様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　元 年　 ６ 月 ２８ 日現在

機関番号：３２６３９
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2017～2018
課題番号：１７Ｋ１３９０６

研究課題名（和文）間接互恵行動の発達的変化と神経内分泌的基盤の解明

研究課題名（英文）Development and neuroendocrinological basis of indirect reciprocity

研究代表者
高岸　治人（TAKAGISHI, Haruto）

玉川大学・脳科学研究所・助教

研究者番号：９０７０９３７０

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,100,000円

研究成果の概要（和文）：研究1の結果、5歳児においては他者がお菓子を渡す場合においては、その他者が良い人か悪い人かによって行動を変える傾向があることが示された。しかしながら、5歳児は間接互恵性の理論研究から予測される行動傾向を示すことはなかった。研究2の結果、唾液中オキシトシン濃度は、他者の低い信頼に対してお返しをしないというネガティブな互恵性と関連することが明らかになった。またオキシトシンと互恵性の関連は社会的価値指向性のpro-socialにおいてみられ、pro-selfにおいてはみられなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義
本研究の結果、唾液からオキシトシン濃度を安定して測定する方法を確立することができた。唾液からのオキシトシン濃度の測定は参加者への心理的、身体的な負担が少ないため、未就学児、および乳幼児を対象にした向社会性の研究で今後多く用いられると考えられる。本研究で確立した唾液中オキシトシン濃度の解析プロトコルを用いて研究を行うことによって、オキシトシンが向社会性の発達においてどのような役割を果たしているかを解明することができると考える。

研究成果の概要（英文）：Study 1 revealed that 5-year-olds children tend to change their behavior depending on whether others are good or bad in the condition of distributing sweets. However, 5-year-olds children did not show the behavioral tendency predicted from the theoretical research of indirect reciprocity. Study 2 revealed that salivary oxytocin level was related to negative reciprocity when the partner showed the low level of trust. Additionally, the relationship between salivary oxytocin level and negative reciprocity was observed not in pro-self individuals but pro-social individuals.

研究分野：社会神経科学

キーワード：間接互恵性　オキシトシン　互恵性　経済ゲーム　ELISA

１．研究開始当初の背景

ボランティア活動や慈善団体への募金といったように私たちの社会では遺伝的に関係のない他者への利他行動は頻繁に見られる。他者への利他行動は、人間の行動を進化論的に考えた場合、大きな謎の一つであり、何故人々はコストを支払ってまで他者に利他的に振る舞うのかという問いは、生物学のみならず様々な学問分野において大きなトピックであった。これまで人間の利他行動の進化を説明する様々な理論が提案されてきたが、大きな注目を集めている理論の一つに間接互恵性（Alexander, 1986）がある。間接互恵性とは、情けは人の為ならずという諺に表されるように、他者に対する利他行動は回り回って第三者から返報されることである。間接互恵性が成立している状況では、他者に対する利他行動は短期的な視野でみると損であるが、長期的な視野でみると利益が生じるというわけである。間接互恵性は、私たちの社会において重要な働きを持っていることは明らかであるが、何歳ごろから成立するようになるのだろうか。近年、5 歳児において間接互恵性が成立することを示した研究に注目が集まっている（Kato-Shimizu et al., 2013）。この研究では、幼稚園での自由遊び場面での行動観察を行うことで、他者に対して利他的に振る舞った子どもは、そうでない子どもよりも多く第三者から利他的に振る舞ってもらえることを明らかにした。この研究は、現実状況において間接互恵性が未就学児で成立することを示した初めての研究という点においては重要であるが、クラスメイトとの自由遊び場面という状況の性質上、直接互恵性の影響を完全に排除できていないため、5 歳児において間接互恵性が成立しているのかはまだ不明であると考える。具体的にいうと、他者に親切な A さんは第三者である B さんから親切に振る舞ってもらったとしても、実のところは、過去に A さんが B さんに対して親切に振る舞っていた可能性が残っているというわけである。つまり、5 歳児で間接互恵性が成立しているように見えていても、実のところは、直接互恵性のみが成立しているにすぎない可能性が存在する。直接互恵性を排除した上で、間接互恵性が成立しているのかを自由遊び場面で検討することは困難であると考えられるため、本研究では統制された実験状況における未就学児の利他行動の性質を調べることで、5 歳児でも間接互恵性が成立することを示す。

また本研究では互恵性の神経内分泌基盤としてオキシトシンに注目し、唾液中オキシトシン濃度（sOT）が互恵性と関連を示すかどうかを検討する。

２．研究の目的

第 1 実験：5 歳児において間接互恵性が成立することを示すために、まず本研究では 5 歳児における他者の行動の評価とそれに基づいた利他行動を測定する。これまでの間接互恵性の理論研究によって、間接互恵性が成立するためには、良い評判を持つ人へ利他的に振る舞う者は良い人と見なすこと、悪い評判を持つ人へ利他的に振る舞う者は悪い人とみなすこと、悪い評判を持つ人へ利己的に振る舞う者は良い人と見なすことという選別戦略を人々が採用することが重要であることが明らかになっている（Ohtsuki, & Iwasa, 2004）。つまり、単に他者の行動の結果（利他的か利己的か）でその人物を評価するのではなく、その行動の背後にある意図でその人物を評価することが重要であるというわけである。例えば、行動の結果のみでその人物の評価を行った場合には、悪い評判を持つ者へ利己的に振る舞う者は悪い人だと見なしてしまうが、行動の意図でその人物の評価を行う場合には、この状況における利己的な行動は悪い評判を持つ者への罰行動と見なされるために許容され、むしろ良い評価へと繋がる。これまでのシミュレーション研究では、行動の情報（一次情報）のみならずそれがどのような者へ向けられたか（二次情報）が間接互恵性の成立に重要であるとされているが（Takahashi, & Mashima, 2006）、心理学的には、他者の行動の結果ではなく、行動の背後にある意図に基づいて他者の評価を行うことが間接互恵性の成立に重要であると言い換えることができる。成人であれば誰しもその行動の意図を理解することができるが、他者の行動の背後にある意図の理解は、心の理論（ToM）と呼ばれる他者の心的状態を表象する認知能力の発達と関連していることが明らかになっている（Baron-Cohen, 1997）。ToM は 4 歳から発達し始め 5 歳児の多くは獲得しているとされている（Wimmer, & Perner, 1985）。つまり、ToM が発達した 5 歳児であれば、過去の先行研究で提案された間接互恵性を成立させる選別戦略を採用することが十分可能であると考えられる。本研究では理論的な予測と同様の行動傾向が 5 歳児で見られるかどうかを検討することを目的とした。

第 2 実験：近年、向社会性を支える重要なホルモンとしてオキシトシンが注目を集めている。オキシトシンは視床下部で合成され脳の各領域へ軸索投射されることで向社会性に関する脳機能を制御することが明らかにされている（Meyer-Lindenberg et al., 2011）。オキシトシンは他者との愛着に関与し絆の形成に重要な役割を果たす（Feldman, 2012）。従って、他者から親切にしてもらった場合、オキシトシンが分泌されその者への愛着が高まることでお返しをすることは十分に考えられる。これまで内因性のオキシトシンは主に血液からの測定が行われているが（Zak et al., 2005）、採血によるストレスがオキシトシンの分泌に影響を与える可能性も考えられるため、参加者に負担のかからない測定法の開発が望まれていた。そこで唾液からオキシトシン濃度を測定し、互恵性と関連を示すかどうかを検討することを第 2 実験の目的とした。

３．研究の方法

（1）第 1 実験の方法
参加者：45 名の未就学児（5 歳児クラス 25 名、3 歳児クラス 20 名）が実験に参加した。
課題：参加者はまずお菓子の分配課題（独裁者ゲーム）を行った。参加者は、サンタクロース（良い人）へお菓子を渡す登場人物（good/give 条件）、どろぼう（悪い人）へお菓子を渡す登場人物（bad/give 条件）、サンタクロース（良い人）のお菓子を盗む登場人物（good/take 条件）、どろぼうのお菓子を盗む登場人物（bad/take 条件）の 4 名それぞれに対して 10 枚のコインチョコレートを自身との間でどのように分配するかを決めた（Fig. 1）。各条件はランダムに参加者へ提示した。

Fig. 1　実験 1 の分配課題：参加者は動画に登場する 4 匹のパンダに対して、10 枚のコインチョコレートをそれぞれどのように分配するか決定した。課題では実験者が動画を一時停止し、参加者に尋ねる方法で行なった。

（2）第 2 実験の方法
参加者：121 名の大学生（男性 64 名、女性 57 名）が実験に参加した。平均年齢は 19.8 歳（SD = 1.1）であった。本研究は玉川大学の倫理審査委員会の承認を受けて行われた。
信頼ゲーム：信頼ゲームは 2 名 1 組で行う経済ゲームである。第一プレイヤーは実験者から 1,000 円を受け取り、そのうちいくらを第二プレイヤーへ預けるか 100 円単位で決定した。預けたお金は実験者によって 3 倍の額にされ第二プレイヤーへ渡された。第二プレイヤーは預けられたお金をどのように自身と第一プレイヤーの間で分けるかを決定した。参加者はまず第一プレイヤーの役割としてゲームを行い、その後、相手を変えて第二プレイヤーの役割としてゲームを行なった。第二プレイヤーの決定は strategy method を用いて測定した。第二プレイヤーは第一プレイヤーが預けることができるすべての金額に対してどのようにお金を分配するかを決めた。
社会的価値指向性尺度：参加者の社会的価値指向性（Social Value Orientation, SVO）を測定するためにスライダー法（Murphy et al., 2011）を用いた。社会的価値指向性は自他の間の報酬分配における選好であり、自己利益の最大化を好む pro-self と公平な分配を好む pro-social に人々は分類される。スライダー法は 6 項目からなる自己記述式の質問紙であり、参加者は信頼ゲームの後に SVO に回答した。
唾液中オキシトシン濃度の測定：実験開始前に専用の容器を用いて参加者の唾液を 1.5 ml 採取した。採取された唾液は解析までマイナス 80℃で凍結保存した。唾液は一晩凍結乾燥し 4 倍濃縮した後、専用のキット（Oxytocin ELISA kit, ENZO life sciences）を用いて ELISA（酵素免疫測定法）によりオキシトシン濃度を測定した。平均 intra-CV は 6.9%であった。

４．研究成果
（1）第 1 実験の研究成果
good/give 条件と bad/give 条件における利他行動を比較したところ、条件×性別×学年の交互作用効果（F (1, 41) = 5.89, p = .020, η_p^2 = .126）が見られた（Fig. 2A）。学年別に分析を行ったところ、5 歳児クラスにおいては条件×性別の交互作用効果が有意傾向で見られたが（F (1, 23) = 3.41, p = 0.078, η_p^2 = .129）、3 歳児クラスにおいては条件×性別の交互作用効果は見られなかった（F (1, 18) = 2.61, p = 0.123, η_p^2 = .127）。一方で good/take 条件と bad/take 条件における利他行動を比較したところ、条件×性別×学年の交互作用効果は見られなかった（F (1, 41) = 2.12, p = 0.153, η_p^2 = .049）（Fig. 2B）。本研究の結果、5 歳児においては他者がお菓子を渡す場合においては、その他者が良い人か悪い人かによって行動を変える傾向に性差があることが示された。しかしながら、他者がお菓子を取る場合においてはいずれの効果も見られなかった。これらの結果は、5 歳児は間接互恵性が成立するために理論的に予測された行動傾向を示さないことを示している。

（2）第 2 実験の研究成果
sOT の平均値は 55.9 pg/ml（SD = 24.2）であり、平均値に性差は見られなかった（男性：M = 56.8, SD = 27.4、女性：M = 55.0, SD = 20.2, t(119) = 0.42, p = .677）。また年齢との関連も見られなかっ

た（r = -0.07, p = .418）。第一プレイヤーが預けた額の割合を目的変数、sOT と SVO を参加者間要因の独立変数、性別（男性 = 1）と年齢を共変量とした共分散分析を行なったところ、sOT の主効果（F (1, 115) = 0.45, p = .503, η_p^2 = .004）、SVO の主効果（F (1, 115) = 0.38, p = .538, η_p^2 = .003）、および sOT と SVO の交互作用効果（F (1, 115) = 0.12, p = .729, η_p^2 = .001）のいずれも見られなかった。続いて、第二プレイヤーが返報した額の割合を目的変数、sOT と SVO を参加者間要因の独立変数、第一プレイヤーが預けた額（100 円、200 円、300 円、400 円、500 円、600 円、700 円、800 円、900 円、1000 円）を参加者内要因の独立変数、性別（男性 = 1）と年齢を共変量とした共分散分析を行なったところ、sOT と SVO と第一プレイヤーが預けた額の交互作用効果が見られた（F (1, 1035) = 2.04, p = .032）。その他の効果については見られなかった。sOT と SVO と第一プレイヤーが預けた額の交互作用効果が見られたので、SVO ごとに第二プレイヤーが返報した額の割合を目的変数、sOT を参加者間要因の独立変数、第一プレイヤーが預けた額を参加者内要因の独立変数、性別と年齢を共変量とした共分散分析を行なったところ、pro-social においては第一プレイヤーが預けた額と sOT の交互作用効果が見られたが（F (9, 621) = 4.57, p < .0001, Fig. 3A）、pro-self においては見られなかった（F (9, 396) = 0.24, p = .989, Fig. 3B）。さらに pro-social において第一プレイヤーの預け額ごとに sOT の効果を調べたところ、第一プレイヤーが預けた額が 200 円以下においては sOT の効果は見られたが（100 円：β = -.23, p = .046、200 円：β = -.25, p = .035）、300 円以上においては sOT の効果は見られなかった。

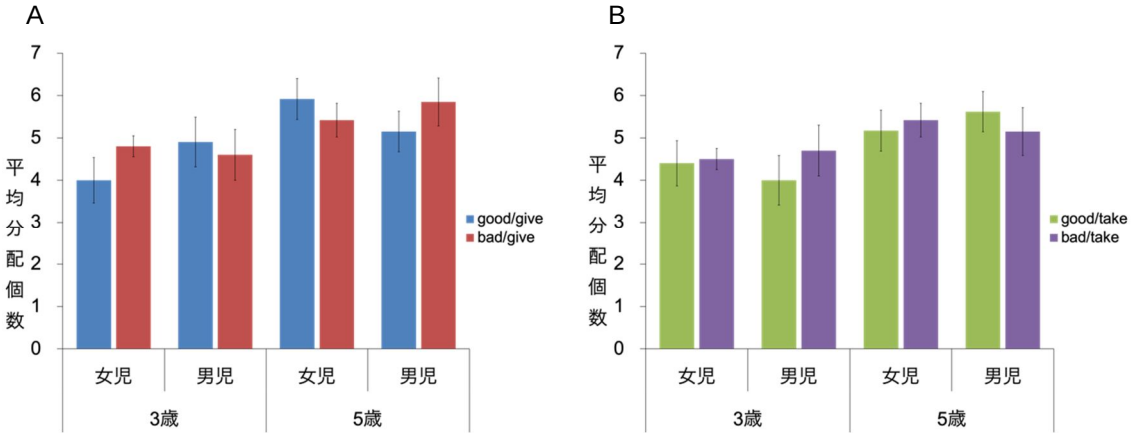

Fig. 2　条件別の平均分配個数
（A）give 条件における平均分配個数、（B）take 条件における平均分配個数
エラーバーは標準誤差を示す。

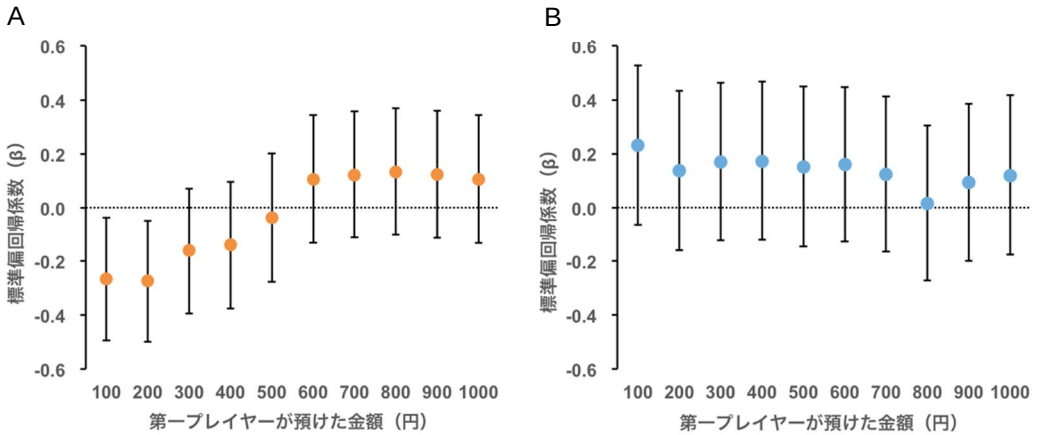

Fig. 3　互恵性におけるオキシトシンの標準偏回帰係数
（A）pro-social（n = 78）、（B）pro-social（n = 43）
エラーバーは 95%信頼区間を示す。

本研究の結果、5 歳児では間接互恵性の理論研究から予測された行動傾向は見られないことが明らかになった。この結果は、5 歳児では間接互恵性は成立し得ないことを示している。今後は、5 歳以降のどの発達段階で成人と同様の行動傾向を示すかを検討することで、間接互恵性の発達を明らかにする必要がある。またオキシトシンは互恵性において重要な役割を果たすこ

とが明らかになったが、それは pro-social に分類された人々においてのみであり、pro-self に分類された人々においてはオキシトシンは互恵性と関連を示さなかった。また pro-social においては唾液中オキシトシン濃度が高い人ほど、相手からの低い信頼に対してお返しをしないことが明らかになった。この結果は、オキシトシンは良い行いに対してお返しをするというポジティブな互恵性に関係するのではなく、悪い行いに対してお返しをしないというネガティブな互恵性に関係していることを示している。今後は、信頼ゲームの前後での sOT の変化量を調べ、信頼行動、および互恵性との関連を検討することが望まれる。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計　2 件）

1. 藤井貴之・高岸治人（2018）子どもの利他行動の発達：日本から発達研究を発信する意義と展望、発達心理学研究、29、181-188.（査読あり）

2. Nishina K, Takagishi H, Fermin ASR, Inoue-Murayama M, Takahashi H, Sakagami M, Yamagishi T. (2018). Association of the oxytocin receptor gene with attitudinal trust: role of amygdala volume. Social cognitive and affective neuroscience, 13, 1091-1097. doi:10.1093/scan/nsy075（査読あり）

〔学会発表〕（計　7 件）

1. 高岸治人・藤井貴之・亀島信也（2019）未就学児における間接互恵性の発達的変化—選別的利他行動の検討—、第 30 回日本発達心理学会

2. 高岸治人・田中大貴・松田哲也（2018）社会的価値志向性における脳の機能的および構造的結合の特徴–マルチモーダル MRI を用いた検討–、第 59 回日本社会心理学会

3. 高岸治人・宮崎淳・石原暢・金成慧・仁科国之・藤井貴之・田中大貴・高橋宗良・松田哲也・山岸俊男（2018）向社会的行動における脳の構造的・機能的結合：Human Connectome Project パイプラインを用いた検討、第 41 回日本神経科学学会

4. Takagishi H, Miyazaki A, Ishihara T, Tanaka H, Kanari K, Nishina K, Fujii T, Takahashi M, Yamagishi T, Matsuda T, (2018). Social value orientation regulates the function of the right DLPFC on pro-social behavior. HBES Annual Meeting

5. 高岸治人・宮崎淳・石原暢・藤井貴之・金成慧・仁科国之・高橋宗良・田中大貴・山岸俊男・松田哲也（2018）向社会的行動と背外側前頭前野の関連：HCP パイプラインを用いた検討、第 20 回日本ヒト脳機能マッピング学会

6. Takagishi H, Sakagami M, Yamagishi T. (2018). Social Value Orientation is Associated with the Role of Right Dorsolateral Prefrontal Cortex in Prosocial Behavior. SPSP Annual Meeting

7. 高岸治人・坂上雅道・山岸俊男（2017）向社会的行動における右側背外側前頭前野の役割、日本社会心理学会第 58 回大会

〔図書〕（計　1 件）

1. 福井裕輝・岡田尊司　編（2019）情動と犯罪 —共感・愛着の破綻と回復の可能性—（情動学シリーズ 9）、（第 4 章 社会的認知の障害と犯罪　担当, p. 116 - p. 136）、朝倉書店、2019 年

〔その他〕

ホームページ等

http://devsoc-tamagawa.net/