慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	教育過程の総合的行動遺伝学研究
Sub Title	Integrated behavioral genetic study of educational processes.
Author	安藤, 寿康(Ando, Juko) 坂上, 雅道(Sakagami, Masamichi) 小林, 千浩(Kobayashi, Kazuhiro) 藤澤, 啓子(Fujisawa, Keiko) 山形, 伸二(Yamagata, Shinji) 戸田, 達史(Toda, Tatsushi) 豊田, 敦(Toyoda, Atsushi) 染谷, 芳明(Someya, Yoshiaki)
Publisher	
Publication year	2018
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2017.)
JaLC DOI	
Abstract	児童期と成人期の2コホートによる双生児縦断研究を実施した。児童期は小学5年生(11歳児)約200組に対する質問紙と120組への個別発達調査を行った。読み能力や実行機能の発達的変化に及ぼす遺伝と環境の変化と安定性, リズム行動に及ぼす遺伝と環境の交互作用, きょうだい関係の特殊性などが明らかになった。 成人期では社会的達成・心身の健康度などの質問紙調査を実施し約200組から回答を得た。また認知能力の不一致一卵性の安静時脳画像とエピジェネティクスのデータを収集した。下側頭回のネットワークの差が一卵性双生児間のIQ差と関連のあることが示された。向社会性への遺伝的寄与が状況により変化することが示された。 Two longitudinal twin studies, for childhood and adulthood, were conducted. In the children cohort, about 200 pairs of fifth graders (11yrs) answered the questionnaire asking academic abilities, social adaptability and educational environments. 120 pairs were given individual develpmental survey for executive functions and so on. Genetic and environmental stability and changes were found in those traits and rythmic tempo showed an interesting GxE interaction. In the adulthood cohort, about 200 pairs of twins answerd the questionnaire asking social attainment, mental health and so on. Resting state of brain for IQ discrepant monozygotic twin paris (8 pairs) were investigated by fMRI and relationship between brain network in left Inferior Temporal Gyrus and IQ was found. It was also suggested that genetic contribution of prosocial behavior differed according to social situation.
Notes	研究種目：基盤研究(A)(一般) 研究期間：2014～2017 課題番号：26245066 研究分野：教育心理学
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_26245066seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

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

平成 ３０ 年　 ６ 月　 ７ 日現在

機関番号：３２６１２
研究種目：基盤研究(A)（一般）
研究期間：2014～2017
課題番号：２６２４５０６６

研究課題名（和文）教育過程の総合的行動遺伝学研究

研究課題名（英文）Integrated behavioral genetic study of educational processes.

研究代表者
安藤　寿康（Ando, Juko）

慶應義塾大学・文学部（三田）・教授

研究者番号：３０１９３１０５

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　35,440,000円

研究成果の概要（和文）：児童期と成人期の2コホートによる双生児縦断研究を実施した。児童期は小学5年生(11歳児)約200組に対する質問紙と120組への個別発達調査を行った。読み能力や実行機能の発達的変化に及ぼす遺伝と環境の変化と安定性、リズム行動に及ぼす遺伝と環境の交互作用、きょうだい関係の特殊性などが明らかになった。
成人期では社会的達成・心身の健康度などの質問紙調査を実施し約200組から回答を得た。また認知能力の不一致一卵性の安静時脳画像とエピジェネティクスのデータを収集した。下側頭回のネットワークの差が一卵性双生児間のIQ差と関連のあることが示された。向社会性への遺伝的寄与が状況により変化することが示された。

研究成果の概要（英文）：Two longitudinal twin studies, for childhood and adulthood, were conducted. In the children cohort, about 200 pairs of fifth graders(11yrs) answered the questionnaire asking academic abilities, social adaptability and educational environments. 120 pairs were given individual develpmental survey for executive functions and so on. Genetic and environmental stability and changes were found in those traits and rythmic tempo showed an interesting GxE interaction.
In the adulthood cohort, about 200 pairs of twins answerd the questionnaire asking social attainment, mental health and so on. Resting state of brain for IQ discrepant monozygotic twin paris (8 pairs) were investigated by fMRI and relationship between brain network in left Inferior Temporal Gyrus and IQ was found. It was also suggested that genetic contribution of prosocial behavior differed according to social situation.

研究分野：教育心理学

キーワード：双生児法　遺伝と環境　行動遺伝学　脳神経科学　分子遺伝学　エピジェネティクス　認知発達　社会性発達

１．研究開始当初の背景

さまざまな行動の個人差に、ほぼ普遍的に遺伝的差異と個人に固有な環境の差異が関与していることは、申請者らの研究を含む膨大な行動遺伝学的研究が明らかにしてきている(安藤, 2011;安藤,2012;Plomin et al., 2013; Turkheimer, 2000)。教育に関連する指標に限ってみても、狭義の学業成績やその適性としての一般知能に遺伝要因が40～80%関与し(Shikishima et al. 2010)、とくに一般知能に及ぼす遺伝の寄与率は児童期から成人期にかけて増加傾向を示す頑健な証拠がある(Howarth et al.,　2010)。また児童期の教育上の大きな焦点である社会的認知能力の形成や問題行動の発現にも遺伝要因が大きく関与していることが数多くの研究から示されているのみならず、遺伝要因と環境要因がそれぞれその発達に特異的な機能を果たしながら複雑な相互作用を生み出している機序もまた明らかにされている(Fujisawa et al, 2011a; Fujisawa et al., 2012b)。

これらの知見を明らかにする今日の行動遺伝学研究は、大規模な双生児コホートを構築し、多様な心的、行動的変数と環境変数を縦断的に測定し、多変量・多時点の統計的な解析を施すことによってなされており、申請者はこのような研究を可能にする大規模双生児プロジェクトを長年にわたって構築し研究を継続的に実施してきた(Ando et al., 2006; Ando et al.,2013)。

しかしながらこのような研究成果は、主として学業成績を結果変数として明らかにされた「遺伝要因の寄与」を、教育可能性に対する阻害要因とみなし、悲観的な解釈を導くことが少なくない。それは実際に学業に対して遺伝的に何らかの意味で「恵まれない」学習者が、社会的に「不利な」学習達成を生み、その結果、社会的格差をもたらしているという現実に直面させられながら、それを回避する具体的方策が明示されないからである。教育が遺伝的差異を社会的格差へと増幅させる要因としてではなく、むしろ不利益を補償し、適性として利用し、格差を解消するように機能させる可能性を掘り起こすために必要となる研究は、こんにち、どのようなものであるべきか。

このような複雑で困難な教育課題の解決のためには、単一の方法論と限られた心理・行動的変数、環境変数の因果関係だけに焦点を当てた研究ではなく、「教育」を単に学校教育と学歴取得に限定せず、ヒトが他者の学習を支援する利他的行動一般としてとらえ、それによる社会的知識と技能の獲得と職業適応、さらに文化創造的適応まで射程に入れることよって、それは成し遂げられると考えられる。

２．研究の目的

教育の諸側面(教育者の教育行動、それによってなされる学習者の学習行動、その学習達成がもたらす社会的・経済的結果、そしてそれらに及ぼすと考えられるさまざまな生物学的・社会的・制度的要因の影響など)にあらわれる「個人差」に、遺伝要因と環境要因がどのように関与し、相互に作用しているかを、双生児法をもとづいて心理学、社会学、経済学、脳神経学、分子生物学の指標や手法を総合した行動遺伝学研究によって明らかにし、教育の理論と実践のための新しい枠組みを創出することを目的とする。

３．研究の方法

すでに構築した双生児コホートの中で、学校教育が開始される児童期(小学5年生)、そして学校教育が終了しその成果が表れている成人期の 2 コホートに対して、質問紙調査(両コホート)、発達調査(児童期コホート)、MRI 調査(成人期コホート)、遺伝子調査(成人コホート)を実施し、これまでのデータと結合させて縦断研究を実施する。

(1) 児童期コホート

小学 5 年生を対象に、質問紙では学力、学習行動、メンタルヘルス、学習環境、家庭環境などをたずねた。また来校形式による発達検査では K-ABC、実行機能課題、社会性の観察を個別に実施した。期間中に得られたサンプル数はおよそ 250 組であった。

(2) 成人期コホート

質問紙調査では社会達成、メンタルヘルス、学習状況、心身の健康度、社会的態度などをたずねた。また IQ に差のある一卵性ペアの安静時脳活動、ならびに採血によって抽出される遺伝情報、およびエピジェネティクスの情報を得た。期間中に得られたサンプル数は質問紙ではおよそ 200 組、脳画像・遺伝子は 10 組であった。

これらの調査に当たっては慶應義塾大学文学部倫理委員会の承認を得、児童期コホートでは保護者ならびに双生児児童本人から、また成人期コホートは双生児本人からの同意を得て、調査を実施した。

４．研究成果

(1) 読み能力

42 ヶ月の双生児 238 組による「読み」の前段階スキルの個人差に及ぼす遺伝と環境の寄与率を探求した始めての行動遺伝学的研究である。これら双生児には、音韻意識、かな文字の音に関する知識(文字音知識)、語彙、視覚認知、非単語復唱、数唱が個別に測定された。単変量遺伝文責ではこれらすべての測度に関して大きな共有環境(家庭環境)の影響が見出され、遺伝の影響はわずかであった。表現型の確認的因子分析では音韻意識(PA)、文字音知識(LNK)、一般的前段階読みスキル(General)の 3 因子が抽出され、相互に相関していた。多変量遺伝分析ではこれらの因子間を媒介する要因

の大部分が共通の共有環境であることが示された(Figure 1)

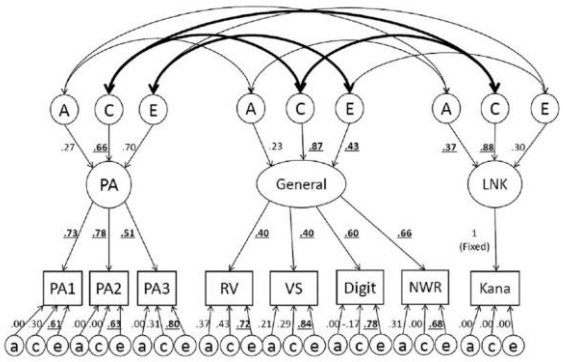

Figure 1. 読み能力に関する遺伝環境

(2) 実行機能

実行機能(EF)とは成長してからの適応的な発達の重要な予測変数であり、養育など数多くの環境要因がその発達の促進要因として重要であることが報告されている。ここでは行動遺伝学的手法により、その環境要因が遺伝によって影響を受けているかを、2 歳、3 歳、4 歳の 3 時点で、延べ 334 組の双生児の家庭訪問による発達検査により縦断的に検討した。用いた課題はストループ課題、数唱、カード分類、抑制課題(贈り物の包みを開けないようにという指示をどれだけ守れるか)など、各年齢に対応したものを用いた。多変量遺伝分析の結果、この間の変化には遺伝要因(Figure 4)と非共有環境が、また安定性には共有環境が関与していること(Figure 5)がわかった。

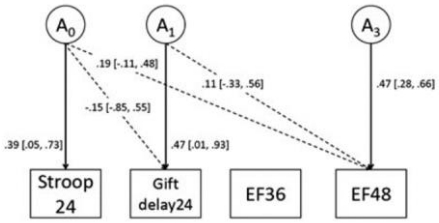

Figure 4 EF の遺伝構造の発達的変化

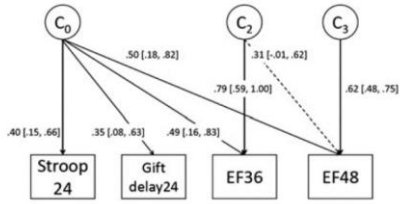

Figure 5 EF の共有環境構造の発達的変化

(3) リズム運動

児童期のリズム運動のテンポおよびその維持安定性におよぼす遺伝要因と環境要因を、4 歳児の双生児 116 人によって調べた。小さなシンバルを繰り返し叩く課題を用い、自分の好きな自発的テンポで叩く、与えられたリズムに合わせて叩く、そのリズムを記憶して叩くという 3 条件をおこなった。自発的テンポでは大きな相加的遺伝要因が見出されたが、他の 2 条件では遺伝要因は見出されず共有環境と非共有環境の要因だけが関与していた。これはリズム運動のテンポに及ぼす遺伝の影響が状況によって調整されるという遺伝・環境交互作用を示唆する。

(4) 自尊感情

成人期の自尊感情とパーソナリティとの関連の遺伝的・環境的な安定性と変化について縦断的に検討した。双生児対象者は一時点目が 1221 名、二時点目が 365 名で、時間間隔は 9.95 年であった。自尊感情に対する遺伝要因の寄与は頑健なものであり、この時点間の安定性に同一の遺伝要因が関与していることが示された。

一方、2 時点目には 1 時点目になかった新しい遺伝要因の発現も確認され、その寄与率は全遺伝寄与率のほぼ半分であった。パーソナリティと自尊感情との遺伝と環境の共分散構造もこの間、一定であり、自尊感情の遺伝的安定性の大部分がこのパーソナリティ要因の遺伝要因であることが示された。しかし自尊感情に固有の遺伝要因もまた安定的であり、それが自尊感情をパーソナリティと区別していることを表していた。

(5) IQ と脳活動

遺伝情報が等しいにも関わらず IQ に顕著な差のある 4 組の一卵性双生児のペアにおいて、安静時脳機能に見られる機能的脳ネットワーク(functional brain network)に、この IQ の差異と関連が見出されるかを fMRI によって検討した。Figure 2 に示したグラフ解析で得られた Global efficiency, average path, cluster coefficient の 3 指標と IQ と相関が見られたのは左下側頭回(ITGl)であった(Figure 3)。

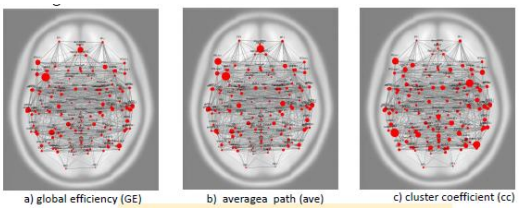

Figure 2 グラフ解析による IQ との関連部位

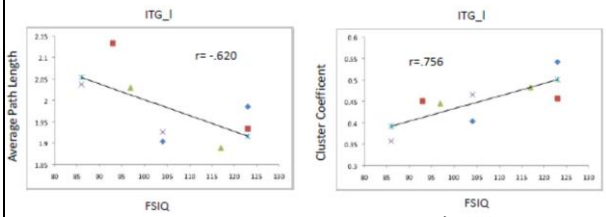

Figure 3 Ave と CC の IQ との相関

(6) 向社会性(公共財ゲーム)

向社会性はヒトにおける最も顕著な特質のひとつであるが、同時に協力行動には大きな個人差も存在する。ここでは協力行動の遺伝規定性を公共財ゲームを用いて検討した。実験 1 では他のグループメンバーがいくら拠出するか知らされない条件で、また実験 2 ではそれが知らされた条件で、自分がいくらグループに拠出するかを尋ねたところ、遺伝率は全体的に小さかったが、他のメンバーがより多く拠出することを知らされるほど、遺伝率が高くなることが示された。シミュレーションをおこなったところ、繰り返しのあるゲーム状況では、遺伝の影響ははじめ減少するが、繰り返しの回数が増えるごとに増加することが示唆された。これは向社会性の個人差の進化的基盤を考える上で興味深い結果である。

(7) 性同一性

3 歳から 26 歳までの男性双生児 1450 組、女性双生児 1882 組、異性双生児 1022 組に対する性同一性障害(GID)特性の行動遺伝学的分析をおこなった。測度は DSM-IV-TR の GID 診断基準 4 項目を質問紙形式にしたものを用いた。その結果(1)日本人女性は男性に比べ GID 特性をより高頻度で示す(女性では児童期 1.6%、青年期 10%、成人期 12%であるのに対し、男性ではそれぞれ 0.5%, 2%, 3%)、(2)GID 特性に関する親からのホルモン伝達を支持する結果は得られない、(3)子どもの GID 特性の大部分は、遺伝要因であれ環境要因であれ、家族性を持つが、その大きさは児童期のほうが青年期・成人期より大きく、それは特に女性で大きかった。また年齢とともにその影響が減少することがわかった。

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 14 件）

① Shikishima, C., Hiraishi, K., Takahashi, Y., Yamagata, S., Yamaguchi, S., & Ando, J. (2018) Genetic and environmental etiology of stability and changes in self-esteem linked to personality: A Japanese twin study. *Personality and Individual Differences*, 121, 140-146. [査読あり]

② Suzuki, K., & Ando, J. (2018) Genetic and Environmental Influences on Personal and Rhythmic-Motor-Activity Tempo in Children: A Twin Study. *Japanese Psychological Research.* doi: 10.1111/jpr.12188 [査読あり]

③ Ando, J. (2016) Evolutionary locus of the Neanderthal between chimpanzees and modern humans: a working memory, Theory of Mind and brain developmental, Piagetian perspective. In Terashima, H. (Ed); Hewlett, B. S. (Ed): *"learning and innovation in contemporary hunter-gatherers: Evolutionary and ethnographic perspectives."* Publisher: Springer Science + Business Media. pp. 293-309. [査読あり]

④ Fujisawa, K.K., Todo, N., Ando, J. (2016) Genetic and environmental influences on the development and stability of executive functions in children of preschool age: A longitudinal study of Japanese twins. *Infant and Child Development* Jul 5, doi: 10.1002/icd.1994 [査読あり]

⑤ Sasaki, S., Ozaki, K., Yamagata, S., Takahashi, Y., Shikishima, C., Kornacki, T., Nonaka, K., Ando, J. (2016) Genetic and environmental influences on traits of gender identity disorder: A study of Japanese twins across developmental stages. *Archives of Sexual Behavior,* 45 1681-1695. [査読あり]

⑥ 安藤寿康 (2016) 進化教育学とは何か－教育への生物学的アプローチ 哲学(三田哲学会) 第 136 集, 195-236. [査読あり]

⑦ 安藤寿康 遺伝は環境にまさるか!? 双生児の行動研究から（特集 多胎妊娠を極める:膜性診断から胎児治療,妊婦のサポートまで）-- (多胎児の管理と予後) (2016) 「産婦人科の実際」, 65(5), 589-593. [査読なし]

⑧ Hiraishi, K., Shikishima, C., Yamagata, S., & Ando, J. (2015) Heritability of decisions and outcomes of public goods games. *Frontiers in Psychology*, 6:373. [査読あり]

⑨ Kovas, Y., Garon-Carrier, G., Boivin, M., … Ando, J., … Yamagata, S., Shikishima, C., 他全 26 名 (2015) Why children differ in motivation to learn: Insights from over 13,000 twins from 6 countries. *Personality and Individual Differences*, 80 51-63. [査読あり]

⑩ Shikishima, C., Hiraishi, K., Yamagata, S., Ando, J., & Okada, M. Genetic factors of individual differences in decision making in economic behavior: A Japanese twin study using the Allais problem.

(2015) *Frontiers in Psychology*, 6:1712. [査読あり]

⑪ 安藤寿康 (2015) 行動遺伝学の基本原則 臨床精神医学(特集 精神神経疾患のゲノム研究：失われた遺伝率の謎を求めて) , 44(10), 1325-1332, [査読なし]

⑫ 鈴木国威・安藤寿康 (2015) 幼児のリズム動作における分析手法に関して 生活科学研究 37, 173-177. [査読あり]

⑬ 野嵜茉莉・藤澤啓子・安藤寿康 (2014) 幼児期の双生児きょうだいにおける行動判断ーきょうだい間の協力行動に影響を及ぼす要因の検討. 思考と行動判断の研究拠点報告書 3-18 [査読なし]

⑭ Fujisawa, K.K., Wadsworth, S.Kakihana, S., Olson, R.K., DeFries, J.C., Byrne, B., & Ando, J. (2013) A multivariate twin study of early literacy in Japanase kana. *Learning and Individual Differences,* 124, 160-167. [査読あり]

〔学会発表〕(計 47 件)

主なもの

① Ando, J. & Hiraishi, K. (2017) Teaching motivation and altruism: A Japanese twin study. 47th Annual Meeting of the Behavior Genetics Association

② Ando, J. (2016) History of twin research in Japan and Keio Twin Registry. International Society of Twin Studies.

③ Ando, J. (2016) Longitudinal effect of Executive Function (EF) on general factor of cognition (g) and personality (GFP). International Congress of Psychology .

④ Ando, J & Someya, Y. (2016) Efficiency of Functional Brain Networks and Intellectual Performance in Discordant Monozygotic Twins. the 22nd Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping.

⑤ Yamagata, S., Shikishima, C., Hiraishi, K., Takahashi, Y., Ando, J. Social capital in genes: A Japanese twin study. January 2016, The 17th Annual Meeting of the Society for Personality and Social Psychology.

⑥ Ando, J. (2015) Twin research in Japan: Past, present & future. The 4th International Network of Twin Registries (INTR).

⑦ Takahashi, Y., Yamagata, S., & Ando, J. (2015). Genetic and environmental influences on self-control, grit, and conscientiousness: Results from Japanese adolescent twins. 45th Annual Meeting of the Behavior Genetics Association.

⑧ Hiraishi, K., Shikishima, C., Ando, J.(2014) Heritability of behavior on ultimatum and dictator games. July-August 2014, Human Behavior and Evolution Society 26th Annual Conference,.

⑨ Nozaki, M., Fujisawa, K.K., & Ando, J. (2014) Sibling relationships at 3-years-old affect theory of mind at 4-years-old among Japanese Twins. ISTS.

〔図書〕(計 5 件)

① 安藤寿康 (2017) 『「心は遺伝する」とどうして言えるのかーふたご研究のロジックとその先へ』創元社 264 ページ

② 安藤寿康 (2016) 『日本人の 9 割が知らない遺伝の真実』 SB 新書 224 ページ

③ Kandler, C., Bell, E., Shikishima, C., Yamagata, S., & Riemann, R. (2015) Genetic foundations of attitude formation. In Scott R. & Kosslyn S. (eds.) "*Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences: An Interdisciplinary, Searchable, and Linkable Resource*" Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781118900772.etrds0144

④ 高橋雄介・安藤寿康 (2015). 気質の生物学 日本発達心理学会・編, 発達心理学ハンドブック第 8 巻「脳の発達科学」, 第 22 章(pp. 219-227), 新曜社.

⑤ 安藤寿康 (2014) 『遺伝と環境の心理学—人間行動遺伝学入門』 培風館 319 ページ

〔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.totcop.keio.ac.jp/

http://www.kts.keio.ac.jp/

http://www.karc.keio.ac.jp/center/endcenter/center-20.html

６．研究組織

(1)研究代表者

安藤 寿康（ANDO, Juko）
慶應義塾大学・文学部・教授
研究者番号：30193105

(2)研究分担者

坂上　雅道（SAKAGAMI, Masamichi）
玉川大学・脳科学研究所・教授
研究者番号：10225782

小林　千浩（KOBAYASHI, Kazuhiro）
神戸大学・医学研究科・准教授
研究者番号：90324780

(3)連携研究者

藤澤　啓子（FUJISAWA, Keiko）
慶應義塾大学・文学部・准教授
研究者番号：00453530

山形　伸二（YAMAGATA, Shinji）
九州大学・基幹教育院・准教授
研究者番号：60625193

戸田　達史（TODA, Tatsushi）
神戸大学大学院・医学研究科・教授
研究者番号：30262025

豊田　敦（TOYODA, Atsushi）
国立遺伝学研究所・生命情報研究センター・特任准教授
研究者番号：10267495

(4)研究協力者

染谷　芳明（SOMEYA, Yoshiaki）
慶應義塾大学･先導研究センター特任助教
研究者番号：20392714