

一般口演 | 医療データ解析

一般口演13 モデル構築・検証

2021年11月20日(土) 14:10 ～ 16:10 D会場 (2号館1階212)

[3-D-1-06] 重症心身障害児者の表情筋の動きによるストレス指標モデルの妥当性の検証

*横関 恵美子¹、池本 有里²、細川 康輝²、木田 菊恵¹、山本 耕司²（1. 四国大学看護学部看護学科, 2. 四国大学経営情報学部メディア情報学科）

*Emiko Yokozeki¹, Yuri Ikemoto², Yasuteru Hosokawa², Kikue Kida¹, Kohji Yamamoto²（1. 四国大学看護学部看護学科, 2. 四国大学経営情報学部メディア情報学科）

キーワード：Children with SMID, Muscles of facial expression, Stress

近年、医療機器や技術は飛躍的な進歩を遂げ、ヘルスケアの市場規模も急激に拡大している。その結果、私たちの日常生活場面での様々な健康・生体情報が可視化されるようになってきたが、その情報の利活用は、まだ、特定の分野に限られている。現在、注目されている「Society 5.0」では年齢や障害に依らない社会を目指して、分野横断的に知識や情報が共有される新たな価値を生み出すことが期待されている。筆者らは言葉や身体を使っての意思表示が難しく、表情の変化も乏しい重症心身障害児者（以下、重症児者）の「快・不快」の状態をお知らせするシステムの開発に取り組んでいる。人の感情を読み取る際、表情やしぐさは言葉以上に重要となることがしばしばあるが、重症児者は、それらの反応が微細であり、養育介護する家族や専門職者も理解できないことが多い。そこで、筆者らは、重症児者のストレスを示す表情筋の動きを重回帰分析により指標となる特徴量を抽出した。今回は、筆者らが確立した表情筋の動きによるストレス指標モデルを、機械学習機能を備えた予測分析ソフトに適用し、その妥当性を検証した。収集したデータの種類は、心拍数と表情筋の変化とし、心拍数をストレスの指標とした場合（分析1）と、家族や専門職者の見解を参考にストレスを有・無の2値分類した場合（分析2）について、Sony製AI分析ツール「Prediction One」を適用した。その結果、筆者らが確立した重症児者の表情筋の動きに着目したストレス指標モデルが正しいことを追認することができた。筆者らは現在、オープンソースのフレームワークを用いた表情筋変化の時系列分析をすることで、ストレスを自動検知するシステムの開発を行っているが、本研究により、その方向性が妥当であることを検証できた。

重症心身障害児者の表情筋の動きによる ストレス指標モデルの妥当性の検証

横関恵美子^{*1}, 池本有里^{*2}, 細川康輝^{*2}
木田菊恵^{*1}, 山本耕司^{*2}

*1 四国大学看護学部看護学科

*2 四国大学経営情報学部メディア情報学科

Validity of Stress-Indexical Model Verified by the Facial Muscle Movement in Children with Severe Motor and Intellectual Disabilities

Emiko Yokozeki^{*1}, Yuri Ikemoto^{*2}, Yasuteru Hosokawa^{*2}

Kikue Kida^{*1}, Kohji Yamamoto^{*2}

*1 Shikoku University Faculty of Nursing Department of Nursing,

*2 Shikoku University Faculty of Management and Information Science
Department of Media and Information Systems

Abstract

Medical devices and technologies have made great strides in recent years, making visualization of various health and biological information of our daily life possible. In our study, we developed a system to recognize the "pleasant/unpleasant" state of the children with severe motor and intellectual disabilities (SMID), who cannot express their intentions using words or body, rather they do so using facial expressions, that is, using facial muscles to show very slight reactions. These expressions are subtle and often incomprehensible, even to family members and caring professionals. Therefore, the authors extracted the characteristics of stress-related expressions by performing multi-regression analysis from facial muscle movements in children with SMID. We analyzed the movement of facial muscles using an artificial intelligence (AI) analysis tool equipped with a machine learning function and verified the validity of the feature extraction. The analysis was applied to a patient whose heart rate was used as an indicator of stress (Analysis 1) and to another patient whose stress was binarized in the opinion of family and experts (Analysis 2). As a result, the stress-indicating features extracted by the AI analysis tool from the movements of the facial muscles of children with SMID matched the features extracted earlier by multiple regression analysis, which verified the analysis results to be valid. This also confirmed the usefulness of the stress indexical model which focused on the movement of facial muscles.

Keywords: children with SMID, Muscles of facial expression, Stress

1. 結論

医療技術の進歩や重症心身障害者の高齢化¹⁾によって、障害の程度が重くても、呼吸管理や栄養管理などの医療的ケアを受けながら家庭で生活する重症心身障害児者(以下、重症児者)が増加している。

重症児者は、生命維持のための医療的ケアが不可欠であり、養育者が、その手技等を看護師等の専門職者からトレーニングを受けたうえで、医療機関から在宅へと移行する。このとき、養育者は医療的ケアのための処置の指標となる数値等については、可視化した情報を医療機関において確認できる。しかし、重症児者との意思疎通方法や重症児者の示す反応の意味については、養育者自身の感覚で理解していくしかない。そのため、その困難さ故に養育者は身体的・精神的・社会的負担がかなり大きいのが現状である。

重症児者は、出生前、周産期、出生後に何らかの原因によって低酸素や脳炎による脳損傷を起こすことによる重度の知的障害と重度の肢体不自由が重複する²⁾。そのため、言葉や動作による意思表示が難しく、表情の変化も微細である³⁾。人の感情を読み取る際、表情やしぐさは言葉以上に重要となる

ことがしばしばあるが、重症児者は、それらの反応が微細であることにより、養育介護する家族や専門職者の負担を大きくしている⁴⁻⁹⁾。

一方、近年、医療機器や技術は飛躍的な進歩を遂げ、ヘルスケアの市場規模も急激に拡大している。その結果、日常生活場面での様々な健康・生体情報が可視化されるようになってきた。このデジタル化が進化した社会像である「Society 5.0」では、年齢や障害に依らない社会を目指して分野横断的に知識や情報が共有され、そこでは、様々なセンサーを介して取得した大量のデータから AI が特徴や特性を見出すことが想定されており、新たな価値を生み出すことが期待されている。

筆者らもまたセンサーの技術を活用し、言葉や身体を使っている意思表示が難しく、表情の変化も乏しい重症児者の「快・不快」の状態をお知らせするシステムの開発に取り組んでいる。しかしながら、表情や筋緊張の変化に対する解釈は、受け取る側の関心や在り方によって異なり¹⁰⁾、経験や主観に影響される可能性がある。重症児者を在宅で養育する家族の負担を軽減するためには、「重症児の意思や反応の理解」

と「理解した情報の共有」が重要な要素である。そのため、先に報告した研究成果^{11~12)}を踏まえながら、重症児者の微細な表情筋の動きをセンサーで認識し、養育者・専門職者の経験知と照らして、快・不快の状態を可視化するシステム(図 1)として利用できるようにしようとしている。

筆者らは、先に重症児者 1 名の表情筋の動きをセンシングし、心拍数を従属変数として、イベント前後で表情筋の動きに有意差があった項目を独立変数として重回帰分析し、ストレス指標となる特徴量を抽出し報告した¹³⁾。

この筆者らの研究は、各種センサーを活用し、重症児者の生体情報を時系列データとして継続的に収集・分析し、体調の急変などを検知して重大な状況に至る可能性を予測するためのモデルを作成することである。そのため、今回は、まず家族と専門職者の経験をもとに、吸引時前後の場面の画像データを評価し、「ストレスがある(普段と違う):1」、「ストレスがない(普段と同じ):0」に分類した。そして、ストレスの有無を従属変数としたロジスティック回帰分析を行った。その上で、心拍数を従属変数とした変数増加法による重回帰分析の結果と合わせて、重症児者のストレス評価モデルを作成した。

次に、作成したモデルの妥当性を検証するため、ソニーネットワークコミュニケーションズ株式会社によって開発された AI 予測分析ツールを使用して、特徴量の抽出を行った。

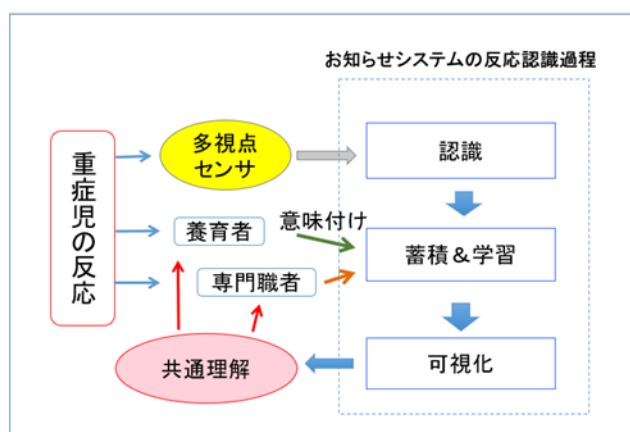


図 1. 重症児者の反応を視覚化共有化する方法¹²⁾

2. 目的

今回の研究目的は以下の 2 点である。

- 1) 普段重症児者に関わっている家族や専門職者が画像や状況からストレスの有無を判断し、それらの結果を統計学的に分析し、先に報告した心拍変動をストレスの指標として表情筋の動きを分析した結果を検証する。
- 2) 機械学習機能を備えた AI 予測分析ソフトによってストレスの有無と関係のある表情筋の動きを抽出し、1) による表情筋の動きをストレス指標としたモデルの評価項目の妥当性、精度を検証する。

3. 方法

3.1 研究協力者の募集

所属機関の研究倫理委員会における倫理審査承認(承認番号:2019034, 2019045)後、施設の承諾を得て、施設に通院する重症児者(大島分類 1~4)の保護者(家族)に説明文と協力同意書、返信用切手を貼った封筒を配り、研究協力者

を募集した。

3.2 データ収集の期間

2019 年 10 月~2020 年 1 月

3.3 データ収集の方法

重症児者のケアを専門に行っている療育センターにおいて、事前に説明し同意を得た重症児者に対して、測定自体がストレスとならないよう細心の注意を払いながら、日常生活の中で心拍数、表情をデータ収集し¹⁴⁾数値化した。心拍数は、パルスオキシメータリストックス 2 モデル 3150BLE で取得し、CSV データとして 1 秒毎に出力した。表情筋の動きは、小型カメラを顔の動きがわかる位置・角度に固定して設置し、Face Reader 8(Noldus 社)を用い、表情筋の収縮による表情変化 20 項目を 1 秒毎に出力した。データ数(n)は 492 である。なお、出力された表情筋の動きのデータに 1 項目でも欠損値があるときは、該当する時刻の心拍数と 20 項目の表情筋の動きのデータセット全てを削除した。

3.4 分析方法

重症児者は、不安、不満、興奮、精神的ストレスなどの心理的要因により筋緊張が増加するといわれている¹⁵⁾。また、不安や苦痛などのストレスが加わることによって交感神経系のはたらきが活発になり、心拍数や呼吸数の上昇がみられる¹⁶⁾。そこで、心拍数(ここではパルスオキシメータで採取した脈拍数を心拍数と表記する)をストレスの強度を示す手がかりとしてストレス時に動く表情筋を特定した項目を、吸引前後の画像データを確認した養育者や専門職者の見解と合わせて重症児者のストレスの有無を判別したデータによって検証した。そして、さらに予測分析ツールによって妥当性を評価した。

方法 1: 心拍数をストレスの指標とした場合

心拍数をストレスの強度を示す手がかりとし、心拍数を従属変数、表情筋の収縮による表情変化 20 項目を独立変数として、IBM SPSS Statistics Version26 を用いた変数増加法による重回帰分析(有意水準は 5%)を実施した。

方法 2: 家族等の見解をもとにストレス有無を判別した場合

吸引時前後の場面の画像データを「ストレスがある(普段と違う):1」、「ストレスがない(普段と同じ):0」に分類し、これを従属変数、表情筋の収縮による表情変化 20 項目を共変数として、IBM SPSS Statistics Version26 を用いた変数増加法(尤度比)によるロジスティック回帰分析(有意水準は 5%)を行った。

方法 3: 機械学習によるモデルの検証

ソニーネットワークコミュニケーションズ株式会社が開発した予測分析ツール「Prediction One」を使用して、抽出された項目を参考に提案したモデルの妥当性の評価を行う。

3.5 倫理的配慮

データ収集時の留意点として、慣れない刺激による緊張の増大に伴うストレス、それに伴う呼吸抑制やてんかん発作の誘発を予防するために、関わりにおいて注意すべきことを事前に確認した。また、感染症に罹患すると呼吸障害の悪化を

招き、生命維持の危機的状態に至ることもある。そこで、専門職者の協力を得ながら、十分な感染対策を実施したうえでデータ収集を行った。

被験者への配慮として、表情をカメラで撮影することに対し、被検者(研究協力者および重症児の家族)がプライバシーに不安を感じる可能性があるため、収集した表情解析データは、その場で被験者にも確認してもらい、安心と信頼を得る配慮をした。

3.6 用語の定義

1) 重症児(者)スコア²⁾

同じ重症心身障害児(者)であっても、更に医療や看護、介護を密に必要とするケースが増えている。呼吸管理のために気管切開や人工呼吸器、酸素吸入を必要とし、常時頻回に喀痰の吸引が求められ、他にも経管栄養や腎臓透析が必要な児(者)もいる。こうした児(者)を重症児スコアによって分類し、それぞれ点数によって超重症児(者)、準超重症児(者)と呼び、入院医療費の上でも加算の対象となっている。

重症児スコアとは、運動機能が座位までであり、上記のような医療的ケアなどの各項目に規定する状態が6カ月以上継続する場合に、それぞれのスコアを合算したもので表わされる。判定スコアの合計が25点以上の場合を超重症児(者)、10点以上25点未満である場合を準超重症児(者)としている。

4. 結果

4.1 研究協力者の概要

研究協力者は、大島分類1の脳性麻痺11歳男児(以後、

症例1)である。在宅でもパルスオキシメータを使用しており、気管切開、人工呼吸器装着、吸引、経管栄養(胃瘻)の医療的ケアを必要とする重症児者スコア37の子どもであり、家族は10年以上の間、在宅で養育を行ってきた。

データ収集場面は、喀痰貯留のため吸引した直後で心拍数の上昇と動脈血酸素飽和度(SPO₂)の低下が見られた約6分間(A)とその後心拍数と経皮的動脈血酸素飽和度がいつもの数値に戻った約3分間(B)である。これらの状況について、養育者も専門職者も児にとって苦痛を伴う処置と解釈している。すなわち吸引も苦しいが、吸引することによって楽になったと判断できる。

4.2 心拍数をストレスの指標とした方法1の場合

まず、心拍変動をストレスの有無の手がかりとして表情筋の動きに対して、変数増加法による重回帰分析を行った。結果は、表情変化の項目として「20 閉眼(p=0.00)」、「2 眉の外側を上げる(p=0.00)」、「17 顎を下げて唇を開く(p=0.00)」、「18 顎を下げて唇を開く(p=0.00)」、「19 口を大きく開く(p=0.01)」、「6 瞼を緊張させる(p=0.02)」の6項目でモデルが構成され、p<0.05で全項目有意性があつた。VIFは、全項目1.5未満であることから多重共線性は生じている可能性はない。また、分散分析表の結果、F値の有意確率はp=0.00(p<0.01)を示しており、この回帰式は有効である。調整済みR²乗は0.746であり、この6変数で心拍数変化を約75%説明している。

心拍数に影響を及ぼす項目としては、標準化係数(β)の値から、「20 閉眼(β=-0.63)」、「2 眉の外側を上げる(β=-0.30)」の順に影響力が大きかった。

表 1. 重回帰分析の結果

表情筋の動きの項目	偏回帰係数 (B)	標準化係数 (β)	有意確率 (p)	B の 95.0% 信頼区間		調整済み R ² 乗	データ数(n)
				下限	上限		
(定数)	130.51		0.00 **	127.65	133.37		
20閉眼	-88.60	-0.63	0.00 **	-96.01	-81.19		
2眉の外側を上げる	-295.07	-0.30	0.00 **	-349.16	-240.97		
17顎を下げて唇を開く	170.83	0.17	0.00 **	123.13	218.54	0.75	492
18顎を下げて唇を開く	-16.78	-0.10	0.00 **	-25.39	-8.18		
19口を大きく開く	-14.89	-0.06	0.01 **	-26.09	-3.69		
6瞼を緊張させる	-54.76	-0.06	0.02 *	-98.96	-10.55		

変数増加法

従属変数 心拍数(ここでは、パルスオキシメーターで測定した脈拍数のことである)

*p<0.05. **p<0.01.

表情筋の動き20項目を独立変数として、変数増加法による重回帰分析を実施した結果である。最大の項目数で作成されたモデルを示している。VIFは、全項目1.5未満であることから多重共線性は生じている可能性はない。

4.3 家族等の見解をもとにストレス有無を判別した方法2の場合

次に、症例1について吸引時前後の場面の画像データから、「ストレスがある(普段と違う):1」、「ストレスがない(普段と同じ):0」に分類した。ストレスの有無を従属変数、表情筋の動き20項目を共変数として、変数増加法(最尤法)によるロジスティック回帰分析を行った。

結果は、最終ステップのモデル変数として、「2眉の外側を上げる($p=0.00$)」、「6 瞼を緊張させる($p=0.00$)」、「18 顎を下げずに唇を開く($p=0.97$)」、「20 閉眼($p=0.00$)」であった。

そこで、「18 顎を下げずに唇を開く」を除いて19項目で、変数増加法(最尤法)によるロジスティック回帰分析を行った。そ

の結果、モデル係数のオムニバス検定において最終ステップの有意確率を確認すると、 $p=0.000$ ($p<0.05$)であり、モデルの有意性ありと評価した。モデルの適合度の確認は、Hosmer と Lemeshow の検定により $p=0.734$ ($p\geq 0.05$)であり適合性は良い。モデルの的中率を分類テーブルで確認すると全体のパーセントは 96.0 を示しており、的中率 96.0%であった。各変数の有意確率は 5%未満のため、Exp(B)は有意性がある。よって、Exp(B)の値から、「2 眉の外側を上げる($\text{Exp(B)}=2.11$)」、「6 瞼を緊張させる($\text{Exp(B)}=1.37$)」、「20 閉眼($\text{Exp(B)}=1.26$)」の順に影響力が大きかった。また、EXP(B) の 95% 信頼区間に1を含んでいない。

表 2. ロジスティック回帰分析の結果

表情筋の動きの項目	偏回帰係数 (B)	有意確率 (p)	Exp(B)	EXP(B) の 95% 信頼区間		データ数(n)
				下限	上限	
2眉の外側を上げる	0.74	0.00 **	2.11	1.66	2.68	492
6瞼を緊張させる	0.31	0.00 **	1.37	1.15	1.62	
20閉眼	0.23	0.00 **	1.26	1.19	1.33	
19口を大きく開く	0.10	0.00 **	1.10	1.05	1.16	
17顎を下げずに唇を開く	0.06	0.01 **	1.06	1.01	1.10	
定数	-11.70	0.00 **	0.00			

変数増加法 (尤度比)

従属変数 心拍数 (ここでは、パルスオキシメーターで測定した脈拍数のことである)

* $p<0.05$. ** $p<0.01$.

4.4 機械学習を用いた方法3による予測分析の結果

機械学習を用いた AI 予測分析ソフト「Prediction One」を用い、心拍数をストレスの指標として、分析を行った。その結果、モデルを構成する変数として、「2 眉の外側を上げる」、「17 顎を下げずに唇を開く」、「20 閉眼」、「19 口を大きく開く」、「6 瞼を緊張させる」の 5 項目が抽出された。モデルの精度は、約 78%であった。心拍数への寄与率は、「17 顎を下げずに唇を開く」、「20 閉眼」、「2 眉の外側を上げる」の順に高かった。

次に、「ストレスがある(普段と違う):1」、「ストレスがない(普段と同じ):0」の2値分類を行った。「2眉の外側を上げる」、「17 顎を下げずに唇を開く」、「20 閉眼」、「19 口を大きく開く」、「6 瞼を緊張させる」の 5 項目でモデルが作成された。モデルの精度は 99.7%であった。また、各項目の「ストレスがある(普段と違う):1」への寄与度は、「2 眉の外側を上げる」が最も大きかった。また、ストレス「ストレスがない(普段と同じ):0」への寄与度は、「20 閉眼」が大きかった。

5. 考察

筆者らは、これまで重症児者の家族やケアに携わる専門職者の経験の中で培われてきた重症児者の反応を理解するというスキルについて、経験値に左右されない、そして理解するまでの負担を軽減することを目指して本研究に取り組んできた。

先の報告¹³⁾では、イベント前後の表情の変化1事例のストレスの程度が違っていると判断した3場面の重回帰分析の結果から、「2眉の外側を上げる」という項目は、重症児者のストレスの大きさを判別する特異点として活用できる可能性があることを報告した。また、ストレスの程度を統一して分析するために、喀痰吸引場面のデータ収集を行うことができた4事例について、重回帰分析を行い、モデルを構成した変数の共通する項目として、「眉を上げる」ことに特徴があることを報告した¹⁷⁾。

これらをもとに、症例1の痰吸引というイベントに焦点をあて、ストレスの有無を判断する手掛かりとして心拍数の変化を用いた重回帰分析の結果を、家族と専門職者の見解を参考にした判別結果を参考にしたロジスティック回帰分析の結果によって、妥当性を証明することができた。さらに、このことは、機械学習を用いた予測分析によって、ストレス時の指標となる表情について比較評価することができた。これらの結果をもとに、モデルを構成する概念として、表情筋の動きの項目である変数の共通性、影響度から以下のように考察できる。

本研究で対象とした重症児者は、養育期間が長く、家族も専門職者も児の快・不快がある程度わかるもので、心拍数を指標とした重回帰分析とストレスの有無を判断したデータによるロジスティック回帰分析の結果から、ストレスの指標として「2眉の外側を上げる」という項目が特定できると言える。また、機械学習を用いた方法3による予測分析の結果においても、「ストレス

がある(普段と違う):1」に対する「2 眉の外側を上げる」の寄与度が最も高かった。したがって、「2 眉の外側を上げる」はストレス指標モデルの特徴量として妥当であると考えられる。

また、「20 閉眼」についても、重回帰分析の結果とロジスティック回帰分析の結果から、ストレス指標モデルを構成する項目としての影響度は高い方である。そして、この項目については、方法 3 の結果は、「ストレスがない(普段と同じ):0」ことに寄与していることがわかった。

よって、本事例の喀痰吸引に伴うストレス指標モデルを構成する項目は、「2 眉の外側を上げる」と「20 閉眼」であると言える。わが子である重症児者に対する日々のケアは容易ではなく、わが子にとってより良いケアの方法を日々思考錯誤している¹⁸⁾。もちろん、重症児者のわかりにくく、判断できない微細な反応について、不快な状況が把握できることは、養育困難を軽減することにつながると考える。

表 3. モデルを構成した変数の比較

重回帰分析	ロジスティック回帰分析	機械学習を用いて予測分析
20閉眼	2眉の外側を上げる	2眉の外側を上げる
2眉の外側を上げる	6瞼を緊張させる	20閉眼
17顎を下げて唇を開く	20閉眼	17顎を下げずに唇を開く
18顎を下げずに唇を開く	19口を大きく開く	19口を大きく開く
19口を大きく開く	17顎を下げずに唇を開く	6瞼を緊張させる
6瞼を緊張させる		

6. 今後の課題

筆者らは、先に普段の落ち着いた状態のデータを追加して分析することで、モデルの精度が高くなることも報告した¹⁹⁾。そのため、普段の落ち着いた状態の時、睡眠時など、ある程度理解できる状況のデータも合わせて分析を行い、精度を高めていく必要がある。

さらに今後は、現在、心拍数を指標として分析をおこなっている他のケースにおいても、このモデルを適用して、判別が可能であるかを検証していくことも必要である。

7. 結論

本研究の結果により、ストレスの有無を判断するモデルを構成する概念として、「眉を上げる」という項目が特定できた。

なお、本論文に関して開示すべき利益相反はない。

謝辞

本研究に対して、ご協力くださいました対象者の方およびご家族の方に深く感謝申し上げます。

本研究成果は、国立研究開発法人情報通信研究機構の委託研究により得られたものである。また JSPS 科研費 JP21K10871 及び、公益財団法人 e-とくしま推進財団調査研究助成を得て実施した。さらに本研究は、四国大学学際融合研究所 Society5.0 研究会における研究活動の成果である。

参考文献

- 1) 三上史哲, 三田岳彦, 三田勝己, 岡田 喜篤, 末光 茂, 江草 安彦. 公法人立重症心身障害児施設入所者の実態調査の分析—性別、年齢—. 日重障誌 2015;40:117-126.
- 2) 岡田喜篤(監). 新版重症心身障害療育マニュアル. 医歯薬出版株式会社, 2015:1-66.
- 3) 松田直. 重度・重複障害児に関する教育実践研究の現状と課題, 特殊教育学研究 2002;40:341-347.
- 4) 鯨岡峻. 原初的コミュニケーションの諸相, ミネルヴァ書房, 2013:198.
- 5) Rubin,R:Maternal Identity and the Maternal Experience, 1984, 新道幸恵, 後藤桂子(訳), 母性論—母性の主観的体験—, 医学書院, 1997:9.
- 6) 高木園美・桶本千史・嶋大二郎他:富山県の在宅重症心身障害児(者)の主介護者における介護負担感に関する要因, 小児保健研究 201;:73(3):403-408.
- 7) 宮崎史子:障害児を抱える母親の養育体験に関する研究, 小児保健研究 2002;61(3):421-429.
- 8) 長谷美智子:重症心身障害児と家族の在宅生活維持における母親の認知モデルの構築, 日本重症心身障害学会誌 2010;35(3):371-376.
- 9) 別所史子・入江安子・山田晃子他:在宅の重症心身障害児・者と家族のレスパイトケア利用に関する研究(第2報), 小児保健研究 2013;72(3):427-434.
- 10) 岡本拓也:わかりやすい構造構成理論—緩和ケアの本質を解く. 青海社, 2012:35-36.
- 11) 横関恵美子, 池本有里, 児島知樹, 他. 重症心身障害児在宅で養育する家族に関する文献検討—Artificial Intelligence 技術活用の可能性—. 四国大学紀要自然科学編 2020;50:33-42.
- 12) 横関恵美子, 池本有里, 児島知樹, 他. 重症心身障害児の微細な反応の理解に関する情報の共有化. 第 21 回日本医療情報学会看護学術大会論文集. 日本医療情報学会, 2020:19-22.
- 13) 横関恵美子, 池本有里, 細川康輝, 他. 表情筋の変化による重症心身障害児の微細な反応の検出. 医療情報学 2021;40(6):309-318.
- 14) 横関恵美子, 池本有里, 児島知樹, 他. 重症心身障害児におけ

- る微細な反応を知らせるシステム構築に向けた生体モデルの確立. 電気学会知覚情報/次世代産業システム合同研究会資料 2020;67-72.
- 15) 北住映二. 筋緊張が強い児への対策(岡田喜篤, 末光茂, 鈴木康之編). 重症心身障害療育マニュアル第2版. 医歯薬出版, 2007:82-85.
- 16) 坂井建雄, 岡田隆夫. 内臓機能の調節. 系統看護学講座 専門基礎分野人体の構造と機能[1]解剖生理学. 医学書院, 2020; 262-272, 304.
- 17) 横関恵美子, 池本有里, 細川康輝, 他. 重症心身障害児者におけるストレス時に共通して変化する表情筋の動き. 第25回日本医療情報学会 春季学術大会プログラム・抄録集 2021:90-91.
- 18) 増田政江, 北岡英子, 畑中高子. 高等学校卒業後に生活介護へ移行するときの重症心身障害児(者)の母親の経験 ケア方法を説明する場面での調査から. 日本重症心身障害学会誌 2020; 45(1):147-155.
- 19) 横関恵美子, 池本有里, 細川康輝, 他. 重症心身障害児の微細な反応の理解のための指標データの抽出と分析. 第22回日本医療情報学会看護学術大会論文集 2021:71-74.
- 20) 総務省 令和元年度版情報通信白書「進む AI の民営化」
[<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/html/nd113220.html> (cited-2021-Apr-06)]
- 21) 総務省 平成28年版情報通信白書 ICT 白書, 特集 IoT・ビッグデータ・AI～ネットワークとデータが創造する新たな価値～, 第2節人工知能(AI)の現状と未来, 235.
[<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/n4200000.pdf> ((cited-2020-Apr-05))]