

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00199

研究課題名(和文) 知覚の体制化に基づく注意選択メカニズムとその個人差

研究課題名(英文) Mechanisms of attention selection based on perceptual organization and individual differences

研究代表者

河西 哲子 (Kasai, Tetsuko)

北海道大学・教育学研究院・教授

研究者番号：50241427

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：断片的な感覚入力(刺激)や知識などの要因で体制化され、背景から分離された図領域(物体)が形成されることは認識の基盤である。本研究はその基礎メカニズムと個人差について主に以下の知見を得た。

1. 特徴の類似性による視覚的群化、文字、文字列、視覚単語のような学習に基づく物体、主観的輪郭をともなう図領域の活性化、といった3つの知覚の体制化過程について、複数の処理段階を事象関連電位を用いて可視化し、そこへの注意の影響を同定した。
2. 上記の検討において、健常者における自閉スペクトラム症(ASD)と注意欠如・多動症(ADHD)の症状の程度、および性差で異なる処理過程を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

1. ヒトの視覚皮質における潜在的な統合的処理過程を可視化するための複数の新たな実験方法を開拓した。
2. 主にボトムアップ処理と考えられてきた諸過程への注意の影響を明らかにしたことで、視覚情報処理過程とその個人差の仕組みについての新しい見方を提供できる。
3. とくに健常者における発達障害傾向の影響に関する知見は、発達障害学で指摘されてきた定型発達と非定型発達の連続性を支持するとともに、ASDとADHDにおける知覚・注意機能における新たな側面の理解向上と、アセスメント法の開発に寄与できる。

研究成果の概要(英文)：Fragmentary sensory inputs are organized according to stimulus and knowledge factors, and forming figure region (object) from the background is fundamental for cognition. This research obtained findings regarding its basic mechanisms and individual differences as follows.

1. Multiple stages of processing regarding three aspects of perceptual organization (visual grouping by feature similarity, object based on learning such as letter, letter-string, visual word, and figure enhancement with subjective contours) were visualized by event-related potential and the stages on which attention operates were specified.
2. In the above investigations, some processes were found to vary with the extent of symptoms of autism-spectrum disorders (ASD), attention-deficit hyperactivity disorders (ADHD), and sex in healthy participants.

研究分野：認知神経科学

キーワード：選択的注意 知覚の体制化 物体 時間 脳波 事象関連電位 発達障害 性差

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 断片的な感覚入力が体制化され、背景から分離された物体(図領域)は注意やワーキングメモリの単位となる。知覚の体制化は刺激により強制的に生じることを多くの研究が示しており、これまで申請者は注意の拡散現象を通じて、ヒト視覚皮質における複数の処理段階での知覚の体制化の影響を明らかにしてきた(e.g., Kasai et al., 2011)。しかし近年では注意による影響が示されているため(e.g., Wu et al., 2015)、知覚の体制化の神経過程は刺激要因の操作だけでは解明できない。

(2) 知覚の体制化は脳の並列・階層的神経回路における広域の情報の統合を必要とし、思春期以降までの長期間で発達する(e.g., Kimchi et al., 2005)。また、自閉スペクトラム症(autism-spectrum disorder: ASD)などの発達障害における発達早期からの異常が報告されている(e.g., Stroganova et al., 2007)。しかし上記のように知覚の体制化の神経過程は分かっておらず、知覚の体制化の発達過程や機能不全の神経基盤も解明されていない。

2. 研究の目的

(1) 知覚の体制化の処理過程への注意の関りを明らかにすることであった。体制化の様相として特徴類似性による群化、学習にもとづく物体である文字・文字列、主観的輪郭をとまなう図領域の活性化を扱った。

(2) 発達障害の症状は健常者にも連続的に存在し、ASDには注意欠如・多動性障害(attention-deficit hyperactivity disorder, ADHD)の併存が多いことが指摘されている(e.g., Lau-Zhu et al., 2019)。上記の検討において、健常者におけるASDとADHDの症状による影響があるかを探索することであった。

3. 研究の方法

(1) 特徴、物体、または時間に注意する課題において、課題非関連な体制化の要因を操作し、健常の大学生を対象にデータを取得した。また、これら行動課題中にミリ秒(1000分の1秒)単位の高い時間解像度をもつ脳波・事象関連電位(event-related potential, ERP)を測定した。

(2) 発達障害の症状に関して、上記の健常の大学生を対象に自己記入式質問紙によってASDとADHDの傾向を測定した。各尺度の得点について、行動およびERP・時間周波数解析データの各従属変数との関連を検討した。

4. 研究成果

(1) 特徴類似性による分離/群化に関わる皮質処理過程

左右の離れた物体の切れ込み位置の同一性を判断する課題において、特徴類似性(形、白黒の色)を操作した($n=16$)。行動反応には形類似性による促進効果があった。一方、後方部のERPでは類似性による陰性電位が色についてはN1からP2潜時にかけて、形についてはP2からN2潜時に同定された(Fig.1)。これら効果は片方の視野に注意した時の片側性のERP効果(Kasai et al., 2011)と似ており、離れた物体の類似性による群化は、図としての顕著性をもつ物体と同様に全体として注意が多く配分されることが示唆された。

上記実験に参加者を追加し、発達障害傾向との関連を調べた。P2潜時における色類似性効果はASD傾向が高いほど減少した。またP1振幅の色類似性効果へのADHD傾向(特に下位尺度である不注意)の影響が認められ($n=26$)、ADHD傾向が高いほど、非類似によるP1振幅の増大は小さかった。以上から潜在的な類似・非類似の検出過程が発達障害傾向によって異なることが示唆された。

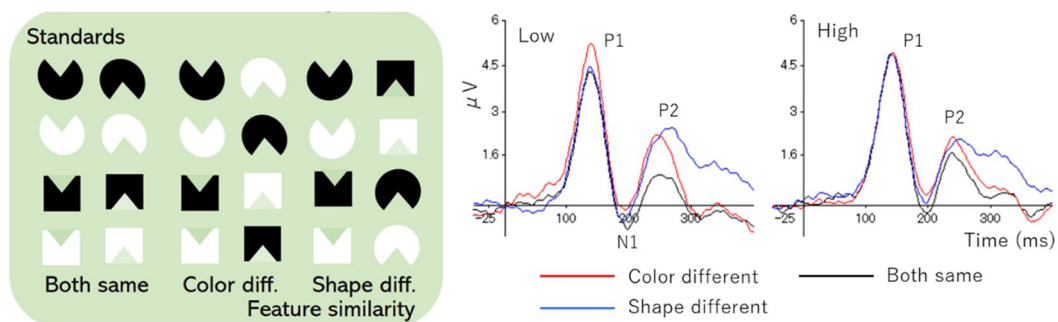


Fig.1 Left: Example of standard stimuli with slit of different directions. Right: ERPs at right occipito-temporal electrode site (PO8) for standard stimuli are shown separately for participants with low and high inattention scores.

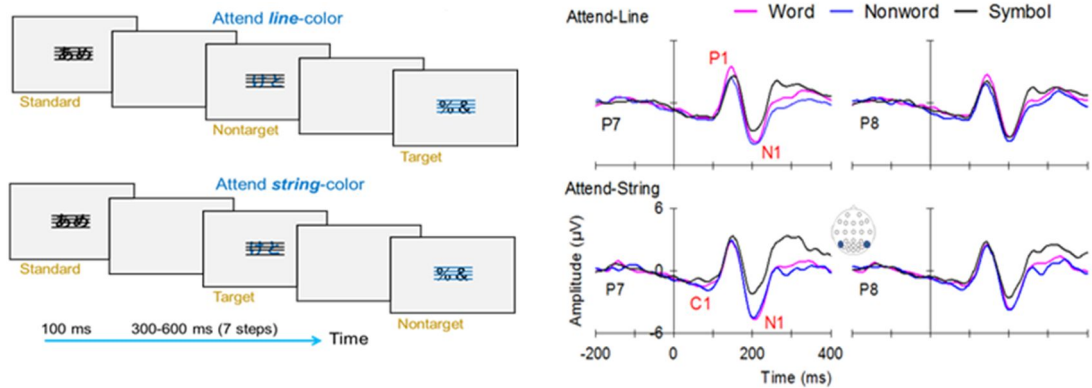


Fig.2 Left: Example of stimulus sequence. Right: ERPs at left and right temporal electrode sites (P7, P8) for word, nonword, and symbol are shown separately for attend-line and attend-string conditions.

(2) 文字・文字列・視覚単語の皮質処理過程

文字列に対する N170 成分の左側性化は過学習による潜在的な音韻活性化を反映することが示されているが、その知見を単文字の場合に拡張した。さらに音韻活性化への注意の必要性を検証した。4つの平仮名からなる文字列にドットを重畳させた刺激を提示し、文字列とドットいずれかの色の变化に注意する課題において、文字列特異的な ERP の左側性化は文字列に注意するときのみでみられた。ただしその潜時は通常の N170 より遅かった。これは競合解決による文字列表象の活性化を反映すると解釈される。

同様の実験において文字列を2つの平仮名とし、ドットではなく横線を用いた実験では、注意によって文字列特異的な ERP の左側性化は変わらず、振幅全体が増大した (Fig.2)。競合の程度が低ければ、注意によって物体表象自体の活性化が変調されると考えられる。さらに、文字列を無視したときに単語に対する P1 の増大が見られた。個人差の探索では、習熟度が文字列より低いと考えられる記号列に対する P1 が ADHD 傾向と相関した ($n=16$)。これら結果は総じて、学習された文字列配列の早期視覚皮質処理における自動的活性化を示す。

このような P1 と N170 が反映する単語、文字列の処理過程は、注意する属性 (形態、音韻) さらに同一実験内で同じ文字列を見る回数によっても変調されることを見出している。

(3) 図領域の活性化への時間的注意の影響とその個人差

事象が起こるタイミングに応じて注意を効率的に配分する働き (時間的注意) は、学習やコミュニケーションに重要である。時間軸方向の注意の分布を、刺激の提示間隔が一定の (規則的な) ブロックと不規則なブロックを設けて操作し、図を生じる刺激 (Kanizsa の四角形) とその要素の向きを変えた統制刺激の中心に、低頻度で提示する標的の弁別課題を行った (Fig.3)。行動の結果、図領域の活性化を示す反応時間の短縮は ADHD 傾向によって異なり、特に下位尺度である衝動性の得点と、規則的条件と不規則条件のそれぞれで有意な負の相関と正の相関を示した ($n=30$)。このことは衝動性の高さは時間的予測による知覚処理段階への注意配分を減少させて図の知覚処理を低下させること、一方で持続的注意の低下を、図の活性化によるボトムアップの注意が補うことを示すと考えられる。

この実験で脳波データが得られた参加者について後方部の ERP 解析を行った ($n=20$)。個人差を考慮しないとき、時間的予測は図に関わる N1 成分には影響せず、N2 振幅を増大させた。しかし ASD 傾向は規則条件における P1 と N1 の頂点潜時、さらに時間周波数解析による 70 - 100 ms の低 gamma 帯域 (30-40Hz) における試行間コヒーレンスと相関し、総じて規則条件における視覚的統合は ASD 傾向が高いほど低下することが示された。また、課題中の脳波の高速フーリエ変換 (FFT) の結果において、ASD 傾向が高いほど刺激リズムへの脳波の引き込みの程度が低いことが示唆された。一方で ADHD 傾向が高いほど規則条件の図標的に対する P3

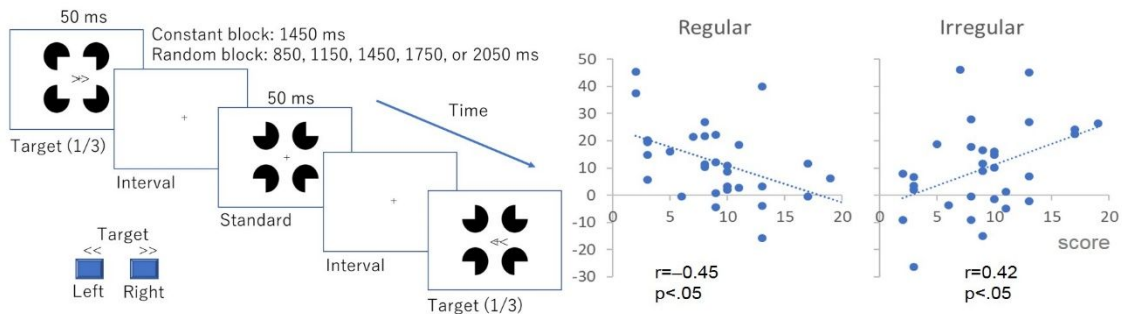


Fig.3 Left: An example of stimuli and stimulus sequence of a temporal prediction paradigm. Right: Figure enhancement (figure minus control) of reaction time as a function of hyper-activity scores of the adult ADHD self-report scale v1.1 (WHO).

潜時が遅れ、高次の処理過程における注意配分が行動指標に反映されたことが示唆された。

物体への注意には男女差があることが知られる。同様の実験において、時間的予測による図領域の活性化を示す行動指標の結果は女性でのみ認められた ($n=39$)。脳波データが得られた参加者での ERP 解析では、N1 振幅における半球、規則性、物体の交互作用が女性でのみあった ($n=29$)。注意と潜在的な物体処理の関係における性差には半球機能が関わるとともに、発達障害の症状との関りにおける性差の考慮の必要性が示された。

< 引用文献 >

- Kasai, T., Moriya, H., & Hirano, S. (2011). Are objects the same as groups? ERP correlates of spatial attentional guidance by irrelevant feature similarity. *Brain Research, 1399*, 49-58.
- Kimchi, R., Hadad, B., Behrmann, M., Palmer, S. E. (2005). Microgenesis and ontogenesis of perceptual organization: evidence from global and local processing of hierarchical patterns. *Psychological Science, 16*, 282-290.
- Lau-Zhu, A., Fritz, A., McLoughlin, G. (2019). Overlaps and distinctions between attention deficit/hyperactivity disorder and autism spectrum disorder in young adulthood: Systematic review and guiding framework for EEG-imaging research. *Neuroscience Biobehavioral Review, 96*, 93-115.
- Stroganova, T. A., Orekhova, E. V., Prokofyev, A. O., Posikera, I. N., Morozov, A. A., Obukhov, Y. V., Morozov, V. A. (2007). Inverted event-related potentials response to illusory contour in boys with autism. *Neuroreport, 18*, 931-935.
- Wu, X., Zhou, L., Qian, C., Gan, L., Zhang, D. (2015). Attentional modulations of the early and later stages of the neural processing of visual completion. *Science Reports, 5*, no.8346.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yoshida, K., Takeda, K., Kasai, T., Makinae, S., Murakami, Y., Hasegawa, A., Sakai, S.	4. 巻 15
2. 論文標題 Attention meditation training modifies neural activity and attention: longitudinal EEG data in non-meditators.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Social Cognitive and Affective Neuroscience.	6. 最初と最後の頁 215 ~ 224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/scan/nsaa020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uno, T., Kasai, T., Seki, A.	4. 巻 37
2. 論文標題 Electrophysiological correlates associated with the involuntary processing of single letters in the Japanese Hiragana script.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Psychological Physiology and Psychophysiology	6. 最初と最後の頁 157 ~ 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5674/jjppp.1912br	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 河西哲子	4. 巻 35
2. 論文標題 自閉症スペクトラム障害の注意特性	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Clinical Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1001 ~ 1004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Makinae Shiika, Kasai Tetsuko	4. 巻 88
2. 論文標題 Body analogy and sex differences in mental rotation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Japanese journal of psychology	6. 最初と最後の頁 452 ~ 459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4992/jjpsy.88.16053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tomoki Uno, Yasuko Okumura, Tetsuko Kasai	4. 巻 650
2. 論文標題 Print-specific N170 involves multiple subcomponents for Japanese Hiragana	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Neuroscience letters	6. 最初と最後の頁 77~81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neulet.2017.04.020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 河西 哲子	4. 巻 75
2. 論文標題 脳波があらわす心の過程	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 心理学ワールド	6. 最初と最後の頁 5~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Okumura, Y, Kasai, T, Murohashi, H	4. 巻 33
2. 論文標題 Representational levels of bilateral N170 for Japanese Hiragana strings during focal spatial attention to letters.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Psychological Physiology and Psychophysiology	6. 最初と最後の頁 5~17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5674/jjppp.1503si	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Kasai, T., Makinae, S., Fuji, A., Imiya, T., Kitajo, K.
2. 発表標題 Individual Differences in Early Versus Late Selection for Binding: The Trait of Autism-Spectrum Disorder Varies the Stage of Attentional Selection with Temporal Regularity.
3. 学会等名 Psychonomic Society 60th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平山 詠大, 宇野智己, 藤亮裕, 河西哲子
2. 発表標題 記憶の負荷は早期知覚過程に影響するか
3. 学会等名 北海道心理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 蒔苗詩歌, 河西哲子, 北城主一
2. 発表標題 健常大学生のASD傾向による刺激の時空間的構造化の影響の違い
3. 学会等名 第37回日本生理心理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤亮裕, 河西哲子, 北城主一
2. 発表標題 健常大学生のADHD傾向による刺激の時空間的構造化の影響の違い
3. 学会等名 第37回日本生理心理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇野智己, 河西哲子
2. 発表標題 文字列に対する早期ERP成分への刺激の繰り返しによる影響
3. 学会等名 第37回日本生理心理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Makinae, S, Kasai, T
2. 発表標題 Effects of embodied cues on mental-rotation performance in children
3. 学会等名 59th Annual Meeting of Psychonomic Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河西哲子
2. 発表標題 早い処理過程の可視化と個人差
3. 学会等名 東海心理学会平成30年第1回研究例会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Uno, T., Katakura, T., Kasai, T.
2. 発表標題 The left lateralization of print-specific negativity depends on visual attention in competitive stimuli
3. 学会等名 10th Annual Meeting of Society for the Neurobiology of Language (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 蒔苗詩歌・河西哲子・北城圭一
2. 発表標題 事象関連電位を用いた特徴類似性による群化過程の追跡
3. 学会等名 日本認知心理学会第16回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河西哲子・蒔苗詩歌・北城主一・藤亮裕
2. 発表標題 視覚的統合への時間的予測の効果は健常者の自閉症傾向により変動する
3. 学会等名 日本認知心理学会第16回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Okumura, Y., Kasai, T., Takeya, R., Murohashi, H.
2. 発表標題 Early perceptual representations of visual words are manifested differently by task demands: Evidence from ERP measures of spatial attention
3. 学会等名 The 19th World Congress of Psychophysiology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kasai, T., Tanaka, A., Okumura, Y., Uno, T.
2. 発表標題 Attention and self-reported ADHD tendency modulate very early electrophysiological responses for visual words
3. 学会等名 Cognitive Neuroscience Society 25th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makinae, S, Kasai, T
2. 発表標題 Effects of stimulus color on body analogy in mental rotation.
3. 学会等名 58th Annual Meeting of Psychonomic Society (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kasai, T., Makinae, S., Kitajo, K.
2. 発表標題 When illusory contour helps: interplays between temporal attention and visual perceptual organization.
3. 学会等名 58th Annual Meeting of Psychonomic Society (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奥村安寿子, 宇野智己, 河西哲子, 室橋春光
2. 発表標題 非注意文字列に特異的な初期ERPの経時的変化
3. 学会等名 生理心理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 蒔苗詩歌, 前田隆裕, 河西哲子
2. 発表標題 歩行環境の違いが気分と注意に与える影響 ストレス状況と対処方略に着目して
3. 学会等名 環境心理学会第10回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Uno, T, Seki, A, Kasai, T
2. 発表標題 Attention modulates relative lateralization of N170 for single letters in Japanese Hiragana
3. 学会等名 Cognitive Neuroscience Society 24th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 池田陽介, 河西哲子
2. 発表標題 遠近視空間における視覚機能の検討
3. 学会等名 第12回東北心理学会・北海道心理学会合同大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 蒔苗詩歌, 河西哲子
2. 発表標題 心的回転における身体化方略は物体の色により異なるか
3. 学会等名 第12回東北心理学会・北海道心理学会合同大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Okumura, Y, Kasai, T, Takeya, R, Murohashi, H
2. 発表標題 Initial-letter position modulates spatial attention toward Japanese Hiragana strings
3. 学会等名 Society for Psychophysiological Research 56th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Urushihara, A, Kasai, T
2. 発表標題 Psychological "Instant" and "Continuance": An event-related potential study of duration selective attention
3. 学会等名 31st International Congress of Psychology (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Makinae, S, Kasai, T
2. 発表標題 Embodied strategy in a mental rotation task is more advantageous for females
3. 学会等名 31st International Congress of Psychology (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宇野智己, 河西哲子
2. 発表標題 単一の平仮名文字に対する事象関連電位
3. 学会等名 第34回日本生理心理学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 河西哲子, 片倉崇史, 宇野智己
2. 発表標題 物体としての文字列：文字列特異的なERPの左側性は文字列への注意に依存する
3. 学会等名 第34回日本生理心理学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 漆原彩花, 河西哲子
2. 発表標題 心理量を持たない時間：瞬間的時間の照合過程に関わる事象関連電位
3. 学会等名 第34回日本生理心理学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 奥村安寿子, 河西哲子, 室橋春光
2. 発表標題 ひらがな文字列に対する空間的注意は語頭位置に調整される
3. 学会等名 第34回日本生理心理学会大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 河西哲子	4. 発行年 2020年
2. 出版社 ミネルヴァ書房	5. 総ページ数 234
3. 書名 加藤弘通・川田学（編）心理学概論 - 歴史・基礎・応用 - （3章 知覚と認知 適応と学習のために世界を知る働き、pp. 41-54）	

1. 著者名 河西哲子・蔵富恵	4. 発行年 2020年
2. 出版社 ナカニシヤ出版	5. 総ページ数 198
3. 書名 坂田陽子・日比優子・河西哲子（編）研究テーマ別 注意の生涯発達心理学（9章 注意の発達と脳波、pp. 111-126）	

1. 著者名 蔵富恵・河西哲子	4. 発行年 2020年
2. 出版社 ナカニシヤ出版	5. 総ページ数 198
3. 書名 坂田陽子・日比優子・河西哲子（編）研究テーマ別 注意の生涯発達心理学（5章 注意の焦点範囲、pp. 47-58）	

1. 著者名 河西哲子	4. 発行年 2019年
2. 出版社 赤石書店	5. 総ページ数 200
3. 書名 宮崎隆志・松本伊知朗・白水浩信（編）ともに生きるための教育学へのレッスン40（脳と視覚世界との関わり、pp. 38-40）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	蒔苗 詩歌 (Makinae Shiika)	北海道大学大学院教育学院 (10101)	
研究協力者	宇野 智己 (Uno Tomoki)	北海道大学大学院教育学院 (10101)	
研究協力者	藤 亮裕 (Fuji Akihiro)	北海道大学大学院教育学院 (10101)	