

(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2005-297947  
(P2005-297947A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005. 10. 27)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

B63C 11/02

F I

B63C 11/02

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2004-317610 (P2004-317610)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成16年11月1日(2004. 11. 1)	(74) 代理人	100091823 弁理士 榑 洩 昌之
(31) 優先権主張番号	特願2004-81205 (P2004-81205)	(74) 代理人	100101775 弁理士 榑 洩 一江
(32) 優先日	平成16年3月19日(2004. 3. 19)	(72) 発明者	黒田 真朗 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

(54) 【発明の名称】 ダイバーズ用情報処理装置、ダイバーズ用情報処理装置の制御方法、制御プログラムおよび記録媒体

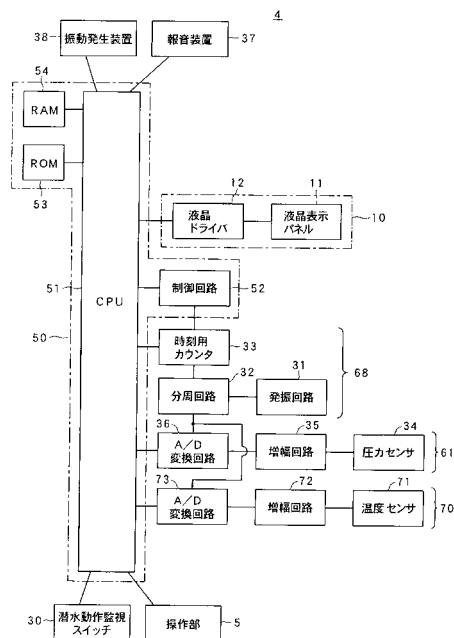
(57) 【要約】

【課題】 演算負荷を低減し、ひいては、消費電力の低減を図る。

【解決手段】

潜水時に無減圧潜水可能時間を算出するダイブコンピュータ4のCPU51は、減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別し、減圧潜水に移行するまでに移行基準時間以上の余裕がある場合の無減圧潜水可能時間の算出間隔である第1の所定時間を、減圧潜水に移行するまでの余裕が所定時間未満である場合の第2の所定時間よりも長く設定する。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

潜水時に無減圧潜水可能時間を算出するダイバーズ用情報処理装置であって、

減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別する移行時期判別部を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載のダイバーズ用情報処理装置において、

前記移行時期判別部は、所定の水深域で当該水深域を代表させる呼吸気不活性ガス分圧を維持し、前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予めテーブルとして記憶するテーブル記憶部を備え、

前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別する、

ことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

## 【請求項 3】

請求項 2 記載のダイバーズ用情報処理装置において、

前記移行時期判別部は、現在の呼吸気不活性ガス分圧を算出する呼吸気不活性ガス分圧算出部と、

前記現在の呼吸気不活性ガス分圧に基づいて現在のダイバーの水深域を特定する水深域特定部と、

特定された前記ダイバーの水深域に対応する前記最小の体内窒素分圧を前記テーブル記憶部から読み出し、当該ダイバーの実際の体内窒素分圧と比較することにより前記判別を行う判別部と、

を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

## 【請求項 4】

請求項 2 または請求項 3 に記載のダイバーズ用情報処理装置において、

算出した現在の呼吸気不活性ガス分圧の属する前記水深域が前回算出した呼吸気不活性ガス分圧の属する水深域と異なるか否かを判別する水深域変更判別部を備え、

前記算出間隔設定部は、前記現在の呼吸気不活性ガス分圧の属する前記水深域が前回算出した呼吸気不活性ガス分圧の属する水深域と異なる場合に、前記無減圧潜水可能時間の算出間隔の変更を行うべきか否かを判別する算出間隔変更判別部を備えた、

ことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

## 【請求項 5】

請求項 3 記載のダイバーズ用情報処理装置において、

前記呼吸気不活性ガス分圧算出部は、現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧に基づいて前記現在の呼吸気不活性ガス分圧を算出することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

## 【請求項 6】

請求項 1 記載のダイバーズ用情報処理装置において、

前記移行時期判別部は、現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧で算出した現在の呼吸気不活性ガス分圧を維持し、前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予めテーブルとして記憶するテーブル記憶部を備え、

前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別する、

ことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

## 【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載のダイバーズ用情報処理装置において、

前記移行時期判別部は、ダイバーの身体を複数に分類した各コンパートメント毎に前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別し、いずれ

10

20

30

40

50

かのコンパートメントについて減圧潜水に移行するまでの余裕が所定時間未満である場合に、減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕がないと判別することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 8】

請求項 2 ないし請求項 7 のいずれかに記載のダイバーズ用情報処理装置において、

前記テーブル記憶部は、ダイバーの身体を複数に分類した各コンパートメント毎に、所定の水深域で当該水深域を代表させる呼吸気不活性ガス分圧あるいは現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧で算出した呼吸気不活性ガス分圧を維持し、前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予め前記テーブルとして記憶しており、

10

前記移行時期判別部は、各前記コンパートメント毎に対応する前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 9】

請求項 1 ないし請求項 8 のいずれかに記載のダイバーズ用情報処理装置において、

前記減圧潜水に移行するまでに移行基準時間以上の余裕がある場合の前記無減圧潜水可能時間の算出間隔である第 1 の所定時間を、減圧潜水に移行するまでの余裕が移行基準時間未満である場合の第 2 の所定時間よりも長く設定する算出間隔設定部を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

【請求項 10】

20

潜水時に無減圧潜水可能時間を算出するダイバーズ用情報処理装置の制御方法であって、

所定の水深域で当該水深域を代表させる呼吸気不活性ガス分圧あるいは現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧に相当する呼吸気不活性ガス分圧を設定する呼吸気不活性ガス分圧設定過程と、

設定された前記不活性ガス分圧に基づいて減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別する移行時期判別過程と、

を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

【請求項 11】

潜水時に無減圧潜水可能時間を算出するダイバーズ用情報処理装置をコンピュータにより制御するための制御プログラムであって、

30

減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別させることを特徴とする制御プログラム。

【請求項 12】

請求項 11 記載の制御プログラムにおいて、

所定の水深域で当該水深域を代表させる呼吸気不活性ガス分圧を維持し、前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予めテーブルとして記憶させ、

前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別させる、

ことを特徴とする制御プログラム。

40

【請求項 13】

請求項 12 記載の制御プログラムにおいて、

現在の呼吸気不活性ガス分圧を算出させ、

前記現在の呼吸気不活性ガス分圧に基づいて現在のダイバーの水深域を特定させ、

特定された前記ダイバーの水深域に対応する前記最小の体内窒素分圧を前記テーブルから読み出させ、

当該ダイバーの実際の体内窒素分圧と比較することにより前記判別を行わせる、

ことを特徴とする制御プログラム。

【請求項 14】

請求項 11 または請求項 12 に記載の制御プログラムにおいて、

50

算出した現在の呼吸気不活性ガス分圧の属する前記水深域が前回算出した呼吸気不活性ガス分圧の属する水深域と異なるか否かを判別させ、

前記現在の呼吸気不活性ガス分圧の属する前記水深域が前回算出した呼吸気不活性ガス分圧の属する水深域と異なる場合に、前記無減圧潜水可能時間の算出間隔の変更を行うべきか否かを判別させる、

ことを特徴とする制御プログラム。

【請求項 15】

請求項 11 記載の制御プログラムにおいて、

前記ダイバーズ用情報処理装置は、現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧で算出した現在の呼吸気不活性ガス分圧を維持し、前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予めテーブルとして記憶しており、

10

前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別させる、

ことを特徴とする制御プログラム。

【請求項 16】

請求項 11 ないし請求項 15 のいずれかに記載の制御プログラムにおいて、

ダイバーの身体を複数のコンパートメントに分類させ、

各前記コンパートメント毎に前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別させ、

20

いずれかのコンパートメントについて減圧潜水に移行するまでの余裕が移行基準時間未満である場合に、減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕がないと判別させる、

ことを特徴とする制御プログラム。

【請求項 17】

請求項 11 ないし請求項 16 のいずれかに記載の制御プログラムにおいて、

前記ダイバーズ用情報処理装置は、ダイバーの身体を複数に分類した各コンパートメント毎に、所定の水深域で当該水深域を代表する呼吸気不活性ガス分圧あるいは現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧で算出した呼吸気不活性ガス分圧を維持し、前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予め前記テーブルとして記憶しており、

30

各前記コンパートメント毎に対応する前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別させることを特徴とする制御プログラム。

【請求項 18】

請求項 11 ないし請求項 17 のいずれかに記載の制御プログラムにおいて、

前記減圧潜水に移行するまでに移行基準時間以上の余裕がある場合の前記無減圧潜水可能時間の算出間隔である第 1 の所定時間を、減圧潜水に移行するまでの余裕が移行基準時間未満である場合の第 2 の所定時間よりも長く設定させる、

ことを特徴とする制御プログラム。

40

【請求項 19】

請求項 11 ないし請求項 18 のいずれかに記載の制御プログラムを記録したことを特徴とするコンピュータ読取可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ダイバーズ用情報処理装置、ダイバーズ用情報処理装置の制御方法、制御プログラムおよび記録媒体に係り、特に消費電力低減技術に関する。

【背景技術】

50

## 【0002】

ダイブコンピュータと称せられるダイバーズ用情報処理装置は、ダイバーが安全に潜水を行うことができるように各種の安全機能を備えている。例えば、ダイブコンピュータは、ダイバーの体内に蓄積される不活性ガス（特に窒素ガス）量を各種潜水理論に基づいて算出し、算出された不活性ガス量に基づいてダイバーが安全に潜水することが可能な無減圧潜水可能時間を計算する機能を備えている。ダイバーは、ダイブコンピュータが提示する無減圧潜水可能時間を超えない範囲で、ダイビングを行うことが望ましい。

このダイブコンピュータについては、非特許文献1に詳細に述べられている。また、ダイブコンピュータに関わる理論についての文献としては、非特許文献2が詳しい。

## 【0003】

上記の文献には、次の事が述べられている。

1. 体内は不活性ガスの吸収/排泄の速度の異なる複数の体内組織から構成されている。

2. ある体内組織での不活性ガスの吸収と排出は指数関数的である。

3. 不活性ガスの吸収と排出の速度を表すのに、体内組織が半分飽和するのに必要な時間である半飽和時間が用いられる。

4. 各体内組織は組織毎に半飽和時間と、安全に水面に浮上できる不活性ガスの最大分圧が決まっており、それを許容過飽和不活性ガス分圧（M値、M0）という。

5. 許容過飽和不活性ガス分圧を越えた不活性ガスが体内組織に溶け込んだ状態で浮上すると、減圧症という潜水病にかかるリスクがある。

6. 一般のダイビングでは不活性ガスの中でも特に窒素が影響する。

## 【0004】

これらは、生理学的に解明されたものではなく、実験的あるいは経験的なものであり、潜水中のダイバーの体をモニタするのではなく、数学的モデルとしてシミュレートされる。よって正確にシミュレートすることは、減圧症を防ぐ意味において、より潜水の安全性を高めることになり、重要な課題である。

無減圧潜水可能時間（NDL）とは、各コンパートメント（体内組織）が許容過飽和不活性ガス分圧に達するまでの最小時間をいうが、ある水深における無減圧潜水可能時間の計算は、計測された水深（又は水圧）を基に、Exp関数やLn関数を用いて行う必要がある。

## 【0005】

1回当たり約1時間のダイビング中に、ダイバーズ用情報処理装置は每秒水深を計測し、その計測した水深から無減圧潜水可能時間を計算するため、演算量が膨大で消費電力が大きい。このため、ダイバーズ用情報処理装置の電源に携帯機器で用いる一般的なボタン型電池を採用した場合には、潜水中に電池切れになってしまうおそれがある。

また、携帯型のダイバーズ用情報処理装置においては、処理速度の遅い4ビット又は8ビットのCPUを用いて電池の長寿命化を図っているが、この種のCPUは関数計算を行う機能を保持していない。そのため、無減圧潜水可能時間の計算式のExp関数を定数化して計算を簡略化し、近似値を算出するようにしていた。

【特許文献1】特開2003-262685号公報

【非特許文献1】KEN LOYST et al. 著 'DIVE COMPUTERS A CONSUMER'S GUIDE TO HISTORY, THEORY & PERFORMANCE', Watersport Publishing Inc. (1991)

【非特許文献2】A.A. Buhlmann 著 'Decompression-Decompression Sickness', Springer, Berlin (1984)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

このように演算負荷の高い、ひいては、消費電流が大きな無減圧潜水可能時間の計算において、従来、ダイブコンピュータは、潜水中、無減圧潜水可能時間の長短に関わらず、常に無減圧潜水可能時間の演算を每秒行っていた。

10

20

30

40

50

また、毎秒行われる無減圧潜水可能時間の演算量をできるかぎり減らし、演算時間を短縮するための技術も公開されている（例えば、特許文献1参照）。

しかし、本来無減圧潜水可能時間は、無限圧で潜水可能な残り時間を表しているものであり、その時間が長い比較的浅い水深においては、すぐに無限圧潜水に切り替わるわけではないので、毎秒計算を行う必要性は低いといえる。

そこで、本発明の目的は、演算負荷を低減し、ひいては、消費電力の低減を図ることが可能なダイバーズ用情報処理装置、ダイバーズ用情報処理装置の制御方法、制御プログラムおよび記録媒体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため、潜水時に無減圧潜水可能時間を算出するダイバーズ用情報処理装置は、減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別する移行時期判別部を備えたことを特徴としている。

上記構成によれば、移行時期判別部は、減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別する。

【0008】

この場合において、前記移行時期判別部は、所定の水深域で当該水深域を代表させる呼吸気不活性ガス分圧を維持し、前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予めテーブルとして記憶するテーブル記憶部を備え、前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するま

10

20

までに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別するようにしてもよい。

また、前記移行時期判別部は、現在の呼吸気不活性ガス分圧を算出する呼吸気不活性ガス分圧算出部と、前記現在の呼吸気不活性ガス分圧に基づいて現在のダイバーの水深域を特定する水深域特定部と、特定された前記ダイバーの水深域に対応する前記最小の体内窒素分圧を前記テーブル記憶部から読み出し、当該ダイバーの実際の体内窒素分圧と比較することにより前記判別を行う判別部と、を備えるようにしてもよい。

【0009】

さらに、算出した現在の呼吸気不活性ガス分圧の属する前記水深域が前回算出した呼吸気不活性ガス分圧の属する水深域と異なるか否かを判別する水深域変更判別部を備え、前記算出間隔設定部は、前記現在の呼吸気不活性ガス分圧の属する前記水深域が前回算出した呼吸気不活性ガス分圧の属する水深域と異なる場合に、前記無減圧潜水可能時間の算出間隔の変更を行うべきか否かを判別する算出間隔変更判別部を備えるようにしてもよい。

30

さらにまた、前記呼吸気不活性ガス分圧算出部は、現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧に基づいて前記現在の呼吸気不活性ガス分圧を算出するようにしてもよい。

また、前記移行時期判別部は、現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧で算出した現在の呼吸気不活性ガス分圧を維持し、前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予めテーブルとして記憶するテーブル記憶部を備え、前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別するようにしても

40

よい。

さらに、前記移行時期判別部は、ダイバーの身体を複数に分類した各コンパートメント毎に前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別し、いずれかのコンパートメントについて減圧潜水に移行するまでの余裕が所定時間未満である場合に、減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕がないと判別するようにしてもよい。

【0010】

さらにまた、前記テーブル記憶部は、ダイバーの身体を複数に分類した各コンパートメント毎に、所定の水深域で当該水深域を代表させる呼吸気不活性ガス分圧あるいは現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧で算出した呼吸気不活性ガス分圧を維持し、

50

前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予め前記テーブルとして記憶しており、前記移行時期判別部は、各前記コンパートメント毎に対応する前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別するようにしてもよい。

また、前記減圧潜水に移行するまでに移行基準時間以上の余裕がある場合の前記無減圧潜水可能時間の算出間隔である第1の所定時間を、減圧潜水に移行するまでの余裕が移行基準時間未満である場合の第2の所定時間よりも長く設定する算出間隔設定部を備えるようにしてもよい。

#### 【0011】

また、潜水時に無減圧潜水可能時間を算出するダイバーズ用情報処理装置の制御方法は、所定の水深域で当該水深域を代表させる呼吸気不活性ガス分圧あるいは現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧に相当する呼吸気不活性ガス分圧を設定する呼吸気不活性ガス分圧設定過程と、設定された前記不活性ガス分圧に基づいて減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別する移行時期判別過程と、を備えたことを特徴としている。

また、潜水時に無減圧潜水可能時間を算出するダイバーズ用情報処理装置をコンピュータにより制御するための制御プログラムは、減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別させることを特徴としている。

この場合において、所定の水深域で当該水深域を代表させる呼吸気不活性ガス分圧を維持し、前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予めテーブルとして記憶させ、前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別させるようにしてもよい。

#### 【0012】

また、現在の呼吸気不活性ガス分圧を算出させ、前記現在の呼吸気不活性ガス分圧に基づいて現在のダイバーの水深域を特定させ、特定された前記ダイバーの水深域に対応する前記最小の体内窒素分圧を前記テーブルから読み出させ、当該ダイバーの実際の体内窒素分圧と比較することにより前記判別を行わせるようにしてもよい。

さらに、算出した現在の呼吸気不活性ガス分圧の属する前記水深域が前回算出した呼吸気不活性ガス分圧の属する水深域と異なるか否かを判別させ、前記現在の呼吸気不活性ガス分圧の属する前記水深域が前回算出した呼吸気不活性ガス分圧の属する水深域と異なる場合に、前記無減圧潜水可能時間の算出間隔の変更を行うべきか否かを判別させるようにしてもよい。

さらにまた、前記ダイバーズ用情報処理装置は、現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧で算出した現在の呼吸気不活性ガス分圧を維持し、前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予めテーブルとして記憶しており、前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別させるようにしてもよい。

#### 【0013】

また、ダイバーの身体を複数のコンパートメントに分類させ、各前記コンパートメント毎に前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別させ、いずれかのコンパートメントについて減圧潜水に移行するまでの余裕が移行基準時間未満である場合に、減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕がないと判別させるようにしてもよい。

さらに、前記ダイバーズ用情報処理装置は、ダイバーの身体を複数に分類した各コンパートメント毎に、所定の水深域で当該水深域を代表する呼吸気不活性ガス分圧あるいは現在の酸素濃度および現在の水深に対応する絶対圧で算出した呼吸気不活性ガス分圧を維持し、前記移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最

10

20

30

40

50

小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予め前記テーブルとして記憶しており、各前記コンピュータ毎に対応する前記最小の体内窒素分圧に基づいて前記減圧潜水に移行するまでに所定の移行基準時間以上の余裕があるか否かを判別させるようにしてもよい。

さらにまた、前記減圧潜水に移行するまでに移行基準時間以上の余裕がある場合の前記無減圧潜水可能時間の算出間隔である第1の所定時間を、減圧潜水に移行するまでの余裕が移行基準時間未満である場合の第2の所定時間よりも長く設定させるようにしてもよい。

また、上記各制御プログラムをコンピュータ読取可能な記録媒体に記録することも可能である。

#### 【発明の効果】

10

#### 【0014】

本発明によれば、ダイビング中のダイバーズ用情報処理装置の演算負荷を低減でき、ひいては、ダイバーズ用情報処理装置の消費電力の低減を図ることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0015】

次に本発明の好適な実施の形態について図面を参照して説明する。

#### [1] 使用態様

図1は、実施形態のダイブコンピュータの使用態様図である。

潜水装備100は、大別すると、複数のポンペ1A、1Bを有するポンベユニット1と、切換バルブ・レギュレータ2と、水深・残圧計3と、ダイブコンピュータ4と、を備えている。

20

#### 【0016】

#### [2] ダイブコンピュータの構成

図2は実施形態のダイブコンピュータの外観正面図である。

また、図3はダイブコンピュータの概要構成ブロック図である。

ダイブコンピュータ4は、潜水中のダイバーの深度や潜水時間を計算して表示するとともに、潜水中に体内に蓄積される不活性ガス量（主として窒素ガス量）を計測し、この計測結果から潜水後に水からあがった状態で体内に蓄積された窒素が排出されるまでの時間などの安全確保情報を表示するように構成されている。

ダイブコンピュータ4は、円盤状の装置本体4Aに対して、図面上下方向に腕バンド4B、4Cがそれぞれ連結され、この腕バンド4B、4Cによって腕時計と同様にユーザの腕に装着されて使用されるようになっている。

30

#### 【0017】

装置本体4Aは、上ケースと下ケースとが完全水密状態でビス止めなどの方法で固定され、図示しない各種電子部品が内蔵されている。装置本体4Aの図面正面側には、液晶表示パネル11を有する表示部10が設けられている。

さらに装置本体4Aの図面下側にはダイブコンピュータ4における各種動作モードの選択/切替を行うための操作部5が形成され、操作部5は、プッシュボタン形式の二つのスイッチA、Bを有している。装置本体4Aの図面左側には潜水を開始したか否かを判別するために用いられる導通センサを用いた潜水動作監視スイッチ30が構成されている。この潜水動作監視スイッチ30は、装置本体4Aの図面正面側に設けられた電極30A、30Bを有し、電極30A、30B間が海水などにより導通状態となることにより、電極30A、30B間の抵抗値が小さくなった場合に入水したと判断するものである。しかしながら、この潜水動作監視スイッチ30は、あくまで入水したことを検出してダイブコンピュータ4の動作モードをダイビングモードに移行させるために用いられるだけであり、実際に潜水（ダイビング）を開始した旨を検出するために用いられる訳ではない。すなわち、ダイブコンピュータ4を装着したユーザの腕が海水に浸かっただけの場合もあり、このような状態で潜水を開始したと判断するのは好ましくないからである。

40

#### 【0018】

このため、本ダイブコンピュータにおいては、装置本体4Aに内蔵した圧力センサ34

50

(図3参照)によって水圧(水深)が一定値以上、より具体的には、水圧が水深にして1.5[m]相当以上となった場合にダイビングを開始したものとみなし、かつ、水圧が水深にして1.5[m]未満となった場合にダイビングが終了したものとみなしている。

図3に示すように、ダイブコンピュータ4は、大別すると、各種操作を行うための操作部5、各種情報を表示する表示部10、潜水動作監視スイッチ30、ブザーなどのアラーム音によりユーザに告知を行う報音装置37、振動によりユーザに告知を行う振動発生装置38、ダイブコンピュータ全体の制御を行う制御部50、気圧あるいは水圧を計測するための圧力計測部61および各種計時処理を行う計時部68を備えて構成されている。

#### 【0019】

表示部10は、各種の情報を表示するための液晶表示パネル11および液晶表示パネル11を駆動するための液晶ドライバ12を備えて構成されている。 10

制御部50は、スイッチA、B(=操作部5)および潜水動作監視スイッチ30、報音装置37および振動発生装置38が接続されるとともに、装置全体の制御を行うCPU51と、CPU51の制御下で、各動作モードに対応した表示を液晶表示パネル11に行わせるため液晶ドライバ12を制御し、あるいは、後述の時刻用カウンタ33における各動作モードにおける処理を行う制御回路52と、制御用プログラムおよび制御用データを格納したROM53と、各種データを一時的に格納するRAM54と、を備えて構成されている。

#### 【0020】

圧力計測部61は、ダイブコンピュータ4においては水深(水圧)を計測、表示するとともに、水深および潜水時間からユーザの体内に蓄積される不活性ガス量(主として窒素ガス量)を計算することが必要であるため、気圧および水圧を計測している。圧力計測部61は、半導体圧力センサにより構成される圧力センサ34と、この圧力センサ34の出力信号を増幅するための増幅回路35と、増幅回路35の出力信号のアナログ/デジタル変換を行い、制御部50に出力するA/D変換回路36と、を備えて構成されている。 20

#### 【0021】

計時部68は、ダイブコンピュータ4においては通常時刻の計測や潜水時間の監視をおこなうために、所定の周波数を有するクロック信号を出力する発振回路31と、この発振回路31からのクロック信号の分周を行う分周回路32と、分周回路32の出力信号に基づいて1秒単位での計時処理を行う時刻用カウンタ33と、を備えて構成されている。 30

#### 【0022】

次に表示部の構成について図2を参照して詳細に説明する。

表示部10を構成する液晶表示パネル11の表示面11Aは、7つの表示領域で構成されている。なお、本実施形態では、表示面11Aが円形の例を示したが、円形に限定されるものではなく、楕円形状、トラック形状、多角形状など他の形状であってもかまわない。

表示面11Aのうち、図面上部左側に位置する第1の表示領域111は、各表示領域のうちで最も大きく構成され、ダイビングモード、サーフェスモード(時刻表示モード)、プランニングモード、ログモード等の各種動作モードにおいて、それぞれ、現在水深、現在月日、水深ランク、潜水月日(ログ番号)が表示される。 40

#### 【0023】

第2の表示領域112は、第1の表示領域111の図面右側に位置し、ダイビングモード、サーフェスモード(時刻表示モード)、プランニングモード、ログモードにおいて、それぞれ潜水時間、現在時刻、無減圧潜水可能時間、潜水開始時刻(潜水時間)が表示される。

第3の表示領域113は、第1の表示領域111の図面下側に位置し、ダイビングモード、サーフェスモード(時刻表示モード)、プランニングモード、ログモードにおいて、それぞれ、最大水深、体内窒素排出時間、セーフティレベル、最大水深(平均水深)が表示される。

第4の表示領域114は、第3の表示領域113の図面右側に位置し、ダイビングモー 50

ド、サーフェスモード（時刻表示モード）、プランニングモード、ログモードにおいて、それぞれ無減圧潜水可能時間、水面休止時間、温度、潜水終了時刻（最大水深時水温）が表示される。

#### 【0024】

第5の表示領域115は、第3の表示領域113の図面下側に位置し、電源容量切れを表示する電源容量切れ警告表示部104やユーザの現在の高度の属する高度ランクを表示する高度ランク表示部103が設けられている。

第6の表示領域116は、表示面11Aのうち図面下部左側に位置し、体内窒素量がグラフ表示される。

第7の表示領域117は、第6の表示領域116の図面右側に位置し、ダイビングモードで減圧潜水状態になった場合に、窒素ガス（不活性ガス）が吸収傾向にあるのか、排出傾向にあるかを示す領域（図中、上下方向矢印が図示されている）と、浮上速度が高すぎる場合に浮上速度違反警告のひとつとして減速を指示するための「SLOW」を表示する領域と、潜水中に減圧潜水を行わなければならない旨を警告するための「DECO」を表示する領域と、を備えて構成されている。

#### 【0025】

##### [3] 実施形態の体内窒素分圧の計算方法

次に体内窒素分圧の具体的計算方法について説明する。本実施形態のダイブコンピュータ4において行われる体内窒素分圧の計算方法については、例えばKEN LOYST et al.著の「DIVE COMPUTERS A CONSUMER'S GUIDE TO HISTORY, THEORY & PERFORMANCE」Watersport Publishing Inc.(1991)や、A.A.Buhlmann著の「Decompression -Decompression Sickness」（特に第14頁）、Springer, Berlin(1984)に記載されている。なお、ここで示す体内窒素分圧の計算方法はあくまで一例であり、この他にも各種の方法を用いることができる。

#### 【0026】

図4は、ダイブコンピュータの体内窒素分圧計算機能実現のための機能構成ブロック図である。

次に、図4のブロック図を参照しながら、ダイブコンピュータにおいて、ダイバーの体内窒素分圧（体内に蓄積された窒素量）を計算するための機能構成について説明する。

図4に示すように、ダイブコンピュータは、計時部68、表示部10および圧力計測部61のほか、呼吸気窒素分圧計測部81、呼吸気窒素分圧記憶部82、比較部83、半飽和時間選択部84、体内窒素分圧計算部85および体内窒素分圧記憶部86を備えている。これらは、図3に示した各構成部分およびCPU51、ROM53、RAM54によって実行されるソフトウェアによって実現可能である。ただし、これに限らず、ハードウェアである論理回路のみ、あるいは、論理回路とCPUを含む処理回路とソフトウェアとを組み合わせることで実現することも可能である。

#### 【0027】

呼吸気窒素分圧計測部81は、圧力計測部61の計測結果である現在時刻 $t$ における水圧 $P(t)$ に基づいて後述する呼吸気窒素分圧 $P_{IN2}(t)$ を算出する。

これにより呼吸気窒素分圧記憶部82は、呼吸気窒素分圧計測部81が計測した呼吸気の窒素分圧 $P_{IN2}(t)$ を記憶する。

一方、半飽和時間選択部84は、体内窒素分圧を算出する際に用いる半飽和時間 $T_H$ を体内窒素分圧計算部85に出力する。体内窒素分圧計算部85は、窒素の吸収/排出の速度が異なる組織部位毎に後述する体内窒素分圧 $P_{GT}(t)$ を算出し、体内窒素分圧記憶部86および表示部10に出力する。体内窒素分圧記憶部86は、体内窒素分圧計算部85が算出した体内窒素分圧 $P_{GT}(t)$ を記憶する。

これらの結果、比較部83は、呼吸気窒素分圧 $P_{IN2}(t)$ および体内窒素分圧 $P_{GT}(t)$ を比較し、比較結果に基づいて半飽和時間 $T_H$ を可変する。

一方、表示部10は、体内窒素分圧 $P_{GT}(t)$ をダイバーに知らせるべく表示を行う。

## 【 0 0 2 8 】

次により詳細な動作を説明する。

圧力計測部 6 1 は、時刻  $t$  に対応する水圧  $P(t)$  を出力する。ここで、 $P(t)$  は、大気圧も含めた絶対圧を意味する。

呼吸気窒素分圧計測部 8 1 は、圧力計測部 6 1 から出力された水圧  $P(t)$  に基づいて、ダイバーが呼吸している空気中に対応する呼吸気窒素分圧  $PIN2(t)$  を計算し、出力する。

## 【 0 0 2 9 】

ここで、呼吸気窒素分圧  $PIN2(t)$  は、水圧  $P(t)$  を用いた次式により算出される。

$$PIN2(t) = 0.79 \times P(t) [bar] \dots (1)$$

なお、(1) 式における「0.79」は、空気中に占める窒素の割合を示す数値である。呼吸気窒素分圧記憶部 8 2 は、呼吸気窒素分圧計測部 8 1 によって (1) 式のように計算された呼吸気窒素分圧  $PIN2(t)$  の値を記憶する。

体内窒素分圧計算部 8 5 は、窒素の吸収/排出の速度が異なるコンパートメント(体内組織)毎にそれぞれ体内窒素分圧を計算することとなる。

## 【 0 0 3 0 】

例えば、ある一つのコンパートメントを例にとると、潜水時間  $t = t_0 \sim t_E$  までに吸収/排出する体内窒素分圧  $PGT(t_E)$  は、計算開始時(=  $t_0$  時)の体内窒素分圧  $PGT(t_0)$  として、次式によって計算される。

$$PGT(t_E) = PGT(t_0) + \{ PIN2(t_0) - PGT(t_0) \} \times \{ 1 - \exp(-K(t_E - t_0)/HT) \} \dots (2)$$

ここで、 $K$  は実験的に求められる定数であり、 $HT$  は各コンパートメントに窒素が溶け込んで飽和状態の半分に達するまでの時間(以下、半飽和時間と呼ぶ)であり、各組織によって異なる数値である。この半飽和時間  $HT$  は、後述するように、 $PGT(t_0)$  と  $PIN2(t_0)$  の大小に応じて可変となる。なお、時刻  $t_0$  や時刻  $t_E$  などの時間の計測は、図 3 に示した計時部 6 8 によって管理されている。

## 【 0 0 3 1 】

体内窒素分圧計算部 8 5 は、上記のような体内窒素分圧  $PGT(t)$  の計算を所定のサンプリング周期  $t_E$  で繰り返し実行する。この際、サンプリング周期毎に計算された体内窒素分圧  $PGT(t)$  は、体内窒素分圧記憶部 8 6 に供給されるほか、比較部 8 3 に  $PGT(t_0)$  として供給される。これは、即ち、式における  $PGT(t_0)$  として前回サンプリング時の  $PGT(t_E)$  が用いられることを意味している。

## 【 0 0 3 2 】

さて、上記計算に先立ち、比較部 8 3 は、呼吸気窒素分圧記憶部 8 2 に記憶されている呼吸気窒素分圧  $PIN2(t_0)$  と、体内窒素分圧記憶部 8 6 から供給される  $PGT(t_0)$  とを比較し、その比較結果を半飽和時間選択部 8 4 に出力する。半飽和時間選択部 8 4 は、体内窒素分圧計算部 8 5 が分圧計算に用いるべき半飽和時間  $HT$  を 2 種類(後述する半飽和時間  $HT_1$  及び  $HT_2$ ) 記憶しており、比較部 8 3 による比較結果に応じて半飽和時間  $HT_1$  或いは  $HT_2$  を半飽和時間  $HT$  として選択し、体内窒素分圧計算部 8 5 に出力する。

体内窒素分圧計算部 8 5 は、半飽和時間選択部 8 4 により選択された半飽和時間  $HT_1$  又は  $HT_2$  を用いて、時刻  $t = t_E$  のときの体内窒素分圧  $PGT(t_E)$  を下式により計算する。

## 【 0 0 3 3 】

(A)  $PGT(t_0) > PIN2(t_0)$  の場合

$$PGT(t_E) = PGT(t_0) + \{ PIN2(t_0) - PGT(t_0) \} \times \{ 1 - \exp(-K(t_E - t_0)/HT_1) \} \dots (3)$$

(B)  $PGT(t_0) < PIN2(t_0)$  の場合

10

20

30

40

50

$$P G T ( t E ) = P G T ( t 0 ) + \{ P I N 2 ( t 0 ) - P G T ( t 0 ) \} \\ \times \{ 1 - \exp ( - K ( t E - t 0 ) / H T 2 ) \} \dots ( 3 ' )$$

なお、上記(3)式及び(3')式では、 $H T 2 < H T 1$ となっている。なお、 $P G T ( t 0 ) = P I N 2 ( t 0 )$ の場合には、半飽和時間 $H T$ を次式のように定めるのが好ましい。

$$H T = ( H T 1 + H T 2 ) / 2 \dots ( 4 )$$

#### 【0034】

ここで、 $P G T ( t 0 ) > P I N 2 ( t 0 )$ の場合と、 $P G T ( t 0 ) < P I N 2 ( t 0 )$ の場合とで、半飽和時間 $H T$ が異なる理由について説明する。

まず、 $P G T ( t 0 ) > P I N 2 ( t 0 )$ の場合は、体内から窒素が排出される場合であり、逆に $P G T ( t 0 ) < P I N 2 ( t 0 )$ の場合は、体内へ窒素が吸収される場合である。すなわち、窒素の排出は窒素の吸収に比較して時間がかかるので、窒素が排出される場合の半飽和時間 $H T 1$ が窒素を吸収する場合の半飽和時間 $H T 2$ より長く設定するのである。このように排出時と吸収時とで異なる半飽和時間 $H T$ を用いることにより、体内窒素量のシミュレーションをより厳密に行うことができる。

#### 【0035】

従って、この体内窒素分圧計算部85によって求められた窒素分圧に基づいて、後述するような無減圧潜水可能時間や体内窒素排出時間を求める際にも、より正確な値を算出することが可能となる。体内窒素分圧計算部85は、上記のような体内窒素分圧 $P G T ( t )$ の計算を行うことにより、ダイビングを行っているダイバーについて最新の体内窒素分圧を把握することが可能となる。

#### 【0036】

##### [4] 無減圧潜水可能時間及び体内窒素排出時間の算出方法

ここで、詳細に演算を行う場合の無減圧潜水可能時間及び体内窒素排出時間の算出方法について説明する。

上記のようにして求められた体内窒素分圧 $P G T ( t E )$ と、呼吸気窒素分圧計測部81によって算出される $t = t E$ 時の呼吸気窒素分圧 $P I N 2 ( t E )$ とに基づいて、無減圧潜水可能時間と体内窒素排出時間とが、以下のようにして算出される。

無減圧潜水可能時間は、式において計算される体内窒素分圧 $P G T ( t E )$ が、各コンパートメント(体内組織)の許容過飽和窒素量を示す $P t o l$ となる場合の $( t E - t 0 )$ を求めることによって算出される。このとき、現在時刻が $t 0$ の場合と等価であるので、(3)、(3')式における $P G T ( t 0 )$ として、体内窒素分圧計算部85によって求められた体内窒素分圧 $P G T ( t E )$ が用いられ、 $P I N 2 ( t 0 )$ として、呼吸気窒素分圧計測部81によって算出される呼吸気窒素分圧 $P I N 2 ( t E )$ が用いられる。

#### 【0037】

即ち、

$$t E - t 0 = - H T \times ( \ln ( 1 - f ) ) / K \dots ( 5 )$$

ただし、

$f = ( P t o l - P G T ( t E ) ) / ( P I N 2 ( t E ) - P G T ( t E ) )$ である。この式によって、各組織における無減圧潜水可能時間が全て算出され、その中でもっとも小さい値が、求めるべき無減圧潜水可能時間となる。このようにして算出された無減圧潜水可能時間は、後述するようなダイビングモードにおいて表示されるようになっている。

#### 【0038】

次に、水面浮上後において体内窒素が排出されるまでの体内窒素排出時間の算出方法について説明する。

体内窒素排出時間を算出するには、前述した

$$P G T ( t E ) = P G T ( t 0 ) + \{ P I N 2 ( t 0 ) - P G T ( t 0 ) \} \\ \times \{ 1 - \exp ( - K ( t E - t 0 ) / H T ) \} \dots ( 6 )$$

において、水面浮上時を $t 0$ として、

$$P G T ( t E ) = 0$$

となる  $t_E$  を求めればよい。

【0039】

しかしながら、上記式のような指数関数では、 $t_E$  が無限大にならなければ、 $P_{GT}(t_E) = 0$  とならないため、便宜的に下式を用いて各コンパートメント（体内組織）ごとの体内窒素排出時間  $t_Z$  を算出している。

$$t_Z = -HT \times \ln(1 - f) / K \quad \dots (7)$$

ここで、

$$f = (P_{de} - P_{IN2}) / (0.79 - P_{IN2})$$

である。また、 $HT$  は前述した半飽和時間であり、 $P_{de}$  は各コンパートメント（体内組織）ごとの残留窒素排出とみなす窒素分圧（以下、許容窒素分圧と呼ぶ）であり、これらは全て既知の値である。また、 $P_{IN2}$  は、水面浮上時の各コンパートメント（体内組織）内の窒素分圧であり、体内窒素分圧計算部 85 によって算出される値である。上記式によって各コンパートメント（体内組織）ごとに  $t_Z$  が算出され、その中でもっとも大きい値が体内窒素排出時間となる。このようにして算出された体内窒素排出時間は、後述するようなサーフェスモードにおいて表示されるようになっている。

【0040】

[5] 無減圧潜水可能時間の簡易的な算出方法

無減圧潜水時間を簡易的に演算する場合には、現在時刻が潜水開始時刻（ $= t_0$ ）から  $t$  分後であるとした場合に、現在蓄積されている窒素量  $P_{GT}(t)$  と、現在の呼吸気の窒素分圧  $P_a$ （ $=$  呼吸気不活性ガス分圧）から、移行基準時間  $X$  分経過時にも、いわゆる  $M$  値（ $=$  許容過飽和不活性ガス分圧）を超えないか否かを判別するためのテーブル（図 8 参照）を予め ROM 53 上に作成しておき、減圧潜水に移行するまでには、ある程度の余裕があるか否かを判別する。

次に、テーブルおよびその作成方法について説明する。

潜水開始時刻（ $= t_0$ ）から  $t$  分後の窒素分圧  $P_{GT}(t)$  は、式（8）により表される。

$$P_{GT}(t) = P_{GT}(0) + (P_a - P_{GT}(0)) \cdot \{1 - \exp(-k / T_h \times t)\} \quad \dots (8)$$

【0041】

ここで、 $P_{GT}(t)$  : 潜水開始時刻（ $= t_0$ ）から  $t$  分後の窒素分圧  
 $P_{GT}(0)$  : 現在蓄積されている窒素に対応する体内窒素分圧  
 $P_a$  : 現在の呼吸気窒素分圧  
 $k$  : 実験的に求まる定数  
 $T_h$  : 半飽和時間

である。

【0042】

この場合において、現在の呼吸気窒素分圧  $P_a$  は、式（9）により表される。

$$P_a = (D + D_0) \times F_{O_2} \quad \dots (9)$$

ここで、 $D$  : 水圧  
 $D_0$  : 水面における気圧  
 $F_{O_2}$  : 酸素濃度

である。

上記関係において、ここで、窒素分圧  $P_{GT}(t)$  が移行基準時間  $X$  分後に許容過飽和不活性ガス分圧  $M_0$  になるとした場合の最小の体内窒素分圧  $P_{GTmin}(0)$  について解いた場合、

$$P_{GTmin}(0) = (M_0 - P_a \cdot (1 - \exp(-k / T_h \times X))) / \exp(-k / T_h \times X) \quad \dots (10)$$

となる。

【0043】

50

ここで、現在の水深における無減圧潜水可能時間が移行基準時間となる場合の体内窒素分圧  $P_{G T m i n}(0)$  の意味について説明する。

図5は、現在の水深における無減圧潜水可能時間が移行基準時間となる場合の体内窒素分圧  $P_{G T m i n}(0)$  の説明図である。

図5に示すように、体内窒素分圧  $P_{G T m i n}(0)$  は、体内窒素分圧が体内窒素分圧  $P_{G T m i n}(0)$  に等しいダイバーが、所定の水深域で当該水深域を代表する呼吸気の窒素分圧  $P_a$  (当該水深域で最も深い水深の時の呼吸気の窒素分圧  $P_a$  とするのが好ましい) を維持する潜水を行った場合に、移行基準時間に相当する時間  $X$  が経過した場合に、体内窒素分圧  $P_{G T}$  が呼吸気不活性ガス分圧  $M_0$  (いわゆる、 $M$  値) に至ることとなる体内窒素分圧に相当する。

10

#### 【0044】

図6は、移行基準時間  $X = 10$  (分) とし、酸素濃度  $F O_2 = 21\%$  とし、各水深 (10 ~ 40 m ; 5 m 毎) をランク1 ~ ランク7とし、各ランクを代表する呼吸気窒素分圧  $P_a$  の値毎、かつ、各コンパートメント (コンパートメント番号  $C O M P = 1 \sim 16$ ) 毎に体内窒素分圧  $P_{G T m i n}(0)$  のテーブルを構成した例の説明図である。なお、酸素濃度  $F O_2 = 36\%$  の場合には、ランク1 = 水深14.6875 m、ランク2 = 水深20.85938 m、.....、ランク7 = 51.71875 と読み替えるようになっている。

具体的には、コンパートメント番号  $C O M P = 4$  のコンパートメントの場合、水深25 m (= ランク4) では、10分後に窒素分圧が  $M_0$  となる最小の体内窒素分圧  $P_{G T m i n}(0) = 17.01541$  となる。

20

#### 【0045】

##### [6] 実施形態の動作

次に、上記構成からなるダイブコンピュータ4の動作について説明する。

図7は、ダイブコンピュータの各種動作モードにおける表示画面の遷移を模式的に表す図である。

図7に示すように、ダイブコンピュータ4の動作モードには、時刻モード  $S T 1$ 、サーフェスモード  $S T 2$ 、プランニングモード  $S T 3$ 、設定モード  $S T 4$ 、ダイビングモード  $S T 5$ 、ログモード  $S T 6$  及び窒素量計算プロファイルモード  $S T 7$  がある。

以下、各種動作モードについて説明する。なお、これらの各種動作モードにおける処理は、前述したように制御・演算部9によって実行される。

30

#### 【0046】

##### [6.1] 時刻モード

時刻モード  $S T 1$  は、スイッチ操作を行わず、かつ、体内窒素分圧が平衡状態にあり、陸上で携帯するときの動作モードである。この時刻モードにおいて、液晶表示パネル11には、図7 (符号  $S T 1$  参照) に示すように、現在月日、現在時刻及び高度ランクが表示される。なお、高度ランク = 0 の場合には高度ランク表示はおこなわれない。具体的には、図7においては、現在月日が12月5日であり、現在時刻が10時06分であることを意味しており、特に現在時刻は、コロン (:) が点滅することによって、現在の時刻を表示していることをユーザに知らせている。

この時刻モード  $S T 1$  においてスイッチAを押すと、プランニングモード  $S T 3$  に移行する。また、スイッチBを押すとログモード  $S T 6$  に移行する。さらにプランニングモード  $S T 3$  からスイッチAを押したままスイッチBを所定時間 (例えば、5秒) 押し続けると設定モード  $S T 4$  に移行することとなる。

40

#### 【0047】

##### [6.2] サーフェスモード

サーフェスモード  $S T 2$  は、前回のダイビングから48時間経過するまで陸上で携帯するときのモードであり、ダイブコンピュータ4は、前回のダイビングの終了後、ダイビング中に導通状態にあった潜水動作監視スイッチ30が絶縁状態になると自動的にサーフェスモード  $S T 2$  に移行するようになっている。このサーフェスモード  $S T 2$  においては、時刻モード  $S T 1$  で表示される現在月日、現在時刻および高度ランクの他に、体内窒素排

50

出時間がカウントダウン表示される。ただし、体内窒素排出時間として表示すべき時間が0時間00分に至ると、それ以降は無表示状態となる。また、サーフェスモードST2においては、ダイビング終了後の経過時間が水面休止時間として表示される。この水面休止時間202は、後述するダイビングモードにおいて、水深が1.5メートルよりも浅くなった次点をダイビングの終了として計時が開始され、ダイビング終了から48時間が経過した時点で無表示状態となる。従って、ダイブコンピュータ4において、ダイビング終了後48時間が経過するまでは陸上において、このサーフェスモードST2となり、それ以降は、時刻モードST1に移行することとなる。

#### 【0048】

具体的には、図7に示すサーフェスモードST2においては、水面休止時間が1時間13分、即ち、ダイビング終了後1時間13分経過していることが表示されている。また、これまでに行ったダイビングにより体内に吸収された窒素量が体内窒素グラフのマーク4個分に相当することが表示され、この状態から体内の過剰な窒素が排出されて平衡状態なるまでの時間、即ち体内窒素排出時間が10時間55分であることを表示している。

このサーフェスモードST2においてスイッチAを押すと、図7に示すように、プランニングモードST3に移行する。また、スイッチBを押すとログモードST6に移行する。さらにプランニングモードST3からスイッチAを押したままスイッチBを所定時間（例えば、5秒）押し続けると設定モードST4に移行することとなる。

#### 【0049】

##### [6.3] プランニングモード

プランニングモードST3は、次に行うダイビングの最大水深と潜水時間の目安を、そのダイビング前に入力することが可能な動作モードである。このプランニングモードST3においては、水深ランク、無減圧潜水可能時間、水面休止時間、体内窒素グラフが表示される。水深ランクのランクは、所定時間毎に順次、表示が変わっていくようになっている。各水深ランクは、例えば、9m、12m、15m、18m、21m、24m、27m、30m、33m、36m、39m、42m、45m、48mの各ランクがあり、その表示は5秒毎に切り替わるようにされている。この場合において、時刻モードST1からプランニングモードST3に移行したのであれば、過去の潜水によって体内に過剰な窒素蓄積がない場合、すなわち、初回潜水のプランニングであるため、体内窒素グラフの表示マークは0個であり、具体的には、図7（符号ST3参照）に示すように水深が15mの場合に無減圧潜水可能時間=66分と表示される。これは、水深12m以上15m以下の水深で66分未満までは無減圧潜水が可能であることを表している。

#### 【0050】

これに対して、サーフェスモードST2からプランニングモードST3に移行したのであれば、図7に示すように、過去の潜水によって体内に過剰の窒素蓄積がある反復潜水のプランニングであるため、体内窒素グラフにおいてマークが4個表示され、例えば水深が15mの場合に無減圧潜水可能時間=45分と表示される。これは、水深12m以上15m以下の水深で45分未満までは無減圧潜水が可能であることを表している。

このプランニングモードST3において、水深ランクが9mから48mへと順次表示されていく間に、スイッチAを押すと、図7に示すように、サーフェスモードST2に移行する。また、水深ランクが48mと表示された後には、時刻モードST1またはサーフェスモードST2に自動的に移行する。このように所定の期間スイッチ操作がない場合には、サーフェスモードST2または時刻モードST1に自動的に移行するので、その都度スイッチ操作を行う必要がなく、ダイバーにとって便利である。また、スイッチBを押すとログモードST6に移行する。

#### 【0051】

##### [6.4] 設定モード

設定モードST4は、現在月日や現在時刻の設定の他に、警告アラームのオン/オフ設定、セーフティレベルの設定を行うための動作モードである。この設定モードST4では、現在月日、現在年、現在時刻の他にも、セーフティレベル（図示せず）、アラームのオ

10

20

30

40

50

ン/オフ（図示せず）、高度ランク（図示せず）が表示される。これらの表示項目のうち、セーフティレベルは、通常の減圧計算を行うレベルと、ダイビング後に1ランク高い高度ランクの場所へ移動することを前提として減圧計算を行うレベルの二つのレベルを選択することが可能である。なお、過去の潜水によって体内に過剰の窒素蓄積がある場合には、体内窒素グラフも表示される。

#### 【0052】

アラームのオン/オフは、報知装置13から各種警告のアラームを鳴らすか否かを設定するための機能であり、アラームをオフに設定しておけば、アラームが鳴ることはない。これは、ダイバーズ用情報処理装置のように電池切れを極力さける必要がある装置では、アラームのために電力が消費されて不用意に電池切れに至ることをさけることができ、好都合だからである。なお、アラームをオンにする場合としては、浮上速度違反時や減圧潜水時等がある。

10

#### 【0053】

この設定モードST4では、スイッチAを押す度に設定項目が時、秒、分、年、月、日、セーフティレベル、アラームオン/オフの順に切り替わり、設定対象部分の表示が点滅することとなる。このとき、スイッチBを押すと設定項目の数値または文字が変わり、押し続けると設定項目の数値や文字が素早く変わる。また、アラームのオン/オフが点滅している状態でスイッチAを押すとサーフェスモードST2または時刻モードST1に戻ることにとなる。また、アラームのオン/オフが点滅している状態でスイッチAとBとを同時に押すと窒素量計算プロファイルモードST7に移行する。さらにスイッチA、Bのいずれについても予め定めた期間（例えば、1～2分）操作されなければ、サーフェスモードST2または時刻モードST1に自動的に復帰することとなる。

20

#### 【0054】

##### [6.5] ダイビングモード

ダイビングモードST5とは、潜水時の動作モードであり、無減圧潜水モードST51、現在時刻表示モードST52、減圧潜水表示モードST53を備えている。

無減圧潜水モードST51では、現在水深、潜水時間、最大水深、無減圧潜水可能時間、体内窒素グラフ、高度ランクなどダイビングに必要な情報が表示される。

上述の例の場合、図4に示す無減圧潜水モードST51においては、ダイビングを開始してから12分が経過し、現在、ダイバーは水深15.0mの深さの場所に位置し、この水深では、あと42分間だけ無減圧潜水を続けることができる旨が表示されている。また、現在までの最大水深は、20.0mである旨が表示され、さらに現在の体内窒素量は体内窒素グラフ203におけるマーク4個が点灯しているレベルである旨が表示されている。

30

#### 【0055】

ここで、無減圧潜水可能時間の算出処理について説明する。

図8は、実施形態のダイブコンピュータの処理フローチャートである。

まず、CPU51は、圧力計測部61の出力に基づいて水深計測を行う（ステップS11）。

次にCPU51は、PGT(t)の更新タイミングであるか否かを判別する（ステップS12）。

40

ステップS12の判別において、体内窒素分圧PGT(t)の更新タイミングである場合には（ステップS12；Yes）、式(8)により、体内窒素分圧PGT(t)の演算を行い（ステップS25）、処理をステップS13に移行する。

ステップS12の判別において、体内窒素分圧PGT(t)の更新タイミングではない場合には（ステップS12；No）、CPU51は、現在の呼吸気の窒素分圧Paを算出する（ステップS13）。

#### 【0056】

CPU51は、現在の呼吸気の窒素分圧Paのランクが変更されたか否か、すなわち、現在の呼吸気の窒素分圧Paのランクと前回算出した窒素分圧Paのランクとが異なって

50

いるか否かを判別する（ステップ S 1 4）。

ステップ S 1 4 の判別において、現在の呼吸気の窒素分圧  $P_a$  のランクと前回算出した窒素分圧  $P_a$  のランクとが同一である場合には（ステップ S 1 4 ; No）、無減圧潜水可能時間（NDL）の更新タイミングであるか否かを判別する（ステップ S 2 4）。

ステップ S 2 4 の判別において、無減圧潜水可能時間の更新タイミングではない場合には（ステップ S 2 4 ; No）、処理を終了する。

ステップ S 2 4 の判別において、無減圧潜水可能時間の更新タイミングである場合には（ステップ S 2 4 ; Yes）、上述した手法により無減圧潜水可能時間を算出し、更新して、表示部 1 0 に表示し、処理を終了することとなる（ステップ S 2 1）。

#### 【 0 0 5 7 】

ステップ S 1 4 の判別において、現在の呼吸気の窒素分圧  $P_a$  のランクと前回算出した窒素分圧  $P_a$  のランクとが異なる場合には（ステップ S 1 4 ; Yes）、CPU 5 1 は、本実施形態では 1 6 種類とした各コンパートメント（体内組織）毎に無減圧潜水可能時間が移行基準時間（本実施形態では 1 0 分）以上残っているか否かを判別する処理（ステップ S 1 5 ~ S 1 9）に移行する。

無減圧潜水可能時間が所定時間以上残っているか否かを判別する処理において、まず CPU 5 1 は、コンパートメント番号 COMP = 1 とし（ステップ S 1 5）、当該コンパートメント番号 COMP = 1 のコンパートメントについて、現在の水深における無減圧潜水可能時間が移行基準時間（本実施形態では 1 0 分）となる場合の体内窒素分圧  $P_{GTmin}(0)$  を図 6 に示したテーブルより取得する（ステップ S 1 6）。

#### 【 0 0 5 8 】

具体的には、図 6 に示すように、コンパートメント番号 COMP = 1 であり、現在の水深が 3 4 m である場合には、現在の呼吸気の窒素分圧  $P_a$  のランク = 6 となり、無減圧潜水可能時間が所定時間となる場合の体内窒素分圧  $P_{GTmin}(0) = 17.73746$  が取得される。

#### 【 0 0 5 9 】

次に CPU 5 1 は、取得した無減圧潜水可能時間が所定時間となる場合の体内窒素分圧  $P_{GTmin}(0)$  と現在の体内窒素分圧  $P_{GT}(t)$  とを比較し、

$$P_{GT}(t) < P_{GTmin}(0)$$

であるか否かを判別する（ステップ S 1 7）。

#### 【 0 0 6 0 】

ステップ S 1 7 の判別において、

$$P_{GT}(t) < P_{GTmin}(0)$$

である場合には（ステップ S 1 7 ; Yes）、当該コンパートメント番号 COMP に対応するコンパートメントは、現在の呼吸気の窒素分圧  $P_a$  では、無減圧潜水可能時間が所定時間（実施形態では 1 0 分）以上残っている（ステップ S 1 8）。したがって、全てのコンパートメントについての処理が終わっていない場合には、再びステップ S 1 5 に処理を移行し、次のコンパートメント番号 COMP に対応するコンパートメントについて同様の処理を行う。また、全てのコンパートメントについての処理が終わった場合には、当該ダイバーについて、現在の呼吸気の窒素分圧  $P_a$  では、無減圧潜水可能時間が所定時間（実施形態では 1 0 分）以上残っていることとなるので、無減圧潜水可能時間の計算処理を削減して低消費電力を実現すべく、無減圧潜水可能時間計算間隔を第 1 の所定時間（実施形態では、6 0 秒）毎とする（ステップ S 2 0）。そして、CPU 5 1 は、上述した手法により無減圧潜水可能時間を算出し、更新して、表示部 1 0 に表示し、処理を終了することとなる（ステップ S 2 1）。

#### 【 0 0 6 1 】

ステップ S 1 7 の判別において、

$$P_{GT}(t) \geq P_{GTmin}(0)$$

である場合には（ステップ S 1 7 ; No）、少なくとも当該コンパートメント番号 COMP に対応するコンパートメントは、現在の呼吸気の窒素分圧  $P_a$  で無減圧潜水可能時間が

10

20

30

40

50

所定時間（実施形態では10分）未満となっている（ステップS22）。

従って、無減圧潜水可能時間を確実に管理する必要があるので、無減圧潜水可能時間計算間隔を第1の所定時間よりも短い第2の所定時間（実施形態では、1秒）毎とする（ステップS23）。そして、CPU51は、上述した手法により無減圧潜水可能時間を算出し、更新して、表示部10に表示し、処理を終了することとなる（ステップS21）。

#### 【0062】

以上の説明のように、無減圧潜水可能時間の算出処理においては、無減圧潜水可能時間が所定時間よりも長い場合には、計算精度よりも低消費電力を優先して処理を行い、かつ、無減圧潜水可能時間が所定時間未満となった場合には、消費電力よりも計算精度を優先して処理を行うので、ダイブコンピュータの信頼性を維持しつつ、長時間の使用が可能となる。

10

#### 【0063】

また、このダイビングモードST5においては、急激な浮上が減圧症の原因となることから、浮上速度監視手段が働く。すなわち、所定時間毎（例えば、6秒毎）に現在の浮上速度を算出するとともに、算出した浮上速度と現在水深に対応する浮上速度上限値とを比較し、算出した浮上速度が浮上速度上限値よりも速い場合には、報知装置13から4[kHz]の周波数でアラーム音（浮上速度違反警告アラーム）を3秒間発するとともに、浮上速度を落とすように液晶表示パネル11において、「SLOW」の表示と、現在水深の表示とを所定周期（例えば、1秒周期）で交互に表示して浮上速度違反警告を行う。さらに振動発生装置38から浮上速度違反である旨を振動でダイバーに警告する。そして浮上速度が正常なレベルにまで低下したときには、浮上速度違反警告を停止することとなる。

20

#### 【0064】

また、ダイビングモードST5では、スイッチBを押すと、スイッチAが押し続けられている間だけ、現在時刻表示モードST52に移行し、現在時刻と、現在水温が表示される。具体的には、図7に示す現在時刻表示モードST52においては、現在時刻が10時18分であり、現在水温が23[ ]であることが表示されている。このように、ダイビングモードST5においてその旨のスイッチ操作があったときには所定の期間だけ現在時刻や現在水温の表示を行うため、小さな表示画面内で通常はダイビングに必要なデータだけを表示するように構成したとしても、現在時刻などを必要に応じて表示できるので便利である。しかも、このようにダイビングモードST5においても、表示の切り替えにスイッチ操作を用いたので、ダイバーが知りたい情報を適正なタイミングで表示することが可能となっている。

30

#### 【0065】

また、ダイビングモードST5の状態、水深が1.5mより浅いところにまで浮上したときには、ダイビングが終了したものとみなされ、潜水により導通状態となって潜水動作監視スイッチ30が絶縁状態になった時点でサーフェスモードST2に自動的に移行する。なお、水深が1.5m以上となったときから再び水深が1.5m未満となった時までを1回の潜水動作として、この期間中の潜水結果（ダイビングの日付、潜水時間、最大水深などの様々なデータ）がRAM54に記憶される。併せて、今回のダイビング中に上述した浮上速度違反警告が連続して2回以上あった場合には、その旨も潜水結果に含めて記録される。

40

#### 【0066】

本実施形態のダイブコンピュータは、無減圧潜水を前提に構成されているものであるが、減圧潜水を行う必要が生じた場合には、その旨のアラームをオンしダイバーに告知し、動作モードを減圧潜水表示モードST53に移行する。

減圧潜水表示モードST53においては、現在水深、潜水時間、体内窒素グラフ、高度ランク、減圧停止深度、減圧停止時間、総浮上時間を表示する。具体的には、図6に示す減圧潜水表示モードST53においては、潜水開始から24分経過し、水深が29.5mのところにいる旨が表示されている。また、体内窒素量が最大許容値を超え危険であるため、安全な浮上速度を守りながら水深3mのところまで浮上し、そこで1分間の減圧停止

50

をするようにとの指示が表示されている。ダイバーは、上記のような表示内容に基づいて減圧停止した後、浮上することとなるが、この減圧を行っている間、体内窒素量が減少傾向にある旨が下向きの矢印により表示される。

#### 【 0 0 6 7 】

以上の説明においては、ログ（潜水履歴）に水温を記憶する方法について説明したが、プロファイルに水温を記憶させるようにしてもよい。プロファイル情報は、基本的には設定した時間間隔または規定の時間間隔毎に水深を残すものである。すなわち、どのような潜水パターンを行ったか潜水後に確認し、その後の潜水情報として参照するために用いられるものであり、水温も同時に記憶させることにより潜水パターンと同時に温度変化のパターンも把握できることとなる。

10

#### 【 0 0 6 8 】

##### [ 6 . 6 ] ログモード

ログモード S T 6 は、ダイビングモード S T 5 に入った状態で水深 1 . 5 m よりも深くに 3 分以上潜水したときの各種データを記憶、表示する機能である。このようなダイビングのデータは、ログデータとして潜水毎に順次記憶され、所定数（例えば、10 回）の潜水のログデータを記憶保持する。ここで、最大記憶数以上の潜水を行った場合には、古いデータから順に削除され常に最新のログデータが記憶されていることとなる。なお、最大記憶数以上の潜水を行った場合でも、予め設定しておくことにより、ログデータの一部を削除せずに保持するように構成することも可能である。

#### 【 0 0 6 9 】

このログモード S T 6 へは、時刻モード S T 1 あるいはサーフェスモード S T 2 において、スイッチ B を押すことにより移行することが可能となっている。ログモード S T 6 においては、ログデータは所定時間（例えば、4 秒）毎に切り替わる二つのモード画面を有している。図 7 に示すように、第 1 のログモード S T 6 1 では、潜水月日、平均水深、潜水開始時刻、潜水終了時刻、高度ランク、潜水を終了した時点における体内窒素グラフが表示される。第 2 のログモード S T 6 2 では、潜水を行った日における何回目の潜水であるかを示すログナンバー、最大水深、潜水時間、最大水深時の水温、高度ランク、潜水を終了したときの体内窒素グラフが表示される。

20

#### 【 0 0 7 0 】

具体的には、図 7（符号 S T 6 参照）に示すように、高度ランク = 0 の状態において、12 月 5 日の 2 回目のダイビングでは、潜水が 10 時 07 分に開始され、10 時 45 分で終了し、38 分間の潜水であった旨が表示されている。このときのダイビングでは、平均水深が 14 . 6 m、最大水深が 26 . 0 m、最大水深時の水温 = 23 [ ] であり、ダイビング終了後、体内窒素グラフのマークが 4 個点灯に相当する窒素ガスが体内に吸収されていた旨を表している。

30

#### 【 0 0 7 1 】

このように本実施形態のログモード S T 6 においては、2 つのモード画面を自動的に切り替えながら各種情報を表示するので、表示画面が小さくても実質的に表示可能な情報量を多くする事ができ、視認性が低下することがない。

さらにログモード S T 6 においては、スイッチ B を押す度に新しいデータから古いデータに順次表示が切り替わり、最も古いログデータが表示された後は、時刻モード S T 1 またはサーフェスモード S T 2 に移行する。全ログデータのうち一部のログデータを表示し終わった状態においても、スイッチ B を 2 秒以上押し続けることにより時刻モード S T 1 またはサーフェスモード S T 2 に移行することができる。さらにスイッチ A、B のいずれもが所定時間（1 ~ 2 分）操作されない場合であっても、動作モードがサーフェスモード S T 2 または時刻モード S T 1 に自動的に復帰する。従ってダイバーがスイッチ操作を行う必要がなく使い勝手が向上している。また、スイッチ A を押すとプランニングモード S T 3 に移行する。

40

#### 【 0 0 7 2 】

##### [ 6 . 7 ] 窒素量計算プロファイルモード

50

設定モード S T 4 からスイッチ A、B の同時長押し（例えば、5 秒間）によりこの窒素量計算プロファイルモード S T 7 に移行可能である。

この窒素量計算プロファイルモード S T 7 は、ダイビング終了後のダイバーが、初期の窒素量を再計算もしくは記録されている初期窒素量を基に、ダイビング時にログデータとして記憶した水深データから潜水中の体内窒素分圧を再計算し、どのようなダイビングを行っていたかを確認するためのモードである。

#### 【 0 0 7 3 】

##### [ 7 ] 実施形態の効果

以上の説明のように、本実施形態によれば、無減圧潜水可能時間の算出処理においては、無減圧潜水可能時間が所定時間よりも長い場合には、計算精度よりも低消費電力を優先して処理を行い、かつ、無減圧潜水可能時間が所定時間未満となった場合には、消費電力よりも計算精度を優先して処理を行うので、ダイブコンピュータの信頼性を維持しつつ、トータル的に消費電力を低減して長時間の使用が可能となる。

#### 【 0 0 7 4 】

##### [ 8 ] 変形例

##### [ 8 . 1 ] 第 1 変形例

以上の説明においては、所定の水深域で当該水深域を代表させる呼吸気不活性ガス分圧を維持し、移行判別時間が経過したと仮定した場合に減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予めテーブルとして記憶する構成を採っていたが、現在の（呼吸気）酸素濃度 F O 2 および現在の水深に対応する絶対圧（＝水圧＋気圧）で算出した現在の呼吸気不活性ガス分圧を維持し、移行判別時間が経過したと仮定した場合に前記減圧潜水に移行することとなる最小の体内窒素分圧を前記水深域毎に予めテーブルとして記憶するように構成することも可能である。

#### 【 0 0 7 5 】

ここで、本第 1 変形例における無減圧潜水可能時間の算出処理について説明する。

図 9 は、第 1 変形例のダイブコンピュータの処理フローチャートである。図 9 において、図 8 と同様の部分については同一の符号を付すものとする。

まず、C P U 5 1 は、図 6 に示した現在の呼吸気の窒素分圧 P a に対応する体内窒素分圧 P G T m i n ( 0 ) のテーブルに基づいて、実際に用いる酸素濃度 F O 2 に対応する水深ランクを有する体内窒素分圧 P G T m i n ( 0 ) のテーブルを作成する（ステップ S 1 1 A ）。

具体的には、実際にダイビングに用いるタンクの酸素濃度 F O 2 = 2 1 % の場合には、水深 = 現在の呼吸気の窒素分圧 P a / 酸素濃度 F O 2 - 絶対圧（気圧）より、ランク 1 の場合の水深は、水深 1 0 m ( = 1 5 . 8 / ( 1 - 0 . 2 1 ) - 1 0 ) となる。同様に、ランク 2 ~ ランク 7 までの水深を算出する。

#### 【 0 0 7 6 】

次に、C P U 5 1 は、圧力計測部 6 1 の出力に基づいて水深計測を行う（ステップ S 1 2 A ）。

続いて C P U 5 1 は、P G T ( t ) の更新タイミングであるか否かを判別する（ステップ S 1 3 A ）。

ステップ S 1 3 A の判別において、体内窒素分圧 P G T ( t ) の更新タイミングである場合には（ステップ S 1 3 A ; Y e s ）、式（ 8 ）により、体内窒素分圧 P G T ( t ) の演算を行い（ステップ S 2 5 ）、処理をステップ S 1 4 A に移行する。

#### 【 0 0 7 7 】

ステップ S 1 3 A の判別において、体内窒素分圧 P G T ( t ) の更新タイミングではない場合には（ステップ S 1 3 A ; N o ）、C P U 5 1 は、水深のランクが変更されたか否か、すなわち、現在の水深のランクと前回の水深のランクとが異なっているか否かを判別する（ステップ S 1 4 A ）。

ステップ S 1 4 A の判別において、現在の水深のランクと前回の水深のランクとが同一である場合には（ステップ S 1 4 A ; N o ）、無減圧潜水可能時間（N D L）の更新タイ

10

20

30

40

50

ミングであるか否かを判別する（ステップ S 2 4）。

ステップ S 2 4 の判別において、無減圧潜水可能時間の更新タイミングではない場合には（ステップ S 2 4 ; N o）、処理を終了する。

ステップ S 2 4 の判別において、無減圧潜水可能時間の更新タイミングである場合には（ステップ S 2 4 ; Y e s）、上述した手法により無減圧潜水可能時間を算出し、更新して、表示部 1 0 に表示し、処理を終了することとなる（ステップ S 2 1）。

【 0 0 7 8 】

ステップ S 1 4 A の判別において、現在の水深のランクと前回の水深のランクとが異なる場合には（ステップ S 1 4 A ; Y e s）、C P U 5 1 は、本実施形態では 1 6 種類とした各コンパートメント（体内組織）毎に無減圧潜水可能時間が移行基準時間（第 1 変形例では 1 0 分）以上残っているか否かを判別する処理（ステップ S 1 5 ~ S 1 9）に移行する。

10

無減圧潜水可能時間が所定時間以上残っているか否かを判別する処理において、まず C P U 5 1 は、コンパートメント番号 C O M P = 1 とし（ステップ S 1 5）、当該コンパートメント番号 C O M P = 1 のコンパートメントについて、現在の水深における無減圧潜水可能時間が移行基準時間（第 1 変形例では 1 0 分）となる場合の体内窒素分圧 P G T m i n ( 0 ) を図 6 に示したテーブルより取得する（ステップ S 1 6）。

【 0 0 7 9 】

具体的には、図 6 に示すように、コンパートメント番号 C O M P = 1 であり、現在の水深が 3 4 m である場合には、現在の呼吸気の窒素分圧 P a のランク = 6 となり、無減圧潜水可能時間が所定時間となる場合の体内窒素分圧 P G T m i n ( 0 ) = 1 7 . 7 3 7 4 6 が取得される。

20

【 0 0 8 0 】

次に C P U 5 1 は、取得した無減圧潜水可能時間が所定時間となる場合の体内窒素分圧 P G T m i n ( 0 ) と現在の体内窒素分圧 P G T ( t ) とを比較し、

$$P G T ( t ) < P G T m i n ( 0 )$$

であるか否かを判別する（ステップ S 1 7）。

【 0 0 8 1 】

ステップ S 1 7 の判別において、

$$P G T ( t ) < P G T m i n ( 0 )$$

である場合には（ステップ S 1 7 ; Y e s）、当該コンパートメント番号 C O M P に対応するコンパートメントは、現在の水深では、無減圧潜水可能時間が所定時間（第 1 変形例では 1 0 分）以上残っている（ステップ S 1 8 A）。したがって、全てのコンパートメントについての処理が終わっていない場合には、再びステップ S 1 5 に処理を移行し、次のコンパートメント番号に対応するコンパートメントについて同様の処理を行う。また、全てのコンパートメントについての処理が終わった場合には、当該ダイバーについて、現在の水深では、無減圧潜水可能時間が所定時間（第 1 変形例では 1 0 分）以上残っていることとなるので、無減圧潜水可能時間の計算処理を削減して低消費電力を実現すべく、無減圧潜水可能時間計算間隔を第 1 の所定時間（第 1 変形例では、6 0 秒）毎とする（ステップ S 2 0）。そして、C P U 5 1 は、上述した手法により無減圧潜水可能時間を算出し、更新して、表示部 1 0 に表示し、処理を終了することとなる（ステップ S 2 1）。

30

40

【 0 0 8 2 】

ステップ S 1 7 の判別において、

$$P G T ( t ) \geq P G T m i n ( 0 )$$

である場合には（ステップ S 1 7 ; N o）、少なくとも当該コンパートメント番号 C O M P に対応するコンパートメントは、現在の水深で無減圧潜水可能時間が所定時間（第 1 変形例では 1 0 分）未満となっている（ステップ S 2 2 A）。

従って、無減圧潜水可能時間を確実に管理する必要があるので、無減圧潜水可能時間計算間隔を第 1 の所定時間よりも短い第 2 の所定時間（実施形態では、1 秒）毎とする（ステップ S 2 3）。そして、C P U 5 1 は、上述した手法により無減圧潜水可能時間を算出

50

し、更新して、表示部 10 に表示し、処理を終了することとなる（ステップ S 2 1）。

このような構成を採ることにより、呼吸しているタンクを変更せずに、すなわち、酸素濃度 F O 2 が一定で水深が変化する場合、あるいは、水深が変化しなくても、酸素濃度 F O 2 の異なるボンベに切り換えて潜水を行うような場合にも容易に対応が可能となる。

また、現在の呼吸気の窒素分圧 P a を算出することなく、現在水深との比較によって、減圧潜水への移行に余裕があるか否かを判別でき、計算量の低減、ひいては、低消費電力化を図ることが可能となる。

#### 【 0 0 8 3 】

##### [ 8 . 2 ] 第 2 変形例

以上の説明においては、ダイブコンピュータを制御するための制御プログラムが予め R O M に記憶されている場合について説明したが、各種磁気ディスク、光ディスク、メモリカードなどの記録媒体に制御用プログラムをあらかじめ記録し、これらの記録媒体から読み込み、インストールするように構成することも可能である。また、通信インターフェースを設け、インターネット、LAN などのネットワークを介して制御用プログラムをダウンロードし、インストールして実行するように構成することも可能である。このように構成することにより、ソフトウェア的により高機能としたり、より信頼性の高いダイブコンピュータを構成することが可能となる。

#### 【 0 0 8 4 】

##### [ 8 . 3 ] 第 3 変形例

以上の説明においては、ダイブコンピュータが腕装着型の場合について説明したが、これに限られるものではなく、ダイビングスーツ埋め込み型や、胴部装着型、あるいは、水中マスク組み込み型などの変形が考えられる。

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 0 8 5 】

【 図 1 】 実施形態のダイブコンピュータの使用態様図である。

【 図 2 】 本実施形態のダイブコンピュータの平面図である。

【 図 3 】 ダイブコンピュータのブロック図である。

【 図 4 】 ダイブコンピュータの体内窒素分圧計算機能実現のための機能構成ブロック図である。

【 図 5 】 現在の水深における無減圧潜水可能時間が移行基準時間となる場合の体内窒素分圧 P G T m i n ( 0 ) の説明図である。

【 図 6 】 体内窒素分圧 P G T m i n ( 0 ) のテーブルの構成例の説明図である。

【 図 7 】 ダイブコンピュータの各種動作モードにおける表示画面の遷移を模式的に表す図である。

【 図 8 】 実施形態のダイブコンピュータの処理フローチャートである。

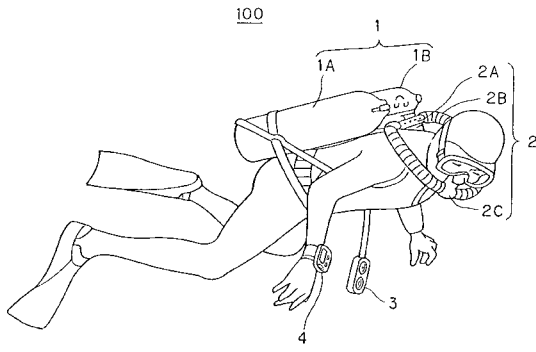
【 図 9 】 第 1 変形例のダイブコンピュータの処理フローチャートである。

#### 【 符号の説明 】

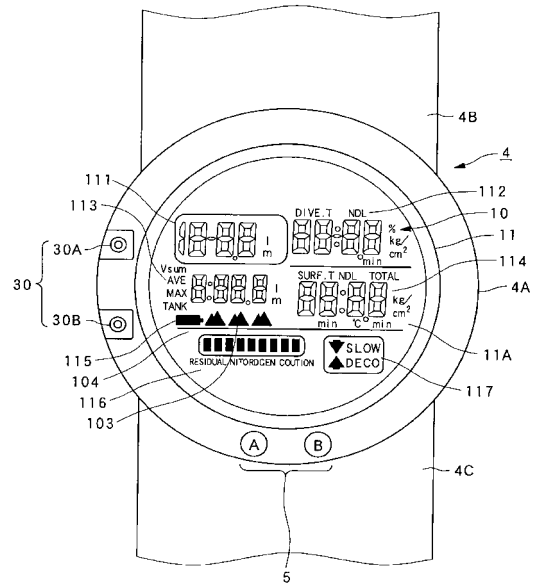
#### 【 0 0 8 6 】

4 ... ダイブコンピュータ（ダイバーズ用情報処理装置）、5 ... 操作部、10 ... 表示部、11 ... 液晶表示パネル、12 ... 液晶ドライバ、30 ... 潜水動作監視スイッチ、37 ... 報音装置、38 ... 振動発生装置、50 ... 制御部、51 ... CPU（移行時期判別部、算出間隔設定部、呼吸気不活性ガス分圧算出部、水深域特定部、水深域変更判別部、算出間隔変更判別部）、52 ... 制御回路、53 ... ROM（テーブル記憶部）、54 ... RAM、61 ... 圧力計測部、68 ... 計時部、70 ... 温度計測部。

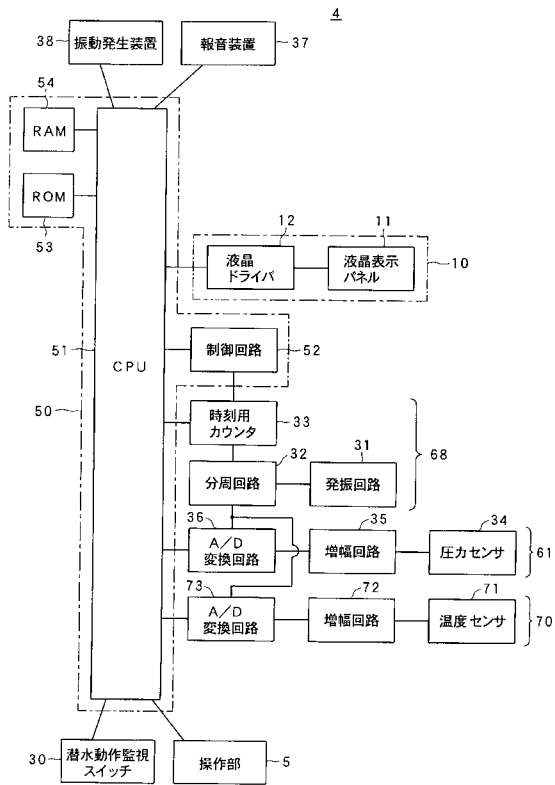
【 図 1 】



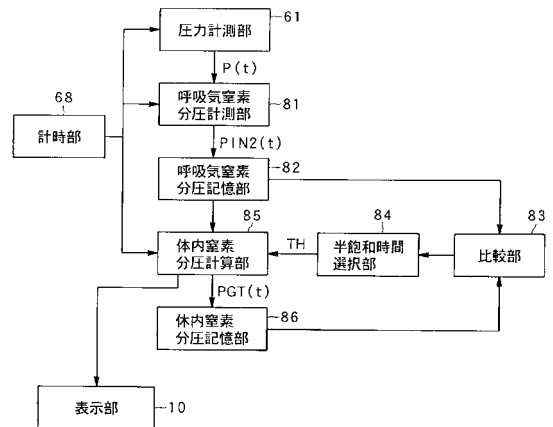
【 図 2 】



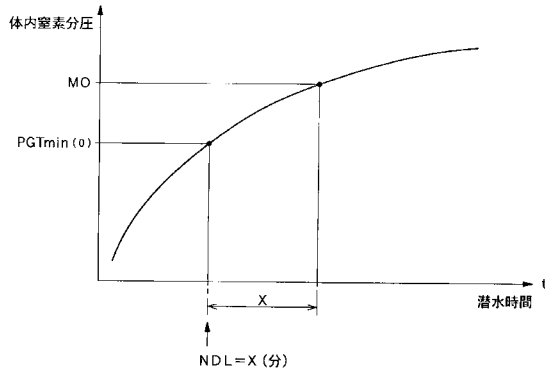
【 図 3 】



【 図 4 】



【図5】



【図6】

F02=1% 水深換算		体内腔素分圧COMP.							
水深換算	水深換算	要素の平均潜居時間 Tn(分)		許容過飽和腔素分圧 MO(msw)		以下 Pa 値 (呼吸腔素分圧 msw)		要素の平均潜居時間 Tn(分)	
10	15	10	15	10	15	10	15	10	15
14.6875	20.83538	15.8	19.75	18.7208	17.39526	16.5321	15.5701	10	15
27.03125	33.20313	23.7	21.54477	18.8103	17.58525	15.6118	15.2551	109	146
39.375	45.54688	31.5	22.19017	18.61823	17.01241	15.40843	15.26234	187	239
51.71875	57.89063	39.3	16.74716	15.62153	15.22853	15.2556	15.04483	14.215	13.846
		47.1	11.30475	12.76515	13.42584	14.09719	14.26748	13.47793	13.67472
		54.9	6.851421	8.236612	11.62076	12.94195	13.47793	13.67472	13.71907
		62.7							
		70.5							
		78.3							
		86.1							
		93.9							
		101.7							
		109.5							
		117.3							
		125.1							
		132.9							
		140.7							
		148.5							
		156.3							
		164.1							
		171.9							
		179.7							
		187.5							
		195.3							
		203.1							
		210.9							
		218.7							
		226.5							
		234.3							
		242.1							
		249.9							
		257.7							
		265.5							
		273.3							
		281.1							
		288.9							
		296.7							
		304.5							
		312.3							
		320.1							
		327.9							
		335.7							
		343.5							
		351.3							
		359.1							
		366.9							
		374.7							
		382.5							
		390.3							
		398.1							
		405.9							
		413.7							
		421.5							
		429.3							
		437.1							
		444.9							
		452.7							
		460.5							
		468.3							
		476.1							
		483.9							
		491.7							
		500							
		508							
		516							
		524							
		532							
		540							
		548							
		556							
		564							
		572							
		580							
		588							
		596							
		604							
		612							
		620							
		628							
		636							
		644							
		652							
		660							
		668							
		676							
		684							
		692							
		700							
		708							
		716							
		724							
		732							
		740							
		748							
		756							
		764							
		772							
		780							
		788							
		796							
		804							
		812							
		820							
		828							
		836							
		844							
		852							
		860							
		868							
		876							
		884							
		892							
		900							
		908							
		916							
		924							
		932							
		940							
		948							
		956							
		964							
		972							
		980							
		988							
		996							
		1004							
		1012							
		1020							
		1028							
		1036							
		1044							
		1052							
		1060							
		1068							
		1076							
		1084							
		1092							
		1100							
		1108							
		1116							
		1124							
		1132							
		1140							
		1148							
		1156							
		1164							
		1172							
		1180							
		1188							
		1196							
		1204							
		1212							
		1220							
		1228							
		1236							
		1244							
		1252							
		1260							
		1268							
		1276							
		1284							
		1292							
		1300							
		1308							
		1316							
		1324							
		1332							
		1340							
		1348							
		1356							
		1364							
		1372							
		1380							
		1388							
		1396							
		1404							
		1412							
		1420							
		1428							
		1436							
		1444							
		1452							
		1460							
		1468				</			

【 図 9 】

