

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

030508

太空船的百慕達三角洲

—南大西洋磁力異常區之模擬

學校名稱：桃園縣立新明國民中學

作者： 國三 林俊德	指導老師： 葉一賢
-------------------	------------------

關鍵詞：地球磁場、磁鐵、鐵磁性物質

太空船的百慕達三角洲—南大西洋磁力異常區之模擬

摘要

許多的書上或是博物館的資料都會告訴我們，地球的磁場分布就是一個偶極磁場，我們可以把它想成是有一個很大的磁鐵在地球裡面。但地球上有一個「南大西洋磁力異常區」，在這個區域中，磁場特別弱，跟一般學到的地球磁偶極磁場分布不一樣。在我們的實驗中，我們利用磁鐵以及其他的鐵磁性物質，配合智慧型手機裡面的磁力計，來看看能不能建立一個磁場模型，模擬南大西洋磁力異常區的磁場。

壹、研究動機

常常聽到有很多傳說，都說只要是船開到了百慕達三角洲，就會發生很多不可思議的事故。對太空船來講，太空中也有一塊百慕達三角洲，它就是「南大西洋磁力異常區」(SAA, South Atlantic Anomaly)。因為這個區域內的地球磁場，比其他相同磁緯度的地方來得弱，經過這個區域的人造衛星、太空梭或是太空站，就比較沒有辦法受到地球磁場的保護，所以比較容易受到太陽風的侵襲。剛好有天我在智慧型手機上找到了一個 APP，叫做 Sensor Sense，這個程式可以用手機的磁力計來測量磁場，因此我就突發奇想，利用磁鐵來當做地球的磁場，再加上磁鐵和其它鐵磁性物質讓磁場變化，看看能不能模擬南大西洋磁力異常區。

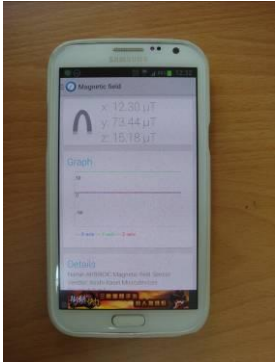
這個研究跟課程關係為國中三年級：磁場、磁力線、地球磁場

貳、研究目的

- 一、確認智慧型手機磁力計準確性、還有如何去除真實地球(背景)磁場的影響。
- 二、了解磁鐵與鐵磁性物質對磁場的影響。
- 三、利用磁鐵與鐵磁性物質，建立「南大西洋磁力異常區」的磁場模型。

參、研究設備及器材

表 1：實驗器材

		
智慧型手機	強力磁鐵(小、大)	鐵粉
		
螺絲帽	指南針	保麗龍板與白紙

肆、研究過程或方法

從小我們就從很多地方知道，地球磁場就像一個棒狀的磁鐵，這樣的磁場被稱為磁偶極 (magnetic dipole) 的磁場，地球的磁軸跟地球自轉軸有一個 11 度左右的夾角(圖 1)。所以地磁緯度和地磁赤道就和一般地理地圖上的不一樣(圖 2)。

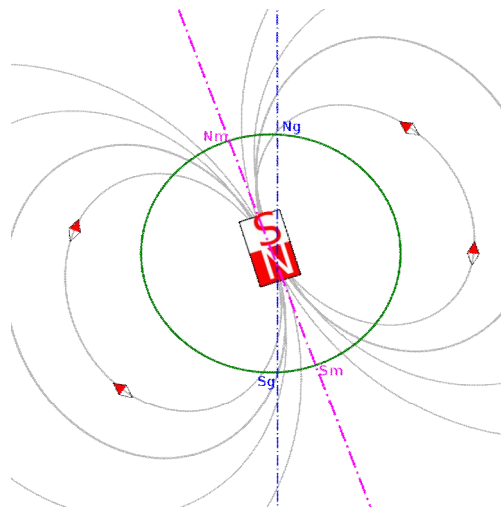


圖1：地球磁軸跟地球自轉軸(http://en.wikipedia.org/wiki/Geomagnetic_pole)。

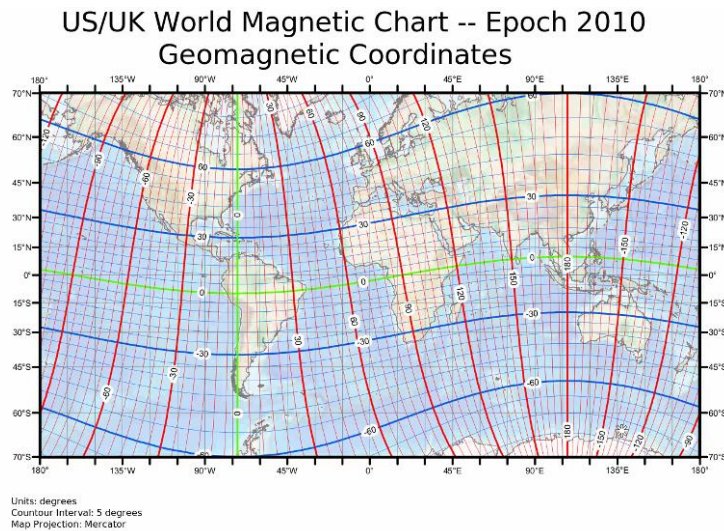


圖2：地磁經緯度圖(http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/icons/WMM2010_coor.png)

看了美國國家海洋與大氣管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)的資料，顯示在南大西洋的地方，有一個區域的磁場會比其他地方弱(圖 3)，它就是 SAA 南大西洋磁力異常區，圖中表示的是磁場的總量。圖中單位 nT 表示 nano tesla，tesla(特斯拉)是磁場單位，nT 就是 10^{-9} Tesla。

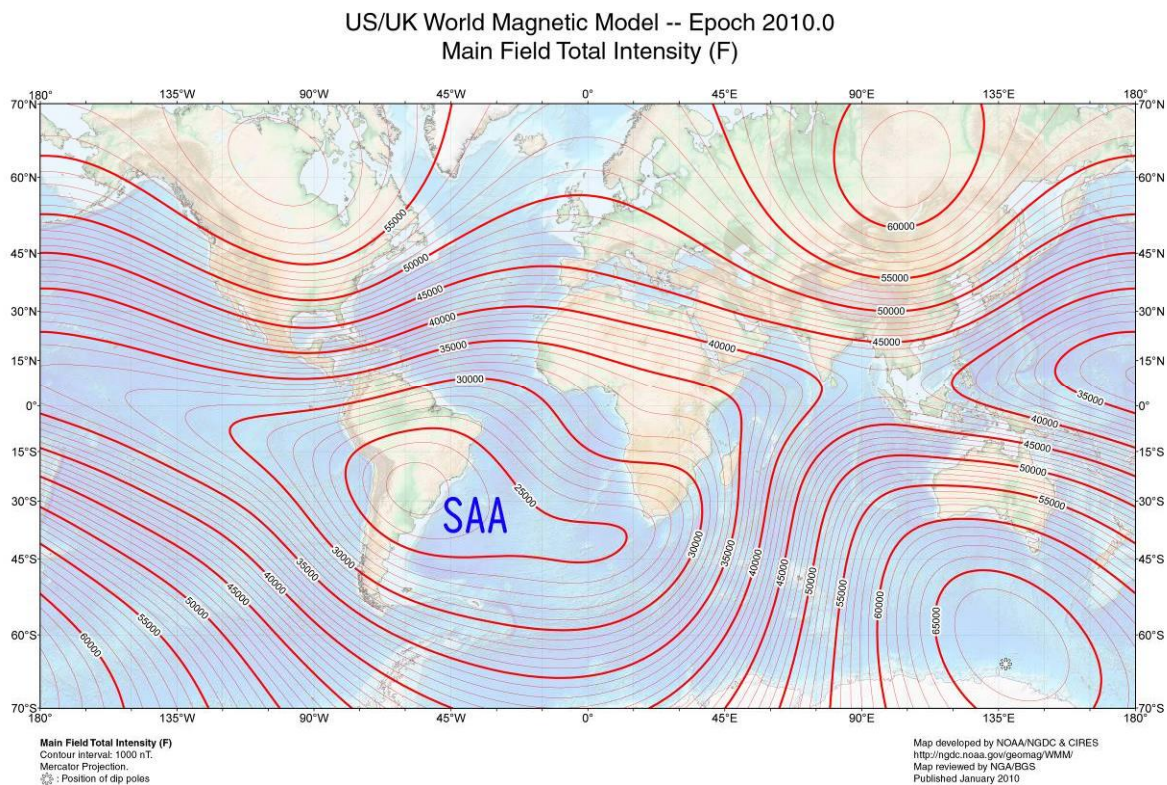


圖3：地球磁場圖

(http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/data/WMM2010/WMM2010_F_MERC.pdf)

以上是我們研究的基本知識。

一、確認智慧型手機磁力計準確性、還有如何去除真實地球(背景)磁場的影響

利用磁鐵與指南針確認

步驟一：為了避免桌子裡面的鐵架和鐵做的桌腳會影響實驗，我們放置一片大保麗龍板在桌上，把實驗環境跟桌子隔開，並在中間的部分挖出一個凹槽，放置一個代表地球磁場的磁鐵，再於板上畫座標格子，每個格子都是 3.2×2 公分的大小(圖 4 右)。為了區別環境中真正的地球，我們把這個裝置叫做我們的實驗地球。

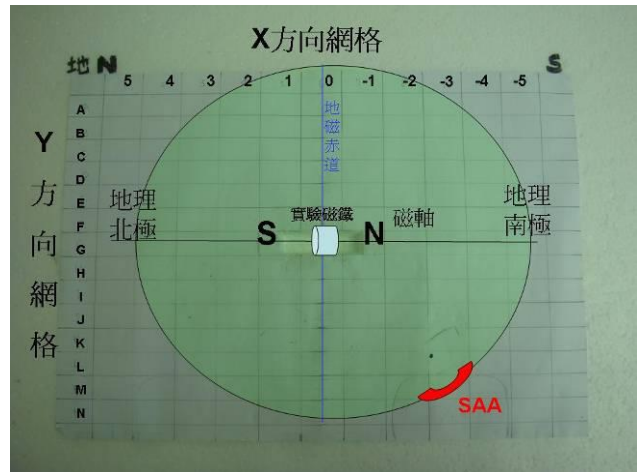
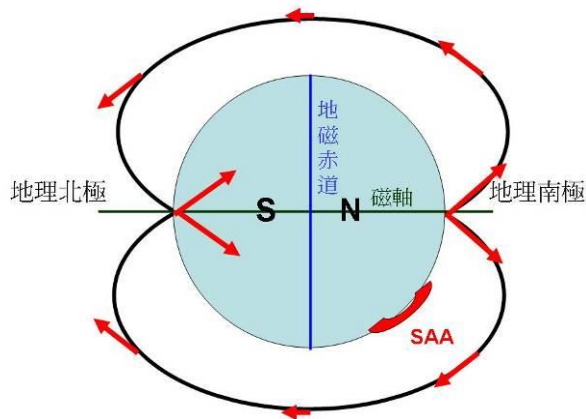


圖4：真實地球與實驗地球座標關係

步驟三：因為手機磁力計量到的是磁場的 X、Y、Z 分量，我們實驗只在 X、Y 方向上做，所以要把指南針的 X、Y 方向定出來(圖 5)，也用指南針在磁鐵周圍量一次磁場 XY 分量(圖 6)。

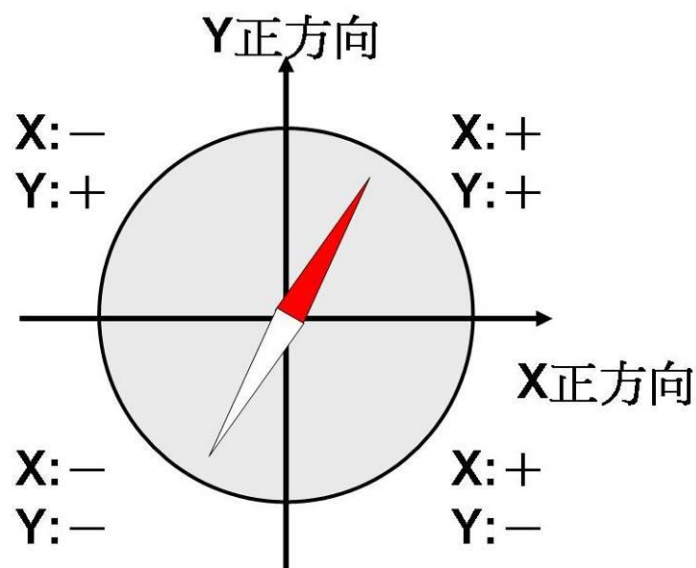


圖5：實驗中指南針的 XY 方向

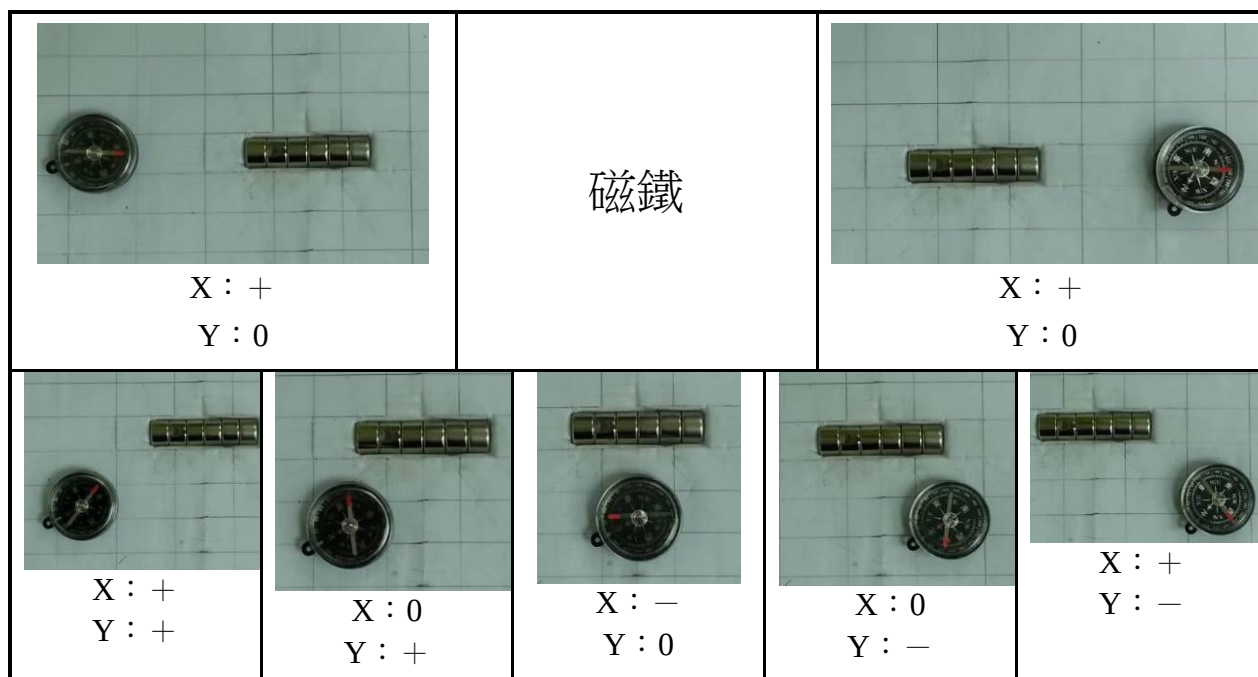


圖6：磁鐵周圍指南針的 XY 方向變化

利用磁鐵與手機磁力計確認

雖然我們想用磁鐵模擬地球，但是我們實驗就是在地球上做，磁力計一定會量到真正的地球磁場的影響(背景)，所以我們要想辦法把真正的地球磁場(背景)扣掉。

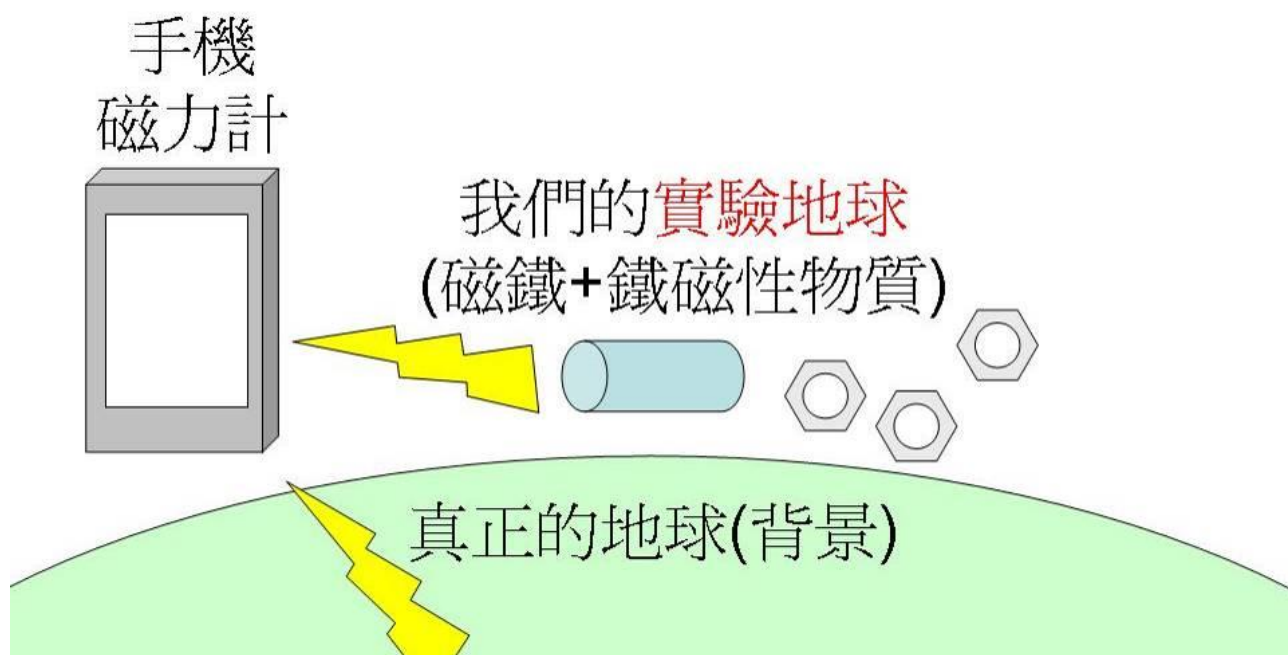


圖7：手機量到的數據與實驗地球、真正的地球之關係

步驟一：我們利用三星的 NOTE 2 手機，下載 APP「Sensor Sense」(圖 8)。這個 APP 可以測量出磁場相對於手機的 X、Y、Z 三個方向的分量，這 APP 的解析度是 $0.06 \mu\text{T}$ ，其中 μT 是 10^{-6}T 。手機沒辦法像尺一樣看估計值，所以我們實驗都統一記錄到 $0.1\mu\text{T}$ 。

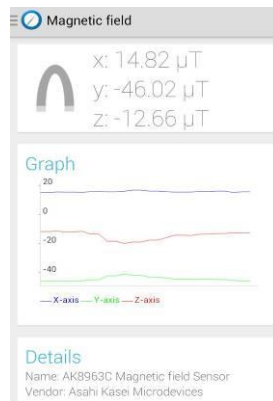


圖8：智慧型手機 APP「Sensor Sense」

步驟二：為了去除地球背景磁場的影響，我們先把實驗用的磁鐵跟鐵磁性物質放進來，量一次磁場大小(實驗地球+背景地球)，之後再把實驗用的磁鐵跟鐵磁性物質拿走，再量一次同一個地方的磁場(背景地球)，兩者相減就是我們實驗地球的磁場(圖 9)。實驗中每一個格子裡的磁場都是這樣量兩次量來的。

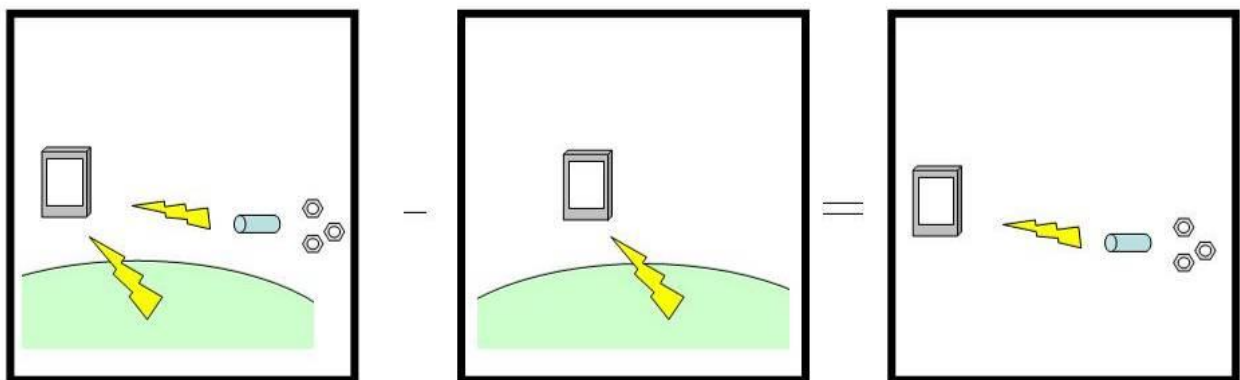


圖9：去掉地球背景的方法

步驟三：重覆步驟二，用手機在把磁鐵周圍的磁場量出來。

步驟四：得到各位置磁場的 X、Y、Z 分量後，利用下面公式得到磁場總量。

$$\text{磁場總量} = \sqrt{(\text{磁場}X\text{分量})^2 + (\text{磁場}Y\text{分量})^2 + (\text{磁場}Z\text{分量})^2}$$

實驗的網格與地球轉換、訂出網格中的地心、地磁南極、北極、赤道、地球半徑、地球表面與 SAA 位置

從圖 2 和圖 3 和可以看出，地磁 N 極(地理南極)磁場(約 66000 nT)和地磁赤道磁場(約 40000 nT, 非 SAA 地區)的比值差不多是 1.65。我們照圖 4 把磁鐵放好，手機在(N, 0)量到的磁場是 59.7 εT，(G, -5)量到的是 91.1 εT，兩點磁場比值是 1.53，與地球赤道與南極磁場比值 1.65 接近，所以我們可以把圖 4 的「0 欄」當做地磁赤道、「G 列」當做地磁軸、(G, 0)當做地心、把(G, -5)當做地磁南極。用(G, 0)的距離當做地球半徑(G, -5)畫一個圓當做地球表面，這樣一來就可以看出，地球地表上 SAA 的位置，差不多是我們網格中(M, -3)那一格。

二、了解磁鐵與鐵磁性物質對磁場的影響

先量出實驗地球的磁場大小

步驟一：在(G, 0)放上一個強力磁鐵，移動手機位置，測量一個強力磁鐵的磁場變化。

如果 SAA 是由地球裡面另一個磁鐵引起，我們要找出地球裡面哪裡放磁鐵，會讓 SAA 位置的磁場變成最小

步驟一：將手機固定在 SAA，也就是(M, -3)的位置。

步驟二：在(G, 0)放上一個強力磁鐵，同時在實驗中放入另一個小磁鐵，S 極朝 Y 方向正向，測量小磁鐵在不同位置時，SAA 位置的磁場變化。

步驟三：將小磁鐵改為 N 極朝 Y 方向正向，重覆步驟二。

步驟四：找出小磁鐵在 SAA 位置造成磁場變弱最多的位置後，把小磁鐵固定在那位置，移動手機看看其他地方磁場變化。

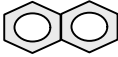
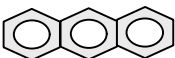
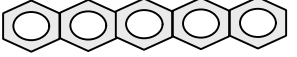
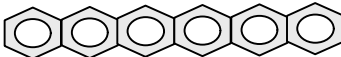
如果 SAA 是由地球裡面另一些鐵磁性物質引起，我們要找出地球裡面哪裡有鐵磁性物質，會讓 SAA 位置的磁場變成最小

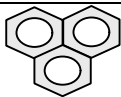
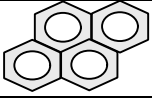
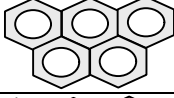
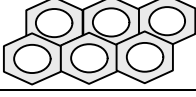
步驟一：將手機固定在 SAA，也就是(M, -3)的位置。

步驟二：在(G, 0)放上一個強力磁鐵，同時在實驗中放入另一個螺絲帽，測量螺絲帽在不同位置時，SAA 位置的磁場變化。

步驟三：依照表 2 將螺絲帽改變成不同組合，重覆步驟二。

表 2：螺帽擺法

名稱	排列
一個螺帽	
二個平行螺帽	
三個平行螺帽	
四個平行螺帽	
五個平行螺帽	
六個平行螺帽	

三個群聚螺帽	
四個群聚螺帽	
五個群聚螺帽	
六個群聚螺帽	

如果地球磁場更強，會不會有不同結果

步驟一：把地心的一個強力磁鐵，改成六個強力磁鐵。

步驟二：重覆移動小磁鐵、一個螺帽和六個群聚螺帽的實驗。

伍、研究結果

一、確認智慧型手機磁力計準確性

以下是測量一個強力磁鐵的實驗地球磁場的 X 分量(圖 10)跟 Y 分量(圖 11)。

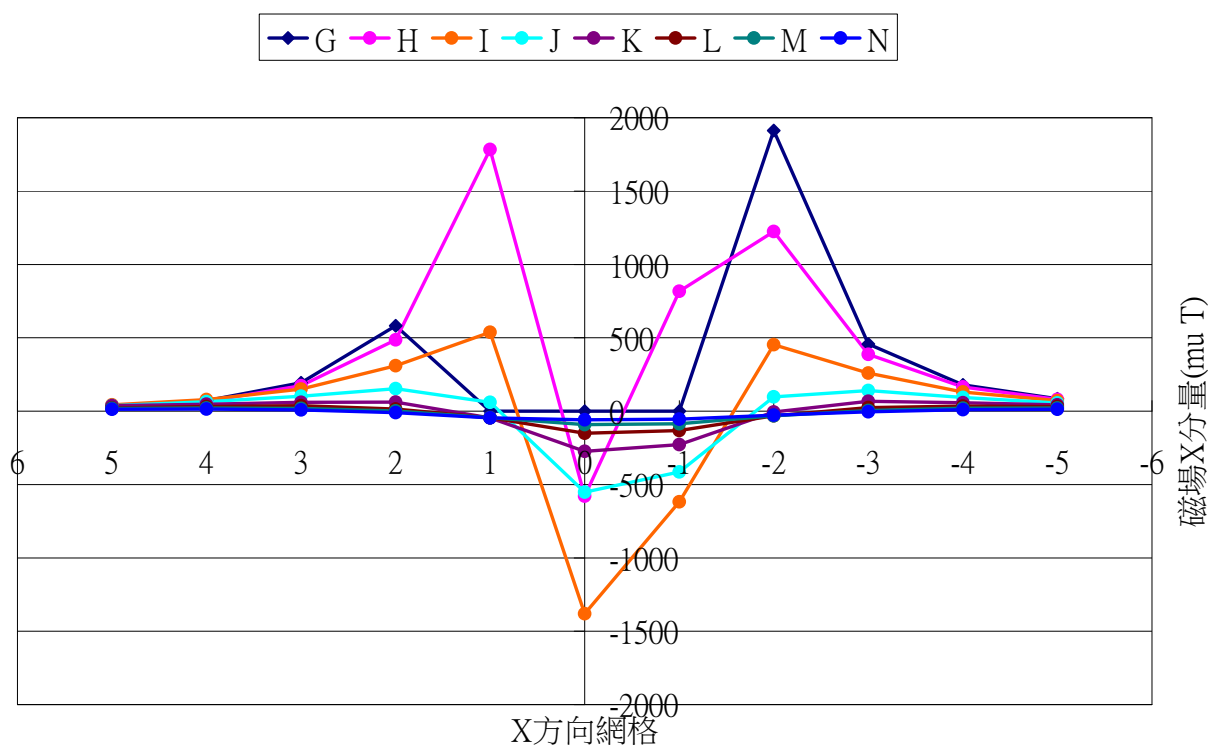


圖10：實驗地球磁場 X 分量

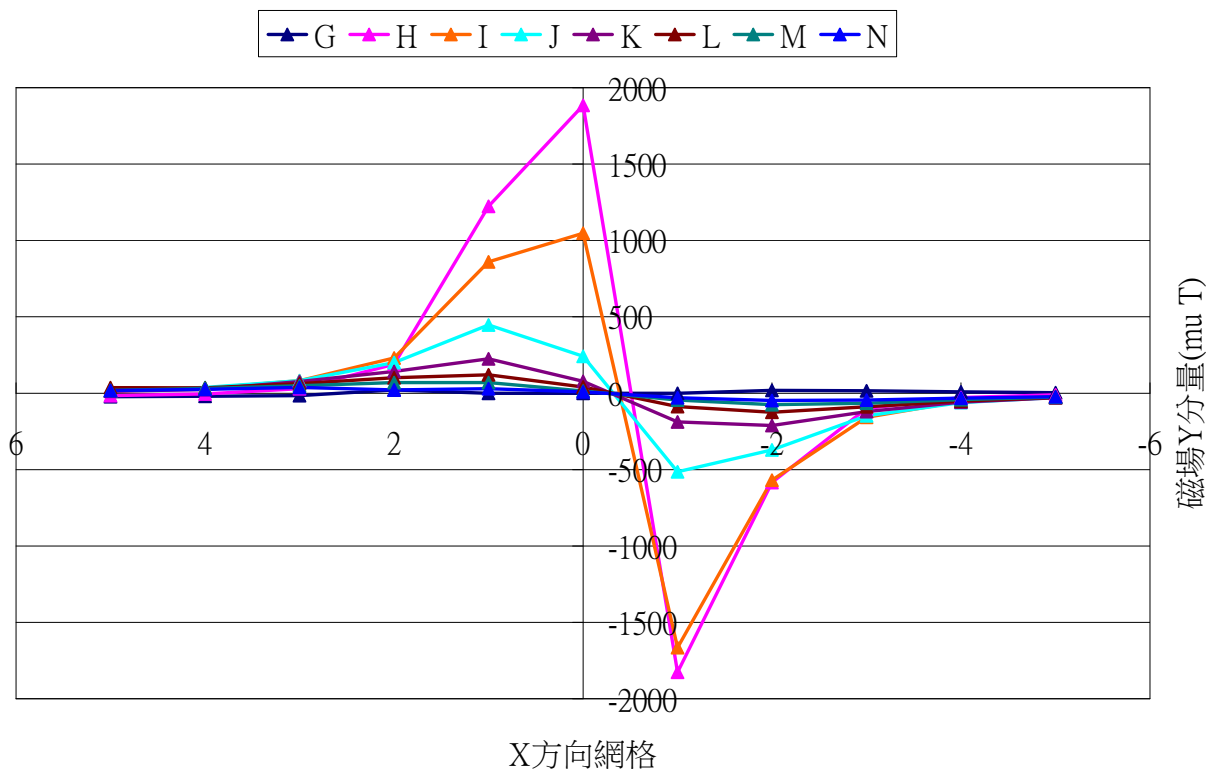


圖11：實驗地球磁場 Y 分量

比較圖 5、圖 6、圖 10 與圖 11，用指南針和用手機量出來各位置的磁場 X、Y 分量都相同。我們同時將圖 10 與圖 11 的結果，用手畫出磁場方向(每格比例不同)，跟平常看到的結果相同。再次顯示手機磁力計應該可靠。

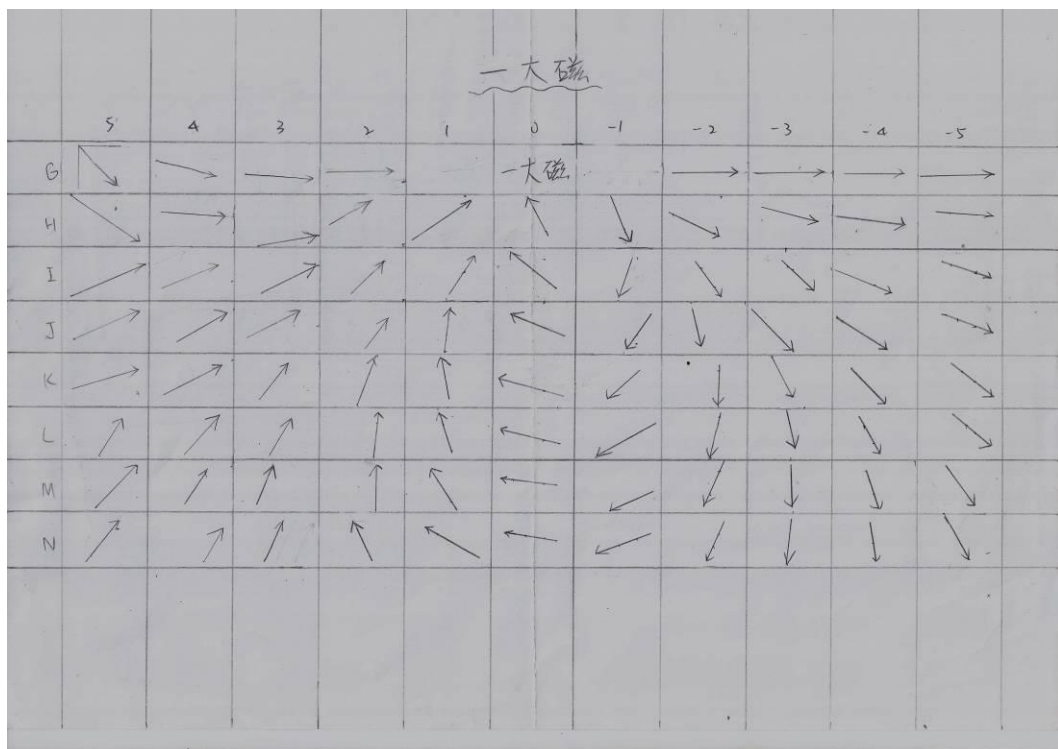


圖12：利用圖 10 與圖 11 的結果用手畫出的磁場方向(每格比例不同)

二、了解磁鐵與鐵磁性物質對磁場的影響

圖 13 是利用網格各點量到的磁場 X、Y、Z 分量所算出來的磁場分布。從圖中可以看出，越靠近磁鐵的磁場越大。

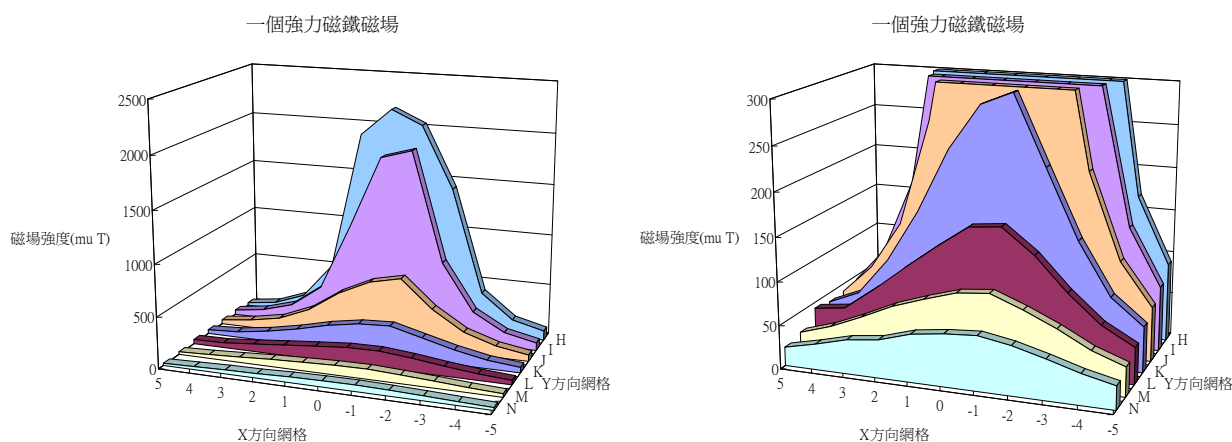


圖13：一個強力磁鐵的磁場(右圖為放大)

小磁鐵引起對實驗地球磁場的影響

圖 14 是在網格上移動小磁鐵得到的 SAA 位置，也就是(M, -3)的磁場變化。為了看清楚，我們特別把負的變化標示在 Z 軸朝上，從圖 14 可以看出，**只有在小磁鐵 S 朝地表、且移動到(J, -2)的時候，對 SAA(M, -3)會造成最大的減弱**。接著檢查把小磁鐵固定在(J, -2)、N 極朝 Y 方向正向，移動手機看看小磁鐵在周圍的磁場所造成的變化。我們實驗中發現稍微把 N 極朝 Y 方向正向右轉 10 度時，會讓 SAA 更為明顯，所以我就用傾斜一點點的小磁鐵繼續實驗。與原本實驗地球相比，在 SAA(M, -3)造成了磁場的極小(圖 15)，減少量大約是 78%(圖 16)。

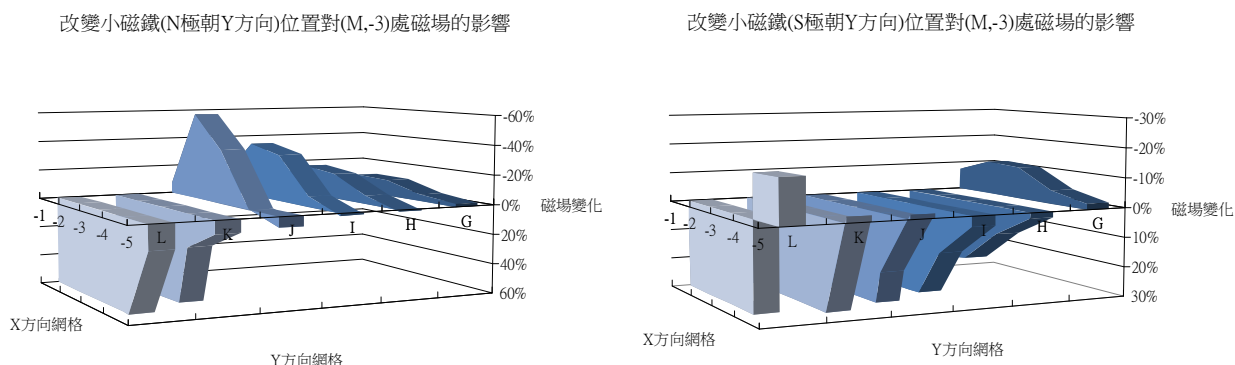


圖14： 改變小磁鐵位置對 SAA(M, -3)造成的磁場變化

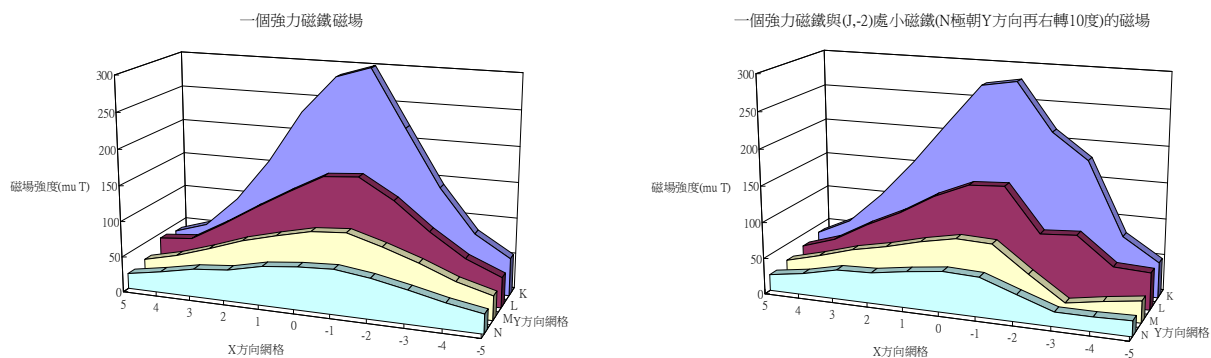


圖15：「一個強力磁鐵」與「一個強力磁鐵加(J, -2)處小磁鐵(N 極朝 Y 方向正向再右轉 10 度)」的磁場比較

(J,-2)處小磁鐵(N極朝Y方向再右轉10度)造成的變化

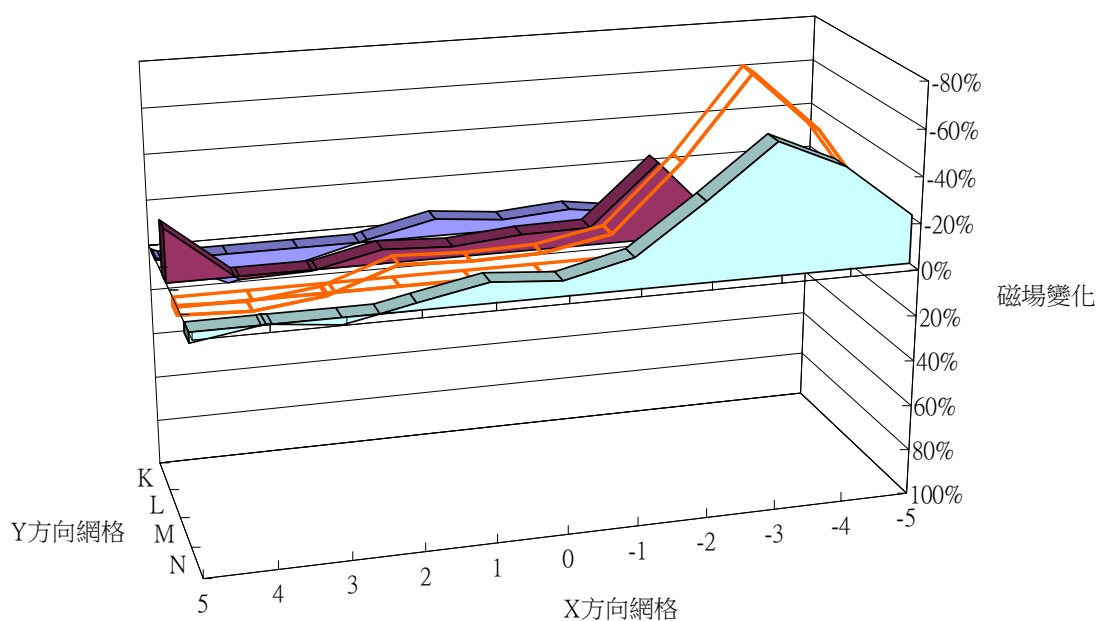


圖16：(J, -2)處小磁鐵(N 極朝 Y 方向正向再右轉 10 度)造成的變化

這個結果我們也把磁場方向用手畫出來(圖 17)。

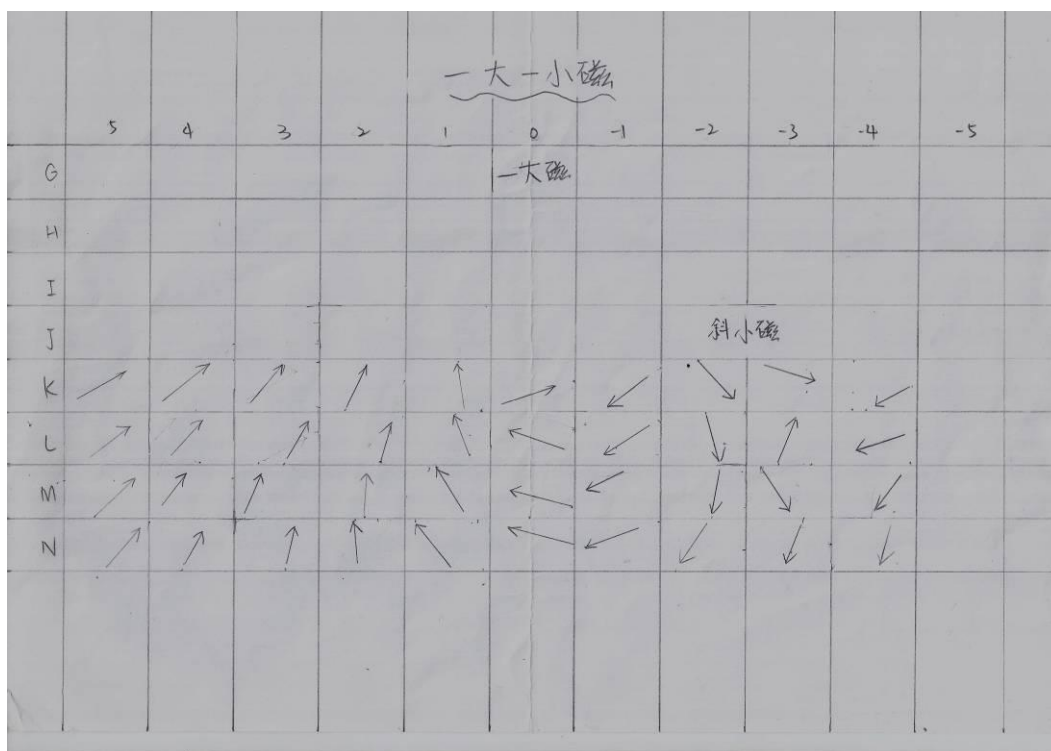
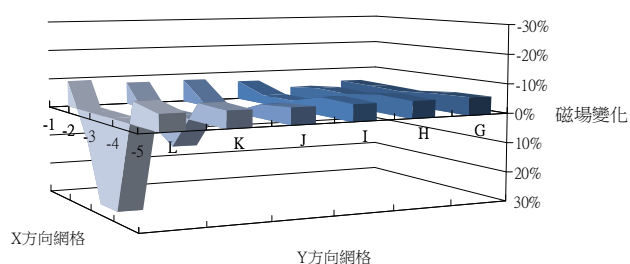


圖17：(G, 0)一個強力磁鐵與(J, -2)小磁鐵 N 極朝 Y 方向正向再右轉 10 度時，用手畫出的磁場方向(每格比例不同)

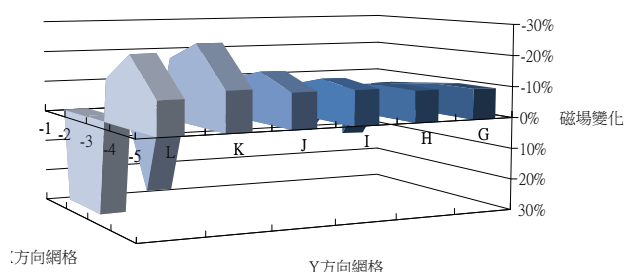
鐵磁性物質引起，對地球磁場的影響

照表 2 中螺帽的擺法，看看一顆一顆平行擺(圖 18)與一群放在一起(圖 19)的在 SAA(M, -3)的磁場變化。

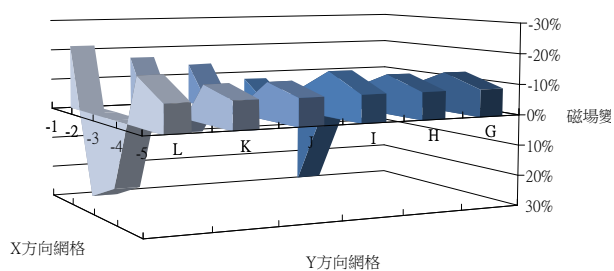
改變一顆螺帽位置對(M,-3)磁場的影響



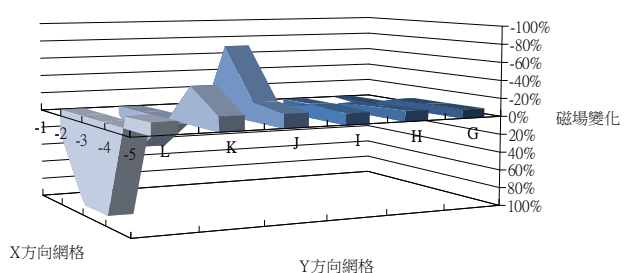
改變二顆平行螺帽位置對(M,-3)磁場的影響



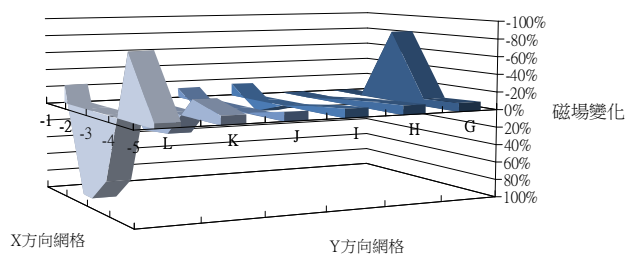
改變三顆平行螺帽位置對(M,-3)磁場的影響



改變四顆平行螺帽位置對(M,-3)磁場的影響



改變五顆平行螺帽位置對(M,-3)磁場的影響



改變六顆平行螺帽位置對(M,-3)磁場的影響

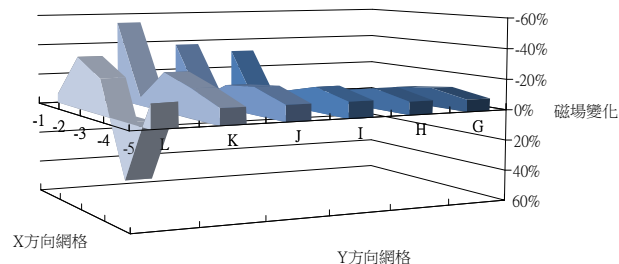
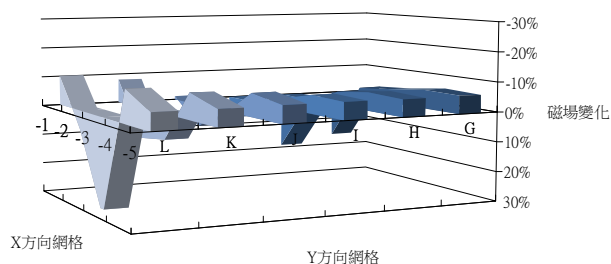
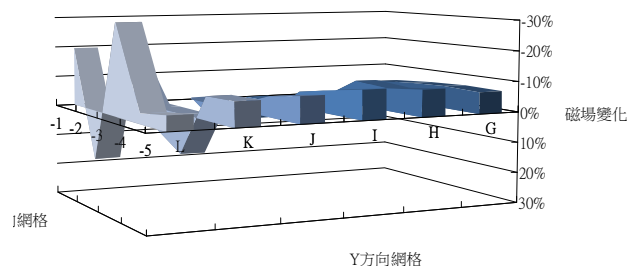


圖18：螺帽一顆一顆平行擺，不同組合對 SAA(M, -3)造成的磁場變化

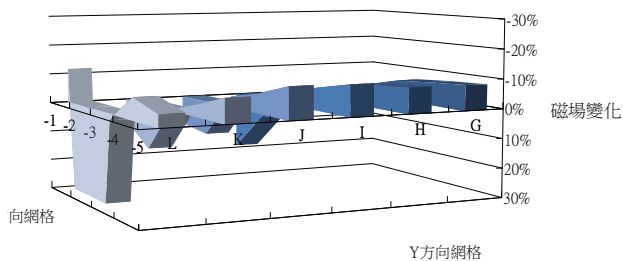
改變三顆群聚螺帽位置對(M,-3)磁場的影響



改變四顆群聚螺帽位置對(M,-3)磁場的影響



改變五顆群聚螺帽位置對(M,-3)磁場的影響



改變六顆群聚螺帽位置對(M,-3)磁場的影響

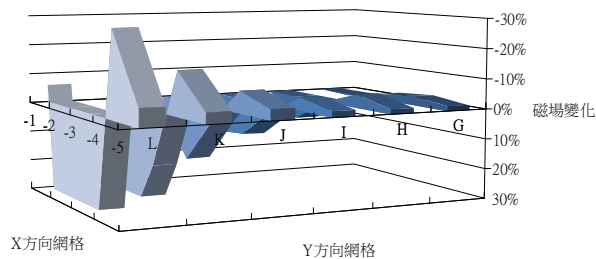


圖19：螺帽一群一群擺，不同組合對 SAA(M, -3)造成的磁場變化

圖 18 中可以看出，地心用一顆強力磁鐵模擬時，四個平行螺帽(J, -3)、五個平行螺帽(G, -3)、六個平行螺帽(K, -1)都有機會造成 40%以上的降低。

圖 19 中可以看出，地心用一顆強力磁鐵模擬時，螺帽一群一群的擺，都沒有超過 30%的降低。

如果地球磁場更強，會不會有不同結果

將實驗地球中心改成六顆強力磁鐵得到的磁場(圖 20)的結果。

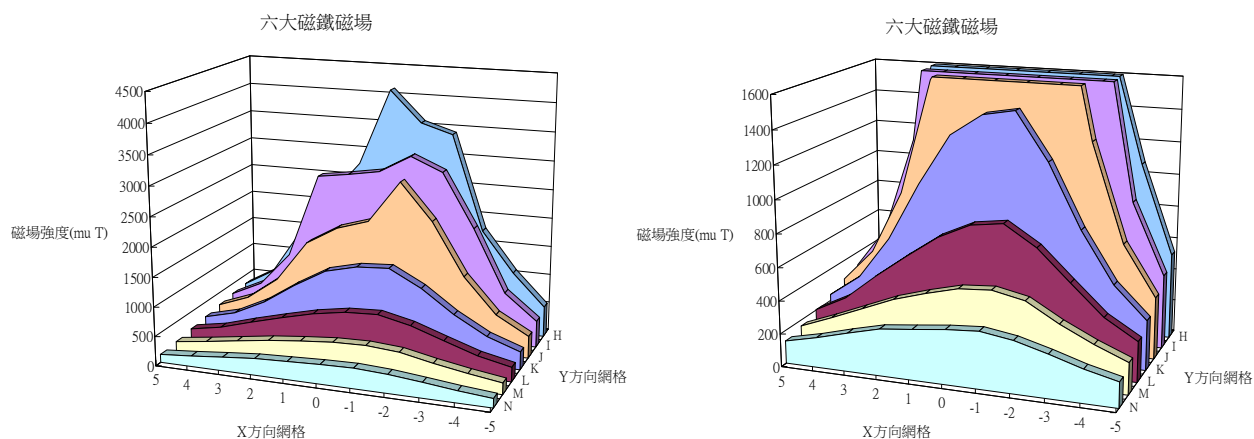


圖20：六個強力磁鐵的磁場(右圖為放大)

從圖中可以看出，越靠近磁鐵的磁場越大，但是六顆磁鐵的磁場不到一顆磁鐵的六倍。

小磁鐵引起對六顆強力磁鐵實驗地球磁場的影響

因為從一顆強力磁鐵的實驗(圖 14)看出，小磁鐵 N 極朝 Y 方向正向才有機會在(M, -3)處造成磁場極小，所以六顆強力磁鐵我們只做了小磁鐵 N 極朝 Y 方向正向的實驗。從圖 21 可以看出，N 極朝 Y 方向正向的小磁鐵在(K, -3)位置時，在 SAA(M, -3)會造成最大的減弱。

改變小磁鐵(N極朝Y方向)位置對(M,-3)處磁場的影響 地心六個強力磁鐵

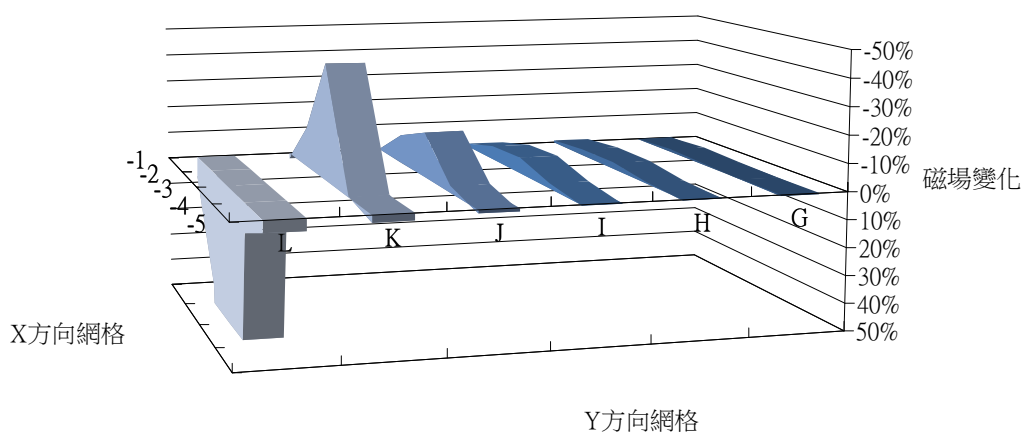


圖21：地心放六個強力磁鐵時，改變小磁鐵位置對 SAA(M, -3)造成的磁場變化

接著檢查把小磁鐵固定在(K, -3)、N 極朝 Y 方向正向，移動手機看看周圍的磁場，以及小磁鐵所造成的變化。與原本實驗地球相比，在 SAA(M, -3)造成了磁場的極小(圖 22)，減少量大約是 43%(圖 23)。

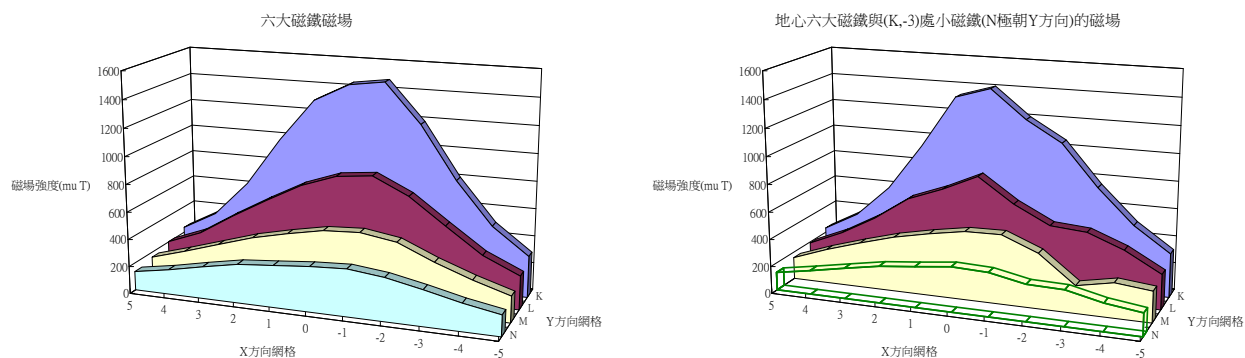


圖22：「六個強力磁鐵」與「六個強力磁鐵加(K, -3)處小磁鐵(N 極朝 Y 方向正向)」的磁場比較

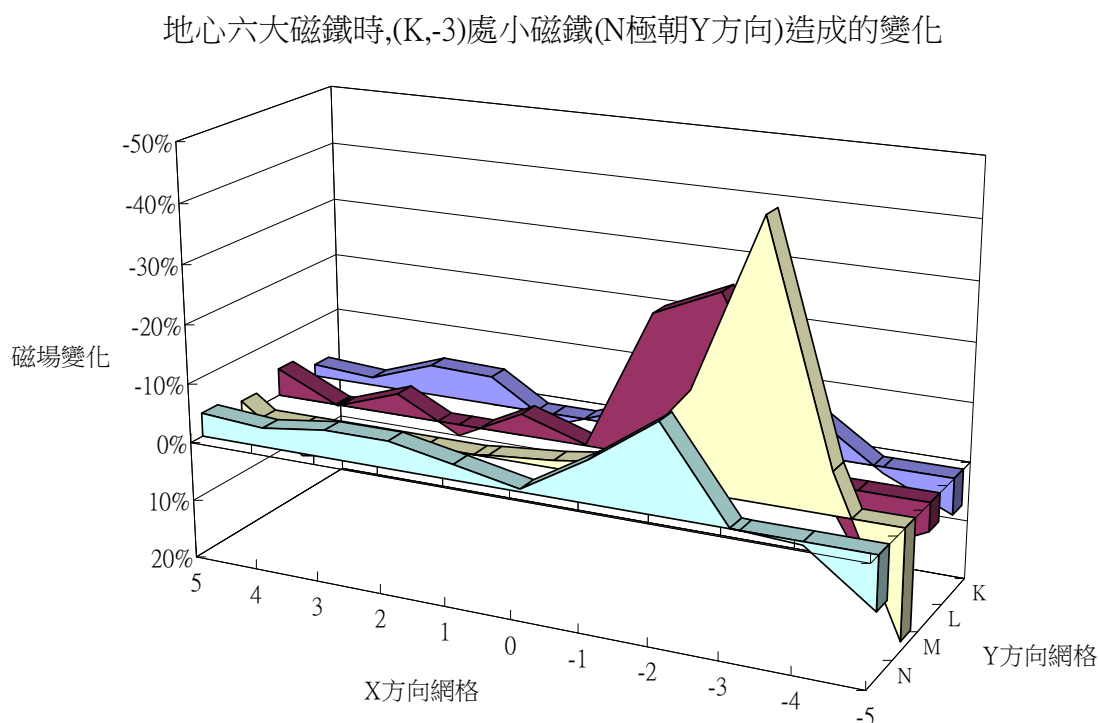


圖23：地心放六個強力磁鐵時，(K, -3)處小磁鐵(N 極朝 Y 方向正向)造成的變化

鐵磁性物質引起，對六顆強力磁鐵實驗地球磁場的影響

在六顆強力磁鐵的實驗，我們只做了一個螺帽和六個群聚螺帽的實驗。從圖 24 可以看出，一個螺帽沒辦法對 SAA 的磁場造成減弱，在(G, -3)放六個群聚螺帽會讓 SAA 處磁場產生差不多 40%的減弱。

我們同時針對「一個強力磁鐵加(J, -2)處小磁鐵(N 極朝 Y 方向正向再右轉 10 度)」(圖 25)與「六顆強力磁鐵在(G, -3)放六個群聚螺帽」(圖 26)，用鐵粉看出了它們的磁力線。

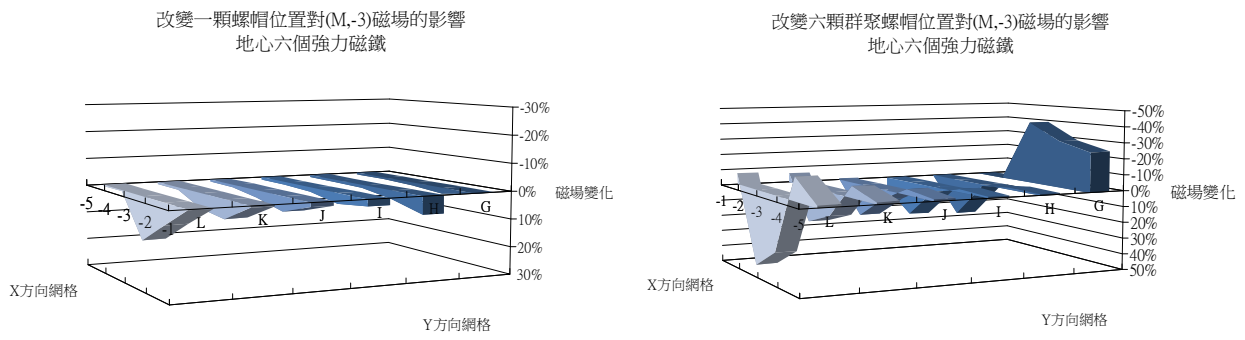


圖24：地心六顆強力磁鐵時，一個螺帽與六個群聚螺帽組合對 SAA(M, -3)造成的磁場變化

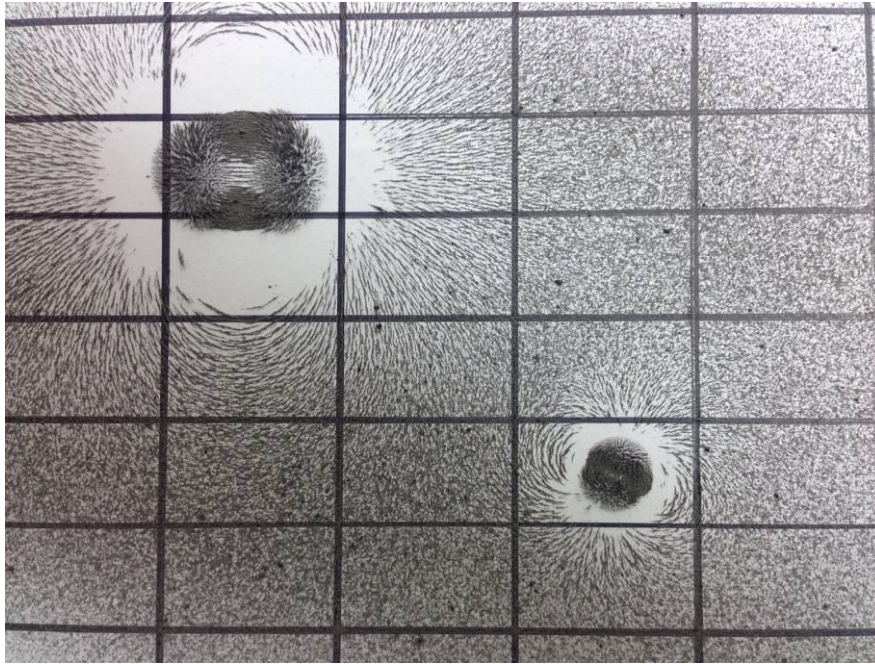


圖25：兩個磁鐵形成的磁力線

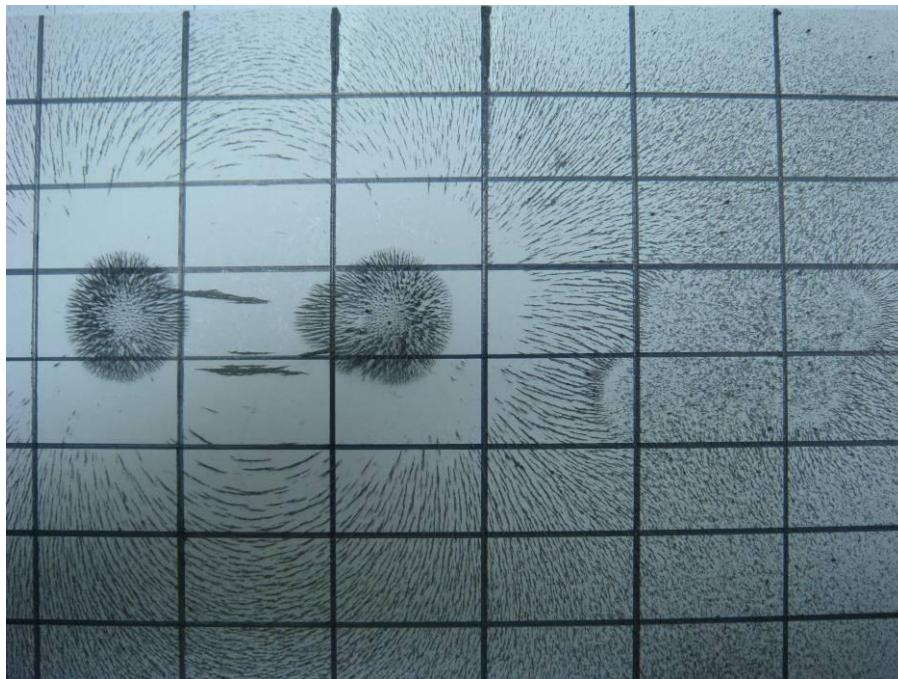


圖26：一個磁鐵與六個螺形成的磁力線

陸、討論

一、確認智慧型手機磁力計準確性、還有磁鐵和環境中地球磁場(背景)的關係

這個實驗有一些需要確定的事，必須要用一些已知的知識去討論。

我們已知的知識有：

- (一) 地球地理南極裡是地磁的 N 極，磁力方向是從 N 到 S，也就是由地理南向地理北
- (二) 上午的太陽大致上是在東方
- (三) 從指南針看出的磁鐵磁場方向
- (四) NOAA 公布的地球表面磁場資料

實驗中需要確定的事	解決方法
智慧型手機磁力計顯示的正負號與磁鐵 NS 的關係	我們從上午太陽的位置知道北方大致的方向，也知道台灣這邊磁力大致方向是由地理南向地理北，就可以知道手機磁力計的正負號與磁鐵 NS 關係(圖 4、圖 5)
智慧型手機磁力計準確性	從指南針看出的磁鐵磁場方向，和手機 X 分量、Y 分量畫出來的結果比較，就可以知道手機磁力計應該可以用(圖 12)。
我們實驗地球的地球半徑應該設在哪裡	利用 NOAA 資料計算地球表面地磁 N 極與地磁赤道磁場比值，比較我們實驗地球的網格找到地磁 N 磁和赤道相同比值的格子，就可以找出我們實驗地球的半徑。
地球內部如果有磁鐵，那個磁鐵應該是多強	我們只能用強力磁鐵和小磁鐵磁場比例來看，所以結論只能得出 SAA 地底下可能有一個磁鐵，它的磁力應該是地心磁鐵的百分之多少

二、了解磁鐵與鐵磁性物質對磁場的影響

從移動小磁鐵的結果(圖 14、圖 21)，跟移動不同組合螺帽的結果(圖 18、圖 19、圖 24)來看，得到以下結果：

- (一)、移動小磁鐵時，在空間上引起的磁場變化較為平緩。
- (二)、移動不同組合螺帽時，在空間上引起的磁場變化常常都是變化很劇烈，而且跟螺帽數量的關係也很不明顯。

我們推測是以下的原因：

強力磁鐵和小磁鐵都是可以產生磁場的東西，把強力磁鐵和小磁鐵放在一起，會讓各自的磁場疊加，疊加的結果與兩個磁鐵的距離有關，而且關係是平滑的。但是螺帽自己不會產生磁場，鐵磁性物質是讓原有的磁場轉彎或是改變大小，它造成的 X、Y、Z 分量變化很難推算，從 X、Y、Z 分量所得到的磁場總量變化就更不會有明顯的趨勢。

比較地心一個強力磁鐵時，在(J, -2)加入小磁鐵前(圖 12)和加入小磁鐵後(圖 17)的磁場方向。發現小磁鐵會影響附近的磁場方向。地心的強力磁鐵和小磁鐵的磁場都是三維的，三維磁場相疊加後的情形很難直接用想像的，而我們實驗只看出磁場的 X、Y 分量，所以很難說出疊加後的磁場方向應該是怎樣的。

三、利用磁鐵與鐵磁性物質，建立「南大西洋磁力異常區」的磁場模型

從 NOAA 的地磁資料(圖 3)可以看出，地磁赤道磁場差不多 40000 nT，SAA 地區差不多是 25000 nT，至少降低了 37.5%。在我們實驗中，符合這樣條件的有

地心磁鐵	加入變數	位置	在 SAA 處造成的改變
一個強力磁鐵	小磁鐵 N 極朝 Y 方向正向再右轉 10 度	(J, -2)	78%
	四個平行螺帽	(J, -3)	77%
	五個平行螺帽	(G, -3)	82%
	六個平行螺帽	(K, -1)	54%
六個強力磁鐵	小磁鐵 N 極朝 Y 方向正向	(K, -3)	44%
	六個群聚螺帽	(G, -3)	40%

實驗地球與真正地球的尺寸大小比例

地球半徑差 6371 公里，我們的實驗地球半徑差不多 15 公分，也就是我們實驗地球上 1 公分差不多代表地球的 424 公里。

實驗地球與真正地球的磁場比例

	一顆強力磁鐵 實驗地球	NOAA 資料 真正地球	實驗 / 真實
地磁 N 極磁場(地理南極)	91.1 μ T	66 μ T	1.38
赤道磁場(非 SAA 地區)	59.7 μ T	40 μ T	1.49
地磁 N 極磁場 / 赤道磁場	1.53	1.65	

這邊可以看出，我們實驗地球設計很合理。實驗地球和真實地球磁場大小，可以用比例來推算。

比較實驗中三種磁鐵，在相同位置造成的磁場

(G, 0)放的磁鐵	(G, -2)處磁場
小磁鐵在(G, 0)	73.1 μ T
一個強力磁鐵在(G, 0)	1971.2 μ T
六個強力磁鐵在(G, 0)	4211.1 μ T

$$\frac{\text{小磁鐵磁場}}{\text{一個強力磁鐵磁場}} = 3.7\%$$

$$\frac{\text{小磁鐵磁場}}{\text{六個強力磁鐵磁場}} = 1.73\%$$

綜合實驗地球與真實地球的尺寸和磁場大小比例

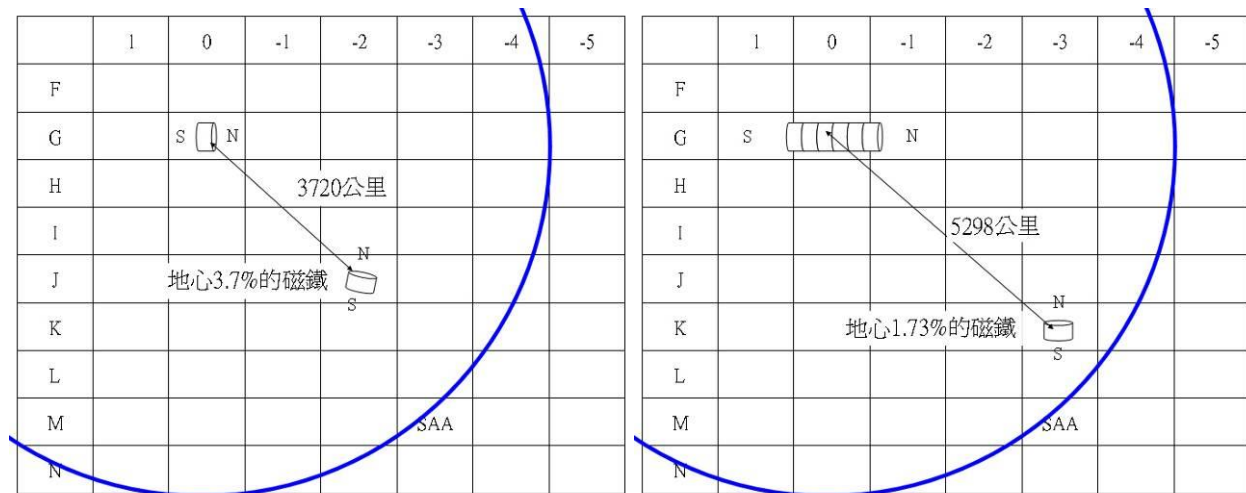


圖27：小磁鐵位置與大小示意圖

- (一)、距離地心 3720 公里的地方，有一個地心 3.7%的磁鐵
- (二)、距離地心 5298 公里的地方，有一個地心 1.73%的磁鐵

都有可能造成 SAA，不過我們還沒有學到磁場大小和距離的關係，所以在小磁鐵磁場大小的計算只是很粗略的估計。

如果是鐵磁性物質的影響

在我們的實驗中討論的都是有 XY 方向，也就是說群聚螺帽可以代表是「塊狀」鐵磁質物質，平行螺帽可以代表地球上一層「殼形」鐵磁質物質。我們把以出現 SAA 的結果整理在圖 28。不論地底下的鐵磁性物質是「塊性」或「殼形」，要在 SAA 處降低超過 37.5%磁場，鐵磁性物質如果會凸出地表是不可能的事，所以凸出地表的例子不能算。

有機會形成 SAA 的情況

- (一)、若地心是用一個強力磁鐵模擬時，地下有一個 4580×890 公里的「殼形」鐵磁性物質
- (二)、若地心是用六個強力磁鐵模擬時，地下有一個 1484×2671 公里的「塊狀」鐵磁性物質

但這是因為我們使用的螺帽中間有一個洞，而且螺帽間也有間隙，如果使用其他實心鐵磁質物質，可能會有不一樣的結果。

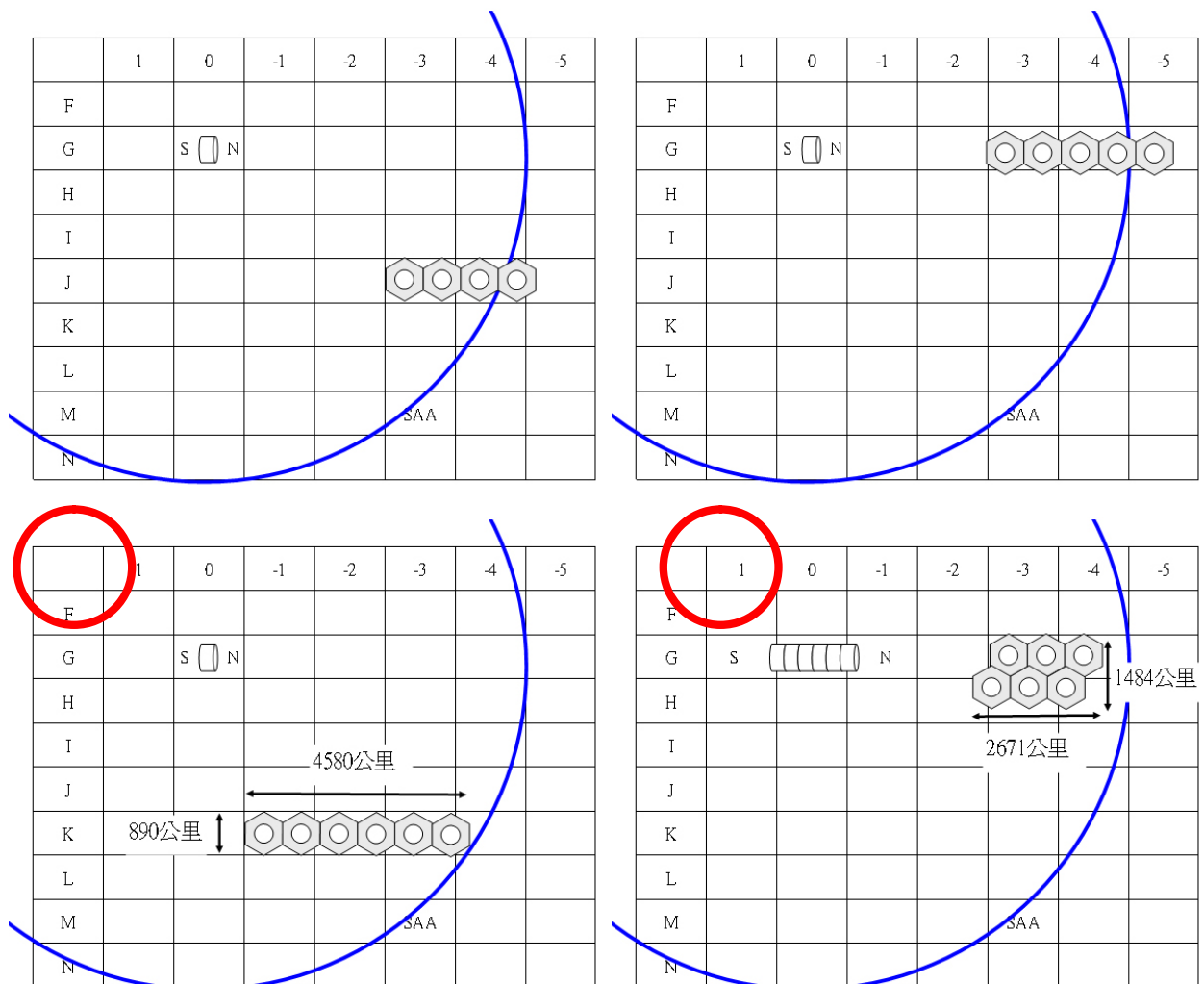


圖28：鐵磁性物質位置示意圖

柒、 結論

不論地球裡面是不是真的有一塊磁鐵，除了南大西洋磁力異常區外，地球上的磁場都可以當做是地球裡有一塊磁鐵所建立的磁偶極來看。我們討論看看地球內部除了建立磁偶極的磁鐵外，還有什麼樣磁鐵、或是鐵磁性物質會的造成南大西洋磁力異常區的形成。實驗發現地底下有一個 **N 極朝我們實驗中 Y 方向正向的磁鐵**、**殼形鐵磁性物質**或**塊狀鐵磁性物質**都有可能造成 SAA。

若地心是用一個強力磁鐵模擬時，

- 一、距離地心 3720 公里的地方，有一個地心 3.7%的磁鐵(圖 27)
- 二、地下有一個 4580×890 公里的「殼形」鐵磁性物質(圖 28)

若地心是用六個強力磁鐵模擬時

- 一、距離地心 5298 公里的地方，有一個地心磁場 1.73%的磁鐵(圖 27)
- 二、地下有一個 1484×2671 公里的「塊狀」鐵磁性物質(圖 28)

如果未來可以把實驗擴大到三維空間，使用更精確的磁力計、磁鐵和鐵磁性物質來做，相信會有更好的結果。

捌、 參考資料及其他

國立中央大學太空科學研究所

<http://www.ss.ncu.edu.tw/~SpaceEdu/vls/lp4.htm>

維基百科

http://en.wikipedia.org/wiki/Geomagnetic_pole

美國國家海洋與大氣管理局

http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/data/WMM2010/WMM2010_F_MERC.pdf

美國國家海洋與大氣管理局

http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/icons/WMM2010_coor.png

【評語】 030508

優點：

本件作品試圖以磁鐵模擬地球磁場，並利用智慧型手機上之磁力計軟體測量磁場強度。

學生利用 3C 科技裝置、磁鐵、螺絲帽等材料討論不同之組合、排列下磁場強度之變化情形，經過仔細測量記錄而得到數據，進行討論。

缺點：

(1) 本作品主題不容易進行，首先 3C 產品之磁力計的正確性未必符合真正研究型測量儀器之準確度，雖然未必容易去做校正，但於討論中需熟知這一重點。

(2) 地球磁場成因是否即為地球正中間有一永久磁鐵仍待商榷，但本實驗一開始即以此為基礎設定，未先蒐集資料研讀，科學正確性待討論。

(3) 地球磁場為一在球面上之變化，本實驗僅在一小平面上操作，不僅空間尺度大小不成比例，連現象之觀察在基本設計上並不恰當。

(4) 在上述實驗基本架構正確性上有疑慮的情況下，在第 7 頁起之討論又增加「如果」之條件，試圖解釋南大西洋磁力異常存在的原因，恐有過度延伸本實驗之疑慮，回到真正的地球科學，地球組成複雜，且為非（磁性）均質分佈，磁力分佈及異常現象不是本作品可以釐清之問題。

建議改進事項：

更改題目並縮小研究主題。