

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：12501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2016

課題番号：25650155

研究課題名(和文) 野外高照度環境下における携帯型近赤外分光法を用いた前頭前野計測法の確立

研究課題名(英文) Establishment of the prefrontal activity measurement method using near-infrared spectroscopy in an outdoor high-illumination environment

研究代表者

宮崎 良文 (Miyazaki, Yoshifumi)

千葉大学・環境健康フィールド科学センター・教授

研究者番号：40126256

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：脳前頭前野活動計測における近赤外分光法に注目が高まっている。しかし、野外高照度環境下における測定法は確立されていない。本研究の目的は、1) 野外高照度環境下における携帯型近赤外分光装置を用いた前頭前野活動計測法を確立すること、2) 野外高照度環境下における計測を実施することである。7月～9月の好天時に、都市部と森林部において81名の被験者にて実施した。

結論として以下が明らかとなった。1) 前額部の遮光と器機の改良により、高照度環境下の都市部において、前頭前野活動計測を行うことが可能となった。2) 森林部と都市部における前頭前野活動に違いが認められた。

研究成果の概要(英文)：Attention has been drawn to using near-infrared spectroscopy to measure prefrontal activity. However, the measurement system in an outdoor high-illumination environment has not yet been established. The purposes of this study were to establish a prefrontal activity measurement method using near-infrared spectroscopy in an outdoor high-illumination environment and perform measurement experiments in such an environment. In a period of good weather from July to September, experiments were performed on 81 subjects in urban and forest areas. We found that prefrontal activity could be measured in an urban area in a high-illumination environment by shading the forehead and improving devices and tools and that prefrontal activity differed between urban and forest areas.

研究分野：自然セラピー学

キーワード：近赤外分光法 携帯型近赤外分光器 前頭前野活動

1. 研究開始当初の背景

脳活動計測において、近赤外分光法は、光を使用するため生体の電気信号の混入がなく、測定部位の活動を毎秒計測することができるため、近年、その利用が高まっている。また、国内における機器の開発や研究は、国外よりも高いレベルにあり、日本が世界をリードしている状況にある。最近では小型・携帯型測定装置による計測に関心が高まっており、日本において、その機器開発がなされ、既に、室内における評価法は確立されている。

しかし、携帯型計測機器としての本来の役割である野外の高照度環境下における計測法に関しては、測定法が確立されていないのが現状であり、その測定条件の確立が待たれている。

研究代表者の宮崎は日本において近赤外分光計測が始まった20年前から一貫して本計測法による前頭前野活動評価を行ってきた。生理実験は大きく野外実験と室内実験に分けられるが、本測定が野外にて行えないことに疑問を持っていた。そのような状況下、携帯型近赤外分光装置が開発されたが、外部光の測定部位への(1)眼球を介した侵入、ならびに(2)前額部センサー部への侵入により測定できない状況にあった。そこで、外光の遮断、外光と脳内信号光との関連を検討し、野外における測定法を確立することを試みた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、野外高照度環境下における小型・携帯型近赤外分光装置を用いた前頭前野活動計測法を確立し、その確立した計測システムを用いて、野外高照度環境下における携帯型近赤外分光計測を実施することである。

現状における野外における計測に関しては、測定部位への外部光の(1)眼球を介した侵入、ならびに(2)前額部センサー部への侵入により、測定できず、現状において、その測定法は確立されていない。

そこで、

- ①前額部センサー部位の遮光法を確立する。
- ②脳内への眼球を介した計測用近赤外光の入光量と受光センサー感度に及ぼす外部光の影響に関する検討を行い、野外における前頭前野近赤外分光計測法を確立する。さらに、
- ③確立した野外高照度環境下の都市部ならびに野外低照度環境下の森林部における計測実験を行い、その有用性を確認する。

3. 研究の方法

野外実験は、夏期、高照度環境下の都市部ならびに低照度森林部において、座観時と歩行時の計測を実施し、具体的には、下記の3点に関して検討を加えた。

- (1) 小型・携帯型近赤外分光計測時の前額部センサー部位の遮光法を確立する。

- (2) 脳内への眼球を介した外部光の侵入と外部照度の関係を定量的に明らかにする。

- (3) 脳内への近赤外入光量と受光センサー感度に及ぼす外部光の影響を定量的に解明する。

以下に、全体を通じた実験デザインを記す。

- ① 測定は7月～9月の好天時に実施する。野外高照度環境としては、都市部、直射日光下とし、比較実験としての野外低照度環境として、森林部内とする。
- ② 携帯型近赤外分光装置は、PocketNIRS Duo ((株)ダイナセンス、浜松ホトニクス(株))、4台を用いる。
- ③ 1泊2日の実験デザインとし、1日目、2日目の森林部ならびに都市部滞在時において、30分間の座観ならびに30分間の歩行(午後)を実施し、そのときの前頭前野活動を毎秒計測する。被験者を2群に分けて森林部、都市部にて同時計測し、被験者は1日目、2日目と別の実験地にて測定する。
- ④ 被験者は20代、男性、12名とし、計2～4箇所、24～48名とする。
- ⑤ 前額部センサー部位の遮光に関しては、遮光用の布地による受光センサーの直接のカバーと帽子による遮光を行っているが、①遮光用布地ならびに布地と前額部との高度密着性の検討、ならびに②帽子サイズの検討を行い、外部照度との関係を定量的に明らかにする。さらに、本機器の装着による測定ストレス状態の把握も重要な課題として実施する。
- ⑥ 野外高照度環境下においては、通常は高温環境となるため、被験者は多くの発汗をし、それも測定障害の一つとなる。このような課題を含めて、野外高照度環境下における携帯型近赤外分光法を用いた前頭前野活動の毎秒計測法を確立する。

4. 研究成果

- (1) 年度別の研究成果を以下に記す。

①平成25年度

男性20代被験者を対象として実施し、総ヘモグロビン濃度においては、12名すべての被験者において、森林部の方が都市部に比較して低周波帯域(0.03Hz以下)のパワー値が低く、高周波については差異がないことを認め、0.03Hz以下の低周波帯域が環境変化に反応することがわかった。

②平成26年度

1) 計測キャリブレーション時においてフリーズしてしまうケースへの対応、ならびに2) 20代女性被験者を対象とした野外夏期炎天下における高照度条件下での計測を試みた。被験者は36名とし、15分間の歩行および座観を行い、述べ144回の計測を実施した。その結果、1)については、端末機器として使用しているPDAに不具合が生じていること、

ならびに 2) に関しては、男性被験者に比べて、女性被験者の方が測定できないケースが多いことが分かった。

③平成 27 年度

平成 26 年度の問題点 1) に関して、機器における計測条件を調整することにより改善し、同時に 2) における問題点も解消した。さらに、19 名の 20 代女性被験者において森林セラピー時の前頭前野活動計測を行った。森林部において、閉眼時 (1 分間) と開眼時 (2 分間) の差異を計測したところ、被験者のパーソナリティによって、その変化が異なることが明らかとなった。つまり、穏やかな性格であるタイプ B 群被験者においては、前頭前野活動が鎮静化し、激しい性格のタイプ A 群被験者においては、活動が亢進することがわかった。本知見は多くの科学分野での課題となっている個人差研究の解明にも寄与すると思われる。

④平成 28 年度

一般的に計測が困難である高齢者リハビリ患者 14 名 (平均 78.6 歳、女性 10 名 82.8 歳、男性 4 名 68.0 歳) の前頭前野活動を計測した。ヒノキ盆栽の 60 秒間の視覚刺激によって、ヒノキ盆栽なしに比べ、左前頭前野において、継続した活動の低下が観察された。ヒノキ盆栽の視覚刺激は高齢者の左前頭前野を鎮静化することが明らかとなり、自然由来の刺激を受けた 20 代成人の結果と一致した。

(2) 森林セラピーにおける視覚刺激が前頭前野活動に及ぼす影響-タイプ A 行動パターンを用いた検討-

①目的

本研究においては、森林セラピーが前頭前野活動に及ぼす影響を視覚刺激に特化して明らかにすることを目的とした。森林セラピーにおける「閉眼時」を前値、「開眼時」を後値として用い、その変化分について検討を加えた。

さらに、先行研究において、森林セラピー時の脈拍数および拡張期血圧とタイプ A 行動パターン間に関連があることが報告されており、本研究においても前頭前野酸素化ヘモグロビン濃度とタイプ A 行動パターンとの関連について検討した。

②方法

8 月と 9 月に茨城県大子町および神奈川県箱根町における森林部ならびに都市部にて、それぞれ 2 日間実施した。茨城県大子町においては 8 名、神奈川県箱根町においては 11 名、合計 19 名 (20.5±0.6 歳) の成人女子大学生を被験者とした。なお、本研究は千葉大学環境健康フィールド科学センターの倫理審査委員会の承認を受けて実施した。

被験者は、測定 1 日目の朝 8 時に集合し、実験に関する説明を受け、同意書に署名した。その後、2 つのグループに分けられ、森林部あるいは都市部へ移動した。それぞれの実験

地において、椅座位閉眼にて安静状態をとった後、実験者の合図を受け開眼し、2 分間景色を眺めた。終了後、控え室にて KG 式日常生活質問紙に回答し、全員の測定終了後に帰宅した。実験 2 日目には、1 日目とは別の実験地に行き、前日と同じ手順にて、同時刻に測定された (図 1)。

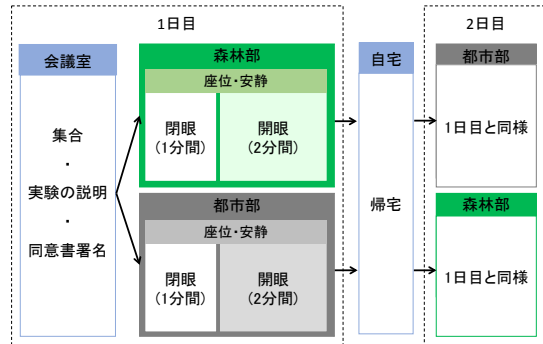


図 1. 実験プロトコル

測定に用いた携帯型 NIRS (Pocket NIRS、((株) ダイナセンス) は、従来の NIRS と比較し、小型且つ軽量である (図 2)。前額部表面にプローブを貼り、LED 光源から 3 つの異なる波長の近赤外光を照射し、体内部を透過・散乱し減衰した光を、フォトダイオード検出器で検出することにより、前頭前野における酸素化ヘモグロビン濃度、脱酸素化ヘモグロビン濃度の変化を非侵襲的に計測する装置である。

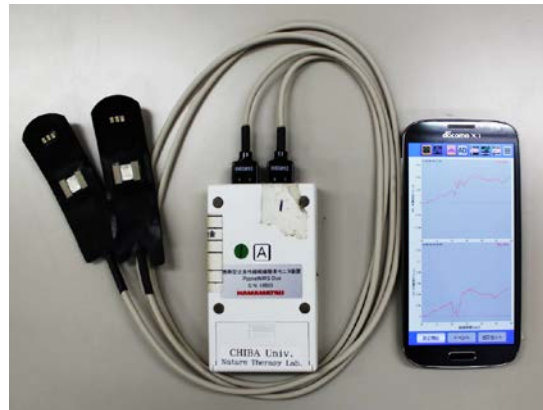


図 2. 携帯型 NIRS 機器

プローブの装着位置は眉毛上部約 2cm とし、プローブ装着後 (図 3 左)、内部に遮光用布を貼り付けた帽子を着用した (図 3 右)。森林部ならびに都市部の実験風景を図 4 に示す。



図 3. 携帯型 NIRS 装着風景



図 4. 森林部ならびに都市部実験風景

パーソナリティによる分類を行うため、KG 式日常生活質問紙を用い、タイプ A 行動パターン得点を算出した。得点が高い人は、タイプ A 行動パターンに分類され、その特徴として、強い競争心、時間的切迫感、短気ならびに精神的・肉体的過激性が挙げられる。反対に、得点が高い人は、タイプ B に分類される。

分析は、前値として「閉眼安静 1 分間(開眼 1 分前～開眼直前)」、後値として「視覚刺激 2 分間(開眼直後～2 分後)」を用い、「視覚刺激による変化分(後値-前値)」を算出した。

有意差の検定において、森林部と都市部の比較においては対応のある t 検定、相関においてはピアソンの積率相関分析を用いた。

③結果と考察

左前頭前野酸化ヘモグロビン濃度における 19 名全体の平均値においては、森林部および都市部の間に差異は認められなかった(森林部: 0.004 ± 0.004 , 都市部: 0.003 ± 0.003 , 平均土標準誤差, $P=0.908$, 図 5)。

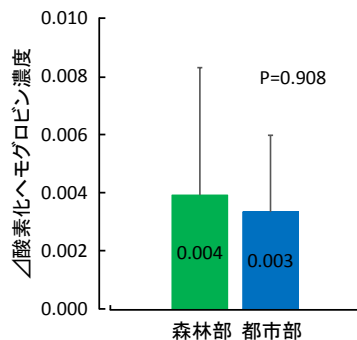


図 5. 森林部ならびに都市部座観による左前頭前野酸化ヘモグロビン濃度の差分(後値-前値)の平均値. $N=19$, 対応のある t 検定.

被験者各人の左前頭前野酸化ヘモグロビン濃度における変化分を図 6 に示す。森林部における酸化ヘモグロビン濃度は、森林の視覚刺激により、上昇する被験者もいるが、低下する被験者もあり、大きな個人差が観察された。一方、都市部における酸化ヘモグロビン濃度は、変化分が小さかった。

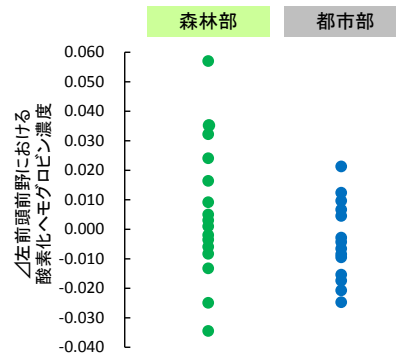


図 6. 森林部ならびに都市部座観時における左前頭前野酸化ヘモグロビン濃度の変化分(後値-前値). $N=19$.

そこで、タイプ A 行動パターン得点(以下、タイプ A 得点)と酸化ヘモグロビン濃度との相関を検討したところ、森林部において、酸化ヘモグロビン濃度とタイプ A 得点間に有意な正の相関が認められた(図 7)。タイプ A 得点が高いタイプ B 群は、森林の視覚刺激によって前頭前野酸化ヘモグロビン濃度が低下し、タイプ A 得点が高い被験者は、酸化ヘモグロビン濃度が上昇することが分かった。一方、都市部においては、酸化ヘモグロビン濃度とタイプ A 得点間における相関は認められなかった(図 8)。

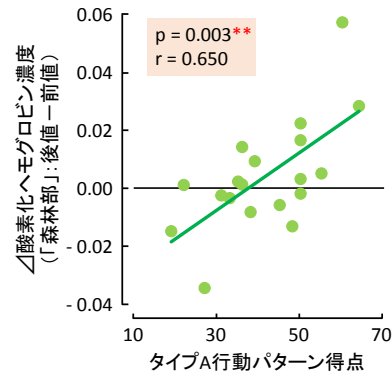


図 7. タイプ A 行動パターン得点と森林部における左前頭前野酸化ヘモグロビン濃度(後値-前値)の関係. $N=19$, ピアソンの積率相関分析, $**p < 0.01$.

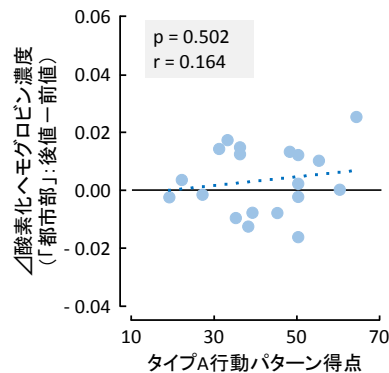


図 8. タイプ A 行動パターン得点と都市部における左前頭前野酸化ヘモグロビン濃度の変化分(後値-前値)の関係. $N=19$.

以上より、森林セラピーにおける視覚刺激がもたらす前頭前野活動とタイプA行動パターン得点の間には相関があることが明らかとなった。

今後、その相関の持つ意味を解明する必要がある。

(3) 盆栽の視覚刺激が高齢リハビリ患者の前頭前野活動に及ぼす影響

①目的

本研究においては、一般的に生理応答計測が困難である高齢者リハビリ患者を対象に、森林景観を模したヒノキ盆栽の視覚刺激が前頭前野活動に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

②方法

本実験は、医療法人社団真療会野田病院にて行った。被験者は高齢の通院・入院リハビリ患者14名(男性4名、女性10名、平均年齢±標準誤差: 78.6±2.6歳)とした。

盆栽は、樹齢10年のヒノキ8本の寄せ植えとし、鉢底からの高さは約55cmであった。盆栽から被験者の目までの距離は60cm程度に設定した。コントロールは盆栽なしとした。被験者は、刺激に段ボールを被せた状態にて1分間安静を保った。その後、実験者が段ボールを外し、盆栽もしくはコントロールの視覚刺激を1分間受けた。なお、提示する刺激の順番はカウンターバランスをとった。

脳活動の指標は、近赤外分光法(Pocket NIRS、株式会社ダイナセンス)による左右前頭前野における酸素化ヘモグロビン濃度とした。

主観評価は、簡易SD法とし、「快適な-不快な」、「リラックスした-緊張した」について、13段階で評価した。

統計検定は、生理指標においては対応のあるt検定(片側検定)を行い、主観評価においてはウィルコクソンの符号付順位和検定(片側検定)を実施した。有意水準は $p<0.05$ とした。

③結果と考察

左前頭前野における酸素化ヘモグロビン濃度は、盆栽において $-0.14\pm 0.01\mu\text{M}$ 、コントロールにおいて $-0.04\pm 0.01\mu\text{M}$ となり、盆栽において低値を示したが、有意差は認められなかった。右前頭前野においても有意差はなかった。

簡易SD法においては、盆栽の視覚刺激によって、「快適感」、「リラックス感」が有意に高まることがわかった。

以上より、盆栽の視覚刺激は、高齢リハビリ患者の左前頭前野活動を鎮静化させ、主観的快適感およびリラックス感を上昇させ、生理的・心理的リラックス効果をもたらすことが明らかになった。

また、本研究結果は、森林等の自然由来の刺激を受けた際の20代成人の結果と一致した。

全体を通じた結論を以下に記す。

- 1) 野外高照度環境下における小型・携帯型近赤外分光装置を用いた前頭前野活動計測法を確立した。
- 2) 野外高照度環境下である都市部ならびに野外低照度環境下である森林部における小型・携帯型近赤外分光装置を用いた前頭前野活動計測を実施し、その差異を明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計2件)

- ① 宋チヨロン、池井晴美、奈良将大、高山大輔、宮崎良文、盆栽の視覚刺激が高齢リハビリ患者にもたらす生理的影響、日本生理人類学会誌、第75回大会要旨集、2017年6月25日、千葉大学けやき会館(千葉県千葉市)
- ② 池井晴美、宋チヨロン、宮崎良文、森林セラピーにおける視覚刺激が前頭前野活動に及ぼす影響-タイプA行動パターンを用いた検討-、日本生理人類学会誌、Vol.21 特別号(2) p.36、第74回大会要旨集、2016年10月22日、和倉温泉観光会館(石川県七尾市)

[その他]

ホームページ

<http://www.fc.chiba-u.jp/research/miyazaki/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮崎 良文 (Yoshifumi Miyazaki)
千葉大学・環境健康フィールド科学センター・教授
研究者番号: 40126256

(2) 研究協力者

宋 チヨロン (Song Chorong)
千葉大学・園芸学研究科博士課程
(現・環境健康フィールド科学センター・特任助教)

池井 晴美 (Harumi Ikei)
千葉大学・園芸学研究科博士前期課程
(現・(研)森林研究・整備機構 森林総合研究所・研究員)