

サッカー競技におけるパスプレーの測定誤差に関する考察

— サッカー競技経験者と他競技経験者の比較から —

A study of the measurement error of passing plays in football: a comparison between experienced footballers and experienced players of other sports

山本 大¹⁾, 新井優太²⁾

Dai Yamamoto¹⁾ · Yuta Arai²⁾

Abstract

Background: The importance of measuring and utilizing data has been increasing in sporting competition. However, data entry by human might lead to judgement errors, input errors, and even bias. The present study clarifies the measurement error in sports and the method for improving the accuracy of data by looking at the case of pass play in football competition.

Method: This study compares 10 players who have experience in football competition with 10 players who have experience in other sporting competition. Participants in the study measure the number of plays, passes, and unclear passes based on the data collected from a video of the Copa America Centenario semi-final match between the United States and the Republic of Argentina in June 2016. T-test and f-test are employed for comparison of the means of the two groups.

Results: There is significance between the two groups as to the number of unclear passes, while no significance are shown between them as to the number of plays and passes. The number of unclear passes and their standard deviation measured by those who have experience in other sporting competition is larger than that by those who have experience in football competition.

Conclusion: The measurers who have experience in the same sporting competition may be able to understand the intent of play more empirically and accurately in data measurement than those who have experience in other sporting competition. However, they may not follow the rules for data entry, and make decisions based on their experience in football competition. For accurate measurement in sporting competition, we need some explicit rules for data entry and sufficient learning opportunities for the measurers to understand the rules and master the procedures.

Key words: Data measurement, accuracy, pass

データ測定, 精度, パスプレー

1. 緒言

データ解析において、データの精度 (precision) ・ 正確度 (accuracy) を知ることは極めて重要である。分析に用いるデータの精度が正確でなければ、その分析から得られた結果も信用することができないからである。そのため、スポーツ分野に限らず、あらゆる科学分野において統計分析を行うためには、データの発

生過程 (generation process) や誤差 (error) を理解することが行われている (清水・唐渡, 2008)。

競技スポーツで初めてデータを利用した1人と言われるHenry Chadwick (Kornspan, 2014) は、スコアラーと呼ばれる試合記録係員について、「競技に精通し常に同じ人物を任命するべきだ」と述べている。日本では、プロ野球やプロサッカーの公式記録員は競技経験、またはルールに関する知識が要求される。これ

1) 日本大学スポーツ科学部
College of Sports Science, Nihon University

2) 麗澤大学経済学部
The Faculty of Economics and Business Administration, Reitaku University

は、正しいデータを生成するためには、競技スポーツに対する知識と経験が必要であることが根拠になっていると考えられる。

しかし、競技スポーツに対する知識や経験は、測定者に依存するため、様々な誤差が伴う。誤差には偶発的に発生する誤差から、系統的に発生してしまう誤差などがある(清水, 2016)。これまで、スポーツにおけるデータ取得は、「競技知識を持った人間が試合を見て判断したものを記録する」という手法が原点となっており(加藤, 2016)、古くは紙とペンを会場に持ち込み試合経過とともにデータ測定がおこなわれ、現在はビデオカメラやレコーダーの試合映像の利用が主流となっている(徐広孝ほか, 2017)。さらに1980年代後半から、コンピュータの普及とともに、データの測定・分析システムの実用化がはじまり(河合ほか, 1992)、現在では人工知能の活用が模索されている(Tuyls et al, 2021)。しかし、前述のとおり競技スポーツを対象としたデータ測定は競技経験者が判断し記録している。その理由はスポーツ競技のデータ収集において競技に関する知識や経験が求められるのは、例えば審判の誤審に代表されるように(森, 2015)、試合中に起こる様々な事象に曖昧さを含んでいるからと考えられる。

映像から情報を読み取る調査を報告した工藤(1993)によると、調査対象に関連する知識の少ない学習者は、映像が提示している内容を多義的に読み取る傾向があると報告している。他方で、経験や知識のある者が常に正しい判断をするとは限らず、何らかのバイアスがかかる場合も考えられる。Reep and Benjamin(1968)は、サッカーの試合で勝つためには、ロングボールを利用して少ないパスで相手ゴールに迫ることが有効であることを指摘したが、この結語には効率のみを優先するバイアスによって欠陥があると言われている(Wilson, 2008)。

このように人間が介入せざるを得ないデータの取得や入力判断にはミスやバイアスがつきものであり、これらを防ぐには限界がある。本研究では、正確なデータの測定とその活用のための方法を明らかにすることを目的として、サッカー競技において、「ほかのどんな技術的要素もこれ以上に決定的影響を与えることはない。」(チャナディ, 1984)といわれ、攻撃側の

選手にとって最も使用頻度が高く、かつ重要なパスプレーを事例にデータ測定の誤差の発生要因とデータ生成における課題の検証を行った。

2. 定義と測定方法

2.1. サッカー競技におけるパスプレーの位置づけ

サッカー競技において攻撃の最大の目的は、ゴールを奪うことである(Bisanz・Gerisch, 1998)。味方からパスを受けた選手は、ボールをコントロールしたのち、次の3つのプレーが選択できる。1つ目は、ゴールを奪うための「シュート」で、残る2つは相手ゴールに迫るための「パス」と「ドリブル」である(日本サッカー協会, 2016)。

難波と清(1988)は、試合中にボールを保持した選手のプレー別使用頻度を調査し、少年サッカーからワールドカップ出場レベルのどのカテゴリーの選手でも、シュートとパスからなるキックをほぼ50%使用し、次いでボールコントロールを30%台使用したことを明らかにしており、キックとボールコントロールの2つのプレーが全体の約80%から85%を占めていることがわかる。それに対して、ドリブルはどのカテゴリーも10%以下である。つまり、試合中の選手はパスを中心にプレーしていると言える。

パスプレーとは、選手が、転がってくるボール、あるいは飛んでくるボールを、1回コントロールして、また状況によってはワンタッチで、もしくはドリブルしてからそのボールを味方に送り出すための技能であり(シュティラーほか, 1993)、味方にボールをつなぐプレーである。アメリカのデータ分析会社STATS社は、パスプレーについて次のように厳密に定義している。1) 1人の選手から味方に意志を持ちプレーされたボール、2) ボールを保持している選手は、自分のチームから1人の特定の選手をターゲットしている、3) 複数の選手があるエリアに配置されていて、ボール保持者がそのエリアをターゲットにしている場合、これら3つのケースがパスとしてカテゴライズされる。また、日本のデータスタジアム株式会社(以下「DS社」とする)は、「味方選手につなげる意図のあるものをパスとし、パスの中にクロスやスルーパスも含む。ただしセットプレーによるものは含まない。」と定義している。

これらの定義からもわかるように、「パス」というプレーの測定する対象が同じでも、人や企業によって定義が異なる。ここで測定を困難としているのが、その定義の中には、外形的に観察できない「定義」も含まれていることである。それは、上記の2つのスポーツデータを生成している企業の定義に基づけば、「意志を持つパス」や「つなげる意図を持つパス」といったボールを保持した選手の意思が含まれたプレーである。

パスプレーに関連する報告は多いが（早田ほか，1995；Hughes et al, 2005），その定義は異なるために、これらの研究を単純には比較できない。また、その「意志」や「意図」は外形的には正確に測定することが不可能であり、選手自身も試合の流れの中で記憶しておくことも困難である。そのため、それらの測定については、河合ほか（1992）や加藤（2016）が指摘しているように、熟練スタッフ、あるいは競技知識を有する者の判断能力の方が相対的に高いと考えられる。

そこで本研究では、サッカー競技経験者群（以下「サッカー経験者群」とする）と他の競技スポーツ経験者群（以下「他競技経験者群」とする）を対象として、サッカー経験者群は、他競技経験者群よりボール保持者の意図を察することができることから、測定精度が相対的に高いと考え、以下3点の検証を行った。

1) 攻守が入れ替わるまでの攻撃の回数（以下「プレー数」とする）の測定。2) 攻撃の1プレーごとのパス本数（以下「パス本数」とする）の測定精度。3) パスかどうか判別できない不明なパス（以下「不明なパス」とする）の測定。これら3つを比較分析するため、両群を対象に、過去のサッカーの試合映像におけるプレー中のパスプレーの測定精度を調査した。

2.2. パスの測定方法

本研究では、調査対象者をN大学の運動部に所属する20名の選手とし、サッカー経験者群10名（平均年齢：18.2歳，平均競技年数12.6年）と対照となる他競技経験者群10名（平均年齢：18.1歳，平均競技年数9.2年）とした。調査にあたり、参加者に対して、文章および口頭で本研究の趣旨や内容、プライバシーの保護などについて説明し、参加の同意を得たうえで実施した。

対象試合は、2016年にアメリカ合衆国で開催されたサッカー競技「コパ・アメリカ・センテナリオ」の準決勝のアメリカ合衆国代表（以下「USA」とする）対アルゼンチン共和国代表（以下「ARG」とする）の試合とした。本試合を対象としたのは、対照的な戦い方をする2チームが、調査対象者の測定精度に影響を及ぼすかを調査するためである。両チームの予選リーグを含め4試合のパスの平均本数は、USAが361.3本で、チームでボールを保持する時間を表すポゼッション率は平均43%だった、それに対しARGは、パスが平均590.3本で、ポゼッション率は66%であった。また枠内シュート数は攻撃力を定量化するのに有効であるが（Harris and Reilly, 1987），USAの枠内シュートは平均3.25本で得点は平均1.75点，ARGは枠内シュートが平均6.25本で得点は平均3.5点であった。つまり、USAは少ないパスと少ないチャンスで勝ち上がり、ARGはパスを回しながらボールを保持し、多くのチャンスを生み出しながら試合を進めたと思われる。試合はテレビ放映（WOWWOW）を録画装置（Panasonic製DMR-BZT600）で記録した映像を使用した。なお、試合映像には前半・後半ともに途中でコマーシャルは挿入されておらず、得点シーンなどの再生による映像の欠落は最小限であった。

測定方法は、サッカー経験者群と他競技経験者群が、測定対象であるUSAとARGの試合映像から試合中の両チームの攻撃回数とパス本数を前半と後半、およびその合計を測定した。本試合の前半はARGがUSAの約2.8倍のパスを回している。後半ではその差が約1.8倍に減少するが、ARGによる前半の一方的な展開が、測定に影響するかどうか検討するため、前後半別の期別に測定することとした。なおパスの定義は、日本国内において最も権威があり、詳細情報を入手することのできたDS社の定義に沿った。その定義は、次のとおりである。

- ・味方選手につなげる意図のあるものをパスとし、パスの中にクロスやスルーパスも含む。ただしセットプレーによるものは含まない。
- ・パスの成功の定義：プレーされたボールを味方選手が相手選手より先に触った場合
- ・パスの失敗の定義：プレーされたボールを相手選手が味方選手より先に触った場合

2.3. 測定手順

サッカー経験者群と他競技経験者群に対して、事前にパスについてDS社の定義を口頭と文章で説明し、その後、映像を観ながら手順について解説し、15分ほど実際に計測の練習を実施した。手順は専用の集計表に、プレー数およびパス数を集計した。なお不明なパスがあった場合は、そのプレーにチェックを入れるよう指示した。

3. 結果

3.1. プレー数

DS社とサッカー経験者群、他競技経験者群のプレー数、およびサッカー経験者群、他競技経験者群のプレー数の平均値と標準偏差を求め、①DS社とサッカー経験者群、他競技経験者群との比較、②サッカー経験者群と他競技経験者群の比較を行った (Table 1)。①では、DS社の値に対して両群の値は低い結果となった。②では、他競技経験者群の値の方がサッカー経験者群の値より高い結果となった。また、試合の期別にみると、前半よりも後半の方が差は大きくなる傾

向が見られたものの、両群の平均値に有意な差は認められなかった。

3.2. パス数

DS社とサッカー経験者群、他競技経験者群のパス数、およびサッカー経験者群と他競技経験者群のパス数の平均値と標準偏差を求め、サッカー経験者群と他競技経験者群の比較を行った (Table 1)。両群ともにDS社に対して両群の値は低い結果となった。パス数は、他競技経験者群の方がサッカー経験者群より高い傾向にはあるが、両群の平均値に有意な差は認められなかった。

3.3. 不明なプレー

サッカー経験者群、他競技経験者群の不明なプレー数について、サッカー経験者群と他競技経験者群の平均値と標準偏差を求め、両群の比較を行った (Table 1)。不明なプレー数については、他競技経験者群の分散の方がサッカー経験者群よりも大きく、両群の平均値は試合の期別、合計のいずれにおいても有意な差が認め

Table 1 プレー数・パス数・不明なパス数の対比：サッカー経験者群と他競技経験者群

プレー数	データ スタジアム (DS)	サッカー経験者 (n=10)		他競技経験者 (n=10)		両群の標準偏差の差		両群の平均値とDS社の差	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	サッカー - 他種目	サッカー	他種目	
USA	前半	55	44.2	3.52	44.9	4.75	-1.23	-10.8	-10.1
	後半	68	54.6	4.20	55.8	6.14	-1.95	-13.4	-12.2
	合計	123	98.8	6.44	100.7	9.70	-3.25	-24.2	-22.3
ARG	前半	72	56.4	4.33	56.7	3.86	0.47	-15.6	-15.3
	後半	64	50.1	4.23	52.5	5.23	-1.01	-13.9	-11.5
	合計	136	106.5	7.76	109.2	7.36	0.40	-29.5	-26.8
パス数									
USA	前半	128	107.2	12.43	112.3	16.92	-4.49	-20.8	-15.7
	後半	188	159.4	13.34	173.2	22.01	-8.67	-28.6	-14.8
	合計	316	266.6	22.65	285.5	31.60	-8.95	-49.4	-30.5
ARG	前半	359	343.9	21.35	351.0	14.85	6.49	-15.1	-8.0
	後半	331	306.7	18.89	310.7	23.41	-4.52	-24.3	-20.3
	合計	690	650.6	37.00	661.7	35.85	1.15	-39.4	-28.3
不明なプレー数									
USA	前半 ***	-	0.3	0.9	2.8	5.10	-4.20		
	後半 **	-	0.3	0.7	0.6	1.30	-0.60		
	合計 ***	-	0.6	1.3	3.4	6.50	-5.20		
ARG	前半 ***	-	0.5	1.0	3.1	6.50	-5.50		
	後半 ***	-	0.3	0.9	1.4	3.40	-2.50		
	合計 ***	-	0.8	1.5	4.5	9.90	-8.40		

サッカー経験者群と他種目経験者群の標準偏差について等分散検定を行った結果の有意水準を $p < 0.01$:***, $p < 0.05$:**, として表す

分散を考慮してサッカー経験者群と他種目経験者群の平均値についてt検定を行ったところ有意な差は検出されなかった

本文中で提示した仮説について、両群の標準偏差を比較し、仮説通りサッカー経験者の方が測定結果のばらつきが小さい箇所については太字で示した

両群それぞれの平均値とDS社による測定値との差について、よりDS社に近い方を**太字斜体**で示した

られた。

4. 考察

本研究では、サッカー経験者群と他競技経験者群を対象に、過去のサッカーの試合映像におけるプレー中のパスプレーの測定精度を調べ、測定の誤差の発生要因を分析し、データ測定における課題を明らかにすることを目的として、検証1) プレー数の測定、検証2) パス数の測定精度、検証3) 不明なパスの測定数について調査を行った。

検証1)の「プレー数の測定」について、USAでは、試合の期別、および合計のいずれにおいてもサッカー経験者群より他競技経験者群の方が誤差は大きかった。ARGでは、前半と合計においてはサッカー経験者群の方が他競技経験者群よりも誤差は大きく、後半は他競技経験者の方がサッカー経験者群よりも誤差は大きかった (Table 1・2)。プレー数の測定については、十分な競技知識や競技経験は必要とならないことが両軍の平均値の差から裏付けられた。また、サッカー経験者群の方が他競技経験者群よりもデータ測定の精度は概ね高いことが標準偏差の差から示唆された。しかし、統計的に有意な差とは認められなかった。

検証2)の「パス数の測定精度」について、USAでは、試合の期別、および合計のいずれにおいても他競技経験者群の方がサッカー経験者群よりも標準偏差は大きい一方で、ARGでは、前半と合計においてはサッカー経験者群の方が標準偏差は大きく、後半は他競技経験者群の方が標準偏差は大きかった。パス数の測定については、サッカー経験者群の方が他競技経験者群よりもデータ測定の精度は概ね高いことが標準偏差の差から示唆された。しかし、一部を除いて、概ね、統計的に有意な差とは認められなかった。

検証3)の「不明なパスの測定数」について、前半、後半、合計のいずれにおいても他競技経験者群の方がサッカー経験者群よりも平均値は高く、標準偏差についても他競技経験者群の方がサッカー経験者群よりも優位に高かった (Table 1・2)。不明なパスの測定については、サッカー経験者群の方が他競技経験者群よりもデータ測定の精度は高いことが統計的に明らかとなった。この結果、パスプレーの測定には、競技に関する知識と経験の有無がデータ測定の精度に影響する

ことが示唆された。

競技スポーツにおけるデータ測定では、測定者が該当競技経験者となることによって、事象に含まれる曖昧さを減らし、記録における誤差の減少に寄与すると考えられる。このことは、①不明なプレー数についてサッカー経験者群が他競技経験者群に比して少なかったこと、②不明なプレー数の標準偏差についてサッカー経験者群が他競技経験者群に比して小さかったことから裏付けられた。しかし、サッカー経験者群においても曖昧な事象は存在する。例えば、USAによる後半1分18秒からの攻撃は、両チームの選手が交錯し、こぼれたボールをUSAの選手がスライディングしながら味方にパスをする。その後もう1回パスした後にパスを受けた選手のドリブルミスからARGボールとなる。定義に沿えばパスは2本だが、測定者20人中12人(サッカー経験者6人、他競技経験者6人)が1本と測定している。このように判別しにくいプレーはやはり存在し、測定の精度を高めるためには、測定者が習熟を深めることが重要であろう。加えて、測定者が習熟を深めるためには、測定における明確な定義と、測定者の理解、測定手順を会得するための十分な学習機会が必要である。

本研究の結果では、サッカー競技経験者が他競技経験者よりデータ精度が高いことを明確に示すことはできなかった。DS社の平均値はDS社の定義に忠実に測定された結果であることを前提とするならば、調査対象者においては、むしろ、他競技経験者群の方が近似値となっていた。これは、サッカー競技経験者が測定を行う際に説明通りの定義ではなく経験に基づく判断によって測定する一方で、他競技経験者は経験がないがゆえに定義に基づく判断によって忠実に測定したと考えられる。こうした理由からも、競技スポーツにおいては、正確なデータの測定とその活用を図るためには、測定における明確な定義と、測定者の理解、測定手順を会得するための十分な学習機会が必要であることが言える。

5. 本研究の限界

本研究の結果については限界が3つある。それは、①DS社と両群の平均値の比較と、両群の平均値の比較は必ずしもデータ精度の裏付けにはならないこと、

②データ測定の正確性について問題があること、③本研究の結果は、あらゆる試合でのデータ精度の両群の差異を裏付けにはならないことである。

①については、DS社の測定精度が高いことを保証する裏付けがないことが問題となる。DS社は測定者の属性と測定者数とデータの標準偏差について公表しておらず、測定精度を推測することができない。このため、DS社の平均値に対して両群のそれが低いとしても両群のデータの測定精度が低いとは言えない。また、両群の平均値の比較についても、特にパスプレーの意図の正解が不明な状況では平均値の比較はデータ精度の裏付けにはならない。

②については、両群よりDS社の方がプレー数もパス数の方が多かった (Table 1)。DS社と両群の測定値の乖離の原因を特定するため、測定者の測定値を調査したところ、以下の2点が乖離の原因であることが推察された。まず、定義上は「含まない」セットプレーをパス数に含めてしまうことである。例えば、前半のUSAのキックオフは、キックオフから2本目のパスがラインアウトするため、パス数の合計は2本だが、測定者20人中16人 (サッカー経験者8人、他競技経験者8人) がセットプレーのキックオフを含めて3本と記録している。次に、定義上は「カウントする」失敗した最後のパスをカウントしないことである。USAの前半13分51秒からの攻撃は、7本目のパスをARGに奪われ攻撃が終了するため、失敗した最後のパスを含みパス数は7本であるが、20人中8人が6本 (サッカー経験者4人、他競技経験者4人) と記録している。これらの結果から、測定の正確性に関しては、測定者が定義を十分に理解していなかったために生じた誤差だと思われる。

③については、本研究対象としたUSAは少ないパス本数で、ARGはパスを多く回しながら試合を進めていた。特にARGは高度なパスプレー展開している

可能性があり、USAに比べるとデータ測定に困難さが生じていた可能性がある。また、当該試合に関するデータ測定の精度があらゆる試合でのデータ精度の両群の差異を裏付けにはならない。本研究の結果を裏付けるためには、引き続き、根拠に基づく研究対象の試合の選定が求められる。

6. まとめ

本研究では、正確なデータの測定とその活用のための方法を明らかにすることを目的として、サッカー競技におけるパスプレーを事例にデータ測定の誤差の発生要因とデータ生成における課題を明らかにすることを目的とした。

本研究の結果、競技において外形的には判断が困難なプレーについては、当該競技経験者の方がプレーの意図を理解しデータを記録できることが明らかとなる一方で、他競技経験者の方がデータ測定の定義に忠実にデータを記録できることが明らかとなった。

データ測定の誤差を減らすためには、①測定対象を明確に定義すること、②測定者へ十分な学習機会を与え、定義に即した判断と測定ができるまで訓練することが重要である。測定者が当該競技経験を有することは、加藤 (2016) が指摘するように、事象の曖昧さを判断する場合の手助けとなるが、時として誤った判断やバイアスを引き起こす原因になる。データ測定の誤差を減らすためにも、明確な定義とそれを理解する十分な機会が必要であろう。

参考文献

- Bisanz, G., Gerisch, G. (1988). Fußball: Training, Technik. Taktik. rororo, 292.
- Chadwick, H. (1860). Beadle's Dime Base Ball Player. Irwin P. Beadle, & CO.

Table 2 パス数の対比：サッカー経験者群と他競技経験者群と4社

	サッカー経験者群	他種目経験者群	Data Studium	STATS	CONMEBOL	FBref.com
アメリカ	266.6	285.7	316	366	274	318
アルゼンチン	650.6	661.7	690	742	675	680

※CONMEBOL：南米サッカー連盟
※FBref.com：データ提供サイト

- チャナディ, A. (1984). チャナディのサッカー. 永沼健監修, 宮川毅訳, ベースボールマガジン社, 322.
- 早田宗弘・山本 大・福士真司・河合一武・松原裕・大橋二郎 (1995). 広島アジア大会におけるサッカー男子日本代表の戦術分析—特にパスの分析について—. サッカー医・科学研究, 第15巻, 83-88.
- Harris S., Reilly T. (1987) Space, teamwork and attacking success in soccer. *Science and Football*, 322-328.
- Hughes, M. , Franks, I. (2005). Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer. *Journal of Sport Science*, 2005. Volume 23, 2005, Issue 5, 509-514.
- 徐 広孝・大澤啓亮・見汐翔太・安藤 梢・鈴木宏哉・西嶋尚彦 (2017). サッカーの攻撃におけるプレーの最適化アルゴリズムの開発 (特集スポーツ統計科学の新たな挑戦). *統計数理*, 第65巻, 第2号, 309-321.
- 加藤健太 (2016). サッカーにおけるデータ分析とチーム強化. *電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン/10巻 (2016-2017) 1号*, 29-34.
- 河合一武・永嶋正俊・磯川正教・鈴木 滋・大橋二郎・松原 裕・福井真司 (1992). サッカーのゲーム分析—コンピュータを利用した即時的分析システムの実用化—. 第12回サッカー医・科学研究報告書, 71-75.
- Kornspan, AS. (2014) A Historical Analysis of the Chicago Cubs' Use of Statistics to Analyze Baseball Performance. *NINE: A Journal of Baseball History and Culture*, University of Nebraska Press Volume 23, Number 1, 17-40.
- 森 享宏 (2015) 6. スポーツ競技の映像技術との関わり. *映像情報メディア学会誌*, 69巻4号, 309-312.
- 難波邦雄・清剛 裕 (1988). 発達段階別にみたサッカーの基礎的技術の比較検討. *サッカー医・科学研究*, 125-148.
- 日本サッカー協会 (2016). サッカーの指導教本2016. 公益財団法人日本サッカー協会, 19.
- 野田智洋 (1999). 他者観察における運動の視知覚能力. *スポーツ運動学研究*, 12 : 15-250.
- Reep, C. , Benjamin, B. (1968). Skill and Chance in Association Football. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 131, No. 4 (1968), 581-585.
- 清水千弘・唐渡広志 (2008). 不動産市場の計量経済分析. 朝倉書店.
- 清水千弘 (2016). 市場分析のための統計学入門. 朝倉書店. 11-17.
- シュティーター, G., コンツァック, I., デブラー, H. (1993). ボールゲーム指導辞典. 唐木国彦訳, 大修館書店, 225.
- Tuyls, K., Omidshafiei, S., Muller, P., Wang, Z., Connor, J., Hennes, D., Graham, I., Spearman, W., Waskett, T., Steel, D., Luc, P., Recasens, A., Galashov, A., Thornton, G., Elie, R., Sprechmann, P., Moreno, P., Cao, K., Garnelo, M., Dutta, P., Valko, M., Heess, N., Bridgland, A., Pérolat, J., De Vylder, B., Eslami, S. M. A., Rowland, M., Jaegle, A., Munos, R., Back, T., Ahamed, R., Bouton, S., Beauguerlange, N., Broshear, J., Graepel, T., Hassabis, D. (2021). Game Plan: What AI can do for Football, and What Football can do for AI. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 71, 41-88.
- Wilson, J. (2008). Inverting the Pyramid: The History of Football Tactics. *Orion*. 138-144, 288-295, 301-303.