

Title	ゲーム洗練度の理論：サッカーとチェスの比較
Author(s)	樋口, 土生
Citation	
Issue Date	2013-09
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/11487
Rights	
Description	Supervisor: 飯田弘之, 情報科学研究科, 修士

修 士 論 文

ゲーム洗練度の理論: サッカーとチェスの比較

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報科学専攻

樋口 土生

2013年9月

修士論文

ゲーム洗練度の理論: サッカーとチェスの比較

指導教官 飯田弘之 教授

審査委員主査 飯田弘之 教授
審査委員 池田心 准教授
審査委員 白井清昭 准教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報科学専攻

1110049 樋口 土生

提出年月: 2013年8月

概要

本研究ではスポーツであるサッカーとボードゲームであるチェスの関係について多方面から分析を行った。サッカーはスポーツでありチーム競技であるのに対し、チェスはボードゲームであり個人競技であるにもかかわらず、サッカーをチェスで例えられることは多い。サッカーとチェスの共通点としては人気の高さがあり、サッカーのFIFAワールドカップの視聴者数はオリンピックの10倍にもなるとみられており、チェスの競技人口は3億人とも5億人ともいわれている。他には引き分けの多さや、戦術の類似性が挙げられる。そこで本研究ではサッカーとチェスのルールや戦術、引き分け率などとともにゲーム洗練度の理論を用いてサッカーとチェスの類似点の調査を行った。

まずサッカーとチェスのルールと戦術、そしてその歴史について調査を行った。もともとサッカーはラグビーと同じスポーツであったが、現在サッカーとラグビーの競技性は少し異なり、サッカーはラグビーと違いゴールキーパー以外はボールを手で扱うことができず、またオフサイドルールもサッカーとラグビーでは大きく異なる。オフサイドルールに関して初めはサッカーもラグビーと同じでフォワードパスを禁止し、そのため現在とは異なるプレースタイルであったとされ、その後3人制オフサイドを経て現行の2人制オフサイドを採用することになった。チェスの歴史はチャトランガというインドの戦争を模したボードゲームであったとみられ、その誕生は紀元前より前ではないかと考えられている。その後幾度ものルール変更が加えられ現在のチェスとなる。またチャトランガから派生していったボードゲームは象棋や将棋など世界中に存在する。象棋や将棋などチャトランガから派生していったゲームはそれぞれその国や地域の文化的影響を受け独自の進化をするが、チェスでは駒が強くなり、アンパッサンやキャスリングといった駒の動きの効率化を図っていったことがわかっている。そしてルールが変更されると戦術も変化し、サッカーではオフサイドルールの変更と共にドリブル主体のサッカーからパスが主体のサッカーへと変化していき、それはフォーメーションの変化にも表れている。

本研究ではゲーム洗練度の理論を用いることで、サッカーとチェスのゲーム結果に対するスリル感について調査した。チェスは歴史のある象棋や囲碁と近い値であることがわかっていたが、サッカーを含むスポーツについて検証はされていなかった。本研究ではサッカーについて検証するにあたり、どちらかがシュートを打つまでを1ゲームとし、90分の中でシュートを1ゲームとするラウンドゲームを行っていると考え検証を行った。その結果ゲーム洗練度はサッカーとチェスで非常に近似した値であることがわかった。

その他の類似点として、駒と選手の特徴やゲームにおける重要なポジションの使い方、ラウンドゲームで見た場合の引き分け率と試合数の関係などがわかった。特に引き分けについては他のゲームにはあまりない特徴であり、洗練されているゲームでここまで引き分け率の高いゲームは少ない。

結論としてサッカーとチェスにはいくつも類似点が存在し、非常に似ているゲームだということが本研究により判明した。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	目的	2
1.3	論文の構成	2
第2章	サッカーとチェスについて	3
2.1	サッカーについて	3
2.1.1	ルールの変化	3
2.1.2	戦術の変化	5
2.1.3	1試合当たりの平均ゴール数の推移	8
2.2	チェスのルール変化	9
第3章	ゲーム洗練度	11
3.1	ゲーム洗練度について	11
3.2	チェスにおけるゲーム洗練度	13
3.3	サッカーにおけるゲーム洗練度	15
3.3.1	サッカーにおけるゲーム洗練度の定義	15
3.3.2	サッカーにおけるゲーム洗練度	16
第4章	サッカーとチェスの類似点	17
4.1	ルール・戦術にみる類似点	17
4.1.1	チェスの戦術	17
4.1.2	サッカーの選手とチェスの駒	19
4.1.3	ゲームにおいて重要な地域	20
4.2	ラウンドゲームにみる類似点	21
4.2.1	ゲーム洗練度	21
4.2.2	引き分け	22
第5章	おわりに	25
5.1	まとめ	25
5.2	今後の展望	25

第1章 はじめに

1.1 背景

ヨーロッパではサッカーをよくチェスに例えることがある。しかしサッカーはスポーツでありチーム競技であるのに対し、チェスはボードゲームであり個人競技であるため、ゲームとしては一見対極にあるともいえる。だがこれら2つのゲームには共通点もいくつか存在する。1つ目は世界で最も人気のあるスポーツとボードゲームの一つである点、2つ目はゲームでありながら引き分けが多く存在する点、3つ目はゲームの戦略性が似ている点である。

1つ目の人気に関しては異論の余地がないだろう。サッカーは世界的に人気のあるスポーツで、特にFIFA（国際サッカー連盟）が主催するワールドカップは世界で最も視聴者数が多いスポーツ大会であり、その数はスポーツの祭典といわれるオリンピックの約10倍ともいわれている。オリンピックはその期間中にさまざまな競技が行われるのに対して、ワールドカップはサッカーの1種目のみであり、サッカーの人気の高さを証明している。対してチェスは象棋、囲碁と並ぶ世界三大棋類の1つで、欧米圏のみならず全世界150か国以上で楽しまれており、競技人口は3億人とも5億人ともいわれている。

2つ目の引き分けが多く存在する点に関しては、実は引き分けが多く存在するゲームは余りない。引き分けが多いゲームでサッカーとチェス以外に有名なものはチェッカーであるが、チェッカーは両者が最善手を指せば引き分けることが証明されている[1]。チェスと同じ古代インドのボードゲームであるチャトランガ[2]を起源に持つと考えられている象棋も競技人口が多いゲームで引き分けが多く存在する。連珠も引き分けは存在するがその割合はあまり高くはない。囲碁や将棋なども引き分け自体は存在するが例外的な場合のみでほとんど存在しないと考えると問題ないだろう。スポーツに関しては基本的に引き分けを認めていないものが多く、延長戦やプレーオフ、判定などで勝ち負けを決める場合がほとんどでサッカーほど引き分けが多く存在するスポーツは少ない。しかし、サッカーとチェスでは引き分けを認めることによって一見不利だとみられていたチームに戦術の幅を持たせているのではないかと考えている。チェスというゲームは先手が有利であると考えられており、そのため後手は勝つための戦術ではなく負けなための戦術を執ることがある。チェスの世界では後手番である場合の引き分ける技術が重要視されている。サッカーでは、ゴール前に人数をかけて守れば失点する確率はかなり低くなるため、両チームの間に実力差がある場合などは、ゴール前に人数をかけて守り、攻撃は半ば放棄し、始めから引き分けを狙う戦術が執られる場合もある。また引き分け狙いだと思われていたチームが

攻撃的な戦術を執り相手に奇襲を仕掛ける，時間帯によってこれらの戦術を使い分け相手を混乱させるなどゲーム戦略に幅を持たせることが可能になっている．

3つ目のゲーム戦略が似ている点であるが，チェスの駒，サッカーの選手にはそれぞれ異なった特徴があり，陣形やフォーメーションというものでそれぞれの駒，選手を配置しながらゲームを進める．そしてそれは駒や選手の特徴や相手の行動に合わせてさまざまな形に変化していく．この駆け引きこそがこの2つのゲームの大きな共通点だといえる．しかし，チェスの駒は1回の手番に1つしか動かさないのに対し，サッカーの選手はそれぞれ状況に合わせて各自が考え流動的に動くことができる．また，ゲームの終了条件も大きく異なっており，チェスは相手のキングを詰ませることが勝利条件であるのに対し，サッカーはあらかじめ決められた試合時間内で相手よりも多くの得点を奪えば勝ちとなる．

サッカーとチェスはいくつかの共通点は存在するが，スポーツとボードゲームという全く異なった性質のゲームである．しかし，筆者はゲームの本質的な部分が似ているからと考えており，本論文ではサッカーとチェスの本質的な部分を探っていく．

1.2 目的

本研究の目的は，なぜ人々はサッカーとチェスが似ていると感じるのか，またそれは戦術面だけなのか，それ以外の側面も関係しているのかを調査することである．また，スポーツとボードゲームを比較することにより異なった性質のゲームについて関係性を調べることである．

本研究では，サッカーとチェスのルールや戦術の類似点のほか，サッカーとチェスをラウンドゲームとして考えた場合の類似点をゲーム洗練度の理論 [3] を用いて調べた．また，両者に共通する引き分けの概念についても調査した．

1.3 論文の構成

本論文の構成は以下のようにになっている．

第2章 サッカーとチェスについて

本研究で対象とするサッカーとチェスのルールの遷移について紹介する．

第3章 ゲーム洗練度

ゲーム洗練度理論と，サッカーとチェスにおけるゲーム洗練度について説明する．

第4章 サッカーとチェスの類似点

サッカーとチェスの類似点を述べる．

第5章 まとめ

全体のまとめを述べる．

第2章 サッカーとチェスについて

本章ではサッカーのルールや戦術の変化を基に，サッカーの本質的部分を探っていく．また，比較対象であるチェスのルール変化について記述する．

2.1 サッカーについて

2.1.1 ルールの変化

サッカーはルールが最も少ないスポーツだといわれており，その数は17項目である [4]．サッカーの起源はラグビーと同じであると考えられているが，ラグビーと大きく異なるルールがゴールキーパー以外は基本的に手が使えないこととオフサイドルールである．手が使えないことで他のスポーツに比べてプレーの精度が低く，そのためサッカーはミスのスポーツだといわれることもある．また，オフサイドルール自体はラグビーにも存在するが，ラグビーとの違いはサッカーではボールよりも前方の味方へのパスであるフォワードパスが認めている点である．ラグビーのオフサイドルールはボールよりも前方の味方にパスをすればオフサイドであるが，初期のサッカーも同様にボールよりも前方にいる味方へのパスは認められていなかった．図 2.1 に各オフサイドルールの違いを示した．

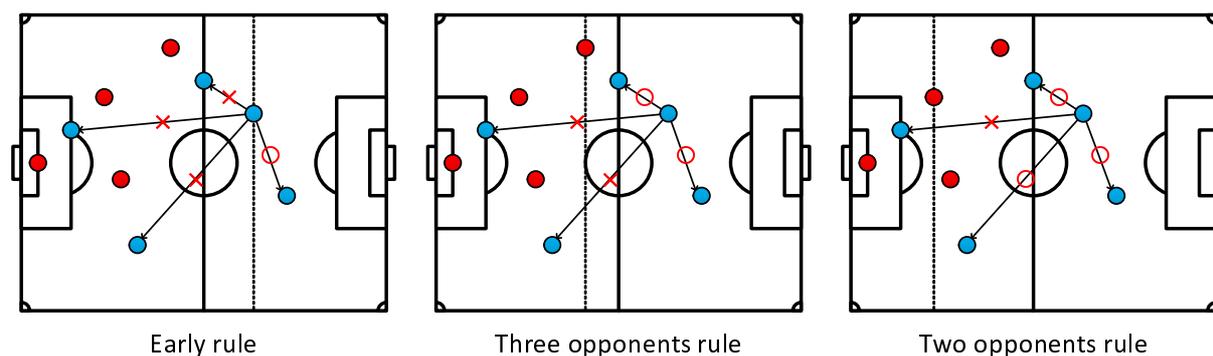


図 2.1: Example of the Offside

オフサイドルールの成立には諸説あるが，要するにゴール前での「汚い待ち伏せ」をどのようになくし，またゲームとしてのバランスを保つか，これがオフサイドルールの発展してきた要因である [6]．しかしフォワードパスを認めないラグビー式オフサイドで

は、ボールを持った選手に守備側の選手が集中し、それを守るために攻撃側の選手もボールの周りに集中してしまうため、現在のサッカーのようなパスワークやフォーメーションといった概念はなく力と力のぶつかり合いであった。こうした状況が変化し、現在のサッカーのような形に変わるきっかけとなったのは「3人制オフサイド」といわれるオフサイドルールの導入である。このことによりフォワードパスが認められ、ボールに集中していた選手たちがフィールドに分散することになる。パスの重要性が高まり、今までボールに集まっていた守備側の選手が前方へのパスを警戒せざるを得なくなり、それまでの力と力の勝負から技術力や戦術の重要性が高まり、守備戦術が飛躍的に向上していくきっかけとなった。この後オフサイドルールは現在の2人制に変更されイエローカードやレッドカードが導入されていくが、表 2.1 に示したルールの変化からわかることは、ルール変更は攻撃側が有利になるように変更されているということである。

表 2.1: Laws of the Game[5]

1863	The Cambridge Rules are rewritten to provide the game's first uniform regulations.
1866	The offside law is changed to allow players to be onside provided there are three players between the ball and the goal.
1882	The associations in Great Britain unify their rules and form the International Football Association Board (IFAB) to control the laws of the game.
1886	The first official meeting of the IFAB takes place.
1891	Introduction of the penalty-kick.
1913	FIFA becomes a member of the IFAB.
1925	Amendment of the offside rule from three to two players.
1938	The present Laws of the Game are framed in a new system of codification, based on the Laws previously in force.
1958	Substitutes are permitted for the first time, albeit only for an injured goalkeeper and one other injured player.
1970	The system of red and yellow cards is introduced for the 1970 FIFA World Cup finals.
1990	The offside law is changed in favour of the attacker, who is now onside if level with the penultimate defender.
1992	Goalkeepers are forbidden from handing back-passes.
1994	The technical area is introduced into the Laws of the Game, with the Fourth Official following the next year.
1996	Linesmen are renamed Assistant Referees.
1997	The Laws are revised.

2.1.2 戦術の変化

ルールが洗練されたから戦術が洗練されたのか戦術が洗練されたからルールが洗練されたのか，ゲームの歴史を紐解くうえで例外なく存在するこの命題は当然サッカーにも当てはまり，前述のとおりサッカーのルールは100年余りの歴史の中で淘汰されてきたが，それに合わせて戦術も変化してきている．本節ではサッカー戦術の変化を選手の並びであるフォーメーションという概念で説明したい．図2.2に主なフォーメーションの変化を示した．

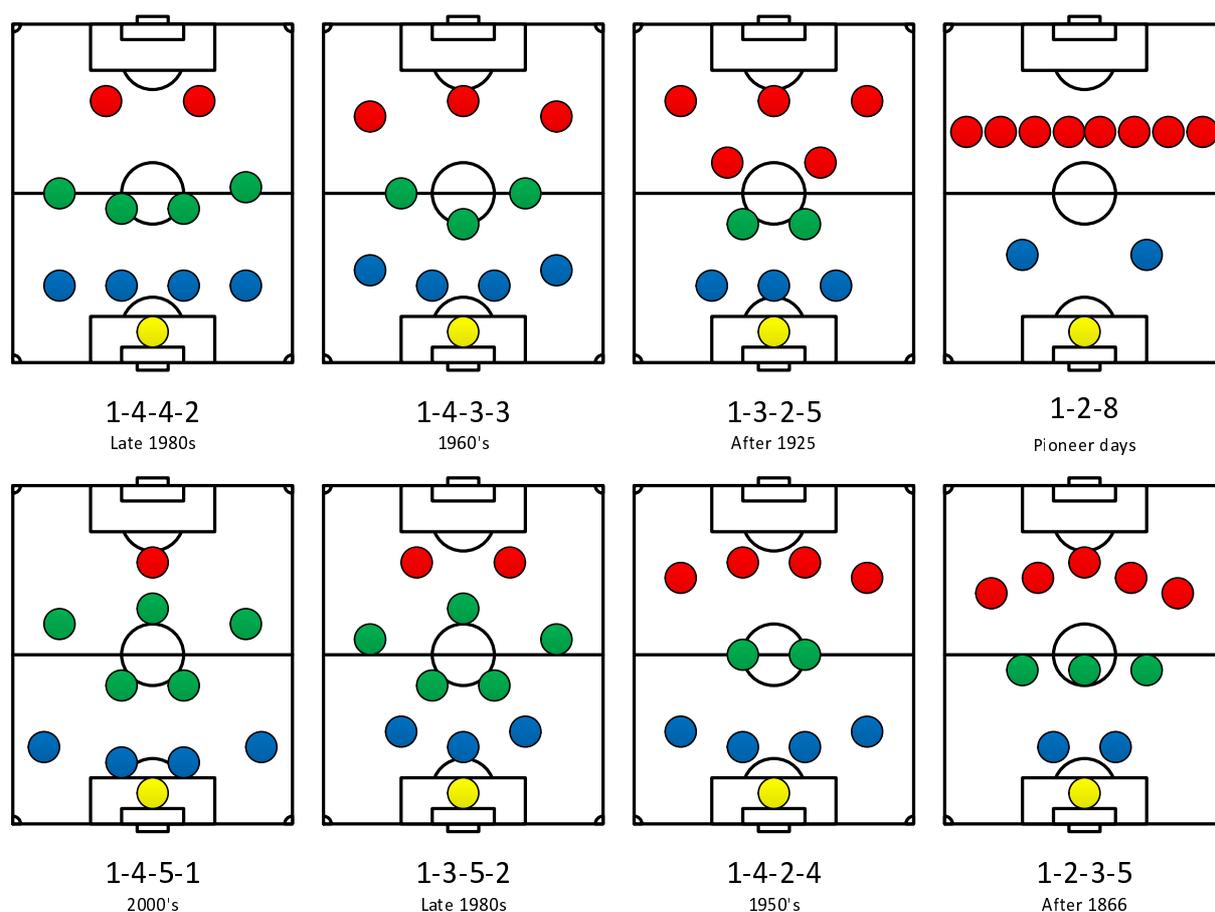


図 2.2: Change of the Formation[7]

サッカーがフォワードパスを禁止していた初期の主なフォーメーションは，現在と大きく異なり前線（以下，FW）に多くに選手を配しボールを人で守りながら前進，後方にこぼれたボールを後衛（以下，DF）の選手が拾うスタイルであったが，前にパスを出せない当時のルールであれば力で前進するこのフォーメーションが最も合理的だったといえる．その後3人制オフサイドが導入され，フォワードパスが認められるとFWとDFをつなぐ中盤（以下，MF）という概念が生まれたが，3人制オフサイドではオフサイドラインが

かなり高く、DF2人で十分に対応できたため依然FWに多くの人数を配し後方からロングボールを相手陣地に蹴りそれに向かってFWが走って得点を目指すというスタイルであった。現在もこのスタイルを基にした戦術は残っておりイングランドなどでは根強い人気を誇っている。しかし3人制オフサイドではオフサイドトラップ（意図的にオフサイドラインを上げてオフサイドの反則を誘う戦術）を容易にかけられるため得点は減少した。

1925年にオフサイドルールが3人制から2人制に変更されると、それまでと比べオフサイドラインが下がったため得点が激増してしまう。そこでDFの人数をそれまでの2名から3名に増やした1-3-2-5のフォーメーションが主流になり、これまでは2人のDFが振り子のように動いて対応するゾーンディフェンス（特定のマークを決めずに各選手の守る範囲に入ってきた相手に対して守備をするやり方）から、相手の最前線3人に対してDF3人をマンマーク（特定のマークを決めて守るやり方）に変更して対応した。また、FWの並びが最前線3人、その後ろのインナーと呼ばれるポジションに2人が入る形に変化した。主な攻撃の形は最前線のサイドのFWがクロスボール（サイドからゴール前にクロスするパスのこと）を入れ、中央のFWがそのボールを落としインナーがシュートを狙うというものであった。

1950年代に入ると南米で1-3-5-2を発展させた1-4-2-4のフォーメーションが生み出され、再びゾーンディフェンスという考え方が出てきた。それまでのFW5人とDF5人という選手の配置から、MFの2人が攻守を兼ねFW6人とDF6人という形にすることで1-3-2-5フォーメーションに対して数的有利を作りだしていった。オフサイドルールが3人制から2人制に変わった当時は、特定のマークを決めて守るオールコートマンツーマンが基本だったが、ポジションチェンジ（選手の位置を入れ替えることで相手のマークを外す戦術）が編み出されるとマンマークでは対応しきれなくなってしまった。そこで新たなゾーンディフェンスではDF4人が一列に並び、各DFの守る範囲を決めることで流動的に動く相手FWに対応した。またそれまで固定的だった選手の位置が流動的になったことで新たなフォーメーションが生まれるきっかけとなった。図2.3にポジションチェンジの例を示した。

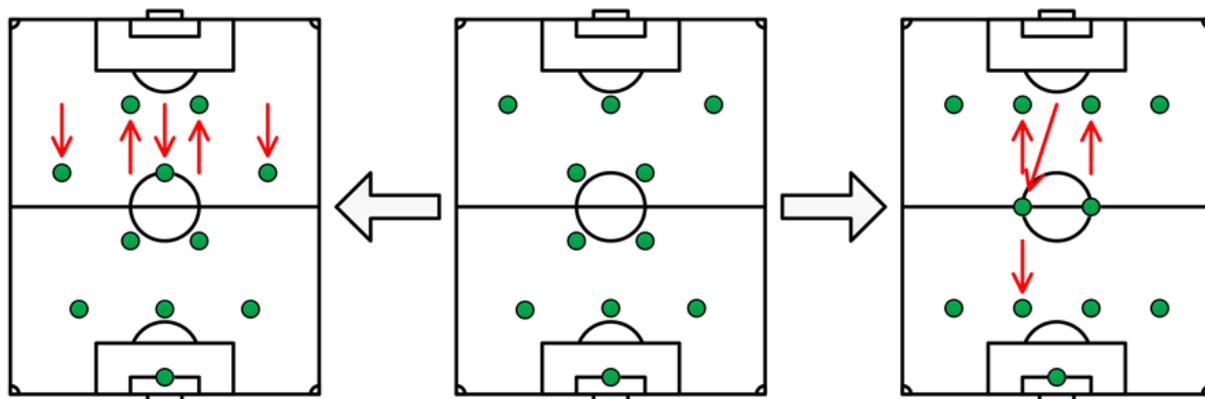


図 2.3: Example of the Position Change

その後、1960年代になると1-4-2-4からFWを1人減らしMFを増やした1-4-3-3というフォーメーションが誕生した。以降、20年にわたり1-4-2-4とともに世界の主流となっていた。1970年代には、1-4-3-3からさらにFWを1人減らし4人のDFの後ろに5人目のDFを配した1-1-4-3-2といった守備的なフォーメーションや、4人のDFのうち1人を余らせ攻守にわたって活躍するリベロを置く1-1-3-3-3というフォーメーションも生まれた。

そして1980年代になるとMFの人数が増えた1-4-4-2が主流になった。それに対し相手のFWが2人に対してDFを4人置くのは無駄だとしてDF2人が相手のFWをそれぞれマークし1人を余らせて守る3バックを採用した1-3-5-2が誕生し、現在でも1-4-4-2と共に世界で最も使われているフォーメーションの1つである。

1980年代後半に、現代最も重要な戦術の1つであるプレッシングが発明され、ゾーンプレスと共に多くのチームに採用されていった。プレッシングとはボールを持っている相手に守備側からボールを奪いに行く戦術で、1人でボールを奪いにいけば簡単にかわされてしまうが、チームで次々と奪いにいき相手の自由を与えず最終的には相手のミスなどからボールを奪う戦術である。そこにゾーンと呼ばれる選手1人が守る範囲を決めてプレッシングを行ったのがゾーンプレスで、コート横幅から1列の人数は4人に収まり、DF4人とMF4人を平行に並べた2列で守備ブロックを形成した。

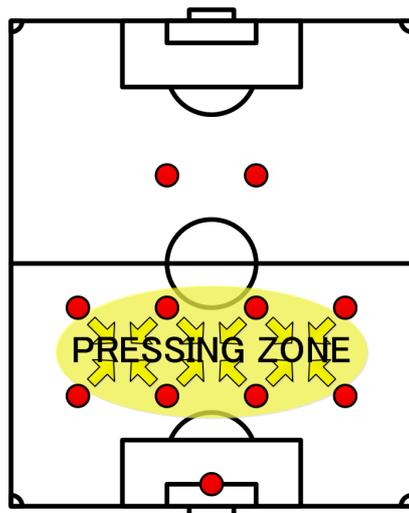


図 2.4: Zone Press in the 1-4-4-2 Formation

現在最も多く使われているフォーメーションは1-4-5-1であるといわれているが、このフォーメーションの利点は状況により別のフォーメーションへの移行が簡単なこととMFの人数が多く試合の主導権を握りやすいという点である。また、プレッシング技術が発達し中央では自由を与えてもらえないためサイドからの攻撃が行いやすいこのフォーメーションが多く採用されている理由もある。

2.1.3 1試合あたりの平均ゴール数の推移

サッカーのルールと戦術が変化するにつれて1試合あたりの平均ゴール数も変化してきている。図 2.5 に FIFA ワールドカップにおける 1 試合あたりの平均ゴール数の推移と新たに生み出された戦術を 3 つ示した。1942 年と 1946 年に関しては第二次世界大戦の影響でワールドカップは中止されている。

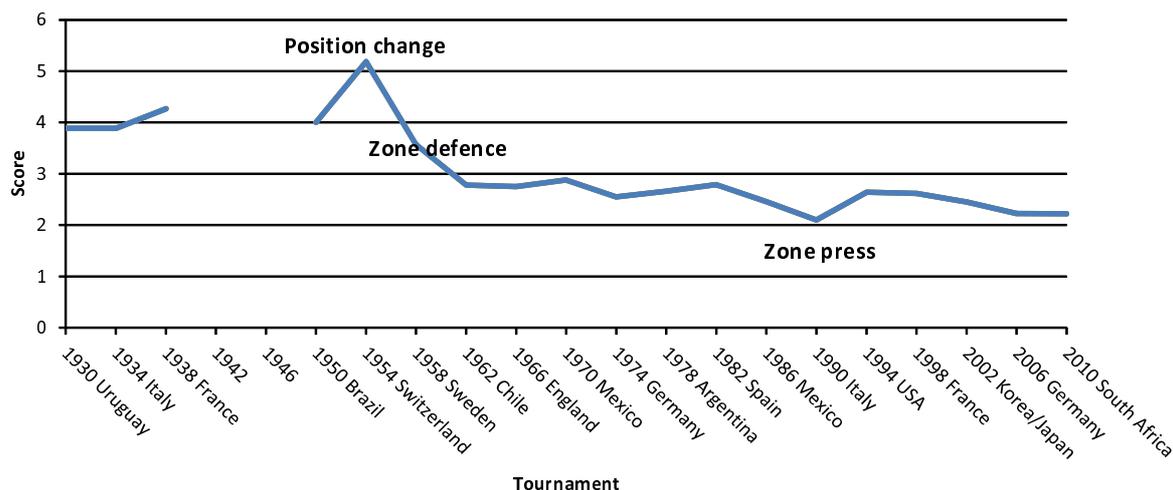


図 2.5: Changes in the average number of goals per game in the FIFA World Cup[8]

ワールドカップにおける 1 試合あたりの平均ゴール数が最も多かったのは 1954 年のスイス大会で 1 試合あたり 5.19 点であった。それまでは各々の選手のポジションが固定され、守備側がマンマークで対応していたがこの大会あたりから選手のポジションを流動的に入れ替えることで相手のマークを外したり、DF がいないスペースに飛び込んだりするポジションチェンジ（図 2.3 参照）という戦術が登場し、それに対して守備側が対応できずにゴール数が増えたと考えられる。その後ポジションチェンジに対応するためにゾーンディフェンスという守り方が編み出されるとゴール数は減少していった。そしてワールドカップにおける 1 試合あたりの平均ゴール数が最も少なかったのは 1990 年のイタリア大会で 2.10 点であり、これはゾンプレス（図 2.4 参照）という守り方が出てきたためだと考えられる。また、最新の UEFA（欧州サッカー連盟）チャンピオンズリーグ [9]2013/14 シーズン 125 試合における 1 試合あたりの平均ゴール数は 2.94 点、過去 5 シーズン 625 試合における 1 試合あたりの平均ゴール数は 2.74 点となっている。そして過去 20 シーズンに平均ゴール数が 3.0 点を超えたシーズンはなく（最高点は 2013/14 シーズンの 2.94 点）、2.5 点を下回ったシーズンは 4 回（1994/95(2.30 点)、2004/04(2.47 点)、2005/06(2.28 点)、2006/07(2.46 点)) だけであった。

2.2 チェスのルール変化

チェスに似たゲームは世界中にあり、中国の象棋や日本の将棋などが有名であるがこれらの起源は古代インドのチャトランガ [2] だと考えられている。チャトランガは、チェスや象棋のようにそれぞれ違った特徴を持つ駒を使って相手のキングを詰ませれば勝ちというゲームだったと考えられているが、ダイスを使っていたと考えられていた点が現在のチェスや象棋と異なる点である。その後、ペルシャに渡りシャトランジというゲームに形を変えヨーロッパに伝わったと考えられている。

このシャトランジ [2] というゲームには「シャー・ムンバド (ペルシャ語で裸の王様)」というルールがあり相手の駒がキングだけになれば勝ちというものであった。このルールが誕生した背景にはいわゆる詰みを成立させるのが難しかったからではないかと考えられている。シャトランジの駒はチェスに比べキング、ルーク、ナイトとホーンは同じ動き (ホーンに関しては最初に 2 マス動けずアンパッサンも行えない) だが、ビショップはなく代わりにフィールと呼ばれる対角線に 2 マス先にだけ動ける駒を使い、クイーンの代わりにフィルズと呼ばれる対角線に 1 マスだけ動ける駒を用いていたとされている。

興味深いのは、チャトランガを起源とするチェス、象棋、将棋はそれぞれの方法で相手を詰ませやすくなるように進化していった点である。チェス [2] は駒自体を強くしたり、プロモーション、キャスリングといったルールを生み出したりすることでゲームの早さと効率化を行うことで解決を図り、象棋はキングの動ける範囲を制限することで詰めやすくしている。さらに象棋 [10] では「王不見王」(将と師を直接相対させてはいけない。すなわち将と師が同じ列で、この 2 つの駒の間に他の駒が 1 つもないような状態になるような手は指すことができない。) のルールによりキングの行動範囲をさらに制限し、エンドゲームでの詰みやすさを高めている。一方将棋 [11] では相手の駒を奪えば再利用が認められている。また頭金という言葉があるようにエンドゲームにおける金将の重要性は高く、小駒は成ればすべて金将と同じ動きになることも関係しているかもしれない。相手の駒を使ったり、自分の駒を強化したりすることでゲームを詰みやすくしているのが将棋である。

前述の通りチェスには特殊な動きがいくつか存在する。以下にその中からアンパッサンとプロモーション、キャスリングについて説明する。図 2.6 にはアンパッサンとキャスリングに例を示した。

- アンパッサン

敵のポーンが通過したマスに、自分のポーンを移動させて駒を取ることができる。アンパッサンできるのは、次のポーンに限られている。

- 白: 5 ランクまで進んだポーン
- 黒: 4 ランクまで進んだポーン

取る駒も取られる駒も両方ポーンであり、敵のポーンが初期配置から 2 マス進んだ次の手番のみ有効となり、いったん他の手を指してしまうとその時点でのアンパッサンの権利は失われてしまう。アンパッサンで取るポーンは必ず隣のファイルの駒

でなくてはならず，例えばeファイルのポーンならアンパッサンで取れるのはdポーンかfポーンだけとなる．

- プロモーション
相手側の最終列に達したポーンは同色のクイーン，ビショップ，ナイト，ルークのどれか好きな駒に昇格させなくてはならない．
- キャスリング
キングとルークを1手で同時に動かす特殊な手．図 2.6 の下図参照．

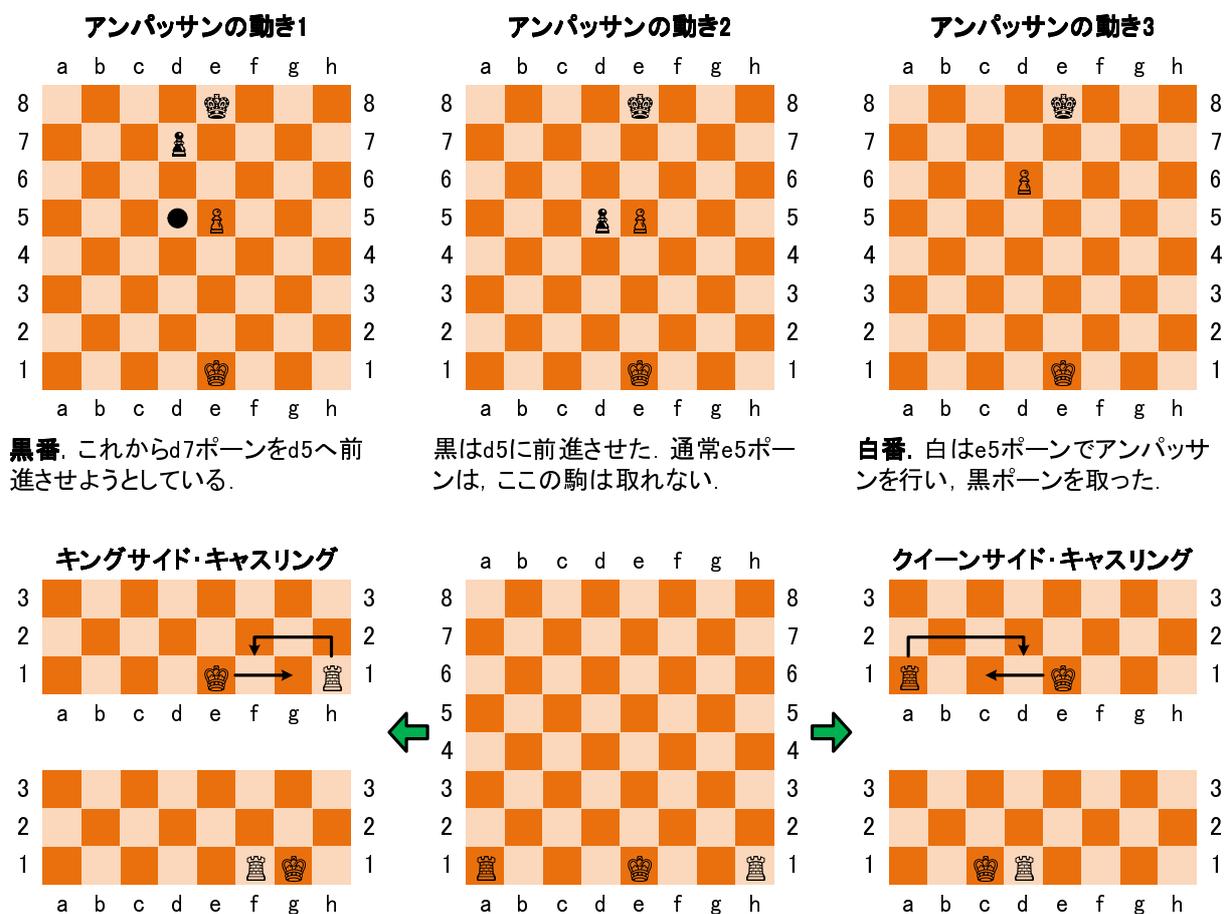


図 2.6: 特殊なチェスの動き

チェスはゲームのスピード感を重視して進化してきたように感じる．ポーンは初手のみ前方に2マス進めるためゲーム序盤の展開が早く行え，アンパッサンによりポーンの奪い合いを誘発している．そしてキャストリングは攻守に手が一気に進むためかなり効率的にゲームを進めることが可能になっているといえる．

第3章 ゲーム洗練度

本章では始めにゲーム洗練度の理論について説明し，次にチェスにおけるゲーム洗練度の変化を述べた後に，サッカーにおけるゲーム洗練度の定義と結果を示す．

3.1 ゲーム洗練度について

ゲーム洗練度とは，そのゲームにおける平均合法手と終了までの平均手数の関係から，そのゲームのスリル感を表したものである．勝敗がゲーム終盤までわからないとき，人はそのゲームを面白いと感じやすい．ここでいう面白さというのはゲームに対する興奮であり，いわゆるシーソーゲームというのは勝敗が最後までわからず両者の実力が拮抗しているために起こるが，そこには平均合法手数と平均終了手数が関係しているのではないかという理論である．プレーヤの実力差が小さいときプレーヤはゲームに集中し興奮度が増してくるが，このときゲームの性質によってプレーヤが得られる満足感は大きく異なる．例えば，将棋で相手の駒の再利用が認められていなかった場合，勝負はなかなか決まらずゲームが冗長になると考えられる．

ゲーム洗練度の理論を数学的に説明する [3]．この理論は二階微分を用いることで力学の加速度を応用して考えられている．プレーヤの観点から見たとき，ゲームの勝敗は手数 t に依存し，ゲーム結果の確実性に関する情報量を $x(t)$ と定義する．

$$x'(t) = \frac{n}{t}x(t) \quad (3.1)$$

における定数 n は，プレーヤ間に存在するそのゲームにおける実力差に基づき決定される値で， $x(0) = 0, x(D) = B$ とする．またこのとき $0 \leq t \leq D, 0 \leq x(t) \leq B$ とする．つまり式 3.1 は $x'(t)$ は $x(t)$ に比例し， t に反比例することを示している．式 3.1 を積分すると

$$x(t) = B \left(\frac{t}{D} \right)^n \quad (3.2)$$

なる． $t \in [0, D]$ により $x(t)$ は $x(0) = 0, x(D) = B$ となり，さらに二階微分を行うことでそのゲームにおける勝敗への加速度を求めることができる．ゲームの進捗によって取得される情報量は異なる．

$$x''(t) = \frac{B}{D^n} n(n-1)t^{n-2} \quad (3.3)$$

結果が最後までわからないシーソーゲームでは $t = D$ で二階微分の値が高くなり，高いということはそのゲームがより刺激的で魅力的，かつ面白いことを意味する．

$t = D$ (ゲームの最終局面) を式 3.3 から導く:

$$x''(D) = \frac{B}{D^n} n(n-1) D^{n-2} = \frac{B}{D^2} n(n-1) \quad (3.4)$$

二階微分である $x''(t)$ における n はプレーヤの実力に関係し, $\frac{B}{D^2}$ もしくはルートを取った $\frac{\sqrt{B}}{D}$ はそのゲームの特性に関係している値である.

この理論はゲームの魅力の1つに関係していると考えられ, いくつかのボードゲームについて比較が行われた [12]. ゲーム洗練度である $\frac{\sqrt{B}}{D}$ における B が平均合法手数を表し, D が平均終了手数を表している.

数百年以上残ってきたゲームは平均合法手数 B と平均終了手数 D で導かれた $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値が一定になることがわかっている. これはさまざまな文化や背景があるなかで誕生し, 進化したゲームが現在も楽しめる要因の1つに, ゲームの勝敗が最後までわからないことと, 勝敗がわかってきたらすぐに終局することが大事だったということである. ゲームが終盤までわからないシーソーゲームはスリル感を感じるが, 対照的に勝敗の行方がゲーム序盤で決した後に長々とプレーさせられるのはプレーヤにとって苦痛でしかない. また, ゲームが終盤まで勝敗がわからない場合でも平均合法手に対して平均終了手数が長すぎる場合にはゲームを冗長だと感じてしまい, 対照的に平均合法手に対して平均終了手数が短すぎる場合は簡粗に感じてしまうため程よい値が重要だといえる. 表 3.1 にいくつかのゲームにおけるゲーム洗練度を示す.

表 3.1: Relations of B and D [12]

	B	D	$\frac{\sqrt{B}}{D}$
Chess	35	80	0.074
Xiangqi	38	95	0.065
Japanese chess	80	115	0.078
Game of go	250	208	0.076

B is the average number of possible moves.

D is the average game length.

上記4つのゲームにおける $\frac{\sqrt{B}}{D}$ はおおよそ0.07から0.08程度であることがわかり, これは人間にとって程よいスリル感ではないかと考えられている. 興味深いのは, 国も文化も違う人々が長年愛してきたこれら4つゲームは実は非常に近い性質を持っているということである.

3.2 チェスにおけるゲーム洗練度

チェスや象棋など歴史のあるゲームは、長い年月をかけてゲームが洗練されてきている。現在残っている歴史あるゲームは、その長い歴史の中でルールや戦術が淘汰され、歴史上最高に面白いものだといえる。なぜなら、もしルール変更によって面白くなってしまったら、そのルール変更はゲームを愛する人々によってなかったことにされたしまったと容易に想像できるからである。

チェスも例外ではなくルールの変化と共にゲームとして洗練されてきた [13]。チェスの起源で記録に残っている最古のゲームはチャトランガで、サンスクリット語で“分割された4つ”という意味である。チャトランガの駒は象が1つ、戦車が1つ、馬が3つと歩兵が5つの小隊で構成されていたが、この4種は紀元頃にはなくなっていたため、誕生は紀元前よりも前だと考えられている。もともとはダイスを使うゲームだと考えられており、いつから運の要素がないマインドゲームになったか定かではない。その後ペルシャに伝わりシャトランジと名を変え、貿易や戦争によってヨーロッパ各地に伝わりルールや戦術が洗練されていく。その中で多くのオリジナルチェスが誕生したといわれ、クイーンとビショップの進化で現在のチェスに近づいたとされている。クイーンとビショップの変化を図3.1に示す。

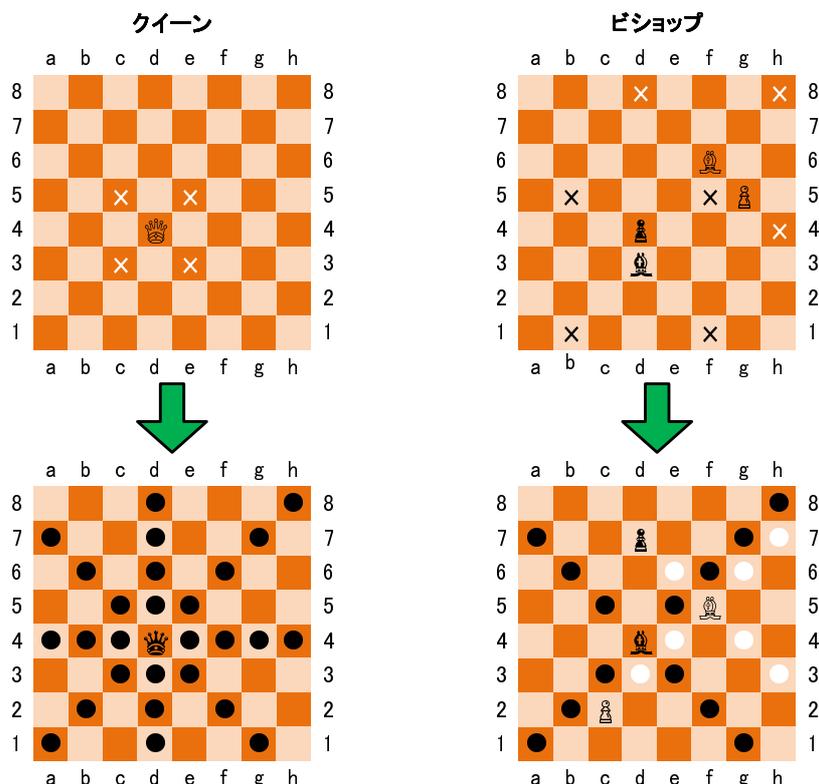


図 3.1: クイーンとビショップの変化

チェスの歴史をゲーム洗練度の観点から見ていくと3つの段階に分けることができる。まず1つ目は原始チェスを発明してゲームとして楽しめるように洗練し、ルールが確立していった段階。次に2つ目はチャトランガから中世チェスIに見られる (Game-tree complexity: B^D) が増加していく段階。ゲームの勝敗が決するまでに長い手数を通しゲームが複雑化していったため、かなりゲームとしては冗長であったといえる。しかし探索空間を広げることが目的であっても、一度複雑さを増すことでそのゲームにおける限界を測ることができ、洗練さを増すうえで重要な段階だと考える。そして3つ目は中世チェスIから現在のチェスへと洗練されていく段階であり、一度限界まで高められたゲームの複雑さが減少していくのと対照的にプレイヤーの選択肢は増えていきゲームとして完成に向かっていくと考えられる。特にクイーンとビショップに変更が加えられた近代チェスにおいてゲーム洗練度を示す $\frac{\sqrt{B}}{D}$ は急上昇しているが、これはクイーンとビショップの変更によりゲームの攻防における選択肢の増加とチェックメイトの可能性が高まったためである。この段階まで残ってきたルールは生み出されたルールのほんの一部だろうが、その分洗練されてきたルールであり、ゲームを楽しむうえで邪魔にならないように工夫されてきたはずだ。ルールの高度化とゲームの複雑さのバランスが保てないときには、そのルールがいかに高度であってもプレイヤーには支持されないだろう。ルールによってゲームの知的な側面である先読みの深さが、ゲームの結果に直結するときゲームの洗練度が高くなると考える。そして、ゲームが洗練されていく過程で探索空間の複雑さとゲームの面白さが影響を与えたと考えられる現在のチェスは非常に成熟し、最適化されたゲームだといえるだろう。表3.2にチェスの歴史とゲーム洗練度を示す。

表 3.2: Some statistics for chess variants[13]

	B	D	B^D	$\frac{\sqrt{B}}{D}$	Century
Chaturanga	19.0	176.0	1.15E+225	0.025	4th
Shatranj	19.2	222.3	1.90E+285	0.020	6th
Medieval I	20.2	230.6	1.03E+301	0.019	8th
MedievalIII	21.0	217.5	3.83E+287	0.021	12th
MedievalIII	20.8	185.3	1.73E+244	0.025	15th
New Chess	26.7	100.9	8.61E+143	0.051	16th
Chess	27.0	100.1	1.90E+143	0.052	16th

3.3 サッカーにおけるゲーム洗練度

3.3.1 サッカーにおけるゲーム洗練度の定義

サッカーはチェスと比べると歴史は浅いが、100年以上の歴史を持ち世界中の文化に影響されながら進化してきた。サッカーは11人対11人の試合を90分間(45-15-45)行うが、このルール自体に特段の変更はなく(サッカー草創期には12人対12人や、ハーフタイムが5分ということもあったが、現行のルールが100年以上続く)基本的には競技人数と時間は固定であり、サッカーがゲームとして洗練されていく中で競技人数と時間は特に影響がなかったか、この競技人数と時間が合っていたかのどちらかと予測できる。これはコートにもいえることでサッカーコートの大きさはほとんど変化していない。数少ないルールがいくつか変更され現在のサッカーが世界で最も人気を誇るスポーツの一つであることを考えるとゲームとして洗練されている可能性は高く、得点の推移を見ても特段ここ20年で大きな変化がない。

サッカーは得点あまり多く生まれるスポーツではなく、相手よりも1点でも多く奪っているチームはかなり有利であり、試合終盤まで同じ得点であったり、得点を奪い合い逆転に次ぐ逆転であったりするシーソーゲームが起る可能性は高くない。しかし、得点が入ったからといってその試合に対する興味が大きく失われることはなく引き続き試合を楽しむことができるため、ゲーム洗練度の理論における試合結果に関する情報量のスリル感は試合結果以外の部分に存在するのではないかと考えた。そこで、サッカーで最も興奮する場面であるシュートを1ゲームとするラウンドゲームとしてサッカーを定義することでゲーム洗練度を求めることにした。要するに、サッカーはパスによりボールを保持するプレーヤを変え、時にインターセプトなどでボールを保持するチームが変わりながらお互いに攻め合い、最終的にシュートを打つまでのゲームが、90分の中で繰り返し行われているラウンドゲームであると定義した。また、シュートの結果、得点が入れば勝ち、逆に得点を取られれば負け、得点が入らなければ引き分けであると定義した。

ゲーム洗練度の理論を考えるうえで定義しなくてはならないパラメータは B (平均合法手数)と D (平均終了手数)であり、そこから $\frac{\sqrt{B}}{D}$ を導くことでゲームとしての洗練度を測っているが、サッカーはシュートを1ゲームとするラウンドゲームとして考えた場合、 B はボールを保持しているプレーヤから見た場合の選択肢の数とし、自分を除く味方10人(退場が発生した場合は減少[14])へのパスである10とシュートなど相手にボールを渡す行為の1を加えた11と定義する。また D は1本のシュートを打つまでに両チームがパスを出そうとした本数(パス成功数ではなくパスを試みた回数)と定義する。 B であるボールを保持しているプレーヤの選択肢が11である点についてここではボールを保持しているプレーヤの移動可能数とし味方へのパス(物理的な可能性ではなく競技として認められているかどうか)が10とシュートやクリアなど味方にボールをつなぐ意思がない1を足した11とした。ドリブルに関してはボール保持者が変化していないためここでは考えないことにする。

3.3.2 サッカーにおけるゲーム洗練度

サッカーにおけるゲーム洗練度を求めるにあたり技術的に高水準で試合数が多い大会，そして試合スタッツとしてパスとシュートの本数を公式に公開している UEFA（欧州サッカー連盟）が主催する UEFA チャンピオンズリーグ [9] を基にデータ集計を行った．本大会は欧州のサッカークラブのトップを決める大会であり，欧州クラブシーズンにおける最も権威がある国際大会である．試合の技術水準は FIFA ワールドカップよりも上だといわれ，世界一のサッカー大会だと考えられている．大会形式は現在毎年 9 月から翌年 5 月にかけて行われ，予選を除きグループステージと決勝トーナメントに分かれ全 125 試合が行われる．UEFA チャンピオンズリーグによるサッカーのゲーム洗練度を表 3.3 に示す．

表 3.3: Game-Refinement in the UEFA Champions League[15]

	B	Shots(S)	Passes attempted(P)	$D \left(= \frac{P}{S} \right)$	$\frac{\sqrt{B}}{D}$
2009/10		3352	116542	34.77	0.095
2010/11	11	3374	128776	38.17	0.087
2011/12		3345	133718	39.98	0.083
2012/13		3180	130945	41.18	0.081

試合スタッツとしてパスとシュートの本数を集計するようになったのは最近のことであり過去 4 シーズン，計 625 試合分のデータしか集めることができなかつたが，いくつかの興味深い結果を得ることができた．まずシュート本数が減少傾向にあるのに対し，パスの試行回数が増えている点である．次にそのため D （パスの試行回数をシュート回数で割った値）が増加傾向にあり，その結果ゲーム洗練度を示す $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値が減少している点である．ただ，4 シーズンしかデータがないため正確な数値はわからないが，2010 年 FIFA ワールドカップ [8] における $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値は 0.092，UEFA ユーロ [16] では 2008 年が 0.103，2012 年では 0.075 であったことからだいたい 0.09 ぐらいで減少傾向にあると考えられる． $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値が減少している背景には，プレーヤのボールを扱う技術が向上していることと守備戦術が向上していることに伴い早いタイミングでシュートを打つよりもパスをつなぐことでより良い形でシュートを打てるタイミングを図っていると考えられる．またゴール数に大きな変化がないこともこのことを裏付ける結果となったと考える（2 章参照）．

第4章 サッカーとチェスの類似点

本章では、サッカーとチェスの類似点について述べる。また、そのためにチェスの戦術についても簡潔に記述した。

4.1 ルール・戦術にみる類似点

4.1.1 チェスの戦術

ゲームにおけるチェスは序盤 (Opening)・中盤 (Middle game)・終盤 (Endgame) の3つの局面に分けることができ、序盤は最初の10手から25手程度の初期配置から駒を展開させていく段階で、中盤は展開された駒を用いて相手の駒を取っていき、終盤は多くの駒が盤上からなくなった局面で相手のキングをチェックメイトさせていく。チェスには「Play the opening like a book, the middle game like a magician, and the endgame like a machine.」(Rudolf Spielmann: 1883-1942) という言葉があるように、序盤は定跡を使い確立された方法でゲームを有利に運び、中盤は定跡では対処できなくなるのでその局面に応じて最善手を打てる柔軟性と相手の意表を突く発想が求められ、終盤は読みの深さで勝負が決まるとされている。

チェスにおける序盤定跡 [17] はゲームを優位に運ぶためにチェスの長い歴史の中で研究されてきた。序盤定跡の例を図 4.1 に示した。序盤の主な目的は以下の6つである [18]。

1. 駒を展開する (Development) .
2. 中央を支配する (Control of the center) .
3. キングの安全を確保する (King safety) .
4. 弱いポーンができないようにする (Prevention of pawn weakness) .
5. ピース同士を連携させる (Piece coordination) .
6. 相手より有利な陣形にする (Create position in which the player is more comfortable than the opponent) .

また、駒にはそれぞれ強さがあり駒の強さは点数で表すことができる。持っている駒の合計点が相手よりも高いと駒得、低いと駒損になる。例えばポーンを2個失うのとナイト

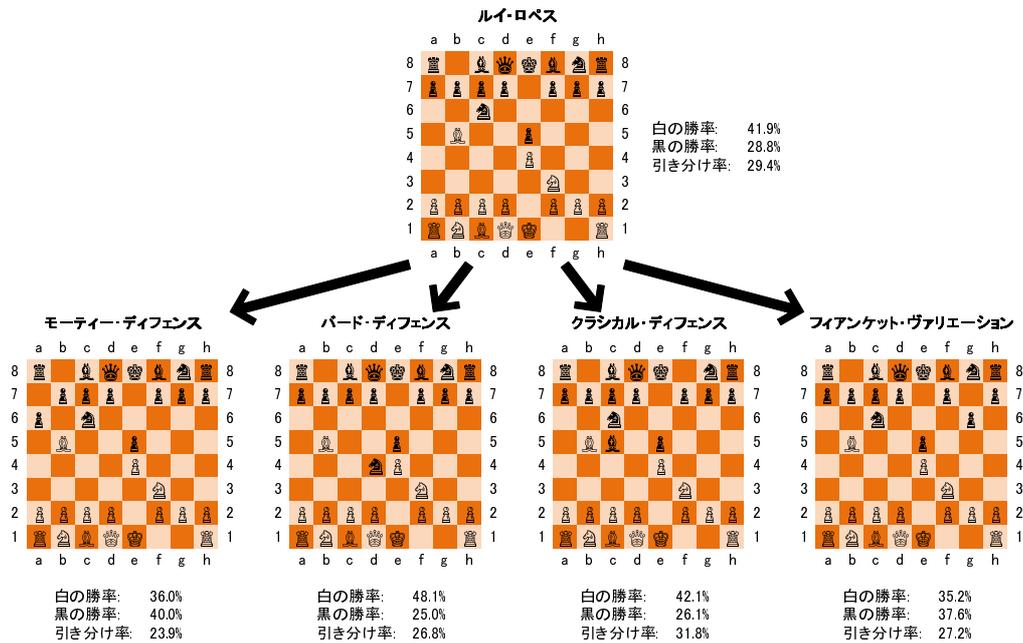


図 4.1: 序盤定跡の例 (ルイ・ロペス) [19]

を 1 個失うのではポーンを 2 個失うほうが損失は小さくなる．表 4.1 にチェスにおける各駒の価値を示した．

表 4.1: チェスにおける駒の点数

駒	価値 (点)
キング (King)	
クイーン (Queen)	9
ルーク (Rook)	5
ビショップ (Bishop)	3
ナイト (Knight)	3
ポーン (Pawn)	1

ゲームの目的は相手のキングを詰ませることであるが，そのためにまずは相手よりも有利な局面を作ることが目標とされる．局面の優劣を評価するうえで重要な要素は前述の駒の価値 (material advantages) と，駒の占めている位置 (positional advantages) である．駒の効きが最も多くなる中央の 4 マスは重要で，ここをいかに抑えるかは重要な戦略である．

4.1.2 サッカーの選手とチェスの駒

サッカーとチェスの類似点の1つとしてあるのは、チェスにおける駒とサッカーにおける選手がそれぞれ異なった特徴を有していることである。チェスは駒によって動ける範囲が大きく異なるため、それぞれの駒が得意としている戦い方や位置は違うため、プレイヤーはそれぞれの駒が持っている力を最大限生かせるように駒を動かしていくと同時に相手の駒の動きを制限するように努める。サッカーも選手によって得意としている戦術やポジションは大きく異なり、監督がそれぞれの特徴に合わせポジションやフォーメーションを決めている。例えば人間にはそれぞれ利き足というものが存在するが、右利きの方が圧倒的に多く左利きの選手は少ないため、貴重な左利きの選手をどこに配するかでチーム戦術は大きく変わってくる。具体的には、チームのパス回しという観点から見た場合、一般的に左利きの選手は右サイドよりも左サイドに配した方がボール運びを円滑に行えるため、最も左サイドに位置する左サイドバックは左利きの選手を配されることが多く、左センターバックや左センターハーフの選手においても左利きの選手は右利きの選手よりも重宝される傾向にある。しかしドリブルやポストプレー（前方で相手ディフェンダーを背負ってパスを受け攻撃の起点を作るプレー）の観点から見た場合、必ずしも左サイドに左利きの選手を配することが有効とは言えず右サイドの方が力を発揮できる選手も多く存在する。要するにチームを指揮する監督がサイドの選手に何を求めるかで右利きの選手を配するか左利きの選手を配するか変わってくる。その他に監督はフォーメーションや戦術、所属選手の特徴によりパスをつなぎながらゆっくりゴールを狙うのか相手からボールを奪ったら素早く相手のゴールを目指すのか、サイドから攻めるのか中央から崩すのかなど多岐にわたる戦い方を相手に合わせながら使い分けている [20]。

しかしフォーメーションというのはあくまでも選手の初期配置であるためボールの位置や試合状況によって実際のポジションは変化する。つまりフォーメーションというのは監督が自らのチームが得意としている戦術と相手に合わせた選手 11 人の初期配置を決めているだけであり、重要なことはチェスの序盤定跡と同じようにそこからの展開が重要である。チェスの序盤定跡は長年の経験などから序盤の手順を形式化したもので、その後の戦略や相手との駆け引きに常用な役割を果たすがサッカーのフォーメーションも同様にキックオフ時各選手にポジションを明示的に示したもので、チェスは駒を 1 回の手順で 1 つしか動かさないため数手かけて陣形を形成するが、サッカーでは選手それぞれが自由に動けるためフォーメーションを形成するのにほとんど時間がかからない違いはあるが、本質的にはゲーム序盤の初期位置を決めているだけである。そこから、サッカーであれば各選手がチーム戦術や状況によって動き、チェスであればプレイヤーが状況を判断しながら駒を動かし、ゴールを奪うか相手からボールを奪う、若しくは相手のキングを詰まさせていくのである。

4.1.3 ゲームにおいて重要な地域

ゲームにおいて重要な地域というのはゲームによってそれぞれ異なり，例えば 19 路盤囲碁においては四隅が領域を構築しやすく 9 路盤囲碁においては盤が小さいため中央から領域を構築していくのが基本である．サッカーとチェスは中央の地域が重要な役割を果たす．図 4.2 にサッカーとチェスにおける重要な地域を示す．

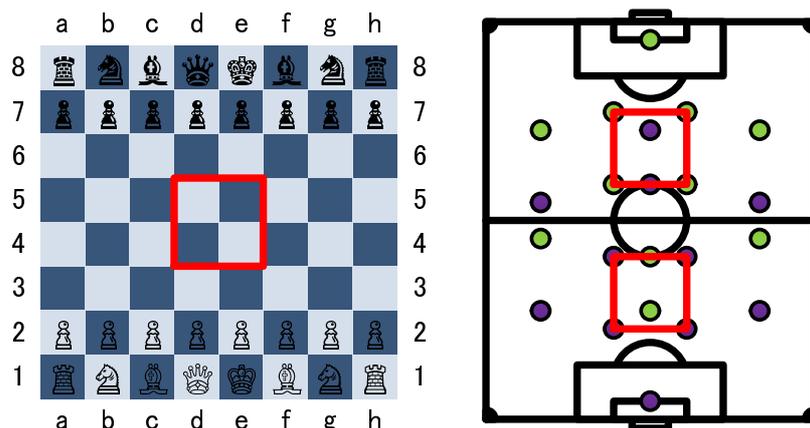


図 4.2: サッカーとチェスにおける重要な地域

ここで留意しておかなければならないのはサッカーにおける重要な地域というのはボールを保持しているとチームによって変わるということである．チェスでは駒の位置によって局面の評価が大きく変わるがそれはサッカーでも同じであり，図 4.2 に示した地域を支配することはチェスやサッカーで重要な役割を果たす．チェスとサッカーで異なる点はチェスでは重要な地域の場所は不変で中央の 4 マスであるが，サッカーの場合はセンターバックとセンターハーフで結んだ四角形（もしくは三角形）の地域であり，選手が動けば地域の場所も大きさも変化する．サッカーではこの地域のことをバイタルエリアと呼び，攻防の重要な拠点となる．

サッカーとチェスにおけるこの地域の活用方法は似ていて，互いにまずはこの地域の支配を目指し，もし支配することができればそこから相手陣地の攻略を行い，支配することができなかった場合は外から揺さぶりをかけつつその地域の奪還を目指す．サッカーでは，攻撃側はまずは FW や MF がバイタルエリアでパスを受けて守備の攻略を図り，守備側はそれを防ぐために DF ラインを押し上げバイタルエリアを狭くする．攻撃側は次に広くなったより危険な裏のスペース（DF ラインと GK の間のスペース：パスが通れば GK と 1 対 1 になるため絶好の得点機となる）を突き，今度はそれを防ぐため DF ラインを下げるのと同時に MF ラインを下げることで対応する．こうなるとバイタルエリアを攻略することは難しくなるためサイドから攻略を図るのが一般的な流れである．サイドから攻略を図ることで守備側が外側に釣り出されるため再びバイタルエリアが使えるようになることもある．

4.2 ラウンドゲームにみる類似点

4.2.1 ゲーム洗練度

サッカーをシュートまでを1ゲームとするラウンドゲームの観点で見た場合、ゲーム洗練度を示す $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値がチェスや象棋などと非常に近い値を表していたが、他のボードゲームと比べてみてもチェスとサッカーは近い値を示していることがわかった。表4.2にさまざまなゲームのゲーム洗練度を示す。

表 4.2: Game-Refinement in various game[21]

	B	D	$\frac{\sqrt{B}}{D}$
Football	11	41.18	0.081
Chess	35	80	0.074
Xiangqi	38	95	0.065
Japanese chess	80	115	0.078
Game of go	250	208	0.076
Reversi	10	58	0.055
Checkers	2.8	70	0.023
Draughts	4	90	0.022
Tic-tac-toe	4	9	0.222
Connect Four	4	36	0.056
Gomoku	210	30	0.483
Connect6	46000	30	7.149
Hex	280	40	0.418
Pentominoes	75	10	8.660
Carcassonne	55	71	0.104

チェスライクゲームはサッカーと比較してかなり近い値を示しており、特にチェスと将棋は近似していることがわかる。また囲碁やオセロもかなり近い値を示しておりゲームとして洗練されてきていることがわかる。しかしその他のゲームと比較してみるとサッカーと比べゲーム洗練度は大きく離れていることがわかる。ゲーム洗練度の理論はゲームの結果に対するスリル感を基に考えられた理論であり、ゲームにはそれぞれ独特の面白さがあるためゲーム洗練度の理論だけでそのゲームの面白さを判断することできないが、1つの指標としてゲーム洗練度の理論を用いて比較した場合にチェスライクゲームに近いことがいえる。

4.2.2 引き分け

サッカーのラウンドゲームでは得点が入らなかったシュートである引き分けが多く存在するが、チェスも引き分けが多く存在する。チェスの引き分け率はFIDE（国際チェス連盟）の主催するワールドチェスチャンピオンシップにおいては60%にも及ぶ。FIDEワールドチェスチャンピオンシップの勝敗における統計結果を表4.3に示す。ただし、3人以上のリーグ戦で行われた3回と1975年の不戦勝1回を除く過去28回の統計データである。

表 4.3: Statistics of World Chess Championship[19]

Win or lose	Draw	Matches	Match average
212+6 (39.9%)	324+4 (60.1%)	536+10	19.5

+ is tie-break.

平均試合数とは1回の大会でチャンピオンが決まるまでに行われた試合数の平均である。チェスは引き分けが多いため将棋や囲碁の名人戦のように7回戦では試合数が不十分であるため数多くの試合が行われており、試合数に最多は1978年大会の32回で、最少は2000年大会の4回である。大会の試合数については何度も変更されており、現在は12回戦+タイブレイクで試合が行われている。ちなみに直近である2012年大会はチャンピオンであるViswanathan Anandが1+1勝1敗10+3分けの16試合を行いチャンピオンが防衛を果たした[22]。

サッカーのラウンドゲームにおける引き分け率は、得点数をシュート数で割った値である得点率を1から引けば求めることができる。図4.3にUEFAチャンピオンズリーグにおけるシュートに対する得点率の推移を示す。

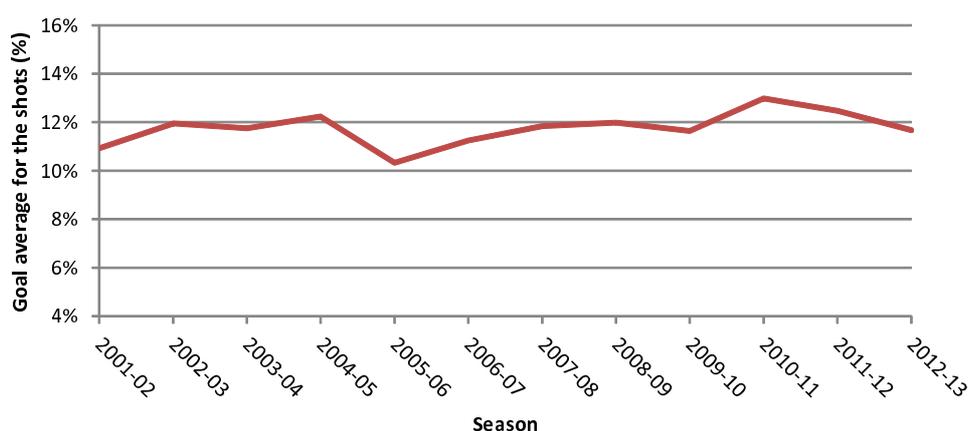


図 4.3: Change of the goal average for the shots in UEFA Champions League[9]

シュートに対する得点率はおおよそ12%であることから、サッカーのスマールゲームに対する引き分け率は約88%であり、この値はチェスに比べかなり高く推移していることがわかる。サッカーとチェスをラウンドゲームとして見た場合、チェスでは表4.3に示した通り平均で19.5ラウンド行うことで勝者を決めていることがわかる。対してサッカーの場合は90分間の試合中に放たれたシュート数がラウンド数になり、平均を取るとUEFAチャンピオンズリーグ12シーズンとワールドカップ3大会いずれも大差なくおおよそ約22本で推移していた[8][9]。このことからチェスでは約20試合を行うとある程度実力に沿った勝敗を決することを経験的にわかっていることが予測でき、サッカーではシュートの本数が22本程度になるように試合時間が90分に設定されたり、ルールの微調整が加えられていたりしていると予測できる。

将棋や囲碁などの引き分け自体の発生率が低く、引き分けの場合は指し直しを行うゲームのタイトルマッチではほとんどが7試合に設定されており、野球やバスケットボールなどのスポーツにもこれは当てはまる。しかしサッカーの場合はトーナメントにおいては7試合のシリーズマッチを行うのではなく1試合の決勝戦を行うのが一般的である。もし90分の試合で勝敗が決していない場合は30分の延長戦を行い、それでも引き分けの場合はサドンデスのペナルティショットアウト(PSO)を行うことで勝者を決めている。2006年のワールドカップ決勝ではイタリアとフランスが1対1で90分を終え、その後延長戦でも勝敗が決まらずPSOの末5-3でイタリアが優勝した。ちなみに前回大会である2010年のワールドカップ決勝でも延長戦に突入し0-1でスペインがオランダを下して優勝しており、チーム力があり実力が拮抗したチーム同士の試合では90分では短いのかもかもしれない。しかし体力的な面からも次戦がなく無理が利く決勝戦では監督が90分ではなく120分戦うことを前提として試合戦略を組んでいる可能性もある。

ラウンドゲームの視点から見た場合、チェスやサッカーのような引き分けが多く発生するゲームは引き分け率によって試合数を設定されている可能性があり、それは必ずしも意図的ではなく、サッカーのような一定時間で試合を行う場合、シュート数が多い試合もあれば少ない試合も存在するため、経験的にシュート数がある程度収束する試合時間を設定することでプレーヤーにとって納得のいく試合数を行っているのかもかもしれない。両者が常に最善手を選択すれば引き分けになることが証明されているチェッカーのタイトル戦では、試合数が40試合に設定されかなり多くの試合を行い勝者が決められていることから、引き分けというのはゲーム数にかなり影響を与えているといえる。

1試合におけるゲーム洗練度ではサッカーのラウンドゲームとチェスは近い値を示しており、人々はそれぞれの引き分け率の違いにより何ゲームするかを経験的に決めようとしていると考えられるが、戦術が洗練されていくことで引き分け率が変化していることが予測でき、チェスではチャンピオンが決まるまでの試合数がたびたび変更され、サッカーでは90分という試合時間は固定し、ルールに変更を加えられる形で適度なゴール数になるように無意識に調整されている可能性がある。引き分け率が低い将棋や囲碁、野球などは7試合、そこから約60%のチェスが19.5試合、約88%のサッカーが22試合と増えておりなにか数学的な関係があることが予測できる。

例えば、引き分け率が60%のチェスの場合、平均で19.5局行われており、単純計算で勝敗が決した試合は7.8局であり、将棋や野球の7回戦に近い値である。これは囲碁や野球など同様に先に4勝すれば勝者となることを意味している。近年のワールドチェスチャンピオンシップの試合数は減少傾向にあり、もう少し低い値であるといえ、実質的に引き分けを除く7局で勝者を決していると考えられる。

しかし、ラウンドゲームとして見た場合、サッカーでは90分を終えても同点の場合は引き分けとして扱われ、チェスのラウンドゲームと異なり必ずしも勝者を決めていない。サッカーでは引き分けの存在によって戦術の幅を持たせることができるため、競技性が向上していると考えられ、程よい引き分け率がサッカーというゲームをより一層面白くしているのではないかと考えている。サッカーにおける1ラウンドの引き分け率は88%であり、それを平均22試合行っていると見ることができ勝敗を決した試合は90分あたり2.64ラウンドであり、つまり90分あたり2.64点のゴールが生まれている。90分あたりの引き分け率は欧州三大リーグ(イングランド・スペイン・イタリア)においておおよそ25%程度であり、4試合に1試合程度が引き分けである。バスケットボールや野球などのように平均得点が多い場合、引き分けが発生しにくく、逆に平均得点が少ない場合引き分けが多くなると考えられる。そのためサッカーの競技性やエンターテインメント性、また現在の人気の高さからおおよそ2.64点というのが、程よい引き分け率を保ちつつ、ゲームとして面白さを担保するのに重要であるのではないかと考える。表4.4に囲碁とチェスとサッカーのラウンドゲームで見た場合の試合数と引き分け率を示す。

表 4.4: Relations of number of match and draw average in the round-game[15][22]

	Draw average	Match average	Win or lose match average
Game of go	約 0%	7	7
Chess	約 60%	19.5	7.8
Football	約 88%	22	2.64

チェスとサッカーのラウンドゲームにおける引き分けの意味が大きく異なる。チェスの場合はタイブレイクにより勝者が決まるまで試合を続けるが、サッカーの場合は既定の試合時間が過ぎれば引き分けとして扱う。チェスの場合、ラウンドゲームにおいては引き分けを認めていないため勝者が決まるまで試合を行わなければならない。そのため囲碁や将棋、野球やバスケットボールと同様に、引き分けを除いた7試合で勝敗を決めていると考えることができるのではないかと考える。対してサッカーの場合は、ラウンドゲームにおいて引き分けを積極的に導入しているとみられ、そのためある程度の引き分けを保証できるラウンド数と引き分け率であるのではないかと考えられる。

第5章 おわりに

5.1 まとめ

本研究ではサッカーとチェスのゲームとしての関係について解明を図ったが、サッカーとチェスはスポーツとボードゲーム、個人競技とチーム競技などさまざまな異なる点があるにも関わらず、戦術・ルールやゲーム洗練度、引き分けの概念を導入している点などいくつかの共通点を見つけることができた。しかしチェスは駒の配置や移動をすべて1人で行うが、サッカーの場合はフォーメーションを監督が決め、選手の移動は選手自身はその場の状況を考え行動している点がそれぞれのゲームとしての面白さの違いではないかと考える。チェスはサッカーと異なりすべてを自分で行えるため勝敗の責任も原因もすべてプレーヤ自身にあるが、サッカーでは勝敗の責任はチームにあり、原因も選手や監督だけでなくスタッフや天候、ピッチコンディションなどさまざまでありそこがまた面白いところであるが、ラウンドゲームとしてサッカーとチェスを考えた場合、ゲーム洗練度の理論から試合結果の加速度が近似しており、スリル感が非常に近いことが言えると同時に、引き分け率の関係から多くの試合を行っていることがわかった。また両者をラウンドゲームで見た場合の引き分けの意味が異なることがわかった。

5.2 今後の展望

コンピュータチェス [23] の導入と長い歴史からチェスはかなりゲームとして完成してきていると断言していいだろう。一方サッカーについてまだまだ発展の余地があるかもしれない。近年の細かいルール変更やワールドカップの公式球などは攻撃側が有利になるように変更されているが実際のゴール数とは結びついているとはいえないが、このような動きはサッカーをもう少し攻撃的にすることで、得点やシュート数を増やしたいということがうかがえる。90分という試合時間が変更されないことを前提とするならば、サッカーはチェスとの引き分け率の関係から、もう少しシュートを増やした方が良いと思われるので、将来的にはシュートがもう少し多くなるのではないかと考えている。実際に現在選手の交代人数を変更しようという動きがあり、これは選手の疲労を考慮したためであるとみられているが、間接的には試合中の戦術変更を可能にし、疲れていない選手を投入することでチームが活性化してシュートが増えるかもしれない。

またサッカーとチェスと同様にスポーツとボードゲームの関係について研究がなされていくことを期待している。

謝辞

本研究を進めるにあたり，ご指導を頂いた修士論文指導教員である飯田弘之教授に感謝致します．また，日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂いた飯田・池田研究室の皆様
に感謝致します．そして，西安電子科技大学への留学の際に大変お世話になった高新波教授をはじめ関係者の皆様に感謝致します．

参考文献

- [1] J. Schaeffer, N. Burch, Y. Bjornsson, A. Kishimoto, M. Muller, R. Lake, P. Lu, and S. Sutphen, Checkers Is Solved, *Science*, Vol. 317, No. 5844, pp1518–1522, 2007.
- [2] H. J. R. Murray, *A History of Chess*, Oxford University Press, 1913.
- [3] H. Iida, K. Takahara, J. Nagashima, Y. Kajihara, and Y. Hashimoto, An Application of Game-Refinement Theory to Mah Jong, *Proc. the 3rd International Conference on Entertainment Computing (ICEC '2004)*, *Lecture Notes in Computer Science* 3166, pp333–338, 2004.
- [4] Federation Internationale de Football Association (FIFA), *Laws of the Game 2013/2014*, 2013.
- [5] <http://www.fifa.com/classicfootball/history/index.html>, 2013/07/30.
- [6] 中村敏雄, *オフサイドはなぜ反則か*, 三省堂, 1985.
- [7] 西部謙司, *戦術リストランテ*, ソル・メディア, 2011.
- [8] <http://www.fifa.com/worldcup/index.html>, 2013/08/01.
- [9] <http://www.uefa.com/uefachampionsleague/index.html>, 2013/08/01.
- [10] 増川宏一, *盤上遊戯の世界史 シルクロード 遊びの伝搬*, 平凡社, 2010.
- [11] 木村義徳, *持ち駒使用の謎 日本将棋の起源*, 日本将棋連盟, 2001.
- [12] H. Iida, N. Takeshita, and J. Yoshimura, A Metric for Entertainment of Boardgames: its implication for evolution of chess variants, *Entertainment Computing: Technologies and Applications*, pp65–72, 2003.
- [13] A. Cincotti, H. Iida, and J. Yoshimura, Refinement and Complexity in the Evolution of Chess, *Proceeding of the 10th International Conference on Computer Science and Informatics*, pp650–654, 2007.
- [14] J. Vecer, F. Kopriva, and T. Ichiba, Estimating the effect of the red card in soccer, *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, Vol. 5, Issue 1, 2009.

- [15] <http://www.uefa.com/uefa/mediaservices/presskits/index.html>, 2013/08/06.
- [16] <http://www.uefa.com/uefaeuro/finals/index.html>, 2013/08/06.
- [17] N. D. Firmian, *Modern Chess Openings*, Random House Puzzle & Games, 2008.
- [18] R. Fine, *The Ideas Behind The Chess Openings*, David McKay Company, 1943.
- [19] <http://www.chessgames.com/perl/chessopening?eco=c60>, 2013/08/03.
- [20] 戸塚啓, *新・サッカー戦術論*, 成美堂出版, 2010.
- [21] V. Allis, *Searching for Solutions in Games and Artificial Intelligence* (Ph.D. thesis), University of Limburg, Maastricht, The Netherlands, 1994.
- [22] <http://www.fide.com/>, 2013/08/07.
- [23] D. リービ, M. ニューボーン, (飯田弘之, 吉村信弘, 乾伸雄, 小谷善行 訳), *コンピュータチェス 世界チャンピオンへの挑戦*, サイエンス社, 1994.