國立臺灣大學
National Taiwan University

結合邊緣特徵資訊之半全域式匹配法

報告日期： 106/4/6
報告學生：李欣錡
指導教授：趙鍵哲

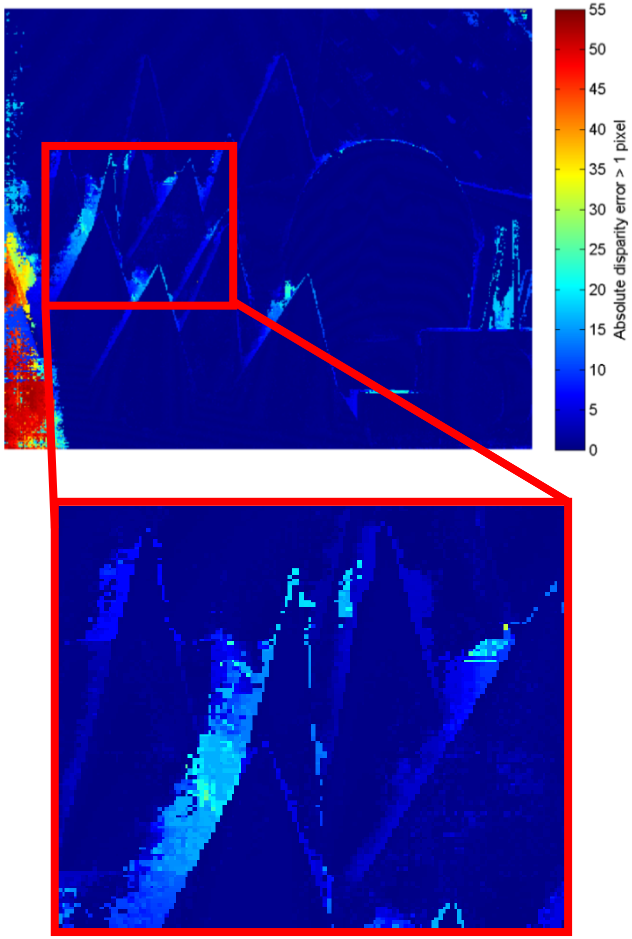
報告大綱

- 前言
- 研究方法
- 實驗分析與討論
- 結論與建議

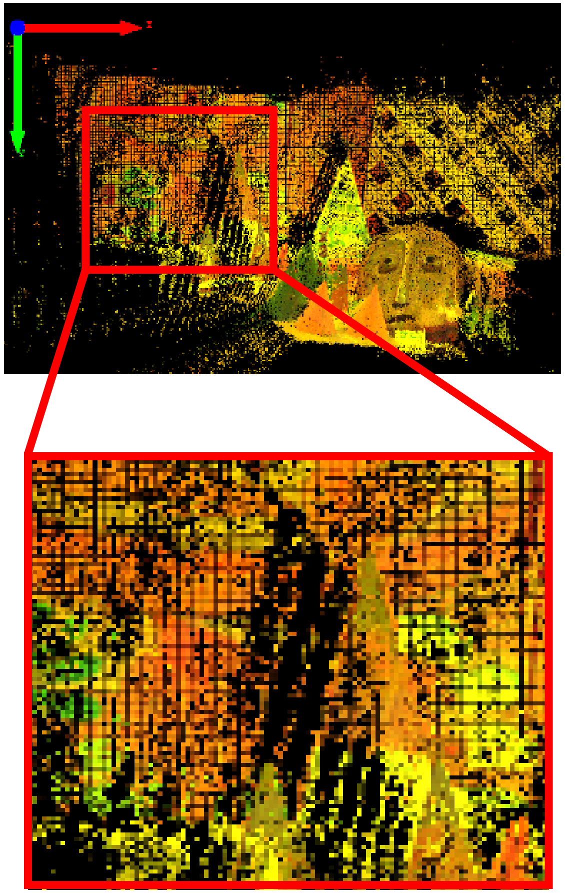
研究動機與目的

Cones 原始影像

視差差值圖



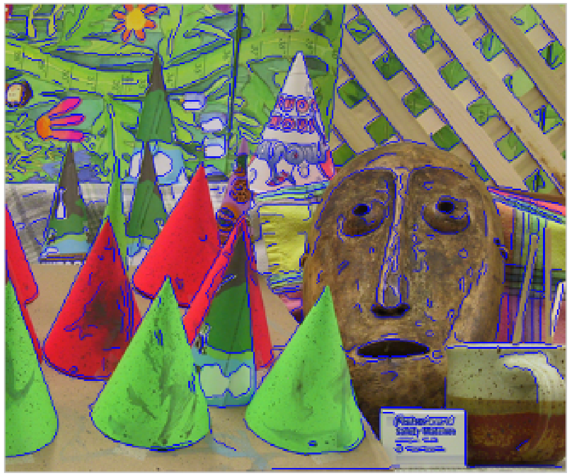
高密度點雲成果

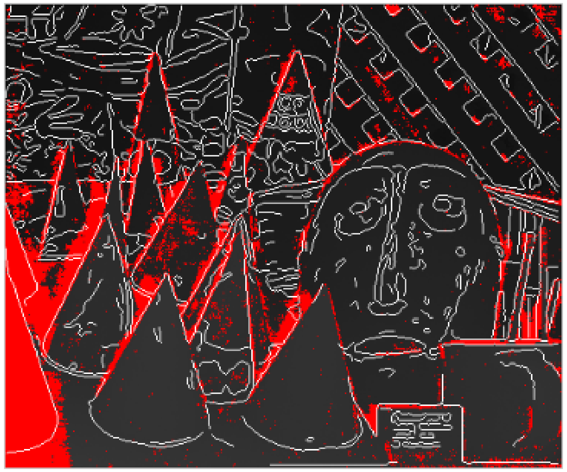


匹配錯誤沿著物體邊緣呈現帶狀分布，其錯誤3量級也較大

研究動機與目的

Cones 原始影像

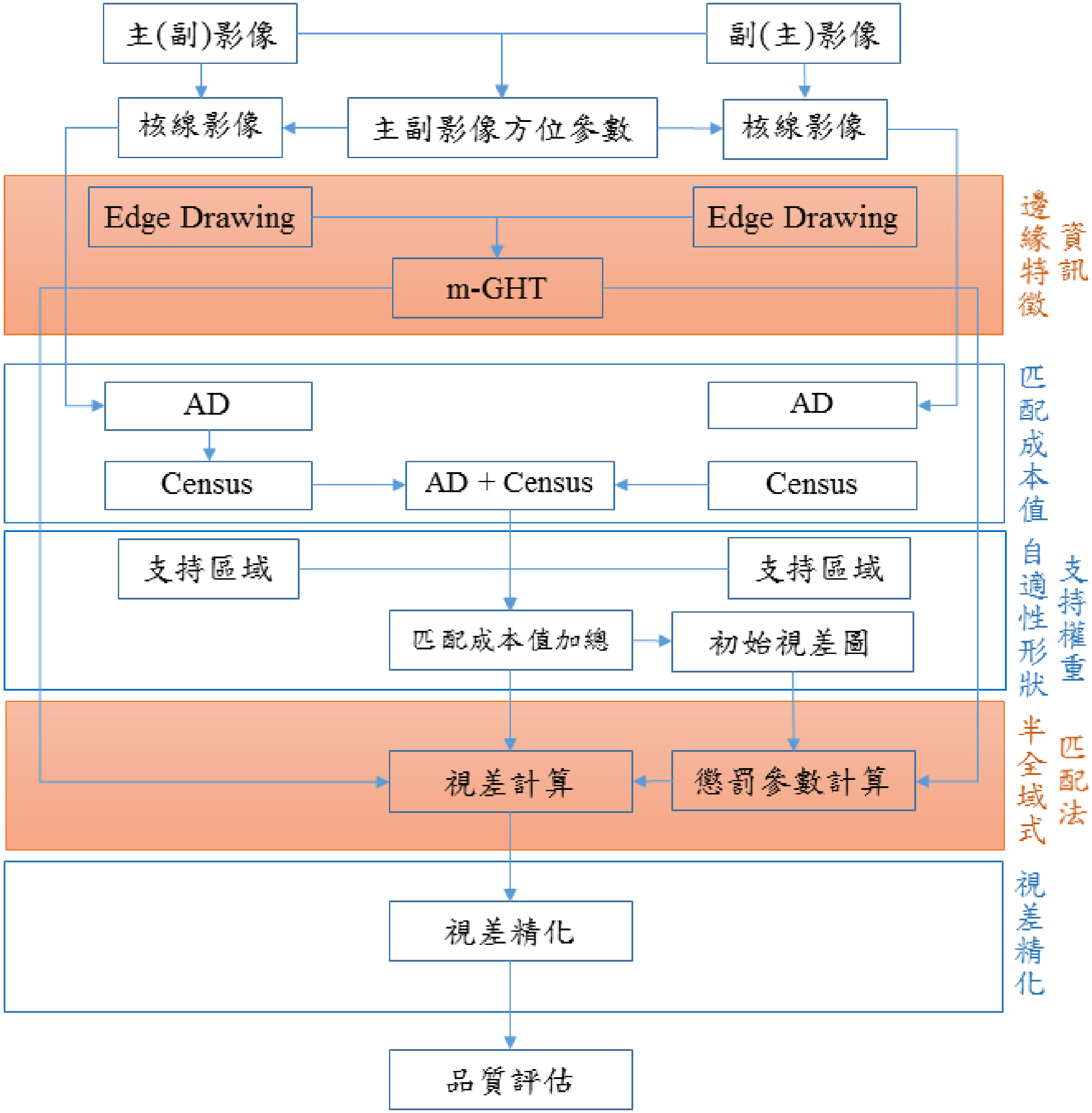

藍色為特徵偵測位置


特徵偵測與匹配錯誤

善用特徵資訊

改善視差不連續處之成果品質

研究方法與流程



主(副)影像

副(主)影像

核線影像

主副影像方位參數

核線影像

Edge Drawing

Edge Drawing

m-GHT

邊緣特徵資訊

AD

AD

Census

AD + Census

Census

匹配成本值

支持區域

支持區域

匹配成本值加總

初始視差圖

自適性形狀支持權重

視差計算

懲罰參數計算

半全域式匹配法

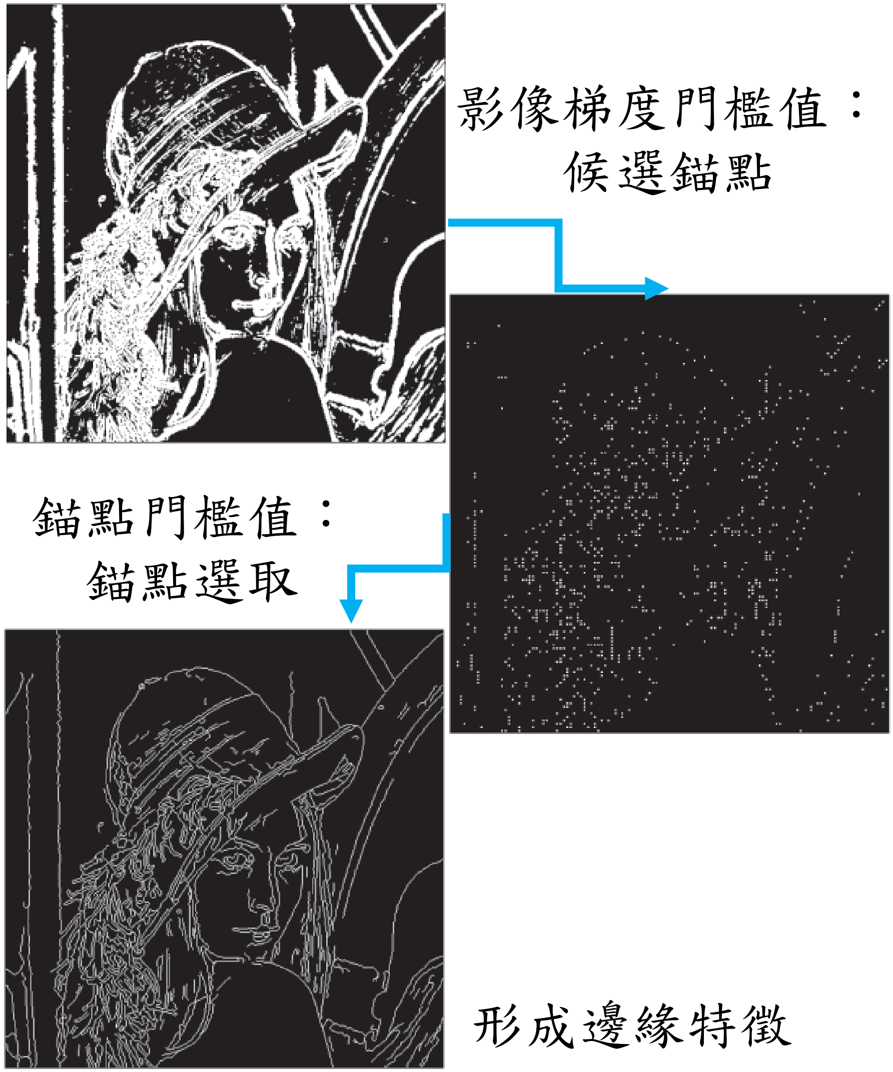
視差精化

視差精化

品質評估

Edge Drawing 邊緣特徵偵測法

- 高斯平滑化濾除雜訊
- 影像梯度大小與方向計算
- 錨點萃取
- *Smart Routing* 連接錨點



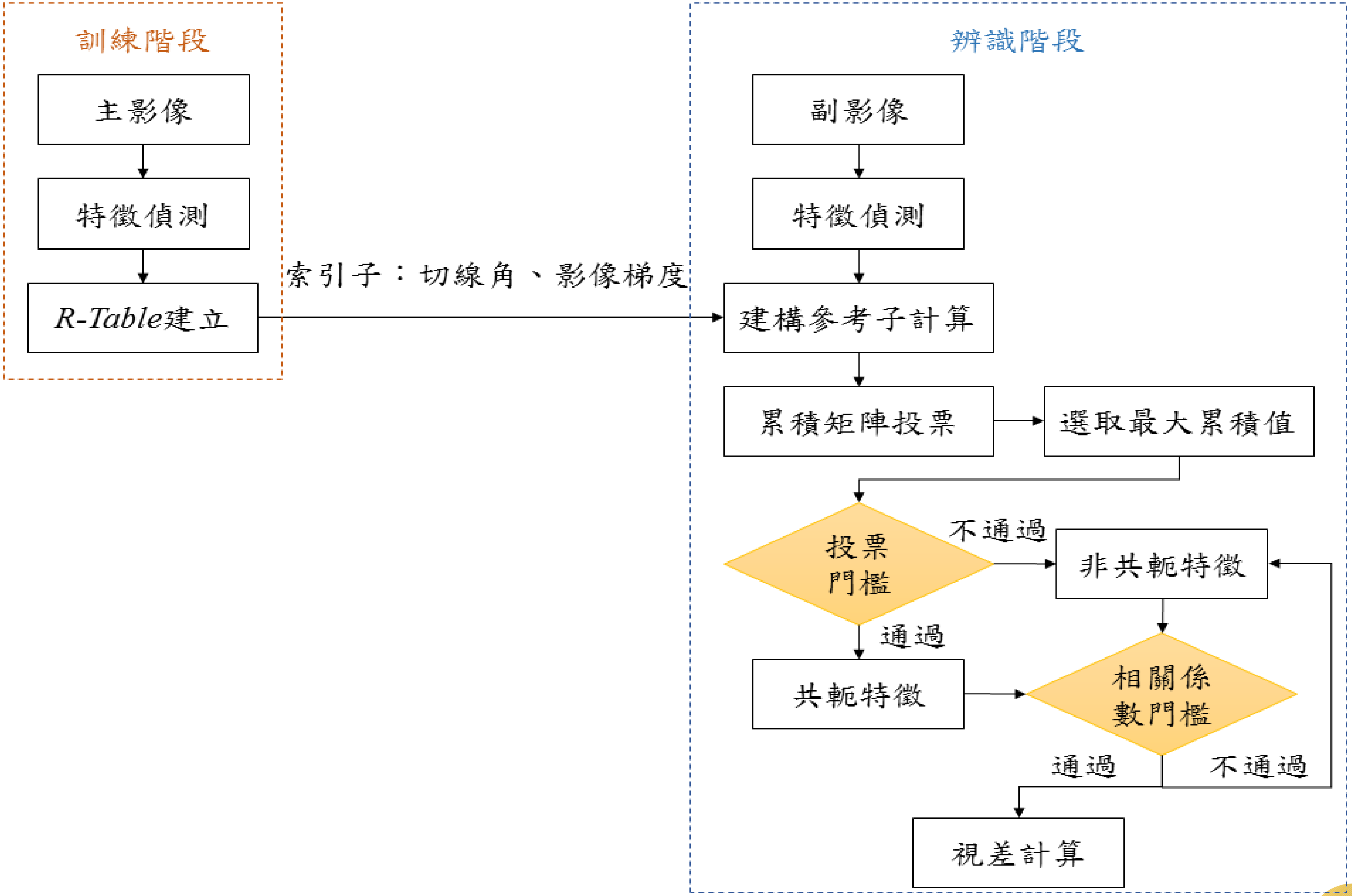
影像梯度門檻值：
候選錨點

錨點門檻值：
錨點選取

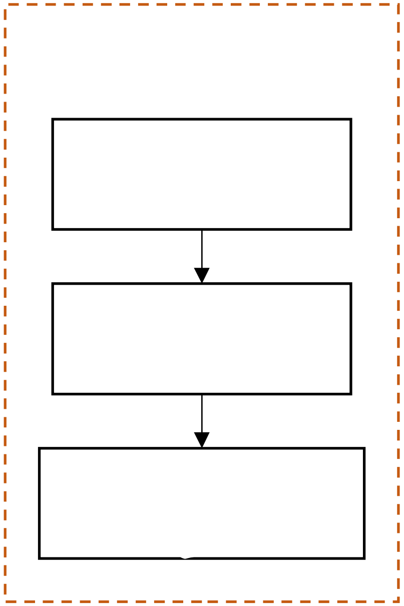
形成邊緣特徵

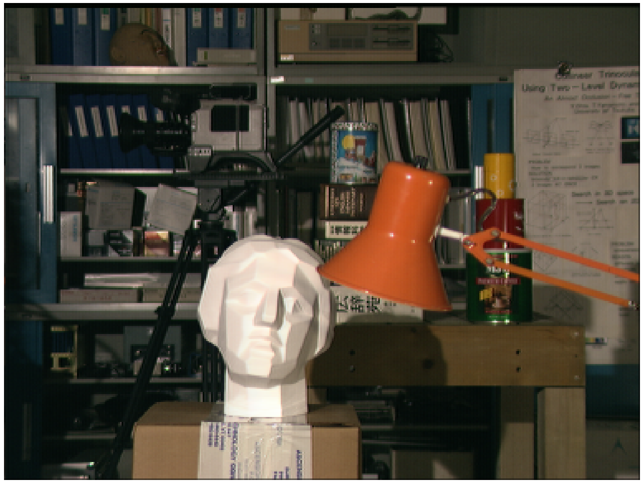
(Topal & Akinlar, 2012)

改良廣義霍夫轉換

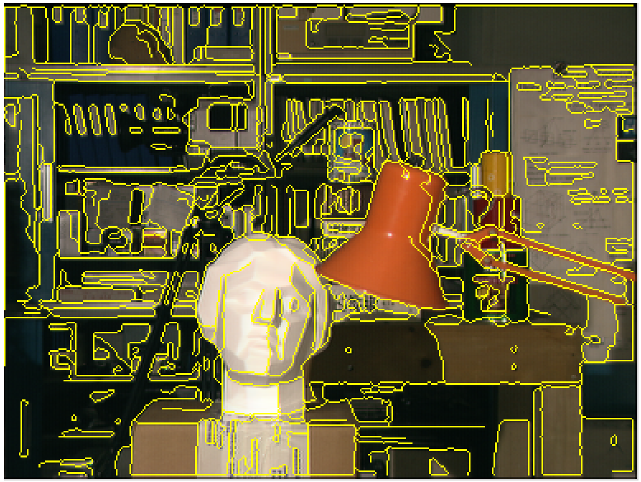

訓練階段
主影像
特徵偵測
*R-Table*建立
索引子：切線角、影像梯度
辨識階段
副影像
特徵偵測
建構參考子計算
累積矩陣投票
選取最大累積值
投票
門檻
不通過
非共軛特徵
通過
共軛特徵
相關係
數門檻
通過
不通過
視差計算

改良廣義霍夫轉換

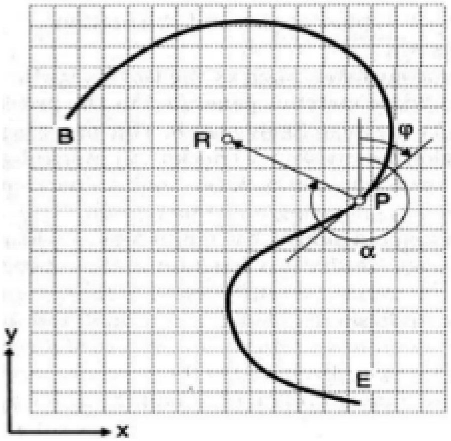


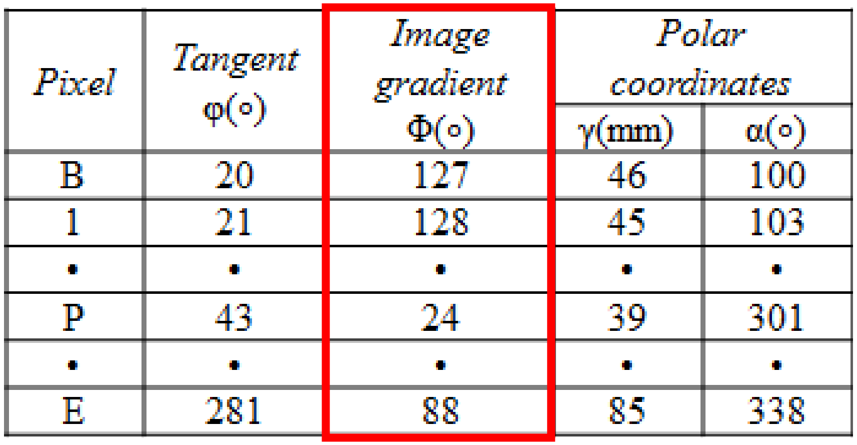


Tsukuba 主影像



Tsukuba 主影像特徵偵測成果

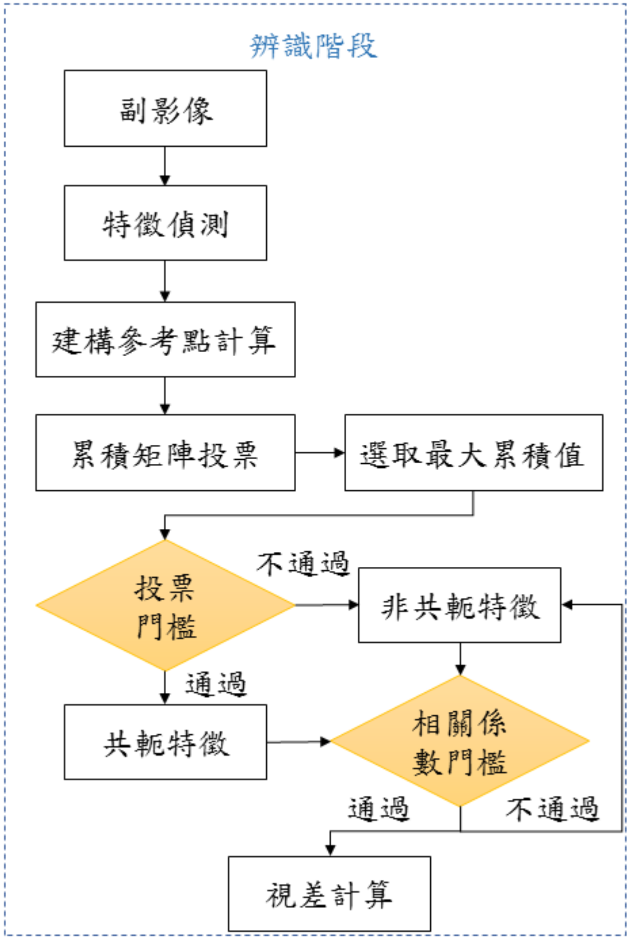




Pixel	*Tangent* φ(∘)	*Image gradient* Φ(∘)	*Polar coordinates*	
			γ(mm)	α(∘)
B	20	127	46	100
1	21	128	45	103
•	•	•	•	•
P	43	24	39	301
•	•	•	•	•
E	281	88	85	338

R-Table 建立 (修改自 Schenk, 1999)

改良廣義霍夫轉換



辨識階段

副影像

特徵偵測

建構參考點計算

累積矩陣投票

選取最大累積值

投票門檻

不通過

非共軛特徵

通過

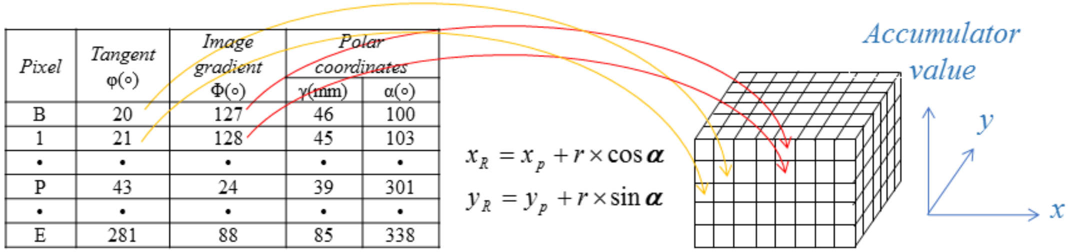
共軛特徵

相關係數門檻

通過

不通過

視差計算



Pixel	Tangent φ(○)	Image gradient Φ(○)	Polar coordinates γ(mm)	Polar coordinates α(○)
B	20	127	46	100
1	21	128	45	103
•	•	•	•	•
P	43	24	39	301
•	•	•	•	•
E	281	88	85	338

$$x_R = x_p + r\times\cos\boldsymbol{\alpha}$$

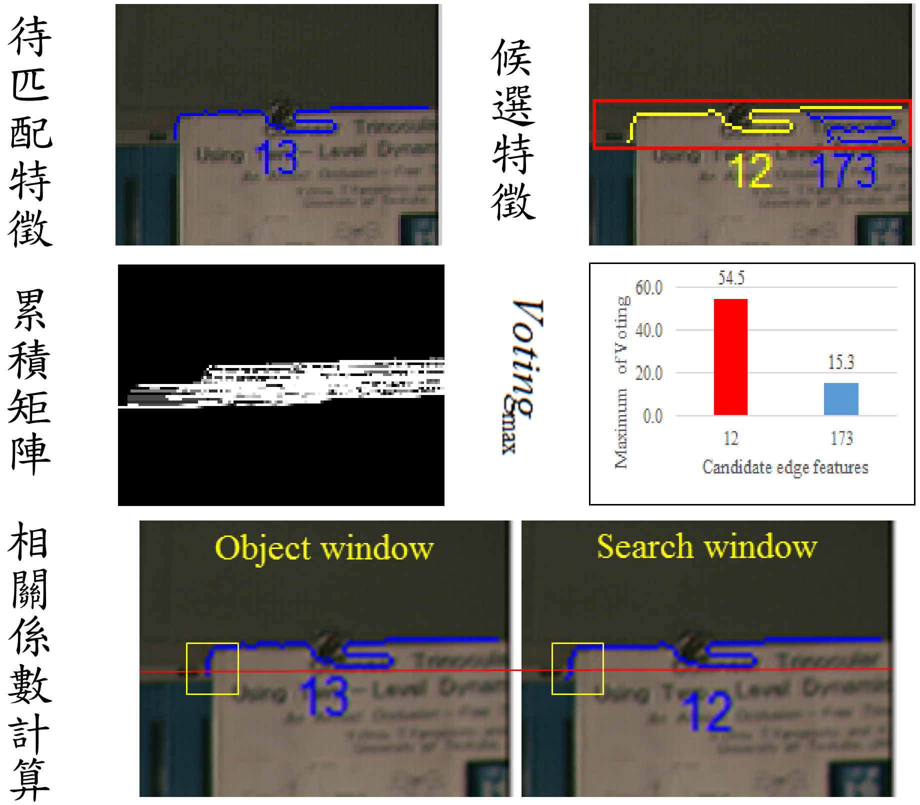
$$y_R = y_p + r\times\sin\boldsymbol{\alpha}$$

Accumulator value
y
x

R-Table

Accumulator array

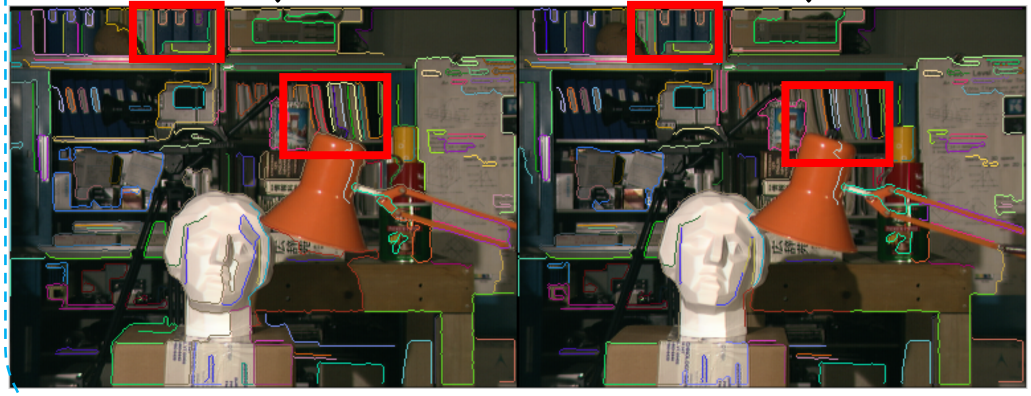
改良廣義霍夫轉換之範例說明

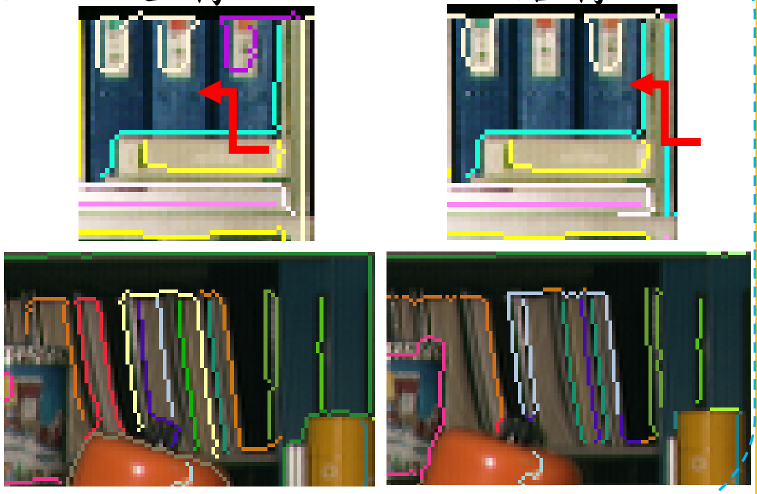


待匹配特徵
13
候選特徵
12
173
累積矩陣
Voting$_{max}$
60.0
40.0
20.0
0.0
54.5
15.3
Maximum of Voting
12
173
Candidate edge features
相關係數計算
Object window
13
Search window
12

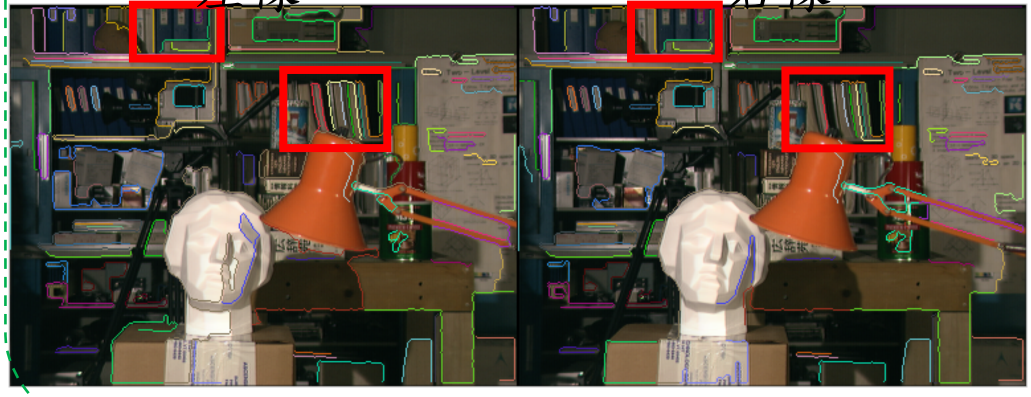
改良廣義霍夫轉換

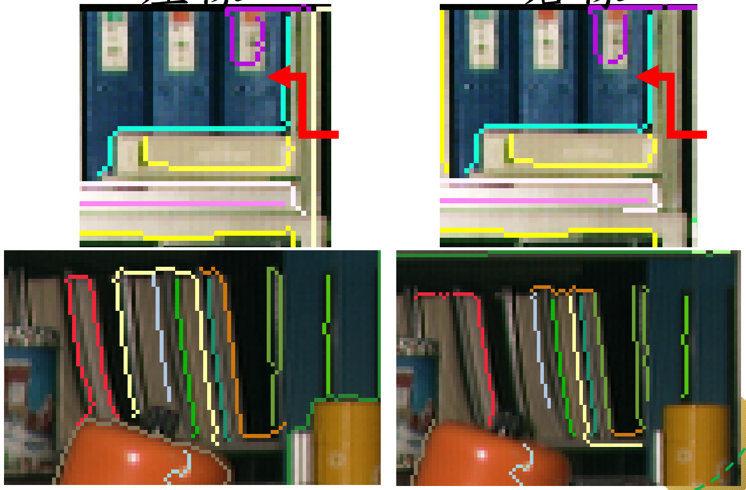
廣義霍夫轉換



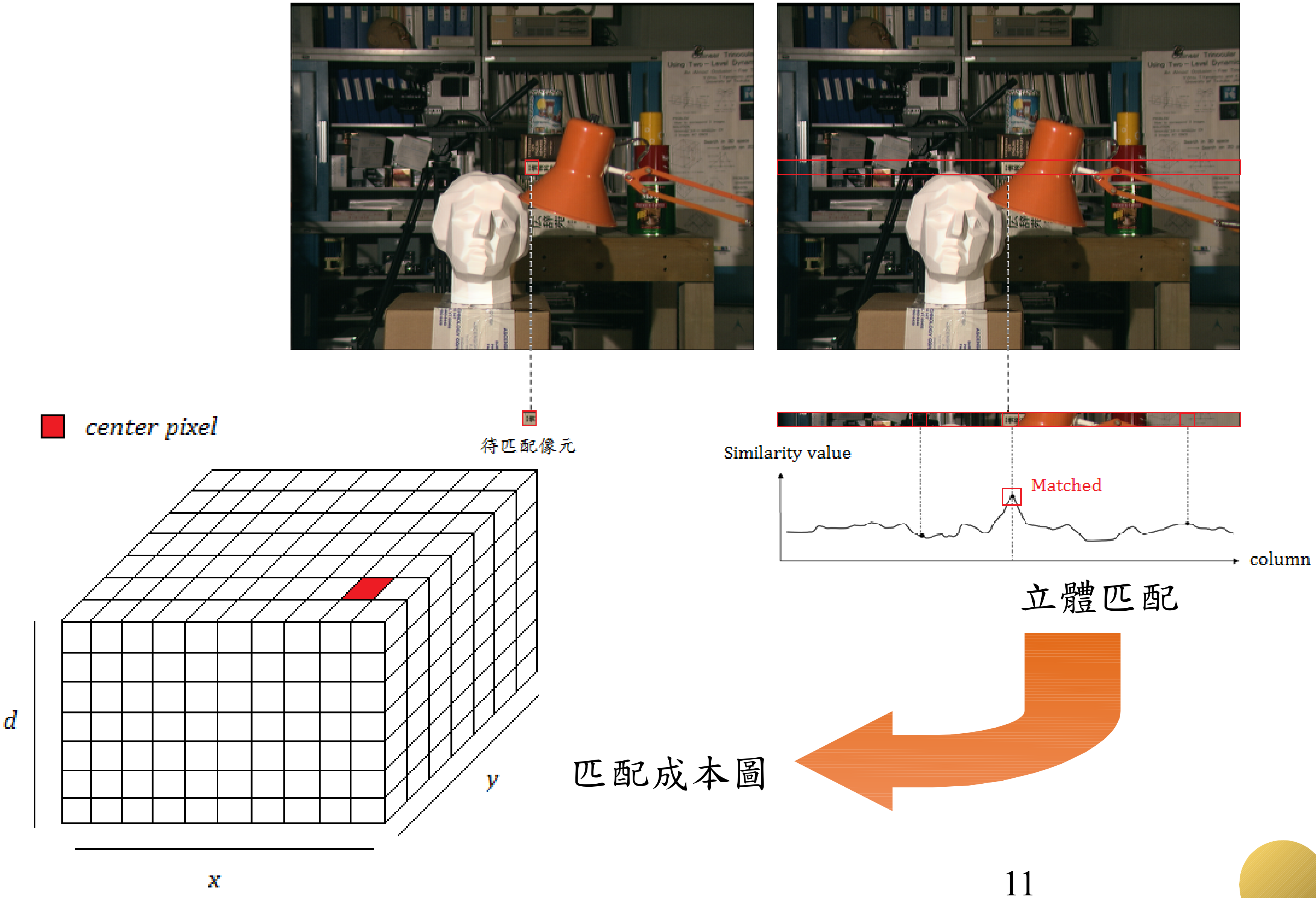


改良廣義霍夫轉換





半全域式匹配法


🟥 center pixel
待匹配像元
Similarity value
Matched
column
d
y
x

立體匹配

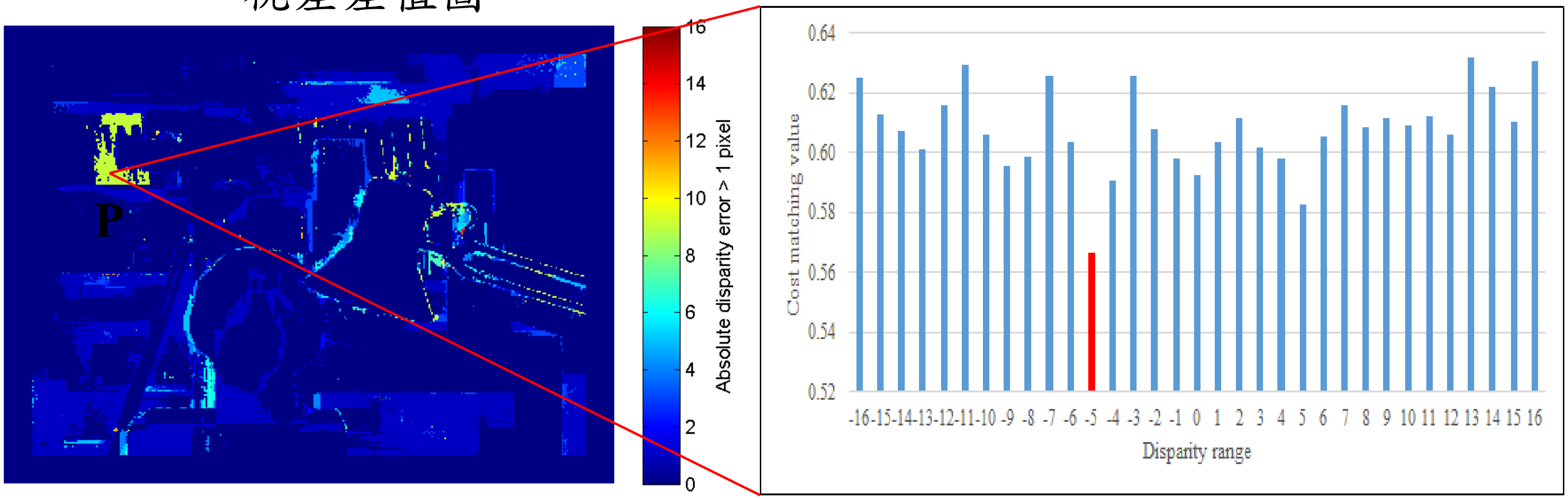
匹配成本圖

半全域式匹配法

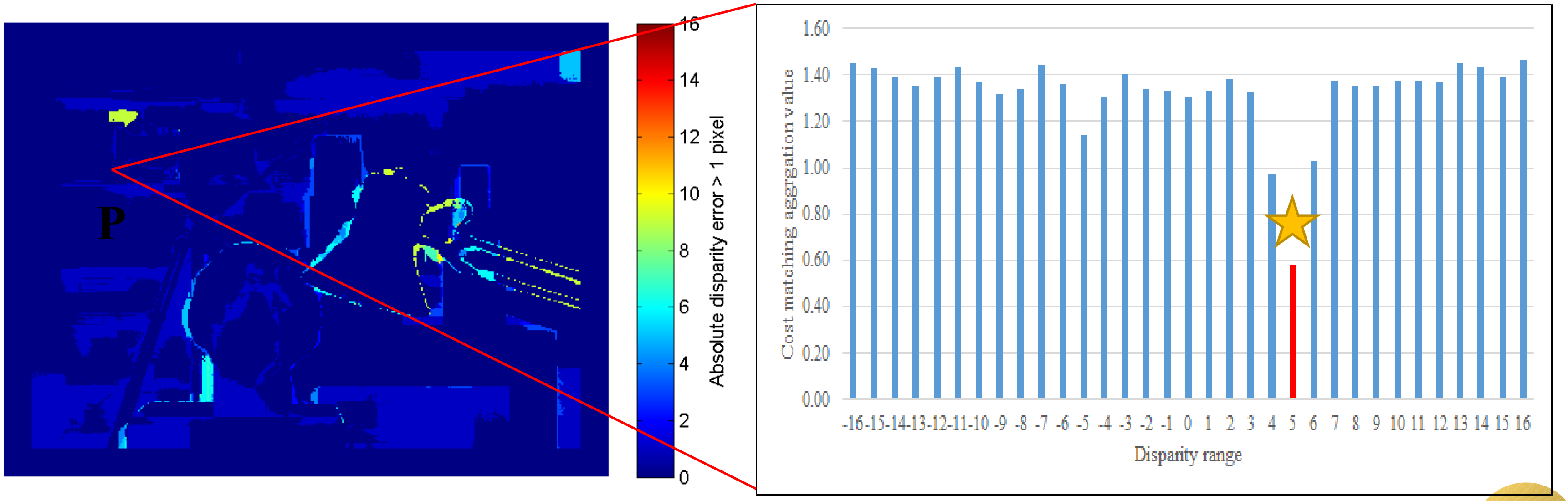
視差差值圖

匹配成本圖

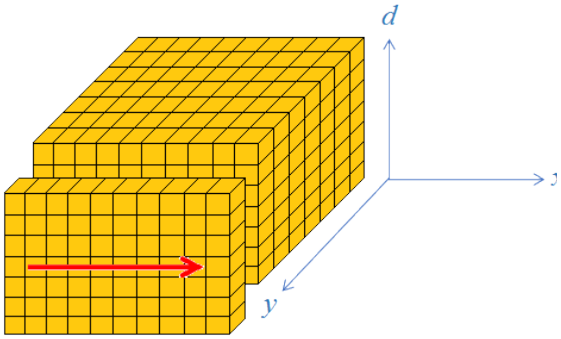
未加入懲罰參數



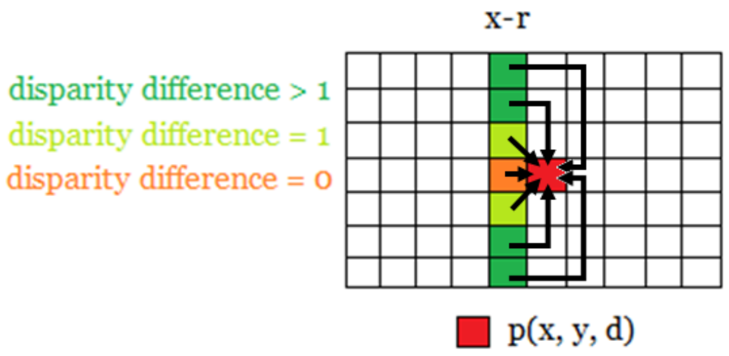
已加入懲罰參數



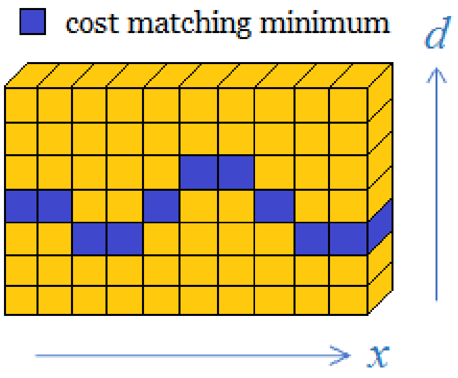
半全域式匹配法



從左至右之單一方向
匹配成本值加總


disparity difference > 1
disparity difference = 1
disparity difference = 0
x-r
🟥 p(x, y, d)

平滑約制計算


🟦 cost matching minimum
d
x

前一路徑之匹配
成本值累加

能量函數

$$E(x,y,d)=C(x,y,d)+\min\begin{Bmatrix}E(x-r,y,d)\\E(x-r,y,d-1)+P_1\\E(x-r,y,d+1)+P_1\\\min_i(E(x-r,y,i)+P_2)\end{Bmatrix}-\min_k(E(x-r,y,k))$$

各項定義

$C(x,y,d)$ 初始匹配成本值

$E(x-r,y,d)$路徑 r 上前一像元的最小匹配成本加總值

$\min_k(E(x-r,y,k))$ 為匹配成本加總值過度累加之修正項

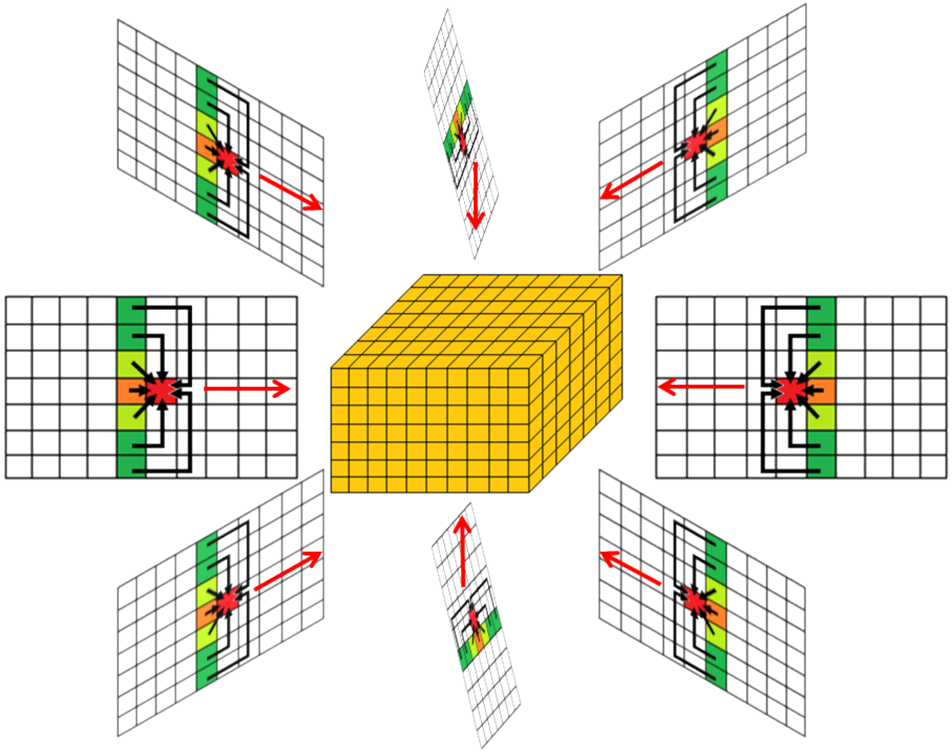
$|d_p-d_q|=1$ 相應像元視差差值為 1 ，給予懲罰參數 P_1

$|d_p-d_q|>1$ 相應像元視差差值大於 1 ，給予懲罰參數 P_2

半全域式匹配法

模擬整張影像的匹配成本值加總

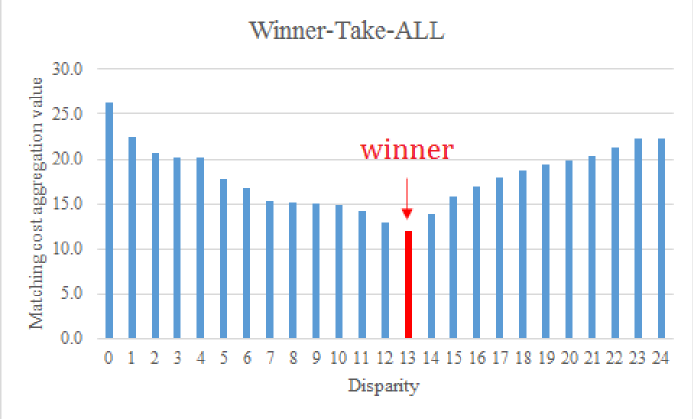
$$S(x,y,d)=\sum_r E_r(x,y,d)$$

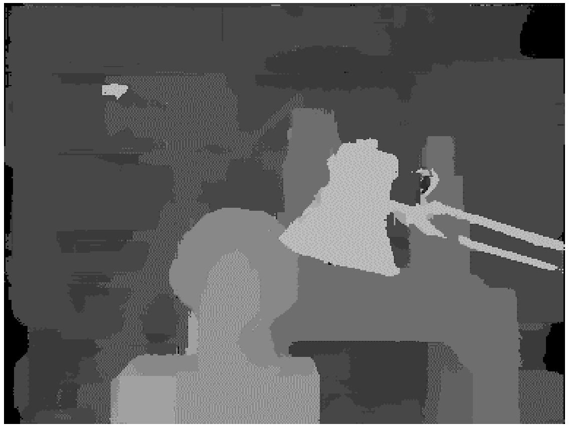


八方向匹配成本值加總

贏者全拿理論

$$d(x,y)=\arg\min_d S(x,y,d)$$



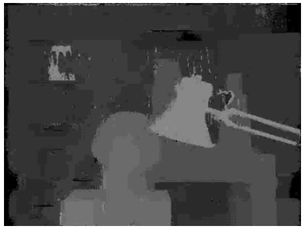


視差成果產製

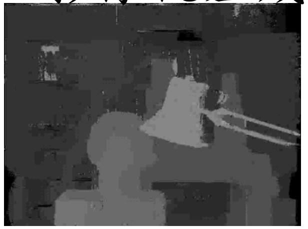
邊緣特徵資訊之融合策略

分區最適懲罰參數計算

左右一致性檢查

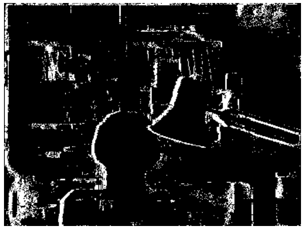


主影像視差成果



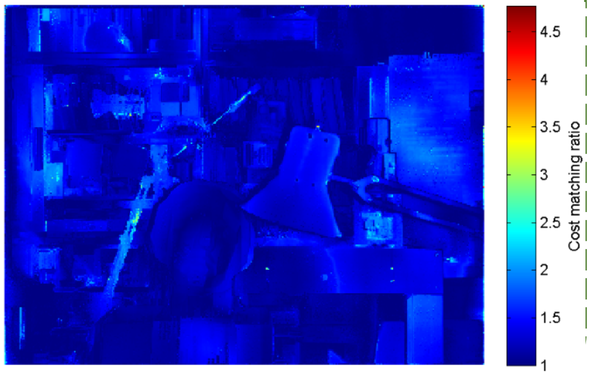
副影像視差成果

$$d_L(x,y) - d_R(x - d_L(x,y), y) \le DispThreshold$$



白色表示匹配錯誤

信賴匹配圖



分區半全域式匹配作業

共軛邊緣線區域 $P_2 \to P_{disc}$

$$E(x,y,d) = C(x,y,d) + \min\begin{Bmatrix} E(x-r,y,d) \\ E(x-r,y,d-1) + P_{disc}/2 \\ E(x-r,y,d+1) + P_{disc}/2 \\ \min_i(E(x-r,y,i) + P_{disc}) \end{Bmatrix} - \min_k(E(x-r,y,k))$$

非共軛邊緣線區域 $P_2 \to P_{nondisc}$

$$E(x,y,d) = C(x,y,d) + \min\begin{Bmatrix} E(x-r,y,d) \\ E(x-r,y,d-1) + P_{nondisc}/2 \\ E(x-r,y,d+1) + P_{nondisc}/2 \\ \min_i(E(x-r,y,i) + P_{nondisc}) \end{Bmatrix} - \min_k(E(x-r,y,k))$$

$$d_{Final}(x,y) = d_{m-GHT}(x,y) \times w_{ISS} + d_{SGM}(x,y) \times (1 - w_{ISS})$$

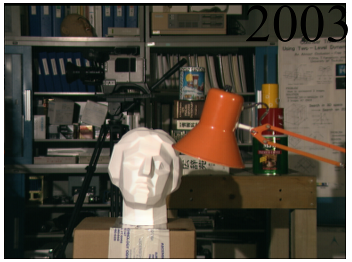
$d_{SGM}(x,y)$ 為半全域式匹配成果

d_{m-GHT} 為共軛邊緣特徵點成果

w_{ISS} 同性環境抑制值

使用影像介紹與參數設定

- 使用影像 (Scharstein & Szeliski, 2002 ； Scharstein & Szeliski, 2003)


Tsukuba

Venus

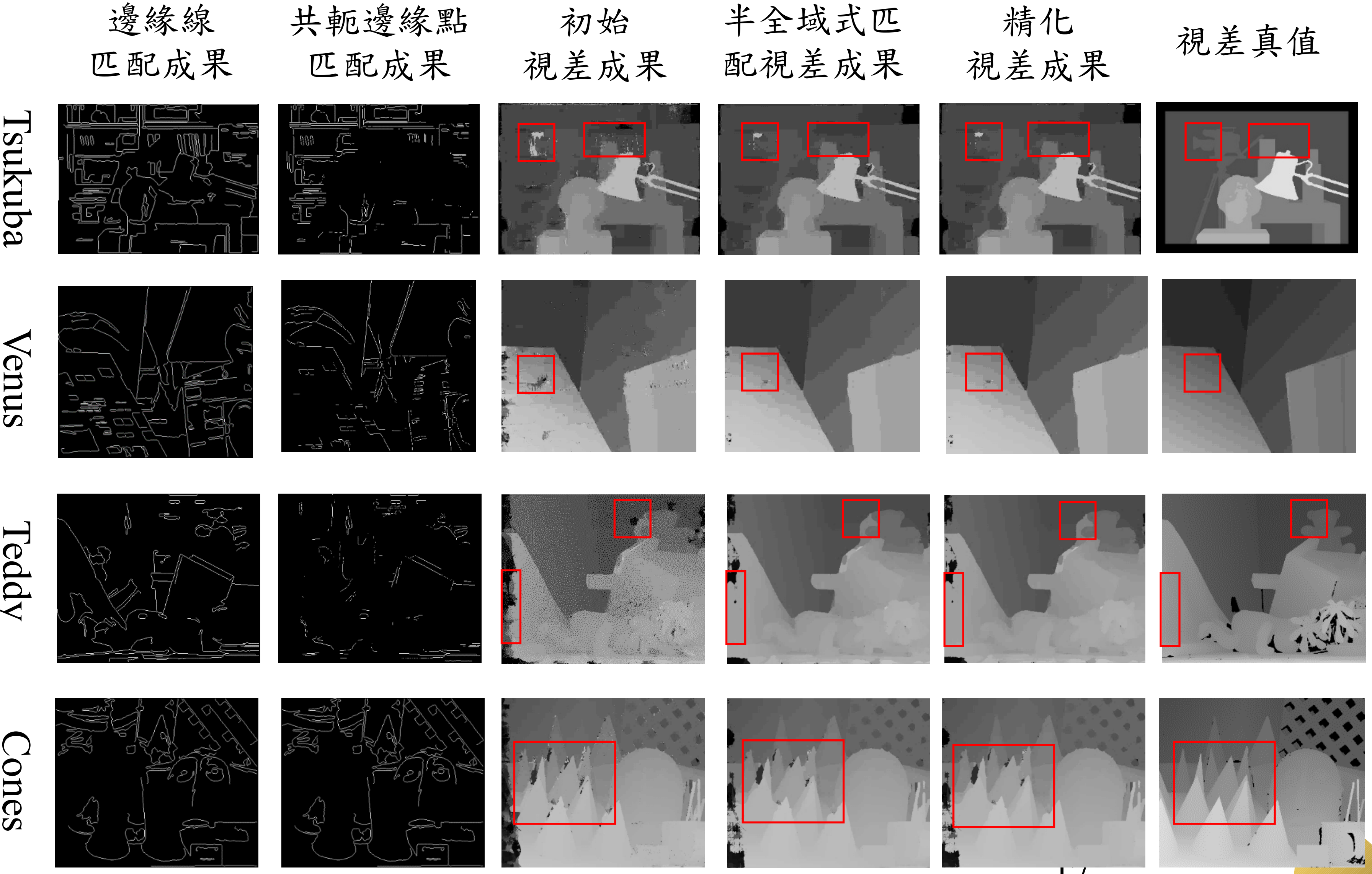
Teddy

Cones

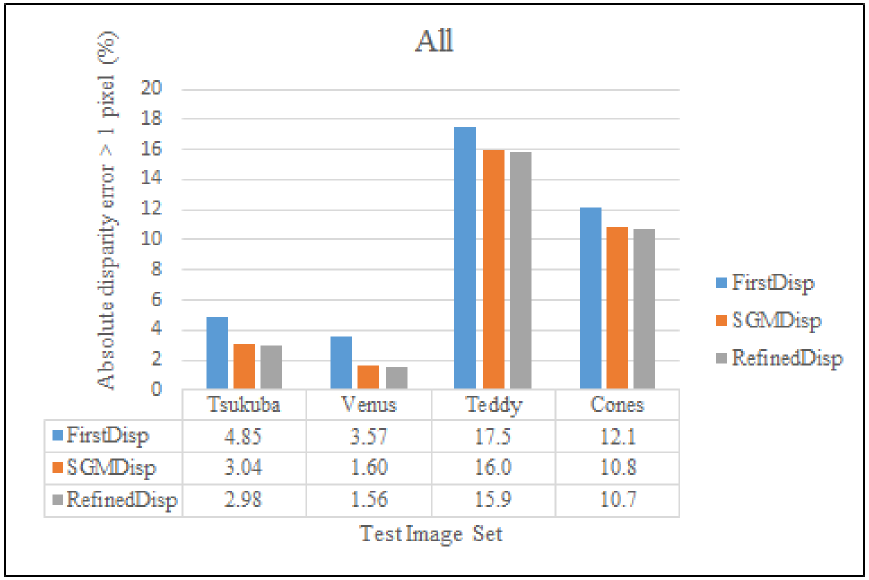
- 相關參數設定 (Wang *et al.*, 2014 、丁皓偉， 2014)

測試影像	Tsukuba	Venus	Teddy	Cones
影像大小	384*288	434*383	450*375	450*375
視差範圍	0~16	0~20	0~55	0~55
影像平滑參數 S	0.1	0.1	0.1	0.1
$W_{column} \times W_{row}$	41*41	41*41	41*41	41*41
T_{NCC}	0.96	0.96	0.96	0.96
$(C_{\max}, \lambda_{AD}, \lambda_{Census})$	(25, 25, 25)	(25, 25, 25)	(25, 25, 25)	(25, 25, 25)
(L, τ)	(35, 25)	(35, 25)	(25, 25)	(25, 25)
(γ_c, γ_p)	(17, 17.5)	(17, 17.5)	(17, 17.5)	(17, 17.5)

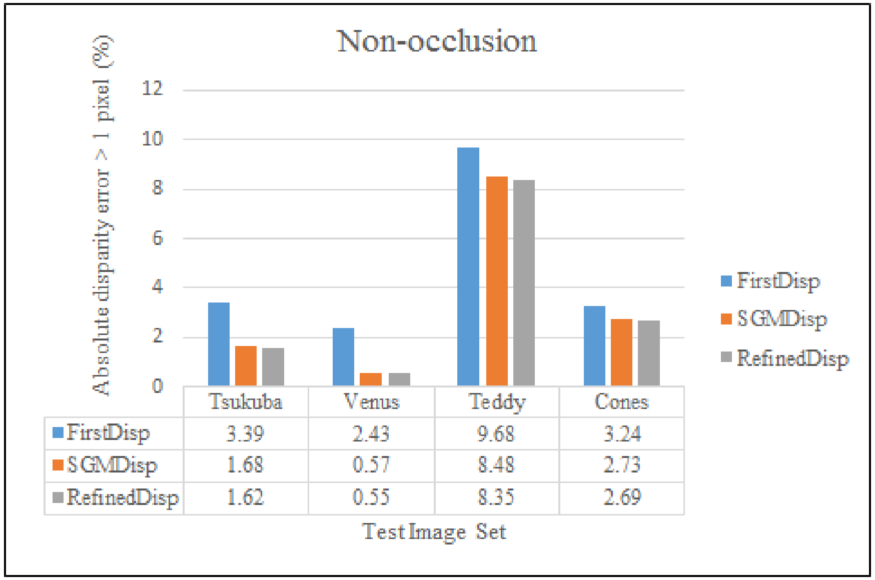
實驗一：各流程成果之定量分析



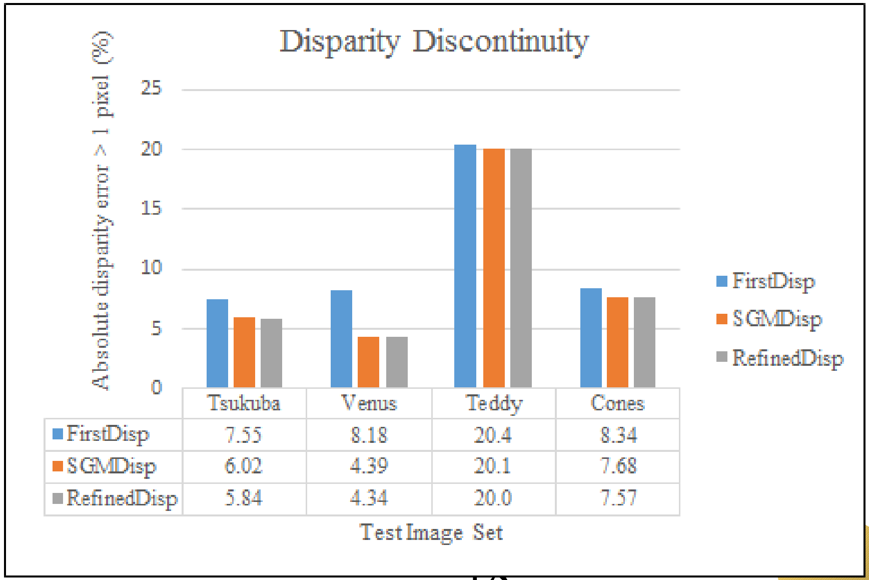
實驗一：各流程成果之定量分析



	Tsukuba	Venus	Teddy	Cones
FirstDisp	4.85	3.57	17.5	12.1
SGMDisp	3.04	1.60	16.0	10.8
RefinedDisp	2.98	1.56	15.9	10.7



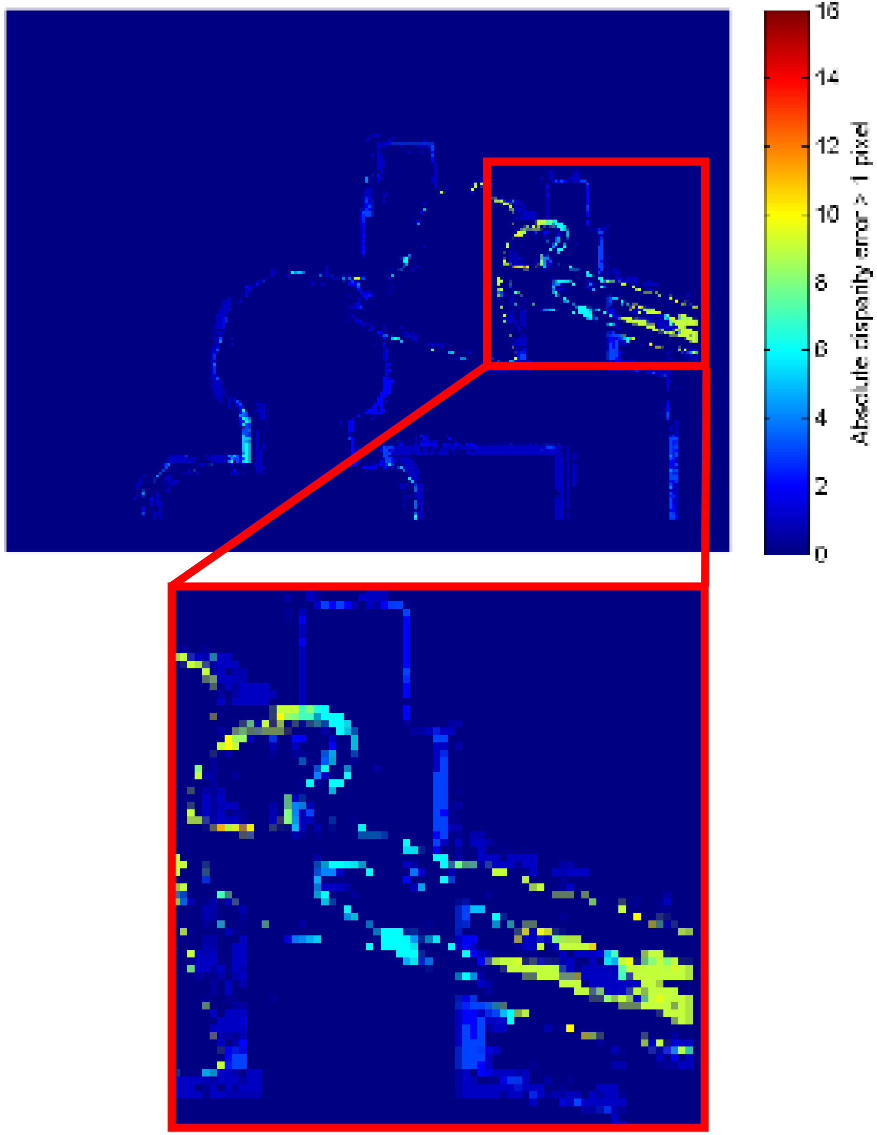
	Tsukuba	Venus	Teddy	Cones
FirstDisp	3.39	2.43	9.68	3.24
SGMDisp	1.68	0.57	8.48	2.73
RefinedDisp	1.62	0.55	8.35	2.69



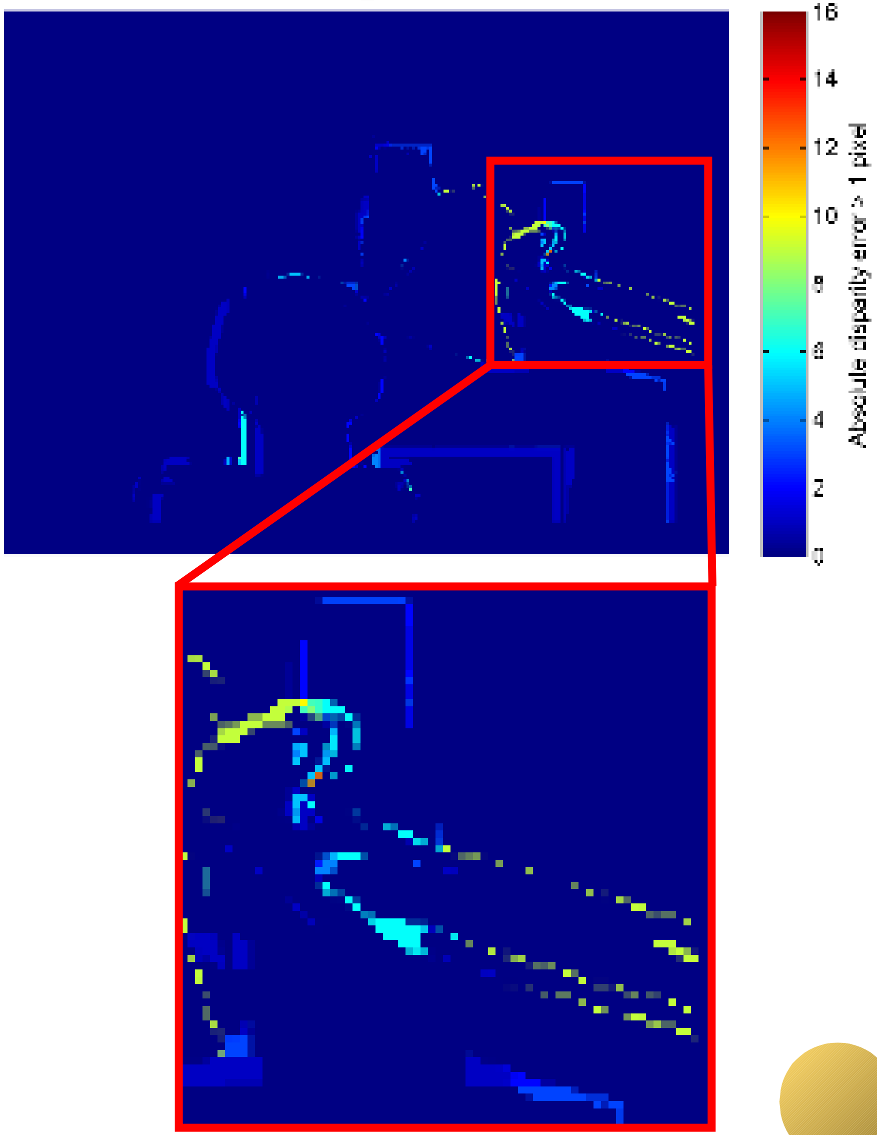
	Tsukuba	Venus	Teddy	Cones
FirstDisp	7.55	8.18	20.4	8.34
SGMDisp	6.02	4.39	20.1	7.68
RefinedDisp	5.84	4.34	20.0	7.57

實驗二：視差成果品質評比

SGM(AD + Census)

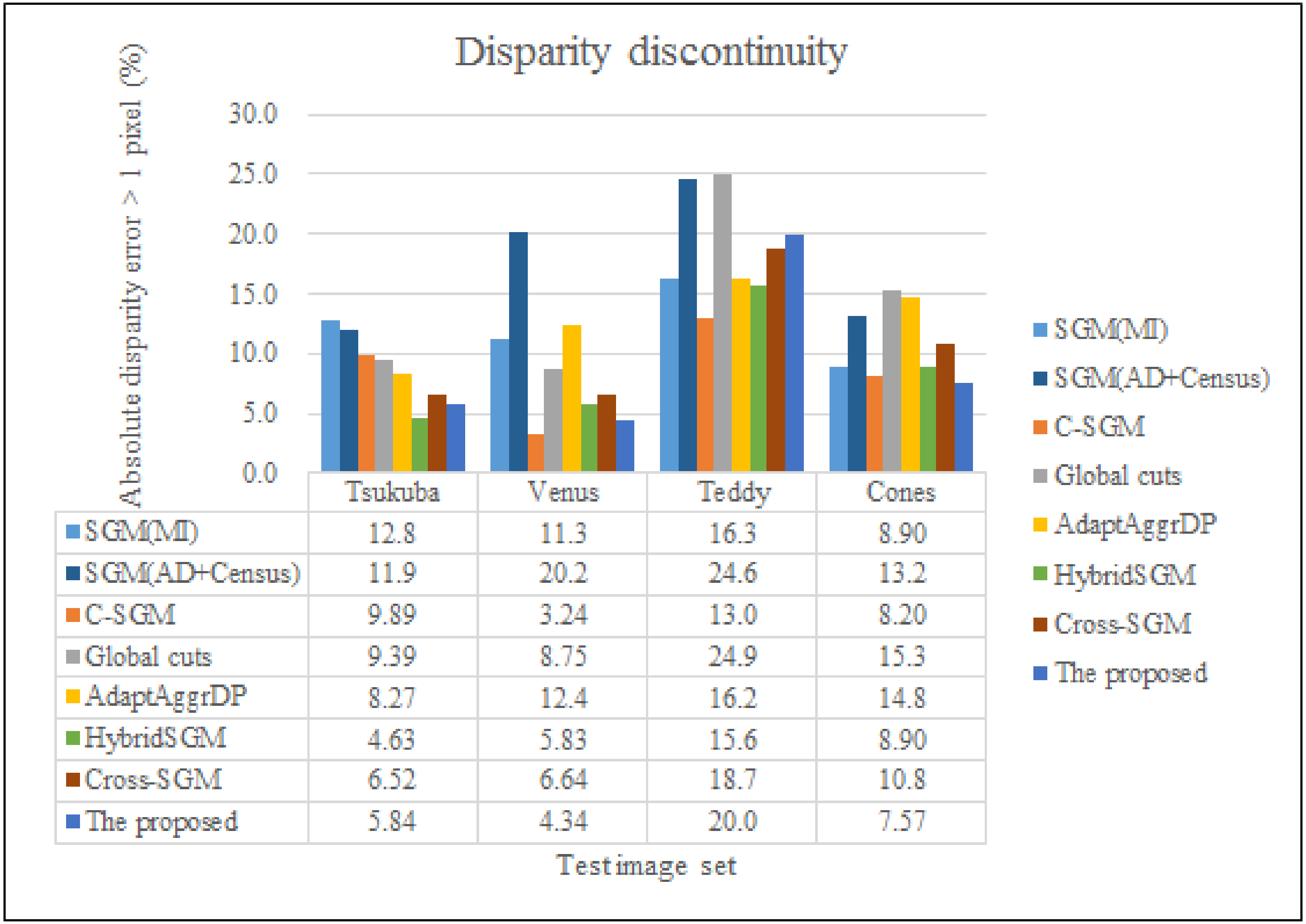


Proposed



前言
研究方法
實驗分析與討論
結論與建議

實驗二：視差成果品質評比



	Tsukuba	Venus	Teddy	Cones
SGM(MI)	12.8	11.3	16.3	8.90
SGM(AD+Census)	11.9	20.2	24.6	13.2
C-SGM	9.89	3.24	13.0	8.20
Global cuts	9.39	8.75	24.9	15.3
AdaptAggrDP	8.27	12.4	16.2	14.8
HybridSGM	4.63	5.83	15.6	8.90
Cross-SGM	6.52	6.64	18.7	10.8
The proposed	5.84	4.34	20.0	7.57

參考自 SGM(MI)(Hirschmüller, 2005) 、 C-SGM(Hirschmüller, 2006) 、 Global cuts(Scharstein & Szeliski, 2002) 、 AdaptAggrDP(Wang *et al.*, 2014) 、 HybridSGM(Chuang *et al.*, 2016) 、 Cross-SGM(丁皓偉， 2014)

實驗總結

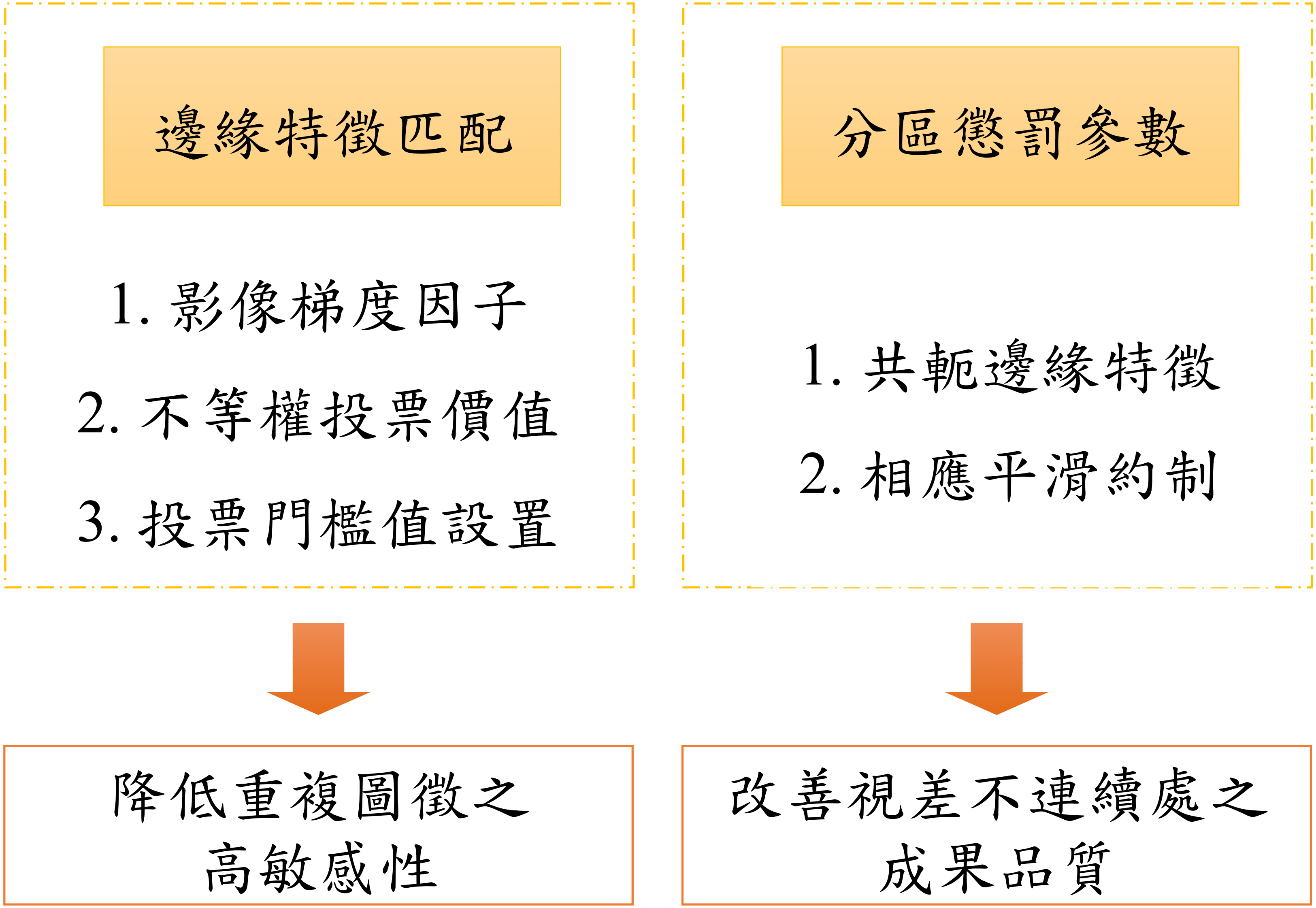
邊緣特徵資訊

1. 計算適當懲罰參數。
2. 改變匹配成本聚合值，使邊緣特徵資訊效益擴及至其鄰近區域。

各方法之評比

1. 加入邊緣特徵資訊可確實提升視差不連續處之視差成果品質。
2. 懲罰參數計算尚未臻健全。
3. 邊緣特徵資訊的效益有限。

結論



邊緣特徵匹配

1. 影像梯度因子
2. 不等權投票價值
3. 投票門檻值設置

降低重複圖徵之高敏感性

分區懲罰參數

1. 共軛邊緣特徵
2. 相應平滑約制

改善視差不連續處之成果品質

建議

邊緣特徵偵測成果品質未達最佳化

改良廣義霍夫轉換法
支援形狀匹配相關應用

單調紋理影像對之視差不連續處
成果品質有待改善

全區（含視差不連續、遮蔽等區）
相互合理化與最佳化

參考文獻

Cheng, F., Zhang, H., Yuan, D., and Sun, M., 2014. Stereo matching by using the global edge constraint, *Neurocomputing*, 131: 217-226.

Chuang, T. Y., Ting, H. W., and Jaw, J. J., 2016. Hybrid-Based Dense Stereo Matching, *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 495-501.

Hirschmüller, H., 2005. Accurate and efficient stereo processing by semi-global matching and mutual information, *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,* Vol. 2, pp. 807-814.

Hirschmüller, H., 2006. Stereo vision in structured environments by consistent semi-global matching, *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,* Vol. 2, pp. 2386-2393.

Sadeghi, H., Moallem, P., and Monadjemi, S. A., 2008. Feature based dense stereo matching using dynamic programming and color, *International Journal of Computational Intelligence*, 4(3), 179-186.

Scharstein, D., and Szeliski, R., 2002. A taxonomy and evaluation of dense two-frame stereo correspondence algorithms, *International journal of computer vision*, 47(1-3): 7-42.

Scharstein, D., and Szeliski, R., 2003. High-accuracy stereo depth maps using structured light, *2003 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition,* Vol. 1, pp. I-195.

Schenk, T. F., 1999. *Digital Photogrammetry: Backgrounds, Fundamentals, Automatic Orientation Procedures*, TerraScience.

Topal, C., and Akinlar, C., 2012. Edge drawing: a combined real-time edge and segment detector, *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 23(6), 862-872.

Wang, L., Yang, R., Gong, M., and Liao, M., 2014. Real-time stereo using approximated joint bilateral filtering and dynamic programming, *Journal of Real-Time Image Processing*, 9(3):447-461.

Xiao, X., Guo, B., Pan, F., and Shi, Y., 2013. Stereo matching with weighted feature constraints for aerial images, *2013 Seventh International Conference on Image and Graphics (ICIG),* pp. 562-567.

Zebedin, L., Bauer, J., Karner, K., and Bischof, H., 2008. Fusion of feature-and area- based information for urban buildings modeling from aerial imagery. In *Computer Vision–ECCV 2008*, pp. 873-886.

Thanks for your listening