

介護支援のための体調評価システムの提案

黒澤 勇樹^{*1} 宮本 友紀^{*2} 上原 大和^{*2}
望月 信哉^{*3} 星野 祐子^{*1} 山田 光穂^{*1}

Proposal of the physical condition evaluation system for care support

Yuki Kurosawa^{*1}, Tomoki Miyamoto^{*2}, Yamato Uehara^{*2}
Shinya Mochiduki^{*3}, Yuko Hoshino^{*1} and Mitsuho Yamada^{*1}

Abstract - Caregiver shortage is a problem due to the declining birthrate and aging population. In order to solve such problems, care robots are being developed. Among care robots, communication robots can be used in various cases. We have described the influence on eye movements and lip movement by changes of physical and mental condition from previous research. This paper proposes a physical condition evaluation system by eye movement and lip motion. We also made suggestions for incorporating the system into the robot.

Keywords : lip movement , eye movement , physical condition , care robot

1. はじめに

現代,日本では,人口のおよそ 27%が 65 歳以上の超高齢社会に突入している^[1].また少子化により若い世代の減少もあり^[2],働き手の不足により介護者不足なども懸念されている.こういった問題の解決のためにも注目されているのが介護ロボットで国や企業での開発が取り組まれている^[3].厚生労働省・経済産業省では介護ロボットの開発の重点分野^[4]として

- (1)移乗介助
- (2)移動支援
- (3)排泄支援
- (4)見守り・コミュニケーション
- (5)入浴支援
- (6)介護業務支援

を挙げている.

また,介護などで利用されるロボットには大きく分け 3 つのタイプがあると考ええる. 1 つ目は介護者の業務の軽減を目的とするものである.重点分野の(1)(3)(5)(6)に当てはまり,例として介護者が使用する身体機能の補助や強化を行うもの HAL (介護支援用) ^[5]や排泄支援を行う

トイレアシスト^[6]などがある. 2 つ目は被介護者の支援を目的としたもの重点分野の(2)(3)(5)に当てはまる.例として,人の歩行を補助する HAL (自立支援用) ^[5]やロボットアシストウォーカー^[7]などがある. 3 つ目は,被介護者とのコミュニケーションや見守りを目的とするもので重要分野の(4)に当てはまる.例として,コミュニケーションや癒しを目的としたアザラシ型ロボットパロ^[8]や電気ポットで離れた場所にいる家族のもとに使用した時間などを通知することができる象印のみまもりほっとライン i-POT (ポット) ^[9]や生活リズムの把握や,安否確認業務の負担軽減などの効果があるエアコンみまもりサービス^[10]などがある.

様々なロボットシステムが存在するが,まだ高価であるものや研究中のものが多く,今後の発展が期待されている分野である.また,近年では人の感情や体調を評価ができるセンシング技術なども開発されており^[11]このようなロボットも必要であると考ええる.

これまで我々は口唇動作と眼球運動の研究を行ってきた.口唇動作の研究では発話認識や発話改善を目的とした口唇動作による発話トレーニングの研究^[12]を行い,その過程で日々の体調や環境の変化により口唇動作に変化が生じることや疲労や脱力感が活舌に影響することが分かった^[13].疲労感は大脳皮質抑制の自覚症として理解されるがこの大脳皮質抑制の自覚症状は人の表情や態度,姿勢,挙動などにも総体的に現れ,第 3 者が他覚的にみただけで疲労の発生をかなり正確にいい当てることができる^[14].

また,疲労,服薬,口内炎の影響など様々な体調変化が滑舌に影響すると考えられる.また,嚥下障害などは口や

*1: 東海大学 情報通信学研究科 情報通信学専攻

*2: 東海大学 情報通信学部 情報メディア学科

*3: 東海大学 総合理工学研究科 総合理工学専攻

*1: Major of Information and Telecommunication Engineering ,
School of Information and Telecommunication Engineering ,
Tokai University

*2: School of Information and Telecommunication Engineering ,
Department of Information Media Technology , Tokai University

*3: Information Science and Engineering, School of Science and
Technology , Tokai University

舌周りの筋肉の衰えにより起こりやすくなるとも言われていることから診断やトレーニングにも使えると考えられる。

眼球運動の研究では、固視微動に注目し、ドライブシミュレータを用いた運転中の覚醒度、集中度をリアルタイムで評価できないかと考えた実験や^[15]90 分間の計算タスクを課すことで疲労感を与え、その中での固視微動の変化を測定する実験^[13]などを行ってきた。

固視微動とは、人がどこかを注視するときにも眼球が小刻みに揺れる動作で、これは3つの動特性に分けられ、比較的大きく速いマイクロサッカード、大きくてゆっくりとしたドリフト、小さくて高周波数のトレマーに分類される^[16]。通常、注視しているときに眼球が動いてしまう固視微動は視覚にとって妨げになると考えられてきたが、その逆で注視中に固視微動がない場合には、視覚像がすぐに見えなくなることが報告されている^[17]。また、固視微動の最も大きな成分であるマイクロサッカードでは人の心理状態に反映されて変化するとも言われている^[16]。固視微動以外にも眼球には感情や体調を表す情報として日常的に利用されており、これまでも、課題遂行時に生じた微小なサッカードの振幅は心理的ストレスの視標として利用できる可能性があるとして水科らが報告しているほか^[18]、ヒトの覚醒状態が瞳孔サイズや各種眼球運動（サッカード、前庭動眼反射、輻輳性眼球運動）に感度良く反映されることを示すものであり、用途に合わせた広い応用範囲が考えられると和久井らが報告している^[19]。また、随意性のサッカード眼球運動と同じ制御系を有するマイクロサッカード上に視覚的注意の影響が見られることが示唆され、マイクロサッカードの特性を指標とした視覚的注意の定量的測定の可能性が示されている^[20]。このようなことから眼球運動はその人の無意識的な変化が現れやすいことがわかる。そのためマイクロサッカード、ドリフト、トレマーを含む固視微動の変化を測定してきた。

これらのことから、口唇動作や眼球運動など顔の画像情報から心理物理的に体調を評価できると考え、研究を行っている。また、このような体調評価システムは使用するにあたり誰にでも簡単に使えるようなものにする必要がある。対象とする人を病院などに行きづらい高齢者や時間のない人とし気軽に体調を評価できるようなシステムを目指す。そのため誰でも簡単に使えるようなインタフェースとしてコミュニケーションロボットに組み込む提案を行う。

本論文では、体調評価システムの提案を述べ、それに必要な情報の構成についての検討を行う、口唇動作について2章で、眼球運動について3章で述べ、体調評価システムを組み込むロボットの提案について4章で述べる。

2. 提案する体調評価システム

顔の画像から疲労や体調を測定する体調評価システムについて提案する。例として、体調があまり優れない日などにこのシステムで測定することで体調の良悪を客観的に評価することができ病気の早期発見など、病院へ行くことを促す判断材料にすることができるようなシステムを目指す。具体的にはカメラに向かって文章を発話し、眼球を動かす課題をするなど数分間行いそれをリアルタイムで解析し結果を出すものとする。日頃からこれを行うことで微妙な変化を検出し疲労などの体調の変化に気づけるようなものを目指す。また、訪問介護の高齢者宅や高齢者施設などで使用するためのインタフェースとしてロボットに組み込むことで介護者の負担を減らしながら気軽に使うことができると考える。山田らの研究^[21]では、家庭内での運動を促進させるシステムをロボットに組み込み実空間のロボットと2次元上のロボットでの評価実験を行っている。その結果、実空間のロボットほうが好意的に受け止められるが、変化があまりないと飽きられやすく、工夫をすべきとしている。また、神田らの研究^[22]では自律行動し人間とかかわろうとする知能ロボットが人間に与える印象についての印象評価実験で視線制御が人間とのインタラクションに有効であると報告がしている。このような報告から、ロボットのインタフェースについても提案する。ロボットとのコミュニケーションを取りやすくするためには言語によるバーバルコミュニケーションと、手足のジェスチャーや視線などの言語以外のノンバーバルコミュニケーションによるものが必要である。最終的には体調評価システムを組み込んだロボットが自律的に話しかけ人と対話し、体調を評価できることを目標としている。そのための短期的な目標として

- (1) 口唇動作・眼球運動による疲労評価
- (2) 口唇動作取得のロボットへの組み込み
- (3) 眼球運動取得のロボットへの組み込み
- (4) コミュニケーションの取りやすいロボットの作成
- (5) ロボットの音声発話

が挙げられる

3. 体調評価システムの構成

体調評価システムを作るにあたり、体調を測定する要素として、口唇動作と眼球運動を利用する。

口唇動作と眼球運動は先行研究^[13]において使った実験で疲労を推定できる可能性が示唆されている。3.1節3.2節では実際にロボットで組み込むことを考慮し取得方法の検討を行う。

3.1 口唇動作について

3.1.1 口唇動作測定装置の機能紹介

口唇動作測定装置では、顔全体をカメラに収めることで顔全体(眉、目、鼻、口、輪郭)の特徴点を取ることができ、特

特徴点の総数は78点である。口唇周辺の特徴点は20点である。予備実験^[13]では特徴点の測定は1pixel以内の精度で取得できることを確かめている。フレームレートは30FPSで動作し、解像度は640*480で取得することができる。また、測定終了時に動画(.avi形式)、音声(.wav形式)、特徴点(.csv形式)で出力する。図1に口唇動作測定装置の動作画面と図2に口唇周辺の特徴点のナンバリングを示す。先行研究の実験では発話文章を表示部に出し、それを被験者に発話させ、その口唇動作を取得していた。また口唇動作のデータ解析は口唇の開口面積や開口時間などを比較している。

3.1.2 口唇動作測定装置の開発

口唇動作測定装置は、Intel®RealSense™SDK^[23]を基に、VisualStudio 2015でC#言語で作成した。動画取得にはOpenCVsharp^[24]、音声取得にはNauído^[25]を使用した。また、使用するカメラはPC内蔵のカメラや通常の可視光カメラで動作するがIntel®RealSense™SDKでは、Depthカメラを搭載したIntel®RealSense™SR300^[26]カメラを使用することで、顔までの距離や顔の回転角度を3軸で計測することもできる。図3に口唇動作装置のフローチャートを、表1に動作要件を示す。

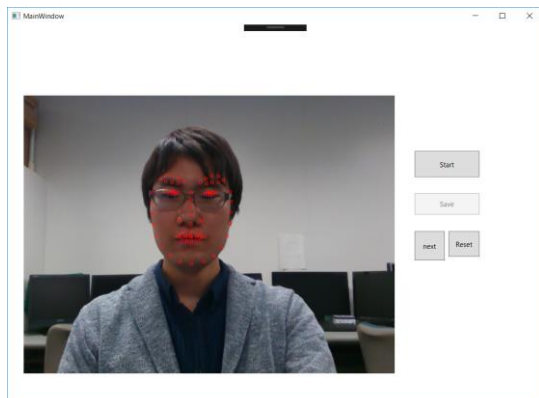


図1 口唇動作測定装置の動作画面

Fig.1 The screen showing the lip-movement analyzer

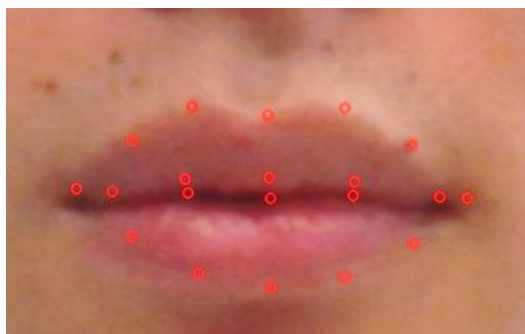


図2 口唇周辺の特徴点

Fig.2 Feature points around the mouth

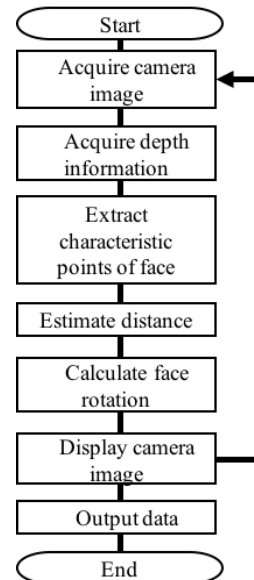


図3 口唇動作測定装置の動作フロー

Fig.3 flow chart of lip-movement analyzer

表1 口唇動作測定装置の動作要件

Table.1 Operation requirements of the lips movement analyzer

PC	FRXN Series (5174-a106-99-10s-102) , Frontier Co., Yokohama
OS	Microsoft Windows 10 OS 64bit
CPU	Inter®Core™i7-7700HQ CPU 2.80GHz
RAM	16GB
Camera	Intel®RealSense™SR300

3.2 眼球運動について

3.2.1 望ましい眼球運動の測定法

これまでの研究^[13]では眼球運動の測定には nac image technology 社の EMR-8B^[27]を使用してきた。これは帽子についているアイカメラで眼球を撮影し、眼球運動を取得する装着型であり、眼球運動検出に瞳孔/角膜反射方式を採用している。赤外線を顔に照射し、それによってできた角膜反射の位置と瞳孔の位置から視線を検出する方式である。装着ズレによる計測誤差を解消し、安定した視線計測が可能であり、長時間計測時の装着違和感も少ない。測定範囲は直径40°の円内で検出レートは60Hzである。長時間の実験や顔が動くことが多い場合には装着型のものが向いている。しかし、今回提案する体調評価システムのように短時間で顔を動かす必要のない課題の場合では非接触の眼球運動の測定法でも良いと考える。非接触のものには竹井機器工業株式会社の TalkEyeFree^[28]やゲームアプリケーション向けの Tobii Technology 社の Tobii eye tracker^[29]などがある。これらも瞳孔/角膜反射方式を採用しており、非接触であるため今回のシステムにもマッチしている。

さらに最近では目頭や虹彩から可視光カメラによる画像

処理で視線を検出する仕組みもあり,これを使うことで可視光カメラ1台でも体調評価を行うことができる.今後,眼球運動についても口唇動作のように可視光カメラでの計測を可能にすることが最も望ましいと考えるが,照明の変化に弱い,一般的な赤外光を使用する方式も検討を行っている.

3.2.2 固視微動の検出

眼球測定装置の検出レートが 60Hz,つまり約 16.6ms 単位で眼球運動データを取得できる場合における固視微動の検出方法で考える.注視の定義としてサンプリング間隔のサッカード応期 (150~160ms) より長くするといった跳躍運動で動いて元の点に戻ってきたものまで注視成分に含んでしまう可能性があるため,サンプリング間隔の上限として 150ms とすると山田らは定義している [30].F に検出レートを入れ計算すると 1 周期の時間 t (ms) は次の(1)式のようになる.

$$t = 1000/f \cdots (1)$$

注視の定義である 150ms を適用すると, $16.6\text{ms} \times 9 = 149.4\text{ms} \approx 150\text{ms}$ となり, 9 サンプル単位で注視の範囲を抽出することが望ましい.我々は 60Hz の場合で 9 サンプル単位の眼球運動速度の閾速度である $5^\circ / \text{sec}$ の範囲に含まれるものを固視微動として抽出した.

4. ロボットの提案

体調評価システムをロボットに組み込むにあたり,どのようなタイプのロボットに組み込む必要があるかを考える.使う対象を若年層から高齢層まで幅広い層に向けて考えると,親しみやすい見た目や,情報が分かりやすいなどが挙げられる.特にコミュニケーションの面ではロボットとの意思疎通ができない場合に使うことを躊躇してしまうことが考えられる.2 章で述べた(4)においても目標としており,これらの点からジェスチャーや表情などの動きが分かりやすいロボットなどが適していると考えられる.そのなかでも視線は相手の動きに合わせて視線を動かすことでより注視されている感覚を与えること^[31]や視線で人とのインタラクション^[22]に有効であることが報告されているため眼球運動できる眼球をロボットに組み込むこととした.また,発話と口唇動作が同期しない場合とても不自然に感じるものが腹話術などからよくわかる.つまりロボットでも発話と口唇動作が同期することで自然なコミュニケーションがとりやすいと考えられる.

これらから,今回は 4.1 節でロボットの目についての提案と,4.2 節で口唇についての提案を行う.

4.1 ロボット眼球の提案

眼球の提案として,ロボットの目を埋め込めるように小さなディスプレイに表示するべきだと考える.表示は 4DSYSTEMS 社の有機 LED ディスプレイを使用する.表

示エリアは 27.0 *27.0 mm で解像度は 128*128 である.また,これを表示させる為の制御用マイコンとして Arduino Leonardo を利用しシリアル通信で接続する.また,最終的には目を 2 つにするためこれを 2 セット用意し,制御できるようにする必要がある.モバイルバッテリーなどで電源を供給することで組み込んで使うことを想定している.これを利用者の視線などの状況に合わせて目の動きを変えることを目指す.図 4 に目を表示する構成案を示す.

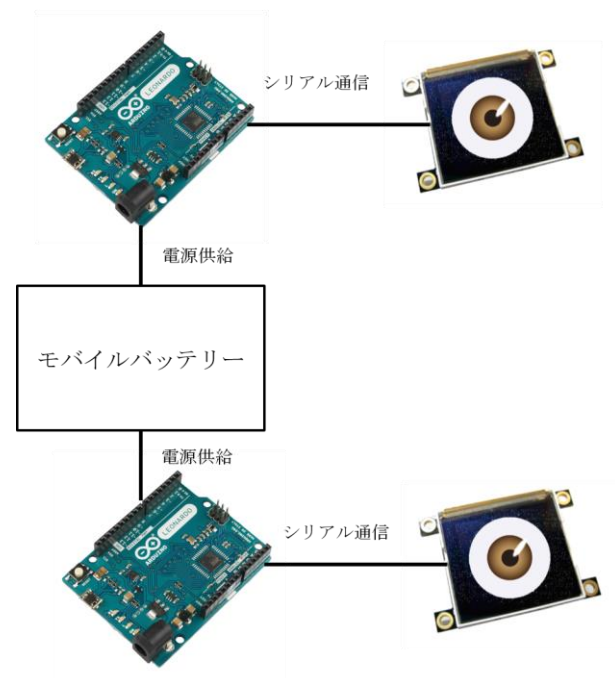


図 4 眼球表示の構成案
Fig.4 Proposal plan for eyeball display

4.2 ロボット口唇の提案

口唇動作の表示をするにあたり,今までの口唇動作取得装置で取得した口唇の動作データを基に口唇を動かすようなシステムが良いと考えられる.例えば,アナウンサーなど日ごろから正しい発話をしている人の口唇動作を取得し,それを CG 上で動かすことでロボットの発話もより分かりやすく,さらに発話トレーニングとしても使えるのではないかと考えられる.参考として Oculus Lipsync Unity^[32]のサンプルを使用した.これは,マイクで受けた音声の母音から事前に設定した口唇の形を動かせるものである.また,実際の口唇動作に近づけるために口唇動作測定装置で取得した口唇データ(図 2 の特徴点)を基に口唇の形を再現した.図 5 に”あ”を図 6 に”い”,図 7 に”う” 発話時の Oculus Lipsync Unity と口唇の特徴点をそれぞれ示す.比較すると口唇の開き方に差があるように見える.これは,Oculus Lipsync Unity では発話音声の母音をもとに決まった音声の母音の形に口が変形するため,実際の人が発する口の開き方と同じではないためである.口唇動作測定装置では実際に取得した口唇の動作履歴のデータであるため人によって違う口の開き方になる.そのため

よりリアルな口唇を表現するために発話する音量や声色によっても動作を変えることも考えられる。このように実際の人の発話時の口唇動作を使用することで発話内容に合わせたより自然な口唇動作を再現できると考えている。

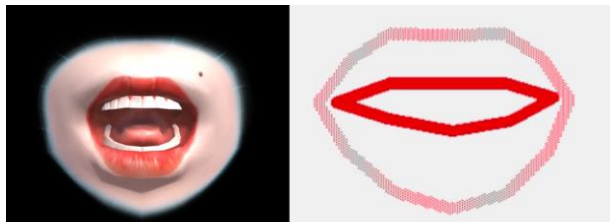


図5 “あ”発話時の口唇形状
(左 : Oculus Lip Sync Unity)
(右 : 口唇動作測定装置取得データ)
Fig.5 Lip shape of when uttering "a"
(Left : Oculus Lip Sync Unity)
(Right : Lip-movement analyzer)

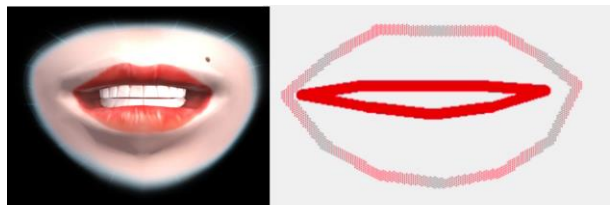


図6 “い”発話時の口唇形状
(左 : Oculus Lip Sync Unity)
(右 : 口唇動作測定装置取得データ)
Fig.6 Lip shape of when uttering "i"
(Left : Oculus Lip Sync Unity)
(Right : Lip -movement analyzer)

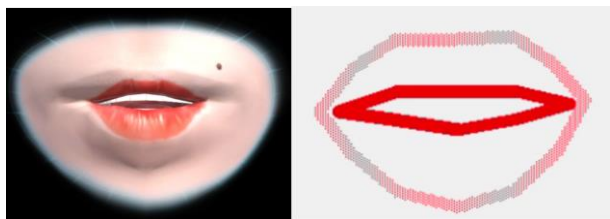


図7 “う”発話時の口唇形状
(左 : Oculus Lip Sync Unity)
(右 : 口唇動作測定装置取得データ)
Fig.7 Lip shape of when uttering "u"
(Left : Oculus Lip Sync Unity)
(Right : Lip -movement analyzer)

5. まとめ

体調評価システムを制作するにあたり,最初の段階として口唇動作と眼球運動の測定から体調を推定するために,口唇動作測定装置を開発した。眼球運動の測定にはロボットに組み込むことを考え,非接触型のもののでできれば可視光カメラのみで取ることができものを利用すべきだと考えた。また,体調評価システムを介護などに利用しやすい形として,ロボットに組み込むことを考えた。具体

的な目標として(1)口唇動作・眼球運動による疲労評価,(2)口唇動作取得のロボットへの組み込み,(3)眼球運動取得のロボットへの組み込み,(4)コミュニケーションの取りやすいロボットの作成,(5)ロボットの音声発話を考え,本論文では(1)(2)(3)(4)についての提案を行った。(5)については今後の課題とし,(1)～(4)についても今後開発に取り組んでいく。今後は,開発したロボットの評価実験などを行うとともに体調推定を簡単にできる体調評価システムの有効性を検討していく。

謝辞

本研究は科研費(16K01566)の助成を受けたものである。ここに深く謝意を表する。

参考文献

- [1] 内閣府 : 平成 30 年版高齢社会白書 第 1 章高齢化の状況
[http :
//www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf](http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf)
(2018 年 7 月 14 日アクセス)
- [2] 内閣府 : 平成 30 年版少子化対策白書 第 1 章少子化をめぐる現状
<http://www8.cao.go.jp/shoushi/shoushika/whitepaper/measures/w-2018/30pdfgaiyoh/pdf/s1-1.pdf>(2018 年 7 月 14 日アクセス)
- [3] 厚生労働省,経済産業省 : 介護ロボットの開発普及の促進
<http://www.meti.go.jp/press/2017/10/20171012001/20171012001-1.pdf>
(2018 年 7 月 14 日アクセス)
- [4] 厚生労働省 : ロボット技術の介護利用における重点分野 PDF(2018 年 7 月 14 日アクセス)
- [5] 佐藤,川畑,田中,山海 : ロボットスーツ HAL による移動介助動作の支援 ; 日本機械学会論文集 (C 編)76 巻 762 号 pp.227-235(2010)
- [6] 鈴木,大澤,森 : 排泄介護支援ロボット「トイレアシスト」の開発 ; 川田技法 Vol.28,pp.48-53(2009)
- [7] 藤井,河野 : ロボットアシストウォーカー RT.1 の開発 ; 日本ロボット学会誌,Vol.34,No.4,pp.254-259,(2016)
- [8] 柴田 ; メンタルコミットロボット「パロ」の開発と普及 ; 情報管理,Vol.60,No.4,July,(2017)
- [9] 象印マホービン株式会社 : みまもりほっとライン
<http://www.mimamori.net/service/>(2018 年 7 月 14 日アクセス)
- [10] Panasonic : エアコン見守りサービス
<http://mimamori.apc.panasonic.com/> (2018 年 7 月 14 日アクセス)
- [11] Panasonic : 感情・体調センシング
<https://industrial.panasonic.com/jp/products-ex/ceatec2017co/sensing>
(2018 年 7 月 14 日アクセス)
- [12] E. Wakamatsu, Y. Hoshino and M Yamada : Proposal for an Utterance Training Method Based on Lip Movements ; IMQA2014, pp.44-47 (2014)
- [13] 菅沼, 黒澤, 望月, 星野, 山田 : 口唇動作と眼球運動を用いたパラランゲージによる疲労評価手法の検討 ; 特定非営利活

動法人パーソナルコンピュータ利用技術学会 (JPCATS), vol.12, No.1,(2018)

[14] 橋本 : 精神疲労の検査 ; 人間工学, Vol.17, No. 3, pp.107-113 (1981)

[15] 斎藤, 飯塚, 山田 : 4K ドライビングシミュレーターによる注視点分析 ; 信学技報, Vol.115, No.133, IMQ2015-8, pp.5-8 (2015)

[16] 金子 : 固視微動 ; 映像情報メディア学会誌, Vol.63, No.11, pp.1538-1539 (2009)

[17] R. W. DITCHBURN & B. L. GINSBORG : Vision with a Stabilized Retinal Image ; Nature ,volume 170, pages 36-37 (05 July 1952)

[18] 水科, 阪本, 金子 : 課題遂行時の作業負荷により誘発された心理的ストレスとサッカー眼球運動の動特性との関係 ; 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.94, No.10, pp.1640-1651 (2011)

[19] 和久井, 平 : 眼球・瞳孔運動に現れる覚醒状態とその神経機構;日本神経回路学会誌, Vol.21, No.1, pp.20-31 (2014)

[20] 小濱, 新開, 臼井 : マイクロサッカーの解析に基づく視覚的注意の定量的測定 ; 映像情報メディア学会誌, Vol.52, No.4, pp.571-576 (1998)

[21] 山田,大須賀,橋本,井上,中泉 : 家庭内で身体活動を促進させるシステムの提案とロボットの働きかけの効果について ; 人間工学,Vol.46 , No.3,pp230-236(2010)

[22] 神田,石黒,石田 : 人間-ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価 ; 日本ロボット学会誌 Vol. 19 No. 3, pp.362-371, (2001)

[23]Intel®RealSense™SDK:

<https://software.intel.com/en-us/realsense-sdk-windows-eol> (2018 年 7 月 14 日アクセス)

[24] opencvsharp : <https://github.com/shimat/opencvsharp> (2018 年 7 月 14 日アクセス)

[25] NAudio : <https://github.com/naudio/NAudio>(2018 年 7 月 14 日アクセス)

[26] インテル® RealSense カメラ SR300
<https://ark.intel.com/ja/products/92329/Intel-RealSense-Camera-SR300>(2018 年 7 月 14 日アクセス)

[27] 小型/軽量・眼球運動計測装置 EMR-8B:
https://www.eyemark.jp/product/emr_8/01/index.html(2018 年 7 月 14 日アクセス)

[28] 竹井機器工業株式会社 Talk eye free:
<http://www.takei-si.co.jp/productinfo/detail/294.html>(2018 年 7 月 14 日アクセス)

[29] Tobii Eye Tracker 4C:
<https://tobiigaming.com/product/tobii-eye-tracker-4c/>(2018 年 7 月 14 日アクセス)

[30] 山田, 福田 : 画像における注視点の定義と画像分析への応用 ; 電子通信学会論文誌 D, Vol.69, No.9, pp.1335-1342 (1986)

[31] 吉川,篠沢,石黒,萩田,宮本 : 答的注視ロボットによる被注視感の提示 ; 情報処理学会論文

誌,Vol.48,No.3,pp.1284-1293(2007)

[32]Oculus Lipsync Unity :

<https://developer.oculus.com/downloads/package/oculus-lipsync-unity/>(2018 年 7 月 14 日アクセス)