明　細　書

発明の名称 ：

運行管理装置、運行管理方法、車両、車両交通システム及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、軌道を走行する車両、その車両の運行を管理する運行管理装置、車両及び運行管理装置からなる車両交通システム、運行管理方法及びプログラムに関する。本願は、２０１３年５月３０日に、日本に出願された特願２０１３－１１４５５４号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、所定の軌道（路線）に沿って走行する車両（列車等）による輸送サービスを提供する車両交通システムでは、予め規定されたダイヤ（時刻表）に基づいて各車両の運行が管理される。具体的には、いわゆる地上設備である運行管理装置が、車両ごとに定められた到着時刻、出発時刻等に基づいて各車両に指示を出し、当該各車両はその指示に従って運行する。このようなダイヤに基づく運行制御においては、運行の乱れ時、ダイヤを変更し、その変更後のダイヤに従って車両を運行することで、運行乱れの解消を図っている。このダイヤ変更は、合理性の確保を要する高度な作業であり、相応の労力と時間を要する。また、単に時間がかかるのみならず、ダイヤの変更作業を合理的に行うには多くの経験が必要であり、その経験の豊富さによっては、対応できる内容が限定されてしまう。特に新興国で鉄道が全く存在しないような都市では、この傾向が顕著になる。

[0003] 一方、近年、情報伝達手段の発達が著しく、運行管理装置と車両、車両と車両、各々の間の情報伝達方法と設備の確立により、運行管理装置と車両の連携動作、若しくは、車両同士の連携動作が可能な環境が構築できるようになってきている。また、情報処理手段の高性能化が著しく、車両、地上設備、それぞれ個々の装置が、個々の裁量の範囲内で、自立した情報処理・制御動

作が可能になってきている。

[0004] 例えば、特許文献１に記載の列車運行制御方法によれば、ある他の車両の時間遅延が所定値以上であった場合に、当該他の車両と自車両との時間間隔を自律的に調整しながら、自車両の発車時刻を決定することを特徴としている。

[0005] ところで、特定のスタジアムや展示会場で開催されるコンサートや展示会など、非定期的なイベントが催される場合、そのイベント会場の最寄り駅など、特定の駅に局所的かつ一時的に利用者が集中することがある。このような場合に通常のダイヤ通りに車両を運行しようとすると、一時的に増加した利用者（乗客）に対応しきれず、乗客が駅のホームに収まりきれない事態となって混乱を招く場合がある。したがって、車両交通システムの運営者は、このようなイベントについての情報を予め入手しておき、そのイベントの推定動員数などから想定される駅の利用者数（乗客数）、そのイベントの開催時刻、終了時刻、１車両当たりの最大搭乗可能人数、及び、路線情報等に基づいて特別ダイヤを作成する。この特別ダイヤは、具体的には、集中が予想される特定の駅、及びその時刻で車両の存在の密度が“密”となるように作成される。このようにすれば、非定期的なイベントに応じて一時的に利用者が集中する場合であっても、その増加乗客数に適応して運行間隔を密にした輸送サービスを提供することができる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１０－２２８６８８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上述したような特別ダイヤによる対応では、特別ダイヤの作成のために労力及び時間を費やす必要が生じる。また、イベントの終了時刻に変更があった場合などの想定外の事態が発生したときに、迅速な対応がで

きない可能性がある。

[0008] 一方、特許文献１に記載の列車運行制御方法によると、複数の車両各々がそれぞれの前後を走行する車両との車両間隔を調整することで、車両交通システム全体として車両間隔が均一化される作用が得られる。しかしながら特許文献１に記載の列車運行制御方法は、上述したような非定期的なイベント等が催される場合において、特定の駅及び特定の日時に局所的に増加する乗客数に合わせて車両間隔を“密”にする、という調整を可能とする技術とはなっていない。

[0009] また、特許文献１に記載の列車運行制御方法によると、現に駅に存在する乗客（待合客）の人数（混雑度）を検知し、これに応じて、車両ごとの乗客数が均一化されるように車間距離を調整する手法を用いている。しかしながら、駅における待合客数は流動的であり、時々刻々と変化するものである。したがって、現時点における待合客数を検知してから、運転間隔の調整を開始するのでは対応が遅くなり、待合客数に応じた輸送サービスの提供を適切に行うことができない場合がある。

[0010] また、車両がダイヤに基づかない運転をした場合、どのプラットフォームにどの車両がいつ到達するのかという情報が駅の表示スクリーンに表示されない。

[0011] 本発明は、上述の問題を解決することのできる運行管理装置、運行管理方法、車両、車両交通システム及びプログラムを提供する。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明の第１の態様によれば、運行管理装置は、軌道に沿って走行する複数の車両の運行を管理する運行管理装置であって、前記軌道上に存在する前記複数の車両の位置を取得する車両位置取得部と、所定の混雑情報に基づいて、前記複数の車両の存在の密度を高める基準となる駅を特定し、当該基準となる駅の後方の駅に停車する前記複数の車両の、当該後方の駅ごとの待機時間を設定する間隔調整部と、前記待機時間に基づいて、前記複数の車両の前記後方の駅ごとにおける出発時刻を調整する出発判断部と、を備える。

[0013] 本発明の第２の態様によれば、上記態様の運行管理装置において、前記間隔調整部が、前記基準となる駅に近い駅ほど、その駅の前記待機時間を長く設定する。

[0014] 本発明の第３の態様によれば、上記態様の運行管理装置において、前記間隔調整部が、前記基準となる駅において推定される乗客数に基づいて前記待機時間を設定する。

[0015] 本発明の第４の態様によれば、上記態様の運行管理装置において、前記間隔調整部が、前記混雑情報に基づいて推定される混雑発生時刻と、前記車両の存在の密度が高まる時刻と、が一致するように前記待機時間を設定する。

[0016] 本発明の第５の態様によれば、上記態様の運行管理装置において、前記間隔調整部が、前記混雑情報として、予定された集客イベントについての事前集客情報、集客箇所から駅までの通路に設置され、当該通路の利用客の人数及びその流れを検知する検知手段から取得される検知情報、または、他の交通網に関する到着予定時刻、到着予定人数を示す情報のうちの何れか一つまたは複数を取得する。

[0017] 本発明の第６の態様によれば、車両交通システムは、上記態様の運行管理装置と、前記運行管理装置から所定の対象車両の識別情報、位置情報、及び経路情報を受信して、前記対象車両の各駅についての到着予定時刻を算出し、当該算出された到着予定時刻を、各駅に設置されている表示スクリーンへ表示させる旅客案内情報システムと、を備える。

[0018] 本発明の第７の態様によれば、車両は、軌道に沿って走行する車両であって、前記軌道上における自車両の位置を取得する車両位置取得部と、所定の混雑情報に基づいて、前記軌道上を走行する複数の車両の存在の密度を高める基準となる駅を特定し、当該基準となる駅の後方の駅に停車する自車両の、当該後方の駅ごとの待機時間を設定する間隔調整部と、前記待機時間に基づいて、前記自車両の前記後方の駅ごとにおける出発時刻を調整する出発判断部と、を備える。

[0019] 本発明の第８の態様によれば、運行管理方法は、軌道に沿って走行する複数

の車両の運行を管理する運行管理方法であって、前記軌道上に存在する前記複数の車両の位置を取得し、所定の混雑情報に基づいて、前記複数の車両の存在の密度を高める基準となる駅を特定し、当該基準となる駅の後方の駅に停車する前記複数の車両の、当該後方の駅ごとの待機時間を設定し、前記待機時間に基づいて、前記複数の車両の前記後方の駅ごとにおける出発時刻を調整する。

[0020] 本発明の第９の態様によれば、プログラムは、軌道に沿って走行する複数の車両の運行を管理する運行管理装置のコンピュータを、前記軌道上に存在する前記複数の車両の位置を取得する車両位置取得手段、所定の混雑情報に基づいて、前記複数の車両の存在の密度を高める基準となる駅を特定し、当該基準となる駅の後方の駅に停車する前記複数の車両の、当該後方の駅ごとの待機時間を設定する間隔調整手段、前記待機時間に基づいて、前記複数の車両の前記後方の駅ごとにおける出発時刻を調整する出発判断手段、として機能させる。

発明の効果

[0021] 上述した運行管理装置、運行管理方法、車両、車両交通システム及びプログラムによれば、所望の時刻及び所望の駅において、車両による輸送サービスの提供の密度を柔軟に変化させることができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の第一の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。

[図2]本発明の第一の実施形態による間隔調整部の機能を説明する第一の図である。

[図3]本発明の第一の実施形態による間隔調整部の機能を説明する第二の図である。

[図4]本発明の第一の実施形態による運行管理装置の処理フローを示すフローチャート図である。

[図5]本発明の第二の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図で

ある。

[図6]本発明の第三の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。

[図7]本発明の第三の実施形態による密度演算部、出発判断部の機能を説明する図である。

[図8]本発明の第三の実施形態による運行管理装置の処理フローを示すフローチャート図である。

[図9A]本発明の第三の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第一の図である。

[図9B]本発明の第三の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第二の図である。

[図10A]本発明の第三の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第三の図である。

[図10B]本発明の第三の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第四の図である。

[図11]本発明の第四の実施形態による運行管理装置の処理フローを示すフローチャート図である。

[図12]本発明の第四の実施形態による車両交通システムの効果を説明する図である。

[図13]本発明の第五の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。

[図14A]本発明の第五の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第一の図である。

[図14B]本発明の第五の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第二の図である。

[図15A]本発明の第五の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第三の図である。

[図15B]本発明の第五の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第

四の図である。

[図16]本発明の第六の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。

[図17]本発明の第七の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。

[図18]本発明の第八の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。

[図19]他の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0023] ＜第一の実施形態＞

以下、本発明の第一の実施形態による車両交通システムを、図面を参照して説明する。

図１は、本発明の第一の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。この図において、符号１は車両交通システムである。

[0024] （車両交通システム全体の構成）

まず、車両交通システム１全体の構成について説明する。

図１に示すように、本実施形態による車両交通システム１は、運行管理装置１０、及び、軌道３に沿って走行する複数の車両２０１、２０２、・・・、２０ｎ（ｎは２以上の整数）からなる。運行管理装置１０は、地上設備と呼ばれるもので、複数の車両２０１、２０２、・・・、２０ｎの運行を制御する装置である。

本実施形態に係る運行管理装置１０は、後述する出発判断部１０２の判断に基づいて、車両２０１、２０２、・・・、２０ｎそれぞれに出発指示を送信する機能部である。運行管理装置１０は、無線通信手段等を用いて各車両２０１～２０ｎに出発指示を送信する。各車両２０１～２０ｎは、運行管理装置１０から受信する出発指示に基づいて運行する。

なお実際の車両の運行にあたっては、保安装置（連動装置）や信号機に基づく運行制御がさらに加わるが、本実施形態の説明の簡略化のため、ここでは

単に、運行管理装置１０に基づいて車両２０１～２０ｎの運行制御が成されるものとして説明する（保安装置等を用いた場合については、図１９を用いて後述する。）

[0025] 車両２０１、２０２、・・・、２０ｎは、所定の軌道３（線路）に沿って走行する列車である。車両２０１～２０ｎは、運行管理装置１０から受信する運行の指示に従って、軌道３に沿って複数設けられた駅（図１には不図示）に発着しながら走行する。なお軌道３には一定間隔ごとに所定の位置検知装置（不図示）が設けられており、各車両２０１～２０ｎは、当該位置検知装置と通信することで、自車両が軌道３上のどの位置を走行しているかを認識することができる。

この機能についてより具体的に説明すると、車両２０１～２０ｎの各々は自ら路線データベースを備えている。そして車両２０１～２０ｎの各々は、自車両のタイヤ回転数を測ることで走行距離を算出し、自車両の現在位置を把握する機能を有している。しかしこの場合、タイヤスリップなどに起因してタイヤ回転数から把握される現在位置が、実際の位置とずれる場合がある。車両２０１～２０ｎは、地上におかれている位置検知装置と比較しながらずれを補正することで、自車両が軌道３上のどの位置を走行しているかを正確に把握する。

[0026] ここで、通常の車両交通システムの場合、利用者数（乗客数）と、車両ごとの乗車可能量と、に基づいて、その受給バランスが最適となるようにダイヤが決定される。一般的には、平日ダイヤ、休日ダイヤの二通りがあれば日常の輸送サービスの提供に支障をきたすことはない。しかしながら、例えばあるイベント会場で、コンサートや展示会などの特殊なイベントが催されると、その日のみ特異的に乗客数の増加が見込まれる場合がある。このような場合に、日常通りのダイヤで運行するのでは乗客を輸送しきれない問題が発生する。そこで、本実施形態による車両交通システム１は、イベントの内容などから推定される情報（後述する「混雑情報」）を取得して、予めその混雑の状況に適合できるように、特定の駅において車両間隔が“密”となる状態

を意図的に作り出す機能を有している。

[0027] （運行管理装置の構成）

次に、運行管理装置１０の構成について説明する。

図１に示すように、本実施形態による運行管理装置１０は、車両位置取得部１００と、間隔調整部１０４と、出発判断部１０２とを備えている。

[0028] 車両位置取得部１００は、軌道３上に存在する複数の車両２０１～２０ｎの位置を取得する機能部である。各車両２０１～２０ｎは、上述したように、軌道３上に設けられた位置検知装置（不図示）と通信することで、自車両が軌道３上のどの位置を走行しているかを認識することができる。そして車両２０１～２０ｎの各々は、逐次自車両の走行位置を示す「位置情報」を無線通信により運行管理装置１０に送信する。運行管理装置１０の車両位置取得部１００は、各車両２０１～２０ｎ各々の位置情報を受信して、車両２０１～２０ｎの位置を取得する。なお、車両位置取得部１００は、各車両の位置情報だけでなく、各車両の最大乗車可能人数を示す情報を取得してもよい。また、他の実施形態においては、車両２０１～２０ｎの各々は、上記位置情報を有線通信により運行管理装置１０に送信してもよい。

[0029] 間隔調整部１０４は、所定の情報源から取得する「混雑情報」に基づいて、複数の車両２０１～２０ｎの存在の密度を高める基準となる駅（目標駅Ｈｍ（ｍは２以上の整数））を特定し、当該目標駅Ｈｍの後方の駅Ｈｊ（ｊは１以上ｍ未満の整数）に停車する複数の車両２０１～２０ｎの、当該後方の駅Ｈｊごとの待機時間ωｊを設定する。ここで「混雑情報」とは、具体的には、イベント（例えばコンサートや展示会）等が催されるイベント会場の立地条件（最寄り駅等）、並びに、予め推定される観客動員数、そして、当該イベントの開始時刻、終了時刻等の情報である。すなわち、現実に駅構内にて混雑が発生する前の段階において、その混雑が発生することを予測できる情報である。混雑情報の具体的な取得方法については後述する。

また、間隔調整部１０４は、さらに、現在走行中の車両の最大乗車可能人数と、路線情報に基づいて待機時間ωｊを設定してもよい。

[0030] 本実施形態による間隔調整部１０４は、この混雑情報に基づいて、まず目標駅Ｈｍを特定する。目標駅Ｈｍは、混雑が予測される駅、すなわちイベント会場の最寄り駅となる。そして間隔調整部１０４は、この目標駅Ｈｍの手前において車両２０１～２０ｎの存在の密度を高めるための処理を行う。なお「車両２０１～２０ｎの存在の密度」とは、軌道３上の一定の範囲内における車両２０１～２０ｎの車両数である。すなわち間隔調整部１０４が目標駅Ｈｍの手前における一定範囲内で車両２０１～２０ｎの車両数を増やす（存在の密度を高める）ことで、車両交通システム１は、目標駅Ｈｍにて局所的・一時的に増加する乗客に対応することが可能となる。

[0031] 間隔調整部１０４は、車両２０１～２０ｎの存在の密度を高めるために、以下のような処理を行う。間隔調整部１０４は、当該目標駅Ｈｍの後方の駅Ｈｊに停車する複数の車両２０１～２０ｎの、当該後方の駅Ｈｊごとの待機時間ωｊを設定する。待機時間ωｊの具体的な設定方法については後述する。なお「目標駅Ｈｍの後方の駅Ｈｊ」とは、車両２０１～２０ｎが目標駅Ｈｍに停車する前に停車する各駅を指している。ここで、車両２０１～２０ｎが駅Ｈ１、Ｈ２、・・・、Ｈｍ－１、Ｈｍの順番で停車するものとすると、この場合、目標駅Ｈｍの後方の駅Ｈｊとは駅Ｈ１、Ｈ２、・・・、Ｈｍ－１のことである。

[0032] 出発判断部１０２は、駅Ｈｊごとに設定された待機時間Ｔｊに基づいて、複数の車両２０１～２０ｎの後方の駅Ｈｊごとにおける出発時刻を調整する機能部である。具体的には、出発判断部１０２は、対象車両２０ｉが駅Ｈｊに停車すると、その駅Ｈｊについて設定された待機時間Ｔｊだけ待機する処理を行い、待機時間Ｔｊが経過したときに対象車両２０ｉに駅Ｈｊを出発する指示を送信する。

[0033] なお本実施形態に係る運行管理装置１０の間隔調整部１０４は、所定の情報源から混雑情報を取得すると説明した。上述したように、所定の情報源とは、例えば集客イベントの開催主であって、混雑情報とは、当該開催主から事前に発信されるその集客イベントについての事前集客情報（イベントスケジ

ュール、予想客数等）である。

また、混雑情報は、スタジアム等の施設である集客箇所から最寄り駅までの通路（緩衝帯という）に設置され、当該通路の利用客の人数及びその流れを検知する検知手段から取得される検知情報（例えば監視カメラより映し出される映像）であってもよい。車両交通システム１の管理者は混雑度予測部５である監視カメラをモニタリングすることで、最寄り駅（目標駅Ｈ１０）に混雑が発生するまでの時刻を予め予測することができる。また、監視カメラからの映像ではなく、例えば、通路の所定箇所（ゲート等）に設けられた通過検知センサから取得される検知情報であってもよい。

さらに、車両交通システム１が、他の交通網と連絡している場合には、混雑情報とは、当該他の交通網に関する輸送媒体の到着予定時刻、到着予定人数を示す情報であってもよい。例えば、車両交通システム１が、空港ターミナルを結ぶ交通システムであった場合、航空機の離着陸スケジュールに合わせて車両交通システム１の需要が増減する。したがって、この場合の所定の情報源とは当該航空機の運営会社であり、混雑情報とは、その飛行機の離着陸スケジュールや乗客数（乗車率）となる。

[0034] （間隔調整部の機能）

図２は、本発明の第一の実施形態による間隔調整部の機能を説明する第一の図である。図２に示す車両２０１～２０３は、軌道３を紙面左側から右側に向かって駅Ｈ１、Ｈ２、・・・、Ｈ７、・・・の順に停車しながら走行する車両である。なお各車両２０１～２０ｎは、図２には図示していない駅Ｈ７以降の駅（駅Ｈ８、Ｈ９、Ｈ１０、・・・）にも停車する。また説明の便宜のため、各駅Ｈ１～Ｈ１０は全て等間隔に設置されており、車両２０１～２０３は、各駅間を同一の速度で走行するものとする。また以下の説明においては、説明を簡単にするために、各車両２０１～２０３が一の駅を出発してから次の駅に停車するまでの時間を一律に“α”とする。

[0035] 以下、間隔調整部１０４の具体的な機能について、図２を参照しながら説明する。

間隔調整部１０４は、所定の混雑情報に基づいて目標駅（例えば駅Ｈ１０（図２には不図示））を特定すると、所定のタイミングで目標駅Ｈ１０の後方の駅である駅Ｈ１～駅Ｈ９ごとの待機時間ω１～ω９を設定する。ここで間隔調整部１０４は、基準となる駅（目標駅Ｈ１０）に近い駅ほど、その駅の待機時間を長く設定する。より具体的には、ω１＜ω２＜ω３＜・・・＜ω９となるように設定する。ただし間隔調整部１０４は、最も小さい待機時間ω１が、乗客が安全に乗降車できる最低限の時間Ｔｍｉｎを下回らないように設定する。

[0036] 間隔調整部１０４が、駅Ｈ１～駅Ｈ９ごとの待機時間ω１～ω９を設定すると、出発判断部１０２は、その区間を走行する車両２０１、２０２、２０３全てに対し、その待機時間ω１～ω９に基づいて、各駅Ｈ１～Ｈ９における出発時刻を調整する。以下、間隔調整部１０４によって設定された待機時間ω１～ω９に基づく車両２０１～２０３の運行プロセスを、図２を参照しながら説明する。

まず車両２０１が駅Ｈ１を、車両２０２が駅Ｈ３を、そして、車両２０３が駅Ｈ５を同時刻に出発したとする（時刻：Ｔ０）。次に、車両２０１は駅Ｈ２に、車両２０２は駅Ｈ４に、そして、車両２０３は駅Ｈ６に停車する（時刻：Ｔ０＋α）。次に、車両２０１が駅Ｈ２で待機時間ω２だけ待機した後、駅Ｈ２を出発する（時刻：Ｔ０＋α＋ω２）。遅れて、車両２０２が駅Ｈ４で待機時間ω４（＞ω２）だけ待機した後、駅Ｈ４を出発する（時刻：Ｔ０＋α＋ω４）。さらに遅れて、車両２０３が駅Ｈ６で待機時間ω６（＞ω４）だけ待機した後、駅Ｈ６を出発する（時刻：Ｔ０＋α＋ω６）。各駅における待機時間がω２＜ω４＜ω６と設定されたことにより、この時点における車両２０１～２０３の車両間隔は狭くなっている。

[0037] 続いて、車両２０１は、駅Ｈ３で待機時間ω３だけ待機した後、駅Ｈ３を出発する（時刻：Ｔ０＋２α＋ω２＋ω３）。その後、車両２０２が、駅Ｈ５で待機時間ω５（＞ω３）だけ待機した後、駅Ｈ５を出発する（時刻：Ｔ０＋２α＋ω４＋ω５）。この時点で、車両２０１と車両２０２の車両間隔は

さらに狭まっている。また車両２０３も駅Ｈ７を出発しておらず、車両２０２と車両２０３の車両間隔も狭まっている。このように、間隔調整部１０４が、駅Ｈ１～Ｈ９における待機時間ω１～ω９を設定することで、車両２０１～車両２０３は、運行が進むにつれ徐々に互いの車両間隔が狭まっていく。

[0038] 図３は、本発明の第一の実施形態による間隔調整部の機能を説明する第二の図である。図３に示すグラフは、横軸に時刻Ｔ０からの経過時間を、縦軸に各車両２０１～２０３の存在する位置（駅及び駅間）を示している。図３によれば、例えば時刻Ｔ０において、車両２０１が駅Ｈ１を、車両２０２が駅Ｈ３を、車両２０３が駅Ｈ５を出発し、時刻Ｔ０＋αにおいてそれぞれが次の停車駅に到着することが示されている。

[0039] 図３に示すように、車両２０１は、駅Ｈ２～Ｈ７において、それぞれに設定された待機時間ω２～ω７だけ待機しながら走行する。車両２０２、２０３も同様に、各駅に設定された待機時間だけ待機しながら走行する（車両過密化運転）。この車両過密化運転の結果、時刻Ｔ０から時刻Ｔ１にかけて、車両２０１、２０２、２０３の各々の車間距離は徐々に狭まっていく。そして図３に示すように、時刻Ｔ１において、目標駅Ｈ１０及びその後方の駅Ｈ９、Ｈ８で車両２０３、２０２、２０１が密集する状態（車両過密化状態）が完成する。

[0040] 車両過密化状態が完成すると、運行管理装置１０は、各車両の２０１～２０３の運行を、車両過密化運転から混雑解消運転に切り替える。具体的には、車両２０１～２０３は、目標駅Ｈ１０を最短の時間間隔で発着するように運行する（図３）。このようにすれば、乗客数が増加している目標駅Ｈ１０において、車両２０１～２０３が次々と発着し、目標駅Ｈ１０における混雑を解消することができる。

[0041] また間隔調整部１０４は、事前に得た混雑情報に基づいて、車両過密化運転開始時刻（時刻Ｔ０）及び各待機時間ω ｊの値を、以下のようにして適切に設定する。

[0042] 間隔調整部１０４は、混雑情報に基づいて推定される混雑発生時刻と、車両２０１～２０ｎの存在の密度が高まる時刻と、が一致するように待機時間ωｊを設定する。図３を用いて具体的に説明すると、間隔調整部１０４は、事前に得た混雑情報により、予め時刻Ｔ１において目標駅Ｈ１０が混雑することを検知している（間隔調整部１０４は、混雑発生時刻を時刻Ｔ１と推定する）。したがって間隔調整部１０４は、混雑が発生すると推定された時刻Ｔ１においてちょうど目標駅Ｈ１０で車両過密化状態が完成するように、車両過密化運転の開始時刻Ｔ０及び各待機時間ω０～ω９を逆算して設定する。このようにすれば、予め混雑が予測されていた時刻（混雑発生時刻）Ｔ１に合わせて事前に車両過密化状態を形成することができるので、乗客の急激な増加に対して迅速に対応することができる。

[0043] また間隔調整部１０４は、例えば事前に得た混雑情報により、混雑が予想される時刻Ｔ１までに時間的余裕があると判断した場合は、時刻Ｔ０～時刻Ｔ１の時間を長く設定し、この長い時間をかけて徐々に車両過密状態が形成されていくように各待機時間ω０～ω９を設定する。すなわち間隔調整部１０４は、通常ダイヤに基づく運行から車両過密化運転に基づく運行に切り替えた際にも、運行スケジュールが急激に変化しないように時刻Ｔ０及び待機時間ω０～ω９設定する。このようにすることで、本実施形態による車両交通システム１は、通常ダイヤに基づいて乗車しようとする乗客への影響を最小限に留めることができる。一方、時間的余裕がないと判断した場合は、間隔調整部１０４は、時刻Ｔ０～時刻Ｔ１の時間を短く設定し、迅速に車両過密状態が形成されていくように各待機時間ω０～ω９を設定する。この場合、短時間で車両間隔を過密化するための相応の待機時間ω０～ω９が設定される。本実施形態による間隔調整部１０４によれば、このように時間的余裕がない場合でも迅速に車両過密状態を形成することができるので、イベントスケジュール（例えばイベントの終了時刻）が急遽変更された場合であっても、柔軟に対応することができる。

[0044] 同様に、間隔調整部１０４は、事前に得た混雑情報より、基準となる駅（目

標駅Ｈｍ）において推定される乗客数に基づいて待機時間ω ｊを設定する。図３を用いて具体的に説明すると、間隔調整部１０４は、混雑解消運転に切り替わったとき目標駅Ｈ１０において時間αごとに車両２０１～２０３が次々と発着するように待機時間ω１～ω９が設定されている。ここで、駅Ｈ１０において推定される乗客数がより少ない場合は、間隔調整部１０４は、その時間間隔が例えば１．２α間隔または１．５α間隔で発着するように待機時間ω１～ω９の値を設定する。この場合、間隔調整部１０４は、待機時間ω１～ω９を、ω１からω９にかけてより緩やかに増加するように設定する。逆に、駅Ｈ１０において推定される乗客数がより多い場合は、間隔調整部１０４は、その時間間隔がより短くなるように、例えば０．８α間隔または０．５α間隔で発着するように待機時間ω１～ω９の値を設定する。この場合、間隔調整部１０４は、待機時間ω１～ω９を、ω１からω９にかけてより急峻に増加するように設定する。このようにすることで、本実施形態による車両交通システム１は、上記同様に、通常ダイヤに基づいて乗車しようとする乗客への影響を最小限に留めることができる。なお、上記のように乗客数に応じて目標駅Ｈｍにおける発着の時間間隔を調整する場合においては、各車両２０１～２０ｎの一車両当たりの乗車可能量が考慮されてもよい。

[0045] また、図２、図３に示す例では、運行管理装置１０が車両過密化運転を開始する初期状態において、各車両２０１～２０３が一駅ごとに等間隔に停車している状態を説明した。しかしながら、実際の運行にあたっては、運行管理装置１０が車両過密化運転を開始するタイミングにおいて、各車両２０１～２０３は、図２、図３に示すように等間隔に存在しているとは限らない。

したがって、間隔調整部１０４は、上記車両過密化運転を開始するにあたり、まず車両位置取得部１００を介して取得する各車両２０１～２０３の「位置情報」により、各車両２０１～２０３の現在位置を把握する。そして、各車両２０１～２０３それぞれの現在位置から目標駅Ｈｍまでの距離を算出する。ここで例えば、初期状態における車両２０１の位置が、図２、図３に示した状態よりも目標駅Ｈｍから離れていたとする。この場合、車両２０１は

、他の車両２０２、２０３と同じように、停車駅Ｈｊごとに待機時間ωｊだけ待機していたのでは、時刻Ｔ１において過密化状態となる場所までたどり着けず、過密化状態を完成させることができない。したがって、間隔調整部１０４は、この車両２０１に対する各駅Ｈｊでの待機時間ωｊを補正する処理を行う。

具体的には、上述の例のように、初期状態における車両２０１の位置が、図２、図３に示した状態よりも目標駅Ｈｍから離れていた場合、間隔調整部１０４は、車両２０１について各停車駅Ｈｊに停車すべき待機時間ωｊを短く設定する補正を行う。車両２０１は、各停車駅Ｈｊに停車すべき待機時間ωｊが短くなることで、早く過密化状態となるべき位置にたどり着くことができる。

より具体的な処理の例としては、車両２０１の現在位置から目標駅Ｈｍまでの距離をＬ１とすると、間隔調整部１０４は、距離Ｌ１が大きいほどこれに反比例して小さくなる所定の係数ｐ（０＜ｐ≦１）を、各待機時間ωｊに乗算する。

このようにすることで、車両２０１の距離が、設定された目標駅Ｈｍから離れているほど、車両２０１が各停車駅Ｈｊにおいて待機すべき待機時間ωｊが小さく設定される。そうすると、車両２０１は、車両過密化運転を開始する時点における位置によらず、時刻Ｔ１において過密化状態とすべき場所までたどり着くことができる。

[0046] なお上述の説明においては、簡単のため、各駅Ｈ１～Ｈ１０は全て等間隔に設置されるとともに、車両２０１～２０３は各駅間を同一の速度で走行し、各車両２０１～２０３が一の駅を出発してから次の駅に停車するまでの時間は全て“α”であるとして説明したが、車両交通システム１の実際の運用にあたってはこのような態様に限定されない。すなわち、車両交通システム１においては、各駅Ｈｊ間は駅ごとに異なる間隔で設置され、各駅間の走行時間はそれぞれで異なっていてもよい。

[0047] （第一の実施形態による運行管理装置の処理フロー）

図４は、本発明の第一の実施形態による運行管理装置の処理フローを示すフローチャート図ある。

本実施形態による運行管理装置１０は、上述した車両位置取得部１００、間隔調整部１０４及び出発判断部１０２を用いて、以下に説明する処理フロー（図４）を実行する。

[0048] まず間隔調整部１０４は、所定のイベント情報を予め入手していた管理者の判断に基づいて混雑情報を取得する（ステップＳ３１）。混雑情報は、ここで予想乗客数、予想混雑発生時間及び混雑が発生する駅等を示す情報である。

次に車両位置取得部１００は、特定の対象車両２０ｉが存在する位置を示す位置情報を取得する（ステップＳ３２）。ここで車両位置取得部１００は、対象車両２０ｉから自車両の位置を示す位置情報を受信して取得する。

次に、間隔調整部１０４は、ステップＳ３１で取得された混雑情報及びステップｓ３２で取得された位置情報に基づいて、車両過密化運転を開始する時刻Ｔ０及び駅Ｈｊごとの待機時間ωｊを設定する（ステップＳ３３）。ここで間隔調整部１０４は、混雑情報に基づいて、開始時刻Ｔ０と、停車駅Ｈｊごとの基本とする待機時間ωｊ’を、目標駅Ｈｍに近づくにつれ徐々に長くなるように設定する。そして、間隔調整部１０４は、各車両２０１～２０ｎの位置情報に応じた補正を行って（基本とする待機時間ωｊ’に上記係数ｐを乗算して）、各車両２０１～２０ｎについての、停車駅Ｈｊごとの待機時間ωｊを算出する。

そして出発判断部１０２は、ステップＳ３３で設定された待機時間ωｊに基づいて、対象車両２０ｉの停車駅Ｈｊで待機時間ωｊだけ待機する処理を実行する。具体的には、出発判断部１０２は、対象車両２０ｉが駅Ｈｊに停車してからの経過時間が待機時間ωｊ以上となったか否かを判定し（ステップＳ３４）、経過時間が待機時間ωｊ未満である場合（ステップＳ３４にてＮＯ）は、ステップＳ３４を繰り返して対象車両２０ｉの出発指示の送信を保留する。そして出発判断部１０２は、経過時間が待機時間ωｊ以上となった

場合（ステップＳ３４にてＹＥＳ）に、対象車両２０ｉに対して出発指示を送信する（ステップＳ３５）。

[0049] なお上述のフローチャートにおいて、運行管理装置１０は、車両２０１～２０ｎの各々についてステップＳ３２からステップＳ３５までの処理フローを実行する。また運行管理装置１０は、一の対象車両２０ｉに対し、停車駅Ｈｊに停車するごとにステップＳ３４の処理フローを繰り返す。

[0050] 本実施形態による運行管理装置１０が上記処理フロー（図４）を実行することで、混雑発生時刻（時刻Ｔ１）において、混雑発生駅（駅Ｈｍ）で車両２０１～２０ｎの存在の密度が高まるような状態が形成される。またこのときの車両２０１～２０ｎの存在の密度は、予想される乗客数に合わせてその受給のバランスが適合するように設定される。

[0051] 以上、本発明の第一の実施形態による車両交通システム１によれば、所望の時刻及び所望の駅において、車両による輸送サービスの提供の密度を柔軟に変化させることができる。

[0052] なお上述した第一の実施形態による間隔調整部１０４は、目標駅Ｈｍに近い駅ほど待機時間ωｊが徐々に大きくなるように設定するものとして説明したが、本実施形態による車両交通システム１はこのような処理に限定されない。間隔調整部１０４は、車両交通システム１の元来の特性に合わせて各駅Ｈｊにおける待機時間ωｊを適切に設定してもよい。例えば、図３に示す例において、特定の駅（例えば駅Ｈ６）において定常的に乗客数が多い場合、駅Ｈ６においては車両過密化運転に基づく待機時間ω６を待機時間ω１～ω５よりも小さく設定してもよい。間隔調整部１０４は、このような例外的な対応をした上でなお目標駅Ｈ１０にて車両過密状態が形成されるように、他の待機時間ωｊを設定すればよい。

また間隔調整部１０４は、通常の運行時において予め駅ごとに定められている通常停止時間に応じて待機時間ωｊを設定してもよい。例えば、通常運転時において、駅Ｈ１における通常待機時間Ｔｄ１、駅Ｈ２における通常待機時間Ｔｄ２、・・・が定められていた場合、間隔調整部１０４は、ω１＝Ｔ

ｄ１×ｒ１、ω２＝Ｔｄ２×ｒ２、・・・と設定する。ここでｒ１、ｒ２、・・・は１以上の値である。この場合、間隔調整部１０４は、ｒ１＜ｒ２＜・・・と設定する。このようにすることで、間隔調整部１０４は、もともとの通常運転時において各駅に停車すべき時間が異なっていた場合においても車両過密状態を形成することができる。

[0053] なお上述した第一の実施形態による間隔調整部１０４は、目標駅Ｈｍに近い駅ほどその駅Ｈｊにおける待機時間ωｊが徐々に大きくなるように設定することで、車両過密化状態を形成することを特徴としたが、本実施形態による車両交通システム１はこのような処理に限定されない。例えば間隔調整部１０４は、目標駅Ｈｍに近づくほど、各駅間における走行速度を徐々に低速化させていくことをもって、所望の時刻に目標駅Ｈｍにて車両過密化状態を形成するようにしてもよい。

[0054] ＜第二の実施形態＞

次に、本発明の第二の実施形態による車両交通システムについて説明する。図５は、本発明の第二の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。なお、第二の実施形態による車両交通システム１の機能構成のうち、第一の実施形態による車両交通システム１（図１）と同一の機能構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。

[0055] 本発明の第二の実施形態による車両交通システム１は、第一の実施形態における地上設備である運行管理装置１０を備えていない。そして、第一の実施形態における運行管理装置１０が備えていた車両位置取得部１００、間隔調整部１０４及び出発判断部１０２を各車両２０１～２０ｎ各々が備えていることを特徴としている（なお図５には便宜上、車両２０２のみの機能構成を記載しているが、実際には車両２０１～２０ｎ各々が、車両２０２と同一の各機能構成を備えている）。

[0056] ここで本実施形態による車両交通システム１によれば、車両２０１～２０ｎの各々が、他の車両２０１～２０ｎと相互に通信しながら自律的に車両過密化運転を実施することが可能となる。具体的には、各車両２０１～２０ｎの

間隔調整部１０４は、上述した所定の情報源（イベント運営者等）から各々が同一の混雑情報を取得する（図４、ステップＳ３１）。なおこの混雑情報には、混雑が推定される駅（目標駅Ｈｍ）、混雑が推定される時刻（混雑発生時刻Ｔ１）が含まれている。

[0057] 次に各車両２０１～２０ｎの車両位置取得部１００は、自車両が存在する位置を示す位置情報を取得する（図４、ステップＳ３２）。ここで車両位置取得部１００は、自車両の現在位置を、タイヤの回転数、位置検知装置から受信する情報に基づいて取得するとともに、他の車両との相互の通信手段を介して、当該他の車両についての位置情報を取得する。

次に、各車両２０１～２０ｎの間隔調整部１０４は、ステップＳ３１で取得された混雑情報及びステップｓ３２で取得された各車両２０１～２０ｎごとの位置情報に基づいて、車両過密化運転を開始する時刻Ｔ０及び駅Ｈｊごとの待機時間ωｊを設定する（図４、ステップＳ３３）。ここで間隔調整部１０４は、混雑情報に基づいて、開始時刻Ｔ０と、停車駅Ｈｊごとの基本とする待機時間ωｊ’を、目標駅Ｈｍに近づくにつれ徐々に長くなるように設定する。そして、間隔調整部１０４は、自車両の位置情報に応じた補正を行って（基本とする待機時間ωｊ’に上記係数ｐを乗算して）、自車両についての、停車駅Ｈｊごとの待機時間ωｊを算出する。

そして出発判断部１０２は、ステップＳ３３で設定された待機時間ωｊに基づいて、自車両の停車駅Ｈｊで待機時間ωｊだけ待機する処理を実行する。具体的には、出発判断部１０２は、自車両が駅Ｈｊに停車してからの経過時間が待機時間ωｊ以上となったか否かを判定し（図４、ステップＳ３４）、経過時間が待機時間ωｊ未満である場合（図４、ステップＳ３４にてＮＯ）は、ステップＳ３４を繰り返して自車両の出発指示を保留する。そして出発判断部１０２は、経過時間が待機時間ωｊ以上となった場合（図４、ステップＳ３４にてＹＥＳ）に、自車両に対して出発指示を送信する（図４、ステップＳ３５）。

[0058] 以上、本実施形態の車両交通システム１によれば、各車両２０１～２０ｎ各

々が、定めた待機時間ωｊに基づいて自律的に車両過密化運転を実行することが可能となる。したがって、車両２０１～２０ｎの運行全体を集中管理する地上設備（運行管理装置１０）を用いて運用する必要がなく、運行管理処理の分散を図ることができる。このようにして運行管理処理の分散化が成されれば、各運行管理系統（本実施形態の場合、車両２０１～２０ｎ）の何れかに不具合が生じた場合であっても、車両交通システム１の運用に及ぼす影響が最小限に留められるため、車両交通システム１全体の信頼性を向上させることができる。

[0059] また上述の第一、第二の実施形態による車両交通システム１は、さらに地上設備として旅客案内情報システム（ＰＩＳ：Ｐａｓｓｅｎｇｅｒ　Ｉｎｆｏｍａｔｉｏｎ　Ｓｙｓｔｅｍ）を備えていてもよい。従来のＰＩＳは、予め定められたダイヤに基づいて車両の到着予定時刻を駅に設けられたスクリーンに表示するが、本実施形態による車両交通システム１の場合、ダイヤを利用しない運行（車両過密化運転、混雑解消運転）を行うことがあるので、ダイヤ情報のみに基づくのでは、どの車両がいつ到着するかを把握することができない。そこで本実施形態によるＰＩＳは、運行管理装置１０（第二の実施形態の場合は、車両２０１～２０ｎの各々）から対象車両２０ｉの識別情報、位置情報、経路情報及び各駅における待機時間ωｊを受信して、対象車両２０ｉの各駅についての到着予定時刻を算出し、当該到着予定時刻を各駅に設置される表示スクリーンへ表示させる処理を行う。ここで対象車両２０ｉの識別情報とは対象車両２０ｉを特定できる固有のＩＤ（ＩＤｅｎｔｉｆｉｃａｔｉｏｎ）番号等であってよい。本実施形態によるＰＩＳは、識別情報から対象車両２０ｉを特定した後は、その位置情報及び経路情報が把握できれば、その対象車両２０ｉの走行速度等から、少なくとも次の停車駅までに要する時間を容易に推定することができる。

[0060] また本発明に係る車両交通システム１は、さらに以下のような実施形態により実現されるものであってもよい。

[0061] ＜第三の実施形態＞

以下、本発明の第三の実施形態による車両交通システムを、図面を参照して説明する。

図６は、本発明の第三の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。この図において、符号１は車両交通システムである。

[0062] （車両交通システム全体の構成）

まず、車両交通システム１全体の構成について説明する。

図６に示すように、本実施形態による車両交通システム１は、運行管理装置１０、及び、軌道３に沿って走行する複数の車両２０１、２０２、・・・、２０ｎ（ｎは２以上の整数）からなる。運行管理装置１０は、地上設備と呼ばれるもので、複数の車両２０１、２０２、・・・、２０ｎの運行を制御する装置である。

本実施形態に係る運行管理装置１０は、後述する出発判断部１０２の判断に基づいて、車両２０１、２０２、・・・、２０ｎそれぞれに出発指示を送信する機能部である。運行管理装置１０は、無線通信手段等を用いて各車両２０１～２０ｎに出発指示を送信する。各車両２０１～２０ｎは、運行管理装置１０から受信する出発指示に基づいて運行する。

[0063] 車両２０１、２０２、・・・、２０ｎは、軌道３（線路）に沿って走行する列車である。車両２０１～２０ｎは、運行管理装置１０が送信する進路要求情報に基づき、保安装置（連動装置）が信号機を制御し、その信号機に従って、軌道３に沿って複数設けられた駅（図６には不図示）に発着しながら走行する。なお軌道３には一定間隔ごとに所定の位置検知装置（不図示）が設けられており、各車両２０１～２０ｎは、当該位置検知装置と通信することで、自車両が軌道３上のどの位置を走行しているかを認識することができる。

この機能についてより具体的に説明すると、車両２０１～２０ｎの各々は自ら路線データベースを備えている。そして車両２０１～２０ｎの各々は、自車両のタイヤ回転数を測ることで走行距離を算出し、自車両の現在位置を把握する機能を有している。しかしこの場合、タイヤスリップなどに起因して

タイヤ回転数から把握される現在位置が、実際の位置とずれる場合がある。車両２０１～２０ｎは、地上におかれている位置検知装置と比較しながらずれを補正することで、自車両が軌道３上のどの位置を走行しているかを正確に把握する。

[0064] ここで、都心部に配されるような高密度線区（車両の運行本数が比較的多い路線）においては、車両がダイヤ通りに往来することよりも、一定の時間間隔で到着・出発することをもって往来することの方が重要な場合がある。つまり乗客は、明確な到着・出発時刻の認識をもって輸送サービスを利用するのではなく、車両の往来の時間間隔に基づいて、目的駅へのおおよその移動時間を意識して利用する乗客が多い。この場合、乗客は、車両が定刻で出発・到着することよりも、所望する時間間隔で車両が往来することを重視する。ここで、運行乱れに対してダイヤ変更作業で対応する運行制御では、ダイヤ変更作業に時間を要し過ぎるため、結果として、運行の乱れ解消に時間を過剰に要する場合がある。むしろダイヤによらず、個々の車両間の時間間隔を迅速に均一化させる方が、乗客へ適切な輸送サービスを提供できると考えられる。そこで、本実施形態による車両交通システム１は、特定の車両に遅れが生じて輸送サービスの提供が不均一となった場合に、以下に説明する運行管理装置１０の動作に基づいて、個々の車両間の時間間隔がより迅速に均一化される機能を有している。

[0065] （運行管理装置の構成）

次に、運行管理装置１０の構成について説明する。

図６に示すように、本実施形態による運行管理装置１０は、車両位置取得部１００と、密度演算部１０１と、出発判断部１０２とを備えている。

[0066] 車両位置取得部１００は、軌道３上に存在する複数の車両２０１～２０ｎの位置を取得する機能部である。各車両２０１～２０ｎは、上述したように、軌道３上に設けられた位置検知装置（不図示）と通信することで、自車両が軌道３上のどの位置を走行しているかを認識することができる。そして車両２０１～２０ｎの各々は、逐次自車両の走行位置を示す「位置情報」を無線

通信により運行管理装置１０に送信する。運行管理装置１０の車両位置取得部１００は、各車両２０１～２０ｎ各々の位置情報を受信して、車両２０１～２０ｎの位置を取得する。なお、他の実施形態においては、車両２０１～２０ｎの各々は、上記位置情報を有線通信により運行管理装置１０に送信してもよい。

[0067] 密度演算部１０１は、軌道３上の所定範囲内を走行する複数の車両２０１～２０ｎの密度を算出する機能部である。密度演算部１０１は、具体的には、車両位置取得部１００が取得した各車両２０１～２０ｎの位置に基づいて、所定範囲内を走行する車両数を取得する。密度演算部１０１は、その車両数を、当該所定範囲内を走行する車両の「密度」として記憶する。密度演算部１０１の具体的な機能については後述する。

[0068] 出発判断部１０２は、ある所定の対象車両２０ｉ（ｉは１≦ｉ≦ｎを満たす整数、以下同じ）の「前方密度Ｄｆ」と、「後方密度Ｄｒ」と、の何れか一方または両方に基づいて、当該対象車両２０ｉの停車駅における出発時刻を調整する機能部である。ここで「出発時刻を調整する」とは、具体的には、対象車両２０ｉに対して出発指示を送信する時刻を変更することでその出発時刻を調整する、ということである。

ここで前方密度Ｄｆとは、対象車両２０ｉの走行方向前方における所定範囲内を走行する車両の密度である。また後方密度Ｄｒとは、対象車両２０ｉの走行方向後方における所定範囲内を走行する車両の密度である。具体的には、出発判断部１０２は、「前方密度Ｄｆ」と、「後方密度Ｄｒ」と、の何れか一方または両方に基づく所定の条件を満たすまで、対象車両２０ｉの出発指示の送信を保留する処理を行う。そして出発判断部１０２は、上記所定の条件が満たされたタイミングで出発指示を送信する処理を行う。対象車両２０ｉは、その出発指示を受けたタイミングで（正確には、さらに他の出発のための要件を満たした上で）停車駅を出発する。

なお、他の実施形態においては、上記の態様の代わりに、出発判断部１０２は、上記所定の条件を満たさない間は所定の「出発保留指示」を送信し続け

、当該所定の条件を満たしたタイミングで当該出発保留指示の送信を停止する（出発保留指示を解除する）処理を行ってもよい。この場合、対象車両２０ｉは、出発保留指示を受信し続ける間は出発せず、当該出発保留指示が解除されたタイミングで停車駅を出発する。

「前方密度Ｄｆ」と、「後方密度Ｄｒ」と、の何れか一方または両方に基づく所定の条件の具体的な内容については後述する。

[0069]（密度演算部及び出発判断部の機能）

図７は、本発明の第三の実施形態による密度演算部、出発判断部の機能を説明する図である。なお図７に示す車両２０１～２０４は、第一の軌道３ａを紙面左側から右側に向かって走行する車両である。一方、車両２０５は、第一の軌道３ａと異なる軌道である第二の軌道３ｂを紙面右側から左側に向かって走行する車両である。各車両２０１～２０５は、図７に示す各駅に発着しながらそれぞれの走行方向に向かって走行する。なお第一の軌道３ａと第二の軌道３ｂとの間には、岐路３ｃが複数設けられており、各車両２０１～２０５は、岐路３ｃを介して第一の軌道３ａと第二の軌道３ｂを行き来する経路をたどる場合もある。

[0070] 以下、密度演算部１０１の機能について、図７を参照しながら説明する。

密度演算部１０１は、車両位置取得部１００が取得した各車両２０１～２０ｎの位置情報に基づいて、当該車両２０１～２０ｎそれぞれについての「前方密度Ｄｆ」と「後方密度Ｄｒ」を算出する。具体的に、本実施形態による密度演算部１０１は、特定の対象車両２０ｉの走行方向前方直近の位置から走行方向前方ｋｆ駅（ｋｆは１以上の整数）までの範囲内を走行する車両２０１～２０ｎの車両数を取得し、対象車両２０ｉの前方密度Ｄｆを「Ｄｆ＝車両数／ｋｆ」と算出する。同様に、対象車両２０ｉの走行方向後方直近の位置から走行方向後方ｋｒ駅（ｋｒは１以上の整数）までの範囲内を走行する車両２０１～２０ｎの車両数を取得し、対象車両２０ｉの後方密度Ｄｒを「Ｄｒ＝車両数／ｋｒ」と算出する。なお、以下の説明において、対象車両２０ｉの走行方向前方直近の位置から走行方向前方ｋｆ駅までの範囲を「車

両２０ｉ前方領域」と記載する。また、対象車両２０ｉの走行方向後方直近の位置から走行方向後方ｋｒ駅までの範囲を「車両２０ｉ後方領域」と記載する。

[0071] 図７は、例として、対象車両２０ｉが車両２０３であり、密度演算部１０１が車両２０３の走行方向前方３駅（ｋｆ＝３）及び後方３駅（ｋｒ＝３）の範囲内で、車両２０３の前方密度Ｄｆ及び後方密度Ｄｒを求める場合を示している。図７に示すように車両２０３は、駅Ｈ４に停車している。このとき車両２０３前方領域は、自車両の走行方向前方直近の位置から駅Ｈ７までの区間で定められる範囲となる（図７）。一方、車両２０３後方領域は、自車両の走行方向後方直近の位置から駅Ｈ３までの区間で定められる範囲となる（図７）。なお、車両２０３前方領域及び車両２０３後方領域は、車両２０３の走行に追随して移動する。例えば、車両２０３が駅Ｈ４から駅Ｈ５に移動した場合、車両２０３前方領域は駅Ｈ５から走行方向前方の３駅（駅Ｈ６～駅Ｈ８（駅Ｈ８は不図示））となり、車両２０３後方領域は駅Ｈ５から走行方向後方の３駅（駅Ｈ２～駅Ｈ４）となる。

[0072] 図７に示す例によると、車両２０３前方領域（ｋｆ＝３）には、他の車両２０２の１車両が存在する。よって密度演算部１０１は、前方密度Ｄｆを「１／３」と算出する。車両２０３後方領域（ｋｒ＝３）には、他の車両２０４の１車両が存在する。よって密度演算部１０１は、後方密度Ｄｒを「１／３」と算出する。なお、密度演算部１０１が前方密度Ｄｆを算出するにあたっては、車両２０３が走行を予定する経路を先行して走行する車両２０１～２０ｎのみを考慮する。したがって図７に示す例において、車両２０３の前方密度Ｄｆの算出には、車両２０３が走行しようとする経路（第一の軌道３ａ）と異なる経路（第二の軌道３ｂ）を走行する車両２０５は考慮されない。なお、後方密度Ｄｒの算出についても、車両２０３が走行してきた経路（第一の軌道３ａ）と異なる経路（第二の軌道３ｂ）を走行する他の車両２０１～２０ｎは考慮されない。

[0073] 次に、出発判断部１０２の機能について説明する。

出発判断部１０２は、対象車両２０ｉの前方密度Ｄｆと、後方密度Ｄｒと、に基づいて、当該対象車両２０ｉの停車駅における出発時刻を調整する。具体的には、前方密度Ｄｆから後方密度Ｄｒを差し引いた値である前後密度差ΔＤが所定の密度差閾値α（αは０以上の値）を上回る場合（ΔＤ＞α）には、出発判断部１０２は、前後密度差ΔＤが密度差閾値α以下となる条件（ΔＤ≦α）を満たすまで対象車両２０ｉに対する出発指示の送信を保留し、対象車両２０ｉの発車時刻を遅らせる。

[0074] ここで密度差閾値αが“０”に設定されていたとする。この場合、図７に示す例によれば、出発判断部１０２は、対象車両２０ｉである車両２０３について、前方密度Ｄｆ＝１／３、候補密度Ｄｒ＝１／３より前後密度差ΔＤを「ΔＤ＝０（＝Ｄｆ－Ｄｒ）」と算出する。そうすると車両２０３は、ΔＤ≦α（＝０）を満たしていることになるので、出発判断部１０２は、車両２０３に、予め定められた出発のタイミングで出発指示を送信する。車両２０３は、当該出発指示を受信して停車駅Ｈ４を出発する。

[0075] ここで上述の説明では、出発判断部１０２は、対象車両２０ｉに対する出発指示の送信を保留する条件をΔＤ＞αとし、さらに対象車両２０ｉに対する出発指示を送信する条件もΔＤ≦αであった。しかし、他の実施形態に係る出発判断部１０２は、対象車両２０ｉに対する出発指示の送信を保留する条件をΔＤ＞αとし、対象車両２０ｉに対する出発指示を送信する条件を、αと異なる閾値βを用いてΔＤ≦β（＜α）としてもよい。

このようにすることで、出発指示が保留される期間がより長く設定されるので、調整を行う頻度を低減することができる。

[0076] （第三の実施形態による運行管理装置の処理フロー）

図８は、本発明の第三の実施形態による運行管理装置の処理フローを示すフローチャート図である。

本実施形態による運行管理装置１０は、上述した車両位置取得部１００、密度演算部１０１及び出発判断部１０２を用いて、以下に説明する処理フロー（図８）を実行する。なお図８の処理フローは、所定の駅に停車した対象車

両２０ｉについて、出発指示を送信するまでの処理フローを示している。

[0077] 本実施形態による運行管理装置１０には、乗客が乗車または降車する時間の確保のため、各停車駅において各車両２０１～２０ｎが最低限停止すべき時間である最低停車時間Ｔｍｉｎが予め定義されている。運行管理装置１０の出発判断部１０２は、まず対象車両２０ｉが停車駅に到着し、その通知を受信してから最低停車時間Ｔｍｉｎが経過しているか否かを判定する（ステップＳ１０）。ここで、最低停車時間Ｔｍｉｎが経過していない場合（ステップＳ１０にて“ＮＯ”）、最低停車時間Ｔｍｉｎが経過するまで次のステップに移行しない。

[0078] 最低停車時間Ｔｍｉｎが経過した場合（ステップＳ１０にて“ＹＥＳ”）、まず運行管理装置１０の車両位置取得部１００が、軌道３上を走行する各車両２０１～２０ｎの位置情報を各車両２０１～２０ｎから取得する（ステップＳ１１）。なお上述した通り、各車両２０１～２０ｎは、自車両のタイヤ回転数等、また、軌道３に一定間隔で設けられた位置検知装置（不図示）と通信することで、適宜自車両の正確な位置を示す位置情報を取得することができる。ここで位置情報は、例えば軌道３上のキロ程で示される情報である。具体的には、各車両２０１～２０ｎは、位置検知装置との通信により、軌道３上において当該位置検知装置が設置されている位置（キロ程）を取得し、さらにその通信のタイミングからの経過時間と、走行中の速度等に基づいて自車両の位置（キロ程）を一意に定める。

なお車両位置取得部１００が各車両２０１～２０ｎの位置情報を取得する手段は上述の態様に限定されない。例えば、ＧＰＳ（Ｇｌｏｂａｌ　Ｐｏｓｉｔｉｏｎｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ）に基づいて衛星から各車両２０１～２０ｎが受信する所定の座標情報から各車両２０１～２０ｎの位置を取得してもよい。

[0079] 次に、密度演算部１０１がステップＳ１１で取得された各車両２０１～２０ｎの位置情報に基づいて、対象車両２０ｉについての前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒを算出する（ステップＳ１２）。そして出発判断部１０２が、ステッ

プＳ１２で算出された前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒに基づいて前後密度差ΔＤを算出し、さらに、前後密度差ΔＤが密度差閾値α以下となっているか否かを判定する（ステップＳ１３）。ここで、前後密度差ΔＤが密度差閾値α以下となる条件を満たしていない場合（ステップＳ１３にて“ＮＯ”）には、ステップＳ１１に戻って再度位置情報の取得、並びに、前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒの算出処理を行う。一方、前後密度差ΔＤが密度差閾値α以下となる条件を満たした場合（ステップＳ１３にて“ＹＥＳ”）、出発判断部１０２は、直ちに対象車両２０ｉに対し出発指示を送信する（ステップＳ１４）。

[0080] 運行管理装置１０は、上述の処理フローを実行することで、前後密度差ΔＤが密度差閾値αよりも大きい場合には対象車両２０ｉの出発を保留し、前後密度差ΔＤが密度差閾値αよりも小さくなった時点で対象車両２０ｉに出発指示を送信する、という処理を実現する。

[0081] なお、上述のフローチャートの例では、運行管理装置１０の出発判断部１０２は、まずステップＳ１０にて最低停車時間Ｔｍｉｎが経過しているか否かを判定し、最低停車時間Ｔｍｉｎが経過したことを検知してから、前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒ及び前後密度差ΔＤの判定による出発判断（ステップＳ１１～ステップＳ１３）を行っている。しかし、他の実施形態においては、この処理の順に限定されることはない。例えば、運行管理装置１０は、最低停車時間Ｔｍｉｎを経過したか否かの判定（ステップＳ１０）を、前後密度差ΔＤの判定を行った後に行ってもよいし、前後密度差ΔＤの判定と同時並列で行ってもよい。より具体的には、例えば運行管理装置１０は、まずステップＳ１１、Ｓ１２、ステップＳ１３と処理を行い、ステップＳ１３にて前後密度差ΔＤの判定がＮＯの場合はこの処理を繰り返す。そして、ステップＳ１３でＹＥＳとなった場合には、その後に、最低停車時間Ｔｍｉｎを経過したか否かの判定（ステップＳ１０）を行い、さらにここでＮＯとなった場合には、再度ステップＳ１１、Ｓ１２、Ｓ１３を実行する処理を行ってもよい。

このようにすることで、最低停車時間Ｔｍｉｎを待つことなく前後密度比較の処理（ステップＳ１１～Ｓ１３）を進められるので、当該処理自体に要する時間をＴｍｉｎの待ち時間に含ませることができ、出発指示送信の遅れをなくすことができる。

[0082] （第三の実施形態による運行管理装置の効果）

図９Ａ、図９Ｂは、本発明の第三の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第一、第二の図である。図９Ａ、図９Ｂに示す各車両２０１～２０４は、第一の軌道３ａを紙面左側から右側に向かって走行する車両である。また図１０Ａ、図１０Ｂは、本発明の第三の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第三、第四の図である。図１０Ａ、図１０Ｂに示す各車両２０１～２０５は、図９Ａ、図９Ｂと同様、第一の軌道３ａを紙面左側から右側に向かって走行する車両である。

[0083] 本実施形態による車両交通システム１の運行管理装置１０は、上述した車両位置取得部１００、密度演算部１０１及び出発判断部１０２の各機能部の処理に基づいて、車両２０１～２０ｎが等間隔で運行するような運行管理を行う。ここで、本実施形態による運行管理装置１０の運行管理による具体的な効果について、図９Ａ、図９Ｂ及び図１０Ａ、図１０Ｂを参照しながら説明する。なお図９Ａ、図９Ｂ、図１０Ａ、図１０Ｂを用いて説明する例についても、図７に示した例と同様に、対象車両２０ｉとして車両２０３の運行に着目し、ｋｆ＝ｋｒ＝３、α＝０と設定されているものとする。

[0084] まず、図９Ａ、図９Ｂを参照しながら、前方密度Ｄｆを考慮して運行管理を行う効果について説明する。

図９Ａには、車両交通システム１において、第一の軌道３ａを走行する車両２０１の走行方向前方を走行する車両（不図示）に何らかのトラブルが生じ、出発時刻が遅延した状態を示している。図９Ａに示すように、出発時刻の遅延の影響で、車両２０１と車両２０２の車両間隔は通常時よりも短くなっている。ここで、図９Ａに示す車両２０３に着目する。密度演算部１０１は、車両位置取得部１００を介して取得した位置情報に基づいて、車両２０３

前方領域に車両２０１及び車両２０２の２車両が存在していることを検知する。同様に、密度演算部１０１は、取得した位置情報に基づいて、車両２０３後方領域に車両２０４の１車両が存在していることを検知する。そして、密度演算部１０１は、車両２０３についての前方密度Ｄｆを「２／３」と、後方密度Ｄｒを「１／３」と算出する。

[0085] 次に、出発判断部１０２は、密度演算部１０１によって算出された前方密度Ｄｆと後方密度Ｄｒから、前後密度差ΔＤ（＝Ｄｆ－Ｄｒ）を「ΔＤ＝＋１／３」と算出する。よって、出発判断部１０２は、前後密度差ΔＤ（＝＋１／３）が密度差閾値α（＝０）以下となる条件（ΔＤ≦α）を満たしていないので、車両２０３に対する出発指示の送信を保留する。図９Ａに示す例では、駅Ｈ５に停車中の他の車両２０１～２０ｎは存在していないが、車両２０３は、駅Ｈ５に進行することなくあえて停車駅Ｈ４で待機する。

[0086] 次に、車両交通システム１が図９Ａに示す状態から、図９Ｂに示す状態に推移したとする。ここで図９Ｂは、車両２０３の走行方向前方を車両２０１が駅Ｈ７を出発した直後の状態を示している。そうすると、車両２０３前方領域における車両数は車両２０２の１車両のみとなる。したがって密度演算部１０１は、車両２０３の前方密度Ｄｆを「１／３」と算出する。続いて出発判断部１０２は、前後密度差ΔＤ（＝Ｄｆ－Ｄｒ）を「ΔＤ＝０」と算出する。よって出発判断部１０２は、前後密度差ΔＤ（＝０）が密度差閾値α（＝０）以下となる条件（ΔＤ≦α）を満たすため、直ちに車両２０３に対する出発指示を送信する（この時点で最低停車時間Ｔｍｉｎは経過しているものとする）。車両２０３は、出発判断部１０２からの出発指示を受信して停車駅Ｈ４を出発する。

[0087] 本実施形態による車両交通システム１によれば、車両トラブル等により車両２０１～２０ｎの運行が不均一となった場合（図９Ａ）に、運行管理装置１０が上述のような運行管理を行うことで、車両間隔を迅速に均一化することが可能となる。例えば、従来用いられていた運行管理装置の場合、車両２０３は、図９Ａのように前方の車両間隔が密となっていた場合であっても、定

められたダイヤに従って駅Ｈ４から駅Ｈ５に向けて出発する。その結果、車両２０１～２０３がより過密な状態（過密状態）となってしまい、輸送サービス提供の不均一性を助長させてしまう。また、一旦そのような過密状態に陥ってしまうと、通常の車両間隔に復帰するまでに時間を要してしまう。

[0088] これに対し、本実施形態による車両交通システム１によれば、図９Ａ、図９Ｂに示す例において、密度演算部１０１が、車両２０３前方領域の範囲内にある他の車両２０１、２０２の疎密の状態を検知する。そしてその領域において“密”となっている場合には、出発判断部１０２は、次の駅が空いていたとしても直ちに車両２０３の出発を保留し、より過密な状態（過密状態）に陥ってしまうのを未然に回避することができる。また車両２０３の前方で遅延が生じている場合、従来の運行管理装置によれば、車両２０３は、前方直近の車両２０２との車両間隔に基づいて発車時刻の調整がなされるが、本実施形態による車両交通システム１は、図９Ｂの通り、車両２０１が駅Ｈ７を出発したことが直接のきっかけとなって車両２０３の出発が決定されている。つまり、車両２０３前方領域において車両が“密”な状態を脱したと判断すると、出発判断部１０２は、直近を走行する車両２０２との車両間隔に関わらず、直ちに車両２０３に出発指示を送信する。この処理には、仮に車両２０３と車両２０２との車両間隔が小さかったとしても、その場合は車両２０２と車両２０１との車両間隔にはむしろ余裕があり、車両２０２は滞りなく進むはず、という予測を暗に含んでいる。

[0089] すなわち本実施形態による車両交通システム１は、対象車両２０ｉ前方領域において“密”な状態となっていることを検知した場合、直ちに出発を遅延させることで、より過密な状態（過密状態）に陥ってしまうのを未然に回避する。また、車両２０ｉ前方領域において“密”な状態を脱したと判断すれば、対象車両２０ｉの走行方向前方の直近を走行する車両２０１～２０ｎとの車両間隔が広がることを待たずして対象車両２０ｉを発車させる。このように、本実施形態による車両交通システム１は、対象車両２０ｉについて車両２０ｉ前方領域における車両の疎密に基づいて、各車両２０１～２０ｎが

過密状態に陥る前の段階から対象車両２０ｉの出発／停止を判断することで、輸送サービスの提供が不均一となった場合に、これを解消するまでの時間を早めることができる。

[0090] 次に、図１０Ａ、図１０Ｂを参照しながら、後方密度Ｄｒを考慮して運行管理を行う効果について説明する。

図１０Ａには、車両交通システム１において、車両２０３前方領域に車両２０１、２０２の２車両が、車両２０３後方領域に車両２０４、２０５の２車両が走行している状態を示している。ここで、車両２０３についての前方密度Ｄｆ及び後方密度Ｄｒはそれぞれ「Ｄｆ＝２／３」、「Ｄｒ＝２／３」であり、車両２０３は、発車条件ΔＤ≦α（＝０）を満たしている。したがって出発判断部１０２は、最低停車時間Ｔｍｉｎを経過した後、車両２０３に対して出発指示を送信する。

[0091] ここで、車両２０３の後方に位置する車両２０５（駅Ｈ１に停車中）において発車時刻の遅延が生じたとする。すると車両２０５以外の車両が走行した結果、各車両２０１～２０５は、図１０Ｂに示すような状態となる。図１０Ｂに示すように、遅延の結果、車両２０５は車両２０３後方領域から外れ、車両２０４のみが含まれるため、車両２０３についての後方密度Ｄｒが「Ｄｒ＝１／３」となる。そうすると、前方密度Ｄｆ及び後方密度Ｄｒはそれぞれ「Ｄｆ＝２／３」、「Ｄｒ＝１／３」となり、車両２０３は、発車条件ΔＤ≦α（＝０）を満たさなくなる。したがって出発判断部１０２は、停車駅Ｈ５において車両２０３に対しての出発指示の送信を保留する。

[0092] このように、図１０Ａ、図１０Ｂに示す例において車両２０３は、車両２０３後方領域の範囲内にある他の車両２０４、２０５の疎密の状態を検知して、その領域において“疎”となっている場合には直ちに出発を保留し、より過疎な状態（過疎状態）に陥ってしまうのを未然に回避することができる。また車両２０３の後方で遅延が生じている場合、従来の運行管理装置によれば、車両２０３は、後方直近の車両２０４との車両間隔に基づいて発車時刻の調整がなされるが、本実施形態による車両交通システム１によれば、図１

０Ｂの状態の後、車両２０５が駅Ｈ２に到着すれば、車両２０４との車両間隔に関わらず車両２０３の出発が決定される。

[0093] このように、本実施形態による車両交通システム１は、対象車両２０ｉについて車両２０ｉ後方領域における車両の疎密に基づいて、各車両２０１～２０ｎが過疎状態に陥る前の段階から対象車両２０ｉの出発／停止を判断することで、輸送サービスの提供が不均一となった場合に、これを解消するまでの時間を早めることができる。

[0094] なお図１０Ｂに示す例において、車両２０３が停止した結果、車両２０５が車両２０３後方領域に属するよりも先に、先行する車両２０１が車両２０３前方領域を脱した場合について説明する。この場合、車両２０３についての前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒは、それぞれ「Ｄｆ＝１／３」（車両２０２の１台のみ）、「Ｄｒ＝１／３」（車両２０４の１台のみ）となる。したがって、この場合でも前後密度差ΔＤが密度差閾値α以下となる条件（ΔＤ≦α）を満たすため、出発判断部１０２は直ちに車両２０３に対する出発指示を送信する（この時点で最低停車時間Ｔｍｉｎは経過しているものとする）。

[0095] ここで、図１０Ｂにおいて車両２０３後方領域が過疎な状態（過疎状態）となるのを防止するために出発判断部１０２が車両２０３の出発を保留した結果、今度は、車両２０３前方領域が過疎な状態に陥ってしまうことが懸念される。よって出発判断部１０２は、上述の通り、車両２０５が車両２０３後方領域に属するよりも先に、先行する車両２０１が車両２０３前方領域を脱した場合であっても車両２０３に出発指示を送信し、前方密度Ｄｆと後方密度Ｄｒが極力均等となるように制御する。このように、出発判断部１０２が前方密度Ｄｆと後方密度Ｄｒの両方の情報に基づいて出発指示の送信タイミングを判断することで、輸送サービスの提供が不均一となるのをより効果的に抑制することができる。

[0096] 以上、本発明の第三の実施形態による車両交通システム１によれば、車両による輸送サービスの提供が不均一となった場合に、過密状態、過疎状態に陥る前段階から各車両２０１～２０ｎの出発時刻の調整を行うので、これをよ

り迅速に解消する効果が得られる。

また、この車両交通システム１によれば、各車両が、過密状態、過疎状態に陥らないように出発時刻を調整するので、例えば一部の車両が故障などにより運行が困難となった場合にも、他の車両は、その故障車両の停止に合わせて、互いに過密状態、過疎状態とならない車両間隔を維持しながら待機することができる。

[0097] なお、上述の説明で用いた事例（図９Ａ、図９Ｂ、図１０Ａ、図１０Ｂ）は説明の便宜のために簡略化されたものであって、本実施形態による車両交通システム１の適用がこれらの事例に限定されるものではない。例えば上述の説明において、密度演算部１０１は、対象車両２０ｉの前方３駅、後方３駅（ｋｆ＝ｋｒ＝３）の範囲内で前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒを算出したが、駅の数が数十に及ぶ路線の場合、より広い範囲、例えば前方１０駅、後方１０駅（ｋｆ＝ｋｒ＝１０）等と設定される場合があってもよい。またｋｆとｋｒの値が異なる場合があってもよい。

[0098] また本実施形態による密度演算部１０１は、対象車両２０ｉが存在する位置の走行方向前方ｋｆ駅分、または後方ｋｒ駅分の範囲内に存在する車両数で前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒを算出したが、本発明の他の実施形態による密度演算部１０１はこの態様に限定されない。他の実施形態による密度演算部１０１は、例えば、軌道３における所定の路線距離（例えば対象車両２０ｉの前方１０ｋｍ及び後方１０ｋｍ）内に存在する車両数で前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒを算出してもよい。

同様に、密度演算部１０１は、軌道３において一定間隔で区切られた所定の路線区間（例えば対象車両２０ｉの前方１０区間及び後方１０区間）内に存在する車両数で前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒを算出してもよい。このようにすれば、軌道３に設置される駅ごとの間隔が著しく不均一であった場合であっても、実際の路線距離または路線区間における車両の密度に基づいて、適切に発車時刻の調整を行うことができる。

また、密度演算部１０１は、例えば、対象車両２０ｉの走行方向前方（後方

）直近から数えて３車両目の車両との車間距離Ｌを算出し、この車間距離Ｌに基づいて対象車両２０ｉについての前方密度Ｄｆ（後方密度Ｄｒ）を算出してもよい。この場合、密度演算部１０１は、例えば前方密度Ｄｆ（後方密度Ｄｒ）を「Ｄｆ（Ｄｒ）＝３／Ｌ」と算出してもよい。

さらに、密度演算部１０１は、対象車両２０ｉの走行方向前方（後方）直近から数えて１車両目の車両との車間距離Ｌ１、２車両目の車両との車間距離Ｌ２、及び、３車両目の車両との車間距離Ｌ３を求め、前方密度Ｄｆ（後方密度Ｄｒ）をＤｆ（Ｄｒ）＝１／Ｌ１＋１／Ｌ２＋１／Ｌ３と算出してもよい。このようにすることで、対象車両２０ｉの前方及び後方に位置する車両１台ごとの距離まで考慮した密度比較を行うことができ、より詳細に出発のタイミングを制御することができる。

[0099] さらに、本発明の他の実施形態による車両交通システム１の出発判断部１０２の処理は、前方密度Ｄｆ及び後方密度Ｄｒ両方に基づいて出発時刻を調整する態様に限定されない。すなわち、第三の実施形態による出発判断部１０２は、前後密度差ΔＤ（＝Ｄｆ－Ｄｒ）に基づいて、対象車両２０ｉの停車駅における出発時刻を調整したが、当該他の実施形態による出発判断部１０２は、例えば、前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒの何れか一方のみに基づいて対象車両２０ｉの出発時刻を調整してもよい。

[0100] 例えば出発判断部１０２は、前方密度Ｄｆと、所定の前方密度閾値Ｄｆｔｈ（Ｄｆｔｈは０以上の値）との大小関係に基づいて、対象車両２０ｉの停車駅における出発時刻を調整してもよい。より具体的には、出発判断部１０２は、前方密度Ｄｆが所定の前方密度閾値Ｄｆｔｈよりも高い場合（Ｄｆ＞Ｄｆｔｈ）には、前方密度Ｄｆが前方密度閾値Ｄｆｔｈ以下となるまで出発指示の送信を保留し、対象車両２０ｉの停車駅における出発時刻を遅らせてもよい。逆に、出発判断部１０２は、前方密度Ｄｆが所定の前方密度閾値Ｄｆｔｈよりも低い場合（Ｄｆ＜Ｄｆｔｈ）には、前方密度Ｄｆが前方密度閾値Ｄｆｔｈ以上となるまで出発指示の送信時刻を早めて、対象車両２０ｉの停車駅における出発時刻を早めてもよい。

[0101] 同様に出発判断部１０２は、後方密度Ｄｒと、所定の後方密度閾値Ｄｒｔｈ（Ｄｒｔｈは０以上の値）との大小関係に基づいて、対象車両２０ｉの停車駅における出発時刻を調整してもよい。より具体的には、出発判断部１０２は、後方密度Ｄｒが所定の後方密度閾値Ｄｒｔｈよりも低い場合（Ｄｒ＜Ｄｒｔｈ）には、後方密度Ｄｒが後方密度閾値Ｄｒｔｈ以上となるまで出発指示の送信を保留し、対象車両２０ｉの停車駅における出発時刻を遅らせてもよい。逆に、出発判断部１０２は、後方密度Ｄｒが所定の後方密度閾値Ｄｒｔｈよりも高い場合（Ｄｒ＞Ｄｒｔｈ）には、後方密度Ｄｒが後方密度閾値Ｄｒｔｈ以下となるまで出発指示の送信時刻を早めて、対象車両２０ｉの停車駅における出発時刻を早めてもよい。

[0102] このように、前方密度Ｄｆまたは後方密度Ｄｒいずれか一方のみに基づきながら各車両２０１～２０ｎの運行管理を行う場合であっても、輸送サービスの提供が不均一となった場合に、これを解消するまでの時間を早める効果は得られる。また、各車両２０１～２０ｎの運行管理にあたり参照すべき情報が前方密度Ｄｆまたは後方密度Ｄｒいずれか一方のみでよいから、車両位置取得部１００、密度演算部１０１及び出発判断部１０２それぞれにおける処理の負荷を軽減することができる。

[0103] また本実施形態による運行管理装置１０は、対象車両２０ｉの停車駅における発車時刻を調整することで、各車両２０１～２０ｎの車両間隔を均一化する作用を得たが、本実施形態による運行管理装置１０は、各車両２０１～２０ｎの車両間隔を均一化するにあたり、この処理に限定されることはない。例えば運行管理装置１０は、各車両２０１～２０ｎの車両間隔を均一化するにあたって、停車駅の発車時刻を調整する代わりに、対象車両２０ｉの走行速度を低速化させ、または、駅間において停車させてもよい。

[0104] ＜第四の実施形態＞

次に、本発明の第四の実施形態による車両交通システムについて説明する。第四の実施形態による車両交通システム１の機能構成は、第三の実施形態による車両交通システム１（図６）と同一であるため、その説明を省略する。

[0105] 第四の実施形態による車両交通システム１が、第三の実施形態と異なる点は、運行管理装置１０が実行する処理フローである。ここで、第三の実施形態による運行管理装置１０は、上述した通り、前方密度Ｄｆと後方密度Ｄｒの両方の情報に基づいて、前後密度差ΔＤが所定の密度差閾値α以下（ΔＤ≦α）となるのを待ってから、対象車両２０ｉに発車指示を送信する、という処理フローを実行する。これに対し、第四の実施形態による出発判断部１０２は、前方密度Ｄｆと後方密度Ｄｒから算出される前後密度差ΔＤの値から、対象車両２０ｉがその停車駅で待機すべき時間（待機時間Ｔｗ）を算出し、待機時間Ｔｗが経過したことをもって出発指示を送信する。

[0106] 出発判断部１０２は、例えば前後密度差ΔＤに基づいて、式（１）のように待機時間Ｔｗを算出する。

[0107] [数1]

$$\begin{aligned} Tw &= q \cdot \Delta D \qquad (\Delta D \geq 0) \\ Tw &= 0 \qquad\quad (\Delta D < 0) \end{aligned} \qquad \cdots (1)$$

[0108] ここで値ｑは０以上の値をとる所定の係数である。式（１）によれば、対象車両２０ｉについての前後密度差ΔＤが大きいほど、すなわち後方に比べて前方の方が“密”となっているほど、対象車両２０ｉの待機時間Ｔｗが大きくなる。このようにすれば、対象車両２０ｉの前後において他の車両２０１～２０ｎの疎密が小さい場合は待機時間Ｔｗが小さく設定され、他の車両２０１～２０ｎの疎密が大きい場合はこれに応じて待機時間Ｔｗが大きく設定され、車両２０１～２０ｎの運行の不均一性を解消する効果が得られる。なお前後密度差ΔＤが０未満の場合（すなわち前方に比べて後方の方が“密”となっている場合）は待機を行わない（Ｔｗ＝０）。また係数ｑは、経験則や運行シミュレーションの結果等から求められる最適な定数を選択してもよい。

[0109] また係数ｑは、例えば、対象車両２０ｉの「前方車間距離Ｌｆ」及び「後方車間距離Ｌｒ」に基づく変数であってもよい。ここで「前方車間距離Ｌｆ」

とは、対象車両２０ｉと、その走行方向前方の直近を走行する他の車両２０１～２０ｎとの車間距離である。また「後方車間距離Ｌｒ」とは、対象車両２０ｉと、その走行方向後方の直近を走行する他の車両２０１～２０ｎとの車間距離である。この場合、出発判断部１０２は、この前方車間距離Ｌｆと後方車間距離Ｌｒに基づいて、式（２）のように係数ｑを算出してもよい。

[0110] [数2]

$$\begin{aligned} q &= q' \cdot (Lf - Lr) && (Lf - Lr \geq 0) \\ q &= 0 && (Lf - Lr < 0) \end{aligned} \qquad \cdots (2)$$

[0111] ここで値ｑ’は０以上の値をとる所定の係数である。式（２）によれば、前方車間距離Ｌｆが後方車間距離Ｌｒに比べて大きいほど係数ｑの値が大きくなり、待機時間Ｔｗが増加する傾向となる。逆に、前方車間距離Ｌｆが後方車間距離Ｌｒに比べて小さい場合は係数ｑの値は小さくなり、待機時間Ｔｗが減少する傾向となる。さらに前方車間距離Ｌｆよりも後方車間距離Ｌｒの方が大きい場合には係数ｑは０とし、この場合は待機を行わない（Ｔｗ＝０）。出発判断部１０２が、このようなアルゴリズムに従って、対象車両２０ｉの待機時間Ｔｗを決定する処理の効果については後述する。

[0112] （第四の実施形態による運行管理装置の処理フロー）

図１１は、本発明の第四の実施形態による運行管理装置の処理フローを示すフローチャート図である。

本実施形態による運行管理装置１０は、以下に説明する処理フロー（図１１）を実行する。なお図１１の処理フローは、所定の駅に停車した対象車両２０ｉについて、出発指示を送信するまでの処理フローを示している。

[0113] まず運行管理装置１０の車両位置取得部１００が、軌道３上を走行する各車両２０１～２０ｎの位置情報を取得する（ステップＳ２１）。

次に、密度演算部１０１がステップＳ２１で取得された各車両２０１～２０ｎの位置情報に基づいて、対象車両２０ｉについての前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒを算出する。また、密度演算部１０１は、対象車両２０ｉの前方車間

距離Ｌｆ及び後方車間距離Ｌｒを取得する（ステップＳ２２）。そして出発判断部１０２が、ステップＳ２２で算出された前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒに基づいて前後密度差ΔＤを算出し、前方車間距離Ｌｆ及び後方車間距離Ｌｒに基づいて係数ｑ（式（２））を算出する。そして出発判断部１０２は、待機時間Ｔｗを式（１）に基づいて算出する（ステップＳ２３）。ここで出発判断部１０２は、算出された待機時間Ｔｗが、乗客が乗車または降車する時間の確保のために定められた最低停車時間Ｔｍｉｎを下回る場合は、出発判断部１０２は、最低停車時間Ｔｍｉｎを待機時間Ｔｗと設定する。

[0114] 次に、出発判断部１０２は、まず対象車両２０ｉが停車駅に到着してから待機時間Ｔｗが経過しているか否かを判定する（ステップＳ２４）。ここで、待機時間Ｔｗが経過していない場合（ステップＳ２４にて“ＮＯ”）、待機時間Ｔｗが経過するまで次のステップに移行しない。そして、待機時間Ｔｗが経過した場合（ステップＳ２４にて“ＹＥＳ”）、出発判断部１０２は、対象車両２０ｉに対し出発指示を送信する（ステップＳ２５）。

[0115] 運行管理装置１０は、上述の処理フローを実行することで、前後密度差ΔＤ及び前方車間距離Ｌｆ、後方車間距離Ｌｒに基づいて所定の計算式により求めた待機時間Ｔｗが経過した時点で対象車両２０ｉに出発指示を送信する、という処理を実現する。

[0116] 以上のような処理フロー（図１１）によれば、運行管理装置１０は、車両２０１～２０ｎの位置情報の取得（ステップＳ２１）、各種パラメータ（Ｄｆ、Ｄｒ、Ｌｆ、Ｌｒ）の算出（ステップＳ２２）を行った後は、これらに応じて算出された待機時間Ｔｗだけ待機する。よって、本実施形態による運行管理装置１０は、対象車両２０ｉの出発時刻の調整の処理にあたり、車両位置取得部１００による車両２０１～２０ｎの位置情報の取得、密度演算部１０１による各種パラメータ（Ｄｆ、Ｄｒ、Ｌｆ、Ｌｒ）の算出の処理を１回行うのみでよい。したがって、第三の実施形態による運行管理装置１０のように位置情報の取得及び各種パラメータ（Ｄｆ、Ｄｒ）の算出を繰り返し行う（図８）ことはしないため、第三の実施形態よりも運行管理装置１０の処

理負荷を軽減することができる。

[0117] （第四の実施形態による運行管理装置の効果）

図１２は、本発明の第四の実施形態による車両交通システムの効果を説明する図である。ここで図１２に示す各車両２０１～２０４は、第一の軌道３ａを紙面左側から右側に向かって走行する車両である。また図１２を用いて説明する例についても、図７、図９Ａ、図９Ｂ、図１０Ａ、図１０Ｂに示した例と同様に、対象車両２０ｉとして車両２０３の運行に着目し、ｋｆ＝ｋｒ＝３と設定されているものとする。

[0118] 図１２を参照しながら、前方車間距離Ｌｆ及び後方車間距離Ｌｒを考慮して運行管理を行う効果について説明する。

図１２に示すように、駅Ｈ４に停車中の車両２０３について、車両２０３前方領域には車両２０１と車両２０２の２車両が存在している。なお、これらの車両間隔は通常時よりも短くなっている。また図１２に示すように、車両２０２は車両２０３との車両間隔が広がっており、車両２０３とその走行方向前方の直近の車両２０２との距離である前方車間距離Ｌｆは比較的大きい状態となっている。一方、車両２０３後方領域には車両２０４の１車両のみが存在している。また図１２に示すように、車両２０４は車両２０３との車両間隔が狭くなっており、車両２０３とその走行方向後方の直近の車両２０４との距離である後方車間距離Ｌｒは、前方車間距離Ｌｆよりも小さい状態（Ｌｆ－Ｌｒ＜０）となっている。

[0119] ここで出発判断部１０２が、単に車両２０３の前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒのみに基づいて待機時間Ｔｗを算出する場合、図１２に示す状態においては前後密度差ΔＤがプラスの値となるため、車両２０３を駅Ｈ４にて所定の待機時間Ｔｗだけ待機させようとする（式（１））。しかし図１２の場合、実際には、車両２０３の前方車間距離Ｌｆは後方車間距離Ｌｒよりも大きく、車両２０３はむしろ後続の車両２０４との車両間隔が小さい状態となっている。このような状態で、車両２０３に対し待機時間Ｔｗを発生させてしまうと、車両２０３の後方でより過密な状態（過密状態）を助長させてしまう場

合がある。したがってこのような場合は、前方密度Ｄｆが高い場合であっても待機時間Ｔｗを０にして、車両２０３を早急に出発させる方が望ましい。つまり、本実施形態による運行管理装置１０は、前方密度Ｄｆが高いにも関わらず、その走行方向前方における直近の車両との車両間隔が広がっているというケースにも適切な運行を選択することができる。

[0120] このように、待機時間Ｔｗを算出するのに、前方密度Ｄｆ及び後方密度Ｄｒのみならず、さらに後方車間距離Ｌｒ、前方車間距離Ｌｆに応じた重みづけが待機時間Ｔｗになされることで、輸送サービスの提供が不均一となった場合に、より的確に待機時間を判断し、迅速に均一化することができる。

[0121] ＜第五の実施形態＞

次に、本発明の第五の実施形態による車両交通システムについて説明する。図１３は、本発明の第五の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。なお、第五の実施形態による車両交通システム１の機能構成のうち、第三の実施形態による車両交通システム１（図６）と同一の機能構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。

[0122] 図１３に示すように、本実施形態による車両交通システム１の運行管理装置１０は、第三の実施形態による車両交通システム１の各機能構成に加え、さらに経路判断部１０３を備える構成となっている。ここで経路判断部１０３は、各車両２０１～２０ｎに対し、軌道３上における走行経路を指定する機能部である。経路判断部１０３は運行状況に応じて、各車両２０１～２０ｎに所定の経路情報を送信する。車両２０１～２０ｎは、当該経路情報を受信するとその経路情報に指定された経路を選択して走行する。また経路判断部１０３は、密度演算部１０１にも同じ経路情報を出力する。例えば、所定の対象車両２０ｉに送信された経路情報を入力した密度演算部１０１は、当該経路情報で指定された走行経路に基づいて、車両２０ｉ前方領域及び車両２０ｉ後方領域を設定する。そして密度演算部１０１は、ここで設定された車両２０ｉ前方領域に基づいて前方密度Ｄｆを、車両２０ｉ後方領域に基づいて後方領域Ｄｒを算出する。このようにすることで、対象車両２０ｉの走行

経路が経路判断部１０３によって変更されたとき、密度演算部１０１はその都度新たに設定された走行経路に基づいて対象車両２０ｉについての前方密度Ｄｆ及び後方密度Ｄｒを算出することができる。

[0123] また本実施形態による車両位置取得部１００は、複数の車両２０１～２０ｎの走行方向を取得する機能を有する。具体的には、車両位置取得部１００は、まず各車両２０１～２０ｎから受信する位置情報が示す車両２０１～２０ｎの位置の推移を検知する。さらに車両位置取得部１００は、経路判断部１０３から各車両２０１～２０ｎの経路情報を参照し、その経路における車両２０１～２０ｎの位置の推移から、各車両２０１～２０ｎの走行方向を「上り」または「下り」などと判断する。なお、車両位置取得部１００が各車両２０１～２０ｎの走行方向を取得する手段は、上述の手段に限定されることはなく、車両２０１～２０ｎの走行方向の情報を得る効果があればいかなる手段であってもよい。

[0124] 図１４Ａ、図１４Ｂは、本発明の第五の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第一、第二の図である。なお図１４Ａ、図１４Ｂに示す車両２０１～２０４は、第一の軌道３ａを紙面左側から右側に向かって走行する車両である。一方、車両２０５は、第一の軌道３ａと異なる軌道である第二の軌道３ｂを紙面右側から左側に向かって走行する車両である。また図１４Ａ、図１４Ｂを用いて説明する例についても、図７等に示した例と同様に、対象車両２０ｉとして車両２０３の運行に着目し、さらにｋｆ＝ｋｒ＝３、α＝０と設定されているものとする。また、第五の実施形態による運行管理装置１０の処理フローは第三の実施形態における処理フロー（図８）と同一であるとする。

[0125] 図１４Ａ、図１４Ｂを参照しながら、経路の変更を考慮して運行管理を行う効果について説明する。

図１４Ａに示すように、駅Ｈ４に停車中の車両２０３の走行方向前方には、第一の軌道３ａ上において駅Ｈ７に停車中の車両２０１と駅Ｈ５に停車中の車両２０２の２車両が存在している。また、車両２０３の走行方向後方（車

両２０３後方領域）には車両２０４の１車両のみが存在している。さらに、車両２０３の走行方向前方の駅Ｈ５には、第二の軌道３ｂ上を車両２０３とは逆方向に走行する車両２０５が停車している。

[0126] 図１４Ａに示すように、車両２０３の走行方向前方における直近の車両２０２が車両故障により駅Ｈ５で運行不能になったとする。そうすると車両２０３は、最初に設定されていた第一の軌道３ａ上を進む経路を通過することができなくなる。ここで経路判断部１０３は、車両２０３の運行を継続すべく、車両２０３に対して新たな経路（経路Ａ）を示す経路情報を送信する。ここで経路判断部１０３は例えば、図１４Ａに示すように、駅Ｈ４と駅Ｈ５の間の岐路３ｃを通過して第二の軌道３ｂに進入し、駅Ｈ５と駅Ｈ６の間の岐路３ｃを通過して第一の軌道３ａに戻る経路（経路Ａ）ように設定される。つまり経路判断部１０３は、車両２０３に対し、故障のため運行できない車両２０２を迂回する経路（経路Ａ）を示す経路情報を送信する。

[0127] 次に経路判断部１０３は、密度演算部１０１に対しても同一の経路（経路Ａ）を示す経路情報を出力する。密度演算部１０１はこの経路情報を入力すると、車両２０３の経路が変更されたことを検知する。そして密度演算部１０１は、車両２０３対し新たに設定された経路についての車両２０３前方領域を再設定する。ここで車両２０３前方領域は、新たに設定された経路Ａに応じて再設定される。すなわち車両２０３前方領域は、図１４Ａに示すように、駅Ｈ４と駅Ｈ５の間の岐路３ｃを通過して第二の軌道３ｂに進入し、駅Ｈ５と駅Ｈ６の間の岐路３ｃを通過して第一の軌道３ａに戻る経路に沿った走行方向前方３駅分の範囲となる。

[0128] 密度演算部１０１は、車両２０３前方領域を再設定すると直ちに新たに設定された車両２０３前方領域に基づく前方密度Ｄｆを算出する。ここで再設定された車両２０３前方領域には、図１４Ａに示すように、駅Ｈ７に停車中の車両２０１と、第二の軌道３ｂ上を走行する車両２０５が含まれる。よって密度演算部１０１は、前方密度Ｄｆを「２／３」と算出する。この場合、後方密度Ｄｒが「１／３」なので車両２０３は駅Ｈ４で待機する。

[0129] 次に図１４Ｂに示すように、車両２０５が駅Ｈ５を出発し、経路Ｂに沿って駅Ｈ４に向けて走行したとする。そうすると車両２０５は、車両２０３前方領域から外れ、車両２０３前方領域には車両２０１のみが属する。その結果、前方密度Ｄｆが１／３となり、車両２０３は経路Ａに沿って運行を再開する。

[0130] このように、本実施形態による経路判断部１０３が、密度演算部１０１に対し、変更された経路を示す経路情報を逐次出力することで、密度演算部１０１が、新たに選択された経路についての前方密度Ｄｆを算出することができる。したがって各車両２０１～２０ｎは、経路の変更が指示された場合であっても、新たに算出される前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒに基づいて車両間隔が均一となるように出発時刻が調整される。

[0131] なお、本実施形態による車両交通システム１はさらに次の機能を有していてもよい。

具体的には、車両位置取得部１００が、複数の車両２０１～２０ｎ位置情報を取得するとともに各々の車両２０１～２０ｎの走行方向を示す走行方向情報を取得する。そして密度演算部１０１が、当該走行方向情報を入力するとともに、対象車両２０ｉが走行する軌道３上の走行方向前方において、対象車両２０ｉの走行方向と逆方向に走行する車両が存在するか否かを判定する。そして運行管理装置１０が、対象車両２０ｉの走行方向と逆方向に走行する車両が存在すると判定した場合には、対象車両２０ｉについての前方密度Ｄｆを高める所定の補正処理を行う。ここで図１４Ａ、図１４Ｂの例で説明すると、対象車両２０ｉは車両２０３であり、「対象車両２０ｉの走行方向と逆方向に走行する車両」とは車両２０５である。

[0132] ここで、図１４Ａ、図１４Ｂに示す例では、車両２０３が駅Ｈ４にて停車中に、車両２０５が経路Ｂに沿って走行して車両２０３前方領域から外れた結果、車両２０３の前方密度Ｄｆが下がり、車両２０３が駅Ｈ４を出発することができる、と説明した。しかし図１４Ａに示す例では、上記説明の他、車両２０５が駅Ｈ５を出発するよりも先に車両２０１が駅Ｈ７を出発した場合

であっても、車両２０３の前方密度Ｄｆが下がり、車両２０３が駅Ｈ４を出発することができてしまう。この場合、車両２０３の走行方向前方には逆方向に走行する車両２０５が存在しているため、このまま車両２０３が運行を開始するのは危険であり、本来は回避されるべきである。

[0133] したがって、本実施形態による密度演算部１０１は、車両２０３の走行方向と逆方向に走行する車両２０５が存在すると判定した場合には、前方密度Ｄｆを高める補正を行う。すなわち、密度演算部１０１は、車両２０５についての車両数のカウントを１車両より大きくなるような補正処理を行う。図１４Ａ、図１４Ｂの例で説明すると、例えば、密度演算部１０１は、車両２０３の逆方向に走行する車両２０５については、１車両ではなく４車両分の車両が存在するものとみなす補正処理を行って前方密度Ｄｆの算出を行う。このようにすれば、前方密度Ｄｆは車両２０５の１車両が存在する限り最低でもＤｆ＝４／３と算出される。つまり車両２０５が存在する限りにおいては、車両２０３は、後方密度Ｄｒが４／３以上とならない限り駅Ｈ４を出発することはない。なお上述の補正処理（例えば１車両を４車両と見なす処理）においては、その補正後に算出される前方密度Ｄｆ（例えばＤｆ＝４／３）を、車両交通システム１の運行管理上、後方密度Ｄｒがそれ以上とならない値となるように設定する。このようにすれば、図１４Ａに示す状態において、車両２０５よりも先に車両２０１が駅Ｈ７をその先の駅（図示しない駅Ｈ８）に向かって出発した場合であっても、事実上、車両２０５が駅Ｈ５を経路Ｂに沿って出発するまでは、車両２０３は駅Ｈ４に待機する。

[0134] このようにすれば、本実施形態による車両交通システム１は、不意の車両故障等による運行状況の変化に応じて動的な経路の変更を可能にするとともに、より安全な輸送サービスを提供することができる。

[0135] 図１５Ａ、図１５Ｂは、本発明の第五の実施形態による車両交通システムの効果を説明する第三、第四の図である。なお図１５Ａ、図１５Ｂに示す車両２０１、２０３～２０４は、第一の軌道３ａを紙面左側から右側に向かって走行する車両である。一方、車両２０５、２０６は、第一の軌道３ａと異な

る軌道である第二の軌道３ｂを紙面右側から左側に向かって走行する車両である。また図１５Ａ、図１５Ｂを用いて説明する例についても、図７等に示した例と同様に、対象車両２０ｉとして車両２０３の運行に着目し、さらにｋｆ＝ｋｒ＝３、α＝０と設定されているものとする。また、第五の実施形態による運行管理装置１０の処理フローは第三の実施形態における処理フロー（図８）と同一であるとする。

[0136] 第五の実施形態による車両交通システム１によれば、さらに次のような状況にも対応することができる。

図１５Ａに示す例では、駅Ｈ４に停車中の車両２０３について、車両２０３前方領域には、第一の軌道３ａ上において駅Ｈ７に停車中の車両２０１と駅Ｈ５に停車中の車両２０２の２車両が存在している。また、車両２０３後方領域には車両２０４の１車両のみが存在している。さらに、駅Ｈ４、駅Ｈ６には、それぞれ車両２０３とは逆方向に第二の軌道３ｂ上を走行する車両２０６、車両２０５が停車している。

[0137] 図１５Ａにおいて、車両２０２は、第一の軌道３ａを車両２０３と同じ方向に走行する車両であったが、ここで経路判断部１０３により、車両２０２に対し車両基地（Ｄｅｐｏｔ（図１５Ａ、図１５Ｂ））に引き揚げる経路（経路Ｃ）が再設定されたとする。そうすると、車両２０３は、図１５Ａの段階で、車両２０３前方領域には逆方向に走行する車両２０２が存在するため、前方密度Ｄｆの算出の際に、前方密度Ｄｆを高める補正処理（例えば車両２０２、１車両を４車両と見なす処理）がなされ、車両２０３は車両２０２が車両２０３前方領域を外れるまで駅Ｈ４で待機する。なお車両２０４も同様に、車両２０２が車両２０４前方領域（不図示）を外れるまでは駅Ｈ２で待機する。

[0138] 次に、図１５Ｂに示すように、車両２０２が第二の軌道３ｂに沿って駅Ｈ４まで走行する。

そうすると出発判断部１０２は、密度演算部１０１により、車両２０２が車両２０３前方領域から外れて前方密度Ｄｆが低下したことを検知して、車両

２０３に出発指示を送信する。一方、第二の軌道３ｂを走行する車両２０５、２０６はそれぞれ、駅Ｈ５、駅Ｈ３まで走行している。しかし図１５Ｂに示すように、車両２０２が、車両２０５と車両２０６の間に割り込むように第二の軌道３ｂに進入してくる。すると車両２０５は突如として前方密度Ｄｆが増加することになる。その結果、車両２０５は前方密度Ｄｆが低下するまで駅Ｈ５で待機する。

[0139] 急遽Ｄｅｐｏｔに引き返す車両が生じた場合、従来は、全ての車両についてのダイヤを作成し直す必要があったが、本実施形態による車両交通システム１によれば、Ｄｅｐｏｔに引き返す車両とその経路さえ指定すれば、当該車両と他の車両との車両間隔が自動的に調整される。したがって、車両をＤｅｐｏｔに引き返す際の労力を削減する効果が得られる。

[0140] なお上述の第三～第五の実施形態による車両交通システム１は、全て単一の地上設備、すなわち運行管理装置１０が、全ての車両２０１～２０ｎの運行を制御する態様として説明したが、本発明の他の実施形態による車両交通システム１は、このような態様に限定されない。例えば、当該他の実施形態による車両交通システム１は、地上設備として異なる複数の運行管理装置１０を備える態様であってもよい。そして、例えば、軌道３の所定区間ごとに割り当てられた運行管理装置１０の各々が、その所定区間を走行する車両２０１～２０ｎの運行を制御する態様であっても構わない。

[0141] ＜第六の実施形態＞

次に、本発明の第六の実施形態による車両交通システムについて説明する。図１６は、本発明の第六の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。なお、第六の実施形態による車両交通システム１の機能構成のうち、第三の実施形態による車両交通システム１（図６）と同一の機能構成については、同一の符号を付してその説明を省略する。

[0142] 本発明の第六の実施形態による車両交通システム１は、第三～第五の実施形態における地上設備である運行管理装置１０を備えていない。そして、第三～第五の実施形態における運行管理装置１０が備えていた車両位置取得部１

００、密度演算部１０１及び出発判断部１０２を各車両２０１～２０ｎ各々が備えていることを特徴としている（なお図１６には便宜上、車両２０２のみの機能構成を記載しているが、実際には車両２０１～２０ｎの各々が、車両２０２と同一の各機能構成を備えている）。

[0143] ここで本実施形態による車両交通システム１によれば、車両２０１～２０ｎの各々が、他の車両２０１～２０ｎと相互に通信しながら車両間隔を自律的に調整することが可能となる。具体的には、各車両２０１～２０ｎの車両位置取得部１００は、互いにそれぞれ通信を行い合い、各車両２０１～２０ｎについての位置情報を取得する（図８、ステップＳ１１）。次に各車両２０１～２０ｎ各々に備えられた密度演算部１０１は、各車両２０１～２０ｎの位置情報に基づいて、自車両についての前方密度Ｄｆ及び後方密度Ｄｒを算出する（図８、ステップＳ１２）。そして各車両２０１～２０ｎ各々に備えられた出発判断部１０２が、自車両についての前方密度Ｄｆ及び後方密度Ｄｒに基づいて、自車両に対し出発指示または出発の保留の判断を行う（図８、ステップＳ１３、Ｓ１４）。

[0144] 以上、本実施形態の車両交通システム１によれば、各車両２０１～２０ｎ各々が、互いの位置関係を把握して、前方及び後方における車両の密度に基づいて、自律的に他車両との車両間隔を調整しながら運行することが可能となる。したがって、車両２０１～２０ｎの運行全体を集中管理する地上設備（運行管理装置１０）を用いて運用する必要がなく、運行管理処理の分散を図ることができる。このようにして運行管理処理の分散化が成されれば、各運行管理系統（本実施形態の場合、車両２０１～２０ｎ）の何れかに不具合が生じた場合であっても、車両交通システム１の運用に及ぼす影響が最小限に留められるため、車両交通システム１全体の信頼性を向上させることができる。

[0145] なお、本発明の第六の実施形態による車両交通システム１の車両２０１～２０ｎのそれぞれは、さらに、第四の実施形態で説明した機能（前方車間距離Ｌｆ及び後方車間距離Ｌｒに基づく運行制御）や、第五の実施形態で説明し

た機能（経路判断部１０３による動的な経路変更処理）を備えていてもよい。

[0146] また上述の第三～第六の実施形態による車両交通システム１は、さらに地上設備として旅客案内情報システム（ＰＩＳ）を備えていてもよい。従来のＰＩＳは、予め定められたダイヤに基づいて車両の到着予定時刻を駅に設けられたスクリーンに表示するが、本実施形態による車両交通システム１の場合、ダイヤを利用しない運行を行うことがあるので、ダイヤ情報のみに基づくのでは、どの車両がいつ到着するかを把握することができない。そこで本実施形態によるＰＩＳは、運行管理装置１０（第六の実施形態の場合は、各車両２０１～２０ｎの各々）から対象車両２０ｉの識別情報、位置情報、及び経路情報を受信して、対象車両２０ｉの各駅についての到着予定時刻を算出し、当該算出された到着予定時刻を、各駅に設置されている表示スクリーンへ表示させる処理を行う。ここで対象車両２０ｉの識別情報とは対象車両２０ｉを特定できる固有のＩＤ（ＩＤｅｎｔｉｆｉｃａｔｉｏｎ）番号等であってよい。本実施形態によるＰＩＳは、識別情報から対象車両２０ｉを特定した後は、その位置情報及び経路情報が把握できれば、その対象車両２０ｉの走行速度等から、少なくとも次の停車駅までに要する時間を容易に推定することができる。

[0147] また本実施形態によるＰＩＳは、さらに密度演算部１０１から前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒ、並びに、前方車間距離Ｌｆ、後方車間距離Ｌｒ等の各種パラメータを算出して、これらのパラメータに基づいて対象車両２０ｉの到着予定時刻を推定してもよい。具体的には、本実施形態によるＰＩＳは、式（１）、（２）の計算式を用いて求められる対象車両２０ｉの待機時間Ｔを算出することで、各駅における到着予定時刻を推定する処理を行う。このようにすることで、車両交通システム１の乗客は、各車両２０１～２０ｎがダイヤに基づいて走行していない場合であっても、その駅に到着する車両２０１～２０ｎの到着予定時刻を把握することができる。

また本実施形態によるＰＩＳは、対象車両２０ｉについての前方密度Ｄｆ、

後方密度Ｄｒ等の各種パラメータが運行状況に応じて変化した際には、その都度、密度演算部１０１から各パラメータを受信して、新たな到着予定時刻を算出してもよい。このようにすることで、車両交通システム１は、各車両２０１～２０ｎの運行状況に動的に対応して、より精度の高い到着予定時刻を乗客に提供することができるようになる。

[0148] 図１７は、本発明の第七の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。また図１８は、本発明の第八の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。

図１７に示すように、本発明の第七の実施形態による運行管理装置１０は、上述した第一の実施形態による間隔調整部１０４の機能と、第三の実施形態による密度演算部１０１の機能と、の両方を備えている態様であってもよい。またこの場合、本実施形態による運行管理装置１０の出発判断部１０２は、第一の実施形態による出発判断部１０２の機能と、第三の実施形態による出発判断部１０２の機能と、の両方を備えている態様であってもよい。

さらに運行管理装置１０は、第一の実施形態及び第五の実施形態の両方の機能を有する場合において、第三の実施形態による密度演算部１０１及び出発判断部１０２の機能を有効とする場合は、第一の実施形態による間隔調整部１０４及び出発判断部１０２の機能を無効としてもよい。同様に、第一の実施形態による間隔調整部１０４及び出発判断部１０２の機能を有効とする場合は、第三の実施形態による密度演算部１０１及び出発判断部１０２の機能を無効としてもよい。このようにすることで、運行管理装置１０は、第三の実施形態の機能による車両間隔の均一化機能と、第一の実施形態による車両密度の変更機能と、を適宜選択しながら運行することができる。

[0149] また図１８に示すように、本発明の第八の実施形態による車両２０１～２０ｎは、上述した第二の実施形態による間隔調整部１０４の機能と、第六の実施形態による密度演算部１０１の機能と、の両方を備えている態様であってもよい。またこの場合、本実施形態による車両２０１～２０ｎの出発判断部１０２は、第二の実施形態による出発判断部１０２の機能と、第六の実施形

態による出発判断部１０２の機能と、の両方を備えている態様であってもよい。

さらに車両２０１～２０ｎは、第二の実施形態及び第六の実施形態の両方の機能を有する場合において、第六の実施形態による密度演算部１０１及び出発判断部１０２の機能を有効とする場合は、第二の実施形態による間隔調整部１０４及び出発判断部１０２の機能を無効としてもよい。同様に、第二の実施形態による間隔調整部１０４及び出発判断部１０２の機能を有効とする場合は、第六の実施形態による密度演算部１０１及び出発判断部１０２の機能を無効としてもよい。このようにすることで、各車両２０１～２０ｎは、第六の実施形態の機能による車両間隔の均一化機能と、第二の実施形態による車両密度の変更機能と、を適宜選択しながら運行することができる。

[0150] 図１９は、他の実施形態による車両交通システムの機能構成を示す図である。

以上の各実施形態において説明した運行管理装置１０は、単に、出発判断部１０２の判断に基づいて、車両２０１、２０２、・・・、２０ｎそれぞれに出発指示を送信する機能部であると説明した。そして、各車両２０１～２０ｎは、運行管理装置１０から受信する出発指示に基づいて運行するものとした。

しかし、運行管理装置１０の実際の運用にあたっては、図１９に示すように、運行管理装置１０は、さらに運行進捗計算部１０７、運転モード判断部１０５及びダイヤ情報記憶部１０６を備えていてもよい。

[0151] 運行進捗計算部１０７は、車両位置取得部１００が取得した各車両２０１～２０ｎの位置情報、及び、ダイヤ情報記憶部１０６が記憶する運行ダイヤ情報を比較して、各車両２０１～２０ｎの実際の運行の進捗を示す進捗情報を算出する機能部である。なお、ダイヤ情報記憶部１０６が記憶する運行ダイヤ情報には、事前に各車両・駅毎に定められた出発最早時刻が記録されている。この出発最早時刻とは、運行ダイヤに基づいて定められた、各車両が各駅を出発すべき最も早い時刻である。経路判断部１０３は、運行進捗計算部

１０７が算出した進捗情報を参照することで、現時点における各車両２０１～２０ｎがこの後に進行すべき経路を特定することができる。

[0152] 運転モード判断部１０５は、密度演算部１０１が算出した前後密度差ΔＤ（または、前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒ）に基づいて、各車両２０１～２０ｎの運行モードを設定する機能部である。ここで運転モード判断部１０５が定める運転モードには、「通常運転モード」、「間隔調整モード」及び「過密化運転モード」が存在する。

通常運転モード時においては、運行管理装置１０は、従来どおり、運行ダイヤ情報に基づいた運行制御を行う。この場合、経路判断部１０３は、運行進捗計算部１０７が各車両２０１～２０ｎダイヤ通りに運行できているか否かを判断した後、その結果に応じて、対象車両２０ｉについて予め定められた経路を選択する。そして出発判断部１０２は、出発時刻（出発最早時刻）に合わせて出発指示を送信する。

一方、間隔調整モード時においては、運行管理装置１０は、上記第三～第六の実施形態で説明した、前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒに基づいて、互いの車両間隔を調整する運行制御を行う。

また、過密化運転モード時においては、運行管理装置１０は、上記第一～第二の実施形態にで説明した、混雑情報に基づいて、時刻Ｔ１、目標駅Ｈｍにおいて意図的に過密化状態を形成する運行制御を行う。

[0153] 例えば、運転モード判断部１０５は、前後密度差ΔＤが密度差閾値α以下となっている場合には、通常運転モードで運行制御を行う（すなわち、対象車両２０ｉは、運行ダイヤ通りに各駅を出発する。）一方、運行管理装置１０は、前後密度差ΔＤが密度差閾値αを上回った場合には、車両間隔を調整するための間隔調整モードの運行制御に移行する。

このようにすることで、運行管理装置１０は、運行の遅れが生じていない場合には、予め定められたダイヤ通りの運行サービスを提供することができる。

[0154] なお、出発判断部１０２は、間隔調整モードの運行制御に移行した場合には

、上述したように、前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒに基づいて対象車両２０ｉの出発時刻が調整される。この際、出発判断部１０２は、間隔調整モード時における対象車両２０ｉの出発時刻が、その対象車両２０ｉが当駅を本来出発すべき時刻である出発最早時刻よりも早い時刻とならないように調整してもよい。

このようにすれば、運行管理装置１０は、対象車両２０ｉが当駅を本来出発すべき時刻よりも早い時刻で出発しないようにすることができるので、利用客は、乗車を予定していた車両に乗り遅れるのを防止することができる。

[0155] また、運転モード判断部１０５は、所定の混雑情報を入力したタイミングで直ちに過密化運転モードに切り替えて、過密化状態を形成する運行制御を開始する。

[0156] また、運行管理装置１０の実際の運用にあたっては、図１９に示すように、運行管理装置１０の指示と各車両２０１～２０ｎの運行との間に、保安装置（連動装置）４０及び信号機６による処理が存在してもよい。

ここで、一般的な運行管理装置では、全車両を追跡し、その位置を把握することで、予め定められた運行ダイヤに対する各車両の運行の進捗を把握している。そして当該運行管理装置は、運行ダイヤに対する各車両の運行の進捗に基づき、進路要求を保安装置（連動装置ともいう）に伝達する。ここで保安装置とは、各車両の安全性を確保しながら運行の制御を行う運行制御装置である。そして保安装置は、運行管理装置からの進路要求を受信すると、安全性の面から車両の出発可否を判断する。ここで保安装置が出発を許可すると、保安装置はその進路に対応する信号機を青にし、車両は出発することができる。この信号機が赤のままであれば、車両は停止を維持する。

以下、保安装置４０の進路に対応する信号機において青または赤を表示させる処理を、当該進路への進行を許可する、許可しないと表現する。

[0157] この場合において、出発判断部１０２は、対象車両２０ｉへの出発指示送信前に、軌道３の経路情報に基づいて、経路判断部１０３により特定された対象車両２０ｉが進行すべき経路について、保安装置４０に対して進路要求を

送信し、進行の許可を得る処理を行う。

[0158] ここで図１９に示すように、保安装置４０は、車両防護判断部４００と信号機制御部４０１を備えている。

車両防護判断部４００は、運行管理装置１０から、対象車両２０ｉが進行しようとする進路についての進路要求を受信すると、対象車両２０ｉを、安全性の面から、その進路に進行させてもよいか否かを判定する。車両防護判断部４００は既知の技術であるので、その具体的な機能については説明を省略するが、例えば車両防護判断部４００は、その進行先に他の車両が存在する場合などには対象車両２０ｉの進行の許可をせず、当該他の車両がその場からいなくなってから対象車両２０ｉの進行を許可する。

[0159] なお、経路判断部１０３は、運行進捗計算部１０７の算出結果に基づいて、対象車両２０ｉがこれから進行しようとする経路を特定する。このとき、複数の経路候補が選択可能である時は、経路判断部１０３は、その経路候補及び、それぞれの経路について予め定められた優先順位を示す情報を出発判断部１０２に出力してもよい。この場合、出発判断部１０２は、保安装置４０に対し、与えられた優先順位の順番で各経路候補についての進路要求を送信する処理を行ってもよい。

[0160] 信号機制御部４０１は、車両防護判断部４００が受信した進路要求に対し、その進路への進行の許可または不許可に応じて、実際にその進路に対応する信号機６を青または赤に切り替える制御を行う機能部である。

[0161] 以上のように、運行管理装置１０は、保安装置４０の制御に基づいて安全性が確保される状況下において、上述した各実施形態に基づく運行制御を行うものとしてもよい。このようにすれば、例えば、間隔調整モード時において出発判断部１０２が送信する、前方密度Ｄｆ、後方密度Ｄｒに応じた出発指示は、保安装置４０の制御に基づく安全性が確保される条件を満たした上で発せられる。したがって、車両交通システム１は、高い安全性を確保しつつ、上述した各実施形態における各機能を発揮することができる。

[0162] なお、上述の各実施形態による運行管理装置１０または車両２０１～２０ｎ

は、内部にコンピュータシステムを有している。そして、上述した運行管理装置１０または車両２０１～２０ｎの各処理の過程は、プログラムの形式でコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶されており、このプログラムをコンピュータが読み出して実行することによって、上記処理が行われる。ここで、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、ＣＤ－ＲＯＭ（Ｃｏｍｐａｃｔ　Ｄｉｓｋ　Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）または半導体メモリ等をいう。また、このコンピュータプログラムを通信回線によってコンピュータに配信し、この配信を受けたコンピュータが当該プログラムを実行するようにしても良い。

産業上の利用可能性

[0163] 上述した運行管理装置、運行管理方法、車両、車両交通システム及びプログラムによれば、所望の時刻及び所望の駅において、車両による輸送サービスの提供の密度を柔軟に変化させることができる。

符号の説明

[0164] １　車両交通システム

１０　運行管理装置

１００　車両位置取得部

１０１　密度演算部

１０２　出発判断部

１０３　経路判断部

１０４　間隔調整部

１０５　運転モード判断部

１０６　ダイヤ情報記憶部

１０７　運行進捗計算部

２００～２０ｎ　車両

３（３ａ、３ｂ、３ｃ）　軌道

請求の範囲

[請求項1] 軌道に沿って走行する複数の車両の運行を管理する運行管理装置であって、

前記軌道上に存在する前記複数の車両の位置を取得する車両位置取得部と、

所定の混雑情報に基づいて、前記複数の車両の存在の密度を高める基準となる駅を特定し、当該基準となる駅の後方の駅に停車する前記複数の車両の、当該後方の駅ごとの待機時間を設定する間隔調整部と、

前記待機時間に基づいて、前記複数の車両の前記後方の駅ごとにおける出発時刻を調整する出発判断部と、

を備える運行管理装置。

[請求項2] 前記間隔調整部は、

前記基準となる駅に近い駅ほど、その駅の前記待機時間を長く設定する

請求項１に記載の運行管理装置。

[請求項3] 前記間隔調整部は、

前記基準となる駅において推定される乗客数に基づいて前記待機時間を設定する

請求項１または請求項２に記載の運行管理装置。

[請求項4] 前記間隔調整部は、

前記混雑情報に基づいて推定される混雑発生時刻と、前記車両の存在の密度が高まる時刻と、が一致するように前記待機時間を設定する

請求項１から請求項３の何れか一項に記載の運行管理装置。

[請求項5] 前記間隔調整部は、

前記混雑情報として、予定された集客イベントについての事前集客情報、集客箇所から駅までの通路に設置され、当該通路の利用客の人数及びその流れを検知する検知手段から取得される検知情報、または、他の交通網に関する到着予定時刻、到着予定人数を示す情報のうちの

何れか一つまたは複数を取得する

請求項１から請求項４の何れか一項に記載の運行管理装置。

[請求項6] 請求項１から請求項５の何れか一項に記載の運行管理装置と、

前記運行管理装置から所定の対象車両の識別情報、位置情報、及び経路情報を受信して、前記対象車両の各駅についての到着予定時刻を算出し、当該算出された到着予定時刻を、各駅に設置されている表示スクリーンへ表示させる旅客案内情報システムと、

を備える車両交通システム。

[請求項7] 軌道に沿って走行する車両であって、

前記軌道上における自車両の位置を取得する車両位置取得部と、

所定の混雑情報に基づいて、前記軌道上を走行する複数の車両の存在の密度を高める基準となる駅を特定し、当該基準となる駅の後方の駅に停車する自車両の、当該後方の駅ごとの待機時間を設定する間隔調整部と、

前記待機時間に基づいて、前記自車両の前記後方の駅ごとにおける出発時刻を調整する出発判断部と、

を備える車両。

[請求項8] 軌道に沿って走行する複数の車両の運行を管理する運行管理方法であって、

前記軌道上に存在する前記複数の車両の位置を取得し、

所定の混雑情報に基づいて、前記複数の車両の存在の密度を高める基準となる駅を特定し、当該基準となる駅の後方の駅に停車する前記複数の車両の、当該後方の駅ごとの待機時間を設定し、

前記待機時間に基づいて、前記複数の車両の前記後方の駅ごとにおける出発時刻を調整する

運行管理方法。

[請求項9] 軌道に沿って走行する複数の車両の運行を管理する運行管理装置のコンピュータを、

前記軌道上に存在する前記複数の車両の位置を取得する車両位置取得手段、

所定の混雑情報に基づいて、前記複数の車両の存在の密度を高める基準となる駅を特定し、当該基準となる駅の後方の駅に停車する前記複数の車両の、当該後方の駅ごとの待機時間を設定する間隔調整手段、

前記待機時間に基づいて、前記複数の車両の前記後方の駅ごとにおける出発時刻を調整する出発判断手段、

として機能させるプログラム。