

항해기기별 오차범위 관한 연구

권동국* · 김은비** · 안수본** · 임성묵** · 배성은** · 배인** · 장정찬** · † 임정빈

*,**한국해양대학교 항해학부 학부생, † 한국해양대학교 항해학부 교수

요 약 : 선박에서 사용되는 Compass, 전파전자항해기기 및 기타 항해기기에 대한 오차범위를 조사 및 연구

핵심용어 : Datum, GPS, ENC, Compass, 오차범위



2020.10

권동국, 김은비, 안수본,
임성묵, 배성은, 장정찬, 배인

한국해양대학교

목차

1. 서론

2. 본론

2-1. DATUM

2-2. GPS

2-3. EHC 및 CATZOC

2-4. 항해 기기 별 오차

3. 결론

1. 서론

- 항해 장비에는 다양한 오류가 발생한다. 따라서 IALA에 나타난 항해 계기에 대한 오차에 대해 연구하고자 한다.
- IALA 지침서에 나타난 다양한 항해 계기의 오차에 대해 조사하고 아울러 다양한 참고 문헌을 통해 항해 계기의 오차를 고찰
- 향후 항해 당직을 수행함에 있어서 위험상황시에 위험성을 오차로 고려하여 위험에 정확히 대처할 수 있게 될 것이다.

2-1. Datum 변화에 따른 오차범위

- Beccel 측지계에서 WGS-84 측지계로 변화함에 따라 오차범위가 발생.
- Beccel 측지계는 수로업무법에 따라 장반경 $a = 6377397.155\text{m}$, 편평률 $f = 1/299.152813$ 을 가진다.
- WGS-84 측지계는 인공위성과 궤도 해석에 따라 장반경 $a = 6378137\text{m}$, 편평률 $f = 1/298.257224$ 를 가진다.

† 교신저자 : 종신회원, jbyim@kmou.ac.kr

* 학생회원, rhkswhdnr97@naver.com

2-1. Datum 변화에 따른 오차범위

WGS-04 측지계를 해도(Chart)와 육도(Map)에 적용하는 경우, 육도와 해도의 도법이 다르므로 인하여 지리정보가 달라져 혼란이 발생할 수 있다.

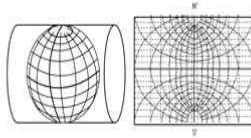
• Mercator 도법

$$dy = \frac{a(1-e^2)d\phi}{\cos\phi(1-e^2\sin^2\phi)} \quad (1)$$

$$y = \int_0^\phi \frac{a(1-e^2)d\phi}{\cos\phi(1-e^2\sin^2\phi)} \quad (2)$$

$$x = a\lambda \quad (3)$$

• UTM 도법



2-1. Datum 변화에 따른 오차범위

• Mercator 도법과 UTM도법에 따른 경위도원점 비교값.

구분	Area	DATUM		한반도(38°N)	
		Seoul	WGS 84	AHSN(88)	AHSN(94)
Mercator's projection	Square-shaped area of the Korea	48°00'00.0"N	48°00'04.68"N	04.68"N	06.12"W
		120°00'00.0"E	120°00'00.0"E		
		48°00'00.0"N	48°00'05.64"N	05.64"N	11.18"W
		120°00'00.0"E	120°00'00.0"E		
		32°00'00.0"N	32°00'12.06"N	12.06"N	04.80"W
		120°00'00.0"E	120°00'00.0"E		
DOG DO OAS SYOTO	Square-shaped area of the Korea	36°34.8"N	37°14.975"N	0.1815"N	0.1815"W
		125°32.3"E	125°32.145"E		
		37°27.0"N	36°17.182"N	0.1827"N	0.1807"W
		127°12.1"E	127°10.940"E		
		1,800,000mN	1,800,711mN	711mN	254mW
		400,000mE	398,766mE	123mE	206mW
UTM projection	Square-shaped area of the Korea	1,900,000mN	1,900,711mN	711mN	254mW
		400,000mE	398,766mE	123mE	206mW
		1,800,000mN	1,800,712mN	712mN	254mW
		400,000mE	398,766mE	123mE	206mW
		1,800,000mN	1,800,712mN	712mN	254mW
		400,000mE	398,766mE	123mE	206mW

2-2. GPS

<GPS 오차 요소와 범위>

오차요소	범위
인공위성 시간 오차	0~0.5m
인공위성 위치 오차	1~5m
전리층의 굴절	0~30m
대류층의 굴절	0~30m
수신기 잡음	0~10m
다중 경로 (Multipath)	0~1m
SA (Selective Availability)	0~70m

2-2. GPS

• GPS 오차 모델링

- 의사 거리에서 오차 요인을 추가된 의사 거리를 통해서 새로운 오차를 풀이는 방법이 있다.

- 아래의 식을 통해 오차의 원인이 된 항들이 추가되는 것을 볼 수 있다.

$$P = p + \delta_{eph} + d_{ion} + d_{trop} + \delta_{s/A} + c \cdot dT + m + v$$

- P : 코드 의사거리 측정치

- p : 위성과 수신기 사이의 거리

- c : 빛의 속도

- dT : 수신기 시계의 바이어스

2-3 ENC(Electronic Navigation Chart)

ENC상에 표시된 수심은 수심을 측정하는 방법에 따라 혹은 수심을 측정하는 시기에 따라 다르다.

수심에 대한 오차의 정도를 CATZOC(Category of Zone of Confidence)이라고 한다.

Zone of Confidence (ENC's symbol)	Position Accuracy	Depth Accuracy
A1	5 Meters	0.5 Meters + 1% of Depth
A2	20 Meters	1.0 Meters + 2% of Depth
B	50 Meters	1.0 Meters + 2% of Depth
C	500 Meters	2.0 Meters + 5% of Depth
D	More than 500 Meters	2.0 Meters + 5% of Depth
U	Not Assured	Not Assured

2-4 항해기기 오차

- 1) COMPASS ERROR
- 2) 전파전자기기 ERROR

Process	Typical accuracy (95%probability)	Accuracy at 1NM(metres)
Magnetic compass bearing on the light or landmark	±3° The accuracy may deteriorate in high latitudes	93
Gyro-compass bearing on a light or landmark	0.75° X secant latitude (below 60° of latitude)	< 62
Radio direction finder	±3° to ±10°	93-310
Radar bearing	±1°	32
Radar distance measurement	1% of the maximum range of the scale in use or 10m, whichever is the greater	
LORAN-C / CHAYKA	Depends on conditions. Loran C was hyperbolic and provided 477m at edge of coverage improving towards stations	
eLoran	8-10m differential Loran accuracies experienced at port approach, typically available within 30-50km of a differential reference station	
GNSS	Generally 3-5m for GPS	
DCNSS (ITU-R M.8231 Format)	1-3m	

1) COMPASS ERROR

- Magnetic Compass: 오차범위 -5° ~ +5°로 규정

Dip error(경차)

- 자속에 가까워질수록 자력선은 자극을 향해 내려가고, 자석도 기울어져 내려가서 자력선에 일치되려고 하여 오차가 커진다. 이러한 이유로 ±3°로 고위도에서 더 크게 나타날 수 있다.

- Gyro Compass: 위도 60도 이하 범위에서 0.75° X secant latitude

- 제진 오차, 속도 오차, 가속도 오차, 풍요 오차, 전회 오차, 고정 오차, 부정 오차에 의한 오차 발생.
- 20 노트의 속도에서 속도 및 코스 영향에 대한 수정 후 잔여 정상 상태 오류는 ± 0.25x secant latitude를 초과하지 않도록 한다.
- 20 노트의 빠른 속도변경으로 인한 오류는 ± 0.2°를 초과하지 않도록 한다.
- 20 노트의 속도에서 100°의 급격한 변화로 인한 오류는 ± 3°를 초과하지 않도록 한다.

2) 전파전자향해기 ERROR

- (a) Radio Direction Finder error = ±3° to ±10°

- 송신기 위치와 수신기 위치의 관계 식

$$y = \tan\theta_i(x - x_i) + y_i$$

x, y : 송신기의 위치 좌표

x_i, y_i : i 번째 수신기의 위치 좌표

θ_i : 송신기와 i 번째 수신기가 이루는 각

- 송신기의 위치 식

$$X = (H^T H)^{-1} H^T Y$$

$$H = \begin{bmatrix} \tan\theta_1 - 1 \\ \tan\theta_2 - 1 \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} \tan\theta_1 x_1 - y_1 \\ \tan\theta_2 x_2 - y_2 \end{bmatrix}$$

- (b) Radar error

RADAR Bearing:
안정된 상태의 선박에서 ±1°

RADAR Distance Measurement
사용 가능한 최대 스케일의 1% 또는 30m 중 큰 것을 취한다.

- (c) Loran-c/eLoran error

Loran-c
상국선을 이용해 위치를 파악하며 서비스 제공 범위 내에서 477m의 오차범위를 갖는다.

eLoran-c
일반적으로 항만 기지국에서 30~50km 이내에서 사용 가능하며 8~10m의 정밀도 오차를 갖는다.

3. 결론

- 위와 같이, DATUM 및 GPS, EIC와 항해계기별 오차를 연구해본 결과, 다양한 오차가 존재한다는 것을 알 수 있었다.

- 당시 중인 항해 사관은 이러한 오차들을 정확하게 숙지하여 충돌 회피 등의 상황에 직면하였을 때, 오차를 고려하여 정확하게 파악 후 대처를 해야 한다.

참고문헌

- [1] 우리나라 측지계와 wgs84의 좌표변환
Coordinate transformation between korean geodetic system and wgs-84
- [2] WGS-84 측지계의 해도와 속도적용에 관한 고찰
A Research for the Adoption of WGS-84 Geodetic datum to the chart and the map
- [3] Utm 투영에 의한 bessel과 wgs-84 타원체간의 2차원 측지좌표변환 연구
A study on the transformation of two dimensional geodetic coordinates between bessel and wgs84 ellipsoids by utm projection
- [4] 매개변판요소에 따른 wgs84와 bessel 타원체간의 좌표변환 해석
Analysis of coordinates transformation between wgs84 and bessel ellipsoids according to the transformation parameters
- [5] GPS 반송파의 다중경로오차특성분석
- [6] GPS 위성용 이용한 위치 측정 방식에 대한 연구
- [7] 기압고도계를 이용한 GPS 수직오차분석
- [8] GPS 오차 보정에 대한 연구
- [9] 위치기반서비스의 측위시스템 정확도 향상에 관한 연구/최정욱
- [10] 이동통신에서의 위치추정방식에 관한 연구/전파연구소 한국통신학회
- [11] IALA NAV. GUIDE 2018

후 기

본 논문은 2020년도 해양수산부 및 해양수산과학기술진흥원 연구비 지원으로 수행된 '자율운항선박 기술개발사업 (20200615, 자율운항선박 육상제어 기술개발)'의 연구결과입니다.