

明 細 書

発明の名称：船舶の積付計画方法、積付計画システムおよび船舶 技術分野

[0001] 本発明は、船舶に対し積荷の積付けを計画する方法、該方法を実行可能なシステム、および該システムを適用した船舶に関する。

背景技術

[0002] 一般に、コンテナ船等、積荷を運搬するための船舶は、なるべく多くの積荷を積載しながら、長期の運用に耐え得る強度を確保し得るように設計されている。具体的には、例えば北大西洋の海象下で25年間運用することを想定し、その間に海象条件によって船体に生じ得る最大の荷重モーメント（設計波浪モーメント $M_w(d)$ とする）を見積もる。そして、船舶の荷重モーメントの設計許容値の差に応じて、積荷の最大積載量が決定される。すなわち、船舶の荷重モーメントの設計許容値（ M_a とする）は、下記の式（1）で表される。尚、 $M_s(d)$ は、想定する最大積載量の積荷を積み付けた場合に、静水中で船舶の自重と積荷の重量および浮力によって生じる荷重モーメント（設計静水モーメントとする）である。

$$M_a = M_w(d) + M_s(d) \dots\dots (1)$$

[0003] 一方、船舶を運用する際には、航行中に海象条件によって生じる実際の荷重モーメントと、船舶の自重と積荷の重量および浮力によって生じる実際の荷重モーメントの合計が、船体の許容値を超えないようにする必要がある。その際、海象条件によって生じる荷重モーメント（実波浪モーメント $M_w(r)$ とする）を便宜的に $M_w(d)$ と見積もって、積荷の量を決定するようにしている。すなわち、船舶に積み付ける積荷の量は、それを積み付けた場合に静水中で生じる荷重モーメント（実静水モーメント $M_s(r)$ とする）と、設計波浪モーメント $M_w(d)$ との合計値が船舶の設計許容値 M_a を超えないよう、以下の式（2）を満たす範囲で決定される。

$$M_s(r) \leq M_a - M_w(d) \dots\dots (2)$$

[0004] 尚、こうした条件を満たし、船舶の安全な運用を支援するための技術として、例えば下記特許文献1，2に記載の技術が提案されている。これらは、船舶の運用にあたって安全を確保する観点から実施される技術であり、特許文献1には、上記式(2)を満たしつつ積荷の積付けを行うための技術が、特許文献2には、実波浪モーメント $M_w(r)$ が実際に $M_w(d)$ を超えないように航行を行うための技術が、それぞれ記載されていると言える。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2006/003708号明細書

特許文献2：特開2019-12029号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、積荷を運搬する船舶にとって、安全の確保はむろん最も重視すべき事項であるが、積荷の積載量をなるべく大きくすることも同様に重要である。しかしながら、従来の船舶においては、積載量の拡充については安全の確保と共に主に設計時に検討され、運用の局面ではほぼ安全面のみが重視される結果、積載量については余力を残した状態で航行が行われるのが実情であった。言い換えれば、設計上は安全を確保しながらそれ以上の積荷を積み込むことが十分に可能な場合であっても、安全面を重視するあまり積載可能な積荷の量が過小に評価されてしまい、これが運送効率の向上の妨げとなっていたのである。

[0007] 本開示においては、斯かる実情に鑑み、安全を確保しつつ積荷の運送効率を簡便に向上し得る船舶の積付計画方法、積付計画システムおよび船舶を説明する。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示は、航路において予測される海象に基づき、航路において海象により船舶に生じる実波浪モーメントを見積もり、前記実波浪モーメントの予測

値に基づいて積付けの計画を行う船舶の積付計画方法にかかるものである。

- [0009] 本開示の船舶の積付計画方法においては、実波浪モーメントの予測値と、設計波浪モーメントの差分を積付余裕度として算出し、該積付余裕度に基づき、積付けの変更を行うか否かを判定することができる。
- [0010] 本開示の船舶の積付計画方法においては、前記積付余裕度の範囲内で積荷の積増しを行うことができる。
- [0011] 本開示の船舶の積付計画方法においては、前記積付余裕度の範囲内でバラスト水の漲水量を削減することができる。
- [0012] 本開示の船舶の積付計画方法は、コンテナ船に適用することができる。
- [0013] また、本開示は、上述の船舶の積付計画方法を実行可能に構成された船舶の積付計画システムにかかるものである。
- [0014] また、本開示は、上述の船舶の積付計画システムを適用した船舶にかかるものである。

発明の効果

- [0015] 本開示の船舶の積付計画方法、積付計画システムおよび船舶によれば、安全を確保しつつ積荷の運送効率を簡便に向上し得るという優れた効果を奏し得る。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本発明の実施形態に係る船舶の積付計画システムの構成の一例を示すブロック図である。
- [図2]船舶におけるモーメントの分布の一例を示すグラフである。
- [図3]本発明の実施形態に係る船舶の積付計画方法の手順の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

- [0017] 以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照して説明する。
- [0018] 図1は本開示の実施例による船舶の積付計画システムの形態を示している。本実施例の場合、船舶Sと陸Lを跨ぐ形でシステムが構築されており、陸L側で立案された積付計画を船舶S側に送信し、船舶S側ではこれに基づい

て積付けを行い、さらに積付けの結果を必要に応じて陸上側へ送信できるようになっている。

[0019] 陸上側には、航路選択部1、海象データ格納部2、積付計画部3、積付データ格納部4、波浪モーメント計算部5、静水モーメント計算部6、積付余裕度判定部7、表示部8、操作入力部9および通信部10が設けられている。船舶S側には、データ格納部11、表示部12、操作入力部13および通信部14が設けられている。

[0020] 航路選択部1は、船舶Sの航路の選択を補助する機能を備えている。航路選択部1は、例えばSea-Navi（登録商標）等の情報サービスに接続され、出港地、目的地、経由地や水域、日時等の条件に基づき、各条件に適合する航路の候補を抽出し、提示することができるようになっている。尚、航路選択部1は、Sea-Naviのような外部サービスを利用するのではなく、内部に格納されたライブラリから適当な航路を抽出するように構成されていてもよい。

[0021] 海象データ格納部2は、種々の航路に関する海象データを格納する機能を備えており、航路選択部1により提示された航路に関する海象データを必要に応じて取得できるようになっている。海象データ格納部2に格納される海象データは、例えば気象庁等の外部機関から取得される予報データであってもよいし、過去の海象データであってもよく、その両方であってもよい。

[0022] 積付計画部3は、船舶Sにおける積荷の積付計画を作成する機能を備えており、船舶Sの種類や最大積載量、設計強度、積荷の種類や量といった各条件に基づき、船舶Sに対し、予定している航行時に積載する積荷の総重量や、船内の各区画における積付量等を算出できるようになっている。

[0023] 積付データ格納部4は、積付計画部3によって作成された船舶Sにおける積荷の積付計画に関するデータ（以下、積付データと称する）を格納する機能を備えている。積付データは、例えば、予定している航行における積荷の総重量、船内の各区画における積付量、積み込まれる積荷の種類、また、船舶Sにおける自重の分布、船舶Sに備えた各バラストタンクにおけるバラスト水の漲水量等を含む。

- [0024] 波浪モーメント計算部5は、海象データ格納部2に格納された海象データを参照し、航路選択部1によって提示された航路において遭遇すると予測される海象（遭遇海象）を算出する機能を備えている。また、波浪モーメント計算部5は、算出された遭遇海象と、船舶S自体に関する情報（自重や船速、外板形状等）に基づき、該当する航路において船舶Sに生じる波浪モーメント（実波浪モーメント $M_w(r)$ ）の予測値を算出する機能を備えている。
- [0025] 静水モーメント計算部6は、積付データ格納部4に格納された積付データに基づき、静水において船舶Sの自重、積荷とバラスト水の重量、および浮力により船舶Sに生じる実静水モーメント $M_s(r)$ を算出する機能を備えている。
- [0026] 積付余裕度判定部7は、波浪モーメント計算部5により算出された実波浪モーメント $M_w(r)$ の予測値と、静水モーメント計算部6により算出された実静水モーメント $M_s(r)$ に基づき、追加で積付け可能な余裕分（積付余裕度 ΔM とする）を算出する機能を備えている。尚、実波浪モーメント $M_w(r)$ の予測、実静水モーメント $M_s(r)$ の算出および積付余裕度 ΔM の算出については、後に改めて説明する。
- [0027] 表示部8は、航路選択部1により提示される航路の情報、海象データ格納部2に格納される海象データ、積付計画部3により作成され、積付データ格納部4に格納される積付データ、波浪モーメント計算部5や静水モーメント計算部6、積付余裕度判定部7の計算結果等の情報、各部への操作を入力するインターフェイス画面、その他の情報等を必要に応じて表示するディスプレイである。
- [0028] 操作入力部9は、上述した各部への操作を入力するインターフェイスであり、例えばキーボードやマウス、タッチパネル式のディスプレイ等である。尚、操作入力部9をタッチパネル式のディスプレイとする場合、操作入力部9は表示部8の機能の一部あるいは全部を兼ねることもできる。
- [0029] 通信部10は、システムの外部と通信を行う機能を備えており、各種の情

報（例えば、航路のデータや海象データ、積付データ等）をやり取りできるようになっている。

[0030] 船舶S側のデータ格納部11は、船舶Sの運用に必要な各種のデータを格納する機能を備えている。船舶Sの運用に必要な各種のデータとは、例えば陸L側の航路選択部1により提示される航路の情報、海象データ格納部2に格納される海象データ、積付計画部3により作成され、積付データ格納部4に格納される積付データ、波浪モーメント計算部5や静水モーメント計算部6、積付余裕度判定部7の計算結果等の情報等を含む。

[0031] 表示部12は、データ格納部11に格納される各種のデータや、システムを構成する各部への操作を入力するインターフェイス画面、その他の情報等を必要に応じて表示するディスプレイである。

[0032] 操作入力部13は、上述した各部への操作を入力するインターフェイスであり、例えばキーボードやマウス、タッチパネル式のディスプレイ等である。尚、操作入力部9をタッチパネル式のディスプレイとする場合、操作入力部13は表示部12の機能の一部あるいは全部を兼ねることもできる。

[0033] 通信部14は、システムの外部と通信を行う機能を備えており、各種の情報（例えば、航路のデータや海象データ、積付データ等）を陸L側の通信部10等との間でやり取りできるようになっている。

[0034] 尚、ここでは船舶S側と陸L側を跨ぐ形でシステムを構築する場合を例示したが、本発明の船舶の積付計画システムを実施するにあたり、システム構成はここに示した例に限定されない。例えば、情報処理・通信技術の発達した昨今においては、システムの大部分を船舶S上に構築したり、陸L側と船舶S側とに積付けの計画に関し同等の機能を持たせるといったことも可能である。その他、以下に説明する機能を実現し得る限りにおいて、船舶の積付計画システムは適宜の構成を取り得る。

[0035] 上述のシステムを用いた積付計画の方法について説明する。本発明は、船舶Sの航行中に生じる波浪モーメント（実波浪モーメント $M_w(r)$ ）を見積もり、これに基づいて積付けの計画を行うことを趣旨としている。すなわ

ち、従来であれば設計許容値 M_a と設計波浪モーメント $M_w(d)$ との差を最大積載量として積付けを行っていたところ（上記式（2）参照）、設計波浪モーメント $M_w(d)$ の代わりに実波浪モーメント $M_w(r)$ の予測値を用いることで、設計波浪モーメント $M_w(d)$ と実波浪モーメント $M_w(r)$ の差分（積付余裕度 ΔM ）にあたる分だけ船舶の設計強度に余裕が生じるので、この分を積付計画に活用するのである。

[0036] 上述のように、設計波浪モーメント $M_w(d)$ は、例えば長期にわたる船舶 S の運用期間において、船舶 S に生じると想定される最大の波浪モーメントとして設定される。この値は、船舶 S 毎に固有の波浪モーメントの最大値であり、現実の多くの航行において、実際に船舶 S に生じる波浪モーメント（実波浪モーメント $M_w(r)$ ）は、設計波浪モーメント $M_w(d)$ 以下の範囲で航行毎に変動する。つまり、その差分（積付余裕度 ΔM ）を積付計画に活用し、例えば積付余裕度 ΔM にあたる分だけ積荷を多く積載しても安全上の問題はなく、安全を保ったまま積荷の運送効率を向上させることができるのである。

[0037] 例えば、設計波浪モーメント $M_w(d)$ と設計静水モーメント $M_s(d)$ の合計値が船舶 S において図2に破線で示す如く分布していたとして、仮に従来の方法により設計静水モーメント $M_s(d)$ いっぱいまで（すなわち、 $M_s(r) = M_s(d)$ となるよう）積付けを行った場合、実波浪モーメント $M_w(r)$ と実静水モーメント $M_s(r)$ の合計値は、一点鎖線で示す如く設計波浪モーメント $M_w(d)$ と設計静水モーメント $M_s(d)$ の合計値より低い値で分布する。本実施例では、両者の差（ $M_w(d) - M_w(r)$ にあたる値）を積付余裕度 ΔM として算出し、活用するのである。

[0038] ただし、これを実現するには、実波浪モーメント $M_w(r)$ の予測と、実静水モーメント $M_s(r)$ の算出を十分な精度で行う必要がある。そこで、この手順について、図3のフローチャートを参照しながら説明する。

[0039] 実波浪モーメント $M_w(r)$ を予測するためには、前提として、航路を選択し、その航路で遭遇する海象を予測する必要がある。そこで、まず航路の

候補の抽出を行う（ステップS 1）。航路選択部 1 の機能を用い、例えばSea-Navi等の外部サービスを利用し、あるいは航路選択部 1 に格納された航路の情報から、航路の候補を抽出する。出港地、目的地、経由地や水域等といった条件を入力すると、各条件に適合する航路が抽出され、候補として提示される。

[0040] 続いて、候補として提示された航路に関し、予測される海象を取得する（ステップS 2）。海象データ格納部 2 の機能を用い、過去の同水域、同時季における海象データを参照する。あるいは、気象庁等から提供される予報データを参照する。

[0041] ステップS 2 で取得された海象データには、船舶Sが該当する航路で遭遇する最大の波高が含まれる。波高は、航行の快適度や、船舶Sに生じる荷重等に最も直接的に影響する。そこで、ステップS 3 では、波高の閾値（避航限界）を設定し、該避航限界を超える波高が予測される航路を候補から外す。そして、残った候補の中から実際に航行する航路を選択し、決定する（ステップS 4）。

[0042] 一方、積付計画部 3 では、船舶Sに対する積付けの計画を行う（ステップS 5）。積荷の総積載量や、船舶Sの各区画における積荷の積載量、各バラスタックにおけるバラスタ水の漲水量が決定され、積付データとして積付データ格納部 4 に格納される。

[0043] 波浪モーメント計算部 5 は、選択された航路で遭遇すると予測される海象に基づき、実波浪モーメント $M_w(r)$ の予測値を算出する（ステップS 6）。

[0044] 実波浪モーメント $M_w(r)$ の予測値の算出方法として、ストリップ法を用いる場合を説明する。船舶Sに生じる荷重は、縦曲げモーメントによって評価することができ、波浪によって生じる縦曲げモーメントは、下記の式（3）で表すことができる。尚、 H_s は波高、 χ は波向、 T_s は波周期である。

$$M_w/H_s = R(\chi, T_s) \dots\dots (3)$$

- [0045] 海象 (H_s , T_s) は、ステップ S 2 で取得される海象データに含まれる。そこで、これらの値 (過去のデータや予報に基づき予測される値) を上記式 (3) に代入し、 M_w の値を算出する。尚、 M_w の値には喫水も影響し、喫水は積付けによって変動するので、 M_w の算出には積付データをも参照する。こうして得られた M_w の最大値を、航行中に遭遇する実波浪モーメント $M_w(r)$ の予測値とする。尚、ストリップ法以外にも、種々の方法を実波浪モーメント $M_w(r)$ の予測値の算出に用いてもよいことは勿論である。
- [0046] 一方、実静水モーメント $M_s(r)$ は、航路や海象によらず、積付けによって決まる。静水モーメント計算部 6 は、積付データ格納部 4 の積付データを参照し、実静水モーメント $M_s(r)$ を算出する (ステップ S 7)。
- [0047] 積付余裕度判定部 7 では、ステップ S 6 で算出された実波浪モーメント $M_w(r)$ と、設計波浪モーメント $M_w(d)$ との差分を、積付余裕度 ΔM として算出する (ステップ S 8)。積付余裕度 ΔM は、船舶 S における荷重モーメントの設計許容値 M_a と、航路の状況に鑑み、船舶 S に対しさらに積増しを行ってもよい分である。得られた積付余裕度 ΔM の大きさや、積み込みたい積荷の量等に応じ、積付けを変更するか否かを判断する (ステップ S 9)。積付けを変更しない場合は積付けを終了するが、変更する場合にはステップ S 10 に進み、積付計画部 3 で積付計画を変更し、新しい積付データとして積付データ格納部 4 に格納する。
- [0048] 積付けが変更されると、船舶 S に生じる実静水モーメント $M_s(r)$ は変化する。また、船舶 S の喫水が変わる結果、実波浪モーメント $M_w(r)$ も変化する可能性がある。このため、積付計画を変更したら、改めて実波浪モーメント $M_w(r)$ の予測値および実静水モーメント $M_s(r)$ を算出し (ステップ S 6, S 7)、積付余裕度 ΔM を算出し (ステップ S 8)、積付余裕度 ΔM の値に応じて、積付計画の変更を行う (ステップ S 9, S 10)。こうして、積付余裕度 ΔM の値を基準とし、積増し等、積付計画の変更を簡便に行うことができる。さらに、これを繰り返していくと、船舶 S の設計許容値 M_a を満足する範囲で実静水モーメント $M_s(r)$ が最大となるよう、

積付計画が最適化される。

- [0049] 船舶Sのデータ格納部11には、航路の情報や海象データ、積付データ等の必要な情報が格納されている。積付余裕度 ΔM に基づいて変更された積付データも、通信部10、14を介して船舶S側に送信され、データ格納部11に格納される。船舶S側では、新しい積付データに従って積付けを行う。
- [0050] こうした方法は、種々の船舶Sにおいて、単に算出された積付余裕度 ΔM の範囲内で積増しを行う（実静水モーメント $M_s(r)$ を、積荷の重量で増大させる）という形で実行することができるが、特にコンテナ船を対象とする場合には、やや異なる方法での運用が有効である。
- [0051] 一般に、船舶においては、喫水を保つ目的や、船体に生じる荷重モーメントを是正する目的でバラスト水が船体内に注入される場合があるが、特にコンテナ船では積荷の比重が軽いため、バラスト水が多く注入される機会が多い。そこで、船舶Sがコンテナ船であり、最初の積付計画においてバラスト水が多く注入されているような場合、例えば次に述べる手順で上記の積付計画方法を適用することができる。
- [0052] まず、図3に示すステップS1～S8の手順を実行し、算出された積付余裕度 ΔM の範囲内で積荷の積増しを行う（ステップS9、S10）。このとき、積増しをした区画に関し、積増し分と同じ重量のバラスト水を放出するようにする。このようにすると、実静水モーメント $M_s(r)$ の値は積付計画の変更前とあまり変わらず、積付余裕度 ΔM は残存するので、さらに積付計画を変更し、積み増しを行うことができる。
- [0053] 尚、積増し分のバラスト水を削減する場合、仮に実静水モーメント $M_s(r)$ の値が変化しないとすれば、理論上、本実施例のように積付余裕度 ΔM を考慮せずとも積増しを行うことは可能である。しかしながら、実際に積付けを行う場合、船体におけるバラストタンクの位置は貨物を乗せる位置とは異なるため、仮に積増しをした区画のなるべく近くに位置するバラストタンクのバラスト水を削減したとしても、実静水モーメント $M_s(r)$ の値は多少変化してしまう。このため、算出された積付余裕度 ΔM を念頭に置かずに

積増しをしようとする、どの程度の積増しであれば許容できるのかについての基準が存在しないので、バラスト水を削減したとしても結果的に積載量が許容値を超過してしまう可能性が排除できない。本実施例のように積付余裕度 ΔM を用いれば、支障のない範囲で安全に積増しを行うことができる。

[0054] また、積付余裕度 ΔM をバラスト水の削減のために利用するという形での運用も可能である。コンテナ船では、上述のように船体に生じる荷重モーメントを是正する目的でバラスト水が注入される場合があり、この場合、バラスト水の荷重は実静水モーメント $M_s(r)$ を小さくする向きに作用する。すなわち、このバラスト水の漲水量を削減すれば実静水モーメント $M_s(r)$ は増大するのであるが、上記方法によって算出された積付余裕度 ΔM を、バラスト水の削減による実静水モーメント $M_s(r)$ の増大に充てるのである。すなわち、積付余裕度 ΔM の範囲内で、船舶S内のバラスト水を放出すればよい。

[0055] こうした運用は、例えばバラスト水はタンク内に残っているが、貨物スペースの制約等によりそれ以上のコンテナを積み込むことができなくなったような場合や、単にそれ以上積み込むべき貨物がなくなった場合等に有効である。このようにすると、バラスト水の少ない状態でコンテナ船である船舶Sを航行させることができ、船舶S全体の重量を減らした燃費の良い航行が可能となる。無論、上に説明した「積荷の積増し分のバラスト水の削減」と、「積付余裕度 ΔM の範囲内でのバラスト水の削減」を適宜併用してもよい。あるいは単に、バラスト水の削減はせず、積付余裕度 ΔM の範囲内で積増しのみを行ってもよいことは勿論である。

[0056] 上述の如き方法およびシステムを実施するにあたっては、例えば安全の確保あるいは積載量の拡充のために船体やその他の構造を変更するような必要はなく、既存の船舶にも容易に適用し、積荷の運送効率の向上を図ることができる。

[0057] 以上のように、上記本実施例の船舶の積付計画方法においては、航路において予測される海象に基づき、航路において海象により船舶Sに生じる実波

浪モーメント $M_w(r)$ を見積もり、実波浪モーメント $M_w(r)$ の予測値に基づいて積付けの計画を行っている。このようにすれば、船舶S毎に固有の設計波浪モーメント $M_w(d)$ の代わりに、それ以下の値の実波浪モーメント $M_w(r)$ を用いて積付けを計画することで、安全を保ったまま積荷の運送効率を向上させることができる。

[0058] また、本実施例の船舶の積付計画方法においては、実波浪モーメント $M_w(r)$ の予測値と、設計波浪モーメント $M_w(d)$ の差分を積付余裕度 ΔM として算出し、該積付余裕度 ΔM に基づき、積付けの変更を行うか否かを判定している。このようにすれば、積付余裕度 ΔM を基準とし、簡便に積付計画を変更することができる。

[0059] また、本実施例の船舶の積付計画方法においては、積付余裕度 ΔM の範囲内で積荷の積増しを行うことができ、このようにすれば、積付余裕度 ΔM を基準とし、簡便に積増しを行うことができる。

[0060] また、本実施例の船舶の積付計画方法においては、積付余裕度 ΔM の範囲内でバラスト水の漲水量を削減することができ、このようにすれば、バラスト水の少ない状態でコンテナ船である船舶Sを航行させることができ、船舶S全体の重量を減らした燃費の良い航行が可能となる。

[0061] また、本実施例の船舶の積付計画方法はコンテナ船に適用することができ、このようにすれば、コンテナ船に関して上記と同等の作用効果を奏することができる。

[0062] また、上記本実施例の船舶の積付計画システムは、上述の船舶の積付計画方法を実行可能に構成されているので、上記と同様の作用効果を奏することができる。

[0063] また、上記本実施例の船舶は、上述の船舶の積付計画システムを適用されているので、上記と同様の作用効果を奏することができる。

[0064] したがって、上記本実施例によれば、安全を確保しつつ積荷の運送効率を簡便に向上し得る。

[0065] 尚、本開示において説明した船舶の積付計画方法、積付計画システムおよ

び船舶は、上述の実施例にのみ限定されるものではなく、要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

符号の説明

[0066]	1	航路選択部
	2	海象データ格納部
	3	積付計画部
	4	積付データ格納部
	5	波浪モーメント計算部
	6	静水モーメント計算部
	7	積付余裕度判定部
	8	表示部
	9	操作入力部
	10	通信部
	11	データ格納部
	12	表示部
	13	操作入力部
	14	通信部
	L	陸
	S	船舶
M _w (d)		設計波浪モーメント
M _w (r)		実波浪モーメント
ΔM		積付余裕度