



Environmental Health Perspectives 064001-1 126(6) June 2018

## Nature and Neurodevelopment: Differences in Brain Volume by Residential Exposure to Greenness

### 自然と神経発育:住まいの周りの緑にふれあうことで脳の容積に違いが出る

**Wendee Nicole**

テキサス州ヒューストンを中心に活動する受賞歴のあるフリーランスライター。 *Discover*, *Scientific American*, *Nature*, やその他の刊行物に著作活動をしてきた。

原文は <https://doi.org/10.1289/EHP3465>

翻訳者: 五島廉輔、五島綾子、上田昌文

\*段落番号は日本語訳と英語原文との参照がしやすくなるように訳者が付したものです。

【訳者コメント】

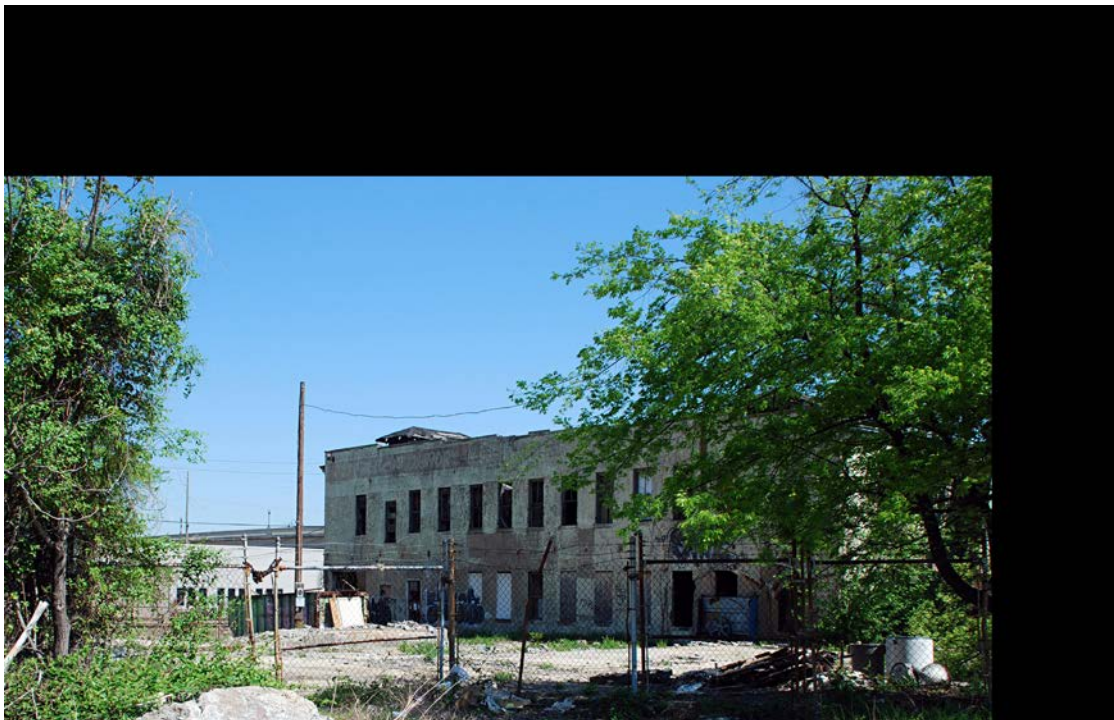
緑に囲まれることでまず感じることは新緑の美しさや酸素に富んだきれいな空気などです。その結果として、精神的やすらぎや健康面での良い影響などがすでに知られています。この論文では特に子供が緑に曝されることにより脳の容積が増加し、さらにその増加した領域が認知機能の領域とも重なっていることを示しています。子供時代を比較的緑の少ない都会より、田舎や里山で過ごす方が脳の発育を高める可能性を示唆しており、さらなる研究の発展を期待したい。

1) A growing body of epidemiological studies have found associations between proximity to vegetated green areas (“greenspace”) and multiple measures of good health.<sup>1</sup> Now researchers have examined how a child’s exposure to greenspace may affect the development of his or her brain structure. A study in *Environmental Health Perspectives* reports changes in volume of both gray and white matter in association with lifelong residential exposure to greenness.<sup>2</sup> Further, the areas of the brain associated with green-ness exposure in the study were also associated with cognitive function.

疫学的研究が発展するにつれて、植物が生い茂る緑地（“グリーンスペース”）に距離的に近いことと、いろいろな健康の目安となることとの間に関連があることがわかってきました。<sup>1</sup> 最近、研究者たちは子供たちへのグリーンスペースにふれあっていることがどの程度子供たちの脳の発育に影響するかを調査しました。***Environmental Health Perspectives*** に掲載された研究は脳の灰白質<sup>1)</sup> と白質<sup>2)</sup> の容積の変化を居住地周囲で生涯にわたって緑にふれあうこととの関連を報告しています。<sup>2</sup> さらに進んで、この研究で、緑にふれあうことと関連する脳の領域が認知機能とも関連していることもわかってきました。

2) The study was led by Payam Dadvand, an assistant professor of epidemiology at the Barcelona Institute for Global Health. The investigators used a subset of 253 schoolchildren aged 7–9 years from the Brain Development and Air Pollution Ultrafine Particles in School Children (BREATHE) project.<sup>3</sup> To quantify lifelong exposure to greenness, the researchers used a measure known as the normalized difference vegetation index (NDVI) averaged across a buffer of 100 meters around each child’s residence(s) since birth. The NDVI is based on remotely sensed data on the density of vegetation in a given area.

この研究はバルセロナ国際保健研究所の疫学部門准教授の Payam Dadvand がリーダーとなり推進されました。彼らは「学童の脳の発育と大気汚染超微粒子 (the Brain Development and Air Pollution Ultrafine Particles in School Children (BREATHE))」プロジェクトの7-9歳の253人の学童を対象にしました。<sup>3)</sup> 生涯にわたって緑にどれくらいふれあっているかを定量するために、研究者たちは子供たちが彼らが生誕した時からの住居(場合によっては複数)を中心に100m四方で平均化された正規化植生指数(NDVI)<sup>3)</sup>として知られている測定値を使用しました。NDVIは一定区域内での植生の密度をセンサーによって遠隔で調べたデータに基づいています。



The NDVI is used in many studies of greenness to quantify the presence and density of vegetation in specific geographic areas. However, the index provides no information on the nature of the greenspace, whether it is accessible, or how it is used. Image: © Lee Adlaf/Shutterstock.

NDVIは特定の地理的領域で植生の存在と密度を定量するために多くの緑地の研究に使用されています。しかしながら、その指数はそのグリーンスペースが人が入っていけるものであるかどうか、またはどのように利用されているかについての情報を提供するものではありません。

3) To quantify differences in brain volume for areas of white and gray matter, three-dimensional magnetic resonance imaging (MRI) results were compared among children with varying degrees of exposure to greenness. In one substudy, the investigators identified brain regions with a degree of volume that was associated with scores on computerized tests of cognitive function. A second substudy looked for overlaps between the brain areas associated with lifelong greenness exposure and the cognitive tests.

白質と灰白質の領域について脳の容積の差を定量化するために、三次元磁気共鳴映像法 (MRI) <sup>4)</sup> の結果が 緑へのふれあいの程度の異なる子供たちの中で比較されました。その調査の一部では、認知機能との関連を示すコンピュータテストの点数が、ある脳の領域ではその容積が変化するに応じて変わる、そのような領域があることを確認しました。またその調査の別の一部として、生まれた時からずっと緑にふれあっていることで変化する脳領域が認知テストに関連する領域とどう重なり合っているのかが探索されました。

4) “We quantified the amount of greenness around the residential address of each child from birth to the time we did the brain imaging, and we saw that [a relatively greater] amount of greenness is associated with increased volume in some parts of the brain,” says Dadvand. “These increases in volume were associated with better cognitive function, ascertained through computerized cognitive tests, and in time, overlapped, partly, with parts of the brain associated with cognitive function.” But, he adds, it is important to focus not on specific areas but on the overall pattern.

「我々はそれぞれの子供が誕生から脳イメージングを行った時点まで住んでいた周辺の緑の量を定量しました。その結果、緑の量が比較的豊富なことが脳の一部の容積の増加と関連していることを見出しました」と Dadvand は述べています。「これらの容積が増加すると、

コンピュータによる認知テストで確かめられた認知機能の中でもより優れた認知機能との関連がみられるようになったのですが、そればかりか、時間が経つと、その容積が増加した部分が脳の認知機能そのものを担う部分になっているとわかったのです」。しかし、特定の領域ではなく全体のパターンを注目することが重要であると、彼はつけ加えています。

5) Adjustment for neighborhood socioeconomic status and maternal education reduced the sizes of the brain areas that were significantly associated with greenness, with maternal education being the most influential factor. Some areas were no longer significantly associated with greenness after adjustment, although several did remain significant. These included areas mapped to gray matter in the right prefrontal cortex and the right premotor cortex and to white matter in both hemispheres of the cerebellum. Gray matter is associated with higher-level thinking and processing, whereas white matter controls the autonomic nervous system and transmits information from the body to the gray matter.

母親が乳幼児をどう育てるかはなんと言って脳の発達に最大の影響を持つから、その育て方や家族や近隣のおかれた社会的経済的状態の影響を入れて考えると、緑へのふれあいによって有意に増えたとみなせる脳の容積の増大も割り引かれることとなります。その変化の領域の一部は緑との関連が有意にあることが保たれるのだが、他の部分ではその関連はもう保たれないこととなります。この関連が失われる領域は、右の前頭前皮質<sup>5)</sup>と右の前運動皮質（運動前野）<sup>6)</sup>中の灰白質と両方の小脳半球中の白質に配置された領域を含んでいました。灰白質は高度の思考と処理に関連しており、一方、白質は自律神経系を調節し、身体から灰白質へ情報を伝えます。

6) “The measures of MRIs and lifetime exposure to residential greenness make this study quite innovative,” says Peter James, an assistant professor of population medicine at Harvard Medical School and Harvard Pilgrim Health Care Institute, who was not involved in the study. “Although the mechanisms are still unclear, this study provides evidence that living near nature may contribute to brain development. However, there are some limitations to this analysis.”

「MRI を使って、生まれた時からの住居地周辺の緑とふれあいがどう影響するかを調べることで、この研究は非常に革新的なものになっている」と、ハーバード大学医学校とハーバードピルグリムヘルスケア研究所の個体群医学部（population medicine）の准教授である Peter James が、この研究のメンバーではない者として、述べています。「そのメカニズムはまだ不明ではありますが、この研究は自然の近くでの生活が脳の発育に寄与しているかもしれない証拠を提供しています。しかしながら、この分析にはいくつかの限界もあるのです。」

7) One limitation is that the NDVI does not incorporate the quality of the vegetation—for example, it provides no information on species type or whether vegetation occurs in, say, a park versus an overgrown vacant lot. The study also does not give any indication of the children’s interactions with the surrounding greenspace.

一つの限界は NDVI が植生の中身について何も言っていないことです。例えば、それがどんな種類の植生なのか、空き地だったところに植物が繁茂したのか、それとも公園に植えられたものだったのか、といった情報を提供していません。またこの研究は周辺のグリー

ンスペースが子供との間にどんなやりとりが生じていたのかについてはまったく何も教えてくれません。」

8) Although the study used just one NDVI image (from July 2012, a month that falls between Barcelona’s maximally green seasons of spring and autumn), James says that it is unlikely that vegetation levels changed substantially over the few years of the children’s lives. However, he notes the findings may not apply to children in other geographic areas, and it will be important to confirm them in other study populations.

この研究はただ一つの時期の NDVI イメージ（2012年7月から、春と秋のバルセロナの最も緑の多い季節の間にある一か月）しか用いていないものの、植生レベルが数年間の子供の生活で実質上、変化することはありそうもないと、James は言っています。しかしながら、彼はこの発見が他の地域の子供には適用されない可能性があり、他の研究集団でこの点を確認することは重要であると記しています。

9) The article refers to the biophilia hypothesis, first popularized by biologist E.O. Wilson, which states that exposure to nature is required for humans, especially children, to thrive.<sup>4</sup> Dadvand says that a physical and mental connection to nature is “quite important in the context of our urbanizing world in which more and more children are living in urban areas, where they often have limited access to greenspaces, and, at the same time, are more exposed to air pollution and noise, factors that might have detrimental effects on their brain development.” Two of Dadvand’s previous studies also assessed greenspace in

relation to cognitive development and attentiveness in schoolchildren,<sup>3,5</sup> but this is the first to map brain structure changes.

この論文は生物学者の E.O. Wilson によって、はじめて普及されたバイオフィリア仮説<sup>7)</sup> から出発しています。そこでは自然の曝露は、人々、特に子供が成長するために必要であると述べています。<sup>4</sup> 自然との肉体的、精神的つながりは「ますます多くの子供たちが都市部で生活するようになった、都市化する世界の文脈の中では重要です。都市部ではしばしばグリーンスペースへの接近が限定され、そして、同時に彼らは大気汚染、騒音など脳の発育に有害な影響をもたらす可能性のある因子により多く曝露されているのです」と Dadvand は述べています。Dadvand の以前の二つの研究は、学童の認知機能発育と注意力に関してグリーンスペースを評価していますが、<sup>3, 5</sup> これは脳の構造変化を描いた最初の研究といえます。

10) Dadvand adds that with all the bad news associated with environmental epidemiology—air pollution, climate change, and so forth—he likes that emerging studies about greenspace possibly enhancing brain development and cognition are harbingers of good news.

大気汚染や気候変動等など、環境疫学的にみて悪いニュースが引き続くなかで、こうしたグリーンスペースが脳の発育と認知を高め可能性があるとの研究が現れてきたことは良いニュースの前兆で、望ましいことです、と Dadvand は付け加えています。



## 文献

1. James P, Banay RF, Hart JE, Laden F. 2015. A review of the health benefits of greenness. *Curr Epidemiol Rep* 2(2):131–142, PMID: [26185745](#), [10.1007/s40471-015-0043-7](#).
2. Dadvand P, Pujol J, Macià D, Martínez-Vilavella G, Blanco-Hinojo L, Mortamais M, et al. 2018. The association between lifelong greenspace exposure and 3-dimensional brain magnetic resonance imaging in Barcelona schoolchildren. *Environ Health Perspect* 126(2):027012, PMID: [29504939](#), [10.1289/EHP1876](#).
3. Dadvand P, Nieuwenhuijsen MJ, Esnaola M, Fornis J, Basagaña X, Alvarez-Pedrerol M, et al. 2015. Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. *Proc Natl Acad Sci USA* 112(26):7937–7942, PMID: [26080420](#), [10.1073/pnas.1503402112](#).
4. Kahn PH Jr. 1997. Developmental psychology and the biophilia hypothesis: children's affiliation with nature. *Dev Rev* 17(1):1–61, [10.1006/drev.1996.0430](#).
5. Dadvand P, Tischer C, Estarlich M, Llop S, Dalmau-Bueno A, López-Vicente M, et al. 2017. Lifelong residential exposure to green space and attention: a population-based prospective study. *Environ Health Perspect* 125(9):097016, PMID: [28934095](#), [10.1289/EHP694](#).

## 注（文責 五島廉輔）

### 1) 灰白質・・・gray matter

脳と脊髄からなる中枢神経系組織の中で、ニューロン（神経組織）の細胞体が集まる領域を指す。大脳や小脳では表層を占め、大脳皮質や小脳皮質とよばれる。脊髄では灰白質は深層を占め、その位置により前角、側角、後角と命名されている。

脳科学辞典 より

### 2) 白質・・・white matter

中枢神経組織の中で、神経細胞（ニューロン）の細胞体に乏しく主に神経線維が集積し走行している領域である。大脳や小脳では深層を占め、脊髄では表層を占める。

脳科学辞典 より

### 3) 正規化植生指数・・・Normalized Difference Vegetation Index(NDVI)

植生の分布状態や活性度を示す指数

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R}$$

R：衛星データの可視域赤の反射率

IR：衛星データの近赤外域の反射率

NDVIは-1から1の間に正規化した数値を示し、正の大きい数字になるほど植生が濃いことを示す。

Wikipedia

4) 三次元磁気共鳴映像法・・・Three-dimensional magnetic resonance imaging(MRI)

被験者に高周波の磁場を与え、人体内の水素原子に共鳴現象を起こさせる際に発生する電波を受信コイルで取得し、得られた信号データを画像に構成する仕組み。水分量が多い脳や血管などの部位を診断するのに適している。

Wikipedia

5) 前頭前皮質・・・prefrontal cortex

脳にある前頭葉の前側の領域で、一次運動野と前運動野の前に存在する。この脳領域は複雑な認知行動の計画、人格の発現、適切な社会的行動の調節に関わっているとされている。

Wikipedia

6) 前運動皮質（運動前野）・・・premotor cortex

前頭葉にある高次運動関連領域の一つである。ブロードマンの脳地図の6野の外側面を占め、一次運動野の前方、前頭前野の後方に位置する。運動前野は脳幹や脊髄に直接投射をしており運動の実行に関与する。さらに、感覚情報に基づく運動、運動の企画、運動の準備、他者の運動内容の理解等に関連して、主要な役割を果たす。

脳科学辞典 中山義久、星 英司

7) バイオフィリア仮説・・・biophilia hypothesis

生命への愛好が、後天的に学ばれる以前に、人間や動物は自然界を「好む」性質を先天的に持つのではないかという仮説である。バイオ=生命・生き物・自然、という用語にフィリア（愛好、趣味）という用語がついて造語されたものである。先天的には、遺伝子のなかにそのような選好性をもつ性質や行動特性（形質）があり、それが発現しているのではないかと考えるために、仮説と呼ばれる。

池田 光穂の Web ページ