

소형어선에 있어서 자기 컴퍼스를 이용한 자동항법시스템의 정도

이 유 원[†]
(부경대학교)

Precision of Autopilot System using Magnetic Compass in Small Fishing Boat

Yoo-Won LEE[†]

Pukyong National University

(Received November 1, 2007 / Accepted December 14, 2007)

Abstract

The efficiency of magnetic compass direction sensor and magnetic compass by the laboratory experiment for the apparatus of generating artificial magnetic force and the onboard experiment on the fishing boat of coastal pot at the outside of Pusan Namhang were investigated. The results showed that the bearing angle of magnetic compass direction sensor was coincided with that of magnetic compass. However, the performance of magnetic compasses was unsuitable under the ISO rule by the characteristic experiment of damping curve. Therefore, the use of autopilot system using magnetic compass direction sensor which is based on the magnetic compass needs the sufficient notice.

Key words : Magnetic compass, Autopilot, Magnetic compass direction sensor, Damping curve

I. 서론

해상을 항해하는 선박에서 선수방위에 대한 정보는 선박의 위치결정, 침로유지 및 조선에 필수적이다. 선박에서 주로 사용하는 컴퍼스는 자이로 컴퍼스, 전자자기 컴퍼스, 자기 컴퍼스로 대별할 수 있다. 그중 자이로 컴퍼스의 정도는 탁월하나 작동하여 사용할 수 있을 때까지 수 시간의 안정시간이 필요하고 다른 컴퍼스에 비하여 고가이며 구조가 복잡하기 때문에 입출항이 빈번한

연근해 소형어선에서는 많이 사용되고 있지 않다. 그리고, 전자자기 컴퍼스는 자기위도의 변화와 선체의 경사로 인한 자차 및 경선차의 자동적 수정 등 자기 컴퍼스의 단점을 극복하기 위한 연구와 함께 신소자를 이용한 전자자기 컴퍼스의 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으나 연근해 어선에서는 그다지 폭 넓게 사용되고 있지는 않다(宮本佳則 et al., 1989; 宮本佳則 et al., 1990; 宮本佳則 et al., 1992; 안영화 등, 1994; 양주호, 1999; 2000). 한편, 자기 컴퍼스는 자차나

[†] Corresponding author : 051-620-6117, yoowons@yahoo.co.kr

경선차 등에 의한 오차가 포함되어 있음에도 불구하고 구조가 간단하여 보수, 관리하기 쉽고 가격이 싸며, 더욱이 IMO NAV/ANNEX-I, II에서 기준 컴퍼스로 모든 선박에 장비하도록 규정하고 있으므로 영세한 규모의 연근해 어선에 있어서는 자기 컴퍼스가 주 컴퍼스로 활용되고 있다.

자기 컴퍼스에 관한 연구는 자기 컴퍼스의 성능 향상을 위한 연구(鈴木裕, 1962), 선체운동 및 진동이 자기 컴퍼스에 미치는 영향에 관한 연구(白井靖幸 et al., 1977; 白井靖幸 and 鈴木裕, 1982; 白井靖幸 and 鈴木裕, 1983; 白井靖幸 et al., 1984; 白井靖幸 et al., 1985)와 인공자장발생장치 내에서 자기컴퍼스의 성능을 검증한 연구가 대부분이다(안영화 등, 1983; 1986; 안영화, 1987; 1990; 홍장표와 신형일, 1993).

그런데, 근래의 연근해 어선들은 연안 어장의 황폐화로 초래된 어획율 감소를 만회하기 위하여 근해로 어장을 이동함에 따라 장거리 항해 및 선원인력 부족에 따른 생력화를 위하여 자기 컴퍼스를 이용한 자동항법시스템의 사용이 늘고 있다. 그러나 자기 컴퍼스는 그 자체에 기차와 방위오차를 포함하고 있으므로 자기 컴퍼스를 이용한 자동항법시스템을 사용할 때는 항상 주의를 기울여야함에도 불구하고 현장에서 사용자들은 자동항법시스템을 과신하여 곤란한 상황에 처하는 경우가 있다.

따라서, 본 연구에서는 자기 컴퍼스를 이용한 자동항법시스템에서 자기 컴퍼스 방위 센서의 정도를 실험하고 자기 컴퍼스의 오차에 대하여 고찰하였다.

II. 재료 및 방법

1. 자동항법시스템의 개요 및 자기 컴퍼스 방위센서의 원리

자기 컴퍼스를 이용한 자동항법시스템의 개요

를 블록다이어그램으로 나타내면 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에 나타낸 자기 컴퍼스 방위 센서의 원리는 다음과 같다.

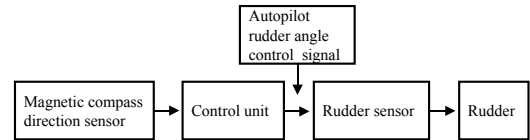


Fig. 1. Block diagram of autopilot system using magnetic compass.

연근해 어선에서 사용되고 있는 자기 컴퍼스를 이용한 자동항법시스템은 자기 컴퍼스 위에 자기 컴퍼스 방위 센서를 설치하여 자기 컴퍼스가 갖고 있는 자석으로부터 나오는 자속을 포착하여 그 방향을 감지하도록 한 것으로 실선에 설치된 자기 컴퍼스 방위 센서의 사진은 [Fig. 2]와 같다.

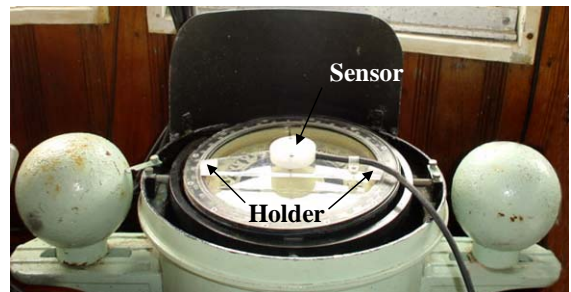


Fig. 2. Photograph of established magnetic compass direction sensor on a magnetic compass.

Fig. 2에서 자기 컴퍼스 방위 센서는 크게 방위를 감지하는 센서부와 센서부를 자기 컴퍼스 보울의 중심에 고정시키는 고정부로 구성되어 있으며 센서부의 구조는 Fig. 3과 같다. 센서부에 내장되어 있는 센서는 링상에 여진코일 및 X와 Y성분 검출코일이 감겨져 있으며, 링은 퍼멀로이(Permalloy)라고 불리는 고투자율의 자성재료로 만들어져 있다. 그리고 여진코일은 발전기를 접속하여 링상 자심을 충분히 포화시킬 필요가 있으며, 자심에 외부로부터 지자기 가해지지 않으면 X와 Y방향 검출코일의 출력전압은 0가 된

다. 그러나 외부로부터 지자기가 가해지면 자속 변화로부터 X와 Y방향 검출코일의 출력전압은 방위각이 $0 \sim 360^\circ$ 변화하는 동안 X방향에서는 \sin 곡선, Y방향에서는 \cos 곡선의 1주기를 그리며 변화하고, 여진자계의 2배의 주파수로 동조한 필터에 의해 제 2고조파 성분을 검출해낸다. 더욱이 이 지자기에 의해 진폭 변화된 교류신호를 동기·검파하고, 직류신호로 변환한다.

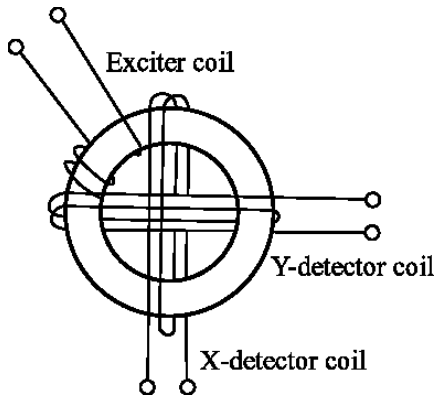


Fig. 3. Inside structure of a magnetic compass direction sensor.

변환된 이 신호는 조정부(control unit)에 전달되고 조정부내에서 X와 Y방향 출력전압을 이용하여 방위각을 구할 수 있는데 그 식은 다음과 같다.

$$\theta_r(\text{rad}) = \tan^{-1} \frac{V_Y}{V_X} \dots\dots\dots (1)$$

단, V_X 와 V_Y 는 각각 X와 Y방향의 출력전압을 나타낸다. 이와 같이 구해진 각도 단위의 신호가 조타센서에 전달되고 최종적으로 조타기를 조정할 수 있게 되어 자동조타가 이루어지게 된다.

2. 실험장치 및 방법

실험은 실선에서 사용되고 있는 자기 컴퍼스 방위 센서(MPC-03, SA MART)를 이용하여 선상과 실내실험을 행하였다.

선상실험은 77톤급 근해통발어선을 이용하여

남향($35^\circ 02.26' N$, $129^\circ 01.94' E$)에서 자기 컴퍼스(Jung Hang S. K. IND. Co)의 자차 수정이 끝난 후 이루어졌다. 실험 당일 해상의 파고는 약 0.5m로 잔잔하였으며 천기는 흐렸으나 실험에는 비교적 좋은 날씨였다. 선상에서 자기 컴퍼스 방위 센서의 성능은 배를 반시계 방향으로 360° 회전할 때 자기 컴퍼스의 선수방위를 자기 컴퍼스 방위 센서가 정확하게 가리키는지 조사하였다.

실내실험은 부경대학교 내 수산과학관에서 Fig. 4에 나타낸 인공자장발생장치를 이용하여 수평자력이 0.25Gauss, 0.30Gauss, 0.40Gauss에서 <Table 1>에 나타낸 실선에서 사용되고 있는 3종류의 자기 컴퍼스를 이용하여 자기 컴퍼스의 성능 평가에 사용하는 제진특성 실험을 행하여자기 컴퍼스에 의한 제진곡선과 자기 컴퍼스 방위 센서에 의한 제진곡선을 비교하여 자기 컴퍼스 방위 센서의 성능을 평가하고, 자기 컴퍼스에 의한 제진특성을 이용하여 자기 컴퍼스의 성능을 평가하였다.

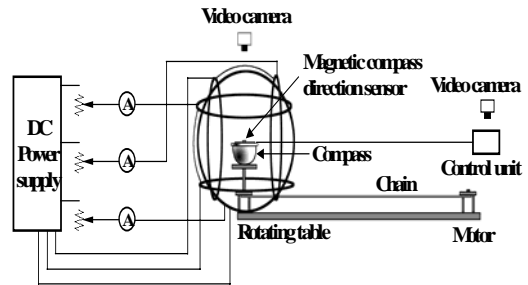


Fig. 4. Diagram of the apparatus generating artificial magnetic force and testing performance of magnetic compass.

Table 1. Specification of experimented magnetic compass

Compass type	Inside diameter of bowl (mm)	Diameter of card (mm)	Clearance (mm)
A	210	185	12.5
B	245	185	30
C	95	85	5

자기 컴퍼스의 제진특성 실험은 인공자장발생 장치 내에서 자기 컴퍼스 카드를 45°초기 위상각을 준 후 컴퍼스 카드의 지북단이 자북을 통과하여 정지할 때까지의 움직임을 비디오카메라로 촬영하여 분석한 것이다.

Fig. 5의 제진곡선에서 카드를 45°편각시킨 후 카드의 지북단이 최초로 자북을 통과하는 시간을 t_1 , 반대쪽으로 과행각이 최대가 되었을 시간을 t_2 , 다시 자북을 통과하는 시간을 t_3 , 그 후 다시 과행각이 최대에 달한 시간 등 카드의 지북단이 자북을 통과하는 시간과 최대각이 되는 시간 등의 주요점 통과시간을 t_i 로 표시했으며, 과행각이 최대로 되었을 때를 $P_1, P_2, P_3 \dots P_i$ 로 하였고, 여기서 P_1 은 제 1과행각, D 는 최대편각에 대한 제동각의 비인 감쇄율이며, m 은 초기 위상각에서 편각이 반대쪽으로 최대가 된 후 다시 자북을 지나 최대가 되었을 때의 진요회수이고, 주기(T)는 $t_5 - t_1$ 으로 구했다. 이때 사용된 인공자장발생장치의 제원은 <Table 2>와 같으며, 인공자장발생장치 내의 자장의 세기는 저항을 조절하여 제어하였다.

Table 2. Specification of helmholtz coil

Diameter (mm)	Distance of helmholtz (mm)	Width (mm)	Diameter of coil (mm)	Winding number (turns)
900	600	50	1	50

선상실험에서 데이터 수집은 자기 컴퍼스 위에 디지털 캠코더(DCR-TRV20, SONY)를 설치하여 컴퍼스 카드를 촬영함과 동시에 자기 컴퍼스 방위 센서의 표시계에 나타난 각도를 실시간으로 읽어 음성정보로서 컴퍼스 카드의 영상정보와 함께 비디오 테이프에 저장시켜 분석하였다. 또한 실내실험에서는 디지털 캠코더 2대를 이용하여 자기 컴퍼스와 자기 컴퍼스 방위 센서의 표시계를 동시에 촬영하여 두 영상정보를 동기시켜 분석에 이용하였다.

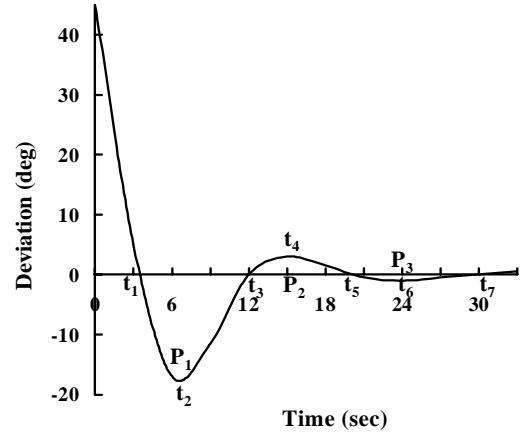


Fig. 5. Notation of the principal time and peak angle of damping curve.

III. 결과 및 고찰

1. 자기 컴퍼스와 자기 컴퍼스 방위센서의 선수방위각 비교

선상실험에서 자기 컴퍼스와 자기 컴퍼스 방위 센서의 선수방위각을 결과는 Fig. 6과 같다. Fig. 6에서 자기 컴퍼스 방위 센서가 가리키는 선수방위각은 약 5~6°에 1회 임해졌으며 자기 컴퍼스가 가리키는 선수방위각과의 비교에서 두 선수방위각 차의 최대는 1.5°이었으며, 평균은 0.45°, 표준편차는 0.38°를 나타내었다.

실내실험에서는 인공자장발생장치 내에서 자장을 변화시켜가며 3종류의 자기 컴퍼스 위에 자기 컴퍼스 방위 센서를 설치하여 자기 컴퍼스 방위 센서에 의한 제진곡선과 자기 컴퍼스에 의한 제진곡선을 비교한 결과는 Fig. 7과 같다. Fig. 7에서 실선은 자기 컴퍼스 방위 센서에 의한 제진곡선을 나타내고 점선은 자기 컴퍼스에 의한 제진곡선을 나타내는데, 실선과 점선은 실험이 행해진 모든 자장 내에서 거의 비슷한 궤적을 그리는 것을 알 수 있다.

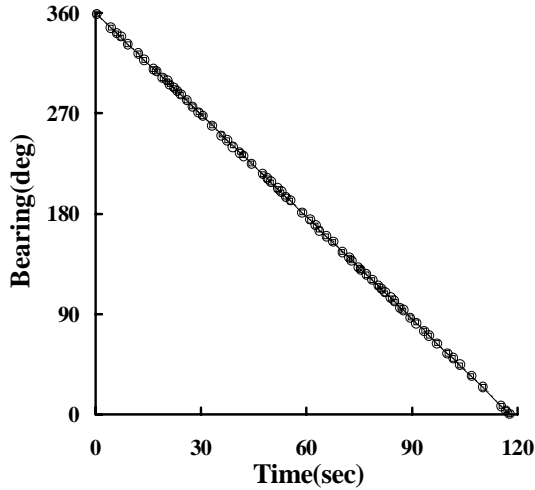


Fig. 6. The comparison of bearing angle as a function of time for magnetic compass direction sensor and compass card.

—□— : by magnetic compass direction sensor,
 ···○··· : by compass card.

그러나 두 그래프가 완전하게 일치하지는 않는데 그 이유로서는 컴퍼스 카드를 45°편각시키기 위하여 영구막대자석을 이용하였는데 그것의 자속이 자기 컴퍼스 방위 센서에 영향을 주었을 가능성과 측정상의 오차로 판단되었다.

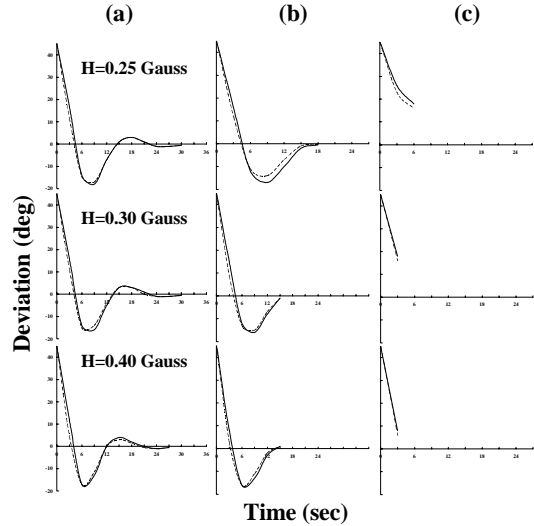


Fig. 7. Damping curves by compass types and horizontal magnetic fields.

— : by magnetic compass direction sensor,
 ··· : by compass card.

2. 자기 컴퍼스의 제진특성 및 오차

자기 컴퍼스에 의한 제진특성 결과는 <Table 3>과 같다. <Table 3>에서 자기 컴퍼스 (a)는 자장의 세기가 강할수록 주기가 짧게 나타났으나, 자기 컴퍼스 (b)와 (c)는 진요회수가 적어 주기를 측정할 수 없었고, 특히 자기 컴퍼스 (c)는 진요

Table 3. The comparison of principal parameters of damping curve by compass types in accordance with the horizontal magnetic forces in magnetic compass direction sensor and compass card

Compass type	Horizontal magnetic force (Gauss)	Magnetic compass card					Magnetic compass direction sensor				
		Period (Sec)	Damping degree (P)	Damping factor (D)	Swing number (m)	Fricative degree (F)	Period (Sec)	Damping degree (P)	Damping factor (D)	Swing number (m)	Fricative degree (F)
(a)	0.40	16.5	18.0	0.60	3.0	0.5	17.0	18.0	0.60	3.0	0.5
	0.30	17.0	16.5	0.63	3.0	0.5	17.5	17.0	0.62	3.0	0.5
	0.25	18.0	16.5	0.63	3.0	0.5	17.5	17.0	0.62	3.0	0.5
(b)	0.40	—	17.0	0.62	2.0	1.0	—	17.0	0.62	2.0	1.0
	0.30	—	15.0	0.67	1.0	1.0	—	16.5	0.63	1.0	1.0
	0.25	—	14.0	0.69	1.0	0.5	—	16.5	0.63	1.0	0.5
(c)	0.40	—	—	—	0	6.0	—	—	—	0	8.0
	0.30	—	—	—	0	16.0	—	—	—	0	18.0
	0.25	—	—	—	0	16.0	—	—	—	0	18.0

를 하지 않고 초기 편각시켜서 3~6sec후에 멈춰 버렸다. 진요회수에 관한 규정으로서 ISO는 3회 이상을 허용범위로 규정하고 있는데 자기 컴퍼스 (a)는 어떤 자장에서든 3회 이상 진요하여 이 조건을 만족시켜 사용에 적합하였으나, 자기 컴퍼스 (b)는 수평자장의 세기에 따라 1회 및 2회를 나타내었고, 자기 컴퍼스 (c)는 진요조차 하지 않아 ISO규정 이하를 나타내었으므로 사용하기에 부적합하였다.

제진특성에 영향을 주는 요소로서는 컴퍼스 카드 끝과 보울 내경의 간격인 clearance와 컴퍼스 액의 점성계수, 컴퍼스 카드의 면적변화를 지적하였고(鈴木裕, 1962; 안영화, 1990), 홍 등(1993)은 특히 연안 어선에 사용되고 있는 자기 컴퍼스에 대한 제진특성 실험에서 컴퍼스 카드가 진요하지 않거나 진요하더라도 규정에 미달되었다하여 본 실험과 유사한 결과를 보고하면서 연안어선의 경우 심한 선제진동과 짐벌링 장치를 제대로 갖추고 있지 않아 축침과 축모가 마모되어 컴퍼스 카드의 지북작용에 영향을 주었을 가능성이 있음을 보고하였다. 또한 자기 컴퍼스의 노후 및 관리 소홀로 컴퍼스로서 제 역할을 다하지 못하는 것을 지적하면서 안전운항을 위하여 자기 컴퍼스의 철저한 관리 및 적절한 자차 수정을 권고하였다.

결 론

자기 컴퍼스를 이용한 자동항법시스템에서 자기 컴퍼스 방위 센서와 자기 컴퍼스의 성능을 조사하기 위하여, 남외항에서 근해통발어선을 이용한 선상실험과 인공자장발생장치 내에서 행한 실내실험을 통하여 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다. 자기 컴퍼스 카드와 자기 컴퍼스 방위 센서와의 선수방위각 비교에서, 선상실험에서 두 데이터의 차가 평균 0.45° , 표준편차 0.38° 를 나타내었고, 실내실험에서도 모든 자장에서 자기 컴퍼스 카드에 의한 제진곡선과 자기 방위 센서에

의한 제진곡선이 거의 일치하였으므로 자기 컴퍼스 방위 센서는 자기 컴퍼스의 선수방위를 정확하게 가리키는 것으로 판단되었다. 제진특성 실험을 통하여 연안 어선에 사용되고 있는 3종류의 자기 컴퍼스 성능을 조사하여 2종류의 자기 컴퍼스가 수평자장의 세기에 따라 1회 및 2회 진요하거나 진요조차 하지 않아 ISO규정 이하를 나타내었으므로 사용하기에 부적합하였다. 본 연구를 통하여 자기 컴퍼스 방위 센서는 자기 컴퍼스의 선수방위를 정확하게 가리킨다는 것을 알 수 있었으나 자기 컴퍼스는 제진특성 실험에서 ISO규정에 미달되어 사용에 부적합한 자기 컴퍼스가 확인되어 실선에서 사용되고 있는 자기 컴퍼스도 오차를 포함하고 있을 가능성이 높음으로 자기 컴퍼스를 이용한 자동항법시스템의 사용에 충분한 주의가 필요하다고 판단된다. 더욱이 금후 연안 어선에서 사용되고 있는 자기 컴퍼스의 성능 검사와 이들의 성능향상을 위한 계속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

- 안영화 · 정공훈 · 안장영 · 신형일(1983). 인공자장 발생장치와 자기컴퍼스의 성능. 한국어업기술학회지 19(2), 111~116.
- 안영화 · 정공훈 · 신형일(1986). 자기컴퍼스의 방위지시부의 수반각. 한국어업기술학회지 22(3), 17~22.
- 안영화(1987). 한국산 자기컴퍼스의 성능-I - 수반각 시험. 한국어업기술학회지 23(3), 21~26.
- 안영화(1990). 한국산 자기컴퍼스의 성능-II - 제진특성 시험. 한국어업기술학회지 26(2), 173~179.
- 안영화 · 신형일 · 白井靖幸(1994). 자기 검출소자를 이용한 전자자기 컴퍼스의 기초적 연구. 한국어업기술학회지 30(3), 182~188.
- 양주호(1999). 소형어선용 자동항행장치를 위한 전자자기컴퍼스의 국산화 개발 I. 선박안전 3, 14~25.
- 양주호(2000). 소형어선용 자동항행장치를 위한 전자자기컴퍼스의 국산화 개발 II. 선박안전 4,

- 16~21.
- 홍장표·신형일(1993). 연안어선의 자기컴퍼스에 관한 연구. 한국어업기술학회지 29(1), 21~29.
- 宮本佳則・浜田悦之・白井靖辛・齋藤清隆(1989). ホール素子を用いた3軸固定型電子コンパスの試作. 日本航海學會論文集 80, 55~61.
- 宮本佳則・浜田悦之・白井靖辛・齋藤清隆(1990). 3軸固定型電子コンパスの磁氣緯度に對する自差補正. 日本航海學會論文集 83, 1~5.
- 宮本佳則・浜田悦之・白井靖辛・齋藤清隆・中村善彦(1992). 電子磁氣コンパスの傾船差補正について. 日本航海學會論文集 86, 127~133.
- 鈴木裕(1962). 船舶用磁氣コンパスの性能改善に關する研究. 東京水産大學特別研究報告 6(3), pp. 144.
- 白井靖辛・鈴木裕・齋藤清隆・辛亨鎰(1977). 磁氣コンパス裝備位置付近における船体の振動測定結果. 日本航海學會論文集 58, 9~14.
- 白井靖辛・鈴木裕(1982). 上下振動に伴う磁氣コンパスカードの運動. 日本航海學會論文集 67, 115~118.
- 白井靖辛・鈴木裕(1983). 磁氣コンパスカードの水平軸回りの運動について. 日本航海學會論文集 68, 147~151.
- 白井靖辛・鈴木裕・齋藤清隆(1984). 磁氣コンパスボウルの動搖に伴うカードの動きについて. 日本航海學會論文集 70, 65~69.
- 白井靖辛・鈴木裕・齋藤清隆(1985). 磁氣コンパス動搖による誤差の検討. 日本航海學會論文集 72, 69~72.