

# 地球内核の表面に於ける 地震波の反射及屈折<sup>(1)</sup>

本多弘吉・杵島 磨・窪田健次

(1) 地震波の驗測は最近著しく發達し、内核の表面で反射されて再び地表に達した PcP, ScS 波又は内核を通過した P', P' P' 波等も精確に觀測され、更にその中のあるものに就ては振幅、振動方向等を定量的に議論される様になつた。地震波の觀測結果から地球内部の構造を論ずるのに従來は主として走時の研究を基として行はれたが、之からは地震波勢力の定量的研究に據ることが多いことゝ思はれる。斯様な目的に對しては地球内核の表面で地震波が反射屈折される際の勢力分布が先づ問題となる。C. G. Knott<sup>(2)</sup> は 1919 年頃内核の外部に於ける P 波の速度を 12.89 %, S 波の速度を 6.88 %, 内部は液體で S 波の速度は零として且つ密度及被壓縮率 (Compressibility) を外部と同一として、P 波の速度を 10.15 % と假定して反射屈折の際に各波面の單位面積を單位時間に通過するエネルギーを求めてゐる。

其の後地震觀測其の他の發達につれて内核の表面の内外に於ける物質の密度、地震波速度等として種々の價が求められてゐる。が現在多くの人々<sup>(3)</sup>に依つて採用されてゐる所に従ひ内核の表面の外側を (1)、内側を (2) とし、

表面の外側の密度  $\rho_1$ ; 6.0, P 波の速度,  $V_1$ ; 13.0 %, S 波の速度;  $\mathfrak{B}_1$ ; 7.25 %

" 内側 "  $\rho_2$ ; 9.5, " ,  $V_2$ ; 8.5 %, "  $\mathfrak{B}_2$ ; 0 %

P 波の振幅;  $A$ , 入射面内に振動する S 波 (SV 波) の振幅;  $\mathfrak{A}$ , P 波の入射角;  $i$ , S 波の入射角;  $i$ .

入射波、反射波及屈折波を表はすのに夫々  $e, r, f$  なる符號を付けることゝする。内核の表面を平面と看做し、之に平面地震波が入射するとする。

又後の調査の便宜上本報文では入射波、反射波、屈折波、等の振幅を求めることゝする。

(2) (a) P 波が内核の外側から入射、(1)→(2)。反射 P 波及 S 波、及屈折 P 波を生ずる。入射角の間には

$$\frac{\sin i_0}{V_1} = \frac{\sin i_1}{V_1} = \frac{\sin i_1}{\mathfrak{B}_1} = \frac{\sin i_2}{V_2}$$

なる關係がある。之と同様な關係式は以下すべての場合に成立する。各波の振幅はよく知られてゐる様に<sup>(4)</sup>

$$A_r \sin 2i_1 + \mathfrak{A} \frac{V_1}{\mathfrak{B}_1} \cos 2i_1 = A_e \sin 2i_1$$

$$A_r \cos i_1 - \mathcal{R}_r \sin i_1 + A_f \cos i_2 = A_e \cos i_1$$

$$-A_r \cos 2i_1 + \mathcal{R}_r \frac{\mathfrak{B}_1}{V_1} \sin 2i_1 + A_f \frac{\rho_2 V_2}{\rho_1 V_1} = A_e \cos 2i_1$$

から求められる。

(b) SV 波が内核の外側から入射, (1)→(2)。反射 P 波及 S 波, 及屈折 P 波を生ずる。

$$\mathcal{R}_r \cos 2i_1 + A_r \frac{\mathfrak{B}_1}{V_1} \sin 2i_1 = -A_e \cos 2i_1$$

$$-\mathcal{R}_r \sin i_1 + A_r \cos i_1 + A_f \cos i_2 = A_e \sin i_1$$

$$\mathcal{R}_r \sin 2i_1 - A_r \frac{V_1}{\mathfrak{B}_1} \cos 2i_1 + A_f \frac{\rho_2 V_2}{\rho_1 \mathfrak{B}_1} = A_e \sin 2i_1$$

(b') SH 波 (入射面に直角に振動する S 波) が内核の外側から入射, (1)→(2)。反射 SH 波を生ずる丈で其の入射角及振幅は何れも入射波のと同じである。

(c) P 波が内核の内側から入射, (2)→(1)。反射 P 波, 屈折 P 波及 S 波を生ずる。

$$A_r \mathfrak{B}_2 \sin 2i_2 = \mathcal{R}_r V_2 \cos 2i_2 \quad \text{但し此の式に限り内核表面の内側を (1), 外側を (2) と名づける。}$$

$$A_r + A_f \frac{\cos i_2}{\cos i_1} + \mathcal{R}_f \frac{\sin i_2}{\cos i_1} = A_e$$

$$-A_r + A_f \frac{\rho_2 V_2}{\rho_1 V_1} \cos 2i_2 + \mathcal{R}_f \frac{\rho_2 \mathfrak{B}_2}{\rho_1 V_1} \sin 2i_2 = A_e$$

(3) 計算の結果 入射角の間の関係を第 1 表に示す。(b) の場合に入射 SV 波の入射角が 33°54' より大なる時, 及 (c) の場合に入射 P 波の入射角が 40°50' より大きい時は事柄はかなり複雑になる。

第 1 表

$i_1$	$i_1$	$i_2$
0°	0	0
10	5° 33'	6° 31'
20	11 00	12 55
30	16 12	19 5
40	21 0	24 51
50	25 17	30 3
60	28 53	34 29
70	31 36	37 54
80	33 19	40 5
85	33 45	40 39
90	33 54	40 50

第 2 表 P 波, (1)→(2)

$i_1$	$A_r/A_e$	$\mathcal{R}_r/A_e$	$A_f/A_e$
0°	0.0173		.9827
10	.0415	.1863	.9679
20	.1103	.3440	.9251
30	.2105	.4516	.8568
40	.3229	.5004	.7692
50	.4273	.4952	.6696
60	.5010	.4518	.5674
70	.5104	.3892	.4705
80	.3578	.3038	.3699
85	.0710	.2351	.2790
90	-1.		

第3表 SV波, (1)→(2)

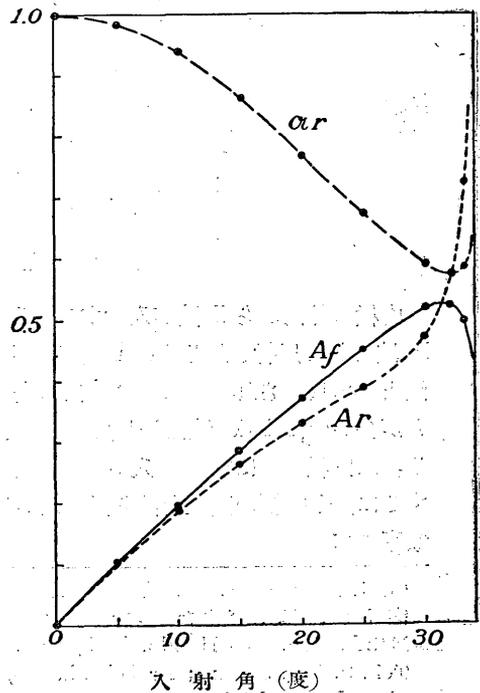
$i_1$	$\mathcal{A}/\mathcal{A}_i$	$A_r/\mathcal{A}$	$A_f/\mathcal{A}_e$
$0^\circ$	(-) 1.0000	(-)	
5	.9834	.0947	.0954
10	.9355	.1837	.1898
15	.8611	.2624	.2816
20	.7685	.3283	.3695
25	.6697	.3850	.4499
30	.5846	.4690	.5127
32	.5696	.5714	.5182
33	.5840	.7214	.4962
$33^\circ 54'$	1.	(2.7337)	

第4表 P波, (2)→(1)

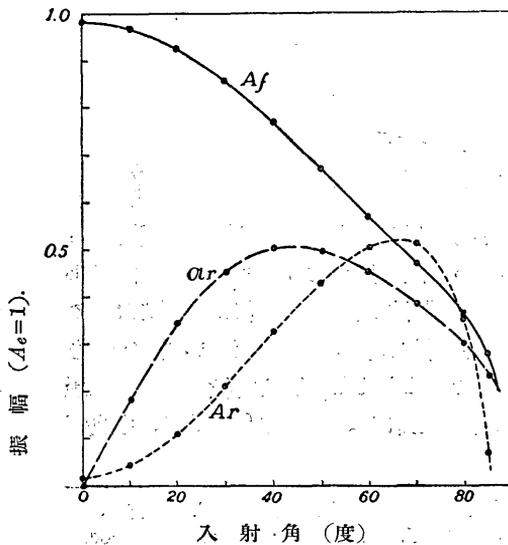
$i_2$	$A_r/A_e$	$A_f/A_e$	$\mathcal{A}_f/A_e$
$0^\circ$	(-) .0173	1.0173	
5	.0197	1.0136	.1511
10	.0267	1.0027	.2997
15	.0382	.9856	.4427
20	.0536	.9640	.5776
25	.0723	.9426	.7007
30	.0915	.9332	.8064
35	.1010	.9798	.8823
38	.0791	1.1331	.9334
40	(+) .0285	1.6232	.8163
$40^\circ 50'$	(+) 1.	(5.4810)	

計算結果を第 2, 3, 4 表及第 1, 2, 3 圖に示す。

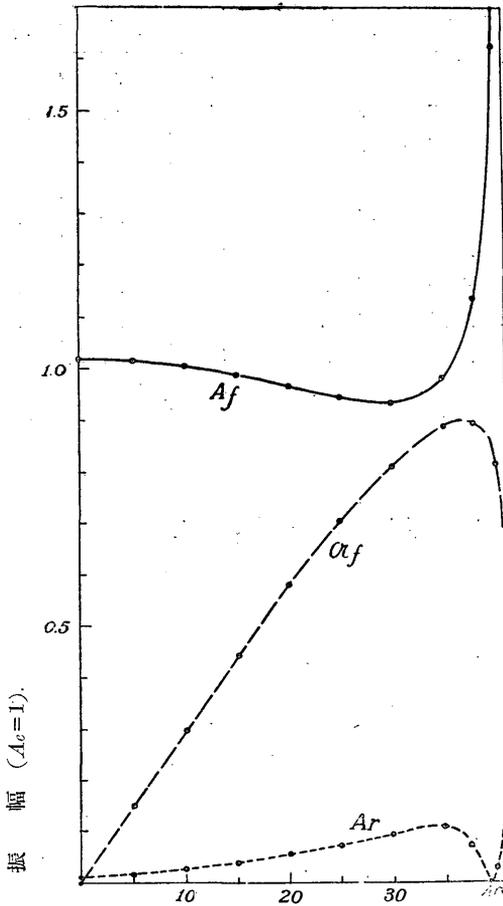
第2圖 SV波, (1)→(2)



第1圖 P波, (1)→(2)



第3圖 P波, (2)→(1)



内核の外側からP波が入射する際入射角が小さい時は大部分はP波として屈折し、P波として反射されるものゝ振幅は極めて小さい。之に反してS波は大部分再びS波として反射される。このことは震央附近ではSeS波が極めて明瞭に観測されることが多いのにPcP波は餘り観測されないこと等と併せ考へると興味深いものがある。又内核表面に於ける入射角の小さい範囲内ではP', P'P'等は内核の表面を通過するに際し振幅の變化を餘り受けないことなど注目される。(昭和9年7月, 中央氣象臺にて)。

(1) 本計算の一部は昭和9年2月頃測候技術官養成所第3學年生の地震演習問題として杵島、窪田の二君が着手されたものである。(本多記す)。(2) C. G. Knott; Proc. Roy. Soc. Edinb. 1919. (3) Handb. d. Phys. Bd. VI. S. 647. Handb. d. Exp. Phys. Bd. XXV. 2 Teil. S. 563. Sieberg; Erdbebenkunde, S. 301. (4) B. Gutenberg; Handb. d. Geophys. Bd. IV. Lief. 1. § 23.