

Multiple Views Registration for 3D Model Construction using Iterative Closest Point

ศิริชัย ปรีตโตทกพร, ปณิธิ ศิริอักษร, ปณิธิ พุ่มวิเศษ, ไพรัตน์ ชัยชนะดี, นพพงษ์ ไกรฤกษ์, อีระ ภัทราพรนันท์
หน่วยปฏิบัติการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ



สวทช.
NSTDA

A Driving Force for National Science and Technology Capability

01010101
110101010101

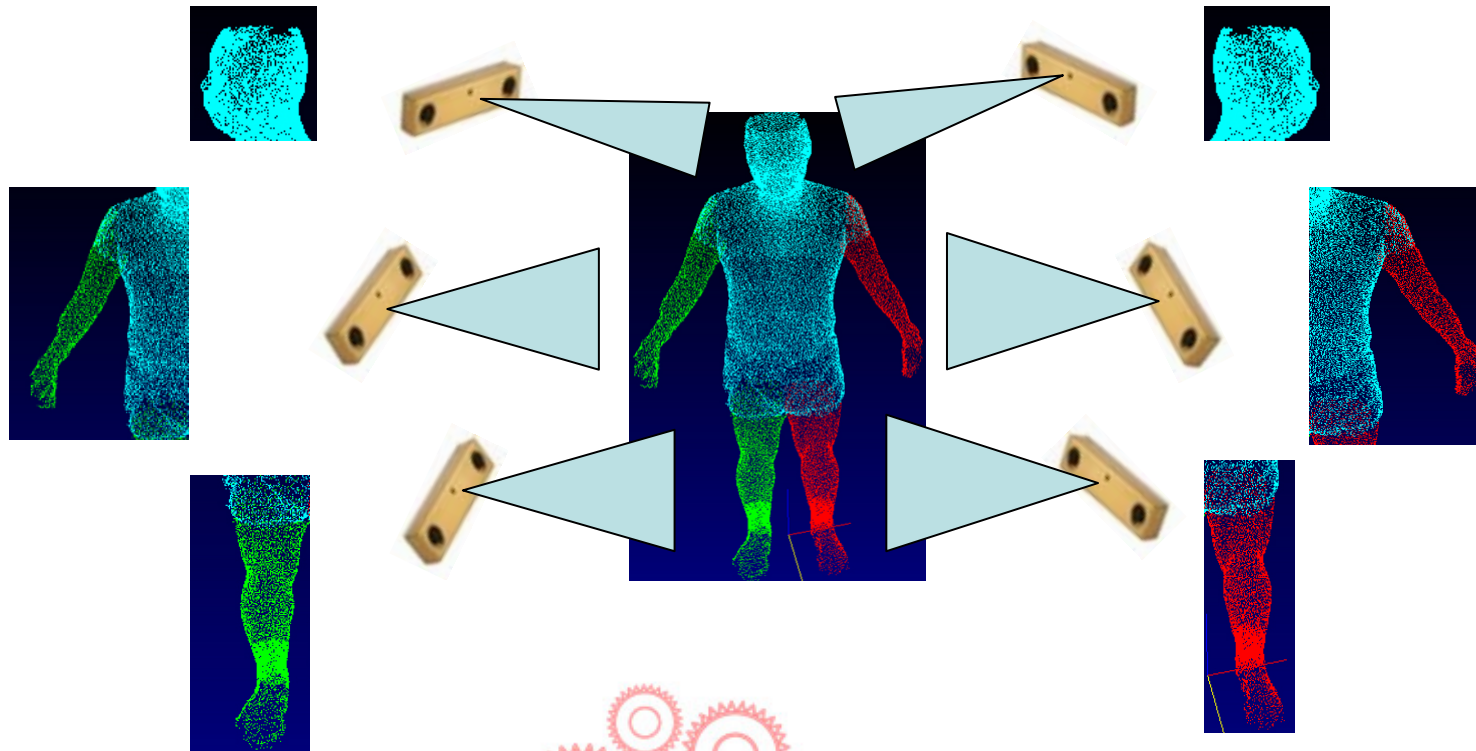
Overview

- Introduction
- ขั้นตอนการประกอบภาพ 3D
 - Registration
 - Iterative Closest Point (ICP)
- Result
- Conclusion



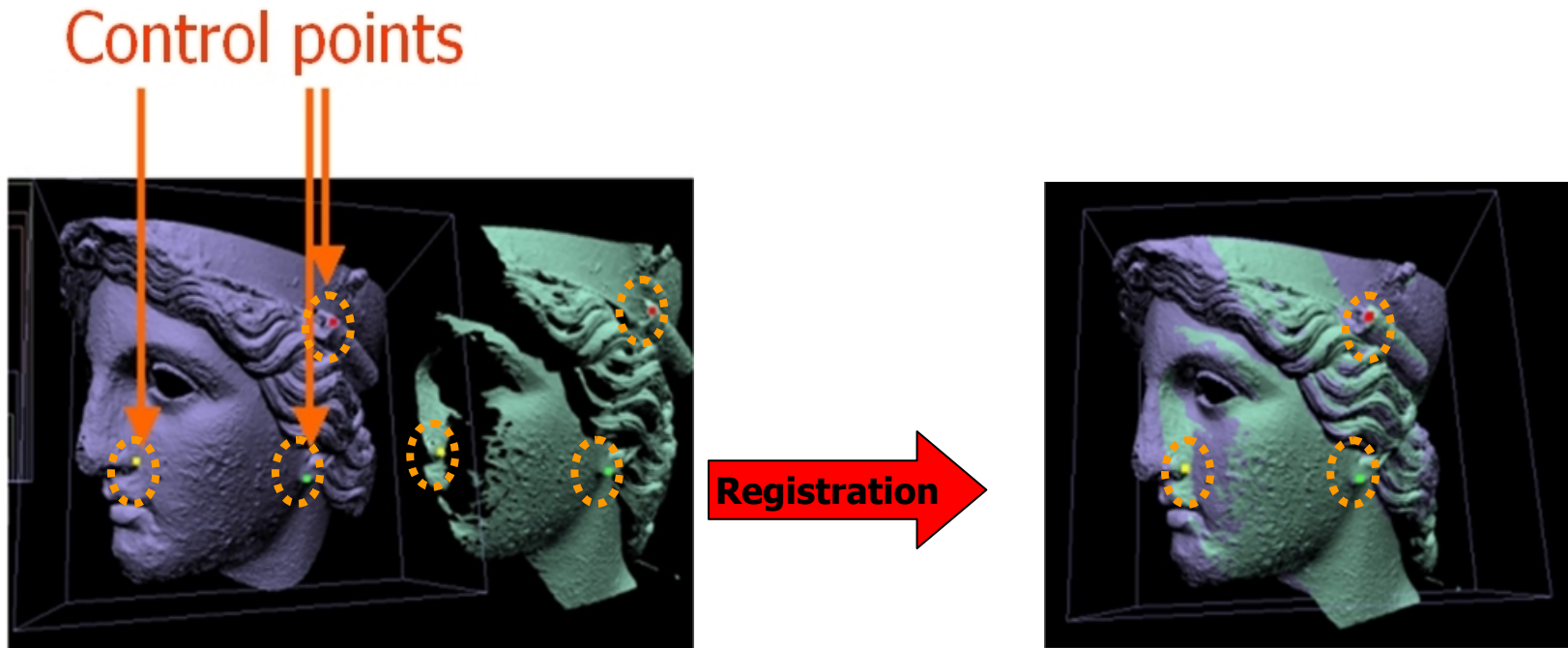
Introduction

- การประกอบภาพ 3D จากหลายวิว
 - เป็นการนำภาพ 3D ที่ได้จากกล้องสเตอริโอหลายๆโมดูลมาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ภาพ 3D ที่ครบ 360 องศา



Registration

- เป็นการนำข้อมูล 3D ตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไปมารวมกันเพื่อให้เกิดภาพ 3D ใหม่ที่มีข้อมูลภาพสมบูรณ์มากขึ้น โดยการ Registration จะต้องมีการกำหนดจุดควบคุม (control points) ไปบนข้อมูล 3D ของทุกกลุ่มก่อนที่จะทำการ Registration



http://vcg.isti.cnr.it/joomla/index.php?option=com_content&task=view&id=106&Itemid=48

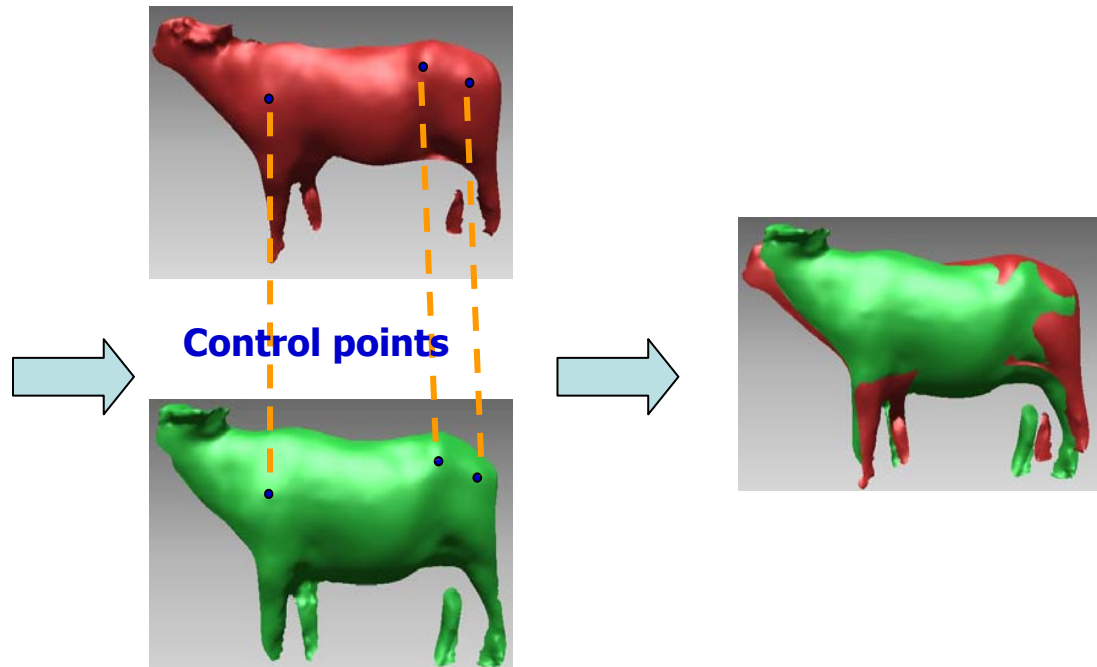
ข้อดี → ไม่จำเป็นต้องรู้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคู่งล้อสเตอร์โอ



Registration(ต่อ)

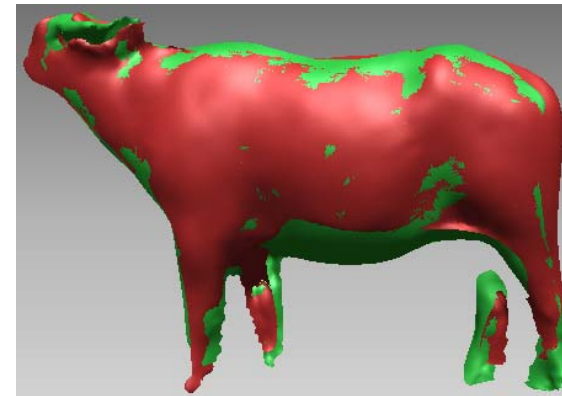
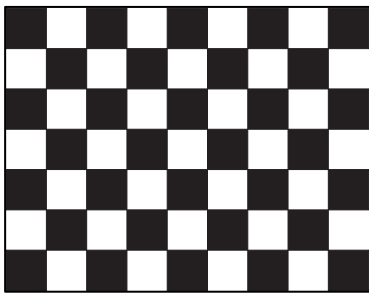
■ ข้อเสีย

- วัตถุที่จะถูกสแกนจะต้องเป็นรูปทรงตายตัว (Rigid body) ไม่ยืดหดหรือเปลี่ยนรูปทรง เช่นการขยับเขยื้อนของคนหรือสัตว์
- ไม่สามารถแก้ปัญหาคำการ distortion ของคูล่งสเตอร์ไอ



Registration โดยใช้วัตถุตัวแทน

- คือการคำนวณหาพารามิเตอร์ในการประกอบภาพ 3D จากวัตถุตัวแทน
- เพื่อใช้แก้ปัญหาในการประกอบภาพ 3D จากวัตถุที่ไม่มีรูปทรงตายตัว (non-rigid body) หรือวัตถุที่มีการขยับเขยื้อน
- ทำให้การประกอบภาพ 3D ประทับกันได้สนิทยิ่งขึ้น
- ใช้กระดานหมากรุกเป็นวัตถุตัวแทน

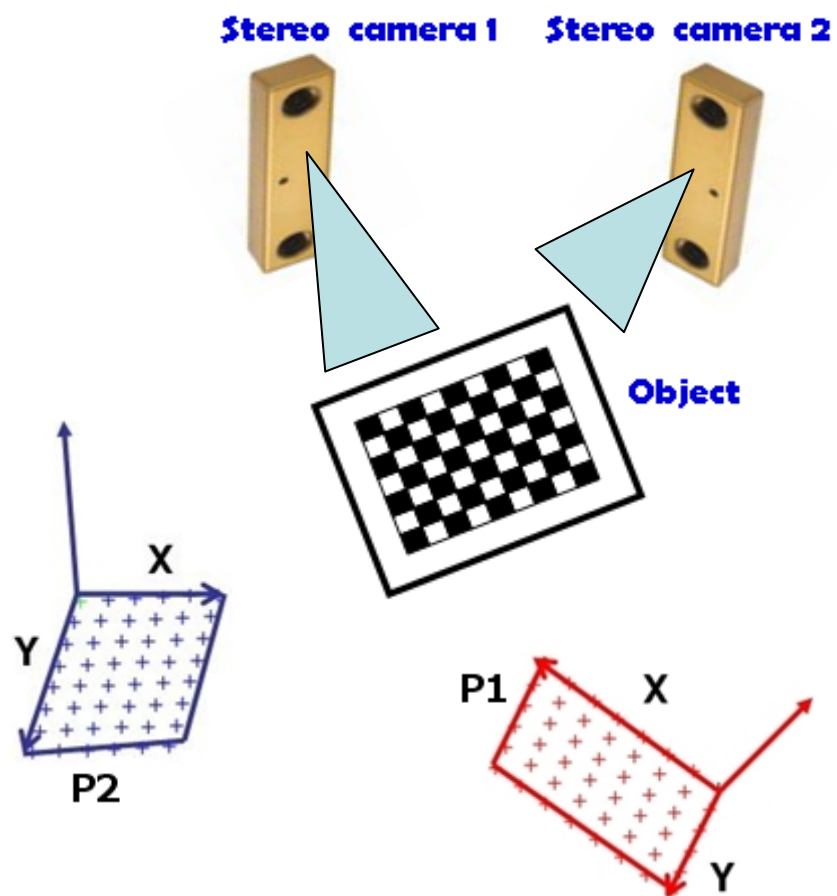


พารามิเตอร์จากวัตถุตัวแทน

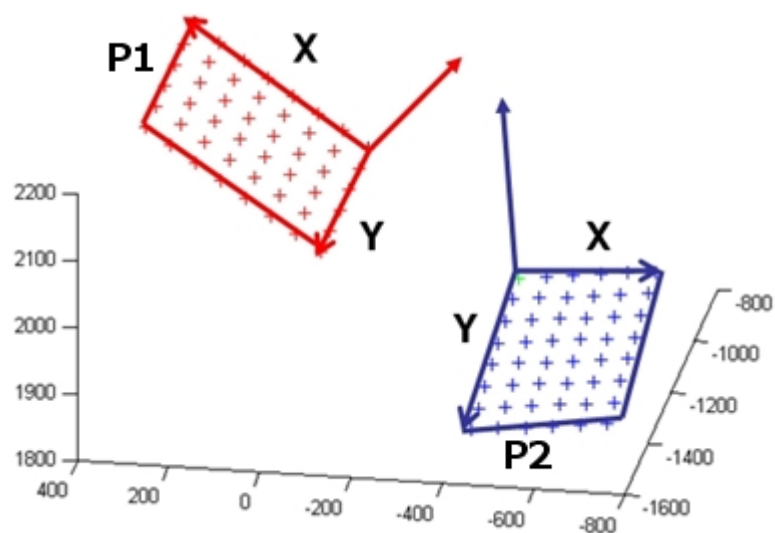
- T1, T2 และ T3 คือ ค่าการเลื่อน (Translation)
- Q1 และ Q2 คือ เวกเตอร์ปกติ
- R1 และ R2 คือ ค่ามุม Rotate



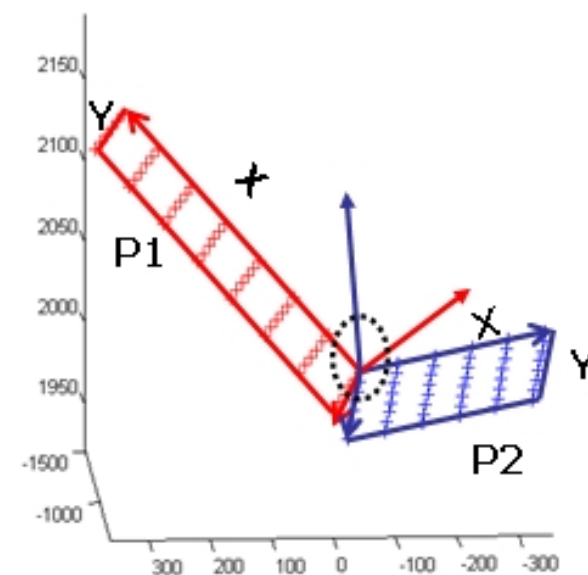
Registration โดยใช้วัตถุตัวแทน(ต่อ)



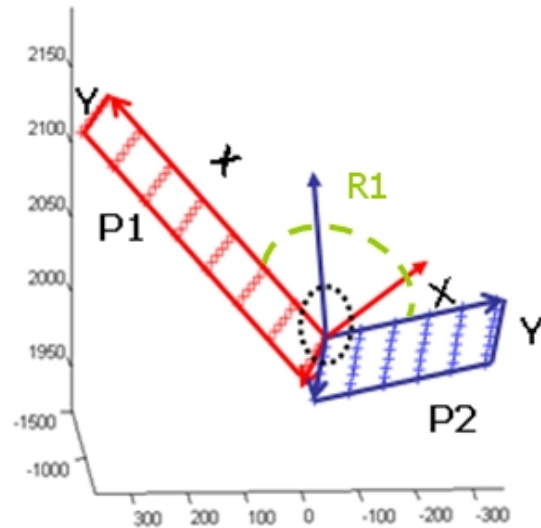
Registration โดยใช้วัตถุตัวแทน(ต่อ)



Translation T1



Registration โดยใช้วัตถุตัวแทน(ต่อ)



$$R1 = \cos^{-1} \left(\frac{U \cdot V}{|U| |V|} \right)$$

U และ V เป็นเวกเตอร์ในแนวแกน X ของระนาบทั้งสอง

$$P = [x, y, z, 1]^T$$

$$T = \begin{bmatrix} A & B & C & 0 \\ D & E & F & 0 \\ G & H & I & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

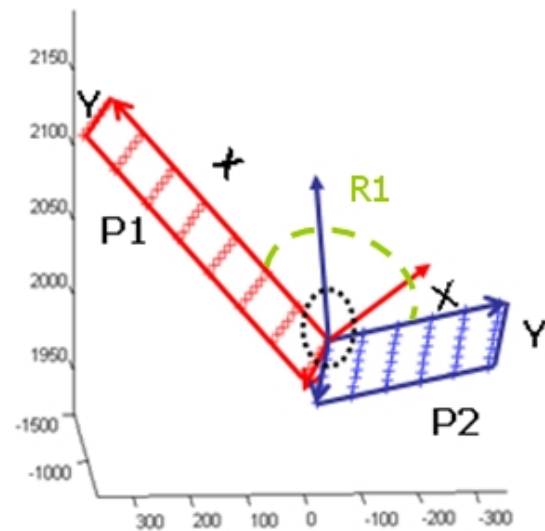
$$\begin{aligned} A &= a^2 + (1 - a^2) \cos \theta & E &= b^2 + (1 - b^2) \cos \theta & I &= c^2 + (1 - c^2) \cos \theta \\ B &= ab(1 - \cos \theta) + c \sin \theta & F &= bc(1 - \cos \theta) + a \sin \theta & a &= q_1 / r \\ C &= ac(1 - \cos \theta) - b \sin \theta & G &= ac(1 - \cos \theta) + b \sin \theta & b &= q_2 / r \\ D &= ab(1 - \cos \theta) - c \sin \theta & H &= bc(1 - \cos \theta) - a \sin \theta & c &= q_3 / r \\ & & & & r &= \sqrt{q_1^2 + q_2^2 + q_3^2} \end{aligned}$$

θ = the angle between plane (R1)

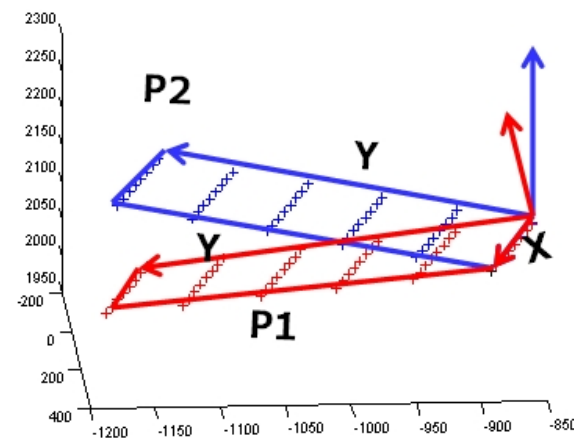
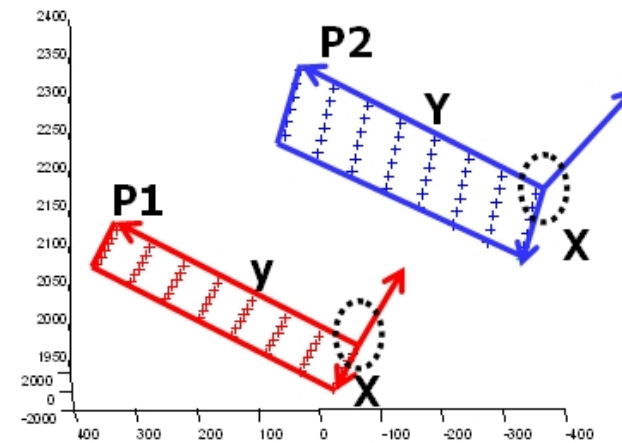
$Q1 = (q_1, q_2, q_3)$ the normal vector between vector U and V



Registration โดยใช้วัตถุตัวแทน(ต่อ)



Rotation R1

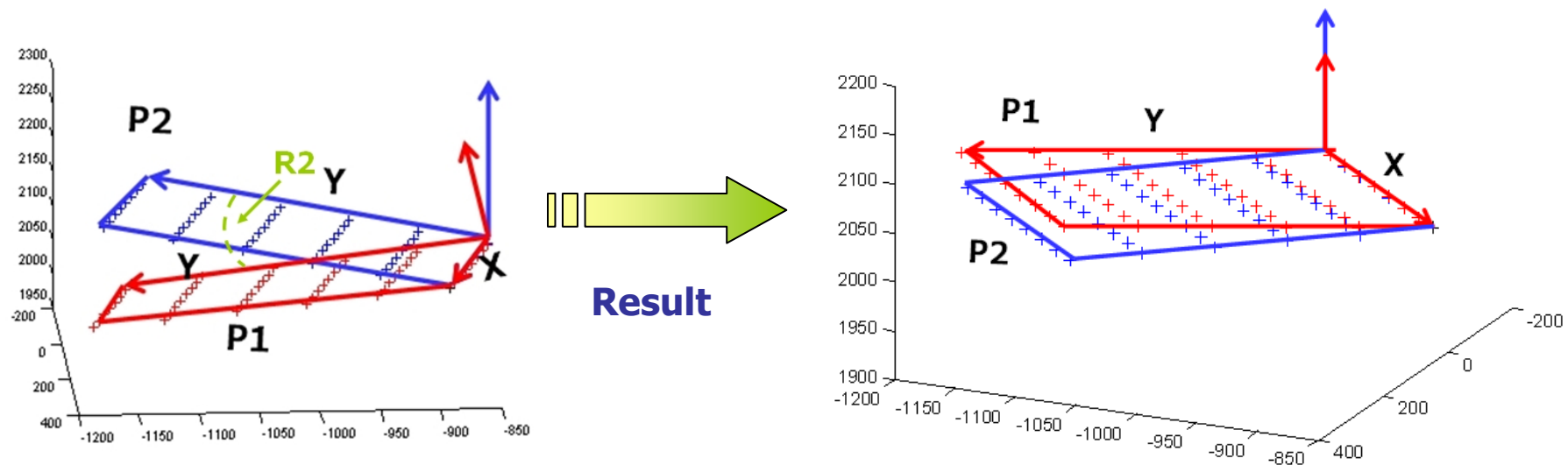


Translation T2

Registration โดยใช้วัตถุตัวแทน(ต่อ)

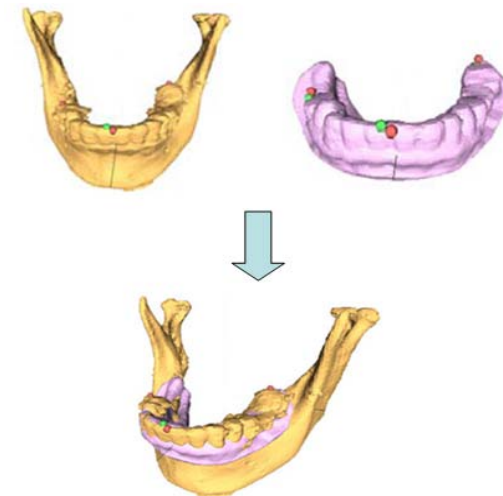
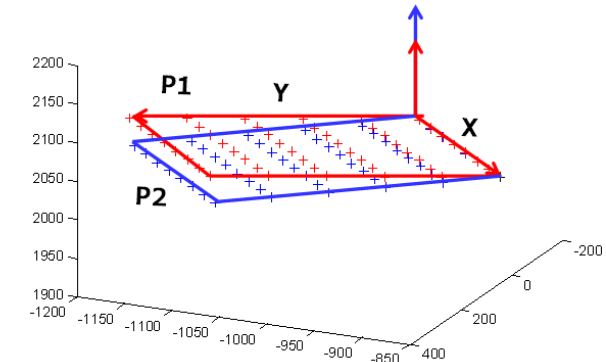
โดย process เดิมของการทำการเลื่อนและการหมุน แต่ใช้พารามิเตอร์ตัวใหม่

R2 ค่ามุมระหว่างระนาบ P1 และ P2
U และ V เป็นเวกเตอร์ในแนวแกน Y ของระนาบทั้งสอง
Q2 เวกเตอร์ในแนวแกน X
T3 ค่าการเลื่อน



Registration โดยใช้วัตถุตัวแทน(ต่อ)

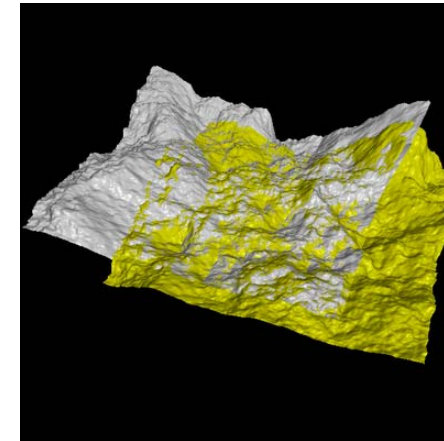
- ระนาบทั้ง 2 ไม่สามารถประกบกันได้สนิท เนื่องจาก
 - P1และ P2 ไม่ใช่ระนาบที่แท้จริงเพราะไม่สามารถแก้การบิดเบือนของเลนส์กล้องได้สมบูรณ์
 - Control points ที่ใช้สร้างแกนอ้างอิงของระนาบ P1และ P2 จะไม่ใช่เป็นจุดเดียวกันเพราะระบบไม่สามารถแก้ distortion ของเลนส์ ได้(ซึ่งต่างกับ Control points ที่ได้จากเครื่อง CT เพราะไม่มีเลนส์อยู่ในระบบ ดังนั้นจึงสามารถทำการ Registration แบบทั่วไปได้)



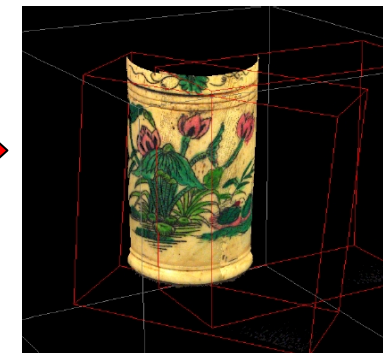
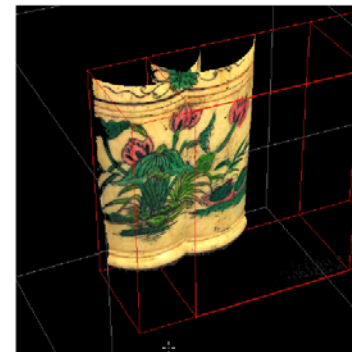
An Algorithm of 3D Registration between Maxilla/Mandible and Dental Cast
อภิพล วิเศษวิทยสกุล, ดร.จันทร์จิรา สิ้นทนะโยธิน, ผศ.ทพ.วิจิตร ธรานนท์

Iterative Closest Point (ICP)

- Iterative Closest Point (ICP) เป็นอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการรวมข้อมูลสองกลุ่มเข้าด้วยกัน โดยจะใช้หลักการพิจารณาหาค่าต่ำสุดของระยะทางระหว่างกลุ่มข้อมูลทั้งสองกลุ่ม
- ข้อกำหนดของการใช้อัลกอริทึม ICP ถ้าไม่มีการกำหนดจุดควบคุมบนกลุ่มข้อมูลทั้งสอง ICP จะทำให้เกิดการซ้อนทับกันของข้อมูลทั้งสองกลุ่มโดยไม่สามารถควบคุมพื้นที่การรวมตัวกันได้ ซึ่งบางครั้งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ ดังนั้นถ้าต้องการให้ข้อมูลซ้อนทับกันบางส่วน ต้องมีการกำหนดจุดควบคุมบนกลุ่มข้อมูลทั้งสอง



www.math.tau.ac.il/~dcor/Graphics/adv-slides/ICP.ppt



http://hal-lirmm.ccsd.cnrs.fr/docs/00/12/86/84/PDF/ICIA06_Druon.pdf

การใช้ ICP กับวัตถุตัวแทน

- การใช้ ICP กับวัตถุตัวแทน → เป็นการคำนวณค่าพารามิเตอร์จากกระดานหมากรุกแล้วนำค่าใช้ประกอบภาพ 3D โดยสามารถสรุปข้อดีได้ดังนี้

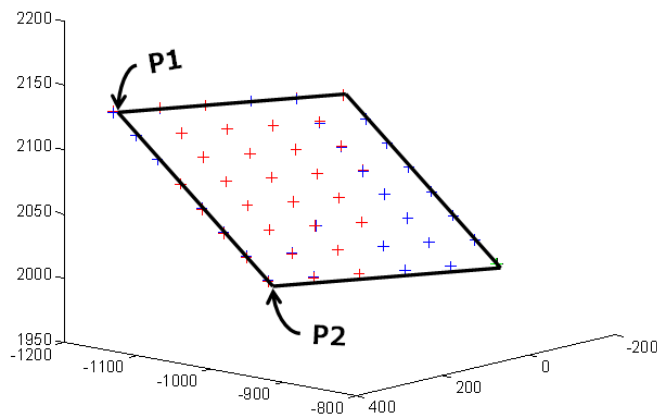
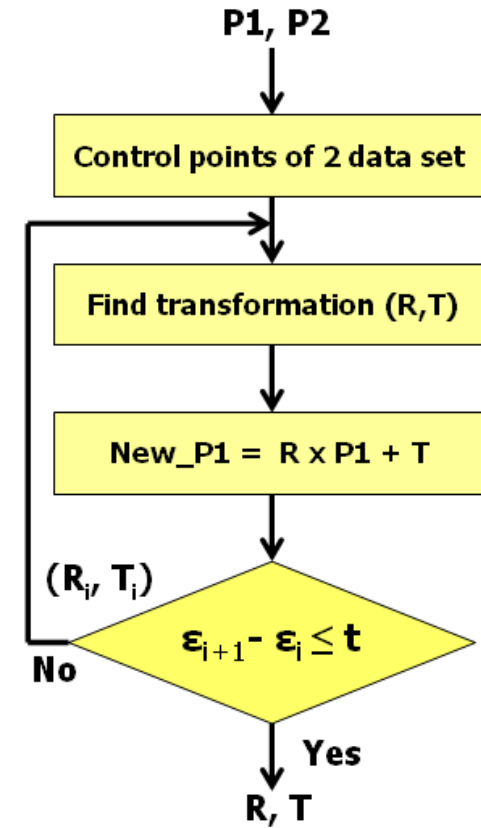
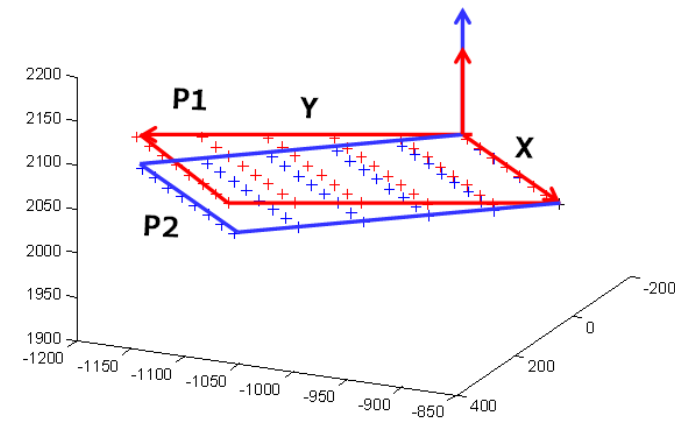
- จากการที่ไม่สามารถแก้ปัญหา distortion ของเลนส์ได้ การใช้ ICP จะทำให้ data ทั้งสองกลุ่มประกอบกันได้สนิทขึ้น (Fine register)
- ไม่ต้องกระทำบนตัวภาพ 3D โดยตรง
- ไม่จำเป็นต้องกำหนดจุดควบคุม (control points) บนวัตถุตัวแทน

- พารามิเตอร์ของ ICP

- การเลื่อน (Translation)
- การหมุน (Rotation)



Iterative Closest Point (ICP)



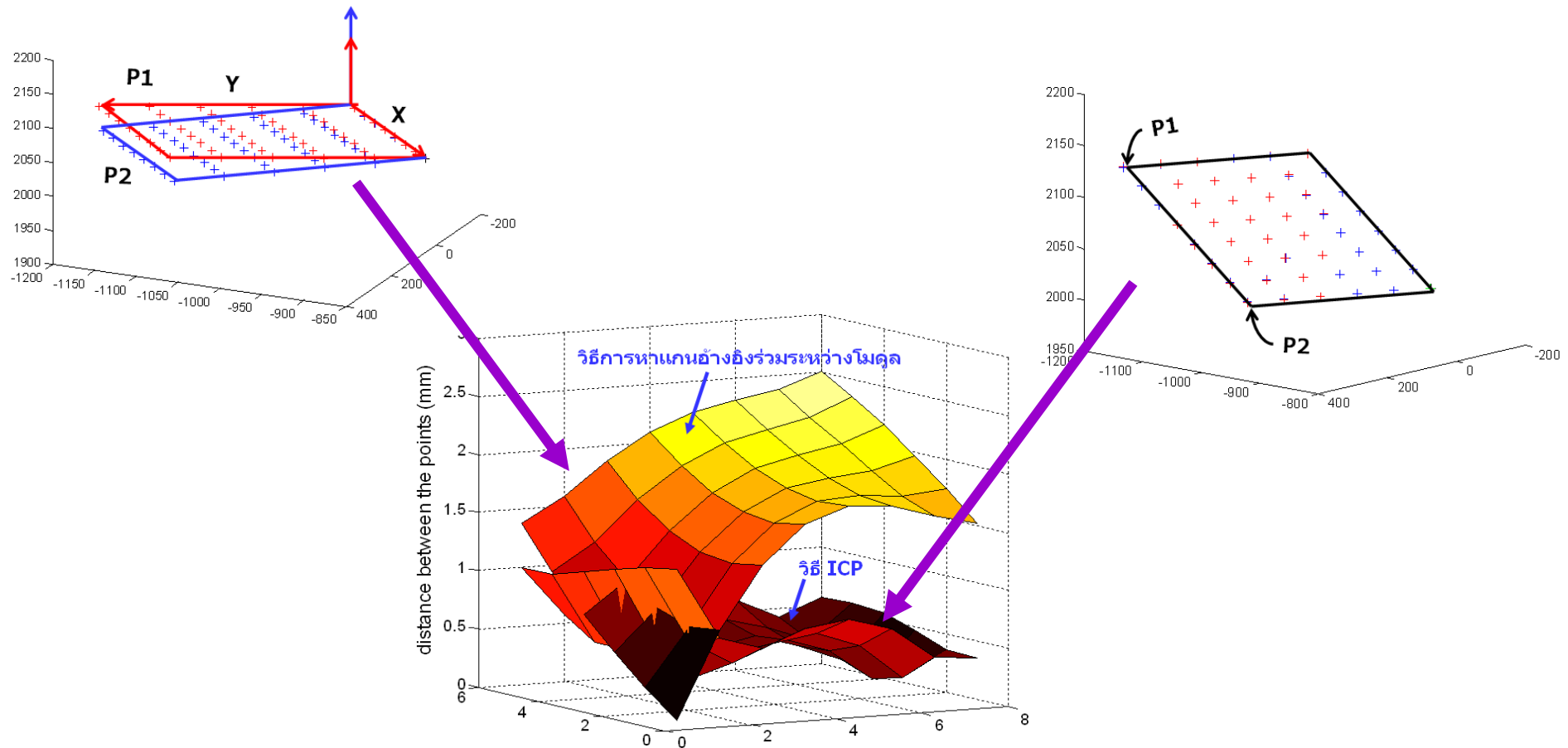
Result

- ผลการเปรียบเทียบระหว่าง2 วิธี
 - วิธีการหาแกนอ้างอิงร่วม (Registration)
 - ICP
- การประเมินความแม่นยำ
- ตัวอย่างการประกอบวัตถุจริง



ผลการเปรียบเทียบระหว่าง 2 วิธี

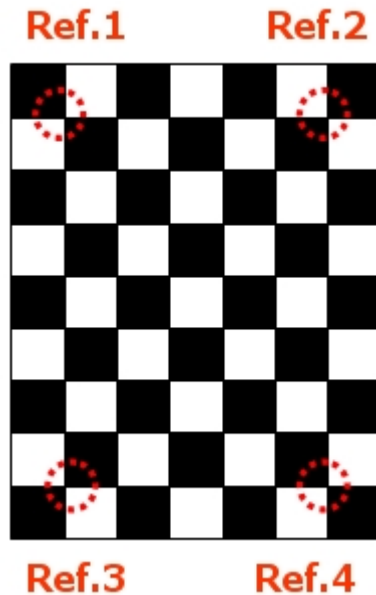
- ในการทดสอบจะนำระนาบทั้งสองมาทำการหาระยะห่างระหว่างจุดจากภาพบนระนาบ
- กราฟที่ได้จากวิธีใดให้เจตสีเข้มมากวิธีนั้นจะสามารถประกอบภาพสามมิติได้มีประสิทธิภาพ



ผลการเปรียบเทียบระหว่าง 2 วิธี(ต่อ)

- วิธีการตรวจสอบจะใช้วิธีคำนวณค่า **RMS error** ของค่าระยะห่างระหว่างจุดจากภาพบนระนาบ **P1** กับ **P2**

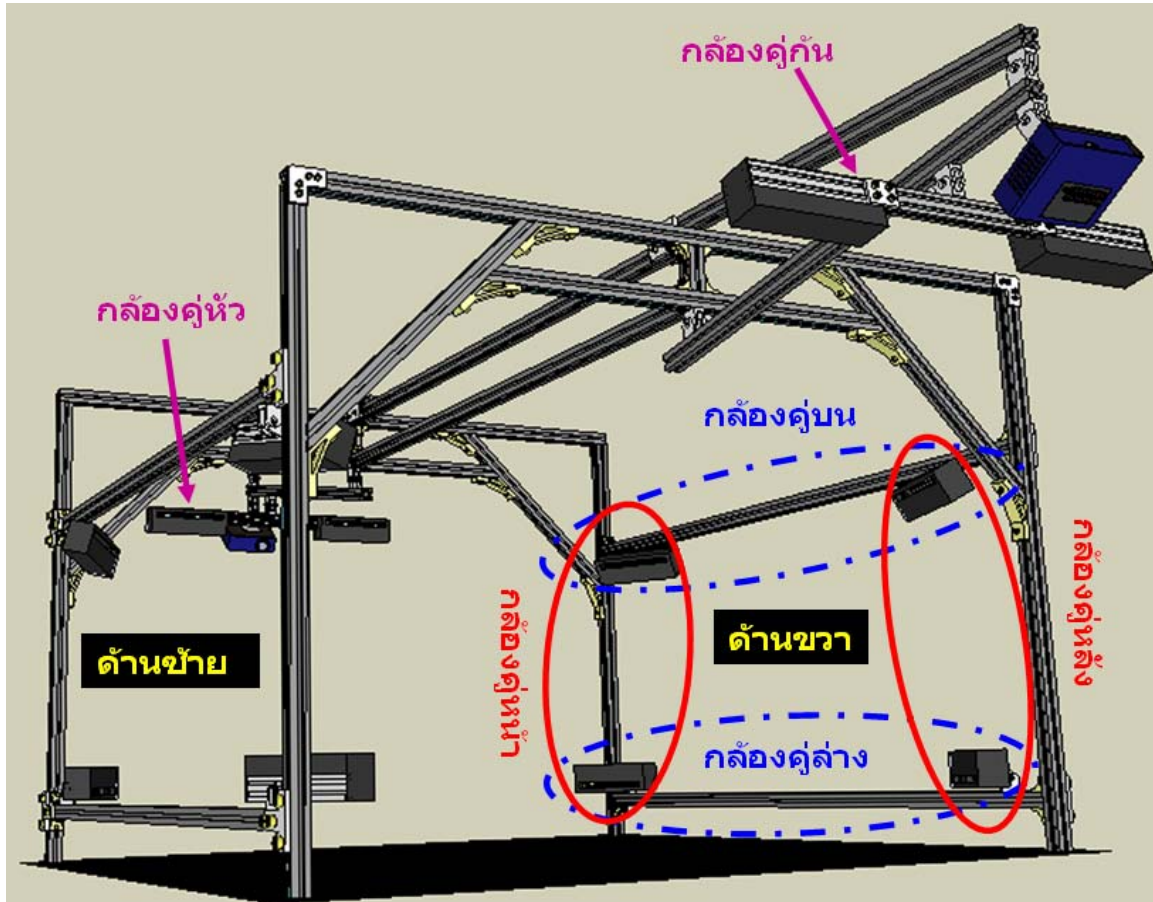
$$\Pi = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (d1_i - d2_i)^2}}{n} = \min$$



จุดอ้างอิง	RMS error วิธีการหาแกนอ้างอิงร่วม ระหว่างโมดูล	RMS error วิธี ICP (Threshold = 10 ⁻⁵)
1	0.2018 mm	0.0878 mm
2	0.2103 mm	0.0877 mm
3	0.2430 mm	0.0878 mm
4	0.2157 mm	0.0877 mm

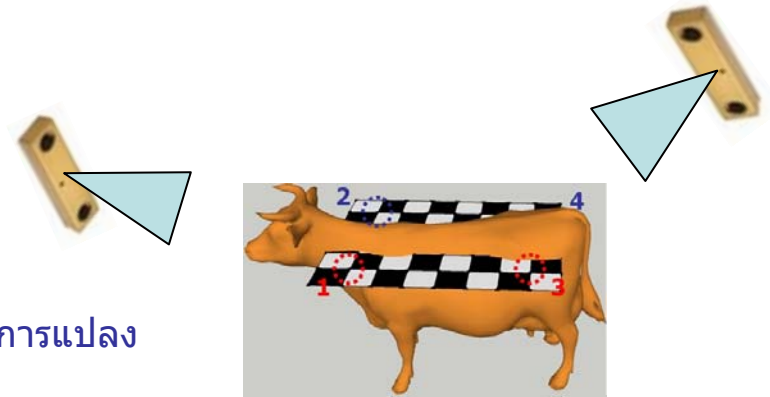
การประเมินความแม่นยำ

- ในการทดสอบจะไม่ใช่วัตถุจริงแต่จะใช้กระดานหมากรุกเป็นตัวแทนวัตถุที่รู้ขนาด
- ทำการถ่ายจากกล้องสเตอริโอหลายโมดูล

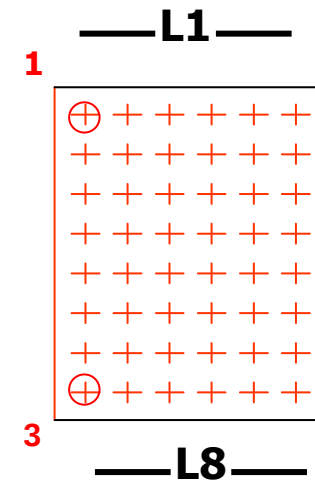
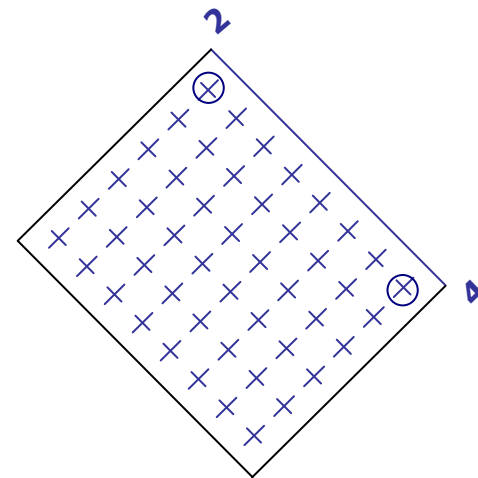


การประเมินความแม่นยำ(ต่อ)

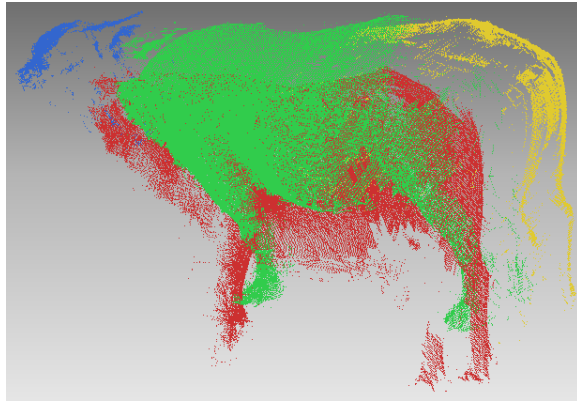
- ใช้กระดานหมากรุกแทนการวัดบนตัวกระบือ
- จุดภาพบาทเริ่มต้น(แนว1-3)ได้จากกล้องคู่บนด้านขวา
- จุดภาพบาทปลายทาง(แนว 2-4)ได้จากกล้องคู่หลังด้านขวาที่ผ่านการแปลง
- ผลความยาวที่คำนวณได้ใกล้เคียงความยาวจริงคือ 300 mm
- โดยมีค่าความผิดพลาดรวมต่ำกว่า 1 mm



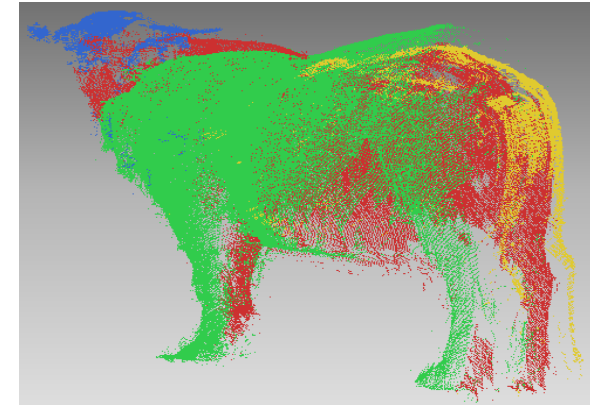
ระยะทาง	Error (mm)
L1	0.5047
L2	0.3997
L3	0.3001
L4	0.2069
L5	0.1208
L6	0.0427
L7	-0.0268
L8	-0.0869



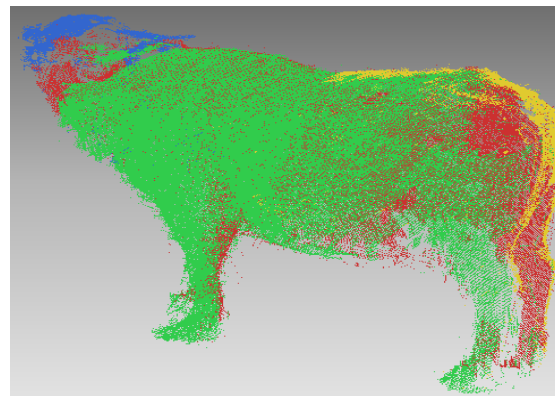
ตัวอย่างการประกอบวัตถุจริง



ภาพสามมิติก่อนการประกอบ



การประกอบโดยวิธีการหา
แกนอ้างอิงร่วมระหว่างโมเดล



การประกอบหลังจากวิธี ICP

Conclusion

- มีการเปลี่ยนจากการประกอบภาพ 3D บนวัตถุจริงมาใช้วัตถุตัวแทน(กระดานหมากรุก) เพื่อลดปัญหาการขยับเขยื้อนของคนหรือสัตว์
- ลดปัญหาการประกอบภาพ 3D ที่ไม่สนิทที่เกิดจากการ distortion ของเลนส์โดยอาศัยเทคนิค ICP
- ได้มีการทดสอบวัดความแม่นยำกับสิ่งที่รู้ขนาด ที่ให้ผลความผิดพลาดต่ำกว่า 1mm
- ได้มีการออกไปทดสอบภาคสนามจริง

