

# 2차원 및 3차원 Dynamic PIV의 적용

김범석\* · 김정환\*\* · 김유택\*\*\* · 이영호\*\*\*\*

## 1. 서 론

많은 유체역학적 문제를 다룸에 있어 가장 기본적인 문제는 수반하는 유동장의 흐름특성을 파악하는 일이며, 가시화 기법을 통해 정성적 유동 특성 뿐만 아니라 정량적인 유동장의 특성을 파악하는 일은 상당히 중요한 일이다. PIV(Particle Image Velocimetry)는 원리적으로 유동장의 3차원적 속도 성분을 전 영역에 걸쳐 연속적으로 측정할 수 있는 정량적 가시화 기법이며, 디지털 영상 처리기법을 통해 획득한 속도장의 정보를 바탕으로 운동에너지, 와도, 난류강도, 레이놀즈 응력 등 다양한 정량적 유동정보를 쉽게 얻을 수 있는 장점이 있다. 현재 PIV는 유동장의 정량적 특성 해석을 위한 가시화 기법으로써 다양한 분야에 걸쳐 급속도로 응용범위가 확대되어가고 있으며, 특히 최근들어 의학분야에서 혈관내부 혈류의 비정상 3차원 흐름특성을 파악하기 위한 도구로써 그 적용범위를 넓혀가고 있다.

본 연구의 목적은 현재까지 본 연구실에서 개발된 2차원 multi-vision PIV 기법과 3차원 dynamic stereo PIV의 최신 적용 예를 소개함으로써, 2차원 및 3차원 속도장의 측정을 위한 PIV의 현재 기술수준을 소개함에 있다.

## 2. 2-D multi-vision PIV

영상입력장치로써 단일 CCD 카메라를 이용할 경우 공간해상도는 1K×1K, 2K×2K 등으로 제한된다. 카메라의 공간해상도는 측정하고자 하는 유동장의 측정영역 범위를 제한할 수밖에 없으므로, 보다 폭 넓은 유동장의 전체 유동특성을 고찰

하는데 제한적이다. 따라서, 2대 혹은 3대의 카메라를 이용하여 동시에 영상을 획득하는 기법인 multi-vision PIV를 이용한 유동장의 측정은 카메라 공간해상도의 한계를 극복하여 보다 폭 넓은 유동계측을 수행할 수 있게 한다. 본 연구에서는 피칭하는 2차원 익형을 대상으로 후방으로 발달하는 와류의 거동을 보다 명확하게 관찰하기 위하여 multi-vision PIV 기법을 이용하였다<sup>1)</sup>. 모든 PIV 측정결과는 유동장의 직관적 이해를 돕기 위해 동영상으로 제작되었다. 광원으로써 5W급 Ar-Ion 레이저를 이용하였으며, 원통형 실린드릭 렌즈를 이용하여 두께 2mm 미만의 얇은 레이저 평면광을 유동장에 조사하였다. 추적입자로서 작동유체의 추종성이 비교적 우수한 직경 110 $\mu$ m의 PVC입자를 이용하였으며, 영상입력장치로써 해상도가 768×493pixels인 3대의 CCD카메라를 이용하였다.(Sony, XC-77RR, B&W) 실험에 사용된 익형은 현의 길이가 100mm인 NACA 0018이며, 투명아크릴로 제작된 순환수조(1.5mL×0.3mW×0.4mH) 내에 장치되었다. 피칭각은 18°~48°의 범위를 가지고 스텝모터에 의해 제어된다. 작동유체의 유입 속도는 0.05m/sec 이며, 측정영역은 365mm×120mm 이다. Fig. 1에 획득한 속도장의 정보를 바탕으로 속도벡터, 운동에너지, 유선 등의 다양한 후처리 결과를 나타내었다.

## 3. 3-D Dynamic stereo-PIV

복잡한 3차원적 성분이 강하게 발달되는 유동장의 속도계측을 위하여 2-D PIV의 적용성은 그 한계를 가진다. 최근들어 PIV 기법을 이용한 3차원 속도장의 정량적 계측을 위해 다양한 알고리즘이 많은 연구자들에 의해 소개되고 있다. 본 연구에서는 3차원 속도장 계측을 목적으로 개발한 dynamic stereo-PIV<sup>2)</sup>의 실제 응용사례를 제시함에 있어, 표면에서 강한 3차원 나선형 와류가 발생하

\* 한국해양대학교 대학원

\*\* (주)아이아이티 연구원

\*\*\* 한국해양대학교 기관시스템공학부

\*\*\*\* 한국해양대학교 기계·정보공학부

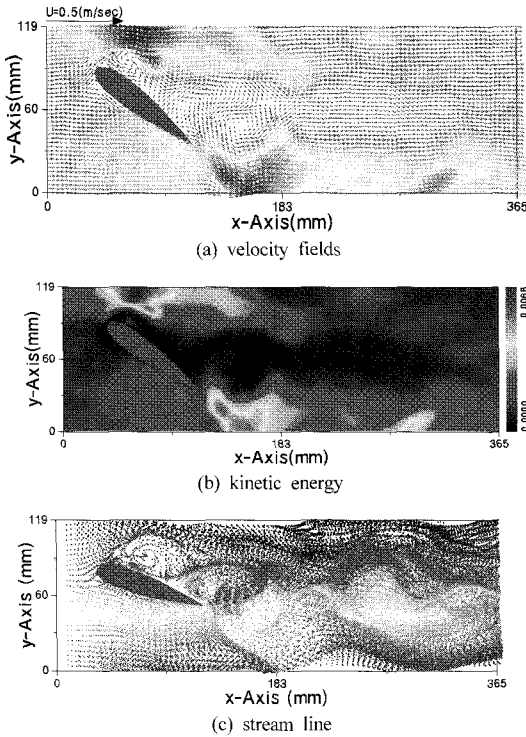


Fig. 1 Various post-processing results

는 델타형 날개를 적용대상으로 하였다. 델타형 날개 상·하면에서 발생하는 압력차는 일반적인 익형에서의 양력발생 메커니즘과는 구별되고, 상당히 높은 받음각에서도 날개의 안정성을 유지하며, 실속의 발생을 지연하는 특징을 가진다<sup>3)</sup>. 날개 상면에서 발달하는 나선형 와류는 날개 상면에 부착되어 강한 회전성분과 함께 후방으로 발달하는 구조를 가지며, 날개상면에 강한 흡입압력을 발달시켜 양력을 발생시킨다. 이때 이 나선형 와류의 거동특성은 델타형 날개의 양력 발생과 직접적인 관련이 있으므로, 3차원적 유동특성을 파악하는 일이 중요하다. 본 연구에서는 LEX(Leading Edge Extension)의 장착 유무에 따른 유동장의 특성을 파악하고자 dynamic-stereo PIV를 적용하였으며, 광원으로 5W Ar-Ion 레이저를 이용하였다. 영상입력장치로서 시간해상도와 공간 해상도가 비교적 뛰어난 2대의 고속도카메라(1280×1024pixels)를 이용하였으며, 유동장에 대한 직관적인 이해를 위해 최신 후처리 기법을 동원하여 3차원 동영상 제작하였다. 추적입자로서 100 $\mu$ m의 직경을 가지는 PVC 입자를 이용하였으며, 계측영역은 200×200mm 이다.

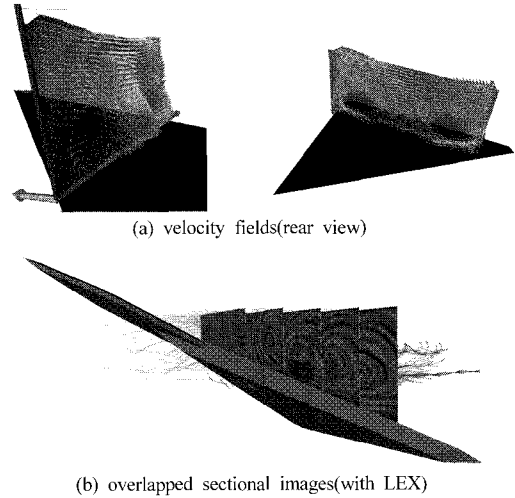


Fig. 2 Sample pictures from the 3-D animation

동일 입자 추적을 위하여 PIV 전용 소프트웨어인 CACTUS 3.1(IIT Co.)을 사용하였다. Fig. 2에 다양한 후처리를 통한 실험결과들을 나타내었다.

#### 4. 결론

- (1) 2-D multi-vision PIV를 이용하여 익형의 2차원 속도장을 계측하였으며, 3대의 CCD 카메라를 이용함으로써 계측영역의 한계를 극복할 수 있었다.
- (2) 3-D dynamic stereo PIV 기법을 이용하여 비정상 3차원 속도장에 대한 계측을 수행하였으며, 다양한 후처리를 통한 정량적 결과를 얻을 수 있었다.
- (3) 향후 2-D, 3-D dynamic PIV 기법을 이용하여 혈관내 혈류 흐름의 유동특성을 파악하기 위한 실험을 수행할 예정이다.

#### 참고문헌

- (1) Y. H. Lee, et. al., 2000, "Animation Understanding of Moving Bluff Bodies in External Flow by Multi-Vision PIV", 9th ISFV.
- (2) Y. H. Lee, et. al., 2003, "Development of 3-D Stereo PIV by Homogeneous Coordinate System", Trans. of KSME B Vol.27 No.6, pp.736-743.
- (3) Y. H. Lee, et. al., 2003, "Three Dimensional Vortex Behavior of LEX Delta Wing by Dynamic Stereo PIV", 7th FLUCOME.