

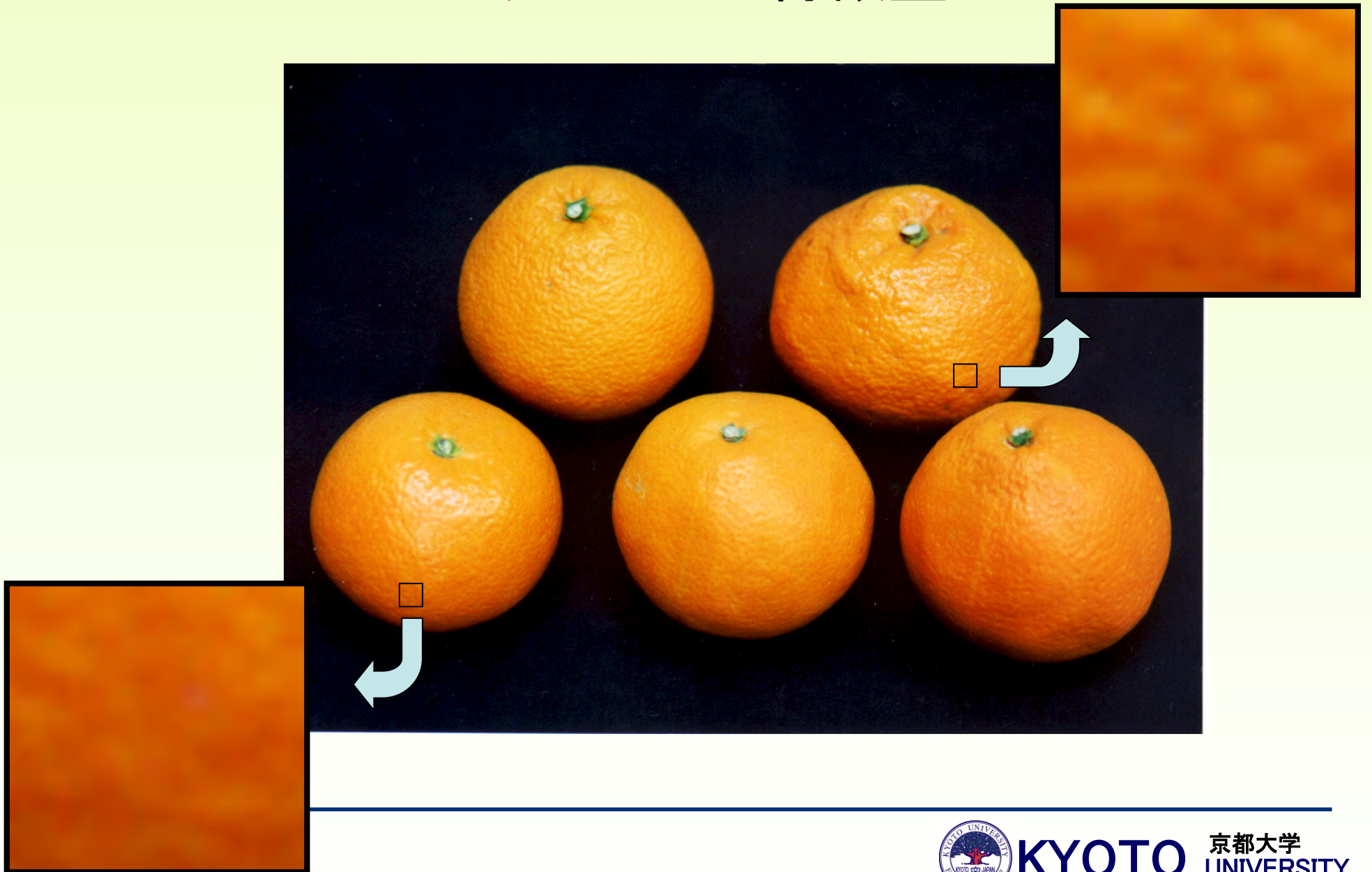
第9回

自然界の形状の規則性と画像計測 — 造形物のフラクタル性と植物の成長ルール —

授業の目的: 生物がもつ規則性についての知見を深めると同時にマシンビジョンシステムによる計測に関わるソフトウェア的事項を習得する。



テクスチャー特徴量

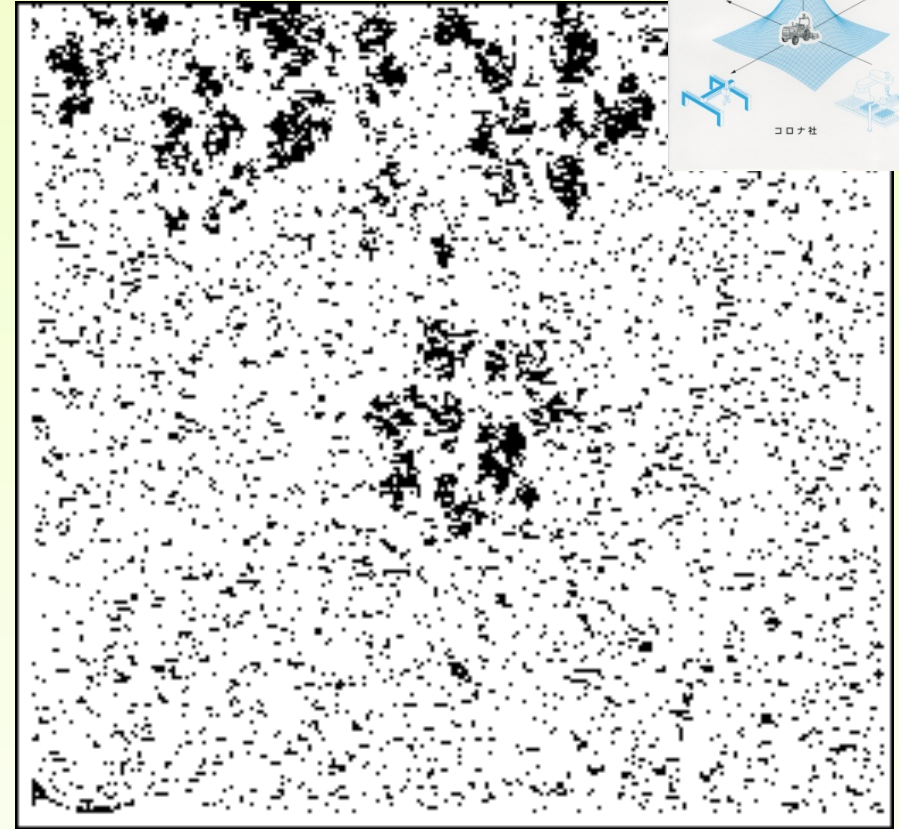
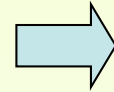
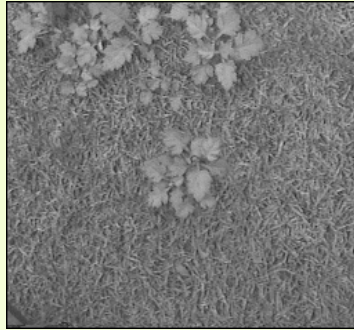


イヨカンの味と相関の高い要因

- 色 → RGB、HSI・・・
- 形状 → 針状比、フェレ長比
- 寸法 → 面積、最大径、等価円直径
- テクスチャ → テクスチャ特徴量



テクスチャー解析



a	b	c
d	e	f
g	h	i

$$\frac{(\max\{a,b,c,d,e,f,g,h,i\} - \min\{a,b,c,d,e,f,g,h,i\}) \times k}{(a+b+c+d+e+f+g+h+i)/9}$$



ロボットの目としてのマシンビジョン

色変換

前処理

2値化

各種処理

特徴量抽出

認識

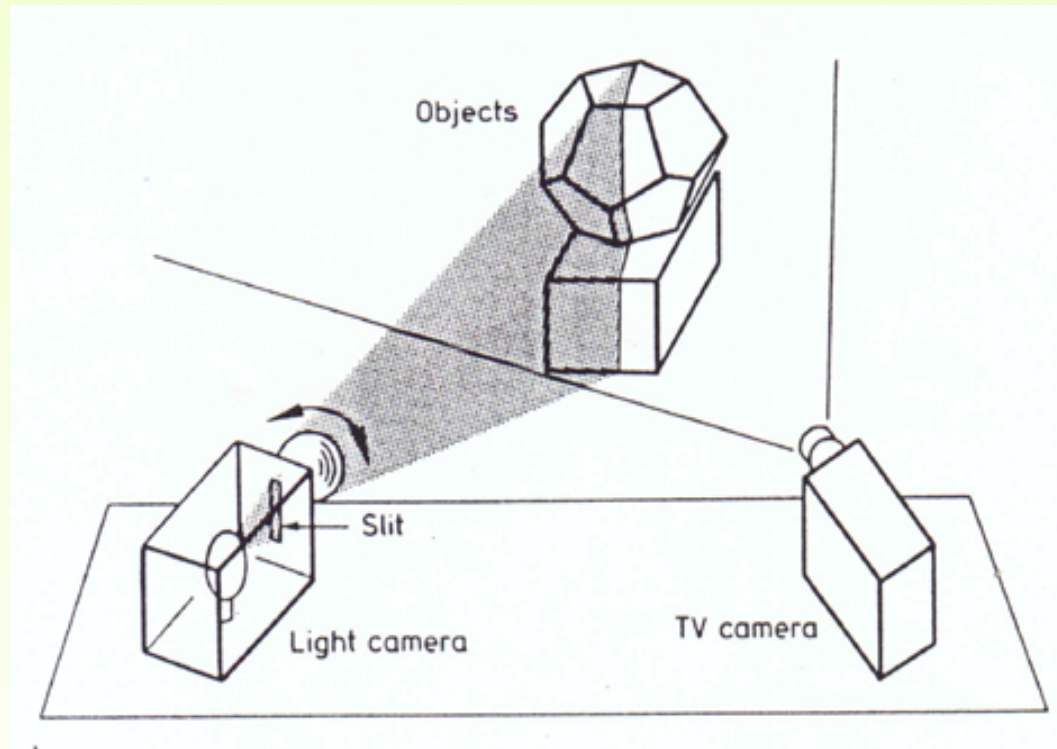
3次元理解

Strawberry harvesting robot

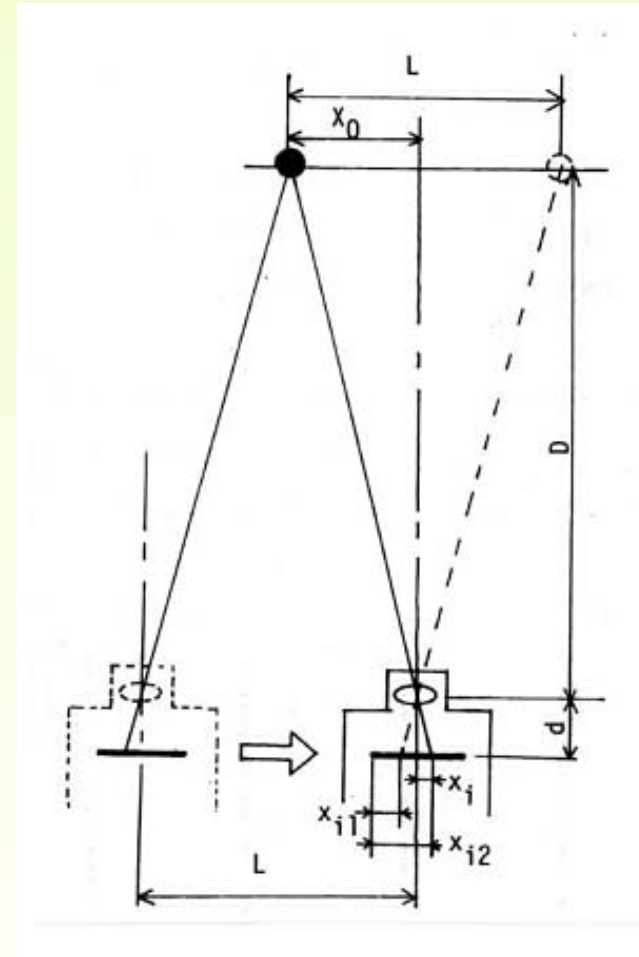


KYOTO 京都大学
UNIVERSITY

ステレオ画像法



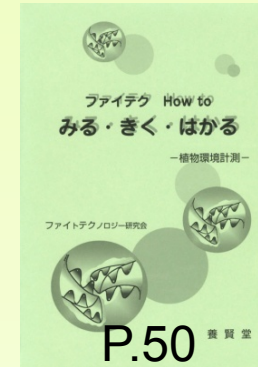
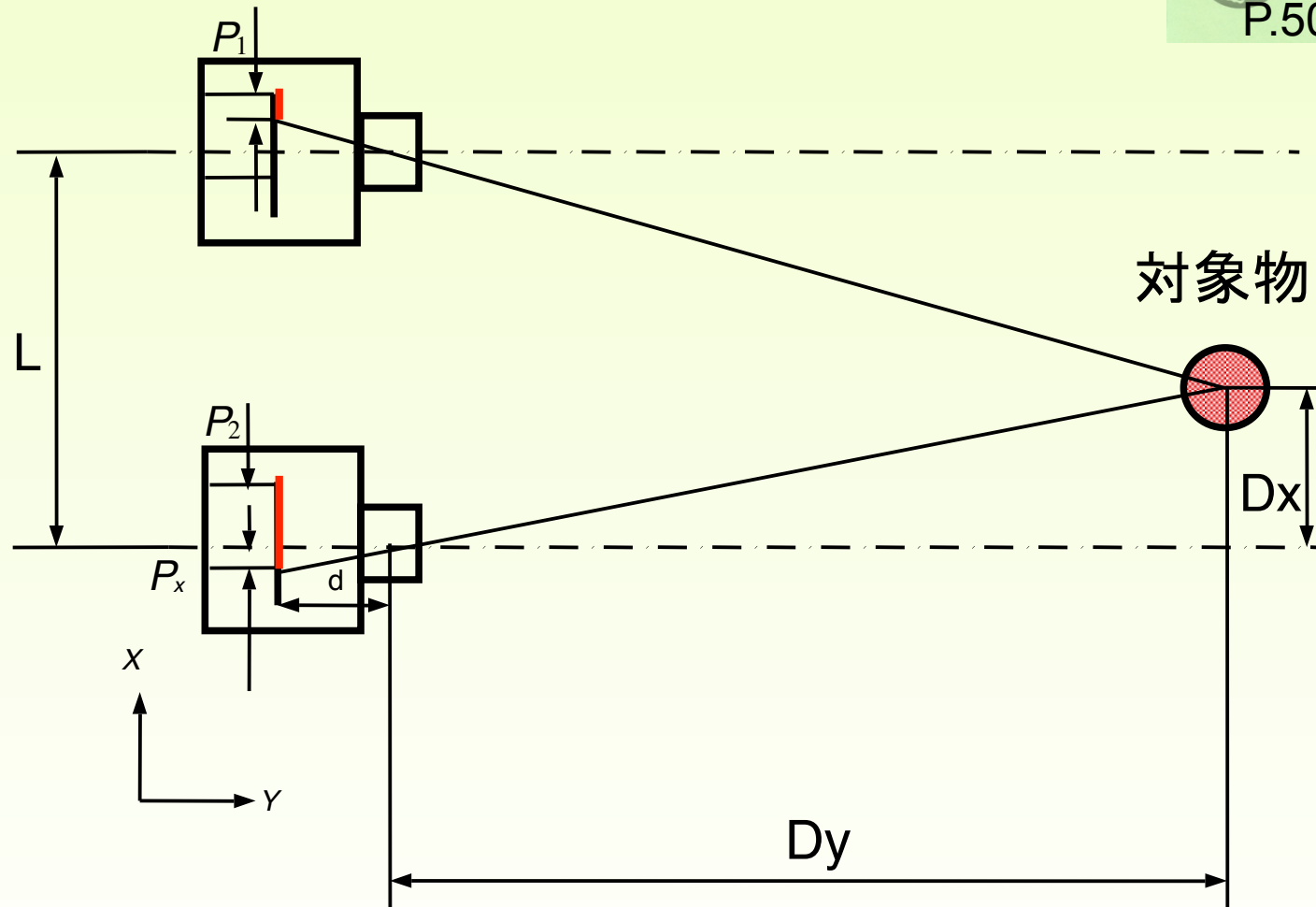
Active stereo vision



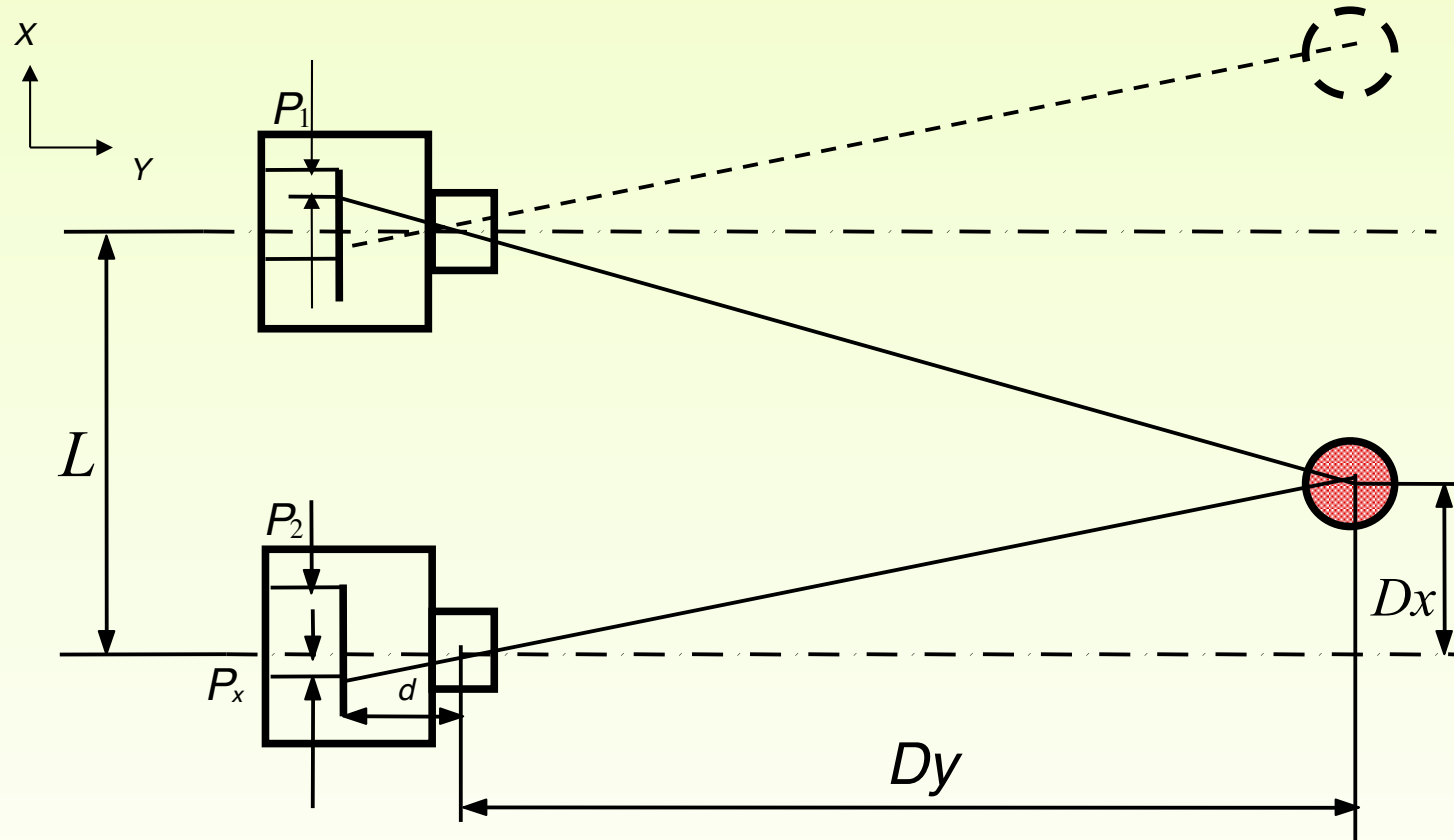
Passive stereo vision

ステレオ画像法

TVカメラ



Feature-based stereo vision



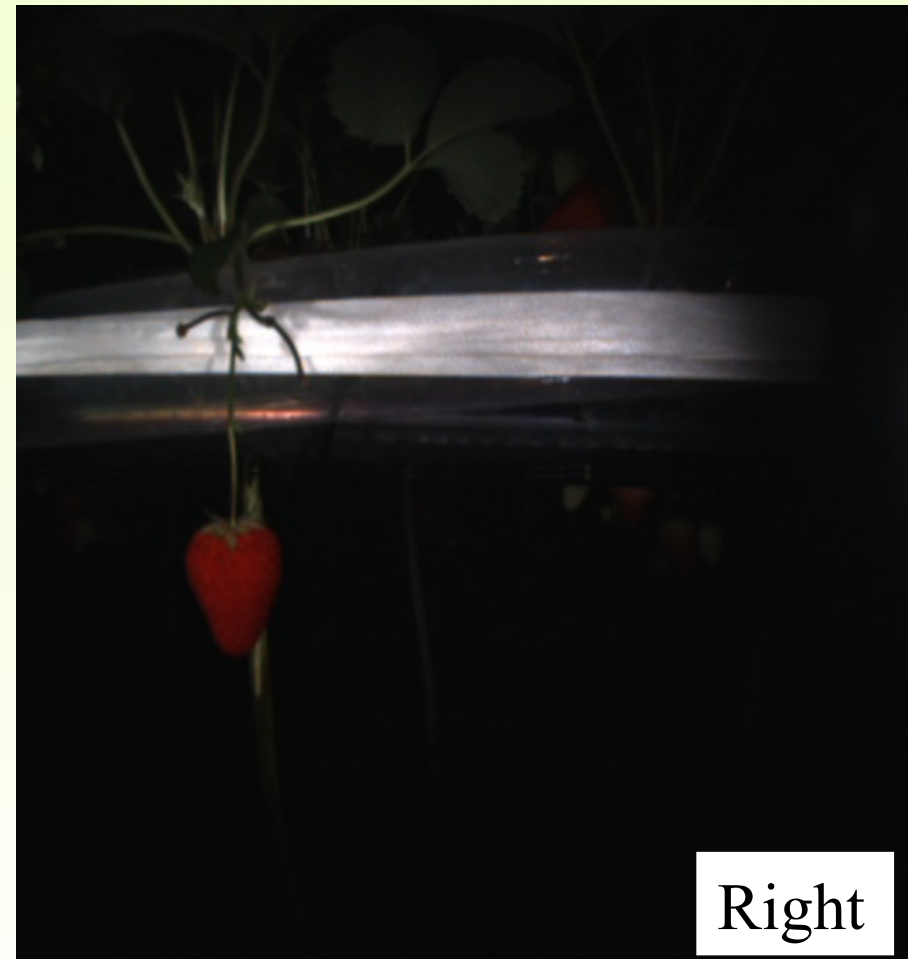
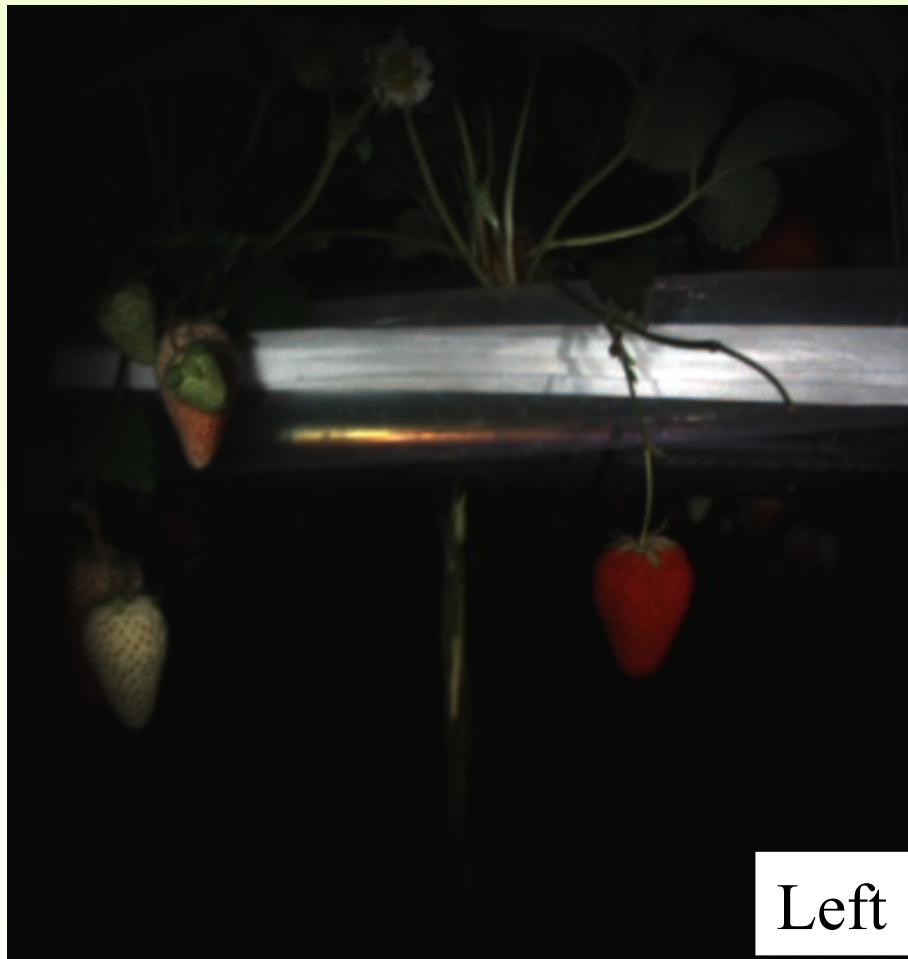
$$D_y = d L / (P_2 - P_1)$$

$$D_x = P_x D_y / d$$

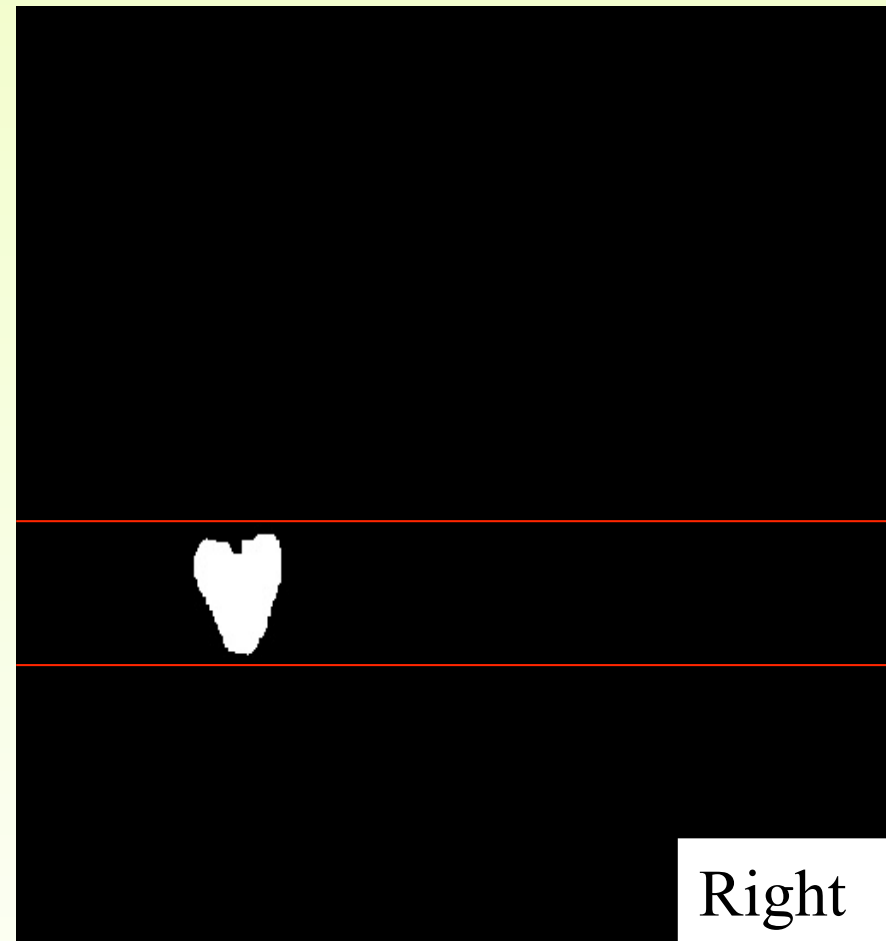
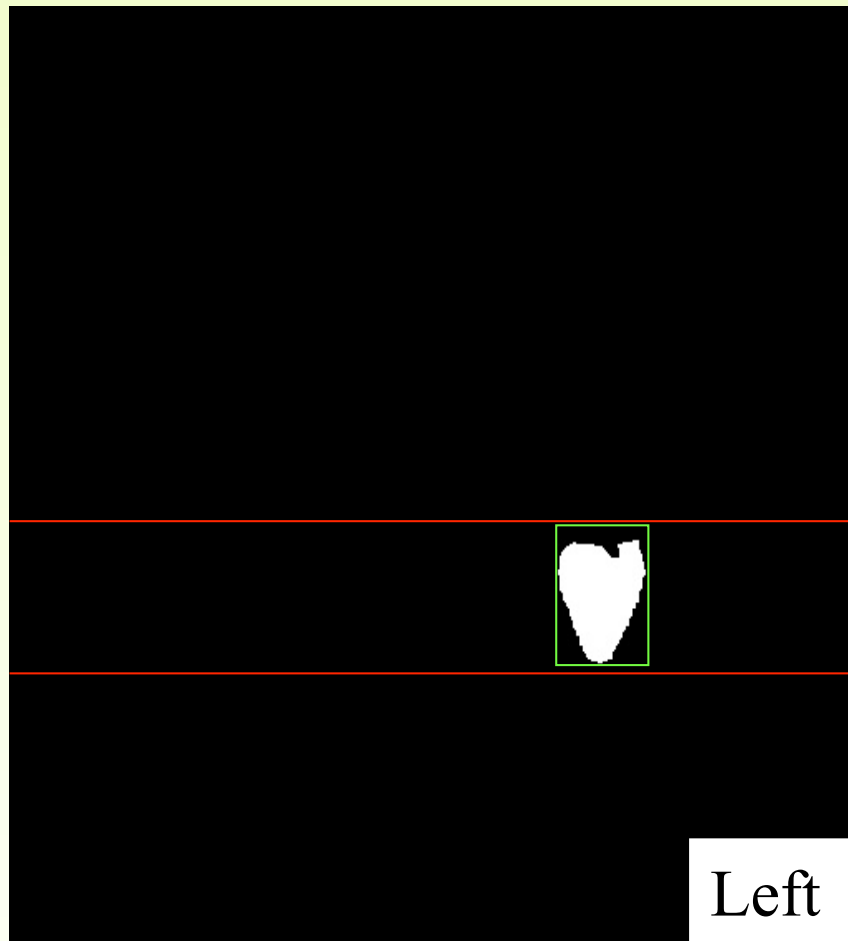
$$D_z = P_y D_y / d$$



Strawberry fruit images from stereo vision



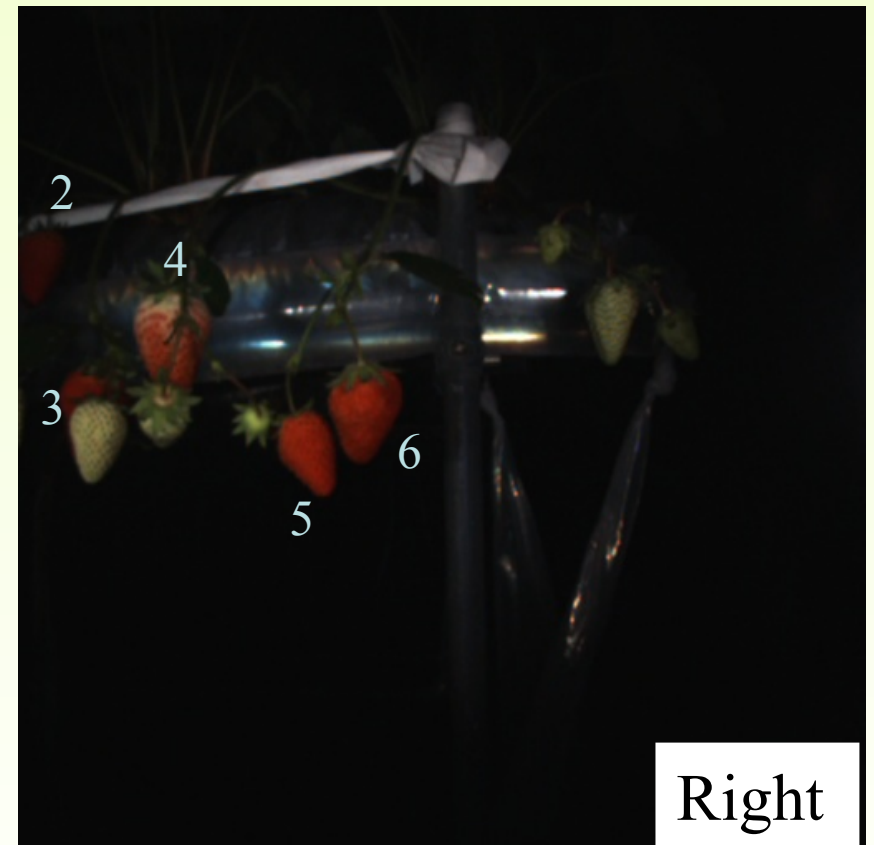
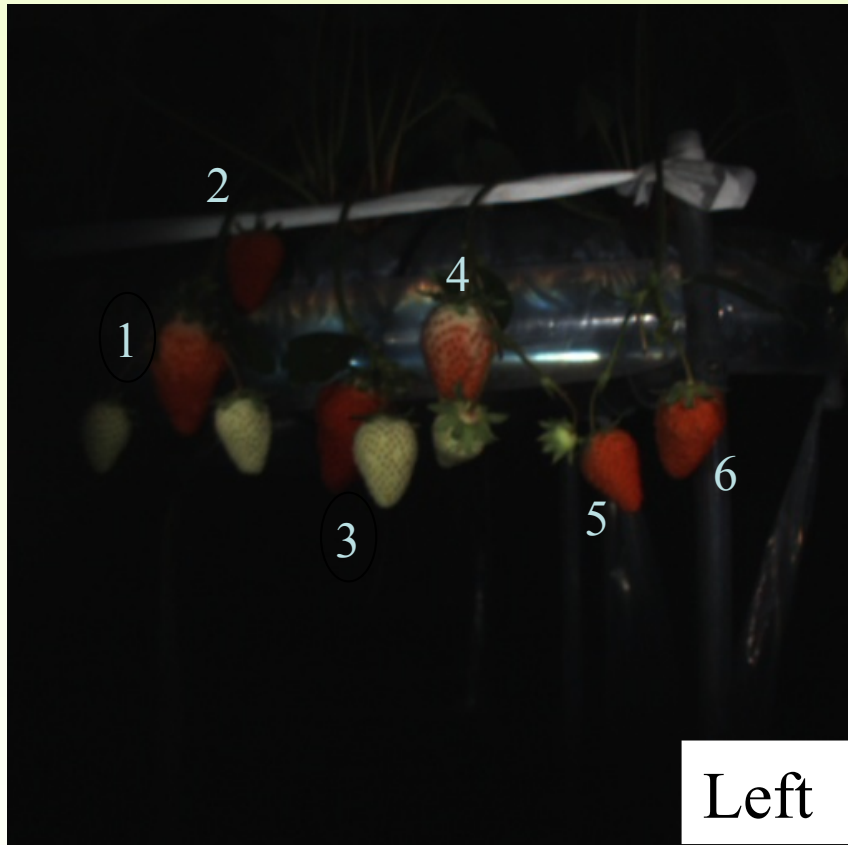
Matching on binary images



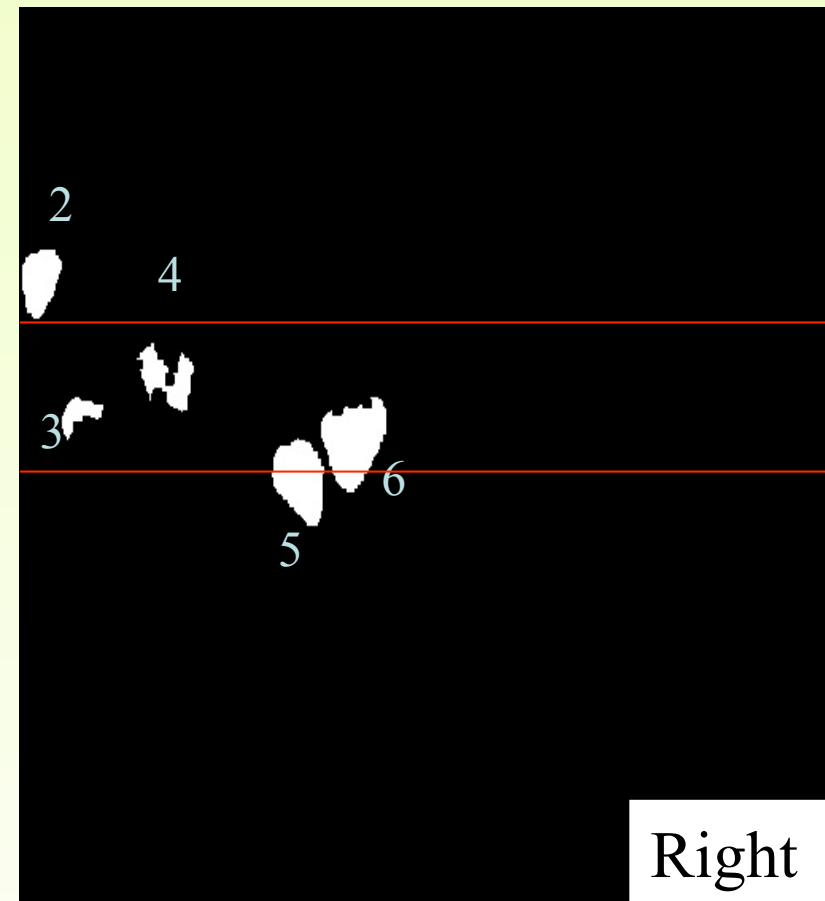
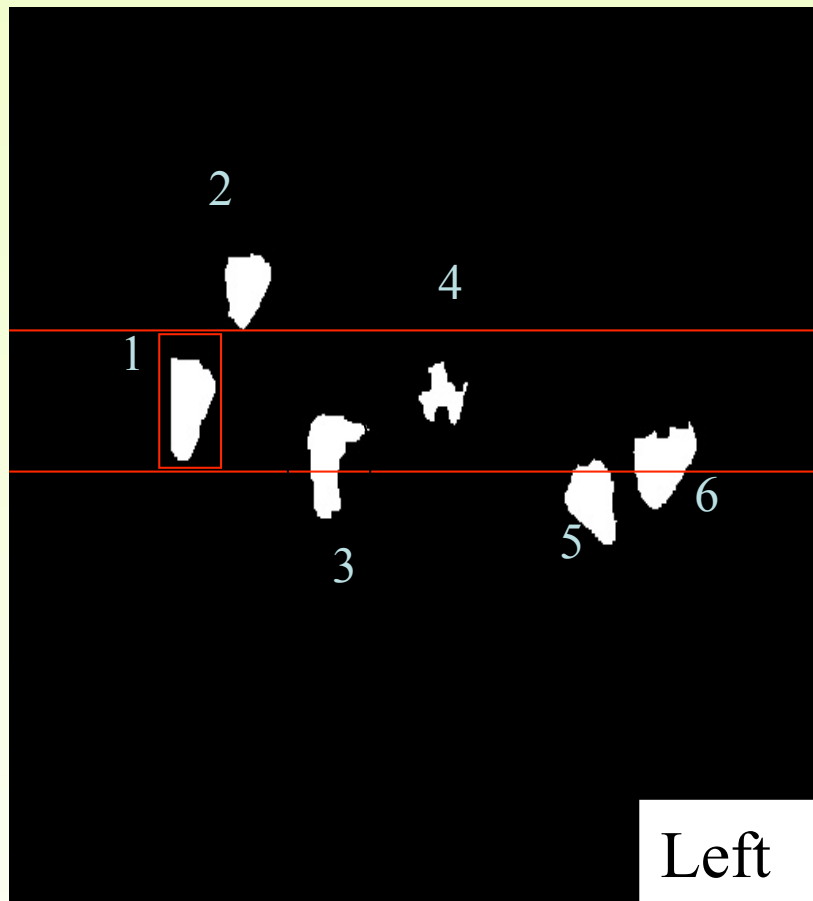
Matching criteria: Horizontal level and strawberry size should be almost equal



Cluster of Strawberry fruits



Un-Matched fruits (No.1, 3, 4)



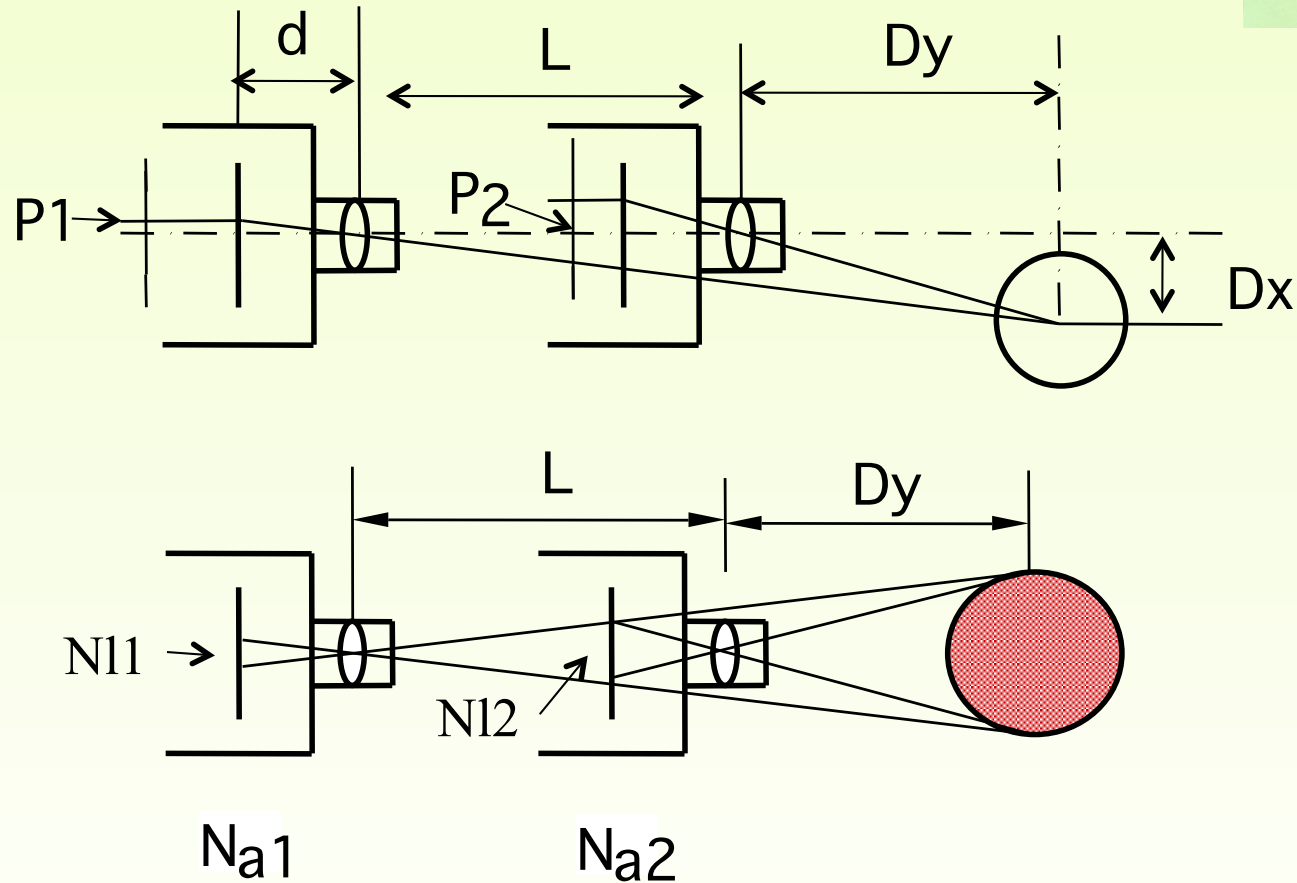
No 1: out of view in right image

No.3: occluded on right image

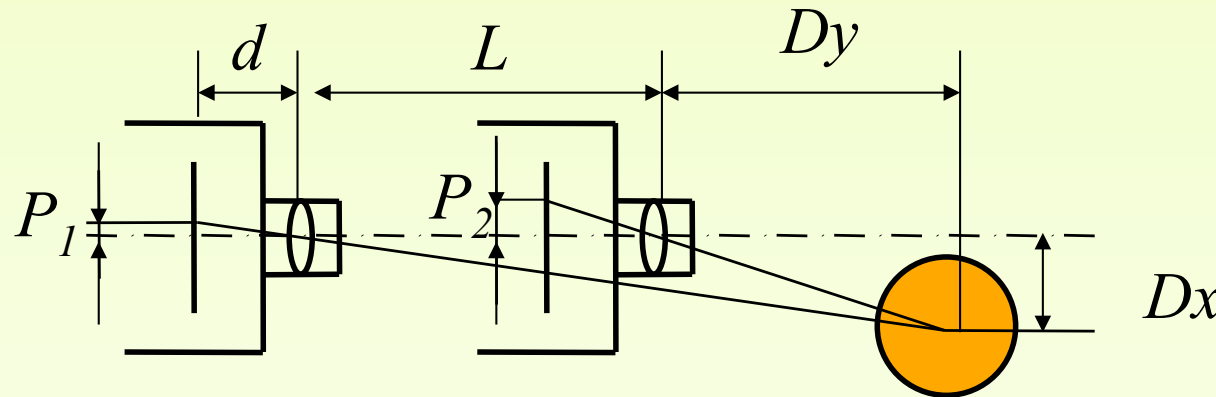
No.4: different immature parts from different angle



視点の移動による方法

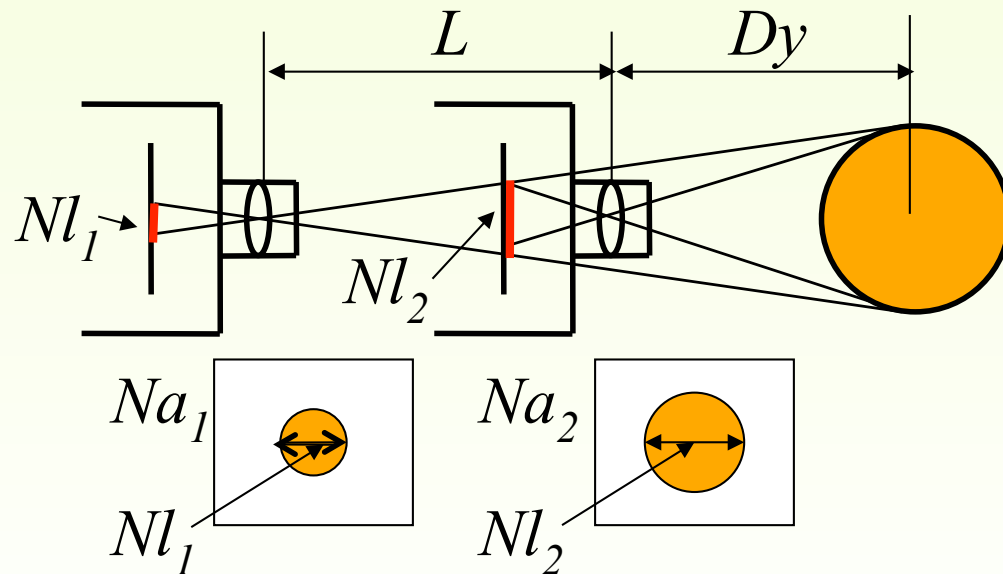


Depth measurement by use of differential object size



$$Dy = P_1 L / (P_2 - P_1)$$

$$Dx = P_2 Dy / d$$



$$Dy = L \sqrt{Na_1} / (\sqrt{Na_2} - \sqrt{Na_1})$$

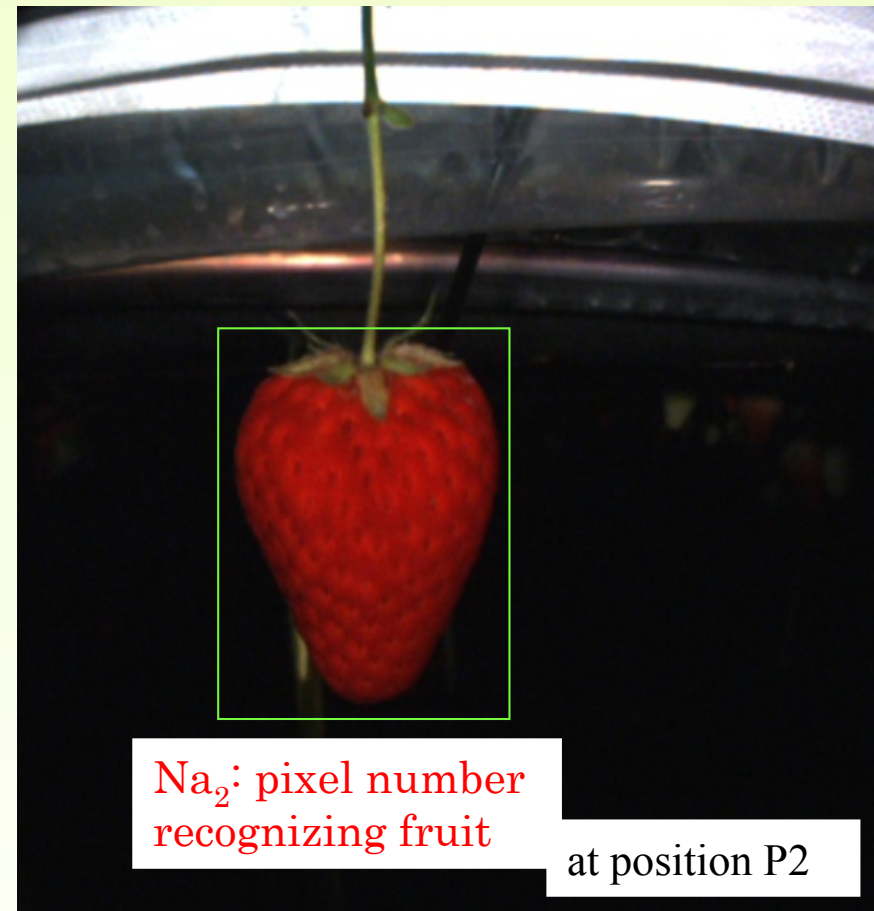
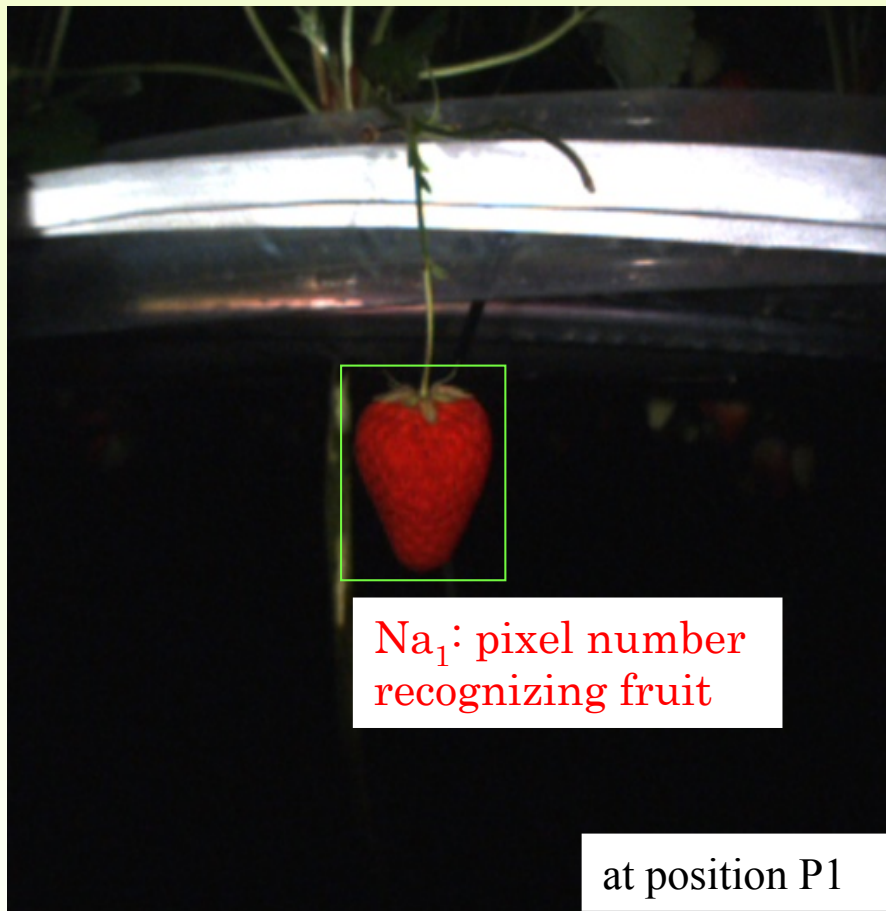
$$Dy = Nl_1 L / (Nl_2 - Nl_1)$$

Na_i : area of object on image

Nl_i : length of object on image



Actual images from camera attached to manipulator end



$$Dy = L\sqrt{Na_1} / (\sqrt{Na_2} - \sqrt{Na_1})$$



Correspondence problem



Occlusion problem, Ambiguous matching

Area-based stereo matching

(use of larger image regions (or areas) that contain enough information to yield unambiguous matches)

Feature-based stereo matching

(Feature extraction by color or edge detection and deal with only points that can be matched unambiguously)



KYOTO

京都大学
UNIVERSITY

Area-based stereo vision



Stereo camera

Stereo camera mounted tractor ¹⁾

1) Kise M., et al. : A Stereovision-based Crop Row Detection Method for Tractor-automated Guidance, Biosystems Engineering, 90(5) 357-367 (2005).





$$E(d') = \sum_{i=-m/2}^{i=m/2} \sum_{j=-m/2}^{j=m/2} |I_L(x+i, y+j) - I_R(x+i+d', y+j)|$$

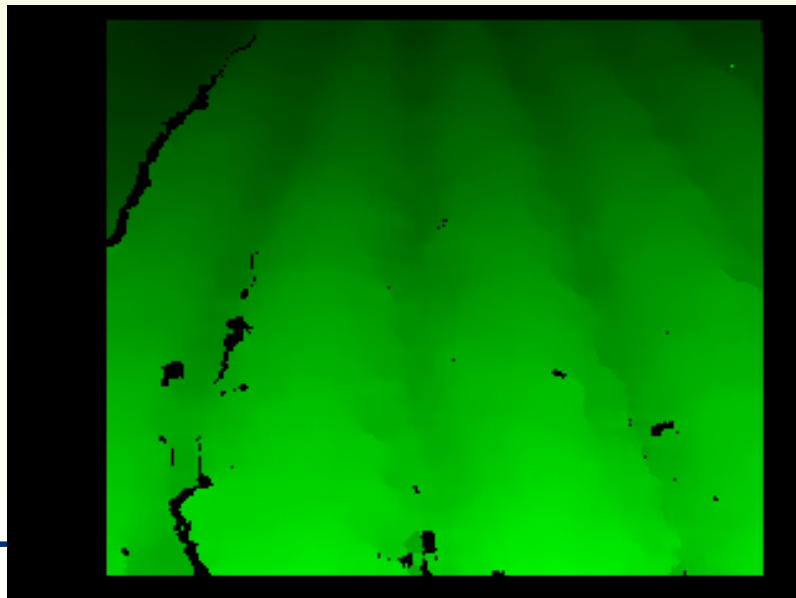


Image size: 320 X 240

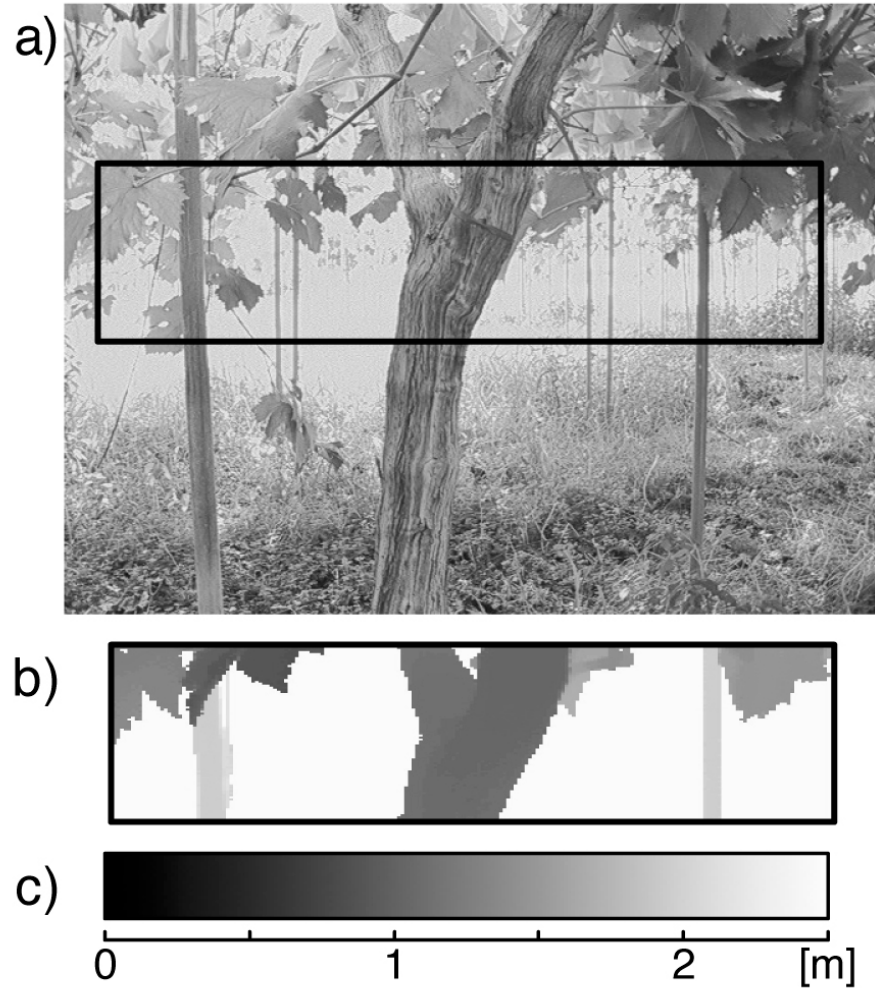
Mask size m : 25 X 25

$d' = 0 \sim 32$ (setting value)

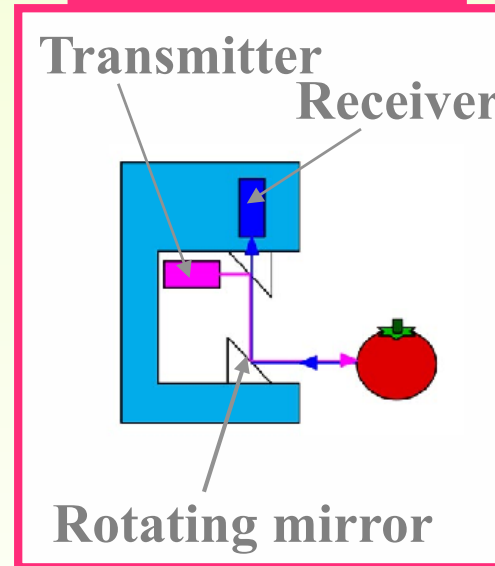
Disparity image
(darker pixel is farther)



3 D image from active range finder



P.78

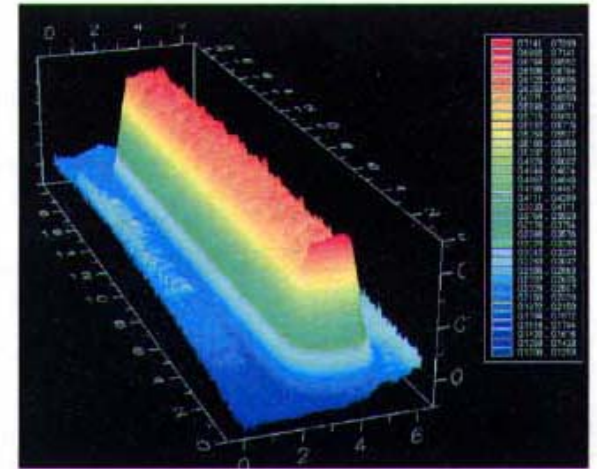
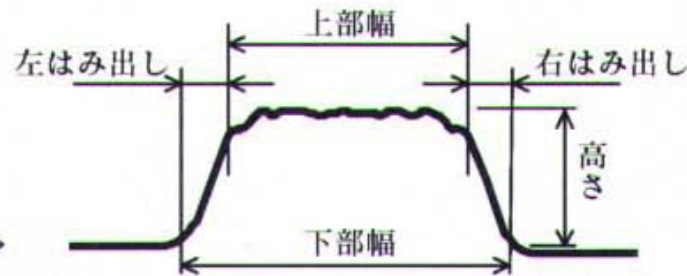
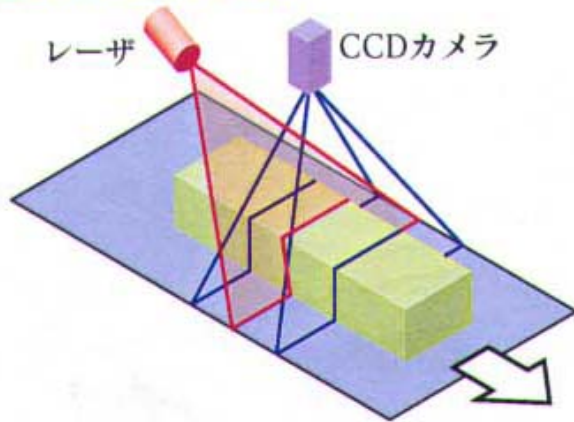


**Operating principle
(Time of flight)**

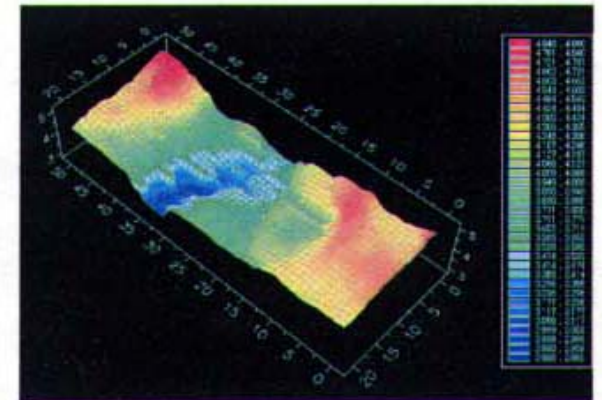
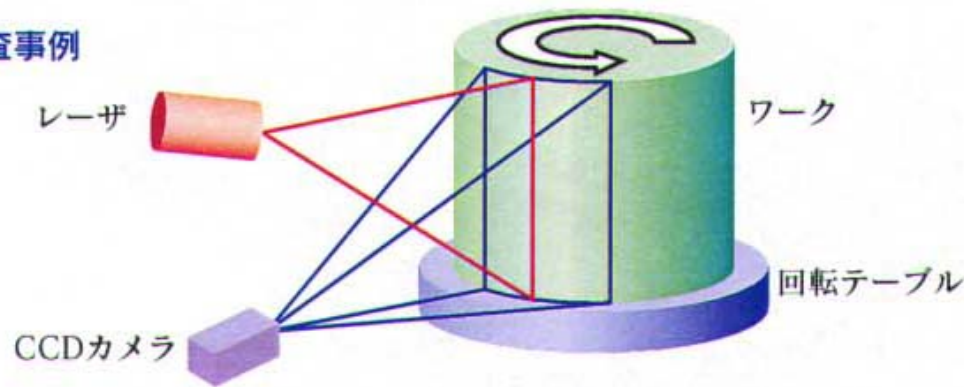


高速立体画像検査事例

立方体表面検査事例



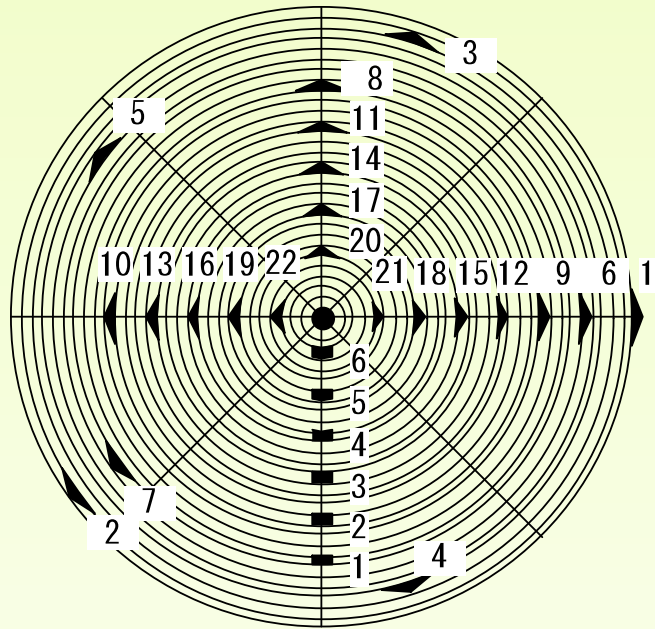
円筒体表面検査事例



3次元形状認識装置(澁谷工業製品カタログ)

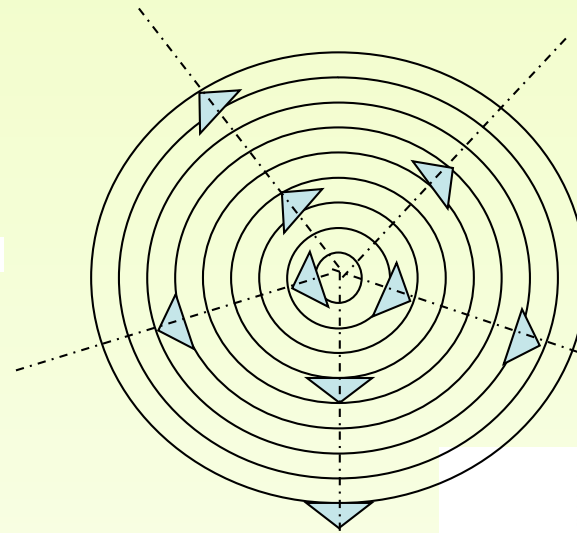


葉序の規則性 (Phyllotaxis Rules)

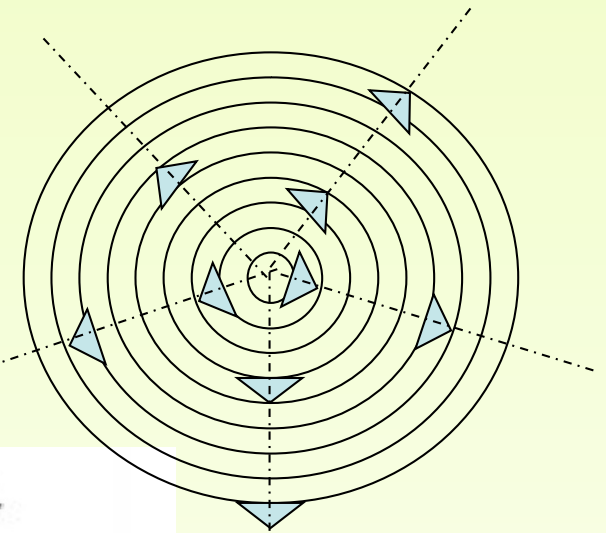


トマト果房出現後の出葉方向

$$O_{Ti} = \pi i / 2$$



時計回り



反時計回り



キュウリの出葉方向

i : 本葉の番号

$$O_{Ci} = \pm 4\pi i / 5$$



KYOTO

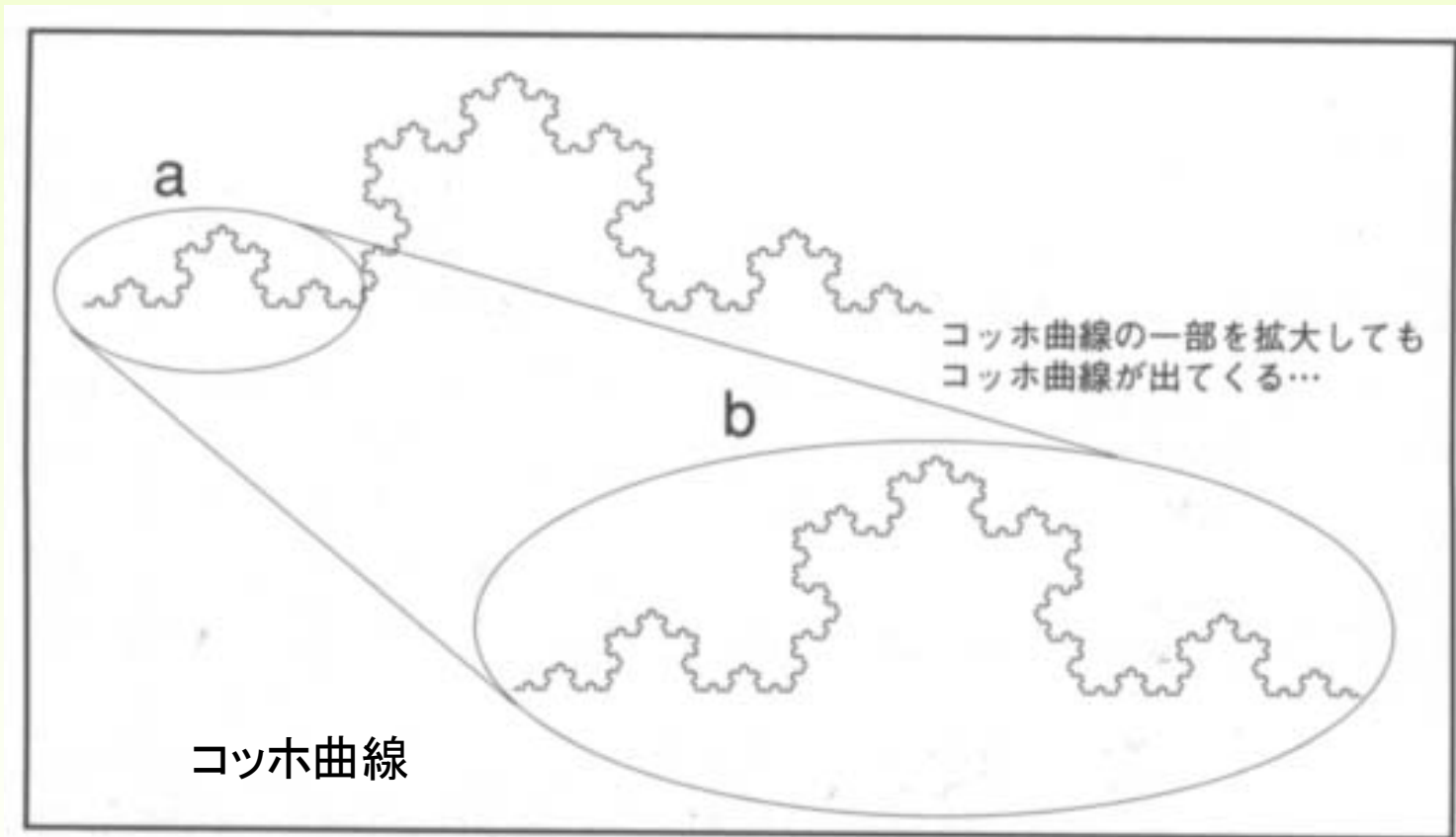
京都大学
UNIVERSITY

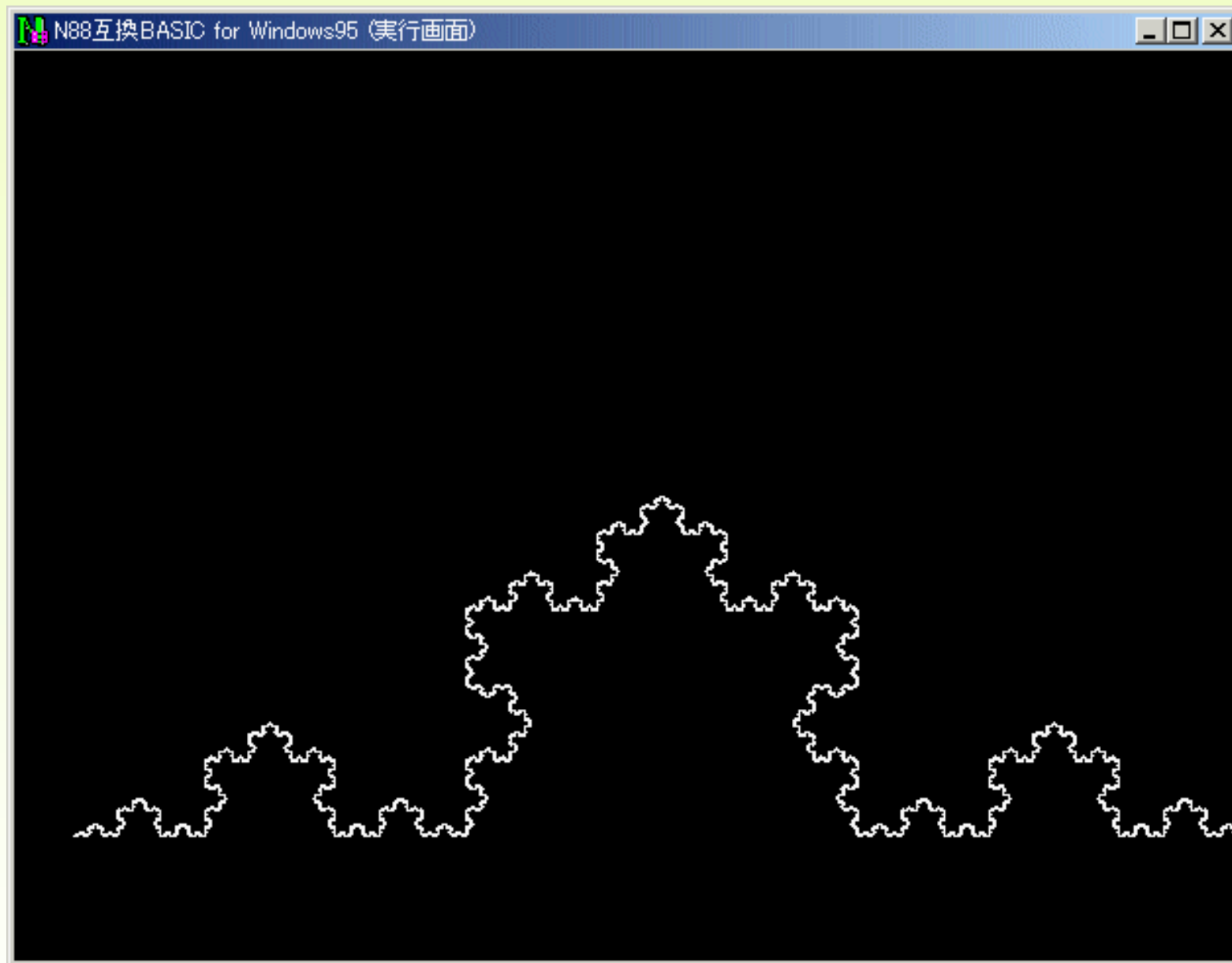
フラクタル



フラクタルとは

1975年マンデルブロ (Mandelbrot) が「砕けた石」という意味のラテン語から命名した、非整数次元を持った図形、構造。特徴としては自己相似性が挙げられる。



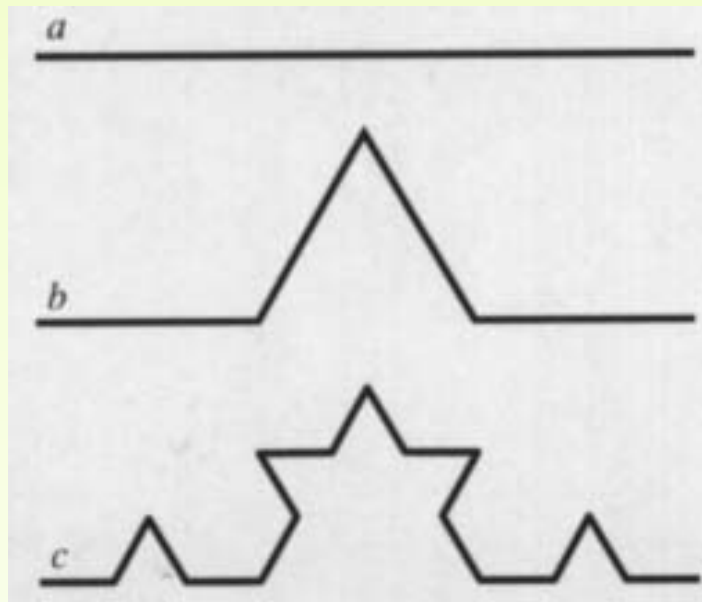


<http://www.synapse.ne.jp/~dozono/math/anime/koch.htm>



KYOTO 京都大学
UNIVERSITY

フラクタル次元とは



まず、コッホ図形の描き方は、長さ1の直線aを用意し、この直線を三等分する真ん中の直線を除去し、bのようにその部分へ1/3の長さからなる正三角形の二辺を追加する。この操作をbの四つの各辺で繰り返す（c）。

この描き方より、分割数nに当たる数は3、元の図形に対し相似な図形は4つ。ここでフラクタル次元をDとすると、

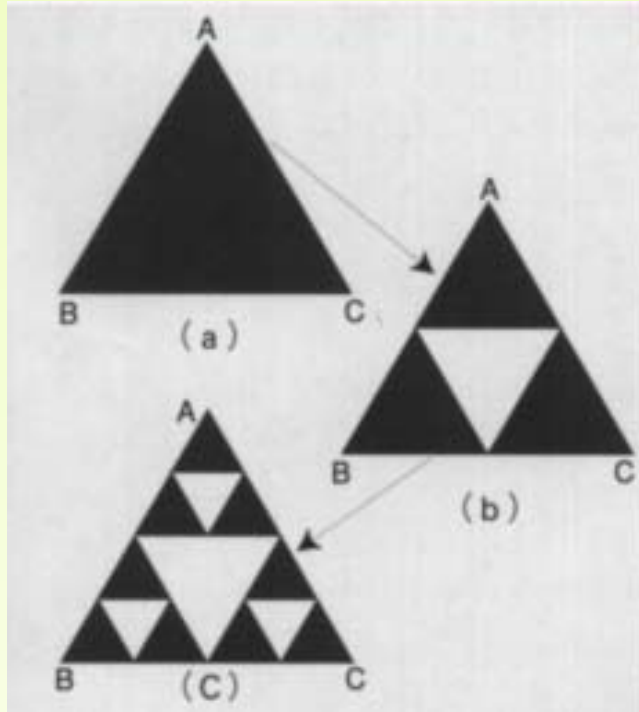
$$D = \log_3 4 = \frac{\log_{10} 4}{\log_{10} 3} = \frac{0.602}{0.477} = 1.262$$

次元とは

一辺の長さ1の線分、正方形、立方体のそれぞれの辺を5等分したとき、1次元では 5^1 個の線分、2次元では 5^2 個の正方形、3次元では 5^3 個の立方体ができる。つまり、一辺を $1/n$ に分割すれば、線分、正方形、立方体で n^1 、 n^2 、 n^3 個の相似な図形ができる。実はこの指数こそが「次元の数字」を表している。



ギヤスケット

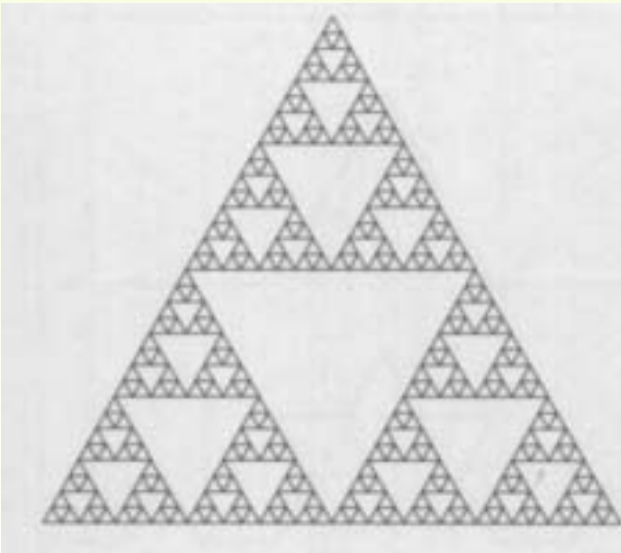


正三角形aを用意し、その真ん中から辺の長さが元の1/2になる正三角形を取り除く (b) そうすると、元の三角形の1/4の面積を持つ正三角形が3つできる。その3つの三角形に対し同じ操作をすれば、1/8の面積を持つ正三角形が9つできる (c)。

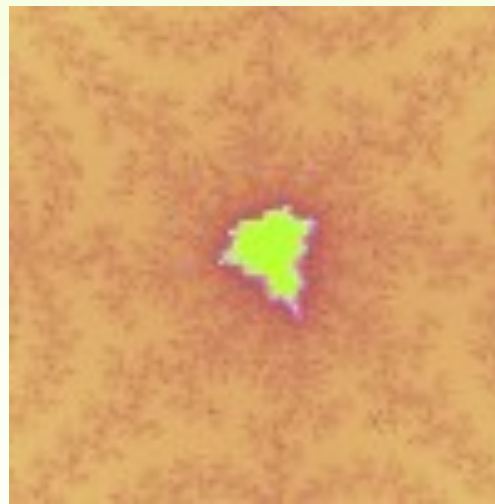
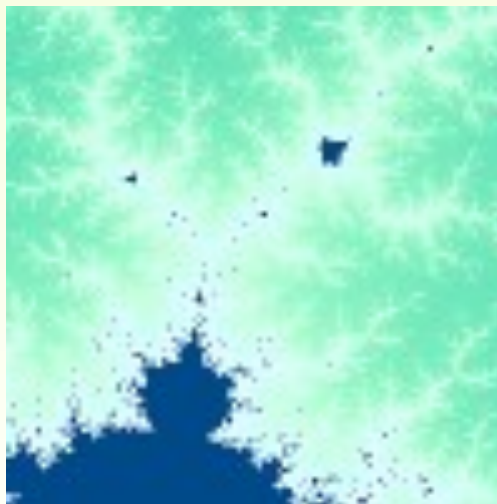
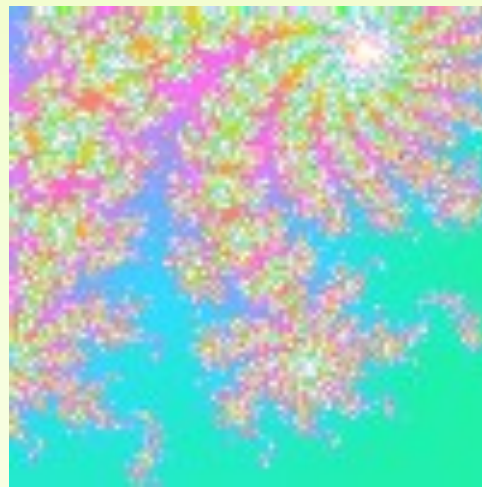
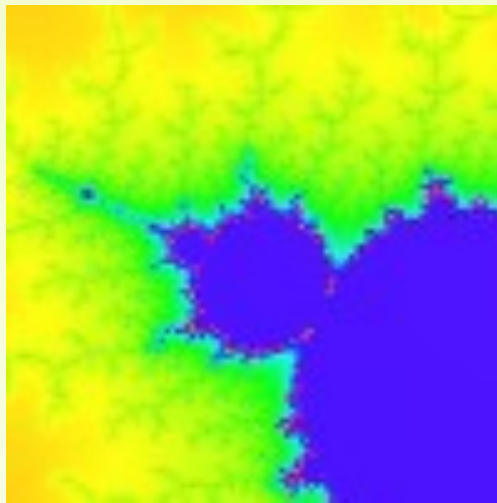
これより、分割数は2, 元の図形に対し、相似な図形は3

$$D = \log_2 3 = \frac{\log_{10} 3}{\log_{10} 2} = \frac{0.477}{0.301} = 1.585$$

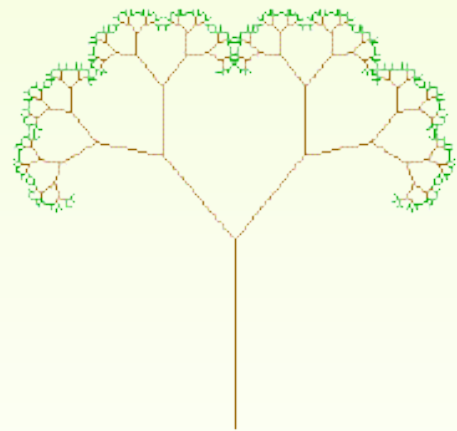
$$D = \log_n m = \frac{\log_{10} m}{\log_{10} n} = \frac{\log(\text{元の図形と相似な同じ図形の数})}{\log(\text{等分割した数})}$$



色々なフラクタル



フラクタルの例



海岸線、稲妻、雲、山、河川、植物の分枝

