

# CAD 와 CAE 의 연계에 대하여

秋山 雅弘<sup>1</sup>

## Relationship Between CAD and CAE

M. Akiyama

### 1. 머리말

컴퓨터에서 3 차원 데이터에 의한 설계 시스템이 실용화 된지 이미 20 년 이상 경과되었다. 그동안 제조업을 둘러싼 환경에도 큰 변화가 있었고, Japan As No.1 으로 살아 남기 위해서 세계 경쟁의 시대를 대비하여야 한다.

그 가운데에 제조업이 안고 있는 몇 가지 문제의 해결책으로서 IT 의 효과적인 활용이라고 생각된다. IT 라는 너무 넓고 애매한 정의 대신 'Digital 의 장점을 살리고 제조 프로세스의 큰 변혁을 한다' 라는 의미로 'Digital Process Innovation'이 필요하다고 판단된다. 이를 위하여 제조업의 활성화를 위한 Digital 과 3 차원을 어떻게 활용할 것인가 라는 점을 강조한 책을 수 년 전에 저술한바 있다 [1].

경제학자인 슈페터가 Innovation 의 본질은 새로운 조합(Neuer Kombinationen)에 있다고 말 하였듯이 제조업은 종래의 경험과 노력으로 달성한 것과 더불어 digital 과 3 차원의 조합에 의해 커다란 변혁을 일으키게 되었다. 이번 논문에는 CAD 와 CAE 의 연계에 목표로 그 기술의 현황과 앞으로 프로세스 연계의 필요성 및 문제의 해결 방법을 해설하려고 한다.

### 2. 3 차원 기술의 발달

먼저 CAD 와 CAE 에 한정하여 제조 산업 가운

데 3 차원 기술이 어떻게 발달해 왔는가를 돌이켜 보려고 한다. 컴퓨터의 발달 가운데 대량의 데이터 관리와 루틴한 일의 전산화 목적으로 발달한 장부 처리용 사무 전산 시스템을 완성한 것과 동시에 기술 전산 시스템이 필연적으로 탄생되었다. 탄도 계산 등 전형적 해석을 바탕으로 종래의 계산기술을 발전시켜 3 차원을 이용한 시스템이 발달하였다.

우선은 복잡한 형상의 프레스 가공 등의 필요성에서부터 제조업, 특히 자동차 산업에서 회사 자체의 3 차원 CAD/CAM 시스템 개발이 각각의 회사에서 이루어 졌다. 가공 정보를 정의하기 위해 컴퓨터내의 3 차원 공간, 즉 자동차의 진행방향(X 축)과 횡방향(Y 축), 높이방향(Z 축) 가운데에 wire frame(곡선)으로 body 형상을 정의해 간다. 배의 선도와 같은 요령으로 확장하여 주변에서부터 표면(곡면)을 patch 단위로 정의하여 2 차원 표현으로는 애매했던 표면 형상을 수학적으로 표현한 것이 3 차원의 원조라고 말할 수 있다.

그 다음에 유한요소해석에 의한 강도 계산의 필요성이 있어 CAM 을 위한 3 차원 설계가 요구되었다. CAD/CAE 시스템이라고 할 수 있는 I-deas 의 전신인 CAEDS 등은 해석을 위한 표면 모델 개발의 전형이라고 할 수 있다. 다음 단계에서는 곡면데이터의 표면격자의 자동생성과 닫힌 곡면 안에서 공간격자가 정의가 되는 메쉬 생성기 소프트웨어가 필요하게 되었다.

의장곡면중심설계, 해석, 가공 프로세스에서의 3 차원 데이터 표현은 곡선과 곡면(wire frame,

原稿接受 : 2006. 3. 30.

1. (株)アルモニコス (ウ)430-7721 松本市 板屋町 111-2  
- 技術解説 : 塑性の加工(日本 塑性加工 學會誌) 第47卷 第 549  
号 pp. 10-16(2006.10)  
- 번역자 : 박정서(자유번역가), 김인수(금오공과대학교 신소재  
시스템공학부, 교수)

surface)을 수식으로 형태를 나타내고 있다. 수치표현으로서는 초기의 항목으로 다항식, 베이지어곡선, Coons patch 가 중심으로, 다음의 B-Spline 곡선과 NURBS 표현이 쓰이게 되었다. 그렇지만 wire frame 및 표면 지오메트리로 표현하는 방법은 기계부품, 기능부품과 같이 평면, 원추면, 구, 타원구와 같은 초등 기하로 한 장씩 겹쳐서 나타낼 수 있으나 면의 조합이 많은 설계에는 별로 적합하지 않기 때문에 제품 전체의 설계에는 2 차원에서 이루어지고 있다. 주 컴퓨터에서 움직이는 CADAM 과 같이 2 차원 CAD 를 중심으로 설계를 하고 자유 곡면에 의한 정의가 필요한 의장 부품에 대해서는 표 1 에 보이는 것과 같이 자사제품의 곡면 CAD 시스템을 쓰는 것이 일반적이었다.

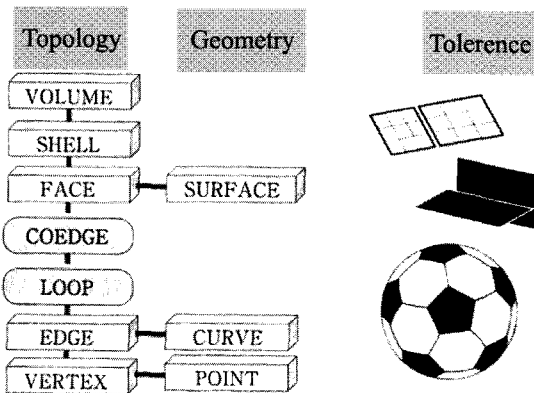
**Table 1 CAD application of automobile company**

1970	TOYOTA	CADETT	GM	CGS
	NISSAN	CAD I/II	FORD	PDGS
	HONDA	CATIA	CHRYSLER	?
	MAZDA	GNC	BENZ	SYRSCO
	Mitsubishi	MERIT	VW	VWSurf
1990	SUZUKI	SCAD		
	YAMAHA	ESPRi		
	TOYOTA	CATIA/ProE	GM	UGS
	NISSAN	IDEAS	FORD	IDEAS
	HONDA	CATIA	CHRYSLER	CATIA
2004	MAZDA	IDEAS	BENZ	CATIA
	Mitsubishi	CATIA	VW	ProE.
	SUZUKI	UGS		
	YAMAHA	ESPRi		

제 2 세대의 3 차원 시스템의 선구는 파라메트리 테크놀로지사(미국)의 Pro/ENGINEER 이다. 이것은 데이터 표현으로서 점, 곡선, 곡면의 요소와 그것들을 조합하는 방법 이용하였으며 surface 시스템은 슬릿시스템, 또는 파라메트릭 슬릿이라고 불리어 졌다.

Fig. 1 에 기하학적 표현과 위상표현의 관계를 나타내었다. 또 1990 년경에는 Parasolid, ACIS, DESIGNBASE 와 같은 Solid 라고 부르는 library component 제품이 판매되었으며 1995 년 경에는 그것을 이용한 저가의 3 차원 CAD 가 시장에 나타났다. SolidWorks 나 Solid Edge, 2 차원 CAD 인 AutoCAD 의 3 차원 판으로써 Mechanical DeskTop 과 같은 중간급 CAD 가 급속하게 보급되었다. 한편으로는 surface 중심의 시스템에서 패키지로 시판되는 high end CAD 라는 일반적인 제품이 보급되었다. 주된 시스템으로서 닷소시스템사(프랑스)의 CATIA, SDRC 사(미국)의 I-deas, UGS 사(미국)의 Unigraphics 등이 있다. 업계들의 동향으로서는 비교적 의장 곡면이 적으며, 또 부품수가 적은 전기 업계에서는 미들급 중심으로 급속하게 보급되었고 3 차원 설계가 가속되었다. 한편 복잡한 자유 곡면이 많고 부품수가 압도적으로 많은 수송기기 업계는 high end CAD 중심으로, 그 밖의 부품은 2 차원 CAD 상태가 많아, 전체적으로 3 차원화에 대해서는 전기 업계보다 다소 늦어지게 되었다.

이와 같은 형으로 설계에서 제조까지 제품을 만들기 위한 엔지니어링 프로세서의 3 차원화가 보급되는 가운데 CAD/CAM/CAE 에 의한 일관시스템이나 3 차원의 이용에 의한 시간 단축이라는 키워드가 생겨나게 되었다.



**Fig. 1 Relationship between geometry and topology**

### 3. 프로세스 연계 필요성

실제의 현장에서는 3 차원 이용이 보급되었지만 쉽게 활용할 수 있는 수준은 높지 않다. 이를테면 설계부품에서는 3 차원 시스템의 도입은 거의 끝났어도 실제로 3 차원을 이용한 설계부품의 설계 효율(생산성)이 크게 좋아졌다고 할 수 없다. 오히려 종래는 생산기술을 후공정에 맡겼던 부분을 상세 상태까지 정의할 필요가 생겨 설계프로세스 단독으로는 생산성이 떨어지는 경우가 많았다고 판단된다.

해석 프로세스에서는 종래와 같은 도면이나 2 차원 CAD 데이터를 상부공정에서 받아 자체해석을

위한 3 차원 모델을 만들 필요가 없어졌다. 그렇지만 CAD 시스템과 CAE 시스템에서의 데이터 교환의 문제가 있으며 데이터 교환의 불편함이 생겨 대응하여 시간을 많이 뺏기는 문제도 많이 있다.

동일한 상황이 가공프로세스에도 나타난다. 이를테면 금형설계의 경우 상부에서 받은 2 차원 설계정보를 이용하여 2 차원 금형을 설계하는 것이 아니고 3 차원 정보를 받을 수 있게 되었다. 그렇지만 설계 단계에서 고려되지 않은 파팅라인 설정, 음의 구배, 가공수순에 의한 미소형상의 삭제나 재설정 등을 생각하면, 상부데이터를 간단하게 사용할 수 없다. 또 이 단계에서도 데이터교환의 부조화에 의한 여분의 번거로움이 발생하였다.

이같은 상황을 생각할 때 설계에서 가공의 각 프로세스 최적화로부터 다음의 단계인 엔지니어링 프로세스 전체의 생산성 최적화 문제로 이동된 것 같은 느낌이다. 적어도 설계와 해석 사이에서 몇 번이고 되풀이하여 데이터를 주고 받으면서 설계 품질을 높이는 것이나 설계와 가공 사이에 정보를 주고 받음을 되풀이하는 것을 전제한 전체적인 최적화를 고려해야 할 시기에 와 있다고 여겨진다. 따라서 되풀이한다는 것을 생각하면 일관이라는 표현은 별로 적합하지 않은 표현이다.

또 최근의 경향으로서는 설계 정보로 이루어진 제품, 이를테면 시작품에 대하여 측정 기술이 진보하고 3 차원 조사가 행해지게 되었다. Fig. 2[2]에 표시한 제품은 비접촉 레이저 스캐너를 이용하여 측정하였다. 제품 표면의 좌표점과 제품의 3 차원 설계 데이터를 컴퓨터 내부의 공간에서 겹치게 하여 설계와 차이를 거리로 표시하여 볼 수 있다. 이와 같은 등고선 표현으로 대체의 형상을 파악하기 위하여 Fig. 3 과 같이 점 군에 의해 구해진 특징선과 CAD 데이터를 비교하므로써 높은 생산성을 나타내는 3 차원 길이 검사가 가능하게 되었다.

이와 같은 CAT(Computer Aided Testing)시스템이 보급되면서 진정한 3 차원 데이터에 의한 엔지니어링 프로세서가 보급되었다고 여겨진다. 그것은 실제 현장에서 2 차원 데이터가 왜 필요한가 하는 것을 설명하는 것으로, 이는 종래의 검사 프로세서와 연계시켜야 하기 때문이다. 이를테면 외주와 발주계약서에는 반드시 검사를 위한 도면이 필요했다. 검사 공정에서의 도면을 없애기 위해서는 3 차원 CAT 보급이 필요하며, 실제 이미 많은 제조업체에서 그 시도가 널리 행해지고 있다.

저자 등[1]은 CAD/CAM/CAE/CAT 의 네 가지 프

로세스를 Fig. 4 와 같이 그림으로 나타내고 Digital Diamond 라는 이름을 붙여왔다. 이 표현에 의해서 네 개의 프로세스가 어떻게 연계되어 있는가를 간단히 나타낼 수가 있다. 네 개의 엔지니어링 프로세스를 연계하여 물건 만들기가 진행되도록 하기 위해서는 네 개의 프로세스 간의 데이터 연계가 필요하다. 그 의미로 지금의 단계에서 필요한 것은 하나의 CAD 데이터 교환이 아니고 '프로세스 연계를 생각한 Through' 즉 프로세스 커넥터와 같은 소프트웨어가 필요하게 되었다.

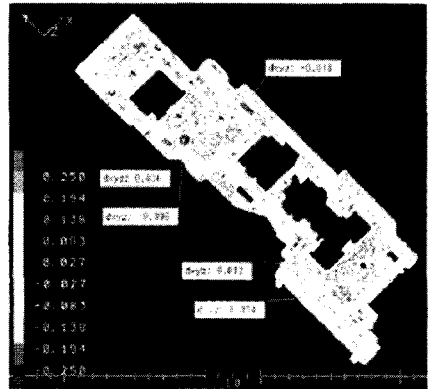


Fig. 2 Example of shape inspection from sp Gauge[2]

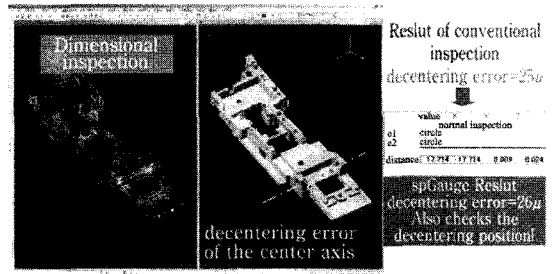


Fig. 3 Example of length inspection from sp Gauge[2]

#### 4. 프로세스 연계의 구체적 문제와 해결방법

Fig. 4 의 Digital Diamond 를 보면 네 개의 프로세스 사이에 6 개의 Path(경로)가 있는 것을 알 수 있다. 실제로 CAD 에서 CAE 로 데이터를 넘겨주는 것이 어렵지만 CAE 에서 무엇인가의 해석 결과로 형상을 변경할 경우 CAE 에서 CAD 의 데이터 교환이 필요하게 된다. 그렇게 생각하면 6 개의 경로에 대하여 쌍방향을 고려하면 12 개의 경

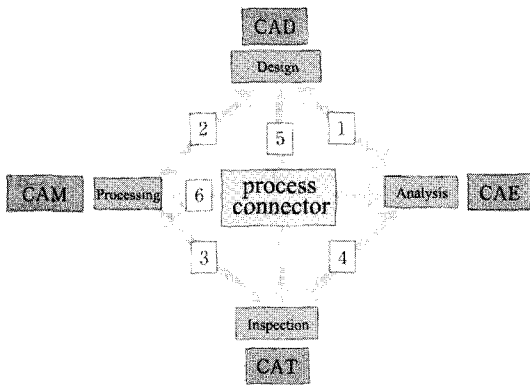


Fig. 4 Digital diamond

Table 2 Import and export types of sp Gate[3]

Import	Export
*CATIA ...V5R16	*CATIA V5R6...R16
*CATIA V4.1.X,4.2.X	*CATIA V4.1.9
*I-deas ...I1NX	*I-deas I1NX
*Unigraphics ...NX3	*Prasolid ...17.0
*Pro/E ...Wildfire2	*ACIS ...R16
*Parasolid ...17.0	*IGES (143/144/186)
*ACIS ...R16	*JAMA-IS V1.04
*IGES ...V5.3	*STEP AP203
*JAMA-IS ...V1.04	*STL *OBJ
*STEP AP203/214	*Rhinoceros 3.0
*Rhinoceros 3.0	*thinkdesign 2005T1
*thinkdesign 2005T1	*Alias Studio Tools 13
*Alias StudioTools 13	*spGauge 6.2.4

로 존재하게 된다. 프로세스를 연계시키기 위해서 고려하는 과제 중 제 1은 어디 어느 곳의 경로로 현재의 데이터가 흐르고, 그 과정에 어떤 문제가 있는가를 생각해야 한다. 본사에서 추진하고 있는 프로세스 연계 상담에서 행한 최초 일이 이것이었다.

다음 단계에서는 사내에서 생각해야 하는 모든 경로에 대하여 어느 시스템에서 어느 데이터 형식으로 데이터를 교환하는가를 검토한다. 사내에서 쓰이는 시스템이 많으면 당연히 검토해야 할 항목도 증가하게 된다. 데이터 형식에 대하여 크게는 원데이터(native data)라고 불리는 시스템 특유의 내부데이터 형식과 IGES 나 STEP 와 같은 두 개의 표준형식이 있다. 데이터의 유통성에서 생각하면 표준형식이 바람직하나 아쉽게도 형식

데이터 교환시에 문제가 많이 발생한다.

자주 혼동되는 말로 데이터 교환과 데이터 변환이 있다. 전자는 당연히 데이터를 주고 받는 것을 나타낸다. 통상 같은 서식이면 그대로 데이터가 건네지기 때문에 데이터의 변환은 필요 없다. 그 의미로 최초로 발생하는 데이터 교환의 문제는 ‘데이터의 형식차이’ 라는 것으로 된다. 전술한 바와 같이 자유곡선이나 자유곡면 등의 기하데이터 표현에는 다항식, 베이지어, spline, NURBS 등이 있으며 형식의 불일치 즉 수식 표현의 차이에 의한 불편이 있으면 데이터가 건너가지 않게 된다. 프로세스 연계로서 최초로 요구되는 기능은 형식이 다른 데이터를 읽어내기(input)와 써내기(output)의 공정으로 간단한 수식 표현의 차이를 변환하는 것이 된다. Table 2[3]에 통상 대응하는 데이터 형식을 일목요연하게 정리해 보았다. 통상 CAD 에 포함되어 있는 읽어내기 기능으로, 건네는 상대가 없기 때문에 표준의 IGES 나 STEP 형식으로 나타내야 상대의 서식과 부조화가 일어나지 않는다. 사단법인 일본 자동차공업협회(JAMA)에서 정의한 JAMA-IS(IGES Subset)는 그것을 해소하기 위한 하나의 방법이다. 첫 번째의 구체적인 문제는 Geometry 의 문제라고 바꾸어 말할 수 있다. 제 2의 문제는 그것에 대한 Topology 의 문제이다. Fig. 1에 보인 바와 같이 슬롯표현의 경우 두 개의 곡면 사이에는 edge 라고 불리는 공통의 곡선이 존재한다. 이를테면 그것이 2개 있든지 분단되어 있으면 Topology 의 부정합이 된다. 또한 원통면 등을 생각하면 전주 360도 회전한 곡면으로 정의한 경우와, 2분할(180도), 3분할(120도), 4분할(90도)로 Topology 가 달라진다. 데이터를 꺼내는 측, 읽는 측에서 같은 범위까지를 다루면 문제가 없으나, 만약 그것을 허용하지 않는 경우에는 불편하게 되기 때문에 변환으로 대응해야 한다.

제 3의 문제는 허용공차 또는 정밀도를 나타내는 tolerance 이다. Fig. 5에 보이는 것과 같이 비교적 초기에 개발되었다. 허용공차가 큰 시스템에서 최근의 고정밀도 시스템 데이터를 건넬 때 문제를 나타내었다. 한편 반대의 경우로 Fig. 6과 같은 문제가 발생한다. 결국 정밀도가 다른 시스템 사이에서도 데이터 교환에서는 tolerance 를 고려하여 마이크로 요소의 삭제, 그것에 맞춘 주변 형상의 수정이나 차이를 메우기 위한 주변형상의 수정 등이 ‘Healing’ 이라 불리는 기능을 구축하여 데이

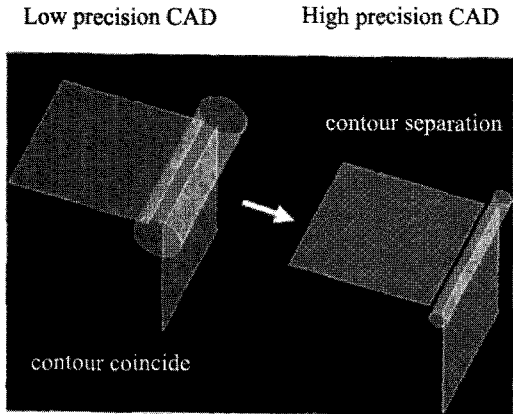


Fig. 5 Problems of input and output data in low and high precision CAD

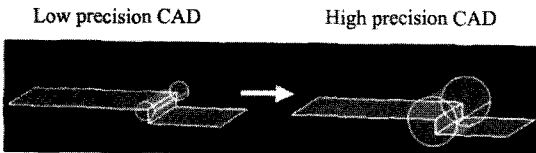


Fig. 6 Problems of input and output data in low and high precision CAD

터를 변환할 필요가 있다. Table 3에 주된 Healing 기능을 나타내었다.

### 5. 이후 프로세스 연계

데이터 교환에서 발생하는 여러 가지 문제에 대응하기 위하여 사단법인 일본자동차공업협회(JAMA)와 사단법인 일본자동차부품공업협회(JAPIA)에서는 수년 전부터 PDQ(Product Data Quality)에 대하여 연구회를 만들어 규격 제정을 꾀하고 있다[4]. 또 세계적으로 JAMA/JAPIA와 연계하여 SASIG(Strategic Automotive product data Standards Industry Group)[5]에서도 규격의 검토가 이루어지고 있다. 주된 내용으로는 데이터를 주고 받을 때 발생하기 쉬운 항목을 이론화하여 정의하고 각각에 대하여 임계값을 수용하도록 범칙을 정하는 것이다. 물론 기업마다 설계하는 제품의 종류, 크기, 형상도 다르며 또 데이터를 어디에 쓰는가에 따라 필요할 정밀도가 다르기 때문에 기업마다 업무에 쓰는 시스템의 조합을 맞추기에 적합한 이론의 임계값 설정이 필요하다. 물론 그 설정에는 고도의 지식과 경험이 요구되기 때문에 한 개의 기

Table 3 Principal function of healing in spGate

■ function of auto healing  
auto recover in light problem model

■ function of manual healing  
Edge public will be healed by operator

Edge public ownership, base curved surface approximate curved line approximate, curved surface approximate increasing precision of the apex, increasing precision of edge, redrawing of curved line, overlap of curved surface, elimination of overlap curved surface nod elimination of micro edge and micro width curved surface, separation of edge and curved surface, prolong of curved surface trimming of curved surface change of area of base curved surface, etc.

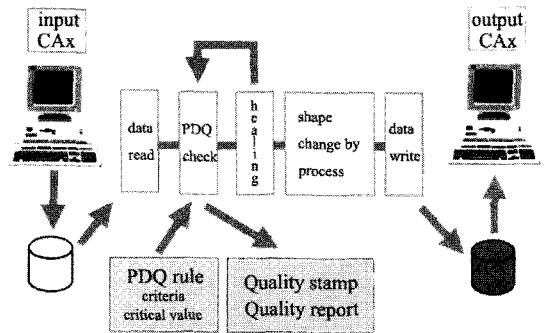


Fig. 7 Flow chart of process

업에서 처리하기에는 어려움이 많다. 이것 때문에 PDQ에 관련하는 컨설팅을 시작한 기업도 있다.

Fig. 7에 프로세스 연계의 주된 흐름을 정리하였다. 먼저 데이터를 읽고 다음에 데이터를 체크한다. 그 시점에서 전술의 이론과 임계값의 설정이 필요하게 된다. 문제가 있는 부분에 대해서는 매뉴얼 또는 자동 healing을 하고 적절한 데이터의 교환이 완료된 데이터를 지정 데이터 형식으로 읽는다. 이후 데이터 체크의 품질 리포트를 출력, 품질 관리, 그것을 인증(품질 STAMP)을 가하는 것을 법칙화하고 있다. 또 Fig. 4의 12개의 Path를 생각할 때 용도에 맞춘 형상 변형도 필요하게 될 것이다. 이를테면 CAD에서 CAE에 데이터를 넘길 단계에서 해석에 필요하지 않은 형상, 즉 마

이크로 힌, 돌출물, fillet 각도 등에 대하여는 메쉬 생성기에 입력하기 전의 단계에서 제외하는 것이며 해석의 속도를 높일 수가 있다. 그 의미에서는 되풀이하는 해석의 전처리와 실제 계산의 생산성을 높이기 위하여 사용자가 의식한 형상편집의 기능이 요구된다. 이와 같은 기능은 사용자마다 요구가 다르기 때문에 상용화 가능한 프로세스 연계가 필요하다. 적용에 추가될 수 있는 소프트웨어 조합형의 변환과 개발환경으로서의 플랫폼 [6]도 필요하게 될 것이다.

### 6. 차세대 CAD 의 이미지

마지막으로 CAD 의 ‘미래를 점친다’ 라는 생각으로 차세대 CAD 의 이미지를 정리하여 보려 한다. 먼저 기술적인 진보의 경로로 CAD 를 세대별로 정리하면 3차원 시스템의 제1세대는 아래와 같이 변화여 왔다. 제1세대의 출발은 전술한 바와 같이 1970년대에 각 자동차 제조사의 바디 프레스 가공의 필요에서 사내 시스템으로 개발이 시작되었다. 도요다의 TINCA, 미쓰비시의 MCAD 등은 곡면의 정의와 가공을 위한 시스템이다. 한편 미국에서는 항공, 우주, 국방의 관계로서 해석의 필요에 Nastran 이나 CAEDS 와 같은 해석 시스템이 생겨나 곡면의 정의의 시스템으로써 Goemod 등이 시판되게 되었다. 이것도 내부 필요로 생긴 것으로 후에 패키지로 되는 기초가 되었다. 국내 외의 거의 모든 자동차 메이커에서는 Table 1에 표시한 것과 같이 의장곡면의 설계를 위한 회사 자체 CAD 개발이 이루어졌다. 제1세대를 한마디로 나타내면 ‘필요성으로부터의 탄생’ 이라는 것을 알 수 있다. 제2세대에 대해서도 한마디로 표현하면 ‘기술의 보급’ 이라고 말할 수 있다. 제2세대는 parametric modeling 이라는 개념으로 parametric technology(PTC)사에서 개발한 Pro/Engineer 시스템이 첫 번째라고 생각된다. 초기에 간단하게 형상을 정의하여 그것을 파라미터를 바꾸어가며 변형시키는 발상은 선요소(wire frame)를 만들어 곡면(surface)으로 펼쳐나가는 방법에 비해 심분 유연하며 복잡한 자동차 바디 이외에서도 다양하게 디자이너들에 의해 받아들여 졌다. 형상 정의의 이력이나 파라미터 변형이라는 개념은 원래 CSG solid 사에서 기초한 것으로, PTC 이외에 캠브리지 대학의 연구자들이 Parasolid 나 ACIS 라는 ‘Solid Neck’을 만들고 component 로써 CAD vender

Table 4 The 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> generation computer

	1 <sup>st</sup> /2 <sup>nd</sup> generation	2 <sup>nd</sup> generation
hardware	host computer	EWS · PC
OS	MVS	UNIX · Windows
architecture	host and terminal	host and terminal
frame wire	solid hybrid	
	surface	
shape	in company	maker package
type	space craft · airplane · transportation machinery and tool	electrical · machine tool · world wide

에 기술 제공을 시작하였다. 1995 년경에서 나오기 시작한 middle range CAD 라 불리는 저가격, 단품 입체로 정의되는 시스템을 전기업계를 중심으로 보급해 나갔다. Parametric modeling 과 solid Kernal 이라는 기술이 3 차원 보급의 시작이었다라고 해도 좋을 것이다.

제 2 세대는 사업의 규모와 형상적 필요성에서 회사자체의 제 1 세대 surface CAD 개발에 참여하지 않았던 전기 업계에서 급속하게 보급되었다. 오히려 자동차업계는 뒤쫓아 바디 이외의 기능부품에 solid CAD 를 도입하는 상황이 되었다. 제 2 세대에는 제 1 세대적인 surface package 에 solid 기능을 더하여 surface 의 기술이 기능으로 되어 추가되고 혼성(hybrid)화한 단계로서 자동차 업계에서도 전 부품에 적용한 통합 시스템의 시대가 되었다.

Table 4 에 제 1 세대와 제 2 세대를 비교한 시스템, OS 의 구조, 데이터의 종류, 보급한 형태, 보급한 업종의 5 개의 항목으로 정리했다.

제 2 세대의 특징가운데서 특히 자동차업계에 있어서 보급 형태가 회사자체 제품에서 시판하는 CAD 를 채용하는 것으로 변화한 이유에 대하여 말하여 보겠다. 내부제작시스템에서 패키지 도입으로 변화한 이유의 첫번째는 역시 개발비용이 크기 때문이다. Wire frame 과 surface 기술, 바디 설계의 프로세스에 적합한 시스템을 개발하는데까지는 규모가 큰 자동차 및 2 륜 자동차 메이커에 가능했다. 그러나 solid 를 포함한 범용설계 시스템을 자사 개발한 것은 코스트가 폭발적으로 높아져 비용문제에 체념하지 않을 수 없었다. 또 제 2 의 solid 기술 개발자의 질과 양의 확보가 곤란한 것도 원인의 하나가 될 수 있다. 제 1 세대의 키워드는 ‘필요에서의 탄생’이며 제 2 세대에서는 패키

**Table 5 Three types of software**

one of (one of a kind)	Special user, user for original software in company CAD
off the rack (package software)	CATIA, Unigraphics, Pro/ENGINEER, SolidWorks, Inventor, One Space
mass customize	application of API, package customize

**Table 6 Degree of freedom**

Degree of freedom in area	PDM · PLM · CAD/CAM/CAE/CAT
Degree of freedom of process	template · knowledge · parameter
Degree of freedom of shape	mapping · deformable global · shape · modeling
Degree of freedom of operation	HAPTIC interface (haptic device)

**Table 7 Image of 3<sup>rd</sup> generation**

free data	wire frame, surface, solid, point group, polygon, volume
free system	grid Comp, agent direction auto/simple modeling, 3D sensible mouse
free design	process mass customize, module software, auto/simple modeling, 3D sensible mouse

지 시스템이 진보하고 자사 개발의 필요성이 감소하게 되었다. 또 복수의 부서, 관계회사간의 데이터 주고 받기를 고려하면 데이터 교환의 부조화 발생을 억제하기 위해서는 시스템 통합의 필요성도 있다. 전체적으로 볼 때 10년에서 20년 사이에 기술도 사회적인 환경으로 변화했다고 판단된다.

이로부터 제 3 세대는 어떻게 되겠는가? 힌트가 되는 몇 가지 항목을 생각하여 보았다. 그 첫 번째로 소프트웨어 타입의 변화이다. Table 5의 3가지 소프트웨어 타입을 적어 보았다.

최근의 한 예로 내재 시스템, 자사 전용 시스템을 나타낸다. 이는 제 1 세대의 전형적인 예이다. 다음으로 off the rack 이라는 말로서 선반에 내려놓은 그 상태로 팔리는(쓸 수 있는) 패키지 소프트웨어를 말한다. 제 2 세대의 주류이다. 전문한 자

사 개발한 제품의 모든 문제와 범용 시스템을 사용하였을 때의 불만을 해소하는 방법으로서 제 3의 타입으로 mass customize 라는 생각을 할 수 있다. 최근 흔히 말하는 template 나 knowledge 라 하는 말로 생각해도 좋다. Mass customize 라고 하는 말은 제 3 세대의 힌트로 될 수 있다고 판단된다. 두 번째 힌트가 되는 말은 re-path 이다. Fig. 4 에서 digital diamond 의 화살표가 현시점에서 거의 위에서 아래로 향하고 있다. 소위 상부 공정설계데이터를 후공정에 넘겨주어 이용하는 흐름, 즉 상부공정의 데이터가 후공정에 다시금 정보로 사용되는 데이터 생성=generator 라 할 수 있는 흐름으로 설계가 이루어지고 있다. 그 때문에 프로세스를 연계하는 다리=generator bridge 와 같은 인터페이스가 필요하다. 한편 3차원조사의 수단으로서 비접촉 측정기의 진보와 CAT 시스템의 진보는 검사정보를 위로 돌리는 흐름을 만들어 내고 있다. 소위 진보한 reverse engineering 은 역방향의 데이터 수수 즉 'reverse bridge'를 요구하기 시작하고 있지 않을까? 이 기술에 의하여 제품정보의 상부 설계를 수정한다. 즉 부조화, 불량을 내지 않게 하기 위하여 front loading 으로 물건을 만들고 자체를 해석하는 것이 가능하게 되었다. 실제로는 지금까지의 현장에 있는 베테랑 기술자의 물건 만들기 감각, 오랫동안 안목적으로 쌓아 올린 경험의 의미는 reverse engineering 인 것이다. 세 번째 힌트는 자유도이다. 최근 주목되는 기술을 Table 6에 표시한 영역 자유도, 프로세스 자유도, 형상 자유도, 작동 자유도 라는 4개의 자유도로 종합하여 보았다. 기술의 진보와 더불어 제약은 점점 해소되어가고 있다. 최후로 이와 같은 문제를 본사에서 관여하고 있다. 두 개의 연구소에서 차세대 기술로서 각각 두 개의 프로젝트 기술인 V-CAD framework 와 JAVA framework 을 담당하고 있다. V-CAD 연구 개발은 이화학 연구소에서 이루어지고 있으며 surface, solid, point group, polygon, volume 등의 모든 데이터에 대응한 frame work의 개발과 그 위에 동적 해석 시스템의 연구와 개발을 행하고 있다. 한편 제품제조의 bridge home 은 경제산업성산업총합연구소내의 첨단 제조센터에서 JAVA 에 의한 자유도를 이용하여 높은 개발환경 즉 framework 를 개발하고 있다. 이것을 종합하여 미래의 3 세대를 한마디로 나타내면 '제약에서의 해방'이라 해도 과언이 아니다. Table 7에 3

lower price and better quality product, better fast and lower price, offer to market	
Value	Maximize
Quality	Maximize
Cost	Minimize
Delivery	Minimize

Fig. 8 Goal of production industry design

세대 이미지를 정리하여 보았다. 먼저 데이터에 대하여 말하면, wire frame 까지 설계자는 최적의 좋은 데이터를 같은 환경에서 보고, 접촉, 창조할 수 있다. 시스템에 의한 제약도 없어진다. 프로세스가 연계되어 있으면 CAx 에 관계되는 소프트웨어를 자유로이 조합할 수 있다. 그리드 컴퓨터 사용으로 용량과 능력의 제약도 없어진다. 에이전트 지향의 OS 를 이용하면 같은 모델에 대해서 여러 사람이 참여하지 않고 접근 할 수 있게 될 것이다.

디자인 툴(tool)의 조작도 각각 디자이너의 프로세스를 합쳐서, 만들어 넣기 용이하게 할 수 있게 되고, 모델링도 지금 이상으로 자동 기능을 조합해 감이 나쁘지 않은 툴을 쓰게 할 수 있다. 당연한 일이지만, 입출력의 device 도 보다 3 차원을 직감적으로 다루게 되는 것이 필수적으로 쓰이게 될 것이다. 이 장의 전반에는 차세대 시스템 기술의 관점에서 기술에 의한 제약을 없애고 보다 자유로운 툴을 제공한다고 말해 왔다. 그것을 무엇 때문에 하겠는가? 저자[1] 도 이에 대하여 해설하였다. 제조산업의 목표에 대하여 Fig. 8 에 나타내 보았다. Fig. 8 에서 보인 바와 같이, 제조업이 살아남기 위해서는 제품의 품질을 강화하는 것이다. 타사와 비교하여 가격과 품질 관점에서 보다 좋은 제품을 보다 빠르고 보다 싸게 시장에 제공해야 한다. 그렇지만 신제품 개발에서 종래 제품 또는 타사보다 좋은 제품을 만들어 내기 위해서는 최종적인 생산 설계 process 뿐만 아니라 많은 액수의 비용과 시간이 걸린다. 종래 제품과 같은 것을 만드는 것에는 코스트와 기간이 그리 필요하지 않았다. 그러나 제품의 품질 차이가 크면 클수록, 즉 신제품의 V(가치) 와 Q(품질)을 종래에 비교해서는 최대한 하고 리스크를 피하기 위해서는 시작품의 수가 증가하고 당연히 C(코스트)와 D(납기)는 자연히 크게 된다. 그 제약 가운데에서 C

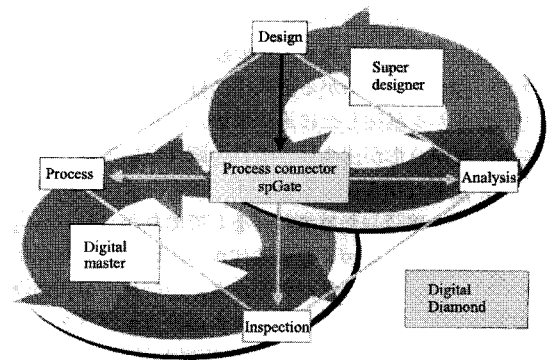


Fig. 9 Digital enterprise

와 D 를 최소화하기 위해서 최선의 툴이 필요하게 된다. 제 3 세대 툴을 생각할 때 VQ 의 어디를 어느 만큼 크게, CD 를 어떻게 작게 되는가 라는 목적과 목표가 중요하며, 절대로 수단과 목적을 역전 시켜서는 안 된다. 기술과 툴은 어디까지나 수단일 수 밖에 없다.

또 하나의 이상적인 목표의 이미지로서, Fig. 9 에 digital enterprise 의 그림을 그려 보았다. 물건 제조의 원점에 있어서 engineer 는 모든 것을 파악하지는 못할 것이다. 이것은 예상에 불과하지만 本田終一郎氏는 자기가 설계한 오토바이의 강도계산을 자기 스스로 하였을 것이다. 요한요소법의 시스템은 없어도 계산자와 단면계수계산에서 강도의 예측과 형상의 검토를 동시에 하였을 것이다. 도면이 완성되면 현장에서 직장들과 어떻게 만드는가를 논의했을 것이 틀림없다. 만들기 쉽도록 도면을 고쳐가면서 형체가 정해지게 된다. 시작 자동차가 되면 자기 자신이 직접 타고 뛰면서 진동이나 소음, 가속 엔진의 분출 조절 성능을 확인했을 것이다. 그리고 그것이 설계에 반영될 것이다. 그러한 제조방법의 시대에서 시간과 더불어 기업의 규모는 크게 되고, 부분으로 나누어지고, 전문화 및 분화가 진행되어 왔다. 디지털을 사용한 시스템의 발달은 플러스가 크지만, 한편으로는 시스템의 크기가 복잡하여 더욱 전문화 및 분화를 촉진했다고 생각한다. 그 결과, 섹션의 벽도 생기고, 한 사람의 engineer 가 관여할 수 있는 범위는 좁아져 왔다. 본래의 디지털의 이점이 정말로 살려지게 되려면, 실제로 텔레비전 게임의 세계와 같이 시스템 안에서 여러 가지의 일을 생각하게 되고, 시험과 레벨을



울릴 수가 있게 되지 않을까 생각한다. 임천당세대, 플레이스테이션 세대가 제조업에 많이 유입된 시대에 맞추어, 시스템이 사람을 교육하든지, 경계의 벽을 낮추게 하든지, 단시간에서 몇 번의 trial and error 할 수 있는 구조를 만들 필요가 있다.

Fig. 9 에는 디자이너 스스로가 컴퓨터라는 가상공간 안에서 각양 각색인 아이디어를 모델화하고, 그것에 의한 성능 및 기능의 차이를 간단하고 단시간에 해석할 수 있게 나타내 보았다. 수퍼 디자이너는 CAD 와 CAE 의 사이를 간단하게 오고 가면서 형상을 최적화 할 수 있게 된다. 한편에서, 디지털 마이스터는 가공의 시물레이션, 프레스 형이나 프라스틱 형에서의 성형 시물레이션 뿐만 아니라, 실제로 만들어진 시작품의 리버스 엔지니어링을 조합하는 것에 의하여 형을 어떻게 하면 좋겠는가를 virtual 공간에서 몇 번이고 시도할 수 있게 된다. 과거의 데이터는 디지털로 관리되기 때문에, 조건을 바꾸어도 결과를 신뢰할 수가 있다. 게임 중에서 롤플레이에 상당하는 것을 디지털 엔터프라이즈의 디자이너와 마이스터가 담당하는 시대를 만드는 것이 정말로 제 3 세대의 시스템 역할이 아니겠는가? 그런 목적 및 목표를 위한 새로운 기술의 개발이 기대되고 있다.

## 7. 맺는 말

게임의 롤플레이에 상당하는 역할을 디지털 엔터프라이즈의 디자이너와 마이스터가 담당하는 시대를 만드는 것이 제 3 세대의 시스템 개발의 목적 및 목표이다.

본 논문은 한국소성가공학회와 일본소성가공학회의 번역 게재협정에 의하여 저자의 허락을 생략하고 번역하여 게재합니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 秋山雅弘·原口英紀 : デジタルプロセス・イノベーション,(2001), 日経 BP 社.
- [2] spGauge についての URL  
<http://www.armonicos.co.jp/spgauge/index.html>
- [3] spGate についての URL  
<http://www.armonicos.co.jp/spgate/index.html>
- [4] JAMA/JAPIA の PDQ についての URL  
[http://www.jama.or.jp/cgi-bin/pdq/download\\_pdq.cgi](http://www.jama.or.jp/cgi-bin/pdq/download_pdq.cgi)
- [5] SASIG の PDQ についての URL  
<http://www.sasig.com/index.php?page=1&section=4>
- [6] CAXPlatform についての URL  
<http://www.armonicos.co.jp/caxplatform/index.html>