(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年3月14日(14.03.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/049564 A1

(51) 国際特許分類:
A01K 61/13 (2017.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2018/028869

(22) 国際出願日： 2018年8月1日(01.08.2018)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

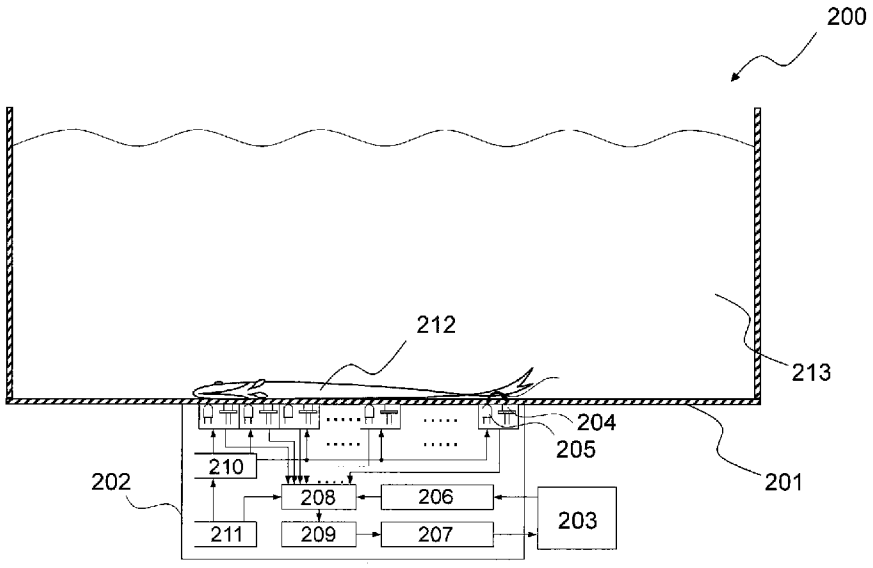
(30) 優先権データ：
特願 2017-171608 2017年9月6日(06.09.2017) JP

(71) 出願人: 独立行政法人国立高等専門学校機構 (**NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY**) [JP/JP]; 〒1930834 東京都八王子市東浅川町701番2 Tokyo (JP). 国立大学法人高知大学 (**NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION KOCHI UNIVERSITY**) [JP/JP]; 〒7808520 高知県高知市曙町二丁目5番1号 Kochi (JP). 株式会社ダイセル (**DAICEL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒5300011 大阪府大阪市北区大深町3番1号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 宮田 剛 (**MIYATA, Tsuyoshi**); 〒7838508 高知県南国市物部乙200番1 独立行政法人国立高等専門学校機構 高知工業高等専門学校内 Kochi (JP). 大島 俊一郎 (**OSHIMA, Syun-ichirou**); 〒7808520 高知県高知市曙町二丁目5番1号 国立大学法人高知大学内 Kochi (JP). 加藤 元海 (**KATO Motomi**); 〒7808520 高知県高知市曙町二丁目5番1号 国立大学法人高知大学内 Kochi (JP). 三木 克哉 (**MIKI,**

(54) **Title:** SYSTEM FOR MONITORING HEART CONDITION OF FISH

(54) 発明の名称： 魚類の心臓の状態をモニタリングするシステム



(57) **Abstract:** The present invention addresses the problem of providing a system for monitoring the heart condition a target fish in a state equivalent to a natural state. This problem is solved by a system for monitoring the heart condition of fish that is provided with a container and a processing device, wherein the container includes a plurality of detectors on the inner wall surface of the container and a space in which fish can swim on the side opposite to the detector side, with respect to the fish in the container, and the processing device includes an acquisition unit that acquires, in a time series, photoelectric pulse waves of a plurality of parts of the fish over a predetermined detection period under signal synchronization through a measurement device having the plurality of detectors, and an extracting unit that extracts a portion that most reflects the photoelectric pulse wave of the heart part of the fish from the photoelectric pulse waves of

WO 2019/049564 A1

[続葉有]

Katsuya); 〒1088230 東京都港区港南２－１８－１ 株式会社ダイセル内 Tokyo (JP). 岩谷 真男**(IWATANI, Masao)**; 〒1088230 東京都港区港南２－１８－１ 株式会社ダイセル内 Tokyo (JP). 藤澤 優**(FUJISAWA, Suguru)**; 〒1088230 東京都港区港南２－１８－１ 株式会社ダイセル内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 丹羽 武司, 外 **(NIWA, Takeshi** et al.); 〒1030004 東京都中央区東日本橋三丁目４番１０号 アクロポリス２１ビル８階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

規則4.17に規定する申立て：
— 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て（規則4.17(v)）

添付公開書類：
— 国際調査報告（条約第21条(3)）

the plurality of parts acquired during the detection period.

(57) 要約：本発明は、自然な養殖状態と同等の状態で対象とする魚類の心臓の状態をモニタリングするシステムの提供を課題とする。該課題を、容器と処理装置とを含み、該容器は、該容器の内壁面に複数の検出器が備えられ、該容器内の魚類からみて該検出器側と逆側に該魚類が遊泳可能な空間を含み、該処理装置は、該複数の検出器を有する測定装置を介して、信号同期の下、魚類の複数部位の光電脈波を所定の検出期間にわたって時系列で取得する取得部、及び該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出する抽出部を備える、魚類の心臓の状態をモニタリングするシステムで解決する。

明　細　書

発明の名称 ： 魚類の心臓の状態をモニタリングするシステム

技術分野

[0001] 本発明は、魚類の心臓の状態をモニタリングするシステムに関する。

背景技術

[0002] 魚類の海面養殖では、養殖魚の残餌や糞便による養殖場の底質汚染や富栄養化などによる環境悪化が年々進んでいる。その結果、魚病発生や赤潮などが近年頻発し、産業的に大きな被害を出し続けている。

一方、陸上養殖では飼育環境を全て制御でき、安全・安心な養殖魚の生産ができるというメリットはあるが、完全閉鎖系の為に養殖魚に対して持続的にストレスが付与されていることが容易に予測され、また一度感染症などの病気が発生すると被害は大きくなる傾向にある。

このような陸上養殖の問題点を解決するためには、魚類のストレス状態、延いては健康状態をリアルタイムに把握し、如何に持続的に健康状態を維持しながら感染症などの病害発生を阻止し、飼料転換効率などを向上させて行くかが強く求められる。

そういったことから、生きたままの状態で魚類の生体モニタリング技術は必須であり、現在までにいくつか研究されている。陸上養殖における魚類の生理機能を監視するための方法として、例えば、水槽から魚を定期的にサンプリングし、該魚の心臓の状態をモニタリングする方法がある。

[0003] 該モニタリングの方法としては、例えば、固定した魚に電極プローブを挿入して心電図を取得する方法がある（非特許文献１、３）。また、固定容器内で麻酔下にある魚の心臓付近の光電脈波を、透過型プローブを用いて計測する方法がある（特許文献１）。さらに、対象とする魚を水中で収容する所定の空間を有する容器を用いて該魚の心臓を撮影し、撮影された画像を解析するなどして、該魚の生理機能を解析する方法がある（特許文献２）。また、魚の心臓の状態をモニタリングして得られた情報に基づいて、該魚のスト

レス状態をカオス解析する方法も知られている（非特許文献２）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００９－１９５３７６号公報

特許文献2：特開２０１３－１１６０９２号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：小島隆人、魚類の心電図導出技術とその応用、日本水産学会誌 79 3 (2013), pp.319-322

非特許文献2：井上裕基、宮田剛、時間分解ヒストグラムパターンによるストレス－リラックス時系列遷移の可視化、第29回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会講演論文集、2016年11月26日発行

非特許文献3：藤田薫、渡部俊広、張秀梅、ヒラメの心拍数に及ぼす光環境と底質の影響、水産工学研究所技報 18 (1996), pp.233-238

非特許文献4：小島隆人、根石裕大、吉崎康仁、添田秀男、最大エントロピー法を利用した魚類心拍変動の周波数分析、水産工学 38 2 (2001), pp.145-150

非特許文献5：山内悟、蔦元淳司、水野俊博、ハンディー型近赤外測定器によるマアジおよびその干物の脂肪測定、日本食品科学工学会誌 53 7 (2006), pp.393-397

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 陸上養殖における魚類の生理機能を監視するためには、自然な養殖状態と同等の状態で対象とする魚の心臓の状態をモニタリングすることが重要である。

非特許文献１の方法では、対象とする魚を固定し、該魚に電極プローブを挿入する点で侵襲的な方法であり、魚を殺傷してしまうことも懸念される。また、特許文献１の方法では、計測プローブ位置の自由度の点で問題がある

。また、ラボラトリーユースに限定される上、麻酔により魚の運動を抑制又は停止することが必須であるため、自然な養殖状態と同等な状態におけるモニタリングとは言い難い。さらに、特許文献２の方法では、所定の大きさを有する容器によって魚のヒレの動作が制限され、また、体の左右動作によって前へ泳いで進む特性と視覚が遮られるため、これも自然な養殖状態と同等な状態におけるモニタリングとは言い難い。

本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、自然な養殖状態と同等の状態で対象とする魚類の心臓の状態をモニタリングするシステムの提供を課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意検討した結果、容器の内壁面に複数の検出器を配置し、各々の検出器から光電脈波を取得すれば、該光電脈波を解析することで、対象とする魚の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出し、該魚の心臓の状態をモニタリングできることを見出した。本発明は下記の通りである。

[0008] 〔１〕容器と処理装置とを含み、該容器は、該容器の内壁面に複数の検出器が備えられ、該容器内の魚類からみて該検出器側と逆側に該魚類が遊泳可能な空間を含み、該処理装置は、該複数の検出器を有する測定装置を介して、信号同期の下、魚類の複数部位の光電脈波を所定の検出期間にわたって時系列で取得する取得部、及び該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出する抽出部を備える、魚類の心臓の状態をモニタリングするシステム。

〔２〕取得された複数部位の光電脈波から速度脈波を演算し、前記心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出することが、取得された複数部位の光電脈波において、ある極小値と時間的に次に到来する次の極小値との間を１サイクルとした場合に、該１サイクルに相当する期間内の速度脈波に極大値が２つ以上存在し、そのうち、時間的に最初に到来する極大値と時間的にその次に到来する極大値との差が０．５Ｖ／ｓ以上であるサイクルを抽出する

ことである、〔１〕に記載のシステム。

〔３〕該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から疑似Ｒ－Ｒインターバルを演算し、前記心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出することが、該疑似Ｒ－Ｒインターバルの標準偏差が０．０８以下となる期間に対応する光電脈波を抽出することである、〔１〕に記載のシステム。

〔４〕前記複数の検出器が等間隔で存在する、〔１〕～〔３〕のいずれかに記載のシステム。

〔５〕前記魚類がヒラメ又はカレイである、〔１〕～〔４〕のいずれかに記載のシステム。

〔６〕前記検出器が光を検出する素子で構成されている、〔１〕～〔５〕のいずれかに記載のシステム。

〔７〕複数の検出器で、信号同期の下、魚類の複数部位の光電脈波を所定の検出期間にわたって時系列で取得する工程、及び該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出する工程を含む、魚類の心臓の状態をモニタリングする方法。

〔８〕魚類が遊泳可能な空間に接する壁面に複数の検出器を備え、該複数の検出器を有する測定装置を介して、信号同期の下、魚類の複数部位の光電脈波を所定の検出期間にわたって時系列で取得する取得部、及び該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出する抽出部を備える、処理装置。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、自然な養殖状態と同等の状態で対象とする魚類の心臓の状態をモニタリングするシステムが提供できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の一実施態様に係る、対象とする魚に対する検出器及び光源の位置を示す図である。

[図2]本発明のシステムの一実施態様を示す図である。

[図3]本発明の一実施態様に係る、複数部位からの光電脈波の検出からストレ

ス状態の判定までを示すフローチャートである。

[図4]本発明の実施例に係るヒラメと２つの検出器の位置関係を示す図である。

[図5]本発明の実施例に係る検出器を示す図である。

[図6]本発明の実施例で取得された光電脈波である。

[図7]本発明の実施例において、心臓部位から取得された（Ａ）光電脈波、及びそれに基づいて算出された（Ｂ）速度脈波、並びに、心臓部位から離れた場所から取得された（Ｃ）光電脈波、及びそれに基づく（Ｄ）速度脈波である。

[図8]本発明の実施例において、（Ａ）心臓部位から取得された光電脈波に基づいて算出されたｐＲ－Ｒインターバルを示すグラフ、及び（Ｂ）心臓部位から離れた場所から取得された光電脈波に基づいて算出されたｐＲ－Ｒインターバルを示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明は、容器と処理装置とを含み、該容器は、該容器の内壁面に複数の検出器が備えられ、該容器内の魚類からみて該検出器側と逆側に該魚類が遊泳可能な空間を含み、該処理装置は、該複数の検出器を有する測定装置を介して、信号同期の下、魚類の複数部位の光電脈波を所定の検出期間にわたって時系列で取得する取得部、及び該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出する抽出部を備える、魚類の心臓の状態をモニタリングするシステムである。

[0012] ＜容器＞

本発明に係るシステムは容器を含む。該容器は、該容器の内壁面（容器の底面を含む。）に複数の検出器が備えられ、該容器内の魚類からみて該検出器側と逆側に該魚類が遊泳可能な空間を含むことにより、魚類を自然な養殖状態と同等の状態で収容でき、魚類の複数部位から所定の期間にわたり、信号を取得し、光電脈波が取得できれば、その容積や素材等に特に制限はない。例えば、陸上養殖に用いる水槽などが挙げられる。

[0013] ＜処理装置＞

（取得部）

取得部では以下を行う。検出器は、信号を取得し、計算処理を介して光電脈波として取得できるものであれば特に制限はないが、光を検出する素子で構成されているものが好ましい。また、本発明に係るシステムを用いて魚類のストレス状態を解析する場合であって、例えば、速度脈波を用いて解析する場合には、速度脈波が生成できるだけの情報、例えばディクロチックノッチが出現している光電脈波が取得される程度の性能を有する検出器であることが好ましい。具体例としては、光源と検出器が同一平面上に配置された反射型光検出器が挙げられ、非特許文献２に記載されるような、近赤外発光ダイオードからの光を魚類に照射し、皮膚反射光および体内からの後方散乱光としてPINフォトダイオードで

検出する検出器が挙げられる。市販のものとしては発光ダイオードにSLR938-CV（中心発光波長945nm、Sanyo）、光検出器に、PINフォトダイオードTPS703（Toshiba）やS1336-18BQ（HAMAMATSU）等がある。発光ダイオードとしては中心発光波長945nmのものを用いるのが好ましい。これは、脂肪による吸収が少なく、かつ等吸収点に近いためである。近赤外領域は脂肪に吸収されやすく、非特許文献５によれば940nm前後に吸収のピークが見られることが報告されている。

[0014] 検出器の配置領域は、容器の内壁面（容器の底面を含む。）であって、他の検出器からの干渉がなければよく、特定の領域だけでもよい。特定の領域とは、例えば、巣や物陰のように魚類が好んで停滞する領域等が挙げられる。

以下では、検出器の例として反射型光検出器を用いる場合を記載するが、本発明における検出器がこれに限定されるものではない。

[0015] 反射型光検出器を用いる場合、光源と検出器との中心間距離は、対象とする魚において測定点とする皮下深度との関係により適宜設定できる。また、光源と検出器を「光源－検出器の１セット」と定義した場合、隣接するセッ

トと所定の間隔を設けることで互いの光が回り込んで干渉することを防ぐことができる。該間隔は、当業者であれば適宜調整できる。また、検出器の受光面の大きさは、対象とする魚の大きさにもよるが、受光面が大きい場合には対象とする魚に対して測定点が少なくなり、一方で、受光面が小さい場合には多くの検出器を配置しないと対象とする魚の一部しか測定できないことになるため、これらを勘案して適当なものを用いることができる。配置パターンは特に制限されないが、規則的なパターンであることが好ましく、等間隔のパターンであることがより好ましい。このとき、光源と検出器のいずれも、図１（魚類の例としてヒラメ１１を記載し、ヒラメの心臓１２も記載している。）に示されるように、一方向に検出器１３の列及び光源１４の列をなすように配置し、検出器１３の列は、該光源１４の列と他の検出器１５の列とに挟まれ、同様にして、光源１４の列は、検出器１３の列と他の光源の列（図示しない。）とに挟まれるように配置すると、光源－検出器セット間の干渉がなくなるため好ましい。

[0016] 図２に、本発明のシステム２００の一例を示す。本発明のシステム２００は、容器２０１、取得部２０２、抽出部２０３（演算部を含む。）、検出器２０４、光源２０５を備える。取得部２０２は、例えば、検出器選択信号生成部２０６、信号処理回路２０７、検出器選択回路２０８、増幅回路２０９、駆動回路２１０、同期回路２１１を含んでよく、適宜構成することができる。同期回路２１１は、各チャンネルの動作を切り替えるための基準クロックを発生する。それに同期して、複数のマルチプレクサを内蔵する検出器選択回路２０８が逐次チャンネル毎の信号を出力し、抽出部２０３で逐次有効信号を判定する（モード１）。抽出部２０３で有効チャンネルの判定が完了したら、論理回路を内蔵する検出器選択信号生成部２０６により選択チャンネルのみマルチプレクサが出力するように検出器選択回路２０８が動作し、有効信号のみを所定の期間取得する（モード２）。尚、図２には、魚類（対象とする魚）２１２、水２１３も記載している。

[0017] 所定の検出期間とは、後述する抽出部において、少なくとも、該検出期間

に取得された複数の光電脈波から、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出するのに十分な期間であれば制限されない。例えば、図６を用いて説明すれば、Ｃｈ１（チャネル１）で示される心臓付近から取得された光電脈波において、ある極小値と時間的に次に到来する極小値との間を１サイクル（図６中のＤ１）が取得できる期間以上であればよく、好ましくは３秒以上、より好ましくは６秒以上、さらに好ましくは９秒以上である。一方で、検出期間の上限は特に制限されないが、例えば、１０秒以下である。

また、速度脈波を用いる場合には、それに対応する光電脈波において、上記同様に、ある極小値と時間的に次に到来する極小値との間を１サイクル（図７（Ａ）及び（Ｂ）中のＤ１）が取得できる期間以上であればよく、好ましくは３秒以上、より好ましくは６秒以上、さらに好ましくは９秒以上である。一方で、検出期間の上限は特に制限されないが、例えば、１０秒以下である。

また、後述する疑似Ｒ－Ｒインターバルを用いる場合には、疑似Ｒ－Ｒインターバルにおいて標準偏差が算出できるだけの検出期間であればよく、好ましくは６０秒以上、より好ましくは１２０秒以上、さらに好ましくは１８０秒以上である。一方で、検出期間の上限は特に制限されないが、例えば、６００秒以下である。

また、光電脈波を取得するためのサンプリング周波数としては、通常１ｋＨｚ以上、好ましくは２ｋＨｚ以上、より好ましくは５ｋＨｚ以上である。一方で、上限は特に制限されないが、例えば、１０ｋＨｚ以下である。

解析が容易になることから、上記検出期間は、対象とする魚の運動が小さい間や静止している期間であることが好ましい。

[0018] 魚類は、分類学上の魚類であれば特に制限されないが、その身体が複数部位の光電脈波が取得できる身体であることが好ましい。標準体長（上顎の先端から尾鰭基底までの長さ）は、好ましくは０．８ｃｍ以上、より好ましくは３ｃｍ以上、さらに好ましくは５ｃｍ以上であり、一方で、好ましくは１００ｃｍ以下であり、より好ましくは５０ｃｍ以下であり、さらに好ましく

は３０ｃｍ以下である。体高は、好ましくは１ｍｍ以上、より好ましくは３ｍｍ以上、さらに好ましくは５ｍｍ以上であり、一方で、好ましくは３ｃｍ以下であり、より好ましくは２ｃｍ以下であり、さらに好ましくは１ｃｍ以下である。体幅は、好ましくは０．５ｃｍ以上、より好ましくは１ｃｍ以上、さらに好ましくは３ｃｍ以上であり、一方で、好ましくは３０ｃｍ以下であり、より好ましくは２５ｃｍ以下であり、さらに好ましくは２０ｃｍ以下である。

魚類は好ましくはカレイ目に分類される魚類であり、より好ましくはヒラメ、カレイである。また、ヒラメやカレイは容器内では、底面で一か所に安静にしている期間が長いため、光電脈波を取得しやすく好ましい。

[0019]（抽出部）

抽出部では以下を行う。後述する実施例の通り、本発明者らは、対象とする魚の心臓付近と心臓から離れた位置とでは光電脈波の位相がずれることを見出した。これは、心臓が収縮して周辺の臓器に血液が満たされていく際の振動の伝播時間の違いによるものと推測される。さらに、心臓からの血液の拍出のタイミングでえらが動作するので、その筋肉の振動も伝播しているものと推測される。また、図６を用いて説明すると、Ｃｈ１（チャネル１）で示される、心臓付近から取得された光電脈波では、ある極小値と時間的に次に到来する極小値との間を１サイクル（図６中のＤ１）とした場合に、該１サイクル内で光電脈波が増加する際に傾きが顕著に小さくなる点（図６中のＤ１期間内でいえばａ点）を含む。一方で、Ｃｈ２（チャネル２）で示される、心臓から離れた位置から取得された光電脈波では、ある極小値と時間的に次に到来する極小値との間を１サイクル（図６中のＤ２期間）とした場合に、該１サイクル内で光電脈波が増加する際に傾きが顕著に小さくなる点を含まない。これは心房の収縮動作から心室の収縮動作の連動が検出できていることを意味する。

[0020] このことは、光電脈波から速度脈波を演算するとより明確になる。図７（Ａ）は、Ｃｈ１（チャネル１）から取得された光電脈波であり、図６中のＣ

ｈ１（チャネル１）から取得された光電脈波と同一である。図７（Ｂ）は、該光電脈波を速度脈波に演算したものである。このとき、図７（Ｂ）では、Ｄ１で示す１サイクル内に速度脈波の極大値が２つ以上存在し、そのうち、時間的に最初に到来する極大値ａ１と時間的にその次に到来する極大値ａ２との差が大きい。一方で、図７（Ｃ）は、Ｃｈ２（チャネル２）から取得された光電脈波であり、図６中のＣｈ２（チャネル２）から取得された光電脈波と同一である。図７（Ｄ）は、該光電脈波を速度脈波に演算したものである。このとき、図７（Ｄ）では、Ｄ２で示す１サイクル内に速度脈波の極大値が２つ以上存在するが、そのうち、時間的に最初に到来する極大値ａ２と時間的にその次に到来する極大値ｂ２の差がほとんどない。

したがって、速度脈波を用いて前記心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出する場合、速度脈波の極大値が２つ以上存在し、そのうち、時間的に最初に到来する極大値と時間的にその次に到来する極大値との差が大きいサイクルを抽出することが好ましく、該差は、好ましくは０．５Ｖ／ｓ以上であり、より好ましくは１．０Ｖ／ｓ以上であり、さらに好ましくは２．１Ｖ／ｓ以上である。

[0021] また、光電脈波から脈波ピーク間隔（本明細書では、「疑似Ｒ－Ｒインターバル」と定義し、その英訳であるPseudo R-R Intervalを略して「ｐＲ－Ｒインターバル」と記載することがある。）を演算し、これに基づいて魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出することも好ましい。一般に心電図計測の場合は、Ｒ波の間隔としてＲ－Ｒインターバルが用いられ、光電脈波の場合はａ－ａインターバルが用いられるが、本発明では、加速度脈波が心臓付近と判断されても波形のピーク高さは不安定であるため、速度脈波に基づいて間隔を演算したｐＲ－Ｒインターバルを用いることも好ましい。ｐＲ－Ｒインターバルを用いる場合には、所定期間におけるｐＲ－Ｒインターバルの標準偏差が指標にでき、該標準偏差とは実施例を用いて説明すれば、図８に示すΔｄである。心臓付近から取得された場合、通常０．０８秒以下、好ましくは０．０５秒以下、より好ましくは０．０３秒以下であり、

下限値は通常０秒より大きい。一方で、心臓から離れた位置から取得された場合は、上記範囲よりも大きい。したがって、ｐＲ－Ｒインターバルにおいて標準偏差が上記範囲となる期間に相当する光電脈波を、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分として抽出することができる。

[0022] 該処理装置は、魚類が遊泳可能な空間に接する壁面に複数の検出器を備え、該複数の検出器を有する測定装置を介して、信号同期の下、魚類の複数部位の光電脈波を所定の検出期間にわたって時系列で取得する取得部、及び該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出する抽出部を備える態様であってもよい。

該処理装置を前記システムで使用する場合には、該壁面は前記容器の内壁面であってもよい。また、その他の使用態様としては、該壁面を基板等の面とし、例えば、該処理装置を水の入った容器内に静置する態様が挙げられ、好ましくは、水の入った容器の内壁面に接触するように静置する態様等が挙げられる。該基板等は、複数の検出器が備えられ上記取得部及び抽出部がそれらの機能を発揮できるのであれば、その形状や大きさ、素材に特に制限はない。

[0023] （ストレス状態の解析）

本発明に係るシステムにより、魚類の心臓の状態として該魚類の心臓部位における光電脈波を取得後、例えば非特許文献２で報告されているようにして、魚類のストレス状態を解析してもよい。このとき、該解析のために十分な時間の心臓部位における光電脈波が必要な場合には、本発明に係るシステムにより抽出された光電脈波を時間的に連続した光電脈波に合成してから行ってもよい。そして、該解析により、魚類がストレス状態にあると判別された場合には、該魚類に対してストレス状態を治癒、緩和又は改善等する措置を施すのが好ましい。該措置としては、例えば、水質（例えば、水温、ｐＨ、浸透圧、塩濃度、酸素濃度、二酸化炭素濃度、アンモニア濃度、窒素濃度、硬度（カルシウム塩、マグネシウム塩等）等）の最適化、養育（例えば、光量、餌、給餌、魚類の数、魚類の密度、換水頻度等）の最適化、餌に対す

る嗜好性の検討、殺菌、病魚の検出及び排除等が挙げられる。これらの措置は、いずれも常法に従うことができる。

[0024]（検出開始からストレス状態の判定までのフロー）

本発明では、魚類の複数部位の光電脈波を所定の検出期間にわたって時系列で取得し、該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出し、好ましくは、該抽出後にストレス状態の解析に適用し、該魚類のストレス状態を判定する。図３は、検出開始Ｓ１０１からストレス状態の判定Ｓ１０６までを示したフローである。検出開始Ｓ１０１からストレス状態の解析Ｓ１０５までは抽出部２０３が行う。抽出部２０３としては計算機などが挙げられる。ストレス状態の判定Ｓ１０６は、人が行ってもよいし、抽出部２０３が行ってもよい。抽出をするのに十分な検出期間が確保され、魚類の複数部位から光電脈波が取得されることが必要であるところ、図３のＳ１０２とＳ１０３に示す制御によりその実現を図る。

Ｓ１０１では、信号同期の下、魚類の複数部位の光電脈波の検出を開始する。Ｓ１０２では、所定の検出期間が満了したか否かが判定される。所定の検出期間は、上記「取得部」欄に記載した各態様に応じた期間が適用される。Ｓ１０２が否定判定されると、検出を再度行う。一方で、Ｓ１０２が肯定判定されると、次にＳ１０３に進み、魚類の複数部位から光電脈波を取得できたか否かが判定される。Ｓ１０３が否定判定されると、検出を再度行う。一方で、Ｓ１０３が肯定判定されると、次にＳ１０４に進み、取得された複数部位の光電脈波から、上記「抽出部」欄に記載した各態様に従って、魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出する。Ｓ１０４で抽出が完了すると、Ｓ１０５に進み、例えば非特許文献２で報告されているようにして魚類のストレス状態を解析し、該解析が完了するとＳ１０６に進み、該解析結果に基づいて該魚類のストレス状態を判定する。

実施例

[0025] 以下に、実施例を用いて本発明をさらに具体的に説明するが、本発明はこ

れらの実施例に限定されるものではない。

[0026]（魚類及びシステム）

本実施例では、容器底面に２つの検出器が配置されたシステムを構築し、魚類としてヒラメを用いた。該ヒラメは高知大学農林海洋科学部から提供を受けたものであり、体長３０ｃｍ、重さ３１４ｇ、健康で、水温２１℃に温度管理された循環型水槽にて飼育したヒラメである。

ヒラメと２つの検出器の位置関係は図４に示す通りである。ヒラメ４３（ヒラメの心臓４４）に対し、チャネル１（図４中の４１で示す。その光源は４１１、検出器は４１２で示す。）は心臓部位に、チャネル２（図４中の４２で示す。その光源は４２１、検出器は４２２で示す。）は心臓から離れた場所に配置し、光電脈波を取得している間にヒラメ４３が大きく運動したり移動したりすることはなかった。検出器の受光面サイズは１．１ｍｍ×１．１ｍｍとし、光源－検出器の中心間距離は８ｍｍに設定した。図５はチャネル１とチャネル２の寸法等を示したものである。

水温は２１℃に管理し、近赤外発光ダイオード（SLR938-CV、中心発光波長 λ = 945 nm、 Sanyo）からの光がヒラメに入射され、皮膚反射光および体内からの後方散乱光をPINフォトダイオード（S1336-18BQ, HAMAMATSU）で検出した。DC サーボアンプを介してデータロガー（GL900、GRAPHTEC）にてサンプリング周波数１ｋＨｚ、ローパスフィルター５Ｈｚを通して６分間、信号を取得した。

[0027]（実施例１：光電脈波解析）

図６は、チャネル１（Ｃｈ１）及びチャネル２（Ｃｈ２）から取得された光電脈波データである。チャネル１から取得された光電脈波では、図６中のＤ１で示す１サイクル内で光電脈波が増加する際に傾きが顕著に小さくなる点ａが生じた。図７（Ａ）は、チャネル１から取得された光電脈波であり、図６中のチャネル１の光電脈波と同一である。図７（Ｂ）は、該光電脈波を速度脈波に演算したものである。このとき、図７（Ｂ）では、Ｄ１で示す１サイクル内に速度脈波の極大値が２つ以上存在するのが確認された。このう

ち、時間的に最初に到来する極大値ａ１（３．１７Ｖ／ｓ）と時間的にその次に到来する極大値ｂ１（１．２６Ｖ／ｓ）との差は、１．９１Ｖ／ｓであった。

一方で、チャネル２から取得された光電脈波では、図６中の光電脈波が増加する際に傾きが顕著に変化する点が生じたサイクルは見られなかった。図７（Ｃ）は、チャネル２から取得された光電脈波であり、図６中のチャネル２の光電脈波と同一である。図７（Ｄ）は、該光電脈波を速度脈波に演算したものである。このとき、図７（Ｄ）では、Ｄ２で示す１サイクル内に速度脈波の極大値が２つ以上存在するのが確認された。このうち、時間的に最初に到来する極大値ａ２（２．０２Ｖ／ｓ）と時間的にその次に到来する極大値ｂ２（２．０９Ｖ／ｓ）との差は、－０．０７Ｖ／ｓであった。

[0028] （実施例２：ｐＲ－Ｒインターバル解析）

図８（Ａ）及び（Ｂ）は、それぞれ、実施例１のチャネル１（Ｃｈ１）及びチャネル２（Ｃｈ２）から取得された光電脈波に基づいて、OriginにてAkimaスプラインを用いて０．１秒きざみで０秒から１２０秒をサンプリングして得たｐＲ－Ｒインターバルである。チャネル１（Ｃｈ１）から取得された光電脈波に基づくｐＲ－Ｒインターバルでは、平均が１．１０８秒、心拍数に換算すると５４．２ｂｐｍであり、標準偏差が０．０２４秒であった。一方で、チャネル２（Ｃｈ２）から取得された光電脈波に基づくｐＲ－Ｒインターバルでは、平均が１．１１１秒、心拍数に換算すると５４．０ｂｐｍであり、標準偏差が０．０９６秒であった。

符号の説明

[0029]

１１、４３	ヒラメ
１２、４４	ヒラメの心臓
１３、１５、４１２、４２２	検出器
１４、４１１、４２１	光源
２００	システム
２０１	容器

２０２	取得部
２０３	抽出部（演算部を含む。）
２０４	検出器
２０５	光源
２０６	検出器選択信号生成部
２０７	信号処理回路
２０８	検出器選択回路
２０９	増幅回路
２１０	駆動回路
２１１	同期回路
２１２	魚類（対象とする魚）
４１	チャネル１
４２	チャネル２

請求の範囲

[請求項1] 容器と処理装置とを含み、

該容器は、該容器の内壁面に複数の検出器が備えられ、該容器内の魚類からみて該検出器側と逆側に該魚類が遊泳可能な空間を含み、

該処理装置は、

該複数の検出器を有する測定装置を介して、信号同期の下、魚類の複数部位の光電脈波を所定の検出期間にわたって時系列で取得する取得部、及び

該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出する抽出部を備える、

魚類の心臓の状態をモニタリングするシステム。

[請求項2] 取得された複数部位の光電脈波から速度脈波を演算し、

前記心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出することが、取得された複数部位の光電脈波において、ある極小値と時間的に次に到来する次の極小値との間を１サイクルとした場合に、該１サイクルに相当する期間内の速度脈波に極大値が２つ以上存在し、そのうち、時間的に最初に到来する極大値と時間的にその次に到来する極大値との差が０．５Ｖ／ｓ以上であるサイクルを抽出することである、請求項１に記載のシステム。

[請求項3] 該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から疑似Ｒ－Ｒインターバルを演算し、

前記心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出することが、該疑似Ｒ－Ｒインターバルの標準偏差が０．０８以下となる期間に対応する光電脈波を抽出することである、請求項１に記載のシステム。

[請求項4] 前記複数の検出器が等間隔で存在する、請求項１～３のいずれか１項に記載のシステム。

[請求項5] 前記魚類がヒラメ又はカレイである、請求項１～４のいずれか１項に記載のシステム。

[請求項6] 前記検出器が光を検出する素子で構成されている、請求項１～５のいずれか１項に記載のシステム。

[請求項7] 複数の検出器で、信号同期の下、魚類の複数部位の光電脈波を所定の検出期間にわたって時系列で取得する工程、及び

該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出する工程

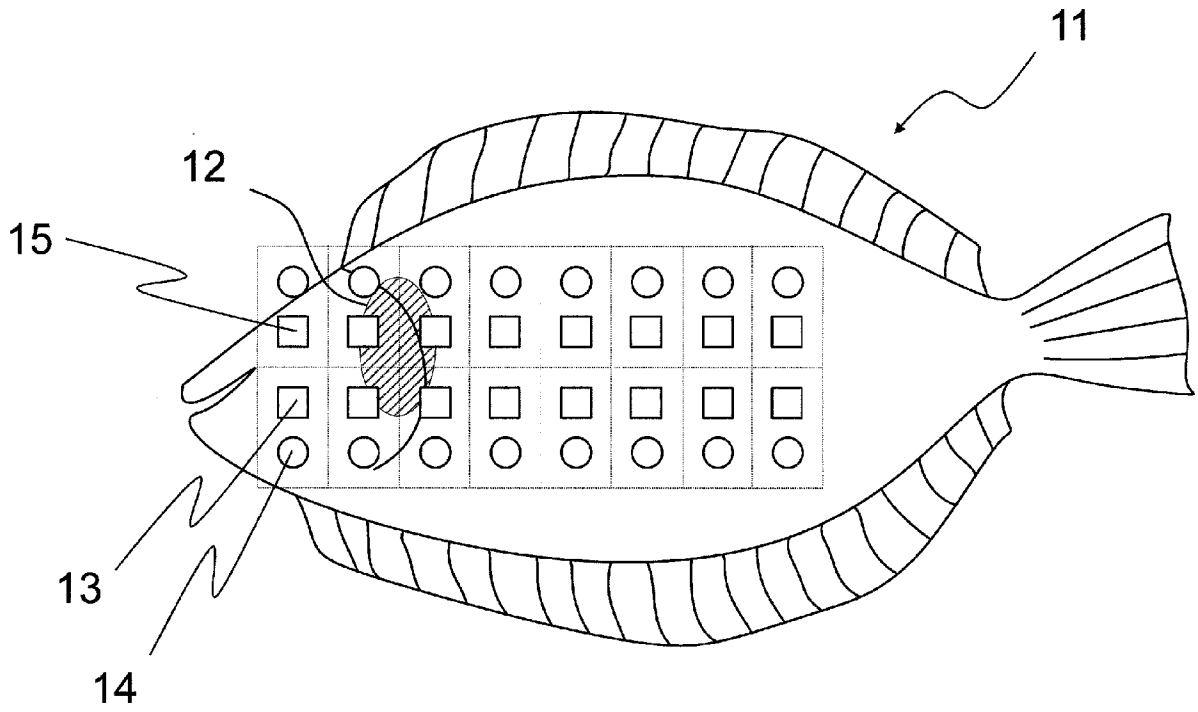
を含む、魚類の心臓の状態をモニタリングする方法。

[請求項8] 魚類が遊泳可能な空間に接する壁面に複数の検出器を備え、

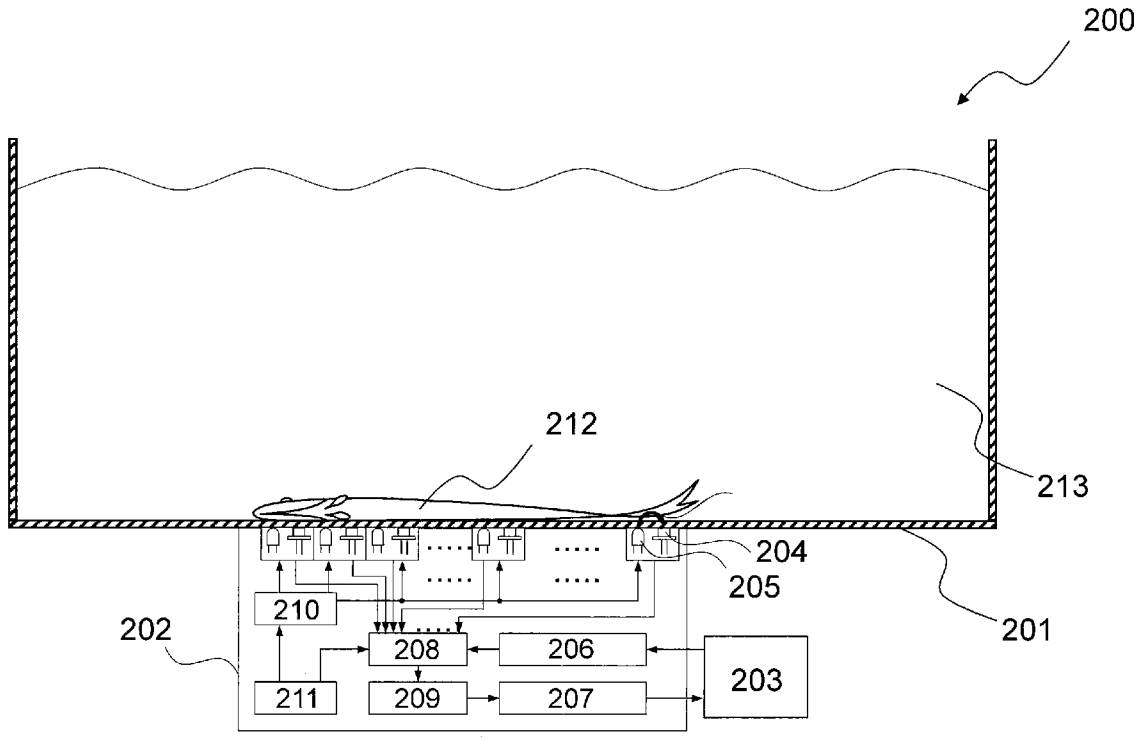
該複数の検出器を有する測定装置を介して、信号同期の下、魚類の複数部位の光電脈波を所定の検出期間にわたって時系列で取得する取得部、及び

該検出期間に取得された複数部位の光電脈波から、該魚類の心臓部位の光電脈波を最も反映する部分を抽出する抽出部を備える、処理装置。

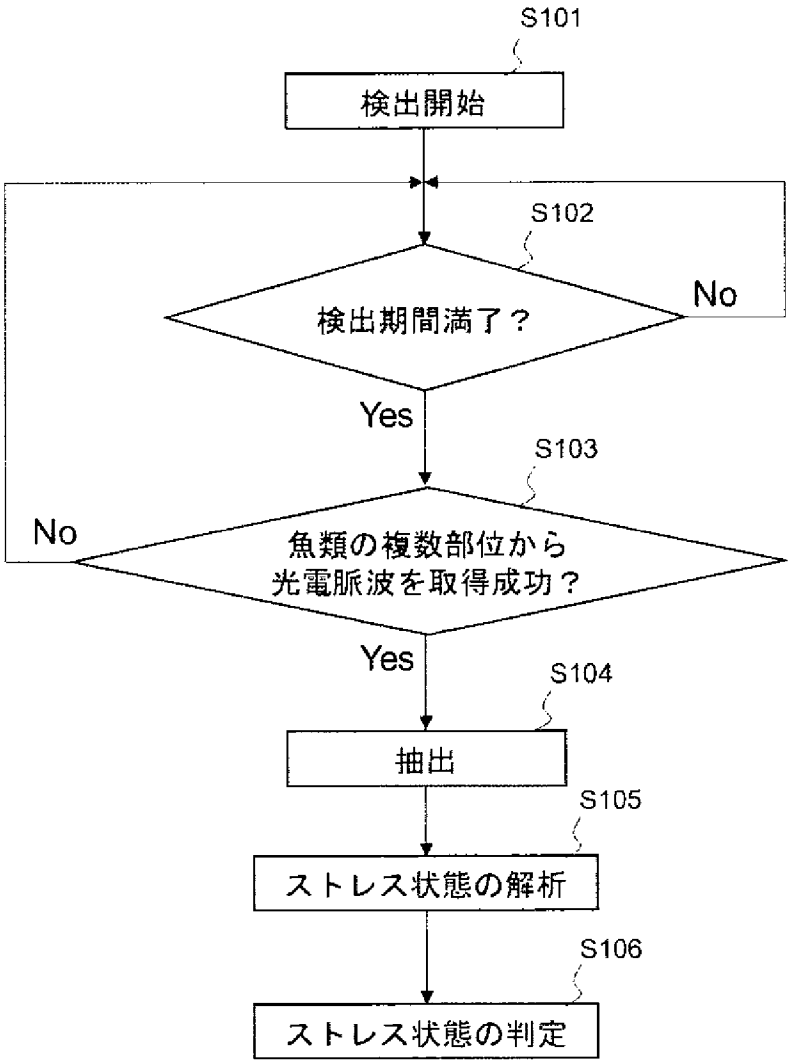
[図1]


11
12
15
13
14

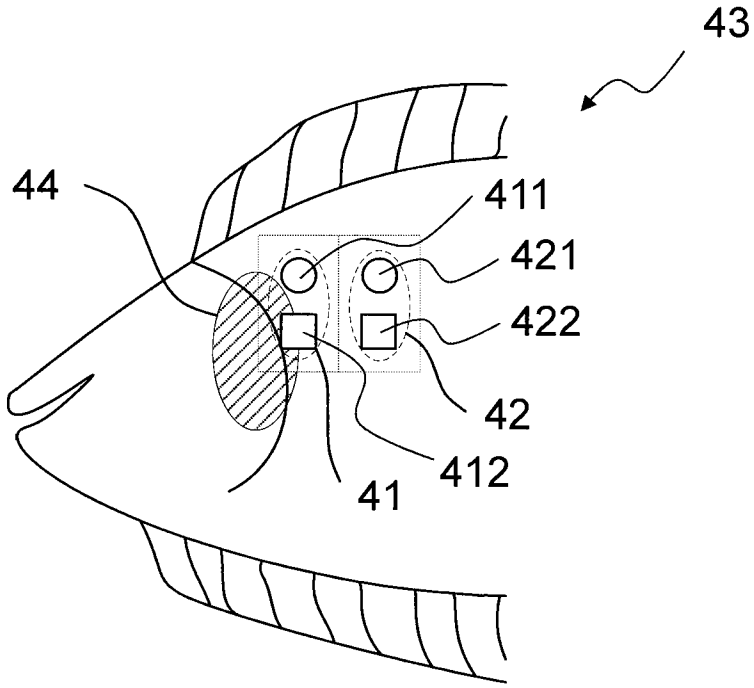
[図2]


200
212
213
204
205
201
202
210
208
206
203
211
209
207

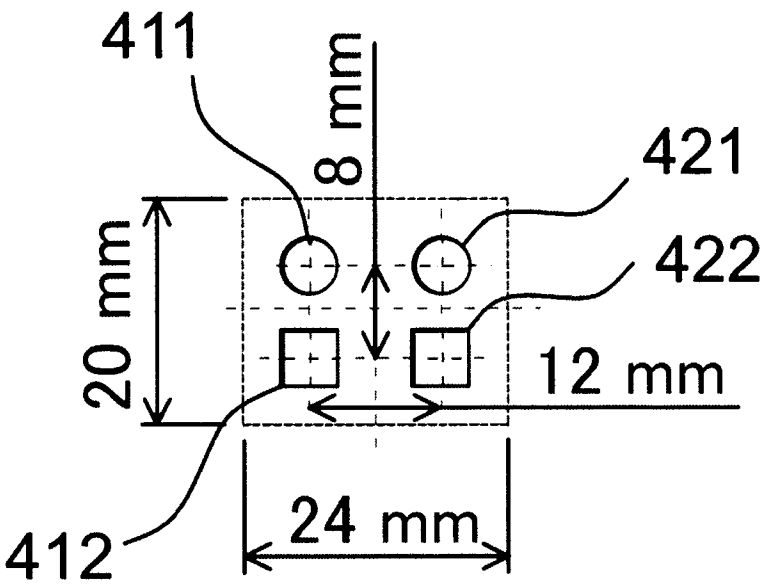
[図3]


S101
検出開始
S102
検出期間満了？
No
Yes
S103
No
魚類の複数部位から
光電脈波を取得成功？
Yes
S104
抽出
S105
ストレス状態の解析
S106
ストレス状態の判定

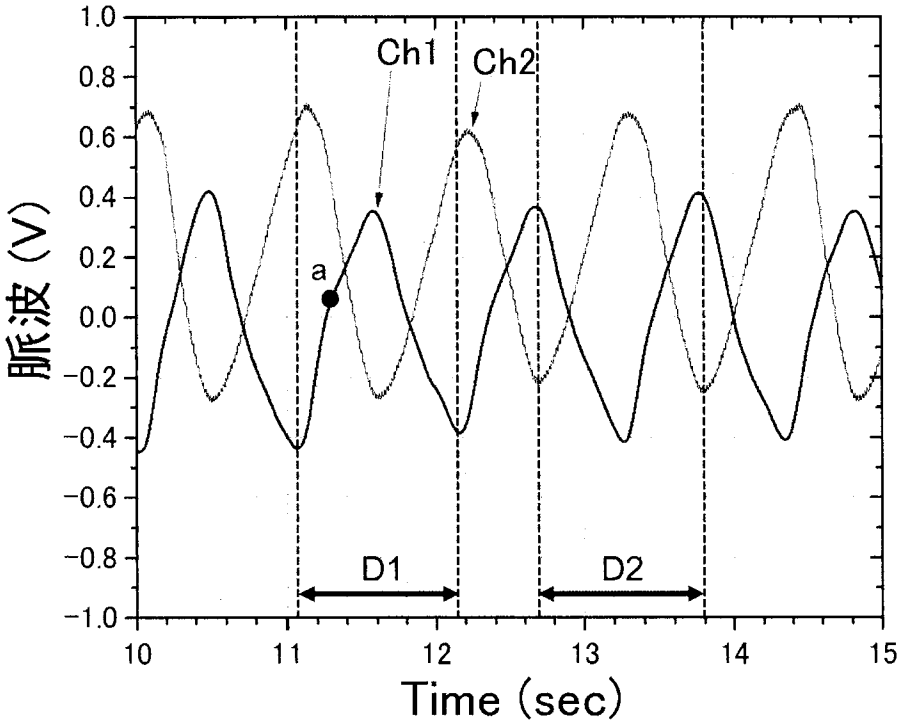
[図4]



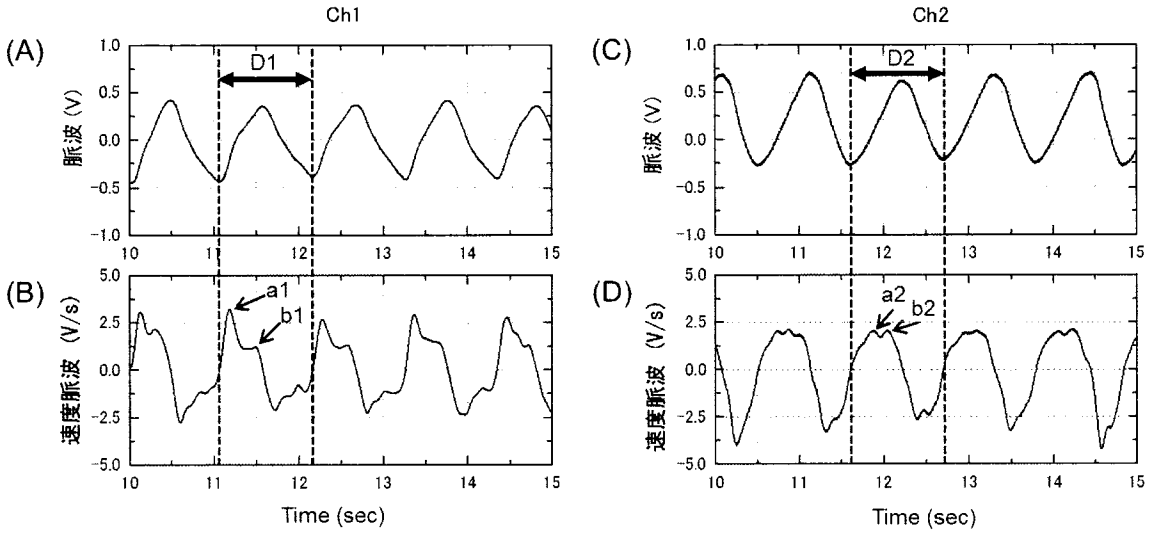
[図5]



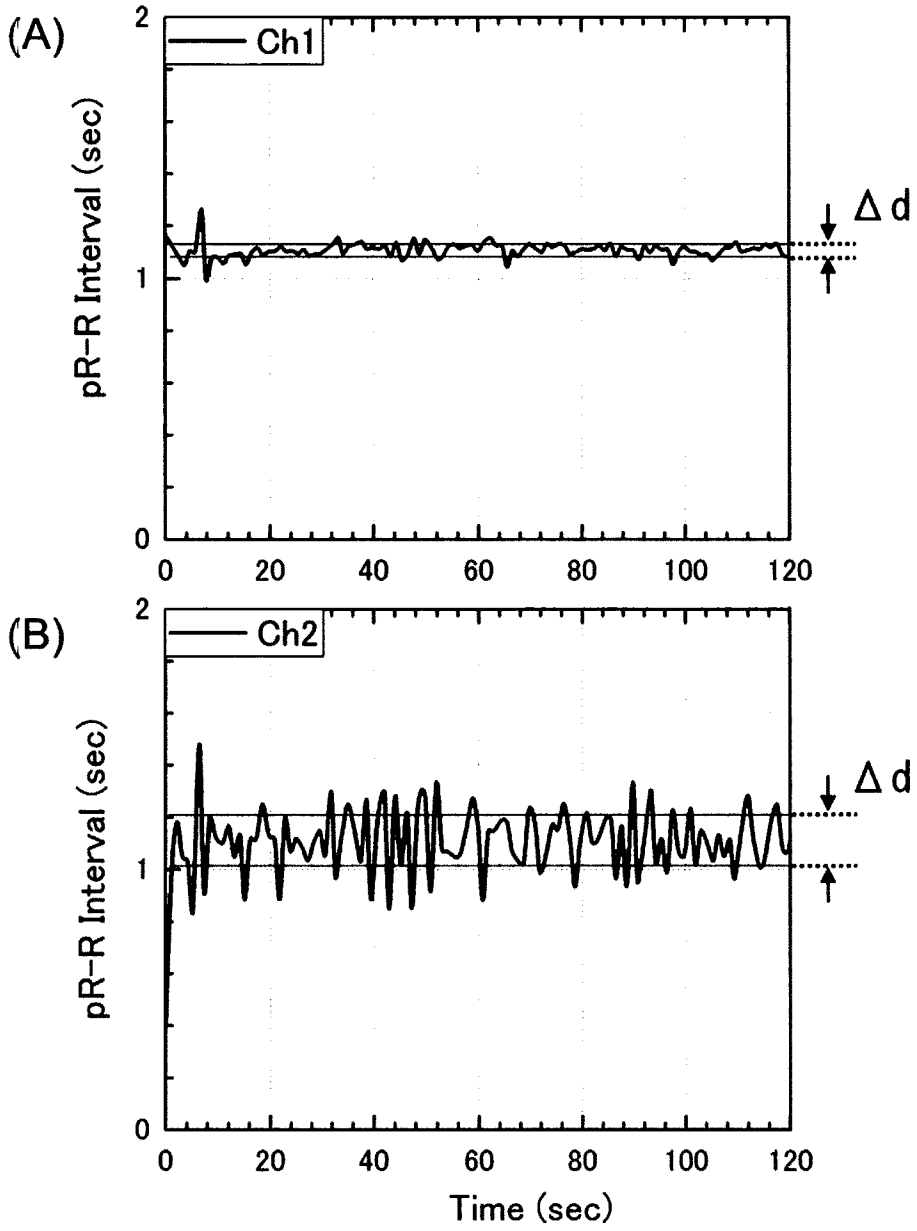
[図6]


Ch1
Ch2
a
D1
D2
脈波 (V)
Time (sec)

[図7]


Ch1
Ch2
(A)
(B)
(C)
(D)
D1
D2
a1
b1
a2
b2
脈波 (V)
速度脈波 (V/s)
Time (sec)

[図8]


(A)
Ch1
pR-R Interval (sec)
Δd
2
1
0
0
20
40
60
80
100
120
(B)
Ch2
pR-R Interval (sec)
Δd
2
1
0
0
20
40
60
80
100
120
Time (sec)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/028869

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. A01K61/13(2017.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int. Cl. A01K61/13, A01K63/00, A01K67/00, A61B5/024

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018
Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-195376 A (HIROSHIMA UNIVERSITY) 03 September 2009, entire text, all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2013-116092 A (JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY) 13 June 2013, entire text, all drawings (Family: none)	1-8
A	US 2014/0221780 A1 (GOLDBERGER, A. L) 07 August 2014, entire text, all drawings & WO 2013/016290 A2	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17.08.2018	28.08.2018
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０２８８６９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A01K61/13(2017.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A01K61/13, A01K63/00, A01K67/00, A61B5/024

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2009-195376 A (国立大学法人広島大学) 2009.09.03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2013-116092 A (独立行政法人　宇宙航空研究開発機構) 2013.06.13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	US 2014/0221780 A1 (GOLDBERGER, A.L.) 2014.08.07, 全文, 全図 & WO 2013/016290 A2	1-8

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１７．０８．２０１８	２８．０８．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｂ　９３１８
坂田　誠
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２３７