

수치사진측량기법에 의한 Fender의 3차원 수치모형 생성 3D-Digital Model Generation of an Automobile-Fender Using Digital Photogrammetry

정성혁* · 황창섭** · 이재기***

Jung, Sung-Hyuk · Hwang, Chang-Sup · Lee, Jae-Ki

요 旨

최근 수치사진측량은 다양한 수치영상처리기법의 연구와 각종 수치영상 취득·처리 장비의 보급에 힘입어 그 실용화에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 건설·산업분야, 의학분야, 고고학분야 등에서 대상물의 위치, 특성 및 크기 결정에 폭넓게 이용되고 있다. 본 연구에서는 수치사진측량 기법을 이용하여 자동차 몸체와 같이 유선형으로 이루어진 대상물의 정밀측정 가능성을 알아보기 위하여 대상물의 3차원 수치모형 생성을 하는 방법으로 연구를 수행하였다. 계산된 좌표값들의 표준편차는 $\sigma_x=0.434$ mm, $\sigma_y=0.619$ mm, $\sigma_z=0.387$ mm이었으며, 이는 자동차 설계분야에서 요구하는 정확도 내에 충분히 수렴하는 것으로, 수치사진측량 기법이 산업분야에 있어서 충분히 활용될 수 있음을 입증하였다.

ABSTRACT

The development of equipments which are for the collection and processing of digital images in digital photogrammetry is actively performed at the research about practical use. The close-range digital photogrammetry is widely using to determine accurate position, feature, and size of objects. The goal of this study is to judge the precise surveying possibility of a streamline object, like a vehicle, using digital close-range photogrammetry. The standard deviation of the calculated coordinates is respectively $\sigma_x=0.434$ mm, $\sigma_y=0.619$ mm, $\sigma_z=0.387$ mm. The result values is enough to converge an accuracy required for the field of an automobile design. Therefor we suggest that the digital close-range photogrammetry could be use for the majority of industries.

1. 서 론

현대 산업분야는 효율적인 정보의 관리와 정확한 정보의 제공을 위하여 자료기반 구축과 갱신에 있어서 빠르고 정확한 정보 취득이 요구되고 있으며, 처리시간이 많이 소요되고, 수작업에 의한 정확도의 균일성에 문제점을 가지고 있는 기존의 사진측량방식으로는 신속한 대응을 필요로 하는 분야에 이용하기 어려운 실정이다.

특히, 자동차 몸체나 대형선박 스크류와 같은 산업분야에서 유선형 대상물의 형상 및 변형에 대한 측정은 Total Station과 같은 일반적인 측량장비를 이용하거나 레이저를 이용한 측정기를 주로 사용하고 있으나, 전자의

경우 좌표취득과정이 단순하고, 직접 원하는 지점의 좌표를 취득하는 점에서 유리하지만 수작업으로 인한 많은 작업시간의 소요와 정확도의 균일성에 문제를 안고 있다. 반면에, 레이저 측정기에 의한 방식은 처리속도가 매우 빠르고, 정확도 면에서 양호한 결과를 얻을 수 있으나 적용할 수 있는 대상물의 크기가 제한되어 있어 소규모의 대상물이나 실제 대상물의 축소모형만을 측정할 수 있는 단점을 가지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 현대 산업분야에서 요구하는 정확하고 신속한 정보의 제공을 위하여 수치사진측량을 이용한 산업정밀측량 기법을 제시하고자 한다. 또한, 본 연구에서 제시한 기법과 기존에 산업분야에서 사용되고 있는 기법과의 비교를 통하여 산업용 정밀측정분야에서도 수치사진측량이 충분히 활용될 수 있음을 입증하고자 한다.

*충북대학교 대학원 토목공학과 박사수료

**충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정

***충북대학교 공과대학 토목공학과 교수

2. 연구방법

본 연구에서는 수치사진측량 기법을 이용하여 자동차 몸체와 같이 유선형으로 이루어진 대상물의 정밀측정 가능성을 알아보기 위하여 대상물 선정, 기준점 측량, 촬영 및 수치영상 취득, 표정점의 상좌표 취득 및 표정점의 3차원 좌표 계산, 대상물의 3차원 수치모형 생성의 5단계로 연구를 수행하였다.

먼저 대상물은 불규칙한 선형으로 이루어져 있고, 자동차 몸체 설계부분에서 곡면 설계시 가장 어려움을 겪고있는 자동차의 펜더(fender)를 대상으로 이용하였으며, 대상물에 코드타겟 15개와 원형 반사 타겟 150개를 부착하여 3차원으로 구현될 수 있도록 하였다. 기준점 측량은 코드타겟을 기준으로 1초독 데오도라이트를 이용하여 삼각수준측량 기법으로 측정하였으며, 그 결과를 기준점의 최적값으로 하였다.

대상물 촬영은 정확도 향상을 위하여 6매의 사진에서 중복될 수 있도록 수렴수평촬영을 수행하였으며 촬영 시 카메라의 노출, 셔터 스피드, 광량 및 타겟의 크기 등을 알아보기 위하여 여러 조건에서 시험 촬영을 실시하였다.

인화시 사진의 왜곡을 방지하기 위하여 촬영된 필름은 현상후 고해상도의 필름 스캐너(film-scanner)를 이용하여 수치화 하였다.

수치영상으로부터 표정점의 상좌표를 취득하고, 외부표정요소와 촬영에 사용된 카메라의 내부표정요소에 관한

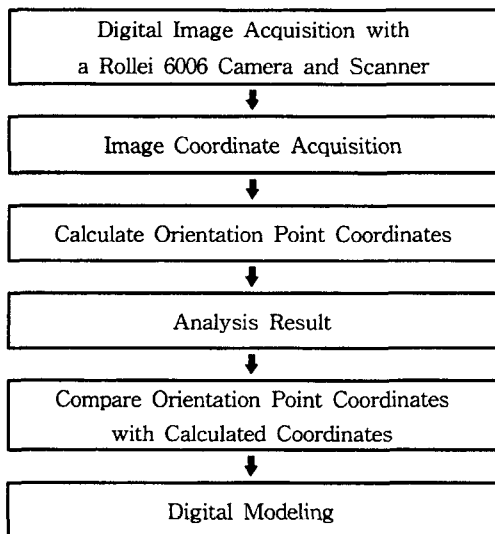


그림 1. The flow of digital modeling method

기초자료를 이용하였다. 표정에서 계산값이 요구 정확도에 수렴될 때까지 반복 계산하여 3차원 좌표를 계산하였으며, 계산된 값을 광속조정의 초기값으로 입력하여 3차원 좌표에 대한 최적값을 계산하였다. 생성된 3차원 수치정보를 이용하여 대상물의 3차원 수치모형을 생성하였다.

본 연구의 주요 흐름은 그림 1과 같다.

3. 수치영상처리

수치영상이란 각 화소(pixel)가 지니는 농담값이 X, Y 평면에 분포하는 평면적인 이미지로서 각 화소마다 피사체의 명암도를 관측하여 고유한 밝기값으로 저장하며 스캐너, CCD(Charge-Coupled Device) 카메라 및 디지털 카메라 등을 이용하여 취득 할 수 있다.

수치영상처리는 수치영상으로부터 원하는 정보만을 취득하는 것을 의미하며, 근래에 들어 수치영상처리는 하드웨어 및 소프트웨어의 발달로 여러 분야에서 이루어지고 있다. 산업분야에서의 영상처리는 공장의 자동화, 결함상품의 자동검사, 산업용 로봇의 검정, 선박이나 항공기의 형상 및 변형측정, 각종 산업용 구조물의 정량적·정성적 분석 등에 사용되고 있으며, 특히 조립, 생산라인에서 주로 이용되기 때문에 신속하고 정확하게 처리하는 공정이 요구된다.¹⁾

수치영상처리의 장점은 우선 모든 처리가 컴퓨터에 의해 이루어지므로 신속, 정확한 처리뿐만 아니라 동일한 프로그램을 언제든지 실행시켜도 동일한 결과를 얻을 수 있는 재현성에 있다. 또한, 프로그램을 이용하여 제어용의 각종 파라미터를 자유롭게 측정·변경시킬 수 있다. 모든 처리가 프로그램에 의해 이루어지므로 프로그램을 변경시키면 다양한 처리를 실현할 수 있다.²⁾⁴⁾

수치영상에서 정확도는 수치영상의 해상도와 직접적인 관계가 있으며, 해상도가 높을수록 정확한 정보를 추출할 수 있으나 처리할 데이터 양이 매우 커지므로 영상처리시간이 오래 소요되고 영상처리를 위하여 보다 나은 하드웨어 자원이 필요하다는 단점이 있다. 그러므로 수치영상은 각종 분야에서 요구되는 정확도에 따라 그 해상도를 결정하여야 한다.

수치영상의 해상도는 주로 DPI(Dots Per Inch)단위로 표시하며 1 DPI는 1 inch² 내의 면적에 1개의 영상소가 존재하는 경우이다. 따라서, 이 경우에 1개 영상소의 크기는 1×1 inch이므로 분석 가능한 최소 크기는 1 inch가

표 1. Resolution for digital image

Resolution (dpi)	Number of Pixels	Pixel size (μm)	Memory (Mbyte)
100	197×197	254	0.039
200	394×394	127	0.155
300	591×591	85	0.349
400	787×787	64	0.619
800	1575×1575	32	2.481
1200	2362×2362	21	5.579

된다. 스캐너를 이용하여 5×5 cm 크기의 사진을 8 bit (256 grey levels)로 수치화 할 경우 각 해상도에 따른 정확도 및 파일크기와의 관계는 표 1과 같다.

4. 대상물 설치 및 촬영 계획

4.1 대상물 설치

본 연구는 근거리 사진측량 원리를 이용하여 유선형으로 이루어진 대상물의 영상을 취득하고, 사진측량 프로그램에 적용시켜 3차원 좌표를 계산하며, 3차원 모델링을 통하여 대상물의 정확한 수치모형을 생성하는 것이다. 이를 위하여 현대사회가 발달함에 따라 급증하고 있는 자동차를 대상으로 선정하였으며, 특히, 자동차 구조 부분에서 폭면 설계시 가장 어려움을 가장 겪고 있는 펜더를 재현함으로써 그 가능성을 살펴보았다.

그림 2와 같이 대상물인 자동차의 펜더는 원활한 사진 촬영을 위하여 목재로 제작한 틀에 고정하였으며, 기준점 측량 및 대상물의 수치영상에서 상좌표를 자동으로 추출하기 위한 타겟을 부착하였다.

현재 근거리 수치사진 측량분야에서 주로 사용되고 있는 타겟은 코드 타겟, 원형 타겟 그리고 프로젝트 타겟 등이 있으며, 타겟은 빛의 직·간접 반사를 이용하여 표

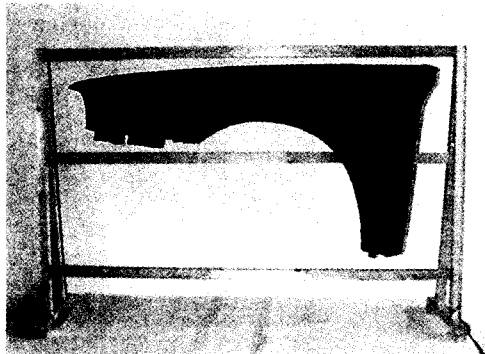


그림 2. Object - Fender of automobile

정점의 상좌표를 취득할 수 있도록 반사율을 높은 재질로 제작하였다.

본 연구에서는 대상물의 3차원 좌표를 계산하기 위해 코드 타겟 15개와 원형 타겟 150개를 사용하였다.

4.2 기준점 측량

본 연구에서는 기준점 측량을 위하여 1초독 데오도라이트인 Wild T-2를 사용하여 삼각수준측량 기법으로 관측하였다.

기준점 측량 결과는 사진측량 좌표계산에서 절대좌표로 이용되며, 3차원 절대좌표의 정확도를 비교하기 위한 최확값으로 사용하였다.

그 관측 결과는 표 2와 같으며, 계산된 기준점 성과는 표 3과 같다.

4.3 촬영 계획

본 연구에서 대상물의 수치영상을 취득하기 위하여 사

표 2. Result values by control point surveying

No.	Left	
	Horizontal Angle	Vertical Angle
1	292° 43' 10"	94° 43' 05"
2	297° 44' 55"	94° 35' 00"
3	302° 07' 55"	94° 21' 00"
4	305° 43' 20"	94° 10' 15"
5	292° 38' 25"	98° 40' 30"
6	299° 40' 00"	98° 11' 15"
7	300° 32' 40"	98° 07' 30"
8	305° 39' 50"	97° 39' 55"
9	292° 32' 40"	102° 59' 05"
10	297° 25' 05"	102° 31' 00"
11	301° 38' 30"	102° 02' 10"
12	305° 34' 20"	101° 33' 55"

No.	Right	
	Horizontal Angle	Vertical Angle
1	62° 45' 50"	94° 35' 49"
2	67° 45' 08"	94° 50' 31"
3	72° 49' 34"	94° 57' 30"
4	77° 35' 55"	95° 03' 56"
5	62° 38' 13"	98° 23' 55"
6	69° 50' 07"	98° 52' 58"
7	70° 51' 25"	98° 56' 58"
8	77° 29' 12"	99° 14' 27"
9	62° 29' 45"	102° 31' 51"
10	67° 18' 30"	103° 02' 29"
11	72° 08' 43"	103° 27' 32"
12	77° 19' 04"	103° 50' 33"

표 3. The coordinates by control point surveying

No.	X _L	Y _L	Z _L
1	2.215523	5.291258	1.083570
2	2.778593	5.281500	1.078594
3	3.310236	5.270405	1.083579
4	3.782527	5.259616	1.084569
5	2.204142	5.284563	0.683395
6	3.003043	5.271981	0.684050
7	3.109756	5.269928	0.683416
8	3.772378	5.256785	0.686184
9	2.191042	5.277988	0.239276
10	2.734751	5.271754	0.238585
11	3.243538	5.263679	0.238749
12	3.756957	5.253016	0.235406

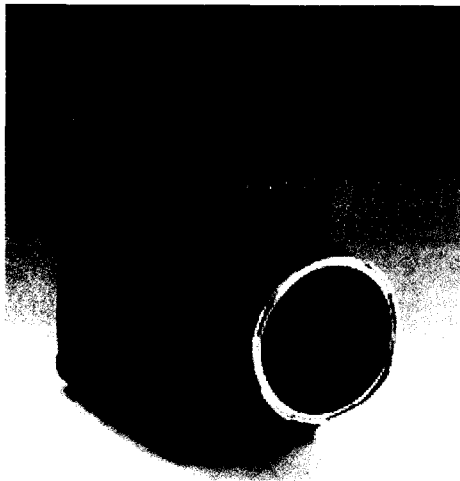


그림 3. Rollei Semi-Metric 6006 camera

표 4. Camera specification

Item	Contents
Principle distance	40.78 mm
Lens aperture	f 1.2~f 22
Shutter speed	1~1/500
Lens resolution	30 μm
Film format	6×6

용된 장비로는 Rollei사의 준 측량용 카메라(Rollei 6006), Pentium PC, AGFA사의 film scanner 등이 사용되었으며, Rollei 6006 카메라의 형상 및 주요 특징은 그림 3, 표 4와 같다.

본 연구에서는 촬영된 대상물의 영상을 수치화하기 위하여 1200 DPI의 광학 해상도를 지원하는 AGFA사의 DuoScan T1120 color scanner의 필름 스캐너를 사용하였으며 형상 및 주요 특징은 그림 4, 표 5와 같다.

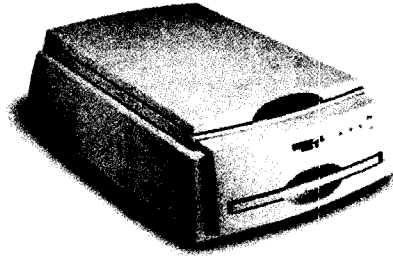


그림 4. AGFA DuoScan T1120 scanner

표 5. The specification of scanner

Item	Contents
Maker	AGFA
Model	DuoScan T1120 color scanner
Resolution	2,400~3,600 ppi
Scanning speed	6.5~8 msec/line
Interface	SCSI-2
Dimensions	395 mm×570 mm×160 mm

표 6. The test exposure under various condition

No.	Aperture	Shuter	Flash	Target size (mm)
1	8	60	3/3	10/15/20
2	11	60	3/3	10/15/20
3	16	60	3/3	10/15/20
4	8	150	3/3	10/15/20
5	11	150	3/3	10/15/20
6	16	150	3/3	10/15/20
7	8	250	3/3	10/15/20
8	11	250	3/3	10/15/20
9	16	250	3/3	10/15/20
10	8	60	2/3	10/15/20
11	11	60	2/3	10/15/20
12	16	60	2/3	10/15/20
13	8	125	2/3	10/15/20
14	11	125	2/3	10/15/20
15	16	125	2/3	10/15/20
16	8	250	2/3	10/15/20
17	11	250	2/3	10/15/20
18	16	250	2/3	10/15/20
19	8	60	1/3	10/15/20
20	16	60	1/3	10/15/20
21	8	60	1/3	10/15/20
22	11	125	1/3	10/15/20
23	16	125	1/3	10/15/20
24	16	125	1/3	10/15/20
25	8	250	1/3	10/15/20
26	11	250	1/3	10/15/20
27	16	250	1/3	10/15/20

본 실험에 앞서, 양질의 영상을 취득하기 위하여 표 6과 같이 다양한 조건으로 시험 촬영을 실시하였으며, 촬영현장의 조건에 가장 적합한 셔터속도, 노출 및 타겟의 크기를 결정하였다. 또한, 적당한 플래쉬의 밝기를 결정하기 위하여 플래쉬의 광량을 세 단계로 조절하면서 시험촬영을 하였다.

이상과 같이 시험 촬영한 결과, 촬영현장에 가장 적합한 조건은 19번의 경우였으며, 타겟의 크기는 수치화된 영상을 분석한 결과 시험 촬영시 사용된 10 mm, 15 mm, 20 mm의 원형 타겟 중 10 mm 타겟이 가장 적합한 것으로 나타났다.

5. 대상물 관측 및 분석

5.1 대상물 촬영 및 자료처리

대상물 촬영은 시험 촬영에서 결정된 값으로 카메라를 셋팅하여 펜더 전면에 대한 6개의 사진을 수렴수평 촬영

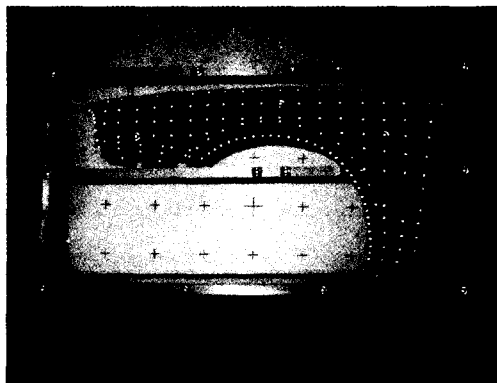


그림 5. Digital image of the object

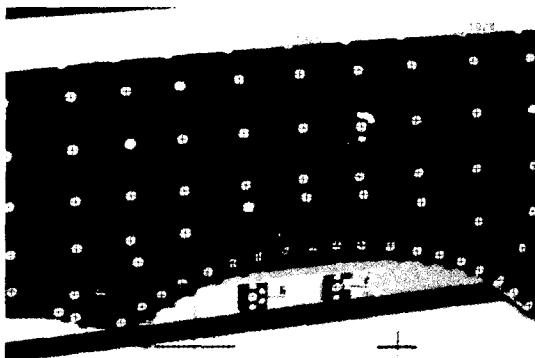


그림 6. Detection of image point coordinates

하였고, 촬영된 필름은 현상한 후 필름 스캐너를 이용하여 수치화하였다. 취득된 대상물의 수치영상은 그림 5와 같으며, 검출된 표정점은 그림 6과 같다.

또한, 사진기 내부표정요소와 외부표정요소를 초기값으로 표정과 광속조정을 실시하였으며, 사진의 표정과 광속조정을 위하여 사용된 내부표정요소는 표 7과 같다.

대상물에 대한 촬영위치는 지상에서 카메라까지 약 0.5 m 높이에서 3방향, 약 1.5 m 높이에서 3방향으로 총 6방향에서 대상물의 전면부 전체의 영상을 취득할 수 있도록 촬영하였으며, 그 위치는 그림 7과 같다.

한편, 외부표정요소는 초기값으로 근사값을 입력하지만 데오도라이트로 관측한 표정점 중 6개의 좌표값을 사진좌표의 절대기준 좌표값으로 이용하며, 측척을 결정하기 위하여 9번 표정점과 12번 표정점의 거리를 입력하였다. 이 값은 3차원 절대값과 내부표정요소 및 상좌표값

표 7. Calibration data of camera (40 mm)

Factor	Calibration data	Remark
Nr	40	Camera number
Ck	-41.07500	Principle distance
X _n	-0.02000	X coordinate of principle point
Y _n	-0.15000	Y coordinate of principle point
A ₁	-3.427E-005	First distortion correction
A ₂	2.136E-008	Secondary distortion correction
R ₀	20.00	The radius having RD of zero

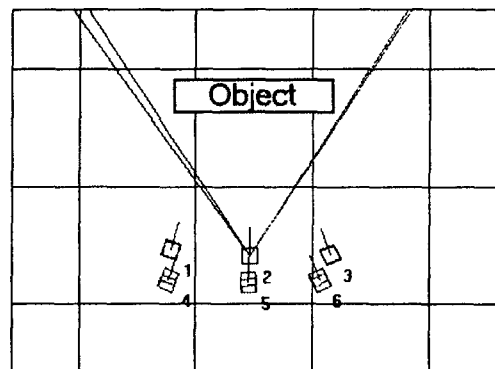


그림 7. The position of exposure for object

표 8. The absolute coordinates of control points

Point No	X	Y	Z
3	-	5.2704 m	-
9	-	5.2780 m	0.2393 m
12	3.7570 m	5.2530 m	0.2354 m
Distance (9-12)		1.5661 m	

표 9. Adjusted coordinates (unit:m)

No.	X	Y	Z	No.	X	Y	Z
1	2.2164	5.2879	1.0869	31	2.5727	5.2255	0.9631
2	2.7817	5.2803	1.0806	32	2.6400	5.2188	0.9652
3	3.3138	5.2704	1.0839	33	2.7023	5.2151	0.9697
4	3.7856	5.2583	1.0836	34	2.7728	5.2106	0.9718
5	2.2046	5.2819	0.6847	35	2.8315	5.2075	0.9735
6	3.0054	5.2717	0.6843	36	2.8894	5.2048	0.9746
7	3.1120	5.2699	0.6835	37	2.9550	5.2028	0.9772
8	3.7741	5.2563	0.6849	38	3.0233	5.2008	0.9777
9	2.1910	5.2780	0.2393	39	3.0901	5.1987	0.9776
10	2.7364	5.2726	0.2387	40	3.1536	5.1980	0.9785
11	3.2448	5.2652	0.2383	41	3.2289	5.1965	0.9780
12	3.7570	5.2530	0.2354	42	3.2988	5.1950	0.9768
13	3.0883	5.1770	0.9188	43	3.3801	5.1947	0.9757
14	2.5682	5.2041	0.8120	44	3.4548	5.1936	0.9742
15	3.4465	5.1518	0.7982	45	3.5279	5.1937	0.9723
16	2.4454	5.2231	0.7987	46	3.6163	5.1935	0.9706
17	2.5006	5.2144	0.7913	47	3.6743	5.1938	0.9734
18	2.5837	5.2034	0.7811	48	2.4475	5.2261	0.9141
19	2.6682	5.1938	0.7714	49	2.5008	5.2180	0.9135
20	2.6999	5.1912	0.7660	50	2.5704	5.2094	0.9139
21	2.7671	5.1860	0.7556	51	2.6369	5.2025	0.9168
22	2.4988	5.2199	0.7693	52	2.7000	5.1970	0.9178
23	2.5837	5.2080	0.7565	53	2.7692	5.1920	0.9190
24	2.6623	5.1990	0.7473	54	2.8302	5.1884	0.9202
25	2.7502	5.1910	0.7351	55	2.8868	5.1860	0.9209
26	2.5037	5.2527	0.7389	56	2.9547	5.1830	0.9218
27	2.6501	5.2315	0.7228	57	3.0217	5.1805	0.9226
28	2.3971	5.2490	0.9508	58	3.1537	5.1768	0.9206
29	2.4500	5.2392	0.9548	⋮	⋮	⋮	⋮
30	2.5024	5.2314	0.9573	165	2.3828	5.2398	0.9234

에 의해 정확한 값으로 다시 결정된다.

또한, 외부표정요소와 표정점의 좌표값은 광속조정의 반복계산법에 의해 더욱 정확하게 계산되며, 계산된 표정점의 좌표값은 표 9와 같다.

5.2 결과 분석

본 연구에서 수행한 좌표계산에 의해 취득한 표정점의 좌표값과 삼각수준측량을 통하여 취득된 좌표값을 비교함으로써 그 정확도를 확인할 수 있었으며, 잔차는 표 10과 같다.

좌표들의 잔차에 대하여 표준편차를 구한 결과 표 11과 같으며, 이를 도식으로 나타낸 것이 그림 8이다.

위의 결과로부터, 계산된 3차원 좌표값들의 표준편차는 자동차 몸체 설계시 요구하는 허용오차(±1 mm)내에 수렴하는 것으로 근거리 수치사진측량 기법이 산업분야

표 10. The residuals of object coordinates (unit:m)

Point	v_x	v_y	v_z
1	0.003358	-0.000877	-0.003330
2	0.001200	-0.003107	-0.002006
3	0.000005	-0.003564	-0.000321
4	0.001316	-0.003073	0.000969
5	0.002663	-0.000458	-0.001304
6	0.000281	-0.002357	-0.000249
7	0.000028	-0.002244	-0.000084
8	0.000485	-0.001722	0.001285
9	-0.000012	0.000042	-0.000023
10	-0.000846	-0.001649	-0.000114
11	-0.001521	0.001262	0.000449
12	0.000016	-0.000043	0.000006
Mean	0.000581	-0.001483	-0.000394

표 11. RMSE of X, Y, Z (unit:m)

Coordinate	X	Y	Z
RMSE	0.000434	0.000619	0.000387

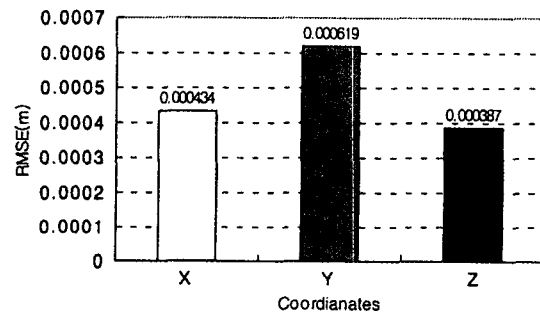


그림 8. RMSE of X, Y, Z

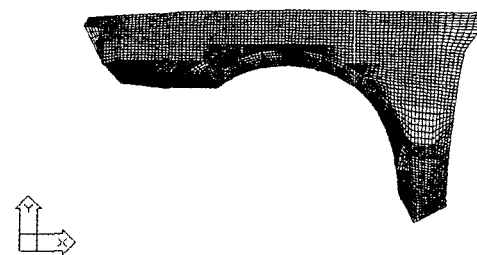


그림 9. The generated digital model

에 충분히 활용될 수 있음을 입증할 수 있었다.

5.3 수치모형 생성

지금까지 계산된 표정점의 좌표값들을 기초로 3차원

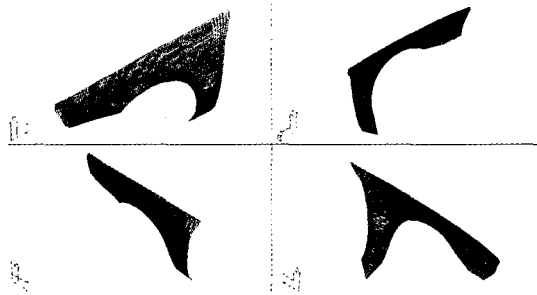


그림 10. The generated digital model to be displayed isometric

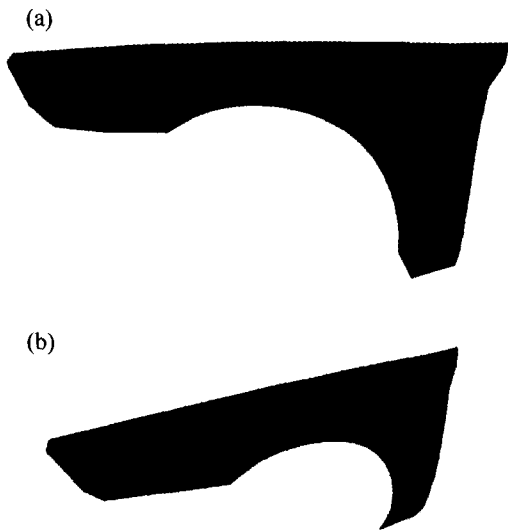


그림 11. (a) The generated digital model rendering, (b) The generated digital model rendering

수치모형을 생성하였으며, CAD 파일 형식인 DXF로 변환하여 CAD에서 작업이 가능하도록 하였다. 그림 9는 생성된 수치모형이고, 그림 10은 대상물을 X, Y, Z축 방향에서 각각 45° 각도로 회전시킨 표면 모형을 나타낸 것이다. 또한, 그림 11(a),(b)는 수치모형을 렌더링 처리한 그림이다.

5.4 비교 고찰

현재 자동차 산업분야에서 사용하고 있거나 검토중인 3차원좌표 계측장비는 크게 접촉식과 비접촉식이 있으며, 입력방식에 따라 자동식과 수동식으로 구분할 수 있다. 주요 계측장비의 특징은 표 12와 같다.

여기에서 TOKYO BOEKI사의 Laymatic- α series와

표 12. Comparison of measurement system

Model	Laymatic- α series	IMS
Company	TOKYO BOEKI	SCOTLAND IMS
Measurement type	contact	
Point input type	manual	
Velocity(points/sec)	5	5
Object size(cm)	400×400	90×60
Model	LASER SENSOR SERIES	VIVID 700
Company	FRANCE KREON	JAPAN MINOLTA
Measurement type	non-contact	
Point input type	automatic	
Velocity(points/sec)	15,000	67,000
Object size(cm)	75×120	110×110

SCOTLAND IMS사의 IMS(International Metrology System)는 접촉식 계측장비로서 작업자에 의해 점입력이 수동으로 이루어지므로 작업속도가 매우 느리며, 대상물의 크기도 제약되어 있다.

비접촉 레이저 측정 방식의 장비로는 FRANCE KREON사의 LASER SENSOR series와 JAPAN MINOLTA사의 VIVID 700모델이 있다. 이 방식은 측정 과정이 자동으로 이루어지므로 빠른 속도와 정확도를 보장하는 반면 적용 대상물의 크기는 최대 110 cm×110 cm로 제한되어 있기 때문에 자동차와 같은 크기의 대상물을 측정하기에는 어려움이 있다.

그러나, 본 연구에서 제시한 수치사진측량방식은 피사체의 영상을 이용하는 비접촉 방식이며, 대부분의 자료 처리과정이 시스템 내에서 자동으로 이루어진다. 또한, 표 12의 계측장비와는 달리 대상물의 크기에 제한을 받지 않으므로, 축소모형을 사용하지 않고 실제 대상물을 직접 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 연구결과 정확도 면에서도 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

6. 결 론

본 연구에서 수치사진측량을 이용하여 자동차 펜더의 3차원 수치모형을 생성한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 현재 산업용 정밀측정분야에 이용되고 있는 측량기에 의한 실측이나 레이저 측정기에 의한 측정방식과는

달리 근거리 수치사진측량 기법에 의한 측정방법을 제시 하였다.

2. 수치사진측량 기법을 이용함으로써 처리시간을 크게 단축시킬 수 있었으며 특히, 레조마크의 입력과 상좌표 취득과정과 같은 기존의 수작업으로 이루어지던 처리 과정이 자동으로 이루어지므로 균일한 정확도를 확보할 수 있다.

3. 계산된 좌표값들의 표준편차는 $\sigma_x=0.434$ mm, $\sigma_y=0.619$ mm, $\sigma_z=0.387$ mm이었으며, 이는 자동차설계분야에서 요구하는 정확도내에 충분히 수렴하는 것으로, 수치사진측량 기법이 산업분야에 있어서 충분히 활용될 수 있음을 입증하였다.

4. 대상물에 대한 3차원 수치모형을 생성함으로써 설계시 설계자가 필요로 하는 시각에서 관측 및 분석을 할 수 있으며, 교통사고시 충돌에 따른 사고 당시의 상황

재현 및 복원을 위한 정확한 자료를 제공할 수 있다.

참고문헌

1. 이문호, 염재훈, “영상신호처리”, 대영사, 1994, pp. 8-10.
2. J.M. Torrenti, J. Desrues, E.H. Benaija, C. Boulay, “Stereo Photogrammetry and Localization in Concrete under Compression”, Journal of Engineering Mechanics, Vol. 117, No. 7, 1991, pp. 1455-1465.
3. Hanajik, M., and Ruud, G. Van Vliet, “Real Time Image Processing for Fast Sean Tracking”, Springer-Verlag, Computer Analysis of Images and Patterns, 1993, pp. 698-705.
4. Streilein, A., “Digital Architectural Photogrammetry and CAAD for Digital Three-Dimensional Restitution”, 1995, pp. 1-3.