

Australia の Conductivity Anomaly

地磁気観測所 森 俊 雄

Australia の conductivity anomaly は Parkinson (1959, 1962, 1963, 1964, 1966) によって研究されている。Parkinson は 1959, 1962 年の論文で, Australia 等の Parkinson vector を求め, 1963, 1964 および 1966 年の論文ではその vector を land と sea で conductivity contrast をつけた model を用いて議論している。

Parkinson は magnetogram を 20分~60分の interval で読取り, その差を振幅として磁場の変化分 ΔH , ΔD および ΔZ を求めた。 ΔH は北向, ΔD は東向, ΔZ は下向をそれぞれ正とし, 振幅は 20 r 以上のものを採用した。

地磁気変化の方向は Fig. 1.(a) のように polar diagram 上に plot される。そこで θ および ϕ は

$$\tan \theta = (\Delta H + \Delta D) / \Delta Z$$

$$\tan \phi = \Delta D / \Delta H$$

この記入例として Watheroo の場合を Fig. 1.(b), (c) に示す。第1図で (b) は interval を 20分, (c) は 60分にとった場合で, 両方とも同じ plane に沿っているが, 60分の方が分散が大きい。

polar diagram 上に plot した変化の方向が一平面に沿っていることから, ΔH , ΔZ の間に一次的関係

$$\Delta Z = A \Delta H + B \Delta D$$

が成立する。この平面 (preferred plane という) を Parkinson は方向を $\tan^{-1} B/A$, 長さを $\sin(\tan^{-1} \sqrt{A^2 + B^2})$, 向きを ΔZ 負 (鉛直上向き) の方向の vector を用いて表現した。この vector が長ければ長いほど horizontal variation に対する vertical variation の割合が大きい事を示す。

Australia とその周辺における parkinson vector を第2図に示す。この図で特徴的なことは, vector は海岸では長く内陸では短いということおよび vector の方向は coast line に垂直な方向というよりもむしろ deep ocean の方向を向い

第1表 The values of physical quantities involved in the Terrella and the Earth.

(After W.D.Parkinson;1962.)

	(Radius in metres) ²	Permeability	Conductivity of oceans (mho/m = 10 ⁻¹¹ emu)	Frequency (c/s)
Terrella	(0.56) ²	μ°	8×10^7	2000
Earth	$(6.4 \times 10^6)^2$	μ°	3	4.2×10^4
Ratio	$(0.88 \times 10^{-7})^2$ $= 0.77 \times 10^{-14}$	1.	2.67×10^7	4.8×10^6

ているということである。

このことから地磁気変動により海水に induce された eddy current の重要な役割が考えられる。この eddy current の効果をより量的に議論するために model を用いて実験を行なった。

地球を小さな model で置換えるのであるから、そのための物理定数を適当に選ばなければならない。Maxwell の方程式から

$$\mu \sigma \frac{d\bar{B}}{dt} = \frac{d^2 \bar{B}}{dx^2} + \frac{d^2 \bar{B}}{dy^2} + \frac{d^2 \bar{B}}{dz^2}$$

角周波数を ω とすると time factor は $e^{i\omega t}$, 球の半径 a を長さの単位にとると

$$x = x' a, \quad y = y' a, \quad z = z' a$$

で上式は

$$i R \bar{B} = \frac{d^2 \bar{B}}{dx'^2} + \frac{d^2 \bar{B}}{dy'^2} + \frac{d^2 \bar{B}}{dz'^2}$$

$$R = a^2 \mu \sigma \omega$$

ここで R は magnetic Reynolds number と呼ばれるものである。したがって地球と地球の model (terrella という) とで R が同じ値になるように物理定数を選べばよい。

第2表 Comparison of preferred planes as derived from magnetograms and terrella readings.

(After W.D.Parkinson;1966.)

observatory	Latitude	Longitude	Preferred plane			
			Magnetograms		Terrella	
			Direction	Tilt	Direction	Tilt
Valentia	52° N	10° W	E	40°	SSE	25°
Tashkent	41° N	69° E			SSE	30°
Kakioka	36° N	140° E	N	30°	S	35°
California					SSE	45°
Honolulu	21° N	159° W	E	30°	—	0°
San Juan	19° N	60° W	SE	15°	S	15°
M'Bour	14° N	17° W	ESE	20°	ESE	35°
Paramaribo	6° N	55° W	SSW	40°	S	40°
Luanda	9° S	13° E	E	25°	NE	25°
Port Moresby	9° S	147° E	NNE	35°	NNE	30°
Thursday Island	11° S	142° E	S	25°	SSW	50°
Darwin	12° S	131° E	ESE	30°	S	50°
Wyndham	15° S	128° E	SSE	10°	S	20°
Alice Springs	24° S	134° E	NW	5°	N	10°
Carnarvon	25° S	114° E	E	30°	ENE	50°
Brisbane	27° S	153° E	W	25°	WNW	45°
Kalgoorlie	30° S	122° E	NNE	10°	NNE	30°
Gnangara	32° S	116° E	ENE	35°	NE	50°
Hermanus	34° S	19° E	NNE	45°	N	50°
Esperance	34° S	122° E	N	40°	NNE	50°
Albany	35° S	118° E	NNE	60°	NNE	60°
Toolangi	38° S	145° E	N	10°	N	50°

Terrella の半径は 54cm で、deep ocean には Cu 板、shallow water には bronze wire mesh、crust および non-conducting mantle には perspex、conductosphere には Al を用いた (第 1 表)。Cu 板の厚さは 0.043cm で、それは 5km の深さの海に相当する。Magnetogram は主に 20 分の interval で読取をしたので、周期を 40 分とすると model では $\omega = 2000 \text{ c/s}$ となる。Search coil には長さ 3cm、直径 3cm の円筒形の nylon 13 gauge wire の銅線を 300 turn まいたもの 2 個を用いた。この search coil の長さは地球上の 36km に相当する。電離層の current system に相当する primary coil には Silsdee and Vestine (1942) の current system を Fukushima and Ono (1952) に従って修正したものを用いた。その高さは search coil の操作の都合上 3.7cm (435km) になった。しかし、地磁気変化磁場の preferred plane は event の起った時間、季節および sunspot number によらないので、current system の高さや形は結果にはあまりきいてこない。

実験はまず、conductosphere までの深さを 300~800km の間で変えて測定したが、結果はその深さにほとんど独立であったので、以下の実験は conductosphere の深さを 600km にして行なった。ただし、Alice Springs においてのみは conductosphere を浅くすると vertical field が相対的に小さくなった。

Terrella での magnetic field の方向の測定は Table 2. に示された観測所に相当する 22 の地点で行なわれた。第 2 表および第 3、4 図には preferred plane の下向の方向の結果が示されている。第 3、4 図で各々の黒点は primary coil を 360° 回転させたときに得られた種々の方向を含み、点線は magnetogram から読取られた plane の傾きを示す。

第 2 表、第 3 図は Australia の北の shallow water として 150m の深さに相当する bronze wire mesh を置いた時の結果である。かなり実際とよく合った方向が Port Moresby, Wyndham, Carnarvon, Brisbane, Gnangara, Esperance および Albany で得られた。Toolangi と Thursday Island での preferred plane の傾きは terrella の結果よりもゆるやかである。

第 4 図は Australia の北の shallow water がない場合と、shallow water を deep ocean に相当する Cu 板で置きかえた場合の結果である。注目すべき結果が Carnarvon と Brisbane で現れ、Australia と Indonesia の間が

Shallow water であるときよりも deep ocean が存在するときの方がより実際と一致する。この shallow water に大量の current が流れているのであれば Australia と New Guinea の間に非常に密度の高い jet current が流れることになる。Terrella では Thursday Island の位置で vertical component が大きいので、terrella ではこのことは起っている。しかし実際には Thursday Island での vertical component は小さいので強い jet current は存在しない。また Terrella の wire mesh の近くでは、vertical と horizontal component の間に phase difference が現れるが、magnetogram では現われていない。Luanda (Africa の南西海岸) の実際の field と terrella の field との間の矛盾が Australia の北に conducting path がない場合の Carnarvon と同じ type のものである。Luanda の場合には実際に観測された方向は観測所の北の conducting path では説明することはできない。このようなことから、第3、4図の結果からの結論は注意して扱われなければならない。

Kakioka では実際と terrella では方向が逆の結果がでており、日本と Asia の間に sea water があってもなくても結果は変わらない。これについては北太平洋の water の variation field の方向への効果は小さいと考えている。

Model 実験の結果、次の5つの type のものに分けられている。

- (a) Southern ocean の縁 — 実際と terrella の両方で vertical が大きく、horizontal component と正に相関する。これは Southern ocean を流れる current の大きな zonal circuit による。Esperance, Albany および Hermanus がこの例である。
- (b) 南半球の東又は西海岸の観測所 — variation field の方向が terrella とある程度一致する。ここでは preferred plane の下方向が内陸よりもむしろ北を向く傾向がある。Carnarvon, Brisbane および Luanda がこの例である。
- (c) 北半球の海岸の観測所 — ここでは terrella とほとんど一致しない。Kakioka と Valentia がこの例である。
- (d) Mid-ocean observatories — terrella の結果は deep ocean の上では vertical field はほとんどない。Honolulu がこの例である。
- (e) Inland observatories — vertical field は実際と terrella 共小さい。Tashkent と Alice Springs がこの例である。

海水に誘導された eddy current の効果は南半球のいくつかの地点では考えられるがすべてを説明することはできない。特に北半球では変化の方向が Terrella とは全然一致しない。これは coastal effect のいくつかの部分は continent と ocean に関係した mantle conductivity の相違であると記述されなければならぬことを示唆している。

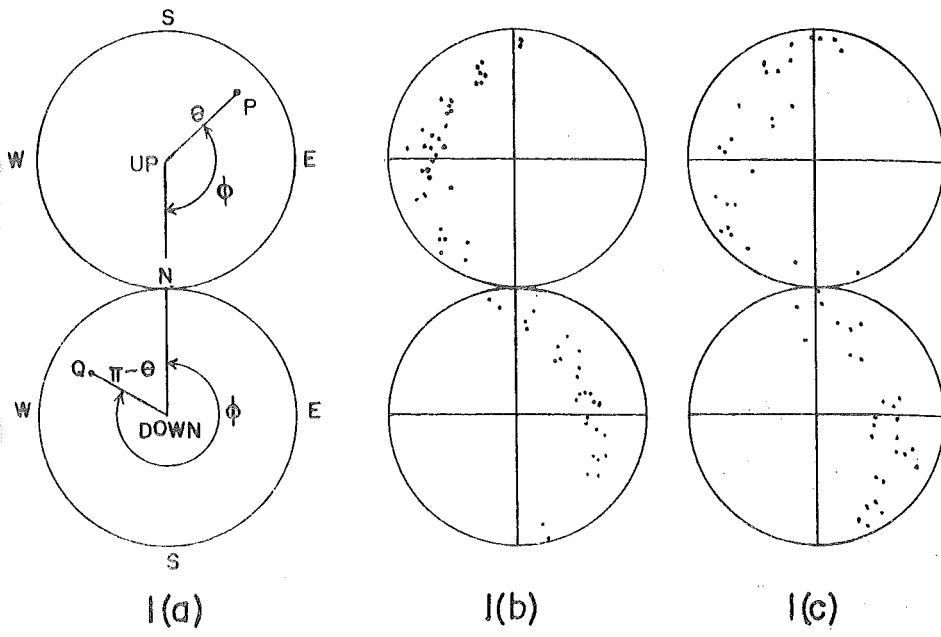
Australia の大部分で観測された field direction は oceanic conduction プラス Australia の北の conducting path で説明することができるが、それはたぶん Australia と Indonesia の間の shallow water によるのではない。

Terrella の実験では magnetogram から得られた方向の分散よりも大きかった。力武(1966)の言うようにこれは実際の underground condition の方が model よりも strong であるということであろう。しかし36Kmの長さに相当する search coil では Honolulu のような小さな島での field と比較して議論するのは無理であろう。また北半球の結果についてはもう少し観測点を増加したりして、確かめる事が必要と思われる。

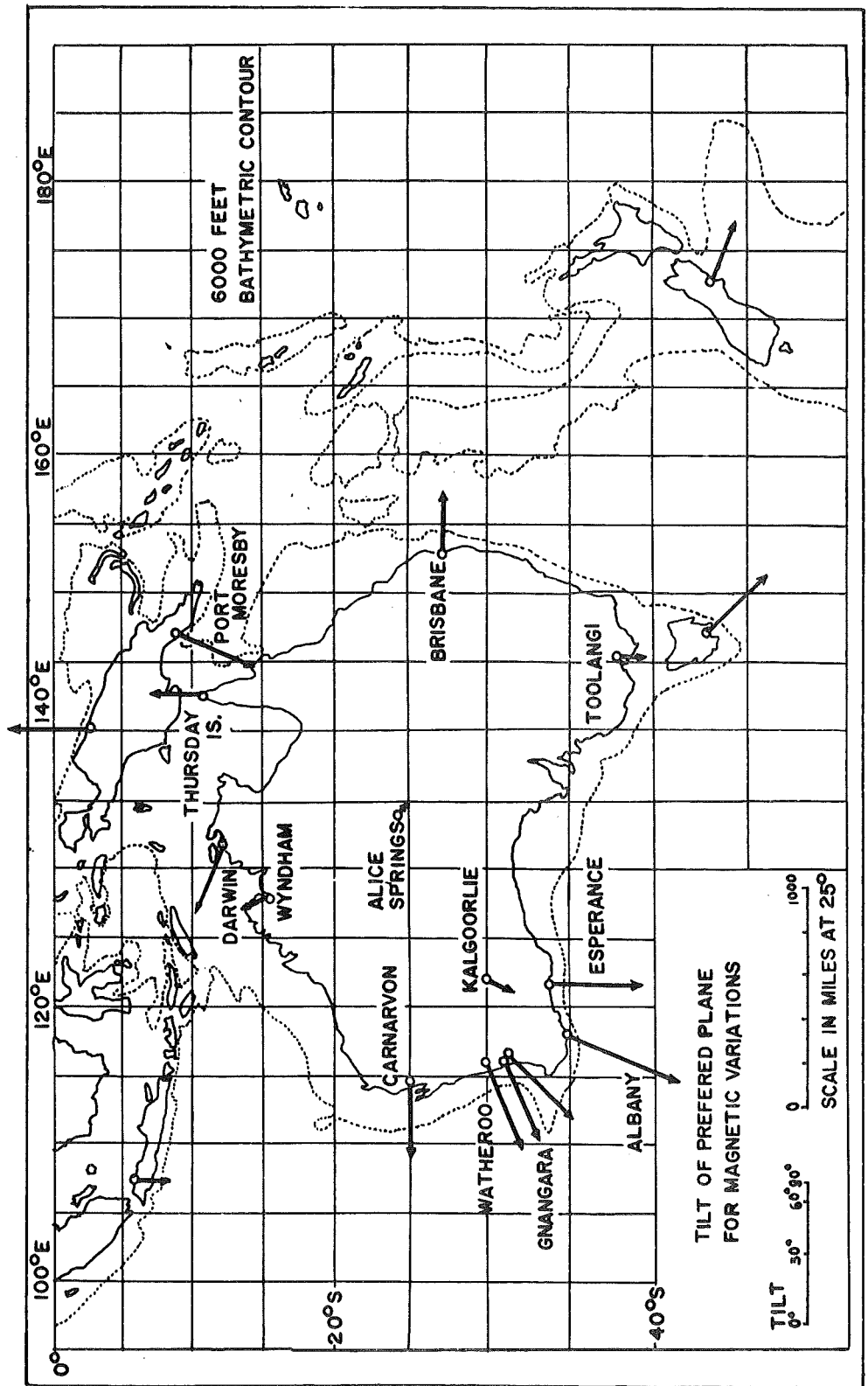
文 献

- W.D. Parkinson(1959); Directions of rapid geomagnetic fluctuations., Geophys. J., 2, 1-14.
- W.D. Parkinson(1962); The influence of Continents and oceans on geomagnetic variations., Geophys. J., 4, 441-449,
- W.D. Parkinson(1963); Terrella model experiment., Australia, Bur. Mineral Resources, Geol. Geophys., Record, 1963(102), 8pp.
- W.D. Parkinson(1964); Conductivity anomalies in Australia and the ocean-effect., J. G. G., 15, 222-226.
- W.D. Parkinson(1966); Terrella model experiment, preliminary results., Australia, Bur. Mineral

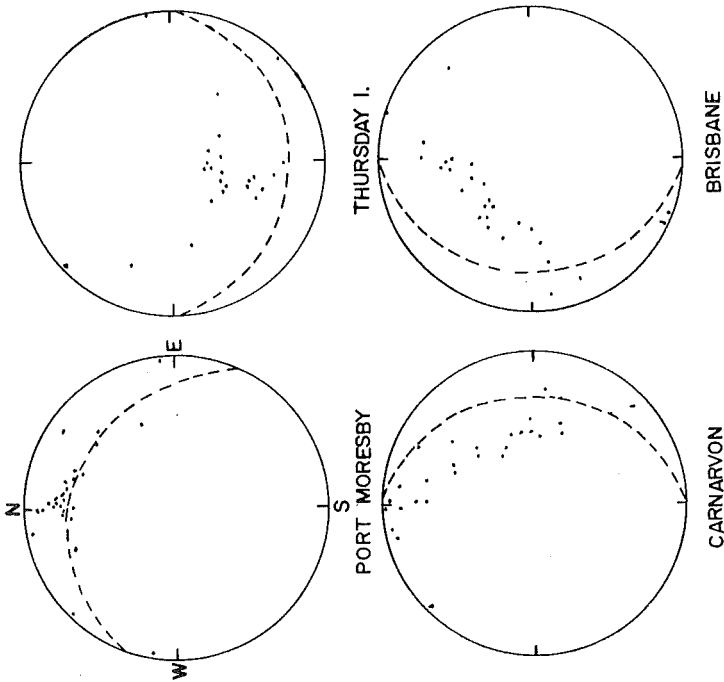
- Resources, Geol. Geophys., Record, 1966(70), 6pp.
- H.B. Silsbee and E.H. Vestine (1942); Geomagnetic bays, their frequency and current systems., Terr. Mag., 47, 195-208
- N. Fukushima and H. Ono (1952); World-wide character of the progressive change in the disturbance forces of geomagnetic bays., J.G.G., Kyoto, 4, 44.
- T. Rikitake (1966); Electromagnetism and the Earth's interior ., Elsevier Pub. Co., Amsterdam.



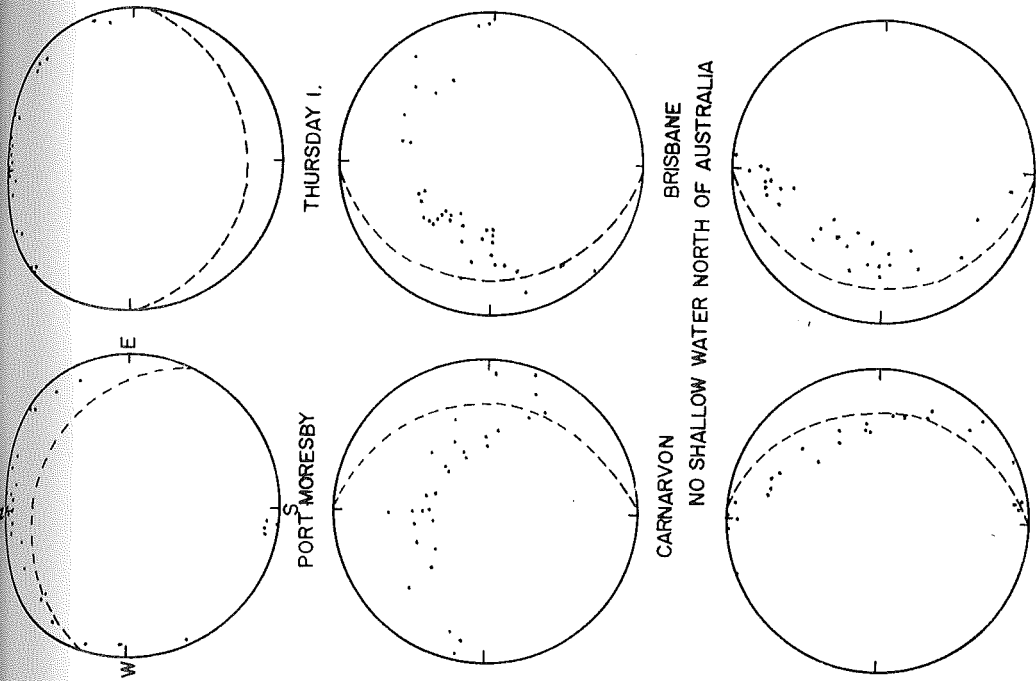
第1圖 (a) Explanation of polar diagrams.
 " (b) Polar diagram showing directions of change vectors at Watheroo for 20 minute intervals.
 " (c) Polar diagram showing directions of change vectors at Watheroo for 60 minute intervals.
 (After W.D.Parkinson;1959.)



第2图 Map of Australian region showing directions of magnetic variations. (After W.D. Parkinson, 1964.)



第3图 Directions of resultant field at Australian locations. (After W.D.Parkinson; 1966.)



第4图 Directions of resultant field showing effect of conductivity north of Australia. (After W.D.Parkinson; 1966.)