

漁船の磁気コンパス自差に関する研究

著者	"源河 朝之"
雑誌名	鹿児島大学水産学部紀要=Memoirs of Faculty of Fisheries Kagoshima University
巻	20
号	2
ページ	139-234
別言語のタイトル	Studies on the Magnetic-Compass-Deviation of Fishing Vessele
URL	http://hdl.handle.net/10232/13437

漁船の滋気コンパス自差に関する研究*

源 河 朝 之**

Studies on the Magnetic-Compass-Deviation of Fishing Vessels*

Tomoyuki GENKA**

Abstract

On the occasion of operation and work of the fishing-vessels, important instruments of the magnetic-compass equipped on the purpose of decision of a way, setting direction of fishing gear or confirmation of operation-location. There are two kinds of compass, one is the magnetic-compass, and another is the gyrocompass. As to the fishing-vessels of our country, almost vessels not exceeding 100 tons equipped only the magnetic-compass and operates, but large vessels takes the gyro-compass with the magnetic-compass.

Generally, as compared with the magnetic-compass, the gyro-compass has not the appearance of deviation, so that its degree of confidence is higher. But, while, there are many cases when it is not fit for small vessels, for we need techniques of conservation and an accident mending, high knowledge and techniques of electricity or machine.

On the other hand, according to a White Paper of the Maritime Safety Agency, it became cleared that the magnetic-compass was low-priced, and that had not afraid of accident, conservation, and there was merit that anyone was able to use easily but there were many question points on the deviation above-mentioned, so that had some connections with many maritime accidents.

On the primary factor of appearance of the magnetic-compass-deviation, the investigation and countermeasure have been studied until new, but it is not all enough.

Therefore, the present writer divided the generation factor of deviation into the primary factor of internal and external, the former is i. e. of generation factor of the deviation due to influence of the hull-magnetism and the latter is a primary factor of alternation due to the locality-magnetism-field, i. e. influence of the local-attraction and the solar eclipse, extraordinary generation of sun-spot, and made a measurement many times.

The method of study and results is as follows.

The present writer mainly measured the deviation by means of bearing of a distant terrestrial object, calculated the deviation-co-efficient and analyzed the hull-magnetism-components.

First of all, examined a primary factor of internal on a primary factor of the magnetic-compass-deviation.

Recent times, from the old-system-construction-method, the construction-method of fishing-vessels improved to the block-system-construction and the construction-method from rivetting system turned into electric welding-method, and made a rapid progress, but the actual state of the hull-magnetism of construction-process accompanied with the rapid progress was complicated, so that the analysis and compensation on the generation-deviation became more difficult.

* 北海道大学審査学位論文・昭和46年3月 (Thesis submitted for the degree of Doctor of Fishery Science at the University of Hokkaido, March, 1971.)

** 鹿児島大学水産学部, 航海学研究室

(Laboratory of Navigation, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

So, from 1951 to 1969, in order to these investigations, the materials got from test ships, a fisheries experiment Station, Kagoshima prefecture, and deviation-compensation-materials of construction-vessels, Mukōzima Factory of Hitachi-ship-building-institutes, Onomichi add to the experimental-materials with fishing-vessels (six vessels), the Faculty of Fisheries, Kagoshima University, and analyzed, investigated.

That is to say, as compared with the actual state of the hull-magnetism of fishing-vessels by means of new and old-construction-method, it was evidence that new-construction-method was more remarkably about the yearly fluctuation of the deviation-change, and that especially after construction was remarkably, and the compensation was recognized to be difficult. It is confirmed due to existence of the sub-permanent-magnetism, prosperity and decay.

Besides, the present writer stated that complete compensation and certification of stability of deviation should be done by measurement of the permanent-magnetism at the magnetic-equator, and it is confirmed that it took 1-3 years until the stabilization.

It was ascertained that a method contrary to former was adapted for many vessels, on the correction of heeling error.

Judging from the results of wooden-vessels and composit vessel, it unexpectedly approved of a great deal of the deviation-generation, and it is confirmed that it took about six months until the stabilization.

This may be due to the narrowness of the bridge and increase of rigging.

It was ascertained that judging formula $\tan. \theta = \frac{C}{B}$ which depends on the hull-permanent-magnetism was not fit to the new-construction-method.

This may be due to difference of the construction-direction under the block construction respectively.

Also, judging from the results of the material-investigation, it generally proved that magnetization was greater than magnetization of under rigging.

This may be due to difference of polarity of the magnetization respectively, and complexity of rigging, and it was ascertained that induced-magnetism-components increased on the construction-vessels of the New-method.

Next, on the primary factor of external, first of all, the measurements of the local-attraction in the circumference of Kagoshima-bay and the Lake Ikeda were carried out from 1960 to 1967, and were ascertained the existence of considerable the local-attraction, and then the existence of the local-attraction at the entrance of Kagoshima-bay was found to be along in the side of the Satsuma peninsula, and the maximum value obtained in the measuring was 2.5°W. This may be assumed due to the existence of iron-sand, deposits and volcanic chain etc.

Next, also the measurements of the local-attraction on surrounding of Sakurazima were carried out and the existence of the local-attraction was ascertained, but on the actual state, polarity was found to be quite antagonistic, in the center of Sakurazima, the local-attraction on the northern-seaside of Sakurazima and on the southern-seaside of Sakurazima. And the maximum value obtained in the measuring was 4.2°W in the north side, and 3.8°E in the south side, respectively.

The 'local-attraction' was assumed to be owing its origin to the residual thermomagnetism of the lava issued at the volcanic eruption of the islet Sakurazima.

The measurements of the local-attraction in the circumference of out-of-bay were ascertained, and assumed this may be due to the existence of iron-sand, mineral deposits, and mine on land.

Also, the local-attraction in the circumference of the Lake Ikeda was existend and polarity was found to be antagonistic, in the north side and in the south side at lake, i. e. the magnetizing was E,ly in the northern side of the circumference of the lake Ikeda, while it was W,ly in the southern side, the maximum value obtained 2.3°W. This may be due to the existence of the mines, deposits and iron-sand. Next, on the influence of the extraor-

dinary astronomy phenomenon upon the magnetic-compass-deviation, made an observation of the annular eclipse at Takara island of Tokara chain of islands, Kagoshima prefecture on April 19th 1958 and the deviation-change of about, 1° though a little was recognized. Again, when the extraordinary generation of the sun-spot, made an observation of alternation of the compass-needle in laboratory room, and some alternations, showed the maximum width 0.4° . This may be due to the generation of magnetic-storm and other causes and soon, but it will be necessary to have farther investigations. The summary of results for investigation is described as follows.

1) The block-system-construction-method have large sub-permanent-magnetism-components, as compared with the old-construction-method, generally after construction, the deviation fluctuated large. So, it took about 1-3 years until the stabilization of the hull-magnetism.

2) It was ascertained that the induction-magnetic-components of the latest construction-vessels had large comparatively.

3) Judgement formula of construction-direction which used co-efficient (B), (C) issued at the hull-permanent-magnetism, i. e. $\tan. \theta = \frac{C}{B}$ was not fit to the new-construction-method.

4) On the correction of heeling error of the block-construction-vessels, a reverse compensation-method opposite the conventional theory applied for many vessels.

5) Generally magnetization under equipping was larger than magnetization on the building ship.

6) The sub-permanent-magnetism reduced gradually, and the hull-permanent-magnetism was stabilized, but the certification will be necessary to make an observation at the magnetic-equator.

7) The latest wooden-vessels have a tendency to appear large unexpectedly, so that it was ascertained that composite vessel had to manage in the same way as steel vessel. Also, the sub-permanent-magnetism was recognized to some extent, but it took six months and it did not take so the time as steel vessel.

8) Fluctuation of the geo-magnetism due to the local-attraction was large considerably. So that it was necessary to pay attention for considerable deviation on the magnetic-compass of the ship's voyage arised.

9) On extraordinary-astronomy-phenomenon, i. e. the annular eclipse, the solarr eclipse, and the generation of the sun-spot etc, had an effect upon the magnetic-compass. But it has almost no disturbing influence on the ship's voyage.

目 次

緒 言	143
第1章 船体帯磁測定法について	147
1.1. 磁場測定器を用いる方法	147
1.2. 自差係数算出による方法	149
1.2.1. 実験方法	150
1.2.2. 結果および考察	151
1.3. 結 論	151
第2章 構成法と構成材料による船体帯磁と自差	152
2.1. 船体構成と帯磁	152
2.2. 構成材料の磁性	152
2.3. 木造船の帯磁の自差	155
2.3.1. 試験対象とした船舶	155
2.3.2. 試験方法	158
2.3.3. 結果および考察	158
2.4. 鋼船の帯磁と自差	163
2.4.1. 試験対象とした船舶	163
2.4.2. 測定方法および条件	163
2.4.3. 結果および考察	164
2.5. 木鉄交造船の帯磁と自差	164
2.5.1. 試験対象とした船舶	166
2.5.2. 試験方法	167
2.5.3. 結果および考察	170
2.6. 結 論	174
第3章 建造方法の差異による船体帯磁と自差	175
3.1. 旧式建造法による場合	176
3.1.1. 試験対象とした船舶	176
3.1.2. 試験方法	176
3.1.3. 結果および考察	179
3.2. ブロック式建造法による場合	180
3.2.1. 試験の対象とした船舶	180
3.2.2. 試験方法	181
3.2.3. 結果および考察	183
3.3. 結 論	189
第4章 磁気コンパスにおよぼす地方磁気の影響	190
4.1. 鹿児島湾の地方磁気について	191
4.1.1. 湾口における地方磁気	191
4.1.1.1. 測定地域および測定方法	191
4.1.1.2. 結果および考察	194
4.1.2. 桜島周辺の地方磁気	199
4.1.2.1. 測定地域および方法	199
4.1.2.2. 結果および考察	199
4.1.3. 湾中央部および湾外周辺の地方磁気ならびに湾全域の地方磁気	207
4.1.3.1. 測定地域および方法	207
4.1.3.2. 結果および考察	208
4.2. 池田湖周辺の地方磁気	210

4.2.1.	測定地域および測定方法	210
4.2.2.	結果および考察	210
4.3.	結 論	213
第5章	異常天文現象の磁気コンパスにおよぼす影響	214
5.1.	金環食の影響	214
5.1.1.	トカラ列島における金環食	214
5.1.2.	結果および考察	215
5.2.	皆既日食の影響	216
5.2.1.	ニューギニアにおける皆既日食	216
5.2.2.	結果および考察	218
5.3.	太陽黒点の影響	221
5.3.1.	測定方法	221
5.3.2.	結果および考察	221
結 論		228
謝 辞		229
要 約		230
文 献		232

緒 言

漁船の運航や操業にあたって、針路の決定、漁具投入方向の決定、または操業位置の確認等のためコンパスが用いられる。船橋に装備されるコンパスには磁気コンパスとジャイロコンパスの二種がある。日本の漁船の場合、100トン以下の小型船のほとんどは、法定計器である磁気コンパスのみを装備して操業運航し、大型トロール漁船、遠洋まぐろ延縄漁船、捕鯨母船等の大型漁船ではジャイロコンパスを装備しているが、その場合でも必ず磁気コンパスを併用しているのが現状である。

近年ジャイロコンパスが発達して、小型船用のものも普及してきたが、それは主として高緯度地方に出漁する北洋鮭鱒流網漁船、北洋機船底曳網漁船、捕鯨船等に装備されており、その他の漁船にはあまり装備されていない。ジャイロコンパスは、始動後ただちには使用できず、安定して使用できる状態になるまでには、少なくとも2～3時間を要する不便がある。したがって、緊急出航の場合には十分に役立たない欠点がある。漁船の場合は入港後ただちに水揚げし、おわって漁場に向かう場合も多い。そのため発電機を運休させることができず、その保守に苦心することが多い。そしてジャイロコンパスは保守に手数がかかるので、漁船のような規模のものでは、その点不便な面も多い。いま、ジャイロコンパスと磁気コンパスの利害得失を漁船の場合について簡単に考察する。

一般にジャイロコンパスは信頼度が高く、次に述べる磁気コンパスのように、複雑な原因に基づく自差を生じない利点をもっているが、一方、前にも述べたように、保守と故障の修理、高度の電氣的・機械的知識と技術を要するため、小型漁船では極めて不利である。

一方、磁気コンパスは、いつでもどこでもただちに使用でき、極めて簡便である点で小型漁船に多く用いられているのであるが、その測定原理を地球磁場によっているため、その擾乱、または局地的変動によって自差を生ずる。そしてその発生原因の解析と完全な修正には、専門的知識と技術を必要とする。そのため、一般漁船においてはほとんどこれが考慮されておらず、したがって、自差の未確認や未修正による事故が発生することも特徴といえる¹⁾。

Table 1-1. Reference data of Shipwreck in the fishing vessel for mean 1962~1064.

Year	Steamer			Sailing vessel with auxiliary engine.			Fishing vessel			Pron.			Total		
	Shipwreck numbers	Total loss numbers	Percentage of total loss	Shipwreck numbers	Total loss numbers	Percentage of total loss	Shipwreck numbers	Total loss numbers	Percentage of total loss	Shipwreck numbers	Total loss numbers	Percentage of total loss	Shipwreck numbers	Total loss numbers	Percentage of total loss
37	609	99	16	896	214	24	1,199	251	21	156	38	24	2,860	602	26
38	723	127	18	850	268	32	1,188	271	23	183	38	21	2,944	704	24
39	688	127	18	811	268	33	1,146	251	22	220	67	30	2,865	713	25
40	756	118	16	672	208	31	1,153	246	22	197	55	28	2,788	627	23
41	889	145	16	517	131	25	1,145	216	19	273	53	19	2,824	545	19

	Section	Colli- sion	Strand- ing	Engine trouble	Afire	Inunda- tion	Capsizal	Missing	Pron.	Total
Steamer	Inside of harbor	18	6	2	1	12	3	1		43
	Less than 3 mile	7	33	3	2	11	12	1	1	70
	3~50 mile	8	1		2	8	7	2		28
	50~100 mile									
	100~500 mile					1			1	2
	More than 500 mile								1	1
	Unknow							1		1
Total		33	40	5	5	32	22	5	3	145
Sailing vessel with auxiliary engine	Inside of harbor	23	8	1		16			1	49
	Less than 3 mile	15	23	1	5	11	4	1		60
	3~50 mile	8	2			7	2	1		20
	50~100 mile									
	100~500 mile									
	More than 500 mile								2	2
	Unknow									
Total		46	33	2	5	34	6	4	1	131
Fishing vessel	Inside of harbor	3	7	1	2	4				17
	Less than 3 mile	6	51	3	2	14	18		3	97
	3~50 mile	12	5	1	5	18	17	2		60
	50~100 mile	1	2		1	2	1	1		8
	100~500 mile	3	2		1	6	3	2		17
	More than 500 mile	5	6		2	3	1			17
	Unknow									
Total		30	73	5	13	47	40	5	3	216
Pron.	Inside of harbor	16	4			18	1			39
	Less than 3 mile		1			3			6	10
	3~50 mile						1		3	4
	50~100 mile									
	100~500 mile									
	More than 500 mile									
	Unknow									
Total		16	5			21	2		9	53
Total	Inside of harbor	60	25	4	3	50	4	1	1	148
	Less than 3 mile	28	108	7	9	39	34	2	10	237
	3~50 mile	28	8	1	7	33	27	5	3	112
	50~100 mile	1	2		1	2	1	1		8
	100~500 mile	3	2		1	7	3	2	1	19
	More than 500 mile	5	6		2	3	1		1	18
	Unknow							3		3
Total		125	151	12	23	134	70	14	16	545

(By statistics of maritime safety)

海難のうちの8割までが小型船の海難であるが、その大部分は漁船で、その約半数は乗揚げ事故である。その原因の中で先にあげた磁気コンパス自差の未確認や未修正等による針路の誤まりや船位の不確実に基づく事故がかなりの数に達している。これら海難の原因の究明、およびその対策についての研究^{2)~9)}もなされてきたが、海難は依然として減少していない¹⁰⁾。(Table 1-1, Table 1-2 参照)

いま、磁気コンパスの自差に入るまえに、磁気コンパスの発展の歴史を述べた後、自差に関するこれまでの研究について述べてみたいと思う。

Table 1-2. Statistical data of classical by tonnage and shipwreck for mean of 1962~1964.

(1) Mead of salvage

Variety of shis Tonnage	Steamer			Sailing veseel with auxiliary engine			Fishing vessel			
	Happen rate	Enroll- ment numbers	Ship- wreck number	Happen rate (per- millage)	Enroll- ment numbers	Ship- wreck number	Happen rate (per- millage)	Enroll- ment numbers	Ship- wreck number	Happen rate (per- millage)
5~ 20	20	2,666	62	23.3	4,454	154	34.6	15,170	271	17.9
20~ 100		2,362	80	33.9	7,078	496	70.0	8,150	449	55.1
100~1,000		1,165	376	112.8	1,354	174	128.3	1,511	45	29.8
1,000 以上		1,165	71	61.0						
Total		9,448	580	32.2	12,866	824	64.1	24,831	765	30.8

(2) Shipwreck of stranding

5~ 20		10	3.8		31	7.0		56	3.7
20~ 100		24	10.2		175	24.7		144	17.7
100~1,000	Do.	207	63.6	Do.	86	58.3	Do.	20	13.2
1,000 以上		24	20.6						
Total		265	28.0		285	22.2		220	8.8

(3) Shipwreck of total loss

5~ 20		17	6.4		39	87		51	3.4
20~ 100		14	5.9		152	21.5		111	13.6
100~1,000	Do.	63	19.3	Do.	48	35.4	Do.	14	9.3
1,000 以上		4	3.4						
Total		98	10.4		239	18.6		176	7.1

(By statics of maritime safety.)

磁気コンパスは、1269年フランス人ペリークリーヌスの製作したもので始めてコンパスらしい形態が整ったといわれ、1876年、イギリス人ケルビンが画期的なコンパスを発明するに至って、飛躍的な発展をとげた。

また、磁気コンパスの発達に関する歴史的な研究報告^{13)~23)}が数多くみられる。

わが国における磁気コンパスの製作は江戸時代に始まり、明治末期から大正初期には外国製品を範として、著しく発達した。そしてその改良に関する研究は、旧海軍を中心に発展してきたが、近年においては、鈴木裕(1962)¹¹⁾、黛(1964)¹²⁾等の研究がある。

磁気コンパスの誤差、ことに船体の帯磁が磁気コンパスの磁針方位指示に影響をおよぼすために

生ずる、いわゆる自差について考察する。

磁気コンパスの自差が発見されたのは、18世紀末といわれているが、以来、これに関して多くの研究がおこなわれてきた。自差が船首方向によって異なることは、1772~1779年、有名な探検航海者であるイギリス人クック船長の全世界航海中、その乗組員の一人、ウェールズによって発見された。その後、ウィリアム・フリンダースが1810年、フリンダースパーによって、垂直軟鉄から生ずる自差を修正することを発見した。1824年には有名なポアツソンが自差の数学的理論の基礎を確立した。このように、自差に対する研究が次第に盛んとなり、水平軟鉄の修正に軟鉄球を使用することや、自差を永久磁気と軟鉄の感応磁気に分けて考察することが正しいとするアイリスの発表がある。1850~1855年スミスは現在でも自差測定法として最も良く利用されている遠標方位法（8点方位法）や、自差表の利用を発表して今日の自差理論の基礎を作りあげたのである²⁴⁾。

磁気コンパス自差の主な原因として、船体構成材料および艙装品に多くの鉄材が使用されているため、それらの帯磁による地球磁場の擾乱の影響があげられる。すなわち、漁船の場合は商船と異なり、船体そのものが小型で、船橋附近も狭く、漁撈遂行上重要な設備である漁撈機械が多量に搭載されていることが、磁気コンパスの自差を大きくする重要な原因になっていると考えられる。しかも、乗組員の自差に対する認識不足が事故発生の重要な要因になっている。

このような鉄材を多量に使用し、かつ多くの電氣的機械をもつ漁撈装置を設置し、これを駆動することは、それらが帯磁によって生ずる磁場（船体磁場）によって、地球磁場を擾乱するばかりでなく、磁気コンパス自差の発生の源となると考えられる。しかも、これらは大型化し、また、漁具は機械化していく傾向にあるので、船体帯磁と併せて重要な自差の要因となると考えられる。このような漁船の磁氣的要因を究明するには、漁業別漁船を種類別に検討する必要もあるであろう。

このような磁気コンパス自差、および船体磁気に関する研究は、従来もかなりなされてきたが、総合的な磁気コンパス自差の変化に関する研究では、鈴木・石田外（1956）²⁵⁾、西谷・前畑（1958）²⁶⁾、鈴木裕（1958）^{27) 28)}、ANDERSON, E. W. (1965)²⁹⁾等の研究があり、自差修正に関しては、日向（1951）³⁰⁾、波多野（1949）³¹⁾、波多野・鈴木（1955）³²⁾、前畑（1957）³³⁾、西谷（1959）³⁴⁾等、外国においては HARVEY, G. N. (1948)³⁵⁾ (1949)³⁶⁾、O'BEIRNE, T. H. (1948)³⁷⁾等の研究がある。

近時、船体建造法が急速に進歩発達して、従来の旧式建造法からブロック式建造法に変わり、リベット式工作法が電気溶接による工作法に変わったため、船体帯磁がはなはだ不安定となり、自差修正がかなり困難となるに至った。

このようなブロック建造船の船体磁気と自差修正に関する研究は、主として、わが国においておこなわれているが、自差修正の実際面については、大北（1958）³⁸⁾、宮下（1950）³⁹⁾、福井（1961）⁴⁰⁾等の発表があり、かなりの成果があがった。しかし、その原因の究明はあまりなされなかった。

そこで、主として漁船によって、その理論的、実験的研究が、源河（1962）⁴¹⁾、源河・狩俣（1967）^{42) 43)}、斉藤・増田外（1965）⁴⁴⁾、神鳥・広瀬・中田（1965）⁴⁵⁾、神鳥（1967）⁴⁶⁾、源河・松野（1969）⁴⁷⁾等によっておこなわれ、その実態と対策がかなり究明され、今日に至っている。

また、自差には以上のような原因の他に、外的要因として、地方磁気の異常に大きな海域を航海する場合や、金環食、日食、または太陽黒点の発生等の異常天文現象によっても若干の影響をうけることも考えられる。

磁気コンパス自差発生の外的要因としての地方磁気に関する研究は、従来、地球物理学的研究の一環として世界的になされている。わが国においても多くの研究⁴⁸⁾がなされているが、歌代・滝川

(1958)⁴⁹⁾, 川村・歌代・滝川 (1958)⁵⁰⁾, 川村・今井・杉浦 (1958)⁵¹⁾, 川村・杉浦 (1958)⁵²⁾, 川村・杉浦 (1959)⁵³⁾, 加藤・松尾・桜井外 (1958)⁵⁴⁾, 海上保安庁水路部 (1960)⁵⁵⁾, 須田 (1959)⁵⁶⁾, 川村・杉浦 (1959)⁵⁷⁾, 塚本・歌代 (1961)⁵⁸⁾, NAGATA, T., ARAI, Y., MOMOSE, K. (1963)⁵⁹⁾, 源河 (1964)⁶⁰⁾, 源河 (1965)⁶¹⁾, 源河 (1965)⁶²⁾, 源河 (1967)⁶³⁾, 田島・関口 (1968)⁶⁴⁾ 等の研究がある。そして、外国においては、BOLZ, H. (1963)⁶⁵⁾, HARRISON, J. C., HUENE, R. E., CORBATO, C. E. (1966)⁶⁶⁾, ALLAN, D. W., BULLARD, E. C. (1966)⁶⁷⁾, DICKSON, G. O., PITMAN, W. C. III (1968)⁶⁸⁾, PITMAN, W. C. III, HERRON, E. M. (1968)⁶⁹⁾, LE PICHON, X., HEIRTZIER, J. R. (1968)⁷⁰⁾ 等の研究がある。

また、異常天文現象と地磁気との関係についての研究は、わが国においては、佐野 (1950)⁷¹⁾, 川村 (1957)⁷²⁾, 川村・杉浦 (1958)⁷³⁾ 等があり、外国においては LENGNING, K., RITTER, E., WIESE, H. (1963)⁷⁴⁾, WOLTER, H. (1963)⁷⁵⁾, LENNERS, D., SCHMIDT, H. (1963)⁷⁶⁾, KAUTZIEBEN, H., WAGNER, C. U. (1963)⁷⁷⁾ 等の研究がある。

異常天文現象が磁気コンパスにおよぼす影響についての研究は、源河 (1958)⁷⁸⁾, 源河・鶴留 (1962)⁷⁹⁾, 源河 (1967)⁸⁰⁾ がある。

ところで、最近急速に進歩発達したブロック組み立て建造方式によって建造される漁船の、磁気コンパス自差に関する理論的、実験的研究はまだ極めて少ないようである。

これらのことを考慮し、筆者は、漁船に装備される磁気コンパスの自差の発生原因を究明し、その修正の対策を検討するために研究に着手した。

そのため自差の内的要因である船体帯磁の実態を解析し、その結果、船体帯磁が経年変化をおこなうことを確かめ、その安定した修正結果を得るための方策について検討した。

一方、外的要因である、地方磁気存在、および異常天文現象の発生が磁気コンパスに与える影響についても検討し、考察をおこなった。

第 1 章 船体帯磁測定法について

一般に、船舶において船体磁気を測定する目的は種々考えられるが、その多くは、磁気コンパスの自差修正を完全におこなうためである。船体帯磁の測定法には、測定器を使用する方法と、自差測定をおこなって自差係数を算出し、船体構成材料の影響を知る方法があげられる。筆者は、本研究において、船体帯磁を解析するにあたり、適切な測定法を決定するため、上記二通りの方法について検討した。

1.1 磁気測定器を用いる方法

磁場測定器を用いる方法には、二つの目的がある。その一つは、船体全般にわたって測定箇所を定め、測定をおこない、その資料の総合考察によって船体全般の帯磁の傾向を知ろうとする場合と、他の一つは、磁気コンパスの設置場所における磁場を測定して、コンパスに影響する自差を修正する場合とである。一般には後者を目的とする場合が多い。このような目的の磁場測定には水平磁場測定と垂直磁場測定があり、これには、偏針儀、水平指力計、および傾針儀がそれぞれ用いられる (Fig. 1 参照)。

偏針儀による方法は、二本対称の磁石の角度を変えてその合成磁石を変化させ、磁気コンパス磁針の指北力とつりあわせることで、磁気コンパスの指北力の大きさを各船首方位に対して測定する。この方法は物標によらないので、測定位置に関係しない利点があるが、実際には測定器の操作

にかなり熟練を要する。

つぎに、水平指力計による方法は、空气中で振動するようになっているが、空気の抵抗は非常に小さいし、まさつを小さくしてあるから、これを振動させると自由振動に近い周期を示す。

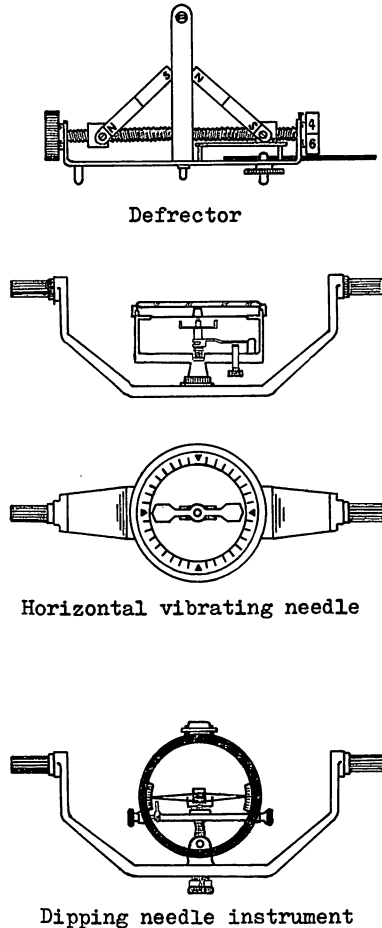


Fig. 1. Sketch showing the magnetic-field instrument.

まず、陸上で近くに鉄類のないところで、水平指力計を水平に置いて磁針を振揺させ、秒時計でその周期を測定し、船上のそれと比較して水平磁力を求める。

傾針儀による方法は、傾針儀上部の水準器によって常に水平に置いて用いなければならない。また、磁針は北極が水平磁場の方向に向いているようにおく。そして、重錘の位置を移動させて磁針が水平になるようにして測定し、鉛直磁力を求めるのである。

敬天丸を使用した測定例を示すと次のようである。

(1) 偏針儀による測定結果

測定に使用した偏針儀は T.K.S 製で、測定した偏針儀の器目は $N \dots 8.8$, $S \dots 7.3$, $E \dots 18.5$, $W \dots 13.2$ であった。この方法は極めて高精度の結果が得られるが、測定法にかなりの熟練を必要

とし、船体の動揺の際は測定が困難となり、誤差が大きくなるので漁船等の小型船に利用することは、なおさら適当でないと思われる。

(2) 水平指力計による測定結果

使用した水平指力計は、T.K.S 製 (1956 年), No. 9713 である。陸上 (鹿児島大学水産学部校庭) における周期は 3.4 秒であったが、船上において、水平指力計による周期を測定した結果、 $N \cdots 3.20$ 秒, $E \cdots 3.30$ 秒, $S \cdots 3.35$ 秒, $W \cdots 3.25$ 秒 であった。しかし、測定はかなり困難をともなった。

(3) 傾針儀による測定結果

使用した傾針儀は T.K.S 製 (1956 年), No. 6195 で $k=0.0235$ のものである。陸上 (前述の校庭) において傾針儀で測定した器目は 13.7 であったが、船上においては 15.6 を示した。船体が動揺するときにはその測定は困難である。

以上のことから、偏針儀、水平指力計、傾針儀は極めて高精度の資料が得られ、詳細な帯磁の調査が可能であるが、その使用が煩雑で、正確な結果を期待するにはその操作に熟練を要する欠点があり、海上が平穏で、船の動揺が少ないことが測定に必要な条件である。しかし、実際には、精度は若干劣るが (誤差の範囲は $\pm 0.2^\circ$ 程度) 以下に示す方法が総合的にみて、測定には適切であると思われる、筆者の場合にはもっぱらこの方法によった。

1.2 自差係数算出による方法

船内装備の磁気コンパスにおよぼす船体帯磁の影響を知るための方法として、前述の磁場測定器を用いる方法以外に、遠標方位法、相互方位法、または天体方位による方法などを用いて磁気コンパスの自差を測定して、自差公式より自差係数を算出し、各係数を検討してコンパスに影響している船体構成材料の帯磁の影響を知ることができる。

この方法は、船首を既知物標の磁針方位により 8 主要点に向け、自差測定をおこない、自差係数を算出して、その解析によって船体帯磁の磁気コンパスにおよぼす影響を知る方法である。

前述したように、ポアツソンは自差の数学的理論の基礎を確立したが、その自差基礎方程式は

$$X' = X + aX + bY + cZ + P$$

$$Y' = Y + dX + eY + fZ + Q$$

$$Z' = Z + gX + hY + kZ + R$$

ここで

$X', Y', Z' \cdots \cdots$ 磁針位置の原点から各軸方向の船内磁気成分

$X, Y, Z \cdots \cdots$ 地球磁場のみの磁気成分

$P, Q, R \cdots \cdots$ 船体永久磁気の各軸方向につくる磁気成分

$a, b, c \cdots k \cdots \cdots$ 軟鉄の各軸方向につくる感応磁気成分に関する係数

各軸とは

x 軸 (船首尾方向) 船尾から船首向きを正

y 軸 (正横方向) 左舷から右舷向きを正

z 軸 (上下方向) 鉛直下方向向きを正

を言うのである。

この方程式で示されているように、自差は三軸の方向の永久磁気 (船首尾の方向と、正横の方向と、垂直の方向とに働く磁気に分ける) と軟鉄の感応磁気 (垂直軟鉄と水平軟鉄 (横走, 縦走, 斜

走) および水平軟鉄片) とが磁針に作用する結果生ずるものである。この各々の磁気の成分が磁針に活用する機構を一つ一つ解析し、これを総合すると結局、船首方向に対する自差 (d) は次式であらわすことができる。この式は自差の実用公式として広く用いられている。

$$d = A + B \sin \theta + C \cos \theta + D \sin 2\theta + E \cos 2\theta$$

ここで

A … 船首方向に関係しない一定の誤差で、その原因は観測誤差やコンパスカードの目盛りの誤差、コンパス附近の軟鉄の非対称な配置等が原因となる。

B … 永久磁気の X 成分と垂直軟鉄の感応磁気の X 成分による自差の最大値をあらわす。

C … 永久磁気の Y 成分と垂直軟鉄の感応磁気の Y 成分による自差の最大値をあらわす。

D … 水平軟鉄の感応磁気で X 成分と Y 成分による自差の最大値をあらわす。

E … 水平斜走軟鉄と水平軟鉄片の感応磁気による自差の最大値をあらわす。

θ … N, S を基準とする船首方向の磁針方位を示す。

上式で A, B, C, D, E を自差係数とっている。また各船首方向に対する自差の内容は Table 2-1 によって示される。

Table 2-1. Explanation of contents for the magnetic-compass-deviation of ship's head.

Ship's head	δ	θ	A	$+B \sin \theta$	$+C \cos \theta$	$+D \sin 2\theta$	$+E \cos 2\theta$
N	δ_N	0	A		$+C$		$+E$
NE	δ_{NE}	45	A	$+\frac{B}{\sqrt{2}}$	$+\frac{C}{\sqrt{2}}$	$+D$	
E	δ_E	90	A	$+B$			$-E$
SE	δ_{SE}	135	A	$+\frac{B}{\sqrt{2}}$	$-\frac{C}{\sqrt{2}}$	$-D$	
S	δ_S	180	A		$-C$		$+E$
SW	δ_{SW}	225	A	$-\frac{B}{\sqrt{2}}$	$-\frac{C}{\sqrt{2}}$	$+D$	
W	δ_W	270	A	$-B$			$-E$
NW	δ_{NW}	315	A	$-\frac{B}{\sqrt{2}}$	$+\frac{C}{\sqrt{2}}$	$-D$	

この自差係数を算出するには Table 2-2 の式による⁸¹⁾。

例えば、船体の永久磁気による自差は、地磁気の水平力に逆比例して変化する。また、垂直軟鉄の感応磁気による自差は、地磁気垂直力に正比例し、水平力に逆比例して変化する。すなわち、傾差の正切 (\tan) に比例して変化する。

水平軟鉄の感応磁気による自差は、地磁気水平力に比例する項と、逆比例する項の積であらわされるので、結局、地磁気の変化には関係しないことになる。係数でいえば、 B, C は変化するが、 D, E は変化しないことになる。また、地磁気の磁気要素がわかっている場合は、甲地の自差から乙地の自差を算出することも可能である。

1.2.1 実験方法

筆者は1957年、1.1に述べた実験船と同じ敬天丸を使用して、同じく鹿児島湾で、同じ磁気コンパスによって、遠標方位法により自差測定をおこない(物標…魚見岳, 距離…17 哩) 自差係数を算出した。当日は海上平穏で物標も明瞭であったので、検討の結果、測定誤差は $\pm 0.2^\circ$ 以下と思わ

Table 2-2. Calculated method for co-efficient of deviation.

Approximate calculated method	
A	$A = \frac{\delta_N + \delta_E + \delta_S + \delta_W}{4}$
B	$B = \frac{\delta_E - \delta_W}{2}$
C	$C = \frac{\delta_N - \delta_S}{2}$
D	$D = \frac{(\delta_{NE} + \delta_{SW}) - (\delta_{NW} + \delta_{SE})}{4}$
E	$E = \frac{(\delta_N + \delta_S) - (\delta_N + \delta_W)}{4}$
Calculated method of least squares	
A	$A = \frac{\delta_N + \delta_{NE} + \delta_E + \delta_{SE} + \delta_S + \delta_{SW} + \delta_W + \delta_{NW}}{8}$
B	$B = \frac{\delta_E - \delta_W}{2} + \frac{0.707\{(\delta_{NE} + \delta_{SE}) - (\delta_{SW} + \delta_{NW})\}}{4} - \frac{\delta_E - \delta_W}{4}$
C	$C = \frac{\delta_E - \delta_S}{2} + \frac{0.707\{(\delta_{NE} + \delta_{NW}) - (\delta_{SE} + \delta_{SW})\}}{4} - \frac{\delta_N - \delta_S}{4}$
D	$D = \frac{\delta_{NE} - \delta_{SE} + \delta_{SW} - \delta_{NW}}{4}$
E	$E = \frac{\delta_N - \delta_E + \delta_S - \delta_W}{4}$

れ、算出された自差係数は高い精度であったといえる。

1.2.2 結果および考察

上記の方法により得られた結果は次のようであった。

$$A \cdots -0.2^\circ, B \cdots -17.6^\circ, C \cdots +2.4^\circ, D \cdots +2.4^\circ, E \cdots -0.1^\circ$$

この測定結果を考察するに、係数 A が 0.2° とほとんど 0 に近い値であった。係数 B が -17.6° であることは、船体の永久磁気と垂直軟鉄の感応磁気的合成磁力によって、船尾の方に引かれる力が大きかったことを意味している。そして、係数 C が $+2.4^\circ$ と小さいことは、右舷側に引く磁力（永久磁気と垂直軟鉄の感応磁気的合成磁力）が係数 B に比べると小さい値であるが、存在していることを意味している。そして係数 D が $+2.4^\circ$ であることは、横走水平軟鉄からの帯磁が、若干存在したことを意味し、係数 E が -0.1° であることは、斜走軟鉄の影響はほとんどなかったことを意味している。

このように、総合自差を自差係数に分解することは、船体帯磁の実態がただちに判断できる大きな利点があるばかりでなく、自差修正をおこなうのにも極めて便利であり、それによる修正がかなり精密におこなえる利点がある。著名な物標の存在が必要であり、測定場所に制限をうける欠点があるが、技術的にも比較的簡単におこなえるので、一般に用いられる方法である。そして、測定値の精度は 1.1 の方法よりかなり高かった。

1.3 結 論

磁場測定器の使用、および自差係数算出の二法による船体磁場測定法を検討した結果、測定資料

の精度, 測定技術の難易の点, または資料の検討が迅速かつ容易にできることなどについて比較すると, 自差係数算出による法が, 測定器による法より多くの利点のみとめられるので, 筆者は本研究にもっぱら後者の方法を用いることにした。そして, 後述するように, 係数 B の分解による修正が可能であるので, 特にブロック式建造の場合は, 自差修正を考慮する場合, この方法がもっとも適した方法と考えられる。そして, この方法によるときは, 最大誤差 $\pm 0.2^\circ \sim \pm 0.5^\circ$ の範囲内の測定精度であり, 実用上, 十分信頼できる方法と言える。

第2章 構成法と構成材料による船体帯磁と自差

船舶はそれを構成する材料によって分類すると, 木造船, 鋼船および木鉄交造船に分けられる。また, 建造法には従来の建造法と, 鋼船の場合は新しい建造法がある。ここで前者を旧式建造法, 後者を新式建造法またはブロック式建造法と呼ぶ。

2.1 船体構成と帯磁

木造船はほとんど旧式建造法により, まず竜骨を敷き, 船首材, 船尾材をたて, 肋骨をとりつけて梁を渡し, 外板および甲板を張りつけて船体を建造した。

これに対して, 近時漁船の建造は, 鋼船化または木鉄交造船に移る傾向にあり, 建造法はブロック式建造法に変わった。鋼船の場合, 最近はほとんどブロック式によるが, 小型船では輪切法もとられる。

ブロック式は建造にあたって, 船体を各ブロックに分け, あらかじめ個々のブロックを製作した後, それらを船台で総合する方法である。したがって, 個々のブロックの帯磁はそれぞれ異なり, 組み立てられた船体は各ブロック毎に複雑な磁気を帯びることが予想される。

また, 組み立ての工作法⁹²⁾には, 従来, リベッティング方式が用いられていたが, 最近はほとんど電気溶接方式を用いていることも, 船体帯磁に大きな影響をおよぼすものと考えられる。

その結果, 旧式建造法によるものは, 船体帯磁の磁化分が安定していたのに対し, ブロック方式によるものはそれが不安定で, 時間的に変化していく傾向が強い。そのため磁気コンパスに生ずる自差は, 時間的にも, 船体方位によっても変化し, 修正も困難で, かつ, 信頼性が低いのが一般的傾向となってきた。

2.2 構成材料の磁性

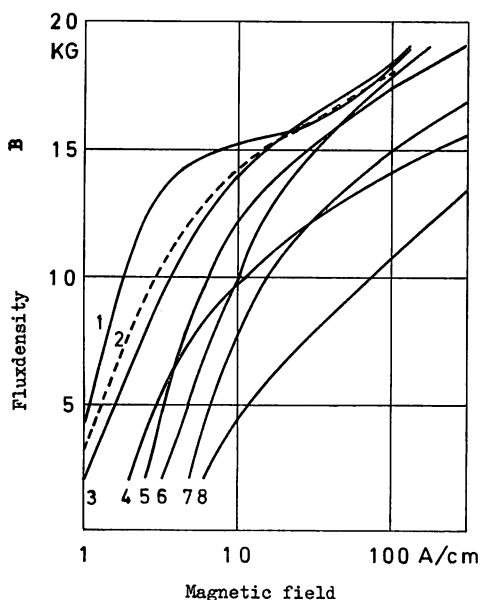
船体の帯磁について考察すると, その帯磁をうけもつのは鉄鋼部分である。船舶に使用される鉄材は, 主に炭素鋼であるが, それらは主として強度に重点を置いた構成材料である。炭素鋼には, 特殊鋼, 鋼, 軟鋼板, 鑄鉄および鑄鋼等があるが, その一般的な用途の分類一覧⁹²⁾を Table 3 に示した。これらは, また, それぞれ固有の磁氣的性質を示すものである。しかもその磁氣的性質は, 軟質磁性材料にも, また, 硬質磁性材料にも分類されている。これらの磁化特性を Fig. 2 に示した⁹³⁾。

炭素鋼は, 比較的低い磁場中で磁化を示す一方, 永久磁石よりは弱いけれども, 永久磁化される部分もある。このような2つの成分も, 厳密に固定したものではなく, たとえば, 永久磁化した成分が, 磁場中で次第に弱くなることもある。ここではこれを半永久磁化と名づける。また, 材料は永久磁化されると, それに応じてみかけの透磁率が低くなる。このような材料の磁氣的性質が, 船体帯磁, とくに, 地球磁場中での船体帯磁が示す挙動の特徴を支配する重要な原因となっていると考えられる。

Table 3. List of use for steel material.

Steel material	Rolled steel	Steel plate	General steelOutside plate, Deck, Bulkhead Chequered steelFoot board, Floor board plate
		Molding steel	General angle steelUse fixing Unequal angle steelFlame, Beam, Keelson Bulb angle steelDo,
			Channel barFrame, Beam, Stiffener, Pillar Z barFrame & Beam of warship I barBeam of Engine room Round steelLongitudinal strake, Beam Bilgekeel
			Steel bar
		Forged steel materialRudder head material, Stem, Angle keel	
Cast steel materialStern fram, Bracket, Sterntube, Rudder material			

(Quotation from "Funeno chishiki (1966)")



1. Low carbonize steel 800°C, annealing.
2. Heat treatment rolling silicon steel plate.
3. soft iron plate, S 40 extent.
4. Spherical graphite cast iron.
5. Steel-casting
6. Mild steel plate, S 50 extent.
7. Cr, steel (13%) 800°C, annealing.
8. Cast iron.

(By statistic [Z. angew. phys. 1961])

Fig. 2. Comparison of the change of D.C.-magnetism-quality for soft magnetism material.

2.3 木造船の帯磁と自差

木造船は一般に、船体自身は帯磁しないと考えられるが、木造船といっても、純粹に木材のみで建造されていない。たとえば、釘やボルト、または、補強材に鉄材を用いることもある。また、艀装品に用いられる鉄材等もあり、また、推進機械、発電機、漁撈機械等の機器や船橋に装備される諸磁性体、およびその他船内に分散して設置されている小磁性体により帯磁すると考えられる。したがって、これらをひとつの磁性球体とみなし、球体の生ずる磁界がいくつか重畳して外部磁場をなし、究局的には鋼鉄船の場合と同様な磁場を形成すると言われている⁸³⁾。そのため実際には、装備した磁気コンパスにかなりの自差が認められている。よって、以下に木造船の帯磁と自差について述べる。

2.3.1 試験対象とした船舶

(1) 新潮丸（木造船，105トン）

本船は、元鹿児島大学漁業実習船で（Fig. 4 参照）、戦時中の海軍哨戒艇を改装し、船橋は軽金属（ジュラルミン）を使用していた。装備磁気コンパスは、神戸東洋測器社製の大型コンパスであった。Fig. 5-1 に船橋の配置略図を示す。

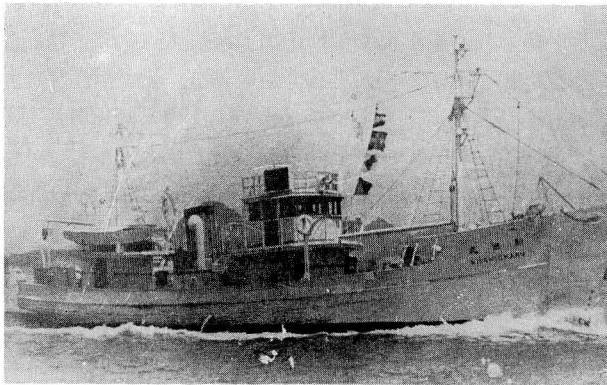


Fig. 4. Photograph showing the Nishio-maru.

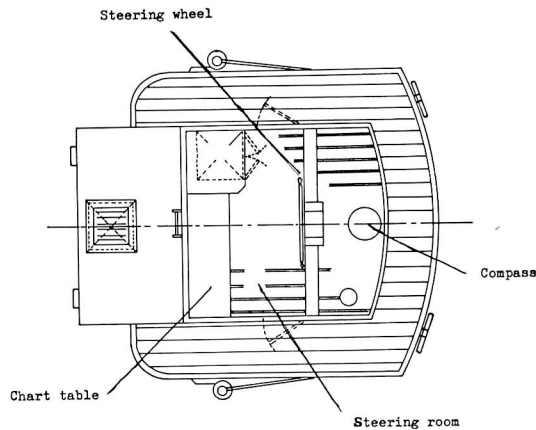


Fig. 5-1. Sketch showing the steering room in the Nishio-maru.

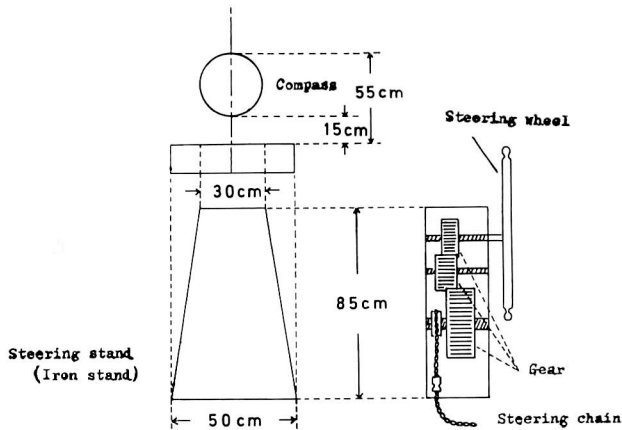


Fig. 5-2. Sketch showing the hand steering devices in the Nishio-maru.

(2) 「しろやま」(木造船, 18トン)

本船は、元鹿児島大学水産学部漁業実習船 (Fig. 6 参照) として、主として、鹿児島湾、屋久島、種子島近海および奄美大島近海までの海域で、海洋調査、漁業実習のために建造されたものである。本船には船橋内前部に卓上型磁気コンパス (佐浦式、簡易修正装置付) を設置し、その後部に操舵スタンドが置かれている。そして、レーダを左舷前方にとりつけ、レーダマストは中央後部にとりつけてあり、船橋上部には卓上型磁気コンパス (布谷式、修正装置なし) が設置されている (Fig. 7 参照)。

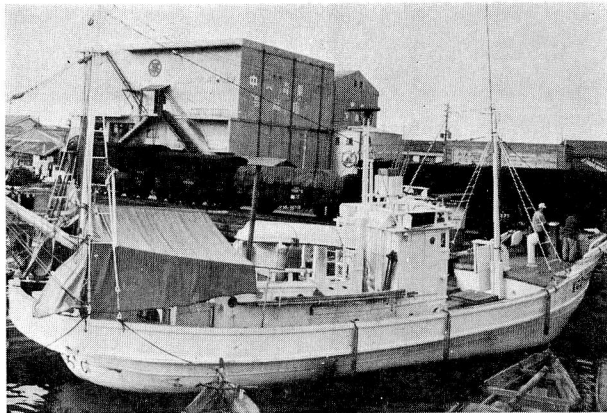


Fig. 6. Photograph showing the 'Shiroyama'.

(3) 照南丸 (木造鯉船型, 98トン)

本船は鹿児島県水産試験場の試験兼指導船 (Fig. 8 参照) で、鹿児島近海、奄美近海およびフィリピン東海方面で試験指導をおこなうもので、装備コンパスは卓上式 (佐浦型) で船橋のみに設置されている。船体は上甲板を支えるために鉄材のフレーム型曲材を使用している。

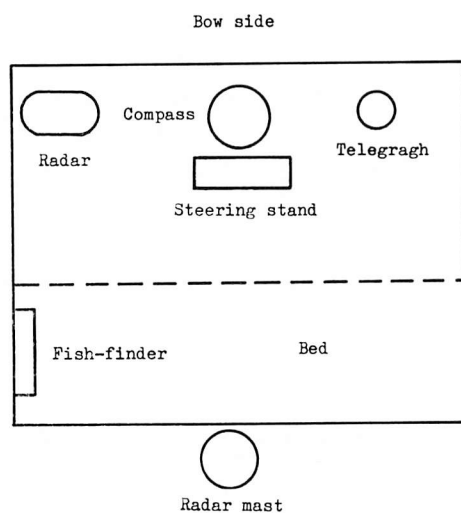


Fig. 7. Sketch showing the steering room in the 'Shiroyama'.

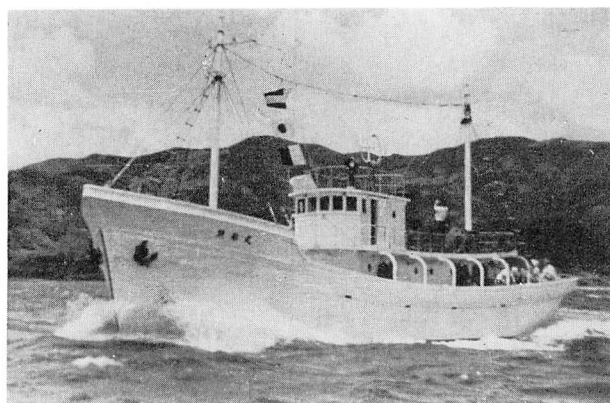


Fig. 8. Photograph showing the Shōnan-maru.

2.3.2 試験方法

試験対象とした各船とも、遠標方位法によって自差測定をおこない、自差係数を算出して、装備した磁気コンパスにおよぼす船体、または装備された機材、その他の機材の磁性体の影響を検討することにした。遠標方位法実施にあたって、とくに物標の選定に対しては、視差を無視できるように十分な距離にあることに重点をおき、得られた資料の精度向上に努めた。

2.3.3 結果および考察

(1) 新潮丸について

1953年1月、南方航海の際、修正装置を撤去した状態で測定した自差曲線を Fig. 9 に示す。また、この結果から算出した自差係数は Table 4 のようである。Fig. 9 において、第3回目測定に

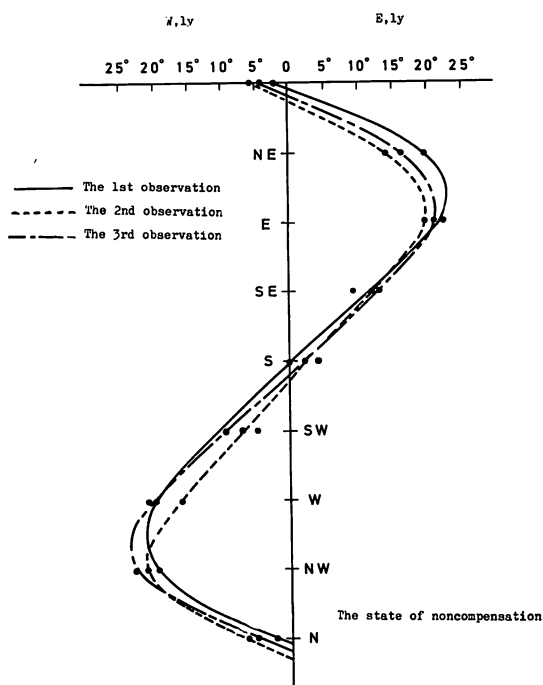


Fig. 9. Comparison of observed the magnetic-deviation-curve in the Nishio-maru.

Table 4. Comparison of the co-efficient of deviation in the Nishio-maru.

No.	Station	Co-efficient of deviation					Remark
		A	B	C	D	E	
1	2°-12' S 126°-21' E	-0.1°	+21.8°	-1.0°	+5.5°	-0.1°	Magnetic south
2	3°-03' S 126°-01' E	+0.6°	+18.8°	-3.5°	+4.4°	+0.6°	"
3	6°-40' N 122°-01' E	-0.5°	+20.3°	-4.8°	+4.3°	-0.5°	Magnetic equator

よる自差曲線は磁気赤道において得られたものであるが、最大値 20° Ely が測定された。この自差は、木造船として予想できない程大きなもので、鋼船のそれとあまりかわらないことは注目に値する。Table 4 にも示すように、第3回目の測定位置はほとんど磁気赤道とみなされるので、得られた測定自差には垂直軟鉄の感応磁気によるものは含まれていない。Table 4 の自差係数を比較検討してみると、第1回の測定値が磁気赤道のそれと比べて、係数 D , E に若干の変化がみられるのは、測定誤差によるものと考えられる。第3回目の係数 B , C は船体永久磁気の成分のみによって生じたことになり、それより南方の1, 2回目の測定値に変化が認められたことは、垂直軟鉄の影響があったといえる。

このような自差が軽合金でできた船橋で発生する理由としては、Fig. 5-2 に示されるように、鉄製大型の操舵スタンドを持つ人力操舵機が、コンパスにかなり接近して設置され、この帯磁が $+B$ に影響するものと思われる。操舵機がこのように大きく影響することは珍しい例といえる。そして、係数 $+B$ の原因は永久磁気によるものと推定される。

(2) 「しろやま」について

Fig. 10 に示した位置で、1964年夏（・印観測点、全13点）船橋に設置された磁気コンパスの自差測定によって（修正装置撤去の状態）自差係数を算出し、自差修正をおこなった。そして修正の適否を確かめるため、自差測定をおこなった結果、Table 5-1 にみられるように自差係数 A はほとんど 1° 以下であったので、修正は適正であった。次に1965年夏（Fig. 10 の × 印点、6点）に船橋上部のコンパスの自差測定をおこなった。その結果は Table 5-2 に示す。また、1964年の観測点11点において、修正装置を撤去して自差測定をおこない、係数を算出した結果は Table 5-3 のようである。Table 5-3 および Fig. 10 によると、船橋コンパスでは船首方位 E で最大値

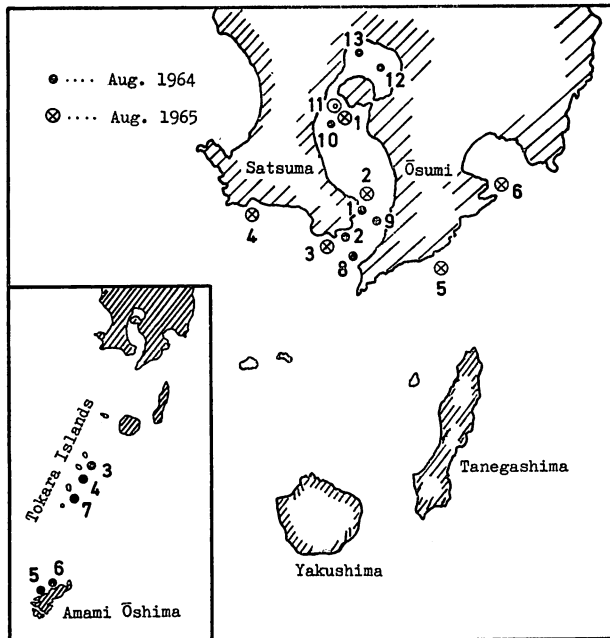


Fig. 10. Sketch map showing the observational station of the magnetic-deviation in the 'Shiroyama'.

Table 5-1. Comparison of the co-efficient of deviation classified by observational station for steering compass of 'Shiroyama' in Aug. 1964.

Co-efficient of deviation Station No.	A	B	C	D	E	Remark
1	-0°-22'.5	-0°-15'.0	+0°-15'.0	0	-0°-07'.5	} Entrance of Kagoshima Bay
2	-0-22.5	+0-45.0	-1-15.0	-0-21.0	0	
3	-0-15.0	-0-15.0	+1-15.0	+0-07.5	+0-03.0	} Tokara Islands
4	+0-06.0	+0-15.0	+0-45.0	-0-23.1	-0-06.0	
5	-0-33.0	0	-0-07.5	0	-0-22.5	} Amami Ōshima
6	-0-04.5	-0-15.0	+0-07.5	-0-22.5	+0-43.5	
7	-0-07.5	-0-45.0	0	+0-01.5	+0-22.5	} Tokara Islands
8	-0-16.0	-0-07.5	+0-45.0	-0-03.8	+0-07.5	
9	+1-54.0	-0-51.0	+0-24.0	+0-31.0	-0-24.0	} Inside of Kagoshima Bay
10	+0-07.5	-0-45.0	+1-06.0	-0-07.5	+0-04.5	
11	-0-01.5	-2-00.0	+1-15.0	-0-06.4	0	
12	-0-01.5	-0-24.0	+0-39.0	+0-07.5	-0-01.5	
13	0	-0-45.0	+0-21.0	0	0	

(Settled compensation)

Table 5-2. Comparison of the co-efficient of deviation classified by observational station for standard-compass of 'Shiroyama' in Aug. 1965.

Co-efficient of deviation Station No.	A	B	C	D	E	Remark
1	-0.06°	-3.9°	+1.5°	+0.05°	-0.25°	} Inside of Kagoshima Bay
2	+0.03	-3.7	+1.6	+0.07	-0.12	
3	+0.18	-3.8	+1.1	+0.17	+0.17	} Satsuma side
4	-0.01	-4.0	+1.3	+0.75	+0.47	
5	+0.03	-4.1	+1.3	+0.75	-0.47	} Ōsumi side
6	+0.06	-3.4	+1.3	0	-0.52	
Average	+0.03°	-3.7°	+1.4°	+0.21°	-0.21°	

Non compensation

Table 5-3. Deviation table and the co-efficient of deviation for station No. 11 in the 'Shirayama'.

Ship's head	Deviation	Ship's head	Deviation
N	1.6° E	S	1.1° E
NE	6.4° W	SW	7.6° E
E	11.4° W	W	5.6° E
SE	6.4° W	NW	8.6° E

Non compensation

Co-efficient of deviation

A -0°-48'

B -8°-30'

C +0°-15'

D -0°-15'

E +2°-00'

11. $4^{\circ}W$ の自差が生じ、自差係数 B は -8° になる。このことは、船橋内の帯磁が係数 B に影響をおよぼす帯磁で、永久磁気の要素と垂直軟鉄の感応磁気の要素が介入していることが推察される。この要素の影響を検討するため、一応垂直軟鉄に対する修正のため、フリングースバー（パーマロイ棒）を4本挿入し、後で永久磁気に対する修正をおこなったところ、自差修正後「しろやま」の行動範囲でおこなった13点の観測点においては、自差は 1° 以下であった。次に、船橋上部のコンパスについて測定した結果、自差係数 B が最大でその値は -4.0° であり、他はほとんど 1° 前後であった。このことから「しろやま」では船内要因による自差は係数 B にのみあらわれていることがわかる。

以上の結果から、木造船「しろやま」の自差の最大値が 11° となっているが、木造船にもこのような自差が存在することは、前述の新潮丸と同様に、従来の自差に関する考察では考えられなかった事実である。この原因は船橋がせまいため、艀装品の影響が顕著にあらわれた結果と解される。

次に「しろやま」に小型レーダ（J.R.C 製）を装備することにより、磁気コンパスにどのような影響をおよぼすかを試験した結果、Fig. 11-1, Fig. 11-2 のようにレーダを装備した場合と、装備してなかった場合とでは、最大 3° の自差の変化を生じた。しかし、レーダ作動状態と停止状態では、自差の変化量は 1° 位であった。この原因は船橋のコンパスでは係数 C 的な要素とみられるが、これはレーダ指示器が磁針を反発するような電流作用をおよぼしたと思われる。船橋上部のコンパスにおいては接近しているレーダマスト（垂直軟鉄の上端、北半球では負極）が磁針の北端を吸引したと思われる。

これらを検討、考察した結果、レーダ指示器が磁気コンパスの北端を反発する原因となったと考えられることから、レーダ指示器は正極（+）を帯び、そのコンパスの左舷正横より前方にあると

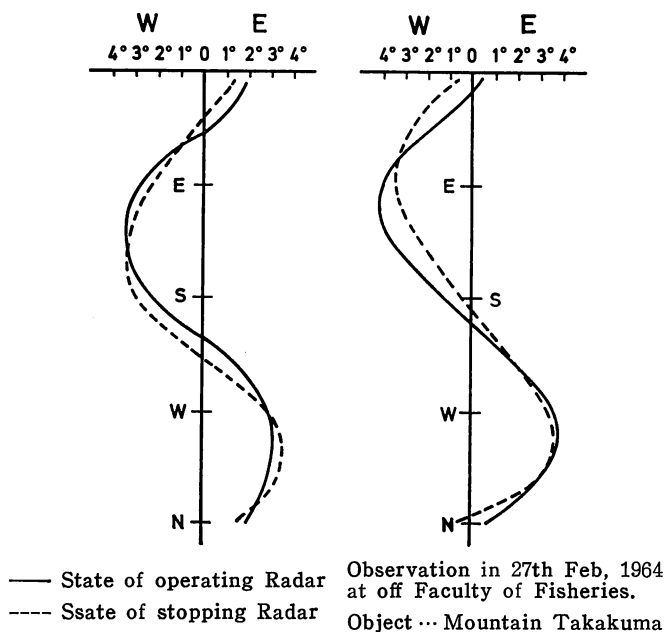
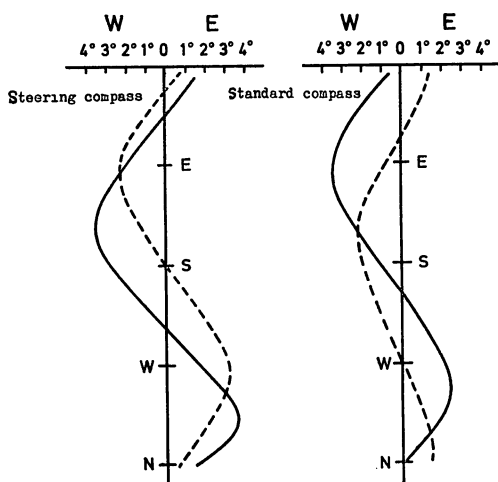


Fig. 11-1. Comparison of Change of the magnetic-deviation-curve be caused by motion of radar in the 'Shroyama'.



— After equipped of radar
 ---- Before equipped of radar

Observation in 22nd July 1963
 at off Faculty of Fisheries

Fig. 11-2. Comparison of change of magnetic-deviation-curve be caused by equipped with radar in the 'Shiroyama'.

思われる (コンパスの真横に装備されているが, Fig. 7 にみられるように実際には正横より前方にあるような磁界を生じていると考えられる).

(3) 照南丸について

1968年夏の測定結果によれば, 船首方位北と南で 20° 前後の最大自差が発生することを認めた。したがって, Fig. 12 で示されるような修正結果から推して, 発生した自差は船首東で偏東自差, 船首西で偏西自差を生じていると考えられ, 船首北で偏東自差, 船首南で偏西自差を生じたことになるので, +C, +B の自差が存在することになる。また, 象眼差修正はパーマロイ板1枚を左右にそう入してあるので, 横走水平軟鉄の感応磁気は +D とみなされる。この修正の結果, ほとん

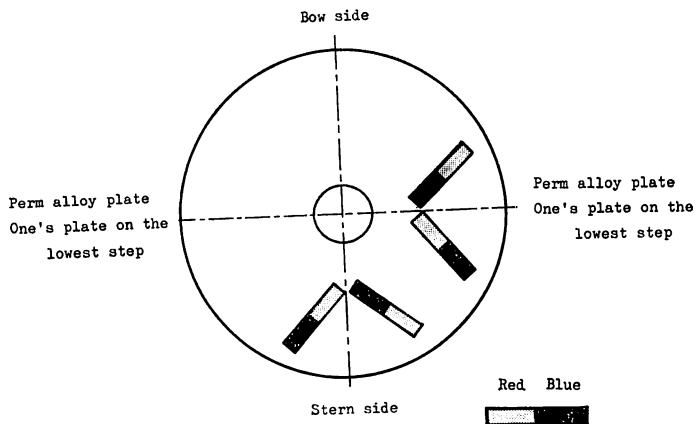


Fig. 12. Sketch showing the compensation of magnetic-deviation in the Shōnan-maru.

ど自差は消滅した。

以上の結果から、照南丸のように、比較的大型の木造漁船で 20° 前後の自差が発生しているし、「しろやま」のような小型木造船でも、 10° 前後の自差が発生している。このように木造漁船においても、かなりの自差が生ずるので、自差修正が必要と考えられる。

2.4 鋼船の帯磁と自差

鋼船は構成材料として多量の鉄材を使用しているため、船体全体の帯磁は強く、また構造によっては船体が複雑に帯磁し、それらが地球の磁場に対して擾乱磁場となり、自差発生の原因になることが予想される。つぎに、鋼船の帯磁と自差について検討することにした⁴¹⁾。

2.4.1 試験対象とした船舶

本試験において対象とした船舶は、鹿児島大学水産学部練習船かごしま丸（二世）とした。本船は尾道日立造船所向島工場において、1960年に建造された総トン数1,038トンの鋼船である（Fig. 19 参照）。

2.4.2 測定方法および条件

1961年8月、練習船の遠洋航海を最初として、毎年の練習航海を利用して、Fig. 13に示した観測点で主としてジャイロコンパス（Sperry MK14-Mod-T型、コンパス誤差の判明したもの）と

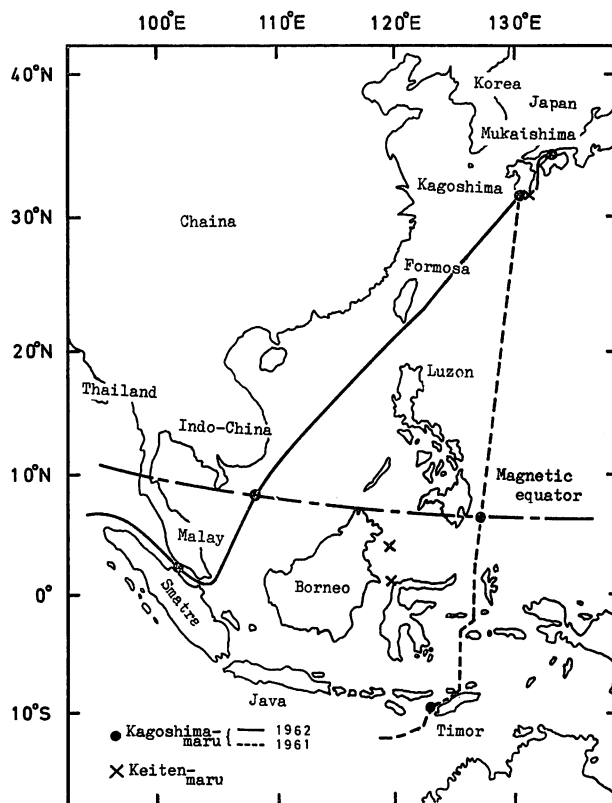


Fig. 13. Sketch map showing the observational station in the Kagoshima-maru II.

の比較によって基準コンパスおよび操舵コンパス（東京計器製造所，165型，かごしま丸二世，敬天丸ともに同型使用）の誤差をもとめ，偏差（経年変化量を修正したもの）を加減して自差を算出する方法によった。測定は8主要点，および16点方位法によって左右両舷回頭をおこない，ジャイロレピーターコンパスの追従の若干の遅れ等を考慮して，一針路について三回の測定をおこなった。

2.4.3 結果および考察

得られた結果は Table 6 に示すようなものであるが，同表について検討すると，係数 A はだいたい 0.5° 以下となっているので観測誤差は僅少であるが，しかし，一部の測定点では 1° 以上となっているので，測定値に若干の考慮をほらう必要がある。係数 B および C は磁気赤道で修正装置を撤去して求めた。1961年8月と1962年8月との測定値を比べると，その値が異なり，船体の帯磁が変化したことを意味し，経年減少の生じたことを示している。

自差に経年差が生じ，かつ，それが減少することは半永久磁気存在とその減少を意味するものと考えられる。

さらに，係数 B ， C を比較すると， B より C の値が大きく，かつ，経年差も B より C が大きい結果を得た。前者の結果は，Fig.14 および Table 6 に示されるように，船台における帯磁より，艤装中に生じる帯磁の影響が大きく，後者の結果は，半永久磁気も船台におけるものより艤装中のものの影響が大きいことを意味するものと思われる。また，半永久磁気の水平，船首方向，および横方向の成分の変化はなお続くものと思われる。

しかし，1960年9月，竣工後1年目までは経過資料が得られなかったので，福井(1961)⁴⁰⁾ の発表にみられるように，1年以内で 10° 前後の自差の変化があった船の数例があげられていることから推して，あるいは，かごしま丸の場合もこのような例に属するものと思われる。

係数 D および E については，経年差が 0.5° 以内で従来の理論どおりであることが確認された。つぎに，垂直軟鉄の感応磁気については，係数 B および C の磁気赤道とそれ以外の測定点の値との差として求められるが，その値が僅少であることから，垂直軟鉄の感応磁気は小さいものと思われる。したがって，Table 13-1 にみられるかごしま丸のフリンダースバーの修正量は適当であると言える。また，水平軟鉄の感応磁気については，地理上の位置の変化によって自差は変化しないという理論に一致しており，磁気赤道以外の地点で係数 D の値の小さいことは，係数 D が修正されたことによって，傾船差も，修正されることを裏づける一資料にもなる。

そして，係数 E が僅かながら存在することは，船体の構造（上甲板上の建造物が左舷に片寄っていること等）に起因するのではなからうか。

また，磁気赤道以外の（修正装置撤去の場合）測定点における係数値，およびその経年変化については地理上の位置の変化による自差の変化の理論に合致すると思われる。向島の場合，係数 B の経年差が他の測定点と反対に若干増えているが，係数 A の値が大きいため測定誤差が含まれていると考えられる。

2.5 木鉄交造船の帯磁と自差

最近，100トン以下の小型漁船が，従来の木造船より木鉄交造船へと変わりつつある。それには一部，木材を鋼材に置きかえるものや，鋼材を使用した船橋等のいわゆるデッキハウス（甲板室）をブロック式で組み立てた後，木造船殻に組みこむものなどがある。したがって，このような船では従来の木造船より大きな自差の発生が予想される。つぎに，木鉄交造船の帯磁と自差^{43) 47)} につい

Table 6. Comparison of yearly change of the magnetic-compass-deviation in the Kagoshima-maru II. and the Keiteu-maru.

Observational station	Kind of compass	Existence of compensator	Date	Observational Position		Co-efficient of deviation				
				Lat.	Long.	A	B	C	D	E
Kagoshima-maru										
Magnetic North	Standard Compass	No	Aug. 1961	9°-30' N	122°-40' E	-0°15	+11°70	-15°25	+3°07	+2°90
			" 1962	2-01 N	102-11.1 E	+2.10	+ 9.36	- 9.10	+2.90	+4.50
	Do.	Exit	" 1961	Do.	Do.	0	Decrease 2.34	Decrease 6.15	-0.10	+0.20
	Sheering Compass	Exit	" 1962	Do.	Do.	-0°10	+ 1.70	+ 0.20	+0.05	+0.50
			" 1961	Do.	Do.	-0°40	+ 2.00	+ 1.20	+0.20	+0.96
			" 1962	Do.	Do.	0	+ 2.00	+ 0.30	+0.06	+0.66
Magnetic equator	Standard Compass	No	" 1961	6°-48' N	127°-37' E	-0.64	+ 8.77	-14.66	+2.85	+2.30
			" 1962	7-54 N	108-84 E	-0.70	+ 7.62	-11.10	+2.56	+1.81
	Do.	Exit	" 1961	Do.	Do.	-2.00	Decrease 1.15	Decrease 3.50	-0.50	-2.60
	Sheering Compass	Exit	" 1962	Do.	Do.	-1.03	+ 0.58	- 4.90	-0.50	+0.93
			" 1961	Do.	Do.	-1.20	+ 0.50	- 0.63	-0.20	+0.80
			" 1962	Do.	Do.	-1.20	+ 0.38	- 0.80	-0.20	+1.08
Kagoshima	Standard Compass	No	" 1961	31°-33' N	130°-35' E	+0.10	+ 7.52	-15.50	+3.70	+2.50
			" 1962	31°-28' N	130°-33' E	-0.12	+ 7.44	-13.00	+2.98	+2.38
	Do.	Exit	" 1961	Do.	Do.	-0.01	Decrease 0.08	Decrease 2.50	-0.20	+0.20
	Sheering Compass	Exit	" 1962	Do.	Do.	-0.26	- 1.80	+ 0.20	-0.14	+0.96
			" 1961	Do.	Do.	-0.20	+ 0.85	+ 1.63	-0.20	+0.90
			" 1962	Do.	Do.	-0.17	- 2.10	+ 1.20	-0.10	+0.67
Mukaizima	Standard Compass	No	Sept. 1960	34°-23' N	133°-15' E	-1.20	+ 8.06	-16.93	+3.40	+2.60
			June 1962	34°-23' N	133°-15' E	-0.50	+ 9.06	-13.56	+2.06	-0.44
	Do.	Exit	Sept. 1960	Do.	Do.	-0.60	Increase 0.40	Decrease 3.37	0	+0.20
	Sheering Compass	Exit	June 1962	Do.	Do.	+0.20	+ 1.50	+ 2.00	-0.13	+0.50
			Sept. 1960	Do.	Do.	-0.55	0	0	0	+0.10
			June 1962	Do.	Do.	-0.58	+ 1.10	+ 4.45	-0.03	+0.78
Keiteu-maru										
Celebes sea	Standard Compass	No	Aug. 1960	0°-16'5 N	119°-50' E	-0.03	-14.07	+ 2.78	+2.75	+0.25
			July 1962	2-57 N	119-40 E	-0.29	- 9.15	+ 3.23	+3.20	+0.38
Kagoshima	Standard Compass	No	Oct. 1959	31-30 N	130-35 E	-0.11	-17.74	+ 2.09	+2.35	+0.30
			Feb. 1960	" "	" "	-0.11	-12.70	+ 0.70	+2.80	0
							Decrease 5.04	Decrease 1.39		

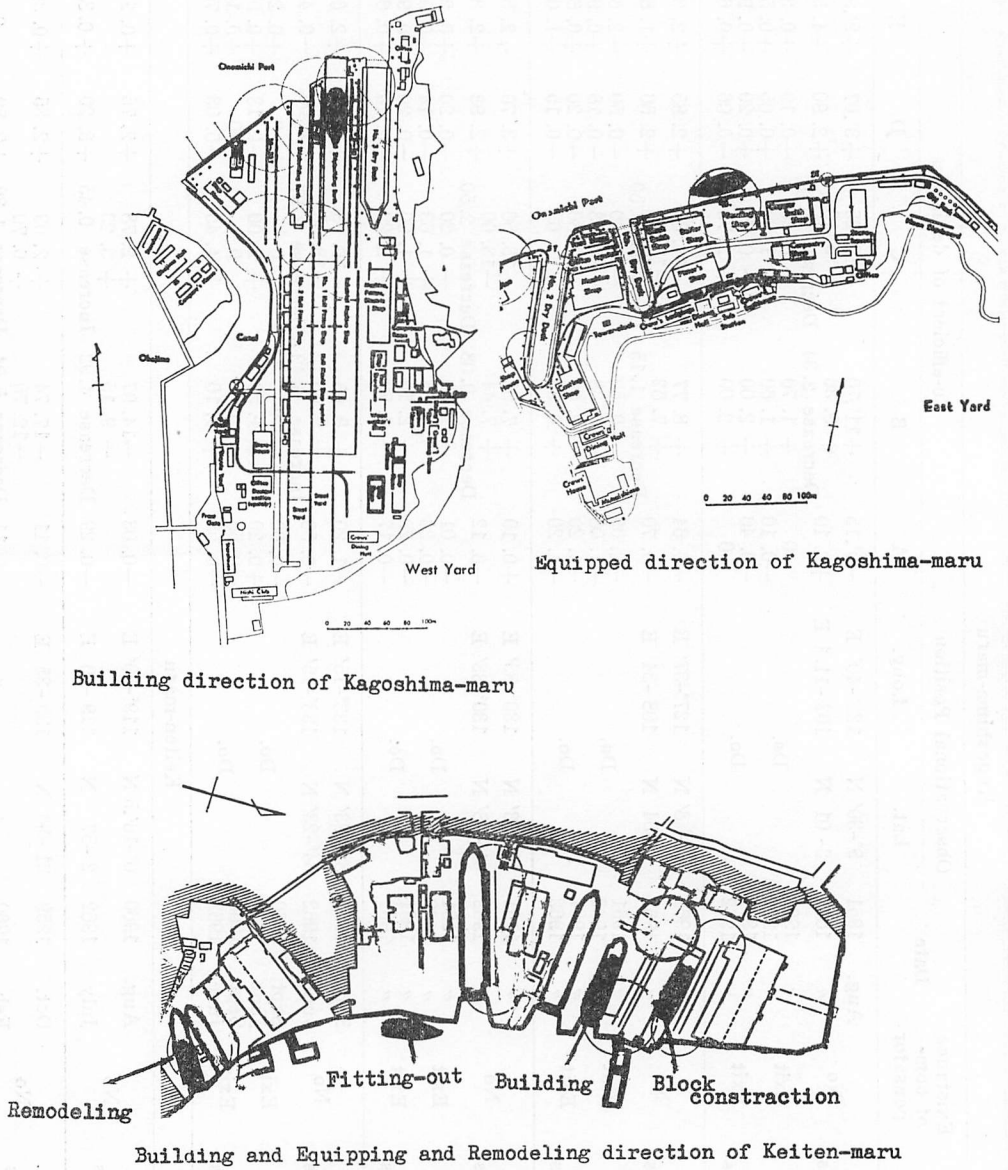


Fig. 14. The diagram of direction of building and rigging in the Kagoshima-maru II. and the Keiten-maru.

て検討した。

2.5.1 試験対象とした船舶

試験の対象とした鹿児島大学水産学部漁業実習船南星丸（総トン数 44.6 トン）は 1966 年 12 月、鹿児島県山川造船所で起工され、1967 年 3 月竣工したが、造船台の船首方向は 147° であった。船体そのものは木造であるが、船橋無線室、機械室上部囲壁、賄室は鉄材を使用しているため (Fig.

15-1 参照), 装備された磁気コンパスにかなりの自差が生ずることは当然予想された. また, 船橋および船橋上甲板に設置された操舵用コンパスと基準コンパスはともに 佐浦式卓上型 T-150 II 型 (修正装置つき) 磁気コンパスである. 南星丸は船橋が狭く, Fig. 15-2, Fig. 15-3, Fig. 15-4 にみられるように鉄製の計器類が配置されたため, 船橋構成材とともに磁気コンパスがその影響をうけるものと考えられ, そのために生ずる自差の修正は相当な困難が予想された. また, 船橋上甲板の基準コンパスも 船橋構成材の外に, レーダマスト, 探照灯, 拡声器, ハンドレール等があるため, それらの影響をうけて, やはり相当量の自差発生が予想された. そこでその実態を調査測定してできるだけ自差が小さくなるよう修正して, コンパスの安定を期す必要があると考えた.

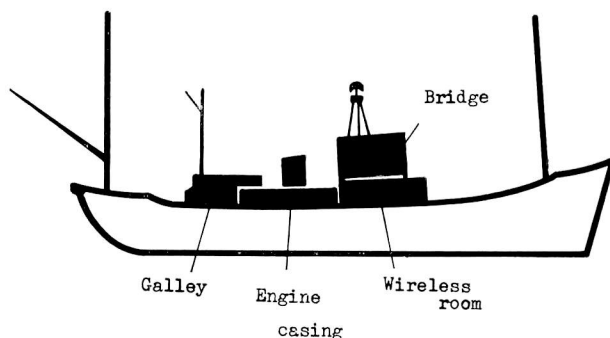
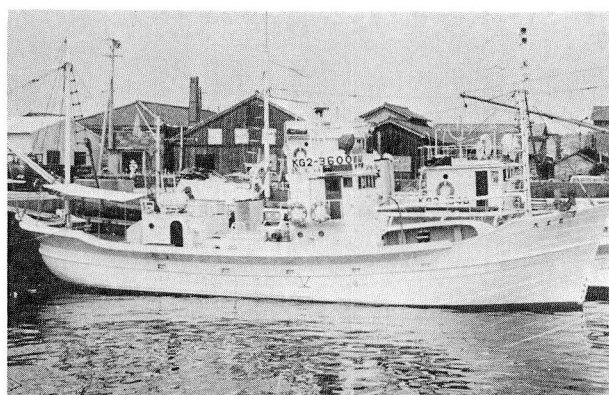


Fig. 15-1. Photographs showing the fishing-training-boat the Nansei-maru and its block system.

2.5.2 試験方法

1967年1月, 竣工後ただちに遠標方位法によって自差測定をおこなったところ, 予想どおり多量の自差が測定されたので, 発生自差の性質を知るため, 自差係数を算出し, 自差修正をおこない, ほぼ無自差の状態まで修正することができた (Table 7, Table 8 参照).

1967年5月2日, さらに鹿児島大学水産学部南東沖合いにおいて, 修正された磁気コンパスの自差測定を遠標方位法によっておこなったところ, かなりの自差が認められたので, 再修正のためまず, 自差測定から実施した. 基準コンパスの修正装置を撤去して自差を測定し, 自差係数を算出し, 自差の発生原因を検討した上で自差修正をおこなった. つぎに, 操舵コンパスは基準コンパス

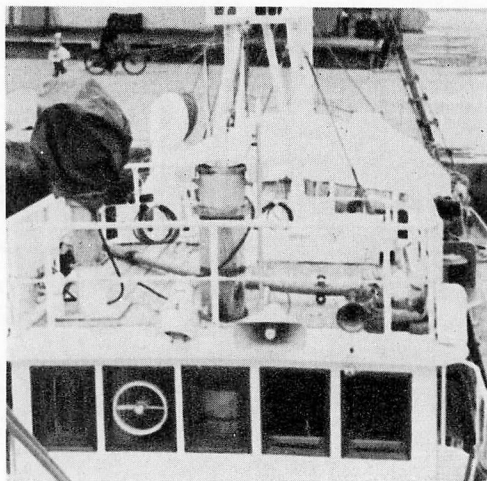
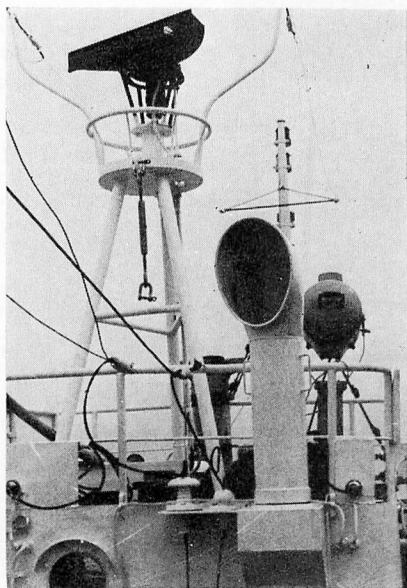
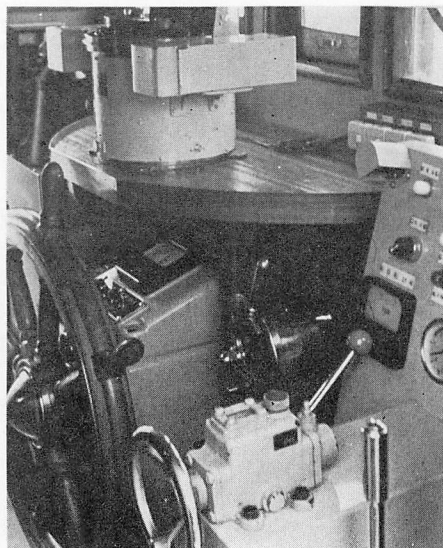
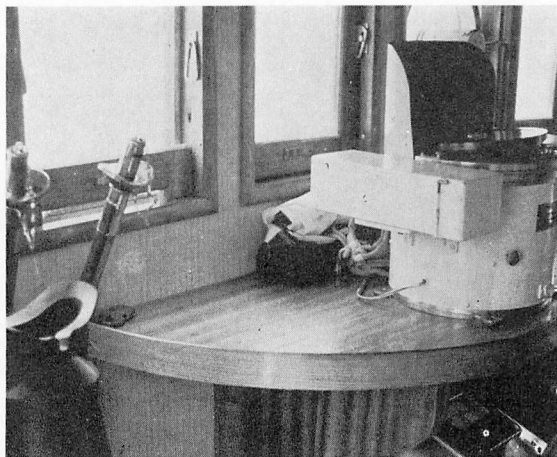


Fig. 15-2. Photographs showing the bridge environs in the Nansei-maru.

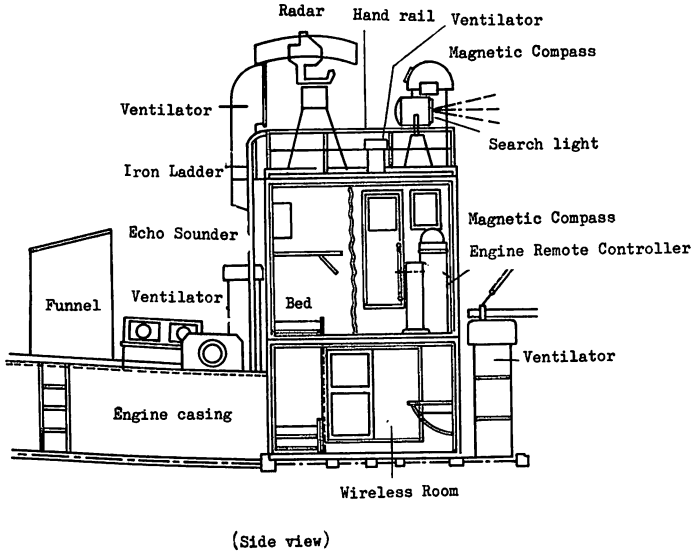


Fig. 15-3. Sketch showing the various instruments on the bridge-deck and upper-bridge-deck in the Nansei-maru.

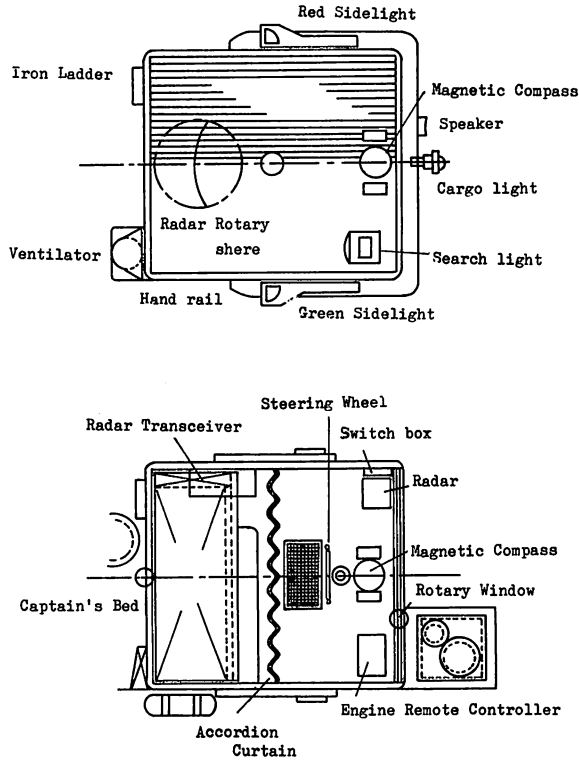


Fig. 15-4. Showing the ground plan for the arrangement of the various instruments on the bridge deck and upper-bridge-deck in the Nansei-maru.

Table 7. Comparison of yearly change of the magnetic-compass-deviation under the state of noncompensation in the Nansei-maru.

Standard-compass								
No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Date	2nd May	19th Jan.	26th Aug.	4th Sept.	14th Oct.	11th Jan.	17th Dec.	3rd June
Ship's head	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1968	1969
N	3.2° W	1.5° W	2.2° W	1.8° W	1.5° W	1.9° W	0.8° W	1.6° E
NE	13.8 E	9.5 E	11.3 E	11.5 E	12.5 E	12.2 E	11.0 E	13.6 E
E	22.3 E	20.5 E	21.3 E	22.2 E	22.5 E	23.4 E	20.8 E	23.6 E
SE	21.8 E	25.0 E	20.3 E	22.5 E	22.0 E	22.2 E	18.5 E	19.1 E
S	6.3 E	4.5 E	6.3 E	3.7 E	3.0 E	2.8 E	1.3 E	2.4 W
SW	19.4 W	23.5 W	13.7 W	19.3 W	19.0 W	19.1 W	17.8 W	20.7 W
W	24.7 W	22.5 W	23.7 W	23.3 W	24.2 W	24.1 W	20.8 W	22.7 W
NW	16.8 W	12.0 W	14.7 W	15.3 W	15.3 W	14.6 W	12.5 W	12.2 W

Steering-Compass								
No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Date	2nd May	19th Jan.	26th Aug.	4th Sept.	14th Oct.	11th Jan.	17th Dec.	3rd June
Ship's head	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1968	1969
N	7.9° E	—	—	4.3° E	5.4° E	4.7° E	—	6.0° E
NE	17.4 E	—	—	20.5 E	21.8 E	1.3 E	—	18.0 E
E	17.4 E	—	—	29.3 E	31.6 E	31.8 E	—	18.5 E
SE	9.4 E	—	—	22.5 E	20.1 E	22.3 E	—	7.0 E
S	12.1 W	—	—	8.5 W	10.6 W	10.8 W	—	8.0 W
SW	21.0 W	—	—	27.0 W	26.1 W	28.3 W	—	15.0 W
W	17.6 W	—	—	25.2 W	25.1 W	25.8 W	—	15.0 W
NW	9.1 W	—	—	12.0 W	12.1 W	13.8 W	—	8.0 W

との比較によって（数回比較してその平均値を求めた）自差を求め、自差係数を算出して修正を施した。その後、ひき続き前述の要領で自差測定を実施して、磁気コンパス自差の経年変化を調べ、船体磁気の安定時を確かめるとともに、その信頼性についても検討した。また、従来建造されてきた鋼船と同様に、竣工時より約2年半にわたって実験調査をおこなった。

2.5.3 結果および考察

南星丸の経年自差観測資料（修正装置撤去の状態の自差表）を Table 7 に、修正済み状態の自差表を第8表に、自差係数一覧表を Table 9-1, Table 9-2 に掲げた。これらの資料によって検討、考察した結果、建造後約6カ月経過したころに、船体磁気は一応安定したものとみられ、その後のある期間は変化がなかったことを確かめた。そして前述の「しろやま」で実験したレーダの影響によると思われる自差の変動がみられたので、南星丸においても同様な実験をおこなった。その比較表は Table 3 のとおりである。

さて、竣工時より8回にわたって実験をおこなったが、Table 7 にみられるようにかなりの自差が認められた。そこで自差修正をそのつどおこなって、Table 8 のような僅少の残存自差で修正を

Table 8. Comparison of yearly change of the magnetic-compass-deviation under the state of compensation in the Nansei-maru.

Standard-compass								
No.	1	2	3	4	5	6	7	(7)
Date ship's head	2nd May	10th June	19th June	26th Aug.	4th Sept.	14th Oct.	3rd June	3rd June
	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1969	1969
N	0.4° E	0.5° W	0.5° W	1.0° W	0.7° W	0.6° E	1.8° E	0.5° E
NE	0.4 E	0.7 W	0.5 W	1.5 W	1.5 W	0.3 E	1.8 E	0
E	0.4 E	1.0 E	0.2 E	0.5 E	0.3 E	1.6 E	4.1 E	0
SE	0.4 E	0.4 W	0	0.8 E	0.5 E	0.6 E	0.6 E	2.0 E
S	0.4 E	0.5 W	0.3 E	0.7 W	0.5 E	0.6 W	1.9 W	0
SW	1.5 W	0.7 W	0	0.5 E	0	1.1 W	4.4 W	0
W	0.6 W	0	0	0.2 E	0.2 W	1.1 W	3.4 W	0
NW	0.4 W	1.7 E	0.5 E	1.2 E	1.0 E	0.9 E	1.1 W	0

Steering-compass								
No.	1	2	3	4	5	6	7	(7)
Date Ship's head	2nd May	10th June	19th June	26th Aug.	4th Sept.	14th Oct.	3rd June	3rd June
	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1969	1969
N	0.5° E	1.0° E	0.2° E	1.0° W	1.2° W	1.4° W	1.5° W	0.5° E
NE	0.5 E	0.8 E	0.8 W	2.0 W	4.0 W	4.7 W	4.5 W	0
E	0.5 E	2.5 E	0.4 E	0.5 E	2.7 W	1.4 W	3.0 W	0
SE	0.5 E	2.1 W	0.2 E	0.8 E	1.0 E	1.6 E	2.0 E	2.0 E
S	0.5 E	0	0	1.0 W	2.6 E	2.4 E	4.0 E	0
SW	1.0 W	1.7 W	0.8 W	0.5 E	3.2 E	3.9 E	3.8 E	0
W	0.5 W	1.0 W	1.2 E	0.2 E	1.8 E	2.9 E	2.0 E	0
NW	0.5 W	0.7 E	0.3 E	1.5 E	1.5 E	1.4 E	1.0 E	0

Table 9-1. Comparison of yearly change for the co-efficient of deviation in the standard compass.

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Date Co-efficient of deviation	2nd May	19th Jan.	26th Aug.	4th Sept.	14th Oct.	11th Jan.	17th Dec.	3rd June
	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1968	1969
A	+ 0.02°	0°	+ 0.42°	+ 0.03°	0°	- 0.18°	+ 0.50°	0°
B	+24.00	+21.50	+22.50	+22.75	+23.40	+23.75	+20.70	+23.20
C	- 4.75	- 3.00	- 4.25	- 2.75	- 2.25	- 2.32	- 1.00	+ 2.00
D	- 2.67	- 1.65	- 2.00	- 3.75	- 3.30	- 3.62	- 3.20	- 3.50
E	+ 1.37	+ 1.25	+ 1.62	+ 0.75	+ 0.82	+ 0.16	+ 0.10	- 0.40

Table 9-2. Comparison of yearly change for the coefficient of deviation in the steering-compass.

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Date	2nd May	19th Jan.	26th Aug.	4th Sept.	14th Oct.	11th Jan.	17th Dec.	3rd June
Co-efficient of deviation	1967	1967	1967	1967	1967	1967	1968	1969
A	- 1.10°	—	—	+ 0.49°	+ 0.35°	- 0.01°	—	+ 0.40°
B	+17.50	—	—	+27.25	+28.25	+28.76	—	+16.80
C	+10.00	—	—	+ 6.40	+ 7.45	+ 7.72	—	+ 7.00
D	- 1.00	—	—	- 4.25	- 3.15	- 3.86	—	+ 1.00
E	- 1.10	—	—	- 2.05	- 3.25	- 3.01	—	- 1.40

Table 9-3. Changes of the magnetic-compass-deviation in the state of observed when set a radar in motion or not for the Nansei-maru.

Standard compass				Standard compass			
Condition	Stopping condition	Operating condition	Difference	Condition	Stopping condition	Operating condition	Difference
Ship's head	Deviation			Ship's head	Deviation		
N	0.7° W	1.0° W	0.3° W	N	1.2° W	1.0° W	0.2° W
NE	1.5 W	1.0 W	0.5 E	NE	4.0 W	3.0 W	1.0 E
E	0.3 E	1.0 E	0.7 E	E	2.7 W	0	<u>2.7 E</u>
SE	0.5 E	1.0 E	0.5 E	SE	1.0 E	3.0 E	<u>2.0 E</u>
S	0.5 E	0.2 E	0.3 W	S	2.6 E	2.2 E	0.4 W
SW	0	0.5 W	0.5 W	SW	3.2 E	1.5 E	<u>1.7 W</u>
W	0.2 W	0.5 W	0.3 W	W	1.8 E	0.5 E	1.3 W
NW	1.0 E	0.5 E	0.5 W	NW	1.5 E	1.5 E	0

終った。

Table 9-1, Table 9-2 の自差係数比較表を検討すると、まず、操舵コンパスの第1回目を除き、係数 A は 1° 未満であることから方位測定は正しかったと言える。そしてその係数比較を図示すると Fig. 16-1, Fig. 16-2 に示したとおりである。係数 B, C は船体の永久磁気と垂直軟鉄の感応磁気から生じた自差であるが、その変化は建造後6カ月経過の2回目測定までと、3回目以下とでは若干の変化がみられる。すなわち、基準コンパスにおいては係数 B は6カ月後の2回目測定以後は +23° 前後であり、約 -2° の変化があってほぼ安定しているが、係数 C は建造後9カ月経過の3回目測定には約 +2.0° 変化して、それ以後は約 -2.5° 前後で安定している。また、操舵コンパスでは建造当初より約6カ月経過の3回目測定以後は、係数 B については約 +10° 変化して + 2.8° 前後で安定しており、係数 C については建造当時から6カ月経過の3回目測定より約 -3° の変化がみられ、以後はほぼ安定している。

基準コンパスの係数 B, C の後半の変動傾向をみると、7回目の測定値を除いてはほとんど安定した値を示している。7回目にこのようなひどい変動がおこった理由は不明である。操舵コンパス

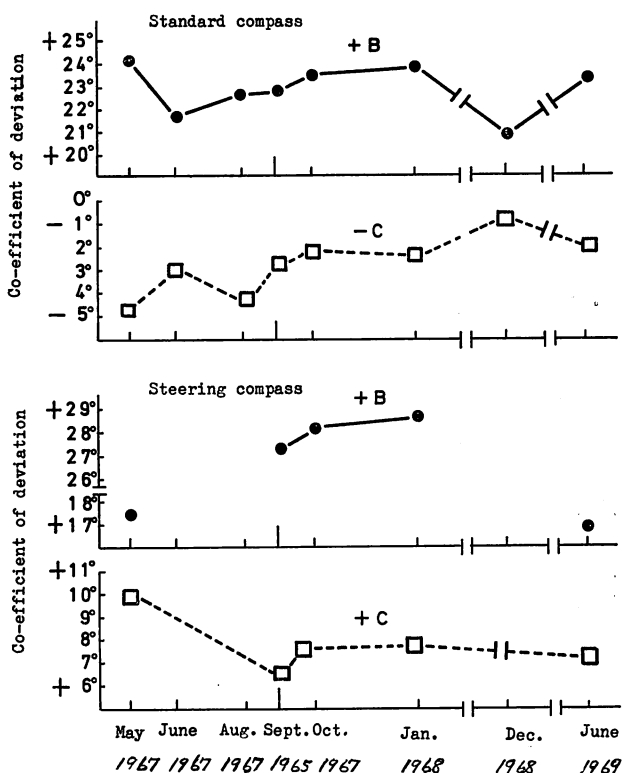


Fig. 16-1. Comparison of yearly change of the co-efficient deviation B and C under the state of noncompensation for the standard compass and the steering compass in the Nansei-maru.

では C の値は後半でほとんど安定しているが、B では約 -10° の変化がみられる。

この原因を検討した結果、南星丸は 1969 年 3 月に風向・風力計を設置した以外は何らの工事もおこなっていないので、操舵室にこれらの指示器をとりつけた影響ではないかとも思われるが、断定できない。

以上のような測定の結果、だいたい 6 カ月経過したころに半永久磁氣的要素は消滅して、永久磁氣的要素は一応安定した値に達したものと思われる。

係数 D, E については軟鉄の感応磁気であるので、理論上は一応大きな変化はないものと考えられている。基準コンパスでは、だいたいそのような傾向が認められるが、操舵コンパスではかなりの変化が認められる。南星丸の場合は船橋がせまいため、船体構成材料のみでなく、船橋内の諸機器がコンパスに接近しているため、複雑な感応磁氣的要素が加わるためと思われる。とくに、最終(1969 年 6 月)の測定値が D, E ともに増加しているのは前述の如く、風向・風力計のとりつけの影響かとも思われるが断定はできない。

以上のように、南星丸のような、船橋がせまく、諸計器がコンパスに近く配置されている場合、原因の判明しない自差が突発的に発生することがあるので注意が必要である。

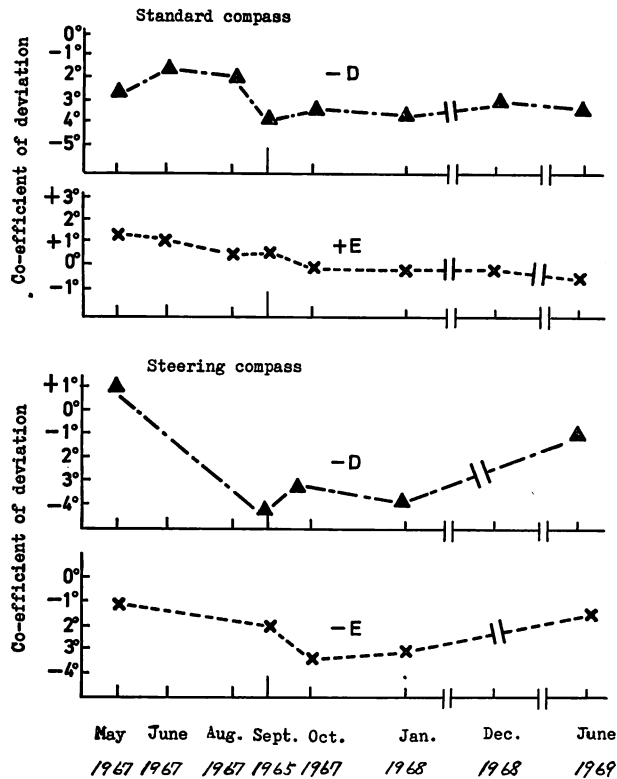


Fig. 16-2. Comparison of yearly change of the co-efficient deviation B and C under the state of compensation for the standard compass and the steering compass in the Nansei-maru.

2.6 結 論

さて、Table 9-1, Table 9-2, Fig. 16-1, Fig. 16-2 に見られるように、木鉄交造船である南星丸は、永久磁気の安定に約6カ月を要しているが、鋼船である練習船かごしま丸(二世)および敬天丸は2~3年を要しているし、後述するように北海道大学練習船おしよ丸(三世)は、2年経過してもまだ安定しなかった⁴⁴⁾と発表されている。これらのことから、一般には鋼船の方が永久磁気の安定には、より長時間を要するものと言える。この原因は、船体構成鉄材の使用量と、それらに対する衝撃の度合いによるものと思われる。つぎに前述したレーダ(古野式, FR-151A型)の作動による影響については、Table 9-3 に見られるように、最大値 2.7° の変化を生じている。このようなことに対しては、細心の配慮がなされねばならないと思う。その原因は「しろやま」の項で述べたことと同様であると考えられるので、ここでは省略する。

さて、鋼船の船体磁気の安定に関して多くの研究発表^{31)~34), 38)~47)}があるが、木鉄交造船に関してはまだ発表をみない。今日、50トン程度の小型漁船はほとんどが南星丸のような木鉄交造船であるので、前述のような自差量の発生に十分警戒し、たえず自差測定を続けて万全を期して航海すべきであると思う。

研究の結果を要約すると次のようである。

- (1) 南星丸の永久磁気は、ほぼ6カ月で安定したと見られる。
- (2) かごしま丸、および敬天丸と南星丸とを比較すると、自差発生量は、予想に反し、南星丸が大きい。永久磁気の安定までの時間は、南星丸が短かった。その原因は、鉄材の使用量と船橋構成材料に与えられる機械的応力の度合い、および船体構造に関連するものと考えられる。
- (3) レーダを作動させた場合は、停上状態に比べて操舵コンパスで最大2.7°の変化が見られる。
- (4) 南星丸のような小型船は、船橋附近の諸装置の設置、あるいは改装等が自差の変動に大きく影響するので、注意が必要である。

なお、小型船の自差は、大型船のそれに比べて、かえって複雑で、修正も困難であると思われるので、十分注意すべきであることを提唱する。

第3章 建造方式の差異による船体帯磁と自差

鋼船の建造法に、旧式建造法とブロック式建造法があることは先に述べたが、それらは異なった建造過程により、帯磁に大きな相違が認められる。

まず、旧式建造法による船舶の帯磁について考察する。旧式建造法によって建造された船舶は、建造船台の方向によっておのおの船体帯磁の永久磁化分は、ほぼ、實際上決定されると考えられる。したがって、船台の方向によって帯磁は次式で与えられる。すなわち、

$$\tan \theta = \frac{C}{B}$$

ここで θ は建造船首磁針方位、 B 、 C は船体永久磁気のみが存在する場合の自差係数である。なお、係数 C は普通の船舶では永久磁気のみから生じたものとみなされている。その理由は船体構成材料の垂直軟鉄が左右舷対象であるとみなし、磁気コンパスにおよぼす帯磁の影響は左右舷相殺されて、コンパスには影響しないという根拠によるものである。そこで、永久磁気の B は $B = \cot \theta \cdot C$ であらわされることになる。したがって、これらの式に基づいて自差修正は比較的簡単におこなうことができるのである。しかし、ブロック式建造法による船舶では、このような法則が成立しなくなってくるが、その理由は次のことによると考えられる。

すなわち、ブロック建造方式では個々のブロックを組み立てる時、その建造方向はまちまちで、しかもその固定時間もそれぞれ異なるので、組み立て中にうける帯磁の性質は、個々のブロックごとにまちまちであって、このようなブロックの組み合わせによって建造された船体の帯磁は当然簡単な式ではあらわせない。したがって、理論的に推算することは困難であり、しかもその帯磁は半永久磁氣的成分も含まれているので、帯磁の実態をつかみ、自差を修正することは、旧式建造法のものに比べてかなり困難である。そして、ブロック建造法では、前述の $\tan \theta = \frac{C}{B}$ の式から建造方位を算出したり、逆に係数 B を求めたりする従来の論説は全く適合しないと言える。

このことは、Table 11 のかごしま丸(二世)の磁気赤道における係数 $B(+8^\circ)$ $C(-11^\circ)$ によって上記の式にて算出した建造方位は、 $S 54^\circ W$ となるが、実際の建造方位は Fig. 14 にみられるように、ほぼ真南であるので両者は全く異なっていることより立証される。

つぎに、このような点に注意して、旧式建造法とブロック式建造法による船舶の帯磁と自差、ならびにその修正について検討した結果を述べる⁴¹⁾⁴²⁾。

3.1 旧式建造法による場合

船台上で船体全体が、逐次、組み立てられていく従来の建造方式では、船台の地球磁場中における相対方位によって帯磁することが知られている。その場合、船体の形によってきまる反磁場効果によって船体の長手方向、すなわち、船首と船尾を結ぶ方向が磁化方向となり、また磁化は、船首方向、または船尾方向のいずれの方向をもとり得る。その場合、磁化は船体方向が地球磁場となす角度が小さいほど強く、角度が大きくなり直角に近づくにしがって弱くなることが予想される。この場合、磁化はその反磁場効果より、あらかじめ組み立てられる鉄材骨組の船体方向の鋼材がもっとも強くうけもつことになると考えられる。

つぎに、外装鋼板はかなり強く磁化されるが、その他の構造部分はいずれの主体となる材料の磁気回路を閉じて、漏洩磁場を最小にするような磁化回路を形成するようになると思われる。

ここでとくに重要と考えられることは、磁化の主要部分を占める鉄材骨組が、外装鉄板の中にとじこめられ、いわゆる、磁氣的シールドを受けることになり、外部の地球磁場の変化に対しても安定な状態に保たれることであるが、これが旧式建造法の船舶の帯磁、およびその経年変化を特徴づけるものではないかと考えられる。

船舶が航海をして原点の港湾に帰投する場合、それは地球磁場の中で必ず+の最大値から-の最大値を経る。したがって、その間に船体は先に述べたようなヒステリシスを画き、また減磁もおこなわれる。そのような地球磁場の中で旧式建造法による船舶が、半永久磁気も小さく、経年変化も小さくて、はやく安定するのは、主要な構成材料が強く磁化されていて、しかも地球磁場の変化に対して、比較的良くシールドされているという、上のような事実によるものと思われる。

しかし、磁気コンパスに影響する船体磁化を考える場合、このような船体主体の磁化の他に、磁気コンパスが装置される船橋の構造と、それに用いられる鋼材の影響が大きく作用することが考えられる。これらは主に、船体の艤装中に建造されるものである。

つぎに、船体は航海中に、地球磁場が変化し、またその中で種々の方位で各部分が振動、張力、および圧力をうけるため、磁化状態は変化し、各部分の磁化が強まるところと、弱まるところが生じ、全体として安定した磁化状態に移行するものと思われる。これらの変化は、あらかじめ建造中にうけた船体帯磁の方向、強さに対する地球磁場の方向、または振動、張力、および圧力の原因となる機械的振動、波浪、嵐等によってきまるものと思われる。

これらが磁気コンパスの自差と、その経年的変化の原因と考えられるが、とくに磁気コンパスの自差に影響するのは、船体の帯磁そのものではなく、帯磁によって生じた漏洩磁束の地球磁場への影響(すなわち、ベクトル和)である。

3.1.1 試験の対象とした船舶

かごしま丸(一世)を試験船舶とした。本船は総トン数680トンで、英国の砲艦を改装し、鹿児島大学水産学部練習船として、母船式まぐろ漁業実習に使用するため、漁艇(4トン)2隻を搭載したものである(Fig. 17 参照)。

3.1.2 試験方法

1953年夏、南方漁業実習の際に自差測定をおこなって船体帯磁について検討した。すなわち、1959年6月、Fig. 18に示した観測点で、船橋上甲板の磁気コンパス(布谷製器株式会社、165型、操舵コンパスも同型のもの)の修正装置を撤去して自差測定をおこない、自差係数を算出した。ここで、係数 B を船体の永久磁気と垂直軟鉄の感応磁気とに分解することは、船体帯磁を知るうえ

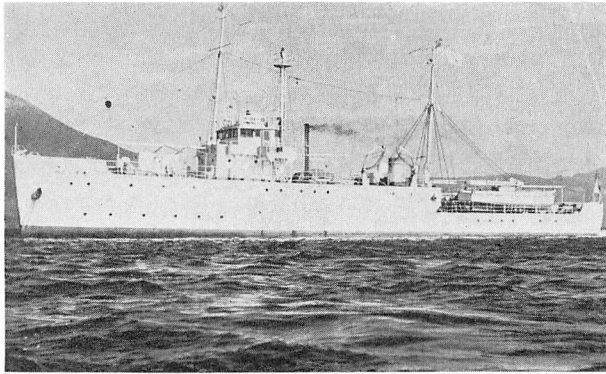


Fig. 17. Photograph showing the Kagoshima-maru I.

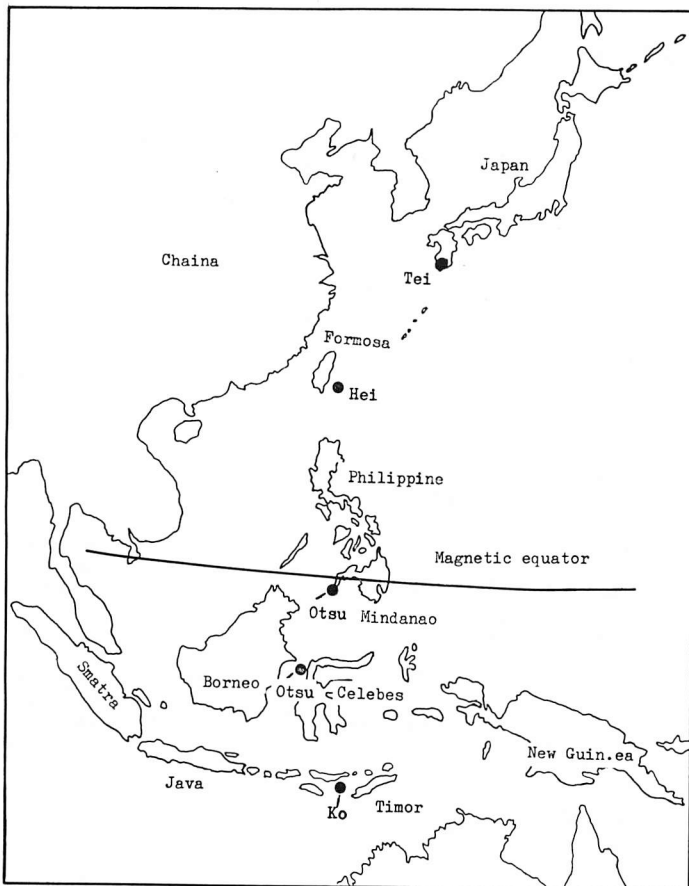


Fig. 18. Sketch map showing the observational station in the Kagoshima-maru I.

で極めて重要であるが、それにはつぎの二法がある。

第一法

磁気赤道（傾差が0の地点）において自差測定をおこない、係数を算出して B, C をもとめる。これはともに船体永久磁気のみから生じた自差である（垂直軟鉄の影響は0と考えられる）。その後、磁気赤道以外の地点で測定して求めた係数 B, C に変化があれば、その差が垂直軟鉄の感応磁気から生じたものと考えられる。したがって、これより自差修正をおこなうことができる。

第二法

この方法は、地球上の位置の変化により、 B および C を分解する方法であるが、船体の永久磁気による自差は地磁気水平力に逆比例し、垂直軟鉄の感応磁気による自差は傾差の正切に比例して変化するので、緯度の異なった2地点で、それぞれ船首東（あるいは西）に対する測定自差があれば、次の式から係数 B が分解できる⁸⁴⁾。

- X ……永久磁気より生ずる自差
 - Y ……垂直軟鉄の感応磁気より生ずる自差
 - a ……船首東に対する測定自差
 - H' ……地球磁気水平力
 - D' ……傾差
 - b ……船首東に対する測定自差
 - H'' ……地球磁気水平力
 - D'' ……傾差
- } 甲地における値
- } 乙地における値

とすると

$$a = X + Y \quad \dots\dots\dots ①$$

$$b = X \times \frac{H'}{H''} + Y \times \frac{\tan D''}{\tan D'} \quad \dots\dots\dots ②$$

とすることができる。

いま、 $\frac{H'}{H''} = K, \quad \frac{\tan D''}{\tan D'} = K'$ とすれば①②式は

$$a = X + Y \quad \dots\dots\dots ③$$

$$b = XK + YK' \quad \dots\dots\dots ④$$

とおくことができる。③と④より、 Y と X を求めると、

$$Y = a - X \quad \dots\dots\dots ⑤$$

$$b = XK + (a - X)K' = XK + aK' - XK' = X(K - K') + aK'$$

ゆえに、

$$X = \frac{b - aK'}{K - K'} \quad \dots\dots\dots ⑥$$

となる。

⑤、⑥式において、 a と b は測定自差であり、 K および K' は H'/H'' と $\tan D'/\tan D''$ によって定まる値である。したがって X と Y は算出可能となる。

3.1.3 結果および考察

前述の自差測定の結果，測定自差表を Table 10-1 に，自差係数を Table 10-2 に掲げた。

Table 10-2 の自差係数比較表によると，磁気赤道（乙地）で係数 B は $+7^\circ$ ， C は -18° を示し， C の発生が大きい。このことは磁針を右舷にひく力が存在することを示しており（永久磁気のみ力），建造船首方位は西であったことを示している。結局，南西象限の方向にある船台で建造されたとみられる。そして $\tan \theta = \frac{C}{B}$ の式より $\theta = S 68^\circ - 45' W$ となる。しかし，本船は実際には香港で建造され，その後，下関で船橋附近の大改装をおこなっているもので，建造方位を算出しても合致しないことになる。実際には，かごしま丸は香港で南方に向けて建造され，つぎに，下関で西方に向けて改装されているので， $S 68^\circ W$ はその複雑な合成の形をとったものと考えられる。

Table 10-1. Deviation table for observational station in the Kagoshima-maru II.

Observation station Ship's head	Kō	Otsu	Hei	Tei
	Flores sea	Environs of Magnetic equator	Off Formosa	Kagoshima Bay
N	18.5° W	18.0° W	19.0° W	23.0° W
NE	6.0 W	6.5 W	9.0 W	12.0 W
E	11.0 E	7.0 E	7.0 W	5.0 E
SE	22.0 E	19.0 E	19.0 E	20.0 E
S	19.5 E	18.0 E	19.0 E	23.0 E
SW	9.0 E	7.0 E	10.0 E	12.0 E
W	9.0 W	7.0 W	6.5 W	6.0 W
NW	22.0 W	20.0 W	18.5 W	22.0 W
Date	23rd June 1959	27th June 1959	3rd July 1959	26th July 1959

Table 10-2. Comparison of the co-efficient of deviation for standard-compass in the Kagoshima-maru. in June~July 1959.

Observational station Co-efficient of deviation	Kō	Otsu	Hei	Tei
	08°-53'.0 S 123 -29.0 E	06°-00'.0 N 122 -49.0 E	22°-58'.0 N 121 -52.0 E	31°-24'.8 N 130 -38.7 E
A	+ 0.75°	- 0.06°	+ 0.06°	- 0.06°
B	+10.00	+ 7.00	+ 6.75	+ 5.50
C	-19.00	-18.00	-19.00	-23.00
D	+ 0.75	+ 0.38	+ 0.12	+ 0.50
E	+ 0.75	0	- 0.05	+ 0.50
Station	Flores sea	Magnetic equator	Off Formosaa	Kagoshima Bay
Horizontal force (Gauss)	0.3705	0.3914	0.3715	0.3305
Dip	33.1° S	3.1° S	32.2° N	44.6° N

他の海域の係数 B ， C はともに磁気赤道のそれとの差が少ないことから，垂直軟鉄の感応磁気はあまり強くなかったとみられる。係数 A が 1° 以下であることは，方位測定は正確であったとみて良く，また D ， E の影響はほとんどないとみて良い。以上のことから，本試験の対象としたかごし

ま丸（一世）の船体自差は、極めて単純な帯磁、すなわち、永久磁気のみ依存すると考えられる。建造後の帯磁は、その翌年に測定した値（測定値略）と比較して、ほとんど変化は認められなかった。

本船はコンパスの直前にマストがあり、レーダマストも接近しているので垂直軟鉄の影響が大きいものと想定されたが、実際には、磁気赤道の資料から、その影響が少ないことが判明した。前述の第一法、第二法で求めた甲点の係数 B 、 C を分解した計算値は、乙点の磁気赤道における B 、 C の値と一致した。すなわち、甲点の B を分解すると永久磁気分は $+7.15^\circ$ 、軟鉄磁気分は $+2.85^\circ$ である（Table 10-2 参照）。つぎに鈴木等¹²⁾による、元北大練習船おしよる丸（二世）の自差係数表をみても、磁気赤道における B 、 C と、他の地における B 、 C とは、あまり変化がないことから、ほとんど船体永久磁気のみによる自差とみなして良い。すなわち、旧式建造船の帯磁は永久磁気分が主で、垂直軟鉄の感応磁気による帯磁は小さいものと推察されるが、これは旧式建造船の特徴と言えよう。

3.2 ブロック式建造法による場合

鋼船の建造法は、最近、大型商船をはじめ小型漁船にいたるまで、ほとんどがブロック式建造法によっているが、磁気コンパスにおよぼす船体磁気の影響は、旧式建造に比べて、はなはだ複雑であると言われる³⁸⁾。その原因の多くは、船体半永久磁気の不規則な帯磁と、経年変化の複雑さに起因すると考えられる。

ブロック建造法による船体の帯磁を考える場合、

①建造された個々のブロックの帯磁と、②これらが船体に組み立てられた場合の全体の帯磁の二つがある。

まず①の個々の建造ブロックの帯磁は、各ブロックを組み立てた地磁気に対する方位によって、それぞれの方向におこなわれるであろう。しかし、各ブロック体の磁場における形状効果、すなわち、反磁場効果を考慮すると、ブロックとしての磁化はむしろ、それ程大きなものではないと思われる。あるいは、鋼板、鋼材の状態のときうけた磁化が問題となるかもしれない。つぎに、これらが、溶接によって船体に組み立てられる場合、各々帯磁の方向がことなるので、全体として極めて不安定な磁化状態を形成すると考えられる。

このような不安定な磁化状態は、航海による地球磁場の変化、および機械的振動、張力、圧力の変化等によってより安定な状態に進むものと思われる。しかし、先にも述べたように、航海では地球磁場の正の最大値より負の最大値への周期的くりかえしがおこなわれるので、消磁作用はあっても、一方的に安定に磁化されることがない。

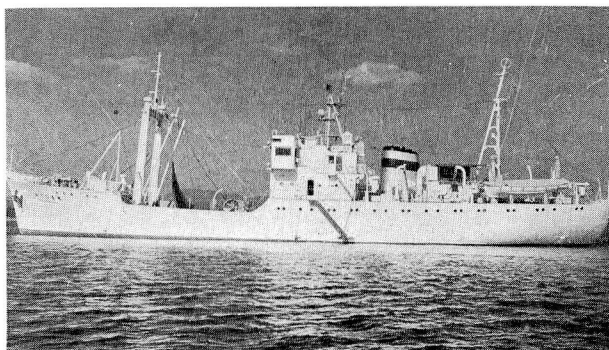
その結果、船体帯磁は不安定で、かつ、感応磁化が著しく多くなっている。これがブロック式建造法による建造船舶の帯磁状態の特徴であるといえる。そして、磁気コンパスに生ずる自差を特徴づける原因となっている。

そこで筆者^{41) 42) 43) 47)}はブロック式建造船の帯磁と自差について検討した。

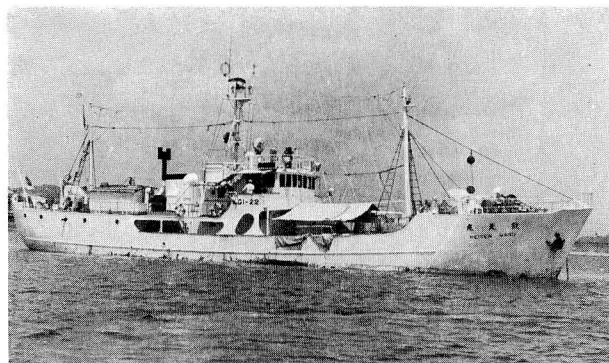
3.2.1 試験の対象とした船舶

この試験の対象として、鹿児島大学水産学部練習船かごしま丸と敬天丸を選んだ（Fig. 19 参照）。

かごしま丸（二世）と敬天丸は、それぞれ日立造船向島工場と、三菱重工下関造船所で建造されたのであるが、それらの船台方向と艀装方向は Fig. 14 に示した。敬天丸については、船橋の改装



Kagoshima-maru
Gross tonnage 1038.14 ton
Diesel engine(1) 1700 H.P.



Keiten-maru
Gross tonnage 308.03 ton
Diesel engine(1) 500 H.P.

Fig. 19. Photographs showing the Kagoshima-maru II and the Keiten-maru.

をおこなっているのですその略図も添記してある。

3.2.2 試験方法

練習船かごしま丸（二世）および敬天丸が毎年おこなっている南方航海の往復時を利用して（Fig. 20 参照），主にジャイロコンパス（ジャイロ誤差を補正したもの）との比較によって，スタンダードコンパスおよびステアリングコンパスのコンパスエラーを求め，偏差（経年変化量を補正したもの）を加減して，自差を算出する方法によって資料を得た．測点は8主要点，および16点方位法によって，左右舷回頭をおこない，ジャイロレピーターコンパスの追従の若干の遅れ等を考慮して，1つの針路について3回測定をおこなった．また，陸上物標による遠標方位法によっても，上記の要領に従って自差を算出した．また，各測定点毎に修正装置を撤去した状態と，修正を施した状態について測定をおこなった．鹿児島においてはとくに地方磁気の影響のない場所を選定した．なお船体磁気の経年変化を検討するため，その比較一覧表，および比較図を Table 11, Table 12, Fig. 21 に示した．

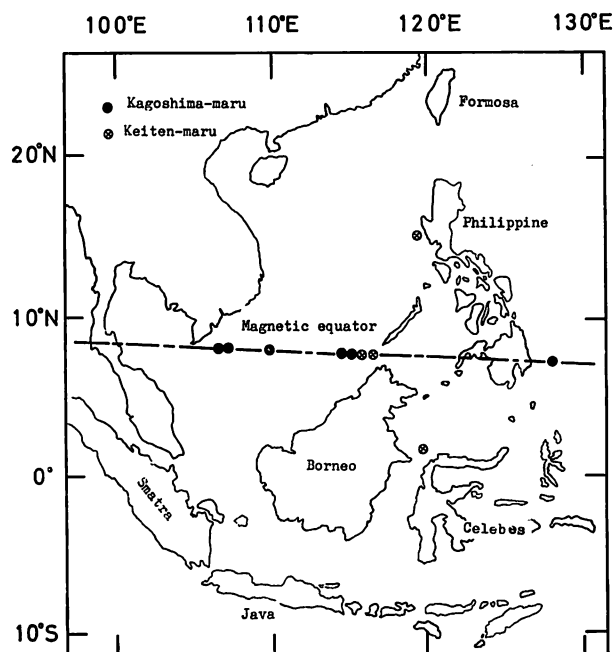


Fig. 20. Map showing the stations of observation in the environs of the magnetic equator observed of the Kagoshima-maru II. and the Keiten-maru.

Table 11. Comparison of yearly change for the co-efficient of deviation in the Kagoshima-maru II.

Date	Observed position		Co-efficient of deviation (degree)				
	Lat.	Long.	A	B	C	D	E
Aug. 1961	06°-48'.0N	127°-37'.0E	-0.64°	+ 8.77°	-14.60°	+2.85°	+2.30°
Aug. 1962	07 -54.0N	108 -04.0E	-0.70	+ 7.62	-11.10	+2.56	+1.81
Nov. 1963	07 -20.0N	110 -05.0E	-1.42	+ 8.50	-11.37	+2.37	+1.94
Feb. 1964	07 -48.0N	115 -54.0E	-1.59	+ 8.10	-10.50	+2.95	+16.2
April 1965	07 -36.1N	115 -48.0E	-0.65	+14.00	- 6.65	+1.89	+0.06
July 1966	07 -01.0N	108 -20.0E	-0.50	+13.55	- 6.85	+1.88	+0.25

Table 12. Comparison of yearly change for the Co-efficient of deviation in the Keiten-maru.

Date	Observed position		Co-efficient of deviation (degree)				
	Lat.	Long.	A	B	C	D	E
Aug. 1960	0°-16.5'N	119°-50'.0E	-0.03°	-14.07°	+2.78°	+2.75°	+0.25°
July 1962	02 -57.0 N	119 -40.0E	-0.29	- 9.15	+3.24	+3.23	+0.38
July 1963	08 -17.0 N	116 -20.0E	-1.00	-10.38	+3.54	+3.25	+0.21
July 1964	08 -04.0 N	116 -09.0E	-0.55	-11.75	+1.50	+2.15	+0.44

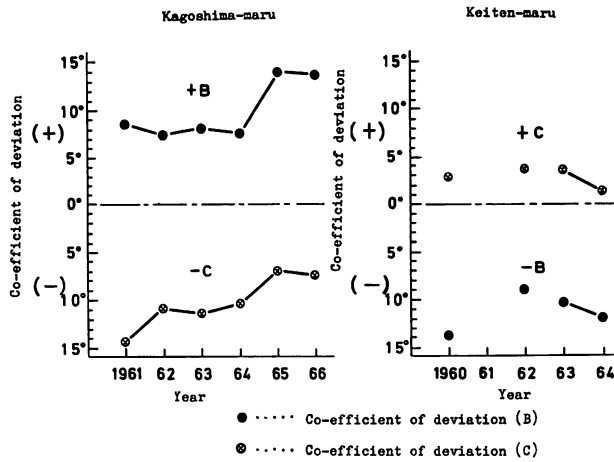


Fig. 21. Comparison of yearly change of the co-efficient-deviation B and C in the Kagoshima-maru II, and the Keiten-maru.

3.2.3 結果および考察

船体の帯磁および経年変化等の研究をおこなうにあたって、極めて困難な問題は、入渠の際の改装工事や修理工事によって、鉄材等の構造が附加されたり、電接や衝撃等をうけ、帯磁が複雑に変化することであって、その解析はなかなか困難である。

かごしま丸(二世)について、Table 11 および Fig. 21 に示した自差係数の経年変化をみると、1962年までは、係数 B に関しては、ほぼ安定したとみられ、係数 C については、まだ不安定であるといえる。しかしながらその後、係数 C も次第に安定に近づき、1964年までには係数 B, C とともに、ほとんど変化がなく、したがって半永久磁気は消滅し、永久磁気のみとなったので安定したものといえる。1965年より、それまで安定していた係数 B, C が、急に大きく変化したが、1966年の測定では1965年とほぼ同様の値を示している。したがって、現在、結論的にみて、かごしま丸の永久磁気は再び安定したものといえる。1965年に係数 B, C が急に变化した原因の詳細については明らかにすることはできないが、かごしま丸は、1964年9月に第2回目の定期検査をおこない、修理工事中、船橋上甲板の基準コンパスのガードレールの木製履いをプラスチック板にとりかえた時に支柱等の補修(鉄材)がおこなわれたものとみられる。また、簡易海図机を木製からプラスチック張りにとりかえた時に、脚等を補修している。また、船橋内に排水孔を設けるための工事や、ロランアンテナ設置のための配線工事等、基準コンパス付近で、鉄材を使用した工事や、電磁回路を構成する工事等がおこなわれており、これらが原因となって係数 B, C を変化させたのではなかろうかと考える。

以上のように、かごしま丸の場合は、帯磁の安定によってその実態が判明したので、自差修正もほとんど完全修正に近い状態にすることができた。

敬天丸の場合は、Table 12, Fig. 21 に示した自差係数の経年変化一覧をみるに、1962年までは磁気赤道における基準の測定をおこなっていない。したがって、その考察は不確定で、推定の域にとどまった。その後、1963年7月と、1964年7月とともに磁気赤道において自差測定をおこなった結果、自差係数 B は大体安定し、したがって、半永久磁気は消滅したとみられるが、係数 C は

まだ若干残存していた。この原因について検討した結果、やはり、1963年11月入渠の時にこなった船橋上甲板のオーニングスパンのとりかえ工事や、船橋近くの通風筒の新替工事、またはモーターファンの改修工事等がこれらに影響したと思われる。また、距離的には、磁気コンパスから離れているが、船首右舷側に船艙を設けたりして、鋼材をかなり使用している。このように電接工事や、衝撃をうけて、係数 C に属する帯磁に変化が生じたものと考えられる。

Table 13-1, Table 13-2 は、自差修正装置の経年変化の比較を示すが、この結果を姉妹船（捕鯨船）について検討すると、縦置磁鉾および横置磁鉾ともに年が経つにつれて、コンパスカードの中心から、遠ざけている。それは半永久磁気が次第に消滅していくことによると考えられるが、その程度は各船によって多少こととなっている。No. 17, K丸は建造後一年目で急速に、以後はゆるやかに減衰している。No. 21, K丸は建造直後からゆるやかに減衰していく傾向にある。No. 20, K丸の場合は、一年以内でおおむね安定に近づいているが、二年目に横置磁鉾の極性が反転し、縦置磁鉾も接近している。これは大工事が施されたためと思われる。その他の姉妹船は建造後二年目位で、おおむね安定に近づいている。このことは姉妹船であっても、ブロック個々の建造方向が異なるし、艙装もそれぞれ若干異なっている点が原因していると考えられる。しかし、軟鉄の感応磁気は、ほとんど変化が認められない。次に、K O丸については、建造後一年以内で横置磁鉾を近づけ、まもなく遠ざけているが、縦置磁鉾については、ほとんど変化がなかった。しかし、一年を経過した後、まもなく、縦置磁鉾をわずかに接近させ、横置磁鉾は極性を反対にし、接近させていることは、No. 20, K丸と同様な現象であり、大工事がおこなわれたものとみなされる。しかも工事は日立造船所の一般艙装方向と反対方向でおこなわれたとみられ、もしそうでないとすれば、ブロック等の組み立てが陸上でそのように帯磁したと考えられる (Fig. 22 ブロック組み立て参考図参

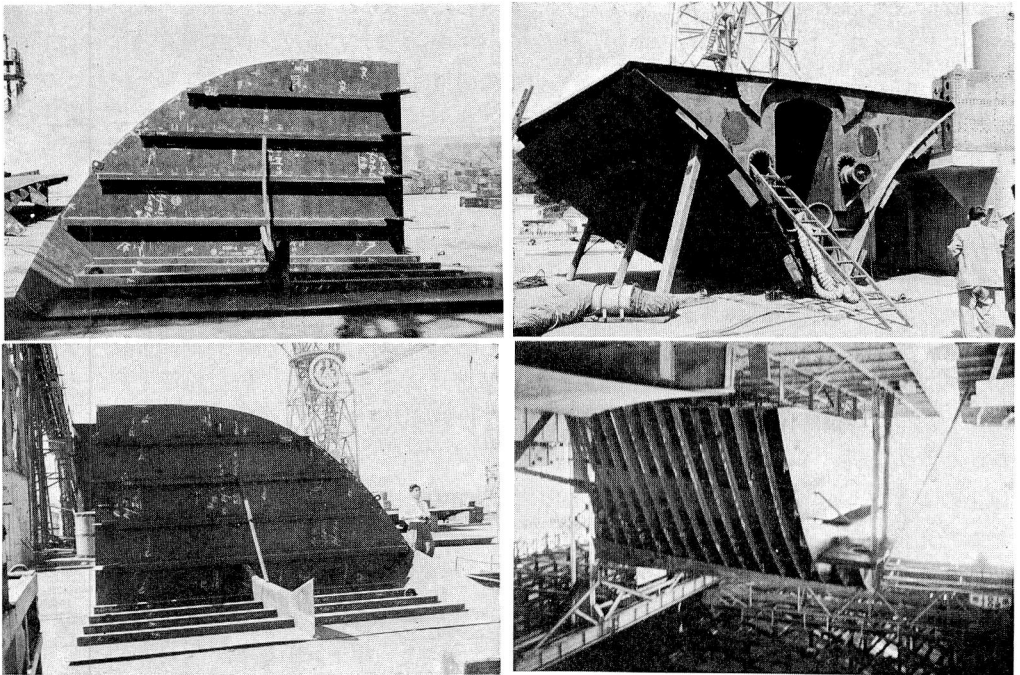


Fig. 22. Photograph showing the state of block-construction.

照)。

G丸, S丸では, 建造当初と比べて, ほとんど変化がないので, 半永久磁気の影響はないと言えるが, 珍しい例である。F丸は同型船の代表例であるが, この同型船の場合は, 同一傾向にあるし, 大きな変化はないと言える。Y丸は日立造船所で船橋を改装した船であるので, 改装船の帯磁の変化を示す例で, 敬天丸の場合と同様に改装による帯磁の変化が大きくあらわれている。KA丸は旧式建造法によった船であるが, 工事をおこなわなかったと思われる期間中は, あまり変化がみられないし, しかも修正は単純におこなわれ, その修正量も少なく, ブロック式建造法に比較して, その特徴が認められる。

傾船による自差の修正は, 従来の論説⁹⁾では北半球において, 正(N)極を上方に向けて修正すべきであるとされていたが, Table 13では, ほとんどが負(S)極を上方に向けて修正されている。旧式建造法でできたKA丸は従来の理念と合致するが, ブロック式ではほとんどが反対になっている。推察するに, ブロック式建造船は旧式建造船に比べると, 垂直軟鉄の感応磁気と水平軟鉄の感応磁気が船体の永久磁気に比べ, 一般に強いとみなされるので, 従来の理念に反し, 船体の永久磁気の垂直分力が, 軟鉄のそれより弱いことに起因すると思われる。

つぎに, Table 14に示したように, 同緯度附近における旧式建造法による漁船と, ブロック式建造法による漁船の自差係数を比較すると, 係数B, C(永久磁氣的成分)は木造船を除き, ブロック式建造法による漁船が小さいが, これは個々のブロックの帯磁も小さく, また磁性が相反するものも混入して組み立てられる場合があると考えられるため, 互いに磁力がうち消し合って帯磁が相殺されたものと思われる。また, 係数D(軟鉄の感応磁氣的成分)はブロック式建造法による漁船の方が大きいのは, 最近の漁船には軟鉄の使用量が増加したためと思われる。

Table 14. Comparison of the co-efficient of deviation in classified by building on the same latitude of 30°N.

Building system	Ship's name	Co-efficient of deviation				
		A	B	C	D	E
Old-construction-method	Kagoshima-maru I.	0°	+ 5.5°	-23.0°	+0.5°	+0.5°
	Oshoro-maru II.	+0.7	-18.6	-22.0	+0.5	-0.7
	Shiroyama	-0-48	-8-30	+0-15	-0-15	+2-0
Block-construction-method	Kagoshima-maru II.	+0.1°	+ 7.5°	-15.5°	+3.0°	+2.5°
	Oshoro-maru III.	+0.16	+ 7.0	+15.8	+2.8	+0.7
	Keiten-maru	0	-12.7	+ 0.7	+2.8	0
	Nansei-maru	0	+23.2	+ 2.0	-3.5	-0.4

Noncompensation.

3.3 結 論

以上のことを考察した結果, 結論として, ブロック式建造法による漁船の帯磁状態は, 造船台における帯磁より, 艀装中にうける帯磁が大である。そして, かがしま丸(二世)の場合は, 建造後約二年でマグネットコンパスに影響する半永久磁気の係数Bに属するものは, まもなく消滅するが, 係数Cに属するものは, まだ若干残存した。そして, 船体の永久磁化成分が安定するまでには, 一般的にみて, おおよそ三年を要すると言える。

同型の姉妹船でも、帯磁の状態および強さはそれぞれ異なるが、その原因は、ブロック式建造法の不規則性に起因するものと結論される。そして、一般にブロック式建造船は、旧式建造船に比べて、永久磁氣的成分（自差係数 B, C ）が小さく、水平軟鉄の感応磁氣的成分（係数 D ）は大きいと言える。

また、傾船差修正は旧式建造法における修正の一般的理念に反して、北半球においては負（-）極を上方に向けて修正するのが一般的であると言える。

以上のように、ブロック式建造船の帯磁は不安定で、自差修正は困難であるので、もっとも確実な方法は磁気赤道で修正装置を撤去して、永久磁気の経年変化値を検討し、その安定を確かめることによって、自差修正は完全におこなえると言える。

そして、船体の永久磁気から生ずる係数 B, C を用いた建造方位の算出式、 $\tan \theta = \frac{C}{B}$ はブロック式建造船には適合しないと言える。

第4章 磁気コンパスにおよぼす地方磁気の影響

磁気コンパスに自差を生ずる要因のうち、内部的なものについては既に述べた。しかし、磁気コンパスはこれら主に船体磁化に基づく要因の他に、それ以外の地球磁場の擾乱によっても自差を生ずる。これらを総括して外的要因と呼ぶことにするが、それらは地方磁気および異常天文現象等である。次に、これらについて筆者のおこなった観測結果について述べる。

地球が一大磁石であるということは一般によく知られている。また、この地球という磁石が複雑で、たえず変化していることは、古磁気学や海底拡大説等によって論ぜられ、長年月の間に磁場の反転をくりかえしていると言われている⁵⁹⁾。

それでは地球はなぜ磁石なのかという地磁気の原因説には、今日でもまだ定説はないが、そのうちもっとも有力といわれているのは、地球ダイナモ理論である。これは地球内部には一種の発電現象がおこっており、そのために地球磁場が構成、維持されるという説であるが、詳細についてはかなり難解なものとされている。

地球磁場に関する研究は、多くの地球物理学者によってなされているが、それらは大きく分けて、地磁気の成因に関する研究、地磁気の変化および異常に関する研究、火山活動に関する研究、古地磁気学的研究、災害防止と利用に関する研究等があげられる。

地磁気の局地的異常については、磁鉄鉱床の発見等に関連して研究がすすめられ、磁気探床として世界では17世紀頃からはじめられたといわれている。

地磁気の異常と火山活動とは深い関係があり、それを調べるには、岩石の磁氣的性質を知ることが必要である。火山活動によって噴出された強磁性物質の自然残留磁気、および誘導磁気、火山岩が地球磁場の中で冷却し、かたまってできた熱残留磁気、および特殊な強磁性岩石の帯磁で岩石の熱残留磁氣的帯磁とは反対の帯磁をする反転熱残留磁気（永田効果）等の性質のあることが研究されている。このような地磁気および異常磁気に関して、わが国でもかなり研究がなされ^{48) 85)}、大きな成果をあげている。

地方磁気が存在する地域で、それが磁気コンパスに固有の自差を生ぜしめることはよく知られており、その原因が前述の岩石の自然残留磁気、火山の存在、およびその爆発による流出熔岩の熱残留磁気、磁鉄鉱の存在、砂鉄鉱床等の存在によるものであることが理解される^{48) 86)}。エルバ島・フ

オークランド島・セントヘレナ島、我が国では青森県底田鉾山や伊豆大島の三原山等に地方磁気が存在することが知られている⁸⁷⁾⁸⁸⁾。

日本における地磁気測量は、1887年からはじめられ、1955年まで6回にわたって実施されたが、地方磁気の測量については1957年三宅島にはじまり、1958年の奥尻島におよぶ12カ所で調査されている。これらの研究成果については数多くの報告^{49)~57),60)~64)}が発表されている。それらによれば、調査した島嶼における地磁気異常の分布は、主として地下物質の帯磁によるものと結論されている。そしてそれらは火山ならびに火山島周辺、および火山帯に存在する場合が一般的である。

また、地磁気の異常には、島に存在する地磁気鉛直磁場の異常現象の離島効果、および半島効果、また海峡に誘導電流が集中的に流れるために生ずる地磁気変化現象である海峡効果等の存在が確かめられている⁸⁸⁾。

4.1 鹿児島湾の地方磁気について

4.1.1 湾口における地方磁気

4.1.1.1 測定地域および測定方法

鹿児島湾口において、1960年6月、予備的実験調査をおこなった結果、地方磁気の存在を認めたので、さらに1963年8月、精密な測定をおこなった⁶⁰⁾。

地磁気異常についての測定法は、塚本、歌代(1961)⁵⁸⁾等の方法で、本学練習船「しろやま」を使用して、Fig. 23-1に示した観測点においておこなった。すなわち、Fig. 23-2に掲げた磁気コンパス*と方位鏡**を使用して、船首方向に位置するある物標のコンパス方位を測定し、同時に六分儀を使用して三標両角法による正確な船位を求め、三杆分度儀によってこれを海図上に定め、その位置から物標の磁針方位を測定し、コンパス方位と比較してその差を求めた。そしてFig. 23-3に示した自差測定点A~Eにおいて遠標方位法によって自差を求め、「しろやま」の固有の自差を定めた。これを各観測点で測定したコンパスの自差に加減して観測点における地方磁気の値とした。固有自差の適正の検討は、後述の方法によって吟味した。次に陸上における地磁気水平力、垂直力の測定は、Fig. 23-4に示した水平力測定器***および垂直力測定器****（または傾針儀）*****を用いて測定したが、水平磁力H(ガウス)は

$$H = \frac{K}{T^2}$$

ここで

T……振揺周期(秒)

K……常数 3.64

垂直磁力 Z(ガウス)は

$$Z = nK$$

ここで

n……おもりの目盛り数

K……常数 0.0235

* 磁気コンパス	布谷製器株式会社製
** 方位鏡	東京計器製造所製
*** 水平力測定器	同上
**** 垂直力測定器	同上
***** 傾針儀	同上

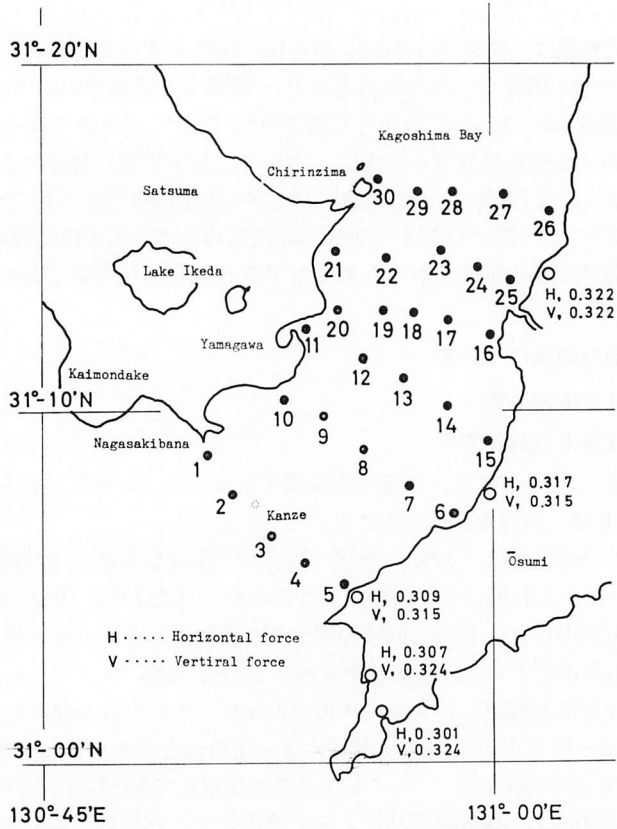


Fig. 23-1. Sketch map showing the station number at the entrance of the Kagoshima-bay.

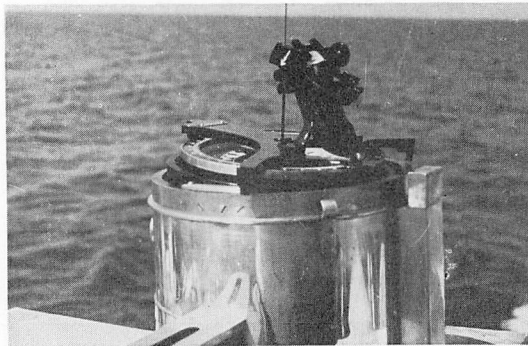


Fig. 23-2. Photograph showing the magnetic compass and the azimuth mirror.

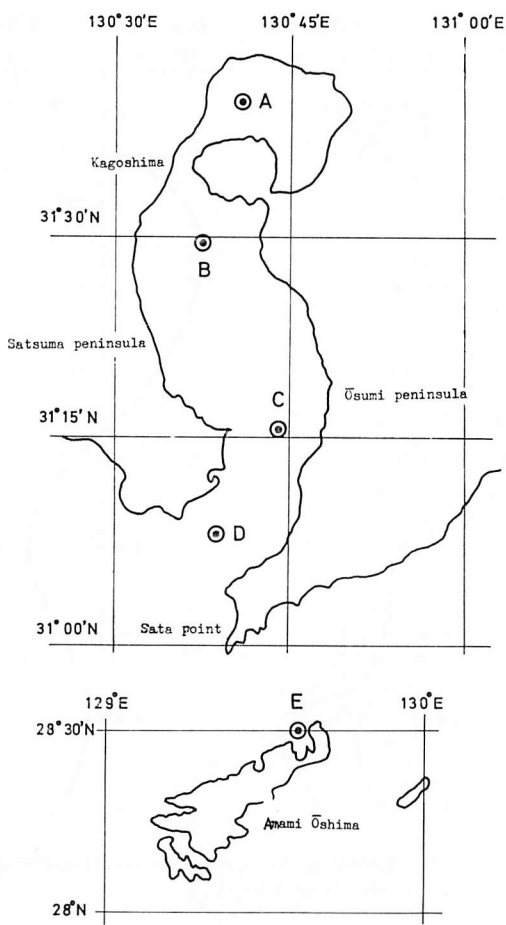
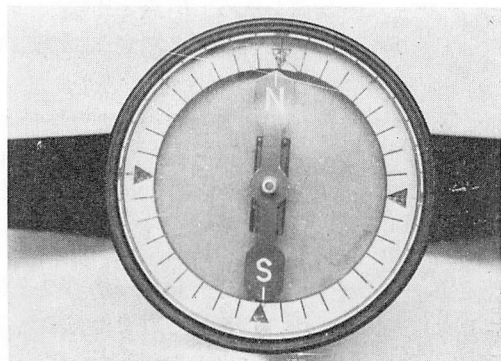
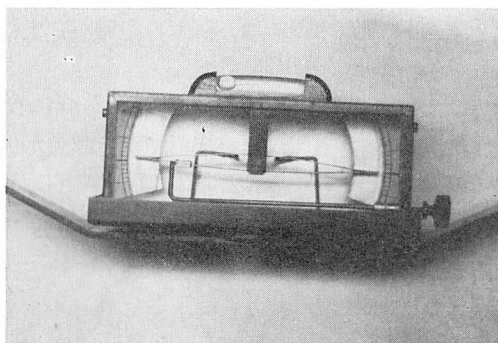


Fig. 23-3. Sketch map showing the observational station in the 'Shiroyama'.



Horizontal-force instrument



Vertical-force instrument

Fig. 23-4. Photograph showing the horizontal force instrument and the vertical force instrument.

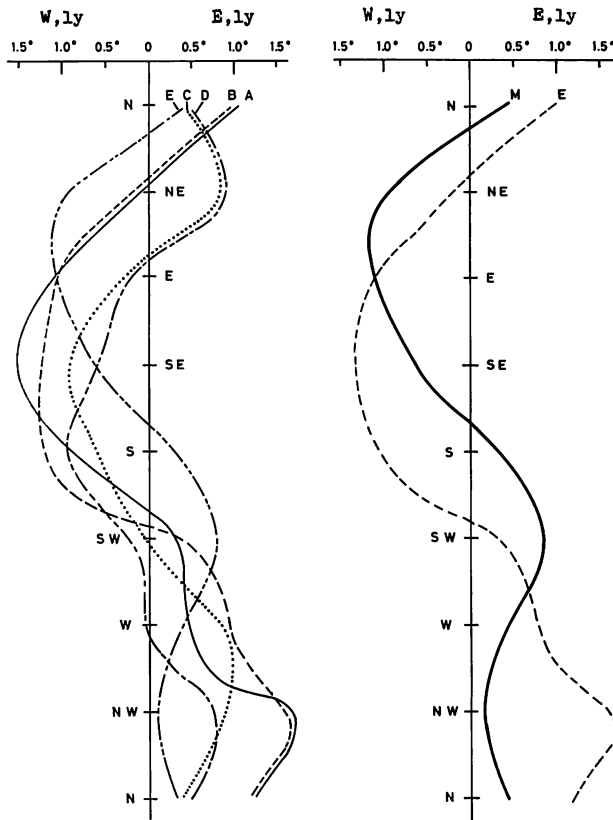


Fig. 23-5. Showing the magnetic-deviation-curve in the 'Shiroyama'.

から求められる。なお両測定器ともとりあつかいには十分注意し、衝撃等による常数 (K) の値の変化のないようにした。

「しろやま」の固有自差は Fig. 23-5 に示した A 点と B 点の平均値を求め、 E 点と比較した。すなわち、固有自差に地方磁気の影響が含まれているかどうかを確かめるために各観測点の測定自差から自差係数を算出した。

また、「しろやま」固有の自差をあらかじめ正しく求めることが、地方磁気決定の重要な条件であるため、地方磁気がない場所で測定誤差が生じたりしないよう十分に検討しておこなったが、観測誤差は検討の結果、最大 $\pm 0.2^\circ$ と判定した。

4.1.1.2 結果および考察

Fig. 23-1 に示した各観測点における地方磁気の測定値、しろやま固有自差の検討のための各観測点における測定自差の資料、その吟味のために算出した自差係数、および測定された地方磁気の海図上のプロットをそれぞれ Table 15-1, Table 15-2, Table 15-3, Fig. 24 に示した。これによると、最大値 $2.7^\circ W$ の地方磁気が測定された。そして全般的に偏西 (W, ly) の性質をおびているが、長崎鼻附近でわずかに偏東 (E, ly) の性質を示している。また、偏西誤差は薩摩半島側に大

Table 15-1. Result of the observation of the local attraction.

Station number	Position	Ship's head	Object	Compass bearing	Magnetic bearing	Compass error	Constant deviation for ship's head	Local attraction
1	lat. 31°—08'—30'' N long. 130—35—36 E	S/E	Kaimondake	N55.5°W	N55.5°W	0°	1.2°W	1.2°E
2	07—51 37—12	S S E	Nagasakibana	N44.5W	N45.0W	0.5W	1.3W	0.8E
3	07—12 38—22	S S E	Nagasakibana	N48.5W	N49.0W	0.5W	1.3W	0.8E
4	06—39 39—34	S S E	Uomidake Tatsume	N 5.0E S 9.5W	N 3.5E S 8.0W	1.5W 1.5W	1.3W 1.3W	○ 0.2W 0.2W
5	05—50 41—15	S E	Takeyama	N27.0W	N28.9W	1.9W	1.4W	0.5W
6	07—06 43—40	S/W "	Uomidake Takeyama	N18.0W N49.5W	N19 W N50.5W	1.0W 1.0W	0.8W 0.8W	○ 0.2W 0.2W
7	07—52 41—54	S/W S E/S	Uomidake Takeyama	N10.0W N46.5W	N11.5W N45.0W	1.5W 2.0W	0.8W 1.3W	0.7W 0.7W
8	08—51 40—26	S S/E	Tatsume Nagasakibana	S17.0W N79.0W	S15.0W N81.5W	2.0W 2.5W	1.3W 1.3W	0.7W ○ 1.2W
9	09—42 39—18	S "	Nagasakibana Tatsume	S88.5W S 6.0W	S85.8W S 3.5W	2.7W 2.5W	1.2W 1.2W	○ 1.5W 1.3W
10	10—21 38—12	S/E	Nagasakibana	S71.5W	S68.5W	3.0W	1.2W	1.3W
11	12—18 39—02	S/E	Tatsume	S 4.5W	S 2.3W	2.2W	1.2E	1.0W
12	11—16 40—56	S S W	Nagasakibana	S77.0W	S74.0W	3.0W	0.5W	2.5W
13	10—48 42—15	W S W	Takeyama	N50.0W	N81.0W	1.0W	0.7E	1.7W
14	10—09 43—43	N	Kitamine	N47.0E	N47.5E	0.5W	0.5E	1.0W
15	09—03 44—36	N NW/N	Kitamine Uomidake	N21.5E N31.0W	N33.5N N29.5W	1.0E 1.5E	1.0E 1.7E	0 ○ 0.2W
16	12—10 45—02	W W	Takeyama Uomidake	S87.5W N49.5W	S83.5W N50.0W	1.0W 0.5W	0.7E 0.7E	○ 1.7W 1.3W
17	12—20 44—10	E N E E	Takeyama Uomidake	S81.5W N45.0W	S80.0W N47.0W	1.5W 2.0W	0.7W 1.0W	○ 0.8W 1.0W
18	12—30 43—10	SW/W W/S	Tatsume Takeyama	S25.0W S76.0W	S24.5W S75.6W	0.5W 0.4W	0.6E 0.7E	○ 1.1W 1.1W
19	12—47 41—26	S	Uomidake	N26.0W	N28.5W	2.5W	1.1W	1.4W
20	12—54 39—50	SW/S "	Chirintō Tatsume	N22.0W S 9.0W	N20.2E S 7.0W	1.8W 2.0W	0 0	○ 1.8W 2.0W
21	14—27 39—50	E	Takeyama	S38 W	S34.8W	3.2W	1.0W	2.2W

Table 15-1. のつづき

Station number	Position	Ship's head	Object	Compass bearing	Magnetic bearing	Compass error	Constant deviation for ship's head	Local attraction
22	14-34	S	Takeyama	S 47.0W	S 43.8W	3.2W	1.1W	○ 2.1W
	40-58	S	Kaimon	S 70.0W	S 67.0W	3.0W	1.1W	1.9W
23	14-33	S	Takeyama	S 59.0W	S 55.3W	3.7W	1.1W	2.6W
	42-45							
24	13-56	E/S	Takeyama	S 70.5W	S 67.2W	2.3W	1.1W	○ 2.2W
	44-30	E	Uomidake	N 63.5W	N 65.2W	2.7W	1.0W	1.7W
25	14-06	N/E	Takeyama	S 71.0W	S 69.0W	2.0W	0.7E	2.7W
	45-21							
26	15-44	N/E	Chirintō	N 76.5W	N 77.5W	1.0W	0.7E	1.7W
	46-55							
27	15-50	N/W	Kitamine	S 2.0W	S 2.5W	0.5E	1.3E	○ 0.8W
	45-31	N/E	Chirintō	N 77.0W	N 77.0W	0	1.0E	1.0W
28	16-15	S	Takeyama	S 52.5W	S 50.9W	1.6W	1.1W	0.5W
	43-35							
29	16-09	S	Takeyama	S 47.5W	S 45.2W	2.3W	1.1W	1.3W
	42-42							
30	16-36	S	Takeyama	S 38.0W	S 35.0W	3.0W	1.3W	1.7W
	41-20							

Table 15-2. Result of observation of the magnetic-compass-deviation for the observational station.

Station	Position	*Magnetic elements	Ship's Deviation							
			N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
A	31°-40.3'N 131-39.5 E	H 0.331	1.1E	0.1W	1.1W	1.6W	0.9W	0.4E	0.4E	1.9E
		V 0.327								
B	31-26.7 N 130-37.1 E	Dip 44°-36'	1.0E	0.3W	1.1W	1.1W	1.3W	0.7E	1.0E	1.7E
C	31-07.2 E 130-43.6 E	H 0.333	0.5E	0.9E	0.3W	1.0W	0.5W	0	1.0E	1.0E
		V 0.322								
D	31-07.2 N 130-38.4 E	Dip 44°-35'	0.5E	1.0E	0.3W	0.5W	1.0W	0	0	1.0E
E	28-28.5 N 129-38.0 E	H 0.338	0.4E	1.0W	1.1W	0.6W	0.4E	0.9E	0.4E	0.1E
		V 0.286 Dip 40°-17'								

* Observation in 1944. Annual change $\left(\begin{array}{l} H + 0.00035 \\ V + 0.00020 \end{array} \right)$

Relation between the deviation in the ship's head of the stations.

であり、同半島では北側に大である傾向にある。大隅半島側の根占町における偏西誤差、長崎鼻附近の偏東誤差等の原因はいずれも、砂鉄・鉱床の地球磁場によって磁化し、それが地球磁場を擾乱しているためと考えられる。

薩摩・大隅両半島における水平および垂直磁気の値を第25図に示したが、薩摩半島側がやや高い

Table 15-3. Co-efficient of deviation for the observational station.

Station	Co-efficient of deviation					Place
	A	B	C	D	E	
A	+0.01	-0.75	+1.00	0	+0.22	North side of Kagoshima bay
B	+0.08	-1.05	+1.00	-0.05	-0.05	
C	+0.20	-0.65	0	+0.20	-0.18	South side of Kagoshima bay
D	+0.09	-0.15	+0.75	-0.12	-0.05	
E	+0.02	-0.75	0	+0.15	+0.38	Amami ōshima

Relation between the co-efficient of deviation in the stations.

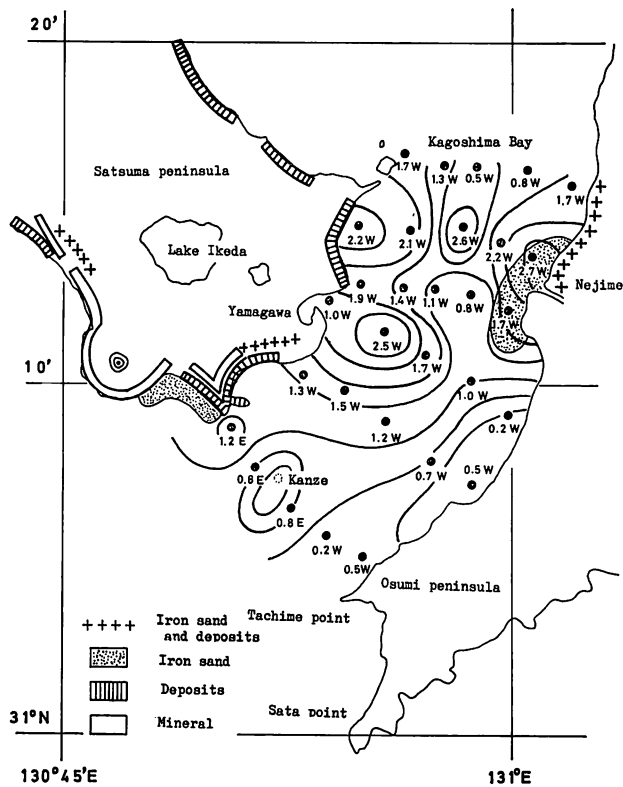


Fig. 24. Sketch map showing the distribution of the value of local attraction in the observational station and the distribution of iron-sand or deposits.

値を示しているのが認められる (Fig. 24, Fig. 25 参照)。

Fig. 26 に示した湾内周辺の地質分布図 (鹿児島県水産商工部商工振興課発表) をみると、磁気をおびているとみなされる安山岩、玄武岩、および灰砂層が、薩摩半島と大隅半島の一部分にあたる根占町周辺に分布しているが、これが地方磁気の原因と考えられる。したがって、地質分布を知ることによって地方磁気の存在を推察することも可能と言える。

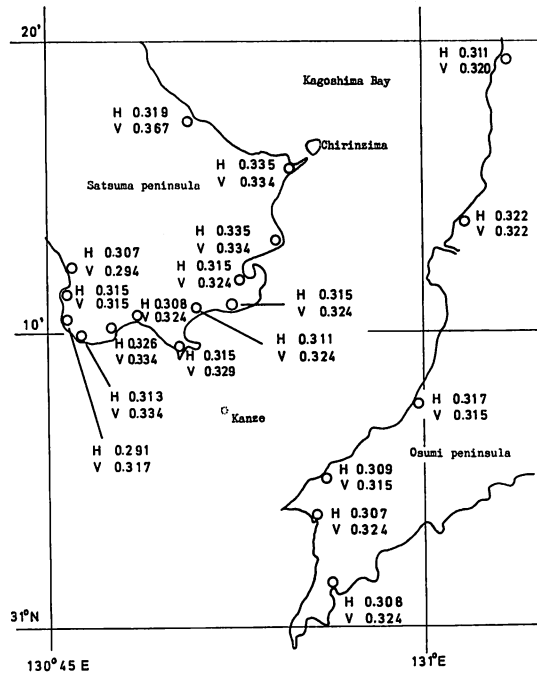
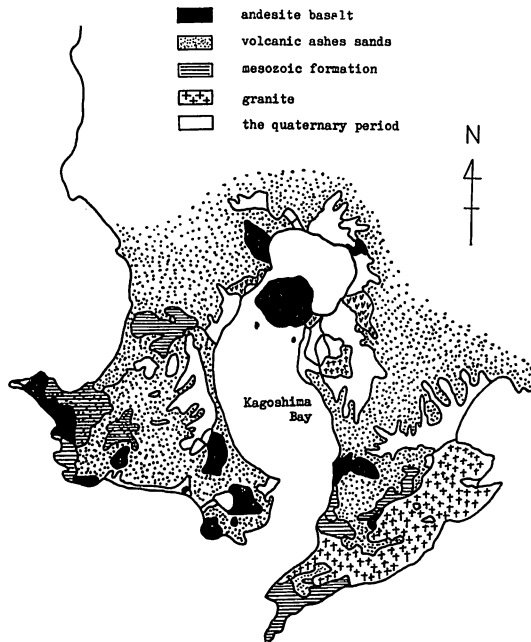


Fig. 25. Map showing the distribution of the magnetic elements in Satsuma peninsula and Ōsumi-peninsula. (Unit: Gauss)



(By statistics of geographical society in Kagoshima prefecture)
 Fig. 26. Geological map showing the environs of Kagoshima-bay.

以上の結果から、

鹿児島湾における地方磁気の内容は、主として薩摩半島側の砂鉄、鉄床等の存在に原因すると言える。また、その分布は、湾口全般に偏西誤差としてあらわれ、その量は湾口の北側（薩摩半島北側）に大きくなっているが、南西側にわずかながら偏東誤差が存在する。

大隅半島北部の根占町附近で比較的大きい地方磁気の内容が認められるのは、明らかに砂鉄、鉄床等の存在が原因となっている。

湾口の地方磁気の内容は、湾口周辺の地磁気の内容の水平力、垂直力の分布からもその存在が推定される。

陸上に分布する砂鉄、鉄床等は、その磁性が観測場所によって性質（偏東か偏西）の異なる地方磁気の内容となるものと推察される。

以上のように、鹿児島湾には地方磁気の内容が若干存在するが、航海には大きな支障はない程度のものである。しかし、船位測定には若干の誤差が生ずるので注意が必要で、できれば陸岸から離れて航海すべきである。

4.1.2 桜島周辺の地方磁気

火山地域における局部異常、すなわち、地方磁気の内容について、力武（1951）⁶⁰⁾はその地域を構成する岩石中に発生した残留磁気、および、地球磁場によって誘導された二次的帯磁によるものであることは、ほとんど疑いがないことを述べている。そして、湯村が1944年に桜島火山の三成分磁気測定をおこなったが、著しい火山異常を認めなかったことを報告⁶¹⁾している。しかし、桜島はその後、1946年に大爆発をおこし、また現在でも小爆発が続いている。したがって、桜島の地方磁気はかなり変化したものと考えられる。よって、この点を検討するため、調査をおこなった⁶¹⁾。

4.1.2.1 測定地域および方法

測定した地域は、Fig. 27 に示した桜島周辺の観測点であるが、測定方法は前項と全く同一の方法による。なお、本試験では「しろやま」を使用したがる、その他にカタマラン船も使用した（Table 16 参照）。

4.1.2.2 結果および考察

前述の地域で、地方磁気に関する測定をおこなった結果、得られた資料をそれぞれ Table 17-1（1963年のもの）と Table 17-2（1964年のもの）に示した。測定資料に基づいて、地方磁気を分析した結果、Fig. 28 の地方磁気分布図を得た。1962年8月に測定した磁気要素分布図を Fig. 29-1, Fig. 29-2, Fig. 29-3 に示した。この測定値は、それ程精度は高くなく、船上測定値はさらに若干低下すると言える。桜島火山爆発にともなう流出熔岩の分布略図を Fig. 30 に示した（鹿児島県水産商工部商工振興課発表）。また、これら熔岩が含有する Fe_2O_3 の百分率表を Table 18（鹿児島県水産商工部商工振興課発表）に掲げた。

観測の結果、桜島周辺に認められた地方磁気は、Fig. 28 によれば、桜島を中心にして、北側海上と南側海上でその極性（ E, ly または W, ly で表わす）が反対である。この原因については、桜島の長年月にわたる火山爆発によって形成されたと考えられるが、その地質分布を Fig. 30 の桜島熔岩分布図にみると、島全体がほとんど火山によって形成された岩石によっておおわれており、中でも熔岩の分布はかなり広い。大正、昭和の両熔岩は、 Fe_2O_3 の含有量が多く、そのためとくに帯磁が大きいものと推察される。また、熔岩の帯磁は、地球磁力線の方向に帯磁しているものと考えられる。岩石の帯磁には、先に述べたように、地球磁場の方向の感応磁化と、熱残留磁気による

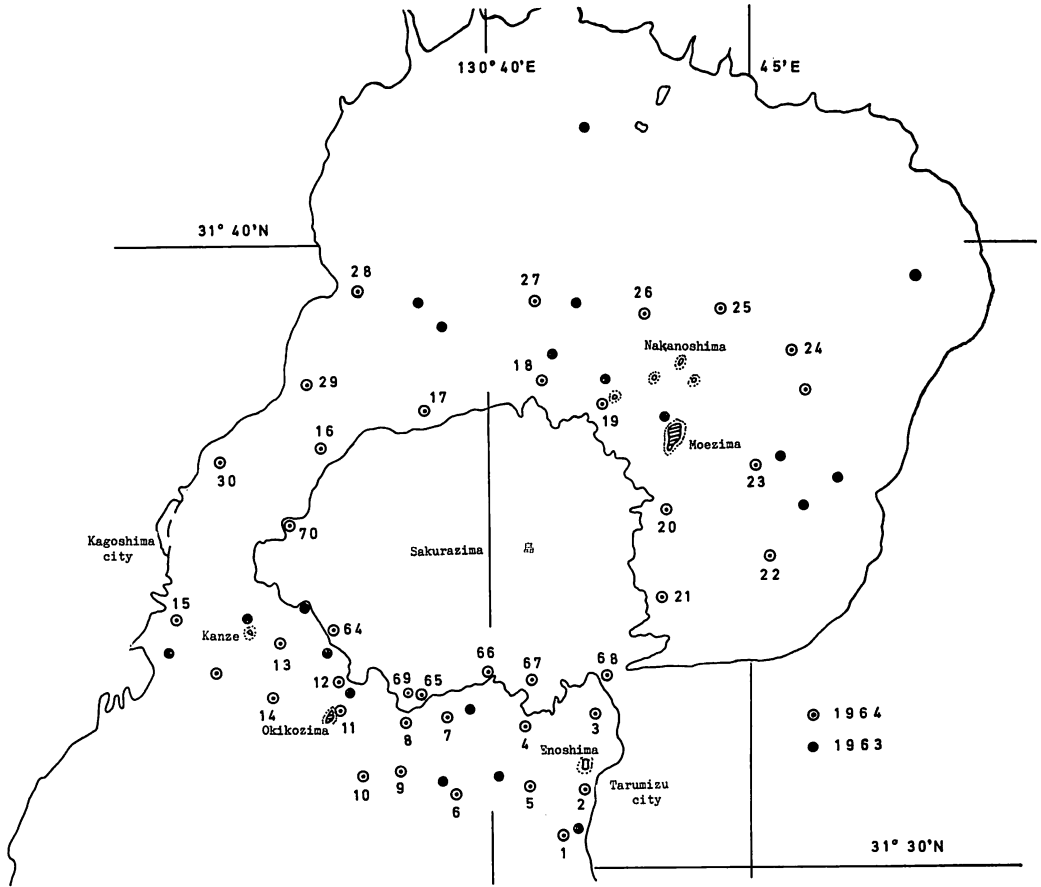


Fig. 27. Sketch map showing the observational station on the sea surrounding Sakurazima in 1963 and 1964.

Table 16. Deviation table and the co-efficient of deviation for the 'Shiroyama' and the Keiten-maur

Ship's head	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ship name								
Shiroyama	0°.69W	0.94 E	1.19 E	0.44 E	0.83 E	0.31W	0.31W	2.06W
Katamaran	0.75 E	0.20 E	0.31 E	0.68W	0.63W	0.18W	0.43W	0.38 E
Co-efficient of deviation	A	B	C	D	E			
Ship name								
Shiroyama	+0.2	+45'	-46'	+34'	-12'			
Katamaran	-2.1	+22	+41	+5	+2			

Table 17-1. Measuring data for the local attraction in classified by the observational station in 1963.

No. of Station	Observed object	Compass bearing	Magnetic bearing from chart	Error	Ship's head	Deviation for ship's head	Local attraction
26	Gorōmine	328.0	328.3	0.3 E	11	0.62W	0.92 E
	Okikojima	4.5	3.3	1.2W	23	0.18W	1.12W 1.0 E
	Fujinosaki	249.5	249.8	0.3W	0	0.69W	0.99 E
27	Gorōmine	341.5	343.0	1.5 E	0	0.69W	2.19 E
	Okikojima	35.5	37.3	1.8 E	"	"	2.49 E 2.3 E
	Sakurashima	234.5	237.5	3.0 E	"	"	3.69 E
28	Kajikinoyama	33.5	33.5	0	203	0.69 E	0.69W
	Okikojima	65.0	65.3	0.3 E	"	"	0.39W 0.6W
	Gass tank	220.5	221.0	0.5 E	214	0.67 E	0.17W
29	Okikojima	57.0	58.0	1.0 E	169	0.50 E	0.50 E
	Sakurashima	96.5	97.4	0.9 E	"	"	0.40W 0.5W
	Gass tank	222.5	222.5	0	"	"	0.50W
30	Kanje	179.0	127.7	6.3W	326	1.66W	4.64W
	N.H.K. (T.V.)	255.5	248.7	6.8W	"	"	5.14W 4.1W
	Gass tank	217.5	212.9	4.6W	"	"	2.94W
64	Gass tank	295.0	296.0				1.0 E
	Kanje	276.3	277.0				0.7 E 0.8 E
65	Arimurasaki	105.2	103.3				1.9W
	Enoshima	120.3	118.4				1.9W 1.9W (1.7)
	Oniyama	155.5	153.8				1.7W
66	Oniyama	166.5	165.7				0.8W
	Arasaki	155.3	154.5				0.8W 0.7W
	Enoshima	141.5	141.0				0.5W
67	Kannonsaki	261.0	259.8				1.2W
	Oniyama	173.2	171.9				1.3W 1.2W
	Enoshima	156.0	155.0				1.0W
68	Arimurasaki	238.0	237.1				0.9W
	Arasaki	194.5	193.4				1.1W 0.9W
	Enoshima	188.0	187.2				0.8W
69	Oniyama	157.0	152.5				4.5W
	Enoshima	124.5	119.0				5.5W 5.0W
	Arimurasaki	111.0	106.0				5.0W
70	Gass tank	253.5	252.0				1.5W
	Port of Kagoshima. L.H.	269.0	267.4				1.6W 1.5W

Table 17-2. Measuring for the local attraction in classified by the observational station in 1964.

No. of Station	Observed object	Compass bearing	Magnetic bearing from chart	Error	Ship's head	Deviation for ship's head	Local attraction
1	Kanje	306°.5	307°.0	0°.5E	180°	0°.83E	0°.33W
	Oniyama	176.6	175.0	1.6W	"	"	2.43W 2.0W
	Enoshima	18.8	15.0	3.8E	"	"	4.63W
2	Kannonsaki	294.0	298.6	4.6E	45	0.94E	3.66E
	Okikojima	286.5	289.5	3.0E	"	"	2.06E 3.3E
	Enoshima	14.0	19.0	5.0E	"	"	4.06E
3	Enoshima	205.5	204.9	0.6W	10	0.62W	0.02E
	Okikojima	277.0	277.0	0	"	"	0.62E 0.5E
	Kannonsaki	281.5	281.0	0.5W	20	0.25W	0.25E
4	Okikojima	272.0	276.0	4.0E	25	0.07W	4.07E
	Kannonsaki	279.0	281.3	3.3E	20	0.25W	3.55E 3.8E
	Enoshima	128.5	127.6	0.9W	15	0.43W	0.48W
5	Okikojima	293.0	293.5	0.5E	282	0.94W	1.44E
	Moesaki	306.0	306.4	0.4E	280	0.87W	1.27E 1.0E
	Enoshima	76.5	76.0	0.5W	285	0.86W	0.36E
6	Oniyama	151.0	149.5	1.5W	315	2.06W	0.56E
	Moesaki	323.0	323.0	0	"	2.06W	2.06E 1.4E
	Enoshima	86.0	84.3	1.7W	323	1.66W	0.04W
7	Enoshima	115.5	114.8	0.7W	290	1.18W	0.48E
	Arimurasaki	96.0	96.4	0.4E	300	1.42W	1.82E 1.4E
	Okikojima	271.5	271.9	0.4E	310	1.59W	1.99E
8	Enoshima	109.0	109.5	0.5E	5	0.79W	1.29E
	Arimurasaki	93.0	94.0	1.0E	"	0.79W	1.79E 1.6E
	Kanje	304.0	304.8	0.8E	2	0.69W	1.49E
9	Oniyama	143.2	142.3	0.9W	265	0.38W	0.52W
	Enoshima	92.5	91.5	1.0W	255	0.07W	0.93W 1.1E
	Moesaki	339.9	338.8	1.1W	253	0.01W	1.09W
10	Enoshima	90.5	89.5	1.0W	325	1.66W	0.66E
	Okikojima	339.0	338.0	1.0W	345	1.39W	0.39E 0.5E
	Arimurasaki	73.5	73.3	0.2W	0	0.69W	0.49E
11	Oniyama	141.2	141.0	0.2W	8	0.79W	0.59E
	Enoshima	112.5	114.9	2.4E	15	0.43W	2.83E 1.5E
	Arimurasaki	91.0	93.0	2.0E	20	0.25W	2.25E
12	Okikojima	205.0	204.8	0.2W	352	1.19W	0.89E 1.4E
	Kanje	304.0	304.4	0.4E	353	"	1.59E
13	Okikojima	155.0	153.2	1.8W	305	1.51W	0.29W
	Moesaki	126.0	124.5	1.5W	320	1.64W	0.14E 0.9E
	Gass tank	305.5	305.5	0	325	1.66W	1.66E
14	Gass tank	328.0	328.2	0.2E	146	0.46E	0.26W
	Kanje	352.0	353.0	1.0E	"	"	0.54E 0.5W
	Okikojima	103.2	103.3	0.1E	"	"	0.36W

Table 17-2. つづき

No. of Station	Observed object	Compass bearing	Magnetic bearing from chart	Error	Ship's head	Deviation for ship's head	Local attraction	
15	Okikojima	126.5	123.0	3.5W	30	0.11 E	3.61W	4.1W
	Kanje	95.8	91.5	4.3W	"	"	4.41W	
16	Hendakojima	48.5	49.7	1.2 E	135	0.44 E	0.76 E	0.9 E
	Ōsaki bana	11.7	13.0	1.3 E	"	"	0.86 E	
17	Hendakojima	41.0	42.5	1.5 E	170	0.51 E	0.99 E	1.0W
	Sakurashima	88.2	87.4	0.8W	160	0.46 E	1.26W	
	Gorōmine	6.2	6.0	0.2W	"	"	0.66W	
18	Niishima	112.2	112.0	0.2W	10	0.62W	0.42 E	0.7 E
	Hendakojima	28.7	29.0	0.3 E	20	0.25W	0.55 E	
	Nakanoshima	86.8	88.7	1.9 E	45	0.94 E	0.97 E	
19	Okinoshima	70.0	70.4	0.4 E	200	0.68 E	0.28W	1.4W
	Wariishisaki	275.5	274.2	1.3W	"	"	1.98W	
	Hendakojima	17.5	16.3	1.2W	210	"	1.88W	
20	Okikojima	0.5	1.5	1.0 E	190	0.63 E	0.37 E	0.6 E
	Ontake	266.5	267.8	1.3 E	"	"	0.67 E	
	Gorōmine	339.5	339.0	0.5W	"	"	1.13W	
21	Okikojima	3.0	3.0	0	235	0.31W	0.31 E	0.5 E
	Wakaminebana	36.0	36.0	0.3 E	225	"	0.61 E	
22	Ontake	278.5	278.0	0.5W	20	0.25W	0.25 E	0.1 E
	Okikojima	349.0	348.9	0.1W	"	"	0.15 E	
	Wakaminebana	26.2	26.0	0.2W	"	"	0.05 E	
23	Ontake	262.3	261.7	0.6W	33	0.21 E	0.81W	0.8W
	Okikojima	347.3	346.7	0.6W	"	"	"	
	Wakaminebana	34.5	33.4	1.1W	"	"	1.31W	
24	Ontake	245.0	246.0	1.0 E	0	0.69W	1.69 E	1.1 E
	Okikojima	329.7	330.7	1.0 E	"	"	1.69 E	
	Gorōmine	318.5	320.0	1.5 E	10	0.62W	2.12 E	
25	Okikojima	342.5	342.0	0.5 E	33	0.21W	0.71W	0.8W
	Fujinosaki	256.0	256.0	0	"	"	0.21W	
	Ontake	235.0	234.0	1.0W	22	0.18W	0.82W	

残留磁気が考えられるが、後者には地磁気に対して正と負（永田効果）がある。また、残留磁気をもった後、地形の褶曲によって磁化方向が変わることも考えられる。桜島はふつうに、地球磁場の方向に磁化していると考えられる。

垂水市附近も地方磁気の値が大きいが、この附近は砂鉄の存在による影響と思われる。

また、鹿児島市に近い15点、30点で共に $4.1^{\circ} W$ の地方磁気を測定した。その原因は判然としないが、陸上接近点であるため、ビル等の陸上建造物の影響によるものとも思われる。熔岩分布図と Fe_2O_3 含有量を対照して磁気要素分布図を比較すると、熔岩の帯磁の状態が推察される。

すなわち、Table 18の Fe_2O_3 の含有量の多い熔岩地帯（Fig. 30, A, C, D等）は磁気要素の値も異なっていると言える。また同様に、船上測定の地方磁気の大い附近は、磁気要素の測定値も

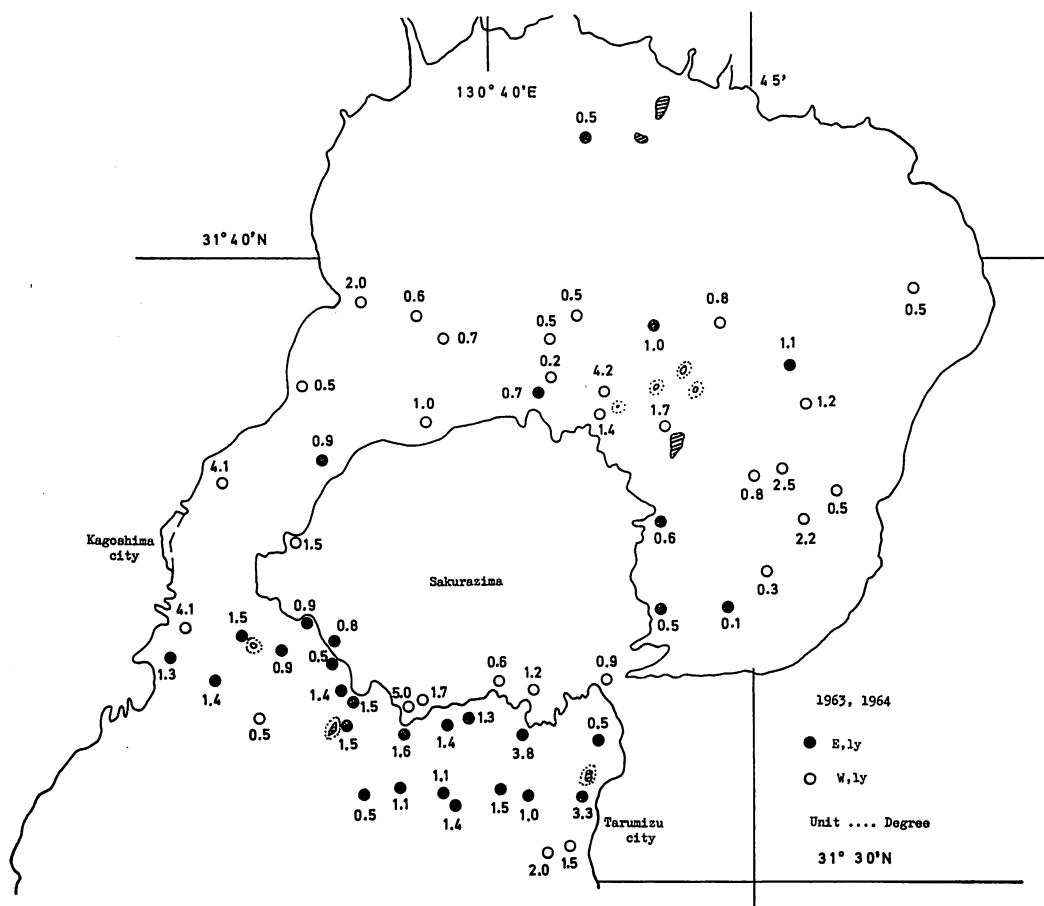


Fig. 28. Sketch map showing the distribution of local attraction on the sea surrounding Sakurazima in 1964.

Table 18. Comparison for component percentage of Fe_2O_3 in the lava of Sakurashima.

Name of lava	Percentage of Fe_2O_3 (%)	Name of lava	Percentage of Fe_2O_3 (%)
Lava of Anei era	1.92	Basal lava of Minamidake	2.07
Lava of Bunmei era	1.11	Basal lava of Kitadake	1.50
Lava of Taishō era	1.80	Volcanic eruption storn	1.96
Lava of Shōwa era	1.91	Alluvium	1.61
Lava of Nakadake	—	No. 2 lava of Minamidake	1.76
Lava of Nabeyama	3.00	No.3 lava of Kiadake	1.44

By presentation of commerce and industry department in Kagoshima prefecture.

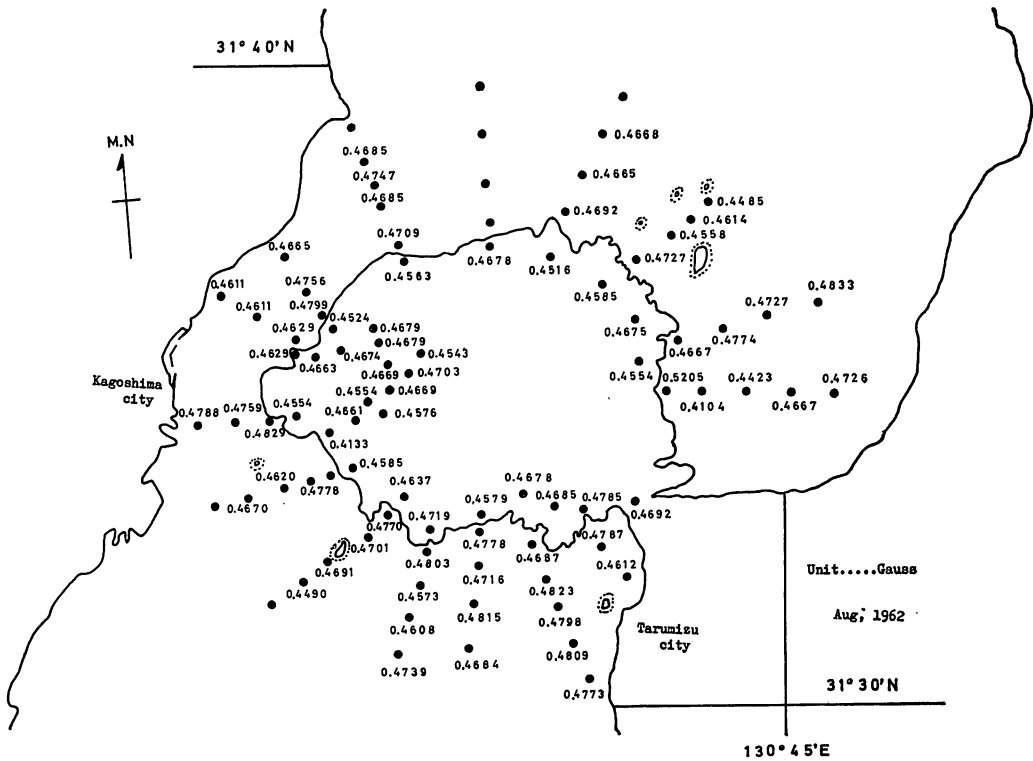


Fig. 29-1. Sketch map showing the distribution of horizontal magnetic force on the sea surrounding Sakurazima in 1962.

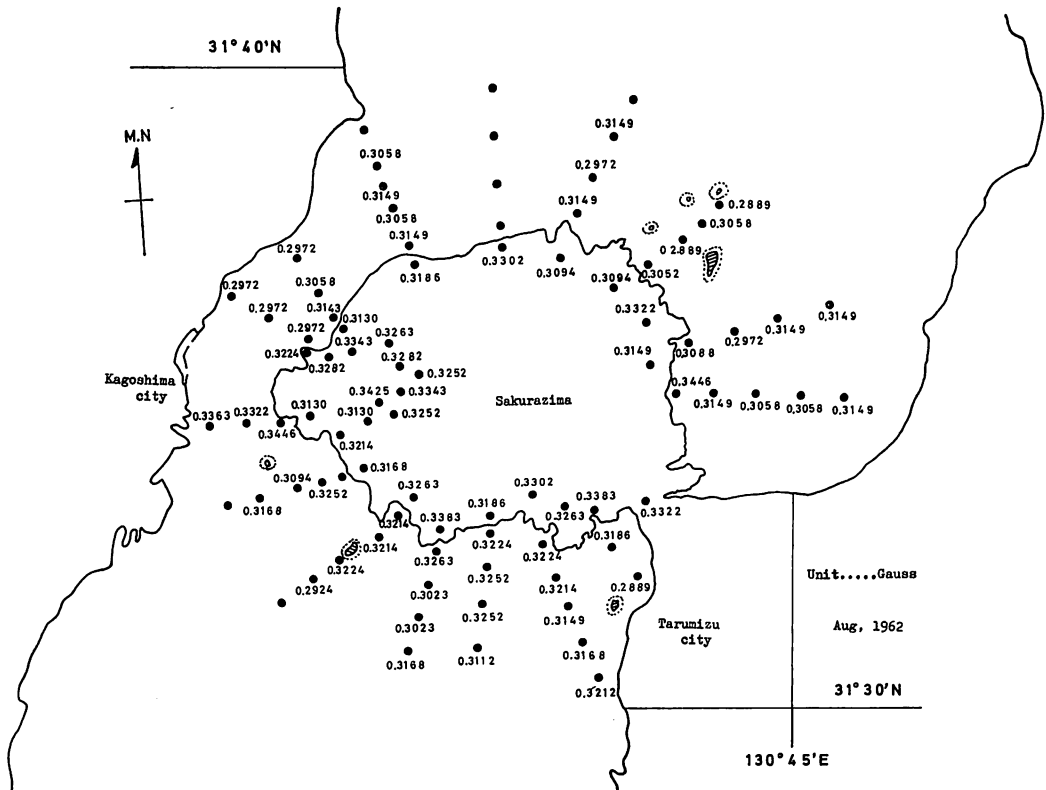


Fig. 29-2. Sketch map showing the distribution of vertical magnetic force on the sea surrounding Sakurazima in 1962.

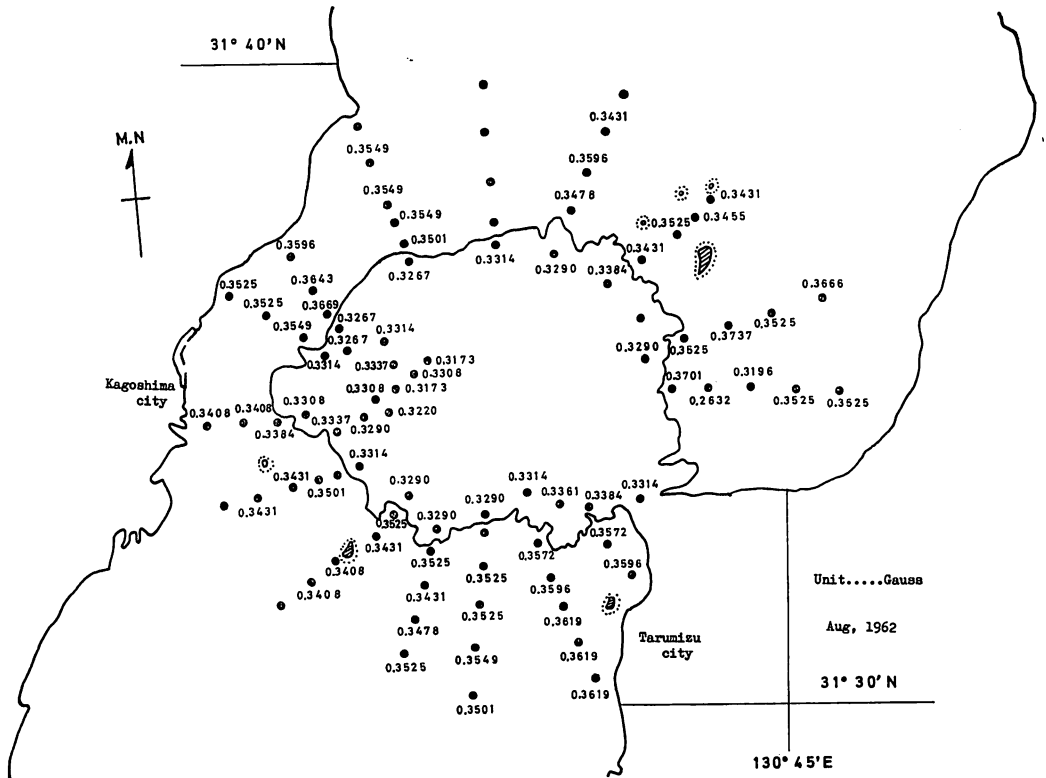


Fig. 29-3. Sketch map showing the distribution of total magnetic force on the sea surrounding Sakurazima in 1962.



- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| A. Lava of Anei era | J. Basal lava of Kitadake |
| B. Lava of Bunmei era | K. Lava of Nabe yama |
| C. Lava of Taishō era | L. Volcanic eruption of Kitadake |
| D. Lava of Shōwa era | M. Alluvium |
| E. Volcanic ashes | N. No.2 lava of Minamidake |
| F. Basal lava of Minamidake | O. No.3 lava of Kita dake |
| H. Lava of Nakadake | |

(By presentation of commerce and industry department in Kagoshima prefecture)

Fig. 30. Sketch showing the distribution of lave in Sakurazima.

異なることがわかり、両者に関連性がみられるが、このことから、磁気要素の測定を一層綿密におこなう必要がある。

以上の結果から、

桜島周辺には、地方磁気が存在が確かめられたが、その性質（極性）は、北側海上では偏西（-）（W, ly）、南側海上では偏東（+）（E, ly）であり、地方磁気量の値は $\pm 2^\circ$ 程度の誤差で、北側で 4.2° W であり、南側では 3.8° E の最大値に達する。

桜島熔岩による地方磁気の影響は、その熱残留磁気によるものと推定される。また、その地方磁気の極性から、その陸地に近い観測点においては、海岸に近い陸岸の帯磁により強く影響されていると思われる。

磁気要素と地方磁気の分布に対応性がみられることから、地方磁気の影響が推察される。また、分布している熔岩の帯磁は、熔岩の Fe_2O_3 の量、および形状に関するであろう。

4.1.3 湾中央部、および湾外周辺の地方磁気、ならびに湾全域の地方磁気

4.1.3.1 測定地域および方法

測定地域は Fig. 31 (1, 2, 3) に示した、湾中央、および湾外周辺の観測点においておこない、その方法は湾口および桜島周辺の観測法と全く同一の方法による。

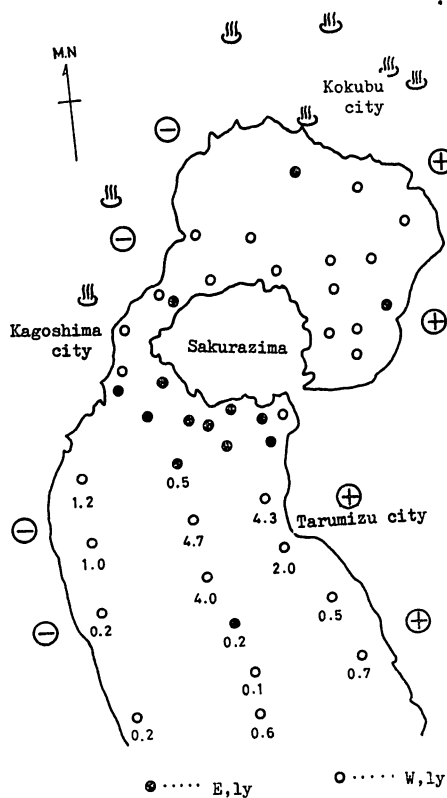


Fig. 31-1. Map showing the distribution of local attraction on the North side and central part in Kagoshima-bay.

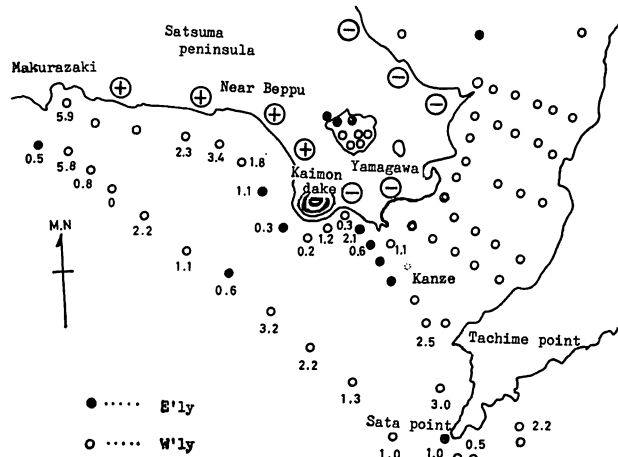


Fig. 31-2. Map showing the distribution of local attraction on the South side of Satsuma peninsula and South side in Kagoshima-bay.

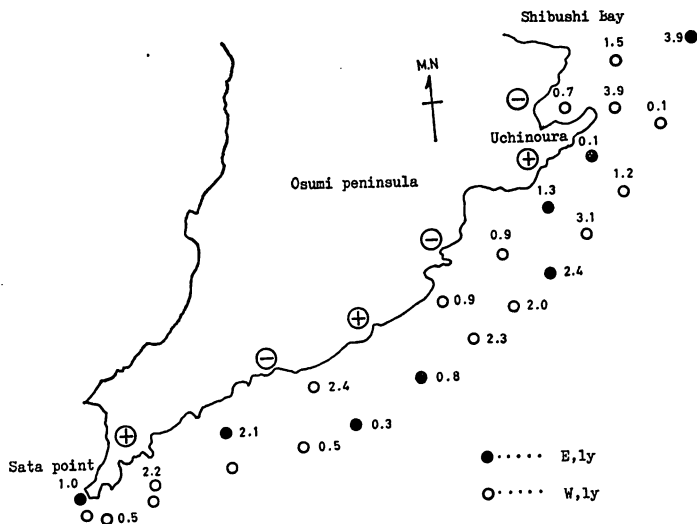
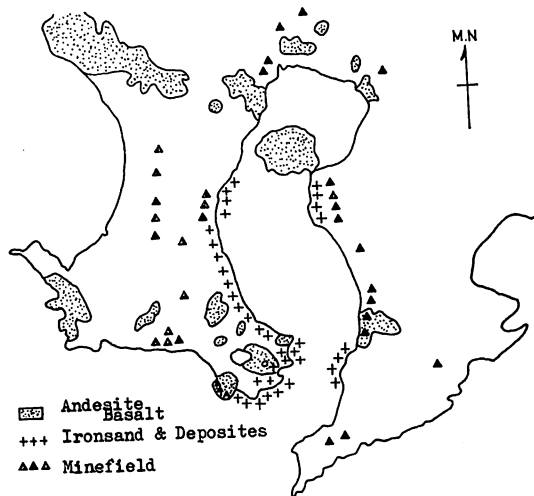


Fig. 31-3. Map showing the distribution of the East side of Ōsumi peninsula.

4.1.3.2 結果および考察

鹿児島湾全域の地方磁気⁶²⁾を Fig. 31-1, Fig. 31-2, Fig. 31-3 に示した。なお、これらの図には過去の測定値の磁性(偏西または偏東)のみを記入して、湾全域の考察の資料とした。また、地質や砂鉄、鉄床、温泉等、地方磁気に関係あると見られる資料を Fig. 32 に示し、考察の参考にした。

Fig. 31-1 にみられるように、中央部においてはほとんどの観測点が偏西の値を示しており、その最大値は 4.7° である。しかし、両半島の陸岸近くの観測点では、その値は小さくなっている。最北部の観測点では偏東であるが、桜島南部の測定と比較すると、明らかに桜島の影響がみられ



(By presentation of commerce and industry department
in Kagoshima prefecture.)

Fig. 32. Sketch map Showing the distridution of geology, iron-sand,
and deposits in the circumference of Kagoshima prefecture.

る。偏東を示す中央部の観測点は、最深部附近にあたるが、兩岸の影響をあまりうけていない場所とみられ、値も小さい。このような現象は、両半島に存在する砂鉄、鉍床等の帯磁が影響していると考えられる。

知林島より長崎鼻にかけての観測点ではすべて偏西であるが、これは過去の観測値と一致している。ただ、絶対値のやや大きいことは、観測点が異なり、使用したコンパスも異なることに原因すると考えられる。この海域の地方磁気の原因は、湾口の地方磁気の考察と同様に、薩摩半島側の砂鉄、鉍床等の帯磁によるものと推察される。

つぎに、長崎鼻より開聞岳附近までは、長崎鼻の東と西で磁性が相反しているが、これは長崎鼻附近は、負（-）磁性を帯びているためと考えられる。すなわち、コンパスの北（+）端が、長崎鼻の負（-）磁性にひきつけられたとみられる。開聞岳の東西側でも同様な考察がなされる。したがって、開聞岳附近もまた負（-）磁性を帯びていると考えられる。また、前述の佐多岬附近も同様に、半島の左右では磁性が相反する現象がみられる（Fig. 31-2 参照）。

開聞岳より枕崎港外までの接岸部においては、おおかた負（-）磁性となっている。枕崎港沖では測定値が比較的大きいのは、海上における観測点が陸地に近いため、港の停泊船や陸上建造物等の強磁性体の影響と思われる。この海域における負（-）磁性の原因もまた、陸上の砂鉄や鉍山の存在に起因するものと思われる。この海域の沖合の観測点でも、おおかた負（-）磁性となっており、その原因は、陸地の地質によるものと想像される。大隅半島東岸においては、大部分が負（-）磁性であり、最大値が $3.9^{\circ} W$ となっている。しかし正（+）磁性の場所もある。佐多岬の東西側の観測点では負（-）磁性を示しているの、陸上では湾内側は正（+）磁性、湾外側は負（-）磁性を帯びているものと推察される。

内の浦港附近は偏西であるので、陸上の磁性は負（-）とみられる（Fig. 31-3 参照）。

以上のような考察の結果、鹿児島湾には地方磁気が存在することが確かめられ、Fig. 33 にみら

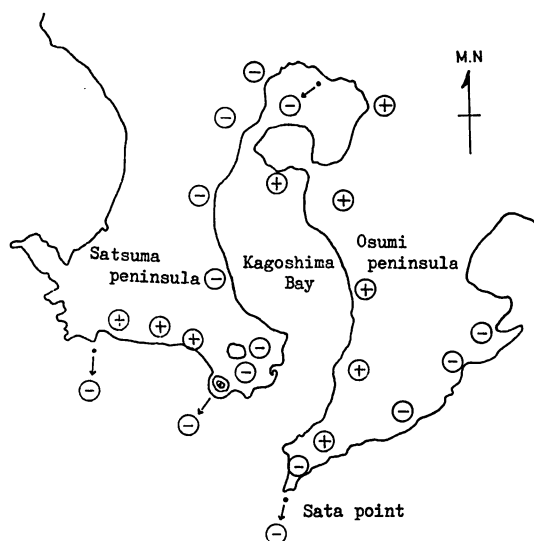


Fig. 33. Sketch showing the suppositional figure of magnetization in the circumference of Kagoshima-bay.

れるように主として、薩摩半島側に負(-)磁性、大隅半島側に正(+)磁性を帯びる。すなわち、相対する磁極間のような磁気分布をなすものと想像され、はなはだ興味深い現象とみられるが、それらの原因は、火山爆発による流出熔岩の熱残留磁気の帯磁の影響や、砂鉄、鉱床等の存在によるものと推察されるが、詳細については更に今後の研究に俟ちたい。

4.2 池田湖周辺の地方磁気

薩摩半島の池田湖は、地方磁気の立場から特に興味もたれる。この湖は、阿多カルデラに属し、旧火山口といわれている⁶⁹⁾ので、薩摩半島カルデラの中核的存在にあると思われる、このような成因が磁氣的性質とも関連するものと考えられる。よって筆者は1967年⁶⁹⁾池田湖周辺の地方磁気の調査をおこなった。

4.2.1 測定地域および方法

測定は鹿児島湾の地方磁気測定法に準じ、Fig. 34に示した観測点でおこなった。参考のため同図に、鹿児島県発表の等深線を附記した。測定計器をFig. 35に示すような、T.K.S製、SF 61型磁気コンパスバウルで、これを伝馬船の架台上に設置し、鹿児島湾口、桜島周辺の観測と同様な方法で、アジマスサークルによって、著名物標の方位を測定すると同時に、六分儀で三標両角を測定し、三杆分度儀を用いて国土地理院発行の地図に記入し、正しい偏差値を求め、測定した物標の方位に加減し、地図上の方位と比較して、地方磁気(偏角)を求めた。観測当日の気象条件は、池田湖面では平穏であった。また使用した国土地理院の地図は、かなり高精度ものといわれている。

4.2.2 結果および考察

この観測によって、Fig. 36のような地方磁気の測定値が得られた。その地方磁気分布図をみると、北側は偏東、南側は偏西であり、また、最大値はそれぞれ、 $1.5^{\circ} E$, $2.3^{\circ} W$ である。湖内においても同様な傾向がみられる。

この原因は、附近の地質分布と鉱山の影響をうけて、前述のような磁性になったものと考えられ

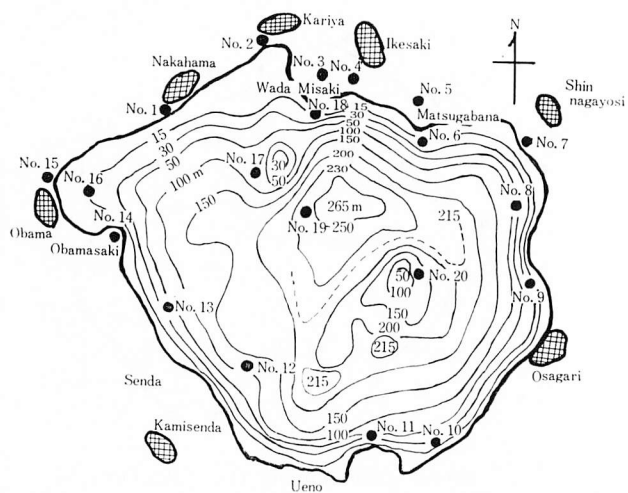


Fig. 34. Sketch map showing the observational station and depth of water in the circumference of the Lake Ikeda.

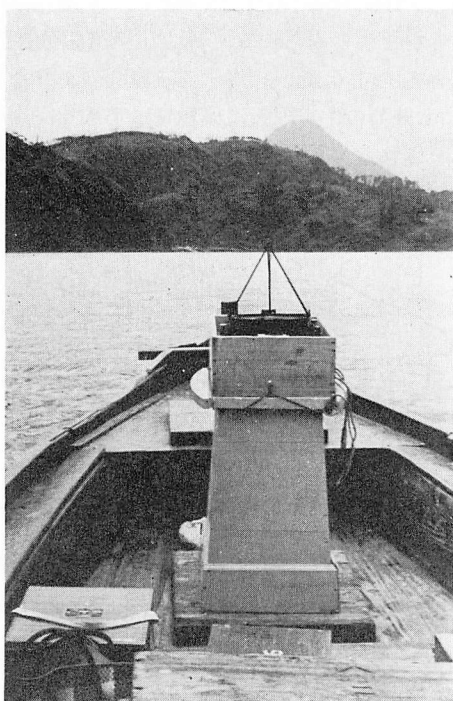


Fig. 35. Photograph showing the used magnetic-compass for observation in the Lake Ikeda.

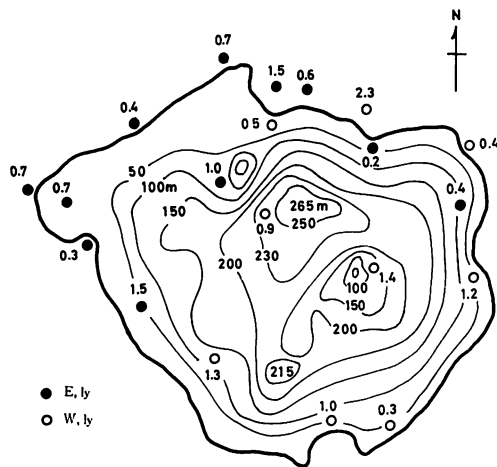


Fig. 36. Sketch map showing the distribution of the local attraction in the circumference of the Lake Ikeda.

る。湖内における 17, 18, 19, 20 の各観測点は湖山の影響をうけているものと思われる。すなわち、これらの湖山は一種の垂直軟鉄が北半球においてうける感応磁気に対応し、垂直磁化成分が強いように思われる。観測点 14 と 16 のすぐ沖合に 13メートルの浅所が発見されたが、その点の磁性も一種の地磁気の垂直磁化成分をなすとみられる。地方磁気帯磁分布図を総合してみると、池田湖の北側と南側で、Fig. 37 に示したように、相対する磁極間のような磁気分布を示すものと思われる。すなわち、極間に相当する部分の中央附近は偏角量は小さく、両端にいくにつれて偏角量もほぼ大きくなっているように判断される。Fig. 38 の地質分布⁹⁰⁾をみると、シラス層と安山岩層とが池田湖の東西線を中心に、ほぼ南北に 2 分されて分布している。

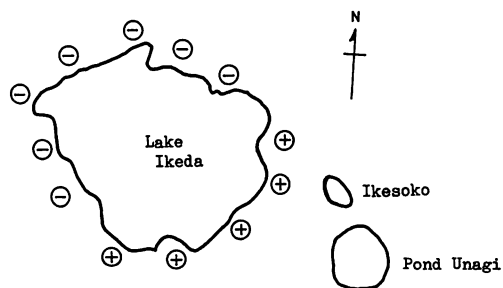


Fig. 37. Sketch map showing the suppositional magnetization in the circumference of the Lake Ikeda.

以上の結果から、

池田湖周辺の北側は偏東、南側と湖山附近とは主に偏西の帯磁を示し、最大値は偏東で 1.5° 、偏西で 2.3° であった。推定観測誤差は 0.2° 位と推定される。その原因は、周辺の鉱山や砂鉄の存在によるものと考えられる。

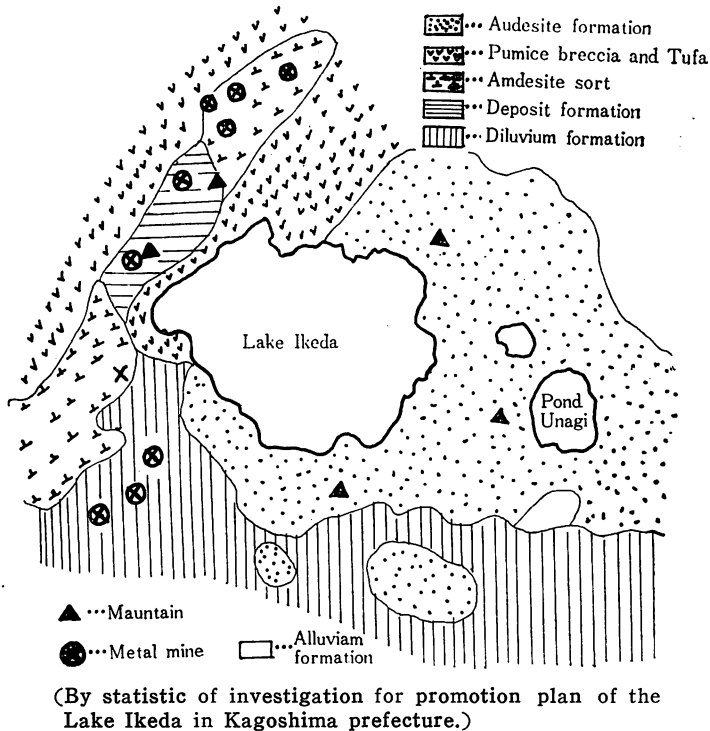


Fig. 38. Geological map showing the circumference of the Lake Ikeda.

湖内の帯磁は、隆起した浅所（湖山）の影響によるものと考えられる。

4.3 結論

鹿児島湾は、火山活動の際、陥没されてできたものといわれており、薩摩・大隅両半島はその外輪ともみられる。一方、池田湖も同様に、陥没によってできたといわれ、開聞岳はそのとき隆起したものといわれている。いずれも火山活動に原因している。

鹿児島湾全域にわたる資料から、Fig. 33 のように湾周辺の陸上帯磁が想像される。すなわち、薩摩半島側が負（-）磁性、大隅半島側が正（+）磁性を、桜島は負（-）磁性を、また薩摩半島南部は正（+）磁性を、大隅半島東側はほぼ負（-）磁性を帯びているものと想像される。このことは磁気コンパス磁針の偏角について、全観測点の傾向から、湾内は桜島南部を除き、ほとんど負（-）磁性の性質をあらわすことから想定したものである。薩摩・大隅両半島を比較すると、磁気的要素は薩摩半島側に多い。とくに湾口付近では、そのようであり、このことは観測資料を総合考察した結果とも一致する。鹿児島湾内における地方磁気が存在が比較的大きな場所は、桜島南東部（ $3.5^{\circ} E$ ）、同北東部（ $2.5^{\circ} W$ ）、垂水市沖（ $4.3^{\circ} W$ ）、湾中央部（ $4^{\circ} W$ ）、山川港沖（ $4.8^{\circ} W$ ）、立目崎附近（ $2.5^{\circ} W$ ）、別府附近（ $3.4^{\circ} W$ ）、枕崎港沖合（ $5^{\circ} W$ 前後）、志布志湾口付近（ $4^{\circ} E$ 前後）等であるが、航海距離が短いので、このことのみによって行船上重大な結果を招くことは考えられない。しかし、船位決定には支障があるので注意が必要である。

以上のように、地方磁気存在は磁気コンパスに影響をおよぼすもので、日本周辺のみならず、世界各地で地方磁気存在の予想される地方に対して、その実態を明らかにし、漁船や商船の安全

航海をはからねばならないと思う。筆者の研究から想定して、鹿児島湾のように火山活動によって生じたと考えられる各地の同型海湾にも法則性のある磁気分布が存在するとすれば、はなはだ興味のある問題であるが、現在ではまだ断定はできないので、今後の研究に俟つところが大きい。

第5章 異常天文現象の磁気コンパスにおよぼす影響

異常天文現象が地磁気におよぼす影響については、多くの研究がなされている^{71)~80)}。わが国における最近の日食時におこなわれた地磁気観測は、1941年9月の台湾の日食、1943年2月の北海道の日食観測等であるが、しかし、いずれの場合も、日食の地磁気におよぼす影響については、明瞭な結果は得られなかったと報告されている⁴⁸⁾。

筆者は、地磁気の変動が磁気コンパスにおよぼす影響について、1958年4月の鹿児島県トカラ列島の宝島における金環食、および、1962年2月のニューギニア東岸のラエ港における日食の実験観測をおこなった。

5.1 金環食の影響

金環食が、地磁気にかなる影響をおよぼすかについて、船舶装備の磁気コンパスを用いて観測し、その結果を検討した。

5.1.1 トカラ列島における金環食

鹿児島大学水産学部練習船敬天丸(265トン)によって、1958年4月19日、トカラ列島宝島北端(29°—09'.3N, 129°—12'.6E)に錨泊し、10^h-54^m-40^s(第1接触)より、14^h-39^m-28^s(第4接触)までの食甚時に、装備の磁気コンパス*にかなる変化がおこるかについて実験をおこなった⁷⁴⁾。なお、第2接触は12^h-43^m-18^s、第3接触は12^h-50^m-12^sであった。

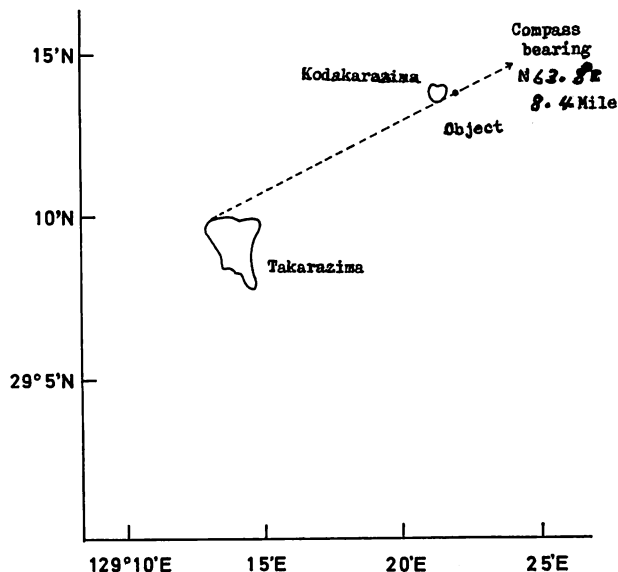


Fig. 39. Diagram of observational plan of magnetic-bearing in Takarazima.

* T. K. S. 製造 N. K. K. 製造

金環食第1接触の1時間前より、第4接触の1時間後に至る約3時間にわたって、おおよそ、5分おきにアジマスサークルによって、慎重に、目標のコンパス方位を測定した (Fig. 39 参照)。なお、観測誤差は最大 $\pm 0.2^\circ$ と判定した。

5.1.2 結果および考察

観測資料は Table 19 に示したが、その結果、Fig. 40 にみられるように、 1° 弱の自差が生ずるのを認めた。観測の際、太陽に比較的大きな黒点を認めたので (Fig. 41 参照)、黒点が食甚によって掩蔽される時間も観測したところ、黒点の掩蔽後に自差の変化を認めた。一方、陸上において、小型コンパス (N. K. K 製) を設置し、コンパスの北を基線に一致させておいて、その変化を15分ごとに観測したが、この小型コンパスの精度の範囲では変化は認められなかった。しかし、船舶装備のコンパスでは、操蛇コンパスで約 1° の自差の変化が認められたが、観測誤差を考慮する

Table 19. Values of observed the magnetic-compass-deviation for the standard-compass and the steering-compass.

	Time	Ship's head	Mag. B'g.	Comp. B'g.	Dev.
Standard compass	4/19 10h.25m	S 87° E	N 63.8° E	N 63.0° E	0.8° E
	10. 45	S 81° E	"	N 63.0° E	0.8° E
	11. 00	N 83° E	"	N 63.5° E	0.3° E
	11. 15	S 78° E	"	N 63.5° E	0.3° E
	12. 10	S 73° E	"	N 63.5° E	0.3° E
	12. 20	S 86° E	"	N 63.5° E	0.3° E
	12. 40	S 78° E	"	N 63.0° E	0.8° E
	12. 50	S 78° E	"	N 64.5° E	0.7° W
	13. 00	N 85° E	"	N 64.2° E	0.5° W
	13. 30	East	"	N 64.0° E	0.2° W
	14. 15	S 80° E	"	N 63.5° E	0.3° E
	14. 30	S 82° E	"	N 64.0° E	0.2° W
	14. 45	S 80° E	"	N 64.0° E	0.2° W
	Steering compass	10. 55	E S E	N 63.8° E	N 67.0° E
11. 15		(S 67.5° E)	"	N 67.0° E	3.2° W
11. 40		"	"	N 67.0° E	3.2° W
11. 54		"	"	N 67.0° E	3.2° W
12. 05		"	"	N 67.0° E	3.2° W
12. 20		"	"	N 66.8° E	3.0° W
12. 30		"	"	N 66.4° E	2.6° W
12. 44		"	"	N 66.2° E	2.2° W
12. 50		"	"	N 66.4° E	2.6° W
13. 20		"	"	N 66.7° E	2.9° W
13. 40		"	"	N 66.8° E	3.0° W
14. 00		"	"	N 66.9° E	3.1° W
14. 18		"	"	N 67.0° E	3.2° W
14. 30		"	"	N 67.0° E	3.2° W
14. 40	"	"	N 67.0° E	3.2° W	

Remark: The adopted time is J.S.T..

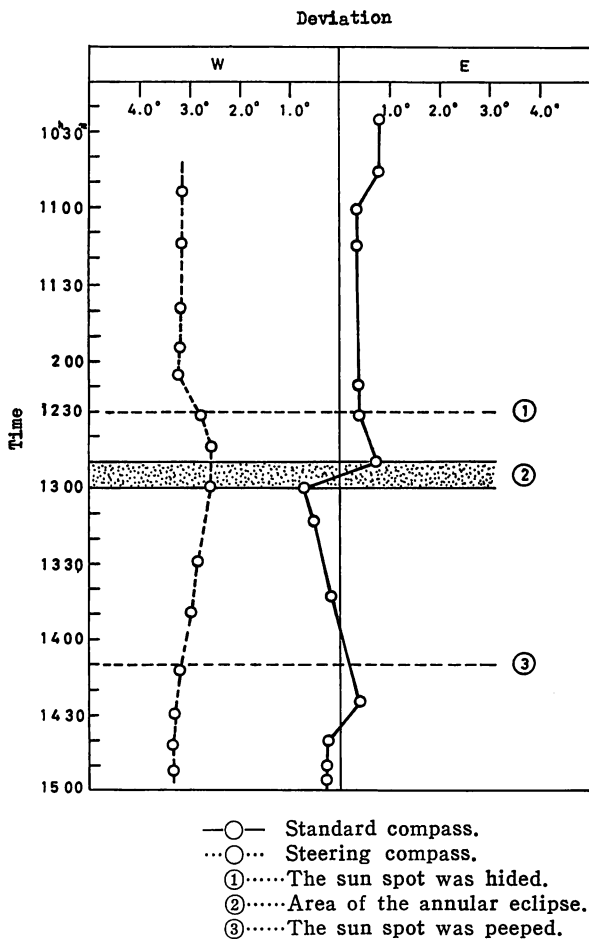


Fig. 40. Comparison of change of the magnetic-deviation under the annular eclipse.

と、要因は極めて小さいと考えられる。

海上では、錨泊中でも船首方位が変化するので、一定の船首方位に固定できないため、同一船首方位に対する正確な変動値を求めることは困難であるが、測定資料の中で同一船首方位に近い船首方位に対する自差が変化していることにより、自差の変動が推定される。また、上記の変動は食甚時の前後におこることが認められた。なお、太陽黒点の地球による掩蔽にも関係があるのではないかとも思われる。

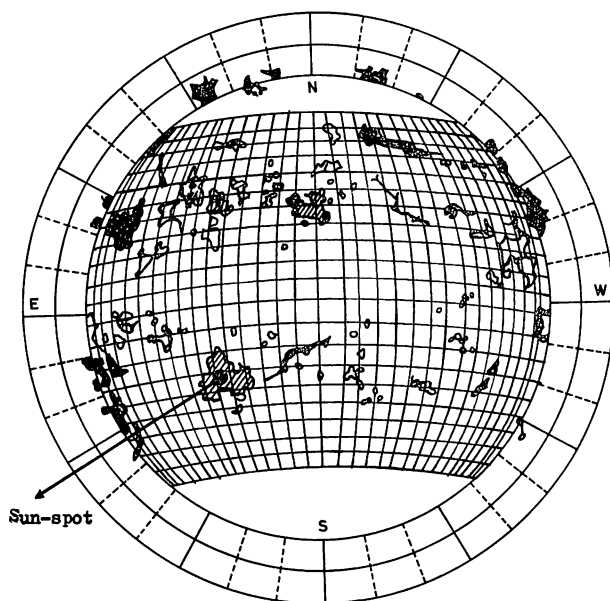
以上の観測結果から、自差が金環食の影響を若干うけるものと考えられるが、実際上大きな支障はないと言うことができる。

5.2 皆既日食の影響

日食が船舶装備の磁気コンパスにおよぼす影響について検討した。

5.2.1 ニューギニアにおける皆既日食

1962年2月5日、ニューギニア東岸のラエ港 ($6^{\circ}-47'.5\text{ S}$, $146^{\circ}-58'.3\text{ E}$) において、皆既日食



Tokyo Astronomical Observatory Map of the Sun.

Apr. 19, 1958 R = 161
 K₂₋₃ Flocc 00^h4 8^m
 H_a Filam 18^d 23^h 00^m
 H_a Prom 18^d 23^h 00^m
 5303 Corona —^h —^m

Fig. 41. Map showing position of the sun-spot in April 19th 1958.

観測がおこなわれたが、鹿児島大学水産学部練習船かごしま丸がそれに協力する機会を得たので、その際に本船に装備した磁気コンパスの自差の変化について、食甚時*を中心に2月4日より6日にかけて観測をおこなった⁷⁵⁾。

1962年2月3日(日食2日前)、かごしま丸装備のジャイロコンパス(Sperry MK14-Mod. T型)の船首方向(ジャイロ誤差は0)と基準コンパス(T.K.S製、反映式)および、操蛇コンパス(T.K.S製)との船首方向とを比較して、磁気コンパスの誤差を求め、左右両旋回をおこない、8点方位法によって自差を検出し、これを観測点における基準自差とした。

観測に際しては、測定誤差を最小限にするため、船体を一定方向に固定して観測するのがもっとも望ましかったが、岸壁が鉄材を使用していたので、その影響を除くため、約4湊沖合に単錨泊し、2月4日14時より観測を開始し、2月6日18時終了した。

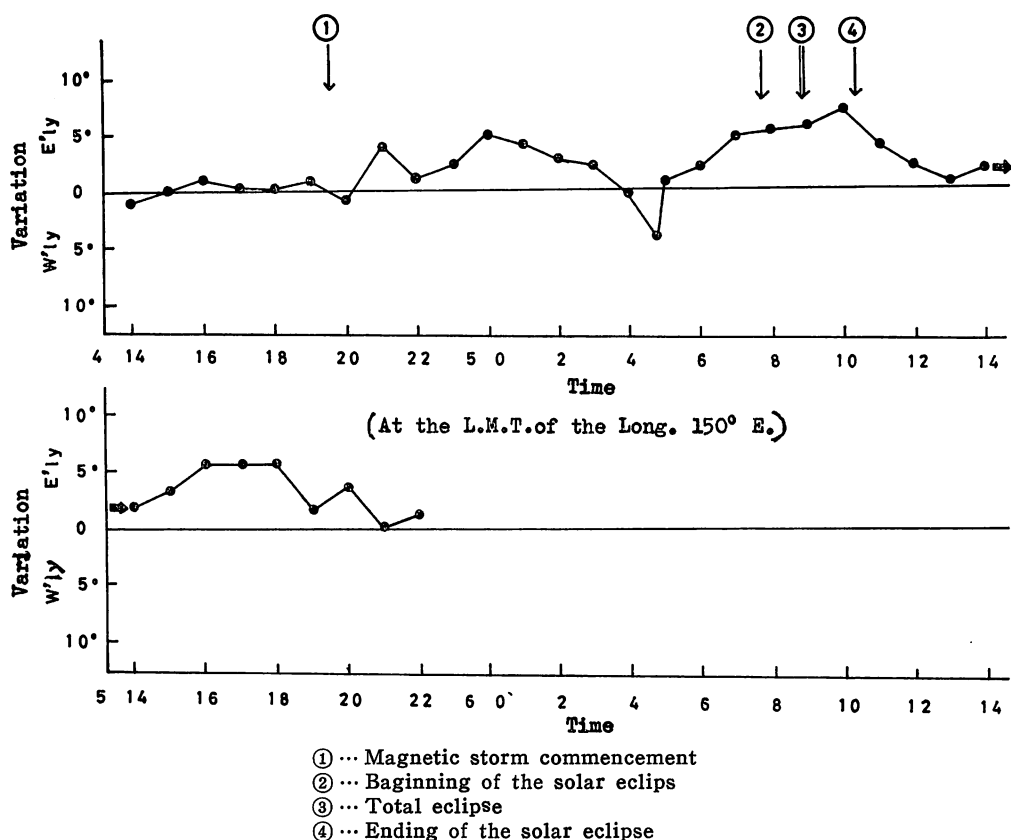
観測要領は、食甚時には30分、15分、5分、1分と皆既日食時を中心に時間間隔を短縮して、ジャイロコンパスと各磁気コンパスを同時に測定し、記録した。基準コンパスは反映式なので、同一場所で3つのコンパスを同時に測定することができた。観測の際、船体の振れ廻りに対して、磁

* 第1接触 …… 07^h—40^m—27^s
 第2 “ …… 08^h—50^m—45^s
 第3 “ …… 08^h—53^m—27^s
 第4 “ …… 10^h—15^m—43^s

気コンパスカードの追従のおくれや、読みとり誤差がなるべくないように注意して（左右旋回で同一船首方位に対し、 $\pm 0.2^\circ$ の測定最大誤差があったと思われる）測定時ごとに5回以上の同時測定をおこない正確を期した。

一方、陸上においては、5日06時30分より16時まで小型磁気コンパス（N. K. K 製）を設置し、コンパスの北を基線に一致させてその変化の状態を観測した。

また、陸上における偏差の変化は、日食観測隊の地磁気班より得た資料である（Fig. 42 参照）。食基中に双眼鏡（20倍）により太陽黒点の観測を続けたが、黒点は認められなかった。（1958年の宝島の観測では、明瞭な黒点を観測できた）



(By presentation for group of telestial magnetism
in the party of observation of solar ecipse.)

Fig. 42. Change of the magnetic-variation in course of the solar eclipse.

5.2.2 結果および考察

このような観測結果から得た資料を Table 20 に、またそれらを分析して得たその変化の比較を Fig. 43 に示した。表中、変動自差値とあるのは前述の基準自差と日食前後に測定した自差の変化量を示したものである。Fig. 42 は日食観測隊の地上における偏差の観測結果であるが、図中、変動偏差値とあるのは、皆既日食前日の平常の偏差と日食当日の偏差との変化を示したものである。

Table 20. Materials for observed deviation of the magnetic-compass done under the influence of the solar eclipse.

Time Passed	Standard compass					Steering compass				
	Ship's head of gyro compass	Ship's head of magnetic compass	Observed deviation	Constant deviation	Difference of deviation	Ship's head of gyro compass	Ship's head of magnetic compass	Observed deviation	Constant deviation	Difference of deviation
Feb. 4th										
14.00	109.0	99.1	4.1E	4.0E	0.1E	109.0	101.6	1.6E	1.3E	0.3E
15.00	101.0	91.1	4.1E	3.9E	0.2E	98.0	89.8	1.4E	1.0E	0.4E
16.00	102.0	92.5	3.7E	3.9E	0.2W	103.0	95.8	1.4E	1.1E	0.3E
17.00	152.0	143.8	2.4E	3.6E	1.2W	152.0	145.1	1.1E	2.0E	0.9W
18.00	131.0	122.0	3.2E	4.0E	0.8E	131.0	123.2	2.0E	2.1E	0.1W
19.00	83.0	73.3	3.9E	3.4E	0.5E	83.0	75.4	1.8E	1.2E	0.6E
20.00	353.0	346.2	1.0E	1.5E	0.5W	353.0	343.1	4.1E	3.6E	0.5E
21.00	204.0	198.5	0.3W	0.5E	0.8W	204.0	198.9	0.7W	0.5E	1.2W
22.00	228.0	233.0	0.8W	0.6W	0.2W	228.0	223.2	1.0W	0	1.0W
23.00	261.0	256.5	1.3W	0.5W	0.8W	261.0	257.3	2.1W	0.2W	1.9W
Feb. 5th										
00.00	240.0	234.1	0.1E	0.6W	0.7E	240.0	234.5	0.3W	0.2W	0.1W
01.00	233.0	226.4	0.8E	0.6W	1.4E	233.0	226.3	0.9E	0.1W	1.0E
02.00	219.0	213.0	0.6E	0.3W	0.9E	219.4	213.0	0.6E	0.1E	0.5E
03.00	303.0	297.6	0.4W	0.5E	0.9W	303.0	297.4	0.2W	1.4E	1.6W
04.00	315.4	308.5	1.1E	0.6E	0.5E	315.4	308.0	1.6E	2.2E	0.6W
05.00	264.0	257.1	1.1E	0.4W	1.5E	264.0	258.0	0.2E	1.0W	0.3E
06.00	294.5	289.5	0.8W	0.2E	1.0W	294.5	288.8	0.1W	1.1E	1.2W
07.00	315.0	310.5	1.3W	0.7E	2.0W	310.5	303.9	0.8W	1.9E	2.7W
08.00	314.0	308.1	0.1E	0.8E	0.7W	314.0	307.4	0.8E	2.1E	1.3W
09.00	308.2	302.5	0.1W	0.5E	0.6W	307.4	301.1	0.5E	1.7E	1.2W
10.00	319.3	313.2	0.3E	0.8E	0.5W	319.3	312.3	1.2E	2.3E	1.1W
11.00	315.8	309.6	0.4E	0.7E	0.3W	315.8	308.9	1.1E	2.1E	1.0W
12.00	229.1	223.3	0	0.6W	0.6E	229.1	233.9	0.6W	0.1W	0.5W
13.00	189.3	183.2	0.3E	1.8E	1.5W	189.3	182.2	1.3E	1.1E	0.2E
14.00	192.0	185.1	0.1E	1.7E	1.6W	192.0	185.4	0.8E	1.0E	0.2W
15.00	191.3	185.1	0.4E	1.7E	1.3W	191.3	185.3	0.2E	1.0E	0.8W
16.00	185.7	178.9	1.0E	2.2E	1.2W	185.7	179.5	0.4E	1.1E	0.7W
17.00	181.2	173.8	1.6E	2.6E	1.0W	181.2	174.7	0.7E	1.3E	0.6W
18.00	176.3	168.5	2.0E	2.8E	0.8W	176.3	169.2	1.3E	1.5E	0.2W
19.00	154.3	145.4	3.1E	3.6E	0.5W	154.3	146.1	2.4E	2.0E	0.4E
20.00	178.2	171.0	1.4E	2.7E	1.3W	178.2	171.2	1.2E	1.5E	0.3W
21.00	167.2	156.0	2.4E	3.3E	0.9W	164.2	156.7	1.7E	1.8E	0.1W
22.00	355.7	348.8	1.1E	1.6E	0.5W	355.7	346.7	3.2E	3.6E	0.4W
23.00	24.8	17.0	2.0E	2.1E	1.1W	24.8	16.0	3.0E	3.3E	0.3W
Feb. 6th										
00.00	118.3	110.0	2.5E	4.1E	1.6W	118.3	111.5	1.0E	1.8E	0.8W
01.00	250.5	266.7	2.0W	0.6W	1.4W	250.5	243.2	1.5W	0.3W	1.2W
02.00	310.3	304.8	0.3W	0.5E	0.8W	310.3	304.0	0.5E	1.9E	1.4W
03.00	305.7	299.9	0	0.5E	0.5W	305.7	299.2	0.7E	1.7E	1.0W
04.00	288.0	283.2	1.0W	0.2E	0.3W	288.0	282.3	0.1W	0.7E	0.8W
05.00	300.3	294.5	0	0.4E	0.4W	300.3	294.1	0.4E	1.4E	1.0W
06.00	312.0	306.5	0.3W	0.6E	0.9W	312.0	305.7	0.5E	1.9E	1.4W
07.00	313.3	308.0	0.5W	0.6E	1.1W	313.3	306.8	0.7E	2.0E	1.3W
08.00	311.0	303.8	0.6W	0.5E	1.1W	309.0	302.5	0.7E	1.8E	1.1W
09.00	332.0	325.7	0.5E	1.0E	0.5W	332.0	324.5	1.7E	2.7E	1.0W
10.00	340.3	333.7	0.8E	1.2E	0.4W	340.3	332.3	2.2E	3.1E	0.9W
11.00	201.7	195.6	0.3E	0.8E	0.5W	201.7	195.7	0.2W	0.6E	0.8W
12.00	185.3	177.9	1.6E	2.3E	0.7W	185.3	179.0	0.5E	1.1E	0.6W
13.00	181.2	173.1	2.3E	2.6E	0.3W	181.2	174.0	1.4E	1.4E	0
14.00	174.4	166.3	2.3E	2.8E	0.5W	174.4	167.0	1.6E	1.6E	0
15.00	139.8	130.4	3.6E	3.9E	0.3W	139.8	131.5	2.5E	2.2E	0.3E
16.00	137.0	127.8	3.4E	3.9E	0.5W	134.0	126.0	2.2E	2.2E	0
17.00	159.0	150.3	2.9E	3.4E	0.5W	159.0	151.4	1.8E	1.9E	0.1W
18.00	138.0	128.8	3.4E	4.0E	0.6W	143.0	135.3	1.9E	2.2E	0.3W

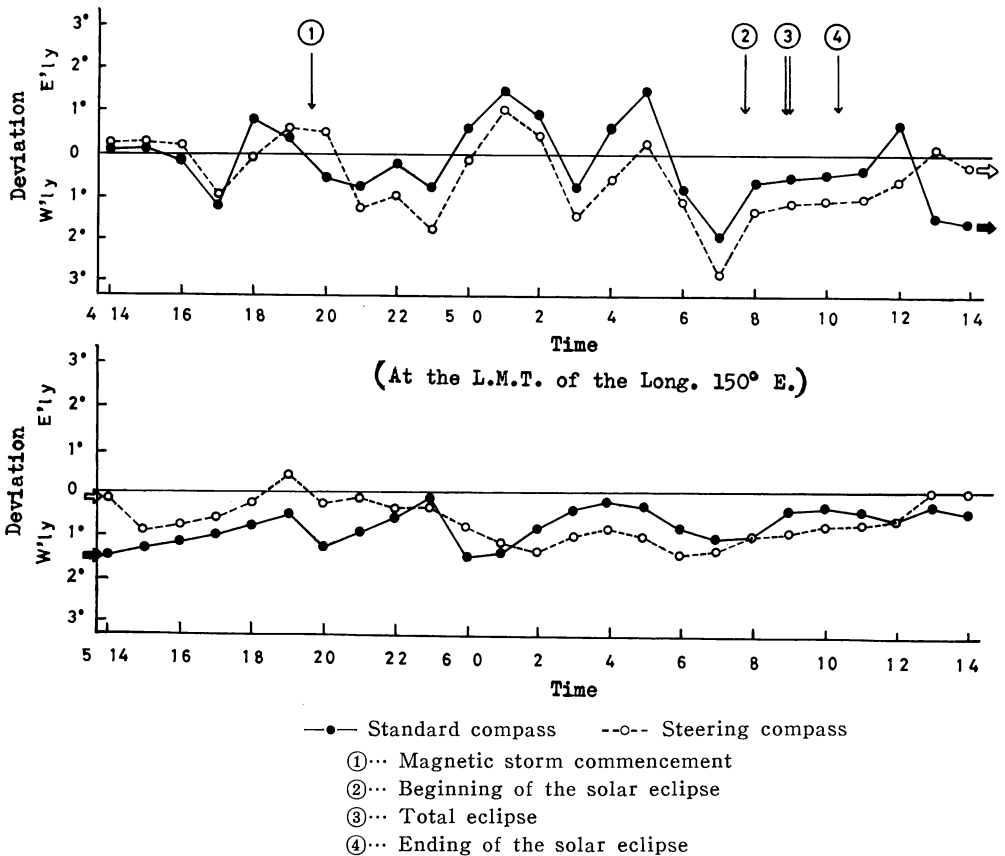


Fig. 43. Change of the vaviation in course of the solar eclipse.

陸上設置の小型コンパスにはその精度の範囲内では変化がなかった。以上の観測結果から船上の磁気コンパスの自差の変化と、陸上における偏差の変化は、ともに食甚時の前後16時間位のあいだにみられた。また食甚前の変化は、食甚後のそれに比べて短時間で、変化量が大きくとくに、操蛇コンパスに例をとると、最大値は西偏で2.7° 東偏で1.0°の自差の変化を認めた。また、変化の西偏と東偏の最大値の差は3.7°に達している。第1接触の40分位前に最大変化があらわれ、第1接触から第4接触までの食甚時にはほとんど変化は認められなかった。これは食甚時を過ぎて日食翌日の13時頃まで次第に減衰し、その後はほとんど普通に回復した。基準コンパスと操蛇コンパスの変化を比較すると、その変化量および変化の周期に若干の相違がみられるが、これは船体上の設置場所に原因するものと思われる。

このような偏差の変化は磁気あらしによるものではないかと考えられる。Fig. 42とFig. 43を比較してみるとその変化の傾向は逆となっていることが認められる。

以上の結果から、日食現象は船舶装備の磁気コンパスに、一時的に影響をおよぼすことが認められたが、その変化の様相は日食ごとに異なった結果が得られた。

この観測では、前述の如く最大約2.5°の自差の変化を認めた。この種の変化では航海にあたっては、とくに注意が必要である。

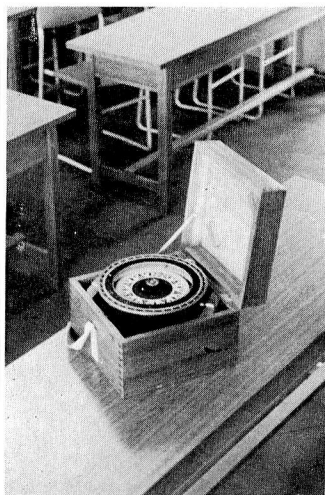
5.3 太陽黒点の影響

太陽黒点の異常出現は、太陽面の爆発現象であることはすでに知られている。そして、太陽風と呼ばれるプラズマ線によって、地球磁場とはじこめられて、いわゆる磁気あらしがおこり、その磁気あらしの出現によって、磁気コンパスに影響をおよぼすものと考えられている。

1967年は太陽黒点の最盛活動期にあたる年といわれ、その異常出現が予想されていたところ、同年5月24日、北海道旭川天文台が太陽黒点の多数出現を発表した。筆者はこの機会に、その出現が船舶用磁気コンパスにいかなる影響をおよぼすかについて、5月27日より6月21日に至る約1ヵ月間、陸上の鹿児島大学水産学部研究室において実験をおこなった⁷⁶⁾。

5.3.1 測定方法

実験に使用した磁気コンパスは、T.K.S製F.S 61型のコンパスバウルをFig. 44のように、実験室の中央机上に設置し、ラバースポイント（基線）にコンパスの北点（N）を完全に一致させ、それからの変化状況を観察した。観察には拡大鏡を使用し、僅かな微少変化も慎重に観察した。そして、視差がないように注意し、他のE.S.Wの各基線についても同様な観察をおこなった。このようにしておこなった実験では $1/10^\circ$ の判読は可能であった。（一度設置してからは実験終了まで磁気コンパスには手を触れなかった）実験は、鹿児島大学水産学部鉄筋3階の航海・運用学実験室でおこなった。実験期間中は実験室周辺の鉄材配置等の変更は全くなかった。



Magnetic-compass



Binocular telescope

Fig. 44. Photographs showing the magnetic compass of the setting laboratory of navigation and the binocular telescope used for observation.

5.3.2 結果および考察

実験によって得られた資料をTable 21に示す。また、資料からコンパス磁針の変化をFig. 45に示した。実験と並行して、双眼鏡（口径、7センチメートル、倍率14倍）（Fig. 44参照）に六分儀に使用する暗鏡を装して、直接太陽を観察した。そして、できるだけ忠実に太陽黒点をスケッチしたものをFig. 46-1に示した。（鹿児島県ラ・サール高校の天体望遠鏡（倍率約40倍）による

Table 21. Materials for observed deviation of the magnetic compass needle on the lubber's points done under the influence of the sun-spot.

Date	Values deviation in the lubber's Point				Weather	Temperature		
	N	E	S	W				
27th May	29h-30m	0°	0°	0.2° E	0.3° E	B	26.5°C	
	Noon	0	0	0.2E	0.3E	B	28.2	
	16 -00	0	0	0.2E	0.3E	B	28.0	
	20 -00	0	0	0.2E	0.3E	B	27.0	
28th May	7 -30	0.2E	0.2E	0.4E	0.5E	B	26.7	
	Noon	0	0	0.2E	0.3E	B	27.9	
	16 -30	0	0	0.2E	0.3E	B	28.8	
	21 -00	0	0	0.2E	0.3E	B	28.0	
29th May	7 -00	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	B	28.0	
	10 -00	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	B	29.0	
	Noon	0	0	0.2E	0.3E	B	28.4	
	16 -00	0.05W	0.05W	0.15E	0.25E	B	29.0	
	18 -30	0	0	0.2E	0.3E	B	28.7	
30th May	6 -30	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	B	27.2	
	10 -00	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	B	28.2	
	10 -45	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	B	28.2	
	Noon	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	B	29.6	
	17 -00	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	C	31.6	
	18 -15	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	C	29.8	
31th May	13 -30	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	C	27.0	
	17 -45	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	B	28.0	
1st June	15 -00	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	B	29.2	
	18 -30	0.2W	0.2W	0	0.1E	C	28.0	
2nd June	10 -45	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	B	28.0	
	Noon	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	B	28.8	
	18 -05	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	B	29.0	
3rd June	9 -00	0.0W	0.0W	0.2W	0.3E	B C	28.4	
	13 -15	0.0W	0.0W	0.2W	0.3E	B C	29.2	
	14 -30	0.0W	0.0W	0.2W	0.3E	C	30.2	
	18 -30	0	0	0.2W	0.3E	B C	28.8	
	4th June	8 -30	0	0	0.2W	0.3E	C	28.8
4th June	11 -00	0	0	0.2W	0.3E	C	29.5	
	12 -30	0	0	0.2W	0.3E	C	29.8	
	17 -00	0	0	0.2W	0.3E	C	30.2	
	5th June	9 -00	0	0	0.2W	0.3E	C	29.0
	14 -00	0.1E	0.1E	0.3W	0.4E	C	30.5	
5th June	17 -30	0.1E	0.1E	0.3W	0.4E	C	30.5	
	6th June	18 -00	0.1E	0.1E	0.3W	0.4E	C	29.7
7th June	18 -00	0.1E	0.1E	0.3W	0.4E	C	29.5	

Table 21. つづき

Date	Values deviation in the lubber's point				Weather	Temperature	
	N	E	S	W			
8th June	11h-00m	0.1°E	0.1°E	0.3°E	0.4°E	C	29.0°C
	19 -00	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	B	29.0
9th June	9 -00	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	B	28.8
	11 -00	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	B	29.5
	16 -30	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	B	29.8
10th June	10 -45	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	BC	29.5
	17 -00	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	BC	30.0
12th June	9 -30	0	0	0.2E	0.3E	B	27.4
	17 -10	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	O	28.8
13th June	10 -30	0	0	0.2E	0.3E	BC	28.2
	13 -35	0	0	0.2E	0.3E	B	29.0
	14 -15	0.1E	0.1E	0.3E	0.4E	B	29.5
	18 -15	0	0	0.2E	0.3E	B	29.2
14th June	10 -20	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	B	28.2
	Noon	0	0	0.2E	0.3E	B	29.0
	15 -35	0	0	0.3E	0.4E	B	30.0
	16 -00	0	0	0.3E	0.4E	B	30.0
15th June	17 -20	0	0	0.3E	0.4E	B	29.5
	9 -05	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	C	28.2
	Noon	0	0	0.2E	0.3E	C	29.5
	18 -20	0	0	0.2E	0.3E	C	30.0
16th June	9 -00	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	C	28.9
	10 -30	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	C	29.5
	Noon	0	0	0.3E	0.4E	C	30.2
	15 -45	0	0	0.3E	0.4E	C	29.4
	17 -00	0.05E	0.05E	0.25E	0.35E	C	29.0
	18 -00	0.05E	0.05E	0.25E	0.35E	C	28.8
17th June	9 -30	0.05E	0.05E	0.25E	0.35E	C	28.4
	Noon	0.05E	0.05E	0.25E	0.35E	C	28.8
	15 -00	0.05E	0.05E	0.25E	0.35E	C	30.0
	16 -00	0.05E	0.05E	0.25E	0.35E	C	28.8
18th June	17 -00	0.05E	0.05E	0.25E	0.35E	R	28.0
19th June	9 -30	0.10W	0.1W	0.1E	0.2E	O	28.8
	16 -45	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	O	29.5
	19 -20	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	O	29.0
20th June	10 -00	0.15W	0.15W	0.05E	0.15E	C	29.5
	Noon	0.15W	0.15W	0.05E	0.15E	O	29.8
	16 -30	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	O	28.4
21th June	19 -00	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	R	28.0
	11 -15	0.1W	0.1W	0.1E	0.2E	R	28.0

B...Blue sky

C...Cloudy weather

R...Rainy weather

O...Overcast

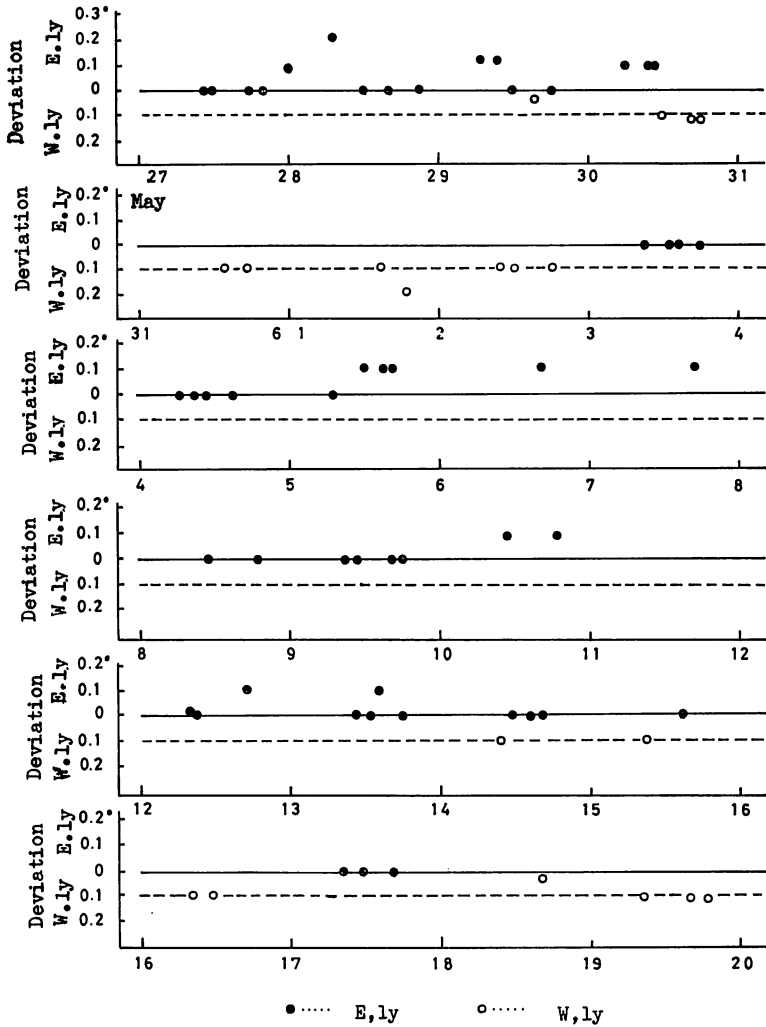


Fig. 45. Relation between the change of magnetic compass needle for peeped over the sun-spot.

太陽面の間接像スケッチも含む (Fig. 46-2 参照)

このような実験において、実験室が鉄筋建造物であることは、黒点の影響が直接磁気コンパスにおよぼす影響とは考えられない。すなわち、太陽黒点が地磁気に変化を与え、それが鉄筋の磁化に影響を与え、それが磁気コンパスに影響すると思われるので、二次的な影響と考えるのが妥当である。

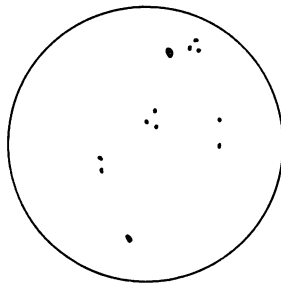
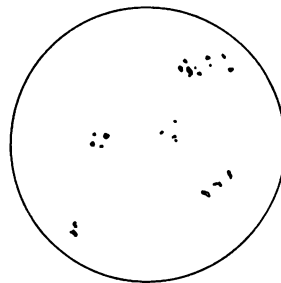
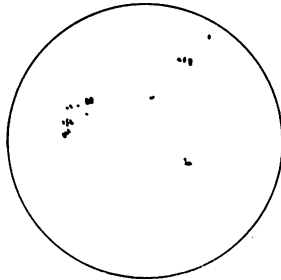
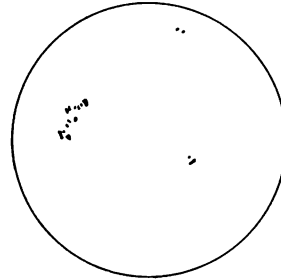
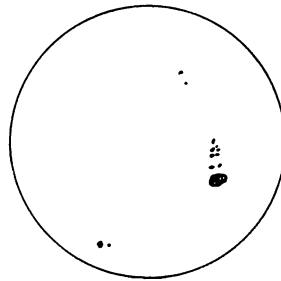
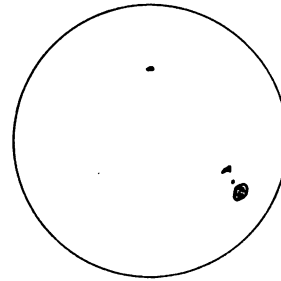
つぎに、磁針の変化状況図 (Fig. 45) とスケッチによる黒点群の出現状況を比較・考察してみよう。

黒点観測は欠測の日もあるので十分な比較はできないが、黒点の多い時期 (5月27日～6月7日) には磁針のふれが多いようである。しかし、必ずしも黒点出現数と変化量に相関はないようである。

ある。その原因についてはフレアー現象のためとも考えられるが、断定はできない。また、黒点数は5月27日頃より次第に減少していく傾向を示したが、この傾向と個々の磁針の振れとの間に直接の関連はみられない。この間に、磁針の最大変化率は 0.4° であった。

Table 21 の観測資料を検討すると、太陽が天頂附近にくる正午ごろには変化が若干小さくなっているようにみられる日が、17日のうち、約半数の8日認められる (Table 21・印参照)。このことは、磁針と太陽位置との関係から考えて、磁針の左右の変化は太陽が天頂附近にない場合に大きいと考えられるが、断定はできない。

太陽の活動が地球におよぼす影響は、まだ不明な点が多い。今回の観測からは、一応黒点の影響が若干あることが認められた程度である。

7^h-30^m 29th May 196710^h-45^m 29th May10^h-30^m 2nd June9^h-30^m 3rd June15^h-00^m 5th June18^h-00^m 7th June

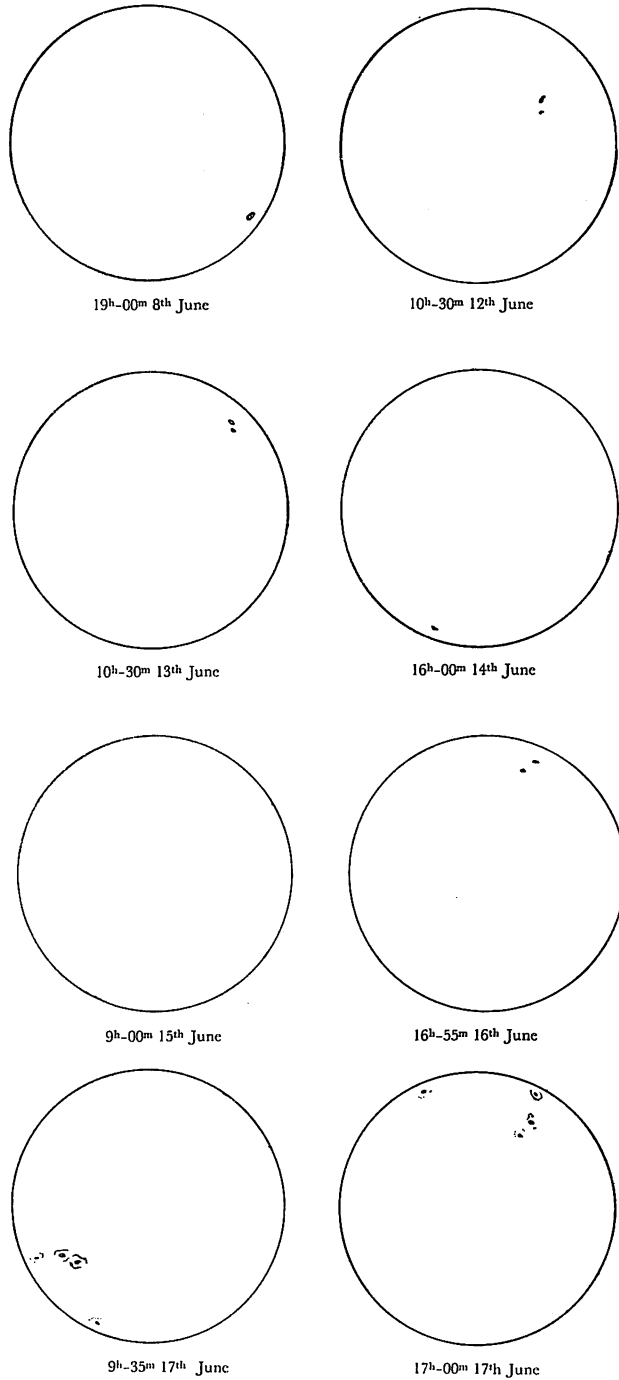


Fig. 46-1. Sketch showing the observed sun-spot by the binocular telescope of 7 magnifications.

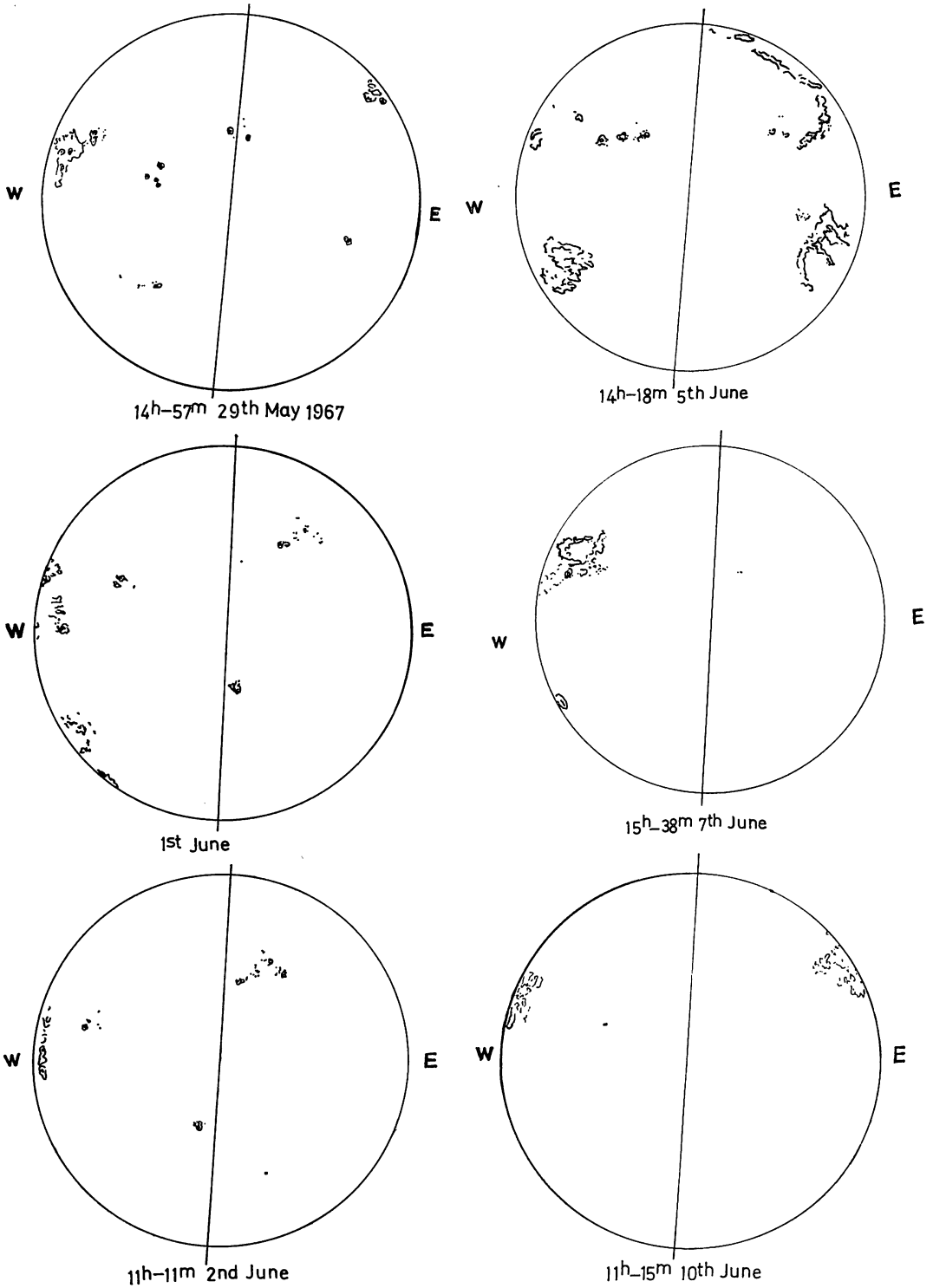


Fig. 46-1. Sketch showing the changes of observed sun-spot by astronomical telescope 40 magnifications.

結 論

漁船の海難原因には、のりあげ事故がかなりの割合を占めているが、その中には磁気コンパス自差に基づくものが相当含まれていると考えられる。漁船の大部分は磁気コンパスのみを装備しているので、磁気コンパスの自差に関する研究は、漁船の航海上、極めて重要であると思われる。

自差は、主として船体の帯磁に基づくものであるが、船体の帯磁は船体に使用される鉄材によるものである。それらは数種に分類され、その磁氣的性質もそれぞれ異なっている。

建造された船舶の帯磁の測定には、二とりの方法がある。第一は、船体各部の磁場を測定して、総合的に船体の磁場を解析する方法で、第二は、自差測定による方法である。後者の方法が磁気コンパスに直接関連性があり、簡単で、有利であるので、この方法を用いた。

漁船建造過程における船体帯磁の特性を考慮するにあたり、構成材料によって分けられる木造船、鋼船、木鉄交造船の区別、また、旧式建造法とブロック組み立て式建造法の違い、リベットニング方式と電気溶接法の差違等に焦点をおいた。

一方、艤装においては、塔載される甲板機械、漁撈機械類の企業の近代化にともなう増設、自動化、それにともなう狭小な船橋や甲板における磁気コンパスの操作等が自差を大きく発生させる原因であることを結論した。

本研究において、筆者はこのような磁気コンパスの自差に影響する要因を、内的要因と外的要因とに分けて測定を試み、検討考察した。内的要因としては、旧式建造法とブロック式建造法による船体では、その帯磁のようすが異なることを見出し、従来の自差にある程度の修正を要することを認めた。筆者はこれらの点に対し、主として、実際の船によって実験・研究をおこなって、つぎの結論を得た。

- (1) ブロック式建造法においては、旧式建造法に比べて、半永久磁気成分が大きく、一般に、建造後半年から1年の間は自差が大きく変動する。そして、その安定までには、おおよそ1～3年を要する。
- (2) 最近のブロック建造船は、感応磁気成分が旧式建造船に比べて比較的大きいことがわかった。しかも、これは、建造の際のブロック個々の履歴によっては異なることが考えられる。
- (3) 船体の永久磁気から生ずる係数 B, C を用いた建造法位の算出式 $\tan \theta = \frac{C}{B}$ は、ブロック式建造船の場合は適合しない。
- (4) ブロック式建造船の傾船差修正法は、従来言われていた北半球において、修正磁緯の正 (N) 極を上方に向けて修正すべきであるとする論説とはほぼ相反することがわかった。
- (5) 一般に、船台における帯磁より、艤装中にうける帯磁の方が大きい。
- (6) 正確な自差修正は、磁気赤道で半永久磁気の安定 (消滅) を確認したのち、修正をおこなう必要がある。
- (7) 近時の木造船は、自差が意外に大きくあらわれる傾向にある。そして、木鉄交造船は、鋼船と全く同様に扱わねばならないことが確かめられた。また、半永久磁気もある程度認められるが、その安定には半年くらいを要し、鋼船ほどの時日を要しない。

次に、外的要因として、地方磁気の影響および異常天文現象より生ずる影響があげられるが、これらの点に関し、次の結論が得られた。

- (1) 地方磁気による地磁気の変化は、かなり大きく、航行する船舶の磁気コンパスに相当

の自差を発生させるので注意が必要である。

- (2) それらの要因は、火山帯、砂鉄および鉱床等の影響によるものと推察される。
- (3) 異常天文現象（金環食、皆既日食、太陽黒点の出現）が磁気コンパスに若干の影響をおよぼすことが、筆者の測定結果で認められたが、航海に重大な支障をおよぼす程度のものではない。

謝 辞

この論文のとりまとめにあたり、懇篤なる指導と校閲を賜った北海道大学水産学部、井上教授、金森教授、石田教授、同大学工学部、中江教授に深甚なる敬意と感謝の意を表す。

本研究をまとめるにあたり、終始、激励と鞭撻を賜った北海道大学水産学部長、谷川教授に対し、つつしんで感謝の意を表す。

また、本研究の実施にあたり、非常な協力と援助を賜った鹿児島大学練習船、新潮丸、かごしま丸（一世）、かごしま丸（二世）、敬天丸、「しろやま」、南星丸、ならびに鹿児島県水産試験場指導試験船照南丸の船長、航海士、乗組員の諸氏に深く感謝の意を表す。

本研究は鹿児島大学水産学部、狩俣講師、敬天丸、鶴留一等航海士、松野助手、および卒論学生諸君の協力に負うところが多い。記して、深謝の意を表す。

また、池田湖周辺の地方磁気測定実験に多大な協力をいただいた鹿児島大学水産学部、村山教授、指宿市役所前川技官、太陽黒点像の貴重な資料を提供くださった鹿児島県ラ・サール高等学校山口教諭に深謝の意を表す。

また、原稿の整理、校正に終始尽力された航海学教室補手の有村嬢に感謝する。

そして、漁船の自差修正資料の収集に協力いただいた日立造船所向島工場の福井船渠課長に深謝の意を表す。

本研究には、文部省科学研究費、ならびに鹿児島大学桜島研究会研究費の援助をうけた。記して、謝意を表す。

要 約

船舶に装備するコンパスには、磁気コンパスとジャイロコンパスとがあるが、漁船（大型船は別として）には主として磁気コンパスが使用されている。これは漁船の針路の決定、漁場の確認、投網、投縄等の漁具の設定に欠くことのできない計器である。コンパスは誤差が極めて小さいことが望ましい。磁気コンパスの誤差を自差というが、その発生は地球磁場中で、船体構成材料、漁撈機械等の帯磁と、それらの設置、または運用によって、特別に船内磁場が形成されるからである。したがって、その実態を究明し、それに対する対策を確立するために本研究をおこなったが、その要点は次のようなものである。

第1章 船体帯磁測定法の吟味

船体帯磁を測定するにあたり、磁場測定器による方法と、自差測定によって自差係数を算出し、船体帯磁を解析する方法のうち、後者が、実用的で、かつ、測定技術も簡単であることから採用した。

第2章 構成法と構成材料別による船体帯磁と自差

船体建造に際し、その帯磁は構成材料によってそれぞれ異なった特性を示し、それが自差に影響をおよぼすことの概要を述べた。

- (1) 木造船も、木鉄交造船となる傾向にあり、その帯磁はブロック式に準じた傾向がみられ、その安定には鋼船に比べ短期間の約半年を要することが確かめられた。
- (2) 木造船には、従来、自差を生ずる要因が極めて小さいと考えられていたが、実際に大きな自差が発生することを認め、その成因についても論及した。
- (3) 小型漁船に装備したレーダーは、磁気コンパス自差に影響をおよぼし、その作動中と停止中では相違があることを述べた。
- (4) 小型漁船は大型船に比べて、発生自差の原因が複雑で、自差修正も困難であるので、注意すべきであることを述べた。

第3章 建造方法の差異による船体帯磁と自差

建造方式が旧式よりブロック式への移行に伴い、その帯磁状態の解析が困難となり、磁気コンパス自差の修正も困難になった。本章ではその基本的な考え方にふれ、その修正法についても不十分な点を論議し、それぞれの建造方式に適合する方法について検討した。その要点を述べると次のようである。

- (1) ブロック建造漁船の帯磁の特徴は、個々のブロックの建造中の履歴に関係し、船体に組み立てた後の全体の帯磁は不安定である。また、艤装中にとりつけられる装置のなう帯磁量の方が大きい。船体永久磁気の安定までには、比較的長期間の1～3年を要した。
- (2) 同型姉妹船でも、帯磁はそれぞれ異なり、その傾向が一様でないが、その原因は先に述べた建造中における各ブロックの履歴に起因すると思われる。
- (3) ブロック建造船の自差修正は、磁気赤道で修正装置を撤去して、永久磁気と半永久磁気を経

年変化を検討することによって、正確な修正をおこなうことができる。

第4章 磁気コンパスにおよぼす地方磁気の影響

磁気コンパスにおよぼす地方磁気の影響について、実験をおこなった結果を検討し、次の結論を得た。

- (1) 地方磁気が鹿児島湾の湾口に存在することを観測した。その原因については、砂鉄、鉱床の存在、火山脈等の帯磁によるものと推定した。
- (2) 桜島周辺の地方磁気について、桜島の北側と、南側の近接海上では相反する帯磁が認められた。また、桜島を中心にした磁気要素を測定した。
- (3) 池田湖の地方磁気は、湖の中心を通る南北線に関して、対称に、 $E. ly$ 、 $W. ly$ の傾向が観測されたが、これは、湖の周辺に存在する帯磁物質によるものと思われる。

第5章 異常天文現象の磁気コンパスにおよぼす影響

異常天文現象が地球磁場に影響することは知られているが、未知な点が多い。実験の機会にめぐまれたので、磁気コンパスにおよぼす影響を実験観測して、次の結果を得た。

- (1) 鹿児島県トカラ列島宝島で（1958年4月19日）おこなった金環食の観測で、船舶装備の磁気コンパスに、最大変化 1° 弱の誤差が生ずることを認めた。
- (2) ニューギニア北東岸ラエ港で（1962年2月5日）日食が磁気コンパスにおよぼす影響について観測し、 2.5° の最大誤差を認めたが、原因については明らかでない。
- (3) 1967年、5～6月の太陽黒点の異常出現が、磁気コンパスにおよぼす影響について実験観測したが、最大変化中 0.4° 程度の変化が認められた。

これらを総合すると、これらの現象が磁気コンパスにある程度の誤差を生ずる原因となるものと思われるが、重大な影響をおよぼす程のものではないことがわかった。

文 献

- 1) 浅井栄資 (1956): “海難防止と救助 (漁船および小型船編)”, 19-68 (海文堂, 東京, 日本).
- 2) 日高 昇 (1958): 九州近海における漁船の海難について. 長崎大水誌, 7, 41-46.
- 3) 日高 昇 (1959): 漁船の乗揚げについて. 長崎大水誌, 8, 1-5.
- 4) 玉屋文男 (1959): 汽船の海難について. 航海, 10, 18-23.
- 5) 石丸宝太郎 (1959): 第六管区海上保安本部管内における海難の実態について. 航海, 19, 4-20.
- 6) 海上保安庁警備救難部 (1960~1962): “小型漁船の海難防止”, 全2冊. (日本海難防止協会, 東京, 日本).
- 7) 第六管区海上保安本部 (1964): 来島海峡における通航船舶と海難について, 航海, 19, 4-20.
- 8) 塩原礼次郎 (1966): 海難の発生率について. 日航誌, 35, 135-140.
- 9) 坪平 吾 (1958): 日本沿岸における小型乗揚船の一つの原因について. 日航誌, 39, 2-6.
- 10) 海上保安庁 (1967): “海上保安庁白書”, 44-66 (大蔵省印刷局, 東京, 日本).
- 11) 鈴木 裕 (1962): 船舶用磁気コンパスの性能改善に関する研究. 東水大特別研究報告, 6-3, 1-146.
- 12) 熊 治夫 (1964): 航海計器の開発. 磁気コンパスの改良. 日航誌懸賞論文集, 29-57.
- 13) MAY, W. E. (1948): The magnetic compass: a survey of developments. J. I. N., Vol. 1, 342-353.
- 14) MAY, W. F. (1949): The birth of the compass. J. I. N., Vol. 2, 259-263.
- 15) MAY, W. E. (1953): The finnish compass card. J. I. N., Vol. 6, 248-254.
- 16) MAY, W. E. (1953): Naval compass in 1707. J. I. N., Vol. 6, 405-409.
- 17) TAYLOR, E. G. R. (1954): Jean rotz and the variation of the compass 1542. J. I. N., Vol. 7, 9-15.
- 18) COTTER, C. H. (1960): My tug and the marinar's compass. Nautical Magazine, Vol. 183, 158-160.
- 19) COLLINGWOOD, F. (1962): He discovered the north magnetic pole. Nautical Magazine, Vol. 187, 202-204.
- 20) MAY, W. E.: (1962): The liquid compass of francis crow-I. Nautical Magazine, Vol. 187, 263-267.
- 21) MAY, W. E. (1962): The liquid compass of francis crow-II. Nautical Magazine, Vol. 187, 331-334.
- 22) HAMPSHIRE, A. C. (1963): The home of the compass. Nautical Magazine, Vol. 190, 350-352.
- 23) MAY, W. E. (1965): Captain phillips's compass. Nautical Magazine, Vol.193, 225-229.
- 24) 波多野活 (1956): “航海計器第1巻”, 184-186 (海文堂, 東京, 日本).
- 25) 鈴木・石田 外 (1956): 緯度の変化に基づく自差の変化について. 日航誌, 14, 1-7.
- 26) 西谷・前畑 (1958): 磁気コンパスの傾船差と傾斜角との関係. 日航誌, 18, 43-48.
- 27) 鈴木 裕 (1958): 緯度の変化に伴う新・旧海鷹丸の磁気コンパス自差の変動. 日航誌, 19, 39-47.
- 28) 鈴木 裕 (1962): 緯度の変化に伴う自差の変動について. 日航誌, 28, 89-94.
- 29) ANDERSON, E. W. (1965): Is the gaussian distribution normal. J. I. N., Vol. 18, 65-72.
- 30) HUGA, M. (1951): A study on the correction magnetic compass. 北大水彙報, 2・3, 214-219.
- 31) 波多野 活 (1949): 偏針儀による自差修正についての一考察. 日航誌, 2, 3-5.
- 32) 波多野・鈴木 (1955): 偏針儀自差修正の残存自差について. 日航誌, 2, 13-18.
- 33) 前畑幸弥 (1957): 磁気コンパスの傾船差について. 日航誌, 17, 1-7.
- 34) 西谷芳男 (1959): 半永久磁気による自差とその修正について. 日航誌, 20, 1-6.
- 35) HARVEY, G. N. (1948): A new system of compass corection. J. I. N., Vol. 1, 197-218.
- 36) HARVEY, G. N. (1948): Heeling and pitching error corection with out local readjustment. J. I. N., Vol. 1, 324-337.
- 38) 大北年雄 (1958): ブロック式船体建造による磁気羅針儀の乱調. 日航誌, 18, 63-66.
- 39) 宮下寅雄 (1960): 磁気羅針儀自差修正の体験から. ドックマスター, 創刊号, 10.
- 40) 福井太郎 (1961): ブロック建造船の自差について. ドックマスター, 2, 22.
- 41) 源河朝之 (1962): ブロック式建造漁船の船体磁気についての一考察. 日航誌, 28, 99-109.
- 42) 源河・狩俣 (1967): 漁業練習船かごしま丸および敬天丸の船体磁気の安定について. 鹿大水紀要, 16, 139-145.

- 43) 源河朝之 (1967): 漁業練習船南星丸の自差とその修正について. 鹿大水紀要, **16**, 146-154.
- 44) 齊藤・増田外 (1965): ブロック建造漁船の自差の変動—I. 日航誌, **33**, 67-71.
- 45) 神鳥・広瀬・中田 (1965): ブロック式建造漁船における船内磁場の分析. 日航誌, **34**, 119-128.
- 46) 神鳥 昭 (1967): ブロック式建造漁船における船体磁場の経年変化—I. 日航誌, **38**, 51-57.
- 47) 源河朝之 (1969): 漁業練習船南星丸の船体磁気の安定について. 日航誌, **18**, 115-123.
- 48) 日本地球電気磁気学会 (1950): “地球電磁気学の概観”. 56-67 (日本学術振興会, 東京, 日本).
- 49) 歌代・滝川 (1958): 磁気測量解析の一方法 (1). 水路要報, **56**, 1-4.
- 50) 川村・歌代・滝川 (1958): 磁気測量解析の一方法 (2). 水路要報, **57**, 19-25.
- 51) 川村・今井・杉浦 (1958): アスカニヤ製携帯型磁力計を使用した最近の地磁気測量. 水路要報, **56**, 4.
- 52) 川村・杉浦 (1958): 青ヶ島地方磁気測量について (1). 水路要報, **57**, 29-34.
- 53) 川村・杉浦 (1959): 奥尻島地方磁気の測量について. 水路要報, **60**, 20-21.
- 54) 加藤・松尾・桜井外 (1958): 航空磁気測量について (序報). 水路要報, **57**, 15-18.
- 55) 海上保安庁水路部 (1960): 日本磁気測量. 水路部報告, **14**, 163-241.
- 56) 順田院次 (1959): 水路部における全国地磁気測量について. 水路要報, **60**, 1-6.
- 57) 川村・杉浦 (1959): 青ヶ島の局所的磁気異常について. 水路要報, **60**, 24-31.
- 58) 塚本・歌代 (1961): 日本近海の磁針偏差について. 日航誌, **24**, 21-25.
- 59) NAGATA, T., ARAI, Y. and K. MOMOSE (1963): Secular variation of the geomagnetic total force during the last 5000 years. *C 294 J, Geophys. Research*, **68**[18], 5277-5281.
- 60) 源河朝之 (1964): 鹿児島湾における地方磁気に関する研究—I. 鹿大水紀要, **12-2**, 158-169.
- 61) 源河朝之 (1965): 鹿児島湾における地方磁気に関する研究—II. 鹿大水紀要, **14**, 19-29.
- 62) 源河朝之 (1965): 鹿児島湾における地方磁気に関する研究—III. 日航誌, **34**, 83-88.
- 63) 源河朝之 (1967): 池田湖周辺における地方磁気の分布について. 鹿大水紀要, **16**, 58-62.
- 64) 田島・関口 (1968): 航空磁気測量から得られた伊豆・東海地方の磁気異常特性. 日本測地学会誌, **13** (3/4), 128-135.
- 65) BOLZ, H. (1963): Ergebnisse geomagnetischer feldmessungen in albanien. *C 73, Gerlands Beitr Geophys.*, **72**[4], 266-271.
- 66) HARRISON, J. C., HUENE, R. E. and C. E. CORBATO (1966): Bouguer gravity anomalies and agnetic anomalies off the coast of southern California. *C 294 J, Geophys. Res.*, **71**[20], 4921-4941.
- 67) ALLAN, D. W. and E. C. BULLARD (1966): The secular variation of the earths magnetic field. *D 375 proc Cambridge Phil, Soc*, **62**[4], 783-809.
- 68) DIKSON, G. O., PITMAN, W. C. III. and J. R. HEIRTZLER (1968): Magnetic anomalies in the South Atlantic and ocean floor spreading. *C 294 J. Geophys. Res.*, **73**[6], 2087-2100.
- 69) PITMAN, W. C. III., HERRON, E. M. and J. R. HEIRTZLER (1968): Magnetic anomalies in the Pacific and sea floor spreading, *C 294 J, Geophys. Res.*, **73**[6], 2069-2985.
- 70) PICHON, X. and J. R. HEIRTZIER (1968): Magnetic anomalies in the Indian Ocean and sea-floor spreading. *C 294 J, Geophys. Res.*, **73**[6], 2101-2117.
- 71) 佐野重雄 (1950): 昭和 25 年 9 月 12 日, 北海道女満別における地方磁気変化の観測について. 水路要報, **21**, 254-260.
- 72) 川村文三郎 (1952): 昭和 30 年 6 月 20 日, 南ベトナムにおける皆既日食時の地磁気観測. 水路要報, **52**, 59-67.
- 73) 川村・杉浦 (1958): 金環日食時 (昭和 33 年 4 月 19 日) における地磁気変化の観測について. 水路要報, **63**, 90-99.
- 74) LENGNING, K., RITTER, E. and H. WIESE (1963): Austwertung der geomagnetiscen und geoelektrischen registrierungen in südosteuropa in Januar und Februar 1961. *C 73, Gerlands Beitr Geophys.*, **72**[4], 240-252.
- 75) WOLTER, H. (1963): Über die bearbeitung der geomagnetischen aufzeichnungen mit hilfe von reiseregistrierstationer zur sonnerfinsternis. 1961. *C 73, Gerlands Beitr Geophys.*, **72**[4], 208-218.
- 76) LENNERS, D. and H. SCHMIDT (1963): Differen zmessungen der totalintensität mit protonen magnetometereen und signalübertragung durch funk zwischen bansko und burgas. *C 73, Gerlands Beitr Geophys.*, **72**[4], 253-265.

- 77) KAUTZIEBEN, H., WAGNER, C. U. and F. C. WAGNER (1963): Untersuchungen zum effekt sonnen-finsteris am 15, 2, 1961, Auf das geomagnetische feld. C 73, Gerlands Beitr Geophys., 72[4], 219-229.
- 78) 源河朝之 (1958): 金環食が船舶装備の磁気コンパス・ロランおよびレーダにおよぼす影響. 鹿大水紀要, 7, 128-132.
- 79) 源河・鶴留 (1962): 日食が船舶装備の Magnetic Compass におよぼす影響. 鹿大水紀要, 11-1, 1-7.
- 80) 源河朝之 (1967): 1967年5月～6月に出現した太陽黒点が磁気コンパスにおよぼす影響. 16, 126-138.
- 81) 波多野活 (1956): “航海計器第1巻”, 231-233 (海文堂, 東京, 日本).
- 82) 渡辺・佐藤 (1967): “船体溶接法”, 1-9 (海文堂, 東京, 日本).
- 83) 義井胤景 (1969): “磁気工学”, 198-200 (海文堂, 東京, 日本).
- 84) 井関貢 (1942): “航用測器学”, 242-245 (海文堂, 東京, 日本).
- 85) 力武常次 (1970): “なぜ磁石は北を指す”, 81-127 (講談社, 東京, 日本).
- 86) 力武常次 (1957): “地磁気のなぞ”, 26-33 (厚星社厚生閣, 東京, 日本).
- 87) 井関・庄司 (1966): “新訂航海計器学”, 19 (海文堂, 東京, 日本).
- 88) 力武常次 (1970): “なぜ磁石は北を指す”, 246-247 (講談社, 東京, 日本).
- 89) 門田重行・外 (1966): “かごしまの自然”, 43-44 (南日本出版文化協会, 鹿児島, 日本).
- 90) 鹿児島県 (1967): “池田湖地域振興計画調査報告書”, 2-4, 43-44 (鹿児島県, 鹿児島, 日本).
- 91) 井関貢 (1942): “航用測器学”, 239-241 (海文堂, 東京, 日本).
- 92) 上野喜一郎 (1966): “船の知識”, 57 (海文堂, 東京, 日本).
- 93) REUTH, H. (1966): Anforderungen an die weichmagnetischen werkstoffe der starkstromtechnik. Zeitschrift für Angewandte Physik., 21 Bd., Heft. 4.

(注) 長崎大水誌……長崎大学水産学部研究報告
 日航誌……日本航海学会誌
 鹿大水紀要……鹿児島大学水産学部紀要
 北大水彙報……北海道大学水産学部研究彙報
 J. I. N.……The Journal of the Institute of Navigation.