

우리나라 국가기본도의 편차도표에 관한 연구

A Study on the Declination Diagram of the National Base Map in Korea

김 용 일*

박 경 환**

* 서울대학교 도시공학 조교수

** 서울대학교 도시공학 박사과정

요 약

편차도표는 진북, 자북, 도북의 관계를 지도 하부에 그림으로 표시한 난외주기를 말한다. 우리가 사용하고 있는 현재의 기본도는 1966년 한화합동항공사진측량사업을 바탕으로 1974년까지 남한 전지역에 대하여 1:25,000 기본도를 완성하고, 이를 축소 편집하여 1:50,000 지도를 작성한 것이다. 이와 더불어, 1975년부터 지자기측량을 실시하여 1980년을 기준으로 한 자편각을 기본도에 표시하였다. 그러나, 이렇게 작성된 편차도표는 우리나라의 기본도에 적용된 투영좌표계와는 맞지 않는 결과를 나타내고 있다. 이에 대한 연구를 수행하여 정상적인 편차도표가 작성될 수 있는 안을 제시하였다.

1. 서 론

우리나라 전국을 대상으로 체계화된 최초의 근대지도는 1910~1918년에 일본에 의해 제작된 1:50,000 지형도라고 할 수 있다. 이 지도는 일제의 대륙침략과 식민지관리를 목적으로 제작되어 일제하에서 계속 사용되었다.

해방과 더불어 측지자료와 지도원판에 대한 관심이 미 군정청을 거쳐 우리정부 수립과 동시에 내무부 토목국으로 이관되었다. 미군은 이 자료와 신규 촬영된 항공사진을 바탕으로 1:50,000 지형도와 1:12,500 시가도를 제작하였다. 6.25 동란으로 인하여 군사지도의 수요가 급격히 증가되어 지도에

군사좌표를 삽입하고 다색으로 편집하는 등 지도를 재편집하고 1954년 한반도 전역에 대하여 1:50,000 지도 720도엽을 완성하게 되었다.

한편, 1949년 소규모의 육군측지부에서 시작한 우리나라 지도관할 부서는 한편으로는 1960년 창설된 연대규모의 육군측지부대와 후에 국립지리원의 모체가 되는 1957년 창설된 국방부 산하 지리연구소로 발전하게 되었다. 1961년에 드디어 건설부 산하 국립건설연구소가 설립되면서 미군이 보유하고 있던 1:50,000 군사지도를 민수용으로 편집하여 1963년 남한 전역에 대하여 350도엽을 완성하였다.

이렇게 남의 손으로 제작되어 오던 지

도는 1966년 “한-화협동 항공사진 측량사업 협정”을 체결함으로써 김정호 이후 우리 손으로 우리 지도를 제작하는 계기가 되었다. 이 사업의 결과로 1974년까지 남한전역에 대하여 1:25,000 국토기본도 768도엽과 이를 축소 편집한 1:50,000 지형도 239도엽을 완성하게 되고, 이와 더불어 국립지리원으로 편제를 바꾸어 국내 지도제작 및 각종 측지사업에 박차를 가하기 시작한다.

이렇게 우여곡절을 거쳐온 우리나라 지도는 일제 때는 우리나라 좌표계를 사용하다가 해방과 더불어 미군에 의존하여 UTM좌표계를 사용하였고, 이것이 다시 우리나라 좌표계로 전환되는 과정을 거쳐왔다.

우리나라 국가기본도의 하나인 1:50,000과 1:25,000 지형도에는 편차도표가 표기되어 있다. 그러나, 이 편차도표가 우리나라 지도투영 방식을 따르지 않고, 만국횡메르카토르도법(UTM 도법)을 따른 결과로 편차도표가 틀리게 작성되어 있는 것이 발견되었다. 따라서, 우리나라 도법과 UTM 도법을 비교 분석하고, 도편각과 자편각에 대한 정확한 이해를 확보하고자 연구를 수행하여 본 논문을 작성하였다.

2. 지도투영과 평면직각좌표계

자편각은 임의의 지역에서 진북과 자북의 방향각이므로 지도와는 무관하지만, 도편각과 도자각은 지도 투영에 따라 달라 나타나게 된다. 지도상에서 도편각과 도자각을 구하기 위해서는 지도의 투영방법과 평면직각좌표계를 정확하게 이해하여야 한다.

2.1. 지도투영

지도투영은 지구의 곡면상의 위치를 어떠한 규칙에 따라 평면 또는 지도와 같은 2차원의 종이 위에 나타내는 방법이며, 수학적으로는 지구타원체상의 위치를 평면상의 위치로 변환하는 처리과정이라 할 수 있다. 지도를 투영하는 방법은 많은 종류가 있다. 이 중에서 우리나라의 국가기본도에서 사용되는 지도투영 방법이 횡메르카토르도법이다.

지도를 투영면에 따라 분류하면 평면도법, 원추도법, 원통도법으로 나누어 진다. 이 중에서 원통을 지구의 적도면에 접하게 썬우고, 이를 지구 중심에서 원통으로 투영하는 방법이 메르카토르도법(Mercator projection)이다. 이것을 응용한 방법으로 원통을 90° 회전하여 특정한 기준자오선에 접하게 하여 투영하는 방법이 횡메르카토르도법(Transverse Mercator projection)이다. 횡메르카토르도법을 수학적으로 모형화한 것이 가우스상사이중 투영법과 가우스-크뤼거 투영법이다.

2.1.1. 가우스상사이중 투영법

가우스상사이중 투영법(Gauss conformal double projection)은 회전타원체면에서 구면에, 그리고 다시 구면에서 평면에 투영하는 방법이다. 이 투영법은 일제의 영향으로 우리나라 삼각측량 계산에 사용되었으며, 현재의 국가기준삼각점에서 사용하는 평면직각좌표는 이 투영법에 의하여 계산된 좌표이다.

2.1.2. 가우스-크뤼거 투영법

가우스-크뤼거 투영법(Gauss-Krüger projection)은 타원체면에서 평면으로 직접 투영하는 방법이다. 이는 1912년에 크뤼거(L. Krüger)가 발표하여 1927년에 독일에서 채용되어 사용되기 시작했다. 현재에는 이것을 영국과 미국에서는 횡메르카토르도법으로 사용하고 있으며, 우리나라에서도 지도제작에 이 투영법을 사용하고 있다. 가우스-크뤼거 투영법은 좌표원점을 포함하는 자오타원면에 대하여 직각으로 원통을 씌우고, 그 원통에 지표면을 투영하여 이를 평면으로 절개한 것이다. 이 투영법은 원통히 중앙자오선을 접하여 왜곡이 중앙자오선에는 나타나지 않으나, 중앙자오선에서 멀어질수

록 왜곡의 정도가 급격히 늘어나므로 동시에 비해 남북으로 큰 폭을 갖는 지역에 적당하다.

가우스-크뤼거 투영법에 의하여 측지경위도를 평면직각좌표로 변환하는 식은 <그림-1>과 같다.

2.2. 평면직각좌표계

지도는 3차원 형상의 구형인 지구를 2차원 형상의 종이 위에 표현한 것이다. 지구상의 위치를 종이 위에 표시하기 위해서는 2차원 좌표로 변환하여야 하며, 지도내부에는 이러한 2차원 좌표계가 내재되어 있다. 지도에서 사용되는 2차원 좌표계를 일정한 지역 범위로 통일되게 사용하기 위하여 정한 것을

<p>x: 남북방향의 좌표 λ: 중앙자오선과의 경도 차(라디안 값) SF: 축척계수 a: 지구타원체의 장반경 η: $e' \cos \phi$ e': 제2이심율($= \frac{e^2}{1-e^2}$)</p>	<p>y: 동서방향의 좌표 ϕ: 적도와와의 위도 차(라디안 값) t: $\tan \phi$ B: 적도로부터 원점까지의 자오선상 거리 e: 제1이심율 N: 묘유선의 곡률반경($= \frac{a}{\sqrt{1-e^2}}$)</p>
$x = SF \cdot [B + \frac{\lambda^2}{2} \cdot N \sin \phi \cos \phi + \frac{\lambda^4}{24} \cdot N \sin \phi \cos^3 \phi \cdot (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) + \frac{\lambda^6}{720} \cdot N' \sin \phi \cos^5 \phi \cdot (61 - 58t^2 + t^4 + 270\eta^2 - 330t^2\eta^2)]$	
$y = SF \cdot [\lambda \cdot N \cos \phi + \frac{\lambda^3 \cos^3 \phi}{6} \cdot N \cdot (1 - t^2 + \eta^2) + \frac{\lambda^5 \cos^5 \phi}{120} \cdot N \cdot (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58t^2\eta^2) + \frac{\lambda^7 \cos^7 \phi}{5040} \cdot N \cdot (61 - 479t^2 + 179t^4 - t^6)]$	

<그림 - 1> 가우스-크뤼거 투영법에 의한 평면직각좌표 계산식

평면직각좌표계(plane coordinate system)라고 한다.

평면직각좌표계는 필요에 따라 정하여 국지적으로 사용하는 경우와 전세계를 대상으로 통일되게 사용되는 경우가 있다. 우리나라는 우리나라 고유의 평면직각좌표체계를 갖고 있는데 이는 전자에 해당하며, 군사적으로 주로 사용되는 만국횡메르카토르 좌표계는 후자에 해당한다.

2.2.1. UTM 좌표계

만국횡메르카토르 좌표계(Universal Transverse Mercator Grid)는 1946년에 미국의 육·해·공군이 군사지도를 공동으로 사용할 목적으로 군사지도의 투영법을 횡메르카토르도법으로 채택한 것이다. 이는 전세계를 대상으로 남위 80° ~ 북위 80°¹⁾의 범위에 대하여 일정구역을 고유번호로 분류하고, 구역 내에 기준원점을 정하여 이로부터의 거리를 m로 나타내는 방식의 평면직각좌표계이다. 지리좌표계가 위치를 경위도의 도·분·초로 표현하는 60진법을 사용하여 거리의 환산이 어려운 단점이 있는데 비하여, 이 좌표계는 10진법을 사용하여 거리의 환산을 간편하게 하는 장점을 갖고 있다.

UTM 좌표계는 지구를 적도 상에서 경도 6° 씩 60등분하여 서경 180° 를 기준으로 동쪽으로 1에서 60까지 번호를 매기고, 남위 80° 에서 북위 80° 까지 8° 씩 20등분하여 C에서 X까지(I, O는 숫자와 혼동되기 때문에 제외) 부호를 붙임으로써 전세계를 1600 구역으로 구분하였다. UTM좌

표계는 서경 177° 를 기준으로 동쪽으로 매 6° 씩 이동하면서 중앙자오선을 정하고, 그 중앙자오선과 적도의 교점을 원점으로 정하여 가우스-크뤼거 투영법을 적용한다.

우리나라에서는 해방 후부터 우리기술이 확보되는 1974년까지 미군에 의존할 수 밖에 없는 상황에서 일제가 제작한 1:50,000 지형도를 UTM 투영법으로 수정하여 사용하였다. 현재에는 국내에서는 한미연합작전 등의 이유로 육군지도창에서 제작하는 몇 가지 군사지도에 이 좌표계가 사용되고 있다.

2.2.2. 우리나라 좌표계

우리나라 좌표계는 우리나라에 맞게 여러 가지 기준을 정하여 투영된 좌표계로 우리나라에만 적용되는 평면직각좌표계이다. 우리나라 좌표계를 사용하기 시작한 것은 1910년대 조선총독부가 이른바 조선토지조사사업의 일환으로 시행한 삼각측량의 계산에 가우스상사이중투영법에 의한 평면직각좌표를 사용한 데서 비롯되고 있다. 이 평면직각좌표계은 한반도 전체에 대하여 서부, 중부, 동부로 경도 2° 씩 나누어 3계로 구분하였다.

우리나라 좌표계는 가우스상사이중 투영법에 의한 좌표계와 가우스-크뤼거 투영법에 의한 좌표계로 2개의 좌표계를 사용하고 있다.

가우스상사이중 투영법에 의한 우리나라 좌표계는 가우스-크뤼거 투영법이 발표되기 이전에 사업이 시작된 일제의 삼각측량 성과에 사용되었다. 6.25동란 이후 실시

¹⁾ 남위 80° ~ 북위 84° 범위 설도 있음.

된 삼각점 복구측량에서도 가우스상사이중 투영법을 이용한 좌표계로 삼각점의 실용성 과를 표기하고 있으며, 현재까지 이 방식대로 삼각점 성과가 유지되고 있다.

가우스-크뤼거 투영법에 의한 우리나라 좌표계는 1960년대 후반부터 제작된 우리나라 국가기본도에 사용되고 있다. 한편, 1975년에 시작된 정밀 1차 기준점 측량과 1986년에 시작된 정밀 2차 기준점 측량에서는 가우스-크뤼거 투영법을 채용하고 있다.

우리나라 좌표계는 우리나라가 위치하고 있는 동경 124° ~ 130° 범위를 북위 38° 상에서 경도 2° 씩 3등분하여 3개의 구역을 구분하고 있다. 즉, 동경 125° 를 기준으로 동쪽으로 매 2° 씩 이동하면서 중앙자오선을 정하고, 그 중앙자오선과 북위 38° 선과의 교점을 원점으로 정하여 가우스-크뤼거 투영법을 적용한다.

국가기본도에 사용하고 있는 우리나라 좌표계의 원점은 서부원점(125° E, 38° N), 중부원점(127° E, 38° N), 동부원점(129° E, 38° N) 등 3개의 통일원점과 제주도 울릉도 등의 지역에 적용되는 간이 원점이 있다.

2.2.3. UTM과 우리나라좌표계의 비교

1:50,000 이상의 대축척 지도에서 주로 사용되는 횡메르카토르도법은 지역에 따라 그 특색에 맞게 약간씩 변화된 형태로 적용되고 있다. 이러한 형태의 일종이 우리나라 좌표계와 UTM 좌표계이다. 최근에는 횡메르카토르도법은 실용성에서 우수한 장점을 갖고 있는 가우스-크뤼거 투영법을 적용하고 있다.

우리나라 좌표계와 UTM 좌표계는 횡메르카토르도법을 사용하고 있고, 투영공식도 가우스-크뤼거 투영공식을 사용하고 있다는 공통점을 갖고 있다. 반면에, 두 개의 좌표계의 차이점은 투영공식에서 사용되는 몇 개의 상수가 다르다는 것이다. 우리나라에서 적용되는 이들 상수의 차이점은 <표-1>과 같다.

3. 편 차 각

지도에서 북쪽을 가리키는 기준은 진북, 자북 및 도북이 있다. 진북(眞北, true north)은 지구의 자전축 상에 있는 북극을 향하는 방향을 말한다. 이는 일반적으로 북극성을 기준으로 하며, 지도상에서는 경선(經線)을 연결한 방향이다. 자북(磁北,

<표 - 1> 우리나라 좌표계와 UTM 좌표계의 비교

구 분	우리나라	UTM
구역경도폭	2°	6°
기준위도	38° N	적도
기준경도	125° E, 127° E, 129° E	123° E, 129° E
축척계수	1.0000	0.9996
영점좌표	200,000mE - 500,000mN	500,000mE - 0mN
타 형 제	벡 션	벡 션 (나라마다 다름)

magnetic north)은 나침반의 자침이 가리키는 북쪽방향을 말한다. 이론상으로는 자북은 북자극점(76° N, 101° W)을 향해야 하지만 여러 가지 요인으로 인하여 다르게 나타난다. 지구를 2차원인 지도로 표현하기 위하여 평면직각좌표계를 설정하여야 하는데, 이러한 좌표계의 방안선(方眼線)의 북쪽을 도북(圖北, grid north)이라 말한다. 지도상에서 위아래로 동일한 평면직각좌표값을 연결한 선이 도북 방향이다. 이들이 이루는 방향의 차이각을 편차각(偏差角, declination angle)이라 부른다.

편차각에는 진북과 자북의 차이를 나타내는 자편각(magnetic declination)과 진북과 도북의 차이를 나타내는 도편각(grid declination)이 있다. 일반적으로 지도에는 도북과 자북의 차이를 나타내는 도자각(G-M angle)과 도편각의 관계를 난외주기(欄外 註記)로 표기하고 있으며, 이 관계를 표시해 주는 그림이 편차도표(偏差圖表, declination diagram)이다.

우리가 방향을 찾을 수 있는 것이 진북이나 자북이다. 야간에는 북극성을 관측하여 진북방향을 쉽게 찾을 수 있지만, 북극성

을 관측하기 곤란한 흐린 날씨와 주간에는 나침반을 이용하여 자북 방향을 찾을 수 있다. 야외에서 지도를 판독하여 지형지물을 찾는 경우에 지도와 지형을 동일한 방향으로 설정하여야 한다. 이 때 사용되는 것이 편차도표이다. 따라서, 편차도표는 지도와 지형과 일치시킴으로써 야외에서 지도의 이용하여 지형지물을 찾는 데 중요한 역할을 하게 된다.

3.1. 도 편 각

도편각은 진북과 도북의 차이를 나타내는 것으로 진북방위각이나 자오선수차와 같은 값을 갖는다. 평면직각좌표계의 격자선은 평행선을 이루지만 자오선들은 양극으로 갈수록 서로 수렴하고 이 선들은 양극에서 만난다. 자오선수차를 의미하는 meridian convergence라는 단어에서 convergence가 수렴한다는 의미를 갖고 있지만, 이는 결국 도북과 진북의 차이를 나타내는 것으로 도편각과 같은 의미를 갖고 있다.

도편각을 구하는 식은 자오선수차를 구하는 식과 동일하므로, 가우스-크뤼거 투영법에서는 <그림-2>와 같이 나타난다.

γ : 자오선수차 또는 도편각	ρ : $180^\circ / \pi$
λ : 중앙자오선과의 경도 차	ϕ : 대상지역 평균 위도
η : $e' \cos \phi$	e' : 제 2 이심률

$$\gamma = \lambda \sin \phi + \frac{\lambda^3}{3\rho^2} \cdot \sin \phi \cos^2 \phi \cdot (1 + 3\eta^2 + 2\eta^4) + \frac{\lambda^5}{15\rho^4} \cdot \sin \phi \cos^4 \phi \cdot (2 - t^2)$$

<그림 - 2> 가우스-크뤼거 투영법에 의한 자오선수차 계산식

<그림-2>의 식에서 2차항 이후의 계산 값은 비교적 폭이 넓은 UTM에서조차도 초단위의 값을 가진다. 일반적으로 지도에 표시되는 도편각은 분단위까지만 표기하므로, 다음과 같이 약식의 계산식을 사용한다.

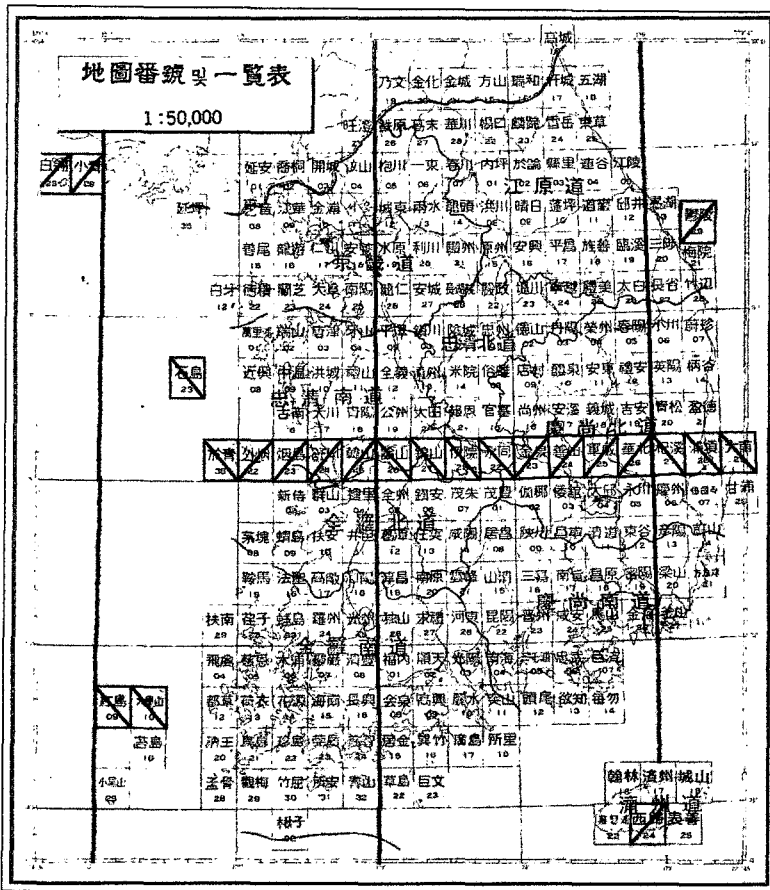
$$\gamma = \Delta\lambda \cdot \sin \phi_m \quad \dots\dots\dots (1)$$

여기서, $\Delta\lambda$ 는 중앙자오선과의 경도차, ϕ_m 은 지도의 중앙 위도 값을 의미한다. γ 의 단위는 $\Delta\lambda$ 의 단위와 동일하므로, γ 에

대하여 원하는 유효숫자만큼만 $\Delta\lambda$ 에 적용하면 된다.

<그림-3>은 국립지리원에서 발행하는 1:50,000 지형도의 색인지도에 조사대상도엽을 표시한 것이다. 이 1:50,000 도엽들에 대하여 지형도에 표기된 도편각과 (1)식에 의해서 계산된 UTM 좌표계와 우리나라 좌표계의 도편각을 정리한 결과가 <표-2>이다.

<표-2>의 결과를 살펴보면, 지형도



<그림 3> 자편각 및 도자각 조사대상 도엽

에 표기된 도편각과 UTM 좌표계로 계산된 도편각이 일치함을 알 수 있다. 우리나라 좌표계는 중앙자오선으로부터 동서로 1° 씩의 폭을 가지므로 Δ는 1° 를 넘지 않는다. 따라서 (1)식으로 미루어 볼 때, 우리나라 좌표계에서는 γ값이 1° 이하가 된다.

지형도에 표기된 도편각과 우리나라 좌표계와 비교해 보면, 도편각이 동서가 바뀌는 결과로 나타난다. 이는 현장이나 실내에서 지형의 방향 판단에 중대한 오류를 야기시키는 원인이 된다. <영 등> 도엽은 계산결과와는 다르게 동서가 바뀐 상태로 오기된 것이 발견되었다. 이는 우리나라의 국가기본도의 신뢰성에 문제가 있음을 나타내

고 있다.

3.2. 도자각

도자각은 도북과 자북의 차이를 나타내는 용어로서, 이는 직접적으로 측정되는 것이 아니다. 도자각은 진북으로부터의 편차, 즉 자편각을 측정 한 후 이를 도편각에 가감하여 구한다.

$$\text{도자각} = \text{도편각} \pm \text{자편각}$$

(도편각과 같은 방향일 때 +, 반대 방향일 때 -)

따라서, 도자각을 구하기 위해서는 먼저 자편각을 구하여야 한다. 자편각은 진북방향과 나침반 자침방향과의 차이를 말한다.

<표 - 2> 1: 50,000 지형도의 도편각 조사 결과

1:50,000 도엽명	기준경위도		지형도의 도편각	계산에 의한 값		지형도의 차이		지 도 제작년월	비 고
	위도(N)	경도(E)		UTM	우리나라	UTM	우리나라		
백 명	37° 53.0'	124° 40.0'	1° 01'W	1° 01'W	0° 12'E	◎	1° 13'W	92년 05월	
소 청	37° 53.0'	124° 55.0'	1° 10'W	1° 11'W	0° 03'E	◎	1° 13'W	95년 08월	
홍 도	34° 38.0'	125° 10.0'	1° 13'W	1° 14'W	0° 06'W	◎	1° 07'W	88년 03월	
대곡산	34° 38.0'	125° 25.0'	1° 22'W	1° 22'W	0° 14'W	◎	1° 06'W	88년 03월	
석 도	36° 07.5'	125° 40.0'	1° 35'W	1° 35'W	0° 24'W	◎	1° 11'W	88년 01월	
여 청	36° 07.5'	125° 55.0'	1° 42'W	1° 43'W	0° 32'W	◎	1° 11'W	88년 05월	
외 연	36° 07.5'	126° 10.0'	1° 39'W	1° 40'W	0° 29'E	◎	1° 10'W	88년 06월	
연 도	36° 07.5'	126° 25.0'	1° 31'E	1° 31'E	0° 21'E	◎	1° 10'E	88년 01월	
여 청	36° 07.5'	126° 40.0'	1° 22'E	1° 23'E	0° 12'E	◎	1° 10'E	88년 06월	
향 산	36° 07.5'	126° 55.0'	1° 13'E	1° 14'E	0° 03'E	◎	1° 10'E	88년 01월	
논 산	36° 07.5'	127° 10.0'	1° 04'E	1° 05'E	0° 06'W	◎	1° 10'E	88년 06월	
금 산	36° 07.5'	127° 25.0'	0° 55'E	0° 56'E	0° 15'W	◎	1° 10'E	88년 06월	
여 연	36° 07.5'	127° 40.0'	0° 47'E	0° 47'E	0° 24'W	◎	1° 11'E	88년 03월	
영 동	36° 07.5'	127° 55.0'	0° 38'W	0° 38'E	0° 32'W	1° 16'W	1° 10'W	87년 10월	誤 記
금 천	36° 07.5'	128° 10.0'	0° 29'E	0° 29'E	0° 29'E	◎	◎	88년 08월	
성 산	36° 07.5'	128° 25.0'	0° 21'E	0° 21'E	0° 21'E	◎	◎	88년 07월	
금 위	36° 07.5'	128° 40.0'	0° 11'E	0° 12'E	0° 12'E	◎	◎	88년 06월	
화 북	36° 07.5'	128° 55.0'	0° 02'E	0° 03'E	0° 03'E	◎	◎	88년 03월	
기 개	36° 07.5'	129° 10.0'	0° 05'E	0° 06'E	0° 06'W	◎	◎	88년 05월	
포 향	36° 07.5'	129° 25.0'	0° 14'W	0° 15'W	0° 15'W	◎	◎	88년 08월	
대 포	36° 07.5'	129° 40.0'	0° 23'W	0° 24'W	0° 24'W	◎	◎	88년 06월	
울 통	37° 28.0'	130° 55.0'	0° 02'E	1° 10'E	0° 03'E	1° 08'W	◎	92년 06월	131' 기준
서 귀	33° 17.0'	126° 35.0'	1° 20'E	1° 20'E	0° 14'E	◎	1° 16'E	88년 06월	최대값

주 : W - 서편차 E - 동편차 ◎ - 차이 없음.

$$D_{1980.0} = 7^{\circ} 5'.45 + 21'.03 \Delta\phi - 5'.84 \Delta\lambda - 0'.360 \Delta\phi^2 + 0'.274 \Delta\phi \cdot \Delta\lambda - 0'.470 \Delta\lambda^2$$

$$\Delta\phi = \phi - 37^{\circ}, \quad \Delta\lambda = \lambda - 128^{\circ} \quad (\phi, \lambda \text{는 도단위로 표시한 경도} \cdot \text{위도})$$

<그림 - 4> 1980년 기준 자편각의 계산 공식

일반적으로, 나침반의 자침의 N극이 북자극점을 가리키는 것으로 알려져 있으나, 이는 잘못 알려진 것이다. 자침의 방향은 지구의 자전축에 비해 약 11.5° 기울어져 있는 지자기 축과 평행한 방향을 이룬다. 즉, 자침의 N극이 북자극점을 가리키는 것이 아니라, 자침의 N극은 북자극점을 향하고 S극은 남자극점을 향하도록 자침 방향이 정해진다는 것이다. 우리나라의 중부 원점(127° E, 38° N) 상에서 북자극점에 대한 진북방위각은 +12°로 동북쪽에 있지만, 나침반이 가리키는 자편차는 -7° 30'로 서쪽을 가리키게 되어 전혀 다른 방향을 나타내게 된다.

지자기는 여러 가지 요인으로 수시로 변한다. IUGG산하의 국제지구자기학 및 초고층대기물리학협회 (International Association of Geomagnetic and Aeronomy, IAGA)에서는 전세계적으로 지자기의 변화에 대한 관측결과를 매 5년마다 발표하고 있다.

우리나라 지자기 측량은 국립지리원이 지자기의 수평적 분포, 영년변화 그리고 지역적인 자기이상을 조사할 목적으로 1975년부터 시작하였다. 이를 바탕으로 1980년도 기준으로 편각 분포를 정하여 지형도에

표기하였다. 이와 더불어 1990년 한국측지학회에 연구 위탁하여 1980~1989년의 지자기측량 자료를 분석 정리하여 우리나라의 1980년의 자기편각도(isogonic chart) 등을 포함한 지자기분포도를 작성하기도 하였다.

우리나라 지역에서 자편각을 구하는 식은 <그림-4>와 같다. <그림-4>의 식에서 2차항 이후의 계산 값은 분 단위의 값을 가진다. 일반적으로 지도에 표시되는 도자각은 30' 단위로 표시되므로 1차항까지만 계산을 하여도 무관하다.

<그림-3>에 나타나 있는 1:50,000 도엽들에 대하여 지형도에 표기된 도자각과 <그림-4>식에 의해서 계산된 UTM 좌표계와 우리나라 좌표계의 도자각을 정리한 결과가 <표-3>이다.

<표-3>의 결과를 살펴보면, 지형도에 표기된 도편각 역시 UTM 좌표계로 계산된 도편각과 일치함을 알 수 있다. 이 결과를 볼 때 특이한 점은 도자각을 30' 단위로 표기하지 않은 것은 계산결과와 10' 씩 차이가 나고 있다. 이는 30' 단위를 사용하는 통상의 규칙을 벗어난 것으로 판단할 수 있는 근거가 되고 있다.

우리나라 전지역에서 도자각은 서편차

<표 - 3> 1: 50,000 지형도의 도자각 조사 결과

1:50,000 도엽명	기준경위도		지형도의 도자각	계산에 의한 값		지형도의 차이		지 도 제작년월	비 고
	위도(N)	경도(E)		UTM	우리나라	UTM	우리나라		
백 명	37° 53.0'	124° 40.0'	8° 20'W	8° 30'W	7° 30'W	0° 10'E	0° 50'W	92년 05월	
소 경	37° 53.0'	124° 55.0'	8° 30'W	9° 00'W	7° 30'W	0° 30'E	1° 00'W	95년 08월	
흥 도	34° 38.0'	125° 10.0'	7° 00'W	8° 00'W	6° 30'W	1° 00'E	0° 30'W	88년 03월	
대곡산	34° 38.0'	125° 25.0'	7° 30'W	8° 00'W	6° 30'W	0° 30'E	1° 00'W	88년 03월	
석 도	36° 07.5'	125° 40.0'	8° 00'W	9° 00'W	7° 30'W	1° 00'E	0° 30'W	88년 01월	
여 경	36° 07.5'	125° 55.0'	8° 40'W	8° 30'W	7° 30'W	0° 10'W	1° 10'W	88년 05월	
외 연	36° 07.5'	126° 10.0'	5° 30'W	5° 30'W	6° 30'W	◎	1° 00'E	88년 06월	
연 도	36° 07.5'	126° 25.0'	5° 30'W	5° 30'W	6° 30'W	◎	1° 00'E	88년 01월	
여 경	36° 07.5'	126° 40.0'	5° 40'W	5° 30'W	6° 30'W	0° 10'W	0° 50'E	88년 06월	
한 산	36° 07.5'	126° 55.0'	6° 30'W	5° 30'W	7° 00'W	1° 00'W	0° 30'E	88년 01월	
논 산	36° 07.5'	127° 10.0'	6° 00'W	6° 00'W	7° 00'W	◎	1° 00'E	88년 06월	
급 산	36° 07.5'	127° 25.0'	6° 30'W	6° 00'W	7° 00'W	0° 30'W	0° 30'E	88년 06월	
여 경	36° 07.5'	127° 40.0'	6° 30'W	6° 00'W	7° 00'W	0° 30'W	0° 30'E	88년 03월	
영 동	36° 07.5'	127° 55.0'	6° 00'W	6° 00'W	7° 30'W	◎	1° 30'E	87년 10월	최대값
급 경	36° 07.5'	128° 10.0'	6° 30'W	6° 30'W	6° 30'W	◎	◎	88년 08월	
성 산	36° 07.5'	128° 25.0'	6° 30'W	6° 30'W	6° 30'W	◎	◎	88년 07월	
군 위	36° 07.5'	128° 40.0'	6° 30'W	6° 30'W	6° 30'W	◎	◎	88년 06월	
화 북	36° 07.5'	128° 55.0'	6° 40'W	6° 30'W	6° 30'W	0° 10'W	0° 10'W	88년 03월	
기 계	36° 07.5'	129° 10.0'	7° 00'W	7° 00'W	7° 00'W	◎	◎	88년 05월	
포 향	36° 07.5'	129° 25.0'	7° 00'W	7° 00'W	7° 00'W	◎	◎	88년 08월	
대 포	36° 07.5'	129° 40.0'	7° 00'W	7° 00'W	7° 00'W	◎	◎	88년 06월	
울 립	37° 28.0'	130° 55.0'	6° 30'W	8° 00'W	7° 00'W	1° 30'E	0° 30'E	92년 06월	131° 기준
서 귀	33° 17.0'	126° 35.0'	6° 30'W	4° 30'W	5° 30'W	◎	1° 00'E	88년 06월	

주 : W - 서편차 E - 동편차 ◎ - 차이 없음.

를 나타내므로 도자각과는 달리 동서가 바뀌진 않았지만, 조사대상지역에서 최대 1° 30' 까지의 오차가 나타나는 문제가 있다. <영 동> 도엽에서는 도편각이 틀리게 표기 되었음에도 불구하고 도자각의 계산결과는 같게 나타나고 있다.

4. 결 론

현재 국립지리원에서 발행하고 있는 우리나라 1:50,000 지형도와 1:25,000 국토기본도에 표기된 편차도표는 우리나라 좌표계를 따르지 않고, UTM 좌표계를 따르고 있어 도편각과 도자각의 값이 틀리게 표

기되어 있다.

UTM 좌표계를 사용한 1960년대 지도의 편차도표가 단순히 자편각만(진북과 자북)을 표시하고 있어, 현재의 1:50,000 지형도의 편차도표와는 다른 형태를 갖고 있다. 이 두 지도를 비교해 볼 때, 현재 지도의 편차도표가 UTM 좌표계를 사용하던 이전의 지도를 그대로 사용한 것은 아니었다. 따라서, 현재의 지도가 유독 편차도표에 대해서만 UTM 좌표계를 적용한 이유를 규명하기 곤란하였다. 이러한 오류가 어떻게 발생되었는지는 알 수 없지만, 그것이 우리나라에서 지도를 제작하기 시작하는 과정에

서 발생된 착오로 판단되고 있다.

편차각은 지도판독과 자동차항법 장치 등에서 사용되는 매우 중요한 요소이다. 국가에서 발행한 지도에 이러한 오류가 20년 이상 유지되어 온 것은 우리나라에서의 도 편차와 자편차가 비교적 미소하기 때문인 것으로 판단된다. 국가에서 발행하는 지도는 공신력을 생명으로 한다. 그 차이가 아무리 미소하더라도, 이것이 오랜 기간 수정되지 않았다는 것은 담당기관의 전문성 확보가 절실히 필요하다는 것을 보여주고 있다.

측량협회에서 발행한 자료에 의하면, 국립지리원에서 발행된 지도 중에 1:50,000 과 1:25,000 지형도가 1990년 한해동안만 1,500,000매 이상의 지도가 판매된 것으로 나타나 있다. 75년 이후 현재까지 판매된 매수는 천문학적 숫자에 달한다. 이렇게 판매되어 온 지도에 중대한 오류가 있었다는 것은 매우 심각한 일이다. 이에 대한 담당기관은 이번의 결과를 다시 조사하여 오류의 원인을 규명하고, 이를 사용자에게 정확히 알림은 물론 조속히 지도를 수정·발행해야 할 것이다.

참고문헌

1. 권영식 외, "지형분석", 교학연구사, 1995.
2. 김용일 외, "수치지도 좌표체계의 최적화 방안에 관한 연구", 서울대학교 도시공학 측량연구실, 1995.
3. 안철호 외, "一般測量學", 문운당, 1987.
4. 유복모, "測量學原論(1)", 박영사, 1995.
5. 유원희, "우리나라 측량좌표계에 관한 연구", 94 학술강연회 개요집, 한국지형공간정보학회, 1994, 4월.
6. 윤병무, "지도와 나침반", 도서출판 고근, 1991.
7. 이희연, "地圖學", 법문사, 1995.
8. 최재화, "우리나라 平面直角座標에 관한 연구", 한국측지학회 지 제1권 2호, 1983.

9. 최재화 외, "우리나라의 大縮尺地圖製作을 위한 最適地圖投影法の 選擇에 관한 研究", 한국측지학회지 제5권 2호, 1987.
10. 한상득, "GIS 구축을 위한 수치지도제작의 범람", '94 학술강연회 개요집, 한국지형공간정보학회, 1994, 4월.
11. 국립지리원, "地磁氣測量", 1990.
12. 국립지리원, "測地基準點 維持管理에 관한 研究", 1991.
13. 국립지리원, "精密三角網의 成果算定 方案에 관한 研究", 1992.
14. 육군본부, "독도법", 육군 아전교범, 1975.
15. 육군지도청, "大縮尺 地圖製作仕様書(1:25,000및 1:50,000)", 1983.
16. 대한측량협회, "地圖圖式規則", 1979.
17. 대한측량협회, "韓國의 測量地圖", 1993.
18. 대한토목학회, "토목공학핸드북", 1990.
19. 한국지구과학회, "지구현경과학 I", 대한교과서주식회사, 1995.
20. Barry F. Kavanagh et al., "Surveying : Principles and Application", Prentice Hall, 1996.
21. Frederick Pearson II, "Map Projections", CRC Press, 1990.
22. John P. Snyder, "MAP PROJECTIONS - A WORKING MANUAL", United States Government Printing Office, 1987.
23. Porter W. McDonnell, "INTRODUCTION TO MAP PROJECTIONS", Marcel Dekker, 1979.
24. Raymond E. Davis et al., "SURVEYING : Theory and Practice", McGraw-Hill, 1981.
25. Thomas D. Rabenhorst et al., "Applied Cartography : Source Materials for Mapmaking", Merril Publishing Company et al., 1989.
26. Ministry of Defence, "Military Engineering : Survey Computations", 1978.
27. Military Service Publishing Company, "MAP AND AERIAL PHOTOGRAPH READING: COMPLETE", 1952.
28. ASCE et al., "Glossary of the Mapping Sciences", ACSE/ASCM/ASPRS, 1994.
29. Headquarters, Department of the Army, "MAP READING", FM21-26, 1969.
30. Headquarters, Department of the Army, "SURVEYING COMPUTER'S MANUAL", TM5-237, 1969.
31. ICA, "BASIC CARTOGRAPHY for students and technicians", Volume I, International Cartographic Association, 1984.
32. USGS, "Large-Scale Mapping Guidelines", USGS open File Report 86-005, ASPRS and ACSM, 1987.
33. 日本測量協會, "測圖의 數學的基礎, 現代測量學 第1卷", 1981.
34. 佐藤 裕, "測地學의 基礎", 山海堂, 1974.
35. 上田誠也 外, "地球, 岩波講堂 地球科學 1, 岩波書店.
36. 坪川家恒 外, "測地學序說", 山海堂, 1969.
37. 小川 泉, "地圖編輯および製圖", 山海堂, 1989.
38. 大森八四郎, "地形圖の本", 國際地學協會, 1993.