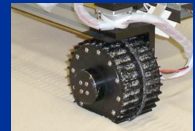


光学マウスのセンサを用いた 運動計測装置 ～平面移動および高さ変化の計測～

○永井伊作(岡山大学) 渡辺桂吾(岡山大学)
永谷圭司(東北大学) 吉田和哉(東北大学)

研究背景

- 月・惑星探査ローバ
- 課題
正確な移動量を知りたい。
- 車輪のすべり, 沈みがあり, オドメトリでは誤差が大きい。
- 慣性センサでは, 小さな移動量の計測は難しい。
- カメラ(走行面追跡)では, 計測値が高さに依存する。



光学マウスのセンサ

■ センサ Avago ADNS-6010

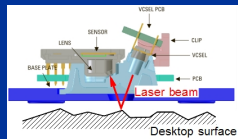
- 最大加速度 20 G
- 最大速度 45 インチ/s
- 最大処理速度 7080 fps

■ 特性

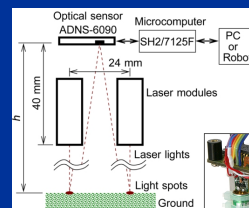
- 並進移動(X,Y)の計測
- 高さの許容範囲が狭い, 高さに依存した計測値

■ 改造

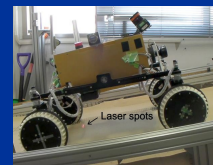
付属レンズ・光源を使わず, 平行なレーザ光源を使うことで, 高さに依存しない計測の実現。



従来研究



従来手法
(センサ1個, XYのみ)



月探査ローバ "El Dorado II"
オドメトリよりも高い精度で移動量を推定できた。

本研究の目的:

1. 車輪のすべりに影響されないオドメトリ
2. 計測の自由度を高める(姿勢・高さ)

スペックルの移動

Yamaguchiの報告より

$$A_x = a_x \cos \theta_0 - a_z \sin \theta_0 - L_0 \left[-\Omega_y \left(\frac{\cos \theta_s}{\cos \theta_0} + 1 \right) \right] \quad (1)$$

$$A_y = a_y - L_0 \left[-\Omega_x (\cos \theta_s + \cos \theta_0) - \Omega_z (\sin \theta_s + \sin \theta_0) \right]$$

A_x, A_y : スペックルの移動量
 a_x, a_y, a_z : 平行移動成分 $\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z$: 回転成分

$\theta_s = 0, \Omega_x = 0, \Omega_y = 0$ とすると,

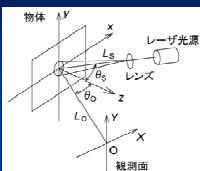
$$A_x = a_x \cos \theta_0 - a_z \sin \theta_0 \quad (2)$$

$$A_y = a_y + \Omega_z L_0 \sin \theta_0$$

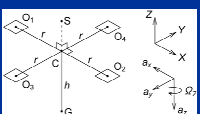
実験から, $\cos \theta_0 = 1$ であると判断し,

$$x_1 = a_x - a_z \sin \theta_0 \quad (3)$$

$$y_1 = a_y + r \Omega_z$$

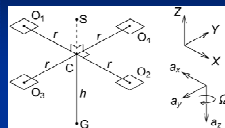


物体運動によるスペックル移動を求める座標系



センサO1~O4の配置

センサ計測値から移動量へ



$O_1 \sim O_4$: センサ
S: レーザ光源
X, Y, Z: センサの座標系
 a_x, a_y, a_z, Ω_z : 微小運動量

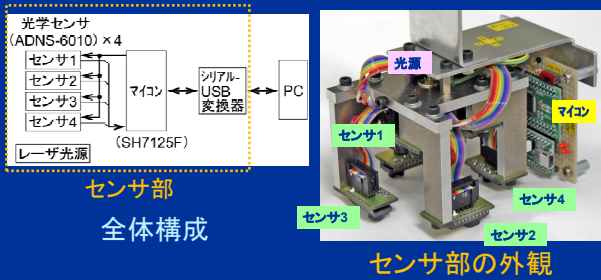
センサO2~O4についても同様に,

$$\begin{aligned} x_2 &= a_x + a_z \sin \theta_0 \\ y_2 &= a_y - r \Omega_z \\ x_3 &= a_x + r \Omega_z \\ y_3 &= a_y - a_z \sin \theta_0 \\ x_4 &= a_x - r \Omega_z \\ y_4 &= a_y + a_z \sin \theta_0 \end{aligned} \quad (4)$$

式(3), 式(4)より,

$$\begin{aligned} a_x &= (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)/4 \\ a_y &= (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)/4 \\ a_z &= (x_2 - x_1 + y_4 - y_3)/4 \sin \theta_0 \\ \Omega_z &= (x_3 - x_4 + y_1 - y_2)/4r \end{aligned} \quad (5)$$

開発した装置

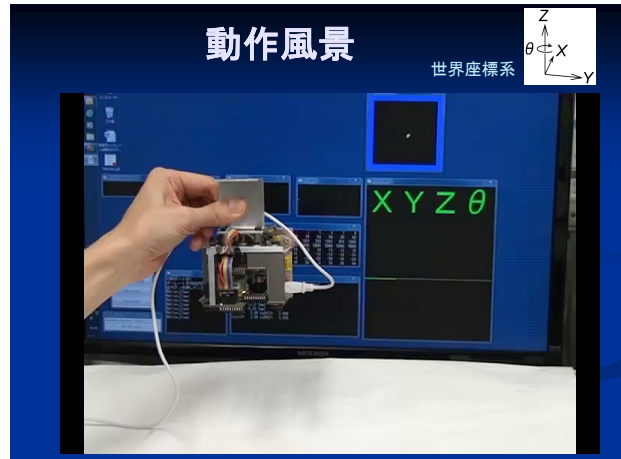


センサ部
全体構成

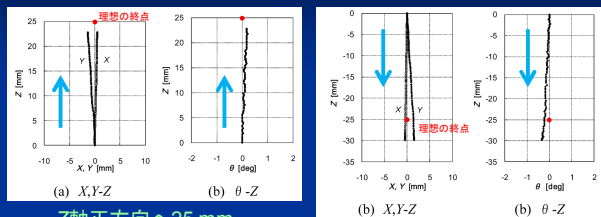
センサ部の外観

センサ部 寸法(H/W/D): 72/80/112 (mm)
質量: 0.25 kg 電源: 5 V/0.3 A

動作風景



評価実験(Zのみ変化)



Z軸正方向へ25 mm

Z軸負方向へ25 mm

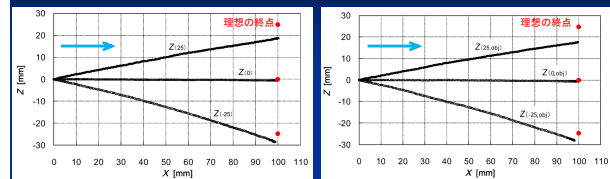
- ・ロボットアームにより移動
- ・高さの初期値 $h = 90$ mm
- ・表面 白色の紙
- ・移動速度 50 mm/s

誤差 Z軸正方向 -8.9 %

Z軸負方向 19 %

$$a_z = (x_2 - x_1 + y_4 - y_3) / 4 \sin \theta_0$$

評価実験(X, Z同時変化)



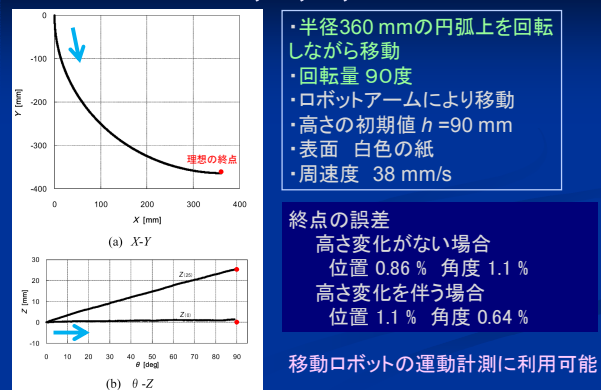
平坦

三角状の突起あり

- ・X軸方向へ100 mm
- ・ロボットアームにより移動
- ・高さの初期値 $h = 90$ mm
- ・表面 白色の紙
- ・移動速度 50 mm/s

- ・Z値で同様の誤差
- ・対象面の突起に影響されない
- ・車輪の沈みが計測できる

評価実験(X, Y, Z, theta同時変化)



- ・半径360 mmの円弧上を回転しながら移動
- ・回転量 90度
- ・ロボットアームにより移動
- ・高さの初期値 $h = 90$ mm
- ・表面 白色の紙
- ・周速度 38 mm/s

終点の誤差
高さ変化がない場合
位置 0.86 % 角度 1.1 %
高さ変化を伴う場合
位置 1.1 % 角度 0.64 %

移動ロボットの運動計測に利用可能

まとめ

- ・月探査ローバのための運動計測装置
 - ・光学マウスのセンサ4個およびレーザー光源1本
 - ・並進移動3自由度, 回転1自由度の運動計測
- ・移動量566mm, 回転90度の運動において, 位置誤差1.1%, 角度誤差0.64%
 - ・移動ロボットの運動計測に利用可能
- ・今後の予定
 - ・6自由度計測へ発展
 - ・研究用ローバに搭載し, 実際の走行を計測