

班長的困擾－播音死角之研究

國中組應用科學科第一名

台北縣立蘆洲國民中學

作者：楊舜仁、周昭景、張淑玟、施梅華

指導教師：吳原旭、郭春華

一、研究動機

這學期我被選為班長，由於新官上任，難免有不少困擾。其中是因一每當學校廣播要班長集合時，我總是聽得不很清楚，有時便誤了大事，挨了罵。但別班班長似乎少有此情況。這究竟是何因素使然？令我百思不解！因而趁科展機會，約了同學和老師探討。不知播音系統有無「死角」？若有，則何處為死角？又將如何避免？希望藉此次研究，能找到改善其效果的方法，解決困擾。

二、研究目的

- (一) 探討喇叭播音特性。
- (二) 分析兩個（或兩個以上）喇叭互相干擾，形成模糊的原因。
- (三) 找出避免喇叭形成播音死角的辦法。

三、實驗器材

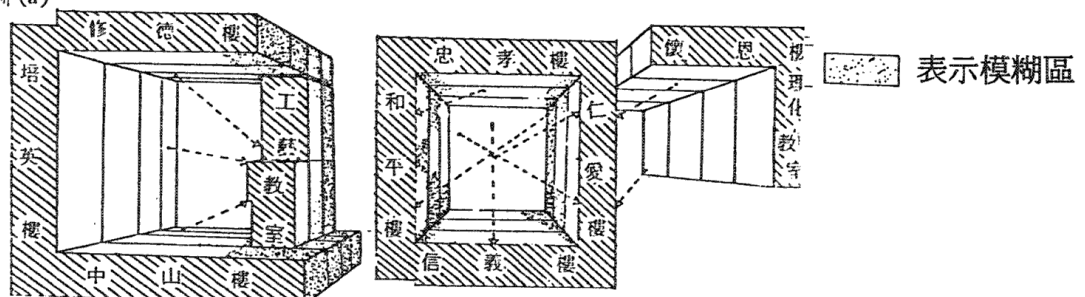
分貝計、電線、學校播音系統、塑膠繩、尺、透明片、溫度計、錄音機、錄音帶
一錄有：(A) 穩定連續喇叭聲。(B) 節拍器的節拍聲。〔1次/秒〕

四、過程、結果、分析與假設

階段(一)：調查校內播音死角

1. 過程：以錄音帶錄下節拍器的節拍聲，經由學校播音系統播放，在全校各位置聆聽比較，並記錄下模糊位置。

2. 如圖(a)

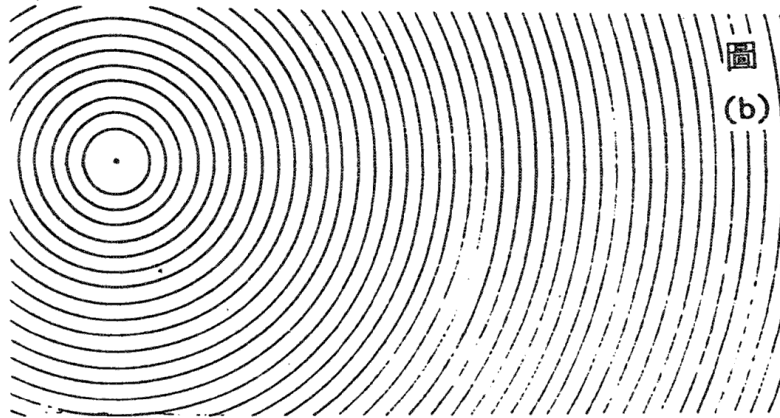


3. 假設：聲音模糊的原因是不同距離的喇叭所發出的聲音，到達時有時間差，前後字音重疊而混淆不清。

階段(二)：分析兩個喇叭所發出聲音的時間差對清晰程度的影響。

1. 過程：

(1) 在透明片上畫同心圓，間隔0.5公分，代表聲音0.005秒所走距離。製成音程分析板。如圖(b)



(2) 測出所要分析的兩個喇叭A, B的距離X，聲音由A~B所需時間T， $T = X / \text{聲速}V$ ($V = 331 + 0.6 \times \text{溫度}$)。

(3) 將兩個音程分析板重疊，使A、B聲源相距T。此時即可畫出等時差曲線。
(25°C時聲速為346m/S)。

(4) 或算出音程分析板在當時的比例尺，再將所要分析的地區地圖依同樣比例縮小，再將兩片音程分析板圓心位置放在喇叭位置，即可描繪出等時差曲線。

註：音程分析板的比例尺隨空氣狀態而改變，在乾燥無風空氣中，聲速 $V = 331 + 0.6 \times \text{溫度} (\text{°C})$ ，則分析板上1 cm代表0.01秒，相當於音程 $S = 0.01 \times V$ 。

例：乾燥無風的空氣中

20°C時 $V = 343 \text{ m/s}$ $s = 3.43\text{m}$ 比例尺為1:343

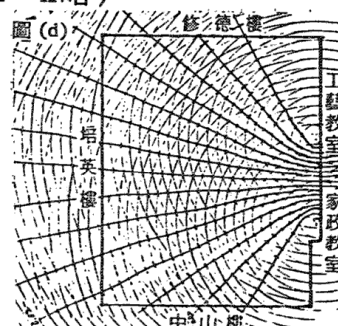
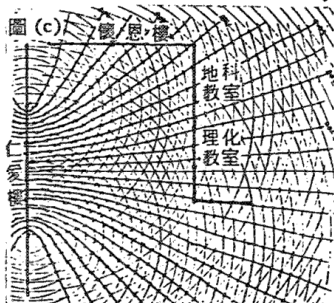
25°C時 $V = 343 \text{ m/s}$ $s = 3.46\text{m}$ 比例尺為1:346

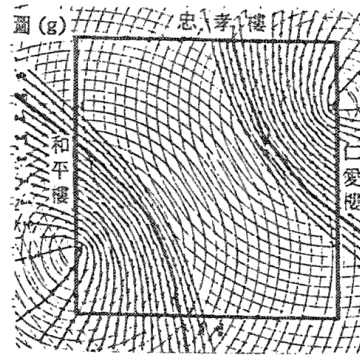
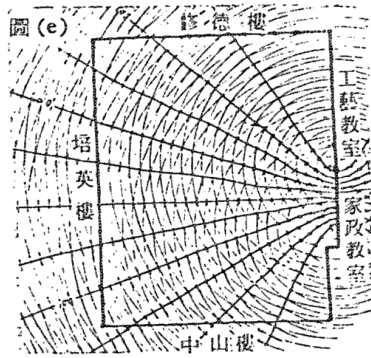
30°C時 $V = 343 \text{ m/s}$ $s = 3.49\text{m}$ 比例尺為1:349

(5) 只有兩個喇叭播放節拍聲。在各位置比較，找出何處開始有明顯尾音，並且一方面對照(4)中所描繪之等差曲線圖，找出此位置的時間差作為區分之標準。

2. 結果：

(1) 下圖(c)~圖(k)為25°C時差曲線圖。(f, h~k略)





(2) 易形成模糊的兩聲音，其時間差約在0.07秒以上。

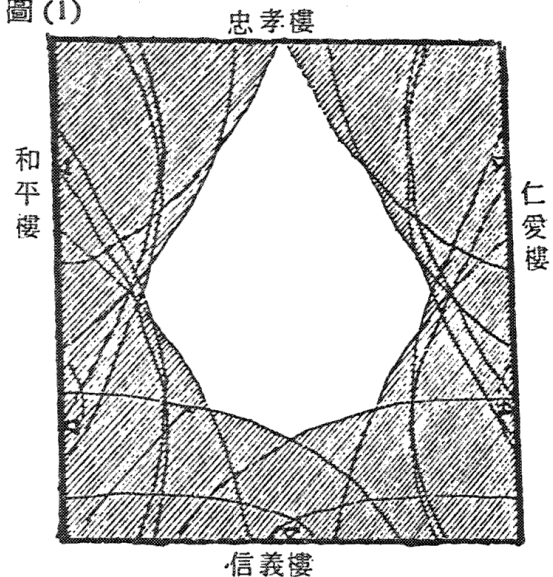
3. 分析：

(1) 懷恩樓附近各部分時差均小於0.07秒，此區域無聲音模糊現象，與調查結果相符合。但是，理化教室四樓音量較小，可能是喇叭方向偏離所致。

(2) 培英、修德、中山樓時差均不超過0.07秒。各位置應該都很清晰，但是修德、中山樓靠近和平樓的區域及工藝教室仍有模糊現象，而且音量較小，可能是喇叭方向偏離。

(3) 內集合場喇叭互相影響情況較複雜，如圖(1) 所示為時差0.07秒等時差線的綜合圖。除了中央時差小於0.07秒其餘區域時差均超過0.07秒，應該各層樓教室、走廊都很模糊，但是調查結果仍有效果清晰，可見時間差並非造成模糊的唯一因素。

圖(1)



4. 假設：時差大於0.07秒且兩個喇叭的音量相差不多，是造成模糊的原因。
階段(三)：研究單一喇叭音量分佈情形，並藉以探討對清晰程度的影響。

1. 過程：

(1) 將分貝計拆開，以導線延長微音器（接收器）與主機，以便懸空測量。

(2) 將喇叭中心方向延長至地面A點為基線OA。

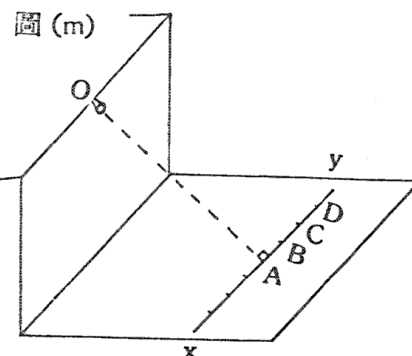
(3) 在地面上畫xy垂直OA在xy上量取B、C、D、E、F……點。如圖(m)。

$$\text{使 } \overline{AB} = \overline{OA} \times \tan 10^\circ$$

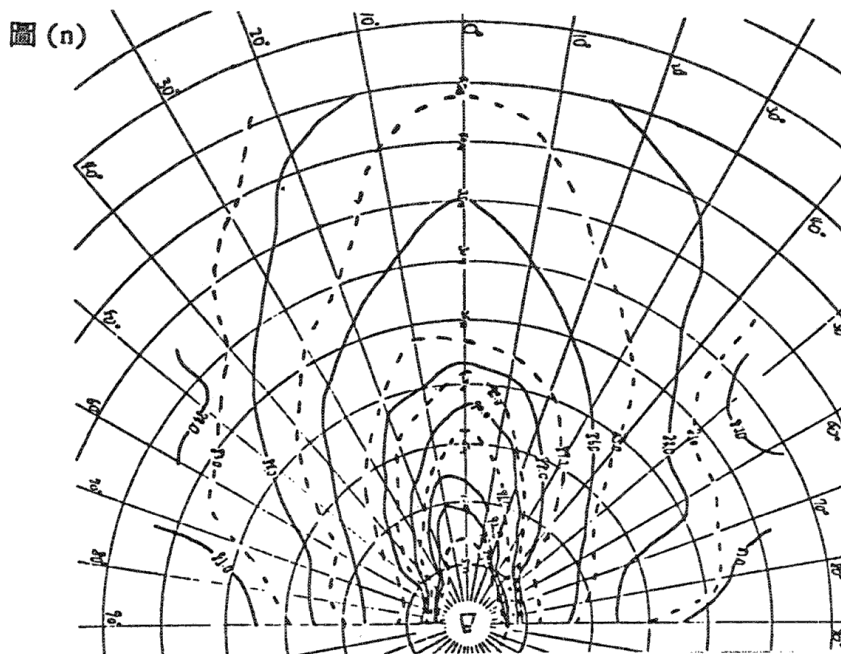
$$\text{使 } \overline{AC} = \overline{OA} \times \tan 20^\circ$$

$$\text{使 } \overline{AD} = \overline{OA} \times \tan 30^\circ$$

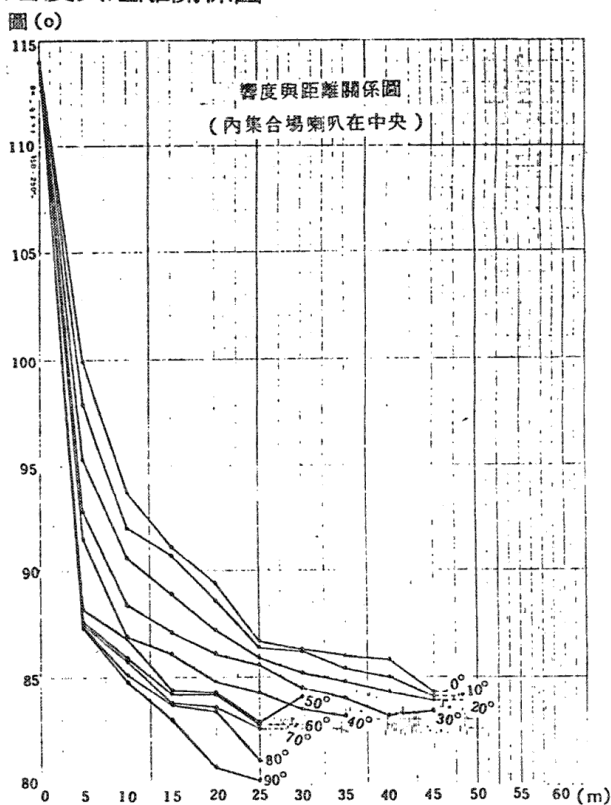
⋮
⋮



- (4) 拉一繩由喇叭至A點將微音器分別移到離喇叭5m、10m、15m……等不同距離處測量響度。
 - (5) 由喇叭放出穩定的喇叭聲約10秒中，記錄這10秒內的分貝值，求出平均值，即為 0° 時各距離的響度。
 - (6) 同(4)，(5)但分別測左、右 10° 、 20° 、 30° ……各角度不同距離的響度。
 - (7) 將以上所得數據畫成音量分佈圖，並分析其特性。
2. 結果：如表(一) (略) 為各種角度距離之分貝值，圖(n)為音量分佈圖。



3. 分析：圖(o)為響度與距離關係圖



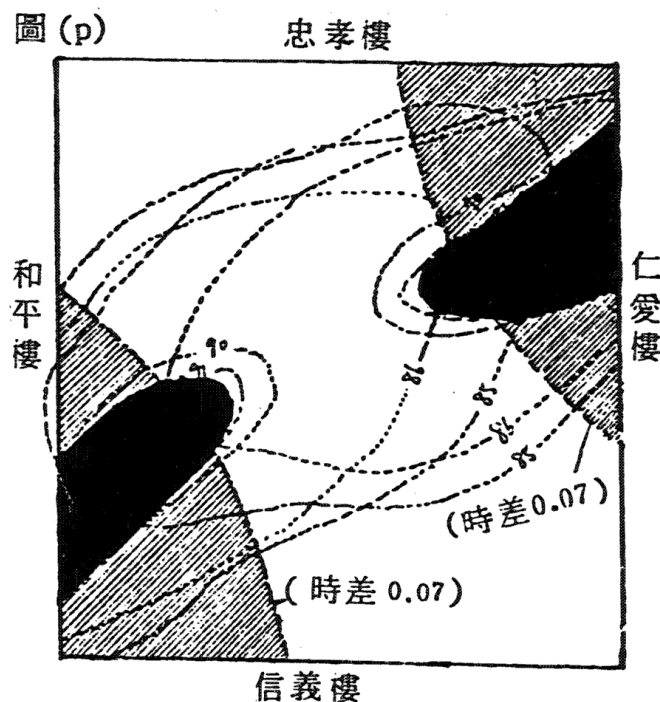
- ①在近距離內（約10m）音量衰減極快，愈遠衰減愈緩和。
- ②角度愈大衰減愈快。在圖(n)可看出喇叭有明顯的方向性。
- ③距離和喇叭方向都是影響音量的因素。

階段(四)：探討兩個喇叭同時的響度分佈情形，並配合時差分析形成模糊的區域。

1. 過程：

- ①將圖(n)的等響度線描繪在透明片上，製成音量分析板（比例尺1=346）
- ②將兩個音量分析板配合圖(c)~(k)即可分析兩個喇叭間，互相影響而形成之模糊區。

2. 結果：如圖(p)為圖(g)的分析結果。



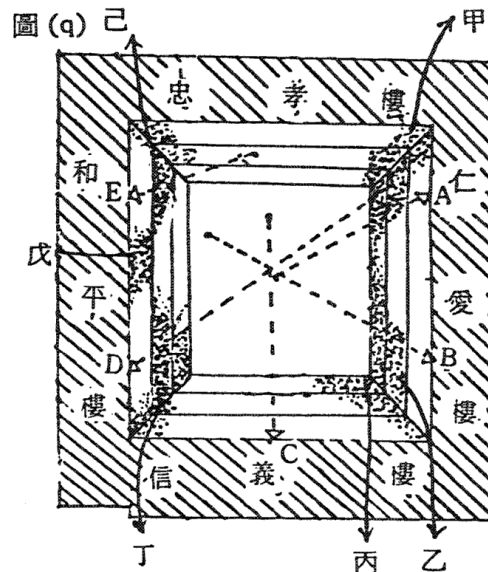
3. 分析：

- ①圖(p)中斜線部分為時差大於0.07秒，且響度差小於5分貝（音量相差不多）為模糊區。
- ②圖(p)中深色部分為響度差大於5分貝，近處喇叭發音量較遠處喇叭大，可遮蓋遠處喇叭之干擾，雖時差大於0.07秒，也不受遠處喇叭的影響，為清晰區。
- ③圖(c)中面對懷恩樓和實驗室的喇叭，雖然也有形成音量差小於5分貝的區域，但是因時差小反而有加強作用，不會形成模糊。
- ④圖(d)、(e)、(f)中面對修德、培英、中山樓的喇叭，也有同樣加強作用。但是，工藝教室的一樓仍為模糊區，其原因為喇叭偏離音量小，與培英樓反射的回音所致。

階段(五)：分析內集合場模糊的成音。

1. 內集合場喇叭分佈在周圍，互相干擾情形較為複雜。將幾處模糊區編號（甲、乙、丙……己）就方向較正對的喇叭，與距離較近的喇叭進行分析並考慮較

強回音之影響。如圖(q)



2. 甲區：靠近A喇叭，但方向偏離，而D、E喇叭距離較遠但方向較正，兩者音量相差不大而時差大，所以模糊。
3. 乙區：靠近B喇叭但是方向偏離，與A、B喇叭經和平樓反射的回音，音量相差不大，而時差大所以模糊。
4. 丙區：距C喇叭近但方向偏離，與C喇叭發出經忠孝樓反射之回音音量相當，而時差大所以模糊。
5. 丁區：距離C、D喇叭近但方向偏離，而A喇叭距離遠但方向正對，兩者音量相差不大而時差大，所以模糊。
6. 戊區：距離D、E喇叭近但方向偏離，而A、B喇叭距離遠但方向較正，兩者音量相差不大而時差大。所以模糊。
7. 己區：距E喇叭近但方向偏離，A、B、C距離遠但方向較正，音量相差不大而時差大，所以模糊。

五、討 論

- (一) 影響聲音傳播速度與音量分佈，尚有風速、風向、溼度、溫度等。本實驗都選擇在風速小、天氣晴朗，溫度約 $22^{\circ}\text{C}\sim 27^{\circ}\text{C}$ 的天候進行，以減少外在變因的影響。
- (二) 接近牆壁與地面處（約 3.5m 內）因回音較大，在實驗中盡量避開或加以修正，如此製成之音量分佈圖，較一般性。
- (三) 除了圖(n)之音量分佈圖外，我們也做了以下三組分析，以便於比照、修正與參考：
 1. 內操場，喇叭在中間平行地面 1m 高處之音量分析。見表(二)（略），圖(r)、(u)。（圖(r)略）

2. 內操場，喇叭在轉角平行地面1m高處之音量分析。見表(三) (略)，圖(s)、(v)。(圖(s)略)
3. 外操場，平行地面1m高處之音量分析。見表(四) (略)，圖(t)、(w)。(圖(w)略)

圖 (v)

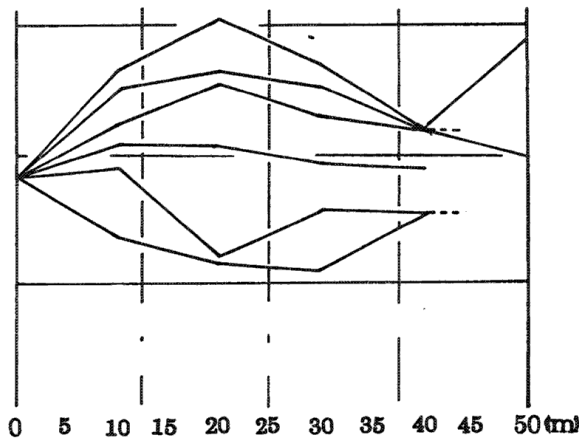
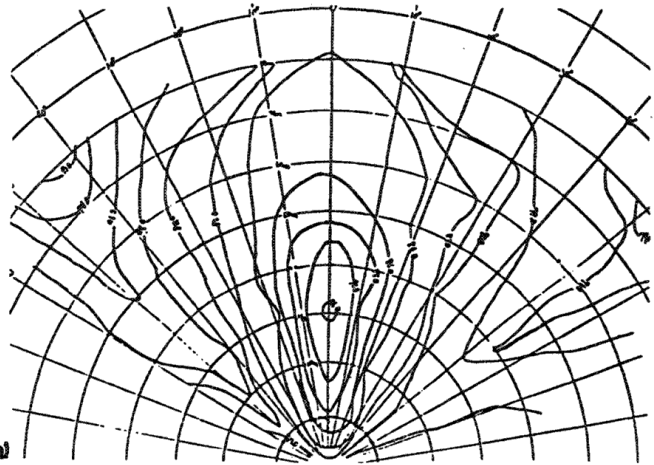


圖 (七)



- (四) 在測量時，喇叭響度愈大愈不易受外界聲音的影響，誤差較小。而響度小時，外在聲音影響極大，若要得到精確的測量值非常困難。
- (五) 兩聲音重疊時，其分貝值並非兩者響度直接相加之值。兩個分貝值相當之聲音重疊時，其合成音的分貝值大約只比原分貝值加3分貝，而三個音重疊時也只增加4~5分貝。
- (六) 喇叭架設之位置對所在大樓的播音效果影響甚大，例如：
 1. 本校內操場喇叭安置在三樓走廊內，則二樓、一樓的音量因受樓層阻隔而衰減甚快（三樓喇叭下距地面1.5m處，102.2分貝，二樓90.7分貝，一樓80.5分貝）。
 2. 頭前國中喇叭的安置亦有相同的情形，如照片所示。(略)
 3. 三峽明德國中則以鐵架支撐離開大樓一般距離，且方向向下。可使一、二樓也得到較大的音量，如照片所示。
- (七) 為減少因回音所產生之干擾應避喇叭正對牆壁，且可能產生回音干擾的牆壁可種植花木盆栽或在建造時就避免過於平面化。

六、結 論

- (一) 如圖(n)、(r)、(s)、(t)音量分佈圖所示，喇叭有明顯的方向性，且距離愈遠分貝

值衰減愈慢。

(三) 兩個（或以上）喇叭形成干擾的原因為(1)時間差太大（0.07秒以上）且(2)音量大小相差不多，使前後到達之聲音互相干擾。

(四) 避免兩個（或以上）喇叭形成模糊的方法有二：

1. 同一區域的任何兩個喇叭距離均不太於23m（約為乾燥無風，0°C或溼度大則聲更快，時差更小，更不會形成模糊。）且不使喇叭正對牆，以免回聲過大。
2. 若無法使距離小於23m，則在時差0.07秒以上的區域內，避免兩個喇叭產生的音量過於接近（可改變喇叭方向或功率來調整）。

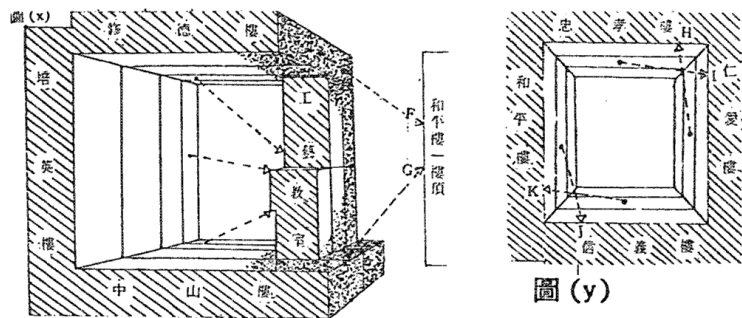
七、建議

(一) 如圖(x)所示，說明略。

(二) 如圖(y)所示，說明略。

八、參考資料(略)

評語



對於音波之量測應用在校區內擴音器干擾計算有教學及實用性之應用價值，但屬於實際量測並無特殊發明創造是其缺點，其思考程序及利用透明片計算及繪圖相疊量測有表達生動，推理清楚之優點。