

## GIS/LIS와 수치지도용 국가평면좌표계에 관한 연구 The National Grid Systems for Digital Mapping and GIS/LIS

李 榮 鎮\*

Lee, Young-Jin

### 要 旨

국가평면좌표계는 GIS/LIS의 구축에 있어 가장 기본적인 요소이며 위치정보를 나타내는데 기준이 되고 있다. 우리나라의 국가기본도에서는 1910년대에 동경원점을 기준으로 하는 3개의 평면좌표계를 채택하고 Gauss-Schreiber 투영법을 적용한 바 있으며 그 후 Gauss-Krüger 투영법으로 변경되었다. 본 연구에서는 토지조사사업에서 구축된 기존의 지도좌표계의 계산체계와 투영법에 있어서 불명확함으로 인하여 내재되어 있는 구조적인 문제점을 분석하고 10.405"에 대한 처리방안을 제시하고자 하였으며, GIS/LIS에서 공간데이터의 관리와 GPS의 활용에 적합한 새로운 수치지도 좌표계의 도입을 위하여 외국의 사례를 분석하고 검토하였다. 새로운 지도좌표계는 한반도 전역을 포괄할수 있도록 경도 127° 30' 을 중앙자오선으로 하고 TM투영법에 의한 단일좌표계로 설정하는 방안이 제시되었으며, 지구중심좌표계에 의한 GRS80타원체를 채택할 것을 제안하였다.

### ABSTRACT

The national coordinate system is an essential component for a geographic/land information system, since it provides the spatial reference for expressing position information. The national mapping of Korea has been based on 3-different meridians on the Gauss-Schreiber projection in year 1910s, later this was changed to the Gauss-Krüger projection. Existing map coordinate systems maintaining the national land survey project on 1910s, have some structural shortcomings of unknown computational procedures and projection methods. In this paper, the problems of the map coordinates usage and of longitudes origin shift(10.405") and their solutions are investigated. Also, this study discusses the issues involved in choosing coordinate system for digital mapping and their applications as a basis for spatial data management. The foreign country's coordinate systems are reviewed and the elements to realize a new unified grid coordinate system is proposed. The Transverse Mercator projection with a central meridian of 127° 30', scale factor 0.9996, and GRS80 ellipsoid, is selected in Korean peninsula.

### 1. 서 론

우리나라에서 현재 사용 중에 있는 국가의 평면좌표계는 1910년대 토지조사사업 당시에 설정된 것으로서 동경원점계인 Bessel 타원체를 평면상에 투영한 지도좌표계이다. 이 평면좌표계는 국가기준점측량, 국가기본도측량, 공공측량, 지적측량 등의 분야에서 기준좌표계로 활용중에 있다. 높이에 있어서는 독립적인 지오이드(평균해면) 기준의 정표고를 사용하고 있다.

그러나 1910년대 이후 국립지리원에서 좌표계의 관

리를 담당하기까지 여러 단계의 관리부서의 변경과 개편이 있었고 지적도관리와 지형도관리가 이원화되어 있는 제도적 문제로 인하여 운용상의 차이점이 발견되고 있다. 보다 근본적으로는 1910년대 이후 경도에서 + 10.405"의 문제점을 안고 있었으므로 지도제작상의 기술적인 어려움이 내재되어 있으며, Gauss-Schreiber 등 각이중투영법과 Gauss-Krüger 투영법의 병용에 따르는 미소한 차이가 내포되고 있다.

또한, 3개의 투영정점을 사용하는 외에도 제주도 지역에 대하여는 별도의 가산값을 사용하며 울릉도 지역에 대해서는 38°N, 131°E를 원점으로 하고 있다. 따라서 엄밀하게 말한다면 5개의 평면원점을 사용하고 있

\*경일대학교 공과대학 측지공학과 교수

는 형태를 취하고 있으므로 사용상의 불편함이 내재되어 있다.

지적측량에서는 서울경기 일부지역과 대구경북의 일부지역에 특별소삼각점(기타원점이라고 함.)이 11개(남한지역)가 설정되어 있으며 현재까지도 이를 유지하고 있다. 국립해양조사원과 육군지도창에서는 UTM좌표계를 도입하여 사용하고 있으므로 또 다른 체계임을 보여주고 있다.

우리나라에서 현재 사용하고 있는 평면좌표계의 특징과 문제점은 다음과 같다.<sup>4,6)</sup>

① 동경원점계에 의한 Bessel 타원체를 기준으로 하여 등각투영법을 사용하고 있다.

② 3개의 투영좌표계로 구성되어 있으므로 데이터베이스 등의 관리면에서 복잡하다.

③ 기준점측량의 평면좌표와 지도좌표의 수치가 서로 다르고 지적측량에서는 구소삼각원점계가 공존하고 있다.

④ 1910년대의 평면좌표가 경위도좌표와 독립적으로 계산되었으므로 좌표전환에 다소 불명확함이 내재되어 있다.

⑤ 경도에 +10.405"의 단서조항 때문에 좌표계산과 도엽의 구분에서 불편함이 따른다.

⑥ 좌표계가 경도  $\pm 1^\circ$  내에 있고 원점축척계수가 1.0000이므로 기준점측량 외에는 투영보정(거리보정, 방향보정)을 실시하지 않고 있다.

⑦ 우리나라 지방자치단체중 도 지역의 경우는 대부분 2개 이상의 좌표계에 해당되고 있다.

⑧ 국방 및 해양분야에서는 UTM좌표계를 별도로 사용한다.

국가지리정보체계(National Geographic Information System ; NGIS) 구축사업의 일환으로 추진되고 있는 수치지도의 제작은 그 보급단계에 있으나 보급과 동시에 수정작업을 병행하여야 할 필요성이 대두되고 있으며, 위성측지기술의 발전에 따라 GPS를 민간에서도 적극 활용할 수 있는 단계에 있으므로 정보화 사회에서 이용이 편리하고 다양한 지도정보를 활용할 수 있는 새로운 지도좌표계의 설정을 필요로 하고 있다.

국내에서는 종래 종이지도 개념에서의 7개 좌표계의 설정방안<sup>7)</sup>과 차량항법용 좌표계의 설정방안<sup>8)</sup>이 제시된 바 있다. 그러나 새로운 지도좌표계의 설정은 현재 국립지리원에서 한국측지기준계의 재정립방안의 일환으

로 추진하고 있는 지구중심좌표계의 도입 및 지심3차원성과의 구축사업과의 일관된 정책이 필요하다는 점에서 대단히 신중하게 연구검토되어야 할 것으로 파악되고 있다.<sup>2,9)</sup>

본 연구에서는 기존 지도좌표계와 10.405"에 대한 문제점을 분석하여 수치지도 D/B를 보다 분명하게 관리할 수 있는 해법을 제시하고, GPS/GIS의 활용이 보편화되는 정보화 사회에 적극 대처할수 있는 새로운 수치지도좌표계의 설정방안을 제시하는 데 연구목적을 두고 있다.

## 2. 기존 지도좌표계의 분석

### 2.1 10.405"문제의 특성분석

1910년대 측량작업 당시에는 고려되지 않았으나 삼각측량의 완료단계인 1913년에 일본 문부성의 고시가 발표되었고 이에 따라 동경원점의 경도 수치에 +10.405"하는 단서조항을 성과표에 병기하는 방법으로서 성과표가 조제되었다. 따라서 삼각점 성과표와 지도에는「경도좌표에+10.405"하여야 함」이라는 단서가 붙게 되었다.<sup>5,6)</sup>

이러한 10.405"의 문제는 6.25동란 이후 군사지도와 국가 기본지형도에서 경위도선을 변경(단순히 도곽선만을 이동) 함으로서 반영하였으나 삼각점 성과표에서는 아직까지도 단서조항으로 취급하고 있는 현실에서 볼 때 여러 분야에서 혼란이 야기되고 있는 있다. 특히 수치지도화 되면서 그 적용여부나 특성을 검증받지 못하는 상태에서 활용되기도 하는 등의 문제점이 제기되고 있다.

일본의 경우에는 삼각점 성과표와 지도 주기사항으로서 단서조항이 계속 병기되어 오다가 국가기본도(1/2.5만, 1/5만)의 경우에 있어서는 UTM으로 변경할 때 이 문제가 해결되었으며, 1951년 국토조사법의 시행과 함께 공공좌표계를 도입하면서 Gauss-Krüger식을 적용토록 하고 동시에 전국 삼각점의 수치를 경위도좌표를 기준으로 하여 평면좌표로 전면적으로 수정하였다.

따라서 국내와는 달리 일본에서는 10.405"의 문제가 완전히 처리되었고 구좌표계의 평면좌표 (X, Y)는 전혀 사용되지 않고 있다. 국내의 경우에는 10.405"의 문제를 고려해야만 한다.

표 1에서 보면 투영정점을 129°, 또는 129° 10.405"로 하고 경도 128° 선상의 점의 좌표를 계산한 것이며, 여

표 1. 투영정점 수치에 따른 분석(동부원점의 예)

투영정점 구분(128°선)	(38°, 129°)		(38°, 129°10.405'')		교차	
	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY
38°00'	471.87	-87823.03	474.60	-88076.87	2.73	-253.84
37°45'	-27274.73	-88120.37	-27272.01	-88375.07		
37°30'	-55020.20	-88416.03	-55017.48	-88671.59		
37°15'	-82764.52	-88710.00	-82761.81	-88966.41		
37°00'	-110507.72	-89002.28	-110505.01	-89259.53		
36°45'	-138249.78	-8929.86	-138247.08	-89550.95	2.71	-257.25
36°30'	-165990.71	-89581.73	-165988.01	-89840.66		
36°15'	-193730.51	-89868.90	-193727.82	-90128.65		
36°00'	-221469.19	-90154.34	-221466.51	-90414.92		
35°45'	-249206.75	-90438.07	-249204.08	-90699.47		
35°30'	-276943.20	-90720.07	-276940.53	-90982.29	2.68	-260.58
35°15'	-304678.53	-91000.34	-304675.87	-91263.37		
35°00'	-332412.75	-91278.88	-332410.10	-91542.71		
34°45'	-360145.86	-91555.67	-360143.23	-91820.30		
34°30'	-387877.88	-91830.72	-387875.25	-92096.14		
34°15'	-415608.79	-92104.01	-415606.17	-92370.23	2.65	-263.83
34°00'	-443338.61	-92375.55	-443336.00	-92642.55		
33°45'	-471067.34	-92645.33	-471064.74	-92913.11		
33°30'	-498794.98	-92913.34	-498792.39	-93181.90		
33°15'	-526521.54	-93179.58	-526518.95	-93448.90		
					2.61	-267.00
					2.59	-269.32

(비고) Gauss-Krüger식에 의함.

기서 ΔX에는 2.73 m~2.59 m, ΔY에서는 -253.84 m~-269.33 m로 나타내고 있다. 또한 표 2에서는 실용성과로서 128° 10.405''경도선상의 점을 계산한 것이며, 여기에서도 ΔX에는 2.73 m~2.59 m, ΔY에서는 -253.84 m~-269.33 m로서 나타났다. 두 결과는 수치가 거의 일치되고 있음을 보여준다.

따라서 UTM좌표계에 의한 새로운 도곽 구분에서는 중축척도인 1/5만 지형도의 경우, X축의 이동은 미소하므로 무시하고 Y축도곽(경도선)에서는 약 260 m에 상당하는 도상 5.1 mm~5.4 mm씩 이동한 결과를 사용하고 있다.

또한 축척 1/2.5만 지형도에서는 X축 이동은 무시하고 Y축도곽(경도선)을 도상 10.2 mm~10.8 mm씩 이동하여야 함을 알 수 있다.

경위도 좌표와 평면좌표간의 상호변환에 있어서도 1910년대의 체계가 유지되어야 하므로 당시의 평면좌표(또는 가산값에 의한 지도/지적도 좌표)의 체계가 유지되어야 한다. 그러므로 1910년대의 계산체계를 유지하고 그 결과에 +10.405''하는 방법이 최선의 처리방안이다.

10.405''의 문제를 검증하거나 해결하기 위해서는 총독부 성과에 +10.405''를 가산하는 방안이 최선이겠으나, 단순히 B, L ↔ X, Y간의 변환만 실시하는 지도제작 등의 경우에는 X, Y체계는 유지하되 측정경도와 투영정점의 경도에 모두 10.405''를 반영하여 처리하면 좋다.

다시 말해서 평면좌표(또는 지도좌표)는 1910년대의 체계를 유지해야 된다는 점에 유의할 필요가 있다. 따라서 투영보정이나 다른 투영계산을 실시하지 않는다는 전제하에서 혼란없이 쓸 수 있도록 하는 2가지 방안이 거론될 수 있다(여기서 총독부 성과를 B, L로 함).

<1법> 10.405''를 고려치 않은 상태에서 단지 실용성과의 결과에 경도 +10.405''를 가산한다. 이 방법은 1910년대의 단서조항을 그대로 따르게 되며 투영정점은 위도 38°상의 125°, 127°, 129°를 사용한다.

<2법> 10.405''를 고려한 상태에서 처리한다. 이 방법은 실용성과에 +10.405''가 가산되어 있는 것으로 보며 투영정점은 위도 38°상의 125°+10.405'', 127°+10.405'', 129°+10.405''로 한다.

(38°, 129°)투영정점에 의한 128°선상의 X, Y좌표와 (38°, 129°10.405'')투영정점에 의한 128°10.405''선상의

표 2. 실용성과의 수치에 따른 분석(동부원점의 예)

투영정점 구분 (128°10.405')	(38°, 129°)		(38°, 129° 10.405')		교차	
	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY
38°00'	469.15	-87569.19	471.87	-87823.03	2.72	-253.84
37°45'	-27277.45	-87865.67	-27274.73	-88120.37		
37°30'	-55022.91	-88160.48	-559020.20	-88416.03		
37°15'	-82767.23	-88453.60	-82764.52	-88710.00		
37°00'	-110510.41	-88745.03	-110507.72	-89002.28		
36°45'	-138252.47	-89034.77	-138249.78	-89292.86	2.69	-257.25
36°30'	-165993.39	-89322.81	-165990.71	-89581.73		
36°15'	-193733.19	-89609.14	-193730.51	-89868.90		
36°00'	-221471.86	-89893.76	-221469.19	-90154.34		
35°45'	-249209.41	-90176.67	-249206.75	-90438.07		
35°30'	-276945.85	-90457.86	-276943.20	-90720.07	2.67	-260.58
35°15'	-304681.17	-90737.32	-304678.53	-91000.34		
35°00'	-332415.39	-91015.05	-332412.75	-91278.88		
34°45'	-360148.49	-91291.04	-360145.86	-91555.67		
34°30'	-387880.50	-91565.29	-387877.88	-91830.72		
34°15'	-415611.40	-91837.80	-415608.79	-92104.01	2.64	-263.83
34°00'	-443341.21	-92108.55	-443338.61	-92375.55		
33°45'	-471069.93	-92377.55	-471067.34	-92645.33		
33°30'	-498797.56	-92644.78	-498794.98	-92913.34		
33°15'	-526524.11	-92910.25	-526521.54	-93179.58		
33°00'					2.60	-267.00
32°45'						
32°30'						
32°15'						
32°00'						
31°45'					2.57	-269.33
31°30'						
31°15'						
31°00'						
30°45'						

※ Gauss-Krüger식에 의함.

표 3. 10.405'에 대응하는 삼각점 성과의 변화(거제도 삼각점)

투영정점의 수치	투영전 성과	투영후 성과(GK)
38°, 129°	B=34°50' 56.755"	X=-349565.75 m
	L=128°41' 34.197"	Y=-28088.84 m
	(경도에 10.405'가산됨)	(아래와 동일)
38°, 129°10.405'	B=34°50' 56.755"	X=-349565.75 m
	L=128°41' 44.602"	Y=-28088.84 m
	(경도에 10.405'가산됨)	(위와 동일)

X, Y좌표가 정확히 일치된다. 이 경우를 보다 분명하게 나타낼 수 있도록 하기 위하여 거제도 삼각점에 대응되는 정확한 값을 표 3에 보여주고 있다.

### 2.2 평면원점계 중복부의 특성분석

또다른 문제점 중의 하나는 우리나라의 남한지역에서는 경도 128°선에서 동부원점계와 중부원점계가 서로 경계를 이루고 있기 때문에 경위도 도곽이나 평면도곽에서 중첩 또는 불일치가 나타나게 되는 현상이다.

위도 38°선상에서 동경 127°(중부)선과 동경 129°(동부)선간의 평면거리는 굴절된 두 개의 평면이 만나게

되지만 위도가 낮아질수록 평면거리가 서로 중첩되게 된다. 다시 말해서 타원체를 기준으로 하기 때문에 2° zone에 해당되는 평면은 적도쪽으로 갈수록 넓어지고 고위도쪽으로 갈수록 좁아지는 형태를 취하게 된다.

표 4에서는 동경 127°~동경 129°간의 두 좌표계 평면간의 굴절된 거리로부터 위도 38°선상의 거리를 기준으로 할 때의 중복량을 계산하여 나타낸 것이다.

이 표에서 본다면 위도 36°선에서는 약 4.7 km, 위도 34°선에서는 약 9.1 km가 중첩되고 있음을 알 수 있다. 이는 위도 34°선을 기준으로 할 때 북쪽으로 갈수록 같은 128°자오선이 서로 이탈하게 되어 38°선에서는 약 9.1 km가 벌어지는 것을 의미한다. 이 크기는 축척 1/2.5만 지도상에서 36.4 cm(위도 34°기준)만큼 벌어지게 되고 두 좌표계의 지도를 펼친다면 이 크기만큼 여백이 나타남을 알 수 있다.

따라서 지도제작상에서 논란이 되고 있는 이 문제는 투영법상의 특성이며 피할 수가 없다. 남한지역의 128°선의 최하단인 남해지역(위도 34°45')에서 약 7.5 km의 차이가 발생되며, 축척 1/2.5만 지도에서 약 30 cm, 축척 1/5천 지도에서 약 150 cm(실제로는 2도엽을

표 4. 128° 경도선에 대한 두 원점계간의 좌표차

위도	GK_Y(m)	127°~129° 평면거리(m)	위도 38°선상의 거리와 차이(m)	편차(m) (축척 1/2.5만 지도상)
38°00'	-87823.03	175646.06	0.00	0.000
37°45'	-88120.37	176240.74	594.68	0.028
37°30'	-88416.03	176832.06	1186.00	0.047
37°15'	-88710.00	177420.00	1773.94	0.071
37°00'	-89002.28	178004.56	2358.50	0.094
36°45'	-89292.86	178585.72	2939.66	0.118
36°30'	-89581.73	179163.46	3517.40	0.141
36°15'	-89868.90	179737.80	4091.74	0.164
36°00'	-90154.34	180308.68	4662.62	0.187
35°45'	-90438.07	180876.14	5230.08	0.209
35°30'	-90720.07	181440.14	5794.08	0.232
35°15'	-91000.34	182000.68	6354.62	0.254
35°00'	-91278.88	182557.76	6911.70	0.276
34°45'	-91555.67	183111.34	7465.28	0.299
34°30'	-91830.72	183661.44	8015.38	0.321
34°15'	-92104.12	184208.24	8262.18	0.342
34°00'	-92375.55	184751.10	9105.04	0.364

초과)에 상당한다.

이와 같이 근원적으로 안고 있는 투영법의 한계를 해소하기 위해서는 보다 넓은 6° zone을 채택하여 해결할 수 있으나 전세계적으로 사용되고 있는 UTM좌표계에 서도 경계영역에 동일한 문제점이 발생하게 된다.

실제 사용자 측면에서 본다면 원주시, 청주시, 진주시 등에 있어서는 두 원점계가 중복되고 있으므로 좌표계 활용에 제약이 따를 수 있다. 이 문제를 실용적으로 해결하기 위해서는 어느 하나의 좌표계로 통일해야 하며 앞으로 많은 연구가 이루어져야 한다. 이 문제도 역시 축척 1/1,000과 같은 공공지도에서 고려될 수 있는 문제점인 것은 분명하지만, 국가기본도는 전국적으로 그 체계가 통일되어야 하므로 국부적으로 변형시켜 사용될수 없기 때문에 제약이 따른다.

따라서 현재 사용되고 있는 대축척 지도제작(현황도, 시설물도, 지적도 등)에서는 128° 경도선을 기준으로 평면원점계를 구분하는 대신에 자치단체의 경계를 기준으로 원점계의 영역을 구분하는 것이 타당할 것이다.

### 3. 새로운 지도좌표계의 도입

#### 3.1 새로운 평면좌표계의 조건

우리나라 평면좌표계가 안고 있는 구조적인 문제점들을 해소하기 위한 방안으로서는 평면좌표계를 보다

더 세분하는 방안 또는 단일좌표계를 설정하는 방안이 고려될 수 있다.

새로운 평면좌표계로의 변경은 삼각점의 좌표는 물론이고 국가기본도, 현황도, 지적도 등의 수정을 포함하는 문제로서 많은 시간과 비용을 필요로 하고 있다. 이상적으로는 현재의 국가기준점 체계에 대한 정비가 완료되는 시점에서 모든 지도를 재제작하는 것이 바람직하지만 정보화에 대한 사회적 여건, 그리고 GPS와 GPS기술의 일반이용이라는 측면에서 새로운 평면좌표계의 필요성이 제기되고 있다.

새로운 투영좌표계를 설정하기 위해서는 타원체, 투영법, 변환요소(수평위치), 기준수준면이 정의되어야 하며, 종이지도와는 달리 수치지도에서는 투영면의 외곽부에 대한 왜곡문제도 처리될 수 있기 때문에 축척계수에 대한 중요성이 감소되고 있음도 고려하여야 한다.

따라서 새로운 평면좌표계는 국가기준점의 변경, 공공현황도와 지적도의 변경, 국가기본도의 변경 등의 관점에서 검토될 수 있다. 그러나 현재의 시점에서 볼때 GPS활용에 따라 지구중심계의 새로운 기준좌표계로 변경되어야 한다면 어차피 지도수정이 뒤따라야 하므로 수치지도, GPS, GIS기술의 보편적인 활용에 적합한 새로운 평면좌표계의 도입을 고려하여야 할 것이다.

이상과 같은 제반여건을 고려한다면 새로운 평면좌표계는 다음 사항을 충족할 수 있어야 한다.<sup>3,4)</sup>

- ① 새로운 측지기준좌표계와의 연속성을 유지해야 한다.
- ② 수치지도의 데이터베이스 관리에 적합해야 한다.
- ③ GPS 와 GIS 기술의 활용에 효율적이어야 한다.
- ④ 남북통일에 대비할수 있도록 한반도를 포괄하는 좌표계이어야 한다.
- ⑤ 1910년대 투영계산의 불확실성과 경도 +10.405" 문제를 해소해야 한다.
- ⑥ 현재의 지도내용을 변환하는 데 적합하도록 등각 투영법이어야 한다.
- ⑦ 측량및 지도좌표계에 적합한 TM투영법 계열을 사용한다.
- ⑧ 기존의 좌표체계와 차별화될 수 있는 근거가 외형적으로 나타나야 한다.

### 3.2 외국의 좌표계 분석

영국의 Ordnance Survey(이하 OS로 약칭)에서는 1935년에 분과위원회인 「Davidson위원회」를 구성하여 장래의 평면좌표계를 연구하기 시작하였고 1938년에 최종보고서가 제출되었다. 이 보고서에서는 종전까지 중대측척지도 County Series에서 채택하고 있던 39개의 Cassini투영좌표계를 국가 단일평면좌표계인 National Grid로 바꿀 것을 제안하고 있다. 이에 따라 OS에서는 1939년도부터 이 좌표계를 채택하고 있다. 영국의 National Grid의 내용을 요약하면 다음과 같다.<sup>14-16)</sup>

- ① (x, y)대신에 (E, N)좌표를 사용한다.
- ② 원점은 49°N, 2°W로서 단일좌표계이다.
- ③ 원점의 가산값으로는 false Easting=400,000m, false Northing=100,000 m로 한다.
- ④ 전국 England, Scotland, Wales를 포괄한다.
- ⑤ 원점축척계수는 0.9996으로 한다.
- ⑥ 투영식은 TM투영법으로 Gauss-Krüger식에 의한다.
- ⑦ 거의 ±3° zone을 사용한다.
- ⑧ Ireland는 독자적인 TM투영법을 유지한다(원점 53° 30' N, 8°W인 점만 다름).
- ⑨ Airy 1830타원체를 채택한다.

최근에 OS에서 GRS80타원체 기준의 지구중심계에 의한 지도제작이 진행되고 있으며 평면좌표계의 체계는 그대로 유지하고 있다. 다시 말해서 기준계는 바꾸되 National Grid는 바꾸지 않은 형태로 변환되고 있다.

일본의 경우에는 명치시대의 근대측량 시작으로부터 1951년경 까지 1~4등 삼각점의 구성이 완료되었으며,

1등삼각보점, 2등삼각점, 3등삼각점의 조정계산에는 Gauss 등각투영 평면상에서의 계산법이 적용되었다. 이를 위하여 구 좌표계인 3개의 원점(나중에 남부원점이 추가됨)을 사용하였다. 그 위치는 다음과 같다.<sup>10,11)</sup>

- ① 동부원점 : 36°03' 34.9523" N, 139°44' 40.5020" E  
(동경 135°~동경 145°영역)
- ② 서부원점 : 36°03' 34.9523" N, 132°04' 42.9196" E  
(동경 126°~동경 135°영역)
- ③ 북부원점 : 45°N, 142°15' 17.2085" E(북해도 영역)

한편, 일본의 지적측량은 1873년부터 1894년경까지 여러 단계를 거쳐 토지대장과 읍면동에 해당하는 지적도 조제가 완결된 바 있으나, 당시에는 삼각측량이나 수준측량 성과와 연계되어 있지 않고 기술 수준이 낮고 부정확하여 현재 사용되지 않고 있다. 일본에서도 국유림관계의 측량에서는 Soldner좌표계(Cassini좌표계)가 전국적으로 70여개 사용되고 있었다. 그러나 Soldner좌표계는 대축척측량에서 필요로 하는 위치정확도를 얻기 위해 적용할 수 있는 범위가 좁아서 모든 측량작업을 하나의 좌표계로 통합하는데 불편이 따른다.<sup>8)</sup>

1951년 국토조사법의 시행과 병행하여「측량법에 의한 건설성 고시」 「국토조사법 시행령」에 새로운 평면좌표계 13개가 설정되었으며, 이 좌표계는 기본측량, 국토조사법에 의한 측량, 모든 공공측량에 적용되고 있다. 단, 국가기본도(축척 1:50,000, 축척 1:50,000지형도)의 경우에는 UTM좌표계를 사용하고 있다. 일본에서 사용되고 있는 공공좌표계의 내용은 다음과 같다.

- ① 13개의 좌표계이다(나중에 6계를 추가하여 현재에는 19계임.).
- ② Gauss-Krüger투영식을 사용한다.
- ③ 원점좌표를 (0m, 0m)로 한다(지도와 지적도 모두 적용된다.).
- ④ Bessel타원체를 채택한다.
- ⑤ 원점축척계수는 0.9999이며 ±1.5°지역의 자치단체 중심좌표계이다.
- ⑥ (x, y)좌표계를 사용한다.

독일의 기준점측량에서 Gauss-Schreiber방식에 의한 투영법이 사용된 것은 널리 알려진 사실이며, 19세기말까지 전 독일에 걸쳐 다면체도법 등에 의해 대축척지도 제작을 완성하였다. 이를 대체하기 위하여 국가좌표계로서 Gauss-Krüger투영법이 적용된 것은 1923년이었으며 Bessel타원체 기준의 3° zone 4개가 채택되었다.

독일에서 사용되고 있는 지적좌표계의 내용을 요약하면 다음과 같다.<sup>13)</sup>

- ① 4개의 좌표계로서  $\pm 1.5^\circ$  zone을 사용한다.
- ② Gauss-Krüger 투영식을 사용한다.
- ③ 원점의 위치는 적도상의  $6^\circ E, 9^\circ E, 12^\circ E, 15^\circ E$ 로 한다.
- ④ 원점축척계수는 1.0000이다.
- ⑤ (-)부호를 방지하기 위해 false Easting=500,000 m로 한다.
- ⑥ K좌표(Easting) 앞머리에는 (원점경도/3)의 수치(2, 3, 4, 5)를 붙여 좌표계를 구분한다.

소련의 경우에는 1928년에  $6^\circ$  zone의 Gauss-Krüger 투영법이 채택되었으며 이는 전세계를 포괄하는 좌표계로서 SURS(Soviet Unified Reference System)라고 하며 UTM좌표계와 유사하다. 그러나 지역구분, 원점축척계수, 타원체 등에서 차이가 있다.<sup>14)</sup>

호주의 New South Wales주에서는 LIS를 위하여 1970년대에 ISG(New South Wales Integrated Survey Grid)가 구성되었는데 이는 토지관련 기록에 대한 계산처리를 최적화할 수 있도록 LIS를 목적으로 채택한 것으로서  $3^\circ$  zone이 채택되었다. 그러나 호주의 다른 주에서는 LIS 목적으로  $6^\circ$  zone의 AMG(Australian Map Grid)를 채택하고 있다. 미국의 경우에는 주 단위로 TM 또는 Lambert 좌표계를 채택하고 있는데 각 주마다 1개씩의 단일좌표계를 필요로 한다. 그러나 Texas(경도간격  $13^\circ$ , 위도간격  $10^\circ$ )와 Alaska(경도간격  $50^\circ$ , 위도간격  $20^\circ$ )는 예외가 될 수 밖에 없다.

뉴질랜드는 필지 등록을 위하여 수많은 국부평면좌표계를 구성하고 있다. 최근에는 LIS를 위하여 국가체계의 단일좌표계로 대체하고 있으며, 국토의 지리적 특성 때문에 Oblique Mercator projection이 채택되었다. 또한, 말레이시아의 경우에도 지리적 특성으로 인하여 같은 투영법이 채택되었는데, 실용적인 적용을 위해 두 나라 모두에서는 보다 간편한 계산과 투영보정을 위하여 특수한 기법들을 고안하였다.<sup>16)</sup>

태국은 지적측량을 위하여 국부좌표계를 설정하였고 73개의 자치단체에 29개의 서로 다른 좌표계가 구성되었다. 이 좌표계에는 투영보정이 실시되지 않았으므로 Cassini-Soldner 계열에 해당되며 좌표계의 크기가 작기 때문에 보정량을 무시하고 있다. 1980년대의 측량결과에서는 기존 성과에 많은 오류가 내재되어 있고 좌표계 간 편차가 80m에 달하고 있음이 확인되었다. 따라서

이의 개선을 위하여 1983년에는 Land Titling Project를 입안하기에 이르렀고, 연구결과로부터 구 좌표계를 폐기하고 새로운 트래버스 망(기준점 망)을 구축하기 시작하였다. 새로운 투영법으로는  $6^\circ$  zone의 UTM좌표계 2개를 국가적으로 설정하였다.

## 4. 새로운 수치지도 좌표계의 설정

### 4.1 투영좌표계의 설정

우리나라에서 새로운 평면좌표계를 구축하기 위해서는 투영법, 적용범위, 투영원점에 대해서 검토되어야 한다.

먼저 투영법을 고려한다면 측량과 지도제작에서 전세계적으로 사용되고 있는 대표적인 투영법으로는 평사투영(Stereographic projection), Lambert투영(Lambert projection), 원통투영(Mercator projection)이 있다.

일반적으로 동서방향이 길고 남북방향이 좁은 국가에서는 Lambert원추투영법(Lambert Conical projection)이 적합하며, 반대로 동서방향이 좁고 남북방향이 긴 국가에서는 횡원통투영(Transverse Mercator projection)이 적합하다. 또한 원형인 좁은 국가에서는 평사투영이 적합한 것으로 알려지고 있다.<sup>14,17,20)</sup>

캐나다의 New Brunswick주의 경우에는 통합측량/토지정보시스템(integrated surveys/land information system)을 위해 평사투영법이 채용되었으나 TM투영과 수 mm이내의 차이밖에 없기 때문에 실제로는 TM투영법이 우선되고 있다. 미국의 경우에는 동서로 긴 주에서만 Lambert투영이 채택되고 있고 대부분의 주에서는 TM투영법을 채택하고 있다. 전세계적으로도 85%이상의 육지지역에 TM투영법을 사용하고 있다는 통계수치에서 보더라도 TM투영법의 활용이 보편화되어 있음을 알 수 있다. 일본의 경우처럼 동서로 긴 국가의 경우에도 TM투영이 채택되고 있음은 주지의 사실이다.

세계적인 흐름은 별도로 생각한다고 할지라도 한반도는 남북으로 길고 동서가 좁은 형태이므로 TM투영법이 적합하며, 남한지역만을 고려할 때 평사투영이 적용될 수 있으나 캐나다의 경우에서 보더라도 TM투영법을 사용하는 것이 합리적임을 알 수 있다.

다음으로 적용범위를 고려해 보면, 외국의 사례에서 알 수 있듯이 현재 GIS/LIS 등의 정보화에 대응하여 각 국에서는 나라마다의 단일좌표계를 채택하는 경향을

보여주고 있다. 영국의 경우에는 1939년부터 단일좌표계를 채택하였고, 최근에는 뉴질랜드와 말레이시아가 사측원통투영을 사용한 단일좌표계를 채택하였다.

미국의 경우에는 각 주별로 단일체계의 설정을 원칙으로 하되 넓은 주의 경우에는 둘 이상의 좌표계를 채택한 바 있다. 국내의 경우에는 현재 3개의 TM좌표계 및 2개의 UTM좌표계를 채택하고 있기 때문에 불편함이 내재되어 있다. 영국의 경우에는 단일좌표계로서 6° Zone이 채택되어 오고 있으며 호주와 이태리에서도 역시 6° Zone을 사용하고 있고 최근 태국의 경우에는 2개의 6° Zone을 채용한바 있다. 전세계적으로 가장 널리 사용하고 있는 UTM좌표계와 SURS좌표계 역시 6° Zone이 채택되고 있다.

또한 하나의 좌표계에서 적용지역(Zone)을 본다면 정보화 사회에서 가능한 한 넓게 활용하려는 경향을 보이고 있는데 이는 수치지도 등에 있어서는 종래의 축척계수를 고려하여 활용하기가 용이하기 때문에 축척계수의 중요성이 반감된데 기인하고 있다. 따라서 정보화 사회에 부응하기 위해서는 단일좌표계에 의한 6° Zone의 채택을 고려할 수 있으며 이에 적합한 원점축척계수도 0.9996까지 채택될 수 있을 것이다.

투영원점의 위치에 있어서는 영국, 일본, 한국 등 대부분의 국가에서는 적합한 지역원점을 채택하고 있으나 UTM과 SURS, 그리고 독일의 경우에는 적도상에 원점을 설정하고 있다. 이는 그 나라마다의 특성을 고려한 것으로 보여진다.

투영보정의 방향보정과 선축척계수보정(거리보정) 중에서 실용적으로 중요한 것은 거리보정이며, 이는 6° zone, 3° zone, 2° zone을 선택함에 따라 크게 변화한다. 표 5는 TM투영에서 원점축척계수가 1.0000인 경우에 중앙자오선으로부터의 거리가 멀어짐에 따라 변화하는 크기를 보여주고 있으며 표 6은 6° zone에 대한 변화를 보여준다.

표 5. TM투영의 보정량( $m_0=1.0000$ )

중앙자오선 으로부터의 거리	거리보정량 (1 km거리)	방향보정량 남북방향축선 (1 km거리)
10 km	1 mm	0.03"
50 km	3 cm	0.1"
100 km	10 cm	0.3"
200 km	30 cm	0.5"

표 6. UTM투영의 거리보정량( $m_0=0.9996$ )

중앙자오선 으로부터의 거리	거리보정량 (1 km 거리)
10 km	-0.4 m
100 km	-0.3 m
180 km	0.0 m
200 km	+0.1 m
250 km	+0.4 m
270 km	+0.5 m

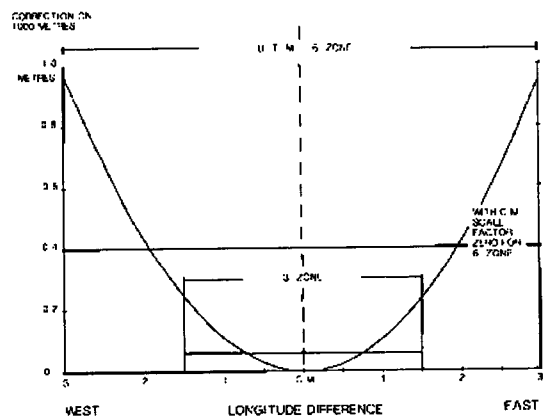


그림 1. TM투영에서의 축척(거리) 보정량

그림 1에서는 6° zone, 3° zone, 2° zone 각각에 대한 축척계수와 1 km당 오차의 크기를 비교한 것이다. 원점축척계수를 1로 하게 되면 중앙자오선으로부터의 거리가 멀어질수록 오차가 커짐으로 할 평면(secant plane)을 설정함으로써 보정량의 크기를 줄일수 있다. 6° zone의 경우 1/1000로서 3° zone의 1/4000보다 4배나 큰 보정량을 갖게 되므로 중앙자오선에 대한 원점축척계수(central scale factor)를 고려하여 그 크기를 감소시킬 수 있다. 이 경우에는 물론 최대보정량은 모서리 부근에서 발생된다.

UTM의 경우에는 원점축척계수를 0.9996으로 하여 중앙자오선으로부터 약 180 km 떨어진 지점의 보정량이 0이 되도록 하고 있다. 한편 우리나라의 경우에는 원점축척계수가 1.0000인 2° zone이 채택되어 있다.

이상을 고려해 본다면 한반도 전역을 포괄하고자하는 경우에는 6° zone이 적합하므로 원점축척계수를 0.9996으로 해야 함을 알수 있다. 또한 수치지도 등과 같이 종래의 종이지도와 다른 형태의 좌표 또는 수치(거리 등)를 사용한다면 적절한 보정식 또는 계산식에 의해 처리될 수 있다.



#### 4.2 새로운 수치지도 좌표계의 제안

외국의 좌표계 분석과 투영좌표계의 검토를 통하여 우리나라의 좌표계가 안고 있는 구조적인 문제점을 해결할수 있고 21세기 정보화 사회에 대비할수 있는 새로운 평면좌표계는 다음과 같이 요약될수 있다.

(1) 타원체의 채택 : GRS80타원체로 하며 기준계는 KTRF(Korean Terrestrial Reference Frame)로 한다.

(2) 투영법의 채택 : TM투영법을 채택하고 원점축척계수는 0.9996으로 하여 한반도 전역이 포괄될 수 있도록 한다. 다만, 중앙자오선으로 부터 경도  $\pm 3^\circ$ 를 벗어나는 신의주, 선봉, 울릉도의 일부 지역도 모두 포함하도록 한다.

(3) 투영원점의 선택 : 경도  $127^\circ 30'$ 을 중앙자오선으로 하고 적도(위도  $0^\circ$ )와 만나는 점을 투영정점으로 하는 단일 투영좌표계로 한다. 이는 51.75 zone에 해당하는 변형된 UTM이 된다.

(4) 좌표계 설정 : 북방향을 N, 동방향을 E축으로 하고 투영정점에 대한 기상의 평면좌표는 북방향(false Northing)은 +0.000 m, 동방향(false Easting)은 동방향은 +500,000.000m로 한다.

(5) 수평위치 기준계의 정의 : GRS80타원체면을 기준으로 하며 경위도좌표 또는 평면좌표에 대한 이동, 회전, 축척을 결정하여 사용한다.

(6) 높이위치 기준면의 정의 : 높이위치의 기준은 지오이드로 한다. 실용적인 이용을 위해서 평균해면을 기준으로 하는 체계를 유지해야 하므로 수준원점에서의 평균해면과 타원체면의 차이인 지오이드고를 보다 엄밀하게 결정할 필요가 있다.

#### 4.3 활용 및 고찰

지도좌표계의 변경을 위해 단일좌표계가 채용된다면 기존의 좌표계와 새로운 좌표계간의 변환요소를 결정해야 하는데 그 변환정확도가 어느 정도로 확보될수 있는지의 여부가 관건이 된다.

축척 1/50,000, 축척 1/25,000, 축척 1/10,000, 축척 1/5,000 국가기본도를 새로운 좌표계로 변경하기 위해서는 도상 0.5 mm에 상당하는 2.5 m정확도(90%오차 4 m)가 확보될 수 있는 변환요소가 결정되어야만 한다. 그러나 최근의 연구결과에 의하면 우리나라 측지계 변환요소는 전국적으로 축척 1/25,000, 축척 1/50,000 지형도의 변환이 가능한 것으로 보고되고 있으며 보다 개

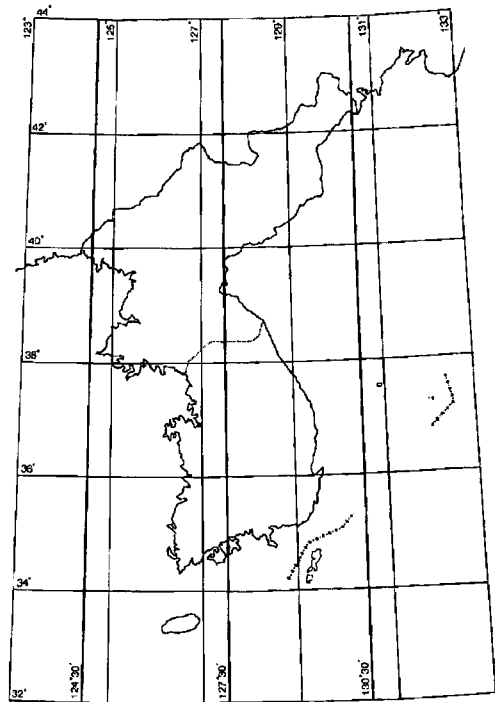


그림 2. 제안된 수치지도좌표계(단일좌표계)

선된다면, 축척 1/10,000 지형도 수준의 변환이 가능할 것으로 예상되고 있다. 이는 구조적으로 안고 있는 기준점의 절대정확도 한계에 기인하고 있다.

만일 현재의 시점에서 단일좌표계를 채택하고자 한다면 수치지도의 정확도 등이 면밀하게 검토되어야 하며 우선은 국가기본도인 수치지도에만 제한적으로 적용되어야 할 것이다. 따라서 좌표계의 변환정확도만을 고려한다면 현재 축척 1/5,000 지형도를 수치화한 수치지도는 축척 1/10,000의 정보수준이 유지되도록 재편집하면서 새로운 좌표계로 변경하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 이렇게 된다면 축척 1/10,000 정보수준의 GIS용 기본데이터 베이스를 새로운 좌표체계에서 활용할 수 있을 것이다.

또한 새로운 도곽체계는 경위도에 의한 구분을 따르되 한 도엽의 크기를 정사각형에 가깝도록 구획하여 종전의 체계와 구분되면서 화면출력에 적합하도록 하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 예로서 축척 1/50,000의 경우 경위도  $15' \times 15'$ 의 도엽을 경도  $15' \times$  위도  $10'$ 으로 변경하는 방안이 검토될 수 있다.

자원 및 환경관리 또는 센서스 통계분석을 위한 중축척 GIS/LIS좌표계에서는 국가기본도좌표계의 경우와

거의 동일한 문제점과 대책이 필요할 것으로 예상된다. 그러나 단일 평면좌표계를 사용하게 된다면 평면격자를 사용할 수 있으므로 경위도 격자가 불필요하므로 공간데이터의 처리와 공간분석에서 매우 효과적이며, 경위도 격자방식에서는 격자의 크기가 위도에 따라 변화하는 단점이 있으므로 격자의 크기가 일정한 단일 평면직각좌표계가 더 효과적일 것으로 예상된다. 반면에 소축척 지도를 대상으로는 GIS좌표계에서는 경위도에 의한 별도의 투영좌표계(예를 들면 등적투영법)를 활용할 수도 있다.

축척 1/1,000의 현황도와 같은 대축척 지도일 경우에는 구조적인 문제점으로 인하여 전국규모의 변환식을 구할 수 없기 때문에 변경에 한계가 있으며, 새로운 기준점측량이 수반되어야 하므로 결과적으로 거의 재측량 또는 재제작의 형태를 취할 수 밖에 없다.

그러므로 공공현황도와 지적도 좌표계의 변경은 국가기준점의 정비가 완료되어 지구중심계 좌표가 고시되는 단계에서 재검토할 수 있다. 그 시점은 국가3차원 기준점의 성과가 산정되고 표식기준점의 실용성 성과를 지구중심계 성과로 변경하는 단계에서 가능할 것으로 보여진다. 그러나 국가기본망이 구축되어 지구중심계 성과가 확보되어 있다면 국가기준점의 정비가 완료되지 않은 지역이라고 할지라도 해당지역의 기준점측량을 실시하고 변환요소를 결정하여 변환할 수 있다.

대축척 지도(또는 지적도)를 대상으로 하는 시설물관리(지하매설물 관리)또는 필지중심의 토지관리(PBLIS; Parcel-Based LIS)에서는 공공 및 지적좌표계의 경우와 동일할 것으로 예상된다. 다만 다원점좌표계를 사용하는 것 보다는 정보화에 적합한 단일좌표계가 유리할 것으로 판단된다.

따라서 현재 NGIS사업의 일환으로 추진되고 있는 축척 1/1,000 지형도와 지하시설물도 등의 FM구축사업도 현행의 방식을 유지할 수 밖에 없으며 현재의 대축척 수치지도에서는 대안으로서 경위도좌표를 저장하고 출력하는 단기적인 대책을 검토하는 것이 바람직할 것이다.

## 5. 결 론

새로운 지도좌표계의 설정은 지구중심좌표계의 도입과 새로운 기준점체계의 구축과의 일관된 정책을 필요로

하며, 수치지도와 GPS, GIS/LIS 등의 정보화사회의 정보인프라에서 골격이 된다는 점에서 대단히 중요하다. 본 연구에서 기존 지도좌표계를 분석하고 10.405"에 대한 특성과 해법을 제시하고 외국의 사례를 토대로 새로운 수치지도 좌표계의 설정안을 제시하였다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 현재의 지도좌표계는 수치지도나 GIS/LIS와 GPS를 적극적으로 활용하는데 한계가 있으며 지도제작에서 불편이 따르므로 정보화 시대에 적합한 단일좌표계의 도입을 검토해야 한다.

(2) 10.405"에 대한 적용특성을 분석한 결과, 실용성과 및 투영원점의 수치 모두에서 고려하거나 또는 모두 고려치 않은 방법이 지도제작 분야에서 활용하는데 합당함을 알 수 있다. 따라서 1910년대의 평면좌표가 유지되도록 경위도를 취급해야 한다.

(3) 새로운 수치지도 좌표계는 GRS80타원체 기준의 TM투영법에 의한 단일좌표계로서 경도 127°30'을 중앙자오선으로 하고 적도와 만나는 점을 원점으로 하며, 원점좌표는 N=0m, E=500,000 m로 하되 원점축척계수는 0.9996으로 하는 한반도 전역을 포괄하는 단일좌표계가 제시되었다.

(4) 새로운 수치지도좌표계의 도입은 변경과정에서 제작상의 오류수정과 각 기관별로 제작된 지도를 통일하는데 기여할 수 있고 활용면에서 지대한 비용절감의 효과가 기대된다.

(5) 기존지도의 변환은 국가기준점의 구조적인 정확도의 한계 때문에 단계적으로 이루어져야 하며, 국가기본도의 변환은 제한적으로 지구중심좌표계로의 변경이 가능할 것으로 예상되나 대축척지도의 변환은 지구중심좌표계가 구현되는 시점에서 가능할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 연구는 국립지리원의 GIS연구사업의 일환으로 한국측지학회에서 수행한 것으로서 관계자 여러분의 도움과 지원에 대하여 사의를 표합니다.

## 참고문헌

1. 김용일, 이창노, "수치지도좌표체계의 최적화 방안에 관한 연구", 한국지형공간정보학회 논문집, 3(1), 1995, 37-44.
2. 이영진, 조규전, 김원익, "한국측지좌표체계의 재정립에 대

- 한 연구”, 한국측지학회지, 14(2), 1996, 141~150.
3. 이영진, “국가좌표계의 정립과 GPS활용”, 21세기 측량 정보산업발전방향 Workshop, 1997년 10월, 건설교통부 국립지리원.
  4. 이영진, “수치지도 좌표체계”, 고품질 수치지도 제작및 관리를 위한 세미나, 1998년 3월/8월, 한국측지학회 · 국립지리원.
  5. 이영진, “한국측지좌표계와 지구중심좌표계의 재정립에 관한 연구(I),(II)”, 1996~7, 국립지리원.
  6. 이영진, “수치지도 좌표계에 관한 연구”, 국립지리원, 1998.
  7. 최재화, “우리나라 평면직각좌표에 관한 연구”, 한국측지학회, 1(2), 1983, 42~59.
  8. 武田通治, “測量學概論”, 山海堂, 1968.
  9. 陸地測量部, “測地便覽”, 1939, 陸地測量部.
  10. 日本測量協會, “測量の數學的 基礎”, 1981, 日本測量協會.
  11. 日本測量協會, “測地測量1”, 1988, 日本測量協會.
  12. 朝鮮總督府, “朝鮮土地事業報告書”, 1918, 臨時土地調查局.
  13. Kahmen, H. and W. Faig, “Surveying”, Walter de Gruyter, 1988.
  14. Maling, D. H., “Coordinate Systems and Map Projections (2nd ed.)”, 1992, Pergamon.
  15. Ordnance Survey, “The Ellipsoid and the Transverse Mercator Projection”, Geodetic Information Paper No. 1, 1996. OS.
  16. Ordnance Survey, personal communication.
  17. Pearson II, F., “Map Projections : theory and applications”, 1990, CRC.
  18. Peter Angus-Leppan and Pamela Angus-Leppan, “Coordinate Systems for LIS”, proc. of a conference on land information management, Sydney-Australia, 1991, UNSW.
  19. Simth, J. R., “Introduction to Geodesy”, 1997, Wiley.
  20. Snyder, J. P., “Map Projections Used by the U. S. Geological Survey”, USGS Bulletin 1532, 1984, U. S. Government Printing Office.