

第12回

生物生産機械のための 種々のセンサと計測システム

授業の目的：生物生産機械に用いられる種々のセンサの原理とその利用方法について学ぶ。

人間の五感

	人間	ロボット
視覚：	目	視覚センサ
聴覚：	耳	音センサ
嗅覚：	鼻	においセンサ
味覚：	舌	味覚センサ
触覚：	神経	接触覚センサ
	-	近接センサ

生物機械用センサ

内界センサ：関節の位置や角度，速度など機械内部の状況を検出する

外界センサ：対象物の色や位置，距離などの外界情報を検出する

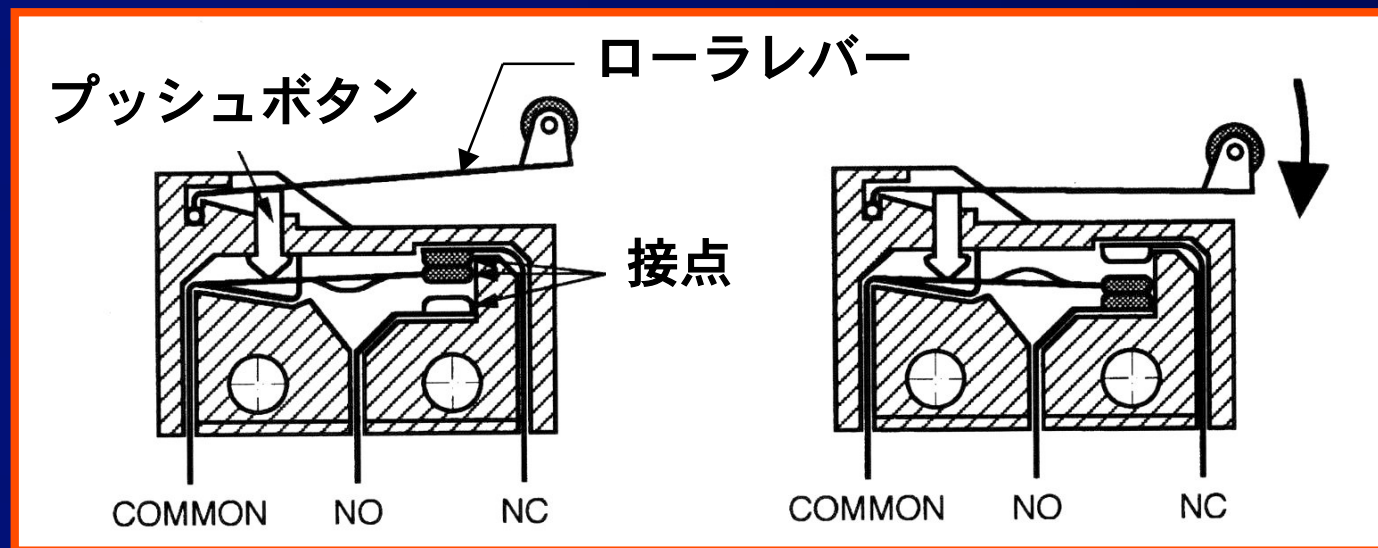
注) 他にも分類方法はある

内界センサ

ロボット（機械）の状態(関節の角度や速度，マニピュレータの位置など)を計測する**内界センサ**は，機械制御において不可欠な要素である。

内界センサには，高度な精度や信頼性，迅速な応答，幅広い計測範囲が求められる。

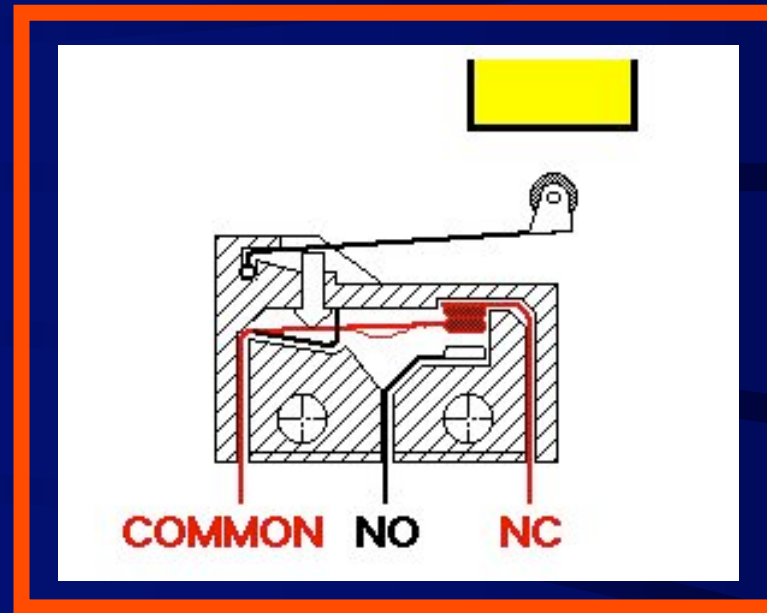
定位置・定角度の検出 リミットスイッチ



レバーによりプッシュボタンが押し下げられるか解放されたときに回路が開あるいは閉となる

レバーの操作速度に関わらず、接点が瞬時に切り替わる ---> スナップアクション機構

わずかな負荷で接点が切り替わる

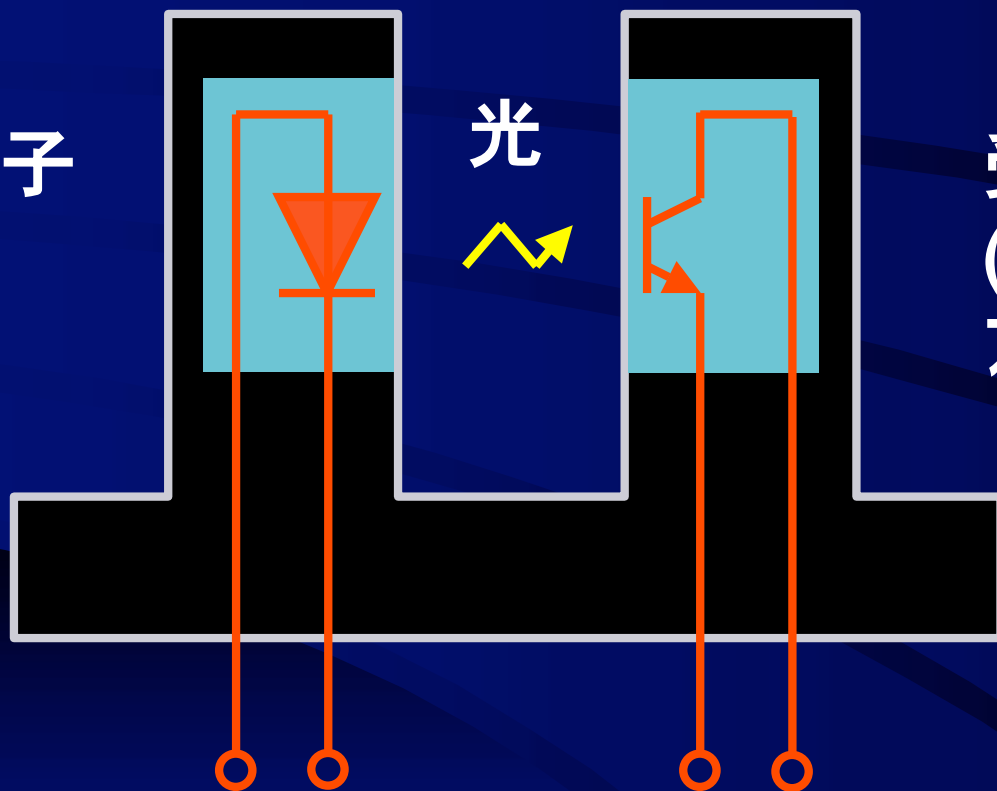


外力が加わっていない場合
COMMON と NC (normally closed) が接触

レバーが押された場合
COMMONとNO (normally open)が接触

フォトインタラプタ

発光素子
(LED)



受光素子
(フォトランジスタ,
フォトダイオード)

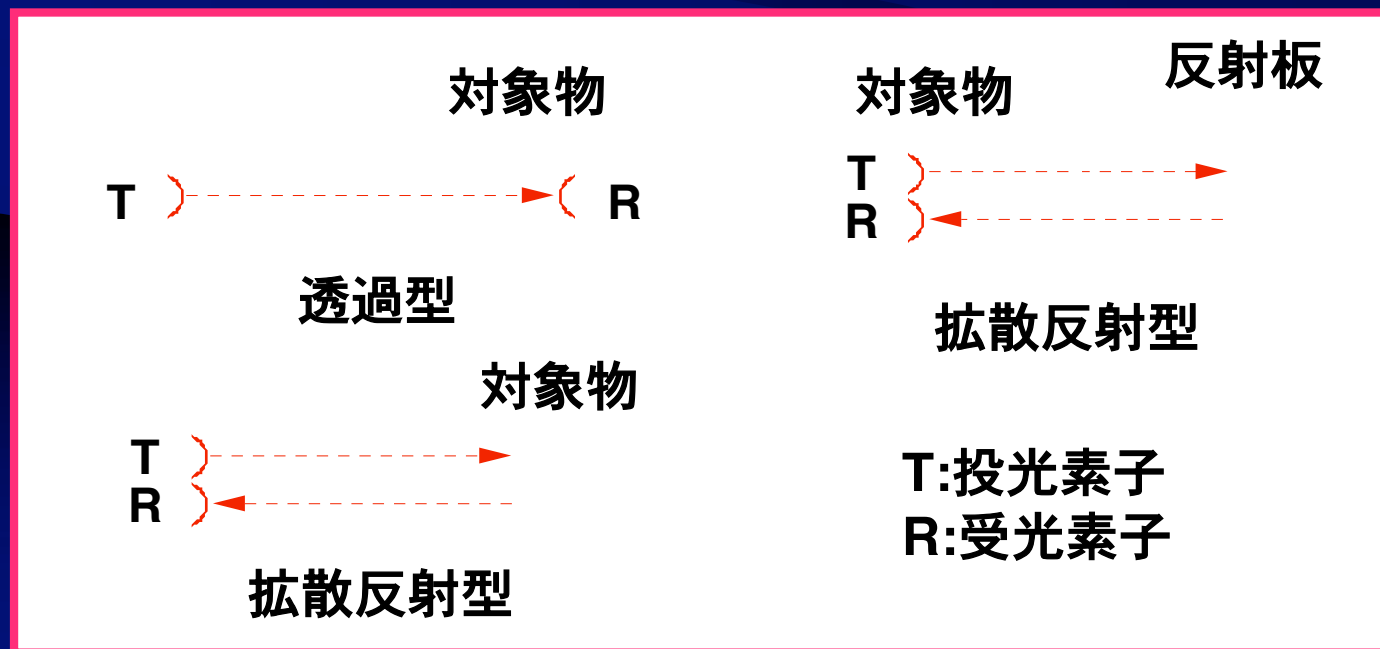
出力

光電センサ

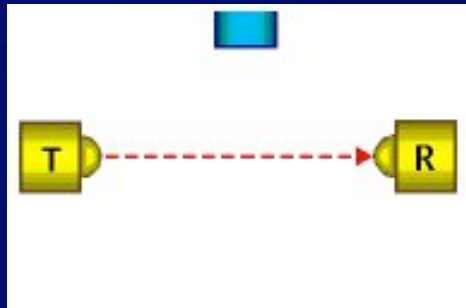
光電センサは主に、**投光素子**と**受光素子**から構成されている。

投光素子：発光ダイオード (LED) など

受光素子：フォトダイオード，フォトトランジスタ など

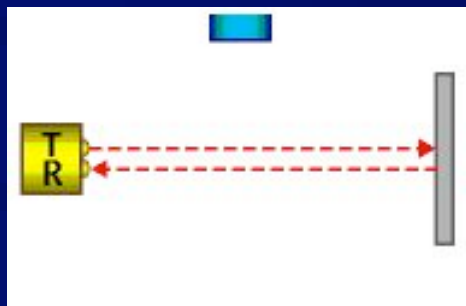


透過型



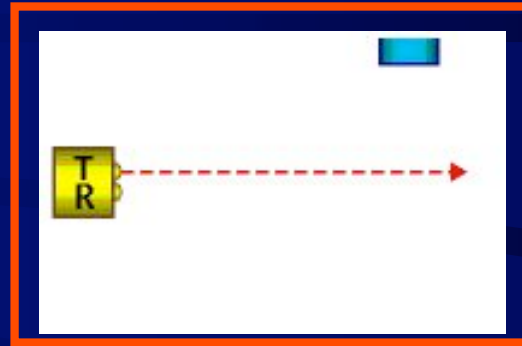
- # 不透明あるいは反射する物体であっても、
光線を遮断するものであれば検出可能
- # 約 30 m までの長距離の検出が可能
- # 高精度
- # 正確な光軸の調整が必要

反射型



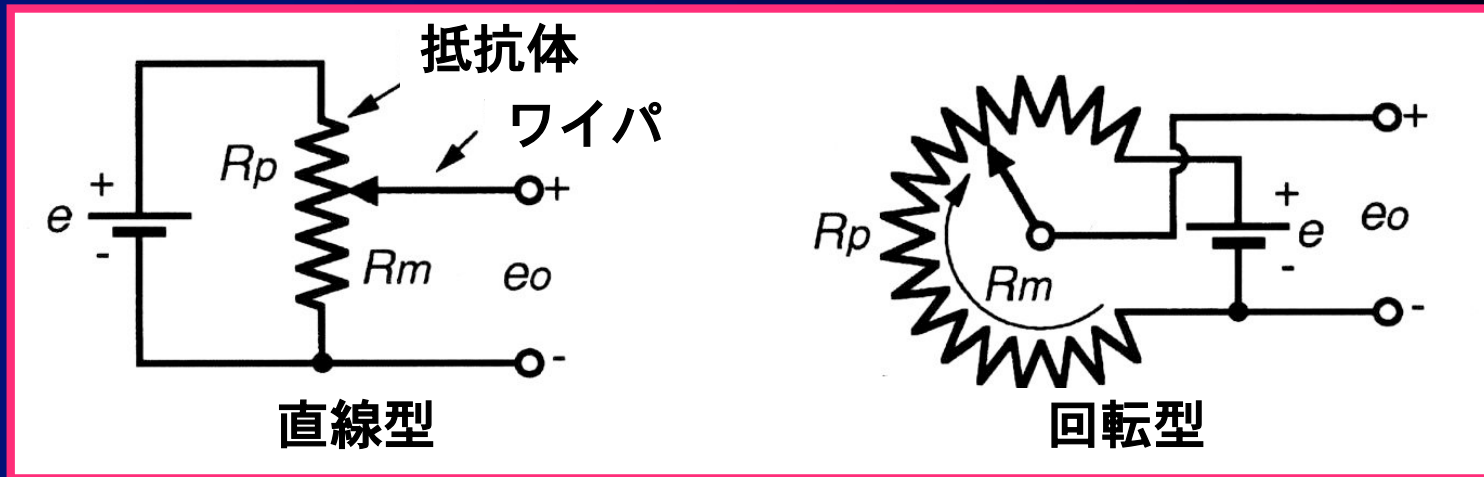
- # 光線を遮断するいかなる物体も検出可能
- # 検出距離は 0.1 ~ 10 m程度
- # コンベヤ上の物体検出に最適
- # 反射板が必要

拡散反射型



- # 光線を反射するいかなる物体も検出可能
- # 透明あるいは半透明の物体も検出可能
- # 検出距離は 5 cm ~ 2 m程度
- # 光軸や反射板の調整が不要
- # 感度調整が必要

位置・角度の検出 ポテンシオメータ



構成部品：抵抗体，ワイパ

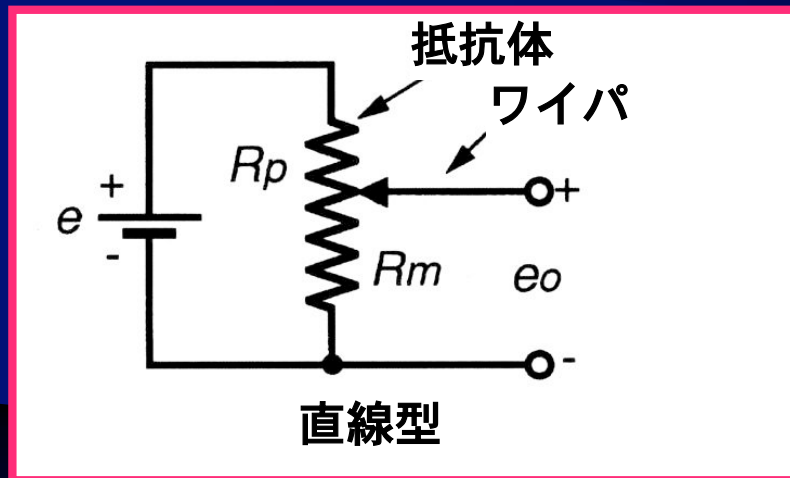
ワイパの移動形態：直線，回転

出力信号：アナログ

検出原理

アクチュエータに連結されたワイパの移動が、それに比例する電気抵抗量に変換される

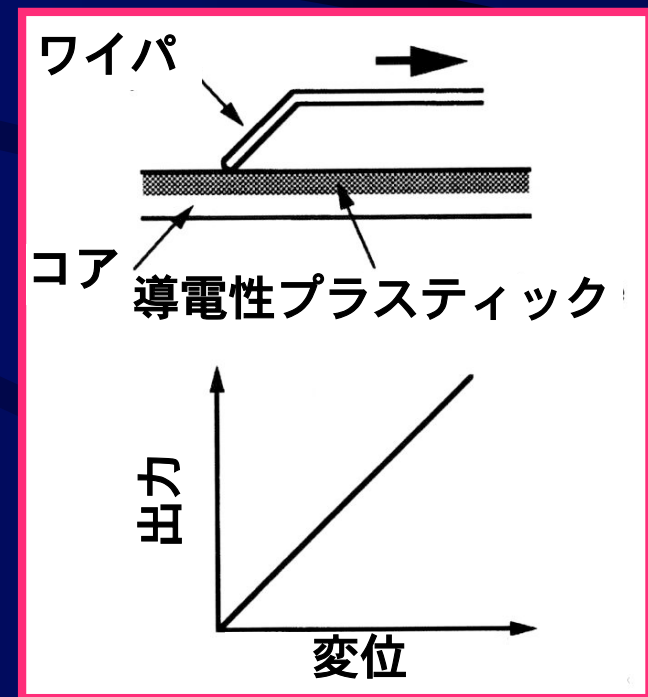
変位 --> アナログ電圧 or 電流



$$e_0 = e R_m / R_p$$

e_0 : 出力電圧

R_p : 総抵抗値

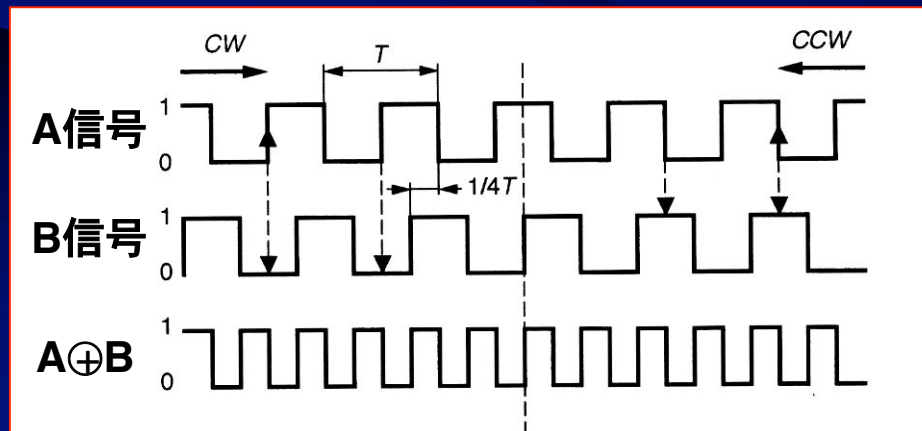
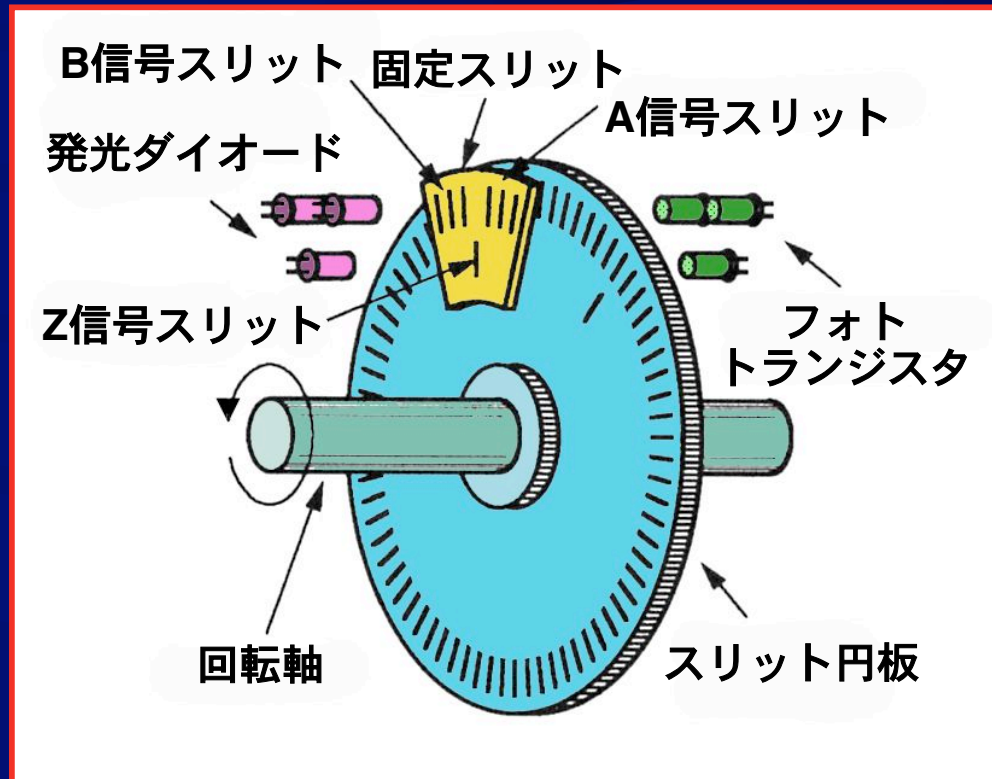


エンコーダ

エンコーダは検出した位置や角度をデジタル信号で出力する。直線変位を検出するリニアエンコーダと回転変位を検出するロータリエンコーダに分類される。

出力の形態によって、増加した変位を出力するインクリメンタルエンコーダと、絶対的な変位を出力するアブソリュートエンコーダに分類される。

インクリメンタルエンコーダ



インクリメンタルエンコーダの特徴

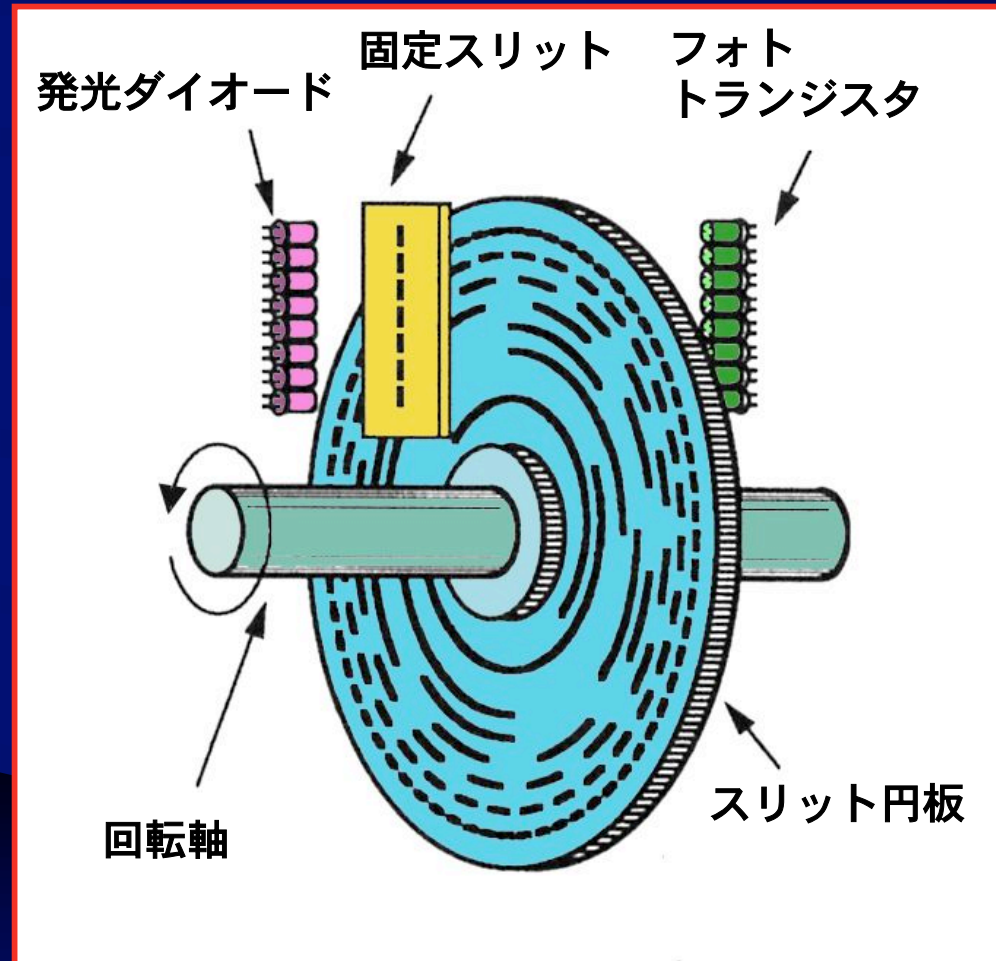
一度電源を切ると，カウンタ回路がリセットされるので，現在の位置が分からなくなる。



リミットスイッチなどを設置した基準位置まで，移動してから位置検出を行う必要がある。

小型軽量で安価。

アブソリュートエンコーダ



ピッチの異なる複数のスリット列を持つスリット円板を用いて、各スリットに重みを持たせ、**絶対位置**を検出する。

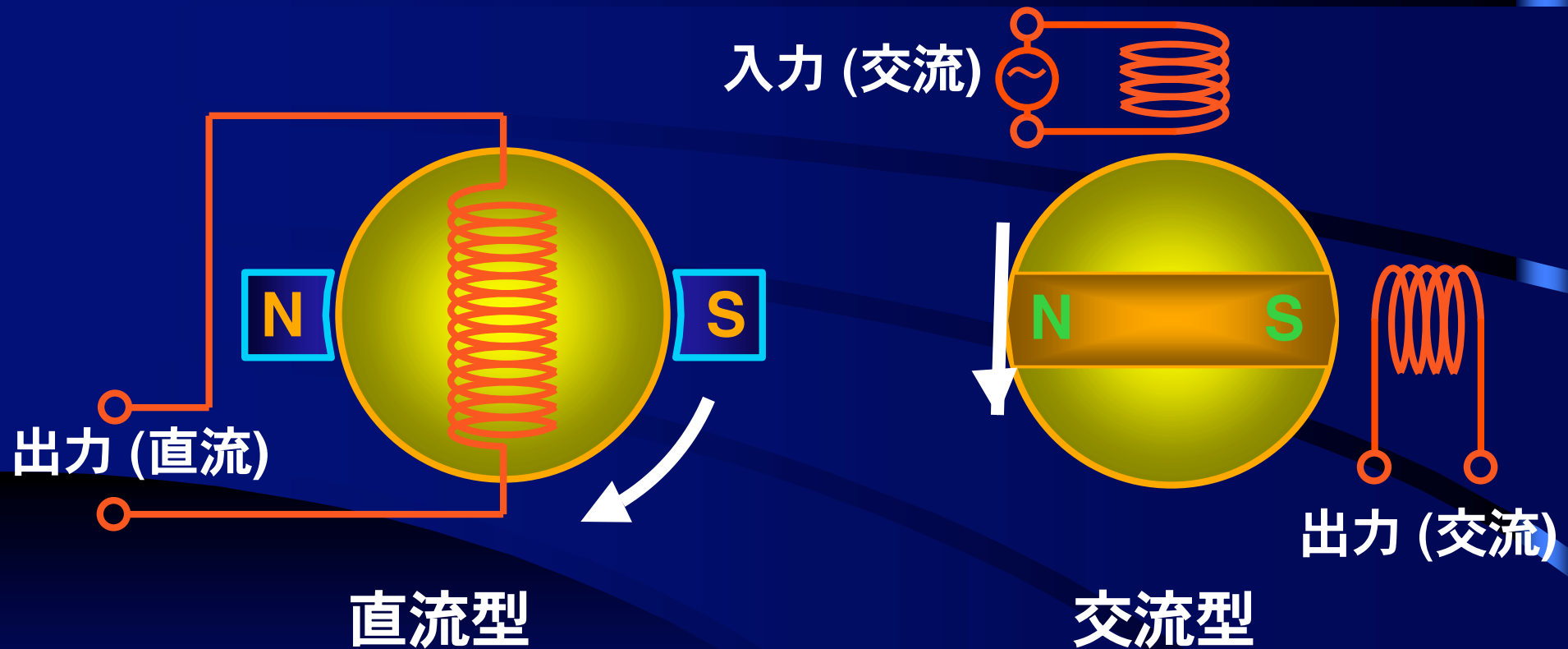
アブソリュートエンコーダの特徴

電源を切っても，位置情報を保持している。

分解能の大きいものは形状が大きい。

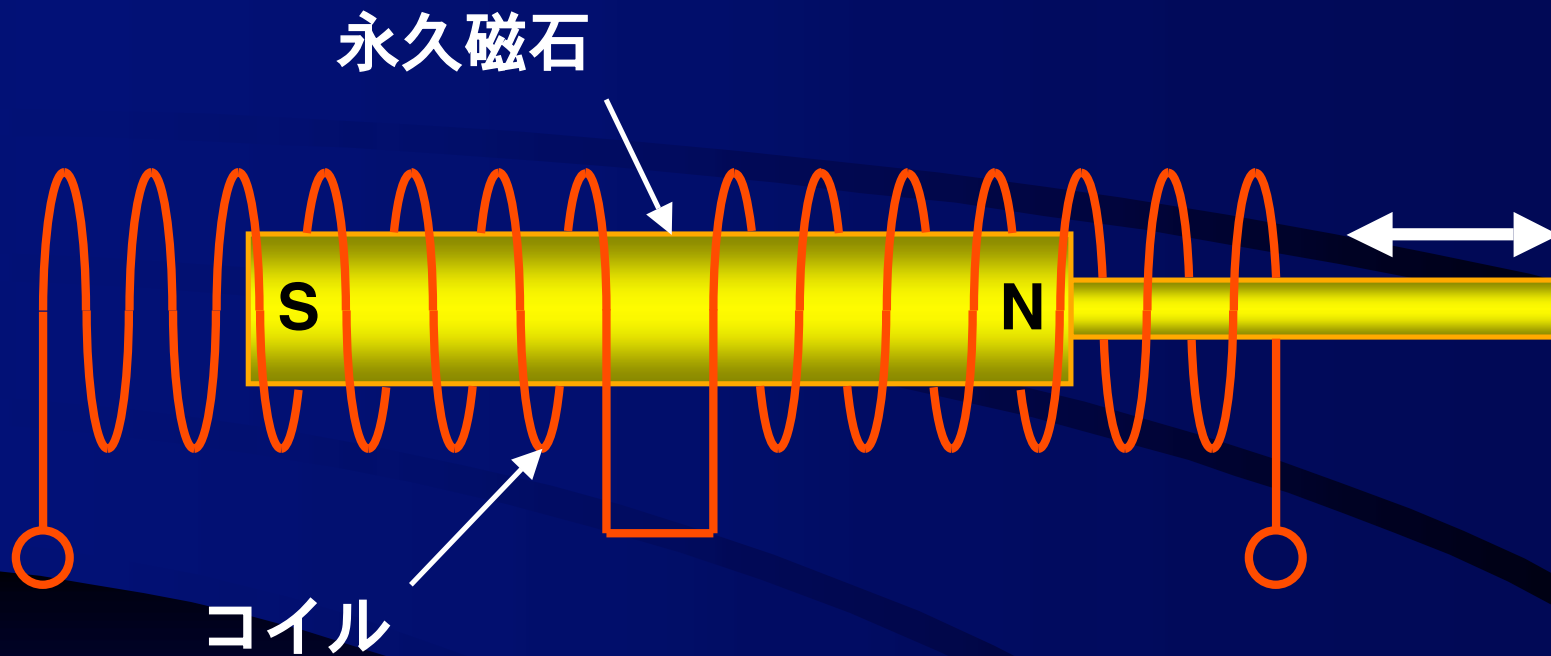
高価である。

速度・角速度センサ タコメータジェネレータ



直流発電機と同じ原理
出力電圧が回転速度に比例する

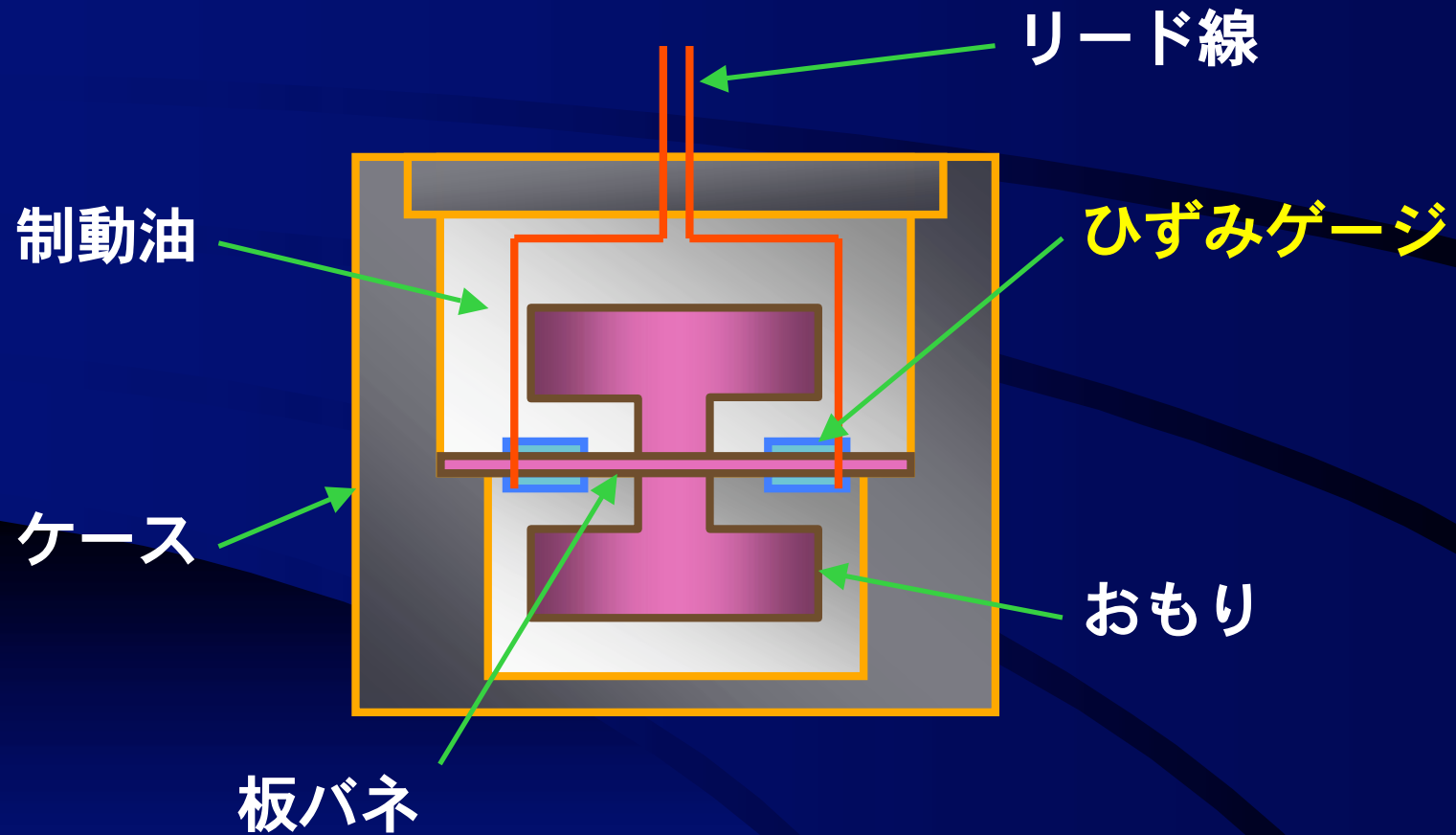
可動磁石型速度センサ



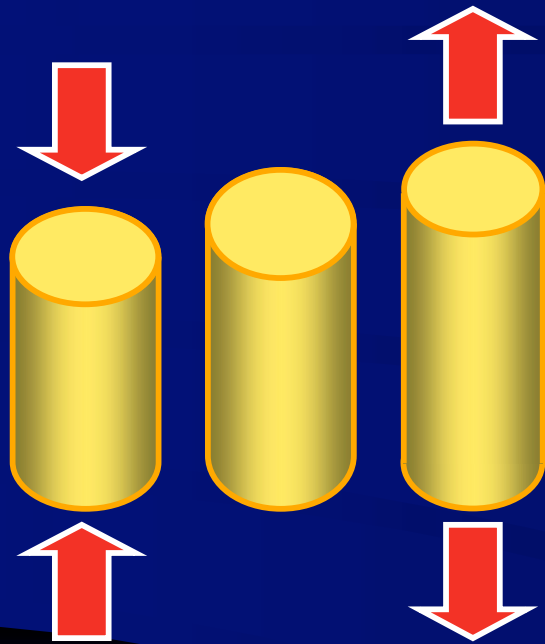
コイルに誘導される電圧が磁石の運動速度に比例する

加速度センサ

ひずみゲージ式加速度センサ



ひずみゲージの原理



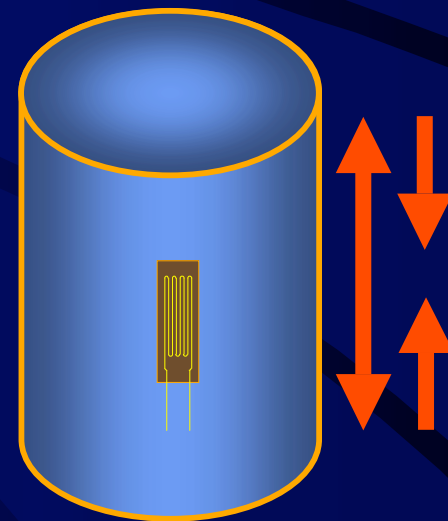
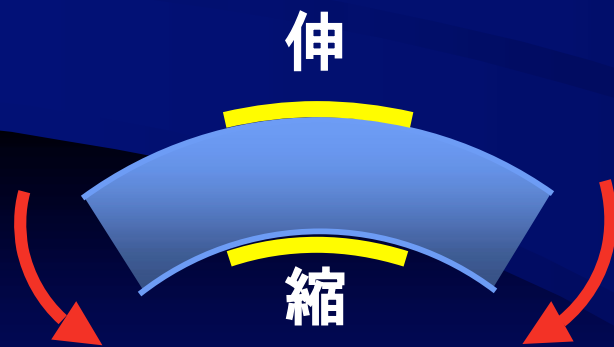
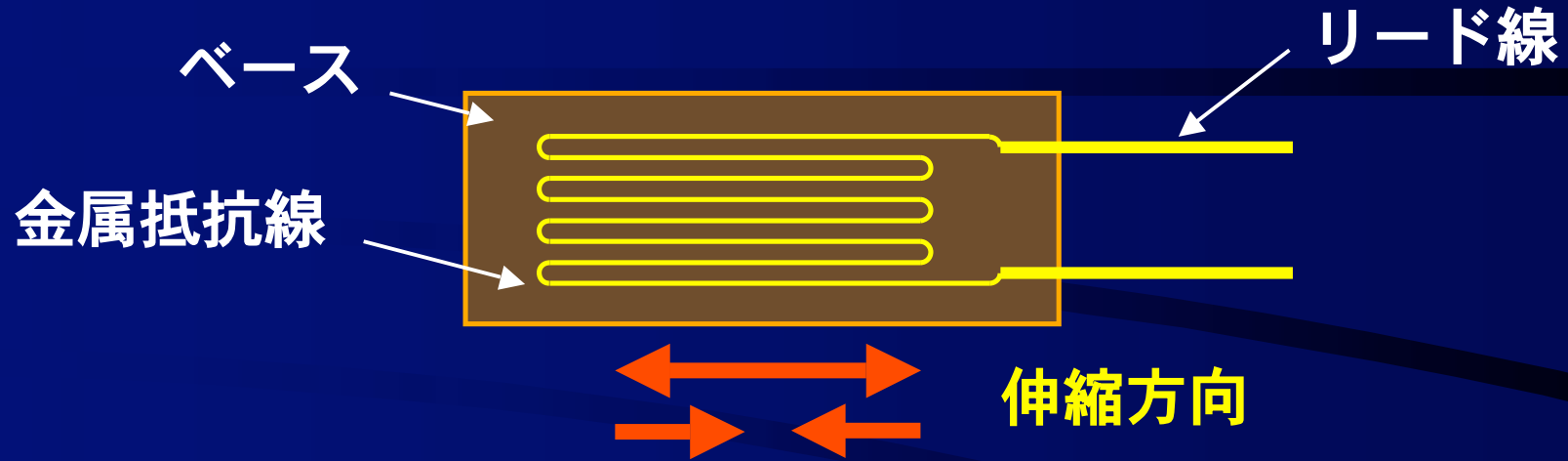
金属を

引っ張ると，伸びて細くなる。
-> 電気抵抗が大きくなる

圧縮すると，縮んで太くなる。
-> 電気抵抗が小さくなる

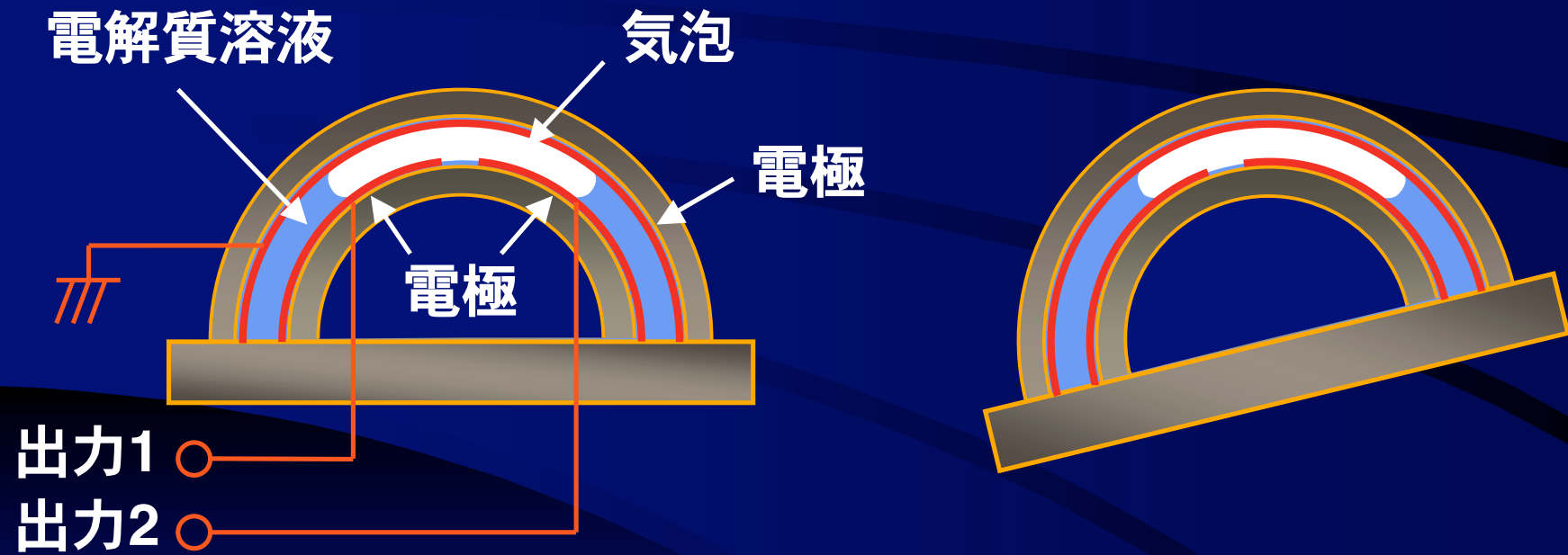
外力の変化 --> 電気信号の変化

ひずみゲージの構造と使用方法

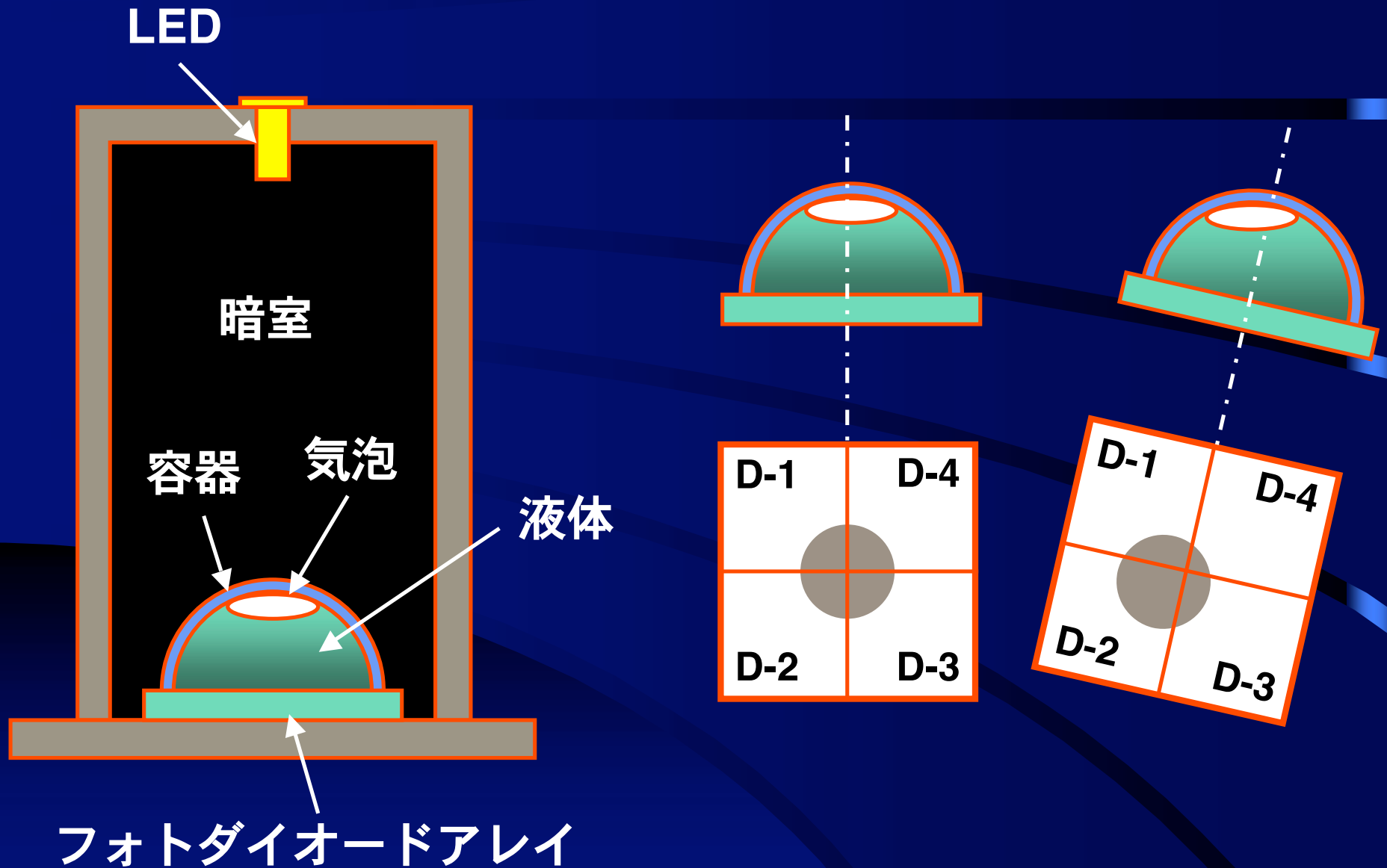


傾斜角センサ

電解質溶液型傾斜角センサ



気泡変位型傾斜角センサ



外界センサ

外界センサは、対象の作物や障害物など、ロボット（機械）の外界の計測を行うセンサである。

形状が複雑で、どこにあるか分かりにくい作物を対象とする農業機械の場合、外界を認識する能力は重要な役割を果たす。

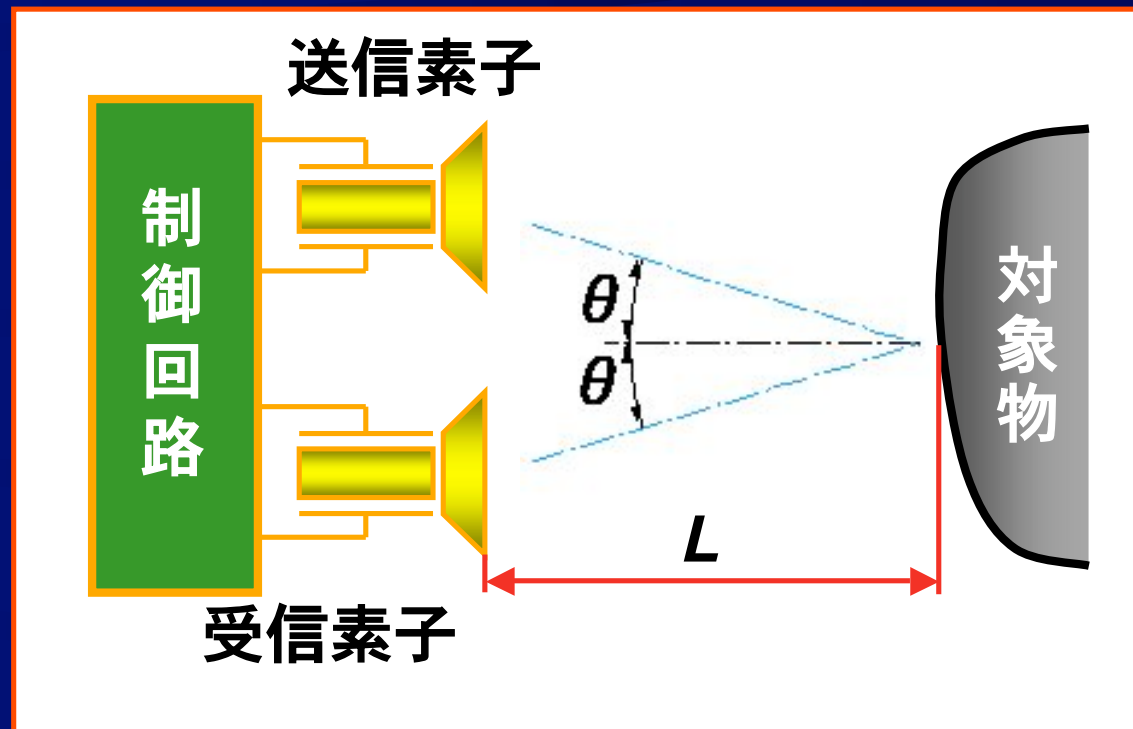
距離センサ 超音波センサ

超音波：人間の耳に聞こえないほど高い周波数の弾性波であり，媒質として気体，液体，固体のどれも伝搬する。

人間の可聴領域：約 20 ~ 20 kHz

超音波を利用した計測：魚群探知機，厚さ計，超音波診断装置，超音波探傷器，流速・流量測定，アコースティック・エミッション，距離計測 など

超音波による距離計測

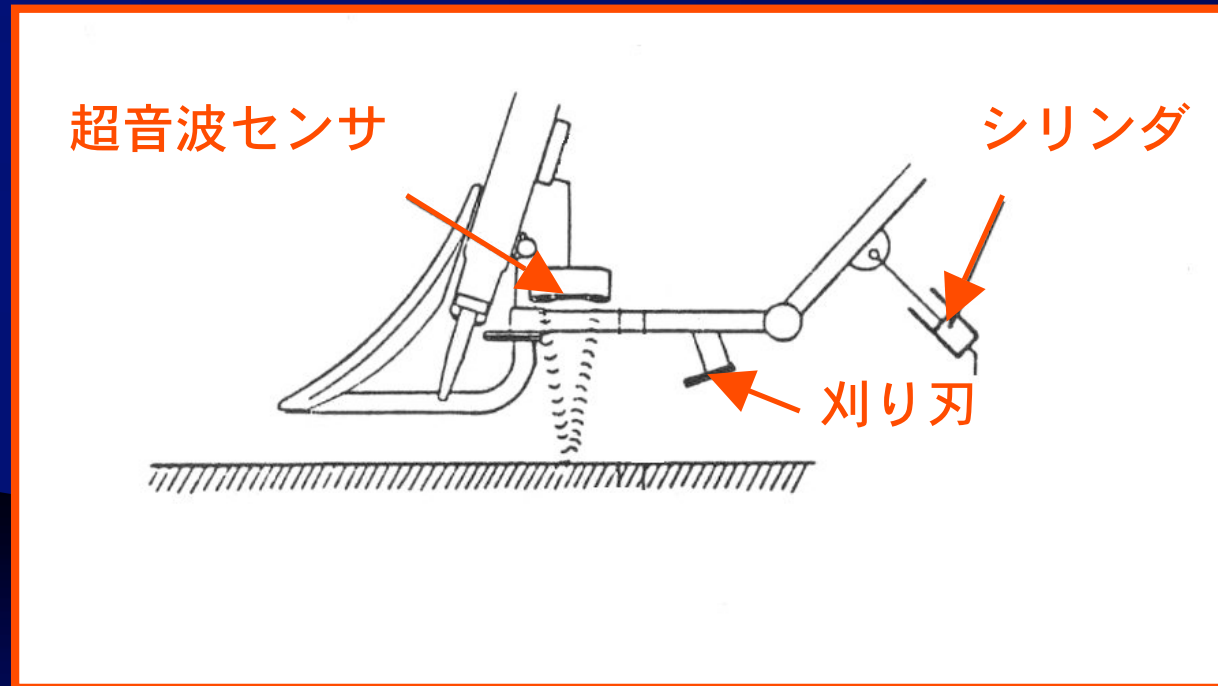


$$L = VT \cos \theta / 2 \doteq VT / 2$$

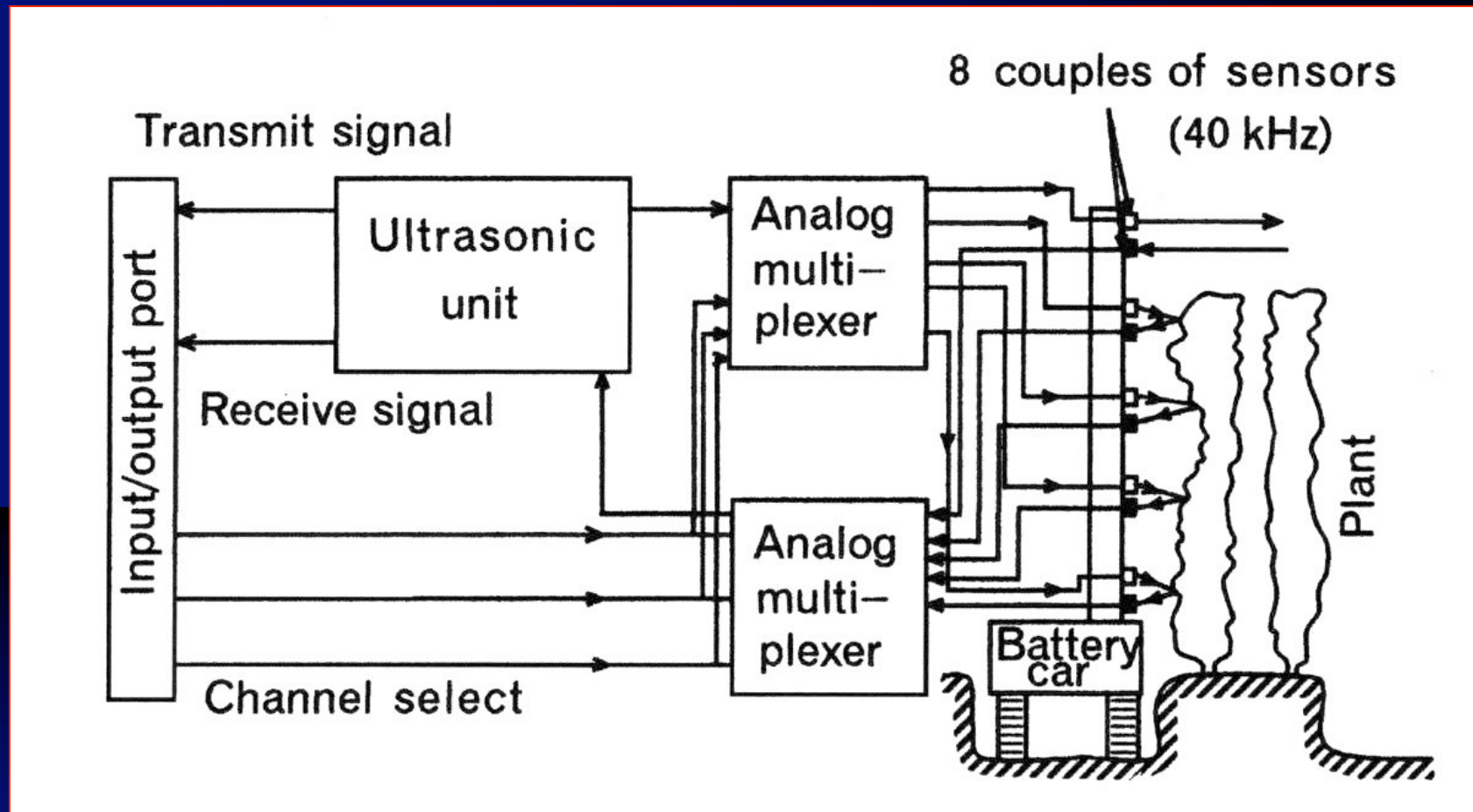
$$V = 331.5 + 0.607 t$$

L : 距離, V : 音速, T : 伝搬時間, t : 気温

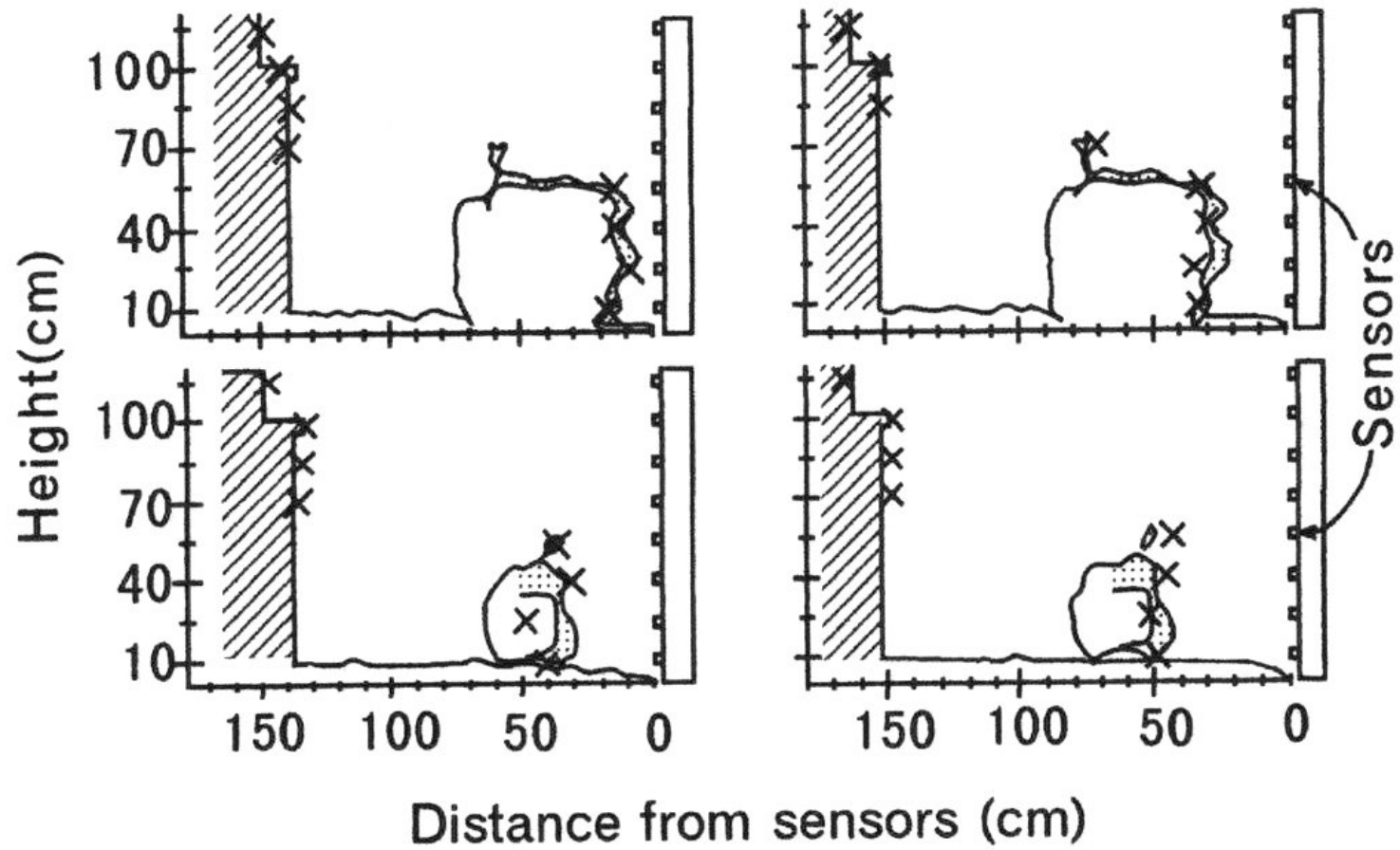
コンバインの刈高さ制御



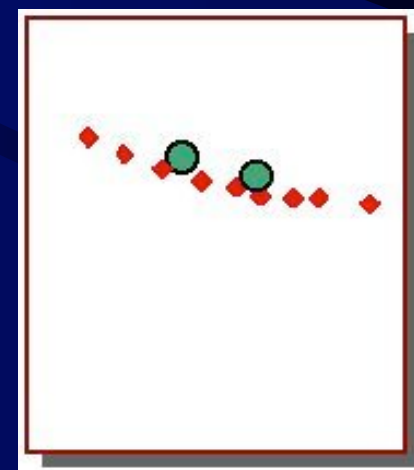
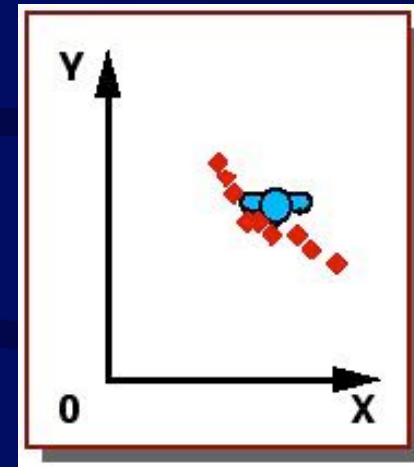
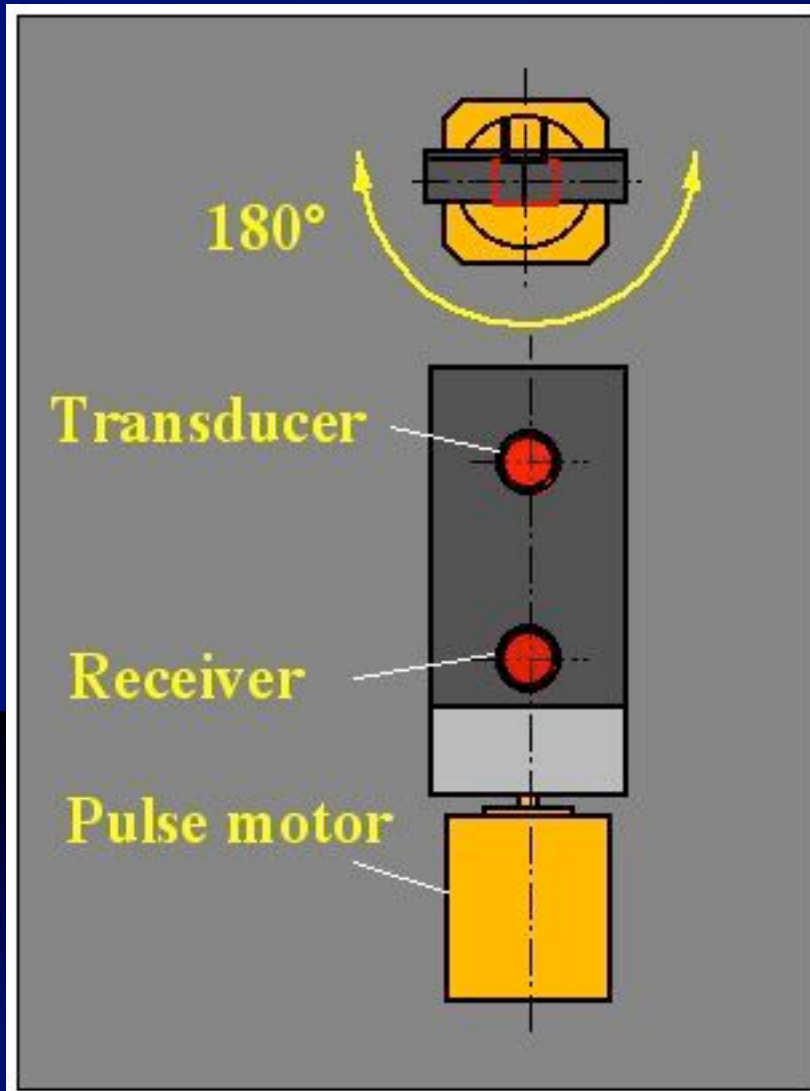
超音波センサによる作物の検出



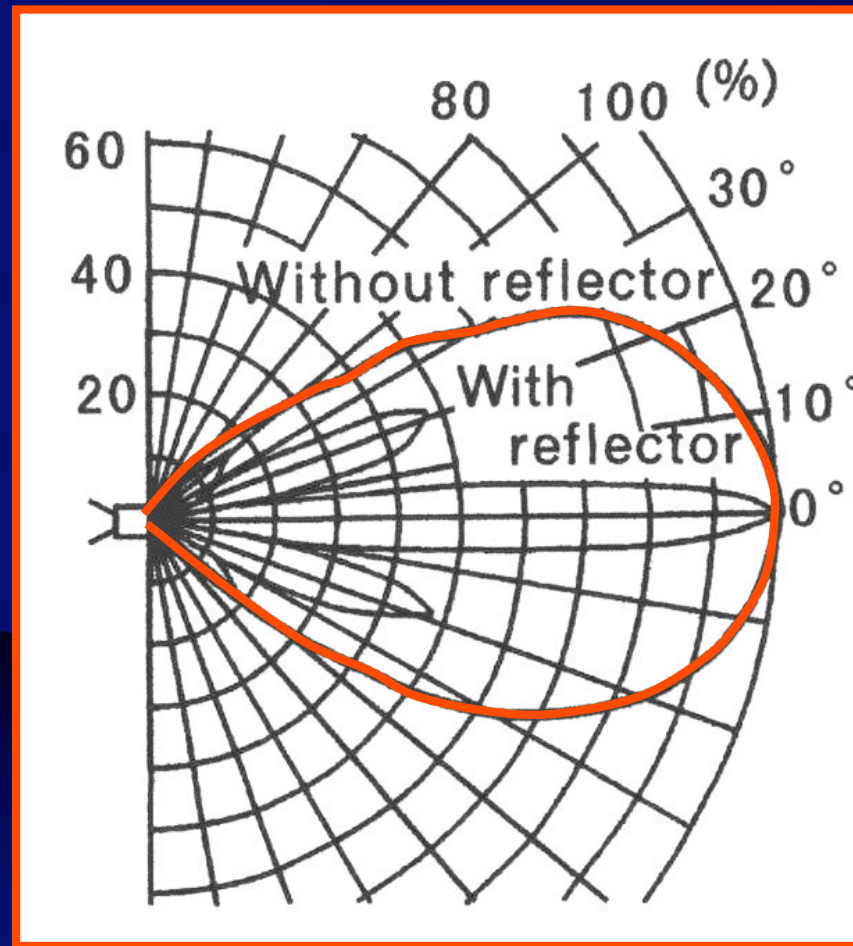
検出結果



超音波センサを旋回させる方法



超音波センサの指向性



超音波センサの特徴

制御が比較的容易

センサ素子が安価

リアルタイムでの計測はやや困難

例) 距離 2 m の計測に12 ms を要す

($V = 340 \text{ m/sec}$ のとき)

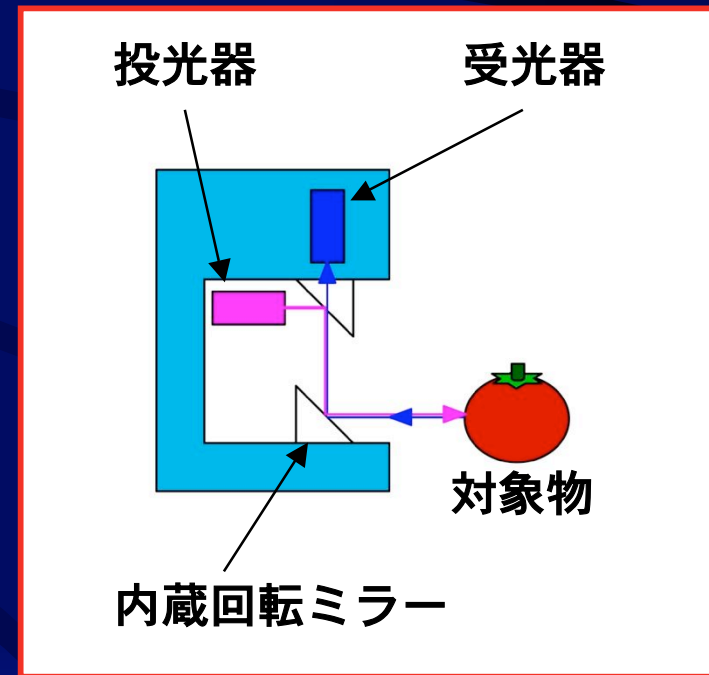
物体の正確な形状, 大きさの計測は困難

レーザー距離計

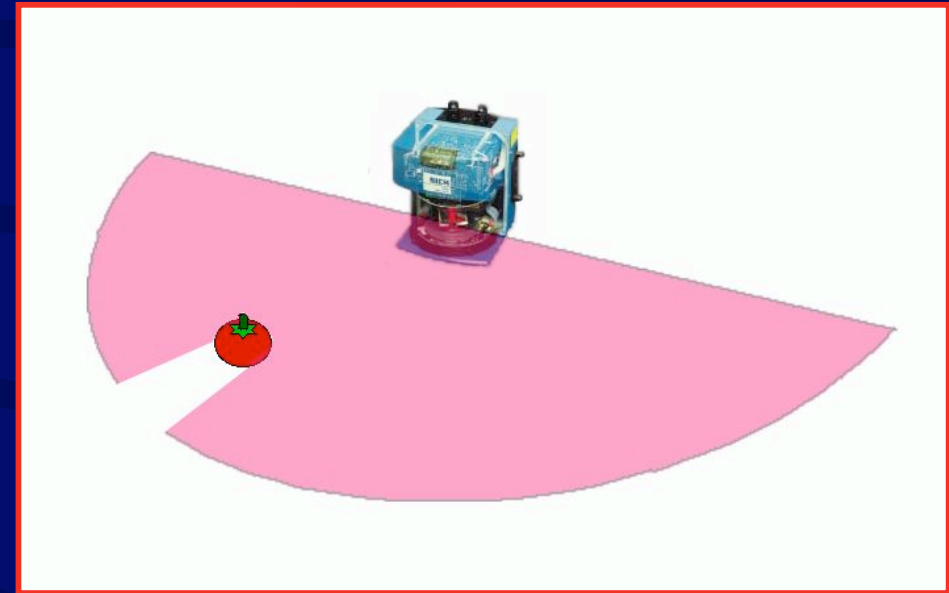
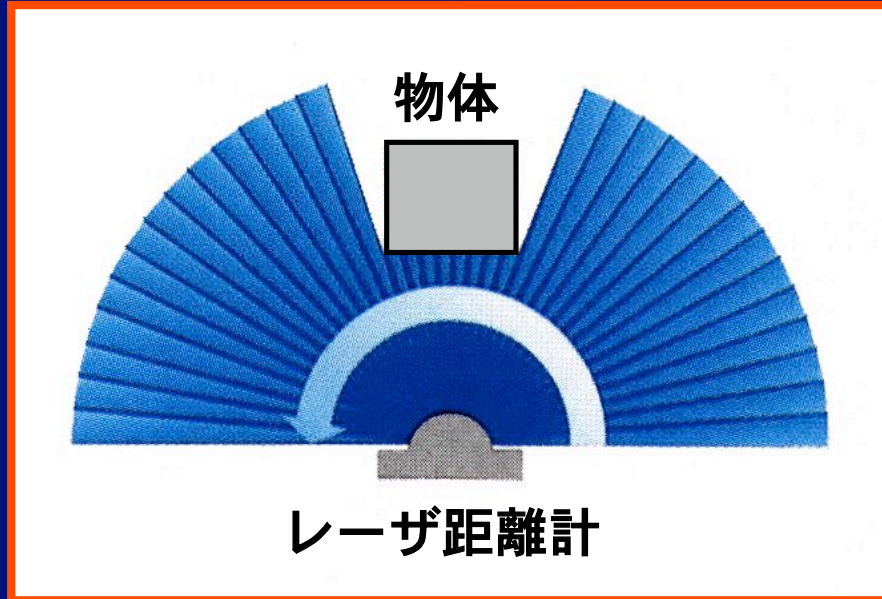
光を発射し、物体に反射して戻ってくるまでの伝搬時間を距離換算する。



LMS 200 Laser scanner
SICK Optic Electronic



レーザー距離計による検出



内蔵回転ミラーが回転し，2次元平面内に存在する物体の検出が可能。



仕様

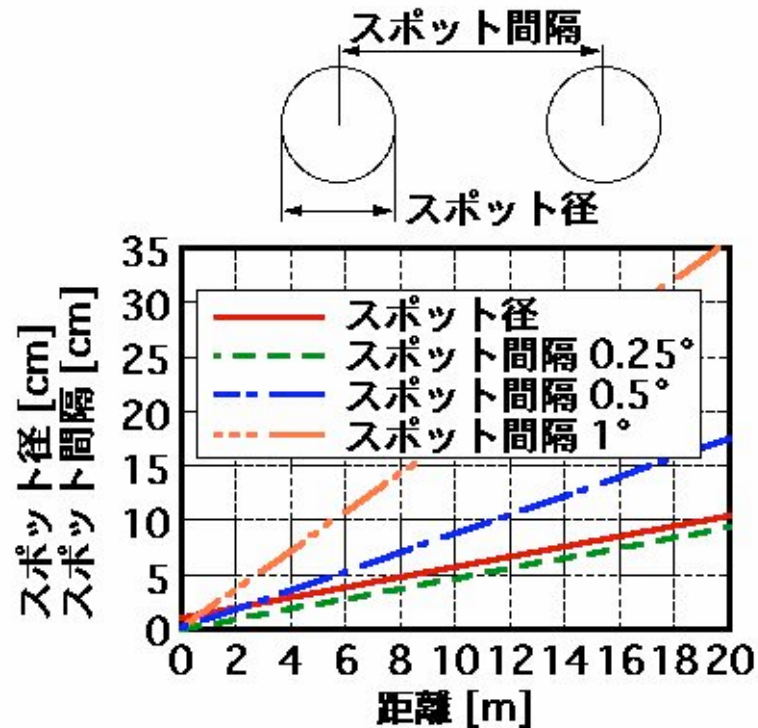
計測距離：最大150m

分解能：10mm

インターフェイス：RS-232 or RS422

レーザ波長：905nm

クラス1 (アイセーフタイプ)



角度分解能 [°]	0.25	0.5	1.0
最大走査角度 [°]	100	100/180	100/180
最大計測点数	401	201/361	101/181
応答時間 [ms]	52	26	13



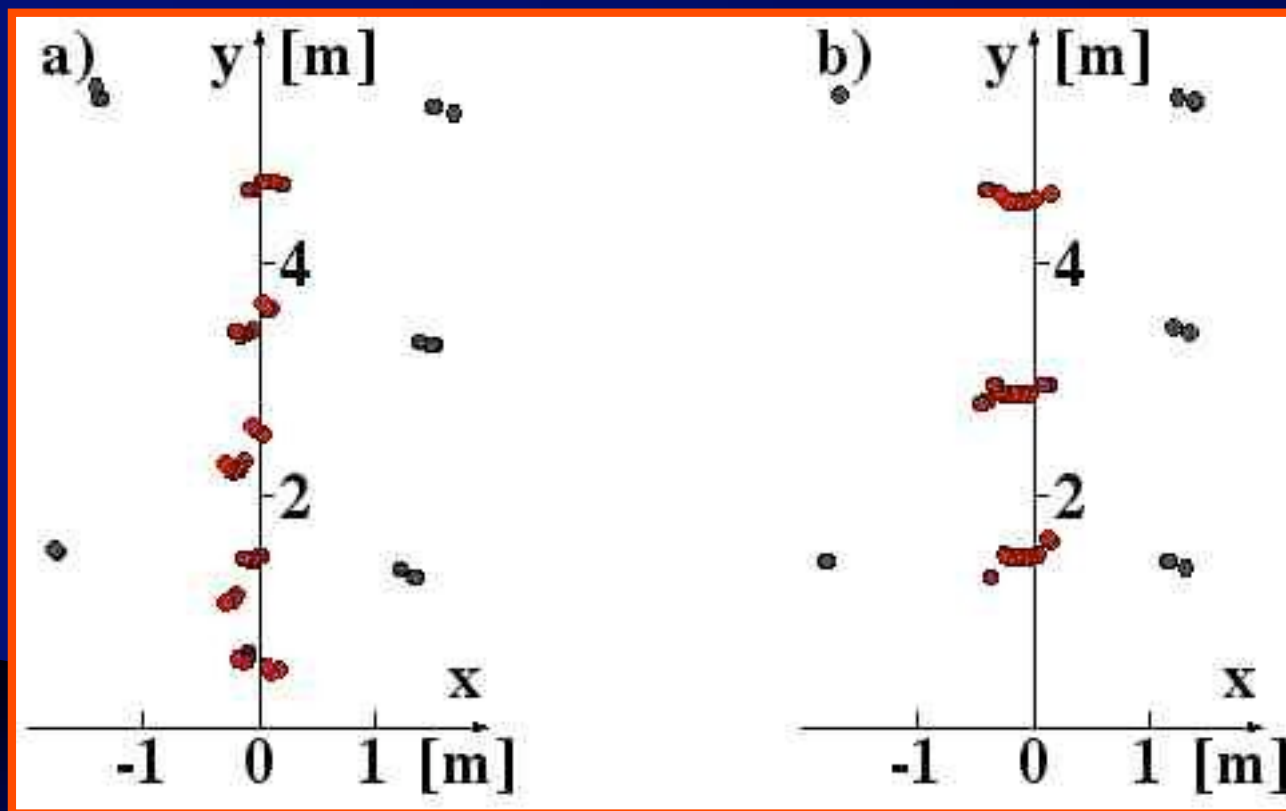
KYOTO

京都大学
UNIVERSITY

レーザー距離計の特徴

- 高解像度の検出が可能
- レーザ光による長距離の非接触計測が可能
- 短時間計測が可能
- 反射板やマーカが不要
- 計測データの転送が高速かつ容易
- 屋外での使用も可能

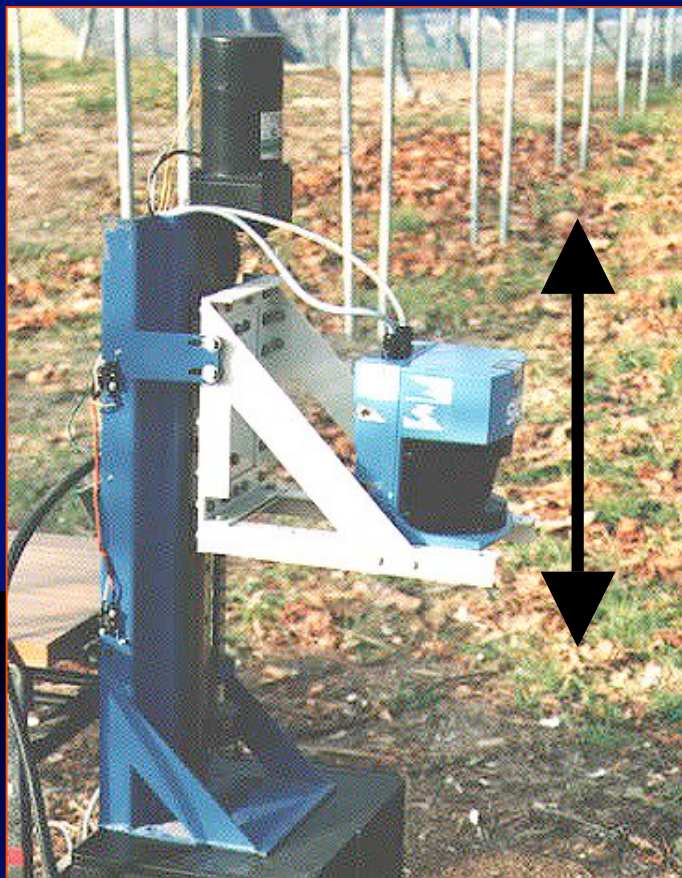
人間の移動の検出



地上 35cm

地上 90cm

レーザー距離計による 3次元距離計測

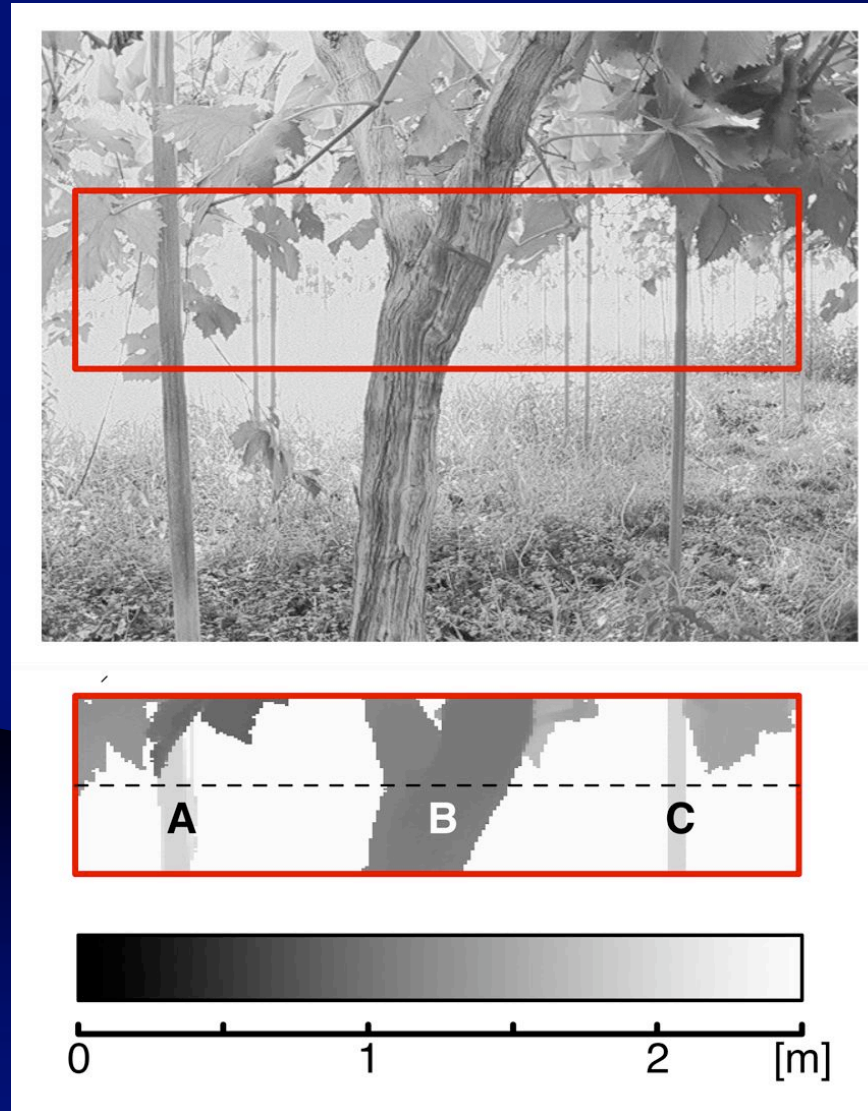


升降装置に搭載された
レーザー距離計

固定されたレーザー距離計では2次元の情報しか収集できない。

レーザー距離計を鉛直方向に移動させれば，3次元の距離情報が得られる。

3次元距離情報

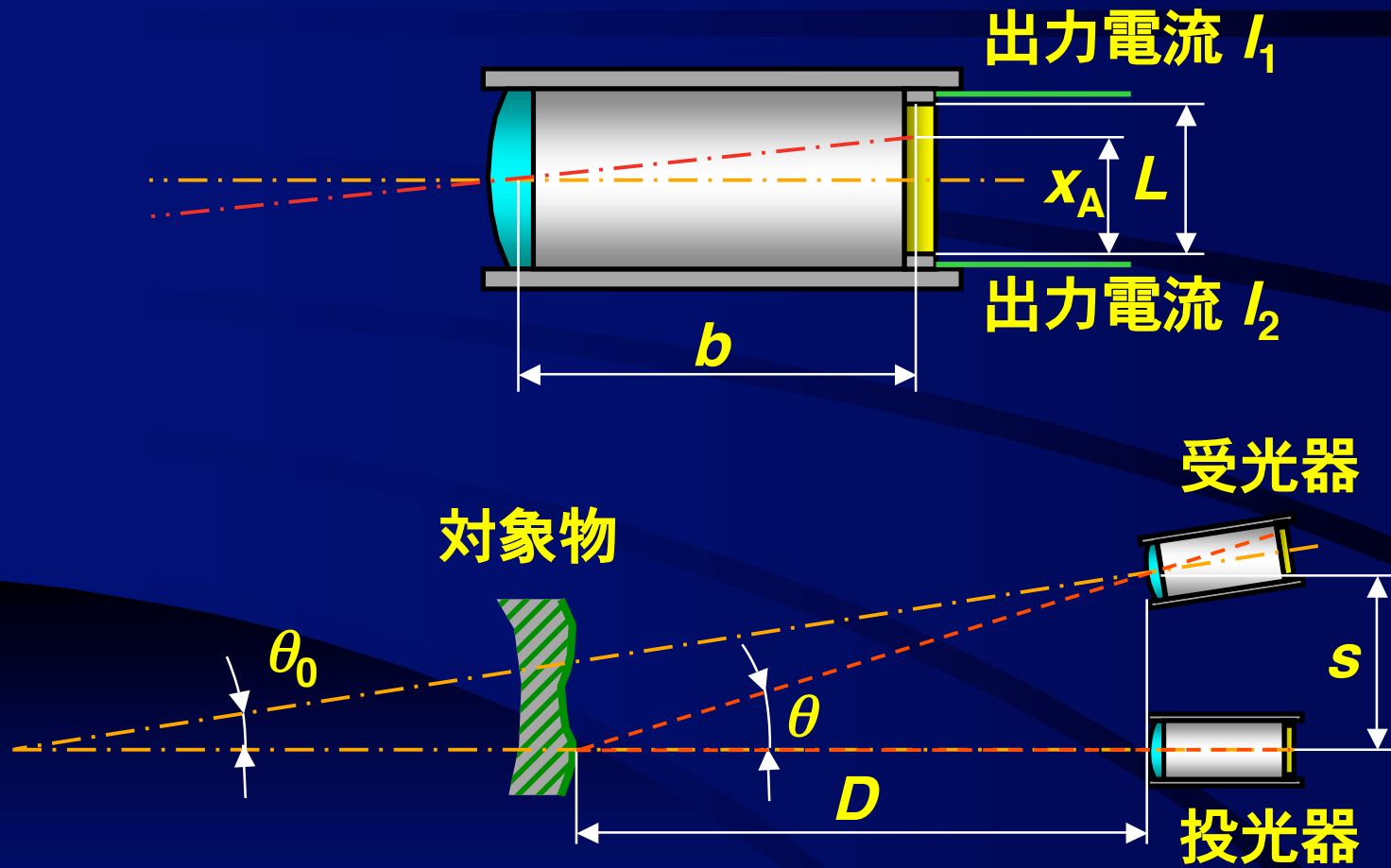


背景

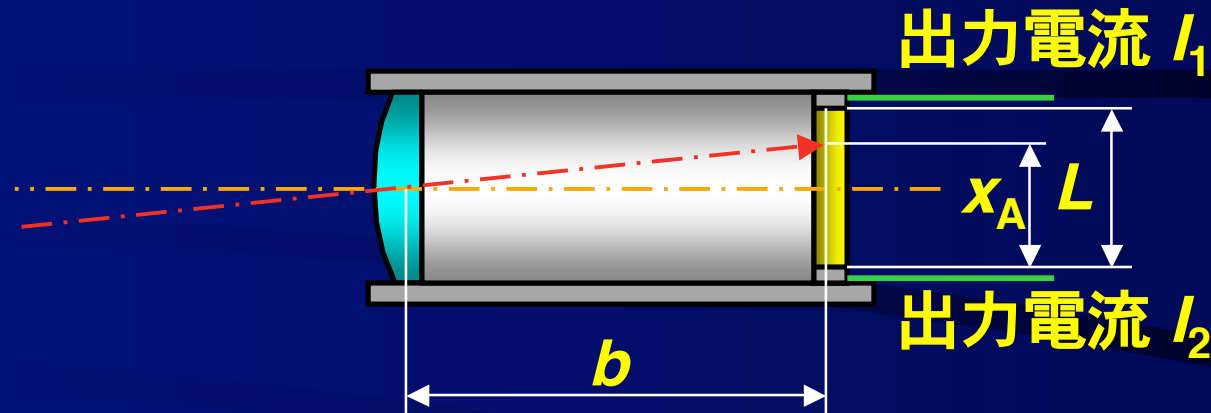
3次元距離情報

距離に応じた
濃淡レベル

PSD (Position-sensitive device)



受光器の原理

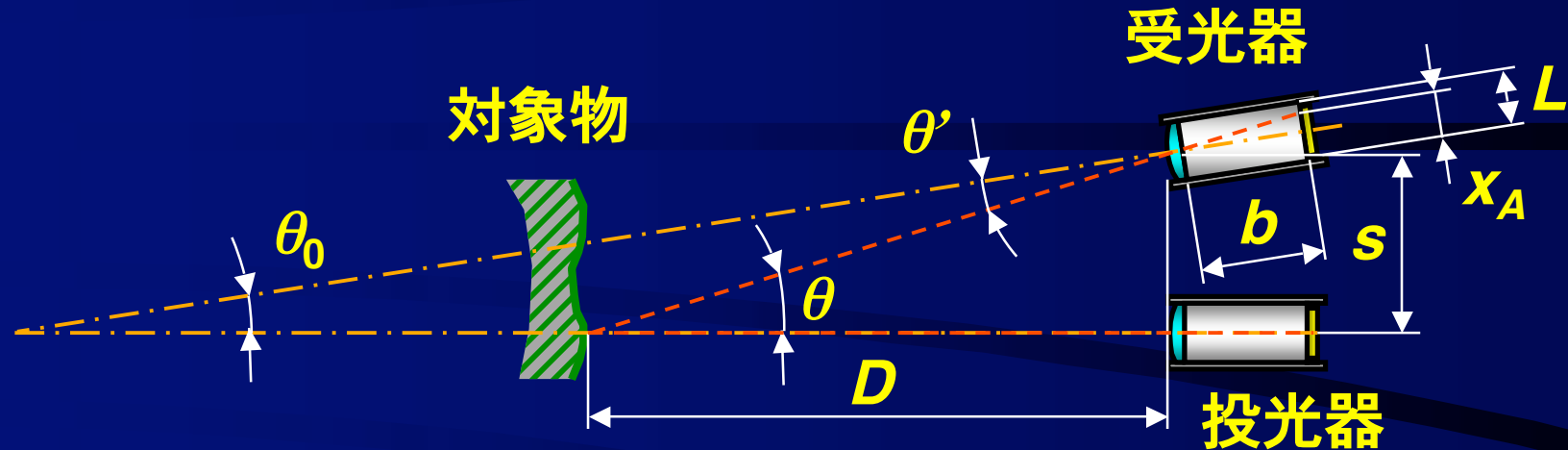


L : PSDの受光面長, b : レンズとPSDの距離

出力電流 I_1 , I_2 を増幅して得た電圧をA, Bとすれば, PSD上での結像位置 x_A は,

$$x_A = \frac{LA}{A+B}$$

PSD による距離計測



$$D = \frac{s}{\tan \theta}$$

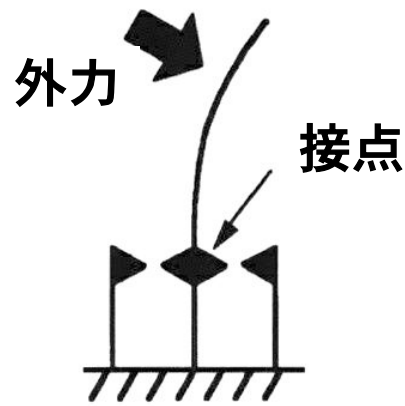
ここで, $\theta = \theta' + \theta_0$

$$\text{また, } \tan \theta' = \frac{x_A - L/2}{b} \quad \therefore \theta' = \tan^{-1} \left(\frac{x_A - L/2}{b} \right)$$

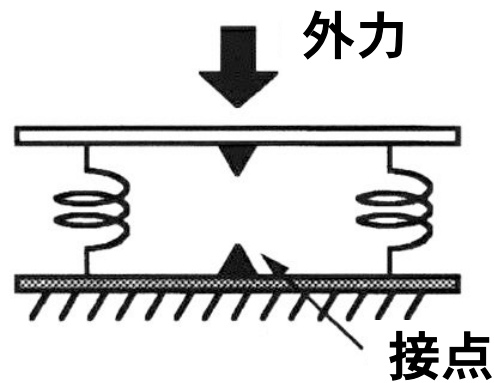
$$\therefore D = \frac{s}{\tan \left[\tan^{-1} \left(\frac{x_A - L/2}{b} \right) + \theta_0 \right]}$$

接触センサ 接触覚センサ

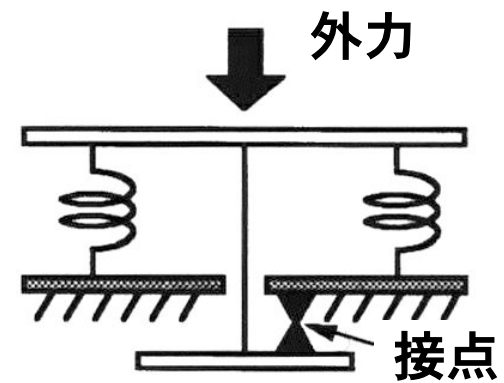
物体との接触を検出すると，ON-OFF の信号
を出力する



猫のひげ
タイプ

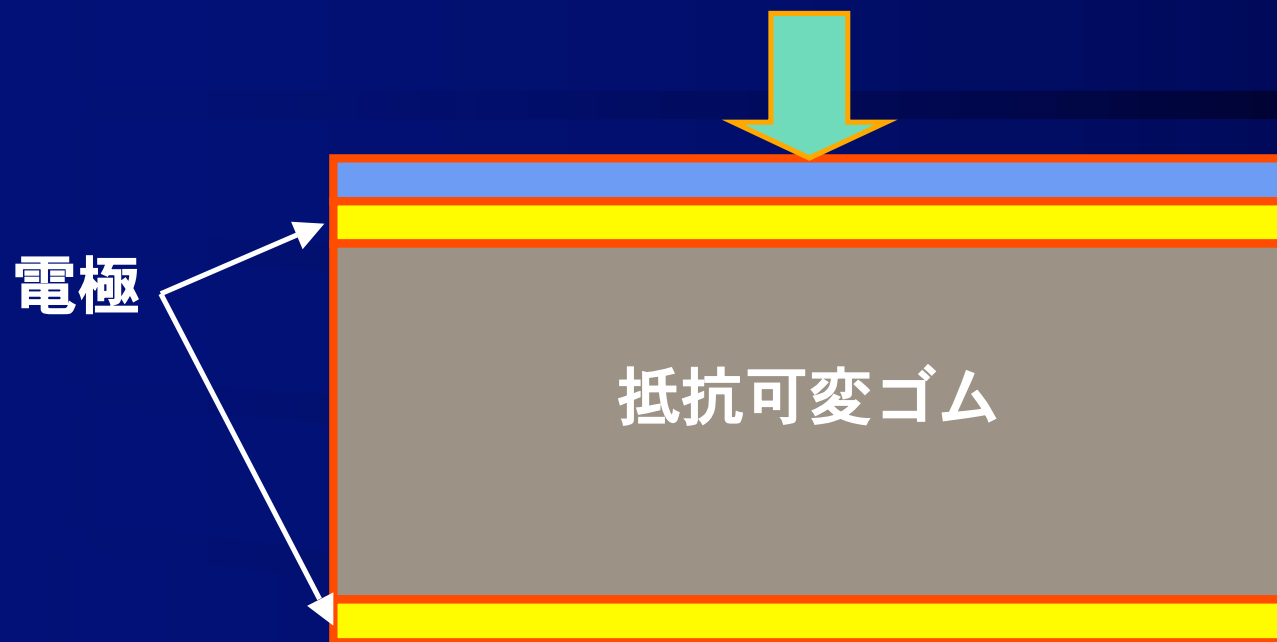


プッシュON
タイプ



プッシュOFF
タイプ

圧覚センサ



抵抗可変ゴム(導電性ゴム, 圧電ゴムなど)の抵抗変化から圧力を検出する。