

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22330200

研究課題名(和文) ヒトとサルにおける行動伝染と模倣の起源に関する実験的研究

研究課題名(英文) Empirical studies on origins of behavioral contagion and imitation by human and monkeys.

研究代表者

川合 伸幸 (KAWAI, Nobuyuki)

名古屋大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：30335062

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,600,000円、(間接経費) 4,380,000円

研究成果の概要(和文)：他人の行動をまねることは、新たな行動や技能を獲得するうえで重要であるが、ヒト以外の霊長類では、模倣は非常に稀である。ただし「あくびの伝染」はさまざまな霊長類で観察されている。他人の行動をコピーすることの進化的、神経的基盤を調べるために、サルでの行動伝染と、ヒトでのあくびの伝染に関する脳活動(脳波)などを調べた。視覚手がかりに対して発声する訓練を受けたサルは、音声刺激に対しても高頻度で発声したが、提示されたものと同じ音声を発声することは無かった。ヒトのあくびの伝染には、認知的な模倣と情動的な模倣が脳の異なる領域で、かつ異なる時間順序で処理していることがあきらかになった。

研究成果の概要(英文)：Although imitation is effective when one acquires new skills or behaviors, imitation is limited almost only to humans. In contrast, contagious yawning is observed in many primates. It was unclear whether non-human primates possess the ability of imitation. To study evolutionary and physiological foundations of "automatic behavior copy", we investigate behavioral contagions by Japanese monkeys and brain mechanisms of contagious behaviors by humans. Monkeys that were trained to vocalize to the visual cue also vocalized to the auditory cues (long coo call, short coo call, and white noise), however their vocalizations did not correspond to each of the auditory cues. Thus, the monkeys did not show behavioral contagion to their conspecific calls. Human adults were elicited to yawn more frequently by watching yawning videos than by watching mouth-opening videos. EEG analyses revealed that two distinct information processing systems were evident in different brain regions: cognitive imitation and emotional imitation.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：表情伝染 霊長類 情動 模倣 サル 進化 共感 同調行動

## 1. 研究開始当初の背景

近年、ヒトは他者の表情表出(e.g., 笑顔)を見るだけで、それと同じ表情筋が活動することが示されている(Niedenthal, 2007, *Science*)。即時かつ無自覚に生じることから、「反射的な模倣」と考えられる。しかし、もらい泣きのような「情動伝染」は情動経験を自覚できるが、「表情伝染」は情動に無自覚である。「表情伝染」に情動経験が付随するかを調べた研究は無かった(Tamietto et al., 2009, *PNAS*)。

ヒトを対象とした研究が増えつつある、他者の行為と同じ行為が誘発されるこの表情伝染は、ミラー・ニューロンの働きと似ている。サルにはミラー・ニューロンがあるので「行動版ミラー・ニューロン」というべき表情伝染の生起が予測されるが、霊長類で表情伝染を調べた研究は海外を含めて皆無であった。

ミラー・ニューロンはサルの脳で発見されたものの、サルやチンパンジーは模倣をしない。ヒト乳幼児の過剰な模倣とは大きく異なる。模倣によって、ヒトは言語獲得が可能になり、文化を成立させることができたと言われる(Byrne, 1999)。しかし一方で、サルでは行動の伝播が見られる。これら2つの大きなギャップ「ミラー・ニューロンの存在にもかかわらず模倣が生じない」「模倣をしないにもかかわらず行動が伝播する」の理由は、未解明のままであった(Rizzolatti et al., 2001, *Nature Reviews Neuroscience*)。

## 2. 研究の目的

本研究では、サルの「行動伝染」と、ヒトの「行動伝染」の行動・心理・生理的メカニズムを調べることを目的とした。

サルは、他個体が表情表出している動画や他個体の音声を提示し、同じ行動(表情や音声表出)が見られるかを検討した。

ヒトでは、(1)「表情伝染」に情動を反映する自律神経系反応を伴うか、(2)「視線につられる」行動がどのような状況で生起するか、(3)「あくびの伝染」にはどのような神経機構が関与しているかを検討することを目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究では、ヒトとサルを対象とした認知・行動研究と、行動伝染を伴う課題遂行中の脳機能計測による神経科学的研究を行う。神経科学的な研究では脳波とその電源推定を行った。

サルの研究では、オペラントボックスあるいはモンキーチェアを利用してサルに動画や音声刺激を提示して、提示時の反応を調べた。

ヒトの研究では、(1) 表情伝染実験、(2) 視線による注意の移動実験、(3) 行動伝染実験を行った。(1) 表情伝染実験では、表情表出を伴う動画を提示し、顔面の筋電と

自律神経系の反応を測定した。(2) 視線による注意の移動実験では、視線が左右のいずれかを向いた顔が提示された後に現れるターゲットの検出速度を調べた。(3) 行動伝染実験では、あくびの動画の観察中の脳波を調べた。

サルの表情伝染実験では、ヒトと同様にサルの顔面から筋電を測定した。

## 4. 研究成果

本研究では、以下の4つの研究を行った。(1) サルの行動伝染実験(表情/音声)、(2) ヒトの表情伝染実験、(3) ヒトの視線による注意のシフト実験、(4) ヒトのあくびの伝染実験。

以下に、それぞれの研究成果の概要を示す。

### 4 - (1) サルの行動伝染実験

社会集団を形成する霊長類において、コミュニケーションは必要不可欠である。特に、集団内での適応的な行動が生起して、それが学習され、それが伝播することは個体の生存にとって進化的に重要である。ヒト以外の霊長類においても、社会学習による行動伝播の現象はよく知られているが、ヒトのような模倣という効率的な学習過程を示さない場合、行動が伝播しやすくなるための、効率的なプロセスを仮定したほうがよいと考えられる。今回、そのプロセスの一つとして「行動伝染」を仮定し、特に音声や表情というコミュニケーションシグナルに行動伝染の現象が認められるどうか検討した。とくに、意図的な操作が難しく、音響成分に情動的な要素が繁栄のされやすい音声を行動伝染の指標として検討を行った。

### 手続き

ニホンザル2頭を対象に、モンキーチェアあるいは小型実験用ボックスのいずれかを導入し、オペラント条件づけの手法を用いて、訓練を行った。訓練では、サルの正面にモニターとスピーカーが設置され、そこから各種社会的刺激を提示した。まず、最初にオペラントボックスあるいはチェアに馴致させる過程の中で、発声の条件づけを行った。この訓練の準備段階において、2頭のサルが報酬を見ると、高頻度での発声を行うようになった。こののち、コンピューターで統制した形で、先行刺激 発声 報酬の3項随伴性を成立させるための訓練をおこなった。この訓練においては、Go/No-go 課題を低反応率分化強化スケジュールの手法を用いて学習させた。赤い画面(Red Screen Cue)をGo刺激として、刺激呈示後5秒間以内に発声をする報酬がもらえるように訓練した。報酬を得ると、モニターは暗転し試行間隔(ITI)として30秒間保たれた(Black Screen)。もしも5秒以内に反応が得られない場合は、画面は暗転し倍の時間のITIが挿入された。ITI経過

ののち、再び Red Screen Cue が提示され、この試行の繰り返しを 50 回行い、1 セッションとして実施した。Black Screen では、もしも発声を行うとその時点から ITI が 30 秒間延長された。

正答率が 80% を超えたところを、達成基準とした。達成したのちに、プローブテストを行った。1 セッション 50 試行中、後半の 30 試行に 6 試行をプローブテスト試行として、情動的な刺激を画面 + スピーカーにより提示した。実験ののち、刺激挿入のないときの発声反応と、刺激挿入があるときの発声反応の比較を行った。

### 刺激

刺激は、先行研究 (Koda, 2004; Sugiura, 1998) より情動状態が反映されやすく伝染が起きる可能性を強く示唆している音響パラメータ (Frequency modulation, FM, 周波数変調、音声中の最小周波数と最大周波数の差分) を軸に、主に 2 種の音声刺激を用意した。FM が 1000Hz 以上のものを、Large FM 条件、FM が 300Hz 以下のものを、Small FM 条件とした。すべてのプローブ挿入に用いた音声は、異なるものを用意して、最大音圧レベルが同じになるように調整した。また統制条件として、音圧レベルを統制した White Noise を用意した。

### 分析

得られた音声の音響分析を行った。音響分析では、FM と反応潜時 (Response Time) を計測した。

### 結果および考察

刺激条件 (Large FM, Small FM, White Noise) を主効果として、実験個体が発した音声の FM を従属変数として分散分析を行ったところ、1 頭において主効果が認められた ( $F(2, 126) = 3.36, p < .05$ )。Tukey の HSD 法による対比較を事後検定として行ったところ、Large FM 条件と White Noise でのみ差が認められた。一方でそのほかの対比較では有意な差は認められなかった。このことから、音声のパラツキは大きいものの、Large FM 条件では FM を増大させる効果が得られやすいことが示唆された。これは、直前に挿入された情動価を大きく反映している刺激の影響を受け、音声の音響的な特徴が変化したと考えられる。発声までの反応潜時についても、同様の分散分析を行ったところ、主効果 ( $F(2, 126) = 5.49, p < .01$ ) が認められた。同じように、対比較をおこなったところ、White Noise 条件 Large FM 条件間、White Noise 条件 Small FM 条件間で有意傾向となる結果が得られ、White Noise 条件に比べ、音声条件の方に早く反応することが示唆された。この結果は、White Noise に比べて、同種のサルの音声が発声 FM の程度にかかわらず、反応を喚起させやすかったことを意味している。

これらの結果は、情動状態が強く反映していると考えられる音声を行動反応の指標と考えれば、情動伝染が存在することを示唆している。今後の展望として、情動価をより複雑に反映させる刺激を用いた検討や生理指標をマーカーとしてより詳細な検討と分析を実施することが期待できる。

### 4 - (2) ヒトの表情伝染実験

ある表情を観察すると、同じ表情になる (表情伝染) ことが知られていたが、近年、感情的な意味を持つ単語を読むときにも、表情を観察したのと同様の表情筋の活動が見られることが報告された (Feroni & Semin, 2009)。具体的には、「微笑む」・「しかめ面をする」といった表情の動きを直接意味する動詞、または、「楽しい」・「いらいらする」といった表情の動きを間接的に示唆する形容詞がモニタに呈示されると、黙読しているにもかかわらず実験参加者の顔には「微笑み」・「しかめ面」に対応した大頬骨筋と皺眉筋の活動が観察された。このことは、他者の身体、すなわち顔の表情だけでなく、きわめて象徴性の高い単語の認知過程においても情動反応を伴うことを示している。しかし、これらの「情動」を伴うかは明確ではない。

そこで、本研究では表情筋の活動に加えて、心拍および主観評定を指標にして、感情的な意味を持つ単語刺激と動画の表情が、観察者にどのような自律神経系・主観気分の変化を生じさせるかも検討した。

### 刺激

15 名の被験者が、モニター中央に提示された動画か単語 (いずれも 6.4 秒) を見た。動画は、怒り・幸福・中性動画各 8 個 (それぞれオランダ人男女 4 名分) であり、単語刺激は、ポジティブ語 (e.g., 「うまい」)、ネガティブ語 (e.g., 「うざい」) 各 8 個を使用した。これらの単語の選出にあたっては、大学生 170 名を対象に感情が誘発される刺激を自由記述させ、その中で出現頻度の高かった語 40 語を用いた別の予備調査から、快・不快の強度や親密度をそろえた語を選定した。表情刺激が動画であることに対応させるため、各刺激語に対してフォントサイズを刺激呈示開始から徐々に拡大させる動画 (いずれも 6.4 秒) を作成した。

### 手続き

画面中央に注視点を 500 ミリ秒間呈示した。注視点消失から 3 秒後に動画刺激 (約 6.4 秒) を呈示した。参加者には、今自分に向けられている表情 (言葉) として、それぞれの刺激を見るよう教示した。動画消失後、試行間隔として 10, 12, 15 秒のいずれかの長さで空白画面を呈示した。呈示した刺激 (表情・単語) はブロック別とし、どちらを先行させるかは参加者間でカウンタバランスした。各ブ

ロックには、刺激（表情または単語）の呈示される 24 試行のほかに catch 試行が 3 回含まれ、これら計 27 試行の呈示順序はランダムであった。catch 試行では画面の左右いずれかにアスタリスクを呈示し、呈示位置（左または右）をマウスでクリックすることにより回答させた。各ブロックの前後に日本語版 PANAS（佐藤・安田，2001）を用いた気分評定を行った。

## 分析

表情筋電図（大頬骨筋・皺眉筋）および心拍をサンプリング周波数 2000 Hz で記録した。表情筋の活動については、Froni & Semin（2009）と同様に 90-200 Hz のフィルタをかけた後、全波整流した。ノッチフィルタは 60Hz に設定されていた。刺激呈示直前の 3 秒間をベースラインと定義し、刺激呈示開始から 500 ミリ秒ごとの平均変化値を求めた。心拍については刺激呈示中（冒頭 5 秒間）の平均心拍数を求めた。中性表情および中性語に対する反応は分析の対象外とした。

## 結果および考察

大頬骨筋の活動について、刺激（表情・単語） $\times$  感情価（ポジティブ・ネガティブ） $\times$  時間（刺激呈示後 500 ミリ秒ごとに 5 秒後まで 10 水準）の 3 要因分散分析を行ったところ、主効果はいずれも有意でなかった（ $F_s(1,12) < 3.30, n.s.$ ）。感情価と刺激の交互作用が有意であり（ $F(1,12) = 6.83, p < .05$ ）。単純主効果の検定の結果、表情刺激に対しては、ネガティブ刺激よりポジティブ刺激で活動が大きかったことが示された（ $F(1,24) = 14.87, p < .01$ ）。こうした結果のパターンは先行研究（Dimberg, 1982）に一致する。その他の交互作用は有意でなかった（ $F_s < 1.67, n.s.$ ）。同様の分析を皺眉筋の活動について行ったところ、主効果・交互作用いずれも有意でなかった（ $F_s < 1.68, n.s.$ ）。一方、今回用いた単語刺激に対しては、大頬骨筋・皺眉筋のいずれにおいても有意な活動が認められなかった。

心拍について、刺激（表情・単語） $\times$  感情価（ポジティブ・ネガティブ） $\times$  時間（ベースライン・刺激呈示中）の 3 要因分散分析を行ったところ、時間の主効果のみが有意であり（ $F(1,14) = 36.57, p < .001$ ）。刺激の種類にかかわらず刺激観察時に心拍が低下することが示された。

主観的な気分状態の変化として PANAS の評定値が各ブロックの前後で変化するかを調べた。ポジティブ感情の評定項目は評定値（1-6）をそのまま、ネガティブ感情の項目は評定値を逆転させたのちに加算した。得られた参加者ごとの合計得点を各ブロックの前後で比較したところ、表情刺激のブロックの前後では評定値の変化は有意でなかった（ $t(12) = -0.37, n.s.$ ）。一方、単語刺激のブロックの後で気分がネガティブな方向

へ有意に変化していたことが分かった（ $t(12) = -2.46, p < .05$ ）。

本研究では、表情刺激に対しては、刺激の種類（ポジティブ・ネガティブ）によって、大頬骨筋の活動に差が認められ、これまでの研究結果（e.g., Dimberg, 1982）を追認したが、皺眉筋の活動が認められなかった。

単語刺激に対しては、大頬骨筋・皺眉筋のいずれにおいても有意な活動が認められなかった。Froni & Semin（2009）では、形容詞の刺激語（おもしろい、など）に対する表情筋の活動が、表情の動きを明示的に示す動詞の刺激語（微笑む、など）に比べて小さかった。したがって、本研究で使用した単語刺激が直接表情の動きを意味するものではなかったことが、表情筋の活動が認められなかった原因として考えられる。

本研究では、表情筋の活動に加えて心拍および主観評定を指標にして、単語刺激に対する表情の応答が身体レベルでの情動反応として解釈できるものか、単なる骨格筋レベルでの反射的同調なのかを検討した。単語刺激に対して、表情の応答が見られなかったにもかかわらず心拍の低下が見られたことは、単語理解の過程に身体的情動反応が媒介されていたと解釈できることを示唆する。

## 4 - (3) ヒトの視線による注意のシフト実験

「視線につられる」という現象がある。そこで、2 つの実験でヒトはどのように視線につられるかを検討した。画面中央の線画の顔の眼（実験 1）が右が左を向き、その直後に顔の右か左に提示されるターゲット刺激の検出時間を調べた。顔の横に遮蔽板があるように見える条件では眼の向いたほうのターゲットの検出は眼が反対を向いた条件と同じであったが、遮蔽板が顔の奥に見えて視線を遮らないように見える条件では、眼の向いたほうのターゲットの検出が優れた。しかし、実験 2 で眼の代わりに矢印を用いて同じ実験を行ったところ、いずれの条件でも反応時間に違いはなかった。すなわち、ヒトが目前にいる他者の眼につられるという同調的行動は単純な反射ではなく、他者がターゲットを見えるかどうかという他者視点にたった高次の心的過程であることがあきらかになった。

## 4 - (4) ヒトのあくびの伝染実験

「あくびにつられる」という現象がある。自閉症者のあくび伝染は少なく、外集団より内集団のメンバーのほうがあくびは多くうつるとの報告から、あくびは単なる行動伝染ではなく、共感を媒介したものであると考えられている。近年の脳機能画像研究は、あくびの際に活性化する脳領域を同定しつつあるが、時間的・機能的な処理過程は不明である。そこで、あくびと単に口をあけている動画に対する事象関連電位（ERP）を記録し、

差が見られた時間で電源推定を行うことで、脳のどのような領域（認知機能 vs. 情動機能）が活性化しているかを調べた。

### 手続き

刺激は男性 4 名女性 4 名のあくび（Yawning）している動作と単純に口を開けている（Mouth）動作を正面から撮影した動画（10 s）を使用した。動画は、動作開始後 3 s 後に口を開けた時の口の大きさが最大になるよう編集した。課題では、参加者には動画を見せ、動画が終了したのちに、動画に表れた人物が男性か女性かをボタン押し反応により回答させた。平均試行間隔を 8.5 s、刺激の呈示はランダムに行った。刺激の呈示回数は、1 ブロックにつき両条件合わせて 16 種類（Yawning:8/Mouth:8）の動画を 4 回呈示し、それを 2 ブロック実施し、計 128 試行だった。

### 結果と考察

あくびの生起頻度は、Mouth 条件に比べて Yawning 条件のほうが、あくびの伝染が有意に多かった（ $t(12) = 2.37, p = .017$ ）。

まず動画開始後約 1100 ms 付近に Yawning 条件では陽性電位が認められ、また、約 1800 ms 付近では両条件で陰性の電位が生じた。さらに、動画における口が最大になるタイミングである約 3000 ms 付近では、Yawning 条件に対して大きな陰性の電位が認められた。

t 検定の結果、動画開始後 1150-1300 ms における陽性電位において、Yawning 条件が Mouth 条件に比べて有意に大きな振幅を示していた。また、条件間の差の発生源を推定した結果、右の背外側前頭前皮質（dorsolateral PFC; dlPFC）や IFG 付近（BA9/45）に発生源が認められた。ここはいわゆる抑制に関連する領域であり、あくびを抑制しようとしていることを反映していると考えられる。

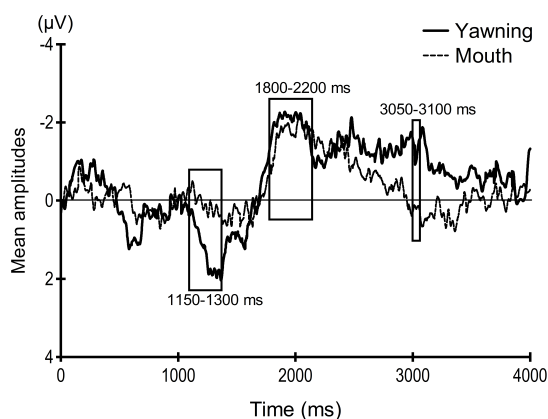


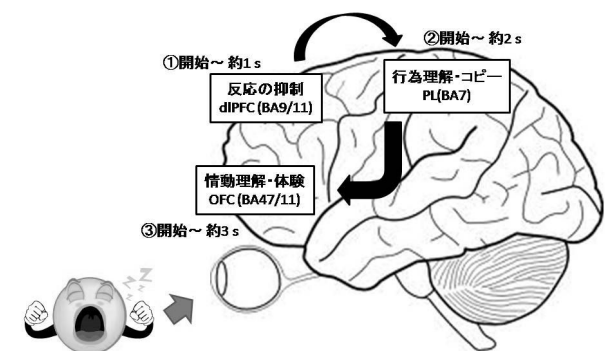
Figure 1. Cz における総加算平均波形 ( $N = 7$ )。

動画開始後 1800-2200 ms 区間において、両条件で大きな陰性電位が認められた。両条件で有意な差は認められなかったため、条

件間の平均電位を求め、その電位の発生源推定を行った。その結果、中心傍小葉（paracentral lobe; PL, BA7/5）付近が発生源であった。この領域はいわゆるミラー・ニューロンシステムの一部であり、認知的な模倣を司っていると考えられる。

t 検定の結果、口が最大に開く 3000 ms 付近（動画開始後 3050-3100 ms）における陰性電位において、Yawning 条件が Mouth 条件に比べて有意に大きな振幅を示した。また、条件間の差を発生させている脳部位の発生源を推定した結果、右の OFC 付近（BA47/11）に発生源が認められた。この領域では、相手に対して情動に関する推測やそれを自分のことのように「体験」した場合に活動することが報告されている（Shamay-Tsoory et al., 2010）。こうした活動は、共感の中でも情動的共感と呼ばれ、動作の理解やその意味などに関する「理解」である認知的な共感とは区別されるものである。つまり、あくびはその動作を抑制しようとするものの、続いて、動作の無意識的な同調が生じ、それから情動的な同調（共感）が生起する可能性が本研究の結果から示された。これらのことは、認知的な同調（ミラーシステム）と、情動的な同調（共感）が質的に異なる処理であることを示唆している。

Figure 2. あくび観察時の共感機能の時間的



遷移。

### 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 6 件)

久保賢太・川合伸幸 (2013), 社会的感情の計測と抑制, *遺伝*, 67(6), 668-673, 査読なし。

Koda, H., Lemasson, A., Oyakawa, C., Rizaldi, Pamungkas, J., Masataka, N. (2013), Possible role of mother-daughter vocal interactions on the development of species-specific song in gibbons. *PLoS ONE*, 8(8), e71432, 10.1371/journal.pone.0071432, 査読あり。

Koda, H., Sato, A., Kato, A. (2013), Is attentional prioritisation of

infant faces unique in humans?: comparative demonstrations by modified dot-probe task in monkeys. *Behavioural Processes*, 98, 31-36, 10.1016/j.beproc.2013.04.013, 査読あり.

野村光江・岡ノ谷一夫・川合伸幸(2012), 表情・情動語に対する心理生理的反應, *行動科学*, 51(1), 1-6, 査読あり.

Sato, A., Koda, H., Lemasson, A., Nagumo, S., Masataka, N.(2012), Visual recognition of age class and preference for infantile features: Implications for species-specific vs universal cognitive traits in primates. *PLoS ONE*, 7(5), e38387, 10.1371/journal.pone.0038387, 査読あり.

Kawai, N. (2011), Attentional shift by eye gaze requires joint attention: Eye gaze cues are unique to shift attention. *Japanese Psychological Research*, 53(3), 292-301, 査読あり.

〔学会発表〕(計 7 件)

久保賢太・岡ノ谷一夫・川合伸幸 “あくび伝染” に関する認知的・情動的共感機能の時間的推移 -事象関連電位を用いた検討-, ヒューマン情報処理研究会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会 (Human Communication Science: HCS), 2013年5月30日-31日, 沖縄県(沖縄産業支援センター).

久保賢太・岡ノ谷一夫・川合伸幸 “あくび” が伝染する生理基盤の解明, 第2回日本情動学会大会, 2012年12月22日, 東京都(慶應義塾大学).

Sato, A., Koda, H., Lemasson, A., Nagumo, S., Masataka, N. Preference for infantile physical images in two primate species. International Primatological Society XXIV Congress Mexico, 2012, August 12-17th, Cancun, Mexico.

佐藤杏奈・加藤朱美・香田啓貴 ニホンザルにおける乳児顔刺激への視覚的注意, Animal 2011 日本動物行動学会 第30回大会, 2011年9月8日-11日, 東京都(慶應義塾大学).

野村光江・岡ノ谷一夫・川合伸幸 感情的な発話は発話者の感情を喚起する, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会, 2011年5月23日-24日, 沖縄県(沖縄産業支援センター).

野村光江・岡ノ谷一夫・川合伸幸 表情・言葉は観察者の情動反応を引き起こすか? -表情筋と自律神経系を指標に-, 日本心理学会第74回大会, 2010年9月20日-22日, 大阪府(大阪大学豊中キャン

パス).

Nomura, M., Okanoya, K., Kawai, N. Psychophysiological responses to emotional faces and emotional words. The 13th European Conference on Facial Expression, 2010, July 26-28th, University Duisburg-Essen, Germany.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕  
ホームページ等

<http://www.cog.human.nagoya-u.ac.jp/~kawai/>

<http://www.pri.kyoto-u.ac.jp/sections/ninchi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川合 伸幸 (KAWAI NOBUYUKI)  
名古屋大学・情報科学研究科・准教授  
研究者番号: 30335062

(2) 研究分担者

香田 啓貴 (KODA HIROKI)  
京都大学・霊長類研究所・助教  
研究者番号: 70418763

(3) 連携研究者

なし