

12. Seismometrische Untersuchungen des Erdbebens
vom 2. März 1933.

IV. Raumverteilung der Wellenstrahlung
aus dem Herd.

Von Takeo MATUZAWA,

Institut für Erdbebenforschung.

(Vorgelegt den 20. Nov. 1941.—Eingegangen den 20. Dez. 1941.)

1. Knotenlinie des P-Einsatzes in bezug auf die Kondensation und die Dilatation. Die verwendeten Seismogramme sind dieselben wie in der ersten Mitteilung.¹⁾ Die erste Bewegung der P-Phase an jeder Station war meistens ganz klar lesbar. Das Resultat der Abmessung ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt (Tabelle I), und in Fig. 1 eingetragen.

Tabelle I.

Amplitude des Einsatzes der P-Wellen.

Station	Komponenten in cm.	Bemerkung	Mittelpunkt der Strecke, Herd-Station
Zi-Ka-Wei	S 0.1/v, W 0.2/v	v unbekannt	37° 03' N, 132° 28' E
Peiping	N 0.0007, W 0.0018, U 0.21		41° 28' N, 130° 28' E
Nanking	N E 0.0003, D 0.0007		37° 51' N, 131° 04' E
Guam	N 1.2/v, E 0.3/v	v unbekannt	26° 18' N, 144° 32' E
Baguino	N E		
Hongkong	N 0.013, E 0.015		32° 37' N, 128° 02' E
Manila	N 0.0054, E 0.0065, D 0.0014		28° 21' N, 131° 29' E
Butuan	NW 0.08/v, NE 0.12/v	v unbekannt	24° 47' N, 133° 56' E
Phu Lien	N 0.008/v, E 0.0126,		32° 10' N, 123° 49' E
Amboina	N 0.13/v, E 0.09/v	v unbekannt	15° 11' N, 135° 23' E
Alipore	N 0.0156, E fehlt		34° 13' N, 113° 50' E
Honolulu	N 0.0013, W 0.0017		32° 58' N, 176° 20' E
Sitka	N? 0.0044, W? 0.012		55° 19' N, 176° 12' E
Dehra Dun	N 0.16/v, E fehlt		39° 28' N, 109° 21' E
Medan	S 0.24/v, W 0.05/v	Richtung der Pendelbeweg?	24° 19' N, 118° 40' E
Hawaii	N 0.0009, W 0.0009		32° 24' N, 177° 34' E

(Fortsetzung folgt.)

1) T. MATUZAWA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 13 (1935) 171~193.

Tabelle I. (Fortsetzung.)

Station	Komponenten in cm.	Bemerkung	Mittelpunkt der Strecke, Herd-Station
Agra	N 0-053, E fehlt		37° 46' N, 108° 49' E
Batavia	N 0-011, E 0-013, D 0-025		17° 43' N, 123° 2' E
Gonzales Ht. Victoria	N 0-01, W 0-016		54° 06' N, 173° 53' W
Seattle	N W	Kleiner Einsatz	53° 59' N, 173° 08' W
Colaba	N 0-0116, E 0-0156		34° 49' N, 104° 38' E
Suva	N 0-08, W 0-08		10° 57' N, 163° 19' E
Abisko	N 0-08, E 0-08, D 0-18		68° 04' N, 116° 36' E
Kodaikanal	N fehlt E 0-01		28° 59' N, 106° 27' E
Colombo	N fehlt E		26° 45' N, 107° 43' E
Samoa (Apia)	N fehlt W 0-0079, D ?		13° 37' N, 169° 06' E
Spokane	S E	Richtung der Pendelbeweg?	55° 17' N, 171° 08' W
Pulkovo	N 0-0097, E 0-0086, D gross		64° 10' N, 105° 46' E
Ukiah	N 40° W 0-04, S 50° W 0-067		50° 07' N, 169° 49' W
Baku	N 0-0095, E 0-0085, D 0-028		51° 09' N, 97° 47' E
Berkeley	N 0-008, W 0-008, D 0-01		49° 15' N, 168° 27' W
Mt. Hamilton	N 0-001, W 0-00165		53° 43' N, 160° 43' W
Bozeman	N 0-013, E fehlt		56° 12' N, 166° 59' W
Upsala	N 0-0135, E 0-0106		67° 25' N, 90° 12' E
Tinemaha	W 0-08/v, D 0-04/v	v unbekannt	49° 56' N, 165° 57' W
Riverview	N 0-0062, W klein, D 0-05		2° 41' N, 147° 54' E
Santa Barbara	N 0-0002, W 0-0001		48° 10' N, 165° 37' W
Haiwee	N 0-0001		49° 31' N, 165° 24' W
Adelaide	N 0-01		2° 06' N, 142° 12' E
Pasadena	N 0-0013, W 0-0026, D 0-13/v		48° 26' N, 161° 43' W
Mt. Wilson	N 0-0018, W 0-0035		48° 30' N, 164° 41' W
Riverside	N 0-0018, W 0-0035		48° 34' N, 164° 13' W
La Jolla	N 0-0028, W 0-0056		48° 01' N, 163° 43' W
Perth	N 0-012, E fehlt		2° 59' N, 131° 44' E
Yalta	N 0-0026, E 0-00135		57° 22' N, 92° 45' E
Lund	NE 0-021, NW 0-0042		68° 07' N, 97° 58' E
Kopenhagen	N 0-011, E 0-0087		68° 22' N, 85° 00' E
Lwow	N 0-02	E-Einsatz verdeckt durch Zeitmarkie- rung.	62° 52' N, 81° 24' E
Denver	N 0-0042, W 0-004		55° 26' N, 160° 28' W
Ivigutut	N 0-0147, W 0-0013, D 0-022		77° 59' N, 163° 36' E
Hamburg	N 0-0136, E 0-0136, D 0-040		68° 50' N, 82° 26' E
Helgoland	N 0-0092, E 0-0045		69° 42' N, 83° 02' E
Leipzig	N 0-0092, E 0-007		67° 28' N, 80° 23' E
Budapest	N 0-017, E 0-05		63° 51' N, 78° 19' E
Edinburgh	N fehlt E 0-008		73° 44' N, 99° 36' E

(Fortsetzung folgt.)

Tabelle I. (Fortsetzung.)

Station	Komponenten in cm.	Bemerkung	Mittelpunkt der Strecke, Herd-Station
Göttingen	N 0-0084, E 0-0063, D 0-0242		68° 26' N, 80° 15' E
Wien	N 0-006, E 0-012, D 0-0083		65° 06' N, 78° 18' E
Ksara	N 0 0069, E 0-0091		51° 40' N, 87° 30' E
De Bilt	N 0-025, E 0-019, D 0-025		70° 21' N, 80° 27' E
Beograd	N E		62° 21' N, 76° 49' E
Sofia	N 0-2/v, E 30° N 0-25/v	v unbekannt	60° 24' N, 76° 23' E
Taunus	N 0-0006, E 0-0014		68° 44' N, 78° 37' E
Stonyhurst	N fehlt E 0-0073		73° 26' N, 95° 26' E
München	N 0-0132, E 0-0077		66° 55' N, 77° 12' E
Bidston	N 0-021, E fehlt		73° 39' N, 94° 44' E
Zagreb	NE 0-011, NW fehlt, D 0-083		64° 27' N, 76° 18' E
Uccle	N 0-011, E 0-0045, D 0-02		70° 27' N, 78° 53' E
Stuttgart	N 0-083, E 0-0076, D 0-0324		68° 03' N, 77° 24' E
Karlsruhe	N 0-0073, E 0-0067		68° 26' N, 77° 00' E
Strasbourg	N 0-019, E 0-01, D 0-0097		68° 39' N, 76° 54' E
Oxford	N 0-0195, E 0-0089		72° 26' N, 82° 20' E
Kew	N 0-0146, E 0-0096, D 0-024		72° 43' N, 91° 03' E
Wellington	N 0-008, W 0-006, D 0-008		1° 07' N, 159° 21' E
Zürich	N 0-004, E 0-005, D 0-002		67° 54' N, 76° 11' E
Venezia	N 0-0091, E 0-0051		66° 07' N, 84° 52' E
Chur	N fehlt E D 0-0015		67° 25' N, 75° 28' E
Padova	N 0-0004, E 0-0014, D 0-0004		66° 20' N, 84° 40' E
Parc St. Maur	N 0-021, E 0-0138		70° 50' N, 76° 25' E
Neuchâtel	N 0-0017, E 0-0091, D 0-00174		68° 32' N, 75° 18' E
Chicago	N 0-01, W 0-01,		62° 47' N, 153° 53' W
Florissant	N 0-0016, W 0-0035, D 0-0052		60° 23' N, 152° 42' W
Firenze	N 0-4/v, E 0-4/v, D 0-17/v	v unbekannt	66° 02' N, 82° 37' E
St. Louis	N 000-4, W 0-003		60° 22' N, 152° 27' W
Helwan	N fehlt E 0-0012		51° 11' N, 73° 50' E
Ann Arbor	N 0-0043, W 0-0057		64° 38' N, 152° 36' W
Ottawa	N 0-008, W 0-006, D 0-00125		69° 10' N, 153° 17' W
Shawinigan falls	N W fehlt		70° 46' N, 154° 10' W
Toronto	N 0-01, W 0-0067		67° 00' N, 152° 22' W
Seven falls	N fehlt W 0-004		71° 46' N, 154° 40' W
Cincinnati	N 0-1/v, W 0-1/v, D 2-2/v	v unbekannt	63° 03' N, 149° 59' W
Pittsburg	N 30° W 0-0076	eine Komp.	62° 38' N, 149° 04' W
Technology	N 0-0088, W 0-0019		72° 54' N, 150° 13' W
Harvard	N fehlt W 0-0032		70° 18' N, 148° 01' W
Fordham	N 0-7/v, W 0-2/v	v unbekannt	68° 39' N, 146° 48' W

(Fortsetzung folgt.)

Tabelle I. (Fortsetzung.)

Station	Komponenten in cm.	Bemerkung	Mittelpunkt der Strecke Herd-Station
Barcelona	N 0-003, E 0-0025		69° 26' N, 76° 12' E
Georgetown	N 0-011, W 0-011, D 0-048		66° 26' N, 146° 05' W
Charlottes villes	S 0-004, E 0-003	Richtung d. Pendel- beweg ?	65° 23' N, 145° 54' W
Ebro	S 0-0027, W 0-00125	Richtung d. Pendel- beweg ?	71° 18' N, 54° 45' E
Columbia	N 0-006, W 0-0033		62° 27' N, 144° 06' W
Toledo	N 0-0055, E 0-0017, D 0-0095		71° 44' N, 65° 27' E
Tacubaya	D 0-0362	Einsatz d. H-Komp. undeutlich.	46° 26' N, 148° 33' W
Alger-Bouzareah	N 0-02/v, E 0-02/v	v unbekannt	67° 01' N, 65° 30' E
Cartuja	E D	Nur Richtung ermit- telt.	70° 40' N, 67° 44' E
San-Fernando(Caliz)	N 0-018, E		72° 13' N, 65° 02' E
Huancayo	N 0-0025, W 0-0033, D	P'	34° 08' N, 127° 54' W
Capetown	N fehlt E 0-0036	P'	5° 40' N, 79° 16' E
La Paz	N 0-0022, W 0-0015, D 0-0097	P'	34° 03' N, 129° 03' W
Sucre	N 0-0052, SW 0-0003	P'	30° 18' N, 126° 37' W
Santiago	W N fehlt	P'	9° 03' N, 136° 52' W
La Plata	D 0-0001	P'	18° 17' N, 128° 30' W

Die erste Bewegung auf meisten japanischen Stationen wurde schon von H. Honda²⁾ und M. Takehana oder von S. Sagisaka³⁾ und M. Takehana berichtet und untersucht. Die Bewegungen auf den japanischen Stationen waren sehr kompliziert, wie es schon in der ersten Mitteilung von mir⁽¹⁾ berichtet wurden. Nämlich kleine kurzperiodische Bewegungen superponierten auf langperiodischen Bewegungen.

Die in der ganzen Welt beobachteten Bewegungen sind natürlich solche langperiodische Bewegungen, weil die kurzperiodischen Bewegungen schnell gedämpft werden sollen. Die ersten Bewegungen solcher langsamen Wellen auf den japanischen Stationen innerhalb Korea, Kyûsyû, und Bonin Inseln sind alle Kondensationswellen. Die Knotenlinie, d. h. die Grenzlinie zwischen der Kondensation und der Dilatation der ersten Bewegung muß ungefähr so sein, wie sie in Fig. 1 gegeben wird. Auf den Stationen in der Nähe von der Knotenlinie z. B. Peiping oder Nanking waren die Amplituden der ersten Bewegung sehr klein.

Im Pazifik und im Norden haben wir nur ganz spärliche Beobachtungen, um die genaue Stelle der Knotenlinie zu bestimmen. Aber man kann ruhig sagen, daß ausserhalb der gegebenen Knotenlinie die erste Bewegung der langsamen P-Wellen Dilatation ist. Nur wenige Stationen

- 2) H. HONDA und M. TAKEHANA, *Kensin-Zihô*, 7 (1933) 87~103.
- 3) S. SAGISAKA und M. TAKEHANA, *Kensin-Zihô*, 8 (1934) 32~46.
- 4) T. MATUZAWA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 13 (1935) 172.

ausserhalb der Knotenlinie zeigten Kondensationswellen, aber die geographische Verteilung solcher Stationen ist ganz unregelmäßig, darum kann man vermuten, daß die gegebene Richtung auf dem Seismogramme wahrscheinlich nicht die von der Bodenbewegung, sondern die von der Pendelbewegung wäre. Auf den meisten Stationen ist die erste Bewegung ganz klar meßbar z. B., Pl. XII Fig. 2 a, 2 b.

PP-Welle ist auch manchmal sehr klar beobachtet worden, z. B. Pl. XII Fig. 2 a, 2 b, Pl. XIII Fig. 3 und Pl. XIII Fig. 4.

Die beobachtete PP-Welle in Ann Arbor ist ganz bemerkenswert. In dieser Phase können wir die den P-Wellen eine nach der andern entsprechenden Wellen finden wie in Fig. 3. Die Richtung der Bodenbewegung in den beiden Phasen ist ganz gleich. Die Reflexion der ebenen P- und S-Wellen an der ebenen Oberfläche des halbunendlichen Mediums ist schon eingehend von mir⁵⁾ untersucht. Demgemäß ist die Phase der an der Oberfläche einmal reflektierten P-Wellen gewöhnlich umgekehrt zu der von den eintretenden Wellen. Der PP-Einsatz in Ann Arbor muß Dilatation sein, weil der P-Einsatz so ist. Darum muß der entsprechende P-Einsatz an der Reflexionsstelle für die PP-Welle Kondensation sein. Die Reflexionsstelle ist rechenmäßig als $64^{\circ} 29' N$ und $152^{\circ} 36' W$ gegeben, nämlich ungefähr in der Mitte von Alaska. Dieses Verfahren hilft der Bestimmung der Knotenlinie. Bei dieser Gelegenheit werden die in Ann Arbor beobachteten S- und SS-Wellen gezeigt (Pl. XIV Fig. 5).

Hier findet man wieder in der SS-Phase die eineindeutige Abbildung der S-Phase, und zwar das Phasenverhältnis ist umgekehrt. Das stimmt auch meiner früheren Rechnung, was später etwas näher betrachtet wird.

2. **Der Typus der Wellenausstrahlung vom Herd.** Aus den obigen Ergebnissen kann man nun den Typus der Wellenausstrahlung vom Herd schließen. In Fig. 1 sieht man anscheinend nur zwei Gebiete von Kondensationswellen und Dilatationswellen. Aber wenn das Erdbeben eine Störungserscheinung des elastischen Gleichgewichtes ist, dann muß wahrscheinlich die Raumverteilung der Wellenausstrahlung fast zentral symmetrisch paarweise vorkommen, wenn man die Oberflächenwirkung oder die Wirkung der heterogenen Struktur der Kruste vernachlässigen kann.

Die bisher genau bestätigten Typen sind die Quadrant-Verteilung und die Kegel-Verteilung der Kondensation und Dilatation für die erste P-Phase. In dem bisherigen Kegeltypus kommt fast immer die Kondensation in der Richtung von der Kegelachse vor.

5) T. MATUZAWA, *Zisin* (Erdbeben), 4 (1932), 125~139.

Unser Fall kann sicher nicht der Quadrant-Typus sein. Eine Möglichkeit der Deutung ist der Kegel-Typus. Aber dann muß die Phase in der Richtung von der Kegelachse Dilatation sein, weil die Phase im den Gegenpunkt des Herdes enthaltenden Gebiet Dilatation ist. Vom Grunde der paarweisen Verteilung der P-Ausstrahlung muß man ein kleines Gebiet der Dilatation in der Nähe vom Herd voraussetzen; wie in Fig. 1. Wenn es in dem Gebiete Erdbebenstation gäbe, dann könnte man wahrscheinlich Dilatationseinsätze der P-Welle beobachten.

K. Sakata⁶⁾ hat einen solchen Fall geschlossen beim Erdbeben vom 18. Nov, 1940, $\varphi = 33^\circ 52' N$, $\lambda = 135^\circ 32' E$, aus Beobachtungen an japanischen Stationen. Dabei ist der Dilatationseinsatz in ausser japanischen Stationen vorausgesetzt. Die dem Herd nächste Station liegt 50 km weit vom Herd. Wie schon H. Kawasumi⁷⁾ und T. Minakami⁸⁾ bemerkt hatten, sollte man hier sehr vorsichtig untersuchen unter Berücksichtigung der Krusten-Schichtung im betreffenden Gebiet. Beim Fall von P. Caloi,⁹⁾ nämlich beim adriatischen Erdbeben vom 30. Nov. 1934, konnte man den Kondensationseinsatz in der Nähe vom Epizentrum voraussetzen, weil die dem Herd nächste Station, Trieste, schon 150 Km weit ist. Hier kann man unseren Fall bequemerweise 'Dilatationskegel-Typus' nennen, um ihn vom gewöhnlichen Kegel-Typus zu unterscheiden.

3. Orientierung des Kegels. Nun bei unserem Fall unter der Voraussetzung des Dilatationskegel-Typus muß man den Kegel orientieren. Ein Symmetriepunkt auf der Knotenlinie ist ungefähr $\varphi = 23^\circ 15' N$ und $\lambda = 134^\circ 30' E$. Der Azimut L dieses Punktes vom Herd, $\varphi_h = 39^\circ 09' N$, $\lambda_h = 144^\circ 40' E$, wird gemäß der folgenden Formel leicht berechnet wie $L = S 30^\circ 45' W$. Die Formel lautet,

$$\sin L = \frac{\cos \varphi}{\sin \theta} \sin(\lambda_h - \lambda),$$

- wo λ_h die Länge des Herdes ist,
 λ die Länge des betreffenden Punktes ist,
 φ die Breite des betreffenden Punktes ist,
 θ die Winkelentfernung von (φ_h, λ_h) zu (φ, λ) ist,
 L der Azimut von Norden nach Westen gerechnet ist.

In diesem Fall ist $\theta = 18^\circ$. θ wird nach der Formel

6) K. SAKATA, *Umi to Sora*, 21 (1941), 176~184.

7) K. KAWASUMI, *Zisin*, 6 (1934), 32~53; *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 12 (1934), 660~705.

8) T. MINAKAMI, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 13 (1935), 114~129.

9) P. CALOI, *Boll. d. Soc. Sism. Italiana*, 35 (1937), 93~119.

$$\cos \theta = \sin \varphi_h \sin \varphi + \cos \varphi_h \cos \varphi \cos (\lambda_h - \lambda),$$

berechnet. Die Neigung der am Punkt θ auftauchenden Wellenstrahlen gleich unter der Krustenschicht wird nach der Angabe von B. Gutenberg¹⁰⁾ und C. F. Richter—On seismic Waves (fourth paper) Tabelle 1—ermittelt. Man setze den Winkel gleich $37^\circ 20'$. Die Ziffer in Minuten ist nicht von Bedeutung. Der andere Symmetriepunkt auf der Knotenlinie kommt als $\varphi = 64^\circ 11' \text{ N}$, $\lambda = 120^\circ 14' \text{ W}$ vor.

Die Winkelentfernung vom Herd ist $\theta = 58^\circ$. Der Emergenzwinkel für die am $\theta = 58^\circ$ auftauchende Welle wird auch durch die Gutenberg-Richtersche Tabelle ermittelt als 30° vom Vertikal. Daraus ergibt sich der Kegelwinkel ungefähr zu $82^\circ 40'$. Die Kegelachse ist um $11^\circ 20'$ vom Vertikal geneigt, und der Azimut der die Achse enthaltenden Vertikalebene ist $\text{N } 30^\circ 45' \text{ E}$.

4. **Reflexion der Wellen.** Die Reflexionsstelle (φ, λ) für die PP-Wellen d. h. der Mittelpunkt der Strecke, Herd-Station, wird durch die folgende Formel gegeben.

Nämlich

$$\sin \varphi = \cos \frac{\theta}{2} \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1 \sin \frac{\theta}{2} \cos L_1,$$

$$\sin (\lambda - \lambda_1) = \frac{\sin L_1 \sin \frac{\theta}{2}}{\cos \varphi}.$$

wo (φ_1, λ_1) die Breite und die Länge des Herdes sind,
 θ die Herdentfernung der Station ist,
 L_1 der vom Norden in die Uhrzeigerrichtung nämlich nach Osten gerechnete Azimut der Station ist.

Die Rechenergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt. In die in Ann Arbor beobachteten einmal reflektierten Wellen kann man hier etwas näher eingehen. Von der PP-Welle ist schon die Rede gewesen.

Für die SS-Phase muß man vorsichtiger betrachten wie schon bemerkt. Nämlich hängt die Reflexion¹¹⁾ der S-Welle von der Polarisation der Schwingung ab. Wenn die Richtung der Schwingung parallel zur Oberfläche nämlich horizontal ist, ist die Schwingungsrichtung der reflektierten S-Welle dieselbe wie die der eintretenden Welle.

Aber wenn die in der Vertikalebene schwingende S-Welle an der Oberfläche reflektiert wird, dann ist die Richtung der Horizontalkompo-

10) B. GUTENBERG and C. F. RICHTER, *Gerl. Beitr. z. Geophys.*, 54 (1939), 94 ~136.

11) *sieh.*, (5).

nent in der reflektierten Wellen an der Reflexionsstelle dieselbe und die von der Vertikalkomponent umgekehrt. Darum muß die Richtung der Horizontalkomponent der SS-Wellen an der auftauchenden Stelle umgekehrt sein zu der von der S-Phase, wenn das Phasenverhältnis der S-Phase dasselbe bleibt mit dem an der Reflexionsstelle. In Fig. 6 kann

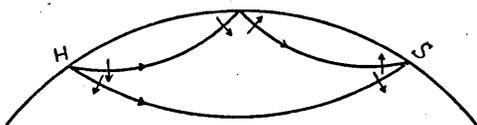


Fig. 6. Richtung der Schwingung der S-Welle.

man die Verhältnisse anschaulich machen.

Nun beim Kegel-Typus ist die durch den Herd zur Kegelachse senkrecht stehende Ebene die Knotenfläche für die S-Phase. Die Neigung dieser Fläche im unseren Falle ist $11^{\circ} 20'$. Dann ist der weiteste Punkt der Knotenlinie für die S-Welle ungefähr 15° vom Herd, und zwar $\varphi = 51^{\circ} 30' N$, $\lambda = 157^{\circ} E$. Der Azimut vom Herd zu Ann Arbor ist ungefähr $N 33^{\circ} 51' E$ und der Azimut der die Kegelachse enthaltenden Vertikalebene ist ungefähr $N 30^{\circ} 45' E$, was annähernd dasselbe ist. Dann liegt die Schwingungsrichtung der S-Wellen fast in der Vertikalebene. Darum in Ann Arbor ($\theta = 87.96^{\circ}$) und in der Reflexionsstelle ($\theta = 43.98^{\circ}$) muß die Phase der S-Welle dieselbe bleiben.

Im allgemeinen sind die Richtungskosinusse der Vertikale der Schwingungsebene der S-Wellen beim Kegel-Typus wie folgt,

$$L = \pm \frac{m_1 n_2 - m_2 n_1}{\sin \phi},$$

$$M = \pm \frac{n_1 l_2 - n_2 l_1}{\sin \phi},$$

$$N = \pm \frac{l_1 m_2 - l_2 m_1}{\sin \phi},$$

wo, l_1, m_1 und n_1 die Richtungskosinusse der Kegelachse sind,
 l_2, m_2 und n_2 die Richtungskosinusse der Strahlungsrichtung der Welle sind,

$$\cos \phi = l_1 l_2 + m_1 m_2 + n_1 n_2, \text{ ist.}$$

Das Vorzeichen mag man durch Verabredung geeignet bestimmen. Z. B. wenn die Richtung der Vertikale mit den Vektoren (l_1, m_1, n_1) und (l_2, m_2, n_2) im Verhältnisse der rechtsgängigen Schraube steht, mag man das + Zeichen nehmen.

Die Richtungskosinusse (λ, μ, ν) der Schwingungsrichtung ergeben sich dann,

$$\lambda = \pm (Mn_2 - m_2N),$$

$$\mu = \pm (Nl_2 - n_2L),$$

$$\nu = \pm (Lm_2 - l_2M).$$

Dadurch kann man Komponenten der S-Wellen in beliebiger Richtung leicht berechnen, wenn die Amplitude der betreffenden S-Welle bekannt ist.

5. Zusammenfassung. Bei diesem Erdbeben kann der Typus der Ausstrahlung der Wellen als Dilatationskegel-Typus genannt werden. Nämlich in der Richtung von der Kegelachse werden die Dilatationswellen bestrahlt und in der zur Kegelachse senkrechten Richtung die Kondensationswellen. Die Kegelachse ist um $11^\circ 20'$ vom Vertikal geneigt und liegt in einer Vertikalebene, deren Azimut $N 30^\circ 45' E$ ist. Solche Verteilung der Wellenstrahlung kann durch plötzliche Störung des Spannungszustandes erregt werden, in welchem vor der Störung in der zur Kegelachse senkrechten Richtung Tension herrscht und in der Richtung von der Achse Druck herrscht. Woher solcher Spannungszustand kommt ist natürlich ein anderes Problem.

Hier möchte ich Herrn Prof. Dr. R. Yosiya danken dafür, daß er mir den größten Teil der Reflexionsstellen berechnet hat.

Diese Forschung wurde zum Teil auf Kost der Ausgaben des Unterrichts-Ministeriums für wissenschaftliche Forschung ausgeführt.

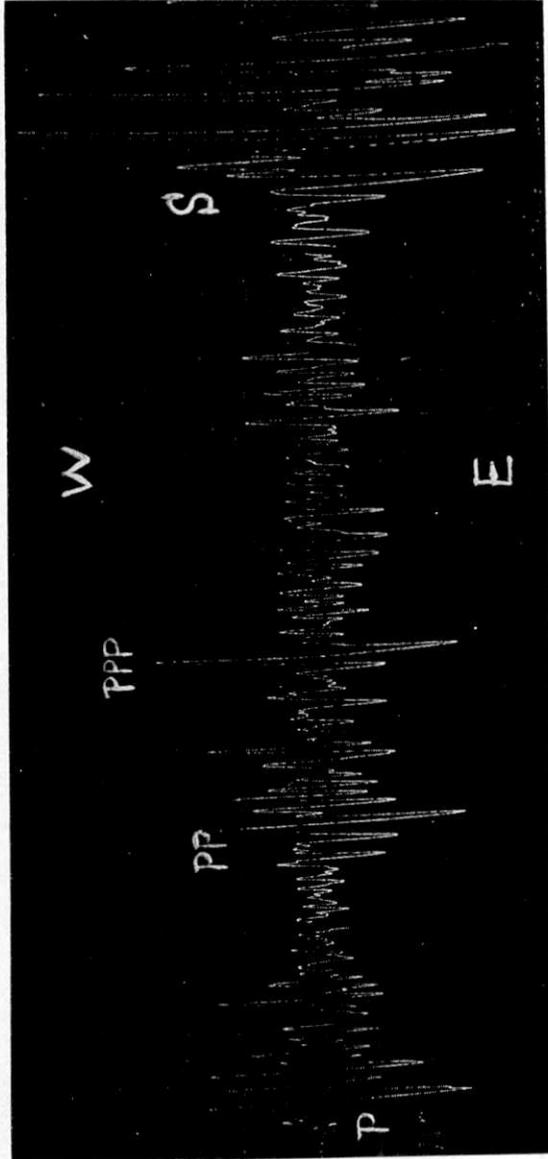


Fig. 2a. Kopenhagen: $V=195$, $T=9.8$ Sek, $v=4.2$, $\rho=0.7$.

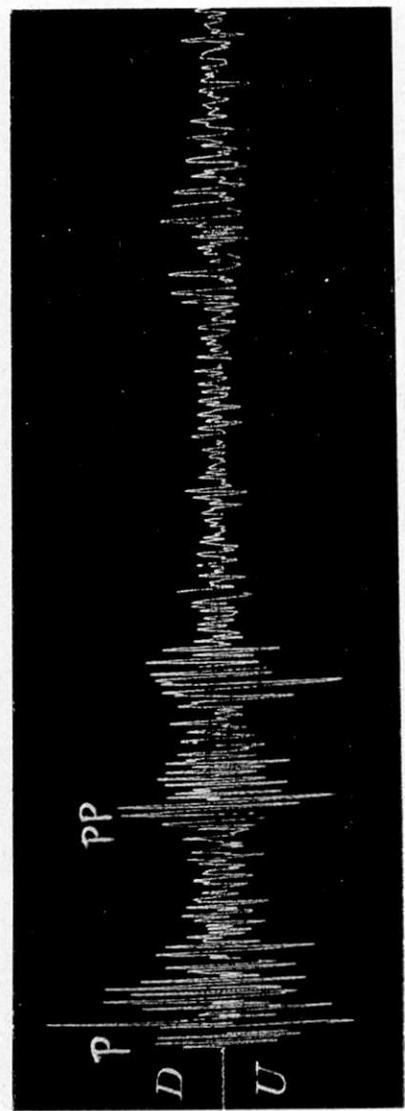


Fig. 2b. Kopenhagen: $V=170$, $T=5.4$ Sek, $v=4.6$, $\rho=0.2$.

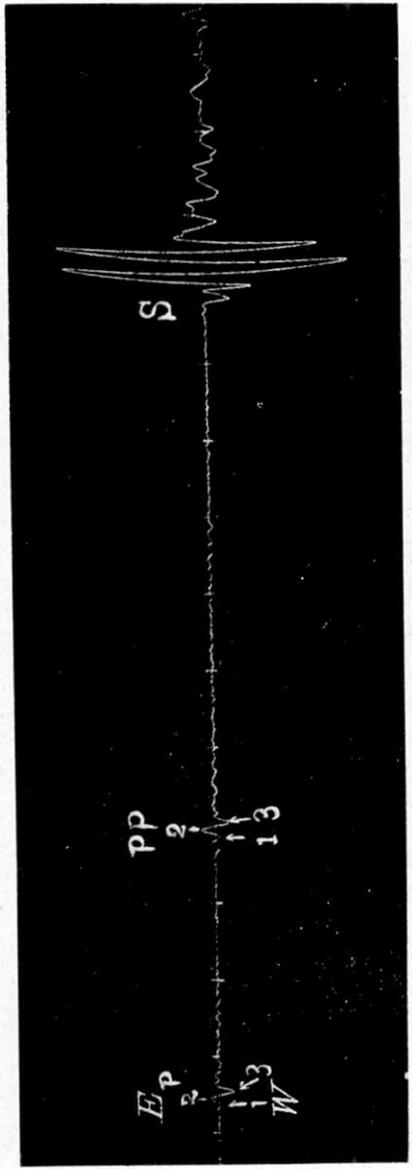


Fig. 3. Ann Arbor. (2/3 × Original) $V=30$, $T=15$ Sek.

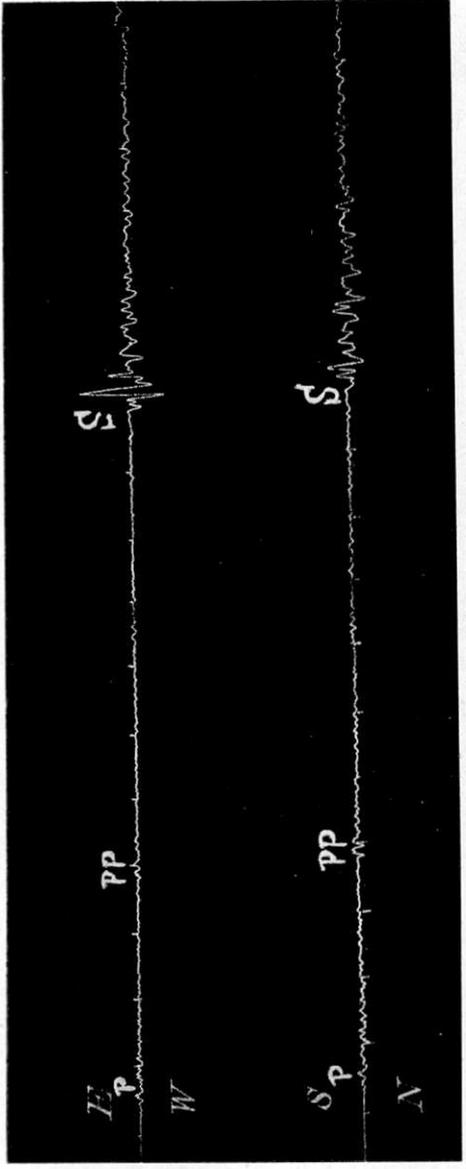


Fig. 4. Saint Louis. (2/3 × Original)

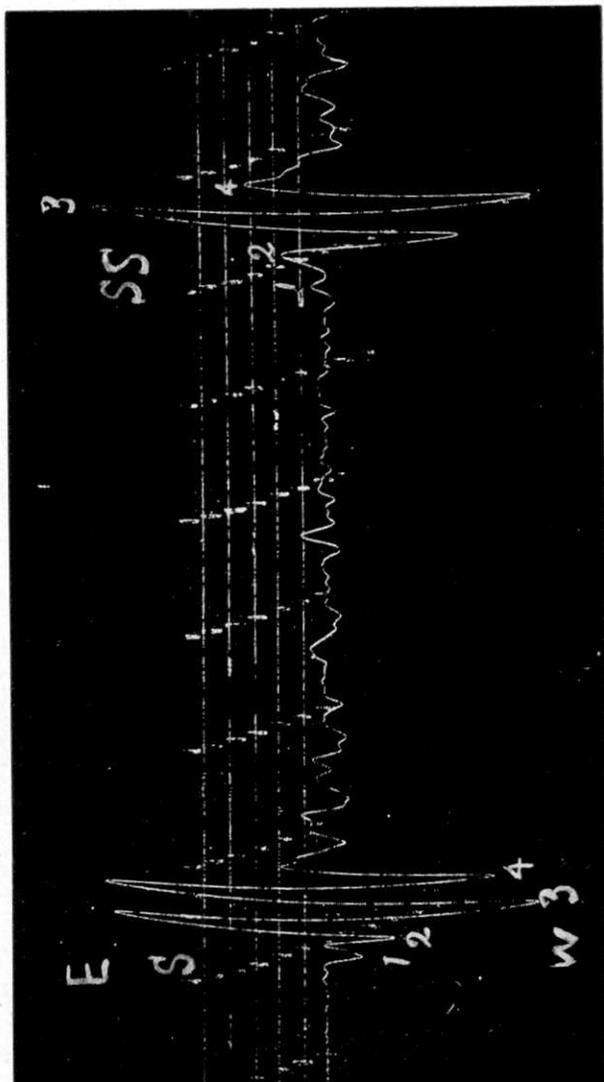


Fig. 5. Ann Arbor S- und SS-Wellen.

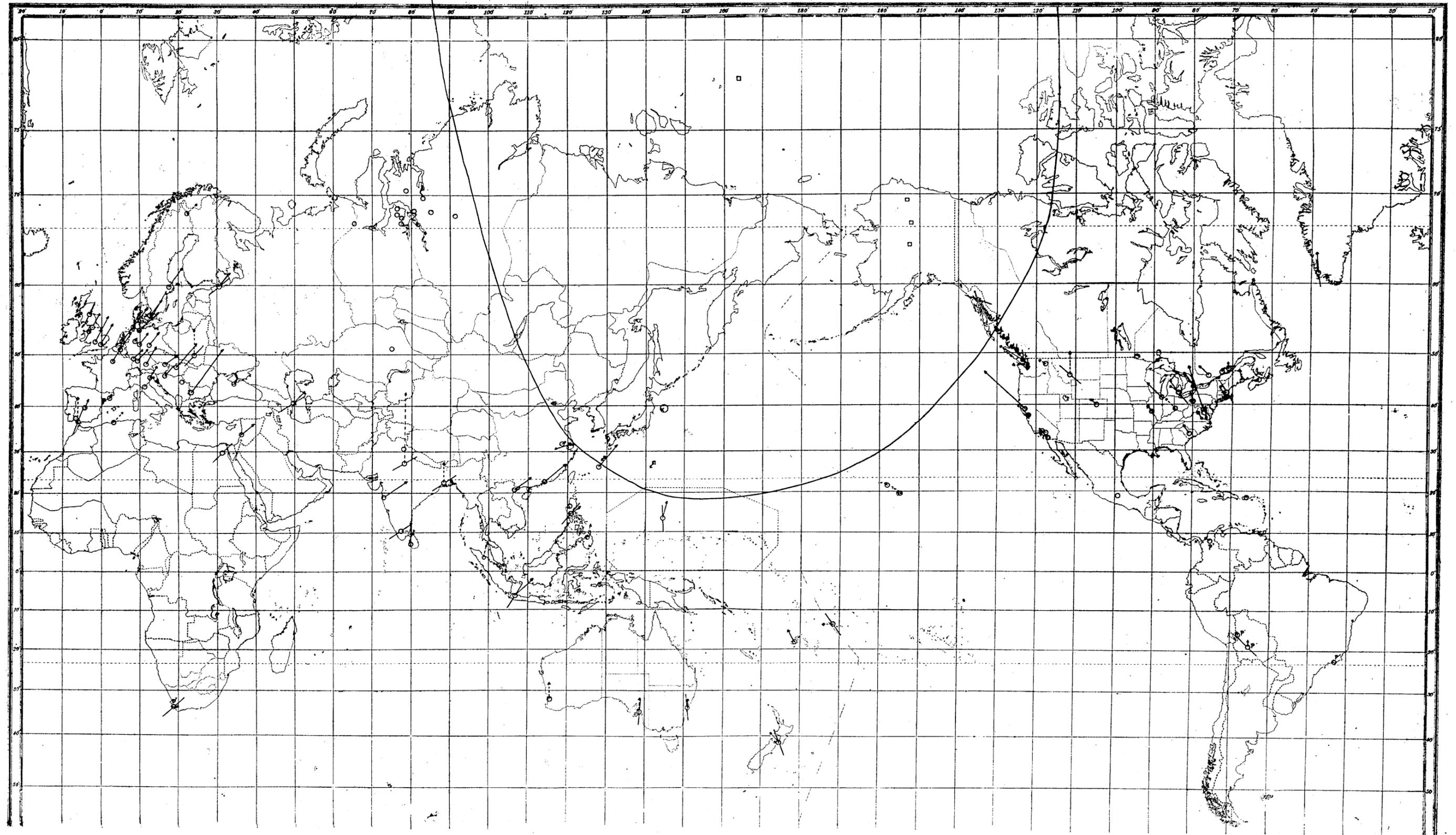


Fig. 1. Einsatz der P-Wellen und dessen Knotenlinie in bezug auf die Kondensation und die Dilatation.

Pfeil, Vektor der ersten Bewegung der P-Phase.
Pfeil mit gestrichelter Linie, eine Komponente gegeben.
Linie ohne Pfeil, Richtung von Station zum Herd.

12. *Syôwa 8 nen 3 gatu 3 ka no Ozisin.*IV. *Sindô no Bunpai.*

Zisin Kenkyûsyo.

MATUZAWA-Takeo.

Hôkoku sono I de nobeta Sekai no Zisin-Kansoku-syo kara no Zisin-Kisyô ni yoreba P-Nami no Hazimari no Hôkô oyobi Okisa wo hakkiri to sadameru koto no dekita Tokoro ga ôi. Nippon ni okeru mono wa Honda, Sagisaka, Takehana nado no Syosi ni yotte siraberarete iru. Sorera wo awasete kangacreba Osi-Hiki no Sakai wa oyoso dai-iti Zu ni simesita yôni naru. Kono Bunpu wa Syôgen-gata to site wa setumei dekinai. Zisin no Hassei ga Tikoku no Naka no Hariai no Zyôtai no kyû na Kawari ni yoru mono naraba Sindô no Bunpai wa daitai Singen wo Taisyô no Tyûsin to site Kumi ni natte arawareru to kangae rareru. Sitagatte kono Baai niwa Sin-ô no Kinzyo ni Hiki no Bubun wo katei suru koto ni yotte, Ensui-gata no Bunpu to miru koto ga dekiru. Tadasi Ensui no Ziku no Hôkô ni Hiki ga deru Baai ni naru. Ziku wa Entyoku-sei kara $11^{\circ} 20'$ hodo katamuki sono Hôikaku wa oyoso $N 30^{\circ} 45' E$ ni naru. Kono yôni kangacreba PP-Nami ya SS-Nami no Arawarekata mo umaku setumei dekiru. Ue no yôna Sindô no Bunpai kara Zisin no mae ni Ziku ni tyokkaku na Hôkô ni Hikihari no Hariai ga ari Ziku no Hôkô ni Osiai no Hariai ga atta mono to kangareru.
