

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-167942
(P2012-167942A)

(43) 公開日 平成24年9月6日(2012.9.6)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
GO1C 21/34 (2006.01) GO1C 21/00 G 2F129

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2011-27000 (P2011-27000)	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成23年2月10日 (2011.2.10)	(74) 代理人	100114236 弁理士 藤井 正弘
		(74) 代理人	100075513 弁理士 後藤 政喜
		(74) 代理人	100120260 弁理士 飯田 雅昭
		(72) 発明者	鯨井 俊宏 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	久保 怜子 東京都江東区新砂一丁目6番27号 株式 会社日立製作所公共システム事業部内 最終頁に続く

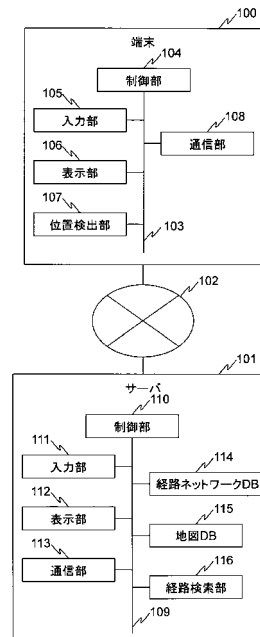
(54) 【発明の名称】 最適経路検索システム及び最適経路検索方法

(57) 【要約】

【課題】 移動手段の特徴を考慮して、複数の移動手段を組み合わせて、所定の業務を効率よく行うための最適経路を検索する。

【解決手段】 一以上の計算機を備え、移動体の移動経路を最適化する最適経路検索システムであって、計算機は、ノード及びノード間を接続するリンクから構成される経路ネットワークを管理する経路ネットワーク管理情報を含む経路情報データベースと、移動体の移動コストが最小となる最適経路を検索する経路検索部とを備え、経路検索部は、目的地点を決定し、目的地点毎に最近傍ノードを検索し、移動体が全ての目的地点及び少なくとも一以上の最近傍ノードを移動する移動経路を検索して、移動体が検索された移動経路を移動するために必要な移動コストを算出し、算出された移動コストが最小となる移動経路を前記最適経路に決定し、移動体が最適経路上を移動するための各移動手段を用いた移動経路を検索とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一以上の計算機を備え、移動体の移動経路を最適化する最適経路検索システムであって、

前記計算機は、

前記移動体が移動可能な地点を表す複数のノード及び前記ノード間を接続する複数のリンクから構成される経路ネットワークを管理する経路ネットワーク管理情報、並びに、前記リンクの移動時に用いられる移動手段毎に、当該移動手段を用いて前記リンクを移動するために必要な移動コストを管理する移動コスト管理情報を含む経路情報データベースと

前記移動体の移動経路のうち、当該移動体の移動コストが最小となる最適経路を検索する経路検索部と、

前記検索された最適経路に関する情報を出力する出力部と、

を備え、

前記ノードは、前記複数の移動手段を用いて前記リンクを移動して到達可能な交点ノードを含み、

前記経路検索部は、

前記経路ネットワーク上の目的地点を決定し、

前記経路情報データベースを参照して、前記目的地点から前記交点ノードまで移動する第 1 の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索された第 1 の移動経路を移動するために必要な第 1 の移動コストを算出し、

前記目的地点毎に、前記算出された第 1 の移動コストが最小となる前記交点ノードである最近傍ノードを検索し、

前記経路情報データベースを参照して、前記移動体が前記全ての目的地点及び少なくとも一以上の前記最近傍ノードを通過して移動する第 2 の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索された第 2 の移動経路を移動するために必要な第 2 の移動コストを算出し、

前記算出された第 2 の移動コストが最小となる前記第 2 の移動経路を前記最適経路に決定し、

前記経路情報データベースを参照して、前記移動体が前記最適経路上を移動するための前記各移動手段を用いた移動経路を検索し、

前記出力部は、前記最適経路及び前記各移動手段の移動経路に関する情報を表示するためのデータを出力することを特徴とする最適経路検索システム。

【請求項 2】

前記移動コストは、移動時間であり、

前記移動コスト管理情報は、前記各リンクを移動可能な前記移動手段毎の移動時間を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の最適経路検索システム。

【請求項 3】

前記最適経路を検索する場合に、前記目的地点と前記最近傍ノードとを対応づけたペアを生成し、

前記一以上のノード及び前記生成されたペアを少なくとも一つ含み、前記経路ネットワークの部分集合となるグループを生成し、

前記経路情報データベースを参照して、前記移動体が、前記グループ内に含まれる全ての前記目的地点、及び、前記グループに含まれる前記最近傍ノードの少なくとも一つを移動するグループ内の第 3 の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索されたグループ内の第 3 の移動経路を移動するために必要な第 3 の移動コストを算出し、

前記算出された第 3 の移動コストが最小となる前記グループ内の第 3 の移動経路をグループ内最適経路に決定し、

前記経路情報データベースを参照して、前記移動体が前記各グループ間を移動するグループ間の第 4 の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索されたグループ間の第 4 の移動経路を移動するために必要な第 4 の移動コストを算出し、

10

20

30

40

50

前記算出された第 4 の移動コストが最小となる前記グループ間の第 4 の移動経路をグループ間最適経路に決定し、

前記グループ内最適経路及び前記グループ間最適経路に基づいて前記最適経路を決定することを特徴とする請求項 1 に記載の最適経路検索システム。

【請求項 4】

前記グループ内の第 3 の移動経路を検索する場合に、前記グループに含まれる前記最近傍ノードを開始点として、前記グループに含まれる前記全ての目的地点を移動し、かつ、前記グループに含まれる前記最近傍ノードを終了点とする移動経路の中から前記グループ内の第 3 の移動経路を検索することを特徴とする請求項 3 に記載の最適経路検索システム。

10

【請求項 5】

同一の前記最近傍ノードを前記開始点及び前記終了点とすることを特徴とする請求項 4 に記載の最適経路検索システム。

【請求項 6】

前記最適経路検索部は、

前記グループを生成する場合に第 1 のグループを定義し、

前記経路情報データベースを参照して、前記第 1 のグループの前記グループ内最適経路を検索して、前記移動体が前記第 1 のグループのグループ内最適経路を移動するために必要な第 5 の移動コストを算出し、

前記第 1 のグループを第 2 のグループ及び第 3 のグループに分割したと仮定した場合に、前記経路情報データベースを参照して、前記第 2 のグループ及び前記第 3 のグループのそれぞれの前記グループ内最適経路を検索して、前記移動体が前記第 2 のグループのグループ内最適経路を移動するために必要な第 6 の移動コスト、及び、前記移動体が前記第 3 のグループのグループ内最適経路を移動するために必要な第 7 の移動コストを算出し、

20

前記経路情報データベースを参照して、前記第 2 のグループと前記第 3 のグループとの間の前記グループ間最適経路を検索して、前記移動体が当該グループ間最適経路を移動するための第 8 の移動コストを算出し、

前記第 6 の移動コスト、前記第 7 の移動コスト及び前記第 8 の移動コストの合計値と、前記第 5 の移動コストとを比較し、

前記第 6 の移動コスト、前記第 7 の移動コスト及び前記第 8 の移動コストの合計値が、前記第 5 の移動コストより小さいと判定された場合に、前記第 1 のグループを前記第 2 のグループと前記第 3 のグループとに分割することを特徴とする請求項 4 に記載の最適経路検索システム。

30

【請求項 7】

前記最適経路検索部は、

前記グループを生成する場合に第 1 のグループ及び第 2 のグループを定義し、

前記経路情報データベースを参照して、前記第 1 のグループの前記グループ内最適経路を検索して、前記移動体が前記第 1 のグループのグループ内最適経路を移動するために必要な第 9 の移動コストを算出し、

前記経路情報データベースを参照して、前記第 2 のグループの前記グループ内最適経路を検索して、前記移動体が前記第 2 のグループのグループ内最適経路を移動するために必要な第 10 の移動コストを算出し、

40

前記経路情報データベースを参照して、前記第 1 のグループと前記第 2 のグループとの間の前記グループ間最適経路を検索して、前記移動体が前記検索されたグループ間最適経路を移動するために必要な第 11 の移動コストを算出し、

前記第 1 のグループと前記第 2 のグループとを結合した第 3 のグループを生成したと仮定した場合に、前記経路情報データベースを参照して、前記第 3 のグループの前記グループ内最適経路を検索して、前記移動体が前記第 3 グループのグループ内最適経路を移動するために必要な第 12 の移動コストを算出し、

前記第 12 の移動コストと、前記第 9 の移動コスト、前記第 10 の移動コスト及び前記

50

1 1 の移動コストの合計値とを比較し、

前記第 1 2 の移動コストが、前記第 9 の移動コスト、前記第 1 0 の移動コスト及び前記 1 1 の移動コストの合計値より小さいと判定された場合に、前記第 1 のグループと前記第 2 のグループとを結合して前記第 3 のグループを生成することを特徴とする請求項 4 に記載の最適経路検索システム。

【請求項 8】

前記目的地点を決定する場合に、前記経路情報データベースを参照して、前記経路ネットワークから一以上のループを抽出し、

前記抽出されたループに対して、当該ループを構成する前記ノードのうち、少なくとも一以上の前記交点ノードを目的地点に決定することを特徴とする請求項 1 に記載の最適経路検索システム。

10

【請求項 9】

前記移動手段は、第 1 の移動手段、第 2 の移動手段及び第 3 の移動手段を含み、

前記最適経路検索部は、

前記目的地点を決定する場合に、前記第 1 の移動手段を用いた移動経路を決定し、

前記第 1 の移動手段を用いた移動経路上に前記目的地点を決定し、

前記最適経路を検索する場合に、前記目的地点と、前記第 2 移動手段及び前記第 3 移動手段が移動可能な前記交点ノードとを交互に移動する前記第 2 の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索された第 2 の移動経路を移動するために必要な第 1 3 の移動コストを算出し、

20

前記算出された第 1 3 の移動コストが最小となる前記第 2 の移動経路を前記最適経路に決定し、

前記移動体が前記最適経路上を移動するための前記第 3 の移動手段の移動経路を検索することを特徴とする請求項 1 に記載の最適経路検索システム。

【請求項 1 0】

前記第 1 の手段を用いた移動経路は、予め決定された移動条件に基づいて決定されることを特徴とする請求項 9 に記載の最適経路検索システム。

【請求項 1 1】

一以上の計算機を備え、移動体の移動経路を最適化する最適経路検索システムにおける最適経路検索方法であって、

30

前記計算機は、

前記移動体が移動可能な地点を表す複数のノード及び前記ノード間を接続する複数のリンクから構成される経路ネットワークを管理する経路ネットワーク管理情報、並びに、前記リンクの移動時に用いられる移動手段毎に、当該移動手段を用いて前記リンクを移動するために必要な移動コストを管理する移動コスト管理情報を含む経路情報データベースと、

前記移動体の移動経路のうち、当該移動体の移動コストが最小となる最適経路を検索する経路検索部と、

前記検索された最適経路に関する情報を出力する出力部と、

を備え、

40

前記ノードは、前記複数の移動手段を用いて前記リンクを移動して到達可能な交点ノードを含み、

前記方法は、

前記経路検索部が、前記経路ネットワーク上の目的地点を決定する第 1 のステップと、

前記経路検索部が、前記経路情報データベースを参照して、前記目的地点から前記交点ノードまでを移動する第 1 の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索された第 1 の移動経路を移動するために必要な第 1 の移動コストを算出する第 2 のステップと、

前記経路検索部が、前記目的地点毎に、前記算出された第 1 の移動コストが最小となる前記交点ノードである最近傍ノードを検索する第 3 のステップと、

前記経路検索部が、前記経路情報データベースを参照して、前記移動体が前記全ての目

50

的地点及び少なくとも一以上の前記最近傍ノードを通過して移動する第2の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索された第2の移動経路を移動するために必要な第2の移動コストを算出する第4のステップと、

前記経路検索部が、前記算出された第2の移動コストが最小となる前記第2の移動経路を前記最適経路に決定する第5のステップと、

前記経路検索部が、前記経路情報データベースを参照して、前記移動体が前記最適経路上を移動するための前記各移動手段を用いて移動経路を検索する第6のステップと、

前記出力部が、前記最適経路及び前記各移動手段の移動経路に関する情報を表示するためのデータを出力する第7のステップと、

を含むことを特徴とする最適経路検索方法。

10

【請求項12】

前記移動コストは、移動時間であり、

前記移動コスト管理情報は、前記各リンクを移動可能な前記移動手段毎の移動時間を含むことを特徴とする請求項11に記載の最適経路検索方法。

【請求項13】

前記第4のステップは、

前記目的地点と前記最近傍ノードとを対応づけたペアを生成する第8のステップと、

前記一以上のノード及び前記生成されたペアを少なくとも一つ含み、前記経路ネットワークの部分集合となるグループを生成する第9のステップと、

前記経路情報データベースを参照して、前記移動体が、前記グループ内に含まれる全ての前記目的地点、及び、前記グループに含まれる前記最近傍ノードの少なくとも一つを移動するグループ内の第3の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索されたグループ内の第3の移動経路を移動するために必要な第3の移動コストを算出する第10のステップと、

20

前記算出された第3の移動コストが最小となる前記グループ内の第3の移動経路をグループ内最適経路に決定する第11のステップと、

前記経路情報データベースを参照して、前記移動体が前記各グループ間を移動するグループ間の第4の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索されたグループ間の第4の移動経路を移動するために必要な第4の移動コストを算出する第12のステップと、

前記算出された第4の移動コストが最小となる前記グループ間の第4の移動経路をグループ間最適経路に決定する第13のステップと、

30

前記第5のステップは、前記グループ内最適経路及び前記グループ間最適経路に基づいて前記最適経路を決定するステップを含むことを特徴とする請求項11に記載の最適経路検索方法。

【請求項14】

前記第10のステップでは、前記グループに含まれる前記最近傍ノードを開始点として、前記グループに含まれる前記全ての目的地点を移動し、かつ、前記グループに含まれる前記最近傍ノードを終了点とする移動経路の中から前記グループ内の第3の移動経路を検索することを特徴とする請求項13に記載の最適経路検索方法。

【請求項15】

同一の前記最近傍ノードを前記開始点及び前記終了点とすることを特徴とする請求項14に記載の最適経路検索方法。

40

【請求項16】

前記第9のステップは、

第1のグループを定義するステップと、

前記経路情報データベースを参照して、前記第1のグループの前記グループ内最適経路を検索して、前記移動体が前記第1のグループのグループ内最適経路を移動するために必要な第5の移動コストを算出するステップと、

前記第1のグループを第2のグループ及び第3のグループに分割したと仮定した場合に、前記経路情報データベースを参照して、前記第2のグループ及び前記第3のグループの

50

それぞれの前記グループ内最適経路を検索して、前記移動体が前記第2のグループのグループ内最適経路を移動するために必要な第6の移動コスト、及び、前記移動体が前記第3のグループのグループ内最適経路を移動するために必要な第7の移動コストを算出するステップと、

前記経路情報データベースを参照して、前記第2のグループと前記第3のグループとの間の前記グループ間最適経路を検索して、前記移動体が当該グループ間最適経路を移動するための第8の移動コストを算出するステップと、

前記第6の移動コスト、前記第7の移動コスト及び前記第8の移動コストの合計値と、前記第5の移動コストとを比較するステップと、

前記第6の移動コスト、前記第7の移動コスト及び前記第8の移動コストの合計値が、前記第5の移動コストより小さいと判定された場合に、前記第1のグループを前記第2のグループと前記第3のグループとに分割するステップと、

を含むことを特徴とする請求項14に記載の最適経路検索方法。

【請求項17】

前記第9のステップは、

第1のグループ及び第2のグループを定義し、

前記経路情報データベースを参照して、前記第1のグループの前記グループ内最適経路を検索して、前記移動体が前記第1のグループのグループ内最適経路を移動するために必要な第9の移動コストを算出するステップと、

前記経路情報データベースを参照して、前記第2のグループの前記グループ内最適経路を検索して、前記移動体が前記第2のグループのグループ内最適経路を移動するために必要な第10の移動コストを算出するステップと、

前記経路情報データベースを参照して、前記第1のグループと前記第2のグループとの間の前記グループ間最適経路を検索して、前記移動体が前記検索されたグループ間最適経路を移動するために必要な第11の移動コストを算出するステップと、

前記第1のグループと前記第2のグループとを結合した第3のグループを生成したと仮定した場合に、前記経路情報データベースを参照して、前記第3のグループの前記グループ内最適経路を検索して、前記移動体が前記第3グループのグループ内最適経路を移動するために必要な第12の移動コストを算出するステップと、

前記第12の移動コストと、前記第9の移動コスト、前記第10の移動コスト及び前記第11の移動コストの合計値とを比較するステップと、

前記第12の移動コストが、前記第9の移動コスト、前記第10の移動コスト及び前記第11の移動コストの合計値より小さいと判定された場合に、前記第1のグループと前記第2のグループとを結合して前記第3のグループを生成するステップと、

を含むことを特徴とする請求項14に記載の最適経路検索方法。

【請求項18】

前記第1のステップは、

前記経路情報データベースを参照して、前記経路ネットワークから一以上のループを抽出するステップと、

前記抽出されたループに対して、当該ループを構成する前記ノードのうち、少なくとも一以上の前記交点ノードを目的地点に決定するステップと、

を含むことを特徴とする請求項11に記載の最適経路検索方法。

【請求項19】

前記移動手段は、第1の移動手段、第2の移動手段及び第3の移動手段を含み、

前記第1のステップは、

前記第1の移動手段を用いた移動経路を決定するステップと、

前記第1の移動手段を用いた移動経路上に前記目的地点を決定するステップと、を含み

、前記第4のステップは、

前記目的地点と、前記第2移動手段及び前記第3移動手段が移動可能な前記交点ノード

10

20

30

40

50

とを交互に移動する前記第 2 の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索された第 2 の移動経路を移動するために必要な第 1 3 の移動コストを算出するステップと、を含み、

前記第 5 のステップは、前記算出された第 1 3 の移動コストが最小となる前記第 2 の移動経路を前記最適経路に決定するステップを含み、

前記第 6 のステップは、前記移動体が前記最適経路上を移動するための前記第 3 の移動手段の移動経路を検索するステップを含むことを特徴とする請求項 1 1 に記載の最適経路検索方法。

【請求項 2 0】

前記第 1 の手段を用いた移動経路は、予め決定された移動条件に基づいて決定されることを特徴とする請求項 1 9 に記載の最適経路検索方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、所定の業務を遂行するために複数の移動体の移動経路を最適化する技術に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

圃場に作付けされる作物の品目の調査業務は、一般的な方法として、調査員が主に紙の地図に頼って対象圃場を探して行われている。

【0 0 0 3】

当該調査業務においてカーナビゲーションシステムを補助的に利用することは可能であるが、カーナビゲーションシステム用の地図には、一部の農道は及び圃場間のあぜ道等は通常登録されていない。これは、一定の幅以下の道路は運転の難易度が高いため、一般利用者向けのカーナビゲーションシステムでは、前述したようなあぜ道等を経路として提示することが不適切であるからである。

【0 0 0 4】

したがって、調査対象圃場の付近を目的地として設定してカーナビゲーションシステムを利用することは可能であるが、目的地に到着した後は、調査員が紙の地図に頼って圃場を探す必要がある。

【0 0 0 5】

前述の調査業務では、調査対象圃場まで車での通行が困難な細い農道、及び車で通行できないあぜ道を移動する必要がある。したがって、調査経路の最適化は、自動車による移動と、徒歩による移動との組み合わせを考慮した最適化問題となる。

【0 0 0 6】

前述した課題に対する解決策として、例えば、徒歩及び交通公共機関を用いた移動を組み合わせた最適経路を提示する技術が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。また、タクシー及びレンタカーが利用可能な駅と、タクシー及びレンタカーが利用できない駅とを考慮した最適経路を検索する方法が知られている（例えば、特許文献 2 参照）。これによって、最寄りの駅で降りて長時間歩くルートよりも、目的地への距離は長くてもタクシーが使えるため結果として早く目的地に到着するルートを提示し、また、最寄りの駅ではないが終電が遅くタクシーが利用できる駅を降車地として提示できる。

【0 0 0 7】

その他にも、徒歩及び自動車などの複数の移動体が異なる出発点から同一の目的地まで向かう場合に、自動車に乗車して移動する人が、徒歩で移動する人を途中で乗車させることを考慮して、それぞれの移動体の最適経路を検索する技術が知られている（例えば、特許文献 3 参照）。また、医師又は看護師の代わりに薬品等の医療資材を病室まで運搬する機材運搬ロボットの移動経路を検索する技術が知られている（例えば、特許文献 4 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

【特許文献1】特開2003-106858号公報

【特許文献2】特開2006-292447号公報

【特許文献3】特開2005-140664号公報

【特許文献4】特開2005-288628号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

しかし、特許文献1に記載の技術では、交通公共機関及びタクシーの移動スケジュールは、利用者の都合に合わせて最適化される訳ではない。また、利用者の都合に合わせて経路を変更可能なタクシーを利用する場合であっても、出発地点にタクシーを呼ぶ場合と駅においてタクシーに乗車する場合とについてのみ記載されており、徒歩による移動と自動車を利用した移動とを最適化する経路を検索するものではない。また、特許文献2に記載の技術も、特許文献1に記載の技術と同様に、タクシーの移動スケジュールを最適化することについては記載されていない。

10

【 0 0 1 0 】

また、特許文献3に記載の技術では、目的地点が同一かつ一つであるため、複数の目的地点を移動する圃場における調査業務には適用できない。また、調査員が、車を用いて所定の地点まで移動し、その後、車では通行不可能な地点で調査を行うために車を降りるような最適経路を検索することができない。

20

【 0 0 1 1 】

また、特許文献4に記載の技術では、医師又は看護師の目的地点、及び機材運搬ロボットの目的地点は、複数ではあるが、いずれも同一の目的地点を通過する経路であるため、異なる経路を移動する移動体の移動経路の最適化をすることができない。

【 0 0 1 2 】

すなわち、本発明で解決しようとする課題は、圃場調査又は収穫作業など、複数種類の移動手段を考慮し、複数の移動手段を組み合わせ、所定の業務を効率よく行うための最適経路を検索可能な方法及びシステムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

本発明の代表的な一例を示せば以下の通りである。すなわち、一以上の計算機を備え、移動体の移動経路を最適化する最適経路検索システムであって、前記計算機は、前記移動体が移動可能な地点を表す複数のノード及び前記ノード間を接続する複数のリンクから構成される経路ネットワークを管理する経路ネットワーク管理情報、並びに、前記リンクの移動時に用いられる移動手段毎に、当該移動手段を用いて前記リンクを移動するために必要な移動コストを管理する移動コスト管理情報を含む経路情報データベースと、前記移動体の移動経路のうち、当該移動体の移動コストが最小となる最適経路を検索する経路検索部と、前記検索された最適経路に関する情報を出力する出力部と、を備え、前記経路検索部は、前記経路ネットワーク上の目的地点を決定し、前記経路情報データベースを参照して、前記目的地点から、前記複数の移動手段を用いて移動可能な前記ノードである交点ノードへの第1の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索された第1の移動経路を移動するために必要な第1の移動コストを算出し、前記目的地点毎に、前記算出された第1の移動コストが最小となる前記交点ノードである最近傍ノードを検索し、前記経路情報データベースを参照して、前記移動体が前記全ての目的地点及び少なくとも一以上の前記最近傍ノードを移動する第2の移動経路を検索して、前記移動体が前記検索された第2の移動経路を移動するために必要な第2の移動コストを算出し、前記算出された第2の移動コストが最小となる前記第2の移動経路を前記最適経路として決定し、前記経路情報データベースを参照して、前記移動体が前記最適経路上を移動するための前記各移動手段を用いた移動経路を検索し、前記出力部は、前記最適経路及び前記各移動手段の移動経路に関する情報を表示するためのデータを出力することを特徴とする。

30

40

50

【発明の効果】

【0014】

検索される移動経路の最適性を満たすとともに計算量を削減し、移動体の移動経路が最適になるように各移手段の移動経路を決定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の第1の実施形態の最適経路検索システムの構成の一例を説明するブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施形態における経路ネットワークの一例を示す説明図である。

【図3A】本発明の第1の実施形態における経路ネットワークの別形態を示す説明図である。

10

【図3B】本発明の第1の実施形態における経路ネットワークの別形態を示す説明図である。

【図4A】本発明の第1の実施形態の経路ネットワークDBに格納されるノード情報テーブルの一例を示す説明図である。

【図4B】本発明の第1の実施形態の経路ネットワークDBに格納される移動コスト情報テーブルの一例を示す説明図である。

【図5】本発明の第1の実施形態のサーバが実行する最適経路の検索処理を説明するフローチャートである。

【図6】本発明の第1の実施形態における経路ネットワークの一例を示す説明図である。

20

【図7】本発明の第1の実施形態におけるグループ間を接続する最適経路の一例を示す説明図である。

【図8】本発明の第1の実施形態のサーバが実行する最近傍ノードの検索処理を説明するフローチャートである。

【図9】本発明の第1の実施形態におけるリストの一例を示す説明図である。

【図10】本発明の第1の実施形態における目的地点と最近傍ノードとのペアの一例を示す説明図である。

【図11】本発明の第1の実施形態におけるペアのグループ化処理を説明するフローチャートである。

【図12A】本発明の第1の実施形態において運転手がいる場合の最適経路の一例を示す説明図である。

30

【図12B】本発明の第1の実施形態において運転手がない場合の最適経路の一例を示す説明図である。

【図13】本発明の第1の実施形態におけるグループの分割の一例を示す説明図である。

【図14】本発明の第1の実施形態におけるペアのグループ化処理を説明するフローチャートである。

【図15】本発明の第1の実施形態におけるグループの結合例を示す説明図である。

【図16】本発明の第2の実施形態における最適経路検索システムの構成例を示すブロック図である。

【図17】本発明の第2の実施形態のサーバが実行する最適経路検索処理を説明するフローチャートである。

40

【図18A】本発明の第2の実施形態における経路ネットワークの一例を示す説明図である。

【図18B】本発明の第2の実施形態における経路ネットワークの一例を示す説明図である。

【図18C】本発明の第2の実施形態における経路ネットワークの一例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

[第1の実施形態]

50

第1の実施形態では、調査員が水田、畑などの圃場を調査する場合に、自動車による移動と、徒歩による移動とを組み合わせた最適経路を検索する最適経路検索システムについて説明する。以下、自動車による移動を自動車移動と呼び、徒歩による移動を徒歩移動と呼ぶ。

【0017】

図1は、本発明の第1の実施形態の最適経路検索システムの構成の一例を説明するブロック図である。

【0018】

第1の実施形態における最適経路検索システムは、調査員が携行する端末100と、最適経路の検索処理を実行するサーバ101と、端末100及びサーバ101を接続するネットワーク102とから構成される。なお、図1では、端末100及びサーバ101はそれぞれ一つであるが複数あってもよい。

10

【0019】

端末100は、制御部104、入力部105、表示部106、位置検出部107及び通信部108を備え、各構成はデータ通信バス103によって互いに接続される。なお、端末100は、他の構成を含んでいてもよい。

【0020】

制御部104は、端末100の備える機能を実現するための処理を実行する。制御部104は、例えば、プロセッサ等によって実現できる。

【0021】

入力部105は、調査員からの情報の提示要求及び経路検索条件の設定要求などを受け付ける。入力部105は、ボタン、タッチパネルなどによって実現できる。

20

【0022】

表示部106は、調査員に地図画像及び経路情報等の情報を表示する。表示部106は、例えば、液晶ディスプレイ等によって実現できる。

【0023】

位置検出部107は、端末100の現在位置を検出する。位置検出部107は、例えば、GPS(Global Positioning System)、又は自立航法ユニット等によって実現できる。

【0024】

通信部108は、ネットワーク102を介してサーバ101と通信する。具体的には、通信部108は、端末100の現在位置に関する情報、情報の提示要求、及び経路検索条件の設定要求等をサーバ101に送信し、また、端末100の現在位置周辺の地図画像、及び最適経路情報等をサーバ101から受信する。通信部108は、携帯電話通信カード又はWiMAX通信カードなどによって実現できる。

30

【0025】

なお、端末100が備える各構成はソフトウェアを用いて実現してもよい。例えば、携帯電話、スマートフォン、携帯ゲーム機、カーナビゲーションシステム、PND(Personal Navigation Device)等の既存の機器に、各構成を実現するソフトウェアを導入することによって、端末100として利用することもできる。

40

【0026】

また、端末100の形態はどのようなものであってもよく、調査員が徒歩での移動中に携帯できる端末100、又は自動車に設置可能な端末100でもよい。

【0027】

サーバ101は、自動車移動と徒歩移動とを組み合わせた最適な圃場調査経路(最適経路)を検索し、検索された最適経路に関する情報を端末100に送信する。

【0028】

サーバ101は、制御部110、入力部111、表示部112、通信部113、経路ネットワークDB114、地図DB115及び経路検索部116を備え、各構成はデータ通信バス109によって互いに接続される。

50

【0029】

制御部110は、サーバ101が備える機能を実現するための処理を実行する。制御部110は、例えば、プロセッサによって実現できる。また、制御部110は、処理に必要な情報を格納する記憶部(図示省略)を備える。

【0030】

入力部111は、サーバ101を操作するオペレータがサーバ101の操作を行うためのインタフェースである。入力部111は、例えば、キーボード、マウス、ボタン、及びタッチパネル等によって実現できる。オペレータは、入力部111を用いて緯度及び経度情報、又は、経路ネットワークのノード番号を入力し、調査員が調査のために移動する場所を指定する。以下、調査員が調査のために移動する場所を目的地点と呼ぶ。

10

【0031】

表示部112は、オペレータに対して各種情報を表示する。表示部112は、例えば、液晶ディスプレイ等によって実現される。

【0032】

通信部113は、ネットワーク102を介して一以上の端末100と通信する。通信部113は、端末100に最適経路に関する情報を送信し、また、端末100の現在位置に対応する周辺地図画像を当該端末100に送信する。通信部113は、例えば、ネットワークカード等によって実現できる。

【0033】

経路ネットワークDB114は、経路ネットワークに関する情報を格納する。ここで、経路ネットワークは、地点を表すノードと、当該ノード間を接続するリンクとから構成される。経路ネットワークには、自動車移動が可能な道路、自動車移動が可能な農道、及び徒歩移動のみが可能なあぜ道等の情報が含まれる。経路ネットワークについては、図2、図3A及び図3Bを用いて後述する。

20

【0034】

地図DB115は、ラスタ形式又はベクター形式で表現された地図画像を格納する。地図DB115には、例えば、国土地理院等によって作成された50mメッシュ標高データ等が格納される。なお、地図画像には、JPEG、PNG及びTIFFなどの形式を用いることができる。

【0035】

また、地図DB115は、解像度ごとに地図画像を格納し、さらに区域ごとに分割して当該地図画像を格納する。これによって、端末100の現在位置が変化した場合、サーバ101は端末100に適切な区域かつ適切な解像度の地図画像を送信することができる。したがって、端末100には現在位置に応じた地図が表示される。なお、ベクター形式の地図画像としてはSVG(Scalable Vector Graphics)などが利用できる。

30

【0036】

経路検索部116は、調査員が全ての目的地点を最も効率よく移動するための最適経路を検索し、検索された最適経路に関する情報をオペレータ又は調査員に対して出力する。本実施形態では、自動車移動と徒歩移動とを組み合わせた最適経路が検索される。

40

【0037】

ここで、二つの移動手段を組み合わせた最適な経路とは、自動車を利用して移動する経路、自動車を降りる地点、徒歩で移動する経路、及び再び自動車に乗り込む地点がそれぞれ最適に決定された経路を表す。以下では、最適経路における自動車を乗り降りする地点を離合点と呼ぶ。

【0038】

図2は、本発明の第1の実施形態における経路ネットワークの一例を示す説明図である。

【0039】

図1で述べたように、経路ネットワークは、複数のノード201と、複数のリンク20

50

2 とから構成される。ノード 201 は、調査員が移動可能な地点を表す。ノード 201 には、経路ネットワーク上で一意に識別可能な識別子が付与される。なお、以下の説明では、ノード 201 には、自動車移動が可能か否かを示す属性情報が付与される。また、リンク 202 には、自動車移動及び徒歩移動の移動時間に関する情報（移動コスト情報 203）が付与される。

【0040】

以下、自動車移動及び徒歩移動の移動時間を移動コストと呼ぶ。また、自動車移動が可能か否かを表す属性情報を属性情報と呼び、自動車移動及び徒歩移動の移動時間に関する情報を移動コスト情報 203 と呼ぶ。

【0041】

図 2 に示す例では、ノード K 201 及びノード L 201 は、自動車移動が不可能なノード 201 を表す。本実施形態では、自動車移動が可能なノード 201 を実線の円を用いて表現し、また、自動車移動が不可能なノード 201 を点線の円を用いて表現する。

【0042】

また、以下では、経路ネットワークを構成するノード 201 のうち、自動車移動及び徒歩移動の両方で到達又は通過可能なノード 201 を交点ノード 201 とも呼ぶ。図 2 に示す例では、ノード A 201 ~ ノード J 201 が交点ノード 201 となる。

【0043】

リンク 202 は有向リンクであり、一方通行を表現することもできる。ただし、本実施形態では説明を簡単にするため、リンク 202 における移動コストが移動方向に依存せずかつ同一である場合、すなわち、無向リンクの場合を例に説明する。

【0044】

移動コスト情報 203 は、リンク 202 における各移動手段の移動コストを格納する。

【0045】

図 2 に示す例では、移動コスト情報 203 には自動車移動及び徒歩移動それぞれの移動コストが格納される。具体的には、移動コスト情報 203 のうち、上段は徒歩移動の移動コストを表し、下段は自動車移動の移動コストを表す。

【0046】

なお、移動コスト情報に設定される「-」は、対応する移動手段による移動が不可能なことを表す。「-」を計算機上で表す方法としては、最大整数値等の大きな値を移動コストとして与えることで可能となる。

【0047】

また、リンク 202 には、道路、農道又はあぜ道等の道路の種別を表す道路種別情報が付与されてもよい。リンク 202 に道路種別情報が付与される場合、自動車移動の移動コストが「-」となっているリンクは「あぜ道」の道路種別情報が付与されていることを表す。

【0048】

なお、経路ネットワークに属性情報が含まれない場合、以下のような方法を用いて自動車移動が可能なノード 201 を特定することができる。

【0049】

サーバ 101 が、リンク 202 が保持する自動車移動の移動コスト情報を用いて、所定のスタート地点からノード 201 を深さ優先探索法で順次たどる。このとき、サーバ 101 は、一度たどったノード 201 には自動車移動が可能であることを示すマークを付与し、マークが付与された時点で深さ方向の探索を打ち切る。これによって、スタート地点から自動車移動が可能な全てのノード 201 を特定することができる。したがって、経路ネットワークには、ノード 201 の属性情報が含まれていなくてもよい。

【0050】

図 2 は、典型的な圃場周辺の道路を表現した経路ネットワークであり、あぜ道によって 6 つの圃場に分割される。図 2 に示すように、自動車移動が可能なリンク 202（道路又は農道）を徒歩で移動する場合の移動コストは、あぜ道を移動する場合と比較して少ない

10

20

30

40

50

。

【0051】

図2に示す例では、自動車移動が可能な経路、及び徒歩移動が可能な経路を一つの経路ネットワークとして表現している。しかし、経路ネットワークはこれに限定されず、例えば、移動手段毎に保持されてもよい。

【0052】

図3A及び図3Bは、本発明の第1の実施形態における経路ネットワークの別形態を示す説明図である。

【0053】

図3Aは自動車移動に関する経路ネットワークを表し、図3Bは徒歩移動に関する経路ネットワークを表す。なお、それぞれの経路ネットワークにおいて同一の識別子のノード201は同一地点を表す。

10

【0054】

次に、経路ネットワークDB114に格納される具体的な情報の一例を説明する。

【0055】

図4Aは、本発明の第1の実施形態の経路ネットワークDB114に格納されるノード情報テーブル400の一例を示す説明図である。図4Bは、本発明の第1の実施形態の経路ネットワークDB114に格納される移動コスト情報テーブル410の一例を示す説明図である。

【0056】

ノード情報テーブル400は、ノード201の管理情報を格納する。ノード情報テーブル400は、ノード識別子401、車両移動402、経度403及び緯度404を含む。

20

【0057】

ノード識別子401は、ノード201を一意に識別するための識別子を格納する。

【0058】

車両移動402は、ノード識別子401に対応するノード201が自動車移動による移動が可能か否かを示す情報を格納する。本実施形態では、自動車移動による移動が可能な場合には「True」が格納され、自動車移動による移動が不可能な場合には「False」が格納される。

【0059】

経度403及び緯度404は、ノード識別子401に対応するノード201の位置を表す経度及び緯度を格納する。

30

【0060】

移動コスト情報テーブル410は、一つのリンク202に対する各移動手段の移動コストの管理情報を格納する。移動コスト情報テーブル410は、リンク識別子411、ノード識別子412、ノード識別子413、移動コスト(自動車)414、移動コスト(徒歩)415及び道路種別416を含む。

【0061】

リンク識別子411は、リンク202を一意に識別するための識別子を格納する。

【0062】

ノード識別子412及びノード識別子413は、リンク識別子411に対応するリンク202が接続するノード201を一意に識別するための識別子を格納する。

40

【0063】

移動コスト(自動車)414は、リンク識別子411に対応するリンク202を、自動車を用いて移動した場合の移動コストを格納する。

【0064】

移動コスト(徒歩)415は、リンク識別子411に対応するリンク202を、徒歩で移動した場合の移動コストを格納する。

【0065】

道路種別416は、リンク202に対応する道路の道路種別情報を格納する。道路種別

50

4 1 6 には、「あぜ道」及び「道路」等の情報が格納される。

【0066】

なお、ノード識別子4 1 2 及びノード識別子4 1 3 を用いてリンク2 0 2 を特定できるためリンク識別子4 1 1 は必ずしも必要ではない。

【0067】

以下、最適経路を検索するための具体的な処理について説明する。

【0068】

図5 は、本発明の第1の実施形態のサーバ1 0 1 が実行する最適経路の検索処理を説明するフローチャートである。図6 は、本発明の第1の実施形態における経路ネットワークの一例を示す説明図である。

10

【0069】

以下の説明では、図6 に示すような経路ネットワークを例に説明する。

【0070】

まず、サーバ1 0 1 は、目的地点を決定する(ステップ5 0 1)。ここで、目的地点は、作付け判別調査において、調査員が圃場内における作物の品目を確認するために訪れる場所に相当し、また、坪刈り調査において、調査員が坪刈りを行うために圃場に立ち入るための場所に相当する。なお、調査にかかる時間は圃場の大きさ及び調査内容の種類によって異なるが、調査経路とは独立であると仮定し、本実施形態の検索処理では考慮しない。

【0071】

20

以下では、図6 に示すように、ノードL 2 0 1 及びノードK 2 0 1 が目的地点として決定された場合を例に説明する。以下、目的地点として決定されたノードL 2 0 1 及びノードK 2 0 1 を目的地点L 及び目的地点K と呼ぶ。

【0072】

なお、目的地点はノード2 0 1 に限定されず、リンク2 0 2 上に目的地点を決定することも可能である。この場合、リンク2 0 2 上の目的地点に新たなノード2 0 1 を追加し、さらに、リンク2 0 2 を分割して新たに追加されたノード2 0 1 を目的地点として決定することと同等である。したがって、以下ではノード2 0 1 が目的地点として決定された場合について説明する。

【0073】

30

サーバ1 0 1 は、オペレータが作業内容を考慮して指定して情報に基づいて目的地点を決定してもよいし、経路ネットワークDB 1 1 4 及び地図DB 1 1 5 を参照して、自動的に目的地点を決定してもよい。サーバ1 0 1 が自動的に目的地点を決定する方法としては以下のようなものが考えられる。

【0074】

作付け判別調査の場合、サーバ1 0 1 は、例えば、経路ネットワークにおける部分的なループのうち、1 つでも農道又はあぜ道に面しているループを圃場とし、当該ループを構成するノードのうち、他の圃場も構成するノード2 0 1 を優先的に目的地点として決定する。さらに、サーバ1 0 1 は、少なくとも圃場を表すループを構成するノード2 0 1 のうち少なくとも1 つのノード2 0 1 が目的地点として指定されるまで目的地点を追加する。以上の処理によって、自動的に目的地点が決定される。ここで、経路ネットワークから部分的なループを抽出する方法としては次のようなものが考えられる。

40

【0075】

すなわち、任意のノード2 0 1 からリンク2 0 2 をたどって次のノード2 0 1 に移動する場合に、最も右方向に出ているリンクを選択して次のノードへ移動するという処理を繰り返すことによってサーバ1 0 1 はループを抽出できる。

【0076】

一般的な経路ネットワークでは「最も右方向」なリンクを特定することはできないが、本実施形態の経路ネットワークDB 1 1 4 のノード情報テーブル4 0 0 には緯度及び経度の情報が含まれるため、サーバ1 0 1 は当該情報からノード2 0 1 を接続するリンクの地

50

図上での向きを把握することができる。サーバ101は、一度たどったリンク202にはマークを付与し、次のループの抽出処理ではたどっていないリンク202を選択して同様の処理を実行する。

【0077】

なお、第1のノード及び第2のノードを接続するリンク202において、サーバ101は、第1のノードから第2のノードの方向へ移動と、第2のノードから第1のノードの方向へ移動とは区別してマークを付与する。

【0078】

また、サーバ101が自動的に目的地点を決定する方法としては、次のような方法も考えられる。圃場まで行かなくとも離れた場所から作付けの判別が可能な場合、サーバ101が、地図DB115に格納される国土地理院等によって作成された50mメッシュ標高データ等を参照して、見晴らしのよい場所を目的地点として決定し、決定された目的地点から見通せる圃場以外に対して、前述した決定方法を用いて他の目的地点を決定する。

10

【0079】

以上が、サーバ101が自動的に目的地点を決定する方法の説明である。図5の説明に戻る。

【0080】

次に、サーバ101は、決定された目的地点毎に所定の条件を満たすノード201である最近傍ノード201を検索し、目的地点と最近傍ノード201とのペアを生成する(ステップ502)。ここで、最近傍ノード201とは、目的地点から移動可能な交点ノード201であって、かつ、目的地点からの移動コストが最小となる交点ノード201を表す。

20

【0081】

なお、最近傍ノード201の検索処理及びペアの生成処理の詳細については、図8を用いて後述する。

【0082】

次に、サーバ101は、生成されたペアに基づいて、1以上のグループを生成する(ステップ503)。ここで、グループとは、少なくとも1つ以上のペアを含む経路ネットワークの部分集合を表す。

【0083】

グループの生成方法としては、(方法1)全体を1つのグループとして分割する方法、(方法2)ペア同士及びグループ同士を組み合わせるグループを生成する方法、(方法3)最初に適当なグループを生成して調整する方法の3つの方法が考えられる。詳細は後述する。

30

【0084】

次に、サーバ101は、生成されたグループ内における最適経路を検索する(ステップ504)。複数のグループが生成された場合、各グループについて最適経路が検索される。サーバ101は、グループ毎に最適経路を検索することによって、計算量を減らすことが可能となる。

【0085】

グループ内の最適経路の検索処理では、サーバ101は、グループ内の全ての目的地点と少なくとも1つ以上の最近傍ノード201とを移動し、かつ、移動コストが最小となる最適経路を検索する。このとき、最近傍ノード201の中から離合点が決定されることとなる。

40

【0086】

なお、離合点が2つ以上含まれる場合、以下のようにして最適経路が検索される。

【0087】

自動車移動については、離合点間の移動コストが最小となる経路が検索される。徒歩移動については、離合点から移動を開始して、一以上の目的地点を經由して離合点へ至る移動コストが最小になる経路が検索される。なお、到着地点となる離合点は、移動開始点と

50

した離合点と同一であってもよい。

【0088】

より具体的には、目的地点を経由しない離合点間の移動では、自動車移動による移動コストが最小となる経路が検索される。また、少なくとも一以上の目的地点を経由する離合点間の移動については、徒歩移動による移動コストが最小となる経路が検索される。すなわち、自動車移動による経路と徒歩移動による経路とが最適化される。

【0089】

ステップ504では、少なくとも1つ以上の最近傍ノード201を含むという条件の下、グループ内の目的地点を最小の移動コストで全て移動する経路が検索される。これによって、経路の最適性を保ち、かつ、検索処理の計算量を削減することができる。

10

【0090】

なお、ステップ503の処理において、各グループにおける最適経路及び当該最適経路の移動コストが算出されている場合、ステップ504と同様の処理がすでに行われているためステップ504の処理は省略できる。

【0091】

次に、サーバ101は、全てのグループ間を1回ずつ移動する最適経路を検索する(ステップ505)。すなわち、グループ間の移動経路の最適化が実行される。

【0092】

本実施形態におけるグループ間の最適経路は、ステップ504において検索された一つのグループにおける最適経路の終了地点と、他のグループにおける最適経路の開始地点とを結ぶ経路の中から検索される。なお、無向リンクを仮定する場合、開始地点と終了地点とを入れ替えることができる。

20

【0093】

ステップ505の処理が終了した後に、サーバ101は、検索された最適経路に関する情報を表示するための出力情報を生成して、当該出力情報を端末100に送信する。

【0094】

ステップ505の検索処理は、巡回セールスマン問題として取り扱うことができる。巡回セールスマン問題はNP困難な問題であるが、グループ数が所定数以下であれば、サーバ101は分枝限定法などの既存の方法を用いて実用的な時間で最適経路を検索できる。また、あらかじめ最適経路検索の対象となる地域ごとに本実施形態におけるサーバ101を用いることによって、膨大な計算量の発生を回避することができる。

30

【0095】

図7は、本発明の第1の実施形態におけるグループ間を接続する最適経路の一例を示す説明図である。

【0096】

図7では、グループ701とグループ702とを接続する最適経路を示す。各グループ内の目的地点は黒丸で表し、グループ内の最適経路は太線で表している。

【0097】

図7に示すように、本実施形態では、ノードAとノードBとの間を接続する経路がグループ701とグループ702との間を接続する最適経路となる。

40

【0098】

なお、ノードCとノードDとの間を結ぶ経路が最適経路となるように各グループ内の経路を変更した方が、全体としての移動コストが最小となる可能性も考えられる。しかし、グループ内及びグループ間の移動コストを考慮して、全ての開始地点及び終了地点の組み合わせに対して検索処理を実行すると、計算量が著しく増大してしまう。

【0099】

本実施形態では、目的地点を全て通過する最適経路を検索する処理において、目的地点及び最近傍ノード201を含むグループ内の最適経路を検索し、さらに、グループ間を接続する最適経路を検索することによって計算量を削減する。より具体的には、グループ内の開始地点及び終了地点を固定し、グループ間の移動では自動車移動を用い、徒歩移動を

50

含むグループ内の最適化を優先的に行うように検索処理を実行することによって、計算量を大幅に削減する効果がある。

【0100】

以上で述べた処理によって、サーバ101は、自動車移動と徒歩移動とを組み合わせた最適経路を検索できる。

【0101】

次に、ステップ502における最近傍ノード201の検索処理について説明する。

【0102】

図8は、本発明の第1の実施形態のサーバ101が実行する最近傍ノード201の検索処理を説明するフローチャートである。

10

【0103】

まず、サーバ101は、目的地点を一つ選択する(ステップ801)。ステップ802以下の処理は選択された目的地点毎に実行される。すなわち、各目的地点についてステップ802~ステップ808の処理が実行される。

【0104】

サーバ101は、経路ネットワークDB114を参照して、選択された目的地点に自動車移動による移動が可能であるか否かを判定する(ステップ802)。すなわち、目的地点が交点ノード201であるか否かが判定される。

【0105】

具体的には、サーバ101は、選択された目的地点のノード識別子に基づいてノード情報テーブル400を参照し、対応するエントリの車両移動402が「True」であるか否かを判定する。対応するエントリの車両移動402が「True」である場合には、目的地点が交点ノード201であると判定される。

20

【0106】

ステップ803以下の処理では、最近傍ノード201の候補となるノード201を検索し、ステップ803~ステップ808のループ処理によって当該ノード201を更新して真の最近傍ノード201が検索される。以下では、最近傍ノード201の候補となるノード201を候補ノード201とも呼ぶ。

【0107】

目的地点が交点ノード201であると判定された場合、サーバ101は、目的地点そのものが最近傍ノード201となるため処理を終了する。

30

【0108】

目的地点が交点ノード201でないと判定された場合、サーバ101は、初期化処理を実行する(ステップ803)。

【0109】

具体的には、サーバ101は以下の処理を実行する。

【0110】

サーバ101は、候補ノード201にダミーのノード(以下、ダミーノード201と呼ぶ)を設定する。また、サーバ101は、ダミーノード201へ移動するためのリンク202の移動コストに大きな値を設定する。初期化処理は、候補ノード201が再度候補ノード201として検索されることを防止するための処理である。なお、初めて処理が実行される場合には、ダミーノード201の設定処理を省略してもよい。

40

【0111】

また、サーバ101は、最近傍ノード201を検索するためのリスト900を生成する。

【0112】

図9は、本発明の第1の実施形態におけるリスト900の一例を示す説明図である。

【0113】

リスト900は、ノード識別子901、累積移動コスト902及び経路903を含む。

【0114】

50

ノード識別子 901 は、候補ノード 201 を識別するための識別子を格納する。累積移動コスト 902 は、目的地点からノード識別子 901 に対応するノード 201 までの移動コストを格納する。経路 903 は、目的地点からノード識別子 901 に対応するノード 201 までの移動経路に関する情報を格納する。経路 903 には、例えば、目的地点から移動する順にノード 201 の識別子を並べたものが格納される。ただし、移動経路が分かる情報であればどのような形式の情報であってもよい。

【0115】

初めて、初期化処理が実行される場合、ノード識別子 901 には選択された目的地点の識別子が格納され、累積移動コスト 902 には「0」が格納され、経路 903 には移動経路がない旨の情報が格納される。ステップ 803 以降の処理では、リスト 900 を用いて処理が実行される。

10

【0116】

初期化処理を実行した後に、サーバ 101 は、経路ネットワーク DB 114 及びリスト 900 を参照して、隣接ノード 201 を検索する（ステップ 804）。

【0117】

具体的には、サーバ 101 は、リスト 900 から最も累積移動コスト 902 の値が最も小さいノード 201 を選択して、選択されたノード 201 に隣接する隣接ノード 201 を検索する。

【0118】

ここで、隣接ノード 201 とは、ノード識別子 901 に対応するノード 201 と直接リンク 202 によって接続されるノード 201 を表す。すなわち、ノード識別子 901 に対応するノード 201 から 1 ステップで移動可能なノードを表す。

20

【0119】

次に、サーバ 101 は、隣接ノード 201 に関する情報をリスト 900 に追加する（ステップ 805）。

【0120】

具体的には、サーバ 101 は、対応するエントリのノード識別子 901 に隣接ノード 201 の識別子を格納する。また、サーバ 101 は、隣接ノード 201 までの移動経路を検索し、当該移動経路を経路 903 に格納する。また、サーバ 101 は、目的地点から隣接ノード 201 までの移動コストを算出し、累積移動コスト 902 に算出された移動コストを格納する。

30

【0121】

次に、サーバ 101 は、経路ネットワーク DB 114 及びリスト 900 を参照して、候補ノード 201 を選択する（ステップ 806）。

【0122】

具体的には、以下のような処理が実行される。

【0123】

サーバ 101 は、経路ネットワーク DB 114 のノード情報テーブル 400 を参照して、リスト 900 から交点ノード 201 に対応するエントリを一以上抽出する。

【0124】

サーバ 101 は、抽出されたエントリの中から、累積移動コスト 902 が最小かつ現在の候補ノード 201 への累積移動コスト 902 より小さい交点ノード 201 のエントリをすべて選択する。サーバ 101 は、選択されたエントリに対応する交点ノード 201 を候補ノード 201 として選択する。すなわち、現在の候補ノード 201 が選択された交点ノード 201 に置き換えられる。

40

【0125】

前述の条件を満たすエントリがない場合、サーバ 101 は、累積移動コスト 902 が最小かつ現在の候補ノード 201 への累積移動コスト 902 と等しいエントリをすべて選択する。サーバ 101 は、選択されたエントリを候補ノード 201 として追加する。

【0126】

50

さらに、サーバ101は、リスト900から交点ノード201に対応するエントリを削除する。なお、この時点でリスト900にエントリが無い場合、当該候補ノード201が真の最近傍ノード201となるため、サーバ101は処理を終了してもよい。また、交点ノード201以外のノード201に対応するエントリは、リスト900から削除されない。

【0127】

次に、サーバ101は、リスト900を更新する(ステップ807)。

【0128】

具体的には、サーバ101は、経路ネットワークDB114を参照して、累積移動コスト902が候補ノード201の累積移動コスト902以上となるノード201をリスト900から削除する。

10

【0129】

次に、サーバ101は、リスト900にエントリが存在するか否かを判定する(ステップ808)。

【0130】

リスト900にエントリが存在すると判定された場合、サーバ101は、ステップ803に戻り同様の処理を実行する。なお、ステップ803における初期化処理において、候補ノード201の移動コストに大きな値を設定するのは、当該最近傍ノード201が重複して選択されるのを防止するためである。

【0131】

リスト900にエントリが存在しないと判定された場合、サーバ101は、現在の候補ノード201を最近傍ノード201と決定し、処理を終了する。

20

【0132】

以上に処理によって、最近傍ノード201、目的地点から最近傍ノード201までの移動コスト、及び目的地点から最近傍ノード201までの移動経路(最適経路)を検索することができる。

【0133】

目的地点と最近傍ノード201とを結ぶ最適経路は、自動車を降りて最初の目的地点まで徒歩で移動する経路の候補であり、かつ、目的地点から徒歩移動で自動車に乗車可能な場所まで移動する経路の候補でもある。つまり、最近傍ノード201は、離合点の候補となるノード201である。

30

【0134】

本実施形態では、離合点の候補を最近傍ノード201に限定することによって、全てのノード201を離合点として最適経路を検索する場合に比べて検索範囲を限定することができる。したがって、計算量の削減及び最適経路を検索処理の時間短縮という効果が得られる。

【0135】

一方、検索範囲を限定することによって、真の最適経路と乖離した経路が検索される懸念がある。しかし、自動車移動と徒歩移動との移動コストは大きく異なるため、徒歩移動の移動コストが最小となるように経路の最適化を優先的に行い、最近傍ノード201のい

40

【0136】

前述の方法では、移動コストが最小となる候補ノード201が複数ある場合でもいずれか一つの候補ノード201が選択されるが、本発明はこれに限定されない。すなわち、複数の最近傍ノード201を抽出してもよい。この場合、それぞれの最近傍ノード201に対して、最適経路検索処理を実行して、最終的な離合点を決定する方法であってもよい。

【0137】

なお、図6に示す例では、図10に示すようなペアが生成される。すなわち、目的地点Lと最近傍ノードG201とのペアと、目的地点Kと最近傍ノードB201とのペアが生成される。

50

【 0 1 3 8 】

次に、ステップ 3 0 3 におけるペアのグループ化の方法について説明する。

【 0 1 3 9 】

図 1 1 は、本発明の第 1 の実施形態におけるペアのグループ化処理を説明するフローチャートである。

【 0 1 4 0 】

図 1 1 では、(方法 1) に対応するグループ化処理、すなわち、全体を 1 つのグループとして分割するグループ化処理について説明する。なお、以下では、図 6 を例に説明する。

【 0 1 4 1 】

最初に、サーバ 1 0 1 は、全体を 1 つのグループとして未処理グループリストに追加する(ステップ 1 1 0 1)。図 6 の場合、図 6 に示す経路ネットワークが一つのグループとして未処理グループリストに追加される。

10

【 0 1 4 2 】

次に、サーバ 1 0 1 は、未処理グループリストから処理対象となるグループを 1 つ選択し、選択されたグループにおける最適経路を検索し、さらに、検索された最適経路の移動コストを算出する(ステップ 1 1 0 2)。なお、最適経路は、交点ノード 2 0 1 を開始点として、全ての目的地点を通過して、交点ノードを終了点とする経路の中から検索される。

【 0 1 4 3 】

ここで、グループ内の最適経路の検索方法について説明する。

20

【 0 1 4 4 】

グループ内の全ての目的地点を通過する最適経路を検索する問題も、巡回セールスマン問題として取り扱うことができ、目的地点の数が多くなれば、分枝限定法などの既存の手法を用いて実用的な時間で最適経路を検索できる。一方、目的地点の数が多い場合は、(方法 1) よりも(方法 2) 及び(方法 3) を用いることが好ましい。

【 0 1 4 5 】

なお、グループ内の最適経路の検索処理では、自動車を運転する運転手がいるか否かを考慮する必要がある。運転手がいる場合には、目的地点における調査及び徒歩移動中に自動車を別の地点に移動させることができるためである。したがって、運転手がいる場合にはグループ内での開始地点のノード 2 0 1 と終了地点のノード 2 0 1 とは異なってもよい。

30

【 0 1 4 6 】

例えば、図 6 の場合、ノード A 2 0 1 ~ ノード J 2 0 1 の全てのノード 2 0 1 を開始地点とすることができ、さらに開始地点に依存することなく独立にノード A 2 0 1 ~ ノード J 2 0 1 のいずれを終了地点とすることができる。

【 0 1 4 7 】

なお、ノード間の移動コストが移動方向に依存しない無向リンクの経路ネットワークでは、ノード A 2 0 1 を開始地点とし、ノード H 2 0 1 を終了地点とした経路と、逆方向に移動する経路とでは移動コストが同一となるため、いずれか片方の経路を検索すればよい。一方、有効リンクの経路ネットワークでは、最適経路を検索する場合は、同一経路であっても移動方向を考慮して両方の移動方向についての移動コストを算出する必要がある。

40

【 0 1 4 8 】

また、本実施形態では徒歩の移動中及び調査中に、自動車が交点ノード 2 0 1 まで移動を完了していると仮定しているが、当該仮定が成立しない場合は、降車地点から乗車地点までの自動車移動の移動コストと、徒歩移動での移動コスト及び調査コストとの合計を比較し、大きい方の移動コストを経路の移動コストとして考えればよい。

【 0 1 4 9 】

運転手がない場合は、サーバ 1 0 1 は、開始地点と終了地点とが同一となるという条件の下、最適経路の検索処理を実行すればよい。

50

【 0 1 5 0 】

なお、運転手がいるか否かを示す情報は、オペレータ又は調査員が指定する。当該指定によって経路開始地点と経路終了地点とが同一であるか否かが決定される。

【 0 1 5 1 】

また、オペレータ又は調査員は、運転手がいるという条件と、運転手がないという条件の両方の条件について最適経路の検索処理を実行するようにサーバ101に指示してもよい。この場合、サーバ101が、オペレータ又は調査員にそれぞれの条件における最適経路を表示することによって、調査時に運転手を同行させるか否かの判断を支援することができる。

【 0 1 5 2 】

さらに、サーバ101は、異なる条件における最適経路ごとの、調査時間の違い、必要とする燃料の違い、運転手を同行させた場合の人件費（又はタクシー代）等のコストを表示することもできる。また、サーバ101は、調査時間の違い及び燃料の違い等に対応する係数に基づいて調査に係る金額に換算し、いずれの条件のもと調査した方が金銭的に有利であるかを表示することもできる。

【 0 1 5 3 】

図6を例に運転手がいる場合、運転手がない場合のそれぞれの最適経路は、図12A及び図12Bに示すようになる。

【 0 1 5 4 】

図12Aは、本発明の第1の実施形態において運転手がいる場合の最適経路の一例を示す説明図である。図12Bは、本発明の第1の実施形態において運転手がない場合の最適経路の一例を示す説明図である。

【 0 1 5 5 】

図12A及び図12Bは、調査員が移動する経路を示す。

【 0 1 5 6 】

図12Aに示すように、運転手がいる場合の調査員の最適経路は、経路（B、K、L、G）又は経路（G、L、K、B）となる。なお、自動車の運転手の移動経路は、経路（B、C、D、E、F、G）又は経路（B、A、J、I、H、G）のいずれかが最適経路となる。

【 0 1 5 7 】

図12Bに示すように、運転手がない場合の最適経路は、経路（B、K、L、C、B）、経路（B、C、L、K、B）、経路（C、L、K、B、C）又は経路（C、B、K、L、C）となる。なお、経路（B、K、L、C、B）においてノードC201からノードB201へは徒歩移動による移動となる。他の経路についても同様である。

【 0 1 5 8 】

図12A及び図12Bに示す最適経路では、自動車の乗降回数はそれぞれ1回ずつであるが、目的地点を全て通過する経路の中には、自動車の乗降回数がそれぞれ複数回になる経路も存在する。例えば、ノードB201を開始地点とし、徒歩でノードK201まで移動し、ノードB201に戻り、ノードB201で再び乗車し、自動車でノードC201まで移動し、ノードC201で自動車を降りて徒歩でノードL201まで移動し、さらに、ノード201Cに戻って乗車するという経路が考えられる。このような場合、最適経路の移動コストとして、乗降時のコストを考慮することもできる。

【 0 1 5 9 】

例えば、計測機器を車のトランクに積んで移動する場合、降車後の計測機器の準備、又は調査後の計測機器の収納にかかる時間が乗降時コストに相当する。この場合、サーバ101は、徒歩移動から自動車移動に交点ノード201において、所定の乗降時コストを加算して最適経路を検索すればよい。

【 0 1 6 0 】

図11の説明に戻る。

【 0 1 6 1 】

次に、サーバ101は、グループを2つに分割する（ステップ1103）。

【0162】

分割方法は様々考えられるが、例えば、目的地点間の地図上での位置（緯度及び経度）を用いて、距離尺度としてユークリッド距離を用いたK-means法等によって分割できる。

【0163】

図13は、本発明の第1の実施形態におけるグループの分割の一例を示す説明図である。

【0164】

次に、サーバ101は、分割された各グループにおいて、交点ノード201を経路の開始地点として、全ての目的地点を通過し、交点ノード201を経路の終了地点とする最適経路を検索し、2つのグループそれぞれの移動コストL1、L2を算出する（ステップ1104）。最適経路の検索方法は、ステップ1102と同一であるため説明を省略する。

10

【0165】

図13のように分割された場合、上のグループでは経路（G、L、G）が最適経路となり、下のグループでは経路（B、K、B）が最適経路となる。

【0166】

次に、サーバ101は、分割後の各グループにおける最適経路の移動コストが、分割前のグループにおける最適経路の移動コストより大きいかが否かを判定する（ステップ1105）。

20

【0167】

具体的には、分割前のグループにおける最適経路の移動コストをLとし、分割後の各グループにおける最適経路の移動コストL1、L2とし、グループ間の移動に必要な移動コストLGとした場合、「 $L > L1 + L2 + LG$ 」を満たすかが判定される。

【0168】

図13に示す例では、グループ間の移動は、経路（B、C、D、E、F、G）又は経路（B、A、J、I、H、G）の移動コストが最小となるため最適経路となる。

【0169】

分割後の最適経路の移動コストが分割前の最適経路の移動コストより大きいと判定された場合、サーバ101は、分割後の方が全体としての移動コストが削減できるため、分割したグループを未処理グループリストに追加し（ステップ1106）、ステップ1102に戻り同様の処理を実行する。

30

【0170】

分割後の最適経路の移動コストが分割前の最適経路の移動コスト以下と判定された場合、サーバ101は、分割前の方が全体として移動コストを削減できるため、分割前のグループを未処理グループリストから削除し、さらに、処理済グループリストに追加する（ステップ1107）。

【0171】

次に、サーバ101は、未処理グループリストに未処理のグループがあるか否かを判定する（ステップ1108）。

40

【0172】

未処理グループリストに未処理のグループがあると判定された場合、サーバ101は、ステップ1102に戻り同様の処理を実行する。

【0173】

未処理グループリストに未処理のグループがないと判定された場合、サーバ101は、処理を終了する。

【0174】

以上の処理によって、処理済グループリストには分割されたグループが格納される。

【0175】

図12Aの場合、調査員の移動コストは「 $8 + 10 + 9 = 27$ 」となる。図12Bの場合

50

合、調査員の移動コストは「 $8 + 10 + 11 + 6 = 35$ 」となる。

【0176】

一方、図13に示すように分割された場合、目的地点Lを含むグループの移動コストは運転手の有無にかかわらず「 $9 + 9 = 18$ 」となり、また、目的地点Kを含むグループの移動コストは運転手の有無にかかわらず「 $8 + 8 = 16$ 」となる。また、グループ間の移動コストは経路(B、C、D、E、F、G)又は経路(B、A、J、I、H、G)が最適経路となり、当該最適経路の移動コストは「5」となる。なお、グループ間移動コストは、単純な最適経路の検索問題であり、ダイクストラ法等の既存の方法で検索できる。

【0177】

したがって、分割前の移動コストは分割後の移動コストより小さいため、運転手の有無にかかわらず、グループは分割されない。

10

【0178】

前述の分割処理では、分割方法によって、ステップ1105の判定結果が異なる可能性がある。例えば、K-means法を用いて分割した場合、分割前の移動コストが分割後の移動コストより小さいと判定された場合でも、他の分割法を用いて分割した場合、分割後の移動コストが分割前の移動コストより小さいと判定される可能性もある。

【0179】

したがって、ステップ1103及びステップ1104において、複数の分割法を用いてグループを分割し、分割方法毎の移動コストを比較して、分割後の移動コストが最も小さくなる分割方法について、ステップ1105の判定処理を実行するようにしてもよい。

20

【0180】

図14は、本発明の第1の実施形態におけるペアのグループ化処理を説明するフローチャートである。

【0181】

図14では、(方法2)に対応するグループ化処理、すなわち、ペア又はグループ同士を組み合わせてグループを生成するグループ化方法を説明する。なお、以下では、図6を例に説明する。

【0182】

まず、サーバ101は、目的地点と最近傍ノード201とのペアを一つのグループとして未処理グループリストに追加する(ステップ1401)。なお、以下の処理では複数のペアが結合されることによってグループが生成される。したがって、当該グループ化処理では一つのペアも一つのグループとして扱われる。以下、ペアをペアグループとも記載する。

30

【0183】

次に、サーバ101は、未処理グループリストから隣接する2つのペアグループを取り出し、各ペアグループにおける最適経路を検索し、また検索された各最適経路の移動コストを算出する(ステップ1402)。

【0184】

ここで、隣接する2つのペアグループの選択方法としては、ペアグループ間の移動コストが最小のものを選択する方法、ペアグループ内の目的地点と最近傍ノードとの全体の重心間距離が最小のものを選択する方法など様々な方法が考えられる。本実施形態では、ペアグループ間の移動コストが最小となるペアグループを隣接するペアグループとして選択するものとする。

40

【0185】

次に、サーバ101は、取り出された2つのペアグループを結合する(ステップ1403)。ここで、ペアグループの結合とは、2つのペアグループに含まれる全ての目的地点と最近傍ノードとのペアの集合の和集合を生成することを意味する。

【0186】

次に、サーバ101は、結合されたペアグループ内の最適経路を検索し、当該最適経路の移動コストを算出する(ステップ1404)。

50

【 0 1 8 7 】

次に、サーバ 1 0 1 は、結合されたペアグループにおける最適経路の移動コストが、結合前の各ペアグループにおける最適経路の移動コストより小さいか否かを判定する（ステップ 1 4 0 5）。

【 0 1 8 8 】

具体的には、結合前の各ペアグループにおける最適経路の移動コストを L_1 、 L_2 とし、ペアグループ間の移動コストを L_G とし、また、結合後のペアグループにおける最適経路の移動コストを L とした場合、「 $L < L_1 + L_2 + L_G$ 」を満たすか否かが判定される。

【 0 1 8 9 】

結合後のペアグループにおける最適経路の移動コストが結合前の各ペアグループにおける最適経路の移動コストより小さいと判定された場合、サーバ 1 0 1 は、結合されたペアグループを未処理グループリストに追加し（ステップ 1 4 0 6）、ステップ 1 4 0 8 に進む。これは、2つのペアグループを結合した方が全体としての移動コストが削減できるためである。

10

【 0 1 9 0 】

結合後のペアグループにおける最適経路の移動コストが結合前の各ペアグループにおける最適経路の移動コスト以上であると判定された場合、サーバ 1 0 1 は、結合前の各ペアグループを処理済グループリストに追加し（ステップ 1 4 0 7）、ステップ 1 4 0 8 に進む。これは、2つのペアグループを結合しない方が全体として移動コストが削減できるためである。

20

【 0 1 9 1 】

次に、サーバ 1 0 1 は、未処理グループリストに未処理のペアグループが 2 つ以上あるか否かを判定する（ステップ 1 4 0 8）。

【 0 1 9 2 】

未処理グループリストに未処理のペアグループが 2 つ以上あると判定された場合、サーバ 1 0 1 は、ステップ 1 4 0 2 に戻り、同様の処理を実行する。

【 0 1 9 3 】

未処理グループリストに未処理のペアグループが 1 つ以下であると判定された場合、サーバ 1 0 1 は、未処理のペアグループを処理済グループリストに追加し処理を終了する。

30

【 0 1 9 4 】

以上の処理によって、処理済グループリストには結合されたペアグループが残る。

【 0 1 9 5 】

なお、ステップ 1 4 0 7 において、選択された 2 つのペアグループを処理済グループリストに追加しているが、これは隣接する 2 つのペアグループと結合しても移動コストが削減されない場合、他のペアグループと結合しても移動コストが削減される可能性は低いという考え方に基づくものである。

【 0 1 9 6 】

前述の仮定は、隣接グループの定義、ペアグループ内の目的地点の分布、経路ネットワークの性質等によって該当しない場合も考えられる。したがって、隣接する 2 つのペアグループを選択するのではなく、結合候補を複数選択し、それぞれ結合させた場合の移動コストの削減量を算出し、最も移動コストの削減量が多いものを実際に結合させる方法を用いてもよい。

40

【 0 1 9 7 】

以下、図 1 4 の示す方法を図 6 に示す経路ネットワークに適用した場合について説明する。

【 0 1 9 8 】

ステップ 1 4 0 1 において、サーバ 1 0 1 は、図 1 0 に示す、目的地点 K 及び最近傍ノード B 2 0 1 のペア、並びに、目的地点 L 及び最近傍ノード G 2 0 1 のペアの 2 つのグループをそれぞれグループリストに追加する。

50

【 0 1 9 9 】

ステップ 1 4 0 2 において、サーバ 1 0 1 は、グループリストから 2 つのグループを取り出し、それぞれグループの最適経路を検索し、さらに各最適経路の移動コスト L 1、L 2 を算出する。ここでは、グループリストには 2 つのグループしか含まれないため当該グループが自動的に選択される。

【 0 2 0 0 】

具体的には、目的地点 K 及び最近傍ノード B 2 0 1 のペアからなるグループにおける移動コストは「 1 8 」と算出され、また、目的地点 L 及び最近傍ノード G 2 0 1 のペアからなるグループにおける移動コストは「 1 6 」と算出される。

【 0 2 0 1 】

また、結合前のグループでは交点ノード B 2 0 1 から交点ノード G 2 0 1 までの自動車移動が最適経路となるため、結合前のグループ間の移動コストは、交点ノード 2 0 1 における移動コストを「 0 」とした場合、「 5 」と算出される。

【 0 2 0 2 】

したがって、結合前の移動コストは「 3 9 」と算出される。

【 0 2 0 3 】

ステップ 1 4 0 3 において、2 つのグループが図 1 5 に示すように結合される。このとき、ステップ 1 4 0 4 において、結合後の移動コストは「 2 7 」と算出される。

【 0 2 0 4 】

ステップ 1 4 0 5 において、サーバ 1 0 1 は、結合後の移動コストが結合前の移動コストより小さいと判定し、さらにステップ 1 4 0 6 において、結合されたグループをグループリストに追加する。

【 0 2 0 5 】

この時点でグループリストにはグループが 1 つしか存在しないため、当該グループが処理済グループに残ることになる。したがって、グループにおける最適経路の移動コストが「 2 7 」であるグループが 1 つ得られる。なお、図 6 に示す例では、運転手がいる否にかかわらず同一の結論となる。

【 0 2 0 6 】

(方法 3) は、隣接する目的地点は結果的に同一のグループになる可能性が高いという仮定に基づくグループ化方法である。

【 0 2 0 7 】

例えば、サーバ 1 0 1 は、K - m e a n s クラスタリング等を用いて、目的地点の位置情報に基づいて初期のグループから適当な数のグループを生成する。さらに、サーバ 1 0 1 は、生成されたグループに対して、(方法 1) 及び(方法 2) のグループ化方法をランダムに実行して、移動コストの削減が一定回数「 0 」となった場合に処理を終了させるアルゴリズムを適用することが考えられる。

【 0 2 0 8 】

(方法 3) の利点は、計算量の少ない K - m e a n s 法等のクラスタリング手法を用いて、おおまかにグループ化することによって、計算量の多いセールスマン巡回問題を解く回数を削減することができる点である。

【 0 2 0 9 】

また、オペレータ又は調査員が初期のグループを指定してもよい。なお、当該グループは集落及び地域などの任意の基準で指定されるものであり、必ずしも調査時のグループとして最適なものではないため、前述した各グループ化方法を組み合わせて最適なグループを生成することが望ましい。

【 0 2 1 0 】

第 1 の実施形態における最適経路検索システムの構成は以上で説明したものに限定されない。例えば、端末 1 0 0 が経路ネットワーク DB 1 1 4 又は地図 DB 1 1 5 を備え、当該端末 1 0 0 が最適経路の検索処理を実行してもよい。この場合、サーバ 1 0 1 が端末 1 0 0 を携行する調査員が担当する目的地点の情報を端末 1 0 0 に送信し、端末 1 0 0 が指

10

20

30

40

50

定された目的地点に対してのみ最適経路の検索処理を実行すればよい。

【0211】

第1の実施形態によれば、移動コストの異なる徒歩移動及び自動車移動を組み合わせた最適経路の検索処理において、目的地点と離合点とを移動する最適経路を検索することによって、経路の最適性を保ち、かつ、検索処理に必要な計算処理を低減することが可能となる。

【0212】

また、各目的地点の最近傍ノード201を離合点の候補として検索処理を実行することによって、経路の最適性を損なわずに、経路検索の範囲を大幅に削減することができる。したがって、計算量を削減し、迅速な最適経路を提示することが可能となる。

10

【0213】

また、目的地点を含む複数のグループに経路ネットワークを分割することによって、グループの中での徒歩移動による移動経路の最適化、及び、グループ間の自動車移動による移動経路の最適化に問題を分割できる。これによって、経路の最適性を損なわずに、経路検索の範囲を大幅に削減することができる。

【0214】

また、運転者がいる場合、運転手がない場合のそれぞれの条件に対して、自動車移動及び徒歩移動を組み合わせた最適経路を調査員に提示することができる。すなわち、自動車移動による移動経路、徒歩移動による移動経路、及び動車を乗り降りする地点（離合点）をそれぞれ表示することができる。

20

【0215】

[第2の実施形態]

第2の実施形態では、コンバイン、輸送トラック及び運搬機のそれぞれの移動経路、並びに、作物の積み替え地点を最適化する最適経路検索システムについて説明する。

【0216】

コンバインは、圃場内の作物の刈り取り、刈り取った作物の脱穀作業等を行って作物を収穫する。コンバインは、収穫した作物を一定量貯めておくことができるが、圃場全体の作物を貯めるほどの積載量は有さない。したがって、コンバインに積載された作物を、適宜運搬車に積み替える必要がある。

【0217】

輸送トラックは、大量の作物を積載し、カントリーエレベータ等の施設へ輸送する。輸送トラックは、圃場内を移動できず、圃場の外周のみを移動できるという特性を持つ。

30

【0218】

運搬機は、コンバインに積載された作物を輸送トラックまで運搬し、輸送トラックに収穫された作物を積み替える。運搬機は、圃場内を自由に移動でき、かつ、輸送トラックへ積み替え可能な地点まで移動できる。

【0219】

コンバインの積載量が所定値以上になると、刈り取り作業が中断されるため作業効率が低下する。すなわち、収穫の作業効率は、コンバインの稼働状況に依存するため、コンバインの運行計画が最優先となる。したがって、第2の実施形態における最適経路検索システムの課題は、コンバインの刈り取り作業を中断することなく、運搬機及び輸送用トラックの移動経路、並びに、作物の積み替え地点を最適化することである。

40

【0220】

図16は、本発明の第2の実施形態における最適経路検索システムの構成例を示すブロック図である。

【0221】

第2の実施形態における最適経路検索システムは、コンバイン、輸送トラック及び運搬機のそれぞれに搭載される端末1600と、サーバ1601と、端末1600及びサーバ1601を接続するネットワーク1602とから構成される。

【0222】

50

端末1600は、制御部1604、入力部1605、表示部1606、位置検出部1607、及び通信部1608を備え、各構成はデータ通信バス1603によって互いに接続される。なお、端末1600は、他の構成を含んでいてもよい。

【0223】

制御部1604は、端末1600が備える機能を実現するための処理を実行する。制御部1604は、例えば、プロセッサ等によって実現できる。

【0224】

入力部1605は、作業員から情報の提示要求、及び経路検索条件の設定要求などを受け付ける。入力部1605は、例えば、ボタン、タッチパネルなどによって実現できる。

【0225】

表示部1606は、作業員に地図画像及び経路情報等の情報を表示する。表示部1606は、例えば、液晶ディスプレイ等によって実現できる。

【0226】

位置検出部1607は、端末1600の現在位置を検出する。位置検出部1607は、例えば、GPS、又は自立航法ユニット等によって実現できる。

【0227】

通信部1608は、ネットワーク1602を介してサーバ1601と通信する。具体的には、通信部1608は、端末1600の現在位置に関する情報、情報の提示要求、及び経路検索条件の設定要求等をサーバ1601に送信し、また、端末1600の現在位置周辺の地図画像及び最適経路情報等をサーバ1601から受信する。通信部1608は、携帯電話通信カードやWiMAX通信カードなどによって実現できる。

【0228】

なお、端末1600が備える各構成はソフトウェアを用いて実現してもよい。例えば、携帯電話、スマートフォン、携帯ゲーム機、カーナビゲーションシステム、PND(Personal Navigation Device)等の既存の機器に、各構成を実現するソフトウェアを導入することによって、調査員が携帯できる端末1600として利用することもできる。

【0229】

サーバ1601は、本発明の中核をなす部分であり、コンバイン、運搬機及び輸送トラックを組み合わせた最適な収穫経路(最適経路)を検索し、検索された最適経路に関する情報を端末1600に送信する。

【0230】

サーバ1601は、制御部1610、入力部1611、表示部1612、通信部1613、経路ネットワークDB1614、地図DB1615、経路検索部1616、及び刈り取り順決定部1617を備え、各構成はデータ通信バス1609によって接続される。

【0231】

制御部1610は、サーバ1601が備える機能を実現するための処理を実行する。制御部1610は、例えば、プロセッサ等によって実現できる。

【0232】

入力部1611は、オペレータがサーバ1601の操作を行うためのインタフェースである。入力部1611は、例えば、キーボード、マウス、ボタン、及びタッチパネル等によって実現できる。

【0233】

表示部1612は、オペレータに対して各種情報を表示する。表示部1612は、例えば、液晶ディスプレイ等によって実現される。

【0234】

通信部1613は、ネットワーク1602を介して一以上の端末1600と通信する。通信部1613は、端末1600に対して最適経路に関する情報を送信し、また、端末1600の現在位置に対応する周辺地図画像を当該端末1600に送信する。通信部1613は、例えば、ネットワークカード等によって実現できる。

10

20

30

40

50

【0235】

経路ネットワークDB1614は、経路ネットワークに関する情報を格納する。本実施形態の経路ネットワークは、輸送トラックが通行可能な道路、地点を表すノードと、当該ノード間を接続するリンクとから構成される。なお、ノードは、積み替え可能か否かを示す属性情報を保持する。また、輸送トラックが通行可能な道路は、コンバイン及び運搬機も通行可能である。

【0236】

地図DB1615は、ラスター形式又はベクター形式で表現された地図画像を格納する。地図画像には、JPEG、PNG及びTIFFなどの形式が利用できる。地図DB1615は、解像度ごとに地図画像を格納し、さらに区域ごとに分割されて当該地図画像を格納する。これによって、端末1600の現在位置が変化した場合、サーバ1601は端末1600に適切な区域かつ適切な解像度の地図画像を送信することができる。したがって、端末1600には現在位置に応じた地図が表示される。なお、ベクター形式の地図画像としてはSVG(Scalable Vector Graphics)などが利用できる。

10

【0237】

経路検索部1616は、コンバイン、運搬機及び輸送トラックが連携して収穫作業を行うための最適経路を検索し、検索された最適経路に関する情報をオペレータ又は作業者に対して出力する。

【0238】

ここで、コンバイン、運搬機及び輸送トラックが連携して収穫作業を行うための最適経路の検索とは、コンバインの移動経路、運搬機の移動経路、コンバインから運搬機に積み替える地点、輸送トラックに積み替える地点、及び輸送トラックの移動経路のそれぞれ最適に決定することを意味する。

20

【0239】

刈り取り順決定部1617は、圃場の刈り取り順を決定する。なお、刈り取り順は、移動コストとは異なる基準に基づいて決定される。

【0240】

以下、第2の実施形態における最適経路の検索処理について説明する。

【0241】

図17は、本発明の第2の実施形態のサーバ1601が実行する最適経路検索処理を説明するフローチャートである。

30

【0242】

経路検索部1616は、最初にコンバインの圃場内での移動経路を決定する。コンバインの移動経路は、圃場間の移動経路と、圃場内の移動経路に分けて検索される。これは、第1の実施形態におけるグループ間の最適経路と、グループ内の最適経路とを検索する処理に対応する。

【0243】

まず、サーバ1601は、各圃場内のコンバインの最適経路を検索する(ステップ1702)。

40

【0244】

圃場内におけるコンバインの最適経路の検索方法は、例えば、特開2004-354117号公報に開示されているような方法を用いて通常方式(近)、通常方式(遠)、枕無し方式、片側枕無し方式のような既存の走行パターンの中から、ユーザのパターンを選択させることによって検索することができる。なお、前述の公報に記載の方法では、圃場への入り口と出口との組み合わせを考慮した圃場内の移動経路をオペレータが選択することができる。オペレータの選択が無かった場合、入り口と出口との組み合わせに対してデフォルトの移動経路タイプが選択されるようにしてもよい。

【0245】

次に、サーバ1601は、経路ネットワークDB1614を参照して、輸送トラックが

50

通行可能な道路のみを表現した経路ネットワークに対して、圃場内におけるコンバインの移動経路を追加する（ステップ1703）。

【0246】

ステップ1703では、以下のような処理が実行される。

【0247】

まず、サーバ1601は、コンバインの最適経路上に目的地点を決定する。具体的には、コンバインは一定時間ごとに運搬機への積み替え作業を必要とするため、サーバ1601は、一定の時間間隔ごとのコンバインの移動地点を目的地点として決定する。目的地点を経路ネットワーク上に表現するためには、目的地点にノードを生成し、当該ノードを目的地点として決定すればよい。当該処理は、第1の実施形態におけるステップ501に対応する処理である。

10

【0248】

サーバ1601は、決定された目的地点周辺の経路ネットワーク上において、運搬機が収穫した作物を輸送トラックに積み替えることが可能な地点（ノード）を検索する。これは、第1の実施形態における交点ノード201に対応するノードである。以下では、輸送トラックに積み替えが可能な地点を積み替え地点と呼ぶ。

【0249】

サーバ1601は、目的地点と積み替え地点との間にリンクを生成する。ここで、リンクの移動コストは、地点間の地理的な距離及び運搬機の平均移動速度から算出できる。

【0250】

また、サーバ1602は、それぞれの目的地点に対して最も移動コストの少ない積み替え地点に対してリンクを生成する。生成されたリンクは、第1の実施形態における自動車移動ができないリンクに対応する。また、目的地点に対してはそれぞれ唯一つの積み替え地点に対するリンクが生成されるため、この積み替え地点は第1の実施形態における最近傍ノードに相当する。すなわち、当該処理は第1の実施形態におけるステップ502に相当する処理である。

20

【0251】

一方、コンバインの進行順に目的地点を目的地点 k ($k = 1, 2, 3, \dots$) と表した場合、サーバ1601は、目的地点 k から、目的地点 $k - 1$ 及び目的地点 $k + 1$ における最近傍ノードに対しても同様にリンクを生成する。

30

【0252】

ただし、目的地点1に対しては、目的地点2における最近傍ノードとのリンクのみが生成され、また、最後の目的地点に対しては1つ前の目的地点における最近傍ノードとのリンクのみが生成される。これは、最初の目的地点の前に相当する目的点がなく、また最後の目的地点の次に相当する目的地点が存在しないためである。

【0253】

また、すでに目的地点と最近傍ノードとの間にリンクが存在する場合、サーバ1601は、重複してリンクを生成する必要はない。当該処理によって、第1の実施形態における図2と同等の経路ネットワークが生成される。

【0254】

次に、サーバ1601は、運搬機の最適経路を検索する（ステップ1704）。このステップは第1の実施形態における、ステップ503とステップ504に相当する処理である。

40

【0255】

まず目的地点と最近傍ノードのペアのグループ化処理では、圃場内のペアを全てグループとすればよい。

【0256】

次にサーバ1601は、グループ内での最短経路を検索する（ステップ504相当）。第1の実施形態では目的地点の移動順番は任意であったが、第2の実施形態ではコンバインの進行に合わせて目的地点を移動する必要がある。また、運搬機は目的地点に移動した

50

後に、必ず積み替え地点に移動する必要がある。

【0257】

例えば、コンバインが目的地点1、目的地点2、目的地点3の順に進行する場合、移動経路は(目的地点1の最近傍ノード、目的地点1、目的地点1の最近傍ノード又は目的地点2の最近傍ノード、目的地点2、目的地点2の最近傍ノード又は目的地点3の最近傍ノード、目的地点3、目的地点3の最近傍ノード)の順番となる。

【0258】

したがって、運搬機の最短経路は、(目的地点k、目的地点kの最近傍ノード、目的地点k+1)と(目的地点k、目的地点k+1の最近傍ノード、目的地点k+1)のうち、移動コストの小さい経路が選択される。選択された経路に含まれる最近傍ノードが第1の実施形態における離合点に相当する。

10

【0259】

以上の処理によって、運搬機の最適な移動経路が算出される。

【0260】

次に、サーバ1601は、輸送トラックの移動経路を検索する(ステップ1705)。

【0261】

輸送トラックの移動経路は、離合点の間を最小コストで移動する経路となる。すなわち、輸送トラックの移動経路については、所定の積み替え地点において運搬機が積み替えを行った後、次の積み替え地点が異なれば当該積み替え地点に移動するという単純な経路が最適経路となる。ここでは、運搬機の移動コスト、及び、コンバインが収穫した作物の積み替えにかかるコストに対して、輸送トラックが異なる積み替え地点に移動するコストが必ず小さいことを仮定しているが、通常この仮定は満たされる。

20

【0262】

最後に、サーバ1601は、圃場間のコンバイン、輸送機及び輸送トラックの最適経路を検索する(ステップ1706)。

【0263】

圃場間の移動は通常舗装された広い道路を利用するため、それぞれの機械に対する最適な経路は等しくなる場合が多いが、それぞれの機械に対して異なる経路ネットワークを設定することによって、最適経路が異なる場合もある。

【0264】

圃場間を移動する順番に制約がない場合における最適経路の検索処理では、サーバ1601が、各圃場間の最適経路をダイクストラ法で算出し、セールスマン巡回問題として分枝限定法などの既存の手法で実用的な時間で最適経路を検索可能である。

30

【0265】

一方、圃場ごとの刈り取り順があらかじめ決められている場合がある。例えば、とうもろこしや水稲においては、ほぼ植え付け順に刈り取るのが通常であり、小麦に関しては人工衛星写真から植生指標NDVI = (近赤外域強度 - 赤色域強度) / (近赤外域強度 + 赤色域強度)を求め、算出された値から含有水分量を推定することによって収穫順を決定する方法が実用化されている。

【0266】

刈り取り順決定部1617は、前述した既存の刈り取り順の決定方法を用いて、圃場間の刈り取り順を決定する。経路検索部1616は、刈り取り順決定部1617によって決定された刈り取り順に基づいて、各圃場間のコンバイン・輸送機・輸送トラックの最適経路を検索する。検索方法は、例えば、ダイクストラ法を用いることが考えられるが、他の方法を用いてもよい。

40

【0267】

以上で説明したように、第2の実施形態では、コンバインの移動経路(最適経路)上に目的地点が決定され、当該目的地点と積み替え地点とのペアが生成され、当該ペアから運搬機の最適経路が検索される。すなわち、積み替え地点のいずれかから離合点が決定され、目的地点及び離合点を通過する運搬機の最適経路が検索される。さらに、当該決定され

50

た離合点を最適に移動するための輸送トラックの経路も検索される。

【0268】

図18A、図18B及び図18Cは、本発明の第2の実施形態における経路ネットワークの一例を示す説明図である。

【0269】

図18Aは、ステップ1702の処理が実行され、さらに、コンバインの最適経路上に目的地点が決定された後の経路ネットワークを表す。

【0270】

図18Aにおいて、ノードA1801～ノードD1801は、コンバイン及び運搬機のみが移動可能な地点を表す。ノードE1801～ノードG1801は、積み替え地点を表す。

10

【0271】

ノード1801とリンク1802とに囲まれた部分が圃場を表す。リンク1802は、輸送トラックが移動可能な経路を表す。

【0272】

経路1803は、コンバインの最適経路を表す。図18Aに示す例では、ノードA1801からコンバインが作業を開始し、ノードD1801まで移動する経路を表す。

【0273】

地点1804は、コンバインが収穫した作物を積み替える地点、すなわち、目的地点を表す。図18Aに示す例では、地点1804の数字順にコンバインが移動することを表す。

20

【0274】

図18Bは、目的地点と積み替え地点との間のリンクが生成された後の経路ネットワークを表す。

【0275】

リンク1805は、目的地点と積み替え地点とのリンクを表す。

【0276】

図18Cは、ステップ1704の処理が実行された後の経路ネットワークを表す。

【0277】

目的地点と積み替え地点とを結ぶ実線1805は、運搬機の最適経路を表す。図18Cに示す例では、実線1805に付された数字は、運搬機の移動順を表す。

30

【0278】

第2の実施形態では、コンバイン、運搬機及び輸送トラックを組み合わせた収穫経路を最適化することができる。

【符号の説明】

【0279】

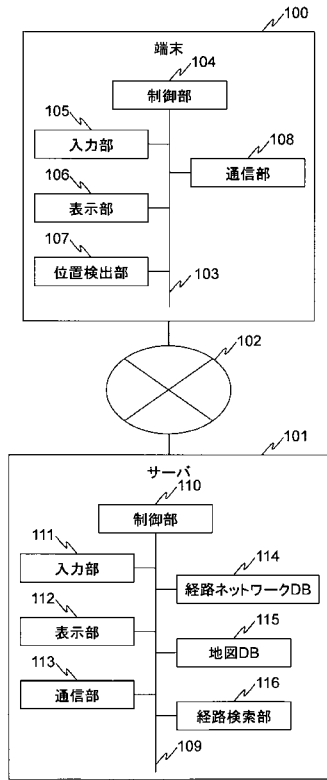
- 100 端末
- 101 サーバ
- 102 ネットワーク
- 103 データ通信バス
- 104 制御部
- 105 入力部
- 106 表示部
- 107 位置検出部
- 108 通信部
- 109 データ通信バス
- 110 制御部
- 111 入力部
- 112 表示部
- 113 通信部

40

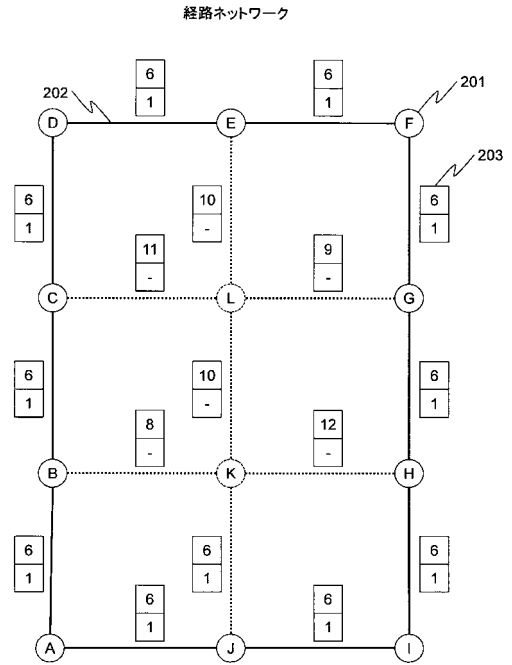
50

1 1 4	経路ネットワーク D B	
1 1 5	地図 D B	
1 1 6	経路検索部	
2 0 1	ノード	
2 0 2	リンク	
2 0 3	移動コスト情報	
4 0 0	ノード情報テーブル	
4 1 0	移動コスト情報テーブル	
7 0 1、7 0 2	グループ	
9 0 0	リスト	10
1 6 0 0	端末	
1 6 0 1	サーバ	
1 6 0 2	ネットワーク	
1 6 0 3	データ通信バス	
1 6 0 4	制御部	
1 6 0 5	入力部	
1 6 0 6	表示部	
1 6 0 7	位置検出部	
1 6 0 8	通信部	
1 6 0 9	データ通信バス	20
1 6 1 0	制御部	
1 6 1 1	入力部	
1 6 1 2	表示部	
1 6 1 3	通信部	
1 6 1 4	経路ネットワーク D B	
1 6 1 5	地図 D B	
1 6 1 6	経路検索部	
1 6 1 7	刈り取り順決定部	
1 8 0 1	ノード	
1 8 0 2、1 8 0 5	リンク	30
1 8 0 3	経路	
1 8 0 4	地点	

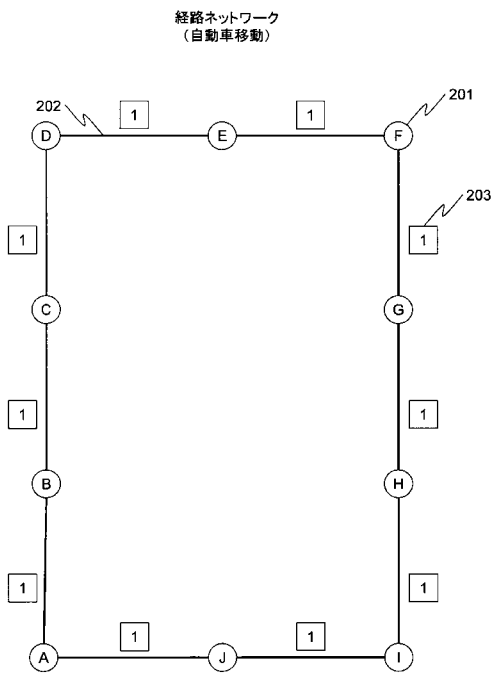
【 図 1 】



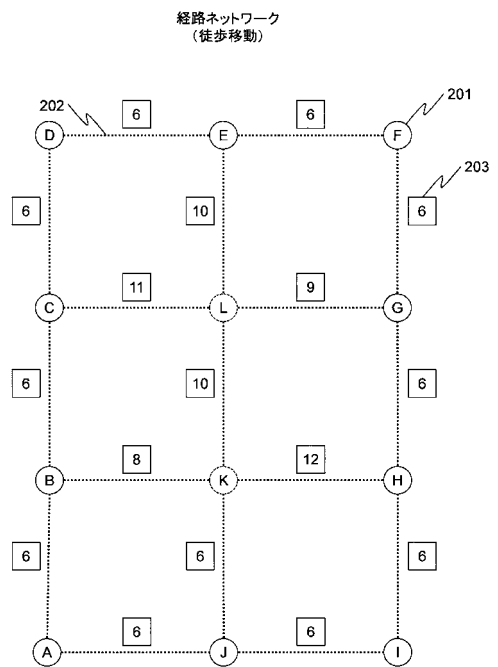
【 図 2 】



【 図 3 A 】



【 図 3 B 】



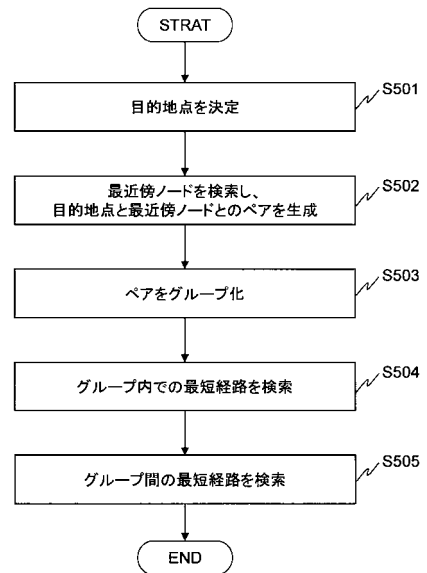
【図4A】

ノード識別子	車両移動	緯度	経度
A	True	42.781231N	138.457895E
B	True	42.781232N	138.457896E
C	True	42.781233N	138.457894E
L	False	42.781232N	138.457896E

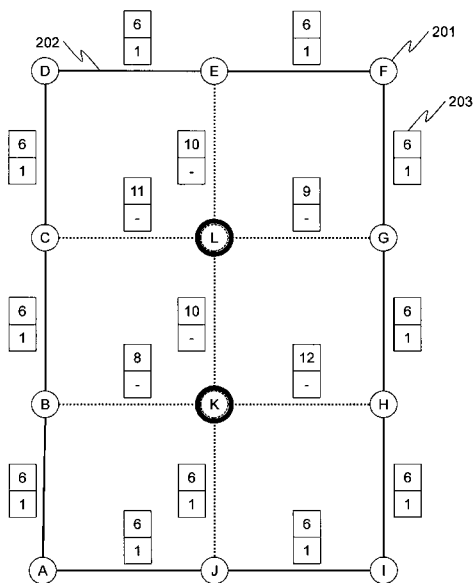
【図4B】

リンク識別子	ノード識別子	ノード識別子	移動コスト(車両)	移動コスト(徒歩)	道路種別
1	A	B	1	6	道路
2	B	C	1	6	道路
3	C	D	1	6	道路
4	B	K	-	8	あぜ道

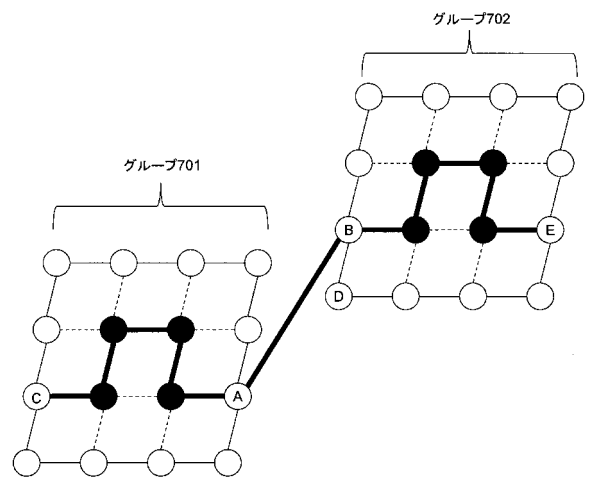
【図5】



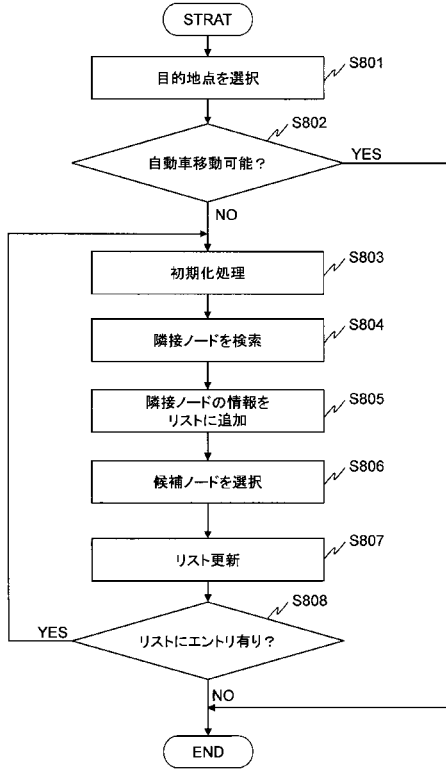
【図6】



【図7】



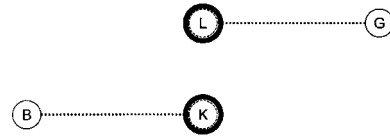
【 図 8 】



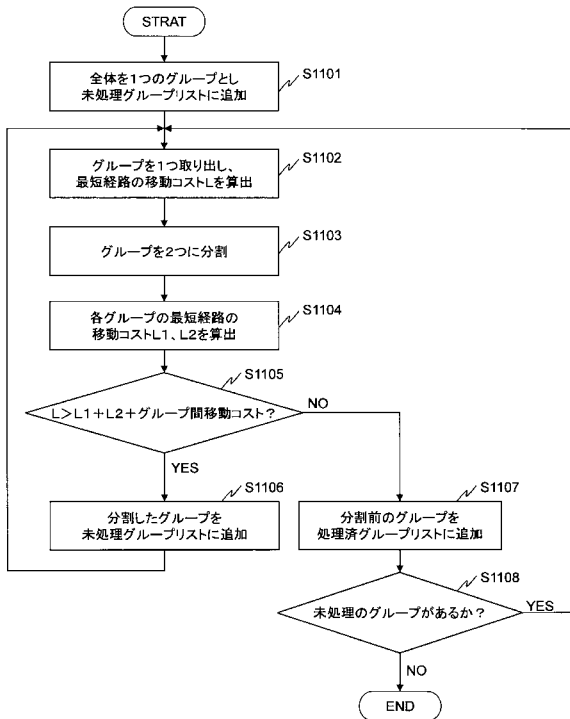
【 図 9 】

ノード識別子	累積移動コスト	経路
G	9	経路1 (L → G)
⋮	⋮	⋮

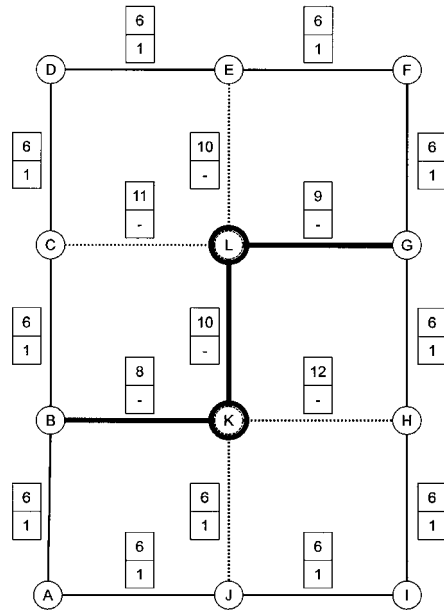
【 図 10 】



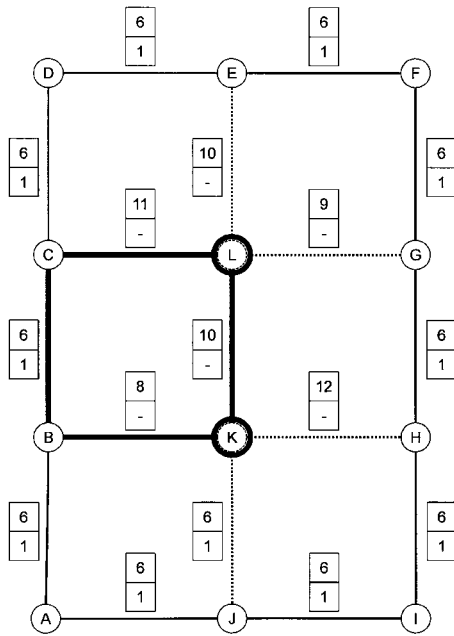
【 図 11 】



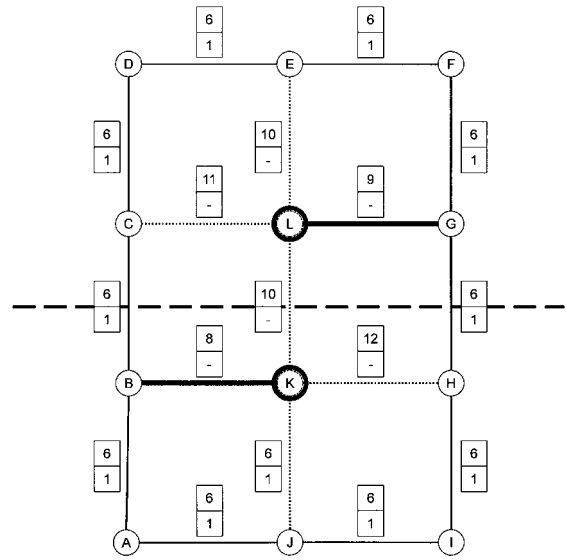
【 図 12 A 】



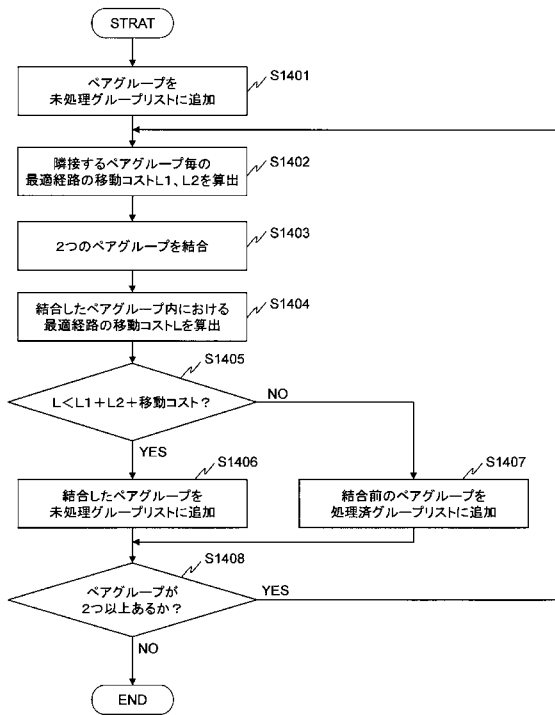
【図12B】



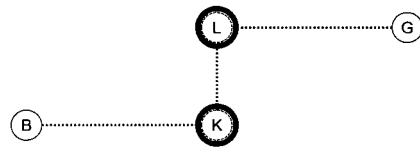
【図13】



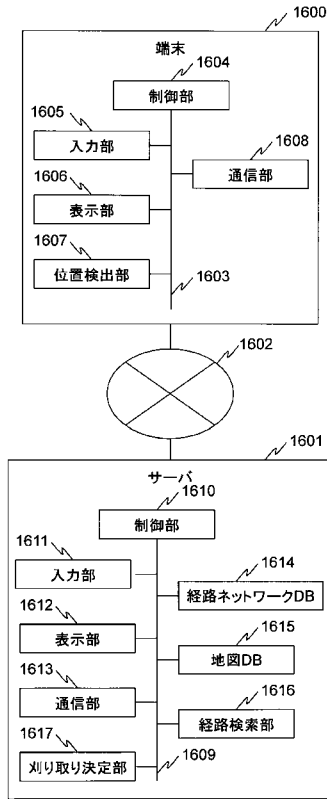
【図14】



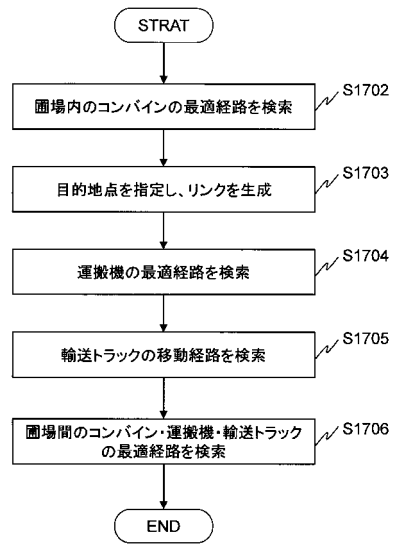
【図15】



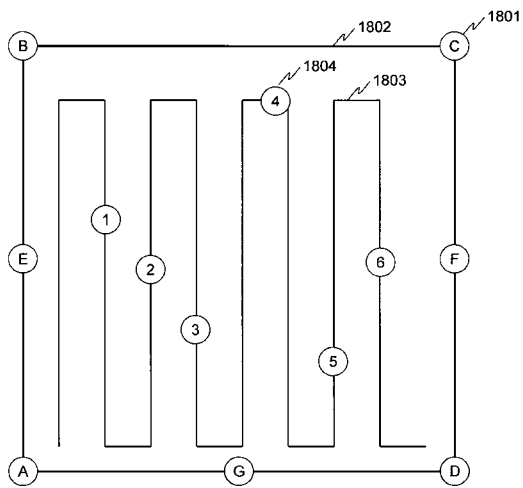
【 図 1 6 】



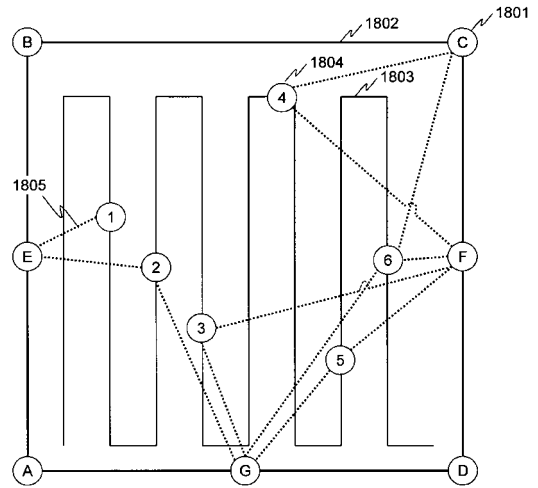
【 図 1 7 】



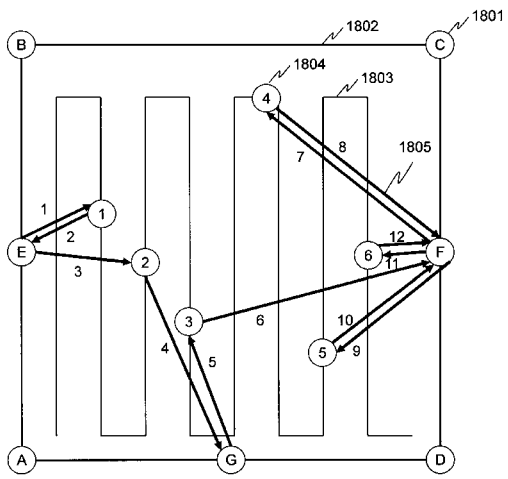
【 図 1 8 A 】



【 図 1 8 B 】



【 図 18 C 】



フロントページの続き

- (72)発明者 亀田 昌宏
東京都江東区新砂一丁目6番27号 株式会社日立製作所公共システム事業部内
- (72)発明者 風間 頼子
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
- (72)発明者 渡邊 高志
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
- Fターム(参考) 2F129 AA03 BB03 CC13 DD63 DD64 EE02 EE52 HH12