

선내 피난모델 개발을 위한 피난경로 선택특성에 관한 기초실험 연구

† 황광일 · 심영훈*

† 한국해양대학교 기계에너지시스템공학부 교수, * 한국해양대학교 대학원 에너지플랜트공학과

Basic Experimental Study on the Characteristics of Way Selection for the Development of Evacuation Simulation Model on board a Ship

† Kwang-Il Hwang · Young-Hoon Sim*

† Division of Mechanical and Energy Systems Eng., Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-791, Korea

* Department of Energy Plant Eng., Graduate School of Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 국내 여객선 이용자수는 매년 5% 이상 증가하여 2012년에는 1,453만명이 여객선을 이용하였으며, 동시에 해상재난 건수도 증가하였다. 재난예방단계에서 선내 승객의 피난가능성을 예측하고 재난상황에 대비한 안전피난 관련 기술을 개발하는 것은 매우 중요한 사안이다. 이에 본 연구는 일반 승객의 피난가능성 예측을 위한 선내 피난모델 개발을 위해 승선생활이 익숙하지 않고 재난대응과 관련된 정규교육을 받지 않은 일반인의 피난경로특성을 파악하였다. 본 83명이 참가한 본 실험에는 33가지 경로선택설문이 제시되었고 응답결과를 분석하면 다음과 같다. T, U, Y형의 2 분기경로에서 왼쪽 경로보다 오른쪽 경로를 선택하는 비율이 6~18% 높았다. 그러나 경로 상에 보행자 혹은 주행자가 있으면 보행자 혹은 주행자가 있는 경로를 선택하는 비율이 높아지며, 상대적으로 주행자가 이동하는 경로를 더욱 선호하였다. ‘↓’, ‘↑’형의 2 분기경로, 3 분기경로에서는 직진경로를 선택하는 비율이 높았다. 이 경우에도 다른 사람을 따르는 경향이 나타났지만 그 보다는 직진경로를 선택하는 직진성이 더욱 강한 것으로 조사되었다. 또한 분기경로에서 상대적으로 밝은 경로를 선택하는 비율이 높았다. 계단에서는 같은 조건일 때 우측계단, 하향계단, 가까운 계단을 각각 더 선호하는 것으로 조사되었고, 일반 계단에 비해 에스컬레이터와 엘리베이터를 선택하는 비율은 매우 낮았다.

핵심용어 : 세월호, 여객선, 피난시뮬레이션, 피난경로, 피난모델, 경로선택

Abstract : As the numbers of users of domestic passenger ships increased up to 14.5 millions at 2012, the numbers of ships accidents also increased as 2 times than ever. It will be very important to develop technologies related with safety design for onboard passengers and disclose the potential problems. This study performed consciousness survey on ordinary peoples' way finding who have not got any regular anti-disaster training, to develop evacuation models for evacuation feasibility studies. Followings are the results answered by 83 participants for 33 way finding questions. Respondents selected right ways more than 6~18% for 2 ways like T type, U type, Y type passages. But when there are some walkers and/or runners, respondents preferred to select the way where walkers or runners are. And more over the ratio of the ways that runners are on is comparatively higher than walkers. On '↓' type, '↑' type and 3 way type passages, even though the walkers and/or runners are affected to answers, straight way were most preferred. And it is clear that peoples like bright passages. On the other hands, peoples responded as they like right, downward and near stairs more than left, upward and far stairs, respectively. and very few selected escalator and elevator for as evacuation stairs.

Key words : Sewol, passenger ship, evacuation simulation, evacuation route, evacuation model, way selection

1. 서론

2014년 4월 16일 전라남도 진도 앞바다에서 발생한 세월호 침몰 사고 이후 우리나라 국민의 안전에 관한 관심이 증가하고 있다. 그럼에도 불구하고 세월호 사고 이후 여객선 사고는 작년 동기 대비 2배 이상 증가하였고(Shin, 2014), 육상에서도 고양종합터미널 화재사고, 경기도 성남시 광장 환풍구 붕괴

사고 등 연속적인 대형사고가 발생하였다. 최근 발생한 이런 사고들의 전개와 수습과정에서, 우리 사회의 재난안전 대책이 설비 기능적 관점에 초점을 맞추고 있으며, 피난자 관점, 즉 인간중심적 재난안전 매뉴얼 개발은 미흡하다는 사실을 파악할 수 있다. 이것은 육상 건물을 대상으로 하는 우리나라 소방 관련법에는 특정소방대상물을 대상으로 화재 발달과 확산을 지연시키기 위한 성능위주 소방설계에 관한 법규(NEMA,

† Corresponding author : 종신회원, hwangki@kmou.ac.kr 051)410-4368

* 학생회원, simyh@kmou.ac.kr 051)410-5030

(주) 이 논문은 “2014 추계학술대회논문집 한국항해항만학회(동명대학교, 2014. 10. 23.-24, pp. 268-269)”에서 발표된 “선내 피난경로 선택 실험을 통한 피난 행동 특성에 관한 연구”의 수정, 보완된 내용을 일부 포함하고 있음.

2013)가 대형 건축물 등의 설계시 지방자치단체와 건물주의 요구에 의해 재실자의 피난소요시간 예측보고서 제출을 요구할 뿐, 재실자의 피난수준을 예측하거나 피난성능을 향상시키기 위한 기술적 참고기준은 제시하지 못하는 현실에서 확인할 수 있다. 더욱이 해상구조물의 안전관련 법규에는 전술한 법규와 유사한 규정도 없는 상황이다.

인간의 피난소요시간을 예측하는 피난시뮬레이션 방법은 크게 수계산에 의한 방법과 소프트웨어 툴에 의한 방법으로 구분하지만, 최근에는 건물, 선박 등 구조물의 다양한 내외부 형상과 각종 변수를 고려할 수 있는 피난설계 전용 소프트웨어 툴을 활용하는 것이 일반적이며, 특히 해상구조물에 대해서는 선박 운동의 특수성 때문에 특화된 소프트웨어 툴을 활용해야만 한다.(Christensen et al., 2008; Shi, 2009).

산출결과에 대한 신뢰도가 높은 상용 피난시뮬레이션 툴을 활용하기 위해서는 보행속도, 경로 분기점에서의 의사결정 등 인간의 피난특성에 관한 다양한 기본데이터가 필요하다. 일반인의 선상 보행속도와 관련해서 해외에서 Bles et al.(2001) 등 다양한 연구결과가 발표되었지만, 국내의 경우에는 Lee et al.(2003), Kim et al.(2004), Hwang(2013)의 연구결과 외에는 찾아보기 어려운 상황이다. 일반인의 경로선택과 관련해서는 육상 건물에서의 실험은 적지 않지만 해상구조물에서의 연구결과는 국내외에서 찾아보기 어렵다. 일반적으로 보행속도뿐만 아니라 인간의 피난특성은 민족, 사회환경, 교육환경, 경제수준 등에 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Galea et al., 2012). 그러나 국내에서는 이러한 관련 데이터가 절대 부족하기 때문에 피난시뮬레이션 수행 과정에서 외국인 기준으로 개발된 프로그램의 기본값(default)을 그대로 적용하고 있어 도출된 결과의 적정성을 확인할 수 없는 실정이다.

본 연구의 목적은 선박용 일반승객의 피난모델 개발을 위한 기초데이터로 활용하기 위해 제시된 33가지 경로선택 문항에 대한 일반인의 경로선택특성을 파악하는 것이다. 본 연구가 궁극적으로 지향하는 인적피난안전기술은 이동하고자 하는 앞 공간의 상황을 모르는 조건에 있는 일반 승객의 피난경로를 예측할 수 있는 것으로써, 이 성과는 피난성능을 향상시키기 위한 선내 공간설계의 기초자료로 활용할 수 있고, 재난 현장에서 구조대의 수색, 구조, 구난활동을 위한 전략수립시에 일반인의 위치를 예측하여 신속히 대응함으로써 인명피해를 최소화 시킬 수 있는 툴로 활용되기를 기대한다.

2. 실험 개요와 방법

본 실험은 2014년 6월 23일~27일에 부산광역시에 위치한 A 대학교에서 수행되었다. 실험장소는 특정 성향의 피실험자 집중을 방지하기 위하여 학내의 모든 구성원이 방문하는 식당이 위치한 복지관 1층 로비에서 진행되었다. 실험에는 총 83명이 참여하였으며, 이 중 남성은 68명, 여성은 15명이었다. 참여 인원은 대학생과 대학원생 77명과 교직원 등 기타 6명이었다.

실험 도구는 설문지와 경로선택 이미지, 이미지를 제어하는 노트북과 이미지를 가시화하는 헤드마운트 디스플레이(Head Mount Display, 이하 HMD로 표기)로 구성하였다. 실험은 (1)성별, 연령대, 직업군 등 개인특성 11개 문항에 관한 설문 에 응답한 후, (2)HMD를 착용하고 33개의 경로선택 이미지를 3초 간격으로 바뀌가면서 매번 경로를 선택하는 방식으로 진행하였다.

본 실험에서는 피실험자에게 주변의 빛과 시각적 환경을 차단하고 설문으로 제시된 경로선택 이미지에 더욱 몰입할 수 있는 여건을 제공하기 위해 HMD를 활용하였으며, 재난상황이라는 현실감을 일부 부여하기 위해 경로선택 이미지를 제시하기 전에 3~5분 정도 재난관련 동영상 시청하도록 하였다.

또한 실험은 Fig. 1의 실험장면과 같이 피실험자가 HMD에 보이는 33개의 경로선택 이미지에 대해 구두로 경로를 선택하고 실험자는 모니터로 경로선택 이미지를 확인하며 기록하는 형태로 경로선택 응답 데이터를 취득하였다.



Fig. 1 A scene of trial

Table 1은 33개 분기경로를 수치로 정리한 것이며 Fig. 2는 각 경로의 이미지를 보여준다. 수평 분기경로에서는 T형, U형, Y형, ‘┌’형, ‘└’형과 같은 2 분기경로(分岐經路)와 3 분기 경로에 대한 이미지가 제시되었고, 경로 상에 다른 사람 이미지가 포함된 경우와 그렇지 않은 경우를 제시함으로써 다른 사람에 대한 추종성을 파악하고자 하였다. 또한 평지경로와 다른 경로에서의 특성을 파악하기 위해 계단, 에스컬레이터, 엘리베이터 등이 포함되는 경로선택 이미지도 포함되었다.

Table 1 Number of way finding types

Way type		2 ways	3 ways	Sum
Corridor	T type	7		21
	U type	1		
	Y type	3		
	┌ type	2		
	└ type	2		
	+ type		5	
	Y type		1	
Stair	Normal	8		12
	Escalator	2		
	Elevator	2		

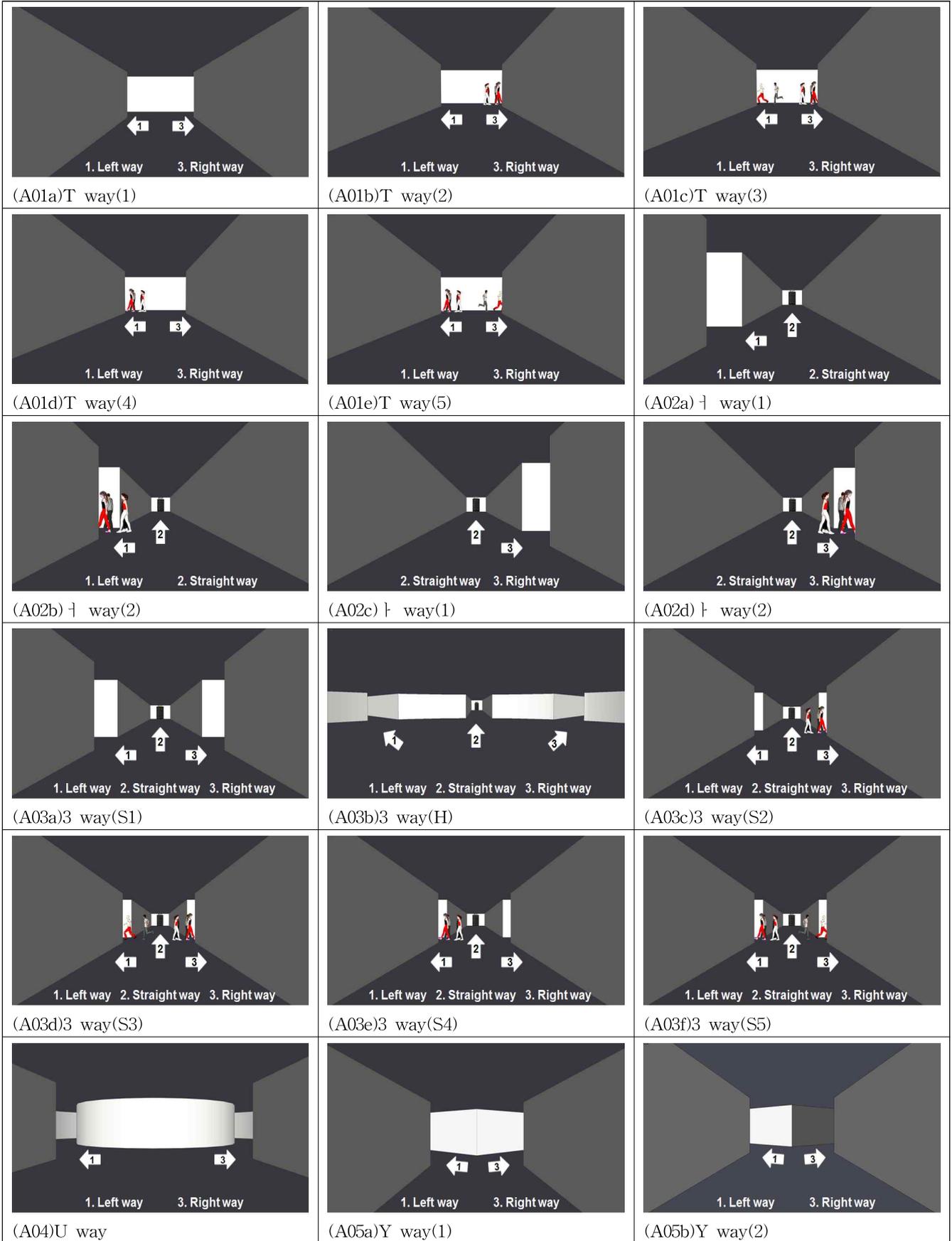


Fig. 2 Requested scenes to select a way among 2 or 3 ways(1/2)

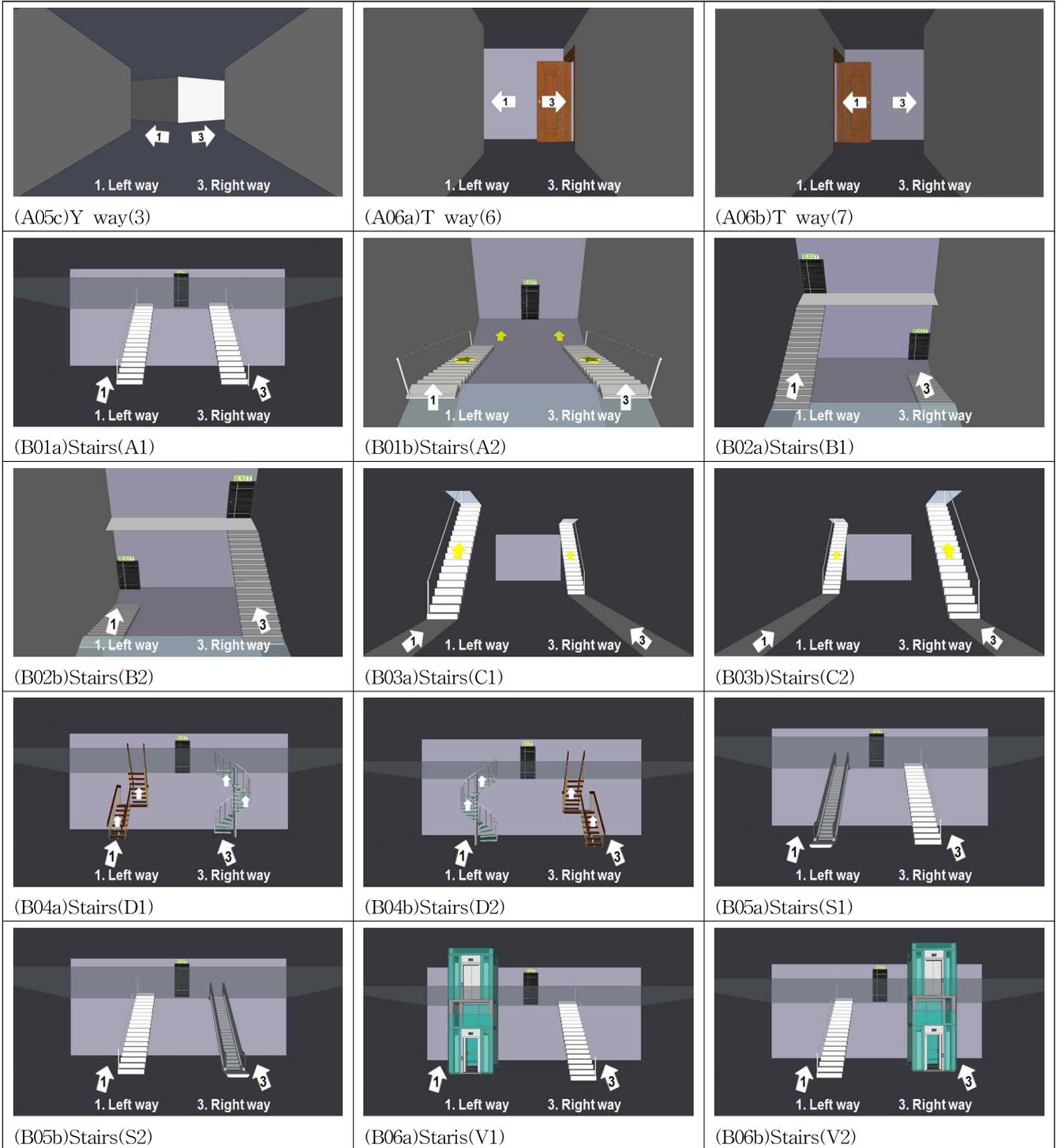


Fig. 2 Requested scenes to select a way among 2 or 3 ways(2/2)

3. 실험결과 및 분석

3.1 수평경로 분기점에서의 경로선택 결과

Fig. 3은 동일한 조건의 2 분기경로, 즉 T분기경로(A01a), U분기경로(A04), Y분기경로(A05a) 각각에 대한 응답결과와 3개의 전체(Total) 응답결과를 표시한 것이다. T분기경로의 경

우 오른쪽 경로선택 비율 53%로 왼쪽 경로선택 비율 47%보다 비해 6% 높았고, U분기경로, Y분기경로에서도 오른쪽 경로 선택비율이 각각 59%, 54.2%로 왼쪽 경로 선택비율보다 각각 18%, 8.4% 높았다. 전체적으로 보면 2 분기경로에서 동일한 조건일 때 왼쪽경로(44.6%)에 비해 오른쪽 경로(55.4%)를 더 선호하는 것으로 정리할 수 있다.

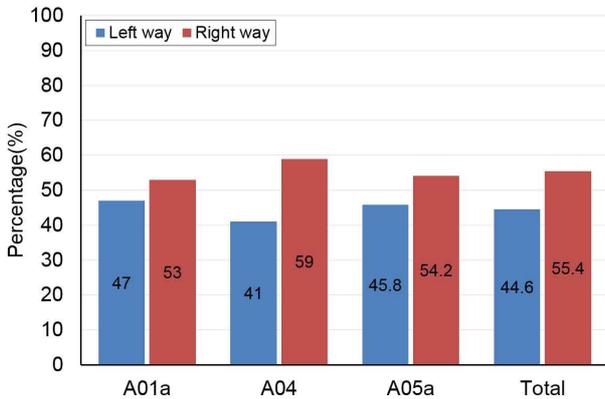


Fig. 3 Way finding results on 2 ways options

Fig. 4는 T분기경로에서 다른 사람이 없는 경우(A01a)에는 오른쪽 경로를 선택하는 비율이 6% 높지만, 오른쪽 경로에 보행자(歩行者)가 있는 경우(A01b) 오른쪽 경로 선택비율은 75.9%로 왼쪽 경로선택 비율(24.1%) 보다 51.8% 많으며, 보행자가 없는 경우의 오른쪽 경로 선택비율(53%)에 비해 22.9% 증가한 결과를 보여준다. 또한 왼쪽 경로에 보행자가 있을 경우(A01d)에는 68.7%가 왼쪽경로를 선택한다고 응답하였다. 한편, 오른쪽경로에 보행자가 있고 왼쪽경로에는 주행자(走行者)가 있는 경우(A01c)와 왼쪽경로에 보행자가 있고 오른쪽 경로에 주행자가 있는 경우(A01e)의 경우 각각 주행자가 있는 왼쪽 경로(68.7%) 혹은 오른쪽 경로(71.1%)를 선택하는 비율이 높게 나타났다. 이러한 결과로부터 경로선택 의사결정자(피실험자)는 앞서가는 타인의 존재와 행동형태에 직접적으로 영향을 받는 추종성이 있음을 알 수 있고, 영향력은 주행자 > 보행자의 순으로 높은 것으로 분석된다.

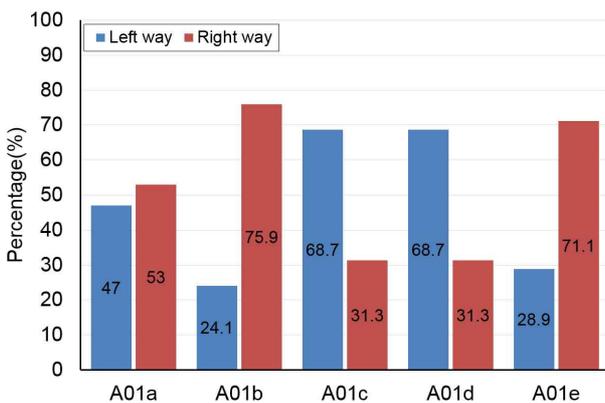


Fig. 4 Way finding results on 2 ways with other human behaviors options

Fig. 5는 직진 방향으로 문이 있고 각각 우측경로, 좌측경로에 복도가 있는 ‘ㄱ’, ‘ㅏ’ 형태 2 분기경로의 경우에 대한 설문결과를 보여준다. 보행자가 없는 ‘ㄱ’ 경로의 경우(A02a)와 ‘ㅏ’ 경로의 경우(A02c) 각각 75.9%, 72.3%의 비율로 문이 보이는 직진경로 선택비율이 높게 조사되었다. 왼쪽 경로에 보

행자가 있는 ‘ㄱ’ 경로(A02b)는 없는 경우(A02a) 보다 왼쪽 경로 선택비율이 16.9%증가하였고, 오른쪽 경로에 보행자가 있는 ‘ㅏ’ 경로의 경우(A02d)에도 없는 경우(A02c) 보다 오른쪽 경로 선택비율이 7.2% 증가하였으나, 두 경우 모두 문이 보이는 직진경로 선택비율이 18%, 30.2% 더 높은 것을 알 수 있다. 이는 ‘ㄱ’, ‘ㅏ’ 경로에서도 다른 보행자의 영향을 받는 것을 의미하지만 직진성이 추종성보다 영향력이 크다는 의미로 해석된다.

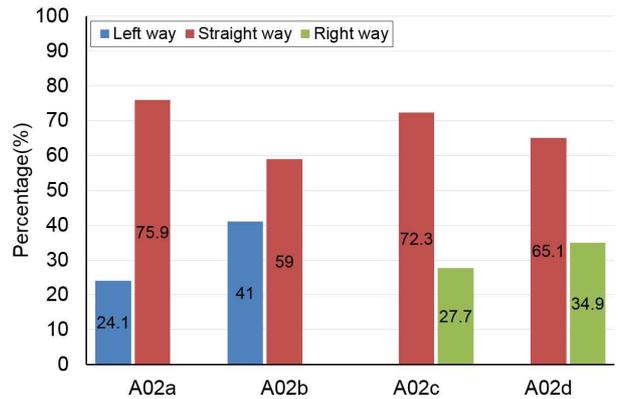


Fig. 5 Way finding results on ㅏ, ㄱ ways without/with other human behaviors options

3 분기경로에 관한 선택 조사결과를 Fig. 6에 정리하였다. 90도 3 분기경로 형태(A03a)와 45도 3 분기경로 형태(A03b)에 대한 경로선택 설문에 대해서는 직진경로를 선택한 비율이 78.3%, 69.9%로 가장 높았다. 또한 90도 3 분기경로에서 다른 사람에 의한 영향력을 파악하기 위한 설문을 수행한 결과, 오른쪽 경로 혹은 왼쪽 경로에 보행자가 있는 경우(A03c, A03e)에는 보행자가 있는 경로를 선택하는 비율이 각각 26.5%, 30.1%로 없을 때에 비해 각각 15.7%, 19.3% 증가하지만, 오른쪽 경로에 보행자, 왼쪽 경로에 주행자가 있는 경우(A03d) 혹은 왼쪽 경로에 보행자, 오른쪽 경로에 주행자가 있는 경우(A03f)에는 주행자가 있는 경로를 선택하는 비율이 보행자가 있는 경로선택 비율보다 각각 13.2%, 12.1% 더 높고, 다른 사람이 없을 때보다는 22.9%, 12.1% 증가하였다. 3 분기경로 선택에서도 선행하는 주행자, 보행자가 경로선택 의사결정에 영향을 미침을 확인 할 수 있었다. 그러나 선택비율의 차이는 있지만 모든 경우에서 출입구가 보이는 직진 경로를 선택하는 비율이 가장 높게 나타났다

Fig. 7은 Y분기경로에서 경로의 밝기에 따른 경로선택 결과를 보여준다. 두 경로의 밝기가 같은 경우(A05a) 오른쪽 경로 선택 비율이 왼쪽 경로 선택비율보다 8.4% 높았지만, 오른쪽 경로가 어두운 경우(A05b) 혹은 왼쪽 경로가 어두운 경우(A05c)에 밝은 경로를 선택하는 비율이 각각 83.1%, 86.7%로 높게 조사되었다. 이는 빛의 방향으로 이동하는 인간의 습성을 확인하는 결과이다(Lee, 2007).

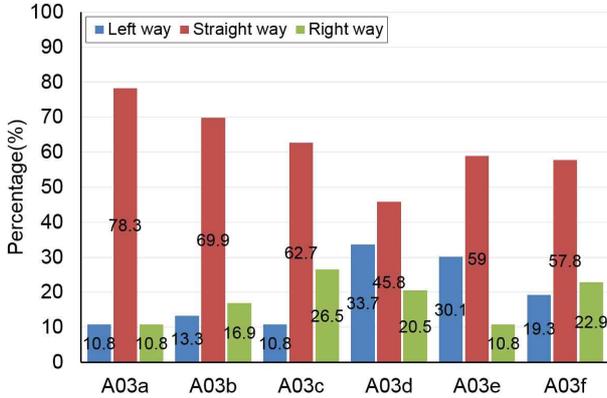


Fig. 6 Way finding results on 3 ways without/with other human behaviors options

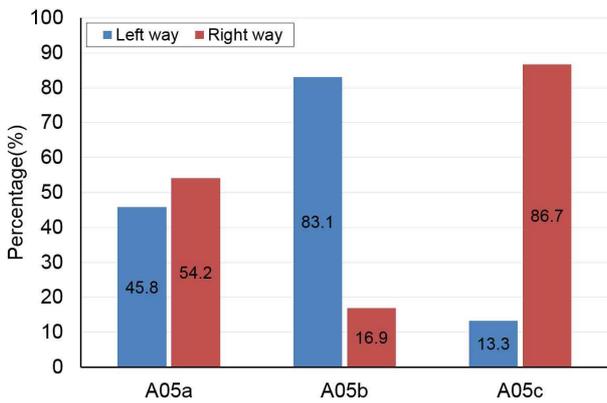


Fig. 7 Way finding results on Y ways with different brightness options

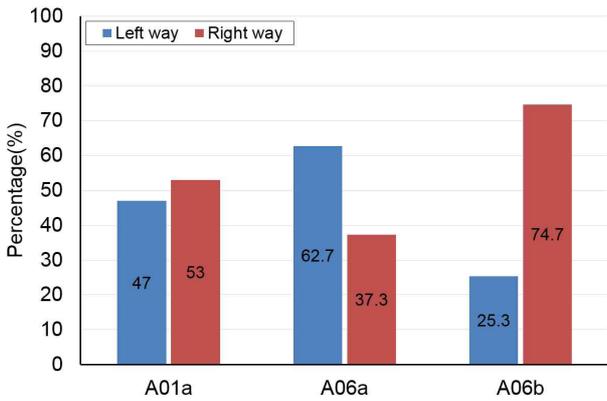


Fig. 8 Way finding results on T ways with a door options

T분기경로에서 개방된 문의 영향을 파악하기 위한 설문결과인 Fig. 8이 보여주는 것과 같이 왼쪽, 오른쪽 경로에 아무 것도 없는 경우(A01a)에 비해 오른쪽에 개방된 문이 있는 경우(A06a)와 왼쪽에 개방된 문이 있는 경우(A06b) 각각 62.7%, 74.7%의 응답자가 개방된 문의 반대쪽 경로를 선택하였다. 이러한 경로선택결과에 대해 응답자들은 다른 사람이 문을 열고

밖으로 이동했다(move out)기 보다는, 문 밖이 재난 상황이기 때문에 사람들이 문을 열고 실내로 탈출해 들어온(move in) 후 반대쪽 경로로 이동했다고 느꼈기 때문에 개방된 문을 선택하지 않았다고 경로선택 이유를 설명하였다.

3.2 계단경로 분기점에서의 경로선택 결과

평지이동과 경사이동의 차이점을 파악하기 위해 다양한 형태의 계단 분지경로에 대한 경로선택 설문을 수행하였다. 우선 일반 계단형 2 분지경로에 대한 설문응답 결과를 Fig. 9에 정리하였다. 두 계단이 모두 상향(B01a)이거나, 모두 하향(B01b)일 때 응답자의 59%, 57.8%가 오른쪽 계단을 선택하였지만, 왼쪽 계단이 상향이고 오른쪽 계단은 하향일 때(B02a) 혹은 왼쪽 계단이 하향이고 오른쪽 계단은 상향(B02b)일 때 각각 6% 혹은 3.6%의 차이로 하향계단을 선택하였다. 또한 오른쪽 계단이 왼쪽 계단에 비해 가까이 있는 경우(B03a) 혹은 반대의 경우(B03b)에는 가까운 계단을 선택하는 비율이 그렇지 않은 경우에 비해 3~4배 큰 것으로 조사되었다.

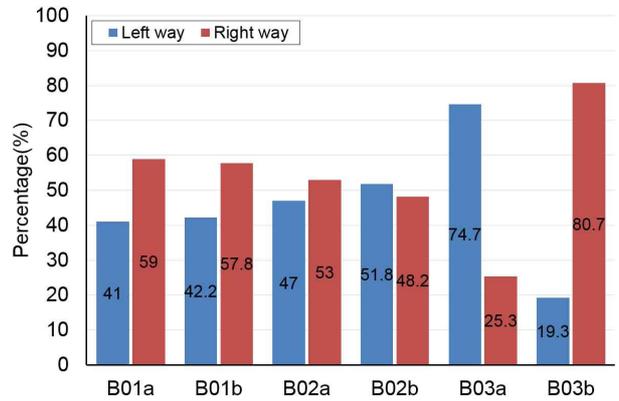


Fig. 9 Way finding results on stairs options

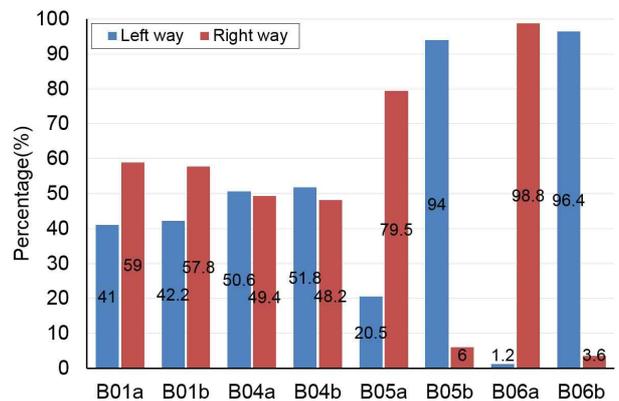


Fig. 10 Way finding results on vertical and mechanical stairs options

Fig. 10는 계단 형태에 따른 경로선택 설문결과를 정리한 것이다. 직선형 수직계단과 나선형 수직계단의 경우(B04a,

B04b)에 대해서는 계단의 형상과 관계없이 1.2~3.6%의 차이로 왼쪽 계단을 더 선호하였다. 또한 계단과 에스컬레이터(B05a, B05b), 계단과 엘리베이터에 대한 경로선택 설문(B06a, B06b)에 대해서는 에스컬레이터 혹은 엘리베이터 위치에 관계없이 절대적으로 일반 계단을 선택하였다. 이 결과에 대해 많은 응답자들은 재난상황시에 에스컬레이터 혹은 엘리베이터를 사용해서는 안된다는 교육을 받았기 때문이라고 이유를 기술하였다.

4. 결 론

여객선과 대형 크루즈선 이용자가 매년 증가하는 상황에서 해상재난의 가능성도 증가하고 있기 때문에, 재난예방단계에서 선내 승객의 피난가능성을 예측하고 재난상황에서 승객을 안전하게 피난 유도할 수 있는 기술을 개발하는 것은 매우 중요한 사안이다. 본 연구에서는 일반 승객의 피난가능성 예측을 위한 선내 피난모델 개발을 위해 승선생활이 익숙하지 않고 재난대응과 관련된 정규교육을 받지 않은 일반인의 피난경로특성을 파악하였다. HMD를 통해 보이는 33가지 설문 이미지에 관해 응답하도록 설계된 본 실험에는 83명이 참여했으며 분석결과는 다음과 같다.

첫째, T, U, Y형의 2 분기경로에서 좌측경로보다 우측경로를 선택하는 비율이 6~18% 높았다. 그러나 이미지의 경로 상에 보행자 혹은 주행자가 있으면 보행자 혹은 주행자가 있는 경로를 선택하는 비율이 높아지며, 보행자에 비해 상대적으로 주행자가 이동하는 경로를 더욱 선호하는 추종성이 나타났다.

둘째, ‘ㄱ’, ‘ㅌ’형의 2 분기경로, 3 분기경로에서는 직진경로를 선택하는 비율이 높았다. 이미지의 경로 상에 보행자 혹은 주행자가 있으면 보행자, 주행자를 따르는 추종성을 확인할 수 있었지만, 이 상황에서는 직진경로를 선택하는 직진성이 추종성보다 강한 것으로 조사되었다.

셋째, 계단에서는 같은 조건일 때 우측계단, 하향계단, 가까운 계단을 각각 좌측계단, 상향계단, 먼 계단 보다 15.6~18%, 3.6~6%, 49.4~61.4% 더 선호하는 것으로 조사되었고, 일반 계단에 비해 에스컬레이터와 엘리베이터를 선택하는 비율은 매우 낮았다.

본 연구에서 취득된 피난자의 경로선택특성은 피난시물레이션 내에서 경로선택 함수로 적용될 수 있기 때문에 우리 국민의 의식특성을 반영한 피난시물레이션 적용 혹은 개발의 기초자료로 활용될 것으로 기대 된다. 또한 본 연구성과를 기초로 향후에는 선박의 특수성을 고려하고 승객과 선원을 분리한 심화 설문을 각각 개발하여 승선자의 성격에 따른 경로선택 특성파악 실험을 진행할 계획이다.

후 기

이 논문은 2011년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한

국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2011-0029766).

References

- [1] Bles, W., Nooy, S., and Boer, L. C.(2001), "Influence of Ship Listing and Ship Motion on Walking Speed", Proceedings of Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics, pp. 437-452.
- [2] Christensen, K. and Sasaki, Y.(2008), "Agent-based Emergency Evacuation Simulation with Individuals with Disabilities in the Population", Journal of Artificial Societies and Social Simulation, Vol. 11, No. 39.
- [3] Galea, E. R. et al(2012), Investigating the Impact of Culture on Evacuation Response Phase Behaviour - The Project BeSeCu Evacuation Experiments, University of Greenwich, Paper No. 12/TM/160
- [4] Hwang, K. I.(2013), "An Experiment on Walking Speeds of Freshmen Unexperienced in Shipboard Life on a Passenger Ship", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 37, No. 3, pp. 239-244.
- [5] Kim, H. T., Lee, D., Park, J. Hong, S.(2004), "The Effect on the Mobility of Evacuating Passengers in Ship with Regard to List and Motion", IE Interfaces, Vol. 17, No. 1, pp. 22-32.
- [6] Lee, D. K., Kim, H. T. and Park, J. H.(2003), "Human Behavioral Experiment for Evacuation Analysis", Journal of the Society of Naval Architecture of Korea, Vol 40, No. 2, pp. 41-48 (in Korean).
- [7] Lee, K. H.(2007) Building Safety Panning, KUPress.
- [8] NEMA(National Emergency Management Agency, 2013), FIRE-FIGHTING SYSTEM INSTALLATION BUSINESS ACT, Ministry of Government Legislation, Republic of Korea.
- [9] Shi, L. et al.(2009), "Developing a Database for Emergency Evacuation Model", Building and Environment, Vol. 44, pp. 1724-1729.
- [10] Shin, H. Y.(2014), "Passenger ships' incidents have increased after Sewol", Kyeonggi Daily, 2014.10.16.

Received 3 December 2014

Revised 21 January 2015

Accepted 23 January 2015