

臺灣二〇〇三年國際科學展覽會

科 別：工程學科

作品名稱：巨型小翼效應

得獎獎項：工程學科佳作

學 校：國立板橋高級中學

作 者：梁軒豪

作者簡介



記憶的刻痕很清楚的顯影出從小最大的興趣就是一機械，舉凡汽車、火車、工程車、飛機等玩具不勝枚舉，小學開始到國中這一段時間個人的興趣更全注的轉移到天上的飛機，同時也開始自己 DIY 動手利用珍珠板製作各式各樣的飛機、太空梭等;國中一年級的暑假第一次接觸把玩遙控飛機，當飛機在自己的手裡由地上升空、飛翔到緩緩落地，那種感覺真的是無限的好。

很慶幸從小就找到了自己的興趣與性向，個人當會盡全力的依自己的興趣、朝自己的性向努力邁進。

研究報告

作品名稱：巨型小翼效應—未來長程客機經濟省油妙方

English summary:

Giant winglet

---The out coming distant -range airline fuel-saving equipment---

The purpose of this research is to find out the effect resulted from the winglet of the plane to the flight. Many a winglet is nowadays designed for the airplane. It assumes the winglet can stop the air of the tail section of the airplane to revolve up, further increase the force of the raise and the push, and uplift the efficiency of the flight. In order to proof this assumption is correct, so makes an easy air hole to do the research of qualitative and quantitative analysis for the force of the raise and resistance. After about 2000 records tested through the combination of ten sets of the main wing and five tiny wings, and transference of curve diagram, we get a steadily value result. This test result appear the first the winglet can increase the force of the raise, and so do the resistance, and the second to have the force of the resistance decreased, it might be better the section of the winglet is not straight but circular.

中文摘要：

巨型小翼效應—未來長程客機經濟省油妙方

本研究主要是探討翼端小翼對飛機飛行的影響，翼端小翼在現在不少的飛機上都有這種設計，假設小翼可以阻止飛機機翼末端的氣流上旋，進而增加升力與推力，讓飛機能提高飛行時的效率，為了驗證這個假設，因此製作了簡易風洞對小翼的升力與阻力進行定性和定量的探討。升力與阻力的定性定量探討是經由 10 組主機翼與五個小翼組合，共有 2000 次的測試記錄，再轉化成折線圖予以比較研究，而得到一個穩定性數值結果。這測試實驗的數值結果顯示：小翼可以增加升力，但是也會增加阻力，為了降低阻力，小翼的剖面最好是有弧度。

壹、研究動機：

當我在看書或看電視時，發現有的飛機機翼末端又多加了一個類似垂直尾翼的東西，有的大的有的小的，而翹起的程度有的角度大的有的角度小的，那個東西的作用是什麼？它又對飛機飛行時有什麼影響？這兩個疑問在我閱讀有關的資料中並未能夠充份解答我的困惑，因此想要親自動手來實驗看看。



貳、研究目的：

在理論的基礎上探討小翼可能對飛行時所產生的影響，再藉由測試實驗去驗證原本的假設。

研究假設：小翼可阻止機翼末端氣流上旋，產生升力益助推力，增加飛機飛行效率。

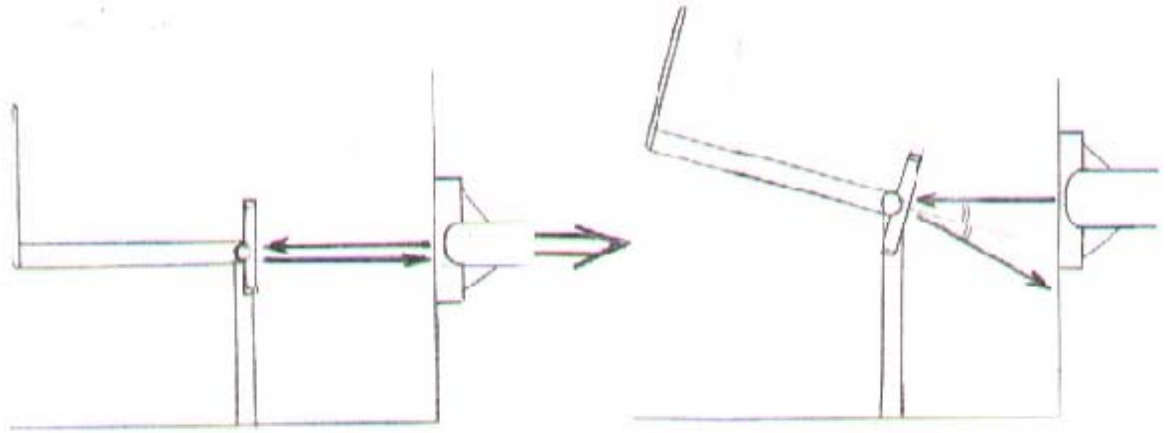
參、研究設計：

設計控制一個穩定的氣流環境，在這穩定氣流環境之下，以五組相同的主機翼分別在左右邊各加裝上五種小翼，在風洞裡以穩定的氣流進行測試實驗。

一、風洞設計：利用一個直徑 50 公分高 100 公分的大水桶切去底部，形成一個直徑 50 公分長 100 公分的大風管，內壁平滑，一端利用工業用電風扇做為提供氣流的來源，在風管的中間以直徑 50 公分的圓面積作一個長度 30 公分的蜂巢式整流設計，以穩定氣流之線型狀態(照片一、二)。



二、升力、阻力量化設計：以雷射光點平行投射在主機翼中軸，再由反射作用，光點照射在量表刻度上，以記錄升力、阻力的量化資料(圖一、照片三、四)。



圖一

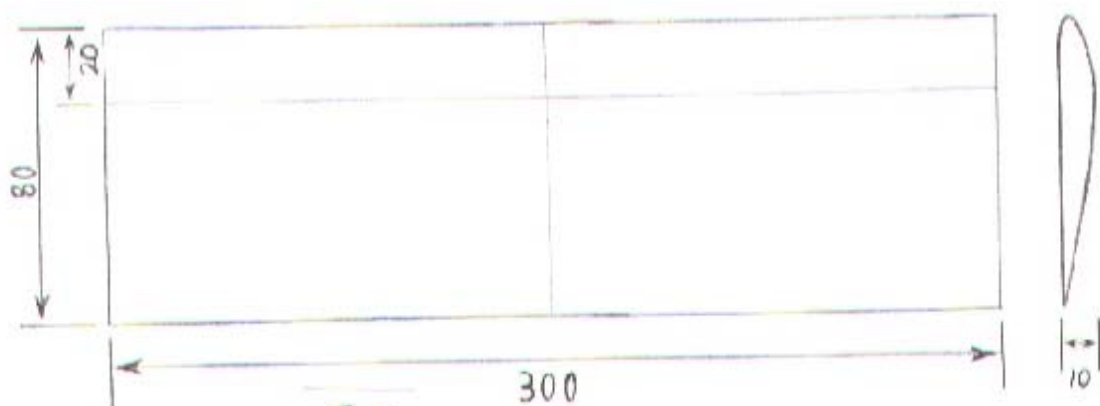


照片三



照片四

三、主機翼製作：巴爾沙木製作長 300mm、寬 80mm 的主機翼(如圖二、照片五、六)。



圖二

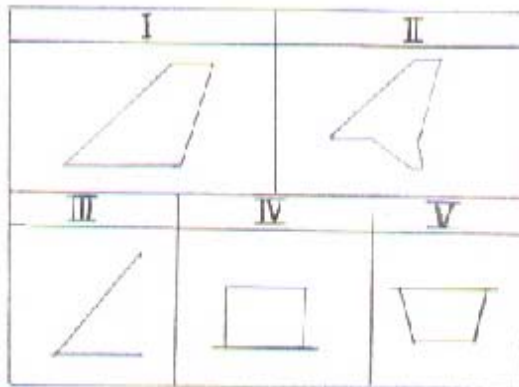


照片五



照片六

四、小翼製作：以 1mm 厚的巴爾沙木切割(如圖三、照片七)的小翼，分別編號為 1 號、2 號、3 號、4 號、5 號。



圖二



照片七

五、測試升力機翼組合(照片八)、測試阻力機翼組合(照片九)。



照片八



照片九

5號小翼	20次	20次	20次	20次	20次	20次	20次	20次	20次	20次
註：每一號主機翼左右邊與小翼組合測試時間各為7分鐘，每20秒紀錄一次，共計測試次數為1000次。										

以下即為本測試實驗觀察紀錄的進程序序：

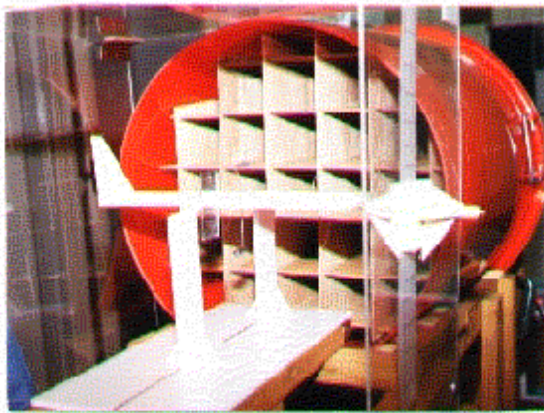
一、升力測試：

1、未加上小翼的主機翼平衡測試(照片十)。



照片十

2、加上小翼(左或右)，在另一邊適當的位置加上簿鉛片，保持主機翼的平衡(照片十一、十二)。



照片十一



照片十二

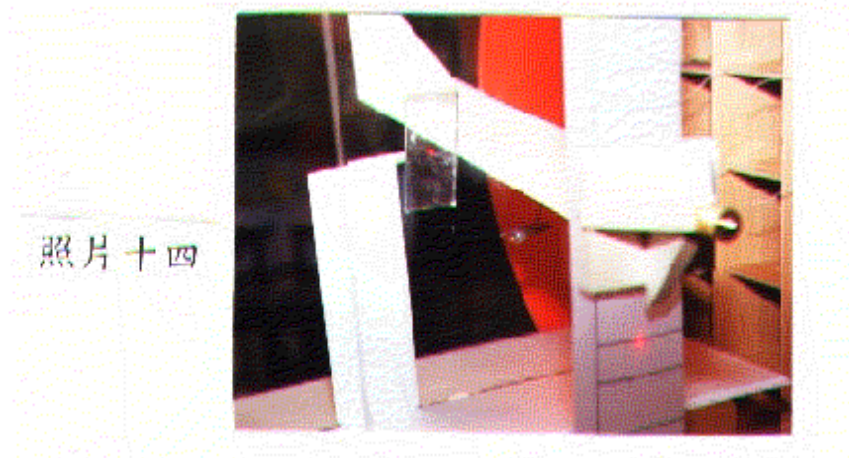
3、當每組平衡測試完成，即安置在風洞中進行測試升力與否(照片十三)。



照片十三

4、每次測試開啓風動風扇的轉速固定爲三級轉速，每 20 秒觀察紀錄一次(紀錄如附件)。

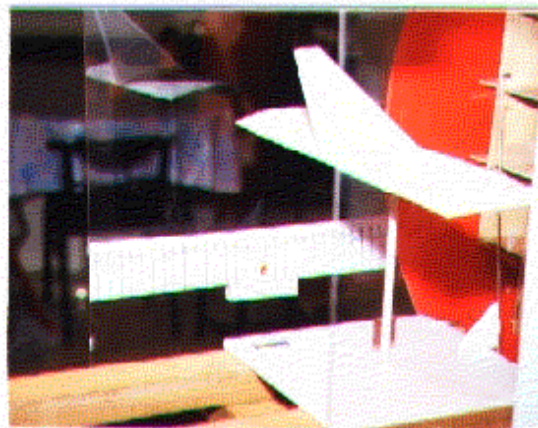
5、當雷射光點在 20 秒間，較穩定的顯示在刻度表上的某一個量化數字時，即予以紀錄下該刻度數字(照片十四)。



6、共計觀察測試計 1000 次。

二、阻力測試：

1、主機翼平衡測試(照片十五)



2、其測試程序和升力測試同。

3、阻力測試顯示相當穩定，所呈現的量化數定非固定，所以原先設計是觀察測試 1000 次，由於測試的數值變化不大，所以只測試四組主機翼的組合，共計觀察測試計 800 次(紀錄如附件)。

三、紀錄觀察測試實驗所得之升力和阻力的量化數據(如附件一)。

四、依據升力、阻力量化數據繪制折線圖(如附件二)。

五、根據紀錄升力、阻力的量化數據和升力、阻力的折線圖，交叉分析研判，在升力方面選取四組誤差值較小的四組數據求取升力平均值(如下表三)，同時阻方

面選取三組數據求取阻力平均值(如下表四)。

六、根據升力的平均值和阻力的平均值以說明驗證小翼對飛機升力的影響。

表三、五組升力測試實驗經過觀察分析比較，採用其中四組以統計方式，求取其升力平均數值：

	1 號小翼		2 號小翼		3 號小翼		4 號小翼		5 號小翼	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1	60	-21.25	66.25	-22.5	60	-17.5	65	-18.75	77.5	45
2	62.5	-15	52.5	-18.75	60	-20	58.75	-15	83.75	37.5
3	56.25	-18.75	63.75	-16.25	57.5	-22.5	62.5	-25	86.25	40
4	56.25	-21.25	71.25	-18.75	55	-12.5	58.75	-18.75	72.5	36.25
5	56.25	-22.5	58.75	-16.25	55	-26.25	50	-35	81.25	33.75
6	60	-15	58.75	-25	53.75	-21.25	60	-26.25	86.25	40
7	61.25	-27.5	72.5	-16.25	46.25	-16.25	55	-12.5	83.75	32.5
8	71.25	-18.75	70	-21.25	57.5	-12.5	56.25	-28.75	83.75	46.25
9	65	-26.25	70	-23.75	62.5	-8.75	58.33	-31.25	86.25	43.75
10	66.25	-18.75	71.25	-20	52.5	-25	51.25	-15	65	27.5
11	57.5	-30	63.75	-15	47.5	-5	57.5	-25	70	30
12	58.75	-20	65	-13.75	55	-18.75	57.5	-17.5	70	36.25
13	61.25	-26.25	71.25	-5	56.25	-25	56.25	-30	76.25	38.75
14	58.75	-20	66.25	-20	55	-23.75	57.5	-31.25	87.5	31.25
15	63.75	-23.75	73.75	-15	56.25	-21.25	58.75	-31.25	86.25	35
16	72.5	-28.75	67.5	-28.75	61.25	-15	61.25	-21.25	80	35
17	61.25	-22.5	58.75	-23.75	55	-22.5	60	-22.5	86.25	37.5
18	53.75	-25	65	-28.75	55	-22.5	62.5	-25	78.75	31.25
19	57.5	-30	62.5	-26.25	48.75	-10	60	-28.75	85	33.75
20	62.5	-16.25	65	-21.25	55	-26.25	66.25	-27.5	75	46.25
平均值	61.15	-22.35	65.75	-19.85	55.25	-18.65	58.65	-24.31	80.06	36.87

表四、四組阻力測試實經過觀察分析比較，採用其中三組以統計方式，求取其阻力平均數值：

	1 號小翼		2 號小翼		3 號小翼		4 號小翼		5 號小翼	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1	-28.3	-31.6	-25.6	-26.6	-32.3	-36.6	-64.3	-68.3	-33.3	-31.6
2	-29	-34.3	-25.3	-25.6	-32.6	-36.6	-68.3	-69	-33.3	-30
3	-30	-35.6	-24.3	-25	-34.6	-37.3	-68.3	-66.6	-31	-31.6
4	-31.6	-34	-25.6	-28.3	-36.3	-39	-69	-67.6	-29.3	-33.3
5	-30.3	-32.6	-26.3	-24.3	-35.6	-39	-65	-67.6	-33.3	-31.6
6	-30.6	-30	-26	-26	-36	-37.6	-66	-67.6	-35	-34.3

7	-31.6	-31.6	-26.3	-27.3	-37.6	-34.3	-70	-67.3	-38.3	-33.3
8	-32	-31.6	-29.3	-25	-37.6	-31.6	-70	-66.6	-35	-31.6
9	-33.3	-29.6	-28.3	-24.3	-39	-36.6	-71.6	-66.6	-35	-30.6
10	-32.3	-31.6	-26.3	-28.3	-37.6	-34.3	-70.6	-70	-35	-30.6
11	-33.3	-31.6	-25.3	-23.3	-39.3	-36	-70	-70	-36	-30.6
12	-30.6	-30	-25.6	-25	-40.6	-35	-68.3	-68.3	-34.6	-32.6
13	-33.3	-28.3	-25.6	-25	-38.3	-31.6	-68.3	-67.6	-36	-28.3
14	-31.6	-30	-27.3	-28.3	-38.3	-35	-70	-69	-34.3	-30
15	-31.6	-33.3	-29	-26	-40	-35.6	-72.3	-66	-36	-33.3
16	-32.3	-33.3	-26.6	-24	-38.3	-35.6	-73.3	-69.3	-36	-31
17	-31	-30.6	-29	-25	-35.6	-35	-75	-70.6	-35.6	-30
18	-35.7	-31.6	-28.3	-23.3	-36.6	-36.6	-72.3	-75.6	-35	-30
19	-32.3	-31.6	-25.6	-23.3	-36.6	-35	-73.3	-76	-32.6	-30
20	-31.6	-31.6	-26.3	-24.3	-37.3	-33.3	-73.3	-77.3	-35	-30
平均值	-31.6	-31.7	-26.6	-25.4	-37.1	-35.6	-69.9	-69.2	-34.5	-31.2

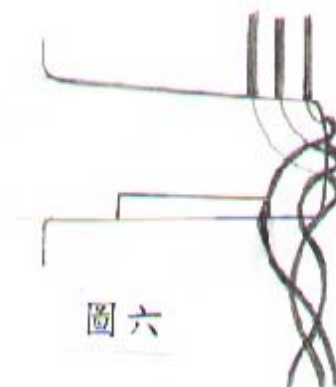
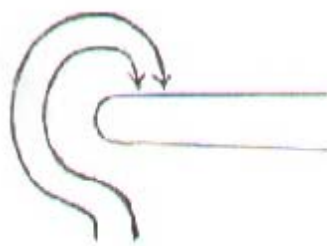
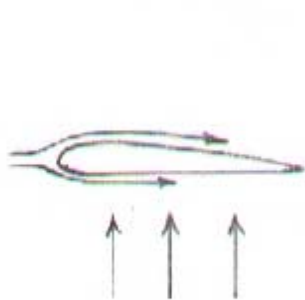
伍、觀察分析：

在風洞實驗下，因為機翼製作和風洞的誤差所以每個實驗數值皆有些許的不同，尤以升力實驗差距較大，比較之後發現到一個有趣的現象，就是升力是以 1、2、5 號為最佳，雖然 1 號的小翼為現在飛機所採用的最多，但升力卻比 2 號小翼略小一點，而 5 號小翼雖然升力較大，但相對的是較不穩定，而 3 號、4 號雖 3 號的升力不低於 1、2、3 號小翼，但穩定度是五種中最低的，而此卻是會影響飛行安全的，4 號小翼則是五種中升力最小的，且也不穩定，在阻力的測量中 2 號小翼的阻力為最小，而 4 號小翼的阻力為最大。

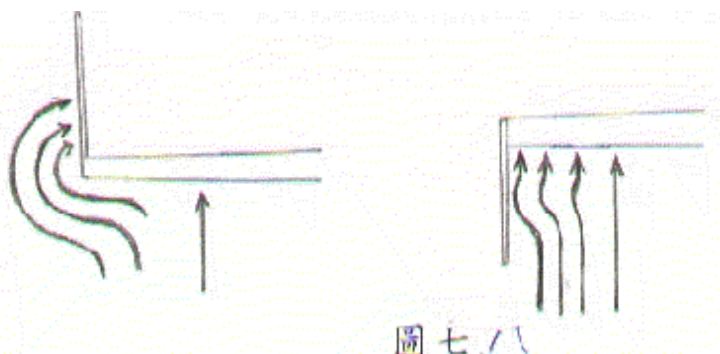
陸、結論與應用：

根據以上 1000 次的測試觀察和實驗量化數值，我們可以知道 1、2、5 號小翼所產生的升力效果是我們在測試觀察實驗中發現比較大的，雖然 1、2、5 號小翼有阻力的產生，但升力確實是增加不少，所產生升力的原因和理論上應該產生推力而卻沒有的因素，說明如下。

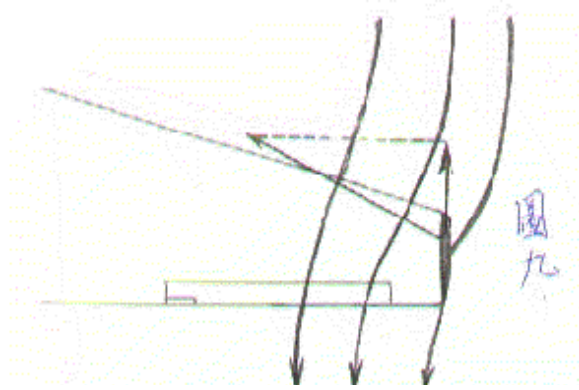
一、在白努利的原理中得知機翼下方的壓力大於機翼上方的壓力，因而產生升力(如圖四)，而因為機翼下的壓力較大，在機翼末端因無阻擋物，所以會產一渦流使下方氣流上旋後把機翼向下壓而減少升力(如圖五、六)。



二、若在機翼末端加上一小翼(如 1 號小翼)，則可阻上氣流上旋入(如圖七、八)，假如飛機正在爬升，或攻角 >0 度時，則 5 號小翼產生更好的效果(如實驗左側小翼時)，其原因為當機翼攻角 >0 度時，若無小翼則向上旋出，但有 5 號小翼時則因機翼下方空氣擠壓產生較大壓力而相對產生了更多的升力。



三、理論上加小翼也是可以產生推力的，原理為當氣流流過小翼時，會有升力一樣的力產生，而其分力就為推力(如圖九)，而實驗與理論不同，其原因可能是以下三點，第一是小翼本身的阻力 $>$ 它所產生的推力，故實驗結果與理論不同，第二是小翼的位置不佳，故無法產生推力。第三是可能與本次實驗所採用的機翼有關。



由以上主機翼加上小翼的測試觀察實驗，證明加上小翼具有升力的效果，在升力的效應中則可產生推力而促進飛機的經濟效益，本實驗只在觀察測試升力現象且經證實以提供有關單位參用。

柒、參考文獻：

- 王懷生 揭開飛行的奧祕(二版) 台北市 全華科技圖書公司 205 頁 民 87
傅鶴齡 航空科學 台北市 大中國圖書公司 383 頁 民 88
世界航空機 東京都新宿區 イカロス 出版株式會社 330 頁 2001

附件一

觀察測試實驗所得之升力和阻力的量化數據

【觀察一】

【第一組浮力測試實驗】

	1 號小翼		2 號小翼		3 號小翼		4 號小翼		5 號小翼	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1	65	-10	75	-25	70	5	70	-20	90	-35
2	70	0	60	-25	65	15	55	-10	105	-35
3	65	10	75	-15	70	-5	55	5	85	-55
4	55	-10	75	-5	55	5	45	-15	65	-55
5	70	-15	65	-35	65	-15	35	-30	85	-15
6	85	-5	70	-35	45	-30	60	-35	105	-35
7	75	-15	75	-40	45	-20	65	5	90	-35
8	75	5	65	-40	75	5	55	-20	95	-35
9	65	-25	80	-30	70	-15	55	-5	95	-50
10	65	-5	65	-25	55	-25	45	-20	65	-5
11	65	-15	75	-10	75	-5	55	-35	70	5
12	70	-20	65	-5	65	5	45	-5	75	-45
13	65	-20	65	-20	65	-25	35	-15	85	-45
14	75	-0	75	-15	65	-10	45	-40	95	-25
15	75	-15	65	-5	65	-15	55	-30	90	-40
16	90	-15	75	-35	65	-5	65	-30	85	-25
17	65	-15	60	-35	70	-5	70	-25	80	-35
18	75	-15	75	-40	70	-15	65	-25	105	5
19	65	-5	65	-35	55	5	65	-5	105	-30
20	70	-15	75	-30	65	-25	55	-35	95	-50

【觀察二】

【第二組浮力測試實驗】

	1 號小翼		2 號小翼		3 號小翼		4 號小翼		5 號小翼	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1	70	-25	45	-25	70	-10	50	-20	45	-5
2	65	-30	50	-20	70	-10	55	-15	45	0
3	80	-25	55	-15	75	-10	50	-10	40	-10
4	80	-35	50	-25	90	-5	65	-20	65	-15
5	85	-30	50	-30	105	5	70	-25	55	-15
6	75	-35	45	-25	85	0	70	-30	45	-30
7	90	-30	60	-30	85	-10	65	-20	50	-20
8	85	-25	70	-25	70	-20	50	-40	60	-10
9	75	-10	55	-25	60	-15	50	-15	55	30
10	85	-35	60	-20	75	-20	55	-20	60	20
11	120	-20	55	-30	80	-10	60	-35	55	10
12	70	-30	50	-25	75	-10	60	-25	45	-5
13	60	-30	55	-25	95	-15	65	-5	45	-5
14	85	-25	60	-35	80	-20	70	-30	55	-5
15	75	-25	60	-30	85	-25	65	-25	45	-15
16	85	-30	55	-35	70	-20	65	-30	45	0
17	70	-25	50	-30	85	-15	65	-30	50	5
18	75	-35	50	-15	80	-25	65	-35	45	-10
19	80	-55	55	-45	80	-30	90	-35	45	-10
20	90	-60	60	-30	75	-20	65	-35	50	-15

【觀察三】

【第三組浮力測試實驗】

	1 號小翼		2 號小翼		3 號小翼		4 號小翼		5 號小翼	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1	55	-5	55	-15	55	15	50	-5	70	-65
2	65	10	45	5	45	-15	60	5	90	-60
3	45	-15	60	5	55	-15	55	-15	75	-55
4	70	-5	50	-5	45	15	45	15	75	-25
5	55	15	55	15	55	-15	45	-25	100	-45
6	65	25	45	5	55	-5	55	0	80	-55
7	65	-15	75	10	60	25	55	5	95	-35
8	60	-10	65	5	55	5	45	-15	75	-50
9	60	10	70	15	50	45	55	-25	90	-55
10	70	20	60	-5	45	-15	50	10	75	-45
11	55	-15	55	-5	45	35	45	0	75	-55
12	65	0	50	-15	55	5	50	10	60	-25
13	60	0	60	25	55	5	60	-25	70	-35
14	50	-5	65	-5	50	-15	45	5	105	-45
15	65	-10	65	5	50	0	35	-25	100	-50
16	65	-15	55	5	55	15	40	5	85	-45
17	75	-5	60	0	40	-15	50	-15	85	-50
18	55	-15	65	-20	45	0	50	-15	70	-50
19	65	-25	65	-10	25	45	65	-25	75	-45
20	70	-25	60	10	45	15	70	0	70	-55

【觀察四】

【第四組浮力測試實驗】

	1 號小翼		2 號小翼		3 號小翼		4 號小翼		5 號小翼	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1	55	-35	65	-35	55	-45	65	-35	65	-55
2	65	-55	45	-30	65	-45	50	-30	55	-25
3	55	-35	55	-45	50	-35	75	-55	95	-25
4	55	-35	65	-25	65	-45	75	-55	55	-45
5	45	-45	65	-45	45	-30	65	-45	65	-55
6	50	-35	55	-15	45	-35	80	-30	50	-45
7	45	-45	65	-25	35	-45	35	-35	60	-45
8	75	-55	85	-25	55	-25	65	-45	75	-40
9	85	-45	55	-45	55	-25	65	-55	45	-40
10	65	-45	65	-35	45	-5	55	-45	60	-25
11	55	-45	55	-35	35	-25	60	-35	55	-45
12	50	-15	65	-45	45	-45	65	-45	75	-45
13	60	-45	95	-35	45	-45	65	-45	55	-55
14	65	-45	75	-45	55	-45	65	-60	50	-45
15	65	-35	75	-35	55	-45	75	-45	50	-35
16	65	-45	55	-45	60	-35	85	-25	65	-45
17	55	-35	45	-25	55	-35	55	-15	85	-45
18	45	-25	55	-25	45	-45	65	-35	55	-55
19	55	-45	45	-35	70	-45	55	-45	75	-25
20	45	-35	45	-35	60	-45	75	-45	55	-45

【觀察五】

【第五組浮力測試實驗】

	1 號小翼		2 號小翼		3 號小翼		4 號小翼		5 號小翼	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1	65	-35	70	-25	60	-45	70	-15	85	-25
2	50	-15	60	-25	65	-35	65	-20	85	-30
3	60	-35	65	-30	55	-35	60	-35	90	-25
4	45	-35	90	-20	55	-25	65	-30	95	-20
5	55	-45	50	-20	55	-45	55	-40	75	-20
6	40	-45	65	-25	70	-15	45	-35	100	-25
7	60	-35	75	-20	45	-25	60	-25	90	-15
8	75	-15	65	-25	45	-35	60	-35	90	-45
9	50	-45	75	-35	70	-40	105	-40	445	-25
10	65	-45	95	-15	65	-55	55	-5	55	-35
11	55	-45	70	-10	35	-25	70	-30	75	-25
12	50	-45	80	10	55	-40	70	-30	55	-30
13	60	-40	65	10	60	-35	65	-35	95	-20
14	45	-30	50	-15	50	-25	75	-30	95	-10
15	50	-35	90	-25	55	-25	70	-25	100	-15
16	70	-40	75	-40	65	-35	55	-35	85	-25
17	50	-35	70	-35	50	-35	60	-35	95	-20
18	40	-45	65	-30	60	-30	70	-25	85	-20
19	45	-45	75	-25	45	-45	55	-40	130	-35
20	65	-40	80	-30	50	-50	65	-30	80	-35

【觀察六】

【第一組阻力測試實驗】

	1 號小翼		2 號小翼		3 號小翼		4 號小翼		5 號小翼	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1	-30	-30	-30	-20	-35	-30	-55	-60	-35	-20
2	-32	-28	-31	-22	-35	-30	-60	-60	-35	-20
3	-35	-32	-28	-20	-37	-30	-60	-58	-30	-22
4	-35	-30	-35	-25	-40	-35	-60	-58	-25	-25
5	-35	-28	-30	-18	-40	-32	-55	-60	-35	-25
6	-30	-25	-31	-20	-40	-28	-60	-60	-40	-25
7	-35	-30	-32	-22	-38	-28	-62	-60	-45	-25
8	-36	-30	-38	-25	-40	-25	-60	-55	-35	-25
9	-37	-22	-35	-18	-42	-35	-60	-55	-35	-20
10	-35	-30	-30	-25	-40	-30	-60	-55	-35	-20
11	-40	-30	-30	-20	-40	-35	-60	-55	-35	-20
12	-37	-25	-28	-20	-42	-35	-60	-55	-35	-20
13	-40	-20	-30	-20	-40	-30	-60	-50	-40	-20
14	-35	-25	-35	-25	-40	-30	-65	-52	-35	-20
15	-35	-30	-35	-20	-40	-32	-65	-58	-40	-25
16	-37	-30	-30	-20	-40	-32	-68	-58	-40	-20
17	-38	-25	-37	-20	-40	-30	-70	-55	-40	-20
18	-40	-25	-35	-15	-40	-30	-62	-52	-40	-20
19	-37	-30	-30	-20	-38	-30	-65	-58	-35	-20
20	-35	-30	-32	-20	-40	-25	-60	-62	-40	-20

【觀察七】

【第二組阻力測試實驗】

	1 號小翼		2 號小翼		3 號小翼		4 號小翼		5 號小翼	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1	-35	-35	-25	-30	-32	-40	-70	-70	-30	-30
2	-35	-40	-25	-30	-35	-40	-75	-70	-30	-28
3	-35	-40	-25	-25	-37	-42	-75	-65	-28	-28
4	-35	-40	-22	-25	-37	-42	-75	-65	-28	-30
5	-36	-40	-27	-25	-35	-45	-70	-60	-30	-30
6	-35	-40	-27	-30	-38	-45	-68	-60	-30	-28
7	-35	-35	-27	-30	-40	-40	-80	-60	-35	-25
8	-35	-35	-28	-25	-38	-35	-80	-60	-32	-25
9	-36	-35	-28	-30	-40	-40	-85	-60	-32	-30
10	-35	-40	-28	-30	-37	-35	-80	-70	-32	-30
11	-35	-35	-25	-25	-40	-35	-80	-70	-35	-30
12	-33	-35	-27	-25	-40	-35	-75	-65	-35	-30
13	-35	-40	-25	-25	-40	-35	-75	-65	-35	-25
14	-35	-40	-25	-30	-40	-40	-75	-65	-35	-25
15	-35	-40	-27	-28	-40	-40	-80	-50	-35	-25
16	-35	-40	-25	-22	-40	-40	-80	-60	-35	-25
17	-35	-35	-25	-25	-35	-35	-80	-65	-35	-30
18	-37	-35	-25	-30	-35	-40	-85	-75	-30	-25
19	-35	-30	-25	-25	-40	-40	-85	-70	-28	-28
20	-35	-35	-25	-25	-42	-40	-90	-70	-30	-25

【觀察八】

【第三組阻力測試實驗】

	1 號小翼		2 號小翼		3 號小翼		4 號小翼		5 號小翼	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1	-20	-30	-22	-30	-30	-40	-68	-75	-35	-45
2	-20	-35	-20	-25	-28	-40	-70	-77	-35	-42
3	-20	-35	-20	-30	-30	-40	-70	-77	-35	-45
4	-25	-32	-20	-35	-32	-40	-72	-80	-35	-45
5	-20	-30	-22	-30	-32	-40	-70	-80	-35	-40
6	-27	-25	-20	-28	-30	-40	-70	-80	-35	-50
7	-25	-30	-20	-30	-35	-35	-68	-82	-35	-50
8	-25	-30	-22	-25	-35	-35	-70	-85	-38	-45
9	-27	-32	-22	-25	-35	-35	-70	-85	-38	-42
10	-27	-25	-22	-30	-35	-38	-72	-85	-38	-42
11	-25	-30	-22	-25	-38	-38	-70	-85	-38	-42
12	-22	-30	-22	-30	-40	-35	-70	-85	-34	-48
13	-25	-25	-22	-30	-35	-30	-70	-88	-33	-40
14	-25	-25	-22	-30	-35	-35	-70	-90	-33	-45
15	-25	-30	-25	-30	-40	-35	-72	-90	-33	-50
16	-25	-30	-25	-30	-35	-35	-72	-90	-33	-48
17	-20	-32	-25	-30	-32	-40	-70	-92	-32	-40
18	-30	-35	-25	-25	-35	-40	-70	-100	-35	-45
19	-25	-35	-22	-25	-32	-35	-70	-100	-35	-42
20	-25	-30	-22	-28	-30	-35	-70	-100	-35	-45

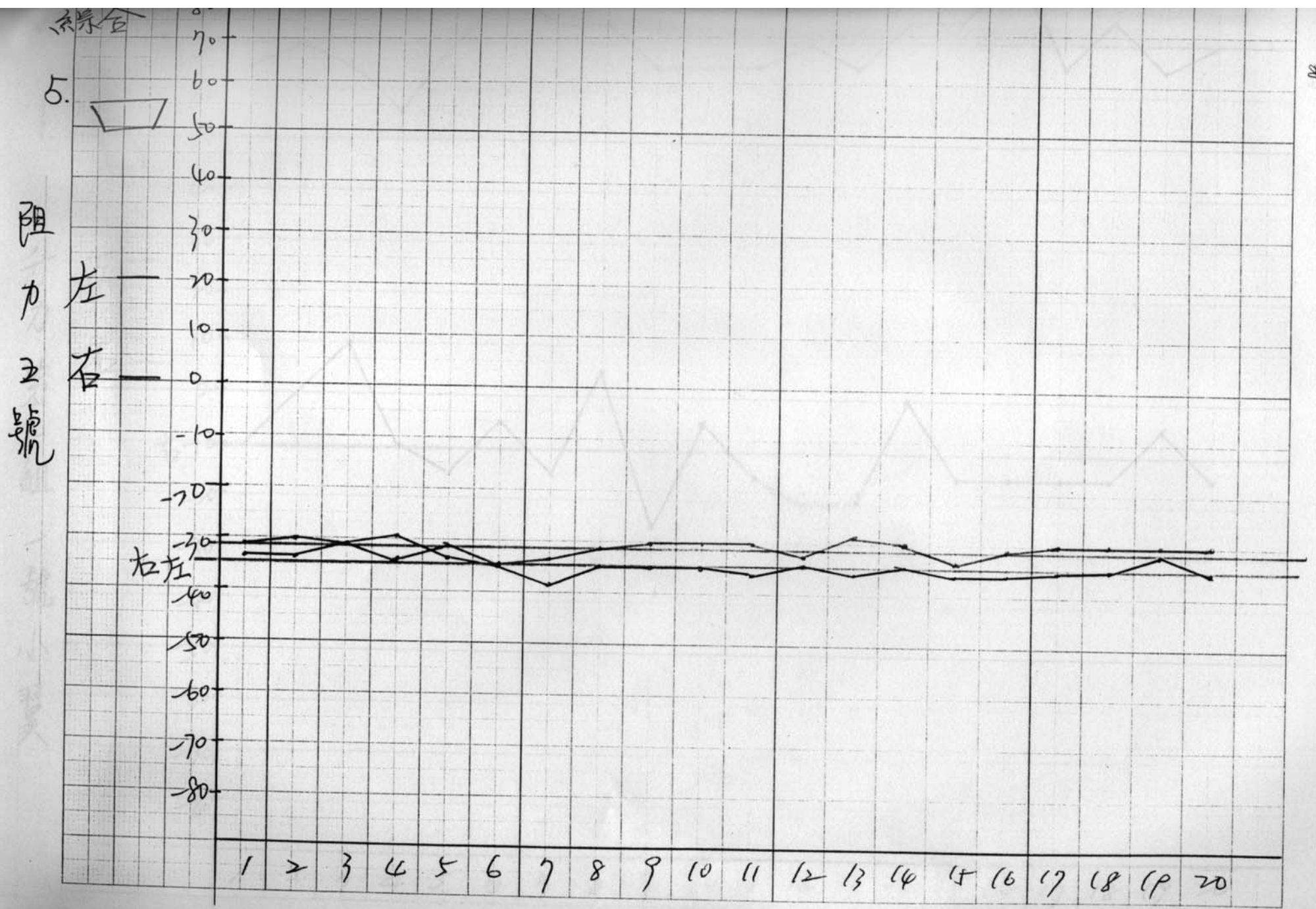
【觀察九】

【第四組阻力測試實驗】

	1 號小翼		2 號小翼		3 號小翼		4 號小翼		5 號小翼	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
1	-28	-40	-30	-30	-40	-35	-75	-43	-20	-30
2	-28	-38	-25	-30	-40	-30	-80	-43	-22	-30
3	-30	-38	-30	-30	-40	-32	-80	-43	-25	-30
4	-30	-38	-32	-30	-38	-32	-85	-43	-25	-35
5	-30	-38	-30	-28	-38	-30	-85	-45	-25	-30
6	-28	-35	-30	-28	-40	-32	-80	-45	-25	-35
7	-30	-35	-30	-28	-40	-35	-75	-45	-25	-30
8	-30	-32	-30	-28	-42	-35	-90	-45	-25	-30
9	-32	-32	-25	-30	-42	-35	-100	-45	-25	-30
10	-30	-32	-30	-30	-42	-35	-90	-45	-25	-40
11	-30	-30	-25	-30	-42	-35	-90	-45	-25	-40
12	-30	-30	-30	-30	-40	-35	-100	-45	-25	-35
13	-30	-30	-30	-30	-40	-35	-80	-45	-25	-30
14	-30	-30	-25	-30	-40	-35	-80	-45	-25	-35
15	-30	-30	-30	-30	-40	-35	-90	-45	-25	-40
16	-30	-30	-25	-30	-40	-35	-95	-45	-25	-35
17	-30	-30	-30	-30	-40	-35	-95	-45	-25	-40
18	-30	-32	-30	-30	-40	-35	-90	-45	-25	-35
19	-30	-30	-30	-30	-40	-35	-100	-45	-25	-35
20	-30	-30	-25	-30	-40	-35	-85	-45	-25	-35

附件二

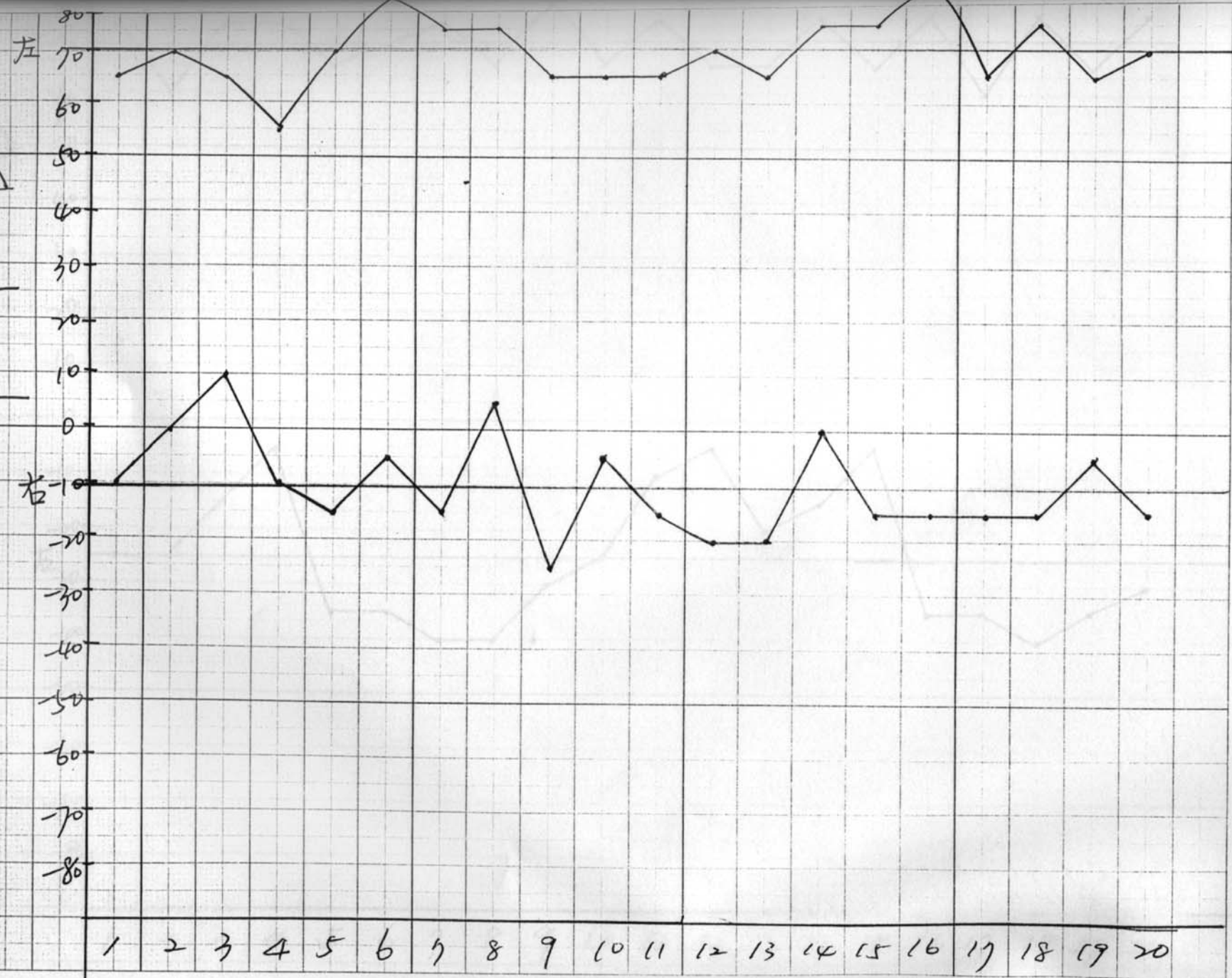
升力、阻力量化數據繪制折線圖



NO 1

1

升力第一組
一號小羽翼



NO1

左



左一

右一

升力第一組
二號小翼

60

50

40

30

20

10

0

-10

-20

-30

-40

-50

-60

-70

-80

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

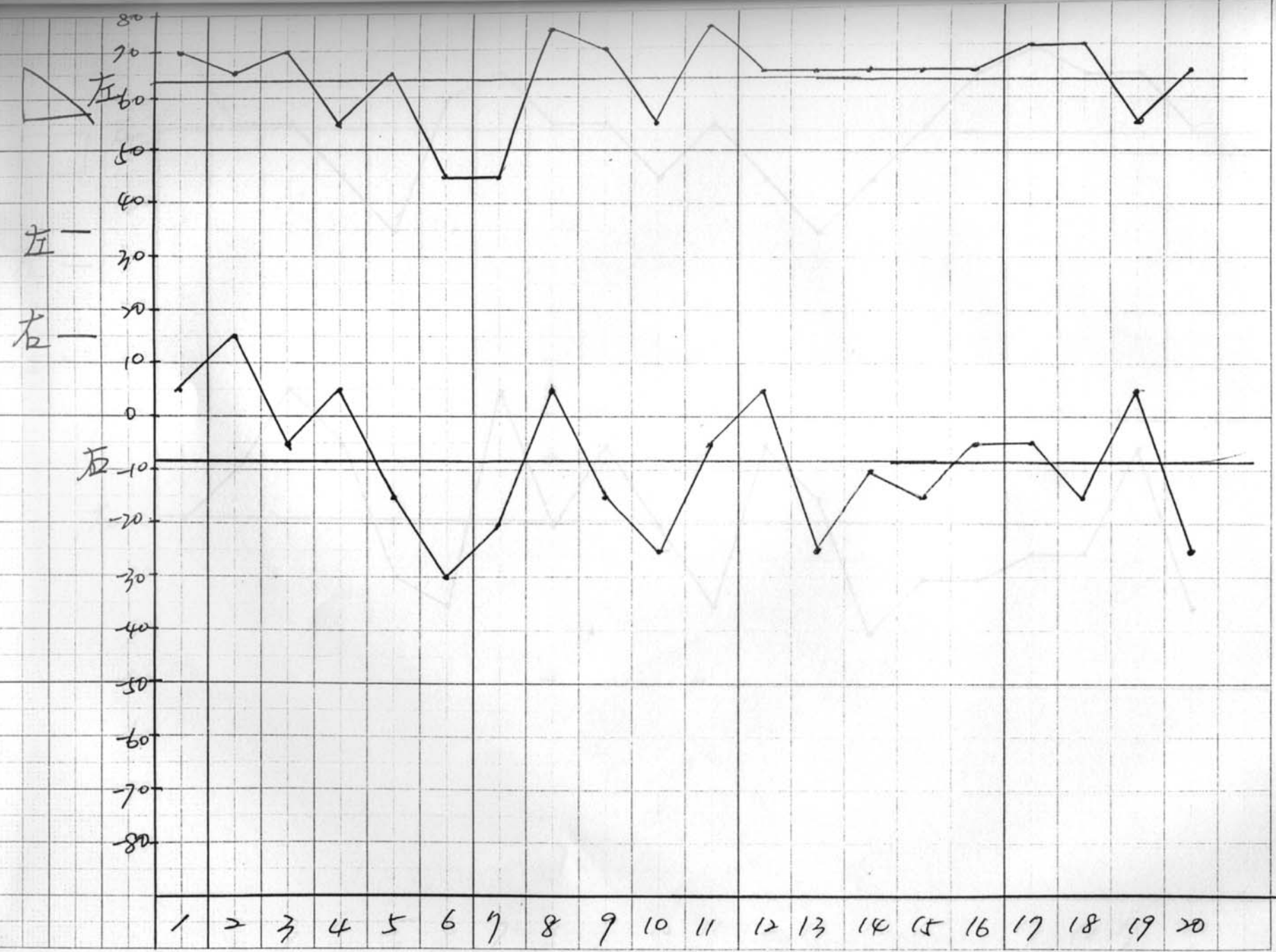
19

20

NO1

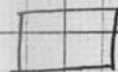
3

升力第一組
三號小翼



ND1

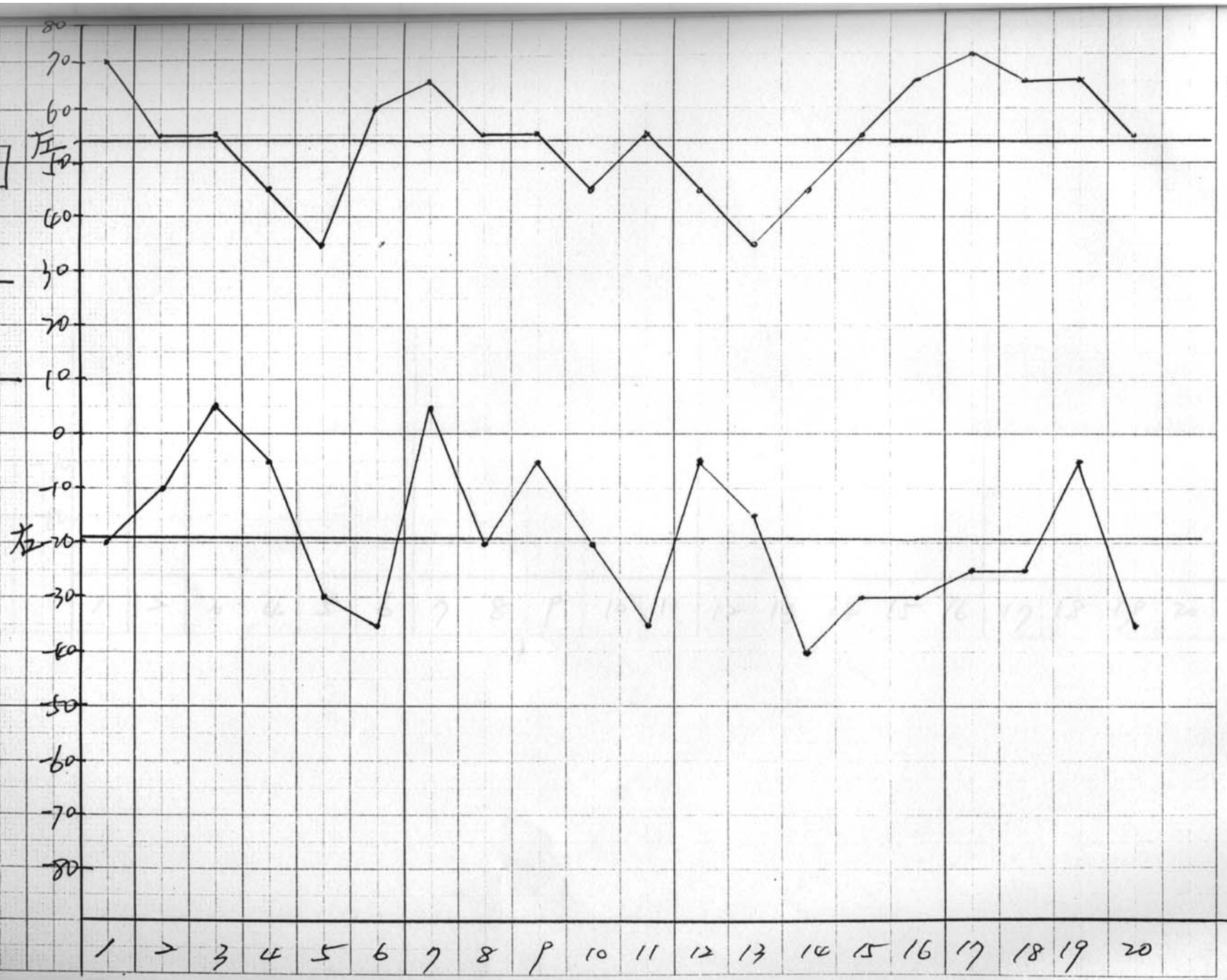
4

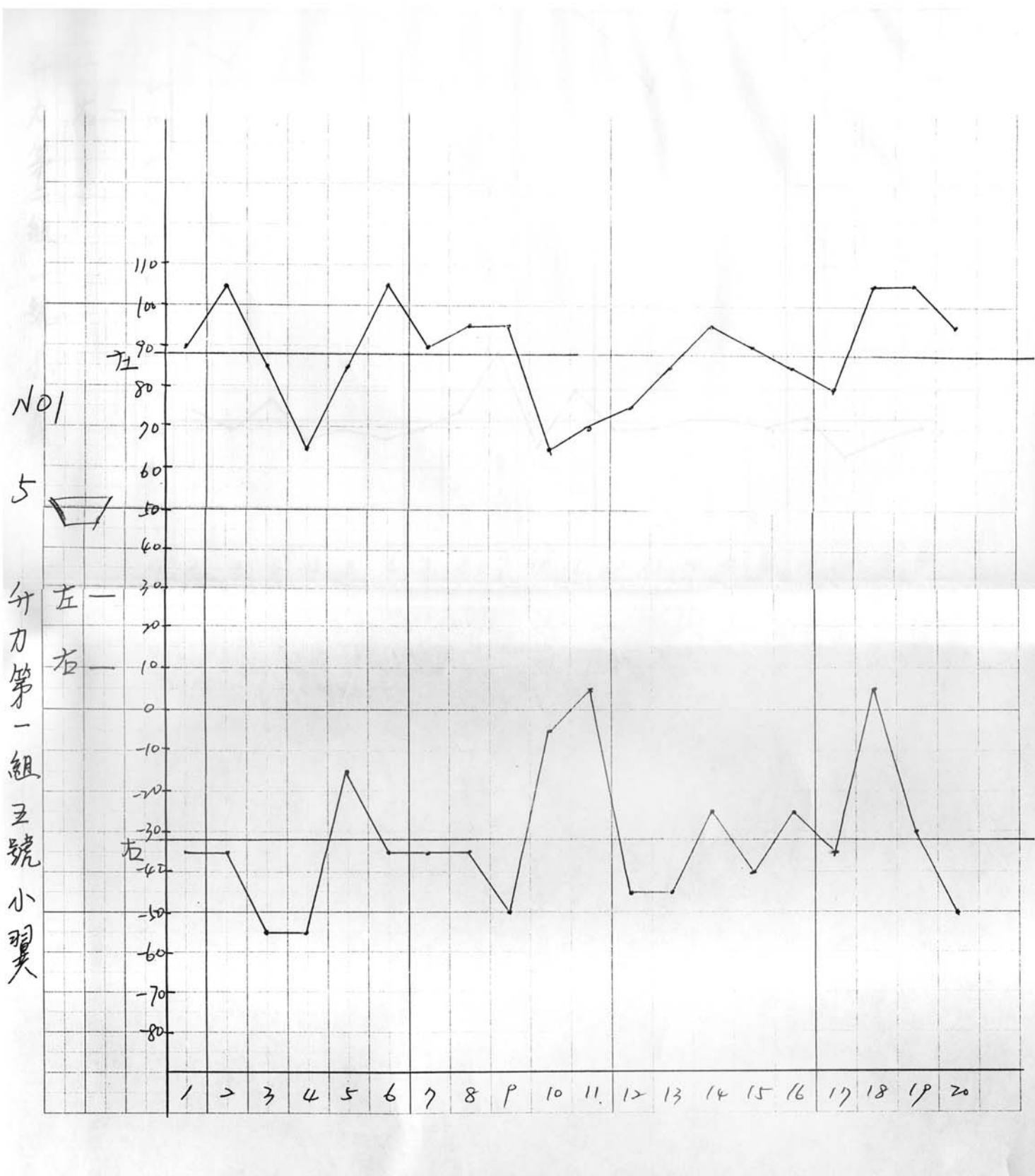


升力第一組
四號小羽夾

左

右



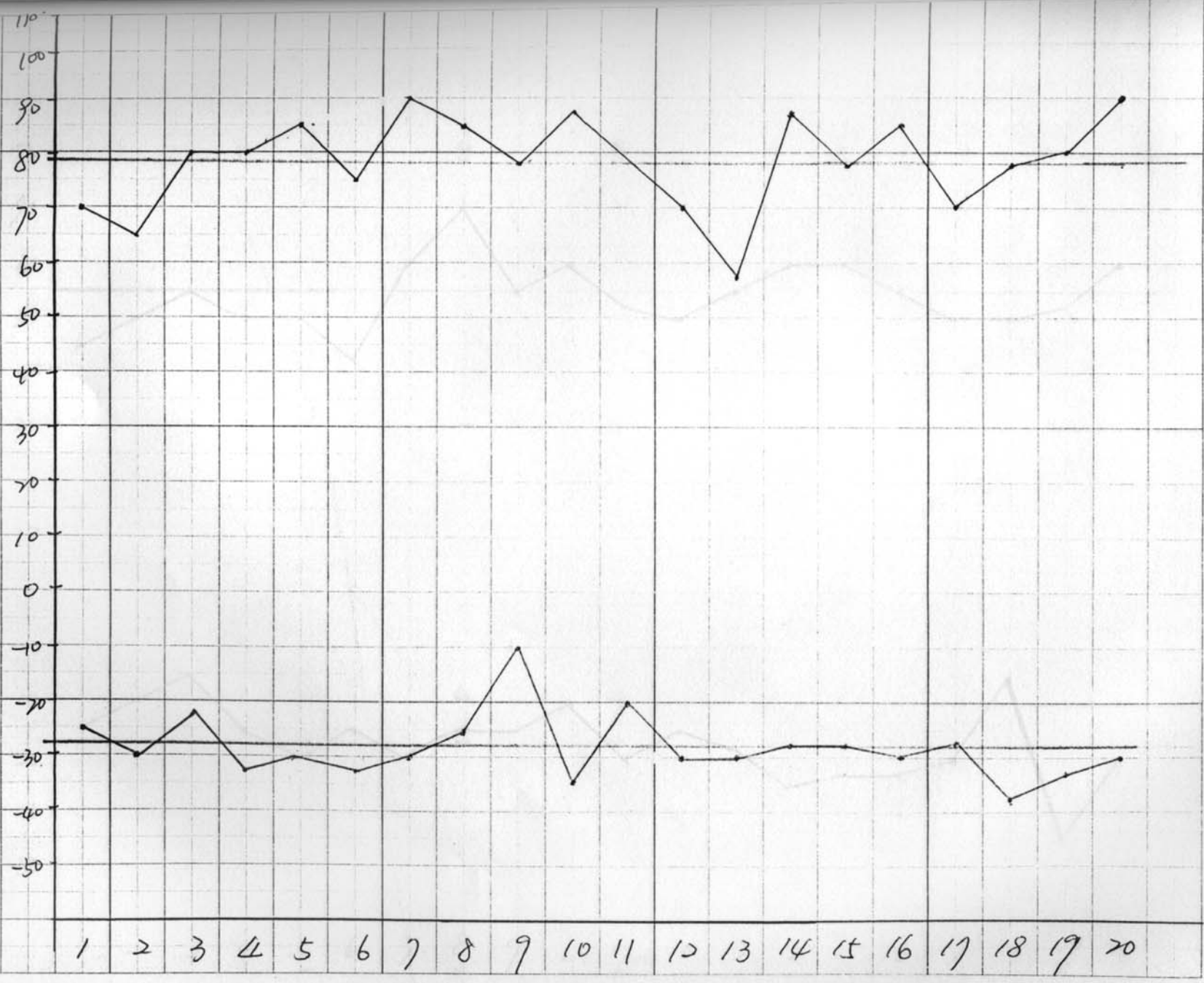


100-

1.

升力第二組一號小翼

左-
右-



NO2

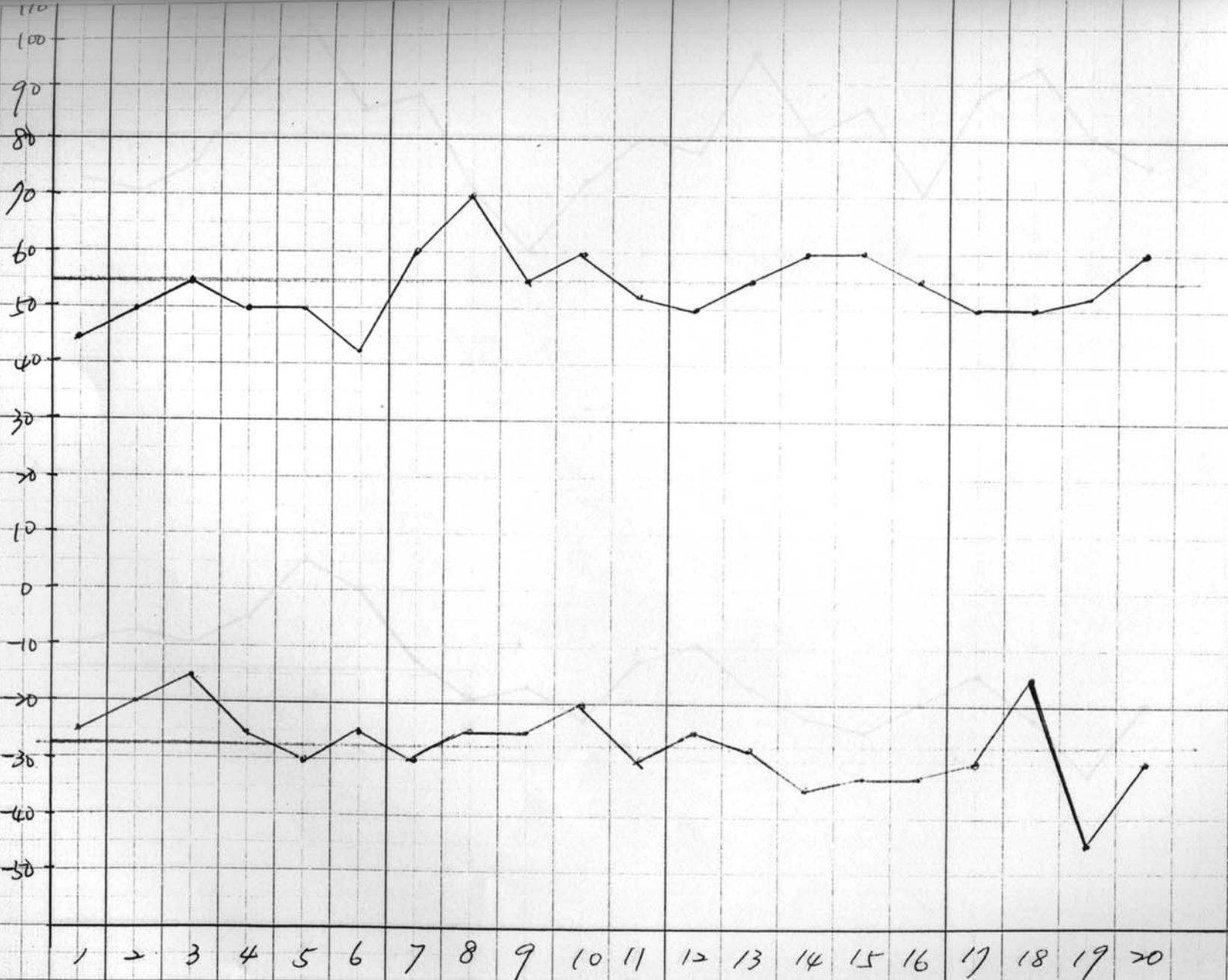
2



左一

右一

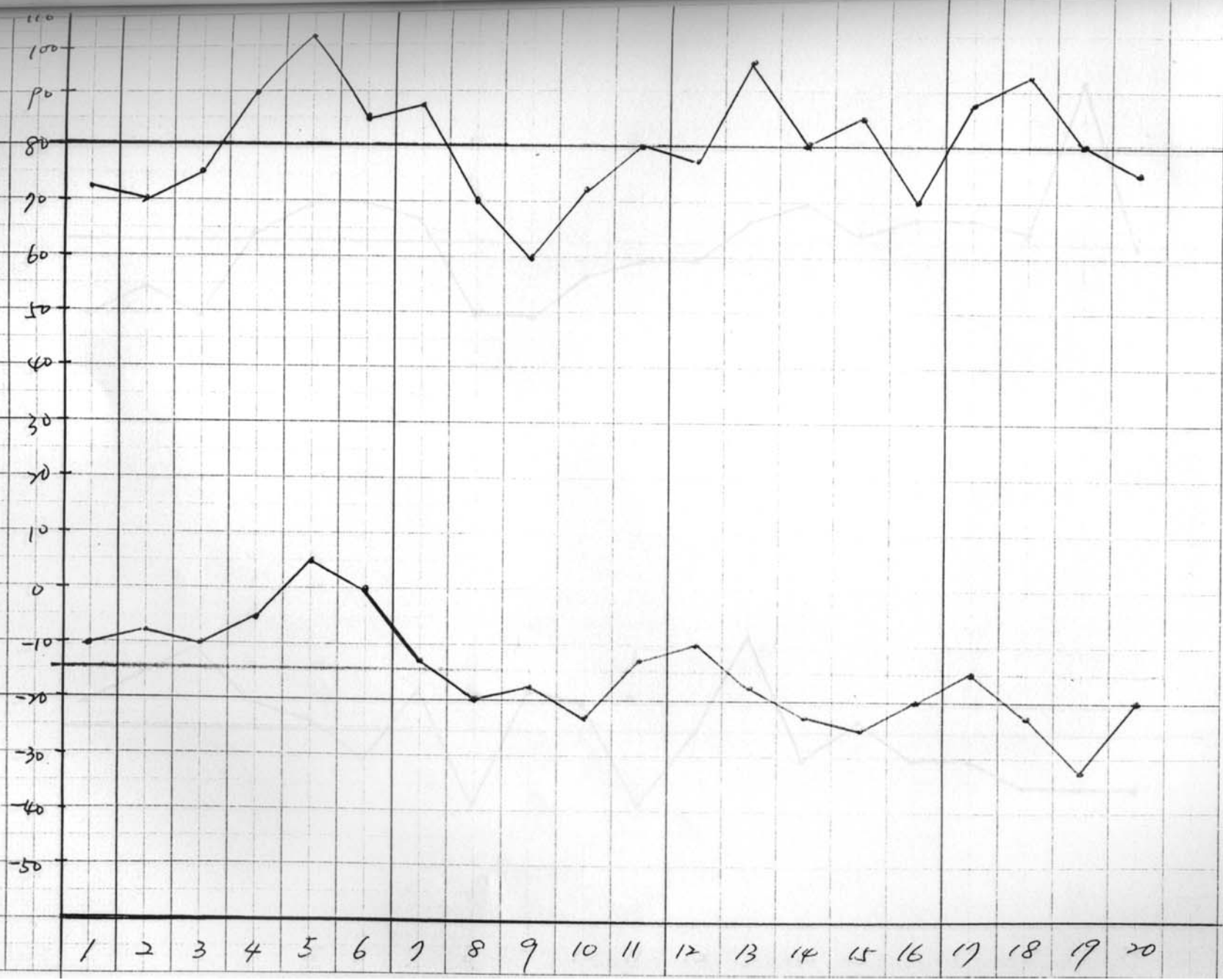
升力第二組
二號小羽翼



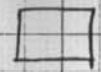
NO. 3

升力第二組 三號小翼

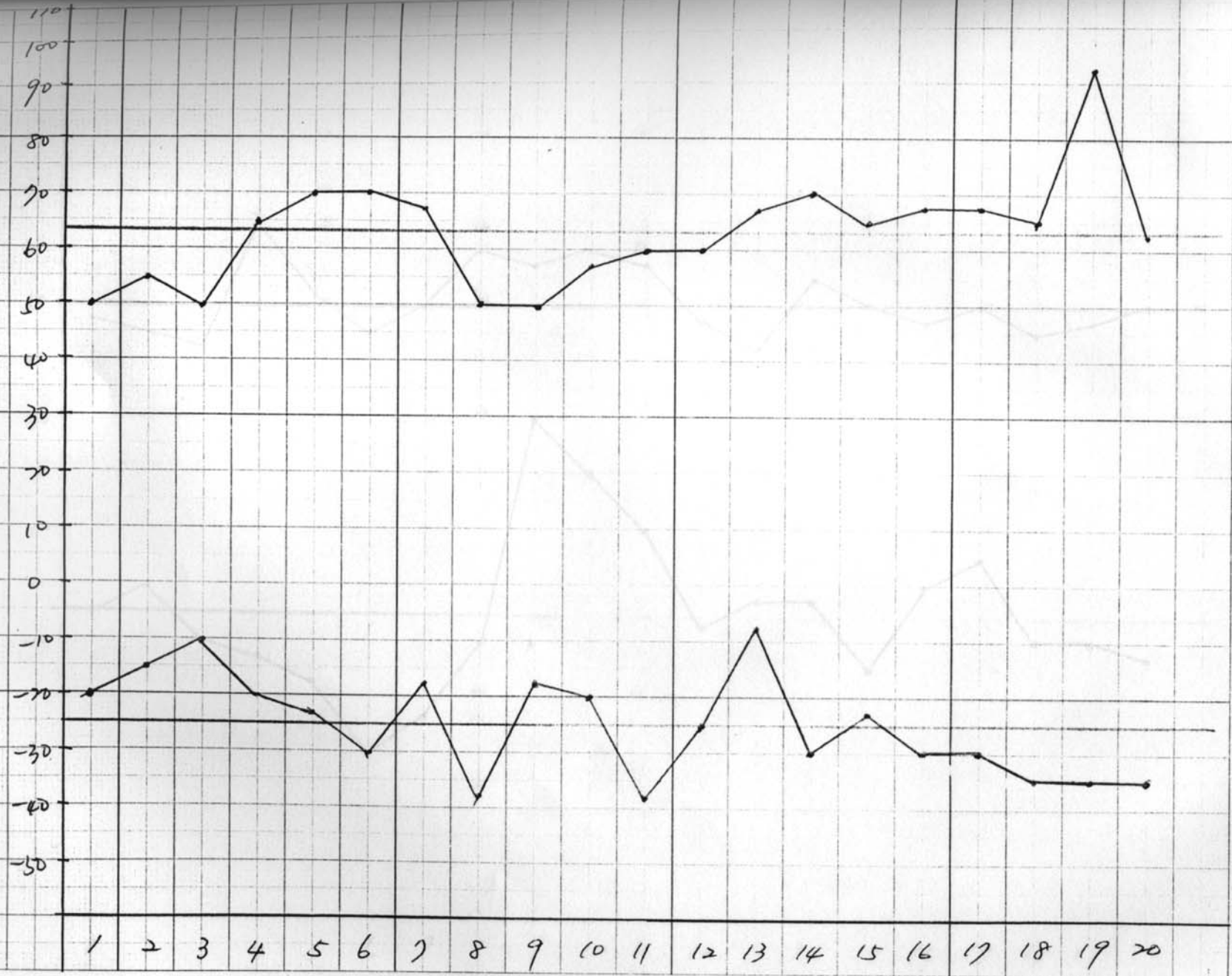
左一
右一



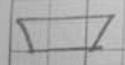
NO₂
4
升刀第二組
回號小翼



左—
右—

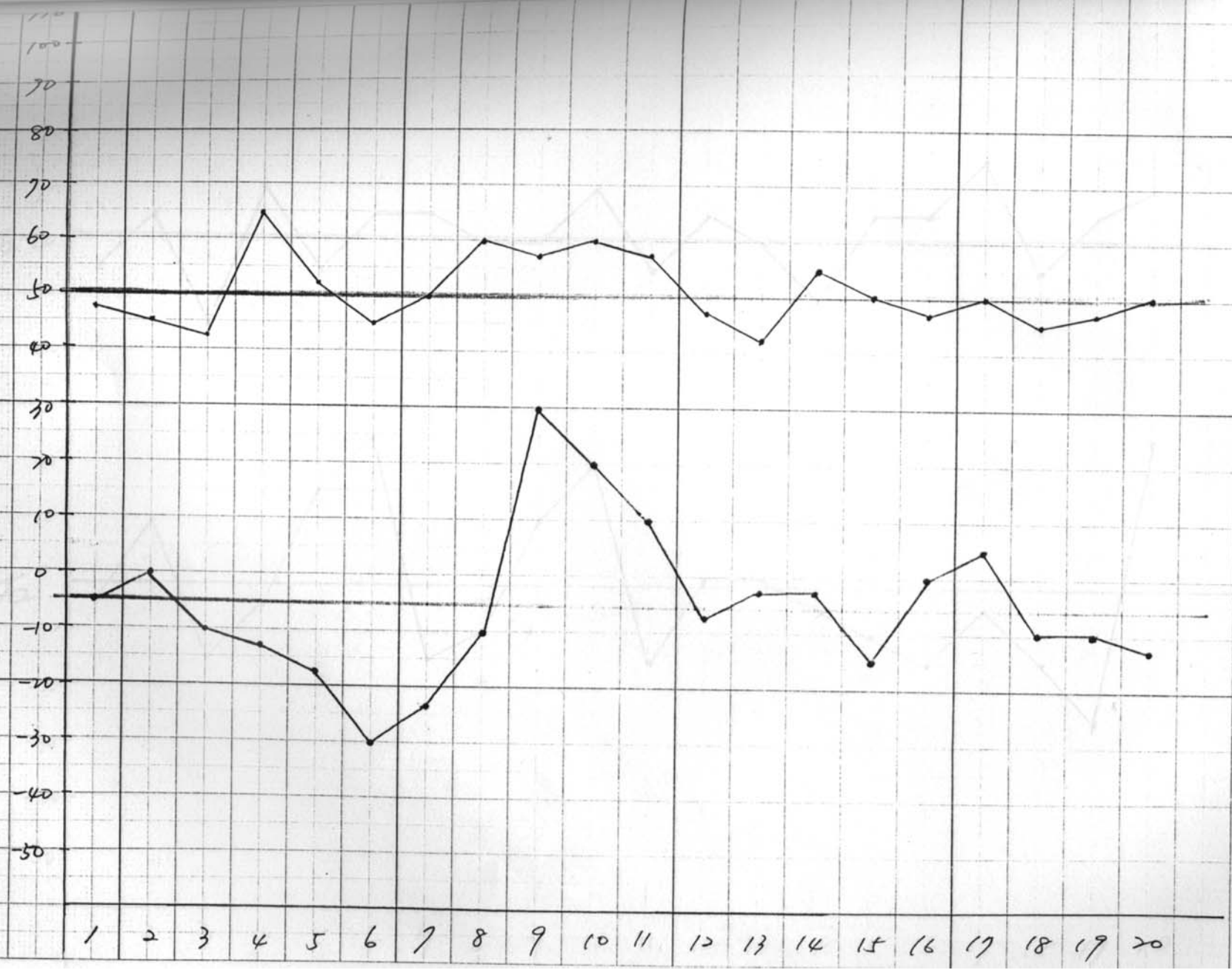


NO. 5



升力第二組五號小翼

左一
右一

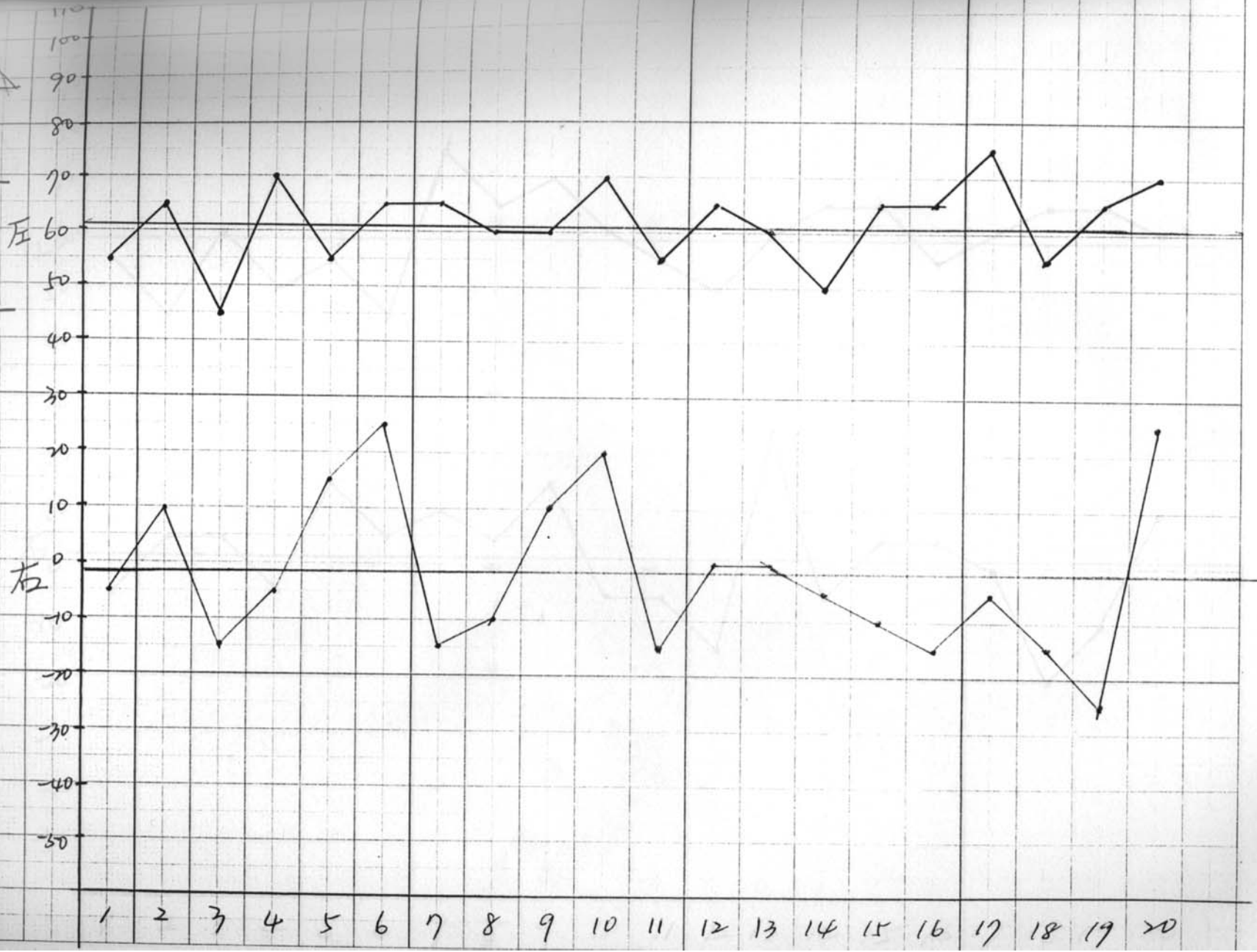


No. 1.



升力第三組一號小翼

左一
右一



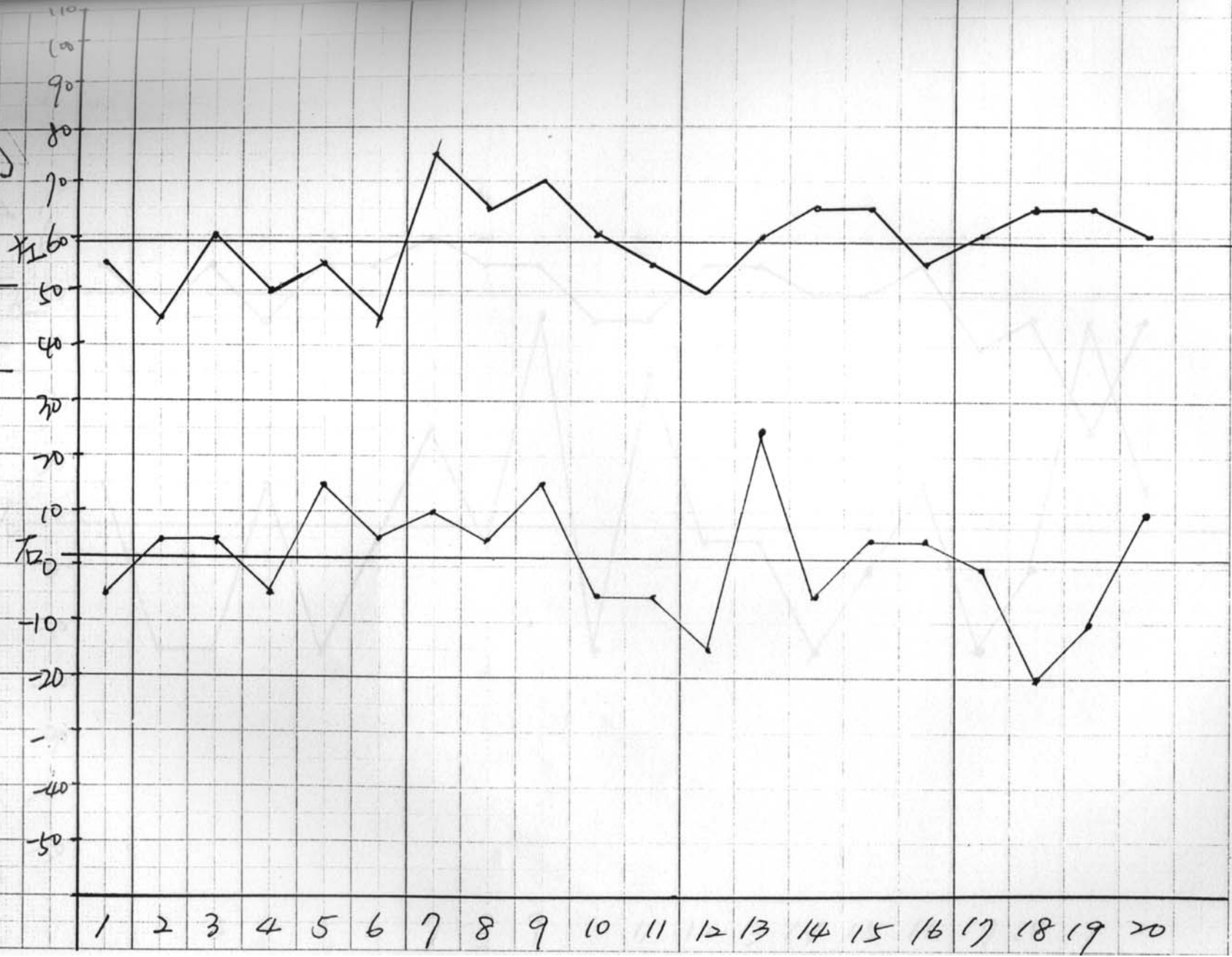
N03

2.



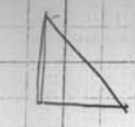
升力第三組二號小翼

左
右

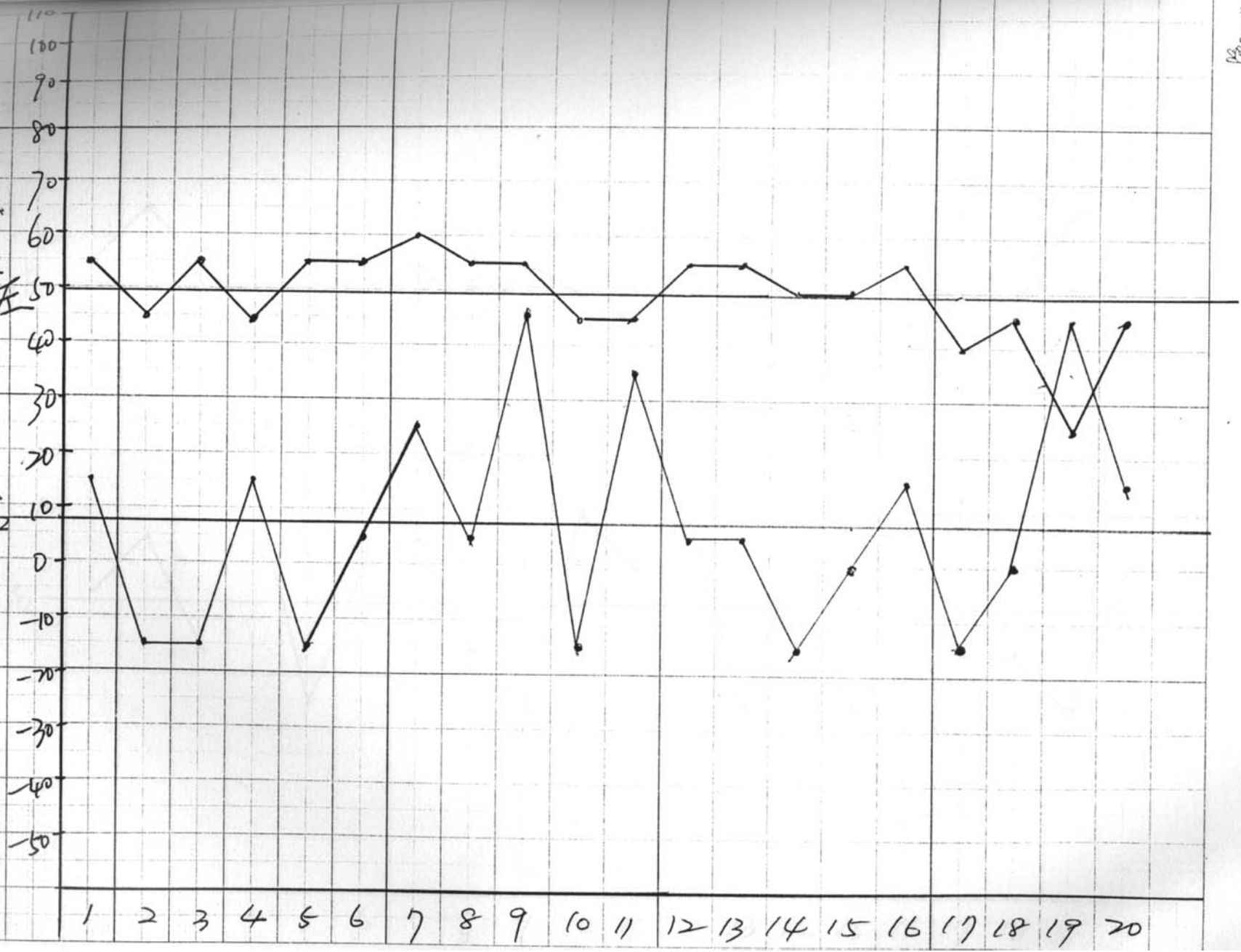


N03

3,
升力第三組三號小翼



左
右



NO₃

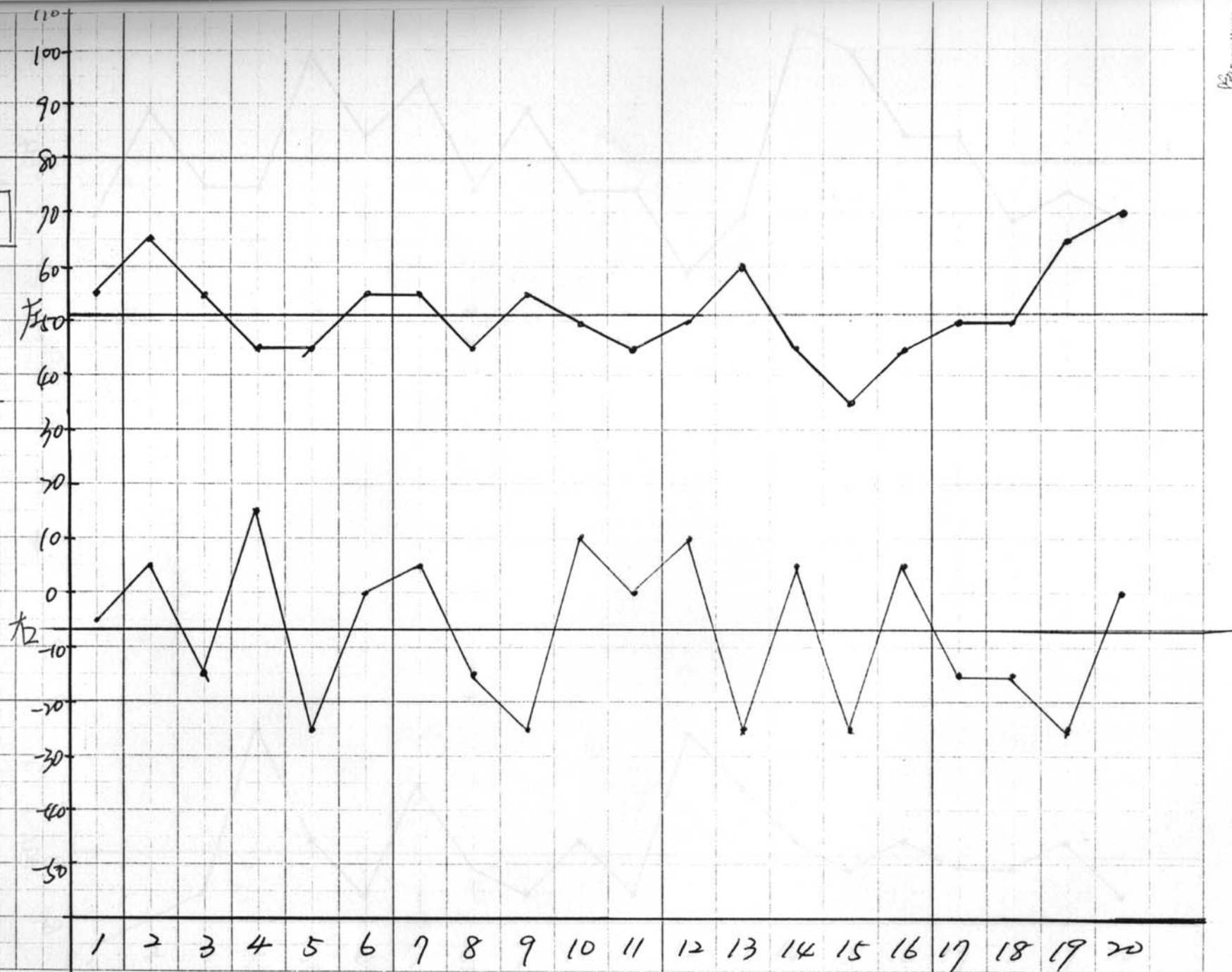
4.

升力第三組四號小翼



左

右



NO₃

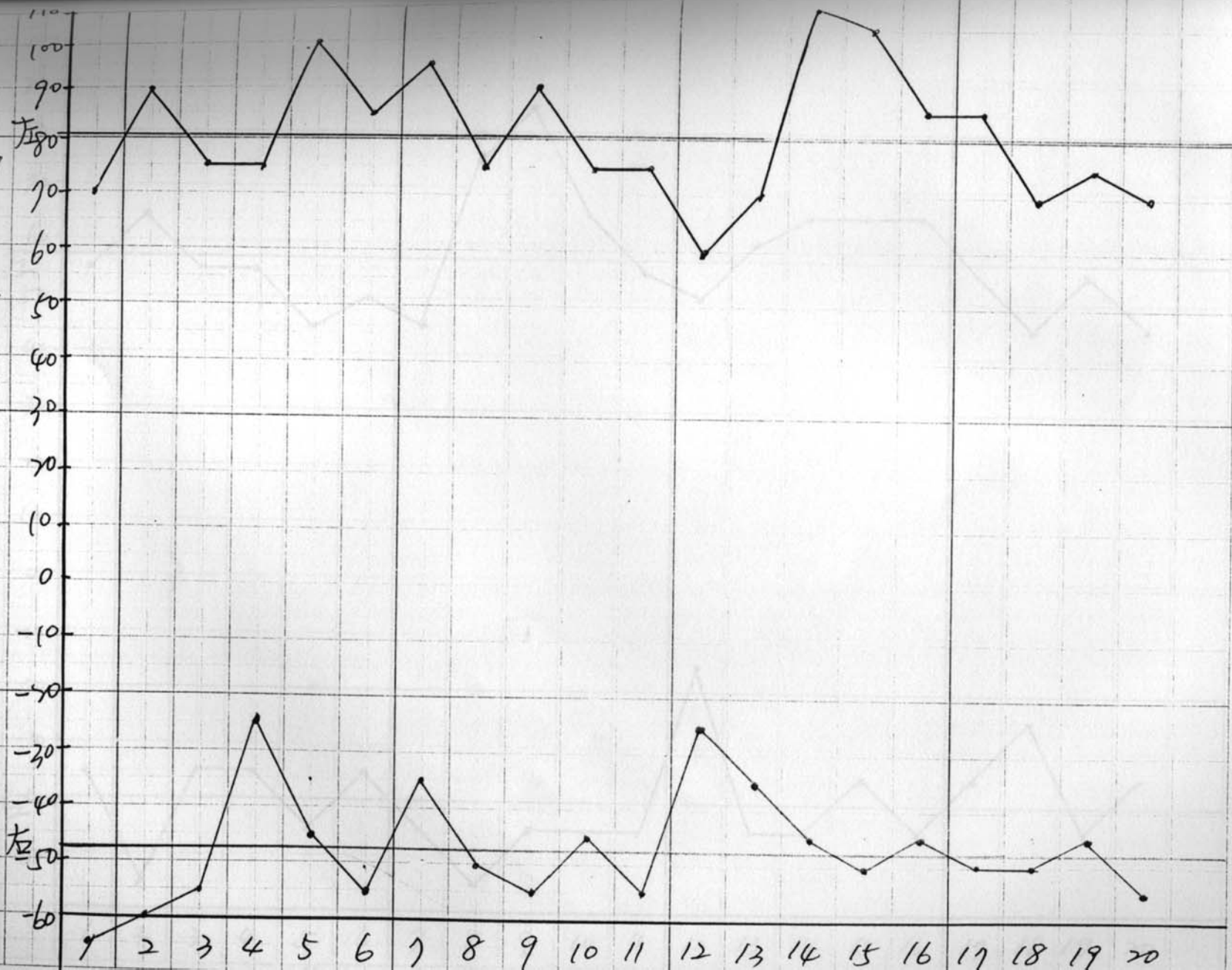
5



升力第三組五號小翼

左一

右一

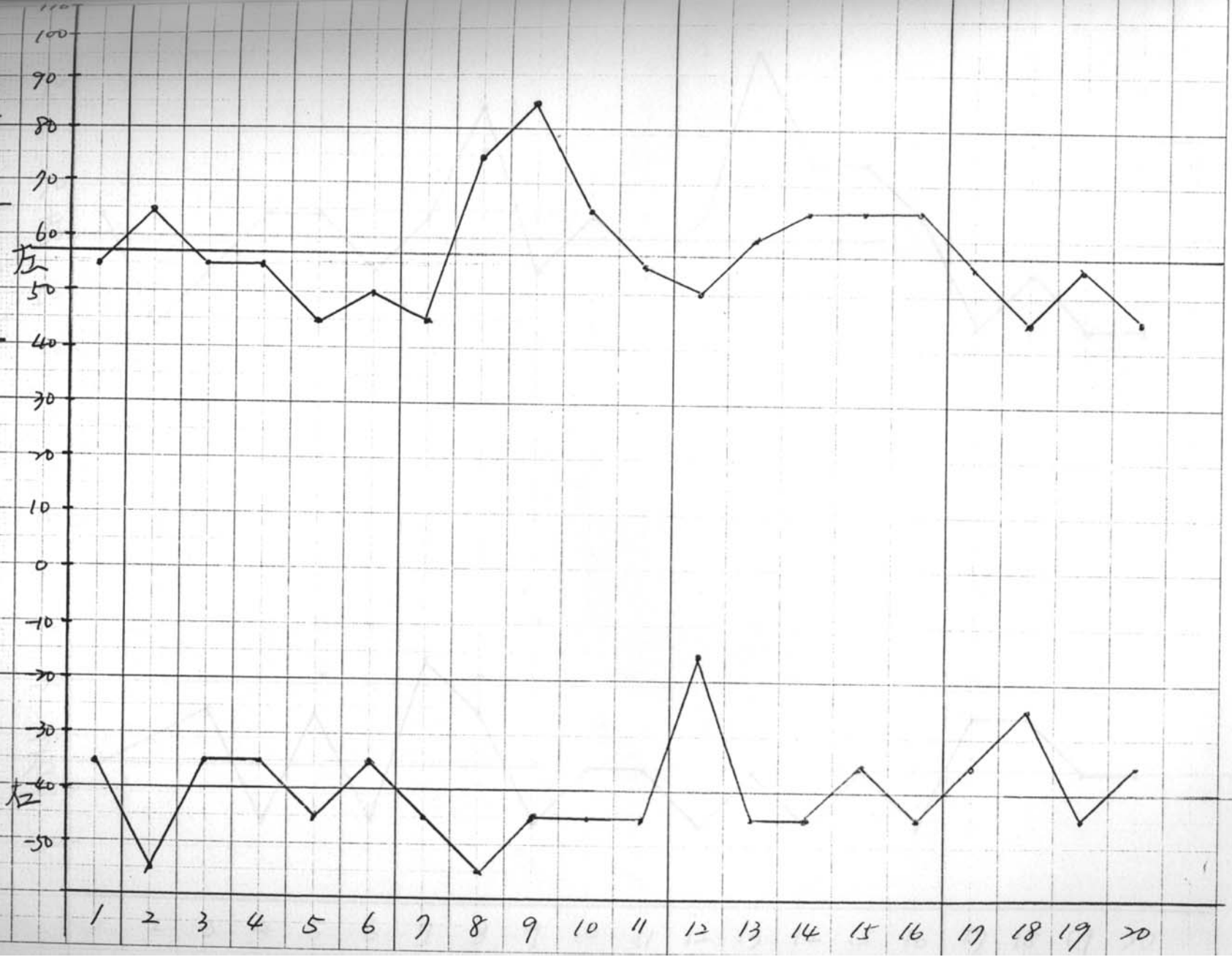


N 004



升力第四組一號小翼

左一
右一

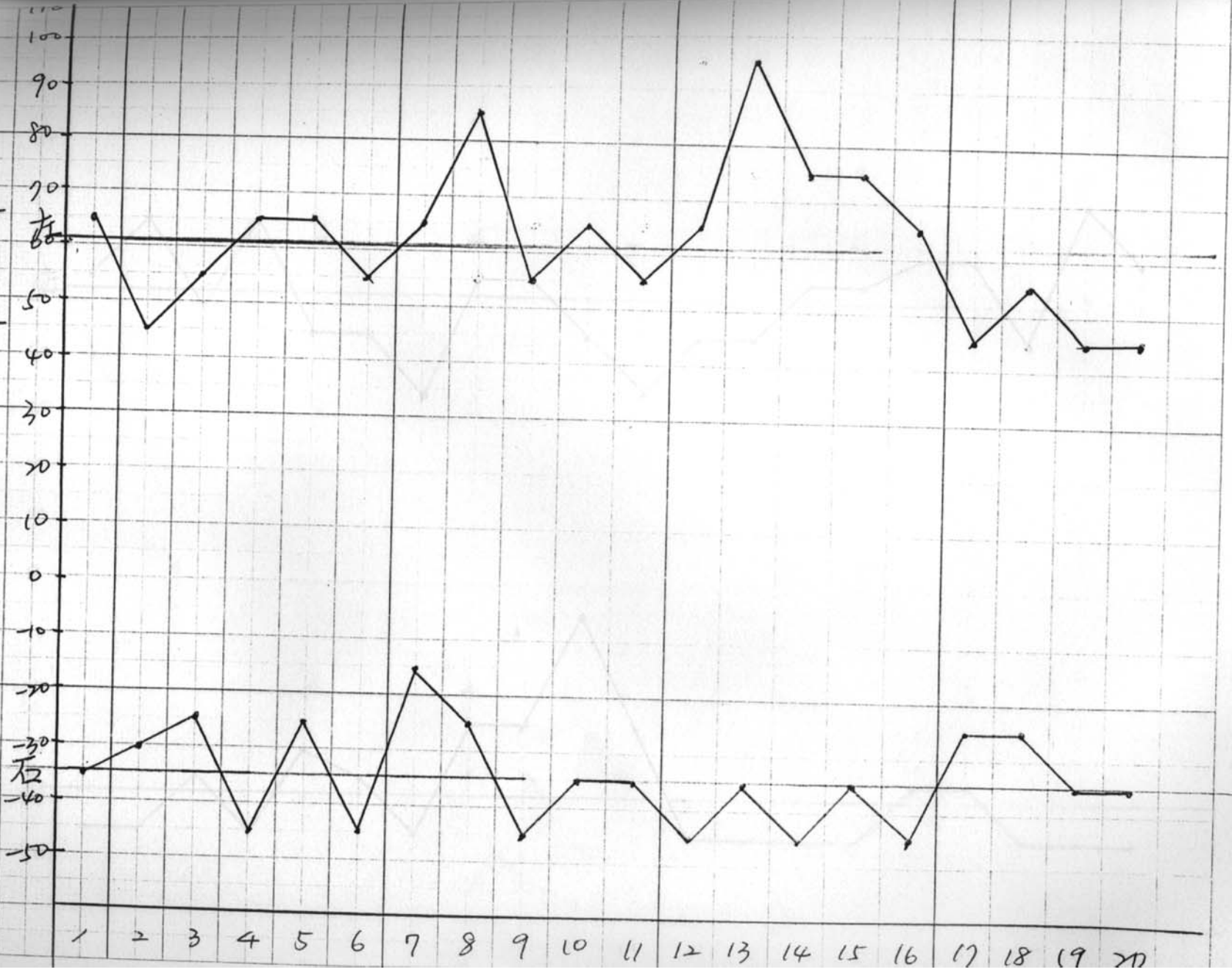


N04



升力第四组二號小翼

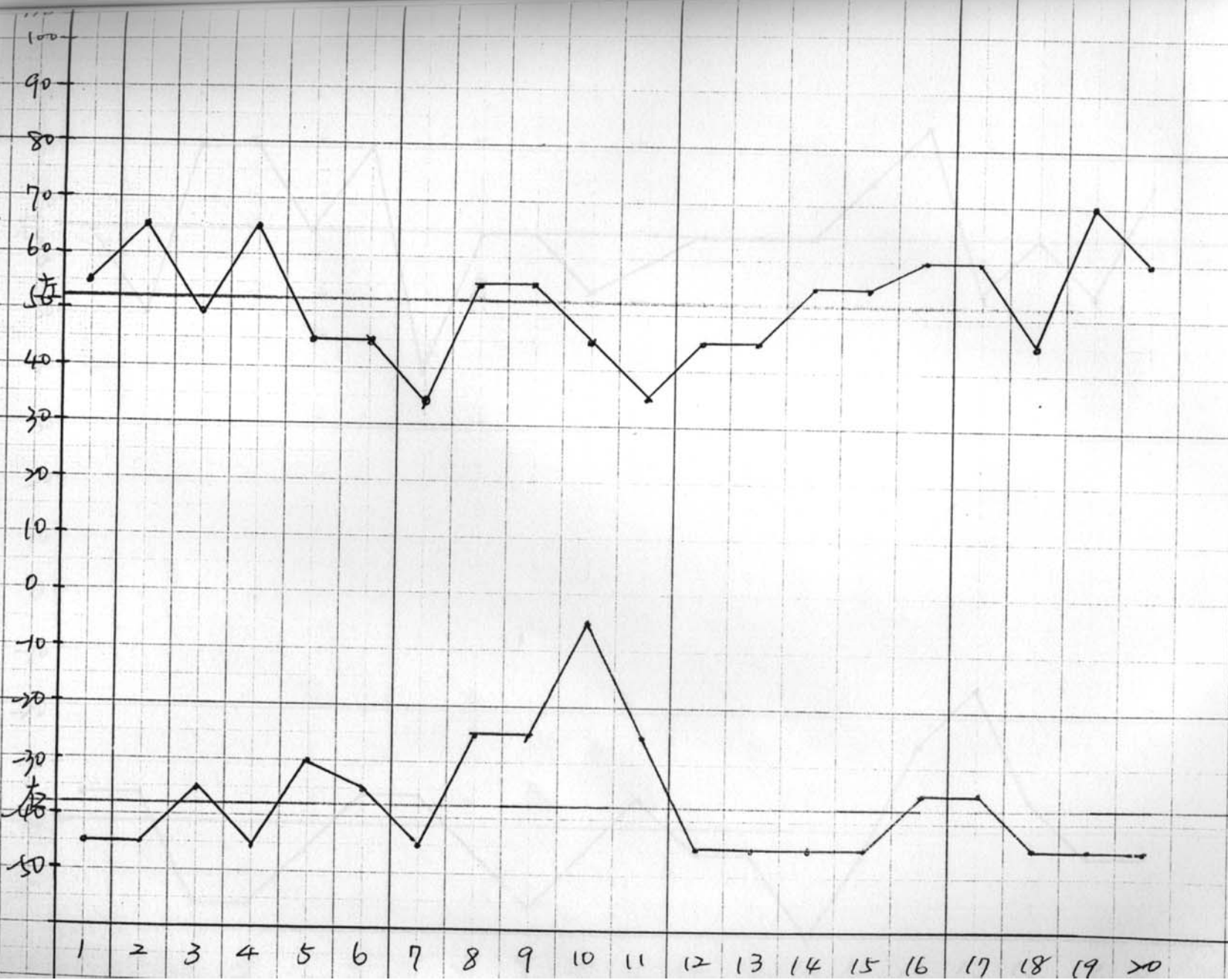
左一
右一



3

升力第四組 三號小翼

左一
右一

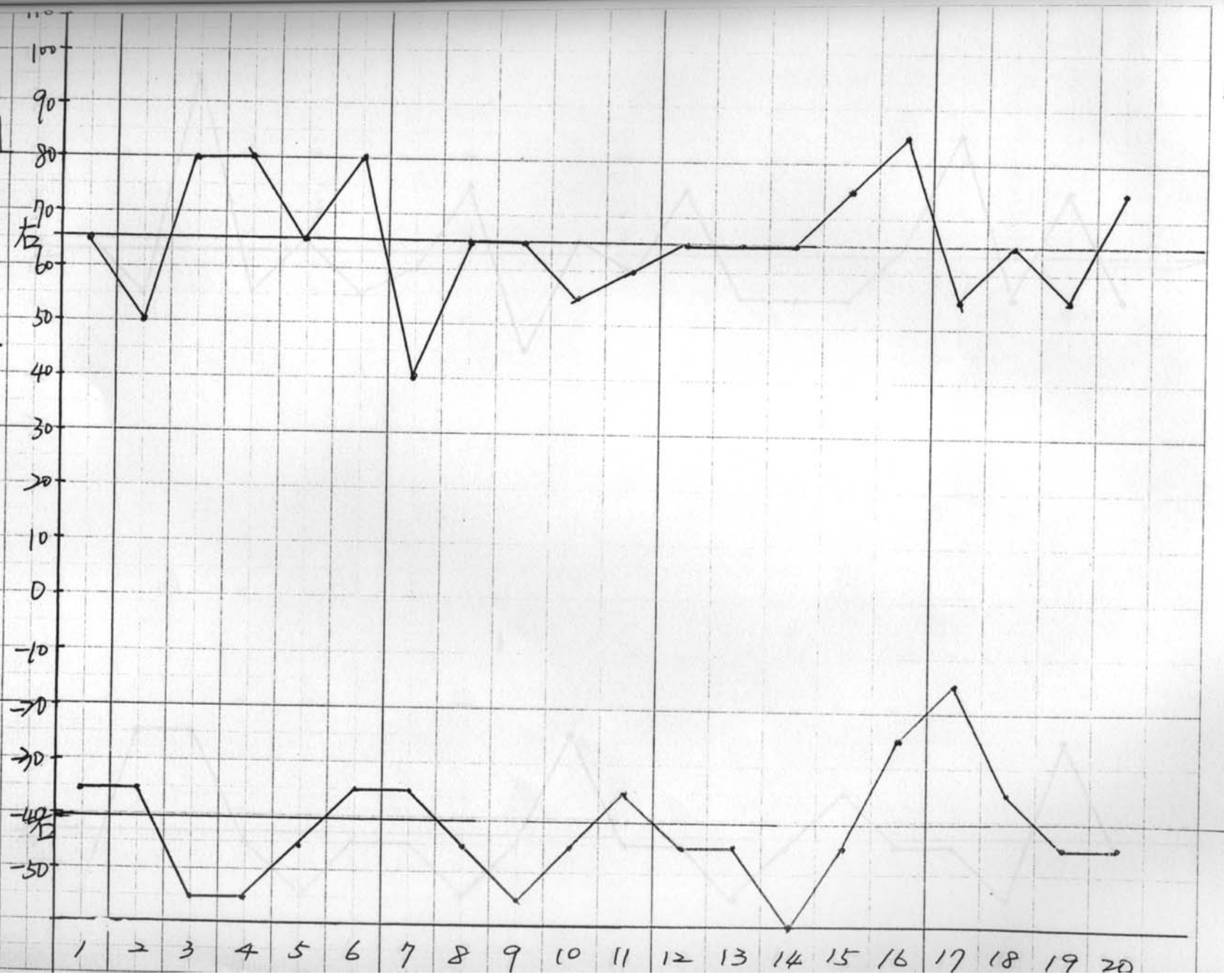


N04

升力第四組四號小翼

4

左 — 右
右 —



№4

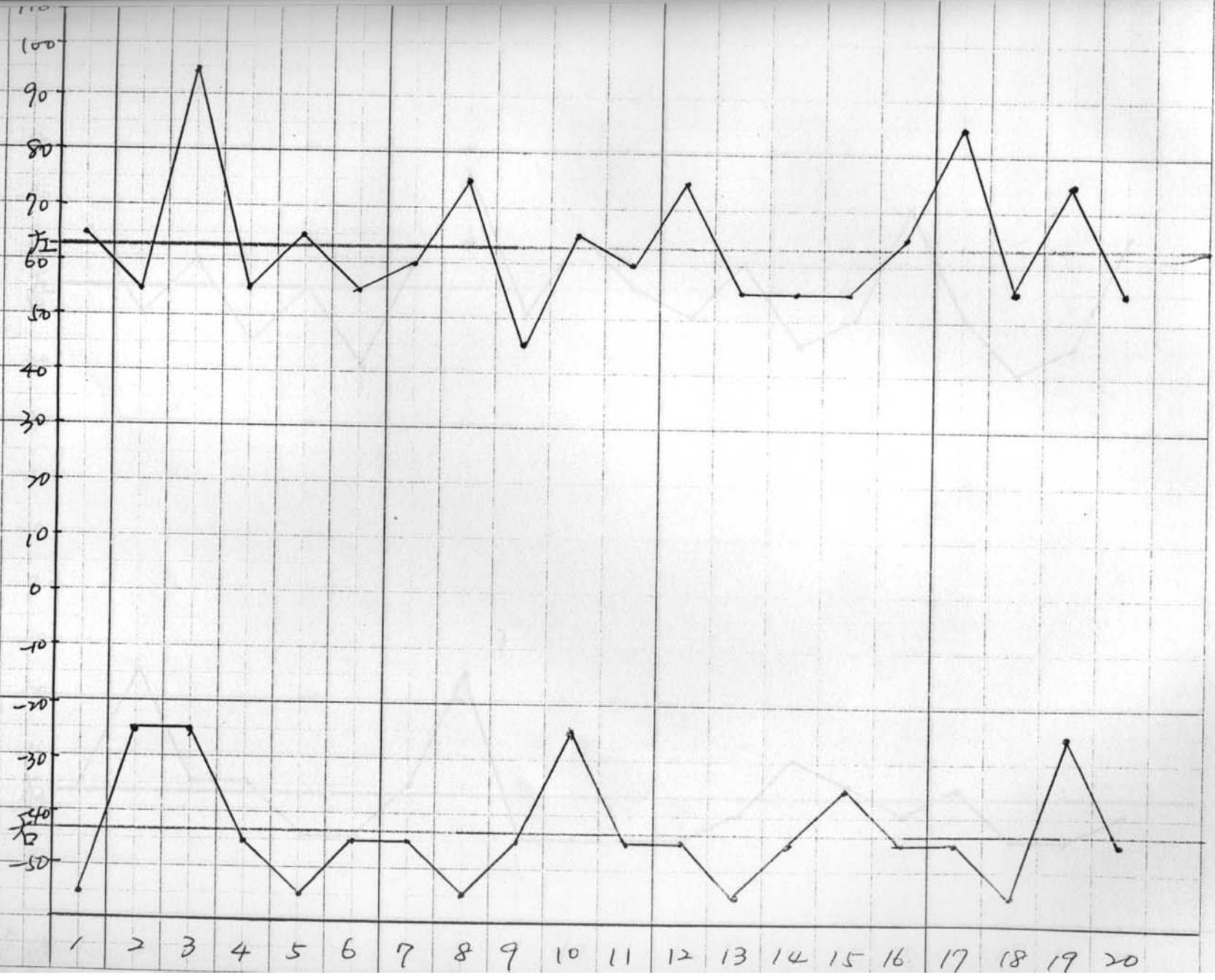
5



升力第四組五號小翼

左一

右一



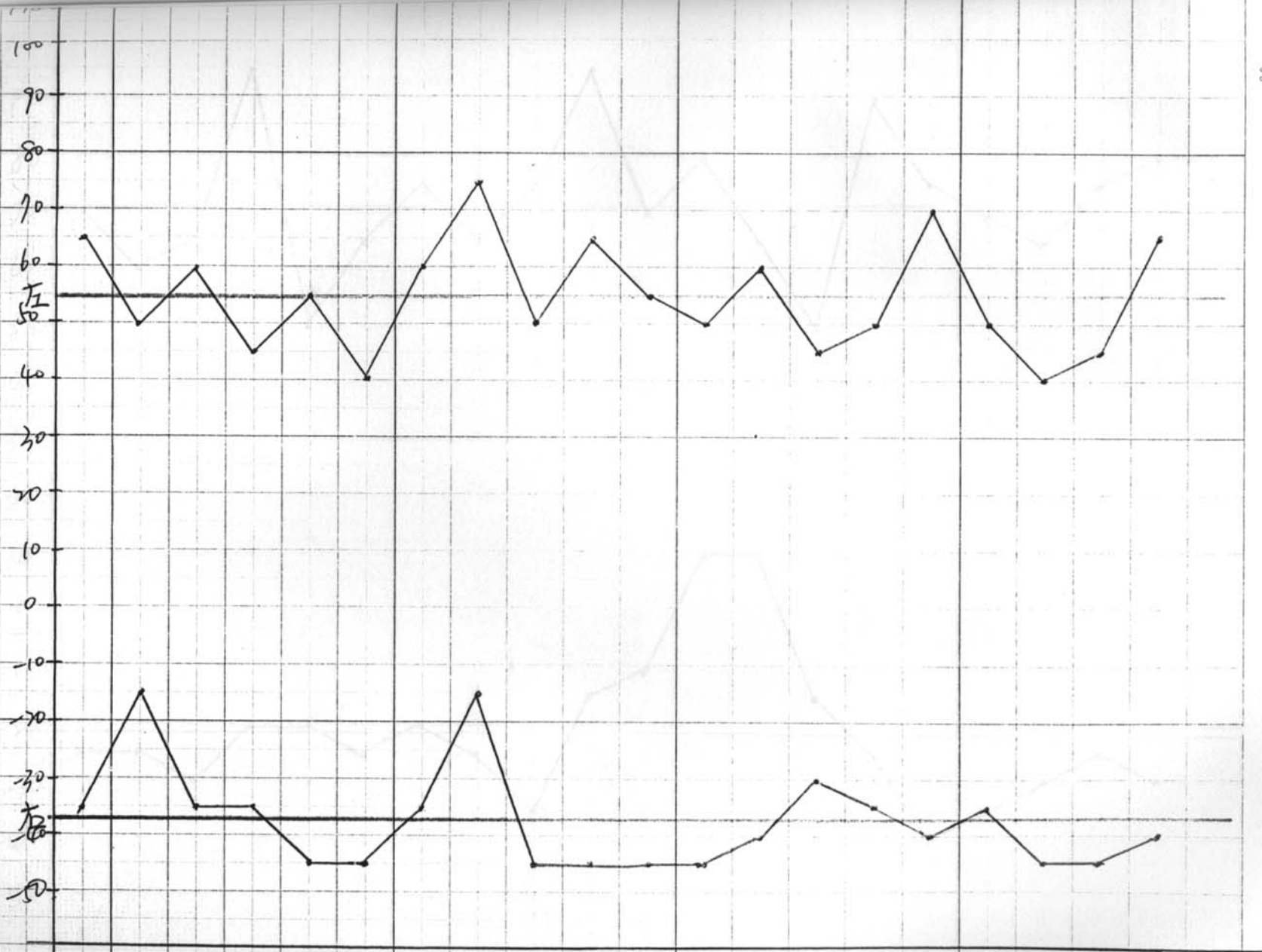
NO.5

1. 升力第五組一號小翼



左 —

右 —



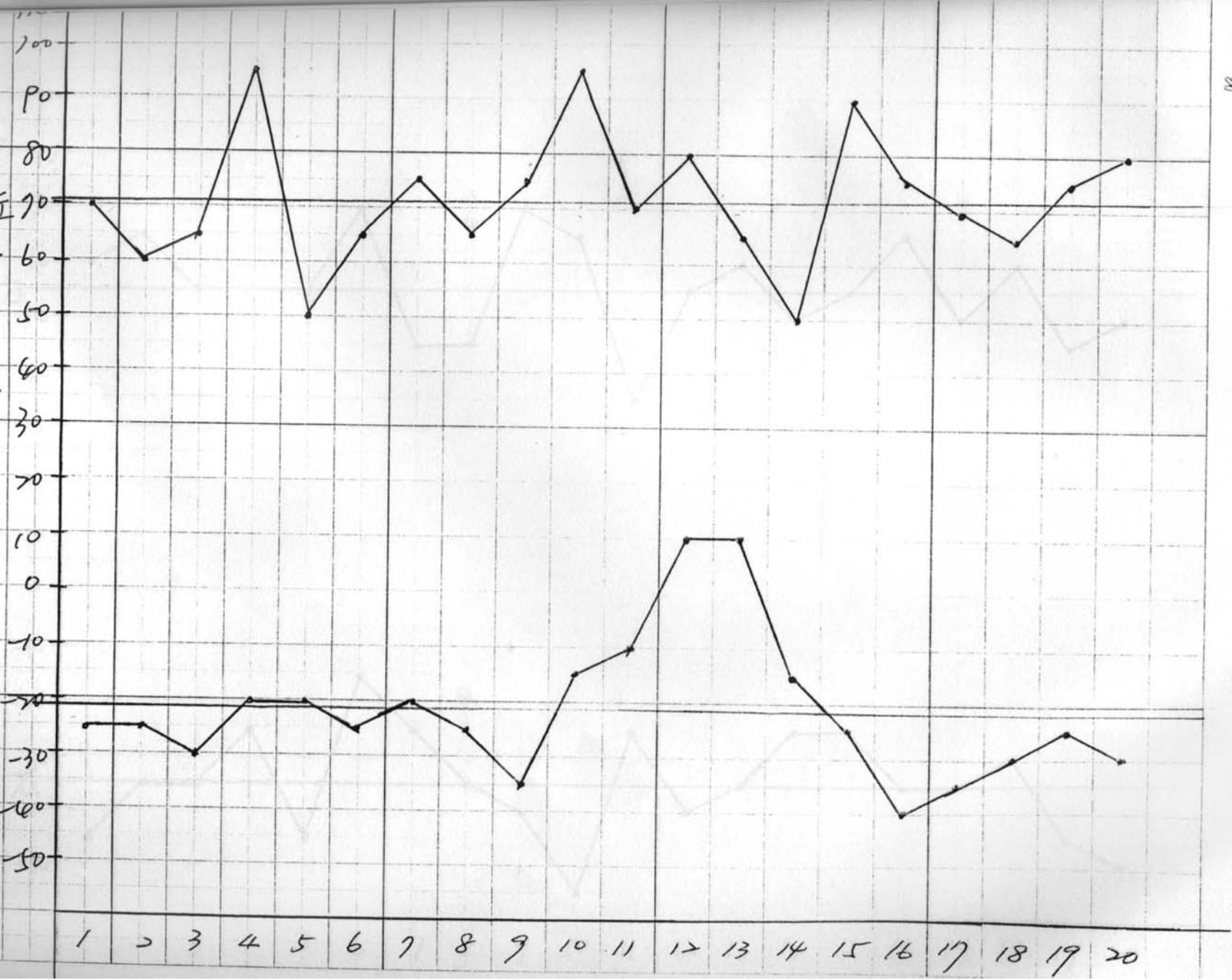
每單位 15 秒

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

NOS

2.
升力第五組二號小翼

左
右



N05

3



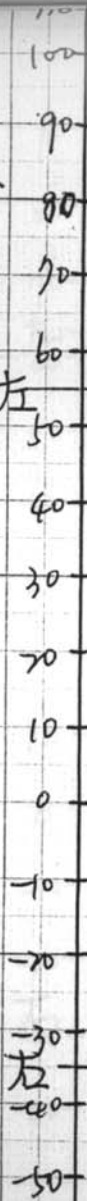
升力第五組三號小習題

左一

左

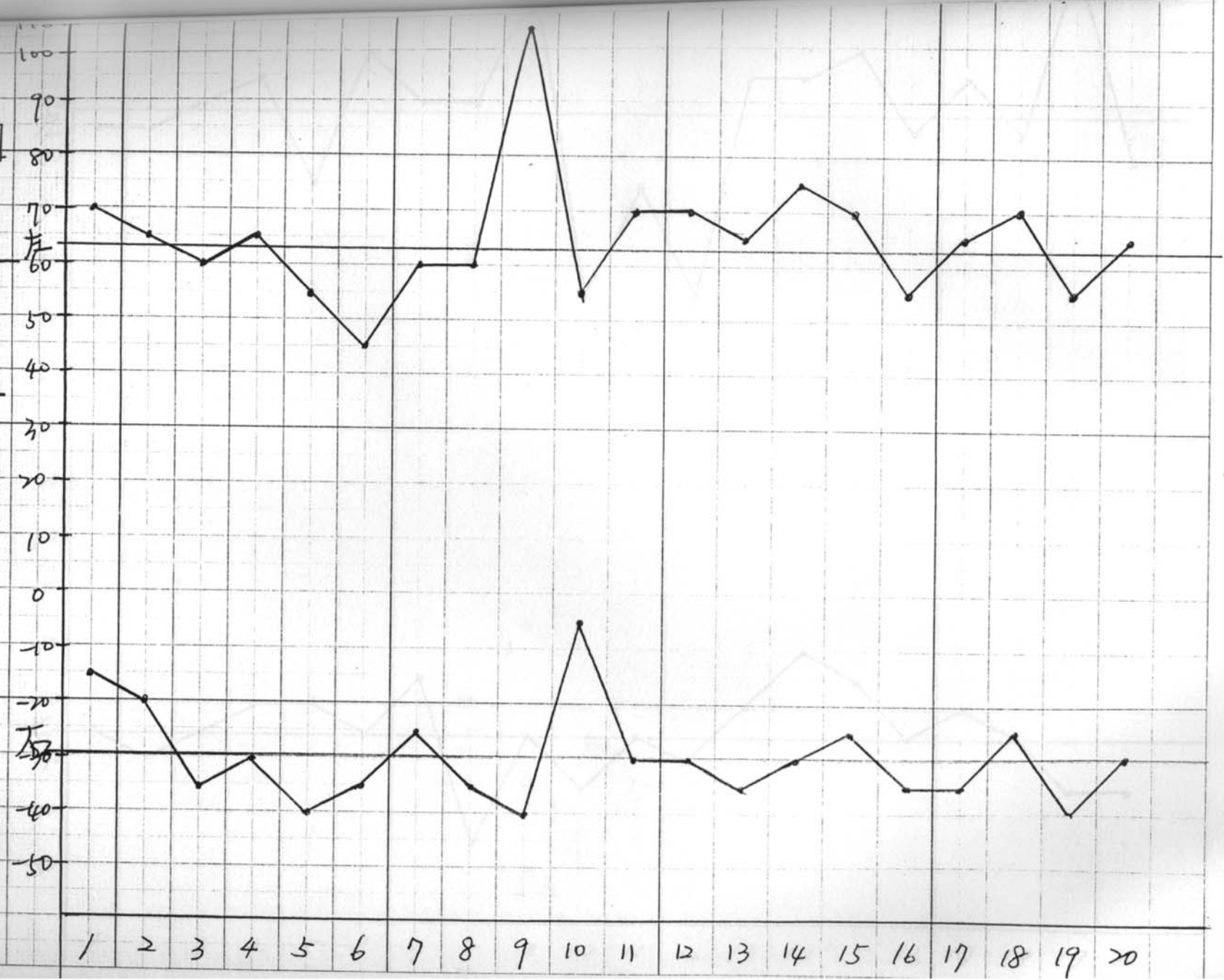
右一

右



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

N05
4
左
右
升力第五組四號小翼



N95

升力第五組五號小翼

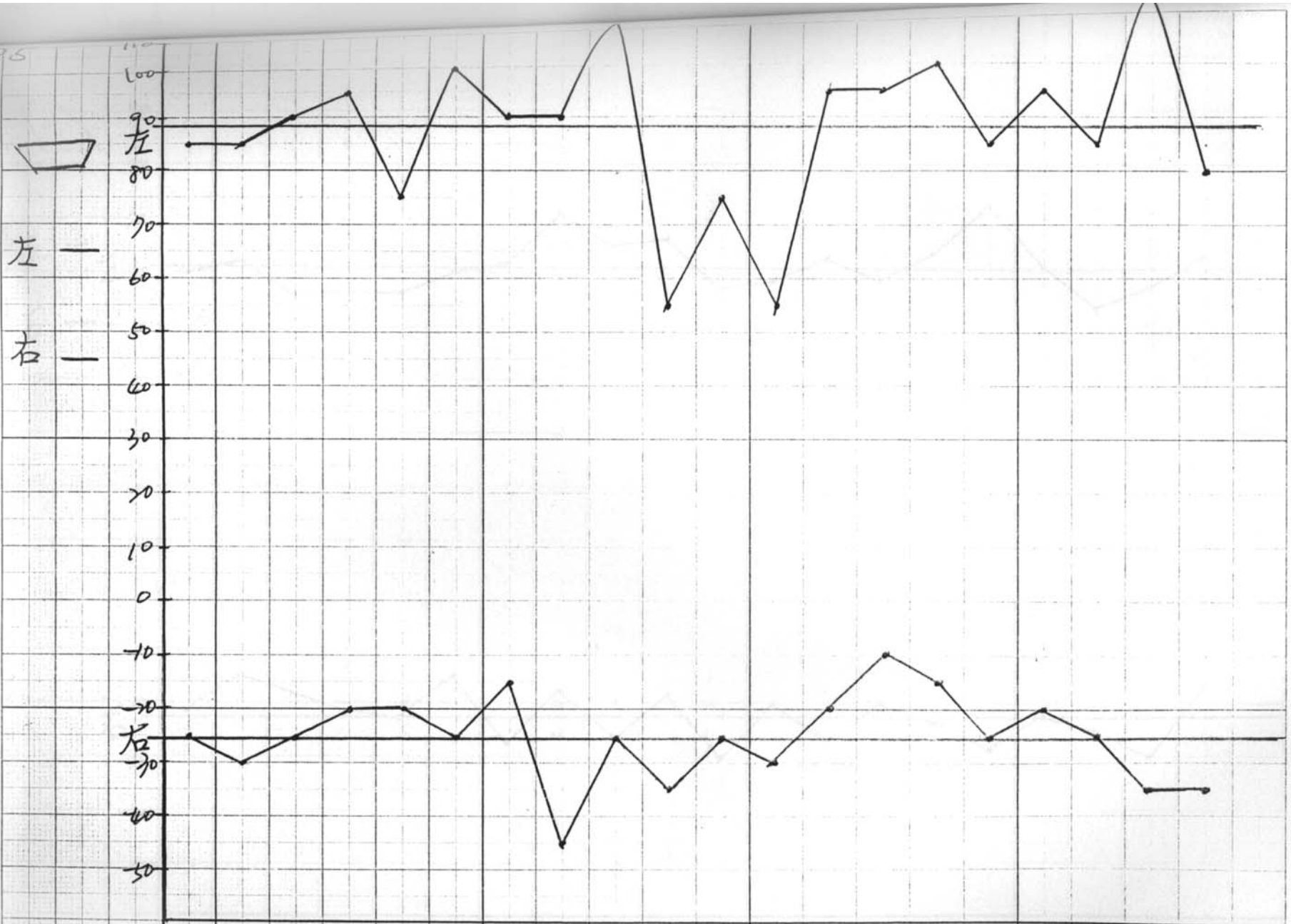


左 —

右 —

110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

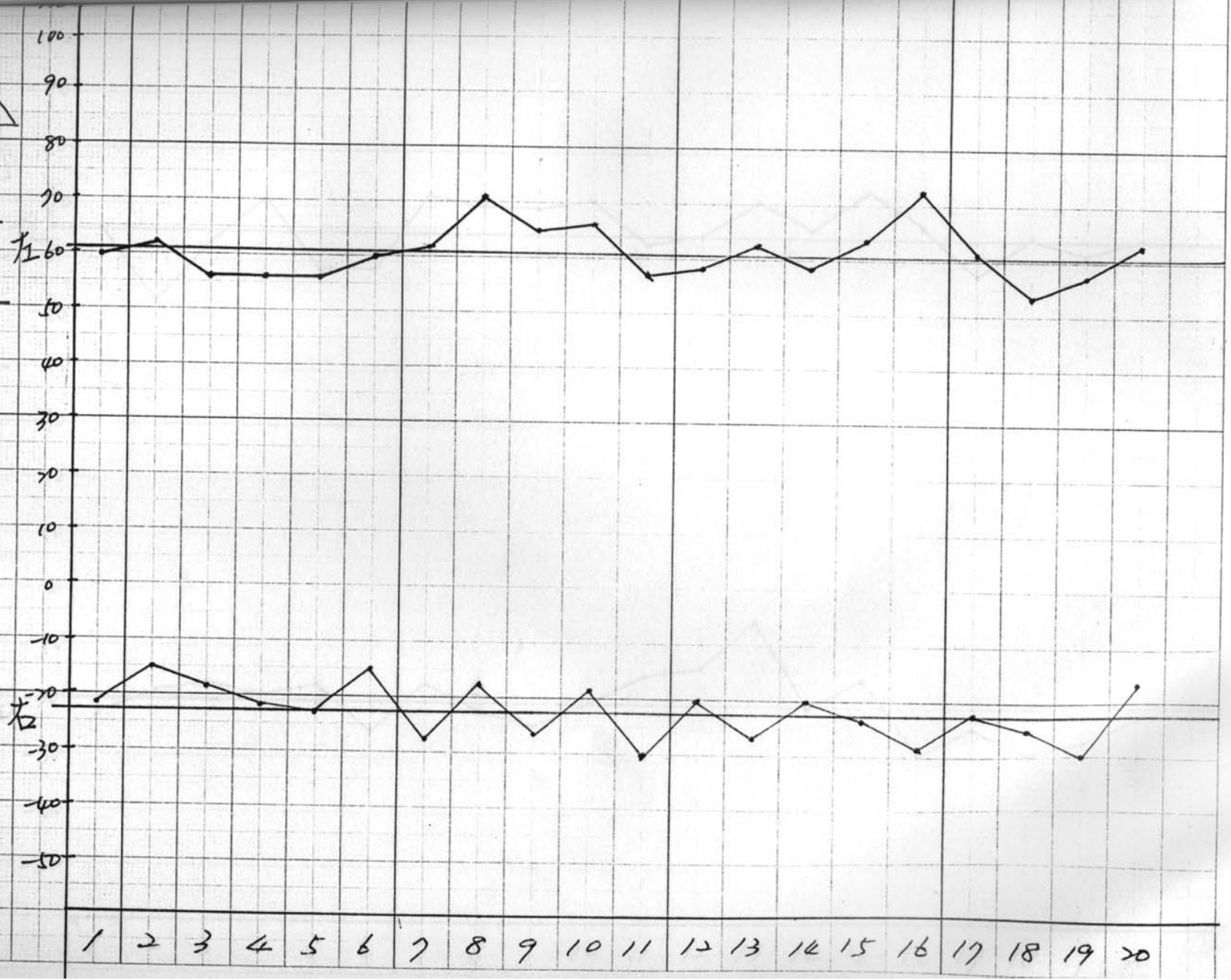


1.



一號小羽翼

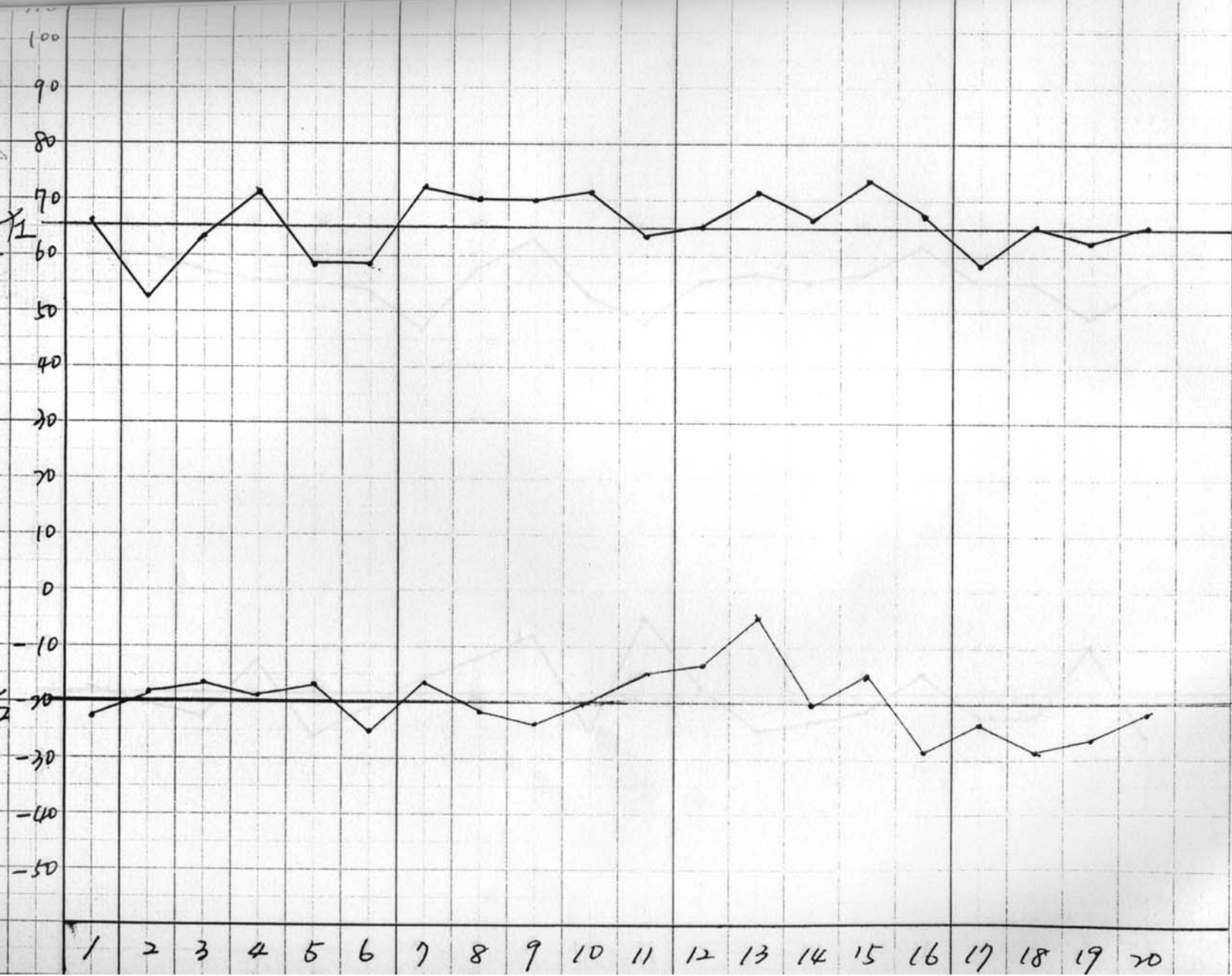
左
右



2.
二號小翼



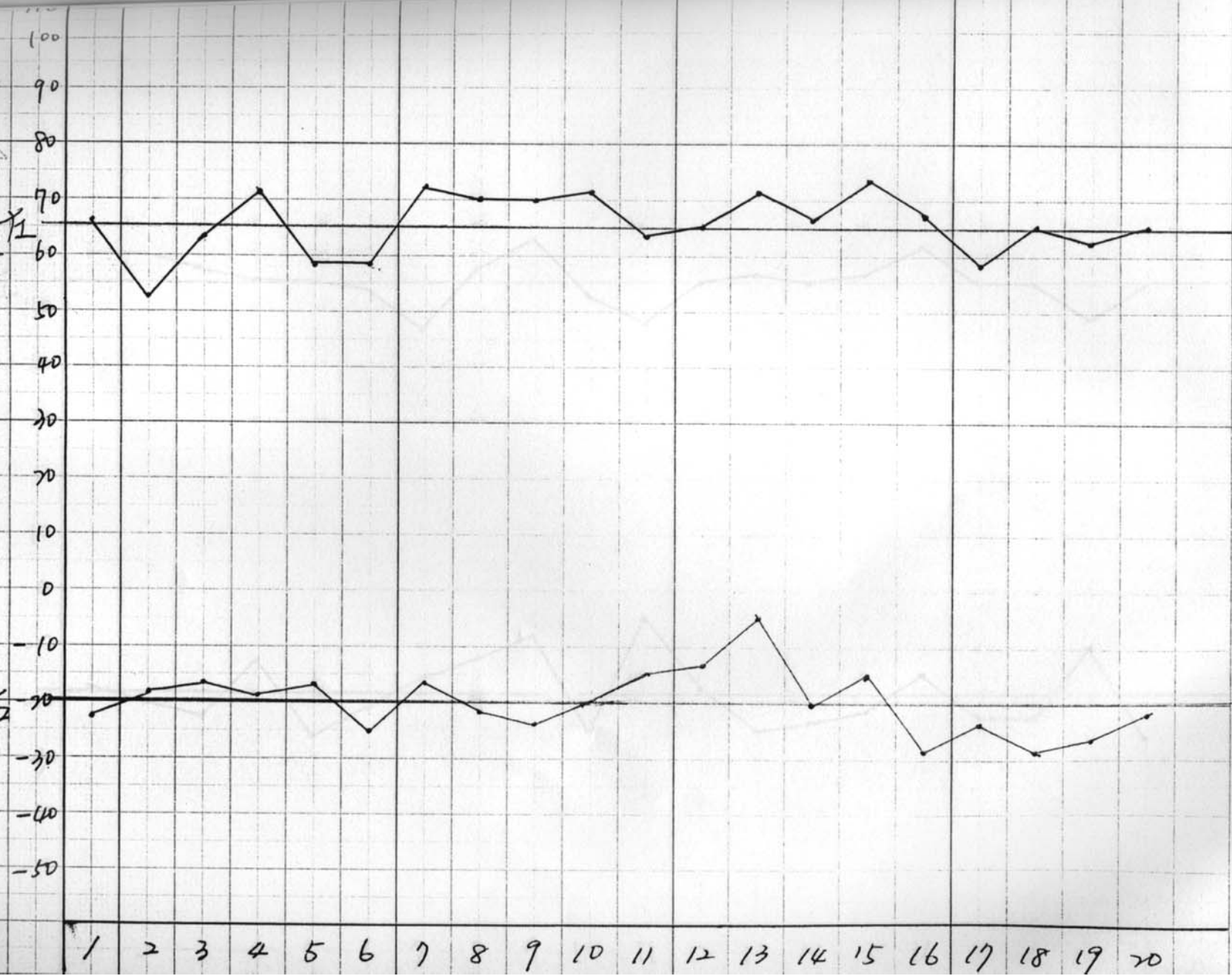
左
右



2.
二號小翼



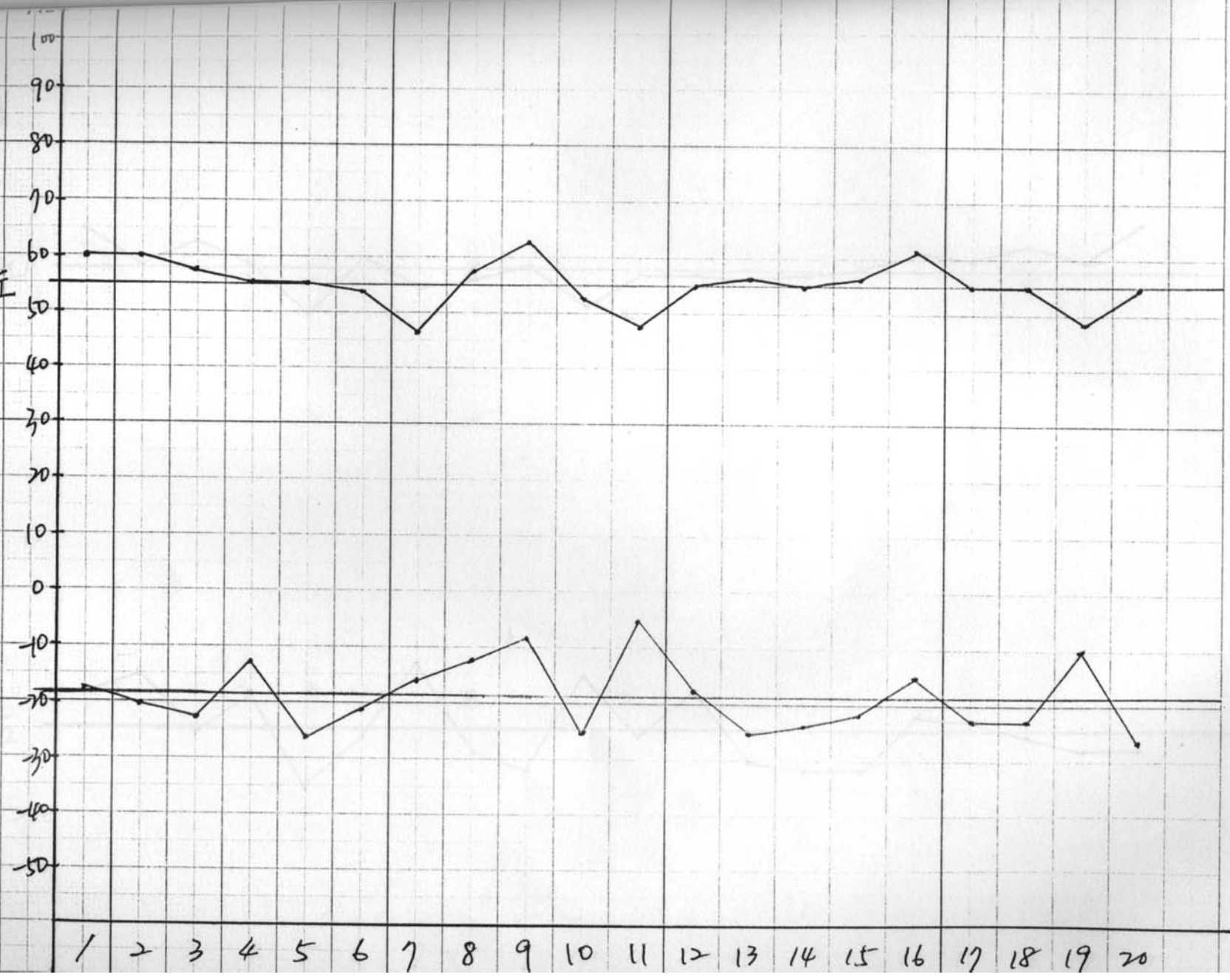
左
右



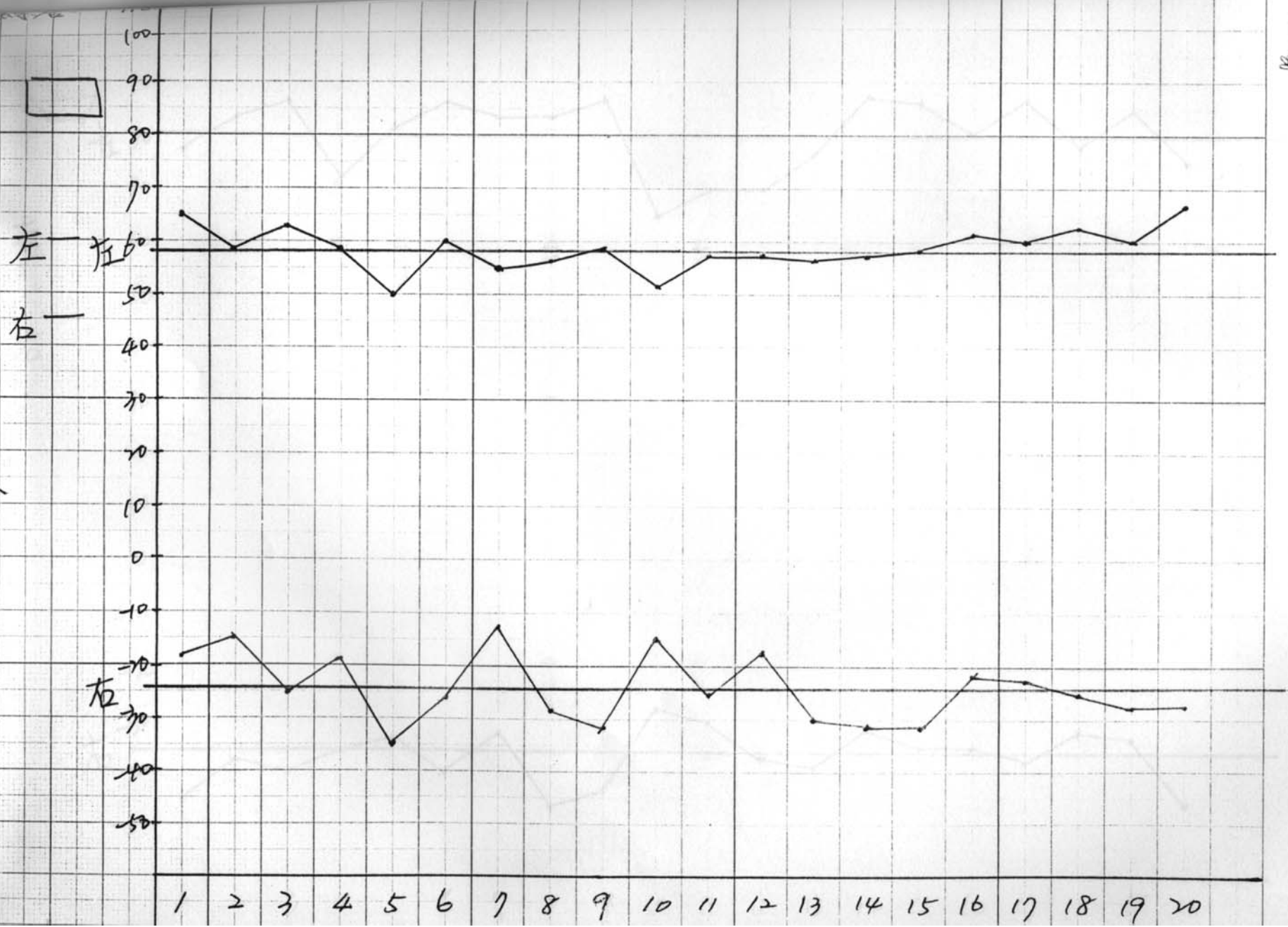
子
三號
小羽翼



左—
右—



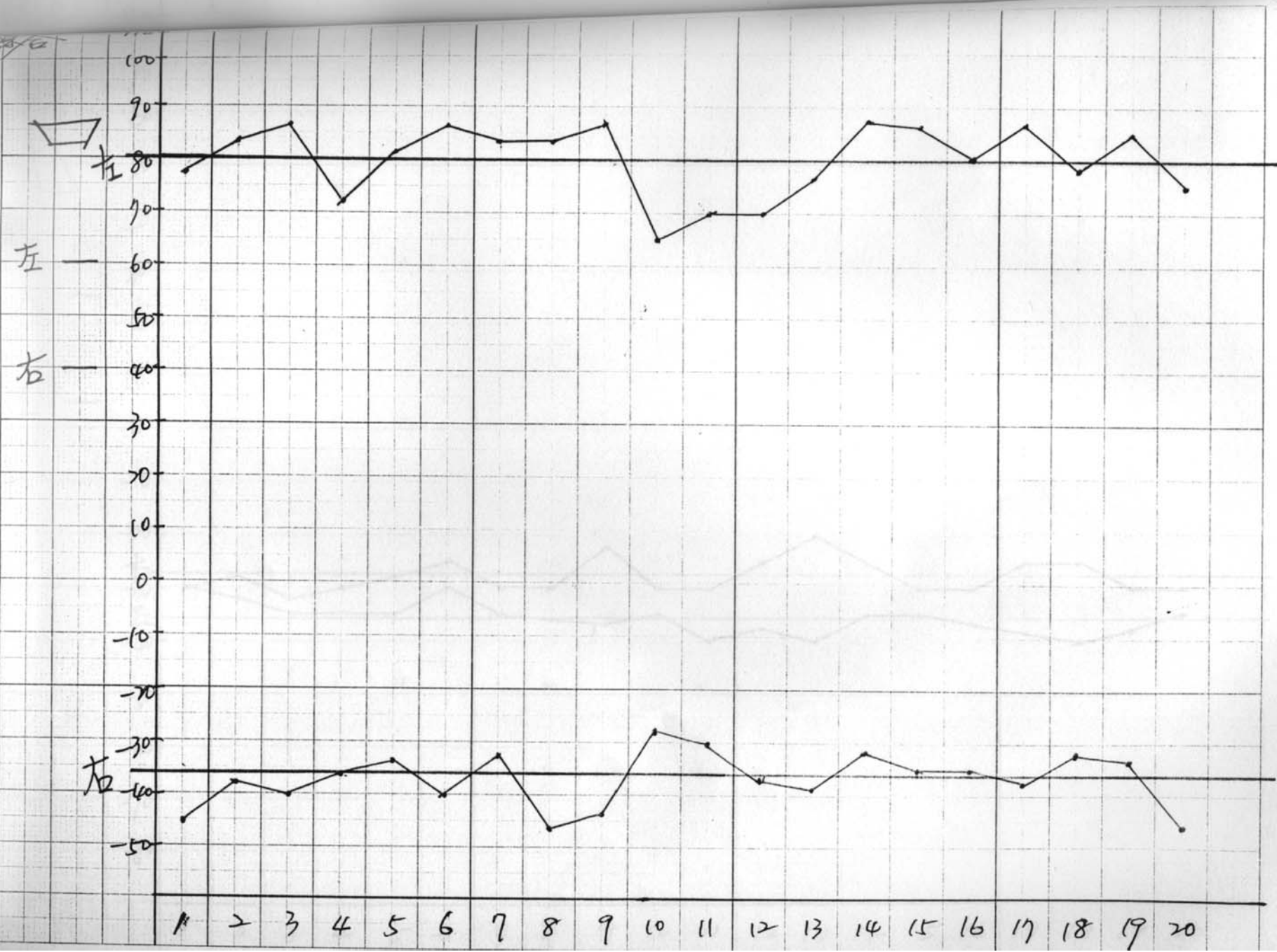
4.
四號小羽曼



5.



五號小羽翼



NO 1

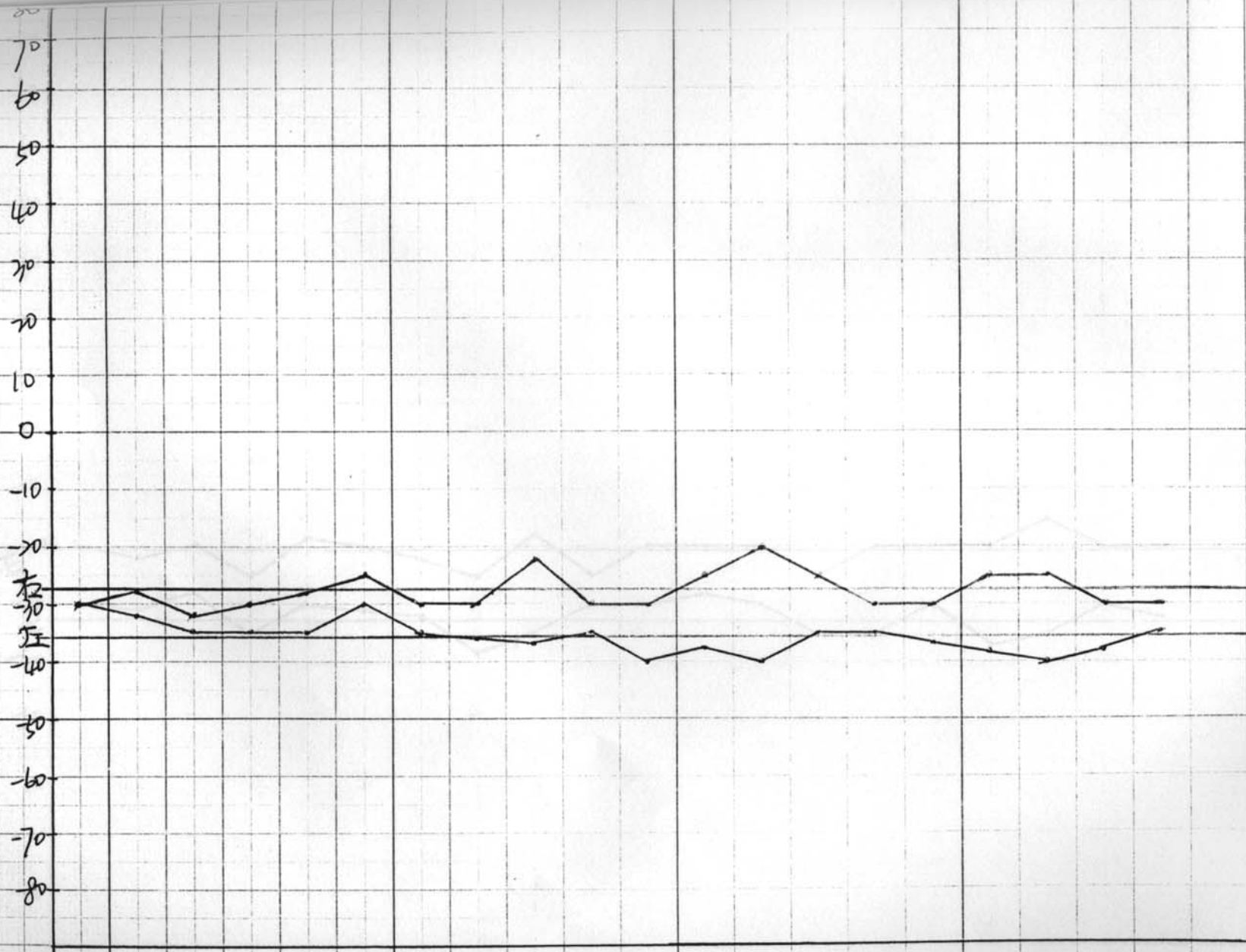
阻力第一組
一號小羽



左 —
右 —

80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
80

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



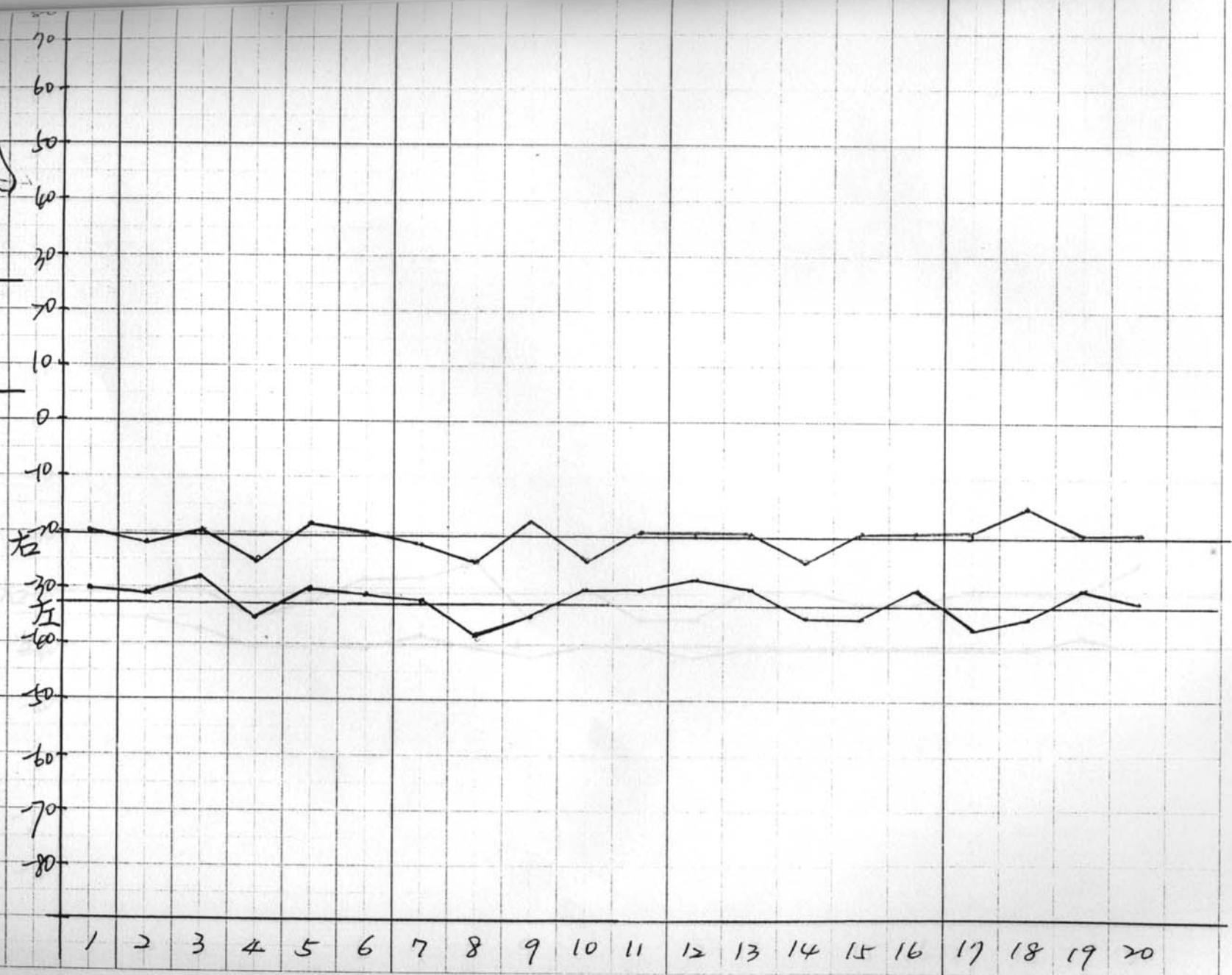
NO1

2



阻力第一組
二號小羽翼

左
右



NO1

3

阻力第一組
三號小羽翼

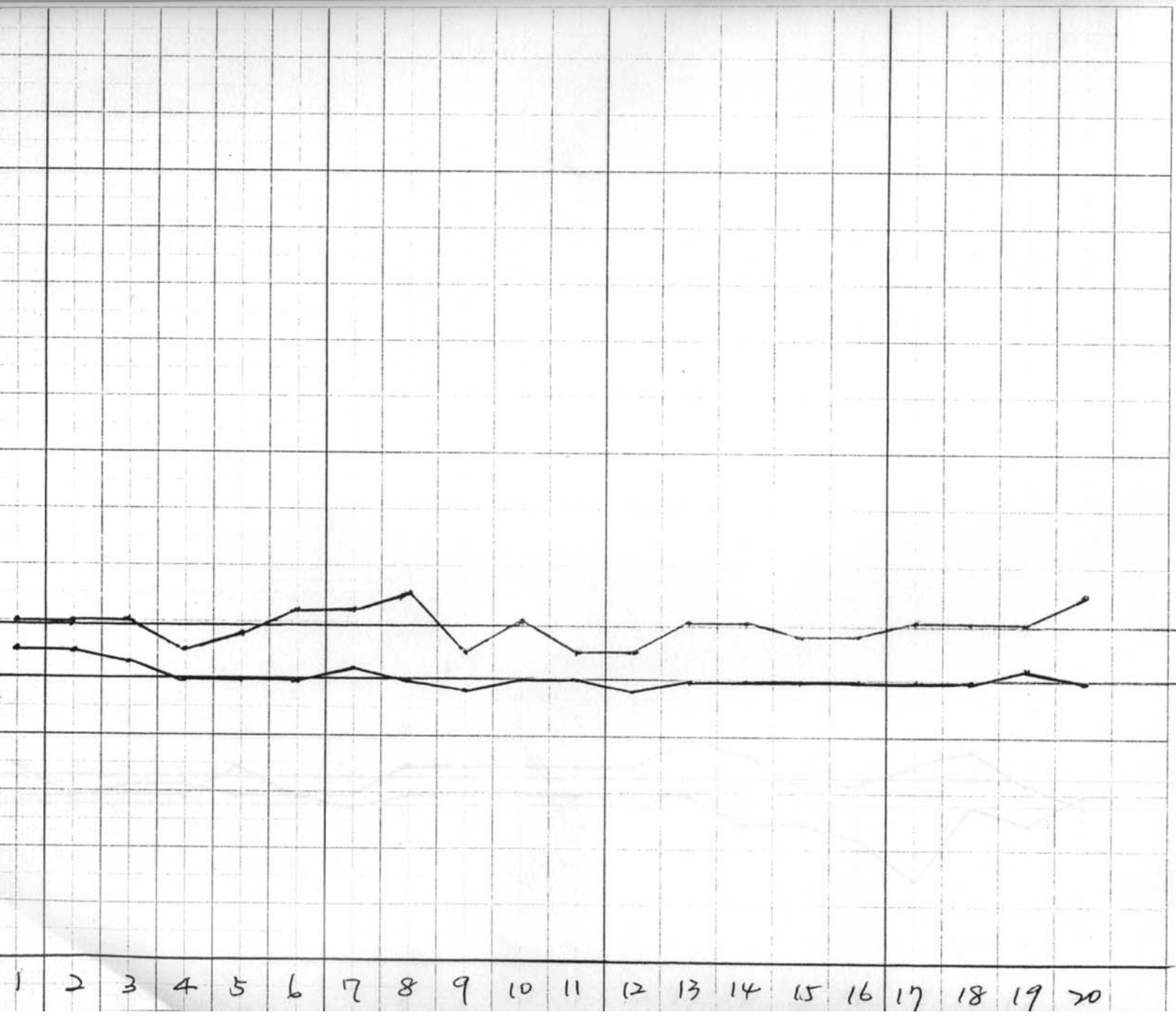
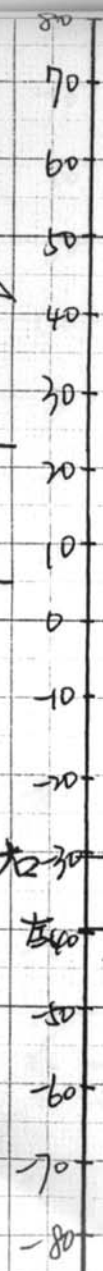


左 —

右 —

左

右



NO1

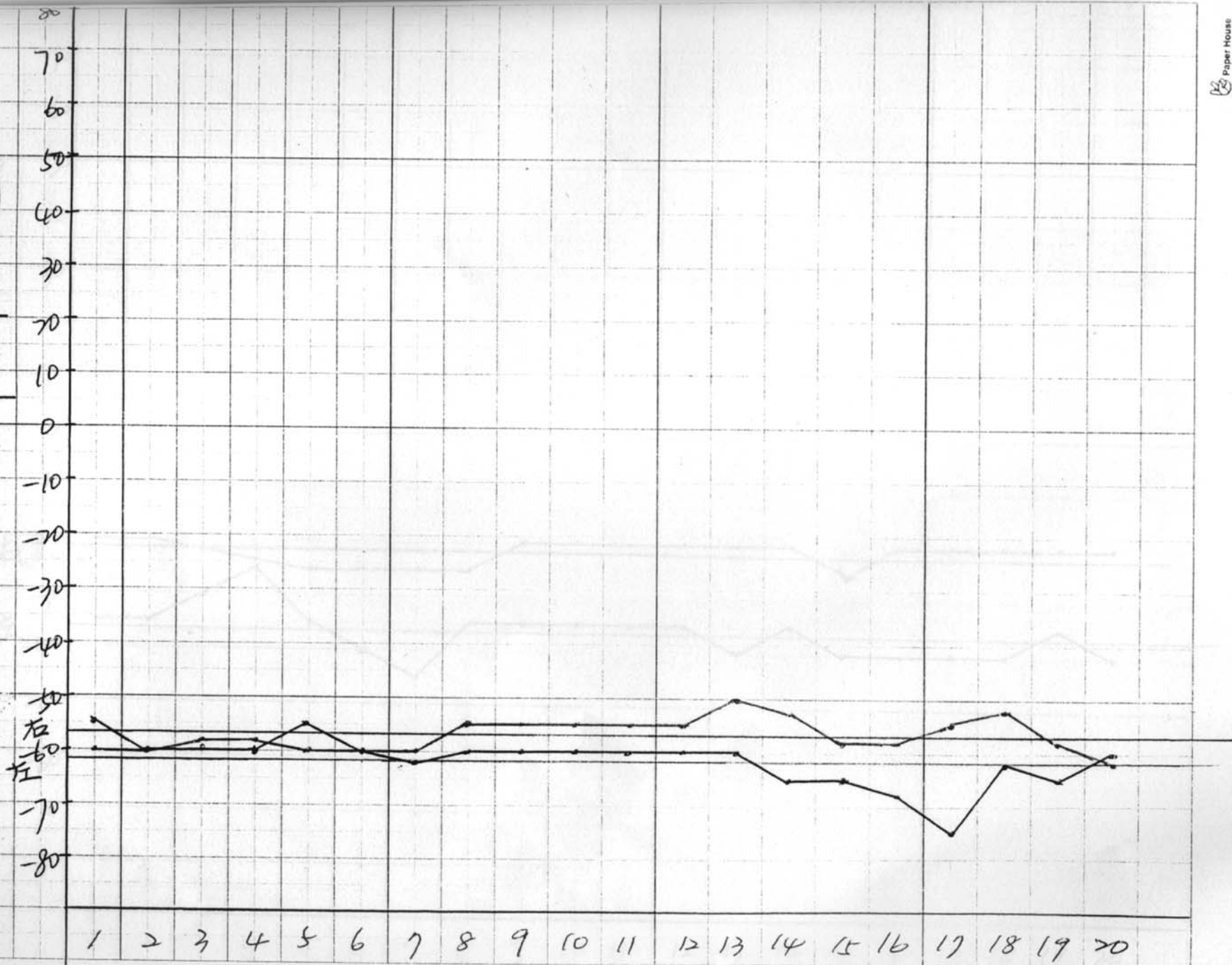
4.

阻力第一組
四號小羽翼



左

右



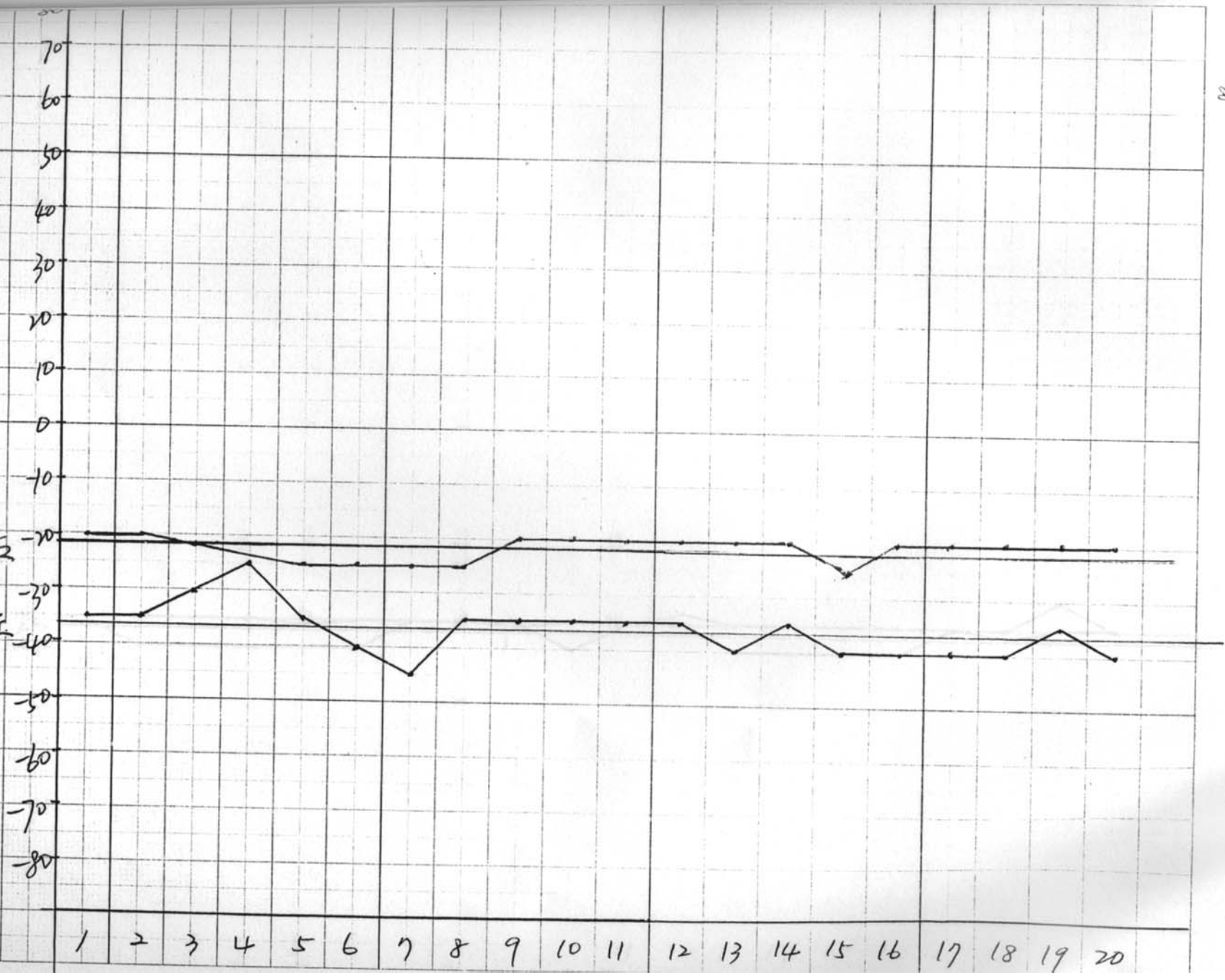
No 1

5. 阻力第一組 五號小翼



左 —
右 —

右
左

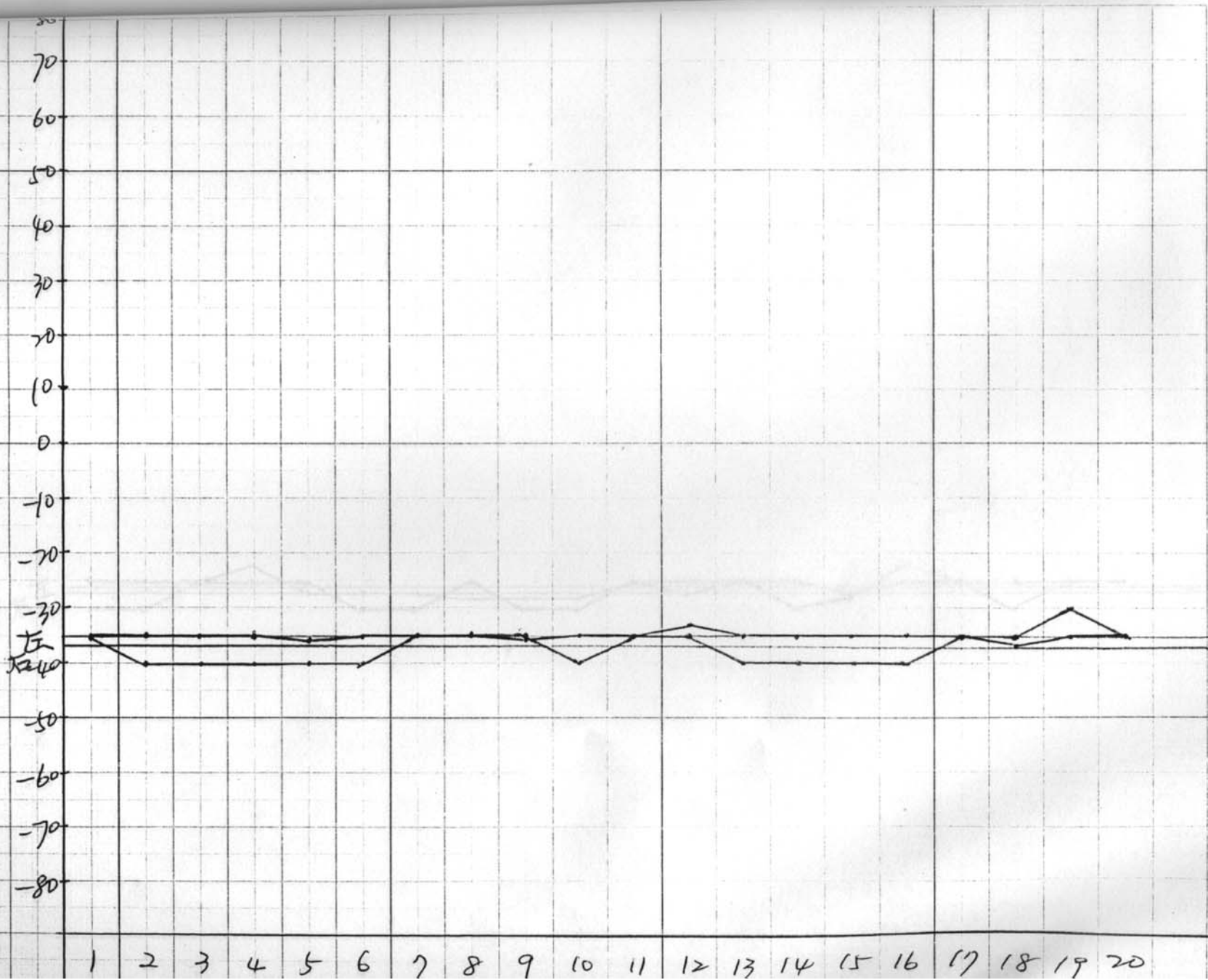


NO. 2

1. 阻力第二組一號小翼



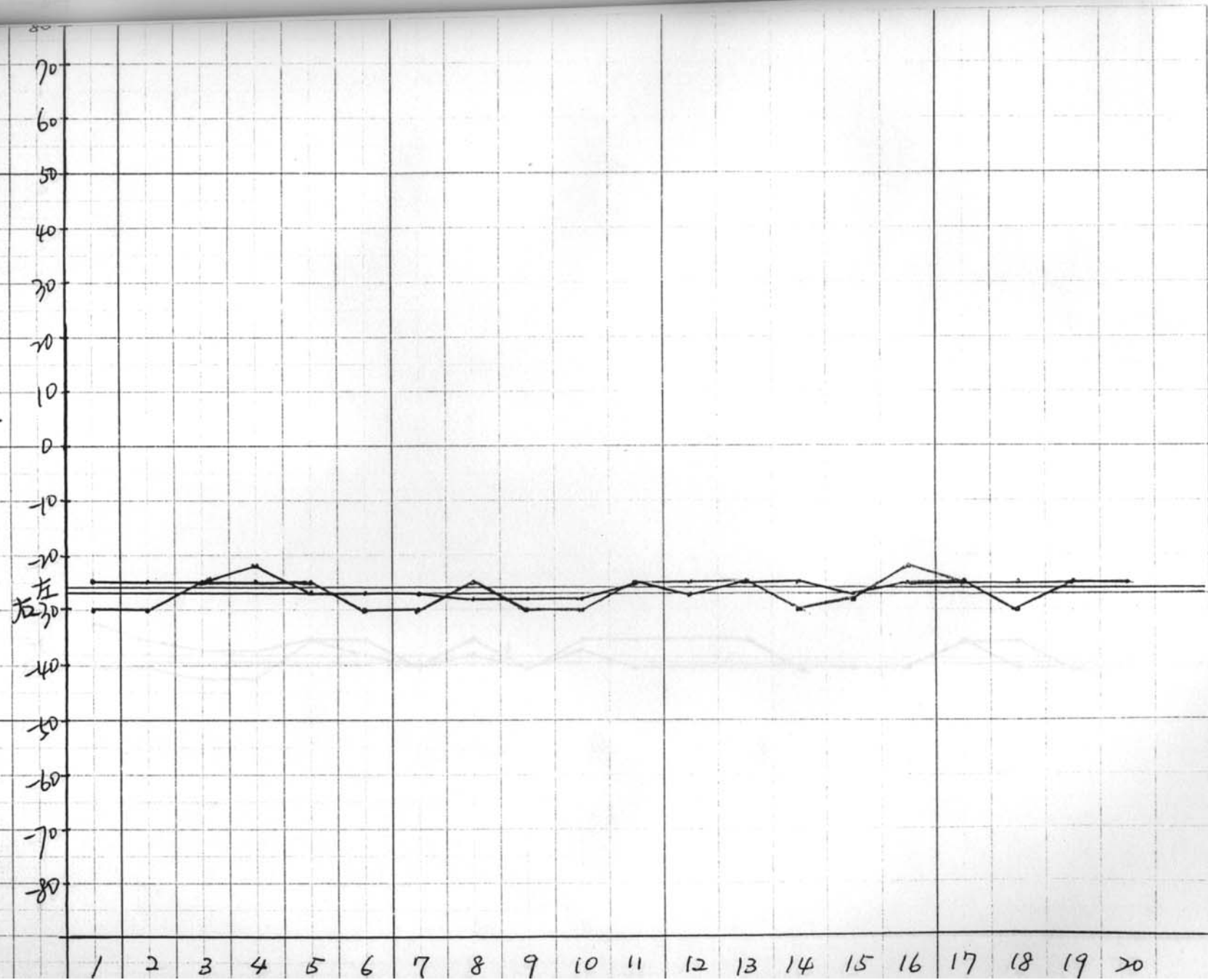
左 —
右 —



NO₂

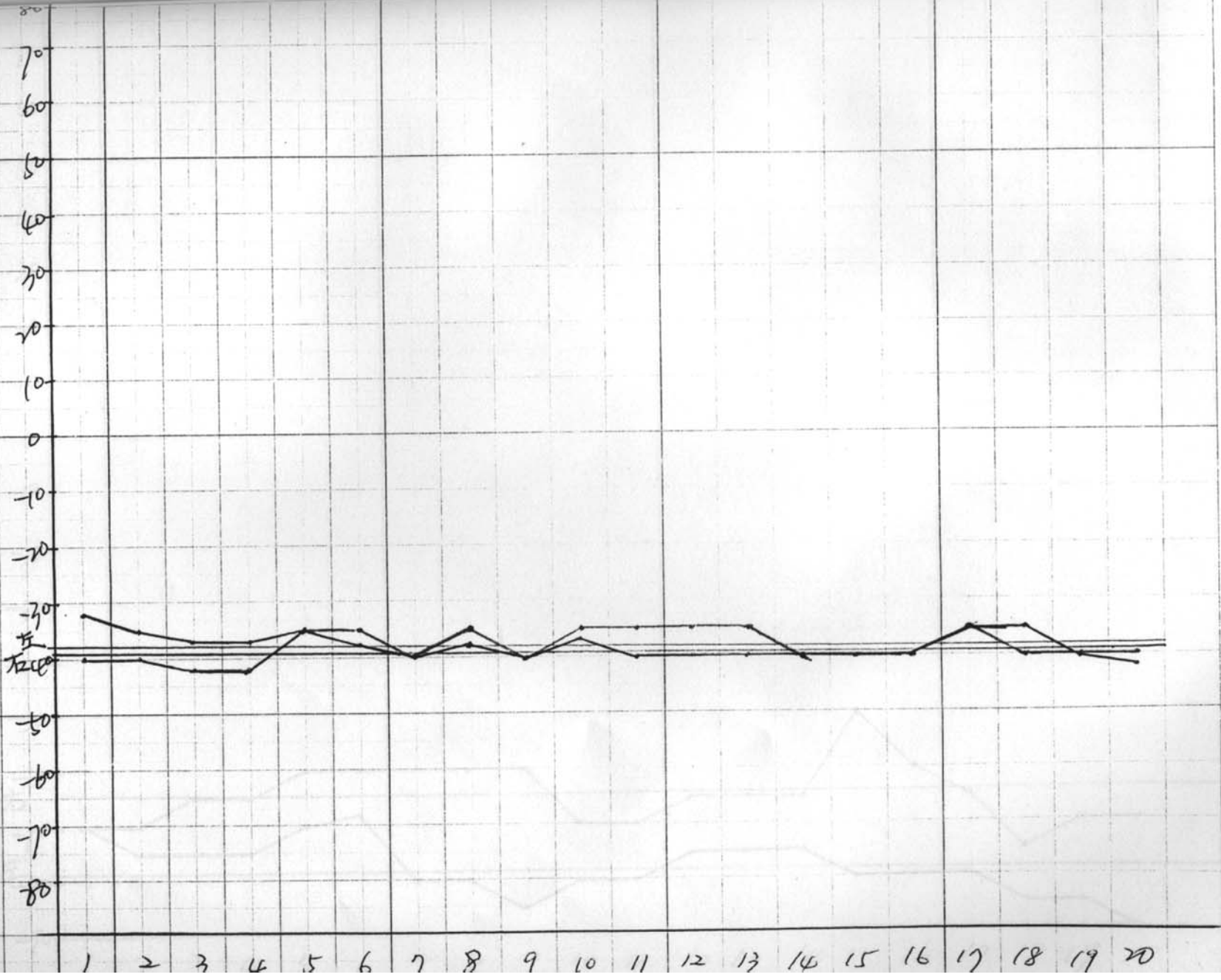
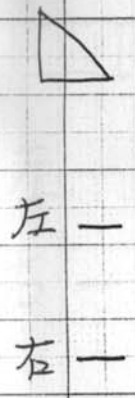
2.
阻力第二组
二號小翼

A
左一
右一



NO2

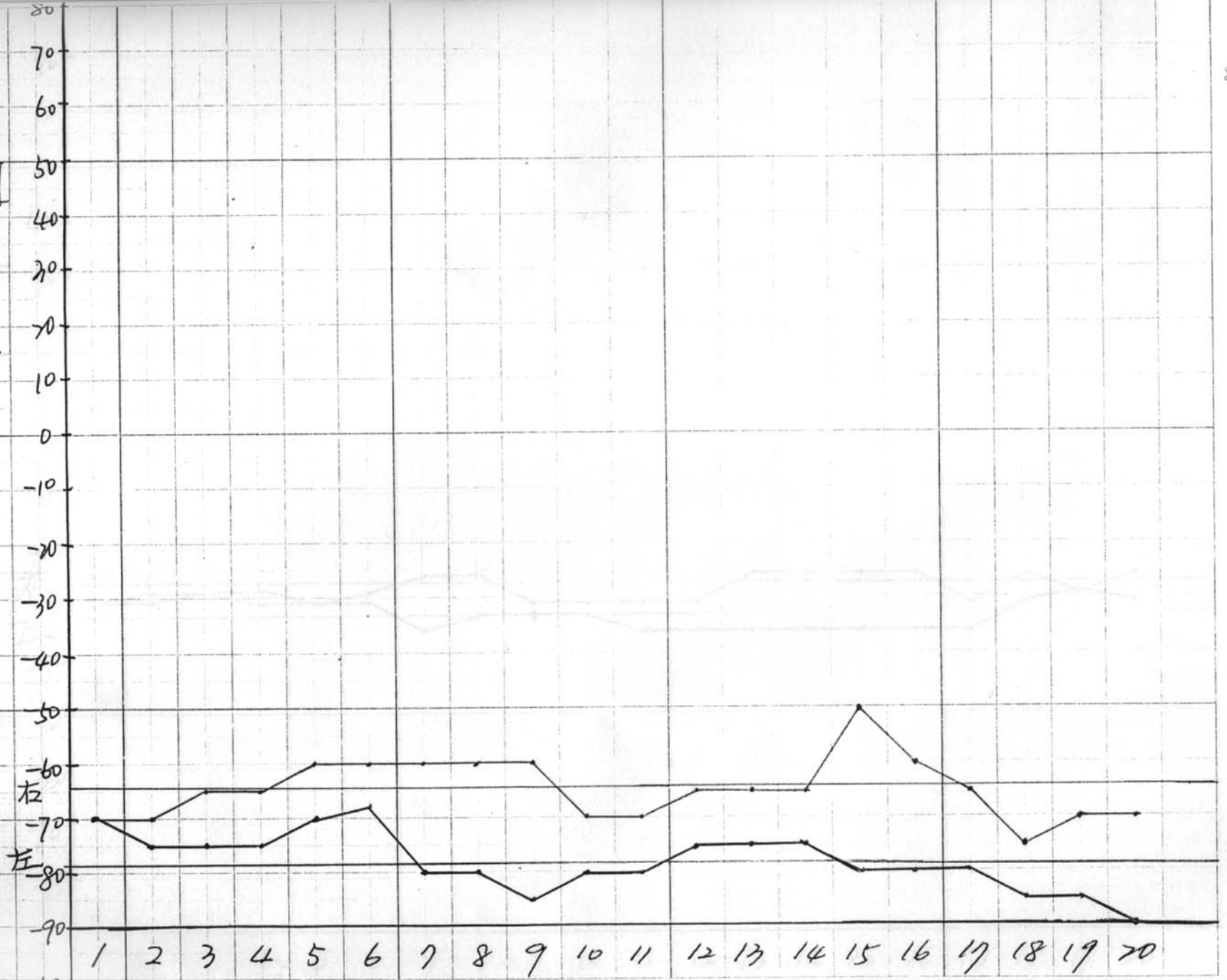
3. 阻力第二組 三號小習

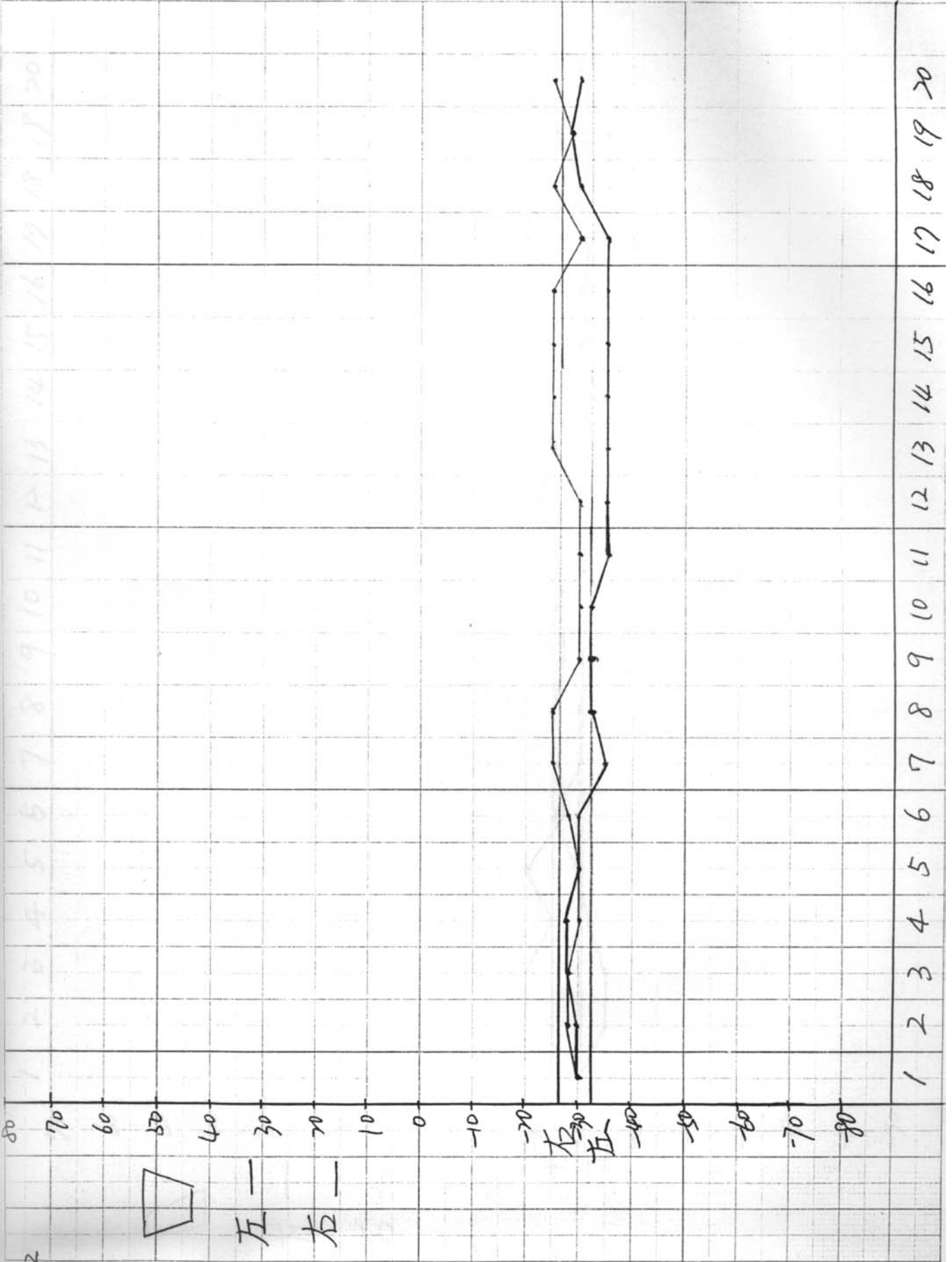


NO₂

4
阻
力
第
二
组
四
号
小
组

左—
右—





NO. 2

5 阻力第二组五号小翼

N03

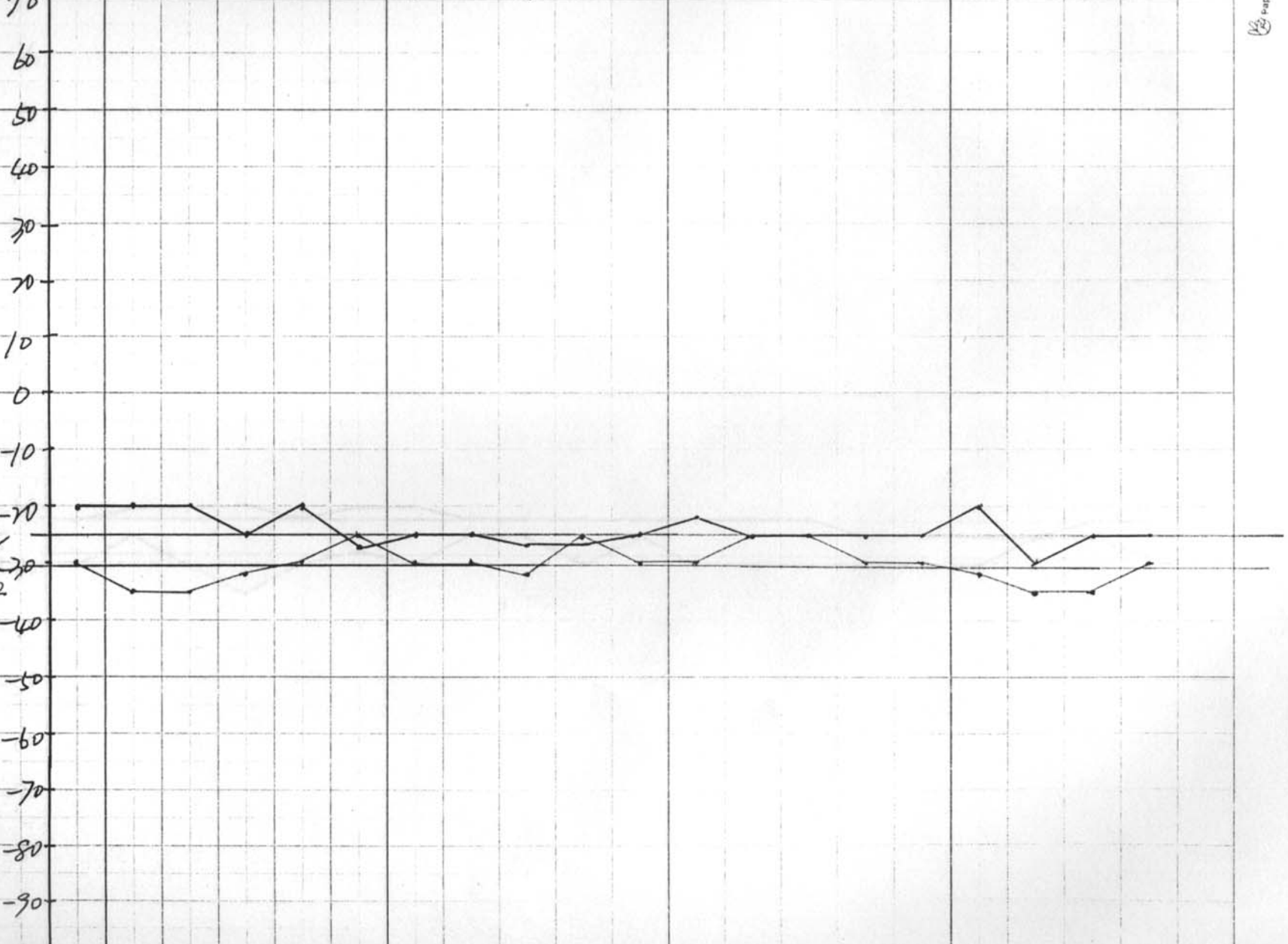
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

阻力第三组一號小翼



左一
右一

左
右



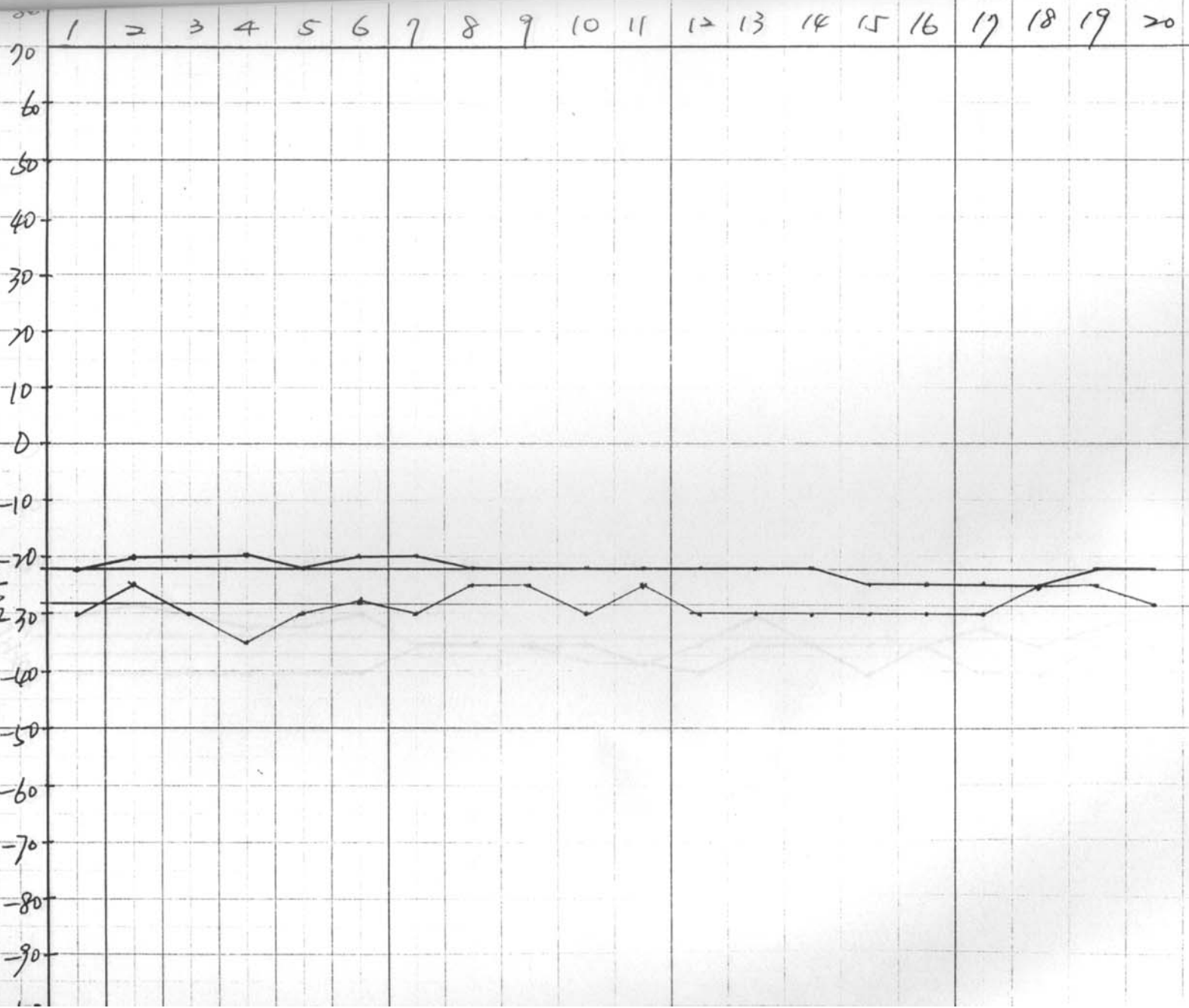
NO.3

2
阻力第三組二號小羽翼



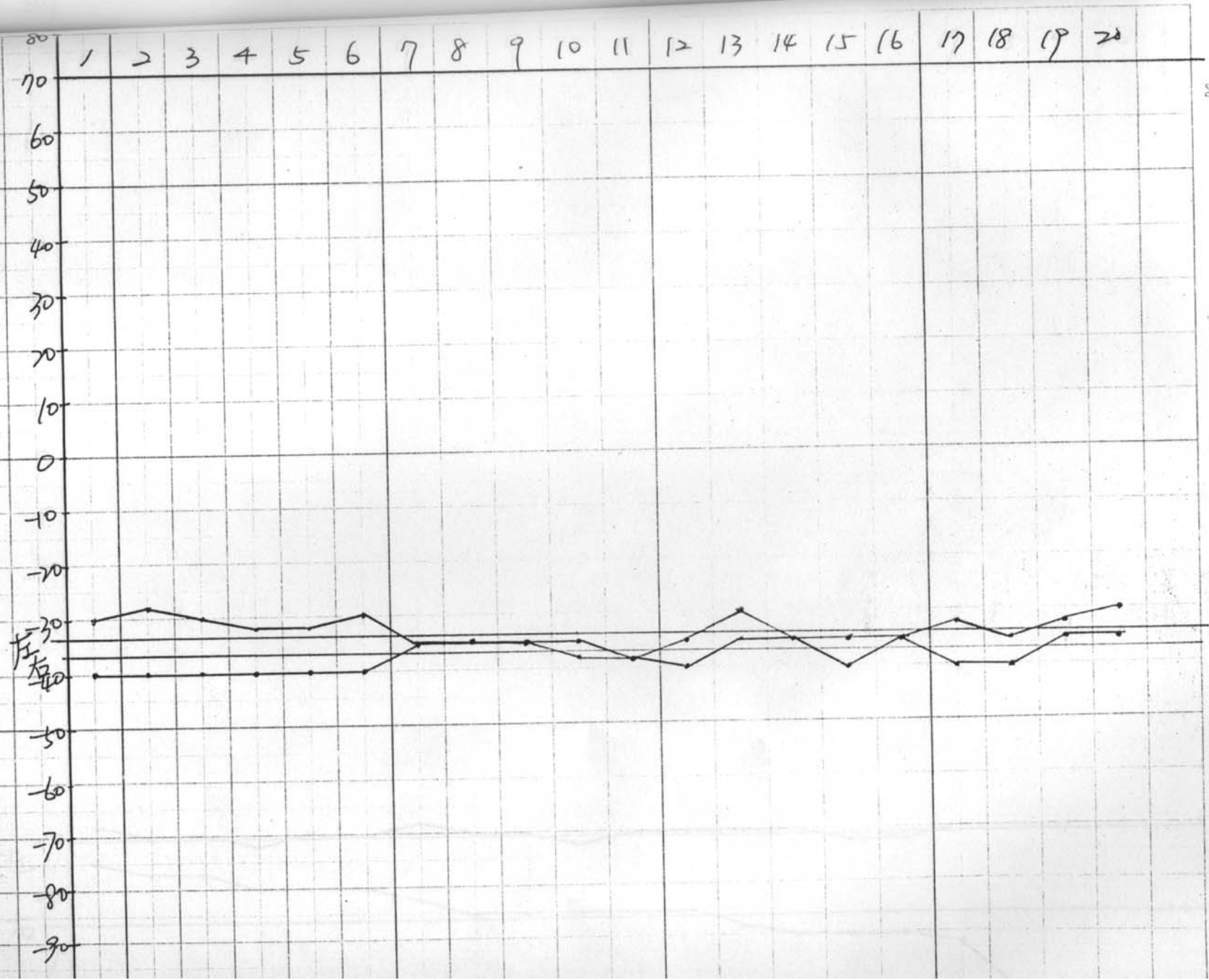
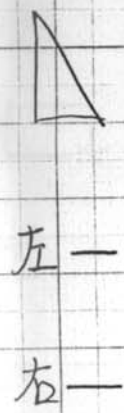
左一
右一

左
右



NO.3

3.
阻力第三組
三號小翼

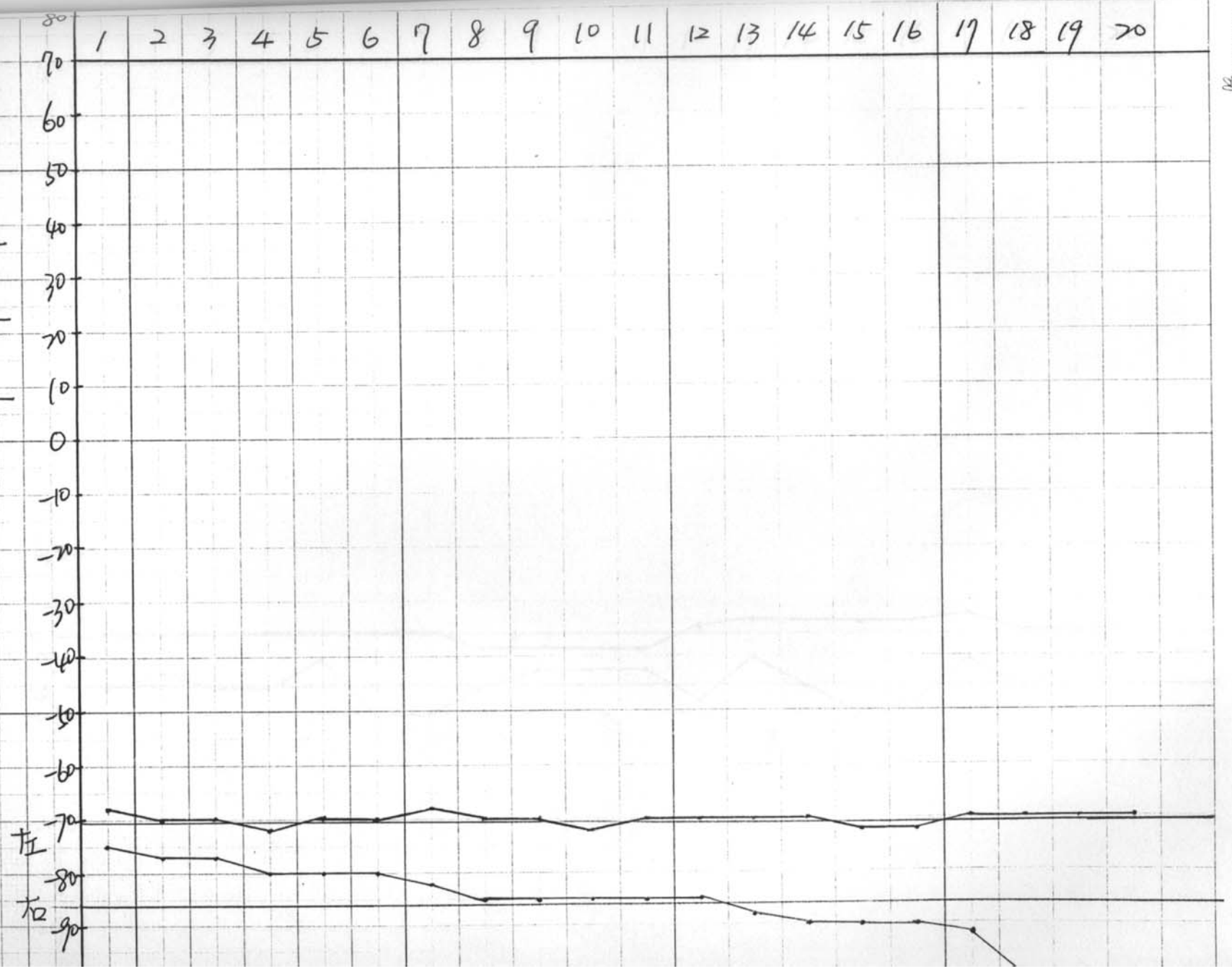


No 3

4
阻力第三組
四號小習



左 —
右 —

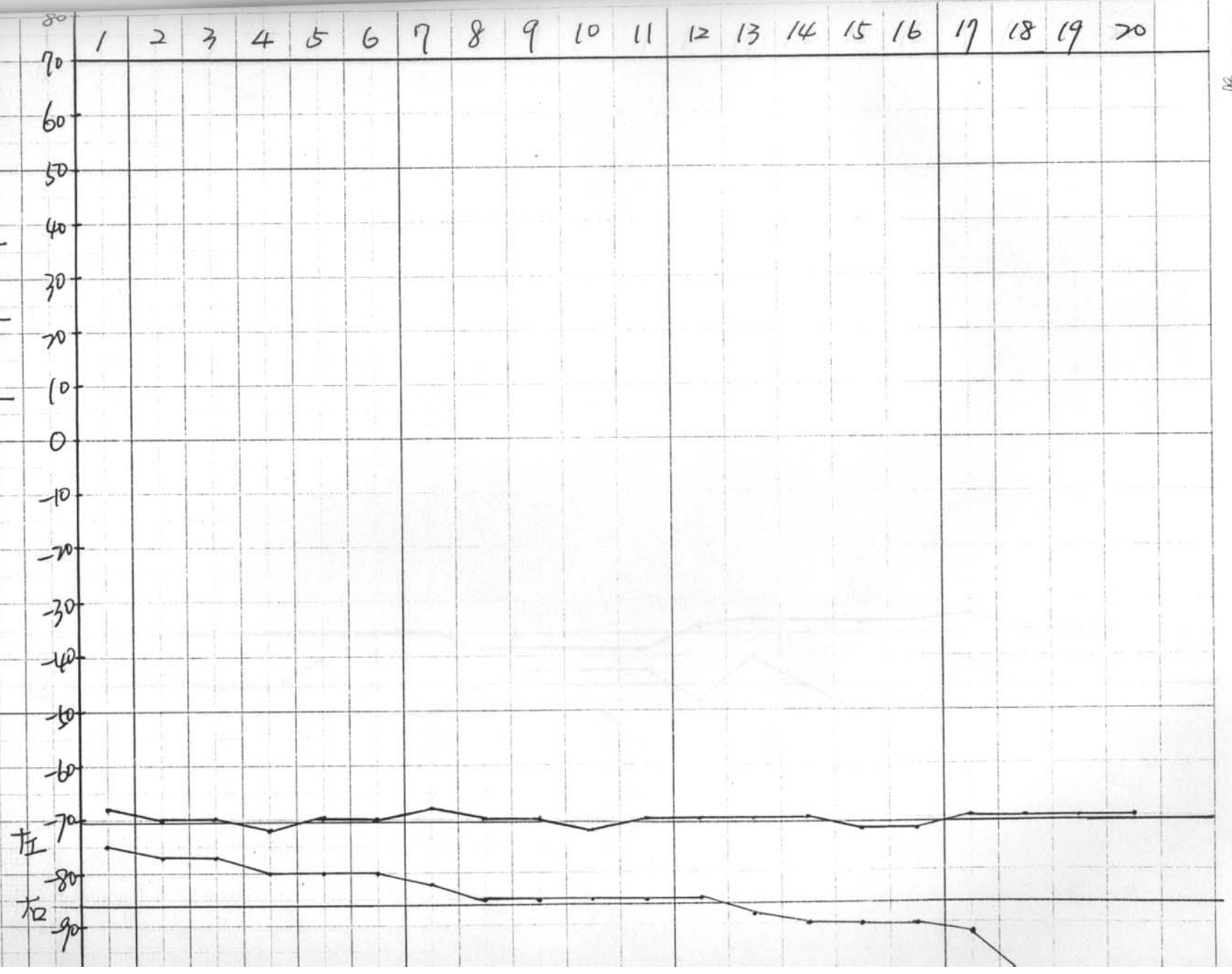


No 3

4
阻力第三組
四號小習



左 —
右 —



No. 3

5.

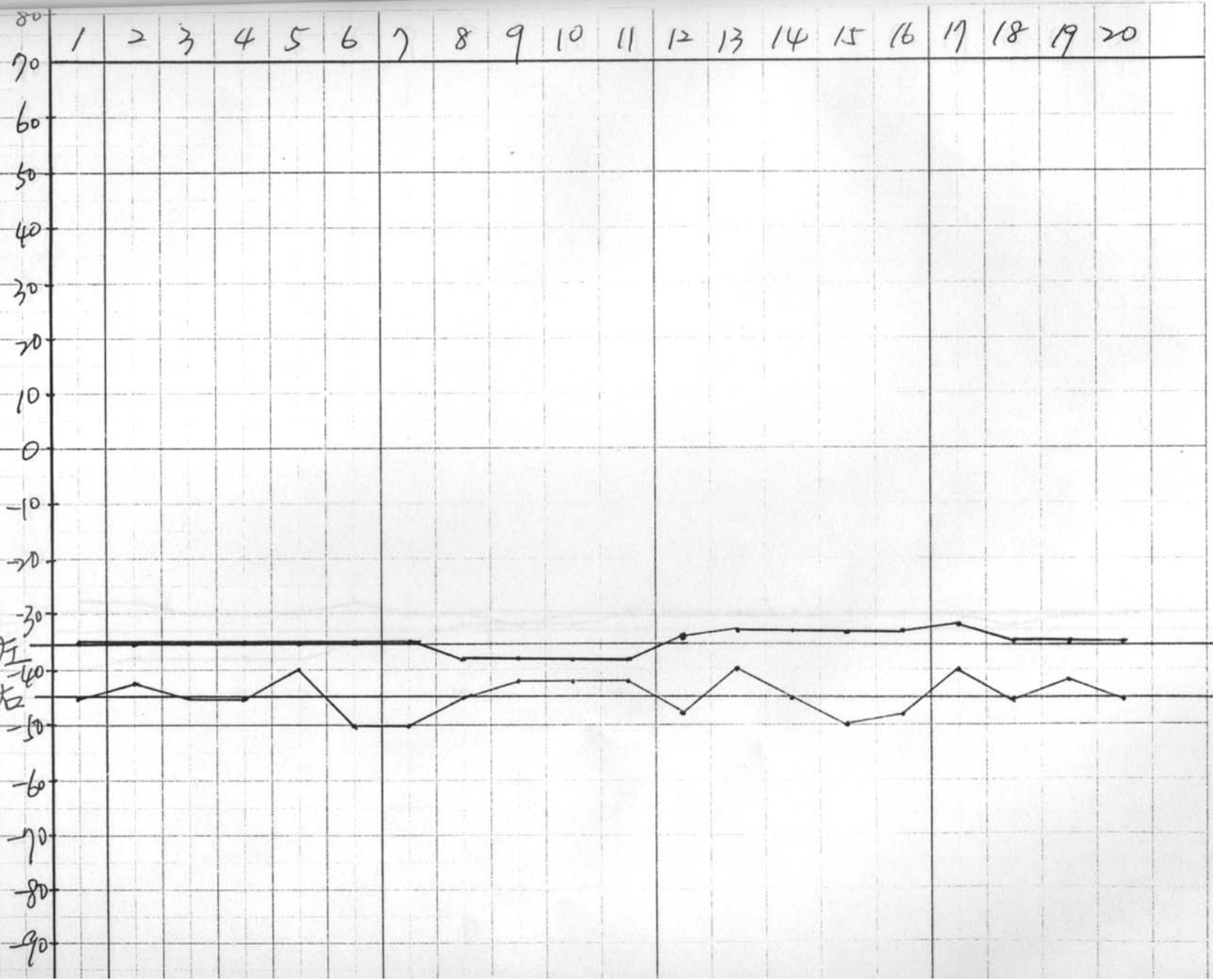
阻力第三组五號小翼



左—

右—

左
右

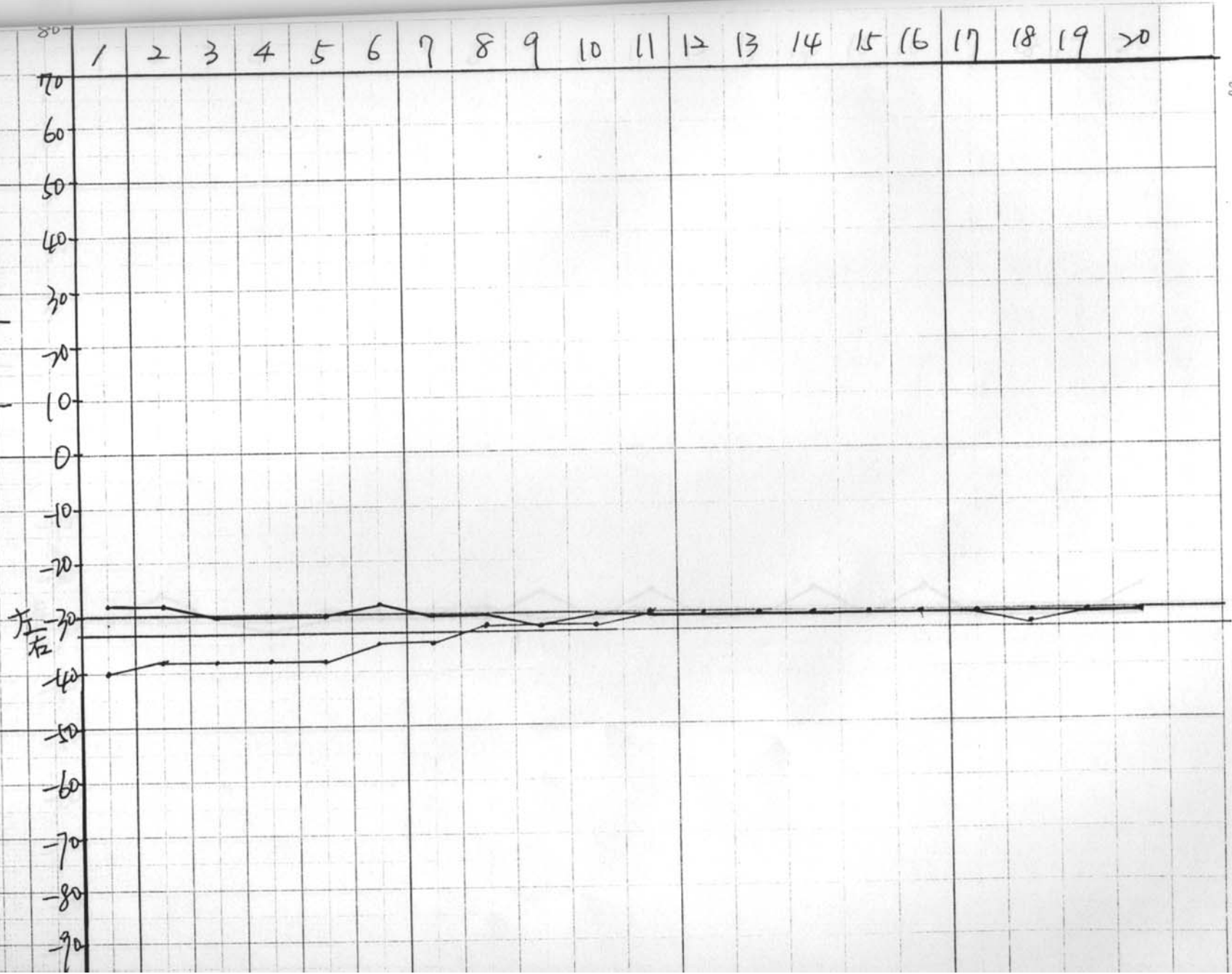


N04

1.
阻力第四组一號小羽曼



左—
右—



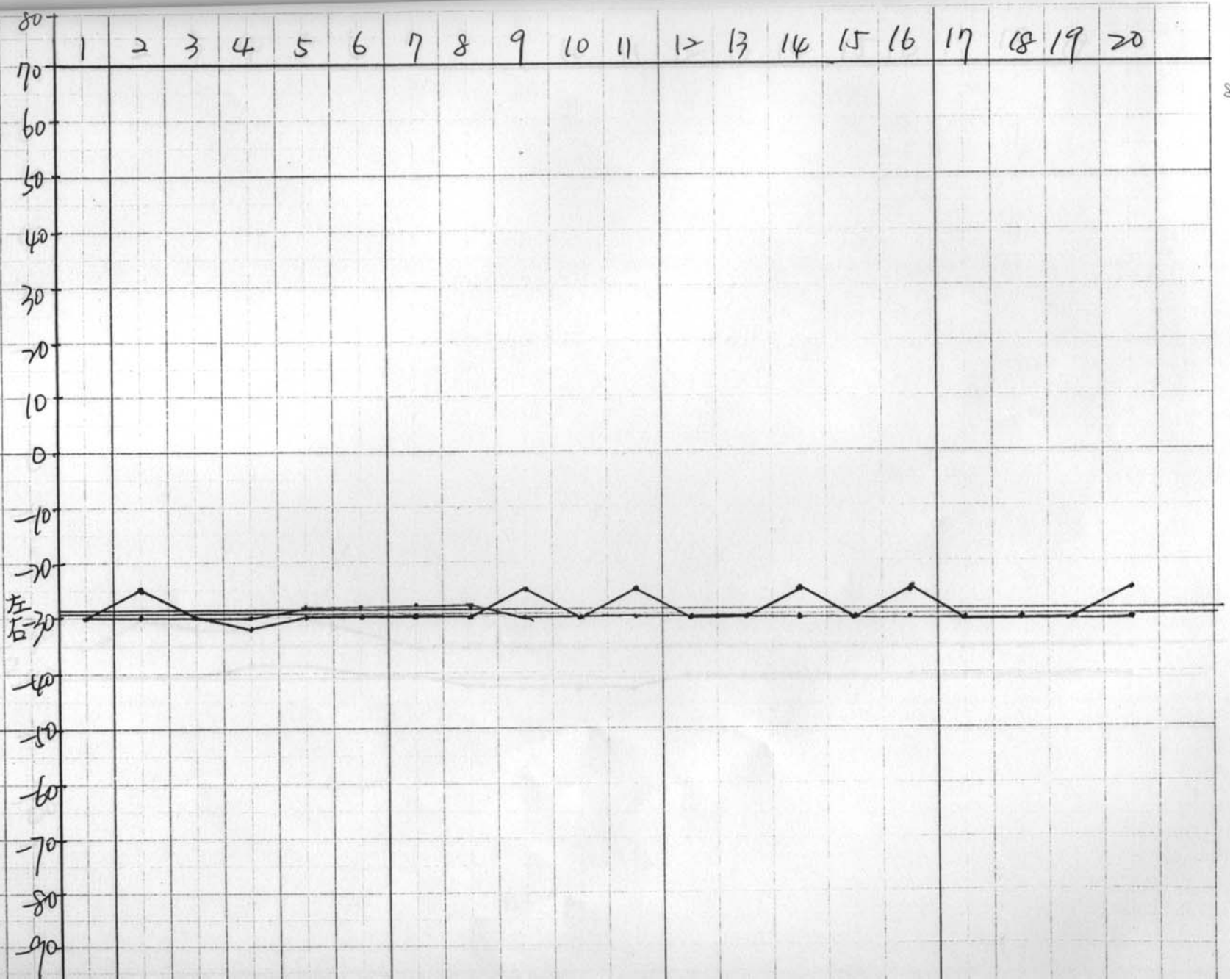
No. 4

2.



阻力第四组二號小習美

左 —
右 —



NO.4

3.

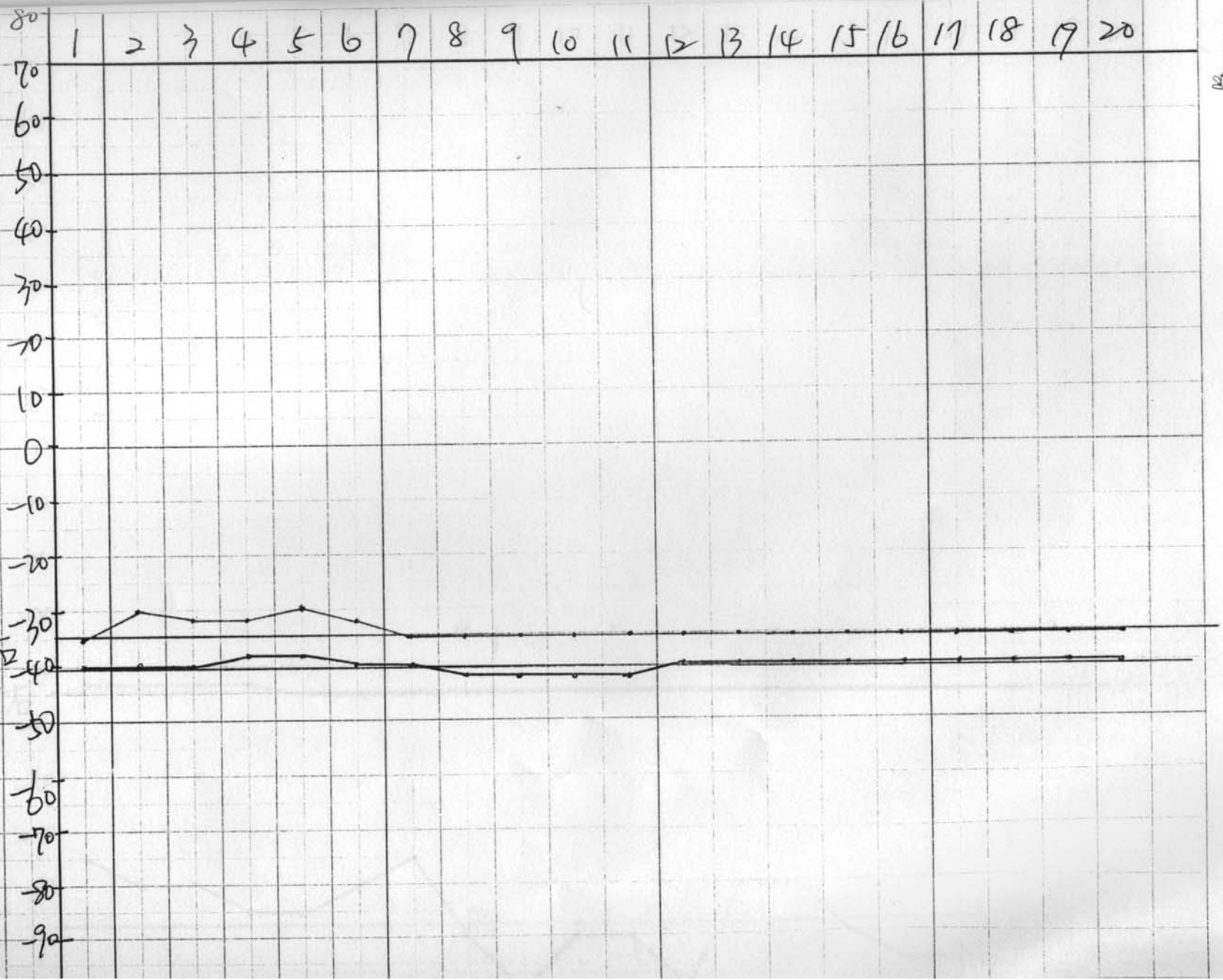
阻力第四組
三號小翼



左 —

右 —

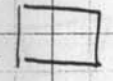
右
左



No. 4

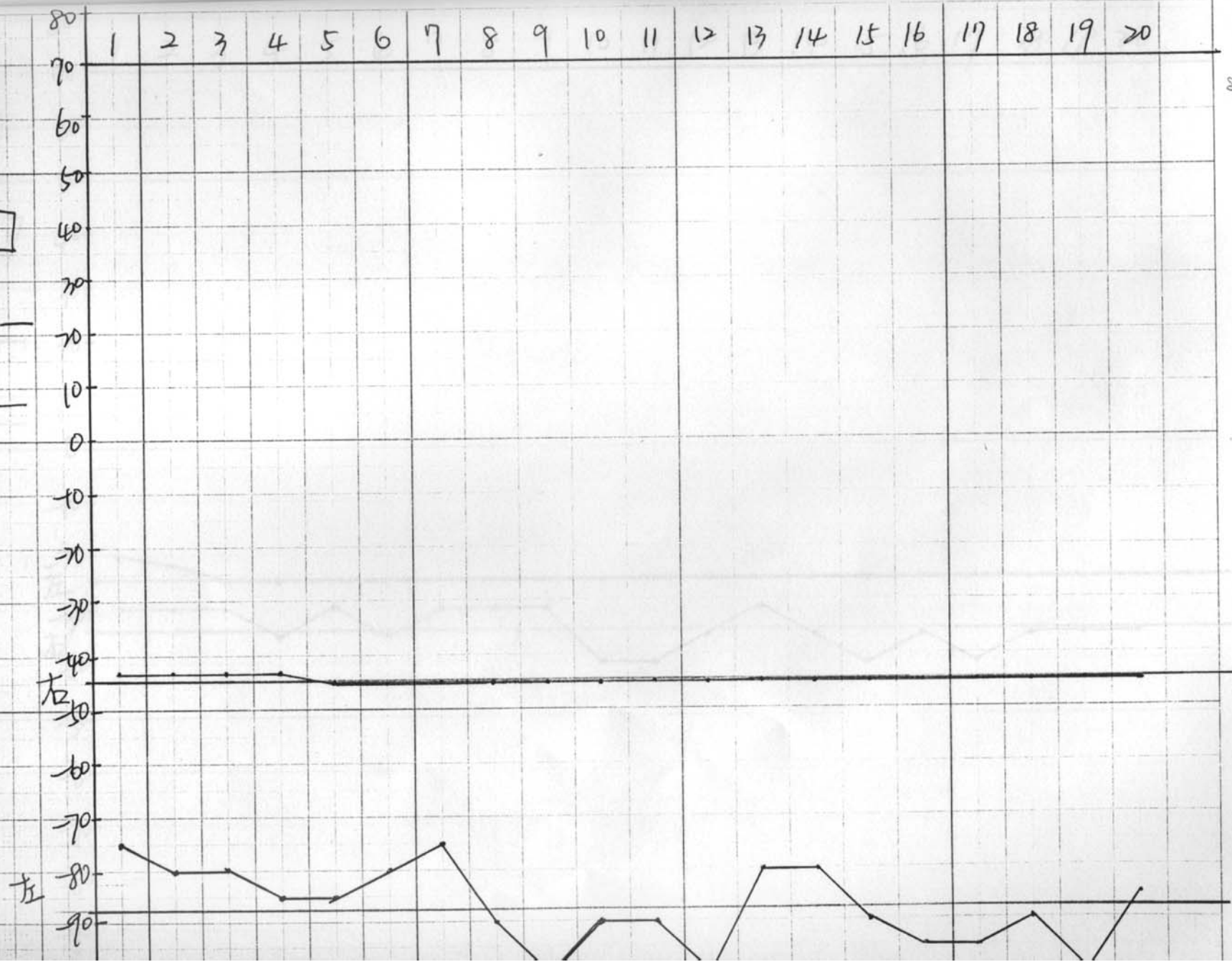
4

阻力第四组
四號小羽量



左 —

右 —



NO 4

5

阻力第四组

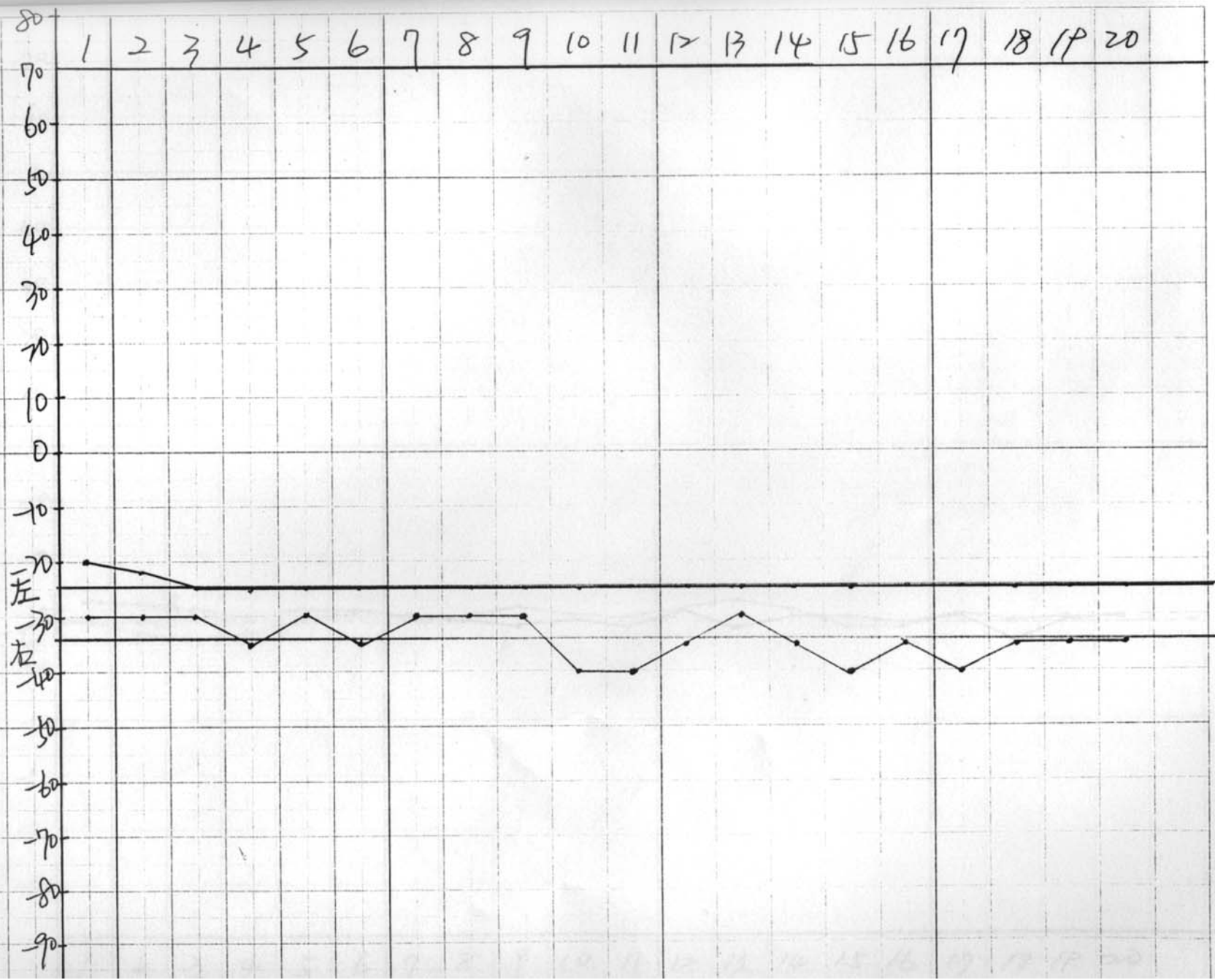
五號

小翼



左 —

右 —



綜合

1.
阻
力
一
號



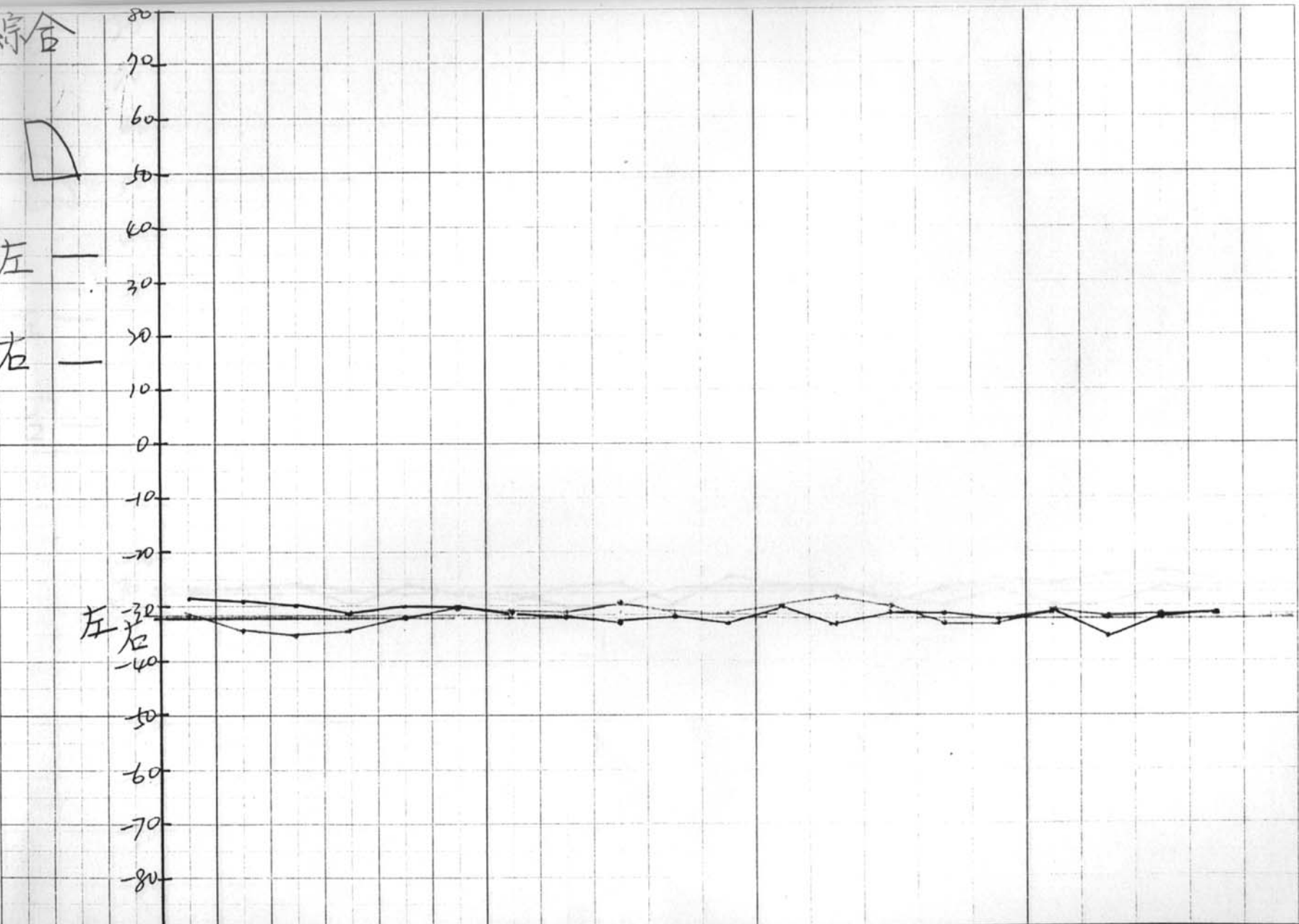
左 —

右 —

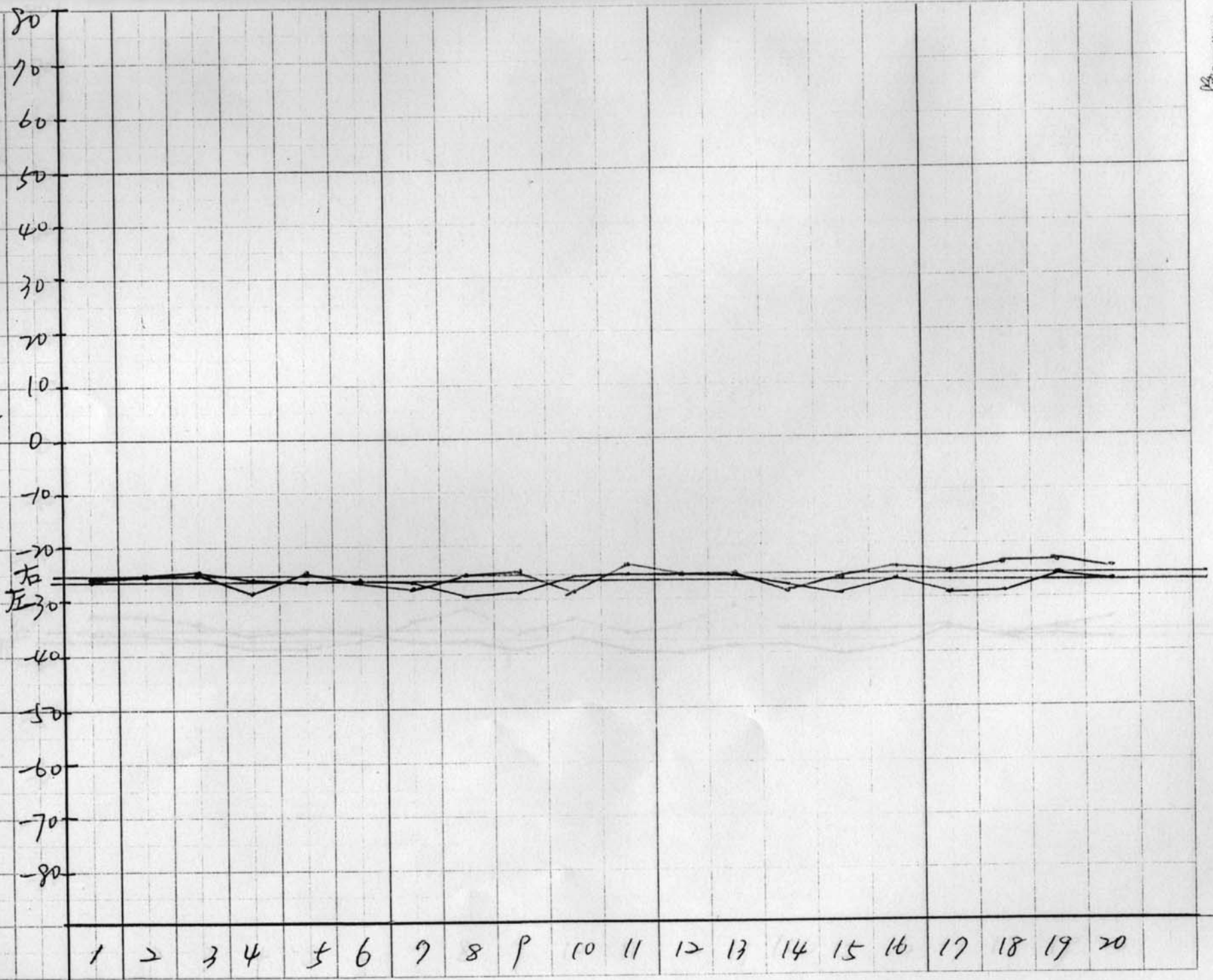
左
右

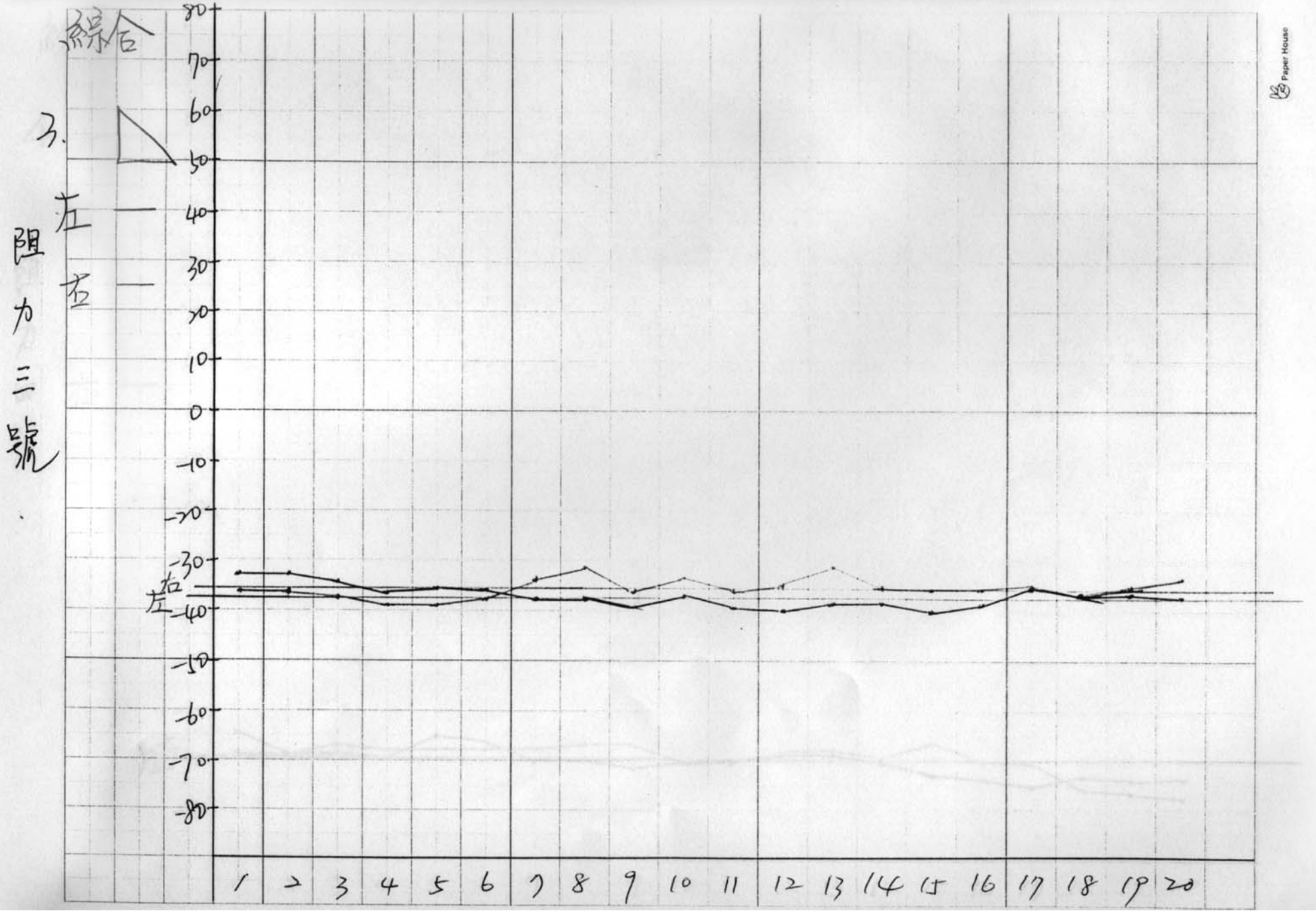
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80

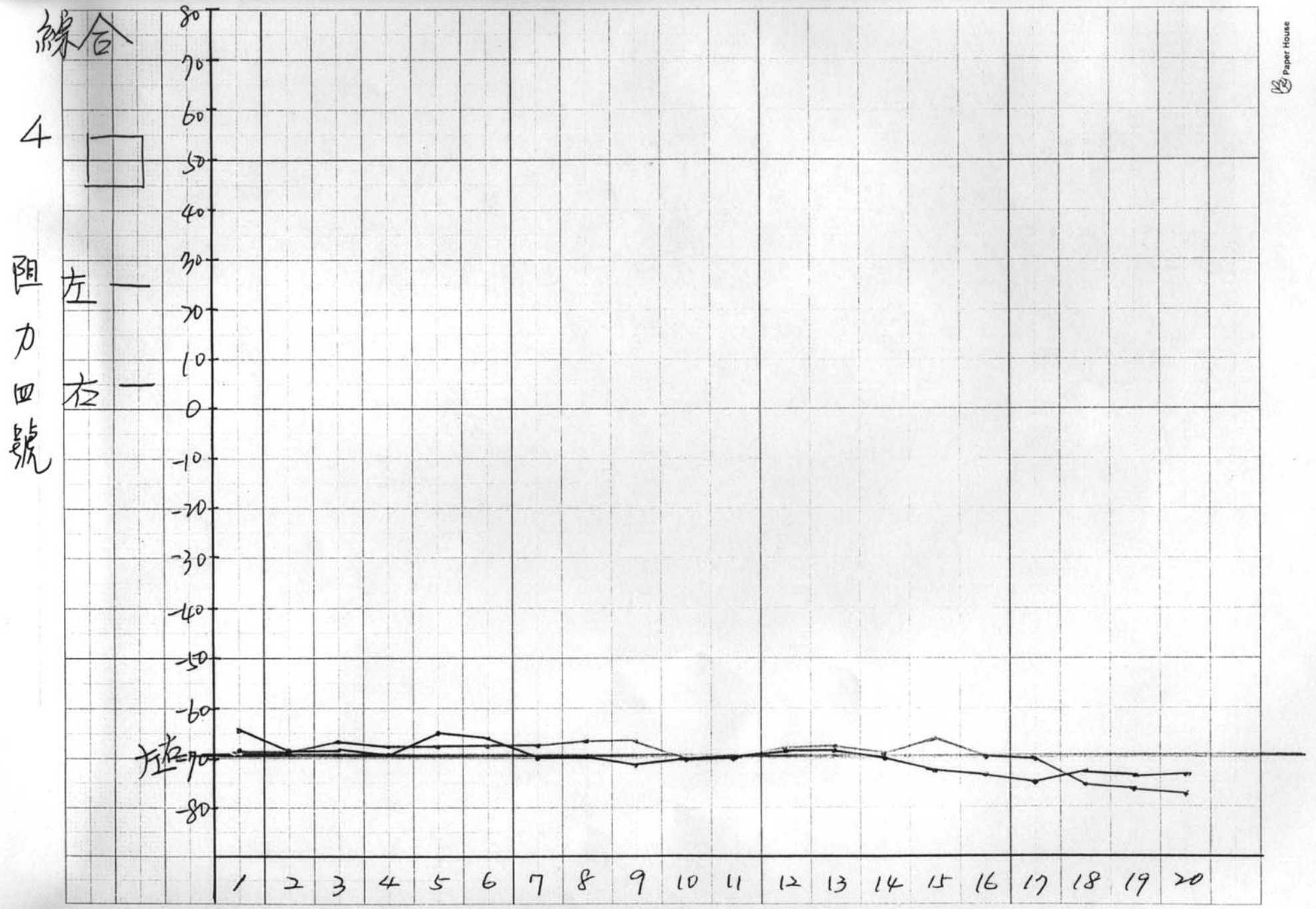
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



綜合
2
阻力
左
右
二號







評語

本作品對於小翼在機翼上升力與推力的作用，進行升力與阻力之實驗，學生自行設計機翼模型，建立簡易的風洞實驗裝置，完成量測數據之收集及研讀，最後得出小翼可以增加升力之結論，是不錯的實驗作品。