

女子テニス選手の WTA シード達成のための年齢基準

大澤啓亮¹⁾, 大森 肇²⁾, 三橋大輔²⁾, 白井克佳³⁾,
松岡弘樹⁴⁾, 安藤 梢²⁾, 西嶋尚彦²⁾

Age Standards for Women's Tennis Players to Achieve the WTA Seed

Keisuke OSAWA¹⁾, Hajime OHMORI²⁾, Daisuke MITSUHASHI²⁾, Katsuyoshi SHIRAI³⁾,
Hiroki MATSUOKA⁴⁾, Kozue ANDO²⁾, Takahiko NISHIJIMA²⁾

Abstract

Setting of feasible short-term goals for each age group to develop top-ranked WTA singles players is required. We analyzed goals of WTA singles' achievement standards for each age group to develop female tennis players at an early stage. We divided players who placed in the top 100th of the WTA singles ranking from January 2000 to December 2019 into two groups, the players who had reached the top 32nd rank or not. We analyzed the difference of age of reaching the top 100th position between two groups. The age standard and the ranking attainment criteria of each age to place the top 32nd position were analyzed using a decision-tree analysis. The most frequent age to reach the 100th position was 18 years, and significant difference was noted in the age to reach the 100th position between the group that reached 32nd position and that which failed to reach the 32nd position. The first and the second age standards to be in the top 100th in order to reach the top 32nd position in the WTA ranking was 18 and 22 years. The target WTA rank for each age group as the ranking attainment criteria was found. These results reveals age criteria and ranking attainment criteria for accurate assessments of

1) 元独立行政法人日本スポーツ振興センター

Japan Sport Council

2) 筑波大学体育系

Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

3) 独立行政法人日本スポーツ振興センター

Japan Sport Council

4) 筑波大学大学院

Doctoral Program in Physical Education, Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

the prospected female players at an early stage.

Key words: Women's tennis player, WTA singles ranking, Decision Tree analysis

I. 緒言

近年、日本のテニス界では錦織圭選手（以下、錦織）や大坂なおみ選手（以下、大坂）を筆頭に目覚ましい活躍が見られる。錦織は2011年10月に発表されたATP（Association of Tennis Professionals）ランキングにおいて30位にランクインし、それまでの松岡修造選手によるATPシングルランキング（以下、ATPランキング）46位を抜いて日本人男子選手の歴代最高位を更新した。その後、2015年には日本人最高位を4位まで高めるとともに、2016年のリオデジャネイロオリンピックでは銅メダルを獲得するに至った。また、2019年の男子国別対抗戦であるデビスカップにおいて日本は中国に勝利し、デビスカップファイナルに進出するなど、国単位の国際競技力においても向上を見せている。

全豪・全仏・全英・全米の4大オープン大会はグランドスラムと呼ばれるが、女子選手では大坂が、2018年の全米オープン決勝でセリーナ・ウィリアムズ（グランドスラム優勝回数で歴代2位）を下し、20歳にしてグランドスラム初優勝を果たした。さらに、2019年の全豪オープンにおいても優勝し、アジア人初のWTA（Women's Tennis Association）ランキング1位を獲得するなど歴史的快挙を成し遂げた。先般の2020年全米オープンで2度目の優勝を飾ったことは記憶に新しい。

リオデジャネイロオリンピック後の2016年10月にスポーツ庁は「競技力強化のための今後の支援方針」（通称「鈴木プラン」）を発表した。鈴木プランには、2020年東京オリンピックにおいて日本人選手が過去最高の金メダル数を獲得するなど優秀な成績を収めることができ

るよう、人的・物的資源を戦略的に支援することが明記されている。また、「メダル獲得の最大化」に向け、特にメダル獲得の可能性が高い競技を「東京重点支援競技」として選定し、重点的に支援を実施することが記載されている（スポーツ庁、2016）。

日本スポーツ振興センター（以下、JSC）では日本の国際競技力向上に向け、若手有望選手の海外での強化活動を支援するなど、戦略的強化事業を推進している。戦略的強化の支援対象となる競技団体を選定するため、JSCは各競技団体の国際競技力の把握を行っており、その指標の一つがメダル・ポテンシャル・アスリート（以下、MPA）である。MPAとは「オリンピック直近シーズンの世界選手権または同等の大会において8位以内に入った選手/ペア/チーム」と定義されており、メダル獲得数との高い相関関係から国際競技力の指標として有用性が認められている（高橋ら、2014）。しかしこの方法には、世界選手権に出場できる以前の若手選手の潜在能力や将来性を評価できないという弱点がある。従って、2020年以降を見据えて限られた人的・物的資源を有効活用し、持続可能な支援を行うためには、選手個人の潜在能力や将来性を正確に把握するための新たな分析手法を開発し、評価基準を明確にする必要がある。

これまでのテニスに関する研究では、ゲーム分析のための技術の分類（高橋、1998）、ポイント取得と技術の関連性（高橋ら、2006）、トップ100位選手のサービスの動向（村田、2018）、グランドストロークにおけるボールの回転数（村上ら、2015）など、パフォーマンスに注目したものが多く見受けられる。また、スポーツと年齢に関する研究では、年齢に応じた適正な練習量（Baker et al., 2003）、加齢による身体

能力の低下 (Horton et al., 2008), 成長段階に応じたサービスの運動学的変化 (Whiteside et al., 2013) のように, 多くが個人の身体能力について検討したものであった。

WTA ランキングポイントは, WTA または ITF (International Tennis Federation) が主催する大会に出場し, 勝ち進んだ実績に応じて獲得することができる。2019 年 12 月 30 日時点において, WTA シングルスランキング (以下, WTA ランキング) に入っている女子選手は 1,357 名であった。一方, ATP ランキングに入っている男子選手は 1,927 名であった。Kovacs et al. (2015) はグランドスラムに本戦から出場できることや, スポンサー獲得において目安となることから, 男子 ATP ランキング 100 位がプロとしての成功の目安であると報告している。坂井 (2009) は男子 ATP ランキングに着目し, 20 歳までに 100 位に到達した「早熟型」選手と 21 歳以降に 100 位に到達した「晩熟型」選手とを比較し, 前者がワイルドカード^(註1)を獲得しやすいことから「早熟型」の選手の方がその後のランキングが上昇しやすい傾向にあることを報告している。加えて坂井 (2017) は, WTA ツアー初出場年齢と各年齢までに到達した最も高いランキング (以下, 到達ランキング) の関係性を分析し, 100 位以内に入った経験のある選手は 24 歳までに自己最高位のランキングに達していることや, 早い時期から WTA ツアーに出場するという「国際大会への意識の高さ」が重要であると報告している。

グランドスラム大会はいずれも出場できる選手数は 128 人と決まっており, WTA ランキング上位 104 位までの選手は本戦への出場権が与えられ, さらに上位 32 位の選手にはランキングに応じたシード権が与えられる。宮地ら (2011) は, シード権を持つことで初戦にランキングの高い選手同士の対戦が避けられることから, シード選手は試合を有利に進めることができると報告している。板橋 (2015) は, シード選手は非シード選手に比べ勝率が高いことか

ら, シード権が得られるランキングに入ることの重要性を指摘している。Kovacs et al. (2015) はプロテニス選手にとって ATP ランキング 100 位に入ることの重要性を報告しているが, 何歳までに 100 位に到達することが重要であるかについては言及していない。

このように, これまでの多くの研究はシード権を持つことやランキング 100 位以内に入ることの重要性を明らかにすることを目的としており, 将来的にグランドスラムやオリンピックで活躍する選手の育成を想定した年齢別のランキング目標値や達成基準について検討した報告は見当たらない。ゲームパフォーマンスを向上させていく上で, 実現性の高い短期目標を設定することは重要であり (Locke and Latham, 1985), WTA ランキング上位の選手を育成するためには, 各年齢におけるランキングの目標値や達成基準を明らかにする必要がある。

決定木分析はデータマイニングの手法の一つであり, 人間の意思決定に必要な項目と判断基準を樹木の形で表現する手法である (鈴木ら, 2008)。従属変数が二値データの場合は, ロジスティック回帰分析と同様に, 従属変数への独立変数の影響の度合いや予測をすることができ, 従属変数が 3 件法以上の順序尺度データに対しても適用可能であるため, 重回帰分析とも類似した分析手法である (奥ら, 2004)。また, 分析結果は従属変数に強い要因から順に階層的に並ぶため, それぞれの要因間の相互関係を理解しやすいという特徴がある。また, 決定木分析のアルゴリズムの一つである CART は, Breiman によって開発された二進木解析アルゴリズムであり, グループの分類で用いられた場合, 最初に行われる処理はどの独立変数が最もよく従属変数のグループを分類するかであり (最良分岐変数を探索), 独立変数の値を基準に分割を行う。分割の結果生じたサブグループも同様に分割が行われ, それ以上分割しても分類の正確性が改善されない, または停止基準を満たすまで分割が繰り返され, 剪定により誤

分類率が最小となるように部分木を選択する。CARTをはじめとした決定木分析では、順序尺度や名義尺度に対しても適用が可能であり、直感的に理解しやすいルールを作成できるという利点がある (Breiman et al., 1984)。

決定木を含むデータマイニングの手法は、蓄積された大量のデータに対し、統計学や人工知能などの分析手法を駆使して知識を見出すための技術であることから、大量に蓄積された医療機関や健康・福祉関連施設における個人データや、学校保険統計、体力・運動能力調査のデータについて活用の可能性が高いと報告されている (鈴木, 2008)。西嶋 (2002) は体力評価値を用いて体力の優劣を評価し、体力の優劣を規定する生活習慣の要因を検討した結果、運動実施時間や部活・クラブ活動への参加が体力の優劣に影響を与える要因であることを明らかにした。Suzuki and Nishijima (2007) は日本人高校生について運動習慣の定着に過去のスポーツ経験がどのように影響しているかを検討し、高校入学前までに2種目以上のスポーツ経験や一週間に6.9～8.3時間運動を実施していることが運動習慣の定着に影響していると報告している。松岡ら (2020) は、サッカーゲームのトラッキングデータからプレー項目の達成度基準を明らかにした。同様に、田原ら (2018) は、プロ野球の投手の投球プレーデータからプレー項目の達成度基準を明らかにしている。

以上のことから、本研究の目的は、将来を見据えて女子テニス選手を育成する上で、目標となる年齢やランキングを分析し、各年齢におけるWTAランキングの目標値や達成基準を明らかにすることとした。そのために、WTAランキング100位以内の選手を32位以内に入った選手と入らなかった選手に分け、100位に到達した年齢を両群間で比較することにより、決定木分析を適用してWTAランキング32位以内に入るための年齢と各年齢におけるランキングの達成基準を分析した。

II. 方法

1. 標本

本研究の調査対象は先行研究に準拠し (坂井, 2017)、2000年1月1日から2019年12月30日までの1,043週において、WTAランキング100位以内に入った経験があり、かつ、プロとして本格的にツアーを転戦している選手に限定するため、21～24歳まで継続的にWTAポイントを獲得している選手を対象とした。

到達ランキングは選手活動の成果を最も端的に示す指標である (坂井, 2009) ことから、WTAのWebサイト (WTA, 2020) から各選手がWTAツアーに参戦してから各年齢までに到達した最高位のランキングの情報を取得した。表1は、WTAランキング100位以内に入った経験のある選手351人を、グランドスラムにおいてシード権が付与されるランキングである32位以内に入った経験のある群「U32」(159人) と入った経験のない群「O32」(192人) に分類し、各年齢においてWTAランキング100位以内に入った選手の人数を示している。

世界女子テニスツアーはWTAによって管理、運営されている。1996年より現在のWTAツアーのランキングシステムが採用されており、過去52週に出場した試合の中で各選手が好成績を納めた上位17大会での勝ち上がりに応じたラウンドポイントの合計によって順位づけされ、毎週順位が発表される。但し、グランドスラムなど2週間以上行われる大会期間中は順位が発表されない。各大会へのエントリーやシード権はこのランキングに基づいて決定される。

WTAツアーはグランドスラム4大会を頂点に、プレミアマンダトリー、プレミア5、プレミアなど9階層のグレードに区分されており (図1)、グレードの高い大会ほど高いポイントを獲得することができる (表2)。グレードの高い大会はランキング上位の選手が出場し、ランキング下位の選手は出場資格のランキングを上げるために、グレードの低いITFサーキット

トに出場してポイントを稼ぐ必要がある。

2. 分析の手順

2.1 ランキング 100 位到達年齢の比較

WTA ツアーの最高峰であるグランドスラムに本戦から出場でき、かつシード権を持つ選手は、シード権を持たない選手に比べて有利に試合を進めていること（宮地ら，2011）に基づい

表 1 年齢別 WTA ランキング 100 位以内の選手数

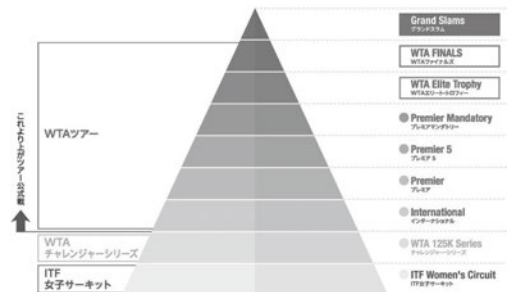
年齢	全体	群	
		U32	O32
14	0	0	0
15	5	5	0
16	16	13	3
17	45	35	10
18	100	76	24
19	153	103	50
20	201	127	74
21	241	138	103
22	280	148	132
23	310	154	156
24	320	156	164

N=351: 200年1月から2019年12月までの期間
にWTAランキング100位以内に入った選手数

て、WTA ランキングが 100 位以内に入った経験のある選手を、U32 (159 人) と O32 (192 人) の 2 群に分類した。各群の初めて 100 位に到達した年齢の度数分布を求めると共に、対応のない t 検定を適用して群間の年齢差を分析した。

2.2 WTA ランキング 32 位以内に入るための年齢基準

WTA ランキング 32 位以内に入るための目標となる、WTA ランキング 100 位以内に入る年齢基準を分析した。U32 か否かを従属変数とし、各年齢におけるランキング 100 位の達



出典: WTA ツアーの仕組み(女子), DUNLOP TENNIS NAVI を改変

図 1 WTA の大会のグレード

表 2 WTA における各大会のグレードによる獲得ポイント

WTA ランキングシステム

ラウンドに応じた獲得ポイント(シングルス・ダブルス)

-- Description --	W	F	SF	QF	R16	R32	R64	R128	QLFR	Q3	Q2	Q1
Grand Slam(Singles)	2000	1300	780	430	240	130	70	10	40	30	20	2
Grand Slam(Doubles)	2000	1300	780	430	240	130	10	-	-	-	-	-
Premier Mandatory(96S)	1000	650	390	215	120	65	35	10	30	-	20	2
Premier Mandatory(64/60S)	1000	650	390	215	120	65	10	-	30	-	20	2
Premier Mandatory(32/28D)	1000	650	390	215	120	10	-	-	-	-	-	-
Premier 5(56S,64Q)	900	585	350	190	105	60	1	-	30	22	15	1
Premier 5(56S,48/32Q)	900	585	350	190	105	60	1	-	30	-	20	1
Premier 5(28D)	900	585	350	190	105	1	-	-	-	-	-	-
Premier 5(16D)	900	585	350	190	1	-	-	-	-	-	-	-
Premier 700(56/48S)	470	305	185	100	55	30	1	-	25	-	13	1
Premier 700(32/30/28S,48/32Q)	470	305	185	100	55	1	-	-	25	18	13	1
Premier 700(32/30/28S,24/16Q)	470	305	185	100	55	1	-	-	25	-	13	1
Premier 700(28D)	470	305	185	100	55	1	-	-	-	-	-	-
Premier 700(16D)	470	305	185	100	1	-	-	-	-	-	-	-
International(32S,48/32Q)	280	180	110	60	30	1	-	-	18	14	10	1
International(32S,24/16Q)	280	180	110	60	30	1	-	-	18	-	12	1
International(32S,8Q)	280	180	110	60	30	1	-	-	18	-	-	1
International(16D)	280	180	110	60	1	-	-	-	-	-	-	-

出典: WTA RANKING SYSTEM, Women's Tennis Association 2020 Official Rulebook を改変

成・非達成の年齢変数を独立変数とする CART (Classification And Regression Tree) アルゴリズムの分類二進木による決定木分析を実施した。鈴木 (2008) に準拠し、分岐の評価尺度は Gini の多様性指数、ルートからの階層は 3、ノードの最小ケースは 10 に設定した。全標本数の中で誤って分類された標本の割合である誤分類率を用いて、分類二進木分析の精度を確認した。決定木分析には R ver.1.3.1703 を使用した。統計学的仮説検定における有意水準は $\alpha = 0.05$ とした。

2.3 WTA ランキング 32 位以内に入るための各年齢のランキング達成基準

各年齢において目標となるランキングが何位であるかを明らかにするために、WTA ランキング 32 位以内に入るためのランキング達成基準を、各年齢において到達ランキングが 32 位以内に入った経験のない選手を対象に分析を行った。松岡ら (2020) に準拠し、年齢ごとに、U32 か否かを従属変数とし、ランキングを独立変数とする CART アルゴリズムの分類二進木による決定木分析を適用し、分岐値をランキング達成基準とした。また、U32 と O32 の両群

における各年齢のランキングの中央値と最大値を算出し、決定木分析から推定された各年齢のランキング達成基準との比較を行った。

Ⅲ. 結果

3.1 ランキング 100 位到達年齢の比較

図 2 は、U32 (159 人) と O32 (192 人) それぞれの 100 位到達年齢の度数分布を示した。U32 では 18 歳で 100 位に到達した選手数が最も多かった。最も早く 100 位に到達した選手は 15 歳であり、最も遅かったのは 29 歳であった。一方、O32 では 21 歳で 100 位に到達した選手が最も多かった。最も早く 100 位に到達した選手は 16 歳であり、最も遅かったのは 28 歳であった。

U32 の到達年齢の平均値 \pm 標準偏差は 19.0 ± 2.2 歳であり、O32 の到達平均年齢 \pm 標準偏差は 21.4 ± 2.6 歳であった。U32 と O32 間における 100 位到達年齢の平均値の差の検定した結果、両群の 100 位到達年齢の平均値に有意な差が認められた ($P < 0.05$)。

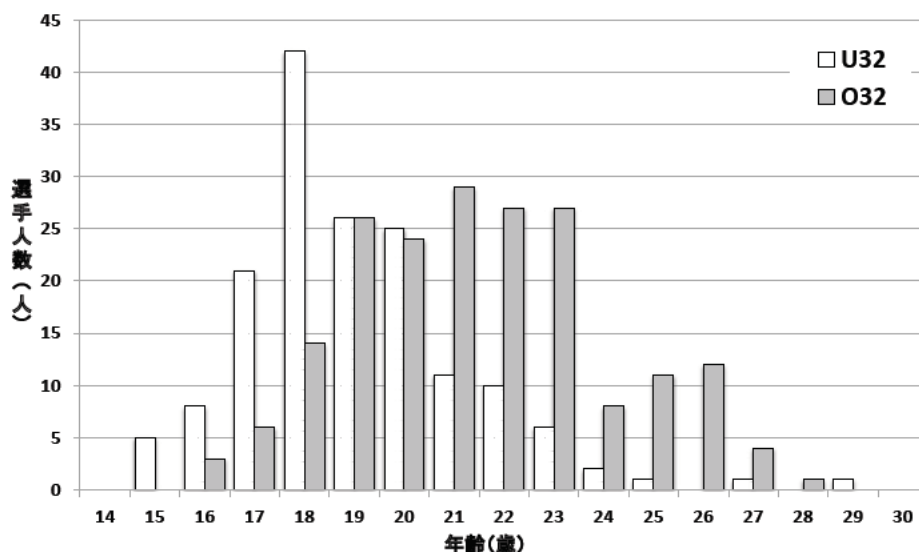


図 2 WTA ランキングにおける U32 と O32 の 100 位到達年齢の度数分布

3.2 WTA ランキング 32 位以内に入るための年齢基準

図3に決定木分析の結果を示した。一番上のノードは分岐する前の全体の状態であり、WTA ランキングが32位以内に入った選手 (U32) が45.3% (159人)、WTA ランキングが32位以内に入った経験のない選手 (O32) が54.7% (192人)であった。第一分岐条件は18歳時点でWTA ランキング100位以内に入っていること、第二分岐条件は22歳時点でWTA ランキング100位以内に入っていることであった。18歳時点で100位以内に入っていると、WTA ランキングが32位以内に入っている選手の割合が45.3%から80.9%に増加した。また、18歳時点でWTA ランキングが100位以内に入っていないが、22歳時点でWTA ランキング100位以内に入ると、WTA ランキングが32位以内に入る選手の割合が32.3%から45.0%に増加した。一方、22歳時点まで100位以内に入らないと、WTA ランキングが32位以内に入る選手の割合が32.3%から14.8%に減少した。また、誤分類率は33.0% (= (18 + 82 + 16)/351)であった。

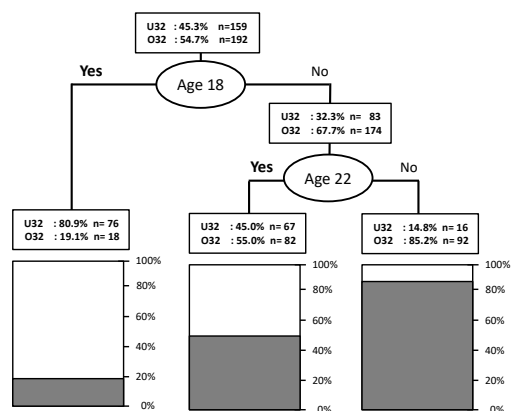


図3 WTA ランキング 32 位以内に入るためのランキング 100 位到達年齢の決定木

3.3 WTA ランキング 32 位以内に入るための各年齢のランキング達成基準

図4は、WTA ランキング 32 位以内に入るための18歳時点でのランキングの決定木を示した。一番上のノードは分岐する前の全体の状態であり、WTA ランキング 32 位以内に入った経験がある選手 (U32) が41.6% (131人)、WTA ランキング 32 位以内に入った経験のない選手 (O32) が58.4% (184人)であった。18歳時点での分岐値はWTA ランキング91位以内 (<91.5) であり、18歳時点でWTA ランキングが91位以内に入ると、WTA ランキング32位以内に入る選手の割合が41.6%から77.6%に増加した。一方、18歳時点でWTA ランキングが91位以内に入っていないと、WTA ランキング32位以内に入る選手の割合が41.6%から33.5%に減少した。

表3は、14歳から24歳までの各年齢における決定木分析によるWTA ランキング32位以内に入るためのランキング達成基準を示した。14歳を除く全ての年齢でランキング達成基準が得られた。各年齢においてランキング達成基準を下回ると、ランキング32位以内に入る選手の割合が増加した。

図5は、WTA ランキング 32 位以内に入るた

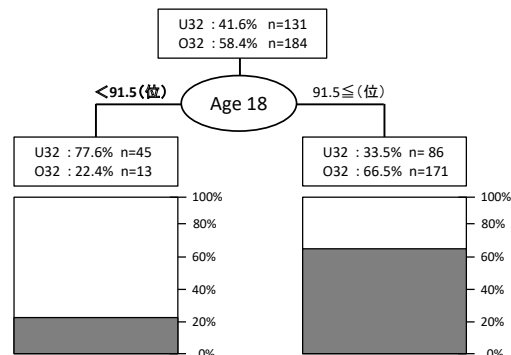


図4 ランキング 32 位以内に入るための18歳時点でのランキングの決定木

表3 決定木分析によるWTAランキング32位以内に入るための各年齢のランキング達成基準

年齢	ランキング達成基準	群	親ノード(%)		子ノード(%)		カイニ乗	自由度	P
			U32	O32	U32	O32			
14	< 659	U32	54.2%	n=32	68.4%	n=13	1.2	1	0.28
		O32	45.8%	n=27	31.6%	n=6			
15	< 611	U32	53.1%	n=93	69.3%	n=61	6.1	1	<0.05
		O32	46.9%	n=82	30.7%	n=27			
16	< 414.5	U32	49.4%	n=134	67.2%	n=84	10.9	1	<0.05
		O32	50.6%	n=137	32.8%	n=41			
17	< 198.5	U32	45.4%	n=142	67.2%	n=71	19.4	1	<0.05
		O32	54.6%	n=171	32.8%	n=29			
18	< 91.5	U32	41.6%	n=131	77.6%	n=45	25.5	1	<0.05
		O32	58.4%	n=184	22.4%	n=13			
19	< 83.5	U32	37.5%	n=109	66.7%	n=44	18.7	1	<0.05
		O32	62.5%	n=182	33.3%	n=22			
20	< 76.5	U32	35.4%	n=98	60.4%	n=58	18.4	1	<0.05
		O32	64.6%	n=179	39.6%	n=38			
21	< 45.5	U32	33.5%	n=84	80.5%	n=33	32.5	1	<0.05
		O32	66.5%	n=167	19.5%	n=8			
22	< 48.5	U32	28.1%	n=58	63.4%	n=26	18.9	1	<0.05
		O32	71.8%	n=148	36.6%	n=15			
23	< 40.5	U32	26.0%	n=44	71.4%	n=15	17.9	1	<0.05
		O32	74.0%	n=125	28.6%	n=6			
24	< 49.5	U32	24.4%	n=32	55.9%	n=19	12.5	1	<0.05
		O32	75.6%	n=99	44.1%	n=15			

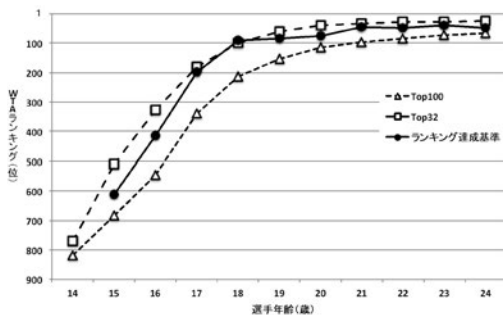


図5 WTAランキング32位以内に入るためのランキング達成基準の比較

めのランキング達成基準とU32とO32のWTAランキングの中央値を示しており、表4では14～24歳までの各年齢のランキング達成基準とU32とO32のWTAランキングの中央値と最大を示している。参考値として、14～21歳までの大坂のWTAランキングを示した。全ての年齢においてランキング達成基準とU32の中央値が近似しており、特に17歳以降では顕著であった。

表4 WTAランキング32位以内に入るための各年齢のランキング達成基準

年齢	ランキング達成基準	ランキング				大坂 なおり
		U32		O32		
		中央値	最大値	中央値	最大値	
14		771	1228	818	1260	1016
15	611	508	1155	682	1305	403
16	414.5	326	1116	545	1246	238
17	198.5	180	964	340	1005	143
18	91.5	100	916	213	969	40
19	83.5	60	916	153	775	44
20	76.5	40	553	115	753	4
21	45.5	32	553	95	677	1
22	48.5	27	259	83	620	
23	40.5	26	183	73	359	
24	49.5	23	183	67	262	

IV. 考察

本研究の目的は、WTAランキング32位以内に入るための目標となる年齢基準とランキング達成基準を明らかにすることであった。そのために、2000年1月から2019年12月までの20年間のWTAランキングのデータを用いて、U32(159人)とO32(192人)におけるWTAランキング100位到達年齢の分布が異なることを明らかにした。次に決定木分析を適用し、WTAランキング32位以内に入るための100位

以内に入る年齢基準と各年齢でのランキング達成基準を分析した。

4.1 ランキング 100 位到達年齢の比較

まず、WTA ランキング 100 位以内に入った経験のある選手を U32 と O32 に分類し、WTA ランキング 100 位に到達した年齢の度数分布の差異を分析した。その結果、U32 と O32 の間に統計学的に有意な差があることが確認された。先行研究との比較では、坂井 (2017) が報告した女子の 100 位到達年齢の最頻値が一致していた。しかし、O32 の最頻値は 21 歳であり、最頻値が 18 歳である U32 の影響が大きいことが推察される。また、U32 の方が O32 より 100 位到達年齢が 3 歳低いことが明らかになった。これらの結果は、WTA ランキング 32 位以内に入ることを達成目標とする場合、早い時期から WTA ツアーに参戦し、10 代からランキング 100 位に到達することが重要であることを示している。

4.2 WTA ランキング 32 位以内に入るための年齢基準

次に、WTA ランキング 32 位以内に入るために何歳の時点で 100 位以内に入ることが必要であるかを分析した。その結果、第一基準が 18 歳時点で WTA ランキング 100 位以内に入ることであり、U32 の割合が 45.3 % から 80.9 % へと増加する。また、第二基準は 22 歳時点で WTA ランキングが 100 位以内に入ることであり、U32 の割合が 32.3 % から 45.0 % へと増加した。一方、22 歳時点で WTA ランキング 100 位以内に入らないと、U32 の割合が 14.8 % に減少することが明らかになった。

決定木分析では従属変数に対する影響力が強い順番に独立変数が選択され分岐することから、WTA ランキング 32 位以内に入るためには 18 歳時点でランキング 100 位以内に入ることが最も強く影響しており、その次に 22 歳時点で 100 位以内に入っていることが強く影響して

いることが明らかとなった。

坂井 (2014) は男子 ATP ランキングにおいて 19 歳、22 歳、25 歳において 100 位以内に入ることが一つの目安となっており、特に 22 歳の時点で 100 位以内に入っていないと、その後ランキングが上昇する選手の割合が大幅に減少することを報告している。また、男女で 100 位到達年齢の最頻値を比較した結果、女子の方がランキング 100 位以内に入る年齢が 3 歳低いこと (坂井, 2017) を考慮すると、女子テニス選手では WTA ランキング 100 位以内に入っておくべき年齢の第一基準が 18 歳時点、第二基準が 22 歳時点であることは妥当であると推察される。これらの結果は、選手の評価やランキングの目標設定を行う際の判断基準として活用できるものであると考えられる。

4.3 WTA ランキング 32 位以内に入るための各年齢のランキング達成基準

最後に、各年齢で目標となるランキング達成基準を明らかにするために、年齢ごとに決定木分析を行なった結果、15～24 歳までの各年齢における統計学的に有意なランキング達成基準を得ることができた。14 歳では有意なランキング達成基準を得られなかったが、これは 14 歳時点で WTA ランキングを持つ選手が少ないことや、ランキングを持つ選手の多くが U32 に偏っていたことが原因であると考えられる。

一方、U32 の選手の約 4 割が 14 歳から WTA ツアーに参戦していることや、早くから才能を見込まれた選手は、ワイルドカードなどの恵まれた環境を手に入れることができる (坂井, 2014) ことを考慮すると、なるべく早期から WTA ツアーに参戦する必要があると考える。

WTA ランキングが 32 位以内に入るためには、18 歳時点で WTA ランキングが 91 位以内に入っていることが大きく影響していることが推定された ($P < 0.05$)。また、推定された各年齢のランキング達成基準は 18 歳までは大きく向上しているが、19 歳以降は緩やかに推移

している。

この結果は、早い時期から WTA ツアーに参戦し、ランキングを上げることが重要であることを示している。また、図 5 から、本研究から得られたランキング達成基準の年齢推移は矛盾点がないと判断された。つまり、決定木分析を適用して、年齢ごとのランキング達成基準が分析できることが明らかになった。年齢ごとのランキング達成基準の妥当性の分析は、残された今後の検討課題である。

4.4 研究の限界

本研究では、2000 年 1 月 1 日から 2019 年 12 月 30 日までの 1,043 週において WTA ランキング 100 位以内に入っており、21 ~ 24 歳まで継続して WTA ポイントを獲得している選手を対象とした。しかし、25 歳以降に 32 位以内に入る可能性のある選手が O32 に含まれている可能性があると考えられ、標本のバイアスを受ける結論であったといえる。今後は引退した選手を対象とし、ランキングの達成基準を構築する必要があると考える。

V. 結論

本研究の目的は、早期に女子選手の潜在能力や将来性を正確に把握するために、目標となる年齢基準とランキング達成基準を明らかにすることであった。そのために、WTA ランキング 100 位以内に入った選手を U32 と O32 に分け、100 位以内に入った年齢を 2 群間で比較することにより、決定木分析を適用して WTA ランキング 32 位以内に入るための年齢基準と各年齢におけるランキングの達成基準を分析した結果、以下のような結論を得た。

- 1) WTA ランキング 100 位以内に入った経験のある選手における 100 位到達年齢の最頻値は 18 歳であり、100 位到達年齢は 32 位以内に入った群は入らなかった群より 3 歳低く、両群で有意な差がある。
- 2) WTA ランキング 32 位以内に入るためには

18 歳時点でランキング 100 位以内に入ることが最も有力であり、その次は 22 歳時点で入ることが有力である。

- 3) 決定木分析を適用し、年齢ごとのランキング達成基準が分析できることが明らかになった。

注

- 1) 大会の出場選手は世界ランキングにより決められるが、主催者の推薦(ワイルドカード)によってランキングが足りない選手を本戦から直接出場させることができる。

文献

- Baker, J., Cote, J. and Abernethy, B, Sport-specific practice and the development of expert decision-making in team ball sports. *Journal of Applied Sport Psychology*. 15, 12-25, 2003.
- Breiman, L., Friedman J.H., Olshen, R.A., and Stone, C.J., *Classification and Regression Trees*. Belmont, CA: Wadsworth, 1984.
- Horton, S., Baker, J. and Schorer, J, Expertise and aging: maintaining skills through the lifespan. *European Review of Aging and Physical Activity*. 5(2), 89-96, 2008.
- 板橋クリストファー・マリオ, グランドスラムとマスターズ 1000 の男子シングルスにおける上位シード選手の早期敗退率比較. 関東学院大学経済学部総合学術論叢, 59, 29-37, 2015.
- Kovacs, M.S., et al. How did the top 100 professional tennis players (ATP) succeed: an analysis of ranking milestones. *J Med Sci Tennis*, 20, 50-57, 2015.
- Locke, E. and Latham, G, The application of goal setting to Sports *Journal of Sport Psychology*, 7(3), 205-222, 1985.
- 松岡弘樹・田原健寛・安藤 梢・西嶋尚彦, トランキングデータからの戦術アクション項

- 目の開発. 計数理研究所共同研究リポート 439, スポーツデータ解析における理論と実例に関する研究集会, 7, 71-76, 2020.
- 宮地弘太郎・道上静香・細木祐子・高橋仁大, ユニバーシアード・ベオグラード大会における日本男子テニスチームのメダル獲得を目指した取り組みと今後の課題. スポーツパフォーマンス研究, 3, 11-30, 2011.
- 村上俊祐・北村 哲・高橋仁大, 大学テニス選手権のグランドストロークラリーにおけるボールの回転数に関する研究. テニスの科学, 23, 76-77, 2015.
- 村田宗紀, WTA トーナメントにおけるトップ 100 位選手の 2018 年サービスの傾向. スポーツパフォーマンス研究, 10, 354-363, 2018.
- 西嶋尚彦, 青少年の体力低下の現状と改善策. 日本体育学会第 53 回大会合同シンポジウム (2) 配付資料, 2002.
- 奥 喜正・本村猛能・前鶴政和・内桶誠二, データマイニングにおける二値データ解析-決定木とロジスティック回帰分析-. 物流問題研究, 44, 1-14, 2004.
- 坂井利彰, トップテニスプレイヤーにおける「早熟型」と「晩成型」の比較分析. SFCJOURNAL, 9 (2), 101-112, 2009.
- 坂井利彰, 世界における男子プロテニス界の構造と日本人選手の強化策. 慶應義塾大学博士論文, 2014.
- 坂井利彰, 女子プロテニス選手の WTA ツアー参戦における戦略の検討-ランキングと選手年齢の関係性についての分析-. 体育研究所紀要, 56 (1), 1-7, 2017.
- スポーツ庁, <https://www.mext.go.jp/.htm>, 2016. 10. 3, (参照日: 2020 年 9 月 1 日).
- 鈴木宏哉, 体育・スポーツ科学分野への決定木分析の応用事例 分析方法の紹介と分析の注意点. 体育測定評価研究, 8, 89-95, 2008.
- Suzuki, K., and Nishijima, T., The Influence of Past Sports Experience on Determining Current Exercise Habit in Japanese Youth. School Health, 3, 22-29, 2007.
- 田原健寛・松岡弘樹・安藤 梢・西嶋尚彦, 菅野投手に着目した投球戦術項目の分析と KPI の探索. 統計数理研究所共同研究リポート 381, スポーツデータ解析における理論と実例に関する研究集会, 5, 39-46, 2018.
- 高橋仁大, テニスのゲーム分析のための技術の分類についての一考, 学術研究紀要鹿屋体育大学, 20, 11-17, 1998.
- 高橋仁大・前田 明・西藺 秀・倉田 博, テニスにおけるポイント取得率と技術との関連性 日本の地方学生大会における検討. 体育学研究, 51, 483-492, 2006.
- 高橋良輔・白井克佳・東海林和哉・久保田潤・阿部篤志・和久貴洋, 各国の国際競技力推定のための“メダルポテンシャルアスリート”の有用性 ロンドン・ソチオリンピック大会の事例より. 第 65 回 (2014) 日本体育学会大会予稿集, 2014.
- Whiteside, D. et al., The effect of age on discrete kinematics of the elite female tennis serve. Journal of applied biomechanics, 29(5), 573-582, 2013.
- WTA RANKING SYSTEM, Women's Tennis Association 2020 Official Rulebook : <http://wtfiles.wtatennis.com/pdf/publications/2020WTARulebook.pdf>, (参照日: 2020 年 11 月 10 日).
- WTA: <http://www.wtatennis.com/>, (参照日: 2020 年 1 月 1 日).
- WTA ツアーの仕組み (女子), DUNLOP TENNIS NAVI: <https://sports.dunlop.co.jp/tennis/about/tour/>, (参照日: 2020 年 11 月 10 日).