

ハンドボールにおけるリアルタイムゲーム分析の試み ーリアルタイムゲーム分析ツールの開発と分析者間の信頼性ー

大城 章¹
花城 清紀²
田中 美季³

An Attempt at Real-time Game Analysis in Handball -Development of Real-time Game Analysis Tools and Inter-analyst Reliability-

OSHIRO Akira, HANASHIRO Kiyonori, and TANAKA Miki

要約

チームスポーツにおいて、リアルタイムでのゲーム分析は、現在最も重要な側面の1つである。本研究は、ハンドボール競技において、アマチュアチームにおいても作成・使用できるリアルタイムゲーム分析ツールの開発を試み、観察者間の信頼性を明らかにすることを目的とした。2名の観察者が、Cブロック大学ハンドボール選手権大会秋季リーグ5試合を分析した。観察者2名は、2023年7月1日から2023年8月31日までの期間の30回の練習におけるゲームや他校との練習試合において、ゲーム分析のトレーニングを30時間行った。観察者1は、上記5試合のVTRを止めながら分析し、観察者2は、VTRを止めることなく、リアルタイムに近いかたちで分析を行い、両観察者が分析した結果の信頼性を比較した。各5試合の認識されたプレーの一致は(Kappa値は、0.838, 0.833, 0.859, 0.866, 0.775)という結果となり、非常に高い相関を得た。また、観察者2名によって認識されたプレイヤー個人のパフォーマンス指標において、級内相関係数(ICC)は0.616~1.00にわたり、高いレベルの信頼性を示している。これらの結果は、リアルタイムゲーム分析ツールを用いてトレーニングされた観察者により入力されたデータに信頼性があることを示している。

キーワード：ハンドボール競技, リアルタイムゲーム分析ツール

Abstract :

Analysis of competitions in real-time is currently one of the most important aspects for developing team sports. This study was to determine the inter-observer reliability of a real-time observation tool for handball that can be created and used even by amateur teams. Two observers analyzed five games in the Japanese C Block University Handball Championship Autumn League. The two observers trained for 30 hours in game analysis during the period from July 1, 2023 to August 31, 2023,

受理年月日 2023年11月30日、¹ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング株式会社、²高松大学経営学部准教授、³高松大学発達科学部教授

in games and practice games with other team. Observer 1 analyzed the VTRs of the above five games pausing the video at times, while Observer 2 analyzed it in a form close to real-time without pausing the VTR. The reliability of the results analyzed by both observers was then compared. The agreement of the recognized plays in each of the five games resulted in a very high correlation (Kappa values were 0.838, 0.833, 0.859, 0.866, and 0.775). In addition, the intra-class correlation coefficient (ICC) of the performance indicators of individual players recognized by the two observers ranged from 0.616 to 1.00, indicating a high level of reliability. These results indicate that the data input by observers trained using real-time game analysis tool was reliable.

Key words: handball, reliability, real-time, game Analysis

1. 研究の目的

チームスポーツにおけるゲーム分析は、実際の試合で起きたパフォーマンスを分析することで、コーチや選手が次の試合に向けて戦略を立てるための客観的なデータを提供することができる(Hughes & Bartlett, 2002)。また、ゲーム分析によって、技術や戦術の重要性を評価し、その有効性を分析することができたり、動きの分析を行うことで、選手の身体がどのように動いているかを把握することができる(Gruič, Vuleta, & Milanović, 2006)。また、ハンドボール競技における研究においては、the Handball Match Analysis Computerized Notation System (Krusinskiene & Skarbalius, 2002), the Pictorial Handball Match Statistics (Gruič I, et al., 2006; Volossovitch & Gonçalves, 2003; Zhiwen et al., 2005), the Swiss Timing Handball (Pokrajac, 2008; Taborsky, 2008), the Utilius vs Handball (Poehler, 2007), the Interplay Sports Handball 2.1 (Hordvik, 2011)など、試合中のデータ収集のための観察ツールが開発されてきている。

ハンドボール競技は、攻守が激しく入れ替わる特色があり、ゲーム内で展開されるチームや個人のパフォーマンスは、予想することができないアトランダムで多様なものである。したがって、競技特性が複雑で多様であるがゆえに、ハンドボール競技におけるゲーム分析は、パフォーマンスの向上、勝敗に関係する技術的要素の改善のために、非常に有効なものとなる(Massuca, 2009)。筆者らは、これまで大学ハンドボール競技におけるゲーム分析において、ゲームの勝敗に影響を及ぼす要因について明らかにし、その結果が世界や日本のトップレベルのチームにおけるゲーム分析の結果と概ね同様の結果であることを示してきた(花城, 田中, 2020, 2021)。

近年、スポーツ現場では、アナリストが選手やチームのパフォーマンスに関するデータを収集することが主流になってきた。データ解析では、収集したデータを分析し、選手やチームの強みや弱みを把握できる。戦術分析では、試合中に発揮された戦術の種類や頻度を測定し、その結果から戦術の重要性などについて考察し、次の試合に向けた戦略の立案やトレーニングの作成に役立つ重要なデータを得ることができる。また、ITの進化により、試合中のデータをリアルタイムでも得られるようになり、アナリストから送られてきた情報をヘッドコーチがタブレット等で確認したり、その情報から効果的な戦術を組み立て、選手交代の判断材料として活用している場面は珍しくない。その精度の高さは、試合の勝敗を左右するといっても過言ではない。公式戦におけるリアルタイムでのゲーム分析は、“勝ち”を手繰り寄せるうえで、現在最も重要な側面の一つであると言える。

ハンドボールのゲーム分析の研究は、世界中で精力的に行われており、特に男子ハンドボールでは、勝敗における重要な因子が得点、ポジション別攻撃成功率、シュート成功率であることが示唆するなど(Scarbalius, et al., 2013)、勝敗に強く影響する攻撃的要因・守

備的要因を明らかにしてきた(Ferrari, et al., 2014, Vuleta, et al., 2015)。しかしながら、このゲーム分析は、通常、試合後、VTR を見ながら膨大なエネルギーと時間を要して行われるもので、プロチームや代表レベルのトップチームであれば、アナリストがスタッフとして所属しているので問題ないが、マンパワーに欠けるアマチュアチームでは、スタッフや選手に大きな負担がかかる。リアルタイムでのゲーム分析であれば、ゲーム後の分析だけでなく、試合前半のゲーム分析のデータを処理し、ハーフタイムにおいて選手やスタッフにすぐにフィードバックできるので、後半のパフォーマンスの改善に生かすことができる。試合後には、そのゲームの分析は終了しているわけであるから、前後半1時間以上にもなるVTRを見返す必要もなく、他の業務に専念することもできる。リアルタイムで試合中のデータを収集することは、様々な観点からメリットが想定されることから、T 大学独自のリアルタイムゲーム分析ツールの開発を試みた。アマチュアチームなので、高額なアプリケーションの購入は不可能であり、誰でも使用できるアプリケーションを使用し、各チームによって分析の観点が異なるため、ある程度のオリジナル性のある分析デザインが作成できるアプリケーションを使用する必要がある。さらに、ハンドボール競技は、試合展開が速いので、データ入力が簡単で、かつ取得したデータが、チームや選手のパフォーマンスをより正確に評価し、より効果的に戦略を立てることができる内容でなければならない。

また、リアルタイムでのゲーム分析は、データ入力の人的エラーは容易に想定されるものであるが、ゲーム分析の妥当性と信頼性は、その目的を達成するために不可欠である。この科学的基盤は、ハンドボール競技におけるゲーム分析の多くの研究において未だ完全に確立されているとは言えない(O'Donoghue, 2007, Tenga et al., 2009)。スポーツパフォーマンスの分析における信頼性のテストは、観察者間の合意を評価し、データ収集のプロセスの客観性を保証することになる。これは、リアルタイムゲーム分析ツールの開発には不可欠なプロセスであり、科学分野において必要な妥当性と客観性をもたらすことになる。観察者間の一貫性により、リアルタイムでのゲーム分析システムの客観性を確立し、個人的な知覚に関係なく、誰でもデータを収集するために使用できることが証明されることになる。

そこで、本研究では、ハンドボール競技において、試合中の情報をリアルタイムに記録・処理・分析を行うリアルタイムゲーム分析ツールの開発を試み、あわせて観察者間の信頼性を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2. 1 研究対象

観察者間信頼性の研究対象として、C ブロック大学ハンドボール選手権大会秋季リーグ(2023年9月20日~24日)5試合を対象とした。

ゲーム分析は、観察者1、観察者2の2名によって実施された。観察者2名は、2023年7月1日から2023年8月31日までの期間、30回のトレーニングセッションにおけるゲーム練習や他校とのトレーニングマッチにおいて、リアルタイムゲーム分析ツールのデータ入力のトレーニングを30時間行った。また、観察者1は、上記の5試合のVTRを止めながら詳細にリアルタイムゲーム分析ツールにデータを入力し、観察者2は、同じVTRを止めずにリアルタイムに近い状態でリアルタイムゲーム分析ツールにデータを入力する。各観察者とも、データの入りは、1日1試合とし、いずれも隔離された静穏な部屋で行った。

2. 2 分析方法

本研究におけるリアルタイムゲーム分析ツールは、次のような観点から作成された。

- 高価で特別なアプリケーションを使用するのではなく、誰でも簡易にゲーム分析できるツールの作成
- 各チームの分析者が分析したい項目を自由に設定できるようなツールの作成
- リアルタイムでのデータ入力のため、入力するデータ数には限界があるが、少ないデータからできるだけ多くの情報を引き出せるようなデザインの提案

そこで、本研究では、表計算ソフト Microsoft Excel を使用し、ゲーム分析ツールを作成した (Table2-1)。Excel マクロを利用し、行いたい処理を設定し操作を自動化した。マクロの実行を簡素化するためにマクロボタンを設定し、Excel シートに割り当てた。

ゲーム分析ツールは、タッチスクリーンのデバイス (PC) に表示され、すべてのプレーをリアルタイムでできるだけ迅速かつ簡単にデータが記録されるように使用される。

Table2-1 オリジナルリアルタイムゲーム分析ツール

○大学①		Player	○大学②		Place					2	3	4	5	
19	33		10		1				5	8	9			
		13			2		3	4		15	17	18		
20	14	11		6		7		8		23	24	26	27	
					Other					1	12	16	21	
Play		Result					Shot-type					完了		
S	TO	G	Save	O	TF	RTF	セット	6m	9m	Wing	BT			7m
○大学①	33	26	○大学②	Y	2		FB	IFB	Res	EG	•			
Team	Num	Play	Result	Shot-type		Plac	GK	Remark	Y or 2min			○大学①	○大学②	
チーム2	.	S	Save	6m		3	33					攻撃数	71	69
チーム1	19	S	Save	IFB		2	.					シュート数	61	57
チーム1	19	S	G	FB		4	.					シュート成功率	54%	46%
チーム2	.	S	Save	6m		3	33					枠内シュート数	51	46
チーム1	14	S	G	FB		2	.					ゴール数	33	26
チーム2	.	S	Save	9m		8	33					枠外数	10	11

2. 3 データ入力と出力項目

試合中にリアルタイムで入力するデータ (マクロボタン) は以下のとおりである。

【Player】		背番号 (T大学のみ)
【Place】		シュート時のコートエリア ①~⑧
【Play】	S TO	シュート Turnover Handlings
【Result】	G Save O	得点 GKによるセーブ 枠外シュート

	TF	Technical Faules (パスやキャッチングのミス)
	RTF	Technical Rule Faules (チャージング, ダブルドリブル, ラインクロス, オーバーステップ)
	Y	警告
	2	退場
【Shot-type】	セット	セット攻撃
	6m	セット攻撃における②または③または④からのシュート
	9m	セット攻撃における⑥または⑦または⑧からのシュート
	Wing	セット攻撃における①または⑤からのシュート
	BT	ボディフェイントやパスフェイント等を使用し, 相手ディフェンスを抜き去り GK と 1対1 の状況でのシュート
	7m	7mスロー
	FB	速攻: シュートや TO に対してディフェンスが組織する前に攻撃をする試み
	IFB	2人以下での FB
	Res	リスタート
	EG	エンプティゴール

さらに, 試合中にリアルタイムで入力したデータから得られる項目は以下のとおりである。

攻撃回数	
シュート数	
シュート成功率	ゴール数/シュート数×100
枠内シュート数	シュート数 - シュートミス数
ゴール数	得点数
枠外シュート数	GK には触れずにゴールの枠外に打ったシュート数 (DF によるブロックも含める)
セーブされたシュート数	GK に触れられた枠内外のシュート数
シュート完結率	攻撃回数 - TO 数
TF 数	Technical Faules (パスやキャッチングのミス) の数
RTF 数	Technical Rule Faules (チャージング, ダブルドリブル, ラインクロス, オーバーステップ) の数
TO 数	Turnover Handlings(TF+RTF)の数
警告数	
退場数	
GK セーブ率	GK によるセーブ/対戦チームの枠内シュート数×100
セット数	セットプレー数
セットゴール数	セットプレーによる得点数
IFB 数	IFB によるシュート数
IFB ゴール数	IFB による得点数
FB 数	FB によるシュート数
FB ゴール数	FB による得点数
FB 成功率	FB ゴール数/FB シュート数×100

FB 合計数	IFB 数 + FB 数
FB 合計ゴール数	IFB ゴール数 + FB ゴール数
FB 合計成功率	FB 合計ゴール数 / FB 合計数 × 100
Restart 数	リスタートによるシュート数
Restart ゴール数	リスタートによる得点数
Restart 成功率	Restart ゴール数 / Restart 数 × 100
各コートエリア(①~⑧)におけるシュート数	
各コートエリア(①~⑧)におけるゴール数	
各コートエリア(①~⑧)における成功率	
個人データ (シュート数, 枠外シュート数, 相手 GK にセーブされた数, ゴール数, シュート成功率, 警告数, 退場数, RTF 数, TF 数, TO 数)	

2. 5 統計処理

本研究では、分析者間の信頼性を検定するために、SPSS Statistics 28.0 を使用し、観察された各ゲーム(5 ゲーム)における総プレーと自チームゴールキーパーの総プレーについては、Cohen の k 係数(Cohen's Kappa Coefficient)を、また、特定プレイヤーの個人プレーについては、ピアソンの相関係数(Pearson's Correlation Coefficient)、および、級内相関係数(ICC: Intra-class Coefficients)を算出し、評価した。

2. 6 測定値と誤差

前述のように、試合展開が速いハンドボール競技におけるリアルタイムでのゲーム分析は、その競技特性上、また、観察者間の主観的判断基準や理論的誤差などから、データ入力の誤差が発生する。これは容易に想定されるものであるが、ゲーム分析の妥当性と信頼性は、その目的を達成するために不可欠である。データ入力が簡単で、かつ取得したデータが、チームや選手のパフォーマンスをより正確に評価し、より効果的に戦略を立てることができる内容でなければならない。

本研究においても、2名の観察者によりリアルタイムゲーム分析ツールを使用してデータ入力を実施したが、誤差が見受けられた。もっとも、現実にはこの誤差を完全にゼロとなるまで補正することはできない(竹平, 2001)。しかしながら、観察者間の一貫性により、リアルタイムでのゲーム分析システムの客観性を確立し、個人的な判断基準に関係なく、誰でも信頼性の高いデータを収集するために使用できるデータ入力につなげることができれば、より競技力の向上が見込めるだろう。下記の Table2-2 に示したように、データの誤差は系統的誤差と偶然誤差に分類されるが、系統的誤差はさらに計器誤差、理論的誤差、個人的誤差に細分できる。ハンドボール競技におけるデータ入力の際の誤差は、前者の系統的誤差であり、その中でも理論的誤差と個人的誤差といえるだろう。理論的誤差は、使用する理論の省略などによるものから起こる(光田, 2005)。例えば、攻撃側が 7m スローを獲得した際に、その獲得したプレイヤーや場所なども入力しているが、一方では入力していない場合がこれにあたる。個人的誤差は、測定者自身のくせ(癖; bias)によるものから起こる(竹平, 2001)。攻撃プレイヤーのシュートの位置や攻撃プレイヤーのシュートが DF のブロックにあたってそのボールがゴールに向かいゴールキーパーがボールを保持した際、ゴールキーパーセーブとなるのかあるいは枠外シュートとなるのかなどの選択もこれにあたるだろう。これらの誤差を少しでも減らすことができるよう、プレーの考え方に統一感を持たせること、また、リアルタイムであっても、ある程度正確なデータ入力が可能な数のマクロボタンに制限することが肝要である。

Table3-2 独立した観察者によって認識されたゴールキーパーのプレー数

Players	Events corrected by Observer 1	Events registered by Observer 2		Kappa Value
	Total	Total	Disagreed	
GK33	1296	1224	195	0.815
Others	203	187	39	0.767

3. 2 各プレイヤーのパフォーマンス指標の信頼性

Table3-3 は、C ブロック大学ハンドボール選手権大会秋季リーグ5試合において、独立した観察者2名によって認識されたプレイヤー個人のパフォーマンス指標の信頼性を示している。級内相関係数(ICC)は、0.616~1.00 にわたり、高いレベルの信頼性を示している。

Table3-3 独立した観察者によって認識された各プレイヤーらによるプレーと信頼性

Play	Mean ± SD	Pearson correlation coefficient (PCC)	Intra-class correlation (ICC)	Difference (PCC-ICC)
6m (エリア 2,3,4) シュート数	3.6 ± 3.91	0.949**	0.949**	0.000
エリア 3 からの シュート数	4.2 ± 1.48	0.999**	0.999**	0.000
Wing シュート数	1.4 ± 1.14	1.000**	1.000**	0.000
9m シュート数	1.8 ± 2.39	0.999**	0.999**	0.000
7m シュート数	1.6 ± 1.95	0.267*	0.137 n.s.	0.130
シュートミス数	1.20 ± 1.30	0.625**	0.616**	0.009
エリア 2 からの ゴール数	0.8 ± 0.84	0.990**	0.990**	0.000
ゴール数	4.4 ± 1.67	0.999**	0.999**	0.000
Wing ゴール数	2.2 ± 1.64	1.000**	1.000**	0.000

BT	ゴール数	1.0±1.00	0.977**	0.976**	0.001
FB	ゴール数	4.2±2.38	0.997**	0.997**	0.000
	TO 数	0.8±1.10	0.979**	0.973**	0.006
	TF 数	1.20±0.84	0.929**	0.929**	0.000
GK	セーブ数	15.4±5.03	0.913**	0.909**	0.004
			0.902	0.891	0.011

PCC と ICC の級内相関係数：r=0.988**

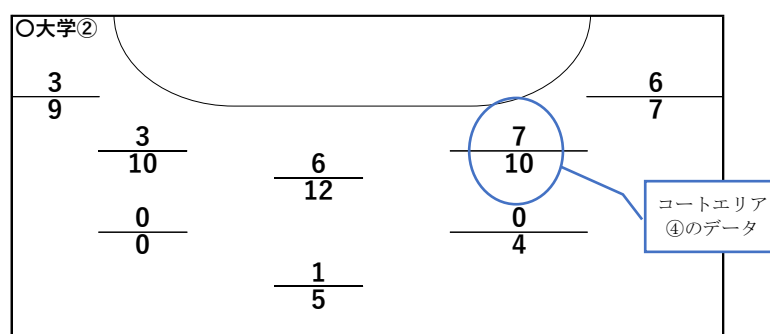
* p<.05 ** p<.01

3. 3 オリジナルリアルタイムゲーム分析ツールを用いたゲーム分析

今回の研究では、オリジナルリアルタイムゲーム分析ツールを作成し、作成したツールを用いて、ゲームの VTR を停止して見返すことができる観察者 1 と同じ VTR を停止することなく、ほぼリアルタイムに近い状態でデータを入力する観察者 2 のデータの信頼性を検証した。VTR を停止しながらデータ入力を行った観察者 1 のデータが正しいデータとなり、観察者 2 は、VTR を停止することができないので、観察されるプレーの数や種類が観察者と比較すると、欠損値があることは容易に予想された。しかしながら、高い Kappa 値や級内相関係数(ICC)は、観察者間の入力したデータの高い信頼性を明確にした。また、独立した観察者間の信頼性と妥当性の程度は、リアルタイムゲーム分析ツールを用いたゲーム分析に適していることを示している。

筆者らは、オリジナルリアルタイムゲーム分析ツールを実際の公式戦においても使用している。今回の研究では、観察者は隔離された部屋でデータ入力を行った。観察者 2 は、リアルタイムに近い状態でデータ入力を行ってはいるが、実際のゲームはまた違った環境でのデータ入力になる。例えば、TO が連続して起こると、データの入力が間に合わない。ゲームの流れが落ち着いたところで、周囲のスタッフや選手に欠損したデータを聴取してデータを入力することになる。得点は、常に確認することができるので、得点を間違えることはない。精神状態も平穏な部屋とは異なる。コートベンチにタッチパネルのノートパソコンを持ち込んでデータ入力を行うのだが、試合の流れ次第では、冷静にデータ入力するのが難しい場面もあった。

ハーフタイムにおいては、例えば下図のような分析結果をプレイヤーに提示することができた。下図は、あるチームの前半の各コートエリアにおけるシュート数(下段)と得点数(上段)である。



リアルタイムでのデータ入力をコートベンチで、しかも1人で行うので、前述したとおり、個人の背番号を入力できるのは、自チームである T 大学のみで、相手チームのプレイヤーの背番号を入力する時間はない。したがって、相手チームの各プレイヤーのデータを得ることはできないが、どのコートエリアで得点されているのかは明示できる。この場合、コートエリア④での BT または 6m のシュート成功率が高いことから、後半はコートエリア④のディフェンスの修正が必要なので、ハーフタイムにその指示を出し、プレイヤー自身もその対策を考える。T 大学の場合、「どのプレイヤーに得点されているか」よりは「どこのコートエリアで得点されているか」が優先される。”どこのコートエリア”さえ明確になれば、”どのプレイヤーに”はある程度把握できる。「特定の選手に多く得点を取られている」や「ゴールキーパーにかなり高いセーブ率をマークされている」というようなゲーム中の感覚と、試合後に分析したデータにズレが生じることがある。豪快なロングシュートやノーマークシュートのビッグセーブなど、印象に残るプレーが錯覚を起こさせるのであろう。オリジナルリアルタイムゲーム分析ツールは、ハーフタイムに前半のチーム・個人の正確なデータをフィードバックし、後半の戦略に役立てることができる有効なツールとなる可能性がある。オリジナルリアルタイムゲーム分析ツールは、簡単なデータ入力により大量の分析データを得ることができる。さらに、オリジナルリアルタイムゲーム分析ツールをできるだけデータ入力の際にエラーが出ないように、マクロボタンの位置・大きさ、データ入力の順序など、改善していく必要がある。

おわりに

本研究では、ハンドボール競技において、試合中の情報をリアルタイムに記録・処理・分析するリアルタイムゲーム分析ツールの開発を試み、あわせて観察者間の信頼性を明らかにすることを目的とした。その結果を以下に示す。

- (1) 表計算ソフト Microsoft Excel を使用し、オリジナルリアルタイムゲーム分析ツールを作成した。Excel マクロを利用し、行いたい処理を設定し操作を自動化した。マクロの実行を簡素化するためにマクロボタンを設定し、Excel シートに割り当てた。ゲーム分析ツールは、タッチスクリーンのデバイス (PC) に表示され、すべてのプレーをリアルタイムでできるだけ迅速かつ簡単にデータが記録されるようにした。
- (2) C ブロック大学ハンドボール選手権大会秋季リーグ 5 試合において、独立した 2 名の観察者によって認識された各試合におけるプレー数の Kappa 値は、0.838, 0.833, 0.859, 0.866, 0.775 という結果になり、非常に高い相関を得た。
- (3) 上記大会において、独立した 2 名の観察者が、認識した T 大学ゴールキーパーのプレー数は、観察者 1 は GK33 (出場時間が最も長い) のプレーを 1296 件、観察者 2 は 1224 件、他のゴールキーパーの認識されたプレー数は、観察者 1 が 203 件、観察者 2 が 187 件であった。ゴールキーパーのプレー数の Kappa 値は、0.815, 0.767 という

- 結果になり、ゴールキーパーのプレー数においても非常に高い相関を得た
- (4) 上記大会において、独立した観察者2名によって認識されたプレイヤー個人のパフォーマンス指標において、級内相関係数(ICC)は、0.616~1.00 にわたり、高いレベルの信頼性を示した。

引用・参考文献

- Altman D.G. (1991). *Practical Statistics for Medical Research*. London: Chapman & Hall.
- Balint E., & Curițianu E. (2012). The importance of anticipation in increasing the defense efficiency in high performance handball. *Bulletin of the Transilvania University of Brașov*, 5 (54) (1), 103-112.
- Berry K.J., Johnston J.E., & Mielke Jr. P.W. (2008). Weighted kappa for multiple raters. *Perceptual and Motor Skills*, 107(3): 837-848.
- Bilge, M. (2012). Game analysis of Olympic, World and European Championships in Men's Handball. *Journal of Human Kinetics*, 35, 109-118.
- Bradley P., O'Donoghue P., Wooster B., & Tordoff, P. (2007). The reliability of ProZone MatchViewer: A video-based technical performance analysis system. *International Journal Performance Analysis in Sport*, 7(3): 117-129.
- Choi H., O'Donoghue P., & Hughes M. (2007). An investigation of inter-operator reliability tests for real-time analysis system. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1): 49-61.
- Cooper S., Hughes M., O'Donoghue P., & Nevill A.M. (2007). A simple statistical method for assessing the reliability of data entered into sport performance analysis systems. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1): 87- 109.
- Fernández J., Camerino O., Anguera M.T., & Jonsson G.K. (2009). Identifying and analyzing the construction and effectiveness of offensive plays in basketball by using systematic observation. *Behavior Research Methods*, 41(3): 719- 730.
- Ferrari, W., Vaz, V., and Valente-dos-Santos, J. (2014). Offensive process analysis in handball: identification of game actions that differentiate winning from losing teams. *Am. J. Sports Sci.* 2, 92–96.
- Gruič I., Vuleta D., & Milanović D. (2006). Performance indicators of teams at the 2003 Men's World Handball Championship in Portugal. *Kinesiology*, 38(2): 164-173.
- Heinemann K. (2003). *Introducción a la Metodología de la Investigación Empírica en las Ciencias del Deporte*. Barcelona: Paidotribo.
- Hordvik M.M. (2011). *Læring gjennom videofeedback: Et aksjonsforskningsprosjekt om hvordan anvende video for å bidra til eget lags utvikling*. Norway: Thesis Unpublished, Department of Coaching and Psychology.
- Hughes M., & Franks I. (1997). *Notational Analysis of Sport*. London: E & FN Spon.
- Hughes M., Cooper S., & Nevill A. (2004). Analysis of notation data: Reliability. *Notational Analysis of Sport: System for Better Coaching and Performance in Sport*, 2: 189-205.
- Hughes M.D., & Bartlett R.M. (2002). The use of performance indicators in performance analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(10): 739-754.
- Krusinskiene R., & Skarbalius A. (2002). Handball match analysis: Computerized notation system. *Ugdymas, Kuno Cultura, Sportas*, 3(44): 23-33
- Lames M., & McGarry T. (2007). On the search for reliable performance indicators in game sports. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1): 62-79.
- Liu H., Hopkins W., Gómez M.A., & Molinuevo J.S. (2013). Inter-operator reliability of live football match statistics from Opta Sportsdata. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13: 803-821.

- Lozano D., & Camerino O. (2012). Eficacia de los sistemas ofensivos en balonmano. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 2(108): 66-77.
- Meletakos P., Vagenas G., & Bayios I. (2011). A multivariate assessment of offensive performance indicators in Men's Handball: Trends and differences in the World Championships. *Internacional Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(2), 284-294.
- Nevill A.M., Atkinson G., Hughes M.D., & Cooper S. (2002). Statistical methods for analysing discrete and categorical data recorded in performance analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 829-844.
- O'Donoghue P. (2007). Reliability issues in performance analysis. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1): 35-48.
- Oslin J.L., Mitchell S.A., & Griffin L.L. (1998). The game performance assessment instrument (GPAI): Development and preliminary validation. *Journal of Teaching in Physical Education*, 17: 231-243.
- Poehler C. (2007). The use of utilius® VS for the diagnosis of tactical modes of behaviour in team handball. *Leistungssport*, 37(2): 29-32.
- Pokrajak B. (2008). EHF Men's Euro 2008 - analysis, discussion, comparison, tendencies in modern handball. *EHF Web Periodical*, 1-15.
- Prudente J., Garganta J., & Anguera M.T. (2004). Desenho e validação de um sistema de observação no andebol. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 4(3): 49-65.
- Robinson G., & O'Donoghue P. (2007). A weighted kappa statistics for reliability testing in performance analysis of sport. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1): 12-19.
- Rogulj N., Srhoj V., & Srhoj L. (2004). The contribution of collective attack tactics in differentiating handball store efficiency. *Collegium Antropologicum*, 28(2), 739-746.
- Skarbalius, A., Pukėnas, K., and Vidūnaitė, G. (2013). Sport performance profile in men's european modern handball: discriminant analysis between winners and losers. *Educ. Phys. Train. Sport* 90, 44-54. doi: 10.33607/bjshs.v3i90.168
- Srhoj V., Rogulj N., Padovan M., & Katić R. (2001). Influence of the attack end conduction on match result in handball. *Collegium Antropologicum*, 25(2), 611-617.
- Taborsky F. (2008). Cumulative indicators of team playing performance in handball (Olympic Games tournaments 2008). *EHF Web Periodical*, 1-10.
- Tenga A., Kanstad D., Ronglan L., & Bahr R. (2009). Developing a new method for team match performance analysis in professional soccer and testing its reliability. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(1): 8-25.
- Tzioumaki Y., Michalopoulou M., Aggelousis N., Papaioannou A., & Christodoulidis T. (2009). Youth coaches behavior assessment through systematic observation. *Inquiries in Sport & Physical Education*, 7(3): 344-354.
- Viera A.J., & Garrett J.M. (2005). Understanding inter-observer agreement: The kappa statistic. *Family Medicine*, 37: 360-363.
- Volossovitch A., & Gonçalves I. (2003). The significance of game indicators for winning and losing team in handball. E. Müller, H. Schwameder, G. Zallinger, & V. Fastenbauer (Eds.), *Proceedings of the 8th Annual Congress of European College of Sport Science*, Salzburg: ECSS, 335.
- Vuleta D., Sporiš G., Talović M., & Jelešković E. (2010). Reliability and factorial validity of power tests for handball players. *Sport Science*, 3(1): 42-46.
- Vuleta, D., Sporis, G., & Milanovic, D. (2015). Indicators of situational efficiency of winning and defeated male handball teams in matches of the Olympic tournament 2012. *Acta Kinesiologica*, 9(1), 40 - 49.
- Yamada E., Aida H., Fujimoto H., & Nakagawa A. (2014). Comparison of game performance among European National Women's Handball Teams. *International Journal of Sport and Health Science*, 12, 1-10.

Zhiwen L., Wei Z., Jianming L., & Jiale T. (2005). The official scouting system of International Handball Federation. In International Association for Sport Information (Eds.), *the Value of Sports Information: Toward Beijing 2008, Proceedings of the 12th IASI World Congress, Beijing, China*: 62-66.

遠藤俊郎・志村栄一(1992)『バレーボールのゲーム分析に関する基礎的研究(2)ーリアルタイム処理システムの開発ー』スポーツ方法学研究,5(1),pp.115-125

大神訓章・浅井慶一・浅井 武・笈田欣治・長井健二(1995)『バスケットボールにおけるリアルタイムのスコア管理システムによるゲーム分析』スポーツ方法学研究,8(1),pp.109-119

高木英樹・高橋伍郎・坂田勇夫・椿本昇三・本間正信(1989)『水球競技のリアルタイム処理によるゲーム分析の検討』筑波大学体育科学系紀要,12,pp.95-105

竹平昭暢(2001)『測定値と誤差』ターボ機械第 29 巻第 6 号,pp.51-57

花城清紀、田中美季(2020)『大学男子ハンドボール競技におけるゲーム分析に関する研究ーゲームの勝敗に影響を及ぼす要因ー』高松大学紀要,74,pp.1-12

花城清紀、田中美季(2021)『大学男子ハンドボール競技におけるゲーム分析を用いたコーチングが公式戦に及ぼす影響』高松大学紀要,75,pp.1-15

花城清紀、田中美季(2021)『2021 年男子ハンドボール世界選手権大会 (エジプト) における Official Game Statistics(Status)を用いたゲーム分析の研究』高松大学紀要,77,pp.1-16

光田暁弘(2005)『誤差の取り扱い』富山大学理学部

(2023/9/11, <https://www.sci.u-toyama.ac.jp/phys/4ken/jikken/error.pdf>)