

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4426440号
(P4426440)

(45) 発行日 平成22年3月3日(2010.3.3)

(24) 登録日 平成21年12月18日(2009.12.18)

(51) Int.Cl.
B 6 3 B 39/00 (2006.01)

F I
B 6 3 B 39/00

請求項の数 15 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2004-509135 (P2004-509135)	(73) 特許権者	500575824
(86) (22) 出願日	平成15年5月28日 (2003.5.28)		ハネウェル・インターナショナル・インコ
(65) 公表番号	特表2005-528279 (P2005-528279A)		ーポレーテッド
(43) 公表日	平成17年9月22日 (2005.9.22)		アメリカ合衆国ニュージャージー州079
(86) 国際出願番号	PCT/US2003/016721		62-2245, モーリスタウン, コロン
(87) 国際公開番号	W02003/101826		ビア・ロード 101, ピー・オー・ボッ
(87) 国際公開日	平成15年12月11日 (2003.12.11)		クス 2245
審査請求日	平成18年5月26日 (2006.5.26)	(74) 代理人	100089705
(31) 優先権主張番号	10/160, 515		弁理士 社本 一夫
(32) 優先日	平成14年5月30日 (2002.5.30)	(74) 代理人	100076691
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 増井 忠武
		(74) 代理人	100075270
			弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100080137
			弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 船舶の上下浮動及び上下浮動速度決定方法及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

慣性航法システム（INS）を備える船舶であって、INSのセンサが船舶のポイントAに配置され、上下浮動ゼロの基準点Bを有する船舶について、当該船舶のポイントCにおける上下浮動及び上下浮動速度を決定する上下浮動及び上下浮動速度決定方法において、

ポイントA、B、及びCのボディーフレーム座標を決定するステップと、
ボディーフレーム座標で表現されたベクトルをローカルレベル座標で表現されたベクトルに再定義する変換用方向余弦行列 C_B^L を定義するステップと、
前記船舶のポイントA、B、Cのローカルレベル座標を決定するステップと、
ポイントAからポイントCへのレバーアーム R_{AC} を決定するステップと、
前記船舶のポイントCにおける速度をポイントAにおける既知の速度を使用して表す速度信号を算出するステップであって、前記ボディーフレーム座標及びポイントAのINSのセンサの測定値と、前記変換用方向余弦行列 C_B^L と、前記レバーアームとに基づいて

【数 1】

$$V_C^L = V_A^L + C_B^L (\omega^B \times R_{AC})$$

により（ここに、 V_A^L はポイント A におけるローカルレベル速度、 V_C^L はポイント C におけるローカルレベル速度、 ω^B は前記船舶のボディーフレーム角速度である）算出するステップと、

前記速度信号のハイパスフィルタ処理に基づいて上下浮動速度信号を発生するステップと、

前記上下浮動速度信号の積分に基づいて上下浮動信号を発生するステップと、
を有する上下浮動及び上下浮動速度決定方法。

【請求項 2】

前記速度信号のハイパスフィルタ処理に基づいて上下浮動速度信号を発生するステップは、 V_C^L の第 3 の成分 $V_C^L(3)$ をハイパスフィルタでフィルタ処理して上下浮動速度

10

【数 2】

$$\hat{V}_C^L(3)$$

を決定するステップを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記上下浮動速度信号の積分に基づいて上下浮動信号を発生するステップは、

【数 3】

20

$$Heave = \sum \hat{V}_C^L(3) \Delta t + C_B^L R_{BC}(3)_{t_0}$$

により上下浮動を算出するステップを含み、ここに

【数 4】

$$\sum \hat{V}_C^L(3) \Delta t$$

は上下浮動速度の積分を表し、

【数 5】

30

$$C_B^L R_{BC}(3)_{t_0}$$

は前記積分の初期条件であり、前記初期条件は、積分開始時刻である時刻 t_0 で有効な、ポイント B と C 間のローカルレベル垂直距離である、請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記速度信号のハイパスフィルタ処理に基づいて上下浮動速度信号を発生するステップは、

【数 6】

40

$$V_C^L(3) = \hat{V}_A^L(3) + [C_B^L (\omega^B \times R_{AC})](3)_{t_k}$$

により前記船舶の上下浮動速度を決定するステップを含み、ここに

【数 7】

$$\hat{V}_A^L(3)$$

はポイント A におけるローカルレベル速度の第 3 の成分をフィルタ処理したものであり、 $V_C^L(3)$ はポイント C におけるローカルレベル速度の第 3 の成分であり、 ω^B は前記船舶のボディーフレーム角速度であり、下付の添え字 t_k は当該項が反復の度に更新され

50

ることを表している、請求項1記載の方法。

【請求項5】

前記上下浮動速度信号の積分に基づいて上下浮動信号を発生するステップは、

【数8】

$$\sum V_C^L(3)\Delta t = \sum \hat{V}_A^L(3)\Delta t + [C_B^L R_{BA}(3)]_{t_k} + [C_B^L R_{AC}(3)]_{t_k}$$

により上下浮動を決定し、ここに下付の添え字 t_k は当該項が反復の度に更新されることを示す、請求項4記載の方法。

【請求項6】

前記速度信号のハイパスフィルタ処理に基づいて上下浮動速度信号を発生するステップは、伝達関数 $[(1+Z^{-1})(1+Z^{-2})/4] \times [4/(33-48Z^{-1}+19Z^{-2})] \times [1-((1+Z^{-4})(1+Z^{-8})(1+Z^{-16})/(15,500-30,750Z^{-16}+15,254Z^{-32}))(125-123Z^{-16}))]$ により、前記速度信号をフィルタ処理するステップを含む、請求項1記載の方法。

【請求項7】

上下浮動信号を発生するステップは前記上下浮動速度信号を伝達関数 $(1/200)/(1-Z^{-1})$ により、フィルタ処理するステップを含む、請求項1記載の方法。

【請求項8】

さらに、前記上下浮動を伝達関数 $1-[(1+Z^{-4})(1+Z^{-8})(1+Z^{-16})/(15,500-30,750Z^{-16}+15,254Z^{-32}))(125-123Z^{-16})]$ により、フィルタ処理するステップを含む、請求項7記載の方法。

【請求項9】

船舶の上下浮動及び上下浮動速度を決定する慣性航法システム（INS）において、主ユニットと、ユーザインタフェースユニットと、衛星航法システム（GPS）受信機と、慣性センサアセンブリ（ISA）を有するセンサユニットとを備え、

前記ISAは前記船舶のポイントAに配置され、前記船舶は上下浮動ゼロの基準点Bを有し、前記主ユニットは慣性航法情報を前記船舶の他のシステムに伝えるインタフェースを備え、前記ユーザインタフェースユニットはディスプレイ及びキーパッドを備え、当該INSシステムは、ポイントA、B、及びCのボディーフレーム座標で構成され、ポイントCは上下浮動及び上下浮動速度のデータを得ることが望まれる場所であり、当該INSシステムは、ボディーフレーム座標で表現されたベクトルをローカルレベル座標で表現されたベクトルに再定義する変換用方向余弦行列 C_B^L を定義し、ポイントAからポイントCへのレバーアーム R_{AC} を決定するように構成され、当該INSシステムは、前記船舶のポイントA、B、Cのローカルレベル座標を決定し、前記ボディーフレーム座標及び前記ISAから受けたデータと、前記変換用方向余弦行列と、前記レバーアームとに基づいて、

【数9】

$$V_C^L = V_A^L + C_B^L(\omega^B \times R_{AC})$$

により（ここに、 V_A^L はポイントAにおけるローカルレベル速度、 V_C^L はポイントCにおけるローカルレベル速度、 ω^B は前記船舶のボディーフレーム角速度である）、ポイントAにおける既知の速度を使用する前記船舶のポイントCにおける速度を決定し、ハイパスフィルタにより前記速度の信号をフィルタ処理して上下浮動速度信号を求め、前記上下浮動速度信号を積分して上下浮動を決定するように構成される、

INSシステム。

【請求項10】

ハイパスフィルタにより前記速度の信号をフィルタ処理して上下浮動速度信号を得るために、当該INSシステムは、 V_C^L の第3の成分 $V_C^L(3)$ をハイパスフィルタでフィルタ処理し、上下浮動速度信号

【数10】

$$\hat{V}_C^L(3)$$

を決定するように構成される、請求項9記載のINSシステム。

【請求項11】

前記上下浮動速度信号を積分して上下浮動を決定するために、当該INSシステムは、

10

【数11】

$$Heave = \sum \hat{V}_C^L(3) \Delta t + C_B^L R_{BC}(3)_{t_0}$$

により上下浮動を算出し、ここに

【数12】

$$\sum \hat{V}_C^L(3) \Delta t$$

は上下浮動速度の積分を表し、

20

【数13】

$$C_B^L R_{BC}(3)_{t_0}$$

は前記積分の初期条件であり、前記初期条件は、積分開始時刻である時刻 t_0 で有効な、ポイントBとC間のローカルレベル垂直距離である、ように構成される、請求項10記載のINSシステム。

【請求項12】

前記INSシステムには前記船舶のポイントAにおける速度が与えられ、ハイパスフィルタにより前記速度の信号をフィルタ処理して上下浮動速度信号を得るために、当該INSシステムは、

30

【数14】

$$V_C^L(3) = \hat{V}_A^L(3) + [C_B^L (\omega^B \times R_{AC})](3)_{t_k}$$

により前記船舶の上下浮動速度を決定し、ここに

【数15】

$$\hat{V}_A^L(3)$$

40

はポイントAにおけるローカルレベル速度の第3の成分をフィルタ処理したものであり、 $V_C^L(3)$ はポイントCにおけるローカルレベル速度の第3の成分であり、 ω^B は前記船舶のボディーフレーム角速度であり、下付の添え字 t_k は当該項が反復の度に更新されることを示す、ように構成される、請求項9記載のINSシステム。

【請求項13】

前記上下浮動速度信号を積分して上下浮動を決定するために、当該INSシステムは、

【数 1 6】

$$\sum V_C^L(3)\Delta t = \sum \hat{V}_A^L(3)\Delta t + [C_B^L R_{BA}(3)_{t_0}] + [C_B^L R_{AC}(3)_{t_k}]$$

により上下浮動を決定し、ここに、下付の添え字 t_0 は当該項が初期条件であり、積分の開始時に一度だけ算出されることを示す、ように構成される、請求項 1 2 記載の I N S システム。

【請求項 1 4】

伝達関数 $[(1+Z^{-1})(1+Z^{-2})/4] \times [4/(33-48Z^{-1}+19Z^{-2})] \times [1-((1+Z^{-4})(1+Z^{-8})(1+Z^{-16})/(15,500-30,750Z^{-16}+15,254Z^{-32})(125-123Z^{-16}))]$ により、速度信号入力のハイパスフィルタ処理に基づいて、上下浮動速度信号を発生するように構成される第 1 の段と、

伝達関数 $(1/200)/(1-Z^{-1})$ により、前記第 1 の段から出力された前記上下浮動速度信号を積分フィルタ処理することにより上下浮動信号を発生するように構成される第 2 の段と、
を備えることを特徴とするフィルタ。

【請求項 1 5】

前記第 2 の段は、前記上下浮動信号を伝達関数 $1-[(1+Z^{-4})(1+Z^{-8})(1+Z^{-16})/(15,500-30,750Z^{-16}+15,254Z^{-32})(125-123Z^{-16})]$ により、フィルタ処理することで、フィルタ処理された上下浮動距離信号を発生するように構成される、請求項 1 4 記載のフィルタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、概して船舶の航行に関し、詳細には船舶の上下浮動及び上下浮動速度の決定及び補償に関するものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

上下浮動は海面に対する動きの垂直距離であり、海の波を受ける船舶に生じる、海面に対する垂直運動は一般に上下浮動速度と呼ばれる。波を受ける船舶にとって、この垂直運動は要するに海面まわりの振動であり、地球に対する相対変位及び速度の長期平均値はゼロになる。上下浮動及び上下浮動速度値は、水中のダイバーや潜水艇やその他の水中作業の命綱制御を行ったり、ソナー送信機の動きを定めたり、ヘリコプターの着陸地点における甲板の動きを定めるなど、様々な作業で利用される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 3】

従来のある種の慣性システムは上下浮動及び上下浮動速度を測定するのに使用されている。しかしながら、純粋な慣性システムの垂直チャンネルには典型的に発散的な誤差がある。この種の発散は衛星航行法 (G P S) システムを利用することで補償可能であるが、G P S システム自体が上下浮動及び上下浮動速度の決定に誤差を導入する可能性がある。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 4】

一形態において、船舶の上下浮動及び上下浮動速度を決定する方法が提供される。例示的实施形態において、船舶には慣性航法システム (I N S) が装備され、I N S のセンサは船舶の選択地点、例えばポイント A に配置される。さらに、船舶には上下浮動がゼロの基準点 B がある。この上下浮動及び上下浮動速度決定方法により、船舶のポイント C における上下浮動及び上下浮動速度を決定する。ここに、ポイント C はポイント A、B とは異なるポイントである。詳細には、上下浮動及び上下浮動速度決定方法は、船舶のポイント A、B、及び C の基準座標を決定し、船舶の a ポイントにおける速度を表す信号 (速度信号) を発生し、この速度信号に基づいて上下浮動速度信号を発生し、この上下浮動速度信

10

20

30

40

50

号に基づいて上下浮動信号を発生する。

【0005】

別の形態において、船舶の上下浮動及び上下浮動速度を決定する慣性航法（INS）システムが提供される。INSシステムは、例示的实施形態において、主ユニットと、ユーザインタフェースユニットと、衛星航法システム（GPS）受信機と、センサアセンブリを備える。センサアセンブリは船舶のポイントAに配置される慣性センサアセンブリを備える。主ユニットは船舶の他の制御システムに慣性情報を伝えるインタフェースを備える。INSシステムは船舶のポイントA、B、及びCの基準座標、及び船舶の上下浮動及び上下浮動速度を決定するように構成される。

【0006】

さらに別の形態において、第1の段と第2の段を備えるフィルタが提供される。第1の段は少なくとも部分的に速度信号入力に基づいて上下浮動速度信号を表す出力信号を発生するように構成される。第2の段は第1の段から出力された上下浮動速度信号をフィルタ処理することにより上下浮動を表す出力信号を発生するように構成される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下、本発明の特徴及び原理は例示的实施形態に関連して説明される。当業者には明らかなように、趣旨及び範囲から逸脱することなく、例示的实施形態に対して様々な変更、変形がなし得る。システム及び方法はここに記載される特定の实施形態に限定されない。各システム及び方法の構成要素は他の構成要素及び方法から別個独立して実施可能である。また、各システム及び方法は他の構成要素、システム及び方法と組み合わせて使用可能である。

【0008】

吊下式慣性航法システム（INS）で測定されるものとして、船舶の上下浮動及び上下浮動速度の高精度表現を得るシステムについて以下、詳細に説明する。概して、INSシステムはローカル重力の力測定及びモデリングに起因する長期バイアス誤差を除去するためにデジタルバンドパスフィルタ処理を行う。さらに、システムはINSセンサが配置される場所以外の、船舶内の地点における速度を定義するのに、船舶の角速度測定値に基づいたレバーアーム補正を行う。本書で使用されるように、船舶という用語は上下浮動及び上下浮動速度を決定するシステムが組み込まれた任意の構造を意味し、船、ボート、潜水艦、潜水艇、艦船、無人探査船、軍艦、水陸両用航空機、魚雷、その他、海洋環境で使用される船舶に限定されない。

【0009】

図1は海洋で使用される慣性航法システム（INS）10のブロック図である。システム10は主ユニット12を備え、主ユニット12には電源14が接続される。さらに主ユニット12には、ユーザインタフェースユニット16、衛星航法システム（GPS）受信機18、及び慣性センサアセンブリ（ISA）22を有するセンサユニット20が接続される。主ユニット12は、インタフェース24により、慣性航法情報を、例えば船舶の主航法システムまたは航法情報を利用する船舶内の他のシステムに伝える。センサユニット20内のISA22はジャイロ、加速度計（図示せず）を備え、センサユニット20にはジャイロの電子回路が設けられる。一実施形態において、ジャイロはレーザジャイロである。ユーザインタフェースユニット16はユーザインタフェースを提供するもので、慣性情報を表示したり、表示モード及び動作パラメータを変更するためにディスプレイ及びキーパッド（ともに図示せず）を備える。

【0010】

図2は船舶40のブロック図であり、ISA22の設置場所がポイントAで示されている。ポイントBは上下浮動ゼロの基準点と呼ばれる。一実施形態において、ポイントBは平均水線にあり、かつ船舶40の平均回転中心にある。ポイントBを指定する目的は船舶40の静的傾斜を補償することである。ポイントBを指定するもう1つの目的は水42に乗った船舶40の、浮力に応じた高低を補償することである。ポイントCは船舶40の上

10

20

30

40

50

下浮動及び上下浮動速度が求められるべきポイントであり、例えば、潜水艇（図示せず）に接続される巻き揚げ装置の設置場所である。

【0011】

船舶40の上下浮動及び上下浮動速度を決定するために、基準座標が定義される。具体的には、船舶40の船首、右舷、及び腹によりボディーフレーム座標が定義される。また、北、東、及び下によりローカルレベル座標が定義される。 C_B^L （ C_B^L のLの位置はBの位置の真上にある状態を表す）はボディーフレーム座標で表現されたベクトルをローカルレベル座標に再定義するための座標変換用方向余弦行列（座標変換行列）である。座標変換行列について、下付の添え字はベクトルを取り出した元のフレームを示し、上付の添え字はベクトルが変換される行き先のフレームを示す。したがって、座標変換用方向余弦行列に関して、「B」はボディーフレーム座標ベクトルであり、「L」はローカルレベル座標ベクトルである。

10

【0012】

ポイントAからポイントCへのレバーアームは R_{AC} で記され、ポイントAからポイントBへのレバーアームは R_{AB} で記される。よく知られているように、レバーアームは距離と方向を表すベクトルである。ここに、レバーアームはボディーフレーム座標で定義される。図2において、ポイントBからポイントCへのレバーアームは次式で書き表される。

【0013】

【数1】

20

$$\mathbf{R}_{BC} = \mathbf{R}_{AC} - \mathbf{R}_{AB}.$$

Eq (1)

【0014】

船舶40の速度はINS10からのデータに基づいて、ポイントAにおける既知の速度として与えられる。したがって、ポイントCの速度は次式で算出される。

【0015】

【数2】

$$\mathbf{V}_C^L = \mathbf{V}_A^L + \mathbf{C}_B^L (\boldsymbol{\omega}^B \times \mathbf{R}_{AC}).$$

Eq (2)

【0016】

30

前記変数に係る上付の添え字は、変数がボディーフレーム座標、またはローカルレベル座標のどちらのフレーム（座標系）で定義されているかを示す。したがって、 V_A^L （ V_A^L のLの位置はAの位置の真上にある状態を表す）はポイントPのローカルレベル速度であり、 V_C^L （ V_C^L のLの位置はCの位置の真上にある状態を表す）はポイントCのローカルレベル速度であり、 $\boldsymbol{\omega}^B$ は船舶40のボディーフレーム角速度である。

【0017】

一実施形態において、慣性航法システム（INS）10は、INS10の高度チャンネルをフィルタ処理して上下浮動及び上下浮動速度を発生するフィルタモジュールを備える。少なくとも従来のある種のアプリケーションにおいて、INS10の高度チャンネルは、例えば衛星航法システム（GPS）からの外部測定値により補強される。他のアプリケーションではINS10の高度チャンネルを1以上のGPS、気圧高度により補強し、あるいはINS10の高度チャンネルをゼロ（すなわち海面高度）に簡単に緩く従属する。

40

【0018】

高度及び高度速度のバイアスエラーなどのバイアス誤差を除去するために、ハイパスフィルタ処理により上下浮動及び上下浮動速度を表す信号を導出して、GPSや気圧高度計や他の測定系に関係する誤差を除去する。

【0019】

図3に、INS10内のフィルタモジュールが示される。 V_C^L の第3の成分である $V_C^L(3)$ がハイパスフィルタ60に入力されてDC成分や非常に低い周波成分が除去される。 $V_C^L(3)$ の入力(62)をフィルタ60に入力すると次の出力64が得られる

50

。

【 0 0 2 0 】

【数 3】

 $\hat{V}_c^L(3)$.

【 0 0 2 1 】

フィルタ 6 0 に通して得られた信号である出力 6 4 は船舶 4 0 の上下浮動速度である。したがって、上下浮動速度は数学的に次式で表される。

【 0 0 2 2 】

【数 4】

 $HeaveRate = \hat{V}_c^L(3)$.

Eq (3)

10

【 0 0 2 3 】

システム 1 0 の一実施形態（図 1 に示されるもの）において、式（2）に関して 2 0 0 H z の高度速度が使用され、これには $6.0e-6(\text{ラジアン})^2/(\text{秒})^2$ の固有白色雑音分散が含まれる。

【 0 0 2 4 】

次に、上下浮動速度信号を積分することにより船舶 4 0 の垂直位置の変化、すなわち、上下浮動、ないし上下浮動距離が算出される。上下浮動速度信号に基づいた上下浮動の具体的な計算は次のようになる。

20

【 0 0 2 5 】

【数 5】

 $Heave = \sum \hat{V}_c^L(3)\Delta t + C_B^L R_{BC}(3)_{t_0}$.

Eq (4)

【 0 0 2 6 】

式（4）において、第 1 項

【 0 0 2 7 】

【数 6】

 $\sum \hat{V}_c^L(3)\Delta t$

30

【 0 0 2 8 】

は上下浮動速度の積分を表し、第 2 項

【 0 0 2 9 】

【数 7】

 $C_B^L R_{BC}(3)_{t_0}$

【 0 0 3 0 】

は積分の初期条件（初期状態）である。初期条件は、積分開始時刻である時刻 t_0 で有効な、ポイント B と C 間のローカルレベル垂直距離である。

I N S 1 0 により決定される高度速度には白色雑音が内在するので、ハイパスフィルタ 6 0 の出力 6 4 から入力 6 2 にこの種の白色雑音が含まれるときを予測することは不可能である。このため、上下浮動及び上下浮動速度を決定する上で、フィルタに入力するデータは可及的に高精度であることが望ましい。本実施形態において、最も高精度なデータはポイント A に関するデータである。したがって、I N S 1 0 のフィルタモジュール内に実装される上下浮動アルゴリズムの代替形態は、上下浮動及び上下浮動速度を算出して上述したのと同様な結果をもたらす。この代替形態は図 4 に示されていて、これから発生する雑音は低減される。

40

【 0 0 3 1 】

具体的には図 4 において、ハイパスフィルタ 7 0 の入力 7 2 にはローカルレベル垂直速度信号が入力される。この垂直速度信号はポイント A にある I N S 1 0 から供給されるも

50

ので、図中に入力変数として示される通りである。具体的実施形態において、ローカルレベル垂直速度は200Hzで与えられる信号である。この種の実施形態において、上下浮動速度信号は次式で計算される。

【0032】

【数8】

$$V_c^L(3) = \hat{V}_A^L(3) + [C_B^L(\omega^B \times R_{AC})](3)_{i_k} \quad \text{Eq (5)}$$

【0033】

式(5)の第2項の下付添え字 t_k はこの項が反復の度に更新されることを示している。次に、式(4)を適用することにより、式(5)の積分として上下浮動が次のようにして算出される。

【0034】

【数9】

$$\sum V_c^L(3)\Delta t = \sum \hat{V}_A^L(3)\Delta t + [C_B^L R_{BA}(3)_{i_k}] + [C_B^L R_{AC}(3)_{i_k}] \quad \text{Eq (6)}$$

【0035】

第2項及び第3項の下付添え字 t_k はこれらの項が反復の度に更新されることを示している。式(5)及び(6)はフィルタ60(図3に示されるもの)が出力するのと同様な上下浮動及び上下浮動速度を定めるものであるが、フィルタ処理における雑音及び予測不能な動作の可能性が少なくなる。

【0036】

図5はINS10内に実装されるフィルタの具体的な実施形態である。フィルタ100は垂直速度に基づいて上下浮動速度を決定し、フィルタ102は上下浮動速度に基づいてフィルタ処理された上下浮動距離を決定する。具体的には、フィルタ100において、垂直速度は入力104に入力され、出力106から上下浮動速度が出力される。具体的にフィルタ100内部の素子を見ていくと、最初のフィルタ素子108は伝達関数が $(1+Z^{-1})(1+Z^{-2})/4$ であって、ここに入力の垂直速度が入力される。最初のフィルタ素子108の出力は減算素子110の正入力と第2の遅延素子112の入力に入力される。第2の遅延素子112の伝達関数は $(1+Z^{-4})(1+Z^{-8})/(15,500-30,750Z^{-16}+15,254Z^{-32})$ である。素子112の出力は第3の遅延素子114に入力される。第3の遅延素子114の伝達関数は $(1+Z^{-16})/(125-123Z^{-16})$ である。第3の遅延素子114の出力は減算素子110の負入力に入力される。減算素子110の出力は、伝達関数が $4/(33-48Z^{-1}+19Z^{-2})$ である第4の遅延素子116に入力される。第4の遅延素子116の出力は出力106であり、したがって船舶40の上下浮動速度である。

【0037】

第4の遅延素子116の出力、すなわち上下浮動速度はフィルタ102の最初の遅延素子118に入力される。最初の遅延素子118の伝達関数は $(1/200)/(1-Z^{-1})$ である。最初の遅延素子118の出力は上下浮動120である。上下浮動120は減算素子122の正入力と第2の遅延素子124の入力に入力される。第2の遅延素子124の伝達関数は $(1+Z^{-4})(1+Z^{-8})/(15,500-30,750Z^{-16}+15,254Z^{-32})$ である。第2の遅延素子124の出力は第3の遅延素子126に入力される。第3の遅延素子126の伝達関数は $(1+Z^{-16})/(125-123Z^{-16})$ である。第3の遅延素子126の出力は減算素子122の負入力に入力される。減算素子122の出力はフィルタ処理された、船舶40の上下浮動距離である。

【0038】

一実施形態において、INS10内のフィルタ100及び102から、精度が少なくとも上下浮動について0.1メートル、上下浮動速度について0.1メートル/秒の高精度信号が得られる。さらに、フィルタ100及び102は0.1~2ヘルツの通過域を有し、群遅延は25ミリ秒以下である。前記実施形態において、上下浮動の範囲はプラスマイナス4メートルである。

【0039】

10

20

30

40

50

フィルタ100と102には特別な技法が施されている。フィルタの上縁は2ヘルツからそれ以上であり、0.015dB以内で利得が1になり、50、あるいは200サンプル/秒の出力に対してアンチエイリアシングの零点を持つように構成される。従来の双線形変換2次複素極フィルタで典型的に用いられる100ヘルツにおける2個の零点に代え、一方の零点が50ヘルツに移される。したがって、フィルタ100及び102は、50サンプル/秒でフィルタ出力が利用される場合に、50及び100ヘルツ近傍のコンテンツによるエイリアシング誤差を発生しない。

【0040】

フィルタ100及び102の低周波端はハイパスフィルタとして構成され、0.1ヘルツにおいて約0.20dB以内で1の利得を有する。フィルタ遮断周波数の対サンプリング周波数比には、フィルタ極の個数に等しいベキが乗じられ、フィルタ係数間の差異が小さくなって、これによりフィルタ極の位置が定められる。フィルタ100及び102の出力データは高サンプリングレートでも利用可能であるが、極は低速で反復される計算で実現される。フィルタ100及び102の低周波端の目的は信号の平均値を抽出することである。

10

【0041】

したがって、周波数の減少が発生する前に、ゼロに近い周波数へエイリアシングされる信号コンテンツを減衰する状態で処理速度が低減される。このような処理の解析結果によれば、ゼロに近い周波数へのエイリアシングがサンプリングレートの低下に伴って発生するより前に、ゼロ近くのコンテンツが除去された。大きな係数間の小さな差異の影響をさらに低減するには、全体の伝達関数を、高次のセクションで実現するのではなく、1次及び2次のセクションのカスケードで実現する。

20

【0042】

以上、各種実施形態について本発明を説明してきたが、当業者には明らかなように、特許請求項の趣旨及び範囲内で本発明を変更して実施可能である。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】慣性航法システムのブロック図である。

【図2】上下浮動及び上下浮動速度を決定する際に使用される要素を説明する図である。

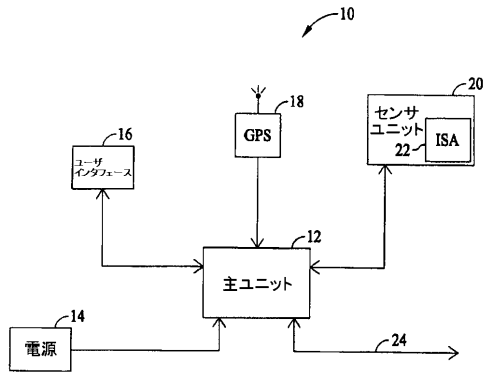
【図3】フィルタのブロック図である。

30

【図4】図3のフィルタとは異なる入力を使用するフィルタのブロック図である。

【図5】各フィルタの伝達関数を図示した、2つのフィルタの詳細なブロック図である。

【図 1】



【図 2】

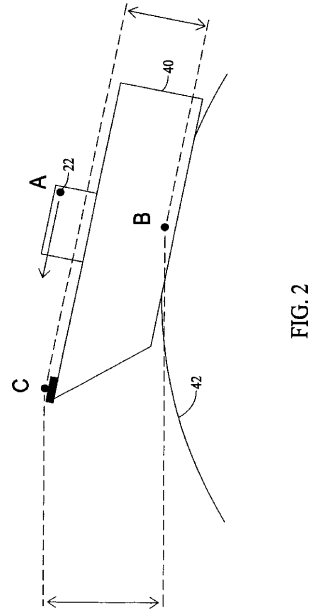
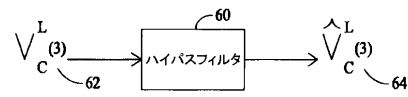
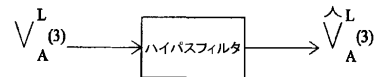


FIG. 2

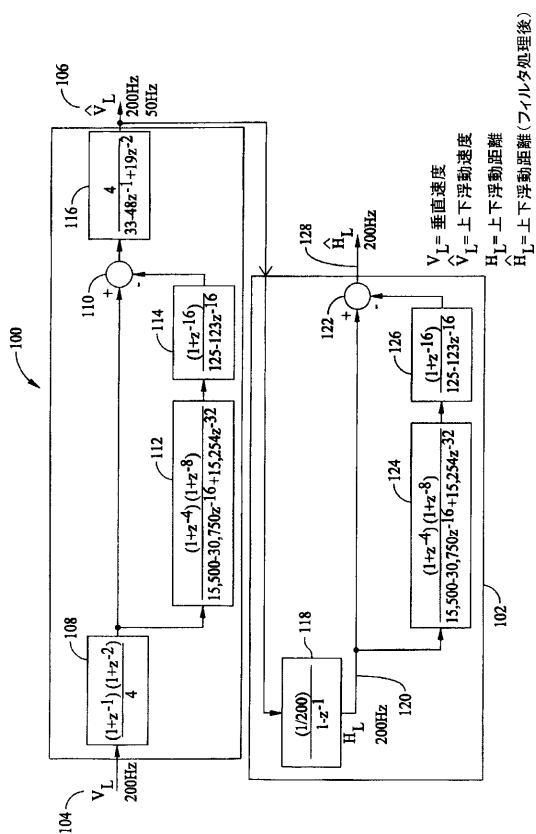
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100107696

弁理士 西山 文俊

(72)発明者 ソワダ, デルロイ・ジェイ

アメリカ合衆国フロリダ州 3 3 7 7 6, セミノール, エイティフォース・テラス・ノース 1 4 2
1 2

(72)発明者 ヴォージン, マイケル・オー

アメリカ合衆国フロリダ州 3 4 6 9 5, セーフティ・ハーバー, ハーバー・ウッズ・サークル 5

(72)発明者 モーガン, ケネス・エス

アメリカ合衆国フロリダ州 3 3 7 0 2, セント・ピーターズバーグ, エイティーンズ・ストリート
・ノースイースト 6 3 6 0

(72)発明者 マーシュ, ヴァーノン・エフ

アメリカ合衆国フロリダ州 3 3 7 7 7, セミノール, ナインティサード・ストリート・ノース 7
8 4 8

審査官 澤崎 雅彦

(56)参考文献 米国特許第 0 6 3 8 2 0 2 2 (US, B1)

特開平 1 1 - 1 1 8 5 0 7 (JP, A)

特開平 1 0 - 1 3 2 5 6 5 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B63B 39/00