明　細　書

発明の名称 ：

道路交通流シミュレーション装置、道路交通流シミュレーションプログラム、及び道路交通流シミュレーション方法

技術分野

[0001] 本発明は、道路交通流シミュレーション装置、道路交通流シミュレーションプログラム、及び道路交通流シミュレーション方法に関するものである。

背景技術

[0002] コンピュータシミュレーションによる自動車の道路移動に関する予測手法（道路交通流シミュレーション）として、種々の方法が提案されている。

例えば、特許文献１には、所定区間毎のＯＤ交通量と交通環境データとに基づいて交通環境データで生成される道路ネットワーク範囲で予測された交通流と、ドライバの所定区間毎の経験と、に基づいて、該予測された交通流の情報を提供されたドライバの旅行計画を作成し、該旅行計画に基づいて所定区間のＯＤ交通量を修正し、修正したＯＤ交通量を更に用いて交通流を予測する、交通状況予測装置が記載されている。

[0003] また、近年、電気自動車の導入（一般への販売）が開始され、電気自動車の普及率が上がることによって、電気自動車の蓄電池を充電する充電ステーションの必要性、及びこれに伴う電力消費量の増加が考えられる。そのため、インフラ整備のための設計（充電ステーションの最適数と配置、電力系統の容量増設）が必要とされる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第４５０６６６３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、現在存在する道路交通流シミュレーションは、電気自動車の充電行動の模擬は含まれておらず、ガソリン自動車のみの模擬であり、電気自動車の充電行動が組み込まれていないために、そのままでは電気自動車の導入によるインフラ設計の評価ツールとしては利用できない。そのため、充電ステーションの最適配置、電力系統の容量増設などのインフラ設計を実施する場合、設計内容の妥当性を有効的に評価する方法がない。机上検討するにあたっても事前評価する方法がなく、インフラ導入後に設計内容が妥当であったかどうかを確認することになる。

[0006] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、電気自動車の充電行動を模擬することができる、道路交通流シミュレーション装置、道路交通流シミュレーションプログラム、及び道路交通流シミュレーション方法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

[0007] 上記課題を解決するために、本発明の道路交通流シミュレーション装置、道路交通流シミュレーションプログラム、及び道路交通流シミュレーション方法は以下の手段を採用する。

[0008] すなわち、本発明の第一態様に係る道路交通流シミュレーション装置は、複数の道路及び道路と道路とを結ぶ交差点を含む道路網を模擬した道路網モデルにおいて、自動車を模擬した自動車モデルの走行を模擬する道路交通流シミュレーション装置であって、蓄電池に充電されている電力の残量を属性値とすることで電気自動車を模擬した電気自動車モデルの前記自動車モデルの総数に対する比率、並びに該電気自動車モデルの蓄電池に充電を行う充電ステーションモデルの数及び設置位置を設定する設定手段と、前記道路網モデルを走行する前記電気自動車モデルの前記蓄電池の残量を算出する算出手段と、前記算出手段によって算出された前記蓄電池の残量に基づいた値が予め定められた閾値未満となった前記電気自動車モデルに対応する、前記蓄電池を充電させるための前記充電ステーションモデルを選択する選択手段と、前記選択手段によって選択された前記充電ステーションモデルまで、前記蓄

電池への充電を要する前記電気自動車モデルの走行を模擬する走行模擬手段と、を備える。

[0009] 上記構成によれば、設定手段によって、蓄電池に充電されている電力の残量を属性値として有することで電気自動車を模擬した電気自動車モデルの自動車モデルの総数に対する比率、並びに該電気自動車モデルの蓄電池に充電を行う充電ステーションモデルの数及び設置位置が設定される。

そして、算出手段によって、複数の道路及び道路と道路とを結ぶ交差点を含む道路網を模擬した道路網モデルを走行する電気自動車モデルの蓄電池の残量が算出され、選択手段によって、算出された蓄電池の残量に基づいた値が予め定められた閾値未満となった電気自動車モデルに対応する、蓄電池を充電させるための充電ステーションモデルが選択される。

さらに、走行模擬手段によって、選択手段で選択された充電ステーションモデルまで、蓄電池への充電を要する電気自動車モデルの走行が模擬される。

このように、上記構成は、電気自動車モデルの属性値である蓄電池の残量を算出し、蓄電池を充電させるために選択した充電ステーションまで電気自動車モデルを走行させるので、電気自動車の充電行動を模擬することができる。

[0010] 上記第一態様では、前記選択手段によって選択された前記充電ステーションモデルにおいて充電に要する時間に基づいた値が所定値以上である場合、他の前記充電ステーションモデルが新たに選択されることが好ましい。

[0011] 上記構成によれば、電気自動車に充電を行う場合の運転者の行動を模擬することができるので、電気自動車の充電行動をより精度高く模擬することができる。

[0012] 上記第一態様では、前記充電ステーションモデルに、充電待ちの前記電気自動車モデルが配置される待ちスペースの数が設定されており、前記充電ステーションモデルで充電待ちとなっている前記電気自動車モデルの台数が前記待ちスペースの数を超えると、該電気自動車モデルを隣接する道路モデル

に停止させることが好ましい。

[0013] 上記構成によれば、充電ステーションモデルの待ちスペースの数を超える充電待ちとなっている電気自動車モデルを、隣接する道路モデルに位置させるので、充電待ちの電気自動車モデルを原因とした道路渋滞を引き起こすことを模擬でき、電気自動車の充電行動をより精度高く模擬することができる。

[0014] 上記第一態様では、前記選択手段が、選択する前記充電ステーションモデルとして、前記電気自動車モデルの現在位置から最も近い前記充電ステーションモデル、前記蓄電池の残量で到達できる範囲の前記充電ステーションモデルであり、かつ目的地までの迂回経路が最も短い前記充電ステーションモデル、又は前記蓄電池の残量で到達できる範囲の前記充電ステーションモデルであり、かつ前記売電単価が最も安い前記充電ステーションモデルを選択することが好ましい。

[0015] 上記構成によれば、電気自動車に充電を行う場合の運転者の行動を模擬することができるので、電気自動車の充電行動をより精度高く模擬することができる。

[0016] 上記第一態様では、前記算出手段が、前記蓄電池の消費量を、前記電気自動車モデルの走行速度、並びに前記電気自動車モデルの加減速度、照明点灯状態、及び空調運転状態、並びに前記道路網モデルで設定されている温度、及び道路の勾配の少なくとも何れか１つに基づいて算出することが好ましい。

[0017] 上記構成によれば、電気自動車の蓄電池の消費量が、実際に電気自動車において電力を消費する機器等に基づいて算出されるので、より精度の高い蓄電池の消費量を算出できる。

[0018] 上記第一態様では、前記蓄電池へ充電された電力量を算出することが好ましい。

[0019] 上記構成によれば、充電ステーションモデルで消費される電力量を求めることができる。

[0020] 上記第一態様では、ガソリン自動車を模擬したガソリン自動車モデルのCO_2排出量を、予め設定された第１設定値及び該ガソリン自動車モデルの走行距離に基づいて算出し、前記電気自動車モデルのCO_2排出量を、０（零）とし、又は前記ガソリン自動車モデルのCO_2排出量よりも小さくする値として予め定められた第２設定値及び該電気自動車モデルの蓄電池の消費量に基づいて算出することが好ましい。

[0021] 上記構成によれば、電気自動車を含む自動車が排出するCO_2の量を定量的に評価できる。

[0022] 上記第一態様では、前記充電ステーションを建設することによる効果額を、異なる数又は配置の前記充電ステーションモデルにおける、前記自動車モデル全体の総旅行時間の差及びCO_2排出量の差の少なくとも１つに基づいて算出することが好ましい。

[0023] 上記構成によれば、充電ステーションを建設することによる効果額を定量的に評価できる。

[0024] 上記第一態様では、ガソリン自動車を模擬したガソリン自動車モデルの走行速度及び前記電気自動車モデルの走行速度に基づいて、走行する自動車の騒音を算出することが好ましい。

[0025] 上記構成によれば、自動車が走行することによる騒音の大きさを定量的に評価できる。

[0026] 上記第一態様では、前記電気自動車モデルが出発地点から目的地へ到達するまでに要する時間と前記充電ステーションモデルの数又は配置位置との関係を表示手段に表示させることが好ましい。

[0027] 上記構成によれば、インフラ設備、すなわち充電ステーションの数又は配置位置を決定するための指標を容易に得ることができる。

[0028] 上記第一態様では、前記充電ステーションモデルの数と前記充電ステーションモデルへ供給する必要がある電力量との関係、又は前記充電ステーションモデルの数と前記充電ステーションモデルへの電力量の不足量との関係を表示手段に表示させることが好ましい。

[0029] 上記構成によれば、インフラ設備、すなわち充電ステーションの数に応じて必要とする電力量の指標を容易に得ることができる。

[0030] 本発明の第二態様に係る道路交通流シミュレーションプログラムは、複数の道路及び道路と道路とを結ぶ交差点を含む道路網を模擬した道路網モデルにおいて、自動車を模擬した自動車モデルの走行を模擬する道路交通流シミュレーション装置で用いられる道路交通流シミュレーションプログラムであって、コンピュータを、前記自動車モデルの総数に対する、蓄電池に充電されている電力の残量を属性値とすることで電気自動車を模擬した電気自動車モデルの比率、並びに該電気自動車モデルの蓄電池に充電を行う充電ステーションモデルの数及び設置位置を設定する設定手段と、前記道路網モデルを走行する前記電気自動車モデルの前記蓄電池の残量を算出する算出手段と、前記算出手段によって算出された前記蓄電池の残量に基づいた値が予め定められた閾値未満となった前記電気自動車モデルに対応する、前記蓄電池を充電させるための前記充電ステーションモデルを選択する選択手段と、前記選択手段によって選択された前記充電ステーションモデルまで、蓄電池への充電を要する前記電気自動車モデルの走行を模擬する走行模擬手段と、して機能させる。

[0031] 上記構成によれば、電気自動車モデルの属性値である蓄電池の残量を算出し、蓄電池を充電させるために選択した充電ステーションまで電気自動車モデルを走行させるので、電気自動車の充電行動を模擬することができる。

[0032] 本発明の第三態様に係る道路交通流シミュレーション方法は、複数の道路及び道路と道路とを結ぶ交差点を含む道路網を模擬した道路網モデルにおいて、自動車を模擬した自動車モデルの走行を模擬する道路交通流シミュレーション方法であって、前記自動車モデルの総数に対する、蓄電池に充電されている電力の残量を属性値とすることで電気自動車を模擬した電気自動車モデルの比率、並びに該電気自動車モデルの蓄電池に充電を行う充電ステーションモデルの数及び設置位置を設定する第１工程と、前記道路網モデルを走行する前記電気自動車モデルの前記蓄電池の残量を算出する第２工程と、前

記第２工程によって算出された前記蓄電池の残量に基づいた値が予め定められた閾値未満となった前記電気自動車モデルに対応する、前記蓄電池を充電させるための前記充電ステーションモデルを選択する第３工程と、前記第３工程によって選択された前記充電ステーションモデルまで、蓄電池への充電を要する前記電気自動車モデルの走行を模擬する第４工程と、を含む。

[0033] 上記構成によれば、電気自動車モデルの属性値である蓄電池の残量を算出し、蓄電池を充電させるために選択した充電ステーションまで電気自動車モデルを走行させるので、電気自動車の充電行動を模擬することができる。

発明の効果

[0034] 本発明によれば、電気自動車の充電行動を模擬することができる、という優れた効果を有する。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]本発明の第１実施形態に係る道路交通流シミュレーション装置の電気系の要部構成を示す図である。

[図2]本発明の第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションにおける道路網モデルの構成を示す模式図である。

[図3]本発明の第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションプログラムの処理の流れを示すフローチャートである。

[図4]本発明の第１実施形態に係る選択モデルの違いを示す模式図である。

[図5]本発明の第１実施形態に係る要充電ＥＶモデルを隣接する道路モデルであるリンクに停止させた場合の模式図である。

[図6]本発明の第１実施形態に係るＱ－Ｋ特性の一例を示した図である。

[図7A]本発明の第１実施形態に係る天候が晴れの場合のＱ－Ｋ特性である。

[図7B]本発明の第１実施形態に係る天候が雨の場合のＱ－Ｋ特性である。

[図7C]本発明の第１実施形態に係る天候が雪の場合のＱ－Ｋ特性である。

[図8A]本発明の第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションにより得られる結果であり、電気自動車モデルの総旅行時間と充電ステーションモデルの数との関係を示すグラフである。

[図8B]本発明の第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションにより得られる結果であり、電気自動車モデルの総旅行時間と充電ステーションモデルの配置位置との関係を示すグラフである。

[図9]本発明の第２実施形態に係る道路網モデルの分割されたエリアと送配電系統を示す模式図である。

[図10]本発明の第２実施形態に係る分割されたエリア毎の他の負荷として設定される負荷電力の時間変化の一例を示すグラフである。

[図11]本発明の第２実施形態に係る電気自動車モデルによる充電行動を時刻と充電電力量との関係で示す図である。

[図12A]本発明の第２実施形態に係る負荷の時間変化を示す図であって、分割されたエリア毎の負荷の時間変動を示す図である。

[図12B]本発明の第２実施形態に係る負荷の時間変化を示す図であって、道路網モデルで模擬された都市全体の負荷の時間変化を示す図である。

[図13A]本発明の第２実施形態に係る道路交通流シミュレーションにより得られる結果であって、所要総供給電力と充電ステーションモデルの数との関係を示すグラフである。

[図13B]本発明の第２実施形態に係る道路交通流シミュレーションにより得られる結果であって、電力不足割合と充電ステーションモデルの数との関係を示すグラフである。

[図14A]本発明の第３変形例の説明に要する図であって、騒音の評価点Ａの位置を示す模式図である。

[図14B]本発明の第３変形例の説明に要する図であって、人間の聴覚における時刻に対する騒音量の変動を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0036] 以下に、本発明に係る道路交通流シミュレーション装置、道路交通流シミュレーションプログラム、及び道路交通流シミュレーション方法の一実施形態について、図面を参照して説明する。

[0037] 〔第１実施形態〕

以下、本発明の第１実施形態について、図１を用いて説明する。

[0038] 図１に、本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーション装置１０の電気系の要部構成を示す。

本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーション装置１０は、複数の道路、及び道路と道路とを結ぶ交差点を含む道路網（道路ネットワーク）を模擬した道路網モデル（図２も参照）における、自動車を模擬した自動車モデルの走行を模擬した道路交通流シミュレーションを実行する装置である。

[0039] なお、本第１実施形態に係る自動車モデルには、電気自動車を模擬した電気自動車モデルが含まれる。以下の説明において、単に自動車という場合は、ガソリン自動車と電気自動車両方を示す。

[0040] そして、道路とは、車線数、右左折レーンの数の限定はなく、さらに、舗装路、非舗装路、国道、県道、私道、及び駐車場等の自動車が走行可能な道路を示す。

また、自動車のうち、ガソリン自動車とは、ガソリンで駆動する自動二輪車、普通自動車（タクシーを含む）、バス、及びトラック等を示す。

一方、電気自動車とは、電力で駆動する自動二輪車、普通自動車（タクシーを含む）、バス、及びトラック、並びに、ガソリンと電気のハイブリッド車（上記各種自動車のハイブリッド車）であって蓄電池に充電可能なものを示す。

[0041] 道路交通流シミュレーション装置１０は、道路交通流シミュレーション装置１０全体の動作を司るＣＰＵ（Central Processing Unit）１２、各種プログラムや各種パラメータ等が予め記憶されたＲＯＭ（Read Only Memory）１４、ＣＰＵ１２による各種プログラムの実行時のワークエリア等として用いられるＲＡＭ（Random Access Memory）１６、詳細を後述する道路交通流シミュレーションプログラム等の各種プログラム及び各種情報を記憶する記憶手段としてのＨＤＤ（Hard Disk Drive）１８を備えている。

[0042] さらに、道路交通流シミュレーション装置１０は、キーボード及びマウス等から構成され、各種操作の入力を受け付ける操作入力部２０、道路交通流

シミュレーションに要する各種情報の入力を促す画像、道路交通流シミュレーションの結果を示す画像等の各種画像を表示する画像表示部２２、プリンタや他のコンピュータ等の外部装置と接続され、該外部装置への各種情報の送受信を行う外部インタフェース２４、並びに可搬型記憶媒体２６に記憶されている情報を読み取るための読取部２８を備えている。なお、可搬型記憶媒体２６には、磁気ディスク、ＣＤ（Compact Disc）、ＤＶＤ（Digital Versatile Disc）等の光ディスク、ＩＣ（Integrated Circuit）カード、及びメモリカード等が含まれる。

[0043] これらＣＰＵ１２、ＲＯＭ１４、ＲＡＭ１６、ＨＤＤ１８、操作入力部２０、画像表示部２２、外部インタフェース２４、及び読取部２８は、システムバス３０を介して相互に電気的に接続されている。従って、ＣＰＵ１２は、ＲＯＭ１４、ＲＡＭ１６、及びＨＤＤ１８へのアクセス、操作入力部２０に対する操作状態の把握、画像表示部２２に対する各種の画像の表示、並びに外部インタフェース２４を介した上記外部装置との各種情報の送受信、読取部２８を介した可搬型記憶媒体２６からの情報の読み取り等を各々行なうことができる。

[0044] なお、図１に示す道路交通流シミュレーション装置１０の構成は一例であり、例えば、ＨＤＤ１８の代わりに、大容量の半導体記憶装置を用いてもよいし、道路交通流シミュレーションプログラムを、可搬型記憶媒体２６に記憶させる等、他の形態としてもよい。

[0045] 図２に、本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションにおける道路網モデル４０の模式図を示す。

[0046] 道路網モデル４０は、交差点等で区切られる道路の最小区間を模擬した道路モデルであるリンク４２が交差点を模擬したノード４４で接続されている。なお、道路網モデル４０は、実在する道路網を模擬したものであってもよいし、実在しない道路網を模擬したものであってもよい。

[0047] 各リンク４２には、車線数、右左折レーンの有無及び数等が設定される。各ノード４４には、自動車用の交通信号機を模擬した信号機モデルの設置の

有無が設定されている。

また、各リンク４２及び各ノード４４には、各々標高を設定することが可能とされている。このため、隣り合うリンク４２及びノード４４の標高差から、リンク４２によって模擬されている道路の勾配を決定できる。また、リンク４２の途中でも異なる標高を設定することが可能とされている。

[0048] 信号機モデルは、予め定められた時間間隔で青色から黄色、黄色から赤色、赤色から青色に変化する。信号機モデルが青色の場合、自動車モデルは、該信号機モデルが設置されているノード４４を介してリンク４２から他のリンク４２へ移動が許可される一方、信号機モデルが赤色の場合、自動車モデルは、該信号機が設置されているノード４４を介してリンク４２から他のリンク４２への移動が禁止される。

[0049] さらに、本第１実施形態に係る道路網モデル４０は、リンク４２に隣接して電気自動車モデルの蓄電池を充電する充電ステーションを模擬した充電ステーションモデル４６の配置が可能とされている。

[0050] また、道路網モデル４０は、天候（晴れ、雨、雪）、気温（以下、「外気温度」という。）、及び道路交通流シミュレーションで模擬される時間帯等が設定されている。

[0051] 電気自動車モデルは、蓄電池に充電されている電力の残量を属性値として有する。一方、ガソリン自動車を模擬したガソリン自動車モデルは、蓄電池の残量を属性値として有していない。

[0052] また、各充電ステーションモデル４６は、同時に充電が可能な電気自動車モデルの台数（充電スタンドの台数）、充電待ちの電気自動車モデルが配置される待ちスペースの数、販売する電力の単価（以下、「売電単価」という。）が設定されている。

[0053] なお、本第１実施形態では、道路網モデル４０は、予め作成され、例えばＨＤＤ１８に記憶されているとしてもよい。

[0054] 以下、本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションについて説明する。

[0055] 図３は、ＣＰＵ１２によって実行される道路交通流シミュレーションプログラムの処理の流れを示すフローチャートであり、該道路交通流シミュレーションプログラムはＨＤＤ１８の所定領域に予め記憶されている。なお、道路交通流シミュレーションプログラムは、操作入力部２０を介してオペレータによって実行指示が入力された場合に、実行を開始する。

[0056] まず、ステップ１００では、道路網モデル４０の設定を行う。

具体的には、リンク４２及びノード４４の接続、リンク４２の車線及び右左折レーンの設定、信号機モデルの各色が変化する時間間隔、道路網モデル４０に関する各種値が設定される。

また、道路網モデル４０の設定として、充電ステーションモデル４６の数及び設置位置、各充電ステーションモデル４６に関する値が設定される。

また、道路網モデル４０の設定として、自動車モデルの総数に対する電気自動車モデルの比率が設定される。

[0057] さらに、本ステップでは、道路交通流シミュレーションプログラムの終了条件も設定される。終了条件としては、例えば、シミュレーション実行時間、全ての自動車モデル又は予め設定した自動車モデルの目的地への到達等が挙げられる。

[0058] 次のステップ１０２では、自動車モデルの初期設定を行う。

具体的には、各自動車モデルの出発地及び目的地（Ｏ－Ｄ情報）、並びに出発時刻が設定される。さらに、各電気自動車モデルの属性値として、蓄電池の充電量が設定される。

[0059] なお、ステップ１００，１０２で行われる各種設定は、操作入力部２０を介してオペレータによる数値等の入力によって行われる。また、本ステップ１００、１０２では、上記各種設定が予め行われた道路網モデル４０がＨＤＤ１８から読み出されることによって、設定されてもよい。

[0060] 次のステップ１０４では、所定の時間間隔毎に道路網モデル４０上で自動車モデルの挙動、すなわち各自動車モデルの走行を模擬する。なお、上記所定の時間間隔とは、道路交通流シミュレーションにおける時間間隔であり、

実際の時間間隔と異なっていてもよい。

[0061] 自動車モデルの走行状態は、道路網モデル４０に設定された天候、各リンク４２を走行する自動車モデルの台数（道路混雑状況）等から算出される。具体的な算出方法としては、従来既知の何れの方法を用いてもよい。また、信号機モデルの信号が赤の場合は、信号待ちのために、自動車モデルの走行を停止させ、複数の自動車モデルが連なって停止している状態を模擬した行列モデルから各自動車モデルの停止時間を算出する。

[0062] ここで、本第１実施形態では、自動車モデルの走行の模擬と共に、電気自動車モデルの蓄電池の残量（以下、「蓄電池残量」という。）を算出する。

[0063] 蓄電池残量を算出する方法としては、一例として、下記（１）式で示されるモデル式が用いられる。

現時刻の蓄電池残量＝前時刻の蓄電池残量－単位時間当たりの蓄電池消費量・・・（１）

[0064] （１）式における「前時刻の蓄電池残量」は、前回行った自動車モデルの挙動を算出したときの蓄電池残量である。

[0065] また、「単位時間当たりの蓄電池消費量」は、例えば、下記表１に示される消費量算出モデル１～３の何れかを用いる。なお、消費量算出モデル１～３は、一例であり、電気自動車モデルの走行速度に関する項を用いるのであれば、消費量算出モデル１～３に含まれる他の項の一部を用いない消費量算出モデル又は異なる項を新たに追加した消費量算出モデル等が用いられてもよい。

[表1]

消費量算出モデル１	単位時間当たりの蓄電池消費量＝Ａ×走行速度＋Ｂ×照明点灯状態＋Ｃ×空調運転状態＋Ｄ×外気温度＋Ｅ×勾配＋Ｆ（Ａ～Ｆは固定のパラメータ）
消費量算出モデル２	単位時間当たりの蓄電池消費量＝Ａ×走行速度＋Ｂ×加減速度＋Ｃ×照明点灯状態＋Ｄ×空調運転状態＋Ｅ×外気温度＋Ｆ×勾配＋Ｇ（Ａ～Ｇは固定のパラメータ）
消費量算出モデル３	単位時間当たりの蓄電池消費量＝関数ｆ（走行速度、加減速度、照明点灯状態、空調運転状態、外気温度、勾配）

[0066] 消費量算出モデル１，２における各固定のパラメータは、各項に対する重み付けとして用いられる。

[0067] また、照明点灯状態は、道路交通流シミュレーションで模擬される時間帯によって異なる電気自動車のライトの点灯数に基づいた値であり、空調運転状態は、電気自動車の空調の温度と、道路網モデル４０の設定値として予め設定されている外気温度との差に基づいた値である。

電気自動車モデルの照明がオフとされている場合は、照明点灯状態としての値は０(零）となり、電気自動車モデルの空調がオフとされている場合は、空調運転状態としての値は０(零）となる。

[0068] また、消費量算出モデル１～３は、外気温度に応じて蓄電池消費量を算出する。蓄電池消費量の算出式に外気温度が含まれる理由は、蓄電池は温度によってその放電量が変化するためである。

[0069] さらに、消費量算出モデル２，３は、電気自動車の加減速度に応じて、蓄電池消費量を算出する。電気自動車が加速する場合に蓄電池は放電する一方、電気自動車が減速する場合に蓄電池は充電される、そこで、消費量算出モデル２，３では、電気自動車モデルが前時刻から現時刻の間で加速する場合、加減速度の符号を正とし、電気自動車モデルが前時刻から現時刻の間で減速する場合、加減速度の符号を負とし、前時刻から現時刻の間で電気自動車が加速も減速もしない場合、加減速度を０（零）とする。

このように、本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションでは、電

気自動車モデルの蓄電池消費量を、実際の電気自動車において電力を消費する機器等に基づいて算出するので、より精度の高い蓄電池消費量を算出できる。

[0070] 次のステップ１０６では、予め定められている終了条件を満たしたか否かを判定し、肯定判定の場合は、ステップ１１４へ移行する一方、否定判定の場合は、ステップ１０８へ移行する。

[0071] ステップ１０８では、電気自動車モデルの蓄電池に対する充電が必要であるか否かを判定する充電要否判定を行う。

充電要否判定は、ステップ１０４で算出した蓄電池残量に基づいた値が予め定められた閾値未満となった電気自動車モデルに対して、蓄電池に対する充電が必要であると判定する。

[0072] 蓄電池残量に基づいた値とは、蓄電池残量を、蓄電池における最大の充電量である満蓄量で除算した値であり、具体的な、充電要否判定としては、下記表２に示される充電要否判定モデル１～３を用いる。

[表2]

充電要否判定モデル１	$\frac{\text{蓄電池残量}}{\text{満蓄量}}$ ＜閾値Ａ（例えば、Ａ＝１０％）
充電要否判定モデル２	$\frac{\text{蓄電池残量}}{\text{満蓄量}}$ ＜閾値Ａ（例えば、Ａ＝３０％） かつ、蓄電池残量＜目的地までの走行距離×燃費＋余裕分
充電要否判定モデル３	$\frac{\text{蓄電池残量}}{\text{満蓄量}}$ ＜閾値Ａ（例えば、Ａ＝５０％） かつ、走行中に空いている充電ステーションに遭遇

[0073] そして、本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションでは、ＣＰＵ１２が各電気自動車モデルに対して充電要否判定モデル１～３をランダムに設定し、各電気自動車モデル毎に設定した充電要否判定モデルを用いて充電要否判定を行う。しかし、これに限らず、ＣＰＵ１２が電気自動車モデルに対して充電要否判定モデル１～３をランダムに設定することなく、オペレータが電気自動車モデルに対して電要否判定モデル１～３を個々に設定しても

よい。また、充電要否判定モデル１～３のうち、何れか１つ又は２つが用いられてもよいし、他の充電要否判定モデルが用いられてもよい。

このように、充電要否判定モデル１～３は、電気自動車に充電を行う場合の運転者の行動を模擬したモデルであるので、電気自動車の充電行動をより精度高く模擬することができる。

[0074] 次のステップ１１０では、ステップ１０８で実行した充電要否判定の結果に基づいて、充電を必要とする電気自動車モデル（以下、「要充電ＥＶモデル」という。）が有るか否かを判定し、肯定判定の場合は、ステップ１１２へ移行し、否定判定の場合は、ステップ１０４へ戻る。

[0075] ステップ１１２では、要充電ＥＶモデルに対して、充電行動を模擬するための設定である模擬設定を行う。

充電行動の模擬設定とは、すなわち、要充電ＥＶモデルに対応する、蓄電池を充電させるための充電ステーションモデルを選択し、充電ステーションまでの経路を導出することである。

[0076] 具体的な、充電ステーションモデルを選択する方法としては、下記表３に示される選択モデル１～３を用いる。

[表3]

選択モデル１	要充電ＥＶモデルの現在位置から 最も距離が近い充電ステーションモデルを選択
選択モデル２	蓄電池残量で到達できる範囲の充電ステーションモデル であり、かつ目的地までの迂回経路が最も短い充電 ステーションモデルを選択
選択モデル３	蓄電池残量で到達できる範囲の充電ステーションモデル であり、かつ売電単価が最も安い充電ステーションモデル を選択

[0077] 図４は、選択モデル１と選択モデル２との違いの一例を示す模式図である。

図４において、充電ステーションモデルＡを選択する場合が、選択モデル１に該当し、充電ステーションモデルＢを選択する場合が、選択モデル２に該当する。選択モデル１の方が、選択モデル２に比べて、充電ステーション

モデル４６までの走行距離が短いが、現在位置から目的地までの走行距離が長くなる（走行経路Ａ）。一方、選択モデル２の方が、選択モデル１に比べて、充電ステーションモデル４６までの走行距離が長いが、現在位置から目的地までの走行距離が短い、すなわち、迂回経路が短い（走行経路Ｂ）。

[0078] 選択モデル３における売電単価は、各充電ステーションモデルの設定値として設定されている売電単価である。

[0079] 本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションでは、ＣＰＵ１２が各要充電ＥＶモデルに対して選択モデル１～３をランダムに設定し、各要充電ＥＶモデル毎に設定した選択モデルを用いて充電要否判定を行う。しかし、これに限らず、ＣＰＵ１２が要充電ＥＶモデルに対して選択モデル１～３をランダムに設定することなく、オペレータが要充電ＥＶモデルに対して選択モデル１～３を個々に設定してもよい。また、選択モデル１～３のうち、何れか１つ又は２つが用いられてもよいし、他の選択モデルが用いられてもよい。

このように、選択モデル１～３は、電気自動車に充電を行う場合の運転者の行動を模擬したモデルであるので、電気自動車の充電行動をより精度高く模擬することができる。

[0080] そして、本ステップ１１２では、選択した充電ステーションモデル４６を経由して、目的地まで走行する新たな走行経路（図４の例における走行経路Ａ又は走行経路Ｂ）を新たに設定する充電行動の模擬設定が終了すると、ステップ１０４へ戻る。

[0081] ステップ１０４では、上述したように、自動車モデルの走行を模擬すると共に、要充電ＥＶモデルがある場合は、ステップ１１２で設定された走行経路による充電ステーションモデル４６までの要充電ＥＶモデルの走行を模擬する。

[0082] ここで、ステップ１０４では、要充電ＥＶモデルがステップ１１２で選択した充電ステーションモデルに到達したが、該充電ステーションモデルが混雑している場合、すなわち、該充電ステーションモデルに同時に充電が可能

な台数を超えた要充電ＥＶモデルが有り、充電までの待ち時間が生じる場合、到達した要充電ＥＶモデルを異なる充電ステーションモデルに移動させるか否かの充電ステーション移動判定を行う。

[0083] 充電ステーション移動判定は、ステップ１１２で選択した充電ステーションモデル４６において充電に要する時間に基づいた値が所定値以上である場合、他の充電ステーションモデル４６を新たに選択する判定を行う。

[0084] 具体的な、充電ステーション移動判定としては、下記表４に示される移動判定モデル１，２を用いる。

[表4]

移動判定モデル１	充電ステーションモデルＹまでの距離が蓄電池残量で到達できる範囲、かつ、 $\text{パラメータＰ} \times \frac{\text{充電ステーションモデルＸの待ち台数}}{\text{充電ステーションモデルＸでの同時充電可能台数}} > \text{閾値Ｑ}$
移動判定モデル２	充電ステーションモデルＹまでの距離が蓄電池残量で到達できる範囲、かつ、 $\text{充電ステーションモデルＹまでの走行時間} < \text{パラメータＰ} \times \frac{\text{充電ステーションモデルＸの待ち台数}}{\text{充電ステーションモデルＸでの同時充電可能台数}} - \text{パラメータＲ}$

[0085] 移動判定モデル１，２において、充電ステーションモデルＸとは、ステップ１１２で選択した充電ステーションモデル４６、すなわち、要充電ＥＶモデルが到達した充電ステーションモデル４６であり、充電ステーションモデルＹとは、新たに選択した充電ステーションモデル４６である。なお、新たな充電ステーションモデルＹは、上述した選択モデル１～３を用いて選択される。

[0086] また、移動判定モデル１，２におけるパラメータＰとは、各要充電ＥＶモデルにおける平均充電時間であり、平均充電時間は、要充電ＥＶモデルの蓄電池の残容量と満充電との値に基づいて算出される。すなわち、移動判定モデル１，２において、充電ステーションモデルＸでの同時充電可能台数と待ち台数の商とパラメータＰとの積が、上記充電ステーションモデル４６において充電に要する時間である。

[0087] また、移動判定モデル２におけるパラメータＲとは、充電ステーションモデルＸにおける要充電ＥＶモデルの混雑の度合いを示した混雑度数であり、例えば、充電ステーションモデルＸにおいて充電待ちとなっている要充電ＥＶモデルの台数に応じて値が大きくなるように定められる。すなわち、充電ステーションモデルＸにおいて充電待ちとなっている要充電ＥＶモデルの台数が多いほど、パラメータＰの値は大きくなり、移動判定モデル２の不等式の右辺の値が小さくなるため、充電ステーション移動判定において、要充電ＥＶモデルに対して、新たな充電ステーションモデルＹへの移動が必要であると判定されやすくなる。

[0088] 本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションでは、ＣＰＵ１２が各要充電ＥＶモデルに対して移動判定モデル１，２をランダムに設定し、各要充電ＥＶモデル毎に設定した移動判定モデルを用いて充電要否判定を行う。しかし、これに限らず、ＣＰＵ１２が要充電ＥＶモデルに対して移動判定モデル1，２をランダムに設定することなく、オペレータが要充電ＥＶモデルに対して移動判定モデル１，２を個々に設定してもよい。また、移動判定モデル1，２のうち、何れか１つが用いられてもよいし、他の移動判定モデルが用いられてもよい。

このように、移動判定モデル１～３は、電気自動車に充電を行う場合の運転者の行動を模擬したモデルであるので、電気自動車の充電行動をより精度高く模擬することができる。

[0089] 次に、充電ステーションモデル４６で充電待ちとなっている要充電ＥＶモデルが発生した場合について説明する。

[0090] 本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションでは、充電ステーションモデル４６に同時に充電可能な台数を超える要充電ＥＶモデルが位置している場合、すなわち充電ステーションモデルが混雑している場合は、行列モデルによって、充電待ちとなっている要充電ＥＶモデルに対する充電までの待ち時間を算出する。

[0091] そして、道路交通流シミュレーションは、充電ステーションモデル４６で

充電待ちとなっている要充電ＥＶモデルの台数が、充電ステーションモデル４６の設定値として設定されている待ちスペースの数を超えると、該要充電ＥＶモデルを隣接する道路モデルであるリンク４２に停止させる。

[0092] 図５は、要充電ＥＶモデルを隣接するリンク４２に停止させた場合の模式図である。

図５の例では、同時に充電可能な台数（充電スタンドの数）及び充電ステーションモデル４６が有する待ちスペースは、共に３つであり、充電スタンド及び待ちスペースに全て要充電ＥＶモデルが位置している。そのため、待ちスペースの数を超えた要充電ＥＶモデルは、隣接するリンク４２に位置している。

[0093] また、リンク４２は、車線が２本であり、充電ステーションモデル４６側の車線に要充電ＥＶモデルが位置することとなる一方、他の車線は、自動車モデルが走行している（自由流）。そして、リンク４２に位置する要充電ＥＶモデルＥＶの後端近傍までも自由流となっているが、自動車モデルが該後端近傍に達すると、隣接する他の車線に移動する必要が生じる。

このため、要充電ＥＶモデルが位置しているリンク４２の場所及び該場所に隣接する場所は、自動車モデルが減速し、混雑するため、自動車モデルの密度の高い状態となり、道路渋滞が模擬されることとなる。

[0094] 道路渋滞が模擬されているリンク４２を走行する自動車モデルの速度は、図６に示されるＱ－Ｋ曲線によって示されるＱ－Ｋ特性を用いて算出される。

Ｑ－Ｋ特性とは、交通流量Ｑ（台／時間）と密度Ｋ（台／ｋｍ）との関係を示すものであり、換言すると道路の特性を示している。そして、Ｑ－Ｋ曲線上の点と原点を結ぶ線の傾きαが走行速度Ｖ（ｋｍ／時間）を示す。

[0095] このように、本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションは、充電ステーションモデル４６の待ちスペースの数を超える要充電ＥＶモデルを、隣接するリンク４２に位置させるので、充電待ちの電気自動車モデルを原因とした道路渋滞を引き起こすことを模擬でき、電気自動車の充電行動をより

精度高く模擬することができる。

[0096] また、本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションは、予め設定値として設定されている天候に応じて、Ｑ－Ｋ特性を切り替える。

図７Ａ～図７Ｃは、天候に応じて異なるＱ－Ｋ特性の例を示す。図７Ａは、天候が晴れの場合のＱ－Ｋ特性であり、図７Ｂは、天候が雨の場合のＱ－Ｋ特性であり、図７Ｃは、雪が晴れの場合のＱ－Ｋ特性である。

図７Ａ～図７Ｃに示されるように、交通流量Ｑの最大値であるリンク容量が、晴れ、雨、雪の順に小さくなっている。このことは、晴れ、雨、雪の順に自動車モデルの走行速度が速くなることを表わしている。

[0097] なお、道路交通流シミュレーションにおける天候は、上述したように予め設定値として固定してもよいし、天候の切り替えパラメータを予め設定し、該パラメータに基づいて天候を切り替えてもよい。なお、該パラメータとしては、各天候を日時間毎に分ける、ランダムに変更さる等が挙げられる。

[0098] 以上、本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションは、ステップ１０４からステップ１１２までの処理を、終了条件を満たすまで繰り返す。

[0099] そして、道路交通流シミュレーションは、ステップ１０６で終了条件を満たしたと判定されると、上述のようにステップ１１４へ移行する。

[0100] ステップ１１４では、シミュレーションの結果を出力し、本プログラムを終了する。

シミュレーションの結果としては、一例として、各自動車モデルが出発地から目的地にまで到達するのに要した時間（以下、「旅行時間」という。）、各自動車モデルが出発地から目的地にまで到達するのに要した走行距離を算出し、例えば、グラフ等で画像表示部２２に表示させる、算出した結果をデータとしてＨＤＤ１８に記憶させる、外部インタフェース２４を介して接続される印刷機を用いて記録用紙に印刷させる等が挙げられる。

[0101] なお、算出される旅行時間の具体例としては、ガソリン自動車モデル全体の総旅行時間、ガソリン自動車モデル１台当たりの平均移動時間、電気自動車モデル全体の総旅行時間、電気自動車モデル１台当たりの平均移動時間、

ガソリン自動車モデルと電気自動車モデル全体の総旅行時間、及びガソリン自動車モデルと電気自動車モデル１台当たりの平均移動時間等が挙げられる。

[0102] また、算出される走行距離の具体例としては、ガソリン自動車モデル全体の総走行距離、ガソリン自動車モデル１台当たりの平均走行距離、電気自動車モデル全体の総走行距離、電気自動車モデル１台当たりの平均走行距離、ガソリン自動車モデルと電気自動車モデル全体の総走行距離、ガソリン自動車モデルと電気自動車モデル１台当たりの平均走行距離等が挙げられる。

[0103] さらに、本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションでは、ステップ１００で設定する自動車モデルに含まれる電気自動車モデルの比率や、ステップ１００で設定する充電ステーションモデル４６の数及び充電ステーションモデル４６の配置位置の少なくとも一方が異なるようにパラメータを段階的に変更して、電気自動車モデルの走行の模擬を複数回行うことによって、充電ステーションモデル４６の最適な数及び配置位置等を導出できる。

上記段階的な変更の例としては、電気自動車モデルの比率０％から１０％刻みで１００％まで変更することや、充電ステーションモデル４６を配置する複数のエリアを予め定め、該エリアに配置する充電ステーションモデル４６の数を段階的に変更することや、充電ステーションモデル４６の配置位置をエリア内において均等に配置する、交通量の多い道路に対してより多く配置する、交通量に比例して配置する等が挙げられる。

[0104] 上記パラメータの段階的な変更によって、得られる結果の一例を図８Ａ及び図８Ｂに示す。

[0105] 図８Ａは、道路交通流シミュレーションによって得られた電気自動車モデルの総旅行時間と充電ステーションモデル４６の数との関係を示すグラフである。総旅行時間とは、電気自動車モデルが出発地から目的地へ到達するまでに要した時間である。図８Ａの例では、充電ステーションモデル４６の数をＣからＤに増やしても、総旅行時間は大きく短縮しないことから、実際に設置する充電ステーションの数をＤ以上としても、過剰な設備投資を招く可

能性があると判断できる。

[0106] 図８Ｂは、道路交通流シミュレーションによって得られた電気自動車モデルの総旅行時間と充電ステーションモデル４６の配置位置との関係を示すグラフである。図８Ｂの例では、交通流に応じて充電ステーションを配置する方が、均等に配置する場合及び集中配置する場合に比較して効果的であると判断できる。

[0107] このように、電気自動車モデルの総旅行時間と充電ステーションモデルの数又は配置位置との関係を示したグラフによって、道路交通シミュレーションの結果をインフラ設備、すなわち充電ステーションの数又は配置位置を決定するための指標が容易に得られる。

なお、図８Ａ及び図８Ｂは、画像表示部２２に表示されるが、電気自動車モデルの総旅行時間と充電ステーションモデルの数又は配置位置との関係は、図８Ａ及び図８Ｂのようなグラフに限らず、例えば、表形式で画像表示部２２に表示されてもよい。

[0108] 以上説明したように、本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションは、ステップ１００で、自動車モデルの総数に対する電気自動車モデルの比率、並びに該電気自動車モデルの蓄電池に充電を行う充電ステーションモデルの数及び設置位置を設定する。そして、道路交通流シミュレーションは、ステップ１０８で、道路網モデル４０を走行する電気自動車モデルの蓄電池の残量を算出し、ステップ１１２で、算出した蓄電池の残量に基づいた値が予め定められた閾値未満となった要充電ＥＶモデルに対応する、蓄電池を充電させるための充電ステーションモデル４６を選択する。

従って、本第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションは、電気自動車の充電行動を模擬することができる。

[0109] 〔第２実施形態〕

以下、本発明の第２実施形態について説明する。

[0110] なお、本第２実施形態に係る道路交通流シミュレーション装置１０及び道路網モデル４０の構成は、図１，２に示される第１実施形態に係る道路交通

流シミュレーション装置１０及び道路網モデル４０の構成と同様であるので説明を省略する。

[0111] また、本第２実施形態に係る道路交通流シミュレーションプログラムの処理の流れは、図３に示される第１実施形態に係る道路交通流シミュレーションプログラムの処理の流れと同様であるので、以下、図３を参照して本第２実施形態に係る道路交通流シミュレーションプログラムの処理について説明する。

[0112] 本第２実施形態に係る道路交通流シミュレーションでは、ステップ１００において、道路網モデル４０の設定として、第１実施形態で示された各種設定と共に、道路網モデル４０を複数のエリアに分割し、該エリアにおいて充電ステーションモデル４６に対して供給可能な電力量も設定される。

[0113] エリアの分割は、一例として、図９に示すように、変電所によって送配電されるエリア毎（図９の例では、エリアＡ，Ｂ）とする。このため、本第２実施形態に係る道路交通流シミュレーションは、図９に示すような送配電系統も模擬し、各発電所（図９の例では発電所Ａ～Ｃ）毎の最大発電容量（ＭＶＡ）、各変電所毎の最大容量（ＭＶＡ）として一定値が予め設定される。また、電気自動車モデルの蓄電池への充電の負荷以外である、他の負荷の負荷電力として、図１０に示すように、時刻毎に変化する一定の負荷電力パターンが予め設定される。

図１０に示される負荷電力パターンの一例は、朝方及び夕方の負荷電力が大きく、夜間の負荷電力が小さい場合である。なお、これに限らず、例えば、設定された天候に応じて負荷パターンを変えてもよい。

[0114] そして、電気自動車モデルの蓄電池への充電の負荷は、一例として、充電ステーションでの充電、電気自動車を所有する各家屋での充電、オフィスビルやショッピングセンタでの充電に対応させて算出される。

具体的には、充電ステーションでの充電は、充電値の満蓄量まで一気に充電（以下、「急速充電」という。）する。一方、家屋での充電、及びオフィスビルやショッピングセンタでの充電は、電気自動車モデルが目的地に到達

した場合の充電となると考えられるため、各箇所に充電器があると仮定し蓄電池が満蓄量となるまで急速充電に比べてゆっくりと充電（以下、「普通充電」という。）する。なお、充電ステーションモデル４６は、一時的に電力を蓄え、電気自動車モデルの蓄電池へ充電するための大容量の蓄電池を配置し、商用電力系統から該蓄電池への受電量を算出してもよい。

[0115] このため、本第２実施形態に係る道路網モデル４０には、家屋、オフィスビル、及びショッピングセンタ等の目的地となりえる箇所に、予め普通充電を行う充電器を模擬した充電器モデルが配置される。そして、充電ステーションモデルによる急速充電と充電器による普通充電とでは、その単位時間当たりの消費電力量を異なるものとする。すなわち、急速充電の方が普通充電よりも消費電力が大きくなるように設定される。

[0116] 図１１は、電気自動車モデルによる充電行動を時刻と充電電力量との関係で示した図である。図１１から、電気自動車モデルに充電された電力量の大きさが分かる。このため、本第２実施形態に係る道路交通流シミュレーションは、ステップ１０４の処理において、各電気自動車モデル毎に充電したエリア及び充電電力量をＲＡＭ１６又はＨＤＤ１８に記憶させる。

[0117] そして、本第２実施形態に係る道路交通流シミュレーションのステップ１１４におけるシミュレーションの結果を出力する処理では、記憶した各電気自動車モデル毎の充電したエリア及び充電電力量に基づいて、エリア単位の負荷電力パターンを算出し、例えば図１２Ａ及び図１２Ｂの一例に示される負荷の時間変化を示す図を出力する。

[0118] 図１２Ａは、分割されたエリア毎の負荷の時間変動（負荷電力パターン）を示す図であり、エリア毎の負荷電力パターンは、エリア毎の、他の負荷の負荷電力パターンと電気自動車モデルの蓄電池への充電のパターンとの和によって算出される。これにより、図１２Ａに示すように、各エリアの時刻毎に、変電所の不足容量や変電所の電力残量の変化が分かる。

一方、図１２Ｂは、道路網モデル４０で模擬された都市全体の負荷の時間変化（負荷電力パターン）を示す図である。

都市全体の負荷電力パターンは、各エリア毎の負荷電力パターンの総和によって算出される。これにより、図１２Ｂに示すように、都市全体の時刻毎に、発電所の不足容量や発電所の電力残量の変化が分かる。

[0119] さらに、本第２実施形態に係る道路交通流シミュレーションは、充電ステーションモデル４６等によって同時に複数の電気自動車モデルの蓄電池へ充電されている場合、エリアへ供給される電力量によっては、電力不足のため充電ができない場合があるため、電力不足のため充電ができない回数及び時間割合等を算出してもよい。

[0120] 図１３Ａは、道路交通流シミュレーションによって得られた所要総供給電力量と充電ステーションモデル４６の数との関係を示すグラフである。

所要総供給電力量とは、充電ステーションモデル４６で充電可能な台数の電気自動車モデルに同時に充電を行う場合に、充電ステーションモデル４６へ供給する必要のある電力量の総量であって、充電ステーションモデル４６の数と各充電ステーションモデル４６への供給電力との積から算出される。

図１３Ａの例では、充電ステーションモデル４６の数に比例して、所要総供給電力が増加することが分かる。

[0121] そして、図１３Ｂは、道路交通流シミュレーションによって得られた電力不足割合と充電ステーションモデル４６の数との関係を示すグラフである。電力不足割合とは、充電ステーションモデル４６への電力量の不足量であり、より具体的には、所定日数（図１３Ｂの例では１週間）の総時間のうち、電力不足が発生した時間の割合を示している。例えば、「電力不足割合が２０％」とは、５回に１回の割合で、電力不足のため電気自動車モデルの蓄電池へ充電ができないことを意味する。

図１３Ｂでは、破線で示される線Ａ、一点鎖線で示される線Ｂ、実線で示される線Ｃの順番で電力不足割合が小さくなっている。具体的には、線Ａは、エリアの所要総供給電力が少ないために、充電ステーションモデル４６の数が増え、電気自動車モデルの同時充電台数が増えると電力不足になる頻度が高くなることを示している。一方、線Ｃは、エリアの所要総供給電力が多

いため、充電ステーションモデル４６の数が増え、電気自動車モデルの同時充電台数が増えても、電力不足になりにくいことを示している。

[0122] 図１３Ｂの結果から、充電ステーションに供給可能な電力量に基づいて、実際の充電ステーションの配置を検討できる。

[0123] このように、充電ステーションモデル４６の数と所要総供給電力量との関係を示したグラフ、又は充電ステーションモデル４６の数と電力不足割合との関係を示したグラフによって、インフラ設備、すなわち充電ステーションの数に応じて必要とする電力量の指標が容易に得られる。

なお、図１３Ａ及び図１３Ｂは、画像表示部２２に表示されるが、充電ステーションモデル４６の数と所要総供給電力量との関係、又は充電ステーションモデル４６の数と電力不足割合との関係は、図１３Ａ及び図１３Ｂのようなグラフに限らず、例えば、表形式で画像表示部２２に表示されてもよい。

[0124] 〔変形例１〕

ガソリン自動車が電気自動車になることでCO_2排出量（ton）が減ると予想される。そのため、変形例１に係る道路交通流シミュレーションでは、電気自動車を含む自動車が排出するCO_2の量を定量的に評価する。

[0125] 変形例１に係る道路交通流シミュレーションのステップ１１４では、電気自動車モデルのCO_2排出量を０（零）とし、ガソリン自動車モデルのCO_2排出量をガソリン自動車モデルの走行距離に基づいて算出する。

ガソリン自動車モデルのCO_2排出量は、下記（２）式及び（３）式に基づいて算出される。

燃料消費量＝走行距離×平均燃費 ・・・（２）

CO_2排出量＝燃料消費量×定数 ・・・（３）

[0126] （２）式におけるガソリン自動車モデルの平均燃費は予め設定されている（例えば、３０ｋｍ／Ｌ）。また、（３）式における定数は、燃料消費量からCO_2排出量を算出するために予め設定されている設定値である。

このように、ガソリン自動車モデルのCO_2排出量は、予め設定された設定

値及び該ガソリン自動車モデルの走行距離に基づいて算出される。

そして、変形例１に係る道路交通流シミュレーションでは、例えば、電気自動車モデルの自動車モデルの総数に対する比率とＣＯ$_2$排出量との関係等を出力する。

[0127] なお、本変形例１では、電気自動車モデルのＣＯ$_2$排出量を０（零）として説明したが、これに限らず、電気自動車モデルの蓄電池で消費される電力を生成するために、例えば火力発電所においてＣＯ$_2$が排出されるため、量電気自動車モデルもＣＯ$_2$を排出するとしてもよい。

[0128] 具体的には、電気自動車モデルのＣＯ$_2$排出量は、下記（４）式に基づいて算出される。

ＣＯ$_2$排出量＝蓄電池消費量×定数 ・・・（４）

（４）式における定数は、蓄電池消費量からＣＯ$_2$排出量を算出するために予め設定されている設定値であり、電気自動車モデルのＣＯ$_2$排出量をガソリン自動車モデルのＣＯ$_2$排出量よりも小さくする値として定められている。

[0129] このように、電気自動車モデルのＣＯ$_2$排出量は、ガソリン自動車モデルのＣＯ$_2$排出量よりも小さくする値として予め定められた定数及び該蓄電池消費量に基づいて算出されてもよい。

[0130] 〔変形例２〕

変形例２に係る道路交通流シミュレーションでは、充電ステーション建設のための初期投資額（例えば、計画＋用地購入＋設計＋資材購入＋現地工事）、及び充電ステーションの年間当りの設備運用コストを設定可能とする。

そして、変形例２に係る道路交通流シミュレーションでは、充電ステーションを建設することによる効果額を算出する。

[0131] 充電ステーションを建設することによる効果額の算出方法を、その効果と共に表５に示す。

[表5]

算出方法	効果
効果額１＝（ガソリン自動車モデルと電気自動車モデル全体の総旅行時間の削減量）×（１時間当りの単価）	旅行時間削減で、時間を自由に使えるようになる。
効果額２＝（CO_2削減量ton）×（１ton当たりの単価）	CO_2削減で、環境負荷を抑えられる。

なお、総旅行時間の削減量とは、異なる数又は配置の充電ステーションモデルにおける、ガソリン自動車モデルと電気自動車モデル全体、すなわち自動車モデル全体の総旅行時間の差である。また、CO_2削減量tonとは、異なる数又は配置の充電ステーションモデルにおけるCO_2排出量の差である。

[0132] さらに、変形例２に係る道路交通流シミュレーションでは、充電ステーションを建設してから数年後の費用対効果額を、表６に示す算出モデル１，２の何れかを用いて算出する。

[表6]

算出モデル１	Ｘ年後の費用対効果額＝（効果額１＋効果額２）×Ｘ年分ー（初期投資額＋年間設備運用コスト×Ｘ年分）
算出モデル２	Ｘ年後の費用対効果額＝関数ｆ（Ｘ年、初期投資額、設備運用コスト、効果額１、効果額２）

算出モデル２は、評価に自由度を持たせるための算出式である。

なお、変形例２に係る道路交通流シミュレーションでは、効果額１及び効果額２の何れか一方のみを用いてＸ年後の費用対効果額を算出してもよい。

[0133] そして、ステップ１１４では、算出モデル１又は算出モデル２で費用対効果額を算出した場合、例えば、横軸をＸ年、縦軸をＸ年後の費用対効果額としたグラフを画像表示部２２等に表示させる。

[0134] 〔変形例３〕

変形例３では、自動車モデルの騒音量を算出する。

自動車モデルの騒音量の算出は、表７に示すように、ガソリン自動車モデ

ルの走行速度及び電気自動車モデルの走行速度に基づいて、算出モデル１，２の何れかを用いて算出される。

[表7]

算出モデル１	ガソリン自動車モデル１台の騒音量＝∫関数ｆ（ガソリン自動車モデルの走行速度）dt 電気自動車モデル１台の騒音量＝∫関数ｇ(電気自動車モデルの走行速度）dt 都市全体の騒音量＝Σガソリン自動車モデル１台の騒音量＋Σ電気自動車モデル１台の騒音量
算出モデル２	都市全体の騒音量＝関数ｈ（各ガソリン自動車モデルの走行速度、各電気自動車モデルの走行速度）

[0135] 一般的に、ガソリン自動車の騒音は大きく、電気自動車の騒音は小さい。そのため、電気自動車が普及することで、都市全体の送音量は削減される。

そこで、算出モデル１において、関数ｆ（ガソリン自動車モデルの走行速度）を、正の特性を持ち、ガソリン自動車モデルの走行速度を変数として騒音量を求める関数とし、関数ｇ（電気自動車モデルの走行速度）を、正の特性を持ち、電気自動車モデルの走行速度を変数として騒音量を求める関数とする。そして、算出モデル１では、ガソリン自動車モデルと電気自動車モデルの走行速度が同じならば、電気自動車モデルの騒音の方が小さくなるように、電気自動車モデルの騒音量を算出する。また、dtは微小時間であり、積分∫は、自動車モデル１台の出発地から目的地までの範囲で積分を行うことを示している。

そして、各ガソリン自動車モデルの騒音量の総和と各電気自動車モデルの騒音量の総和との和によって、道路網モデル４０すなわち都市全体の騒音量が算出される。

[0136] 一方、算出モデル２は、評価に自由度を持たせるための算出式である。

[0137] そして、ステップ１１４では、算出モデル１又は算出モデル２で騒音量を算出した場合、例えば、横軸を時刻、縦軸を各時刻における騒音量としたグラフを画像表示部２２等に表示させる。

[0138] また、騒音を、都市全体の総量として扱うのではなく、図１４Ａに示すよ

うに、予め定められた評価点Ａでの騒音量を評価してもよい。

この場合、各自動車モデルと評価点Ａとの距離を求めて、自動車モデルによる騒音量を算出し、周辺の全自動車モデルの騒音量を足し合わせることによって、評価点Ａでの騒音量を、例えば下記（５）式を用いて算出する。

[0139] 評価点Ａでの騒音量＝関数Ｆ（各自動車モデルの走行速度、各自動車モデルの加減速度、各自動車モデルと評価点Ａとの距離、時刻）・・・（５）

なお、時刻の変数は、図１４Ｂに示されるように、夜間は遠くの音が聞こえやすい（大気の温度差による）、昼間は近くの音しか聞こえないといった、人間の聴覚における時刻に対する騒音量の変動（音の聞え易さ）を模擬するために使われる。

[0140] 以上、本発明を、上記各実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記各実施形態に記載の範囲には限定されない。発明の要旨を逸脱しない範囲で上記各実施形態に多様な変更または改良を加えることができ、該変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

[0141] 上記各実施形態では、電気自動車モデルに蓄電池の残量を示す属性値を持たせる形態について説明したが、本発明は、これに限定されず、道路網モデル４０に電気自動車モデルの蓄電池の残量を示す属性値を持たせ、道路網モデル４０の属性値として蓄電池の残量を算出してもよい。

符号の説明

[0142] １０ 道路交通流シミュレーション装置

１２ ＣＰＵ

４０ 道路網モデル

４２ リンク

４４ ノード

４６ 充電ステーションモデル

請求の範囲

［請求項1］ 複数の道路及び道路と道路とを結ぶ交差点を含む道路網を模擬した道路網モデルにおいて、自動車を模擬した自動車モデルの走行を模擬する道路交通流シミュレーション装置であって、

蓄電池に充電されている電力の残量を属性値とすることで電気自動車を模擬した電気自動車モデルの前記自動車モデルの総数に対する比率、並びに該電気自動車モデルの蓄電池に充電を行う充電ステーションモデルの数及び設置位置を設定する設定手段と、

前記道路網モデルを走行する前記電気自動車モデルの前記蓄電池の残量を算出する算出手段と、

前記算出手段によって算出された前記蓄電池の残量に基づいた値が予め定められた閾値未満となった前記電気自動車モデルに対応する、前記蓄電池を充電させるための前記充電ステーションモデルを選択する選択手段と、

前記選択手段によって選択された前記充電ステーションモデルまで、前記蓄電池への充電を要する前記電気自動車モデルの走行を模擬する走行模擬手段と、

を備えた道路交通流シミュレーション装置。

［請求項2］ 前記選択手段によって選択された前記充電ステーションモデルにおいて充電に要する時間に基づいた値が所定値以上である場合、他の前記充電ステーションモデルが新たに選択される請求項１記載の道路交通流シミュレーション装置。

［請求項3］ 前記充電ステーションモデルは、充電待ちの前記電気自動車モデルが配置される待ちスペースの数が設定されており、

前記充電ステーションモデルで充電待ちとなっている前記電気自動車モデルの台数が前記待ちスペースの数を超えると、該電気自動車モデルを隣接する道路モデルに停止させる請求項１又は請求項２記載の道路交通流シミュレーション装置。

[請求項4] 前記選択手段は、選択する前記充電ステーションモデルとして、前記電気自動車モデルの現在位置から最も近い前記充電ステーションモデル、前記蓄電池の残量で到達できる範囲の前記充電ステーションモデルであり、かつ目的地までの迂回経路が最も短い前記充電ステーションモデル、又は前記蓄電池の残量で到達できる範囲の前記充電ステーションモデルであり、かつ前記売電単価が最も安い前記充電ステーションモデルを選択する請求項１から請求項３の何れか１項記載の道路交通流シミュレーション装置。

[請求項5] 前記算出手段は、前記蓄電池の消費量を、前記電気自動車モデルの走行速度、並びに前記電気自動車モデルの加減速度、照明点灯状態、及び空調運転状態、並びに前記道路網モデルで設定されている温度、及び道路の勾配の少なくとも何れか１つに基づいて算出する請求項１から請求項４の何れか１項記載の道路交通流シミュレーション装置。

[請求項6] 前記蓄電池へ充電された電力量を算出する請求項１から請求項５の何れか１項記載の道路交通流シミュレーション装置。

[請求項7] ガソリン自動車を模擬したガソリン自動車モデルのCO_2排出量を、予め設定された第１設定値及び該ガソリン自動車モデルの走行距離に基づいて算出し、前記電気自動車モデルのCO_2排出量を、０（零）とし、又は前記ガソリン自動車モデルのCO_2排出量よりも小さくする値として予め定められた第２設定値及び該電気自動車モデルの蓄電池の消費量に基づいて算出する請求項１から請求項６の何れか１項記載の道路交通流シミュレーション装置。

[請求項8] 前記充電ステーションを建設することによる効果額を、異なる数又は配置の前記充電ステーションモデルにおける、前記自動車モデル全体の総旅行時間の差及びCO_2排出量の差の少なくとも１つに基づいて算出する請求項１から請求項７の何れか１項記載の道路交通流シミュレーション装置。

[請求項9] ガソリン自動車を模擬したガソリン自動車モデルの走行速度及び前

記電気自動車モデルの走行速度に基づいて、走行する自動車の騒音を算出する請求項１から請求項８の何れか１項記載の道路交通流シミュレーション装置。

[請求項10] 前記電気自動車モデルが出発地点から目的地へ到達するまでに要する時間と前記充電ステーションモデルの数又は配置位置との関係を表示手段に表示させる請求項１から請求項９の何れか１項記載の道路交通流シミュレーション装置。

[請求項11] 前記充電ステーションモデルの数と前記充電ステーションモデルへ供給する必要がある電力量との関係、又は前記充電ステーションモデルの数と前記充電ステーションモデルへの電力量の不足量との関係を表示手段に表示する請求項１から請求項１０の何れか１項記載の道路交通流シミュレーション装置。

[請求項12] 複数の道路及び道路と道路とを結ぶ交差点を含む道路網を模擬した道路網モデルにおいて、自動車を模擬した自動車モデルの走行を模擬する道路交通流シミュレーション装置で用いられる道路交通流シミュレーションプログラムであって、

コンピュータを、

前記自動車モデルの総数に対する、蓄電池に充電されている電力の残量を属性値とすることで電気自動車を模擬した電気自動車モデルの比率、並びに該電気自動車モデルの蓄電池に充電を行う充電ステーションモデルの数及び設置位置を設定する設定手段と、

前記道路網モデルを走行する前記電気自動車モデルの前記蓄電池の残量を算出する算出手段と、

前記算出手段によって算出された前記蓄電池の残量に基づいた値が予め定められた閾値未満となった前記電気自動車モデルに対応する、前記蓄電池を充電させるための前記充電ステーションモデルを選択する選択手段と、

前記選択手段によって選択された前記充電ステーションモデルまで

、蓄電池への充電を要する前記電気自動車モデルの走行を模擬する走行模擬手段と、

して機能させるための道路交通流シミュレーションプログラム。

[請求項13] 複数の道路及び道路と道路とを結ぶ交差点を含む道路網を模擬した道路網モデルにおいて、自動車を模擬した自動車モデルの走行を模擬する道路交通流シミュレーション方法であって、

前記自動車モデルの総数に対する、蓄電池に充電されている電力の残量を属性値とすることで電気自動車を模擬した電気自動車モデルの比率、並びに該電気自動車モデルの蓄電池に充電を行う充電ステーションモデルの数及び設置位置を設定する第１工程と、

前記道路網モデルを走行する前記電気自動車モデルの前記蓄電池の残量を算出する第２工程と、

前記第２工程によって算出された前記蓄電池の残量に基づいた値が予め定められた閾値未満となった前記電気自動車モデルに対応する、前記蓄電池を充電させるための前記充電ステーションモデルを選択する第３工程と、

前記第３工程によって選択された前記充電ステーションモデルまで、蓄電池への充電を要する前記電気自動車モデルの走行を模擬する第４工程と、

を含む道路交通流シミュレーション方法。