競技ダンス採点システムの安定性の評価の評価

上原 昂平[1,a)] 土中 哲秀[2,b)] 小野 廣隆[3,c)]

概要：競技ダンスは, 踊りの技術や芸術性を競うことで社交ダンスを競技化したスポーツである．一人ずつ演技する体操競技やフィギュアスケートのような他の採点スポーツとは異なり, 同時に多数の選手が競技を行う点に競技ダンスの大きな特徴がある．このような競技形態から, 相対的な比較評価に基づく「スケーティングシステム」と呼ばれる採点システムが採用されており, 決勝戦では, 各審判員は踊っている競技選手を総合的な視点から主観によって順位を付け, それらを集計する形で最終的な順位を決定する．スケーティングシステムでは, 多くの審判員が似たような順位をつける場合には比較的妥当と思われる最終順位を決定できる反面, 評価が２分される場合には, 一人の審判の結果が最終順位を左右しうるなどの不安定性が問題となる場合がある．本研究ではコンピューターシミュレーションを用いて審判員数の変動が最終順位に及ぼす影響を測ることでスケーティングシステムの安定性を評価する．そして, 社会選択理論の観点からスケーティングシステムの問題点を指摘する．

キーワード：競技ダンス，採点システム，シミュレーション，社会選択理論

Evaluating Stability of the Skating System of Dancesports

Kohei Uehara[1,a)] Tesshu Hanaka[2,b)] Hirotaka Ono[3,c)]

Abstract: Competitive ballroom dancing, also known as dancesport, is a sport based on the ordinary ballroom dance, which is social or exhibition dancing. One feature of dancesport is its unique competition style. Whereas a competitor plays in a sequential manner in other sports like figure skating, many competitors simultaneously dance in dancesport. Due to the style, dancesport adopts a unique scoring system, called *skating system*, where scoring is based on comparison. Each referees rank competitors from integrated viewpoints, and by summing the evaluations up, the final ranking is decided. The skating system generally makes a reasonable decision if many referees' rankings are similar, but otherwise the resulting ranking can be very sensitive for one referee's ranking. If a referee changes its ranking, then the final rank can be completely different one; the skating system might be very sensitive. In this paper, we evaluate the stability of the skating system by computer simulations. Via the simulations, we investigate the relation between the number of referees and the behavior of rankings. Furthermore, we consider the desirability of the skating system from the viewpoint of social choice theory.

Keywords: dancesport, scoring competition, simulation, social choice theory

1. はじめに

競技ダンスは, 踊りの技術や芸術性を競うことで社交ダンスを競技化したものである．フィギュアスケートなど他の採点スポーツとの大きな違いは, 一人ずつ演技するわけでなく複数の選手が同時に演技を行い, 審査員は相対的な評価を行うという点である．このような競技形式をとって

[1] 九州大学 経済学部 経済工学科
Department of Economic Engineering, School of Economics, Kyushu University
[2] 九州大学大学院 経済学府 経済工学専攻
Department of Economic Engineering, Graduate school of Kyushu University
[3] 九州大学大学院 経済学研究院 経済工学部門
Department of Economic Engineering, Faculty of Kyushu University
[a)] k.u.z1140.yasaiyadesu@gmail.com
[b)] 3EC15004S@s.kyushu-u.ac.jp
[c)] hirotaka@econ.kyushu-u.ac.jp

いるのは, 舞踏会などの社交の場で複数の人々が同じ場所, 同じ曲で踊っていたものを競技化した結果だと考えられる. また, 決勝戦では, 技術点や芸術点といった具体的な審査項目に分けて点数を与えたりせずに, 各審査員は踊っている選手に直接順位をつける. そしてそれらの順位を集計し, 最終的な順位を決定する手法が「スケーティングシステム」である. 本節ではスケーティングシステムの詳細を解説した上で, それに対する疑問点や研究に至った経緯, 本論文の構成について述べる.

1.1 スケーティングシステムとは

スケーティングシステムは, 競技ダンスの同時に多数の選手が演技するという特徴を考慮した独特な採点方式で, 奇数審査員による審査を過半数の概念をベースに順位付けしようとするところに大きな特徴を有している. 以下では決勝戦での順位決定法の説明を簡単に行う. 順位を決定する手続きがどのような理由となっているかなどの詳細については [1] を参考にされたい.

スケーティングシステムでは, 各審査員が選手に順位をつけるときに, 同順位をつけてはならない, という制約のもとで採点される. この制約の下で審査された結果を以下の 4 つの手順で集計し, 最終的な順位を決定する. 以下の説明では図 1 のような審査結果を用いる.

図 1 の上表は, 審査員 A が選手 a に 1 位, 選手 b に 2 位, 選手 c に 4 位…という審査をしたということを意味している. 下表は, 各選手が全ての審査員につけられた順位を昇順に並び替えたもので, 最終順位はスケーティングシステムに基づいて得られた採点結果を表している.

審査員 / 選手	A	B	C	D	E	F	G
a	1	1	1	1	3	3	2
b	2	2	3	3	2	1	1
c	4	4	2	2	1	2	3
d	3	3	5	6	6	5	5
e	5	5	7	4	4	4	6
f	6	6	4	7	5	7	7
g	7	7	6	5	8	6	4
h	8	8	8	8	7	8	8

↓昇順に並び替え

				(n+1/2)番目				最終順位
a	1	1	1	1	2	3	3	1
b	1	1	2	2	2	3	3	2
c	1	2	2	2	3	4	4	3
d	3	3	5	5	5	6	6	4
e	4	4	4	5	5	6	7	5
f	4	5	6	6	7	7	7	6
g	4	5	6	6	7	7	8	7
h	7	8	8	8	8	8	8	8

図 1 審査結果の例

(1) 過半数
各選手がそれぞれの審査員からつけられた順位のメディアン値を比較する. その値が小さいほうを上位とする. 図 1 下表では, メディアン値が単独である a と h の最終順位がこの時点で確定し, それぞれ 1 位, 8 位となる. , b-c, d-e, f-g 間ではメディアン値が等しくなり順位が定まらないので, 次のプロセスで順位を決める.

(2) 多数決
(1) で順位の重複する選手が存在する場合, メディアン値以上の順位と判定した審判員数が全体の中で何人いるかを数え, 数の多い方を上位とする. 図 1 の下表では b が 2 位以上を 5 つ, c が 4 つと得ており, b が 2 位, c が 3 位となる. d-e と f-g では同数となり, 順位が定まらない.

(3) 上位加算
(2) でも勝敗が決まらない選手が存在する場合, (2) の順位の個数の合計値を比較し, その値が小さい方を上位とする. 図 1 の下表では, d の多数決順位の合計値が (3+3+5+5+5=)21, e が (4+4+4+5+5=)22, となり, d は 4 位, e が 5 位となる. f-g はその合計値が等しいため順位は定まらない.

(4) 下位比較
(3) でも勝敗の決まらない選手が存在する場合, 各選手がそれぞれの審査員につけられた順位を昇順に並び替えたとき, メディアン値以下（$(n+1/2)$+1 番目以降）の順位で辞書順比較をする. 図 1 の下表では f は 777, g が 778 となり, f が 6 位, g が 7 位となり, これで最終順位が定まった.

そして, (1)〜(4) のプロセスでも順位が定まらない選手同士は同順位となり, その際の順位の扱いは, 同順位者間で平均順位をとる, 平均順位とは, 一度同順位を無視した順位を与えて, 同順位の選手どうしで平均をとった順位である. 例えば, 二人の選手が 2 位となったときの平均順位は (2+3)/2=2.5 で, 三人の選手が 2 位となったときは (2+3+4)/3=3 となる.

スケーティングシステムにおいては, (1)〜(4) からもわかるように, メディアン値に非常に大きなウェイト付けがなされている.

1.2 本研究について

スケーティングシステムはメディアン値を基準とした比較なので, 平均や単純多数決などによる集計法に比べて, 審査員たちの中で異常な順位をつけた者がいても, その判定を無視することが出来るという点で, 過半数の概念を合理的に生かしたシステムといえる.

しかしながら, メディアン値の性質を生かそうとすると, 各選手は最低でも（n+1/2）人（n は審査員数）の判定のみで順位が決定されるため, 審査員数が少ないときの妥当性が疑問視される. また, スケーティングシステムではそれぞれの審査員は主観で判定するため, ある競技会での審査員数や構成を変えると結果が大きく変わってしまうという不安定な一面があるということである.

本論文では, スケーティングシステムのそのような不安定さに着目して審査員数と採点システムの関係性をコンピュータシミュレーションを利用して評価した後に, 社会選択理論の観点からスケーティングシステムの手法の問題点を評価し, その問題が実際の審査において起こっている

かを確認することでスケーティングシステムの安定性を評価する.

本論文の構成は以下のとおりである. まず, 第2節で, 理想的な環境下（選手を固定して, 審査員数を大人数確保した状態）で審査をした結果をシュミレーションしてスケーティングシステムの評価を行う. 第3節で, 社会選択理論の観点からスケーティングシステムの問題点を挙げる. 第4節で本論文のまとめを行う.

2. 理想的な環境を仮定したシミュレーション

スケーティングシステムでは, 同じ選手どうしの試合でも, 審査員の構成次第で結果が大きく変わりうるという不安定な面があり, このような不安定性は採点結果の信憑性を疑わしいものにしてしまう. そこで, 審査員数を多く確保することで, 審査員の構成を変えても安定した結果がえられることをコンピュータシミュレーションを用いて確認し, 他の採点方法と比較して安定した結果を得ることができるかを評価する. なお, 理想的な環境というのは, ひとつは現状の審査員数より多くの審査員数を確保出来る状態, もうひとつは各審査員は出場選手の実力を客観的に点数化したものを知っており, その点数を基準に自身で得点を与えるような評価を行える状態を指す.

2.1 シミュレーションの方法と手順

以下では, 上記のシミュレーションの手法を以下の記号を用いて説明する.

i :審査員（i=1, 2, 3⋯n）(ただし, n は奇数)

j :選手（j=1, 2, ⋯m）(ただし, 選手 j の基準順位は j 位とする.)

x_j :選手 j の上手さの基準点（ただし, x_j は j の増加関数として, その値が小さいほど実力は高いものとする. ）

R_{ij} :審査員 i が選手 j の上手さを評価した際の誤差で正規乱数とする. （平均は 0, 分散を v とする. ）

$Rank(i,j)$:審査員 i が選手 j に与える順位（$x_j + R_{ij}$ の値を比較した順位）

R_j :選手 j の最終順位

			審査員						
選手	順位	上手さ	1	2	⋯	i	⋯	n
1	1	x_1	x_1+R_{11}	x_1+R_{12}	⋯	x_1+R_{1i}	⋯	x_1+R_{1n}
2	2	x_2	x_2+R_{21}	x_2+R_{22}	⋯	x_2+R_{2i}	⋯	x_2+R_{2n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋱	⋮		⋮
j	j	x_j	x_j+R_{j1}	x_j+R_{j2}		x_j+R_{ji}		x_j+R_{ji}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋱	⋮
m	m	x_m	x_j+R_{m1}	$x_m +_R m2$	⋯	x_m+R_{mj}	⋯	x_m+R_{mn}

表 1 各審査員の評価の誤差

（1）まず, 各選手はあらかじめ順位が設定されており, 選手 j の順位は j 位とし, 各選手にその基準となる順位をもとづいた, 上手さの得点 x_j を与える. これらの基準をもとに, 審判員の構成を変えるシュレーションを行う. まず, 審査員 i が選手 j について評価を行う際に, 選手 j の上手さの基準得点 x_j から誤差 R_{ij} を生じさせる. 言い換えると, 審査員 i の選手 j に対する上手さの評価の点数は $x_j + R_{ij}$ である.

	審査員								
選手	1	2	⋯	i	⋯	n	(a)	(b)	(c)
1	$Rank(1,1)$	$Rank(1,2)$	⋯	$Rank(1,i)$	⋯	$Rank(1,n)$	R_1	R_1	R_1
2	$Rank(2,1)$	$Rank(2,2)$	⋯	$Rank(2,i)$	⋯	$Rank(2,n)$	R_2	R_2	R_2
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮		⋮			
j	$Rank(j,1)$	$Rank(j,2)$		$Rank(j,i)$		$Rank(j,n)$	R_j	R_j	R_j
⋮	⋮	⋮		⋮	⋱	⋮			
m	$Rank(m,1)$	$Rank(m,2)$	⋯	$Rank(m,i)$	⋯	$Rank(m,n)$	R_m	R_m	R_m

表 2 仮想的な審査結果と3つの手法で採点した結果

（2） 審査員 i について, 全ての選手の上手さの点数の大小関係を比較することで, 審査員 i が選手 j に対して与える順位 $Rank(i,j)$ が導かれる. この操作を全ての審査員 n 人に対しておこない, 1 つの試合の審査結果を仮想的に作る. この仮想的な審査結果らを (a) スケーティングシステム, (b) メディアン値比較, (c) ボルダルールの 3 つの方法に基づいて採点し, 各選手の最終的な順位を求める. なお, ボルダルール (Borda count) は各投票者が候補者に順位をつけて, j 位に $m-j$ 点の得点を付与し, この得点の合計値を各候補者間で比較する手法である. 本来この手法は第 1 位を決めるために利用されるため, 今回のシミュレーションのようにボルダルールによって全ての候補者（選手）に対して順位を与えるのは一般的ではない.

（3）（1）と（2）の操作を複数回実施し, 各選手はその数だけ最終順位を得る. 各選手についてそれらの最終順位の分散を平均し, その値を各審査員数における順位のバラつきとして評価する. なお, メディアン値比較も考慮した理由は, スケーティングシステムは複数の段階を踏んで採点を行うため, ボルダルールと比較した際に同順位となる選手が少なくなるためである. 同順位の選手が存在した場合に分散を取ったときのバイアスを考慮するためにスケーティングシステムの第一段階であるメディアン値比較とも比べることにした.

2.2 シミュレーションの結果と考察

今回は x_j=j として, $v = 1, 3, 5$ パターンにおいて仮想的な順位を導出する操作を 1000 回実施し, 各審査員数 ($3 \leq n \leq 27$ の 13 通り) における分散の平均を調査した. なお, 選手数は現行の試合がおもに 6 人で行われるため, $m = 6$ で固定する.

図 2 では横軸に審査員数, 縦軸に審査員の構成を 1000 パターン変えたときの各選手の順位の分散の平均値をとっている. 図 2 のグラフにおける 3 つのかたまりは下から正規

乱数の変数としての分散 v が 1,3,5 のときを表しており, プロットのマーカーによって 3 つの採点方法による結果を表している.

このシミュレーションの下では, 三つの採点方法全てにおいて, 審査員数が増えるごとに審査員の構成が変わったとしても一定の順位が得やすくなっており, 最終順位のバラつきは, 審査員数が 3 名の場合のみ (b), (a), (c) の順位に, それ以外の審査員数ではほとんど (c), (b), (a) の順位低くなっており, その差も v が大きくなるほど大きくなるという結果が得られた.

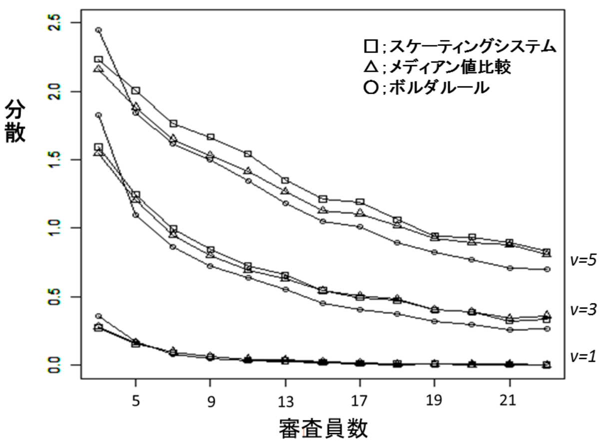

図 2　シミュレーションの結果

この結果から, 3 つの採点方法全てにおいて選手の構成を固定し審査員の構成を変えたときの順位の変動は, 審査員数を多く確保する程小さくなるということが言えるため, 審査員の人数が多いほど安定した結果が得られる, すなわち, 採点結果の信憑性が高くなるといえる. しかし, スケーティングシステムと比較してボルダルールのほうが順位の変動が小さいということから, 審査結果を集計し順位を決定する手法としてはボルダルールのほうが信憑性が高いということが言える. また, 同順位の選手が存在することによるバイアスを考慮してメディアン値比較とも比べた結果, ほぼ全ての審査員数においてメディアン値比較の方が順位のバラつきが小さくなっており, 同順位の選手が存在することで, 安定した結果になりやすいと言える. そこで, メディアン値比較とボルダルールで比べてみると, スケーティングシステムよりはその差は縮まっているとはいえ, やはりボルダルールのほうが安定した結果が得られるため, やはりボルダルールによる採点方法のほうが信憑性が高いといえる.

3. 社会選択理論の観点からのスケーティングシステムの評価

社会選択理論は, 個人の選考を集約し, 社会の選好を定めるルールや方法のあり方を追求することを目的としており, 投票ルールなどの民主制や合理性の評価, および設計において重要な分野となっている. 採点スポーツの分野においても, 競技ダンスに限らず人間が審査を行う以上, 個人の主観的な選好によって選手の勝敗を決めることとなるため, 社会選択理論の観点から採点方法の評価や設計を行う必要がある. 競技ダンスでは, 他の採点スポーツのように, 比較的に客観性をもちうる技術点の概念がなく, 審査員の主観（選好）が採点結果に及ぼす影響が大きくなっているため, より社会選択理論からのアプローチが必要である. 本節では, 社会選択理論の基礎である「定義域の非限定性」, 「パレート原理」「無関係な選択対象からの独立性」「非独裁性」の観点からスケーティングシステムの問題点を指摘し, 審査員の選好が最終順位に及ぼす影響を実際の採点データを用いて確認することで, スケーティングシステムの安定性を評価する. これらの条件は社会選択理論のさきがけであるアローによって導入されたものであり, 望ましい社会選択ルールの満たすべき条件である. これらの条件を用いてアローは有名な不可能性定理を示した. 3.1 節ではこれらの条件の紹介を兼ね, この定理の説明をする.

3.1　アローの不可能性定理

アローの不可能性定理とは, アメリカの経済学者ケネス・アローが, 著書「社会的選択と個人的価値 (Social Choice and Individual Value)」の中で発表した定理で, 社会選好が「2 つの仮定」が満たされているものとして, 選択肢が 3 つ以上あるとき,「4 つの望まれた条件」をすべて満たす社会選択ルールが存在しないことを主張したものである. 以下では [2] に基づき簡略な説明を行う. まず説明のために選好関係の記号を挙げる.

- $xPy(i)$: 個人 i が x を y より選好
- $xIy(i)$: 個人 i にとって x, y は無差別
- $xRy(i)$: $xPy(i)$ または $xIy(i)$

(社会的な選好については (i) なしの P, I, R で表すことにする.)

この記号を用いて, 社会選好に関する「2 つの仮定」を説明する.

- 完備性；任意の 2 つの選択肢 x, y について, $x \neq y \rightarrow xRy$ または yRx
- 推移性；任意の 3 つの選択肢 x, y, z にたいし, xRy かつ $yRz \rightarrow xRz$

この 2 つの仮定がみたされているものとして, アローは民主主義的な社会選択ルールがみたすべき条件として以下の 4 つを挙げている.

- 定義域の非限定性 (Unrestricted domain)
  社会の構成員は, 完備性・推移性を満たす限りどのような選好を持ってもよい.
- パレート原理 (Palate principle)

全ての i について $xPy(i)$ と一致している場合, 社会選好も xPy となる.

- 無関係な選択対象からの独立性 (Independence of irrele-vant alternatives)
  ある一部の選択肢 x と y にかかわる社会選好が, それらふたつの選択肢に対する個人の選好のみで決まる.（その他の選択肢 z に関する個人的選好によって左右されない.）
- 非独裁性 (Nondictatorship)
  構成員の中に「独裁者」が存在しない.（ある個人 i 以外の選好に全く関わりなく, $xPy(i)$ となれば必ず xPy となる.）

アローの不可能性定理は, これら 4 つの条件のすべてを満たしうる社会選択ルールが存在しないことを数学的に証明し, 投票ルールなどの社会的な意思決定ルールを設計する困難さを示した. 採点スポーツのルールや仕組みについても同様にその設計は困難なものであり, フィギュアスケートが何度もルールや採点基準を改定していることなどからもその困難さは伺われる. 他の採点スポーツが採用する得点制と比べて スケーティングシステムは審査員が各選手に直接順位をつけることから, ボルダルールや単純多数決といった投票ルールに近いものとなっている. 3.2 でスケーティングシステムがアローの示す仮定と条件のうち何を満たしうるかを評価する.

3.2 スケーティングシステムが満たしえない条件

競技ダンスの採点については, 上記の個人を審査員, 選択肢を選手, 個人の選好は審査員が各選手に与える順位, スケーティングシステムに基づいてえられた最終的な順位を社会選好とみなすことが出来る. まず, スケーティングシステムは各選手の与えられた順位の集計をもとに, 全ての選手にたいして最終的な順位を与えるため, 2 つの仮定, すなわち完備性と推移性を満たしうることは自明である. 次に 4 つの条件, 定義域の非限定性（U）, パレート原理（P）, 無関係な選択対象からの独立性（I）, 非独裁性（N）についてぞれぞれ順に説明する.

- （U）:スケーティングシステムにおいては審査員は各選手に対して同順位を与えてはならないという制約があるため, この条件は満たしえない.
- （P）:二組の選手 x, y について, 全ての審査員 i が $xRy(i)$ と判定したものとする. このとき, y が各審査員から得た順位のメディアンを $y(m)$ とすると, 少なくとも $y(m)$ 位の個数分, x はそれより高い順位を得たことになり,$x(m) < y(m)$ が常に成立する. 従ってこの条件は満たしている.
- （I）:この条件は満たすことが出来ない. 具体的な例を以下に挙げる. いま, 審査員 1 は x, z, y, 審査員 2 は x, y, z 審査員 3 は y, z, x の順で選好するものとする.

	審査員			
選手	1	2	3	順位
x	1	1	3	1
y	3	2	1	2
z	2	3	2	3

表 3 変更前

	審査員			
選手	1	2	3	順位
x	2	1	3	2
y	3	2	1	2
z	1	3	2	2

表 4 審査員 1 の選好変更後

  このとき x の得た順位のメディアン値は 2, y は 1 となり, 最終結果は xPy となる.（表）しかし, 審査員 1 が選手 z の評価を上げて選好順序を z, x, y に変更したとする. この状態で x と y の得る順位同じになり, 最終結果は xIy となってしまう.
- （ND）:この条件は満たしうることは自明である. ある審査員 i が全ての選手につけた順位がそのまま最終順位となるためには, 他の審査委員の過半数が i のつけた順位に近い順位を全ての選手に対してつけなければならないためである.

以上より, スケーティングシステムは, アローの不可能性定理の示す条件のうち,「（U）定義域の非限定性」と「（I）無関係な選択対象からの独立性」を満たせないことが示された.（U）を満たすためには各審査員が同順位をつけることを許容するだけで十分だが,（I）が成立するための十分条件は, スケーティングシステムが (P) を満たすことより, 全ての審査員の選好が完全に一致していることであるため, 回避不可能である.

（I）が成立しないことで考えうる問題は以下のようなケースが考えられる. ひとつは, 二組の選手が全く同じ審査員構成で, その他の選手の構成が異なるような試合に出場したとき, 各審査員のその二組に対する選好順序が同じだったとしても, 採点結果は異なるものとなってしまう可能性がある. もう一つは, 種目によって審査員の選好順序が入れ替わることはしばしば起こりうるが, 全ての審査員のある二組の選手に対する選好順序が種目によって全く変わらなかったとしても, その他の選手の選好順序が入れ替わることで審査結果は変わってしまう可能性がある. このようにスケーティングシステムでは, ある二組の選手の勝敗はたとえそれぞれの審査員がその二組に対する評価が変わらずとも, 他の選択肢の動向によって変化しうるという不安定な面がある.

以下に, 実際の審査結果の例を挙げる. 表 5 は, 全九州オープンダンス競技大会（平成 26 年度 3/16（日) 開催）で行われた, プロ・ボールルーム・オープン部門における審査結果 [3] で. 背番号 1 番と 44 番の W（ワルツ）と V（ヴェニーズワルツ）における審査結果及び最終順位だけを抜き取ったものである. 各行は, 審査員 A が背番号 1 の選手に W で 4 位, V で 4 位, 背番号 44 の選手に W で 5 位, V で 5 位とい順位をつけたということを意味しており, 最終順位は背番号 1 が W で 3.0 位, V で 4.0 位, 背番号 44 が W で 4.0 位, V で 3.0 位となった, ということを意味している.

	審査員							
	A	B	C	D	E	F	G	順位
背番号	WV	WV	WV	WV	WV	WV	WV	W V
1	4 4	4 4	3 3	5 6	4 5	3 3	4 4	3.0 4.0
4 4	5 5	5 5	5 4	4 4	3 3	4 4	3 3	4.0 3.0

表 5 実際の審査結果の例

この審査結果では, 各審判員の背番号 1 と 44 番の選手に対する選好順序は W,V どちらの種目とも同じになっているにもかかわらず, 背番号 1 番と 44 番の順位が W と V で反転している.

4. おわりに

本研究では, 審査員数がスケーティングシステムの安定性に及ぼす影響を、コンピュータシミュレーションの利用によって評価し、社会選択理論からのアプローチによってスケーティングシステムの問題点を指摘した.

前者では、審査員数の増加に伴い最終順位が安定したものとなることが確認され, スケーティングシステムが安定性という面でボルダルールよりもパフォーマンスが低い可能性を示唆できた. しかし, シミュレーションの手法を現実の採点データとの連動にり精度を上げることで現状の審査員数が適切であるかを評価することを行い, スケーティングシステムが現状の手法で安定性を確保できるための条件を導くことが今後の課題である.

後者では, スケーティングシステムはアローが望ましい社会選択ルールの条件として挙げた, 「他の選択肢からの独立性」を満たすことが出来ないことによる現実的な問題点を指摘した. 今回, 実際の採点データにおいて一部の二組の選手間の選好順序でのみ順位を決定することの困難性を示すことで審査員の選好がスケーティングの安定性に与える影響を評価することを試みた. そのために, 一部の二組の選手が全会一致となるものを列挙し, その組み合わせ総数との比率（以下, 全会一致率）をとるという手法を用いた結果, 比率の最頻値が 0 であったことと平均値の低さから, 一見それを示すことが出来たように思えたが, 全会一致という厳しい条件のなかでもその比率が 50%に近いデータが複数存在したことから, 実際のデータにおいてスケーティングシステムが, 他の選択肢の独立性をどの程度満たせないのかをこの手法によって評価することは困難だという結論に至った. 今後評価の手法を検討, 改善する必要がある. また, 社会選択理論の観点からの評価をさらに掘り下げることで, スケーティングシステムをより安定性の高い採点システムとして再構築するなど, さらなる研究が求められる.

参考文献

[1] 公益社団法人 日本ダンススポーツ連盟, スケーティングシステム解説書 （ 第 4 版 ）(online) (http://www.jdsf.or.jp/images/contents_images/General/rule/SkatingRule4.pdf), (2014. 04. 20).
[2] 山口 利夫, “社会選択理論 —一つのノート—”, 財団法人三菱経済研究所, 2000.
[3] 公益社団法人 日本ダンス議会九州総局, 平成 26 年度 競技会報告 (http://www.jdc-kyushu.jp/2014/results2014.html)