

## 골프공의 속도 측정

신성윤\*, 김희애<sup>0</sup>, 장대현\*, 이현창\*\*, 이양원\*

<sup>0</sup>군산대학교 컴퓨터정보공학과

\*\*원광대학교 정보·전자상거래학부, 정보과학연구소

e-mail: {syshin<sup>0</sup>, heeae\_kim, ywrhee}@kunsan.ac.kr\*, hclglory@wku.ac.kr

## Measuring of Golf Ball's Velocity

Seong-Yoon Shin\*, Hee-Ae Kim<sup>0</sup>, Dai-Hyun Jang\*, Hyun-Chang Lee\*\*,

Yang-Won Rhee\*

<sup>0</sup>Dept. of Computer Information Engineering, Kunsan National University

\*\*Division Computer and Electronic Commerce, Wonkwang University

### ● 요약 ●

우리는 흔히 골프 클럽의 휘둘러 골프공이 맞아 나가는 것을 보게 된다. 본 논문에서는 골프채 헤드가 골프공을 일정속도로 움직여 치고 난 후 골프채의 헤드는 같은 방향으로 일정 속도로 움직일 때 골프공을 치고 날아가는 골프공의 속도를 구한다. 골프공을 치기 전의 속도가 각각 다를 경우의 골프공의 속도를 각각 구한다. 골프를 칠 때 헤드의 속도, 골프공의 질량, 임팩트, 임팩트 후의 날아가는 속도, 그리고 임팩트 후의 이동 방향 등을 쉽게 알아보도록 하는 것이 본 논문의 목적이다.

키워드: 운동량(Momentum), 질량(Mass), 골프 클럽 헤드(Golf Club Head)

### I. 서론

"운동량"이란 것은 움직이는 물체의 무게(질량) 곱하기 속도로 계산되어 진다. 다시 말해 질량 2킬로그램인 물체가 초속 10미터로 움직인다면 운동량은 20이 되는 것이다.

"운동량 보존의 법칙"이란 두 물체가 부딪힐 때 두 물체의 운동량의 합은 부딪히기 전이나 부딪힌 후나 일정하게 유지된다는 것을 말한다. 그러므로 골프클럽의 헤드가 공에 부딪혀서 임팩트가 일어날 때, 골프클럽의 속도는 임팩트 전에 비해 임팩트 후에는 조금 줄어들게 된다. 왜냐하면 골프클럽 헤드의 운동량이 일부분 골프공에 전달되었기 때문이다. 전달된 양이 얼마나에 따라서 골프공이 날아가는 속도가 다르게 된다. 이 말을 뒤집어 말한다면 같은 속도로 움직이는 무거운 클럽헤드와 가벼운 클럽헤드가 있다면 무거운 클럽헤드의 경우가 공의 날아가는 속도가 빠르다는 말이다.

임팩트 순간으로 돌아가 보면, 골프클럽 헤드가 공에 접근한다. 공과 초기 접촉을 일으킨다. 공이 찌그러지기 시작한다. 0.01초미만의 짧은 시간이지만 공은 찌그러진 이후 다시 원형으로 돌아간다. 마침내 공이 클럽헤드에서 떨어진다. 공이 앞으로 날아가기 시작한다. 이상이 대략의 임팩트 순간에 일어나는 개략적인 설명이다.

### II. 관련연구

먼저 골프에 관련된 연구를 살펴보면, [1]에서는 체감형 가상현

실 스크린 골프 게임 개발에 필요한 도구로 골프공의 궤적과 속도를 실시간으로 표시하고 분석하는 시뮬레이터를 설계하고 구현하였다. [2]에서는 유한요소해석을 통해서 클럽과 골프공이 충돌할 때를 실제와 비슷하게 묘사하고 이를 통해 충돌 메커니즘을 보다 정확하게 규명하였다. 또한 [3]에서는 운동량 보존 법칙에 의한 운동 방향 결정하는 연구를 수행하였다.

다른 이론이나 법칙과 연관된 운동량 보존의 법칙에 관련된 연구로는, [4]에서는 와이어의 양 끝을 서로 다른 물질에 연결하여 변화를 살펴보는 연구를 수행하였고, [5]에서는 뉴턴의 운동 제 2 법칙이 걸으로는 원자나 분자 수가 엄청 많은 계의 움직임을 설명하기 위한 더 나은 근사보다 일반적인 법칙에 의해 대체된다는 새로운 관점을 제안하였다. [6][7][8][9][10]에서는 힘의 Lorentz 규칙 문제로서 특수 상대성과 운동량 보존과 호환성에 대하여 설명하고 있다.

그 밖에도 [11]에서는 금속 스파이크가 다른 플라스틱 스파이크보다 퍼팅 그린의 잔디 마모와 볼 스피드에 더 부정적인 영향을 미쳤다고 발표하였고, [2]에서는 유한요소해석을 통하여 충돌을 조금 더 정확히 해석하고 공의 회전 원리를 규명하며 이러한 해석을 바탕으로 여러 가지 상황에서 충돌을 해석 골프 클럽과 공의 충돌을 해석한 것이다. [12]에서는 임팩트 시 신체 무게 중심과 골프공의 상대적 거리, 손목 관절 중심과 골프공의 상대적 거리, 타겟 방향 발의 지면반력 값, 골반과 몸통의 타겟 방향에 대한 열린

정도, 클럽 헤드의 수직 성분 진입 각도, 클럽 페이스의 로프트 각도, 그리고 백스윙 탑에서 왼손의 높이, 다운스윙 미들에서 왼손목의 코킹 정도 등을 단순히 분석하였다.

### III. 골프공의 속도

운동량이란 운동 물체가 지닌 힘( $F=ma$ )과 대비하여 물체의 운동 정도를 나타내는 양으로 방향성을 내포한 벡터(vector)량이다. 운동량의 정의는 질량×속도이며, 질량은 스칼라량이고 속도는 벡터 량이므로 운동량의 방향은 물체의 속도 방향이 된다. 우리가 운동량이라고 표현하는 것은 엄밀하게 말해 직선운동을 하는 선형운동량을 의미한다. 만일 원운동과 자전하고 있는 지구와 같은 물체는 선형운동량이 아닌 각 운동량으로 표현된다.

골프공을 설명하기 전에 먼저 두 물체가 충돌할 때 외력이 작용하지 않으면 충돌 전후의 운동량의 총합은 일정하게 보존된다[13]는 사실을 확실히 알도록 한다.

질량 M인 물체 A와 질량 m인 물체 B가 각각 속도 v1, v2 로 운동하고 있다. 물체 A와 B가 일직선상에서 운동하고 충돌 후에도 같은 일직선상을 운동하는 경우를 생각해 보자. 충돌 후 물체의 속도가 물체 A는 v1', 물체 B는 v2'이 되었다면 충돌 전후 운동량의 변화를 살펴보도록 한다.

두 물체가 충돌을 할 때 두 물체는 서로에게 힘을 작용한다. 두 물체가 접촉하였다가 떨어질 때까지의 짧은 시간을 t라 하고 그 동안 A가 B에 가하는 힘을 F라고 하면, 작용·반작용의 법칙에 따라 B가 A에 가하는 힘은 크기가 같고 방향이 반대인 -F가 된다. 이 경우 물체 B가 받은 충격량은 Ft, 물체 A가 받은 충격량은 -Ft 이다. 한편, 물체가 받은 충격량은 물체의 운동량의 변화량과 같으므로 A, B 각각에 대해서, A의 경우 :

$$Mv1' - Mv1 = -Ft \quad \text{식 (1)}$$

B의 경우 :

$$mv2' - mv2 = Ft \quad \text{식 (2)}$$

식이 성립한다. 그러므로 이 두 식에서

$$-(Mv1' - Mv1) = mv2' - mv2 \quad \text{식 (3)}$$

가 성립한다.

이는 골프에서도 마찬가지다. m1g의 골프채 헤드가 m2g의 골프공을 치기 전에 각각 v1xm/s, v2xm/s, v3xm/s, v4xm/s, v5xm/s의 속도로 움직이고 있었고 골프공을 치고 난 후에는 골프채 헤드가 같은 방향으로 v1'm/s의 속도로 움직였고 골프공 치고 나서 날아가는 골프공의 속도를 구해보도록 한다.

운동량 보존의 법칙에 따라

$$m1v1 + m2v2 = m1v1' + m2v2' \quad \text{식 (4)}$$

이다.

다시 말해서

$$\begin{aligned} & A\text{물체의 질량} * A\text{물체의 속도} \\ & + B\text{물체의 질량} * B\text{물체의 속도} \\ & = A\text{물체의 질량} * \text{충돌 후 } A\text{물체의 속도} \quad \text{식 (5)} \\ & + B\text{물체의 질량} * \text{충돌 후 } B\text{물체의 속도} \end{aligned}$$

가 된다.

### IV. 실험

실험은 Window Vista 7에서 Visual C++ 2011을 이용하였고, 골프존이 자체 개발한 최첨단 센서인 "비전센서(Vision Sensor)"를 이용하였다. 비전 센서는 고속 카메라를 이용해 마킹 없이 고속물체를 인식하고, 실시간 처리가 가능한 센싱 기술을 통해 매트 위에서 자유롭게 볼에 대한 타격이 가능한 센서로 스윙 속도가 나온다. 실험은 각 골프채를 잡고 스윙을 할 때의 속도 측정을 비전 센서로 측정을 하고 골프채 헤드의 질량을 달아서 입력하고, 골프공의 무게를 달아서 입력하여 결과 값이 나오도록 프로그래밍을 하였다.

실험에서 m1은 골프채의 헤드 질량 300g을 말하고 v1은 골프채의 헤드 속도로 각각 20m/s, 25m/s, 30m/s, 35m/s, 40m/s의 속도를 나타내며, m2는 골프공의 질량 45g을 나타내고 v2는 골프공을 치기 전에 놓여 있었기 때문에 0의 속도를 나타낸다. v1'는 골프공을 치고 난후 골프채의 헤드 속도인 15m/s를 나타내고 v2'는 골프공을 골프채의 헤드로 치고 난 후 날아가는 속도, 즉, 구하고자 하는 값을 나타낸다. 자세한 내용은 그림 4에서 자세히 설명하고 있다.

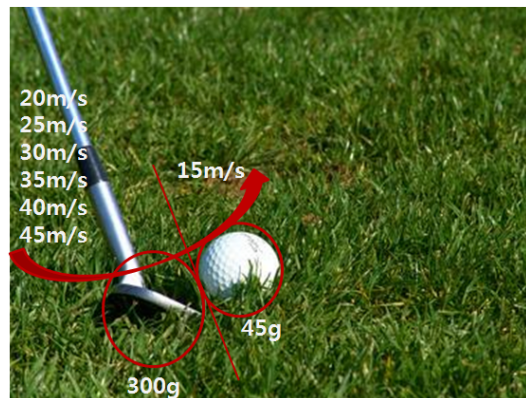


그림 4. 스윙 분석 환경 설정

Fig. 4 Configuration of Swing Analysis

이와 같은 환경에서 식 (5)의 좌측 항에 값을 대입하면, A물체의 질량은 300h을 나타내고 A물체의 속도는 20m/s를 나타낸다. 그리고 B물체의 질량은 골프공의 질량인 45g을 나타내고 B물체

의 속도는 골프공을 치기 전에 놓여 있었기 때문에 0을 나타낸다. 식 (5)의 우측 항에 값을 대입하면, A물체의 질량은 그대로 헤드의 질량 300g을 나타내고, 충돌 후 A물체의 골프공을 치고 난 후 속도인 15m/s를 나타낸다. B물체의 질량은 그대로 골프공의 질량인 45g을 나타내고, 충돌 후 B물체의 속도는 구하고자 하는 속도이다.

따라서 이를 식으로 정리해 보면

$$300 * 20 + 45 * 0 = 300 * 15 + 45 * v$$

$$6000 = 4500 + 45v$$

$$45v = 1500$$

$$v = 1500 / 45 = 33.3333m/s$$

골프채가 골프공을 치고 난 후의 속도는 결국 33.3333m/s가 된다. 골프채의 헤드 질량 300g일 때 골프채의 헤드 속도가 각각 20m/s, 25m/s, 30m/s, 35m/s, 40m/s로 다를 때의 골프공의 질량 45g에 대하여 골프공을 치고 난후 골프채의 헤드 속도가 15m/s로 줄었고 골프공을 골프채의 헤드로 치고 난 후 날아가는 속도를 구해보면 표 1과 같은 결과를 얻을 수 있다.

표 1. 헤드 속도별 공이 날아가는 속도  
Table 1. Ball Flying Speed per Head Speed

골프채의 헤드 속도	골프공을 친후 날아가는 속도
20m/s	33.3333
25m/s	66.6667
30m/s	100
35m/s	133.3333
40m/s	166.6667

## V. 결론

본 논문에서는 골프채 헤드가 골프공을 일정속도로 움직여 쳤을 때의 골프공이 날아가는 속도를 구하였다. 골프공을 치고 난 후 골프채의 헤드는 같은 방향으로 일정 속도로 움직일 때 골프공을 치고 날아가는 골프공의 속도를 구하였다. 골프채의 헤드 질량 300g일 때, 골프채의 헤드 속도가 각각 20m/s, 25m/s, 30m/s, 35m/s, 40m/s로 다를 때의 골프공의 질량 45g에 대하여 골프공을 치고 난후 골프채의 헤드 속도가 15m/s로 줄었고 골프공을 골프채의 헤드로 치고 난 후 날아가는 속도를 구해보았다.

## Acknowledgment

"This research is partially supported by Institute of Information and Telecommunication Technology of KNU"

## 참고문헌

- [1] Sang-Hyuk Ahn, Eun-Ju Kim, Chang-Geun Song, "Investigation of a trajectory of a golf ball for Interactive 3D Golf Game," Proceedings of KIISE 2006(B), pp. 88-90, 2006.6.
- [2] Roh, Woo-Jin, Lee, Chong-Won, "A Study on Golf Ball Spin Mechanism at Impact," Transactions of the Korean society for noise and vibration engineering, Vol. 17, No. 5, pp. 456-463, 2007.1
- [3] Hong Seok Lee, Tae Hoon Kim, Geon Woo Joh, "Directional Analysis by Momentum Conservation Law," Proceedings of Korea Society of Forensic Science, pp. 331-331, 2005. 3.
- [4] Akio Saitoh, "Law of Conservation of Momentum Apparatus," The Physics Teacher, Vol. 44, Issue 8, pp. 546, Nov. 2006.
- [5] Graeme W Milton and John R Willis, "On modifications of Newton's second law and linear continuum elastodynamics," Proc. R. Soc. A 8, Vol. 463, No. 2079, pp. 855-880, March 2007.
- [6] CROSS, Daniel J., "Resolution of the Mansuripur paradox," arXiv preprint arXiv:1205.5451, 2012.
- [7] MCDONALD, Kirk T., "Mansuripur's Paradox," posted to <http://www.physics.princeton.edu/~mcdonald/examples/mansuripur.pdf>, 2012.
- [8] Vanzella, Daniel AT., "Comment on 'Trouble with the Lorentz Law of Force: Incompatibility with Special Relativity and Momentum Conservation'," Physical Review Letters 110.8, 2013: 089401.
- [9] Mansuripur, Masud, "Trouble with the Lorentz law of force: response to critics," SPIE NanoScience+ Engineering, International Society for Optics and Photonics, pp. 845512-845513, 2012.
- [10] Boyer, Timothy H., "Examples and comments related to relativity controversies," American Journal of Physics 80:962, 2012.
- [11] Po-Ryong Shim, Gyu-Yul Shim, "Effect of Different Golf Shoe treads on Wear and Ball Speed of Putting Green," Korean Journal of Turfgrass Science, Vol. 11, No. 3, pp. 205-210, 1997.
- [12] Jee Hoon Son, Ki Kwang Lee, Jae Jin Ryue, Seong Ha, "Kinematic Analysis of 7 Iron' Low Trajectory Control Shot," Korean Journal of Sport Science, Vol. 22, No. 1, pp. 1685-1692, 2011.