

スポーツ競技者と非競技者の視空間認知課題パフォーマンスの違い

東浦拓郎・西平賀昭

Differences in visuo-spatial cognitive task performance between athletes and non-athletes.

HIGASHIURA Takuro, NISHIHIRA Yoshiaki

【緒言】

視空間認知機能とは視覚情報（例えばボールなど）の空間的位置やその変化を認識する高次脳機能である。これは日常生活だけではなく、スポーツ競技、特に刻々と変化する周囲の環境に対応しなければならないオープンスキルの種目では競技パフォーマンスを左右する一因となる重要な機能である。したがって、スポーツ競技者の視空間認知機能の特徴を検討することは、体育・スポーツ科学分野において意義深いものと考えられる。

視空間認知機能の測定には、視空間認知課題時の反応時間（reaction time : RT）や成功率などの行動指標が用いられている。RTは刺激提示から反応出力までに要する時間であり、脳内で行われる一連の情報処理過程の時間的側面を反映する。また、成功率からは課題遂行の正確性を評価することができる。Kida et al.⁴⁾は非競技者、テニス競技者、野球競技者を対象に野球の打撃場面を想定した視空間認知課題を実施し、その際の反応時間をグループ間および競技レベル間で比較した。その結果、野球競技者は非競技者およびテニス競技者に比べてRTが短く、さらに野球競技者の中でも競技レベルの高い者は低い者に比べてRTが短いことを報告した。さらに、Nakamoto and Mori⁵⁾も野球競技者は野球の打撃場面を想定した視空間認知課題においてのみ選択的にRTが短くなることを示唆している。上記のように競技種目特異的な視空間認知機能の変化が認められている一方で、視空間認知機能は日常の身体活動量によっても影響を受けることが示唆されている³⁾。また、

12週間の有酸素運動により歯状回の血液量（cerebral blood volume : CBV）が増加し、記憶学習課題のパフォーマンスが向上することもヒトにおいて確認されている⁶⁾。歯状回のCBVの増加は神経新生や血管新生と相関関係にあることが示されており⁶⁾、さらに歯状回の神経新生は視空間認知機能の維持に関わることが動物実験において示唆されている²⁾。したがって、スポーツ競技者における視空間認知機能の向上には長期間にわたる視覚運動スキルのトレーニングと身体活動量の増加が関与していると考えられるが、その詳細に関しては明らかにされていない。

そこで、本研究は非競技者、バレーボール競技者、陸上跳躍競技者を対象に視空間認知課題を実施し、長期運動トレーニングが視空間認知機能に及ぼす影響を検討した。我々は身体活動量の違いから非競技者に比べて両競技者の視空間認知課題のRTが短く、さらに競技種目特性として視覚運動スキルのトレーニングが日々の練習内容に含まれているバレーボール選手が陸上跳躍競技者に比べてRTが短いという仮説を立てた。

【方法】

1. 参加者

参加者は右利きの健康な大学生55名で、非競技者群、バレーボール競技者群、陸上競技者群に分けられた。Table 1には参加者の特徴を示す。すべての参加者に対して、事前に実験の目的、方法などを詳細に説明し、実験参加の同意書を得た。また、本実験のプロトコルは筑波

Table 1. Participant characteristics.

	Sedentary		Volleyball player		Jumper	
	All (n = 19)		All (n=17)		All (n=19)	
	Male (n = 10)	Female (n = 9)	Male (n = 11)	Female (n = 6)	Male (n = 9)	Female (n = 10)
Age (years)	20.5 ± 1.3		20.8 ± 1.1		19.7 ± 1.3	
	20.2 ± 1.4	20.9 ± 1.3	20.7 ± 1.3	20.8 ± 0.4	19.9 ± 1.2	19.6 ± 1.4
Height (cm)	165.1 ± 11.5		179.9 ± 10.3		169.2 ± 8.9	
	173.3 ± 8.2	155.9 ± 6.7	186.1 ± 7.5	169.7 ± 4.1	176 ± 5.2	163.1 ± 6.7
Weight (kg)	54.4 ± 9.0		74.0 ± 12.2		60.3 ± 8.5	
	60.8 ± 7.0	47.3 ± 4.2	80.0 ± 10.7	64.0 ± 7.1	68.0 ± 4.3	53.4 ± 3.8
Body mass Index	19.9 ± 1.6		22.7 ± 1.7		20.9 ± 1.5	
	20.3 ± 2.1	19.4 ± 0.9	23.0 ± 1.8	22.2 ± 1.6	21.7 ± 1.2	20.1 ± 1.2
Carreer (years)	—		10.6 ± 1.8		9.4 ± 2.6	
	—	—	9.8 ± 0.8	11.8 ± 2.3	8.9 ± 2.7	9.8 ± 2.6

Mean ± SD

大学人間総合科学研究科研究倫理委員会の承認を得て実施された。

2. 手順

参加者が実験室に来室した際、まず体重測定を行った。その後、参加者は椅子に座り参加者の特徴(表1)に関するアンケートを記入した。実験は23-25度に空調されたシールドルーム内で実施し、参加者には安楽椅子に座位姿勢で安静を保つよう指示した。参加者に視空間認知課題の説明を行った後、ボタンを右手に持たせた。視空間認知課題は合計4課題実施し、課題遂行時に得られるRTと成功率を測定した。なお、各課題を行う前には12試行の練習試行を設けた。

3. 視空間認知課題

参加者の眼前1.25mにモニター(背景色:黒)を設置し、その中央に白色の注視点(+)を、注視点の上下に合計12個の白枠の正方形(□)を3列×4段に配置して呈示した。12個の正方形のうちランダムで指定された2個[認知負荷量(小)]または6個[認知負荷量(大)]の四角形を標的的刺激とし、残りの四角形を非標的

刺激とした。課題特性を操作するため、課題遂行中に標的的刺激に対して黄色の手がかり刺激をつける課題(視空間弁別課題)と事前に標的刺激的の位置を記憶させ、課題遂行中に手がかり刺激をつけない課題(視空間記憶課題)を設けた。なお、課題中は12個の四角形のうち1個の四角形を赤色に点灯させ(持続時間:500msec)、標的的刺激と非標的的刺激は5:5の確率でランダムに呈示した。参加者は、標的的刺激に対して素早くかつ正確に右手の母指でボタン押し反応を行うよう指示された。試行数は標的的刺激、非標的的刺激各60回とした。刺激間隔は1500msec-2500msecでランダムとした。各課題の遂行時間は約4分間であった。

【結果】

1. 成功率

成功率は課題(視空間弁別課題・視空間記憶課題)×認知負荷量(小・大)[$F(1, 52) = 4.16$, $p = 0.047$]に交互作用が認められ、視空間弁別課題(大)に比べて視空間記憶課題(大)で、視空間記憶課題(小)に比べて視空間記憶課題(大)で成功率が低下した(Fig. 1)。

2. RT

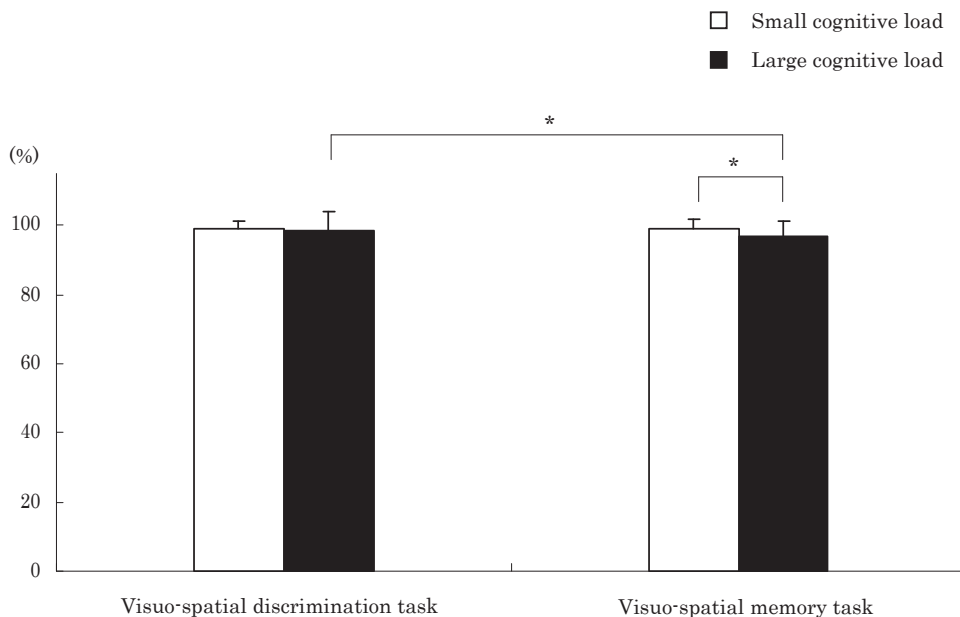
RTには群（非競技者群・バレーボール競技者群・陸上跳躍選手群）×課題×認知負荷量 [F(2, 52) = 3.48, p = 0.038] に交互作用が認められ、視空間弁別課題（小）におけるRTはバレーボール競技者群が非競技者群に比べ有意に短く、視空間弁別課題（大）においては陸上跳躍競技者群が非競技者群に比べ有意に短かった（Table 2）。また、視空間記憶課題（小）においては非競技者に比べて両競技者群でRTが短い傾向にあった（バレーボール競技者群：p = 0.051、陸上跳躍群：p = 0.066）。なお、いずれの群においても認知負荷量の増大に伴い反応時間が遅延し、さらに視空間弁別課題（大）に比べて視空間記憶課題（大）で反応時間が遅延した（Table 2）。

【考察】

成功率は課題遂行に対する正確性を反映する。また、RTは刺激の評価、反応選択、反応遂行など、刺激が入力されてから出力に至るまでのすべての処理段階を含み¹⁾、脳内での情報

処理時間を推測することができる指標である。本研究では認知負荷量の増加に伴い成功率の減少やRTの延長が認められた（Fig. 1とTable 2）。また、認知負荷量大きい際に視空間弁別課題に比べ視空間記憶課題で成功率の減少およびRTの延長が認められた（Fig. 1とTable 2）。認知負荷量の増加は刺激に対する注意処理資源量を分散させる。また、視空間弁別課題では視覚刺激の空間的弁別を行うが、視空間記憶課題ではそれに加えて記憶の保持・照合を行わなければならない。したがって、認知負荷量の増加や視空間記憶課題（大）における成功率の減少、反応時間の延長は課題困難性に関連したものと考えられる。

群間比較に関して、成功率では各群に差がみられなかったが、RTは視空間弁別課題（小）においてバレーボール競技者群が非競技者群に比べ有意に短く、視空間弁別課題（大）においては陸上跳躍競技者群が非競技者群に比べ有意に短かった（Table 2）。また、視空間記憶課題（小）においては非競技者に比べて両競技者群でRTが短い傾向にあった（バレーボール競技者群：



* p<0.05

Fig. 1. Mean correct rate for each visuo-spatial cognitive task in all participants.

Bars represent means (SD).

Table 2. Mean RT for each visuo-spatial cognitive task in each group.

	Sedentary (n = 19)	Volleyball player (n = 17)	Jumper (n = 19)
Visuo-spatial discrimination task (Small cognitive load)	438.0 ± 77.9 ^c	386.2 ± 37.8 ^{a, c}	404.2 ± 58.9 ^c
Visuo-spatial discrimination task (Large cognitive load)	463.4 ± 68.6 ^d	423.6 ± 46.4 ^d	419.3 ± 44.5 ^{b, d}
Visuo-spatial memory task (Small cognitive load)	439.5 ± 80.7 ^c	389.8 ± 46.3 ^c	395.2 ± 52.9 ^c
Visuo-spatial memory task (Large cognitive load)	494.5 ± 79.8	450.3 ± 51.1	473.4 ± 64.8

Mean ± SD

^a p<0.05; Volleyball player vs. Sedentary^b p<0.05; Jumper vs. Sedentary^c p<0.05; Small cognitive load vs. Large cognitive load^d p<0.05; Visuo-discrimination task vs. Visuo-spatial memory task

p = 0.051、陸上跳躍群 : p = 0.066)。傾向差ではあるが、視空間記憶課題（小）の結果から、長期間にわたり日常の身体活動量を高水準に保つことで、視空間記憶課題のパフォーマンスが高まることが示唆される。このことは視空間認知機能が日常の身体活動量の影響を受けるといふ先行研究²⁾を支持するものである。また、それを説明するメカニズムの一つとして、身体活動量の増大に伴う歯状回のCBV、神経や血管新生の増加⁶⁾などの関与が考えられる。

しかしながら、本研究の仮説の一つとして、視覚運動スキルのトレーニングが日々の練習内容に含まれているバレーボール競技者は陸上跳躍競技者に比べてRTが短いと想定していたが、仮説とは異なる結果が得られた。その理由としては本研究で用いた視空間認知課題と競技種目特性に関連するかもしれない。本研究において、視空間認知課題はモニター中央の注視点に視線を合わせ、標的・非標的の刺激となる合計12個の正方形を周辺視野で捉えるよう参加者に指示した。実際のバレーボール競技においては、ボールを中心視野で捉えて視空間認知を行う。一方、陸上跳躍競技においては、踏み切り板までの距離を示す助走マーカーや踏み切り位置を助走中

に周辺視野で捉える。したがって、本研究で用いた視空間認知課題は競技種目特性によるRTの違いを報告した先行研究^{4), 5)}に比べてバレーボール競技場面を直接的に反映していなかったため、バレーボール競技特有の視覚運動スキルを検出できなかった可能性が考えられる。実際のスポーツ競技場面を極力反映する視空間認知課題を用いて検討することは今後の課題である。

【文献】

- 1) Doucet C, and Stelmack RM (1999) : The effect of response execution on P3 latency, reaction time, and movement time. *Psychophysiology* 36, 351-363.
- 2) Imayoshi I, Sakamoto M, Ohtsuka T, Takao K, Miyakawa T, Yamaguchi M, Mori K, Ikeda T, Itohara S, and Kageyama R (2008) : Roles of continuous neurogenesis in the structural and functional integrity of the adult forebrain. *Nature Neuroscience* 11: 1153-1161.
- 3) Kamijo K, and Takeda Y (2009) : General physical activity levels influence positive and negative priming effects in young adults. *Clinical Neurophysiology* 120: 511-519.

- 4) Kida N, Oda S, Matsumura M (2005) : Intensive baseball practice improves the Go/Nogo reaction time, but not the simple reaction time. *Cognitive Brain Research* 22: 257-264.
- 5) Nakamoto H, and Mori S (2008) : Effects of stimulus-response compatibility in mediating expert performance in baseball players. *Brain Research* 1189: 179-188.
- 6) Pereira AC, Huddleston DE, Brickman AM, Sosunov AA, Hen R, McKhann GM, Sloan R, Gage FH, Brown TR, and Small SA (2007) : An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104: 5638-5643.