

## 近赤外分光法を用いた馬介在活動の評価方法の検討 —低出生体重児と健常児の比較から—

川乗賀也<sup>1</sup>・米本 清<sup>1</sup>

### Investigation of a Method of Evaluation for Animal Therapy with Horses Utilizing Near-Infrared Spectroscopy-From a Comparison of Low-Birthweight Children and Normal-Birthweight Children-

KAWANORI Yoshiya, YONEMOTO Kiyoshi

本研究では近赤外分光法を用いて測定した脳血中酸素濃度の変化量を基に推定した脳活性化の程度が、脳発達の差を評価する指標として障害者乗馬の効果に対する生理学的観点からの客観的評価法となりうるか検討することを目的とした。その結果、乗馬中の目線の動画や児童の好みに合わせた視聴覚刺激を特定して提示したところ顕著な脳の活性が確認された。このことから、顕著な反応がみられた児童が好む刺激を提示することは、脳の発達に有効ではないかと考えられた。また、低出生体重児における運動の有用性がうかがわれ、その1つの選択肢として馬介在活動が提案できるものと考えられた。

キーワード：低出生体重児 馬介在活動 血中酸素濃度 近赤外分光法 脳活性

Those with handicaps affecting their everyday lives can have their symptoms and impairments improved through interaction with animals, and the intentional use of animals to achieve these effects is called animal therapy. The purpose of this research was to investigate whether the degree of brain activation measured based upon changes in the cerebral blood oxygen levels utilizing near-infrared spectroscopy could be used as an objective method to physiologically evaluate the effectiveness of horse therapy as an index to evaluate differences in brain development.

The results confirmed remarkable brain activity when the children were presented with first-person videos of horse riding or specific audio-visual stimuli to suit the preferences of the children. his fact seems to indicate that presenting stimuli which suit the preferences of the children in which remarkable responses were observed would be effective for brain development. Furthermore, the utility of exercise in low-birthweight children is suggested, and one choice to propose for such exercise would seem to be animal therapy with horses.

Key words: Low-birthweight children, Animal therapy with horses, Cerebral blood oxygen levels, Near-infrared spectroscopy, Brain activity

#### I. はじめに

日常生活に支障のある人が動物とのふれあいの中で症状や障害が軽減されることがある。この効果を意図的に取り入れたものをアニマルセラピーという。おおまかにQOLの向上や情緒安定を目的とした動物介在

活動と、医療従事者の主導で実施され精神的機能、身体的機能、社会的機能の向上を目的とした動物介在療法に分けられる。これらは使用する動物の名前を頭文字に使い、ドッグセラピーやドルフィンセラピーなどと呼ばれる。

<sup>1</sup> 岩手県立大学社会福祉学部

特に馬を用いた障害者乗馬は歴史が古く古代ローマ時代に戦場で傷ついた兵士を馬に乗せて機能回復をはかっていたと言われ、近年では脳性麻痺(北川・本田, 2014)、発達障害(石井, 2015)、知的障害(川添・庄司・高橋・高橋・村山・井上, 2009)など多くの障害者や高齢者(三谷, 2013)を対象に行われている。しかしながら、乗馬療法の効果に関する研究は少ないという現状がある。日本ではこれらの活動は障害者乗馬ともよばれ障害者乗馬協会日本支部には30団体が加盟し実施している。障害者乗馬では1人の利用者が馬に乗り、綱を持ち馬をコントロールするリーダー、利用者がバランスを崩して倒れそうになったときの補助をおこなう2名のサイドウォーカー、そしてインストラクターという構成で実施されている。

そもそもスポーツとしての乗馬自体にも心身面でのプラスの効果は認められることであり、障害者においても同様であると考えられる。

その効果として考えられるのが、集中力の増加・興味の拡大・空間認知機能の向上といった心理的效果、チーム内で馬や介助者を介することによるコミュニケーション能力の向上といった社会的効果、姿勢・バランスの改善・動作範囲の拡大といった生理的・身体的効果の3種があるといわれている(岩本・福井, 2001)。

例えば、健常成人に騎乗時における心拍数と酸素消費量を計測したところ、常歩乗馬は歩行と同等の有酸素運動の効果があった、とする身体面に関する報告(倉垣, 2009)。

また、発達障害児を対象とした保護者からのアンケートで乗馬活動後に、ことばの理解や感情表出の向上、順番を待つことができるようになった(美和・伴野・慶野・慶野, 2010)、という社会的効果に関する報告。

さらに、ひきこもりおよび不登校を対象とした馬介在療法前後に当事者の自己評価尺度による気分の落ち込み、イライラ感、不安感、緊張の項目において、騎乗前と騎乗後で有意な改善が認められた(倉垣・北岡・大川, 2011)とする心理的效果に関する報告がある。

これらの馬介在活動の効果測定するものとして、身体的効果には心拍や血圧といった生理学的な指標が利用され、心理的效果には自己評価尺度、社会的効果についてはアンケートやインタビューにより評価されることが多い。しかし、動物を介した活動であるという特性上から多くの被験者からデータを得ることは難

しい。また、一般に日常生活をしている人を対象としているために統制された条件のもとで調査することも難しく、他の要因が影響して改善した可能性を排除できない。したがって、このような研究成果の積み重ねが重要であると考えられる。

障害者乗馬の効果を生理学的な観点から客観的に評価する方法として考えられるものに近赤外分光法がある。これは、1990年代に神経活動における脳血流変化に伴うヘモグロビン量の変化を検出できることが明らかとなり、生体に透過性の高い近赤外線光を用いることで生体組織における、血中酸素濃度を測定する方法である。また、CTやレントゲンで使用されるようなエックス線ではなく近赤外線という体に無害な光を使用しているため、小児や乳幼児に繰り返し測定が可能で拘束度が低く、体位に制限されず測定が可能である。

川乗・米本(2018)は近赤外分光法を用いて、超低出生体重で生まれた発達に障がいのある2名の5歳児に対して障害者乗馬後に乗馬に関する視聴覚刺激を提示することにより脳血中酸素濃度が増加したことを報告した。これは乗馬中にも同様の現象が予想され障害者乗馬が、このような発達に障がいのある児童の脳活性化につながる可能性に言及している。しかし、この報告は単年度での報告であり縦断的な経過を追っていない。また同年代の健常児童との比較ができていない。

そこで、本研究では岩手県滝沢市にある馬っこパーク・いわてでおこなわれている障害者乗馬に参加している発達に障がいのある児童、健常児童を対象として近赤外分光法を用いて脳血中酸素濃度の変化量を評価することで、発達の違いによる脳血中酸素濃度の変化量の差を検討する。そして障害者乗馬の効果について生理学的な観点から客観的に評価することを目的とした。

## II. 方法

### 1. 被験者

被験者は超低出生体重で生まれた発達に障がいのある児童2名および健常児童2名である。

発達に障がいのある児童は、馬っこパーク・いわてにて、障害者乗馬を受けている児童、6歳11か月の女兒A、6歳10か月の男児Bであった。Aは出生体重751gで、平成27年度の臨床心理学技術者による検査では、発達年齢は2歳6か月で乗馬歴は2年、B

は出生体重が 407 g で、発達年齢が 1 歳 0 か月で乗馬歴は 4 年であった。健常児は、8 歳 1 か月の女児 C、5 歳 5 か月の男児 D であった。

まず被験者には、馬を引き常歩を調節するリーダー及び被験者の横に付いて乗馬をサポートするサイドウォーカーが安全に配慮し、プロテクターを装着した被験者が馬の背中に乗るセラピー乗馬を 15 分間体験したあと、保護者の車で約 5 分程度、距離にして約 1200 m 離れた岩手県立大学社会福祉学部棟まで移動し、近赤外分光法による測定をおこなった。調査の時期は 2017 年 8 月であった。

## 2. 使用機材

酸素モニタ装置（浜松ホトニクス社製 NIRO-300）、NIRO データ収集用 PC（SOTEC WinBookU270R4）、モニタディスプレイ（PHILIPS BDM4065UC）、映像刺激提示用 PC（TOSHIBA PSL422CYJMR5G）であった。人間が画面全体を注意深く見ることができるとされる視野角約 30 度に合わせるために、映像を提示するモニタディスプレイから 1.5m 離して椅子を設置した。

## 3. 測定手順

- ① 被験者を椅子に座らせ、安心してもらえるように隣に保護者を座らせた。
- ② 前額部中央をアルコール消毒後、測定プローブを装着した。
- ③ 測定装置のモニタに表示された酸素化ヘモグロビン濃度の変化量の波形が安定したことを確認後、口頭で開始の合図をした。
- ④ 用意した約 15 分間の映像を提示した（図 1）。
- ⑤ NIRO で前頭前野領域の酸素化ヘモグロビン濃度の変化量を測定した。

なお、測定した酸素化ヘモグロビン濃度は絶対値ではなく、各個人の最初に装着した際の値に対する相対値である。

## 4. 提示視聴覚刺激

また、測定で提示した刺激は各児童の保護者から聞き取りをおこない、乗馬に関する映像刺激（5 項目）、好き嫌いに関する映像刺激（13 項目）を各児童別に作成した。それぞれの動画の提示時間は 30～60 秒間で映像刺激の条件を統一するために、音楽以外の静止画および動画は無音で作成した。なお刺激同士の間には 5 秒間の暗転を挿入した。

被験者である児童 4 名について、表 1 の #1～#18

の視聴覚刺激を提示し発達に障がいのある児童と健常児童の酸素化ヘモグロビン濃度の変化量を比較した。

## 5. 倫理的配慮

本研究は被験者である児童・保護者に十分説明し、書面にて同意を得てから実施された。また調査中の児童に対する配慮次項は次の 3 点であった。

- ・児童を対象としているため保護者の同意・立会いを前提とする。
- ・児童が嫌がった場合は即時に中断する。
- ・実験中においてはビデオ録画し、児童が嫌がっていないことを目視で分かるように記録し後日でも検証可能なようにした。

また、本研究は岩手県立大学倫理審査委員会の承認（承認番号 210）を受けた上で実施された。

表 1 提示した刺激の内容と番号

| 刺激番号 | 刺激種別       |
|------|------------|
| #1   | 知っている馬の静止画 |
| #2   | 知らない馬の静止画  |
| #3   | 本人の乗馬中の静止画 |
| #4   | 他人の乗馬中の静止画 |
| #5   | 乗馬中の目線の動画  |
| #6   | 好きな音楽      |
| #7   | 好きな色       |
| #8   | 嫌いな色       |
| #9   | 好きな料理の静止画  |
| #10  | 嫌いな料理の静止画  |
| #11  | 好きな遊具の静止画  |
| #12  | 嫌いな遊具の静止画  |
| #13  | 好きなアニメの静止画 |
| #14  | 好きな料理の動画   |
| #15  | 嫌いな料理の動画   |
| #16  | 好きな遊具の動画   |
| #17  | 嫌いな遊具の動画   |
| #18  | 好きなアニメの動画  |

## Ⅲ. 結果

本研究で測定に使用した部屋は児童にとっては普段の環境とは異なるため、提示した視聴覚刺激以外の要素が脳活動に影響を与えている可能性が想定される。また、心拍や呼吸の影響で、測定量に変化することも考えられたため、約 15 分間の視聴覚刺激中のゆっくりとした変化を取り除くため、6 次線形関数を最小二乗法により近似曲線を当てはめた。測定結果から図 1 の近似式の値との差を計算して、分析データとした。

刺激内容ごとに直前の暗転（5 秒間）から各刺激終了までのデータを切り出す。切り出されたデータのう

ち刺激に飽きたとみられる点まで図2のように想定した3次曲線モデルを最小二乗法により計算し、あてはめることとした。ここで得られた最小値と最大値の差を変化量の代表値として使用することとし、1例として図3に児童Aの視聴覚刺激#5から得られたデータの代表値を示した。

しかしながら、小児被験者は集中力に欠けることが想定され、必ずしも視聴覚刺激が開始された点であるとは言えず、暗転時に刺激以外のものに興味が向いてしまうこともあった。そこで、計測と同時に撮影した

記録映像から被験児の状況を把握し、刺激開始当初から集中しているとみられた刺激に対する反応のみを分析することとした。

これらの過程を経て算出した各児童の提示刺激ごとの代表値を表2に示す。数値がない部分が散見されるが記録映像を確認した上でデータとして使用することが難しいと判断した。得られたデータは低出生体重児や健常児童の実際のデータであり、被験者に実験時間中に静止を求め続けることは難しい。しかし、得られたデータは貴重なものであると言える。

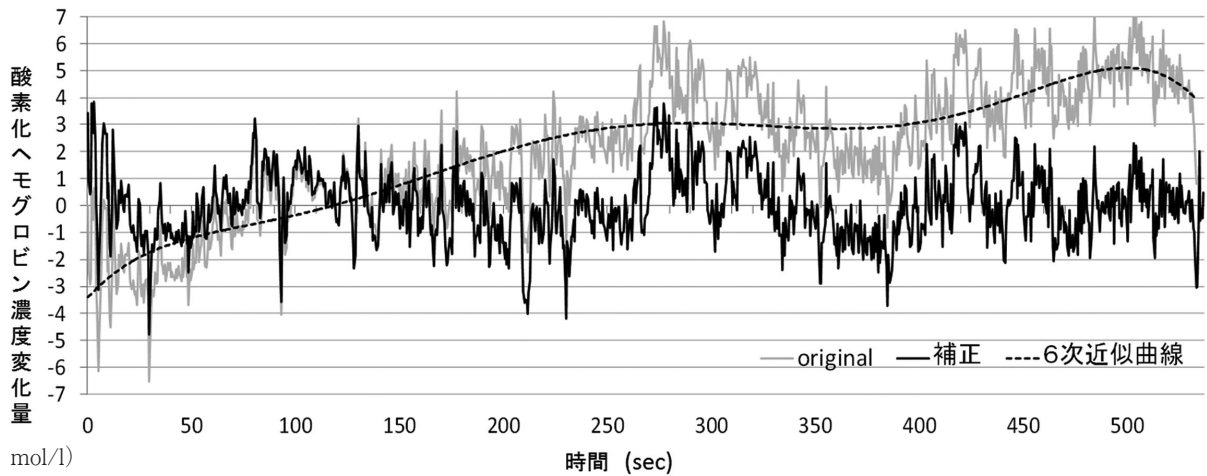


図1 測定値の近似曲線モデル

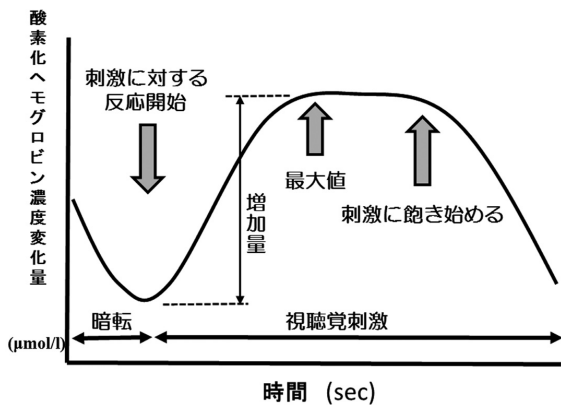


図2 データ代表値の計算モデル

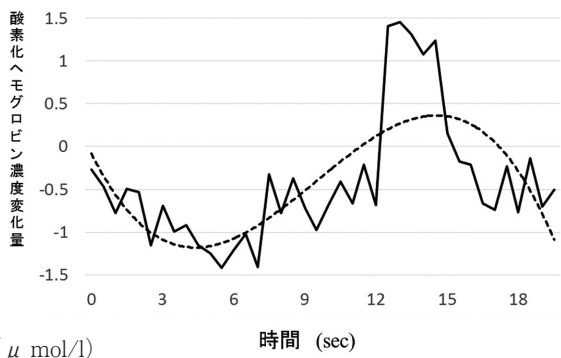


図3 児童Aの#5のデータ代表値

表2 測定値の近似曲線より算出した酸素化ヘモグロビン濃度の変化量 (μmol/l)

|     | 児童A  | 児童B  | 児童C  | 児童D  |
|-----|------|------|------|------|
| #1  |      | 0.73 |      | 1.01 |
| #2  |      |      |      |      |
| #3  |      |      |      | 1.29 |
| #4  | 0.60 |      |      | 1.57 |
| #5  | 1.51 | 1.54 |      |      |
| #6  |      |      | 0.25 | 1.69 |
| #7  | 0.59 |      | 0.24 | 1.10 |
| #8  |      | 0.06 |      |      |
| #9  |      | 0.26 |      |      |
| #10 | 2.15 |      |      |      |
| #11 | 0.12 | 1.65 | 1.01 | 1.15 |
| #12 | 1.87 |      |      |      |
| #13 | 0.73 |      |      |      |
| #14 |      |      |      | 1.17 |
| #15 | 0.46 | 1.30 | 0.53 | 0.42 |
| #16 | 0.99 | 0.61 |      | 0.90 |
| #17 | 0.74 |      | 0.26 | 0.48 |
| #18 |      | 0.49 |      |      |
| 平均値 | 0.98 | 0.83 | 0.46 | 1.08 |

## IV. 考察

### 1. 乗馬による運動の効果

馬介在活動を運動として検討してみると、馬に乗ることによる感覚機能と刺激が考えられる。石井(2015)によると、その刺激は前庭覚機能と前庭覚刺激、触覚機能と触覚刺激、固有受容覚機能と固有受容覚刺激、聴覚機能と聴覚刺激、視覚機能と視覚刺激の5つの感覚機能と感覚刺激があるとされている。

例えば前庭覚機能と前庭覚刺激では児童が多次元に馬が歩く振動に合わせてバランスをとることによる感覚と刺激を受けることができ、柔軟性や体幹を鍛えることが可能である。触覚機能と触覚刺激では騎乗中に馬から伝わってくる体温や馬の手触り、固有受容覚機能と固有受容覚刺激では馬が歩いているときに騎乗中に馬から伝わってくる衝撃を感じることができる。聴覚機能と聴覚刺激ではインストラクターの指示を聞き理解し体に信号を伝える、視覚機能と視覚刺激は騎乗中に視野に入るものが変化していくことが考えられる。このほかにも、介助者の援助により馬にまたがることによって股関節の稼動域が広がったり、手綱を握ることによって握力が向上すると期待できる。これらの刺激は自立歩行が困難である対象者にとっては、普段は受容することのない刺激である。運動を行うことで身体の発達の中でも、新陳代謝の向上、骨密度の向上、造血作用、筋肉形成・増加、呼吸器や心臓の機能を高めることができると言われている(富本, 2017)。これらの効果は身体的な麻痺が継続する低出生体重児にとっては大きいと考える。倉垣(2009)は常歩乗馬について歩行と同等の有酸素運動であるという報告をしている。同様に、川乗・米本(2018)は発達に障がいのある児童について乗馬前後で脈拍数が増加したことを明らかにし運動と同様の効果があるとしている。その中で「主治医から体幹がしっかりしてきたのは乗馬療法のおかげといわれた。」と保護者の言葉を伝えている。これは乗馬による運動により、骨密度の向上、造血作用、筋肉形成・増加による効果であると推察される。このことから発達に障がいのある児童における運動の重要性がうかがわれ、その1つの選択肢として馬介在活動が提案される。

### 2. 近赤外分光法による評価について

近赤外分光法による前頭前野の血中酸素濃度を測定したところ各児童の視聴覚刺激ごとの代表値は表2のようになった。低出生体重児である児童AおよびB

に#5乗馬中の目線の動画、に共通して高い反応が見られた。川乗・米本(2017)の調査においても同様の反応が見られ、「乗馬中の目線は自身が実際に体験している状況であり、自身の経験との一致がしやすく疑似体験が比較的容易であった。」と述べていることから、本研究においても同様のことが言える。

また健常児である、児童Cにおいては#11好きな遊具の静止画、#15の嫌いな料理の動画、児童Dにおいては#6好きな音楽、#4他人の乗馬中の静止画、で高い反応が見られた。このことから児童に共通して好き嫌いに関する視聴覚刺激を提示した際に大きな反応を示す傾向が確認された。したがって、被験者においては発達に障がいのある児童も健常児も脳血中酸素濃度の変化には差は見られず、好きなもの、嫌いなものについての情動に働きかける刺激が脳活性に影響を与えることが推察された。

常石(2008)は子供の発達について、「発達を規定するものは生来の遺伝的要因のみならず、生後の環境要因の影響も大きい。」と述べている。また早産児は正期産児に比べて脳血流量が低値であること、脳機能の発達に伴い脳血流量が増加することが一般的に知られている。1000g未満で出生する超低出生体重児においては正期産児に比べて脳の発達が十分ではない状態で出生することが多い。しかし、神経系の可塑性は成熟期でも維持されることから考えても、反応が顕著な児童が好む刺激を多く提示することが脳の発達に有効ではないかと考えられた。

低出生体重児の長期予後は、社会的環境、医学環境、栄養環境、遺伝的環境などの背景により成人期から心臓を含め種々の疾患のハイリスク群(豊田・矢野・長尾, 2015)であることが示されている。麻痺等の生活のしづらさを抱えながらの上記の環境要因を整える必要性は理解していながらも難しい部分がある。この馬介在活動は社会的環境、医学環境を整えるものとしての活用が期待できる。

## V. 結語

これまで児童の脳発達を客観的かつ定量的に評価する方法はMRIなど身体拘束が必要で、検査のために場合によっては麻酔を必要とすることもあった。しかし近赤外分光法では身体拘束の必要はなく容易に脳血中酸素濃度の変化を測定できる。本研究においては乗馬中の目線の動画や、児童の好きな刺激を特定し提示

することにより脳の活性が確認された。したがって、反応が顕著な児童が好む刺激を提示することが、脳の発達に有効ではないかと考えられた。

そのため動物介在活動だけではなく脳活性を伴う刺激を近赤外分光法により特定することが可能で在宅においても効果的な刺激を提示することができると思われた。

常石秀市 2008 感覚器の成長・発達 バイオメカニクス学会誌第 32 巻 2 号 69-73

## 引用文献

- 石井孝弘 2015 発達障害児に対する乗馬療法～感覚統合理論から学ぶ～ リハビリテーションネットワーク研究第 13 巻 1 号 1-8
- 岩本隆茂・福井至 2001 アニマル・セラピーの理論と実際 培風館
- 川乗賀也・米本清 2018 低出生体重児に対する乗馬療法の評価方法の検討 - 前頭前野領域の血中酸素濃度の変化量から - 岩手県立大学社会福祉学部紀要第 20 巻 1-6
- 川添敏弘・庄司泰夫・高橋千秋・高橋宏行・村山啓・井上博 2009 障害者支援施設での乗馬療法 (1) - 施設内での乗馬療法の試みと馬の飼育管理 - 白鷗大学教育学部論集第 3 巻 1 号 151 - 172
- 北川由佳・本田恵 2014 障害者乗馬を実施している脳性麻痺の 1 例 東北整形災害外科学会雑誌 第 57 巻 1 号 105-108
- 倉垣弘彦・北岡友紀・大川尚子 2011 馬介在療法の科学的効果 - 関西福祉科学大学での取り組みを中心に - 畜産の研究第 65 巻 1 号 15-22
- 倉垣弘彦 2009 現代人の慢性疲労と動物介在療法への期待 動物介在教育・療法学雑誌 1 巻 29-35
- 三谷保弘 2013 虚弱高齢者に対する乗馬シミュレータを用いた運動介入効果の検討 - クロスオーバーデザインによる検討 理学療法科学第 28 巻 2 号 157-163
- 美和千尋・伴野友美・慶野宏臣・慶野裕美 2010 広汎性発達障害児の行動面における乗馬活動の影響 作業療法 29 巻 3 号 299-308
- 富本靖 2017 幼児期の運動遊び、幼児期の体育が成長に与える影響 学苑・初等教育学科紀要 巻 920 52-60
- 豊田ゆかり・矢野薫・長尾秀夫 2015 低出生体重児の発達と支援の現状 愛媛県立医療技術大学紀要第 12 巻 1 号 1-8