

## 프로골프 경기기록을 활용한 다중집단분석 : 경로분석 적용

김세형<sup>1</sup> · 조정환<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국체육대학교 체육측정평가실 · <sup>2</sup>서울여자대학교 체육학과

접수 2013년 3월 31일, 수정 2013년 4월 30일, 게재확정 2013년 5월 13일

### 요약

이 연구는 프로골프대회에서 기록되는 중요변인들 (드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중율, 샌드세이브율, 리커버리율, 평균퍼팅수)이 평균타수에 미치는 영향력에 대해 집단 간 차이를 분석하였다. 구체적으로 미국남자프로골프협회 (PGA), 미국여자프로골프협회 (LPGA), 한국남자프로골프투어 (KGT), 그리고 한국여자프로골프투어 (KLPGA)에서 측정, 공개하는 자료를 통해 PGA, LPGA, KPGA, KLPGA 집단 간에 중요변인들이 평균타수에 미치는 경로에 유의한 차이가 있는지를 검증하였다. 그 결과 PGA와 LPGA 모형 간에 드라이브거리와 그린적중율이 평균타수에 미치는 경로가  $p < .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, KPGA와 KLPGA 모형 간에는 드라이브거리, 리커버리율, 그리고 평균퍼팅이 평균타수에 미치는 경로가 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 PGA와 KPGA 모형 간에 드라이브거리, 리커버리율, 그리고 평균퍼팅이 평균타수에 미치는 경로가  $p < .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, LPGA와 KLPGA 모형 간에는 모든 경로에서  $p > .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이 연구 결과는 남녀 국내 투어와 미국 투어의 골프 경기력의 구조 특성을 이해하는데 필요한 기초자료로 활용 할 수 있을 것이며 향후 투어 진출을 위한 유의한 정보가 될 수 있을 것이다.

주요용어: 경로분석, 다중집단분석, 미국프로골프협회, 한국프로골프협회.

### 1. 머리말

현재 한국남자프로골프협회 (KPGA), 한국여자프로골프협회 (KLPGA) 그리고 미국남자프로골프협회 (PGA), 미국여자프로골프협회 (LPGA)는 각각의 협회 인터넷 사이트를 통해 경기별 공식 통계기록을 공지해 오고 있다. 통계기록에는 경기별 기술 사용의 빈도, 성공률 등의 범주형 자료와 함께 다양한 첨단 장비를 활용한 측정 자료들이 수집 활용하고 있다. 더불어 상금, 출전횟수 등의 개인별 배경 정보를 제공함으로써 선수평가, 경기력분석 등의 기초자료로 활용되고 있다.

공식 통계자료들은 선수, 지도자, 관련 산업, 미디어, 연구자들의 필요에 의해 다양한 형태로 활용되고 있으며 전반적인 골프 경기의 변화 추이를 반영하는 지표가 되기도 한다. 특히 PGA의 경우 선수별 8개 영역에서 모두 468개의 경기 지표를 생성하여 관리해 오고 있다. 기존의 상금 랭킹, 순위, 평균타수 등의 경과지표에 국한되던 자료들로부터 다양한 경기과정의 통계들이 생성됨으로서 많은 연구자들로 하여금 골프 경기분석의 근간 자료가 되어 오고 있기도 하다.

그동안 골프경기기록 자료를 적용한 연구로 Kim (2011)은 다양한 변인을 적용하여 연도별로 경기력을 분석하였으며, Song (2009), Heo 등 (2006)은 투어 랭킹 160위 이내 선수들의 경기능력이 스코어

<sup>1</sup> (138-749) 서울시 송파구 오륜동 88-15, 한국체육대학교 체육측정평가실, 박사.

<sup>2</sup> 교신저자 : (139-774) 서울시 노원구 화랑로 621, 서울여자대학교 체육학과, 교수.

E-mail: jhcho@swu.ac.kr

(평균타수)에 미치는 영향력을 분석하였다. 또한 Min (2011), Min과 Hyun (2009)은 PGA 자료를 바탕으로 경기능력을 나타내는 요인들간의 관계를 분석하였고, Hwang (2009), Son과 Kim (2008)은 상하위권 선수들의 경기력 결정요인을 분석하였다.

골프 경기력 연구들은 골프 경기에 영향을 미치는 요소별 주요 변인을 선정하고 변인간의 연관성 그리고 타수나 상금 등 경기력에 미치는 관계 모형 탐색이 주를 이뤄왔다. 그리고 설명변인들은 경기력 수행 순서의 맥락에서 티 오프, 그린 어프로치, 그린 사이드 기술, 퍼팅, 점수 등으로 구분하고 각각 영역에서 핵심 변인을 선정하고 있다 (Choi 등, 2006). 그동안 골프 경기력 분석 연구에서 공통적으로 포함하고 있는 변인들 중에서 티 오프 지표로서 드라이브거리 (driving distance)와 드라이버 정확도 (driving accuracy percentage), 그린까지의 접근성 평가로서 그린적중율 (green in regulation percentage), 그린 주변 경기력 지표로서 샌드세이브율 (sand saves ratio), 리커버리율 (recovery ratio) 그리고 그린에서 퍼팅 지표로서는 평균퍼팅 (putting average)이 선정되고 있다.

드라이브거리는 바람의 영향을 최소화하기 위해 대회 마다 정해진 홀에서 1구 짜 티샷 거리를 야드 (yard)로 측정한다. 드라이브 정확도는 드라이브샷이 페어웨이 (fairway)에 떨어진 확률을 의미하며 페어웨이안착율 (fairway hits)이라고도 표현한다. 그린적중율은 정규타수만에 볼을 그린에 올리는 비율을 말하며, 그린주변에서의 쇼트게임의 능력을 측정하는 샌드세이브율은 병커샷 능력을 측정하는 것으로 그린사이드 병커샷에서 탈출한 뒤 1퍼트로 홀 아웃을 하는 확률을 말한다. 또한 리커버리율은 그린적중에 실패한 홀에서 파 또는 파보다 좋은 성적을 기록할 확률을 말한다. 마지막으로 평균퍼팅은 그린에서 퍼팅한 횟수를 평균으로 산출한 것이다.

그동안 선행연구에서 이들 변인들과 경기력간의 관계를 분석한 결과에 의하면 Min (2011), Son과 Kim (2008)에 연구에서는 드라이브거리, 드라이브정확도 (페어웨이안착율), 그린적중율, 샌드세이브율, 그리고 평균퍼팅수가 각각 평균타수 (점수) 유의한 영향을 미친다고 보고 하였다. 다시 말하면 골프 경기지표인 드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중율, 샌드세이브, 그리고 평균퍼팅수가 독립적으로 평균타수 (scoring average)에 영향에 미친다고 보고 하였다.

한편으로 골프경기는 티샷으로부터 퍼팅에 이르는 과정에서 각각의 경기 요소가 순서적으로 작용함으로써 경기요소가 평균타수에 미치는 과정에 대한 경로모형 설명이 가능하다. 가까운 퍼팅 성공은 정확한 어프로치 또는 그린 적중률에 의해서, 그린 적중률은 드라이버의 거리와 정확도에 의해 크게 영향을 받기 때문이다. 드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중율은 타수에 간접적인 영향을 미친다면, 그린주위에서 이루어지는 샌드세이브, 평균퍼팅수는 타수에 직접적인 영향을 미친다 (Son과 Kim, 2008)는 결과가 보고된 바 있다.

그동안 경기요소의 양적 측정변인들간의 관계와 경기력에 미치는 영향에 대한 자료 분석방법론으로 주로 다중 회귀분석 (multi regression), 또는 경로분석 (path analysis)이 적용되어 왔다. 다중회귀분석은 하나의 반응변수 (종속변수)와 다수의 설명변수 (독립변수)로 구성된 모형을 통하여 반응변수와 설명변수의 관계를 파악하기 위한 목적으로 적용된다. 따라서 모형에 어떠한 설명변수들을 선정하여 반응변수에 미치는 영향을 규명하고자하는 것이 주 관심사이다. 그러나 서로 연관성이 많은 독립변수들 간에는 다중공선성 (multicollinearity)이나 변수간의 문제로 각각의 변수들이 종속변수에 어떻게 영향을 주는지, 또한 각각의 독립변수들간에 어떤 상관관계가 존재하는지에 대해 설명하는데 한계가 있다 (Min, 2011). 이런 한계점을 보완하기 위해서 경로분석은 대안적 방법으로 유용하다 할 수 있다.

경로분석은 여러 개의 다중회귀모형을 동시에 분석하여 회귀계수 (경로계수)를 추정할 수 있으며 독립변수들 간의 모든 상관을 고려하는 포화모형 (다중회귀분석) 뿐 아니라 연구 가설에 따른 제약된 모형을 설정하여 분석 할 수 있는 장점을 가진다 (Yu, 2012; Hong, 2009). 특히 이러한 장점을 통해 경로분석에서는 다중집단분석 (multiple group analysis)이 가능하다. 다중집단분석은 둘 이상의 집단을 분석하여 모델간 경로계수가 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 검증할 때 사용할 수 있는 기법이다.

이 연구 상황에서 예를 들면 PGA에서 드라이브거리가 평균타수에 미치는 경로계수가 0.90로 산출되었고, KPGA에서 드라이브거리가 평균타수에 미치는 경로계수는 0.70으로 산출되었다고 가정하자. PGA가 KPGA보다 드라이브거리가 평균타수에 미치는 영향이 상대적으로 높다고 할 수는 있지만 통계적으로 유의하게 높은지 여부는 알 수 없다. 다중집단 경로분석에서는 두 경로 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 밝혀 연구자가 관심있는 가설의 검정이 가능하다. 그동안 적지않은 연구들 (Kim 등, 2012; Min, 2011; Min 과 Hyun; 2009; Son 과 Lee, 2013)은 프로골프 경기기록을 수집하여 통계적으로 분석한 정보를 제시하고 있다. 그러나 PGA, LPGA, KPGA, KLPGA의 기록들을 모두 수집하여 다중집단분석 방법을 적용하여 상대적으로 경로를 통계적으로 비교 분석한 연구는 아직 미흡하다. 따라서 이 연구는 다중집단 경로계수 검정을 적용하여 한국프로골프와 미국프로골프, 남자프로골프와 여자프로골프 경기에서 경기력 결정요인의 차이를 규명하고자 한다. 구체적으로 PGA, LPGA, KPGA, KLPGA에서 측정하는 중요변인들 (드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중율, 샌드세이브율, 리커버리율 평균퍼팅수)이 평균타수에 영향을 주는 경로가 통계적으로 유의한 차이가 있는지 검증하고자 한다. 궁극적으로 경기력 결정 요인의 집단 간 구조 차이를 규명하여 선수와 지도자들 뿐 아니라 미디어 자료로서 활용할 수 있는 정보를 제공하는데 목적이 있다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구변수

이 연구에서는 미국남자프로골프협회 (PGA) 인터넷사이트 ([www.pgature.com](http://www.pgature.com)), 미국여자프로골프협회 (LPGA) 인터넷사이트 ([www.lpga.com](http://www.lpga.com)), 한국프로골프투어 (KGT) 인터넷사이트 ([www.kgt.co.kr](http://www.kgt.co.kr)), 그리고 한국여자프로골프투어 (KLPGT) 인터넷사이트 ([www.klpgt.co.kr](http://www.klpgt.co.kr))에서 공개하는 통계 기록자료를 활용하였다. 한국프로골프투어는 2009년도부터 경기 지표들 (드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중율, 샌드세이브율, 리커버리율, 평균퍼팅, 평균타수)을 공개하기 시작하였다. 따라서 이 연구는 PGA, LPGA, KPGA, KLPGA에서 동일하게 2009년부터 2011년간 누적된 기록만을 분석에 사용하였다. 구체적으로 매년 (2009년, 2010년, 2011년) 투어가 종료된 후 출전한 전 선수들의 최종 누적되는 전체 경기기록을 모두 수집하여 분석에 적용하였다. Table 2.1은 이 연구에 적용된 연구변수와 역할을 나타내고 Table 2.2는 대회별 연구변수들의 기술통계치 (평균 M, 표준편차 SD)를 나타낸다. 현재 LPGA에서는 리커버리율 (recovery ratio)을 제시하지 않고 있으며, KPGA에서는 샌드세이브율 (sand save ratio)을 제시하지 않고 있다.

Table 2.1 Variables and contents

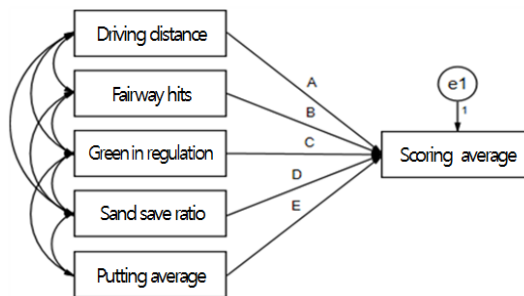
variable	contents
Independent variables	driving distance
	fairway hits
	green in regulation
	sand save rate
	recovery rate
	putting average
Dependent variable	scoring average

**Table 2.2** Descriptive statistics of the variables

game	variables	N	M	SD
PGA	driving distance	567	288.9	8.47
	fairway hits	567	62.8	5.25
	green in regulation	567	65.8	2.68
	sand save rate	567	49.0	6.45
	recovery rate	567	58.0	3.55
	putting average	567	1.8	0.03
	scoring average	567	70.9	0.61
LPGA	driving distance	433	248.0	9.10
	fairway hits	433	68.4	6.77
	green in regulation	433	64.7	4.90
	sand save rate	433	39.4	8.70
	putting average	433	1.8	0.04
	scoring average	433	73.0	1.33
	KPGA	driving distance	477	277.6
fairway hits		477	62.2	9.33
green in regulation		477	63.0	5.43
recovery rate		477	49.9	10.41
putting average		477	1.8	0.05
scoring average		477	73.6	1.59
KLPGA		driving distance	294	241.4
	fairway hits	294	68.7	11.78
	green in regulation	294	67.3	5.58
	sand save rate	294	39.4	11.58
	recovery rate	294	51.4	5.66
	putting average	294	1.8	0.04
	scoring average	294	74.1	1.47

**2.2. 자료처리**

그동안 선행연구에서 제안된 골프 경기력 결정 모형, 그리고 골프경기 방법 및 규칙을 근거로 이 연구에서 채택한 연구모형은 Figure 2.1과 같다. 연구모형은 예비 모형 검토과정에서 모형의 적합성이 가장 높은 모형으로서 드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중률, 샌드세이브율, 평균퍼팅이 상호 연관성을 가지며 평균타수에 주는 인과모형이다. 드라이버 거리와 평균퍼팅, 그리고 페어웨이 안착률과 평균퍼팅에 상호 연관성 효과는 연구모형에서 제외되었다.



**Figure 2.1** Path Model

이 연구에서는 경로계수들의 유의성과 적합도 (goodness-of-fit), 그리고 다중집단 경로분석을 실시하기 위해 AMOS 18.0 프로그램을 적용하였다. 다중집단 경로분석은 집단간 경로분석을 의미하며, 비제약모형 (자유모형; 연구모형)과 제약모형 (경로제약모형)간의  $\chi^2$  차이를 이용해 분석하게 된다. 구체적

으로 Figure 2.1의 연구모형에서 추정되는  $\chi^2$ 값과 각 경로 (A, B, C, D, E)를 하나씩 고정한 후 추정되는  $\chi^2$ 값의 차이 ( $\Delta\chi^2$ 로 표현)를 검증하는 방법을 사용한다.  $\Delta\chi^2$ 가 자유도가 1이고 유의수준이 .05일 때 임계치인 3.84보다 크다면 그 경로는 통계적으로 집단 간 유의한 차이가 있다고 할 수 있다. 다시 말하면 경로분석에서 유의수준 ( $\alpha$ )은 .05로 설정하였으며, 각 경로를 하나씩 고정하기 때문에 두 모형 (비제약모형, 경로제약모형)의 자유도 차이는 항상 1이 된다.  $\chi^2$ 분포에서 유의수준이 .05이고 자유도가 1일 때 가설부정기준치 (임계치)는 3.84가 된다. 따라서 두 모형의  $\chi^2$ 차이 통계치 ( $\Delta\chi^2$ )가 3.84보다 크다면 두 모형의 고정된 경로계수가 통계적으로 유의한 차이가 없다는 영가설이 기각된다.

이 연구에서 모형의 적합도를 평가하기 위해 절대적합지수로는 적합지수 (goodness of fit index; GFI)와 평균자승이중근 (root mean square error of approximation; RMSEA)을 적용하였다. 그리고 상대적합지수로는 터키-루이스지수 (Tuckey-Lewis index; TLI)와 비교적합지수 (comparative fit index; CFI)를 적용하였다. 이 적합지수들은 표본수에 민감하지 않고 최적기준이 명확하다는 장점을 가진다 (Yu, 2010; Hong, 2000).

### 3. 결과

#### 3.1. PGA, LPGA 경로계수 차이검증

이 연구에서는 PGA, LPGA, KPGA, KLPGA 경기기록을 활용하여 각 모형간 다중집단 경로분석을 실시하였다. 우선 PGA와 LPGA 모형간의 경로계수들 차이를 분석하기 위한 비제약모형 (자유모형)의 적합도 (goodness-of-fit)는 다음 Table 3.1과 같다. 절대적합지수인 GFI=.98, RMSEA=.09로 나타났고, 상대적합지수인 TLI=.90, CFI=.98로 RMSEA를 제외하고 모두 최적기준 (criterion index) 이상으로 나타났다. 비제약모형의 적합도는 두 모형 (PGA모형, LPGA모형)을 연결시킨 모형이므로 두 모형의 적합도는 동일하다.

Table 3.1 Goodness-of-fit of unconstrained model (PGA, LPGA model)

	GFI	RMSEA	TLI	CFI
criterion index	>.90	<.08	>.90	>.90
goodness-of-fit	.98	.09	.90	.98

Figure 3.1과 Tabel 3.2는 비제약모형에 PGA 경로모형 분석결과를 나타낸다. 드라이브거리와 페어웨이안착율, 그린적중율, 샌드세이브율, 그리고 평균퍼팅이 평균타수 (scoring average; SA)에 미치는 영향은 모두  $p < .01$  수준에서 통계적으로 유의하게 나타났다.

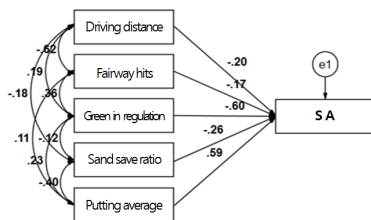


Figure 3.1 PGA path model ( $\chi^2 = 42.916, df = 4$ )

Table 3.2 PGA path model (vs. LPGA model)

variable	variable	path coefficient	C.R.(t)	p
Driving distance	→ SA	-.195	-6.627	.001
Fairway hits	→ SA	-.174	-5.714	.001
Green in regulation1	→ SA	-.597	-24.222	.001
Sand save ratio	→ SA	-.263	-12.534	.001
Putting average	→ SA	.589	28.028	.001

Figure 3.2와 Tabel 3.3은 비제약모형을 적용한 LPGA 경로모형 분석결과를 나타낸 것이다. 드라이브거리를 제외한 다른 변인들 (페어웨이안착율, 그린적중율, 샌드세이브율, 평균퍼팅)이 평균타수에 미치는 영향은 모두  $p < .01$  수준에서 통계적으로 유의하게 나타났다.

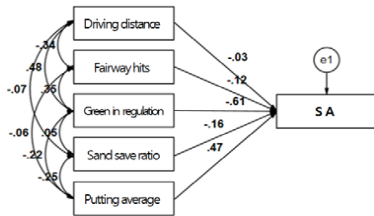


Figure 3.2 LPGA path model  
( $\chi^2 = 42.916, df = 4$ )

Table 3.3 LPGA path model (vs. PGA model)

variable	variable	path coefficient	C.R.(t)	p
Driving distance	→ SA	-.034	-1.453	.146
Fairway hits	→ SA	-.120	-5.392	.001
Green in regulation1	→ SA	-.606	-24.561	.001
Sand save ratio	→ SA	-.156	-9.199	.001
Putting average	→ SA	.474	27.145	.001

Table 3.4는 이 연구에서 PGA모형과 LPGA 모형간 경로계수의 통계적 차이검증 결과다. 비제약 모형과 각 경로들을 제약한 경로제약모형들의 통계치인  $\chi^2$ 간 차이 ( $\Delta\chi^2$ )에 대한 유의성 분석결과다.  $\Delta\chi^2$  값이 3.84보다 크다면 그 경로계수는 통계적으로 유의한 차이를 나타낸다.

Table 3.4 Difference path coefficient between PGA and LPGA model

path constrained		$\chi^2$	df	$\Delta\chi^2$	sig.
Driving distance	→ SA	48.4	5	5.5	O
Fairway hits	→ SA	43.0	5	0.1	×
Green in regulation1	→ SA	50.8	5	7.9	O
Sand save ration	→ SA	43.6	5	0.7	×
Putting average	→ SA	44.0	5	1.1	×
unconstrained model : $\chi^2 = 42.916, df = 4$					

PGA모형과 LPGA 모형에서 드라이브거리가 평균타수에 미치는 경로와 그린적중율이 평균타수에 미치는 경로는  $\Delta\chi^2$  값이 3.84 이상으로  $p < .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이외에 페어웨이안착율이 평균타수에 미치는 경로와 샌드세이브율이 평균타수에 미치는 경로, 그리고 평균퍼팅이 평균타수에 미치는 경로는  $\Delta\chi^2$  값이 3.84 이하로  $p > .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

### 3.2. KPGA, KLPGA 경로계수 차이검증

이 연구에서 KPGA와 KLPGA 모형간의 경로계수들 차이를 분석하기 위한 비제약모형 적합도는 다음 Table 3.5와 같다. 절대적합지수인 GFI=.99, RMSEA=.07로 나타났으며, 상대적합지수인 TLI=.92, CFI=.99로 모두 최적기준을 만족하는 것으로 나타났다.

Table 3.5 Goodness-of-fit of unconstrained model (KPGA, KLPGA model)

	GFI	RMSEA	TLI	CFI
criterion index	>.90	<.08	>.90	>.90
goodness-of-fit	.99	.07	.92	.99

Figure 3.3과 Table 3.6은 비제약모형에 KPGA 기록 경로분석결과를 나타낸 것이다. 현재 한국남자 프로골프협회 (KPGA)에서는 PGA, LPGA, KLPGA와 다르게 샌드세이브율을 측정하지 않고 리커버리율을 측정하여 공개하고 있다. 리커버리율 (recovery rate)은 그린적중예 실패한 홀에서 파 또는 파보다 좋은 성적을 기록한 확률로 스크램블링 (scrambling) 능력을 나타낸다. 따라서 이 연구에서 KPGA 모형과의 경로계수 차이검증은 샌드세이브율 대신 리커버리율이 평균타수에 미치는 경로의 차이를 검증하였다. 그 결과, 페어웨이안착율을 제외한 드라이브거리, 그린적중율, 리커버리율, 그리고 평균퍼팅이 평균타수에 미치는 영향은 모두  $p < .05$  수준에서 통계적으로 유의하게 나타났다.

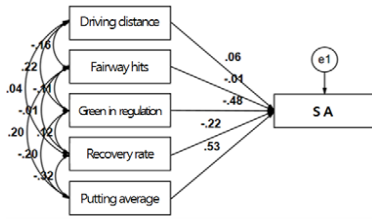


Figure 3.3 KPGA path model  
( $\chi^2 = 10.277, df = 2$ )

**Table 3.6** KPGA path model (vs. KLPGA)

variable	variable	path coefficient	C.R.(t)	p
Driving distance	→ SA	.062	2.593	.010
Fairway hits	→ SA	-.007	-.232	.816
Green in regulation1	→ SA	-.476	-19.626	.001
Recovery rate	→ SA	-.218	-8.886	.001
Putting average	→ SA	.534	21.118	.001

Figure 3.4와 Table 3.7은 비제약모형으로 KLPGA 경로모형 분석결과를 나타낸다. 드라이브거리와 페어웨이안착율이 평균타수에 미치는 영향을 제외한 다른 변인들 (그린적중율, 리커버리율, 평균퍼팅)은 모두  $p < .01$  수준에서 통계적으로 유의하게 평균타수에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

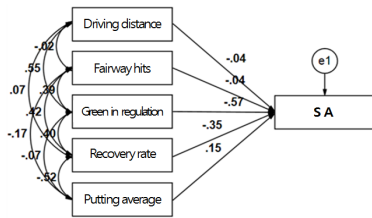


Figure 3.4 KLPGA path model  
( $\chi^2 = 10.277, df = 2$ )

**Table 3.7** KLPGA path model (vs. KPGA)

variable	variable	path coefficient	C.R.(t)	p
Driving distance	→ SA	-.044	-1.200	.230
Fairway hits	→ SA	-.041	-1.190	.234
Green in regulation1	→ SA	-.571	-13.655	.001
Recovery rate	→ SA	-.346	-8.877	.001
Putting average	→ SA	.148	4.319	.001

Table 3.8은 이 연구에서 KPGA모형과 KLPGA 모형 간 각 경로계수들의 통계적 차이검증 결과를 나타낸 것이다. 비제약모형과 각 경로들을 제약한 경로제약모형들의 통계치인  $\chi^2$  간의 차이 ( $\Delta\chi^2$ )에 대한 유의성 검증결과이다.

**Table 3.8** Difference path coefficient between KPGA and KLPGA model

path constrained	$\chi^2$	df	$\Delta\chi^2$	sig.
Driving distance → SA	15.8	3	5.5	O
Fairway hits → SA	10.7	3	.50	×
Green in regulation1 → SA	11.1	3	.88	×
Recovery rate → SA	37.1	3	26.9	O
Putting average → SA	46.4	3	36.2	O
unconstrained model : $\chi^2 = 10.277, df = 2$				

KPGA모형과 KPGA 모형에서 페어웨이안착율과 그린적중율이 평균타수에 미치는 경로는  $\Delta\chi^2$  값이 3.84 이하로  $p > .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 그 외에 드라이브거리가 평균타수에 미치는 경로, 리커버리율이 평균타수에 미치는 경로, 그리고 평균퍼팅이 평균타수에 미치는 경로간  $\Delta\chi^2$  값은 모두 3.84 이상으로  $p < .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

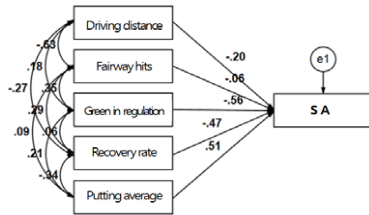
**3.3. PGA, KPGA 경로계수 차이검증**

이 연구에서 PGA와 KPGA 모형간 경로계수 차이를 분석하기위한 비제약모형 적합도는 다음 Table 3.9와 같다. 절대적합지수인 GFI=.99, RMSEA=.06로 나타났으며, 상대적합지수인 TLI=.95, CFI=.99로 모두 최적기준을 만족하는 것으로 나타났다.

**Table 3.9** Goodness-of-fit of unconstrained model (PGA, KPGA model)

	GFI	RMSEA	TLI	CFI
criterion index	>.90	<.08	>.90	>.90
goodness-of-fit	.99	.06	.95	.99

Figure 3.5와 Table 3.10은 이 연구에서 PGA와 KPGA 모형 간 경로계수 차이를 분석하기 위한 PGA 비제약모형 분석결과를 나타낸 것이다. 이 연구에서 독립변수인 드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중율, 리커버리율, 그리고 평균퍼팅이 종속변수인 평균타수에 미치는 영향은 모두  $p < .01$  수준에서 통계적으로 유의하게 나타났다.

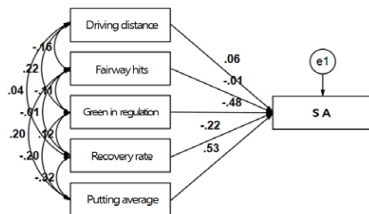


**Figure 3.5** PGA path model  
( $\chi^2 = 10.172, df = 2$ )

**Table 3.10** PGA path model (vs. KPGA)

variable	variable	path coefficient	C.R.(t)	p
Driving distance	→ SA	-.203	-10.697	.001
Fairway hits	→ SA	-.064	-3.217	.001
Green in regulation1	→ SA	-.557	-34.794	.001
Recovery rate	→ SA	-.467	-33.504	.001
Putting average	→ SA	.507	37.360	.001

Figure 3.6과 Table 3.11은 PGA와 KPGA 모형간의 경로계수 차이를 분석하기위한 KPGA 비제약 모형 분석결과를 나타낸 것이다. 페어웨이안착율이 평균타수에 미치는 영향을 제외한 다른 변인들 (드라이브거리, 그린적중율, 리커버리율, 평균퍼팅)은 모두  $p < .01$  수준에서 통계적으로 유의하게 평균타수에 영향을 미치는 것으로 나타났다.



**Figure 3.6** KPGA path model  
( $\chi^2 = 10.172, df = 2$ )

**Table 3.11** KPGA path model (vs. PGA)

variable	variable	path coefficient	C.R.(t)	p
Driving distance	→ SA	.062	2.594	.009
Fairway hits	→ SA	-.007	-.232	.816
Green in regulation1	→ SA	-.476	-19.632	.001
Recovery rate	→ SA	-.218	-8.889	.001
Putting average	→ SA	.534	21.125	.001



Table 3.12 는 이 연구에서 PGA모형과 KPGA 모형 간 각 경로계수들의 통계적 차이검증 결과이다. 비제약모형과 각 경로들을 제약한 경로제약모형들의 통계치인  $\chi^2$  값 차이 ( $\Delta\chi^2$ )에 유의성 분석결과이다.

**Table 3.12** Difference path coefficient between PGA and KPGA model

path constrained		$\chi^2$	df	$\Delta\chi^2$	sig.
Driving distance	→ SA	40.3	3	30.1	O
Fairway hits	→ SA	12.1	3	1.9	×
Green in regulation1	→ SA	12.1	3	1.9	×
Recovery rate	→ SA	119.7	3	109.5	O
Putting average	→ SA	32.0	3	21.8	O

unconstrained model :  $\chi^2 = 10.172, df = 2$

PGA모형과 KPGA 모형에서 페어웨이안착율과 그린적중율이 평균타수에 미치는 경로는  $\Delta\chi^2$  값이 3.84 이하로  $p > .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 그 외에 드라이브거리, 리커버리율, 그리고 평균퍼팅이 평균타수에 미치는 경로들에  $\Delta\chi^2$  값은 모두 3.84 이상으로  $p < .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

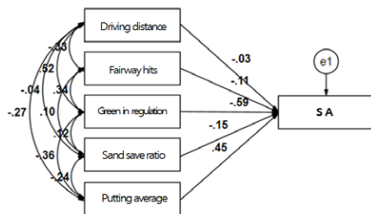
**3.4. LPGA, KLPGA 경로계수 차이검증**

이 연구에서 LPGA와 KLPGA 모형간의 경로계수 차이를 분석하기 위한 비제약모형의 적합도는 다음 Table 3.13과 같다. 절대적합지수인 GFI=.99, RMSEA=.06으로 나타났으며, 상대적합지수인 TLI=.95, CFI=.99로 모두 최적기준을 만족하는 것으로 나타났다.

**Table 3.13** Goodness-of-fit of unconstrained model (LPGA, KLPGA model)

	GFI	RMSEA	TLI	CFI
criterion index	>.90	<.08	>.90	>.90
goodness-of-fit	.99	.06	.95	.99

Figure 3.7과 Table 3.14는 이 연구에서 LPGA와 KLPGA 모형간의 경로계수 차이를 분석하기 위한 LPGA 비제약모형 분석결과를 나타낸 것이다. 드라이브거리를 제외하고 페어웨이안착율, 그린적중율, 리커버리율, 그리고 평균퍼팅이 평균타수에 미치는 영향은 모두  $p < .01$  수준에서 통계적으로 유의하게 나타났다.



**Figure 3.7** LPGA path model ( $\chi^2 = 8.714, df = 2$ )

**Table 3.14** LPGA path model (vs. KLPGA)

variable	variable	path coefficient	C.R.(t)	p
Driving distance	→ SA	-.033	-1.425	.154
Fairway hits	→ SA	-.113	-5.367	.001
Green in regulation1	→ SA	-.589	-24.552	.001
Sand save ratio	→ SA	-.147	-9.127	.001
Putting average	→ SA	.448	26.174	.001

Figure 3.8과 Table 3.15는 LPGA와 KLPGA 모형간의 경로계수 차이를 분석하기 위한 KLPGA 비 제약모형 분석결과를 나타낸 것이다. 페어웨이안착율이 평균타수에 미치는 영향을 제외한 다른 변인들 (드라이브거리, 그린적중율, 리커버리율, 평균퍼팅)은 모두  $p < .01$  수준에서 통계적으로 유의하게 평균 타수에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

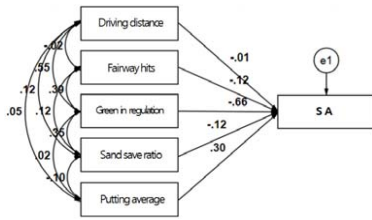


Figure 3.8 KLPGA path model  
( $\chi^2 = 8.714, df = 2$ )

Table 3.15 KLPGA path model (vs. LPGA)

variable	variable	path coefficient	C.R.(t)	p
Driving distance	→ SA	-.013	-.341	.733
Fairway hits	→ SA	-.118	-3.137	.002
Green in regulation1	→ SA	-.662	-13.973	.001
Sand save ratio	→ SA	-.116	-3.285	.001
Putting average	→ SA	.304	9.188	.001

Table 3.16은 이 연구에서 LPGA모형과 KLPGA 모형 간 각 경로계수들의 통계적 차이검증 결과이다. 비제약모형의  $\chi^2$  값과 각 경로들을 제약한 경로제약모형들의 통계치인  $\chi^2$  값 간의 차이 ( $\Delta\chi^2$ )의 유의성 분석결과를 나타낸 것이다.

Table 3.16 Difference path coefficient between LPGA and KLPGA model

path constrained		$\chi^2$	df	$\Delta\chi^2$	sig.
Driving distance → SA		8.8	3	0.1	×
Fairway hits → SA		10.3	3	1.6	×
Green in regulation1 → SA		9.3	3	0.6	×
Sand save ratio → SA		11.2	3	2.5	×
Putting average → SA		11.6	3	2.9	×
unconstrained model : $\chi^2 = 8.714, df = 2$					

이 연구에서 LPGA모형과 KLPGA 모형간에는 드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중율, 샌드세이브율, 그리고 평균퍼팅이 평균타수에 미치는 경로는  $\Delta\chi^2$  값이 모두 3.84이하로  $p > .05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

#### 4. 논의 및 결론

골프경기에서 평균타수에 영향을 미치는 요인이 무엇인지에 대한 규명은 일회적인 통계분석만으로 명확히 단정 지을 수는 없다. 그러나 기록된 자료를 적용하여 지속적인 통계분석으로 얻어진 정보는 논리적 판단에 도움이 될 수 있다 (Lee, 2012). 스포츠 경기결과의 예측과 결정요인 분석은 선수 지도자 뿐 아니라 연구자들의 지속적인 관심사이지만 과정의 기술 동작의 측정 그리고 상황 및 심리적 요인들로 결정론적 관점에서 경기력 모형의 설명과 분석은 매우 어렵다. 따라서 가능한 과정의 경기력 요소 지표들과 측정 자료를 활용하여 선수 개인의 경기력을 확률적 모형으로 설명하고 이해하는 수준에 그치게 된다. 개인 경기로서 폐쇄기술 (closed-skill)에 해당하는 골프 종목이지만, 그 내면의 기술 숙련의 복잡성과 측정기술 적용의 제한성 등으로 경기내용 분석은 수행 결과의 경기 지표를 근거로 하는 연구가 주류를 이루고 있다.

이 연구에서는 골프 경기력에 영향을 미치는 주요 변인들 (드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중율, 샌드세이브율, 리커버리율 평균퍼팅수)이 평균타수에 영향을 주는 경기력 모형 경로가 PGA, LPGA, KPGA, KLPGA 집단에서 유사한지 또는 차이가 있는지 여부를 검증하는데 목적이 있었다. 그 동안의 선행연구에서는 주로 다중회귀모형이나 독립적인 경로모형을 바탕으로 하였기 때문에 경기력 모형의 투어 (PGA, LPGA, KPGA, KLPGA) 간 차이 여부를 통계적으로 확인하는 사례는 없었다. 미국의 PGA, LPGA 투어간 비교에서 드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중율, 샌드세이브율, 리커버리율이 평균퍼팅수에 미치는 경로 모형이 유의하게 나타나 골프 경기력 결정 모형으로 적합하게 나타났다. PGA, LPGA 투어에서 그린적중률과 평균퍼팅의 경로계수가 모형에서 가장 크게 영향을 미치는 요인이지만, 양 투어에서 경로계수의 차이는 드라이버 거리와 그린적중률에서 나타나고 있다.

KPGA, KLPGA 투어 간 비교에서는 샌드세이브율 대신 리커버리율 모형을 설정하였는데 이 경우에서도 제안된 모형은 골프 경기력 결정 모형으로 적합하였다. KPGA, KLPGA 투어에서는 PGA, LPGA와 다른 경로계수 특성을 보이고 있는데 남자의 경우 그린적중률, 여자는 그린적중률과 리커버리율에서 경로계수가 높게 나타나고 있다. KLPGA에서는 평균퍼팅의 설명력이 낮게 나타나고 있으며, 양 투어간 모형비교에서는 드라이버 거리, 리커버리율, 평균퍼팅간 차이를 보이고 있다. 미국의 PGA, 한국의 KPGA 남자 골프 투어간 비교에서도 드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중율, 샌드세이브율, 리커버리율이 평균퍼팅수에 미치는 경로 모형은 적합하게 나타났다. PGA, KPGA 투어에서 그린적중률과 평균퍼팅의 경로계수가 모형에서 가장 크게 영향을 미치는 요인이지만, PGA에서는 리커버리율 또한 중요하다. 양 투어에서 경로계수의 차이는 드라이버 거리, 리커버리율, 평균퍼팅에서 유의하게 나타나 양 투어에서 나타나는 경기 질적 차이를 반영하고 있다.

LPGA, 한국의 KLPGA 여자 투어간 비교에서도 드라이브거리, 페어웨이안착율, 그린적중율, 샌드세이브율, 리커버리율이 평균퍼팅수에 미치는 경로 모형은 적합하게 나타났다. LPGA, KLPGA 투어에서 그린적중률과 평균퍼팅의 경로계수가 모형에서 유사하게 크게 영향을 미치는 요인으로 분석되었다. LPGA와 KLPGA의 양 투어에서 경로계수의 차이는 전혀 없었다. 이 결과는 국내 여자 프로투어와 LPGA간에는 경기 내용 요소에서 질적 차이가 없다는 점을 반영하고 있다. 전체적으로 결과를 정리하면, PGA와 LPGA 모형 간에 드라이브거리와 그린적중율이 평균타수에 미치는 경로가 통계적으로 유의한 차이가 있으며, KPGA와 KLPGA 모형 간에는 드라이브거리, 리커버리율, 그리고 평균퍼팅이 평균타수에 미치는 경로가 유의한 차이가 있다. 또한 PGA와 KPGA 모형 간에 드라이브거리, 리커버리율, 그리고 평균퍼팅이 평균타수에 미치는 경로가 통계적으로 유의한 차이가 있으며, LPGA와 KLPGA 모형 간에는 모든 경로에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것을 알 수 있다.

이 연구에서는 한국과 미국 남녀 골프 투어기록을 바탕으로 드라이버 거리, 페어웨이 안착률, 그린적중률, 샌드세이브율, 평균퍼팅이 평균타수에 미치는 골프 경기력 모형을 설정하여 투어 간 모형비교를 실시하였다. 남녀 투어 간 비교에서는 코스의 길이, 남녀 선수의 경기력 차이 등이 모형에 반영되고 있다. 남녀 투어 간 모형 차이는 드라이버 거리와 그린적중률, 리커버리율, 평균퍼팅에 기인한다. 반면 남녀 투어 내 비교에서 여자 투어에서는 국내와 미국 투어 모형에서 차이가 없어 국내 여자 프로골프 경기력 모형의 구조에서 LPGA와 동일한 수준으로 세계 정상 급 국내 여자 프로수준의 위상을 반영하고 있다. 남자 투어의 경우는 드라이버거리와 리커버리율이 평균퍼팅에서 차이가 나타남으로서 장타능력 및 샷게임 능력 뿐 아니라 퍼팅능력에서도 수준 차이가 반영되고 있다. 이 연구는 국내, 국외 남녀 프로골프에 중요변인이 평균타수에 미치는 일반화된 모형을 토대로 경로계수의 차이를 검증하였다. 그러나 각 대회마다 평균타수에 직접적, 간접적 영향을 고려하여 각기 다른 모형에서 접근하려는 시도가 요구된다. 이 연구에서 제시한 남녀 국내 투어와 미국 투어의 일반화된 모형 경로간의 차이를 분석한 정보가 향후 프로골프 경기기록 분석에 유의한 정보가 되기를 기대한다.

## References

- Choi, D. H., Choi, H. N. and Kim, D. J. (2008). *Golf bible*, Daehan, Seoul.
- Heo, C., Cho, G. G., Cheg, W. J. and Choi, S. B. (2006). Factor analysis of pro-golf player in power of play. *Journal of Korea Sport Research*, **17**, 647-656.
- Hong, S. H. (2000). The criteria for selecting appropriate fit indices in structural equation modeling and their rationales. *The Journal of Clinical Psychology*, **19**, 161-177.
- Hong, S. H. (2009). *Structural equation modeling using AMOS program*, Non-published, Seoul.
- Hwang, G. Y. (2009). An analysis of players' skill statistics among male professional golfers. *Journal of Korea Society of Sport Science*, **18**, 1285-1294.
- Kim, S. H., Lee, J. W. and Lee, M. S. (2012). Effectiveness of golf skills to average score in PGA. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **23**, 505-512.
- Kim, S. I. (2011). Analysis of skill factors of performance in yearly PGA tour. *Journal of Korea Society of Sport Science*, **20**, 1159-1171.
- Lee, Y. G. (2012). *Data mining analysis*, Korea applied statistics workshop, Chung-Ang University.
- Min, D. K. (2011). The study for effectiveness of golf skills to adjust average score using path analysis in 2010 PGA. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **22**, 65-71.
- Min, D. K. and Hyun, M. S. (2009). Prediction of a winner in PGA tournament using neural network. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **20**, 1119-1127.
- Son, S. B. and Kim Y. K. (2010). Exploration of game result determinant factors apply to 2008 PGA & LPGA tour stats. *Journal of Korea Coaching Development Center*, **12**, 151-160.
- Son, S. B. and Lee, C. J. (2013). An exploration of tour skill factors influential to game results of LPGA players. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **23**, 505-514.
- Song, B. J. (2009). An analysis of Korea PGA tour professional golfers' characteristic differences between winners group and non-winners group. *Journal of Korea Society of Sport Science*, **18**, 563-572.
- Yu, J. P. (2010). *Structural equation modeling using AMOS program*, Non-published, Seoul.
- Yu, J. P. (2012). *Understanding of structural equation modeling*, Hannarae, Seoul.

## Effectiveness of golf skills to average score using records of PGA, LPGA, KPGA, KLPGA : Multi-group path analysis

Sae Hyung Kim<sup>1</sup> · Jung Hwan Cho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Measurement and Evaluation in Physical Education, Korea National Sport University

<sup>2</sup>Measurement and Evaluation in Physical Education, Seoul Women's University

Received 31 March 2013, revised 30 April 2013, accepted 13 May 2013

### Abstract

This study is to analyze effectiveness of golf skills (driving distance, rating of fairway, green in regulation, sand save ratio, recovery ratio, putting average) to average score using records of PGA, LPGA, KPGA, KLPGA. Independent variables were driving distance, rating of fairway, green in regulation, sand save ratio or recovery ratio, putting average. Dependent variable was the scoring average in this study. To analyze these variables, multi-group (PGA vs LPGA, KPGA vs KLPGA, PGA vs KPGA, LPGA vs KLPGA) path analysis was used through AMOS 18.0 program and significance level was set at 0.05. As the result, the variables that show significant differences of path coefficient between PGA model and LPGA model were driving distance and green in regulation to average score. The variables that show significant differences of path coefficient between KPGA model and KLPGA model were driving distance, recovery ratio, and putting average to average score. The variables that show significant differences of path coefficient between PGA model and KPGA model were driving distance, recovery ratio, and putting average to average score. There was not significant difference of path coefficient between LPGA model and KLPGA model.

*Keywords:* KLPGA, KPGA, LPGA, multi-group analysis, path analysis, PGA.

---

<sup>1</sup> Doctor, Lab of Measurement and Evaluation in Physical Education, Korea National Sport University, Seoul 138-749, Korea.

<sup>2</sup> Professor, Measurement and Evaluation in Physical Education, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea.