

1.삼차원 화상처리 계측시스템

일본 EHIME 대학 생물환경정보시스템학 Hashimoto (橋本康)교수 연구실에서 개발한 식물체 삼차원형상을 계측하기 위한 장치와 계측센서 부분에는 레이저 변위계를 부착시킨 x-y 아암로봇, 그리고 삼차원 화상처리를 소개하고자 한다.

레이저 삼차원 계측장치는 指向性, 單色性, 可干涉性, 高光輝度性 등의 장점으로 다른 센서에서는 불가능한 기능을 가지고 있다. 또한, 0.01mm 간격으로 이동할 수 있는 x-y 로봇과 조립하므로써 정밀도가 높은 계측장치를 구축할 수 있다. 각 계측장치와 제어장치는 현대의 컴퓨터에 의해 원격조정이 가능하고 얻어진 식물체 삼차원 형상데이터는 LAN (local area network)을 이용하여 삼차원 화상처리 시스템으로 전송한다. 그러나, 레이저거리계 (laser distance)에 의해 계측된 데이터는 필요 없는 많은 데이터를 포함하고 있어서 이 데이터를 직접 컴퓨터 처리하기에는 계산속도면에서도 정보통신면에서도 많은 문제를 안고 있다. 또한 인공현실감 (virtual reality)에서 사용하기 위해서는 고속으로 거리계 (distance)화상을 처리할 수 있어야 하고 짧은 시간에 많은 정보통신이 이루어질 수 있는 데이터 처리가 필요하다. 그렇게 하기 위해서는 빠른 속도로 식물체형상의 특징을 추출할 수 있는 알고리즘 (algorithm)의 개발이 필요하다.

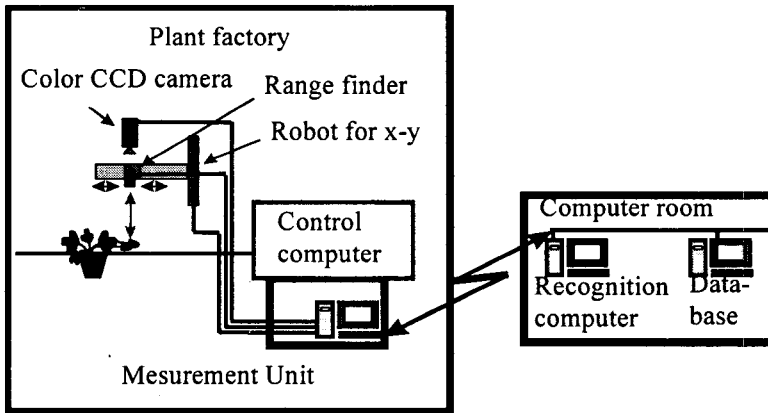


그림 1 삼차원 화상계측시스템

그림 1 은 실험실에서 삼차원 화상계측시스템을 구축하기 위한 range 센서와 컴퓨터시스템을 나타낸다. 이것은 레이저변위계 (KEYENCE), x-y 로봇(YAMAHA), 주제어장치 (NEC PC), 원격조정장치 (PC/AT 기종)로 구성되어 있다. 또한 계측대

라스틱 상자속에 넣고 계측하는 것이 바람직하다. 실험실에서 계측된 데이터는 컴퓨터실로 전송되고 계측한 데이터를 처리하기 위해 컴퓨터실의 PC/AT 컴퓨터와 인디고 II (INDIGO II)을 이용하여 삼차원 화상처리시스템을 구축한다. 이때 삼차원 화상처리시스템의 하드웨어는 work station (WS) 인디고 II (Silicon Graphics)와 퍼스널컴퓨터 (PC/AT)를 사용하고 있다. 또한, 삼차원 화상처리 시스템의 소프트웨어는 인디고 II 상에서는 Alias (SGI)와 World Tool Kit (WTK, SENSE8)을 사용하고 PC/AT 상에서는 World Tool Kit (WTK, SENSE8)와 Visual Basic (Micro Soft 社) 을 사용하여 알고리즘을 작성한다.

2. 삼차원 화상처리시스템의 사용기기

1) 레이저 변위계(KEYENCE)

계측물 z 축방향의 위치를 고정밀도로 계측하기 위해서 반도체 레이저변위계를 사용한다. 대상물의 필요에 따라 레이저변위계를 사용하는데 이때 사용되는 2 종류의 기능을 표 1 에 나타냈다. 고정밀도가 요구되는 대상물에는 형식 LC-2450 레이저변위계를 사용하는 것이 좋다. 이때 최소 spot 경은 45× 20 μm 이고 측정범위는 16 mm, 정밀도는 0.1 μm 이다.

표 1 레이저 변위계의 기본기능

	고정밀도 측정	광범위 측정
형식	LC-2450	LB-60
최소Spot경	45× 20 μm	1.0× 2.0mm
측정범위	± 8mm	± 40mm
정밀도	0.1 μm	10 μm
작동범위	50mm	100mm
광원	반도체레이저	반도체레이저

2) x-y 로봇

로봇에 레이저변위계를 부착하여 계측물의 x, y 축방향 위치를 계측하기 위해서는 정밀도가 0.01mm 이하의 움직임이 가능한 수평수직형 x-y 로봇(YAMAHA)을 사용한다. 표 2 는 x-y 로봇의 기본기능을 나타냈다. 구동방식은 X 축, Y 축으로 이동할 수 있는 servomotor 를 사용하고, 이동거리량은 X 축방향으로 850mm, Y 축방향으로 450 mm 이며, 이동속도는 X 축 Y 축방향으로 1000 mm/sec 이다.

조립형태	Arm, XZ형태
자유도	X축, Y축
구동방식	X축, Y축: Servomotor
작동거리	X축:850mm Y축:450mm
최고속도	X축:1000mm/sec Y축:1000mm/sec
표준Cycle time	1.2sec(1-12-1 inch)
모타	X축, Y축:80W/75V
Encoder	광학식rotary encoder 1000pules/rev
원점검출방식	근접센서방식
원점위치	고정방식
감속기구	X축, Y축
Travel limit	Soft limit
중량	30kg

3) 주제어장치

레이저변위계와 x-y 로봇을 제어하기 위한 주제어장치의 구성은 NEC PC-98XL²을 사용하였고, CPU는 Intel I386을 내장하고 있다. 또한, RS-232c Interface를 4系統으로 확장하고 그 중에서 3개를 x-y 로봇제어, 레이저변위계 입력, 원격조정장치와 교신 등에 연결하여 주제어장치를 구성한다.

4) 인디고 II (INDOGO II)

인디고 II는 레이저변위계와 x-y 로봇에 의해 얻어진 데이터를 빠른 속도로 삼차원 화상처리를 할 수 있는 Silicon Graphics 社의 컴퓨터이며, CPU는 MIPS R400의 150 Mhz을 내장하고 있고 메모리는 64 MB이다. 그래픽시스템으로는 삼차원 화상처리용 XZ Graphics Sub 시스템을 내장하고 있다. 또한, operating system (OS)은 IRIX Vision 5.2을 사용하고 있다.

5) ALIAS

Alias Research 社가 개발한 워크스테이션용으로 사용되는 삼차원 graphic tool이다. 주요 특징으로는 모델링, 애니메이션, 투시도, 완성예상도 기능 등을 가지고 있고, 최신 삼차원 그래픽 처리기능을 가지고 있다. 또한 다른 여러 가지 CAD Tool과 호환성을 가지고 있다.

6) World Tool Kit (WTK)

World Tool Kit는 공간제어, 가상의 대상조작, 센서 driver, light 제어 등의 500가지 이상의 라이브러리로 구성되어 있고, 이들을 구성하여 애플리케이션 프로그램

수 있다. 또한, WTK 는 PC 에서는 DOS 와 Windows 에 호환성을 가지고 있고, 워크스테이션에서는 SGI 의 INDY, INDOGO, ONYX 에 호환성을 가지고 있으며, 높은 정밀도의 화상처리를 빠른 속도로 할 수 있다.

7) 송수신장치와 원격조정장치

그림 2 와 3 은 식물체의 계측시스템의 송수신장치와 원격조정장치, 그리고 모델화를 하기위한 화상처리시스템이다. 식물체 계측을 하여 RS-232c 에 의한 serial 전송 (serial transmission)과 LAN (local area network)을 이용하여 계측된 데이터를 컴퓨터실에 전송한다. 이들 데이터는 컴퓨터실에서 화상처리와 모델화가 이루어진다. 여기에서 serial 전송은 계측된 데이터를 한 개 회선을 사용하여 순서적으로 보내는 방식으로 parallel 전송보다는 전송속도가 늦다. parallel 전송은 계측된 데이터를 여러 개 회선을 사용하여 동시에 보내는 방식을 말한다.

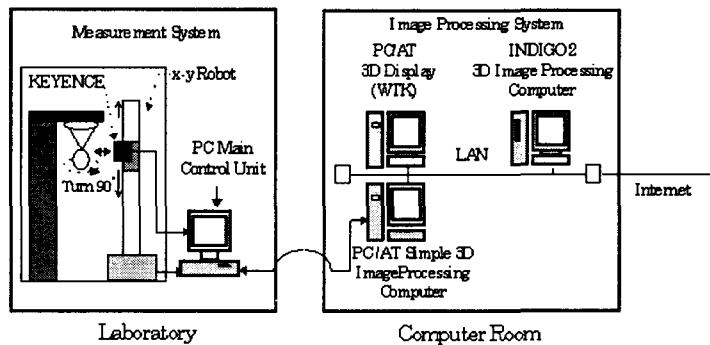


그림 2 식물체 계측시스템 송수신장치

계측시스템의 구성을 보면 컴퓨터실에 있는 원격조정장치를 사용하여 계측을 시작하라는 제어신호를 주제어장치에 송신한다. 주제어장치는 제어신호를 수신하여 레이저변위계 제어장치와 x-y 로봇 제어장치를 작동시킨다. 제어신호의 명령에 따라서 대상물의 삼차원계측을 시작한다. 원격조작은 실험실, 첨단유리온실 및 식물공장에 설치된 계측장치를 원격지에서 제어하는 것이 목적이고, 컴퓨터실에 있는 PC/AT 와 실험실 또는 식물공장에 있는 컴퓨터(PC98)를 RS-232c 케이블로 연결하여 x-y 로봇을 제어하고 있다. 여기에서는 RS-232c 에 의한 serial 전송 (serial transmission)을 이용하고 있지만 머지않아 ISDN (integrated services digital network)으로 교환되어 원격지에서 통신과 제어가 자유롭게 될 것이다.

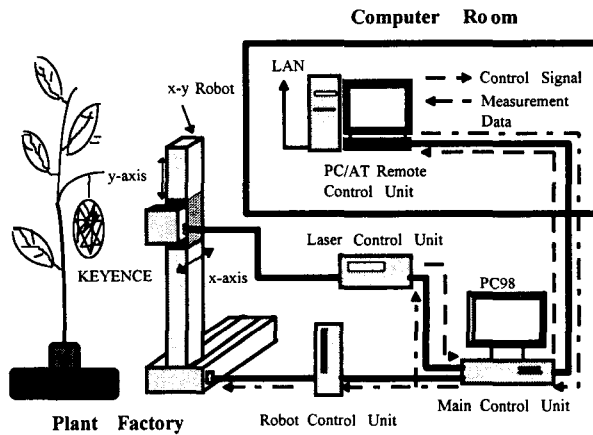


그림 3 식물체 계측시스템 원격조정장치

3. 식물체의 3D 화상처리 모델화

그림 2, 3 에서 광레이저 변위계로 계측하여 얻어진 삼차원 데이터를 바탕으로 3D 화상을 구성한다. 이것을 인공현실감 (virtual reality)에 사용하기 위해서는 계측 특징점을 추출하고 데이터를 간략화하는 것이 좋다.

화상처리 시스템에서 식물체의 모델화 과정은 계측데이터를 LAN (local area network) 을 이용하여 인디고 II 와 PC/AT 기종에 전송하고 이들의 컴퓨터에서 화상처리를 하고 식물체의 모델화를 한다. 우선, 좌표데이터를 연결하는 polygon 처리를 한 다음, NFF 데이터를 작성한다. 이에 의해 PC/AT 상에서 World Tool Kit 로 식물체의 삼차원 데이터를 간이적으로 표시가 가능하게 된다. 또한, PC/AT 상에서 복잡한 데이터처리를 할 수 없기 때문에 NFF 데이터를 DXF 데이터로 변환시켜서 인디고 II 상에서 Graphics Tool Alias 를 이용하여 고도화상처리를 한다.

그림 4 은 정밀도를 변화시켜서 삼차원 화상처리한 예를 나타내고 있다. 이것은 정밀도를 0.1mm 와 0.2mm 간격으로 계측한 꽃의 모양을 나타내고 0.1mm 간격으로 계측한 경우에는 정밀도가 높은 화상이 얻어졌지만, 0.2mm 간격에서는 정밀도가 떨어지는 것을 알 수 있다.

표 3 은 계측범위 및 정밀도에 대한 데이터량, 그리고 계측시간을 나타냈다. PC/AT 상에서의 World Tool Kit 로는 계측점을 삼각형으로 연결하는 polygon 수를 약 18,500 개까지 밖에 입체표시를 할 수 없고, 그 이상의 polygon 수는 데이터량이 많아서 표시가 불가능하다. 또한, work station (WS)의 인디고 II 에서도 계측범위가 40× 40 mm, 정밀도가 0.1 mm 에서는 삼차원 화상처리가 불가능하다.

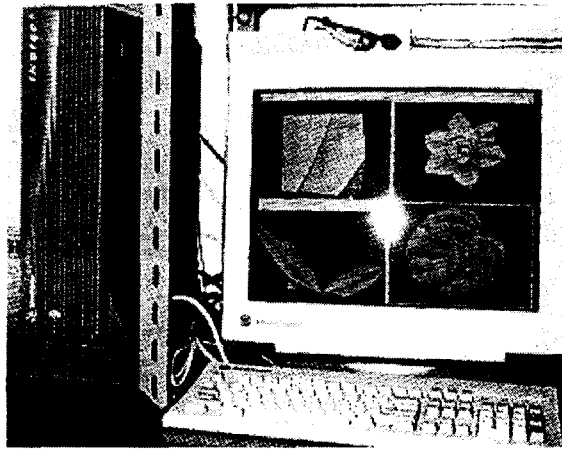


그림 4 인디고 II 상에서 Graphics Tool Alias

표 3 계측범위와 정밀도에 대한 데이터량과 계측시간

계측범위 (mm)	정밀도 (mm)	포인트 수	계측데이터 (KB)	NFF데이터 (KB)	DXF데이터 (KB)	계측시간 (H)
1× 1	0.01	10000	142	675	5572	0.32
	0.02	2500	35	159	1348	0.09
10× 10	0.10	10000	142	675	5572	0.41
	0.20	2500	35	159	1348	0.11
20× 20	0.10	40000	613	2972	21715	1.50
	0.20	10000	142	675	5572	0.43
30× 30	0.10	90000	1414	6829	51956	3.25
	0.20	22500	336	1628	12761	0.96
40× 40	0.10	160000	2425	11711	87832	7.02
	0.20	40000	613	2972	21715	1.99

이 계측시스템 문제점은 첫째로 일반적으로 식물체는 시간에 따라서 성장하기 때문에 계측시간이 문제시 되고 있다. 계측시스템 프로그램에서는 가장 높은 정밀도의 경우에 한시간에 30000 포인트 계측이 가능하며, 낮은 정밀도 경우에도 많은 시간이 소요되는 문제점을 안고 있다. 이를 보완할 수 있는 계측방법과 프로그램 개선이 요구되고 있다. 두 번째로 식물체 형상은 매우 복잡하며 엽과 엽이 중복되었을 때 등 여러 가지 면에서 알고리즘 개발과 검증이 필요하다. 또한, 계측점의 정보량이 많으면 화상처리 시간이 길어지기 때문에 이에 대한 보완점도 필요하다.

식물체 삼차원 형상계측과 입체 화상표시는 레이저변위계 정밀도를 높임으로써 계측된 출력데이터는 이후의 인공현실감(virtual reality)을 이용한 현장감넘치는 생장 시뮬레이션과 식물 진단시스템을 구축하는데 있어서 중요한 데이터가 될 것이다.

1) 삼차원데이터에서 모델을 작성하기 위한 알고리즘

레이저변위계로 측정한 삼차원데이터에서 모델을 작성하기 위한 알고리즘을 대해 알아본다. 여기에서는 2가지 방법으로 한다. 첫째로, 압축알고리즘과 비교하기 위해서 압축을 하지 않고 측정데이터를 그대로 사용하여 모델을 작성하고, 둘째로, 특징점을 추출하고 데이터를 압축하기 위해서 알고리즘을 개발하고 모델링을 한다. 이것은 압축 알고리즘에는 다면체근사를 사용한 것과 3각형에 의한 분할을 이용한 것의 2종류를 비교해 본다.

(1) 측정장치

앞에서 전술한 시스템은, 측정정밀도는 높지만 측정범위가 최대 40mm×40mm×20mm로 좁고, 과일 등을 측정하기에는 적당하지 않다. 여기에서는 측정범위가 넓은 대상물을 이용하기 위해, 측정장치의 개선하고, 사용한 레이저 센서의 정밀도는 0.01 mm로 한다.

2) 계산 알고리즘

(1) 거리화상

그림 5는 레이저측정에 의해 얻어진 입방체의 거리화상 예이다. 이 화상은 입방체(立方體)를 측정한 것이고, 측정점의 수는 200×200×200 포인트이다.



그림 5 레이저측정에 의해 얻어진 입방체의 거리화상

이 측정데이터를 이용하여 동일 평면이 되는 점은 결합함으로써 삼차원의 물체를 작성한다. 이 거리화상은 XY평면에 있어서 레이저 변위계의 출력 축 방향 값을 「밝기」로서 나타낸 것이다. 이것은 일반적으로 텔레비전 카메라와 같이 2차원 배열 데이터이기 때문에 용이하게 취급할 수 있고, 또한 대상물체 삼차원형상을 직접 반영한 것으로 복잡한 것과 애매한 것은 포함하고 있지 않다. 이 때문에 신뢰성이 요구되는 삼차원 형상 인식으로는 유효하다고 볼 수 있다. 그러나, 이 데이터를 그대로 알고리즘 처리에 사용할 경우 컴퓨터인 메모리 용량과 처리속도의 문제로 보통 사용되는 work station에서는 삼차원 형상을 인식하는 일은 곤란하다. 이를 위해 거리화상에 특징데이터를 추출하고,

간략적인 삼차원모델을 만들기 위해 새로운 알고리즘 개발이 필요시 된다.

(2) 계측데이터의 모델링

레이저 변위계로 계측한 데이터에서 압축을 하지 않고, 좌표데이터를 연결하는 polygon (多角形)처리를 하여 World Tool Kit (WTK) 등에서 삼차원 형상표시를 한다. 삼차원 데이터는 World Tool Kit의 NFF상에 데이터를 배열하여 Visual Basic을 이용하여 작성한다. 이것에 의해 World Tool Kit상에서 식물체인 삼차원 표시가 가능하게 된다.

(3) 알고리즘

삼차원형상처리를 고속으로 하기 위해서 알고리즘 작성을 Murase와 Satou의 방법을 인용하여 작성한다. 우선 계산에 사용되는 threshold를 결정한다. 그림 6에 나타낸 것 같이, L 은 식물체의 최대장에 의해 결정한다. l 은 근사시킨 평면과 계측한 물체와의 오차이고, parameter l/L 이 처음에 결정한 threshold보다 작게 될 때까지 계산을 반복하고, 새로운 점 P_i 와 점 O_i 을 구한다.

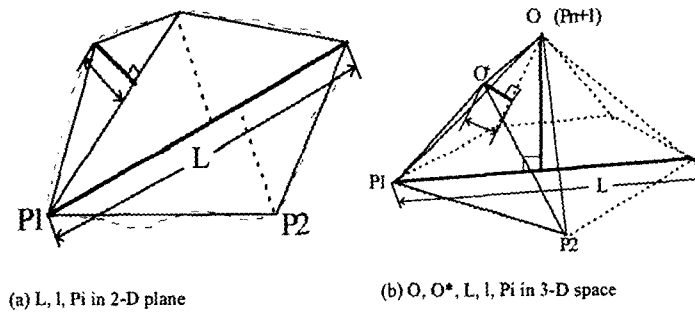


그림 6 근사시킨 평면과 계측한 물체와의 오차 관계

그림 7은 실제의 농산물을 다면체근사 알고리즘을 응용하여 작성한 삼차원 모델을 나타낸다. 그림 7 (a) 피망, (b) 토마토, (c) 가지, (d) 오이의 모델은 parameter(l/L)을 변화시켜 polygon 집합으로 표시한 것이다. (a)피망은 삼차원 대상물체가 直方體에 가깝고, (b)토마토와 (c)가지에서는 球에 가깝다. 이것들의 경우에는 이 알고리즘을 바탕으로 얻어진 모델이 실제의 대상물을 효과적으로 표현할 수 있다는 것을 알 수 있다. 한편 (d)오이의 삼차원 대상물은 棒형태이다. 이러한 대상물에서는 parameter ($l/L=0.01$)에 있어서는 실제 대상물에 가깝지만, parameter ($l/L=0.05$)에서는 실제 대상물과 크게 다른 것을 알 수 있다. 표 4는 각각의 대상물 모델을 구성하는 포인트수와 polygon수를 나타냈다.

표4 각 대상물의 모델을 구성하는 포인트 수와 polygon 수

		Parameter l/L	Number of points	Polygons
Pimento	Range Image	-	40000	28507
	A	0.01	963	321
	B	0.05	75	25
	C	0.1	24	8
Tomato	Range Image	-	40000	26716
	A	0.01	2340	780
	B	0.05	288	96
	C	0.1	117	39
Eggplant	Range Image	-	60000	56700
	A	0.01	1458	486
	B	0.05	132	44
	C	0.1	45	15
Cucumber	Range Image	-	50000	35602
	A	0.01	1362	454
	B	0.05	111	37
	C	0.1	57	19

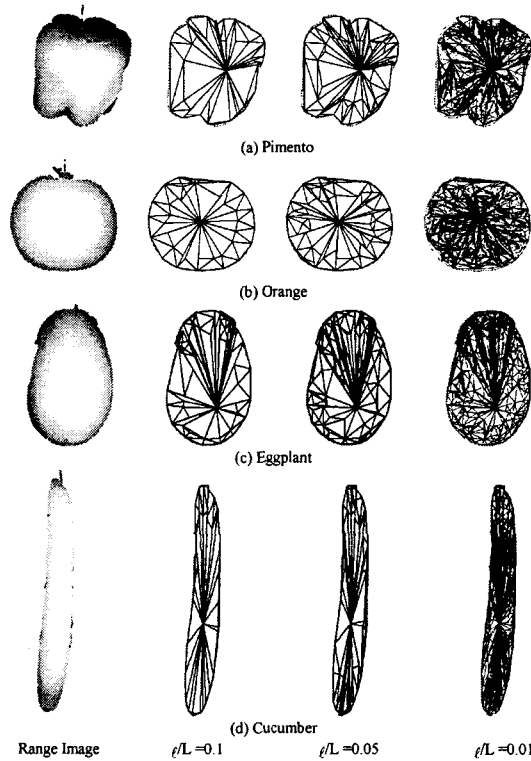


그림 7 다면체근사 알고리즘을 응용하여 작성한 삼차원 모델

5) 결과

일반적으로 삼차원 대상물을 인식하고, 이것을 묘사하는 데는 많고 긴 처리 시간이 필요하다. 또한 모델은 대단히 복잡하고 애매하기도 하다. 그러나

대상목표가 농산물인 경우 모델이 요철상 표면을 가진 多面體 형태로 한정시킬 수 있다. 따라서, 전술한 것 같이 삼차원 대상 모델링 알고리즘을 제안되고, 개발이 가능하게 되었다. 이 알고리즘에서는 식물체 크기에서 모델링 parameter을 유도하기 때문에, 여러 가지 농산물에 있어서 parameter을 변화시키는 것에 대응할 수 있다는 것을 알 수 있다. 그림 7에 나타낸 것같이 모델링에 필요한 처리 시간은 복잡한 피망에 경우에도 10초 이하에서 종료되었고, 보통의 것도 2~5초 정도에서 처리가 가능하다.

이 결과로 개발한 알고리즘에 의한 처리가 고속이고, real time처리에 있어서 사용에 충분히 대응할 수 있다. 여기에서 얻어진 삼차원 모델은 인공현실감을 바탕으로 한 식물공장의 구성에 식물의 데이터로써 이용이 가능하다.

4. 삼차원 화상계측을 이용한 머스크멜론 네트 추출

머스크멜론의 네트발현, 네트발생밀도, 네트 크기 및 높이 등에 대해서는 전혀 평가나 해석이 되어있지 않은 것이 현실이다. 특히 고급 멜론은 네트발생 정도에 따라 시장가격이 크게 달라지고 있어서 머스크멜론 네트발생 정도를 진단하는 기술이 요구되고 있다. 따라서 컴퓨터를 이용한 삼차원 화상계측이 필요하다. 이러한 조건들을 밝히기 위해 레이저거리계와 로봇(x-y축 암로봇)을 활용한 삼차원 화상계측시스템을 이용하여 멜론 과실의 네트를 고정밀도로 삼차원 모델화를 하고, 네트 폭, 높이, 과실이나 품질관계를 평가, 해석하게 된다.



그림 8 멜론네트 3D계측시스템



그림 9 레이저변위계(KEYENCE)

1) 멜론 삼차원 계측시스템

계측시스템은 레이저변위계(KEYENCE) x-y로봇(YAMAHA), x-y로봇제어 컴퓨터(NEC)로 구성되어 있다. 레이저변위계는 Z축방향 위치를 고정밀도로 계측하기 위해 사용되고, x-y로봇은 레이저변위계를 부착한 로봇으로 계측물 x, y축방향의 위치를 계측하기 위해서 정밀도가 0.01mm이하까지 이동이 가능한 수평 직행형이다. 주제어장치에 사용된 컴퓨터는 일본 NEC製 PC-98XL² 이고, CPU는 INTEL I386를 탑재하고 있다. 중앙처리장치와 주변기기를 연결하는 RS-

232c. INTERFACE는 4계통으로 확장하고 로봇제어, 레이저변위계의 입력, 원격조작장치와의 송수신장치에 사용한다 (그림 8, 9).

계측방법은 컴퓨터실에서 원격조작장치를 이용하여 계측개시 제어신호를 주제어장치에 송신한다. 주제어장치는 신호를 수신하여 레이저변위계 제어장치와 로봇 제어장치를 작동시킴으로서 삼차원계측을 시작한다.

계측은 x-y로봇에 의해 x, y축방향의 위치를 출력한다. 여기에서는 삼차원 화상인식에 있어서 머스크멜론 네트 알고리즘 檢定을 목적으로, 계측정밀도로서 x, y축의 계측간격을 0.5mm, 계측범위를 200mm× 200mm, 계측포인트를 $400 \times 400 = 160,000$ 포인트로 한다. 또한, 레이저변위계에 의해 Z축방향 위치를 출력한다. 계측정밀도를 0.1 μ m까지 출력함으로써 고정밀도의 삼차원좌표를 출력할 수 있다. 레이저변위계에 의해 출력된 거리데이터는 전압으로 얻어지기 때문에 A/D변환기를 통하여 실제의 거리값으로 변환한다. 출력된 삼차원데이터는 주제어장치 컴퓨터를 통하여 컴퓨터실의 원격제어장치에 순서적으로 입력되어 보존된다.

멜론재배온실에서 계측하여 컴퓨터실의 원격 제어장치를 이용한다. 입력 보존된 삼차원데이터는 화상처리하기 위해서 컴퓨터실의 PC/AT에 전송되고, 머스크멜론 네트추출을 위한 프로그램은 Visual Basic (Microsoft社)을 이용하여 작성한다.

2) 삼차원 화상처리 시스템의 네트추출

그림 10는 멜론의 삼차원 데이터로부터 네트부분을 추출처리 플로차트이다. 그림11은 삼차원 데이터로부터 네트부분을 추출하기 위한 모델이다. 우선, 계측한 데이터로부터 각 포인트의 z좌표 數値에 주목한다. 이것은 멜론 표면부분과 네트부분에는 z 좌표 수치에 차이가 난다는 것을 예측할 수 있다. 따라서 이러한 특징을 이용한 추출방법을 고안하여, 알고리즘을 작성한다. 멜론 네트부분과 표면부분의 모델을 나타내고, 네트를 추출하기 위해서 표면부분과 네트부분에 있어서 境界인 두 점 X_j, X_{j+1} 을 발견하여 그 2점에서 직선을 그리고, 두 점 사이에 들어있는 계측포인트 (x좌표, z좌표 데이터를 가진 y좌표는 一定하다)로부터 직선까지 거리를 구한다. 이것에 의해서 네트 크기를 구하여 표면부분과 네트부분으로 구분할 수 있다. 따라서 표면부분과 네트부분의 境界点を 찾아내기 위한 점 X_{j+1} 隣接점에 대해 확대한 것을 그림 11의 상부에 나타냈다. 隣接한 계측포인트 3개점을 각각 x_{i-1}, x_i, x_{i+1} (x좌표, z좌표 데이터를 가진 y좌표는 一定)로 한다. 3개점에서 이차곡선을 생각해서 그림과 같이 점 xi위의

接線과 남은 두点 x_{i-1} , x_{i+1} 과의 거리를 수학적으로 구한다. 이 거리가 커진다면 표면부분과 네트부분의 境界点이라고 볼 수 있다. 또한, 각각의 거리를 h_1 , h_2 로 하고, h_1 , h_2 의 값에 주어진 조건을 만족시키는 것을 境界点으로 취급한다. 또한 네트 위의 点을 포함한 3개点에서 이차곡선을 그릴 경우, 위에 凸모양 曲線이 만들어지기 때문에 이것을 고려하여 그림 11에서 나타낸 것과 같이 点 P_1 과 点 P_2 의 Z좌표 數値를 비교한다.

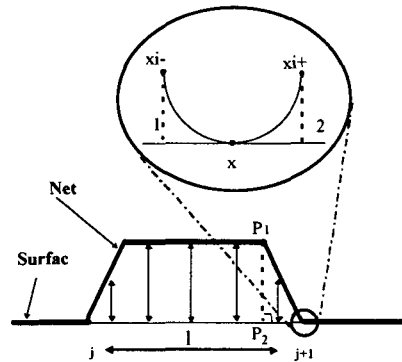
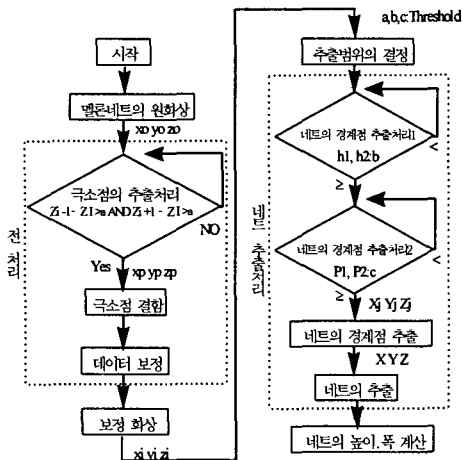


그림 10 삼차원화상처리의 플로차트 그림 11 네트부분과 표면부분의 모델

3) 네트의 추출

그림 11은 계측한 3차원 데이터를 컴퓨터실의 PC/AT에서 데이터를 전송하고 Visual Basic (Microsoft社)을 이용한 프로그램을 개발해서 네트 추출화상을 나타냈다. 멜론 계측범위는 추출범위 200mm× 200mm로 하고, 다시 그 중심에서 50mm× 100mm 범위로 추출한다. 이러한 추출시스템에 의해 멜론 네트폭 및 높이를 추출할 수 있다. 그러나 멜론의 네트에서 보여진 것과 같이 불규칙한 曲線을 정확히 추출하는 것은 용이하지 않다. 또한 이 계측프로그램은 세밀한 부분까지는 추출할 수 없다는 단점이 있다.

4) 네트의 특징

배양액 농도 차이에 따라 각각의 멜론 네트폭 값을 출력하는 것이 가능하고, 네트 비교나 품질평가가 가능하다는 것을 알 수 있다. 네트 占有面積 및 네트폭의 계측값수를 나타내고 서로 다른 3처리의 배양액 농도에 따라 멜론 네트 특징을 관찰할 수가 있다. 원시 $\frac{1}{2}$ 단위구는 원시 $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{2}$ 단위구, 원시 1단위구에 비해 네트의 占有율이 낮아지는 경향을 볼 수 있다(데이터 생략). 이 결과로부터 멜론 네트 특징인 높이나 폭은 施用 배양액 및 농도에 따라서 각각

다르게 나타난다는 것을 알 수 있다. 배양액의 농도가 낮을수록 네트의 占有율은 낮고, 폭이 넓어지는 경향을 나타낸다.

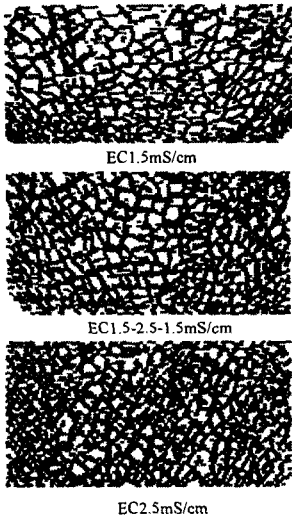


그림 12 멜론네트 3D 추출화상

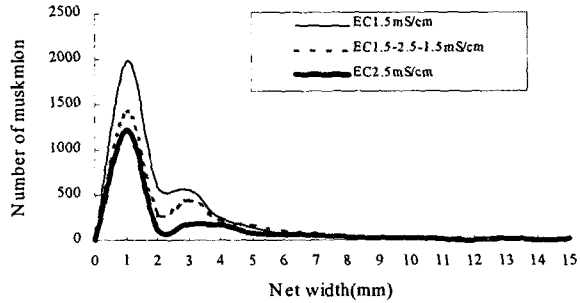


그림 13 네트폭과 갯수

5) 맺은말

레이저변위계 및 x-y로봇을 이용하여 제작한 화상처리시스템에 의해서 멜론 네트 추출과 그 특징을 확인할 수 있었다. 또한 施用 배양액 농도 및 배양액 施用時期를 다르게 하므로써 네트 높이 및 폭의 차이를 확인할 수 있었다. 일반적으로 멜론 네트의 상태에 따라서 과실 품질평가를 하고 있기 때문에 컴퓨터를 이용하여 멜론네트를 진단한 삼차원 화상처리는 앞으로 과실 품질평가에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

그러나, 본 시스템은 2가지 문제점이 있다. 첫째로는 멜론 계측이나 추출처리가 장시간에 걸쳐서 이루어진다는 점을 들 수 있으며, 또한 네트를 추출할 때 네트의 불규칙적인 곡선과 상당히 작은 네트 곡선을 인식할 수 없다는 점이다. 이의 해결방법으로 계측의 정밀도를 높임과 동시에 고속화로 네트추출을 데이터를 높일 수 있을 것이다. 보다 고속화를 추구하고, 네트추출을 향상시키기 위해서는 알고리즘이나 화상계측시스템의 개선도 필요하다. 본 계측에 이용된 삼차원 화상계측시스템은 개선을 요하는 부분도 있지만 효율적인 과실 품질관리 수단으로서 적용이 기대할 만 하다.