

論 文

B1-4

디지털 화상처리에 의한 해양유출기름확산 계측기법개발에 관한 연구

이중우* · 김기철** · 강신영* · 도덕희*

A study on a development of a measurement technique for diffusion
of oil spill in the ocean

J.W. Lee* · K.C. Kim** · S.Y. Kang* · D.H. Doh*

Key Words: 디지털이미지프로세싱(Digital Image Processing), 입자영상유속계(PIV: Particle Imaging Velocimetry), 고감도카메라(High Sensitive Camera), 다시각프레임추적법(Multi-frame Tracking Algorithm), 계조치상호상관법(Gray-level Cross-correlation Algorithm)

Abstract

A digital image processing technique which is able to get the velocity vector distribution of a surface of the spilled oil in the ocean without contacting the flow itself. This technique is based upon the PIV(Particle Imaging Velocimetry) technique and its system mainly consists of a high sensitive camera, a CCD camera, an image grabber, and a host computer in which an image processing algorithm is adopted for velocity vector acquisition. For the acquisition of the advective velocity vector of floating matters on the ocean, a new multi-frame tracking algorithm is proposed, and for the acquisition of the diffusion velocity vector distribution of the spilt oil onto the water surface, a high sensitive gray-level cross-correlation algorithm is proposed.

* 한국해양대학교 교수

** 동아대학교 교수

1. 서론

기름유출로 인한 해양오염은 다른 어떤 종류의 해양오염보다 광범위하고 뚜렷하게 해양환경에 해를 끼친다. 기름 유출사고로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 초기에 유출 근원지 부근에서 방제작업을 하여 더 이상 확산이 되는 것을 막는 것이 가장 좋은 방법이지만 이것은 아주 힘들고 대개의 경우 방제작업이 이루어지기 전에 아주 빠른 속도로 확산이 되므로, 기름의 확산특성이 잘 반영된 확산 simulation의 개발을 통하여 유출사고의 발생시 해당 해역에서의 기름 확산을 정확하고 신속하게 예측하고 그에 따른 방제대책을 수립하는 것이 필수적이라 하겠다. 유출류의 확산모델을 개발하기 위해서는 필수적으로 행해져야 하는 것은 실험적 검증이다.

일반적으로 실험적 해석을 위한 유체의 속도계측방법으로는 피토포, 열선유속계(hot wire), LDV(Laser Doppler Velocimetry)등이, 압력계측방법으로는 프로브(probe)등이, 그리고 온도계측방법으로는 열전대(thermo-couples)등이 사용되고 있으나 이들 계측방법들로부터 얻어낸 정보는 정량적이기는 하지만 점 계측에 의한 것이거나 유동장에 직접 센서를 투입하기 유동장을 방해하거나 유동장 전체의 거동을 해석에는 도움을 주지 못한다.

이를 보완하기 위한 실험적 방법이 유동가시화(flow visualization)방법이다. 유동가시화는 유동현상을 직접 관찰함으로써 유동장 전체에 걸쳐서 정성적 특성을 해석할 수 있는 가장 기본적인 실험기법이다. Dye tracer, hydrogen bubble, smoke법과 같은 고전적 유동가시화 방법은 전체 유동장의 정성적인 정보를 제공하지만, 정량적인 결과를 얻을 수 없다는 단점이 있어 왔다. 이를 달성하기 위하여 많은 연구가 다양하게 진행되어 왔는데(Kobayashi et al., 1983, 1986, Adrian, 1991) 최근의 급속한 화상매체 기기의 발달에 힘입어 유동장에 투입된 가시화용 추적입자들의 거동을 정량화 할 수 있게 되었는데 이를 근간으로 한 유동장의 속도계측법이 PIV(Particle Imaging Velocimetry)(Adrian, 1991)이

다. 이 방법은 원리적으로 3성분의 속도를 동시에 전 영역에 걸쳐 연속으로 계측할 수가 있으며 이 값들을 NS(Navier-Stokes)방정식에 대입하여 압력구배항을 공간 적분하면 벽면의 정압까지를 포함한 순시의 압력장을 구할 수 있음으로서 가까운 장래에는 전산유체역학에 대응할 수 있는 유일한 계측기법으로 인식되고 있다.

국내의 경우 화상처리기법을 이용한 유동장 해석 연구는 거의 초기단계이며, 그 유용성이 널리 알려져 있지 않다. 최근 선진국에서는 화상처리법을 이용한 속도장 측정의 정확도와 측정 가능한 속도범위를 확대시키기 위한 연구가 활발히 진행중이다. 그러나, 지금까지 PIV를 이용한 유동장의 해석대상이 내부유동에 관한 연구가 대부분(Buchhave, 1992, Shigeru, 1992, Tokumoru, 1995)이었으며 공기와 액체등의 경계면에 PIV계측과 관련된 연구는 정성적인 것에만 의존하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 이와 같은 PIV 가시화 계측기술을 해양의 유류가 방출되었을 경우 액체 및 공기의 경계인 해양표면에 있어서의 오염물질의 표류 및 확산량을 정량적으로 계측할 수 있는 비접촉식 계측기술을 확립하는 것을 목표로 한다.

기존의 정량적 PIV계측법들은 계측장비와 계측알고리즘의 한계로 인하여 계측시간이 짧았거나 화상에서의 2상유체(기름과 물)의 구별이 불가능하였지만 본 연구에서는 이를 극복하기 위하여 고감도 계조치상호상관법(high sensitive gray level cross-correlation algorithm)과 다프레임시간 추적알고리즘(multi-frame Tracking Algorithm)을 개발하여 기름의 초기확산 특성량 및 기름의 실험해상에서의 표류(advective velocity)속도를 정량적으로 계측 및 예측할 수 있는 시스템을 구축하였다.

2. PIV의 기본원리 및 계통

유동장의 국소속도는 어느 한 점을 통과하는 추적입자가 미소시간간격동안 이동한 미소 직선거리 및

방향을 알면 쉽게 구해진다. 즉, 주어진 측정시간 (Δt) 동안 움직인 유동입자(particle)들의 변위정보를 CCD(charge coupled device)카메라와 같은 화상 입력장치를 이용하여 2차원 화상데이터로 저장한 후 디지털 화상처리기법을 이용하여 입자변위(S)를 계측하는 것이다. 이때 사용되는 추적입자는 유체의 비중과 동일한 것을 사용하거나 비중의 차이로 인한 유동장의 특성이 영향을 받지 않는 것이어야 한다. 유동화상(flow image)으로부터 정량적인 속도장을 구하는 데에는 입자변위 S를 구하는 방법으로는 PSV(Particle Streak Velocimetry) (Kobayashi, 1986), PTV(Particle Tracking Velocimetry) (Kasagi, 1991, Kobayashi, 1991), PIV(Particle Imaging Velocimetry) (Adrian, 1991) 등이 있는데 PTV를 일명 저밀도 PIV(Adrian, 1991) 라고도 한다. 다시 말하면, 고밀도 PTV를 PIV로 보면 된다.

본 연구에서 구축하고자 하는 방법은 두 장 이상의 화상으로부터 얻은 입자화상들의 입자중심을 프레임시간에 따라 추적해서 얻어내는 PTV방법 (Kobayashi, 1991)과 입자들의 계조치변화를 프레임시간에 따라 추적해서 속도를 얻어내는 PIV방법 (Kimura et al., 1986)과 유사하지만 이들의 방법에서는 해양의 조류 등과 같이 장시간에 걸쳐서 유동장의 속도를 계측할 경우와 기름과 물과의 사이에서 일어나는 중력과 표면장력의 영향으로 퍼짐 현상을 추적하기에는 계측의 감도 및 추적알고리즘의 원리상 불가능하였다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 점을 고려하여 개선된 형태의 알고리즘인 다프레임 추적 PTV알고리즘과, 고감도카메라-계조치상호상관 PIV알고리즘을 개발하고자 한다.

2.1 다프레임시각추적법

Fig. 1은 같은 화상의 프레임수가 100장인 경우의 추적입자상을 나타내며 Fig. 2는 이들 입자화상들에 대하여 동일한 입자들을 찾아내는 개발된 알고리즘의 개요를 나타낸다.

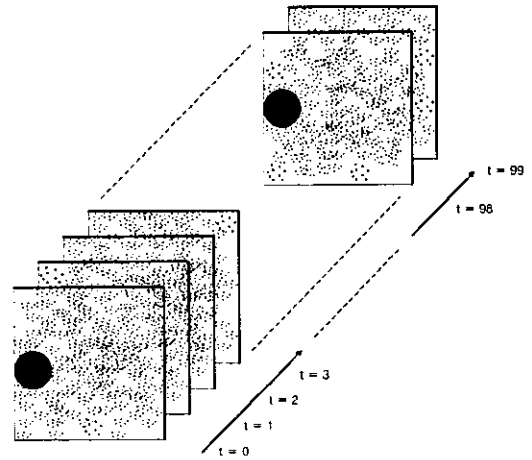


Fig. 1 Consecutive multiple frames of particle images..

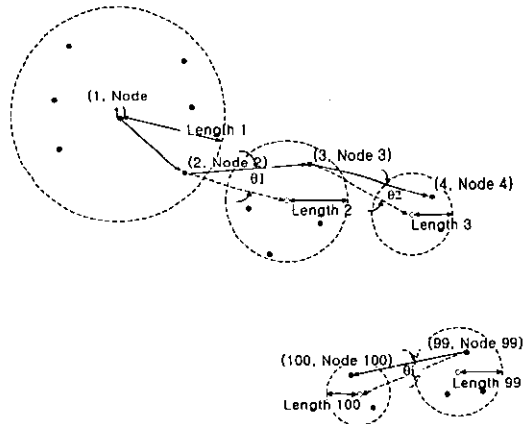


Fig. 2 Principle of the multi-frame tracking algorithm.

제 1시각에서 수많은 입자들 중 x번에 대하여 제 2시각에서의 입자개수가 i 제3시각에서의 입자개수가 j개 제 4시각에서의 입자개수가 k개 제 n시각에서의 입자개수가 각각 y라고 하면 제 n시각까지 갈 수 있는 입자경로의 갯수는 $i \times j \times k \times \dots \times y$ 개 일 것이다. 이들 경로 중에 그림에 나와 있듯이 입자경로들의 변화각과 제 n시각까지 각 시각사이에서의 입자들의 이동거리와 각 시각간의 입자들이 이동했을 때 형성하는 이동각의 분산치가 가장 작은 값을 가진 입자경로가 동일한 입자가 움직인 최중경로로

판정하는 방법이다. 이는 짧은 시간 내에 입자가 최단경로로 통과할 것이라는 전제를 두고 있다.

다시 말하면 각 시각에 있어서의 이동길이의 분산치인 식 (1)과 각 시각사이에서의 움직인 경로각들의 분산치인 식(2)의 값이 최소가 될 때를 동일입자가 움직인 것으로 판정한다.

$$\sigma_l = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\bar{l} - l_i)^2} \quad (1)$$

$$\sigma_\theta = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\bar{\theta} - \theta_i)^2} \quad (2)$$

이때, \bar{l} 은 각 시각사이에 움직인 입자간의 거리들의 평균치를 말하며 $\bar{\theta}$ 는 각 시각사이에서의 움직인 경로각들의 평균치를 말한다.

이때 화상의 전 영역에 걸쳐서 입자들을 찾아가는 것보다 그림의 점선 원과 같이 그 영역(탐색영역이라고 함)을 시간 경과와 함께 어느 정도 좁혀가는 것이 처리상 유리하다.

2.2 고감도카메라-계조치상호상관법

Fig. 3은 계조치상호상관법 (Gray level cross-correlation method)의 원리를 설명하기 위한 것이다. 미소시간동안 유동장의 화상의 계조패턴은 크게 변화하지 않는다고 가정하면 제1프레임(1st image frame)에서의 상관영역내의 계조치 분포와 미소 시간후의 제2프레임(2nd image frame)에서의 계조치 분포는 유사한 특성을 나타낸다. 따라서, 제1프레임의 입자의 위치를 중심으로 하여 제2프레임상의 같은 크기를 갖는 영역과의 계조치에 대하여 상호상관 계수 값을 구하여 비교하여 그 중 가장 큰 값을 동일입자군의 이동위치로 간주할 수 있다. 컴퓨터 상에서 이와 같은 계산을 빠른 속도로 행할 수 있으면 가상의 중심 입자군 속도(속도벡터의 시점)에 대

하여 이동벡터의 종점을 용이하게 구할 수 있게 된다. 연속된 두 프레임간의 상관계수는 다음의 식 (3)으로 구한다.

$$c_{fg} = \frac{\sum_{i=1}^2 (f_i - \bar{f}_i)(g_i - \bar{g}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^2 (f_i - \bar{f}_i)^2 \sum_{i=1}^2 (g_i - \bar{g}_i)^2}} \quad (3)$$

여기서 f_i, g_i 는 상관영역내의 각 픽셀의 계조치를 의미하며 $\bar{\quad}$ 는 연속화상에 대한 시간평균을 의미한다.

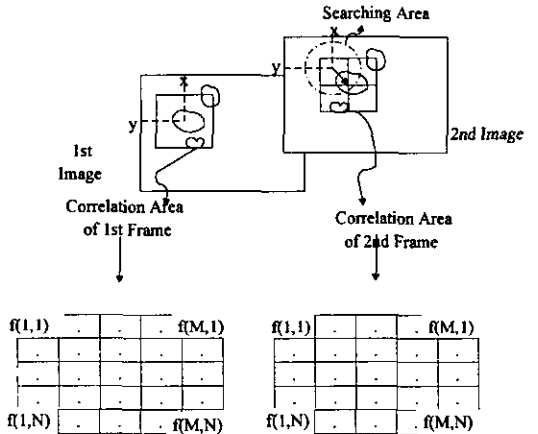


Fig. 3 Principle of gray level cross-correlation.

2.3 PIV-PTV 계측시스템의 구성

Fig. 4는 본 연구에서 구축한 PIV-PTV계측시스템의 구성도를 나타낸다.

광원으로는 레이저광원(Ar-ion, 500mW) 및 태양광을 이용하였고 화상의 입력은 CCD카메라(Sony, SSC-M370)와 고감도카메라(Hamamatsu,

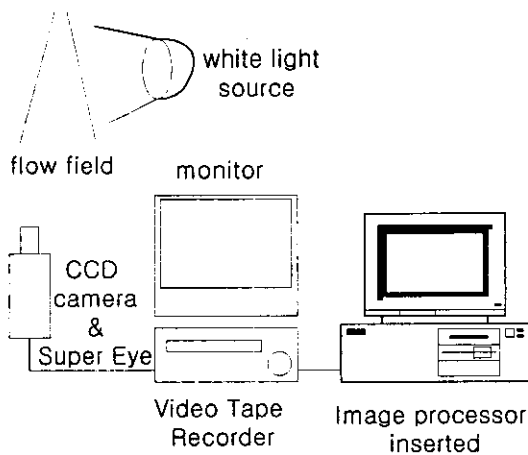


Fig. 4 Constructed PIV-PTV system.

Super Eye)를 사용하였다.

화상의 저장장치로서는 VTR(Sony SLV-RS1)과 화상처리장치(Ditect, DT64)(일명 이미지보오드)의 자체메모리를 이용하였고 주요 화상처리는 화상처리장치를 장착한 호스트컴퓨터를 통해서 행해진다. 또한 본 연구에서 사용하는 고감도카메라는 적분식이기 때문에 조명의 펄스제어가 반드시 필요하다. 일반 CCD카메라의 경우에는 한 장의 화상에 있어서의 모든 화상정도는 동일 시각에 찍힌 정보로 볼 수 있으나 적분식은 화상의 좌측최상단과 우측최하단과의 시간차가 1/60sec를 가지고 있게 된다. 따라서 이 시간사이에서 조명을 간헐적으로 차단할 수 있는 AOM (Acousto-Optical Modulator)시스템(Kobayashi et. al., 1991)을 이용함으로써 상기의 시간차를 극복했다.

3. 고감도카메라-계조치상호상관법에 의한 물표면 기름확산 속도 계측 실험

3.1 실험장치 및 실험방법

일반 CCD카메라로서는 기름과 물과의 경계에서

일어나는 화학적 및 물리적작용에 관련된 분자확산, 표면장력, 중력 등의 상호작용현상으로부터 발생되는 확산중력파를 추적하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 고감도카메라시스템(Hamamatsu, Super Eye)을 적용하여 가능케 하였다. 광원으로서는 전술의 AOM을 통과한 확산된 레이저광원을 이용하였다. 기름의 확산과정은 기름과 물의 상호작용에 의한 것이기 때문에 기름이 확산되기 전과 확산된 후의 기름확산속도는 다르다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이를 구축한 계측시스템으로 정량화하고자 한다. 확산실험을 하기 위하여 크기가 70cm x 70cm x 70cm인 투명한 아크릴수조 속에 23℃의 물을 20cm정도채운다음 동일 온도의 기름(윤활유: 기어오일)을 물 표면에 떨어트렸을 때와 기름이 확산된 후에 재차 기름을 떨어트렸을 때 기름이 확산되는 속도를 계측하는 순서는 다음과 같다.

1. 수조에 물을 20cm채운 물 표면이 정지될 때까지 기다린 다음 23℃의 전술의 기름을 1cc정도 스포이드로 떨어트린다.
2. 물 표면에서 확산되어 가는 기름을 전술의 AOM을 통과한 레이저확산광원(Ar-ion, 500mW)으로 가시화 한다.
3. 고감도카메라(Super Eye, Hamamatsu)로 가시화된 기름의 확산유동장을 촬영한다.
4. 촬영된 화상을 VTR(Sony SLV-RS1)에 기록한다.
5. 기름이 더 이상 확산되지 않은 상태에 다시금 그 위에 23℃의 기름을 1cc정도 스포이드로 떨어트린다.
6. 고감도카메라(Super Eye, Hamamatsu)로 가시화된 기름의 확산유동장을 촬영한다.
7. 촬영된 화상을 VTR(Sony SLV-RS1)에 기록한다.
8. 기록된 화상을 이미지보오드(Ditect, DT-64)에 입력하여 디지털화상을 만든다.
9. 디지털화상에 대하여 전술의 계조치상호상관법을 적용하여 속도분포를 계측한다.

3.2 화상처리 및 후처리과정

속도벡터를 얻기 위한 화상처리에는 전 처리과정과 본 처리과정이 있는데 전 처리과정에서는 화상의 질을 개선하거나 화상을 특정한 목적에 알맞도록 변환시키는 등의 화상처리를 말한다. 유동장의 정보는 위치좌표와 그 농도치로서 주어지게 된다. 이와 같이 저장된 정보에 대하여 필요에 따라서 잡음제거, 조명의 강약의 보정 등의 화질개선이 필요하게 된다. 본 연구에서는 계조치변환작업을 거쳐 매디안필터를 이용하여 잡음처리를 실시하였다. 본 처리과정에서는 속도벡터의 계산을 위한 모든 과정을 행한다. 속도벡터의 결정 알고리즘은 전술의 계조치상호상관법을 적용하였으며 이 방법으로 속도벡터를 구하는 과정에서 가끔씩 에러벡터가 검출되는데 이를 극복하기 위하여 후처리과정으로서 유전적 알고리즘(GA)등의 최적화기법을 도입하여 오류벡터를 검출하는 방법.(木村 et. al., 1993)이 제안되고 있지만 본 연구에서는 유체의 연속의 식에 근거한 오류벡터 검출법(Hojo and Takashima, 1995)을 도입하였다.

3.3 계측 결과 및 검토

Fig. 6은 수조내에 기름이 없는 상태의 사진을 나타낸다. Fig. 7은 기름이 없는 상태에서 기름의 량을 1cc 스포이드로 수조의 중앙에 떨어트렸을 때의 사진을 나타내며 그림의 흰 곡선부의 안쪽에 원형의 검은선이 보이는데 이 선이 확산중력파이다. Fig. 8은 그 때부터 1/15초 후의 사진을 나타낸다. 이 두 화상에 대하여 Edge 필터작업을 추가로 처리한 후 전술의 계조치상호상관법에 의해서 구한 확산속도 분포를 나타낸 것이 Fig. 9이다. 이 그림에서 알 수 있었던 것은 기름과 물과의 경계에서 일어나는 화학적 및 물리적 작용에 관련된 분자확산, 표면장력, 중력 등의 상호작용현상으로부터 발생되는 확산중력파의 퍼짐속도는 9.1cm/sec이었음을 알 수 있었고

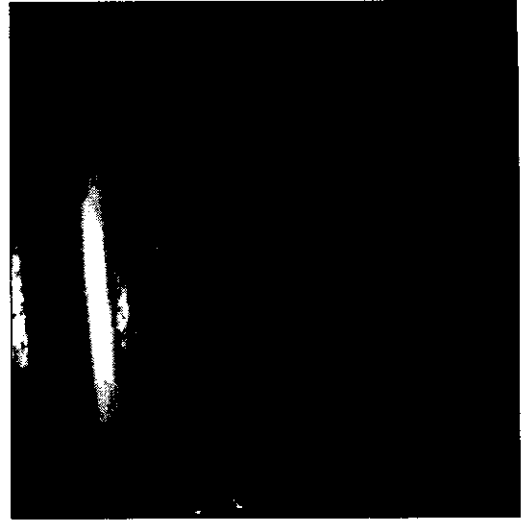


Fig. 6 Picture before dropping of oil.

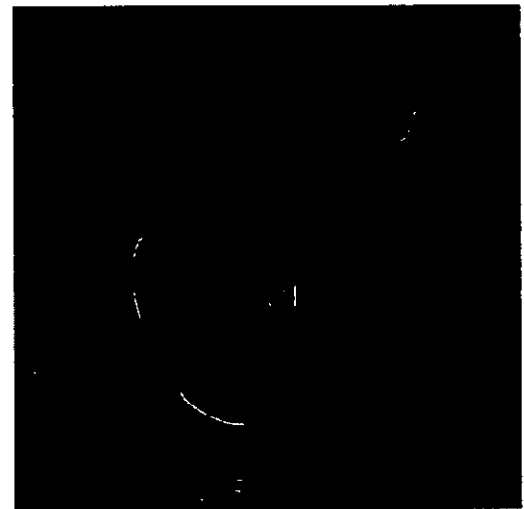


Fig. 7 Picture of oil spreading.

이 퍼짐은 Fay(1971)가 제안한 퍼짐(Spreading)에 대한 경험식 $\pi R_{max}^2 = A = 10^5 V^{0.25}$ 과는 다른 분자레벨에서의 확산인 Diffusion으로 볼 수 있으며 실해상에서 기름이 누출되었을 때는 이 확산이 일어난 후에 퍼짐(Spreading)현상이 진행되는 것으로 사료된다. 이상과 같이 본 연구에서 개발한 비접촉식 계측시스템으로 기름의 확산속도를 계측할 수 있었다.

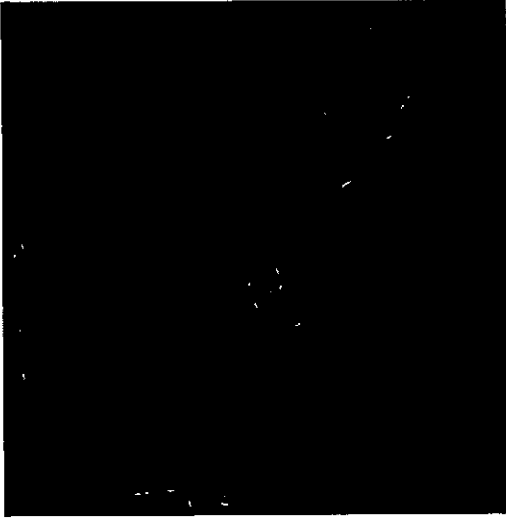


Fig. 8 Picture after 1/15 seconds of Fig. 7. state.

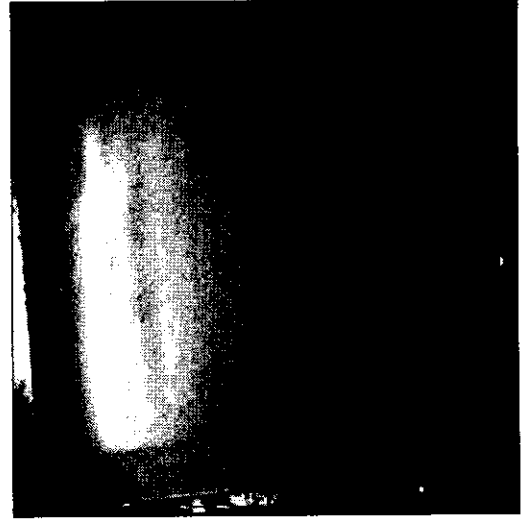


Fig. 10 Picture of dropped oil after spreading.

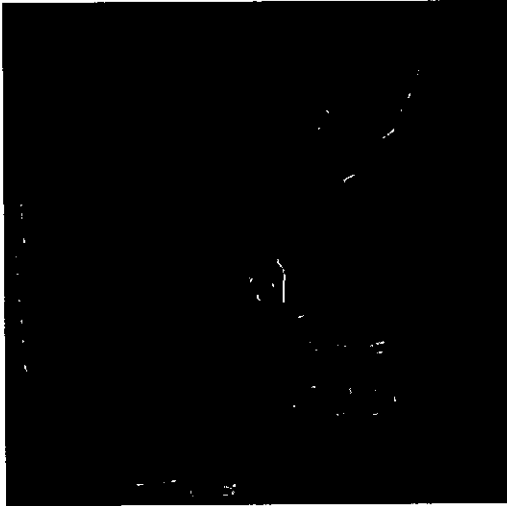


Fig. 9 Spreading velocity vector distribution.



Fig. 11 Picture after 3 seconds of Fig. 10 state.

다음으로 Fig. 10은 Fig. 9에서의 확산된 기름이 이상 확산되지 않을 때까지 확산된 후에 다시 그 위에 기름을 1cc의 양으로 스포이드로 떨어트렸을 때의 확산속도를 계측하기 위하여 찍은 화상을 나타내며 Fig. 11은 Fig. 10의 화상을 찍은 시간 이후로부

터 3초 후의 화상을 나타내는데 이들 두 화상에 대하여 전술의 제조치상호상관법으로 확산속도를 계측한 결과가 Fig. 12에 나타나 있다. 여기서 확산속도는 1.23mm/sec이었다. 기름의 물표면 확산계측실험으로부터 알 수 있는 것은 기름이 처음으로 확산



Fig. 12 Oil spreading velocity vector distribution on the oily water surface.

될 때에는 기름과 물의 화학적 및 물리적 상호작용으로 여겨지는 분자레벨에서의 확산속도가 전술의 9.1cm/sec 정도였고 일단 기름이 물에 확산된 후에 그 위에 다시 기름이 방출이 되었을 때의 확산속도는 1.23mm/sec이었다. 이 실험으로부터 기름의 확산은 분자확산이 먼저 일어나고 그 다음 기름의 체적에 따른 확산이 일어남을 알 수 있었으며 또한 이 두 확산속도의 비가 약 100배정도 임을 알 수 있었다. 기름의 분자확산은 확산초기에 물과 기름의 경계면에서 일어났으며 그 이후 더 이상 일어나지 않았다.

4. 다프레임시각 추적알고리즘에 의한 해상오염물질의 표류속도 계측실험

3.1 실험장치 및 실험방법

본 실험에서는 해상에서의 오염물질의 표류속도를 구하고자 한다. PIV계측시스템에 있어서 전 절의 기름확산속도를 구하기 위한 구성과 다른 것은 없으

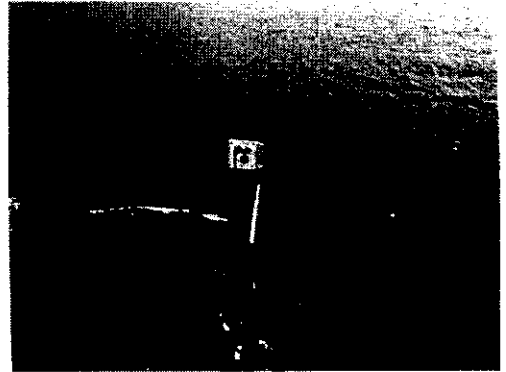


Fig. 13 Picture of camera calibration.

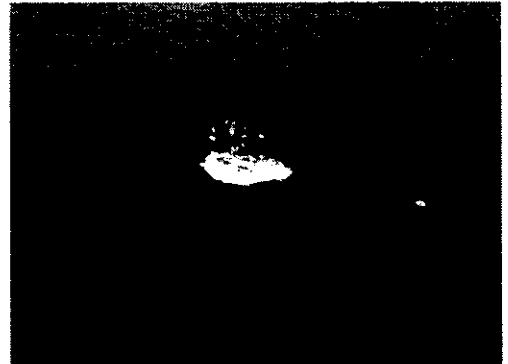


Fig. 14 Picture of tracer injection onto ocean.

나 고감도카메라 대신에 일반 CCD카메라를 채용하는 것이 다르다. 일반 CCD카메라시스템을 통하여 얻어낸 수 백장의 화상에 대하여 앞 절에서 구축한 다프레임시각 입자추적알고리즘을 적용하여 오염물질의 해상표류속도를 얻어낸다. 해상에서의 실제 표류속도를 화상 상에서 구하기 위해서는 영상에 나타난 해상 표류물의 실제 길이를 확인해 둘 필요가 있는데 이 작업을 교정작업이라 한다. Fig. 13은 본 연구소가 위치한 곳에 접해 있는 해상에서의 오염물질 표류속도를 구하기 위하여 실시한 카메라교정작업사진을 나타낸다. 실 해상에 10m간격으로 표식을 해둔 표적물의 간격을 교정화상에서 픽셀단위로 환산하는 과정을 거침으로서 화상에서의 이동속도를 구할 수 있게 된다. 화상 상에서 교정작업이 끝나면

해상 상에서의 오염물질 확산을 계측하기 위하여 실제로 오염물질을 투입하여야 하는데 Fig. 14는 카메라 교정작업이 끝난 뒤 실제의 오염물질(본 연구에서는 2mm정방형의 금색의 비닐 가루)을 투입한 뒤에 이들이 확산 및 표류되어 가는 과정을 계측하기 위한 사진을 나타낸다. 오염물질이 해상에 투입된 후 해류에 편승이 되어 표류되어 가는 속도를 계측하기 위하여 100시각 프레임 영상 분에 대하여 본 연구에서 구축한 다프레임시각 입자추적법을 적용하였다.

3.2 화상처리 및 후처리과정

화상처리에는 전 처리과정과 본 처리과정으로 나눌 수 있는데 전 처리과정으로서 카메라로부터 VTR (Sony, SLV-RS1)을 거쳐 이미지보오드(DT-64)로 불러들인 화상 100시각 분에 대하여 잡음제거를 한 후 2치화(어느 계조치를 기준으로 그 값보다 크면 1 작으면 0으로 만드는 작업) 과정을 거쳐 형성되는 화상에서의 입자형상의 면심을 구한 다음 본 처리과정에서는 이 면심을 추적하고자 하는 입자의 중심위치로 보고 서로 다른 시각에서의 입자중심들의 동일입자를 추적하기 위하여 전 절에서 구축한 다프레임시각 입자추적법을 적용하여 속도벡터를 구한다. 또한 후처리과정으로서 오류벡터를 제거하는 과정이 있으나 본 연구에서는 오류벡터가 거의 발생하지 않았다.

3.3 계측 결과 및 검토

전 절에서 설명한 방법으로 카메라의 교정작업 및 입자의 투입작업이 끝나면 본 실험에서 카메라를 통하여 불러들여진 연속된 화상에 대하여 전 절에서 구축한 다시각프레임 추적법으로 추적입자의 이동 속도 및 방향을 구해낸다. Fig. 15, Fig. 16, Fig. 17



Fig. 15 Image of floating matters at sea.(0sec).



Fig. 16 Image of floating matters at sea.(6sec).



Fig. 17 Image of floating matters at sea.(12sec).



Fig. 18 Image of floating matters at sea.(18sec).

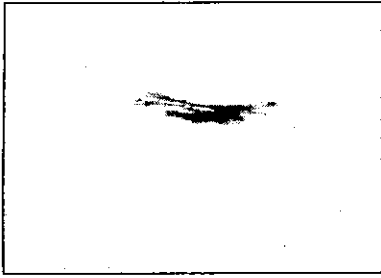


Fig. 19 Thresholded image of Fig. 15.



Fig. 20 Thresholded image of Fig. 16.

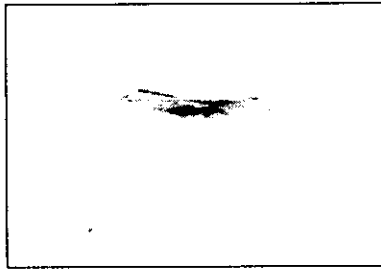


Fig. 21 Thresholded image of Fig. 17.

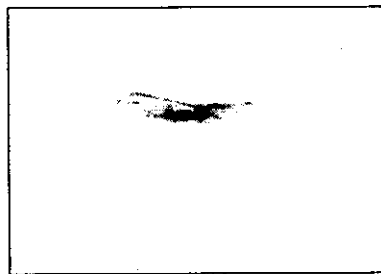


Fig. 22 Thresholded image of Fig. 18.

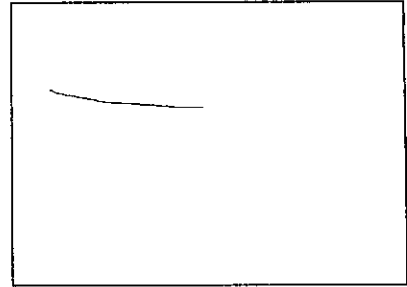


Fig. 23 Tracking result.

Fig. 18에 임의의 시각으로부터 VTR(Sony, SLV-RS1)을 거쳐 이미지보오드에 불러들여진 6초간격의 연속된 화상을 나타내고 있다(실제에는 1/60초 간격으로 실시간 계측을 하지만 지면제한 상 넓은 시간간격으로 표시). 이들 화상에 대하여 2차화 처리작업을 거치게되면 Fig. 19, Fig. 20, Fig. 21, Fig. 22처럼 나타난다. 이들 화상에는 다수개의 입자 군들이 나타나 있지만 전술한 다시각프레임 추적법으로 동일입자를 추적하게 되면 최종적으로 단일의 입자경로에 대한 속도 및 방향을 추적할 수 있다. Fig. 23에 본 연구에서 구축한 다프레임시각 입자추적법으로 1초간격의 화상을 100장(100초) 추적한 결과를 나타낸다. 실험할 당시의 풍향은 북쪽을 기선으로 하여 1시 방향이었으며 풍속은 3m/sec정도이었는데 계측결과로부터 표류속도가 0.1m/sec이었으며 실제 실험이 행해졌던 장소의 조류속도데이בל과 일치하였다. 이때 풍향은 북쪽을 기선으로 하여 1시 방향이었으며 풍속은 3m/sec정도였다. 이로부터 오염물질이 조류에 거의 영향을 받으면서 편승되어 가고 있음을 알 수 있다. 한편 오염물질이 조류에 따라 확산되는 경향은 찾아볼 수 없었다.

이와 같은 계측법을 칼라화상처리에 의거하여 실험해상에 기름이 유출되었을 때 적용을 하게되면 기존의 점계측법인 데이터로거(Data Logger)보다 동시각에 많은 점에서 계측이 가능하므로 해상의 악조건에서도 계측이 가능할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결 론

이상과 같이 디지털화상처리기술을 이용하여 해상오염물질의 확산 및 표류속도를 예측할 수 비접촉식 예측시스템의 구축을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

본 연구에서 구축한 예측시스템으로 기름이 물과 접촉할 경우에 기름과 물의 화학적 및 물리적 상호작용으로 경계면에서 발생하는 분자레벨에서의 확산을 볼 수 있었으며 이 확산속도는 기름의 퍼짐속도(Disperse)의 약 100배정도 임을 알 수 있었다.

또한 본 연구에서 구축한 다시각프레임 추적법으로 실 해상에서의 오염물질표류속도를 추적하여본 결과 실 해상에서의 조류테이블속도와 일치함으로부터 해상에서의 오염물질표류속도는 거의 조류에 영향을 받음을 확인 할 수 있었다.

본 연구에서 구축한 예측시스템은 기름이 해상에 배출되었을 때 기름의 표류속도뿐만 아니라 기름의 확산범위를 원격으로 예측이 가능함을 의미하므로 기름유출사고 시 현장에서 적용이 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) Adrian, R.J., "Particle-Imaging Techniques for Experimental Fluid Mechanics", Annu. Rev. Fluid Mech., Vol.23, pp.261-304, 1991.
- 2) Buchhave, P., "Particle Image Velocimetry Status and Trends," Exp. Thermal and Fluid Sci., Vol.5, pp.586-604, 1992.
- 3) Hojo K. and Takashima H., "Detection of erroneous velocity vectors obtained in PIV", J. of Visualization Society of Japan, Vol.15, Suppl. No.2, pp.177-185, 1995.
- 4) Kasagi, N. and Nishino, K., "Probing Turbulence with Three-Dimensional Particle-Tracking Velocimetry", Exp. Thermal and Fluid Sci., Vol.4, pp.601-612, 1991.
- 5) 木村, 中見, "遺傳的Algorithmによる速度場の過誤Vector判定", 可視化情報關西講演會論文集, pp.107-110, 1993.
- 6) Kimura I., Takamori T. and Inoue T., "Image Processing Instrumentation of flow by using correlation technique", Flow Visualization, Vol.6, No.22, pp.105-108, 1986.
- 7) Kobayashi, T., Ishihara, T. and Sasaki, N., "Automatic Analysis of Photographs of Trace Particles by Microcomputer System", Flow Visualization 3, pp.231-235. 1983.
- 8) Kobayashi, T., Saga, T. and Segawa, S., "Some Considerations on Automated Image Processing of Pathline Photographs", Flow Visualization 4, pp.241-246, 1986.
- 9) Kobayashi, T., Saga, T. Haeno, T., and Tsuda, N., "Development of a Real-Time Velocimetry Measurement System for High Reynolds Fluid Flow Using a Digital Image Processing Design", ASME FED-Vol.128, pp.1220-1227, 1991.
- 10) Shigeru, M. and Hiroshi, S., "Measurement of Unsteady Separated Flows on Blunt Plate by a Fourier Transform Method", Flow Visualization 6, pp.710-714, 1992.
- 11) Tokumoru, T. and Dimotakis, P.E., "Image Correlation Velocimetry", Exp. in Fluid, Vol.19, pp.1-15, 1995.
- 12) Willert, C.E. and Gharib, M., "Digital Particle Image Velocimetry", Exp. in Fluids, Vol.10, pp.181-193, 1991.