

# Reconstruction of body contour with digital camera image

*Dept. of Radiation Oncology Asan Medical Center*

KT Kwon, CM Kim, TY Kang, CS Park, HK Song

## I. Purpose

It is essential to have the correct body contour information for the calculation of dose distribution. The role of CT images in the radiation oncology field has been increased.

But there still exists a method to use cast or lead wire for the body contour drawing. This traditional method has drawbacks such as in accurate and time consuming procedure. This study has been designed to overcome this problem.

## II. Materials and Methods

A digital camera is attached to a pole which stands on the opposite side of the gantry. Positional information was acquired from an image of the phantom which is specially designed for this study and located on the isocenter level of the simulator. Laser line on the patients skin or on the phantom surface was digitized and reconstructed as the contour. Verification of usefulness this technique has been done with various shape of phantoms and a patients chest

## III. Results and Conclusions

Contours from the traditional method with the cast or lead wire and the digital image method showed good agreement within experimental error range. This technique showed more efficient in time and convenience. For irregular shaped contour, like H&N region, special care are needed. The results suggest that more study is needed. To use of the another photogrammetry technique with two camera system may be better for the actual clinical application

## I. 서 론

방사선치료는 주위 정상조직의 장해를 최소화하면서 종양조직에 최대선량을 투여하였을 때 극대화된 치료효과를 나타낸다. 최근에는 C-T, MRI, PET등 장비의 눈부신 발전으로 인하여 종양의 모양이나 크기 및 위치 등을 정확히 구별할 수 있으며 또한 치료방법(3-D, SRS, IMRT..)의 발달로 인하여 최적화된 치료를 적용하여 완치율이 향상되고 있다.

하지만 현실적으로 아직도 신체부위에 따라 직접 신체 단면도를 제작한후 진단용C-T나 MRI의 영상에 의존하여 GTV, CTV, PTV, organ을 표시하고 있다. 치료계획 수립시에는 여러 가지 사항들을 고려하여 C-T simulatoin을 하거나 2-D simulation을 하여 치료 조사범위를 결정하는 것이 일반적이다.

2-D simulatoin시에 기본이 되는 신체단면도를 제작하는데 있어서 불편함과 제작과정에서 일어나는 오차를 최소화하고 simulation시간을 조금이라도 단축할 수 있는 방법을 추구하기 위하여 digital camera를 이용한 신체단면도 획득을 시도하였다. digital camera의영상을 기하학적으로 해석하여 획득한 영상의 왜곡을 최소화한후 실제 단면도와 비교하여 정확성의 신뢰도를 검토하였다. 단면도의 실제값(cm)과 간단한 수학기공식을 이용한 digital 영상의 계산값 (cm)을 비교 검토하였다.

사진 영상의 측정은 사진과 렌즈의 투영중심 그리고 대상물과의 기하학적인 관계를 고려하여 대상물이 지니고 있는 특성을 분석하는 것이며, 사진의 기하학적인 원리는 투영중심이며 이때 사진의 상은 대상물로부터 반사된 빛이 렌즈의 중심을 통하여 나타나게 된다.

## II. 대상 및 방법

본원에서 치료받고 있는 환자1명과 서로 다른 실험용 phantom을 제작하여 모두 5건의 실험과정을 거쳤다. simulation 후 신체단면도가 필요한 경우 그림(fig-1)과 같이하여 QA용 sample사진을 촬영한다.

이때 항상 거리가 일정하게 하여야 하는 만큼 이를 유지할 수 있는 도구를 그림( fig-2)과 같이 제작한 후 mount에 장착하여 digital camera를 이용하여 영상을 얻는다.

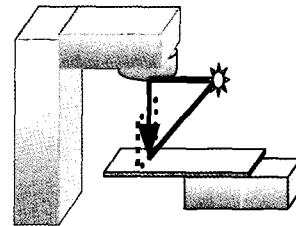


Fig 1. Geometric location of camera

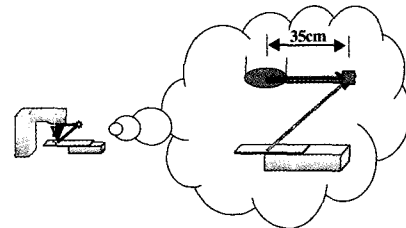


Fig 2. Camera location

QA용 sample사진(fig-3)은 매일 새로 찍어 확인할 필요는 없으나 정확성을 기하기 위해서 적어도 일주일 한번정도 기하학적인 상태 등을 확인하였다.

영상은 다음과 같은 공식에 의해 단면도의 계산값을 구하였다.



Case2. 한눈에 실제값을 확인할 수 있는 모눈종이로 제작한 phantom으로 위와 같이 실험해 보았다.

fig-6의 영상뿐만 아니라 모든 실험의 영상은 45도 경사를 가지고 촬영한 상이므로 좌.우 상방

향에서 심하게 왜곡되어 있는 현상을 볼 수 있다. 본 실험에서 가장 중요하게 다루어져야 할 부분으로 모든 기하학적 현상을 고려하여 평면상화 하여야 한다.

Table 2. Calculated value by formula

X <sub>0</sub>	Y <sub>0</sub>	L	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	x <sub>-mag</sub>	y <sub>mag</sub>					
0.0326	0.4098	1.22.29	0.372	0.372	1.5652	1.6854					
cos.(theta)	sin.(theta)	X <sub>m</sub>	Y <sub>m</sub>								
1	0	1.2957	1								
			Theta Transform		X <sub>-Y</sub> demag		QA Phantom				
	x	y	x <sub>.theta</sub>	y <sub>.theta</sub>	x <sub>de-mag</sub>	x <sub>-adjust</sub>	y <sub>de-mag</sub>	X	Y		
1	-11.0	-7.3	0	-7.3	-7.3	-7.3	0	-11	0		
2	7.0	4.2	0	4.2	4.2	4.2	0	7	0		
3	-11.1	-9.1	8.9	-9.1	-7.023	-7.3	8.9	-11	15		
4	7.15	5.8	8.9	5.8	4.4765	4.2	8.9	7	15		
5	-5.10	0	0	0	0	0	0	0	4.261	0	
6	5.10	0	0	0	0	0	0	0	4.261	0	
7	-5.20	0	0	0	0	0	0	0	4.261	0	
8	5.20	0	0	0	0	0	0	0	4.261	0	
								계산값 X	계산값 Y	실제값 X	실제값 Y
								0	-10.22	0	0
								2.9	-10.07	4.8876	-10
								2.9	-6.996	4.8876	-7
								6.1	-7.094	10.281	-7
								6.1	-4.035	10.281	-4
								8.9	-4.114	15	-4
								8.9	2.047	15	2
								5.8	2.1126	9.7753	2
								5.8	4.3436	9.7753	4
								5.8	6.3121	9.7753	6
								3.4	6.3082	5.7303	6
								3.4	10.527	5.7303	10
								1	10.906	1.6854	10
								1	12.951	1.6854	12
								0	12.948	0	12
								0	-3.574	0	0

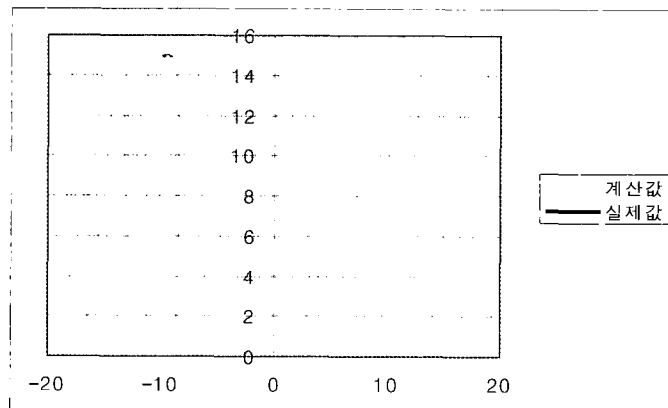


Fig 7. Calculation and true value

Case3~4. 실제 환자에게 적용하기 전에 신체와 유사한 모양의 phantom를 제작하여 진행한 실험으로 32개의 계산 점 중에서 2개 지점에서 약4cm, 1.5cm의 오차를 보였다.

이는 case1의 결과를 고려하여 볼 때 측정상의 오류로 판단된다.

이러한 점으로 미루어 요철이 심한 H&N등에서 적용하기에는 다소 무리가 있을것으로 보인다.

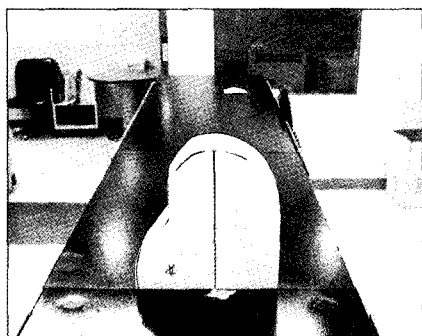


Fig 8. phantom

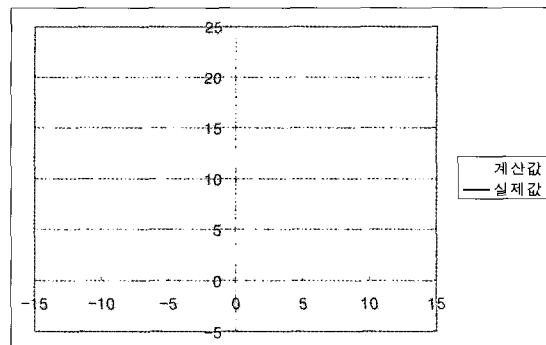


Fig 9. Calculation and true value

Table 3. Calculated value by formula

X0	Y0	L	mx	my		x-mag	y-mag		
0.032566	0.409828	122.2852	0.371972	0.371972		2.654867	2.727273		
cos(theta)	sin(theta)	Xm	Ym						
1	0	1.141593	1						
			Theta_Transform		X_Y_demag			QA_Phasm	
		x	y	x_theta	y_theta	x_de-mag	x-adjusted	y_de-mag	X Y
1.	-15.0	-5.7	0	-5.7	0	-5.7	-5.7	0	-15 0
2.	15.0	5.6	0	5.6	0	5.6	5.6	0	15 0
3.	-15.30	-6.5	11	-6.5	11	-6.693798	-5.7	11	-15 30
4.	15.30	6.4	11	6.4	11	5.806202	5.6	11	15 30
	0	0	0	0	0	0	0	0	4.132743 0
	0	0	0	0	0	0	0	0	4.132743 0
	0	0	0	0	0	0	0	0	4.132743 0
	0	0	0	0	0	0	0	0	4.132743 0
									계산값, X
									계산값, Y
									실제값, X
									실제값, Y
	-4.4	0	-4.4	0	-4.4	-4.4	-4.4	0	-11.8 0
	-4.5	1.5	-4.5	1.5	-4.414759	-4.415605	1.5	4.090909	-12 3.9
	-4.1	2.5	-4.1	2.5	-3.972175	-3.973564	2.5	-10.41659	-11.1 6.6
	-2.1	3.75	-2.1	3.75	-2.00933	-2.005414	3.75	-5.191365	-9.05 9.1
	-2.6	4	-2.6	4	-2.472686	-2.474941	4	-6.437886	-8.9 11.2
	-2.6	6	-2.6	6	-2.413592	-2.416975	6	-6.284004	-6.6 16.7
	-1.9	7.1	-1.9	7.1	-1.740896	-1.744899	7.1	-4.499732	-4.7 20.2
	-1.1	7.7	-1.1	7.7	-1.000805	-1.005146	7.7	-2.535786	-2.95 21.7
	0	7.9	0	7.9	0.004454	-0.004454	7.9	0.120919	21.54545 0
	1.3	7.7	1.3	7.7	1.18277	1.178429	7.7	3.261315	21 4
	2.35	7	2.35	7	2.155756	2.15181	7	5.845513	19.09091 6.9
	3.4	5.9	3.4	5.9	3.160012	3.156686	5.9	8.513325	16.09091 8.6
	3.65	5.2	3.65	5.2	3.421015	3.418083	5.2	9.207301	14.18182 9.4
	3.8	4.6	3.8	4.6	3.587574	3.584981	4.6	9.650391	12.54545 9.7
	3.7	2.9	3.7	2.9	3.566853	3.565218	2.9	9.597923	7.909091 9.6
	3.6	0	3.6	0	3.6	3.6	0	9.690265	0 9.5
	0	0	0	0	0	0	0	0	0 1.32743

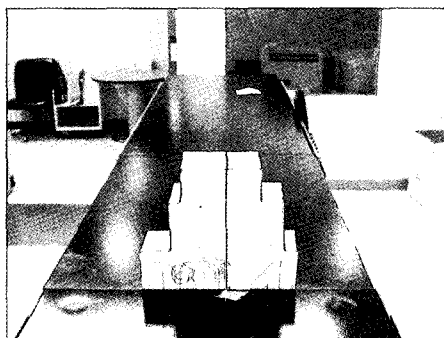


Fig 10. phantom

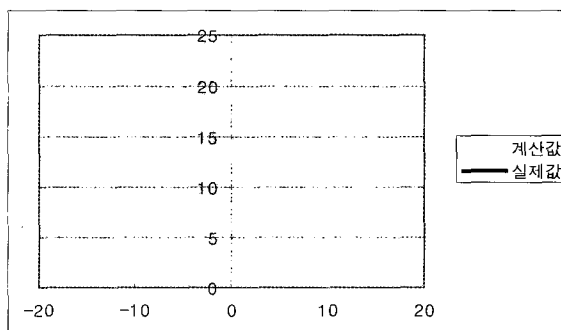


Fig 11. Calculation and true value

Case5. 이상과 같이 phantom으로 실험을 거친 후 실제 lung환자의 C-T영상을 이용한 신체 단면도와 digital 영상을 이용한 신체 단면도를 비교 해보았다.  
 처음부터 QA용 sample사진과 환자의 사진을 촬영하여 공식에 의한 측정값과 계산값 그리고 실

제값을 비교하였다.

위의 phantom에서의 결과와 같이 실험적 허용오차 범위 내(0.1~0.9cm)에서 잘 일치함을 알 수 있었다.



Fig 12. Patient setup

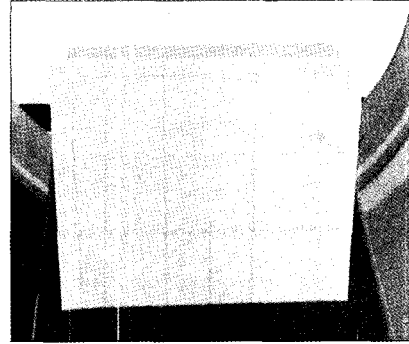


Fig 13. Phantom for QA

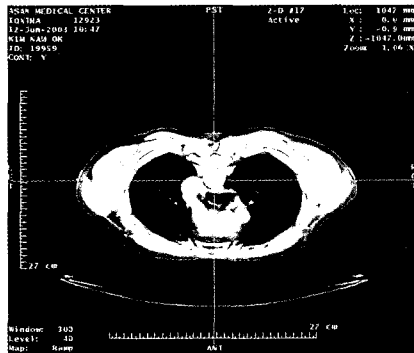


Fig 14. C-T image

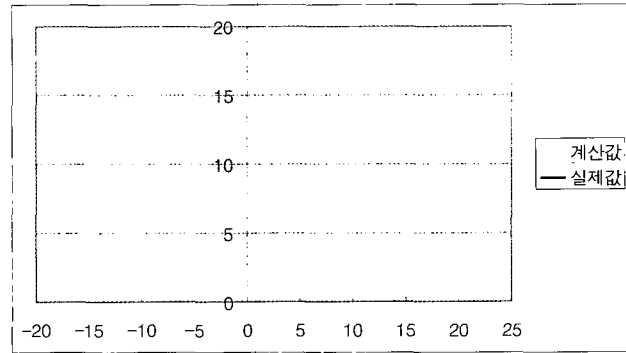


그림 15. Caculation and true value

Table 4. Calculated value by formula

X0	Y0	L	mx	my	x-mag	y-mag				
0.0326	0.4098	122.29	0.372	0.372	2.6549	2.7273				
cos(theta)		sin(theta)		Xm	Ym					
1	0	1.1416	1							
Theta Transform		x.theta		y.theta		X.Y de-mag		QA Phantom		
1	-15.0	5.7	0	5.7	5.7	5.7	0	-15	0	
2	15.0	5.6	0	5.6	5.6	5.6	0	-15	0	
3	-15.3	6.5	1.1	6.5	5.694	5.7	1.1	-15	3	
4	15.30	6.4	1.1	6.4	5.682	5.6	1.1	-15	3	
	0	0	0	0	0	0	0	4.1327	0	
	0	0	0	0	0	0	0	4.1327	0	
	0	0	0	0	0	0	0	4.1327	0	
	0	0	0	0	0	0	0	4.1327	0	
	0	0	0	0	0	0	0	4.1327	0	
	-6.5	1.8	-6.5	1.8	-6.353	-6.354	1.8	계산값 X	계산값 Y	실제값 X
	-6.5	1.8	-6.5	1.8	-6.353	-6.354	1.8	-17	4.9091	실제값 Y
	-6.5	0	-6.5	0	-6.6	-6.6	0	-17.39	0	-17.1
	-5.7	1.9	-5.7	1.9	-5.564	-5.565	1.9	-14.64	5.1818	-14.3
	-3.1	2.8	-3.1	2.8	-2.992	-2.994	2.8	-7.815	7.6364	-8
	0	2.5	0	2.5	0	-0.001	2.5	0.129	6.8182	0
	2.5	3	2.5	3	2.407	2.4054	3	6.5186	8.1818	6.1
	5.3	2.3	5.3	2.3	5.1476	5.1463	2.3	13.795	6.2727	13.3
	7.4	0	7.4	0	7.4	7.4	0	19.779	0	18.6
	7.4	0	7.4	0	7.4	7.4	0	18.2	0	17.3
	0	0	0	0	0	0	0	17.1	5.1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0.1327	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0.1327	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0.1327	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0.1327	0	0

#### IV. 결론 및 고찰

각 case별 평균 오차율을 보면 아래 Table-5와 같다.

Table 5. Error by case(cm)

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
계 산 값	16.78	9.23	6.78	7.89	12.25
실 제 값	16.61	8.83	7.11	8.21	11.86
오 차	+0.17	+0.4	-0.33	-0.32	+0.39

4MV의 SAD치료에서 신체단면도가 1cm의 오차시 약 4.6%, 16MV의 SAD치료에서는 약 2.9%의 조사선량의 변화가 있다고 보고되어 있으며 목적인 선량을 정확히 투여하기 위해서는 결국 오차가 없는 신체단면도의 제작이 무엇보다도 중요하다. 실험결과(Table-5)에서 보았드시 계산값과 실제값의 오차는 실험적 오차 범위( $\pm 0.5\text{cm}$ ) 내에 들어 왔으며 환자가 없는 시간에 camera의 영상을 이용하여 신체단면도를 제작함으로써 순수한 모의 치료 시간을 단축 할 수 있었다.

몇 가지 단점으로는 camera의 zoom과 focus등 조건을 기하학적으로 항상 일치시켜야 한다는 점이다. 향후 조건식을 좀 더 수정 보완하고 두 대 이상의 camera영상을 이용하여 왜곡보정을 정확히 한다면 H&N이나 center line 아래 부분의 단면도 제작시 발생하는 문제점 해결이 가능해지고 이를 program화하여 짧은 시간에 신체단면도를 출력해 낼 수 있으리라 본다.

#### 참고문헌

1. 김영일. 방사선치료, 신광출판사.
2. Bentel Gunilla Carleson : Treatment planning and dose calculation in radiation oncology 4th ed, 83-85, 1989

# Digital Camera의 영상을 이용한 신체 단면도 제작

서울 아산병원 방사선 종양학과

권경태, 김정만, 강태영, 박철수, 송흥권

## I. 목 적

방사선치료를 함에 있어서 체내의 선량분포를 알기 위해서는 정확한 신체 단면도 제작이 반드시 필요하다. 최근에는 종양과 주변부위와의 관계가 명확하게 나타나는 C-T 영상이 치료계획에 많이 이용되고 있다. 하지만 아직도 석고나 납줄등을 이용하여 수작업으로 신체 단면도를 그리는 경우가 대부분이다. 그러나 이러한 방법은 옮기는 과정에서의 오류등으로 정확성의 신뢰도에 문제가 있고 소요시간이 길다는 단점이 있어 이를 개선하기 위해 digital 영상을 이용한 신체 단면도 제작을 시도해 보았다.

## II. 대상 및 방법

digital camera를 이용하여 center line의 axial laser가 지나가는 면의 caudal쪽에서 center방향의 사진과 동일지점에서 QA용 phantom의 사진을 촬영한 후 image를 scanning한다.

삼각함수의 기본적인 원리를 이용하여 오차 범위를 최소화하였으며 각 지점의 X, Y좌표를 구하여 실제적인 크기의 신체 단면도를 완성하여 보았으며 여러 가지의 모양의 sample용 phantom과 실제 chest의 환자에게 적용하여 보았다.

## III. 결과 및 결론

기존의 납줄을 이용하여 제작한 신체단면도와 digital영상을 이용하여 제작한 신체단면도를 비교, 검토한 결과 오차범위가 실험적 오차에 있을 정도로 큰 차이가 없어 시간에 구애받지 않고 제작할 수 있는 이 방법이 보다 더 효율적이였다.

하지만 H&N등 요철이 심한 경우에 사용할 경우에는 보다 더 세심한 주의가 필요하며 영구적으로 사용하기 위해서는 두 개 이상의 camera 영상을 이용하는 photogrammetry기법의 도입 등, system적으로 좀더 수정 보완되어야 할 것으로 사료된다.