

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4596394号  
(P4596394)

(45) 発行日 平成22年12月8日(2010.12.8)

(24) 登録日 平成22年10月1日(2010.10.1)

(51) Int.Cl.

F I

**B 2 1 D 11/20 (2006.01)**  
**G 0 6 F 17/50 (2006.01)**

B 2 1 D 11/20 B  
G 0 6 F 17/50 G 2 4 K  
G 0 6 F 17/50 G 0 4 J

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2006-512433 (P2006-512433)  
(86) (22) 出願日 平成16年3月31日(2004.3.31)  
(86) 国際出願番号 PCT/JP2004/004640  
(87) 国際公開番号 W02005/102550  
(87) 国際公開日 平成17年11月3日(2005.11.3)  
審査請求日 平成19年3月30日(2007.3.30)

(73) 特許権者 502098178  
社団法人日本中小型造船工業会  
東京都港区虎ノ門一丁目15番16号  
(73) 特許権者 501204525  
独立行政法人海上技術安全研究所  
東京都三鷹市新川6丁目38番1号  
(74) 代理人 100077805  
弁理士 佐藤 辰彦  
(74) 代理人 100099690  
弁理士 鷺 健志  
(74) 代理人 100109232  
弁理士 本間 賢一  
(72) 発明者 松岡 一祥  
東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立  
行政法人海上技術安全研究所内  
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 外板展開方法及び外板製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定形状の外板を平板に展開する方法であって、

外板上で第1仮被写線及び第2仮被写線を決定する第1処理と、

第1処理で決定された第2仮被写線を基準として外板上で第1仮被写線を決定するとともに、第1処理で決定された第1仮被写線を基準として外板上で第2仮被写線を決定する第2処理と、

第1及び第2処理で決定された第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち一方を第1被写線群として決定するとともに、他方を第2被写線群として決定する第3処理と、

第1被写線群を第1写線群として外板から平板に写すとともに、第2被写線群を第2写線群として外板から平板に写す第4処理とが実行され、

第1処理において、

始点において外板の曲率が最大となる方向を接線方向とするとともに、始点を除く任意点において外板の曲率が最大又は最小となる方向を接線方向とする曲線を外板上に滑らかに伸ばしてこれを第1仮被写線として決定し、

第1仮被写線と共通の始点において外板の曲率が最小となる方向を接線方向とするとともに、始点を除く任意点において外板の曲率が最小又は最大となる方向を接線方向とする曲線を外板上に滑らかに伸ばしてこれを第2仮被写線として決定し、

第2処理において、

第1処理で決定された第2仮被写線上の点を始点とするとともに、該始点において第2

10

20

仮被写線と直交する第1仮被写線を決定し、第1処理で決定された第1仮被写線上の点を始点とするとともに、該始点において第1仮被写線と直交する第2仮被写線を決定し、  
第3処理において、

第1及び第2処理で決定された第1仮被写線群の法曲率絶対値の平均値を計算し、第1及び第2処理で決定された第2仮被写線群の法曲率絶対値の平均値を計算し、第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち法曲率絶対値の平均値が大きい線群に含まれる線を第1被写線群として決定し、第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち法曲率絶対値の平均値が小さい線群に含まれる線を第2被写線群として決定し、

第4処理において、

第1被写線の実長座標及び該実長座標の関数としての測地的曲率と、第1写線の実長座標及び該実長座標の関数としての曲率とを一致させ、

隣り合う第1写線に挟まれた写領域に含まれる第2写線の長さが、該隣り合う第1写線に対応する隣り合う第1被写線間の被写領域に含まれ、該第2写線に対応する第2被写線の長さ以上となり、且つ、該写領域の面積が最小となるように、該隣り合う第1写線の配置を決定するとともに、該写領域における第2写線の配置を決定することを特徴とする外板展開方法。

【請求項2】

所定形状の外板を平板に展開する方法であって、

外板上で第1仮被写線及び第2仮被写線を決定する第1処理と、

第1処理で決定された第2仮被写線を基準として外板上で第1仮被写線を決定するとともに、第1処理で決定された第1仮被写線を基準として外板上で第2仮被写線を決定する第2処理と、

第1及び第2処理で決定された第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち一方を第1被写線群として決定するとともに、他方を第2被写線群として決定する第3処理と、

第1被写線群を第1写線群として外板から平板に写すとともに、第2被写線群を第2写線群として外板から平板に写す第4処理とが実行され、

第1処理において、

始点において外板の曲率が最大となる方向を接線方向とするとともに、始点を除く任意点において外板の曲率が最大又は最小となる方向を接線方向とする曲線を外板上に滑らかに伸ばしてこれを第1仮被写線として決定し、

第1仮被写線と共通の始点において外板の曲率が最小となる方向を接線方向とするとともに、始点を除く任意点において外板の曲率が最小又は最大となる方向を接線方向とする曲線を外板上に滑らかに伸ばしてこれを第2仮被写線として決定し、

第2処理において、

第1処理で決定された第2仮被写線上の点を始点とするとともに、該始点において第2仮被写線と直交する第1仮被写線を決定し、第1処理で決定された第1仮被写線上の点を始点とするとともに、該始点において第1仮被写線と直交する第2仮被写線を決定し、

第3処理において、

第1及び第2処理で決定された第1仮被写線群の法曲率絶対値の平均値を計算し、第1及び第2処理で決定された第2仮被写線群の法曲率絶対値の平均値を計算し、第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち法曲率絶対値の平均値が大きい線群に含まれる線を第1被写線群として決定し、第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち法曲率絶対値の平均値が小さい線群に含まれる線を第2被写線群として決定し、

第4処理において、

第1被写線の実長座標及び該実長座標の関数としての測地的曲率と、第1写線の実長座標及び該実長座標の関数としての曲率とを一致させ、

隣り合う第1写線に挟まれた写領域に含まれる第2写線の長さが、該隣り合う第1写線に対応する隣り合う第1被写線間の被写領域に含まれ、該第2写線に対応する第2被写線の長さ以下となり、且つ、該写領域の面積が最大となるように、該隣り合う第1写線の配置を決定するとともに、該写領域における第2写線の配置を決定することを特徴とする

10

20

30

40

50

外板展開方法。

【請求項 3】

請求項 1 記載の方法に従って前記所定形状の外板が展開された平板から、該所定形状の外板を製造する方法であって、

前記第 1 写線の法曲率が、前記第 1 被写線の法曲率に一致するように前記平板を曲げて中間曲板を形成し、

前記写領域ごとの第 2 写線の実長座標が、各写領域に対応する前記被写領域ごとの該第 2 写線に対応する第 2 被写線の実長座標と等しくなるように該中間曲板を縮め加工することを特徴とする外板製造方法。

【請求項 4】

請求項 2 記載の方法に従って前記所定形状の外板が展開された平板から、該所定形状の外板を製造する方法であって、

前記第 1 写線の法曲率が、前記第 1 被写線の法曲率に一致するように前記平板を曲げて中間曲板を形成し、

前記写領域ごとの第 2 写線の実長座標が、各写領域に対応する前記被写領域ごとの該第 2 写線に対応する第 2 被写線の実長座標と等しくなるように該中間曲板を伸ばし加工することを特徴とする外板製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

本発明は、所定形状の外板を平板に展開する方法、及び平板から所定形状の外板を製造する方法に関する。

【背景技術】

船舶の一部を構成する所定形状の金属外板は、金属平板に展開された上でこの平板が当該所定形状に加工・製造される。平板を所定形状の外板に正確に加工するには、この外板が平板に適切に展開される必要がある。

しかし、従来の測地線展開法等に従って展開された平板を外板に加工する場合、特に曲率が大きい船首・船尾部分の外板の加工に適しているとはいえない。即ち、外板から平板への展開が最適とは言えず、当該展開平板から外板への加工量が不必要に大きくなり、必ずしも加工効率がよいとはいえない場合がある。これは、従来の展開法が経験に大きく依存していることによる。

そこで、本発明は、加工量を低減させて外板の製造効率の向上を図り得る外板展開方法及び外板製造方法を提供することを解決課題とする。

【発明の開示】

前記課題を解決するための本発明の第 1 態様の外板展開方法は、外板上で第 1 仮被写線及び第 2 仮被写線を決定する第 1 処理と、第 1 処理で決定された第 2 仮被写線を基準として外板上で第 1 仮被写線を決定するとともに、第 1 処理で決定された第 1 仮被写線を基準として外板上で第 2 仮被写線を決定する第 2 処理と、第 1 及び第 2 処理で決定された第 1 仮被写線群及び第 2 仮被写線群のうち一方を第 1 被写線群として決定するとともに、他方を第 2 被写線群として決定する第 3 処理と、第 1 被写線群を第 1 写線群として外板から平板に写すとともに、第 2 被写線群を第 2 写線群として外板から平板に写す第 4 処理とが実行され、第 1 処理において、始点において外板の曲率が最大となる方向を接線方向とするとともに、始点を除く任意点において外板の曲率が最大又は最小となる方向を接線方向とする曲線を外板上に滑らかに伸ばしてこれを第 1 仮被写線として決定し、第 1 仮被写線と共通の始点において外板の曲率が最小となる方向を接線方向とするとともに、始点を除く任意点において外板の曲率が最小又は最大となる方向を接線方向とする曲線を外板上に滑らかに伸ばしてこれを第 2 仮被写線として決定し、第 2 処理において、第 1 処理で決定された第 2 仮被写線上の点を始点とするとともに、該始点において第 2 仮被写線と直交する第 1 仮被写線を決定し、第 1 処理で決定された第 1 仮被写線上の点を始点とするとともに、該始点において第 1 仮被写線と直交する第 2 仮被写線を決定し、第 3 処理において、第 1 及び第 2 処理で決定された第 1 仮被写線群の法曲率絶対値の平均値を計算し、第 1 及び

10

20

30

40

50

第2処理で決定された第2仮被写線群の法曲率絶対値の平均値を計算し、第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち法曲率絶対値の平均値が大きい線群に含まれる線を第1被写線群として決定し、第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち法曲率絶対値の平均値が小さい線群に含まれる線を第2被写線群として決定し、第4処理において、第1被写線の実長座標及び該実長座標の関数としての測地的曲率と、第1写線の実長座標及び該実長座標の関数としての曲率とを一致させ、隣り合う第1写線に挟まれた写領域に含まれる第2写線の長さが、該隣り合う第1写線に対応する隣り合う第1被写線の間被写領域に含まれ、該第2写線に対応する第2被写線の長さ以上となり、且つ、該写領域の面積が最小となるように、該隣り合う第1写線の配置を決定するとともに、該写領域における第2写線の配置を決定することを特徴とする。

10

本発明の第1実施形態の外板展開方法によれば、外板上の第1被写線群及び第2被写線群が、第1写線群及び第2写線群として平板に写される。このとき、第1被写線の実長座標及びその関数としての測地的曲率と、第1写線の実長座標及びその関数としての曲率とが一致させられる。

これにより、第1写線の法曲率が第1被写線の法曲率に一致するように平板を曲げ加工すれば、第1写線に沿った方向に平板を伸ばし加工又は縮め加工することなく中間曲板を形成することができる。このため、外板製造時の加工量が低減される。

また、隣り合う第1写線に挟まれている写領域における第2写線の長さが、当該写領域に対応する被写領域における、当該第2写線に対応する第2被写線の長さ「以上」となるように、第1写線の相対位置が決定される。その上で、写領域における第2写線が決定される。

20

これにより、写領域ごとの第2写線の実長座標が、当該写領域に対応する被写領域ごとの当該第2写線に対応する第2被写線の実長座標に一致するように中間曲板を縮め加工すれば足り、縮め加工する場所と伸ばし加工する場所とが併存するという事態が回避される。従って、たとえ熟練工でなくても外板を容易に製造することができる。

さらに、隣り合う第1写線の間被写領域の面積が「最小」となるように、第1写線の相対位置が決定され、且つ、第1写線に挟まれた領域における第2写線が決定される。

これにより、外板製造時の平板の縮め加工量が最低限に抑制される。従って、第1写線の法曲率が第1被写線の法曲率に一致するように平板が曲げ加工されて中間曲板が形成され、第2写線の実長座標が第2被写線の実長座標に一致するように中間曲板が縮め加工されることで、加工量を必要最小限に抑制しながら外板が製造され得る。

30

前記課題を解決するための本発明の第2態様の外板展開方法は、外板上で第1仮被写線及び第2仮被写線を決定する第1処理と、第1処理で決定された第2仮被写線を基準として外板上で第1仮被写線を決定するとともに、第1処理で決定された第1仮被写線を基準として外板上で第2仮被写線を決定する第2処理と、第1及び第2処理で決定された第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち一方を第1被写線群として決定するとともに、他方を第2被写線群として決定する第3処理と、第1被写線群を第1写線群として外板から平板に写すとともに、第2被写線群を第2写線群として外板から平板に写す第4処理とが実行され、第1処理において、始点において外板の曲率が最大となる方向を接線方向とするとともに、始点を除く任意点において外板の曲率が最大又は最小となる方向を接線方向とする曲線を外板上に滑らかに伸ばしてこれを第1仮被写線として決定し、第1仮被写線と共通の始点において外板の曲率が最小となる方向を接線方向とするとともに、始点を除く任意点において外板の曲率が最小又は最大となる方向を接線方向とする曲線を外板上に滑らかに伸ばしてこれを第2仮被写線として決定し、第2処理において、第1処理で決定された第2仮被写線上の点を始点とするとともに、該始点において第2仮被写線と直交する第1仮被写線を決定し、第1処理で決定された第1仮被写線上の点を始点とするとともに、該始点において第1仮被写線と直交する第2仮被写線を決定し、第3処理において、第1及び第2処理で決定された第1仮被写線群の法曲率絶対値の平均値を計算し、第1及び第2処理で決定された第2仮被写線群の法曲率絶対値の平均値を計算し、第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち法曲率絶対値の平均値が大きい線群に含まれる線を第1被写線

40

50

群として決定し、第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち法曲率絶対値の平均値が小さい線群に含まれる線を第2被写線群として決定し、第4処理において、第1被写線の実長座標及び該実長座標の関数としての測地的曲率と、第1写線の実長座標及び該実長座標の関数としての曲率とを一致させ、隣り合う第1写線に挟まれた写領域に含まれる第2写線の長さが、該隣り合う第1写線に対応する隣り合う第1被写線間の被写領域に含まれ、該第2写線に対応する第2被写線の長さ以下となり、且つ、該写領域の面積が最大となるように、該隣り合う第1写線の配置を決定するとともに、該写領域における第2写線の配置を決定することを特徴とする。

本発明の第2態様の外板展開方法によれば、本発明の第1態様の外板展開方法と同様、外板上の第1被写線群及び第2被写線群が、第1写線群及び第2写線群として平板に写される。このとき、第1被写線の実長座標及びその関数としての測地的曲率と、第1写線の実長座標及びその関数としての曲率とが一致させられる。

10

これにより、第1写線の法曲率が第1被写線の法曲率に一致するように平板を曲げ加工すれば、第1写線に沿った方向に平板を伸ばし加工又は縮め加工することなく中間曲板を形成することができる。このため、外板製造時の加工量が低減される。

また、隣り合う第1写線に挟まれている写領域における第2写線の長さが、当該写領域に対応する被写領域における、当該第2写線に対応する第2被写線の長さ「以下」となるように、第1写線の相対位置が決定される。その上で、写領域における第2写線が決定される。

これにより、写領域ごとの第2写線の実長座標が、当該写領域に対応する被写領域ごとの当該第2写線に対応する第2被写線の実長座標に一致するように中間曲板を伸ばし加工すれば足り、縮め加工する場所と伸ばし加工する場所とが併存するという事態が回避される。従って、たとえ熟練工でなくても外板を容易に製造することができる。

20

さらに、隣り合う第1写線間の面積が「最大」となるように、第1写線の相対位置が決定され、且つ、第1写線に挟まれた領域における第2写線が決定される。

これにより、外板製造時の平板の伸ばし加工量が最低限に抑制される。従って、第1写線の法曲率が第1被写線の法曲率に一致するように平板が曲げ加工されて中間曲板が形成され、第2写線の実長座標が第2被写線の実長座標に一致するように中間曲板が伸ばし加工されることで、加工量を必要最小限に抑制しながら外板が製造され得る。

前記課題を解決するための本発明の第1態様の外板製造方法は、前記第1態様の方法に従って前記所定形状の外板が展開された平板から、該所定形状の外板を製造する方法であって、前記第1写線の法曲率が、前記第1被写線の法曲率に一致するように前記平板を曲げて中間曲板を形成し、前記写領域ごとの第2写線の実長座標が、各写領域に対応する前記被写領域ごとの該第2写線に対応する第2被写線の実長座標と等しくなるように該中間曲板を縮め加工することを特徴とする。

30

本発明の第1態様の外板製造方法によれば、第1写線の法曲率が第1被写線の法曲率に一致するように平板が曲げ加工されて中間曲板が形成される。また、写領域ごとの第2写線の実長座標が、当該写領域に対応する被写領域ごとの当該第2写線に対応する第2被写線の実長座標に一致するように中間曲板が縮め加工されることで、加工量を必要最小限に抑制しながら外板が製造され得る。

40

前記課題を解決するための本発明の第2態様の外板製造方法は、前記第2態様の外板展開方法に従って前記所定形状の外板が展開された平板から、該所定形状の外板を製造する方法であって、前記第1写線の法曲率が、前記第1被写線の法曲率に一致するように前記平板を曲げて中間曲板を形成し、前記写領域ごとの第2写線の実長座標が、各写領域に対応する前記被写領域ごとの該第2写線に対応する第2被写線の実長座標と等しくなるように該中間曲板を伸ばし加工することを特徴とする。

本発明の第2態様の外板製造方法によれば、第1写線の法曲率が第1被写線の法曲率に一致するように平板が曲げ加工されて中間曲板が形成される。また写領域ごとの第2写線の実長座標が、当該写領域に対応する被写領域ごとの当該第2写線に対応する第2被写線の実長座標に一致するように中間曲板が伸ばし加工されることで、加工量を必要最小限に

50

抑制しながら外板が製造され得る。

【図面の簡単な説明】

図1は本発明の外板展開方法のフローチャートであり、図2～図8は本発明の外板展開方法の詳細説明図であり、図9は本発明の外板製造方法のフローチャートである。

【発明を実施するための最良の形態】

本発明の外板展開方法及び外板製造方法の実施形態について図面を用いて説明する。

本発明の外板展開方法について図1～図8を用いて説明する。

まず、外板展開方法の適用対象となる図2に示す外板Qを次式(1)で表される曲面として表現することで、当該外板Qの形状(所定形状)を特定する(図1/S102)。図2(a)に示す外板Qは、例えば、船首の一部を構成する金属外板である。

$$z = Q(x, y) \quad (1)$$

次に、外板上で第1仮被写線及び第2仮被写線を決定する「第1処理」が実行される(図1/S110)。

まず、始点において外板Qの曲率が最大となる方向を接線方向とするとともに、始点を除く任意点において外板Qの曲率が最大又は最小となる方向を接線方向とする曲線を外板Q上に滑らかに伸ばしてこれを「第1仮被写線」として決定する(図1/S112)。具体的には、図2(a)に示すように外板Q上の任意点Oを始点とし、この任意点Oにおける外板の曲率(= (曲率半径)<sup>-1</sup>)が、正負も含めて最大となる方向に外板Qに沿って伸びる1番目の第1線分  $a_1$  を決定する。また、 $n$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) 番目の第1線分  $a_n$  の終点  $a_n$  を始点とする  $n+1$  番目の第1線分  $a_{n+1}$  を決定する。 $n+1$  番目の第1線分  $a_{n+1}$  は、 $n$  番目の第1線分  $a_n$  の終点  $a_n$  における外板Qの曲率が最大となる方向に外板Qに沿って伸びる線分と、当該曲率が最小となる方向に外板Qに沿って伸びる線分とのうち、 $n$  番目の第1線分  $a_n$  に滑らかにつながるほうの線分である。詳細には、 $n+1$  番目の第1線分  $a_{n+1}$  は、当該両線分のうち、始端部における方向ベクトルが、 $n$  番目の第1線分  $a_n$  の終端部における方向ベクトルとなす角度が小さいほうの線分である。そして、図2(b)に示すように、第1線分  $a_n$  の連結線を第1仮被写線Aとして決定する。

また、第1仮斜線Aと始点と同じであり、この始点において外板Qの曲率が最小となる方向を接線方向とするとともに、始点を除く任意点において外板Qの曲率が最小又は最大となる方向を接線方向とする曲線を外板Q上に滑らかに伸ばしてこれを第2仮被写線として決定する(図1/S114)。具体的には、図2(a)に示すように、1番目の第1線分  $a_1$  と始点と同じであり、1番目の第1線分  $a_n$  の始点Oにおける外板Qの曲率が最小となる方向に外板Qに沿って伸びる1番目の第2線分  $b_1$  を決定する。さらに、 $m$  ( $m = 1, 2, \dots$ ) 番目の第2線分  $b_m$  の終点  $b_m$  を始点とする  $m+1$  番目の第2線分  $b_{m+1}$  を決定する。 $m+1$  番目の第2線分  $b_{m+1}$  は、 $m$  番目の第2線分  $b_m$  終点  $b_m$  における外板Qの曲率が最小となる方向に外板Qに沿って伸びる線分と、当該曲率が最大となる方向に外板Qに沿って伸びる線分とのうち、 $m$  番目の第2線分  $b_m$  に滑らかにつながるほうの線分である。詳細には、 $m+1$  番目の第2線分  $b_{m+1}$  は、当該両線分のうち、始端部における方向ベクトルが、 $m$  番目の第2線分  $b_m$  の終端部における方向ベクトルとなす角度が小さいほうの線分である。そして、図2(b)に示すように、第2線分  $b_m$  の連結線を第2仮被写線Bとして決定する。

なお、第1線分  $a_n$  及び第2線分  $b_m$  が決定されるときにルンゲ・クッタ法などの微分方程式の初期値問題の開放が用いられてもよい。

続いて、第1処理で決定された第2仮被写線を基準として外板上で一又は複数の第1仮被写線を決定するとともに、第1処理で決定された第1仮被写線を基準として外板上で一又は複数の第2仮被写線を決定する「第2処理」が実行される(図1/S120)。

まず、第1処理で決定された第2仮被写線B上の点を始点とするとともに、該始点において第2仮被写線Bと直交する第1仮被写線が決定される(図1/S122)。具体的には、図3(a)に示すように、第1処理で決定された第2仮被写線B上の点  $y_1 \sim y_5$ 、 $y_7$  を1番目の第1線分の始点として、 $n$  番目の第1線分(図中矢印参照)が逐次決定さ

10

20

30

40

50

れる。そして、図3(b)に示すように、第1処理で決定された第2仮被写線B上の点 $y_1 \sim y_5$ 、 $y_7$ を1番目の第1線分の始点とする第1仮被写線A1~A5、A7が決定される。また、図3(b)では、第1処理で決定された図3(a)に示す第1仮被写線Aが、第1仮被写線A6として表現されている。なお、1番目の第1線分の始点となる第2仮被写線B上の点の間隔は、外板Qのスケールに応じて調節され得る。

また、第1処理で決定された第1仮被写線A上の点を始点とするとともに、該始点において第1仮被写線Aと直交する第2仮被写線が決定される(図1/S124)。具体的には、図4(a)に示すように、第1処理で決定された第1仮被写線A上の点 $x_1 \sim x_4$ 、 $x_6 \sim x_9$ を1番目の第2線分の始点として、m番目の第2線分(図中矢印参照)が逐次決定される。そして、図4(b)に示すように、第1処理で決定された第2仮被写線B上の点 $x_1 \sim x_4$ 、 $x_6 \sim x_9$ を1番目の第2線分の始点とする第2仮被写線B1~B4、B6~B9が決定される。また、図4(b)では、第1処理で決定された図4(a)に示す第1仮被写線Bが、第2仮被写線B5として表現されている。なお、1番目の第2線分の始点となる第1仮被写線A上の点の間隔は、外板Qのスケールに応じて調節され得る。

また、第2処理において決定された第2仮被写線が、第1処理において決定された第2仮被写線とみなされた上で、これを基準として新たに第1仮被写線が決定されてもよい。同様に、第2処理において決定された第1仮被写線が、第1処理において決定された第1仮被写線とみなされた上で、これを基準として新たに第2仮被写線が決定されてもよい。

次に、第1及び第2処理で決定された第1仮被写線群及び第2仮被写線群のうち一方を第1被写線群として決定するとともに、他方を第2被写線群として決定する「第3処理」が実行される(図1/S130)。

具体的には、まず、第1仮被写線群A1~A7と、第2仮被写線群B1~B9のそれぞれについて、次式(2)に従って法曲率Kの絶対値の平均値 $K^*$ が計算される(図1/S132)。

$$K^* = \int dt \cdot \text{Abs}[K(t)] / \int dt \quad (2)$$

ここで、 $\int dt \cdot \text{Abs}[K(t)]$ は、第1仮被写線A1~A7(又は第2仮被写線B1~B9)のそれぞれについて法曲率絶対値 $\text{Abs}[K(t)]$ の積分値の総和を表している。また、 $\int dt$ は、第1仮被写線A1~A7(又は第2仮被写線B1~B9)のそれぞれの実長の総和を表している。

さらに、tは、各被写線の実長座標であり、第1被写線又は第2被写線の微小部分dtと、当該微小部分dtのx-y平面への投影微小部分drとの幾何学的関係に基づく次式(3)に従って算出される。

$$t = dr [ 1 + \{ (x/z)^2 + (y/z)^2 \} / (1 + (z/dx)^2 + (z/dy)^2) ]^{1/2} \quad (3)$$

そして、第1仮被写線群A1~A7及び第2仮被写線群B1~B9のうち、法曲率絶対値の平均値 $K^*$ が大きい線群に含まれる線が「第1被写線」として決定される(図1/S134)。ここでは、図4(b)に示す第1仮被写線A1~A7がそれぞれ「第1被写線」として決定される。

また、第1仮被写線群A1~A7及び第2仮被写線群B1~B9のうち法曲率絶対値の平均値 $K^*$ が小さい線群に含まれる線が「第2被写線」として決定される(図1/S134)。ここでは、図4(b)に示す第2仮被写線B1~B9がそれぞれ「第2被写線」として決定される。

そして、第1被写線群を第1写線群として外板から平板に写すとともに、第2被写線群を第2写線群として外板から平板に写す「第4処理」が実行される(図1/S140)。

具体的には、まず、第1被写線A1~A7及び第2被写線B1~B9のそれぞれの測地的曲率Kgが、実長座標tの関数として次式(4)に従って決定される(図1/S142)。

$$Kg(t) = \pm [ g^{1/2} A(t) + g^{-1/2} B(t) ] \\ g = 1 + (x/z)^2 + (y/z)^2 \\ A = x'y'' - y'x''$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
& B \quad y z \cdot x \quad x z \cdot x' \quad 3 \\
& + \{ 2 \quad y z \cdot x \quad y z - x z \cdot x \quad x z \} \cdot x' \quad 2 \cdot y' \\
& + \{ \quad y z \cdot y \quad y z - 2 \quad x z \cdot x \quad y z \} \cdot x' \cdot y' \quad 2 \\
& - \quad x z \cdot y \quad y z \cdot t' \quad 3 \\
& \quad x \quad / \quad x, \quad y \quad / \quad y, \\
& x' \quad d x / d t, \quad x'' \quad d^2 x / d t^2, \\
& y' \quad d y / d t, \quad y'' \quad d^2 y / d t^2, \quad (4)
\end{aligned}$$

次に、第1被写線A1～A7の実長座標t及び測地的曲率Kg(t)と、平板(x-y平面)における実長座標、及びその関数としての曲率が一致する線が、図5に示すような第1仮写線f(A<sub>n</sub>)(n=1, 2, , 7)として決定される(図1/S144)。同様に、第2被写線の実長座標t及び測地的曲率Kg(t)と、平板における実長座標、及びその関数としての曲率が一致する線が、図6に示すような第2仮写線q(B<sub>m</sub>)(m=1, 2, , 9)として決定される(図1/S144)。図5及び図6において「(丸印)」は第1被写線A<sub>n</sub>及び第2被写線B<sub>m</sub>の交点を表し、「+(十字印)」は外板Qの縁を表す。

続いて、第1仮写線q(A<sub>n</sub>)及び第2仮写線q(B<sub>m</sub>)に基づき、第1写線p(A<sub>n</sub>)及び第2写線p(B<sub>m</sub>)が決定される(図1/S146)。第1写線p(A<sub>n</sub>)及び第2写線p(B<sub>m</sub>)の決定方法について図7～図8を用いて説明する。

まず、隣り合う一对の第1仮写線q(A<sub>n</sub>)及びq(A<sub>n+1</sub>)の相対位置が、1本の第2仮写線q(B<sub>m</sub>)を基準として、次の条件1～3を満たすように仮決定される。

(条件1)第2仮写線q(B<sub>m</sub>)との交点における第1仮写線q(A<sub>n</sub>)及びq(A<sub>n+1</sub>)の実長座標が、第2被写線B<sub>m</sub>との格子点における第1被写線A<sub>n</sub>及びA<sub>n+1</sub>の実長座標に一致する。

(条件2)第1仮写線q(A<sub>n</sub>)及びq(A<sub>n+1</sub>)に挟まれる領域に含まれる第2仮写線q(B<sub>m</sub>)の実長座標が、第1被写線A<sub>n</sub>及びA<sub>n+1</sub>に挟まれる被写領域に含まれる第2被写線B<sub>m</sub>の実長座標と一致する。

(条件3)第1仮写線q(A<sub>n</sub>)及びq(A<sub>n+1</sub>)と、第2仮写線q(B<sub>m</sub>)とが直交する。

また、相対位置が仮決定された一对の第1仮写線q(A<sub>n</sub>)、q(A<sub>n+1</sub>)に挟まれた領域において、第2仮写線q(B<sub>m'</sub>)(m'≠m)の配置が次の条件4を満たすように仮決定される。この際、第2仮写線q(B<sub>m'</sub>)の実長座標が必要に応じて伸縮される。

(条件4)第2仮写線q(B<sub>m'</sub>)との交点における第1仮写線q(A<sub>n</sub>)及びq(A<sub>n+1</sub>)の実長座標が、第2被写線B<sub>m'</sub>との交点における第1被写線A<sub>n</sub>及びA<sub>n+1</sub>の実長座標と一致する。

例えば、第2仮写線q(B<sub>4</sub>)を基準とした場合、図7(a)に示すように第1仮写線q(A<sub>3</sub>)及びq(A<sub>4</sub>)の相対位置が仮決定される。また、この場合、図7(a)に示すように第1仮写線q(A<sub>3</sub>)及びq(A<sub>4</sub>)に挟まれた領域(斜線部分)に含まれる第2仮写線q(B<sub>m'</sub>)(m'=4)(破線)の配置が仮決定される。

一方、第2仮写線q(B<sub>7</sub>)を基準とした場合、図7(b)に示すように第1仮写線q(A<sub>3</sub>)及びq(A<sub>4</sub>)の相対位置が仮決定される。また、この場合、図7(b)に示すように第1仮写線q(A<sub>3</sub>)及びq(A<sub>4</sub>)に挟まれた領域(斜線部分)に含まれる第2仮写線q(B<sub>m'</sub>)(m'=7)(破線)の配置が仮決定される。

そして、相対位置が仮決定された一对の第1仮写線q(A<sub>n</sub>)及びq(A<sub>n+1</sub>)により挟まれた領域に含まれる第2仮写線q(B<sub>m</sub>)の長さ、当該領域の面積とが一定条件を満足する場合、第1仮写線q(A<sub>n</sub>)及び当該領域内の第2仮写線q(B<sub>m</sub>)が、第1写線p(A<sub>n</sub>)及び当該領域内の第2写線p(B<sub>m</sub>)として決定される(図1/S146)。この条件は、次に説明するように外板製造時の加工方法の種類に応じて変動する。

すなわち「縮め加工」についての当該一定条件は次のとおりである。

(1a)配置が仮決定された全ての第2仮写線q(B<sub>m</sub>)のそれぞれの長さが、対応する

第2被写線  $B_m$  の長さ以上であり、且つ、

(1b) 一对の第1仮写線  $q(A_n)$  及び  $q(A_{n+1})$  に挟まれた領域の面積が最小である。

一方「伸ばし加工」についての当該一定条件は次のとおりである。

(2a) 配置態様が仮決定された全ての第2仮写線  $q(B_m)$  のそれぞれの長さが、対応する第2被写線  $B_m$  の長さ以下であり、且つ、

(2b) 一对の第1仮写線  $q(A_n)$  及び  $q(A_{n+1})$  に挟まれた領域の面積が最大である。

隣り合う第1仮写線  $q(A_n)$  及び  $q(A_{n+1})$  の相対位置が逐次決定されるとともに、第1仮写線  $q(A_n)$  及び  $q(A_{n+1})$  により挟まれる領域の第2仮写線  $q(B_m)$  の配置態様が逐次決定される。これにより、図2(a)に示す外板Qが、図8に示すような平板Pに展開される。すなわち、図4(b)に示す第1被写線群  $A_n$  及び第2被写線群  $B_m$  が、図8に示す第1写線  $p(A_n)$  及び第2写線  $p(B_m)$  として平板上に展開される。

10

次に、図8に示す平板Pを加工して図2(a)に示す外板Qを製造する方法について図9を用いて説明する。

加工前の準備として、まず、第1被写線  $A_n$  に沿った外板Qの法曲率Kが算出される(図9/S202)。また、一对の第1被写線  $A_n$  及び  $A_{n+1}$  により挟まれた被写領域における第2被写線  $B_m$  の長さに対する、一对の第1写線  $p(A_n)$  及び  $p(A_{n+1})$  により挟まれた写領域における第2写線  $p(B_m)$  の長さの比率cが算出される(図9/S204)。例えば、第2被写線  $B_1$  について、第1被写線  $A_1$  及び  $A_2$  により挟まれた被写領域内では比率cが「1.05」であり、第1被写線  $A_2$  及び  $A_3$  により挟まれた被写領域内では比率cが「1.07」であり、等、部分ごとに当該比率cが決定される。なお、比率cは被写領域よりも細かい領域ごとに局所的に決定されてもよい。

20

前記準備が済んだ後、第1写線  $p(A_n)$  の法曲率が第1被写線  $A_n$  の法曲率に一致するように、平板Pが曲げ加工されて中間曲板(図示略)が形成される(図9/S206)。

そして、第2写線  $p(B_m)$  の実長座標が第2被写線  $B_m$  の実長座標に一致するように、中間曲板が縮め(又は伸ばし)加工されることで、図2に示す外板Qが製造される(図9/S208)。当該加工の際、先に計算された比率cが用いられる。例えば、第2被写線  $B_1$  について、第1被写線  $A_1$  及び  $A_2$  により挟まれた被写領域内では比率cが「1.05」であり、第1被写線  $A_2$  及び  $A_3$  により挟まれた被写領域内では比率cが「1.07」であり、という場合を考える。この場合、第2写線  $p(B_1)$  が第1写線  $p(A_1)$  及び  $p(A_2)$  により挟まれた写領域内では「4.8%」だけ縮め加工され、第1写線  $p(A_2)$  及び  $p(A_3)$  により挟まれた写領域内では「6.6%」だけ縮め加工され、というように中間曲板が加工されることで、外板Qが製造される。

30

本発明の外板展開方法によれば、図4(b)に示す外板Q上の第1被写線群  $A_1 \sim A_7$  及び第2被写線群  $B_1 \sim B_9$  が、図8に示す第1写線群  $p(A_1) \sim p(A_7)$  及び第2写線群  $p(B_1) \sim p(B_9)$  として平板Pに写される。このとき、第1被写線  $A_n$  の実長座標  $t$  及びその関数としての測地的曲率  $K_g$  (前記式(4)参照)と、第1写線  $p(A_n)$  の実長座標及びその関数としての曲率  $K$  とが一致させられる。

40

これにより、第1写線  $p(A_n)$  の法曲率が第1被写線  $A_n$  の法曲率に一致するように平板Pを曲げ加工すれば、第1写線  $A_n$  に沿った方向に平板Pを伸ばし加工又は縮め加工することなく中間曲板を形成することができる。このため、外板製造時の加工量が低減される。

また、隣り合う第1写線  $p(A_n)$  及び  $p(A_{n+1})$  に挟まれている写領域(図7(a)、図7(b)の斜線部分参照)における全ての第2写線  $p(B_m)$  のそれぞれの長さが、当該写領域に対応する被写領域における第2被写線  $B_m$  の長さ以上(又は以下)となるように、第1写線  $p(A_n)$  及び  $p(A_{n+1})$  の相対位置が決定される(図7(a)、図7(b)参照)。その上で、写領域における第2写線  $p(B_m)$  が決定される。

50

これにより、写領域ごとの第2写線  $p(B_m)$  の実長座標が、被写領域ごとの第2被写線  $B_m$  の実長座標に一致するように中間曲板を縮め加工（又は伸ばし加工）すれば足り、縮め加工する場所と伸ばし加工する場所とが併存するという事態が回避される。従って、たとえ熟練工でなくても外板  $P$  を容易に製造することができる。

さらに、隣り合う第1写線  $p(A_n)$  及び  $p(A_{n+1})$  に挟まれた写領域（図7（a）、図7（b）斜線部分参照）の面積が最小（又は最大）となるように、第1写線  $p(A_n)$  及び  $p(A_{n+1})$  の相対位置が決定され、且つ、当該写領域における第2写線  $B_m$  の配置が決定される。

これにより、外板  $Q$  の製造時の平板  $P$  の縮め加工量（又は伸ばし加工量）が最低限に抑制される。従って、第1写線  $p(A_n)$  の法曲率が第1被写線  $A_n$  の法曲率に一致するよう  
10  
に平板  $P$  が曲げ加工されて中間曲板が形成され、（写領域ごとの）第2写線  $p(B_m)$  の実長座標が、（被写領域ごとの）第2被写線  $B_m$  の実長座標に一致するように中間曲板が縮め加工（又は伸ばし加工）されることで、加工量を必要最小限に抑制しながら外板  $Q$  が製造され得る。

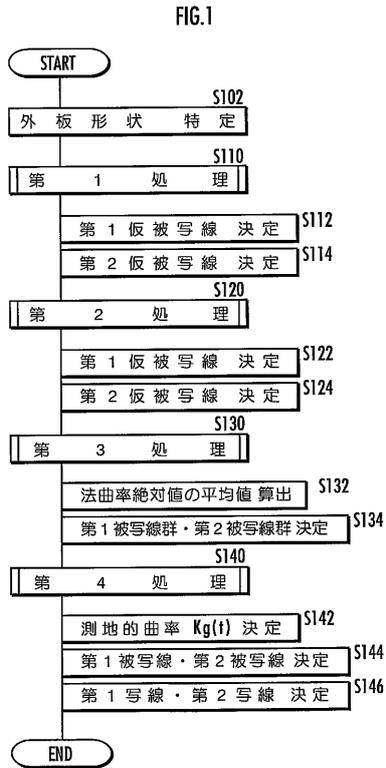
本願発明者の得た知見によれば、本発明の外板展開方法によれば平板  $P$  を全体的に約2.2%縮めることで外板  $Q$  を製造することができるのに対し、従来の外板展開方法によれば外板  $Q$  の製造に際して平板を全体的に約7.1%縮める必要がある。即ち、本発明の外板展開方法によれば、従来の測地線展開法と比較して外板  $Q$  の製造に必要な平板  $P$  の縮め率が1/3程度に抑制される。

また、製造作業者は、図8に示すような第1写線  $p(A_n)$  及び第2写線  $p(B_m)$  を  
20  
通じて、平板  $P$  をどこでどの方向に曲げ、どこをどの方向に縮めればよいか（又は伸ばせばよいか）を認識することができる。さらに、製造作業者は、第1被写線  $A_n$  の曲率を通じて平板  $P$  をどの程度曲げればよいかを把握することができる。また、製造作業者は、前記比率  $c$  を通じて、中間曲板をどの程度縮めればよいか（又は伸ばせばよいか）を把握することができる。これにより、熟練を要せずに品質の高い外板製造が促進されるものと期待される。

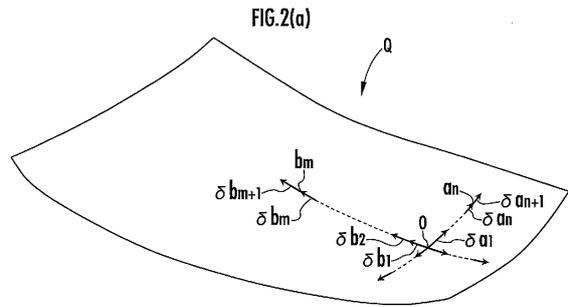
なお、本発明の外板展開方法及び外板製造方法は、図2（a）に示す形状の外板  $Q$  のほか、あらゆる形状の外板に適用され得る。

また、外板が球体の一部を局所的に含む形状である場合、当該局所部分のすぐ手前における第1仮被写線及び第2仮被写線が滑らかに延実長座標れることで、当該局所部分にお  
30  
ける外板上の第1仮被写線及び第2仮被写線が決定されてもよい。

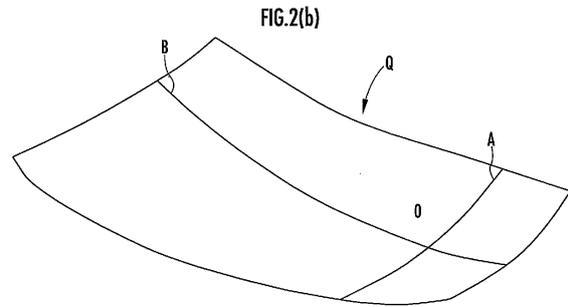
【 図 1 】



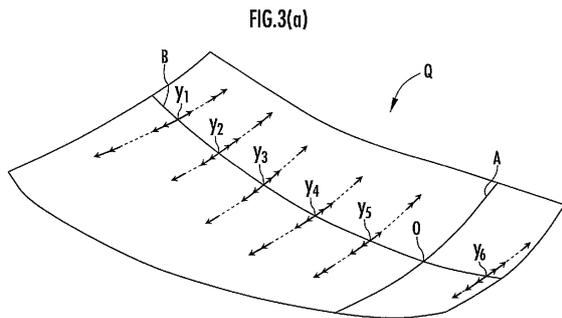
【 図 2 ( a ) 】



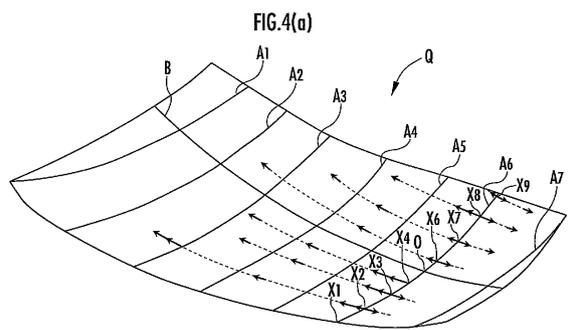
【 図 2 ( b ) 】



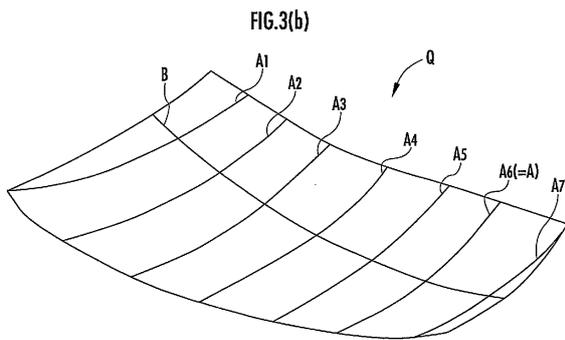
【 図 3 ( a ) 】



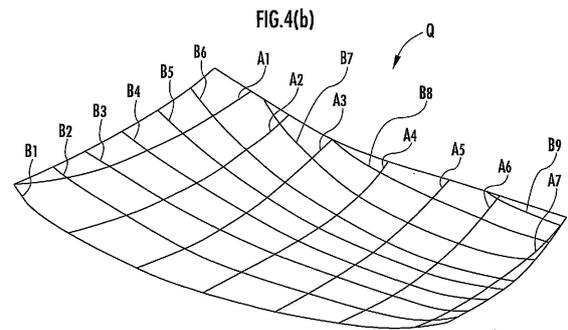
【 図 4 ( a ) 】



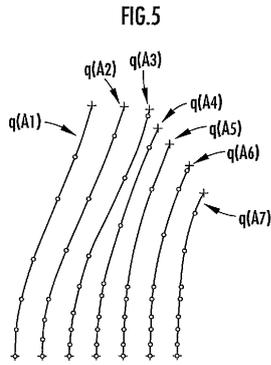
【 図 3 ( b ) 】



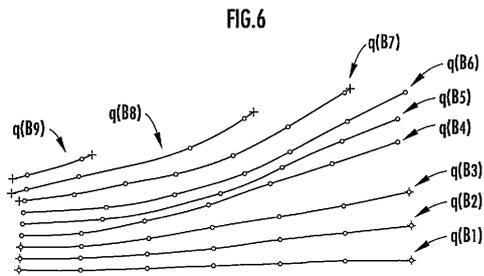
【 図 4 ( b ) 】



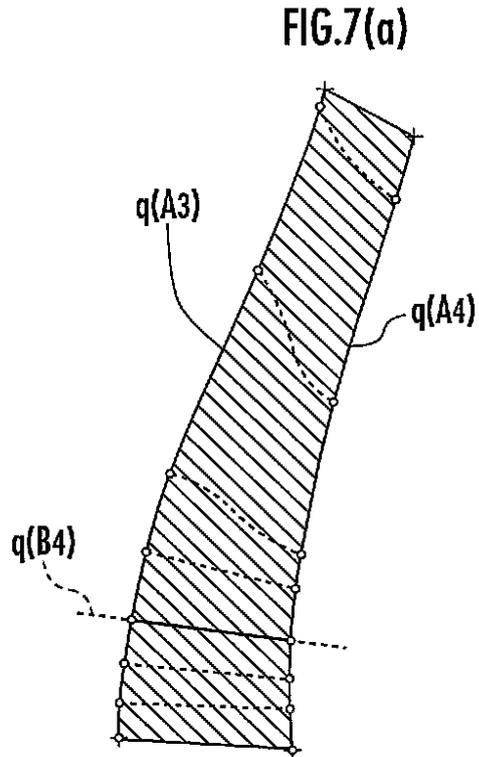
【 図 5 】



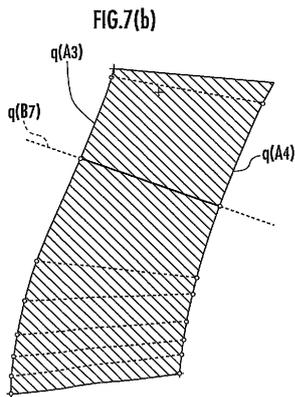
【 図 6 】



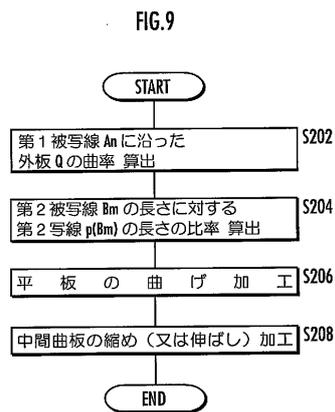
【 図 7 ( a ) 】



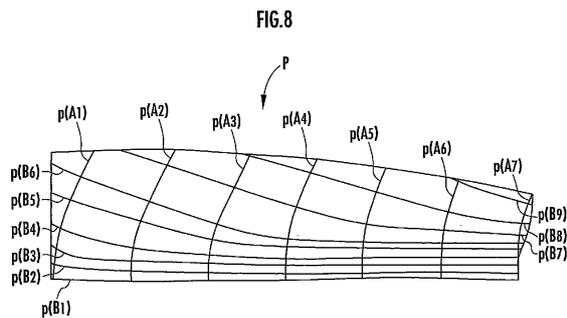
【 図 7 ( b ) 】



【 図 9 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 富澤 茂

東京都港区虎ノ門1丁目15番16号 社団法人日本中小型造船工業会内

審査官 川村 健一

(56)参考文献 国際公開第2003/79238(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21D 11/20

G06F 17/50