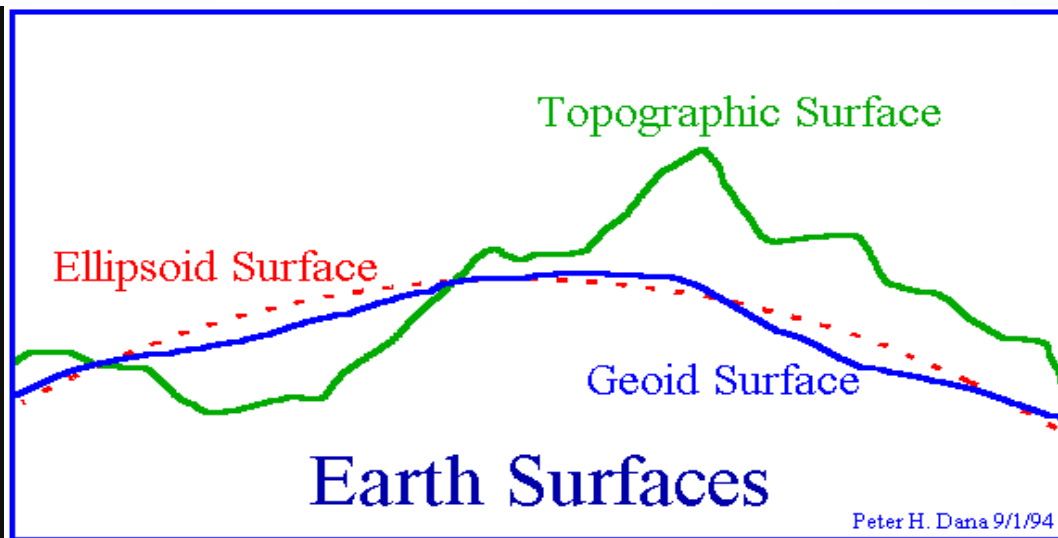


3. 지도투영과 좌표계

지구형상의 표현

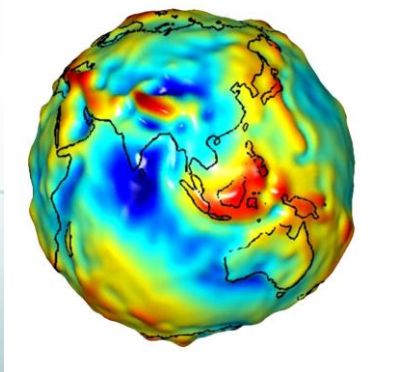
- 물리적 지표면
- 지구는 반경이 약 6357km~6378km 이며, 표면 중에 약 72%가 바다이고 약 28%가 육지인 타원체
- 형상이 매우 복잡하고 불규칙적이어서 수학적 해석이 곤란하다
지구의 단순화 표현 필요



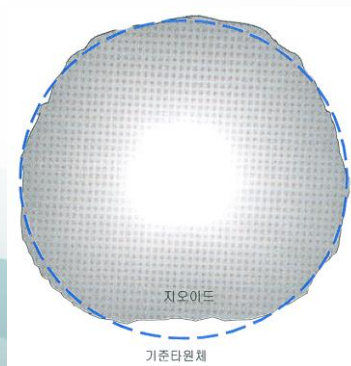
3. 지도투영과 좌표계

지구형상의 표현

- 지오이드
- 지구표면을 실제로 나타내기는 매우 어렵고 지구타원체를 이용한 방법은 지표면의 요철을 전혀 나타낼 수 없다는 단점이 있어서 **지표면보다는 단순하면서 지구타원체보다는 지구에 가깝게 지구의 모양을 나타낸 것**
- 지오이드는 지표면의 70%를 차지하는 해수면의 평균을 육지까지 연장한 것
- 어디에서나 중력방향에 연직인 등포텐셜면으로써 해발고도의 기준면이 된다
- 국제 기준 지구타원체와는 높이차이로 표시되며 최대 100m 정도의 차이를 가진다



지오이드

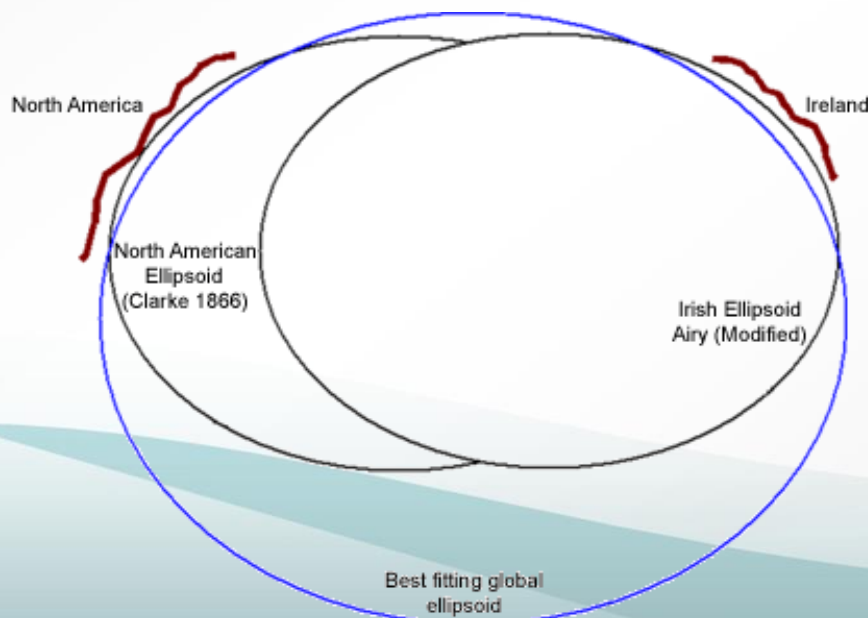


지오이드와 기준타원체

3. 지도투영과 좌표계

지구형상의 표현

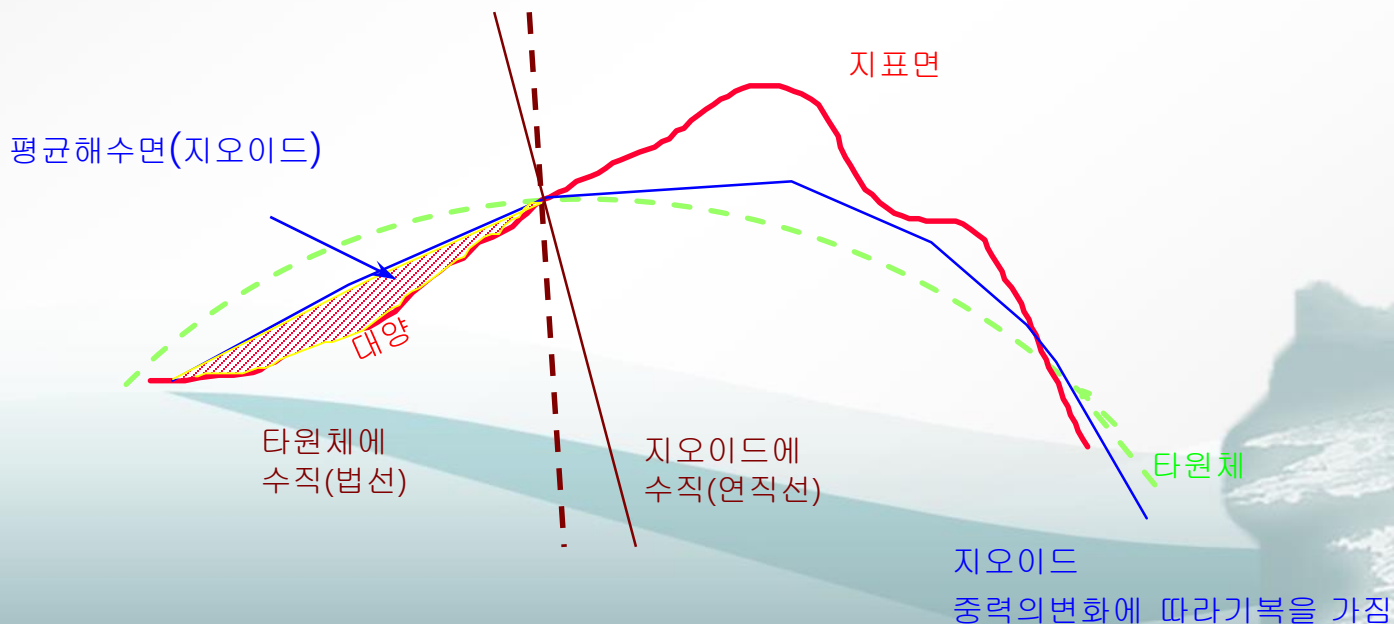
- 지구타원체
- 지역에 따라 지오이드 면에 가장 적합한 타원체를 수학적으로 결정할 수 있는데 이를 지구타원체 혹은 기준타원체라 함
- 지오이드 대신에 기준면으로 사용하여 지표면 위의 모든 점의 위치를 기준타원체에 의해서 결정할 수 있음



3. 지도투영과 좌표계

지구형상의 표현

- 지표면 : 지구를 덮고 있는 실제 지형의 모양
- 지오이드
 - 평균해수면을 육지까지 연장했을 때 지구를 덮고 있는 평균해수면
 - 해양 대륙의 복잡한 지형과 지각 내부구조 때문에 복잡한 모양을 나타냄
 - 어디에서나 중력방향의 수직임
- 지구타원체
 - 지구의 모양에 잘 맞게 표현한 수학적인 타원체



3. 지도투영과 좌표계

지구타원체

- 지구는 완전한 구가 아니라 적도반지름이 극반지름보다 약간 긴 일그러진 타원체
- 적도반경과 편평률로 정의되는 타원체 모양의 가상의 지구
- 지오이드는 너무 복잡하여 그대로는 지구의 모습을 표현기에 어려움이 많으므로 지오이드와 가장 근사한 지구타원체를 이용
- 국가마다 서로 다른 지구타원체를 사용하다가 세계측지계로 통일화됨
- 우리나라도 기존 Bessel에서 2007년 1월1일부터 GRS80 으로 전환

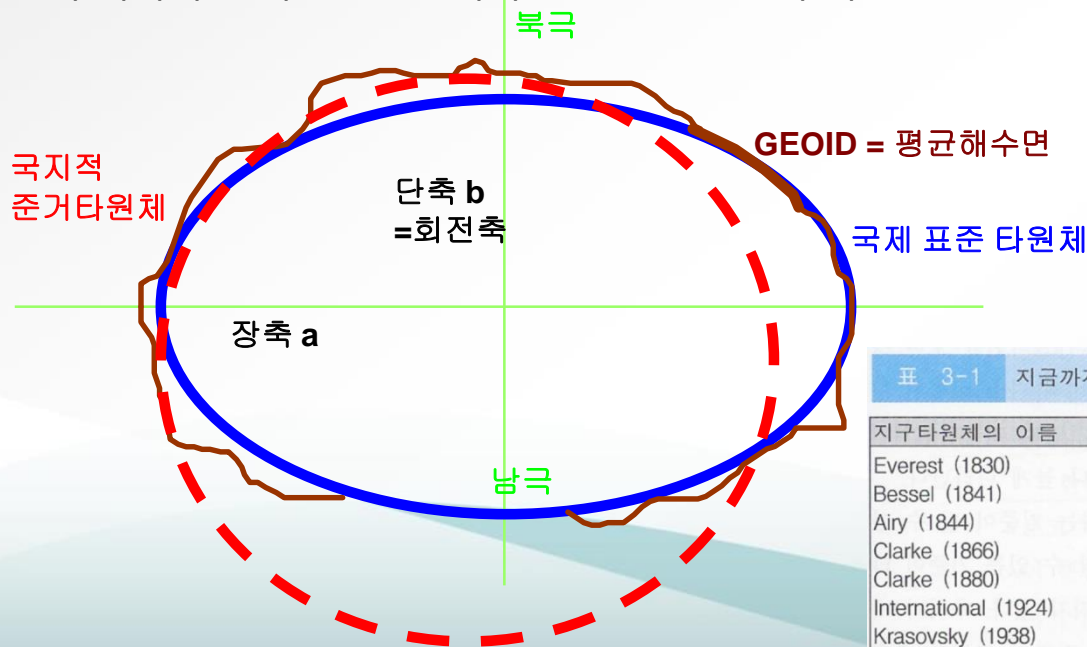


표 3-1 지금까지 사용되어온 지구타원체와 그 편평률

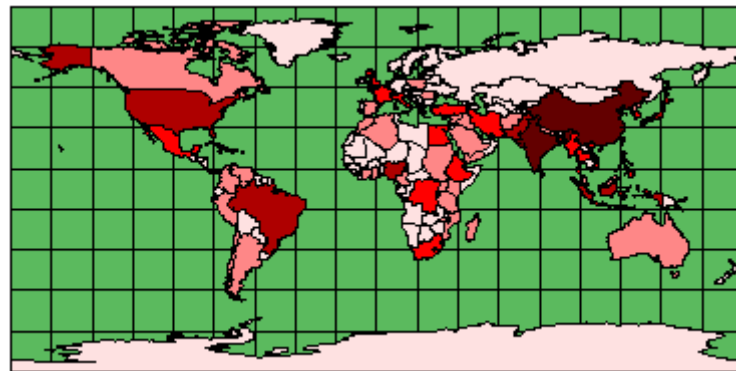
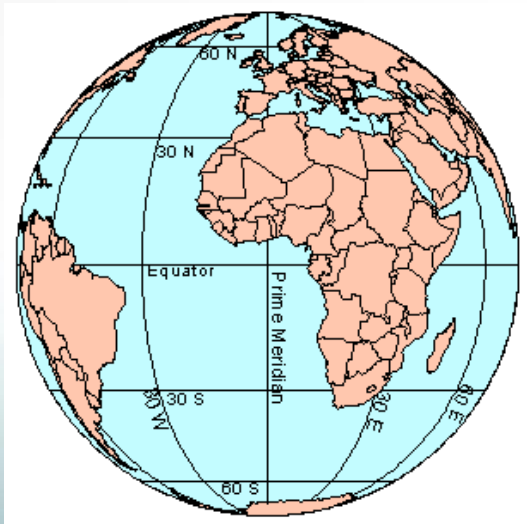
지구타원체의 이름	적도 반경(km)	편평률: $(a-b)/a$	사용국가들
Everest (1830)	6377.276	1/301	인도
Bessel (1841)	6377.397	1/299	일본, 독일, 한국
Airy (1844)	6377.563	1/299	영국
Clarke (1866)	6378.206	1/295	북아메리카
Clarke (1880)	6378.249	1/293	프랑스, 남아프리카
International (1924)	6378.388	1/297	국제적으로 채택
Krasovsky (1938)	6378.245	1/298	러시아
GRS80 (1980)	6378.135	1/298	국제적으로 채택하기로 결정
WGS84	6378.137	1/298	세계적으로 사용

출처: Cambell, J. (1991), Introductory Cartography(2nd ed.), p.13.

3. 지도투영과 좌표계

지도투영

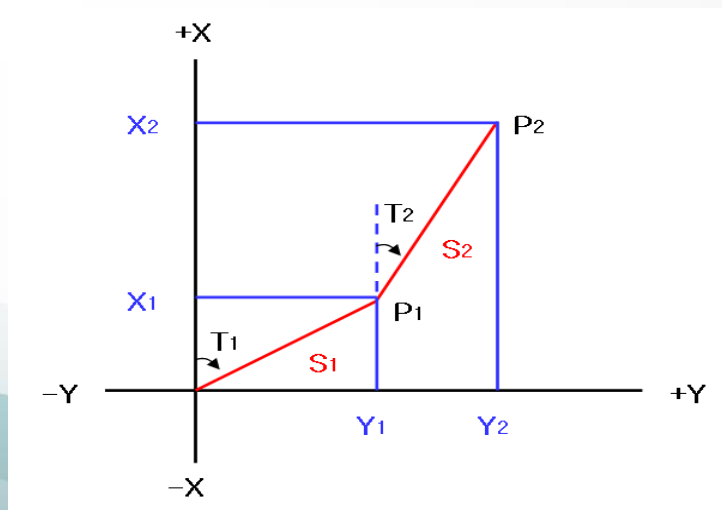
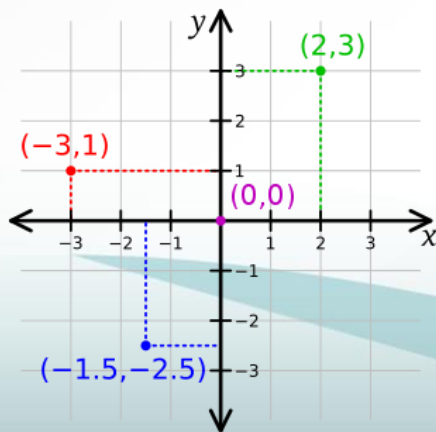
- 3차원의 지구표면을 2차원의 지도로 옮기는 것을 말한다.
- 경위도 혹은 3차원 직각좌표 → X Y 평면 직각좌표
- 지도의 특질에 따른 분류
 - 정거도법 : 투영면 상의 거리가 일정한 도법, 기본 지형도
 - 정적도법 : 투영면 상의 면적이 일정한 도법, 인구밀도도
 - 정각도법 : 투영면상의 방위각이 일정한 도법, 항해도
 - 위의 세가지를 동시에 만족시킬 수 있는 도법은 없으며 따라서 도법에 따라 길이의 뒤틀림, 각도의 뒤틀림, 면적의 뒤틀림 같은 왜곡이 발생할 수 밖에 없다.



3. 지도투영과 좌표계

2차원 평면직각좌표계

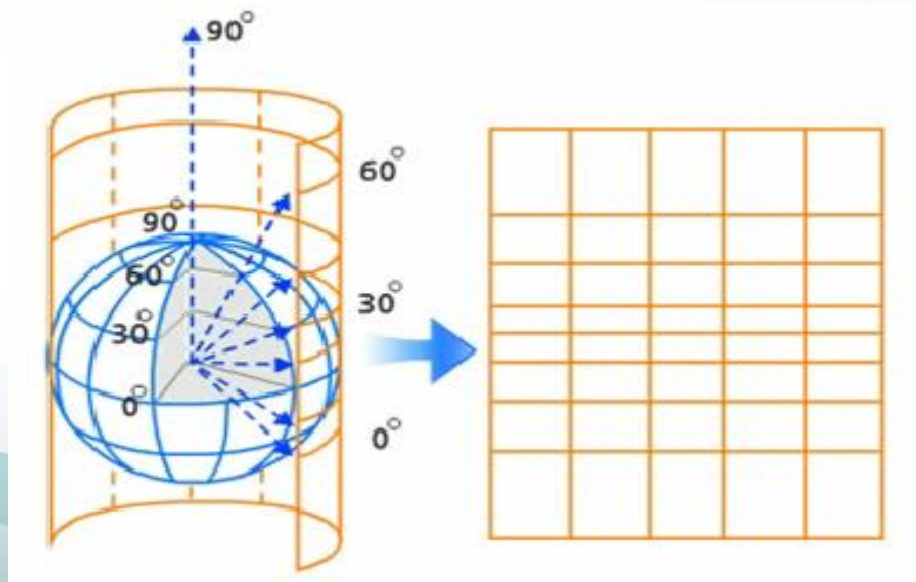
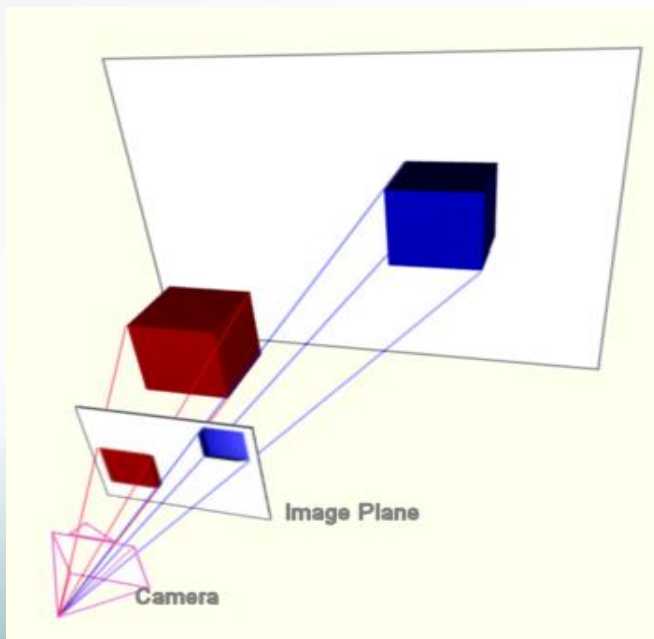
- 2차원평면직각좌표
- 직교 좌표계(直交 座標系, Rectangular coordinate system), 혹은 좌표평면은 이를 발명한 프랑스의 수학자 데카르트의 이름을 따 **데카르트 좌표계** 혹은 **Cartesian 좌표계**라고도 부른다. 가장 흔한 2차원 혹은 3차원의 경우, 직교 좌표를 통상적으로 라틴 문자 x, y, z 로 적는다. 4차원인 경우, w 나 (물리학에서 시공간을 다루는 경우) t 를 쓴다.
- 직각좌표(plane rectangular coordinates)
- 지표면을 평면으로 표시하는 협소한 지역에서는 간단한 수학적 표현으로 매우 편리하게 사용
- 원점: 투영의 원점



3. 지도투영과 좌표계

지도투영

- 지도투영
- 3차원 지구를 2차원의 지도로 만들기 위하여 축척을 바꾸고 형태를 변환시키는 과정을 지도투영이라고 한다
- 평평한 2차원의 종이에 지구를 표현하는 경우는 지도를 다루기는 쉬우나 제작 시 축척을 변화시킬 뿐 아니라 타원체를 평평한 형태로 변환시키는 작업을 필요로 하며 이를 투영이라 한다
- 지구(타원체면) 위에 있는 모든 점들의 위치에 대하여 비틀림 현상을 최소화하여 곡면을 평면으로 옮기는 방법



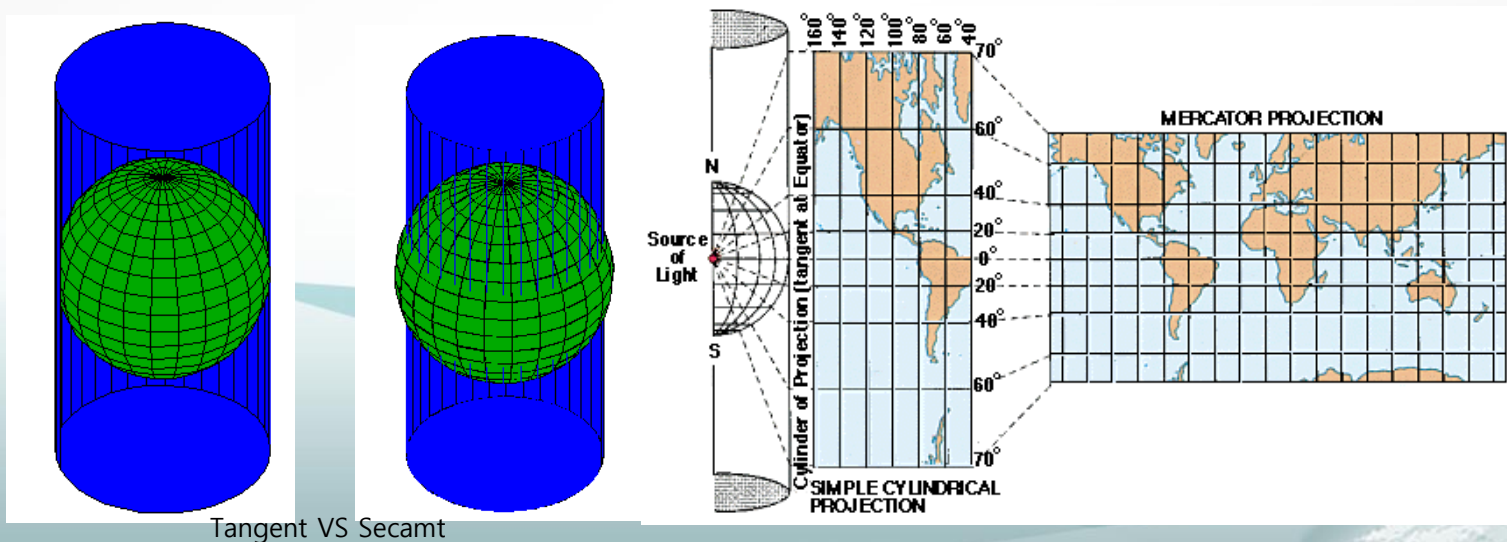
3. 지도투영과 좌표계

지도투영

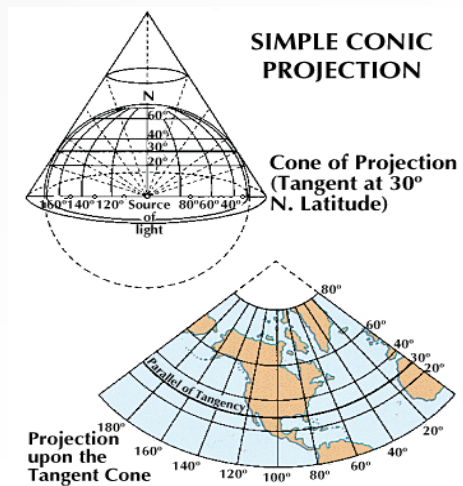
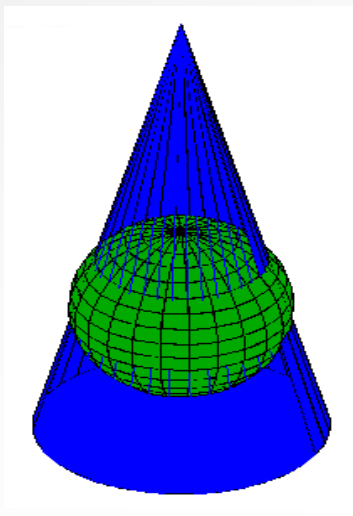
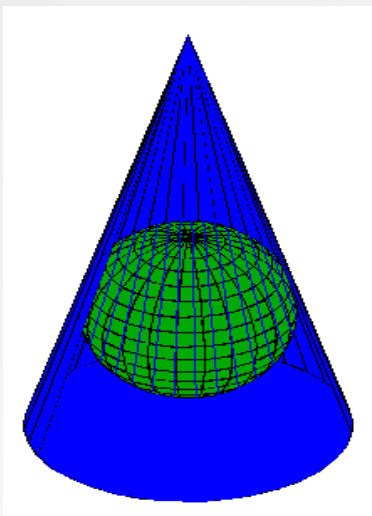
1. 지도의 투영면에 따른 분류

가. 원통투영

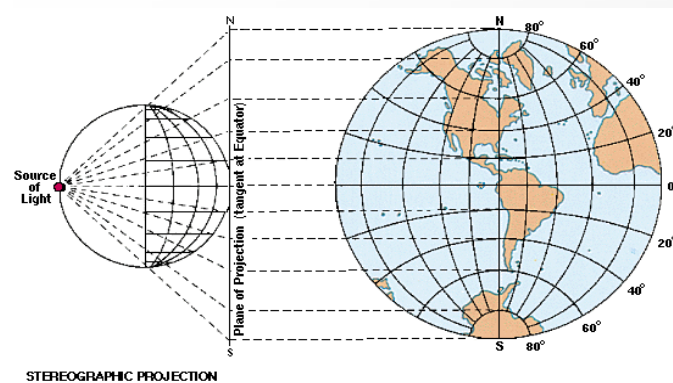
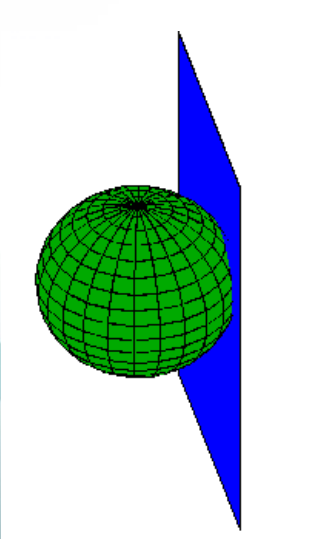
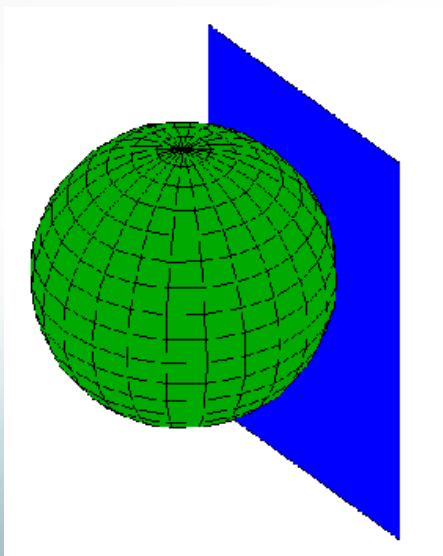
- 메르카토도법 (Mercator Projection)
 - 네덜란드 지도학자 메르카토에 의해 고안된 정각도법
 - 항해도로 많이 사용되며 경선과 위선이 직각
 - 접선부분(적도)에서 왜곡이 적고 극지방에서 왜곡이 심함
- 횡축메르카토도법(transverse Mercator Projection)
 - 원통을 90도 회전하여 투영하는 도법
 - 우리나라와 같이 남북으로 긴나라에 적합한 도법



나. 원뿔투영



다. 평면투영



3. 지도투영과 좌표계

좌표계

1. 삼차원좌표계

가. 경위도 좌표계

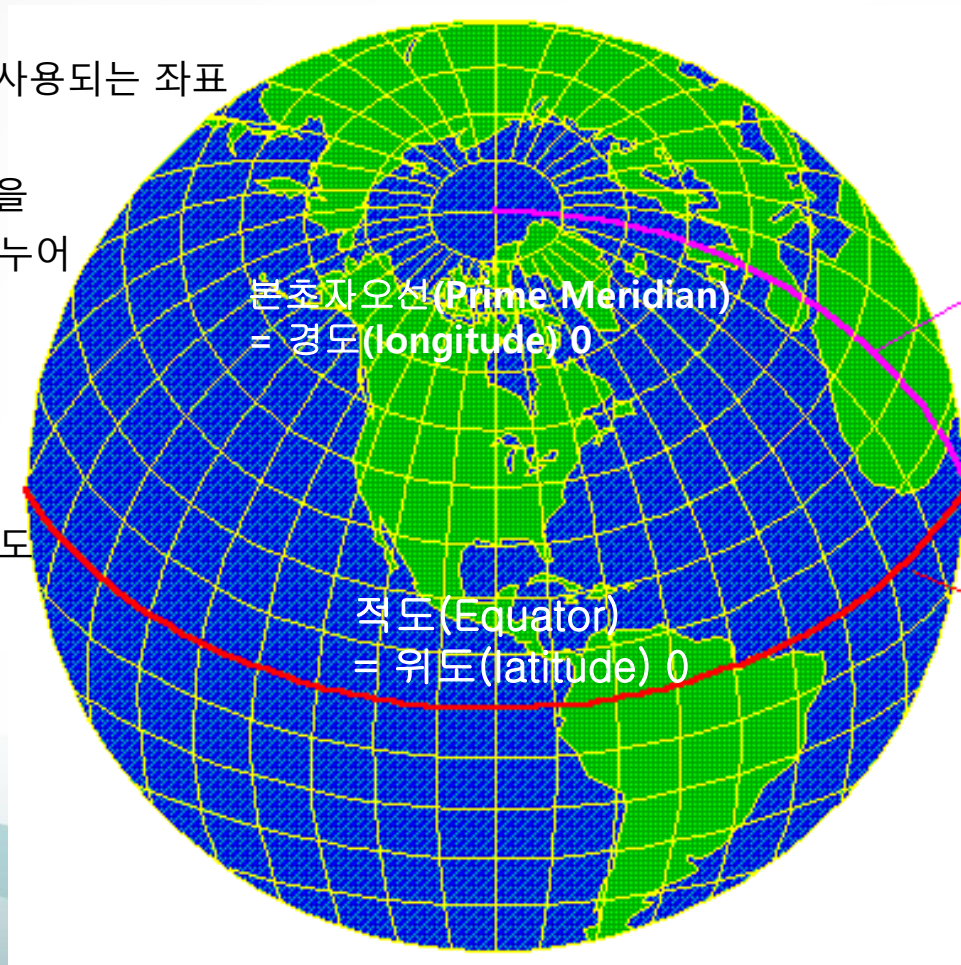
지구의 절대위치를 나타내는데 가장 많이 사용되는 좌표

남북방향의 경선과 동서방향의 위선

- 경도 : 본초자오선(영국 그리니치 천문대)을
기준으로 동서로 각각 180도로 나누어
동경, 서경으로 표현

- 위도 : 적도를 기준으로 남북으로 90도로
나누어 남위, 북위로 표현

GPS로 부터 받아지는 신호는 WGS84 경위도
좌표



3. 지도투영과 좌표계

좌표계

2. 평면 직각좌표계

평면직각좌표계는 측량범위가 넓지 않은 곳에서 일반측량을 위해 주로 사용되는 좌표계

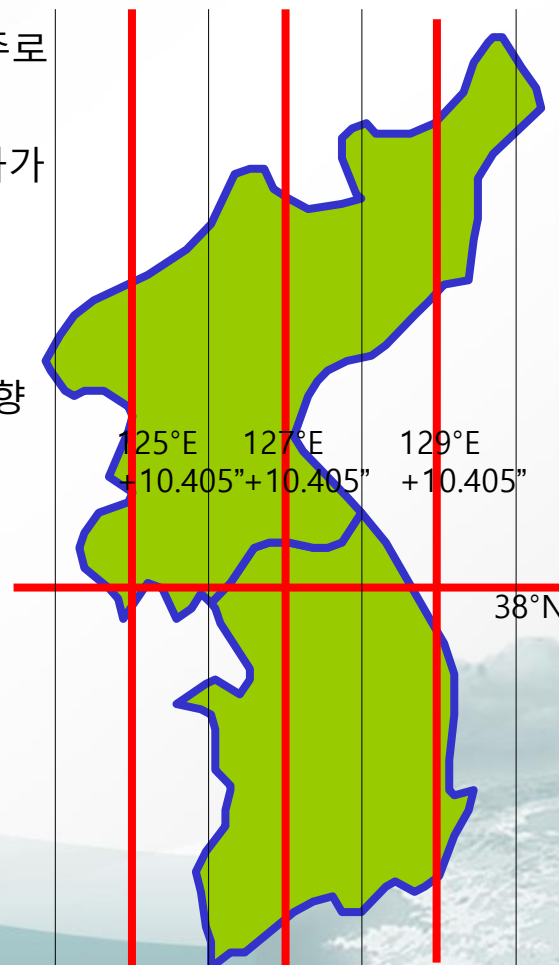
3차원 좌표를 투영법에 따라 투영하여 평면으로 만든 만큼 투영오차가 발생하지만, 넓지 않은 범위에서는 오차가 크지 않다.

우리나라의 좌표계

우리나라, 영국, 칠레와 같은 나라는 남북방향으로 길기 때문에 남북방향으로 투영오차가 작고 동서방향으로 투영오차가 큰 TM 투영법을 채택

TM 투영법 횡단원통등각투영법

데이텀	도쿄
구역	동경과 서경방향으로 1도씩
선증대율 (scale factor)	1
투영원점	서부(125도 10.405초E, 38도N) 중부(127도 10.405초E, 38도N) 동부(129도 10.405초E, 38도N)
가상원점	N 500,000m(X) E 200,000m(Y)



3. 지도투영과 좌표계

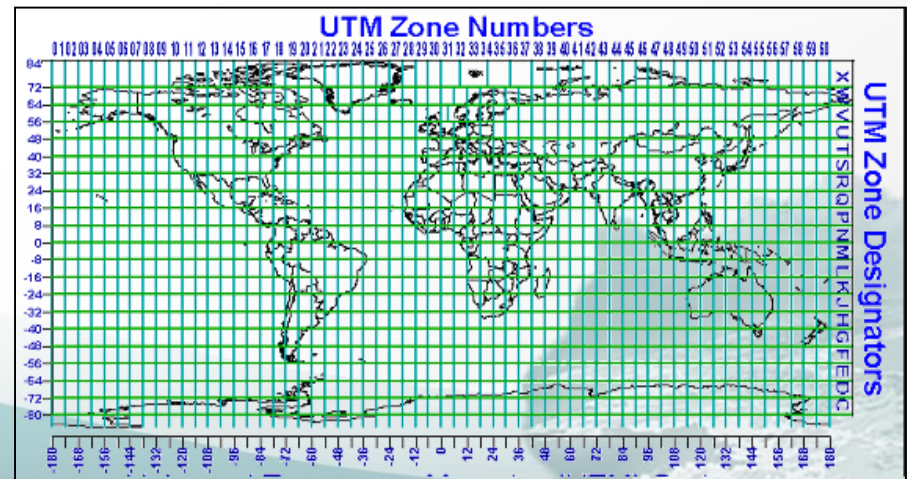
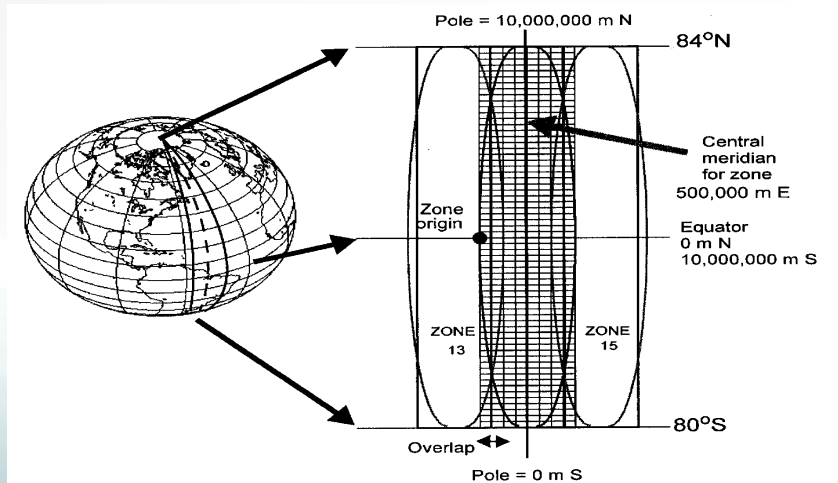
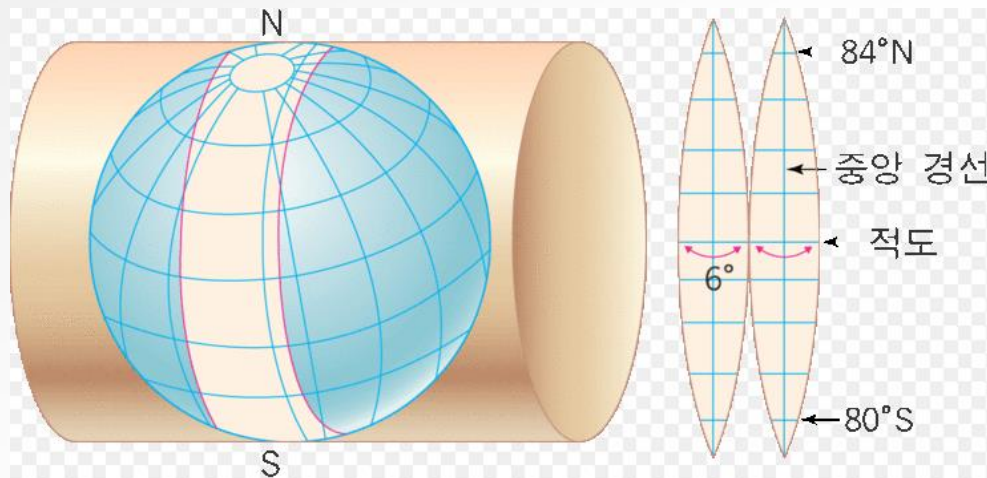


UTM투영

- UTM투영(Universal Transverse Mercator)
- 근본적으로 TM과 동일(각국마다 고유 타원체 적용). 적용지역의 중앙자오선 축척(mo)= 0.9996으로 통일
- 세계 2차 대전 중 연합군에 의해 각국의 지도통일 필요성 제기
- NATO(북대서양 조약기구)에서 가우스-크뤼거 투영법으로 작성할 것을 결정(1950년대 초)하여 UTM으로 명칭
- 초기에는 군사적 목적으로 제작되었으나 최근에는 전세계적인 대축척 지도의 제작에 활용됨
- 지구전체를 경도 6°간격으로 분할: 60개 column, 180°W 자오선에서 동쪽으로 1-60 번호부여
- 남위80°에서 북위 80°까지 8°간격으로 분할
- 결국, 한 구역의 크기= 경도 6°× 위도 8°(군사적인 목적에 의해 정규격자가 아닌 지역도 존재)
- 경도의 원점은 그 구역의 중앙경선(자오선)이고, 위도의 원점은 적도상 각 좌표를 "+"로 나타내기 위하여 Y좌표(횡방향)에 500,000m를 가산하고, X좌표(종방향)의 남반구에서 10,000,000m를 가산(북반구는 가산 안한다)
- 대한민국
 - 51 Zone(120° - 126°E) 중앙경선(중앙자오선) 123°E
 - 52 Zone(126° - 132°E) 중앙경선 129°E

3. 지도투영과 좌표계

UTM 투영



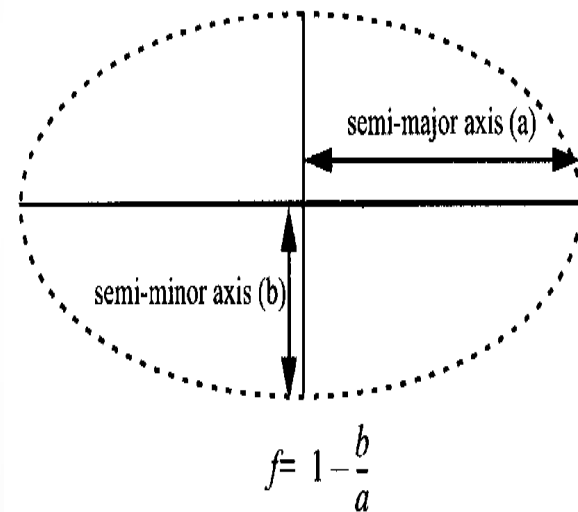
출처: getting started with GIS

3. 지도투영과 좌표계

대한민국 좌표계

- 대한민국 기준타원체
- GRS80
장반경 $a = 6,378,137.00000$ m, 단반경 $b = 6,356,752.31414$ m,
편평률 $f = 0.003352810681225$,
축척계수 $b / a = 0.996647189318816$

- 대한민국 투영법
- 명칭 : UTM-K(한국형 UTM 좌표계)
- TM으로 하고 축척계수는 0.9996으로 함
- 원점의 경위도(투영원점)
경도 : 동경 $127^{\circ}30'00.000''$
위도 : 북위 $38^{\circ}00'00.000''$
적용구역 : 한반도 전역
- 기본지리정보 좌표계(건설교통부고시 제2004-131)



3. 지도투영과 좌표계

EPSG코드

European Petroleum Survey Group(EPSG)에서 석유 시추와 관련된 전세계의 측지, 측량, 지도학 관련 정보를 관리하는 EPSG geodetic parameter set 에서 사용하는 공간참조체계관련 코드

[전지구 좌표계]

전세계를 한번에 나타내야 할 때 많이 쓰이는 좌표계들

***WGS84 경위도: GPS가 사용하는 좌표계**

EPSG:4326, EPSG:4166 (Korean 1995)

+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84 +no_defs

***Bessel 1841 경위도: 한국과 일본에 잘 맞는 지역타원체를 사용한 좌표계**

EPSG:4004, EPSG:4162 (Korean 1985)

+proj=longlat +ellps=bessel +no_defs +towgs84=-115.80,474.99,674.11,1.16,-2.31,-1.63,6.43

***GRS80 경위도: WGS84와 거의 유사**

EPSG:4019, EPSG:4737 (Korean 2000)

+proj=longlat +ellps=GRS80 +no_defs

***Google Mercator: 구글지도/빙지도/야후지도/OSM 등 에서 사용중인 좌표계**

EPSG:3857(공식), EPSG:900913(통칭)

+proj=merc +a=6378137 +b=6378137 +lat_ts=0.0 +lon_0=0.0 +x_0=0.0 +y_0=0 +k=1.0 +units=m
+nadgrids=@null +no_defs

[UTM]

전세계를 6도 단위로 나누는 표준적인 TM으로 군사지도에서 많이 사용

***UTM52N (WGS84): 경도 120~126도 사이에서 사용**

EPSG:32652

+proj=utm +zone=52 +ellps=WGS84 +datum=WGS84 +units=m +no_defs

***UTM51N (WGS84): 경도 126~132도 사이에서 사용**

EPSG:32651

+proj=utm +zone=51 +ellps=WGS84 +datum=WGS84 +units=m +no_defs

[보정안된 오래된 지리원 표준]

이 좌표계들은 EPSG에 등록되어 있지만, lon_0값의 문제로 실제로는 거의 사용되지 않습니다.

[오래된 지리원 표준]이 현업에서 실제 사용된 좌표계입니다.

*동부원점(Bessel): 강원도 등 동부지역

EPSG:2096

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=129 +k=1 +x_0=200000 +y_0=500000 +ellps=bessel +units=m
+no_defs +towgs84=-115.80,474.99,674.11,1.16,-2.31,-1.63,6.43

*중부원점(Bessel): 서울 등 중부지역

EPSG:2097

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=127 +k=1 +x_0=200000 +y_0=500000 +ellps=bessel +units=m
+no_defs +towgs84=-115.80,474.99,674.11,1.16,-2.31,-1.63,6.43

*서부원점(Bessel): 서해5도 등 서부지역

EPSG:2098

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=125 +k=1 +x_0=200000 +y_0=500000 +ellps=bessel +units=m
+no_defs +towgs84=-115.80,474.99,674.11,1.16,-2.31,-1.63,6.43

[오래된 지리원 표준]

2002년 이전에 지리원의 지형도와 KLIS 등 국가 시스템에서 사용되었던 좌표계입니다.

*보정된 서부원점(Bessel) - KLIS에서 서부지역에 사용중

EPSG:5173

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=125.0028902777778 +k=1 +x_0=200000 +y_0=500000 +ellps=bessel
+units=m +no_defs +towgs84=-115.80,474.99,674.11,1.16,-2.31,-1.63,6.43

***보정된 중부원점(Bessel): KLIS에서 중부지역에 사용중**

EPSG:5174

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=127.0028902777778 +k=1 +x_0=200000 +y_0=500000 +ellps=bessel +units=m
+no_defs +towgs84=-115.80,474.99,674.11,1.16,-2.31,-1.63,6.43

***보정된 제주원점(Bessel): KLIS에서 제주지역에 사용중**

EPSG:5175

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=127.0028902777778 +k=1 +x_0=200000 +y_0=550000 +ellps=bessel +units=m
+no_defs +towgs84=-115.80,474.99,674.11,1.16,-2.31,-1.63,6.43

***보정된 동부원점(Bessel): KLIS에서 동부지역에 사용중**

EPSG:5176

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=129.0028902777778 +k=1 +x_0=200000 +y_0=500000 +ellps=bessel +units=m
+no_defs +towgs84=-115.80,474.99,674.11,1.16,-2.31,-1.63,6.43

***보정된 동해(울릉)원점(Bessel): KLIS에서 울릉지역에 사용중**

EPSG:5177

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=131.0028902777778 +k=1 +x_0=200000 +y_0=500000 +ellps=bessel +units=m
+no_defs +towgs84=-115.80,474.99,674.11,1.16,-2.31,-1.63,6.43

[KATEC 계열]

한반도 전체를 하나의 좌표계로 나타낼 때 많이 사용하는 좌표계입니다.

***UTM-K (Bessel): 새주소지도에서 사용 중**

EPSG:5178

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996 +x_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=bessel +units=m
+no_defs +towgs84=-115.80,474.99,674.11,1.16,-2.31,-1.63,6.43

***UTM-K (GRS80): 네이버지도에서 사용중인 좌표계**

EPSG:5179

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=127.5 +k=0.9996 +x_0=1000000 +y_0=2000000 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs

***네비게이션용 KATEC 좌표계(KOTI-KATEC)**

EPSG 없음. 비공식 좌표계임.

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=128 +k=0.9999 +x_0=400000 +y_0=600000 +ellps=bessel +units=m
+no_defs +towgs84=-115.80,474.99,674.11,1.16,-2.31,-1.63,6.43

타원체 바꾼 지리원 표준]

과거 지리원 좌표계에서 타원체와 lon_0 문제를 수정한 좌표계로 2000년대 초반에 잠시 많이 사용되었습니다.

*서부원점(GRS80)-falseY:50000

EPSG:5180

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=125 +k=1 +x_0=200000 +y_0=500000 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs

*중부원점(GRS80)-falseY:50000: 다음지도에서 사용중인 좌표계

EPSG:5181

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=127 +k=1 +x_0=200000 +y_0=500000 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs

*제주원점(GRS80)-falseY:55000

EPSG:5182

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=127 +k=1 +x_0=200000 +y_0=550000 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs

*동부원점(GRS80)-falseY:50000

EPSG:5183

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=129 +k=1 +x_0=200000 +y_0=500000 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs

*동해(울릉)원점(GRS80)-falseY:50000

EPSG:5184

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=131 +k=1 +x_0=200000 +y_0=500000 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs

[현재 국토지리정보원 표준]

2002년 이후에 국토지리정보원 지형도에서 사용중인 좌표계입니다.

*서부원점(GRS80)-falseY:60000

EPSG:5185

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=125 +k=1 +x_0=200000 +y_0=600000 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs

*중부원점(GRS80)-falseY:60000

EPSG:5186

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=127 +k=1 +x_0=200000 +y_0=600000 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs

*동부원점(GRS80)-falseY:60000

EPSG:5187

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=129 +k=1 +x_0=200000 +y_0=600000 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs

*동해(울릉)원점(GRS80)-falseY:60000

EPSG:5188

+proj=tmerc +lat_0=38 +lon_0=131 +k=1 +x_0=200000 +y_0=600000 +ellps=GRS80 +units=m +no_defs