

## マラソン記録をよむ II

——生涯ランナーのマラソン記録加齢変化——

齊 藤 満\*

生涯運動を続けることにより身体および生理機能が年齢とともにどのような変化をもたらすのか明らかではない。本研究ではフルマラソン記録が年齢とともにどのような経過をたどるのかについて全日本フルマラソンランキングデータから検討した。調査人数は20歳から91歳までの男女合計2786名(男子1466名, 女子1320名)である。フルマラソンの平均スピード(MSpeed)を身体および生理機能の指標として年齢との関係を解析した。年齢とMSpeedの関係は二次の回帰曲線に当てはめ記録の加齢変化を解析した。回帰式は男女別にランキング1位ランナー群(TRG)と百位ランナー群(HRG)に分けて推定した。1) TRGとHRGの加齢にともなう記録変化の曲線は異なった。TRGは20歳から最高齢まで速度は低下したが, HRGは男子が20歳から36歳まで28m/分, 女子は20歳から40歳まで43m/分速度が上昇した。その後, 男女ともに最高齢まで速度は低下した。2) HRGの速度が最高に達したのちの速度低下曲線はTRGの低下曲線と平行して変化した。低下速度は女子65歳, 男子75歳から急激に増大した。3) TRG, HRGおよび男女それぞれの群の生涯ランナー最高齢の平均速度はともに約120m/分である。加齢にともなうTRGとHRGのMSpeed変化の比較から, HRGは20歳を過ぎてからマラソントレーニングを開始した市民ランナーと考えられ, TRGは20歳以前からトレーニングをはじめたアスリートといえる。このことから, 市民ランナーはマラソンを始めてから最高記録に到達するまでに15から20年間要しているといえる。以上の結果から, 生涯ランナーを続け得る限界は120m/分程度の速度を如何に長時間維持できるかによってきまることが示唆される。

キーワード: 最大酸素摂取量, マラソン記録, 加齢, 生涯マラソンランナー

### I 緒言

加齢とともに低下する体力維持にとって有酸素運動が有効なことは広く認められている<sup>14)</sup>。最近, Graemたち<sup>7)</sup>は長期間にわたる追跡調査から高齢期の体力水準はそれまでに実施した運動の活動強度に比例することを報告した。このことは元気な人はより高いレベルの有酸素運動を実施することが有効であることを示唆する。しかし, どのような有酸素運動が適切であるかについての具体的な検討はほとんどされていない。この課題にこたえられる有酸素運動の一つとして, 近年, 社会的なブームとして人気の高いフルマラソンが考えられる。過去にはフルマラソンは過酷で一般の人が取

り組むスポーツではないと考えられたが, いまでは健康運動としての価値だけでなくファッションとして‘マラソンをするという’機運も広がり, 気軽に始める人が増えている<sup>17)</sup>。専門誌の統計によれば, フルマラソンレースに出場するランナーは若者から90歳以上の高高齢者まで年間数十万人規模に膨らみ, そのなかで生涯ランナーを目指す人は年々増加している<sup>6)</sup>。

マラソンは運動が数時間続くという点では非日常的なスポーツといえるが, 走ることから始まる点では入りやすいスポーツである。走ることは誰でも子供の頃から経験しており, 爽快さやきつさは具体的にイメージでき, 目標も設定しやすい。

著者は先に, 年齢別マラソン世界記録からヒトの活

\* 愛知学院大学心身科学部健康科学科  
(連絡先) 〒470-0195 愛知県日進市岩崎町阿良池12 E-mail: saitman@dpc.agu.ac.jp

動能力と生理機能の加齢変化について分析し、フルマラソンは高いレベルの有酸素運動として位置づけることができ、それを続けることで高高齢期まで活動力と有酸素代謝能力が維持できることを示した<sup>18)</sup>。本研究では20歳から90歳までの市民マラソン記録のビッグデータからマラソンが運動機能および生理機能に及ぼす効果と、生涯にわたりマラソンを続ける上での条件を明らかにする。

## II 方法

### 1. マラソン記録データ

マラソン記録はランナーズから報告されている全日本年齢別フルマラソンランキング 第1回(2004年度)から第12回(2015年度)の1位、百位、マラソン完走者平均タイムを用いた<sup>17)</sup>。当該ランキングデータの基礎になるランナー数は2,349,332人(女子が462,761人、男子が1,886,571人)である。1位ランナーの最高齢は、男子は91歳、女子は84歳である。各年度の完走ランナーが100人を超えた最高齢は、男子が2004年度の70歳から2014、2015年度の77歳、女子が2004年度の57歳から2014、2015年度の68歳までである。

### 2. データ解析

マラソン個人記録はきめられた年度内に指定された公認コースのレースで完走した結果である。同一年度内に複数回出場した場合は最高記録のみを対象とした<sup>16)</sup>。本研究では、ランナーズ編集部が纏めた各年度の男女それぞれ、年齢別1位(1位群)、100位(百位群)、および年齢別完走者全員の平均タイム(平均記録)を解析した。データ解析は、1位群は全ての年齢の記録を、百位群および平均記録は完走ランナーが100人を超えた年齢の記録とした。

### 3. マラソン記録の解析

#### 1) 記録の評価

マラソン記録は時間(マラソンタイム)と平均速度(平均速度=42.195km÷マラソンタイム)で表し、運動機能(平均速度)と生理機能(酸素摂取量)を評価した<sup>18)</sup>。マラソン時の酸素摂取量は著者が先に報告したマラソン選手の走速度-酸素摂取量関係式<sup>18)</sup>から推定した。

#### 2) 回帰分析

年齢とマラソン速度の関係は年齢を独立変数、マラソン速度を従属変数として2次回帰式に当てはめ解析した<sup>18)</sup>。解析にあたり、まず、2004年度から2015年度までのデータ取得年度間のマラソンランキング記録の均等性を検討した。その結果1位群の記録は年度間で差は認められなかったが、百位群では有意な差が認められた。このため、単年度毎のランキング記録、前半2004~2009年度までの6年間、後半2010~2015年度までの6年間および全2004~2015年度までの12年間の平均値を算出し、それぞれについて回帰式を求めた。加齢にともなうマラソン記録の年間変化量は回帰曲線から推定した。

#### 3) 統計解析

年度間の比較は一元配置分散分析を用いて検定した。解析にはSPSS統計ソフト(Windows版24)を用いた。統計値は平均と標準偏差で表し、危険率0.05以下を有意とした。

## III 結果

### 1. マラソン記録の概要

#### 1) 記録の年度比較

2004年度から2015年度までの1位群および百位群のマラソンタイムとマラソン速度をそれぞれ男女別に図1に示す。

#### (1) 1位群マラソンタイム

男子、女子ともに記録は年度間でばらつき、年齢が高くなるに従いばらつきが拡大した。高齢になるに従いバラつきが拡大した要因は高齢ランナーの減少が大きいといえる。

1位群のマラソンタイムは20歳(男子2時間21分26秒±4分45秒、女子2時間38分37秒±8分06秒)から30歳代半ばまで男子は約12分、女子は約13分30秒短縮する。その後は緩やかな曲線を描いて男子は最高91歳の8時間19分03秒まで急速に低下する(図1)。女子は男子と同様の変化を示すが、中年期以降60歳後半から最高84歳の6時間43分57秒まで急速に低下する。

#### (2) 百位群マラソンタイム

百位群は男子、女子ともに20歳(男子3時間18分46秒±9分08秒、女子4時間51分09秒±24分44秒)

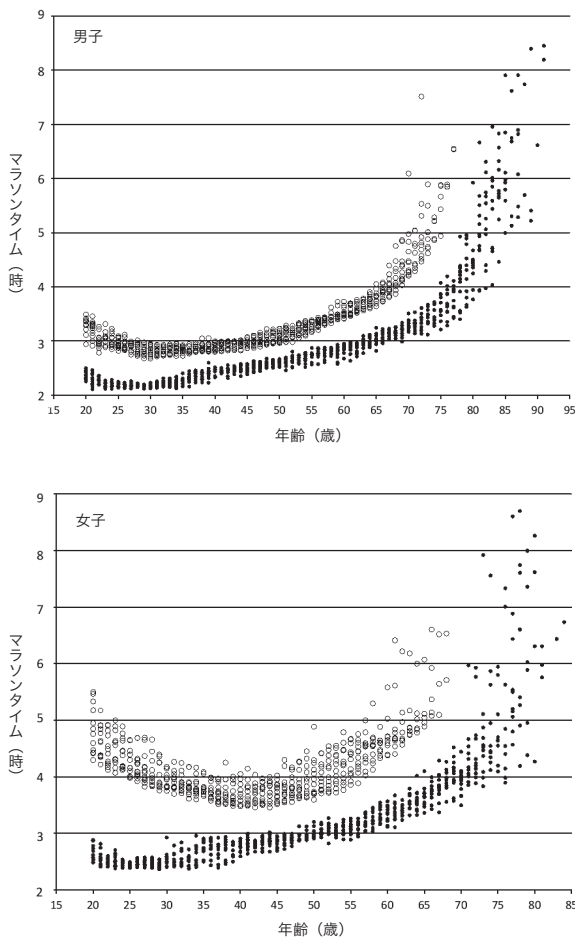


図1. 2004-2015年度のマラソンランキング1位および百位年齢別個人記録

上段男子, 下段女子 ●; 1位群, 男子805名, 女子715名, ○; 百位群, 男子661名, 女子605名

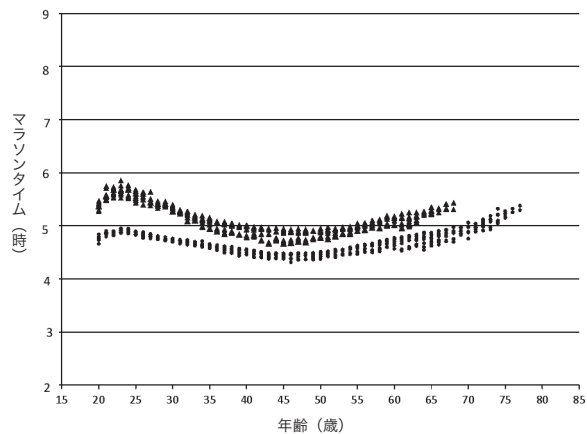


図2. 2008-2015年度フルマラソン年齢別完走者の平均タイム

●; 男子 (n=545), ▲; 女子 (n=487)

から男子は30歳(2時間49分32秒±5分10秒), 女子は40歳前後(3時間41分58秒±10分33秒)までマラソントイムは短縮する. その後は男女ともに緩やかに延長し, 男子は60歳頃から最高77歳の6時間32分28秒±19秒まで急激に低下する. 女子は年度間で大きなばらつきがみられるが最高68歳の6時間07分16秒±24分39秒まで曲線的に低下する.

### (3) 年齢別完走者の平均タイム

ランナーが100名を超える年齢の完走者全員の平均タイムを図2に示す. 男子, 女子ともにランナー数の最も多い40歳代のタイムが最も短く, 若年期および高年期で長くなる凹型のカーブを示す. 男子は46歳の4時間25分16秒±3分10秒から77歳の5時間25分53秒±21分18秒の範囲(1時間37秒)に, 女子は48歳の4時間49分47秒±5分42秒から68歳の5時間47分44秒±7分35秒の範囲(57分57秒)である.

## 2. マラソン速度

図3に1位群と百位群のランキング記録後半6年間のマラソン速度平均値と同データから算出した回帰値を重ねて, それぞれ男女別に示す.

### 1) 年齢とマラソン速度の関係

#### (1) 1位群

男子, 女子ともに20歳(男子306±5m/分, 女子264±13m/分)から25歳までランキング記録は上昇し, それに続く5~10年間は高いレベルで推移する. その後は一時的な記録の急激な低下がみられ, 続いて穏やかな低下を辿る(図3).

年齢と速度の回帰曲線は高い精度で推定できたが, 20歳から35歳の記録は回帰値より高値を示した.

回帰曲線から推定した最高速度と最高速度出現年齢をランキング記録と比較して表1に示す. 回帰式から推定した最高速度は男子が20歳の319±3m/分, 女子が19歳の280±6m/分であり, ランキング記録は男子が30歳の326±2m/分, 女子が29歳の286±2m/分である. 最高速度出現年齢は回帰式から推定した記録がランキング記録より早く出現した(p=0.01)(表1). しかし, 最高速度の差は認められなかった.

#### (2) 百位群

百位群のマラソン速度は男女ともに20歳から上昇し, 最高速度出現年齢を境に低下するシンメトリーな凸型曲線を示す(図3).

回帰値とランキング記録の誤差はわずかである。回帰式から推定したマラソン最高速度は男子が250±3 m/分 (35歳), 女子が196±3 m/分 (40歳) である。男女ともに回帰式から推定した最高速度および最高速

度出現年齢ともにランキング記録との値に差は認められなかった (表1)。回帰およびランキング記録の最高速度はともに年度ごとに高まり前半6年より後半6年の平均値は有意に向上した (表1)。

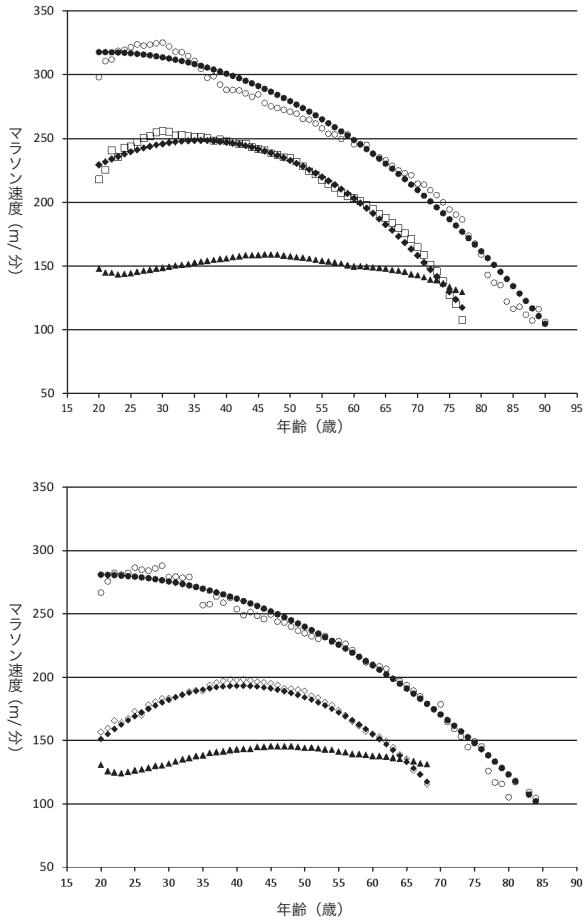


図3. 年齢別マラソン速度の平均値および回帰曲線から推定した速度。マラソン速度は2010～2015年度までの6年間の平均値で示す。上段男子、下段女子。

○, ◇は、それぞれ一位群, 百位群のランキング記録。  
●, ◆はそれぞれ1位群, 百位群の回帰推定値記録。  
▲は年齢別完走者の平均で示す。2008年から2015年度までの8年間の平均値で示す。

上段グラフ

男子1位群回帰式 ●  
 $Y = 304.063 + 1.622 X - 0.042 X^2$  ( $R^2 = 0.984, P < 0.0001$ )

男子百位群回帰式 ◆  
 $Y = 153.607 + 5.468 X - 0.077 X^2$  ( $R^2 = 0.988, P < 0.0001$ )

下段グラフ

女子1位群回帰式 ●  
 $Y = 265.651 + 1.564 X - 0.041 X^2$  ( $R^2 = 0.979, P < 0.0001$ )

女子百位群回帰式 ◆  
 $Y = 28.111 + 8.331 X - 0.103 X^2$  ( $R^2 = 0.992, P < 0.0001$ )

### (3) マラソン速度の加齢変化

回帰式から推定したマラソン速度の加齢変化を表2に示す。1位群は男子が21歳, 女子が20歳から低下し, 40歳の年間低下率は男子, 女子ともに-1.7m/分, 60歳では-3.4m/分に高まる。

百位群の速度は男女ともに20歳から高まるが速度増加率は次第に減少し, 男子は36歳, 女子は40歳から低下しはじめ (図3), 低下率は次第に大きくなる。40歳の速度と年間低下率は, 男子が249m/分, -0.7m/分/年, 女子が196m/分, +0.1m/分/年であり, 60歳では男子が204m/分, -3.8m/分/年, 女子が157m/分, -4.0m/分/年となり女子の低下率が男子を上回った。

百位群と1位群の速度差は20歳男子が87m/分, 女子が126m/分であるが, 男女ともに40歳頃までは百位群の速度が1位群の速度に近づき, その後, 男子は45～52m/分, 女子は53～60m/分の差を保ち70歳までほぼ平行して低下する (図3, 表2)。

### (4) 年齢別完走者の平均速度

完走者の年齢別平均速度を1位群と百位群の記録と合わせて図3に示す。完走者の年齢別平均速度は男子46歳, 女子48歳を最高に凸型の曲線を描く。年齢別平均速度は, 男子は46歳の159m/分から77歳の129m/分の範囲 (29m/分) に, 女子は23歳の124m/分から48歳の145m/分の範囲 (21m/分) である。

### (5) 男女差

1位群の男子と女子の速度回帰曲線を比較すると20歳から80歳では37～40m/分の差であり, 速度の差を除けば記録曲線はほぼ同じ軌跡をたどる。

百位群についても両群の加齢変化は類似するが, 速度は大きく異なる (図3)。百位群記録の加齢変化の特徴は最高速度出現年齢が, 男子 (36歳) より女子 (40歳) が4年遅れる点である。

生涯ランナーのマラソン記録

表1-a. 男子1位群, 百位群の年度ごとのマラソンランキング最高記録と回帰式から推定した最高記録  
および最高記録出現年齢の年次比較

年度	1位記録				100位記録			
	ランキング記録		回帰推定値		ランキング記録		回帰推定値	
	最高速度 (m/分)	年齢 (歳)	最高速度 (m/分)	年齢 (歳)	最高速度 (m/分)	年齢 (歳)	最高速度 (m/分)	年齢 (歳)
2004	326.7	31	312.6	24	244.4	35	238.8	37
2005	325.8	35	292.5	2	242.3	35	237.0	36
2006	327.6	31	298.9	2	247.3	32	240.7	36
2007	333.2	21	319.8	18	248.7	31	242.3	36
2008	326.1	32	308.2	26	247.6	28	244.1	36
2009	324.3	29	314.3	24	250.7	29	243.9	36
2010	328.2	23	316.7	21	250.4	31	245.5	37
2011	332.1	23	322.7	17	254.6	31	248.6	36
2012	332.3	24	325.7	13	255.6	28	250.8	36
2013	331.5	27	323.8	14	256.2	31	250.8	36
2014	330.6	30	329.7	18	263.0	30	253.8	35
2015	327.3	30	320.1	19	259.3	30	255.5	34
'04-'09 (SD)	325.9 (3.1)	29 (4.8)	312.0 (10.2)	22.9 (11.3)	244.5 (3.0)	35 (2.9)	240.8 (2.8)	36.1 (0.3)
'10-'15 (SD)	326.4 (2.1)	30 (3.3)	319.7 (3.3)	19.3 (3.3)	255.8 (4.3)	30 (1.2)	250.7* (3.6)	35.5 (1.0)
全平均 (SD)	325.2 (3.0)	30 (4.3)	299.8 (10.2)	2.1 (7.9)	249.1 (6.2)	30 (2.3)	246.5 (5.9)	35.7 (0.8)

\*, p<0.05 '04-'09年度 対 '10-'15年度. SD, 標準偏差

表1-b. 女子1位群, 百位群の年度ごとのマラソンランキング最高記録と回帰式から推定した最高記録  
および最高記録出現年齢の年次比較

年度	1位記録				100位記録			
	ランキング記録		回帰推定値		ランキング記録		回帰推定値	
	最高速度 (m/分)	年齢 (歳)	最高速度 (m/分)	年齢 (歳)	最高速度 (m/分)	年齢 (歳)	最高速度 (m/分)	年齢 (歳)
2004	291.2	28	272.7	23	181.0	42	174.0	40
2005	294.2	37	280.8	22	179.8	43	176.8	40
2006	293.4	25	282.1	18	184.0	35	183.9	40
2007	298.0	29	284.0	17	188.5	42	184.7	40
2008	294.0	27	281.1	19	189.5	38	188.9	40
2009	290.7	32	278.3	21	192.6	39	189.1	40
2010	293.2	29	276.8	21	194.0	39	191.1	40
2011	294.3	24	280.1	21	198.4	37	194.6	40
2012	293.9	27	279.4	20	201.2	41	196.9	40
2013	290.1	28	278.3	20	201.9	39	198.2	40
2014	295.5	23	282.5	15	200.7	40	193.3	39
2015	296.6	23	294.3	5	203.3	44	199.3	41
'04-'09 (SD)	289.3 (2.6)	29 (4.3)	280.7 (4.0)	19.1 (2.6)	183.2 (5.1)	42 (3.1)	182.1 (6.3)	39.7 (0.1)
'10-'15 (SD)	286.6 (2.2)	29 (2.6)	280.6 (6.3)	18.6 (6.3)	198.3 (3.3)	40 (2.4)	196.9* (3.1)	40.5 (0.5)
全平均 (SD)	287.9 (2.3)	29 (4.0)	281.1 (5.2)	18.1 (4.9)	190.5 (8.4)	39 (2.6)	188.1 (8.1)	39.9 (0.4)

\*, p<0.05 '04-'09年度 対 '10-'15年度.

## IV 考 察

### 1. 1位群と百位群記録の比較

#### 1) 1位と百位の比較

1位群と百位群のマラソン記録の加齢変化は明らかな違いを示した。1位群は20歳代から記録が低下したのに対し百位群は36~40歳まで向上し、その後低下した。この違いは20歳時点におけるマラソン経験の違いが関係するといえる。1位群にはエリートランナーが多く含まれ、20歳の時点ですでに専門的なトレーニングを十分積んできたと考えられる。これに対し、百位群の多くは20歳以降本格的にマラソンを始めたと考えられ、そのため20歳から年々記録が向上したといえる。実際、20歳の1位と百位の記録を比較すると1時間以上の差がみられる（男子2時間17分44秒対3時間14分17秒、女子2時間40分06秒対4時間29分36秒）。このように加齢とともに変化する百位の記録曲線は市民ランナーがマラソントレーニン

グを始めてから記録が向上していく時間経過を示すと考える。その一つの証左として第1回から12回までの記録において最高記録に到達する年齢がほとんど変わらないことが挙げられる（表1）。

#### 2) マラソン記録向上要因

マラソン記録をきめる最も重要な指標となる最大酸素摂取量は20歳代をピークに加齢とともに低下する<sup>1)2)</sup>。したがって、1位群の記録が20歳から低下しはじめた背景には20歳代でマラソンパフォーマンスが生理機能の限界近くまで到達し、その後は生理機能の低下が直接に記録の低下に影響した可能性が考えられる。このようなマラソン記録の加齢変化は年齢別マラソン世界記録の加齢変化でもみられる<sup>18)</sup>。これに対して百位群の記録は20歳（男子217±12 m/分、女子156±5 m/分）から、男子は30歳（255±4 m/分）、女子は40歳（198±3 m/分）まで向上した（表1）。マラソン記録と密接な関係にある最大酸素摂取量は

表2. 1位群と百位群のマラソン速度の加齢変化と速度の年間変化率

男子

年齢 (歳)	1位群			百位群			1位群-百位群差	
	速度 (m/分)	速度変化率 (m/分/年) (%)		速度 (m/分)	速度変化率 (m/分/年) (%)		速度差 (m/分)	低下率差
20	319.7	-0.1	(0.0)	232.2	2.4	(1.0)	87.5	-2.4
30	314.9	-0.9	(-0.3)	248.3	0.8	(0.3)	66.6	-1.7
40	301.7	-1.7	(-0.6)	249.1	-0.7	(-0.3)	52.6	-1.0
50	280.2	-2.6	(-0.9)	234.5	-2.2	(-1.0)	45.7	-0.3
60	250.2	-3.4	(-1.4)	204.5	-3.8	(-1.8)	45.7	0.4
70	211.8	-4.3	(-2.0)	159.1	-5.3	(-3.3)	52.7	1.1
80	165.0	-5.1	(-3.1)	105.0	-6.5	(-6.2)	60.0	1.4
90	109.8	-5.9	(-5.4)	—	—		—	—

女子

年齢 (歳)	1位群			百位群			1位群-百位群差	
	速度 (m/分)	速度変化率 (m/分/年) (%)		速度 (m/分)	速度変化率 (m/分/年) (%)		速度差 (m/分)	低下率差
20	280.5	-0.1	(-0.0)	153.7	4.2	(2.7)	126.9	-4.3
30	275.7	-0.9	(-0.3)	185.6	2.2	(1.2)	90.1	-3.1
40	262.6	-1.7	(-0.7)	196.8	0.1	(0.0)	65.8	-1.8
50	241.4	-2.5	(-1.1)	187.5	-2.0	(-1.0)	53.8	-0.6
60	211.9	-3.4	(-1.6)	157.6	-4.0	(-2.6)	54.3	0.7
70	174.2	-4.2	(-2.4)	107.1	-6.1	(-5.7)	67.2	1.9
80	128.4	-5.0	(-3.9)	—	—		—	—

カッコ内数値は速度に対する変化率

20歳代以後、トレーニングに関わらず加齢とともに低下することから、百位ランナーも同様に低下する<sup>11) 15) 21) 23)</sup>。したがって、20歳代以降の記録の向上は最大酸素摂取量の向上より無酸素閾値の向上<sup>12) 19)</sup>、走行技術改善<sup>5) 9) 10) 16)</sup>、体重の減少<sup>15)</sup>、心理的耐性の強化<sup>10)</sup>などにより達成されたと考えられる。

また、回帰式から推定した百位ランナーの最高記録出現年齢は年度に関わらず男子は $35 \pm 0.8$ 歳、女子は $40 \pm 0.4$ 歳でほぼ一定であった(表1)。このことは市民ランナーがマラソンをはじめてからその効果が最高記録として表れるまでには10年以上要していることが示唆される。しかもこの傾向は男子と女子、さらに年度で大きな差がみられないことから、マラソントレーニングによるパフォーマンス向上の一般的な適応経過を示すものと考えられる。

### 3) マラソン記録の低下

男女ともに百位群の記録が最高値に達し、その記録が1位群の記録に最も近づく年齢は男女ともに54～56歳で、その年齢が過ぎると、両群の速度の低下はほぼ平行して推移する。この結果は、高齢になると両群の走速度の差が、走技術や無酸素閾値の差より、マラソン速度を規定する最大酸素摂取量の差に依存するところが大きいことを示す。これに対し、加齢とともに大きくなる走速度年間低下量は高齢になると百位群の低下量が1位群より大きくなる傾向にある。この原因としてはランナー数の減少、トレーニング量と質が関係する<sup>6) 23)</sup>と考えられる(表2)。

## 2. 走速度からみたマラソンの特性

同じエネルギー消費量でヒトが歩行から走行、または走行から歩行に移行する速度は $2.3\text{m} \sim 2.5\text{m}/\text{秒}$ ( $138 \sim 150\text{m}/\text{分}$ )とされる<sup>3) 13)</sup>。この速度をマラソンランニングの記録に対応してみると1位群では男子83から86歳( $149 \sim 132\text{m}/\text{分}$ )、女子76から79歳( $147 \sim 133\text{m}/\text{分}$ )、百位群の男子72から75歳( $148 \sim 130\text{m}/\text{分}$ )、女子62から66歳( $149 \sim 130\text{m}/\text{分}$ )の速度に相当し、マラソン記録5時間30分から6時間に相当する。この結果は、高齢者のフルマラソン平均速度は歩行で可能な速度と重複することを示す。このことは、マラソン参加に対する心理的ハードルを低くし、マラソンに挑戦しようとする初心者や高齢者を増す要因になっていると思われる。恐らく、多くの初心者は、マラソンは歩いても完走は可能と感じているのであろう。

## 3. 生涯ランナーのマラソン記録

### 1) マラソン記録の経年変化

今回の1位と百位のマラソン記録の年齢変化から生涯ランナーの一生を予測することが可能である。まず、20歳の時点でマラソントレーニングを始めると無酸素閾値の向上で記録向上は可能であるが、マラソンを始めた時点の最大酸素摂取量により最高記録の上限は規定される。したがって、何歳からマラソンを始めたとしても、始めた年齢時点の最大酸素摂取量がマラソン最高記録を決定づける。このことは、20歳を超えたらより若い年齢から始めるほうがより高い記録に達する可能性をもつことを示す。次に、今回の結果から、生涯ランナーの特徴をみると、1) 20歳から始めたとして個々のランナーの最高記録達成は15年超の長い期間になされること、2) 最高記録に近い記録は10年以上維持できること(図3)、3) 最高記録出現年齢後の記録低下は、75～80歳を超えると急速に大きくなること、そして、4) 生涯ランナー終末期に近い80～90歳のマラソン記録を運動機能としての走速度でみると、男子、女子に関わらず1位、百位ともに毎分120m前後の速度である。即ち、生涯ランナーの限界は走行から歩行速度の範囲へ移るところがその限界になる。

これらの結果から、マラソントレーニングはパフォーマンスを長く維持し、加齢による最大酸素摂取量(心肺機能)の低下を強力に抑制することができる高いレベルの有酸素運動<sup>22)</sup>であるが、高高齢期の加速的な記録低下には、心肺機能の低下以外に走速度を生み出す運動器官、具体的には骨や関節機能の退縮や骨格筋萎縮(サルコペニア)<sup>4) 7) 20)</sup>が大きく関与する。したがって、健康運動としてのマラソンをはじめてから生涯ランナーとして長くマラソンを楽しむには、運動に必要なエネルギー供給系(心肺機能)だけでなく移動器械としての下肢、体幹などの骨格および骨格筋の耐久性(持久力)維持が重要な要素となる。

### 2) 本研究の限界

マラソンを生涯にわたり続けることで記録がどのような経過をたどるのかを20歳から91歳までのマラソン記録の横断的ビッグデータの解析から試みた。横断的データから一生の経過を結論づけることはできないが、本マラソン記録データは12年間にわたり蓄積された230万人を超えるランナーひとり一人の記録の集合体である。今回用いたスポーツ記録はひとり一人の能力をそれぞれ限界まで発揮した信頼性の高い数値<sup>8)</sup>

と考えられることから、ひとりの生涯ランナーのマラソン記録の加齢変化が少なからず再現された結果とみることができる。本結論についてはさらに詳細な検証が必要である。

## V まとめ

生涯に亘り健康運動としてマラソンを続けることの可能性について市民ランナーの年齢別マラソン記録のビッグデータから検討した。マラソンをはじめるとマラソン記録は向上するがその向上は15年以上かけて最高記録まで達する。その後は生涯ランナーとして走行速度が歩行で可能な速度に重なる速さが維持できるまで可能なスポーツである。と同時に、この速度は生涯ランナーの目標であり、制限因子となろう。

## 謝辞

本研究マラソン記録の一部はランナーズ編集部からの提供による。ここに記して謝意を表します。

## 引用文献

- 1) Astrand, I. (1960) Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand*, **49**, 1-92.
- 2) Astrand, P-O., Bergh, U., & Kilbom, A. (1997) A 33-yr follow-up of peak oxygen uptake and related variables of former physical education students. *J Appl Physiol*, **82**, 1844-1852.
- 3) Carrier, D. R. (1984) The energetic paradox of human running and hominid evolution. *Curr Anthropol*, **25**, 483-495.
- 4) Ehsani, A. A., Spina, R. J., Peterson, L. R., Rinder, M. R., Glover, K. L., Villareal, D. B., Binder, E. F., & Holloszy, J. O. (2003) Attenuation of cardiovascular adaptations to exercise in frail octogenarians. *J Appl Physiol*, **95**, 1781-1788.
- 5) Foster, C., & Lucia, A. (2007) Running Economy —The forgotten factor in elite performance— *Sports Med*, **37**, 316-319.
- 6) Graem, C-R., Hastings, J. L., Bhella, P. S., Fujimoto, N., Shibata, S., Palmer, M., Dean, B. K., Livingstone, S., Dijk, E., & Levine, B. D. (2014) The effect of lifelong exercise dose on cardiovascular function during exercise. *J Appl Physiol*, **116**, 736-745.
- 7) Harber, M. P., Konopka, A. R., Douglass, M. D., Minchv, K., Kaminsky, L. A., Trappe, T. A., & Trappe, S. (2009) Aerobic exercise training improves whole muscle and single myofiber size and function in older women. *Am J Regul Integr Comp Physiol*, **297**, R1452-R1459.
- 8) Hill, A. V. (1925) Athletic records. *Lancet*, **5**:481-486.
- 9) Jones, A. M. (1998) A five year physiological case study of an Olympic runner. *Br J Sports Med*, **32**, 39-43.
- 10) Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008) Endurance exercise performance: physiology of champions. *J Physiol*, **586**, 35-44.
- 11) Katznel, L. I., Sorkin, J. D., & Fleg, J. L. (2001) A comparison of longitudinal changes in aerobic fitness in older endurance athletes and sedentary men. *J Am Geriatr Soc*, **49**, 1657-1664.
- 12) Marcell, T. J., Hawkins, S. A., Tarpenning, K. M., Hyslop, D. M., & Wiswell, R. A. (2003) Longitudinal analysis of lactate threshold in male and female athletes. *Med Sci Sports*, **35**, 810-817.
- 13) Margaria, R., Cerretelli, P., Aghemo, P., & Sassi, G. (1963) Energy cost of running. *J Appl Physiol*, **18**, 367-370.
- 14) Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S., Atwood, J. E., Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*, **346**, 793-801.
- 15) Pollock, M. L., Mengelkoch, L. J., Graves, J. E., Lowenthal, D. T., Limacher, M. C., Foster, C., & Willmore, J. H. (1997) Twenty-year follow-up of aerobic power and body composition of older track athletes. *J Appl Physiol*, **82**, 1508-1516.
- 16) Pollock, M.L. Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: Cardiorespiratory aspects. *Ann NY Acad Sci*, **301**, 310-322.
- 17) ランナーズ。第10回全日本マラソンランニング、ランナーズ **40** 巻6号付録, 2015
- 18) 齊藤 満, (2016) マラソン記録をよむ —高齢者マラソンの生理学的意義— *心身科学*, **8**, 79-87.
- 19) Sjodin, B., & Jacobs, I. (1981) Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med*, **2**, 23-26.
- 20) Trappe, S. W., Costil, D. L., Fink, W. J., & Pearson, D. R. (1995) Skeletal muscle characteristics among runners: a 20-yr follow-up study. *J Appl Physiol*, **78**, 823-829.
- 21) Trappe, S. W., Costil, D. L., Vukovich, M. D., Jones, J., & Melham, T. Aging among elite distance runners: a 22-yr longitudinal study. *J Appl Physiol*, **80**, 285-290.
- 22) Trappe, S., Hayes, E., Galpin, A., Kaminsky, L., Jemiolo, B., Fink, W., Trappe, T., Jansson, A., Gustafsson, T., & Tesch, P. New records in aerobic power among octogenarian lifelong endurance athletes. *J Appl Physiol*, **114**, 3-10.
- 23) Wilson, T. M., & Tanaka, H. (2000) Meta-analysis of the age associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, **278**, H829-H834.

最終版平成28年9月30日受理



## Learn from the Marathon Running Records Changes Related to Ages II —Aging of Marathon Performance in Lifelong Runners—

Mitsuru SAITO

### Abstract

The effect of lifelong exercise on physiological and physical function changes related to ageing is not clear. We examined a full marathon performance in lifetime span changes in the aged by modeling of Full marathon running record on All Japan Marathon Ranking for total of 2,786 (1,466 men and 1,320 women) aged between 20 and 91 yrs. A mean speed of the full marathon race (mSpeed) was used to analyses between age and the marathon performance as the physical and physiological functions, and then the regression curve by a quadratic equation was determined for the top runners (TRG) and a ranking of hundredth runners (HRG) in both genders. 1) The trend of MSpeed changes related to age was different between TRG and HRG. In TRG MSpeed decreased gradually from 20 yr to the highest age in either men or women. However, the speed in HRG increased about 28m/min from age 20 to 36 yrs for men and 43m/min from 20 to 40 yrs for women, then it decline until the highest age in each gender. 2) Declined curve after peak performance in HRG was in parallel with TRG and the declining speed accelerated over 65 yrs in women and 75 yrs in men. 3) Regardless of the ranking group or the gender at the end age MSpeed were almost identical at around 120m/min. From comparison of the performance changes with age between TRG and HRG, it is considered that HRG began marathon training after 20 yrs, as amateur runners, but might be younger than 20 yrs in TRG in the top athletes. This means that amateur runners would spend a long time between 15 and 20 years to reach their peak performance. From these results, it is suggested that the finishing phase of lifelong marathon runner may be determined by whether the running speed of about 120m/min can be maintained for several hours.

Keywords: maximal oxygen uptake, marathon record, aging, lifelong marathon runner