

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：34307

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25380988

研究課題名(和文) 拡散過程モデルに基づく潜在的連合テスト(IAT) データ分析手法の開発

研究課題名(英文) Development of a user-friendly software for the Ratcliff's diffusion model analysis and its application to the Implicit Association Test

研究代表者

土居 淳子(DOI, Junko)

京都光華女子大学・キャリア形成学部・教授

研究者番号：00301713

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：潜在的連合テスト(IAT)は、潜在的な態度を測定するツールとして心理学の分野で普及しつつあるコンピュータ課題である。IATの結果は一時的な心身の状態、課題遂行時の戦略等の影響を受けやすいため、これらの剰余変数の影響をどのように取り除くかが重要となる。

本研究では、IATで測定した反応時間データを、Ratcliffの拡散過程モデルに基づいて分析するための具体的な方法を提案し、情報処理の「速さ」と「慎重さ」を分離推定できる可能性があることを示した。また、幅広い分野の研究者が拡散過程モデルに基づくパラメータ推定を行えるように、平易に利用できるユーザ・フレンドリーな分析ソフトウェアを開発した。

研究成果の概要(英文)：The Implicit Association Test (IAT) is a computer-based psychological experiment and is now widely used in a variety of fields of psychology as an effective measure of a person's implicit attitudes. However, it has been pointed out several factors unrelated to implicit attitudes, the tentative condition of body and mind, strategic effects and so on, considerably affect the IAT results. In order to assess individual differences, decomposing of the IAT effect into the indicators of implicit attitudes and other confounding factors is very important.

In this study, we have proposed to analyze the IAT data based on the Ratcliff's diffusion model and have shown the possibility that the diffusion model analysis provides a theory-based tools to filter out IAT effects from confound factors. In addition, we have developed a user-friendly software in order to facilitate the application of diffusion model analyses, based on fast-dm-30 by Jochen Voss and Andreas Voss.

研究分野：数理神経科学 心理統計 実験心理学

キーワード：parameter estimation diffusion model IAT response time fast-dm model fit

1. 研究開始当初の背景

(1) Greenwald ら (1998) が開発した潜在的連合テスト (Implicit Association Test、以下では IAT と表記) は、実験参加者がコンピュータ画面中央に提示された刺激を左右どちらかのカテゴリーに分類するまでの時間と正誤を測定することにより、実験参加者が有する概念間の連合の強さ (潜在的態度) を推定しようとする手法である。2011 年 3 月までに IAT を用いた研究論文が少なくとも 1700 以上発表され (Stuttgen, 2011)、日本国内においても数十の研究が発表されていた。適用分野も抑うつや社会不安、自殺念慮、単一恐怖症、摂食障害、喫煙習慣など臨床への応用、マーケティングにおける消費者行動予測、産業心理学におけるリスク行動予測など、広範囲に広がりつつあった。

(2) IAT 効果は測定時の一時的な心身の状態、課題遂行時の戦略等の個人内要因、環境要因の影響を受けるが、IAT 効果の標準的な算出方法である D スコアは経験的・探索的に見出されたものであるため、これらの剰余変数の影響を評価することが難しい。そのため IAT は、その普及の一方で、個人差や個人内変動の測定には不向きであるという指摘がなされてきた。

(3) 個人差や個人内変動をより有効に推定する方法を求めて関連文献の調査を行った結果、Ratcliff (1978) が提案する拡散過程モデルを IAT データに応用することにより、実験参加者の意思決定プロセスにおける情報処理特性を推定することが可能であり、上記に挙げた D スコアの弱点を補うことができると考えるに至った。

しかし、IAT データへの試験的な応用研究がわずかに試みられているものの、実データに応用するための方法論は確立されておらず、また、実験者が拡散過程モデルを用いて分析したいと思っても、日本語 windows 環境下で気軽に使えるツールがないという状況であった。

2. 研究の目的

(1) IAT において各実験参加者から得られるデータ数は、拡散過程モデルのパラメータ推定で通常用いられているデータ数と比べて極端に少ない。本研究では、IAT データ分析に特化したパラメータ推定の具体的手法の提案と有効性の評価を行う。

(2) 心理学等の現場で気軽に利用できる、拡散過程モデルに基づく反応時間データ分析ソフトウェアの開発を行う。

3. 研究の方法

(1) Ratcliff の拡散過程モデル

Ratcliff (1978) の拡散過程モデルでは、刺激提示から意思決定に至るまでの情報蓄

積プロセスを Wiener 過程であると仮定し、Wiener 過程がある初期値 z から上下どちらかの閾値に達すると正答またはエラー回答が選択されると考える。図 1 は、概要を図式化したものである (横軸：時間経過、縦軸：情報蓄積量)。

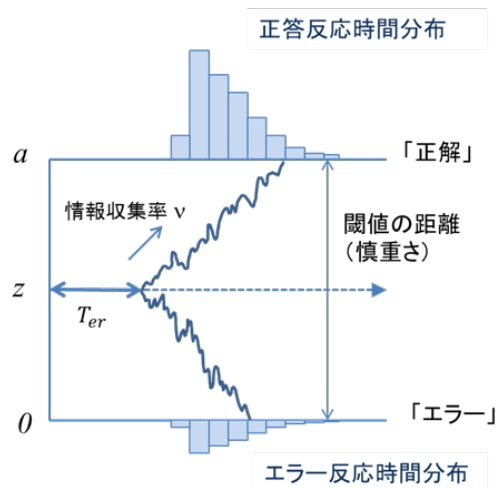


図 1 Ratcliff の拡散過程モデル

拡散過程モデルに基づく分析では、正答およびエラー回答から得られる情報をフル活用し、情報処理の速さの指標 v 、意思決定の慎重さの指標 a 、符号化や運動に要する非決定時間 T_{er} 等、意思決定プロセスの特性を分離して推定することが可能である。

(2) 拡散過程モデル分析のための IAT 実験

拡散過程モデル分析のための IAT 実験として表 1 のような構成の IAT を作成した。通常の IAT をベースに、ブロック 4 (一致ブロック 2) とブロック 7 (不一致ブロック 2) の試行数を通常の 40 から 100 に増やしている。また、拡散過程モデルを適用するためには、誤答の時間分布が必要であるため、誤答に対しては訂正入力を求めず、誤答までの時間を記録した。このような実験デザインの場合、D スコアとしては、D_3 スコア~D_6 スコアのいずれかを採用することができる (Greenwald ら, 2003)。

表 1 拡散過程モデルのための IAT 構成 (花-虫 IAT を例として)

ブロック	試行数	左キー	右キー
1	20	花	虫
2	20	快	不快
3	20	花+快	虫+不快
4	100	花+快	虫+不快
5	40	虫	花
6	20	虫+快	花+不快
7	100	虫+快	花+不快

(3) 拡散過程モデルへの当てはめ

IAT の一致ブロックおよび不一致ブロックに含まれるデータ数は 100 個程度であるので、標的概念に属する刺激語と属性概念に属す

る刺激語を区別せず、また、単語の違いを区別しない。さらに、刺激の種類にかかわらず、刺激呈示に対する回答の正誤と反応時間のみに注目し、一致ブロックと不一致ブロックそれぞれから得られる反応時間分布(正答、誤答)を拡散過程モデルに当てはめる。

このように「正答」か「誤答」かのどちらかを選択するプロセスとしてモデル化することで、拡散過程モデルの初期値 z を $a/2$ に固定することが可能となり、推定するパラメータ数を減らすことができる。

本研究では、さらに、 $s_v = 0$ 、 $s_z = 0$ とし、参加者毎に、一致ブロック・不一致ブロックそれぞれにおける残り4つのパラメータを推定し、パラメータ a と v の差分(一致ブロックの値-不一致ブロックの値)を IAT 成分として算出した。パラメータ a の差分 IAT a は意思決定の「慎重さ」の変化を、 v の差分 IAT v は情報処理の「速さ」の変化を表す。

(4) 有効性評価のための実験調査

拡散過程モデルに基づくパラメータ推定の有効性を検討するために、下記の通り、2つの IAT 実験を行った。

- ① 青年期女性 81 名を対象に、「花-虫 IAT」「自尊心 IAT」「タスク切替 IAT」と質問紙による調査を行った(平成 26 年度)。各 IAT 設計は上述のとおり。
- ② 青年期女性 14 名を対象に、「自尊心 IAT」の 5 回の繰り返し測定実験を行った(平成 28 年度)。連続する 4 日間とその 4 日後(初回から 8 日目)の同一時間帯に測定した。IAT 設計は上述のとおり。

(5) 分析ソフトウェア paraES 等の開発

Voss&Voss(2007)が開発したプラットフォーム非依存のコマンドラインツール fast-dm は、Ratcliff モデルのパラメータを、コルモゴロフ-スミルノフ(KS)統計量を最小化するという基準で推定するソフトウェアである。最新版の fast-dm-30 では、最尤法やカイ 2 乗法による推定値も算出できるようになった(Voss ら、2015)。

しかし、コマンドラインからの操作が必要であること、パラメータ推定条件やファイルパス等をコマンドで記述するコントロールファイルを作成する必要があるなど、一般的な Windows ユーザーが利用するのは難しい。

本研究では、GNU 一般公衆ライセンスに基づき公開されている fast-dm-30 のソースコードをベースに、ユーザ・フレンドリーな分析パッケージ paraES を開発した。具体的には Windows 環境に移植し、Visual C# 2010 を用いて、グラフィカルユーザインタフェース(GUI)とコントロールファイル自動作成機能を実装した。さらに、推定結果を評価するための機能として、推定された累積分布関数をデータファイル毎に表示する機能とデータ全体に対する推定結果を視覚的に評価するための散布図(標本正答率 vs 予測正答

率等)表示機能などを実装した(実装は、研究協力者の土屋が担当)。

加えて、汎用的なパラメータ推定ソフトウェアである paraES をベースに、IAT データ分析に特化し、推定結果の差分である IAT a および IAT v を直接出力するソフトウェアも作成した。

(6) データ下処理プログラムの開発

拡散過程モデルに適用するためには入念なデータスクリーニングが必要であることが本研究から判明した(詳細は後述)。また、そのため、データスクリーニングのためのプログラム群を作成した。

4. 研究成果

(1) どのパラメータ推定法を用いるべきか

IAT に組み込まれる試行数はそれほど多くないため、最尤法、KS 法および EZ 法が現実的に選択可能な推定法である。先行研究により、最尤法と ES は外れ値の影響を強く受けること、とくに最尤法は短すぎる反応時間に対して敏感に反応しすぎることが指摘されているため、Tukey の基準に従って外れ値処理を行った上で、さらに 200ms 未満のデータを削除したあと、実験①の「花-虫 IAT」の反応時間データの分析を行った。その結果を図 2 に示す。

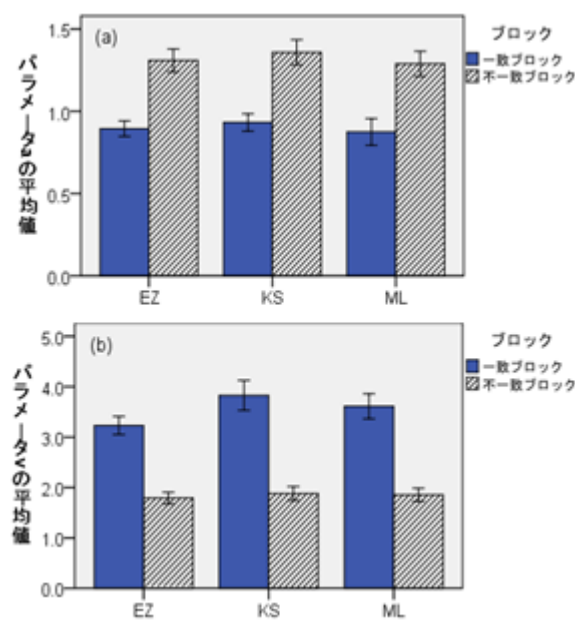


図 2 EZ 法、KS 法、最尤 (ML) 法による推定値の平均と 95%信頼区間 (花-虫 IAT、N=78)

いずれの推定方法でもほぼ同様の結果が得られ、先行研究とも一致している。IAT における集団差の測定に拡散過程モデルが有効であることが分かる。不一致ブロックの方が、慎重さのパラメータ a は大きく(より慎重になる)、情報処理スピード v は小さい(情報処理が遅くなる)。特に、情報処理スピード v で顕著な差がみられる。

図3は、実験参加者全体に対する当てはまりを評価するために作成した散布図である。同様の散布図を四分位点についても作成可能であるが、正答率についてのみ示す。横軸は実験参加者毎の正答率（一致ブロックと不一致ブロックそれぞれの値）、縦軸はKS法と最尤法からの予測正答率で、(a)は全120試行、(b)は第3ブロック20試行と、第4ブロックの最初の40試行の合計60試行から推定した結果である。EZ法は、実データと等しくなるようにパラメータを算出する方法であるため、予測正答率は実データと同じ値になる。

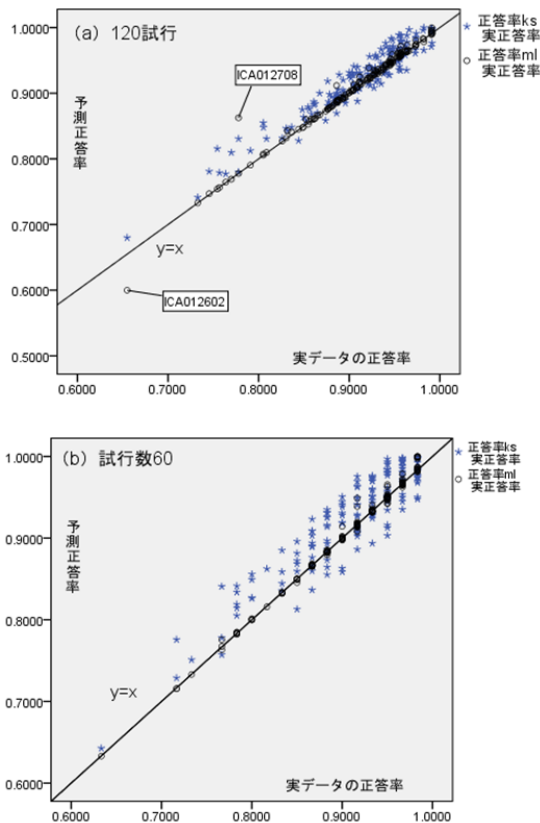


図3 正答率の散布図 (a) 120 試行からの推定結果 (b)60 試行からの推定結果
横軸：実データ、縦軸：予測正答率、N=78

図3(a)の120試行からの推定の場合、最尤法による予測正答率はほとんどのデータで実データとほぼ一致するが、一部のデータ（データID: ICA012708、ICA012602）の予測値は実データから大きく外れている。図4は、データICA012708に対する反応時間の累積分布関数の予測値を実データに当てはめた結果である。最尤法が分布の当てはめに失敗していることがわかる。一方、KS法の場合は、多少の誤差が伴うものの、比較的安定した結果を示した。

図3(b)の60試行から推定した場合、最尤法は高い精度で実正答率を再現しているが、KS法は推定誤差が大きくなる。最尤法は、120試行の場合に見られるような失敗例

も見当たらないが、60試行の場合には少なくとも5つのデータにおいて過剰適合が観察された(156データ中)。最尤法が他の推定法や他のデータと大きく異なり、想定外の値を出力した(詳細は省略)。

IATにおいて個人差測定を目的とする場合、実験参加者毎に各ブロック100個程度のデータがある場合は、推定精度はやや劣るものの、KS法の利用が望ましいと思われる。

一方、最尤法を使えば、数十個(標準的なIATから得られる数)のデータから相応の精度でパラメータを推定出来る可能性がある。そのためには、混入データや外れ値を事前に除去することが必須であり、また、過剰適合に十分な注意を払う必要がある。

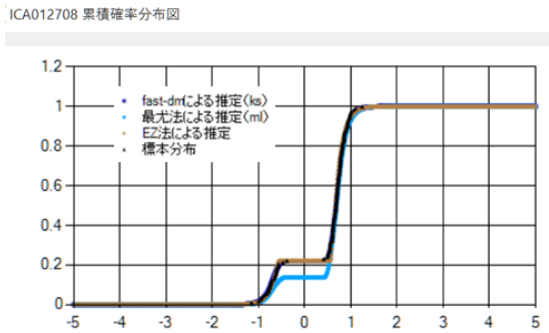


図4 累積分布関数の推定結果 ICA012708 (120 試行の場合)

(2) 推定結果の安定性 (再テスト信頼性)

実験②の繰り返し測定実験の結果をもとに、拡散モデルによって推定されるIAT成分の安定性の検討とDスコアとの比較を行った。加えて、繰り返し測定による「慣れ」や実験参加者の戦略の変化などが拡散モデルで検出できるかどうかを検討した。

KS法と最尤法からのIAT成分の推定値IAT_aの相関は $r = .79$ ($p < .001$)、IAT_vは $r = .56$ ($p < .001$)であった。最尤法はKS法よりも高い精度で累積分布関数、正答率、四分位数を再現したが、その一方で、過剰適合により、他のデータと大きく異なる値を出力する場面があったため、以下ではKS法による結果のみを報告する。有意水準は5%とした。

推定されたIAT効果は表1の通り。初回と2回目以降のDスコアとの相関は、2回目 ($r = .69$, $p = .020$)、3回目 ($r = .76$, $p = .004$)、5回目 ($r = .78$, $p = .003$)で有意な正の相関がみられ、初回と4回目の相関は有意でなかった。

表1 DスコアおよびIAT成分の平均と標準偏差

回	N	Dスコア	IAT _a	IAT _v
1	12	-0.52 (0.20)	-0.05 (0.20)	0.63 (0.69)
2	12	-0.59 (0.21)	0.06 (0.17)	1.11 (0.84)
3	12	-0.44 (0.22)	-0.01 (0.13)	0.55 (0.69)
4	13	-0.49 (0.19)	0.12 (0.20)	0.84 (0.81)
5	13	-0.50 (0.28)	0.07 (0.11)	0.81 (0.41)

一方、IAT_v は 1 回目と 2 回目のみ有意な正の相関を示した ($r = .67, p = .024$)。IAT_a は 1 回目とそれ以降では有意な相関はなかったが、2 回目と 4 回目 ($r = -.82, p = .002$)、2 回目と 5 回目 ($r = .75, p = .008$) が高い正の相関を示した。

拡散過程モデルから推定された IAT 成分と D スコアとの関連では、初回の測定において、IAT_v と D スコアが有意な相関を示したが ($r = -.71, p = .009$)、2 回目以降の測定では有意な相関は観測されなかった。

(3) 戦略の変化と慣れの効果

IAT_a と IAT_v の再検査信頼性が低いのは、連日の調査に対して、参加者のパフォーマンスや戦略が変化していることを示唆しているのかもしれない。この 2 つの指標の経時的な変化を追跡することにより、繰り返し測定における参加者の戦略変化を捉えられる可能性がある。1 回目と 2 回目以降について Bonferroni の方法で対比較を行った結果、1 回目と 4 回目の IAT_a の差 (-0.174) のみ有意であった ($p = .047$)。

しかし、一致ブロックと不一致ブロックから推定される拡散過程モデルの「慎重さ」パラメータ a の値や「情報処理の速さ」パラメータ v の値の変化そのものではなく、差分 IAT_a および IAT_v を用いて戦略の変化や慣れの変化を分析するのは、やや無理があるかもしれない。 a と v の変化をより直接的に分析することで、より直接的な検討が行える可能性がある。これについては、今後の課題としたい。

(4) 分析ソフトウェア paraES

開発した分析ソフトウェア paraES の操作画面は図 5 に示す。

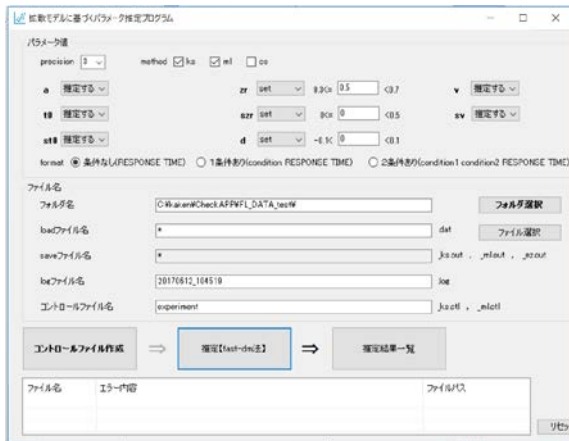


図 5 paraES の起動画面

このフォーム画面から、パラメータ推定に必要な設定を行うだけで、簡単に推定結果を得ることができる。また、推定結果の成否の確認を行うことができる。利用方法や機能の詳細についてはホームページで公開している。

図 6 は、paraES の出力画面の 1 つである推定結果一覧である。適合度が低いデータは色付き (赤) で示され、データ名をクリックすると、詳細が別ウィンドウで表示される (図 7)。

ファイル名	KS法	ML法	OS法
CA012201	0.989449	-109.919247	
CA012202	0.999727	-94.582187	
CA012203	0.965645	-195.655904	
CA012204	0.978494	-86.120434	
CA012205	0.995416	-145.712254	
CA012206	0.775641	34.481219	
CA012207	0.978996	-75.944147	
CA012208	0.986962	-121.893446	
CA012210	0.950316	-70.899838	
CA012211	0.999728	-115.427996	
CA012212	0.996492	-115.325052	
CA012213	0.685989	-90.76451	
CA012214	0.964399	-94.345103	
CA012215	0.997523	-64.294588	
CA012216	0.997692	-70.691703	
CA012218	0.781899	-106.65941	

図 6 推定結果一覧 (paraES の出力画面①)

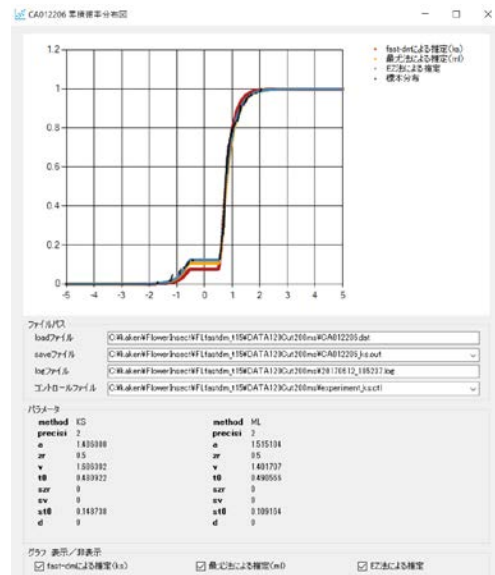


図 7 推定結果の詳細(paraES の出力画面②)

正答率および四分位点について、データから算出された値を横軸、推定結果を縦軸とし 4 つの散布図を出力することが出来る。これによって、作成実験参加者全体に対する当てはまりを視覚的に評価できる。

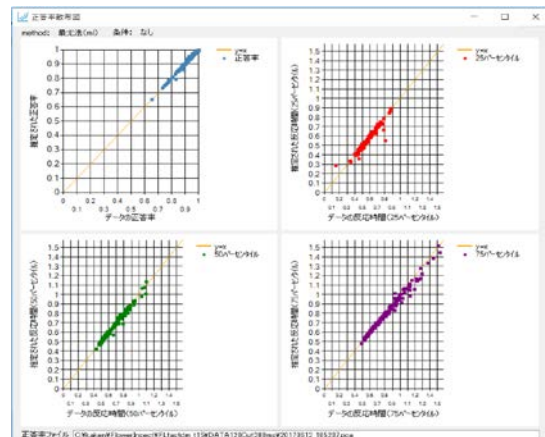


図 8 正答率および四分位点の散布図

(5) IAT データ分析に特化したパラメータ推定プログラムおよびデータ下処理プログラム群の開発

拡散過程モデルによるパラメータ推定のための汎用的なソフトウェア paraES をベースに、IAT データの特化したデータ分析プログラムの作成も行った。これにより、より平易に IAT 成分である IAT_a と IAT_v を推定することが可能である。

また、拡散過程モデルに適用するために必須となるデータスクリーニングやファイル分割を支援するプログラム群を開発した。これらのデータ下処理作業は一般ユーザの大きな負担となるため、データ下処理ソフトウェアを併用することで、拡散過程モデルによる IAT 成分の推定が飛躍的に身近なものになると思われる。

図 9 は、Tukey の基準が用いて、実験参加者毎に反応時間の外れ値を検出するプログラムの操作画面である。検出されたデータを確認しながら、外れ値を除外したデータファイルを作成することが出来る。



図 9 外れ値処理プログラム (Tukey 基準)

これらのプログラム群も、paraES と同様に、ホームページで公開している。

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 2 件)

- ① 土居淳子、川西千弘、拡散過程モデルによる潜在的連合テスト (IAT) データ分析の実際、京都光華女子大学京都光華女子大学短期大学部研究紀要、査読無、54 号、2016、31-42
- ② 川西千弘、土居淳子、顕在的・潜在的自尊心がいじめに及ぼす影響、京都光華女子大学京都光華女子大学短期大学部研究紀要、査読無、54 号、2016、95-105

[学会発表] (計 6 件)

- ① 川西千弘、土居淳子、母親の養育への被害意識が幼児の行動解釈に及ぼす影響、日本心理学会第 77 回大会発表論文集、査読無、2013 年 9 月 19 日 (札幌市産業振興センター)
- ② 川西千弘、土居淳子、母親の養育意識が幼児のポジティブ行動解釈に及ぼす影響、日本心理学会第 78 回大会発表論文集、査読無、2014 年 9 月 11 日 (同志社大学)
- ③ 土居淳子、川西千弘、Ratcliff の拡散モデルに基づく IAT データの分析—その可能性と課題—、日本心理学会第 78 回大会発表論文集、査読無、2014 年 9 月 11 日 (同志社大学)
- ④ 土居淳子、土屋秀光、川西千弘、Ratcliff の拡散モデルに基づく反応時間分析ソフトウェアの開発 Voss & Voss の fast-dm-30 をベースに、日本心理学会第 79 回大会発表論文集、査読無、2015 年 9 月 22 日 (名古屋大学)
- ⑤ 川西千弘、土居淳子、母親の被害意識・養育行動における生活スタイルの影響、日本心理学会第 79 回大会発表論文集、査読無、2015 年 9 月 22 日 (名古屋大学)
- ⑥ 土居淳子、土屋秀光、川西千弘、Ratcliff の拡散モデルに基づく IAT データの分析 (その 2) —拡散モデルの IAT 成分と D スコアとの関連、および、繰り返し測定における慣れについて—、日本心理学会第 81 回大会発表論文集、査読無、2017 年 9 月 20~22 日予定 (久留米大学)

[その他]

ホームページ等

<http://www.koka.ac.jp/DFmodel/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土居 淳子 (DOI, Junko)
 京都光華女子大学・キャリア形成学部
 ・教授
 研究者番号：00301713

(2) 研究分担者

川西 千弘 (KAWANISHI, Chihiro)
 京都光華女子大学・健康科学部・教授
 研究者番号：70278547

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

土屋 秀光 (TSUCHIYA, Hidemitsu)
 有限会社 スピナッチ・パワー