

## 瞑想中の前頭部脳活動のfNIRSによる分析

## Analysis of frontal brain activity during meditation by fNIRS

藤井 聖香<sup>\*1</sup>    日和 悟<sup>\*2</sup>    廣安 知之<sup>\*2</sup>  
 Seika FUJII    Satoru HIWA    Tomoyuki HIROYASU

<sup>\*1</sup>同志社大学大学院生命医科学研究科

Graduate School of Life and Medical Sciences, Doshisha University

<sup>\*2</sup>同志社大学生命医科学部

Faculty of Life and Medical Sciences, Doshisha University

We human beings spend about fifty percent of the time of our waking hours without any awareness what we are doing now. It is said that such a mind wandering affects happiness. Mindfulness meditation is drawing attention as a means to prevent our mind from wandering. In this paper, we analyzed the brain activity during meditation using a breath-counting meditation that can be easily done by meditation beginners. In this experiment, only the frontal region, which can be easily measured, was measured using functional near-infrared spectroscopy, and the difference in brain activity between resting and meditation state was examined. Fractional amplitude of low-frequency fluctuation was used as the metric of brain activity. As a result, there was a difference in Fractional amplitude of low-frequency fluctuation between resting and meditation states even in the meditation beginner.

## 1. はじめに

私たちは日常のおよそ50%の間、目の前のことに集中せず、意識がさまよっている状態にある。この状態をマインドワンダリングと呼ぶ。マインドワンダリングは私たちの幸福度や作業効率を低下させる [Killingsworth 10]。マインドワンダリングの時間を減らすためには、マインドワンダリングの状態に早く気付くことが重要である。その実現手段としてマインドフルネス瞑想が注目されている。近年ではマインドフルネスを脳科学的に解明する動きが広がっており、瞑想熟練者の瞑想中の活動部位が特定されている [Hasenkamp 12]。しかし、マインドフルネス瞑想は瞑想初心者にとって実践と理解が困難である。また、初心者に焦点を当てた瞑想時の脳活動は報告されていない。したがって、初心者の瞑想状態を定量化する必要があると考えられる。そこで本研究では、初心者の瞑想時の脳活動を明らかにし、瞑想状態をフィードバックすることを研究目的とする。本稿では、瞑想中と安静時の脳活動の検討を行った。

## 2. 数息観中の前頭部脳活動の分析

### 2.1 実験概要

本実験では瞑想初心者の瞑想時と安静時の脳活動を比較するために機能的近赤外分光法 (functional Near-Infrared Spectroscopy : fNIRS) を用いた。fNIRS は非侵襲的で拘束性や騒音性も少ないため、より日常に近い状態で測定可能である。また、瞑想時には初心者が簡単に行うことのできる数息観を用いた。被験者は瞑想初心者の男性10名、女性9名 (22.15 ± 0.56歳、右利き19名) の19名であった。使用したfNIRSはサンプリング周波数が0.76HzのOEG-16 (Spectratech社製) を用いた。測定部位は国際10-20法に従ってプローブ配置をし、前頭部16CHとした。

### 2.2 実験設計

実験設計を図1に示す。実験設計は各5分、4つのブロックの計20分で構成されている。それぞれのブロックを瞑想前安

静時、瞑想時、瞑想後安静時 (1)、瞑想後安静時 (2) とする。瞑想前安静時終了後、瞑想時終了後に音声で「タスク開始」、「レスト開始」を指示した。被験者に数息観を行うときには自然な呼吸を心掛け、息を吸い始めてから数え初め、吐き終わるまでを1つと数えることを指示した。また、心の中で数え上げ、10まで数え上げたら再び1に戻って数え始めること、数を数え忘れたり、呼吸から注意が逸れた場合は、1から数え直すことを指示した。瞑想前安静時、瞑想後安静時 (1) (2) ではリラックスした状態で、瞑想時と同じ効果が得られないよう呼吸や数の数え上げを行わないことを指示した。

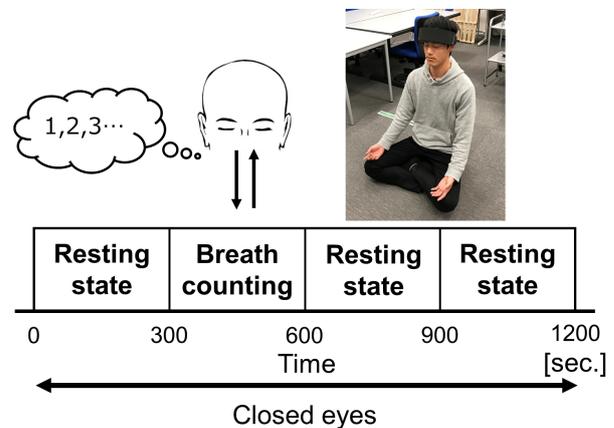


図1: Experiment design

### 2.3 解析手法

計測された16チャンネルすべてを Automatic Anatomical Labeling (AAL) に基づいて脳部位と対応付けを行った。脳活動の指標として低周波振幅 (fractional Amplitude of Low-Frequency Fluctuation : fALFF) を算出した。fALFFは脳活動と考えられる周波数帯 (0.008-0.09Hz) の振幅の和を測定された正の周波数帯で除算することで得られる [Zou 08]。周波数領域のデータに対して各チャンネルごとにfALFFを算出し、z変換を行った (zfALFF)。各チャンネルのzfALFFは脳領域ごとに平均され、最終的に全被験者の脳領域ごとのzfALFFが算出された。そして、階層型クラスタリング (ward

連絡先: 藤井 聖香, 同志社大学大学院生命医科学研究科, 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3, 0774-65-6130, sfujii@mis.doshisha.ac.jp

法)によって安静時と瞑想時の zfALFF の差を用い、被験者をクラスタリングした。分類されたクラスタ間の安静時と瞑想時の zfALFF の差で検討を行った。

### 3. 実験結果

瞑想時と安静時の zfALFF の差を用いて行ったクラスタリングの結果から4つのクラスタに分類した。図3にクラスタリング結果を示す。4つのクラスタのうち、人数が多い上位2つの ClusterA (12名)と ClusterB (4名)について検討を行った。最も人数が多い ClusterA について、安静時と瞑想時の zfALFF について有意水準 5%で t 検定を行った。その結果、右上前頭回背側部と左中前頭回において有意差が認められた。右上前頭回背側部は瞑想時に zfALFF の値が高くなっており、左中前頭回は瞑想時に zfALFF の値が低かった。一方、ClusterB において右上前頭回背側部は瞑想時に低く、左中前頭回は瞑想時に高かった。図3に ClusterA において有意差が見られた2つの脳部位を示す。

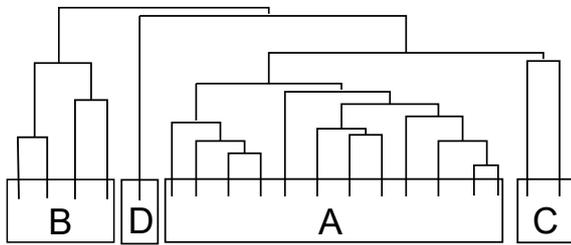


図 2: Clustering result

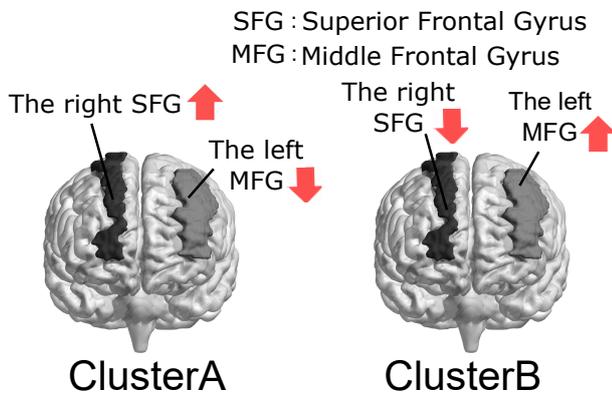


図 3: Regions where significant difference was observed in Cluster A

### 4. 考察

#### 4.1 右上前頭回背側部の検討

ClusterA において安静時と瞑想時で有意差が見られた右上前頭回背側部は、注意制御(注意の維持・転換)時に活動することが報告されている [Hasenkamp 12]。よって、安静時と比較して瞑想時に zfALFF の値が高かった ClusterA は瞑想時に注意制御を行っていたと考えられる。一方、瞑想時に低かった ClusterB は注意制御を行っていなかったと考えられる。しかし、図4に示すように ClusterB の右上前頭回背側部の zfALFF の値は瞑想前安静時から瞑想時に低くなっているが、値は2つの状態ともに ClusterA より高かった。つまり、ClusterB は注意制御を行っていたと考えられるが、瞑想時と比較して安静時の zfALFF の値が高かったため、安静時にも

注意制御を行っていたことが考えられる。よって ClusterB は安静時に指示通りの安静状態になっていなかったことが示唆される。

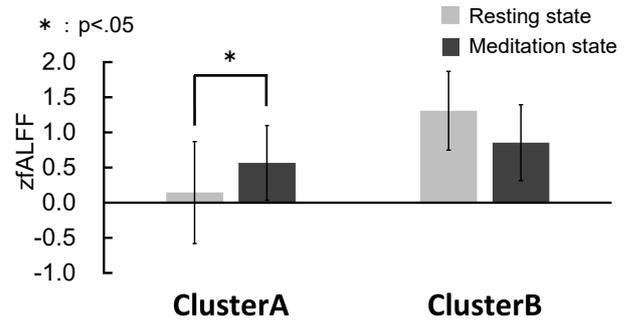


図 4: Average value of the Right superior frontal gyrus in Cluster A and Cluster B

#### 4.2 左中前頭回の検討

左中前頭回は先行研究によって、情報の選択を伴う選択的注意を行い、選択された注意対象の判断を行う際に活性化することが報告されている。瞑想時には、呼吸以外のことは考えず、ただ呼吸のみに注意を向けることが望ましい。ClusterA では左中前頭回の zfALFF の値が有意に低かった。そのため、ClusterA に属する被験者は呼吸以外のことに対する判断をすることなく、注意制御を行っていたことが示唆される。一方、ClusterB は左中前頭回の zfALFF の値が瞑想時に高かったため、瞑想時に瞑想ができていないかといった判断を伴いながら注意制御を行っていたことが示唆される。

### 5. 結論

マインドワンダリングによる Well-being の低下を防ぐための手段として、マインドフルネス瞑想が注目されている。本稿では、瞑想初心者数が数息観を行ったときの安静時と数息観時の脳活動を検討した。脳活動を測定するために、より日常に近い状態で前頭部のみ測定可能な fNIRS を用いた。測定データに対して、脳活動の指標として zfALFF を算出した。また、安静時と瞑想時の脳活動を比較するために、安静時と瞑想時の zfALFF の差を用いてクラスタリングを行った。クラスタリングの結果、右上前頭回背側部と左中前頭回に着目することによって、正しく注意制御を行っていたクラスタと、正しく注意制御を行っていなかったクラスタに分類された。したがって、脳機能によって初心者の瞑想状態を区別することが可能であると考えられる。よって、前頭部の計測のみで瞑想状態の検出とフィードバックが可能であることが示唆された。

### 参考文献

[Hasenkamp 12] Hasenkamp, W., Wilson-Mendenhall, C. D., Duncan, E., and Barsalou, L. W.: Mind wandering and attention during focused meditation: A fine-grained temporal analysis of fluctuating cognitive states, *NeuroImage*, Vol. 59, No. 1, pp. 750–760 (2012)

[Killingsworth 10] Killingsworth, M. A. and Gilbert, D. T.: A Wandering Mind Is an Unhappy Mind, *Science*, Vol. 330, No. 6006, p. 932 (2010)

[Zou 08] Zou, Q.-H., Zhu, C.-Z., Yang, Y., Zuo, X.-N., Long, X.-Y., Cao, Q.-J., Wang, Y.-F., and Zang, Y.-F.: An improved approach to detection of amplitude of low-frequency fluctuation (ALFF) for resting-state fMRI: Fractional ALFF, *Journal of Neuroscience Methods*, Vol. 172, No. 1, pp. 137–141 (2008)