

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5036573号
(P5036573)

(45) 発行日 平成24年9月26日 (2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日 (2012.7.13)

(51) Int. Cl.	F 1		
G 0 6 Q 50/10	(2012.01)	G 0 6 F 17/60	1 4 4
G 0 6 Q 50/30	(2012.01)	G 0 6 F 17/60	1 1 2 Z
G 0 1 C 21/34	(2006.01)	G 0 1 C 21/00	G

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-11831 (P2008-11831)	(73) 特許権者	000004651
(22) 出願日	平成20年1月22日 (2008.1.22)		日本信号株式会社
(65) 公開番号	特開2009-175876 (P2009-175876A)		東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
(43) 公開日	平成21年8月6日 (2009.8.6)	(74) 代理人	100078330
審査請求日	平成22年12月24日 (2010.12.24)		弁理士 笹島 富二雄
		(72) 発明者	山口 拓真
			埼玉県久喜市大字江面字大谷1836番1
			日本信号株式会社 久喜事業所内
		審査官	大野 朋也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 全最小コスト経路探索用ネットワーク生成装置、生成方法及びこのネットワークを用いた経路探索装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のノードを有し、隣合うノード間をアークで接続し、各アークにコストを設定した本来の経路探索ネットワークデータを格納するデータ格納部と、

前記複数のノードのいずれか1つを終端ノードとし、当該終端ノードを含む全てのノードに関してそれぞれのノードから前記終端ノードまでの各経路の最小コストをそれぞれ算出し、算出した各最小コストと前記データ格納部の各アークのコストとに基づいて前記本来の経路探索ネットワークの各アークのコストを変換し、変換後のコストが零のアーク及び当該アークで接続されるノードのみで構成される最小コスト経路ネットワークデータを生成するネットワークデータ生成部と、

を備えて構成したことを特徴とする全最小コスト経路探索用ネットワーク生成装置。

【請求項2】

前記ネットワークデータ生成部は、前記最小コストを算出するコスト算出手段と、前記本来の経路探索ネットワークの各アークのコストを変換するアークコスト変換手段と、前記データ格納部に格納された前記ノード及び前記アークと前記アークコスト変換手段で得られた変換後のコストとで構成されるアークコスト変換ネットワークデータからコストが零でないアークデータを削除するアーク削除手段と、を備え、前記アークコスト変換ネットワークデータからコストが零でないアークデータを削除することにより前記最小コスト経路ネットワークデータを生成する構成としたことを特徴とする請求項1に記載の全最小コスト経路探索用ネットワーク生成装置。

【請求項 3】

前記アークコスト変換手段は、コスト変換対象のアークの始点となっているノードについて前記最小コスト算出手段で算出した終端ノードまでの最小コストを C_{tail} 、コスト変換対象のアークの終点となっているノードについて前記最小コスト算出手段で算出した終端ノードまでの最小コストを C_{head} 、前記始点ノードと前記終点ノード間を接続するコスト変換対象のアークの変換前のコストを C_{arc} として、前記データ格納部に格納された全てのアークについて、変換後のコスト $H C_{arc}$ を、次の演算式、

$$H C_{arc} = C_{head} + C_{arc} - C_{tail}$$

を用いて算出することを特徴とする請求項 2 に記載の全最小コスト経路探索用ネットワーク生成装置。

10

【請求項 4】

前記ネットワークデータ生成部は、前記本来の経路探索ネットワークの各アークのコストを所定の規則に従ってそれぞれ量子化するコスト量子化手段を備え、該コスト量子化手段によるコスト量子化処理後に、前記最小コストの算出処理を行う構成としたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の全最小コスト経路探索用ネットワーク生成装置。

【請求項 5】

前記アークのコストの種類は、距離、時間及び金額のいずれかであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の全最小コスト経路探索用ネットワーク生成装置。

【請求項 6】

複数のノードを有し、隣合うノード間をアークで接続し、各アークにコストを設定して構成され、予め格納された本来の経路探索ネットワークデータの前記複数のノードのいずれか 1 つを終端ノードとして選択するステップと、

該選択ステップで選択した終端ノードを含む全てのノードに関してそれぞれのノードから前記終端ノードまでの各経路の最小コストをそれぞれ算出する最小コスト算出ステップと、

該最小コスト算出ステップで算出した各最小コストと前記データ格納部の各アークのコストとに基づいて前記本来の経路探索ネットワークの各アークのコストを変換するアークコスト変換ステップと、

前記データ格納部のノード及びアークと前記アークコスト変換ステップで変換されたコストとで構成されるアークコスト変換ネットワークデータからコストが零でないアークデータを削除して、コストが零のアーク及び当該アークで接続されるノードのみで構成される最小コスト経路ネットワークデータを生成するネットワークデータ生成ステップと、

を備えることを特徴とする全最小コスト経路探索用ネットワーク生成方法。

【請求項 7】

経路探索対象の始端と終端の情報を入力する入力部と、

前記請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の全最小コスト経路探索用ネットワーク生成装置で生成した最小コスト経路ネットワークデータを格納したネットワークデータ格納部と

、
該ネットワークデータ格納部の最小コスト経路探索ネットワークデータで構築される最小コスト経路ネットワークを用いて、前記入力部で入力された始端と終端との間の少なくとも 1 以上の経路を探索する経路探索部と、

該経路探索部で探索した経路情報と当該経路のコスト情報を出力する出力部と、

を備える構成としたことを特徴とする経路探索装置。

【請求項 8】

請求項 4 に記載のネットワーク生成装置で生成した最小コスト経路ネットワークデータを、前記ネットワークデータ格納部に格納し、前記経路探索部で、前記始端と前記終端との間で、前記本来の経路探索ネットワークにおける最小コストに近いコストの少なくとも 1 以上の経路を探索可能としたことを特徴とする請求項 7 に記載の経路探索装置。

【発明の詳細な説明】

40
50

【技術分野】

【0001】

本発明は、2点間の最小コスト経路を全て探索するためのネットワークの生成装置と生成方法に関し、特に、最小コスト経路が複数存在する場合に好適な全最小コスト経路探索用ネットワークの生成装置及び生成方法に関する。また、このネットワークを用いた経路探索装置に関する。

【背景技術】

【0002】

2点間の最小コスト経路探索の一例として、例えば、出発駅と到着駅間の鉄道運賃計算がある。鉄道運賃計算は、例えば、駅をノード、駅間を結ぶ線路をアーク、アークのコストを距離としたネットワークを用い、2駅間の利用可能経路の中で最短経路（最小コスト経路）を探索し、探索した経路の距離を運賃に換算することで運賃を算出する。また、鉄道運賃計算を行う際、発着駅間において最短経路が複数存在する場合、それらを全て求める必要がある。さらに、出発駅と到着駅間の最安運賃を求める必要もあるが、その際、発着駅間において最安運賃経路が複数存在する場合、それらを全て求めなければならない。

10

【0003】

このような複数の最小コスト経路を探索する従来手法としては、ネットワーク上の2つのノード間に存在する全経路を求め、その中からコストが最小となる経路を選択する手法と、k - 最短経路探索アルゴリズムを用いる手法がある。尚、k - 最短経路探索アルゴリズムを利用した複数の最短経路探索方法に関して、特許文献1、2に記載されたものがある。

20

【特許文献1】特開平5 46590号公報

【特許文献2】特開2004 61298号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述の全経路を探索する手法は、全経路を算出する必要があり計算量が非常に多いため、ネットワーク規模が大きい場合には実用的な処理時間での探索は困難であり、実用性に問題ある。また、k - 最短経路探索アルゴリズムを利用する手法は、コストの小さい順に経路を求めるアルゴリズムであり、最小コスト経路よりもコストの大きい経路が求まるまで探索を行う仕組みである。従って、全経路探索手法よりは計算量は少ないが、やはり無駄な計算が多く、コスト最小の経路（最小コスト経路）の全てを探索するには時間がかかり効率的ではない。

30

【0005】

本発明は上記問題点に着目してなされたもので、全ての最小コスト経路（例えば、最短経路や最安運賃経路等）を、効率的且つ高速で探索できるネットワークを生成する全最小コスト経路探索用ネットワーク生成装置と生成方法を提供することを目的とする。また、このネットワークを適用した経路探索装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

このため、請求項1に記載した本発明の全最小コスト経路探索用ネットワーク生成装置は、複数のノードを有し、隣合うノード間をアークで接続し、各アークにコストを設定した本来の経路探索ネットワークデータを格納するデータ格納部と、前記複数のノードのいずれか1つを終端ノードとし、当該終端ノードを含む全てのノードに関してそれぞれのノードから前記終端ノードまでの各経路の最小コストをそれぞれ算出し、算出した各最小コストと前記データ格納部の各アークのコストとに基づいて前記本来の経路探索ネットワークの各アークのコストを変換し、変換後のコストが零のアーク及び当該アークで接続されるノードのみで構成される最小コスト経路ネットワークデータを生成するネットワークデータ生成部と、を備えて構成したことを特徴とする。

40

【0007】

50

かかる構成では、ネットワークデータ生成部は、データ格納部に格納された本来のネットワークデータに基づいて、終端ノードを含んで各ノードから終端ノードまでの最小コストを算出し、算出した各最小コストと本来のコストとから各アークのコストを変換し、変換後のコストが零のアーク及び当該アークで接続されるノードのみで構成される最小コスト経路ネットワークデータを生成する。最小コスト経路ネットワークデータで構築される最小コスト経路ネットワークは、各ノードから終端ノードまでの経路が全て最小コストの経路になっている。これにより、2つのノード間に存在する全ての最小コスト経路を、短時間で探索できるようになる。

【0008】

前記ネットワークデータ生成部は、具体的には、請求項2のように、前記最小コストを算出するコスト算出手段と、前記本来の経路探索ネットワークの各アークのコストを変換するアークコスト変換手段と、前記データ格納部に格納された前記ノード及び前記アークと前記アークコスト変換手段で得られた変換後のコストとで構成されるアークコスト変換ネットワークデータからコストが零でないアークデータを削除するアーク削除手段と、を備え、前記アークコスト変換ネットワークデータからコストが零でないアークデータを削除することにより前記最小コスト経路ネットワークデータを生成する構成とした。

10

【0009】

前記アークコスト変換手段は、具体的には、請求項3のように、コスト変換対象のアークの始点となっているノードについて前記最小コスト算出手段で算出した終端ノードまでの最小コストをCtail、コスト変換対象のアークの終点となっているノードについて前記最小コスト算出手段で算出した終端ノードまでの最小コストをChead、前記始点ノードと前記終点ノード間を接続するコスト変換対象のアークの変換前のコストをCarcとして、前記データ格納部に格納された全てのアークについて、変換後のコストHCarcを、次の演算式、

20

$$HCarc = Chead + Carc - Ctail$$

を用いて算出する構成とした。

【0010】

請求項4のように、前記ネットワークデータ生成部は、前記本来の経路探索ネットワークの各アークのコストを所定の規則に従ってそれぞれ量子化するコスト量子化手段を備え、該コスト量子化手段によるコスト量子化処理後に、前記最小コストの算出処理を行う構成とする。よい。

30

かかる構成では、コスト量子化手段によって本来の経路探索ネットワークの各アークのコストを量子化した後に、最小コストの算出処理、コスト変換処理を経て、最小コスト経路探索ネットワークデータを生成できるようになる。これにより、本来の経路探索ネットワークにおける最小コストに近いコストの経路を複数探索可能な最小コスト経路探索ネットワークデータを生成できる。

【0011】

請求項5のように、前記アークのコストの種類は、距離、時間及び金額のいずれかであることを特徴とする。

これにより、コストの種類を距離にすれば最短距離の経路が、コストの種類を時間にすれば最短時間の経路が、コストの種類を運賃等の料金にすれば最安の経路が、それぞれ短時間で探索できるようになる。

40

【0012】

また、請求項6に記載の本発明の全最小コスト経路探索用ネットワーク生成方法は、複数のノードを有し、隣合うノード間をアークで接続し、各アークにコストを設定して構成され、予め格納された本来の経路探索ネットワークデータの前記複数のノードのいずれか1つを終端ノードとして選択するステップと、該選択ステップで選択した終端ノードを含む全てのノードに関してそれぞれのノードから前記終端ノードまでの各経路の最小コストをそれぞれ算出する最小コスト算出ステップと、該最小コスト算出ステップで算出した各最小コストと前記データ格納部の各アークのコストとに基づいて前記本来の経路探索ネッ

50

トワークの各アークのコストを変換するアークコスト変換ステップと、前記データ格納部のノード及びアークと前記アークコスト変換ステップで変換されたコストとで構成されるアークコスト変換ネットワークデータからコストが零でないアークデータを削除して、コストが零のアーク及び当該アークで接続されるノードのみで構成される最小コスト経路ネットワークデータを生成するネットワークデータ生成ステップと、を備えることを特徴とする。

【0013】

また、請求項7に記載の本発明の経路探索装置は、経路探索対象の始端と終端の情報を入力する入力部と、前記請求項1～5のいずれか1つに記載の全最小コスト経路探索用ネットワーク生成装置で生成した最小コスト経路ネットワークデータを格納したネットワークデータ格納部と、該ネットワークデータ格納部の最小コスト経路ネットワークデータで構築される最小コスト経路ネットワークを用いて、前記入力部で入力された始端と終端との間の少なくとも1以上の経路を探索する経路探索部と、該経路探索部で探索した経路情報と当該経路のコスト情報を出力する出力部と、を備える構成としたことを特徴とする。

【0014】

かかる構成では、入力部で始端と終端の情報を入力すると、経路探索部は、ネットワークデータ格納部に格納した最小コスト経路ネットワークデータに基づいて最小コスト経路ネットワークを構築し、入力された始端から終端までの少なくとも1以上（全て又は任意数）の経路を探索する。探索された経路は全て最小コストの経路である。出力部は、探索経路情報及びその経路のコスト情報を出力する。

【0015】

請求項8のように、請求項4に記載のネットワーク生成装置で生成した最小コスト経路ネットワークデータを、前記ネットワークデータ格納部に格納し、前記経路探索部で、前記始端と前記終端との間で、前記本来の経路探索ネットワークにおける最小コストに近いコストの少なくとも1以上（全て又は任意数）の経路を探索可能とするとよい。

かかる構成では、例えば、アークのコストが距離である経路探索ネットワークを用いて、終端までの距離が短く、要する時間も短い経路を探索するような場合、最短経路に近い経路を全て探索し、探索した全ての経路に対して時間の重み付けを行うようにすれば、前記探索条件に最適な経路の探索が可能になる。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、最小コスト経路ネットワークデータで構築される最小コスト経路ネットワークは最小コストの経路だけで接続されたネットワークであるので、始端から終端までの全ての最小コスト経路を短時間で探索できるネットワークを提供できる。また、この最小コスト経路ネットワークを用いれば、例えば、鉄道運賃計算等のように、最安運賃の経路が複数存在すればその全てを探索する必要がある場合でも、短時間で全ての最安運賃経路を探索できるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。尚、以下の実施形態では、アークのコストを距離とし、最小コスト経路探索として最短経路探索に適用した場合を例に説明する。

図1は、本発明に係る経路探索装置の第1実施形態の構成を示すブロック図である。図2は、駅をノード、駅間を結ぶ線路をアーク、アークのコストを距離としたネットワークであり、これを本来の経路探索ネットワークと呼ぶこととする。

図1において、本実施形態の経路探索装置1は、後述するように最小コスト経路ネットワークデータとして最短経路ネットワークデータの生成機能を備えており、最小コスト経路探索用ネットワーク生成装置を兼ねる。

【0018】

前記経路探索装置1は、入力部2と、データストレージ装置3と、最短経路ネットワー

10

20

30

40

50

クデータ生成部 4 と、記憶装置 5 と、経路探索部 6 と、出力部 7 と、を備えて構成される。ここで、経路探索装置 1 は、例えばコンピュータで構成され、前記最短経路ネットワークデータ生成部 4 及び経路探索部 6 の機能はソフトウェア的に備えられるものである。

【 0 0 1 9 】

前記入力部 2 は、始端となる出発点と終端となる到着点の各データ等を入力するものである。

前記データストレージ装置 3 は、複数のノードを有し、隣合うノード間をアークで接続し、各アークにコストとして例えば距離を設定した図 2 に示すような本来の経路探索ネットワーク構築用のネットワークデータを格納するもので、データ格納部に相当する。

【 0 0 2 0 】

前記最短経路ネットワークデータ生成部 4 は、データストレージ装置 3 内に格納された本来の経路探索ネットワークデータに基づいて、出発点と到着点のノード間に存在する全ての最短経路（最小コスト経路）を探索するために最短経路ネットワークを構築する必要があり、このための最短経路ネットワークデータを生成するもので、最短経路探索部 4 A と、アークコスト変換部 4 B と、アーク削除部 4 C と、を備える。最短経路ネットワークデータ生成部 4 がネットワークデータ生成部に相当する。

【 0 0 2 1 】

前記最短経路探索部 4 A は、図 2 の本来の経路探索ネットワーク 1 0 において、複数のノードのいずれか 1 つを終端ノードとし、当該終端ノードを含む全てのノードに関してそれぞれのノードから終端ノードまでの各経路の最小コストをそれぞれ算出するもので、最小コスト算出手段に相当する。最小コストの算出方法は、本実施形態では例えばダイクストラ法等の最短経路探索アルゴリズムを用いることができる。

【 0 0 2 2 】

前記アークコスト変換部 4 B は、最短経路探索部 4 A の算出した各最小コストとデータストレージ装置 3 に格納された図 2 の本来の経路探索ネットワーク 1 0 を構築する各アークのコストデータとに基づいて、後述の演算式を用いて、図 2 の本来の経路探索ネットワーク 1 0 の各アークのコストを変換するもので、アークコスト変換手段に相当する。このアークコスト変換処理により、図 3 に示すような、本来の経路探索ネットワークのアークのコストを、変換後のコストに置き換えたアークコスト変換ネットワーク 2 0 を構築するネットワークデータを生成する。

【 0 0 2 3 】

前記アーク削除部 4 C は、図 3 のアークコスト変換ネットワーク 2 0 の構築データから、コストが零でないアークデータを削除するもので、これにより、図 4 に示すような、最終的な最短経路ネットワーク 3 0 を構築するための最短経路ネットワークデータが生成される。

【 0 0 2 4 】

前記記憶装置 5 は、最短経路ネットワークデータ生成部 4 で生成された最短経路ネットワークデータを格納するもので、ネットワークデータ格納部に相当する。

前記経路探索部 6 は、記憶装置 5 に格納された最短経路ネットワークデータで構築される図 4 の最短経路ネットワーク 3 0 から全経路を探索するものである。

前記出力部 7 は、経路探索部 6 で探索された経路情報及びその経路のコスト情報（本実施形態では距離情報である）を出力するものである。

【 0 0 2 5 】

次に、本実施形態の経路探索装置 1 による最短経路ネットワークデータの生成及び最短経路ネットワークデータを用いた最短経路探索の各動作を、図 5 のフローチャートを参照して説明する。尚、以下では、図 2 の本来の経路探索ネットワーク 1 0 において、出発点をノード f、到着点をノード a とし、ノード f からノード a までの全最短経路を探索するものとして説明する。

【 0 0 2 6 】

図 5 は、最短経路ネットワークデータの生成から最短経路探索までの動作を示すフロー

10

20

30

40

50

チャートである。

ステップ S 1 で、入力部 2 において、出発点と到着点の各情報を入力する。

ステップ S 2 では、最短経路ネットワークデータ生成部 4 の最短経路探索部 4 A により、図 2 の本来の経路探索ネットワーク 10 において、各ノード a ~ f から到着ノード a までの最短経路のコストをそれぞれ算出する。これらコストは、例えばダイクストラ法等の 1 点から全点への最短経路を算出する手法によって効率的に算出することが可能である。図 2 において、各ノード近傍の四角形で囲まれた数字が、各ノードから到着ノード a までの最小コストを表しており、その他の数字は、隣合うノード間を接続する各アークのコストを表している。ステップ S 2 が、終端ノードの選択ステップ及び最小コスト算出ステップに相当する。

10

【 0 0 2 7 】

ステップ S 3 では、最短経路ネットワークデータ生成部 4 のアークコスト変換部 4 B により、最短経路探索部 4 A で算出した各最小コストと図 2 に示す各アークのコストとに基づいて、図 2 の本来の経路探索ネットワーク 10 の各アークのコストを変換し、図 3 のアークコスト変換ネットワーク 20 構築用のネットワークデータを生成する。ステップ S 3 が、アークコスト変換ステップに相当する。

【 0 0 2 8 】

ここで、前記アークコスト変換処理について詳述する。

アークコスト変換部 4 B は、コスト変換対象のアークの始点となっているノードについて最短経路探索部 4 A で算出した終端ノードまでの最小コストを C_{tail} 、コスト変換対象のアークの終点となっているノードについて算出した終端ノードまでの最小コストを C_{head} 、始点ノードと終点ノード間を接続するコスト変換対象のアークの変換前のコストを C_{arc} として、図 2 の本来の経路探索ネットワーク 10 の全てのアークについて、変換後のコスト H_{Carc} を、次の演算式 (1) を用いて算出する。

20

$$H_{Carc} = C_{head} + C_{arc} - C_{tail} \quad (1)$$

例えば、ノード d とノード e を接続するアークのコストを変換する場合は、ノード d を始点、ノード e を終点とするアークに関しては、 $C_{head} = 4$ 、 $C_{arc} = 3$ 、 $C_{tail} = 2$ となるので、 $H_{Carc} = 5$ となる。逆に、ノード d を終点、ノード e を始点とするアークに関しては、 $C_{head} = 2$ 、 $C_{arc} = 3$ 、 $C_{tail} = 4$ となるので、 $H_{Carc} = 1$ となる。また、ノード c とノード f を接続するアークのコストを変換する場合は、ノード c を始点、ノード f を終点とするアークに関しては、 $C_{head} = 6$ 、 $C_{arc} = 2$ 、 $C_{tail} = 4$ となるので、 $H_{Carc} = 4$ となる。ノード c を終点、ノード f を始点とするアークに関しては、 $C_{head} = 4$ 、 $C_{arc} = 2$ 、 $C_{tail} = 6$ となるので、 $H_{Carc} = 0$ となる。このようにして、図 2 の本来の経路探索ネットワーク 10 の全てのアークのコストを変換すると、図 3 のようなアークのコストが変換されたアークコスト変換ネットワーク 20 を構築するネットワークデータが生成される。

30

【 0 0 2 9 】

ステップ S 4 では、最短経路ネットワークデータ生成部 4 のアーク削除部 4 C により、図 3 のアークコスト変換ネットワーク 20 を構築するネットワークデータから、コストが零以外のアークデータを削除する。これにより、コストが零のアークと当該アークで接続されたノードのみで構成した図 4 の最短経路ネットワーク 30 を構築するための最短経路ネットワークデータを生成する。生成した最短経路ネットワークデータを、記憶装置 5 に格納する。ステップ S 4 が、ネットワークデータ生成ステップに相当する。上述のステップ S 1 ~ S 4 が、最短経路ネットワークデータの生成機能である。

40

【 0 0 3 0 】

ステップ S 5 では、経路探索部 6 により、記憶装置 5 に格納された最短経路ネットワークデータから構築される図 4 の最短経路ネットワーク 30 を用いて、入力部 2 で入力された出発点 f から到着点 a までの全経路を探索する。図 4 の最短経路ネットワーク 30 において、出発点 f から到着点 a までの全ての経路を列挙すると下記ようになる。

f e a

50

f e b a
 f b a
 f c b a

これらの経路は、全て図2の本来の経路探索ネットワーク10において、そのコストは「6」であり、最短経路である。

【0031】

ここで、図4の最短経路ネットワーク30の正当性について図6を参照して説明する。

図6のアーキzが最短経路を構成するアーキとなるための条件を求めることによって、図4の最短経路ネットワーク30の正当性を示すことができる。図6において、地点xからアーキzを通して地点yを経由して目的地に到達する場合の最短距離は、Cyを地点yから目的地までの最短距離（最小コスト）、Carcをアーキzのコストとすると、Cy + Carcで表される。この距離が地点xから目的地までの最短距離Cxと等しければ、アーキzは最短経路を構成するアーキとなる。このとき、以下の条件が満たされる。

$$C_y + C_{arc} - C_x = 0$$

この式は、前述した演算式(1)においてHCarc=0の場合である。従って、HCarc=0となるアーキは、最短経路を構成するアーキとなる。従って、図4の最短経路ネットワーク30が正当であると言える。

【0032】

ステップS6では、ステップS5の探索結果に基づいて、探索経路情報とそのコスト情報を出力部7から出力する。

【0033】

かかる本実施形態によれば、図4の最短経路ネットワーク30は、最短経路のみで構成されるネットワークであるので、この最短経路ネットワークで得られる経路は全て最短経路になる。従って、最短経路以外の無駄な経路が探索されないため、2地点間の最短経路を全て探索する必要がある場合でも、極めて効率よく高速にできる。

【0034】

尚、2つのノード間の全ての最短経路を探索するときは、図4の最短経路ネットワーク30上で全経路探索を行えばよい。また、全経路探索だけでなく任意数での経路探索を行うことができ、その際には、図4の最短経路ネットワーク30上で求めたい経路数だけ経路探索を行えばよい。この場合の経路探索手法は、深さ優先探索等の一般的な手法が利用可能である。

【0035】

更に、図4の最短経路ネットワーク30は、ノードfからノードaへの最短経路を求めるために作成したネットワークであるが、到着ノードが同じであれば、図4の最短経路ネットワーク30を用いて、ノードf以外の別のノードb~eから到着ノードaへの最短経路探索にも利用できる。

例えば、図4の最短経路ネットワーク30において、ノードeからノードaへの経路を挙げると、下記の2通りがある。

e a
 e b a

これらの経路も図2の本来の経路探索ネットワーク10において、コストが「4」で、最短経路となっている。

【0036】

このことから、経路探索ネットワーク上の全ての2ノード間の全最短経路を探索する場合、図2の本来の経路探索ネットワーク10から図4の最短経路ネットワーク30への変換回数は、図2の本来の経路探索ネットワーク10上のノードの数だけ行えばよく、この点でも効率よく最短経路探索が行える利点がある。

【0037】

上記実施形態は、到着点のノード情報が入力される度に、そのノードを到着ノードとする最短経路ネットワークデータを生成する構成であるが、これに限らない。例えば、デー

10

20

30

40

50

タストレージ装置 3 内の格納データで構築される本来の経路探索ネットワーク 10 における全てのノードについて、それぞれ到着点とした最短経路ネットワークデータを予め作成して記憶装置 5 に格納しておくようにしてもよい。また、本来の経路探索ネットワーク 10 における全てのノードについて、全ての出発点と到着点の組合せの最短経路ネットワークデータを予め作成して記憶装置 5 に格納しておくようにしてもよい。

【0038】

前者の構成による最短経路探索動作は、図 7 のフローチャートのようになる。

ステップ S 11 で、入力部 2 で求める出発点と到着点を入力する。

ステップ S 12 で、経路探索部 6 により、予め作成して記憶装置 3 に格納した最短経路ネットワークデータの中から、入力された到着点を到着ノードとした最短経路ネットワークデータを

10

選択して読出す。

ステップ S 13 で、経路探索部 6 により、呼び出した最短経路ネットワークデータから構築される最短経路ネットワークを用いて、出発点からの全経路を算出する。

ステップ S 14 で、探索経路情報とそのコスト情報を出力部 7 から出力する。

【0039】

後者の構成による最短経路探索動作は、図 8 のフローチャートのようになる。

ステップ S 21 で、入力部 2 で求める出発点と到着点を入力する。

ステップ S 22 で、経路探索部 6 により、予め作成して記憶装置 3 に格納した各最短経路ネットワークデータの中から、入力された出発点と到着点をそれぞれ出発ノードと到着ノードとした最短経路ネットワークデータを選択して読出す。

20

ステップ S 23 で、経路探索部 6 により、読出した最短経路ネットワークデータから構築される最短経路ネットワークを用いて、全経路を算出する。

ステップ S 24 で、探索経路情報とそのコスト情報を出力部 7 から出力する。

【0040】

本実施形態の経路探索装置を利用すれば、ノードを駅としアークのコストを距離としたネットワークデータに基づいて、図 5 のフローチャートのようにして図 4 のような最短経路ネットワークを構築するネットワークデータを作成し、作成した最短経路ネットワークデータで構築される図 4 のような最短経路ネットワークで、全経路探索を行えば、与えられた 2 駅間に存在する全ての最安運賃経路を効率よく短時間で探索することが可能となる。

30

【0041】

また、各駅をノードとし、同一料金体系内の全てのノードをアークで互いに直接接続し、アークで接続したノード間の接続の重み付けを運賃三角表データに基づいた運賃とするネットワークを利用することにより、与えられた 2 駅間に存在する全ての最安運賃経路を求めることができる。即ち、前述の運賃ネットワークデータに基づいて、図 5 のフローチャートのようにして最小コスト経路ネットワークとして図 4 のような最安運賃経路ネットワークを構築するネットワークデータを作成し、作成した最安運賃経路ネットワークデータで構築される図 4 のような最安運賃経路ネットワークで、全経路探索を行えば、与えられた 2 駅間に存在する全ての最安運賃経路を効率よく短時間で探索することが可能となる。

【0042】

次に、本発明の第 2 実施形態を説明する。

図 9 は、本発明に係る経路探索装置の第 2 実施形態の構成を示すブロック図である。尚、第 1 実施形態と同一要素には同一符号を付して説明を省略する。

図 9 において、本実施形態の経路探索装置 1 は、最短経路ネットワークデータ生成部 4 に、量子化手段としてアークコスト量子化部 4 D を追加した以外は、第 1 実施形態と同じ構成である。

【0043】

前記アークコスト量子化部 4 D は、本来の経路探索ネットワークの各アークのコストを所定の規則に従ってそれぞれ量子化するものである。ここで量子化とは、実際の数値を所定の規則に従って近い代表値に置き換えることであり、所定の規則とは、例えば、四捨五

40

50

入、切捨て、切上げ、代表値を含むある数値範囲を設定してその範囲内の数値を代表値に置き換える等の方法が考えられるが、これら方法に限らない。

【0044】

次に、第2実施形態の経路探索装置1による最短経路ネットワークデータの生成及び最短経路ネットワークデータを用いた最短経路探索の各動作を、図10のフローチャートを参照して説明する。

ステップS31で、入力部2において、出発点と到着点の各情報を入力する。

ステップS32で、本来の経路探索ネットワークデータの各アーキのコストを量子化する。例えば、データストレージ装置3に記憶されている本来の経路探索ネットワークデータが、図11のような経路探索ネットワーク40を構築するデータである場合、その各コストについて100未満を切り捨てて図12のような代表値に置き換える。

【0045】

この量子化後は、図12の経路探索ネットワーク40を本来の経路探索ネットワークデータと見なして、図5に示す第1実施形態のステップS2～S6の動作と同じ動作を、ステップS33～S37で順次実行する。これにより、コストが零のアーキと当該アーキで接続されたノードのみで構成される図13の最短経路ネットワーク50を構築するためのネットワークデータが生成される。図13の四角形で囲まれた数字は、各ノードから到着ノードaまでの最小コストを表している。

【0046】

かかる第2実施形態によれば、アーキコストの量子化を行うことで、複数の最短（最小コスト）経路を存在させることが可能になる。図11の本来の経路探索ネットワーク40では、ノードfからノードaに向かう最短経路は、f-c-b-aの一通りであるが、図12の量子化後の経路探索ネットワーク40では、f-c-b-a、f-e-d-a、f-e-b-a、f-e-aの4通りであり、生成される図13の最短経路ネットワーク50はそれらを表している。これらの経路は、最短に近い経路であり、量子化することで最短に近い経路を全て又は任意数だけ探索することが可能となる。

【0047】

コストを量子化した最短経路ネットワークを用いた経路探索装置では、例えば、カーナビゲーションで距離が短く且つ目的地までに要する時間も短い経路を探索する場合、最短に近い経路を全て探索しておき、探索されたそれぞれの経路に対して時間の重み付け（例えば渋滞情報、交通履歴、事故情報等に基づいた所要時間の度合い）を行って最適な経路を探索することが可能となる。

【0048】

尚、ネットワークにおけるアーキに付加するコストの種類は、距離、金額、時間等どのようなものでもよい。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】本発明に係る料金計算装置の第1実施形態の構成を示すブロック図

【図2】本来の経路探索ネットワークの例を示す図

【図3】図2のネットワークに基づくアーキコスト変換ネットワークを示す図

【図4】図2のネットワークに基づく最短経路ネットワークの例を示す図

【図5】第1実施形態の経路探索動作を説明するフローチャート

【図6】本発明の最短経路ネットワークの正当性の説明図

【図7】到着点毎の最短経路ネットワークデータが格納されている場合の経路探索動作を説明するフローチャート

【図8】到着点と出発点の全ての組合せの最短経路ネットワークデータが格納されている場合の経路探索動作を説明するフローチャート

【図9】本発明に係る料金計算装置の第2実施形態の構成を示すブロック図

【図10】第2実施形態の経路探索動作を説明するフローチャート

【図11】量子化前の本来の経路探索ネットワークの例を示す図

10

20

30

40

50

【図12】図11のネットワークに基づく量子化後のネットワークの例を示す図

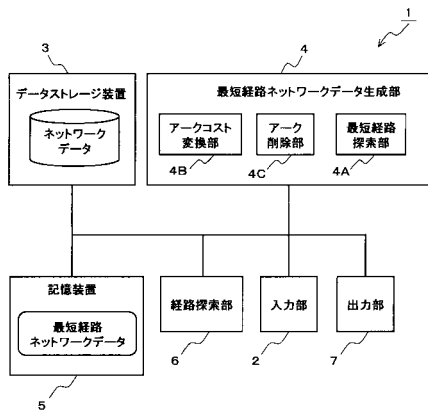
【図13】図11のネットワークに基づく最短経路ネットワークの例を示す図

【符号の説明】

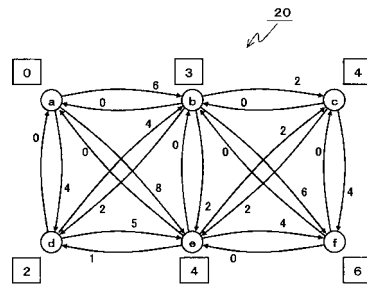
【0050】

- 1 経路探索装置
 - 2 入力部
 - 3 データストレージ装置
 - 4 最短経路ネットワークデータ生成部
 - 5 記憶装置
 - 6 経路探索部
 - 7 出力部
- 10, 40 経路探索ネットワーク
 - 20 アークコスト変換ネットワーク
 - 30, 50 最短経路ネットワーク
 - 40 経路探索ネットワーク(量子化後の)

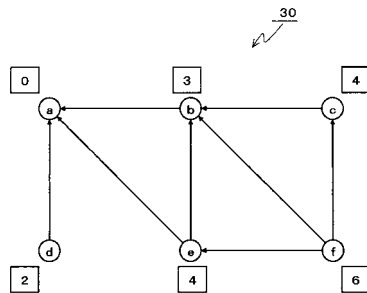
【図1】



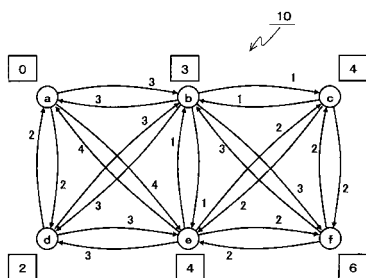
【図3】



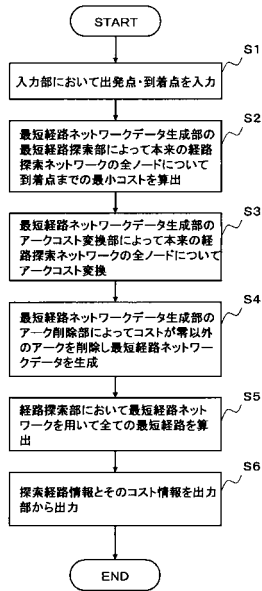
【図4】



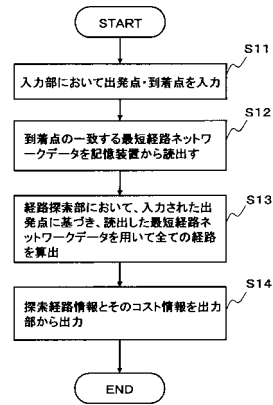
【図2】



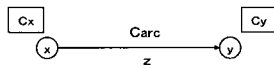
【図5】



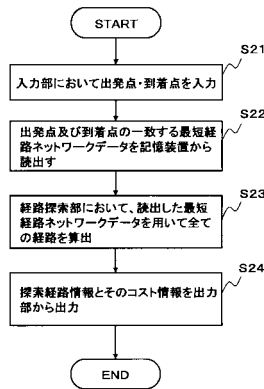
【図7】



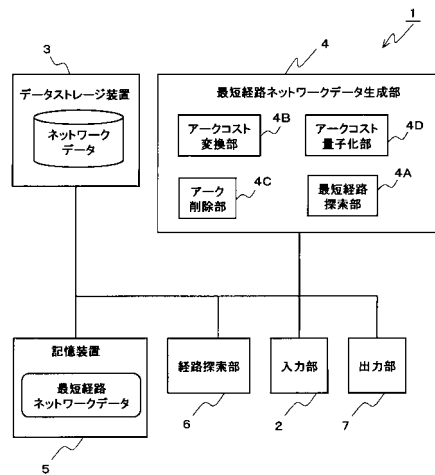
【図6】



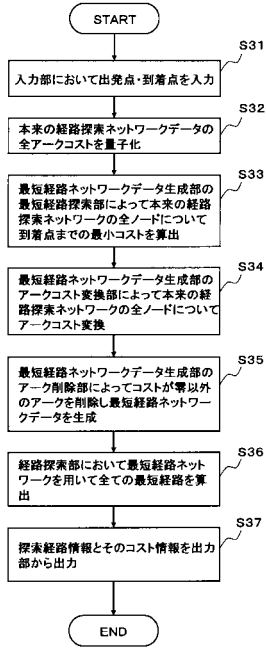
【図8】



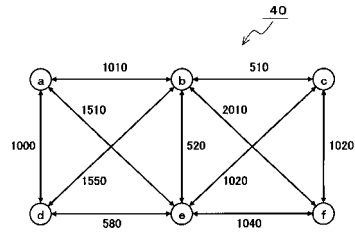
【図9】



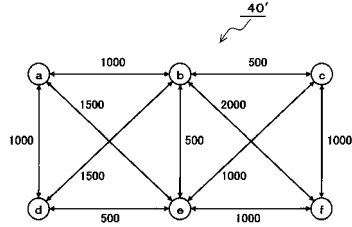
【図10】



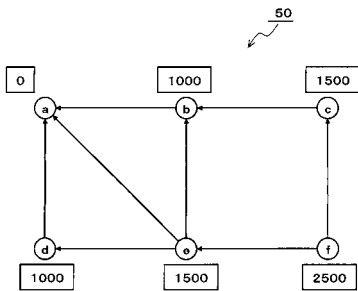
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平5 - 046590 (JP, A)
特開2004 - 061298 (JP, A)
特開平11 - 023303 (JP, A)
特開2007 - 243480 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06Q 10/00 - 50/34
G01C 21/34