

PC를 이용한 船舶操縱練習用 DestTop Simulator 開發에 관한 研究

허용범* · 윤점동**

A Study on the Development of PC-based DestTop Ship
Maneuvering Simulator for training purpose

Yong-Bum Huh · Jeom-Dong Yoon***

<목 차>	
Abstract	3.2 시뮬레이션 결과 비교
1. 序論	4. 結論
2. 시뮬레이터의 構成	參考文獻
2.1 Hardware Configuration과 Operation Key	附錄(Simulation Program by Turbo Pascal Ver. 5.0)
2.2 Software의 構造	
3. 시뮬레이션 결과에 대한 精密度 檢證	
3.1 시뮬레이션에 사용된 선박의 要目	

Abstract

Most of the ShipHandling Simulators of full-mission-bridge system need vast area to install and even PC-based maneuvering simulators are often equipped with Steering Wheel or Engine Telegraph etc. of data input interface, which necessarily makes the user face with excessive financial burden.

These have been one of the obstacles for the officers, captains, pilots and students in access to maneuvering simulation whenever they want to try it in advance prior to actual ship maneuvering.

Subsequently, all the officers and captains come to have little chances to train themselves until they arualified as a pilot after a long period of time of realship maneuvering practice on board, which means

* 한국해양대학교 박사과정 (건설교통부 목포지방해난심판원 심판관)

** 한국해양대학교 교수

they have to control their own ship at sea without clear understanding on her maneuverability when they are forced to do it on the way.

And these lack of capability for maneuvering have used so often to result in marine casualties of collision with other ships or pier facilities while maneuvering in harbor.

To prevent those accidents by means of enhancing their maneuvering ability, PC-based DeskTop Simulator that allows anyone to access readily at anytime is needed and in conformation to such demand this simulator has been developed.

The Software this simulator written in Turbo Pascal Ver. 5.0 has adopted MMG mathematical model theoretically in part and also it was designed to make it possible that all numeric data inputs and outputs with graphic presentation for maneuvering operation be carried out just only with keyboard and monitor console.

With this Simulation software, all the officers, captains, pilots and even students who has a proper computer at hand are expected to be able to make an attempt to simulate the maneuvering of their ownship or any other types of them at any port in which they want to do it.

1. 序 論

해기사의 船舶操縱能力은 理論的인 知識의 바탕 위에 수 많은 實習을 거쳐야만 비로소 培養되는 것이며 - 線 海技士들이 이에 대한 나름대로의 確信이 不足함으로써 海難事故가 發生하여 大災殃까지 招來되고 있는 것을 우리는 最近 수차 보아 왔다.

그러나 이와 관련하여 우리 나라 既成海技士 및 豫備海技士인 學生들에 對한 昨今の 教育過程과 그 方法을 살펴볼 때, 이들의 船舶操縱能力缺乏이 境遇에 따라서는 엄청난 國家的 社會的 損失로도 擴大될 수 있음에도, 선박 조종능력을 배양시키기 위한 所機의 目的을 充分히 達成할 수 있는 體制라고 보기는 어렵다.

왜냐하면 선박조종에 관한 理論的인 知識은 國內外的 많은 關聯 書籍들을 通하여 學校에서 또는 海技士 個人的으로 習得할 수 있으나, 선박조종능력 자체는 不斷한 反復 實習 속에 수 많은 施行錯誤를 거쳐 각자의 技量을 體得하는 過程이 없이는 이를 갖추기가 어려운 것이며 비록 乘務中인 海技士라 하더라도 pilot가 되기 전까지는 充分한 操縱 實習을 할 수 없는 것이 現實이므로, 船舶操縱 個人的 實習手段은 거의 全無하다고 해도 誇言이 아니기 때문이다.

現在 우리나라의 船舶操縱實習은 주로 教育機關에 設置된 大型 시뮬레이터와 實習船을 通하여 이루어지고 있으며 이러한 裝備들은 비록 現實感을 極大化 시켜주는 長點은 있으나 그 運營經費가 莫大할 뿐만아니라 개인의 자유로운 使用이 容易하지 않는 등 經濟的으로나 時間的으로 많은 制約이 있다.

한편, 이러한 實習設備 이외에 PC에 의하여 船舶操縱 Simulation을 할 수 있는 있는 Software도 이미 開發도니 바 있으나 이들 大部分은 컴퓨터의 基本入出力裝備 이외의 追加設備를 必要로 하거나 아니면 純粹研究目的의 構造로 이루어져 있어 學生 또는 海技士들이 現實的으로 必要로 하는 것들과는 多少 거리가 있는 것이 현실이다.

여기에 비록 現實感은 좀 적더라도 船舶操縱에 對한 感覺을 높힐 수 있고 自由로운 個人實習을 可能케 하는 PC에 衣한 個人實習用 DestTop Simulator를 개발해야할 必要性이 臺頭되며 이것은 海技士의 立場에서 볼 때 반드시 實用的이고도 簡便하면서 經濟的 時間的 負擔이 적은 形態의 것이어야 한다. 이 研究는 이러한 必要性에 立脚하여 實施된 것이다.

이 시뮬레이터에 使用된 船體運動方程式은 日本 造船學會의 MMG(조종운동 수학모델 검토그룹)의

數學모델을 主로 採擇하였으나 研究目的의 單純計算用이 아닌 操縱實習目的의 PC Simulator이므로 이 시뮬레이터의 Software에서 數學모델에 依한 計算이 차지하는 部分은 相對的으로 아주작다.

왜냐하면 PC에 依한 操縱實習時 各種 入出力을 別途의 追加裝備를 裝着하지 아니하고 基本入出力 裝置인 Keyboard와 Monitor만을 갖춘 Computer 로써 可能케 하도록 Turbo Pascal Ver.5.0으로 짜여진 別途의 尠大한 Software가 追加되어 있기 때문이며 이것이 이 操縱 Simulator의 Software가 여타의 PC Simulator와 다른점 중의 하나이다.

따라서 이 Software를 이용하면 操縱練習을 하고자 하는 모든 학생, 航海士, Pilot들이 비록 自身이 Computer를 所有하고 있지 않아도 船上에서 또는 學校나 事務室등에서 適切한 容量의 Computer 만 利用할 機會가 있다면 自信이 願하는 水域에서 願하는 船種을 選擇하여 數時로 이 프로그램을 使用하여 손쉽게 시뮬레이션을 해봄으로써 操縱能力을 向上시킬 수가 있을 것으로 機待된다.

2. Simulator의 構成

이 Simulator의 Hardware는 적절한 용량의 Computer를 使用할 기회가 있는 사람이라면 누구나 손쉽게 Simulation이 가능하도록 최소한의 PC 基本장비들로 構成되어 있다.

2.1 Hardware Configuration과 Operation Key

이 시뮬레이터는 PC의 Main Body와 기본 입출력 장치인 Keyboard 및 Monitor만으로 構成되어 있고 추가로 필요에 따라 Printer를 使用할 수 있도록 하였으며 개발시 使用된 컴퓨터의 구성은 다음과 같다.

2.1.1 Main Body

Main Processor (CPU) : 80486DX2
 Numeric Processor : installed
 RAM : 16MB
 Hard Disc C : Type 47 (420 MB)
 Floppy Drive A : 1.2 MB, 5.25 inch.

Floppy Drive B : 1.44 MB, 3.5 inch.
 Display Type : VGA/PGA/EGA (640×480)
 Base Memory Size : 640 KB
 Ext. Memory Size : 15360 KB
 Cache Memory : 256 KB

Simulation Program 자체 이외에 보조적으로 Graphic/Data Hard Copy용 응용 Software등도 필요할 경우에는 필요하나 단지 Simulation만을 위하여 Computer를 使用할 경우는 Hard Disc의 용량이 420MB까지 필요하지는 않다. 이 Simulation Software를 加동시키는데 필요한 Hard Disc의 용량은 Turbo Pascal Ver. 5.0 자체, [표.2.2.2.a]의 Simulation Program과 MS DOS Ver. 6.0 정도를 저장할 수 있는 정도이면 충분하다. 그리고 필요하면 앞에 설명한 바와 같이 Simulation중 Hard Copy를 하기 위한 응용 Software 정도를 추가하면 된다.

2.1.2 Simulation Data/Maneuvering Order Input

Simulation Program상에서 오직 Keyboard만으로 Simulation 초기의 각종 Data와 Simulation중의 다양한 Maneuvering Order를 입력할 수 있도록 特정된 37개의 Key에 別도의 Function을 부여하였다. 그리고 이 Simulator 개발시 使用된 Keyboard는 한·영 103자용이다

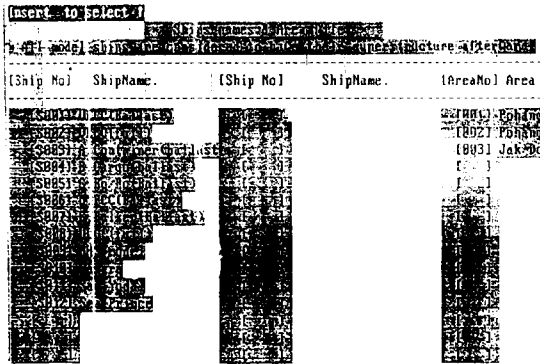
2.1.3 Maneuvering Data/Graphic Output

Simulation 중의 선체운동 Trajectory와 각시점에서의 선체운동정보인 Surge, Sway, Yaw 성분의 속도 및 가속도등을 필요시에 수치로 Monitor상에 표시 가능토록 하였다.

이외에 Simulation중이나 후에도 필요시마다 Hard Copy용 Software를 加동시켜 Monitor상에 표시된 선체운동의 Trajectory나 정보를 Print 할 수 있으며 이를 활용하면 Maneuvering이 적절하였는지 여부를 사후에 분석 재검토해 볼 수 있다

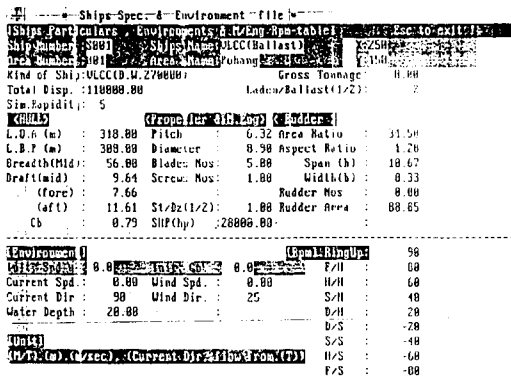
[표 2.1.2.a]

Simulation Aarea 및 선종의 초기선택 Page 화면



[표 2.1.2.b]

Ship Specification(선체요목), 환경 및 M/Eng Mode별 Rpm 등의 초기 입력 Page ghkaus



[표 2.1.2.c]

Tug 사용을 위한 초기입력 Page 화면.

이 Page는 각 Tug별 현측(P/S), Tug의 선수로부터의 거리(Location), Push/Pull 방향(Clockwise Direction), Tug Eng. Mode별 Bollard Pull (Power : Ton)을 8척까지 입력가능하다.

Tugs Usage file		Esc to exit!						
[Tugging]								
Tug No.	#1.	#2.	#3.	#4.	#5.	#6.	#7.	#8.
Side(p/s)	P	P	P	P				
Location	10	20	300	310	0	0	0	0
Direction	3	9	9	9	0	0	0	0
Power(Hp)	24	15	15	15	0	0	0	0
[Bollard Pull(Ten)]								
	Input	Corresponding No.						
F/H (1)	48	30	30	30	26	24	30	30
H/H (2)	24	15	15	15	13	12	15	15
S/H (3)	12	0	0	0	7	6	7	7
D/H (4)	6	4	4	4	3	3	3	3
D/S (5)	6	4	4	4	3	3	3	3
S/S (6)	12	0	0	0	7	6	7	7
H/S (7)	24	15	15	15	13	12	15	15
F/S (8)	48	30	30	30	26	24	30	30

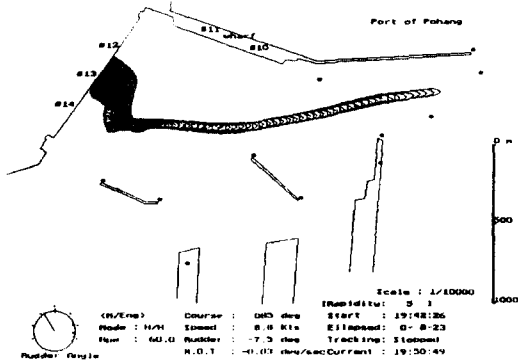
* 각 Tug의 Eng. Mode별 Bollard Pull 정보는 초기 입력후 별도의 Data Base에 저장되므로 수시로 변경 또는 영구히 사용가능하다.

[표 2.1.2.d]

Simulation시 Data 및 Graphic의 입출력용 Function Key로 전환되는 Operation Key는 다음과 같이 설정되어 있다.

Keyboard 문자	Function	Keyboard 문자	Function
[Engine order]		[Steering Order]	
Alt+1	Stop Engine	Alt+E	Hard Port
Alt+2	DeadSlow Ahead	Alt+R	Port
Alt+3	Slow Ahead	Alt+T	Port Easy
Alt+4	Half Ahead	Alt+Y	Midship
Alt+5	Full Ahead	Alt+U	Stbd. Easy
Alt+6	DeadSlow Astern	Alt+I	Stbd.
Alt+7	Slow Astern	Alt+O	Hard Stbd.
Alt+8	Half Astern	Alt+D	Port 20
Alt+9	Full Astern	Alt+F	Port 10
Alt+0	RingUp Engine	Alt+G	Port 5
F10	Eng.Order 입력	Alt+J	Stbd. 5
		Alt+K	Stbd. 10
		Alt+L	Stbd. 20
		F9	조타명령 입력
[Monitor Graphic Selection]			
F1	Dynamics Data	F7	Ship Spec. Data
F2	Trajectory	F8	Tugs Usage Data
F3	초기조건 변경		

Keyboard 문자	Function	Keyboard 문자	Function
[기타In/output]			
Insert	Ship Spec. Input	M	Tracking 시작
	Ship Spec. Erase	Pause(Break)	일시정지
Ctrl+PrintScreen	Simulation도중 Graphic/Data등 Hard Copy	Esc	Simulation 종료



[그림 2.1.3.a] Simulation시 Trajectory의 Graphic Display Page 화면

[표 2.1.3.b]

Simulation시 선체운동에 관한 Surge, Sway, Yaw 등의 속도 및 가속도등의 Text Data Display page 화면

T.Current	: 9:37:36	9:37:39	9:37:43	9:37:47	9:37:51	9:37:54
T.ellapsed	: 0- 0-26	0- 0-29	0- 0-33	0- 0-37	0- 0-41	0 0 44
Beta(deg)	: 2.10367	0.96231	-0.12794	-1.20989	-2.29899	-3.39930
V (m/sec)	: 0.46414	0.57574	0.68408	0.78845	0.88807	0.98212

Xp(Ton)	:131.31	129.75	128.44	127.82	127.66	127.66
XXtug	: 0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
XH	: -0.00079	-0.00091	-0.00128	-0.00211	-0.00387	-0.00512
XXrudder	: -0.00076	-0.00078	-0.00091	-0.00102	-0.00111	-0.00134
XX	: 0.00907	0.00882	0.00857	0.00852	0.00823	0.00811

YYtug	: -0.00324	-0.00324	-0.00324	-0.00324	-0.00324	-0.00324
YH	: 0.00071	0.00092	0.00101	0.00132	0.00187	0.00233
YYrudder	: 0.00297	0.00305	0.00322	0.00334	0.00354	0.00365
YY	: 0.00044	0.00073	0.00099	0.00142	0.00217	0.00274

NNtug	: -0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001
NH	: 0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
NNrudder	: -0.00005	-0.00005	-0.00005	-0.00005	-0.00005	-0.00005
NNprop	: 0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NN	: -0.00004	-0.00004	-0.00004	-0.00004	-0.00004	-0.00004

ndot	: 0.00047	0.00046	0.00032	0.00024	0.00019	0.00010

u (m/sec)	: 0.46384	0.57567	0.67923	0.78711	0.86756	0.99111
v	: -0.01665	-0.00923	-0.00645	-0.00555	-0.00443	-0.00332
r (deg/sec)	: -0.17753	-0.20692	-0.28702	-0.29302	-0.29999	-0.32131
Rpm	: 40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
RdAng(deg)	: -15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0

2.2 Software의 구조

2.2.1 Mathematical Model

靜水상에서의 선박운동은 Surge, Sway, Yaw 성분만을 고려대상으로 하며 이를 표현하는 선박 운동방정식에서 외력의 항목중 유체력에 관하여는 본 Simulator의 개발목적상 기본적인 선체요목만으로도 구할 수 있는 일본조선학회의 MMG(Mathematical Model Group : 조종운동 수학모델 검토그룹)모델을 사용함이 좋다.

왜냐하면 이 시뮬레이터가 기존의 대형 Ship-handling Simulator와 비교하여 사용자가 편리하게 사용할 수 있는 점 중의 하나가 선박의 주요요목을 알고 있으면 이를 곧바로 Simulation해 볼 수 있다는 것인데 기존의 대형 Shiphandling Simulator에서는 이것이 곤란하며 이러한 방법을 가능케 하는 것이 바로 MMG모델이기 때문이다.

여기에서 선체 운동을 표시하는 방정식은 다음과 같다.

$$m(\dot{u} - vr) = X$$

$$m(\dot{v} + ur) = Y$$

$$Iz\dot{r} = N$$

단, m : 선체의 질량

Iz : z축에 대한 선체의 mass moment of inertia

u, v, r : 선체의 x, y 방향 속도 및 z축 주위의 각속도

u, v, r : u, v, r의 시간에 대한 1차도함수

X, Y, N : 선체에 작용하는 X, Y축 방향의 힘과 z축 주위의 모멘트의 합

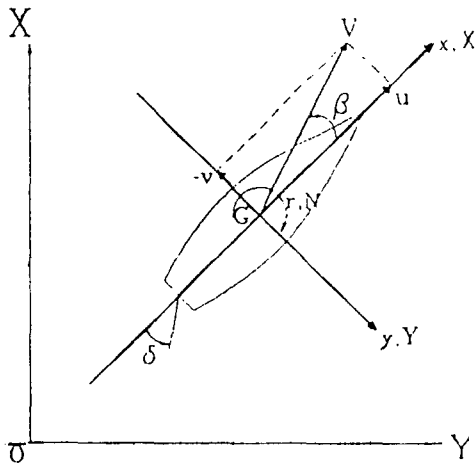
위 식에서 우변을 구성하는 항목중 유체력과 기타의 외력들은 다음과 같은 Module로써 표현한다.

$$X = X_H + X_P + X_R + X_A + X_W + X_T$$

$$Y = Y_H + Y_P + Y_R + Y_A + Y_W + Y_T$$

$$N = N_H + N_P + N_R + N_A + N_W + N_T$$

여기에서 첨자 H, P, R, A, W, T는 선체만의 움직임(H), Propeller작동(P), 타의 작동(R), 풍압력(A), 조류(W), 예선(T)을 각각 의미한다.



[그림 2.2.1.a] 선체운동좌표계

한편 위의 유체력들중 $X_H, X_P, X_R, Y_H, Y_R, N_H, N_R$ 와 실제 Simulation시 필요한 Propeller 회전수 변동 및 조타시 타각의 Time lag의 계산은 MMG의 수학모델 [1] [2]를 사용하였으며 $Y_P, N_P, X_A, X_W, X_T, Y_A, Y_W, Y_T, N_A, N_W, N_T$ 는 다음과 같이 구하였다.

2.2.1.1. 프로펠러 사용시 선체에 미치는 횡방향 유체력 Y_P 및 회두모멘트 N_P .

선박조종중 Propeller역전시 발생하는 선체회두현상을 유발시키는 N_P 는 아주 중요한 고려 요소이며 이는 특히 항내저속조종시등 여러 경우에 유용하게 사용할 수 있는 현상이다. Fujino [3]에 의하면,

$$Y_P = n^2 D^4 Y_P \dot{n}$$

$$N_P = n^2 D^5 N_P \dot{n}$$

단, $Y_P \dot{n}, N_P \dot{n}$: u/nP 의 함수로서 $u > 0, n < 0$ 인 경우 위에는 0이다

n : 매초당 Propeller회전수

D : Propeller직경

2.2.1.2. 풍압에 의해 선체의 중, 횡방향에 미치는 힘 X_A, Y_A 및 회두모멘트 N_A 이값들은 Isherwood의 실험식[4]에 의하여

$$X_A = 0.5 C_x \rho_a V^2 r_w A_T$$

$$Y_A = 0.5 C_y \rho_a V^2 r_w A_L$$

$$N_A = 0.5 C_y \rho_a V^2 r_w A_L L_{GC}$$

단, ρ_a : 공기의 밀도($0.125 \text{Kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$)

C_x, C_y : 상대풍향 및 선형(Hull Shape)의 함수인 풍압계수

r_w : 상대풍속, L_{GC} : 풍압착력점과 선체중심간의 거리

A_T, A_L : 수선상부 선체의 x, y 축상의 투영단면적으로서

$$A_T = Ca_1 B^2, A_L = Ca_2 L^2 \quad (\theta: \text{상대풍향각}) [5]$$

Ca_1, Ca_2 : 수선상 선체의 정면, 측면투영면적계수

2.2.1.3. 조류에 의해 선체의 중, 횡방향에 미치는 힘 X_W, Y_W 및 회두 모멘트 N_W

조류의 방향과 크기는 엄밀히 하면 장소와 방향에 따라 다르나 여기에서는 선체 길이에 해당하는 수역에서는 일정한 것으로 가정하여 다음과 같이 계산한다 [6]

$$R_w = 0.5 \rho_w C_{Rw} V_w^2 L d$$

여기에서

ρ_w : 해수밀도($104.6 \text{Kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$)

V_w : 상대유속, C_{Rw} : 유압계수

이며 이 R_w 를 상대유향에 따라 유압각 및 유압 중심위치를 구하여 X_W, Y_W 를 각각 구한다. 또

$$N_w = 0.5 \rho_w C_{Mw} V_w^2 L^2 d$$

단, C_{Mw} : 회두모멘트계수

2.2.1.4. Tug에 의하여 선체에 미치는 중, 횡방향 힘 X_T, Y_T 및 회두모멘트 N_T

$$X_T = X_{T1} + Y_{T2} + \dots + X_{T8}$$

$$Y_T = Y_{T1} + Y_{T2} + \dots + Y_{T8}$$

$$N_T = N_{T1} + N_{T2} + \dots + N_{T8}$$

단, X_T, Y_T, N_T 의 첨자 1..8은 총8척의 Tug가 사용가능하다는 의미이며 X_T, Y_T, N_T 는 각Tug가 Push/Pull하면서 Eng.사용시 Eng.Mode에 상응하는 Power Data를 사전에 입력시켜 Tug의 Push/Pull 방향에 따라 x, y 방향의 분력을 계산하였고, N_T 는 각Tug의 작용점으로부터 편의상 선체 중앙까지의 거리를 Lever로 한 회두모멘트를 합산한 것이다.

[표.2.2.2.a] Simulation Software 목록

주요 프로그램	기능	Procedures(기능설명생략)
Area001,002...020 .PAS	해도 Data Base 작성용으로 20개 Area까지 동시사용 가능	Chart001,002...020등 각 Area.pas별로 대응하여하나씩 사용함
ASIM.PAS	Simulation Start/End	grinit, Cover, gDrvMode_detect
DATAINIT.PAS	Simulation Area,선체요목,풍조의 크기, M/Eng Mode별 RPM,Tug Data,선박위치, Simulation Rapidity등 초기 Data Input	Gto,Wspc,File_Check, Spec_Input,SpecSave, SpecRead,Spec_write, SpecEnvr_Page,Filename_fix, Start_Page
PHNGTUG8.PAS	ShipCotrol, Graphic/text data output, Euler/Runge- Kutta적분에 의한 u,v,r 계산등 Simulation을 총괄 (*필요에따라 Euler/Runge Kutta Gill법 등 선택가능)	Chart_Select, Spc_Change, Initial_Change,Start_Again, Mainbody_8, Helms, RKGILL,Euler,Spd_Control, HD(HydroDynamics), Bridge_Display.
SHIPIMAG.PAS	Monitor상 Ship Trajectory 표시	grinit,Coord,Ship_Shape, Trackout,RV_Trackout
CRNTPRSS.PAS	조류의 상대유향,유속,압력 계산	PlotCrnt_Input,CoeffCr_Input,TrueCrnt_ XY,ShipCrnt_XY,RelaCrnt,Crnt_Force, Crnt_Resist,Crnt_Moving
WINDPRSS.PAS	바람의 상대풍향,풍속,압력 계산	Plot_Input,Coeff_Input, TrueWind_XY,ShipWind_XY, RelaWind,Wind_Force,Wind_Resist,Win d_Moving

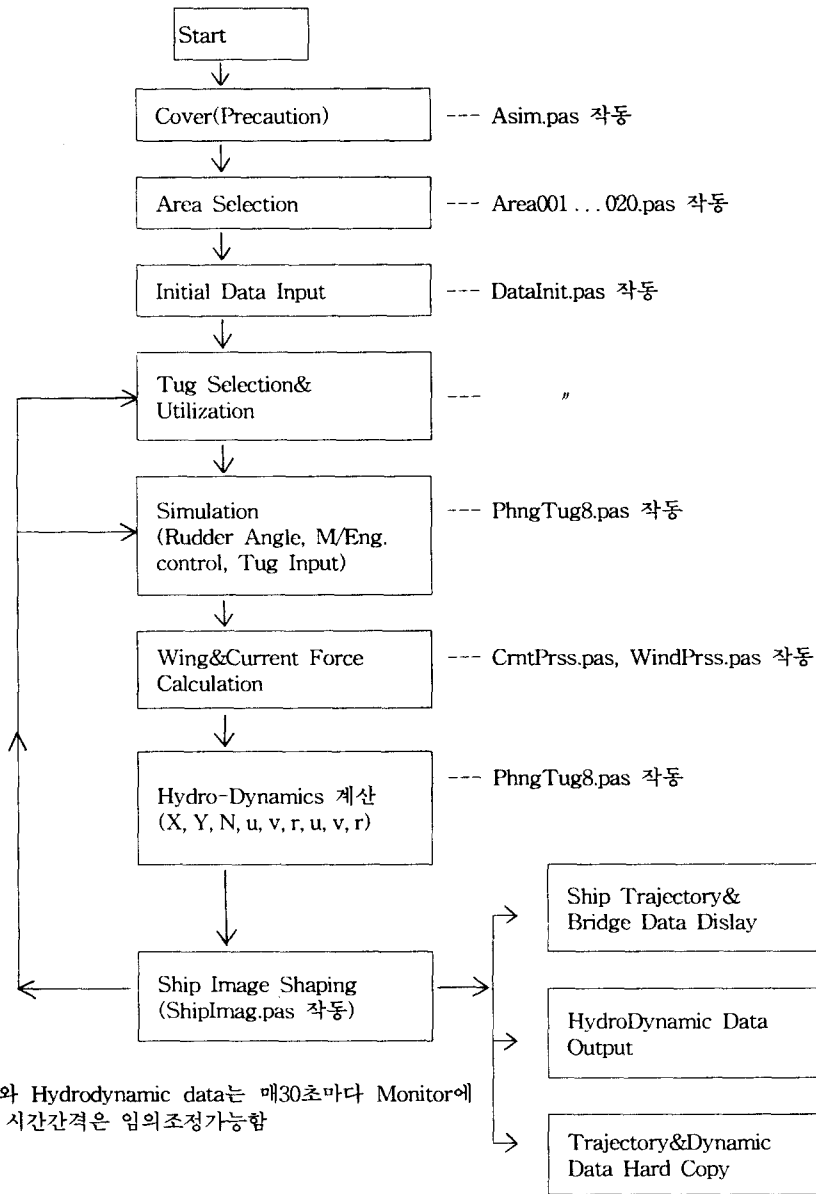
2.2.2 Software의 詳細

2.2.2.1 Software의 종류및 기능

이 Software는 Data Input/Output와 Simulation 시 Ship control에 사용되는 주요 프로그램 7개로

구성되었고 각 주요프로그램은 Sub 프로그램 인 Turbo Pascal Procedures들로써 아래와 같이 이루어져 있다.

각 Procedure들의 기능은 지면관계상 생략하며 부록에서 필요에 따라 Diskett로 공개한다.



* Ship Trajectory와 Hydrodynamic data는 매30초마다 Monitor에 Display되며 이 시간간격은 임의조정가능함

2.2.2.2 Simulation 가동시 Software의 진행 Flow

이 Software에서는 X,Y,N을 이용하여 u,v,r의 가속도를 구하고 이를 다시 수치적분에 의하여 u,v,r을 계산하는데 이때 Runge Kutta Gill법 및 Euler법 두가지중 필요에 따라 선택사용토록 되어

있으나 Real time simulation시 t=0.5 sec이고 time interval이 1초 이하이면 일반적으로 Euler적분값도 조종연습용 Simulation에는 근사치로서 유효하므로[7] 이하 Simulation 결과 비교에는 Euler법으로 계산한값을 사용하였다.

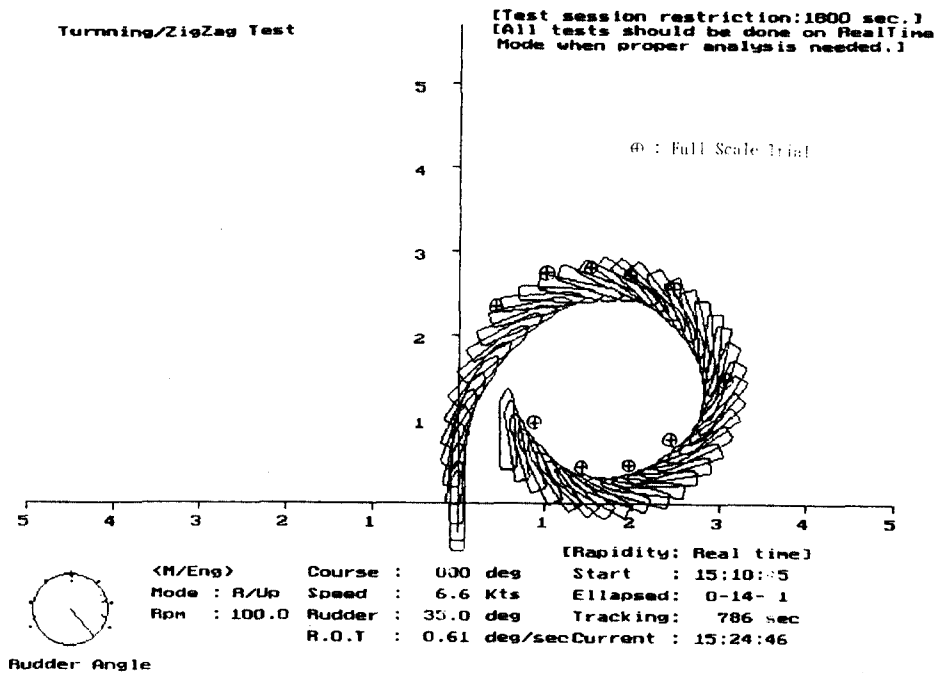
3. Simulation 結果에 對한 精密度 檢證

3.1 Simulation에 사용된 선박의 요목

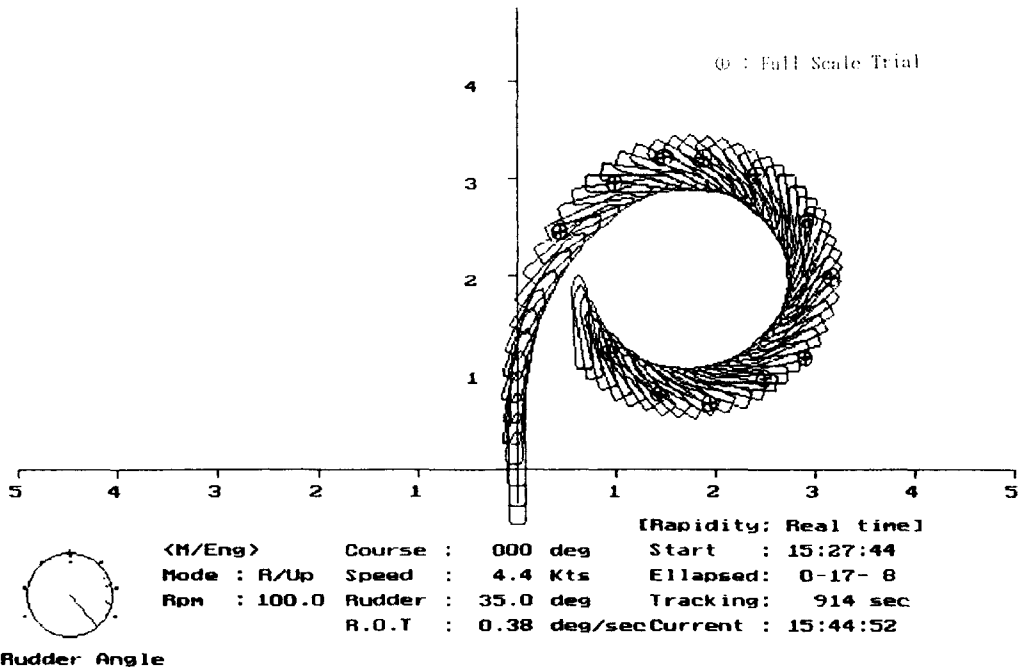
분 류	A	B	C		D
선종	Cargo Ship (ballast)	Bulker (ballast)	VLCC (Laden)	VLCC (Ballast)	ULCC (Laden)
[Hull]	160	230			
L(m)	23.5	32.2	318	318	348
B(m)	5.2	7.24	56	56	63.4
d(m)	3.78	1.05	20.58	9.64	21.85
r (trim, m)	0.600	0.82	0	3.96	0
Cb			0.827	0.788	0.826
[Propeller]	6.50	4.76			
Pitch(m)	5.70	6.7	6.32	6.32	6.816
Dia(m)	Slow Speed Diesel	Slow Speed Diesel	Steam Turbine	Steam Turbine	Steam Turbine
M/Eng&SHP					
[Rudder]	1/48.1	1/47.9	1/58.6	1/34.5	1/53.5
A _B /LD (Area Ratio)	1.57	1.38	1.5	1.28	1.44
Rudder Area	22.1	34.76	111.6	88.85	142.13

3.2 Simulation결과 비교

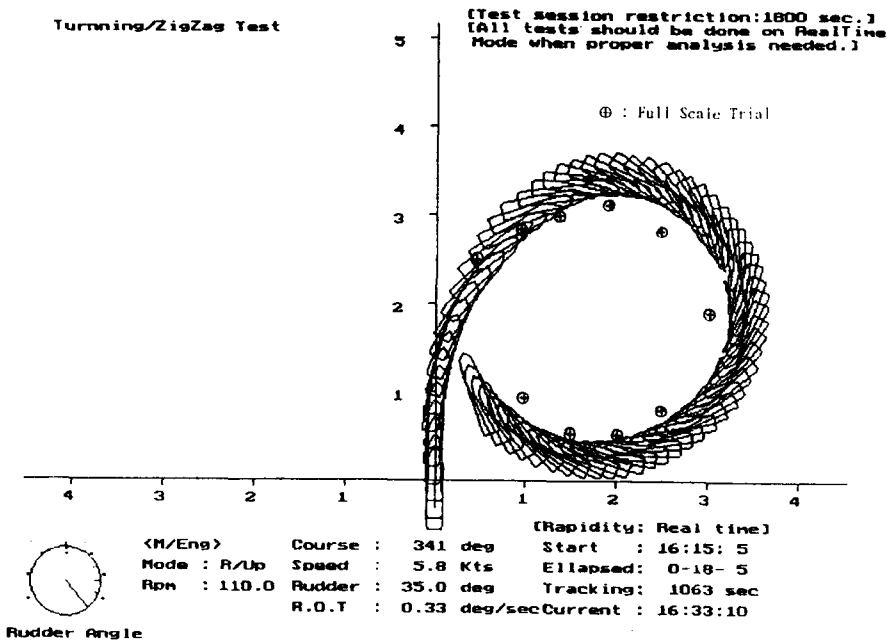
본 Software의 Simulation결과에 대한 정밀도 (Accuracy)검증을 하기 위하여 외력이 없는 상태에서 위 선박들에 대해 35도 전타에 의한 Turning test , 10 -10 Z-maneuver test를 행하였으며 이 결과를 평온한 해상에서 행한 Full-Scale-Trial 결과와 비교하면 다음의 그림[3.2.a]...[3.2.e]및 표 [3.2.a]...[3.2.h]와 같다.



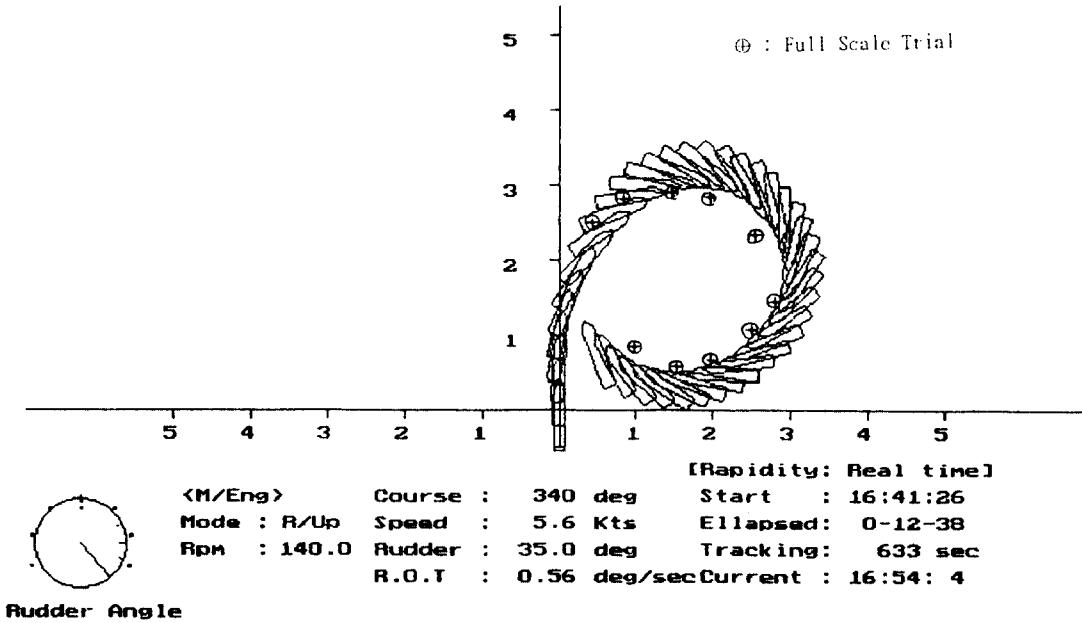
[그림 3.2.a] Turning Trajectory. VLCC(Ballast)



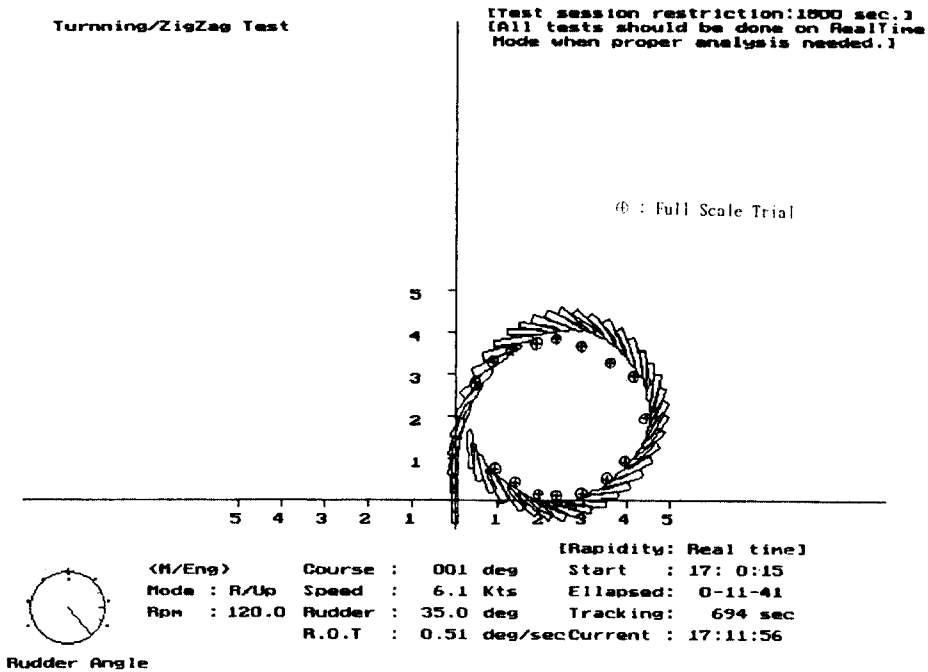
[그림 3.2.b] Turning Trajectory. VLCC (Laden)



[그림 3.2.c] Turning Trajectory. ULCC(Laden)



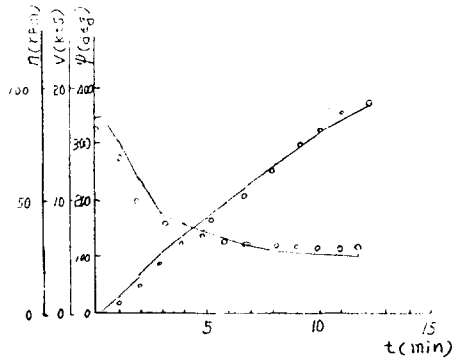
[그림 3.2.d] Turning Trajectory. Bulder(Ballast)



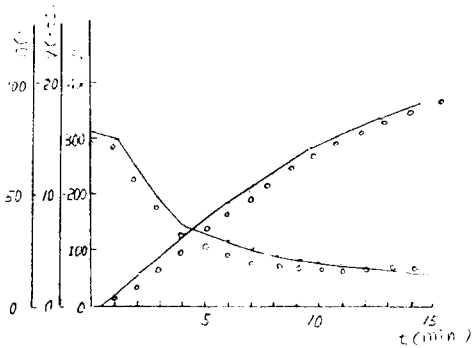
[그림 3.2.e] Turning Trajectory. Cargo Ship(Ballast)

* 아래의 도표에서 Full과 Simulation의 구분은 다음과 같다.

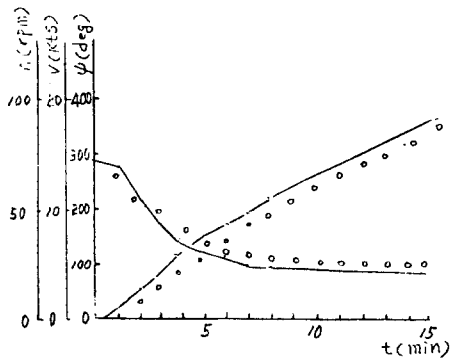
[표 3.2.a] Time-histories of Heading Angle, Speed in Turning Motion (VLCC, Ballast)



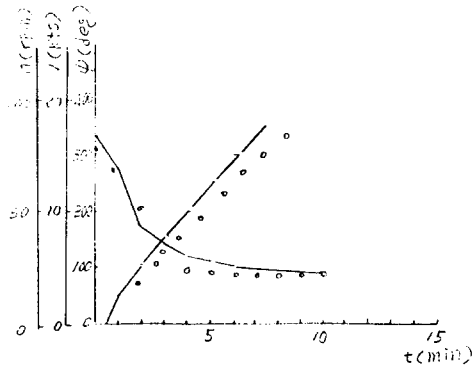
[표 3.2.b] Time-histories of Heading Angle, Speed in Turning Motion (VLCC, Laden)



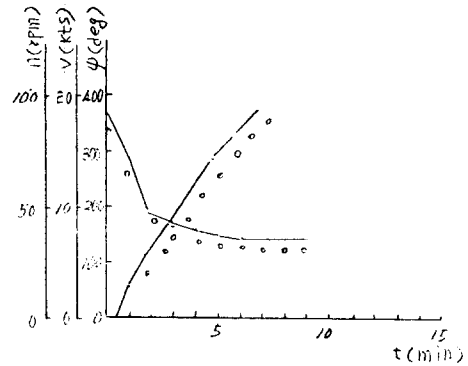
[표 3.2.c] Time-histories of Heading Angle, Speed in Turning Motion (ULCC, Laden)



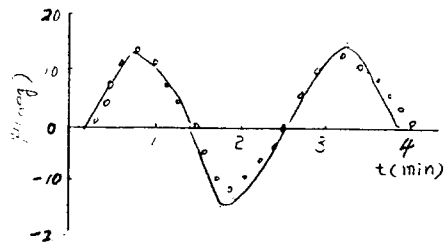
[표 3.2.d] Time-histories of Heading Angle, Speed in Turning Motion (Bulk, Ballast)



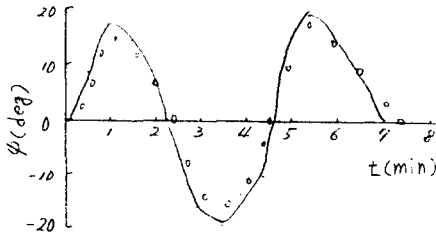
[표 3.2.e] Time-histories of Heading Angle, Speed in Turning Motion (Cargo Ship, Ballast)



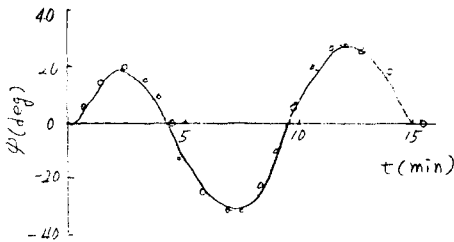
[표 3.2.f] Z-maneuver respons. Cargo Ship (Ballast)



[표 3.2.g] Z-maneuver respons. Bulker (Ballast)



[표 3.2.h] Z-maneuver respons. ULCC(Ballast)



4. 結 論

이 연구를 통해 개발된 PC를 이용한 선박조종 연습용 DeskTop Simulator의 Software는 Turbo Pascal Ver. 5.0으로 작성되었으며 별도의 추가 장비 없이 PC의 기본 입출력 장치만으로도 Graphic/Text Data의 입출력을 하면서 Simulation이 가능토록 한 점이 기존 여타 PC Simulator와 구별된다.

이 Simulator 개발의 기본 목적은 앞으로 항해사가 될 학생이나, 기존항해사, 선장 또는 도선사로 하여금 선박의 조종에 관한 감각을 수 없는 반복 연습을 통하여 익힐 수 있도록 하는 데에 있으며 이를 달성하기 위하여는 우선 사용시의 경제성, 편의성등이 확보되어야 한다.

그리고 Simulation Test결과가 Full Scale Trial과 유사하여 조종연습용으로 사용하는 데에 무리가 없는 것으로 판단되므로 이 DeskTop Simulator로써 위의 기본 목적을 달성할수 있을것이며 나아가 충돌,좌초등의 해난사고 분석용으로도 활용이 가능할것이다.

단, 금후 이 Software상에는 다음과 같이 특수한 상황에서의 선체운동간섭 효과에 관한 내용이 추가 보완되어야 할 것이다.

- (1) Canal Transit중의 Bank Cushion/Suction 효과
- (2) 근접 항행중인 두선박간의 흡입/배척 작용
- (3) Shallow Water Effect 등..

참 고 문 헌

1. S.Inoue, N.Hirano, K.Kijima & J.Takashina, " A Practical Calculation Method of Ship Maneuvering Motion", Int'l Ship-building Progress, Vol.28. No.325,1981
2. 孫景浩, "船舶의 操縱性能評價를 위한 數學모델에 關한 研究", 韓國航海學會誌 第25號,1989.
3. Fujino, M., et al., " On the Maneuverability of Ship While Stopping by Adverse Rotation of Propeller," J. of the Kansai Society of Naval Architecture, 169,1978
4. Isherwood,R.M., "Wind Resistance of Merchant Ship," RINA, Vol.114 ,1972
5. 尹点東, 巨大型船 操縱論,亞成出版社,1983, p100, p101.
6. 尹点東, 前掲書 p104.
7. 小川陽弘, 井上正祐, "操縱性解析 電子計算機適用", "Report of proceedings of The 2nd Symposium on Ship Manoeuverability", Nov. 1970, p110-p111.

附錄 : 이 Simulation Software는 Turbo Pascal Ver. 5.0으로 작성되었으며 원할 경우 필요에 따라 Diskette로 공개한다.