

マスターズ陸上競技記録からみたヒトの老化

日野美代子*・大下 健幸**

Human ageing evaluated by the rate of age associated decline
in performance of Masters athletes

Miyoko Hino, Takeyuki Ohshita

全日本マスターズ陸上競技選手権大会（2011～2015年度開催）60 m、100 m、1500 m 走および「走り幅跳び」における男性の競技記録を使用して、年齢対競技記録の関係が解析された。加齢による競技記録の低下は、短距離走（60m、100m）と「走り幅跳び」では80歳付近、1500m走では70歳付近から急激（指数関数的）に大きくなる。年齢と競技記録との関係は、適当な年齢範囲を選択すれば、一定の傾きを持つ直線に近似できるので、直線の傾きから求められる加齢1年あたり低下する競技記録を「老化速度」と定義し、年齢範囲（35～60歳、60～75歳、75～85歳、80～90歳、90歳～）での老化速度が求められた。60m、100m、1500m 走および「走り幅跳び」の記録から求められた35～60歳の老化速度は、それぞれ0.031（秒/年）、0.064（秒/年）、1.356（秒/年）、-0.065（m/年）であった。短距離走（60m、100m）で求められた60～75歳、75～85歳、80～90歳、90歳～の老化速度は、35～60歳の老化速度のそれぞれ2倍、3～5倍、8～9倍、16～21倍に上昇する。

キーワード：加齢、老化、老化速度、マスターズ陸上競技、運動

はじめに

平成26年簡易生命表の概況（平成27年7月30日、厚生労働省発表）によれば、2014年の日本人の平均寿命は、男性80.50歳、女性86.83歳で、男女ともに過去最高を更新し、現在日本は世界トップクラスの長寿国となっている。国立社会保障・人口問題研究所による日本の将来推計人口（平成24年1月推計）によれば、65歳以上の人口比（%）は、2015年に26.8%に達し、さらに将来に向かって増加する。人口の高齢化とともに、中高年のスポーツ愛好者の活動機会が拡大しつつある。文部科学省の「体力・スポーツに関する世論調査」（文部科学省、平成25年1月調査）によれば、この1年間に行った運動・スポーツの日数が、週に3日以上と答えた者と定期的スポーツ実施者とされる週1回以上と答えた者を合わせた者の割合は、70歳以上が最も高く、次いで60歳代、50歳代の順となっている。これらの事実は、中高年の運動・スポーツへの関心の高まりを示している。

ヒトの一生は、出生、成長と成熟過程をへて加齢とともに生理機能を徐々に低下させ、やが

2016年3月31日受理

*尚綱学院大学大学院 総合人間科学研究科 健康栄養科学専攻 修士課程修了

**尚綱学院大学 健康栄養学科 教授

て死に至る不可逆過程である。成熟期以降、加齢とともに生理機能が低下する現象は「老化」と呼ばれる。ヒトのような多細胞生物の老化は、臓器組織によって異なる動態を示す¹⁾。ヒトの生理機能は、精神機能のように、出生後次第に増進し、成熟期以降高齢期まで比較的高いレベルで維持される機能もあれば、栄養代謝機能（特に基礎代謝）のように、出生後加齢とともに低下していく機能もある。また、生殖機能のように性成熟期に急速に増進し、繁殖期を終えると急速に低下する機能もある。運動機能は、成熟期に向かって増進し、成熟期以降徐々に低下していく。加齢1年あたり低下する生理機能を老化速度と定義すれば、ヒトの年齢と個体全体の老化速度との関係はどのようになるであろうか。陸上競技は、トラック競技であれ、フィールド競技であれ、全身運動の要素を多く含むので、陸上競技の記録は、筋系、呼吸器系、循環器系、神経系、内分泌系、肝臓、腎臓などの栄養代謝系など、ヒトの個体の生理機能を総合的に表現したものであると理解することができる。事実、どの組織、器官であれ、それらの組織、器官に機能低下があれば、陸上競技で良い記録を出すことはできないであろう。継続的にトレーニングを実施している陸上競技ランナーの運動能力（生体機能）は、高いレベルに維持されるが、それでもヒトの運動能力は加齢とともに低下し、ヒトは老化から逃れることはできない²⁾。持久運動能力と加齢との関係を分析した研究によれば、長距離走の記録は成人期以降加齢とともに徐々に低下するが、70歳くらいから競技記録の低下が指数関数的に大きくなることが観察されている²⁾。本研究は、全日本マスターズ陸上競技選手権大会の競技記録を利用して、年齢と競技記録との相関を分析し、加齢1年あたり低下する競技記録を老化速度と定義して、ヒトの個体の老化速度と年齢との関係を探求したものである。

研究方法

全日本マスターズ陸上競技選手権大会は、日本人の年齢階級を35～39歳、40～44歳のよう
に5歳間隔で分類し、各年齢階級に属する競技者が、それぞれの年齢階級内で記録を競う競
技である。2011年、2012年、2013年、2014年、2015年度開催全日本マスターズ陸上競技選
手権大会におけるトラック競技（60m、100m、1500m走）およびフィールド競技（走り幅跳び）
の記録を利用して、年齢対競技記録の関係を分析した。陸上競技の記録は、単に年齢だけ
ではなく数値化しにくい個人差の影響を大きく受けると考えられる。個人差は、もって
生まれた遺伝的要因の他、トレーニングの量と質、食生活や健康に対する考え方を含めた
生き方全般の個人差を含んでいる。本研究では、遺伝的要因の他、トレーニングの量や
質における個人差をできるだけ小さくすることを意図して、各年齢階級上位6位以内の
記録を分析に利用した。年齢対競技記録の関係が直線に近似できるような年齢範囲（35
～60歳、60～75歳、75～85歳、80～90歳、90歳～）を設定し、回帰直線の勾配から
得られる加齢1年あたり低下する競技記録を年齢対陸上競技記録の関係からみたヒトの
老化速度と定義し、年齢範囲別老化速度を求めた。女性は男性よりも競技参加者の
人数が非常に少ないため、老化速度の解析は男性の老化速度の解析を中心に行った。

結果

1. 全日本マスターズ陸上競技選手権大会の参加者数

全日本マスターズ陸上競技選手権大会における参加者の人数の傾向を知るために、2011、2013、2014年度開催男子および女子の60m、100m、1500m走、および走り幅跳びに参加した人数を表1（男子）、表2（女子）に示した。参加人数は女性よりも男性の方がはるかに多い。参加人数は、開催年度、各年齢階級、競技種目によってある程度の変動が見られるが、80歳未満の各年齢階級における単年度あたりの参加人数は、男性で概ね10～30名で30名を超えることはまれである。女性では、概ね10名以内の範囲にあり、10名をこえることはまれである。高齢者の参加者数は、持久走（1500m）および走り幅跳びでは80歳以上の年齢階級で、短距離走（60m、100m）では85歳以上の年齢階級で、それぞれ男女共に非常に少なくなっている。特に90歳以上の年齢階級では、いずれの競技も参加者は、ゼロか1名程度である。男女共に、短距離走（60m、100m）の参加者数の方が、1500m走や走り幅跳びの参加者数より多い。短距離走のうち、100mの参加者数が全体としては、もっとも多いが、75歳以上の高齢者では、100m走よりも60m走の参加者数が多くなっている。

表1 2011・2013・2014年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大会
男子、種目別、年齢階級別参加人数

年齢階級	種目															
	60m				100m				1500m				走り幅跳び			
	2011年	2013年	2014年	合計	2011年	2013年	2014年	合計	2011年	2013年	2014年	合計	2011年	2013年	2014年	合計
35～39	19	16	11	46	26	31	27	84	10	7	17	34	8	10	15	33
40～44	29	19	9	57	40	38	39	117	11	13	13	37	18	10	30	58
45～49	19	24	15	58	31	43	27	101	13	20	22	55	13	13	17	43
50～54	33	14	11	58	38	29	26	93	10	16	18	44	18	15	14	47
55～59	21	13	20	54	22	26	35	83	14	11	18	43	11	12	23	46
60～64	29	22	26	77	40	33	28	101	12	12	18	42	12	14	15	41
65～69	25	22	24	71	25	25	27	77	9	17	21	47	8	12	12	32
70～74	31	21	20	72	29	25	27	81	15	12	15	42	8	12	12	32
75～79	19	21	29	69	15	21	23	59	10	8	9	27	7	8	18	33
80～84	13	12	12	37	10	9	10	29	3	5	8	16	6	6	8	20
85～89	6	4	9	19	7	4	5	16	1	2	5	8	4	2	5	11
90～94	1	0	1	2	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	1	2
95～99	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100～	1	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	246	189	188	623	283	285	275	843	108	124	165	397	113	115	170	398

表2 2011・2013・2014年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大会
女子、種目別、年齢階級別参加人数

年齢階級	種目															
	60m				100m				1500m				走り幅跳び			
	2011年	2013年	2014年	合計	2011年	2013年	2014年	合計	2011年	2013年	2014年	合計	2011年	2013年	2014年	合計
35～39	2	5	3	10	4	7	6	17	1	0	1	2	1	1	2	4
40～44	3	2	4	9	6	7	6	19	3	2	4	9	2	1	3	6
45～49	8	8	6	22	8	9	10	27	3	3	3	9	4	5	5	14
50～54	6	10	5	21	5	11	10	26	3	4	5	12	4	7	8	19
55～59	6	6	7	19	7	5	6	18	2	5	3	10	3	2	3	8
60～64	8	12	13	33	4	10	11	25	4	1	6	11	2	3	3	8
65～69	2	4	4	10	3	3	7	13	1	1	6	8	1	1	2	4
70～74	5	6	8	19	7	6	6	19	6	4	5	15	3	5	2	10
75～79	2	3	10	15	1	1	8	10	4	0	6	10	1	1	6	8
80～84	3	3	3	9	0	3	3	6	1	1	1	3	1	1	0	2
85～89	1	0	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	2
90～94	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
95～99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100～	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	46	60	64	170	46	63	73	182	28	21	40	89	23	27	35	85

2. 競技記録の加齢変化

競技記録が加齢とともにどのように変化するかを見るために、男性の年齢対競技記録の関係を図1（60 m走）、図2（100 m走）、図3（1500 m走）、図4（走り幅跳び）に示した。年齢対競技記録の関係は、ある年齢までは競技記録が加齢とともに直線に近い傾きで徐々に低下するが、それ以降の年齢では、高齢になるほど記録の低下が急激（指数関数的）に大きくなる。記録の低下が急激に大きくなり始める年齢は、トラック競技の短距離走（60 m、100 m）とフィールド競技の走り幅跳びでは、80歳付近（図1、図2、図4）、持久走（1500 m）では、70歳付近（図3）である。

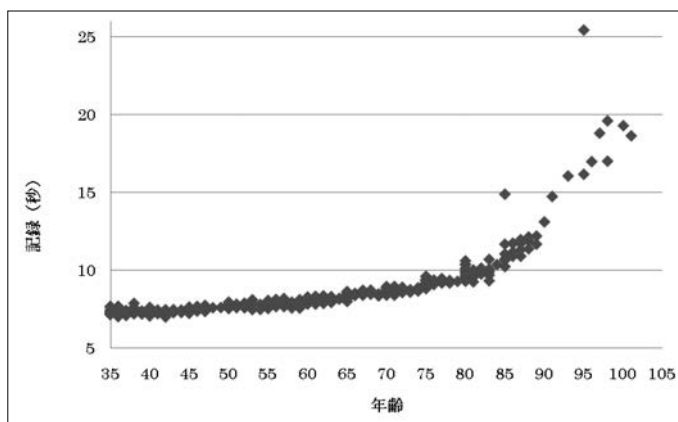


図1 2011～2015年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大、男子60m走における上位6位以内の年齢対競技記録

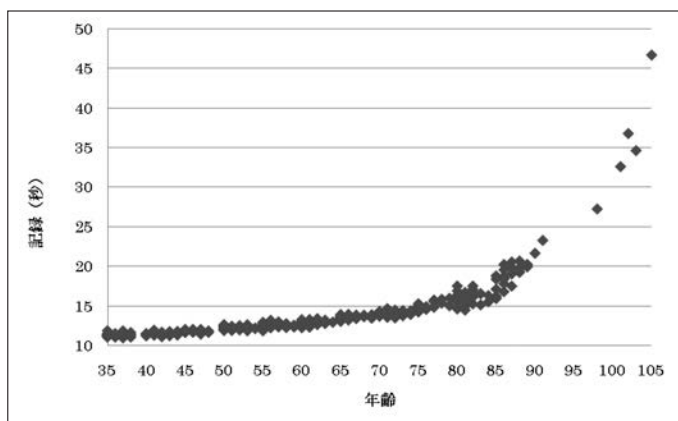


図2 2011～2015年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大会、男子100m走における上位6位以内の年齢対競技記録

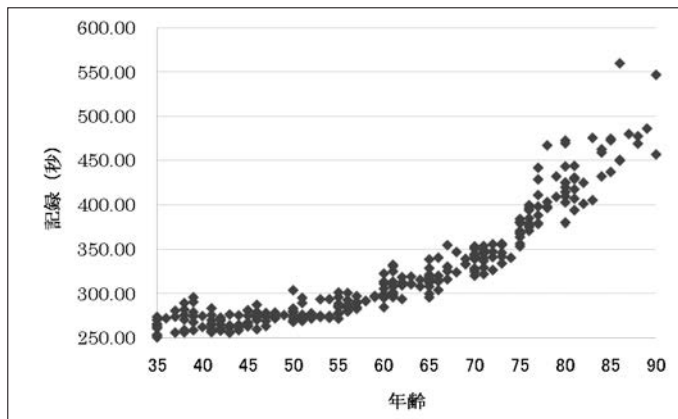


図3 2011～2015年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大会、男子1500m走における上位6位以内の年齢対競技記録

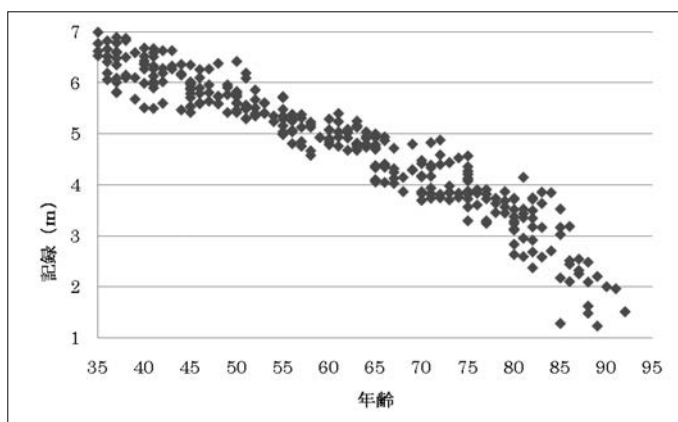


図4 2011～2015年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大会、男子走り幅跳びにおける上位6位以内の年齢対競技記録

3. 年齢範囲別老化速度

年齢と競技記録との関係は、適当な年齢範囲を選択すれば、一定の傾きを持つ直線に近似できる。この場合の年齢対競技記録の相関係数は、多くの場合統計学的に有意であった（表3）。図5～9は、年齢と競技記録の相関を60m走の年齢対競技記録のデータを用いて分析した事例を示している。このような相関分析で得られる直線の傾きは、加齢1年あたり低下する競技記録を意味し、これを年齢対陸上競技記録の関係からみたヒトの老化速度と定義する。表3には、この定義にしたがって、年齢対競技記録の相関分析によって得られた、年齢範囲（35～60歳、60～75歳、75～85歳、80～90歳、90歳～）での老化速度がまとめられている。表3に示すように、35～60歳の範囲では、60m走の記録が、加齢1年あたり0.0311（秒）ずつ悪くなるような速度でヒトは老化する。

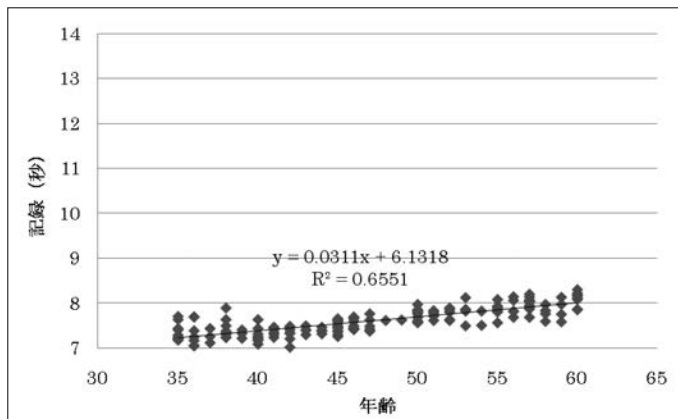


図5 2011～2015年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大会、男子60m走における35～60歳の年齢と競技記録の相関

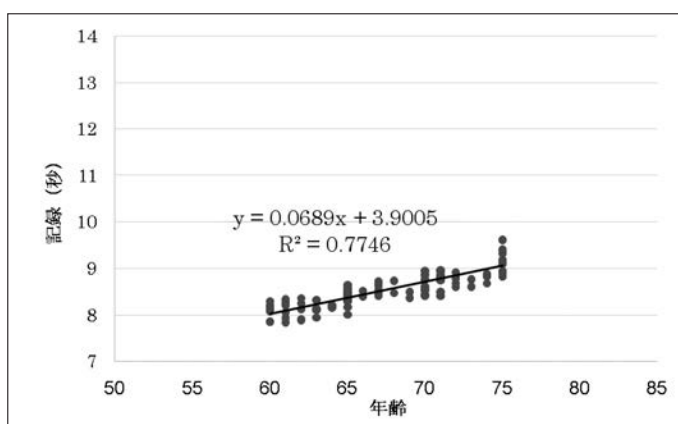


図6 2011～2015年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大会、男子60m走における60～75歳の年齢と競技記録の相関

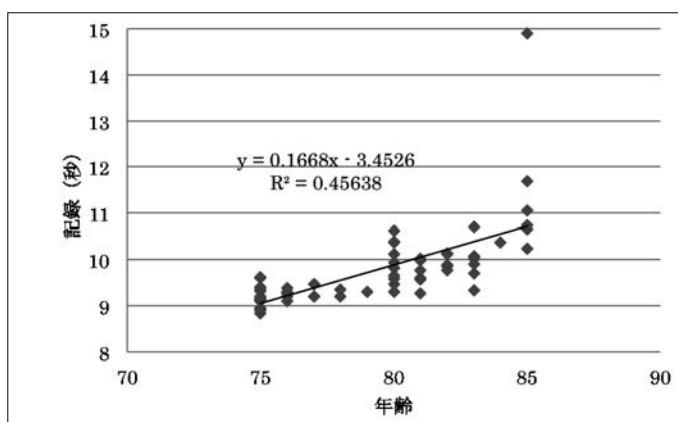


図7 2011～2015年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大会、男子60m走における75～85歳の年齢と競技記録の相関

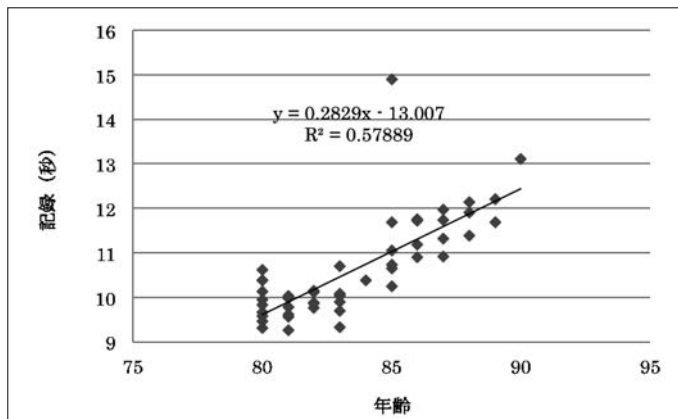


図8 2011～2015年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大会、男子60m走における80～90歳の年齢と競技記録の相関

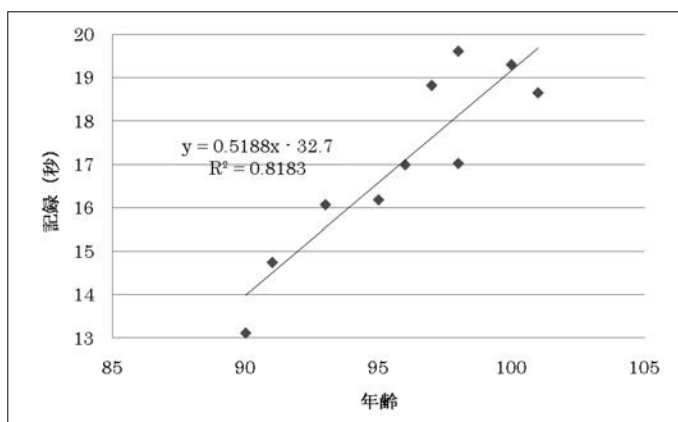


図9 2011～2015年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大会、男子60m走における90歳～の年齢と競技記録の相関

表3には、35～60歳の老化速度に対する60歳以上の各年齢範囲（60～75歳、75～85歳、80～90歳、90歳～）の老化速度の比が老化速度比率として示されている。老化速度比率は、老化速度が高齢に向かって急激に増加する程度を意味する。短距離走（60m、100m）で求められた、年齢範囲80～90歳および90歳以上の老化速度比率はそれぞれ8～9倍、16～21倍に達している。持久運動の1500m走では、60～75歳、75～85歳での老化速度比率が、短距離走よりやや大きい（老化速度の増大が短距離走より早く現れている）が、80～90歳の老化速度比率はおよそ6倍で、短距離走の場合（8～9倍）よりも小さい。老化速度が高齢（80歳～）に向かって急激に増加する程度は、持久走よりも短距離走の方が大きい。フィールド種目の走り幅跳びでは、高齢者の老化速度の比率すなわち、記録が60歳以上で年齢依存的に低下する程度が、トラック競技の場合より小さい。走り幅跳びのようなフィールド競技の場合は、競技の技術力が、高齢者の記録の低下（老化速度比率の上昇）を小さくする方向に働いている可能性が考えられる。

表3 2011年～2015年開催全日本マスターズ陸上競技選手権大会、男子、種目別年齢範囲別、老化速度（加齢一年あたり低下する記録）
n：分析に供した人数、p値：得られた相関係数の有意水準（危険率）

年齢範囲	種目															
	60m				100m				1500m				走り幅跳び			
	老化速度 秒/年	老化速度 比率	相関 係数 (n)	P値	老化速度 秒/年	老化速度 比率	相関 係数 (n)	P値	老化速度 秒/年	老化速度 比率	相関 係数 (n)	P値	老化速度 m/年	老化速度 比率	相関 係数 (n)	P値
35～60	0.0311	1.00	0.809 (157)	<0.01	0.0637	1.00	0.885 (158)	<0.01	1.3562	1.00	0.708 (160)	<0.01	-0.0650	1.00	-0.858 (158)	<0.01
60～75	0.0689	2.22	0.880 (108)		0.1234	1.94	0.895 (106)		3.9644	2.92	0.855 (100)		-0.0742	1.14	-0.752 (103)	
75～85	0.1668	5.36	0.676 (66)		0.2118	3.32	0.729 (66)		8.1577	6.02	0.758 (57)		-0.1087	1.67	-0.624 (65)	
80～90	0.2829	9.10	0.761 (50)		0.5147	8.08	0.846 (56)		8.0665	5.95	0.672 (36)		-0.1711	2.63	-0.692 (50)	
90～	0.5188	16.68	0.905 (10)		1.3414	21.06	0.913 (7)		-	-	-		-	-	-	

考察

本研究において、ある年齢までは陸上競技記録が加齢とともに直線に近い傾きで徐々に低下するが、それ以降の年齢では高齢になるほど記録の低下が急激（指数関数的）に大きくなるのが観察された。記録の低下が急激に大きくなり始める年齢は、トラック競技の短距離走（60 m、100 m）では、80歳付近（図1、図2）、持久運動の1500 m走では、70歳付近（図3）であった。同様の観察結果は、水泳競技の短距離（50 m）と長距離（1500 m）の年齢対記録の関係からも得られている³⁾。持久的なトレーニングの継続は、骨格筋の老化（筋肉の量や機能の低下）を著しく抑制することが観察されている⁴⁾が、それでもトレーニングを継続しているアスリートの競技記録が年齢依存的に低下するのはなぜか。そのメカニズムは、十分には解明されていない²⁾。

骨格筋全体の収縮特性は、筋組織の中でより多くの比率を占める筋線維の収縮特性が反映されることから、働く筋線維の種類と競技種目との間には一定の関係がある。持久的要素の強い競技（有酸素運動）ではI型（赤筋）線維の役割が大きく、最大筋力を要する競技やスプリント走（無酸素運動）ではII型（白筋）線維の役割が大きい⁵⁾。一般に、老年期ではI型（赤筋）線維よりもII型（白筋）線維の減少と萎縮がより顕著であることが知られている^{6)、7)}が、継続的にトレーニングを実施している陸上競技ランナーの場合には、I型（赤筋）線維の比率が高く維持されるほか、II型（白筋）線維の顕著な減少は見られないという報告がある⁸⁾。本研究において、短距離走の記録で得られた80～90歳の老化速度比率が、持久走の1500 m走で得られた老化速度比率よりも大きいという結果（表3）が、II型（白筋）線維の顕著な減少によって説明できるかどうかは熟考を必要とする。80歳以上に達した高齢者では、短距離走であっても、有酸素運動になっている可能性が高いことを考えると、高齢者の短距離走の記録の顕著な低下（老化速度の増大）をII型（白筋）線維の顕著な老化で説明することには限界がある。80歳以上に達した高齢者の競技記録の著しい低下は、筋組織の老化だけではなく、呼吸器系、循環器系、栄養代謝系など身体機能全体の老化を強く反映した結果であろう。80歳以上に達した高齢者は、持久走（1500 m）への参加が少なく、短距離走、特に60 m走への参加が比較的多くなる事実は、身体機能全体の顕著な老化が持久走（1500 m）への参加を困難に

していると考えられる。それにもかかわらず、持久走（1500 m）の記録から得られた高齢者（80～90歳）の老化速度比率が、短距離走の場合より小さい（表3）ことの原因は、80歳以上の高齢者の中の一部の遺伝的エリートのみが持久走への参加が可能になっていることかもしれない。

加齢とともに起こる持久運動機能の低下のメカニズムとして、加齢による最大酸素摂取量の低下が確認されている^{2) 9)}。高齢者では、短距離走であっても、有酸素運動になっている可能性が高いことを考えると、高齢期における最大酸素摂取量の低下は、高齢者の陸上競技記録の低下（老化速度の増大）の一つの要因と考えられる²⁾。

本研究では、加齢と陸上競技記録の低下との関係を分析することによって、いろいろな年齢範囲での老化速度（加齢1年あたりの競技記録の低下）が求められた。その結果、80歳以上の高齢期では著しい老化速度の増大が確認された。高齢者の場合には、老化が進行してマスターズ陸上競技大会に出場することができなくなった多数のひとたちの存在を考慮すると、この研究で求められた75又は80歳以上の高齢者の老化速度は、それでも過少に評価されている可能性が高いと考えられる。加齢はすべてのヒトに平等に起こる現象であるが、加齢とともに起こる身体機能の総合的な低下（老化）は大きな個人差を伴って表現される。陸上競技の記録から推定される老化速度は、単に年齢だけではなく、遺伝的要因の他、トレーニングの量と質、食生活や健康に対する考え方など数値化しにくい個人差の影響を大きく受けると考えられる。本研究では、各年齢階級上位6位以内の記録を分析に利用している。上位6位以内に入るアスリートは、トレーニングの量や質、遺伝的要因などにおいて個人差が小さいことが期待される。食生活や健康に対する考え方を含む生き方（環境要因）を修正することによって、老化速度を低くすることができる可能性があるが、生き方（食事、運動、精神活動など）をどのように修正するのがよいのかは老化研究の一つのテーマである。食事と老化速度との関係については、カロリー制限食が、自由摂食と比較した場合に、実験動物の平均寿命と最大寿命の両方を延ばすことが知られている¹⁰⁾が、カロリー制限食とヒトの寿命との関係は全く未解明である。生き方の中で運動に限定して考えた場合でも、取り入れるべき運動の量、頻度、強度と老化速度との関係については未解明の課題がある¹⁰⁾。マスターズ陸上競技大会への参加者の人数は、80歳以上の年齢階級で、男女共に非常に少ないという事実と、マスターズ陸上競技で80歳を超える参加者はかならずしも若いときから上位入賞者であったわけではないという事実を考慮すると、若いときから上位入賞をするほどハードなトレーニングを続けることが、より高齢になって老化速度を大きくする要因になる可能性を否定することはできない。一方、適度な運動の継続は、最大寿命の延長に寄与する可能性は低いにしても、健康寿命の延長に寄与することはまちがいないであろう¹⁰⁾。

引用文献

- 1) 山田正篤, 原澤道美, 入来正躬, 折茂肇, 大橋望彦, 大野忠夫, 花岡文雄編, 太田邦夫監修, 老化指標データブック, 朝倉書店, (1988).
- 2) Tanaka H and Seals DR. : Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. *J. Physiol.* 586, 55-63 (2008).
- 3) Tanaka H and Seals DR. : Age and gender interactions in physiological functional capacity : insight from swimming performance, *J. Appl. Physiol.* 82, 846-851 (1997)

- 4) Wroblewski AP, Amati F, Similely MA, Goodpaster B and Wright V. : Chronic exercise preserves lean muscle mass in masters athletes. *Phys. Sportmed.* 39, 172-178 (2011).
- 5) 山本順一郎編, 運動生理学, 第2版, 4章, 骨格筋の構造と機能, 化学同人, 64-73 (2010).
- 6) Larsson L, Grimby G and Karlsson J. : Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J. Appl. Physiol.* 46, 451-456 (1979).
- 7) 石井直明, 丸山直記編, 老化の生物学－その分子メカニズムから寿命延長まで, 2章, サルコペニア, 化学同人, 34-49 (2014).
- 8) Coggan AR, Spina RJ, Rogers MA, King DS, Brown M, Nemeth PM and Holloszy JO. : Histochemical and enzymatic characteristics of skeletal muscle in master athletes. *J. Appl. Physiol.* 68, 1896-1901 (1990).
- 9) 竹島伸男, 小林章雄, 田中喜代次, 他。: 中高年ランナーの最大酸素摂取量と乳酸閾値－加齢に伴う変化－, 体力科学, 38,197-207 (1989).
- 10) 石井直明, 丸山直記編, 老化の生物学－その分子メカニズムから寿命延長まで, 16章, 運動, 化学同人, 273-286 (2014).