

선박조종시물레이션의 근접도 계측에서 연속 분석과 목표점 분석에 관한 비교 연구

정 태 권* · 이 동 섭**

* 한국해양대학교 항해시스템공학부, ** 한국해양수산연수원

Comparison of Goal-point and In-length Analyses in the Proximity Measures of Simulated Maneuvers

Tae-Gweon JEONG*

Dong-Sup LEE**

Division of Navigation System Engineering, Korea Maritime University, Pusan 606-791, Republic of Korea

Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Pusan 608-080, Republic of Korea

요 약 : 우리나라의 경우 선박조종시물레이션을 이용한 선박 통항의 안전성 평가는 흔히 목표점 혹은 목표선 분석으로 이뤄지고 있다. 이 논문에서는 선박조종시물레이션 결과에 대하여 목표점 혹은 목표선 분석과 연속분석을 각각 실시하고 이들을 비교·검토하여 각각에 대한 유효성을 제시하고 아울러 각각의 선박의 위치에서 항로 중심에서의 거리가 아닌, 항로경계까지의 최근접거리를 근접도 평가의 한 방법으로 제시하였다.

핵심용어 : 근접도 계측, 연속 분석, 목표점 분석, 복합 항적도 분석, 평균 최근접거리, 군평균 최근접거리, 군표준편차

ABSTRACT : The evaluation of safety of simulated maneuvers is frequently analysed by so called goal line or point of interest. This paper is to suggest that regarding the results of simulation the goal line analysis and in length analysis are investigated respectively and the availability of which is effective and is also to suggest closest distance to channel boundary at each ship's position, not centerline, as one of proximity measures.

KEY WORDS : proximity measure, continuous or in-length analysis, goal point or line analysis, composite track plot analysis, average closest distance, group average closest distance, group standard deviation

1. 서 론

선박조종시물레이션을 실시하고 나서 그 결과를 분석하여 선박통항의 안전성을 평가하는데 그 방법은 통상 선박에 대한 근접도 계측, 조종도 계측, 그리고 조종자의 주관적 계측으로 구성된다(CAORF, 1987). 근접도 계측은 통상 항로를 벗어난 횡수, 항로경계에서의 평균거리, 이 평균거리의 변동량 등으로 평가하며, 조종도 계측은 요잉 특성, 스윕트패스(swept path), 타의 사용, 예선 사용 등으로 평가한다. 마지막으로 주관적 평가는 조종자의 레이팅스케일(rating scale)을 활용한다. 예를 들어 업무 부담, 스트레스, 업무의 난이도 등의 정도를 체크하여 평가한다.

그러나 여기서 중요한 것은 선박의 근접도 계측이다. 이 근접도 계측에는 시물레이션의 구간을 몇 개로 나누어 각각의 구간에 대한 평균 근접거리를 구하여 평가하는 방법(이하 '연속

분석'이라 함.)과 특정한 지점 혹은 선을 정하고 그 지점을 통과할 때의 근접거리를 구하여 평가하는 방법(이하 '목표선 분석'이라 함.)이 있을 수 있다(Kuo, 1993; Witt, 1981).

이 목표선 분석은 시물레이터의 성격상, 아니면 그 방법의 단순성으로 우리나라에서 많이 이용되어 왔다(이·윤·정, 1994; 정·홍, 1998; Jeong etc, 1997). 이 방법은 그 위치에서 서로 다른 조종자들이 조종한 결과가 나타나는 점에서 장점이 있지만 그 구역 전체에 대한 조종성 결과를 파악하기 곤란한 점이 있다. 왜냐하면 충분한 조종횟수가 현실적으로 어렵기 때문이다.

이런 점을 고려하여 이 논문에서는 각각의 구간에 대하여 연속 분석을 실시하고 그 결과를 목표선 분석과 비교하고자 한다. 여기서는 광양항에서 출항하는 경우에 대하여 적용하기로 한다.

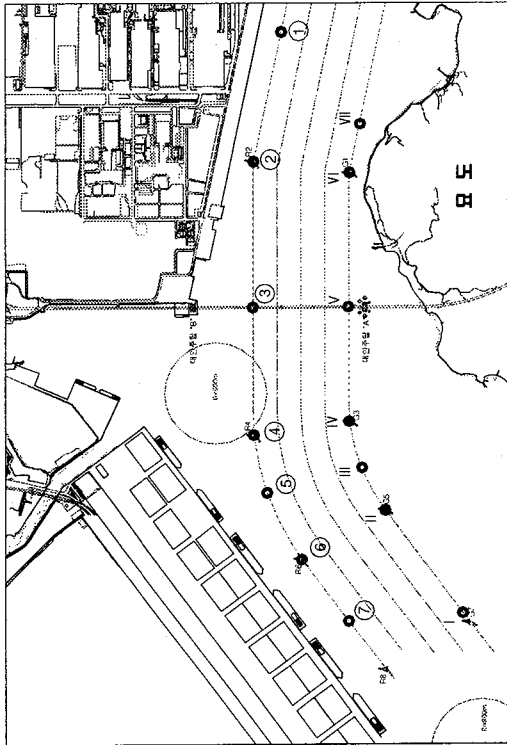
2. 광양항 출입항로 설계 및 모델선박

* 종신회원, tgjeong@mail.hhu.ac.kr 051)410-4246

** 경회원, dslee3196@hanmail.net 051)620-5826

2.1 광양항 출입항로

이 연구에 사용된 광양항 출입항로는 <Fig. 1>과 같다. 이 출입항로에 나타난 ①, ②, ③, ..., I, II, III, ..., 등은 항로의 변경점을 나타내며 시뮬레이션 결과 분석에 사용하는 구간으로 이용된다. 광양항 출입항로는 <Fig. 2>와 같이 직선항로와 굴

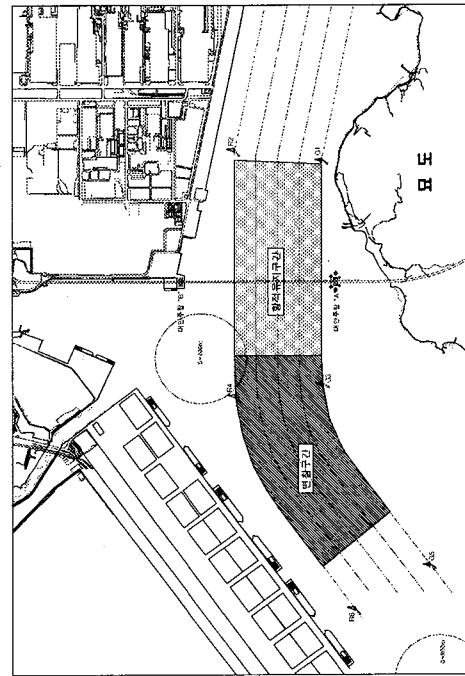


<Fig. 1> Channel of Kwangyang Port

곡항로로 구성된다.

또 광양항에서의 15,000TEU급 컨테이너선의 출항 표준조선은 다음과 같이 실시한다.

- ① 본선은 광양대교 1마일 전에서 침로 054도, 기관 미속 (Dead Slow Ahead)으로 광양대교를 향하여 접근한다.
- ② 광양대교 접근하면서 침로를 054°로 정침하고 대교 통과 시에 기관을 미속(Dead slow)이나 저속으로 발령하고, 입항과 마찬가지로 좌현/우현 선수미에 2척과 정선미에 1척의 약 3,000 마력급 이상의 전방향 추진예선 (Reverse-tractor Tug) 총 3척을 잡는다. 가능하다면 정선미의 예선은 4,000 마력급 이상이 바람직하다.
- ③ 본선 선수부가 광양대교를 통과하면 기관미속 및 좌현타를 발령하고 필요시 예선을 사용하여 변침조선을 완료하면서 출항 신침로항로로 진입 정침한다.
- ④ 본선기관과 타 및 Tug의 조종불능 상태로 인한 해양사고를 방지하기 위하여 좌현/우현선수 맞을 워크아웃(Walk-out) 또는 비상준비(Emergency



<Fig. 2> Straight & curved area standby)한다.

2.2 통항 조건의 설계와 모델선박

통항조건은 다음과 같이 설계한다.

- ① 출항선은 시뮬레이션선박이 광양대교 아래서 조우하도록 설정한다.
- ② 광양항을 입·출항하는 모든 선박에 대해서는 철저한 VTS 통제를 실시한다.

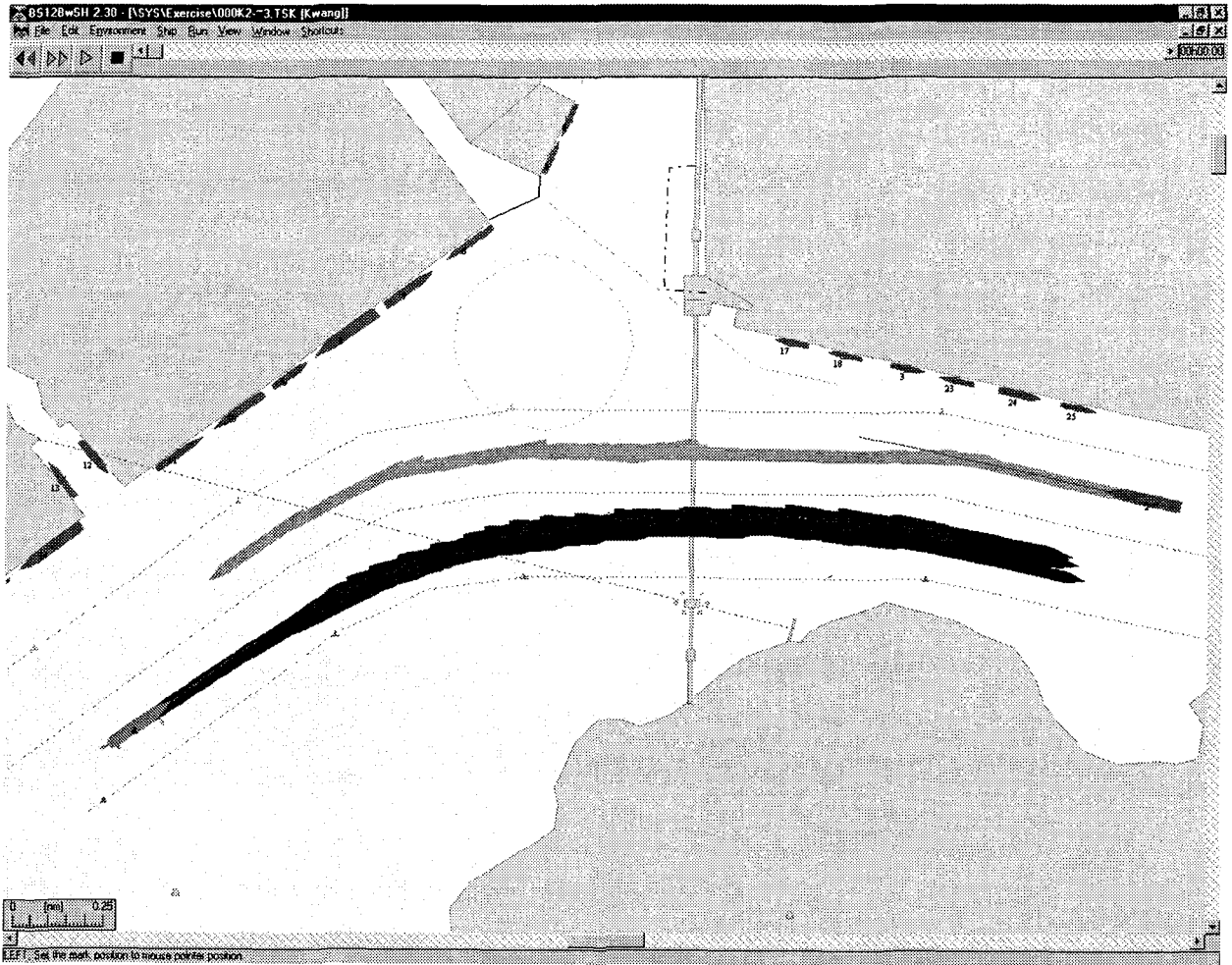
한편 모델선박의 제원은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> 15,000TEU Container ship's Particular

LOA	420 m	GRT	220,000 ton
Breadth	59.5 m	DWT	180,000 ton
Deapth	30.5 m	Speed	25.5 kts
Draft	16.0 m	BHP	155,600 HP
Thruster	5,860 HP	Air draft	58.5 m

3. 선박조종시뮬레이션 및 결과 분석

광양항 출항시의 환경조건은 <Table 2>와 같이 바람은 통상 접·이안 허용 한계치에 해당하는 풍속 26 kts으로 풍향은 315도로 선박조종에 가장 불리한 조건으로 설정하였다. 조류는 통항조건에 가장 불리한 최강낙조류 2.2 kts로 하였다. 시뮬레이션 시간은 주간으로 하였다.



<Fig. 3> Composite track plots of passages of leaving Kwangyang harbour

이 연구에서는 한국해양수산연수원이 보유하고 있는 실시간 선박조종시뮬레이터(real-time, full-mission ship handling simulator)를 사용하여 시뮬레이션을 실시하고 분석하였다.

<Table 2> Environmental condition

	Wind	Current
Direction	NW	Ebb tide
Speed	26 kts	2.2 ktc

15,000TEU급 컨테이너선이 광양항을 출항하는 경우 선박조종 시뮬레이션 결과에 대한 항적도는 <Fig. 3>과 같다.

3.1 연속 분석

연속 분석을 하기 위해서는 시뮬레이션 구간이 굴곡부를 포함한 항로이므로 단일하게 분석을 할 수 없기 때문에 편의상 직선 구간, 굴곡 구간 등으로 나누어 실시한다. 또 시뮬레이션 후에 얻어진 선박의 위치는 10초 간격으로 샘플링한 것이다.

우선 분석 구간은 다음과 같다.

제1구간 : <Fig. 1>의 I 위치에서 II 위치까지

제2구간 : <Fig. 1>의 II 위치에서 IV 위치까지

제3구간 : <Fig. 1>의 IV 위치에서 VI 위치까지

제4구간 : <Fig. 1>의 VI 위치에서 VII 위치까지

분석 방법은 다음과 같다. 먼저 각각의 조종자가 시뮬레이션을 한 결과에 대하여 위에서 말한 구간별로 선박의 각각 위치에 대하여 선수방위 등을 고려하여 현측 끝(정선수, 선수부의 좌우현, 중앙부의 좌우현, 선미부의 좌우현, 정선미 등 8곳)에서 항로 경계까지의 거리 중에서 가장 가까운 거리를 그 위치에서의 최근접거리로 하였다. 한사람의 조종자에 대하여 각 구간 별로 평균 최근접거리, 표준편차, 최소 최근접거리를 구하였다.

한편 시뮬레이션은 참여한 모든 조종자에 대하여서는 각 구간에서 평균 최근접거리, 군표준편차 등으로 정의하여 분석한다.

제1구간에서의 시뮬레이션 결과는 <Table 3>와 같다. 6명의 조종자의 평균 최근접거리는 181.63~194.27 m이다. 분산도 적어 항로경계 침범 확률도 0.0000으로 나타나고 있다.

<Table 3> Closest distance of each pilot in Segment 1

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Average CPA	194.27	187.47	181.63	183.20	182.57	183.54
CPA std	6.87	13.05	18.82	18.23	18.32	18.16
Min CPA	182.18	160.94	136.98	136.98	136.98	136.98
Invading Prob	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

또 제2구간에서의 시뮬레이션 결과는 <Table 4>와 같다. 6명의 조종자의 평균 최근접거리는 121.48~156.76 m이다. 조종자 2의 경우에는 분산이 커서 침범확률이 0.0037로 나타나 있다.

<Table 4> Closest distance of each pilot in Segment 2

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Average CPA	156.76	121.48	129.05	132.79	143.72	136.65
CPA std	27.37	45.40	35.38	34.28	33.95	33.13
Min CPA	82.93	13.80	49.87	61.20	62.56	55.73
Invading Prob	0.0000	0.0037	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000

제3구간에서의 시뮬레이션 결과는 <Table 5>와 같다. 6명의 조종자의 평균 최근접거리는 211.16~264.88 m이다. 조종자 6의 경우에는 분산이 커서 침범확률이 0.0013로 나타나 있다.

<Table 5> Closest distance of each pilot in Segment 3

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Average CPA	264.88	260.26	224.23	211.16	231.14	259.66
CPA std	50.82	35.84	56.00	54.50	60.05	86.22
Min CPA	128.46	184.40	71.50	65.21	84.26	62.09
Invading Prob	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013

제4구간에서의 시뮬레이션 결과는 <Table 6>와 같다. 6명의 조종자의 평균 최근접거리는 188.93~274.86 m이다. 제1구간과 마찬가지로 분산도 적어 항로경계 침범 확률도 0.0000으로 나타나고 있다.

<Table 6> Closest distance of each pilot in Segment 4

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Average CPA	274.86	188.93	227.40	226.81	225.49	266.58
CPA std	20.19	11.04	23.18	23.31	20.41	41.96
Min CPA	225.59	161.35	196.77	196.77	196.77	196.77
Invading Prob	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

한편 각 구간에서 균평균 최근접거리와 균표준편차 등을 구하면 <Table 7>과 같다.

균평균 최근접거리는 각각 구간에 대하여 138.11~240.85 m의 범위로 크게 변화하고 있다. 항로경계에 대한 침범확률은 구간 2에서 0.0001로 나타나고 있음을 알 수 있다.

<Table 7> Group closest distance of each segment

	S1	S2	S3	S4
Group Average CPA	184.86	136.11	240.85	232.97
Group CPA std	17.06	37.13	63.06	37.66
Min CPA	136.98	13.4	62.09	161.35
Invading Prob	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000

3.2 목표선 분석

목표선 혹은 목표점 분석은 선박의 항적도를 살펴보고 관심이 되는 점 혹은 선을 선정하고 그 지점에서 선박의 통과할 때 최근접거리를 구하여 분석하는 방식이다. 이것도 연속 분석에서와 마찬가지로 선박의 현측과 목표점까지의 거리 중 가장 가까운 거리를 그 선박의 최근접거리로 하였다.

여기서는 목표점을 <Fig. 1>의 III, V, VI로 하였다. 그 결과를 정리하면 <Table 8>과 같다.

<Table 8> Closest distance of each goal point

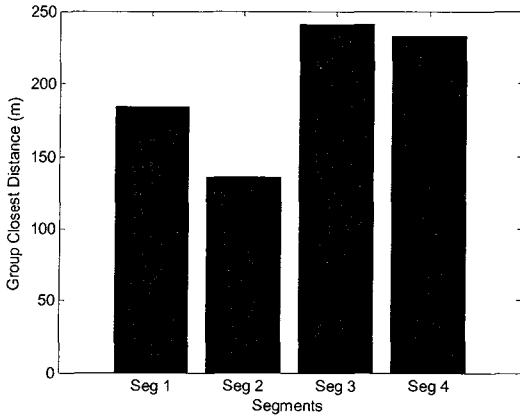
	III	V	VI
Average CPA	138.73	282.33	216.84
CPA std	3.39	8.95	26.86
Min CPA	134.56	271.02	187.20
Invading Prob	0.0000	0.0000	0.0000

<Table 8>에서 보듯이 각 목표점에서의 평균 최근접거리는 138.73 ~ 282.33 m이다. 평균 최근접거리의 분산이 적어 목표

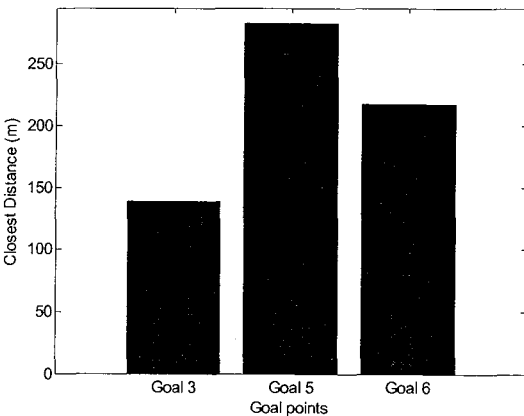
점에서의 항로경계 침범확률은 0.0000으로 나타나고 있다.

3.3 연속 분석과 목표점 분석의 비교

<Table 7>, <Table 8>를 그림으로 표시하면 각각 <Fig. 4>, <Fig. 5>와 같다. 같은 구역을 표시하는 곳으로 구간 2와 목표점 3, 구간 3과 목표점 5를 비교하여 볼 수 있다. 이를 살펴 보면 구간 2와 목표점 3은 거리의 차이가 별로 없지만 구간 3과 목표점 5는 각각 240.85 m, 282.33 m로 차이가 크게 나타나고 있다.



<Fig. 4> Group closest distance of each segment



<Fig. 5> Closest distance of each goal point

또 항로경계의 침범확률을 보면 구간 2에서는 0.0001인데 비하여 목표점 3에서는 0.0000으로 차이를 보이고 있다.

위와 같은 차이를 보이고 있는 것은 목표점 분석에서는 해당 목표점에서 조종자 6명이 시뮬레이션을 한 결과를 분석하는데 비하여 연속 분석에서는 한명의 조종자에 대하여 각각의 구간에서 많은 샘플링을 하고 그것을 분석하고 그것을 다시 6명의 조종자에 대하여 재분석하는 과정을 거치므로 나타나는 현상이다.

또 목표점 분석은 적절한 위치를 선정하지 못하면 항로 경계

를 침범하는 확률이 높음에도 불구하고 나타나지 않을 수 있다. 또 유념할 사항으로는 목표점 분석에서 6명으로 그 분포를 정규분포 혹은 기타의 다른 분포로 가정하는 것은 무리가 따르는 점이다.

서론에서 언급한 바와 같이 목표점 분석은 단순성에 그 의미가 있다.

4. 결론

이 연구에서는 선박조종시물레이션의 결과에 대한 근접도 계측으로서 15,000TEU급 컨테이너가 광양항에서 출항하는 경우에 대하여 시물레이션을 실시하고 연속 분석과 목표점 분석을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

① 근접도의 계측의 하나의 방법으로서 항로 경계와의 최근접거리를 각각의 구간에 대하여 연속적으로 구하고 이를 평가 방법으로 제시하였다.

② 각각의 구간별로 구한 평균 최근접거리를 모든 조종자에 대하여 적용한 균평균 최근접거리를 제안하였다.

③ 목표점 분석에서는 복합 항적도 분석이 제대로 되지 않으면 위험성이 제대로 나타나지 않을 수 있다.

④ 목표점 분석은 분석에 용이한 점이 있으나 표본이 적어 분포의 가정에 무리가 따른다.

이 연구에서는 연속 분석과 목표점 분석을 다루는데 그 의미를 두었지만 보다 확실한 통계 분석으로 각각 분포에 대한 적합성 검정이 필요할 것으로 보인다. 이런 분포에 대한 적합성 검정 대하여서는 추후의 연구 과제로 남긴다.

참고문헌

- [1] 이동섭·윤점동·정태권(1994), 아산항 계획 항로에서의 선박 통항의 안전성 평가검토, 韓國航海學會誌, 第18卷, 第2號, pp.41~56.
- [2] 정태권·홍종해(1998), 광양항 LNG 터미널 접근항로 안전성에 관한 시물레이션 연구, 海洋安全學會誌, 第4卷, 第2號, pp. 13~24.
- [3] CAORF(1987), "CAORF RESEARCH METHODOLOGY", CAORF National Maritime Research Center, p/28.
- [4] JEONG T.G., Kim H.S., Lee J.W.(1997), "An Examination of the Safety of #2 Berth of the 'HPC' Pier using Port Design Simulator", The Korean Institute of Navigation, Vol. 21/4, pp. 11~20.
- [5] Kuo Pi-Kuei(1993), "A Study on the Safety Evaluation of Ship Maneuvering in Ports -An Introduction of Ship Handling Simulator Studies in Taiwan-", Japanese

Journal of Navigation, No. 89, pp. 121~132.

- [6] Witt, F.G.J.(1981), "Analysis of Simulated Maneuvers",
2nd International Conference on Marine Simulation, pp.
A12-1~A12-17.