

# 時間情報を用いたフィギュアスケートの評価

○真栄城哲也 長瀬奏絵 (筑波大学)

## Evaluation of Figure Skating using Temporal Information

\*T. Maeshiro and K. Nagase (University of Tsukuba)

**Abstract**— This paper presents a quantitative evaluation of figure skating performances using only the temporal information of the two principal techniques, the jump and the spin. The method was evaluated using world figure skating championship data, and prediction accuracy was measured.

**Key Words:** Figure skating, AI, Relationality design

### 1 はじめに

本研究の目的は、フィギュアスケートの演技で時間に関する定量的な特徴のみを用いて、演技を評価する手法を構築することである。フィギュアスケートの大会では、複数の審判が演技を判定し、その平均点によって順位が決定される。しかし、現在の採点には少なからず審判の主観による依存する部分がある。問題は、審判の主観ではなく、それによって引き起こされる平等性と再現性の欠如である。

フィギュアスケート競技に「新採点方式」と呼ばれる採点方法が導入されるようになったのは、2002年冬季ソルトレイクオリンピックのペアとアイスダンスの競技で発覚したスキャンダルがきっかけである。フランスのスケート連盟から、アイスダンスでフランス組を勝たせる代わりにペアでロシア組を勝たせる交換条件が審査員に持ちかけられ、それに沿った判定を下した審査員が摘発されたのである。この判定はのちに無効とされ、2位のカナダ組にも金メダルが授与された。

そのころのフィギュアスケートの採点は、6.0システムという方式が用いられていた。この方式は得点に基づく順位ではなく、審査員による相対評価によって順位が与えられるというものであった。まず6人の審査員がそれぞれ競技者を評価し順位を与える。与えられた6つの順位を平均して点数とし、最終的な順位が決まる。つまり、意図する選手(と国)を勝たせるための点数操作が容易に行える採点方式であった。

かねてよりその方法が疑問視されていた相対評価による採点システムは、オリンピックという権威ある大会でのスキャンダルをきっかけに大改正を余儀なくされた。事実の発覚から数日後には、新採点方式が提案され、翌シーズンには新しい採点システムが採用された。

このような経緯で導入され今日まで用いられてきた新採点方式は、技術点と演技構成点、それに規約違反による減点の合計値を競う加点式絶対評価の採点方式である。技術点は、ジャンプやスピンといったこなした技の基礎点と出来栄え点の合計値であり、ジャンプにおいてはその回転数や種類、スピンやステップにおいてはその種類及び1~4のレベル評価に応じて基礎点が与えられる。これらは3人の技術審査員によって判定され、場合によってはビデオ判定も用いられ厳密に評価される。出来栄え点は演技審査員と呼ばれる9人もしくは7人の審査員によって、-3~+3の7段階(2018~2019シーズンからのルールでは-5~+5の11

段階)の評価が与えられ、最低値と最高値を除いた7つもしくは5つの値の平均値となっている。演技構成点は、(i) スケート技術 (Skating Skills: SS), (ii) 要素のつなぎ (Transitions: TR), (iii) 演技 (Performance: PE), (iv) 構成 (Composition: CO), (v) 音楽の解釈 (Interpretation of the Music: IN) の5つの要素について10点満点、0.25点刻みで先述の演技審査員が評価し、出来栄え点と同じく最低点と最高点を除いた値の平均値(さらに種目ごとに決められた係数を掛けたもの)を合計したものである。なお、アイスダンスの場合には、(i) スケート技術 (Skating Skills: SS), (ii) 要素のつなぎ (Transitions: TR), (iii) 演技 (Performance: PE), (iv) 構成 (Composition: CO), (v) 音楽の解釈・タイミング (Interpretation of the Music / Timing: IN) の5要素が評価される。

先述の通り、採点にはジャンプの回転数判定やスピン/ステップのレベル判定を行う技術審査員が3名、出来栄え点と演技構成点の判定を行う演技審査員が7人もしくは9名という少なくない人数が関わっている。そして、演技審査員は国籍の偏りが出ないように選出されるという配慮もなされている。しかし、この採点方式には「平等性」と「再現性」の2つの問題がある。

平等性については、特定の選手を有利にしようとした疑いがあったことである。例えば、2010年のバンクーバー五輪で金メダル、2014年のソチ五輪で銀メダルを獲得したのち引退したキム・ヨナ選手をめぐる一連の疑惑が挙げられる<sup>1)</sup>。彼女は演技構成点の5つの要素の点数が他の選手よりも段違いに高かった。また技術点に関しては、他の選手に比べて相対的に難易度が低いジャンプを飛んで基礎点が抑えられている一方、ミスをしたジャンプで出来栄え点が付加された採点がいくつも見受けられた。これらの評価が観戦者の間で疑問を呼び、様々な検証や考察がインターネットをはじめとして広がっていった。選手の間にも不安や不信があったとしても、採点競技の性質上、採点を受ける選手らから審査側への口出しはタブーとされている。結局これらの疑いについては現在に至るまで晴れる、もしくはキム・ヨナ選手側から不正が認められるような動きは無く、疑惑のまま終わってしまっている。また最近の例では、2018年2月に行われた平昌オリンピックで、フィギュアスケート男子シングルにて中国人審査員による点数の不正がある<sup>2)</sup>。記事によると、男子シングルで審査員を務めた中国人のチェン・ウェイグ

アン氏が、採点を操作した疑惑が浮上し、297.77点で4位に入った金博洋(中国)に高得点を与えたことが問題視された。演技構成点では他の審査員が7点台をつけている要素で9点台を付けた一方、メダル争いのライバルとなったフェルナンデスと宇野に対して、最も低い評価を下している。この事例では与えられた9つの評価値のうち最低点と最高点を除いた評価値の平均をとるという計算方法に則ったため、実際にこの審査員の付けた値は点数として加味されなかった。しかし、この審査員が構成点を適正に採点していた場合、自国選手、ライバル選手ともに点数は違う値になっていた。0.01点の差でも順位が変わる現在の採点方式では、以前よりも更なる審査の公正さが求められている。

再現性については、選手個人に与えられる評価の問題ではなく、大会の種類、審査員の判断によって採点が厳しくも甘くもなっているという点数の不安定さの問題である。2014年の全日本フィギュアスケート選手権では、女子シングルの競技で多くの選手がジャンプの回転不足やエラーの判定に泣かされた。それまで戦ってきた大会では評価されていた内容が、大会によって評価されなくなるという不確かさに、ついに選手の立場から苦言が呈された。タブーを冒してまでも言及せざるを得なかったほどに、この時の採点は相対的に厳しいものであったわけである。

ここで回転不足判定とエラー(主にエッジエラー)をはじめとするジャンプの判定について補足しておく。フィギュアスケート競技においてジャンプは難易度の高い順にアクセル、ルッツ、フリップ、ループ、サルコウ、トゥループの6種類があり、回転数を加味してそれぞれ基礎点が与えられる。転倒した場合、両足で着氷した場合ははじめ、回転数が足りない状態で氷上に降りてしまった場合は、回転不足と判定される。四分の三回転に満たなかったと判断された場合は回転不足と見なされ、元のジャンプの基礎点の70%が付与される。半回転に満たなかったと判断された場合は、回転数が一つ足りないジャンプ(例えば、三回転トゥループで三回転目が半回転に満たないと判断された場合は二回転トゥループ)の基礎点が付与される。エッジエラーは、ルッツジャンプとフリップジャンプの判定時に問題になる違反である。ルッツジャンプとフリップジャンプはよく似たジャンプであるが、その違いは踏み切るときのエッジの向きにある。フィギュアスケート競技用のスケート靴は、底の部分は棒状の支えが一本だけあるように見えるが、底の部分は凹んでおり、足の内側のへりをインエッジ、外側のへりをアウトエッジと呼ぶ。両側のエッジが設置した状態はフラットエッジと呼ばれる。それぞれルッツジャンプはアウトエッジ、フリップジャンプはインエッジで飛ぶジャンプとなっている。エラーと判断するのは、逆側のエッジで飛んでいるか、エッジの角度がフラットに近く、明確なイン・アウトの踏み切りでない場合である。これらのジャンプを判定するのは、種目ごとに3名選出される技術審査員である。

フィギュアスケートの採点基準は毎年改定が加えられている。例えばエッジの判定によるエラーが明確にルールとして決められ減点対象となったのは2014年のことである。正確さと美しさ、選手にとっての競技のしやすさなどを考慮されながらの改訂ではあるもの

の、その採点基準に逐一对応しながら競技を行わなければならないとなると戸惑うことも多い。それに加えて大会によって匙加減が変わってしまうということでは、選手たちはジャンプを正確に飛ばうということに気にしすぎて萎縮してしまう雰囲気が漂うのも無理はない。

審査員の鼻根の目や大会ごとの裁量の揺れといった不安要素や不確定要素を含んでいるのが今のフィギュアスケート採点システムにおける現状、ひいては他の採点競技にも共通する永遠の課題とも言える。

フィギュアスケート競技に関する研究は、選手の動きに着目したバイオメカニクスの研究や、アスリート個人の体力や身体強度・精神状態に着目したスポーツ医学的な研究が中心となっている。その他には観戦者の消費行動についてや、芸術的な側面を扱った音楽とプログラム構成の関係性について、など非常に幅広い観点からの研究が行われている。研究事例としては、バイオメカニクスの研究がほとんどである。

先行研究のなかで特に採点に関するものを取り上げると、フィギュアスケート男子シングルにおけるジャンプの成功と演技構成点の関係を考察した研究がある<sup>3)</sup>。ジャンプの成功、および出来栄点については技術点の一部として計算されるべき項目であるが、この成否が演技構成点にも多に影響があり、成功すれば二重の加点、失敗すれば二重の減点になってしまう点を検証している。演技構成点は先述のスケートディングスキル、要素のつなぎ、演技、構成、音楽の解釈の5要素であり、ジャンプの成否に直接かかわってくるものとは考えにくい。考えられるものとしてはバランスを崩した転倒により、本来つなぎの要素を入れる時間があるところを起き上がり体勢を立て直す時間に使うというパターンがあるが、それも5要素のうちのひとつである。この研究ではジャンプの成否・出来栄点と5要素の相関を検証している。その中で上位の選手と下位の選手では相関が異なり、上位の選手でも演技構成点がジャンプの成否に影響されやすい選手と影響されにくい選手が存在するという結果が出ている。

また、滑走速度と競技力の相関を調べた研究がある<sup>4)</sup>。この研究では滑走の速度や氷面の利用といった観点をフィギュアスケートにおける重要な要素とみて<sup>5)</sup>研究を行っている。この研究では、競技者の多い階級において、高得点を獲得している選手ほど滑走速度が速いという知見が得られた。一般的に、難易度の高いステップを繰り返すことで滑走のスピードは落ちるため、速度が速い選手ほどジャンプやスピンなどの要素で難易度の高いものをこなしており、速いスケートディングを習得することが高得点を獲得するために必要である。

5要素のうちスケートディングスキルについてだが、滑走速度、演技中に実際に速さを測定しているわけではないのでここでは審判からみた目測でのスピード感というものはこの項目で評価される。スピードを出すためには、地上を走るのと同じように足をクロスさせて漕ぐ方法と、自転車がカーブで加速するように角度をつけて滑走する方法がある。スケートディングスキルの項目では、こちらの後者の方法で、ギリギリまでエッジに踏み込んで倒れないように体感をコントロールしながら加速し滑走する方が難易度は高く、また美しい

Table 1: 対象とした大会

ISU 世界フィギュアスケート選手権大会 2015
ISU 四大陸フィギュアスケート選手権大会 2015
ISU 欧州フィギュアスケート選手権大会 2015
ISU 世界フィギュアスケート選手権大会 2016
ISU 四大陸フィギュアスケート選手権大会 2016
ISU 欧州フィギュアスケート選手権大会 2016

と評価される。同じような速度だった場合は当然だが、明らかに前者の方法で行った選手にスピード感があつた場合は、ジャッジの判断も分かれる。技術的要素の得点と滑走速度の相関を見出している。

## 2 方法

フィギュアスケートの採点基準は毎年少しずつ改訂が重ねられ、「ジャッジングシステムテクニカルハンドブック」が作られている。2018~19 シーズンに関しては基準が大きく改訂された。このような大きな改訂は節目の年に行われるものである。新採点方式への転向は2002年のソルトレイクオリンピック後、今回の改定は2018年の平昌オリンピック後に行われた。このように4年に一度の権威ある大会を節目として改定は行われることが多い。そこで、今回の研究ではオリンピックからその次のオリンピックの直前のシーズンまでの4年間について、ほぼ同じ採点基準のもとで採点されていたことから相互に比較が可能であると判断した。

対象の大会については、ISU 四大陸選手権、欧州選手権、世界選手権の3大会を対象とした。これらの3選手権は、もっとも権威の高い大会であり、毎年20名ほどの出場がある。その年の大会における各国の出場者の成績に応じて次の年の出場枠数(1から3)が決まる仕組みになっている。このような理由から、表1の大会を研究対象とした。

フィギュアスケートの種目は、アイスダンス、ペア、男子シングル、女子シングル、シンクロナイズドスケートティングがある。またシニア、ジュニア、初級~7級という階級が年齢と習熟度別に規定されている。シンクロナイズドスケートティング、アイスダンス、ペアについては、一つのプログラムについて競技者が二人もしくは多数となるため、一人ひとりの動きを別々に解析する必要があり、解析の単純化のため対象から除外した。男子シングルと女子シングルにはそれぞれショートプログラムとフリースケートの競技があり、これら2つの合計点によって順位が決められる。ショートプログラムは3回のジャンプと1回のスピン、1回のステップシークエンスが技術要素、フリースケートは7回のジャンプと3回のスピン、1回のステップシークエンスと1回のコレオシークエンスが技術要素となっている。ここでのコレオシークエンスは、ステップシークエンスよりもつなぎの動きのバリエーションの豊富なものであり、レベル判定は無く、固定の基礎点と出来栄点のみが評価される。

フリースケートのほうがショートプログラムよりも自由度が高く点数の差が大きいプログラムである。また、男子シングルと女子シングルでは競技時間に違いがあり、女子は男子よりも30秒短い。以上のことから、本研究では女子シングルのフリースケートを対

象とした。

また、抽出する特徴として、ジャンプとスピンの時間的要素がフィギュアスケートの重要な特徴であるとの仮説のもと、ジャンプのタイミング(開始からの時間)と滑空時間、スピンのタイミング(開始からの時間)と回転の時間を設定し、選手の演技の動画データから抽出した。

表1の各大会で上位3位と下位3位の各選手を対象に、ジャンプとスピンの特徴を抽出した。従って、1つの大会から6人分のデータが生成され、合計で36人分の特徴データを作成した。1つの大会の6人分のデータを1データセットとし、合計6データセットが得られた。これらの抽出したデータセットをニューラルネットワークに入力し、深層学習<sup>6)</sup>によってフィギュアスケートの評価モデルを構築した。学習は教師付きとし、教師データとして、その選手が上位か下位かの2種類のラベルを用いた。そのため、構築した評価モデルは、入力した選手データが上位か下位かのどちらかを出力する。

構築したフィギュアスケートの評価モデルを評価するため、1データセットを除いた5データセットのデータを学習データとし、除いた1データセットを評価用とするleave one out法を実行し、評価データとの合致数を予測精度とした。表1にある6大会のデータそれぞれについて同様の処理を行ない、算出される6個の予測精度の平均値を、提案する評価モデルの予測精度とした。

## 3 結果および考察

表1のデータを対象としleave one out法による平均予測精度は0.69であった。

以上のことから、今回提案した特徴量であるジャンプとスピンのタイミングと継続時間は、フィギュアスケートの演技の評価に有用であることが分かった。予測精度については、ばらつきがあり、その原因については、下位の選手については映像データが残されておらずやむを得ず飛ばしたことの影響が考えられる。

## 4 結論

先行研究において、滑走スピードが多くなる場合フィギュアスケート競技のフリープログラムの得点に大きく影響していることが既に立証されている。本研究ではこれに加えてジャンプのタイミング(何分何秒)と滑空時間(秒)、およびスピンのタイミング(何分何秒)と回転している時間(秒)が有用な要素であることを示した。今回抽出した特徴量は有用であるが、フィギュアスケートの採点項目として正確な予測を立てるには更なる特徴の抽出とデータ量が必要であると考察できる。

## 参考文献

- 1) 猫宮黒埜. フィギュアスケート銀盤の疑惑. 泰文堂, (2014)
- 2) THEANSWER 編集部. 「フィギュア, 中国人審判の不正採点疑惑が浮上自国選手の高得点で調査へ... 海外一斉報道」. THE ANSWER. 2018-02-20. <https://theans.jp/news/18546/>, (参照 2018-12-26).
- 3) 橘由里香, 栗原俊之, 伊坂忠夫. 09 方-10-10-31 フィギュアスケート男子シングルにおけるジャンプの成功と演技構成点の関係. 日本体育学会大会予稿集, 68, 218 (2017)
- 4) 吉岡伸彦, 宮下充正. 052K05 フィギュア・スケートのフリー・スケートティングの競技力と滑走速度の関係 (5. バイ

オメカニクス, 一般研究 A). 日本体育学会大会号, 39A, 405 (1988)

- 5) 吉岡伸彦, 宮下充正.2. フィギュア・スケートのプログラム滑走中の移動速度と競技力, 体力科学, 34, 5, 294-295 (1985)
- 6) Geoffrey E. Hinton, Learning multiple layers of representation, Trends in Cognitive Sciences, 111, 428-34 (2007)