

■論 文

バドミントンにおけるオーバーヘッドストロークの予測能力に関する研究

邵 建雄*¹
金謙 樹*²
豊島 進太郎*³
湯 海鵬*⁴

A Study on Anticipation Ability of Overhead Stroke in Badminton

Jian-xiong SHAO
Itsuki KANAOKI
Shintaro TOYOSHIMA
Hai-peng TANG

キーワード：予測能力，バドミントン，ストローク，予測時点，予測正確率

1. はじめに

動物の行動は、感覚器を経て入手される外界の情報が行動の基盤となる。入手した情報は中枢において総合的に判断され、行動目的に最適な条件を割り出し実行へ移す。最適条件の割り出しは、過去の学習による情報の蓄積量によって異なり、情報入手経験の量が行動の評価に反映されよう。

人間が行う運動は、楽しさ、面白さの繰り返しによって学習経験が積み重ねられ、その学習量に比例して巧みさの程度に差が現れる。スポーツにおける巧拙の一つは、相手側の次なる行動の意図を何らかの手がかりによって認知、判断し、少しでも早く行動することによって決まる。この場合、認知された情報に基づく高精度の判断が必須の条件となる。したがって、相手の動きが早く、あるいは、強い動作によって打ち出されたボール速度が速

い場合は、相手の行動意図が読み切れず対応動作に遅れをとり、ポイントを失うこととなる。

スポーツにおける予測能力の重要性は多く認識されているが、それに関する報告はまだ少ない。張ほか (2008) は、サッカー熟練者と非熟練者において、競技経験の短い初心者と経験の長い熟練者との違いが見られ、また予測能力と競技経験との関連性も指摘されている。

武田ほか (2004) は、反応時間の計測手法を用いて、熟練レベルの異なる2群の被験者 (15名) を対象に、テニスのサービスにおける予測時期、予測の正確性、効果的な手がかりを熟練レベル別に検討した。その結果、①熟練レベルによるサービスの予測正確性及び予測時期の差は、コース予測、球種予測ともに認められなかった。②球種予測には見受けられなかったが、コース予測においては、予測正確性と予測時期のトレードオフが成立した。また、③コースの予測に有効な手がかりはボール、ラケット及び腕であることが報告された。

*1 愛知県立大学大学院人間発達学研究科博士後期課程在籍 *2 名古屋大学非常勤講師 *3 東海学園大学スポーツ健康科学部 *4 愛知県立大学教育福祉学部

バドミントン競技は、ラケットを持って、羽で作られたシャトルを打ち合うのであるが、軽いシャトルと軽いラケットに貼り付けられた強い弾力性のスプリングにより、打ち出されるシャトルの速度は速い。これまでの測定によると、スマッシュされたシャトルの最高初速は421km/h（石井，2011）であると言われている。このことは、プレーヤーは相手にシャトルを打ち返すために、より早くより正確に相手の情報を読み取り、対応動作に備えなければうまく打ち返すことはできないかと思われる。このように、打者の行動意図を読み取る予測能力とも言うべき技術力は勝敗に大きく影響するであろう。

これまでのバドミントンに関する研究は、主にハイスピードカメラによる動作解析であった。湯ほか（1993，1994，1995，1996）は映像解析法を用いて、スマッシュにおける前腕、上腕及び手関節の動作に対して、動作の構造、各関節の動作順位及び関節角度の動作範囲などを明らかにした。

一方、バドミントンの予測に関する報告が少なく、予測のメカニズムや予測根拠についての報告がほとんど見当たらなかった。

石井（2011）の研究では、大学に所属するバドミントン部男子選手2名を対象とし、2台のハイビジョンビデオカメラ及びハイスピードカメラにより三種類のオーバーヘッドストローク（ハイクリア、スマッシュ、カット）を撮影し、その映像から三次元分析を行い、1）頭頂点の高さ変化、2）右肘角度変化、3）ラケット及び身体各部の速度変化は主の手首速度の変化において動作の違いを比較検討した。結果として、インパクトの0.4秒前には三種類のオーバーヘッドストロークのいくつかの違いが現れ始め、0.1秒前では比較的多くの情報を得られることが分かった。また身体各部位の速度からはインパクト時に比較的顕著な差が出ているが、それ以前の情報からは、ほぼ0.1秒前からわずかな手首速度の変化を見極めるしかないことが分かった。

吹田ほか（2007）の研究では、国内女子トップ選手を対象にビデオ撮影を行い、実験用フィルムを作成した。そのフィルムを用いて、T大学バドミントン部女子選手7名を被験者として、以下の手順で計測を行った。まず、被験者をパフォーマンスのレベル別に3群に分け、その後、ランダムに配置された実験用フィルムを見せ、

ストロークのコースとして該当しないと判断される空間に対して、記録用紙に×印を記入させた。その結果、パフォーマンス上位群は、下位群と比較して①予測に積極的であること、②判断のタイミングが早く、より早い段階で予測するための情報の抽出能力に優れていることを報告した。

Abernethyほか（1987）の研究では、バドミントン競技における15人の熟練者と16人の非熟練者を対象に、時間的遮蔽手法を用いた実験が行われ、その結果から、熟練者は非熟練者より予測正確性が高いことが明らかにされた。

以上のように、スポーツにおける予測に関する精密な計測とその発達過程に関する研究はまだ少ない。バドミントンにおいては、予測に関する研究はさらに少なく、相手から打ち出された球種についての予測を課題にした研究や、その予測正確率や予測時点などについての測定の報告などは、ほとんど見当たらなかった。

そこで本研究では、プレーヤーから打ち出されたバドミントンのオーバーヘッドストロークを、異なる熟練レベルのプレーヤーに予測させ、その予測の精度や時点を算出することで、バドミントンにおける予測正確率、予測時点及び発達過程を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

本研究の研究方法は、二つのプロセスで構成されている。一つ目は、ハイスピードカメラを用いて、シャトルを打つ被験者の動きを撮影し、その映像を構える姿勢からインパクト後まで編集し、呈示用映像とした。二つ目は、その呈示用映像を予測する被験者に呈示し、予測させ、予測正確率と予測時間を計測した。

2.1 被験者

予測する被験者は、大学生、大学のバドミントンサークル部員及び市民バドミントンクラブメンバーの計28名（表1）で構成されている。それらの被験者を熟練度によって、5段階の熟練レベルに分け、計測を行った。

打つ被験者5名（表2）は、ノックされたシャトルをハイクリアショット（以下はハイクリア）或いはドロップ

表1 予測する被験者の身体的特徴と熟練レベル

熟練レベル	熟練レベルの定義	人数 n	年齢 years	身長 m	バドミントン歴 years
Lv5	大学サークル或いは一般市民クラブの上級者	6	30.5	1.79	13.6
Lv4	大学サークル或いは一般市民クラブの中級者	6	38.3	1.70	11.1
Lv3	大学サークル或いは一般市民クラブの初級者	4	28.8	1.69	6.5
Lv2	バドミントンで遊んだ程度の初心者	5	22.0	1.67	1.2
Lv1	バドミントンの経験がほとんどない未経験者	7	22.0	1.69	0.4
計		28	28.3	1.71	6.2

表2 打つ被験者の身体的特徴、熟練レベル及び試技内容

打つ被験者の 熟練レベル	年齢 years	身長 m	種類	回数
Lv5 (男性1人)	55	1.78	ハイクリア ドロップ	1回 2回
Lv4 (男性3人)	38	1.69	ハイクリア ドロップ	5回 4回
Lv3 (女性1人)	54	1.64	ハイクリア ドロップ	2回 2回
計 5人	44.6	1.70		16回

プッシュ（以下はドロップ）で打ち出す役割である。

2.2 呈示用映像の作成

予測のために呈示する映像を撮影するために、被験者及び機材は図1のように配置した。ノッカーから出されたハイクリアに対し、打つ被験者の打ち返す動作を高速カメラ（株式会社朋楽社製 Variable Framerate Camera VFC-1000）を用いて撮影した。撮影のフレームレートとシャッター速度はそれぞれ125f/sと1/500秒であった。次に、撮影した映像をコンピュータに取り込み、打つ被験者が構える姿勢からインパクト直後（シャトルがネットを越える）までの映像を編集した。

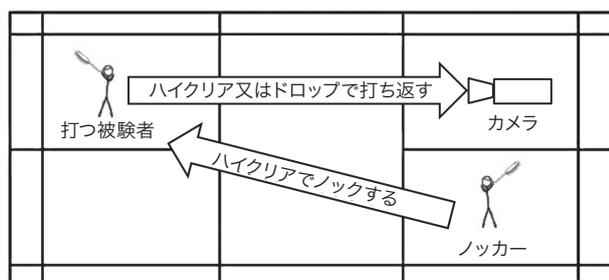


図1 ハイスピードカメラの設置位置と被験者の位置

2.3 反応時間及び操作時間の計測

予測する各被験者には、モニターから約0.5メートルのところ座らせ、レシーバーの視点から、呈示用映像を見せ予測させた。なお、5名の打つ被験者から打ち出されたハイクリアとドロップの2種類のオーバーヘッドストロークに対する予測を早くかつ正確に行うよう指示した。各被験者は、映像を見て予測が出来たら、ボタン（キーボードのスペースキー）を押し（誤差を減らすため、常に指をスペースキーの上に乗せるよう指示した）、球種を回答することとした。

ヒトの目の時間分解能力は約50ms~100ms（10~20f/s）程度と言われている。本実験において予測時点をより高い精度を取るため、125f/sで撮影した呈示用映像は15f/sでのスピードで再生した。

被験者により、映像を判断してからキーを押すまでの操作時間に差があることを配慮し、この操作時間を反応時間から除去することにした。その方法は反応時間の測定と同じように、モニター前に座らせ、操作時間測定用映像を用いて、赤い画面が見えたら、ボタン（キーボードのスペースキー）を押すという作業を行わせ、赤い画面の出現からキーが押されるまでの時間を測定した。こ

れを各予測する被験者の操作時間とし、3回の測定を行い、その平均値を求めた。

2.4 予測時点の定義と算出

インパクト時点：シャトルがラケットに接触する時点。本研究はインパクト時点を基準の0.000秒とし、それ以前であればプラス、それ以後であればマイナスとして定義する。

反応時点：予測する被験者が提示用映像を観察する際、球種の種類の予測ができ、ボタンが押された時点。

操作時間：予測する被験者が操作時間測定用映像を観察する際、赤い画面が出現してからボタンを押すまでにかかった時間。

予測時点：反応時点から操作時間を引いた時点。

以上のように予測時点を算出することとした。算出されたデータについては統計処理を行い、有意差を検定した。なお、有意差検定は、対応のある2群の平均値の検定（Welch法のt検定、片側）方法を用いた。

3. 結果

本実験は28名の予測する被験者につき16個の映像に対する予測を行い合計448組の予測正確率と予測時点の値がえられた（表3）。

3.1 全熟練レベルの予測時点と予測正確率

全熟練レベルにおける球種別の予測正確率及び予測時点の平均値と標準偏差を表3に示した。ハイクリアとドロップの予測正確率は、それぞれ85.27%、75.89%であ

り、いずれの球種に対しても予測正確率は50%以上であった。また、ハイクリアに対する予測正確率はドロップより9.38%高い値を示し、そのばらつきも小さいものであった。

一方、インパクト時点を基準時点として見ると、インパクト時点より遅い時点での予測は全データの約2%にとどまり、その予測正確率は11.11%であった。

表3に示すように、ハイクリアとドロップの予測時点は、それぞれ0.200秒、0.225秒であり、ハイクリアに対する予測時点は0.200秒、ドロップは0.225秒と、いずれの球種に対しても、その予測時点はインパクト時点より約0.2秒早かった。また、ハイクリアに対する予測時点はドロップより0.025秒遅い値を示した。

一方、インパクト時点を基準時点としてみると、インパクト時点より遅い時点での予測したデータ数の割合は、全データ数に対し、ハイクリアが2.24%、ドロップが1.78%であり、これらはインパクト時点から0.072秒内（平均値0.0276秒）であった。

3.2 予測正確率

各熟練レベルにおける球種別の予測正確率及び予測時点の平均値と標準偏差は表4に示した。各熟練レベルにおける球種別の予測正確率の有意差の有無は表5に示した。

表4が示す通り、ハイクリアの予測正確率については熟練Lv2が75%で一番低く、Lv3が93.75%で一番高かった。各熟練レベルに差異が見られたが、有意的な差は認められなかった。一方、ドロップにおける予測正確率は、熟練レベルの低いLv1とLv2が約60%であったが、Lv3以上の熟練レベルでは、熟練レベルの向上に伴って

表3 全熟練レベルにおける予測正確率と予測時点

データ種類	球種	全予測			インパクトより遅い予測			インパクトより早い予測		
		データ数	平均値	SD	データ数	平均値	SD	データ数	平均値	SD
予測正確率	ハイクリア	224	85.27%	0.355	5	0.00%	0.000	219	87.21%	0.335
	ドロップ	224	75.89%	0.429	4	25.00%	0.500	220	76.82%	0.423
予測時点	ハイクリア	223	0.200	0.246	5	-0.027	0.0256	218	0.205	0.246
	ドロップ	224	0.225	0.278	4	-0.028	0.0190	220	0.230	0.278

表4 熟練レベル別における予測正確率と予測時点の平均値と標準偏差

		Lv1	Lv2	Lv3	Lv4	Lv5
予測正確率 (SD)	ハイクリア	85.71% (0.15)	75.00% (0.17)	93.75% (0.11)	85.41% (0.22)	87.50% (0.11)
	ドロップ	66.07% (0.20)	60.00% (0.23)	75.00% (0.13)	81.25% (0.18)	95.83% (0.07)
	m	0.771	0.800	0.800	0.951	1.095
予測時点 (SD)	ハイクリア	0.313 (0.05)	0.250 (0.07)	0.116 (0.01)	0.136 (0.02)	0.141 (0.03)
	ドロップ	0.347 (0.06)	0.324 (0.09)	0.139 (0.03)	0.136 (0.05)	0.145 (0.02)
	M	1.109	1.293	1.195	1.001	1.026

表5 熟練レベル・球種別の有意差

熟練レベル	予測正確率						予測時点				
	Lv1	Lv2	Lv3	Lv4	Lv5		Lv1	Lv2	Lv3	Lv4	Lv5
Lv1						Lv1		*	**	**	**
Lv2						Lv2			**	*	**
Lv3						Lv3	**	**			*
Lv4		*				Lv4	**	**			
Lv5	**	**	**	*		Lv5	**	**			

ドロップに対する予測
 ハイクリアに対する予測

p : 片側
 ** : $p < 0.01$ * : $p < 0.05$

増大する傾向が見られ、Lv5が最高の95.83%であった。また熟練レベルの高いLv5と他のそれぞれの熟練レベル、Lv4とLv2の間に、有意な差異が認められた。標準偏差については、ハイクリアとドロップともに、熟練レベルの高い者が小さい値を示す傾向が見られた。

ハイクリアとドロップの予測正確率を比較すると、Lv1、Lv2及びLv3は、ハイクリアの予測正確率がドロップの予測正確率より約20%も高かった。その後、Lv4からはその差が小さくなり、Lv5は逆にドロップの予測正確率が高くなる結果となった。

3.3 予測時点

表4が示す通り、ハイクリアの予測時点において、熟練レベルの低いLv1、Lv2は、インパクト前0.251~0.313秒内での予測であったが、熟練レベルの高いLv3、Lv4、Lv5はインパクトの前約0.117~0.142秒内での予測であった。ドロップでは、Lv1、Lv2はインパクト前0.324~0.347秒内での予測であったが、Lv3、Lv4、Lv5はインパクトの前約0.136~0.145秒内での予測であった。標準偏差については、球種と関係なくLv1、Lv2は、熟練レベルの高いLv3、Lv4、Lv5より大きい傾向が見られた。

また、ハイクリアにおいては、Lv1はLv2、Lv3、Lv4及びLv5との間に、またLv2はLv3、Lv4、及びLv5との間に、なおLv3とLv5の間にそれぞれ有意な差異がみられた(表5)。ドロップにおいては、Lv1はLv3、Lv4、及びLv5の間に、Lv2はLv3、Lv4、及びLv5の間にそれぞれ有意な差異がみられた(表5)。

4. 考察

4.1 予測正確率について

全熟練レベルにおける球種別の予測正確率の平均値は、いずれの球種に対しても予測正確率が50%を超えており、ハイクリアとドロップに対する予測正確率の最小値はそれぞれ75.00%と60.00%であった。熟練レベルLv1においても、球種に対する予測は単なる憶測をたくましくするものではなく、何らかの根拠に基づく予測と考えられる。

球種別で見ると、ハイクリアに対するLv3の予測正確率が最も高く、Lv2が最も低かった。またLv1(85.71%)とLv5(87.50%)の予測正確率の差は1.79%しかなかった。さらに、各熟練レベルでの有意差も見られなかつ

た。このことから、バドミントンの未経験者と上級者のハイクリアに対する予測は、ほぼ同じ程度のもと考えられる。

一方、ドロップに対する予測では、熟練レベルの向上による予測正確率の増加傾向が認められ、Lv5の95.83%が最も高い値であった。Lv5は、他の全ての熟練レベルの被験者より有意に高い数値であった。Lv5において予測正確率の標準偏差が小さいことから、バドミントンの上級者は安定的かつ正確にドロップを予測していることが明らかとなった。

以上のことから、ドロップに対する予測能力の向上は、バドミントンにおける上達の重要な指標の一つであることが示唆された。

4.2 予測時点について

全熟練レベルの予測時点において、インパクト時点より遅れて予測した者は、僅か約2%にとどまっていたことから、バドミントンにおけるオーバーヘッドストロークの予測は、熟練レベルに関係なく、主にインパクト時点より前に予測していることが明らかとなった。

2種類の球種に対する予測時点は、Lv1とLv2はほぼ同じ程度の約0.25~0.34秒、Lv3からLv5まではほぼ同じ程度の約0.12~0.14秒であった。両グループの間には、有意な差異が明確され、Lv1とLv2は、他の熟練レベルより早く球種の予測をすることが示唆された。但し、両者の低い予測正確率であったことから、Lv1とLv2は早い段階で予測するものの、大きく読み間違っていることが示唆された。

石井(2011)は、オーバーヘッドストロークを打つ身体各部とラケットヘッドの情報は、インパクト前の約0.4秒に現れ始め、0.1秒前では比較的多くの情報が現れることを報告している。本研究の未経験者と初心者の予測時間は、約0.25~0.34秒にあったことから、石井(2011)の報告より、この時点では予測となる手がかりが少なく、このことが、Lv1とLv2の低い正確率にとどまる原因の一つであることが推測される。一方、Lv3からLv5までの予測時点は、約0.12~0.14秒であったことから、この時点では予測となる手がかりの情報が多く、正確率が高くなったことが考えられた。

4.3 予測能力の発達過程

4.3.1 予測能力における発達過程の分類

本研究ドロップに対する予測能力とハイクリアに対する予測能力を比較するために、相対予測正確率： m 値（ドロップに対する予測正確率がハイクリアに対する予測正確率の割合）と相対予測時点： M 値（ドロップに対する予測時点がハイクリアに対する予測時点の割合）を考案した。その計算公式は以下である、計算した値は表4に示している。

$$m = \frac{\text{ドロップの予測正確率}}{\text{ハイクリアの予測正確率}}$$

$$M = \frac{\text{ドロップの予測時点}}{\text{ハイクリアの予測時点}}$$

表4から、Lv1, Lv2, Lv3のデータを見ると、2種類の球種に対する予測正確率は熟練レベルと共に高くなったが、その m 値は約0.8程度であり、大きいな差異とは考えにくい。またLv3からLv5までの値を見ると、2種類の球種に対する予測正確率及び相対予測正確率は熟練レベルと共に上がる傾向が見られた。

一方、予測時点から見ると、Lv1, Lv2及びLv3の三つのグループは、熟練レベルと共に予測時点が遅れる傾向が見られ、ハイクリアに対する予測時点はドロップより約10%~30%遅かった。またLv1とLv2, Lv2とLv3, Lv3とLv4の間では、 M 値に大きな差が現れた。

上述のように、バドミントンにおけるオーバーヘッドストロークの予測能力の発達過程が段階的になっていることが観察され、 $m \leq 0.8$ のLv1, Lv2及びLv3は「学習段階」； $0.8 < m < 1$ のLv4は「習熟段階」； $1 \leq m$ のLv5は「熟練段階」にあることが考えられた。

4.3.2 予測能力の発達

平田ほか(1998)は、予測という認知課題を行うには、そのスポーツ領域における固有知識が必要であると指摘している。本研究ではバドミントン競技に対する固有知識の不足が予測能力に大きな影響を及ぼすと考えている。

固有知識の不足は、予測の手がかりとなる相手の動作

に関する知識の不足になると考えられる。バドミントンにおいては、ハイクリアとドロップを作り出す際、身体動作やラケットは異なる動きをする。その動きの違いは、主にラケットや腕（前腕、上腕及び手首）、変位、角度及び速度（湯ほか、1993、1994）に存在している。Lv1, Lv2が体験したバドミントンは、球種のほとんどが相手の取りやすいハイクリア系のものであった。その打ち合いの中に、競技でよく使われる勝負球種のドロップがほとんど含まれていなかった。このようなドロップに対する固有知識の不足により、ドロップに対する予測正確率の低い原因になったと考えられる。

また、球種に対する予測の要素は、予測正確率（空間的要素）と予測時間（時間的要素）で構成されている。阿部（1985）は各種のオーバーヘッドストロークにおいてバックスウィングの開始からラケットとシャトルのコンタクト時までの所要時間が0.25～0.3秒であることを確認した。このことはシャトルを打ち返すためにはおよそ0.3秒の動作の時間を必要とすることを示唆している。さらに人間の全身反応時間や動体反応時間の和が約0.3秒前後である。プレーヤーが球種の読みに基づき、シャトルの落下地点への移動する。そのため、プレーヤーが一旦読み間違い、違った方向に動き出したら、時間的に落下地点でシャトルを打ち返すことはほぼ不可能となり、失点となる危険性が高い。逆に、球種を正しく読めば、予測時間が少し遅れても、0.3秒以内にシャトルを打てる可能性が高くなり、失点する可能性が低くなることを指摘した。これらのことから、バドミントン競技において、予測正確率が予測時間より重要な要素と考えられる。

4.3.3 学習段階

Lv1, Lv2, Lv3は、バドミントンの経験が少なく、バドミントン競技に対する固有知識が不足していることが本研究においてドロップに対する予測正確率が低かった原因の一つと考えられる。

この段階のLv3は、Lv1, Lv2よりバドミントン経験が多く、予測正確率が予測時間より重要であることを認識し、遅い時点で高い予測正確率を求める傾向がみられた。

4.3.4 習熟段階

バドミントンの経験が多くなるLv4（バドミントン平均経験年数：11.1年）は、学習段階のLv3（バドミントン平均経験年数：6.5年）と比べ、ハイクリアとドロップに対する有意的な予測時点の変化がなかった。しかしながらドロップに対する予測正確率が上がり（Lv2と比べドロップに対する予測正確率は有意的な差である）、相対予測正確率が15%も上がった。つまり、同じ視覚情報に対し、Lv4は予測手がかりが掴められるようになった。また相対予測時点から見ると、球種にかかわらず、ほぼ同じ時点で予測するようになった。

4.3.5 熟練段階

さらにバドミントンの経験を多く持つLv5は、バドミントンに対する固有知識がより豊富になり、ドロップに対する予測正確率がさらに高くなり、かつばらつきも小さくなった。また予測時点について球種にかかわらず、より早くかつ安定的な時点で予測することになった。

5. まとめ

本研究では、ハイスピードカメラを用いてシャトルを打つ被験者の動作を撮影し、その映像を予測する被験者に見せ、ハイクリアとドロップを予測させることで、バドミントンにおけるオーバーヘッドストロークの予測能力とその発達過程を明らかにした。その結果、熟練レベルの高い者は予測時点が遅く、予測正確率が高いことが明らかとなった。熟練レベルの高い者は、予測時点が安定しており、球種と関係なく、インパクト前0.142～0.145秒という特定の時点で予測していることが分かった。また各熟練レベル被験者の予測特徴から、バドミントンにおけるオーバーヘッドストロークの予測能力の発達過程を「学習段階」、「習熟段階」、「熟練段階」の3つの段階があることが考えられた。その「学習段階」と「習熟段階」におけるドロップに対する予測能力の発達は、バドミントンの競技力の上達の重要な指標となることが考えられる。

参考・引用文献

- Abernethy, B. and Russell, D. G. (1987) Expert-novice differences in an applied selective attention task. *Journal of sports psychology*, 9: 326-345.
- Abernethy, B. (1990) Expertise, visual search, and information pick-up in squash. *Perception*, 19: 63-77.
- 阿部一佳・岡本進著 (1985) バドミントン. 大石三四郎・浅田隆夫編, ぎょうせい: 東京.
- 張剣・渡部和彦・馬淵麻衣 (2008) サッカー熟練者と非熟練者の予測正確性及び視覚探索方略に関する研究: 1対1と3対3場面についての比較. *体育学研究*, 53(1): 29-37.
- Davidson, K. R. and Gustavson, L. R. (1953) *Winning Badminton*. The Ronald press Company: New York.
- Friedrich, J. and Rutledge, A. (1962) *Beginning Badminton*. Wadsworth Publishing Company: California.
- 吹田真士・磯下由貴子・木塚朝博 (2007) バドミントンプレイヤーの戦術的技術 (予測段階) に関する一考察. *筑波大学体育科学系紀要*, 30: 145-147.
- Goulet, C., Bard, C. and Fleury, M. (1989) Expertise differences in preparing to return a tennis serve: a visual Information processing approach. *Journal of sport & exercise psychology*, 11 (4): 382-398.
- Haskins, M. J. (1965) Development of a response-recognition training-film in tennis. *Perceptual and motor skills*, 21 (1): 207-211.
- 平田大輔・松田治広・西條修光 (1998) テニスにおける技の熟達に伴う認知能力の変容に関する研究. *東京体育学研究*, 49-54.
- 伊藤基記 (1956) バドミントン上達法. 不昧堂書店: 東京.
- 石井政弘 (2011) 大学生男子バドミントンにおけるショットの軌道予測情報 1: 三次元分析によるオーバーヘッドストローク. *東京情報大学研究論集*, 14(2): 1-9.
- ジェーク・ダウニイ著, 阿部一佳・遠藤隆・藤田明男・阿彦周宜訳 (1990) ウィニングバドミントン「ダブルス」. 大修館書店: 東京.
- 日本バドミントン協会編 (2001) バドミントン教本基本編. ベースボール・マガジン社: 東京.
- Sasaki, K and Gemba, H (1982) Development and change of cortical field potentials during learning processes of visually initiated hand movements in the monkey. *Experimental brain research*, 48: 429-437.
- Singer, R. N., Williams, A. M., Frehlich, S. G., Janelle, C. M., Radlo, S. J., Barba, D. A. and Bouchard, L. J. (1998) New frontiers in visual search: An exploratory study in live tennis situations. *Research quarterly for exercise and Sport*, 69 (3): 290-296.
- 湯海鵬・阿部一佳・加藤幸司 (1993) バドミントンのスマッシュ動作の3次元動作解析: 前腕と手関節の動きを中心に. *体育学研究*, 38(4): 291-298.
- 湯海鵬・阿江通良 (1994) バドミントンのスマッシュ動作の3次元動作解析: 腕とラケットの速度を中心に. *バイオメカニズム*, 12: 73-84.
- 湯海鵬 (1995) 3次元的身体角運動量の算出法. *体育学研究*, 40(3), 161-169.
- 湯海鵬 (1996) 角運動量保存から見たバドミントンのスマッシュ動作. *バイオメカニズム*, 13: 33-40.
- 武田守弘・古田久 (2004) テニスのサービスコース・球種予測における有効な手がかり: 反応時間計測手法と空間的遮蔽手法を用いて. *広島大学大学院教育学研究科紀要 第二部 文化教育開発関連領域*, 53: 327-334.
- ウエンブレバドミントンチーム監修 (2008) もっとうまくなる! バドミントン. 株式会社ナツメ社: 東京.
- 矢部京之助・大築立志・笠井達哉編著 (2003) 入門運動神経生理学: ヒトの運動の巧みさを探る. 市村出版: 東京.