

体力とスイングの軌跡について

長尾 愛彦*, 澤田 芳男**

Locus of swing orbit and golfer's physical fitness

Naruhiko NAGAO* and Yoshio SAWADA**

Abstract

High-speed frontal view motion pictures of full-swing driver shots, obtained with a Hitachi HIMAC 16HD ultra-high-speed camera, were analyzed in ten professional and 12 amateur golfers who have been playing golf since the 1960's. The images were projected to the plane of the club-head orbit with a NAC 16-S film data analyzer, and the relations of the club-head orbit with the speed of uncocking and the level of physical fitness were evaluated.

The orbit of the club-head on the film was either oblique, heart-shaped, or elliptical, but that projected on the plane of the club-head orbit was nearly circular in all golfers.

The orbit was oblique heart-shaped in professionals who showed large changes in the angle between the club shaft and the line from the center of the orbit to the grip-end immediately before the impact, indicating a high uncocking speed. However, it was elliptical in those who showed small changes in the angle, indicating a low uncocking speed. The former type of golfer is considered to be a power hitter, and the latter type to be a swinger.

The uncocking speed immediately before the impact tended to be slow in professional golfers with a smaller Rohrer's index and a greater grip strength.

Analysis of swing patterns, the club-head speed, and the initial velocity of the ball indicate that (1) swings match with the level of physical fitness and (2) high physical performance, especially the grip strength, is important for both professional and amateur golfers.

KEY WORDS : *Golf, Swing orbit, Physical fitness*

はじめに

ゴルフスイングは0.24秒前後の短いダウンスイングでインパクト時にはクラブヘッドに平均44m/sec

から49m/secにおよぶ速いスピード¹⁾を与える激しい動作を肉体に強いている。したがって、プレイヤーは各自の体格・体力に応じたスイングを心掛けねば、上肢、下肢、ロツ骨などに損傷をおこ

* 鹿屋体育大学 National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, Kagoshima, Japan.

** 熊本体力研究所 Kumamoto Institute of Total Fitness

すおそれが多分にある^{2), 3)}。しかし、プレイヤーは各自の好みで肉体的に差のあるプロゴルファーのスイングをまねたり、年長のプレイヤーが体力的に低下しているのに気付かずプレイしがちである。

スイングはクラブやボールの改良ともない、時代とともに変化していく。スイングの技術には必然的に、これらの改良された道具の有利な活用をはかればはかる程、肉体的な要求度も、それにつれて大きくなっていくと考えられる。

ゴルフのスイングは反復練習することにより、特有のパターンが形成され、その形成されたパターンは個人ごとにかかなりの程度に定常化される⁴⁾。

からだから離れたボールを正確にしかもできるかぎり遠くへ飛ばす高度な巧緻運動であるゴルフスイングのパターンについては、小林がスイングの面について⁵⁾、松尾はスイングを力学的に^{6), 7)}、川島らはシャフトの動的物理的变化をリサーチ図型として⁸⁾、それぞれ発表するなど近年数多くの研究がなされている。

著者らはすでに男、女ゴルファーのスイングの

軌跡についての考察を実施し、体力がその描くスイングの軌跡に影響するのではないかと考えられることを示唆した。本報においては男子プロ・アマゴルファーについて、スイングの軌跡と体力との関係を更に考察する。

方 法

被験者は1960年代当時の日本の一流プロ10名とアマ12名で、それぞれのドライバーフルスイングを超高速度撮影装置日立 HIMAC 16HDを用いてスイングの正面水平方向から撮影した。得られたフィルムからNAC 16-S フィルムデーター解析装置を用いて、スイング時のクラブヘッドならびにグリップ部の描く軌跡およびシャフトの位置を求めて解析した。

結果および考察

1. 被験プロの体格・体力について

10名の被験プロの撮影時の年齢、身長、体重、ローレル指数および左右握力は表1のとおりであ

表1 被験プロの体格ならびに握力

氏 名	指 標	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	ローレル指数	握 力 (kg)	
						右	左
中 村 寅 吉		55	158	56	142	36	42.5
石 井 廸 夫		43	166.5	63	136	42.5	43
内 田 袈 裟 彦		32	164	72	163	62	47
杉 本 英 世		31	177.5	85	152	61	58
内 田 繁		31	169	65	135	50	38
森 岡 比 佐 士		31	169	72	149	44	40
石 井 富 士 夫		28	173	70	135	56	53
鎌 田 富 雄		27	177	68	122	49	56
安 田 春 雄		26	170	70	142	50	54
村 上 隆		24	173	69	133	51	41

る。昭和42年度文部省体育局の調査値⁹⁾と比較すると、被験群は、平均で身長4.6cm、体重8.0kgすぐれているが、握力はほぼ平均値に近い。澤田ら¹⁰⁾の昭和31年の調査による日本プロ野球選手と比較すると身長、体重、握力ともに“やや小”のクラスに分類される。

2. スイングの軌跡

撮影投射面についてのトップオブスイングからインパクトを経てフィニッシュにいたるクラブヘッドならびにグリップ部の描く軌跡を求めると、図1に示すような長円型軌跡から、図2に示すような横ないし斜めハート型軌跡の二つのタイプに大別され、各プレイヤーの軌跡はそれぞれの両型の

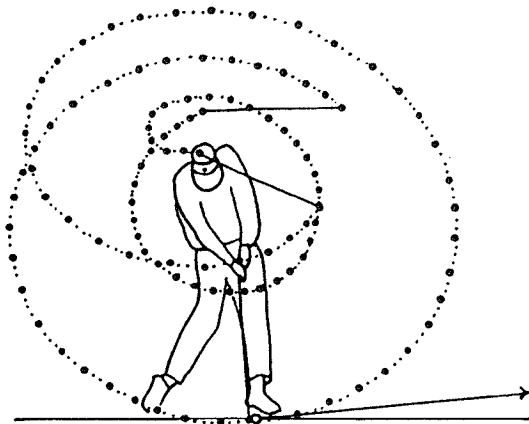


図1

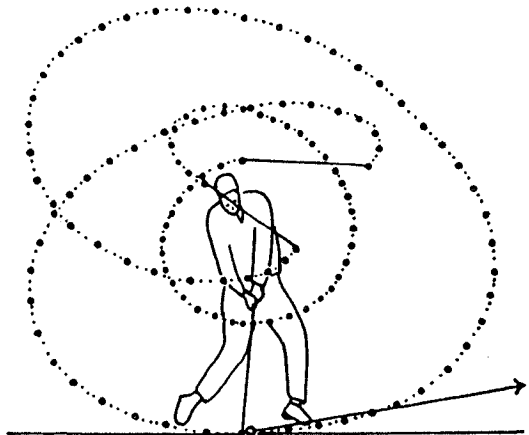


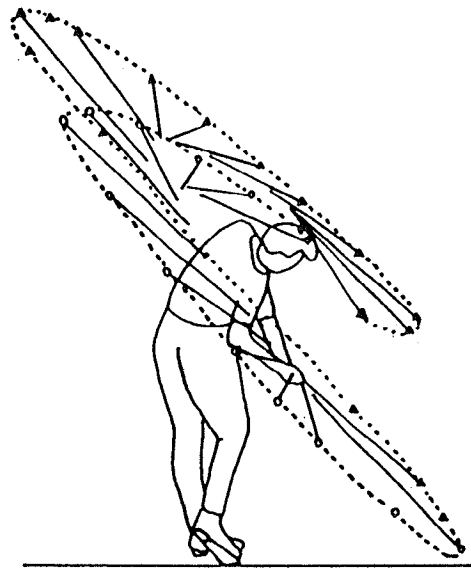
図2

中間に位置付けが可能であった。そこで、10名のプロのドライバーショットの際のクラブヘッドの描く軌跡を斜めハート型から順位づけると、表2に示す順位が得られた。

スイングの面を、飛球線逆方向から観察すると図3のように、クラブシャフトの描く面はダウンスイングからインパクトを経てフォロースルーに至るほとんど全期間において、一つの平面を形成しているにもかかわらず¹¹⁾、スイングの各時点における撮影投射面におけるクラブシャフトの画面上の長さには差がみられる¹²⁾。そこで、グリップ部を基点とし、各時点におけるクラブシャフトの長さを一定となるようにシャフトの線を延伸し、シャフトの空間を切る軌跡面におけるクラブヘッドの軌跡を推定すると、いずれの場合にもクラブ

表2

順位	氏名	備考
1	森岡比佐士	斜めハート型 ↑ ↓ 長円型
2	村上隆	
3	内田繁	
4	石井富士夫	
5	中村寅吉	
6	安田春雄	
7	内田袈裟彦	
8	鎌田富雄	
9	杉本英世	
10	石井勉夫	



...○... Down swing
 ...▲... Follow through

図3

ヘッドはダウンスイングの中期からインパクトを経てフォロースルー中期にいたるまでほぼ円軌道に近い軌道となる。(図4参照)

3. 手首のかえしの速さについて

クラブヘッドの描く推定円軌道の中心とグリップ部を結ぶ直線とクラブシャフトとのなす角度の変化を経時的に求めると、森岡プロの場合は図5、杉本プロの場合は図6となり、インパクト直前には森岡プロの場合のほうが杉本プロの場合より変化が大きい。

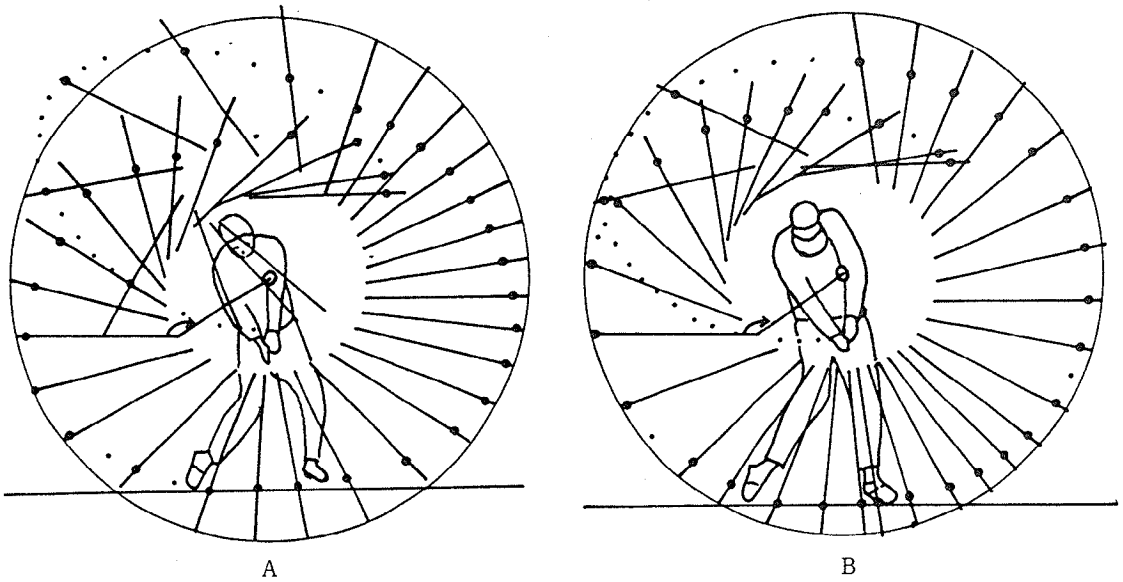


図4

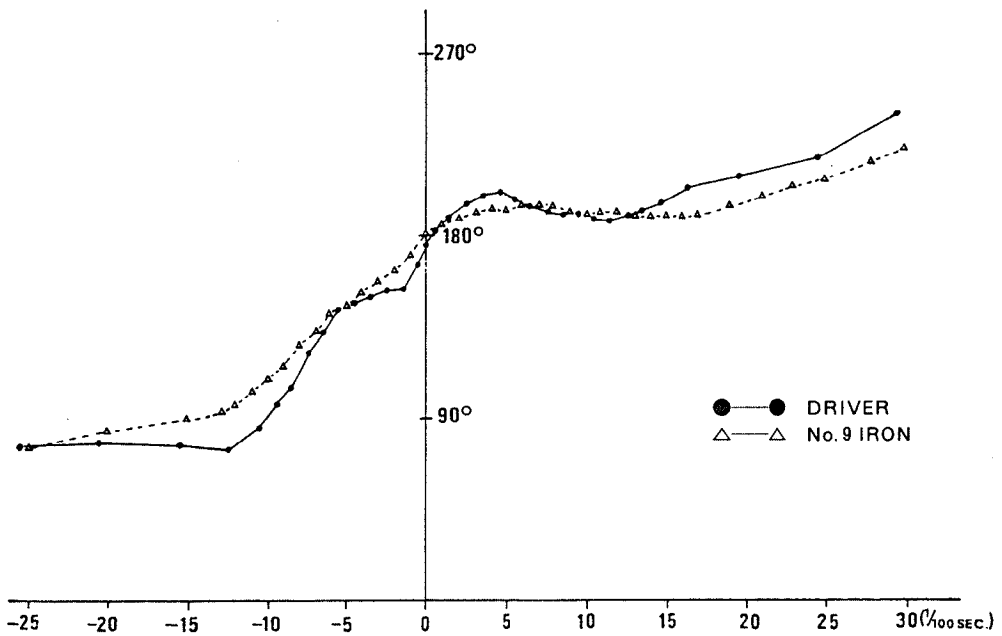


図5 森岡プロ

筋電図によると、インパクト直前のアンコッキングには左右の手首の動きに関係する筋群が複雑に作用しあっている¹⁹⁾。

インパクト直前の図5、図6にみられる角度変

化は、手首のかえしの速さを示す一つの指標となり得ると考えられる。そこで、10名の被験プロについて、インパクト直前の1/100秒間のそれぞれの平均角度変化を求めると表3に示すとおりで、

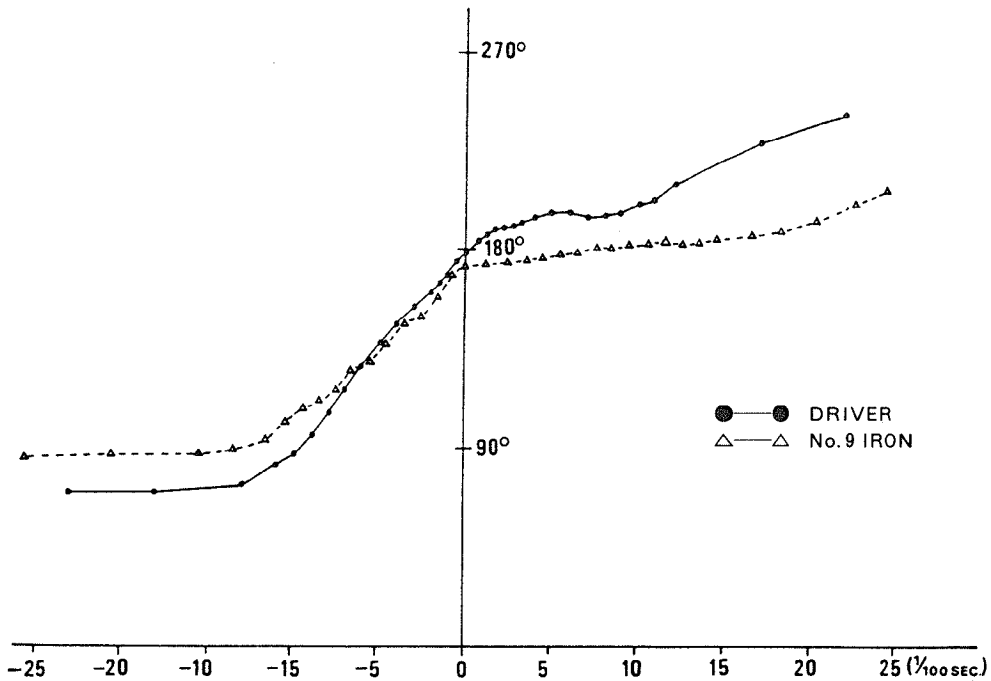


図6 杉本プロ

表3

氏名	角度変化率 (度/1/100sec)
中村寅吉	16.9
森岡比佐士	15.3
石井富士夫	13.3
内田繁	13.2
安田春雄	12.8
内田袈裟彦	12.3
杉本英世	11.2
村上隆	10.0
石井廻夫	9.5
鎌田富雄	8.9

表4

氏名	順位	
	アンコッキング	パターン
中村寅吉	1	5
森岡比佐士	2	1
石井富士夫	3	4
内田繁	4	3
安田春雄	5	6
内田袈裟彦	6	7
杉本英世	7	9
村上隆	8	2
石井廻夫	9	10
鎌田富雄	10	8

$\rho = 0.600^*$

角度変化は中村プロの $16.9^\circ/1/100 \text{ sec}$ から鎌田プロの $8.9^\circ/1/100 \text{ sec}$ の分布を示している。

4. アンコッキングの速さとクラブヘッドの描くパターンとの関係について

10名のプロの撮影投射面について観察した、クラブヘッドの描くパターンを順位づけた表2およびアンコッキングの速さを示す1指標と考えられる表3の順位とのSpearmanの順位相関を求めると表4に示すとおりである。5%の危険率で、斜

めハート型を描くプロはインパクト直前のアンコッキングの速さが大きく、逆に長円軌道を描くプロはインパクト直前のアンコッキングの速さが斜めハート型を描くプロと比較するとゆるやかであるという傾向が認められる。

5. アンコッキングの速さと体格・筋力について

山本ら¹⁴⁾はゴルフスイング時の回内、回外方向

のトルクはプレイヤーの握力と深い相関を示すとしており、アンコッキングの速さはそのプレイヤーの筋力にかなりの程度に規定されると考えられる。そこで、10名の被験プロのローレル指数、左右握力および左右の握力の合計値と、インパクト直前のアンコッキングの速さとのSpearmanの順位相関を求めると、

$$r(\text{アンコッキングの速さ}-\text{ローレル指数})=0.433$$

$$r(\text{アンコッキングの速さ}-\text{右握力})=-0.406$$

$$r(\text{アンコッキングの速さ}-\text{左握力})=-0.500$$

$$r(\text{アンコッキングの速さ}-\text{左右握力合計})=-0.539$$

の係数となる。

いずれの指標とも有意差があるとは認められないが、左右握力の合計値、左握力との関係を推察すると、握力合計、左握力の比較的大きなプロは

インパクト直前のアンコッキングの速さの比較的ゆるやかなスイングをしている傾向がうかがわれるようである。

6. アマチュアとの比較

(a) 体格・体力とスイングのパターン

ハンディキャップ2~21, 平均13.9の男子アマ12名について、プロと同様にその体力とスイングのパターンとの関係を求めると、プロの場合とは異なり、左握力の強いプレイヤーが斜めハート型を、左握力の弱いプレイヤーは長円型を描いていた¹⁵⁾。

本被験者を含む14名のプロと12名のアマ両群の体格・体力の平均値は表5に示すとおりである。上記プロ・アマ相反する現象を、両群の体格・体力の平均値の面から考察すると、平均値でプロの

表5 プロとアマ2群の体格・筋力の比較

	プロ		アマ	
	平均値	平均値の信頼限界 ($\alpha=0.05$)	平均値	平均値の信頼限界 ($\alpha=0.05$)
年齢(歳)	31.3	$36.3 \geq m \geq 26.3$	44.4**	$51.4 \geq m \geq 37.4$
身長(cm)	169.7	$172.5 \geq m \geq 166.9$	166.9	$170.5 \geq m \geq 163.3$
体重(kg)	68.9	$73.5 \geq m \geq 64.3$	64.8	$71.4 \geq m \geq 58.2$
右握力(kg)	48.9	$53.1 \geq m \geq 44.7$	43.9	$49.1 \geq m \geq 38.7$
左握力(kg)	47.3	$51.0 \geq m \geq 43.6$	40.1*	$45.6 \geq m \geq 35.6$

注：* : $p \leq 0.05$, ** : $p \leq 0.01$

右握力は5.0kg、左握力は7.2kgそれぞれアマよりすぐれており、とくに左握力の差は統計的にも有意性が認められる。しかも、プロでは左右握力の差はほとんどないが、アマでは日本人成人男子にみられると同様の右握力のほうが強いという傾向差¹⁶⁾が観察される。

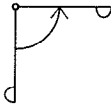
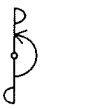
プロに比較すると弱い握力はスイングのパターンの傾向の差にあらわれる以外に、表6に示すとおり¹⁵⁾の各スイング時の指標にプロではアマに比較し有意の差をもってすぐれた結果(ただし、グリップ部のインパクト直前直後の速さを除く)を示している。

すなわち、スイングのパフォーマンスとしての

最終的表現である球初速の平均値についてはプロはアマの118%のスピードを有している。ダウンスイングに要する時間についてもアマはプロの1.31倍の時間を要しており、その結果、クラブヘッドの速さは、プロでは平均46.6m/sec、アマでは39.9m/secとプロはアマの速さの117%の速さでボールをインパクトしている。

一方、グリップ部の速さには前述したように、プロ、アマ両群にほとんど差は認められない。グリップ部の速さにはほとんど差がないにもかかわらず、クラブヘッドのはやさがプロではアマの1.31倍も速いのは、両群の握力、とくに左握力の差にもとづく手首のアンコッキング(図4, 5, 6参

表 6

		プロ (N=14)		アマ (N=12)	
		平均値	平均値の信頼 限界 ($\alpha=0.05$)	平均値	平均値の信頼 限界 ($\alpha=0.05$)
球 初 速 (m/sec)		66.6	69.1 \geq m \geq 64.1	56.6**	60.6 \geq m \geq 52.6
ダウンスイングに要する時間 (1/100 sec)		23.8	25.4 \geq m \geq 22.1	31.0**	34.6 \geq m \geq 27.4
クラブヘッドの速さ	インパクト直前 (V_1) (m/sec)	46.6	49.3 \geq m \geq 43.9	39.9**	43.2 \geq m \geq 36.6
	インパクト直後 (V_2) (m/sec)	34.4	36.1 \geq m \geq 32.7	30.0**	32.9 \geq m \geq 27.5
グリップ部の速さ	インパクト直前 (V_1) (m/sec)	11.9	13.0 \geq m \geq 10.8	11.7	12.9 \geq m \geq 10.5
	インパクト直後 (V_2) (m/sec)	12.1	12.9 \geq m \geq 11.3	10.9	12.2 \geq m \geq 9.6
フォロースルーでの クラブシャフトの角 度変化	 (1/100 sec)	5.7	6.2 \geq m \geq 5.2	7.3**	8.2 \geq m \geq 6.4
	 (1/100 sec)	13.0	13.6 \geq m \geq 12.4	17.3**	19.6 \geq m \geq 15.0

注: **: $p \leq 0.01$

照)の差にあるものと推考される。事実、インパクト直前のクラブシャフトが 45° 変化する間のクラブシャフトと左前腕の推定中心線とのなす角度変化は、プロでは 34.6° であるに対し、アマでは 26.8° と¹⁵⁾、プロはアマの1.30倍の角度変化をしており、この角度変化の差は手首のかえしの強さの差からくるものと考えられる。

インパクト直後のクラブヘッドの速さは、プロ、アマともにインパクト直前の75%前後への低下であるが、グリップ部の速さは、プロではインパクト前後に差はなく、アマではインパクト前の93.5%にまで低下している。

インパクトの際のクラブヘッドに加わる衝撃力は700-800Gという大きな力である。この大きな衝撃力に打ち勝つにはプロのように左右の均整のとれた強い握力ならびに握力を含めた筋力が必要なることを示している。

スイングのパターンと握力との関係がプロ、アマ相反する現象は、アマの場合にはプロの左握力より平均7.2kg弱く、プロの85%にしかすぎないという絶対的握力の差によるものではないかと考えられる。

ゴルフはボールをより正確に、より遠くへ飛ばそうという相反する要求を同時に求められる巧緻性の極めて必要なスポーツである。

アマチュアと比較すれば強いが、プロとしては弱い握力(全体の筋力と示す一つの指標となり得る)のグループに属するプロが飛球距離を望めば、アンコッキングを大きく用いたスイングをなすとみられる横ないし斜めハート型のスイングとなる傾向がある。絶対的な左握力の弱いアマではインガーとしての長円軌道を描き、また、筋力の絶対的にすぐれたプロでは、長円型の軌道でも十分そのすぐれた筋力から飛球距離を十分満足させる程度にボールを飛ばすと同時に飛球方向の正確性をも確保できるために、このようなプロ、アマ相異なる傾向がみられたものと考えられる。

(b) 球初速とクラブヘッドの速さ

球の初速はインパクト前後のクラブヘッドのスピードに影響される。

そこで、プロ、アマのそれぞれのスイングにおけるインパクト直前、直後のクラブヘッドの速さと球初速との関係を求めた成績は表7に示すとおりである。

表7 相関係数の比較

		プロ		
		クラブヘッド 打球前の速さ	クラブヘッド 打球後の速さ	ボールの初速
アマ	クラブヘッド 打球前の速さ		0.4409	0.5023
	クラブヘッド 打球後の速さ	0.6430*		0.7686**
	ボールの初速	0.8345**	0.6030*	

プロの場合、ボールの速さはインパクト後のクラブヘッドの速さと高い相関を示すが、インパクト直前の速さとは正の相関が認められない。この事実、プロの場合はインパクト直前のクラブヘッドの速さにほとんど差のないこと（表6参照）から生じたもので、これらの場合のように、クラブヘッドのインパクト直前の速さが比較的似ている場合には、できるだけインパクト直後のクラブヘッドの速さの低下をおさえるほうが球速を増すことにつながるということを示している。

アマの場合は、球速では46.4m/secから64.0m/secと1.38倍、クラブヘッドのインパクト直前の速さでは33.2m/secから45.2m/secと1.36倍とそれぞれ大きな差があること¹⁵⁾から、このような大きな差のある場合には、クラブヘッドのインパクト直前の速が速いほうが打球の初速も大きくなることを示している。

インパクトからフィニッシュに至るフォロースルーに要する時間は、プロ、アマともに0.55秒前後でほとんど差は認められない¹⁶⁾。しかし、フォロースルーの前半、インパクトからクラブシャフトが水平になるまで、およびクラブシャフトが垂直の位置を示すまでの時間の平均は、いずれもプロではアマの75%~78%という短い時間しか要していない（表6参照）。

プロの場合のインパクト直後のグリップ部の速さの維持ならびにフォロースルーの前半でのスピードの維持がそれぞれ認められる。このことは、フォロースルーでのクラブの振り抜きがボールの初速に関係する重要な一つのポイントで、ゴルフスイ

ングはプレイヤーの各自の体力を十分考慮し、（1）体力とくに握力の強化（2）体力に合ったスイングを心掛けることが必要であることを示している。

まとめ

1960年代に活躍したプロゴルファーを被験者とし、スイングの正面水平方向から超高速度撮影装置日立HIMAC 16HDを用い撮影し、得られたフィルムをクラブシャフトの描く軌跡面に変換するなどの処理を行い、手首のかえしおよび体力のおよぼす影響などについての解析をこころみたところ、つぎのような結果を得た。

- 1) 撮影投射面について、クラブヘッドの描く軌跡を求めると、その軌跡は斜めハート型から長円型のパターンに分類されるが、クラブシャフトの空間を切る軌跡面について考えると、クラブヘッドはいずれの場合にもほぼ円軌道を描いている。
- 2) 手首のかえしを、クラブヘッドの描く円軌道の中心からグリップ部に引いた直線とクラブシャフトとのなす角度変化から推測すると、インパクト直前の手首のかえしの速さは各プレイヤー間にかなりの差が認められた。
- 3) クラブヘッドの描く円軌道の中心とグリップ部を結ぶ直線とクラブシャフトとのなす角度のインパクト直前の変化の大きいプロは斜めハート型のパワースイングをしており、逆に長円型の軌跡をとるプロの場合は角度変化が小さく、手首のかえしの小さいスインガー的スイングで

あることが推測される。

- 4) プロではローレル指数が小さく、握力の比較的大きいプロはインパクト直前のアンコッキングの速さのゆるやかなスイングをしている傾向のあることが推測された。
- 5) プロおよびアマのスイングのパターンと体力、クラブヘッドおよびグリップ部の速さ、ボールの初速などの値について比較すると、ゴルフスイングでは、(1) プレイヤーの各自の体力を十分考慮し、体力に合ったスイングを心掛けること、(2) 体力とくに握力の強化を心掛けることが必要なことが示唆された。

文 献

- 1) N. Nagao, Y. Sawada: A kinematic analysis in golf swing concerning driver shot and No. 9 Iron shot. *J. Sports Med.* 13: 4-16, 1973.
- 2) 片山, 丸毛, 山本, 名倉: ゴルフによる肋骨骨折の調査, *災害医学* II, (5): 246-249, 1959.
- 3) 黒木, 渡辺, 巴: ゴルフスイングによる肋骨骨折. *災害医学* II, (5): 250-253, 1959.
- 4) 長尾愛彦, 澤田芳男: スイングの軌跡のパターンについて. *学術研究紀要*, (8): 79-89, 1992.
- 5) 小林正義: スイングアークに関する研究 (1). *J. J. Golf Sciences*, 2 (1): 23-26, 1988.
- 6) 松尾政之: ゴルフスイングへの力学的アプローチ Part 1. *J. J. Golf Sciences*, 2 (1): 64-81, 1988.
- 7) 松尾政之: ゴルフスイングへの力学的アプローチ Part II-1. *J. J. Golf Sciences*, 2 (2): 33-47, 1989.
- 8) 川島一朗, 奥本隆治: リサーチ図型からみたシャフトの挙動分析. *J. J. Golf Sciences*, 3 (2): 22-31, 1990.
- 9) 文部省体育局編: 昭和42年度体力・運動能力調査報告書. 150-160, 1968. 東京.
- 10) 澤田, 坂田, 岡, 村田, 三沢, 伊藤, 絹原, 吉田, 豊田, 古城: 体力の測定と評価に関する研究 第1報 日本職業野球選手の体力について. *体質医研報*. 8 (2): 233, 1957.
- 11) 松原 功: 超高速映画撮影による女性ゴルファーの動態に関する研究 第1報 佐々木マサ子プロのゴルフスイングについて. *体質医研報*. 21 (2): 123-170, 1971.
- 12) 長尾, 小郷, 有江, 伊達, 松元, 緒方, 松原, 永田, 林, 澤田: 超高速撮影による動態の研究 第7報 中部銀次郎アマのゴルフスイングについて. *体質医研報*. 19 (3): 189-234, 1969.
- 13) Marion R. B., Sara J. H.: *Patterns of muscular activity in selected sport skill*. Charles C. Thomas publisher, Springfield, Illinois, 1967.
- 14) 山本, 安部, 荒木, 小倉, 青山, 大川, 西田: ゴルフスイングのトルクの研究-初心者と経験者の比較検討-. *J. J. Golf Sciences*, 4 (2): 50-56, 1991.
- 15) 長尾愛彦: 超高速映画撮影による各種スポーツにおける動態の解析学的研究 第5報 男性アマのドライバー・ショットにおける動態の解析学的研究. *体質医研報*. 22: 327-392, 1972.
- 16) 澤田, 松元, 長尾, 松山, 坂田: 陸上自衛隊員の体格・体力に関する統計的研究. *体質医研報*. 20 (2): 159-212, 1969.
- 17) 長尾愛彦: 超高速映画撮影による各種スポーツにおける動態の解析学的研究 第1報 男性プロのドライバー・ショットにおける動態の解析学的研究. *体質医研報*. 22 (2): 139-178, 1971.