

고해상 3차원 PTV에 의한 돌발분류구조 측정

도덕희[†] · 황태규* · 조용범* · 편용범** · Kobayashi T.*** · Saga T.***

Measurement of a Pulsed Jet with High-Definition 3D-PTV

Deog-Hee Doh · Tae-Kue Hwang · Yong-Beom Cho · Yong-Beom Pyeon ·
Toshio Kobayashi · Saga Tetsuo

Abstract

A pulsed jet was measured with high-definition 3D-PTV technique. The measurement system consists of three CCD cameras, Ar-ion laser, an image grabber and a host computer. Two fitness functions were introduced in a genetic algorithm in order to enhance the correspondences of the particles. One was based on a concept of the continuum theory and the other one was based on a minimum distance error. The head vortex of the jet was visualized by LIF and was reconstructed by the constructed high-resolution 3D-PTV system for comparisons.

Key Words : Pulsed Jet(돌발분류), High-definition 3D-PTV(고해상 3차원 입자영상유속계), Genetic Algorithm(유전알고리즘), LIF(레이저형광유기법)

1. 서론

돌발분류와 같은 비정상 제트유동은 산업의 응용분야가 매우 넓다⁽¹⁾. 그러나, 이들 유동장에 대한 실험적 방대한 연구는 그리 많지 않다.

본 연구에서는 이러한 돌발분류에 대한 데이터 베이스를 작성하기 위하여 고해상의 3차원 PTV 측정법⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾을 도입하여 측정하였으며 이에 대한 결과를 보고하고자 한다.

한편, Yamada⁽⁶⁾와 Ohyaama 등⁽⁷⁾은 유전알고리즘을 이용하여 PTV 기법에 응용하였다. 이들은 한 순간에 얻어지는 속도벡터의 수를 증가시키기 위하여 두 입자간의 거리가 최소로 되도록 하는 목적함수를 적용하였으며 속도벡터회복률이 80% 정도가 됨을 보였다. 그러나, 이들의 연구결과는

2차원 결과에 국한되었다. 도 등⁽²⁾⁽⁸⁾은 유전알고리즘을 3차원 PTV에 접목시켜 복잡유동장의 측정에 타당한 결과를 보였다. 본 연구에서는 도 등이 적용한 3차원 PTV 측정법을 고해상으로 확장하여 이 시스템을 돌발분류의 측정에 적용함으로써 데이터베이스 구축을 시도하고자 한다.

2. 실험

Fig. 1은 고해상 3차원 입자영상유속계를 돌발분류에 적용하기 위한 실험개요도를 나타낸다. 노즐의 직경(d)은 3.4mm이다. 측정시스템은 고해상카메라(1,000 x 1,016 pixels), 이미지그래버, 호스트컴퓨터와 Nd-YAG 레이저로 구성되었다. 돌발분류를 형성하기 위하여 전자밸브가 측정시스템과 동기화되어있다. 측정영역은 Fig. 2와 같다. 측정의 기준점은 노즐의 중심선상에 정의하였다. 측정영역은 광역측정을 위하여 그림과 같이 구분하였다. 이때, 3차원 위치의 동정을 위하여 3차원 정밀이송장치를 사용하였다. 3차원 정밀이송장

[†] 한국해양대 기계정보공학부
E-mail : doh@hanara.kmaritime.ac.kr

* 한국해양대 대학원

** 쉐티엔텍

*** Tokyo Univ., 생산기술연구소

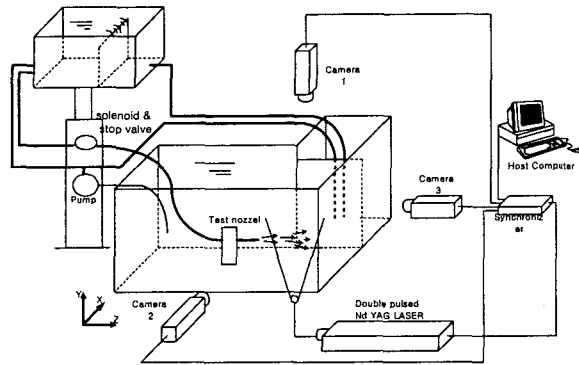


Fig. 1 High-Definition 3D-PTV system for the jet experiments.

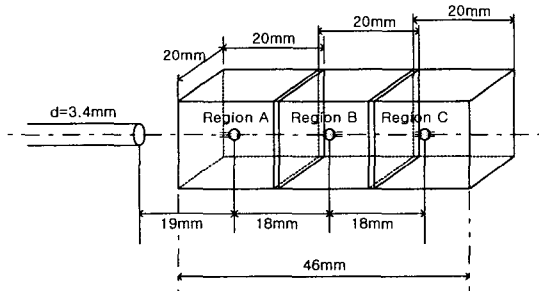


Fig. 2 Measurement regions.

치의 끝단에는 카메라 교정을 위한 직경 2mm 의 구가 (정도: $20\mu\text{m}$) 설치되어 있다.

3 차원 속도벡터의 획득법은 도 등⁽³⁾이 사용한 유전알고리즘 기반의 3 차원 PTV 기법을 적용하였다. 3D-PTV 법으로 측정된 결과와의 비교를 위하여 LIF 법으로 동일조건의 실험조건에서 돌발분류를 가시화하였다.

3. 실험 결과

Fig. 3 은 LIF 법으로 가시화한 결과를 보이며 Fig. 4 는 본 연구에서 구축한 계측시스템으로 측정된 결과를 보이고 있다. 두 결과 모두 동일한 순간의 결과를 보이는데 매우 유사한 구조를 보유하고 있음이 보인다.

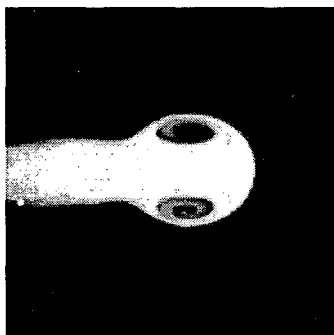


Fig. 3 LIF image

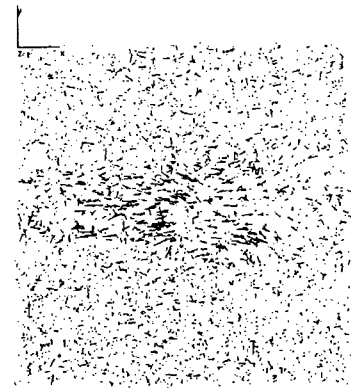


Fig. 4 High-Definition 3D-PTV Results.

4. 결론

고해상 3 차원 입자영상유속계를 이용하여 돌발 분류의 순간구조를 가시화할 수 있었으며 LIF 가시화결과와 매우 유사한 결과임을 확인함으로써 측정시스템의 복잡유동의 3 차원 유동구조의 정량화가 가능함을 확인하였다.

참고 문헌

- 1) James, D.L., Castleberry, J.Y. Pak, 1999, "Pulsed radial jet reattachment nozzle", Intl. J. of Heat and Mass Transfer, Vol. 42, pp.2921-2933.
- 2) Doh, D. H., Kim, D. H., Choi, S. H., Hong, S. D., Saga, T., Kobayashi, T., 2001, "Single-Frame (Two-Field Image) 3D-PTV for high speed flows", Exp. in Fluid, Suppl. Vol.7, (2001), pp.84-95.
- 3) Doh, D. H., Kim, D. H., Cho, Y. B. and Lee, W. J., 2002, "Development of genetic algorithm based 3-D PTV technique," Journal of Visualization, Vol.5(3), pp.243-254.
- 4) Mass, H.G., Gruen, A., Papantoniou, D.A., 1993, "Particle tracking velocimetry in three-dimensional flows, Part 1 Photogrammetric determination of particle coordinates", Exp. in Fluids, Vol.15, pp.133-146.
- 5) Nishino, K., Kasagi, N., Hirata, M., 1989, "Three-dimensional particle tracking velocimetry based on automated digital image processing", ASME J. Fluids Eng, Vol.111 No.4, pp.384-391.
- 6) Yamada, H., Yamane, K., 1995, "Particle Image Velocimetry using a genetic algorithm", J. of Flow Visualization Soc. Jpn., Vol.15, Suppl. No.1, pp.165-168.
- 7) Ohyama, R., Takagi, T., Tsukiji, T., Nakanishi, S., Kaneko, K., 1993, "Particle tracking technique and velocity measurement of visualized flow fields by means of genetic algorithms", J. of Flow Visualization Soc. Jpn., Vol.13 Suppl. No.1, pp.22-25.
- 8) Doh, D.H., Cho, K.R., Baek, T.S., Cho, Y.B., 2000, "3D-PTV using a Genetic Algorithm", Proc. of Winter Annual Conference, the Society of Air-conditioning and Refrigeration Engineers of Korea, Korea, Vol.2, pp.601-605.