

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：32526

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17862

研究課題名（和文）レイティングを用いた対人競技における競技力評価法の開発

研究課題名（英文）Development of an Evaluation Method for Athletic Performance in Interpersonal Competitions Using Elo Rating

研究代表者

石井 孝法（ISHII, TAKANORI）

了徳寺大学・健康科学部・教授

研究者番号：60735041

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：競技スポーツにおけるコーチは、アスリートの最高業績の達成を目的として適切な課題を設定し、それが解決できるようにプランをデザインしなければならない。これまで、様々な評価法（生理学的情報など）が用いられてきたが、これらは断片的であり、統一的な考察を行っても、競技力の問題を適切に抽出することができなかった。これを解決するために、本研究では、レイティング手法を用いて対戦した相手の主観的な情報から競技力とそれに関わる要因を数値化し問題を抽出することを試みた。数値化した競技力を従属変数として技能の各項目についてステップワイズ法で分析した結果、チーム全体の課題（組手と防御技術）を抽出できることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コーチング実践では、様々な評価法（体力評価、生理学的情報など）が用いられているが、これらは断片的な集合で全体を適切に捉えることができないという問題があった。本研究は、「部分の総和は全体とは異なる」という視点で、全体（つまり競技力そのもの）から評価する方法を提案し、その数値化を試みた。レイティングを用いて対戦した相手の主観情報から競技力とそれに関わる要因を数値化し競技力の課題を抽出した。この結果、一度の計測で実績のあるコーチの評価と同じ課題を抽出することができた。全体からみた客観的合理性に基づく課題設定が可能になる。他の対人競技にも応用でき、国際競技力向上に役立つものと期待される。

研究成果の概要（英文）：Coaches in competitive sports must set appropriate challenges and design plans to help athletes achieve their highest performance. The individual variables do not necessarily reflect overall athletic performance, and even if we attempted to analyze the performance by integrating the individual information, it was difficult to properly extract the relevant factors. In order to solve this problem, this study attempted to extract problems by quantifying athletic performance and factors related to it from subjective information of opponents using the rating method. As a result of a stepwise analysis of each skill item using the quantified competitive ability as a dependent variable, it was suggested that problems of the team (kumite and defense techniques) could be extracted.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：競技力評価 課題抽出 レイティング 対人競技

1. 研究開始当初の背景

文部科学省は、スポーツ立国戦略に「世界で競い合うトップアスリートの育成・強化」を実施すべき重点戦略として掲げている。これは、アスリートのひたむきな挑戦、その結果として生まれる記録、勝利する姿が多くの人々に夢と感動を与え、国民のスポーツに対する興味や関心を高めるといった大きな効果を持っているからである。2016年に開催されたりオデジャネイロ・オリンピックにおいて、日本代表選手団は史上最多の41個(金12、銀8、銅21)のメダルを獲得した。しかしながら、東京オリンピックに向けて、日本は世界3位(金メダル33個)を目指していることから、(当時から)3年間弱という限られた期間で国際競技力を大幅に向上させていかなければならない。これを実現するためには、技術・体力の相補性を考慮し、アスリートの競技力とそれに関わる要素を客観的かつ包括的に評価することが求められている。そして、コーチが適正な課題設定とトレーニング計画の立案を行い、競技の特異性を踏まえた専門的トレーニングを実践する必要がある。

申請者は、2005年からオリンピック3シーズン(北京、ロンドン、リオデジャネイロ)で、柔道の強化指定選手の体力評価を行ってきた。その他にも生理学的情報の収集や競技分析なども行っている。この間、体力測定の種類についてたくさんの議論を重ねてきた。それは、評価結果が適正な課題設定につながっていないのではないかという疑問からである。実施している測定種目は、大別すると、身長、体重、体組成などの形態的項目、敏捷性、瞬発力、筋力、筋持久力、全身持久力、柔軟性などの機能的項目の2つである。これらは、昭和42年に講道館柔道科学研究会が作成したものとほとんど変わっていない。体力のみの評価であれば問題はないが、柔道の特異性と技術・体力の相補性を考慮して競技力を評価する場合には断片的で一方的な評価になっている。この課題が解決されれば、根拠に基づいたトレーニング計画立案ができ、トレーニングの意義を明確にできる。

記録系競技や採点系競技では、パフォーマンスを時間や採点結果などの数値で表すことができる。例えば、100m走では、ウサイン・ボルトが9.58s、タイソン・ゲイが9.69s、ヨハン・ブレイクが9.69sという自己最高記録を持っており、記録を出した時期や大会が異なっても、それぞれの最高のパフォーマンスをランク付けすることができる。しかし、対人競技においては競技力の数値化が非常に難しい。タイマーのない陸上競技をイメージするとわかりやすい。例えば、タイソン・ゲイが9.65sの自己ベストを出したがウサイン・ボルトに負けたとしよう。タイソン・ゲイの競技力は向上しているが、タイマーがないので、負けたという結果しか残らない。対人競技は常にこの状態が続いており、勝ち負けで評価されることがほとんどである。そこで、体力などを評価して、それぞれの数値を高めていくことで競技力を評価しようと試みている。しかしながら、体力評価の結果が向上していても、試合に負け続ければ、課題設定とトレーニング計画が適切ではなかったと評価される。陸上競技においては、たとえ負けていたとしても、体力評価と走タイムがともに向上していれば、課題設定とトレーニング計画を評価することができる。その逆もあり、体力評価の数値が上がっていても、走タイムが下がっていけば課題設定とトレーニング計画の見直しができる。ここが、大きな違いであり、対人競技の課題設定とトレーニング計画を難しくしている点である。実際は体力測定以外の評価も行い、多角的に評価を行ってきたが、現状はまだ根拠が不十分である。対人競技における競技力を数値化することができれば、これらの課題を解決できると考える。

アメリカのプロスポーツなどでは、大会結果から選手やチームの競技力・総合力のレーティングを試みている。また、国際チェス連盟が強さを示す指標として公式にEloレーティングを採用している。本研究では、このレーティングを採用する。レーティングは、ウェブ検索の領域でランキング表示の基礎として非常に重要視され、急速に広がった手法である。現在は、様々な手法(アルゴリズム)が開発され、分野を超えて活用されている。

柔道競技においてはAnalytic Hierarchy Processを用いて競技力評価尺度の妥当性が検討されているが(前川ら、2014)、AHPはリーグ戦で実施されるプロスポーツ(サッカーや野球など)では、一定以上の情報量があるため精度が高くなる。国際的にみると、AHPによるレーティングを採用しているプロサッカーリーグもある。ただし、トーナメント方式の柔道ではAHPを用いると情報量が限られてしまうため、精度が高いといえない。実際に、AHPを用いてレーティングされた結果よりもコーチの主観のみの評価の方が精度が高かったことが報告されている。

2. 研究の目的

本研究では、レーティング手法を用いて、対人競技における競技力とそれに関わる要素を包括的に評価する方法を開発する。また、開発した評価法をコーチング実践に導入し、評価に関する情報量の違いがコーチの課題設定、トレーニング計画の立案がどのように影響するかも明らかにしていく。

- (1) Eloレーティングを用いて、対人競技における競技力を包括的に評価する方法を開発し、信頼性・妥当性を検証する。
- (2) 開発した競技力の評価法をコーチング実践に導入し、実際にアスリートの評価を行う。

これと合わせて体力評価を行う。コーチに提供する情報量の違いがコーチの課題設定、トレーニング計画立案にどのように影響を与えるかを明らかにする。本研究では、柔道の競技特異性と技術・体力の相補性を考慮するため「組手の厳しさ（競技力を構成する技能の一つ）」に着目し、これに関連する体力要素の評価として握力、上肢筋力、把握筋持久力などを測定する。

(2) は計画当初にあげた目的であるが、covid-19 の影響により 2021 年 6 月時点においても緊急事態宣言や蔓延防止措置が発令されている状況であり、学校部活動も長く制限がかかっている。これにより、コーチング実践での体力評価が困難になったため、(2) を以下に変更した。

(2) 対戦した相手の主観的情報を用いて競技力をレーティングする方法を開発する。また、競技力と 11 項目の技能因子の数値化を行い、競技力とそれに関する技能因子との関係および競技力に影響を与える技能因子を明らかにする。

変更内容は、ウェブアプリケーション(オンライン)で実施することが可能であるため、covid-19 の影響を受けない。

3. 研究の方法

(1) 国際柔道連盟 (IJF) の運営している judobase.ijf.org (大会情報データベースサイト) から IJF が主催する国際大会 217157 試合の対戦結果を抽出した。Elo レーティングのアルゴリズムをプログラムで実装し、過去に出場した全選手の競技力をレーティングし、その結果をソートしてランキングを算出した。また、過去の対戦結果からレーティング上位者の勝率を算出した。過去の上位者勝利確率を用いて 2021 世界選手権大会のドロー表で各対戦のシミュレーションを 10,000 回実施して、優勝およびベスト 4 確率を算出した。国際柔道連盟のレーティングと比較して、予測結果と実際の結果から信頼性と妥当性を検証した。

(2) 被験者は、同一の大学柔道部に所属し、全日本学生柔道優勝大会に出場予定の競技者 12 名とした。被験者には、本人以外の 2 者のすべての組み合わせ (55 通り) で、競技力に関する 12 項目についてどちらが優れているかを質問し、1 項目あたり 66 (55 通り × 12 名) の回答を得た。質問項目は、柔道の強さ (競技力) 組手の厳しさ、組手のスタイル (完成度) 技のキレ、技の粘り、技の多彩さ (返し技を含む) 受けの強さ、寝技の強さ、試合運び (進め方) のうまさ、柔道の力の強さ、スタミナ、メンタルの強さであった。Elo レーティングを用いてそれぞれの項目のレーティング値を算出した。本研究では、回答順の影響を除外するため、回答をランダムに並び替え、レーティング値が収束するまで、計算を繰り返した。柔道の強さとその他の技能因子との相関係数を求めた。また、柔道の強さを従属変数として、その他の技能因子を独立変数としたステップワイス重回帰分析を行い、重回帰式を求めた。

4. 研究成果

(1) 国際柔道連盟大会情報データベースサイトから国際大会 217157 試合の結果を抽出して、全選手のレーティングを行った。217157 試合の勝敗分析の過程からレーティング差の上位者勝利確率を算出した (図 1)。レーティング 100 点差で上位選手の勝率が 70%、300 点差で 90% であった。620 点差以上では過去に番狂わせはなかった。

2021 世界柔道選手権大会 100kg 以下級の出場選手のレーティングからランキングシートを作成した。大会出場者ランキングは、1 位がロシアの ADAMIAN Arman 選手、2 位がジョージアの LIPARTELIANI Varlam 選手、3 位が IIDA Kentaro 選手である。大会をシミュレーションして、優勝確率およびベスト 4 確率を算出した。2021 世界選手権大会 100kg 以下級のレーティングの平均値が 1595、最大値が 1979、最小値が 1276、上位 25% (四分位数) が 1714、中央値が 1573、下位 25% (四分位数) が 1474 であった。100kg 以下級で優勝確率が最も高かったのは、ADAMIAN Arman 選手で 31.1% (ベスト 4 確率は 71.8%) だった。次いで KORREL Michael 選手で 18.2% (ベスト 4 確率は 64.9%)。ドロー表決定後のシミュレーションでは、優勝確率がレーティングの高い順にならない。ランキング 2 位の LIPARTELIANI Varlam 選手とランキング 3 位の IIDA Kentaro 選手が早い段階であたることで、両者の確率が落ちた。LIPARTELIANI Varlam 選手は、16.6% でベスト 4 確率は 40.4% と上位 2 名の確率よりかなり落ちる結果になった。IIDA Kentaro 選手は 9.3% (ベスト 4 確率は 28.3%) であった。表 1 は、2021 世界柔道選手権大会 100kg 以下級の結果と大会前 IJF ポイントとレーティングの出場者ランキングを示したものである。100kg 以下級の試合結果と大会前分析時の優勝確率とベスト 4 確率をみると、試合結果の上位 4 名 (優勝、準優

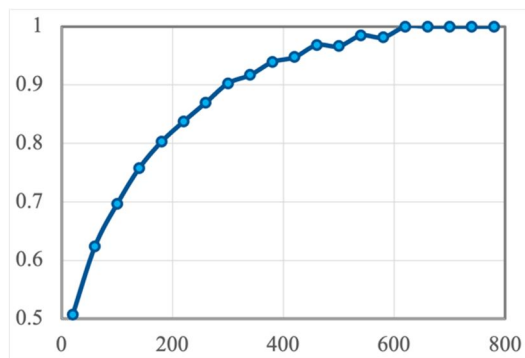


図 1 レーティング差でみた上位者勝利確率

勝、3位)のうち3名がレイティング上位25%以内の選手であった。KUKOLJ Aleksandar 選手は出場者51名のなかでレイティングは14位。上位25%に入るには一つ足りない位置であった。大会入賞者(7位)をみても8名中7名がレイティング上位25%の実力のある選手であった。出場者のIJFポイントでソートしたランキングとレイティングでソートしたランキングを大会結果に反映し比較をすると、上位8名のIJFポイントの平均ランキングは9.9位(上位8名のランキング合計は79)、レイティングの平均ランキングは6.3位(上位8名のランキング合計は50)であった。これは、他の階級でも同様の傾向を示した。この結果から、本研究のレイティング結果がIJFポイントよりも競技力を正確に数値化できている可能性が示唆された。

表 1 2021 世界柔道選手権大会 100kg 以下級の結果と大会前 IJF ポイントとレイティング

| 結果 | 氏名 | 国 | IJF ポイント (ランキング*) | レイティング (ランキング*) | 優勝確率 / ベスト4 確率 |
|-----|---------------------|-----|----------------------|--------------------|-------------------|
| 優勝 | FONSECA Jorge | POR | 5482 (3) | 1807.0 (8) | 4.2% / 35.7% |
| 準優勝 | KUKOLJ Aleksandar | SRB | 1012 (35) | 1710.7 (14) | 0.3% / 4.3% |
| 3位 | SULAMANIDZE Ilia | GEO | 2026 (22) | 1824.6 (7) | 5.4% / 34.0% |
| 3位 | LIPARTELIANI Varlam | GEO | 7086 (1) | 1960.0 (2) | 16.6% / 40.4% |
| 5位 | KORREL Michael | NED | 6138 (2) | 1905.5 (4) | 18.2% / 64.9% |
| 5位 | ELNAHAS Shady | CAN | 5167 (4) | 1865.3 (5) | 5.9% / 23.8% |
| 7位 | IDDIR Alexandre | FRA | 3703 (7) | 1764.7 (9) | 2.2% / 20.7% |
| 7位 | ADAMIAN Arman | RUS | 4853 (5) | 1979.0 (1) | 31.1% / 71.8% |

*大会出場者のみで作成したランキングシートから

(2) 図2は、競技力に関する12項目における大学競技者のレイティングを行った結果である。項目の多くは、繰り返し回数50回以内にデータが収束したが、「どちらの力が強いですか」が300回程度で収束する結果になった。全項目でデータ変動の収束がみられたため、各項目の収束した値を大学競技者のレイティング値とした。図3は、「どちらが強いですか？」とその他の技能因子の散布図と回帰直線を示したものである。相関が有意であったものは、「どちらの組み手のスタイルが苦手ですか? ($p = 0.009$, $R^2 = 0.401$)」、「どちらが寝技が強いですか? ($p = 0.001$, $R^2 = 0.615$)」、「どちらが試合運びがうまいですか? ($p = 0.029$, $R^2 = 0.323$)」、「どちらが力が強いですか? ($p = 0.003$, $R^2 = 0.222$)」であった。

表2は、「どちらが強いですか?」を従属変数としてその他の技能因子を独立変数としたステップワイズ重回帰分析結果である。「どちらが強いですか?」に影響する技能因子は、「どちらの組手のスタイルが苦手ですか?」、「どちらが受けが強いですか?」であり、競技力の増減に最も影響を与える因子は「どちらの組手のスタイルが苦手ですか?」であった。これらの結果をコーチにフィードバックしたところ、チームの競技力の課題が明確に抽出されていると回答があった。今後、更なる研究が必要ではあるが、同チーム内での相対的な競技力について数値化をすることが可能であり、競技力に最も近い「どちらが強いですか?」と技能因子の関係について分析することで課題を抽出することが可能になると考えられる。

表 2 競技力に影響する技能要因の検証

| 線形回帰モデル： どちらが強いですか? ~ 1 + どちらの組手のスタイルが苦手ですか? + どちらが受けが強いですか? | | | | |
|---|-----------|---------|--------|-------|
| | 係数の推定値 | 標準誤差 | t 統計量 | p 値 |
| 定数項 | -1961.496 | 499.485 | -3.927 | 0.003 |
| どちらの組手のスタイルが苦手ですか? | 1.250 | 0.338 | 3.700 | 0.005 |
| どちらが受けが強いですか? | 1.057 | 0.217 | 4.880 | 0.001 |

決定係数：0.864、自由度調整済み決定係数：0.833、P 値は0.0001

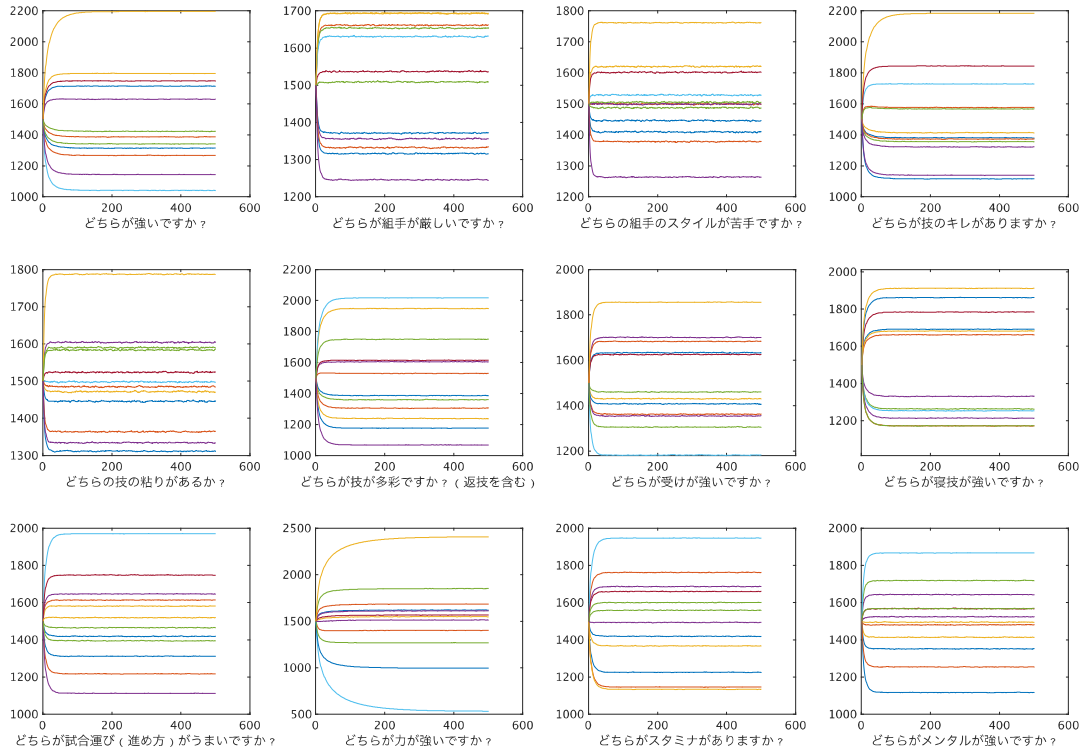


図 2 競技力に関する 12 項目の大学競技者のレーティング

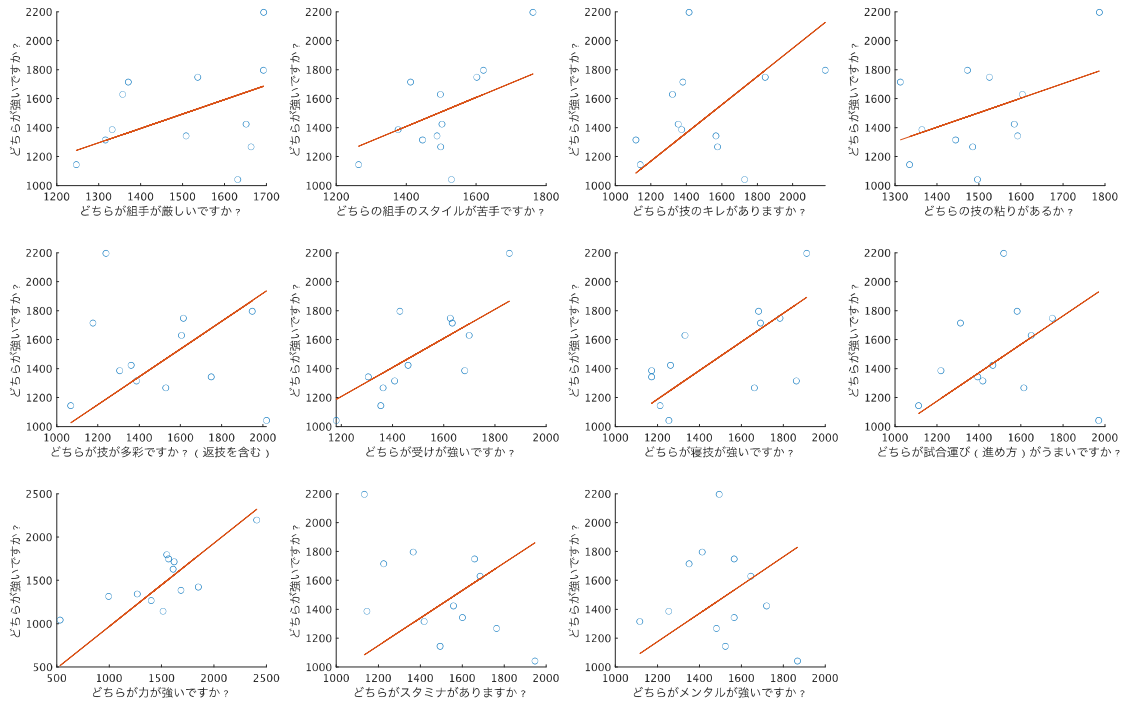


図 3 「どちらが強いですか」とその他の技能因子の散布図と回帰直線

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|