# 高齢者の認知機能および脳の機能・構造に影響を及ぼす 日常的身体活動強度に関する検討

東京電機大学 木 村 憲 (共同研究者) 文化学園大学 安 永 明 智

The Intensity of Daily Physical Activity Necessary for Maintaining Proper Neurocognitive Function

by

#### Ken Kimura

Department of Humanity and Social Sciences,
School of Science and Technology for Future Life,
Tokyo Denki University
Akitomo Yasunaga
Faculty of Liberal Arts and Sciences,
Bunka Gakuen University

# ABSTRACT

The present study conducted a two-year prospective assessment to define the intensity of daily physical activity which would have a favorable influence on neurocognitve function.

72 people over the age of 60 participated in this study. They wore an electronic accelerometer throughout their waking hours for three months for assessments which took place during follow-up year. This recorded the number of steps per day and the duration per day as one of ten intensity levels (0.5, 1 to 9). Executive cognitive function was evaluated with a Task-Switch reaction time (RT) test in the baseline and follow-up year. Percent RT increase (%SwRT) and correct response rates (%CrctRT) in the switch RT trial were considered to study the year related change (or aging

decline) of the executive function.

Within this study, multiple regression analysis detected the amount of light physical activity (< 3METs) as an independent variable which had a positive correlation with the year related difference of %CrctRT. Moreover, the amount of moderate physical activity (>4METs) was detected as the factor which negatively correlated with the year related difference of %SwRT. Additionally, fMRI analysis confirmed that the higher physical activity group showed significantly reduced age-related functional attenuation of prefrontal areas during the Task-Switch RT trials. The present study strongly supported the contribution of moderate physical activity in daily life to the maintenance of neurocognitive function, in more specifically neurocognitive processing speed.

# 要旨

本研究は、日常的身体活動の強度と認知機能 の加齢変化との関係について検討した. 平成21 年度の地域在住高齢者72名のデータをベースラ インとし、同様の対象者について23年度(2年後) の身体活動と認知機能の実態を調査した. ウォー キング以外の運動習慣のない65歳以上の健常高 齢者を対象に日常的身体活動について加速度セ ンサー付き体動計を用い3ヶ月以上に渡る客観的 かつ詳細な調査を行った. また、認知機能評価 では Task-Switch 反応時間課題 (TS 課題) を用い、 これを機能的磁気共鳴映像法(fMRI)による脳 画像解析と組み合わせることによって認知神経 科学的妥当性を持った検討を実施した. TS 課題 による認知パフォーマンスについて2年間の縦断 的検討を実施した結果、軽度身体活動(<3METs) 時間の長い高齢者ほど認知パフォーマンスの正 答率が保持されており加齢低下が少ない関係に あることが確認された、一方、中程度(>4METs) 以上の身体活動が長い高齢者ほど認知処理速度 が保持されており加齢低下が少ないことが確認 された. さらに fMRI の検討では、中等度身体活 動時間の短い群において、追跡調査時点にベー スライン時点よりも強い補完的賦活が側頭葉領

域で認められた. 中等度身体活動の習慣化が脳神経系を取り巻く環境を良好に保ち, 認知課題の処理速度の保持に有効に働きかけることが示唆された.

# 緒言

認知症は介護状態に至る3大疾患の1つとされ,これを予防することは個人はもとより社会にも恩恵をもたらす.これまでの調査によれば,地域高齢者の約2~3割が軽度認知症を患っており,その8割近くが認知症に移行することが報告されている1).従って,健常者の認知機能低下予防もしくは軽度認知症にいたらないための生活習慣を明らかにすることは極めて重要な課題と言えよう.

近年,運動習慣が及ぼす認知機能への有用性が指摘されている。これまで運動習慣がある者とない者の比較や、比較的高強度の運動活動(有酸素運動や筋力トレーニングなど)を実施させた際の効果を検討することによって、中・高強度の運動活動が及ぼす一定の効果が確認されている<sup>2-5)</sup>。一方で、高齢者の多くが特定の運動習慣を有さず、身体活動の中心は日常的な歩行活動であるにも係わらず、日常的身体活動の有りように着目した検討は少ない。幾つかの先行研

究で、認知機能低下予防に有効な日常的身体活動の強度・時間・頻度が提案されているものの、それらは必ずしも一致せず、客観性・妥当性に乏しい 5-7). これは、これまでの身体活動の実態調査が主に自記式アンケートに基づいて検討されてきた結果とも考えられる. 特に、高齢者におけるアンケートや聞き取り調査は、認知機能低下などと相俟ってリコールバイアスが大きく日常的身体活動の実態把握は極めて主観的かつ曖昧で限界がある. そこで、本研究では、日常的身体活動の実態について加速度センサー付体動計を用いた客観的かつ精確な調査を実施する.

一方、認知機能評価に関して、先行研究ではイ ンタビュー形式の神経心理学および臨床心理学 検査が一般的に用いられてきた<sup>5-7)</sup>. しかしなが ら、これらの検査様式は健常者と患者とを区別す るのには有効であるが、天井効果により健常者 の認知レベルの個人差を検出するには限界があ る. 健常高齢者において特に低下する認知機能 として遂行機能が知られている<sup>8-10)</sup>. これは目 標を設定しそれに対する適切な手順を考え実行 する能力で、人が社会生活(買い物に出かけたり、 料理をするなど)を営んでいくうえで非常に重 要な認知機能の1つである11) 認知症を患った 場合、遂行機能が障害されるケース(遂行機能 障害) は極めて多い <sup>12)</sup>. Kramer らは, 健常高齢 者に6ヶ月間のウォーキング運動を実施させた 結果,遂行機能を評価する課題(Task-switch 課題) の成績が対象群に比べて明らかに向上したこと を報告している<sup>4)</sup>. この Task-switch 課題は遂行 機能を評価する認知神経科学的検査(PC-base 検 査)としてよく知られており<sup>13,14)</sup>. 磁気共鳴映 像法 (MRI) を用いた研究では、Task-switch 課 題中の脳賦活領域として主に前頭前野背外側部, 前帯状回、そして補足運動野が同定されている8, 15,16) 以上の背景から、本研究は認知神経科学 的検討を用いることによって, 健常高齢者の認

知機能の個人差や加齢変化を明確にし、それらに及ぼす日常的身体活動の強度・時間の効果について明らかにする。さらに、Task-Switch 課題と MRI を組み合わせることにより日常的身体活動の強度・量の認知機能への効果が、脳のどの領域のどのような機能的・構造的変化によるものなのかを詳細に検討する。

我々はすでに上記の検討手法を用いて高齢者 72名を対象として横断的調査を実施した。その 結果. 日常的身体活動の強度の重要性をより暗 示する結果が認められている<sup>17,18)</sup>. 全対象者の 日常的身体活動の実態について詳細に検討した ところ、強度 4Mets (速歩程度) の身体活動時間 の長い高齢者ほど認知機能が高いという関係が 認められ、強度 3Mets 以下の身体活動時間との 関連性は検出されなかった. したがって、日常 的身体活動の認知機能への効果はある一定の活 動強度に達してはじめて現れ、その活動を適切 な量(時間)継続することが重要であるものと 考えられる. そこで本研究では、これまでの研 究結果の妥当性を検証する目的で縦断的調査を 実施しる。そして中強度身体活動が認知機能の 加齢変化に及ぼす影響について前述した客観性 かつ妥当性の高い検討手法により明らかにする.

#### 1. 方 法

#### 1.1 対象者

対象者はウォーキング以外の運動習慣のない 健康な男女72名(60歳-79歳)とした。また、 身体機能および手段的日常生活動作(IADL)に 制限がなく認知障害を有さない高齢者とした。

平成21年度の地域在住高齢者72名のデータをベースラインとし、同様の対象者について23年度(2年後)に身体活動と認知機能の実態を調査した。本研究は東京電機大学ヒト生命倫理委員会の承認を得て実施された。

#### 1.2 調查方法

#### 1.2.1 身体活動

日常的身体活動の実態は加速度センサー付き 体動計を用いて詳細に検討した. 本研究で用い る体動計(ライフコーダEX;スズケン社製)は、 腰部に装着するだけで、毎日の歩数や10段階(デ スクワークからジョギングレベル) の活動強度 を加味した消費カロリー, 数秒ごとの活動パター ンなどを自動的に一ヶ月以上連続して記録でき る小型機器である. 対象者にはこの装置を3ヶ 月以上. 毎日. 入浴・就寝時以外装着してもら うように依頼した. 本研究では身体活動パラメー ターとして総消費エネルギー量(以後,総消費 量). 運動時消費エネルギー量(以後, 運動時消 費量), 歩数, および低強度(強度1-3)・中等 度(強度4-6)・高強度(強度7-9)の活動 時間について分析した. 個人毎の1日あたりの 各身体活動パラメーターについては、少なくと も3ヶ月間(9月-11月)の平均値を代表値と した. ただし1日あたりの装着時間が8時間を 満たない日については分析から除外した.

# 1.2.2. 認知機能評価

本研究では遂行機能評価として Task-switch 課題 (TS 課題) を用いる. TS 課題の成績は,同一課題を連続して実施している (repeat 条件)最中に別の課題が突然挿入された時 (Switch 条件)のパフォーマンス (反応遅延や誤反応) により評価される.

課題内容は空間位置判断課題とし、対象者はコンピュータモニタ上の左右どちらかに呈示(750m秒) される直径 2cm の円に対してできるだけ素早く反応するよう求められた。反応はマウスキー(人差指と中指)で実施された。円がグレーの場合は呈示側と同側のボタンを押し(一致課題)、縞模様の場合は呈示側と反対側のボタンを押す(不一致課題)こととした。上記2課題がランダムに提示され、課題がスイッチした時点

のパフォーマンスをもとに認知機能(遂行機能)の評価を行った。TS 課題のパフォーマンスとして、repeat 条件の反応時間(repeat RT)に対するswitch 条件の反応時間遅延率(%SwRT = [switch RT-repeat RT]/repeat RT·100)およびswitch 条件の正答率(%CrctRT)を分析した。

#### 1.2.3 fMRI 撮像

fMRI 装置は日立製作所 StratisII (1.5T) を用いた.被験者はプリズム眼鏡を装着し,仰臥して足元に置かれたスクリーンに投影された画面を見ながら右手のマウスキー (人差指と中指)で反応を実施した.撮像セッションは6つのブロックで構成され,被験者はブロックごとにレストとタスク (TS 課題)を交互に3回繰り返した.レスト時は画面中央に呈示された凝視点を眺めるよう教示した.1回のスキャンで28枚の断層像を撮像し脳の全体像を1つ構築した.1ブロックのスキャン数は10回とした.取得したデータはfMRI 画像解析ソフトウエア FSL にて処理し統計的に有意 (cluster > 2.3, p<.001) な賦活領域を標準脳に描写し比較検討を行った.

# 1.3 分析方法

本研究では、いずれの身体活動パラメーターが認知課パフォーマンスの加齢変化を規定する要因であったかを検討する。特に中程度以上(4Mets以上)の1日に占める時間が長い対象者ほど認知パフォーマンスの加齢低下が少ないことを検証する。従って、従属変数として認知パフォーマンス(%SwRTと%CrctRT)の経年変化、つまり追跡調査からベースライン調査を引いた差分を検討した。独立変数には認知パフォーマンスと関連の高い年齢の他に身体活動パラメーターとして低強度(強度1,2,3)および中強度(強度4,5,6)それぞれに関する1日に占める活動時間を採用した。これらの独立変数のうちいずれの変数が%SwRTまたは%CrctRTに強い規定力を

持っているのかを検討するために、重回帰分析による強制投入法を用いて分析を実施した。その他、グループ間の差の検定には対応のある t 検定を、認知パフォーマンスの経年変化と性別の関係について反復測定を考慮した 2 要因分散分析により検討を行った。各分析で得られた p 値が .05 以下の場合に統計的有意とし、また重回帰分析では多重共線性の検定を行い、VIF(Variance Inflation Factor)>5 の変数は独立変数より排除した。

#### 2. 結果

表1に対象者の基本属性に関する集計結果を示した. 各種測定項目についてベースラインおよび追跡調査いずれかに欠損値のある対象者を除外し, 本研究参加高齢者72名のうち63名(男性31名, 女性32名, 平均年齢72.8) が分析対象者として検討された. 分析対象者は認知症の症例はなく(平均 MMSE=28), また, 肥満(平均

BMI=22) ではない身体活動量(平均歩数 =8540) の比較的多い健康な高齢者に相当することが確 認された.

# 2.1 認知課題パフォーマンスと日常的身体活動

TS 課題の平均的なパフォーマンス結果を表2と3に示す. ただし, 反応時間については%CrctRTが50%以上の者32名を分析対象者とした. これらの経年変化について性別を変数に加えた2要因分散分析を実施した結果, 有意な主効果は認められなかった. また, 性別との交互作用も有意でないことが確かめられた. これらの結果から TS 課題のパフォーマンス(遂行機能)は全体的には顕著な経年変化はなく, この結果は性別の影響を受けないことが確認された.

次に日常的身体活動強度が認知パフォーマンスの経年変化を規定する要因であったかを重回帰分析により検討した(表4,5). %SwCrctお

	Men	(N=31)	Female	(N=32)	Total	(N=63)
	Mean	(SD)	Mean	(SD)	Mean	(SD)
Age (yr)	73.6	(5.4)	71.9	(5.7)	72.8	(5.6)
BMI	23.1	(2.3)	20.9	(2.8)	22	(2.8)
MMSE	28.7	(1.2)	28.9	(1.3)	28.8	(1.2)
3 month -average daily Physical activity indices			2 .			,,
Step counts (steps/day)	9331.1	(3969.1)	7773.7	(2409.5)	8540.0	(3337.9)
Duration of easy walking activity						
Intensity level 1 (min/day)	75.0	(22.5)	103.3	(24.3)	89.4	(27.3)
Intensity level 2 (min/day)	170.0	(51.7)	177.9	(43.8)	174.0	(47.6)
Intensity level 3 (min/day)	29.2	(17.7)	23.2	(14.5)	26.1	(16.3)
Duration of brisk walking activity						
Intensity level 4 (min/day)	25.5	(16.4)	22.1	(13.3)	23.8	(14.9)
Intensity level 5 (min/day)	7.4	(11.3)	6.1	(6.6)	6.7	(9.2)
Intensity level 6 (min/day)	2.3	(3.7)	6.4	(7.8)	4.4	(6.4)

表 1 Demographic information about subjects

表 2 The result of average correct response rates in the task-switch trial

	Male (N=31)			Female (N=32)				ANOVA				
	Baseline		Follow-up		Baseline		Follow-up		Time (Baseline vs Follow-up)		Interaction (Time x Sex)	
	Mean	(SD)	Mean	(SD)	Mean	(SD)	Mean	(SD)	F	p	F	p
% CrctRT (%)	***************************************						111 101101100					
Switch	58.6	(28.3)	63.8	(23.3)	60.1	(30.9)	58.5	(29.7)	0.84	0.36	2.90	0.09
Repeat	68.7	(23.9)	72.1	(19.1)	69.5	(23.6)	67.8	(23.4)	0.20	0.65	1.98	0.16

表 3 The result of average reaction times in the task-switch trial

	Male (N=17)				Female (N=15)				ANOVA				
	Baseline		Follow-up		Baseline		Follow-up		Time (Baseline vs Follow-up)		Interaction (Time x Sex)		
	Mean	(SD)	Mean	(SD)	Mean	(SD)	Mean	(SD)	F	p	F	p	
Reaction time (msec)													
Switch	597.3	(45.2)	605.7	(48.4)	596.7	(40.7)	599.8	(44.1)	1.44	0.24	0.32	0.58	
Repeat	539.4	(55.2)	547.0	(54.0)	550.1	(52.8)	560.4	(39.9)	2.76	0.11	0.06	0.80	
%SwRT (%)	11.1	(4.8)	11.0	(5.4)	8.9	(7.4)	7.2	(6.8)	0.77	0.39	0.68	0.42	

よび%SwRT それぞれの変化量(追跡調査値 - ベースライン値)を従属変数として,それらに影響を及ぼす身体活動パラメーターとして身体活動強度1,2,3,4,5,および6の活動時間を独立変数とし回帰モデルの検証を行った.その結果,%SwCrctを規定する要因として身体活動強度2の活動時間が有意な変数として検出された(表4).これは軽度身体活動量の少ない対象者ほど,認知パフォーマンスの正答率の加齢低下が著しいことを示している.一方,%SwRTに関しては身体活動強度6の活動時間が有意な変数として検出された(表5).つまり、中高強度身体活動

量の少ない対象者ほど、認知パフォーマンスの 処理速度の加齢低下が著しいことを示している.

#### 2.2 脳の機能状態と日常的身体活動

上記, 重回帰分析により比較的高強度の身体活動(例えば強度 6) の活動時間が認知パフォーマンス(特に, 処理速度)の経年変化を規定する要因であることが確かめられた. 次に, fMRI分析に基づき中程度以上の身体活動時間が及ぼす脳機能の経年変化への影響について検討した. 対象者 63 名のうちベースラインと追跡調査の両時点における MRI 測定データが存在する対象者

表 4 Multiple regression analysis with year related difference in %SwRT as the dependent variable

Predictors of year related difference in %SwRT	β	ρ	VIF
Age	.120	.552	1.291
Duration of easy walking activity in a day			
Intensity level 1	.306	.256	2.245
Intensity level 2	193	.421	1.800
Intensity level 3	166	.443	1.466
Duration of brisk walking activity in a day			
Intensity level 4	.395	.076	1.467
Intensity level 5	.032	.874	1.298
Intensity level 6	514	.021*	1.413

Variance Inflation Factor (VIF) was calculated to quantify the severity of multicollinearity in an ordinary least squares regression analysis

表 5 Multiple regression analysis with year related difference in %CrctRT as the dependent variable

Predictors of year related difference in %CrctRT	β	ρ	VIF
Age	.251	.076	1.294
Duration of easy walking activity in a day			
Intensity level 1	214	.162	1.534
Intensity level 2	.456	.006*	1.719
Intensity level 3	.183	.155	1.077
Duration of brisk walking activity in a day			
Intensity level 4	005	.969	1.281
Intensity level 5	172	.226	1.318
Intensity level 6	061	.678	1.436

Variance Inflation Factor (VIF) was calculated to quantify the severity of multicollinearity in an ordinary least squares regression analysis

21名について検討を実施した.まず対象者 21名の認知課題遂行に伴う平均的な脳賦活部位について検討を行った.その結果,若者と類似した脳領域(左補足運動野,右前頭前野背外側部,左頭頂連合野)に課題依存性の賦活が確かめられた(表6,図1A).次に中程度身体活動時間を基準に2部位で群分けをし,経年変化の有無について群毎に分析を行った.その結果,中等度身体活動時間の短い群においてベースライン時点よりも追跡調査時点に有意に強い賦活が左側頭葉領域に観察された(表7,図1B).しかしながら中等度身体活動の長い群では賦活状況に有意

な経年変化は認められなかった.

# 3. 考察

本研究は、日常的身体活動の強度が認知遂行機能の加齢変化に及ぼす影響について検討を実施した。2年間の縦断的検討を実施した結果、軽度身体活動時間の長さが認知パフォーマンスの正答率の経年変化を規定する要因として検出され、その活動時間が長い高齢者ほど認知パフォーマンスの正確性が保持されており加齢低下が少ない関係にあることが確認された。一方、認知パフォーマンスの処理速度の経年変化を規定す

表 6 Common activated brain regions of the young and old groups

		Young (N = 10)			0				
		Z value	Coo	rdination	s (mm)	Z value	Coc	rdinatio	ns (mm)
Brain region	Side	(Local Maxima)	X	У	Z	(Local Maxima)	) x	У	Z
IPL	L	4.69	-52	-30	36	6.87	-52	-30	46
MeFG	L	4.44	-6	. 6	. 52	7.14	-2	20	44
MiFG	R	4.47	42	10	56	7.02	46	30	22

Meanings of Abbreviations are shown as follows, IPL: Inferior Parietal Lobule, MePG: Medial Frontal Gyrus, MPG: Middle Frontal Gyrus

表 7 Brain regions which detected as significantly activated areas compared between the baseline and follow-up outcomes for each group

			Z value	Coordinations (mm)		
	Brain region	Side	(Local Maxima)	X	У	Z
Short Brisk Warking Group (N=11)	A P ( A P P P P P P P P P P P P P P P P				2 2 112 7	1 1
Follow-up > Baseline	IPL (BA40)	L	3.7	-64	-40	36
,	STG (BA39)	L	3.37	-62	-60	26
The South and the	STG (BA22)	L	3.37	-62	-60	18
HILL ANGLES DES VIN	MTG	L	3.29	-68	-4	-8
	a to the fine and a second		to the second			1 - 5 - 3 .
Baseline > Follow-up	ns	-	-	-		-
Long Brisk Warking Group (N=10)						
Follow-up > Baseline Baseline > Follow-up	ns	等模型	1 1 173	·, -, ,		. 77,
Baseline > Follow-up	ns	-	-	-	-	-

Meanings of Abbreviations are shown as follows: IPL: Inferior Parietal Lobule, STG: Superior Temporal Gyrus, MTG: Middle Temporal Gyrus, ns: no significant activated regions

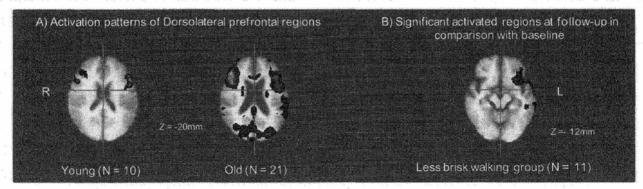


図1 Brain activation maps on study specific templates

Images A show activation patterns of dorsolateral prefrontal regions in both young and old groups. Image B shows the significantly activated regions at the follow-up in comparison with baseline in the less brisk walking group. Capital letters R and L indicate brain sides

る要因として、中程度以上の身体活動時間との 関係が検出された。そして、中程度以上の身体 活動が長い高齢者ほど追跡調査時点での認知処 理速度が保持されており加齢低下が少ないこと が確認された。以上の結果から、認知機能への 日常的身体活の効果は、活動強度によって全く 異なる意味を持つことが予想される。

近年、大規模疫学調査によって、高齢者の日常 的身体活動の有りようが認知機能低下予防に重 要な役割を果たしていること示されている。中で も、それほど高強度の運動習慣がなくても、歩行 や生活活動を中心とする日常的身体活動(ウォー キング、庭仕事、洗車など)が活発であること で軽度認知症および認知症の罹患率を低下させ るという報告がある<sup>6)</sup>、また、健常高齢者の日 常的身体活動の強度・量と認知機能を検討した 大規模疫学調査として、Weuve らの報告がある $^{7}$ ). 彼らは、運動消費量 3.75Mets・hour/week 相当以 上の身体活動習慣のある高齢者は、それ以下の 高齢者より認知機能が高いことを報告し、この 運動消費量をもとに、高齢者の認知機能低下予 防には、少なくとも軽めのウォーキングに相当 する活動(強度  $2.5 \sim 3$ Mets) を  $1 + 25 \sim 30$  分, 週3日行うことが必要であることを提案してい る、上記いずれの検討も、MMSEやウィクスラー 知能検査に代表されるような言語性および動作 性の神経心理学検査を用いている。これらの検 査は熟考型の問題解決を要求する. 先行研究で は軽度身体活動の習慣化とこのような課題特性 のある認知パフォーマンスの関連性が強いこと を示している. 本研究は対象とする認知機能と して遂行機能を検討した。これは行動実行・抑制、 注意、記憶、問題解決などの高次脳機能を包括 した機能として知られている<sup>8)</sup>. 従って. 本課 題において正答率が高いということは、判断の 速さ(反応時間)は別として、課題を理解・記 憶し, 問題を正しく解決するという<br />
一連の熟考 型の認知処理が有効に機能していることを意味する. したがって, 本研究で得られた認知課題の正答率と軽度身体活動時間との関係は先行研究を支持するものと考えられる.

一方. 興味深いことに認知課題処理速度と身 体活動との関係では、身体活動強度6との関係 が検出された. この強度をMETs に換算すると およそ 5METs となり、これは中等度以上(ウォー キング)の活動を意味する.したがって.認知 処理速度の加齢低下を予防するためには、比較 的強度の高いある一定強度以上の活動時間を日 常に取り入れる必要があるのかもしれない. 運 動トレーニングが認知機能に及ぼす影響を検討 した研究では、比較的高強度(運動強度60%以上) のウォーキングを週に3日実施させた結果. 認 知処理速度に有意な改善が認められたことが報 告されている 4,19,20). fMRI を用いた認知神経科 学的検討では、ウォーキングなどの有酸素トレー ニングは高次脳神経領域の課題依存的なネット ワーク間の頑健性や同期性を高め、認知課題遂 行(処理速度)の効率性に繋がることが報告さ れている<sup>19)</sup>.

本研究では、MRIを用いて上記の内容に関連した認知神経科学的妥当性を検証した。まず同様の認知課題を実施させた場合の脳賦活状況について若者10名と高齢者21名の平均賦活パターンを比較した結果、両群とも類似した脳領域に賦活があることが確かめられた。これらは右前頭前野背外側部、左補足運動野および左頭頂連合野であり、いずれも課題依存性の賦活であることが知られている<sup>15,16)</sup>.しかしながら、若者に比べて高齢者では、それらの活動強度は強くまた広範囲にわたっていることが認められた。この結果は、加齢に伴う神経領域の萎縮によって、課題遂行のために補完的な神経活動が顕著になるためと解釈されている<sup>21,22)</sup>.次に、中等度身体活動時間を基準に対象者21名を2群に分け、

上記課題依存性の神経活動について経年変化を 検討した. ベースラインと追跡調査で得られた fMRI 画像を統計的に比較分析した結果. 比較的 身体活動の高い群には有意な経年変化は認めら れなかったものの、低い群において興味深い結 果が観察された。身体活動の低い群では、2年後 に同様の課題を実施した結果, 前頭葉領域以外 の左側頭葉においても顕著な賦活が現れていた ことが確認された. 左側頭葉は主に言語. 計算. 理論的思考に係わる領域して知られている。こ のことから低身体活動群は前回と比較してより 多くの処理活動(補完的活動)を介して課題を 遂行していた可能性が考えられる. これは前頭 葉領域の機能低下に由来する結果かもしれない. いずれにしても、高身体活動群にはそのような 経年変化は認められなかったことから、中等度 以上の活動習慣が脳神経系を取り巻く環境を良 好に保ち加齢低下の予防に貢献したものと推察 される.

#### 4. まとめ

本研究は、日常的身体活動の強度が及ぼす認 知機能への影響について検討した. その結果. 軽度身体活動の時間が認知課題パフォーマンス の正確性の経年変化を規定する要因であること が確認された. これに関しては、身体活動とい うよりはそれに付随する行動範囲の広さが他者 とのコミュニケーションや問題解決の機会を広 げた結果かもしれない. 社会心理学的要因につ いて精査をして検討を進める必要がある. また, 興味深い結果として. 中強度身体活動時間と認 知課題処理速度の経年変化との関係が認められ た. さらに fMRI の検討においては、中等度身体 活動時間の短い群で認知課題遂行に伴う補完的 な賦活が顕著に認められた. しかしながら. こ れらの加齢変化は中等度身体活動時間の長い群 では認められなかった. この結果から、中等度 身体活動の習慣化が認知課題の処理速度の保持 に有効であるものと考えられる.

現時点では、十分な対象者数の分析結果が揃っておらず明確な結論には至れない。今後、継続的に検討行い妥当性のある検証結果を発表することとし、ここに研究成果を報告する。

### 謝辞

本研究事業に参加し快く協力をしてくださった対象者の皆様に心から感謝いたします。また、本研究補助員に感謝の意を表します。特に、MRI 撮像では深い知識と十分な経験を持つ字野富徳研究補助員に大変助けて頂きました。MRI 使用と分析では東京電機大先端工学研究所 王力群講師に多大なるご協力を賜りました。この場をお借りして感謝を申し上げます。最後に、本研究事業についてご理解とご支援をいただきました「公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団」に厚く御礼申し上げます。

#### ケ 献

- Bozoki A., Giordani B., Heidebrink J., Berent S., Foster N., Mild Cognitive Impairments Predict Dementia in Nondemented Elderly Patients With Memory Loss. Archives of neurology., 58(3): 411-416(2001)
- Baker L.D., Frank L.L., Foster-Schubert K., Green P.S., Wilkinson C.W., McTiernan A., et al., Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: a controlled trial. *Archives of neurology*, 67:71-79 (2010)
- Cassilhas R.C., Viana V.A., Grassmann V., Santos R.T., Santos R.F., Tufik S., et al., The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39:1401-1407(2007)
- Kramer A.F., Hahn S., Cohen N.J., Banich M.T., McAuley E., Harrison C.R., et al., Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, 400:418-419 (1999)
- 5) Tierney M.C., Moineddin R., Morra A., Manson

- J., Blake J., Intensity of Recreational Physical Activity throughout Life and Later Life Cognitive Functioning in Women. *Journal of Alzheimer's Disease*. (2010)
- Laurin D., Verreault R., Lindsay J., MacPherson K., Rockwood K., Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. Archives of neurology, 58:498-504 (2001)
- Weuve J., Kang J.H., Manson J.E., Breteler M.M., Ware J.H., Grodstein F., Physical activity, including walking, and cognitive function in older women. *Jama.*, 292:1454-1461 (2004)
- 8) Alvarez J.A., Emory E., Executive function and the frontal lobes: a meta-analytic review. Neuropsychology review, 16:17-42 (2006)
- Verhaeghen P., Cerella J., Aging, executive control, and attention: a review of meta-analyses. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 26:849-857 (2002)
- Cepeda N.J., Kramer A.F., Gonzalez de Sather J.C., Changes in executive control across the life span: examination of task-switching performance. *Developmental psychology*, 37:715-730 (2001)
- 11) Carlson M.C., Fried L.P., Xue Q.L., Bandeen-Roche K., Zeger S.L., Brandt J., Association between executive attention and physical functional performance in community-dwelling older women. The Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 54:S262-S270 (1999)
- Sarter M., Turchi J., Age- and dementia-associated impairments in divided attention: psychological constructs, animal models, and underlying neuronal mechanisms. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 13:46-58(2002)
- 13) Davidson M.C., Amso D., Anderson L.C., Diamond A., Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. Neuropsychologia, 44:2037-2078 (2006)
- 14) Friedman D., Nessler D., Johnson R., Jr., Ritter W., Bersick M., Age-Related Changes in

- Executive Function: An Event-Related Potential (ERP) Investigation of Task-Switching. Aging, *Neuropsychology, and Cognition*, **15**:95-128 (2008)
- 15) DiGirolamo G.J., Kramer A.F., Barad V., Cepeda N.J., Weissman D.H., Milham M.P., et al., General and task-specific frontal lobe recruitment in older adults during executive processes: a fMRI investigation of task-switching. *Neuroreport*, 12:2065-2071 (2001)
- 16) Dove A., Pollmann S., Schubert T., Wiggins C.J., von Cramon D.Y., Prefrontal cortex activation in task switching: An event-related fMRI study. Cognitive Brain Research, 9:103-109 (2000)
- 17) 木村憲, 安永明智, 王力群. 認知機能保持・改善に有効は身体活動量・強度の検討 認知神経科学的検証と再現性の検討 東京電機大学先端工学研究所ハイテク・リサーチ・センター研究成果報告書, 75-78(2011)
- 18) 安永明智, 木村憲. 高齢者の認知機能と運動・身体活動の関係—前向き研究による検討—.(財) 明治安田厚生事業団第 25回健康医科学研究助成論文集, 25:129-136(2010)
- 19) Voss M.W., Prakash R.S., Erickson K.I., Basak C., Chaddock L., Kim J.S., et al., Plasticity of brain networks in a randomized intervention trial of exercise training in older adults. Frontiers in aging neuroscience, 2:1-17 (2010)
- 20) Colcombe S.J., Kramer A.F., Erickson K.I., Scalf P., McAuley E., Cohen N.J., et al., Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of* the National Academy of Sciences of the United States of America, 101:3316-3321 (2004)
- 21) Milham M.P., Erickson K.I., Banich M.T., Kramer A.F., Webb A., Wszalek T., et al., Attentional control in the aging brain: insights from an fMRI study of the stroop task. *Brain and cognition*, 49:277-296 (2002)
- 22) Lee T.M., Zhang J.X., Chan C.C., Yuen K.S., Chu L.W., Cheung R.T., et al., Age-related differences in response regulation as revealed by functional MRI. *Brain research*, 1076:171-176 (2006)