번역기사

전산 구조역학 인물 기사
-'Juan Carlos Simo'에 대하여-

조 맹 효*

1. 서 론

편집장님에게 번역 기사에 대한 의뢰를 받고 전산구조공학 학회지 과년호의 기사들을 살펴보게 되었다. 어떤 기사를 번역하는 것이 전산구조공학 학회지 독자들에게 흥미있는 내용이 될까 생각하다 본인이 개인적으로 좋은 모델로 삼고 있는 Juan C. Simo에 대해 간단히 소개해 보려고 한다. 본인은 지난 3년간 지속적인 관심을 가지고 쉘의 전산해석에 관해 연구를 수행해 왔고 대학원에서 3년간 계속 '판과 쉘의 전산해석'과 '연속체 역학'과목을 강의해 왔다. 강의 준비와 연구 도중 Juan C. Simo를 떠올린 적이 종종 있었다. 본 저자는 개인적으로는 J.C.Simo를 알지 못하고 만나본 적도 없다. 그러나 그의 논문들을 접하면서 그를 알게 되었고, 그의 영향을 어떤 형태로든 받게 되었다고 생각한다.

본 기사는 International Journal of Solids and Structures에 실렸던 또 하나의 스페인 출신 전산역학 전문가(나이는 아직 많지 않으나 그의 현재까지의 연구를 보면 Simo와 마찬가지로 전산 역학 분야의 선두 주자라고 해도 과언이 아닐 것 같다)인 Micheal Ortiz에 의한 Simo에 대한 유고 기사[1]와 International Journal for Numerical Methods in Engineering에 실린 Robert Taylor의 Simo에 대한 유고기사[2]를 토대로 쓰여졌다. 이 기사를 통해 우리 젊은 석·박사 과정의 대학원생들과 산업체, 연구소에서 일하는 젊은 연구원들과 우리 동료들이 Simo를 알게 되고, 그의 업적을 통해서 학문하는 자세와 우리가 추구해야 할 방향들에 대해 다시 한번 생각해 볼 수 있는 기회가 되기를 바란다.

Simo는 스페인 사람으로 학사는 마드리드의 Universidad Politeenica의 토목과에서 1976년에 마쳤고 1979년 Escuela de Organizacion Industrial에서 MBA로 석사과정을 마쳤다. 미국 캘리포니아 버클리 토목과의 구조공학 division과 구조역학 division에서 각각 1980년에 석사 1982년에 Ph.D.를 얻었다. 그후 버클리에서 2년간 Postdoc 일을 한 후, 1984년 Stanford 기계과에 조교수로 부임하여 Stanford에서 그의 국제적인 명성을 쌓아갔다. 그리고 1994년 9월 스페인 마드리드에서 생을 마감하였다.

그는 1952년에 태어나 1994년에 42세의 나이로 생을 마감할 때까지 고체/구조 역학에 기초한 정통 유한요소의 연구와 교육에 매진한 사람이다. 그는 역학에 기초하여 유한요소를 정통으로 연구하고

* 서울대학교 기계항공공학부 부교수

발전시킨 마지막 인물인지도 모른다. 그의 연구는 항상 수학의 틀에 기초하고 있다. 엔지니어들이 그 이전에는 잘 쓰지 않았으나 역학을 한 단계 업그레이드 시킬려면 필요할 듯한 최소한의 수학을 도입하고 그것들로 연속체 역학을 포장하여 연구결과를 발표하는 그의 형식은 논문의 저자가 누구인지 이름을 감추어도 쉽게 저자를 짐작할만 하게 한다.

Simo는 프랑스의 학제와 유사한 학제하에 있었던 스페인의 대학의 토목학과에서 수학과 고전역학 과목을 통해 탄탄한 역학적 기초를 쌓았던 것 같다. 또한 그는 버클리에서 수학과의 J.Marsden교수와의 관계를 통해 functional analysis와 geometry 개념을 역학으로 접목시키는 계기를 마련했다. Simo의 해석 기하학의 배경은 보통 응용 수학자들도 갖추고 있었을 법한 것이다. 그러나 Simo만큼 수학적 배경과 역학적 이해와 통찰력을 동시에 갖추고 그것들을 접목한 사람은 없었다.

유한요소는 1960년대 말부터 본격적으로 돛을 올리고 앞으로 나아갔다. 1970년대의 초창기를 지나 1980년대에는 학문이 성숙되어갔고, 1990년대에는 거의 학문의 완성 단계에 도달했고 이제 2000년대가 되어서는 이견의 여지는 있으나 유한요소법의 입문 단계는 상식의 범주에 도달한 것 같다. Simo는 유한요소법이 영글어 갈 무렵인 1980년대 중반 처음 논문 발표를 시작하여 1980년대 말과 1990년대 초에 많은 논문을 남기고 떠나갔다. 그의 깊은 역학적 지식과 수학적 배경은 plasticity의 응력갱신 부분에 return mapping algorithm을 사용하도록 하여 consistent tangent formulation을 만들도록 했으며, shell의 large rotation을 특이점없이 큰 하중/변위 증분을 허용하는 SO(3)기법을 제안하도록 하였다. 그는 마지막에는 에너지와 모멘텀을 보존하는 시간 적분법에도 관심을 가지고 연구를 수행했다. 또한 비선형 해석과정을 원활히 할 수 있도록 하는 요소기술에도 관심이 있어서 enhanced assumed strain 방법을 제안하여 성공적으로 사용되도록 하였다. 그가 수행한 거의 모든 연구 결과는 1986년부터 1995년 10년동안 발표되었다. 놀라운 점은 이해하기에도 난해한 그의 무수한 연구결과가 단지 10년 동안에 발표되었다는 것이다. 즉 그의 30대 초반부터 40대 초반까지이다. 그는 80년대 후반과 90년대 초반에 걸쳐 단독으로 쓴 논문도 6~7편이 된다. 1년에 한, 두편은 반드시 자신이 직접 연구의 개념 정립부터 정식화, 수치 알고리즘과 프로그램 구현까지 했던 것 같다. 이런 점은 우리 젊은 연구자들의 귀감이 될 만한 모범적인 연구 자세라고 생각한다.

Simo의 대표 업적은 역시 plasticity의 알고리즘적인 접근이다. 그는 유고작으로 T. J. R. Hughes와 함께 최근 Computational Inelasticity라는 책이 발간되어[3] 국제적으로 그의 명성을 드높히고 있다.

그의 많은 논문들은 응용역학과 전산역학 분야에서는 유래를 찾기 힘들 만큼 많은 수의 인용횟수를 보여준다. 그의 논문들 중 인용횟수가 100회가 넘는 논문들이 20편이 넘는다는 것은 그의 지명도와 학문적 업적을 단적으로 보여준다. 본인이 궁금하게 여기는 점은 과연 그렇게 많이 Simo의 논문을 인용했던 후속 연구자들 중에서 Simo의 논문을 제대로 이해하고 인용한 연구자들은 얼마나 될까하는 점이다. 여기서는 다른 연구자들에 의해 가장 많이 인용된 그의 논문 3편을 참고문헌 [4]~[6]에 표시하였다. 그 중 참고문헌 [4]는 440회 이상 인용된 논문이다.

그의 10년간의 연구 내용을 따라 가다 보면 본인의 경우에는 쉽게 이해되지 않는 경우도 종종 있고 수학적인 용어와 notation이 낯설어서 시간을 소진한 경우도 많았다. 이럴 때 그가 수행한 연구를 다 정리해 놓은 논문을 보고도 이해가 되지 않는 자신이 한심스럽게 여겨질 때도 있고 이런 것들이 연구자에게 좌절감을 주기도 하는 것을 느낀다. 그러나 한 친구가 내 말을 듣고 '천재는 에너지를 짧은 시간에 극도로 소진하고 나면 남는 에너지가 없어 죽고 마는 것이니 우리는 천천히 에너지를 태우며 10년에 했던 연구를 20년, 30년에 걸쳐서하면 되지 않겠느냐'고 격려해준 것이 기억난다.

우리의 학문 토양이 수학, 물리, 재료 등에 배경이 튼튼하면서 역학적 재능을 갖춘 젊은 연구자를 탄생시키기가 쉽지는 않은 것 같다. 특히 요즘과 같이 학문의 Fusion화가 심화되고 전공의 벽이 허

물어져가는 현실에서는 어떤 한, 두 분야를 조용히 묵상하여 깊이있게 연마할 수 있는 환경이 제공되기가 어렵다고 하겠다. 특히 우리의 학문 현실은 균형된 학문 발전보다는 급변하는 학문의 유행에 더 민감한 편인 것 같다. 그리고 그런 경향은 어쩌면 우리나라에만 국한된 것도 아닐지도 모른다. 그러나 우리가 학문의 지난 과거를 되돌아보면 기초분야에 대한 지속적인 연구는 결코 무시될 수는 없는 것이다. Fashion을 따라가는 첨단 연구도 필요하지만 기초를 심화하고 공고히 하는 연구도 결코 무시해서는 안될 것이다.

이공계 기피 현상이 이야기 거리가 되는 현재이지만, 20년 후에 전산 구조역학 인물 기사를 쓸 때에는 우리에게 학문하는 자세를 일깨워 줄만한 전산 역학의 거장이 세계인으로부터 존경받는 한국사람이기를 간절히 바란다.

Simo는 말년에 마드리드에서 수술을 한 후에도 연구과제를 연장하기위한 미팅에 참가하기 위해 미국으로 돌아왔다. 역학에 대한 열정과 사랑을 표현하는 Simo의 말로 결어를 대신한다.

"Man, what they don't know is that I would do this even if they didn't pay me!"

참 고 문 헌

1. M. Ortiz, "Juan Caros Simo, 1952-1994," *Int. Journal of Solids and Structures*, Vol. 30, No. 20-22, pp.2859~2861, 1996
2. R. Taylor, "Obituary Juan Carlos Simo(1952-1994)," *Int. Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 38, pp.1429~1430, 1995
3. J. Simo, T.Hughes, Computational Inelasticity, Springer, 1998
4. J. Simo, R. Taylor, "Consistent Tangent Operators for Rate Independent Elasto-Plasticity," *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 48, pp.101~118, 1985
5. J. Simo, M. Rifai, "A Class of Mixed Assumed Strain Methods and the Method of Incompatible Modes," *International Journal for Numerical Method in Engineering*, Vol. 29, pp.1595~1638, 1990
6. J. Simo, J. W. Ju, "Strain- and Stress-based Continuum Damage Models- I.Formulation," *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 23, pp.821~840, 1987