

## 複素函數論の水理學への適用(其の一)

※ 永 井 莊 七 郎

要旨 複素變數變數論が二次元ポテンシャル問題の解法上重要なる武器であることは既に早くから知られていたが、其の水理學の實際問題への適用は、寫像函數を見出すことの困難なると、計算の複雑なる爲に疎げられてゐた。本文は比較的實地に近い水理學上の諸問題に就いて其の解法を示し、寫像函數の取扱ひ方が適當であれば、複素函數論に因り極めて巧妙に問題を解き得ることを示したものである。

### 1 緒 言

等角寫像に依り水理學上の問題を解くには、水の運動を二次元ポテンシャル流動と考へ、水を密度一定なる定常状態にあり、非壓縮性で粘性のない、所謂完全流體であると假定してゐるのである。渦流を伴ふ如き非ポテンシャル流動の問題は、一渦點の周圍を廻る所謂 *Circulation* の時以外は、解決は不可能である。

等角寫像に依り問題を解くに當り根本的な事柄は次の二つに現れる。

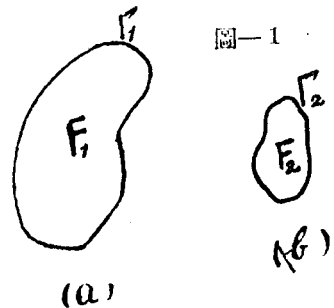
- (1) 解析函數  $Z=f(z)$  が明かとなり、之にあつて  $Z$  平面上の與へられた圖形が  $z$  平面上の如何なる圖形に寫像されるか。
- (2)  $Z$  平面上の與へられた圖形を  $z$  平面上の與へられた圖形に寫像する解析函數  $Z=f(z)$  が存在するか。

第一の問題に對しては、既に寫像函數  $Z=f(z)$  が與へられてゐるのであるから、 $f(z)$  を圖形對應の既知なる函數に變形し、其の圖形を結合すれば求たる  $f(z)$  の圖形が得られる。

第二の問題は結局「存在の定理」の證明である。本文は複素函數論の純數學的考究を目的とするものでなく、實際水理學への應用を主としてゐるから、極く簡単に存在の定理の證明をして置く。

圖一I. (a) 示された曲線  $I_1$  に境された領域  $F_1$  が、(b) に於ける曲線  $I_2$  に圍まれた領域  $F_2$  に寫像する函數の存在を證明する爲に單位圓に因り境された領域を考へる。

或る單純連結の領域から單位圓内に一對一の對應を *Holomorphe* な變換は可能にして、其の寫像函數は一義的に定る事が數學的に證明出来る、(但しこの領域の境が一より多くの點を含まなければならぬ)。従つて單純連結の領域  $F_1$  及び  $F_2$  は



圖一I

共に単位円内に寫像され得るから、領域  $F_1$  から領域  $F_2$  に寫像する如き函数は必ず存在することになる。

## 2 ポテンシャル函数及流動函数と速度との關係

速度  $V$  なる流れがある時、その  $x, y$  方向の成分を  $V_x, V_y$  とする。其の平面流動のある處に一つの閉曲線を考へ、その微小長を  $ds$  とし、 $ds$  も一つの方角をもつものとする。この閉曲線の内向法線の方角を  $n$  とし、その方向の速度を  $V_n$ 、その曲線の切線方向の速度を  $V_s$  とすれば、

$$V_n = V_x \cos(n, x) + V_y \cos(n, y) \dots\dots\dots(1)$$

$$V_s = V_x \cos(s, x) + V_y \cos(s, y) \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{dx}{ds} = \cos(s, x), \quad \frac{dy}{ds} = \cos(s, y) \dots\dots\dots(3)$$

圖—2. より

$$\left. \begin{aligned} \cos(n, x) &= -\sin(s, x) \\ \sin(n, x) &= \cos(s, x) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

(3), (4) より (1), (2) は

$$V_n = -V_x \frac{dy}{ds} + V_y \frac{dx}{ds}$$

$$V_s = V_x \frac{dx}{ds} + V_y \frac{dy}{ds}$$

$$\therefore \int V_n ds = \int -V_x dy + \int V_y dx \dots\dots\dots(5)$$

$$\int V_s ds = \int V_x dx + \int V_y dy \dots\dots\dots(6)$$

閉曲線  $C$  上の二點を  $A$  及  $B$  とすれば、 $A$  から  $B$  までの積分の値は途中の經路に無關係に一定であるから

$$\int_{AB} (-V_x dy + V_y dx) = f(A, B) \dots\dots\dots(7)$$

と書くことが出来る。今  $A$  を無限に  $B$  に近附け、兩邊を微分すると

$$-V_x dy + V_y dx = d f(B, B)$$

となり、右邊を  $dV(B)$  と置けば

$$dV(B) = \frac{dV}{dy} dy + \frac{dV}{dx} dx$$

にして

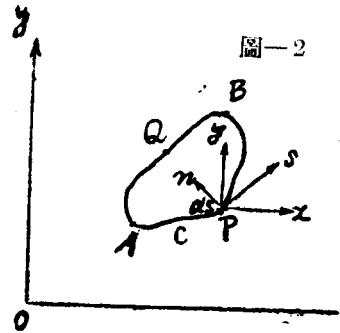
$$-V_x = \frac{dV}{dy}, \quad V_y = \frac{dV}{dx} \dots\dots\dots(9)$$

となる。

同様に (6) 式から

$$V_x dx + V_y dy = d f(B, B)$$

右邊を  $-dU$  と置けば



$$V_x = -\frac{dU}{dx}, \quad V_y = -\frac{dU}{dy} \dots\dots\dots(9)$$

今  $V(x, y) = c = \text{一定}$  であれば

$$\frac{dV}{dy} dy + \frac{dV}{dx} dx = dV(x, y) = 0$$

或は 
$$\frac{dy}{dx} = -\frac{\frac{dV}{dx}}{\frac{dV}{dy}} = \frac{V_y}{V_x} \dots\dots\dots(10)$$

(10)式は曲線の切線方向の *Tangent* が速度の比に等しきこと、即ち  $V(x, y) = c$  なる曲線の方法は速度の方法と等しきことを示す。即ち流線の方法を示す。従つて  $V(x, y)$  は流動函數(*Stream Function*)である。

又  $U(x, y) = k = \text{一定}$  なる曲線の方法は

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{\frac{dU}{dx}}{\frac{dU}{dy}} = -\frac{V_x}{V_y} \dots\dots\dots(11)$$

10) 及び (11) 式より

$$\left(\frac{V_y}{V_x}\right)\left(-\frac{V_x}{V_y}\right) = -1 \dots\dots\dots(12)$$

即ち  $U(x, y) = k$  なる曲線の方法は流線の方法に直角をなしてゐる。従つて、此の曲線は等位線(*Equipotential line*)にして、 $U(x, y)$  はポテンシャル函數(*Potential Functuin*)である。

又 (8) 及 (9) 式より

$$\left(\frac{dU}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dU}{dy}\right)^2 = \left(\frac{dV}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dV}{dy}\right)^2 = V^2 \dots\dots\dots(13)$$

$$\begin{cases} \frac{dU}{dx} = \frac{dV}{dy} \\ \frac{dU}{dy} = -\frac{dV}{dx} \end{cases} \dots\dots\dots(14)$$

(14) 式は *Cauchy-Riemann* の微分方程式であるから、

$$Z = U(x, y) + iV(x, y) \dots\dots\dots(15)$$

なる函數  $Z$  は正則函數である。従つて寫像函數の實數部分がポテンシャル函數を、虚數部分の  $i$  を除いたものが流動函數を示すことになる。故に寫像函數が明かとなればポテンシャル函數及び流動函數は明かとなり、(13) 式より流速を求むることが出来る。又等角寫像を描いて置けば任意の箇處に於ける流線と等位線との關係が知られ、従つて速度を圖式的に求め得るのである。

流速が判れば *Bernoulli* の定理にあり壓力を求めることが出来る。

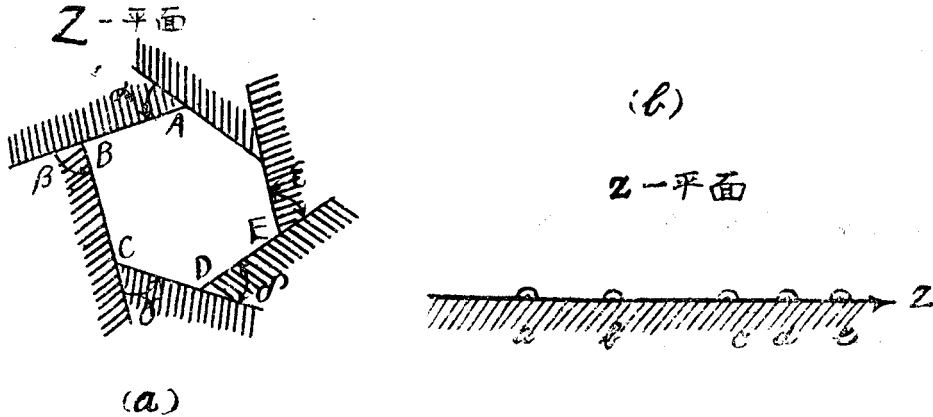
### 3 Schwarz の 變換\*

*Schwarz-Christoffel* の變換により多角形の領域を半平面に寫像する事が出来る。圖-3 の如き多角形  $A, B, C, D, E, \dots\dots\dots$  の内部を半平面  $a, b, c, d, e, \dots\dots\dots$  の  $y > 0$  なる面に寫像する變換式は

$$\frac{dZ}{dz} = k_1(a-z)^{-\frac{\gamma}{\pi}}(b-z)^{-\frac{\beta}{\pi}}(c-z)^{-\frac{\gamma}{\pi}}(d-z)^{-\frac{\delta}{\pi}} \dots\dots\dots(16)$$

茲に  $k_1$  は任意の常數である。

圖—3



今半面の實軸上に於て  $a$  の左に  $z_1$  を右に  $z_2$  をとり、 $a, b, c, d, \dots\dots$  各點から  $z_1$  及  $z_2$  までの距離の比をとると

$$\frac{dZ_2}{dZ_1} = \left(\frac{a-z_2}{a-z_1}\right)^{-\frac{\gamma}{\pi}} \left(\frac{b-z_2}{b-z_1}\right)^{-\frac{\beta}{\pi}} \left(\frac{c-z_2}{c-z_1}\right)^{-\frac{\gamma}{\pi}} \dots\dots\dots \frac{dz_2}{dz_1} \dots\dots\dots(17)$$

の如く書くことが出来る。 $z_1$  と  $z_2$  を十分  $a$  に近附けると

$$\lim_{\substack{z_1 \rightarrow a \\ z_2 \rightarrow a}} \frac{a-z_2}{a-z_1} = -1, \quad \lim_{\substack{z_1 \rightarrow a \\ z_2 \rightarrow a}} \frac{b-z_2}{b-z_1} = +1, \quad \dots\dots\dots$$

となるから

$$\lim_{\substack{z_1 \rightarrow a \\ z_2 \rightarrow a}} \frac{dZ_2}{dZ_1} = (-1)^{-\frac{\gamma}{\pi}} = (l^{-i\pi})^{-\frac{\gamma}{\pi}} = l^{i\gamma} \dots\dots\dots(18)$$

(18)式は  $Z_1$  の方向から正の方向に (Counter clockwise に) 角  $\gamma$  だけ廻轉すると  $Z_2$  の方向となることを示す。同様にして  $b$  點の左右に  $z_2$  及  $z_3$  を取れば

$$\lim_{\substack{z_2 \rightarrow b \\ z_3 \rightarrow b}} \frac{dZ_3}{dZ_2} = l^{i\beta} \dots\dots\dots(19)$$

が得られ、 $Z_2$  の方向から正の方向に角  $\beta$  だけ廻轉すると  $Z_3$  の方向となることを示す。故に(16)式の如き寫像函數を用ふれば、圖—3、(a)の如き多角形を描くことが出来る。(16)式を積分すれば

$$Z = k_1 \int_0^z (a-z)^{-\frac{\gamma}{\pi}} (b-z)^{-\frac{\beta}{\pi}} (c-z)^{-\frac{\gamma}{\pi}} \dots\dots\dots dz + k_2 \dots\dots\dots(20)$$

常數  $k_1$  は方向と大きさを、常數  $k_2$  は原點の位置を決定するもので、曲線の相對的位置のみを知らんとする時には  $k_1 = 1$  及  $k_2 = 0$  と置いて差支へない。

※「Schwarzの變換」に就いて詳しく知らんとする方は、北海道帝大教授、池田博士著「等角寫像とその方法」P.102~P.103を参照されんことを勸める。

### 4 河岸より河心に向ひ或る角度を以て構造物を突出

#### せしめた場合の流線の分布

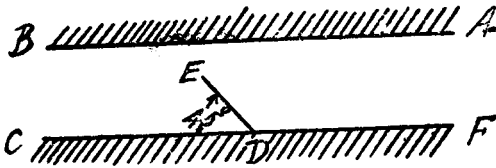
【1】河岸に對し上流に45°の傾斜をなす場合

圖-4 の如き場合は  $\gamma = \pi$ ,  $\beta = \frac{3}{4}\pi$ ,  $\alpha = -\pi$  及  $\delta = \frac{\pi}{4}$  であるから Schwarz の變換式は

$$Z = k_1 \int_0^z (a-z)^{-1} (b-z)^{-\frac{3}{4}} (c-z)^{+1} (d-z)^{-\frac{1}{4}} dz + k_2 \dots\dots\dots(21)$$

圖-4

圖-5



半平面の原点を  $a$  に、 $b = 1$  により、且文字の混同を除くため便宜上  $c$  の代りに  $a$  を  $d$  の代りに  $c$  を用ふれば、圖-4 に對應する半平面は圖-5 になる。

$k_1 = 1$ ,  $k_2 = 0$  にとつて差仕へないから

$$Z = \int_0^z \frac{a-z}{z^{\frac{1}{4}} \sqrt{(1-z)^{\frac{3}{4}} (c-z)}} dz, \quad 1 < a < c$$
$$= \int_0^z \left( \frac{a}{z} + \frac{a-1}{1-z} \right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{\frac{1-z}{c-z}} dz$$

$$t^4 = \frac{1-z}{c-z} \text{ とをくと } Z = \frac{1-ct^4}{1-t^4}$$

$$Z = \int \left\{ \frac{a(1-t^4)}{1-ct^4} + \frac{(a-1)(1-t^4)}{t^4(c-1)} \right\} \cdot t \cdot \frac{4t^3(1-c)}{(1-t^4)^2} dt$$
$$= \int \left\{ \frac{4at^3(1-c)}{(1-ct^4)(1-t^4)} - \frac{4(a-1)}{1-t^4} \right\} dt$$
$$= 4 \int \frac{dt}{1-t^4} - 4a \int \frac{dt}{1-ct^4} \dots\dots\dots(22)$$

第二項に於て  $ct^4 = T^4$  と置けば

$$4a \int \frac{dt}{1-ct^4} = \frac{4a}{\sqrt[4]{c}} \int \frac{dT}{1-T^4}$$

故に(22)式は

$$Z = 4 \int \frac{dt}{1-t^4} - \frac{4a}{\sqrt[4]{c}} \int \frac{dT}{1-T^4} \dots\dots\dots(23)$$

第一項を  $\cosh^{-1}$  と  $\cos^{-1}$  の2つの項に別つ爲に次の如く變形する。

$$\int \frac{dt}{1-t^4} = \frac{1}{4} \left\{ \int \frac{2}{1-t^2} dt + \int \frac{2}{1+t^2} dt \right\} \dots\dots\dots(24)$$

今  $\frac{2}{1-t^2} dt = dX$  ,  $\frac{2}{1+t^2} dt = dY$  と置けば

$$\int \frac{dt}{1-t^4} = \frac{1}{4} \left\{ dX + \int dY \right\} = \frac{1}{4} \{ X + Y \} \dots\dots\dots(25)$$

式中の  $X$  及  $Y$  を求めると

$$X = \cosh^{-1} \frac{1+t^2}{1-t^2} \quad , \quad Y = \cos^{-1} \frac{1-t^2}{1+t^2} \dots\dots\dots(26)$$

$$\therefore \int \frac{dt}{1-t^4} = \frac{1}{4} \left\{ \cosh^{-1} \frac{1+t^2}{1-t^2} + \cos^{-1} \frac{1-t^2}{1+t^2} \right\} \dots\dots\dots(27)$$

27) 式を (23) 式に入れ、變數を  $z$  で書直すと

$$Z = \cos^{-1} \frac{(\sqrt{c-z} - \sqrt{1-z})^2}{c-1} + \cosh^{-1} \frac{(\sqrt{c-z} + \sqrt{1-z})^2}{c-1} \\ - \frac{a}{\sqrt{c}} \left\{ \cos^{-1} \frac{(\sqrt{c-z} - \sqrt{c-cz})^2}{(c-1)z} + \cosh^{-1} \frac{(\sqrt{c-z} + \sqrt{c-cz})^2}{(c-1)z} \right\} \dots\dots\dots(28)$$

$$\text{今 } \zeta_1 = \frac{(\sqrt{c-z} - \sqrt{1-z})^2}{c-1} \quad , \quad \zeta_2 = \frac{(\sqrt{c-z} + \sqrt{c-cz})^2}{(c-1)z} \dots\dots\dots(29)$$

$$Z_1 = \cos^{-1} \zeta_1 + \cosh^{-1} \frac{1}{\zeta_1} \quad , \quad Z_2 = \cos^{-1} \zeta_2 + \cosh^{-1} \frac{1}{\zeta_2} \dots\dots\dots(30)$$

と置くと (28) 式は

$$Z = Z_1 - \frac{a}{\sqrt{c}} = Z_2 \dots\dots\dots(31)$$

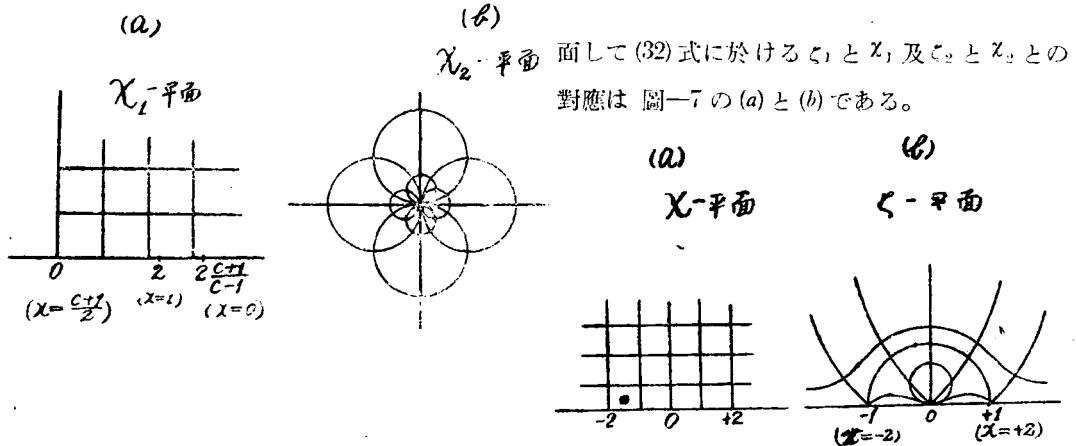
$$\text{又 } \zeta_1 + \frac{1}{\zeta_1} = \chi_1^2 \quad \text{及} \quad \zeta_2 + \frac{1}{\zeta_2} = \chi_2^2 \dots\dots\dots(32)$$

と置くと

$$\chi_1^2 = \frac{2(c+1)}{c-1} - \frac{4}{c-1} z \dots\dots\dots(33)$$

$$\chi_2^2 = \frac{4c}{c-1} \frac{1}{z} - \frac{2(c+1)}{c-1} \dots\dots\dots(34)$$

故に  $Z$  と  $\chi_1$  及  $\chi_2$  との對應は 圖—6 の (a) 及 (b) である、



面して (32) 式に於ける  $\zeta_1$  と  $\chi_1$  及  $\zeta_2$  と  $\chi_2$  との對應は 圖—7 の (a) 及 (b) である。

又  $Z = \cosh^{-1} \zeta$  或は  $\zeta = \cosh Z$  の對應は 圖-8  
 の (a) と (b) である。

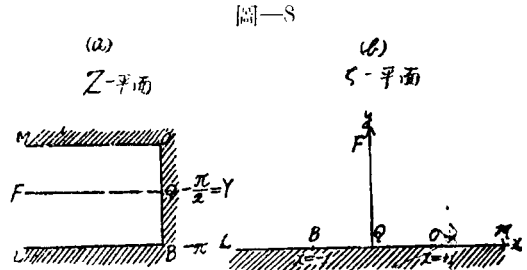
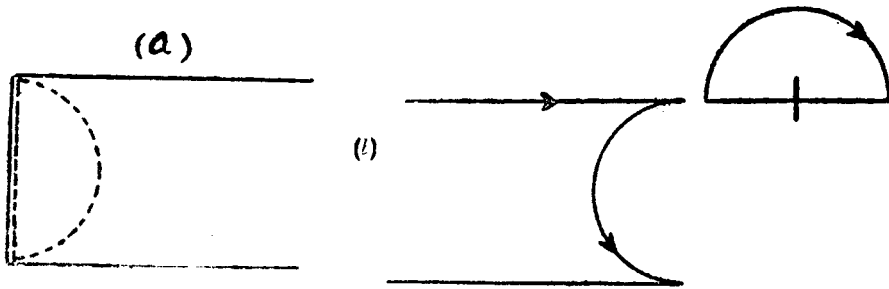


圖-8

圖-7. (b) の (1, 0) 及 (-1, 0) の2點が 圖-8. (b) の (1, 0) 及 (-1, 0) に夫に重なる如く置き、圖-7  
 (b) の曲線群を 圖-8. (a) の領域に等角寫像すると 圖-9. (a) が得られる。圖-9. (a) の點線で別たれた  
 2つの部分は丁度  $\cosh^{-1} \zeta$  及  $\cosh^{-1} \frac{1}{\zeta} = -i \cos^{-1} \frac{1}{\zeta}$  の等角寫像に相當してゐる。従つて其の2つの  
 部分を 圖-9 の (b) の如き位置に置く事が出来る。

圖-9



$z$  の同一の値に對する 圖-9 (b) の2つの圖形内の座標を加へ合はせると 圖-10 が得られる。

圖-10(別紙参照)

圖-6 (a) 及 (b) を 圖-7 (b) の上に重ね、圖-6 (a) 及 (b) の曲線群を 圖-10 の領域内に等角寫像  
 すれば、夫に 圖-11 (a) 及 (b) が得られる。 圖-11(別紙参照)

$|Z_1|_{-\infty}^{+\infty}$  の示す長さ  $\frac{a}{\sqrt{c}}$   $|Z_2|_{-\infty}^{+\infty}$  の示す長さとを等しくする爲に  $\frac{a}{\sqrt{c}} = 1$  と置く。圖-4 に於  
 ける  $\overline{DE}$  の長さを平行境界線  $AB$  と  $FC$  間隔に等しくとすれば

$$a = 6,5$$

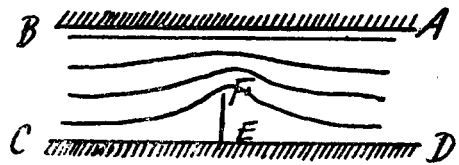
従つて

$$c = a^2 = 1784,96$$

$z$  の同じ値に對する  $Z_1$  及  $Z_2$  の値を 圖-11 (a) 及 (b) から測り、 $Z_1 - Z_2 = Z$  の値を 圖-4 の  
 領域内に採れば 圖-12 が得られる。 圖-12(別紙参照)

圖-13

$z = 0$  から始まり  $z = \infty$  に終る如き流線を得る爲に  
 $z = e^u$  と置き、 $u =$  一定の實數及 虚數 部分の軌跡を  
 圖-12 の領域内に描けば、求むる 流線の分布が得ら  
 れる。圖-13 は之である。



圖一13 を境  $AB$  に對稱に描けば 圖一14 が得られる



圖一13 圖は河岸から河中に、上流に  $45^\circ$  の角度で水制或は導流堤等を突出せしめた場合に於ける流線の分布を示し、圖一14 は兩岸から對稱に水制を突出せしめた場合或は *Mitre gate* を半開した時の流線分布を考へられる。

【2】河岸に直角に突出した場合、圖一13、圖一14(別紙参照)

(20) 式に於いて  $\alpha = +\pi, \beta = +\frac{\pi}{2}, \gamma = -\pi$  及  $\delta = +\frac{\pi}{2}$  であるから Schwarz の變換式は

$$Z = k_1 \int_0^z (a-z)^{-1} (b-z)^{-\frac{1}{2}} (c-z)^{+1} (d-z)^{-\frac{1}{2}} dz + k_2 \dots (35)$$

半平面の原点を  $a$  に、 $b=1$  にとり、又  $k_1=1, k_2=0$  と置いて差仕へないから、

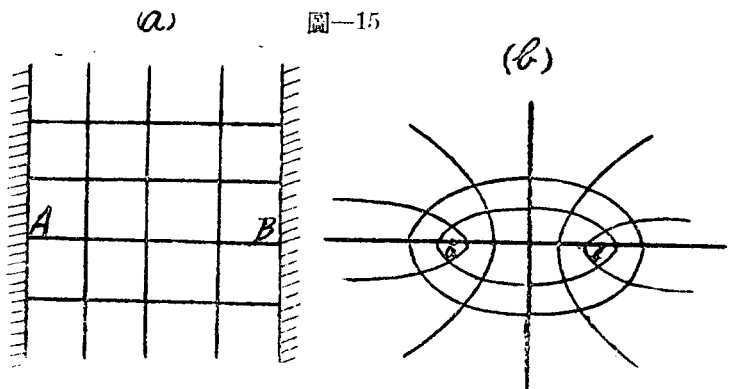
$$Z = \int_0^z \frac{c-z}{Z} \cdot \frac{dz}{\sqrt{(1-z)(d-z)}} \dots (35)$$

此の積分を行へば

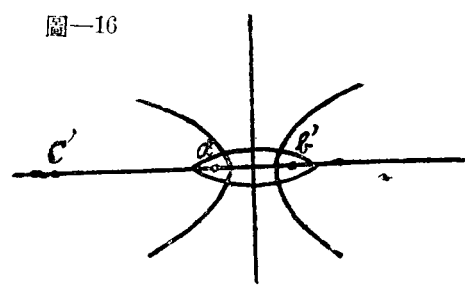
$$\left. \begin{aligned} Z &= \cosh^{-1} \zeta_1 - \frac{c}{\sqrt{d}} \cosh^{-1} \zeta_2, \\ \zeta_1 &= \frac{d+1-2z}{d-1}, \quad \zeta_2 = \frac{2d-(1+d)z}{(d-1)z} \end{aligned} \right\} \dots (37)$$

を得る。此の式より等角寫像を描き得るが(1)の場合と同様にして相當面當である。然るに境の形より考ふれば極めて容易に求たる等角像が得られる。

函數  $z = \sin Z$  の對應より 圖一15 (a), (b) が得られる。



今 (b) 圖を少しく縮少して  $ab = b'c' = 1.5 a'b'$  なる如く  $a'b'$  の長さを取れば 圖一16 が得られる 圖一16 の  $c'$  及  $b'$  が 圖一8 (b) の  $a$  及  $b$  に夫々に重なる如く置き、圖一16 の曲線群を 圖一15 (a) の領域内に等角寫像すれば、圖一13 に於ける流線が得られる。



圖一17 は之である 圖一17(別紙参照)

此の場合は水中築造物の長さ  $EF$  は河幅の  $\frac{2}{3}$  である

圖一17 を境  $AB$  に對稱的に描けば 圖一18 が得られる。之れ水制等を河岸に直角に突出せしめた場合の流線の分布を示す。 圖一18(別紙参照)



更に 圖-15 (b)を縮少して  $a'b' = a''b'' = a''b''$ 、 圖-19  
 且  $a''a' = a''b'' = \frac{1}{2}ab$ なる如く  $a''$  及  $b''$ を取れば  
 圖-19 が得られる。

圖-19 の  $a''$  及  $b''$ を 圖-15 (b)の  $a$  及  $b$ に夫々重  
 なる如く置き、圖-19 の曲線群を 圖-15 (a)の領域  
 内に等角寫像すれば 圖-20 の流線が得られる。圖に  
 於て  $EF = FG = 2GH$ である。 圖-20(別紙参照)

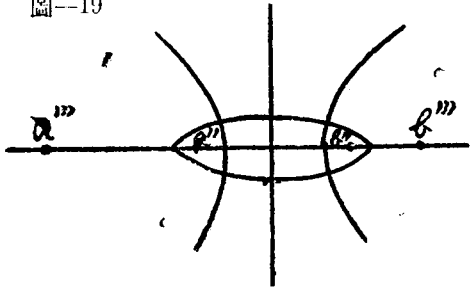


圖-20 の境  $CD$ に對稱に描けば 圖-21 が得られる。

出版物發賣  
 通知

### 推奨すべき簡易舗装の構造と維持

東京市土木局管理課長 山本 亨 著 定價 ¥1.00

#### 内 容 目 次

- |                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| 1. 總 説                  | 10. 表 面 處 理     |
| 2. 簡易瀝青舗装の沿革            | 11. 表面處理と交通     |
| 3. 簡易瀝青舗装の語義            | 12. 表面處理と氣象     |
| 4. 路盤と表層                | 13. 表面處理と周圍の狀況  |
| 5. 路盤の沈下量測定方法           | 14. 表面處理の材料     |
| 6. 舗装の龜裂と路盤沈下量          | 15. 表面處理の破損原因   |
| 7. 路盤厚と沈下量              | 16. 表面處理の維持     |
| 8. 表層とフレキシビリティ          | 17. 表面處理の修繕方法   |
| 9. フレキシブルサーフェーシングと骨材の粒度 | 18. 表面處理の築造と維持費 |
|                         | 19. 多層式表面處理     |

### 第3回土木講習會講演集

四六倍判210餘頁 定價1.20 (但シ會員=限り ¥1.00)

#### 内 容 目 次

- |                    |              |           |
|--------------------|--------------|-----------|
| 1. 閉會之挨拶           | 理 事          | 坂 田 昌 亮   |
| 2. 遼河改修計畫          | 交 通 部        | 原 口 忠 次 郎 |
| 3. 道路の構造物の凍害に就て    | 交 通 部        | 米 田 正 文   |
| 4. 河川の基本調査に就て      | 交 通 部        | 照 井 隆 三 郎 |
| 5. 寒中コンクリートの現勢     | 土 建 協 會      | 眞 鍋 簡 好   |
| 6. 河川の氷害           | 交 通 部        | 橋 内 德 治   |
| 7. 朝鮮の河川           | 鮮 朝 總 督 府    | 川 澤 章 明   |
| 8. 最近のセメントの趨勢に就いて  | 小野田セメント鞍山工場長 | 西 脇 寛     |
| 9. 土木工事に用滿洲産木材に就いて | 滿鐵々道研究所      | 布 施 忠 司   |

圖 - 10

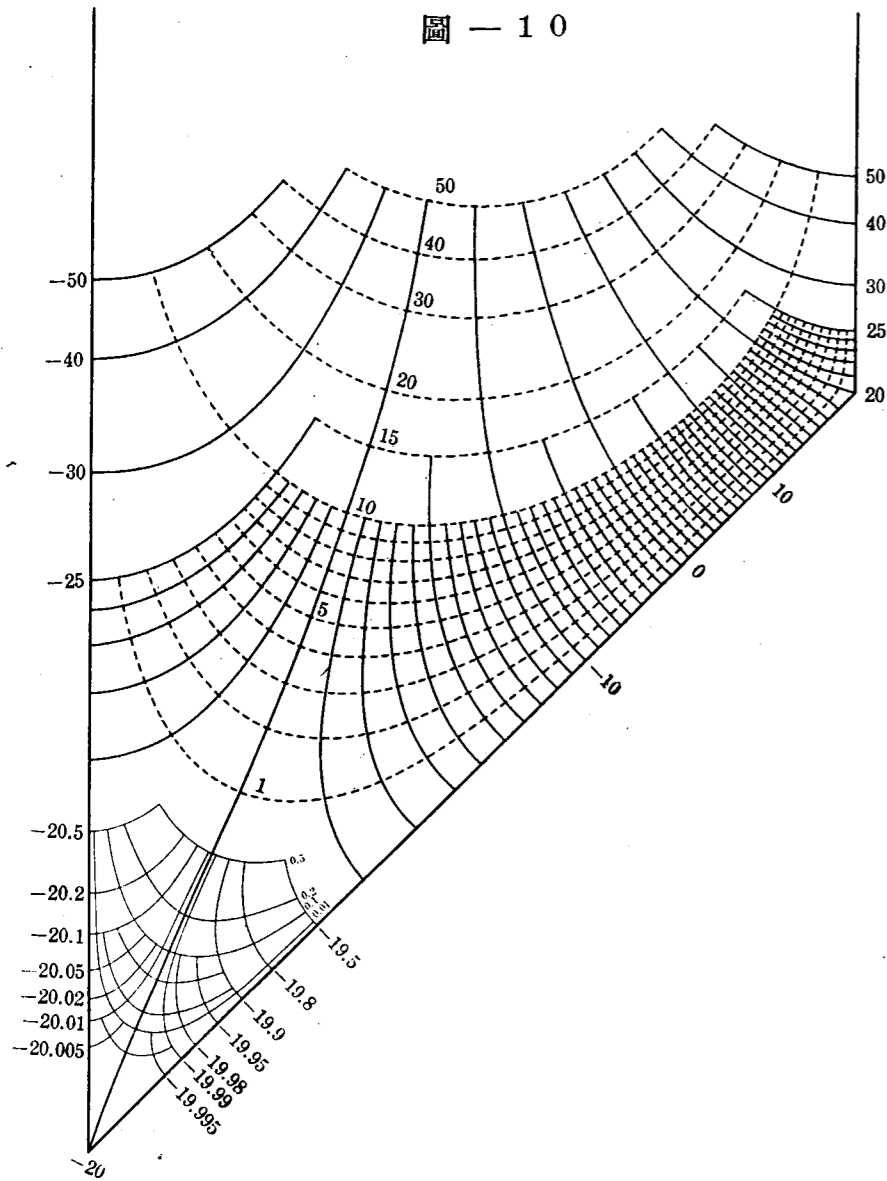


圖 - 11 (a)  $Z_1$  - 平面

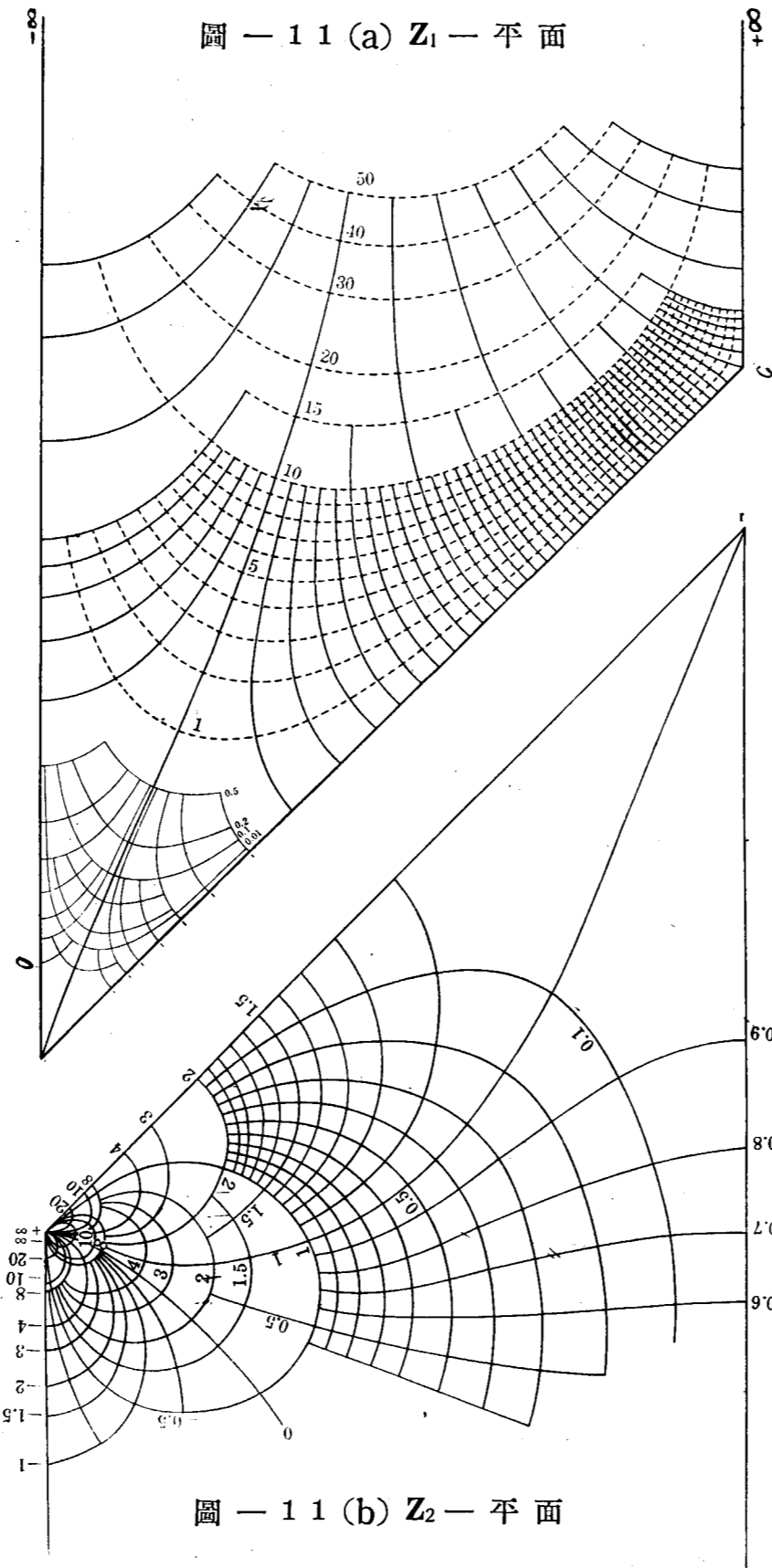


圖 - 11 (b)  $Z_2$  - 平面

圖 - 12

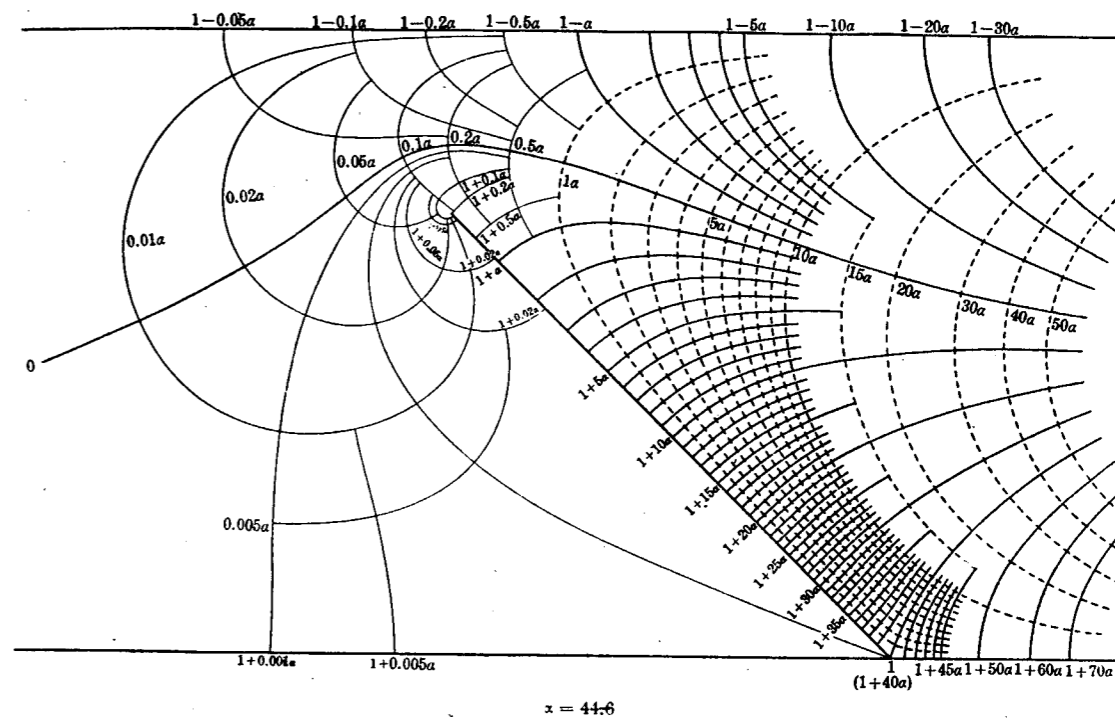


圖 - 18

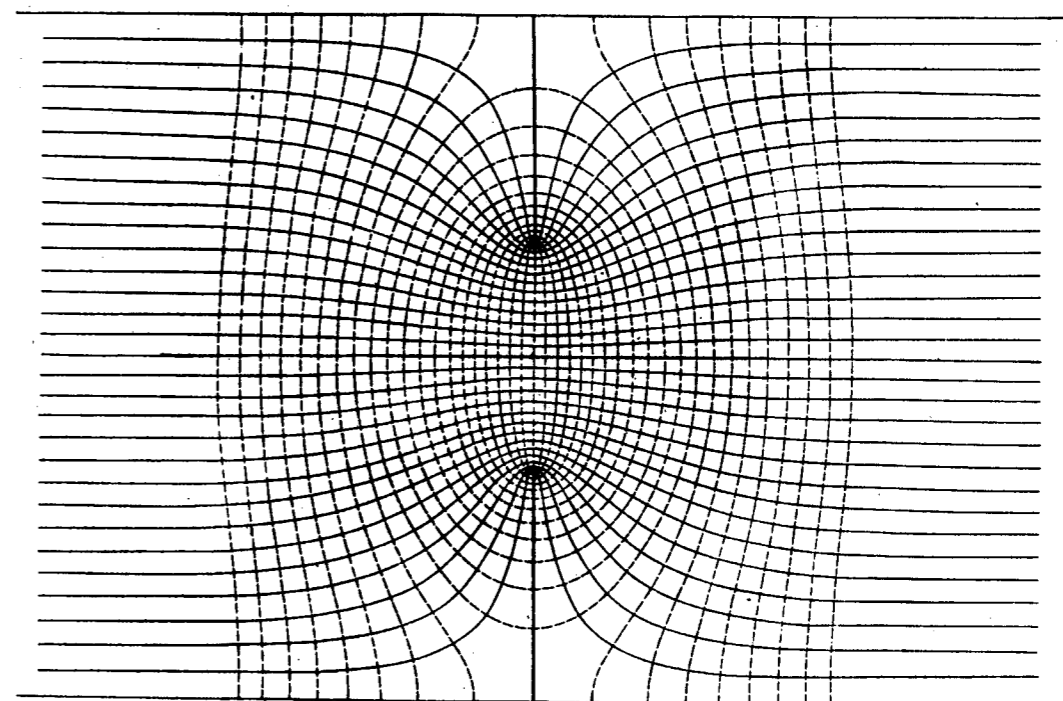


圖 - 12

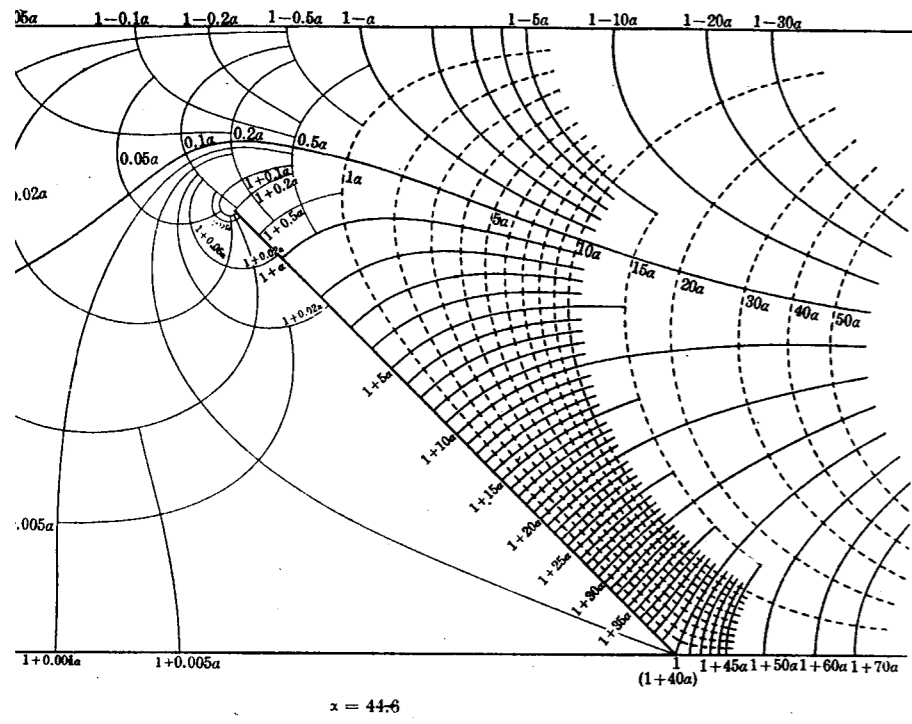


圖 - 13

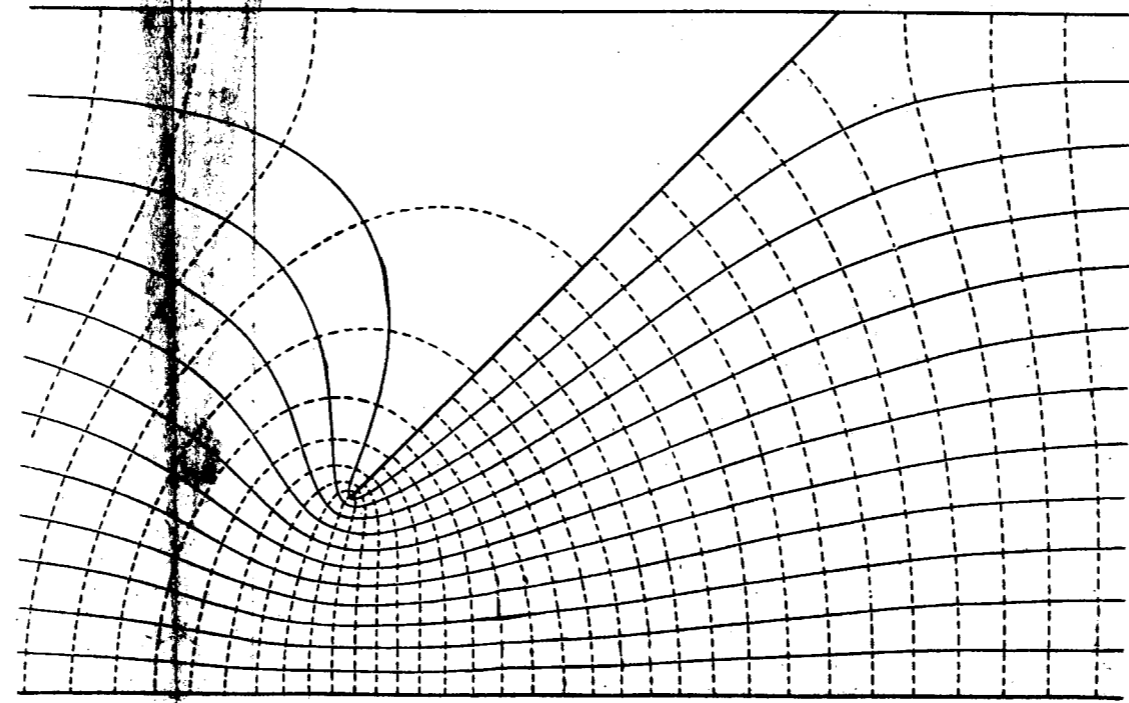


圖 - 14

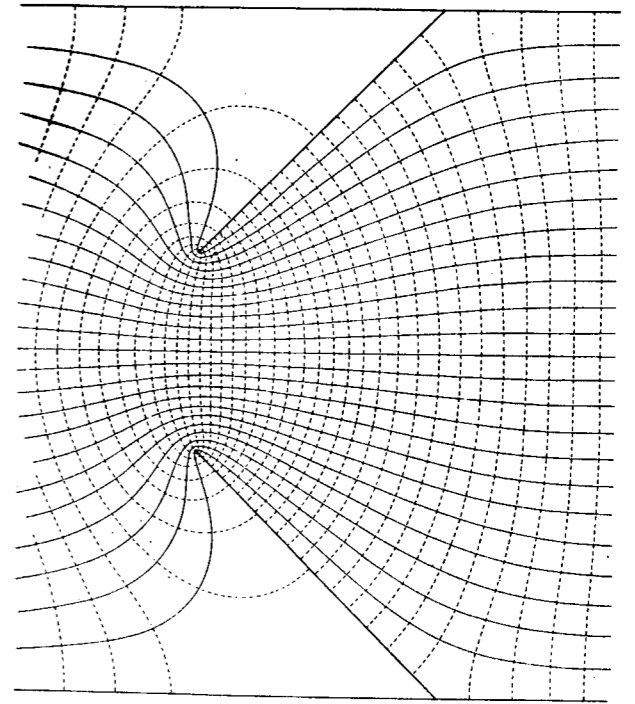


圖 - 18

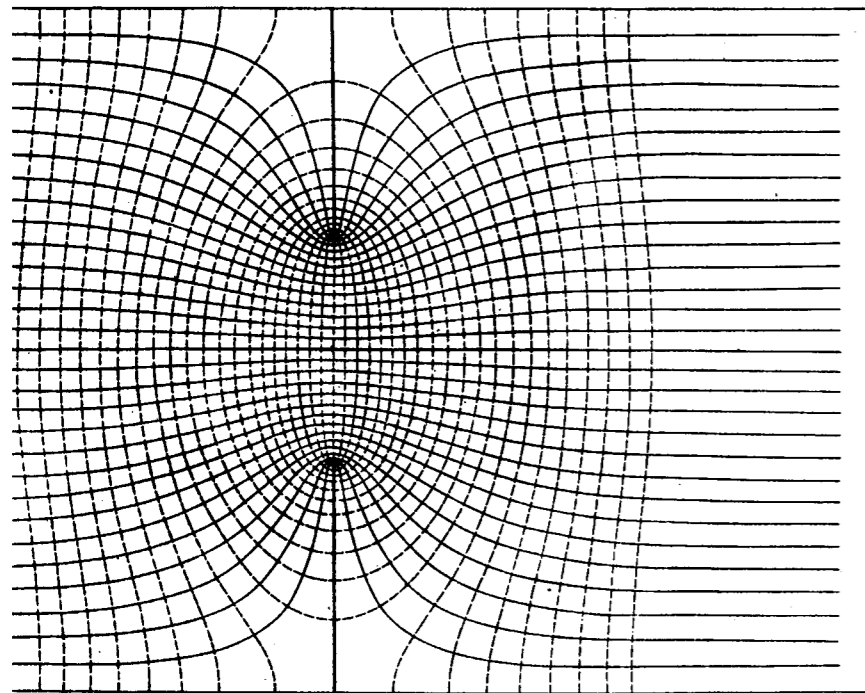


圖 - 20

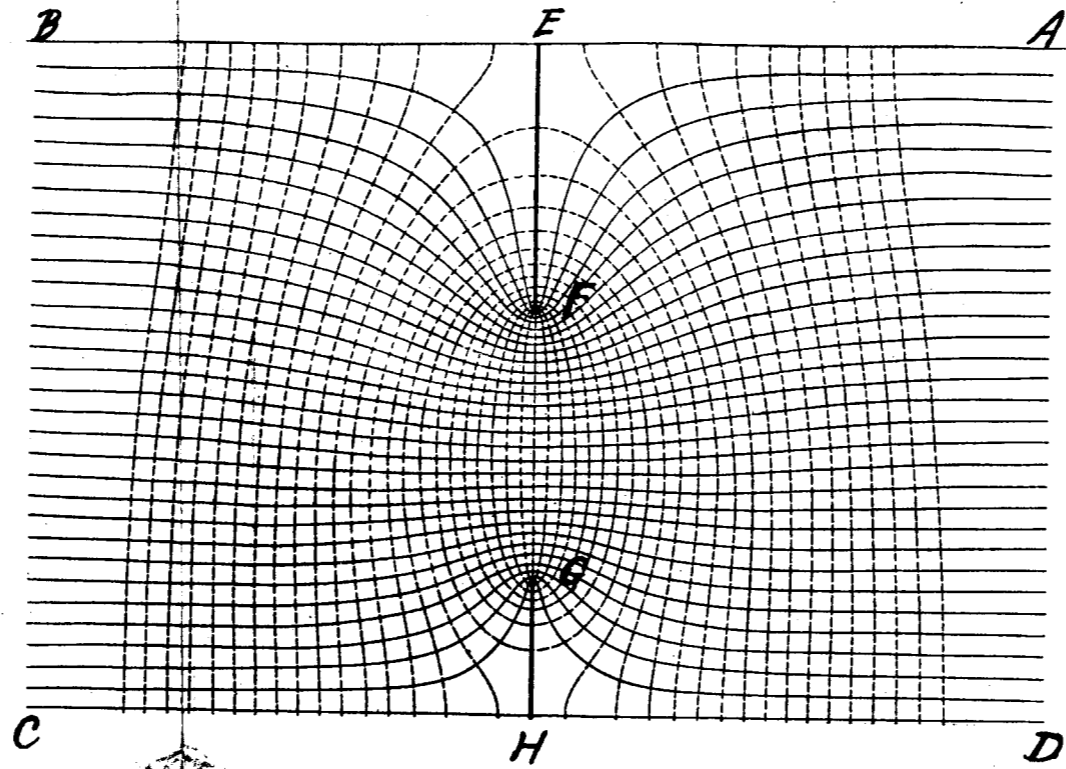


圖 - 21

