

입자법과 스테레오 비전을 활용한 초기 쇄파 장치 연구

김경성¹, 유선진^{2*}

¹동명대학교 조선해양공학부 교수, ²동명대학교 디지털미디어공학부 교수

A Study on Initial Wave Breaker by Using MPS and Stereo Vision Technology

Kyung Sung Kim¹, Sunjin Yu^{2*}

¹Professor, School of Naval Architecture and Ocean Engineering, Tongmyong University

²Professor, School of Digital-Media Engineering, Tongmyong University

요 약 해안 영역에서의 해수의 범람은 재산 및 인명피해를 야기한다. 이러한 피해를 최소화 하고자 방파시설을 설치하지만, 고정식 방파시설의 경우, 변화하는 해상상태에 대응할 수 없으며, 과도한 설정에 의한 설치는 환경적 피해를 일으킨다. 본 연구에서는 환경적 피해를 줄이고 선박의 항행에 지장이 없는 가변식 초기 쇄파 장치에 대한 연구를 실험적 방법과 입자법을 이용한 수치 해석적 방법으로 연구하였다. 초기 쇄파 장치의 유무에 따라 해안절벽으로 넘어오는 파의 범람은 큰 차이가 있었으며, 이는 실험과 수치 해석 모두 확인되었다. 또한 초기 쇄파 장치의 위치에 따른 영향 역시 고려되었으며, 위치 역시 중요한 요소임이 확인되었다.

주제어 : 초기 쇄파장치, 입자법, 해안방제, 조파장치, 스테레오비전

Abstract The flooding and overtopping due to unexpected large ocean wave may occur serious problems to environments and structures. Generally fixed wave breakers and several structures were installed to prevent such damages, however, they may affect to environments and charted path of ships badly. In this regard, new type of initial wave breaker was investigated in both of experimentally and numerically. For the experiments, conceptual devices were built by authors with stereo vision system. The moving particle semi-implicit method was adopted for simulation. It is revealed that the initial wave breaker reduce the damages from ocean waves by energy dissipated earlier. Furthermore, the effects of position of the initial wave breaker was also considered.

Key Words : Initial wave breaker, particle method, costal conservation, wave maker, stereo vision

1. 서론

태풍 및 해일은 부유중인 선박에도 큰 영향을 미치지만 해안지역에도 재산 및 인명 피해와 같은 큰 피해를 야기한다. 이러한 태풍 및 해일은 큰 해양파를 동반하여 해양파의 범람 및 충격으로 인해 피해가 발생한다. 이러한

피해를 막기 위한 예방책으로는 방파제와 같은 고정식 인공 구조물을 이용하며, 인공 절벽도 이에 해당한다. 그러나 고정식 인공 구조물은 높은 공사비용과 유지비용이 소모되며, 이로 인한 환경의 파괴가 동반되어 건설에 많은 고려사항이 발생한다.

또한 경제적, 환경적 피해를 감수하면서까지 설치된

*This paper was supported by the fund of Tongmyong University in 2018 (2018F028).

*This research was supported by the Basic Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education. (No. NRF-2018R1D1A1B07048254)

*Corresponding Author : Sunjin Yu (sjyu@tu.ac.kr)

Received December 26, 2018

Accepted February 20, 2019

Revised January 31, 2019

Published February 28, 2019

방파 시설은 건설 당시의 예측 범위를 벗어난 환경이 형성될 경우 그 역학을 다하지 못하는 경우가 발생한다. 실제로 2016-17년 부산 마린시티에서는 방파제와 인공절벽을 넘는 해양파가 발생하여 많은 재산피해를 남긴 사례가 있다. 지속적인 이상기후는 향후 더 많은 예측범위를 벗어난 문제를 야기할 수 있기 때문에 이에 대한 대책이 시급한 실정이다.

해양파에 의한 연안 및 해저면의 영향에 대한 연구는 많은 연구가 수행되었다. 특히 처오름파의 연구는 실험 및 수치해석적으로 많은 연구가 수행되었다.[1] 해양파의 쇄파 등에 의한 강한 난류 발생이 미치는 영향또한 실험 및 수치시물레이션을 통해 난류의 영향에 의한 해저면 변형이 연구되었다.[2] 입자법을 이용한 자유표면 연구로는 [3,4]에서 Smoothed Particle Hydrodynamics(SPH)법을 이용하여 파의 표면력 및 충격량에 대한 연구가 이루어졌다. 입자법 중 Moving Particle Semi-implicit법을 이용한 처오름파의 수치적 해석은 [5]를 통해 연구되었다. 사물인식 기법에 관한 연구는 [6]에서 음향 정보 분석을 통한 사물의 속력 측정 방식에 대해 연구를 수행하였고, [7]에서는 퍼지 융합 등식 제약식을 이용한 선형계획법 문제를 연구하였다. 또한 색상 단순화 연구를 통한 이미지 인식 방식의 연구 및 다중 카메라 영상 분석 기법 역시 활발히 진행되고 있다.[8,9]

예측 하지 못한 해양파에 대한 문제의 해결을 위해 기존의 고정식 테트라 방파제 혹은 인공 절벽이 아닌 형태의 방파제가 제안되고 있다. 본 연구에서는 새로운 형태의 방파제를 제안하고 이를 실험 및 수치 시물레이션을 통해 효과를 확인하였다.

2. 수치시물레이션기법

본 연구에서는 수치 시물레이션 기법으로 Moving Particle Semi-Implicit(MPS)법을 사용하였다. MPS법은 [10]에서 처음 제안되었다. MPS법에서는 압력해법을 Poisson Pressure Equation(PPE)을 음해법으로 풀이하여 구할 수 있다. 그러나 이러한 방식은 압력진동을 야기할 수 있다. 이를 개선하기 위해 [11]에서 PPE의 소오스항에 다항식을 사용하는 기법으로 압력변동을 감소시켰다. [12]에서는 자유표면 입자 탐색법 및 Kernel 함수의 최적화를 통해 압력변동 및 자유표면 재현 정확도를 상승시켰다. 이후 [12]에서는 다상유동에 대한 연구를 수행하였

으나, 본 연구의 목적인 해양파 및 쇄파 시물레이션은 단상유동인 관계로 적용하지 않았다.

MPS법의 지배방정식은 연속방정식과 Navier-Stokes 방정식으로써 그 식은 다음과 같다.

$$\frac{D\rho}{Dt}=0 \quad (1)$$

$$\frac{D\vec{u}}{Dt}=\frac{1}{\rho}\nabla P+\nu\nabla^2\vec{u}+\vec{g} \quad (2)$$

여기서 ρ 는 입자의 밀도, \vec{u} 는 입자의 속도, t 는 시간, P 는 압력, ∇ 는 구배연산자, ∇^2 는 라플라스 연산자, ν 는 동점성계수, \vec{g} 는 중력가속도를 각각 나타낸다. MPS법은 격자가 아닌 입자를 사용하는 완전 라그랑지안 방식이므로 지배방정식의 미분연산자는 라그랑지안 형식으로 대체되어야 한다. 라그랑지안 미분연산자는 다음과 같다.

$$\langle \nabla \phi \rangle_i = \frac{d}{n_0} \sum_{i \neq j} \left[\frac{(\phi_{ij})(r_{ij})}{|r_{ij}|^2} w(|r_{ij}|) \right] \quad (3)$$

$$\langle \nabla \cdot \phi \rangle_i = \frac{d}{n_0} \sum_{i \neq j} \left[\frac{(\phi_{ij}) \cdot (r_{ij})}{|r_{ij}|^2} w(|r_{ij}|) \right] \quad (4)$$

$$\langle \nabla^2 \phi \rangle_i = \frac{2d}{\lambda n_0} \sum_{i \neq j} [(\phi_{ij}) w(|r_{ij}|)] \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{j \neq i} (|r_{ij}|)^2 w(|r_{ij}|)}{\sum_{j \neq i} w(|r_{ij}|)} \quad (6)$$

$$n_i = \sum_{j \neq i} w(|r_{ij}|) \quad (7)$$

$$w(|r_{ij}|) = \begin{cases} \left(1 - \frac{|r_{ij}|}{r_e}\right)^3 \left(1 + \frac{|r_{ij}|}{r_e}\right)^3 & (0 \leq |r_{ij}| < r_e) \\ 0 & (r_e < |r_{ij}|) \end{cases} \quad (8)$$

여기서 식(3)은 구배방정식, 식(4)는 발산식, 식(5)는 라플라스연산을 나타내며, d 는 차원의 수, n_0 는 초기 입자 수 밀도, ϕ 는 임의의 물리량, r 은 입자간 거리, w 는 가중치함수, λ 는 보정계수, 아랫첨자 ij 는 j 번째 주변 입자의 물리량에서 중심입자 i 의 물리량의 차($\phi_{ij} = \phi_j - \phi_i$)를 나타낸다. 입자수밀도는 실제 유체의 밀도에 대응하는 입자의 가중치의 합으로써 식(7)에 의해 구할 수 있으며, 가중치 함수는 주변입자의 중심입자에 대한 영향력을 나타낸 함수로써, 임계값인 r_e 를 넘어서면 가중치는

0(영)이 된다. 보정계수 λ 는 확산항의 이론값과 수치값을 보정해 주는 함수로써 식(6)에 의해 구할 수 있다. 보다 자세한 내용은 Kim et al. (2014)에 나타나 있다.

본 연구에서 여러 입자기반 전산유체역학 기법 중 MPS법을 사용한 것은 SPH법에서의 입자간 상호 작용을 평균화해서 사용하는 방법에 비해 가중치를 사용하는 MPS법이 본 연구에 더욱 적합하기 때문에 선정하였다.

3. 스테레오 비전 시스템

스테레오 비전은 2개의 카메라로부터 3차원 정보를 받아 처리하는 기술이다. 이때 정보는 일반적으로 RGB(Red-Green-Blue)의 색상정보이다. 먼저 보정단계에서 카메라의 내부 및 외부 정보를 병합하는 단계를 거친다. 이때 3차원 정보의 병합이 이루어진다. 카메라의 내부 인자는 5개의 인자들의 합성이다. 카메라의 외부 인자는 6개의 인자로 구성되며, 이는 3개의 병진 인자와 3개의 회전 인자이다. 이로써 총 11개의 카메라 인자를 획득할 수 있으며 그 인자의 병합을 통해 보정을 완성한다. [14,15]. 5개의 내부 카메라인자 및 6개의 외부 카메라 인자는 식(9)에 나타나있다.

$$\kappa = \begin{bmatrix} a_x & s & x_0 \\ 0 & a_y & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}, \quad T = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{bmatrix} \quad (9)$$

여기서 a_x 는 x방향의 스케일 인자, a_y 는 y방향의 스케일 인자, s 는 기울어짐(skew), x_0, y_0 는 각각 주점(Principal Point), R는 Roll, Pitch, Yaw의 회전 운동, T는 Surge, Sway, Heave인 병진 운동을 나타낸다. 여기서 κ 는 Kalman필터의 값으로써 자세한 내용은 [12]에서 찾을 수 있다.

선형 삼각측량법은 직접선형변환법의 직접 상이형(Direct Analogue)이다. 획득한 각각의 이미지로부터 측정값 $x = PX$ 와 $x' = P'X$ 를 구할 수 있으며, 이 측정값은 $AX=0$ 으로부터 합성된다. 첫 번째 동차 크기 요소(Homogeneous scale factor)는 벡터의 외적에 의해 소거되어, 각각의 이미지의 두개의 선형 독립 항을 가진 3개의 식으로 표현된다. 즉 $x \times (PX) = 0$ 으로부터 다음의 식을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} x(P^{3T}X) - (P^{1T}X) &= 0 \\ y(P^{3T}X) - (P^{2T}X) &= 0 \\ x(P^{2T}X) - y(P^{1T}X) &= 0 \end{aligned} \quad (10)$$

여기서 P^{iT} 는 행렬 P 의 열을 나타낸다. 이 식들은 행렬 X 의 요소들에서 선형적이다. 이를 $AX=0$ 의 식으로부터 합성하면 다음을 얻을 수 있다.

$$A = \begin{bmatrix} xP^{3T} - P^{1T} \\ yP^{3T} - P^{2T} \\ x'P^{3T} - P^{1T} \\ y'P^{3T} - P^{2T} \end{bmatrix} \quad (11)$$

여기서 각각의 이미지로부터 2개의 식을 포함할 수 있게 되어, 총 4개의 동차 미지수를 갖는 4개의 식을 얻을 수 있다. 여기서의 해는 크기에 의해서만 결정될 수 있기 때문에 이는 잉여식이 된다. 행렬 A는 특이치분해(SVD)에 의해 구해질 수 있다.

4. 시뮬레이션 모델 및 결과

본 연구는 해일 및 태풍으로 인해 발생된 예측하지 못한 높은 파도를 초기에 소산시켜 피해를 줄이는 장치에 관한 것이다. 초기 쇄파기의 개념적인 형태는 Fig. 1과 같다. 해저면과 나란하게 놓여 있는 평판형태의 구조물은 높은 파도가 인지되는 시점에서 그 파에 대응하는 각도로 초기 쇄파 장치의 각도를 조절한다. 설정된 초기 쇄파 장치에 의해 파는 부수어 진 후 해안 절벽으로 이동하여 피해를 최소화 하게 된다.

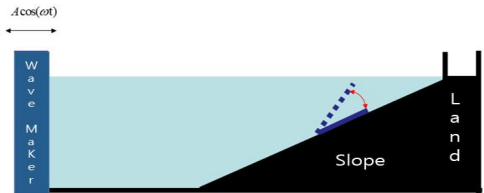


Fig. 1. Schematic model of initial wave breaker

개념적 초기 쇄파 장치의 실험을 위해 스테레오 비전 카메라를 설치하고 파를 생성시키는 조파기와 수조, 그리고 초기 쇄파 장치를 설치하였다[Fig. 2]. 조파기는 삼각형의 조파장치를 상하로 움직여 파를 생성하며, 조파 장치는 서보모터를 이용하여 제어된다. 조파장치에 의해

생성된 파는 인공절벽으로 가정된 수조의 끝단을 향해 움직이며, 인공절벽에 다다르기 전 해저면에 장치된 초기 쇄파 장치에 의해 초기 파쇄 되어 소산될 수 있도록 설정하였다. 여기서 스테레오 비전 장치는 조파기에 입력된 값과 실제 재현 값이 일치하는지를 실시간으로 검증하는 용도로 사용되었다.

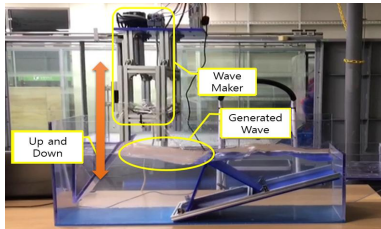


Fig. 2. Experimental Device

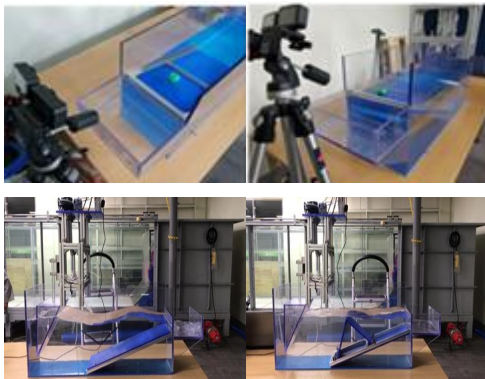


Fig. 3. Examples of initial wave breaker test

Table 1. Result of buoy movement from stereo vision system

Measuring Distance of wave	Height	1st	2nd	3rd	Ave.
10mm		13	9	11	11
30mm		31	30	32	31
50mm		53	45	44	47.3

조파장치의 검증을 위해 특정 위치에 구 형태의 부유체를 두고 파를 재현하였다. 파의 운동에 의해 부유체는 상하로 움직인다. 구 형태의 부유체의 운동을 측정하기 위해 스테레오 비전을 설치하여 측정하였다. 스테레오 비전 시스템을 이용한 측정을 위해서는 Fig. 3에 나타난 것과 같이 2개의 비전 카메라를 설치하고 측정값을 컴퓨터로 보내어 계산을 하도록 설정하였다. 조파기에서 생

성한 파는 각각 파고 10mm, 30mm, 50mm로 설정하였으며, 스테레오 비전 시스템을 통한 부유체 상하 운동의 10초간의 평균값은 Table 1에 나타나있다. 이를 통해 조파기의 생성파와 측정파는 잘 일치함을 알 수 있다.

스테레오 비전 시스템의 검증완료 된 시스템을 이용하여 파고 15mm인 파를 생성하고 초기 쇄파 장치의 각도를 변화시켜 방파제(인공절벽)을 넘어 유입된 물의 양을 측정하였다. 측정값은 Table 3에 나타나 있다. 이때 스테레오 비전은 생성된 파가 설정파와 같은지를 지속적으로 모니터링 하여 설정한 값과 생성된 파가 같은지를 지속적으로 확인하였다.

Table 2. Amount of overtopped waves (Depth[mm])

angle liter.	0	10	20	30(1)	30(2)
1st	390	170	150	150	110
2nd	420	180	170	190	100
3rd	410	180	180	160	110
Mean	410	177	167	167	107

실험을 통해 초기 쇄파 장치가 0도 일 경우 가장 많은 양의 물이 해안절벽을 넘어 왔으며, 30일 경우 가장 작게 나왔다. 초기 쇄파 장치 위치에 따른 효과를 확인하기 위해 장치를 조파기 방향으로 약 100mm 이동시킨 경우 [Case 30(2)] 107mm의 물이 넘어오는 것을 확인하였다. 이는 쇄파 장치를 넘어선 이후 에너지 소산으로 인한 파의 안정 시간이 길어서 더욱 낮은 에너지를 가진 파로 변한 것으로 판단된다. 즉 쇄파 장치가 해안으로부터 멀수록 그 효과는 증가할 수 있으나, 실제적인 수심 및 면해역의 공사를 감안하였을 시 적당한 위치를 찾는 것이 매우 중요하다고 사료된다.

실험으로 확인한 사항에 대해서 수치 시뮬레이션을 추가 실행하여 2차 검증을 시도하였다. 수치 시뮬레이션 기법은 앞서 설명한 입자법 중 하나인 MPS법을 사용하였다. MPS법은 완전 라그랑지안법을 따르면서 압력해법에 포아송 방정식을 사용한 완전 음해법을 사용하기 때문에 격렬한 자유표면 운동이 있는 경우에 높은 정확도를 보이기 때문에 사용하였다. 또한 수치 시뮬레이션의 경우 조파기를 실험에서 사용한 상하동요 조파기가 아닌 전후동요 조파기를 사용하였다. 이는 상하동요 조파기를 수치적으로 실행하였을 시 간극에서 발생할 수 있는 수치적 오차를 줄이기 위함이다. 본 연구에서의 수치 시뮬레이션은 실험과는 다른 2차원 수치 시뮬레이션을 수행

하였다.

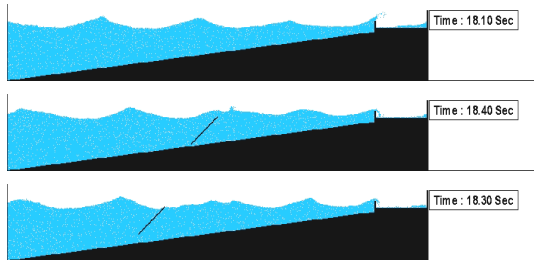


Fig. 4. Results from Simulation for No initial pre-wave breaker, front located pre-wave breaker, and rare positioned pre-wave breaker

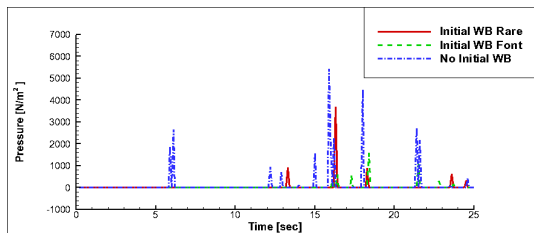


Fig. 5. Pressure time history at coastal lines for each case

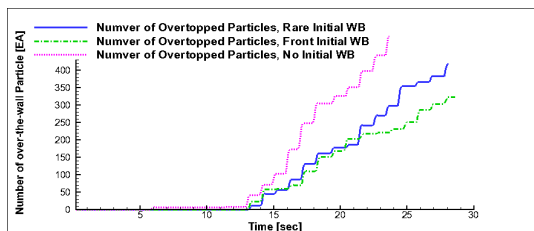


Fig. 6. Amount of overtopped particles at coastal line for each case

시뮬레이션을 위한 설정은 실험에서 좋은 결과가 나왔던 30도 인 경우와 초기 쇄파 장치를 조파기 방향으로 100mm 이동시킨 경우 그리고 이러한 초기 쇄파기가 없는 경우에 대해 각각 실행하였다. Fig. 4는 시뮬레이션 결과에 관한 특정 시간에서의 스냅샷이다. 스냅샷의 비교에서 알 수 있듯이 해안 절벽에서 파가 부수어지는 형태가 초기 쇄파 장치가 있는 경우 현저히 약해짐을 확인할 수 있다. 정성적 비교를 위해 해안 절벽 전체에 가해지는 파에 의한 압력을 측정하였다. Fig. 5의 그래프에서 알 수 있듯이 해안 절벽에 가해지는 파는 초기 쇄파 장치의 유

무에 따라 현저히 차이가 발생하며, 실험에서 보여진 것과 같이 초기 쇄파 장치를 조파기 쪽으로 이동하였을 시에 압력이 낮아짐을 확인할 수 있다.

Fig. 6는 해안절벽으로 넘어온 물의 양을 측정된 것으로 실험과 유사한 결과를 보인다. 그러나 그 차이가 실험과는 다른 것은 3차원인 실험에 비해 2차원으로 시뮬레이션 하였기 때문이며, 또 다른 이유로는 시뮬레이션 결과에서 보이는 것과 같이 조파기 방향으로 초기 쇄파 장치를 이동하였을 시 바다와 초기 쇄파 장치간의 간극이 발생하며 이로 인해 해저면과 초기 쇄파 장치 사이를 지나가는 상대적으로 높은 속도가 발생하기 때문인 것으로 파악된다. 전체적인 결과의 경향성에 대한 차이는 없었다고 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 초기 쇄파 장치의 효과에 대해 연구하였다. 초기 쇄파 장치는 평소 선박의 운행 및 환경에 영향을 끼치지 않도록 설계되며, 해일 또는 태풍에 의해 큰 파가 발생되었을 시 작동하여 피해를 줄이는 장치이다.

초기 쇄파 장치의 효과를 입증하기 위해 스테레오 비전을 활용한 실험적 방법과 MPS법을 이용한 수치해석적 방법을 이용하였다. 두 경우 모두 조파기에서 생성된 파가 인공절벽에 충돌한 후 인공절벽을 넘어서 유입된 해수의 양의 비교를 통해 초기 쇄파 장치의 효과를 입증하였다.

본 연구에서는 초기 개념적 설계 및 초기 쇄파 장치의 효과에 대해서만 연구를 수행하였기 때문에, 초기 쇄파 장치의 정확한 제원 및 작동 원리는 고려하지 않았다. 그러나 본 연구에서의 결과를 통한 초기 쇄파 장치의 효과를 통해 향후 초기 쇄파 장치의 제원 및 구동 방식에 대한 연구를 수행하여 보다 안전한 환경 조성 및 환경의 피해 없는 인공 구조물 건설의 기반이 될 것으로 사료된다.

REFERENCES

[1] Postacchini, M. Othman, I.K. Brocchini, M. & Baldock, T.E. (2014). Sediment transport and morphodynamics generated by a dam-break swash uprush: Coupled vs. uncoupled modelling. *Coastal Engineering* 89, 99 - 105.

- [2] Brocchini, M. & Peregrine, D.H. (2001). The dynamics of strong turbulence at free surfaces. Part 2. Free-surface boundary conditions. *Journal of Fluid Mechanics*, 449, 255 - 290.
- [3] Amicarelli, A. Albano, R. Mirauda, D. Agate, G. Sole, A. & Guandalini, R. A. (2015). smoothed particle hydrodynamics model 3D solid body transport in free surface flows. *Computational Fluids* 116, 205 - 228.
- [4] Monaghan, J.J. (1988), An Introduction to SPH, *Computer Physics Communications*, 48, 89-99.
- [5] K. S. Kim. (2018). A Mesh-Free Particle Method for Simulation of Mobile-Bed Behavior Induced by Dam Break. *Applied Sciences*, 8, 1070
DOI : 10.3390/app8071070
- [6] Y. W. Nam & Y. H. Kim. (2015) Speed estimation of sound-emitted objects through convergence of sound information analysis and smart device technology. *Korean Convergence Society*, 6(5), 233-240.
- [7] S. H. Oh. (2015) A Fuzzy Linear Programming Problem with Fuzzy Convergent Equality Constraints. *Korean Convergence Society*, 6(5), 227-232.
- [8] J. H. Yang, Y. S. Park & S. H. Lee. (2017) Text extraction in iamges using simplify color and edges pattern analysis, *Korean Convergence Society*, 8(8), 33-40.
- [9] J. H. Yun, M. R. Choi, & S. S. Lee. (2017) Multi-camera image feature analysis for virtual space convergence, *Korean Convergence Society*, 8(8), 19-28.
- [10] Koshizuka, S. & Oka, Y. (1996) Moving-particle semi-implicit method for fragmentation of incompressible fluid. *Nuclear Sciences Engeneering* 123, 421 - 434.
- [11] Tanaka, M. & Masunaga, T. Stabilization and smoothing of pressure in MPS method by quasi-compressibility. *Journal of Computational Physiscs* 229, 4279 - 4290.
- [12] B. H. Lee, J. C. Park, M. H. Kim & S. C. Hwang. (2001). Step-by-step improvement of MPS method in simulating violent free-surface motions and impact-loads. *Computer Methods Application in Mechanical Engineering*, 200, 1113 - 1125.
- [13] K. S. Kim, M. H. Kim. & J. C. Park. (2014). Development of moving particle simulation method for multiliquid-layer sloshing. *Mathematical Problems in Engineering* 2014, 350165.
- [14] R. I Hartley & A. Zisserman. (2004). Multiple View Geometry in Computer Vision, *Cambridge University Press*
- [15] S. H. Park, S. J. Yu, J. R. Kim, S. J. Kim & S. H. Lee. (2012). 3D hand tracking using Kalman filter in depth space, *EURASIP J. Adv. Signal Process.* 36.

김 경 성(Kim, Kyung Sung)

[정회원]



- 2006년 2월 : 부산대학교 조선해양 공학과(이학사)
- 2008년 2월 : 부산대학교 조선해양 공학과(공학석사)
- 2014년 5월 : Texas A&M University Ocean Engineering(Ph.D)

Engineering(Ph.D)

- 2016년 9월 ~ 현재 : 동명대학교 조선해양공학부 교수
- 관심분야 : 입자법, 선체운동, 선체저항, 선박조종, 해양 플랜트공학
- E-Mail : keiuskim@tu.ac.kr

유 선 진(Yu, Sunjin)

[정회원]



- 2003년 8월 : 고려대학교 (이학사)
- 2006년 2월 : 연세대학교(공학석사)
- 2011년 2월 : 연세대학교(공학박사)
- 2013년 3월 ~ 2016년 8월 : 제주

한라대학교 방송영상학과 교수

- 2016년 9월 ~ 현재 : 동명대학교 디지털미디어공학부 교수
- 관심분야 : 영상학, 생체인식, 스테레오비전, 3D비전
- E-Mail : sjyu@tu.ac.kr