

(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2017-33378

(P2017-33378A)

(43) 公開日 平成29年2月9日(2017.2.9)

(51) Int. Cl.		F I				テーマコード (参考)
<b>G06Q 50/30</b>	<b>(2012.01)</b>	G06Q	50/30	100		5H181
G08G 3/00	(2006.01)	G08G	3/00	A		5L049

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-154029 (P2015-154029)	(71) 出願人	501204525 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(22) 出願日	平成27年8月4日(2015.8.4)	(74) 代理人	100098545 弁理士 阿部 伸一
		(74) 代理人	100087745 弁理士 清水 善廣
		(74) 代理人	100106611 弁理士 辻田 幸史
		(74) 代理人	100116241 弁理士 金子 一郎
		(72) 発明者	加納 敏幸 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上技術安全研究所内 最終頁に続く

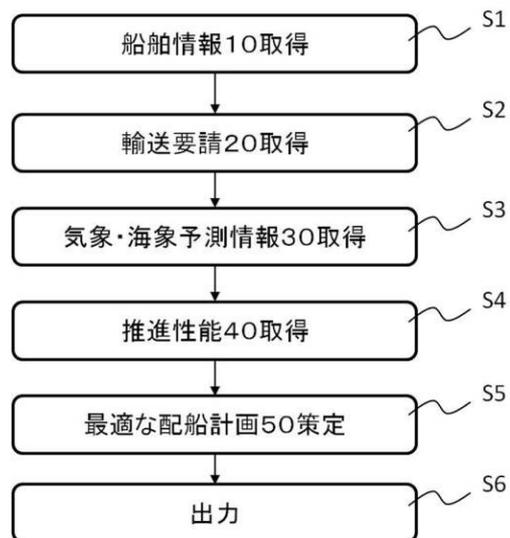
(54) 【発明の名称】 配船計画策定支援方法及び配船計画策定支援システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 気象・海象が船舶推進性能に及ぼす影響が考慮された最適な配船計画を策定することができる配船計画策定支援方法及び配船計画策定支援システムを提供する。

【解決手段】 不定期航路における複数の船舶から成る船隊の配船計画を策定する配船計画策定支援方法は、複数の船舶の所在を含む船舶情報を取得するS1と、輸送要請を取得するS2と、気象・海象予測情報を取得するS3と、複数の船舶の気象・海象下での推進性能を取得するS4と、取得した船舶情報、輸送要請、気象・海象予測情報及び推進性能に基づいて最適な配船計画を策定するS5と、策定した最適な配船計画を出力するS6とを備える。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

不定期航路における複数の船舶から成る船隊の配船計画を策定する配船計画策定支援方法であって、複数の前記船舶の所在を含む船舶情報を取得するステップ 1 と、輸送要請を取得するステップ 2 と、気象・海象予測情報を取得するステップ 3 と、複数の前記船舶の気象・海象下での推進性能を取得するステップ 4 と、取得した前記船舶情報、前記輸送要請、前記気象・海象予測情報、及び前記推進性能に基づいて最適な前記配船計画を策定するステップ 5 と、策定した最適な前記配船計画を出力するステップ 6 とを備えたことを特徴とする配船計画策定支援方法。

**【請求項 2】**

前記ステップ 5 における最適な前記配船計画の策定は、時空間ネットワークによる数理最適化手法を用いて前記配船計画を最適化するものであることを特徴とする請求項 1 に記載の配船計画策定支援方法。

**【請求項 3】**

前記気象・海象予測情報に基づき、運航可能性、所要時間、及び燃料消費量を変化させた前記時空間ネットワークを生成したことを特徴とする請求項 2 に記載の配船計画策定支援方法。

**【請求項 4】**

前記ステップ 5 における最適な前記配船計画の策定は、動的計画法を用いて前記配船計画を最適化するものであることを特徴とする請求項 1 に記載の配船計画策定支援方法。

**【請求項 5】**

前記輸送要請は、出発港、出港時刻、輸送貨物、目的港、及び到着時刻であることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちの 1 項に記載の配船計画策定支援方法。

**【請求項 6】**

前記気象・海象予測情報は、3 日先から 1 週間先の予測情報であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のうちの 1 項に記載の配船計画策定支援方法。

**【請求項 7】**

前記気象・海象予測情報の一部が欠けている場合に、他部の平均的な値を代用したことを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のうちの 1 項に記載の配船計画策定支援方法。

**【請求項 8】**

複数の前記船舶のうちの特定の船舶の気象・海象下での前記推進性能が利用できない場合に、前記特定の船舶以外の前記船舶の平均的な値を代用したことを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のうちの 1 項に記載の配船計画策定支援方法。

**【請求項 9】**

前記配船計画の出力は、前記輸送要請に対する前記船隊に属する前記船舶の割り当てであることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のうちの 1 項に記載の配船計画策定支援方法。

**【請求項 10】**

前記配船計画の判断基準は燃費であることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のうちの 1 項に記載の配船計画策定支援方法。

**【請求項 11】**

前記船隊の前記船舶以外の他船を借船した数を含めて前記ステップ 1 から前記ステップ 6 を実行した前記配船計画と、前記借船を含めないで前記ステップ 1 から前記ステップ 6 を実行した前記配船計画とを比較し、より最適な前記配船計画を選定することを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のうちの 1 項に記載の配船計画策定支援方法。

**【請求項 12】**

コンピュータと、前記コンピュータに入力を行う入力手段と、前記コンピュータから出力を行う出力手段とを備え、請求項 1 から請求項 12 のいずれかに記載の配船計画策定支援方法を前記コンピュータが実行することを特徴とする配船計画策定支援システム。

**【発明の詳細な説明】**

10

20

30

40

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、不定期航路における複数の船舶から成る船隊の配船計画を策定する配船計画支援方法及び配船計画策定支援システムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

荷主は、例えば1ヶ月先までの貨物輸送計画（輸送区間及び貨物の種類・量等）を基に、船舶の種類や空船状況等を考慮して、支配する船隊の中からどの船舶を割り当てるかの配船計画を策定し、内航海運事業者に輸送を要請する。

ここで、特許文献1では、定期航路を定められたスケジュールで運航したときの燃料消費量を船舶毎に燃料消費量変動情報に基づいて演算し、演算の結果に基づいて、複数の船舶の中から定期航路に投入するのに適した船舶を選定することを提案している。

また、特許文献2では、終了した航海に関して生成したベースライン航海ソリューションと、終了した航海に使用された実際の航海ソリューションとを比較し、その結果に基づいて船体を洗浄したりプロペラを追加したりすること等によって航海効率を上げることを提案している。

また、特許文献3では、コンテナ船など遠洋航行を行う船舶の航路を計画する場合に、海象状況、燃料消費量基準値、予定航路を入力し、海象状況を考慮した船速を基準として演算を行うことを提案している。

また、特許文献4には、需要価格予測データベース、LNG需要地データベース、発電情報データベース、気象データ等に基づいて到達予定日を計算する到達予定日算出手段、及び最適需要地決定手段等を備え、LNGタンカー船の有効利用と収益の最大化を図ることを目的としたLNGタンカー船最適配船計画システムが記載されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献1】特許第5433117号公報

【特許文献2】特表2012-515395号公報

【特許文献3】特開平2-138815号公報

【特許文献4】特開2006-260155号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

ところで、効率的かつ安定的な配船計画が求められているにも関わらず、船舶は気象・海象の影響を大きく受けやすいため、配船計画の変更が発生しやすく、その結果、運航の効率性も低下せざるを得ないという問題があった。

ここで、特許文献1は、不定期航路の配船計画に関するものではなく、各船舶の所在が考慮されたものではない。また、気象・海象による船舶推進性能への影響が考慮されたものでもない。

特許文献2は、不定期航路の配船計画に関するものではなく、各船舶の所在が考慮されたものではない。また、気象・海象による船舶推進性能への影響が考慮されたものでもない。

特許文献3は、コンテナ船など遠洋航行を行う船舶の航路を計画するものであって、不定期航路の配船計画に関するものではない。

特許文献4は、不定期航路の配船計画に関するものではない。また、気象・海象による船舶推進性能への影響が考慮されたものでもない。

## 【0005】

そこで、本発明は、気象・海象が船舶推進性能に及ぼす影響が考慮された最適な配船計画を策定することができる配船計画策定支援方法及び配船計画策定支援システムを提供し、不定期航路の船舶の安定的・効率的運用を実現し、燃料消費量の削減及び環境負荷低減

を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

請求項1記載の本発明に対応した配船計画策定支援方法においては、複数の船舶の所在を含む船舶情報を取得するステップ1と、輸送要請を取得するステップ2と、気象・海象予測情報を取得するステップ3と、複数の船舶の気象・海象下での推進性能を取得するステップ4と、取得した船舶情報、輸送要請、気象・海象予測情報、及び推進性能に基づいて最適な配船計画を策定するステップ5と、策定した最適な配船計画を出力するステップ6とを備えたことを特徴とする。本実施の形態によれば、複数の船舶の気象・海象下での推進性能に基づいて、気象・海象が推進性能に与える影響が考慮された配船計画を策定することができるため、配船計画の安定性と効率性が向上する。

10

【0007】

請求項2記載の本発明は、ステップ5における最適な配船計画の策定は、時空間ネットワークによる数理最適化手法を用いて配船計画を最適化するものであることを特徴とする。本実施の形態によれば、配船の問題を数学的に表現して効率よく配船計画を最適化することができる。

【0008】

請求項3記載の本発明は、気象・海象予測情報に基づき、運航可能性、所要時間、及び燃料消費量を変化させた時空間ネットワークを生成したことを特徴とする。本実施の形態によれば、気象・海象予測情報が考慮された時空間ネットワークを生成することができる。

20

【0009】

請求項4記載の本発明は、ステップ5における最適な配船計画の策定は、動的計画法を用いて配船計画を最適化するものであることを特徴とする。本実施の形態によれば、動的計画法によって、効率よく配船計画を策定することができる。

【0010】

請求項5記載の本発明は、輸送要請は、出発港、出港時刻、輸送貨物、目的港、及び到着時刻であることを特徴とする。本実施の形態によれば、これらの情報を配船計画の立案に用いることよって、輸送スケジュールを守りつつ、最適な配船計画を策定することができる。

30

【0011】

請求項6記載の本発明は、気象・海象予測情報は、3日先から1週間先の予測情報であることを特徴とする。本実施の形態によれば、比較的予想が外れにくい3日先から1週間先の気象・海象の変化予測を用いることで、精度の高い配船計画を策定することができる。なお、例えば3日までの精度の高い予測情報を併せて用いれば、より精度の高い配船計画を策定することができる。

【0012】

請求項7記載の本発明は、気象・海象予測情報の一部が欠けている場合に、他部の平均的な値を代用したことを特徴とする。本実施の形態によれば、気象・海象予測情報の一部が欠けている地域や期間等があっても、その部分には他の地域や期間等の平均的な値を代用することによって配船計画を策定することができる。

40

【0013】

請求項8記載の本発明は、複数の船舶のうち特定の船舶の気象・海象下での推進性能が利用できない場合に、特定の船舶以外の船舶の平均的な値を代用したことを特徴とする。本実施の形態によれば、特定の気象・海象下での推進性能が利用できない船舶が船隊に存在する場合にも、他の船舶の平均的な値を代用することによって配船計画を策定することができる。

【0014】

請求項9記載の本発明は、配船計画の出力は、輸送要請に対する船隊に属する船舶の割り当てであることを特徴とする。本実施の形態によれば、輸送要請20に対して、最適な

50

配船計画 50 に基づいて船舶を割り当てることができる。

【0015】

請求項 10 記載の本発明は、配船計画の判断基準は燃費であることを特徴とする。本実施の形態によれば、配船計画の判断基準を燃費とし、気象・海象の影響を考慮しつつ船舶を減速航行させることによって燃費を向上させることができる。

【0016】

請求項 11 記載の本発明は、船隊の船舶以外の他船を借船した数を含めてステップ 1 からステップ 6 を実行した配船計画と、借船を含めないでステップ 1 からステップ 6 を実行した配船計画とを比較し、より最適な配船計画を選定することを特徴とする。本実施の形態によれば、船隊に属する船舶だけで策定した配船計画と、船隊以外の船舶を借船するものとして策定した配船計画とを比較することで、より経済的な配船計画を得ることができる。

10

【0017】

請求項 12 記載の本発明に対応した配船計画策定支援システムにおいては、コンピュータと、コンピュータに入力を行う入力手段と、コンピュータから出力を行う出力手段とを備え、請求項 1 から請求項 12 のいずれかに記載の配船計画策定支援方法をコンピュータが実行することを特徴とする。本実施の形態によれば、複数の船舶の気象・海象下での推進性能に基づいて、気象・海象が推進性能に与える影響が考慮された配船計画を策定することができるシステムを提供することができる。

【発明の効果】

20

【0018】

本発明の配船計画策定支援方法によれば、複数の船舶の気象・海象下での推進性能に基づいて、気象・海象が推進性能に与える影響が考慮された配船計画を策定することができるため、配船計画の安定性と効率性が向上する。

【0019】

また、ステップ 5 における最適な配船計画の策定は、時空間ネットワークによる数値最適化手法を用いて配船計画を最適化するものである場合には、配船の問題を数学的に表現して効率よく配船計画を最適化することができる。

【0020】

また、気象・海象予測情報に基づき、運航可能性、所要時間、及び燃料消費量を変化させた時空間ネットワークを生成した場合には、気象・海象予測情報が考慮された時空間ネットワークを生成することができる。

30

【0021】

また、ステップ 5 における最適な配船計画の策定は、動的計画法を用いて配船計画を最適化するものである場合には、動的計画法によって、効率よく配船計画を策定することができる。

【0022】

また、輸送要請は、出発港、出港時刻、輸送貨物、目的港、及び到着時刻である場合には、これらの情報を配船計画の立案に用いることによって、輸送スケジュールを守りつつ、最適な配船計画を策定することができる。

40

【0023】

また、気象・海象予測情報は、3日先から1週間先の予測情報である場合には、比較的予想が外れにくい3日先から1週間先の気象・海象の変化予測を用いることで、精度の高い配船計画を策定することができる。なお、例えば3日先までの精度の高い予測情報を併せて用いれば、より精度の高い配船計画を策定することができる。

【0024】

また、気象・海象予測情報の一部が欠けている場合に、他部の平均的な値を代用した場合には、気象・海象予測情報の一部が欠けている地域や期間等があっても、その部分には他の地域や期間等の平均的な値を代用することによって配船計画を策定することができる。

50

## 【 0 0 2 5 】

また、複数の船舶のうち特定の船舶の気象・海象下での推進性能が利用できない場合に、特定の船舶以外の船舶の平均的な値を代用した場合には、特定の気象・海象下での推進性能が利用できない船舶が船隊に存在する場合にも、他の船舶の平均的な値を代用することによって配船計画を策定することができる。

## 【 0 0 2 6 】

また、配船計画の出力は、輸送要請に対する船隊に属する船舶の割り当てである場合には、輸送要請 2 0 に対して、最適な配船計画 5 0 に基づいて船舶を割り当てることができる。

## 【 0 0 2 7 】

また、配船計画の判断基準が燃費である場合には、配船計画の判断基準を燃費とし、気象・海象の影響を考慮しつつ船舶を減速航行させることによって燃費を向上させることができる。

## 【 0 0 2 8 】

また、船隊の船舶以外の他船を借船した数を含めてステップ 1 からステップ 6 を実行した配船計画と、借船を含めないでステップ 1 からステップ 6 を実行した配船計画とを比較し、より最適な配船計画を選定する場合には、船隊に属する船舶だけで策定した配船計画と、船隊以外の船舶を借船するものとして策定した配船計画とを比較することで、より経済的な配船計画を得ることができる。

## 【 0 0 2 9 】

本発明の配船計画策定支援システムによれば、複数の船舶の気象・海象下での推進性能に基づいて、気象・海象が推進性能に与える影響が考慮された配船計画を策定することができるシステムを提供することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 0 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態による配船計画策定支援方法の手順を示すフローチャート

【 図 2 】 同実施形態による一船舶の時空間ネットワーク例を示す図

【 図 3 】 同配船計画策定支援方法を用いた配船計画策定支援システムの概略構成図

【 図 4 】 同配船計画を説明する図

【 図 5 】 同配船計画の一例を示す図

【 図 6 】 本発明の他の実施形態による配船計画策定支援方法を用いた配船計画策定支援システムの概略構成図

【 図 7 】 同実施形態による一船舶の時空間ネットワーク例を示す図

【 図 8 】 同集合被覆計算の例を示すイメージ図

【 図 9 】 同配船計画の手順を示すフローチャート

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 3 1 】

本発明の一実施形態による配船計画策定支援方法及び配船計画策定支援システムについて説明する。

## 【 0 0 3 2 】

図 1 は、本実施形態による配船計画策定支援方法の手順を示すフローチャートである。

本実施形態は、基本的に不定期航路における複数の船舶から成る船隊の配船計画の策定を支援するものである。

まず、複数の船舶の所在を含む船舶情報 1 0 を取得する（ステップ 1）。各船舶の所在は、例えば、各船舶に GPS（Global Positioning System）及び通信装置を搭載し、通信装置から送信される GPS の取得情報を陸上の受信装置で受信することによって把握する。また、船舶情報 1 0 は、各船舶の基本情報、各船舶に既に割り当てられている運航予定、及び各船舶の過去の運航時の推進性能データを含んでいる。

## 【 0 0 3 3 】

10

20

30

40

50

次に、荷主等からの輸送要請 20 を取得する（ステップ 2）。輸送要請 20 には、積荷を行う出発港、出発港を出港する日時である出港時刻、輸送貨物（貨物の種類や量）、揚げ荷を行う目的港、目的港への到着期限日時である到着時刻に関する情報が含まれる。これらの情報を配船計画の立案に用いることによって、輸送スケジュールを守りつつ、最適な配船計画を策定することができる。

#### 【 0 0 3 4 】

次に、気象・海象予測情報 30 を取得する（ステップ 3）。気象・海象予測情報 30 には、天気、波高、波向き、波周期、風向、風速、潮位、潮流、海流等に関する情報が含まれる。気象・海象予測情報 30 は、3 日までの精度の高い予測情報と 3 日から 1 週間先の予測情報としている。比較的予想が外れにくい 3 日までの予測情報に加えて 3 日先から 1 週間先の気象・海象の変化予測を用いることで、精度の高い配船計画を策定することができる。

10

なお、ある地域、期間又は時間帯など、気象・海象予測情報の一部が欠けている場合には、他部（他の地域、期間又は時間帯）の平均的な値を代用してもよい。このように、気象・海象予測情報の一部又は全部が欠けている地域や期間等があっても、その部分には他部の平均的な値を代用することによって配船計画を策定することができる。

#### 【 0 0 3 5 】

次に、複数の船舶の気象・海象下での推進性能 40 を取得する（ステップ 4）。波や風による影響は船首形状等によって異なるので、予測される気象・海象の条件下における、各船舶の推進性能 40 に関する情報をそれぞれ取得する。推進性能 40 は、各船舶の設計図など図面を基にして基本性能から算出することもできるが、主機やプロペラ等の経年劣化や船体への貝類の付着等によって推進性能は新船時に比べて低下するため、運航モニタリングデータ解析ベース等を用いて実際の運航データから現時点での推進性能を推定するほうがより精度の高い配船計画を得ることができる。すなわち、予測される気象・海象の条件下における各船舶の推進性能 40 に加え、推進性能 40 の経時的な変化を考慮することにより配船計画の精度の向上が図れる。また、気象・海象や経時的な変化を考慮した推進性能 40 は、各船舶の設計図など図面を基にしたシミュレーション、模型試験、運航モニタリング等各種の方法により設定が可能である。

20

なお、船隊に属する複数の船舶のうち特定の気象・海象下での推進性能が把握できない船舶がある場合には、その船舶以外の船舶の平均的な値を代用する。このように、特定の気象・海象下での推進性能が利用できない船舶が船隊に存在する場合にも、他の船舶の平均的な値を代用することによって配船計画を策定することができる。

30

#### 【 0 0 3 6 】

次に、取得した船舶情報 10、輸送要請 20、気象・海象予測情報 30、及び気象・海象下での推進性能 40 に基づいて、最適な配船計画 50 を策定する（ステップ 5）。本実施形態では、時空間ネットワークによる数理最適化手法を用いて配船計画 50 を最適化する。なお、数理最適化手法には、混合整数計画法、又は集合被覆法等がある。気象・海象予測情報 30 に基づく各船舶の推進性能 40 を用いることにより、気象・海象によって各船舶が受ける影響が時空間ネットワークに取り込まれる結果、図 2 の一船舶の時空間ネットワーク例に示すように、運航可能性（ネットワーク上の辺の有無）、所要時間（辺と頂点との接続関係）、及び燃料消費量（辺にひもづいたコスト）が変化した時空間ネットワークが生成され、その上で配船計画 50 が立案される。なお、図 2 において、横軸は港 A ~ D を示し、縦軸は時間の経過を示す。

40

このように、時空間ネットワークによる数理最適化手法を用いて配船計画 50 を最適化することによって、効率よく配船計画 50 を最適化することができる。

なお、時空間ネットワークを用いずに、動的計画法、時間順に最も近い船を割り当てていく手法、又は配船の部分組換えを繰返す手法等を用いる場合であっても、気象・海象の影響を取り込むことで運航可能性、所要時間、燃料消費量の変化を取り込むことができる。動的計画法には、最短経路問題を効率的に解くグラフ理論におけるアルゴリズムであるダイクストラ法、各ノード（ジョブ）を順序付けするアルゴリズムであるトポロジカルソ

50

ート等を用いることができる。動的計画法を用いて配船計画50を最適化することによって、効率よく配船計画50を策定することができる。

#### 【0037】

次に、策定した最適な配船計画50を、印刷物又はモニター等への表示として出力する(ステップ6)。配船計画50の出力は、輸送要請20に対する船隊に属する船舶の割り当てとすることで、輸送要請20に対して、最適な配船計画50に基づいて船舶を割り当てることができる。

このように、本実施形態によれば、荒天時などの気象・海象が推進性能に与える影響が考慮された配船計画50を策定することができるため、配船計画50の安定性と効率性が向上する。

#### 【0038】

次に、本実施形態による配船計画策定支援方法を用いた配船計画策定支援システムについて説明する。図3は本実施形態による配船計画策定支援方法を用いた配船計画策定支援システムの概略構成図、図4は本実施形態による配船計画を説明する図、図5は本実施形態により生成した配船計画の一例である。

本実施形態による配船計画策定支援システムは、コンピュータ100と、コンピュータ100に入力を行うキーボードやマウス等の入力手段110と、コンピュータ100から出力を行う印刷機や画面等の出力手段120とを備える。また、コンピュータ100は、演算部101、記憶部102、判別部103、配船計画作成部104、及び情報取得部105を有している。

荷主からの輸送要請20の中に、例えば、輸送貨物を2000キロリットルの重油、出発港をA、出港時刻を $t_A$ 、目的港をB、到着時刻を $t_B$ とする輸送要請20Aがあり、この輸送要請20Aに対して船隊に属する複数の船舶を割り当てて場合を説明する。

輸送要請20Aを含む輸送要請20は、入力手段110からコンピュータ100に入力される。

輸送要請20がコンピュータ100に入力されると、記憶部102は、輸送要請20を記憶する。また、船舶情報取得部105aは、船隊に属する複数の船舶の所在、各船舶の基本情報、各船舶に既に割り当てられている運航予定、及び各船舶の過去の運航時の推進性能データを含む船舶情報10を取得する。なお、船舶情報10は、予め取得して記憶部102に記憶しておいてもよい。

次に、気象・海象情報取得部105bは、3日までの精度の高い予測情報と3日先から1週間先の天気、波高、波向き、波周期、風向、風速、潮位、潮流、及び海流を含む気象・海象予測情報30を取得する。なお、気象・海象予測情報30は、定期的を取得して記憶部102に記憶しておいてもよい。

次に、推進性能演算部101aは、記憶部102から読み出した船舶情報10と、輸送要請20Aと、気象・海象予測情報30とに基づいて、各船舶がそれぞれの所在地から出発港Aに至るまでに予測される気象・海象下での推進性能40を算出する。

次に、出発港到着期限演算部101bは、出港時刻 $t_A$ と2000キロリットルの重油を荷積みするのにかかる所要時間に基づいて、船舶が出発港Aに到着しておくべき期限である到着期限日時 $t_{A2}$ を算出する。

次に、設備判別部103aは、輸送情報10に含まれる各船舶の基本情報に基づいて、重油を運ぶことができる設備を有する船舶を判別する。

次に、出発港最短入港日演算部101cは、設備判別部103aで判別した重油を運ぶことができる船舶について、船舶情報10に含まれる所在と運航予定、及び気象・海象下での推進性能40に基づいて、各船舶が空船状態又は2000キロリットルの重油を積める載荷状態で出発港Aに入港することができる最短日時を算出する。すなわち、出発港Aに向かうことができる状態となる所在地から出発港Aまでの距離を算出し、その距離を予測される気象・海象条件下において航行させた場合の所要時間を算出し、出発港Aに向かうことができる状態となる日時とその所要時間に基づいて、出発港Aに入港することができる最短日時を算出する。

10

20

30

40

50

次に、日時判別部 103b は、出発港最短入港日演算部 101c が算出した最短入港日時と、出発港到着期限演算部 101b が算出した到着期限日時  $t_{A2}$  とを比較し、最短入港日時が到着期限日時  $t_{A2}$  よりも前の船舶を判別する。次に、予定判別部 103c は、船舶情報 10 に含まれる運航予定に基づいて、最短入港日時が到着期限日時  $t_{A2}$  よりも前の船舶のうち、目的港 B への到着時刻  $t_B$  まで予定が入っていない船舶を判別する。これによって、出発港 A に到着期限日時  $t_{A2}$  までに入港することができ、出発港 A で 2000 キロリットルの重油を積んで出港時刻  $t_A$  に予定通り出港し、目的港 B に到着時刻  $t_B$  までに到着することができる船舶、つまり輸送要請 20A に割り当て可能な船舶を判別することができる。ここでは、図 4 に示すように、判別部 103 は、船隊に属する複数の船舶のうち、船舶、船舶、及び船舶の計 3 隻が割り当て可能と判別したものとする。また、船舶情報 10 に含まれる運航予定によって、船舶は X 港で空船となり日時  $t$  に X 港から出発港 A に向けて出港可能となる予定であり、船舶は Y 港で空船となり日時  $t$  に Y 港から出発港 A に向けて出港可能となる予定であり、船舶は Z 港で空船となり日時  $t$  に Z 港から出発港 A に向けて出港可能となる予定であることが分かっているものとする。

10

次に、燃費演算部 101d は、船舶情報 10 と、輸送要請 20A と、船舶の出港可能日時  $t$ 、船舶の出港可能日時  $t$ 、及び船舶の出港可能日時  $t$  と、到着期限日時  $t_{A2}$  に基づいて、船舶毎に、到着期限日時  $t_{A2}$  に間に合う速力の範囲内かつ機関の最低負荷を下回らない負荷の範囲内（船舶により異なるが、約 50% ~ 85%）で最も燃費の良い速力で航行させた場合における、船舶が地点 X から出発港 A に至るまでの燃費 1 と、船舶が地点 Y から出発港 A に至るまでの燃費 1 と、船舶が地点 Z から出発港 A に至るまでの燃費 1 を算出して燃費判別部 103d に送出する。

20

次に燃費判別部 103d は、燃費演算部 101d から受信した燃費 1 と燃費 1 と燃費 1 とを比較し、最も燃費のよい船舶を輸送要請 20 に割り当てる船舶として判別し、判別結果を配船計画作成部 104 に送出する。

配船計画作成部 104 は、燃費判別部 103d から受信した判別結果に基づく配船計画表データを作成し、出力手段 120 に送出する。

出力手段 120 は、配船計画作成部 104 から受信した配船計画表データに基づき、例えば図 5 に示すような配船計画 50 が記載された配船計画表を出力する。なお、図 5 において、上段は本実施形態による配船計画 50 を示し、下段は比較例として人が立案した配船計画を示している。また、A ~ K は港の種類である。

30

このように、配船計画 50 の判断基準を燃費とし、到着期限日時  $t_{A2}$  まで時間的余裕がある場合には、航海速力で航行して早めに出発港 A に到着して荷積みをするのではなく、気象・海象の影響を考慮しつつ空船を減速航行させることによって燃費を向上させることができる。

#### 【0039】

なお、船速を 10% 落として航行した場合には  $CO_2$  排出量を約 20% 削減できる。したがって主機関の利用可能な出力範囲内で船速を落とせば落とすほど  $CO_2$  排出量を削減できるので、燃費よりも  $CO_2$  排出量の削減を重視する場合には、燃費演算部 101d に代えて  $CO_2$  排出量演算部 201d を設け、燃費判別部 103d の代わりに  $CO_2$  判別部 203d を設ける。 $CO_2$  排出量演算部 201d は、船舶情報 10 と、輸送要請 20A と、船舶の出港可能日時  $t$ 、船舶の出港可能日時  $t$ 、及び船舶の出港可能日時  $t$  と、到着期限日時  $t_{A2}$  に基づいて、船舶毎に、到着期限日時  $t_{A2}$  に間に合う速力の範囲内かつ機関の最低負荷を下回らない負荷の範囲内（船舶により異なるが、約 50% ~ 85%）で、最も速力を落して航行させた場合における、船舶が地点 X から出発港 A に至るまでの  $CO_2$  排出量 2 と、船舶が地点 Y から出発港 A に至るまでの  $CO_2$  排出量 2 と、船舶が地点 Z から出発港 A に至るまでの  $CO_2$  排出量 2 を算出して  $CO_2$  判別部 203d に送出する。

40

次に  $CO_2$  判別部 203d は、 $CO_2$  排出量演算部 201d から受信した  $CO_2$  排出量 2 と  $CO_2$  排出量 2 と  $CO_2$  排出量 2 とを比較し、最も  $CO_2$  排出量が少ない船舶

50

を輸送要請 20 に割り当てる船舶として判別し、判別結果を配船計画作成部 104 に送出する。このようにして、最も CO<sub>2</sub> 排出量が少ない船舶を輸送要請 20A に割り当てることができる。したがって、配船計画 50 の判断基準を CO<sub>2</sub> 排出量とし、到着期限日時 t<sub>A2</sub> まで時間的余裕がある場合には、航海速度で航行して早めに出発港 A に到着して荷積みをするのではなく、気象・海象の影響を考慮しつつ空船を減速航行させることによって CO<sub>2</sub> 排出量を削減することができる。

#### 【0040】

また、船隊に属する船舶のうち割り当て可能な船舶が出発港 A から遠方にある場合には、その船舶を使用するよりも、船隊に属する船舶以外の他船をスポットで借船したほうがコストや燃料消費量を抑えられる場合がある。そこで、船隊の船舶以外の他船を借船した数を含めてステップ 1 からステップ 6 を実行した配船計画 50 と、借船を含めずにステップ 1 からステップ 6 を実行した配船計画 50 とを比較し、借船したほうがより燃料消費量が少ない最適な配船計画 50 であると判断した場合には、借船を含めた配船計画 50 を選定する。なお、借船を含めた配船計画 50 を選定する場合には、例えば借船数を 3 隻としたときの配船計画 50 と、借船数を 2 隻とした場合の配船計画 50 を比較して、より有利な借船数の配船計画 50 を選定することが好ましい。このように、船隊に属する船舶だけで策定した配船計画 50 と、船隊以外の船舶を借船すると仮定して策定した配船計画 50 とを比較することで、より最適な配船計画 50 を得ることができる。

#### 【0041】

図 6 から図 9 を用いて本発明の他の実施形態による配船計画策定支援方法及び配船計画策定支援システムについて説明する。図 6 は本実施形態による配船計画策定支援方法を用いた配船計画策定支援システムの概略構成図、図 7 は本実施形態による一船舶の時空間ネットワーク例を示す図、図 8 は本実施形態による集合被覆計算の例を示すイメージ図、図 9 は本実施形態による配船計画の手順を示すフローチャートである。なお、上記実施形態と同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

#### 【0042】

図 6 に示すように、本実施形態による配船計画策定支援システムは、コンピュータ 300 と、コンピュータ 300 に入力を行うキーボードやマウス等の入力手段 110 と、コンピュータ 300 から出力を行う印刷機や画面等の出力手段 120 とを備える。コンピュータ 300 は、最適化部 310、記憶部 320、配船計画作成部 330、及び情報取得部 340 を有している。

例えば、オーダー 1 ~ 7 を含む輸送要請 20 が荷主からあり、この輸送要請 20 に対して船隊に属する複数の船舶を割り当てる場合を説明する。オーダー 1 は港 B から港 C まで時刻 t<sub>1</sub> から時刻 t<sub>2</sub> の時間で輸送貨物を運ぶ輸送要請であり、オーダー 2 は港 E から港 C まで時刻 t<sub>2</sub> から時刻 t<sub>3</sub> の時間で輸送貨物を運ぶ輸送要請であり、オーダー 3 は港 B から港 A まで時刻 t<sub>4</sub> から時刻 t<sub>5</sub> の時間で輸送貨物を運ぶ輸送要請であり、オーダー 4 は港 E から港 C まで時刻 t<sub>4</sub> から時刻 t<sub>5</sub> の時間で輸送貨物を運ぶ輸送要請であり、オーダー 5 は港 C から港 B まで時刻 t<sub>6</sub> から時刻 t<sub>7</sub> の時間で輸送貨物を運ぶ輸送要請であり、オーダー 6 は港 D から港 C まで時刻 t<sub>6</sub> から時刻 t<sub>7</sub> の時間で輸送貨物を運ぶ輸送要請であり、オーダー 7 は港 E から港 F まで時刻 t<sub>7</sub> から時刻 t<sub>8</sub> の時間で輸送貨物を運ぶ輸送要請である。

輸送要請 20 は、入力手段 110 からコンピュータ 300 に入力される。

#### 【0043】

情報取得部 340 は、船舶情報取得部 341 と気象・海象情報取得部 342 を有している。

輸送要請 20 がコンピュータ 300 に入力されると、記憶部 320 は、輸送要請 20 を記憶する。

また、船舶情報取得部 341 は、船隊に属する複数の船舶の所在、各船舶の基本情報、及び各船舶の過去の運航時の推進性能データを含む船舶情報 10 を取得する。なお、船舶情報 10 は、予め取得して記憶部 320 に記憶しておいてもよい。

また、気象・海象情報取得部 3 4 2 は、例えば 3 日までの精度の高い予測情報と 3 日先から 1 週間先の天気、波高、波向き、波周期、風向、風速、潮位、潮流、及び海流を含む気象・海象予測情報 3 0 を取得する。なお、気象・海象予測情報 3 0 は、定期的に取り得して記憶部 3 2 0 に記憶しておいてもよい。

#### 【 0 0 4 4 】

最適化部 3 1 0 は、輸送要請 2 0 に対して複数の割り当て案を作成し、その中から最適な割り当て案を選択して配船計画を立案する。最適化部 3 1 0 は、時空間ネットワーク生成部 3 1 1、経路候補生成部 3 1 2、及び計画立案部 3 1 3 を有している。

時空間ネットワーク生成部 3 1 1 は、演算部 3 1 1 A 及び判別部 3 1 1 B を有し、船舶ごとに、あるオーダーをある開始時間で始めた場合に、別のオーダーをその後に割り当てる  
10  
ことが可能か否か、可能であるならばいつ着手可能か、という情報をあらわした時空間ネットワークを作成する。演算部 3 1 1 A は、推進性能演算部 3 1 1 A a、出発港最短入港演算部 3 1 1 A b、燃費演算部 3 1 1 A c を有している。判別部 3 1 1 B は、設備判別部 3 1 1 B a、及び日時判別部 3 1 1 B b を有している。

推進性能演算部 3 1 1 A a は、記憶部 3 2 0 から読み出した船舶情報 1 0 と、輸送要請 2 0 と、気象・海象予測情報 3 0 とに基づいて、各船舶がそれぞれの所在地から次の出発港に至るまでに予測される気象・海象下での推進性能 4 0 を算出する。

出発港最短入港演算部 3 1 1 A b は、各船舶について、船舶情報 1 0 に含まれる所在、及び気象・海象下での推進性能 4 0 に基づいて、各船舶が空船状態又は輸送貨物を積める  
20  
載荷状態で次の出発港に入港することができる最短日時を算出する。すなわち、次の出発港に向かうことができる状態となる所在地（初期位置）から次の出発港までの距離を算出し、その距離を予測される気象・海象条件下における船速で航行させた場合の所要時間を算出し、次の出発港に向かうことができる状態となる日時（開始時間）と所要時間とに基づいて、次の出発港に入港することができる最短日時を算出する。

設備判別部 3 1 1 B a は、輸送情報 1 0 に含まれる各船舶の基本情報に基づいて、輸送貨物を運ぶことができる設備を有する船舶を判別する。また、日時判別部 3 1 1 B b は、  
30  
出発港最短入港演算部 3 1 1 A b が算出した最短入港日時と、輸送要請 2 0 に含まれる出港時刻と、港での荷役等に必要な時間とに基づいて、オーダーごとに  
出港時刻に対応可能な船舶を判別する。これによって、出発港で輸送貨物を積んで出港時刻に予定通り出港し、目的港に到着時刻までに到着することができる船舶、つまりオーダーごとに割り当て可能な船舶を判別することができる。時空間ネットワーク生成部 3 1 1 は、この判別結果に基づいて船舶ごとに、例えば図 7 に示すような時空間ネットワークを作成する。なお、時空間ネットワーク作成時に、到着期限日時に間に合う速力の範囲内で機関の最低負荷を下回らない負荷の範囲内で航行した場合の複数のケースで辺を追加することで、減速を考慮した時空間ネットワークを構築し、減速を考慮した配船計画を作成することができる。

図 7 において、船舶の初期位置（時刻  $t_0$ ）は港 A である。連続して処理可能なオーダー（正確には頂点）同士を有効辺でつなぐ。配船計画の最適化を行うにあたり、それぞれの辺又は頂点に「コスト」を定義する。本実施形態の対象とする問題でいえば、船舶の移動に必要となる燃料油の量などである。そこで、燃費演算部 3 1 1 A c は、船舶が所在地から次の出発港に至るまでに予測される気象・海象下での推進性能 4 0 に基づく船速と、  
40  
移動距離に基づいて燃費を算出する。経路に沿って通過するコストを足し合わせたものがその経路全体でのコストとなる。

#### 【 0 0 4 5 】

図 8 は集合被覆計算の例を示すイメージ図である。

経路候補生成部 3 1 2 は、全体計画を立てるために、時空間ネットワーク生成部 3 1 1 が作成した時空間ネットワークをもとに、必要な船舶ごとの実施可能な経路を列挙する。この計算には、例えば「列生成法」と呼ばれる手法を用いる。すなわち、線形緩和して集合被覆計算を行い双対変数値を取得し、被約費用（双対変数値）を用いたネットワークの経路計算を行い被覆集合に追加する。

計画立案部 3 1 3 は、列生成によって船舶ごとに生成された経路を上手く組み合わせて

10

20

30

40

50

、船隊としての最適な経路を組み上げる。この組み上げは、例えば集合被覆問題の形で問題を定式化し、解を導くことで行う。すなわち、列生成により列挙された結果の中から、全てのオーダーを被覆集合、各経路で運ぶオーダーを被覆集合として、集合被覆計算を行い、全てのオーダーを処理可能で、評価値が最小（最大）となる経路を求める。但し、船舶ごとに選べる経路は1つである。なお、各オーダーはどれかの船で必ず処理されなければならない。船隊に属する船舶で処理できない場合には、スポットで他船を借船して割り当てを行う。図8に示す例において、船をルート2、船をルート3、そして船をルート2とする組み合わせは、すべてのオーダーを処理でき、かつ総コストが他の組み合わせのコストと比較して最も小さい。したがって、この組み合わせが最も燃費よくすべてのオーダーを処理できる組み合わせである。

10

#### 【0046】

このように最適化部311は、コンピュータ300が複数のオーダーからなる輸送要請20を取得すると、図9に示すように、制約条件に関する整理及び事前計算を行い（ステップ10）、時空間ネットワークを構築する（ステップ11）。すなわち、時空間ネットワーク生成部311で、船隊に属する各船舶について、オーダーの処理可能性、航海や荷役等に必要な時間を考慮した上での時間制約の簡約化等の前処理を行い、次に、船舶ごとに、オーダーと開始時間の組を頂点とし、可能な移動を辺で表したネットワークを構築する。

そして、経路候補生成部312で、ステップ11で構築した時空間ネットワークをもとに列生成を行って船舶ごとに実施可能な経路を列挙し（ステップ12）、計画立案部313で、列挙された経路をもとに配船計画50を立案する（ステップ13）。立案した配船計画50は配船計画作成部330に送出される。

20

#### 【0047】

配船計画作成部330は、受信した配船計画50に基づく配船計画表データを作成し、出力手段120に送出する。

出力手段120は、配船計画作成部330から受信した配船計画表データに基づき、配船計画50が記載された配船計画表を出力する。

このように、判断基準を燃費として最適な配船計画50を立案することができる。

#### 【0048】

なお、燃費よりもCO<sub>2</sub>排出量の削減を重視する場合には、燃費演算部311Acに代えてCO<sub>2</sub>排出量演算部411Acを設ける。

30

CO<sub>2</sub>排出量演算部411cは、船舶が所在地から次の出発港に至るまでに予測される気象・海象下での推進性能40に基づく船速と、移動距離に基づいてCO<sub>2</sub>排出量を算出する。経路に沿って通過するコストを足し合わせたものがその経路全体でのコストとなる。

計画立案部313は、このコストに基づいて、全てのオーダーを処理可能で、評価値が最小（最大）となる経路を求めることによって、判断基準をCO<sub>2</sub>排出量として最適な配船計画50を立案することができる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0049】

本発明によれば、気象・海象が船舶の推進性能に及ぼす影響が考慮された最適な配船計画を策定することができる配船計画策定支援方法及び配船計画策定支援システムを提供し、不定期航路の船舶の安定的・効率的運用を実現し、燃料消費量の削減及び環境負荷低減を図ることができる。

40

#### 【符号の説明】

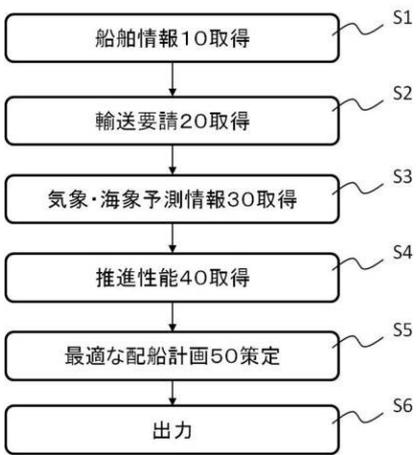
#### 【0050】

- 10 船舶情報
- 20 輸送要請
- 30 気象・海象予測情報
- 40 （特定の気象・海象下での）推進性能40

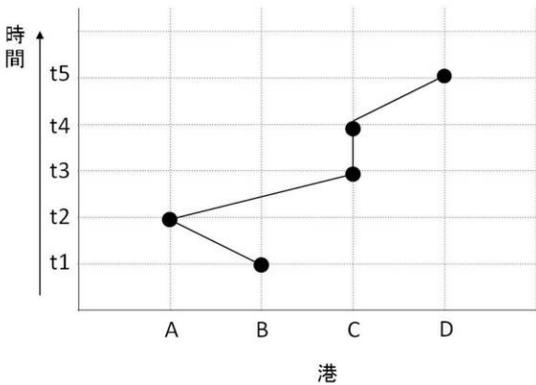
50

- 5 0 配船計画
- 1 0 0 コンピュータ
- 1 1 0 入力手段
- 1 2 0 出力手段

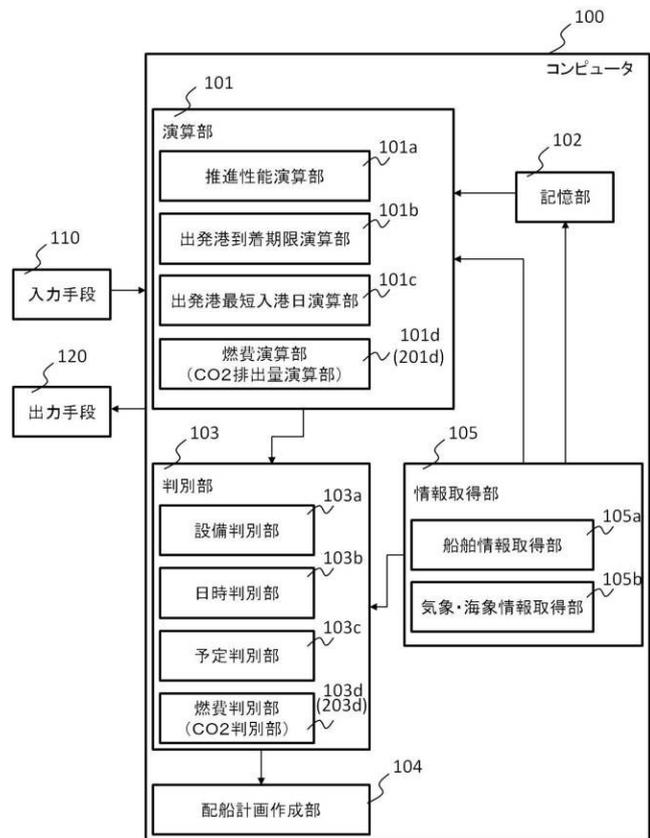
【図1】



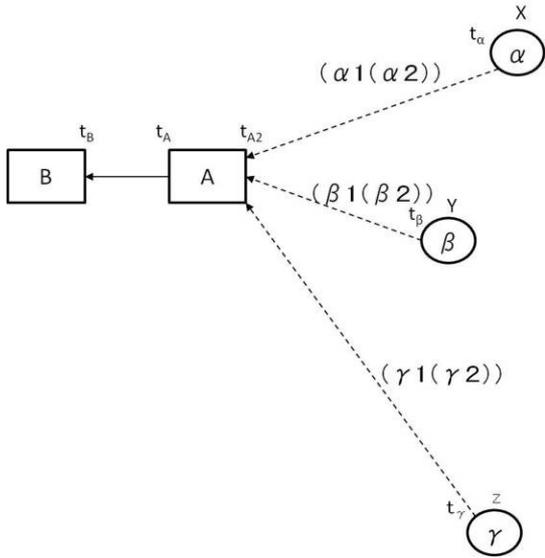
【図2】



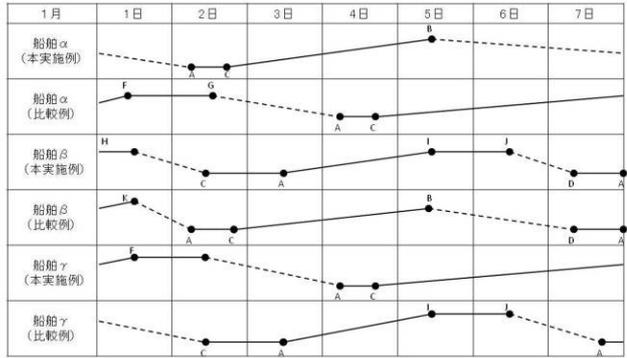
【図3】



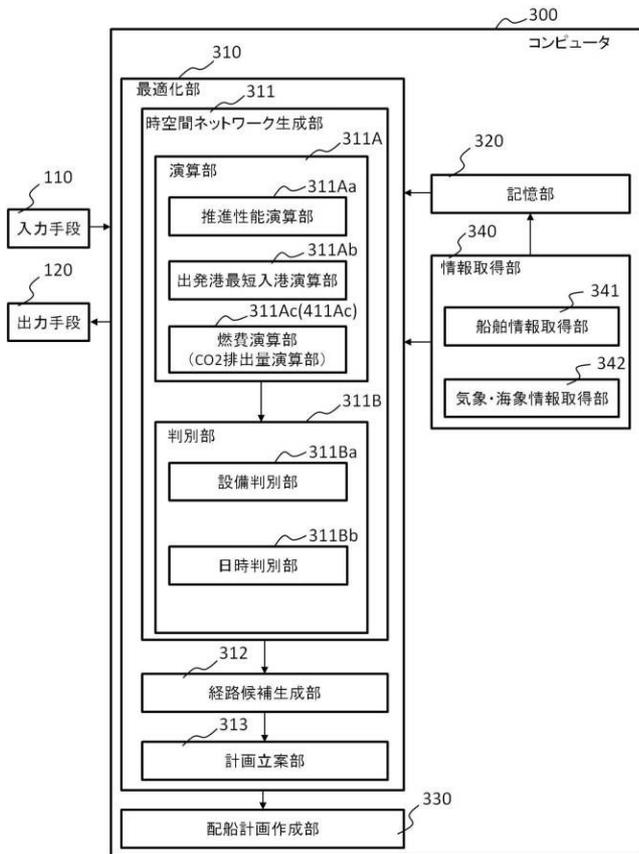
【図4】



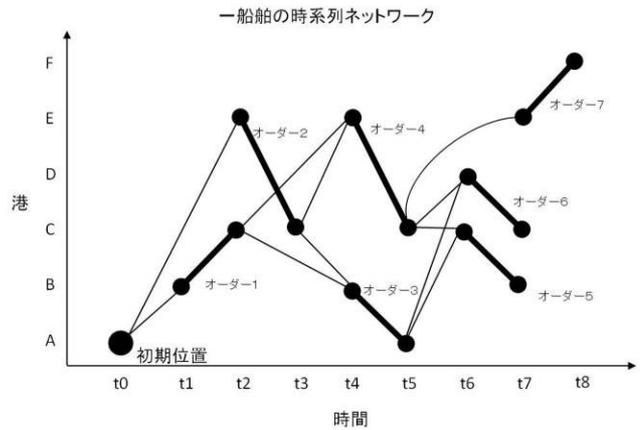
【図5】



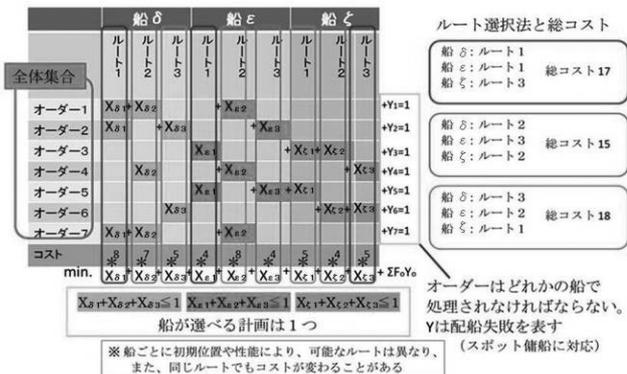
【図6】



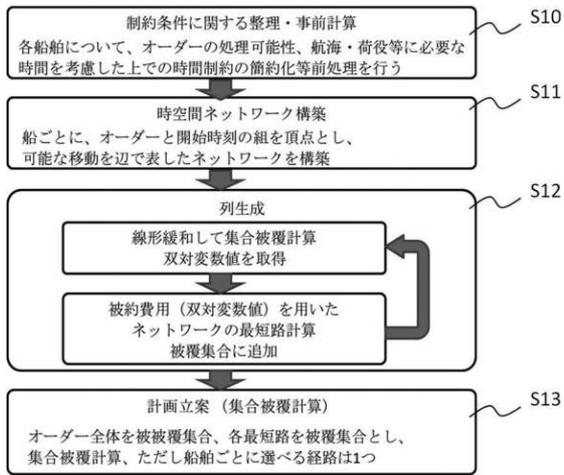
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 圭二

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人 海上技術安全研究所内

(72)発明者 瀬田 剛広

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人 海上技術安全研究所内

Fターム(参考) 5H181 AA25 BB04 FF05 FF10 FF13 FF14 FF17

5L049 CC42