

協同課題の解決における前頭葉機能に関する研究 — 人のことを思うとき・機械のココロに出会うとき —

前原 由喜夫 ・ 龍輪 飛鳥
教育学研究科教育認知心理学講座

1. 研究目的：協力場面における前頭葉機能の認知心理学研究

本研究は、人あるいはコンピュータと協同してひとつの課題を遂行しているときの前頭葉機能（frontal lobe function）の働きを心理学実験によって明らかにすることを目的とする。前頭葉機能とは、目標に向けた行為の計画・制御・実行を担う、文字通り前頭葉に偏在する脳機能を指し、心理学では“実行機能”や行動を制御コントロールしているという意味で“制御機能”（executive function）とも呼ばれ、人間の意識と密接に関連しているとされる極めて重要な認知システムである。前頭葉機能は近年、脳神経心理学だけでなく認知心理学や発達心理学で最も盛んに研究されている分野のひとつである。また、前頭葉機能の障害が注意欠陥多動性障害（ADHD；例えば、Barkley, 1997）や自閉症（autism；例えば、Hill, 2004）の原因のひとつとも示唆されており、発達障害の理解と原因解明の観点からも前頭葉機能研究は非常に大切な研究分野だと言える。

前頭葉機能はさまざまな日常場面における意思決定に関与している（Goldberg, 2001）。日常生活において、もちろん我々は他の人々と協同して、ひとつの課題目標を達成するために議論し、行動することが多々ある。ところが、従来のほとんど全ての前頭葉機能に関する認知心理学研究は、ひとりの実験参加者がある課題にひとりで取り組むときの課題成績を観察することによってその働きを明らかにしようとしてきた。わずかに、子どもを対象とした研究において、ウィスコンシンカード分類課題（Wisconsin card sorting task; WCST）やストループ課題（Stroop task）といった前頭葉機能課題の成績と協力行動の頻度が相関することが示されているが（Bonino & Cattelino, 1999; Ciairano, Visu-Petra, & Settanni, 2007）、協同課題を遂行している最中に前頭葉機能のどのような側面がどのようにに関与しているのかを明らかにしているわけではない。

そこで本研究では、他者と協同でひとつの課題に取り組んでいる際の行動制御の特徴、すなわち前頭葉機能の働きについて検討する。さらに、人間ではなくコンピュータと同一の課題に取り組んだときの課題成績も観察し、人間と協同したときとコンピュータと協同したときとの課題成績の差異を調べる。このことによって、人と人との相対して協力作業

を行うときの前頭葉機能の使われ方が、従来検討されてきたような単独でコンピュータと向き合って課題目標を達成しようとするときの前頭葉機能の使われ方といかなる点で異なるのか、あるいは同じなのかということを探求する。

同時に、協同課題遂行中の前頭葉機能のパフォーマンスと認知的・情動的共感性や社会的スキルの個人差との関係を検討することも目的とする。他者の視点に合わせようとしたときに活性する腹内側前頭前野皮質は、視点取得過程と関連した制御機能の脳領域だということがわかっている (Decety & Jackson, 2006)。また、Spinella (2005) は制御行動の自己評価尺度 (Grace, Stout, & Malloy, 1999) と共感性尺度 IRI (Davis, 1980) のいくつかの下位尺度が有意に関連することを明らかにした。このように、脳画像研究や質問紙を用いた研究は前頭葉機能と共感性との興味深い関連を示唆してきたが、実際の課題遂行時の前頭葉機能の働きを反映する制御行動指標と共感性の個人差との関係は調べられていない。そこで本研究では、協同課題遂行時の制御行動の個人差が、共感性や社会性の個人差に反映されるか否かということを相関分析により検討した。

2. 方法

例えば、A から J までのアルファベットがランダムな順序で出現するように一定のペースで報告してゆくことが求められるランダム生成課題を適切にこなすには、“A, B, C” といった通常の文字の並びを回避したり、以前に自分が生成した文字の並びを繰り返さないようにモニタリングしたりする必要がある、したがって制御機能による意識的な反応のコントロールが要求されると考えられてきた (Baddeley, Emslie, Kolodny, & Duncan, 1998)。実際に、複数の研究がランダム生成課題を遂行する際には、前頭葉のいくつかの脳部位が関与していることを報告している (例えば、De Zubizaray et al., 1998; Jahanshahi et al., 1998)。特に数字を用いたランダム生成課題を乱数生成 (random number generation; RNG) 課題と言う。乱数生成課題では、制御機能のいくつかの下位機能の能力が高いほど、よりランダムな数字列を生成できるということが示唆されており (例えば、Miyake et al., 2000)、実際に左背外側前頭皮質の脳血流量が多いほど習慣的な数字列を抑制してランダムな数字列を生成することが示されている (例えば、Jahanshahi et al., 2000)。本実験では、1 から 10 までの数字がランダムな数字列になるように一定ペースで口頭報告し続けることが要求される乱数生成課題を、もうひとりの実験参加者あるいはパソコン (PC) と交互に数字を言い合ってひとつのランダムな数字列を作る協同課題として実施し (Towse, Towse, & Miyake, 2008)、他者との協同課題の成績と PC との協同課題の成績を比較した。

実験参加者：京都大学の大学生・大学院生 24 名 (女 17 名・男 7 名；平均年齢 21.0 歳) が実験に参加した。実験時間は約 30 分で、謝礼として図書カード 500 円分が渡された。

他者との協同乱数生成課題 (ペア課題)：実験参加者はもう一人の実験参加者 (実は、サ

クラ) と机をはさんで向き合って座った。各人の後方にはパソコンモニタが置かれていた。参加者は一定のペース (1.5 秒間隔) でビープ音が鳴るので、その音に合わせて相手と交互に、相手の言った数字と自分の言った数字を合わせた数字列になるべくランダムなものになるよう、1 から 10 までの数字からひとつを選んで口頭で報告するよう言われた。ただし、参加者は自分の順番には相手の後方のモニタにビープ音とともにアスタ

リスク (*) が呈示されるので、それが呈示された直後に数字を報告するよう教示を受けた。一方、サクラであるもう一人の実験参加者から見えるモニタには数字が呈示され、サクラは単純にそれを読みあげるだけだった (図 1)。

参加者は一人で以上の課題の説明を聞いた後、「もう一人の参加者も隣の部屋であなと同じ説明を受けています。相手と会話や相談をすると、課題の成績に影響するので相手とは一切話をしないようにしてください」と注意を受けた。その後、もう一人の参加者 (サクラ) が実験室に入室した。練習試行ではお互いに 10 個ずつ、合計 20 個の数字を報告した。本試行では、各人が 100 個ずつ、合計 200 個の数字を報告した。練習試行・本試行ともサクラが先行であった。

パソコンとの協同乱数生成課題 (PC 課題) : 実験参加者はパソコンモニタの前に座った。参加者は、パソコンがランダムに 1 から 10 までの数字からひとつを選んで音声 (女性の声) で流すので、パソコンの生成した数字と自分の生成した数字を合わせた数字列になるべくランダムなものになるよう、一定ペース (1.5 秒間隔) でパソコンと交互に 1 から 10 までの数字からひとつを選んで口頭で報告することが求められた。参加者が数字を言う順番にはモニタ上にアスタリスク (*) が呈示された。

練習試行ではパソコンと参加者が各自 10 個ずつ、合計 20 個の数字からなる数字列を作り、本試行では各自が 100 個ずつ、合計 200 個の数字からなる数字列を作った。練習試行・本試行ともに、パソコンが先行であった。

ペア課題のサクラが言う数字と PC 課題のパソコンが生成する数字は、両方とも全ての参加者においてまったく同じ数字が同じ順序で出現するように設定されていた。サクラとパソコンが生成した数字列が異なっていると、参加者の制御能力の及ばない要素である「相手の数字」が数字列のランダムさに対して異なる影響を与えるので、条件間の公正な比較ができなくなってしまうからである。

参加者B(サクラ)から見えているモニタには数字が映し出される。参加者Aは相手も自分と同じように数字を考えて報告していると思っている。

ペア課題の模式図

参加者Aから見えているモニタには“*”が表示される。“*”が表示されたらすぐに参加者Aはランダムな数字列ができるよう数字を報告する。



図 1. 他者との協同乱数生成課題の様子

個人乱数生成課題（個人課題）：実験参加者はひとりで課題を行った。参加者は一定間隔のビーブ音に合わせて、1 から 10 までの数字がランダムな数字列を構成するように口頭で報告するよう求められた。3 秒間隔のビーブ音ごとに 1 つ数字を報告する“Slow 課題”と 1.5 秒ごとのビーブ音に合わせて数字を報告する“Fast 課題”があった。両課題とも 100 反応が求められた。

全体の手順：全ての参加者が最初に、社会的望ましき質問紙 SDS (Crowne & Marlowe, 1960 ; 日本語訳版：北村・鈴木, 1986 を適宜改訳) に回答した。SDS は「はい」と「いいえ」の 2 択回答式で、全 33 問であった。続いて、各種乱数生成課題を行った。ペア課題、PC 課題、個人課題の実施順序はカウンターバランスされた。さらに、個人課題の Slow 課題と Fast 課題の順序も参加者ごとにカウンターバランスされた。ペア課題の教示は、参加者は相手（サクラ）が実験室に入室する直前に行われた。すべての乱数生成課題の終了後、共感性質問紙 EQ 短縮版 (Baron-Cohen & Wheelwright, 2004 ; 15 項目短縮版：Muncer & Ling, 2006 ; 日本語訳版：龍輪, 2006) と IRI (Davis, 1980 ; 日本語訳版：明田, 1999) をこの順序で実施した。EQ 短縮版は 4 段階尺度で全 15 問、IRI は 5 段階尺度で全 28 問であった。実験の最後にインタビューを行い、ペア課題における実験操作、特に相手が自分の後ろに置かれたモニタに映し出された数字を読みあげていただけたということに気づいたかどうかを尋ねた。実験終了後、参加者は実験内容のデブリーフィングを受け、謝礼の図書カードを受け取って退出した。

3. 結果

インタビューによってペア課題の実験操作(相手がモニタの数字を読みあげていただけ)に気づいたことが判明した 2 名のデータは以下の分析から除外した。ちなみに、もう一人の実験参加者とパソコンが両者とも同じ数字を同じ順序で報告していたことに気づいた参加者はいなかった。

ランダムさの指標：ある数字列のランダムさを評価するときには、「この指標だけでその数字列のランダムさを全て表現できる」といった万能の指標は存在しない。したがって、同じ数字ペアが何回も現れないかとか、すべての数字が均等に出現しているかなど、ランダムさの特徴を部分的に表現する複数の指標を考慮しなければならない。今回の分析には、Towse & Neil (1998) で紹介されているランダムさの指標のうち、A, RNG, Repetition Distance, R という 4 つの指標を用いた。以下に各指標の説明を簡潔に行う。

A (Adjacency) は我々が日常使用している通常の数値列 (1, 2, 3, ..., 9, 10) の隣接した数字がペアで出現する頻度を表す指標であり、値が小さいほうが隣接数字ペアの出現頻度が低いことを意味する。今回は“3, 4”や“7, 8”といったような 1 つ大きな数字が続く上昇ペアと“6, 5”や“10, 9”といった 1 つ小さな数字が続く下降ペアを区別せずに合わせた出現頻度を分析に用いた。RNG (Random Number Generation) は同じ数字ペアが

繰り返し出現する頻度を反映した指標であり、値が小さいほど同一数字ペアの出現が抑制されていることを意味する。Repetition Distance（以下、RD）はある数字 k の次に再び数字 k が現れるまでの数字の出現間隔であり、RD はその平均値がランダムさの評価に用いられることもある（Mean RD）。今回の場合、Mean RD は 10 に近いほど各数字の出現間隔が適当であることを意味する。そして、R（Redundancy）は数字の出現頻度の均等性を表す指標であり、値が小さいほど各数字の出現回数が均等であることを意味する。A と RNG は隣り合う数字ペアを分析の対象としているため、きわめて短いスパンの数字列のランダムさを反映する指標だと考えられ、RD と R は比較的長いスパンの数字列のランダムさを反映する指標だと考えられる。

ランダムさ指標の計算には Towse & Neil (1998) の RgCalc プログラムを用いた。ペア課題の数字列と PC 課題の数字列の 200 反応からそれぞれ指標を算出し、A, RNG, Mean RD, R の各指標の平均値と標準偏差を表 1 にまとめた。また、ペア課題と PC 課題の RD に加え、個人課題の Slow 条件（3 秒に 1 個数字を報告）の数字列にサクラとパソコンが生成したダミー乱数列を交互に組み合わせて作った「名義的数字列」から RD を算出し、それらを図 2 に示した。名義的数字列は個人が単独で生成した数字列にサクラやパソコンが生成した数字列を交互に組み合わせた数字列だから、相手の反応を考慮せずに協同課題を行ったときの数字列に等しいと考えられる。

相手の違いが協同課題成績に与える影響：協同課題の相手が人間かパソコンかという相違が課題成績、すなわち数字列のランダムさに影響を及ぼすかどうかを調べるために、ランダムさの各指標の平均値に対して t 検定を実施した結果、A 指標ではペア課題と PC 課題との間に有意な差が見られ、人間を相手に協同乱数生成課題を行ったときのほうがパソコンを相手にしたときよりも隣接数字ペア（例えば、4, 5 とか 9, 8 など）の出現頻度が低下することが示唆された ($t(21) = -2.46, p = .023, \eta^2 = .224$)。しかし、RNG, Mean RD, R の各指標は人間を相手としたときとパソコンを相手としたときとの間に有意な差は見られなかった（それぞれ、 $t(21) = -0.09, p = .926, \eta^2 = .000$; $t(21) = 0.00, p = 1.00, \eta^2 = .000$; $t(21) = -0.27, p = .792, \eta^2 = .003$ ）。

相手の反応に対する自分の反応の調整：RD に関して、RD が 1 というのは自分の言った数字と相手の言った数字が同じであることを意味する。図 2 を見ると、ペア課題や PC

表 1. 各条件 200 反応から算出した各ランダムさ指標の平均値と標準偏差

	ペア課題		PC 課題	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
A	17.6	2.91	18.8	3.23
RNG	0.320	0.01	0.321	0.01
Mean RD	9.81	0.09	9.81	0.09
R	0.413	0.18	0.445	0.35

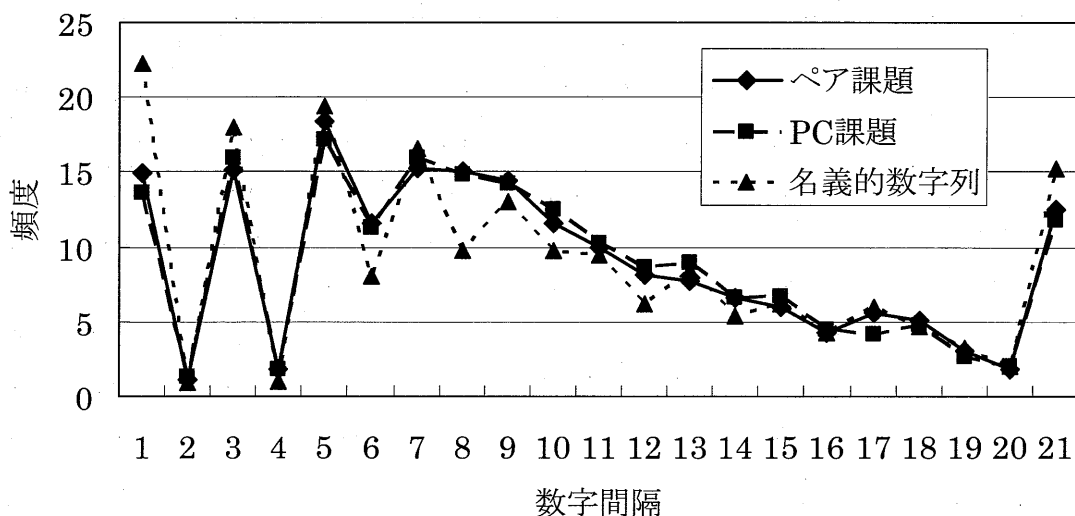


図2. 各数字列のRD

課題における $RD = 1$ は、相手の反応を無視したときの協同乱数生成課題で生成された数字列だと考えられる名義的数字列の $RD = 1$ よりも有意に出現頻度が低いことがわかる ($F(2, 42) = 27.31, p < .001, \eta^2 = .565$)。これは、協同課題において参加者が意識的に同じ数字の繰返しを避けていることを示唆していると考えられる。また、ペア課題やPC課題では、 $RD = 8, 9, 10$ において名義的数字列で見られるジグザグ波形が消失していることが見て取れる。実際に $RD = 8$ は、名義的数字列よりも、ペア課題やPC課題において出現頻度が有意に高い ($F(2, 42) = 25.78, p < .001, \eta^2 = .551$)。これはペア課題やPC課題において RD が $8 \sim 10$ という最適な間隔になるよう反応をモニタリングしていたことを示唆する証拠だと思われる。

社会的望ましき尺度と2つの共感性尺度：社会的望ましき尺度は「はい」と答えたら1点、「いいえ」と答えたら0点を与えた。したがって、取りうる得点の範囲は0～33であった。共感性尺度EQは先行研究で示された3つの下位尺度である、認知的共感性(5項目)、情動的反応性(5項目)、社会的スキル(5項目)ごとに合計得点を算出した。逆転項目に関しては、5から回答した数値を引いたものを得点として加算した。よって、各下位尺度の取りうる得点の範囲はすべて、5～20であった。共感性質問紙IRIは先行研究で示された4つの下位尺度である、視点取得(7項目)、共感的関心(7項目)、想像力(7項目)、個人的苦痛(7項目)ごとに合計得点を算出した。逆転項目は、6から回答した数値を差し引いたものを得点として加算した。よって、各下位尺度の取りうる得点の範囲はすべて7～35であった。

協同課題成績と社会性や共感性との関係：ペア課題およびPC課題のランダムさの指標と社会性・共感性尺度の下位尺度合計得点との相関係数を表2に示す。今回用いたランダムさの指標は、他者との協同課題ではいくつかの共感性下位尺度と有意に相関したが、パソコンとの協同課題ではひとつも有意に相関しなかった。

表 2. ペア課題・PC 課題の数字列のランダムさと各種共感性との相関係数

		ペア課題				PC 課題			
		A	RNG	MeanRD	R	A	RNG	MeanRD	R
SDS	社会的望ましさ	-.227	.003	.191	.003	-.097	.025	-.265	.152
	認知的共感性	-.046	.018	-.422	-.002	-.097	-.016	-.083	.050
EQ	情動的反応性	-.302	-.224	.447*	-.373	-.083	.226	-.062	.099
	社会的スキル	-.230	.029	-.228	.172	-.078	.148	.033	.210
IRI	視点取得	-.503*	-.148	-.157	.131	-.057	.123	-.162	-.075
	想像力	.004	.056	.448*	-.323	.042	.022	-.080	.136
	共感的関心	-.280	-.042	.101	-.132	-.036	.178	-.036	-.051
	個人的苦痛	.075	-.213	.212	-.040	.255	.248	.255	.063

Note. $N = 22$, * $p < .05$

具体的には、他者とのペア課題において、隣接する数字ペアの出現頻度を表す A の値が小さいほど、すなわち隣接数字の出現頻度が低いほど IRI によって測られた視点取得能力が高いことが示唆された。また、同じ数字の出現間隔を表す Mean RD が大きいほど、すなわち同じ数字の出現間隔が 10 に近く、各数字がバランスよく散らばっているほど EQ の情動的反応性と IRI の想像力が高得点を示すことも示唆された。

4. 考察

本研究における協同乱数生成課題においては、A 指標の課題間の差が示したように、他者と協力して課題に挑んだとき（ペア課題）のほうがパソコンと一緒に課題を行うとき（PC 課題）よりも、日常の慣習的な反応を抑制していることが明らかになった。また、本研究の協同乱数生成課題のデータを前半 100 反応と後半 100 反応に分割して課題の時間経過を考慮した分析を行った前原・龍輪・齊藤（2008）では、ペア課題の後半において RNG 指標の成績が低下することがわかったが、同時に Mean RD や R は課題の時間経過によっても変化しないことも示された。A・RNG は両方とも生成した数字列中の隣り合う数字ペアを評価対象とする指標であることを考えると、協同課題の相手が人間であるかパソコンであるかというエージェントの違いは、相手の反応に対する咄嗟の判断のレベルに影響して課題成績の量的な差異を作り出していた可能性が示唆されたと言える。

他者とパソコンとの相違は課題成績の量的な側面にのみ影響しているわけではなく、質的な側面にも関与している可能性がある。複数のランダムさ指標と共感性尺度との相関関係を調べたところ、他者とのペア課題でのみ有意な相関が観察された。これは他者との協力場面において、相手への共感能力がそのときの制御行動を左右する可能性を示唆しており、共感性と制御行動が同じ認知的基盤あるいは前頭葉の脳領域を共有しているという知

見（例えば, Decety & Jackson, 2006; Spinella, 2005）を実際の課題に対する行動の側面から裏付けた結果だと言える。慣習的な数字ペアの抑制を反映する A 指標が視点取得能力と有意に相関したことを考えると、視点取得能力の基盤には抑制能力が関わっていると考えられる。さらに、生成された数字列をモニタリングして各数字を適切に分散させているかどうかを反映する Mean RD は情動的反応性や想像力と有意な相関を見せたが、このことから、自分や他者の反応を作動記憶にとどめてモニタリングする能力が情動的な共感の背後にある認知的基盤かもしれないと推察することができる。

それでは、何が他者との協同課題とパソコンとの協同課題の質的な相違（相関パターンの相違）を生み出しているのだろうか。McCabe et al. (2001) は、意思決定課題で相手に判断を委ねるか否かを決める状況において、相手が人間の場合とコンピュータの場合の脳活動を fMRI によって計測し比較した。その結果、相手が人間のときのほうがコンピュータのときよりも内側前頭回および前頭極（ブロードマン 10 野）が強く活性することがわかった。しかしながら、この研究からは人間を相手に意思決定を行うときにはコンピュータを相手にするよりも前頭葉がより強く活性するということがわかっただけなので、両課題のどんな要素の相違が脳活動の活性パターンの相違に反映されていたのかをさらに考察する必要がある。

他者との協同課題とパソコンとの協同課題との最も大きな違いは、実験参加者が課題目標 (task goal) を相手と共有している感覚を持てたか否かだと思われる。他者との協同課題では、実験参加者は目の前に座っているもう一人の実験参加者と同じ課題目標を共有していると思っていた（実際には、思い込んでいた）。もう一人の実験参加者も自分と同じように、なるべくランダムな数字列を作ろうと努力しているのだと感じた参加者は、自分も相手の意図を汲み取って相手が返しやすいうように数字を選ぼうとしていたかもしれない。よって、他者との協同課題では相手の気持ちへの情動的共感性が強く、視点取得能力の高い参加者のほうが、ランダムさのより高い数字列を作ることに成功したのだと解釈できる。つまり、課題目標を共有しているという感覚があったために課題目標が比較的強力に維持でき、課題目標の共有感覚の強さが共感性にも反映され、それが前頭葉機能の働きを促進したと考えられる。一方で、パソコンとの協同課題では、実験参加者はパソコンが自分の反応を考慮してランダムな数字列を作ろうと努めていると考えることはできなかった。さらに、パソコンがランダムに数字を返してくるので、それほど自分が真剣に数字を考えなくても自然とランダムな数字列ができあがることが期待できた。したがって、それほど強固に課題目標を維持する必要がなかったとともに、共感性が課題の遂行を媒介することでもなかったのだと考えられるのである。

以上の課題目標の共有を軸にした推察は、本研究では直接的には検討されていない。これを検証するためには、「目標を共有しない他者」や「目標を共有しているコンピュータ」などさまざまな条件を設けて協同課題の実施を試みる必要があるだろう。

5. 結語と今後の展開：人に感じるころ・機械に感じるココロ

本研究では、他者に共感する能力が協同制御機能課題の成績と有意に相関することがわかった。これは前頭葉機能が共感と制御機能課題成績の両方に共通して関与していることを示唆している。しかし、本研究で用いた共感性尺度が測定しているのはもちろん人間に対する共感なのだが、機械に対する親しみや接触経験などが機械に対する「共感」を生み、それがパソコンとの協同課題の成績を調整している可能性はないのだろうか。そこで、本コロキウムでは機械の他にも、動物、植物、モノ一般などに対する心的帰属（mental attribution）傾向の個人差を測定する質問紙の作成にも着手した。今日、コンピュータやロボットが我々の日常生活に当然のように普及している。将来的には、機械に“心”を感じる程度の個人差がコンピュータやロボットへの認知発達や協同作業に及ぼす影響を検討することも必要となってくるだろう。

引用文献

- 明田芳久 (1999). 共感の枠組みと測度：Davis の共感組織モデルと多次元共感性尺度 (IRI-J) の予備的検討. *上智大学心理学年報*, 23, 19-31.
- Baddeley, A. D., Emslie, H., Kolodny, J., & Duncan, J. (1998). Random generation and the executive control of working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A, 819-852.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive function: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121, 65-94.
- Baron-Cohen, S., & Wheelwright, S. (2004). The empathy quotient: An investigation of adults with Asperger syndrome or high functioning autism, and normal sex differences. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34, 163-175.
- Bonino, S., & Cattellino, E. (1999). The relationship between cognitive abilities and social abilities in childhood: A research on flexibility in thinking and co-operation with peers. *International Journal of Behavioral Development*, 23, 19-36.
- Ciairano, S., Visu-Petra, L., & Settanni, M. (2007). Executive inhibitory control and cooperative behavior during early school years: A follow-up study. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 35, 335-345.
- Crowne, D. P., & Marlowe, D. (1960). A new scale of social desirability independent of psychopathology. *Journal of Consulting Psychology*, 24, 349-354.
- Davis, M. H. (1980). A multidimensional approach to individual differences in empathy. *Catalog of Selected Documents in Psychology*, 10 (MS. 2124), 85-100.
- Decety, J., & Jackson, P. L. (2006). A social-neuroscience perspective on empathy. *Current*

Directions in Psychological Science, 15, 54-58.

De Zubizaray, G. I., Williams, S. C. R., Wilson, S. J., Rose, S. E., Brammer, M. J., et al. (1998). Prefrontal cortex involvement in selective letter generation: A functional magnetic resonance imaging study. *Cortex*, 34, 389-401.

Goldberg, E. (2001). *The Executive Brain: Frontal Lobes and the Civilized Mind*. Oxford University Press.

Grace, J., Stout, J. C., & Malloy, P. F. (1999). Assessing frontal behavior syndromes with the frontal lobe personality scale. *Assessment*, 6, 269-284.

Hill, E. L. (2004). Executive dysfunction in autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 26-32.

Jahanshahi, M., Dirnberger, G., Fuller, R., & Frith, C. D. (2000). The role of the dorsolateral prefrontal cortex in random number generation: A study with positron emission tomography. *NeuroImage*, 12, 713-725.

Jahanshahi, M., Profice, P., Brown, R. G., Ridding, M. C., Dirnberger, G., & Rothwell, J. C. (1998). The effect of transcranial magnetic stimulation over the dorsolateral prefrontal cortex on suppression of habitual counting during random number generation. *Brain*, 121, 1533-1544.

北村俊則・鈴木忠治 (1986). 日本語版 Social Desirability Scale について. *社会精神医学*, 9, 173-180.

前原由喜夫・龍輪飛鳥・齊藤智 (2008). 協同課題の解決における制御行動への人のこころ・機械のこころの影響. 日本心理学会第 72 回大会 (北海道大学), ワークショップ WS014「こころの制御機能研究の新展開」口頭発表.

McCabe, K., Houser, D., Ryan, L., Smith, V., & Trouard, T. (2001). A functional imaging study of cooperation in two-person reciprocal exchange. *PNAS*, 98, 11832-11835.

Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.

Muncer, S. J., & Ling, J. (2006). Psychometric analysis of the empathy quotient (EQ) scale. *Personality and Individual differences*, 40, 1111-1119.

Spinella, M. (2005). Prefrontal substrates of empathy: Psychometric evidence in a community sample. *Biological Psychology*, 70, 175-181.

龍輪飛鳥 (2006). 運動図形への心的状態の帰属と共感の関係について. *京都大学大学院教育学研究科紀要*, 52, 399-411.

Towse, J. N., & Neil, D. (1998). Analyzing human random generation behavior: A review of methods used and a computer program for describing performance. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 30, 583-591.

Towse, J. N., Towse, A. S., & Miyake, A. (2008). Positive and negative consequences of collaboration in random number generation. Submitted manuscript.