

## 와해성 혁신의 관점에서 본 CAE의 미래

김 상 태<sup>\*†</sup>

\* 평선베이(주)

### The Future of CAE as a Disruptive Innovation

Sangtae Kim<sup>\*†</sup>

\* FunctionBay, Inc.

(Received February 16, 2015 ; Revised March 31 2015 ; Accepted April 10, 2015)

**Key Words:** Disruptive Innovation(와해성 혁신), CAE(컴퓨터 응용공학), Sustaining Technology(존속성 기술), Disruptive Technology(와해성 기술)

**초록:** 와해성 혁신은 기존의 기술을 진부화시키는 새로운 기술에 의한 혁신을 말한다. 필름 카메라와 디지털 카메라, PC와 노트북과 같은 와해성 혁신의 사례와 같이 제조업에 있어서도 CAE 기술이 와해성 혁신을 야기할 수 있는 와해성 기술이라고 볼 수 있다. 관련 기술의 발전과 더불어 급격하게 발전하고 있는 CAE 기술은 제조업에 있어서 설계와 검증과 관련된 프로세스를 혁신을 가져오고 있다. 이러한 혁신은 관련 시장의 판도를 변화시킬 수 있으며 관련 분야의 연구자와 기업, CAE 종사자들은 이와 관련된 다양하고 구체적인 노력을 기울여야 한다. 특히 기술의 발전뿐만 아니라 CAE를 활용할 수 있는 인력의 양성에 대한 노력도 소홀히 해서는 안된다.

**Abstract:** Disruptive innovation means the innovation which obsoletes the existing technology by a new technology. Like the examples of disruptive innovation, film camera and digital camera and PC and laptop, CAE technology can be regarded as a disruptive technology which can raise the disruptive innovation. CAE technology which is being improved dramatically with the development of the related technologies brings the innovation in the design and validation process in manufacturing industry. This innovation can change the rule of the market so that the researchers, companies and CAE engineers should pay attention to it. Also not only the improvement of the technology but also the training and cultivation of the engineers who can utilize CAE technology are very important and cannot be neglected.

## 1. 서론

와해성 혁신(disruptive innovation)이란 표현은 1997년 클레이튼 M 크리스텐슨 교수가 그의 저서 *Innovator's dilemma*<sup>(1,2)</sup>에서 명명한 용어로, 기존의 기술을 진부화(obsolescence)시키는 새로운 기술에 의한 혁신을 말한다. 와해성 혁신의 관점에서는 기술이라는 것을 존속성 기술(sustaining technology)과 와해성 기술(disruptive technology)이라는 두가지로 나누어 바라보고 있다. 즉, 기존의 기술을 보다 향상시켜 나가는 것을 존속성 기술로, 존속성 기술에 비해 아직 부족하지만 결국에는 새로운 시장을 창조하여 그 영역을 넓혀나가는 것을 와해성 기술이라고 정의한다. 본 글에서는 와해성 혁신에서 분류하는 이러한 두 가지 기술의 특징을 살펴보고 이러한 관점을 와해성 혁신이라는 관점에서 CAE를 현재와 앞으로의 발전 방향을 살펴보고, 이를 바탕으로 CAE 개발사 및 사용자, 학계와 산업계가 어떠한 접근을 하면 좋을 지에 대해 살펴보고자 한다

† Corresponding Author, jyjo@lsls.biz

2. 와해성 혁신

클레이튼 M 크리스텐슨 교수가 명명한 와해성 혁신이라는 표현은 다양한 영역에서 사용되고 있다. 와해성 혁신의 관점에서는 기술을 존속성 기술과 와해성 기술로 나누어 바라보고 있으며 있다. 존속성 기술은 기존의 기술을 바탕으로 보다 향상시켜나가는 것을 말하는 반면 와해성 기술은 기존 기술(존속성 기술)에 비해 일시적으로는 부족하지만, 결국에는 새로운 시장을 창조하여 존속성 기술을 사용하는 시장에도 받아들여지는 기술을 말한다.<sup>3)</sup> 이 두 가지 기술의 차이를 설명하는 것이 바로 Fig. 1 이다. 시장에는 일반적으로 High-end 시장과 Low-end 시장이 존재하는데, High-end 시장은 고성능, 고품질을 요구하는 반면 Low-end 시장은 상대적으로 저성능, 저품질이더라도 충분히 니즈를 만족시킬 수 있는 시장을 말한다.

와해성 기술은 초기에는 존속성 기술에 비해 여러 면에서 부족하기에 직접적인 비교대상이 되지 않는다. 따라서 존속성 기술을 주로 사용하는 시장에서는 와해성 기술이 경쟁력을 갖지 못하며 시장의 고객들도 큰 관심을 보이지 않는다. 하지만 와해성 기술은 일반적으로 존속성 기술에 비해 저렴하고, 사용하기 쉽고, 간단한 특징을 갖고 있다. 따라서 이러한 특징을 필요로 하는 새로운 시장 (Low-end 시장)이 존재하며 와해성 기술이 이 시장의 요구사항을 만족한다면 이 시장을 바탕으로 영역을 넓혀 나가게 된다. 그리고 어느 정도 시간이 지나면서 존속성 기술이 High-end 시장에서 요구하는 수준을 상회하는 오버슈팅(over-shooting)이 발생하게 된다. 한편 와해성 기술도 꾸준히 개선이 이루어지면서 High-end 시장에서도 품질이나 성능 면에서 충분히 경쟁할 수 있는 수준에 이르게 된다. 그렇게 되면 High-end 시장에서도 굳이 오버슈팅이 일어난 과도한 기술을 사용하지 않더라도 와해성 기술을 선택하는 경우가 나타나며 이러한 과정을 통해 존속성 기술은 와해(disrupt)될 수 있다.

와해성 기술에 의한 와해성 혁신 사례는 주변에서 많이 찾아볼 수 있다. 대표적인 사례 중의 하나는 필름 카메라와 디지털 카메라이다. 디지털 카메라가 처음 등장한 시기에는 필름카메라에 비해 화질도 떨어지고, 가격도 비쌌다. 따라서 일반적인 카메라 사용자들은 디지털 카메라를 선택하지 않고 계속해서 필름카메라를 사용하였다. 하지만 디지털 카메라는 지속적인 개선을 통해 필름 카메라에 비해 화질은 떨어지지만, 저렴한 가격에 필름 없이 촬영이 가능하고 별도의 현상과정 없이도 즉시 촬영내용을 확인하며 사진을 디지털 데이터 형태로 보관할 수 있는 장점을 통해 차츰 디지털 카메라의 활용도가 높아지기 시작했다. 한편 필름 카메라는 High-end 시장의 고객들이 원하는 수준에 이미 도달하여 그 이상의 성능 개선은 시장에 그다지 효용이 없는 시점에 도달하였다. 그리고 디지털 카메라의 기술이 지속적으로 발전하여 어느 필름카메라 못지 않은 화질과 편의성을 갖추게 되면서 필름 카메라는 어느 순간 와해되고 말았다.

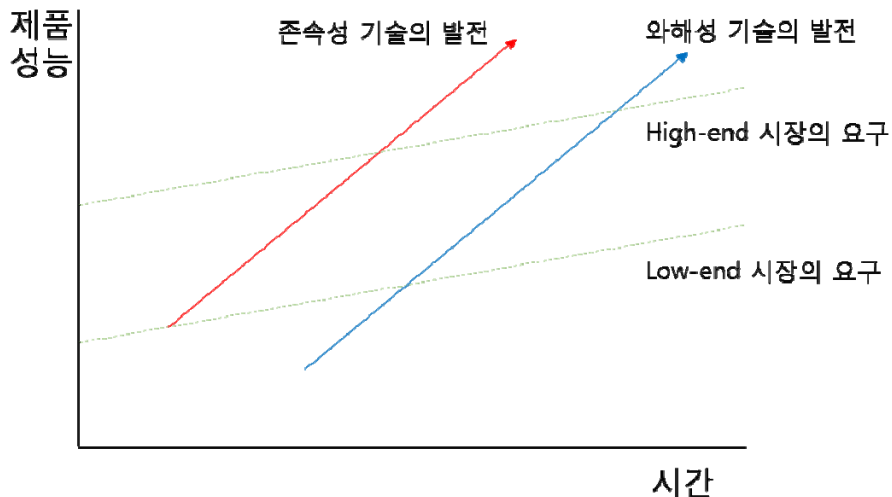


Fig. 1 Sustaining technology and Disruptive technology

또 다른 사례는 PC와 노트북이다. 노트북이 처음 등장했을 때만 해도 같은 가격일 경우 PC에 비해 성능은 훨씬 떨어졌고 배터리는 오래 가지 않으며 휴대가 가능하다 해도 무게가 무거운 편이었기 때문에 High-end 시장에서는 노트북의 필요성을 느끼지 못했다. 하지만 휴대가 가능하다는 장점과 간단한 문서 작업에는 쓸만한 성능을 바탕으로 Low-end 시장에서는 노트북이 어느 정도 점유율을 차지할 수 있었다. 한편 CPU를 비롯한 컴퓨터 관련 하드웨어가 비약적으로 발전하면서 PC의 성능은 대부분의 사용자의 요구성능을 훨씬 뛰어넘게 되었다. 굳이 최신 데스크톱을 사지 않아도 어지간한 작업을 하는 데는 문제가 없는 수준까지 발전을 한 것이다. 한편 노트북 기술도 발전하면서 저렴한 가격에 일반적인 작업에 전혀 문제가 없는 수준의 노트북들이 등장하고 휴대성이 강화되면서 PC 시장은 크게 위협을 받게 되었다. 물론 그 후 태블릿 PC라는 새로운 와해성 기술에 의해 노트북 역시 위협을 받고 있기도 하다.

이처럼 우리는 주변에서 다양한 와해성 기술과 와해성 혁신의 예를 발견할 수 있다. 이러한 와해성 기술의 특징의 또 다른 특징은 와해가 발생하기 전까지는 와해성 기술의 위력을 간과하기 쉽다는 점이다. 지나고 난 후에는 어떤 기술이 존속성 기술이었고 어떤 기술이 와해성 기술이었는지 판단하기 쉽지만, 초기에는 이를 예상하는 것이 쉽지 않다. 특히 와해성 혁신이 아주 짧은 시간 안에 이루어지는 경우도 있지만 오랜 기간에 걸쳐 이루어지는 경우도 많기 때문에 와해성 혁신을 초기에 예상하고 이에 대비하는 것은 쉽지 않은 일이다. 하지만 와해성 혁신을 미리 대비하지 않고 있다가는 혁신이 이루어진 후 시장의 재편이 일어날 때 경쟁자에게 뒤처지게 될 가능성이 높아지므로 항상 주의를 기울이고 이에 대비하는 것이 중요하다.

### 3. 와해성 기술로서의 CAE

CAE가 처음 등장한지 수십 년이 되었지만 본격적으로 CAE가 산업전반에서 활용된 것은 1990년대부터라 할 수 있다. CAE를 통한 궁극적인 목표 중의 하나는 시제품을 만들지 않고, 컴퓨터만을 이용하여 제품을 설계하고 검증하는 것이라고 할 수 있다. 하지만 아직 시제품 없이 CAE만을 이용하여 제품을 설계하고 검증하는 단계에는 도달하지 못한 것이 사실이다. 부분적으로 시제품을 CAE로 대체하는 기업들이 있긴 하지만 아직은 기존 제품의 문제를 분석하고자 할 때나, 설계의 보완적인 용도로 활용하는 경우가 많으며, 아직 CAE를 도입하지 않은 채 실험과 시제품을 이용한 기존의 설계와 검증 방법만을 사용하는 기업도 적지 않다.

이를 와해성 혁신의 관점에서 살펴보면, 실험과 시제품 제작, 그리고 이와 관련된 측정 및 분석 기술의 발달 등은 존속성 기술이라고 할 수 있다. 한편 CAE를 이용한 설계와 검증기술은 와해성 기술이라고 할 수 있다. CAE가 처음 등장하였을 때는 아직 컴퓨터의 성능도 부족하고 CAE를 위한 프로그래밍 언어나 수치해석 알고리즘 등이 충분히 발달하지 않았기 때문에 CAE는 존속성 기술에 비해 낮은 수준의 기술로 평가 받았다. 하지만 컴퓨터 하드웨어의 비약적인 발전과 프로그래밍 언어와 알고리즘의 빠른 발전을 통해 CAE 기술은 크게 발전하였으며 이제 존속성 기술을 위협하는 수준에 이르고 있다고 보여진다. 유체 해석(Computational Fluid Dynamics)의 경우, 층류 해석에서 난류 해석으로 그리고 이제는 자유 표면과 이동경계 문제에 이르기까지 그 영역이 넓어지고 있다. 동역학 해석(Multi-Body Dynamics)의 경우 소수의 강체와 구속조건만으로 이루어진 단순 시스템을 고려하던 수준에서 수백 개 이상의 강체가 다양한 구속조건과 비선형 접촉까지 고려하는 복잡한 시스템도 해석할 수 있게 되었으며 최근에는 강체와 대변형 유연체를 함께 고려한 해석, 제어나 유체해석과 연성과 같은 다양하고 사실적인 영역까지 그 범위를 확장해나가고 있다.

과거에는 부족한 기능과 성능으로 인해 존속성 기술을 활용하는 엔지니어들의 큰 관심을 끌지 못했으나 부분적으로나마 존속성 기술만으로는 검증 및 설계가 어려운 분야에서부터 그 사용범위를 확장해나간 CAE는 이제 관련 기술의 급격한 발전에 힘입어 high-end 시장의 요구를 만족시킬 수 있게 되었다. 또한 이러한 혁신을 통해 제품의 개발 비용과 시간의 절감이라는 현실적인 제약을 극복하기 위한 방법으로서 기존의 실험과 시제품을 통한 설계 및 검증이라는 방식은 점점 와해되고 있다고 볼 수 있다. 특히 이제는 CAE를 이용하여 단순히 부품 해석뿐만 아니라 복잡한 시스템 해석, 더 나아가 구조해석, 열 유체 해석, 동역학 해석, 제어 해석, 최적화 등의 다양한 분야가 통합적으로 해석되면서 오히려 존속성 기술로는 다루지 못했던 영역까지도 다룰 수 있게 되고 있다. 또한 최근에는 CAE에 GPU의 활용이 적극적으로 도입되면서 그 성능이 더욱 향상되고 있는 상황이다.



Fig. 2 Free surface problem solved by Particleworks using MPS method

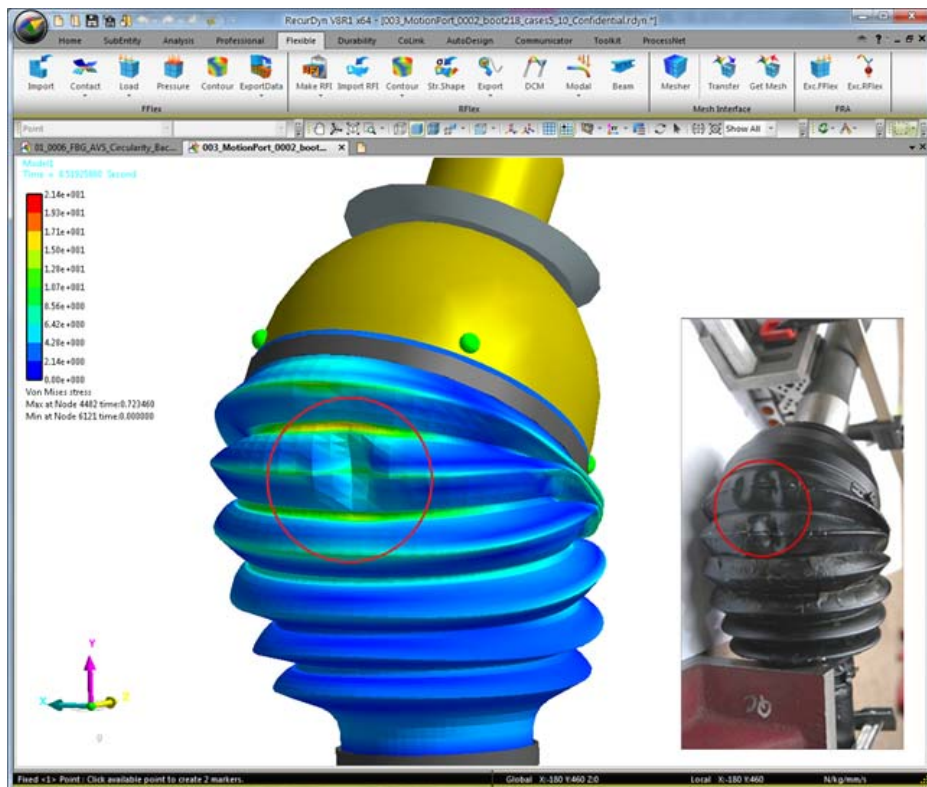


Fig. 3 High fidelity result using Multi-body dynamics software, RecurDyn

#### 4. CAE 의 현재와 앞으로의 미래

이러한 발전 속도라면 SF 영화와 같이 실험 없이 CAE 만으로도 설계와 검증을 마무리하고, 3D 프린터와 같은 기기를 이용하여 곧바로 양산 사용하게 되는 시기도 올 수 있으리라 여겨진다. 물론 그에 앞서

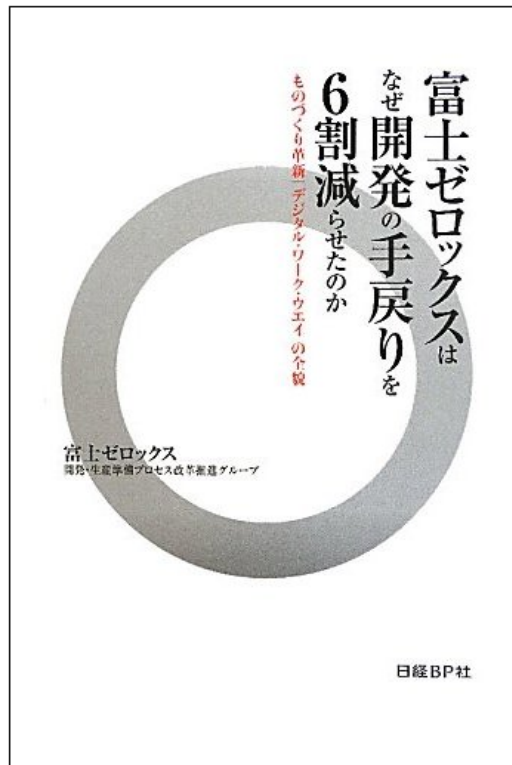


Fig. 4 A book which introduced the effectiveness of CAE

현재의 제조 프로세스 하에서의 CAE 활용이 보다 확대되고 중요성이 높아지는 것이 먼저일 것이다. 실제로 CAE 소프트웨어의 활용도가 높아지면서 CAE 소프트웨어 산업의 규모는 연간 약 10%씩 성장하고 있다.<sup>(4)</sup> 이와 관련하여 와해성 혁신이 중요한 이유는 와해성 혁신과 함께 관련 시장의 판세가 변화할 수 있다는 점이다. 즉, CAE 기술이라고 하는 와해성 기술로 인해 와해성 혁신이 발생하면서 이를 잘 활용할 수 있는 기업과 활용하지 못하는 기업 간의 경쟁력의 차이가 급격하게 벌어질 수 있다. 후지제록스의 경우 2011년, ‘후지제록스는 어떻게 재설계를 60% 감소시킬 수 있었나?’ 라는 책을 통해 다양한 엔지니어링 소프트웨어의 도입을 통해 제품 개발 중 재설계로 인한 낭비를 60%나 감소시켰다고 공개하였는데, CAE도 이러한 성과에 있어 중요한 역할을 차지하고 있다.<sup>(5)</sup> 그만큼 CAE를 얼마나 잘 활용하는냐에 따라 기업의 경쟁력이 달라질 수 있다.

하지만 CAE를 활용하는 데 있어 CAE 기술의 발전과 더불어 중요한 것은 이러한 기술을 올바르게 잘 사용하는 엔지니어들의 역량이다. 이미 여러 분야에 걸쳐 다양한 CAE 소프트웨어가 존재하며 그 성능은 빠르게 향상되고 있다. 하지만 아직 이를 능숙하게 잘 사용할 수 있는 엔지니어는 상대적으로 부족한 것이 현실이다. 그러다보니 기업들에서도 CAE 소프트웨어를 적극적으로 도입하고 싶지만, 이를 잘 활용할 수 있는 엔지니어를 구하지 못하여 도입이 늦어지는 경우도 존재하며, CAE 소프트웨어를 도입하고도 좋은 성과를 내지 못하는 경우도 종종 발생한다. 이로 인해 앞으로는 CAE를 얼마나 잘 활용하는냐에 따라 기업의 경쟁력이 달라질 수 있다.

하지만 현재의 속도라면 설계와 검증이라는 분야에서 와해성 혁신이 일어나는 것은 멀지 않은 것으로 보인다. 와해성 혁신이 일단 일어난 후에 대응책을 마련하는 것은 늦다. 따라서 관련 분야에 종사하는 연구자나 기업, 또한 CAE 소프트웨어의 개발사들은 미래에 대한 대비를 소홀히 해서는 안될 것이다. 관련 분야의 연구자나 기업들은 기존의 프로세스를 어떤 식으로 바꾸어나갈 것인지에 대한 고민을 게을리해서는 안된다. 또한 단순히 기술적인 접근 외에도 보다 효율적인 CAE의 활용 방안, 그리고 CAE 교육 시스템의 구축에 대해서도 검토하고 방안을 마련해야 한다. 또한 CAE를 통해 충분히 성과를 거둘 수 있는 부분인데 굳이 기존의 방식을 고집하고 있는 것은 아닌지를 검토해야 한다. 물론 아직 CAE로 처

리하기 어려운 부분까지 억지로 CAE 를 적용하는 것 역시 현명하지 않은 접근이다. 이러한 부분을 충분히 고려하여 CAE 활용에 대한 가이드라인을 마련하는 것도 좋을 것이다.

CAE 소프트웨어를 개발하는 개발사들도 해석 속도나 정확성과 같은 부분 뿐만 아니라 사용자 편의성이나 사용자의 역량 개발과 같은 부분에 대해서도 보다 노력을 기울이고 사용자 커뮤니티와의 적극적인 교류를 통해 보다 실용적이면서도 유용한 솔루션의 개발에 최선을 다해야 할 것이다.

#### 참고문헌

(References)

- (1) Christensen, C. M., 1997, *The Innovator's Dilemma: when New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Harvard Business School Press
- (2) BowerL. & Christensen, C. M. 1995, Disruptive Technologies: Catching the Wave, Harvard Business Review (January-February)
- (3) 김상훈, 2013, *하이테크마케팅*, 박영사
- (4) 야노경제연구소, 2013, *CAE 시장의 실태와 전망*, 야노경제연구소
- (5) 富士ゼロックス開発生産準備プロセス改革推進グループ. 2011. 富士ゼロックスはなぜ開発の手戻りを 6 割減らせたのか., 日経 BP 社.