

地震波生成に關する故中野廣博士の遺稿

故中野廣先生は優れた御人格と不世出の英才を惜まれ乍ら昭和4年逝去されたが、その短い御一生の間に成し遂げられた地震波傳播に關する數々の理論的研究の成果は燦として世界學界に輝き、眞に不朽の業績と仰がれてゐる。

先生はその御研究の極めて初期に於て、無限彈性體の一點に種々の形式の力を加へると如何なる形の波動が生成されるかと云ふ所謂發震機構と地震波生成に關する理論的研究をなされたのはよく知られてゐる所である⁽¹⁾。然るに同論文の掲載された中央氣象臺地震報告は印刷後間もなく關東大地震の劫火に遭ひ残念にも灰燼に歸してしまつた。その後須田⁽²⁾、松澤等の諸氏により獨立に同様な問題が取扱はれ、更に地震驗測の發展に伴ひ發震機構と地震波生成に關する研究は殊に本邦に於て理論的にも實際的にも最近異常な進歩をなしつつある。此の際に當り同問題に關する中野先生の最初の御仕事は如何なるものであつたかどうかして知りたいと云ふ事は常に我等の念頭を離れない渴望であつた。

昭和11年9月中野先生の師事された故寺田寅彦先生の御机を整理中の宮部直巳氏により、中野廣と署名されたフルスカップ紙10枚に走り書きされた原稿が見出された。宮部氏は早速藤原先生に御渡しになり、先生は又之を筆者に御示し下さつた。拜見すると中野先生の御筆蹟でしかも確かに永年我々の渴望してゐた先生の初期の御論文の要約と察せられ、躍り上らんばかりに喜び且つ不思議の御縁に驚く程であつた。萬一此の抜き書きが地震報告に掲載されたものゝ要約とは違つてゐるとしても夫自體として地震波生成の機構に關する極めて重要な研究である事は原稿を一見されれば何人でも肯かれることと思ふ。

岡田臺長先生並びに藤原先生の御指圖を仰ぎ此の度同原稿を印刷して各位の御参考に供し、且つは御逝去後10星霜中野先生を偲ぶよすがともする事とな

- (1) 例へば松澤；日本天文學及地球物理學輯報，第4卷 第1號，(1926)，33頁。
B. Gutenberg；Handb. der Geophys. Bd. IV. 157頁。
P. Byerly；Bull. Seism. Soc. Am. 28 (1938)，11頁。
- (2) The Seismological Bulletin of the Central Meteorological Observatory of Japan. 1. No. 3. (1923).
- (3) 須田；海と空，5. (1925). (4) 松澤；前出1~33頁。

つた。御原稿は恐らく心覚えの爲の抜き書き程度にしか記してない。よつて適
當な文章を書き加へて普通の論文の形にしたらとも考へられたが、抜き書きと
は云へ流石先生の御筆になることゝて簡単な記述乍ら意味はよく通ずる。且つ
片言隻語にも深遠な意味が含まれてゐるので、原文の儘で讀者自身夫々の立場
から充分に御味讀を願ふ事とし、此處には出来るだけ原稿の儘に印刷する事に
努めた。唯同じやうな形の式が並ぶ際に原稿には――として省略してある所
もあるが印刷には見易い様に完全の形にしてある。挿入の圖は原稿ではペンの
走り書きになつてゐるのを分り易い様に書き改めた。之等の點に誤があれば筆
者の責任である。尙蛇足ではあるが筆者の氣附いた點を二三脚註として記し
た。

終に宮部博士の御好意に對し深甚の謝意を表する次第である。

昭和 13 年 5 月 中央氣象臺にて 本多弘吉

1. Single Force

スベテノ方向=無限=ヒロガレル弾性體ヲ考フ。Origin = 於テハタラク力ガ
 $Rf(t)$ ナルトキ $[(l, m, n)]$ ノ方向=向フ, (x, y, z) = オケル acceleration ハ

$$\left. \begin{aligned} \ddot{u} &= \frac{R}{4\pi\rho} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(l \frac{\partial}{\partial x} + m \frac{\partial}{\partial y} + n \frac{\partial}{\partial z} \right) \left\{ \frac{f(t-ar)}{r} - \frac{f(t-br)}{r} \right\} + lb^2 \frac{f''(t-br)}{r} \right], \\ \ddot{v} &= \frac{R}{4\pi\rho} \left[\frac{\partial}{\partial y} \left(l \frac{\partial}{\partial x} + m \frac{\partial}{\partial y} + n \frac{\partial}{\partial z} \right) \left\{ \frac{f(t-ar)}{r} - \frac{f(t-br)}{r} \right\} + mb^2 \frac{f''(t-br)}{r} \right], \\ \ddot{w} &= \frac{R}{4\pi\rho} \left[\frac{\partial}{\partial z} \left(l \frac{\partial}{\partial x} + m \frac{\partial}{\partial y} + n \frac{\partial}{\partial z} \right) \left\{ \frac{f(t-ar)}{r} - \frac{f(t-br)}{r} \right\} + nb^2 \frac{f''(t-br)}{r} \right]. \end{aligned} \right\} (C)$$

(1) 無限に擴つた弾性體内にとつた直角座標 (x, y, z) の原點に於て x 軸の方向に $X_x(t)$ なる力が働いたとする。(但し t は時を表はす)。任意の一點 (x, y, z) の x, y, z -軸の方向の變位 u_1, v_1, w_1 は夫々

$$\begin{aligned} u_1 &= \frac{1}{4\pi\rho} \left[\frac{\partial^{2r-1}}{\partial x^2} \int_{ar}^{br} t' X_x(t-t') dt' + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial r}{\partial x} \right)^2 \{ a^2 X_x(t-ar) - b^2 X_x(t-br) \} + \frac{b^2}{r} X_x(t-br) \right], \\ v_1 &= \frac{1}{4\pi\rho} \left[\frac{\partial^{2r-1}}{\partial x \partial y} \int_{ar}^{br} t' X_x(t-t') dt' + \frac{1}{r} \frac{\partial r}{\partial x} \frac{\partial r}{\partial y} \{ a^2 X_x(t-ar) - b^2 X_x(t-br) \} \right], \\ w_1 &= \frac{1}{4\pi\rho} \left[\frac{\partial^{2r-1}}{\partial x \partial z} \int_{ar}^{br} t' X_x(t-t') dt' + \frac{1}{r} \frac{\partial r}{\partial x} \frac{\partial r}{\partial z} \{ a^2 X_x(t-ar) - b^2 X_x(t-br) \} \right]. \end{aligned}$$

で與へられる。(A. E. H. Love; Elasticity, 4th Edition. 305 頁による)。

u_1 より x -方向の加速度 \ddot{u}_1 を求めると

$$\ddot{u}_1 = \frac{1}{4\pi\rho} \left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left\{ \frac{X_x(t-ar)}{r} - \frac{X_x(t-br)}{r} \right\} + \frac{b^2}{r} X_x''(t-br) \right]$$

と表される。同様に原點に於て y -軸及び z -軸の方向に夫々 $X_y(t)$ 及び $X_z(t)$ なる力が働く時の (x, y, z) 點に於ける x -軸の方向の加速度を夫々 \ddot{u}_2 及び \ddot{u}_3 とすると

$$\begin{aligned} \ddot{u}_2 &= \frac{1}{4\pi\rho} \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} \left\{ \frac{X_y(t-ar)}{r} - \frac{X_y(t-br)}{r} \right\}, \\ \ddot{u}_3 &= \frac{1}{4\pi\rho} \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \frac{X_z(t-ar)}{r} - \frac{X_z(t-br)}{r} \right\}. \end{aligned}$$

である。

今一般に原點に於て (l, m, n) の方向に $Rf(t)$ なる力が働いたとすると

$$X_x = lRf(t), \quad X_y = mRf(t), \quad X_z = nRf(t)$$

で, (x, y, z) 點の x -方向の加速度 \ddot{u} は

$$\ddot{u} = \ddot{u}_1 + \ddot{u}_2 + \ddot{u}_3 \text{ であるから}$$

$$\ddot{u} = \frac{R}{4\pi\rho} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(l \frac{\partial}{\partial x} + m \frac{\partial}{\partial y} + n \frac{\partial}{\partial z} \right) \left\{ \frac{f(t-ar)}{r} - \frac{f(t-br)}{r} \right\} + lb^2 \frac{f''(t-br)}{r} \right]$$

となる。 \ddot{v}, \ddot{w} も同様に求められる。

(本多記す)

ナリ。 a ハ irrotational wave ノ velocity ノ 逆數, b ハ distortional wave
 ノ velocity ノ 逆數, l, m, n ハ力ノ方向ノ direction cosines, ρ ハ density,
 $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ナリ。

$$\frac{\partial}{\partial x} \frac{f(t-ar)}{r} = -\frac{1}{r} \frac{\partial r}{\partial x} \left\{ af'(t-ar) + \frac{f(t-ar)}{r} \right\}.$$

今 $f(t) = 0$ for $t < 0$,
 $= t^n$ for $\varepsilon > t \geq 0$ (但シ ε ハ小ナリトス)

トスレバ, $af'(t-ar) = na(t-ar)^{n-1}$, $\frac{f(t-ar)}{r} = \frac{(t-ar)^n}{r}$.

$$\therefore \frac{\frac{f(t-ar)}{r}}{af'(t-ar)} = \frac{t-ar}{nar}.$$

今 $\varepsilon > t-ar \geq 0$ トスレバ $\frac{t-ar}{nar} < \frac{\varepsilon}{nar}$.

故ニ $ar \geq \varepsilon/n$ 或ハ n ハ finite ナリトスレバ $ar \geq \varepsilon$ ナル場合ニハ $f(t-ar)$
 ヲ含ム term ハ $f'(t-ar)$ ヲ含ム term ニ比シテ negligible ナリ。コノ場
 合ニハ

$$\frac{\partial}{\partial x} \frac{f(t-ar)}{r} = -a \frac{f'(t-ar)}{r} \frac{\partial r}{\partial x}.$$

y, z ニツキテ微分スル場合モ同様ナリ, 又 higher order ノ derivatives ヲ
 求ムル場合モ同様ナリ。又 $t-br$ ヲ含ム term ニツキテモ同様ナリ。 ar ハ
 disturbance ガ source ヨリ propagate シ來ルニ要スル時間ナリ。 ε ハ initial
 motion ノツヅク時間ナリ。故ニ $ar \geq \varepsilon$ ナル條件ハ initial motion ノツヅク
 time interval ガ source ヨリ propagate シ來ルニ要スル時間ニ比シテ小ナル
 コトヲ意味ス。コノ條件ヲ満足スル場合ニハ

$$\ddot{u} = \ddot{u}_1 + \ddot{u}_2, \quad \ddot{v} = \ddot{v}_1 + \ddot{v}_2, \quad \ddot{w} = \ddot{w}_1 + \ddot{w}_2, \quad \text{トシテ}$$

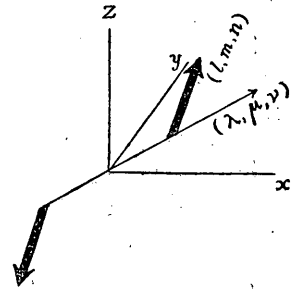
$$\left. \begin{aligned} \ddot{u}_1 &= \frac{R a^2}{4\pi\rho} x (lx + my + nz) \frac{f''(t-ar)}{r^3}, \\ \ddot{v}_1 &= \frac{R a^2}{4\pi\rho} y (lx + my + nz) \frac{f''(t-ar)}{r^3}, \\ \ddot{w}_1 &= \frac{R a^2}{4\pi\rho} z (lx + my + nz) \frac{f''(t-ar)}{r^3}. \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \ddot{u}_2 &= \frac{Rb^2}{4\pi\rho} \{lr^2 - x(lx + my + nz)\} \frac{f''(t-br)}{r^3}, \\ \ddot{v}_2 &= \frac{Rb^2}{4\pi\rho} \{mr^2 - y(lx + my + nz)\} \frac{f''(t-br)}{r^3}, \\ \ddot{w}_2 &= \frac{Rb^2}{4\pi\rho} \{nr^2 - z(lx + my + nz)\} \frac{f''(t-br)}{r^3}. \end{aligned} \right\}$$

コノ場合ハ ($\ddot{u}_1, \ddot{v}_1, \ddot{w}_1$) ハ irrotational wave = ヨル acceleration, ($\ddot{u}_2, \ddot{v}_2, \ddot{w}_2$) ハ distortional wave = ヨル acceleration ナリ。而シテ ($\ddot{u}_1, \ddot{v}_1, \ddot{w}_1$) ハ propagation ノ方向 = 向ヒ, ($\ddot{u}_2, \ddot{v}_2, \ddot{w}_2$) ハ propagation ノ方向 = 垂直ナリ。 $f(t) \propto e^{ipt}$ ナル場合 = ハ $ar \gg \varepsilon$ ノ代リ = $ar \gg 1/p$ ナル條件ヲ得。コレハ propagation ノ time ガ wave ノ period = 比シテ大ナルコトヲ意味ス。

2. Double Forces.

$$\begin{aligned} x &= \lambda\delta, y = \mu\delta, z = \nu\delta &= (l, m, n) &= \text{向フ力} \\ x &= -\lambda\delta, y = -\mu\delta, z = -\nu\delta &= (-l, -m, -n) &= \text{向フ力} \end{aligned}$$



ガハタラク場合。

Double forces ノ moment ハ $Sf(t)$ トス。

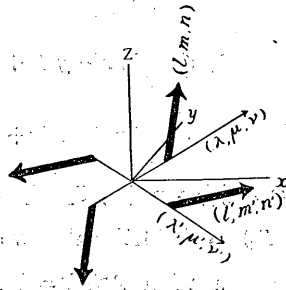
$$\left. \begin{aligned} \ddot{u}_1 &= \frac{Sa^3}{4\pi\rho} x(\lambda x + \mu y + \nu z) (lx + my + nz) \frac{f'''(t-ar)}{r^4}, \\ \ddot{v}_1 &= \frac{Sa^3}{4\pi\rho} y(\lambda x + \mu y + \nu z) (lx + my + nz) \frac{f'''(t-ar)}{r^4}, \\ \ddot{w}_1 &= \frac{Sa^3}{4\pi\rho} z(\lambda x + \mu y + \nu z) (lx + my + nz) \frac{f'''(t-ar)}{r^4}, \\ \ddot{u}_2 &= \frac{Sb^3}{4\pi\rho} (\lambda x + \mu y + \nu z) \{lr^2 - x(lx + my + nz)\} \frac{f'''(t-br)}{r^4}, \\ \ddot{v}_2 &= \frac{Sb^3}{4\pi\rho} (\lambda x + \mu y + \nu z) \{mr^2 - y(lx + my + nz)\} \frac{f'''(t-br)}{r^4}, \\ \ddot{w}_2 &= \frac{Sb^3}{4\pi\rho} (\lambda x + \mu y + \nu z) \{nr^2 - z(lx + my + nz)\} \frac{f'''(t-br)}{r^4}. \end{aligned} \right\}$$

3. Two Double Forces.

二ツノ double forces ノ moment ハ相等シク、力ノ方向ハ各々 (l, m, n),

(l', m', n') トス。

$$\left. \begin{aligned} \ddot{u}_1 &= \frac{Sa^3}{4\pi\rho} x \{(\lambda x + \mu y + \nu z)(lx + my + nz) + (\lambda'x \\ &+ \mu'y + \nu'z)(l'x + m'y + n'z)\} \frac{f'''(t-ar)}{r^4}, \\ \ddot{v}_1 &= \frac{Sa^3}{4\pi\rho} y \{(\lambda x + \mu y + \nu z)(lx + my + nz) + (\lambda'x \\ &+ \mu'y + \nu'z)(l'x + m'y + n'z)\} \frac{f'''(t-ar)}{r^4}, \\ \ddot{w}_1 &= \frac{Sa^3}{4\pi\rho} z \{(\lambda x + \mu y + \nu z)(lx + my + nz) + (\lambda'x \\ &+ \mu'y + \nu'z)(l'x + m'y + n'z)\} \frac{f'''(t-ar)}{r^4}. \end{aligned} \right\}$$

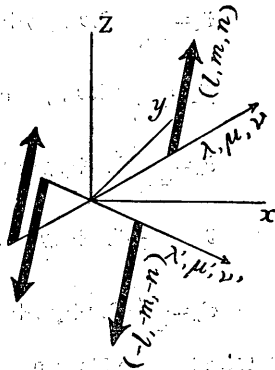


$$\left. \begin{aligned} \ddot{u}_2 &= \frac{Sb^3}{4\pi\rho} [(\lambda x + \mu y + \nu z) \{lr^2 - x(lx + my + nz)\} + (\lambda'x + \mu'y + \nu'z) \\ &\{l'r^2 - x(l'x + m'y + n'z)\}] \frac{f'''(t-br)}{r^4}, \\ \ddot{v}_2 &= \frac{Sb^3}{4\pi\rho} [(\lambda x + \mu y + \nu z) \{mr^2 - y(lx + my + nz)\} + (\lambda'x + \mu'y + \nu'z) \\ &\{m'r^2 - y(l'x + m'y + n'z)\}] \frac{f'''(t-br)}{r^4}, \\ \ddot{w}_2 &= \frac{Sb^3}{4\pi\rho} [(\lambda x + \mu y + \nu z) \{nr^2 - z(lx + my + nz)\} + (\lambda'x + \mu'y + \nu'z) \\ &\{n'r^2 - z(l'x + m'y + n'z)\}] \frac{f'''(t-br)}{r^4}. \end{aligned} \right\}$$

4. Quadruple Forces.

力ノ方向ハ各々 (l, m, n) , $(-l, -m, -n)$ トス。

$$\left. \begin{aligned} \ddot{u}_1 &= \frac{Qa^4}{4\pi\rho} x(lx + my + nz) \{(\lambda x + \mu y + \nu z)^2 \\ &- (\lambda'x + \mu'y + \nu'z)^2\} \frac{f^{(iv)}(t-ar)}{r^5}, \\ \ddot{v}_1 &= \frac{Qa^4}{4\pi\rho} y(lx + my + nz) \{(\lambda x + \mu y + \nu z)^2 \\ &- (\lambda'x + \mu'y + \nu'z)^2\} \frac{f^{(iv)}(t-ar)}{r^5}, \\ \ddot{w}_1 &= \frac{Qa^4}{4\pi\rho} z(lx + my + nz) \{(\lambda x + \mu y + \nu z)^2 \\ &- (\lambda'x + \mu'y + \nu'z)^2\} \frac{f^{(iv)}(t-ar)}{r^5}. \end{aligned} \right\}$$



$$\left. \begin{aligned} \ddot{u}_z &= \frac{Qb^4}{4\pi\rho} \left\{ lr^2 - x(lx + my + nz) \right\} \{(\lambda x + \mu y + \nu z)^2\} \\ &\quad - (\lambda'x + \mu'y + \nu'z)^2 \frac{f^{(IV)}(t-br)}{r^5}, \\ \ddot{v}_z &= \frac{Qb^4}{4\pi\rho} \left\{ mr^2 - y(lx + my + nz) \right\} \{(\lambda x + \mu y + \nu z)^2\} \\ &\quad - (\lambda'x + \mu'y + \nu'z)^2 \frac{f^{(IV)}(t-br)}{r^5}, \\ \ddot{w}_z &= \frac{Qb^4}{4\pi\rho} \left\{ nr^2 - z(lx + my + nz) \right\} \{(\lambda x + \mu y + \nu z)^2\} \\ &\quad - (\lambda'x + \mu'y + \nu'z)^2 \frac{f^{(IV)}(t-br)}{r^5}. \end{aligned} \right\}$$

5. Accelerations at the Plane $z=f$.

$z=f$ (2) 7 surface 卜考へコノ plane = 於ケル acceleration 7 求ム。
 $\varpi = \sqrt{x^2 + y^2}$, $\varphi = \tan^{-1} \frac{y}{x}$ 卜ス。

i) Single Force

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\vartheta}_{1\varpi} &= \frac{Ra^2}{4\pi\rho} \frac{f''(t-ar)}{r^3} \{(\cos\varphi + m\sin\varphi)\varpi + nf\} \varpi, \\ \ddot{\vartheta}_{1\varphi} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\vartheta}_{2\varpi} &= \frac{Rb^2}{4\pi\rho} \frac{f''(t-ar)}{r^3} \{(\cos\varphi + m\sin\varphi)f - n\varpi\} f, \\ \ddot{\vartheta}_{2\varphi} &= -\frac{Rb^2}{4\pi\rho} \frac{f''(t-br)}{r^3} \{(\sin\varphi - m\cos\varphi)(\varpi^2 + f^2)\}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ii) Double Forces

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\vartheta}_{1\varpi} &= \frac{Sa^3}{4\pi\rho} \frac{f'''(t-ar)}{r^4} \{(\lambda\cos\varphi + \mu\sin\varphi)\varpi + \nu f\} \{(\cos\varphi + m\sin\varphi)\varpi + nf\} \varpi, \\ \ddot{\vartheta}_{1\varphi} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\vartheta}_{2\varpi} &= \frac{Sb^3}{4\pi\rho} \frac{f'''(t-br)}{r^4} \{(\lambda\cos\varphi + \mu\sin\varphi)\varpi + \nu f\} \{(\cos\varphi + m\sin\varphi)f - n\varpi\} f, \\ \ddot{\vartheta}_{2\varphi} &= -\frac{Sb^3}{4\pi\rho} \frac{f'''(t-br)}{r^4} \{(\lambda\cos\varphi + \mu\sin\varphi)\varpi + \nu f\} \{(\sin\varphi - m\cos\varphi)(\varpi^2 + f^2)\}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

iii) Two Double Forces

(2) f は此處には常數としてある。 $f(t-ar)$ 等の f とは勿論全然違ふ。

(3) ϑ は變位を表はす,

(本多記す)

$$\ddot{\vartheta}_{1\varpi} = \frac{Sa^3 f'''(t-ar)}{4\pi\rho r^4} \left[\{(\lambda \cos \varphi + \mu \sin \varphi)\varpi + \nu f\} \{(l \cos \varphi + m \sin \varphi)\varpi + n f\} + \{(\lambda' \cos \varphi + \mu' \sin \varphi)\varpi + \nu' f\} \{(l' \cos \varphi + m' \sin \varphi)\varpi + n' f\} \right] \varpi, \quad (5)$$

$$\ddot{\vartheta}_{1\varphi} = 0.$$

$$\ddot{\vartheta}_{2\varpi} = \frac{Sb^3 f'''(t-br)}{4\pi\rho r^4} \left[\{(\lambda \cos \varphi + \mu \sin \varphi)\varpi + \nu f\} \{(l \cos \varphi + m \sin \varphi)f - n\varpi\} + \{(\lambda' \cos \varphi + \mu' \sin \varphi)\varpi + \nu' f\} \{(l' \cos \varphi + m' \sin \varphi)f - n'\varpi\} \right] f, \quad (6)$$

$$\ddot{\vartheta}_{2\varphi} = -\frac{Sb^3 f'''(t-br)}{4\pi\rho r^4} \left[\{(\lambda \cos \varphi + \mu \sin \varphi)\varpi + \nu f\} (l \sin \varphi - m \cos \varphi) + \{(\lambda' \cos \varphi + \mu' \sin \varphi)\varpi + \nu' f\} (l' \sin \varphi - m' \cos \varphi) \right] (\varpi^2 + f^2).$$

iv) Quadruple Forces

$$\ddot{\vartheta}_{1\varpi} = \frac{Q a^4 f^{(iv)}(t-ar)}{4\pi\rho r^5} \left[\{(\lambda \cos \varphi + \mu \sin \varphi)\varpi + \nu f\}^2 - \mu - \{(\lambda' \cos \varphi + \mu' \sin \varphi)\varpi + \nu' f\}^2 \right] \{(l \cos \varphi + m \sin \varphi)\varpi + n f\} \varpi, \quad (7)$$

$$\ddot{\vartheta}_{1\varphi} = 0.$$

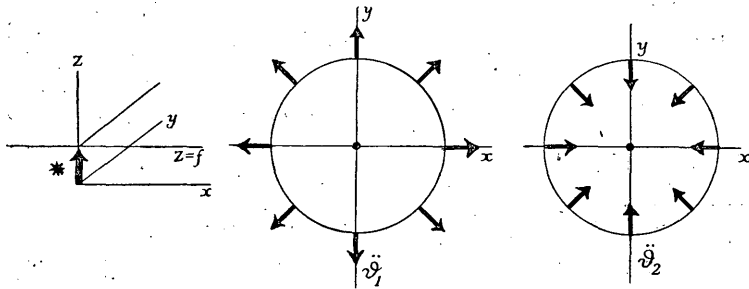
$$\ddot{\vartheta}_{2\varpi} = \frac{Qb^4 f^{(iv)}(t-br)}{4\pi\rho r^5} \left[\{(\lambda \cos \varphi + \mu \sin \varphi)\varpi + \nu f\}^2 - \{(\lambda' \cos \varphi + \mu' \sin \varphi)\varpi + \nu' f\}^2 \right] \{(l \cos \varphi + m \sin \varphi)f - n\varpi\} f, \quad (8)$$

$$\ddot{\vartheta}_{2\varphi} = -\frac{Qb^4 f^{(iv)}(t-br)}{4\pi\rho r^5} \left[\{(\lambda \cos \varphi + \mu \sin \varphi)\varpi + \nu f\}^2 - \{(\lambda' \cos \varphi + \mu' \sin \varphi)\varpi + \nu' f\}^2 \right] (l \sin \varphi - m \cos \varphi) (\varpi^2 + f^2).$$

6. Special Cases.

i) Single Vertical Force. (1), (2) = 於テ $l=m=0, n=1$ トオク。

$$\ddot{\vartheta}_{1\varpi} = Af\varpi, \quad \ddot{\vartheta}_{1\varphi} = 0, \quad \ddot{\vartheta}_{2\varpi} = -Bf\varpi, \quad \ddot{\vartheta}_{2\varphi} = 0,$$



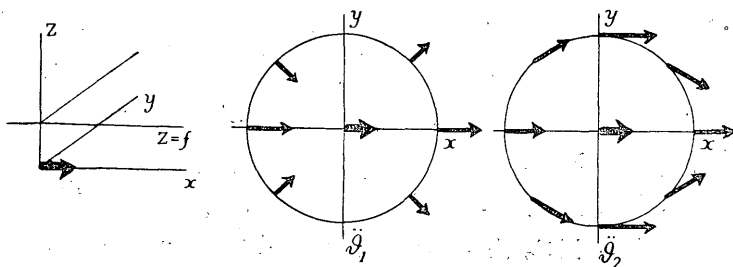
where $A = \frac{Ra^2 f''(t-ar)}{4\pi\rho r^3}$, $B = \frac{Rb^2 f''(t-br)}{4\pi\rho r^3}$.

この場合 $\mathcal{J}_1 = \text{Nodal Line ナシ}$ 。

ii) Single Horizontal Force. (1), (2) = 於テ $l=1, m=n=0$ トオク。

$$\mathcal{J}_{1\varpi} = A\varpi^2 \cos\varphi, \mathcal{J}_{1\varphi} = 0, \mathcal{J}_{2\varpi} = Bf^2 \cos\varphi, \mathcal{J}_{2\varphi} = -B(\varpi^2 + f^2) \sin\varphi.$$

A, B ハ i) ト同ジ。 $\mathcal{J}_1 = 1$ 個ノ nodal line アリ。



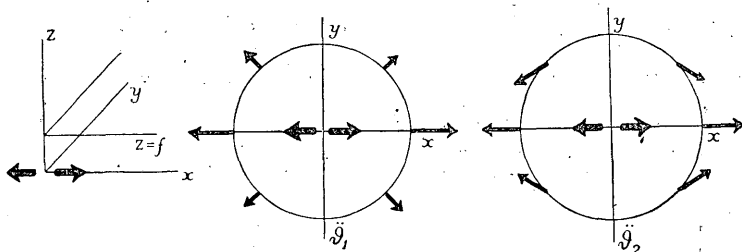
iii) Horizontal Double Forces without Moment. (3), (4) = 於テ

$l=1, m=n=0, \lambda=1, \mu=\nu=0$ トオク。

$$\mathcal{J}_{1\varpi} = A_1\varpi^3 \cos^2\varphi, \mathcal{J}_{1\varphi} = 0, \mathcal{J}_{2\varpi} = B_1f^2\varpi \cos^2\varphi, \mathcal{J}_{2\varphi} = -B_1(\varpi^2 + f^2)\varpi \sin\varphi \cos\varphi,$$

where $A_1 = \frac{Sa^3 f'''(t-ar)}{4\pi\rho r^4}$, $B_1 = \frac{Sb^3 f'''(t-br)}{4\pi\rho r^4}$

$\mathcal{J}_1 = \text{nodal line ナシ}$ 。



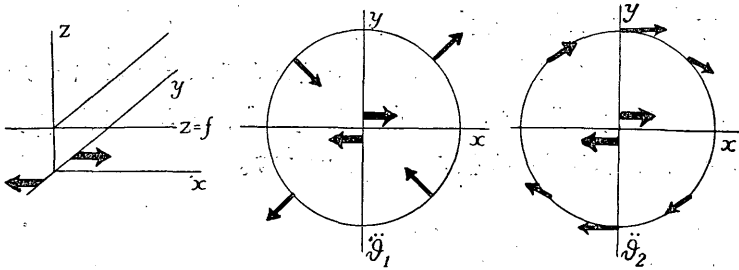
iv) Horizontal Double Forces with Moment. (3), (4) = 於テ $l=1, m=n=0,$

$\lambda=0, \mu=1, \nu=0$ トオク。

$$\mathcal{J}_{1\varpi} = A_1\varpi^3 \cos\varphi \sin\varphi, \mathcal{J}_{1\varphi} = 0.$$

$$\mathcal{J}_{2\varpi} = B_1f^2\varpi \cos\varphi \sin\varphi, \mathcal{J}_{2\varphi} = -B_1(\varpi^2 + f^2)\varpi \sin^2\varphi.$$

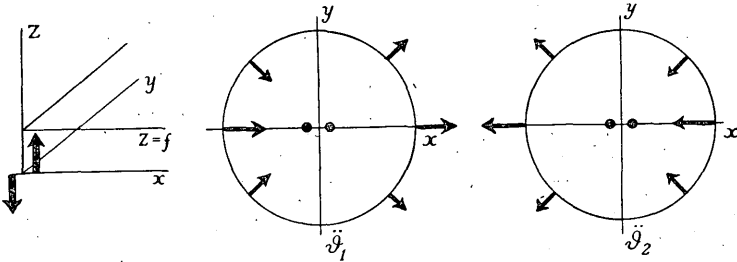
A_1, B_1 へ iii) = 同ジ。 $\dot{\mathcal{J}}_1 = \text{ハ互} = \text{垂直ナル 2 個ノ nodal lines アリ。}$



v) Vertical Double Forces with Moment. (3), (4) = 於テ $l=m=0, n=1, \lambda=1, \mu=\nu=0$ トオク。

$$\dot{\mathcal{J}}_{1\omega} = A_1 f \omega^2 \cos \varphi, \quad \dot{\mathcal{J}}_{1\varphi} = 0. \quad \dot{\mathcal{J}}_{2\omega} = -B_1 f \omega^2 \cos \varphi, \quad \dot{\mathcal{J}}_{2\varphi} = 0.$$

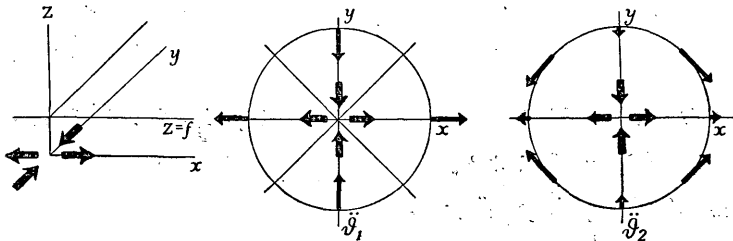
A_1, B_1 へ iii) = 同ジ。 $\dot{\mathcal{J}}_1 = \text{ハ 1 個ノ nodal line アリ。}$



vi) Horizontal Two Double Forces. (5), (6) = 於テ $l=1, m=0, n=0, \lambda=1, \mu=0, \nu=0, l'=0, m'=-1, n'=0, \lambda'=0, \mu'=1, \nu'=0$ トオク。

$$\dot{\mathcal{J}}_{1\omega} = A_1 \omega^3 (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi), \quad \dot{\mathcal{J}}_{1\varphi} = 0.$$

$$\dot{\mathcal{J}}_{2\omega} = B_1 f^2 \omega (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi), \quad \dot{\mathcal{J}}_{2\varphi} = -2B_1 (\omega^2 + f^2) \omega \cos \varphi \sin \varphi.$$



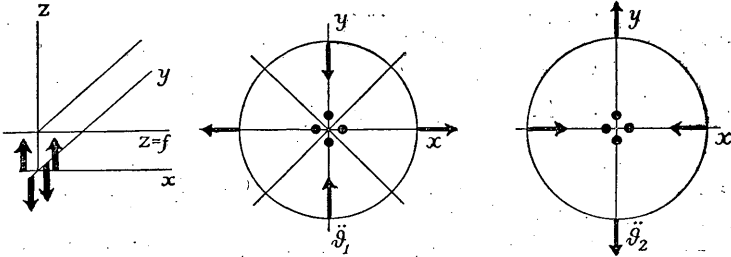
$\mathcal{J}_1 = \text{ハ} \text{互} = \text{垂直ナル} 2 \text{ツノ nodal lines アリ。}$

vii) Vertical Quadruple Forces. (7), (8) = 於テ $l=m=0, n=1, \lambda=1, \mu=0, \nu=0, \lambda'=0, \mu'=1, \nu'=0$, トオク。

$$\mathcal{J}_{1\varpi} = A_2 f \varpi^3 (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi), \quad \mathcal{J}_{1\varphi} = 0, \quad \mathcal{J}_{2\varpi} = -B_2 f w^3 (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi), \quad \mathcal{J}_{2\varphi} = 0$$

$$\text{where } A_2 = \frac{Qa^4 f^{(1\nu)}(t-ar)}{4\pi\rho r^5}, \quad B_2 = \frac{Qb^4 f^{(1\nu)}(t-br)}{4\pi\rho r^5}.$$

$\mathcal{J}_1 = \text{ハ} 2 \text{ツノ} \text{互} = \text{垂直ナル nodal lines アリ。}$



7. Comparisons of Various Cases

(i) ト (iii) トハ $\mathcal{J}_1 = \text{テハ} \text{共} = \text{nodal line ナシ}$ 。(ii) ト (v) トハ $\mathcal{J}_1 = \text{テハ} \text{共} = 1 \text{本ノ nodal line アリ}$ 。(iv) ト (vi) ト (vii) トハ共 = 2 本ノ nodal lines アリ。是等ノ場合 = irrotational wave = ヨル acceleration \mathcal{J}_1 ノミヲ見ル時 = ハ區別シ難シ。然レドモ distortional wave = ヨル acceleration \mathcal{J}_2 ヲ observe スレバ區別スルヲ得。但シ distortional wave ノ initial motions ハ他ノ wave = カクザレテソノ方向ヲ容易ニ見出シ難キ時 = ハソノ magnitude ト irrotational wave ノ magnitude トノ比ヲ求メコレノ分布ヲ見ルガ便ナリ。

(i) ト (iii) トノ場合. (i) ニテハ $\mathcal{J}_{2\varphi} = 0$, (iii) ニテハ一般ニハ $|\mathcal{J}_{2\varpi}| = \text{比シテ} |\mathcal{J}_{2\varphi}| \text{ガ極メテ大ナリ}$ 。(ϖ ガ $f = \text{比シテ大ナル場合}$), 而シテ (i) ニテハ \mathcal{J}_2 ハ epicentre = 對シテ symmetrical ナレドモ (iii) ニテハ然ラズ。

(ii) ト (v) トノ場合. (ii) ニテハ nodal line ノ上ニテハ \mathcal{J}_2 ハ tangential ナリ。而シテソノ magnitude ハコノ方向ニテ最大ナリ。(v)ニテハ nodal line ノ上ニテハ \mathcal{J}_2 ハ零ナリ。從ツテソノ magnitude ハコノ方向ニテハ最小ナリ。

(iv) ト (vi) ト (vii) トノ場合. (iv) ニテハ \mathcal{J}_2 ハ nodal lines ノ一ツノ上ニテ零トナリ他ノ一ツノ上ニテ最大トナル。(vi)ニテハ \mathcal{J}_2 ハ 2 ツノ nodal lines

ノ上ニテ最大トナリソノ中間ノ方向ニテ最小トナル。(ω ガ f ニ比シテ大ナル場合)。 (vii)ニテハ β_2 ハ 2 ツノ nodal lines ノ上ニテ零ニナリソノ中間ニテ最大ニナル。

ω ガ f ニ比シテ大ナル時即チ focal depth ニ比シテ distance ガ大ナルトキニハ

$$(i) \text{ニテハ } \frac{|\beta_2|}{|\beta_1|} = \text{const}, \quad (iii) \text{ニテハ } \frac{|\beta_2|}{|\beta_1|} \propto \frac{\cos \varphi}{\sin \varphi},$$

$$(ii) \text{ニテハ } \frac{|\beta_2|}{|\beta_1|} \propto \left| \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} \right| \quad (v) \text{ニテハ } \frac{|\beta_2|}{|\beta_1|} = \text{const}.$$

$\varphi = \frac{\pi}{2}$ ガ nodal line ノ方向ナリ。

$$(iv) \text{ニテハ } \frac{|\beta_2|}{|\beta_1|} \propto \left| \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} \right|, \quad \text{nodal lines ハ } \varphi = 0, \quad \varphi = \frac{\pi}{2}.$$

即チノ nodal line ノ上ニテ max. 他ノ nodal line ノ上ニテ min.

$$(vi) \text{ニテハ } \frac{|\beta_2|}{|\beta_1|} \propto \left| \frac{\cos \varphi \sin \varphi}{\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi} \right|, \quad \text{nodal lines ハ } \varphi = \pm \frac{\pi}{4}.$$

即チ nodal lines ノ上ニテハ max. ソノ中間ニテハ min.

$$(vii) \text{ニテハ } \frac{|\beta_2|}{|\beta_1|} = \text{const}.$$

コノ ratios ガ zero 又ハ ∞ ニナル場合ニハ neglect セン term ガ predominant ニナル。故ニ實際ニハ zero 又ハ ∞ ニナルコトナジ。

H. Nakano; Notes on the Nature of the Forces which give rise to the Earthquake Motions.

The Seismological Bulletin of the Central Meteorological Observatory,

Vol. I. No. 3. p. 92~120. March, 1923.