

高齢者の歩行速度に関する検討

東京工業大学 中原 凱 文

(共同研究者) 同 北川 淳

同 樋口 雄三

Effect of Aging on Walking Speed in the Elderly

by

Yoshibumi Nakahara, Jun Kitagawa, Yuuzou Higuchi
Dept. of Physical Education, Tokyo Institute of Technology

ABSTRACT

We attempted to evaluate the grip strength, activities of daily living (ADL), walking steps and maximum walking speed in the elderly, using the method based on their daily living.

The subjects were 365 elderly (26 men & 339 women, aged 60 to 87 years) who live in Hino City, Tokyo.

The results were as follows ;

1) The grip strength showed a significant decrease with aging ($P < 0.001$).

2) ADL showed a significant decrease with aging. In the subjects over 70 years, total score showed a tendency to decrease, but the decrease in the elderly whose walking steps above 8,000 was a small degree.

3) Walking steps showed a significant decrease with aging ($y = -128.06x + 16,011.78$, $r^2 = 0.081$, $P < 0.001$). Compared with other reports, this result in walking steps showed a tendency to high level. On the otherhand, there was a large individual variation with a range of 12,000 steps.

4) Maximum walking speed showed decrease significantly, too ($y = -1.893x + 231.08$, $r^2 = 0.344$, $P < 0.001$). The decrease in maximum walking speed correlated well with aging, compared with that of walking steps and grip strength.

These results suggest that maximum walking speed is recommended for assessing the effect of aging on physical fitness.

要 旨

高齢者の実生活に密着した能力である握力、ADL (Activity of Daily Living)、歩行数、最大歩行速度 (10 m の距離) を測定した。高齢者 (60 ~ 87 歳) は、東京都日野市在住の 365 名 (男性 26 名、女性 339 名) である。今回は例数の関係により、女性のみを統計処理した。結果はつぎのとおりである。

①握力は年齢とともに有意な低下を示した。②ADL も加齢に伴う低下を示した。総点では、70 歳以後低下した。歩行数が 8,000 歩以上の高齢者は、低下が少なかった。③歩行数も加齢に伴う低下を示した ($y = -128.06x + 16,011.78$, $r^2 = 0.081$, $P < 0.001$)。しかし、他の報告に比べ、歩行数は多い傾向にあった。また、個人差が大きく、80 歳代まで約 12,000 歩あった。④最大歩行速度も加齢に伴った変化 (減少) を示した ($y = -1.893x + 231.082$, $r^2 = 0.344$, $P < 0.001$)。歩行数、握力に比べ、最大歩行速度は加齢に伴う変化の相関が高かった。したがって、加齢に伴う運動能力変化をみる方法として、最も適している項目であることが示唆された。

はじめに

超高齢化社会を迎えるにあたって、より健康で活動的な生活を送るべく方策を、高齢者の実生活の中で実施できる内容という観点で構築すること
デサントスポーツ科学 Vol.16

は、緊急に求められていることである。

加齢に伴ってからだの機能は、大部分が直線的な低下を示す^{8,18)}が、体力要素の加齢による低下は直線的ではない¹⁶⁾ともされている。いずれにせよ高齢者の生活環境、身体活動状況、生活習慣等の要素により、低下程度において個人差が大きく、健康度・体力程度・死亡率に大きな影響を及ぼしている^{6,10,17,20)}。高齢者の体力・運動能力をいかに評価すべきかに関し各種の報告^{1,3,4,5,12,19,22)}がなされ、体力年齢の推定⁹⁾、老化度等の評価^{4,22)}等がされている。

そこで本研究では、高齢者の健康度・体力程度を、より高齢者の実生活に密着した内容で、日常活動に必要な身体活動能力を総合的に評価でき、かつ安全性・信頼性が高く判定できる項目として、歩行速度を中心に検討した。

1. 調査・測定方法

1.1 調査・測定対象

過去 3 年間にわたって、60 ~ 87 歳の高齢者 (表 1、東京都日野市在住) 365 名を対象として調査・測定を行った。これらの高齢者は、日野市社会教育センター主催の“いきいき体操教室” (10 数ヵ所開催の中から毎年 5 ~ 7 ヲ所を選んだ) 参加者である。この教室は二週間に 1 回開催され、内容としては、お遊戯程度のもので高齢者のコミュニケーションを主とした目的といえる。

365 名の年齢別人員の構成は、表 1 に示したご

表1 高齢者の年齢別人数

Age	Male	Female	Total
60~64	3 (2)	42 (39)	45 (41)
65~69	3 (3)	71 (50)	74 (53)
70~74	6 (4)	119 (90)	125 (94)
75~79	7 (2)	69 (52)	76 (54)
80~84	6 (4)	30 (28)	36 (32)
85~89	1 (1)	8 (7)	9 (8)
	26 (16)	339 (266)	365 (282)

() 内は, 10m最大歩行速度測定者

とくであり, 男性はわずかに 26 名であるため, 本報告では女性のみについて検討をした。

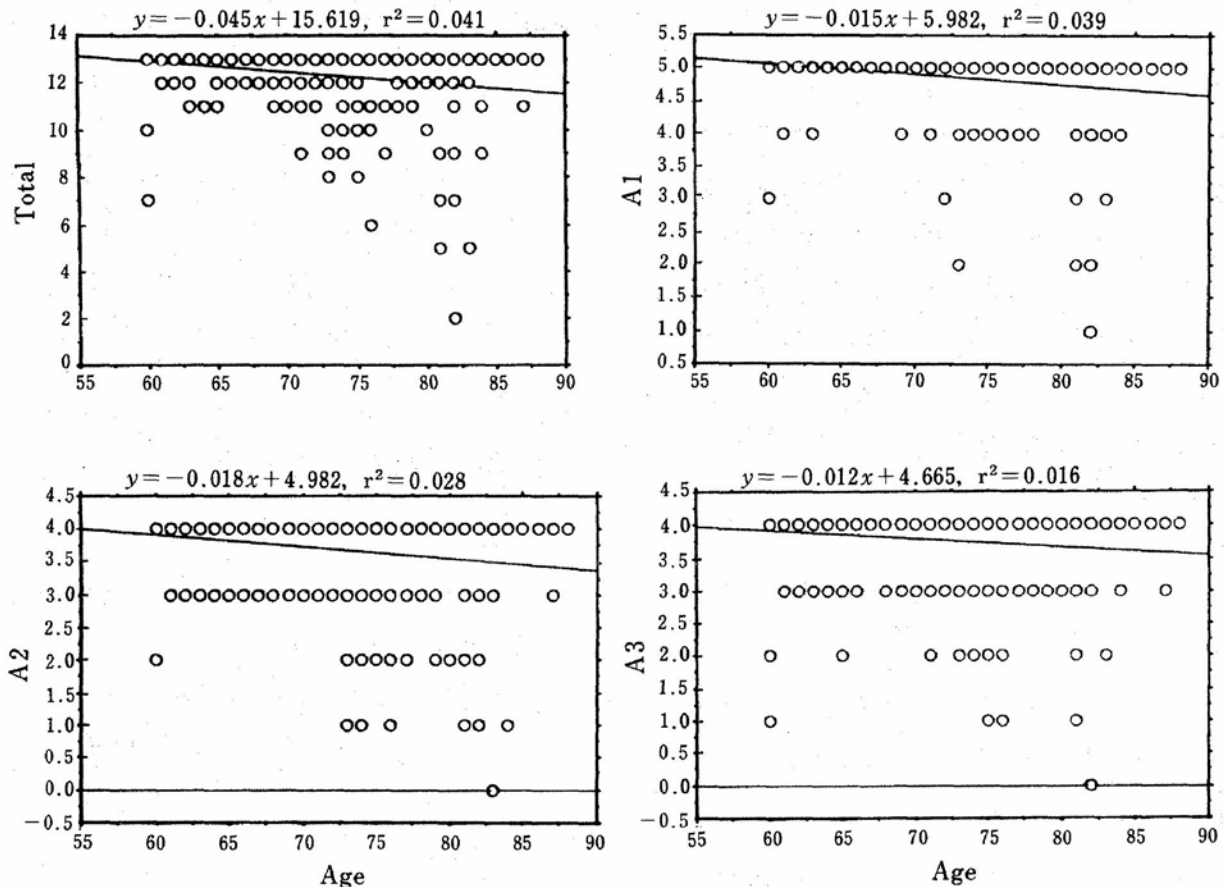
1.2 調査内容

高齢者の生活背景, 体力の認識程度および日常生活動作能力 (Activities of Daily Living ; ADL)⁷⁾ に関して, 面接・聞きとり法で行った。

1.3 測定内容

安静時の血圧, 脈拍を測定後, 体力テストとして握力を測定した。歩行数は万歩計 (ヤマサ社製) を用いて 7~10 日間計測させ, 一日あたりの歩数を算出した。最大歩行速度 (できるだけ速い歩行) は平坦な床面上 0 m 地点より 14 m 地点まで直線歩行を行い, 途中の 10 m (2 m 地点から 12 m 地点をからだの中心が通過するまで) の時間経過を測定し速度を算出した。2 回計測し速い方の結果を集計した。

また, 12 m 地点を通過後ただちに触診法により, 10 秒間の脈拍を測定した (1 分間値に換算)。この歩行後の脈拍と安静時のものの差 (脈拍差) を歩行速度で除した PCI (physiological cost index)¹⁵⁾ を算出した。これらの結果は表 1 で明らかのように, 男性の資料が少ないため女性のみ



A1 : 手段的自立 A2 : 知的能動性 A3 : 社会的役割

図1 ADLの年齢別結果

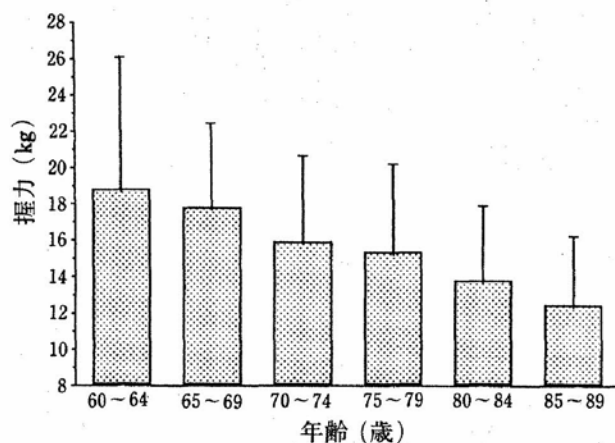
関して、年齢を5歳区分で統計処理をした。有意水準は5%以下とした。

2. 調査・測定結果

2.1 日常生活動作能力 (ADL) について

ADL に関しては多くの方法があるが、本研究では古谷野ら⁷⁾の提唱している調査内容を用いた。このADLは13項目からなり、人間生活に必要な活動能力を手段的自立 (A1)、知的能動性 (A2) と社会的役割 (A3) との3つのカテゴリーに分け、信頼性の高い内容の調査である。この調査は、「はい」の回答で1点、「いいえ」の回答で0点となる。

今回の調査結果では (図1)、60歳代では80%以上の高齢者が13点満点を示したが、加齢に伴った得点低下が認められとくに75歳以降で顕著であった。知的能動性と社会的役割に関して



(5歳ごとの年齢区分での平均値と標準偏差値を示した)

図2 握力の年齢別変化

は、「いいえ」の回答出現が60歳代でもみられ、加齢に伴う「いいえ」の出現率が增大していた。比較的手段的自立 (乗物に一人で乗れる、買物ができる、預貯金の出し入れができる等) に関しては、「いいえ」の回答が少なかった。

2.2 体力テスト (握力) について

高齢者であるため、安全性を最優先して握力のみとなった。握力の年齢群別結果 (図2) をみると、80歳以降を除いて有意な低下を示したが、個人差は加齢とともに低下を示さなかった。

なお、個人の「体力に対する認識」の程度を満足・やや物足りない・物足りないの三段階で評価させたところ、加齢に伴い「満足」と判断している人が多くなり、60歳代で約50%、70歳代で約55%、80歳代で60~90%であった。「物足りない」と判断している人もそれぞれ、約7%、約12%、約14%と同様であった。

2.3 一日あたりの平均歩行数について

万歩計により7~10日間計測された結果を表2、図3に示した。365名の中で日数の少ない者および特殊な例 (泊まりがけの旅、登山を数回行った者、測定が不完全な者等) を除外したため339名の結果である。平均で6,807 ± 2,693歩であった。

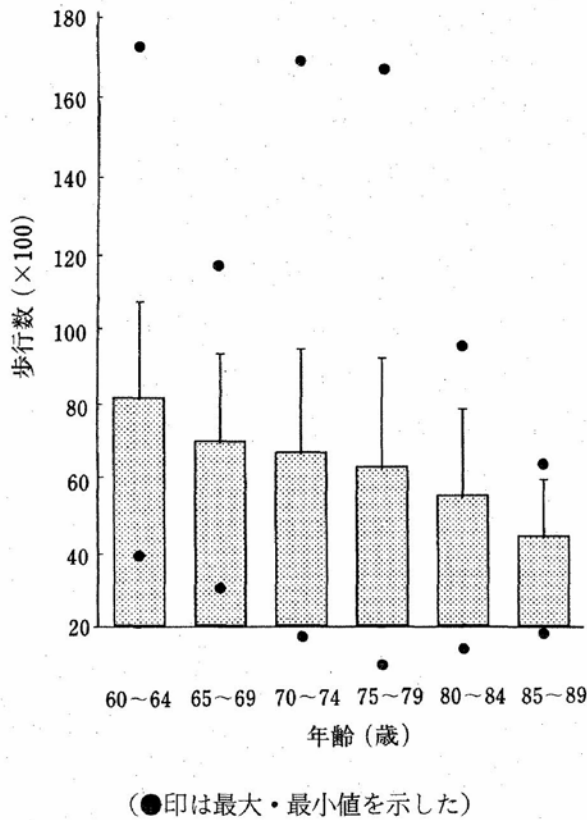
5歳区分ごとにみると、有意な歩数低下を示した。図3中の●印はその年代の最高値と最低値を示した。これをみると一万歩を越す人が70歳代でも数%いる反面、70歳以降では一日の歩数1,500歩以下の人が10%を越えていた。各年齢群

表2 年齢別歩行数 (step/day)

Age	60~64	65~69	70~74	75~79	80~84	85~89
Female	(42) 8257	(71) 7099	(119) 6792	(69) 6408	(30) 5647	(8) 4519
SD	2552	2296	2755	2891	2308	1551
max~min	17108~3951	11939~2985	16975~1753	16745~1168	10368~1643	6497~1898

(7~10日間測定の平均値である。最大・最小値もあわせて表記した)

(Total) 339 6,806.89 ± 2,693.33 (1,168.43~17,108.22)

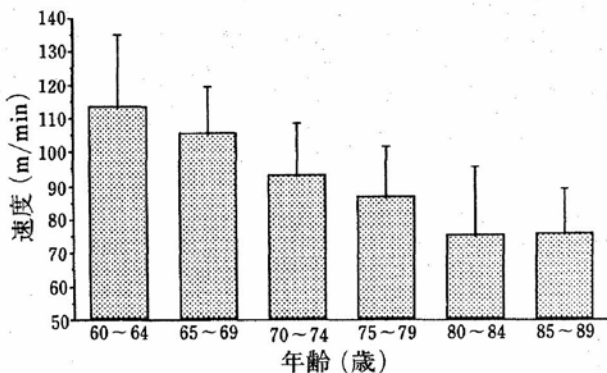


●印は最大・最小値を示した
図3 年齢別歩行数

における個人差は、80歳代までの年齢において約12,000歩前後も認められた。

2.4 最大歩行速度について

10 m の最大歩行速度計測を行えた高齢者は、表1のごとく266名であり、年齢区分による速度変化を図4に示した。80歳代を除く全年齢区分において有意な低下を示した。60～64歳群の平均



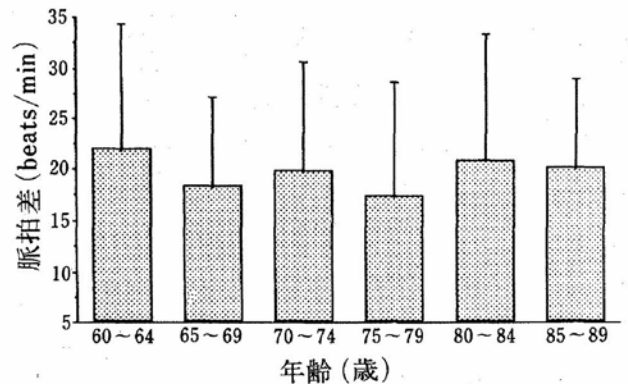
(14 m 中、2 m から 12 m までの 10 m 間を測定した)

図4 年齢別最大歩行速度

最大速度は 113 m/min であるが、以後加齢に伴う速度低下（各群間の）は 75～79 歳群までおよそ 8 m/min 程度の直線的な低下を示した。各年齢群内での個人差は、15～20 m/min 程度が認められた。

2.5 最大歩行速度前後の脈拍差について

最大速度での歩行直後計測の脈拍と安静時脈拍との差を図5に示した。各年齢群において個人差が大きいが、各年齢群の平均値はおよそ 20 拍/min 前後であった。したがって、この脈拍差を速度で除した PCI は、加齢に伴って増加する傾向が認められた。



(5歳ごとの年齢区分での平均値と標準偏差値を示した)

図5 10 m 間最大歩行速度前後の脈拍差

3. 考 察

加齢に伴って身体的作業・行動能力が低下することは周知のことである^{6,8,13,16,21,22)}が、この低下の程度および経過等に関しては、生活習慣、身体活動状況、嗜好等が大きく関与している^{3,7,10,17,19,20)}こともよく知られていることである。

3.1 ADL と歩行数

ADL の結果は、古谷野ら⁷⁾の報告とほぼ同様な結果であった。知的能動性は、比較的早くから男女差が認められるものとされている⁷⁾が、今回の結果では単なる年齢との関係より、日常生活での身体的活動の程度との関係が高いと感じられた。すなわち、ADL の結果と歩行数との関係をみる

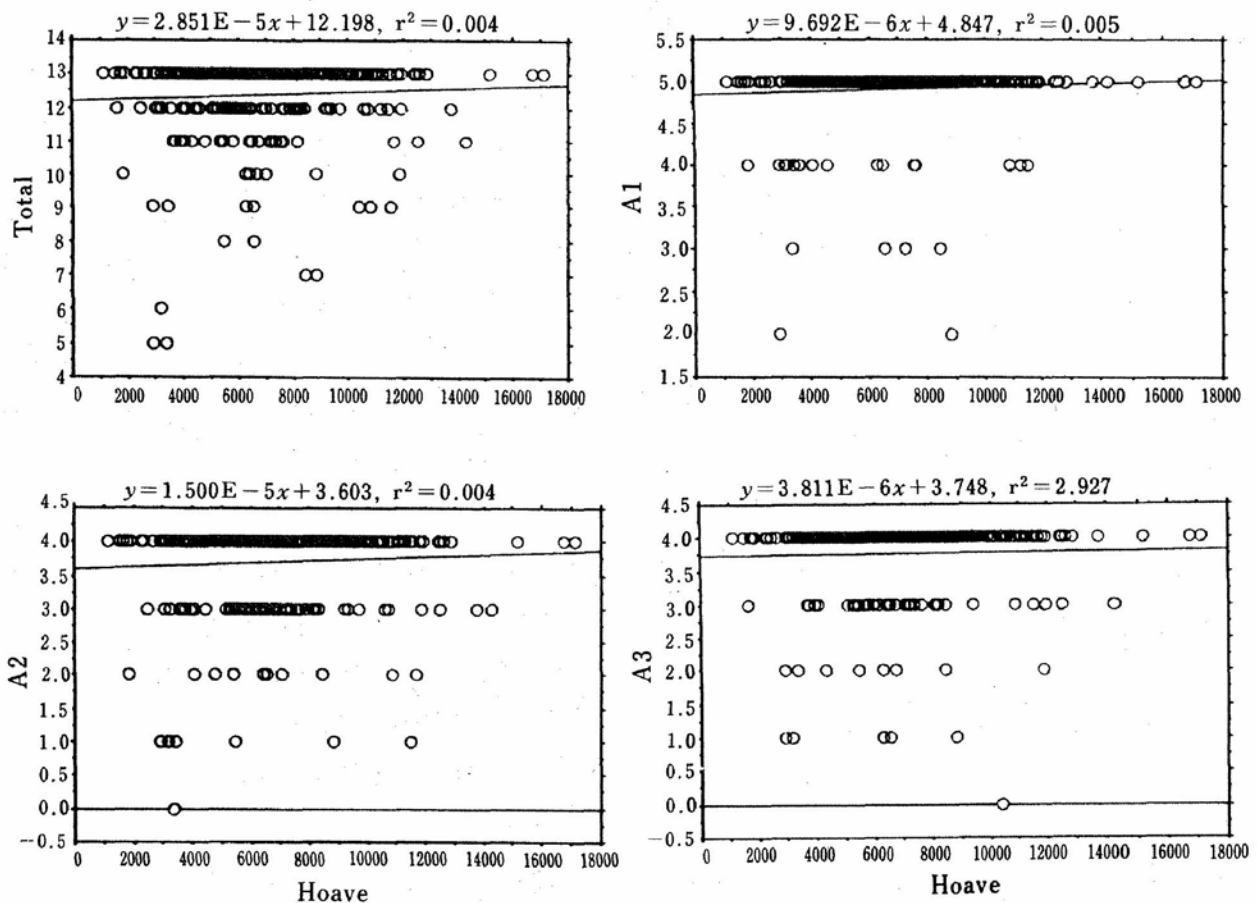
と、合計点が10点を下回るのが歩行数10,000歩を境としている(図6)。他のカテゴリーの得点をも、歩行数すなわち活動範囲が大きい高齢者の方が、得点が高い傾向にあった。

厚生省報告⁶⁾によると、50歳代の女性で約6,500歩、60歳代で約5,600歩、70歳代以上で約3,300歩であり、4,000歩以下では血圧が高めであるのに対して、8,000歩以上の方はやや低めであるとしている。また、4,000歩以下の方はHDLコレステロールが52~53 mg/dlであり、8,000歩以上では57~59 mg/dlであるとしている。これらの報告に比べ、各年代とも3,000~4,000歩も高い歩数を示したのは、住宅としての生活環境も大きな要素といえよう。Paffenberger¹⁷⁾やSchock¹⁸⁾

らも同様なことを報告している。

3.2 最大歩行速度と歩行時間

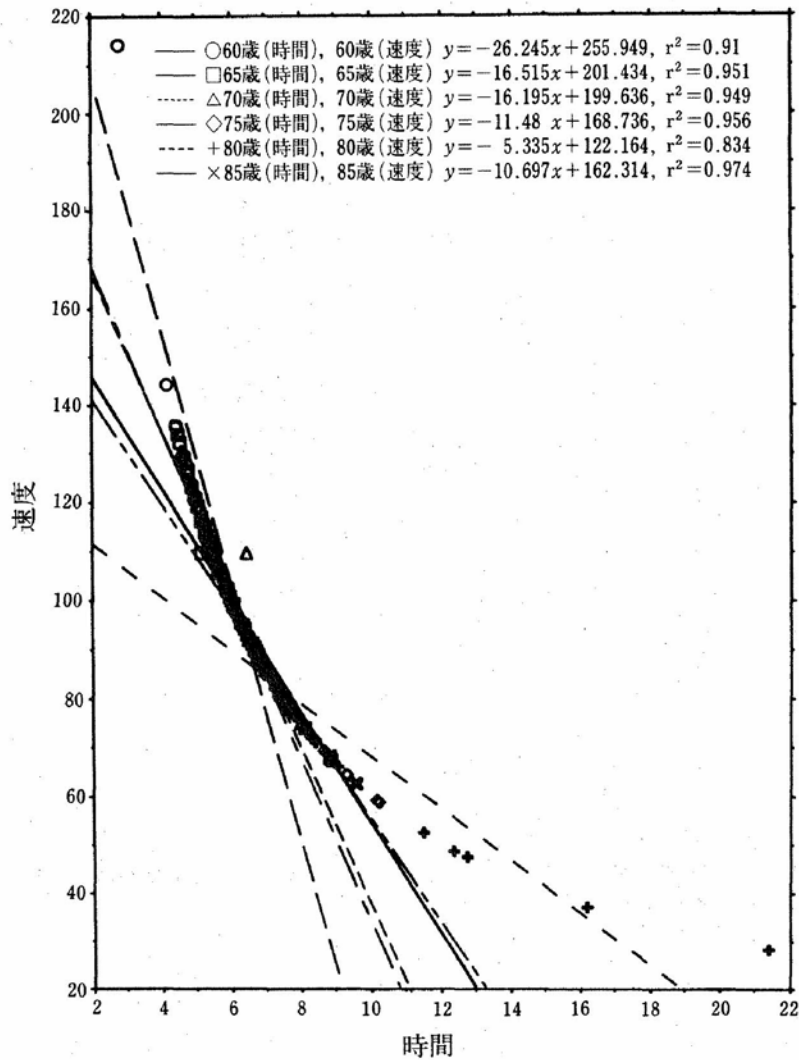
10 m (14 mの距離中の2 mから12 mまで)の距離を最大歩行速度(できるだけ速く歩く)で歩いた際の歩行時間との関係を図7に示した。この歩行時間と速度との関係は、本来直線関係を示す(速度は時間の逆数となるため)のであるが、今回の個人の結果をプロットし、各年齢群の関係をあわせて検討してみた。加齢に伴って直線の勾配が傾いてくるのは、加齢に伴って速度が遅くなることを意味しているとともに、加齢現象として最大歩行速度を測定することの妥当性を意味していると考えられる^{3,5,7,8,14)}。しかし、各個人の結果をプロットしてみると、 $y = 6.668x^2 - 93.765x +$



上段左側：ADL Total Score

A1：自立的手段，A2：知的能動性，A3：社会的役割

図6 歩行数別にみたADL得点



(各個人の結果をプロットしてみると、二次曲線の変化を示した)
 $y = 6.668x^2 - 93.765x + 421.949$

図7 10 m 最大歩行速度における歩行時間と速度との関係

421.949 という二次曲線となった。

Barry, H. C., らは、加齢に伴う機能障害は男女とも60歳前後よりおこるとし、高齢者にとっては歩行が唯一かつ最も重要な運動形式であるとしている²⁾。

3.3 測定項目間の相関

今回調査・測定した握力、時間（最大歩行に要した時間）、脈拍差、速度（最大歩行速度）、PCI、歩行数、ADL-T（ADLの総得点）、体力認識、A1（ADLの手段的自立）、A2（ADLの知的能動性）、A3（ADL4の社会的役割）の相関を示したのが表3である。とくに加齢を念頭においた場合、相関関係において有意であったものは、握力、

時間、速度、歩行数であった。

柴田¹⁹⁾は、高齢者の体力テストとしては安全性と簡便性が重要であり、最も適しているのは握力であるとしている。

3.4 歩行数・最大歩行速度で健康度、体力程度を判定できるか

加齢に伴って運動機能ばかりでなく、各種器官ならびに臓器の機能も低下を示すが、直線的か二次曲線的かの論議はある⁵⁾。いずれにせよ加齢現象は、生活習慣（運動、飲酒、喫煙等）との関連が強く²⁰⁾、歩行数・階段の昇降数が多い方が死亡率は低くなり¹⁷⁾、日常生活で活動的である（歩行数が多い）方が心疾患のリスクファクターが少な

表3 各測定項目間の相関関係

		年齢	握力	時間	脈拍差	速度	PCI	歩行数	ADL-T	体力認識	A 1	A 2	A 3
年 齢	r	1	0.3	0.516	0.036	0.587	0.191	0.292	0.269	0.082	0.217	0.17	0.146
	n		264	266	254	265	253	252	268	268	268	268	268
	t		5.084	9.775	0.57	11.778	3.096	4.846	3.673	1.342	3.637	282	2.405
	P		0.0001	0.0001	0.569	0.0001	0.0022	0.0001	0.0003	0.1808	0.0003	0.052	0.0168
握 力	r		1	0.263	0.081	0.301	0.065	0.109	0.035	0.15	0.113	0.015	0.001
	n			262	252	263	252	249	264	264	264	264	264
	t			4.404	0.286	5.091	1.026	1.72	0.569	0.244	1.847	0.237	0.011
	P			0.0001	0.1997	0.0001	0.306	0.0867	0.57	0.8075	0.0659	0.8129	0.9915
時 間	r			1	0.109	0.873	0.25	0.323	0.523	0.087	0.579	0.389	0.301
	n				254	266	254	252	266	266	266	266	266
	t				1.741	29.121	4.106	5.393	9.96	1.42	11.553	6.859	5.134
	P				0.0828	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.1567	0.0001	0.0001	0.0001
脈拍差	r				1	0.144	0.894	0.05	0.049	0.03	0.036	0.025	0.052
	n					254	253	241	254	254	254	254	254
	t					2.313	31.651	0.768	0.778	0.469	0.565	0.404	0.822
	P					0.0215	0.0001	0.4434	0.4375	0.6396	0.5724	0.6863	0.4119
速 度	r					1	0.208	0.332	0.331	0.059	0.346	0.252	0.202
	n						254	252	266	266	266	266	266
	t						3.37	5.567	5.69	0.958	5.991	4.225	3.349
	P						0.0009	0.0001	0.0001	0.3392	0.001	0.0001	0.009
PCI	r						1	0.128	0.211	0.02	0.227	0.154	0.114
	n							241	254	254	254	254	254
	t							1.995	3.422	0.314	3.704	2.474	1.825
	P							0.0472	0.0007	0.7541	0.0003	0.014	0.0691
歩行数	r							1	0.033	0.18	0.059	0.028	0.001
	n								253	253	253	253	253
	t								0.521	2.904	0.941	0.438	0.012
	P								0.6029	0.004	0.3474	0.6616	0.9905
ADL-T	r								1	0.079	0.798	0.834	0.761
	n									269	269	269	269
	t									1.3	21.673	24.663	19.154
	P									0.1949	0.0001	0.0001	0.0001
体力認識	r									1	0.046	0.081	0.064
	n										269	269	269
	t										0.76	1.327	1.048
	P										0.4479	0.1855	0.2954
A 1	r										1	0.568	0.404
	n											269	269
	t											11.281	7.222
	P											0.001	0.0001
A 2	r											1	0.401
	n												269
	t												715
	P												0.0001
A 3	r												1

い^{6,10,20)}。高齢者(60歳以降)では、スポーツを行うことや健康・体力に関する意欲は高いが、実践する機会は少ないようである²¹⁾。

リハビリテーションの分野においては、10 mの最大歩行速度だけでなく、歩行前後の脈拍の差を速度で除したPCIで回復の程度を診断している¹⁵⁾ようであるが、本研究の段階では、一般的な高齢者に対してPCIを用いるには、今後さらに判定基準を検討する余地があると思われた。そこで歩行数および最大歩行速度を基準として、体力・健康の度合いの判定が可能であるかを検討した。「歩行」そのものが、総合的な能力を要求するものであり^{2,3,5,8,11,17,19)}、安全性・簡便性において高齢者にとって特別な負担となるものでないためである。

今回の測定において、歩行数・最大歩行速度と年齢との関係を見ると、歩行数では $y = -128.06x + 16,011.78$, $r^2 = 0.081$, $P < 0.001$, 最大歩行速度では $y = -1.893x + 231.08$, $r^2 = 0.344$, $P < 0.001$ なる相関が得られた。そこで歩行数別、最大歩行速度別に各年齢(5歳区分)ごとに平均値+SD以上の上位、平均値±SDを普通、平均値-SID以下を下位とし(表4)検討を試みた。

その結果、歩数を基準として三段階に区分しても握力、ADL等の測定項目は各グループの特徴が認められた。しかし、最大歩行速度を基準にした場合の方が、より三グループ間において有意な差が認められた(図8)。

すなわち、最大歩行速度上位グループは、年齢

表4 年代別三段階区分表

(各年齢群(5歳ごと)の平均値SD以内とその前後の三段階とした。上段は歩数を区分指数とした場合、下段は最大歩行速度を区分指数とした場合)

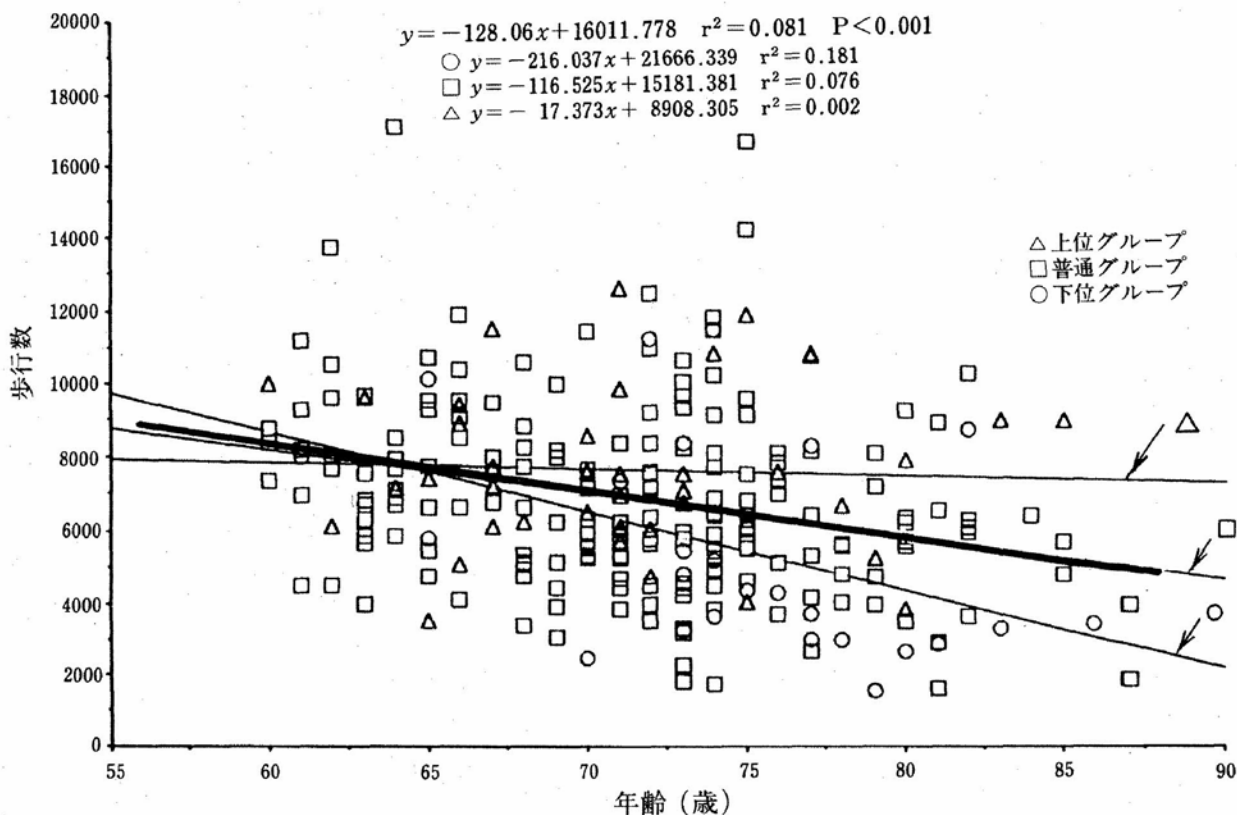
歩行数(歩/日)

年齢	60~64	65~69	70~74	75~79	80~84	85~89
上位	10,810	9,396	9,548	9,300	7,956	6,071
普通	10,809 5,705	9,395 4,803	9,547 4,037	9,299 3,517	7,955 3,339	6,070 2,968
下位	5,704	4,802	4,036	3,516	3,338	2,967

最大歩行速度(m/min)

年齢	60~	65~	70~	75~	80~	85~
上位	134.89	116.56	108.49	101.86	95.51	89.37
普通	134.88 91.66	116.55 88.43	108.48 77.92	101.85 72.15	95.50 55.26	89.36 63.08
下位	91.65	88.42	77.91	72.14	55.25	63.07

上位：mean+SD以上
普通：mean±SD
下位：mean-SID以下



(上位グループ(△)は年齢に関係なく、約8,000歩を示し、他のグループは、普通(□)で加齢に伴って平均的な低下を示したが、下位グループ(○)は最も低下の程度が著明な変化を示した)

図8 最大歩行速度を指数として三段階に区分した際の歩行数の変化

に関係なく歩行数は8,000歩前後以上であり、下位グループでは、70歳代では5,000歩、80歳代では4,000歩以下と明確に区分が可能であった。

高齢者の運動能力を判定するにあたって、自由歩行・最大歩行速度が適切な測定項目であるとする報告が多数みられ^{2,3,5,6,11,13}、生活地域(都市部か農村部)による差³、自由歩行より最大速度歩行の方がより高齢者の能力を反映する^{3,5,11}とされている。なお今後、最大歩行速度時の脚の動き特性等についても検討を行う予定である。

4. 総括

高齢者の健康度・体力度をより実生活に密着した内容で判定できる方策を模索するために、東京都日野市在住の60～87歳の高齢者(男性26名、女性339名)を対象として調査・測定を行った。

例数の関係上、女性のみを統計処理した。つぎのような概要が得られた。

(1) ADLは加齢に伴って「いいえ」の回答率が増加をした。とくに知的能動性において得点減少が著しかった。

(2) 握力は加齢とともに減少し、各年齢間(5歳間隔)において有意差が認められた。

(3) 歩行数は全体の平均が6,807 ± 2,694歩であったが、各年齢の平均値は他の報告に比し、かなり多く歩いている結果であった。個人差がかなり大きく、80歳代まで約12,000歩程度あった。年齢との関係は

$$y = -128.06x + 16,011.78$$

$$r^2 = 0.081, P < 0.001$$

であった。

(4) 最大歩行速度は、歩行数の結果より加齢に

伴った変化が認められ、測定項目としての信頼性が確認された。年齢との関係は

$$y = -1.893x + 231.082$$

$$r^2 = 0.344, P < 0.001$$

であった。

(5) 歩行数・最大歩行速度を三段階(平均値+SD, 平均値±SD, 平均値-S D)に区分し、関係を検討したところ、歩行速度を基にした区分において有効であると判断された。

謝 辞

最後に本調査・測定を実施するにあたり、ご協力をいただいた日野市老人福祉課、社会教育センターの指導者の方々、ならびにセンターとの間に立ち連絡、調整をしていただき、ご協力いただいた実践女子大学栄養学第一研究室の浦田郡平教授および調査、測定の協力をしてくださった実践女子大学の学生諸君に感謝を申し上げます。

文 献

- 1) 荒尾 孝, 種田行男, 永松俊哉, 江橋 博; 高齢者の日常生活における身体活動能力(生活体力)測定法の開発に関する研究, 第2報, 起立能力および下肢作業能力について, 体力研究, 78, 10-18 (1991)
- 2) Barry, H. C., Rich, B. S. E., Carlson, R. T.; 高齢者の運動をすすめるために, 日経スポーツメディシン'94, 119-126 (1993)
- 3) 古名丈人, 長崎 浩, 伊東 元, 橋詰 謙, 衣笠隆, 丸山仁司; 疫学的サンプルによる高齢者運動能力の都市と農村の比較, 体力科学, 42, No. 6, 735 (1993)
- 4) 金 禮植, 田中喜代次; 高齢者の活動能力の評価モデル, 体力科学, 43, No 5, 361-369 (1994)
- 5) 衣笠 隆, 長崎 浩, 伊東 元, 橋詰 謙, 古名丈人, 丸山仁司; 男性(18-83)を対象にした運動能力の加齢変化の研究, 体力科学, 43, No 5, 343-351 (1994)
- 6) 厚生省保健医療局健康増進栄養課, 平成3年版国民栄養の現状, 62-64 (1993)
- 7) 古谷野亘, 柴田 博, 中里克治, 芳賀 博, 須山靖男; 地域老人における活動能力の測定—老研式活動能力指標の開発, 日本公衆衛生雑誌, 34, No

- 9, 109-114 (1987)
- 8) 葛谷文男; 加齢にともなう機能変化, 序説, 老人科診療, 9, No 2, 117-123 (1993)
- 9) 李 美淑, 松浦義行, 田中喜代次; 中高年男性の体力年齢の評価, 体力科学, 42, No 1, 59-68 (1993)
- 10) 李 美淑, 田中喜代次, 松浦義行, 早川洋子, 竹田正樹, 盧 昊成, 浅野勝己; 冠動脈疾患を有する中高年男性の体力年齢と運動療法に伴う変化, 体力科学, 42, No 4, 371-379 (1993)
- 11) 長崎 浩, 伊東 元, 橋詰 謙, 古名丈人, 衣笠隆, 丸山仁司; 「高齢者の体力」の意味, 一般運動能力モデル, 体力科学, 42, No 6, 736 (1993)
- 12) 中原凱文; 高齢者の体力の実態, 保健の科学, 35, No 2, 80-86 (1993)
- 13) 中原凱文, 鈴木志保子, 浦田郡平, 石田良恵; 歩行能力からみた高齢者の体力, 体力科学, 42, No 6, 727 (1993)
- 14) 中原凱文, 浦田郡平, 鈴木志保子, 白鷹増男; 高齢者の体力を歩行能力から探る, スポーツ産業学研究, 第3回学会大会号, 30-33 (1993)
- 15) 中村隆一; リハビリテーション医学領域から, ワークショップ「高齢者の体力」, 体力科学, 42, No 1, 13-14 (1993)
- 16) Nakamura, E., Hatasa, Y.; The physical fitness ages of middle-aged and old people in relation to motor fitness, In Broekhoff, J., Ellis, M. J. & Tripps, D. G., *Sport and Aging, Human, Kinetic Pub.*, Champaign, 265-272 (1986)
- 17) Paffenbarger, R. S. Jr., Hyde, R. T., Wing, A. L., Hsieh, C. C.; Physical activity, all-cause mortality and longevity of college alumni, *N. Engl. J. Med.*, 314, 605-613 (1986)
- 18) Schock, N. W.; Physical activity and the "rate of ageing", *Can. Med. Assoc. J.*, 96, 323-332 (1967)
- 19) 柴田 博; 高齢者の体力測定とその評価, 体育の科学, 37, No 9, 658-661 (1987)
- 20) 高崎裕治, 深沢 宏, 大村外志隆; 中高年者の体力, および生活習慣との関連性, *Ann. Physiol. Anthropol.*, 11, No 5, 547-549 (1992)
- 21) 若野紘一, 小林保範, 真木元裕, 星野 達, 山崎元, 大西洋平, 増本 項; 大都市部における中高齢者のスポーツ実践の実態, 臨床スポーツ医学, 9, No 4, 373-378 (1992)
- 22) 吉川博通; 多変量解析理論による生物学的年齢の設定, 大阪大学医学雑誌, 22, 113-136 (1970)