
 論 文

大韓造船學會誌
 第26卷 第4號 1989年 12月
 Journal of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 26, No. 4, December 1989

SWATH선의 수직안정성 평가를 위한 Prototype
 전문가 시스템 개발에 관한 연구

이 동 곤*

A Study on the Prototype Expert System for the Evaluation of
 Vertical Plane Stability of SWATH Ship

by

D.K. Lee*

Abstract

An expert system is a software program that solves problems traditionally solved only by a human expert. An expert system captures and manipulates the knowledge and strategies that a human expert applies to solve a problem. In ship design work, experience and knowledge are very important. If expert system for ship design could be developed, efficiency of design work would be increased very much through use of it.

This paper is concerned with a general characteristics of expert system and development of the prototype expert system for ship design—a system which can be utilized to improve the vertical plane stability of SWATH Ship.

요 약

전문가시스템은 인공지능 연구의 한 분야로서 인간전문가가 가지고 있는 전문지식을 컴퓨터에 표현하여 컴퓨터로 하여금 문제해결 능력을 갖도록 한 컴퓨터 프로그램이다. 선박 설계 작업은 설계 전문가의 전문지식과 경험이 매우 중요하므로, 선박 설계를 위한 전문가시스템을 구성하여 이를 이 용한다던 설계 작업의 효율성이 매우 증가할 것이다.

본 연구에서는 전문가시스템의 특성을 파악 하였고, SWATH선의 수직안정성을 평가할 수 있는 Prototype 전문가시스템을 개발하였다.

1. 서 론

컴퓨터로 하여금 지적인 작업을 수행할 수 있도록 하기 위한 학문분야인 인공지능(artificial intelligence)

에 관한 연구가 최근에 많은 사람들에 의하여 연구되고 있다. 전문가 시스템(expert system)이란 인공지능 연구의 한분야로서, 어떠한 문제영역에서 그 문제에 관한 전문가의 문제해결능력을 컴퓨터에 표현하여 컴퓨터로 하여금 인간전문가 수준의 문제해결 능력을

본 논문은 1989년도 대한조선학회 춘계연구발표회에서 발표된 논문임.

접수일자 : 1989년 4월 28일, 재검수일자 : 1989년 8월 4일

* 경희원, 한국기계연구소 대덕선박분소

갖도록 한 컴퓨터 프로그램이다. 전문가 시스템은 70년대에 개발된 MYCIN[1]을 필두로 XCON과 PROSPECTOR 등이 실제문제에서 성과를 발휘함에 따라 많은 산업분야에서 개발이 시도되고 있다. 조선 및 해양공학분야에서의 전문가시스템에 관한 연구는 유럽과 일본[2, 3]에서 시도되었고, 최근에는 선박설계의 초기 단계에서 주요치수를 결정하는데 사용될 수 있는 전문가시스템이 일본에서 개발되었다[4].

전문가 시스템을 이용하면 일반사용자도 전문가의 전문지식을 이용하여 문제를 해결할 수 있고, 전문가 역시 전문가 시스템을 문제해결의 보조수단으로 사용하면 실수나 오류를 방지할 수 있다. 선박설계 작업에서는 설계 전문가의 전문지식과 경험이 매우 중요하므로, 선박설계에 관련된 전문가 시스템을 개발하여 이를 일반사용자가 사용할 수 있게 되면 설계작업의 효율성이 매우 증가한 것이다.

본 논문에서는 전문가 시스템의 특성을 파악하고, 전문가 시스템 개발도구를 이용하여 prototype의 선박설계용 전문가 시스템을 개발하였다. 본 연구결과는 과학기술처에서 시행한 일반출연 연구사업인 "선박설계용 전문가 시스템(prototype) 개발에 관한 연구"[5] 결과의 일부분임을 밝혀둔다.

2. 전문가 시스템

2.1. 전문가 시스템의 특성

기존의 일반응용 프로그램은 주로 자료처리나 과학기술계산 등에 중점을 두는 반면에 전문가 시스템은 지식을 기초로한 추론에 역점을 두고 개발된다. 따라서 전문가 시스템은 그 결과가 수치적인 결과보다는 기호처리에 중점을 두어 어떠한 결론을 도출하게 된다.

기존의 프로그램은 이미 잘 알려진 알고리즘(algorithm)을 순차적으로 코딩(coding)하여 그 결과를 정확하고 빠르게 얻을 수 있도록 하는 procedure중심의 프로그램으로서 한 방향으로만 작업이 수행된다. 반면에 data중심의 프로그램인 전문가 시스템은 프로그램의 수행 방향을 순방향은 물론 역방향 까지도 적용할 수 있다. 즉, procedure중심의 프로그램은 주어진 data를 시발점으로 일련의 규칙을 적용시켜 해당 목적지점으로 나아가는데 반해, 전문가 시스템은 주어진 목표로부터 출발하여 거꾸로 규칙을 적용시켜 그 규칙에 맞는 data가 존재하는지를 조사하는 것도 가능하다(backward chaining).

일반프로그램은 얻어진 결과에 대하여 결과가 도출된 과정을 사용자가 알 수 없게 되어 있으나 전문가 시스템은 결과를 얻는데 사용된 지식들을 보여주거나, 왜 이 지식을 적용하였는가에 대한 설명기능이 제공된다. 또한 전문가 시스템은 정확히 들어 맞는 data가 없을 때, 좀더 상세한 정보를 문의할 수 있으며, 더 이상의 정보를 얻을 수 없을 경우에는 얼마나 잘 들어 맞는가를 확률로 나타내기도 한다.

컴퓨터 프로그램의 일종인 전문가 시스템은 실제의 인간전문가에 비하여 창조적이지 못하며 상식을 이용할 수 없고 얻어진 결론에 대하여 책임을 부여할 수 없는 단점이 있으나, 한번 개발된 전문가 시스템은 거의 영구적이며 사용단가가 저렴하고 이동과 기록이 용이하며 주어진 상황에 대한 결론의 일관성이 유지되는 장점이 있다.

전문가 시스템을 응용할 수 있는 문제영역의 특성으로서 data와 지식에 신뢰성이 있고, 시간에 따라 변화하지 않으며, 인역적으로 풀 수 있는 formal reasoning한 문제로서 문제영역이 상대적으로 좁고 해당분

Table 1 Generic categories of expert system applications

Category	Problem addressed	Problem domain	Developed system
Diagnostics	to relate behavioral faults with the cause of the behavior	medical diagnostic system	MYCIN
Prediction	to predict future results from a given state	stock market prediction, weather forecasting, traffic flow prediction	K-FOLIO, ASIE
Planning	to achieve specific goals when many variables are involved	configuration	XCON
Interpretation	to establish certain conclusions from observed data	data analysis	PROSPECTOR HASP/SIAP
Monitoring & Control	to make decisions using data from many input sources	nuclear power plants, aircraft traffic control	
Instruction	to teach students	battle system	EURISKO

야의 전문가가 존재하는 문제에 적합하다. Table 1은 전문가 시스템을 개발, 이용할 수 있는 분야를 요약한 것이다.

2.2. 전문가 시스템의 구성

전문가 시스템은 Fig. 1과 같이 크게 지식베이스, 추론기구 및 사용자 인터페이스로 구성되어 있다.

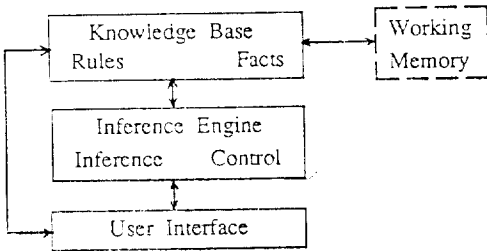


Fig. 1 Architecture of expert system

2.2.1. 지식베이스(Knowledge base)

지식베이스(knowledge base)는 전문가 시스템의 핵심부분으로서 문제 영역의 전문지식을 저장한 곳이며 기존의 프로그램에서 데이터 베이스(data base)와 유사하다. 지식베이스내의 전문지식이 효과적이고 정확하게 표현되지 않으면 수행시간이 길어지고 잘못된 결과가 도출되게 된다. 따라서 전문가 시스템의 성패는 지식베이스내의 전문지식의 질과 양에 따라 좌우되게 된다. 그러므로 전문가들이 보유하고 있는 지식을 어떻게 도출하여 컴퓨터상에 표현할 것인가 하는 문제는 대단히 중요하며 쉽지 않은 문제이다. 지식 도출에는 지식공학자(knowledge engineer)라 불리는 사람들이 전문가와 면담 및 책이나 자료로부터 해당분야의 기본원리와 법칙 등을 습득하여 해당분야에 대한 문제의 이해를 넓혀가는 것으로 부디 시작된다. 지식공학자는 도출된 지식을 컴퓨터에 표현하기 위하여 지식을 요약하고 지식간의 상호관계를 규명하여야 하며 추상적인 개념이나 확률적 지식까지도 기호로 표현하여야 한다.

지식을 지식베이스에 표현하는 방법으로는 object간의 요약된 관계를 노드(node)와 링크(link)를 사용하여 표현하는 Semantic Nets, if A then B의 형태로 지식을 표현하는 Rule 그리고 지식을 논리적으로 표현하는 Logic등이 있으며[6, 7], 이 가운데서 비교적 사용하기 쉬운 Rule에 의한 지식표현방법이 많이 이용되고 있다.

Working memory는 사용자가 입력한 data를 보관하고 추론이 행하여짐에 따라 생성되는 중간 가설이 저장되는 곳이다. Working memory내의 data와 중간 가설이 지식베이스내의 지식과 일치(pattern match)되

면 해당지식이 수행(firing)되고 이에 따라 새로운 가설이 working memory에 추가된다.

2.2.2. 추론기구(Inference engine)

추론기구(inference engine)는 지식베이스를 조작하여 문제의 해를 분석, 추론하고 가설을 형성하는 처리를 한다. 전문가 시스템에 있어서 대부분의 추론방법은 삼단논법을 기본으로 하고 있다. 이 추론방법은 추론기구에 기입되어져 있는 경우와 지식베이스 속에 추론규칙으로서 표현되어 있는 경우가 있다. 추론제어에는 전향추론과 후향추론을 많이 쓰고 있으며 이들을 복합적으로 조합하여 사용하는 경우도 있다. 또한 부정확함을 수반하는 추론에 있어서는 확신도 계수(certainty factor)라 불리는 요소를 많이 도입하고 있지만 추론이 반복적으로 적용되는 경우에는 그 값이 불분명해지기 쉽다. 전향 추론은 주어진 data(상황)에서 출발하여 결론을 찾아가는 방식으로서, 어떤 rule의 결론이 다른 rule의 조건절과 일치하는 지를(pattern match) 조사하여 일치하면 해당 rule을 실행하는 방법이다. 전향추론은 후향추론에 비하여 논리적으로 이해하기 쉬운 추론도중에 match되는 rule이 존재하지 않으면 시스템이 움직이지 않게 되고, 결론의 도출에 주어진 data가 충분히 이용되지 못하는 경우가 있을 수 있다[2]. 논리적으로는 전향추론이 범용성에서 우수하나 문제의 종류에 따라 효과적인 추론방법을 선택하여야 한다.

후향추론은 결론 가설에서 출발하여 그 결론 가설을 만족하기 위한 data를 찾아가는 방식이다. 후향추론은 결론 가설이 많을 경우 해를 얻기 위하여 이들을 모두 추론하기 때문에 효율성이 문제가 될수 있으나 결론을 얻지 못하더라도 시스템이 동작을 중단하는 일은 없다.

2.2.3. 사용자 인터페이스(User interface)

전문가 시스템을 개발하는 단계에서 누가 사용할 것인가에 따라 시스템개발의 수준이 많이 달라지게 된다. 전문가가 아닌 일반 사용자가 전문가 시스템을 이용하여 문제를 해결할 수 있도록 하는 것이 전문가 시스템의 가장 큰 목적임을 고려할때, 이들 비전문가들이 시스템을 사용하는데 있어 불편함이 없도록 사용자 인터페이스가 만들어져야 한다. 예를 들면 입력이나 결론을 그림으로 알기 쉽게 표현한다든지, 얻어진 결론에 대하여 사용자가 충분히 납득할 수 있도록 어떠한 rule이 어떤 경로로 사용되어 결론이 도출되었는지를 설명할 수 있어야 한다. 만약 그렇지 못하면 사용자로서는 결론에 대하여 이해하기가 어려운 경우가 많은 것이며 그 결론을 받아들이기가 쉽지 않을 것이다.

따라서 추론과정이나 결론의 근거가 충분히 납득될 수 있도록 하는 사용자 인터페이스는 매우 중요하다.

3. 전문가 시스템 개발도구

3.1. 개발도구

전문가 시스템의 개발에 있어서 가장 중요한 것은 전문가의 전문지식이다. 일반적으로 전문지식을 갖고 있는 전문가들은 전문가 시스템 구현에 필요한 지식공학이나 추론의 원리 등에 대하여서는 잘 알고 있지 못하는 경우가 많다.

따라서 전문가 시스템을 개발하기 위하여서는 지식공학과 해당 분야의 전문가 사이의 긴밀한 협조가 필요하다. 그러나 아직까지 지식공학자들의 수도 적고 지식공학과 해당분야 전문가의 긴밀한 협조도 사실상 쉽지 않다. 따라서 전문가시스템을 깊이 알고 있지 못하는 일반 전문가들이 전문가시스템을 보다 쉽게 개발할 수 있도록 만들어진 것이 전문가시스템 개발도구(tool)이다. Tool은 어떤 특정분야의 전문가 시스템을 개발한 뒤에 이것을 보다 범용적으로 확장하고 지식베이스의 지식을 제거한 것으로서, 다른 한편으로는 Shell이라고 한다. Shell의 대표적인 예가 의학진단용 전문가시스템인 MYCIN의 개발로부터 얻어진 EMYCIN을 들 수 있다. Shell은 지식베이스가 비어있으므로 여기에 다른분야의 전문지식을 지식베이스화 하면 해당분야의 전문가시스템을 만들 수 있기 때문에 Shell의 이용자는 특정분야에 관한 지식베이스의 구축에만 전념할 수 있고, 그 결과 개발시간을 단축할 수 있다. 그러나 Shell에 따라서 지식표현과 추론기능상의 제약이 따르기 때문에 대상영역과 이용목적에 적합한 Shell을 선택하여야 하고, 또한 Shell 자체도 프로그래밍으로 프로그램을 이해하고 지식베이스를 구축할 수 있는 능력을 갖추어야 한다.

최근에는 상업적 목적으로 전문가시스템 개발용 Shell을 개발하여 판매하는 경우가 급증하고 있다. 현재 판매되고 있는 Shell들은 인공지능전용 machine을 필요로 하거나 고가에 속하는 KEE, ART, S. I, Knowledge Craft 및 KES 등이 있는 반면에 PC에서 사용할 수 있는 작은 규모의 Shell들도 아주 많다.

3.2. PERSONAL CONSULTANT PLUS

본 연구에서는 전문가시스템 개발도구로서 Texas Instrument사가 개발한 PERSONAL CONSULTANT PLUS를 선정, 구입하였다. PERSONAL CONSULTANT PLUS는 PC/AT에서 사용가능하고 가격이 비

교적 저렴하다. PERSONAL CONSULTANT PLUS의 주요 특성을 간단하게 살펴 보면 다음과 같다[8].

- 대화형의 개발환경을 제공한다.
- 수정이 용이하다—하나의 rule을 수정하였을 때 이와 관련된 item들도 동시에 수정된다.
- DBASE와 Lotus spreadsheets에 의하여 생성된 data base와 외부 DOS file에 access할 수 있다.
- 그래픽이 가능하다.
- 확신도 계수를 사용할 수 있다.
- 결론이 도출된 과정을 설명할 수 있다.
- Full-screen editor을 사용한다.
- 사용자가 정의하는 LISP function을 지식베이스에 사용할 수 있다.
- 지식베이스내의 지식들을 group화 할 수 있다.
- Meta-rule을 사용할 수 있다.

PERSONAL CONSULTANT PLUS는 후향추론을 기본으로 하고 있으며 option으로 전향추론을 사용할 수 있다. 전향추론은 rule을 정의할때 전향추론을 하라는 option인 ANTECEDENT를 선택함으로써 가능하다. 시스템 전체를 전향추론으로 할려면 정의된 모든 rule에 전향추론 option을 사용한다. 전향추론과 후향추론을 동시에 하는 복합형추론에서는 전향추론이 필요한 rule에만 전향추론 option을 선택하므로써 가능하다.

4. SWATH선의 수직안정성 평가를 위한 Prototype전문가 시스템 개발

전문가 시스템은 수치계산이나 자료처리 분야보다는 기호처리를 중점으로 하는 문제영역에 적합하다. 이는 전문가시스템 개발에 주로 사용되는 컴퓨터 언어가 대부분 LISP이나 PROLOG로서, 이들 언어들 자체가 기호처리나 연역적 추론을 중시하여 개발된 언어이므로 수치계산에는 부적합하다. 선박설계 작업에는 방대한 양의 수치계산을 필요로 하므로 선박설계용 전문가시스템을 개발하기 위하여서는 기존의 FORTRAN언어로 개발된 많은 프로그램들을 사용할 수 있어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여서는 LISP이나 PROLOG와 FORTRAN간의 연결이 가능하여야 한다. 최근에 발표되고 있는 전문가 시스템 개발용 Shell들 중에는 간혹 FORTRAN과 연결이 가능하다고 주장하고 있는 것이 있으나 실제 사용 경험에 비추어보면 문제점이 많이 있다. PERSONAL CONSULTANT PLUS 역시 PC level의 DOS file과 연결할 수 있다고 나타나

있으나 실제적으로는 연결이 되지 않았으며 아직까지는 완전한 것이 아니라고 사용자 지침서에 경고되어 있다. 따라서 Shell을 이용하여 공학적인 계산이 수행되는 전문가 시스템을 개발하기에는 상당한 어려움이 따른다. 실제 선박설계분야에서 개발되었다고 하는 전문가 시스템[2,3]도 수치계산에 관련된 부분은 취급을 하지 않고 있는 것으로 알려지고 있다. 그러나 1987년에 일본의 오오사카 대학의 S. Akagi와 K. Fujita가 object-oriented language로서 선박 기본설계용 전문가 시스템을 구현하면서 FORTRAN과 연결하였다는 논문이 발표되었다[4]. 그러므로 최근의 발전동향에 미루어 FORTRAN과 편리하게 연결할 수 있는 전문가 시스템 개발용 Shell이 개발, 판매될 것으로 예상된다.

본 연구에서는 위에서 언급한 제약조건으로 인하여 공학적인 수치계산 routine을 포함하지 못하였고, 비교적 분해 영역이 좁은 분야라고 생각되는 SWATH선의 수직면상에서의 안정성을 개선하는데 도움을 줄 수 있는 prototype의 전문가 시스템을 개발하는데 주안점을 두었다. SWATH선의 안정성을 해석하기 위하여서는 많은 계산을 필요로 하나, 설계초기 단계에서 주요치수나 제어핀의 크기를 결정하는데 있어서 안정성에 영향을 미치는 설계인자들의 값이나 상대적 비율 등을 사용자에게 제시하여줄 수 있다면 보다 효과적인 설계작업을 수행할 수 있을 것이다.

4.1. SWATH선의 안정성 문제

SWATH선은 수선면적이 작기 때문에 파 강제력을 작게 받아 악천후 속에서도 운동능력이 탁월한 장점이 있다. 그러나 작은 수선면적으로 인하여 수직 복원력과 중복원 모멘트가 일반 단둥선에 비하여 작다. 이로 인하여 어떤 속력 이상에서는 중방향 수직면상에서의 운동자세가 불안정하게 되는데 이러한 불안정을 극복하기 위하여 제어 fin을 선체에 부착한다[9,10]. SWATH선의 안정성에 영향을 미치는 요소들로서는 제어 fin, 선박의 속력 및 주요치수, 선형의 형상 및 중량 중심 등등의 많은 인자가 있다. 이들 모든 인자들이 안정성을 개선하는 방향으로 설계가 되면 안정성은 좋아지겠지만, 관련된 다른분야에 악 영향을 주는 경우가 생길 수 있다. 예를 들면 선미제어 fin의 면적을 크게 하면 할수록 안정성은 향상되나 저항과 중량이 증가하게 되고 건조비가 상승한다. 따라서 설계 변수들이 안정성을 고려하면서 적정한 값을 갖도록 결정되어야 할 것이다. 그러나 SWATH선과 같이 설계 변수가 많고 설계선이 적으며 설계 경험자가 많지 않은 경우에는 최종설계까지 많은 시간과 노력이 필요하게 된다.

따라서 본 연구에서는, SWATH선의 설계 경험[11,12]을 바탕으로 SWATH선의 안정성을 향상시키는 방법을 제시하여주는 prototype의 전문가 시스템(SWAPERT)을 개발하였다.

4.2. Prototype전문가 시스템 개발

4.2.1. 지식도출

SWATH선의 안정성을 해석하기 위해서는 운동방정식의 여러가지 계수들을 전부 고려하여야 하지만, 이러한 계수들을 얻기 위해서는 많은 양의 계산을 수행하여야 한다. 그러나 기존의 FORTRAN 프로그램과 PERSONAL CONSULTANT PLUS와의 연결이 쉽지 않기 때문에 본 연구에서는 계산을 수행하는 routine을 포함하지 못하였다. 따라서 SWAPERT의 지식베이스를 구축하기 위한 지식도출도 운동방정식에 관한 것보다는, 설계초기단계에서 안정성을 향상시킬 수 있는 방법이나 실제선 자료와 설계경험을 바탕으로 한 안정성에 관련된 설계요소들의 적정 범위 및 이들이 안정성에 미치는 영향에 관한 것을 중점적으로 표현하였다.

SWAPERT의 지식베이스에 표현된 주요 knowledge element들은 다음과 같다.

- Principal particulars
- Design speed
- Area and location of control fin
- Hydrostatic results
- LCG and KG
- Box clearance

4.2.2. SWAPERT의 지식베이스

SWAPERT의 지식베이스는 모두 29개의 if-then형식으로 표현된 Rule로서 구성되어져 있으며, Table 2는 그중의 몇가지를 나타낸 것이다. Table 2의 지식은 지식베이스를 구현하기 쉽도록 하여주는 간략화된 언어인 Abbreviated Rule Language(ARL)를 사용하여 표현된 것으로서 시스템을 개발할때에 개발자가 입력한 것이다. 그러나 ARL로 표현된 지식은 사용자의 입장에서는 이해하기가 쉽지 않기 때문에 사용자가 시스템을 이용할시에는 보다 이해하기 쉽도록 영문형식으로 번역하여 보여준다. Table 2의 지식을 영문으로 표현한 것이 Table 3이며, PERSONAL CONSULTANT PLUS가 내부적으로 지식베이스를 보관할때는 Table 4와 같이 LISP code로 변환하여 저장된다.

Table 2에서와 같이 rule에는 연산식을 사용할 수 있으며 LISP으로 정의된 function을 불러 사용할 수도 있다. 또한 사용자에게 data를 입력하라거나, 사용자

Table 2 Knowledge representation by Abbreviated Rule Language(ARL)

No. Rule	Rule
002	IF ::(DATA-AVAILABLE) THEN::(FN=((SPEED*0.5144)/(LBP*9.81)^0.5))
005	IF ::(FN<=0.5 AND! SPEED-REDUCE-POSSIBLE) THEN::(SPEED-REDUCE-IMPOSSIBLE)
025	ANTECEDENT::YES IF ::(AFTFIN-POSITION<0.1) THEN::(PRINT!!!NB=AFTFIN SEEMS TO BE LOCATED FAR AFT)
029	IF ::(ADVISE-HULLFORM IS NOTKNOWN) THEN::(ADVISE-HULLFORM=(TEXTNAME TXTG14))

Table 3 Knowledge Representation by English Form

Rule No.	Rule
002	If AVAILABLE DESIGN DATA, Then it is definite (100%) that FROUDE-NUMBER is [[DESIGN SPEED-knots time 0.5144] divided by [LBP times 9.81] raised to the power of 0.5].
005	If 1) FROUDE-NUMBER is less than or equal to 0.5, and 2) SPEED REDUCE POSSIBLE is not true, Then it is definite (100%) that SPEED REDUCE IMPOSSIBLE.
025	ANTECEDENT::YES If RATIO OF THE AFTFIN LOCATION AND LOWERHULL LENGTH is less than 0.1, Then inform the user of this decision.
029	If my recommendation about hullform is not known, Then it is definite (100%) that my recommendation about hullform is GENERALLY FOLLOWING METHOD IMPROVES STABILITY; -LOWER KG -LOWER BOX CLEARANCE -LARGER GML -LARGER WATERPLANE AREA -FORE LOCATED LCG <LCB>..

에게 정보를 보내는 기능을 표현할 수도 있다. Rule번호 29의 then 부분에 있는 ADVISE-HULLFORM은 추론 과정에서 결론이 유도되는 부분으로서, 전향추론을 사용하여 추론을 할 경우에는 이들을 만나던 추론이 종료되어 결론을 유도하여주고, 후향추론인 경우에는 추론의 시작점이 된다. SWAPERT에서는 전향추론과 후향추론을 혼합한 복합형 추론을 이용하였다. Rule번호 25의 ANTECEDENT::YES는 25번 rule에 대하여서는 전향 추론을 수행한다는 의미이다. 복합형추론을 실시하면 후향추론을 기본으로 하여 추론을 실시하다가 working memory내의 data(혹은 fact)와 전향추론 rule의 조건부가 일치하면 해당 rule을 수행한다.

4.2.3. Parameter

Parameter는 rule을 정의할때 사용한 문자나 기호 가운데서 system에서 제공하는 것을 제외한 모든 것을 말한다. 즉 Rule내의 !, >, <, = 등은 system에서 제공하는 것이며 DATA-AVAILABLE이나 FN 등등은 개발자가 정의하는 것으로서 parameter이다. parameter인 FN에 관한 내용을 살펴보면 다음과 같다.

FN

TRANSLATION::(FROUDE-NUMBER)
TYPE::SINGLEVALUED
EXPECT::POSITIVE-NUMBER
UPDATED-BY::(RULE002 SREFMARK RULE003)
USED-BY::(RULE005 RULE004 RULE003)

Table 4 Knowledge representation by LISP

Rule No.	Rule
002	PREMISE::(\$ AND (SAME FRAME DATA-AVAILABLE)) ACTION::(DO-ALL (CONCLUDE FRAME FN (FQUOTIENT (TIMES (VAL1 FRAME SPEED) 0.5144) (EXPT (TIMES (VAL1 FRAME LBP) 9.81) 0.5)) TALLY 100))
005	PREMISE::(\$ AND (LESSEQ* (VAL1 FRAME FN) 0.5) (NOTSAME FRAME SPEED-REDUCE-POSSIBLE)) ACTION::(DO-ALL (CONCLUDE FRAME SPEED-REDUCE-IMPOSSIBLE YES TALLY 100))
025	ANTECEDENT::YES PREMISE::(\$ AND (LESSP* (VAL1 FRAME AFTFIN-POSITION) 0.1)) ACTION::(DO-ALL (MPRINTT "!!!NB=AFTFIN SEEMS TO BE LOCATED FAR AFT"))
029	PREMISE::(\$ AND (NOTKNOWN FRAME ADVISE-HULLFORM)) ACTION::(DO-ALL (CONCLUDE FRAME ADVISE-HULLFORM (TEXT TXTG14) TALLY 100))

위에서 translation은 사용자에게 FN을 설명할때 사용하는 것으로서 FN 대신에 translation에 담겨져 있는 내용을 이용한다. 즉 Table 2에는 rule 번호 2에서 FN으로 표현된 것이 Table 3에는 FN의 translation인 FROUDE-NUMBER가 이용되어 사용자의 이해를 도와준다. FN의 value는 양수이고 하나의 값만 갖는다는 것이 Parameter에 나타나 있으며, FN이 어떤 rule에서 정의되며 어떤 rule에서 사용되고 있는가를 알수 있다. parameter에 포함되는 내용으로는 translation, prompt, type, range 등의 몇가지가 있으며, parameter를 효과적으로 정의하면 실제사용시에 매우 편리하다.

4.3. 사용예

사용자는 SWAPERT에서 요구하는 data를 입력하거나 SWAPERT에서 제시하는 data중에서 하나를 선택하므로써 작업을 수행할 수 있다. SWAPERT는 대

화식으로 작업이 수행되며 중간중간에 필요한 정보를 사용자에게 보여준다. 다음은 demonstration을 위하여 입력한 data들을 file로 받은 것이다.

```
(SWAPERT-1 PROJECT-NAME("demonstration"
100)
(SWAPERT-1 DATE-AVAILABLE(YES 100)
(SWAPERT-1 SPEED(25 100)
(SWAPERT-1 LBP(24.6 100)
(SWAPERT-1 SPEED-REDUCE-POSSIBLE(NO
100)
(SWAPERT-1 AFTFIN-AREA(4 100)
(SWAPERT-1 FWDFIN-AREA(1.2 100)
(SWAPERT-1 WPA-AREA(15 100)
(SWAPERT-1 AFTFIN-LOCATION(4 100)
(SWAPERT-1 LOWERHULL-LENGTH(24 100)
(SWAPERT-1 FWDFIN-LOCATION(20 100)
```

(SWAPERT-1 CONSULTING-CONTINUE(YES
100)

(SWAPERT-1 KG-DECREASE(NO 100)

(SWAPERT-1 LCG-FWD-MOVE(NO 100)

(SWAPERT-1 BOX-CLEARANCE(1.8 100)

(SWAPERT-1 WAVE-HEIGHT(2.5 100)

(SWAPERT-1 STRUT-THICKNESS(0.8 100)

(SWAPERT-1 LOWERHULL-DIA(1.8 100)

(SWAPERT-1 GML-INCREASE(YES 100)

입력한 data들 가운데서 “demonstration”은 project name으로 준것이며 DATA-AVAILABLE의 “YES”는 사용자가 생각하고 있는 SWATH선에 관한 주요자료를 알고 있다는 의미이다. 만약 여기서 “NO”가 입력 되면 SWAPERT에서는 추론이 불가능하다는 정보와 함께 SWATH선의 안정성을 개선할 수 있는 일반적인 사항에 대하여 사용자에게 설명하여 준다. “YES” 다음에 있는 100은 확신도계수에 관련된 것으로서 100은 pure true를 의미하고 -100은 완전 부정을 의미한다. SWAPERT에는 확신도 계수를 사용하지 않았기 때문에 이들의 값은 항상 pure true인 100이 된다. SPEED 나 LBP 등은 SWAPERT에서 요구하는 단위로 입력한 것으로서 여기서는 단위가 나타나 있지 않으나 실제 terminal에서는 단위와 함께 입력을 요구하는 data에 대한 상세한 설명이 주어진다. 중간 부분에 있는 CONSULTING-CONTINUE는 그 이전에 입력한 data를 이용하여 제어편에 관한 결론을 도출한 다음, hullform에 관하여서 계속 consulting을 할 것인지 사용자에게 확인하는 것으로서 “NO”를 입력하면 SWAPERT는 제어편에 관한 consulting결과만을 보여주고 종료한다. 그러나 위의 예에서는 “YES”를 입력하였으므로 계속하여 consulting을 수행하며, hullform에 관한 consulting을 위하여 추가적인 입력 data를 요구하고 있다. 이러한 상황에 대한 설명 역시 SWAPERT는 사용자에게 설명하여 준다. 위의 data를 이용하여 SWAPERT에서 도출한 결론은 다음과 같다.

Conclusions for frame: SWATH-1

My recommendation about fin is as follows:

⇒AFTFIN SEEMS TO BE LOCATED FAR
FORE.

⇒MOVE THE AFTFIN LOCATION TO AFT

My recommendation about hullform is as follows:

⇒BOX CLEARANCE <B.C> SEEMS TOO
HIGH...DECREASE B.C ABOUT 0.6-0.7
OF DESIGN WAVE HEIGHT...IF B.C IS

HIGH, GML WILL BE DECREASE AND
WEIGHT WILL BE INCREASE

⇒INCREASE THE GML...LARGER GML
IMPROVES STABILITY

언어진 결론에 대하여 사용자가 그 과정을 알고 싶을 때는 consulting을 수행하는 중에 항상 HOW 또는 WHY기능 등으로 의문점을 해소할 수 있으며, TRACE기능을 이용하여 consulting의 전과정을 추적해 볼 수도 있다. Fig. 2는 SWAPERT system을 사용하여 consulting을 하면서 WHY 기능을 사용한 예를 보여주고 있다. Fig. 2는 SWAPERT system이 설계속력을 줄일수 있는가에 대한 질문을 사용자에게 한 것으

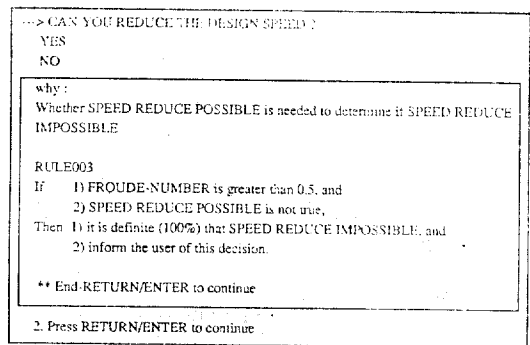


Fig. 2 Example of the WHY in the SWAPERT system

```
Root Frame SWAPERT-1 created

Get initial data for : SWAPERT-1 PROJECT-NAME
*** USER ENTRY *** : SWAPERT-1 PROJECT-NAME = ("demonstration" 100)
Setting parameter : SWAPERT-1 PROJECT-NAME = "demonstration" of 100

Get initial data for : SWAPERT-1 DATA-AVAILABLE
*** USER ENTRY *** : SWAPERT-1 DATA-AVAILABLE = (YES 100)
Setting parameter : SWAPERT-1 DATA-AVAILABLE = YES of 100

Trace the following goals : ADVISE-FIN ADVISE-HULLFORM
Tracing parameter : SWAPERT-1 ADVISE-FIN
Try the rules that deduce SWAPERT-1 ADVISE-FIN : RULE013 RULE01C RULE011
RULE014 RULE001 RULE014 SREFMARK RULE015
Testing rule premise : SWAPERT-1 RULE013
Tracing parameter : SWAPERT-1 FIN-AREA-INCREASE
Try the rules that deduce SWAPERT-1 FIN-AREA-INCREASE : RULE007
Testing rule premise : SWAPERT-1 RULE007
Tracing parameter : SWAPERT-1 FA-WPA-RATIO
Try the rules that deduce SWAPERT-1 FA-WPA-RATIO : RULE006
Testing rule premise : SWAPERT-1 RULE006
Tracing parameter : SWAPERT-1 SPEED-REDUCE-IMPOSSIBLE
Try the rules that deduce SWAPERT-1 SPEED-REDUCE-IMPOSSIBLE : RULE005
SREFMARK RULE003
Testing rule premise : SWAPERT-1 RULE005
Tracing parameter : SWAPERT-1 FN
Try the rules that deduce SWAPERT-1 FN : RULE002 SREFMARK RULE003
Testing rule premise : SWAPERT-1 DATA-AVAILABLE
End tracing parameter: SWAPERT-1 DATA-AVAILABLE
Apply action : SWAPERT-1 RULE014 TALLY 100

Tracing parameter : SWAPERT-1 SPEED
*** USER ENTRY *** : SWAPERT-1 SPEED = (25 100)
Setting parameter : SWAPERT-1 SPEED = 25 of 100

End tracing parameter: SWAPERT-1 SPEED
```

Fig. 3 Example of the TRACE in the SWAPERT system

로서, 사용자가 입력할 data에 대하여 잘 이해하지 못하거나 의문스러운 점을 해소하기 위하여 WHY기능을 사용한 것이다. 이 경우 system에서는 이 data가 어떤 rule에서 어떻게 필요한가에 대하여 사용자에게 알려준다.

Fig. 3은 system이 작업을 수행하는 전 과정을 TRACE기능을 이용하여 file로 받은 것 중의 일부이다. Fig. 3에서와 같이, 사용자는 자신이 입력 data를 이용하여 system에서 어떤 rule을 어떻게 적용하여 문제의 해를 도출하는지에 대한 과정을 추적해 봄으로서 도출된 결론에 대한 신뢰성을 높일 수 있다.

5. 결 언

최근 관심이 고조되고 있는 전문가 시스템의 구조와 특성에 관하여 살펴보고 선박설계 분야에의 응용가능성을 검토하였다. 전문가시스템 개발도구인 PERSONAL CONSULTANT PLUS를 도입하여 이의 사용방법을 숙지하였고, 이를 이용하여 SWATH선의 수직면상에서의 안정성 개선에 도움을 주는 prototype전문가 시스템을 개발하였다. Prototype으로 개발된 전문가 시스템인 SWAPERT는 SWATH선의 설계초기단계에서 SWATH선의 설계경험이 없는 초보자가 도움을 받을 수 있을 것이며, 앞으로 공학계산 routine이 추가된다면 매우 정교한 시스템을 구현할 수 있을 것이다.

현재 개발되어 사판되고 있는 전문가 시스템 개발도구는 아직까지 FORTRAN과의 interface에 문제가 있어 공학계산을 수반하는 문제 영역에는 부적합하다. 그러나 최근 일본에서 object-oriented language를 이용하여 FORTRAN과 interface을 하므로써 공학문제에의 적용 가능성을 넓게 하여주고 있다. 전문가 시스템 개발 도구들도 곧 다른 language와의 interface를 가능하게 할 수 있는 system이 개발될 것으로 믿어지며, 이는 복잡한 계산이 수반되는 선박설계 분야의 전문가 시스템 개발을 가능하게 할 것으로 예상된다.

References

[1] B.G. Buchanan, E.H. Shortliffe, "Rule-Based

- Expert System--The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project", 1984, Addison-Wesley Publishing Company
- [2] B.A. Bremdal, "Marine Design Theory and the Application of Expert Systems in Marine Design", 1985, ICCAS
- [3] 伊藤 健, "선박초기 설계용 대형전산시스템—MARINE," 1987, 일본조선학회지
- [4] S. Akagi, K. Fujita, "Building and Expert System for the Basic Design of ships," Sep., 1987, Vol. 206, 관서조선협회지
- [5] 이등곤, "선박설계용 전문가 시스템 (PROTOTYPE) 개발에 관한 연구", 1988, 한국기계연구소연구보고서 UCE 401-1256. D
- [6] 신동필, "전문가 시스템의 원리", 1988, 인공지능 특별강좌, 인공지능 연구회
- [7] J.F. Sowa, "Knowledge Representation," 1988, 88컴퓨터과학 하계 세미나, 한국과학기술원
- [8] "Personal Consultant Plus: Manual," 1986, Texas Instruments Incorporated.
- [9] C.M. Lee, R.M. Curphey, "Prediction of Motion, Stability and Wave Load of Small-Waterplane-Area Twin-Hull Ship", 1977, Vol. 85, SNAME Trans.
- [10] C.M. Lee, M. Martin, "Determination of Size of Stabilizing Fins for Small Waterplane Area, Twin-Hull Ships," Nov., 1974, NSRDC Report 4495.
- [11] K.Y. Lee, D.K. Lee, et al., "On the Design Technology of SWATH Ship for High Speed Coastal Passenger Vessel," Jan., 1988, 6th International High Speed Surface Craft Conference
- [12] K.Y. Lee, D.K. Lee, et al., "On the Design Technology of SWATH High Speed Passenger Ship," Nov., 1988, 2nd International Conference on the SWATH Ship and Multi-Hulled Vessels, RINA