

超重症児の情動反応に伴う鼻部皮膚温度の測定と分析方法の検討

Examination of Measurement and Analysis Method of Nasal Skin Temperature Associated with Emotional Response of Child with Profound Motor and Intellectual Disabilities Needing Concentrated Medical Care

石 田 基 起* 石 倉 健 二**
ISHIDA Motoki ISHIKURA Kenji

本研究では、肢体不自由特別支援学校に在籍する超重症児2名を対象に、刺激提示されていない安静3分間の皮膚温をサーモグラフィカメラで測定し、超重症児であっても皮膚温が測定可能であるか検証した上で、測定箇所による温度差と変動要因を明らかにし、環境温度による変化を除いた「情動に伴う皮膚温変動を取り出す方法」を検討した。その結果、鼻部から額部の皮膚温度を引いた鼻部皮膚温度は、快・不快状態を捉える説明変数になると推察された。そして、不快情動に伴う生理反応を取り扱う場合3～10秒間を、快情動は60～120秒間を分析対象とすることにより、ある程度超重症児の状態を推定できると考えられた。一方で、超重症児を対象に測定を行う際には、温湿度の管理やデータ処理のみでなく、症状などによって生じる差異があることを留意した上で測定することの重要性が示唆された。

キーワード：超重症児, 鼻部皮膚温度, 情動, サーモグラフィ

Key words: child with profound motor and intellectual disabilities needing concentrated medical care, nasal skin temperature, emotion, infrared thermography

I. 問題と目的

ヒトの体温は、環境温の変動によっても温度変化しない核心部 (core) と、温度変化する末梢体部・皮膚などの外殻部 (Shell) とに分けられる (廣田, 1998)。生理心理学の領域では、皮膚温が測定対象として用いられている。皮膚温は、皮膚組織内を循環する血流量の多寡に依存し、血流量の減少に伴って低下、増加に伴って上昇する (柿澤, 2009)。その変動要因は、環境温の他、深呼吸や体位変換、不安・困惑・怒りなどの情動によるものであることが明らかにされている (廣田, 1998)。

従来から、顔面の皮膚温と情動の関連性が指摘され (Ekman, 1978)、近年では赤外線サーモグラフィ (infrared thermography: IRT) の開発によって、心理的要因を明らかにする研究が蓄積されてきた。サーモグラフィは、物体が放射する赤外線波長をもとに、その物体の表面温度を映像として表示する装置である (Kastberger & Stachl, 2003)。対象へ負担をかけることなく非接触で測定できるサーモグラフィの利点を生かし、反応の乏しい重症心身障害児 (以下、重症児) の情動に伴う生理反応を検討した知見が蓄積されてきている。阿部・星山・佐木川 (2006) は、重症児・者12名を対象に、録音音楽と歌いかけ後の皮膚温の比較検討を行い、双方に皮膚温上昇が認められ、歌いかけの方が上昇を持続させることを明らかにしている。佐木川・星山・佐藤・橋本 (2008) は、低体温傾向が見られる重症児3名に、録音した歌を聞かせた結果、皮膚温の上昇が認められ、皮膚温には情動の

変化が関与していることを報告している。今村 (2019) は、快・不快の意思疎通が困難な重症児・者3名を対象に、日常生活ケア (口腔ケア) を実施し、ケア直後に皮膚温が低下することを明らかにしている。

近年、周産期医療技術の進歩により、酸素吸入や喀痰吸引、経管栄養などの濃厚な医療的ケアを必要とする超重症児は急増している (細淵, 2019)。超重症児の状態像はさまざまであるが、覚醒と睡眠の区別が難しく、他者の働きかけに対し、明確な応答が認められない子どもも少なくない (大村, 2018)。そして、多くの教師が指導に対する困難さを抱えていることも明らかにされている (野崎・川住, 2013)。このことから、また近年の感染症対策の観点からも、非接触で測定可能なサーモグラフィは、超重症児の情動に伴う生理反応を知る上で重要な指標になることが期待される。

しかし、重症児の皮膚温を測定した研究の多くは、測定値を処理せず解釈しており、明確なデータ処理・分析方法があるとはいいがたい。水野・野澤・井出 (2008) は、サーモグラフィを用いて皮膚温を測定する場合、その測定データの変動要因には、生理学的要因と物理学的要因の2つがあることを指摘している。生理学的要因は、情動反応により自律神経が刺激され鼻部などの末梢皮膚温度に変動が現れるとされている。一方、物理学的要因は測定機器の不確かさとエラーデータの2種類がある。その為、測定した皮膚温データをそのまま解釈することはできず、適切に処理する必要がある。

* 兵庫教育大学大学院 (博士課程) 学校教育実践学専攻学校教育臨床連合講座

令和4年7月13日受理

** 兵庫教育大学大学院学校教育研究科特別支援教育専攻障害科学コース 教授

そこで本研究では、超重症児であっても皮膚温が測定可能であるかを検証した上で、測定箇所による温度差と変動要因を明らかにし、環境温度による変化を除いた「情動に伴う皮膚温変動を取り出す方法」を検討した。

II. 方法

1. 対象

(1) A児：C 特別支援学校（肢体不自由）小学部2年生に在籍し、自立活動を主とする教育課程で学習している男児である。2歳の時の事故により、低酸素虚血性脳症となった。大島分類「1」、超重症児分類「1」に該当し、医療的ケア判定スコアの基本スコアは、20XX年3月当時点で29点であった。人工呼吸器の管理、気管切開部・鼻腔・口腔内吸引、胃ろうから経管栄養などの高度かつ濃厚な医療的ケアを必要としていた。低体温症であるため、床での活動時はホットカーベットを使用し、体温調節を行っていた。体調は良好で、週5日登校し、学校以外は自宅で過ごし、訪問リハビリテーションなどを受けていた。両眼は常に開眼状態で、視機能検査等は行っておらず、どの程度見えているのかは不明であった。聴覚障害、脳機能障害があり、常時使用している心拍モニターで状態を確認しているが、表情のみでは覚醒状態や快・不快状態を判断することが難しかった。日常は仰臥位で過ごし、どの姿勢になることも可能であった。刺激に対して、右半身や右親指、右脛を少し動かす様子がみられるが、意図的に動かしているかは不明であった。

(2) B児：D 特別支援学校（肢体不自由）小学部5年生に在籍し、自立活動を主とする教育課程で学習している女児である。先天性の脳性麻痺、低酸素虚血性脳症で、てんかん発作があるが、服薬により直近ではてんかん症状はなかった。大島分類「1」、超重症児分類「1」に該当し、医療的ケア判定スコアの基本スコアは、20XX年7月当時点で48点であった。90度程度の脊柱側弯があり、日常は仰臥位で過ごしていた。人工呼吸器を常時使用していたが、自発呼吸が稀に見られた。支援があれば仰臥位、側臥位、端座位は可能であった。両眼は常に開眼状態で、視機能検査等は行っておらず、どの程度見えているのかは不明であった。覚醒状態か否かは、常時使用している心拍モニターで確認できるが、表情のみでは確認できなかった。不快時は顔を歪める様子が観察されるが、快と判断できる変化はなかった。刺激に対しておどろいた時には、手が動いたり、足が伸びたりするなど、不随意運動が生じると担任教師から聞き取ったが、どの感覚系への刺激に対する反応かは不明であった。

2. 期間

期間は、A児が20XX年3月中にC 特別支援学校内の教室で、B児が20XX年7月中にD 特別支援学校内の教室で、各個人に対して3回測定を実施した。

3. データ収集方法

刺激提示されていない安静3分間の対象児の様子を

ビデオカメラ（JVC 社製：GZ-E700-R）で撮影した。また、時刻統一、温湿度測定のために、温湿度計付きデジタル電波時計（無印良品社製）も映るように撮影した。なお、B児は、教室を他児と共同で使用していたため、直接的な刺激提示は行っていないが、間接的に教師や他児の声が聞こえる状態での測定となった。

皮膚温を測定するため、赤外線サーモグラフィカメラ（FLER 社製：FLER C3）を使用した。本サーモカメラの基本性能は、画素数（80×60）、画角（41°×31°）、瞬時視野角（11mrad）、温度分解能（＜0.1℃）であった。本サーモカメラは、放射率0.98 ε、反射温度32.0℃、距離1.0mに設定して使用した。熱画像解析ソフト（FLER 社製：FLER Tool+）をインストールしたPC（NEC 社製：N1535AAW-YC）にUSB ケーブルでサーモカメラと接続し、PC上のハードディスクへ継続的に熱画像データを録画した。撮影時は、対象児の顔から約1.0mの位置で設置し、画角に顔全体が映るように録画した。室温による皮膚温変動を極力排除する為、対象児は測定する部屋で20分以上の馴化時間を設けた。サーモカメラは20分前に電源を入れ、室温25℃程度、湿度40%以上、暖気や冷気が直接当たらないように環境設定した。

4. 分析方法

録画した熱画像データから熱画像解析ソフトを用いて、鼻部と額部（各2×2pixel）における平均温度の時系列温度データ（400ミリ秒毎）をExcel出力し、3日間の各測定時の平均皮膚温（M）と標準偏差（SD）を算出した。合わせて、熱変動曲線を作成した。その結果から、測定箇所による差異があるか比較検討した。さらに、情動反応による変動を取り出すデータ処理方法として、善住・野澤・田中・井出（2004）を参考に、鼻部から額部の温度を引いた「鼻部温度－額部温度」差分の温度（以下、鼻部皮膚温度）を算出した。処理には、Microsoft Excel for Mac（16.16.27）のExcel統計2016を使用した。

5. 倫理的配慮

対象児の保護者及び授業実施者へ、口頭・書面により説明し、同意を得た。また、兵庫教育大学倫理審査委員会の承認を受けて実施した（受付番号：2020-43）。

III. 結果

1. 皮膚温測定箇所による違い

記録した熱画像データから時系列温度データを出力した後、鼻部と額部の平均温度（M）と標準偏差（SD）を算出し、示した結果がTable 1である。

A児の鼻部の平均温度（標準偏差）は、1日目32.1℃（0.3）、2日目32.7℃（0.2）、3日目33.3℃（0.2）であった。額部の平均温度（標準偏差）は、1日目32.6℃（0.1）、2日目33.5℃（0.2）、3日目33.3℃（0.2）であった。鼻部と額部との温度差である鼻部皮膚温度は、-0.8～0℃であった。

B児の鼻部の平均温度（標準偏差）は、1日目34.1℃（0.3）、2日目33.7℃（0.3）、3日目34.2℃（0.3）であった。額部の平均温度（標準偏差）は、1日目34.1℃（0.3）、

Table1 測定箇所間の平均皮膚温 (M)・標準偏差 (SD) と鼻部皮膚温度の結果

対象	調査日	鼻部温度	額部温度	鼻部皮膚温度 (鼻部-額部)
		M (SD)	M (SD)	
A 児	1	32.1 (0.3)	32.6 (0.1)	-0.5
	2	32.7 (0.2)	33.5 (0.2)	-0.8
	3	33.3 (0.2)	33.3 (0.2)	0
B 児	1	34.1 (0.3)	34.1 (0.3)	0
	2	33.7 (0.3)	34.2 (0.3)	-0.5
	3	34.2 (0.3)	34.5 (0.3)	-0.3

2日目 34.2℃ (0.3)、3日目 34.5℃ (0.3) であった。鼻部と額部との温度差である鼻部皮膚温度は、-0.5～0℃であった。

対象者間で多少の違いがあったものの、額部より鼻部の方が低い温度を示すことが多かった。また、標準偏差も 0.1～0.3 と変動が小さいことが確認された。

A 児と B 児の時系列温度データを熱変動曲線として示した結果が Fig. 1 (A 児)、Fig 2 (B 児) である。一定の間隔で急激な上昇や低下が見られた (Fig. 1, 2 の○印の箇所)。この箇所における熱画像データは、サーモカメラのキャリブレーション¹⁾により一定時間録画が停止されていたため、欠損していた。また、皮膚温は常に細かい数値で揺らいでいること (上昇・低下) が確認された。

2. 鼻部と額部の差分温度 (鼻部皮膚温度)

Fig. 1 (A 児)、Fig 2 (B 児) で示した結果から、鼻

部の平均温度 (M) から額部の平均温度 (M) を引いた差分の温度である鼻部皮膚温度を算出し、熱変動曲線として表したものが Fig. 3 (A 児)、Fig. 4 (B 児) である。

前述した鼻部温度と額部温度それぞれの変動とは異なり、3～7 秒間隔ですばやく変化する速い変動と 60～120 秒で徐々に変化する遅い変動の 2 種類を示した。また、急激に低下した場面 (Fig. 3, 4 の○印の箇所) は、平均値より 1 SD 以上の温度低下が見られた部分である。

さらに、3～10 秒の間で 1 SD 以上の鼻部皮膚温度低下を示した場面 (Fig. 3, 4 の○印の箇所) の動画を再度詳細に確認してみたところ、A 児の場合は、低下が見られた 2 箇所とも、左足趾に装着していたパルスオキシメーターのプロープを授業実施者が装着し直すため、左足に接触していた場面であった。また、B 児の場合は、教室にいる他児と教師の言葉によるやりとりが活発に行われ、周りが騒がしくなっていた場面であった。

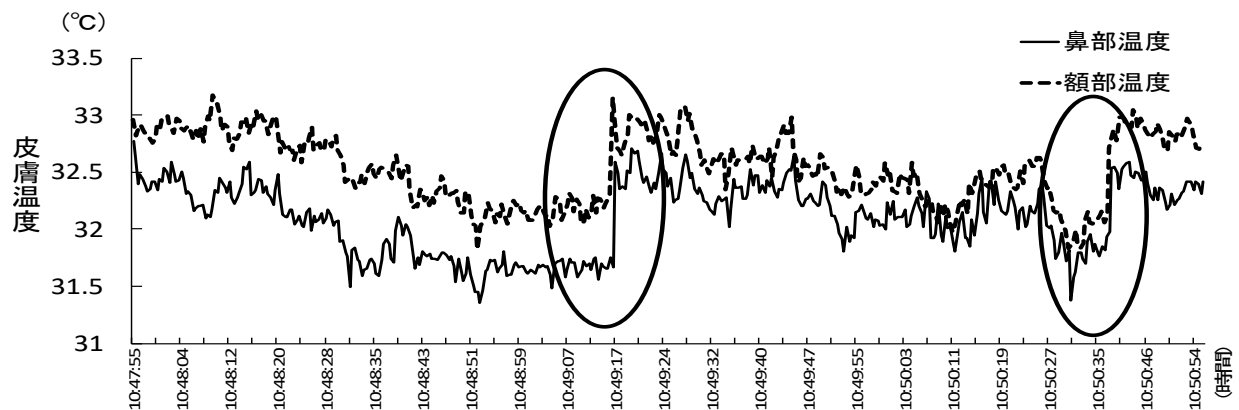


Fig.1 A 児の安静時における皮膚の熱変動曲線の結果

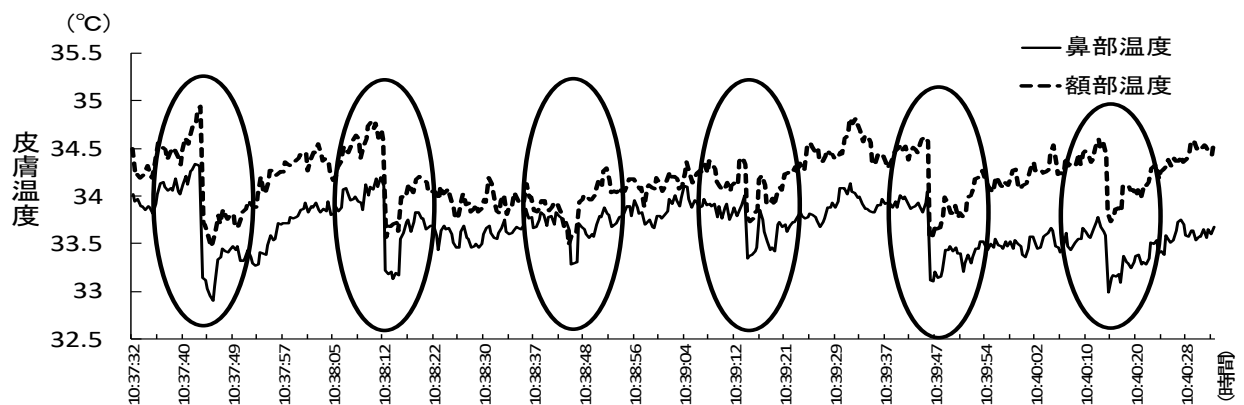


Fig.2 B 児の安静時における皮膚の熱変動曲線の結果

IV. 考 察

健常者の額部の皮膚温は34～35℃であることが明らかにされている（善住ら, 2004）。本研究の対象児2名はともに、額部の皮膚温が32～34℃であり、健常者よりも低い皮膚温度を示した。額部と鼻部の温度比較の結果では、額部より鼻部の方が低い温度を示すことが多かったものの、同じ温度になる日も確認された。また、A児の額部の温度は33.1℃と低い値を示す日も確認された。重症児における前額部と鼻部の皮膚温度の差を検討した報告では、鼻部より前額部が高い児と前額部の方が低い児の2群に分けられることが報告されている（梅・鎌田・池田, 2020）。本研究の対象であったA児は、低体温症であった為、健常者よりも低い値になったことが要因として考えられる。つまり、本事例の結果は超重症児の低体温症などの症状による差異が生じることを考慮した上で皮膚温を測定する必要があることを示唆するものである。

鼻部と額部の皮膚温の熱変動曲線から、温度が常時揺らいでいることが確認された。また、鼻部と額部の両部位とも同様の変動を示す箇所が多く確認された。本研究では、教育実践での活用を目指し、実験室やシールドルームのような温度変化を厳密に統制できない特別

支援学校内にある教室において、室温25℃程度、湿度40%以上、暖気や冷気が直接当たらないように環境設定した上で実施した。廣田（1998）は、暖房器具などがそばにあると赤外線を放出し測定が困難になることや、温湿度の影響を受けることなどに留意する必要があると指摘している。本研究の結果からも、温湿度が厳密に統制できない学校の教室環境での測定は、環境温度や湿度を測定しながら十分留意した上で、測定する必要があることが考えられた。

ところで皮膚温は、環境温度と血流量によって変動することが明らかとなっている（廣田, 1998）。中でも鼻部には動静脈吻合（Arteriovenous Anastomoses: 以下,AVA）血管が走っており、情動による変化が顕著に現れるのに対し、額部は体幹部に位置し、AVAの密度が低く、情動による変化はほとんどみられないことも明らかにされている（善住ら, 2004）。本研究のような温湿度の調節が困難な環境下において、皮膚温度変化による情動反応を説明するため、善住ら（2004）を参考に鼻部から額部の温度を引いた鼻部皮膚温度を算出した。鼻部皮膚温度変化には、瞬間的に加わる緊張感による変動と徐々に加わる緊張感による変動があると報告されている（上野・栗谷川・景山, 2002）。本研究における鼻部皮膚温度変動も、

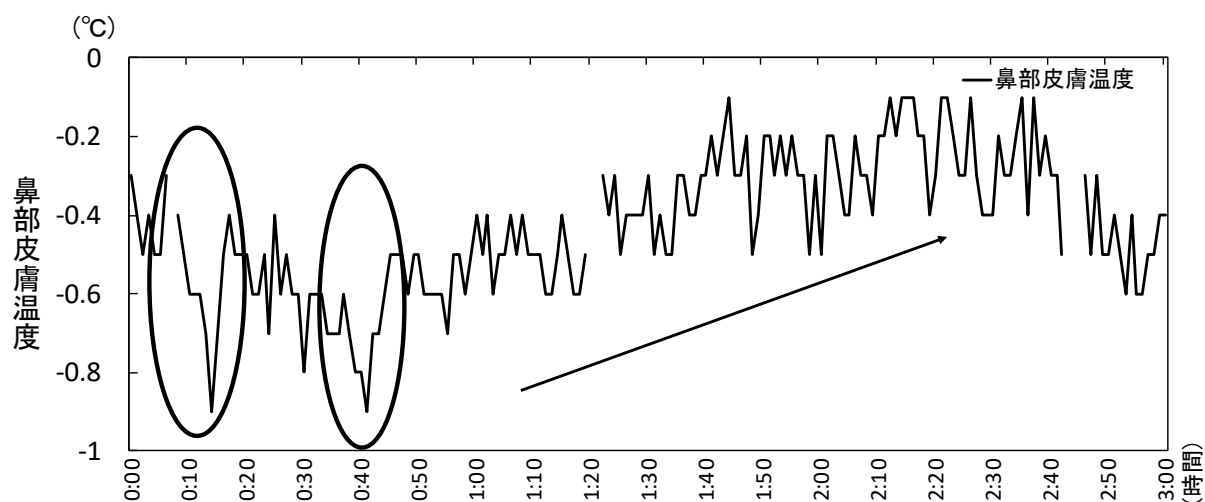


Fig.3 A児の覚醒安静時における鼻部皮膚温度変動グラフの結果

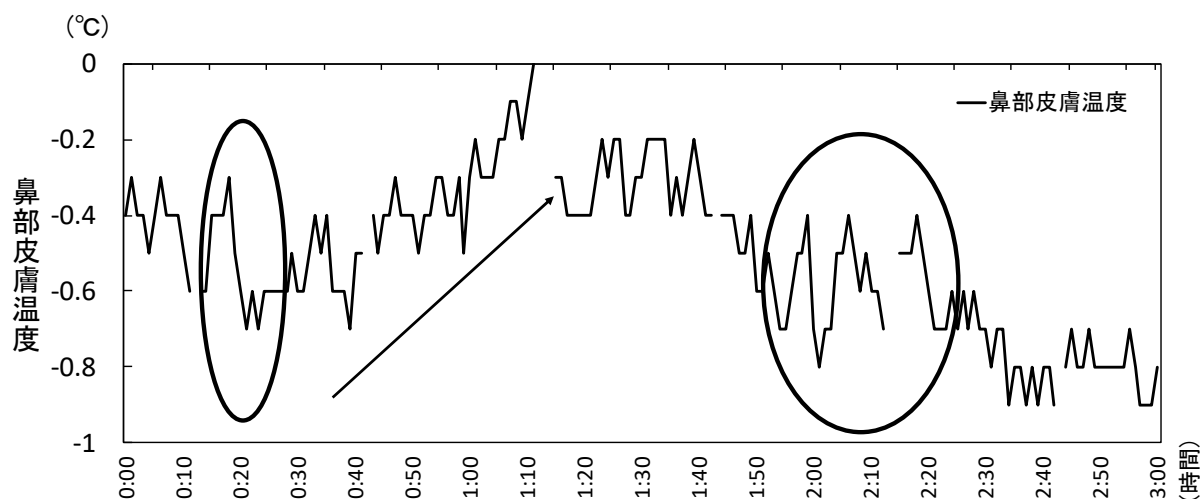


Fig.4 B児の覚醒安静時における鼻部皮膚温度変動グラフの結果

3～5秒間隔ですばやく変化する速い変動と60～120秒で徐々に変化する遅い変動の2種類を示し、(上野ら, 2002)の結果を支持した。

さらに、3～10秒の間で1SD以上の鼻部皮膚温度低下を示した場面 (Fig. 3, 4の○印の箇所) は、刺激が入っていた場面であった。このような状況下の変化のみから不快状態であったと解釈してよいのか否かについては慎重であるべきであるが、何かの出来事によってストレスがかかった時に、瞬時に鼻部皮膚温度を低下させていることが推察される。

一方、快状態推移時には、鼻部皮膚温度が上昇すると報告され (善住・南雲・野澤・田中・井出, 2002)、比較的ゆっくりと上昇することが明らかにされている。本研究の鼻部皮膚温度変動においても、60～120秒で徐々に上昇する傾向を示していた。さらに、鼻部皮膚温度上昇を示した場面 (Fig. 3, 4の矢印の箇所) の動画を再度詳細に確認してみたところ、A児の場合は、別教室から他児の声がかすかに聞こえてくるもののその他の刺激はない場面であった。B児の場合は、教室内が比較的静かになっていた場面であった。この点に関しても、このような状況下の変化のみから快状態であったと解釈してよいのか否かについては慎重であるべきであるが、安静状態という刺激のないリラックスを促すような時、あるいは入眠している時に、鼻部皮膚温度を徐々に上昇させていることが推察される。

以上の結果から、鼻部から額部の皮膚温度を引いた鼻部皮膚温度は、快・不快状態を捉える説明変数になると推察される。そして、不快情動に伴う生理反応を取り扱う場合3～10秒間を、快情動は60～120秒間を分析対象とすることにより、ある程度超重症児の状態を推定できると考える。一方で、超重症児を対象に測定を行う際には、温湿度の管理やデータ処理のみでなく、症状などによって生じる差異があることを留意した上で測定することの重要性が示唆された。

V. 今後の課題

本研究においては、超重症児における鼻部皮膚温度の測定と分析方法が示された一方で、現時点では鼻部皮膚温度変動が超重症児の快・不快状態をどの程度反映しているのかは明らかでないため、それぞれの妥当性を検証する必要がある。しかし、本研究のように、刺激に対する反応が乏しく、目視で応答的反応を読み取ることが困難な超重症児や重症児を対象とする場合、本人の主観的評価を得られないため妥当性の検証には限界がある。今後は、超重症児の健康管理のために用いられているパルスオキシメーターより得られる心拍値等の外部基準との関連から妥当性について検討する必要があるだろう。

また、測定の再現性を確保するためにも、より高精度なサーモグラフィカメラを使用して検証することが望まれる。

謝 辞

対象児、および本研究の実施にご協力くださいました皆様に、心より感謝申し上げます。

付 記

本研究は、第1筆者が兵庫教育大学に提出した修士論文の一部を加筆・修正したものである。本研究は、令和2年度兵庫教育大学大学院同窓会研究助成金の交付を受けて行われたものである。

註

1) キャリブレーションとは、較正、校正、調整などを意味し、標準通りの値を得るため、設置環境等に適した表示温度に正し、温度の誤差が大きくなることを防ぐものである。本研究で使用したサーモカメラは、環境温度が変化した場合、カメラ画面上にキャリブレーション中 (校正中) が表示され、各検出素子 (ピクセル) の応答の偏差を調整する「不均一性補正」(NUC) が実行される。

文 献

- 阿部万里子・星山麻木・佐木川れい子 (2006) 重症心身障害児・者に対する人が直接的介在による音楽療法の効果の検討 - サーマグラフィを指標とする録音音楽と歌いかけの比較から -. 日本音楽療法学会誌, 6 (1), 67-74.
- Ekman, P. (1978) Facial signs: Facts, fantasies, and possibilities. In TA, Sebeok (Ed.), Sight, sound, and sense. Indiana University Press, 124-156.
- 廣田昭久 (1998) 13章 体温調節系 4部 自律神経活動・呼吸活動 4節 皮膚温. 柿木昇治・山崎勝男・藤澤清 (編), 新 生理心理学 1巻 生理心理学の基礎, 226-235.
- 細渕富夫 (2019) 超重症児の内面世界と教育的対応の課題. 障害者問題研究, 47 (2), 90-97.
- 今村美幸 (2019) 重症心身障害児 (者) の生理的指標からみた快適な日常生活ケアの検討. 平成 27～30 年度科学研究費助成事業研究成果報告書.
- 柿澤敏文 (2009) 第 14 章 生理心理学的研究. 前川久男・園山繁樹編著, 第 6 巻 障害科学の研究法, 335-358.
- Kastberger, G. & Stachl, R. (2003) Infrared imaging technology and biological applications. Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 35, 429-439.
- 梅星・鎌田佳奈美・池田友美 (2020) 全額部と鼻部皮膚温度の差の変化による重症心身障がい児の情緒反応の一考察. 日本看護研究学会誌, 43 (3), 522.
- 水野統太・野澤昭雄・井出英人 (2008) 放射温度計による鼻部表面温度の微分補正フィルタリングによるノイズ成分の除去. 電気学会論文誌, 128 (8), 1251-1256.
- 野崎義和・川住隆一 (2013) 超重症児該当児童生徒に対する教育の実態に関する調査研究 - 肢体不自由・病弱特別支援学校における指導の実際 -. 特殊教育学研究, 51 (2), 115-124.

- 大村清 (2018) 医療的ケアが必要な子どもの学校教育
超重症児へのかかわりも含めて. 教育と医学, 782, 28-
34.
- 上野由歌・栗谷川幸代・景山一郎 (2002) 生体反応解析
を用いたドライバの状態推定に関する研究. 日本機械
学会第 11 回交通・物流部門大会公演論文集, 383-386.
- 善住秀行・南雲和幸・野澤昭雄・田中久弥・井出英人
(2002) 鼻部熱画像を用いた快-不快状態の推定. FIT (情
報科学技術フォーラム), 459-460.
- 善住秀行・野澤昭雄・田中久弥・井出英人 (2004) 鼻部
皮膚温度変化による快-不快状態の推定. 電気学会論
文誌 C, 124 (1), 213-214.
- 佐木川れい子・星山麻木・佐藤智恵・橋本俊顕 (2008)
母親と他人による録音音楽が重症心身障害者に及ぼ
す効果-拇趾皮膚温を指標とした3症例の検討-. 小児
保健研究, 67 (2), 375-383.