

明 細 書

発明の名称：

輸送力調整装置、輸送力調整システムおよび輸送力調整方法

技術分野

[0001] 本発明は、輸送力調整装置、輸送力調整システムおよび輸送力調整方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、将来需要を考慮して、サービスの提供者の利益又は利用者の満足度の総和を向上させる選択肢を提示可能とする技術が開示されている。特許文献1によれば、まず、出発地及び目的地の指定を含む乗車要求を受信し、車両ごとに複数種類の乗車形態（タクシー、乗り合いタクシー、小型バスなど）に係る実現可能な乗車便を生成する。次に、実現可能な乗車便群の部分集合の中で所定条件を満たす部分集合ごとに、当該部分集合を構成する各乗車便の選択確率を算出し、将来に受信する乗車要求の数の期待値を算出する。更に、算出された選択確率及び前記乗車要求の数の期待値に基づいて、所定条件を満たす部分集合の中から乗車要求に対して提示する部分集合を選択する。

[0003] 特許文献1に開示された技術によれば、移動需要にあわせて臨時交通便を増便することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2016-85734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、当該技術では、交通手段の運用上の制約（進路競合、線路容量など）からくる輸送量の上限値（キャパシティ）が考慮されていない。例えば、鉄道であれば1つの路線に複数の輸送車両を並走させることは当然

できず、また、駅間を走らせることができる輸送車両の数にも限りがある。
このため、実際に増便可能な本数以上の交通便を算出してしまい、その後の
交通事業者間の調整に時間を要する可能性があった。

[0006] 本発明の目的は、交通路線のキャパシティを考慮した上で発生事象に応じた増便を可能にする技術を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一実施態様に係る輸送力調整装置は、乗換駅を共有する複数の路線を走る輸送車両の便数を調整するための輸送力調整装置であって、前記複数の路線に含まれる一の路線において前記輸送車両の運行ができない支障区間が生じたとき、前記一の路線における一方の終点駅から前記支障区間の開始駅までの区間に含まれる第1乗換駅と、前記一の路線における他方の終点駅から前記支障区間の終了駅までの区間に含まれる第2乗換駅と、を前記一の路線とは異なる他の路線で結ぶ迂回経路を抽出する経路算出部と、前記他の路線における一方の終点駅から前記第1乗換駅までの区間に含まれる前記輸送車両の折り返し実績がある第1折返駅と、前記他の路線における他方の終点駅から前記第2乗換駅までの区間に含まれる前記輸送車両の折り返し実績がある第2折返駅と、を結ぶ前記他の路線の区間を増便可能最小区間として特定し、前記増便可能最小区間において増加できる便数の上限値を算出する調整可能範囲算出部と、前記増便可能最小区間の前記上限値と前記支障区間の移動需要とに基づいて、前記増便可能最小区間における目標増便数を決定する調整量決定部と、を有する。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、一の路線に生じた支障区間と並走する他の路線の増便可能最小区間を特定して、この増便可能最小区間における増便可能な上限値と支障区間の移動需要とに基づいて増便可能最小区間における目標増便数を決定する。このようにしたことから、路線のキャパシティを考慮した上で発生事象に応じた増便数を決定することができる。

図面の簡単な説明

- [0009] [図1]本発明の実施例1に係る輸送力調整システムの機能ブロック図である。
- [図2]図1の輸送力調整装置の概略ハードウェア構成を示す図である。
- [図3]図1の輸送力調整装置の機能ブロック図である。
- [図4]輸送計画情報の一例を示す図である。
- [図5]移動需要予測情報の一例を示す図である。
- [図6]図3の計画作成部が行う輸送力調整処理の一例を示すフローチャートである。
- [図7]複数の路線のネットワークモデルの一例を示す図である。
- [図8]複数の路線のネットワークモデルにおける支障区間および乗り換え可能地点の一例を示す図である。
- [図9]複数の路線のネットワークモデルにおける迂回経路の一例を示す図である。
- [図10]複数の路線のネットワークモデルにおける増便可能最小区間の一例を示す図である。
- [図11]増便可能最小区間の計画運行ダイヤを出力部に表示した一例を示す図である。
- [図12]増便可能最小区間のピーク時間帯における実績運行ダイヤの一例を示す図である。
- [図13]増便可能最小区間の輸送力増加の対象時間帯における計画運行ダイヤの一例を示す図である。
- [図14]路線図に重ねて支障区間および増便可能最小区間並びに目標増便割合を表示部に表示した一例を示す図である。
- [図15]本発明の実施例2に係る輸送力調整システムの機能ブロック図である。
- [図16]路線図に重ねて支障区間および増便可能最小区間並びに目標増便割合および実績増便割合を表示部に表示した一例を示す図である。
- [図17]本発明の実施例3に係る輸送力調整システムの機能ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

実施例 1

[0011] 図 1 は、本発明の実施例 1 に係る輸送力調整システムの機能ブロック図を示す。この輸送力調整システムは、乗換駅を共有する複数の鉄道の路線を走る輸送車両である列車の便数を調整することによる輸送力調整に用いられる。なお、本明細書において「駅」とは、旅客が乗降可能な地点に加え、輸送車両が折り返し可能な地点（例えば車両基地など）を含む。

[0012] 図 1 の輸送力調整システムは、輸送計画装置 110 と、移動需要予測装置 120 と、輸送力調整装置 130 と、を有しており、図示しない通信回線によって互いに接続されている。輸送計画装置 110 は、各路線を走る輸送車両である列車の運行計画ダイヤを作成する。移動需要予測装置 120 は、各路線を利用していつどこへどのくらいの数の旅客が移動するかを予測する。輸送力調整装置 130 は、複数の路線のうちの一の路線において列車の運行ができない支障区間が生じたときに、迂回に用いられる他の路線の増便数を決定する。

[0013] 以下に、輸送力調整装置 130 について、詳細に説明する。

[0014] 図 2 は、輸送力調整装置 130 の概略ハードウェア構成を示す図である。図 3 は、輸送力調整装置 130 の機能ブロック図である。

[0015] 輸送力調整装置 130 は、例えば、パーソナルコンピュータやサーバコンピュータなどの周知のコンピュータで構成されている。図 2 に示すように輸送力調整装置 130 は、互いにバス B で接続された、入力部 131 と、出力部 132 と、通信部 133 と、記憶部 134 と、処理部 1301 と、を備える。

[0016] 入力部 131 は、例えば、キーボード及びマウスで構成されており、輸送力調整装置 130 に関する操作をユーザが入力するインタフェースである。

[0017] 出力部 132 は、例えば、ディスプレイ装置で構成されており、輸送力調整装置 130 に関する情報を表示するインタフェースである。

- [0018] 通信部 133 は、図示しない通信回線に接続されており、輸送計画装置 110 や移動需要予測装置 120 などとの間で各種情報の送受信を行うインターフェースである。
- [0019] 記憶部 134 は、例えば、ハードディスク装置で構成されており、輸送力調整装置 130 に関するプログラム及びデータを含む各種情報を不揮発的に記憶する。本実施形態において、記憶部 134 は、後述する処理部 1301 のプロセッサを計画作成部 135（図 3）として機能させる処理プログラムを記憶する。また、記憶部 135 は、通信部 133 を通じて輸送計画装置 110 から取得した輸送計画情報 J1 および運行実績情報 J2 を記憶する。また、記憶部 135 は、通信部 133 を通じて移動需要予測装置 120 から取得した移動需要予測情報 J3 を記憶する。
- [0020] 図 4 は、輸送計画情報 J1 の一例を示す図である。輸送計画情報 J1 は、列車の運行便 108 毎に作成され、運行便 108 の名称 101 と、この運行便 108 による輸送可能量である最大輸送量 102 と、この運行便 108 における輸送車両の種別である交通機関 103（例えば、「列車」、「バス」など）と、を含む。また、輸送計画情報 J1 は、運行便 108 が停車する地点 104（例えば駅名）と、地点 105 への到着時刻 105 と、地点 105 からの出発時刻 106 と、を停車する地点 104 の数だけ含む。運行実績情報 J2 は、輸送計画情報 J1 と同様の構成を有する。
- [0021] 図 5 は、移動需要予測情報 J3 の一例を示す図である。移動需要予測情報 J3 は、複数の路線が有する駅間および出発時間帯により区別される予測単位 408 について作成され、この予測単位 408 を識別する ID 401 と、出発時間帯 402 と、出発地 403 および目的地 404（例えば駅名）と、出発地 403 から目的地 404 への移動が予測される需要人数 405 と、を含む。
- [0022] 図 2 に戻り、処理部 1301 は、例えば、CPU（Central Processing Unit）で構成されたプロセッサと、プロセッサの作業領域として用いられる RAM（Random Access Memory）と、を含む。

y) と、を有している。処理部 1301 は、記憶部 134 に記憶された各種処理プログラムをプロセッサが実行することで各種情報処理を行う。本実施形態において、処理部 1301 は、処理プログラムを実行することにより計画作成部 135 (図 3) として機能する。

[0023] 計画作成部 135 は、乗換駅を共有する複数の路線を走る輸送車両 (列車) の便数を調整して、複数の路線のうちの一の路線に支障区間が生じたときに、迂回に用いられる他の路線における目標増便数を決定する機能を有する。計画作成部 135 は、図 3 に示すように、ネットワークモデル作成部 136 と、経路算出部 137 と、調整可能範囲算出部 138 と、調整量決定部 139 と、を有している。

[0024] ネットワークモデル作成部 136 は、複数の路線に含まれる各駅をノードとし、各駅に対応する各ノードを路線に沿ってリンクで結んだネットワークモデルを作成する。

[0025] 経路算出部 137 は、複数の路線に含まれる一の路線において列車の運行ができない支障区間が生じたとき、一の路線における一方の終点駅から支障区間の開始駅までの区間に含まれる第 1 乗換駅と、一の路線における他方の終点駅から支障区間の終了駅までの区間に含まれる第 2 乗換駅と、を一の路線とは異なる他の路線で結ぶ迂回経路を抽出する。

[0026] 具体的には、経路算出部 137 は、支障区間の終了駅から一の路線の他方の終点駅に向かって進み、他の路線と共有する第 2 乗換駅を検出した場合に、当該第 2 乗換駅から当該他の路線を通り一の路線における一方の終点駅から支障区間の開始駅までの区間に含まれる第 1 乗換駅に至ることができたとき、他の路線における第 1 乗換駅と第 2 乗換駅とを結ぶ区間を迂回経路として抽出する。このようにすることで、比較的単純な処理で迂回経路を抽出することができる。

[0027] 調整可能範囲算出部 138 は、他の路線における一方の終点駅から第 1 乗換駅までの区間に含まれる列車の折り返し実績がある第 1 折返駅と、他の路線における他方の終点駅から第 2 乗換駅までの区間に含まれる列車の折り返

し実績がある第2折返駅と、を結ぶ他の路線の区間を増便可能最小区間として特定し、増便可能最小区間において増加できる便数の上限値を算出する。

[0028] 調整可能範囲算出部138は、増便可能最小区間における運行実績に基づいて前記上限値を算出することが好ましく、増分可能最小区間における運行便数が最大となる時間帯（ピーク時間帯）の運行実績に基づいて前記上限値を算出することがより好ましい。このようにすることで、車両運行の実績に基づいて輸送力をどの程度増加できるかを算出するので、鉄道システムの内部情報や鉄道システムの現時点の状態情報などを取得することなく容易に計算を行うことができる。特に、ピーク時間帯の運行実績に基づくことで、現実的な最大の輸送力の増加量を算出することができる。

[0029] 調整量決定部139は、増便可能最小区間の上記上限値と支障区間の移動需要とに基づいて、増便可能最小区間における目標増便数を決定する。本実施例において、調整量決定部139は、迂回経路の移動効用に基づいて支障区間の移動需要を迂回経路に割り当て、増便可能最小区間の前記上限値を超えない範囲で、増便可能最小区間における目標増便数を決定する。このようにすることで、移動効用に基づいて移動需要を迂回経路に割り当てるので、移動需要の迂回行動を適切にカバーする輸送力の増加が可能となる。

[0030] 計画作成部135は、支障区間および増便可能最小区間を識別可能に表した路線図1321を出力部132に表示する（図14）。図14の例では、支障区間は網掛けで示され、増便可能最小区間は破線で示されている。また、計画作成部135は、増便可能最小区間における目標増便数に係る情報としての目標増便割合1322を表示部132に表示する。このようにすることで、支障区間および増便可能最小区間を視覚的に把握することができる。

[0031] 図6は、輸送力調整処理のフローチャートである。図6のフローチャートを用いて、計画作成部135が行う輸送調整処理について説明する。

[0032] 計画作成部135は、例えば、入力部131に入力された情報または通信部133を通じて通知された情報に基づいて、複数の路線（本実施例において鉄道の路線R1、R2、R2とする）のうちの路線R1に支障区間が生じ

たことを検出すると、図 7 に示すように、複数の路線 R 1、R 2、R 3 のネットワークモデルを作成する (S 2 0 1)。路線 R 1 が実線矢印で、路線 R 2 が破線矢印で、路線 R 3 が二点鎖線矢印でそれぞれ示されている。なお、ネットワークモデルを予め作成しておき、記憶部 1 3 4 に記憶しておいてもよい。本実施例において、一の路線としての路線 R 1 は、A 駅→B 駅→G 駅→H 駅→E 駅をつなぐ。他の路線としての路線 R 2 は、A 駅→B 駅→C 駅→D 駅→E 駅をつなぐ。もう 1 つの他の路線としての路線 R 3 は、F 駅→G 駅→I 駅→J 駅→E 駅をつなぐ。また、支障区間は、路線 R 1 における G 駅と E 駅との区間である。

[0033] 次に、計画作成部 1 3 5 は、路線 R 1 における支障区間の前後の乗り換え可能地点を取得する (S 2 0 2)。具体的には、路線 R 1 における一方の終点駅である A 駅から支障区間の開始駅である G 駅までの区間に含まれる路線 R 2、R 3 と共有する第 1 乗換駅を検索する。この検索により、B 駅および G 駅を第 1 乗換駅として取得する。また、路線 R 1 における他方の終点駅である E 駅から支障区間の終了駅である E 駅までの区間に含まれる路線 R 2、R 3 と共有する第 2 乗換駅を検索する。この検索により、E 駅を第 2 乗換駅として取得する。図 8 に、ネットワークモデルにおいて、支障区間 (G 駅ーH 駅ーE 駅) および取得した乗り換え可能地点である第 1 乗換駅 (B 駅、G 駅) および第 2 乗換駅 (E 駅) を示す。支障区間は当該区間を囲む網掛けで、乗り換え可能地点は駅を示す丸印に施された網掛けでそれぞれ示されている。

[0034] 次に、計画作成部 1 3 5 は、S 2 0 2 で取得した第 1 乗換駅および第 2 乗換駅を結ぶ経路を取得する (S 2 0 3)。具体的には、第 2 乗換駅からそれに乗り入れている路線 R 2、R 3 を通り、第 1 乗換駅にたどり着くことができるか否かを確認する。本実施例では、第 2 乗換駅である E 駅から路線 R 2 を通り第 1 乗換駅である B 駅にたどり着くことができるので、路線 R 2 における B 駅から E 駅までの区間を迂回経路として取得する。また、第 2 乗換駅である E 駅から路線 R 3 を通り第 1 乗換駅である G 駅にたどり着くことがで

きるので、路線R3におけるG駅からE駅までの区間を迂回経路として取得する。図9に、ネットワークモデルにおいて、取得した迂回経路（B駅－C駅－D駅－E駅、G駅－I駅－J駅－E駅）を示す。S202およびS203は、経路算出ステップである。

[0035] 次に、計画作成部135は、S203にて取得した全ての迂回経路について（S204のループ処理）、支障区間を含まない他の路線である路線R2、R3において迂回経路を含みかつ両端で折り返し運行可能な増便可能最小区間を取得し（S205）、取得した増便可能最小区間において増加できる便数の上限値を算出する（S206）。

[0036] 具体的には、まず、他の路線における一方の終点駅から第1乗換駅までの区間に含まれる列車の折り返し実績がある第1折返駅と、他の路線における他方の終点駅から第2乗換駅までの区間に含まれる列車の折り返し実績がある第2折返駅と、を取得する。各駅における折り返し実績については、運行実績情報J2を参照する。そして、これら第1折返駅と第2折返駅とを結ぶ他の路線の区間を増便可能最小区間として特定する。本実施例では、路線R2におけるB駅を第1折返駅として取得し、路線R2におけるE駅を第2折返駅として取得し、B駅からE駅までの区間を路線R2における増便可能最小区間1として取得する。また、路線R3におけるF駅を第1折返駅として取得し、路線R3におけるE駅を第2折返駅として取得し、F駅からE駅までの区間を路線R3における増便可能最小区間2として取得する。図10に、ネットワークモデルにおいて、取得した増便可能最小区間（B駅－C駅－D駅－E駅、F駅－G駅－I駅－J駅－E駅）を示す。また、図11に、路線R3における増便可能最小区間2の計画運行ダイヤを出力部132に表示した例を示す。図11において、増便可能最小区間はF駅－G駅－I駅－J駅－E駅であり、路線R1の支障区間と並走する並走区間はG駅－I駅－J駅－E駅である。図11において、並走区間を網掛けで表示し、増便を検討すべき対象時間帯を破線で囲んでいる。

[0037] そして、増便可能最小区間における1日のうちの朝の通勤時間帯などのピ

ーク時間帯の列車の運行便数（実績値）と、増便可能最小区間における対象時間帯に運行する列車の運行便数（計画値）と、を取得し、これらの差分値を増便可能最小区間において増加できる便数の上限値とする。ピーク時間帯の列車の運行便数は、運行実績情報 J 2 を参照して取得し、対象時間帯の運行便数は、輸送計画情報 J 1 を参照して取得する。例えば、路線 R 3 における増便可能最小区間 2 では、ピーク時間帯の運行便数が図 1 2 に示すように 6 本（列車 1 ～列車 6）であり、対象時間帯の運行便数が図 1 3 に示すように 3 本（列車 1 0 ～列車 1 3）であるとする。ここでは、増便可能最小区間 2 の一部のみ（F 駅から G 駅まで）を走行する運行便についても、運行便数としてカウントする。増便可能最小区間の一部のみ走行する運行便については、増便可能最小区間全体まで走行区間を延長することができると考えられるからである。そして、ピーク時間帯の運行便数（6 本）から対象時間帯の運行便数（3 本）を差し引くことにより、増便可能最小区間 2 において増加できる便数の上限値（3 本）を算出する。路線 R 2 における増便可能最小区間 1 についても同様にして上限値を算出する。S 2 0 4 ～S 2 0 6 は、調整可能範囲算出ステップである。

[0038] 次に、計画作成部 1 3 5 は、全ての迂回経路について上記処理を終えると、増便可能最小区間における目標増便数を決定する（S 2 0 7）。具体的には、路線 R 1 における支障区間を移動予定であった旅客数（予測値）を、移動需要予測情報 J 3 を参照して取得する。そして、各増便可能最小区間に含まれる迂回経路について乗車時間や運賃などのコストから導かれる移動効用に応じて上記旅客数を振り分け、振り分けた旅客数に基づいて上限数を超えない範囲で各増便可能最小区間において増加する目標の便数（目標増便数）を決定する。そして、対象時間帯の運行便数および目標増便数に基づいて、対象時間帯における増便可能最小区間の目標増便割合を算出する。S 2 0 7 は、調整量決定ステップである。

[0039] そして、計画作成部 1 3 5 は、図 1 4 に一例を示すように、各路線を含む路線図 1 3 2 1 上に支障区間（網掛け）および輸送力増強区間である増便可

能最小区間（太線）を重ねて出力部 132 に表示する。さらに、計画作成部 135 は、増便可能最小区間に隣接するように当該増便可能最小区間における目標増便数に係る情報である目標増便割合 1322 を出力部 132 に表示する。なお、目標増便割合 1322 とともに、実際に増便した割合を示す実績増便割合を表示部 132 に表示するようにしてもよい。また、目標増便割合に代えて、目標増便数を表示するようにしてもよい。実績増便割合については、最新の運行実績情報 J2 に基づいて算出される。本実施例において、目標増便割合 1322 は、対象時間帯の運行便数（計画値）に対する目標増便数の割合である。実績増便割合も同様である。そして、図 6 に示すフローチャートの処理を終了する。

[0040] 以上説明したように、本実施例の輸送力調整装置 130 によれば、一の路線（路線 R1）に生じた支障区間と並走する他の路線（路線 R2、R3）の増便可能最小区間を特定して、この増便可能最小区間における増便可能な上限値と支障区間の移動需要とに基づいて増便可能最小区間における目標増便数を決定する。このようにしたことから、路線のキャパシティを考慮した上で発生事象に応じた増便数を決定することができる。

実施例 2

[0041] 図 15 は、本発明の実施例 2 に係る輸送力調整システムの機能ブロック図を示す。この輸送力調整システムは、第 1 実施例と同様に、乗換駅を共有する複数の鉄道の路線を走る輸送車両である列車の便数を調整することによる輸送力調整に用いられる。本実施例では、路線 R1、R2、R3 がそれぞれ異なる鉄道会社によって運行されており、各鉄道会社は路線 R1、R2、R3 に対応する輸送力調整装置 130A～130C を有している。各鉄道会社は、それぞれが有する輸送力調整装置 130A～130C を独立して運用しており、各鉄道会社の輸送力調整装置が相互に連携する。輸送力調整装置 130A～130C は、状態更新部 141 を追加で有しており、それ以外は実施例 1 の輸送力調整システム 130 と同じ構成である。

[0042] 状態更新部 141 は、他の輸送力調整装置において決定した増便可能最小

区間における目標増便割合（目標増便数に係る情報）および実績増便割合（実績増便数に係る情報）を取得する。このようにすることで、複数の鉄道会社間で増便状況を共有することができ、他の路線の状況をより正確に把握することができる。

- [0043] 輸送力調整装置 130A～130Cは、図16に一例を示すように、状態更新部141によって他の輸送力調整装置から取得した目標増便割合1322および実績増便割合1323を表示部132に表示する。

実施例 3

- [0044] 図17は、本発明の実施例3に係る輸送力調整システムの機能ブロック図を示す。この輸送力調整システムは、輸送計画装置110と、移動需要予測装置120と、輸送力調整装置130と、旅客端末装置150と、経路探索装置160と、を有している。これらは有線または無線の通信回線で互いに接続されている。

- [0045] 輸送計画装置110、移動需要予測装置120および輸送力調整装置130は、実施例1と同じ構成である。

- [0046] 旅客端末装置150は、スマートフォンやタブレット、または、パーソナルコンピュータなどで構成されており、鉄道経路検索に用いられる。旅客端末装置150は、ユーザによって入力された経路検索条件を経路探索装置160に送信し、経路探索装置160から受信した経路検索結果をユーザに対して表示する。

- [0047] 経路探索装置160は、旅客端末装置150から受信した経路検索条件に基づく経路検索処理を行い、検索結果を旅客端末装置150に送信する。また、経路探索装置160は、輸送力調整装置130から前記増便可能最小区間における目標増便割合（目標増便数に係る情報）を取得し、経路検索の結果とともに目標増便割合を旅客端末装置150に送信する。このようにすることで、旅客端末装置150において、経路検索結果とともに目標増便割合を表示することで、支障区間が生じた場合に他の路線の増便状況を把握することができ、適切な経路選択が可能となるようユーザを支援できる。

[0048] 上述した本発明の実施形態は、本発明の説明のための例示であり、本発明の範囲をそれらの実施形態にのみ限定する趣旨ではない。当業者は、本発明の範囲を逸脱することなしに、他の様々な態様で本発明を実施することができる。

符号の説明

[0049] 110…輸送計画装置、120…移動需要予測装置、130、130A、130B、130C…輸送力調整装置、1301…処理部、131…入力部、132…出力部、133…通信部、134…記憶部、135…計画作成部、136…ネットワークモデル作成部、137…経路算出部、138…調整可能範囲算出部、139…調整量決定部、141…状態更新部、150…旅客端末装置、160…経路探索装置