

표출사례를 통해 본 해양·대기 분야의 과학가시화

김동훈[†]

A Study on the Scientific Visualization in Ocean-Atmospheric Sciences

Dong-Hoon Kim

Abstract This study reviews on the classification of the scientific visualization and the tools in ocean-atmospheric sciences. We have classified scientific visualization according to the purpose and data size; the visualization tools used commonly in the field are also enlisted. The examples of visualization using scalar and vector data are presented, and their distinctions are noted. Lastly, it is contemplated on the near future trend in the field and provided future directions.

Key Words : Ocean(해양), Atmosphere(대기), Climate(기후)

1. 서론

과학적 가시(可視)화 또는 과학가시화로 불리는 Scientific Visualization은 百聞이不如一見이라는 말과 같이 보이지 않는 것을 보이게끔 해주는 일종의 예술이라고 할 수 있다. 과학가시화는 원시 수치자료를 가시적인 영상으로 제시하여 원시자료가 기원(起源)한 실제 체계의 외력과 물체와의 상호 작용을 모형화한 영상을 마치 현실과 같이 화면에서 보거나 조작시킬 수 있다. 과학가시화의 궁극적인 목적은 컴퓨터에 의해 생성된 방대한 자료를 과학자들이 쉽게 이해하고 분석하는 데 있으며, 일반인에게는 복잡한 과학적 내부과정의 이해 없이도 그 현상을 간단하게 이해시키는데 있다. 또한, 이 기법을 통해 가설을 시험하고 장단기에 걸친 예측을 수행하여 새로운 변수를 적용시키거나 새로운 체계를 구성할 수 있다.

여기에서는 해양과 대기 분야에서 사용되는 여러 가지 도구들과 이를 이용한 여러 가지 표출(表出) 사례를 통하여 과학가시화의 이해의 폭을 넓혀보고자 한다. 또한, 해양·대기 분야의 과학가시화에 대한 가까운 미래 전망과 개인적인 소감을 피력해 보고자 한다.

2. 과학가시화의 분류와 표출 도구

2.1 과학가시화의 분류

과학가시화의 분류는 목적에 의한 분류와 자료 용량에 의한 분류로 나눌 수 있다 (그림 1).

목적에 의한 분류는 연구용 목적과 홍보용 목적으로 나눌 수 있는데 연구용 목적은 해석적 가시화를 뜻하고, 홍보용 목적은 실사적 가시화를 의미한다. 해석적 가시화라 함은 그림 2에서 보는 바와 같이, 북서태평양에서의 해수면 온도는 색깔로 표현하고 해수면 높이는 과장되게 표현함으로써 현실적이지는 않지만 과학자의 이해를 쉽게하는 방법이다. 이에 비하여 실

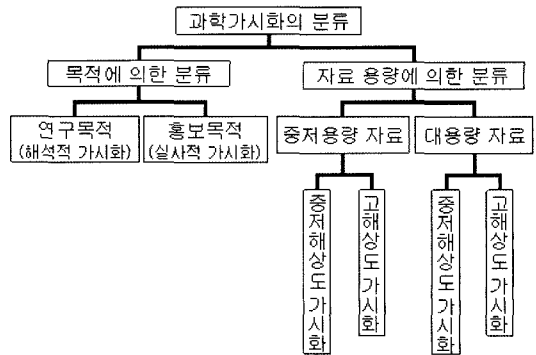


그림 1. 과학가시화의 분류

[†]기상청 정보화관리관실 슈퍼컴퓨터 기상연구관, 공학박사
E-mail: dhkim@kma.go.kr



그림 2. 북서태평양에서의 해수면온도와 해수면 높이를 이해하기 쉽도록 비현실적이고 과장되게 표현하고 있다.

사적 가시화는 일반인을 대상으로 하며, 최대한 현실과 비슷하게 재현함으로써 쉽게 이해를 돕고자 하는 방법이다.

자료 용량에 의한 분류로는 저용량 자료에 의한 것과 대용량 자료에 의한 것으로 분류 할 수 있다. 또한, 이는 각각 저해상도 가시화와 고해상도 가시화로 표출을 할 수 있는데, 소용량 자료를 이용하여 고해상도 가시화를 표출하는 것은 큰 의미가 없으며 저용량 자료를 이용하여 저해상도 가시화를 표출하는 것은 가시화 결과가 다르게 나오므로 의미를 부여할 수 있다. 물론, 가장 좋은 결과는 대용량 자료를 가지고 고해상도 가시화를 표출하는 것이지만, 이것은 자료의 생산부터 처리, 가시화 기법의 적용까지 모든 작업을 슈퍼컴퓨터 급의 고용량 시스템을 필요로 하므로 일반적으로 사용하기 힘든 단점이 있다(그림4 참고).

2.2 과학가시화용 플그림

과학가시화로 수치자료를 표출할 수 있는 도구는 컴퓨터 시스템의 발전과 더불어 많은 발전을 이루어 왔다. 그 중에서 해양과 대기분야에서 주로 사용되는 표출 도구들을 열거해 보고자 한다.

과학가시화의 표출 도구는 크게 2차원 도구와 3차원 도구, 그리고 과학가시화 용이 아닌 일반적 3차원 도구 등을 들 수 있다.

2차원 도구로써는, 위성데이터의 처리를 위해 개발되었으나 해양 분야에서도 많이 사용되는 GMT(1)와 미국 국립대기과학연구소 (NCAR, National Center

for Atmospheric Research)에서 제공하고 있는 Ncarg (2) 또는 NCL(3), 대기분야에서 가장 많이 사용되고 있는 GrADS(4), 해양분야에서 사용하기 편리한 Ferret (5), 기후분야에서 사용되는 CDAT(6) 등을 들 수 있으며 그 외에도 많은 도구들이 무료 또는 상업용으로 제공되고 있다.

3차원 과학가시화 도구로써는, 가장 강력하지만 사용하기는 다소 힘든 OpenGL(7)과 IBM에서 Open Source의 차원에서 무료로 제공하고 있는 OpenDX (8), 가상현실(VR, Virtual Reality) 분야에서 많이 사용되고 있는 Vis5D+(9), 상업용인 AVS/Express(10), PV-WAVE(11), IDL(12), Matlab(13) 등이 있다.

일반적인 3차원 동영상 도구를 이용하여 과학가시화로 표출하는 경우도 있는데 이것에 사용되는 플그림은 다음과 같다. Wavefront사의 TAV (The Advanced Visualizer)와 Alias(14)가 합쳐지고 발전되어 개발된 Maya(15)와 마이크로소프트사로부터 개발된 Softimage (16), 그리고 오토데스크사의 3ds Max(17) 등이 있으며, 공개 프로그램인 POV-Ray(18)도 상용에 버금가는 능력을 가지고 있다. 이 외에도 일반 3차원 동영상 도구는 수 없이 많으므로 각 개인의 능력에 따라 선택의 폭과 용도가 다양하다고 할 수 있다.

2.3 과학가시화용 장치

과학가시화에 사용되는 컴퓨터 시스템은 그 발달과 더불어 많은 변화가 있었다. 1990년대까지만 해도 3차원 동영상의 표출은 고가의 그래픽 카드를 내장한 워크스테이션급 이상의 시스템이 필요하였으나, 현재

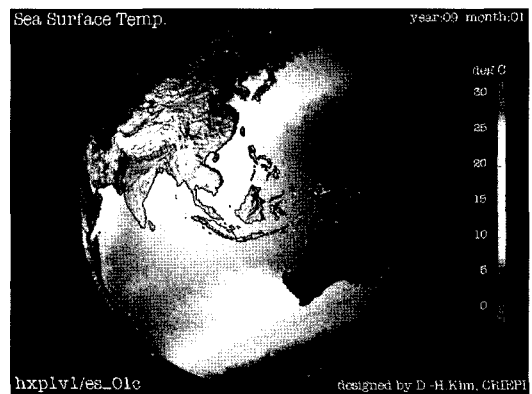


그림 3. 전지구 고해상도 해수면 온도를 저해상도로 축이내어 일반 개인용 컴퓨터에서 제작한 동영상이다 (사용도구: OpenDX, 自作).

는 최신 사양의 그래픽카드가 내장된 일반 개인용 컴퓨터에서도 충분히 가능한 시대에 도달하였다. 예를 들어, 그림 3은 일반 그래픽 카드를 내장한 펜티엄4 2GHz의 시스템에서 제작된 전지구 해수면 온도의 3차원 동영상을 나타내고 있다.

하지만, 대용량자료에 의한 고해상도 가시화 표출은 CPU 속도의 한계와 디스크, 메모리 용량의 한계, 그리고 실시간 그래픽 처리의 불가능 등의 이유로 현재 까지도 고성능 워크스테이션급 이상의 시스템을 필요로 한다. 그림 4는 0.1도 고해상도 전지구 해양모형의 경우를 예로 든 것으로, 그 해상도가 무려 가로 3600격자, 세로 1800격자, 수직 40층에 달한다. 이것의 한 달 계산 결과는 약 11GB에 달하기 때문에 자료처리에서부터 쉽지 않으며, 또한 자료를 저해상도로 축약하지 않고 그대로 표출할 경우에는 전반적으로 어려움에 부딪치게 된다. 그러므로 최근에는 이러한 자료의 과학가시화 표출을 위하여 자료처리에서 가시화 표출까지 병렬컴퓨터를 사용한 병렬화 방향으로 발전해 나가고 있다.

3. 과학가시화의 표출 사례

해양·대기 분야의 자료는 크게 스칼라(scalar)형 자료와 벡터(vector)형 자료로 나눌 수 있다.

3.1 스칼라형 자료

스칼라형 자료는 등고선(contour) 표현과 색(color)에 의한 표현, 그리고 3차원 굴곡(surface)에 의한 표현으로 나눌 수 있다.

등고선에 의한 표현은 주로 정지화면상에 여러 가

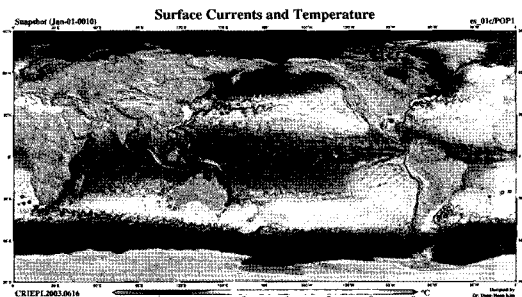


그림 4. 전지구 1/10도 해상도의 해수면 온도와 해수면 유속을 고해상도 그래픽으로 나타낸 작품 (사용 도구: GMT, 自作).

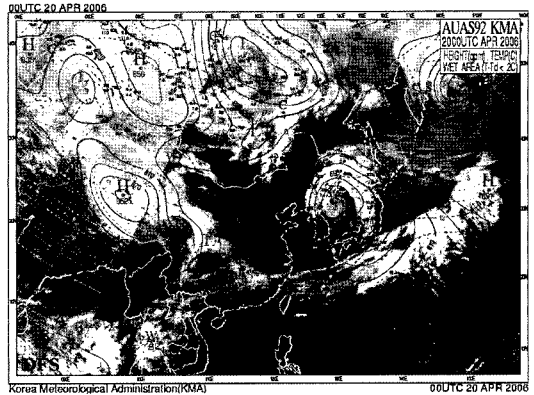


그림 5. 기상예보에 사용되는 중첩일기도 (고층일기도 + 적외영상)

지 성분을 함께 나타내어 동시에 해석하기에 좋은 방법으로 그림 5와 같은 예를 들 수 있다.

색으로 표현하는 방법은 그림 6과 같은 해수온도를 나타내기에는 좋은 방법으로써 한 가지 주의할 점은 3차원 도구에서 제공되는 렌더링(rendering)과 같은 기술을 적용하면 안 된다는 것이다. 만약 색 표현에 렌더링을 가미하면 자료에는 없는 왜곡된 색깔을 표현할 수 있어서 자료의 이해에 혼란을 줄 우려가 있다.

마지막으로 3차원 굴곡에 의한 표현은 현실감이 가장 잘 표현되는 기법으로써 해파(海波) 또는 쓰나미(tsunami) 등의 이동을 표현하는데 가장 잘 이용되는 방법이다(그림 7). 특히, 이 방법은 동영상으로 표현될 때 최고의 효과를 볼 수 있으며 복잡한 현상의 이

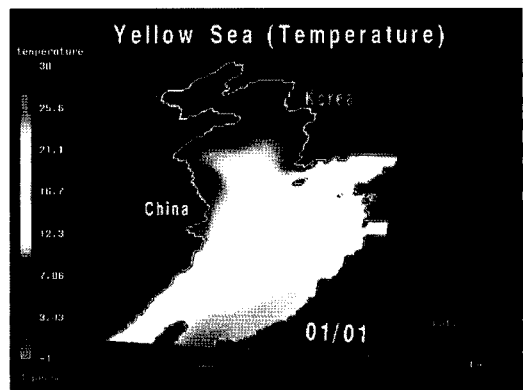


그림 6. 황해의 해수온도를 색을 이용하여 3차원적으로 표현하고 있다. 수직과 수평으로 잘라서 내부를 들여다 볼 수 있다 (사용도구: The Data Visualizer (TDV), 自作).



그림 7. 일본 연안에서 발생한 쓰나미 (tsunami)가 우리나라 동해로 전파되는 것을 재현 한 작품 (사용 도구: TAV, 自作).

해와 나아가서는 자료를 생산한 수치모형의 검증에도 사용될 수 있다.

3.2 벡터형 자료

해양·대기 분야에서의 벡터형 자료는 표현하기 어려운 분야 중 하나이며 특히 그 움직임이 크지 않은 해류의 표현은 동영상으로 표출을 하더라도 그 이해가 쉽지 않다. 그 이유는 벡터형 자료를 화살표로 표현하더라도 그 지점이 고정되어 있고 방향과 크기만을 바꿀 수 있기 때문에 흐름을 자연스럽게 나타내기 어렵다. 그림 8과 같은 경우는 다행히 대한해협을 통과한 대마난류가 동해안을 따라 흐르다가 이안(離岸)을 하여 크게 굽이치며 일본해안으로 흘러가는 모습을 보이

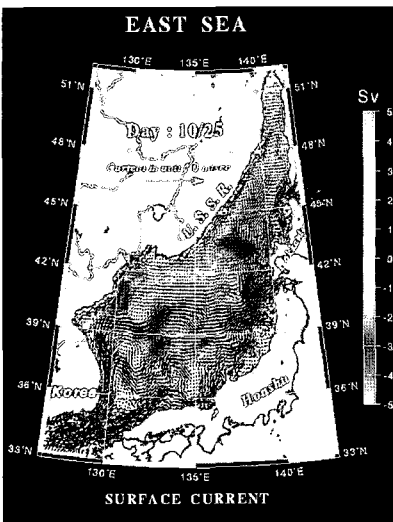


그림 8. 동해의 해수 수송량을 색깔로, 해수면의 유속과 방향을 화살표로써 함께 나타낸 작품 (사용도구: GMT, 自作).

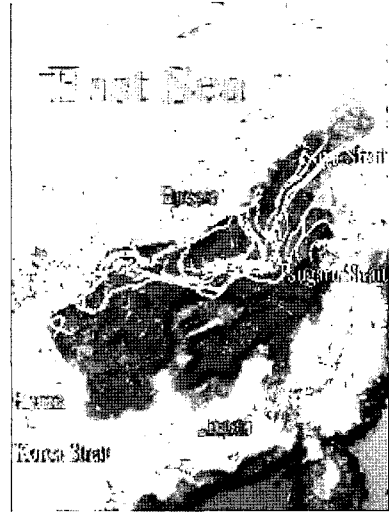


그림 9. 동해의 관심지점에 추적자(tracer)를 놓고 그의 흐름을 파악할 수 있다 (사용도구: POV-Ray, 自作).

고 있어서 어느 정도 이해가 용이하지만, 대부분의 경우는 해류의 흐름을 표현하기에 부족함이 많다.

이를 보완하기 위한 다른 방법으로 추적자를 이용한 표출을 사용하는 경우가 있는데 (그림 9), 이 방법은 해류의 흐름을 쉽게 파악할 수 있지만, 추적자 외의 전체 흐름을 파악하기는 어렵다. 벡터형 자료의 가장 좋은 표출은 유선(streamline)으로 표현하는 것인데 (그림 10), 이것은 난이도가 높아서 일반 사용자가 표현하기에는 어려운 단점이 있다.



그림 10. NCSA(미국 국립 슈퍼컴퓨터 활용 센터)에서 재현한 토네이도. 유선(streamline)을 잘 이용한 예술적 작품이다 (사용도구: Maya).

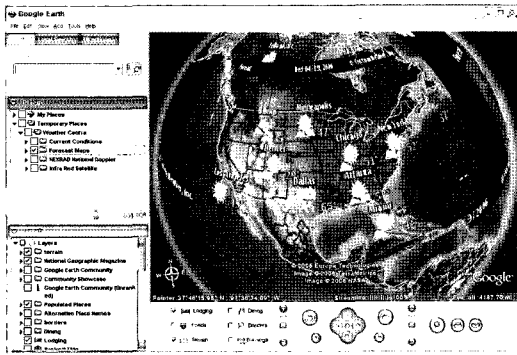


그림 11. 전지구 지형자료가 제공되는 Google Earth를 사용하여 간단하게 날씨 정보를 표현하고 있다.

4. 과학가시화의 가까운 미래

컴퓨터 기술의 빠른 발전에 힘입어 과학가시화 기술도 먼 미래를 예측하기 힘들 정도로 빠른 발전을 하고 있다. 그러나, 우리가 얻을 수 있는 다양한 정보를 이용하면 어느 정도의 가까운 미래는 예측할 수 있을 것 같다. 그 중에서 Google사의 Google Earth(19)와 NCSA(National Center for Supercomputing Applications)의 Tornado Simulation (그림 10)은 우리의 가까운 미래에 과학가시화가 어떻게 발전할 것인가를 시사해 주는 것 같다. Google Earth에서는 KML(20)이라는 언어를 사용하여 사용자의 노력을 최소화하면서 간편하게 가시화 표출을 가능하게 하고 있다 (그림 11). 이에 반하여, NCSA의 Tornado Simulation은 그야말로 최고의 기술과 최고의 시스템을 사용하여 토네이도의 움직임을 예술적으로 잘 표현하고 있는 것 같다. 이러한 두 가지 흐름이 가까운 미래에 극명하게 구별되어 발전될 것으로 예상된다. 사용자 입장에서 해양·대기 과학자는 과학가시화를 표출하는데 있어서 이러한 미래를 잘 파악하고 자신의 능력과 상황에 맞는 사용기술을 적절히 익혀나가야 할 것이다.

5. 결 론

해양·대기 분야를 위주로 과학가시화의 분류와 표출 도구, 그리고 표출 사례를 들어 보았다. 과학가시화의 분류는 목적에 의한 분류와 자료 용량에 의한 분류로 나누어 보았으며, 표출 도구는 해양·대기 분야에서 주로 쓰이는 가시화 도구들을 나열해 보았다. 그리고 표출 사례는 스칼라형 자료와 벡터형 자료로 나

누어 각각의 특징을 구별해 보았다. 마지막으로 과학가시화의 가까운 미래를 예측하여 나아갈 방향을 제시해 보았다.

과학가시화는 이미 오래전부터 컴퓨터의 발달과 더불어 많은 관심과 노력을 보였는데, 아직까지도 연구분야의 다양성과 시스템 성능의 차이로 상황과 요구에 따라 그에 맞는 도구와 기술이 다르게 필요하다. 그러므로 각각의 도구의 특성과 그에 맞는 시스템에 대한 정보를 미리 얻음으로써 결과 표출에 들이는 노력의 중복과 시간낭비를 줄이고 연구에 투자하는 시간을 극대화 하여야 할 것이다.

과학가시화는 연구자에게 있어서 연구의 도구이지 그 목적이 되어서는 안 되며, 다양한 기술적 표현보다는 간략하고 절적인 표현으로 그 목적을 벗어나지 말아야 할 것이다.

참고문헌

- 1) GMT, "the Generic Mapping Tools", <http://gmt.soest.hawaii.edu>.
- 2) Ncarg, "NCAR Graphics", <http://ngwww.ucar.edu>.
- 3) NCL, "NCAR Command Language", <http://ncl.ucar.edu>.
- 4) GrADS, "Grid Analysis and Display System", <http://www.iges.org/grads/>.
- 5) Ferret, <http://ferret.wrc.noaa.gov/Ferret/>.
- 6) CDAT, "Climate Data Analysis Tools", <http://www-pcmdi.llnl.gov/software-portal/cdat>.
- 7) OpenGL, <http://www.opengl.org>.
- 8) OpenDX, <http://www.opendx.org>.
- 9) Vis5D+, <http://vis5d.sourceforge.net>.
- 10) AVS/Express, "Advanced Visual Systems", <http://www.avs.com>.
- 11) PV-WAVE, <http://www.vni.com>.
- 12) IDL, <http://www.itvis.com>.
- 13) Matlab, <http://www.mathworks.com>.
- 14) Alias, <http://www.autodesk.com/alias>.
- 15) Maya, <http://www.autodesk.com/maya>.
- 16) Softimage, <http://www.softimage.com>.
- 17) 3ds Max, <http://www.autodesk.com/3dsmax>.
- 18) POV-Ray, "the Persistence of Vision Raytracer", <http://www.povray.org>.
- 19) Google Earth, <http://earth.google.com>.
- 20) KML, "Keyhole Markup Language", http://earth.google.com/kml/kml_intro.html.