

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：14301

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2009～2013

課題番号：21120008

研究課題名(和文)脳内回路の引き込み協調による言語・非言語コミュニケーションの創発原理の解明

研究課題名(英文)Verbal and non-verbal communication principle revealed by neural synchrony

研究代表者

水原 啓暁(Mizuhara, Hiroaki)

京都大学・情報学研究科・講師

研究者番号：30392137

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 48,700,000円、(間接経費) 14,610,000円

研究成果の概要(和文)：脳内の異なる皮質間での情報伝達は、脳波などで観察可能な神経振動子の引き込み協調により実現されることが記憶課題などを対象として示されてきた。本研究課題では、この神経振動子の引き込み協調により言語・非言語コミュニケーションが実現されているものにとらえ、言語コミュニケーションの神経基盤を検証するために、文理解、音声コミュニケーション中の脳波計測を実施した。また、非言語コミュニケーション課題として他者の状態推定を必要とする課題および他者との協調を必要とする課題を用いた際の脳内の神経回路の動的な変調を検証するとともに、脳間において神経振動子の引き込み協調がコミュニケーションを実現していることを検証した。

研究成果の概要(英文)：Neural synchrony is a crucial mechanism to dynamically communicate between cortices in the brain. The neural synchrony is usually observed as the EEG activity, and has been often elucidated in the term of mnemonic function. We used the scalp EEG recordings during a sentence comprehension task and a vocal communication task, in order to elucidate the underlying mechanism of the verbal communication in the current project. Here we assumed that the neural synchrony is the common mechanism to explain the verbal and non-verbal communications. For investigating the mechanism of non-verbal communication, the causal relationship analysis of fMRI was used to verify the dynamical modulation of the cortical networks caused by non-verbal interaction to others. We also elucidated the mechanism of the inter-personal communication emerges with the neural synchrony of EEGs from two brains.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：神経科学 脳・神経 認知科学 複雑系 認知神経科学

1. 研究開始当初の背景

言語や非言語によるコミュニケーションにおいては、外界とのダイナミックな相互作用が重要であるとともに、ダイナミックに変化する外界の状況に応じた適切な神経回路網を、脳内で動的に形成する必要がある。乾(1998)は言語現象および神経心理学的知見並びにイメージング研究に基づき、言語コミュニケーションに関する脳内メカニズムの仮説「運動系列予測学習仮説」を提案している。この仮説では、系列の予測学習および感覚と運動の順逆変換が重要な機能となる。後者は模倣学習と密接に関連している。ここでの模倣は、視覚情報から自己の運動情報への変換(見まね、ジェスチャの理解)や聴覚情報から自己の運動情報(構音指令)への変換(聞きまね、復唱)が重要となる。つまり、他者の運動指令を予測しつつ模倣学習を進めるというダイナミックな情報の処理過程が、運動系列予測学習仮説である。乾らのグループでは長年にわたり、言語コミュニケーションにおける言語理解や、非言語コミュニケーションにおける他者の動作理解においては、運動系列の予測的模倣が重要であることを、脳機能イメージング手法や計算論モデルを用いることで明らかにしてきた。また、水原らの研究グループが研究開始当初までに行ってきた研究により、作業記憶中においては、複数の周波数にまたがる神経振動子の過渡的な同期が、脳内で分散表象された情報を統合していることが明らかにされている。理論的な観点から、複数の周波数での神経振動子で表象された情報の引き込み協調は、脳内の分散した部位で表象された情報の再活性化のタイミングを予測するためのものであると考えられる。

この脳内の現象と同様に、言語・非言語コミュニケーションにおいても神経振動子の引き込み協調により運動指令の予測を実現しているものと考えられる。例えば、ヒトの言語コミュニケーションにおける発話は4~8Hzと30~50Hzの変調波から構成されており、これらの周波数は言語の音節(シラブル)および音素(フォニーム)の周波数と一致する。これらの発声の時間的な変調波は脳内の神経振動子のリズム(シータ波およびガンマ波)と一致しており、これらのシラブルおよびフォニームが、左右の聴覚皮質において別々に処理されていることが明らかにされている。さらに、顔のジェスチャや頭部の動きと周波数が一致しているプロソディ(発話のイントネーションやリズム:1~3Hz,デルタ波)も、音声認識に重要であることが報告されている。従来の研究により、話者の顔を見ることで音声コミュニケーションの理解が促進されることが知られており、音声を理解する際においても、構音にかかわる器官の活動が重要であることが指摘されている。つまり、これらのことは言語コミュニケーションにおいて、他者の運動指令予測が言語理解を促進

していることを示唆している。

2. 研究の目的

本研究では、動作予測によるコミュニケーションの創発原理にかかわる以下の2つの課題に着目し研究を実施した。

(1) 言語コミュニケーションにおける動作予測

(2) 非言語コミュニケーションにおける動作予測

それぞれの研究課題にかかる詳細については、下記のとおりである。

(1) 言語コミュニケーションにおける動作予測

文理解を実施している際の脳ダイナミクスを明らかにするとともに、音声コミュニケーションにおいては、プロソディ検出による運動予測によりシラブル(シータ波)とフォニーム(ガンマ波)の動的な統合を実現していることを実験的に明らかにする。

1990年頃より人間の言語処理の脳内メカニズムが徐々に明らかにされつつある。しかしながら、言語を高速でオンライン的に処理する脳内メカニズムなどは不明である。そこで本研究では言語の意味理解における動作予測の役割を説明できる脳神経科学的に妥当なモデルを提案した。ここでは、発達心理学・神経心理学・神経生理学・脳イメージング研究などのデータに基づき、文理解とその発達に関するモデルを考案することを目的とした。さらに言語理解課題遂行中の脳波計測を実施することで、この仮説を検証した。

また、音声言語コミュニケーション時の話者の動作予測に着目して、発話リズムの引き込み協調により、コミュニケーションが実現していることを検証した。この研究においては、音声コミュニケーションでは発話に含まれるリズムに、聴取者の脳活動が引き込み協調することで話者の動作予測を実現し、そのコミュニケーションが促進されているとの仮説のもと、音声聴取課題遂行時の脳波計測を実施した。

(2) 非言語コミュニケーションにおける動作予測

コミュニケーションにおいて脳内の神経回路が動的に変化するかを検証するため、非言語コミュニケーション時の機能的MRI計測を実施した。本研究課題では他者の動作予測によりコミュニケーション時の神経回路が変調するものと想定している。そこで他者の行動を観察することによる状態推定により、神経回路の結合強度が変化することを示すために脳内の報酬系回路に着目し、他者が協力的な場合と非協力的な場合において、報酬を評価するための脳内回路の強度が動的に変化することを機能的MRIにより示した。

また、ジェスチャの動作模倣における他者の行動予測に関して研究を実施した。他者の

ジェスチャとして、タッピングの行動を行なっている映像を呈示した場合の動作模倣の脳活動と、遅延映像呈示を行なった際の脳活動とを比較することにより、他者の行動予測において活動する広範な皮質部位が、複数の神経振動子の引き込み協調により実現されていることを2者の脳波の同時計測により検証した。

3. 研究の方法

(1) 言語コミュニケーションにおける動作予測

脳波計測を実施することで言語の意味理解における脳内情報統合メカニズムについて検討した。言語の意味理解においては、文章中の行為者、物体(目的語)、動詞を適切に繋げて一つの文章として認識する必要がある。行為者、物体、動詞は脳内ではそれぞれ頭頂葉、側頭葉、運動前野で表象されていることが知られている。これらの離れた部位で表象された情報を統合するためには、長連合線維による結合が必要となるが、単に解剖学的結合のみでは常に行為者、物体、動詞情報が統合されてしまい、適切な文理解は実現できない。そこで乾(2010)は行為者、物体、動詞情報の動的な統合を実現するメカニズムとして、神経活動の同期発火によるタイミング表現(temporal coding)を想定し、文理解においては動詞処理時において、これらの遠距離の脳部位をつなぐ脳波の位相同期が観察されると予見している。そこで本研究課題では文理解中の脳波計測を実施することで、脳波の位相同期により動的なネットワークを形成することで文理解を実現しているかを検証した。

また、言語コミュニケーションにおける運動予測の効果を検証するために、音声聴取時の脳波計測実験を行った。音声コミュニケーションにおいては話者の顔を見ることでその処理が促進されることが知られている。この話者の顔の動きは、音声を構成する重要なリズムであるプロソディと同期して発生する。このプロソディと同期した視覚情報のリズムに聴取者の脳波を引き込むことで、音声情報の発生タイミングを予測し、これにより音声コミュニケーションが促進されると考えられている。この仮説を検証するため、ノイズの重畳した単語読み上げの音声刺激を聴取中の脳波計測を実施した。

(2) 非言語コミュニケーションにおける動作予測

言語コミュニケーションにおける研究課題では、リズムの引き込み協調について検証した。ただし、これらの研究課題では一方向的な刺激呈示における脳内での情報処理過程において、神経活動のリズムが重要な役割を果たしていることを示しているのみであり、脳間の双方向のコミュニケーションを想定した場合の脳内回路の動的形成を議論し

ていない。そこで非言語コミュニケーションに関する研究項目においては、特に双方向の情報伝達がある状況を想定したときに、脳内の回路が動的に変化するか、さらには脳間の神経活動のリズムが引き込み協調するかに着目して研究を実施した。

他者とのコミュニケーションによる脳内回路の動的変化の検証に関する研究では、他者の行動推定に基づく報酬系回路の変化を、機能的MRI計測に基づき検証した。また、非言語コミュニケーション中の2者の脳波の同時計測を実施することで、脳間においても神経振動子の引き込み協調によりコミュニケーションが実現されていることを検証した。

4. 研究成果

(1) 言語コミュニケーションにおける動作予測

文理解に関する研究課題では、文理解中の脳波計測を実施することで、脳波の位相同期により動的なネットワークを形成することで文理解を実現しているかを検証した。脳波計測に用いた実験では、動作動詞の理解に係る脳波位相同期を検証するために、文を構成する主語・目的語・動詞を逐次的に呈示した。ここで動詞について、「さわる」や「つぶす」などのように身体の動作を伴う「動作動詞」、「おこる」や「ねじる」などのように身体の動作を伴わない「抽象動詞」、実際には動詞として存在しないが動詞様の無意味な「疑似単語」(例えば「ねだく」など)を用いることで、動作に関する文理解において、運動皮質を含む領域との動的な位相同期が発生するかを検証した。その結果、動作動詞提示800ミリ秒後付近において、疑似動詞提示の場合と比較してシータ帯域(4Hz)の脳波の位相同期が観察された(図1)。この位相同期は抽象動詞を処理する際においても観察されるものの、動作動詞の処理においては運動前野付近を含む運動皮質付近の電極において、より多くの位相同期が観察された。このことは、乾(2010)の予見通り、文理解においては動詞処理をするための運動皮質と、その他の情報を表象する脳部位との動的なネットワークが、脳波の位相同期により実現されることを支持する結果である。

音声コミュニケーションに関する研究課題では、ノイズの重畳した単語読み上げの音

動作動詞 VS 疑似動詞 抽象動詞 VS 疑似動詞

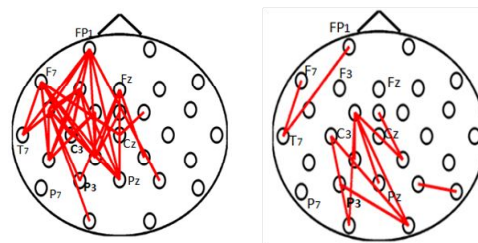


図1 言語理解の脳波計測実験。位相同期指標(PLV)の条件間比較。結果はシータ波(4Hz)の動詞提示800ms後の被験者間平均。

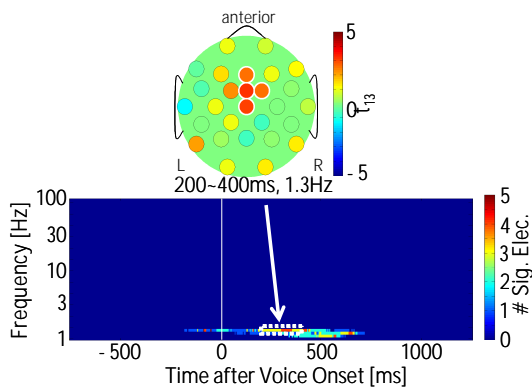


図2 音声聴取課題遂行時の聴取者の脳波位相同期解析(PLV).

声刺激を聴取中の脳波計測を実施した。話者のプロソディのリズムに、聴取者の脳波状態が引き込まれるかを位相同期指標(PLV)により検証したところ、1~3Hz 付近の脳波活動が引き込み協調していることが明らかになった(図2)。この周波数帯域はプロソディのリズムと一致する周波数であり、音声コミュニケーションにおいては聴取者の脳波活動の位相が話者のプロソディのリズムに引き込み協調していることを示している。

この音声のプロソディは、その特定の位相において音声情報であるシラブル、フォニームと呼ばれるリズム成分が発生することが知られている。したがって、話者のプロソディに脳波が引き込み協調することで、音声の発生タイミングの予測を実現しているのであれば、音声と同様に、プロソディ周波数に引き込まれた脳波の特定の位相において、シラブルやフォニームに対応する脳波成分が発生するはずである。これを検証するために、位相-振幅協調解析を実施したところ、プロソディ周波数である1.5Hzの脳波の特定の位相において、4Hzと50Hz付近の脳波の振幅が増大する結果を得た。これらの周波数帯域は、それぞれシラブル、フォニームの周波数と一致している。また、これらの振幅が増大するのは、ともにプロソディ周波数の谷の位相手前で同時に発生している。脳内ではシラブル、プロソディは別々の部位で処理されることが指摘されており、これらの同期発生は、上述した文理解の際の同期発火と同様に、脳内での情報統合を意味しているのであろう。この情報統合のために、プロソディ表現の位相を用いることで、音声コミュニケーションの理解が促進されているものと考えられる。

以上のように、言語コミュニケーションにおいては、脳波の引き込み協調による脳内の部位間のコミュニケーションを行うことで文理解を実現しているとともに、脳間のコミュニケーションにおいても文理解における脳内の現象と同様に、リズムの引き込み協調により、その言語によるコミュニケーションを実現しているものと言える。

(2) 非言語コミュニケーションにおける動

作予測

他者とのコミュニケーションによる脳内回路の動的変化の検証に関する研究では、他者の行動推定に基づく報酬系回路の変化を、機能的MRI計測に基づき検証した。この研究では、2人で交互に意思決定をすることで報酬金額を増やしていく実験課題を遂行中の被験者の機能的MRIの計測を実施した。このときパートナーは被験者の報酬金額が最大となるように協力的に振る舞う場合と、自己の報酬金額が最大となるように利己的に振る舞う場合がある。被験者は、このパートナーの状態を推定しながら、自己の報酬金額が最大となるように意思決定を行う課題となっている。このときの脳活動を機能的MRI解析により同定したところ、報酬系や他者の状態推定に関わる脳領域の活動が認められた。そこで、この領野間の結合が他者の状態により変化するかを検証するために、領野間の有向結合性解析をDCMにより実施した。その結果、他者が利己的に振る舞う場合において、その状態推定の結果が報酬系回路の有向結合性を促進することが明らかになった。このことは、他者とのコミュニケーションにおいて、その状況に応じて脳内の神経回路が動的に変化していることを示すものである。

上述のように他者からのフィードバックが存在する非言語コミュニケーションにおいて、脳内の回路の変調が起きていることが明らかになった。この脳内回路の変調にとともに、脳間の神経回路の結合にも変化があるものと考え、非言語コミュニケーション中の2者の脳波の同時計測を実施した。この研究課題では、非言語コミュニケーション課題として、2者の手指運動のタッピングのタイミングを協調させる課題を用いた。ただし、被験者に呈示される手指運動は、必ずしもパートナーのものではなく、自身の手指運動がそのまま提示される場合もある。さらに本研究課題では、被験者自身の手指運動を500ミリ秒程度の遅延の後に呈示する条件を加えている。自身の運動情報が数百ミリ秒の遅延後に呈示された場合には、自身の運動にもかかわらず、自身の運動であると感じない現象、つまり自己主体感の喪失が発生することが知られている。したがって、視覚情報の遅延フィードバックを用いた条件では、被験者の自己主体感を喪失させることで、真には他者とのコミュニケーションが存在しないが、被験者は他者とのコミュニケーションを実施する前段階の状況を疑似的に作り出すものである。

これらの実験条件下での脳波を被験者およびパートナーの2者から同時に測定し、そのときの脳波位相同期指標の解析を実施した。その結果、真にコミュニケーションを実施する際においては、被験者の脳内の位相同期回路が崩壊することが明らかになった。この位相同期回路は自身の手指運動が表示されている場合には崩壊しない。ただし、自身

の手指運動であるとしても、視覚情報の遅延フィードバック呈示した場合には、真のコミュニケーションの場合と同様に脳内の位相同期回路の崩壊が観察された。つまり、コミュニケーションにおいてはその前段階として自己主体感の喪失により脳内の神経活動の引き込み協調回路を崩壊させていることが考えられる。この脳内回路の崩壊の後に、脳間の神経活動の引き込み協調が、真のコミュニケーションが存在する場合においてのみ観察されている。これらの知見をまとめると、脳間のコミュニケーションにおいては、脳内の神経活動の位相同期により確立している神経回路を崩壊させることでコミュニケーションの準備を実現し、その後他者の脳内の神経回路と位相同期することでコミュニケーションが実現していることが考えられる。

以上の言語・非言語コミュニケーションの研究成果は、神経振動子の位相協調が、脳内および脳間のコミュニケーションに共通する基本原理であることを示している。脳内の皮質間の情報伝達は、神経振動子の位相同期により実現されている。さらに、この脳内の神経回路を崩壊させ、新たに脳間の神経振動子の位相同期を確立することで、脳間のコミュニケーションを実現している。この神経振動子の位相同期は、音声コミュニケーションのための振動子協調において観察されるように、情報伝達のための最適な位相状況を予測するための戦略であると考えられる。

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 17 件)

Takao Fukui, Toshio Inui, How vision affects kinematic properties of pantomimed prehension movements. , *Frontiers in psychology*, Vol. 4, 44 (2013)

Toshio Inui, Toward a unified framework for understanding the various symptoms and etiology of autism and Williams syndrome. , *Japanese Psychological Research*, Vol. 55(2), 99-117 (2013)

乾 敏郎, 誤った知覚から世界に関する修正不能な信念が生じる脳内メカニズム, *日本精神神経学会誌*, Vol. 114(2), 171-179 (2012)

乾 敏郎, 円滑な問主観的インタラクションを可能にする神経機構, *こころの未来*, 14-17 (2012)

乾 敏郎, 予測的な運動機能と自己意識 (1), *ミネルヴァ通信「究」* 6 月号, 11-16 (2012)

乾 敏郎, 自らの行動が生む外界の変化を学習する。-随伴性と社会性, *ミネルヴァ通信「究」* 5 月号, 11-16 (2012)

Hiroaki Mizuhara, Cortical dynamics of

human scalp EEG origins in a visually guided motor execution. , *NeuroImage*, Vol. 62(3), 1884-95 (2012)

Ogawa Kenji, Inui Toshio, Multiple neural representations of object-directed action in an imitative context, *Experimental Brain Research*, Vol. 216(1), 61-69 (2012)

鹿内学, 水原啓暁, 他者の協調性によっておこる脳の報酬系の変調: fMRI 研究, *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol. 111, 287-292 (2012)

乾 敏郎, 言語ができるまで, *Brain Medical*, Vol. 23, 63-70 (2011)

水原啓暁, グローバルな神経協調による情報統合と機能障害, *神経心理学*, Vol. 27(2), 90-96 (2011)

Mizuhara Hiroaki, Yamaguchi Yoko, Neuronal ensemble for visual working memory via interplay of slow and fast oscillations, *European Journal of Neuroscience*, Vol. 33(10), 1925 - 1934 (2011)

Mizuhara Hiroaki, Inui Toshio, Is mu rhythm an index of the human mirror neuron system? A study of simultaneous fMRI and EEG, *Advances in Cognitive Neurodynamics*, 123-127 (2011)

Iwabuchi Toshiki, Ohba Masato, Inui Toshio, Ogawa Kenji, An fMRI Investigation of the Mental Perspective Shift in Language Comprehension, *Advances in Cognitive Neurodynamics*, 351-355 (2011)

Mizuhara H, Yamaguchi Y, Neuronal ensemble for visual working memory via interplay of slow and fast oscillations. , *The European journal of neuroscience*, Vol. 33(10), 1925-34 (2011)

乾 敏郎, 言語獲得と理解の脳内メカニズム, *The Japanese Journal of Animal Psychology*, (2010)

乾 敏郎, 言語獲得と理解の脳内メカニズム, *The Japanese Journal of Animal Psychology*, Vol. 60(1), 59-72 (2010)

[学会発表](計 23 件)

Manabu Shikauchi, Hiroaki Mizuhara, Brain Activity by Selfish Partner Dynamically Modulates the Reward-related Cortical Network, *Society for Neuroscience*, San Diego, (Nov. 9-13, 2013)

Takayuki Onojima, Keiichi Kitajo, Hiroaki Mizuhara, Intelligibility of speech perception depends on the pre-stimulus oscillatory phase, *Conference on Neural Oscillation 2013*, 岡崎, (Jul. 18-19, 2013)

鹿内学, 水原啓暁, 相手の非協調性に関わる脳活動により変化する報酬系領野間の情報伝達, *信学技報*, 徳島, (Jul. 1, 2013)

Hiroaki Mizuhara, Spatiotemporal

analysis of human neural oscillation by simultaneous fMRI-EEG, Conference on Neural Oscillation 2013, 岡崎, (Jul. 18-19, 2013)

小野島隆之, 北城圭一, 水原啓暁, 自発脳波位相により変化する音声聴取成績, 日本認知心理学会第 11 回大会, 筑波, (Jun. 29-30, 2013)

Hiroaki Mizuhara, Takafumi Sasaoka, Yutaka Yamaguti, Hiroshi Watanabe, Ichiro Tsuda, EEG (de-)synchronization of the intra/inter-brain during cooperative finger tapping, International Conference on Cognitive Neurodynamics 2013, Sweden, (Jun. 23-27, 2013)

Hiroaki Mizuhara, Neural Synchrony: Common Framework for Understanding Inter-cortical and Inter-brain Communication, 大阪大学浅田稔研究室 特別推進研究会, 大阪, (Apr. 26, 2013)

Hiroaki Mizuhara, Neural synchronization of the intra-/inter-brain for hetero systems communication., Workshop on Measuring Consciousness - Theory and Experiments, 京都, (Mar. 25, 2013)

水原 啓暁, 神経振動子協調による皮質間/個体間コミュニケーション, 神経ダイナミクス研究会, 山口, (Mar. 8-9, 2013)

鹿内 学, 水原 啓暁, 社会的環境で報酬系活動を変化させる領野間ネットワークの調節器, 第 2 回社会神経科学研究会, 愛知県岡崎市, (Jan. 30, 2013)

鹿内 学, 水原 啓暁, fMRI 脳活動解析における統計的因果推論の適用, 第 15 回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2012), 東京, (Nov. 8, 2012)

鹿内 学, 水原 啓暁, 非協力的な相手との行動によって変化する報酬関連領野の活動, 日本神経科学大会, 名古屋, (Sep. 19, 2012)

Hiroaki Mizuhara, Suguru Inoue, Takafumi Sasaoka, Manabu Shikauchi, Boosting the intelligibility of vocal communication via inter-individual entrainment of neuronal oscillations., Dynamic Brain Forum 2012, Spain, (Sep. 3-6, 2012)

水原 啓暁, 井上 卓, 笹岡 貴史, 鹿内学, ミラーニューロンシステムにより促進される音声知覚, 日本認知心理学会, 岡山, (Jun. 2-3, 2012)

水原啓暁, 脳波階層カップリングによる音声言語コミュニケーション促進原理, 第 3 回神経ダイナミクス研究会, 公立はこだて未来大学・北海道, (Mar. 21, 2012)

鹿内 学, 水原 啓暁, 他者の状態によって変調する脳の報酬系: fMRI 研究, 第 10 回日本認知心理学会, 岡山, (May 15, 2012)

鹿内学, 水原啓暁, 他者の協調性によつ

ておこる脳の報酬系の変調: fMRI 研究, 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会, 玉川大学・東京, (Mar. 14-16, 2012)

水原啓暁, fMRI と EEG の同時計測による皮質脳波の再構築, ダイナミックブレインワークショップ, 沖縄大学院大学・沖縄, (Dec. 17, 2011)

水原啓暁, 神経振動子の階層カップリングによる皮質間/個体間コミュニケーション: fMRI と EEG の同時計測によるアプローチ, 京都大学大学院医学研究科 神経科学セミナー, 京都大学・京都, (Nov. 21, 2011)

笹岡貴史, 乾敏郎, 遅延・変換フィードバック下での自他認識に関わる脳内基盤 1, 日本認知心理学会第 9 回大会, 東京都 学習院大学, (Mar. 28- May 29, 2011)

② 水原 啓暁, 乾 敏郎, The origin of scalp EEG during a motor execution task: A new method for simultaneous fMRI and EEG., 16th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping., Barcelona, Spain, (Jun. 6-10, 2010)

② 水原 啓暁, 乾 敏郎, 把持運動における皮質間のグレンジャー因果性の動特性, 日本認知心理学会第 8 回大会, 福岡県福岡市西南学院大学, (May 29-30, 2010)

③ Mizuhara H, Inui T, Is mu rhythm an index of the human mirror neuron system? A study of simultaneous fMRI and EEG, The 2nd International Conference on Cognitive Neurodynamics, Hangzhou, China, (Nov. 15-20, 2009)

〔図書〕(計 1 件)

乾 敏郎 (監修), 「知識の森」感覚・知覚・認知の基礎, オーム社, 電子情報通信学会 (編集), 電子通信学会 (編集), (2012)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水原 啓暁 (Mizuhara, Hiroaki)
京都大学・大学院情報学研究科・講師
研究者番号: 3 0 3 9 2 1 3 7

(2) 研究分担者

乾 敏郎 (Inui, Toshio)
京都大学・大学院情報学研究科・教授
研究者番号: 3 0 1 0 7 0 1 5

笹岡 貴史 (Sasaoka, Takafumi)
京都大学・大学院情報学研究科・助教
研究者番号: 6 0 3 6 7 4 5 6