



二維空間圖資套合基於軌跡式直線特徵

2016/04/22

105年度第一次測量科技研討會

報告者: 簡至培

指導教授: 趙鍵哲 老師

報告大綱

📌 前言

📌 研究方法

📌 模擬實驗

📌 實際實驗

📌 結論

研究背景與動機



(圖片來源: 臺北市歷史圖資展示系統)

圖籍套疊整合應用

多時期資料分析

轉換模式

共軛特徵

參數解算

品質評估

研究動機 → 問題: 點特徵的數量、分布不理想
直線特徵分布範圍大, 幾何屬性豐富

前言

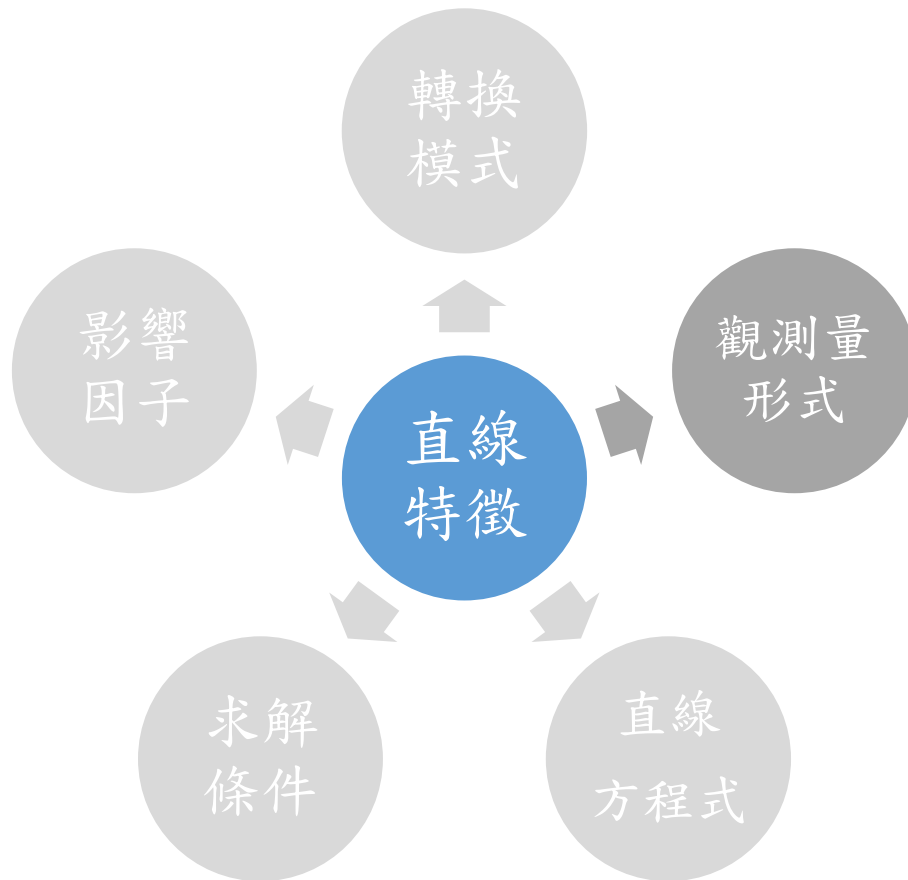
研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

相關研究



觀測量形式

軌跡

- Habib and Al-Ruzouq (2005)
- 位置 + 向量資訊

方向向量

- Shi and Shaker (2006)
單位方向向量
- Han *et al.* (2014)

前言

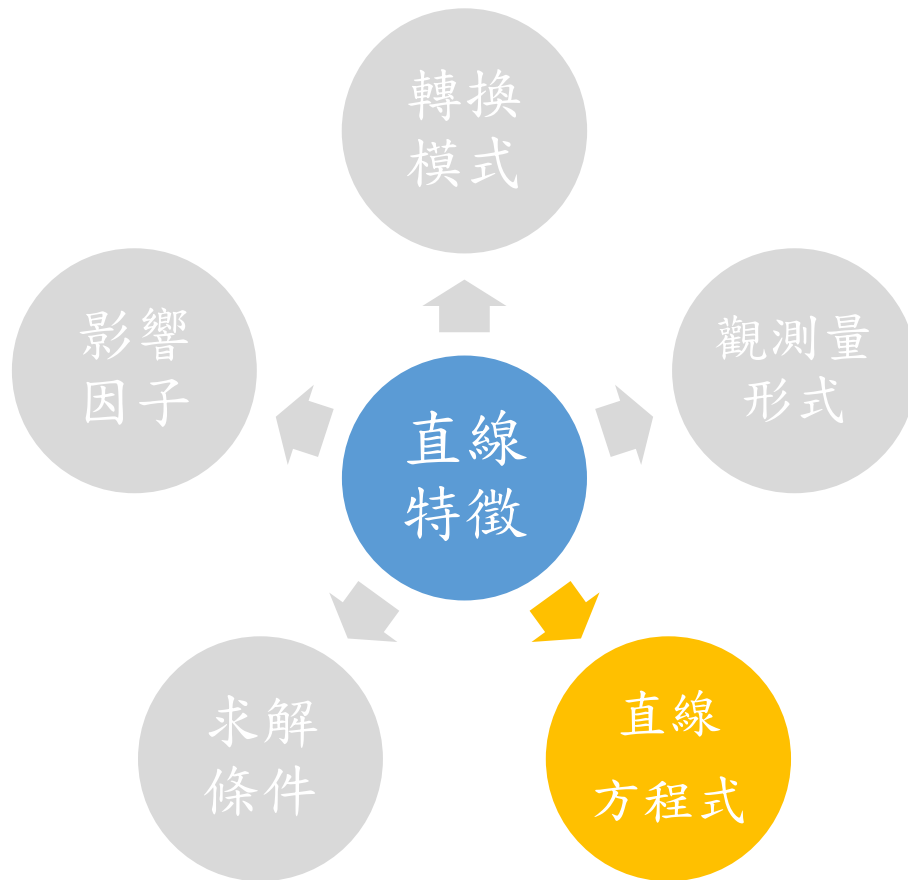
研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

相關研究



直線方程式

參數式 (Parametric form)

- **Mikhail and Weerawong (1997)**
- 極徑、極角

向量式 (Vector form)

- 四參數形式
- 參考點、方向向量

前言

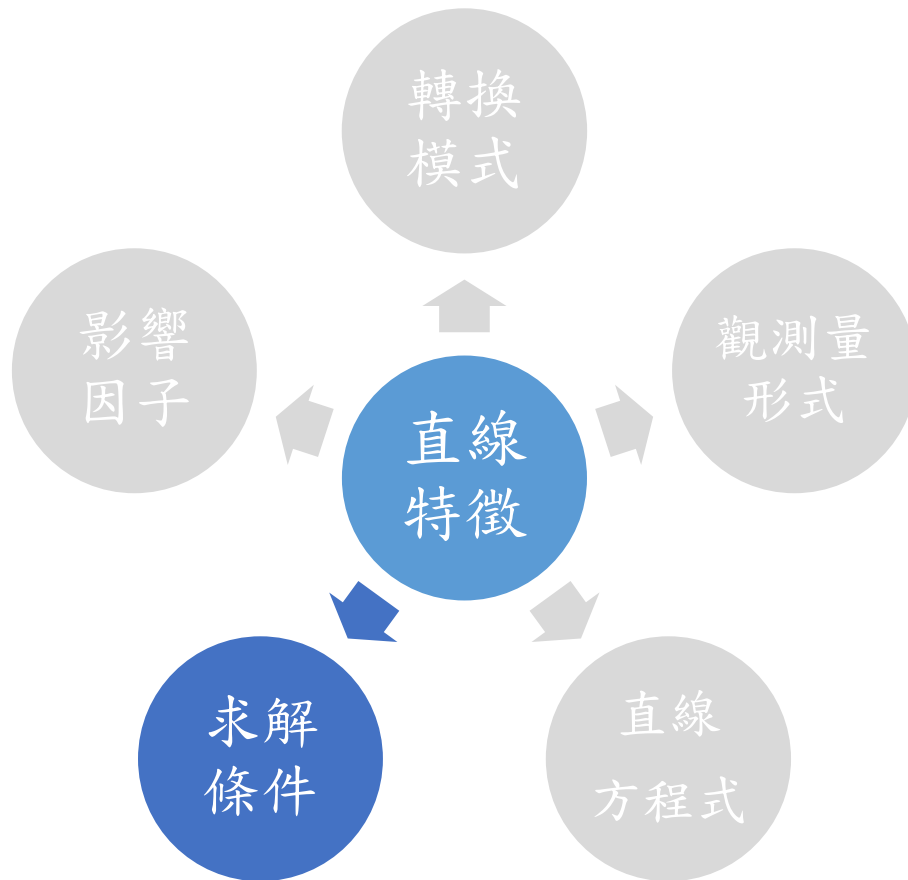
研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

相關研究



求解條件

參數式直線軌跡

- **Mikhail and Weerawong (1997)**
- 方程式特性
- 求解所需特徵數量、幾何

向量式直線軌跡

- 幾何解析
- 數值模擬

前言

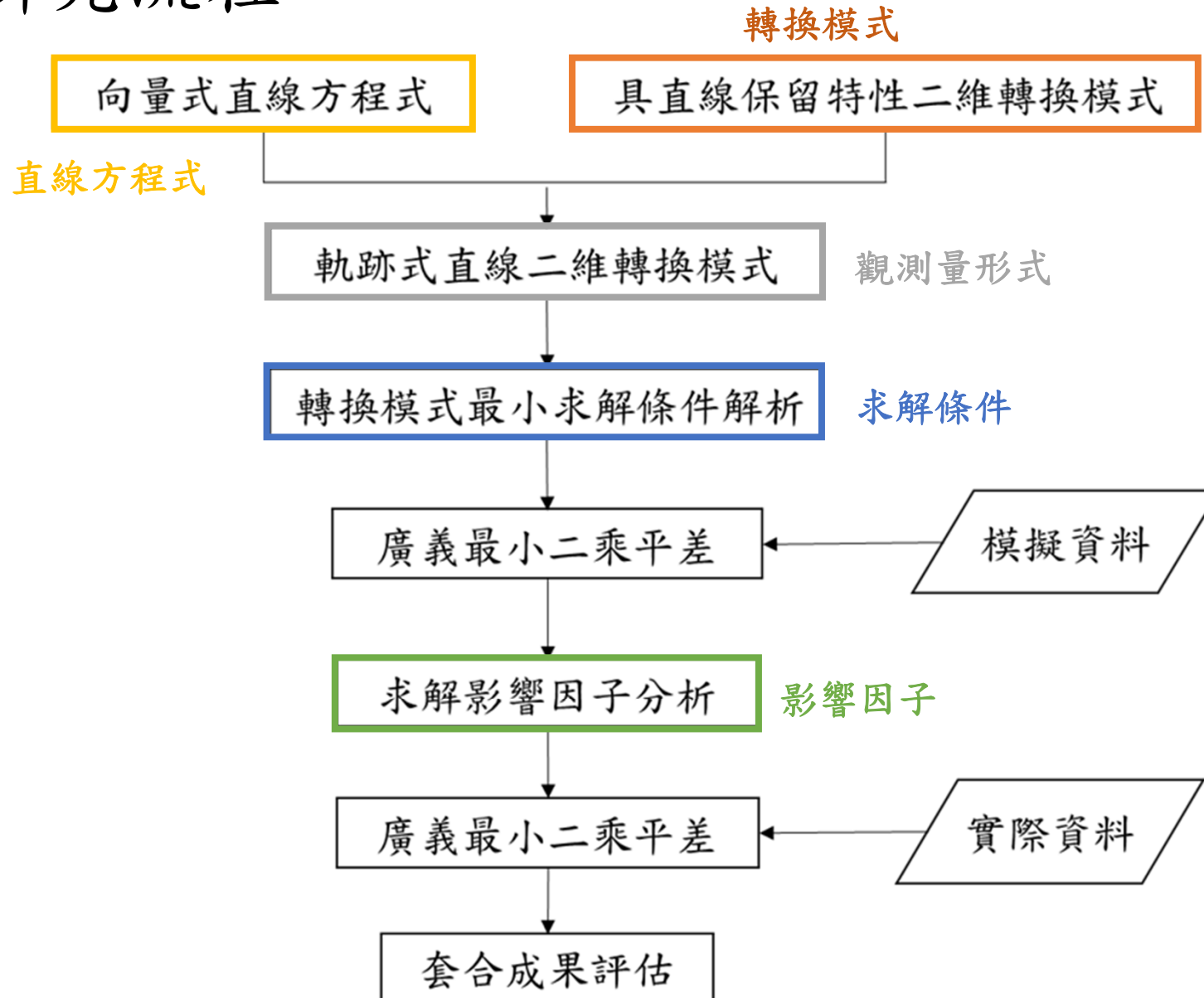
研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

研究流程



前言

研究方法

模擬實驗

實際實驗

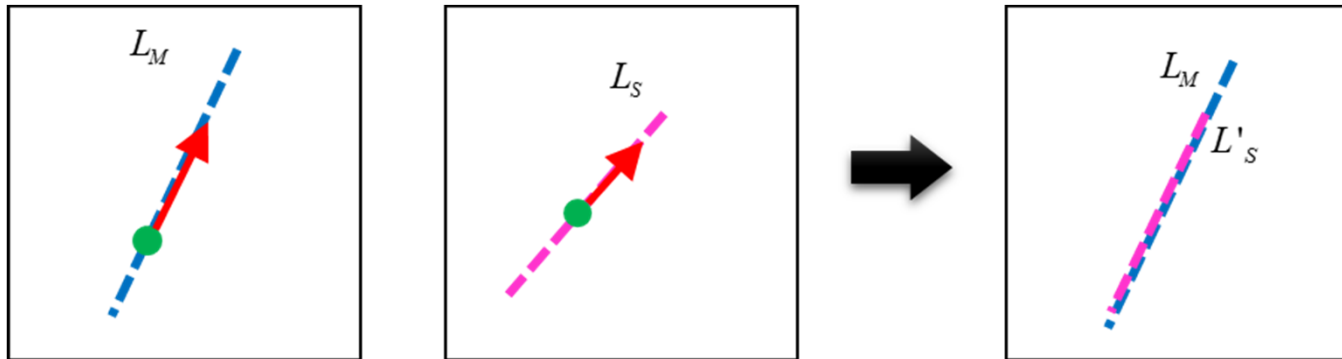
結論

二維空間直線軌跡觀測量

📌 直線共軌跡條件

📌 參考點 → 位置資訊 → 平移、尺度量

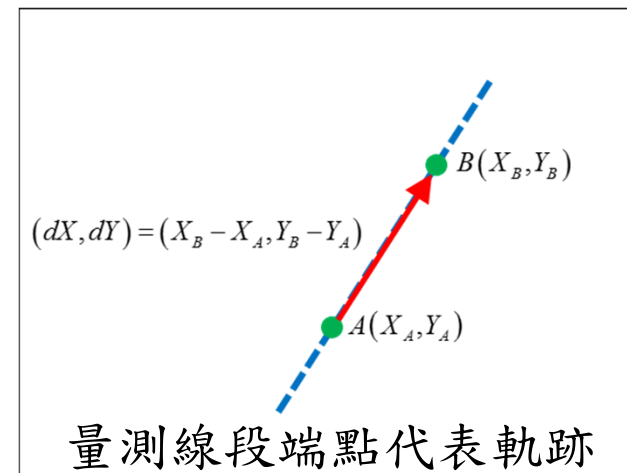
📌 方向向量 → 向量資訊 → 旋轉量



向量式直線方程式

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \end{bmatrix} + S \times \begin{bmatrix} X_B - X_A \\ Y_B - Y_A \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \end{bmatrix} + S \times \begin{bmatrix} dX \\ dY \end{bmatrix}$$



軌跡式直線二維轉換模式

基於點特徵二維轉換模式

相似轉換

$$\begin{aligned} U &= S_a X + S_b Y + S_c \\ V &= -S_b X + S_a Y + S_d \end{aligned}$$

射影轉換

$$U = \frac{P_{00}X + P_{01}Y + P_{02}}{P_{20}X + P_{21}Y + 1}$$

仿射轉換

$$\begin{aligned} U &= A_{00}X + A_{01}Y + A_{02} \\ V &= A_{10}X + A_{11}Y + A_{12} \end{aligned}$$

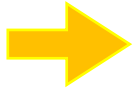
$$V = \frac{P_{10}X + P_{11}Y + P_{12}}{P_{20}X + P_{21}Y + 1}$$

向量式直線方程式

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \end{bmatrix} + s \times \begin{bmatrix} dX \\ dY \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_A \\ V_A \end{bmatrix} + t \times \begin{bmatrix} dU \\ dV \end{bmatrix}$$

相似轉換



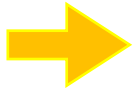
$$\begin{aligned} S_a(Y_A dU - X_A dV) - S_b(X_A dU + Y_A dV) - S_c dV + S_d dU + U_A dV - V_A dU &= 0 \\ S_a(dXdV - dYdU) + S_b(dYdV + dXdU) &= 0 \end{aligned}$$

仿射轉換



$$\begin{aligned} A_{00}X_A dV + A_{01}Y_A dV + A_{02}dV - A_{10}X_A dU - A_{11}Y_A dU - A_{12}dU - U_A dV + V_A dU &= 0 \\ A_{00}dXdV + A_{01}dYdV - A_{10}dXdU - A_{11}dYdU &= 0 \end{aligned}$$

射影轉換



$$\begin{aligned} P_{00}X_A dV + P_{01}Y_A dV + P_{02}dV - P_{10}X_A dU - P_{11}Y_A dU - P_{12}dU + P_{20}(X_A V_A dU - X_A U_A dV) + P_{21}(Y_A V_A dU - Y_A U_A dV) + \dots \\ V_A dU - U_A dV &= 0 \\ P_{00}dXdV + P_{01}dYdV - P_{10}dXdU - P_{11}dYdU - P_{20}(U_A dXdV - V_A dXdU) - P_{21}(U_A dYdV - V_A dYdU) &= 0 \end{aligned}$$

前言

研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

轉換參數解算模式

📌 最小二乘平差方法

數學方程式

$$S_a(Y_A dU - X_A dV) - S_b(X_A dU + Y_A dV) - S_c dV + S_d dU + U_A dV - V_A dU = 0$$

$$S_a(dXdV - dYdU) + S_b(dYdV + dXdU) = 0$$

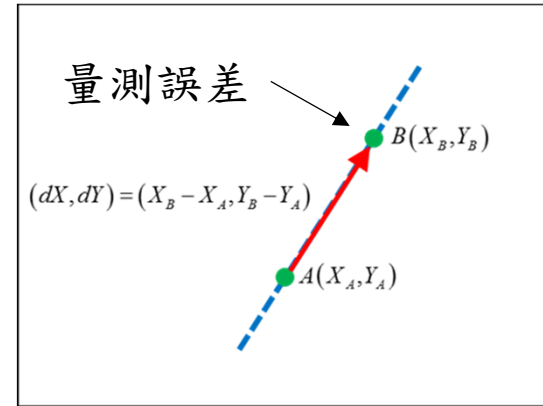
$$A_{00}X_A dV + A_{01}Y_A dV + A_{02}dV - A_{10}X_A dU - A_{11}Y_A dU - A_{12}dU - U_A dV + V_A dU = 0$$

$$A_{00}dXdV + A_{01}dYdV - A_{10}dXdU - A_{11}dYdU = 0$$

$$P_{00}X_A dV + P_{01}Y_A dV + P_{02}dV - P_{10}X_A dU - P_{11}Y_A dU - P_{12}dU + P_{20}(X_A V_A dU - X_A U_A dV) + \dots$$

$$P_{21}(Y_A V_A dU - Y_A U_A dV) + V_A dU - U_A dV = 0$$

$$P_{00}dXdV + P_{01}dYdV - P_{10}dXdU - P_{11}dYdU - P_{20}(U_A dXdV - V_A dXdU) - P_{21}(U_A dYdV - V_A dYdU) = 0$$



嚴密模式

- 廣義平差模型
- 非線性方程式，需迭代
- 需參數初始值

$$A\xi + Be = w, \quad e \sim (0, \Sigma = \sigma_0^2 P^{-1})$$

近似模式

- 間接觀測平差模型
- 線性方程式
- 作為嚴密模式初始值

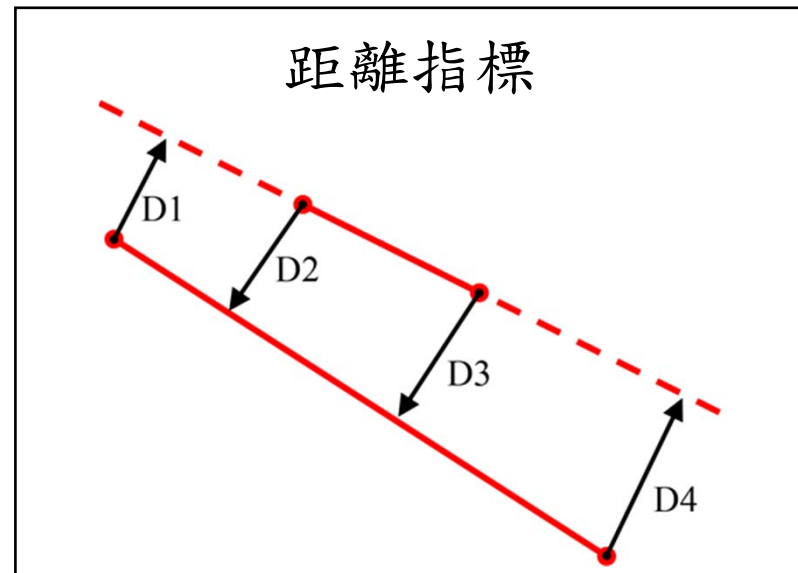
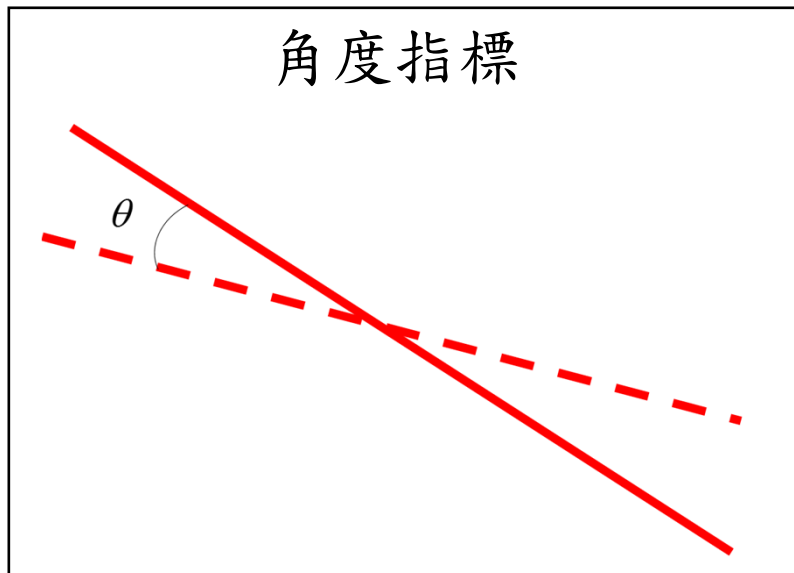
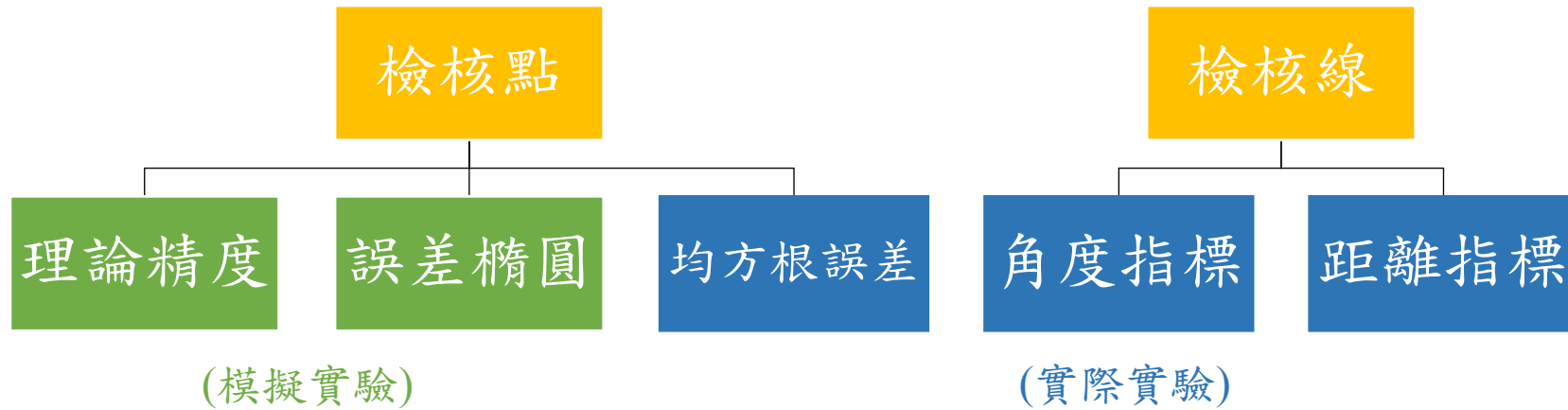
$$A\xi + e = w, \quad e \sim (0, \Sigma = \sigma_0^2 P^{-1})$$

其中 A 是對方程式未知參數偏微分的係數矩陣； ξ 是未知參數向量； B 是對方程式觀測量偏微分的係數矩陣；

e 是誤差向量； Σ 是觀測量方差—協方差矩陣； σ_0 是先驗單位權標準差； P 是觀測量的權矩陣；

w 是觀測方程式的不符值向量。

品質評估



檢驗直線是否符合共軌跡條件？

前言

研究方法

模擬實驗

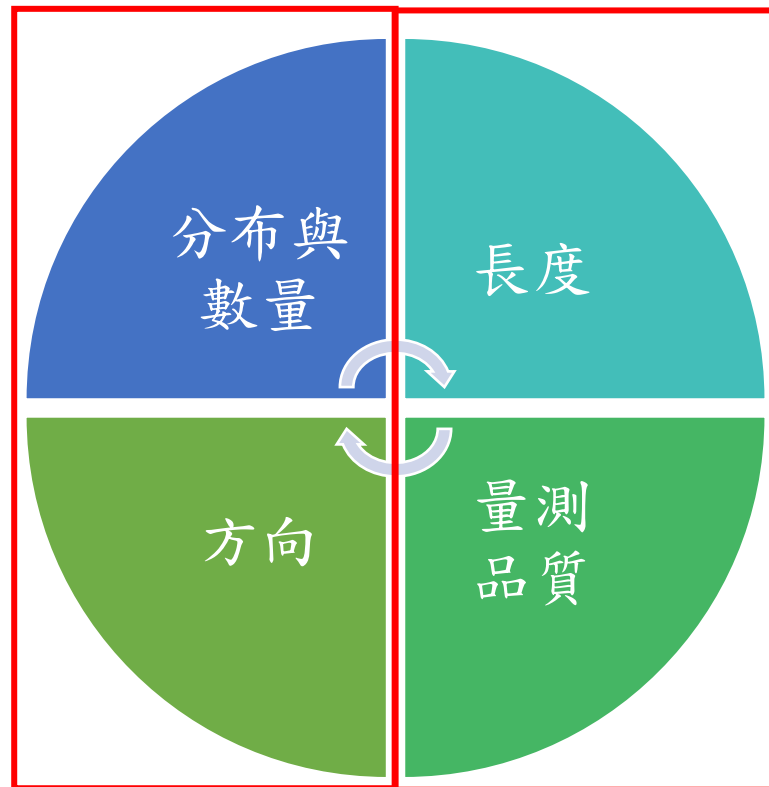
實際實驗

結論

模擬實驗

影響參數解算成果之因子

特徵數量與品質



實驗配置

坐標系統	影像坐標系
實驗範圍	3200 x 3200 (pixels)
轉換模式	相似轉換 仿射轉換 射影轉換
線段長度	200 (pixels)
隨機誤差	1 (pixels)
檢核點	64 個

前言

研究方法

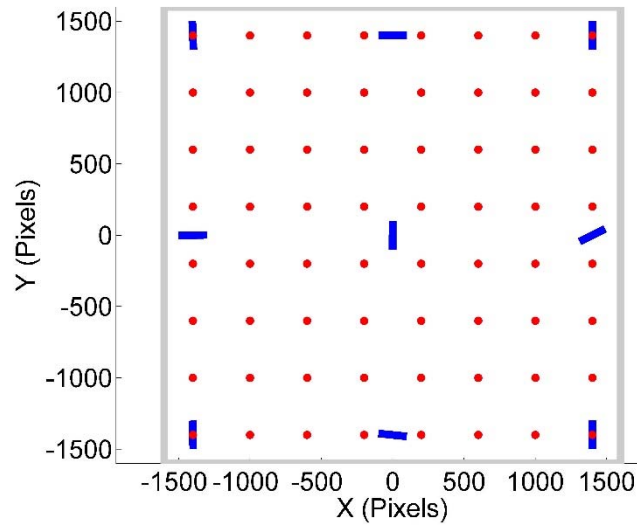
模擬實驗

實際實驗

結論

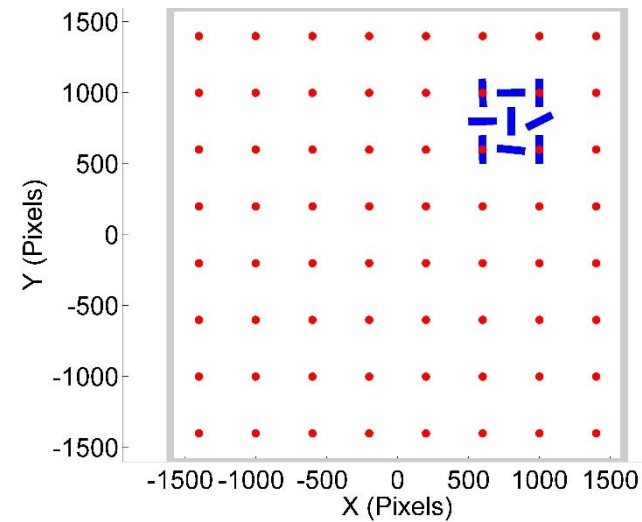
分布因子

均勻分布



VS.

局部分布



	相似轉換		仿射轉換		射影轉換	
	均勻分布	局部分布	均勻分布	局部分布	均勻分布	局部分布
σ_{total_x}	0.53	2.70	0.63	3.63	1.01	54.05
σ_{total_y}	0.57	2.66	0.78	4.69	0.95	33.05
σ_{total_2D}	0.78	3.80	1.00	5.94	1.40	67.49

(單位: *pixels*)

前言

研究方法

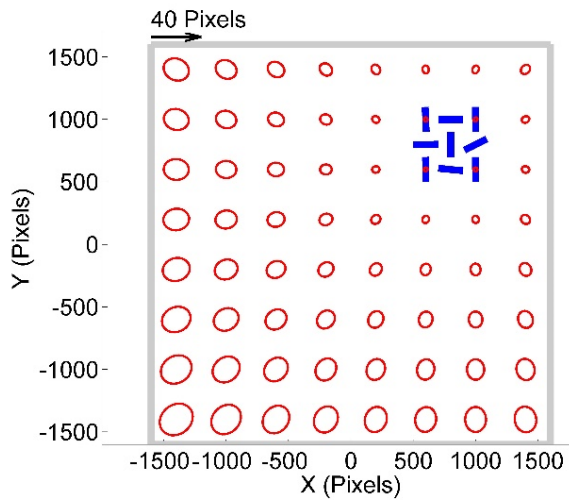
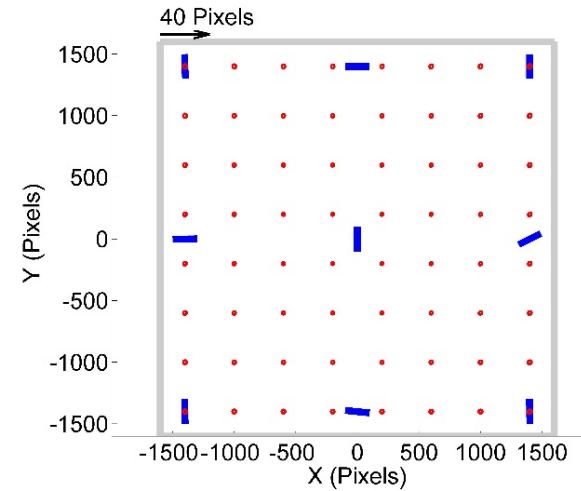
模擬實驗

實際實驗

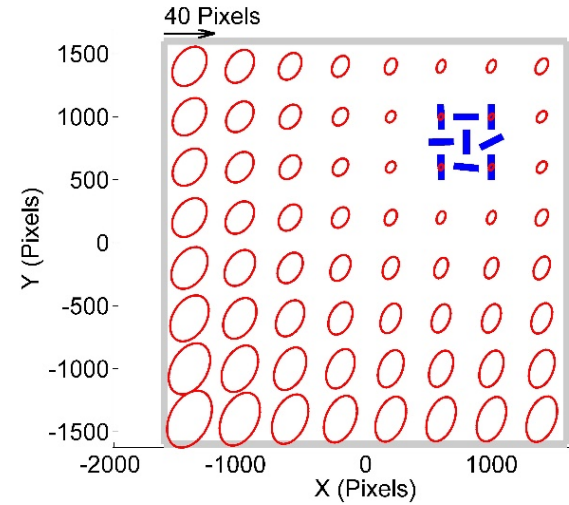
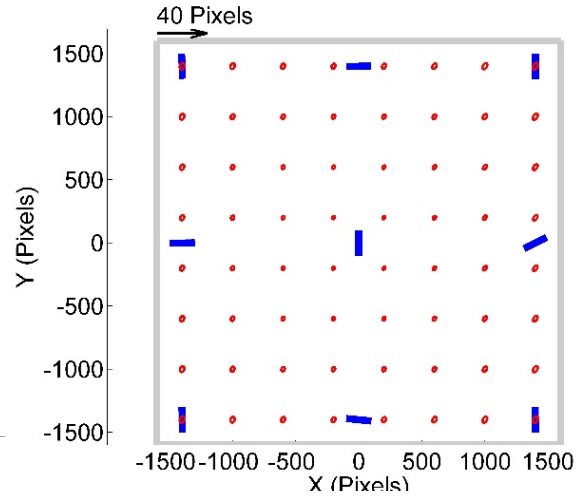
結論

分布因子

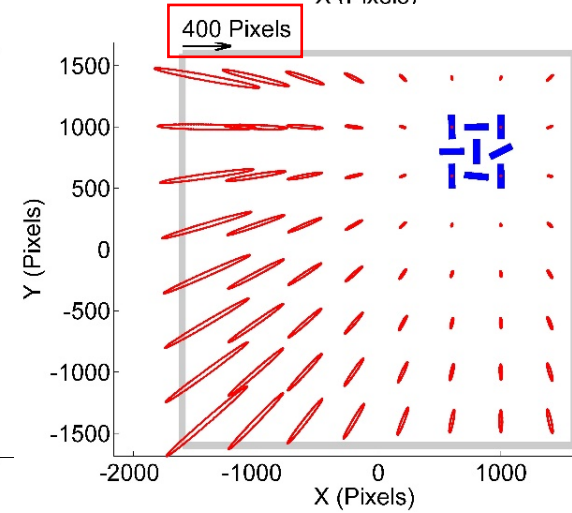
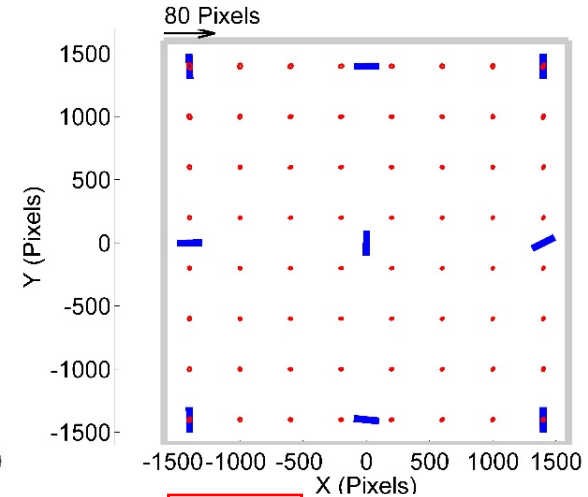
相似轉換



仿射轉換



射影轉換



→ 距離特徵越遠，誤差範圍越大

前言

研究方法

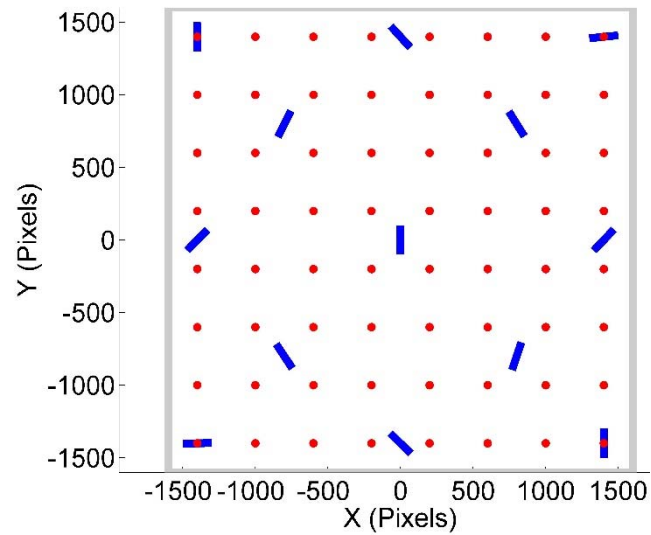
模擬實驗

實際實驗

結論

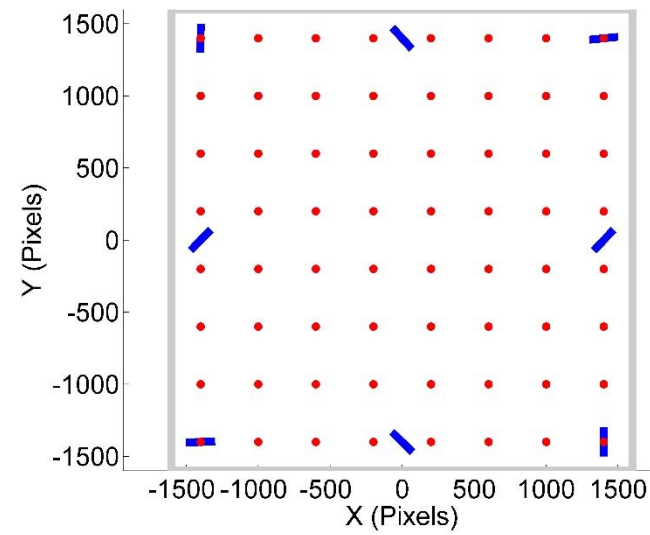
數量因子

13組



VS.

8組(外圍分布)



	相似轉換		仿射轉換		射影轉換	
	13組	8組	13組	8組	13組	8組
σ_{total_x}	0.45	0.58	0.71	3.06	0.94	4.67
σ_{total_y}	0.52	0.57	0.90	3.23	0.96	4.01
σ_{total_2D}	0.69	0.82	1.17	4.89	1.38	6.88

(單位: *pixels*)

前言

研究方法

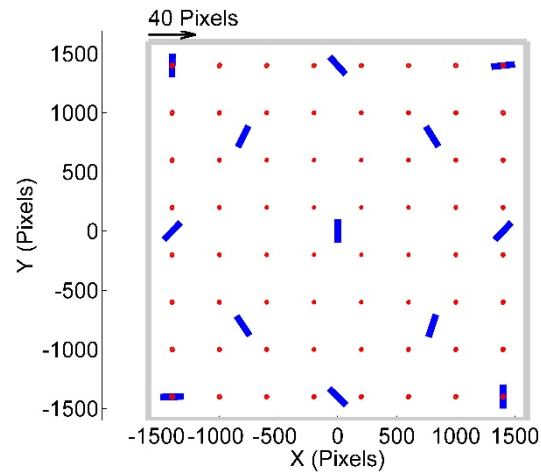
模擬實驗

實際實驗

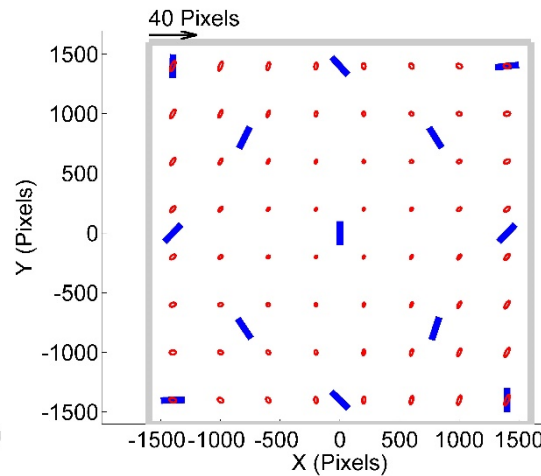
結論

數量因子

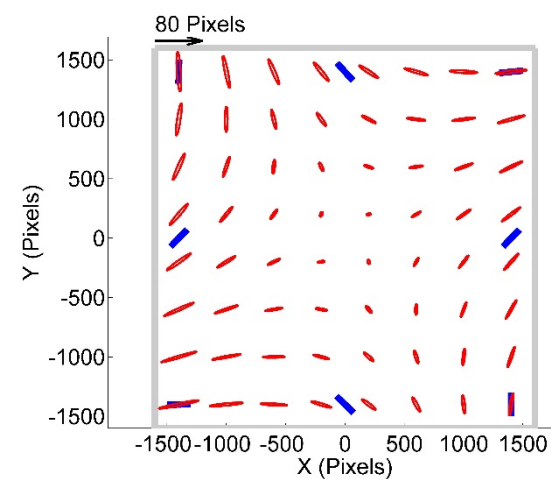
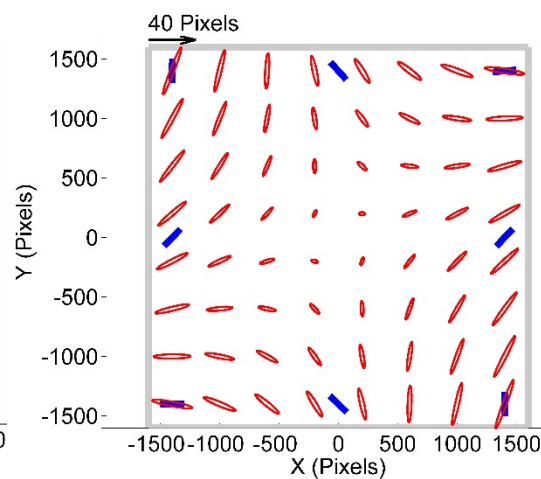
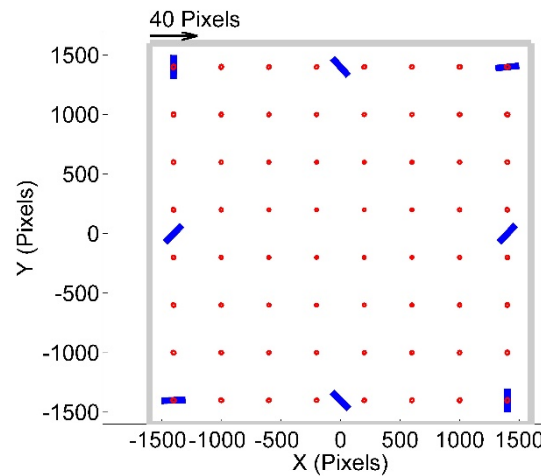
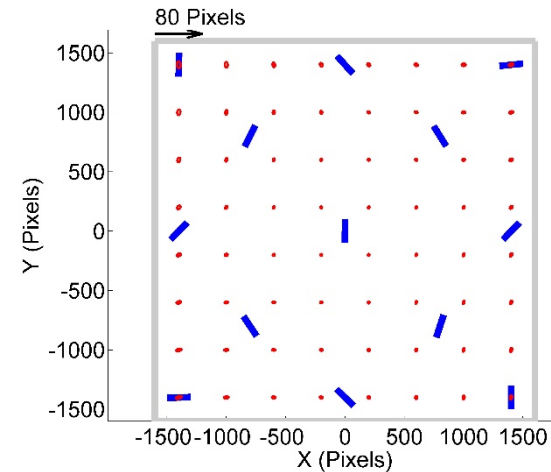
相似轉換



仿射轉換



射影轉換



- 直線非絕對位置約制，需均勻且密集的特徵配置
- 外圍分布不一定提供良好幾何約制

前言

研究方法

模擬實驗

實際實驗

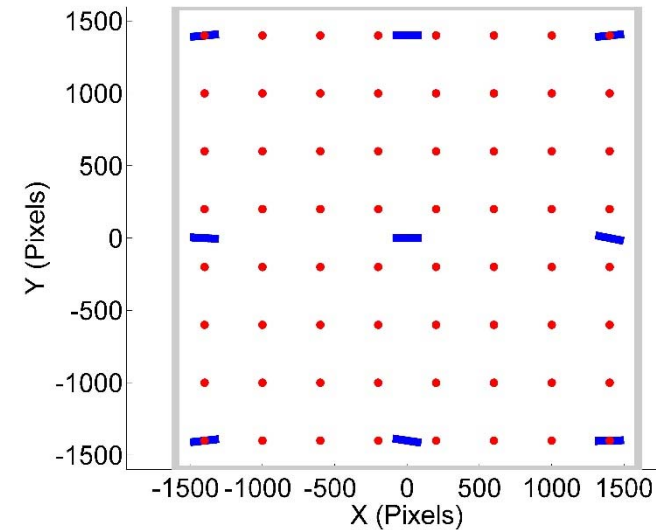
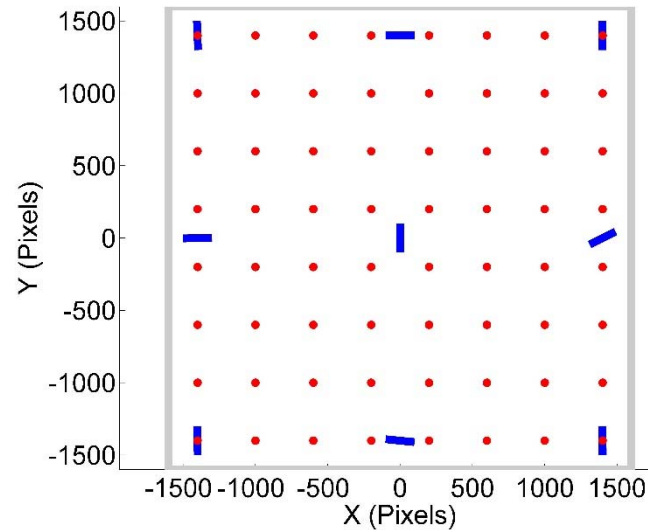
結論

方向因子

近似正交

VS.

近似平行



	相似轉換		仿射轉換		射影轉換	
	近似正交	近似平行	近似正交	近似平行	近似正交	近似平行
σ_{total_x}	0.53	3.08	0.62	4.67	0.98	9.19
σ_{total_y}	0.56	1.07	0.77	1.12	0.93	1.18
σ_{total_2D}	0.77	3.26	0.99	4.80	1.37	9.27

(單位: *pixels*)

前言

研究方法

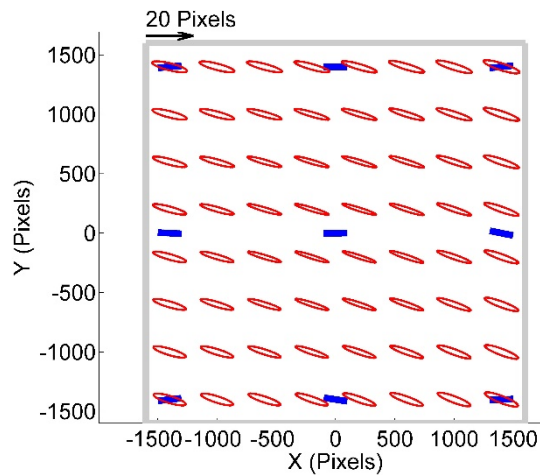
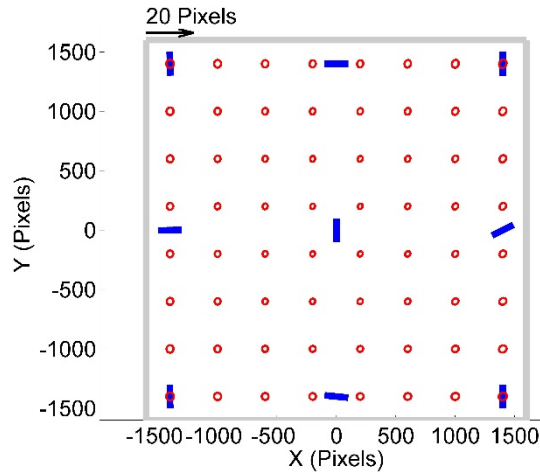
模擬實驗

實際實驗

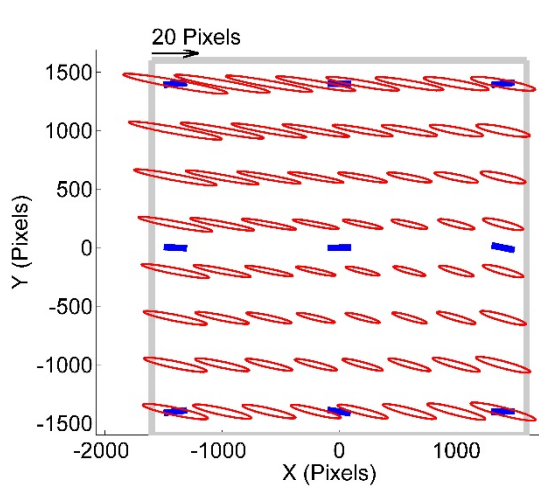
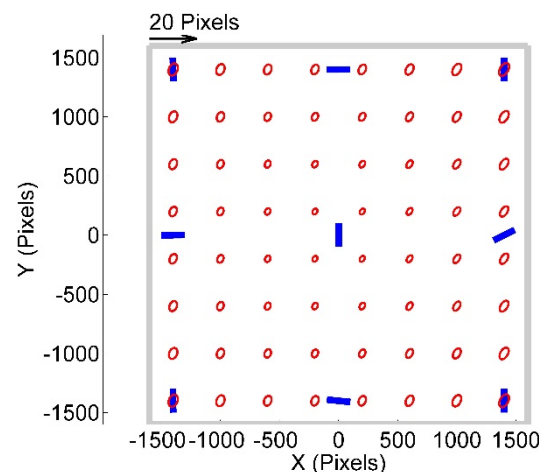
結論

方向因子

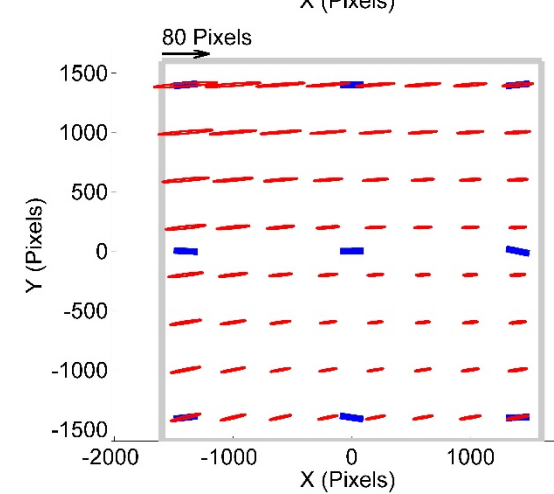
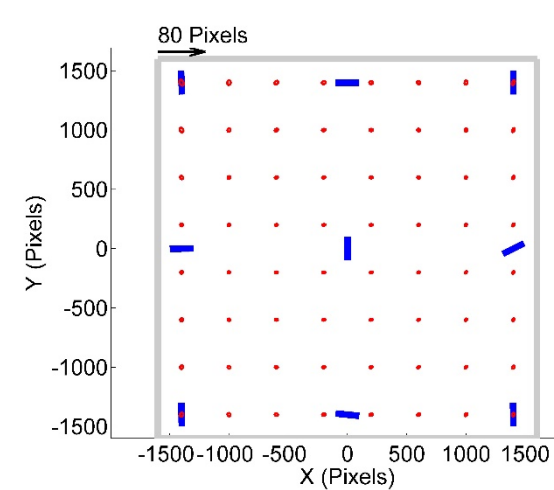
相似轉換



仿射轉換



射影轉換



- 直線彼此正交，交點誤差小，橢圓長、短軸誤差較一致
- 避免特徵方向單一

前言

研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

線段長度、量測品質因子

特徵數量

9 組

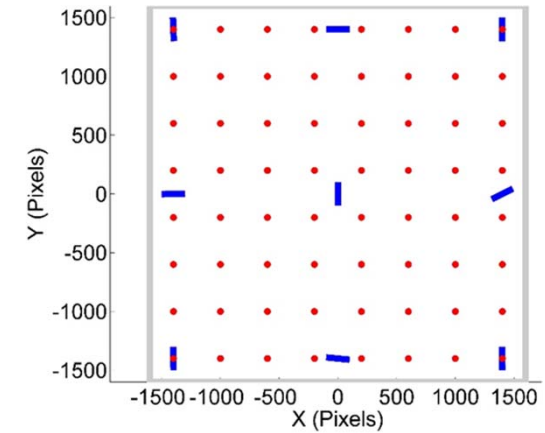
線段長度

5 ~ 1000 (pixels)

端點誤差

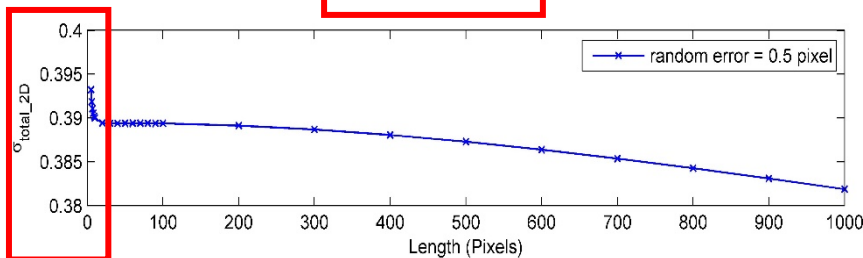
0.5、1.0、2.0 (pixels)

特徵配置

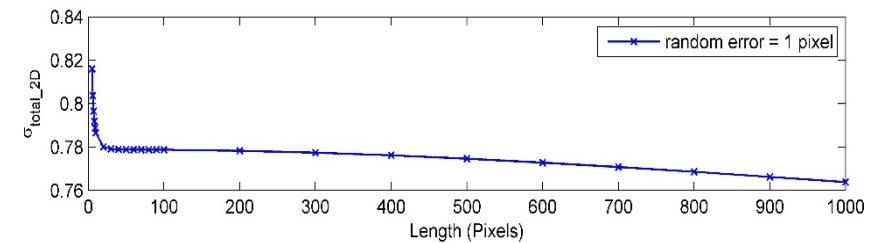


相似轉換

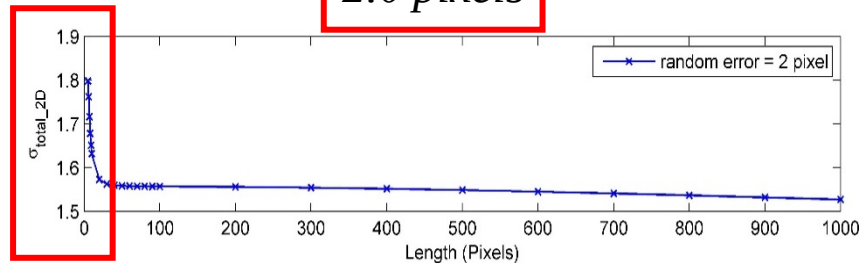
0.5 pixels



1.0 pixels



2.0 pixels



前言

研究方法

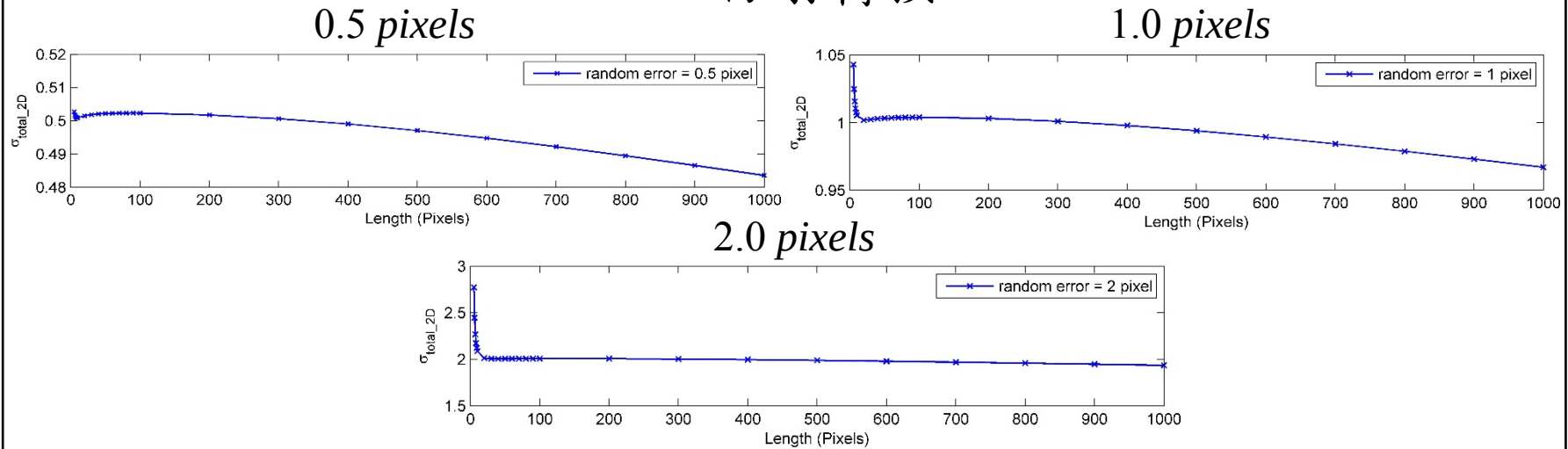
模擬實驗

實際實驗

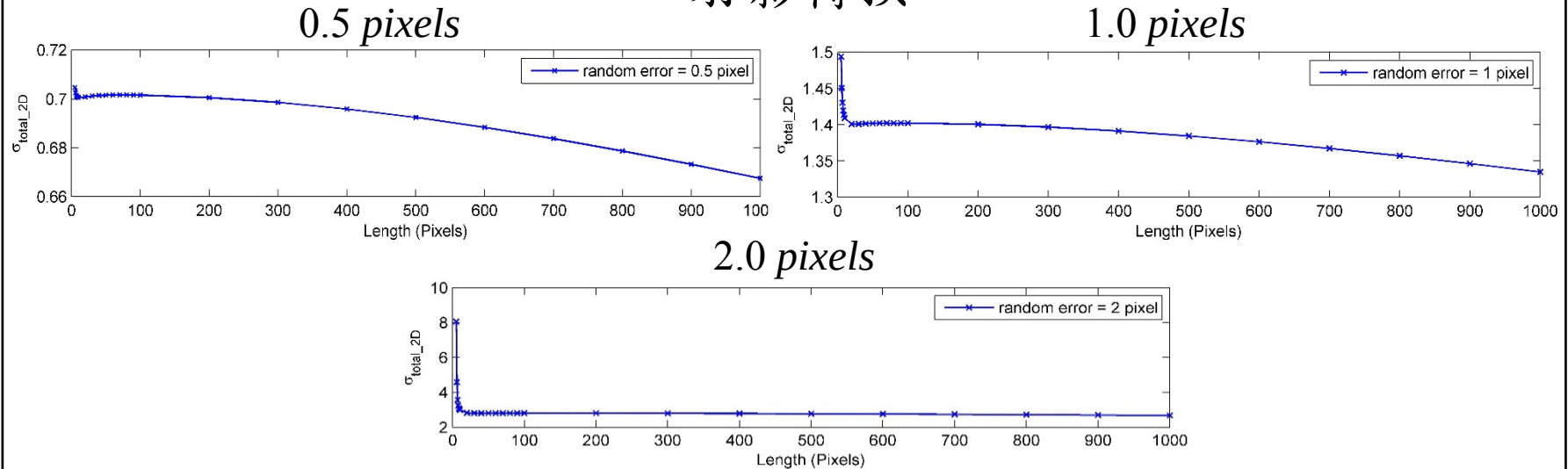
結論

線段長度、量測品質因子

仿射轉換



射影轉換



前言

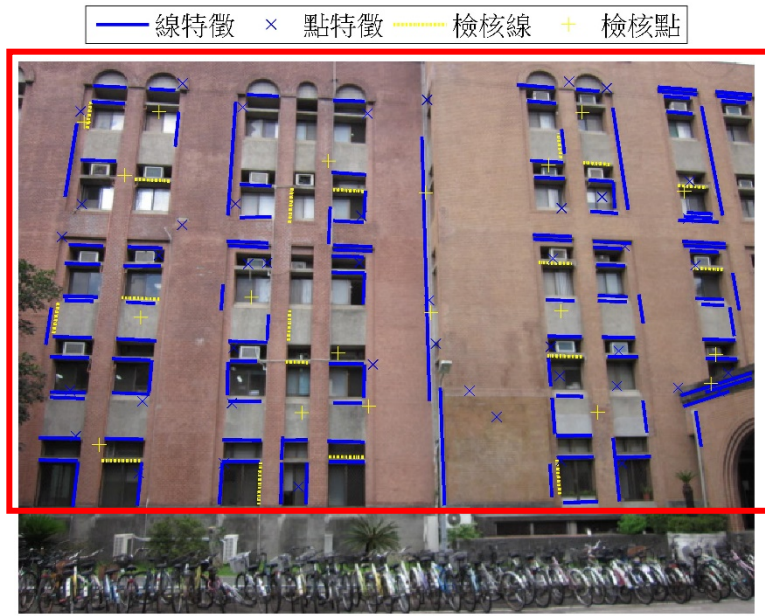
研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

實驗一



主影像

射影轉換



副影像

特徵種類	數量
直線特徵	119 組
點特徵	45 組
檢核直線	18 組
檢核點	19 組

1.數量因子

2.方向因子

前言

研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

數量因子實驗



	直線 特徵	點特徵	幾何描述
測試一	10	0	外圍分布， 正交
測試二	19	0	特徵加密
測試三	19	0	垂直方向
測試四	33	0	特徵加密
測試五	33	0	垂直方向
測試六	119	0	均勻分布
測試七	0	45	均勻分布

前言

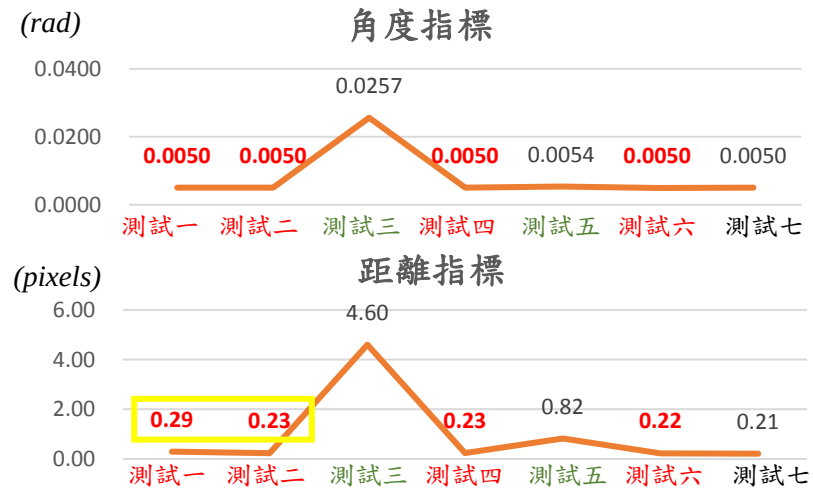
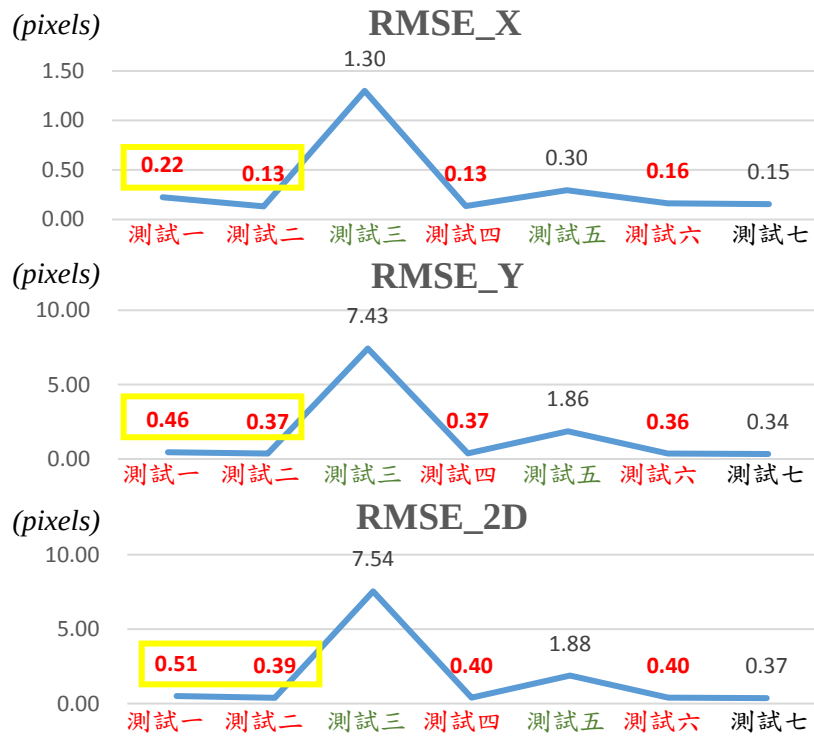
研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

數量因子分析



前言

研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

方向因子實驗

— 線特徵 — 檢核線 + 檢核點



— 線特徵 — 檢核線 + 檢核點



	直線 特徵	點特徵	幾何描述
測試一	10	0	外圍分布， 正交
測試二	19	0	特徵加密
測試三	19	0	垂直方向
測試四	33	0	特徵加密
測試五	33	0	垂直方向
測試六	119	0	均勻分布
測試七	0	45	均勻分布

前言

研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

方向因子分析

(pixels) RMSE_X



(pixels) RMSE_Y



(pixels) RMSE_Z



測試三鑲嵌成果

角度指標

0.0257



50 0.0050

六 測試七

2 0.21

六 測試七

幾何描述

圍分布，正交

特徵加密

垂直方向

特徵加密

垂直方向

均勻分布

測試七

0

45

均勻分布

前言

研究方法

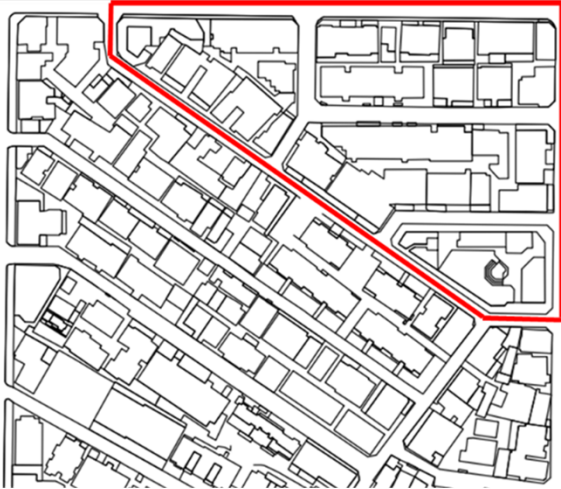
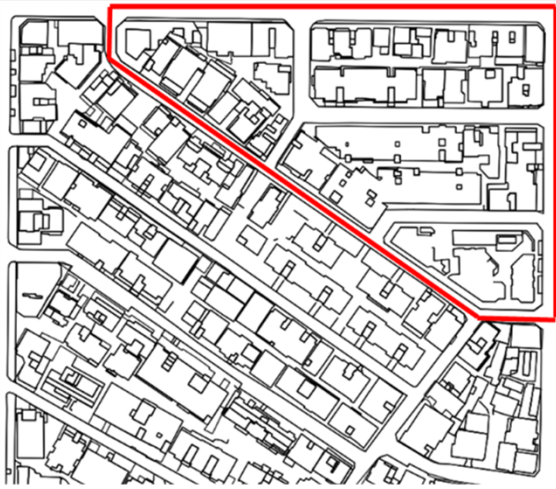
模擬實驗

實際實驗

結論

實驗二

📌 實驗資料

圖資內容	98 年版地形圖	102 年版地形圖
坐標系統	TWD67	TWD97
示意圖		
資料範圍	200 x 140 (m)	

前言

研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

共軌特徵萃取



98 年版



102 年版

(a)地面特徵



98 年版



102 年版

(b)房屋輪廓線

(影像取自臺北市歷史圖資展示系統)

前言

研究方法

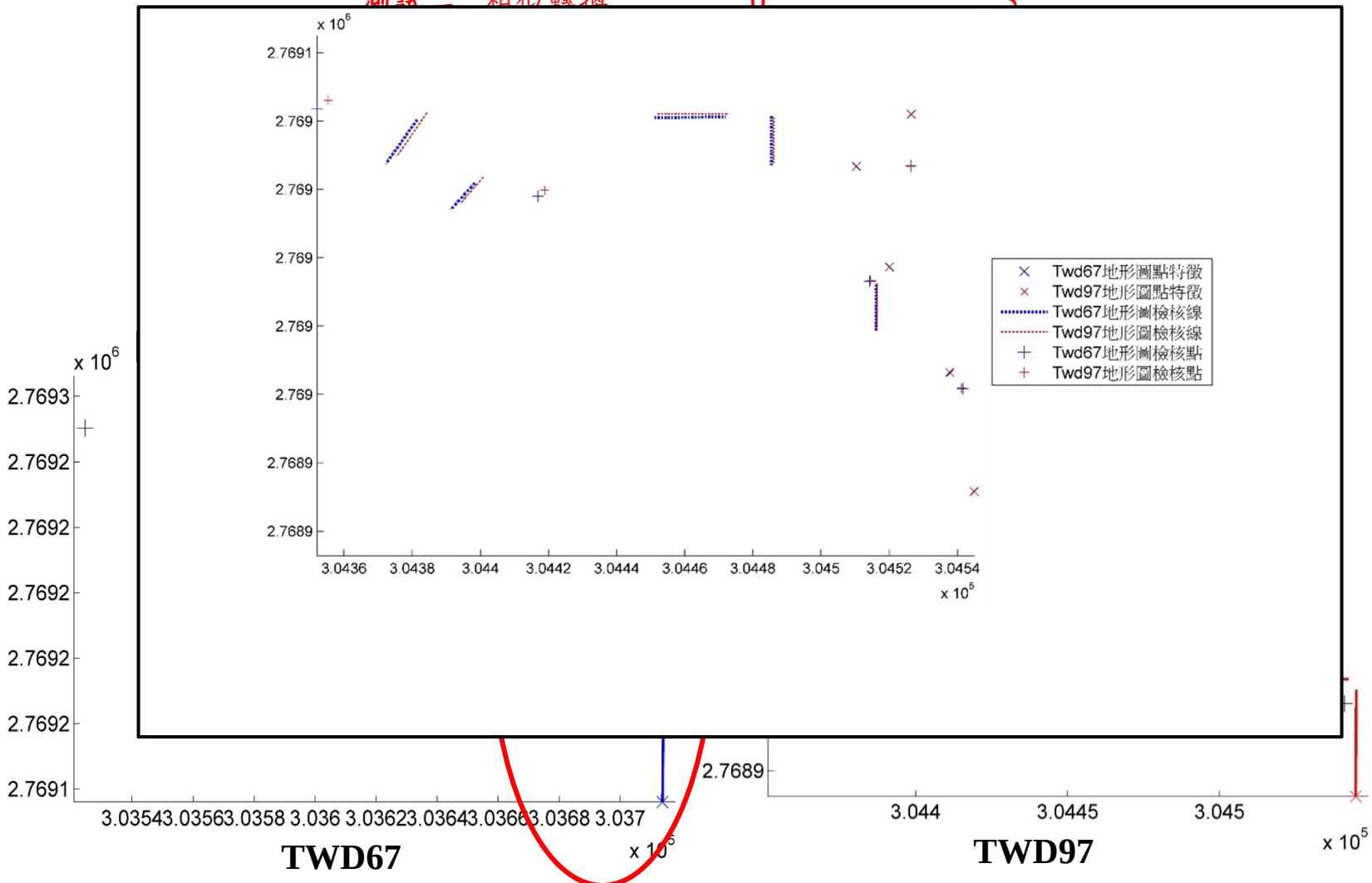
模擬實驗

實際實驗

結論

分布因子影響

檢核	轉換模式	直線特徵數量(個)	點特徵數量(個)	六
RMSE	測試一	測試五特徵套合成果		0
	測試二	相似轉換	0	5
				6



前言

研究方法

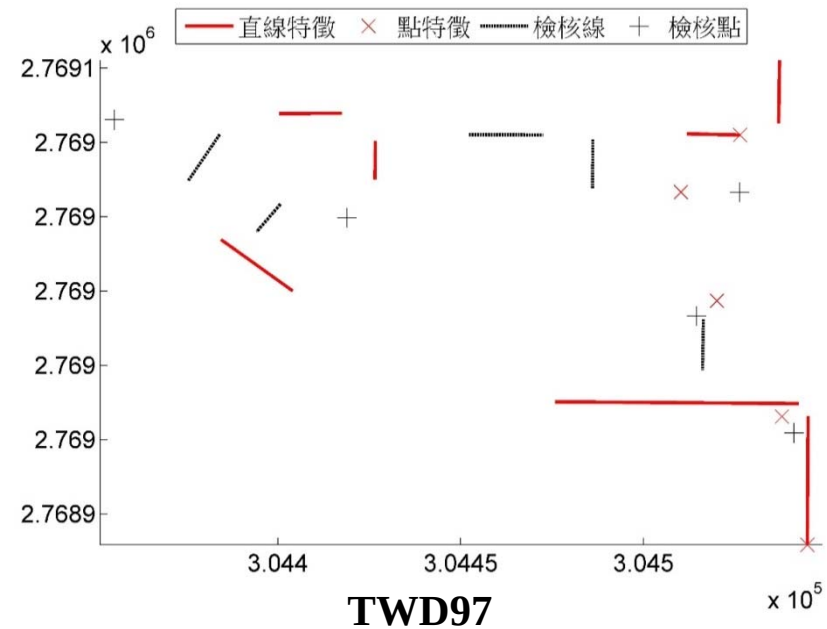
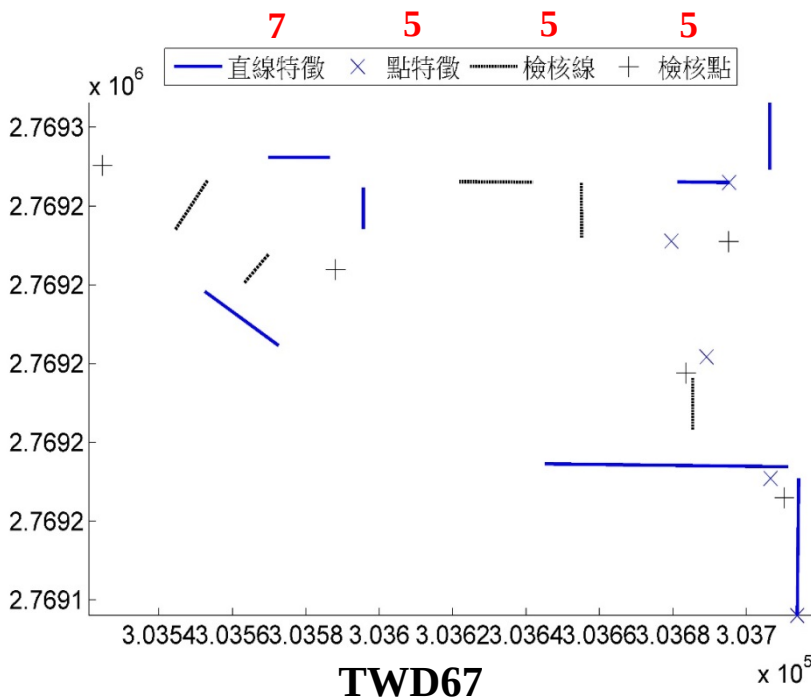
模擬實驗

實際實驗

結論

成果分析

檢核指標	轉換模式	直線特徵數量(個)	點特徵數量(個)
$RMSE_X (m)$	測試一 相似轉換	7	0
$RMSE_Y (m)$	測試二 相似轉換	0	5
$RMSE_{2D} (m)$	測試三 相似轉換	7	5
距離指標 (m)	測試四 仿射轉換	7	0
角度指標 (rad)	測試五 仿射轉換	0	5
	測試六 仿射轉換	7	5



前言

研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

結論

- 📌 直線軌跡: 位置和向量資訊，能獨立用於參數轉換。
- 📌 模擬資料分析 **分布、數量、方向、長度、量測誤差** 因子對參數解算成果影響。
- 📌 實際實驗測試分布、數量和方向因子的影響性，與模擬實驗相互印證。
- 📌 若轉換模式滿足圖資之間幾何，點特徵不易獲取，利用直線共軌跡條件，達成資料套合目的。

前言

研究方法

模擬實驗

實際實驗

結論

參考文獻

- 📌 Habib, A., and Al-Ruzouq, R., 2005. Semi-Automatic Registration of Multi-Source Satellite Imagery with Varying Geometric Resolutions. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71(3): 325-332.
- 📌 Han, J. Y., Guo, J., and Chen, Y. J., 2014. Registration of vector maps based on multiple geometric features in topological aspects. *Survey Review*, 46(336): 219-230.
- 📌 Mikhail, E., and Weerawong, K., 1997. Exploitation of Linear Features in Surveying and Photogrammetry. *Journal of Surveying Engineering*, 123(1): 32-47.
- 📌 Shi, W., and Shaker, A., 2006. The Line - Based Transformation Model (LBTM) for image - to - image registration of high - resolution satellite image data. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14): 3001-3012.

Thanks for your attention