



# Slow Motion 역사와 원리

+ 박준우 동화 AV(주) 기술팀



이미 세계 많은 국가에서는 HD 방송이 시작되었으며, 올림픽이나 월드컵, 야구, 골프 등의 중계에서는 슬로모션 영상을 당연한 것으로 생각하여 방송하는 시대가 됐다. 시청자는 집에서 스포츠를 시청할 때 선수의 액션이나 표정 등을 슬로모션 영상으로 드라마틱하게 보고 있고 이러한 장면들이 앞으로는 더욱더 증가할 것으로 예상된다.

고속 촬영 영상은 1990년대까지는 특수 기능을 가진 카메라맨이 한정된 분야에서만 사용했었다. 그러나 최근에는 전자 기술이 발전함에 따라 종래보다 훨씬 쉽게 고속 촬영이 가능해졌다.

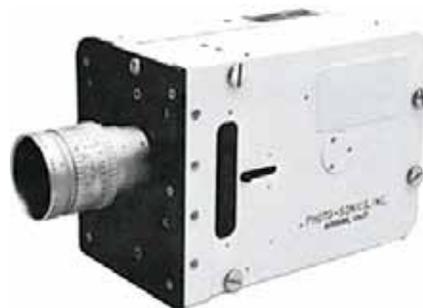
자, 그럼 고속 카메라의 원리, 역사, 활용성에 대해 한번 알아보자.

## 고속 카메라의 원리

차와 차가 충돌하거나 차가 벽에 충돌하는 순간 운전자의 몸 전체가 핸들 쪽으로 엄청나게 빠르게 쏠리는 모습(차량 충돌 테스트 시 벽에 차량이 부딪칠 때 인형이 튕겨 나가는 모습) 등 인간의 눈에는 너무 빨라 구별하기 힘들고



사진제공 : 동경대학 야구부



자동차 안전점검에 많이 사용한 미국 포토소닉 1PL(500코마/초)  
(1960년대~1990년대)

속 현상을 고속으로 영상을 촬영해 천천히 재생하는 슬로모션 촬영기법이 고속 카메라(High speed camera)이다.

슬로우 모션을 얻기 위한 'High speed 카메라'라는 것은 이름 상 뭔가 위화감이 있지만 이러한 카메라를 초고속 카메라(High Speed Camera, 고속 카메라)라든가 슬로 모션 카메라(Slow Motion Camera)라고 부르고 있다.

TV를 보고 있는 시청자 입장에서는 영상이 천천히 움직이고 있기 때문에 '슬로우 모션 카메라'라고 말하고 있고, 'Hi-speed 카메라'라고 하는 것은 카메라를 만지는 카메라맨의 입장에서 봤을 때 카메라가 엄청 빨리 구동(필름을 빠르게 돌림, 비디오테이프를 고속으로 기록, CMOS 소자를 고속으로 주사)하고 있기 때문에 'Hi-speed 카메라'라고 부르고 있는데 간단히 말하면 보는 사람과 만지는 사람의 약간의 인식 차이라고 볼 수 있겠다. 고속 카메라, 초고속 카메라, High motion 카메라, High speed 카메라, 슬로 모션 카메라 등 많은 타이틀이 있지만 어느 것이 옳은지는 확실하지 않다.

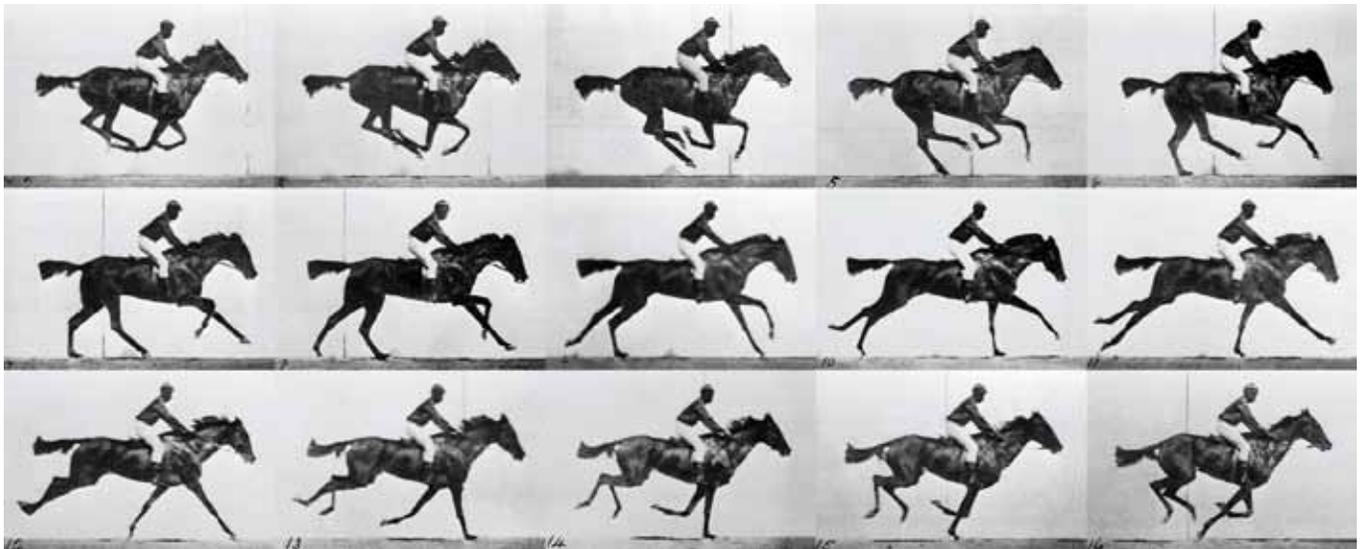
일반 텔레비전 카메라나 비디오카메라는 1초에 30장(정확히는 60필드/30프레임)의 영상을 스캔하고 있다. 또 영화관에서 상영되고 있는 35mm(70mm) 필름을 사용한 영화는 1초에 24장의 영상을 촬영하여 영사하고 있다. 고속 카메라는 1초에 100장 이상의 간격으로 영상을 촬영하는 것이다. 일반 카메라로 기록한 영상을 아무리 천천히 재생해도 촬영 간격은

1/30초(33.3ms), 혹은 1/24초(41.7ms)이므로, 이러한 촬영 간격보다 짧은 시간에 끝나는 현상은 볼 수 없다. 이 때문에, 단시간에 끝난 현상을 빠른 속도로 기록하기 위해서는 고속 카메라가 필요하다. 고속 카메라로 얻어진 영상을 재생하면 빠른 움직임이 천천히 펼쳐지면서 슬로모션 영상을 얻을 수 있다.

현재, 20,000,000장면/초까지의 고속 카메라가 시중에 판매되고 있다.

또, CCD 셔터 카메라 4개를 광학적으로 하나로 모아 광축을 같게 하여, 4대가 같은 피사체를 파악할 수 있도록 하여 조금씩 촬영 시기를 늦추면서 100,000,000장면/초까지 촬영을 실시하는 장치도 있다. 고속 카메라는 빨리 차례차례로 영상을 촬영해야 하므로, 필름이라면 필름을 빨리 돌릴 수 있는 기구를 생각해야 한다. 고속 비디오카메라라면, 녹화하는 비디오테이프와 촬영하는 비디오카메라(CCD 소자나 CMOS 소자)를 빠르게 동기시켜, 빠르게 주사하여 기록해야 한다.

2000년도부터는 자기(磁氣) 테이프를 대신하여 DRAM(반도체 타입 메모리)에 영상을 직접 넣는 디지털 고속 카메라가 일반적이 되었다. 시장성으로 보면 초고속 카메라(100,000컷/초 이상)보다 500컷/초~10,000컷/초를 가진 고속 카메라가 표준이 되어 가는 것 같다. 촬영 속도를 올리다 보면 노이즈가 많이 생기고, 화질이 나빠지거나 화소 수가 적어진다. VGA(640x480화소) 정도로 촬영 속도가 500컷/초~10,000컷/초 정도인 것이 일반적으로 가



마이 브리지의 촬영한 연속 사진을 영상으로 한 것. 마이 브리지는 이 사진 촬영의 성공으로 당대 제일의 과학 사진작가로서 이름을 떨쳤다 (원래 GIF 파일이었으나 인쇄의 문제로 개별 파일을 나열함)

장 많이 사용하고 있는 고속 카메라라고 말할 수 있다.

### 고속 카메라의 역사

고속도 비디오카메라의 개발은 1972년 미국 Video Logic 사가 개발한 120 컷/초, 흑백 비디오카메라로부터 시작한다. 이 비디오 장치는 텔레비전 카메라의 4배의 속도를 가지고 있었다. 원래, 고속 카메라라고 하면 16mm 너비 영화 필름을 이용한 고속 카메라가 일반적이었지만 이 비디오카메라가 세상에 나온 이후 많은 종류의 고속도 비디오카메라가 개발되어 고속 카메라의 주류가 되었다.

필름 카메라를 사용하면, 필름을 구동하는 메커니즘의 고속화에 의해 10,000컷/초 정도의 촬영이 비교적 쉽게 달성된다. 그러나 비디오카메라의 경우에는 촬영한 영상은 기록 주파수가 높았고, 고속도 영상을 기록하는 것은 쉽지 않았다.

고주파 기록에의 도전, 이것이 고속도 비디오카메라에 부과된 명제였다. 1981년 VHS 테이프를 사용한 200컷/초의 고속 컬러 비디오카메라가 시장에 나왔을 때 화질은 필름 카메라보다 현격히 뒤떨어졌었다. 그렇지만 우리의 우려를 일소하듯 고속도 비디오 장치는 급속히 발전했다. 앞서서도 말했듯이 세계 최초로 초고속 비디오가 개발된 것은 1972년의 일이다. 미국 Video Logic사가, 미국 Ampex사의 1인치 테이프용 수직 스캔 방식 드럼 헤드를 사용한 비디오-테이프 레코더를 개조해 120컷/초의 흑백 카메라를 개발했다.

일본에서는 1981년, NAC 사가 세계 최초의 1/2인치 VHS 방식에 의한 컬러 200컷/초 고속도 비디오를 개발했다. 또 1986년 촬영 속도를 2배로 한 400 컷/초의 「HSV-400」을 개발해 1990년에는 S-VHS 방식에 의한 1,000컷/초의 컬러 High speed 카메라를 개발했다. 자기(磁氣) 테이프 방식에 의한 고속도 카메라의 고속화는 2004년을 기점으로 풀 해상 500컷/초(부분 영상 4,000컷/초)가 최고로, 그 이상의 속도는 기록 처리 시간이 빠른 IC 메모리를 사용한 방식을 취하고 있다.

1994년에 개발된 MEMRECAM Ci(NAC 사, 1994~2002년)는 영상 출력을 직접 정보처리 할 수 있는 촬상소자(CMD(Charged Modulation Device), 올림푸스 광학 공업 개발)를 사용하여 기록 매체에는 IC 메모리를 채용한 카메라 일체 구조를 채용했고, 2,000컷/초의 촬영 속도를 달성했다. 이 카메라의 특징은 컴팩트한 설계를 생각하여 IC 메모리, 디지털 회로를 모두 카메라 내부에 담고 있다. 또 화상을 SCSI 인터페이스에서 백업용 하드 디스크에 전송하

거나 여러 대의 카메라의 완전 동기 촬영, 원격으로 카메라 조작이 가능한 성능을 가지고 있었다.

### 고속 카메라의 활용성

단 1장의 사진보다 한 번에 많은 영상을 보는 것이 현상을 잘 이해할 수 있다. 분명 1장의 결정적 순간이 아주 매력적인 정보를 주지만 그것을 얻기 위해서는 수많은 시행착오를 거쳐 촬영을 해야 하고 많은 노력과 인내가 요구된다. 현상을 과학적으로 파악하려고 할 때, 육안으로는 인식할 수 없는 빠른 움직임과 맞닥뜨린다. 이것을 이해하기 위해서는 사진보다는 영상이 가장 손쉬운 방법이다. 1/1000초(1ms), 1/1,000,000초(1μs)에서 끝나버리는 현상도 많이 있다. 그것들의 얽히고설킨 현상을 밝혀 가는 과정에서는 고속 카메라는 필요 불가결한 장치이다.

현재는 우주 개발, 원자력 개발, 자동차 안전 실험, 제조 라인에서의 기계 문제, 스포츠 과학, 그리고 텔레비전 방송 등 다양한 분야에서 고속 카메라를 활용하고 있다.



Ikegami & NAC사의 Hi-motion II

### Hi-motion II

마지막으로 한국에서 현재 많이 사용하고 있는 NAC와 Ikegami의 합작품인 고속 카메라(Hi-motion II 카메라)를 소개하고자 한다.

앞에서 말한 대로 NAC는 1981년에 세계 최초의 컬러 고속도 비디오를 개발했다.

그 후에도 슬로모션 영상의 Normal 카메라와 밝은 영상의 퀄리티의 차이와

보다 빠른 움직임에서 부족함이 없고, 또 복잡한 중계 시스템에 대한 빠른 대응으로 시장의 요구에 부응하도록 개발하여 HD에서 Normal 카메라와 비교해도 손색없는 고화질과 한 단계 가속화한 울트라 슬로 모션에 대한 대응, 울트라 기능을 쉽게 오퍼레이션 함으로써 현행 중계 워크플로우에 전면 대응, 이 3요소를 합해 "Hi-motion II"의 개발을 방송용 카메라의 Top 브랜드인 Ikegami의 협력 하에 2012년부터 NAC & Ikegami의 브랜드로 하여 세계적으로 판매를 시작했다.

이 방송용 Full HD 울트라 슬로 모션 카메라 "Hi-Motion 시리즈"는 2005년의 운용 개시 이후 일본을 시작하는 세계적으로 널리 채용되어 올림픽이나 월드컵 등의 세계 규모의 스포츠 중계로 많은 실적을 올려 왔다. 또 이런 많은 실적이 인정되어 미국 텔레비전 예술 과학 아카데미인 제62회 기술·공

학 에미상을 수여하는 등 지금도 스포츠 중계의 Ultra Hi-speed 카메라시장에서 기본이 되는 세계적인 모델이 되었다.

울트라 슬로 모션 카메라 Hi-Motion II는 스포츠 중계에 맞는 기존 모델에 조작성 편리성 및 운용성을 더해 평상시에는 Normal 카메라로서도 사용할 수 있도록 더욱 고화질을 시켰다. 또, 녹화 속도나 감도 향상 외 시스템 워크플로우를 재검토하고, 스포츠 중계의 현장에서 Normal 카메라/울트라 슬로 카메라로서 각각 요구되는 기능을 빠짐없이 탑재하고 있다. 1대의 카메라의 포지션에서 Normal과 울트라 슬로 영상의 촬영이 가능해 경제성이 뛰어난 카메라의 운용이 가능하다.

NAC와 Ikegami 사는 앞으로도 고속카메라를 더욱 소형화시켜 무선 운용에 대한 대응 및 현장에서의 요구를 적극적으로 반영하여 사용자가 최대한 사용하기 편리하도록 개발할 예정이다.

