消費データを格納する。あるいは、消費 DB 1 4 0 は、環境負荷予測装置 1 0 0 の外部に備えられる、以下で説明する POS サービス提供

者のDBであってもよい。

[0032] 消費DB140の消費データについて、日々の情報を得られるものであれば、どのようなデータであってもよいが、本実施の形態では、一例として、Shopper Insight Corporation [21] によって提供される「Real shopper SM」のPOS (Point of Sales) DBを使用している。

[0033] このデータベースは、日本のスーパーマーケットからの、肉、魚、果物および野菜を含む生鮮食料の収益および販売数を含むデータを格納し、JAN (Japanese Article Numbering) コードを持たない製品も扱う。日本市場のみに焦点を当てた他のスーパーマーケットPOSデータベースには加工食品が含まれているため、「Real shopper SM」のPOS-DBを使用することが好ましい。

[0034] <環境負荷係数DB160>

文献[2]により、119カ国の38,700の商業的に採算の合う農場にわたって、世界のカロリーとタンパク質消費量の約90%を占める40の食料群のライフサイクル分析(LCA)の結果がまとめられている。具体的には、温室効果ガス(GHG)排出量(kgCO₂換算)、土地利用(m²年)、酸性排出量(gSO₂換算)、富栄養化排出量(gPO₄³⁻換算)および淡水採取量(kL換算)に対する環境負荷係数が開示されている。

[0035] 環境負荷係数DB160には、文献[2]に基づくデータが格納されている。図4に、文献[2]により公開されているデータ、つまり、環境負荷係数DB160に格納されるデータの一例(40の食料群のうちの一部)を示す。図4に示すデータは、機能単位当たりの、生産面積に占有年数を乗じたもの(m²年/機能単位)として定義される、土地利用に関する統計的な係数のサンプルを示している。当該係数を環境負荷係数と呼ぶ。機能単位は1kgである。

[0036] <API>

日々の消費データのインポートとそれに続く食料消費量の計算、及び環境負荷の計算を自動化するために、API (アプリケーションプログラミング

インタフェース）が備えられている。具体的には、食料消費量推計部 130 及び環境負荷推計部 150 が API として提供される。ただし、食料消費量推計部 130 及び環境負荷推計部 150 が API として提供されることは一例である。

[0037] 食料消費量推計部 130 及び環境負荷推計部 150 の処理を自動化することで、新しい訓練データを時系列分析モデルに入力し、環境負荷予測を継続的に改善することが可能になる。

[0038] <食料消費量推計部 130>

食料消費量推計部 130 が利用するデータ（消費 DB 140 のデータ）は特定のデータに限定されないが、ここでは前述した「Real shopper SM」の POS データベースを利用する場合について説明する。

[0039] 当該 POS データベースでは、食料にはプロダクト（製品、商品、生産物）名に基づいてラベルが付けられている。一部のプロダクトでは、プロダクト名に数量（質量：kg、容積：L）が指定されている。プロダクト名に数量が指定されている場合、そのプロダクト a の総消費量 m_a は下記の式（1）に示すように計算される。「ラベル」を「名前」と呼んでもよい。「プロダクト」を「製品」と呼んでもよい。

[0040] $m_a = n m_{label(a)} \quad (1)$

ここで、 n は販売数、 $m_{label(a)}$ はプロダクトラベルに記載されている量である。食料消費量推計部 130 は自動スクリプトを使用して、数百の食料から日々の消費量を抽出する。

[0041] プロダクトのラベルに数量が明記されていないプロダクトでは、消費量 m_a は下記の式（2）を用いて計算される。プロダクトのラベルに数量が明記されていないことを「ラベルなし」、「名前なし」と表現してもよい。

[0042] $m_a = n r_n / p_n \quad (2)$

ここで、 r_n は、プロダクト a の販売の日毎の総収益であり、 p_n は、ラベル付きプロダクトから計算された平均単価（円/L、円/kg）である。

[0043] 食料群（食品グループ）n の総消費量は、次の式（3）により計算される

。

$$[0044] \quad M_n = (1/w) \sum_a A^a m_a \quad (3)$$

ここで、 A は食料群 n のプロダクト総数である。日本の総消費量を推計するには、 M_n をPOSデータにおける市場シェア（Shopper Insight Databaseでは1.8%）で分割する。日本における豚肉、鶏肉、牛肉、豆腐の消費量の推定例を図5に示す。図5は、式（1）～式（3）に基づく、2019年6月から2021年6月までの期間の消費量推定値を示す。

[0045] <環境負荷推計部150>

環境負荷推計部150は、食料群 n の消費量に対する指標 c （カテゴリ c 、インジケータ c などと呼んでもよい）における環境負荷である $i_{n(c)}$ を、次の式（4）により計算できる。

$$[0046] \quad i_{n(c)} = k_{n(c)} M_n \quad (4)$$

ここで、 $k_{n(c)}$ は食料群 n の指標 c の環境負荷係数である。日本の牛肉、豚肉、鶏肉、豆腐の消費による環境負荷の例を図6～10に示す。各図は、式（4）に基づく、5つの指標についての、2019年6月から2021年6月までの環境負荷を示す。図6は、温室効果ガス排出についての環境負荷を表し、図7は、富栄養化排出についての環境負荷を表し、図8は、酸性排出についての環境負荷を表し、図9は、土地利用についての環境負荷を表し、図10は、淡水採取についての環境負荷を表す。

[0047] N 個の食料群の環境負荷の合計 I_c は、下記の式（5）に示すように、食料群 n についての $i_{n(c)}$ の合計として計算できる。

$$[0048] \quad I_c = \sum_n^N i_{n(c)} \quad (5)$$

<食料消費量及び環境負荷の計算のフロー>

図11は、食料消費量及び環境負荷の計算のアルゴリズムを示すフローチャートである。図11を参照して、食料消費量及び環境負荷の計算手順を説明する。

[0049] S1において、初期化を行う。具体的には、 $n=1$ 、 $a=1$ 、 $M_n=0$ 、 I

$c = 0$ とする。S 2において、食料消費量推計部 1 3 0は、食料群 n の消費データから a のプロダクト名を読み取る。

[0050] S 3において、食料消費量推計部 1 3 0は、 a のプロダクト名に対して量が特定されているかどうかを確認し、Y e sであればS 4に進み、N oであればS 6に進む。

[0051] 食料消費量推計部 1 3 0は、S 4において、 $m_a = n m_{label(a)}$ を計算し、S 5において、 $M_n = M_n + m_a$ とする。食料消費量推計部 1 3 0は、S 6において、 $m_a = n r_n / p_n$ を計算し、S 7において、 $M_n = M_n + m_a$ とする。

[0052] S 8において、 $a = a + 1$ とする。S 9において、 $a \leq A$ がY e sであればS 2に戻り、N oであればS 1 0に進む。

[0053] S 1 0において、環境負荷推計部 1 5 0は、 $i_{n(c)} = k_{n(c)} M_n$ を計算する。S 1 1において、環境負荷推計部 1 5 0は、 $l_c = l_c + i_{n(c)}$ を計算する。S 1 2において、 $n = n + 1$ とし、S 1 3において $n \leq N$ がY e sであればS 2に戻り、N oであれば処理を終了する。

[0054] 食料消費量推計部 1 3 0で上記の処理の過程で算出された食料群毎の食料消費量のデータは、食料未来シナリオ定量分析モジュール 1 2 0における食料消費量格納部 1 2 1に格納される。

[0055] <食料消費モデル構築部 1 2 3>

食料消費による環境負荷を予測するために、まず、食料消費モデル構築部 1 2 3が、食料消費量の時間依存モデル $M(t, x_1, \dots, x_j)$ を構築する。ここで、 $x_1 \sim x_j$ は、有限個のモデルパラメータを表す。モデルパラメータの例については後述する。

[0056] $M(t, x_1, \dots, x_j)$ は、時刻 t 、及び、パラメータ $x_1, \dots, x_j$ を入力として食料消費量を返すモデルである。なお、モデルによっては、時刻 t の入力がなくてもよい（時刻 t に対応するパラメータ $x_1, \dots, x_j$ があればよい）。また、 $M(t, x_1, \dots, x_j)$ は食料群毎に構築されてもよい。なお、時刻 t の単位は、日単位、月単位等、モデルによってどのような単位であってもよい。例えば、入力パラメータが月単位の将来シナリオに基づく

パラメータであり、出力が日単位の食料消費量となってもよい。なお、「パラメータ」をパラメータの値の意味で使用する場合がある。

[0057] 食料消費モデル構築部 123 は、食料消費量格納部 121 に格納されている食料消費量のデータと、モデルパラメータ DB 122 に格納されているモデルパラメータを用いて、食料消費モデル M を構築する。構築したモデル M はモデル格納部 124 に格納される。

[0058] 食料消費モデルの構築には、多くの様々な方法を用いることができる。図 12 に、このようなモデルを構築するために使用できる方法の例を示す。

[0059] 簡単な例として、日々の気温の変化に応じた食料群 n（例えば「米」）のモデル M を構築する場合、過去の日々の気温のデータをモデルパラメータ DB 122 から読み出し、各日の対応する推計された消費量を食料消費量格納部 121 から読み出し、これらの過去のデータに基づき学習を行うことで、気温を入力して食料消費量の推定値を出力するモデル M を生成する。

[0060] 図 12 に示すように、モデル M は、学習で得られた重みを持つニューラルネットワークであってもよいし、学習で得られた係数を持つ式（例：重回帰分析の式）であってもよいし、これら以外の形式のものであってもよい。一例としてニューラルネットワークであれば、例えば、モデルパラメータ（例：過去の日々の気温の時系列データ）をニューラルネットワークへの入力とし、出力が正解の食料消費量になるように、ニューラルネットワークの重みを調整する。例えば、重み調整には誤差逆伝搬法等を用いることができる。

[0061] 生成されたモデル M に、例えば、ある将来シナリオ（例：温暖化が大きく進むシナリオ）に基づくパラメータ（将来の時刻、予測気温等）を入力することで、そのシナリオでの将来の日々の食料消費量の予測値を出力することができる。

[0062] 図 13 は、LSTM を用いて構築した食料消費モデルにより、2021 年の 6 月 28 日から 7 月 23 日までの鶏肉消費量の消費予測を行った例を示している。

[0063] <環境負荷推計部 150 による環境負荷予測>

環境負荷推計部 150 は、食料消費モデル構築部 123 により構築された食料消費モデル $M(t, x_1, \dots, x_j)$ 、及び環境負荷係数 $k_{c(n)}$ を使用して、下記の式 (6) により、時刻 f の指標 c の将来 (未来) の環境負荷を予測する。

[0064]
$$I_c(f) = k_{c(n)} M(f, x_1, \dots, x_j) \quad (6)$$

ここで、モデルパラメータ $x_1 \sim x_j$ の値は、将来のシナリオの仮定に基づいて将来の時刻 f で定義される。モデルパラメータ $x_1 \sim x_j$ の値は、例えば、あるシナリオを仮定した将来の時刻 f での値 (予測値等) である。このモデルパラメータは、定量的未来シナリオ入力部 125 から入力される。

[0065] $M(f, x_1, \dots, x_j)$ により将来の食料消費量の予測値が計算される。これに環境負荷係数 $k_{c(n)}$ をかけることで、環境負荷を予測できる。食料消費量の予測値を計算する機能部と、環境負荷を予測する機能部が分けられていてもよい。

[0066] 図 14 は、利用可能性のあるモデルパラメータと利用可能なデータの時間分解能を示している。また、文献に存在する将来シナリオの時間分解能を、提案方法を用いて解析できる可能性のあるシナリオの時間分解能と比較した。

[0067] 気象庁 [29] では毎日の気温データを公開しており、1976 年までの過去のデータも公開しているのでそれを訓練データとして使用できる。将来のシナリオとして、例えば、気候変動による将来の地球および地域の気温変化を予測するために、RCP8.5、RCP6、RCP4.5 および RCP2.6 という 4 つの排出シナリオに基づいて大気中の GHG 濃度を定義する代表濃度経路 (RCP) [30] を用いることができる。これらのシナリオは、2026 年から 2100 年までの月間気温予測を提供する気候シミュレーションの基礎として使用されている [31]、[32]。

[0068] 本実施の形態に係る提案方法は、長期的な気候変動の影響に基づいて、消費者行動の起こり得る変化とその結果としての環境負荷を予測するために使用できる。また、気候変動の影響を受けやすくなると予測される台風や熱波

などの自然災害の影響をモデル化するためにも提案方法を使用できる〔33〕。湿度や降雨などの他の気象関連変数もモデルパラメータとして用いることができる。

[0069] 人口は食料消費レベルと直接相関し、既存の研究では食料消費シナリオのキーパラメータとして使用されている〔9〕、〔10〕。既存の研究では、1年以下の時間分解能を持つ長期的な人口モデルに焦点を当てていた〔34〕が、提案方法のアプローチにより、地域の成長と人口減少、季節的な人口移動、人口年齢分布が消費レベルとそれに対応する環境負荷を調査し、予測するのに利用できる。日本の統計局〔35〕は、地域の人口と年齢分布の月次データを公表している。

[0070] また、既存の研究では、GDP、一人当たりのカロリー、及びタンパク質需要の間の相関を示している〔10〕。GDPは通常毎年発表されるが、日経225や日本の一致指数など、より高い時間分解能を持つ類似の経済指標を用いて、消費による環境負荷の経済状況の影響をモデル化することができる。景気後退と好景気の経済シナリオも、環境負荷を予測するのに利用できる。

[0071] なお、本実施の形態で学習時、及び予測時に使用するモデルパラメータは、気温、人口、SNSによる社会感情、及び経済指標のうちの少なくともいずれか1つを含むものであれば、どのようなパラメータを使用してもよい。

[0072] （第1実施形態：処理フロー）

図15は、これまでに説明した各部の処理に基づく全体の処理の流れを説明するためのフローチャートである。図15を参照して、環境負荷予測装置100による処理の流れを説明する。

[0073] S101において、食料消費量推計部130に、消費DB140から消費データが入力される。

[0074] 食料消費量推計部130は、S102において、例えば40の食料群毎の消費量計算を行って、S103において、消費量を食料消費量格納部121に格納する。

[0075] S 1 0 4 において、食料消費モデル構築部 1 2 3 が、食料消費量格納部 1 2 1 に格納されている消費量と、モデルパラメータ D B 1 2 2 を用いて、例えば食料群毎に、食料消費モデルを構築する。S 1 0 5 において、食料消費モデル構築部 1 2 3 は、食料消費モデルをモデル格納部 1 2 4 に格納する。

[0076] S 1 0 6 において、定量的未来シナリオ入力部 1 2 5 から定量的な未来シナリオのパラメータが入力される。入力された未来シナリオのパラメータは、モデル格納部 1 2 4 に格納された後に環境負荷推計部 1 5 0 に渡されてもよいし、定量的未来シナリオ入力部 1 2 5 から環境負荷推計部 1 5 0 に渡されてもよい。

[0077] S 1 0 7 において、モデル格納部 1 2 4 から、食料消費モデル、及び未来シナリオのパラメータが環境負荷推計部 1 5 0 に入力される。なお、食料消費モデル、及び未来シナリオのパラメータにより予測された食料消費量が環境負荷推計部 1 5 0 に入力されてもよい。

[0078] 環境負荷推計部 1 5 0 は、S 1 0 8 において、未来シナリオのパラメータを用いた食料消費モデルにより得られた食料消費量の予測値に環境負荷係数を乗算することにより、環境負荷計算を実施し、S 1 0 9 において、環境負荷の将来の予測値を出力部 1 7 0 を介して出力する。

[0079] (第 2 実施形態)

第 1 実施形態では、高時間分解能データ（例えば 1 日あたり 1 データポイント以上のデータ）を用いて環境負荷を予測する技術について説明した。以下、環境負荷予測の誤差（不確実性）を定量化する技術について、第 2 実施形態として説明する。

[0080] <第 2 実施形態に関わる課題について>

日常の消費パターンとそれに続く環境への負荷（影響）は、通常、非線形である度合いが高い。このことは、状態空間モデル、ポアソン過程、ホークス過程、ガウス過程、ディープラーニングなどの、非線形現象を捉えることができる時系列分析の回帰手法を用いて、最適な予測を行う必要があることを意味する。なお、本発明に係る技術における予測方法は、これらの手法に

限定されない。

[0081] 不確実性は、リスクを評価し、様々なシナリオにおける予測の信頼性を区別するための意思決定において重要である。例えば、気候変動緩和シナリオにおける不確実性を伝えることにより、信頼性を高め、気候情報の信頼性を高めることができる。

[0082] 本実施形態でも第1実施形態で使用方法により、食料消費量を予測する食料消費量モデルを構築する。ここで、モデルを構築すること（モデリング）についての不確実性について説明する。モデリングにおいては、主に、偶然的な不確実性（aleatory uncertainty）と認識的な不確実性（Epistemic uncertainty）の2種類の不確実性がある。

[0083] 偶然的な不確実性（aleatory uncertainty）は、データの不確実性であり、データ分布に固有の削減できない不確実性である。

[0084] 認識的な不確実性（Epistemic uncertainty）は、知識の不確実性であり、知識不足、及び、モデル出力を定義するパラメータのすべてをデータが捉えていないことによる不確実性である。多くの場合、手元のデータは不完全で、ノイズがあり、不一致であったり、マルチモーダルであったりする。

[0085] モデリングには上記のような不確実性があるため、第1実施形態で説明した環境負荷予測技術において、不確実性を定量化して示すことが望ましい。

[0086] すなわち、第1実施形態で説明した環境負荷予測技術を現実のシナリオで使用する場合、例えば下記の点で不確実性の定量化が必要である。

[0087] ・ 正確なリスク評価
・ 様々なシナリオでの予測信頼性の把握
・ シナリオ伝達における信頼性向上、及び、情報の高信頼化
(第2実施形態：装置構成例)

図16に、第2実施形態における環境負荷予測装置200の構成例を示す。基本的に、第2実施形態における環境負荷予測装置200は、第1実施形態の環境負荷予測装置100の機能を含む。図16において、図3で示した構成と同じ符号を付した機能部は、図3で示した構成における当該符号を付

した機能部と同じ機能を含む。ただし、第2実施形態では、図3で示した構成と同じ符号を付した機能部でも、第1実施形態とは異なる動作をする場合もある。

[0088] 図3に示すように、環境負荷予測装置200は、入力部110、食料消費量格納部121、モデルパラメータDB122、食料消費モデル構築部123、モデル格納部124、定量的シナリオ入力部125、消費DB140、食料消費量推計部130、環境負荷係数DB160、環境負荷推計部150、消費量予測部155、出力部170、消費量不確実性格納部210、消費量不確実性推計部220、モデル構築不確実性推計部230、環境負荷予測不確実性推計部240、環境負荷係数不確実性格納部250を有する。

[0089] なお、環境負荷予測装置200を環境負荷予測システムと呼んでもよい。また、環境負荷予測装置200は、1つの装置（コンピュータ）で構成されていてもよいし、複数の装置で構成されていてもよい。環境負荷予測装置200を、不確実性推計装置と呼んでもよい。また、図16の2つの機能部間において、線で結ばれていなくても、必要に応じて情報のやり取りが可能である。

[0090] また、図16における消費DB140、環境負荷係数DB160、及びモデルパラメータDB122はそれぞれ、環境負荷予測装置200の外部に備えられてもよい。

[0091] 第1実施形態における構成（図3）に対して追加された主な機能部についての機能の概要は下記のとおりである。

[0092] 消費量不確実性格納部210は、例えば、ラベル付けされた（名前付きの）製品のコスト分布の情報を格納する。当該分布から計算される標準偏差が消費量不確実性格納部210に格納されていてもよい。

[0093] 消費量不確実性推計部220は、ラベル付けされた製品のコスト分布に基づいて、食料消費量の不確実性を推計する。ここで推計する不確実性は、ラベル付けされていない製品に起因して生じるものである。

[0094] モデル構築不確実性推計部230は、モデルに固有の不確実性をモデリン

グアルゴリズムに対応した手法で推計する。推計方法として、ブートストラップ法、モンテカルロドロップアウト法、変分推論などを使用できる。

[0095] モデル格納部 124 は、食料消費モデル構築部 123 で構築されたモデルと、モデル構築不確実性推計部 230 により得られたモデルの不確実性の情報が格納される。

[0096] 環境負荷係数不確実性格納部 250 は、ライフサイクルアセスメント研究の統計解析に基づく、環境負荷係数の不確実性に関する情報（例えば、誤差についての、分布、分散、標準偏差など）を格納する。

[0097] 消費量予測部 155 は、モデル格納部 124 から食料消費モデルを取得するとともに、定量的未来シナリオ入力部 125 からシナリオパラメータを取得する。

[0098] 環境負荷予測不確実性推計部 240 は、食料消費量の不確実性の情報、モデルの不確実性の情報、環境負荷係数の不確実性の情報のうちの少なくとも 1 つに基づいて、環境負荷予測の不確実性を推計する。

[0099] 第 2 実施形態に係る手法により、「食料消費量、環境負荷係数、及び、モデル構築」のうちの少なくとも 1 つの不確実性によって発生する環境負荷予測の不確実性を定量的な値（例：信頼性区間、誤差の上限及び下限）として示すことができる。これにより、例えば、異なる食品群間で環境負荷予測における予測信頼度を区別できる。また、環境負荷予測において、より正確なリスク評価が可能になる。

[0100] <不確実性について>

環境負荷予測における不確実性には、例えば、下記の 3 つの要因がある。

[0101] ・データセットにおけるラベルのない製品 ($Q_{unnamed}$) の存在によるモデルへの入力（消費量 Q_{total} ）の不確実性

・環境負荷係数 ($c_{i,k}$) の統計的不確実性

・モデルの不確実性

モデルの不確実性については、下記の 2 つがある。

[0102] ・不完全なモデル構築によるモデルにおける認識的不確実性 (Epistemic u

ncertainty)

・消費パターンに固有のランダム性による、削減できない偶然的な不確定性 (aleatory uncertainty)

(第2実施形態：処理フロー)

次に、図17に示すフローの手順に沿って、第2実施形態における環境負荷予測装置200の処理を説明する。以下で説明する式の番号は、第2実施形態での式として、(1)から開始することとしている。

[0103] <S201>

S201において、食料消費量推計部130に、消費DB140から消費データが入力される。

[0104] <S202>

S202において、食料消費量推計部130は、下記の式(1)と式(2)を用いて、食料消費量を推計する。推計された食料消費量は食料消費量格納部121に格納する。より具体的には下記のとおりである。

[0105] 本実施形態におけるデータセットには、個々の製品の量(例：フィッシュフィレA 200g、エビB 100g)と、1日の収益と購入数(売上数)が含まれている。これは名前がある場合の情報の例である。当該データセットには名前のない製品(ラベルのない製品)も含まれており、これらについては、各日における、収益と売上数のみが含まれる。

[0106] カテゴリごとに、全ての製品が名前付き製品と名前なし製品に分けられる。1日当たりの食料消費量と平均コストをそれぞれ Q_n 、 c_n とすると、食料消費量推計部130は、 Q_n 、 c_n を下記の式(1)により計算する。

[0107] [数1]

$$Q_n = \sum_i^N s_i V_i, c_n = \frac{1}{N} \sum_i^N \frac{r_i}{V_i s_i} \quad (1)$$

上記の式(1)において、 N は名前付き製品の合計数であり、 s_i は製品 i の販売数(number of units sold)であり、 V_i は製品名(ラベル)から読み

取った製品 i の量 (Volume) であり、 r_i は製品 i の 1 日あたりの総収益である。上記「量」は例えば重量である。

[0108] 次に、食料消費量推計部 130 は、1 日当たりの食料消費量の合計値 Q_{total} を、名前付きの製品の消費量 Q_n と名前なしの製品の食料消費量 $Q_{unnamed}$ の合計として計算する。より具体的には、下記の式 (2) により Q_{total} を計算する。

[0109] [数2]

$$Q_{total} = \frac{1}{p_{market}} (Q_n + Q_{unnamed}) \quad (2)$$

式 (2) において、 p_{market} は、市場比率である。すなわち、 p_{market} は、日本国内のスーパーマーケット総数に対するデータサンプル中の店舗数の比率である。本実施形態で使用されたデータセット [13] では、 p_{market} は、時期に応じて 1.0 から 2.5 % の間である。

[0110] また、食料消費量推計部 130 は、名前なしの製品の食料消費量 $Q_{unnamed}$ を、下記の式 (3) により計算する。

[0111] [数3]

$$Q_{unnamed} = \frac{1}{c_n} \sum_i^M r_i \quad (3)$$

上記の式における M は、名前なし製品の数であり、 c_n は、名前付き製品の平均コスト (単位質量あたりのコストの平均) である。総収益をコストで割ることで食料消費量 $Q_{unnamed}$ を推計している。

[0112] 食料消費量推計部 130 により計算された値は、食料消費量格納部 121 に格納される。

[0113] <S203>

S 2 0 3において、消費量不確実性推計部 2 2 0は、後述の式（４）を用いて、食料消費量の不確実性を推計する。より具体的には下記のとおりである。

[0114] c_n と r_i との間の相関を無視することとして、消費量不確実性推計部 2 2 0は、下記の式（４）に示す誤差伝搬式を用いて、名前なし製品による、食料消費量の不確実性 $\Delta Q_{unnamed}$ を計算する。不確実性 $\Delta Q_{unnamed}$ を、食料消費量の精度と呼んでもよい。

[0115] [数4]

$$\Delta Q_{unnamed} = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial Q}{\partial c_n}\right)^2 \Delta c_n^2} = \pm \sqrt{\left(\frac{-1}{c_n^2}\right)^2 \Delta c_n^2} = \pm \frac{1}{c_n^2} \sigma(c_n) \quad (4)$$

上記の式において、 $\sigma(c_n)$ は、名前付き製品（ラベル付き製品）の「単位質量あたりのコスト」の分布の標準偏差である。なお、標準偏差は統計情報の一例である。

[0116] 例えば、名前付き製品（ラベル付き製品）の「単位質量あたりのコスト」の分布が、消費量不確実性格納部 2 1 0に格納されており、消費量不確実性推計部 2 2 0は、当該分布を、消費量不確実性格納部 2 1 0から読み出して標準偏差 $\sigma(c_n)$ を計算する。分布以外の計算に必要なデータは、例えば、食料消費量格納部 1 2 1に格納されており、消費量不確実性推計部 2 2 0は、食料消費量格納部 1 2 1から読み出したデータ（ c_n 等）と標準偏差 $\sigma(c_n)$ を用いて、式（４）を計算する。

[0117] なお、不確実性の要因として、名前なし製品に着目することは一例である。不確実性の要因として、名前なし製品以外のものに着目して、不確実性（誤差）を計算してもよい。また、不確実性（誤差）の推計については、誤差伝搬式を使用する方法以外の方法を使用してもよい。

[0118] <S 2 0 4>

S 2 0 4において、食料消費モデル構築部 1 2 3は、食料消費量から食料

消費モデルを構築する。ここでは、食料消費量の不確実性（誤差と呼んでもよい）の上限（upper bound）を用いたモデルと、食料消費の不確実性の下限（lower bound）を用いたモデルの2つのモデル（モデル1、モデル2）を構築する。上限を上界と呼んでもよいし、下限を下界と呼んでもよい。なお、第1実施形態と同様に、1つのモデルを構築することとしてもよい。1つのモデルでも、後述するモデルの不確実性あるいは環境負荷係数の不確実性に基づき、環境負荷予測の不確実性を推計できる。

[0119] 食料消費モデル構築部123におけるモデル構築方法自体は、第1実施形態で説明した方法と同じでよい。

[0120] 第2実施形態においては、S202において計算した食料消費量と、S203において計算した食料消費量についての不確実性を用いて、上述したとおり、2つのモデルを構築する。例えば、ある食料（食料グループ（食品群）でもよいし、食料カテゴリでもよい）のある時期の食料消費量がAであるとし、不確実性（誤差）が $\pm a$ であるとする、モデル構築で使用する食料消費量として、モデル1の構築には「 $A + a$ 」を使用し、モデル2の構築には「 $A - a$ 」を使用する。

[0121] 以降の説明において、食料消費量の上限を使用したモデルをモデル（上限）と呼び、食料消費量の下限を使用したモデルをモデル（下限）と呼ぶことにする。

[0122] <S205>

S205において、モデル構築不確実性推計部230が、食料消費モデル構築部123で使用されるモデリング方法に対する不確実性の境界（上限と下限）を推計する。つまり、食料消費モデル構築部123で構築されたモデルの不確実性を推計する。

[0123] モデルの不確実性、すなわち、モデルにより予測される値の不確実性（予測値の分布、誤差の上限と下限など）の推計方法としてはどのような方法を使用してもよい。

[0124] 例えば、ディープラーニング（LSTM、CNN、RNN、...）のモデリ

ング方法に対しては、モンテカルロドロップアウト、ベイズ推定、マルコフチェーンモンテカルロ、変分ベイズ、変分推論などの手法を使用できる。

[0125] また、状態空間モデルのモデリング方法に対しては、ブートストラップなどの手法を使用できる。ガウス過程のモデリング方法に対しては、ベイズアプローチ、頻度主義（Frequentist）アプローチなどの手法を使用できる。Prophetのモデリング方法に対しては、ライブラリに含まれる機能（例えば事後確率を使用するもの）を使用できる。

[0126] <S 2 0 6>

S 2 0 6において、定量的未来シナリオ入力部 1 2 5 からシナリオパラメータを消費量予測部 1 5 5 に入力する。シナリオパラメータは、第 1 実施形態において、将来シナリオに基づくパラメータとして説明したものである。

[0127] <S 2 0 7>

S 2 0 7において、消費量予測部 1 5 5 は、食料消費モデル構築部 1 2 3 で使用されるモデリング方法に適したシナリオパラメータから、食料消費量の予測の不確実性の境界（例：誤差の範囲、誤差の上限と下限など）を推計する。

[0128] シナリオパラメータから、食料消費量の予測（環境負荷の予測）を行う方法自体は、第 1 実施形態で説明したとおりである。つまり、食料消費モデル構築部 1 2 3 により構築された食料消費モデル $M(f, x_1, \dots, x_j)$ に、シナリオパラメータの値 $x_1, \dots, x_j$ を入力することで、将来の時刻 f での食料消費量の予測値を得ることができる。

[0129] ここでは、モデル（上限）を用いて、食料消費量の予測値を算出し、モデル（下限）を用いて、食料消費量の予測値を算出する。なお、前述のように 1 つのモデルを用いてもよい。

[0130] また、消費量予測部 1 5 5 は、S 2 0 5 で算出した、モデルの不確実性の推計結果により、モデル（上限）による食料消費量の予測値と、モデル（下限）による食料消費量の予測値のそれぞれについての、不確実性（誤差の範囲）を算出する。

[0131] 以上の結果から、消費量予測部 155 は、食料消費量の予測の不確実性の境界（誤差の範囲、誤差の上限と下限など）を推計する。

[0132] 例えば、モデル（上限）による食料消費量の予測値が E でありその不確実性が $\pm e$ であるとし、モデル（下限）による食料消費量の予測値が F でありその不確実性が $\pm f$ であるとする、消費量予測部 155 は、食料消費量の予測値の上限を、 $E + e$ と $F + f$ のうちの大きいほうとし、食料消費量の予測値の下限を、 $E - e$ と $F - f$ のうちの小さいほうとして、推計することができる。

[0133] <S208、S209>

環境負荷推計部 150 は、式（5）を用いて、食料消費量の予測を環境負荷の予測に変換する。

[0134] [数5]

$$I_c(f) = k_{c(n)} M(f, x_1, \dots, x_j) \quad (5)$$

上記の式は第 1 実施形態でも説明したものである。 $k_{c(n)}$ は環境負荷係数である。モデルパラメータ $x_1 \sim x_j$ の値は、将来のシナリオの仮定に基づいて将来の時刻 f で定義される。モデルパラメータ $x_1 \sim x_j$ の値は、例えば、あるシナリオを仮定した将来の時刻 f での値（予測値等）である。このモデルパラメータは、定量的未来シナリオ入力部 125 から入力される。

[0135] ここで、S207 で計算した、食料消費量の予測の上限と下限を使用することで、環境負荷の予測値の不確実性の推計結果を得ることができる。

[0136] 例えば、食料消費量の予測の上限から得られた環境負荷の予測値を、不確実性を持つ環境負荷の上限とし、食料消費量の予測の下限から得られた環境負荷の予測値を、不確実性を持つ環境負荷の下限とし、これらの値を、環境負荷予測における不確実性の上限と下限として出力部 170 から出力することとしてもよい。

[0137] また、下記のようにして、環境負荷予測の不確実性を推計してもよい。

ここで、後述する式（７）を説明するために、環境負荷の計算式を下記の式（６）に示す。下記の式（６）は、食料グループ（食料群） k の食料消費量による環境負荷を示す。

[0138] [数6]

$$I_k = c_{i,k} Q_k \quad (6)$$

$c_{i,k}$ は、食料群 k の指標 i についての環境負荷係数である。環境負荷係数については第１実施形態で説明したとおりである。 Q_k は、食料群 k の食料消費量の合計であり、例えば、式（２）により算出することができるものである。 I_k は、環境負荷である。

[0139] 環境負荷予測不確実性推計部２４０は、下記の誤差伝搬式を計算することにより、 I_k の不確実性を算出する。つまり、式（７）において計算される最右辺の＋の値が I_k の不確実性（誤差）の上限であり、－の値が I_k の不確実性（誤差）の下限である。

[0140] [数7]

$$\Delta I_k = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial c_{i,k}}{\partial I_k}\right)^2 \Delta c_{i,k} + \left(\frac{\partial Q_k}{\partial I_k}\right) \Delta Q_k} = \pm \sqrt{Q_k^2 \Delta c_{i,k}^2 + c_{i,k}^2 \Delta Q_k^2} \quad (7)$$

式（７）において、「 $\Delta c_{i,k}^2$ 」は、環境負荷係数の分散であり、「 ΔQ_k^2 」は、食料消費量の分散である。

[0141] 環境負荷係数の分散については、どのような方法で求めてもよい。例えば、環境負荷係数不確実性格納部２５０に環境負荷係数の分散が格納されており、環境負荷予測不確実性推計部２４０は、環境負荷係数不確実性格納部２５０から、環境負荷係数の分散を読み出すことにより、 I_k の不確実性の算出に使用する。また、環境負荷係数不確実性格納部２５０に環境負荷係数の分布が格納されており、環境負荷予測不確実性推計部２４０は、環境負荷係数

不確実性格納部 250 から、環境負荷係数の分布を読み出すことにより分散を計算し、 l_k の不確実性の算出に使用することとしてもよい。

[0142] また、 Q_k の分散については、例えば、式 (4) により算出した食料消費量の不確実性の境界（上限、下限）から推計してもよいし、標準偏差 $\sigma(c_n)$ から推計してもよい。

[0143] ここで、 Q_k は、食料消費量の予測値であり、 l_k は環境負荷の予測値であるとする。つまり、 Q_k は $M(f, x_1, \dots, x_j)$ であり、 l_k は $l_c(f)$ であり、 $c_{i,k}$ は $k_{c(n)}$ であるとする。

[0144] この場合、環境負荷予測不確実性推計部 240 は、式 (7) により、環境負荷の予測値の不確実性を Δl_k として算出できる。ここで使用する環境負荷係数の分散については、上述のとおりである。

[0145] 食料消費量の予測の分散については、例えば、S207において、消費量予測部 155 が推計した、食料消費量の予測の不確実性の境界（誤差の範囲、誤差の上限と下限など）を使用して推計することができる。

[0146] 出力部 170 は、環境負荷の予測値の不確実性を示す値 (Δl_k) を出力する。具体的には、例えば、出力部 170 は、環境負荷の予測値の不確実性（誤差）の上限と下限を出力する。

[0147] （他の構成例）

図 16 に示した構成は一例に過ぎない。例えば、図 18 に示すように、第 1 推計部 310 と第 2 推計部 320 を備える不確実性推計装置 300 が提供されてもよい。なお、環境負荷予測装置 200 は、不確実性推計装置 300 の例であり、消費量不確実性推計部 220 が第 1 推計部 310 に対応し、環境負荷予測不確実性推計部 240 が第 2 推計部 320 に対応する。不確実性推計装置 300 には、更に、モデル構築不確実性推計部 230 に対応する第 3 推計部が備えられてもよい。

[0148] 例えば、第 1 推計部 310 は、例えば食料消費量推計部 130 により推計された食料消費量の不確実性を推計する。第 2 推計部 320 は、例えば、当該食料消費量に基づき構築された食料消費モデルを用いて、環境負荷推計部

150により予測された環境負荷予測値の不確実性を、上記食料消費量の不確実性に基づいて推計する。

[0149] (ハードウェア構成例)

環境負荷予測装置100、200、及び不確実性推計装置300は、例えば、コンピュータにプログラムを実行させることにより実現できる。このコンピュータは、物理的なコンピュータであってもよいし、クラウド上の仮想マシンであってもよい。環境負荷予測装置100、200、及び不確実性推計装置300を総称して「装置」と呼ぶ。

[0150] すなわち、当該装置は、コンピュータに内蔵されるCPUやメモリ等のハードウェア資源を用いて、当該装置で実施される処理に対応するプログラムを実行することによって実現することが可能である。上記プログラムは、コンピュータが読み取り可能な記録媒体（可搬メモリ等）に記録して、保存したり、配布したりすることが可能である。また、上記プログラムをインターネットや電子メール等、ネットワークを通して提供することも可能である。

[0151] 図19は、上記コンピュータのハードウェア構成例を示す図である。図19のコンピュータは、それぞれバスBSで相互に接続されているドライブ装置1000、補助記憶装置1002、メモリ装置1003、CPU1004、インタフェース装置1005、表示装置1006、入力装置1007、出力装置1008等を有する。なお、これらのうち、一部の装置を備えないこととしてもよい。例えば、表示を行わない場合、表示装置1006を備えなくてもよい。

[0152] 当該コンピュータでの処理を実現するプログラムは、例えば、CD-ROM又はメモリカード等の記録媒体1001によって提供される。プログラムを記憶した記録媒体1001がドライブ装置1000にセットされると、プログラムが記録媒体1001からドライブ装置1000を介して補助記憶装置1002にインストールされる。但し、プログラムのインストールは必ずしも記録媒体1001より行う必要はなく、ネットワークを介して他のコンピュータよりダウンロードするようにしてもよい。補助記憶装置1002は

、インストールされたプログラムを格納すると共に、必要なファイルやデータ等を格納する。

[0153] メモリ装置１００３は、プログラムの起動指示があった場合に、補助記憶装置１００２からプログラムを読み出して格納する。ＣＰＵ１００４は、メモリ装置１００３に格納されたプログラムに従って、当該装置に係る機能を実現する。インタフェース装置１００５は、ネットワークに接続するためのインタフェースとして用いられる。表示装置１００６はプログラムによるＧＵＩ（Ｇｒａｐｈｉｃａｌ Ｕｓｅｒ Ｉｎｔｅｒｆａｃｅ）等を表示する。入力装置１００７はキーボード及びマウス、ボタン、又はタッチパネル等で構成され、様々な操作指示を入力させるために用いられる。出力装置１００８は演算結果を出力する。

[0154] （実施の形態のまとめ、効果）

第１及び第２実施形態に係る技術により、気温、人口、ＳＮＳによる社会感情、経済指標など、１年未満の時間分解能（１年よりも細かい時間分可能）を持つパラメータに基づく時系列分析により、将来の環境負荷を予測することができる。

[0155] また、第１及び第２実施形態では、食料消費量推計部１３０が、例えば自動処理のためのスクリプト（プログラム）により、何千もの食料プロダクトの消費データセットを分析することにより食料群毎に消費量を推計及び予測でき、食料群毎の環境負荷の予測を行うことができる。

[0156] すなわち、従来は、１年よりも大きな期間での時間分解能でしか環境負荷予測を行うことができなかったが、本実施の形態に係る技術により、より細かい（例えば１日の）時間分解能での環境負荷予測を行うことができる。局所的現象を捉える様々なパラメータを用いて、食料群毎に環境負荷予測を行うことができるので、気候変動緩和目標を達成するための的を絞った、局所的現象を考慮した政策計画（ポリシープランニング）が可能になる。

[0157] また、特に第２実施形態に係る技術により、環境負荷予測における不確実性を定量的に示すことが可能となる。環境負荷予測における不確実性を定量

的に示すことで、より正確なリスク評価のために予測を伝達する際に、異なる予測間の信頼性を区別し、予測の信頼性を高めることができる。

[0158] (付記 1)

本明細書には、少なくとも下記各項の環境負荷予測装置、モデル構築方法、及びプログラムが開示されている。

(第 1 項)

食料の消費量を格納するように構成された食料消費量格納部と、
前記消費量と、1 年未満の時間分解能を持つパラメータとを用いて、将来の食料消費量を予測するための食料消費モデルを構築するように構成された食料消費モデル構築部と

を備える環境負荷予測装置。

(第 2 項)

前記パラメータは、気温、人口、SNS による社会感情、及び経済指標のうちの少なくともいずれか 1 つを含む

第 1 項に記載の環境負荷予測装置。

(第 3 項)

将来のシナリオに基づくパラメータを入力とした前記食料消費モデルから出力される将来の食料消費量の予測値と、環境負荷係数とを用いて、将来の環境負荷の予測値を算出するように構成された環境負荷推計部

を更に備える第 1 項又は第 2 項に記載の環境負荷予測装置。

(第 4 項)

食料の消費データを格納した POS データベースから読み出したデータを用いて、食料群毎の消費量を推計し、推計した食料群毎の消費量を前記食料消費量格納部に格納するように構成された食料消費量推計部

を更に備える第 1 項ないし第 3 項のうちいずれか 1 項に記載の環境負荷予測装置。

(第 5 項)

環境負荷予測装置が実行するモデル構築方法であって、

食料の消費量を格納する食料消費量格納部から前記消費量を読み出すステップと、

前記消費量と、1年未満の時間分解能を持つパラメータとを用いて、将来の食品消費量を予測するための食料消費モデルを構築するステップを備えるモデル構築方法。

(第6項)

コンピュータを、第1項ないし第4項のうちいずれか1項に記載の環境負荷予測装置における各部として機能させるためのプログラム。

[0159] (付記2)

本明細書には、少なくとも下記各項の不確実性推計装置、不確実性推計方法、及びプログラムが開示されている。

(付記項1)

メモリと、
前記メモリに接続された少なくとも1つのプロセッサと、
を含み、
前記プロセッサは、
推計された食料消費量の不確実性を推計し、
前記食料消費量に基づき構築された食料消費モデルを用いて予測された環境負荷予測値の不確実性を、前記食料消費量の不確実性に基づいて推計する不確実性推計装置。

(付記項2)

前記プロセッサは、誤差伝搬式を用いて、前記食料消費量の不確実性を推計する

付記項1に記載の不確実性推計装置。

(付記項3)

前記プロセッサは、名前なしの製品に起因する前記食料消費量の不確実性を、名前ありの製品の統計情報に基づいて推計する

付記項1又は2に記載の不確実性推計装置。

(付記項 4)

前記食料消費量の不確実性における上限に対応する食料消費モデルと、前記食料消費量の不確実性における下限に対応する食料消費モデルの 2 つの食料消費モデルを構築するモデル構築部を更に備える

付記項 1 ないし 3 のうちいずれか 1 項に記載の不確実性推計装置。

(付記項 5)

前記プロセッサは、前記食料消費モデルについての不確実性に基づいて、前記環境負荷予測値の不確実性を推計する

付記項 1 ないし 4 のうちいずれか 1 項に記載の不確実性推計装置。

(付記項 6)

前記プロセッサは、前記環境負荷予測値を算出するために使用される環境負荷係数の不確実性に基づいて、前記環境負荷予測値の不確実性を推計する

付記項 1 ないし 5 のうちいずれか 1 項に記載の不確実性推計装置。

(付記項 7)

コンピュータが実行する不確実性推計方法であって、

推計された食料消費量の不確実性を推計するステップと、

前記食料消費量に基づき構築された食料消費モデルを用いて予測された環境負荷予測値の不確実性を、前記食料消費量の不確実性に基づいて推計するステップと

を備える不確実性推計方法。

(付記項 8)

コンピュータを、付記項 1 ないし 6 のうちいずれか 1 項に記載の不確実性推計装置における各部として機能させるためのプログラムを記憶した非一時的記憶媒体。

[0160] 以上、本実施の形態について説明したが、本発明はかかる特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

[0161] [参考文献]

- [1] M. Crippa, E. Solazzo, D. Guizzardi, F. Monforti-Ferrario, F. N. Tubiello, and A. Leip, "Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions," *Nat Food*, vol. 2, no. 3, pp. 198–209, Mar. 2021, doi: 10.1038/s43016-021-00225-9.
- [2] J. Poore and T. Nemecek, "Reducing food's environmental impacts through producers and consumers," *Science*, vol. 360, no. 6392, pp. 987–992, Jun. 2018, doi: 10.1126/science.aag0216.
- [3] FAO, "Global Food Losses and Food Waste." Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011. [Online]. Available: <http://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf>
- [4] A. Chaudhary, D. Gustafson, and A. Mathys, "Multi-indicator sustainability assessment of global food systems," *Nature Communications*, vol. 9, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2018, doi: 10.1038/s41467-018-03308-7.
- [5] United Nations, "World Population Prospects: 2017 Revision." 2017. [Online]. Available: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/files/documents/2020/Jan/un_2017_world_population_prospects-2017_revision_databooklet.pdf
- [6] P. Pingali, "Westernization of Asian diets and the transformation of food systems: Implications for research and policy," *Food Policy*, vol. 32, no. 3, pp. 281–298, Jun. 2007, doi: 10.1016/j.foodpol.2006.08.001.
- [7] B. M. Popkin, "Global nutrition dynamics: the world is shifting rapidly toward a diet linked with noncommunicable diseases," *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 84, no. 2, pp. 289–298, Aug. 2006, doi: 10.1093/ajcn/84.2.289.
- [8] T. Hasegawa, P. Havlik, S. Frank, A. Palazzo, and H. Valin, "Tackling food consumption inequality to fight hunger without pressurizing"

g the environment," *Nature Sustainability*, vol. 2, no. 9, Art. no. 9, Sep. 2019, doi: 10.1038/s41893-019-0371-6.

[9] B. Bajzelj et al., "Importance of food-demand management for climate mitigation," *Nature Climate Change*, vol. 4, no. 10, Art. no. 10, Oct. 2014, doi: 10.1038/nclimate2353.

[10] D. Tilman, C. Balzer, J. Hill, and B. L. Befort, "Global food demand and the sustainable intensification of agriculture," *PNAS*, vol. 108, no. 50, pp. 20260-20264, Dec. 2011, doi: 10.1073/pnas.1116437108.

[11] M. Borucke et al., "Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework," *Ecological Indicators*, vol. 24, pp. 518-533, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.ecolind.2012.08.005.

[12] V. Masson-Delmotte et al., "IPCC: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change." 2021. [Online]. Available: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

[13] E. Stehfest et al., "Key determinants of global land-use projections," *Nature Communications*, vol. 10, no. 1, Art. no. 1, May 2019, doi: 10.1038/s41467-019-09945-w.

[14] K. Winkler, R. Fuchs, M. Rounsevell, and M. Herold, "Global land use changes are four times greater than previously estimated," *Nature Communications*, vol. 12, no. 1, Art. no. 1, May 2021, doi: 10.1038/s41467-021-22702-2.

[15] N. Alexandratos and J. Bruinsma, Eds., *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. 2012. doi: 10.22004/ag.econ.288998.

[16] P. Havlik et al., "Climate change mitigation through livestock system transitions," *PNAS*, vol. 111, no. 10, pp. 3709-3714, Mar. 2014.

14, doi: 10.1073/pnas.1308044111.

[17] PBL, "IMAGE – Integrated Model to Assess the Global Environment," PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Nov. 12, 2020. <https://www.pbl.nl/en/image/about-image> (accessed Sep. 03, 2021).

[18] Y. Sano, H. Takayasu, S. Havlin, and M. Takayasu, "Identifying long-term periodic cycles and memories of collective emotion in online social media," PLOS ONE, vol. 14, no. 3, p. e0213843, Mar. 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0213843.

[19] Nikkei Inc., "Nikkei Stock Average (Nikkei 225)." 2021. [Online]. Available: <https://indexes.nikkei.co.jp/en/nkave/index/profile?idx=nk225>

[20] Cabinet Office, Government of Japan, "Indexes of Business Conditions." 2021. [Online]. Available: <https://www.esri.cao.go.jp/en/stat/di/di-e.html>

[21] Shopper Insight, "Real Shopper SM," 2021. [Online]. Available: <http://shopperinsight.co.jp/service/>

[22] "The Advantages & Disadvantages of a Multiple Regression Model," Sciencing. <https://sciencing.com/advantages-disadvantages-multiple-regression-model-12070171.html> (accessed Aug. 27, 2021).

[23] K. Bailey, "Gaussian Processes: An Introduction." 2018. [Online]. Available: http://katbailey.github.io/gp_talk/Gaussian_Processes.pdf

[24] "Pros and Cons of ARIMA Forecasting." [Online]. Available: <http://www.ecostat.unical.it/tarsitano/didattica/SeStoCor/SeStor%2027.3/08notes5G00D.pdf>

[25] E. Stenberg, "On the Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models." Department of Statistics, Uppsala University, 2016. [Online]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:933131>

/FULLTEXT01.pdf

[26] "Weaknesses of ARCH Models." 2014. [Online]. Available: http://www.science.unitn.it/AnalisiInfoTLC/SSP/SSP14_15/WEBSITE/courses/SSp1415_2014/Slides_Sources/27_20_2014-12-15/lecture20Prev.pdf

[27] E. Zivot, "Vector Autoregressive Models for Multivariate Time Series." University of Washington, 2005.

[28] "5 Types of LSTM Recurrent Neural Networks and What to Do With Them | Exxact Blog." <https://www.exxactcorp.com/blog/Deep-Learning/5-types-of-lstm-recurrent-neural-networks-and-what-to-do-with-them> (accessed Aug. 27, 2021).

[29] 気象庁, 過去の気象データ検索. 2021. [Online]. Available: <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

[30] D. P. van Vuuren et al., "The representative concentration pathways: an overview," *Climatic Change*, vol. 109, no. 1, p. 5, Aug. 2011, doi: 10.1007/s10584-011-0148-z.

[31] K. E. Taylor, R. J. Stouffer, and G. A. Meehl, "An Overview of CMIP5 and the Experiment Design," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 93, no. 4, pp. 485-498, Apr. 2012, doi: 10.1175/BAMS-D-11-00094.1.

[32] C. Navarro-Racines, J. Tarapues, P. Thornton, A. Jarvis, and J. Ramirez-Villegas, "High-resolution and bias-corrected CMIP5 projections for climate change impact assessments," *Scientific Data*, vol. 7, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2020, doi: 10.1038/s41597-019-0343-8.

[33] IPCC, "Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C," 2018, [Online]. Available: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_LR.pdf

[34] S. E. Vollset et al., "Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 21

00: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study,” The Lancet, vol. 396, no. 10258, pp. 1285–1306, Oct. 2020, doi: 10.1016/S0140-6736(20)30677-2.

[35] 総務省統計局, 人口推計. 2020. [Online]. Available: <https://www.stat.go.jp/data/jinsui/index.html>

本特許出願は2021年12月1日に出願した国際特許出願PCT/JP2021/044115に基づきその優先権を主張するものであり、国際特許出願PCT/JP2021/044115の全内容を本願に援用する。

符号の説明

- [0162] 100 環境負荷予測装置
- 110 入力部
- 120 食料消費未来シナリオ定量分析モジュール
- 121 食料消費量格納部
- 122 モデルパラメータDB
- 123 食料消費モデル構築部
- 124 モデル格納部
- 125 定量的シナリオ入力部
- 130 食料消費量推計部
- 140 消費DB
- 150 環境負荷推計部
- 155 消費量予測部
- 160 環境負荷係数DB
- 170 出力部
- 200 環境負荷予測装置
- 210 消費量不確実性格納部
- 220 消費量不確実性推計部
- 230 モデル構築不確実性推計部
- 240 環境負荷予測不確実性推計部

- 2 5 0 環境負荷係数不確実性格納部
- 3 0 0 不確実性推計装置
- 3 1 0 第1推計部
- 3 2 0 第2推計部
- 1 0 0 0 ドライブ装置
- 1 0 0 1 記録媒体
- 1 0 0 2 補助記憶装置
- 1 0 0 3 メモリ装置
- 1 0 0 4 C P U
- 1 0 0 5 インタフェース装置
- 1 0 0 6 表示装置
- 1 0 0 7 入力装置
- 1 0 0 8 出力装置

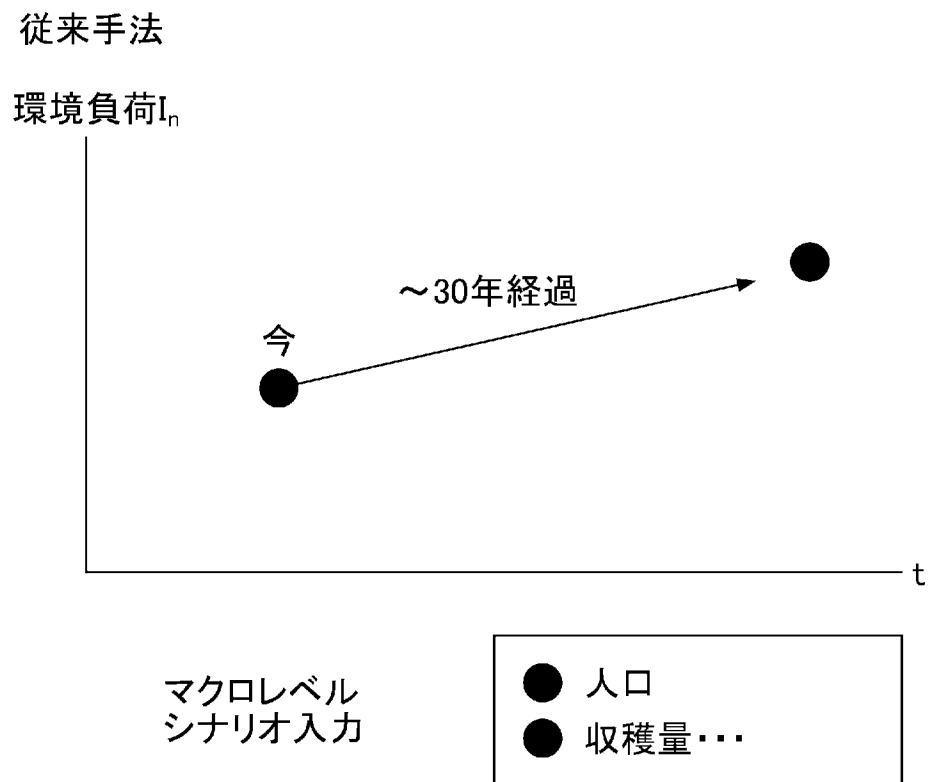
請求の範囲

- [請求項1] 推計された食料消費量の不確実性を推計する第1推計部と、
前記食料消費量に基づき構築された食料消費モデルを用いて予測された環境負荷予測値の不確実性を、前記食料消費量の不確実性に基づいて推計する第2推計部と
を備える不確実性推計装置。
- [請求項2] 前記第1推計部は、誤差伝搬式を用いて、前記食料消費量の不確実性を推計する
請求項1に記載の不確実性推計装置。
- [請求項3] 前記第1推計部は、名前なしの製品に起因する前記食料消費量の不確実性を、名前ありの製品の統計情報に基づいて推計する
請求項1に記載の不確実性推計装置。
- [請求項4] 前記食料消費量の不確実性における上限に対応する食料消費モデルと、前記食料消費量の不確実性における下限に対応する食料消費モデルの2つの食料消費モデルを構築するモデル構築部を更に備える
請求項1に記載の不確実性推計装置。
- [請求項5] 前記第2推計部は、前記食料消費モデルについての不確実性に基づいて、前記環境負荷予測値の不確実性を推計する
請求項1に記載の不確実性推計装置。
- [請求項6] 前記第2推計部は、前記環境負荷予測値を算出するために使用される環境負荷係数の不確実性に基づいて、前記環境負荷予測値の不確実性を推計する
請求項1に記載の不確実性推計装置。
- [請求項7] コンピュータが実行する不確実性推計方法であって、
推計された食料消費量の不確実性を推計するステップと、
前記食料消費量に基づき構築された食料消費モデルを用いて予測された環境負荷予測値の不確実性を、前記食料消費量の不確実性に基づいて推計するステップと

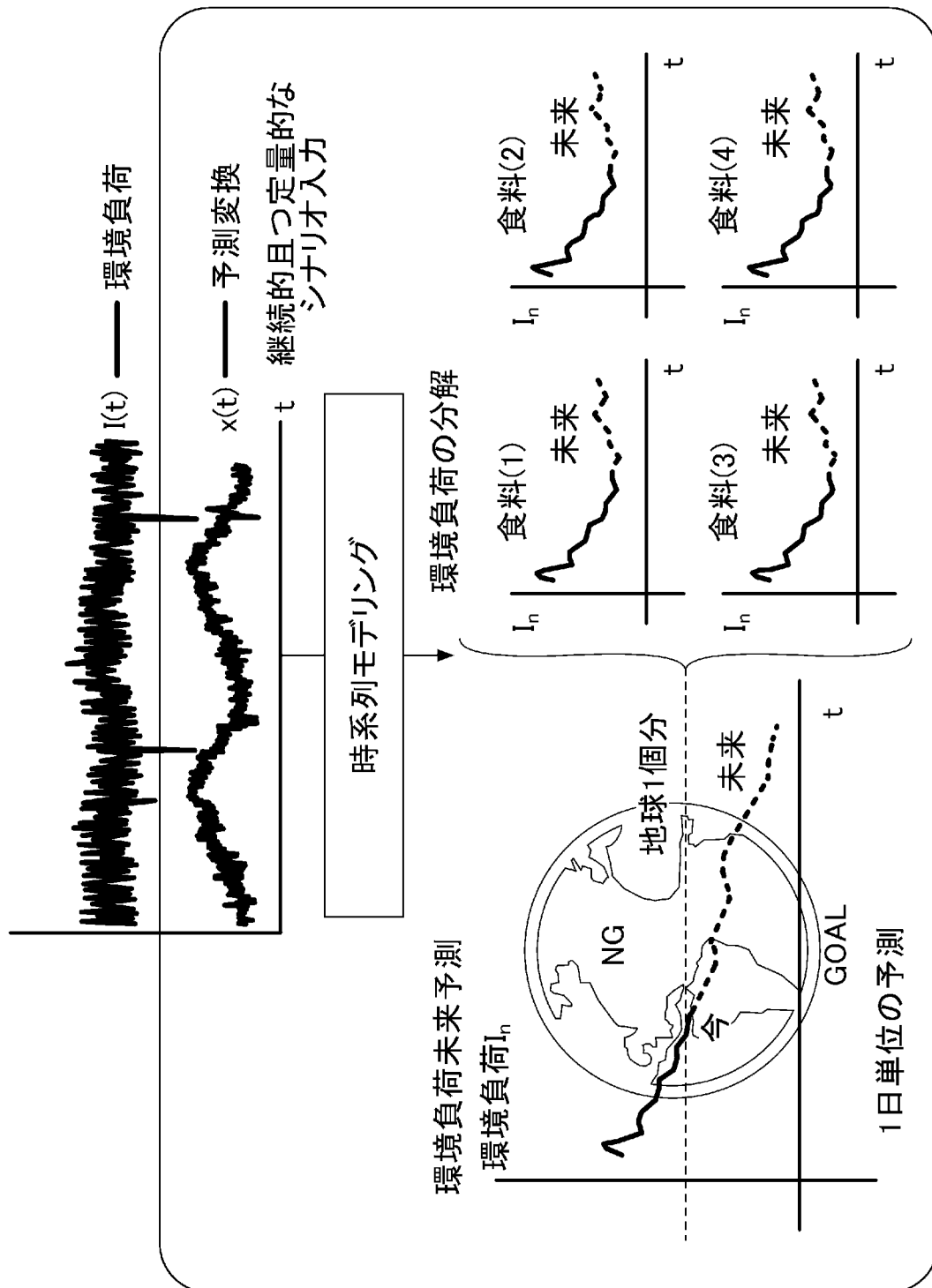
を備える不確実性推計方法。

[請求項8] コンピュータを、請求項 1 ないし 6 のうちいずれか 1 項に記載の不
確実性推計装置における各部として機能させるためのプログラム。

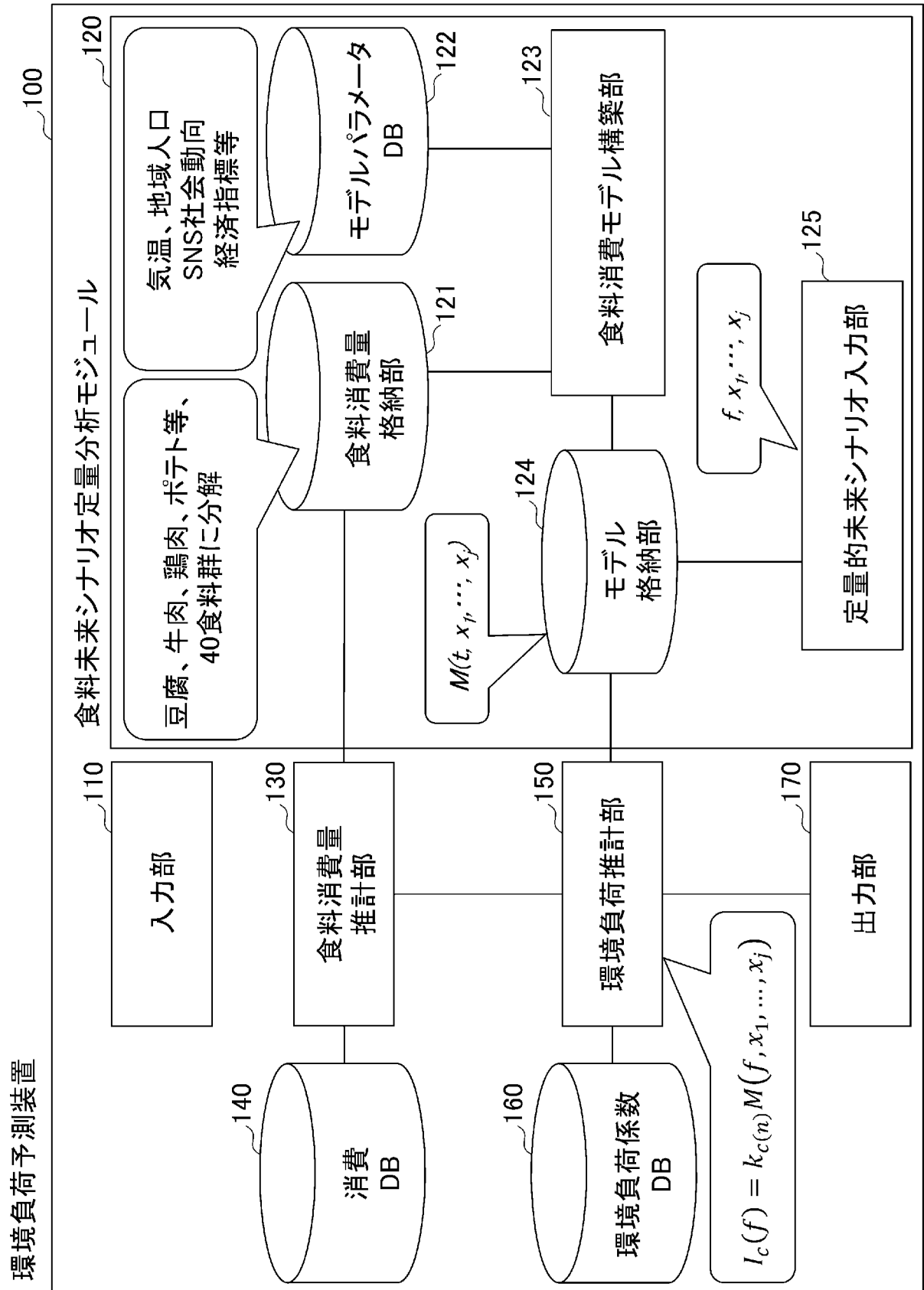
[図1]



[図2]



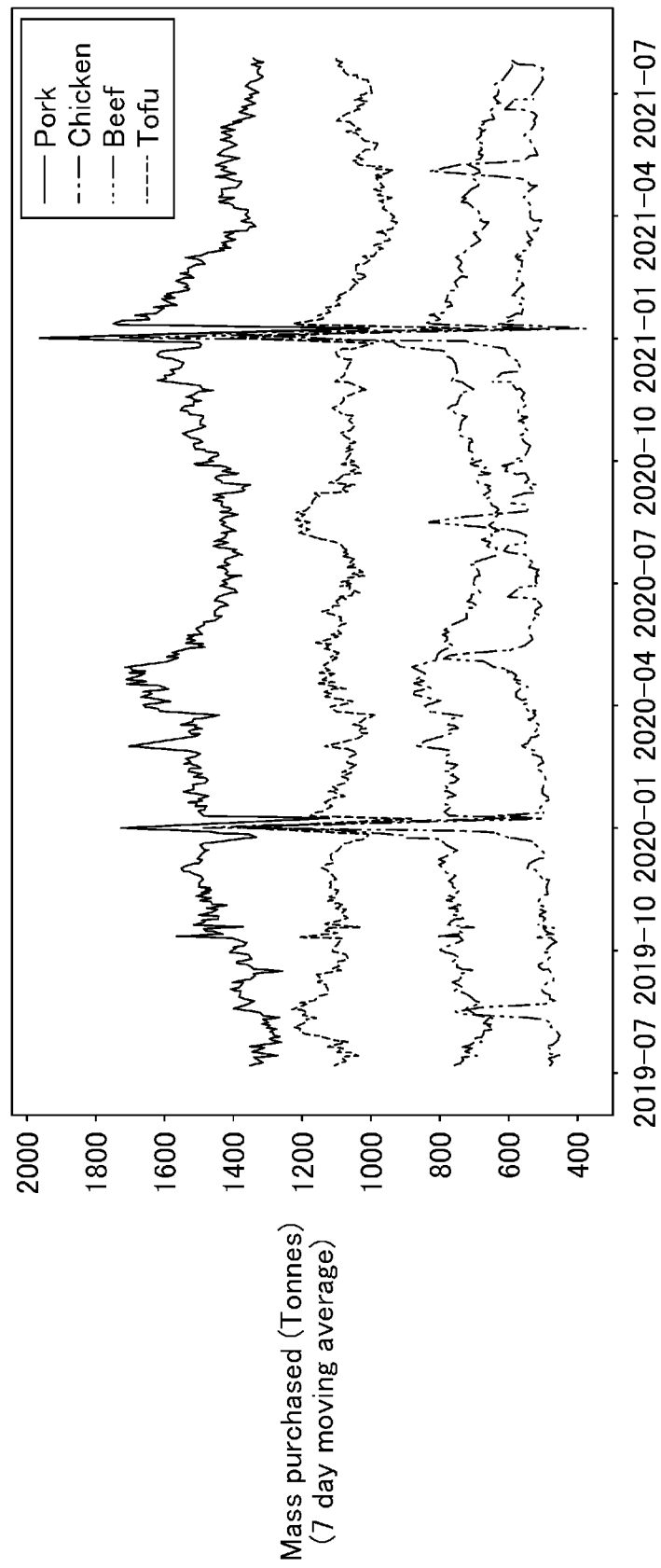
[図3]



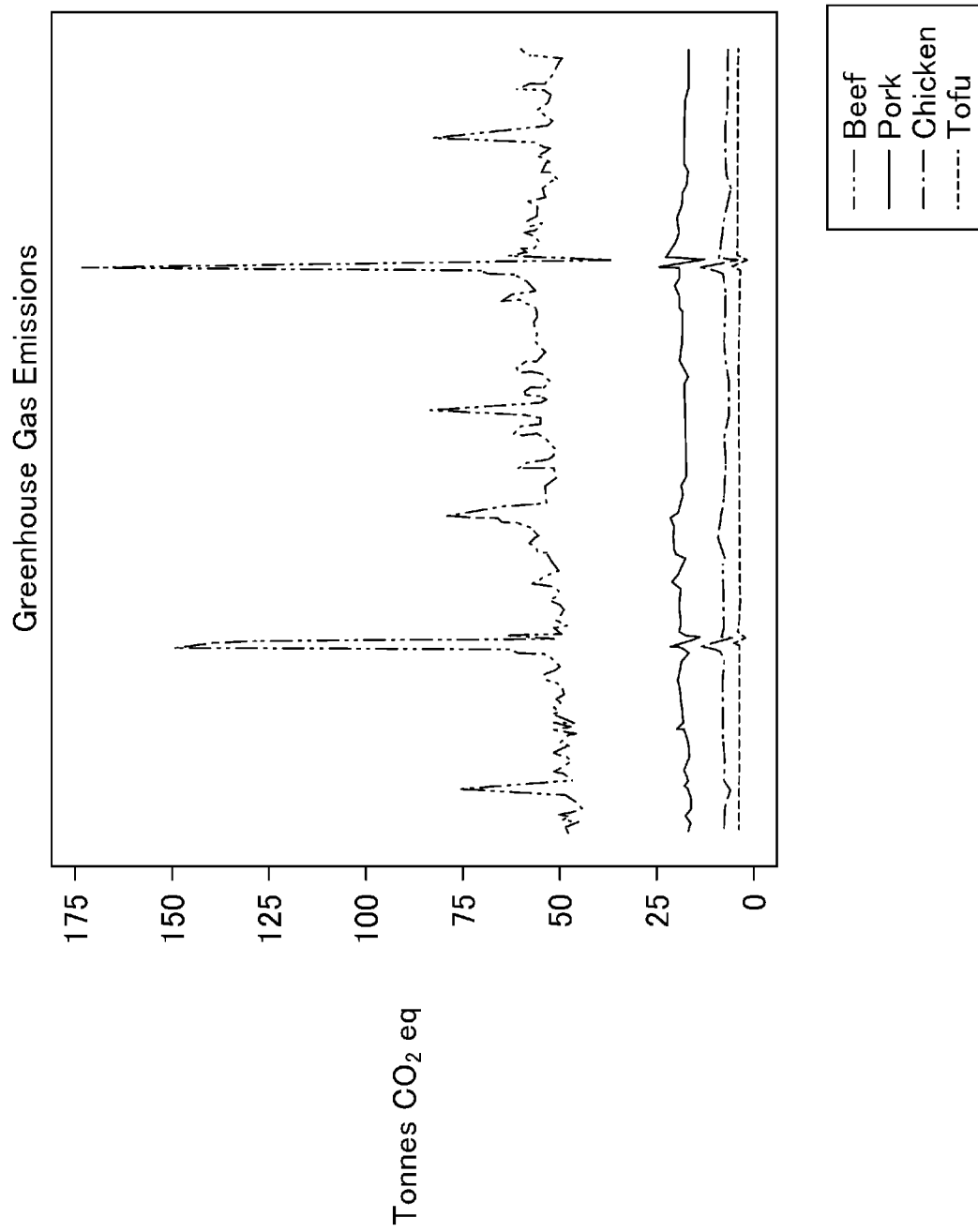
[図4]

製品	5 pctl	10 pctl	平均値	中央値	90 pctl	95 pctl
麦とライ麦 (パン)	1.0	1.1	3.9	2.7	7.9	10.0
トウモロコシ (ミール)	1.0	1.1	2.9	1.8	5.7	9.0
麦 (ビール)	0.2	0.3	1.1	0.9	2.4	2.9
オートミール	2.6	2.9	7.6	7.7	12.9	14.0
ライス	1.0	1.1	2.8	2.2	6.2	7.2
ポテト	0.4	0.4	0.9	0.8	1.4	1.7
トマト	0.1	0.1	0.8	0.2	0.9	5.6
チーズ	7.9	9.6	87.8	20.2	239.2	323.5
牛肉 (牛群)	70.4	82.8	326.2	170.4	735.1	910.1

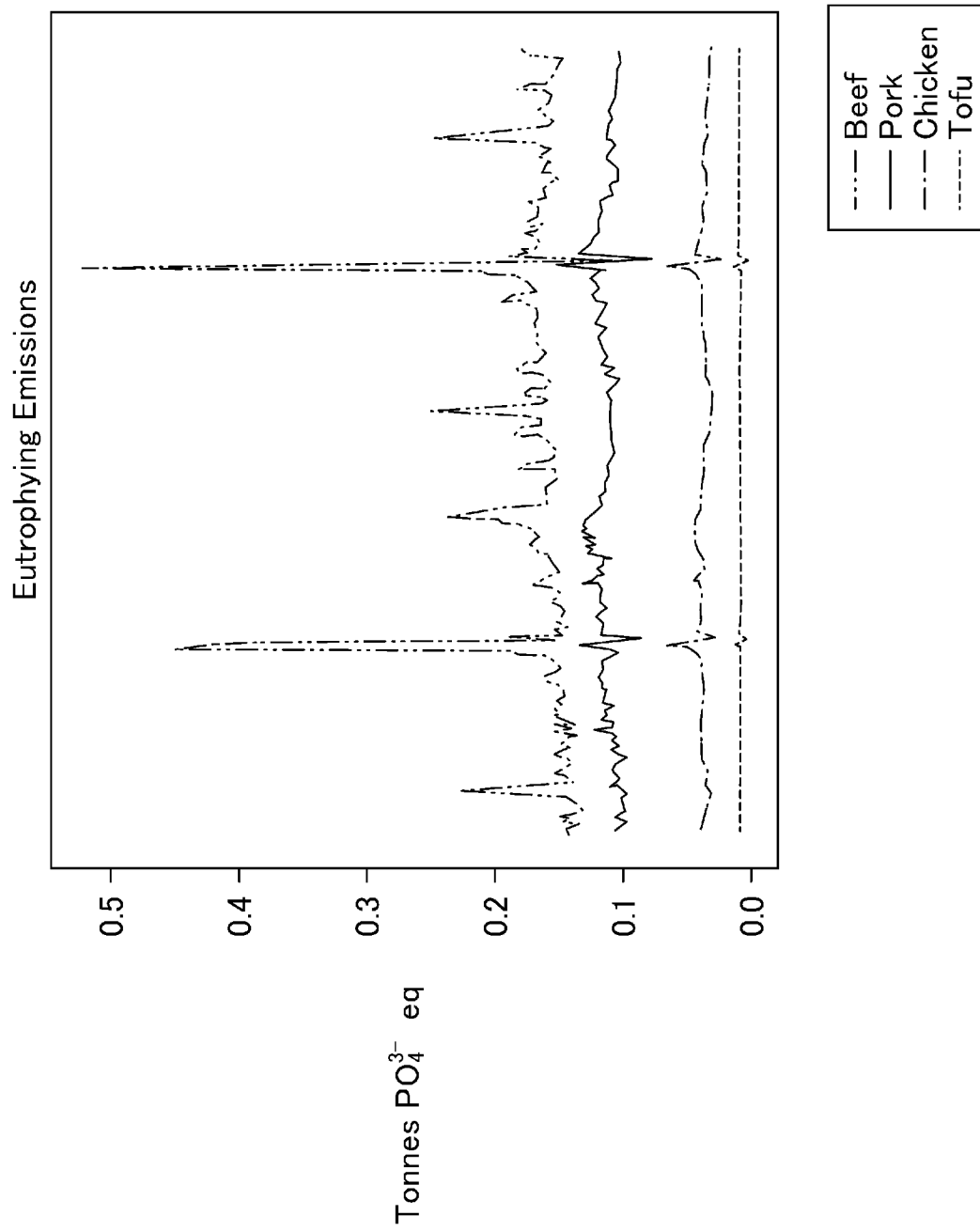
[図5]



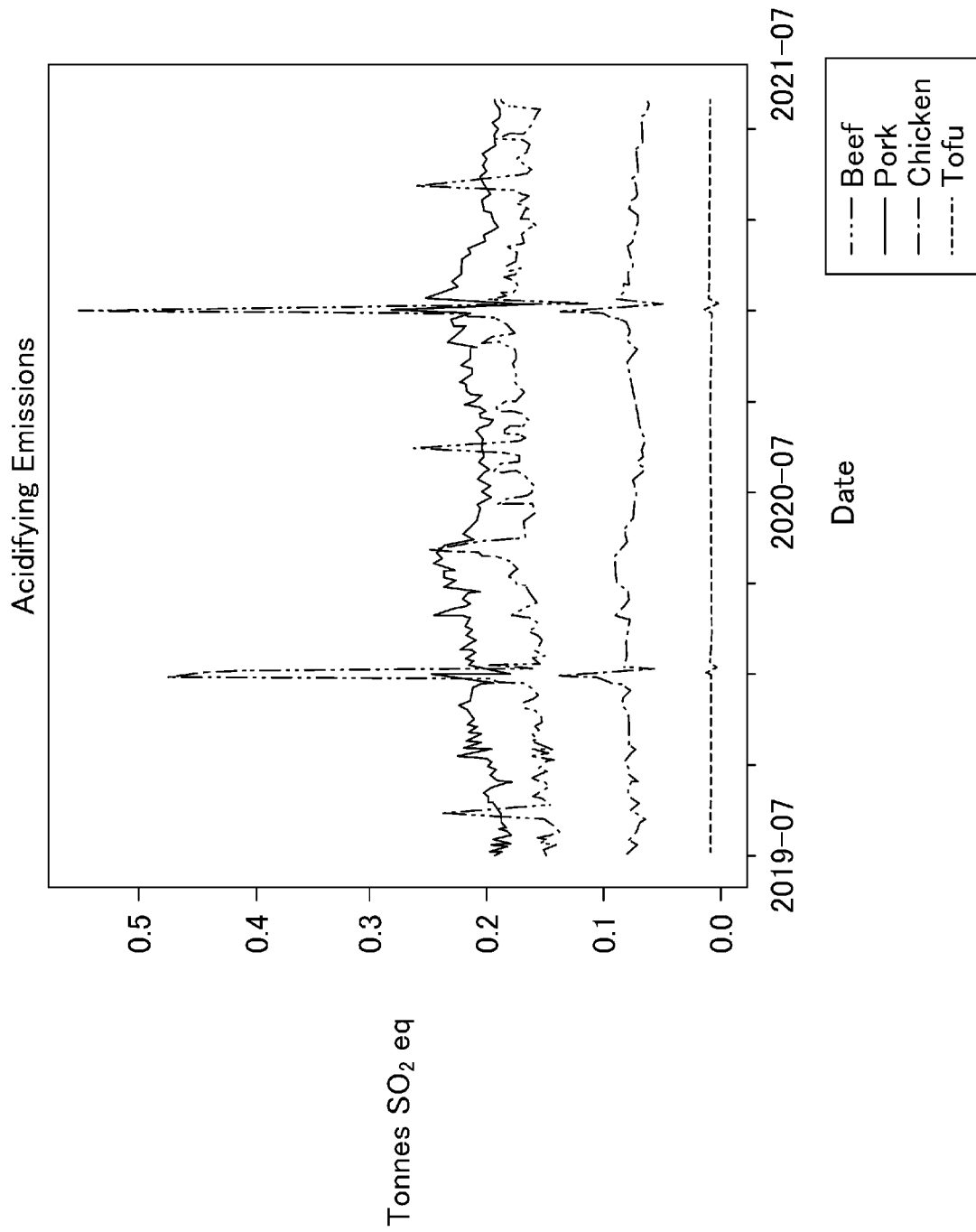
[図6]



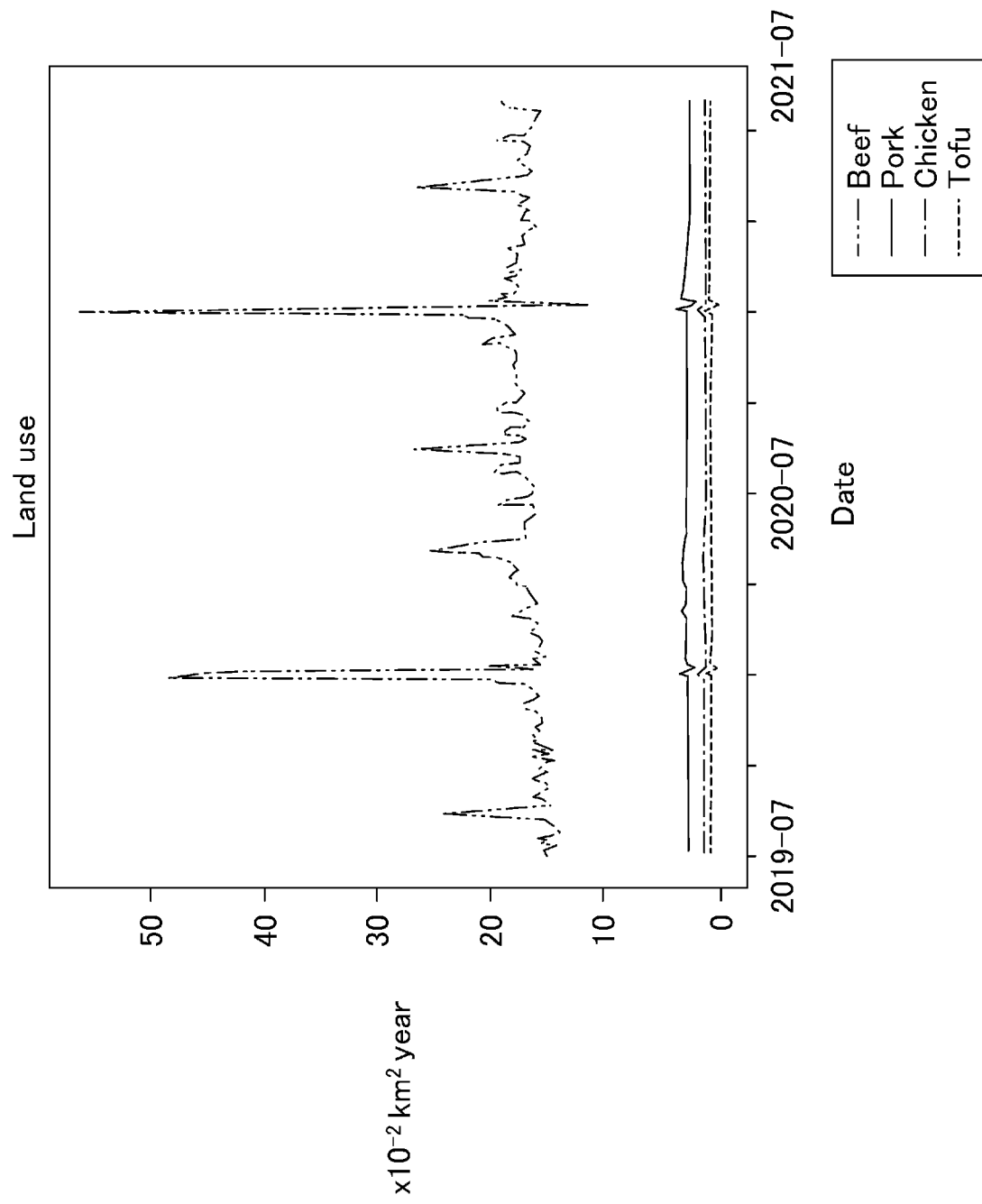
[図7]



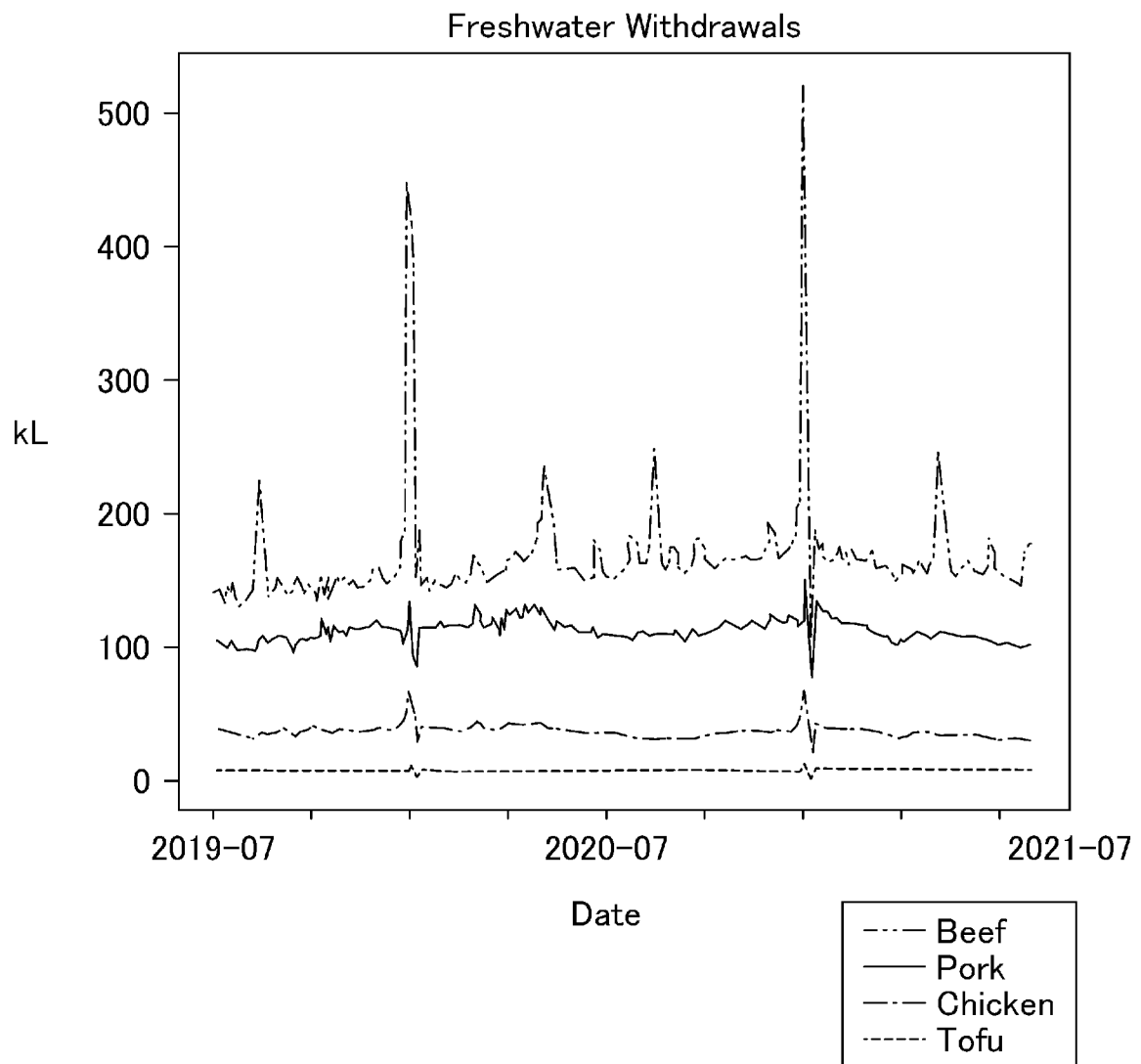
[図8]



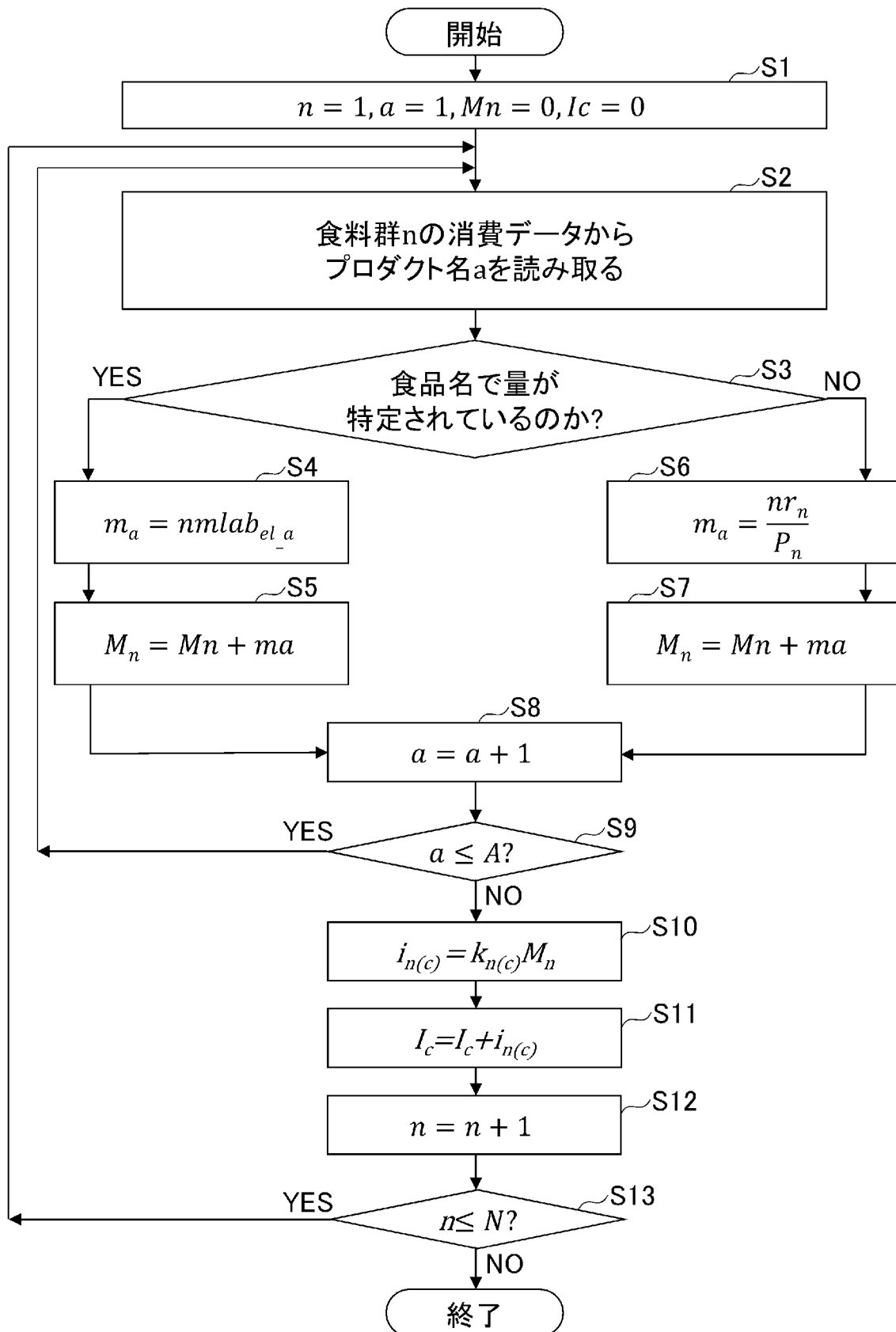
[図9]



[図10]



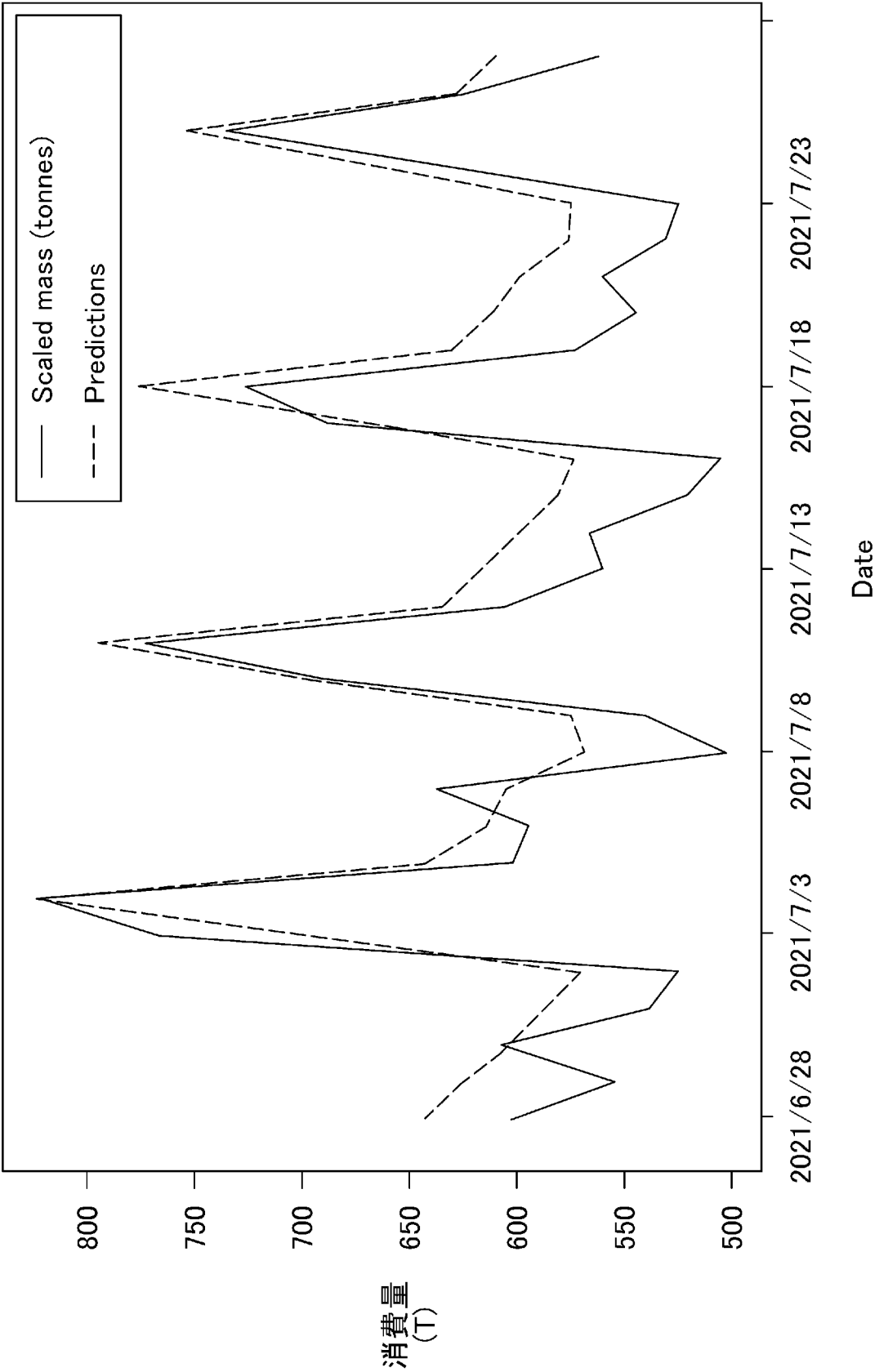
[図11]



[図12]

モデルタイプ	利点	欠点	ソース
単変量 モデル			
重回帰	・解釈が容易 ・モデルの外れ値の特定が容易	・モデルパラメータ間に 関連がある場合、 パフォーマンスが 低下する	[22]
ガウス過程	・高い柔軟性 ・パラメータの調整が 容易 ・比較的少数の データ・点に 対しても正確	・計算時間tは、 データ点Nの数が 増加するにつれて 急速に増加する。 ・$t \propto N^3$	[23]
自己回帰和分 移動平均 (ARIMA)	・短期予測に 適している ・定常時系列に 適する	・高い計算コスト ・モデルが不安定で、 オーバーフィッティング しやすい ・解釈が難しい ・単変量 (複数の説明変数は 使用できない)	[24]
分散自己回帰 (ARCH)	・不規則なデータの 適合とボラティリティの 評価に適している	・特に高次モデルでは 制限あり	[25], [26]
ベクトル 自己回帰 (VAR) モデル	・変数間の関連を モデルに組み込む ことができる ・柔軟性 ・比較的低い 計算コスト	・ブラックボックスに なりやすい	[27]
ニューラル ネットワーク (LSTM)	・非線形現象の モデリングに最適 ・高パフォーマンス	・モデルのトレーニング には大量のデータが必要 ・パラメータの調整が困難	[28]

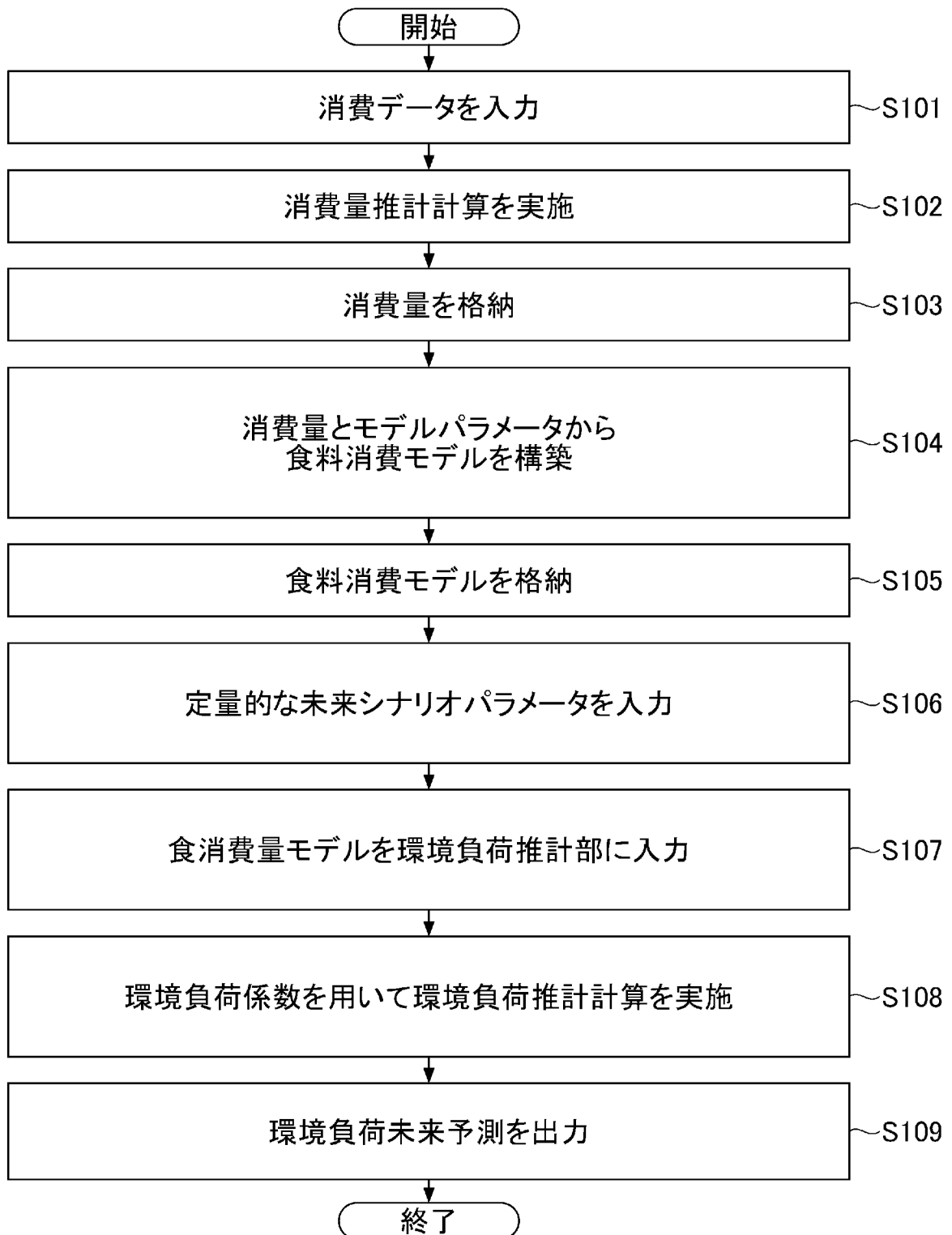
[図13]



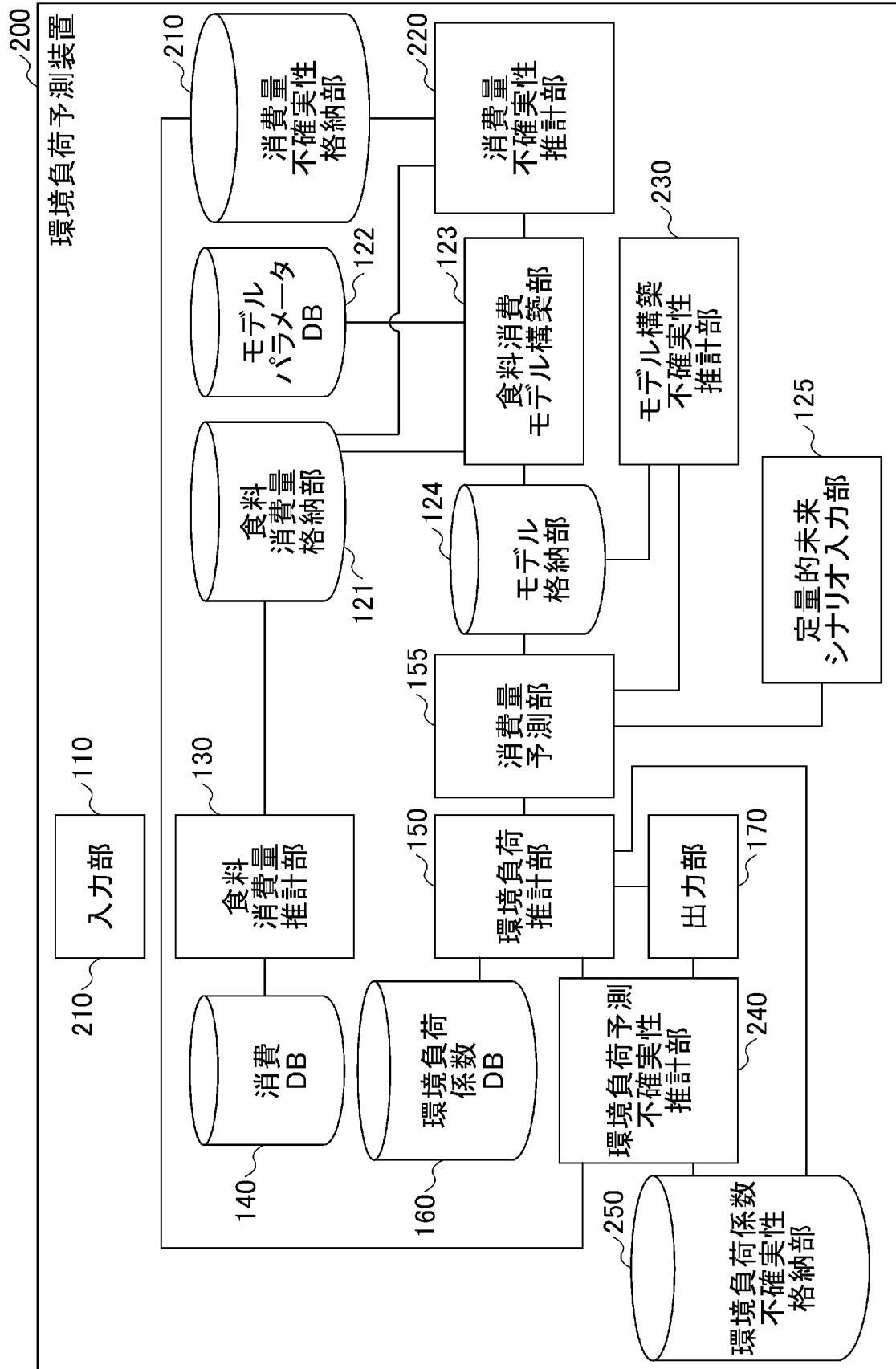
[図14]

モデル パラメータ	トレーニングデータ		将来のシナリオ		
	データソース	時間 分解能	既存の シナリオ	可能な アプローチ	既存の時間分 解能/可能な 時間分解能
時間 (t)	直線的に 進展	1日	シナリオに応じて 調整	シナリオに応じて 調整	1年 /1日
気温(T)	気象庁 [29]	1日	RCPによる 地球温暖化 シナリオ [30]	熱波、季節変化	1か月 /1日
人口 (p)	日本統計局 [35]	1か月	人口モデル [34]	地域的な成長と 人口減少、 季節的な動き	1年 /1か月
社会的感情	SNS由来集団感情 [18]	1日	なし	社会的ショックの 影響(自然災害、 パンデミック等)	なし /1日
日経225	[19]	5秒	GDP [10]	経済シナリオ	1年 /1日
一致指数	日本国政府内閣府 [20]	1か月	GDP [10]	経済シナリオ	なし /1か月

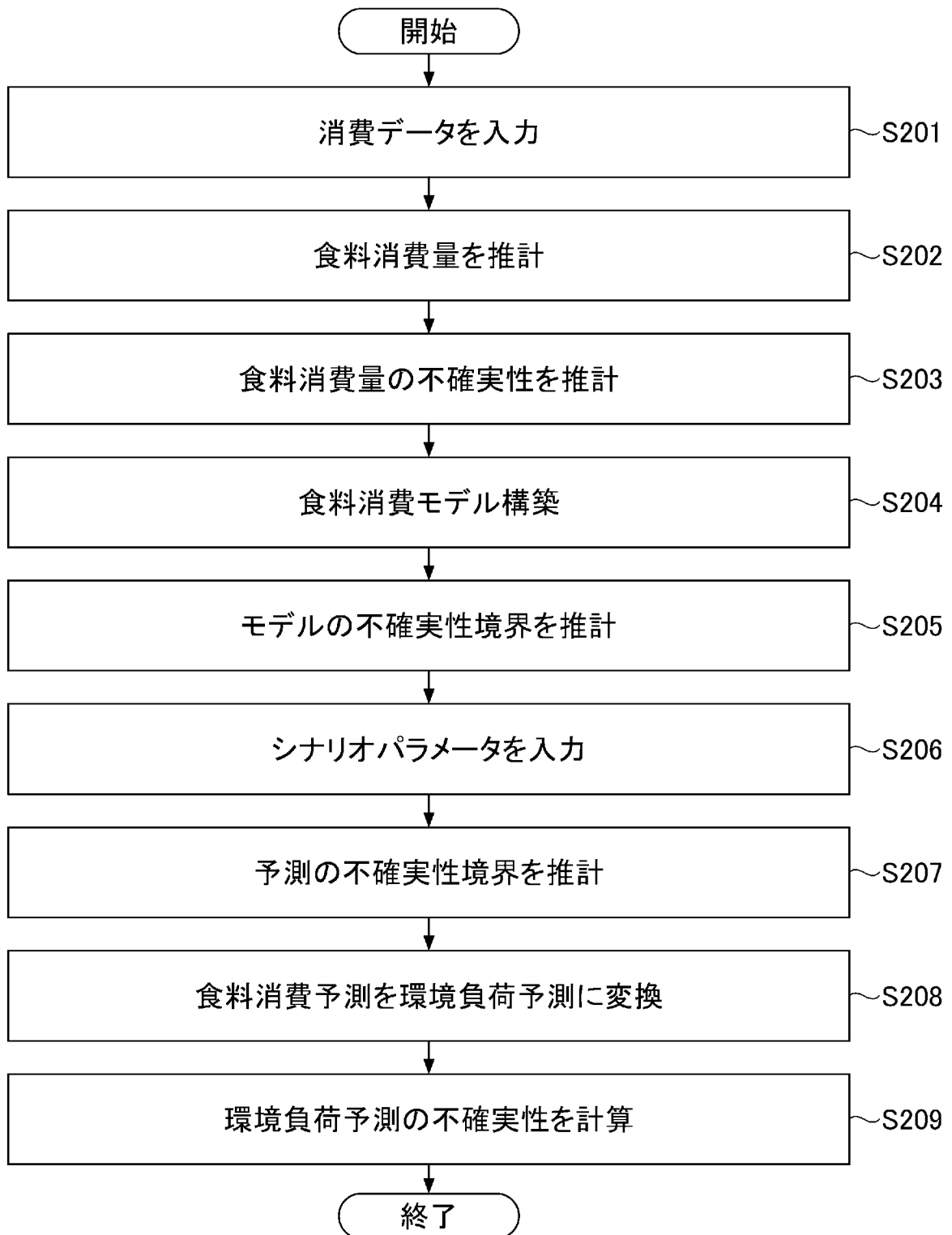
[図15]



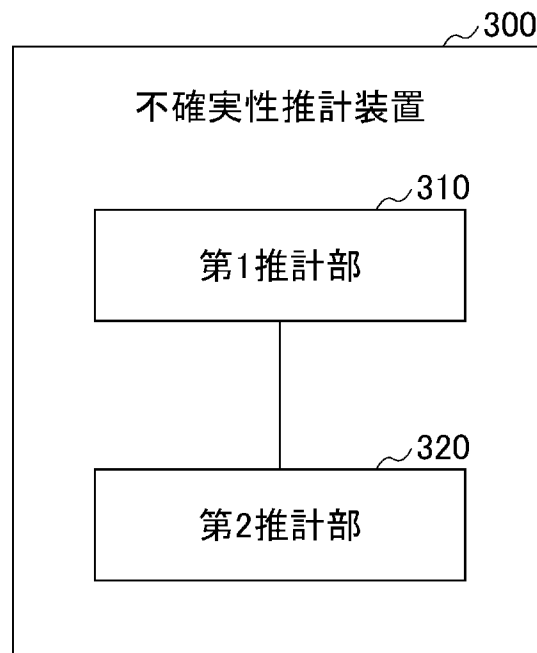
[図16]



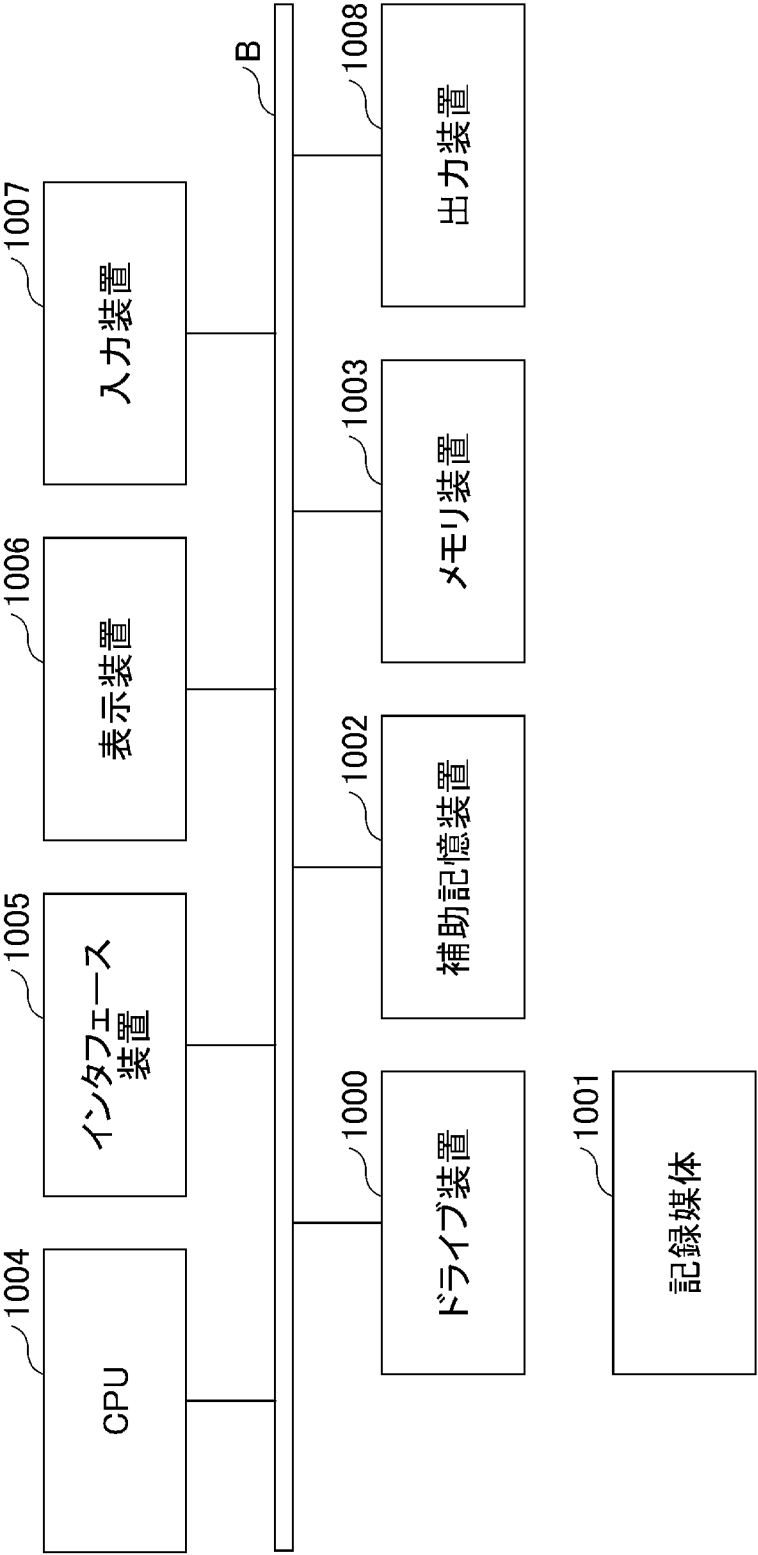
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/043325

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G06Q 10/063**(2023.01)i

FI: G06Q10/06 300

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06Q10/063

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	吉川直樹 ほか, 人口・世帯構造変化を考慮した日本における食料消費に伴う環境負荷のシナリオ分析, 環境情報科学論文集 [online], vol. 25, 2011, pp. 125-130, [retrieval date 03 February 2022], Internet:<URL:https://www.jstage.jst.go.jp/article/ceispapers/ceis25/0/ceis25_125/_article/-char/ja> in particular, fig. 1, (YOSHIKAWA, Naoki et al. Scenario Analysis on Life Cycle Environmental Load Related to Japanese Household Food Consumption Considering Household Characteristics Change. Papers on Environmental Information Science [online].)	1-8
Y	ROGISSART, L. et al. Estimating greenhouse gas emissions from food consumption: methods and results. hal-02119577 [online]. 19 November 2020, [retrieved on 01 February 2023], Retrieved from the Internet: <URL: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02119577> "4. GHG emissions from food consumption: key figures", fig. 4, 5	1-8
Y	PLEVIN, R. J. et al. Greenhouse gas emissions from biofuels' indirect land use change are uncertain but may be much greater than previously estimated. ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY. 13 October 2010, vol. 44, no. 21, pp. 8015-8021 "1. Introduction", table 1	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

03 February 2023

Date of mailing of the international search report

14 February 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06Q 10/063(2023.01)i FI: G06Q10/06 300		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G06Q10/063		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	吉川直樹 ほか、人口・世帯構造変化を考慮した日本における食料消費に伴う環境 負荷のシナリオ分析、環境情報科学論文集 [online], Vol.25, 2011, pp.125-130, [検索日 2022.02.03], インターネット: <URL: https://www.jstage.jst.go.jp / article/ceispapers/ceis25/0/ceis25_125/_article/-char/ja> 特に、図1	1-8
Y	ROGISSART, L. et al., Estimating greenhouse gas emissions from food consumption: methods and results, hal-02119577 [online], 2020.11.19, [retrieved on 2023.02.01], Retrieved from the Internet: <URL: https:// hal.archives-ouvertes.fr/hal-02119577> "4. GHG emissions from food consumption: key figures", figures 4, 5	1-8
Y	PLEVIN, R. J., et al., Greenhouse gas emissions from biofuels' indirect land use change are uncertain but may be much greater than previously estimated, ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY, 2010.10.13, VOL. 44, NO. 21, pp. 8015-8021 "1. Introduction", table 1	1-8
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー "A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの "E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に 公表されたもの "L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若し くは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を 付す） "O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 "P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の 後に公表された文献 "T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵 触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引 用するもの "X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性 又は進歩性がないと考えられるもの "Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献 との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がな いと考えられるもの "&" 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 03.02.2023	国際調査報告の発送日 14.02.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 速水 雄太 5L 3365 電話番号 03-3581-1101 内線 3502	