

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：82611

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2010～2014

課題番号：22135008

研究課題名（和文）質感認知に関わる感性・情動脳活動

研究課題名（英文）Activity of reward-generating neural system associated with Shitsukan perception

研究代表者

本田 学（HONDA, Manabu）

独立行政法人国立精神・神経医療研究センター・神経研究所疾病研究第七部・部長

研究者番号：40321608

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 62,700,000 円

研究成果の概要（和文）：可聴域上限をこえる超高周波が音の感性的質感認知を向上するハイパーソニック・エフェクトを対象として、質感認知に影響を及ぼす刺激パラメータと報酬系活動との関連を検討した。脳波とfMRIの同時計測により、周期25秒以上の波パワーが報酬系を含む深部脳の活性と相関することを明らかにした。16-32kHzの超高周波の共存は報酬系活性を低下させるのに対して、48kHz以上の超高周波の共存は報酬系活性を増大させることを見いだした。また、可聴域成分とは別の音源の超高周波成分であっても、感性的質感認知に影響を及ぼすことを示すとともに、可聴域成分が不快な音源である場合、不快感を軽減することを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The hypersonic effect is a phenomenon in which sounds containing significant quantities of non-stationary high-frequency components (HFCs) above the human audible range activate the reward-generating neural system and improve Shitsukan perception. In this study, we investigated the relationship between the hypersonic effect and HFC frequencies. An HFC (above 16 kHz) of recorded music with various frequencies was applied to subjects along with an audible low-frequency component (LFC) below 16 kHz and the alpha2 frequency component (10-13 Hz) of spontaneous EEGs (Alpha-EEG) was measured. When an HFC above approximately 32 kHz was applied, Alpha-2 EEG increased significantly compared to when only audible sound was applied (positive hypersonic effect), while, when an HFC below approximately 32 kHz was applied, Alpha-2 EEG decreased (negative hypersonic effect). These findings suggest that the emergence of the hypersonic effect depends on the frequencies of the inaudible HFC.

研究分野：神経科学

キーワード：脳・神経 神経科学 イメージング 情動 感性

1. 研究開始当初の背景

「質感」という言葉には多様な意味が含まれている。たとえば 素材感 や 光沢感 など、物を見たり触ったりすることによって、その状態を判断する認知機能は、人間の多様な質感を構成する代表的な要素といえる。一方、一般用語として「質感」という言葉がどのように使われているかを見てみると、こうした物体の性質を中立的に表現するだけでなく、例えば「高い質感」「質感が乏しい」といった言葉に端的に表されるように、文字通り「質に対する感覚」(sense of quality)として使われることが多い。そうした場合には、美しさや快さ、あるいはその逆となる醜さや不快さなど、感覚情報を受容する人間にとっての 価値 を反映する意味が込められている。

脳に入力される感覚情報は、視覚・聴覚といったモダリティごとに固有の分析的情報処理が行われる一方、全感覚モダリティの情報が 感性・情動神経系 (または 報酬系 と 懲罰系) で統合されて、快・不快や美醜など、その動物にとっての価値判断が行われる。個別の感覚系における質感認知は、美しさ・快さといった総合的な価値の形成に大きな影響を及ぼすと考えられる。そこで、こうした質感の感性的側面、すなわちさまざまな感覚モダリティの質感情報がもたらす快・不快・美・醜など、生体にとっての価値を伴った感性・情動反応を 感性的質感認知 と呼ぶことにした。

このように一般的な意味で用いられる「質感」という言葉が感性・情動反応と密接な関係を持つにもかかわらず、現在活発に進められている質感の科学の多くは、各感覚モダリティに固有の情報処理を対象としており、質感の感性的側面へのアプローチは未だ端緒にすぎたばかりである。その原因のひとつとして、生きた人間の脳の反応を調べる手法が、質感の感性的な側面を反映した脳のデリケートな反応を捉えるのに適していないという限界が考えられる。

2. 研究の目的

以上の背景をふまえ、私たちは、主に音を対象として、こうした感性的質感認知に対して脳科学の側面からアプローチする研究を行った。具体的には、人間の可聴域上限を超える超高周波成分が報酬系神経ネットワークを活性化して、音の感性的質感認知を高める現象「ハイパーソニック・エフェクト」を対象として、感性的質感認知研究に適した評価指標を開発するとともに、それを用いて、感覚情報の質感認知に影響を及ぼす刺激パラメータと感性・情動神経系の反応との関連を明らかにする研究を実施した。

3. 研究の方法

(1) 感性的質感認知研究に最適化した深部脳活性指標の開発

脳の活性化部位を調べるうえでファンクショナル MRI (fMRI) は非常に強力なツールとなるが、fMRI はジェット機並みの非常に大きな騒音を発生するため、感性的質感認知に伴うデリケートな脳反応を著しく妨げる恐れがある。特に音刺激による感性的質感認知研究には全く用いることができない。そこで私たちは、簡便に記録することができる自発脳波によって感性的質感認知に関連の深い報酬系神経回路の活動を間接的に反映する指標を開発することを試みた。

そのために、快適性の指標として用いられることの多い脳波 波パワーに着目し、閉眼安静状態の被験者 20 名から脳波と fMRI の同時計測を行なった。得られた 20 分間の波パワーの時系列変化を経験的モード分解 (empirical mode decomposition: EMD) を用いて 5 つの成分に分解した。EMD とは複数の周期成分を持つ信号を data-driven で狭帯域の信号に分解する手法である。EMD によって得られた 5 つの異なる周期成分と同時計測した fMRI 信号との相関を検討した。

(2) 簡易深部脳活性指標と心理指標との対応の検討

うつ病の症状が重い人は、周囲の世界が、コントラストのはっきりしない、鮮やかさに欠けた、生き生きとした楽しさが無い世界として見えているという報告があることから、心理的な抑うつ状態が報酬系神経ネットワークを含む深部脳の活動低下を引き起こし、質感認知に関わる感性・情動反応を低下させている可能性が示唆される。そこで、うつ病と診断された外来患者を対象として、本研究で開発した簡易深部脳活性指標 (研究成果(1)を参照) の計測と、状態不安の程度を示す心理検査 STAI を行い、両者の関連を調べた。

(3) 超高周波成分の受容部位の検討

一般に 20kHz を超える空気振動は、耳小骨の機械的特性によって鼓膜から内耳に伝達されないことが知られている。私たちはこれまでに、人間の可聴域上限をはるかにこえる超高周波成分を含む音が感性的質感認知に影響を及ぼすにあたり、超高周波成分の受容部位について検討をおこない、耳 (気導聴覚系) ではなく耳以外の身体が関与している可能性を見いだした。これに関連して、Martin L. Lenhardt らは、音響情報の感性的質感認知を導く超高周波振動は、眼球から頭蓋内に入り、髄液を介して脳を振動させるのではないかと、という独自の仮説を提唱している。そこで、Lenhardt らによる眼球伝導説も視野に入れて超高周波振動の身体受容部位を検討するため、可聴音をイヤホンから、超高周波振動をスーパーツイーターからそれ

ぞれ独立して呈示し、超高周波振動を人間の首から上の頭部に呈示した場合と、首から下の身体に呈示した場合とに分けて、超高周波振動の有無による効果の違いを、上記で開発した簡易深部脳活性指標（研究成果(1)を参照）を用いて調べた。

(4) 感性的質感認知に影響を及ぼす超高周波成分の周波数帯域の検討

ハイパーソニック・エフェクトの発見は、音響産業に対して大きなインパクトを与えてきた。その一方で、現在利用可能なデジタル音メディアが記録再生可能な上限周波数は非常に多様化していて、音質改善に影響をおよぼす必要十分な周波数帯域についての見解が定まらないまま、混沌とした状況を呈している。その一因として、ハイパーソニック・エフェクトの発現に必要な超高周波成分の周波数帯域について、システムティックな検討がこれまで行われてこなかったことがあげられる。その一方で、いわゆるモスキート音のように、人間の可聴域と非可聴域の境界に近い周波数帯域の特定の構造をもった音が逃避行動を引き起こす現象が知られており、これらはハイパーソニック・エフェクトとは逆に、人間に不快感を引き起こしている可能性がある。

そこで私たちは、ハイパーソニック・エフェクトと高周波成分の周波数との関係を調べるために、音源の 16 kHz 以上の周波数成分を 12 の周波数帯域に分割して 16 kHz 以下の可聴音と組合せて被験者に印加し、本研究で開発された簡易深部脳活性指標（研究成果(1)を参照）が各成分を印加することによってどのように変化するかを観察した。

(5) 齧歯類の Ultrasonic vocalization をもちいたハイパーソニック・エフェクト発現メカニズムの検討

上記検討から得られた超高周波成分の周波数帯域に依存した効果（研究成果を参照）は、マウスやラットなどげっ歯類の Ultrasonic vocalization と興味深い関連性を示している。げっ歯類は人間の可聴域を超えた高い周波数帯域の音を用いてコミュニケーションをすることが知られていて、不快な刺激を与えたときには 22kHz 付近の音で鳴き、快感を感じるような状況では 50kHz 以上の周波数帯域の音で鳴くことが知られている。特にラットの 50kHz の発音は脳の報酬系神経回路の活動、すなわちドーパミンの活性化によって生まれると言われている。そこで、*in vivo microdialysis* の手法を用いて、あらかじめ録音しておいた鳴き声の 50kHz 以上の周波数成分をラットに聞かせたときの側坐核からのドーパミン放出量を測定した。

(6) 超高周波成分による不快感の軽減効果の検討

従来の一連のハイパーソニック・エフェク

ト研究では、同一音源に由来する可聴域成分と超高周波成分とを使用して、超高周波成分が音の質感認知に及ぼす影響を調べていたが、超高周波成分が可聴域成分と異なる音源に由来する場合にも音の質感認知に及ぼす影響があるのかについてはよくわかっていない。加えて、従来は音楽や森林環境音のように、元来快適に感じる音の快適性がさらに高まる現象について検討をおこなってきたが、騒音のように通常は不快感を引き起こすような可聴域成分に対して、超高周波成分の印加が、不快感を低減させる方向に作用するかどうかについては明かではなかった。

そこでこれらの点を明らかにするために、都市の駅ホームの騒音に満ちた環境音を高忠実度で収録・編集し、これを高い臨場感で再生するシステムを構築して、実験室内に高臨場感の駅ホーム音環境を仮想的に実現した。その上で、仮想駅ホーム環境音に熱帯雨林環境音に由来する超高周波成分を加えて呈示することにより、駅環境音に対する印象がどのように変化するかを質問紙によって検討するとともに、脳波の変化を本研究で開発した簡易深部脳活性指標を用いて検討した。

4. 研究成果

(1) 感性的質感認知研究に最適化した深部脳活性指標の開発

EMD によって得られた 5 つの異なる周期成分と同時計測した fMRI 信号との相関を検討したところ、2 つの短周期成分のパワー変動はいずれも前帯状回および視床前部・側部の fMRI 信号と相関していたのに対して、3 つの長周期成分のパワー変動は視床内側部や脳幹の fMRI 信号と相関し、短周期成分と長周期成分との境界は 0.04Hz（周期 25 秒）に相当することがすることが明らかになった。そこで、元の波パワーの時系列変化を、0.04Hz を境に短周期成分と長周期成分の 2 成分に分離して fMRI 信号との相関を検討したところ、中脳および視床内側部の fMRI 信号は周期 25 秒以上の長周期成分に特異的に相関することが統計的有意性のもとに示された。すなわち後頭部から記録された自発脳波の波パワーの変動のうち、周期 25 秒以上の緩やかな変動成分が、報酬系神経活動の代用指標として使用できる可能性が示され、これを簡易深部脳活性指標として一連の実験に用いることにした。

(2) 簡易深部脳活性指標と心理指標との対応の検討

うつ病と診断された外来患者を対象として、本研究で開発した簡易深部脳活性指標の計測と、状態不安の程度を示す心理検査 STAI を行い、両者の関連を調べた結果、簡易深部脳活性指標と STAI により計測した状態不安尺度との間には、強い負の相関が存在することが、高い統計的有意性をもって示さ

れた。このことは、報酬系神経ネットワークを含む深部脳の活性が高いほど、状態不安の程度が低くなることを示すものと考えられる。

(3) 超高周波成分の受容部位の検討

可聴音をイヤホンから、超高周波振動をスーパーツイーターからそれぞれ独立して呈示し、超高周波振動を人間の首から上の頭部に呈示した場合と、首から下の身体に呈示した場合とに分けて、超高周波振動の有無による効果の違いを、上記で開発した簡易深部脳活性指標を用いて調べた結果、超高周波振動を首から上の頭部に呈示したときには簡易深部脳活性指標の変化が見られず、首から下の身体に呈示したときには、超高周波振動の付加によって簡易深部脳活性指標が統計的に有意に増大することが明らかになった。この結果は、感性的質感認知を引き起こす報酬系神経ネットワークの活性化は、首から下の身体に超高周波振動を呈示した場合により強力に導かれることを示しており、少なくとも Lenhardt の眼球伝導説を裏付けるものではなく、身体の皮膚または体表面で超高周波振動を受容している可能性を示唆するものと考えられる。

(4) 感性的質感認知に影響を及ぼす超高周波成分の周波数帯域の検討

ハイパーソニック・エフェクトと高周波成分の周波数との関係を調べるために、音源の 16 kHz 以上の周波数成分を 12 の周波数帯域に分割して 16 kHz 以下の可聴音と組合せて被験者に印加し、本研究で開発された簡易深部脳活性指標が各成分を印加することによってどのように変化するかを観察した結果、可聴音とともに印加される超高周波成分の周波数によって簡易深部脳活性指標が逆転した変化を示すことを見出した。すなわち、高周波の周波数が 32kHz 付近を超えると、可聴音のみを呈示したときよりも簡易深部脳活性指標が上昇するのに対して、32kHz 付近以下の周波数の高周波成分を印加すると、簡易深部脳活性指標が低下した。特にもっとも顕著な上昇は 80kHz 付近の超高周波成分で観察された。このことは、音の感性的質感認知を向上させる効果を発現する超高周波の記録再生には、少なくとも 48kHz 以上の成分、できれば 100kHz までの成分をカバーできるデジタル・オーディオ・フォーマットが必要であることを示しており、質感研究の産業応用上、非常に重要な知見であると考えられる。

(5) 齧歯類の Ultrasonic vocalization をもちいたハイパーソニック・エフェクト発現メカニズムの検討

in vivo microdialysis の手法を用いて、あらかじめ録音しておいた鳴き声の 50kHz 以上の周波数成分をラットに聞かせたときの側坐核からのドーパミン放出量を測定した

結果、50kHz 以上の鳴き声刺激を印加したいずれの個体も、音刺激を印可しない対照条件群と比較して、側坐核におけるドーパミン放出量の有意な上昇が見られることが bootstrapping 法により明らかになった。この知見は、人間におけるハイパーソニック・エフェクト発現メカニズムを解明する上で、重要な手がかりを与えてくれると期待される。

(6) 超高周波成分による不快感の軽減効果の検討

仮想駅ホーム環境音に熱帯雨林環境音に由来する超高周波成分を加えて呈示することにより、駅環境音に対する印象がどのように変化するかを質問紙によって検討した結果、仮想駅ホーム環境音に超高周波成分を付加すると、それが付加されない場合に感じられていた、アナウンスが「うるさい」「いい声に聴こえない」、発車ベルが「うるさい」、列車の音が「うるさい」「とにかく不快」、音が「騒々しい」「雰囲気不快」「長くはいたたまれない」というネガティブな印象が緩和されることが統計的に有意に見出された。加えて、熱帯雨林由来の超高周波成分を可聴域騒音成分に加えることにより、本研究で開発した簡易深部脳活性指標が有意に上昇することが示された。これらの結果は、超高周波成分の印可が音の質感認知に及ぼす影響を実用化していくうえで重要な所見と考えられる。

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)

[雑誌論文](計15件)

- 1) Fukushima A, Yagi R, Kawai N, Honda M, *Nishina E, Oohashi T: Frequencies of inaudible high-frequency sounds differentially affect brain activity: positive and negative hypersonic effects. PLoS One, 9: e95464, doi: 10.1371/journal.pone.0095464, 2014(査読有)。
- 2) *Oohashi T, Maekawa T, Ueno O, Kawai N, Nishina E, Honda M: Evolutionary acquisition of a mortal genetic program: the origin of an altruistic gene. Artif Life, 20: 95-110, doi: 10.1162/ARTL_a_00098, 2014,(査読有)。
- 3) *Honda M, Kawai N, Yagi R, Fukushima A, Ueno O, Onodera E, Maekawa T, Oohashi T: Electroencephalographic index of the activity of functional neuronal network subserving the hypersonic effect. Asiagraph Journal, 8: 41-46, 2013(査読有)。
- 4) Hosoda C, Tanaka K, Nariyai T, Honda M, *Hanakawa T: Dynamic neural network reorganization associated with second

- language vocabulary acquisition: a multimodal imaging study. *J Neurosci* 33: 13663-72, doi:10.1523/JNEUROSCI.0410-13., 2013 (査読有) .
- 5) Kasahara K, Tanaka S, Hanakawa T, Senoo A, *Honda M: Lateralization of activity in the parietal cortex predicts the effectiveness of bilateral transcranial direct current stimulation on performance of a mental calculation task. *Neuroscience letters*, 545: 86-90, doi:10.1016/j.neulet.2013.04.022., 2013 (査読有) .
 - 6) *Maekawa T, Honda M, Nishina E, Kawai N, Oohashi T: Structural complexity of sounds necessary for the emergence of the hypersonic effect: Estimation of autocorrelation order. *Asiagraph Journal* 8: 35-40, 2013.
 - 7) Omata K, Hanakawa T, Morimoto M, *Honda M: Spontaneous slow fluctuation of EEG alpha rhythm reflects activity in deep-brain structures: A Simultaneous EEG-fMRI study. *PLoS ONE*, 8: e66869, doi:10.1371/journal.pone.0066869, 2013 (査読有) .
 - 8) Shitara H, Shinozaki T, Takagishi K, Honda M, *Hanakawa T: Movement and afferent representations in human motor areas: a simultaneous neuroimaging and transcranial magnetic/peripheral nerve-stimulation study. *Front Hum Neurosci* 7:554, doi: 10.3389/fnhum.2013.00554, 2013 (査読有) .
 - 9) *Tanaka S, Ikeda H, Kasahara K, Kato R, Tsubomi H, Sugawara SK, Mori M, Hanakawa T, Sadato N, Honda M, Watanabe K: Larger right posterior parietal volume in action video game experts: a behavioral and voxel-based morphometry (VBM) study. *PLoS One*, 8: e66998, doi: 10.1371/journal.pone.0066998, 2013 (査読有) .
 - 10) Tanaka T, Takano Y, Tanaka S, Hironaka N, Kobayashi K, Hanakawa T, Watanabe K, *Honda M: Transcranial direct-current stimulation increases extracellular dopamine levels in the rat striatum. *Frontiers in systems neuroscience* 7:6, doi 10.3389/fnsys.2013.00006, 2013 (査読有) .
 - 11) Aihara T, Takeda Y, Takeda K, Yasuda W, Sato T, Otaka Y, Tanaka S, Hanakawa T, Honda M, Liu M, Kawato M, Sato M, *Osu R: Cortical current source estimation from electroencephalography in combination with near-infrared spectroscopy as a hierarchical prior. *Neuroimage* 59: 4006-4021, doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.09.087., 2012 (査読有) .
 - 12) *Tanaka S, Seki K, Hanakawa T, Harada M, Sugawara SK, Sadato N, Watanabe K, Honda M: Abacus in the brain: a longitudinal functional MRI study of a skilled abacus user with a right hemispheric lesion. *Frontiers in psychology* 3: 315, doi: 10.3389/fpsyg.2012.00315., 2012 (査読有) .
 - 13) *Yamamoto S, Honda M, Oohashi T, Shimizu K, Senda M: Development of a brain PET system, PET-Hat: A wearable PET system for brain research. *IEEE Transactions on Nuclear Science* 56(5): 668-673, doi: 10.1109/TNS.2011.2105502, 2011 (査読有) .
 - 14) Shitara H, Shinozaki T, Takagishi K, Honda M, *Hanakawa T: Time course and spatial distribution of fMRI signal changes during single-pulse transcranial magnetic stimulation to the primary motor cortex. *Neuroimage* 56: 1469-1479, doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.03.011., 2011 (査読有) .
 - 15) Tanaka S, Takeda K, Otaka Y, Kita K, Osu R, Honda M, Sadato N, *Hanakawa T, *Watanabe K: Single session of transcranial direct-current stimulation transiently increases knee extensor force in patients with hemiparetic stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 25: 565-569, doi: 10.1177/1545968311402091., 2011 (査読有) .
- [学会発表] (計 2 3 件)
- 1) Honda M, Oohashi T: Hypersonic effect of Balinese gamelan music: Inaudible high-frequency sounds activate deep brain structures. Special Lecture, Asian and Oceanian Congress of Clinical Neurophysiology (AOCCN2013). Bali, Indonesia, 8.29, 2013. (招待講演)
 - 2) 本田 学: 人と音と脳の科学が拓く音響学の地平. 日本音響学会2012年秋季研究発表会原点回帰スペシャルセッション, 長野, 9.21, 2012. (招待講演)
 - 3) Omata K, Morimoto M, Hanakawa T, Honda M: Correlation between the activity of deep brain regions and the change of arousal level. The 15th Annual meeting of the Association for the Scientific Study of Consciousness, Kyoto, 6.11, 2011.
 - 4) Maekawa T, Ueno O, Kawai, N, Nishina, E, Honda M, Oohashi T: Evolutionary acquisition of genetic program for death. 20th European Conference on

- Artificial Life (ECAL2011), Paris, 8.10, 2011.
- 5) Honda M: Adverse effect of the non-invasive brain stimulation: A case report. 第34回日本神経科学大会 Neuroethics symposium, 横浜, 9.15, 2011.
 - 6) 小俣圭, 森本雅子, 花川隆, 本田学: 自発脳波における覚醒度判断のEEG-fMRI同時計測による検討. 第13回日本ヒト脳機能マッピング学会, 京都, 9.1, 2011.
 - 7) 小俣圭, 森本雅子, 花川隆, 本田学: 覚醒状態の変化と脳活動. 第34回日本神経科学大会, 横浜, 9.15, 2011.
 - 8) Aihara T, Takeda Y, Takeda K, Yasuda W, Sato T, Otaka Y, Hanakawa T, Honda M, Liu M, Kawato M, Sato M, Osu R: Cortical current estimation from EEG by incorporating NIRS activity as a hierarchical prior. Society of Neuroscience 2011 Annual Meeting, Washington, DC, USA, 11. 12-16, 2011.
 - 9) DaSalla CS, Kasahara K, Honda M, Hanakawa T: EEG-based brain-computer interface control during simultaneous fMRI acquisition. Society of Neuroscience 2011 Annual Meeting, Washington DC, USA, 11.15, 2011.
 - 10) Osu R, Morimoto M, Honda M, Oohashi T, Hypersonic effect - Inaudible high-frequency sounds activate deep brain structure, ASIAGRAPH 2010 in Shanghai, Shanghai, China, 6.12, 2010.
 - 11) Nishina E, Morimoto M, Kawai N, Yagi R, Honda M, Oohashi T: Hypersonic Sounds a New Dimension of Digital Acoustics Indicated by Balinese Traditional Gamelan Music, International Joint conference APCHI-ERGOFUTURE 2010, Bali, Indonesia, 8.2, 2010.
 - 12) Morimoto M, Honda M, Nishina E, Kawai N, Oohashi T: Study on the Sound Structure of Georgian Traditional Polyphony (2): Quantitative Analysis of Fluctuation Structure, The Fifth International Symposium of Traditional Polyphony, Tbilisi, Georgia, 10.6, 2010.
 - 13) Kawai N, Morimoto M, Honda M, Onodera E, Nishina E, Oohashi T: Study on the Sound Structure of Georgian Traditional Polyphony (1): Analysis of the Temperament Structure, The Fifth International Symposium of Traditional Polyphony, Tbilisi, Georgia, 10.6, 2010.
 - 14) Omata K, Hanakawa T, Morimoto M, Honda M: Influence of cardiac and respiratory artifacts on the relationship between EEG and fMRI signals, 29th

International Congress of Clinical Neurophysiology ICCN2010, Kobe, Japan, 10.30, 2010.

- 15) Omata K, Morimoto M, Hanakawa T, Honda M: Brain activities related to vigilance judgment based on spontaneous EEG: A simultaneous EEG-fMRI study, The Society for Neuroscience 40th Annual Meeting, San Diego, USA, 11. 13-17, 2010.
他8件

〔図書〕(計7件)

- 1) 本田学: 脳と情報環境 - 脳科学から見た環境の安全・安心 - . 脳の発達と育ち・環境 . NPO 法人脳の世紀推進会議編, クバプロ, 東京, 9-45, 2010.
- 2) 本田学: 感性的質感認知への脳科学的アプローチ, 映像情報メディア学会誌 2012年05月号, 特集「質感を科学する」 2-2, 343 -348, 2012.
- 3) 本田学: ハイパーソニック・エフェクトの脳科学. 科学, 83: 328-340, 2013.
- 4) 本田学: 感動する脳の仕組み. 「音楽・情報・脳」仁科エミ, 河合徳枝(共編著): pp.36-52, 放送大学教育振興会, 東京: 2013.
他3件

〔産業財産権〕

取得状況(計9件)

- 1) 大橋 力, 河合徳枝, 仁科エミ, 本田学, 前川督雄, 森本雅子, 八木玲子, 上野 修: 振動呈示装置. 特許第4572214号, 8.20, 2010.
他8件

〔その他〕

- 1) インタビュー記事、「脳のメカニズムからみた音楽の力」、INTERVIEW 音楽教育の未来への提言5、(聞き手: 坪能由紀子) 教育音楽・小学版および中学版、2014年8月号、音楽之友社
- 2) インタビュー記事掲載、「研究室」に行ってみた(文: 川端裕人)、National Geographic 日本版 Web 記事、2014年2月3日~2014年2月12日7回連載、<http://natgeo.nikkeibp.co.jp/nng/article/20140129/381790/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本田 学 (HONDA, Manabu)

国立精神・神経医療研究センター・神経研究所疾病研究第七部・部長

研究者番号: 40321608