

# 以坐標向量修正法改善圖解地籍圖數化面積與登記面積 不符之研究

甯方璽<sup>1\*</sup> 涂振邦<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立政治大學地政學系

<sup>2</sup> 國立中興大學大學土木工程學系

## 摘要

地籍圖系統之圖籍與資料因為施測之年代較久遠、儀器精度不高，且因圖紙保存的問題，造成圖面上的面積往往與登記的面積相差甚大，地籍圖重測為解決此問題的方法，但是採用此種方式處理所需消耗的資源相當龐大，若能在數化的成果中對於相關的數據做處理，使其面積的差異能夠縮小以符合相關規範，減少需要地籍圖重測的數量，應是一個理想的解決方法，坐標向量修正法（Coordinate Vector Correction Method, CVCM）便是在這種思維下產生的運算法。本研究選定新北市、台中市以及臺南市共十個區域，在將坐標系統利用六參數轉換至 TWD97 系統後利用坐標向量修正法對各界址點坐標進行修正，並將成果與原六參數轉換成果以及六參數轉換後加入附加面積約制條件成果進行比較與分析。由研究成果顯示，使用六參數轉換後，再利用坐標向量修正法將轉換面積與登記面積之均方根值比較，平均降低約 38%；而各宗地面積超出最大允許誤差的數量平均減少約 24%。

**關鍵詞：**坐標轉換，圖解區，坐標向量修正法

## Using Coordinate Vector Correction Method to Reduce the Differences between the Digitized Graphic Areas and the Registered Areas of Cadastral Map

Fang-Shii Ning<sup>1\*</sup> and Chen-Pang Tu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Land Economics, National Chengchi University

<sup>2</sup>Department of Civil Engineering, National Chung Hsing University

## ABSTRACT

Aged map, surveying techniques, equipment, conservation method of map and coordinates system causes large differences between mapped area and registered area in cadastral survey. Re-survey is a way to solve this problem, but re-survey itself costs money and time. The ideal way is to narrow the differences of area between mapped and registered to meet the related specification by just dealing with digitized cadastral map data. The Coordinate Vector Correction Method(CVCM) comes out under the motivation for dealing with digitized data. In this research, 10 experimental areas chose from the New Taipei City, Taichung City and Tainan City. All coordinates transferred to TWD97 datum by using affine transformation, and then adjusted them through CVCM. The analysis processed the data with CVCM, without CVCM and adding area-constraint. Results showed the differences root mean square improved 38% comparing with area-constraint data. And areas of land parcels exceed the criteria of regulations roughly reduced 24%.

**Keywords:** Coordinate Transformation, thegraphic areas, Coordinate Vector Correction Method

文稿收件日期 103.4.25; 文稿修正後接受日期 103.12.16; \*通訊作者

Manuscript received April 25, 2014; revised December 16, 2014; \* Corresponding author

## 一、前言

近幾十年以來，許多國家發現精確數值化地籍圖的價值，並且發展出方法與流程來增進其圖籍資料的精度[1][2][3]。由於台灣的地籍圖年代久遠、圖紙伸縮及儀器精度等因素造成誤差，如何提升地籍圖與現實地籍狀況符合的程度成了重要之課題，所以針對坐標轉換及現況套合並升精度等問題近年來有許多之研究如下：

在進行坐標轉換時實施最小二乘配制法的計算，2004 年邱明全等以四參數轉換加上最小二乘配置法進行基本控制點於地籍圖坐標轉換[4]，評估後在精度上可達到地籍測量之精度要求；2006 年尤瑞哲等使用最小二乘配置法進行 TWD67 與 TWD97 兩個坐標系統的基準轉換[5]，可將誤差值做有效的濾除並提高精度。

2004 年林登建等採取街廓為單位的方式進行測量與坐標轉換，使其成果更具可用性[6]；2006 年李添福以六參數轉換加上最小二乘配置法，進行小區域的坐標轉換[7]；2006 年薛信男，分別以街廓與圖根點為轉換之共同點進行分區轉換[8]。上述研究皆顯示採取小區域轉換能提升轉換精度。

2006 年黃文華使用六參數藉由可靠界址點做轉換[9]，藉此提升地籍圖與現況符合的程度；2007 年鄭彩堂提出在改正地籍圖時僅以 4 個圖廓點改正，有所不足，為了更符合現地狀況，再加入圖上圖根點實際坐標及現地距離條件等進行約制，以提高地籍圖改正後及與現況之吻合程度，改善圖地關係[10]。

使用已知之條件如面積、距離或是共線條件在坐標轉換時進行約制，2002 年鄭彩堂等提出以限制條件及附加參數法輔助圖解區土地複丈[11]，主張在坐標轉換時加入地籍測量中較易掌握之共線條件對參數轉換加以約制以提高精度；2007 年董荔偉分別以點對點條件及實務上取得較易之共線條件與距離條件等方式，實施坐標轉換，使用現況之約制條件實施坐標轉換，整合圖解地籍圖作業，並轉換至 TWD97 坐標系統[12]；2009 年吳亞翰等以六參數轉換附加面積條件約制(以街廓總面積進行約制)進行坐標轉換[13]，其成果顯示約制後之成果能有效降低各街廓之面積大小差異；2009 年傅彥鈞等使用街廓點、圖幅邊長

及原地籍圖實測界址點進行伸縮改正，並使用點對點、共線條件之外再加入距離條件進行坐標轉換[14]，指出其成果能使轉換後之圖籍更加符合現況條件。

2006 年楊昌和等提出圖解法地籍圖數值化坐標轉換成果，已具備採數值方式辦理土地複丈作業之精度需求[15]；而在有關於數化過程之中點陣圖檔轉換成向量圖檔的過程中，2009 年李松禧等提出影像萃取後使用點陣轉向量的方式進行向量化工作的成果進行布林(Boolean)運算，以進行地籍圖自動向量化[16]，其精度可達到 1.5 個像元。對於各項參數坐標轉換的比較，2009 年賴清陽等使用四參數、六參數、BPN(Back Propagation Network)倒傳遞神經網路及多變量複迴歸進行坐標轉換，結果指出上述四種方法之成果無顯著差異[17]，故使用運算以及過程較為單純的四參數或六參數已可達到要求坐標轉換目的。

本研究以 Matlab 進行撰寫坐標向量修正法程式，並對於界址點之位移進行限制(限制標準為地籍測量實施規則之界址點容許位移上限)，針對北部新北市、中部台中市以及南部臺南市共十個區域進行研究，以登記面積為目標值，對於基準轉換後之資料進行修正，分別對於：

1. 對六參數(Affine)轉換後
2. 六參數轉換附加面積條件約制後
3. 六參數轉換後使用 CVCM 修正

針對上述成果做以下三點之比較：

1. 超出公差的數量以及比例
2. 各宗地與登記面積差值之均方根值
3. 界址點之位移狀況。

## 二、研究方法

本研究所使用之坐標向量修正法(CVCM)理論，係討論一個任意多邊形的其中一個頂點，在給予該頂點某一向量的位移時面積改變的狀況；同樣的方法可以推到該多邊形的每一個頂點，此時所有頂點因位移而改變的面積總和，應該趨近於實際上多邊形所改變的面積；將上述的步驟重複應用在不同的宗地上面，最後即可完成所有宗地面積之修正(詳細理論推導請參考 Kao, et al., 2013[18])。

若以圖 1 中  $\Delta BCD$  與  $\Delta BCH$  簡單的說，CVCM 就如圖中 C 點同時受到兩個向量  $U_1(\Delta$

$BCD$ )、 $U_2(\Delta BCH)$ 的影響，由於  $V_1$ 、 $V_2$  兩向量並未分別對於  $\triangle BCD$  與  $\triangle BCH$  的面積造成影響，故不討論，在此假設  $U_1$ 、 $U_2$  為兩個改變面積的應力，向量  $U_1'$  為向量  $U_1$  之平行向量，此時該應力的合力向量  $TU$  定義為總體修正最佳的偏移量。

整個 CVCM 的流程，其實就是在求取每一個界址點的  $TU$  向量，最後將每一個界址點的  $TU$  向量修正在該點位上，即是完成了坐標向量修正法的修正。

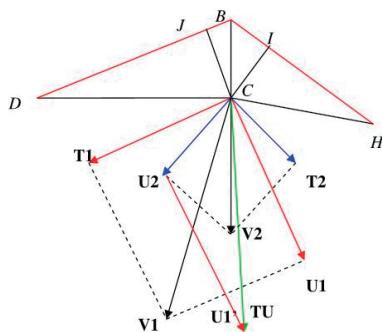


圖 1. 點 C 向量  $U_1$ 、 $U_2$  放大圖。

假設  $BD$  向量為三角形  $BCD$  中要討論的頂點的底邊向量(如圖 2)，其向量為  $(X_{DB}, Y_{DB})$ ，則可將  $(X_{DB}, Y_{DB})$  使用平面旋轉矩陣[19]順時針旋轉  $90^\circ$  (在此假設順時針旋轉  $90^\circ$  度為可使面積增加的方向，若不是則逆時針旋轉  $90^\circ$ )， $U_{un}$  向量可表示為式(1)，單位面積向量  $U_n$ ( $U_n$  的定義為可以使面積增加一平方單位的向量)則可表示為式(2)。

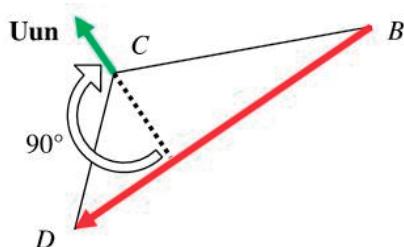


圖 2. 向量  $U_{un}$  示意圖。

$$U_{un} = \frac{\begin{bmatrix} \cos 90^\circ & \sin 90^\circ \\ -\sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{DB} \\ Y_{DB} \end{bmatrix}}{\sqrt{(X_{DB})^2 + (Y_{DB})^2}} \quad (1)$$

$$U_n = \frac{U_{un}}{DB} = \frac{2 \times \begin{bmatrix} \cos 90^\circ & \sin 90^\circ \\ -\sin 90^\circ & \cos 90^\circ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{DB} \\ Y_{DB} \end{bmatrix}}{(X_{DB})^2 + (Y_{DB})^2} \quad (2)$$

假設有一個底邊向量為  $(300, 400)$ ，經過

$U_{un}$  向量的計算後(式(1))可由下面的式子表示：

$$U_{un} = \frac{\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 300 \\ 400 \end{bmatrix}}{\sqrt{(300)^2 + (400)^2}} = \begin{bmatrix} 4/5 \\ 3/5 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$U_n = \frac{U_{un}}{DB} = \frac{2 \times \begin{bmatrix} 4/5 \\ 3/5 \end{bmatrix}}{\sqrt{(300)^2 + (400)^2}} = \begin{bmatrix} 8/2500 \\ 6/2500 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2/625 \\ 3/1250 \end{bmatrix} \quad (4)$$

由上式(3)與(4)之算可得該底邊之  $U_n$  向量為  $(2/625, 3/1250)$ 。

由於欲改變相同面積時，底邊越大則需要調整的高則越小，故在調整各界址點位移時，為使平均各界址點位移大小平均，面積的分配比例應與該點的底邊長度成正比。而將各界址點所分配到的面積差值乘以該點之  $U_n$  向量(依照  $U_n$  向量之定義可知)，即為該界址點對於該筆宗地垂直與底邊應該平移的量，即為最佳位移向量  $U_1$  或是  $U_2$  向量(依照各界址點共點數量不同)；若遇相鄰共點狀況則以多筆向量之合向量方式修正；一個點在有多筆宗地共用的狀況下，則將其所有的修正向量  $U_1$ 、 $U_2$ ... $U_n$  進行向量疊加後之向量為修正量改正；其詳細流程如圖 3 所示。

### 三、研究成果

本文採用台灣北、中、南三個區域的地籍圖解區資料進行研究，其實驗區基本資料如表 1，其中北部三個，中部四個以及南部三個，共十個地籍圖解區域，使用其數化過後之原始資料，將其 TWD67 坐標系統，利用六參數坐標轉換進行坐標系統基準之轉換，轉換至 TWD97 坐標系統後，再使用坐標向量修正法以登記面積為目標值，對於基準轉換後之資料進行修正，最後比較其與六參數轉換後再加入附加面積條件約制及 CVCM 修正後各宗地與登記面積差值之均方根值，以及各宗地面積與登記面積差值之均方根值(其對於差值之均方根差值之定義如式(5)所示)：

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (AreaG - AreaR)^2}{n}} \quad (5)$$

其中  $AreaG$  為圖面面積， $AreaR$  為登記面積， $n$  為宗地筆數。

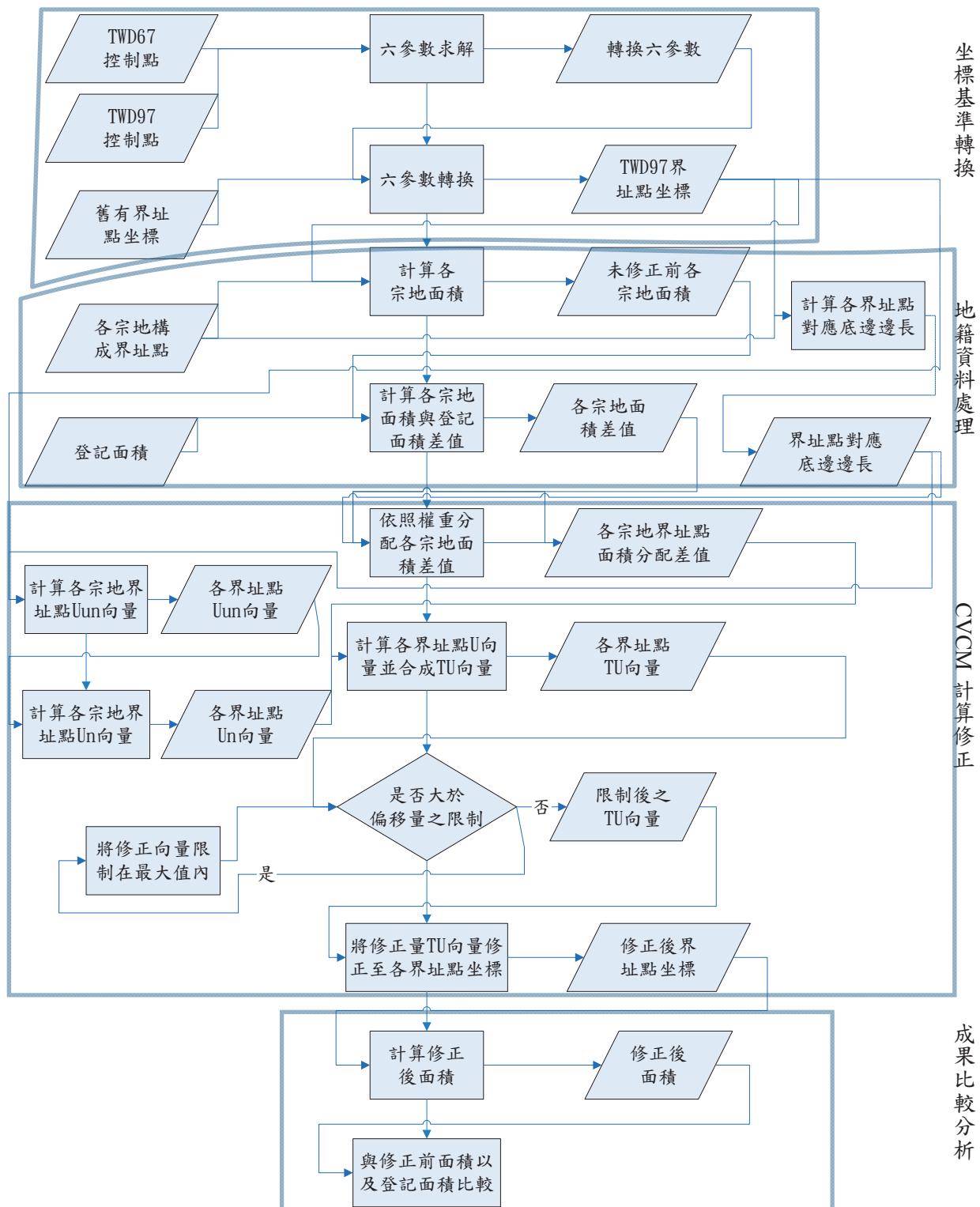


圖 3. 利用坐標向量修正法進行面積修正計算流程圖。

十個實驗區使用六參數(Affine)坐標轉換後加入坐標向量修正法進行改正，將其改正前後之圖面面積與登記面積差值的均方根值進行比較如表 2 所示，其中之改善比例( $Ir$ )，其定義如下式(6)所示。

$$Ir = \frac{(RMSa - RMSb)}{RMSa} \times 100\% \quad (6)$$

$Ir$ ：改善比例

RMSa : CVCM 前 RMS 值

RMSb : CVCM 後 RMS 值

最後依據「地籍測量實施規則」中對於面積差值之容許公差為基準，比較坐標量修正法修正前與修正後超出公差的數量以及比例，並對於界址點之位移狀況作分析。

由表 1 與表 2 顯示，北部與南部為日據時代之地籍圖，比例尺皆為 1/1200，但是數據上顯示 CVCM 前之 RMS 值卻差異甚大，表示雖是同一個時期相同比例尺的圖籍，可能因為當初測量人員、儀器的差異而導致，另一種可能性為圖紙保存品質與狀態所造成；中部重測後之 1/500 之圖解籍圖看起來狀況最好而且最為穩定，所以改善的比例也最小；改善比例變小並不代表坐標向量修正法沒有顯著作用，而是因為圖面面積與登記面積本身的差異就小，自然需要改正的部分就少，所以改善比例變小應為正常的狀況。而附加面積條件約制的成果顯示，縱使整體面積總和已經進行約制，但是卻無法有效的降低各實驗區內之面積差值均方根值，表示整體面積的調整並沒合理的分配到各筆宗地上，由於六參數坐標轉換的特性，是將整個轉換區域假設為均值且線性，由本研究的數據可論，整體進行六參數轉換或者進一步附加面積約制條件，並不能有效地降低登記面積與圖面面積不符的問題，而 CVCM 在對於改善面積差值方面則是有明顯的效果。

研究的成果顯示以北部地區來說，使用 CVCM 整體的改善比例平均有 67%，中部有 18%，而南部地區則為 27%，台灣全區的平均為 38%；雖然因圖籍狀況的不同而在數據上產生差異，但是整體來看坐標向量修正法在每一個實驗區內都能有效的降低圖面面積與登記面積的差異。而反觀附加面積條件約制的成果，並沒有明顯改善登記面積與圖面面積差異

的狀況，在有些區域甚至有將差異放大的情況產生。

在面積超出最大允許誤差（本文所採用之最大允許誤差值為  $0.2*\sqrt{F}+0.0003*F$ ， $F$  為該筆宗地的總面積，單位為平方公尺）的數目與比例上之比較，其改善比率如式 (5)，成果如表 3 所示。

$$Irn = \frac{(Na - Nb)}{Na} \times 100\% \quad (7)$$

其中：

$Irn$ ：超出公差比數改善比例

Na : CVCM 前超出公差筆數

Nb : CVCM 後超出公差數

由表(3)可知，在圖面的轉換面積與登記面積差值方面，無論在北部、中部或是南部，雖然因比例尺以及圖面的精度導致面積超出公差的筆數數目相差甚多，但是以比例來看，使用 CVCM 後十個實驗區域超出公差的數量皆有明顯的降低，其中最低的 S1 實驗區的改善比例也有 19%；反觀附加面積條件約制的成果，並無改善超出公差的明顯趨勢，可見面積條件約制無法有效地降低宗地面積超出公差的比例。

照理說北區與南區因為比例尺較小的關係，界址點容許移動的最大值比中部地區大，能夠修正的大小還有數量應該較多，但是中部地區的改善比例卻是北中南三個區域中最大的，其問題應該出在圖籍的精度問題；中部地區因為比例尺較大，測量時間較近且使用儀器應該也較先進，故精度較高是必然的；反觀北部與南部地區之實驗區則因為精度較差，雖然因比例尺的關係，容許界址點移動較大的量，但由於圖籍本身精度上與中部地區有落差，故較大的移動量並沒有完全彌補圖籍精度上的問題。

以北部地區來看，改善比例為 28%，中部為 36%，南部則為 20%，全區的改善比例為 24%，其中改善比例最低的實驗區改善比例也有 19%；故可證明坐標向量修正法不論在何種比例尺以及何種圖籍的狀況下，皆可有效地對於圖面面積與登記面積差值超出公差的問題做有效的改善。

表 1. 實驗區資訊一覽表

地區	代號	筆數	面積 (公頃)	比例尺	備註
北部	N1	1198	14.99	1/1200	日據時代圖解區
北部	N2	1408	17.87	1/1200	日據時代圖解區
北部	N3	1531	8.87	1/1200	日據時代圖解區
中部	M1	2212	45.57	1/500	重測圖解區
中部	M2	203	5.28	1/500	重測圖解區
中部	M3	728	9.30	1/500	重測圖解區
中部	M4	1505	35.58	1/500	重測圖解區
南部	S1	2513	181.69	1/1200	日據時代圖解區
南部	S2	710	139.06	1/1200	日據時代圖解區
南部	S3	3446	362.10	1/1200	日據時代圖解區

表 2. 北中南各實驗區 CVCM 修正前後成果比較表

區域	實驗區	(1)Affine 後 RMS( $m^2$ )	(2)Affine 與附加 面積條件約制後 RMS( $m^2$ )	(3)Affine 後 CVCM RMS ( $m^2$ )	Affine 附加面積條 件約制後改 善比例 [(1)-(2)]/(1)	Affine 加入 CVCM 後改善比例 [(1)-(3)]/(1)
北	N1	61.41	30.01	20.27	51%	67%
北	N2	57.81	61.85	46.64	-8%	19%
北	N3	202.10	41.05	39.73	80%	80%
北部平均		107.11	44.30	35.49	41%	67%
中	M1	2.02	3.31	1.90	-64%	6%
中	M2	4.34	3.39	3.39	22%	22%
中	M3	4.95	4.95	3.40	0%	31%
中	M4	6.87	6.89	6.27	-0.3%	9%
中部平均		4.55	4.63	3.74	-11%	18%
南	S1	141.18	138.23	111.78	2%	21%
南	S2	211.04	210.59	146.63	-0.2%	31%
南	S3	433.52	439.72	316.75	1%	27%
南部平均		261.91	265.84	191.72	0.9%	27%
全部平均		112.52	94.89	69.68	8%	38%

表 3. 北中南各區宗地總數與超出最大允許誤差數表

區域	地段	(1)Affine 後超出公差筆數	(2)Affine 與附加面積約制後高出公差筆數	(3) Affine 與CVCM 後超出公差筆數	Affine 附加面積條件約制後高出公差筆數改善比例 [(1)-(2)]/(1)	Affine 加入CVCM 後超出公差筆數改善比例 [(1)-(3)]/(1)
北	N1	830	908	628	-9%	24%
北	N2	1063	708	842	33%	21%
北	N3	1008	684	629	32%	38%
北部全區		2901	2300	2099	21%	28%
中	M1	54	59	40	-9%	26%
中	M2	39	35	25	10%	36%
中	M3	177	175	112	1%	37%
中	M4	252	252	159	0%	37%
中部全區		522	521	336	0.2%	36%
南	S1	1647	1763	1336	-7%	19%
南	S2	558	563	423	-1%	24%
南	S3	2371	2441	1879	-3%	21%
南部全區		4576	4767	3638	-4%	20%
全區		7999	7588	6073	5%	24%

坐標向量修正法解決面積差異的問題所採取的方式，主要是將界址點依照面積差異的大小以及宗地界址點分布的狀況，對各界址點進行極小向量的位移；在「地籍測量實施規則中」對於界址點的位移也有相關的規範。地籍測量實施規則第七十五條規定：「戶地測量採圖解法測繪者，其圖根點至界址點之圖上位置誤差不得超過零點三毫米」。

在研究實驗區域之比例尺有兩種，分別為北部與南部的 1/1200 與中部的 1/500，依照上述規定換算成實際的距離的話，分別為 36 公分與 15 公分；換句話說若要符合相關規定，所有的界址點位移必須小於規定 36 公分 (1/1200) 或 15 公分 (1/500)；本實驗最後在對於界址點位移的部分做了條件限制，為的就是能夠符合其規定。其相關成果如下圖 4、圖 5、圖 6 所示。

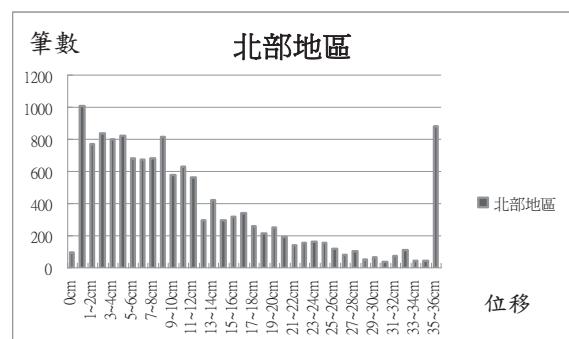


圖 4. 北部實驗區界址點位移分布圖。

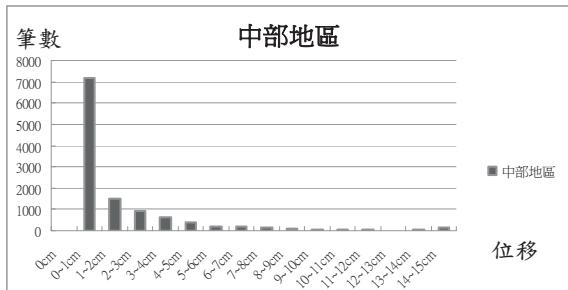


圖 5. 中部實驗區界址點位移分布圖。

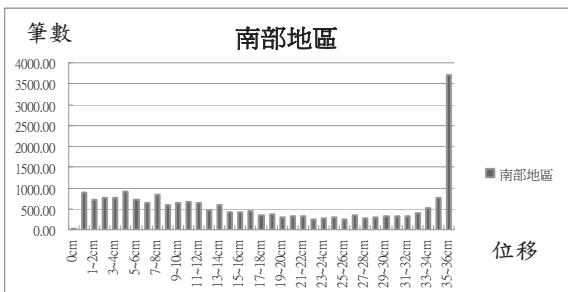


圖 6. 南部實驗區界址點位移分布圖。

由北部以及中部的實驗區可以發現，以一公分為區間的位移數量隨著位移量增大而逐漸縮小，但是南部的實驗區遇到最後接近偏移上限的時候數量又突然增加，這是針對位移進行限制導致所有超出限制的位移全部被限制在最大允許位移內所導致，但可以看出這樣的情形在北部以及中部的比例來說並不高，最高的實驗區也僅佔全部界址點的 7%左右。

南部的界址點位移與北部以及中部不同，南部實驗區位移區間的數量並沒有非常明顯隨著位移量增加而減少，而在最大的區間上的比例，南部實驗區也明顯地偏大，表示若沒有進行界址點位移之限制，其界址點之位移可能會相當大；如果同樣比較表 3 就可以發現，南部地區的圖面面積與登記面積差值之均方根值相較於北部與中部也都明顯較大，應是區域性圖籍在製圖時間、使用儀器以及量測精度的不同所導致，但是無論是那一種圖籍，CVCM 都顯示出可以有效的降低其超出公差的數量與比例。

#### 四、結論

由本文的結果顯示坐標向量修正法在北中南各區中皆能夠有效的降低圖解區轉換後面積超出公差的數量；因其界址點偏移量已被

限制，故能符合地籍測量實施規則中對於界址點位移之規範；北中南三個地區雖然在界址點位移分布上面因圖籍性質之差異導致不同狀況，但是不論是圖面面積與登記面積差值之均方根值以及面積超出公差數量上面，其成果都顯示 CVCM 顯著地降低圖面面積與登記面積差值的均方根以及面積超出公差的數量。可見 CVCM 是可以有效解決圖解區圖面面積與登記面積不符問題的一個方法。

在地籍測量的實務上，為了讓圖面面積更符合登記面積，對於界址點以人工的方式進行偏移的動作，但是上述之步驟因為人為判斷參與的比例甚大，主要會產生下列兩個缺點：

- (1)無法同時處理大量資料。
- (2)沒有客觀而一致性的結果。

無法同時處理大量資料造成所得成果往往補足了東邊，西邊往往卻又產生了問題，無法宏觀而且整體性地處理資料；而因為處理步驟人工介入的比例過大，又缺少客觀的計算與評量機制，導致所得到的結果有可能因人或因時而異。

CVCM 對於上述兩個問題皆可以有效的解決，由於可以一次處理大量的資料，所以點位的移動皆為整體性的考量，不會出現補足東邊，西邊卻又產生問題的狀況；再者由於對於點位位移的數學模式已經建立，不再是使用人工試誤的方法對於界址點進行位移，只要輸入的資料與條件相同，所得到的成果也會一致。所以使用 CVCM 來進行點位位移的動作，可以一次就得到有效而且一致性的成果，而所獲得的位移條件又符合相關規範所要求之要求，但是對應於地籍測量實施規則中之相關要求，坐標向量修正法較適合用在圖解地籍圖區。

在地籍測量中往往需要限制某種幾何關係以滿足現況，對於此需求坐標向量修正法可以經由調整權重的方式，搭配附加限制條件的平差解算(如共線、距離或是面積條件)，如此便可滿足相關幾何條件要求；未來若將此法用於地籍測量方面，將更能提升效率以及降低圖面與實際狀況之差異性，使圖解地籍圖一直為人所詬病的面積問題，有另一種可以改進的方法可以選擇。

## 參考文獻

- [1] Donnelly, N. and J. Hannah, "An Assessment of the Precision of the Observational Data in New Zealand's National Cadastral System," Survey Review, Vol. 38, No. 300, pp. 502-512, 2006.
- [2] Morgenstern, D., Prell, K.M., and Riemer, H. G, "Digitization and Geometrical Improvement of Inhomogeneous Cadastral Maps," Survey Review, Vol. 30, No. 234, pp. 149-159, 1989.
- [3] Felus, Y. A. , "On the Positional Enhancement of Digital Cadastral Maps," Survey Review, Vol. 39, No. 306, pp. 268-281, 2007.
- [4] 邱明全，陳鶴欽，曾耀賢，吳萬順，“應用基本控制點於地籍圖坐標轉換精度之研究”，中華民國地籍測量學會會刊，第 23 卷，第 2 期，第 32-46 頁，2004。
- [5] You, R. J., and Hwang, H. W., "Coordinate Transformation between Two Geodetic Datums of Taiwan by Least-Squares Collocation," J. Surv. Eng. ASCE, Vol. 132, No. 2, pp.64-70, 2006.
- [6] 林登建，洪本善，“以圖解自由測站法進行數化成果重測精度評估初步之研究”，中華民國地籍測量學會會刊，第 23 卷，第 1 期，第 16-29 頁，2004。
- [7] 李添福，“以最小二乘配置法進行小區域地籍資料坐標轉換精度之研究-以宜蘭縣壯圍鄉吉祥段為例”，國立宜蘭大學土木工程系研究所碩士論文，2006。
- [8] 薛信男，“數化圖解地籍圖坐標整合之初步研究—以高雄市中都三小段為例”，國立中興大學土木工程系研究所碩士論文，2006。
- [9] 黃文華，“圖解區數化地籍圖分區接合之研究”，國立中興大學土木工程系研究所碩士論文，2006。
- [10] 鄭彩堂，董荔偉，鄒慶敏，劉正倫，“圖解數化地籍圖之伸縮改正及實測接合研究”，中華民國地籍測量學會會刊，第 26 卷，第 4 期，第 25-49 頁，2007。
- [11] 鄭彩堂，高書屏，“圖解數化地籍圖之附加條件坐標轉換研究”，中華民國地籍測量學會會刊，第 21 卷，第 4 期，第 1-24 頁，2002。
- [12] 董荔偉，“圖解數化地籍圖接合方法改進之研究”，國立中興大學土木工程系研究所碩士論文，2007。
- [13] 吳亞翰，“藉由附有面積約制條件的坐標轉換以提升圖解區土地複丈效率之研究”，國立中興大學土木工程系研究所碩士論文，2009。
- [14] 傅彥鈞，“不同坐標系統之地籍圖整合之研究”，國立中興大學土木工程系研究所碩士論文，2009。
- [15] 楊昌和，洪本善，“圖解法地籍圖數值化坐標轉換成果”，中華民國地籍測量學會會刊，第 25 卷，第 1 期，第 29-43 頁，2006。
- [16] 李松禧，“圖解地籍圖自動向量之研究—以苑裡鎮田中段重劃區地籍圖為例”，國立中興大學土木工程系研究所碩士論文，2009。
- [17] 賴清陽，“應用倒傳遞神經網路於平面坐標轉換之研究-以台中市西屯區龍門段為例”，國立中興大學土木工程系研究所碩士論文，2009。
- [18] Kao, S. P., Tu, C. P., and Chen, C. N., "A Coordinate Vector Correction Method to Improve the Traditional Affine Transformation Graphic Digitized Cadastral Map," Survey Review, Vol. 45, No. 332, pp. 352-356, 2013.
- [19] Wolf, P. R., and Dewitt, B. A., Elements of Photogrammetry with Applications in GIS 3rd edition, McGraw-Hill Book Co., U.S.A., pp. 527-534, 2000.

