

# 비디오 카메라를 이용한 3차원 도로중심선 추출 Extraction of 3D Road Centerline Using Video Camera

이종출<sup>1)</sup>, 서동주<sup>2)</sup>, 김성호<sup>3)</sup>, 강윤성<sup>4)</sup>

Lee, Jong Chool · Park, Woon Yong · Kim, Sung-Ho · Kang, Sung Ho

- 1) 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수 · 051-620-1449 (E-mail:jclee@pknu.ac.kr)  
2) 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사 · 051-622-1662 (E-mail:dpsdj@mail1.pknu.ac.kr)  
3) 부경대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · 051-622-1662 (E-mail:gisrs@mail1.pknu.ac.kr)  
4) 부경대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · 051-622-1662 (E-mail:ys0322@mail1.pknu.ac.kr)

## 요 약

컴퓨터의 발전에 따라 현재 제4세대 수치사진측량의 활용도가 광범위하게 진행되고 있다. 특히 비디오동영상을 이용하여 실용적이며, 비전문가들도 활용할 수 있는 부분들이 증가하고 있다.

이러한 현시점에서 국가산업의 중추적인 시설물 도로분야에서 도로안전진단과 유지관리목적으로 도로정보획득 및 도로정보수집에 많은 연구를 하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 실용성, 경제성이 있는 비전문가용인 디지털비디오 동영상을 이용하여 도로중심선의 3차원 위치정보를 추출하여 도로정보화사업의 기본적인 자료로 제공되리라 판단된다.

## 1. 서 론

최근 제4세대 수치사진측량 기법의 활용성이 급진적인 발전으로 각종 첨단 산업분야에 그 응용이 증대되고 있으며, 비전문가들도 활용할 수 있는 비디오 카메라를 응용에 많은 관심과 연구가 진행되고 있는 실정이다.

이에, 수치영상을 이용하여 토목분야중에서 필수적인 사회간접시설물 도로를 대상으로 연구하였다.

현재는 정부에서는 전국에 산재되어 있는 도로를 통합관리하는 관리시스템을 구축하고 있다. 이런 사업에서 수치지형도가 구축되어있는 지역에서는 수치지형도를 이용하여 구축이 용이하지만 수치지형도가 없거나 오래된 정보를 가진 수치지형도가 있는 지역에서는 도로정보를 획득할

필요성이 있다. 이러한 경우 획득하는데 많은 시간과 비용이 소모되므로 수치영상을 이용하여 도로유지관리차원에서 도로정보획득 및 도로정보수집에 관한 연구가 진행되고있다(ELSheimy 등, 1996 ; Li 등, 1997 ; Pierre 등, 2001).

특히 Mobile Mapping System으로부터 추출된 입체연속영상으로 도로중심선 재현하여 통합하는 연구를 하였고, 도로중심선을 GPS 측위기법을 이용하여 3차원위치결정을 하는 연구는 많이 진행 되었다 (Tao 등 , 2001; 이종출,2001).

일반적인 비디오카메라의 영상은 사진측량용카메라에 비해 정확도가 많이 저하되므로 카메라의 검증이 필수적이다. 본 연구에서도 사용된 일반비디오카메라의 검증을 실시하였다. 카메라의 검증은 임의의 영상점과 3차원 대상점의 임의의점 기하

학적관계를 결정하는 과정에서는 발생하는 영상왜곡을 측정하여 검증하는 것이다. 정확한 3차원 대상물의 임의의좌표와 2차원 영상의 좌표를 정확히 추정하는 것이 매우중요한 부분이다(유환희,2003; Willy 등,1995; Li 등,1996).

따라서 본 연구에서는 비디오카메라를 이용하여 수치지도가 없는 도로에서 3차원 도로중심선 위치정보를 취득하고자 한다. 이에 도로선형개선 공사시 도로정보를 손쉽게 취득하여 자료화하고, 도로선형의 3차원 위치결정을 하여 유지관리와 안전한 운행에 기여하리라 판단된다.

## 2. 비디오카메라의 CCD영상 특성

비디오카메라의 CCD는 1960년대 후반에 벨 연구소의 과학자에 의해서 발명되었다. 원래 CCD는 컴퓨터 기억회로의 새로운 형태로 생각되었지만, 곧 빛에 대한 실리콘의 민감도 때문에 영상자료수집을 포함한 다른 여러 분야에 적용성이 있는 것으로 나타났다. CCD 매트릭스는 현재 자료 수집하는데 사용되는 디지털 비디오 카메라의 가장 중요한 부분이다(Schenk, 1996).

### 2.1. CCD영상의 표현

영상은 수평 및 수직으로 설정된 2개의 좌표축 x와 y에 의해 표현되는 2차원 정보를 가리킨다. 2개의 변수로 나타내는 위치에서의 밝기를 농담값을 나타내면 다음 식(1)과 같다.

$$f(x, y) = g \quad (1)$$

영상정보를 입력할 경우 그 관측계 및 주위 환경의 영향을 받으므로 입력 검출기의 수광 소자가 받는 빛의 양으로서 농담값 g의 연속치로 주어지는 영상을 아날로그 영상이라 한다. 아날로그영상의 대표적인 것을 렌즈계에 의해 광학적으로 영상을 취급하는 분야이다. 수치영상은 어떤

주기에서 격자로 구획을 나누고, 각 교점에서 이산적 위치를 이산적 농담값으로 표현하는 영상이다.

즉, 영상의 각 지점(x,y)의 광강도를 전류로 바꾸어 화상을 표본화하고, 그것을 디지털 숫자로 바꾸는 정량화 과정을 통하여 수치영상을 얻는다. 연속영상 f(x,y)을 등간격으로 샘플링하여 N×N배열의 형태로 정량화시킨다면 식(2)과 같은 행렬이 된다.

$$f(X, Y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

프레임 한 개의 화상은 N×N개의 화소로 구성되고, N은 대체로  $N=2^n$ (n은 정수)이 되도록 정한다. g를 농담값으로 하면  $N=2^m$ 가 되는 자연수를 농담값의 최대값이 되도록 한다. 여기서 m은 농담값을 나타내는 비트의 수가 되며 보통 8비트이다. 따라서 농담값은  $(0 \sim 2^{m-1})$  범위의 자연수로서 나타낸다. 8비트 수치로 나타내면 0~255가 농담값을 나타내는 범위가 된다. 이러한 수치영상의 화소들의 이산적인 표현을 행렬로 나타내면 그림 1 과같다(Pratt, 1991).

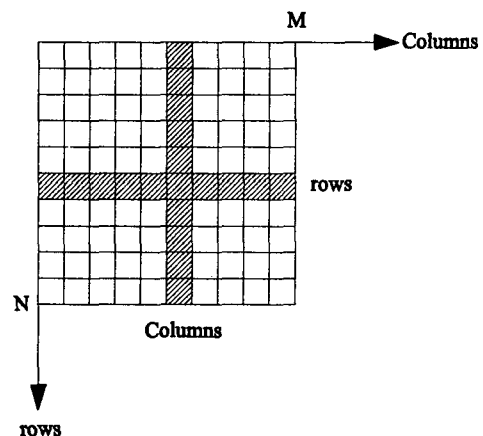


그림1. CCD영상의 행렬표현

## 2.2. CCD 영상의 취득원리

대상물에서 반사된 빛은 CCD 사진기의 렌즈에 의해 연속신호로 수집되고 CCD 센서가 강도를 감지함으로써 수집된 빛은 아날로그 전압신호로 전달된다. 이 신호가 A/D변환자에 의해 수치정보로 변환이 이루어지는데, 관측목적에 위하여 이 강도는 전형적으로 0~255범위의 밝기값으로 변환된다. 일반적으로 CCD 사진기를 이용하여 수치영상을 얻기 위해서는 컴퓨터 영상보드의 프레임포착기가 그림2.와 같이 A/D변환을 수행하며 모니터에 영상을 출력한다.

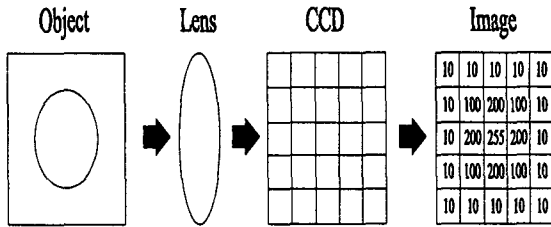


그림2. CCD영상 취득모습

## 3. 실험 및 결과 분석

### 3.1 실험대상지역 및 관측장비

비디오카메라를 이용하여 도로중심선 3차원 위치결정을 하기 위하여 실험대상지역으로 부산광역시 남구 용당동 인근의 도로를 선정하였다. 비교적 교통량이 많은 지역을 택하였으며, 다양한 선형정보를 얻기 위하여 원곡선과 직선이 조합되어 있는 곳을 정하였다.

이 실험대상지역의 모습은 그림3에서 보는 것과 같고, 수치지도 1:1000의 모습은 그림 4.와 같다. 그리고 본 실험에 사용된 비디오 카메라는 JVC사의 GR-DV 3000KR Digital Video Camera를 사용하였다. 그 카메라의 제원은 표1과 같다.



그림 3. 실험대상지역

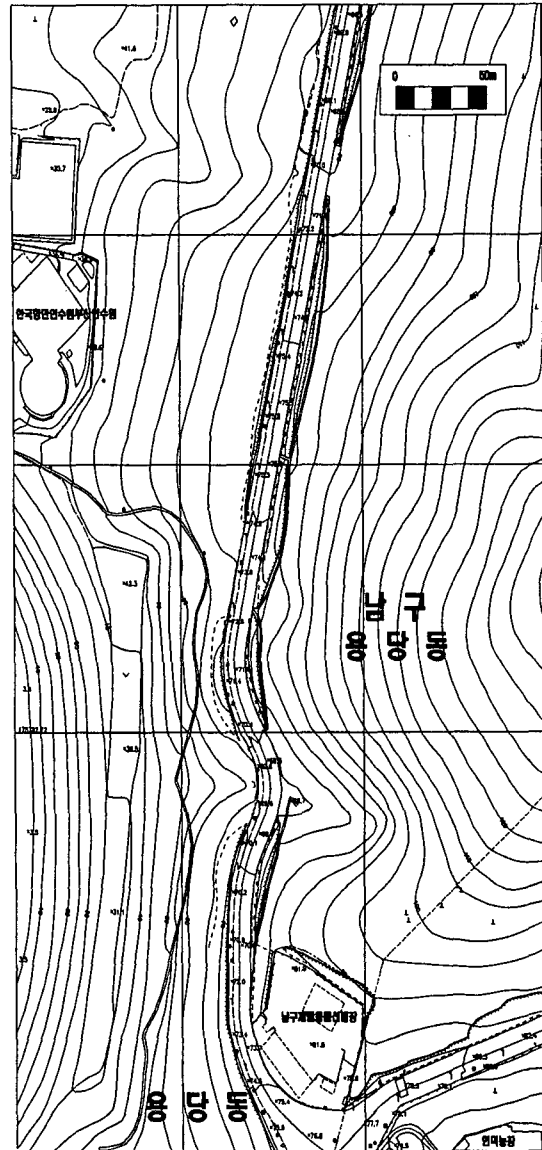


그림 4. 대상지역 수치지도모습(1:1,000)

표 1. 비디오카메라 제원

|                  |             |                          |
|------------------|-------------|--------------------------|
| Classification   |             | GR-DV3000KR              |
| Recording mode   |             | CCD recode               |
| Total pixels     |             | 133 만                    |
| Efficient pixels | Video mode  | 69만                      |
|                  | Memory mode | 125 만                    |
| Shutter          |             | 1/100 sec(자동)            |
| Focal Length     |             | f = 4.5 ~ 45             |
| Dimensions       |             | 76×90×194 mm             |
| Weight           |             | 660g (without batteries) |

### 3.2 비디오카메라 검증

비디오카메라 렌즈의 정확한 파라메타를 검증하기 위하여 본 연구에서는 그림 5.에서 보는 것과 같이 35mm 슬라이드를 이용하여 어두운 벽면에 그리드 무늬를 약 1.2m×1m 크기로 투영시켜 Swing을 변화시키면서 8장의 사진을 획득하였다. 여기서 이 그리드는 가로 세로의 비가 1.5인 흰색과 검은색 삼각형으로 된 직사각형 모자이크로 이루어져 있다.

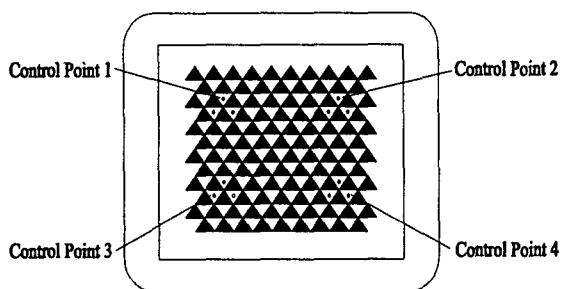


그림 5. 35mm 검증 슬라이드 모습

그림 6.은 카메라 검증영상으로써, 2지점에서 찍은 총 8장의 사진이다. 찍은 방향의 이미지는 왼쪽과 오른쪽에서 각각 위

에서, 중간에서, 아래 방향에서 향한 6장의 사진을 찍고, 다시 왼쪽과 오른쪽 중간 지점의 높이에서 카메라를 Swing을 변화시켜 찍어진 사진이고, 측정 모습은 그림 7.과 같다. 그리고 벽에 비춰진 이미지의 왼쪽 상단 코너 부분인 기준점 1에서 오른쪽 하단 부분인 기준점 4까지의 길이를 삼각수준측량을 측정하였다.

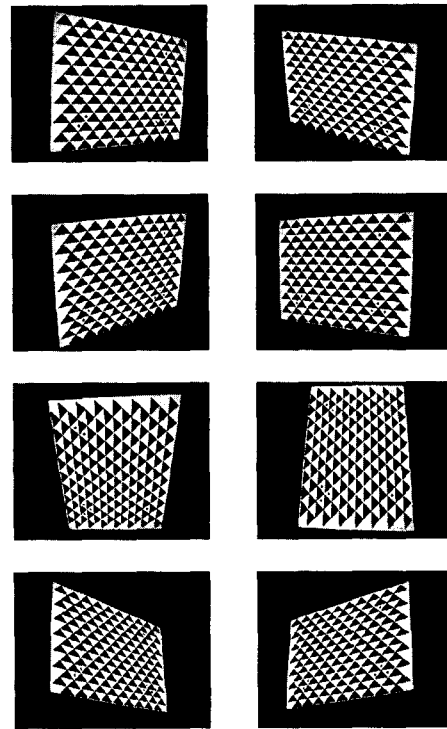


그림 6. 카메라 검증 영상

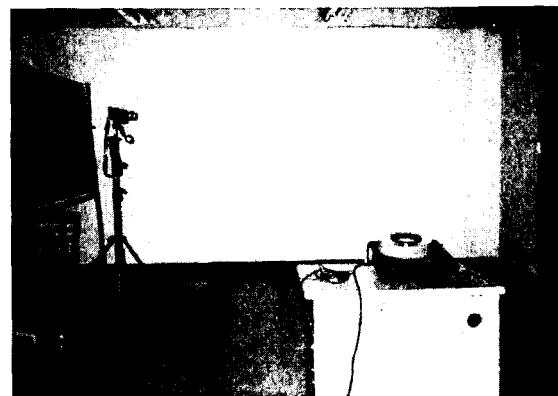


그림 7. 카메라 검증 측정 모습

카메라를 Calibration 하여 그 값을 요약하면 표 2와 같으며 표 2에 나타난 바와 같이 카메라의 초점거리는 4.4626mm이며, 주점의 좌표는 X방향으로 1.3535mm, Y방향으로 1.0808mm이다. 그리고 방사왜곡의 매개변수는  $A1 = -0.003895$ ,  $A2 = -0.0009427$ 이며, 편심왜곡의 매개변수는  $P1 = 0.001147$ ,  $P2 = 0.001082$ 로 나타났다.

표 2. 비디오카메라 제원

| Calibration [JVC GR-DV3000KR Digital Video Camera] |                 |           |            |
|--|-----------------|-----------|------------|
| Interior Orientation                               | Focal Length    | 4.4625 mm |            |
|  | Format Size     | W         | 2.8454 mm  |
|  |                 | H         | 2.1605 mm  |
|  | Principal Point | X         | 1.3535 mm  |
|  |                 | Y         | 1.0808 mm  |
|  | Lens Distortion | A1        | -0.003895  |
|  |                 | A2        | -0.0009427 |
|  |                 | P1        | 0.001147   |
|  |                 | P2        | 0.001082   |
| Image Size   | 720×480         |           |            |

### 3.3 관측결과 및 분석

#### 3.3.1 관측결과

본 연구에서 이용한 수치사진측량 프로그램은 학계에서 많은 연구가 진행되었던 EOS System사의 Digital Photogrammetric Close-Range Program인 PhotoModeler를 사용하여 지상사진측량의 새로운 접근을 시도했던 프로그램으로써 대상물의 사진에 대한 3차원 좌표를 설정하고, 사진으로부터 영상자료를 처리하는 방식이다.

또한 기존에 다중영상을 입력할 때 레조마크를 수동으로 입력하였던 과정을 자동으로 실시하고, 디지털과 아날로그 카메라의 영상을 처리할 수 있으며, 표정점의 상좌표 취득과정을 자동으로 신속히 수행할 수 있다.

그리고 사진측량 S/W 중 다양한 카메라 및 렌즈의 선택과 설치의 편이성이 있고, 특히 교통사고분석, 문화재 보존 측량, 의학, 기타 정밀기계 등과 같은 산업분야

에서 많이 활용되고 있다.

이러한 EOS System사의 PhotoModeler는 복잡한 수치영상에서 상좌표 취득이 용이할 뿐만 아니라 자료처리의 모든 공정이 자동으로 수행되며, 높은 정확도의 해석이 가능하다.

본 연구에서의 수치영상처리과정은 8단계로 구성되어 있으며, 그 과정의 흐름도는 그림 8과 같으며, 프로그램상에서 표정하는 모습은 그림 9와 같다. 그리고 표정된 영상을 번들 조정을 한 후 도화를 실시하여 도로의 중심선을 3차원 도화하여 나타낸 것은 그림 10과 같다. 이러한 결과 도로중심선 3차원 수치와 설계 제원값과 비교한 결과를 표3에 나타내었다.

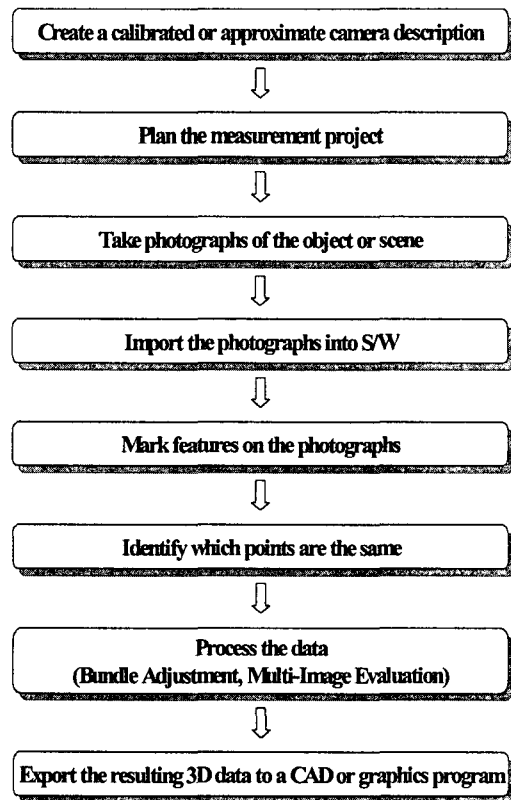


그림 8. 카메라 검증 측정 모습

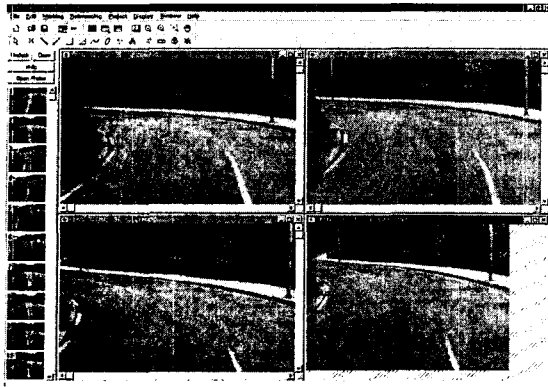


그림 8. 영상처리하는 모습

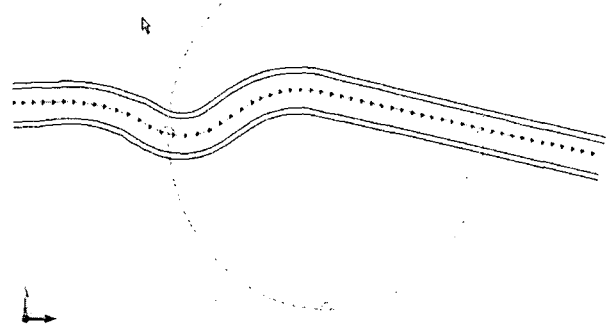


그림 10. 도화후의 3차원 도로중심선 모습

표 4. 측정결과

| No | Design Data |            |        | Digital Video Camera |            |        | $\Delta X$ | $\Delta Y$ | $\Delta Z$ |
|----|-------------|------------|--------|----------------------|------------|--------|------------|------------|------------|
|    | X           | Y          | Z      | X                    | Y          | Z      |            |            |            |
| 1  | 178676.228  | 209432.626 | 74.823 | 178676.225           | 209432.621 | 75.000 | 0.003      | 0.005      | -0.177     |
| 2  | 178680.676  | 209432.544 | 75.023 | 178680.691           | 209432.691 | 75.274 | -0.015     | -0.147     | -0.251     |
| 3  | 178685.722  | 209432.451 | 75.213 | 178685.710           | 209432.770 | 75.579 | 0.012      | -0.319     | -0.366     |
| 4  | 178690.673  | 209432.359 | 75.363 | 178690.698           | 209432.809 | 75.863 | -0.025     | -0.450     | -0.500     |
| 5  | 178695.721  | 209432.266 | 75.493 | 178695.710           | 209432.866 | 76.111 | 0.011      | -0.600     | -0.618     |
| 6  | 178700.720  | 209432.191 | 75.616 | 178700.722           | 209433.013 | 76.283 | -0.002     | -0.822     | -0.667     |
| 7  | 178705.706  | 209432.337 | 75.417 | 178705.705           | 209433.261 | 75.410 | 0.001      | -0.924     | 0.007      |
| 8  | 178710.669  | 209432.767 | 75.780 | 178710.664           | 209432.821 | 75.547 | 0.005      | -0.054     | 0.233      |
| 9  | 178715.634  | 209433.511 | 75.816 | 178715.635           | 209433.537 | 75.618 | -0.001     | -0.026     | 0.198      |
| 10 | 178720.564  | 209434.572 | 75.840 | 178720.558           | 209435.029 | 75.630 | 0.006      | -0.458     | 0.210      |
| 11 | 178726.328  | 209436.225 | 75.851 | 178726.313           | 209436.142 | 75.711 | 0.015      | 0.083      | 0.140      |
| 12 | 178731.932  | 209438.284 | 75.838 | 178731.917           | 209438.247 | 75.818 | 0.015      | 0.037      | 0.020      |
| 13 | 178737.301  | 209440.748 | 75.772 | 178737.286           | 209441.898 | 75.879 | 0.015      | -1.150     | -0.107     |
| 14 | 178742.540  | 209443.538 | 75.703 | 178742.484           | 209443.931 | 75.001 | 0.056      | -0.393     | 0.702      |
| 15 | 178748.006  | 209446.140 | 75.636 | 178747.995           | 209446.339 | 75.121 | 0.011      | -0.199     | 0.515      |
| 16 | 178753.846  | 209447.814 | 75.545 | 178753.844           | 209448.278 | 75.158 | 0.001      | -0.464     | 0.387      |
| 17 | 178759.733  | 209448.307 | 75.418 | 178759.698           | 209449.259 | 75.231 | 0.035      | -0.952     | 0.187      |
| 18 | 178765.650  | 209447.550 | 75.248 | 178765.631           | 209447.678 | 75.143 | 0.019      | -0.128     | 0.105      |
| 19 | 178771.313  | 209445.602 | 75.077 | 178771.342           | 209445.011 | 75.196 | -0.029     | 0.591      | -0.119     |
| 20 | 178776.626  | 209442.751 | 74.884 | 178776.645           | 209443.260 | 75.169 | -0.019     | -0.509     | -0.285     |
| 21 | 178781.803  | 209439.629 | 74.663 | 178781.807           | 209440.266 | 75.009 | -0.004     | -0.636     | -0.346     |
| 22 | 178786.946  | 209436.527 | 74.419 | 178786.986           | 209437.062 | 75.348 | -0.040     | -0.535     | -0.929     |
| 23 | 178792.215  | 209433.795 | 74.159 | 178792.207           | 209434.359 | 75.085 | 0.008      | -0.564     | -0.926     |
| 24 | 178796.206  | 209432.166 | 73.890 | 178796.236           | 209431.746 | 73.936 | -0.030     | 0.419      | -0.046     |
| 25 | 178800.999  | 209430.748 | 73.633 | 178800.923           | 209431.422 | 73.665 | 0.076      | -0.674     | -0.032     |
| 26 | 178805.909  | 209429.815 | 73.361 | 178805.811           | 209430.040 | 73.383 | 0.098      | -0.225     | -0.022     |
| 27 | 178810.760  | 209429.389 | 73.103 | 178810.746           | 209430.328 | 73.062 | 0.014      | -0.939     | 0.041      |

표 4. 측정결과 (계속)

| No | Design Data |            |        | Digital Video Camera |            |        | $\Delta X$ | $\Delta Y$ | $\Delta Z$ |
|----|-------------|------------|--------|----------------------|------------|--------|------------|------------|------------|
|    | X           | Y          | Z      | X                    | Y          | Z      |            |            |            |
| 28 | 178815.760  | 209429.438 | 72.823 | 178815.730           | 209430.307 | 73.811 | 0.003      | -0.869     | -0.988     |
| 29 | 178820.682  | 209429.981 | 72.590 | 178820.667           | 209430.029 | 73.559 | 0.015      | -0.048     | -0.969     |
| 30 | 178825.587  | 209430.993 | 72.352 | 178825.572           | 209431.142 | 73.321 | 0.015      | -0.149     | -0.969     |
| 31 | 178830.463  | 209432.143 | 72.100 | 178830.446           | 209432.923 | 72.088 | 0.017      | -0.781     | 0.012      |
| 32 | 178835.304  | 209433.283 | 71.849 | 178835.296           | 209434.008 | 71.808 | 0.008      | -0.725     | 0.041      |
| 33 | 178840.178  | 209434.432 | 71.528 | 178840.173           | 209435.117 | 71.550 | 0.005      | -0.685     | -0.022     |
| 34 | 178845.035  | 209435.577 | 71.230 | 178845.058           | 209436.202 | 71.278 | -0.023     | -0.625     | -0.048     |
| 35 | 178849.936  | 209436.732 | 70.975 | 178849.936           | 209437.330 | 71.021 | 0.000      | -0.598     | -0.046     |
| 36 | 178854.802  | 209437.879 | 70.826 | 178854.802           | 209438.132 | 70.752 | 0.000      | -0.253     | 0.074      |
| 37 | 178859.648  | 209439.021 | 70.563 | 178859.657           | 209439.033 | 70.492 | -0.009     | -0.012     | 0.071      |
| 38 | 178864.544  | 209440.175 | 70.243 | 178864.533           | 209440.660 | 70.248 | 0.011      | -0.486     | -0.005     |
| 39 | 178869.421  | 209441.324 | 70.042 | 178869.413           | 209441.781 | 70.027 | 0.008      | -0.457     | 0.015      |
| 40 | 178874.282  | 209442.470 | 69.915 | 178874.281           | 209442.901 | 69.834 | 0.001      | -0.432     | 0.081      |
| 41 | 178879.145  | 209443.616 | 69.768 | 178879.142           | 209444.041 | 69.663 | 0.003      | -0.425     | 0.105      |
| 42 | 178884.029  | 209444.767 | 69.680 | 178884.048           | 209445.166 | 69.493 | -0.019     | -0.399     | 0.187      |
| 43 | 178888.879  | 209445.910 | 69.753 | 178888.912           | 209446.284 | 69.366 | -0.033     | -0.374     | 0.387      |
| 44 | 178893.877  | 209447.088 | 69.790 | 178893.787           | 209447.421 | 70.275 | 0.090      | -0.333     | -0.485     |
| 45 | 178898.743  | 209448.235 | 69.910 | 178898.661           | 209448.538 | 70.208 | 0.082      | -0.304     | -0.298     |
| 46 | 178903.610  | 209449.382 | 70.032 | 178903.551           | 209449.634 | 70.139 | 0.059      | -0.253     | -0.107     |
| 47 | 178908.477  | 209450.528 | 70.093 | 178908.375           | 209450.790 | 70.073 | 0.102      | -0.262     | 0.020      |
| 48 | 178913.343  | 209451.675 | 70.200 | 178913.236           | 209451.930 | 71.060 | 0.107      | -0.255     | -0.860     |
| 49 | 178918.210  | 209452.822 | 70.281 | 178918.130           | 209453.060 | 71.071 | 0.080      | -0.238     | -0.790     |
| 50 | 178923.077  | 209453.969 | 70.293 | 178922.994           | 209454.175 | 71.095 | 0.083      | -0.206     | -0.802     |
| 51 | 178927.943  | 209455.116 | 70.364 | 178927.879           | 209455.290 | 71.131 | 0.064      | -0.174     | -0.767     |
| 52 | 178932.810  | 209456.263 | 70.501 | 178932.738           | 209456.431 | 71.197 | 0.072      | -0.168     | -0.696     |
| 53 | 178937.677  | 209457.410 | 70.628 | 178937.608           | 209457.539 | 71.292 | 0.069      | -0.129     | -0.664     |
| 54 | 178942.543  | 209458.557 | 70.800 | 178942.485           | 209458.712 | 71.418 | 0.058      | -0.155     | -0.618     |
| 55 | 178947.410  | 209459.704 | 71.048 | 178947.382           | 209459.834 | 71.548 | 0.028      | -0.130     | -0.500     |
| 56 | 178952.277  | 209461.063 | 71.332 | 178952.270           | 209460.957 | 71.698 | 0.007      | -0.106     | -0.366     |
| 57 | 178957.143  | 209461.998 | 71.637 | 178957.131           | 209462.058 | 71.888 | 0.012      | -0.060     | -0.251     |

### 3.3.2 관측결과 분석

본 연구에서는 다중영상표정과 광속조 정법에 의해 결정된 대상물 3차원 좌표의 정확도를 분석하기 위해 지상기준점 258 개 중에서 20개의 검사점들을 이용하여 비교·분석하였다.

또한, 20개 검사점(Check Points)들의 편차는 X방향으로 0.0609m, Y방향으로

0.0414m, Z방향으로 0.1012로 나타났으며, 이를 도식적으로 나타내면 그림 10.과 같다. 여기서 Z방향의 평균오차가 많은 것은 참값으로 간주한 Total Station 측정값의 측정오차라고 판단된다.

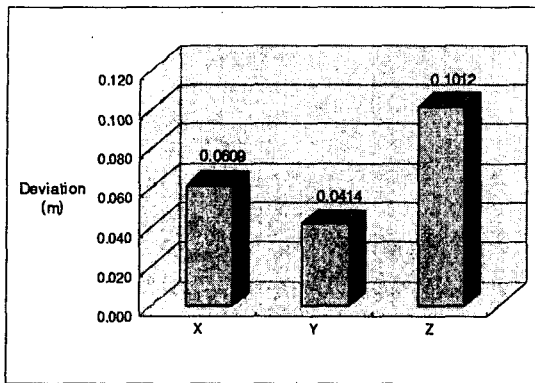


그림 10. 검사점의 축별 편차

#### 4. 결론

비디오카메라를 이용한 3차원 도로중심선을 연구하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 비디오 카메라를 이용하여 도로중심선의 3차원위치결정을 하는 방법은 기존의 도로중심선측량의 방법보다 합리적이고 경제적인 방법이었다.

둘째, 20개 검사점(Check Points)들의 편차는 X방향으로 0.0609m, Y방향으로 0.0414m, Z방향으로 0.1012로 나타났으며, 이 값들은 도로정보화에 필요한 허용정도에 만족되었다.

셋째, 향후 GPS와 IMU등에 의한 자료와 결합시키는 연구가 연계될 경우 도로정보화의 중요한 자료로 활용되리라 예상된다.

#### 참 고 문 헌

이종출, "동적 GPS 관측에 의한 도로의 평면선형 분석", 한국측량학회지, 제19권, 제1호, pp.39~45, 2001.

유환희, 정상용, 김성삼, "줌렌즈 CCD카메라의 기하학적 검정 정확도 평가", 한국측량학회지, 제21권, 제3호, pp.245~254, 2003.

Pierre Gillieron, Jan Skaloud, David Brugger, Bertrand Merminod, "Development of a low cost mobile mapping system for road data base manage -

ment", 3rd International symposium on Mobile Technology, session 6, 2001. CDROM.

EL-Sheimy, N., "The Development of VISAT-A mobile survey system for GIS application", UCGE Reprt # 20101, Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, Canada, 1996.

Li, R. "Mobile Mapping : An Emerging Technology for spatial Data Acquisition", photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 53, No. 9, pp. 1085~1092, 1997.

C. Vincent Tao, "An integrated approach to road centerline reconstruction using stereo image sequences from a mobile mapping system", Int Archives Photogrammetry Remote Sensing, 31, part B3, pp.857~862, 1996.

T. Schenk, "Concept in Digital Photogrammetry", 1996.

K. KRAUS, "PHOTOGRAMMETRY I, II", 4th edition, 1997.

Pratt, W.K., "Digital Image Processing", 2nd ed, Wiley Interscience, 1991, pp. 447~662.