小学生における高次神経活動の実態と それに及ぼす生活状況の検討：go/no-go 課題における 誤反応数と型判定の結果を基に

鹿野 晶子¹ 鈴木 宏哉² 野井 真吾³

The actual situation of the higher nervous activity in elementary school children, and living conditions related to the type of higher nervous activity by Go/No-go task

Akiko Shikano¹, Koya Suzuki² and Shingo Noi³

abstract

Recently, there is anticipation for delayed or distorted higher nervous activity of the Japanese children. Therefore, the purpose of this study was to examine the higher nervous activity of recent children by using the go/no-go task. Additionally, the purpose was to examine living factors related to higher nervous activity. Subjects were 1,585 healthy children who were from 1st to 6th graders in elementary schools. The all investigations were carried out in quiet classroom at respective school from September to December 2013. For this study, we used the “go/no-go task” that was devised by Luria, A. R. The false reaction number and the type of the higher nervous activity against go/no-go tasks were used by analysis in this study. The type of each subject was classified into five (melancholic, choleric, inhibitory, phlegmatic and sanguine type) as regard the higher nervous activity based on Pavlov, I. P. theory. On the other hand, the items of questionnaire about living conditions consisted of after-school situations, sleep conditions and morning physical activities in school. The results were as follows : 1) Subjects for this study were the elementary school children who had a short electronic media time, and a long physical activity time. 2) In the examination of the false reaction number and the typologies of higher nervous activity by go/no-go task, it was shown that the grade change was not different in boys and girls, that there was more number of the false reactions in no-go task and no task of boys than girls, that all the false reactions decrease with grade progress, and that the incidence of “Melancholic type” which was the most childish was high value. 3) In the multiple logistic regression of the relation between types of the higher nervous activity and living conditions, it was confirmed that the morning physical activity in school had a good influence on the higher nervous activity of the child. These results suggest that creating, validating the evidence and accumulating the practice in morning physical activities at school are the future subjects.

Key words : Pavlov's typology, prefrontal cortex, excitation process, inhibition process, physical activity
パヴロフの型分類, 大脳前頭葉, 興奮過程, 抑制過程, 身体活動

¹ 日本体育大学大学院博士後期課程

² 東北学院大学

³ 日本体育大学

¹ Doctoral Degree Program, Nippon Sport Science University

² Tohoku Gakuin University

³ Nippon Sport Science University

I 緒 言

Pavlov は、人間の脳新皮質の働きの表れである高次神経活動の型を興奮過程と抑制過程の3つの特性、すなわち 1) 強さの程度、2) 平衡性の程度、3) 易動性の程度によって分類することが可能である（ハ・エス・コシトヤンツ、1955）と指摘している。この Pavlov 理論に基づいて Luria（1969）により考案された手法に、先行言語指示による把握運動条件反射法を用いた go/no-go 課題がある。また、go/no-go 課題における課題遂行中の脳活動の様子については、これまでに種々検討されてきた。例えば、Sasaki and Gemba（1986）、Sasaki et al.（1992）は、皮質電極や脳磁図を用いて、go 課題時に小脳、大脳基底核、運動野の活動が、no-go 課題時にそれらの活動に加えて前頭前野の活動が、それぞれ亢進する様子を報告している。また、事象関連電位による検討においても、no-go 電位が no-go 試行の刺激呈示と同期して前頭部優勢に出現する様子（Gemba and Sasaki, 1989；岩木・宮谷、2003）や no-go 課題によって生起する N2 と P3 の振幅値が加齢による反応抑制機能の低下に伴って減少する様子（Czinger et al., 1996；Beste et al., 2010）が報告されている。そのため、go/no-go 課題による高次神経活動の調査結果は、対象者の大脳活動の様相を反映しているものと解釈できる。

ところで、日本において子どもを対象とした go/no-go 課題による高次神経活動の型判定の調査が最初に行われたのは 1969 年のことであった（正木・森山、1971）。以来、同様の手法による調査は精力的に実施されてきた（西條ほか、1981；Terasawa et al., 2000；Noi et al., 2008；野井ほか、2013）。それによると、興奮過程と抑制過程の強さの程度が十分でなく、最も幼稚なタイプである不活発型の増加が指摘されている（野井ほか、2013）。実際、最近の日本の保育・教育現場では、「すぐ『疲れた』という」「背中ぐにゃ」「保育中、授業中、じっとしていない」という子どもが「最近増えている」という実感が広がっており、それらの事象の背景として、大脳新皮質・前頭葉が司っている満足感や充実感、あるいはやる気、意志、集中力といった高次神経活動の発達の遅れや歪み

の問題が予想されている（阿部ほか、2011）。

一方、近年では、身体活動や睡眠といった生活状況が認知機能も含めた高次神経活動を左右するという知見が数多く報告されている。例えば、身体活動については、一過性の中強度運動が視覚性選択反応課題の反応を速める様子（Davranche et al., 2005）や日頃の身体活動量が多い者ほどフランク課題への反応が速くなる様子（Hillman et al., 2006）、さらには、日頃の運動時間が多く、活発な男子ほど、視覚性 go/no-go 課題による認知反応の情報処理が速い一方で、抑制の精度が低い様子（飯田ほか、2010）等が報告されている。そればかりか、子どもを対象とした実践的な検討においても、小学4年生を対象にした30泊31日のキャンプが go/no-go 課題の間違ひ数を減少させる様子（篠原ほか、2002）や幼児を対象にした「じゃれつき遊び」と称されるダイナミックな朝の身体活動遊びが不活発型の出現率を低下させる様子（鹿野ほか、2012）も報告されている。また、睡眠についても、断眠により認知機能が低下すること（Matsumoto et al., 2002）や連続する睡眠時間の短縮が認知課題の成績を悪化させること（窪田ほか、2014）等が報告されている。加えて、多動性・衝動性行動傾向を有する幼児は、そうでない幼児に比べて良好でない生活習慣にある様子さえ報告されている（中野ほか、2011）。

このように、高次神経活動と生活状況との関連については多くの検討が散見されるものの、それらを複合的に検討したものは見当たらない。そのため、子どもの生活状況の何が、どのくらい高次神経活動に影響しているのかを複合的に分析し、その結果を基に実現可能な改善策を探究することは、発達発達分野に課せられている急務の課題であると考えられる。

そこで本研究では、子どもの高次神経活動の実態を把握するとともに、放課後の生活状況、睡眠状況、朝の身体活動状況との関連を複合的に検討することを目的とした。

II 方 法

1. 対象および期間

対象は、首都圏の公立小学校3校に在籍する小

表 1 性別、学年別対象者

	男子	女子	合計
1年生	130	136	266
2年生	144	150	294
3年生	136	135	271
4年生	130	139	269
5年生	123	144	267
6年生	111	107	218
合計	774	811	1,585

学1～6年生1,825名であり、分析には、調査当日の欠席者、データに欠損値や極端値があった者を除く1,585名分のデータが使用された(表1)。なお、対象校の内の1校(A校)は、晴天日の登校日は毎朝、登校した子どもから随時校庭に出てジョギングや各々が行いたい活動に取り組む時間を設けている学校であった。また、すべての調査は、平日と休日とでは生活状況が異なるとの報告(門田, 2001)を受けて、2013年9～12月における行事等の特別な活動がない平日の午前中に限って実施された。併せて、休日明けは唾液メラトニン濃度の様相が他の平日と異なるとの報告(Noi and Shikano, 2011)も考慮して、平日といえども月曜日を調査日に設定することは避けた。

本研究の実施に際しては、日本体育大学におけるヒトを対象とした実験等に関する倫理審査委員会の承認(承認番号:第012-H14号)を得て行われたものであり、対象校の学校長を通じて教職員会議の承諾を得て行われた。また、各対象者に対しては、担任教諭を通して事前に調査の趣旨と内容、参加決定・継続の自由、プライバシーの保護等についての説明を行い、調査参加の同意を得ることができた者のみを対象とした。

2. go/no-go課題

本研究では、go/no-go課題による高次神経活動の調査を実施した。この調査は、Pavlov理論(ハ・エス・コシトヤンツ, 1955)に基づいてLuria (1969)によって考案された手法であり、形成実験、分化実験、逆転分化実験の3つの実験で構成されている。本調査では、大脳活動計測プログラム(テクノマスカット社製)を用いて、光刺激に対する利き手の把握運動反応のデータを蒐集した。また、すべてのデータ収集は、対象校の平

静な教室にて最大12名で編成されるグループごとに実施され、すべての測定は一人の検者によって実施された。具体的な調査手順は以下の通りである。

最初は形成実験である。この実験では、「いまから、みなさんの目の前のランプがこの色(赤色)に光ります。この色に光ったら、すばやくゴム球を握ってください。消えたらパッと離してください」との指示を与え、10回の練習を行った後、直ちに3～6秒間隔で、1回0.5～1.5秒間の光刺激を5回呈示した。

次は分化実験である。この実験では、「今度はこの色(黄色)に光る時もあります。でも、その時は握ってはいけません。先ほどと同じ、この色(赤色)の時だけすばやく握ってください」との指示を与えて、4回(go task: 2回, no-go task: 2回)の練習を行った後、直ちにgo taskとno-go taskをランダムに呈示した。この時の光刺激の呈示間隔と時間は先の形成実験と同様であるが、刺激回数はgo task, no-go taskとも11回ずつとした。

最後は逆転分化実験である。この実験では、「最後は先ほどと反対です。この色(黄色)の時にすばやく握ってください。この色(赤色)の時は握らないでください」との指示を与え、4回(go task: 2回, no-go task: 2回)の練習を行った後、直ちにgo taskとno-go taskをランダムに呈示した。この時の光刺激の呈示間隔、時間、回数は、すべて分化実験の場合と同様とした。

3. 生活状況調査

生活状況調査は、自己記入による記名式調査票を用いて実施された。そのため、1, 2年生を除く3年生以上を対象とした。調査項目は、野井ほか(2008)および日本学校保健会(2012)による生活調査を参考に、調査前日の放課後の外での遊び・運動時間(以下、「放課後の身体活動時間」と略す)、放課後の室内での読書・音楽鑑賞等時間(以下、「放課後の読書・音楽鑑賞時間」と略す)、放課後のゲーム実施時間、放課後のインターネットや携帯メール実施時間、放課後のテレビ・ビデオ・DVD視聴時間、放課後の家での勉強時間、放課後の塾での勉強時間、調査前日の就床時刻、調査当

表 2 各型の解釈とその判定基準

各型の解釈 ^a		判定基準 ^b
不活発型 ^c	興奮過程と抑制過程がともに弱いタイプ	(分化実験・誤反応数) no-go task に対する誤反応 3 個以上かつ go task に対する誤反応 1 個以上
興奮型 ^c	興奮過程と抑制過程の強さは十分なもの、その平衡性が悪く、興奮過程が優位なタイプ	(分化実験・誤反応数) no-go task に対する誤反応 3 個以上かつ go task に対する誤反応 0 個
抑制型 ^c	興奮過程と抑制過程の強さは十分なもの、その平衡性が悪く、抑制過程が優位なタイプ	(分化実験・誤反応数) no-go task に対する誤反応 3 個未満かつ go task に対する誤反応 1 個以上
易動欠型	興奮過程と抑制過程の強さは十分で、平衡性も良好なもの、易動性に欠けるタイプ	(分化実験・誤反応数) no-go task に対する誤反応 3 個未満かつ go task に対する誤反応 0 個 (逆転分化実験・誤反応数) no-go task に対する誤反応 3 個以上もしくは go task に対する誤反応 1 個以上
活発型	興奮過程と抑制過程の強さは十分で、平衡性も易動性も良好なタイプ	(分化実験・誤反応数) no-go task に対する誤反応 3 個未満かつ go task に対する誤反応 0 個 (逆転分化実験・誤反応数) no-go task に対する誤反応 3 個未満かつ go task に対する誤反応 0 個

^a 大脳新皮質における両神経過程（興奮過程と抑制過程）の特性に基づく各型の解釈。

^b no task の誤反応数は、基本的に no-go task と go task に加算して集計した。

^c 不活発型、興奮型、抑制型については、分化実験における誤反応数のみで判定した。

日の起床時刻とし、加えて、調査当日の朝（登校後から 1 時間目開始までの間）の外での遊び・運動時間（以下、「朝の身体活動時間」と略す）の回答も求めた。なお、放課後のゲーム実施時間、放課後のインターネットや携帯メール実施時間、放課後のテレビ・ビデオ・DVD 視聴時間についてはそれらを合算して「放課後のメディア時間」を、放課後の家での勉強時間、放課後の塾での勉強時間についてはそれらを合算して「放課後の勉強時間」をそれぞれ算出した。また、就床時刻と起床時刻の記録からは睡眠時間も推定した。

4. 検討事項

本研究では、以下の 4 点を検討した。

1 点目は、対象者の生活状況の実態の検討である。この検討では、先行研究（野井ほか、2008；日本学校保健会、2012）の集計方法に倣って、性別学年段階別に放課後の身体活動時間、放課後の読書・音楽鑑賞時間、放課後のメディア時間、放課後の勉強時間、朝の身体活動時間の各項目における実施者の人数と割合を算出し、実施した者の平均値と標準偏差を算出した。加えて、非実施者（0 min の者）も含めた全対象者の中央値、範囲（最低値-最高値）、尖度、歪度も算出した。また、就床時刻、起床時刻、睡眠時間については、全対象

者の平均値と標準偏差、中央値、範囲（最低値-最高値）、尖度、歪度を算出した。以上の基礎集計結果から対象者の生活状況の実態について検討を行った。

2 点目は、対象者における高次神経活動の実態の検討である。この検討では、最初に go/no-go 課題における分化実験、逆転分化実験の誤反応数（no-go task, go task, no task）を性要因、学年要因を考慮した繰り返しのない二元配置分散分析によって比較し、主効果が検出された場合には、多重比較（Bonferroni の方法）も実施した。併せて、分化実験、逆転分化実験で得られた各誤反応数（no-go task, go task, no task）を基に、先行研究（正木・森山、1971；西條ほか、1981）に倣って 5 つの型（表 2）のいずれかに分類した上で、その判定結果を性別学年段階別に算出した。この検討には χ^2 検定を使用し、有意な人数の偏りが認められた場合には残差分析も実施した。

3 点目は、生活状況と高次神経活動の型との関連の検討である。この検討では、最初に各生活状況（放課後の読書・音楽鑑賞時間、放課後の勉強時間、放課後のメディア時間、睡眠時間）の回答分布を確認したところ、必ずしも正規分布を示しているとはいえないことから、性別学年段階別に算出したそれぞれの中央値をカットオフ値とし、

低群、高群に区分した。ただし、放課後の身体活動時間については、諸外国における子どもの身体活動ガイドラインで60分間の身体活動をほぼ毎日行うことを推奨している（竹中，2009）ことに加えて、文部科学省においても1週間の総運動時間が60分間未満の子どもに注目している（文部科学省，2012）こと、さらにはそのような基準を基に子どもの身体活動の多寡を検討した先行研究（鈴木ほか，2013）も見受けられることから60分間をカットオフ値とし、60 min 未満群、60 min 以上群に区分した。さらに、朝の身体活動時間については、結果の応用可能性（登校後から1時間目開始までに確保できる現実的な最低身体活動時間）という視点から10分間をカットオフ値とし、10 min 未満群、10 min 以上群に区分した。他方、高次神経活動の型判定の結果は、5つの型を理論的に解釈できる3群（興奮過程と抑制過程の強さが不十分である「不活発型」、両過程の強さは十分なものの平衡性に欠ける「興奮・抑制型」、両過程の強さが十分に平衡性も良好である「易動欠・活発型」）に分類した。以上のデータ処理を踏まえて、生活状況と高次神経活動の型との関連についての検討では、目的変数に高次神経活動の型（3群）を、説明変数に各生活状況（放課後の身体活動時間、放課後の読書・音楽鑑賞時間、放課後の勉強時間、放課後のメディア時間、睡眠時間、朝の身体活動時間）の因子と基本属性として性と学年段階の因子をそれぞれ設定し、それらの因子を同時に投入した多変量による多項ロジスティック回帰分析を実施した（参照カテゴリー：易動欠・活発型）。なお、就床時刻、起床時刻については、因子間の多重共線性の影響を考慮して除外した。加えて、身体活動に限っては、放課後と朝の身体活動の状況を考慮した4群、すなわち、放課後の身体活動時間の60 min 未満群×朝の身体活動時間の10 min 未満群（以下、「身体活動なし群」と略す）、放課後の身体活動時間60 min 未満群×朝の身体活動時間10 min 以上群（以下、「朝のみ身体活動あり群」と略す）、放課後の身体活動時間60 min 以上群×朝の身体活動時間10 min 未満群（以下、「放課後のみ身体活動あり群」と略す）、放課後の身体活動時間60 min 以上群×朝の身体活動時間10 min 以上群（以下、「放課後・朝とも身

体活動あり群」と略す）における「不活発型」「興奮・抑制型」「易動欠・活発型」の出現率を χ^2 検定を用いて性別学年段階（3・4年生、5・6年生）別に比較し、有意な分布の偏りが認められた場合には残差分析も実施した。

4点目は、特別な朝のプログラムを実施している小学校（A校）とそうではない小学校（B・C校）における高次神経活動の型の比較である。この検討では、A校とB・C校における「不活発型」「興奮・抑制型」「易動欠・活発型」の出現率を χ^2 検定を用いて性別学年段階（1・2年生、3・4年生、5・6年生）別に比較し、有意な分布の偏りが認められた場合には残差分析も実施した。

なお、本研究におけるこれら一連の統計処理には、IBM® SPSS® Ver. 20を使用し、結果の統計的有意差については危険率5%未満の水準で判定した。

Ⅲ 結 果

1. 生活状況の実態

表3には、各生活状況に対する回答の基礎集計結果を示した。それによると、放課後の生活状況については、身体活動を行っている者が24.8～37.8%にとどまり、それを上回る59.0～72.1%の者が読書・音楽鑑賞を行っていた。ただし、それぞれの平均実施時間は69.5～89.8 min、33.6～48.4 minと、読書・音楽鑑賞時間よりも身体活動時間が長い様子も観察された。また、メディアと勉強はともに90%以上の者が実施しており、その平均時間はメディア時間が100.0～162.8 min、勉強時間が77.8～96.7 minであった。一方、睡眠状況については、男女とも学年段階が上がると就床時刻が遅くなり、起床時刻が一定であるため睡眠時間が短くなるという一般的な様子が確認された。さらに、朝の身体活動実施者は半数を超え（55.0～69.7%）、平均実施時間は32.6～35.1 minであった。

他方、非実施者（0 minの者）も含めた全対象者の値を基に算出した範囲、尖度、歪度からは、本研究の対象者の生活状況にバラツキが大きい様子を確認することができた。

表3 生活状況調査の基礎集計結果

項目	n	実施者数 (%) / 非実施者数 (%)	平均値±標準偏差 ^a	中央値 ^b	範囲 ^b	尖度 ^b	歪度 ^b
放課後の身体活動時間	男子 3・4年生	266	66 (24.8%) / 200 (75.2%)	79.1±55.6 min	50.0 min	0-270 min	0.409
	5・6年生	234	66 (28.2%) / 168 (71.8%)	89.8±64.3 min	47.5 min	0-270 min	0.176
	女子 3・4年生	274	93 (33.9%) / 181 (66.1%)	69.5±51.6 min	30.0 min	0-270 min	2.233
	5・6年生	251	95 (37.8%) / 156 (62.2%)	73.9±53.1 min	30.0 min	0-240 min	0.827
放課後の読書・音楽鑑賞時間	男子 3・4年生	266	157 (59.0%) / 109 (41.0%)	33.6±33.6 min	10.0 min	0-180 min	8.600
	5・6年生	234	143 (61.1%) / 91 (38.9%)	38.9±29.3 min	15.0 min	0-180 min	4.251
	女子 3・4年生	273	195 (71.4%) / 78 (28.6%)	44.7±46.8 min	20.0 min	0-290 min	9.435
	5・6年生	251	181 (72.1%) / 70 (27.9%)	48.4±38.9 min	30.0 min	0-295 min	8.468
放課後のメディア時間	男子 3・4年生	266	250 (94.0%) / 16 (6.0%)	138.5±103.8 min	100.5 min	0-560 min	1.254
	5・6年生	234	223 (95.3%) / 11 (4.7%)	162.8±117.0 min	121.5 min	0-630 min	0.810
	女子 3・4年生	273	247 (90.5%) / 26 (9.5%)	100.0±78.7 min	61.0 min	0-389 min	1.201
	5・6年生	251	236 (94.0%) / 15 (6.0%)	135.7±90.9 min	110.0 min	0-420 min	0.218
放課後の勉強時間	男子 3・4年生	264	256 (97.0%) / 8 (3.0%)	77.8±61.1 min	60.0 min	0-270 min	1.273
	5・6年生	233	216 (92.7%) / 17 (7.3%)	92.0±68.6 min	60.0 min	0-290 min	0.748
	女子 3・4年生	274	274 (100.0%) / 0 (0.0%)	85.0±57.8 min	64.0 min	5-295 min	1.561
	5・6年生	251	237 (94.4%) / 14 (5.6%)	96.7±67.5 min	70.0 min	0-290 min	0.533
就床時刻	男子 3・4年生	266	—	21:42±0:51	21:30	20:00-25:10	1.740
	5・6年生	234	—	22:01±0:52	22:00	19:48-25:27	1.392
	女子 3・4年生	274	—	21:36±0:46	21:30	19:00-25:00	1.123
	5・6年生	251	—	22:02±0:51	22:00	19:30-25:30	1.406
起床時刻	男子 3・4年生	266	—	6:30±0:36	6:30	4:00-7:55	2.108
	5・6年生	234	—	6:29±0:35	6:30	4:30-7:50	0.553
	女子 3・4年生	274	—	6:30±0:29	6:30	4:30-7:45	1.386
	5・6年生	251	—	6:27±0:30	6:30	4:30-7:30	1.776
睡眠時間	男子 3・4年生	266	—	8h48m±54.4 min	9h00m	4h50m-11h30m	1.817
	5・6年生	234	—	8h28m±56.4 min	8h30m	3h33m-11h00m	3.258
	女子 3・4年生	274	—	8h53m±49.5 min	9h00m	5h50m-11h55m	1.553
	5・6年生	251	—	8h25m±46.4 min	8h30m	6h00m-10h30m	0.919
朝の身体活動時間	男子 3・4年生	265	173 (65.3%) / 92 (34.7%)	32.6±8.2 min	30.0 min	0-50 min	-1.630
	5・6年生	231	161 (69.7%) / 70 (30.3%)	34.1±9.4 min	30.0 min	0-55 min	-1.581
	女子 3・4年生	269	148 (55.0%) / 121 (45.0%)	33.6±8.9 min	23.0 min	0-49 min	-1.761
	5・6年生	251	175 (69.7%) / 76 (30.3%)	35.1±7.0 min	35.0 min	0-47 min	-1.437

^a 放課後の身体活動時間、放課後の読書・音楽鑑賞時間、放課後のメディア時間、放課後の勉強時間、朝の身体活動時間は実施者の値を基に算出し、就床時刻、起床時刻、睡眠時間は全対象者の値を基に算出した。

^b すべての項目において、全対象者の値を基に算出した。

表 4 性要因, 学年要因を考慮した誤反応数の繰り返しのない二元配置分散分析の結果

		要因	自由度	平方和	平均平方	F 値 ^{ab}
分化実験	no-go task	性	1	390.865	390.865	85.734*
		学年	5	122.343	24.469	5.367*
		性×学年	5	10.062	2.012	0.441
		残差	1573	7171.415	4.559	
	go task	性	1	0.204	0.204	0.848
		学年	5	5.613	1.123	4.662*
		性×学年	5	1.985	0.397	1.649
		残差	1573	378.782	0.241	
	no task	性	1	39.238	39.238	28.415*
		学年	5	40.703	8.141	5.895*
		性×学年	5	4.491	0.898	0.650
		残差	1573	2172.145	1.381	
逆転分化実験	no-go task	性	1	314.365	314.365	63.498*
		学年	5	331.942	66.388	13.410*
		性×学年	5	16.765	3.353	0.677
		残差	1573	7787.606	4.951	
	go task	性	1	1.617	1.617	2.234
		学年	5	24.720	4.944	6.831*
		性×学年	5	1.073	0.215	0.297
		残差	1573	1138.445	0.724	
	no task	性	1	45.993	45.993	29.024*
		学年	5	103.696	20.739	13.087*
		性×学年	5	5.144	1.029	0.649
		残差	1573	2492.689	1.585	

^a * $p < 0.05$

^b 多重比較 (Bonferroni の方法) の結果, 有意差が認められた学年は, 分化実験の no-go task (6年生<1・2・3・4年生), go task (4・5・6年生<1年生), no task (4・5・6年生<1年生, 6年生<2年生), 逆転分化実験の no-go task (6年生<1・2・3・4年生, 5年生<1・2年生, 4年生<1年生), go task (6年生<1年生, 5年生<1・2・3年生, 4年生<1年生), no task (4・5・6年生<1・2年生, 3年生<1年生) であった

2. 高次神経活動の実態

表 4 は, 性要因, 学年要因を考慮した誤反応数を繰り返しのない二元配置分散分析によって比較した結果を示したものである。この表が示すように, 分化実験, 逆転分化実験のいずれの誤反応数 (no-go task, go task, no task) においても「性×学年」の交互作用は認められず, 「学年」の主効果において有意差が検出され, その後の多重比較の結果, すべての誤反応数において学年による有意差が確認された。また, no-go task および no task では「性」の主効果において統計的に有意な主効果が検出され, 女子に比して男子の誤反応数が多い様子を窺うこともできた。

一方, 表 5 には, 性別にみた高次神経活動の 5 つの型の学年段階別出現率を示した。この表が示すように, 男女とも学年段階別の出現率には有意

な人数の偏りが認められ, 低学年には不活発型が, 高学年には活発型が多い様子が示された。

3. 生活状況と高次神経活動の型との関連

表 6 には, 高次神経活動の型 (3 群) に関連する生活状況を多項ロジスティック回帰分析 (参照カテゴリー: 易動欠・活発型) により検討した結果を示した。この表が示すように, 有意なロジスティック回帰係数が認められた因子は, 不活発型では性 (オッズ比: 3.171, 95%信頼区間: 2.190-4.593), 学年段階 (オッズ比: 1.880, 95%信頼区間: 1.307-2.705), 朝の身体活動時間 (オッズ比: 1.538, 95%信頼区間: 1.030-2.298), 興奮・抑制型では性 (オッズ比: 1.540, 95%信頼区間: 1.105-2.144), 朝の身体活動時間 (オッズ比: 2.246, 95%信頼区間: 1.573-3.205) であった。

表 5 性別にみた各型の学年段階別出現率^a

		低学年 1年生/2年生	中学年 3年生/4年生	高学年 5年生/6年生	χ^2 値 ^b
男子		n=130/n=144	n=136/n=130	n=123/n=111	26.410*
	不活発型	139 (50.7) ^c	115 (43.2)	72 (30.8) ^d	
		73 (56.2)/66 (45.8)	53 (39.0)/62 (47.7)	38 (30.9)/34 (30.6)	
	興奮型	89 (32.5) ^d	105 (39.5)	113 (48.3) ^c	
		39 (30.0)/50 (34.7)	56 (41.2)/49 (37.7)	62 (50.4)/51 (45.9)	
	抑制型	11 (4.0)	6 (2.3)	7 (3.0)	
		7 (5.4)/4 (2.8)	5 (3.7)/1 (0.8)	3 (2.4)/4 (3.6)	
	易動欠型	18 (6.6)	18 (6.8)	14 (6.0)	
女子		n=136/n=150	n=135/n=139	n=144/n=107	48.510*
	不活発型	108 (37.8) ^c	63 (23.0)	41 (16.3) ^d	
		55 (40.4)/53 (35.3)	34 (25.2)/29 (20.9)	27 (18.8)/14 (13.1)	
	興奮型	97 (33.9) ^d	135 (49.3) ^c	116 (46.2)	
		46 (33.8)/51 (34.0)	63 (46.7)/72 (51.8)	70 (48.6)/46 (43.0)	
	抑制型	14 (4.9)	14 (5.1)	8 (3.2)	
		6 (4.4)/8 (5.3)	6 (4.4)/8 (5.8)	5 (3.5)/3 (2.8)	
	易動欠型	32 (11.2)	24 (8.8)	26 (10.4)	
		14 (10.3)/18 (12.0)	12 (8.9)/12 (8.6)	12 (8.3)/14 (13.1)	
	活発型	35 (12.2) ^d	38 (13.9)	60 (23.9) ^c	
		15 (11.0)/20 (13.3)	20 (14.8)/18 (12.9)	30 (20.8)/30 (28.0)	

^a 数値はn(%)を示す。

^b 学年段階(低学年, 中学年, 高学年)×各型(不活発型, 興奮型, 抑制型, 易動欠型, 活発型)の χ^2 検定の結果 * $p<0.05$

^c 残差分析の結果, 人数が有意($p<0.05$)に多かったセル。

^d 残差分析の結果, 人数が有意($p<0.05$)に少なかったセル。

また, 図1には, 放課後と朝の身体活動の状況を考慮した4群(身体活動なし群, 放課後のみ身体活動あり群, 朝のみ身体活動あり群, 放課後・朝とも身体活動あり群)における不活発型, 興奮・抑制型, 易動欠・活発型の出現率を示した。この図が示すように, いずれの学年段階の男女とも, 朝のみ身体活動あり群では興奮・抑制型が少なく, 易動欠・活発型が多い様子がうかがえ, 男子5・6年生においては統計的に有意な人数の偏りも認められた。他方, 身体活動なし群では興奮・抑制型が多く, 易動欠・活発型群が少ない様子も観察された。

4. 特別な朝のプログラム実施校と非実施校における高次神経活動の型の比較

特別な朝のプログラムを実施しているA校と非実施校であるB・C校別にみた不活発型, 興奮・抑制型, 易動欠・活発型の出現率を示したのが図2である。男子の1・2年生と5・6年生において

有意な人数の偏りが認められ, その後の残差分析の結果は, A校において1・2年生の不活発型と5・6年生の興奮・抑制型が少なく, 5・6年生の易動欠・活発型が多い様子, B・C校において1・2年生の不活発型と5・6年生の興奮・抑制型が多く, 5・6年生の易動欠・活発型が少ない様子を示した。

IV 考 察

本研究の対象者における放課後の身体活動時間を野井ほか(2008)の調査結果と比較すると, 10~30分間程度長い様子を確認することができた(表3)。同様に, それ以外の生活状況を日本学校保健会(2012)の調査結果と比較すると, 放課後の読書・音楽鑑賞時間や就床時刻, 起床時刻, 睡眠時間には大差がないのに対して, メディア時間は1時間以上(68~88分間)も短い様子を確認することができた(表3)。以上の結果から, 本研究の対象者はメディアとの接触が少なく, 身体活動が多

表 6 生活状況と高次神経活動の型判定との関連 (多項ロジスティック回帰分析の結果)

説明変数		不活発型 (n=286) ^a			興奮・抑制型 (n=497) ^a		
		回帰係数 ^b	オッズ比	95%信頼区間	回帰係数 ^b	オッズ比	95%信頼区間
性	男子	1.154*	3.171	2.190-4.593	0.432*	1.540	1.105-2.144
	女子	—	—	—	—	—	—
学年段階	3・4年生	0.631*	1.880	1.307-2.705	0.200 N.S.	1.222	0.885-1.686
	5・6年生	—	—	—	—	—	—
放課後の身体活動時間	60 min 未満群	-0.183 N.S.	0.833	0.574-1.209	-0.299 N.S.	0.742	0.532-1.035
	60 min 以上群	—	—	—	—	—	—
放課後の読書・音楽鑑賞時間	低群	0.169 N.S.	1.185	0.820-1.711	0.177 N.S.	1.193	0.859-1.658
	高群	—	—	—	—	—	—
放課後のメディア時間	低群	-0.063 N.S.	0.939	0.654-1.347	-0.096 N.S.	0.980	0.659-1.252
	高群	—	—	—	—	—	—
放課後の勉強時間	低群	0.067 N.S.	1.069	0.742-1.540	-0.176 N.S.	0.839	0.605-1.162
	高群	—	—	—	—	—	—
睡眠時間	低群	0.043 N.S.	1.044	0.727-1.500	-0.197 N.S.	0.821	0.594-1.135
	高群	—	—	—	—	—	—
朝の身体活動時間	10 min 未満群	0.431*	1.538	1.030-2.298	0.809*	2.246	1.573-3.205
	10 min 以上群	—	—	—	—	—	—

^a 参照カテゴリーは易動欠・活発型とした。

^b * $p < 0.05$

めの小学生であると解釈することができよう。

このような生活を送る対象者の go/no-go 課題の誤反応数を検討した結果、「性×学年」の交互作用は認められず、男女の学年推移に違いがない様子を確認することができた(表4)。また、すべての誤反応数で学年進行の上昇とともにその数が減少する様子、no-go task および no task で女子に比して男子の誤反応数が多い様子も確認された(表4)。このような結果は、野井ほか(2013)による報告と酷似しており、本研究の対象者が近年の子どもにみられる一般的な高次神経活動の特徴を有している集団であることを示唆している。実際、その出現率の高さが心配されている不活発型(野井, 2005)の割合は、1969年に行われた調査(正木・森山, 1971)や1979年に行われた調査(西條ほか, 1981)に比して明らかに高値を示している(表5)。元来、高次神経活動の型は不変的なものではなく、訓練、栄養、社会的諸因子、養育および各種の病気の影響を受けて変化するものである(Krasnogorsky, 1964)。そしてその変化は、最も幼稚なタイプといえる不活発型からスタートし、加齢とともに子どもらしい興奮型の時期を経て、次第に成人らしい活発型に移行していく(正木・森山, 1971; 西條ほか, 1981)ものと考えられている。したがって、1960年代、1970年代の調

査結果に比して不活発型が顕著に多いという本研究の結果は、高次神経活動の発達不全やその不調が依然として日本の子どもの健康課題であることを如実に物語っているといえよう。

さらに本研究では、子どもの高次神経活動に及ぼす生活状況を複合的に検討するため、放課後の生活状況、睡眠状況、朝の身体活動状況と高次神経活動の型(3群)との関連を多変量による多項ロジスティック回帰分析を用いて分析した。その結果、朝の身体活動10 min 未満群は10 min 以上群に比して不活発型に分類されるオッズ比が1.538倍、興奮・抑制型に分類されるオッズ比が2.246倍であるとの結果を得た(表6)。このことは、中学年以降の年齢段階では、これまで注目されてきた不活発型に加えて、興奮・抑制型の出現率の多寡にも注目する必要があることを示唆しているとも考える。併せて、放課後の生活状況や夜から朝にかけての睡眠状況よりも、むしろ朝の身体活動状況がその日の午前中の高次神経活動に強く影響を及ぼすこと、さらには10分間という短い身体活動でもその可能性があることを示唆している。このような結果は、成人男女を対象に朝の低強度運動を行った日で認知課題の得点が向上し、課題中の前頭前野の脳血流が増加するという仁木・春日(2012)の報告を支持している。加え

図1 身体活動なし群、放課後のみ身体活動あり群、朝のみ身体活動あり群、放課後・朝とも身体活動あり群別にみた不活発型、興奮・抑制型、易動欠・活発型の出現率

a 残差分析の結果、人数が有意 ($p<0.05$) に多かったセル。
b 残差分析の結果、人数が有意 ($p<0.05$) に少なかったセル。

て、山村ほか (1996) は、高校生男女柔道部員を対象として早朝練習時の生理学的効果を検討したところ、フリッカーテストおよび棒反応テストの成績が朝練直後に向上する様子を報告している。同様に、壺岐・野井 (2014) は、小学6年生を対象として、種々の朝活動が覚醒水準に及ぼす効果を検討したところ、静的な活動よりも動的な活動を行った日において棒反応値が有意に向上する様子を報告している。そのため、朝の身体活動状況と高次神経活動の型との間に有意な関連が認められた本研究の結果の根底には、対象者の覚醒水準が向上したことが存在するものとも推測できる。

だが一方で、同じ身体活動といえども放課後の

身体活動状況が翌日の朝の高次神経活動の型に及ぼす効果については有意な関連が認められなかった。

Hillman et al. (2005) は、子どもを対象に認知課題を実施し、併せて事象関連電位を測定したところ、有酸素能力が高く運動習慣があると考えられる群はそれが低い群に比して課題の反応時間が短く、刺激の処理や注意を反映するP3の振幅が大きい様子を報告している。同様に、日常的な身体活動が認知機能に及ぼす効果を検討した飯田ほか (2010) は、1週間あたりの総運動時間や中等度の運動時間が長い男子児童ほど、認知課題の情報処理にかかる時間が短い一方で、誤反応数は多い様

図2 特別な朝のプログラムを実施しているA校と非実施校であるB・C校別にみた不活発型、興奮・抑制型、易動欠・活発型の出現率

- a 残差分析の結果、人数が有意 ($p<0.05$) に多かったセル。
b 残差分析の結果、人数が有意 ($p<0.05$) に少なかったセル。

子を報告している。そして、日頃の運動時間が多い児童は、認知課題における情報処理は速いが、情報処理における刺激の「弁別」や予想に基づき自動化された反応と異なった刺激に対する「抑制」の精度は低いことを指摘している。これらの報告は、身体活動が子どもの認知機能に反応時間の短縮といったポジティブな影響だけでなく、誤反応の増加といったネガティブな影響も生起することを示唆している。実際、ネガティブな影響における同様の傾向は、本研究においても観察することができる。すなわち、「放課後のみ身体活動あり群」では、興奮・抑制型が比較的多い様子をうかがうことができるのである (図1)。この興奮・抑制型は、興奮過程と抑制過程の強さは十分であるものの平衡性に欠けるタイプであり、その大半は「興奮型」に判定されている。そして、その興奮型は反応時間が短い一方で、誤反応数が多いという特徴を有することも確認されている (鹿野ほか, 2013)。ただし、その興奮・抑制型についても、「朝のみ身体活動あり群」や「放課後・朝とも身体活動あり群」では、その出現率が少なく、易動欠・活発型が多い様子を観察することができる。したがって、朝の身体活動がその直後に及ぼす効果については、放課後の身体活動にみられたネガティ

ブな影響を解消する可能性さえ秘めているものと考えられよう。

また、本研究では自己記入による生活状況調査を実施することができなかった1・2年生においても、特別な朝のプログラムを実施しているA校と非実施校であるB・C校別に高次神経活動の型(3群)の出現率を比較した。その結果、男子において、A校1・2年生の不活発型と5・6年生の興奮・抑制型が少なく、5・6年生の易動欠・活発型が多い様子が確認された (図2)。このような結果は、低学年においても朝の身体活動が高次神経活動に好影響をもたらすことを示しており、低学年以前では最も幼稚な不活発型の出現率の多寡に注目した効果検証が必要であることを物語っているものといえよう。

以上のように、放課後の生活状況、睡眠状況、朝の身体活動状況と高次神経活動の型との関連を複合的に検討した本研究の結果、朝の身体活動がその直後の子どもの高次神経活動に好影響をもたらす様子が示された。このような事実は、高次神経活動に関する健康課題を解決するためには、朝の身体活動に注目した実践の創造が極めて有効な対策である可能性を示唆している。しかしながら、そのような効果がもたらされた生理学的なメ

カニズムについては、それを解明しきれていない。また、本研究では朝の身体活動とその直後の高次神経活動の状況との有効な関連が確認されたに過ぎず、その効果が午後、あるいは翌日まで影響を及ぼすのか否かについては解明しきれていない。加えて、どのような朝の身体活動が有効なのかという点についても、それを追究しきれていない。これらの諸点は本研究の限界であると同時に、今後の研究課題でもある。とりわけ、「どのような身体活動が有効なのか」という点では、子どもにとっては自らの願いさえ尊重されないままに、ただひたすら「体力づくり」を体験することだけが強制されたため、子どもの主体的な活動に発展しなかったという教訓（野井ほか、2001）にも目配りしておく必要があるだろう。事実、前述の壱岐・野井（2014）の報告では、子どもが「楽しい」と感じる活動において棒反応値が有意に向上する様子も示されている。そのため、A校で実施されている活動が子ども自身の主体的な身体活動であった可能性は高く、そのような観点も踏まえた実践の創造とその科学的検証の蓄積が期待されているものと考ええる。

V 結 論

本研究では、首都圏の公立小学校3校に在籍する男女1,585名を対象として、go/no-go課題と生活状況調査を実施した。その結果、本研究の対象者は、メディアとの接触が少なく、身体活動が多めの小学生である様子をうかがうことができた。また、go/no-go課題による誤反応数および型判定の検討では、誤反応数の学年推移に性差がない様子、no-go task および no task において女子に比して男子の誤反応数が多い様子、すべての誤反応数が学年進行の上昇とともに減少する様子、最も幼稚な「不活発型」の出現率が高い様子を確認することができた。さらに、放課後の生活状況、睡眠状況、朝の身体活動状況と高次神経活動の型との関連を複合的に検討した本研究の結果、朝の身体活動が子どもの高次神経活動に好影響をもたらす様子が示された。

謝辞および付記

本研究の趣旨にご理解を示し、多大なるご協力をいただいた対象校の子どもたちと先生方に、この場を借りて深く感謝いたします。なお、本研究は平成24～26年度科学研究費補助金（基盤研究C、課題番号24500808、研究代表者：野井真吾）により実施されたものである。

文 献

- 阿部茂明、野井真吾、中島綾子、下里彩香、鹿野晶子、七戸藍、正木健雄（2011）子どもの“からだのおかしさ”に関する保育・教育現場の“実感”：「子どものからだの調査2010」の結果を基に、日本体育大学紀要、41、65-85
- Beste, C., Willemsen, R., Saft, C. and Falkenstein, M. (2010) Response inhibition subprocesses and dopaminergic pathways: basal ganglia disease effects, *Neuropsychologia*, 48, 366-373
- Czigler, I., Csibra, G. and Ambro, A. (1996) Aging, stimulus identification and the effect of probability: an event-related potential study, *Biol Psychol*, 43, 27-40
- Davranche, K., Burle, B., Audiffren, M. and Hasbroucq, T. (2005) Information processing during physical exercise: a chronometric and electromyographic study, *Exp Brain Res*, 165, 532-540
- Gemba, H. and Sasaki, K. (1989) Potential related to no-go reaction of go/no-go hand movement task with color discrimination in human, *Neurosci Lett*, 101, 263-268
- ハ・エス・コシトヤンツ編（東京大学ソヴェト医学研究会訳）（1955）パヴロフ選集（上巻），蒼樹社，257-283
- Hillman, C. H., Castelli, D. M. and Buck, S. M. (2005) Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children, *Med Sci Sports Exerc*, 37, 1967-1974
- Hillman, C. H., Motl, R. W., Pontifex, M. B., Posthuma, D., Stubbe, J. H., Boomsma, D. I. and De Jous, E. J. C. (2006) Physical activity and cognitive function in cross-section of younger and older community-dwelling individuals, *Health Psychol*, 25, 678-687
- 飯田悠佳子、宮崎 真、関口浩文、上田有吾、鳥居俊、内田直（2010）前思春期男女児童の日常身体活動の特性と視覚性 Go/Nogo 課題応答性、発育発達

- 研究, 45, 1-10
- 壺岐昌広, 野井真吾 (2014) 種々の朝活動が子どもの覚醒水準に及ぼす影響: 棒反応測定の結果を基に, 幼少児健康教育研究, 22, 15-25
- 岩木信喜, 宮谷真人 (2003) GO/NO-GO 課題における反応停止判断と NO-GO 電位潜時, 生理心理学と精神生理学, 21, 245-252
- Krasnogsorsky, N. I. (内藤耕次郎, 木村正一訳) (1964) 子供の高次神経活動: 精神発達の生理, 世界書院, 222-232
- 窪田千恵, 塩田耕平, 守田優子, 内田直 (2014) 5日間の睡眠時間の短縮が運動能力, 認知機能および睡眠脳波に及ぼす影響, 日本臨床スポーツ医学会誌, 22, 80-89
- Luria, A. R. (松野豊, 関口昇訳) (1969) 言語と精神発達, 明治図書, 139-171
- 正木健雄, 森山剛一 (1971) 人間の高次神経活動の型に関する研究, 東京理科大学紀要 (教養篇), 4, 69-81
- Matsumoto, Y., Mishima, K., Satoh, K., Shimizu, T. and Hishikawa, Y. (2002) Physical activity increases the dissociation between subjective sleepiness and objective performance levels during extended wakefulness in human, *Neurosci Lett*, 326, 133-136
- 門田新一郎 (2001) 児童のライフスタイルと健康状況に関する調査研究: 週休2日制を踏まえた検討, 学校保健研究, 43, 61-72
- 文部科学省 (2012) 子どもの体力向上のための取組ハンドブック, 文部科学省, 17-18
- 中野貴博, 春日晃章, 村瀬智彦, 小栗和雄 (2011) 多動性・衝動性行動傾向を有する幼児の生活習慣および体力的特徴に関する検討, 発育発達研究, 51, 57-66
- 日本学校保健会 (2012) 平成22年度児童生徒のサーベイランス事業報告書, 22-81
- 仁木甫, 春日晃章 (2012) 朝の軽運動が認知機能および前頭前野の脳血流量に及ぼす影響, 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), 36, 133-137
- 野井真吾, 野田耕, 水田嘉美, 阿部茂明, 正木健雄 (2001) 日本の学校における「体力づくり」実践: 『健康と体力』誌及び『スポーツと健康』誌を手がかりとして, 体育科教育学研究, 18, 11-24
- 野井真吾 (2005) からだと心の「元気」指標, 子どもと発育発達, 3, 75-79
- 野井真吾, 下里彩香, 鈴木綾子, 山本晃弘, 野田耕 (2008) 「からだの学習」に関する基礎的研究: 疑問調査, 知識調査, 生活調査, 体調調査の結果を基に, 学校保健研究, 49, 439-451
- Noi, S., Shikano, A. and Masaki, T. (2008) Developmental disorders in the prefrontal cortex of Japanese children, *Asia-Pacific Conference on Mind Brain and Education* 2008, 168-169
- Noi, S. and Shikano, A. (2011) Melatonin metabolism and living conditions among children on weekdays and holidays, and living factors related to melatonin metabolism, *School Health*, 7, 25-34
- 野井真吾, 鹿野晶子, 小林幸次, 松本稜子, 金子慧 (2013) 最近の小学生における高次神経活動の特徴: go/no-go 実験における誤反応と型判定を基に, 日本体育大学紀要, 42, 111-118
- 西條修光, 森山剛一, 梶斗謙一, 熊野晃三, 村本和世, 阿部茂明, 正木健雄 (1981) 子どもの大脳活動の変化に関する研究: 高次神経活動の型から, 日本体育大学紀要, 10, 61-68
- Sasaki, K. and Gemba, H. (1986) Electrical activity in the prefrontal cortex specific to no-to reaction of conditioned hand movement with color discrimination in the monkey, *Exp Brain Res*, 64, 603-606
- Sasaki, K., Gemba, H., Nambu, A. and Matsuzaki, R. (1992) Localization of no-go activity in human frontal cortex by MEG study, *Japanese Journal of Physiology*, 42 (Suppl.), 176
- 鹿野晶子, 野田寿美子, 野井真吾 (2012) 朝の身体活動プログラムを実施しているS幼稚園児の高次神経活動の特徴: F幼稚園児との比較から, 幼少児健康教育研究, 18, 28-36
- 鹿野晶子, 野井真吾, 上野純子 (2013) 最近の子どもの高次神経活動の実態: go/no-go 実験による型判定と陽性条件刺激に対する反応時間に注目して, 日本発育発達学会第11回大会プログラム・抄録集, 54
- 篠原菊紀, 平野吉直, 柳沢秋孝, 田中好文, 根本賢一, 寺沢宏次, 西條修光, 正木健雄 (2002) go/no-go 課題による夏キャンプの抑制機能への影響の検討, 日本生理人類学会誌, 7, 1-6
- 鈴木宏哉, 岡崎勘造, 佐々木桂二, 坂本譲 (2013) 東日本大震災による宮城県沿岸部被災地域の中学生における身体活動量と健康関連 QoL, 発育発達研究, 58, 43-51
- 竹中晃二 (2009) 日本の子どもにおける身体活動・運動の行動目標設定と効果の検証第3報, 運動・スポーツ実践, 日常の身体活動量の増強を普及啓発するための方針: 平成20年度日本体育協会ス

スポーツ医・科学研究報告, 日本体育協会, 2-5

Terasawa, K., Saijo, O., Yanagisawa, A., Shinohara, K., Nemoto, K. and Masaki, T. (2000) GO/NO-GO experiment to study cerebral development in Japanese and Chinese children : the comparison survey in Japan and China, Nagano Journal of

Physical Education and Sports, 11, 1-7

山村千晶, 高見京太, 田嶋貴之, 北川薫 (1996) 高校生男女柔道部員における早朝練習時の生理学的効果, 東海保健体育科学, 18, 51-57

(受付: 2014年5月12日, 受理: 2014年10月30日)

鹿野 晶子 (しかの あきこ)
日本体育大学大学院博士後期課程

専門は, 学校保健学, 発育発達学.
2010年埼玉大学大学院教育学研究科修了. 修士(教育学)
現在は, 子どものからだと心に関する野外調査に従事しながら, 子どもの元気を探究しています. 子どものからだと心白書 編集委員.