

선박운항 중 선체동요에 의한 뱃멀미 평가방법

최찬문 · 이창현* · 김병엽 · 안장영 · 김석중 · 重廣律男¹
제주대학교 해양산업경찰학과, ¹鹿兒島大學水産學部

Evaluation method of motion seasickness by ship motions during underway in irregular waves

Chan-Moon CHOI, Chang-Heon LEE*, Byung-Yeob KIM, Jang-Young AHN,
Seok-Jong KIM and Ritsuo SHIGEHIRO¹

Department of Marine Industrial and Maritime Police, Jeju national university, Jeju 690-756, Korea

¹Faculty of Fisheries, Kagoshima university, Kagoshima 890-0056, Japan

In order to deduce an objective evaluation method of motion seasickness incidence (MSI) by ship motions during underway in irregular waves and to present the fundamental data of passenger comfort on the yacht and the passenger ship according to the result, the MSI of the trainees by the questionnaires was analysed and compared with the rate of variation of salivary α -amylase activity (VSAA) on the training ship "A-ra ho" of Jeju national university. Relationship between rate of variation (x) by salivary α -amylase activity and motion seasickness incidence (y) was described by the equation, $MSI(\%) = 0.6073x + 12.189$ including the correlation coefficient ($R^2 = 0.9853$). The result obtained through the rate of variation of salivary α -amylase activity which was the quantitative evaluation method for ship motions causing seasickness was most affected by z-vertical acceleration and occurred within the frequency range 0.1 to 0.3Hz centered on 0.2Hz, and the simulation result based on this finding showed the motion seasickness rate at approximately 4% lower than the rate obtained through the survey.

Keywords: Motion seasickness incidence (MSI), Salivary α -amylase activity, Vertical acceleration, Underway, Questionnaire.

서론

선박은 목적별로 해양구조물, 물류운송선, 어로작업선, 케이블 작업선 및 항해 및 어로 작업을 위한 실습선 등 다양한 운항형태를 가지고 있다. 이러한 선박들은 육상의 구조물과 달리 부력에 의해 지지되어 수면위에서 운항하게 된다. 바다에서 운항하는 선박은 강과 호

수와는 다르게 수면변화가 매우 크므로, 기상 상황에 따라서 과도한 6자유도 운동이 발생되는데, 이것은 선체의 길이 방향의 축을 포함하는 연직면 내에서 상하요 및 중요 연성운동을 하는 종운동, 수평면 내의 좌우요, 선수요 및 횡요 횡운동, 전후 운동으로 나눌 수 있다 (Rameswar, 1978).

*Corresponding author: leech@jeju.ac.kr, Tel: 82-64-754-3491, Fax: 82-64-756-3483

진행파가 선박에 미치는 영향으로, 저항증가 등의 경제성, 전복 등의 안정성, 그리고 승선자에 미치는 승선감 등을 들 수가 있으며, 상선은 경제의 고도성장에 병행하여 대형화되고, 안정성, 경제성을 높이려는 추세에 있다. 그러나 어선 등의 중·소형선은 안전성 및 승선감의 개선에 대한 연구가 상선에 비하여 연구가 활발하지 못한 것이 현재의 상황이다. 특히, 중동요는 승선감에 크게 영향을 미치나, 선박이 건조된 후에 중동요의 동요특성을 개선한다는 것은 어렵고 승선자에 따라서는 고통스러운 문제로 되어 있다 (Lloyd, 1989).

선박은 다른 운송체에 비해 복잡한 연성운동을 하므로 인간이 느끼는 멀미의 정도가 높아 인체의 피로, 인지능력의 감소, 활동성 및 숙련도의 저하 등과 같은 나쁜 결과를 초래하기도 한다. 멀미 발생원인은 O'Hanlon and McCauley (1974), Tomi (1961) 등에 의하면 내이에 있는 전정기관에 과도한 가속도 자극으로 인한 내적인 요인과 인체의 경사를 감지하는 전정기관의 정보, 눈, 근육 등의 위치정보와 불일치로 혼란 상태를 초래하는 외적인 요인으로 나뉘어 있다. Kempf (1940)는 동요에 대한 허용한계를 승선감 측면에서 연구하였으며, Tomi (1961, 1962)는 선박의 중·횡동요에 대한 역도(力度: 가속도에 1회 미분)의 상한값을 각각 $1.0m/sec^3$, $1.80m/sec^3$, 그리고 Iwai (1965)는 중·소여객선을 대상으로 중동요에 의한 판정을 1.55 이하를 각각 제시하고 있다.

O'Hanlon and McCauley (1974)는 멀미에 가장 많은 영향을 미치는 것이 상하 가속도로 그 주파수의 범위는 0.17-0.33Hz, 또한 Lawther and Griffin (1986)은 구토 및 멀미는 가속도와 많은 상관관계가 있었을 뿐 만 아니라, 승선시간이 길어질수록 적응력이 나타나 멀미가 감소한다고 보고하였다. 또한, Shigehiro et al. (2000)은 승선시간과 상하 가속도 진폭, 주기 등에 따른 승선감의 평가방법의 제시와 함께, Anti-pitching을 설치함으로써 약 30%정도의 승선감 개선효과를 높일 수 있다는 연구 결과를 발표하였으며, Hosoda (1977)는 선박에 승선했을 때의 외부자극에 의한 생리적 및 심리적 상태의 변화와 멀미 발생원인 관계에 대해서 양적 자료를 이용하여 명확하게 규명한 사실은 거의 없다는 것을 언급하였다. 그런데 국외에서는 많은 연구가 진행되고 있는 반면, 국내에서는 Yoon et al. (2008) 등은 개발된 가속도 및 각 속도계를 이용하여 멀미 지수의

실시간 계산 가능성 및 실효성을 연구하였고, Han (2013)은 멀미 비율이 수직 가속도가 증가하면 상대적으로 증가하며, 실습생을 위해 거주구역의 재배치 필요성을 제시한 것 이외에는 선박이든 실험실에서든 멀미에 대한 연구가 거의 없는 상태이며, 대부분의 연구 결과는 선체운동과 멀미를 평가할 때 설문지를 통해서 승선감을 평가한 것이 현재 실정이다.

본 연구에서는 멀미를 유발시키는 선체동요 중 가장 멀미에 영향을 초래하는 동요를 찾아 이를 토대로 정량적이고 객관적인 멀미율 (Motion seasickness incidence: MSI)에 대한 평가방법을 제시하고, 그 결과를 이용하여 연·근해에서 운항하는 중·소여객선 및 요트에 승선감에 관한 기초자료를 제공할 목적으로, 제주대학교 실습선 아라호에 승선한 실습생들의 정박 및 항해 중에 설문지에 의해서 멀미율을 측정하였다. 동시에 혈장의 부신수지 호르몬 농도와 스트레스 평가에 대한 상호관계가 가장 높다고 알려진 교감신경의 지표로 이용되고 있는 타액의 아밀라제 활성 (Salivary α -amylase activity : SAA)값의 변화율과의 관계를 정량적으로 비교·분석하였다.

자료 및 방법

Table 1은 선체동요에 의해 멀미 평가방법을 제시하기 위해 시험선박으로 이용된 제주대학교 실습선 아라호의 제원 및 선체동요 평가에 필요한 각종 계수들을 나타낸 것으로, 특히, 시험선은 선체의 동요를 감쇠시키는 횡동요 감쇠장치 (Active type - anti-rolling tank)가 설치된 선박이다.

Table 1. Principal particulars of the experimental ship M.S A-RA

Kind of ship	Fishing vessel
Name of ship	M.S A-RA
L.O.A	68.50m
Lpp	60.00m
M.L.D breath	12.40m
Depth	7.30m
Full load draft	4.76m
Gross tonnage	990ton
Ship's draft	fore 3.2m after 4.6m
Displacement	1895.78ton
Block coefficient	0.584
Midship section coefficient	0.895
Prismatic coefficient	0.652
Waterplane area coefficient	0.829
Midship section area coefficient	0.895

Fig. 1은 운항 중에 선체 운동 및 위치정보 등을 수신하는 계통도로서 선박의 동요를 측정하기 위해 Magnetic compass (Cross-bow, VG 440C) 3축 경사계를 선교 선수미선상에 설치하였으며, 설문지 및 타액 아밀라제 활성값을 측정할 때 동일한 시간에 20분간의 선체동요 자료를 개인 컴퓨터에 저장한 후, 이 가운데 10분간의 자료를 이용하여 분석하였다.

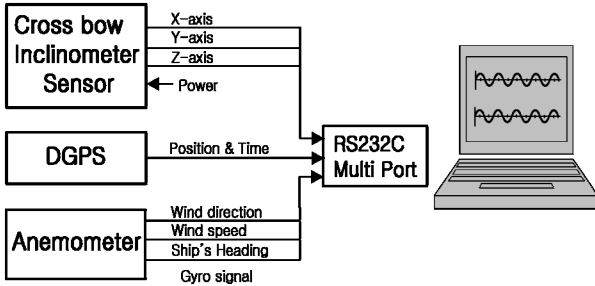


Fig. 1. Block diagram of measurement system for experiment.

타액 아밀라제 활성은 혈장 부신수질호르몬 농도와 관계된 것으로 잘 알려져 있는데, Fig. 2는 타액 아밀라제를 측정하여 스트레스를 평가할 수 있는 기기(NIPRO, DM-3.1)로, 휴대가 간편하고 분석에 약 1분 정도 소요되며, 스트레스에 기인하는 타액 아밀라제 활성의 변화량을 측정할 수 있다. 또한, 비 침습, 수시성을 가지며, 감도가 민감하기 때문에 급성 스트레스를 평가하는 데 유용하며, 혈액처럼 채취해서 측정하는 것이 아니라, 불편한 자극을 받게 되면 아밀라제 활성값이 상승되고, 반대로 유쾌하게 되면 낮아지는 특성이 있다 (Nakano and Yamaguchi, 2011).

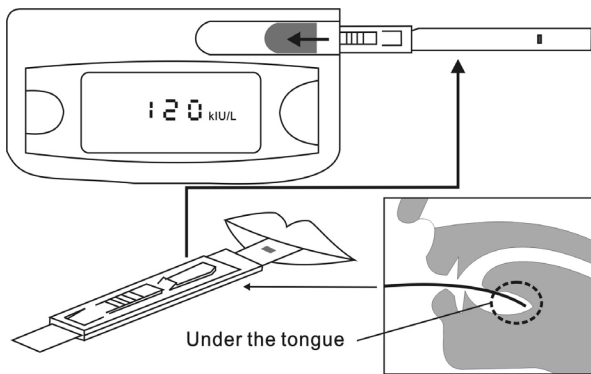


Fig. 2. Equipment of measurement system for analysis of salivary α -amylase activity.

Table 2는 타액 아밀라제 측정기의 구성을 나타낸 것으로 Monitor와 Test strip으로 나누어져 있고, 타액 채취지 (불지포(不織布) $11 \times 9 \times 0.3 \text{ mm}^3$ 반원형상, 채취지 체적 $28 \mu\text{l}$)와 아밀라제 시험지 ($4 \times 4 \times 0.25 \text{ mm}^3$, 시험지 체적 $4 \mu\text{l}$)로 이루어져 있다. 실험 측정방법은 타액 채취지를 실험 설문 참여자의 혀 밑에 30초 정도 넣어 직접 채취를 실시한 후, 본체에 타액을 10초 동안 전사(轉寫)시키면, α -Amylase가 가수분해되어 황색으로 변한다. 그 반사율이 광학 Unit으로 자동적으로 측정된 후, 효소 활성 (unit/l)으로 환산되어 나타나는 값을 비교·분석하였으며, kIU/l (kilogram International Unit/liter) 단위는 1리터 중 아밀라제가 함유한 Kg를 말한다.

Table 2. Specification of a salivary amylase monitor for experimental measurement

Item	Function
Range	5 - 150 kU/l
Sample volume	28 μl of whole saliva
Analysis time	30 sec.
Size Monitor	130×87×40 mm
Test - strip	120×13×6 mm
Weight of monitor	190 g
Power source	CR-P2 battery x 1 1 year of battery life (3times per day use) Commercial AC power supply 100v
Memory of data	Record 100 measured results

Table 3은 항해 중 설문에 참여한 현황을 나타낸 것으로 총 4회에 걸쳐 전체 참여 인원은 총 150명이었다. 선박의 멀미에 관한 내용은 “전혀 느끼지 못했다”, “속이 불편”, “두통”, “구토” 의 4개 항목으로 나누어 조사하였으며, 이중 무작위로 10명 이상을 선정하여 각각의 아밀라제 양을 측정하여 비교·분석하였다. 본 연구에서 뱃멀미율은 속이 불편하다고 느끼고 있는 학생 이상을 멀미기가 있다고 가정하여 참여인원수를 나눈 값으로 정의하였으며, 정박 중에는 멀미하는 학생이 전혀 없었다.

귀는 외이, 중이, 내이 나누어져 있으며 중이는 고막과 증폭기관인 청소골로 형성되어 있고 내이에는 평형기관인 세반고리관, 위치감각의 전정기관, 소리감각의 달팽이관, 그리고 중이와 내이의 압력조절을 위한 유스타키오관으로 이루어져 있다. 이중 전정기관은 섬모세포 위에 석회질로 된 평형석이 몸을 기울이면 중력에

의해 평형석이 이동되어 감각세포의 섬모를 자극하여 몸의 기울기를 소뇌가 느끼게 하며, 회전에 의한 정보는 세반고리관이 맡고, 세 개의 관속에 림프액이 사람의 움직임에 따라 흔들려 각각 회전, 앞뒤, 좌우 등의 위치를 소뇌에 알려 주어 몸의 균형을 유지 시켜주는 작용을 한다. 이들 두 기관과 시각, 후각, 근육의 운동 감각, 그리고 피부로 느끼는 것 등 여러 가지 요인이 합쳐져서 어떤 방향으로 얼마만큼의 속도로 움직이느냐를 예상하게 되지만, 이들 감각기관이 배 위에서는 서로 잘 맞질 않아 감각이 상실되거나 혼란을 초래하면 멀미가 일어난다고 정의되어 있다 (Khalid et al., 2011).

Table 3. Participants to questionnaire in underway during irregular wave

Number	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	Total
Date	'13.06.26	'13.07.06	'13.08.28	'13.09.06	
Participant (person)	25	25	43	57	150

결과 및 고찰

시험선의 복원성자료에 의해 운동특성을 분석한 결과 고유 횡동요 주기 (T_{θ})는 10.6sec. Tomi (1962)에 의한 GM 허용한계 상한 값은 1.12 m로 시험선의 GM 0.864 m 보다 78%정도 컸으며, Kempf (1940)에 의한 횡동요 고유주기에 대한 허용한계 (C_T)는 9.4이었다.

KSNAJ (1983)에 의한 자유 종동요 주기 (T_{θ})는 4.53sec (C_w : 수선면적계수 = 0.829, C_p : 주형계수 =

0.652), 또한 Tomi (1961, 1962)가 제시하는 횡·종동요의 역도에 대한 허용한계 가속도 판정법에 의해 분석한 결과, 횡운동에 대한 허용 한계 속도 및 역도는 0.17 g, 0.98 m/sec³, 종운동에 대한 허용 한계 가속도 및 역도는 0.13 g, 1.76 m/sec³이었다. Iwai (1965)에 의한 선박의 초기설계단계에서 종동요 가속도의 크기를 추정하고 이것에 따라 승선감 판정법에 의한 분석결과 0.91로 나타났다. 이상의 분석결과에서 제주대학교 실습선 아라호의 횡동요 고유주기 한계치는 $C_T > 8$ 이내이고, GM의 조건에 매우 만족하는 것으로 분석되었으며, 종동요 가속도에 판정 결과에서 Iwai (1965)의 1.55 보다 크지 않아 전반적으로 승선감은 나쁘지 않다는 것을 알 수 있었다.

Table 4는 항해 중, 해상 상태 및 경사계에 의해서 얻어진 자료를 10분간 평균한 횡·종동요 및 가속도 진폭에 대한 유의값과 탁월주기를 분석한 결과를 나타내었다.

Fig. 3은 각 회마다 실시한 평균 뱃멀미율을 나타낸 것으로 1회에 25명이 참여한 가운데 구토는 전혀 없었으며, 평균은 28%, 2회 때는 25명 가운데 두통 및 속이 불편하다고 느낀 비는 80%, 구토율은 12%를 차지하여 이때 평균 뱃멀미율은 92%이었다. 그리고 3회는 43명이 문답한 결과, 구토율이 2.32%, 전혀 느끼지 못했다는 비는 53.49%이었고, 다음 4회 때는 57명이 참여한 결과, 구토율이 5.26%, 평균 뱃멀미율이 42.11% 나타났다.

Table 4. Description of motion and sea condition between 4-voyages

Number		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
Date		'13.06.26	'13.07.06	'13.08.28	'13.09.06
Sea conditions	Position	34°-44.1'N 126°-14.3'E	33°-57.1'N 127°-04.8'E	33°-07.8'N 127°-55.2'E	33°-40.9'N 126°-46.1'E
		~ 34°-45.9'N 126°-16.1'E	~ 33°-56.0'N 127°-02.8'E	~ 33°-10.0'N 127°-46.5'E	~ 33°-45.9'N 126°-58.7'E
	Ave. wind direction speed(m/s)	ENE 6.7	WSW 6.3	WNW 3.8	ENE 5.3
Roll	Amplitude 1/3significant(deg.)	1.40	1.60	1.21	0.93
	Dominant period(sec.)	6.90	7.41	8.00	7.50
Pitch	Amplitude 1/3significant(deg.)	0.83	0.73	0.46	0.47
	Dominant period(sec.)	5.56	5.26	4.80	4.17
Heave	Acceleration(g)	0.1045	0.1064	0.1039	0.1047
	Dominant period(sec.)	4.76	5.26	4.14	3.57

Table 5. Status of participant to measure α -amylase in anchoring and underway

Number	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	Total	
Date	'13.06.26	'13.07.06	'13.08.28	'13.09.06		
Participant(person)	10	15	15	20	60	
SAA(kIU/l)	Anchoring	23.50	19.80	24.90	65.78	33.50
	Underway	28.00	42.75	40.17	95.76	51.67

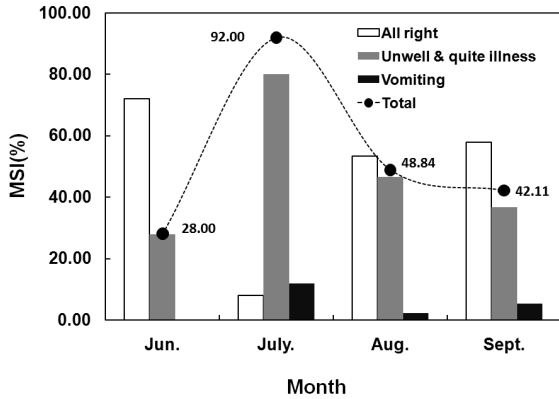


Fig. 3. Mean MIS reported by participants during underway in irregular wave.

Table 5는 정박 및 항해 중 아밀라제 측정에 참여한 현황을 나타낸 것으로 정박 때 측정된 학생과 동일하게 항해 중에 측정하도록 하였으며 참여한 전체 인원은 정박, 항해 각각 60명이었다. 결과값은 측정기 2대를 이용한 평균값으로, 항해 중에는 약 18.13 kIU/l 로 정박 때보다 높게 나타났다.

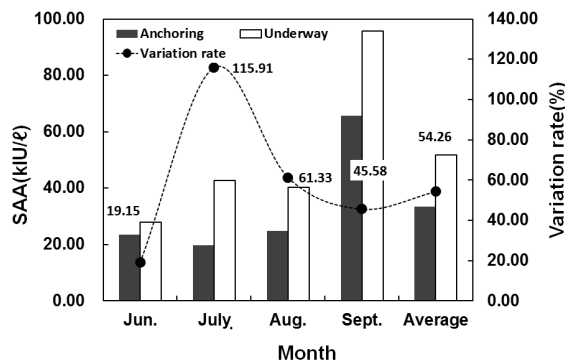


Fig. 4. Variation rate of salivary α -amylase activity between anchoring and underway.

Fig. 4는 4회 걸쳐 정박, 항해 중 타액 아밀라제 활성값의 변화 (Variation rate of Salivary α -amylase activity: VSAA)를 Nakano and Yamaguchi (2011) 식에 의해 구

한 것으로 y축의 왼쪽은 정박 및 항해 중의 아밀라제 측정값, 오른쪽은 변화율을 나타내었다. 4회의 남녀 학생의 개별적인 설문 결과, Fig. 3에 나타냈듯이 뱃멀미율은 평균 약 52.74%로 아라호에 승선한 실습생 절반 이상이 항해 중에 멀미를 한다고 할 수 있었으며, 반면에 아밀라제 변화도 비슷한 경향을 볼 수 있었다.

Fig. 5는 설문지에 의한 뱃멀미와 아밀라제 측정값에 의한 변화를 나타낸 것으로, 이들 관계에서 (1)식을 얻었다.

$$MSI(\%) = 0.6073 x + 12.189 \quad (R^2 = 0.9853) \quad (1)$$

설문지 결과값에서 정박 때에는 전혀 멀미기운이 없었으나, 항해 중 구토율이 5.26%에 달하는 경우도 발생하였다. 이는 선박의 동요로 인하여 멀미가 유발되었다고 규명할 수 있으나, 정량적으로 분석하기 어렵다고 판단되어 의학분야에서 스트레스 측정용으로 사용하고 있는 타액 아밀라제 측정기를 이용하여 변화율과 비교한 결과 변화율이 크면 클수록 멀미율이 증가하는 것을 볼 수 있었다. 식의 상수값 0.6073은 선체운동에 의한 것으로 생각되고, 절편값 12.189은 배가 항해하기 전, 심리적인 불안감에서 발생하는 스트레스로 판단되었다.

Fig. 6은 Table 4와 같이 항해 중 4회 걸쳐 10분간 자료를 입력하여 Matlab program을 이용해서 얻어진 1/3 평균 횡동요 진폭 유의값 및 횡동요 주기와 아밀라제 변화율 관계를 $y = 72.411x - 32.52$, $y = 33.156x - 186.53$ 로 얻을 수 있으며, 비례하는 경향을 알 수 있었다.

Fig. 7은 항해 중 동일한 방법으로 얻어진 1/3 평균 상하 가속도 유의값 및 상하동요 주기와 아밀라제 변화율 관계를 나타낸 것이다. 이 중 상관관계가 가장 높은 상하 가속도에 의한 아밀라제 변화와의 관계에서 (2)식을 얻을 수 있었다.

$$VSAA = 28490 x - 2927.7 \quad (R^2 = 0.5712) \quad (2)$$

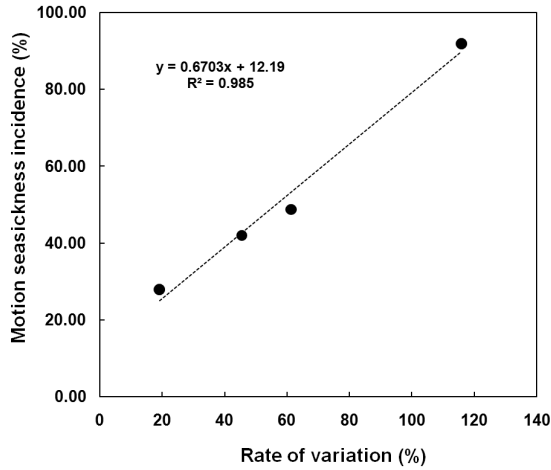


Fig. 5. Relationship of rate of variation by salivary α -amylase activity and motion seasickness incidence.

선체동요에서 보다 더 정량적으로 분석하기 위해, 타액 아밀라제 측정값의 변화로부터 뱃멀미를 일으키는 정도를 알아냈다. 그 결과 상하 가속도에서 상관관계가 가장 높아

계수가 $R^2 = 0.5712$ 이었고, 횡동요 크기 $R^2 = 0.2568$, 상하 가속도 주기 $R^2 = 0.2473$, 횡동요 주기 $R^2 = 0.1340$ 순으로 나타나 뱃멀미에 미치는 운동은 종동요에 의한 것이 큰 것으로 생각되며, 반면에 종동요 크기 및 주기는 뱃멀미에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 O'Hanlon and McCauley (1974)등과 비슷한 경향을 보였고, Joseph and Griffin (2008), Fang and Chan (2007)의 연구결과처럼 뱃멀미에 미치는 영향이 횡·종동요 크기와는 뚜렷하게 나타나지 않았다는 것과 일치하였다.

Table 7은 아밀라제 변화와 상하 가속도 관계로부터 얻어진 뱃멀미에 의한 시뮬레이션 결과값과 실제로 설문지를 통해서 얻어진 값을 비교한 것으로, 4회 걸쳐 평균한 값과는 약 4%정도 차이로 적게 나타났고, McCauley et al. (1976), Colwell (1989)의 결과 보다는 약 19% 높았는데, 이는 설문내용 차이로 인한 것으로 판단되었다.

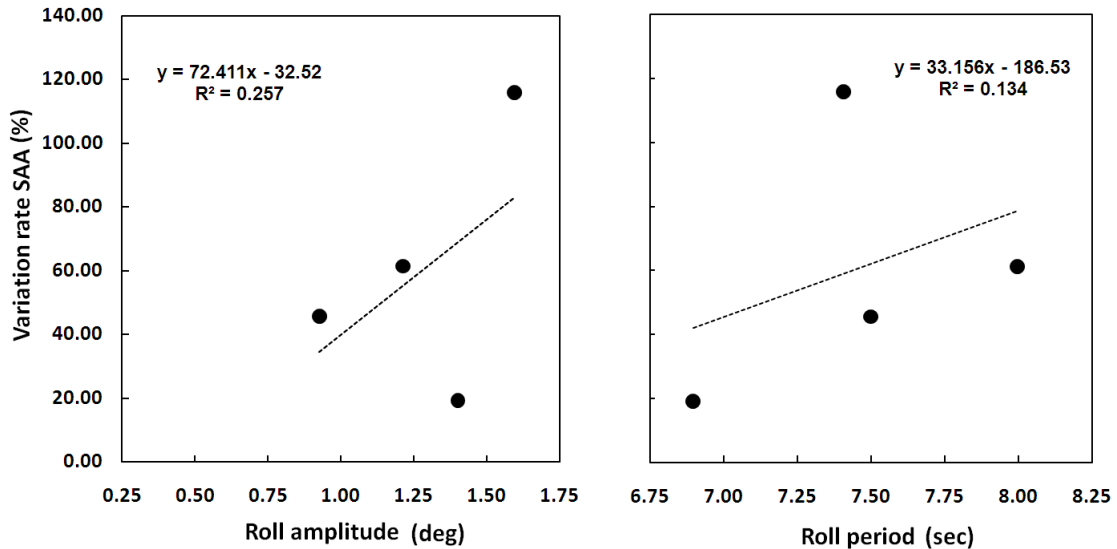


Fig. 6. Relationship of rate of variation by salivary α -amylase activity and roll amplitude and roll period of motions.

Table 7. Participant to questionnaire in underway during irregular wave

Number	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	Average	
Date	'13.06.26	'13.07.06	'13.08.28	'13.09.06		
Participant(person)	25	25	43	57		
MSI(%)	Questionnaire	28.00	92.00	48.84	42.11	52.74
	Simulation	42.95	75.30	31.18	46.14	48.89
McCaul et al. (1976), Colwell (1989) : $MSI = 100\Phi(z_a)\Phi(z_t)$					27.69	

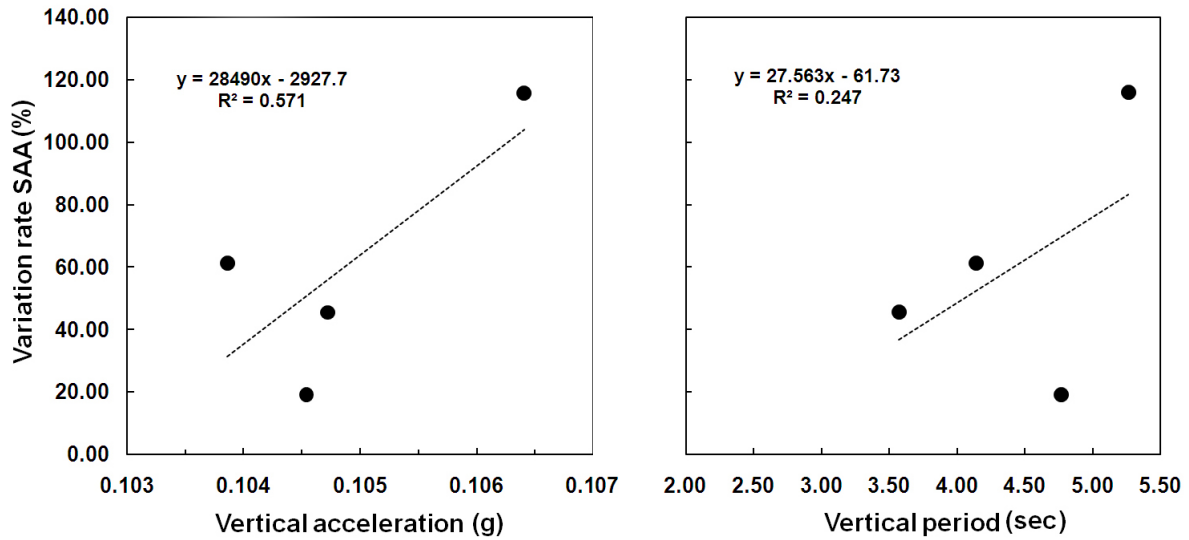


Fig. 7. Relationship of rate of variation by salivary α -amylase activity and acceleration and period of vertical motions.

결론

본 연구에서 이용된 시험선 아라호는 초기설계단계에서 중동요를 이용한 승선감 판정법에 의해 분석한 결과 1.55 보다 크지 않았고, 횡·중동요 주기는 한계 범위 내에 있으므로 승선감 측면에서 크게 나쁘지 않은 선박으로 판단되었다. 그러나 횡동요 감쇠장치가 있음에도 불구하고 항해 중에는 전체 승선자의 50% 이상이 멀미를 하므로 쾌적한 승선생활과 보다 효과적인 실습을 위한 개선이 필요하다고 판단되었다.

시험선인 경우, 상하 가속도 0.2 Hz 이내 범위에서 뱃멀미가 가장 높았고, 선체운동에 의해서 승선자의 현재 상태에 대한 설문지를 분석한 결과, 정박 때에 멀미하는 실습생이 전혀 보이지 않았으나, 항해 때 멀미가 발생하였다. 그 원인은 선체의 동요가 인체에 자극을 줌으로써 일어난 현상이라고 할 수 있는데, 지금까지의 연구결과에 대한 멀미율은 운송체 내에서 인위적으로 자극의 변화를 준 후, 참여자의 설문을 통해서 자극의 크기에 따라 그 비를 결정하였다.

본 연구에서는 선박이 항해 중에 주관적인 방법인 설문조사와 객관적이고 정량적인 분석방법에 의한 뱃멀미를 비교 분석한 결과 $MSI(\%) = 0.6073x + 12.189$ ($R^2 = 0.9853$)을 얻을 수 있었으므로, 아밀라제 변화와 선체운동과의 관계에서 새로운 뱃멀미 평가방법을 제시하였다.

선체의 횡·중동요로 인하여 멀미를 일으키는 운동을 정량적인 방법인 아밀라제 변화를 통해 얻은 결과 중 가장 많은 영향을 미치는 요소는 상하 가속도 변화였으며 이를 토대로 시뮬레이션 한 결과, 4회 걸친 설문에 의한 뱃멀미와는 약 4%정도 적게 나타났지만, 승선감을 정량적으로 평가하는 데 적합한 것으로 생각되었다.

향후, 보다 더 많은 선박에서 이러한 실험을 통해 도출되는 결과들이 선박의 특성, 운항 예상해역의 풍속, 풍향, 파고, 파주기 등에 의해 연·근해 해역에서 운항하는 중·소여객선 및 요트 등의 선박에 승선감을 미리 알려주는 예보시스템 구축에 필요할 것으로 판단된다.

사사

이 논문은 2014년도 제주대학교 학술연구지원 사업에 의하여 연구되었으며, 아울러 세심하게 검토하여 주신 심사위원님들과 편집위원께 깊은 감사를 드립니다.

References

- Cowell JL. 1989. Human factors in the naval environment : A review of motion sickness and biodynamic problems. Technical memorandum 89/220, National defence research and development branch, Canada, 5-9.
- Fang CC and Chan HS. 2007. A investigation on the vertical motion sickness characteristics of a high speed catamaran ferry. Ocean Eng 34, 1909-1917.

- Hosoda R. 1977. Mechanism of Sea sickness. Bull Soc Naval Architect Japan 815, 324-330.
- Han SJ. 2013. A study on the motion characteristics and motion sickness of the training ship for preliminary design. Ph.D. Thesis, Pukyong national university, Korea, p. 165.
- Iwai K. 1965. Judging method of riding comfort due to pitching motion. Japan Soc Naval Archi Ocean Eng 30, 73-82.
- Joseph JA and Griffin MJ. 2008. Motion sickness : Effect of the magnitude of roll and pitch oscillation. Avi Space Environ Med 79(4), 390-396.
- Kempf VG. 1940. Stabilitätsgrenzen für schiffe. schiffbau, Helft 15, 17-18.
- Khalid H, Turan O and Bos JE. 2011. Theory of subjective vertical-horizontal conflict physiological motion sickness model for contemporary ships. J Mar Sci Technol 16, 214-225.
- KSNAJ. 1983. Shipbuilding design hand book 3(Seaworthy). The Kansai Society of Architects, Japan, pp 410-421.
- Lloyd ARJM. 1989. Sea-keeping ship behaviour in rough weather. Ellis Horwood Limited, Chichester West Sussex, England, 151-276.
- Lawther A and Griffin MJ. 1986. The motion of a ship at sea the consequent motion sickness amongst passengers. Ergonomis 29, 535-552.
- McCauley ME, Royal JW, Wylie CD, O'Hanlon JF and Mackie RR. 1976. Motion sickness incidence: Exploratory studies of habituation, pitch and roll and the refinement of a mathematical model(Technical report No. 1733-2). Medical and Dental Sciences Biological Sciences Division office of Naval Research, Arlington, VA, 1-15.
- Nakano A and Yamaguchi M. 2011. Evaluation of human stress using Salivary Amylase. Japan Soc Biofeedback Res 38(1), 3-9.
- O'Hanlon JF and McCauley ME. 1974. Motion sickness incidence as a function of the frequency and acceleration of vertical sinusoidal motion. Aerospace Med, 366-369.
- Rameswar B. 1978. Dynamics of marine vehicles. John wiley & sons, Inc. Canada, 1-100.
- Shigehiro R, Kuroda T, Matsuda A and Suzuki S. 2000. Effect of anti-pitching fins on ship motions from the viewpoint of passengers. J Kansai Soc NA Japan 233, 39-48.
- Tomi T. 1961. A study on ship vibration and oscillation limits from the viewpoint of unpleasant feelings of passengers(1st report -The susceptibility of human beings to motions). Japan Soc Naval Archi Ocean Eng 104, 18-30.
- Tomi T. 1962. A study on ship vibration and oscillation limits from the viewpoint of unpleasant feelings of passengers (2nd report -Motion sickness and allowable limits). Japan Soc Naval Archi Ocean Eng 105, 29-40.
- Yoon HK, Lee GJ and Lee DK. 2008. Development of the motion monitoring system of a ship. J Nav Port Res 32(1), 15-22.
-
2014. 10.29 Received
 2014. 12.29 Revised
 2015. 2.16 Accepted