

彙 報

第 28 卷 第 6 號 昭和 17 年 6 月

河川分岐部附近の土砂堆積に関する模型試験

正會員 松 尾 春 雄*

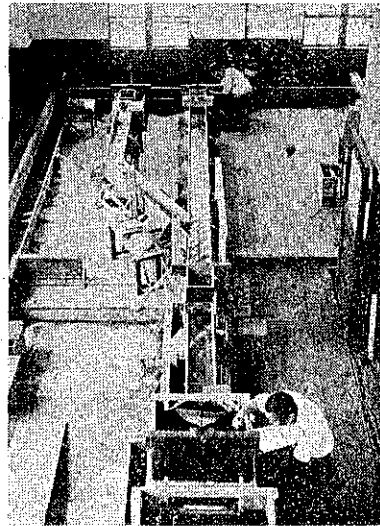
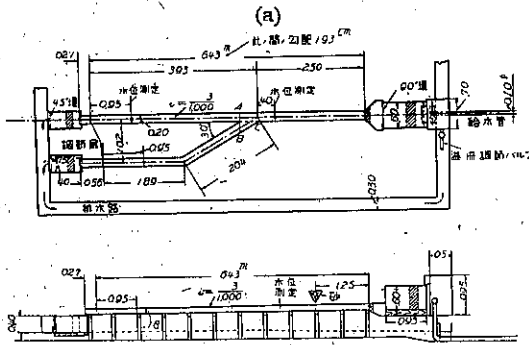
准會員 竹 下 春 見**

概 要 流れに依つて河底の土砂が移動する河川に分岐水路を設けた場合に、その土砂が兩水路に如何に流れ込むかに關しての主として模型試験による在來の結果によれば、一定幅及深の直線水路 g 及び之と θ の角をなして同じ幅及深さの分岐水路 s があつて、上流より g, s 兩水路に流量が等しく分流する場合には、川底の砂は s 水路に著しく大で、 g 水路に小である。その量は θ の相異によつて變化するが、分岐水路への砂流入量が最も少ない場合にも尙約 87% の砂が分岐水路へ入るとの結果が得られてゐる¹⁾。此等の結果は北支某港灣修築に關しての當面の問題に非常な脅威を與へる事となるので、この分岐の問題と更に分岐部附近に島堤を設けた場合とについて組織的に試験を行つた。こゝに報告するものはその準備試験の結果であつてこの試験だけでは現場で實際にどうなるかの十分な結論は得られないが、かゝる場合の一資料となつてと思ふのでその結果を掲げる。

1. 試験設備

設備は Bulle 氏を用ひたと略同じ寸法のものを用ひた。即ち圖-1 の如く、幅 20 cm、深さ 18 cm の矩形断面

圖-1. 試験装置



を有する木製水路の内面にペンキ塗を施したもので、長さ 6.43 m の直線部と、之と 30° の角をなして分岐する水路とより成り、兩水路の末端には引上戸を設けて水位の調節をなし得るやうにした。底勾配は一樣に何れの水路も 3/1000 である。即ち 6.43 m に對し 1.93 cm の差がある。分岐水路は圖の如く屈曲してゐるが中心線に

* 工學士 内務技師 内務省土木試験所

** 工學士 内務省勤務

- 1) Untersuchungen über die Geschiebeableitung bei der Spaltung von Wasserläufen. von Hermann Bulle. V. D. I., Verlag 1926. Modellversuche über die Zweckmäßige Gestaltung einzelner Bauwerke. Rom-Verlag R. Otto Mittelbach 1923.

沿つての勾配が上記の如くしてある。水は径 10 cm の給水管を通つて、之の装置上端の水槽（寸法 0.5×0.7×0.95 m）に入り、之から樋頭水槽（寸法 0.6×0.95×0.60 m）に落とし込み、整流装置及 90° 三角測定堰を経て試験水路に入る。水路の上端に更に整流装置を設け、砂は底に 3 個の 3 mm の直徑の孔を有する砂槽から一樣に水路内に落とし込むやうにした。使用した砂は福島縣小名濱産の乾燥した細砂で、下記の如き性質のものであつて、大部分 0.15~0.3 mm の一様な粒徑のものである（表-1 参照）。

比重 2.70, 單位重量 1504 kg/m³, 空隙率 44.3 %
 輕裝單位重量 1330 " 輕裝空隙率 50.7 "

各水路の末端には別々に流量を測定し得る様 45° の三角堰を設けこ。之から排水路を流れて水は元に戻る。

水路内の水位は、分岐點より上流 40 cm の箇所及下端の調節引上戸の場所より各 95 cm 上流の點に設けた。

砂を流し込む量は一定の孔に就て試験した處、表-2 の如くであつて路に時間比例する。

試験に使用した流量は、最大 8 l/sec であつた。

表-1.

篩 分 析		
孔の目の大き (mm)		
通 過	止 り	%
5	2.5	0.03
2.5	1.2	0.01
1.2	0.6	0.04
0.6	0.3	0.87
0.3	0.15	93.30
0.15	0.075	5.68
0.075	---	0.06
合 計	---	99.99

表-2.

時間 (分) \ 砂量 (gr)	4	8	17	35	70
	全 體	685	1374	2936	5993
1 分 間 につ き	171.2	171.8	171.2	172.3	171.3

2. 試 験 結 果 I (分岐水路の場合)

4. 分岐水路への水の流入量と砂の流入量との關係

直線水路 (g) と分岐水路 (s) とへ略し同量の水が流れるやうに下流調節戸を加減した場合に、各水路への砂の

表-3.

時 間 (分)		30	45	60	90
流 量 (l/sec)	上 流	4.50	4.50	4.50	4.50
	g	2.23	2.21	2.18	2.25
	s	2.20	2.20	2.20	2.24
砂 の 量 (gr)	g	200	331	826	1063
	s	3061	6067	9805	16023
	比 $\frac{s}{g+s}$	93.8 %	94.8 %	92.2 %	93.8 %
上 流 の 深 さ (cm)		6.20	6.22	6.13	6.29
下 流 の 深 さ (cm)	g	7.59	7.56	7.38	7.73
	s	7.56	7.50	7.18	7.48

流入量は、流した時間によつて相違し、表-3 の如き結果を得た。

茲に砂は圖-1 に於て、A (g) 及 C (s) を通る破線以下に溜つた量である。

之によれば、兩水路への砂の流れ入る割合は時間の影響を受ける事が多いから、以後の試験に於ては、専ら 1 時間繼續した場合のみに行ふ事とした。

b. 兩水路への流量を略同一にし全流量を變化せしめた場合

全流量を 4~8 l/sec の間に變化せしめて、上記と同様の試験を行つた場合に表-4 の結果を得た。

表-4.

流 量 (l/sec)	上 流	4.28 *	4.90	6.25	7.20	8.00	
	g	2.15 *	2.46	3.11	3.61	4.00	
	s	2.10 *	2.44	3.13	3.61	3.98	
砂 の 量 (gr)	g	359	436	530	1105	1776	
	s	2077	5698	7888	8808	8927	
	比 $\frac{s}{g+s}$	85.5 %	92.1 %	93.9 %	88.1 %	83.5 %	
上 流	深 さ (cm)	7.70	7.45	8.71	9.11	9.50	
	流 速 (cm/sec)	27.8	32.8	35.8	39.8	42.1	
下 流	深 さ (cm)	g	8.72	8.84	10.43	10.93	11.39
		s	8.75	8.92	10.21	10.74	11.24
	流 速 (cm/sec)	g	12.3	14.0	14.9	16.5	17.6
		s	12.0	13.7	15.3	16.8	17.7

* 全流量が g+s の流量と一致しないのは實驗誤差である (以下同様)。

即ち 6 l/sec 附近に於て分岐水路への砂の量が最大となり、之の上下何れに於ても減少する傾向が認められる (圖-2 参照)。

c. 全流量を一定にし兩水路への流量の割合を變化せしめた場合 (表-5)

圖-2. 直線水路と分岐水路との流量を略同一とし全體の流量を變へた場合の分岐水路への砂流入量の比

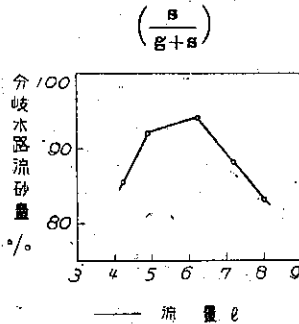


圖-3. 兩水路への流量比を變へた場合の流入砂の比

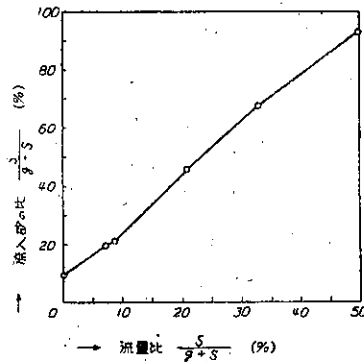


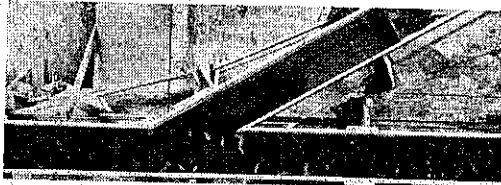
表-5.

番 號		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
流 量 (l/sec)	上 流	4.47	4.47	4.47	4.35	4.47	4.75	
	g	4.45	4.13	4.05	3.42	3.00	2.38	
	s	0	0.32	0.38	0.90	1.47	2.36	
	比 $\frac{s}{g+s}$	0	7.2%	8.6%	20.8%	32.9%	49.9%	
	$\frac{s}{g}$	0	1/12.9	1/10.6	1/3.80	1/2.04	1/1.01	
砂 の 量 (gr)	g	2937	4068	5804	2841	2752	570	
	s	317	999	1544	2400	5673	7568	
	比 $\frac{s}{g+s}$	9.7%	19.7%	21.0%	45.8%	67.3%	93.0%	
上 流	深 さ (cm)	6.22	6.80	6.18	6.50	6.59	6.85	
	流 速 (cm/sec)	35.90	32.80	36.20	33.40	34.60	34.70	
下 流	深 さ (cm)	g	6.93	7.20	7.16	7.50	7.70	8.19
		s	6.52	7.96	7.35	7.64	7.78	8.00
	流 速 (cm/sec)	g	31.80	28.70	28.20	22.80	19.50	14.50
		s	0	2.01	2.58	5.89	9.52	14.90

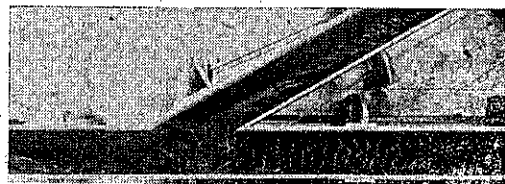
上記の結果によつて流量の $\frac{s}{g+s}$ と砂の量の $\frac{s}{g+s}$ の關係を見るに圖-3 の如くであつて、土砂の沈澱状態は圖-4 の寫眞に示す通りである。

圖-4. 兩水路への流量の比を變化した場合の砂の状態 (g は直線 s は分岐水路)

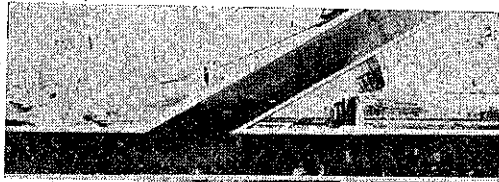
(i) $Q_s/Q_g=0$



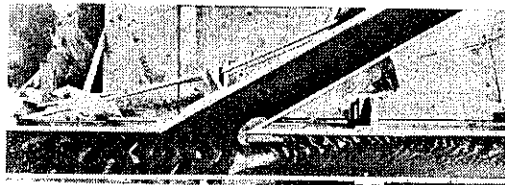
(iii) $Q_s/Q_g=1/2.01$



(ii) $Q_s/Q_g=1/3.80$



(iv) $Q_s/Q_g=1/1.01$



d. 分岐點附近の流速及流向

砂が分岐水路に搬入される状態を明にする爲に、分岐部附近に於て數ヶ所の點に於て全然砂を流さないで流速(ピトー管による)及流向を測定した。此等の結果を綜合して圖-5~7 に示す。流向線が途中で切れてゐるものは

此の點で鉛直方向に流れ出る爲、流速がこの水平面で消滅する事を意味する。又途中から現はれるものは、鉛直方向よりこの面に流れ入るのである。

圖-5. 分岐水路と直線水路との量の比 $s:g=1:1$ にした場合の流向線及等流速線、分流比は分岐水路流量に對する直線水路の流量比 $s:g$ である。底上 0.1cm, 3cm, 6cm は夫々底面附近、水深中央部、水面附近を意味する。

圖-5 (1).

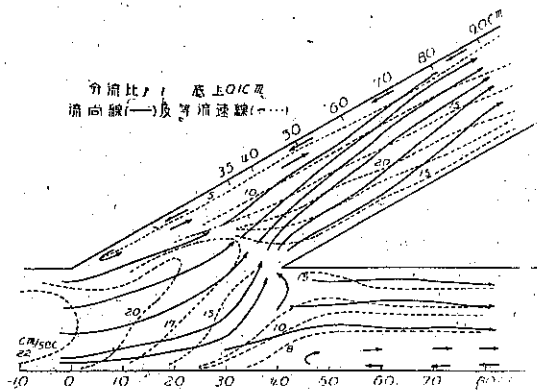


圖-5 (2).

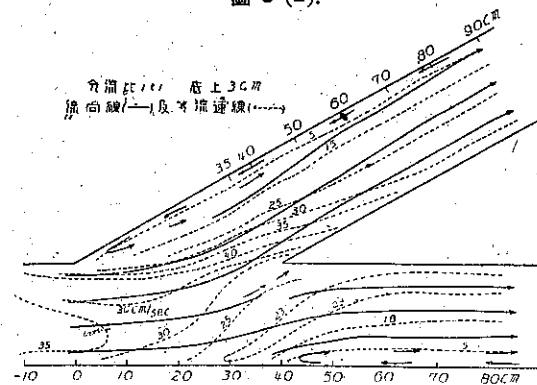


圖-5 (3).

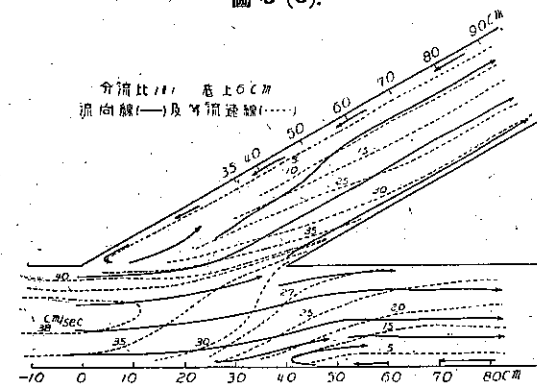


圖-6. 分流比 $s:g=1:2$ の場合

圖-6 (1).

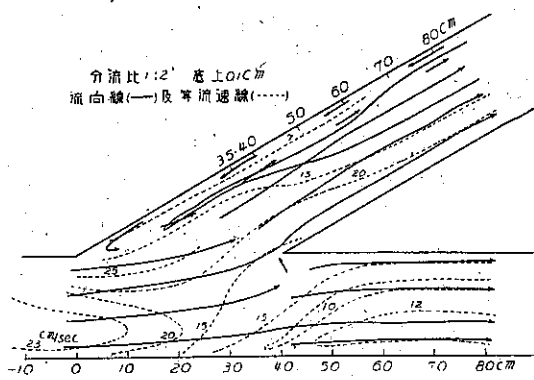


圖-6 (2).

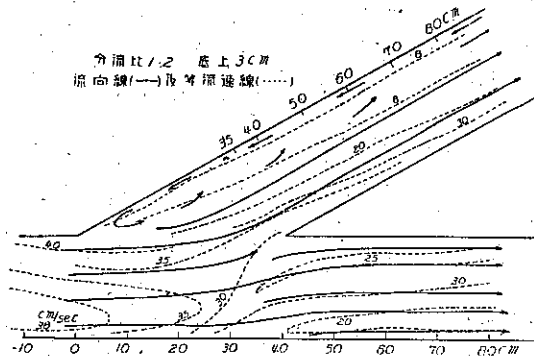
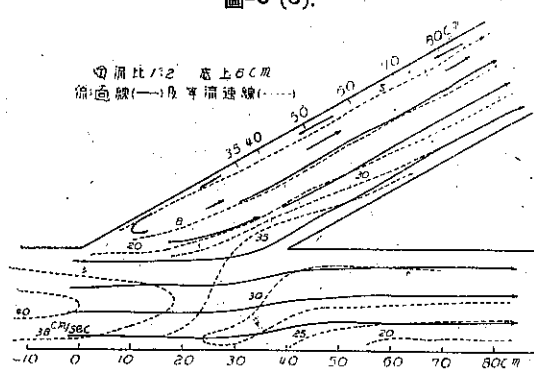


圖-6 (3).



分流比 0:1 のもの即ち分岐水路を途中にて仕切つた時には静振を生じ、又流速が小なる爲に測定が困難であつて、良い結果が得られなかつたから、水深中央部のもののみを掲げた。

圖-7. 分岐水路へ全然水を流さない場合、即 $s:g=0:1$ の場合

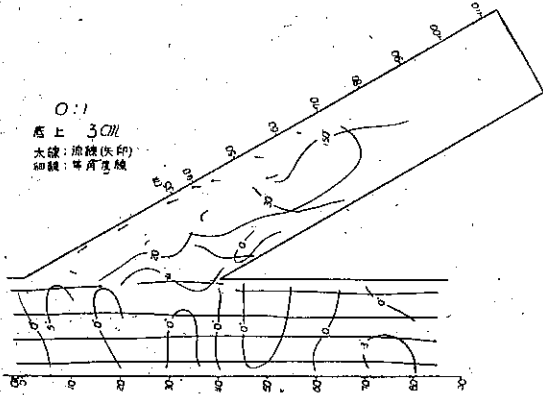
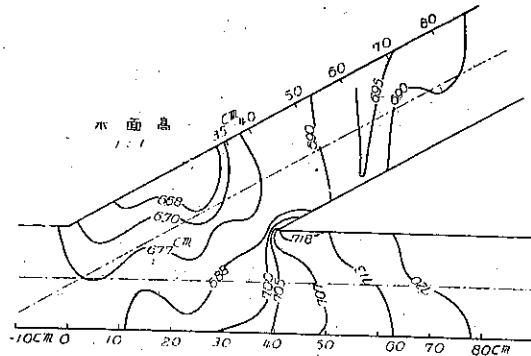


圖-8. 流量 4.5 l, 分流比 1:1 の場合の分岐部附近の水面高

直線水路 0cm の中央部底面の高さを 0 とし夫からの高さである。



更に分岐水路へ砂が多く流入する原因を明かにする一資料として、分岐部附近の水面高を調べた結果を圖-8 に示した。

以上の各圖によつて見るに底面と接した部分では流速は、大部分分岐部に流れ込んでゐるが、之は断面に於ては右側の水位が高く、その横勾配の影響を受けて運動を生ずる爲と思はれる。

3. 試験結果 II (島のある場合)

試験 I に於ては専ら分岐水路に就て考へたのであるが、試験 II に於ては、大陸に於て實際に施工せんとする工事現場に似た島のある形として土砂流入の試験を行つた。

圖-9. 分岐部附近に島の形がある場合の全流量と分岐水路への流入砂との關係

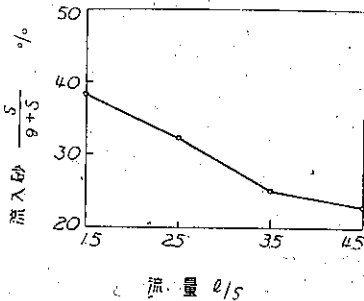
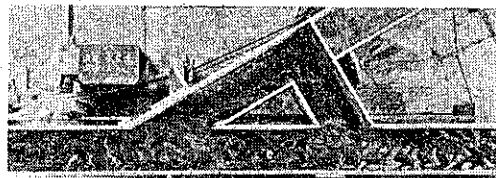
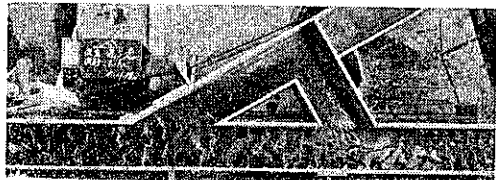


圖-10. 堆砂状態 (i)



(ii)



島附近の横型は圖-12 に示す通りである。之は分岐の水路幅が實際には 90 m であるものを、横型では 20 cm にとつてあるから 1/450 の縮尺を有するのである。島の部分の縮尺を之によつて定めて圖の如く決定した。かくした場合本川の幅が此の附近で 270 m 位あるから、模型では 60 cm なければならぬ。然し茲では本川の幅の

1/3 をとつて主として分岐部を考へる事として、之も 20 cm に定め本川の幅の影響に就ては別に考へる事とした。
 實際の状態と比較する爲一定量の土砂を常に供給して、1 時間流した場合に就て試験しその結果を表-6 に示した。この結果の砂の比を圖示すれば圖-9 の如くなる。圖-10 にその代表的なものの砂の状態を示した。

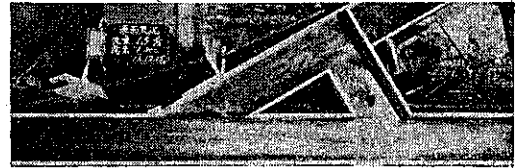
表-6.

流量 (l/sec)	上流	4.5	3.5	2.5	1.5
	g	4.1	—	—	—
	s	0.4	—	—	—
砂の量 (gr)	g	5899	4988	4065	2342
	s	1755	1669	1947	1450
	比 $\frac{s}{g+s}$	22.0%	25.1%	32.4%	38.4%
上流	深さ (cm)	6.5	5.3	4.5	3.5
	流速 (cm/sec)	34.6	33.0	27.8	21.3
下流	深さ (cm)	7.1	—	5.2	4.3

圖-11 は各の場合の表面流向、圖-12 は水面高等高線を示す。之に就て見るに圖-8 に比し横水面勾配は小であつて、底面に於ける分岐水路への流れは小である事が想像される。模型では事實分岐水路への流量は非常に少なかつた。

圖-11. 表面流向

(i)



(ii)



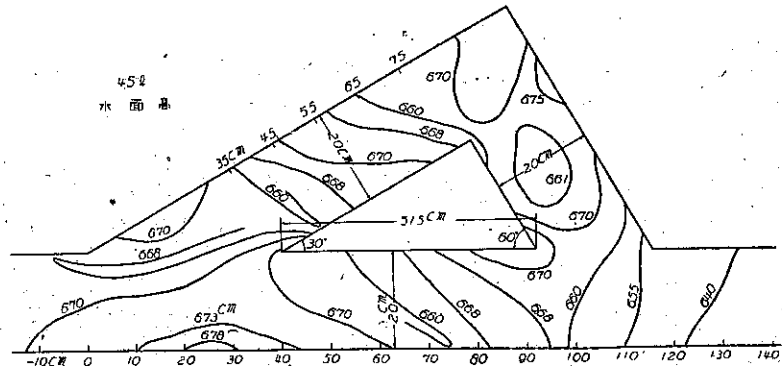
表-7.

流量 (l)	分岐水路への石炭の流入比 $\frac{s}{g+s}$ (%)
1.5	16.2
3.5	9.1

砂の代りに石炭粉末を落した場合に就て試験した結果は表-7 の如くであつた。

砂の場合に比し石炭の流入比は、小であるが、流量が増すと共に小となる傾向は同一である。流速が同一の場合には比重の関係で石炭粉末は掃流され易く、分岐部へ堆積するものに比し本流へ押し流される量が多くなる爲と思ふ。従つて實際の河川分岐部に於て

圖-12. 水面高



は、模型の場合に比し著しく大であるから、分岐部へ流入する土砂の量は、模型で砂を流した場合よりも割合が小となる事が推定される。

直線水路 g の幅と分岐水路 s の幅とが異なる場合の影響に就て、Bulle 氏が単純な分岐水路に就て試験した結果によれば、 g の幅が s の n 倍の時には $n=1$ の時の比の略々 $1/n$ になる結果が得られてゐるから、之から推して直線水路の幅が分岐水路幅の 3 倍ならば、流量 4.5 l/sec の時砂の $s/g+s=22.9\%$ は 7.6% 、石炭粒の時の 3.5 l/sec での 9.1% は 3.0% となる。

三角測量に用ひられる三角形の形に就いて

正會員 堀 武 男*

要 旨 三角測量に用ひられる三角形の内角を $30^\circ \sim 120^\circ$ とした時、かかる三角形の存在する確率を求めたものである。三角測量では測角の誤差から生ずる邊長の誤差を小さくすをために、三角形の内角に如上の限度を設けるが、實際に三角網を組む場合に、餘程注意しても地形等の制限をうけて、この限度を超えて了ふことが少くない。即ちかかる三角形の存在する確率の小なることを示してゐる。今その確率を計算してみると僅かに $1/4$ である。

先づ次の確率の問題を考へる。

「圓内にとつた任意の 3 點が同一半圓内にある 確率如何」、この解法は次の如くすると簡單である。圖-1 の如く半径 a の圓内にとつた任意の 3 點を A, B 及び C とし、之等 3 點と中心 O とを結び、 $\angle AOB = x, \angle AOC = y$ とする。3 點は任意にとり得るのであるから、 x 及び y は $0 \sim 2\pi$ の値を自由にとり得る (x 及び y の値が負又は 2π より大なる場合は考へる必要がない)。故に之等 3 點の任意の 1 つのとり方は、圖-2 の正方形内の或る 1 點が對應する。この正方形の内 3 點が同一半圓内にある場合は次の 4 通りである。

圖-1.

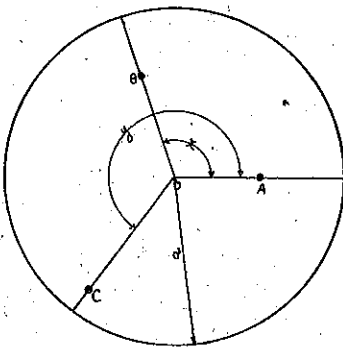
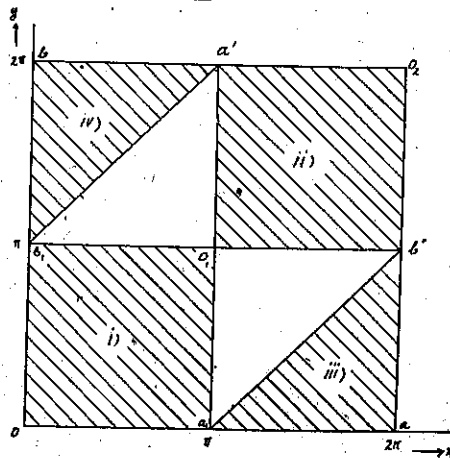


圖-2.



* 工學士 東京帝國大學助教授