

# AutoCAD 프로그램을 이용한 자동 펌프설계 시스템 개발

김일수\*, 정영재\*\*, 이창우\*\*, 박주석\*\*\*

## Development of an Automatic Pump Design System Using AutoCAD

Ill-Soo Kim\*, Young-Jae Jeong\*\*, Chang-Woo Lee\*\*, Ju-Seog Park\*\*\*

### Abstract

Recently, industry has moved towards automated operations with the goal of achieving better product quality, greater productivity and reliability. The pump design is characterized by extensive utilization of the related database which contains performance data. The inputs to the system are through interactive dialogue sessions and the basic input consist of flow rate, head of fluid, efficiency and the customer special requirements. These basic inputs along with the numerous rules in the knowledge bases and the mathematical modelling enable the effective design of the pump industry. This paper represents the development of an automatic pump design system that was composed of a main program, the data input module, the drawing module, the drawing edit module, and was programmed by the AutoLISP language under the AutoCAD program. The developed system ultimately generates the design for a pump through the AutoCAD language.

**Key Words** : Automatic Design(자동설계), CAE(Computer Aided Engineering), CAM(Computer Aided Manufacturing), 시뮬레이션(Simulation)

## 1. 서론

펌프는 오랜 인류역사에 걸쳐 농업 용수용에서 발전소 보일러 급수용, 더 나아가 우주로켓의 연료분사용에 이르는 거의 전 산업현장에서 중요한 역할을 담당하고 있으며,

용도 및 설치위치에 따라 다양한 형태의 펌프가 요구되고 있다. 그러나 현대 산업사회는 제품의 소형화 및 정량화로 인해 각종 설계의 표준화가 절실하게 요구되고 있음에도 불구하고, 대부분 숙련된 기술자의 경험과 직관적 판단에 의하여 수행되므로 일하여 정량화된 기준이 마련되지 못하

\* 북오대야교 기계공학과  
(김일수 ilsookim@nokpo.ac.kr)  
\*\* 북오대야교 기계공학과 대학원  
\*\*\* 울산 기술대학교

고 있는 실정이며, 이러한 문제점을 보완하기 위하여 극히 일부기업에서 CAD시스템이 도입되어 설계에 이용하고 있다<sup>(1-2)</sup>. 또한 CAD시스템을 사용하는 설계자들은 증가 추세에 있지만, 대부분 설계자들이 기존의 CAD시스템을 사용하면서 많은 문제점을 인지하면서도 여건상 기술개발을 하지 못하고 있는 실정이다<sup>(3-5)</sup>. 따라서 향후 국내 펌프 제작업계의 기술수준 향상과 대외 경쟁력 확보 여부는 고기능, 고품질의 제품설계 기술의 확보 및 CAD/CAE 기술을 기반으로 한 고기능 통합 설계지원 기술이 제품 설계기술의 고도화에 핵심기술로 인식되고 있다. 이러한 측면에서 볼 때 고기능 CAD/CAE 소프트웨어 기술의 국산화 및 이를 기반으로 한 설계 자동화는 필수적이라 판단된다<sup>(6-8)</sup>.

한편 펌프의 제작시 펌프의 부품들은 다양한 조건에 따라 여러 형태로 제작되어야 하는 복잡한 설계조건을 가지고 있고, 그 설계에 따라 펌프의 효율과 성능에 막대한 영향을 미친다. 하지만 기존의 설계 시스템은 급변하는 현대의 흐름인 다양화와 고효율을 이룰 수 있는 체제를 유지하지 못하고 설계자의 경험적 설계에 의존하다 보니 소비자가 원하는 형태의 펌프를 제작하는데 많은 시간과 인력을 요구하고, 또한 정밀도에서도 의심의 여지가 남아 있는 실정이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 전자동 펌프 설계 시스템을 구축하여, 다품종 소량생산 체제로 생산성을 향상시키고, 다양한 소비자들의 요구에 유연성을 확보하고, 대·외 경쟁력의 향상이 시급히 요구되고 있다.

본 연구는 펌프의 크기 및 특징에 따라 축적된 지식 및 경험을 바탕으로 구축된 데이터베이스를 기초로 하여, 단순히 펌프 설계변수의 초기값을 입력하면, 최적의 펌프를 설계할 수 있는 전자동 펌프설계 시스템 시스템을 개발하고자 한다. 이를 위하여 펌프 관련지식과 펌프 설계도면 자료를 비교·분석하여, 알고리즘을 개발하고, 이를 기초로 AutoCAD 프로그램내의 AutoLISP 언어를 이용하여 코딩한 후 그 결과를 AutoCAD로 도면화 하였다. 또한 본 시스템은 설계자가 펌프설계 변수의 초기 값(유량, 양정, 펌프효율)을 직접 입력하여 펌프를 설계할 수 있으며, 펌프설계에 전문적인 지식이 없는 설계자도 컴퓨터화면에 제시되는 초기값의 단순히 입력만으로 원하는 펌프를 설계할 수 있다.

## 2. 펌프설계 시스템의 개발

본 시스템은 주프로그램(main program), 초기치입력 모듈(data input module), 도면작성 모듈(drawing module),

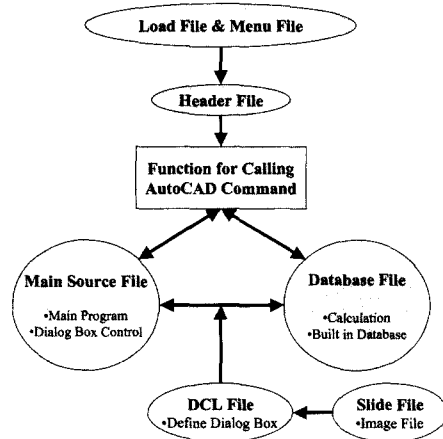


Fig. 1 Structure of the developed system

도면편집 모듈(drawing edit module)로 구성되어 있다. 펌프설계 프로그램 진행 방식은 선택의 다양성을 위하여 주로 대화방식을 이용하였다. 펌프설계에 사용된 프로그램 언어는 AutoCAD 환경 하에서 지원되는 AutoLISP 및 Visual C++ 언어를 이용하였다.

Fig. 1은 펌프설계 시스템의 구조를 나타내며, 주요 소스 코드는 소스파일과 데이터 베이스 파일로 분류하였다. 소스 파일은 C++ 언어의 헤더파일, ARX 환경을 만들어 주는 파일과 수학적 함수 계산을 하는 파일로 구성하였으며, 대화상자의 제어, 솔리드 모델의 개발 및 치수기입 등을 포함하고 있다. DCL(Dialog Control Language)은 모든 대화상자를 포함한 것으로 텍스트 형태, 오차 및 경고 메시지와 설계에 필요한 각종 정보를 나타낼 수 있도록 구성하였다. 대화상자 내에 이미지 파일을 연결하여 각종 부품의 형상을 쉽게 이해할 수 있도록 하였으며, 대화상자 내에 라벨과 키를 사용하여 ARX 프로그램과 접속하였다. 초기 명령어를 풀다운 메뉴를 이용하여 AutoCAD 상에서 자유롭게 사용할 수 있도록 AutoCAD 초기화면에 등록하였다.

### 2.1 주프로그램(main program)

주프로그램은 시스템의 전체 프로그램을 로드시키고 작업환경을 관리한다. Fig. 2는 전자동 펌프설계 시스템의 구조를 나타낸다. 추가로 자동 펌프설계에서는 부품의 특징에 맞게 펌프 형태 및 크기를 표준화하였으며, 특수 사양인 경우는 비슷한 사양을 수정, 편집하거나 유사한 데이터를 입력하도록 구성하였다.

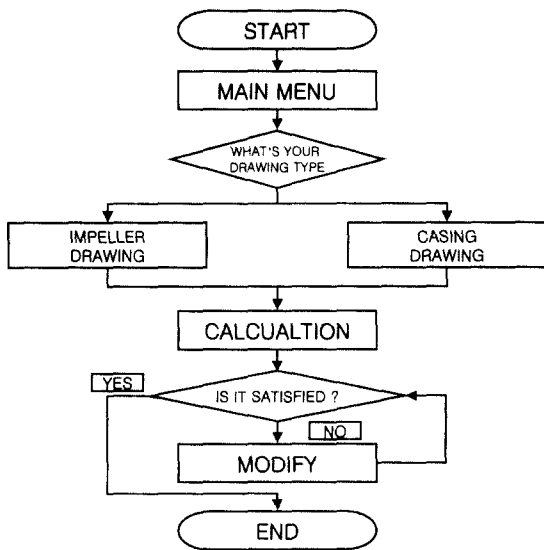


Fig. 2 Structure of the system for automatic pump design

### 2.2 초기치 입력모듈(data input module)

초기치 입력모듈은 펌프설계 초기값을 입력하는 모듈로서 펌프의 종류선택, 날개수 선택, 설계변수 입력방법 선택 부분으로 구성되어 있다. 펌프설계에 필요한 기본변수들은 유량, 양정, 펌프효율 등이 있으며 이 값들은 사용자가 직접 정의해 주어야 한다. 설계변수의 입력방법은 사용자가 원하는 변수값을 직접 입력하는 방법과 프로그램 내에 미리 정해진 초기값에 의하여 자동적으로 입력되도록 하는 방법이다.

### 2.3 도면작성 모듈(drawing module)

펌프 설계는 제품형상에 따라 임펠러와 케이싱으로 분리하고, 각각의 펌프별로 규격과 형상이 달라지므로 제품의 특성과 용도에 적합하게 설계되도록 구성되었다. 또한 설계 순서에 따라 설계되어지는 지식과 경험을 데이터베이스로 구축하여, 설계 및 제작기술의 변화로 인한 새로운 관련자료를 데이터베이스의 수정과 삭제를 용이토록 하였다. 부품의 추가 및 삭제 등 설계의 전반적인 사항을 수정편집이 가능토록 구성하였다. 우선 대화상자가 생성되면 도면형태의 설정을 묻게 되는데 제품의 종류를 선택하면 자동적으로 도면의 형식이 지정될 수 있도록 구성하였다.

### 2.4 도면편집 모듈(drawing edit module)

도면편집 모듈은 전체 펌프의 도면을 출력하기 위한 편집

기능을 수행한다. 위의 각 모듈들이 수행되고 난 후에 편집 모듈을 이용하여 각 단계에서의 결과를 출력할 수 있다. 본 연구에서 개발된 프로그램은 16Mb 이상의 메모리와 2Mb 이상의 VGA 카드를 장착한 486급 이상의 PC에서 작동이 가능하며 운영체제로는 Windows 95를 사용하고 있다.

### 2.5 시스템의 규칙 및 데이터베이스

본 시스템에서는 펌프설계에 대한 전문기술지식을 펌프설계이론, 여러 펌프 제조업체로부터 축적된 연구결과 및 생산현장전문가의 경험적 지식에서 추출하여 일반적이고 모순이 없는 사항에 대하여 규칙과 데이터베이스를 구축하였다. 규칙은 의사결정에 기초한 "IF(condition) THEN(actions)" 형태의 생산규칙을 사용하였으며, 조건부의 정보에 따라서 결과부의 정보를 계산하며 다음 조건부의 입력정보가 되도록 구성하였다. 또한 경험적인 설계지침들과 노하우(know-how)를 체계화하여 정량화 하였으며, 정량화된 데이터는 시스템 내의 추가적인 구축을 용이하도록 하였다.

### 3. 시스템의 적용 및 고찰

본 연구는 펌프설계를 자동화하기 위한 연구로, 개발된 자동화 펌프설계 시스템을 전체적인 적용사례를 통하여 그 결과를 고찰하였다. 먼저 개발된 시스템을 AutoCAD 상에 로드하면 Fig. 3과 같은 초기화면이 나타난다. AutoCAD 상에 메인메뉴와 같이 풀다운 메뉴를 사용하며 추가되는 데이터베이스에 따라 스크립트(script) 파일로 만들어 새로운 메뉴로 등록할 수 있도록 하였으며, 이 파일은 텍스트 파일로 만들 수 있어 추후 필요한 메뉴를 추가 할 수 있다. Fig. 4는 펌프의 초기값을 결정하는 대화상자로 펌프의 크기를 입력하면 자동적으로 계산하여 최적의 펌프를 설계한다. Figs. 5~6는 설계한 펌프의 임펠러 및 케이싱의 최종 설계도면을 나타낸다.

한편 개발된 시스템을 성능평가하기 위하여 초기값으로 펌프유량 2 m<sup>3</sup>/min, 양정 30 mm, 펌프효율 80%를 선정하였다. 먼저 펌프설계에 전문적인 지식이 없는 비전문가가 개발된 시스템을 이용하여 설계한 시간, 펌프설계에 경험이 있는 설계자가 기준방식을 이용하여 설계한 시간, 마지막으로 상업용 설계프로그램인 AutoCAD를 이용하여 설계한 시간들을 20회 반복하여 평균한 시간을 Table 1에 나타내었다. 개발된 시스템을 이용한 펌프(impeller와 casing) 설계 시간은 80초가 필요한데 비해, 기준방식 및 AutoCAD

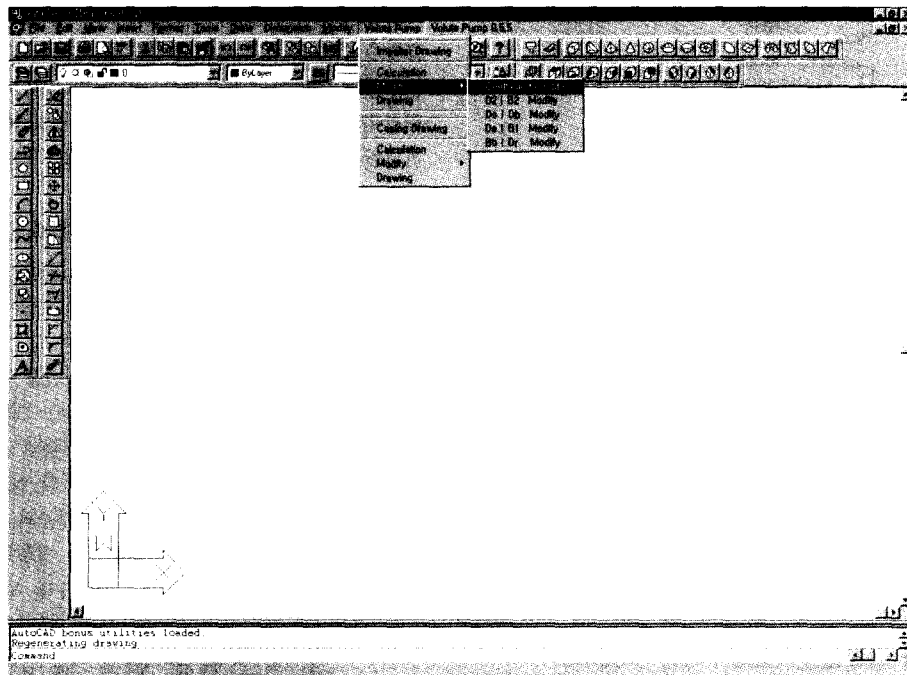


Fig. 3 Illustration of drawing for toptdown menu

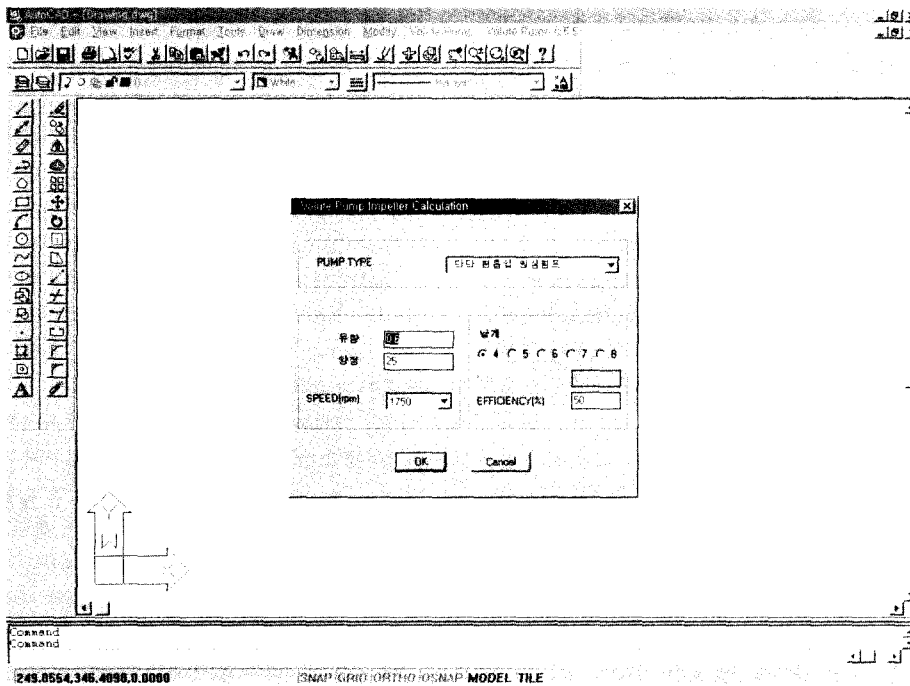


Fig. 4 Illustration of drawing for dialog box

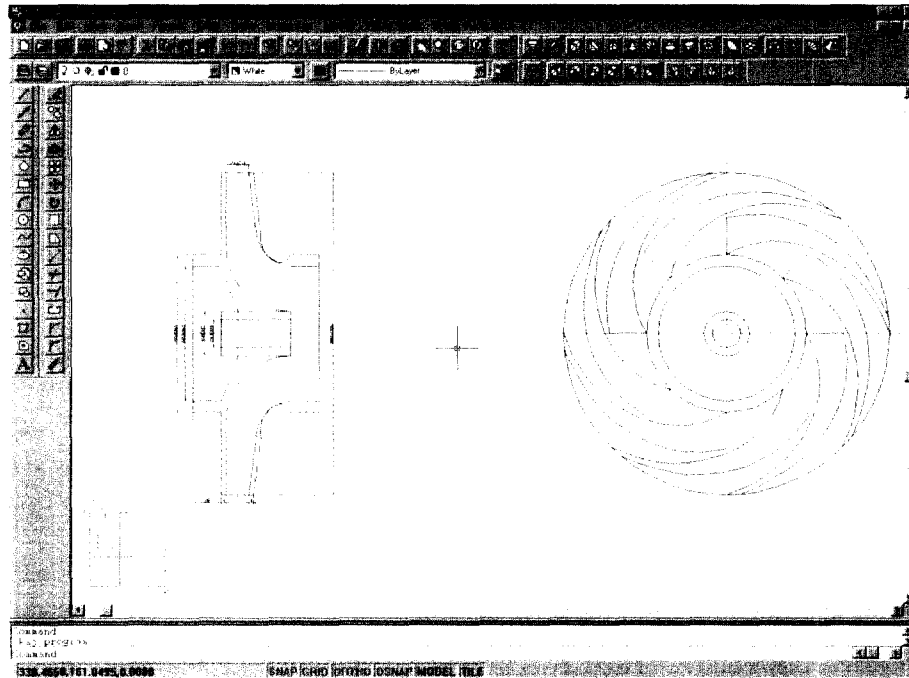


Fig. 5 Illustration of drawing for impeller

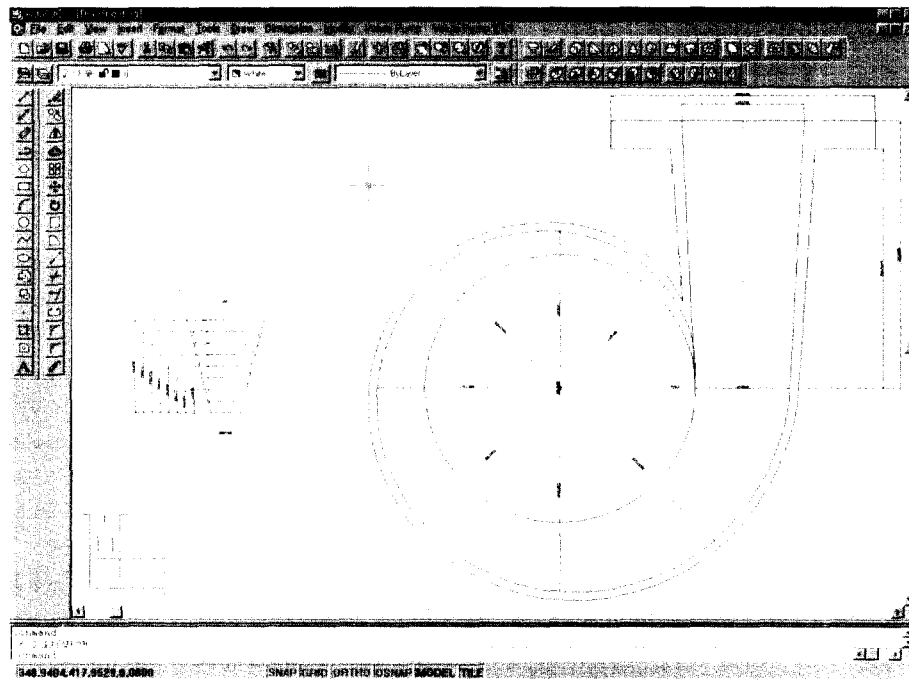


Fig. 6 Illustration of drawing for casing

**Table 1 Comparison between drawing times from traditional methods and from developed system**

Item	Drawing Time		
	Manual Design	Commercial CAD Design	Developed System
Impeller	13Hour	11Hour	40Sec
Casing	15Hour	12Hour	40Sec
Total	28Hour	23Hour	80Sec

\*비교표는 펌프도면 20매 정도를 기준 하였음.

를 이용하여 펌프를 설계하는데 각각 28시간 과 23시간이 소요되는 것을 알 수 있었다. 개발된 시스템을 펌프설계에 이용함으로 설계시간이 기존방식보다 현저하게 단축될 뿐만 아니라, 부품이 데이터베이스에 의해 AutoCAD상에서 자동설계되므로 부품의 위치치수 및 크기, 형상, 치수누락 등에 대한 설계불량이 없어서 부수적으로 원가절감을 기대할 수 있다.

현재까지 펌프분야에 설계 자동화 시스템 개발에 관한 연구가 전무하며, 특히 다품종 소량 생산형태인 특수 펌프설계에 본 시스템을 이용함으로써 설계에 소요되는 시간의 단축을 통하여 국내의 경쟁력 확보의 효과를 얻을 수 있었다. 또한 출력된 도면 데이터는 AutoCAD 내에서 IGES 파일로 전환하여 펌프의 열·유체 해석을 위한 유한요소법(Finite Element Method) 또는 CAM의 전처리과정으로 사용될 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구는 현장에 근무하는 작업자의 축적된 경험과 설계 지식을 데이터베이스화하고 설계자료를 기초로 하여 설계자가 신속하고 정확하게 설계할 수 있도록 CAD 프로그램을 이용하여 전자동 펌프설계 시스템 구축하였다. 또한 데이터베이스가 리스트파일로 구성되어 있기 때문에 사용자가 수정, 추가, 삭제 등 편집이 용이한 유연성을 가지고 있다. 특히 여러 종류의 펌프 제품에 대하여 시스템을 테스트 해 본 결과 펌프설계에 적용 가능함을 확인 할 수 있었으며, 펌프설계에 전문적인 지식이 없는 작업자도 이 시스템을 이용함으로 인건비 절감 및 생산성 향상도 기대할 수 있었다.

앞으로 개발된 전자동 펌프설계 시스템이 보다 실용성 있고 다양한 기계요소 설계에 이용될 수 있도록 하기 위해서는 다양한 종류의 펌프설계에 관한 데이터베이스 구축 및 관련 알고리즘 개발과 유한요소법(FEM) 등의 수치적 해석 방법을 이용한 정밀한 설계 프로그램이 개발되어야 할 것이며 더 나아가 컴퓨터를 이용한 CAD/CAM 시스템으로의

발전에 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

#### 후 기

본 연구는 목포대학교 식품산업기술연구센터를 통한 한국과학재단 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사 드립니다.

#### 참 고 문 헌

- (1) Foundyller, C. M., "CAD/CAM, CAE", Daratech, Vol. 1, pp. 3.1~3.20, 1984.
- (2) Besant, C. B., "Computer Aided Design and Manufacture", Ellic Horwood Limited, 1983.
- (3) Eric, T., "CAD/CAM Hand Book", Graphic System, Inc, pp. 87~96, 1984.
- (4) King, C. H. and Rong, N. C., "Polyhedron Reconstruction Using Three View Analysis", Pattern Recognition, Vol. 22, No. 3 pp. 231~246, 1989.
- (5) John, K. Y., "Advances in Computer Generated Imagery for Flight Simulation", IEEE Computer Graphics and Applications, pp.47~51, 1985.
- (6) Michael, J. Z. and Robert B. M., "Flight Simulation for under \$10000", IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 19~27, 1986.
- (7) Donald, H. and Baker, M. P., "Computer Graphics", NewJersey, Prentice-Hall, Inc, 1986.
- (8) Sutherland, I. E., "SKETCHPAD : Machine Graphical Communication System", Spring Joint Computer Conf., Spartan, Baltimore, Md, 1963.
- (9) Takagi, T., Kobayashi, J., Miyashiro, H. and Morimoto, H., "Performance Prediction of Single-suction Centrifugal Pumps of Different Specific Speeds", ASME 25th and 22nd Annual Fluids Engineering Conference, New Orleans, Louisiana, pp. 227~234, 1980.
- (10) Japikse D., "Centrifugal Pump Design and Performance", Concepts ETI, Inc., 1997.
- (11) Karassik, I. J., Krutzsch, W. C. and Fraseir W. C., "Pump Handbook", McGraw Hill Book Company, 1976.
- (12) 大島 四郎, "ポンプ設計方法と手順", 正碩企業, 1996.