



# 地圖縮尺與河流等級之關係

— 以台北雙溪川爲例 —

## The Effects of Map Scale on Stream Order

— A Case Study of Shuanghsichuan in Taipei Area —

國立台灣師範大學地理學研究報告第五期 (1979)

張瑞津 \*

Jui-chin Chang

### ABSTRACT

According to Strahler's classification of stream order, Shuanghsichuan is a 5th order stream in map scales of 1/50000, 1/25000 and 1/10000. It is different from the normal expectation that the stream order increases with the increases in map scale. It may due to the fact that the drainage system of Shuanghsichuan is underdeveloped and its tributaries flow into the main course unpairedly, as such the stream order can't be upgraded in larger scale map.

The empirical relations between map scale and various stream order elements as derived from Shuanghsichuan are:

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| (1) $\log N = 5.54 - 0.72 \log S$   | (4) $\log \bar{R}_i = 0.89 - 0.12 \log S$ |
| (2) $\log L = 3.71 - 0.32 \log S$   | (5) $\log F = 3.65 - 0.72 \log S$         |
| (3) $\log R_b = 1.44 - 0.20 \log S$ | (6) $\log D = 2.00 - 0.36 \log S$         |

Where  $N$  is total stream number;  $L$ , total stream length;  $\bar{R}_i$ , the average bifurcation ratio;  $\bar{R}_l$ , the average length ratio;  $F$ , stream frequency;  $D$ , stream density; and  $S$ , denominator of map scale. The various regression coefficients can be used to transfer stream order data from one kind of map scale to another one.

It is obvious that the regression coefficient are different in those equations, but in general, the larger the value of the regression coefficient, the higher the effect of map scale on stream order elements. Our study shows that map scale make much effect on stream number and stream frequency than that of other stream order elements as shown above.

---

\* 國立臺灣師範大學地理系講師

Lecturer, Department of Geography, NTNU.

## 壹、緒 言

### 一、前人研究成果

同一流域，因地圖縮尺不同，河流等級、河流數目、河流長度皆有所異，此一研究是何頓網系 (Horton net) 研究的主題之一。如塞狄格 (A. E. Scheidegger, 1966) 及楊啓達、史德爾 (C. T. Yang and J. B. stall, 1971) 以不同縮尺的地圖來解析水系時，認為水流數的多寡會影響河流等級的變化，但對分歧率 (bifurcation ratio)、流長比 (length ratio)、坡度比 (slope ratio) 三者的影響較小。但各流域中各級河流的數目比、平均流長比、平均坡度比，則不受地圖縮尺的影響。

日人高山茂美 (1972) 以大栗川流域為研究對象，解析 1/3000, 1/10000, 1/25000 及 1/50000 等四種不同縮尺的河流等級、河流數目的變化，導出 1 級河流數目與地圖縮尺之分母有近似迴歸直線式的關係，即  $\log N_1 = \log K - \log \sqrt{S}$  ( $N_1$ ，1 級河流數目， $\log K$  為 Y 軸上的截距， $S$  為地圖縮尺之分母)，亦即 1 級河流隨地圖縮尺分母增加而減少，主流的等級也隨之低落。最近日人原昭宏 (1978) 以佐奈川上游流域為例，利用 1/50000, 1/25000 及 1/10000 三種地圖解析水系，並與大栗川流域相比較，發現二流域河流數目與地圖縮尺之關係相似，而以  $N_n = \frac{K_n}{S^n}$  經驗式表示， $n$  值則各流域不同，同時也說明地圖縮尺與河流總長、河流頻度及河流密度之關係。

有關地圖縮尺與河流等級之研究，在國內實不多見，此係受國內出版大地圖縮尺僅有 1/50000 及 1/25000 兩種，而 1/25000 地圖山地部分又從缺所限，因此有關這方面的研究也僅止於 1/50000 及 1/25000 二種地圖的比較。如筆者 (1972) 曾以台灣南端的四重溪及港口溪兩流域為例，利用 1/50000 及 1/25000 二種地圖解析水系，發現 1 級河流在 1/50000 地圖上出現率約為 1/25000 地圖的一半，河流總數減少的比率也相似，而主流的等級相對地低落一級。

### 二、研究目的

地圖縮尺與河流等級關係的研究，須賴多種大縮尺地圖。近二、三年來國內陸續出版 1/10000 及 1/5000 地圖 (註 1)，對此方面的研究當有裨益。本文的目的即以

---

註 1：參照六十七年三月台灣省林務局農林航測隊出版通報，1/5000 地圖僅出版西部平原地區，1/10000 僅有台灣西北部及東部局部地區。

雙溪川爲例，藉 1/50000，1/25000 及 1/10000 三種地圖探討地圖縮尺與河流等級的下列關係：

1. 地圖縮尺與河流數目的關係。
2. 地圖縮尺與河流長度的關係。
3. 地圖縮尺與分歧率、流長比的關係。
4. 地圖縮尺與河流頻度、河流密度的關係。

### 三、研究區域的地形概觀

雙溪川主流發源於擎天崗附近高地，南流6公里後轉向西流，先後匯集內雙溪、新安溪、石角溪、磺溪及北投溪等支流，而於頂八仙附近入基隆河，流域面積約 76  $Km^2$ ，主流長約 19 公里，是台北盆地北周緣的主要河流（圖 1）。整個流域略成圓狀，主流偏流於南側，而支流發達於北岸，呈不對稱狀態。流域位於大屯火山區，地質屬於安山岩，仍



圖 1 雙溪川地形圖

保有許多火山體及熔岩台地，僅東南端極小區域屬於第三系砂頁岩區。全域地勢北高南低，可分為三區：北區為五指山、擎天崗、七星山、小觀音山、大屯山等火山體，中區為熔岩台地，南區為台北盆地之盆底低平地區。根據 1/25000 地形圖計測，本域最高約 1000 公尺，最低僅二、三公公尺而已，平均高度 300 m，除  $\frac{1}{4}$  地區高度在 100 m 以下，多集中於 200 ~ 500 m，為熔岩台地所在；平均坡度  $18^{\circ} 30'$  多集中於  $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，與火山體坡度及第三紀地層的傾斜度相對應；平均相對高度 181 m，多集中於 150 ~ 250 m，為河流深切熔岩台地或火山體所在。

## 貳、本 論

### 一、計測方法

1 依據 1/50000，1/25000 及 1/10000 三種地圖，描繪地圖上的河流，將河流延長至等高線呈 V 字形處（V 字形約  $60^{\circ}$ ），而分別以 0.5 cm，1 cm 及 2.5 cm 長度為取捨之標準。

2 依史瑞拉河流等級區分法（Strarler's ordering）分別加以區分，製成河流等級圖（圖 2、圖 3、圖 4）。

3 分別計測各級河流數目及河流長度，並求各級河流的分歧率及流長比，製成河流等級統計表（表 1）。

4 再由表 1 製成地圖縮尺與河流等級有關的圖表。

### 二、分析討論

#### 1 地圖縮尺與河流數目的關係

依據上述三種地圖的河流等級計測，雙溪川均為 5 級，與一般推測值稍異，通常地圖縮尺愈大，1 級河流數目增加，相對地河流等級也隨之提高。推其原因，雙溪川流經火成岩區，深切熔岩台地，側蝕不顯，切割未盛，水系網未完全發育，而且支流南北兩岸分布不對稱，故在較大縮尺的地圖上亦未提升其等級。

將各級河流數目與地圖縮尺繪於雙對數圖上，可發現 1 級至 4 級的河流數目，成平行直線（圖 5），其迴歸關係式分別為：

$$\log N_1 = 5.59 - 0.76 \log S$$

$$\log N_3 = 4.17 - 0.72 \log S$$

$$\log N_2 = 4.80 - 0.72 \log S$$

$$\log N_4 = 3.49 - 0.68 \log S$$

式中  $N_1$  為 1 級河流數目，以下類推。S 為地圖縮尺之分母。

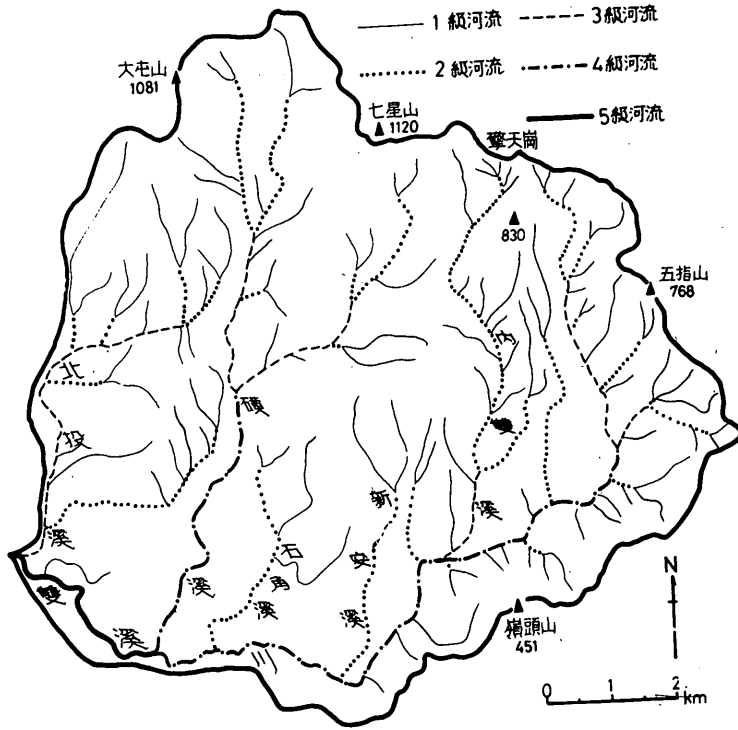


圖 2 雙溪川河流等級圖(依據 1/50000 地形圖計測)

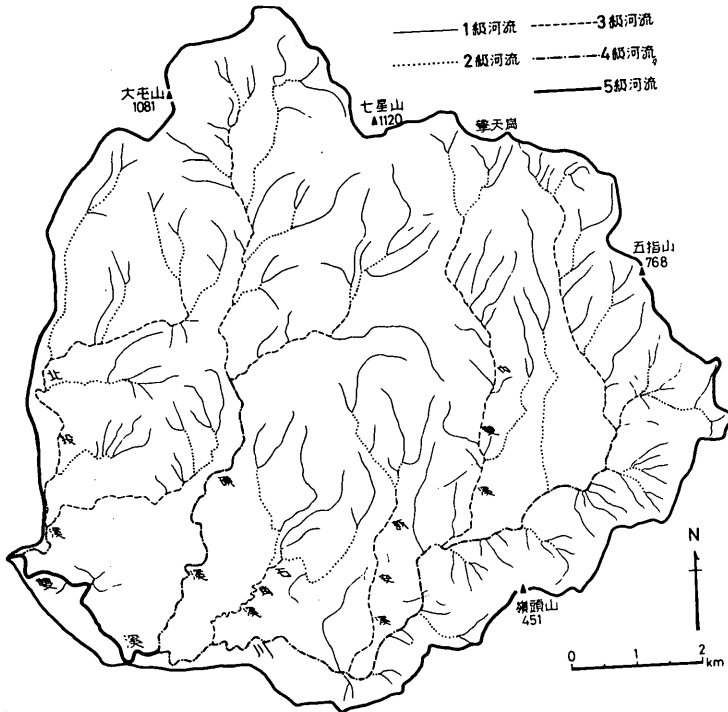


圖 3 雙溪川河流等級圖(依據 1/25000 地形圖計測)



表 1 雙溪川河流等級統計表

地圖縮尺	河流等級	河流數目 (條)	分枝率	河流總長 (公里)	平均河長 (公里)	累加平均長 (公里)	流長比
1/50000	1	108	4.00	85.30	0.79	0.79	2.81
	2	27	4.50	38.70	1.43	2.22	2.18
	3	6	3.00	15.80	2.63	4.85	2.45
	4	2	2.00	14.10	7.05	11.90	1.29
	5	1		3.40	3.40	15.30	
	合計	144		157.30			
1/25000	1	170	4.05	107.88	0.63	0.63	2.46
	2	42	4.20	38.48	0.92	1.55	3.06
	3	10	3.33	31.90	3.19	4.74	2.18
	4	3	3.00	16.70	5.57	10.31	1.36
	5	1		3.73	3.73	14.04	
	合計	226		198.69			
1/10000	1	358	4.16	154.43	0.43	0.43	2.53
	2	86	4.30	56.72	0.66	1.09	2.27
	3	20	3.33	27.50	1.38	2.47	2.68
	4	6	6.00	24.86	4.14	6.61	3.12
	5	1		14.00	14.00	20.61	
	合計	471		277.51			

表 2 1 級河流佔全域河流總數的百分率

地圖縮尺	1 級河流 總數 (A)	全域河流 總數 (B)	A/B (%)
1/50000	108	144	75.0
1/25000	170	226	75.2
1/10000	358	471	76.0

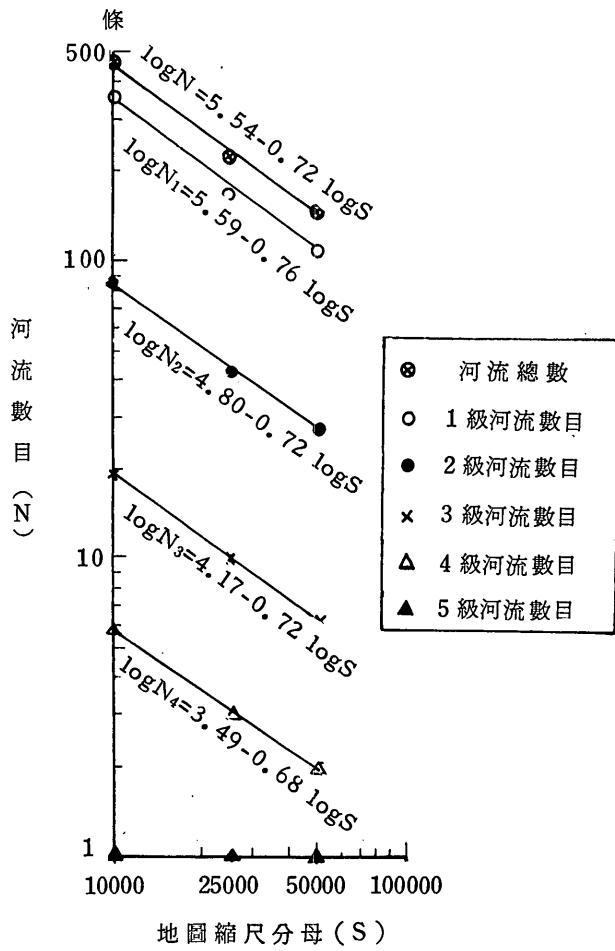


圖 5 地圖縮尺與河流數目的關係 (註 2)

綜合觀之，各級河流數目約與地圖縮尺分母的 0.7 次方成反比。

由於 1/50000，1/25000 及 1/10000 三種地圖上的 1 級河流數目約占全域河流數目之 75% (表 2)，因此三種地圖的河流總數在雙對數圖中亦成直線關係，其關係式為：

$$\log N = 5.54 - 0.72 \log S$$

即河流總數約與地圖縮尺分母的 0.7 次方成反比。

註 2：地圖縮尺與河流數目之相關係數及其統計檢定，參看附錄。



## 2 地圖縮尺和河流長度的關係

依 Strahler's 河流等級區分法所求，各級平均長度與河流等級並無一定比例的關係，故求各級平均長度與地圖縮尺之關係也無甚大意義，這裏僅分析河流總長與地圖縮尺的關係。

將河流總長與地圖縮尺繪於雙對數圖上，可發現二者亦成直線關係（圖 6），其迴歸關係式為：

$$\log L = 3.71 - 0.32 \log S$$

式中  $L$  為河流總長， $S$  為地圖縮尺之分母，即河流總長與地圖縮尺分母之 0.32 次方成反比，約為河流總數與地圖縮尺分母之關係比 0.7 之半。

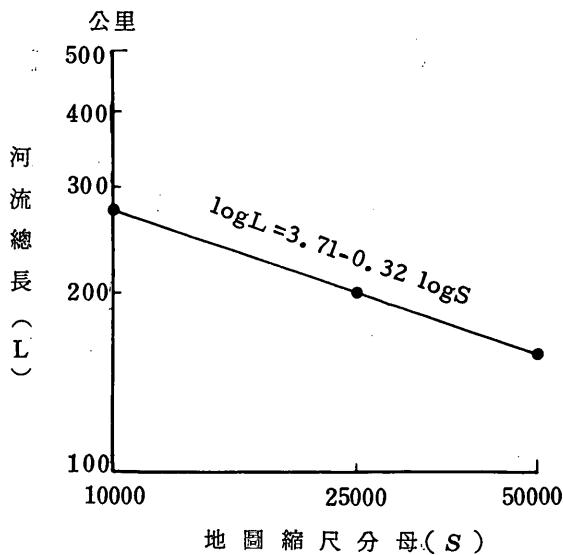


圖 6 地圖縮尺與河流總長的關係（註 3）

## 3 地圖縮尺和分歧率、流長比的關係

地圖縮尺愈大，河流數目增加，因而分歧率也增加，1/50000 圖上，各級河流的分歧率在 2.0 ~ 4.7 之間，1/25000 圖者在 3.0 ~ 4.2 之間，1/10000 圖者則在 3.3 ~ 6.0 之間。而全流域的平均分歧率（註 4）各為 3.31，3.63，4.26（表 3），分歧率愈增加，其與地圖縮尺之關係亦成反比，在雙對數圖上亦成直線關係（圖 7），其迴歸關係式為：

註 3：地圖縮尺與河流總長之相關係數及其統計檢定，參看附錄。

註 4：先求全域的河流等級與河流數目及河流長度之關係：

$$\log y = a + bx, \text{ 全域的平均分歧率, 流長比爲 } \bar{R}_i, \bar{R}_i = \log^{-1} |b|。$$

$$\log \bar{R}_b = 1.44 - 0.20 \log S$$

式中  $\bar{R}_b$  為平均分枝率， $S$  為地圖縮尺之分母。

地圖縮尺愈大，河流總長愈長，但各級河流的流長比變化不大，1/50000 圖上約為 1~3，1/25000 圖上亦為 1~3，1/10000 圖上則為 2~3，而全流域平均流長比各為 2.14，2.24，2.57（表 3），流長比逐漸增加，其與地圖縮尺之關係亦成反比，在雙對數圖上亦成直線關係（圖 7），其迴歸關係式為

$$\log \bar{R}_l = 0.89 - 0.12 \log S$$

式中  $\bar{R}_l$  為平均流長比， $S$  為地圖縮尺分母。

由上可知在不同地圖縮尺，分枝率、流長比的變化較小，尤其流長比的變化更小。

表 3 雙溪川的平均分枝率及流長比

地圖縮尺	平均分枝率 ( $\bar{R}_b$ )	平均流長比 ( $\bar{R}_l$ )
1/50000	3.31	2.14
1/25000	3.63	2.24
1/10000	4.26	2.57

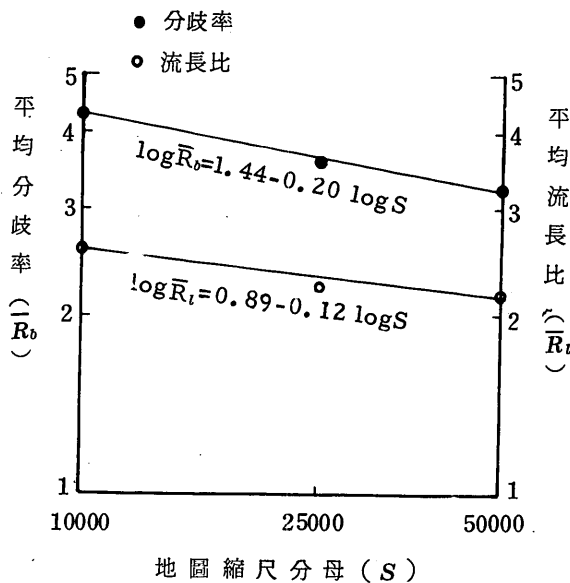


圖 7 地圖縮尺與平均分枝率及平均流長比的關係（註 5）

註 5：地圖縮尺與平均分枝率、平均流長比之相關係數及其統計檢定，參看附錄。

## 4. 地圖縮尺和河流頻率、河流密度的關係

地圖縮尺愈大，河流總數及河流總長均愈增大，因而河流頻率及河流密度也相對增加。

河流頻率為單位面積內的河流總數，即  $F = \frac{\sum N}{A}$ ，在 1/50000、1/25000 及 1/10000 三種地圖其值各為 1.88，2.96，6.19（表 4），將之繪於雙對數圖上，亦成直線關係（圖 8），其關係式為

$$\log F = 3.65 - 0.72 \log S$$

$F$  為河流頻率， $S$  為地圖縮尺分母，即河流頻度約與地圖縮尺分母之 0.72 方成反比，

表 4 雙溪川的河流頻度及河流密度

地圖縮尺	流域面積 (公里 <sup>2</sup> )	河流總數 (條)	河流總長 (公里)	河流頻度 (條/公里 <sup>2</sup> )	河流密度 (公里/公里 <sup>2</sup> )
1/50000	76.52	144	157.30	1.88	2.06
1/25000	76.48	226	198.69	2.96	2.60
1/10000	76.15	471	277.51	6.19	3.64

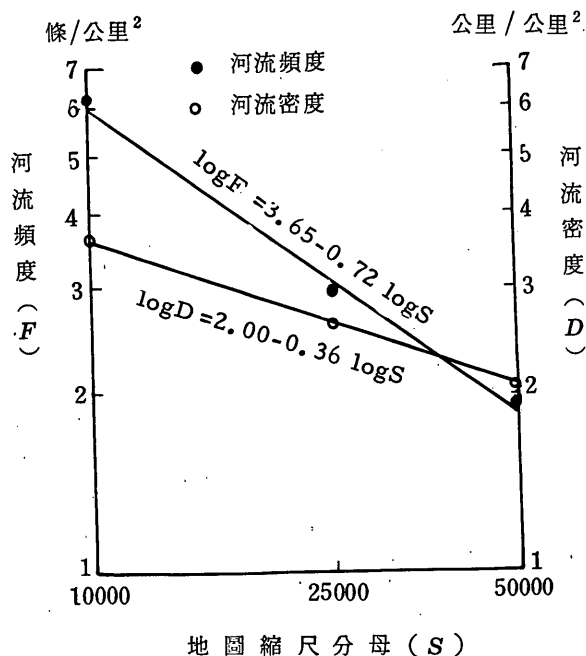


圖 8 地圖縮尺與河流頻度及河流密度的關係（註 6）

註 6：地圖縮尺與河流頻度、河流密度之相關係數及其統計檢定，參看附錄。

此值和河流總數與地圖縮尺分母之0.72次方成反比一致。

河流密度為單位面積內的河流長度，即  $D = \frac{\sum L}{A}$ ，在1/50000、1/25000及1/10000三種地圖，其值各為2.06、2.60、3.64（表4），將之繪於雙對數圖上，亦成直線關係（圖8），其迴歸關係式為

$$\log D = 2.00 - 0.36 \log S$$

式中 $D$ 為河流密度， $S$ 為地圖縮尺之分母，即河流密度與地圖縮尺分母之0.36次方成反比，此值和河流總長與地圖縮尺分母之0.32次方成反比相似，同時也約為河流頻度與地圖縮尺分母之關係比0.7之半。

綜合上述諸點討論分析，地圖縮尺與河流數目、河流長度、分歧率、流長比、河流頻度及河流密度等之關係可以一迴歸直線式表示：

$$\log Y = \log K - b \log S$$

$Y$ 為上述河流數目……河流密度之一項， $K$ 為截距， $S$ 為地圖縮尺之分母， $b$ 為迴歸係數，依 $b$ 值可以從一縮尺地圖上所得的計測值推知另一種縮尺地圖上之計測值。

$b$ 值之大小，各個流域不同，例如日本大栗川流域，地圖縮尺與河流數目關係之迴歸係數為1，佐奈川流域則為0.5（註7）。此值除受地形、地質、氣候、流域大小、流域形狀、植被等自然因素影響外，地圖製作的精確度也是重要影響因素之一，而其中那些要素最為有關，則尚待計測更多的流域做更進一步的探究。

### 叁、結 論

本文以雙溪川為例，藉1/50000、1/25000及1/10000三種地圖作地圖縮尺與河流等級的關係，所得的結論如下四點：

1 雙溪川在1/50000、1/25000及1/10000三種地圖上均為5級，與一般推測值稍異，乃因河流深切熔岩台地，側蝕未顯，切割未盛，水系未完全發育，且受兩岸支流分布不對稱之影響。

2 地圖縮尺與河流數目、河流長度、分歧率、流長比、河流頻度及河流密度等河流等級要素均呈迴歸直線關係，其關係式分別為：

$$\begin{array}{ll} (1) \log N = 5.54 - 0.72 \log S & (4) \log \bar{R}_i = 0.89 - 0.12 \log S \\ (2) \log L = 3.71 - 0.32 \log S & (5) \log F = 3.65 - 0.72 \log S \\ (3) \log \bar{R}_b = 1.44 - 0.20 \log S & (6) \log D = 2.00 - 0.36 \log S \end{array}$$

註7：原昭宏（1978）：地形圖の縮尺と水系特性との關係，p.160。

$N$  為河流總數， $L$  為河流總長， $\bar{R}_b$  為平均分歧率， $\bar{R}_l$  為平均流長比， $F$  為河流頻度， $D$  為河流密度， $K$  為截距， $S$  為地圖縮尺之分母。

3. 綜合上述迴歸直線式可以  $\log Y = \log K - b \log S$  表示，其中  $b$  為迴歸係數。地圖縮尺與河流數目及河流頻度之  $b$  值大致相似，約為 0.7，而地圖縮尺與河流長度及河流密度之  $b$  值大致相似，約為 0.3。而地圖縮尺與平均分歧率、平均流長比之  $b$  值為 0.20 及 0.08，由此可知地圖縮尺對河流數目和河流頻度影響最大，河流總長和河流密度次之，對平均分歧率和平均流長比影響最小。

4. 依照地圖縮尺與河流等級諸要素之迴歸直線式中的迴歸係數，可由一縮尺地圖上所得到的計測值推知另一縮尺地圖的計測值。各流域的此值不同，除受地形、地質、氣候、流域大小，流域形狀等自然因素影響外，地圖製作的精確度亦為重要因素之一。而其中那些因素影響最大，則尚待計測更多的流域做更進一步的探究。

## 謝 辭

本文承蒙恩師石再添博士，及所長劉鴻喜教授之鼓勵，學長施添福先生提供寶貴意見，同學吳麗雅、黃美玲、徐達蓉等協助，得以順利完成，謹致衷心謝忱。

## 參考文獻

1. 張瑞津 (Chang, J. C.) (1972) 台灣南端四重溪與港口溪的河流等級研究：台灣文獻，第 26 卷，第 2 期，pp.141 ~ 168。
2. 原昭宏 (Hara, A.) (1978) 地形圖の縮尺と水系特性との關係——佐奈川 (愛知縣豐川市) の場合——：愛知教育大學地理學報告，vol.47，pp.155 ~ 161。
3. Scheidegger, A. E. (1966) Effect of Map Scale on Stream Order: Bull. Inst. Assoc. Soc. Hydrol., vol. 11, pp. 56-61.
4. 石再添 (Shih, T. T.) (1971) 陽明山管理局區域的地形計測：中國地理學會會刊，第 2 期，pp.19 ~ 24。
5. 高山茂美 (Takayama, S.) (1972) 地形圖の縮尺が水流次數區分に及ぼす影響について：地理學評論，vol.45，no.2，pp.112-119。
6. Yang, C. T. and Stall, J. B. (1971) Note on the Map Scale Effect in the Study of Stream Morphology: Water Resources Research, vol. 7, no. 3, pp. 709-712.

附錄 地圖縮尺與河流數目、河流長度、平均分歧率、平均流長比、河流頻度及河流密度之相關係數及其統計檢定表

	相 關 係 數 ( $r$ )	決 定 係 數 ( $r^2$ )	自 由 度 ( $d.f.$ )	顯 著 水 準 (單 尾 檢 定) ( $\alpha$ )
河流總數 ( $N$ )	0.985	0.970	2	0.01
1 級 河 流 數 目 ( $N_1$ )	0.985	0.970	2	0.01
2 級 河 流 數 目 ( $N_2$ )	0.985	0.970	2	0.01
3 級 河 流 數 目 ( $N_3$ )	0.986	0.972	2	0.01
4 級 河 流 數 目 ( $N_4$ )	0.984	0.968	2	0.01
河流總長 ( $L$ )	0.986	0.972	2	0.01
平均分歧率 ( $\bar{R}_b$ )	0.984	0.968	2	0.01
平均流長比 ( $\bar{R}_l$ )	0.966	0.933	2	0.025
河流頻度 ( $F$ )	0.985	0.970	2	0.01
河流密度 ( $D$ )	0.986	0.972	2	0.01