

3次元 畫像認識을 이용한 머스크멜론 네트와 果實品質과의 關係

張洪基¹ · 鄭淳柱²

愛媛大學 農學部¹ · 全南大學校 農科大學 園藝學科²

Relationship between Muskmelon Net and Fruit Quality Using Three Dimensional Image Recognition

Jang, Hong Gi and Soon Ju, Chung

¹Dept. of Biomechanical Sys., Coll. of Agr., Ehime Univ., Matsuyama 790, Japan

²Dept. of Hort., Coll. of Agr., Chonnam Nat'l Univ., Kwangju 500-757, Korea

Abstract

Laser distance meter and x-y robot employed in the extraction of three dimensional image recognition of muskmelon net and recognized the characteristics of that. All data measured transmitted to the PC/AT in the computer room and programmed with Visual Basic(MicroSoft).

Alteration of the concentration and application time of nutrient solution modified the net height and width of hydroponically grown muskmelon. Net height and width which are the characteristics of muskmelon depended on the concentration of nutrient solution used. Decreasing with the concentration of nutrient solution lowered the occupying ratio of net and also observed the tendency of widening of muskmelon net.

키 워 드 : 식물공장, 화상인식, 레이저 거리계, 과실품질, 멜론

Key words : plant factory, image recognition, laser distance meter, fruit quality, melon

緒 言

최근에 農業分野의 工業化에 따라 컴퓨터를 이용한 自動化된 植物工場에 관한 研究가 많이 이루어져 距離, 畫像 등의 3次元 形象데이터를 人工 現實로 認識시키는 것이 가능해짐에 따라 로봇 등 自動機械의 遠隔操作을 위한 研究가 매우 활발히 이루어지고 있다⁶⁾. 또한 植物工場의 自動化·로봇화를 목적으로 한 시스템의 設計도 이루어지고³⁾ 있어, 그것을 이

용하는 일환으로써 植物體의 3次元 形象으로부터 生長시물레이션이나 診斷을 하기 위한 데이터베이스의 設計를 하고 있다. 植物體의 3次元 形象을 計測하기 위해서 장치를 개발하고, 計測의 주요 부분인 指向性, 單色性, 可干涉性, 高輝度性 등은 다른 기술로 대체 불가능한 기능을 갖추고 있는 레이저를 이용하고 있다. 또한 0.01mm 간격으로 이동할 수 있는 x-y로봇과 組合시켜 高精密度의 計測裝置를 제작하고 있다²⁾. 이 과정에서 植物體의 3次元

의 形象計測 및 生體情報의 네트워킹化는 필요 불가결한 것이다. 그러한 이유로 栽培시스템이나 식물체에 관한 診斷시스템의 研究가 다소 이루어지고 있지만 머스크멜론의 네트發現, 네트發生密度, 네트의 크기 및 높이 등에 대해서는 전혀 評價나 解析이 되어 있지 않은 것이 현실이다⁵⁾. 특히 고급 멜론은 네트발생 정도에 따라 시장 가격이 크게 달라지고 있어서⁴⁾ 머스크멜론의 네트발생 정도를 진단하는 기술이 요구되고 있다. 따라서 컴퓨터를 이용한 3次元 形象認識이 필요하다고 생각된다.

本 研究에서는 이러한 조건들을 밝히기 위해 레이저距離計와 로봇(x-y축 암로봇)을 활용한 3次元 畫像計測시스템을 이용하여 멜론 果實의 네트를 精密度가 높은 3次元 모델化를 하고, 네트의 幅이나 높이와 果實의 生育이나 品質의 關係를 評價, 解析하고자 遂行하였다.

材料 및 方法

1. 供試材料

1995年 8月14日에 'Ear's favorite 秋系'를 암면슬라브(91×20×7.5cm)에 2株씩 정식하고, 점적노즐(NETAFIM社)을 非循環方式으로 養液栽培하였다. 처리구는 재배기간에 日本園試處方 1/2단위구, 1단위구 및 交配期에서부터 네트발생기(9/5~5/25)에는 배양액 농도를 변경하여 園試 1/2-1-1/2단위의 3처리구로 하였다. 9月7日에 제11~16절 위의 兩性花를 受粉시킨 후, 12~14절에 1과만을 남겼다. 9月8日에 제24절에서 적심하여 葉數를 21枚로 하였다. 수확은 수분후 50일인 10월27일에 하였다. 灌液은 生育段階 또는 氣象條件에 따라서 맞추고, 급액횟수, 시간 및 시각(7:00개시, 17:00종료)을 制御調節시스템에 의해 암면슬라브로부터의 排出量이 20%가 되도록 설정했다. 매일 관액 종료후에 株當 灌液量과 排出液을 측정하고, 매일 배출액을 20ml씩 샘플링하여 無機成分을 分析하였다. 칼륨, 칼슘, 마그네슘의 成分濃度는 原子吸光度法으로 分析

하였다. 초산태 질소는 紫外部吸光度法에 의해 比色定量(210nm)하고, 인산은 Bernad molybden산법에 의해 比色定量(440nm)하였다. 머스크멜론의 計測은 레이저變位計와 로봇(x-y축 암로봇)을 이용한 3次元 畫像計測시스템을 이용하여 自然光 利用型 植物工場에서 10月15일부터 17日까지 수행하였다.

2. 3次元 計測시스템

그림 1은 本 研究를 위해 제작한 시스템의 구성을 나타낸 것이다. 計測시스템은 레이저變位計(KEYENCE), x-y로봇(YAMAHA), 로봇제어컴퓨터(NEC)로 구성되어 있다. 計測은 3次元 畫像認識에 있어서 머스크멜론 네트의 알고리즘 檢定을 목적으로 하고, 計測精度로서 x, y軸의 計測間隔을 0.5mm, 計測範圍를 200mm×200mm, 計測포인트를 400×400=160,000 포인트로 하였으며, 2軸의 레이저變位計에 의한 計測精度는 10mm이고, 計測한 3次元 데이터를 처리하기 위해서 컴퓨터실의 PC/AT에 데이터를 電送하였다. 머스크멜론의 네트 추출을 위한 프로그램은 Visual Basic (Microsoft)을 이용하여 작성하였다.

3. 3次元 畫像處理 시스템의 네트抽出

머스크멜론의 3次元 데이터로부터 네트부분을 추출하기 위해서 제측한 데이터로부터 각 포인트의 z 座標 數値에 주목하였다. 결국 머스크멜론의 표면부분과 네트부분에는 z 座標의 數値에 차이가 난다는 것을 豫測할 수 있다. 그래서 이러한 특징을 이용한 抽出方法을 생각하고, 알고리즘을 作成하였다. 그림 2에는 머스크멜론의 네트부분의 境界인 두점 X_j, X_{j+1} 을 발견하여 그 2점에서 直線을 그리고, 두 점 사이에 들어있는 計測포인트(x 座標, y 座標의 데이터를 가진 y座標는 一定하다)로부터 직선까지의 거리를 구한다. 이것에 의해서 네트의 크기를 구하여 표면부분과 네트부분으로 구분할 수 있다. 그리고 표면부분과 네트부분의 境界點을 찾기 위하여 여기에서는 점

Active Measurement System

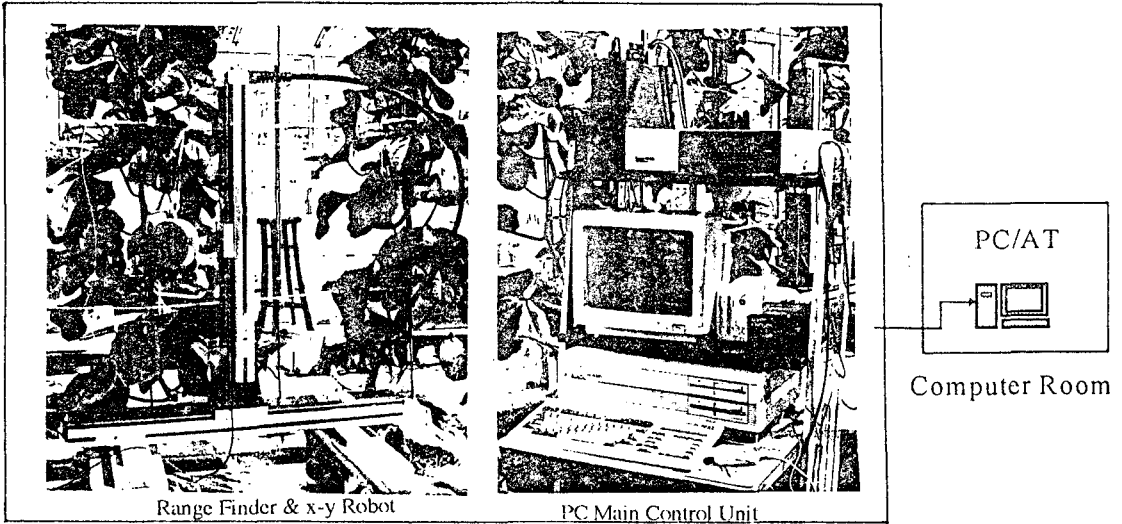


Fig. 1. Composition of tree-dimensional measurement system.

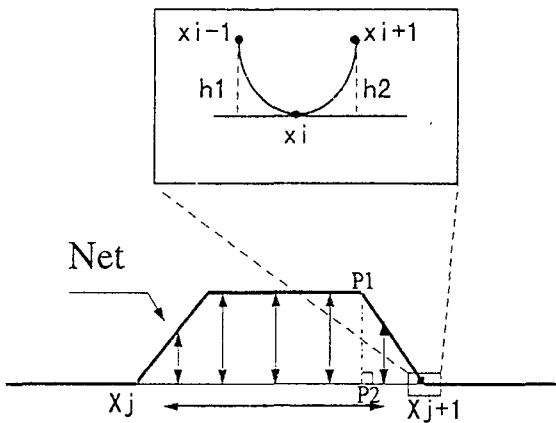


Fig. 2. Net out of Three-Dimensional Range Image from Muskmelon.

X_{j+1} 의 隣接點에 대해서 취급하였다. 확대한 것을 그림 2의 상부에 나타내었다.

인접한 계측포인트 3개의 점을 각각 x_{i-1} , x_i , x_{i+1} (x座標, z座標의 데이터를 가진 y座標一定)로 한다. 3개의 점에서 2차 곡선을 생각

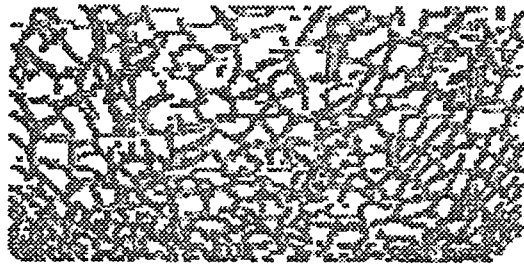
해서 그림과 같이 점 x_i 위의 接線과 남은 두 점 x_{i-1} , x_{i+1} 과의 거리를 數學的으로 구한다. 이 거리가 커지면 표면부분과 네트부분의 境界點이라고 볼 수 있다. 그래서 각각의 거리를 h_1 , h_2 로 하고, 閾值를 주어 조건을 만족시키는 것을 境界點으로 취급하였다. 또한 네트 위의 점을 포함한 3개의 점에서 2차곡선을 그릴 경우 위에 凸모양의 곡선이 가능하기 때문에 이것을 고려하여 그림 2에서 나타낸 것과 같이 점 P1과 점 P2의 수치를 비교함으로써 해소했다.

研究結果

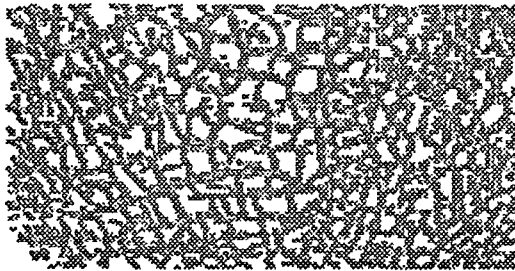
1. 畫像處理

1) 네트의 抽出

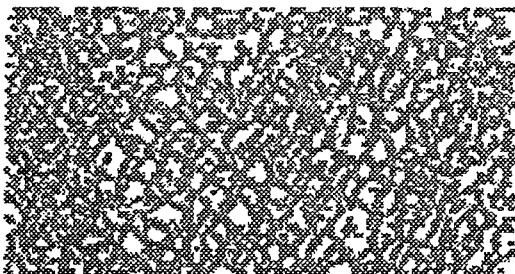
그림 3은 계측한 3차원 데이터를 컴퓨터실의 PC/AT에서 데이터를 전송하고, Visual Basic(Microsoft)을 이용한 프로그램을 개발해서 네트의 抽出畫像을 나타내었다. 抽出範圍는 머스크멜론의 計測範圍인 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 로 하고, 다시 그 중심에서 $50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 의



Enshi 1/2 unit



Enshi 1/2-1-1/2 unit



Enshi 1 unit

Fig. 3. Extraction of net out of Three-Dimensional Range Image from Muskmelon.

범위로 추출했다. 이러한 抽出시스템에 의해 머스크멜론의 네트 폭 및 높이를 추출할 수 있었다. 그러나 머스크멜론의 네트에서 보여진 것과 같이 불규칙한 曲線을 정확히 추출하는 것은 용이하지 않았다. 따라서 이러한 計測프로그램은 세밀한 부분까지는 추출할 수 없다는 문제기 때문에 精確한 알고리즘 改良

등 앞으로 상당한 개선이 요구되었다.

2) 네트의 특징

培養液 濃度의 차이에 따라 각각의 머스크멜론 네트폭의 값을 出力하는 것이 가능하고, 네트의 比較나 品質評價를 할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 네트의 占有面積 및 네트幅의 계측갯수를 나타내고 서로 다른 3처리(3)의 培養液 濃度에 따라 머스크 멜론 네트의 특징을 관찰할 수가 있었다. 그림 4에서 나타낸 바와 같이 원시 1/2단위구는 원시 1/2-1-1/2단위구, 원시 1단위구에 비해서 네트의 占有率이 낮아지는 경향을 볼 수 있었다. 이 결과로부터 머스크멜론 네트의 특징인 높이나 폭은 施用 培養液 및 濃度에 따라서 각각 다르게 나타난다는 것을 알 수 있었다. 배양액의 농도가 낮을수록 네트의 占有率은 낮고, 幅이 넓어지는 경향을 볼 수 있었다.

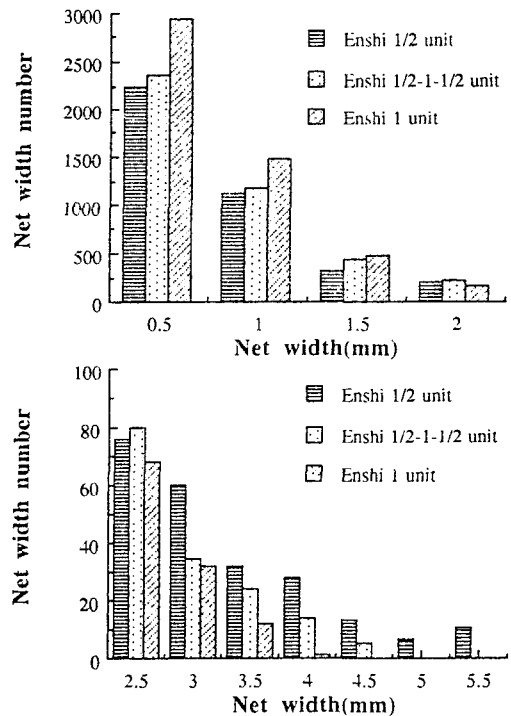


Fig. 4. Effect of measurement number of net width on the extraction of muskmelon.

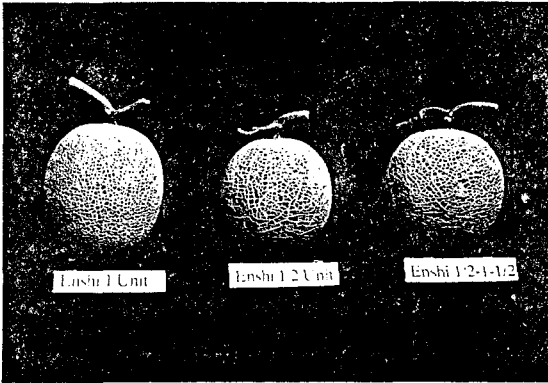


Photo. 1. Effect of concentration of nutrient solution on external appearance of muskmelons in fall cultivation.
Lest to right: Enshi 1 unit, Enshi 1/2-1-1/2 unit, Enshi 1/2 unit.

2. 生育과 果實收量 및 品質

草長은 원시 1단위와 1/2-1-1/2단위에서 원시 1/2단위인 낮은 배양액 농도보다 약간 크게 나타났다. 葉과 莖의 生體重은 원시 1단위와 1/2-1-1/2단위 사이에는 거의 차이가 없었지만 원시 1/2단위에서는 현저하게 낮았다(표 1). 果實重과 果實의 縱橫徑은 원시 1단위 > 원시 1/2-1-1/2단위 > 원시 1/2단위 順으로 高濃度일수록 커지는 경향을 나타내었다. 糖度는 交配期에 농도를 높인 처리구(1/2-1-1/2)에서 높아지는 경향을 볼 수 있다. 熟度는 1/2단위에서 약간 진전된 경향을 보였다(표 2).

3. 排出液의 傾時的 變化

암면슬라브로부터 排出液 濃度を 그림 5에 나타냈다. 交配期에 培養液 濃도를 증가시킨 처리구에서는 交配直後의 段階에서 높아지고, 처리 종료 후에는 급격히 저하한 후 수확시에는 약간 증가했다. 원시 1/2단위의 인산, 칼륨, 칼슘은 재배기간 중에 점점 낮아지는 경향이 있었다.

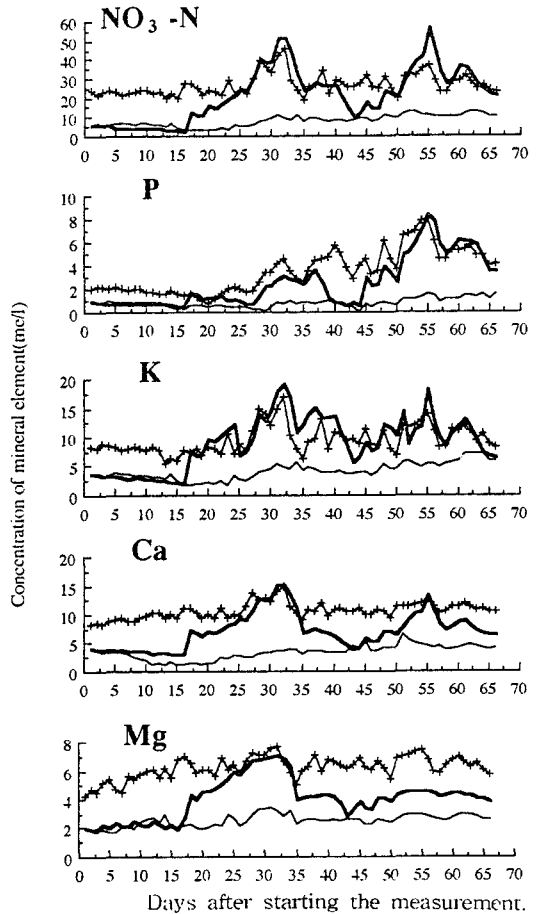


Fig. 5. Changes of concentration of mineral element in drained solution during the experiment.

— Enshi 1/2 Unit — Enshi 1/2-1-1/2 — Enshi 1 Unit

Fig. 5. Changes of concentration of mineral element in drained solution during the experiment.

— Enshi 1/2 Unit
— Enshi 1/2-1-1/2
— Enshi 1 Unit

考 察

레이저變位計 및 x-y로봇을 이용하여 제작한 晝像處理시스템에 의해서 머스크멜론 네트의 抽出과 그 특징을 확인할 수 있었다. 또한

Table 1. Effect of concentration of nutrient solution on plant height and fresh weight of muskmelons in rockwool culture.

Treatment	Plant height ¹⁾ (cm)	Fresh weight(kg) ²⁾		
		Petioles	Stems	Leaves
Enshi 1/2 Unit	1.77	0.288	0.306	1.097
Enshi 1/2-1-1/2 Unit	1.76	0.317	0.362	1.278
Enshi 1 Unit	1.64	0.313	0.387	1.298

¹⁾ At harvest.

Table 2. Effect of concentration of nutrient solution on yield and quality of muskmelons in rockwool culture.

Treatment	Fruit fresh wt. (g)	Fruit width ¹⁾ (cm)	Fruit height ¹⁾ (cm)	Ripeness ²⁾	Soluble solids ^{x)} content(%)	External ³⁾ appearance
Enshi 1/2 Unit	2267	16.0	16.2	3.5	12.2	3.7
Enshi 1/2-1-1/2 Unit	2395	15.8	16.5	3.3	15.5	4.0
Enshi 1 Unit	2856	16.5	18.5	3.0	14.0	4.0

¹⁾ At harvest. ²⁾ 3=optimal ripening, 5=over ripening.

^{x)}Determined after storage for 7 days at 20°C. ³⁾Full score=5.

施用 培養液濃度 및 培養液 施用時期를 다르게 함으로써 네트의 높이 및 폭의 차이를 확인할 수 있었다. 본 시스템의 문제점으로는 머스크멜론의 計測時間이 장시간에 걸쳐서 이루어진다는 것을 들 수 있으며, 또한 네트의 추출시 네트로서 認識될 수 없는 부분이 보였다. 計測의 精密度를 높임으로써 보다 상세한 데이터를 얻을 수 있었지만 計測이나 抽出處理에서 시간이 걸린다는 것이 문제이다. 보다 高速化를 추구하고, 네트의 抽出率을 향상시키기 위해서는 알고리즘이나 畫像計測시스템의 개선이 필요하다고 생각되었다. 본 實驗에서의 畫像은 한 방향으로부터 計測하기 때문에 여러 방향으로부터의 計測을 수행함으로써 머스크멜론 전체의 데이터를 얻어 보다 3次元의인 네트의 畫像이 얻어질 수 있다고 생각되었다.

온실 멜론의 培養液管理에 대해서는 여러 가지의 研究가 報告되고 있다⁴⁾. 본 實驗에서는 재배기간 중에 1/2-1-1/2과 같이 培養液

濃度を 변화시킨 경우에 네트의 發現이 좋고 糖도가 높은 高品質의 멜론을 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 植物의 養分要求도가 높은 交配時期에 培養液 濃度を 높게 관리하는 편이 果實品質에도 양호한 영향을 미친다는 報告와 一致하였다⁵⁾. 또한 온실멜론의 재배기간 중에 高濃度の 培養液(원시 1단위)을 施用하는 것보다 交配時期에만 높게 관리하여도 그 效果가 충분하다는 것이 밝혀졌다.

本 計測에 이용된 3次元 畫像計測시스템은 개선을 요하는 부분도 있지만 果實의 品質管理의 수단으로써 사용이 기대할 만한 것이라고 생각되었다.

摘 要

1. 레이저變位計 및 x-y로봇을 이용하여 계측한 3次元 데이터를 컴퓨터실의 PC/AT에 데이터를 전송하고, Visual Basic(Microsoft)을

이용하여 프로그램화한 畫像處理시스템에 의해 머스크멜론 네트의 抽出과 그 特徵을 확인할 수 있었다.

2. 施用 培養液濃度 및 培養液 施用時期를 다르게 함으로써 네트의 높이 및 幅의 差異를 확인하는 것이 가능했다.

3. 머스크멜론 네트의 특징인 높이 및 幅은 施用 培養液濃도에 따라서 각각 다르다는 것을 알 수 있었다. 培養液의 濃도가 낮을수록 네트의 占有率은 낮아지고, 幅은 넓어지는 경향이 보였다.

인용문헌

1. 羽藤堅治, 杉山聰教, 青柳光昭, 橋本 康. 1995. 三次元データベースに基づく植物工場のシステム設計(第1報) データ베이스を構築するためのレーザ計測. 日本植物工場學會誌 7(2): 103-109.
2. 羽藤堅治, 杉山聰教, 橋本 康. 1996. 三次元データベースに基づく植物工場のシステム設計(第3報) 仮想植物工場のための距離畫像の三次元畫像處理 日本植物工場學會誌 8(1): 43-48.
3. 橋本 康. 1994. User's aspect of telecommunication and information processing in plant factory. 日本電子情報通信學會誌 78(5): 476-481.
4. 張洪基·糖谷明. 1995. 溫室メロンのロックウール栽培における培養液管理に関する研究(第4報) 受粉期における養分供給増加が生育及び成分吸収に及ぼす影響. 日本園學雜64別 2: 34-35.
5. 張洪基. 1996. 養液栽培での生育に伴うメロン果實の表面的と體積變化の自動計測及び養分吸収との關係. 日本植物工場學會誌 8(2): 31-35.
6. Tachi, S. 1995. Tele-Existence and/or Virtual Reality. Proc. International reference on VSMM. pp. 9-16.