

令和元年6月11日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K10752

研究課題名(和文) 9軸センサによる頭位モニタリングと次世代VOGによる眼振の解析

研究課題名(英文) analysis of nystagmus and head position by next generation VOG with high-speed camera and 9-axis sensor

研究代表者

橋本 誠 (HASHIMOTO, Makoto)

山口大学・医学部附属病院・講師

研究者番号：50343299

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：改良したリアルタイム三次元解析可能なvideo-oculography(VOG)製品を開発した。録画・ファイリング、瞳孔認識・解析の自動化、リアルタイム眼振図表示、履歴検索、再生、詳細解析、報告書作成を可能にした。高速度カメラと加速度センサーを使用した赤外線フレンツェルを作成した。軽量化、高画質化、高速化が可能となった。カバーの着脱により、視刺激検査や注視眼振の記録が可能となった。3軸加速度センサと3軸角速度センサ、3軸地磁気センサを実装した小型の9軸センサデバイスを用い、得られた加速度、角速度をPCに取り込み、頭位の方向、速度を分析し、眼球画像と頭位情報を同期して解析を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開発した軽量高画質・高速赤外線CCDを用い、日常臨床および臨床研究において、リアルタイムで詳細な眼振、眼球運動を記録することが可能になる。頭位モニタリングセンサは、めまい患者の日常や睡眠頭位の解析など、めまい入院患者の頭位の解析などの研究にも応用できる。頭位、頭位変換眼振検査および頭位治療にブレークスルーをもたらすと考える。

研究成果の概要(英文)：We have developed video-oculography (HI-VOG) using freeware image analysis software ImageJ. HI-VOG requires offline analysis to be performed after recording, manual pupil recognition setting is required. Therefore, we developed an improved real-time three-dimensional analysis video-oculography (VOG). It enables recording and filing, automated pupil recognition and analysis, real-time nystagmus display, detailed analysis, and result report. An infrared flunzel was created using a high-speed camera and an accelerometer. A light weight, high image quality, and high speed are possible. The obtained acceleration and angular velocity are taken into a PC using a small 9-axis sensor device mounted with a 3-axis acceleration sensor, 3-axis angular velocity sensor, and 3-axis geomagnetic sensor, and the head position direction and velocity are analyzed. Analysis was performed in synchronization with the head position information.

研究分野：めまい・平衡医学

キーワード：めまい

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) めまいは日常診療において、最も頻度の高い愁訴のひとつである。めまい診療において近年赤外線 CCD カメラが広く普及し、今や重要かつ不可欠となってきた。画像解析の手法により従来の電気眼振図 (electronystagmography:ENG) の代わりに、赤外線 CCD カメラの画像を video-oculography (VOG)として解析することが可能となってきた。これまでに我々は、フリーウェアの画像解析ソフト ImageJ と FileMaker Pro を用いた video-oculography (HI-VOG) を開発し、報告してきた。HI-VOG では、一旦眼振動画を録画した後に解析するオフライン解析であること、手動による瞳孔認識設定が必要であること、特に回旋成分の解析に時間が必要であること、など問題点や限界があった。

(2) 眼振検査をする際、どの頭位で行うかは極めて重要である。頭位および頭位変換眼振検査は、めまいの中で最も頻度が高い良性発作性頭位めまい症の診断において必須の検査であり、また中枢性頭位めまい症との鑑別においても重要である。これらにはいずれも頭位の情報(向き、速度)が重要である。しかし、現状では頭位の向き、速度についての定量的な情報は用いられていない。頭位めまい症を詳細に研究するにあたって頭位の数値情報を記録することが重要であり、また日常診療における眼振所見がどの頭位であるのかを明確にすることも重要である。

(3) ICT の進歩により加速度センサや角速度センサ(ジャイロセンサ)がスマートフォンなどに搭載されるなど本格的に普及してきた。一部角速度センサが搭載された機器もあるが、VOR や vHIT など用途が限定されており、頭位の客観的情報を眼球運動をリンクさせた研究は進んでいない。

### 2. 研究の目的

(1) 9 軸センサ(3 軸加速度センサ + 3 軸角速度センサ + 3 軸地磁気センサ)を用いることにより、頭位の方向や速度をモニタリングする。

(2) 眼振の情報に頭位の定量的な数値情報を同期して組み合わせることで、頭位情報を組み入れた眼振解析を行い、診断や治療への応用を実現する。

### 3. 研究の方法

(1) 毎秒 200 フレーム以上、プログレッシブ方式の高速 CMOS イメージセンサを用いて眼球運動を撮影し、PC に取り込む。リアルタイム眼振図表示をするため、プログラムを組んで瞳孔のみが認識されるように画像の閾値を自動設定し、瞳孔の中心座標を解析し、水平・垂直成分を求める。虹彩紋理を含めた楕円形の関心領域を設定し、前後 2 枚の画像を比較して虹彩紋理パターンが最も一致する回旋角度を求める。

(2) 3 軸加速度センサと 3 軸角速度センサ、3 軸地磁気センサを実装した小型の 9 軸センサデバイスをを用いる。得られた加速度、角速度を PC に取り込み、頭位の方向、速度を解析する。9 軸センサの処理とカメラの情報処理はスレッドで同時処理する。カメラは外部トリガで全画素同時シャッターを切り、そのタイミングで 9 軸センサからの位置情報、速度情報の最新値を取得して転送されてきた画像に紐付けする。これにより眼球の画像と頭位情報を同期処理する。

### 4. 研究成果

(1) 普及型赤外線 CCD/CMOS カメラで利用可能とし、タッチパネル操作式 PC を用い、検査種目別に録画・ファイリング、瞳孔認識・解析の自動化、リアルタイム眼振図表示を可能にした。画像処理方法については、キャリブレーション後画像を二値化し、水平・垂直成分は瞳孔中心座標、回旋成分は虹彩紋理の抽出とパターンマッチングで求めた。履歴検索、再生、詳細解析、報告書作成を可能にした。これまでは ImageJ や QuickTime、FileMaker 等既存のアプリケーションを使っており、それぞれのアプリ内やアプリ間連携での可能なプログラム処理に限界があった。今回、画像処理からファイリングまでシームレスに行うことが実現できた。眼振動画の録画、眼振図の客観的記録を簡便に行うことができ、日常のめまい診療における有用性が期待できる。

(2) 高速度カメラと加速度センサーの選定を、国際医療機器展で情報を収集し、基板から開発した赤外線フ렌ツェルを作成した。軽量化、高画質化、高速化が可能となった。カバーの着脱により、視刺激検査や注視眼振の記録が可能となった。赤外線カメラの高速化により、眼振の急速相など急速眼球運動に対応し、より精度の高い眼球運動解析が可能になり、付加価値のある次世代赤外線カメラの普及が期待できる。近年 VOG ソフトウェアの検討は行われてきたが、日本人の形態に適したサイズなど、Google 開発についての検討は乏しかった。日常のめまい診療における有用性が期待できる。

(2) 3 軸加速度センサと 3 軸角速度センサ、3 軸地磁気センサを実装した小型の 9 軸センサデバイスをを用い、得られた加速度、角速度を PC に取り込み、頭位の方向、速度を分析し、眼球画像と頭位情報を同期して解析することが可能となった。VOG において、頭位情報の詳細を数値化して検査を行うということはやられていないが、近年の進歩した ICT の技術を取り入れることにより実現が可能となった。9 軸センサにより頭位の向き、速度などの頭位情報を数値化することができ、より正確な頭位・頭位変換眼振検査や頭位治療が可能になる。頭位モニタリングセンサは、めまい患者の日常や睡眠頭位の解析など、めまい入院患者の頭位の解析などの研究にも応用できる。頭位、頭位変換眼振検査および頭位治療にブレークスルーをもたらす。本システムを利用する他の研究者の研究もさらに発展することが期待できる。

## 5 . 主な発表論文等

### [雑誌論文](計 7 件)

Hironori Fujii, Makoto Hashimoto, Kazuma Sugahara, Takuo Ikeda, Yoshinobu Hirose, Hiroshi Yamashita, Quantitative Analysis of Smooth Pursuit Eye Movement Using Video-Oculography, Archives of Otolaryngology and Rhinology, 査読有、2018、pp. 30-34  
DOI : 10.17352/2455-1759.000071

Takemoto Yosuke, Hirose Yoshinobu, Sugahara Kazuma, Hashimoto Makoto, Hara Hirotaka, Yamashita Hiroshi, Protective effect of an astaxanthin nanoemulsion against neomycin-induced hair-cell damage in zebrafish, Auris Nasus Larynx, 査読有、Vol. 46、2018、pp. 20-25  
DOI : 10.1016/j.anl.2017.02.001

Nagato Shinpei, Sugahara Kazuma, Hirose Yoshinobu, Takemoto Yosuke, Hashimoto Makoto, Fujii Hironori, Yamashita Hiroshi, Oral administration of geranylgeranylacetone to protect vestibular hair cells, Auris Nasus Larynx, 査読有、Vol. 46、2018、pp. 412-416  
DOI : 10.1016/j.anl.2017.07.006

橋本 誠、山下裕司、【もう迷わない耳鼻咽喉科疾患に対する向精神薬の使い方】 向精神薬の使い方 前庭神経炎に対する向精神薬の適応と使い方、ENTONI、査読無、210 巻、2017、pp. 68-71  
DOI : なし

Yoshinobu Hirose, Kazuma Sugahara, Eiju Kanagawa, Yosuke Takemoto, Makoto Hashimoto, Hiroshi Yamashita, Quercetin protects against hair cell loss in the zebrafish lateral line and guinea pig cochlea, Hearing Research, 査読有、Vol. 342、2016、pp. 80-85  
DOI : 10.1016/j.heares.2016.10.001

近藤真前, 清水謙祐, 五島史行, 北原 紘, 今井貴夫, 橋本 誠, 下郡博明, 池園哲郎, 中山明峰、めまい症状尺度短縮版 (Vertigo Symptom Scale-short form) 日本語版の使用経験、Equilibrium Research、査読有、75 巻、2016、pp. 489-497  
DOI : なし

竹本洋介, 広瀬敬信, 菅原一真, 橋本 誠, 藤井博則, 山下裕司、ナノ製剤による側線器有毛細胞保護効果の検討ーゼブラフィッシュを用いてー、耳鼻咽喉科ニューロサイエンス、査読無、30 巻、2016、pp. 32-34  
DOI : なし

### [学会発表](計 20 件)

Makoto Hashimoto, Yosuke Okinaka, Hironori Fujii, Kazuma Sugahara, Yoshinobu Hirose, Shunsuke Tarumoto, Takuo Ikeda, Hiroshi Yamashita, Development of real-time video-oculography using high quality infrared video Frenzel, yVOG-Glass、42nd ARO Annual MidWinter Meeting Baltimore(国際学会)、2019

橋本 誠、頭位センサーと高速度カメラを搭載した yVOG-Glass の有用性、山口県めまい・難聴治療研究会 冬期セミナー、2019

Makoto Hashimoto, Yosuke Okinaka, Hironori Fujii, Kazuma Sugahara, Yoshinobu Hirose, Takuo Ikeda, Hiroshi Yamashita, Development of real-time video-oculography using high quality infrared video Frenzel, XXX Barany Society Meeting Uppsala(国際学会)、2018  
Makoto Hashimoto, Takuo Ikeda, Yosuke Okinaka, Hironori Fujii, Kazuma Sugahara, Yoshinobu Hirose, Hiroshi Yamashita, Development of video-oculography using infrared Frenzel with high quality image camera, 41th ARO Annual MidWinter Meeting(国際学会)、2018

Makoto Hashimoto, Yosuke Okinaka, Hironori Fujii, Kazuma Sugahara, Yoshinobu Hirose, Hiroshi Yamashita, DEVELOPMENT OF REAL-TIME VIDEO-OCULOGRAPHY AND IMAGE FILING SYSTEM, 6th East Asian Symposium on Otology Seoul(国際学会)、2018

橋本 誠、めまい診療 up to date、第 5 回 KOGA ENT カンファレンス(招待講演)、2018

橋本 誠、沖中洋介, 池田卓生, 藤井博則, 橋本智子, 菅原一真, 広瀬敬信, 山下裕司、日常めまい診療に有用な軽量赤外線フレンツェル製品による三次元 video-oculography、第 119 回 日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会、2018

沖中洋介, 橋本 誠, 藤井博則, 山下裕司、三次元 video-oculography を用いたガルバニック前庭刺激に対する眼振の解析、第 80 回 耳鼻咽喉科臨床学会総会・学術講演会、2018

橋本 誠、沖中洋介, 藤井博則, 菅原一真, 山下裕司、電気刺激検査、第 77 回 日本めまい平衡医学会総会・学術講演会(招待講演)、2018

橋本 誠、VOG の近未来予想図、第 77 回 日本めまい平衡医学会総会・学術講演会(招待講演)、2018

沖中洋介, 橋本 誠, 藤井博則, 山下裕司、三次元 video-oculography を用いたガルバニック前庭刺激に対する眼球運動の解析、第 77 回 日本めまい平衡医学会総会・学術講演会、

2018

Makoto Hashimoto, Takuo Ikeda, Hironori Fujii, Kazuma Sugahara, Yoshinobu Hirose, Hiroshi Yamashita, Development of original real-time 3D video-oculography and image filing system, yVOG、40th ARO Annual MidWinter Meeting(国際学会)、2017

橋本 誠, 池田卓生, 沖中洋介, 藤井博則, 小林由貴, 菅原一真, 広瀬敬信, 竹本洋介, 山下裕司, リアルタイム三次元解析可能な Video-oculography 製品と次世代赤外線フレンツェルの開発、第 118 回日本耳鼻咽喉科学会通常総会・学術講演会、2017

橋本 誠, 池田卓生, 沖中洋介, 藤井博則, 小林由貴, 菅原一真, 広瀬敬信, 竹本洋介, 山下裕司, 高画質・高速度カメラを搭載した赤外線フレンツェルと Video-oculography 製品の開発、第 76 回日本めまい平衡医学会総会・学術講演会、2017

Makoto Hashimoto, Takuo Ikeda, Hironori Fujii, Kazuma Sugahara, Yoshinobu Hirose, Hiroshi Yamashita, Quantitative Analysis of Nystagmus by the Original Real-Time Video-Oculography and Image Filing System YVOG、29th Barany Society Meeting 2016(国際学会)

Makoto Hashimoto, Takuo Ikeda, Hironori Fujii, Kazuma Sugahara, Yoshinobu Hirose, Hiroshi Yamashita, Quantitative analysis of nystagmus by original real-time video-oculography and image filing system、39th MidWinter Meeting - Association for Research in Otolaryngology(国際学会)、2016

橋本 誠, 藤井博則, 小林由貴, 菅原一真, 広瀬敬信, 竹本洋介, 池田卓生, 山下裕司, 普及型赤外線 CCD/CMOS カメラで利用可能な動画記録と Video oculography 製品の開発、第 117 回 日本耳鼻咽喉科学会通常総会・学術講演会、2016

橋本 誠, 池田卓生, 藤井博則, 小林由貴, 菅原一真, 広瀬敬信, 竹本洋介, 山下裕司, リアルタイム三次元眼振図表示可能な Video-oculography 製品の開発、第 75 回 日本めまい平衡医学会総会・学術講演会、2016

橋本 誠, 池田卓生, 藤井博則, 菅原一真, 下郡博明, 山下裕司, 日常診療における眼振動画の記録管理と video-oculography、第 77 回耳鼻咽喉科臨床学会総会・学術講演会、2015

藤井博則, 橋本 誠, 菅原一真, 池田卓生, 下郡博明, 山下裕司, 長期に経過観察を行った中枢性平衡障害の 3 例、第 74 回日本めまい平衡医学会総会・学術講演会、2015

〔図書〕(計 1 件)

橋本 誠 他、診断と治療社 「イラスト」めまいの検査 2018、192 (38-39)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：山下 裕司

ローマ字氏名：YAMASHITA, Hiroshi

所属研究機関名：山口大学

部局名：大学院医学系研究科

職名：教授

研究者番号 (8 桁)：00210419

研究分担者氏名：藤井 博則

ローマ字氏名：FUJII, Hironori

所属研究機関名：山口大学

部局名：医学部附属病院

職名：助教

研究者番号 (8 桁)：50750197

(2)研究協力者  
なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。