

# FRA 333 Kinematics

## Homework1: Spatial Transformation

- คำสั่ง
- 1.การบ้านมีทั้งหมด 5 หน้า ให้เติมคำตอบด้วยหน่วย SI พร้อมแสดงวิธีทำอย่างละเอียดทุกข้อ
  - 2.ส่งงานเป็นไฟล์ PDF โดยกดส่งเพียงคนเดียวเท่านั้น หากพบว่ามีกรกดส่งซ้ำจะโดนหัก 10% ของคะแนนงาน ตั้งชื่อไฟล์ดังนี้ FRA333\_HW1\_65xx\_65zz
  - 3.อนุญาตให้ใช้ MATLAB/Python ในการแก้สมการได้ โดย comment code + เขียนอธิบายว่าใช้ในการคำนวณ ส่วนไหน และแคปใส่ไฟล์ PDF ที่จะส่งมาด้วย

Name1: \_\_\_\_\_ ID(65xx): \_\_\_\_\_

Name2: \_\_\_\_\_ ID(65xx): \_\_\_\_\_

1. FOBI หุ่นยนต์ Humanoid แห่งโลกอนาคต เป็นหุ่นยนต์ที่สามารถรองรับการทำงานได้หลายอย่างและเข้ามาช่วยงานของมนุษย์และเป็นหุ่นยนต์ที่จะพิสูจน์ความจริงเสมอ โดยที่น้อง ๆ เป็น **robotics engineer** ที่ทำงานอยู่ในบริษัทของ FOBI แผนก **computer vision** ได้รับมอบหมายงานมาจากหัวหน้ากิตติโดยมีรายละเอียดดังนี้ “เพื่อที่จะออกแบบ **algorithm** สำหรับการหยิบสิ่งของด้วย FOBI แผนก **control** ต้องการระยะทางระหว่างปลายมือ (Origin ของ {Hand}) กับวัตถุโดยระบุเป็นเวกเตอร์  $\Delta P = [\Delta x \ \Delta y \ \Delta z]^T$  โดยมีข้อกำหนดดังนี้”
  - FOBI จะรับรู้ตำแหน่งของวัตถุด้วยกล้องที่ติดอยู่บริเวณหัวโดยกล้องมีความละเอียดอยู่ที่ 5 pixel/mm
  - ตำแหน่งเริ่มต้นของปลายมือจะอยู่ที่จุดไหนก็ได้ ดังนั้นจะต้องคำนวณออกมาแบบติดตัวแปร (General form)

- แขนของ FOBI ประกอบด้วย revolute joint จำนวน 2 ข้อต่อแต่ละข้อต่อมีการหมุนทำมุม  $\theta$  และ  $\alpha \text{ rad}$  ดังภาพและ FOBI มี Robot Description ตามด้านล่าง

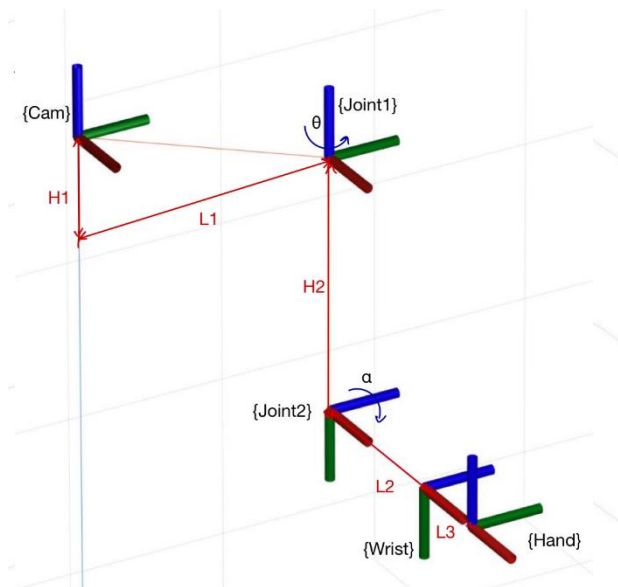


Figure 1 FOBI's Robot Description

- กำหนดให้ตำแหน่งของวัตถุแทนด้วยตัวแปรดังนี้

$${}^{Cam}P_{Obj} = [{}^{Cam}x_{Obj} \quad {}^{Cam}y_{Obj} \quad {}^{Cam}z_{Obj}]^T$$

หลังจากที่อ่านข้อกำหนดจบ น้อง ๆ ก็หวนนึกถึงความรู้สมัยเรียน **Kinematics** กับข้อที่ชื่อเหมือนหัวหน้าของน้องทำให้น้องออกแบบขั้นตอนที่จำเป็นสำหรับการทำงานนี้ออกมาได้ดังนี้

- Homogeneous Transformation Matrix ( ${}^{Cam}T_{Hand}$ ) คือ
- $\Delta P = [\Delta x \quad \Delta y \quad \Delta z]^T$  คือ
- ระหว่างทดสอบเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้กล้องเอียงลง  $30^\circ$  และความสูงลดลงจากเดิมทำให้พบว่าจริง ๆ แล้ว algorithm จากแผนก control นั้นคำนวณโดยอ้างอิงกับ {Head} ซึ่งก่อนหน้านี้อยู่จุดเดียวกับ {Cam} ดังภาพ

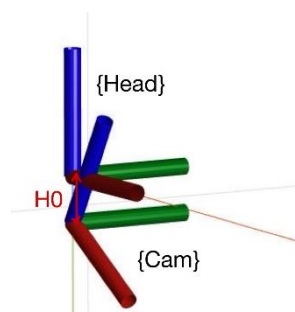


Figure 2 Head Frame and Cam Frame

เนื่องจากใกล้ถึงกำหนดส่งทำให้ไม่สามารถซ่อมทัน จึงจำเป็นต้องแก้ไขส่วนของน้องแทน โดยในการทดสอบมีค่า parameters ที่ใช้และตำแหน่งวัตถุที่อ่านได้จากกล้องดังนี้

Parameters	Value	Unit
H0	3	cm
H1	10	cm
H2	30	cm
L1	30	cm
L2	20	cm
L3	5	cm
$\theta$	45	degree
$\alpha$	60	degree

$$camP_{Obj} = \begin{bmatrix} 250 \\ 100 \\ 485 \end{bmatrix} pixel$$

จากค่าดังกล่าวสามารถคำนวณ  $\Delta P$  ออกมาได้คือ

- อยู่มาวันหนึ่งได้เกิดปัญหาที่ระบบภายในของ FOBI บางตัวทำให้ FOBI ตัวนั้นจะพุดความเท็จเกี่ยวกับการคำนวณ Transformation matrix ออกมาเสมอ (หากคำตอบที่ได้คลาดเคลื่อนมากกว่า 0.1 ถือว่าเท็จ) ซึ่งตอนนี้มีหุ่นต้องสงสัยอยู่ 3 ตัว (FOBI\_1,2,3) เนื่องจากข้อจำกัดบางอย่างทำให้ข้อมูลที่รู้มีดังนี้

- การทดสอบจะใช้ FOBI\_0 ที่ไม่เกิดปัญหาเป็น reference frame {F0} หลักโดย FOBI\_1,2,3 ยืนมองวัตถุเดียวกันดังภาพ(ภาพดังกล่าวเป็นแค่ตัวอย่างไม่ใช่ตำแหน่งจริงของหุ่น)

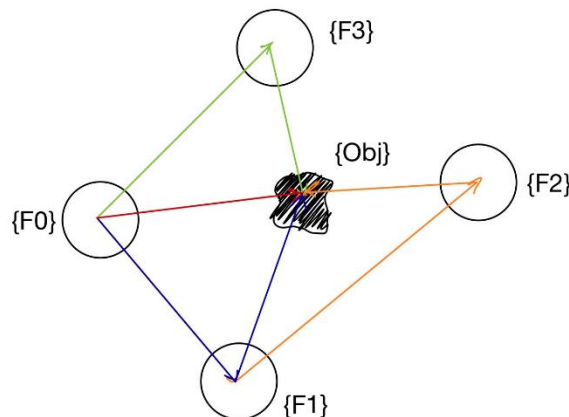


Figure 3 ตัวอย่างการยืนระหว่างทดสอบและชื่อเฟรม

- หลังจากที่ให้ FOBI แต่ละตัวมองวัตถุเดียวกันทำให้ทราบ Transformations Matrix ของแต่ละเฟรมดังนี้

$F1T_{Obj}$

F1\_H\_Obj = 4x4

0.4551	0.7821	-0.4256	-60.9245
0.2207	0.3640	0.9049	320.5133
0.8627	-0.5057	-0.0070	-42.8460
0	0	0	1.0000

$F2T_{Obj}$

F2\_H\_Obj = 4x4

0.4544	0.7870	-0.4173	-90.0641
0.2139	0.3584	0.9087	221.2380
0.8647	-0.5022	-0.0055	-41.3248
0	0	0	1.0000

$F3T_{Obj}$

F3\_H\_Obj = 4x4

0.4475	0.7750	-0.4462	-42.4991
0.2231	0.3864	0.8949	-90.2686
0.8660	-0.5000	0	-30.1007
0	0	0	1.0000

ซึ่งมีเพียง FOBI\_0 เท่านั้นที่ทราบข้อมูลดังนี้

Cam\_H\_Hand = 4x4

0.4505	0.7803	-0.4339	9.0097
0.2169	0.3758	0.9010	34.3388
0.8660	-0.5000	0	-22.6795
0	0	0	1.0000

$Cam_{Hand}T$  ของ FOBI\_0

Hand\_H\_Obj = 4x4

1	0	0	33
0	1	0	52
0	0	1	88
0	0	0	1

$Hand_{Obj}T$  ของ FOBI\_0

- FOBI แต่ละตัวให้ข้อมูลดังนี้ (Translation ในหน่วย cm)
  - FOBI\_1 ให้ข้อมูลว่า จาก {F0} ไป {F1} มี Transformation matrix คือ

F0\_H\_F1 = 4x4

1.0000	-0.0092	-0.0030	90.0000
0.0091	0.9999	-0.0092	-180.0000
0.0030	0.0091	1.0000	20.0000
0	0	0	1.0000

- FOBI\_2 ให้ข้อมูลว่า จาก {F1} ไป {F2} มี Transformation matrix คือ

F1\_H\_F2 =  $4 \times 4$

1.0000	-0.0091	0.0000	60.0000
0.0091	1.0000	-0.0030	-40.0000
0	0.0030	1.0000	10.0000
0	0	0	1.0000

- FOBI\_3 ให้ข้อมูลว่า จาก {F3} ไป {F0} มี Transformation matrix คือ

F3\_H\_F0 =  $4 \times 4$

0.9999	0.0137	0	70.0000
-0.0137	0.9999	0	230.0000
0	0	1.0000	10.0000
0	0	0	1.0000

จากข้อมูลด้านบนน้อย ๆ จะต้องหาว่า **Transformation matrix** จริงนั้นมีค่าเท่าไรและ **FOBI** ตัวไหนที่

**พูดเท็จ**