

# 線性次序在中文剖析的應用分析

蔡妙真 李錫堅

國立交通大學資訊工程研究所

## 摘要

句子的附加成份(adjunct)在機器剖析時，常是歧義的主要起因。當一個句子同時有一個以上的中心語(head)與修飾語(modifier)時，如能訂出它們彼此之間的修飾關係，應可減去大部份的歧義。本文提出以線性次序(linear precedence)在剖析時輔助剖析器運作，用來確定輸入文句的合法性與減少剖析時的歧義。並希冀以此協助釐清複雜而混淆的結構，方便結構樹(parsing tree)快速建立，以減少剖析與下游工作的時間。最後本文介紹副詞的線性次序律，主要是因為它引起的歧義問題較多，且副詞與動詞的修飾關係所引起的歧義較典型。

## 一、前言

一個句子是由許多詞組所構成，一個詞組又是由許多字、詞或更小的詞組所組成的。我們以下列的表示式來表示一個詞組的構造：

$$A \rightarrow BCD \quad (1)$$

這個式子是說有一個節點(node)A，由B、C、D三個子節點所構成，我們稱B、C、D為A的子節點(daughter)；而A為B、C、D的母節點(mother)，即A直接支配B、C、D。B、C、D三者則互為姐妹節點(sisiter)，且B在

C之前，C在D之前。當 $\alpha$ 節點出現在 $\beta$ 節點的左邊，我們說： $\alpha$ 在 $\beta$ 之前( $\alpha$  precedes  $\beta$ .)[1]。這種「優先次序」(precedence)是存在姐妹節點間的關係，因此我們又稱之為「線性次序」(Linear Precedence, LP)。至於A與B、C、D的關係，稱為「直接支配(immediate dominance, ID)」。

當B、C、D之間並沒有次序關係時，我們也可以用另外一種方式來表示詞組結構：

$$A \rightarrow B, C, D \quad (2)$$

這個表示式含有六種B、C、D的排列情形。涵蓋能力大於(1)表示式。

假設B、C之間有次序上的限制，我們可以把它加到(2)中，得到(3)：

$$\begin{array}{l} A \rightarrow B, C, D \\ B < C \end{array} \quad (3)$$

表示「在前」(precede)。(3)式中，「 $B < C$ 」是一種線性次序的表示式(Linear Precedence statement)，意思是「B出現在C之前」。(2)變成(3)之後，A的子節點B、C、D就只有三種次序關係：

$$\begin{array}{l} A \rightarrow B C D \\ A \rightarrow B D C \\ A \rightarrow D B C \end{array} \quad (4)$$

比較(1)、(2)可知，如果我們分別以「直接支配」與「線性次序」兩種關係來表示語法，會使這個語法在表示上較為精簡，尤其當語言中的成分在位置上較英文自由時[2, 3]。

明確定出線性次序表示法的是概化詞組結構語法(Generalized Phrase Structure Grammar; GPSG)。GPSG這種將直接支配與線性次序兩種關

係分離的方法，對不同語言的處理有較大的便利。比如說源語與目標語的直接支配律通常有相當程度的對應[4]，但卻有不同的線性次序，如此一來，對源語與目標語的處理只需調整姐妹節點的次序，而不必費時地將原有的架構整個打散，再做組合的工作。

在HPSG的架構中，中心語的子節點——也就是中心語所直接支配的成分，標示於字典的詞彙中，而關於姐妹節點之間的線性次序關係則受控於斜格(oblique)的觀念，簡單的說，就是依與動詞距離的遠近定其次序。此外HPSG中使用成分次序排列原則(Constituent Ordering Principle, COP)，定義成分之間的次序為一函數，其值視子節點的值而定[5]。

完全以斜格的概念來定中文句子的線性次序並不恰當，因其受語義的影響往往大過語法。詳細內容將在第四節說明。

## 二、線性次序在機器翻譯應用上的功能

機器翻譯的兩大工作是：定義句子合法的規則，與找出適當的譯文。但是歧義也會在規則中產生，規則欲涵蓋更廣的範圍，歧義就越容易發生。因此必須加進另一項工作——減少歧義(disambiguity)。在機器翻譯的中文分析部分，線性次序扮演著減少歧義現象的重要角色。大部份的歧義是由附加成分(adjunct)的修飾關係所引起的語法歧義。因此如果我們能以線性次序肯定修飾語與中心語的關係，就能減去大部份不合理的歧義。

中文附加成分與中心語的修飾關係有兩大特點：

- (i) 修飾語不會越過一個中心語去修飾另一個中心語。
- (ii) 大部份的修飾語都出現在中心語的左邊。

利用這兩個特點，我們可以去除不合法的句子或歧義。]

比如說下列句子就有語法歧義的現象：

1.他早上答應參加座談會。

2.他答應早上參加座談會。

由於動詞「答應」與「參加」在字典中都已標明可被時間副詞修飾，所以這兩個句子都可分析出二個結構樹(parsing trees)——即「早上」可能修飾「答應」，也可能修飾「參加」，卻各只有一個合理的結構。我們可以利用上述的兩個特點來解決類似這樣的問題：由特點(1)得知例句1的「早上」不會越過「答應」去修飾「參加」；由特點(2)得知例句2的「早上」應是修飾「參加」，因為它出現在「參加」的左邊。詳細做法會在第四節說明。

### 三、HPSG架構簡介：

我們的機器翻譯系統是基於中心語驅動的詞組結構語法(Head-driven Phrase Structure Grammar, HPSG)，在處理語法的一些特性方面，HPSG利用了很多GPSG的觀念。這些語法特性提供了字典中詞彙 (lexical sign) 的語法訊息。

但HPSG最大的一個特點是它結合了語法與語義的訊息。也就是說在一個詞彙裡，除了有語法的訊息，如詞類、必要論元（標示在subcat中）、附加成分……等，還加入了語義訊息，如角色指定(role assignment)、語義屬性(semantic attribute)……等，且這兩種訊息緊密結合在一起。

由上述的特點可知，HPSG的中心在字典，字典中的一個詞彙就相當於一條有例子的剖析規則(Parsing Rule, PSR)加上語義說明。下面就是一個典型的HPSG字彙型式：

```
[phon A  
  syn [loc [head [maj B],
```

```

      subcat [X1:C, X2:D],
      adjunct [E, F, ...],
      lex    +]],
sem [cont [reln [X:A],
      agent X2:[d_hier G],
      patient X1:[d_hier H],
      X:[prop I]]]
trn [.....]]

```

(5)

一個詞彙是由許多特徵構造(feature structure)所組成的，一個特徵構造是一組屬性－特徵值配對(feature-value pair)，其中特徵值不一定是原子(atom)，它可能是另一個特徵構造[6]。在(5)中，「A…I」是不同的特徵值，而「syn、sem、subca、adjunct……」是各種屬性。其中「A」是字典的一個詞彙；「B」是一個詞類；「C、D、E、F」是詞組結構；「G、H」是定義域階層(domain-hierarchy)中的節點；「I」是某一個語義屬性。「syn」即是語法(syntax)；「sem」是語義(semantics)；「trn」是這個詞彙的譯文(translation)；「subcat」(subcategorization)這個屬性中的值即是這個詞彙的必要論元；「adjunct」則列出可以修飾本詞的修飾語[5]。下面是幾個字典的例子：我們以「花」字為例，說明字典的實際架構，與不同詞類或不同句型時，必須分建兩個字典字彙的情形。

```

[phon花
  syn [loc [head [maj n]
    subcat [ ]
    adjunct [det, classifier[朵枝束盆], NOMD]
    lex +]]
  sem [cont [reln [X:花]
    prop X:[植物]]]
  trn [.....]]

```

(6)

```

[phon花
  syn [loc [head [maj v]

```

```

subcat [X1:NP, X2:VP, X3:NP]
adjunct [AVP[~(degree, tool, measure)], AUX]
lex +]]
sem [cont [reln [X:花]
agent X3:[d-hier 人組織]
patient X1:[d-hier 可計價物, 時間]
theme X2:
prop X:[消耗]]
trn [……]] (7)

```

```

[phon花
syn [loc [head [maj v]
subcat [X1:NP, X2:NP, X3:NP]
adjunct [AVP[time, scope, stituation, cause], AUX]
lex +]]
sem [cont [reln [X:花]
agent X1:[d-hier 人組織]
patient X2:[d-hier 可計價物, 時間]
theme X3:
prop X:[消耗]]
trn [……]] (8)

```

下面以「以」字說明介系詞的字典架構，從字典的標示中，可以看出介系詞必須接上名詞詞組乃能形成介系詞詞組。

```

[phon以
syn [loc [head [maj p]
subcat [X1:NP]
adjunct [ ]
lex +]]
sem [cont [reln [X:以]
patient X1:[d-hier 時間, 實體]

```

```

prop    X:[工具]]
trn    [·····]]
(9)

```

最後以副詞「偶爾」為例，說明副詞不可能是句子的中心語，因為其subcat的值是空的，表示其沒有直接支配任何成分，而是為其他成分（如動詞、形容詞）所支配。

```

[phon偶爾
syn [loc [head    [maj adv]
      subcat [ ]
      adjunct [ ]
      lex +]]
sem [cont [reln    [X:偶爾]
      prop    X:頻率]
trn    [·····]]
(10)

```

HPSG將直接支配的關係標示在字典的「subcat」及「adjunct」兩個屬性中。在「subcat」中，特徵值是依斜格排列的，有其次序性，也就是「subcat」中已含有直接支配與線性次序(ID/LP)兩種關係；但在「adjunct」中的值只是一堆可能值，彼此之間並沒有次序關係，也未標明這些附加成分與中心語的次序。所以在HPSG的字典結構中，仍然缺少下列三種線性關係的標示：附加成分與中心語的線性次序；附加成分彼此之間的線性次序；附加成分與必要論元的線性次序。由於這些線性次序皆有其規律性，因此我們加入一些線性次序律以補字典資料的不足。

由於較常引起歧義的修飾語是副詞，因此第四節就專就這個問題加以討論。

#### 四、有關副詞的線性次序：

一個中文句子裡可以同時出現許多副詞，用以表示謂語發生的時、地、方式、範圍……等。影響這些副詞與謂語距離遠近的主要因素是語

義(semantics)，因此必須先簡介一下我們系統的副詞語義分類。

#### 4.1 副詞的分類：

首先我們將副詞依語法分成兩大類：單純副詞(adverb)與副詞狀語(adverbial phrase)。這樣劃分的最大理由是，單純副詞與副詞狀語的線性次序特性有所不同，分為兩類有助於線性次序表示法的描述。

所謂「單純副詞」指這個副詞是不可再分割的，是個字詞(word)而不是詞組(phrase)，也就是在它的詞彙結構中，必有兩組屬性－特徵值配對：[maj adv]，[lex +]。[lex +]指明這是一個詞彙結構(lexical sign)，不是詞組結構(phrasal sign)。中文的「副詞狀語」則包括當副詞用的介系詞詞組與名詞詞組[註4]。

我們的系統將單純副詞的語義屬性劃分為十大類[7, 8, 9, 10]：

1. 地方副詞(location)：處處、到處、遍……
2. 時間副詞(time)：起初、剛剛、永遠……
  - (1)過去時間(time-past)：以前、本來……
  - (2)現在時間(time-present)：現在……
  - (3)未來時間(time-future)：以後、永遠……
  - (4)不定時間(time-nondetermination)：暫時、一向……
3. 態度副詞(manner)：勉強、故意、快點……
4. 程度副詞(degree)：很、最、夠……
5. 範圍副詞(scope)：都、大約、只……
6. 頻率副詞(frequency)：常、再三、偶爾……
7. 語氣副詞(tone)：可、幸虧、竟然……
8. 評價副詞(evaluation)：一定、絕對、也許……
9. 否定副詞(negation)：不、沒、別……
10. 狀態副詞(stituation)：忽然、仍然、正在……

副詞狀語則不管其語法詞類，統一劃分為七大語義屬性[7, 8, 9, 10]

:

1. 地方格(location)：在台北、從操場、桌上、台北……
2. 時間格(time)：在一點、天寶年間、上課中……
  - (1) 過去時間(time-past)：昨天、去年……
  - (2) 現在時間(time-present)：現在、今天……
  - (3) 未來時間(time-future)：明天、三年後……
  - (4) 不定時間(time-nondetermination)：早上、二年……
3. 工具格(tool)：用筷子、以電話、……
4. 原因格(cause)：由於這個因素、為統一中國、因遲到……
5. 主題格(theme)：為職工、跟他（開玩笑）、衝著……
6. 方法格(method)：經由他的幫忙、藉著這次演講、依你的意思……
7. 計量格(measure)：三次、二遍、一回……

#### 4.2 副詞的線性次序

##### 4.2.1 各類副詞與謂語的相關次序

在第二節中，我們提到中文修飾語的兩大特色，其中「修飾語不會越過一個中心語去修飾另一個中心語」是有關線性次序的一個慣例，我們稱之為「線性次序規則(Linear Precedence Convention；LPC)」。

以第二節提到的例子1為例，「早上」可能修飾「答應」，也可能修飾「參加」，因為在這兩個動詞的「adjunct」中都有「AVP[time]」這個值，如此一來，就產生歧義現象。我們先看這個句子裡幾個主要的字典詞彙：

[phon 早上

syn [loc [head [maj adv]

subcat [ ]

lex +]]

sem [cont [reln [X:早上]

prop [X:time-nondetermination]]]]

(11)

[phon 答應

syn [loc [head [maj v]

subcat [X1:NP, X2:VP, X3:NP]

adjunct [AVP[~(degree, time-future, tool, 正在)], AUX]

lex +]]

sem [cont [reln [X: 答應]

agent X3: [d-hier 人, 組織]

patient X1: [d-hier 人, 組織]

theme X2:

prop [X: 允諾]

(12)

[phon 參加

syn [loc [head [maj v]

subcat [X1:NP, X2:NP]

adjunct [AVP[~(degree, tool)], AUX]

lex +]]

sem [cont [reln [X: 參加]

agent X2: [d-hier 人]

patient X1: [d-hier 抽象]

prop X: [動態]]]]

(13)

當剖析器利用聯併方法以組合字詞為詞組時，「早上」既可與「答應」聯併，也可與「參加」聯併成功，而在這個句子裡，合理的修飾關係是「早上」修飾「答應」。如果在剖析時加入LPC就能將不合理的修飾關係除去註1)。下面是更複雜的情形：

3. 他 經常 喜歡 看書 時 聽 我 唱歌。

[phon 經常

syn [loc [head [maj adv]

subcat [ ]  
 lex +]]  
 sem [cont [reln [X:經常]  
 prop X:頻率] (14)

[phon 喜歡  
 syn [loc [head [maj v]  
 subcat [X1:NP, X2:NP]  
 adjumct [AVP[time-past, tone, degree, negation, cause], AUX]  
 lex +]]  
 sem [cont [reln [X:喜歡]  
 agent X2:[d-hier生物]  
 patient X1:  
 prop X:[心理活動]]]] (15)

[phon 喜歡  
 syn [loc [head [maj v]  
 subcat [X1:VP, X2:NP]  
 adjumct [AVP[time-past, tone, degree, negation, cause], AUX]  
 lex +]]  
 sem [cont [reln [X:喜歡]  
 agent X2:[d-hier生物]  
 theme X1:  
 prop X:[心理活動]]]] (16)

[phon 看  
 syn [loc [head [maj v]  
 subcat [X1:NP, X2:NP]  
 adjumct [AVP[~(degree, evaluation, measure)], AUX]  
 lex +]]  
 sem [cont [reln [X:看]  
 agent X2:[d-hier動物]

patient X1:  
prop X:[感官]]]] 註2) (17)

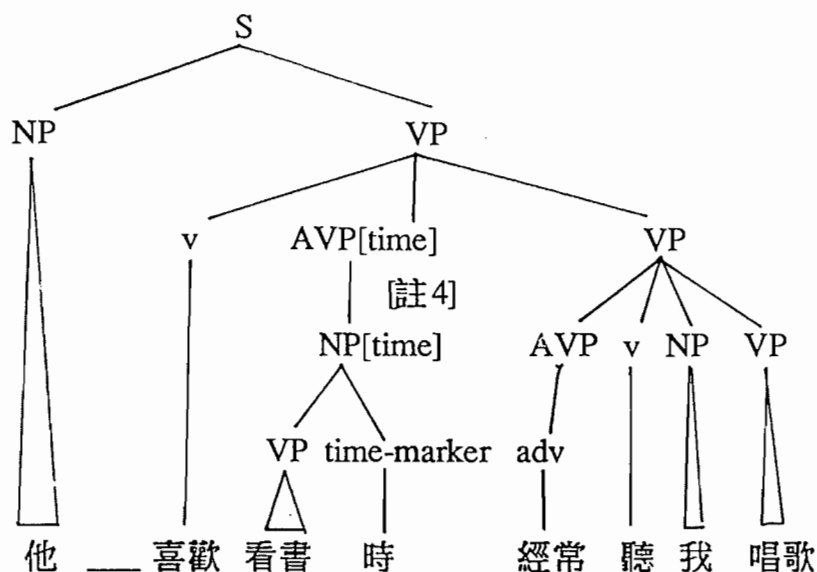
[phon聽

syn [loc [head [maj v]  
subcat [X1:NP, X2:VP, X3:NP]  
adjunct [AVP[~(degree, evaluation, measure)], AUX]  
lex +]]  
sem [cont [reln [X:聽]  
agent X3:[d-hier動物]  
patient X1:[d-hier動物]  
theme X2:  
prop X:[感官]]]] (18)

[phon唱歌

syn [loc [head [maj v]  
subcat [X1:NP]  
adjunct [AVP[~(degree, evaluation, measure)], AUX]  
lex +]]  
sem [cont [reln [X:唱歌]  
agent X2:[d-hier動物]  
theme X1:  
prop X:[動態]]]] (19)

由於「喜歡」的「adjunct」中並沒有頻率副詞，也就是說它不是「經常」的中心語，彼此沒有修飾關係，則經由聯併後，「經常」與「看」、「聽」或「唱歌」都有修飾關係，如此就產生了歧義。當剖析器剖析到「時」這個字時，由於「VP[~adj-dtr[AVP[frequency]]]+time-marker→NP [time]」這條詞組律(phrasal rule)的限制，「經常」與「看」的修飾關係取消註3)；再加上LPC，則「經常」不可能越過「聽」去修飾「唱歌」，如此一來，剩下的唯一修飾關係是「經常」修飾「聽」，下面是這個句子的結構樹：



但例子 2 就無法單用 LPC 解決同樣的歧義問題，必須用到第二節所說的第二個特色：大部份的修飾語都在中心語的左邊。這個特性必須以更嚴謹的規則來表示，下面就是幾條相關的線性次序律。

LP1:  $AVP[POSITION *] < \alpha < HEAD[maj V, subcat[\cdots, \alpha]]$   
 $AVP[POSITION \$] < \alpha < HEAD[maj V, subcat[\cdots, \alpha]]$   
 $\alpha < AVP[POSITION \$]$

LP1 的意思是：

- (1) 主詞（即上述的  $\alpha$ ）、副詞、動詞三者內定的線性次序是：主詞、副詞、動詞（以 LP2 規定）。
- (2) 但如果一個副詞，其字典中記載有  $[POSITION *]$ ，表示這個副詞一定要放在主詞之前。
- (3) 但如果一個副詞，其字典中記載有  $[POSITION \$]$ ，表示這個副詞可在主詞前後游移。

LP2:  $\alpha < AVP[lex +] < HEAD[maj V, subcat[\cdots, \alpha]]$

下面的例子都會用到這條線性次序律：

4. 他說剛剛張三來過。

5. 我想大概下過雨。

6. 李四拿筆到處畫。

上面這些例句中的副詞夾在兩個動詞之間，與前後兩個動詞在字典的記錄上皆有修飾關係，利用LP1我們可找出正確的修飾關係，即「剛剛」修飾「來過」；「大概」修飾「下過雨」；「到處」修飾「畫」。此外，「剛剛」的字典中有[POSITION \$]，因此如果句子是「他說張三剛剛來過」也是合法的句子。

副詞詞組與謂語之間的線性次序和上述單純副詞相差不多：

LP3: AVP[lex -, prop ~measure] < HEAD[maj V] < AVP[lex -, prop measure]

不同的是副詞詞組與主詞的次序較複雜，由於與本文的重點無關（因不影響歧義能否去除），此處不列出。第二節提到的例子2與下面的例句都必須使用這條線性次序律，以求得正確的修飾關係：

7. 王五拿粉筆在牆上畫畫。

8. 他強調在家吃飯很重要。

9. 老林來回走了三趟。

上面的例句中，「在牆上」、「在家」都是AVP[lex -, prop location]；「三趟」是AVP[lex -, prop measure]，利用LP2可以為這些副詞狀語找到其中心語，分別是「畫畫」、「吃飯」及「走」[註5]。

#### 4.2.2 各類副詞彼此之間的線性次序

各類副詞之間的線性次序頗為複雜，本文僅截取部份出來討論。

LP4: AVP[lex -, prop time] < AVP[lex +, prop manner]

LP5: AVP[lex -, prop time] < AVP[lex -, prop tool]

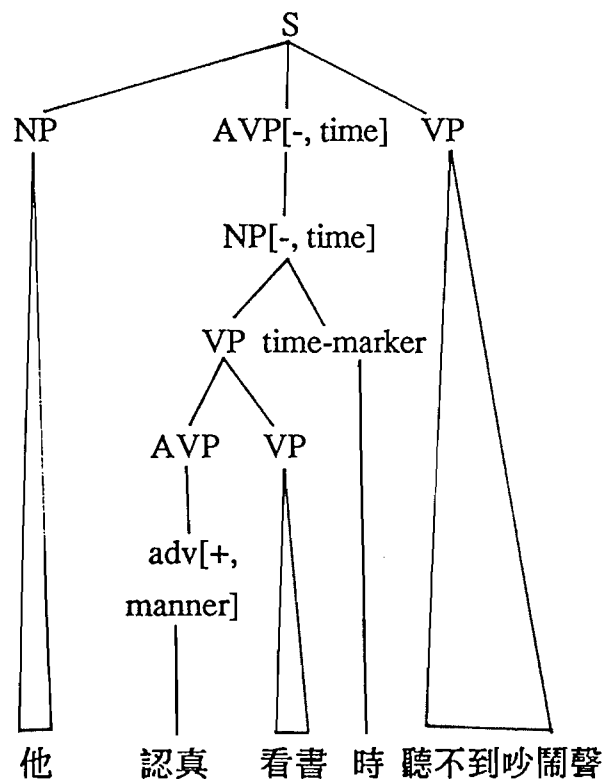
這類的線性次序律雖大部份用來檢查句子的合法性，更值的注意的仍是它減少歧義的功能註6)。

10. 他認真看書時聽不到吵鬧聲。

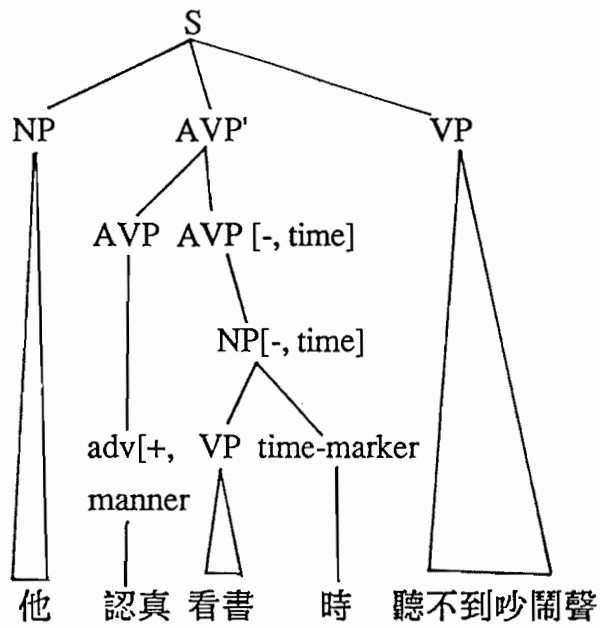
11. 他用筆寫完字後畫了一張圖。

例句10可以剖析出下面兩個結構樹：

10a.

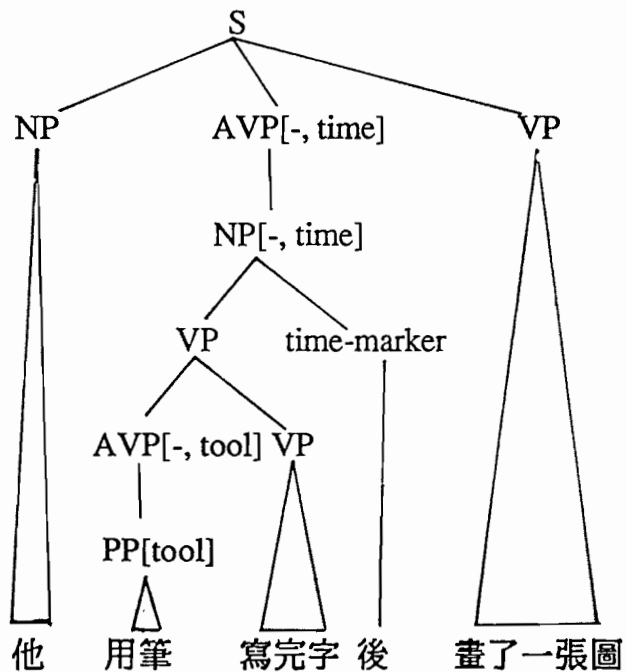


10b.

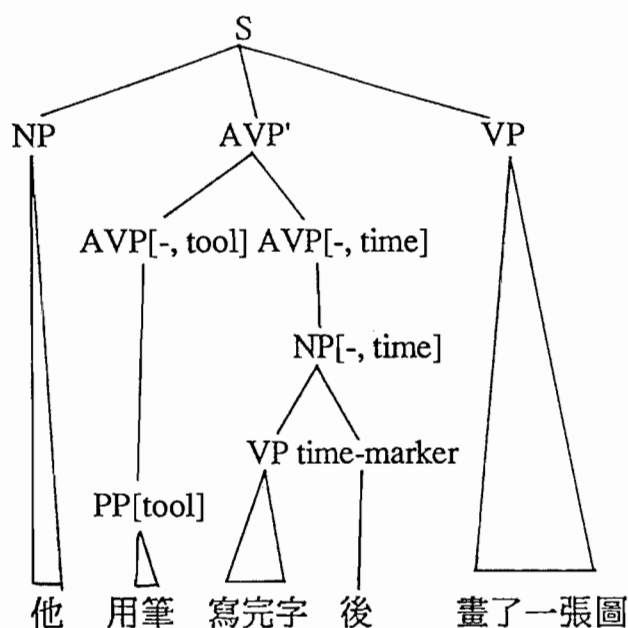


如果剖析時加入LP4，則只有10a這個合法的結構會留下。相同的情形也發生在例句11，但以LP5處理後，只有11a可以留下：

11a.

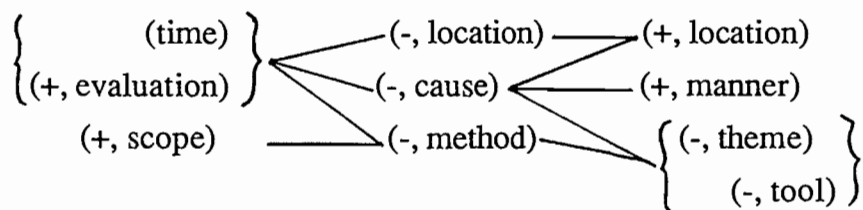
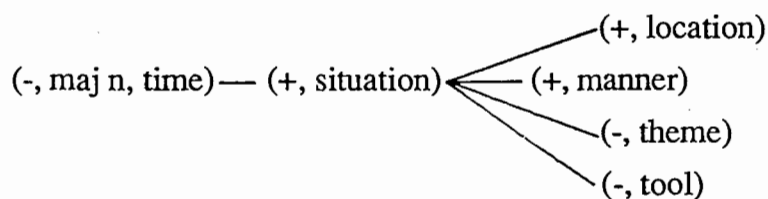
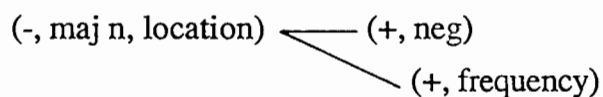


11b.



下面我們將中文副詞之間的線性次序做成一個網狀圖，以便於做整體的了解。必須說明的是，規則例外的情形若屬字詞本身的特殊所造成，我們認為字典應負責記錄，否則應重新考量此條規則。

為了視覺及表示的方便，我們以  $(-, \alpha)$  代表  $AVP[lex +, prop \alpha]$ ，以連線(—)代替  $<$  (precede)， $\{ \}$  則表示其中之一皆可。



## 五、結語

修飾語大量運用在一個句子中時，常造成結構的複雜化。尤其當修飾語與許多中心語都有修飾可能時，更是產生大量的歧義，這對機器翻譯來說是一個相當棘手的問題。所幸我們發現線性次序可用來減少大部份不合法的歧義，而且一般剖析的過程就宛如一一找出整個句子的直接支配關係，如能加上線性次序，則剖析的過程，已顧全到節點與節點之間垂直與平行兩種關係，這樣的剖析器與剖析過程應是較完整的。

## 附註

### 1. 關於LPC應用上其他的情形如：

a. 我明天打算上台北。

在這個例子中，副詞「明天」的中心語應是「上」，也就是它越過了「打算」這個動詞去修飾後一個動詞——上，如此則與LPC相違。其實如果我們多看一些例子，就明白這種情形並不算是LPC的例外。

b. 我昨天打算上台北。

c. 我昨天打算明天上台北。

例子b的「昨天」有修飾對象的歧義，而且都是合理的。例子c則明顯地「昨天」修飾「打算」；「明天」修飾「上」。因此問題出在「打算」這個字是屬於「慾望」這一類語義屬性的動詞，不能被「未來時間副詞(AVP[time-future])」修飾，因此在它們的字典結構中，「adjunct」的值不會有「AVP[time-future]」；也就是「未來時間副詞」與此類動詞沒有修飾關係，不會應用專解決修飾歧義的LPC。

### 2. 「看」字因句型的不同，尚有許多字典詞彙(lexical sign)，因與本文無

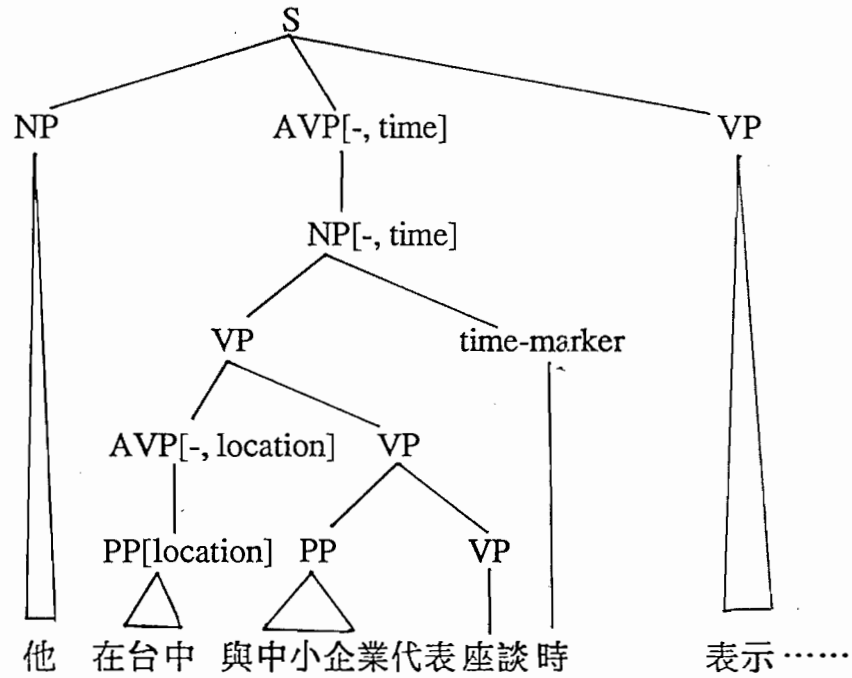
關，故不一一列舉；其他字亦同。

3. 有些詞組的合成無法利用聯併法，於是我們加進了幾條詞組律，其處理範圍如：名詞化（我是「教書的」）、形容詞化（「住在臺北的姑媽」）、副詞化（你別這樣「走來走去地」煩人、他「看書時」喜歡聽音樂）……。每條詞組律都會加上一些適當的限制，如「VP[~adj-dtr[frequency] + time-marker → NP[time]」這條詞組律的限制是：輸入的 VP 的附加成分(adjunct-daughter)中，不可有頻律副詞。
4. 中文有一個處理起來較麻煩的地方，就是詞類轉換的情形很多。所謂「詞類轉換」指單就詞本身來看它有自己的詞類，可是放到句子中時，它又轉成了另一個詞類，這種情形除了英文也有的「PP當作AVP使用」的情形外，在中文尚有：VP當作NP使用、NP當作AVP使用、AP當作NP使用等等。比如下面的例子都有詞類轉換的情形：
  - a. 他看書時喜歡聽音樂。(NP[time]→AVP[time])
  - b. 漂亮不代表一切。(AP→NP)
  - c. 教書需要花很多心神。(VP→NP)
  - d. 張三在小吃店吃了一根油條。(PP→AVP)在找到更好的方法以前，我們目前是以詞組律解決這個問題，因此「看書時」能由 NP[time] 轉成 AVP[time]。由於詞類轉換茲事體大，規則的限制很複雜，此處不再離題討論。
5. 例句 8 尚有一個副詞未討論——「很」(AVP[degree])。如果單就語法來考量，「很」是副詞，可以修飾動詞「吃飯」，也可以修飾形容詞「重要」。但加入語義後，由於「吃」在字典中已載明不可為程度副詞所修飾，故兩者無修飾關係。此外，副詞與形容詞的修飾關係亦有其線性次序律，因此「很」在這個句子裡會修飾「重要」而不是「吃飯」。由於本文著重在副詞與動詞的線性次序律，故不再詳論副詞與形容詞的線性次序律。
6. 尚有許多線性次序律所不能解決的歧義現象，比如下列句子也有歧義，但無法以線性次序律解決：

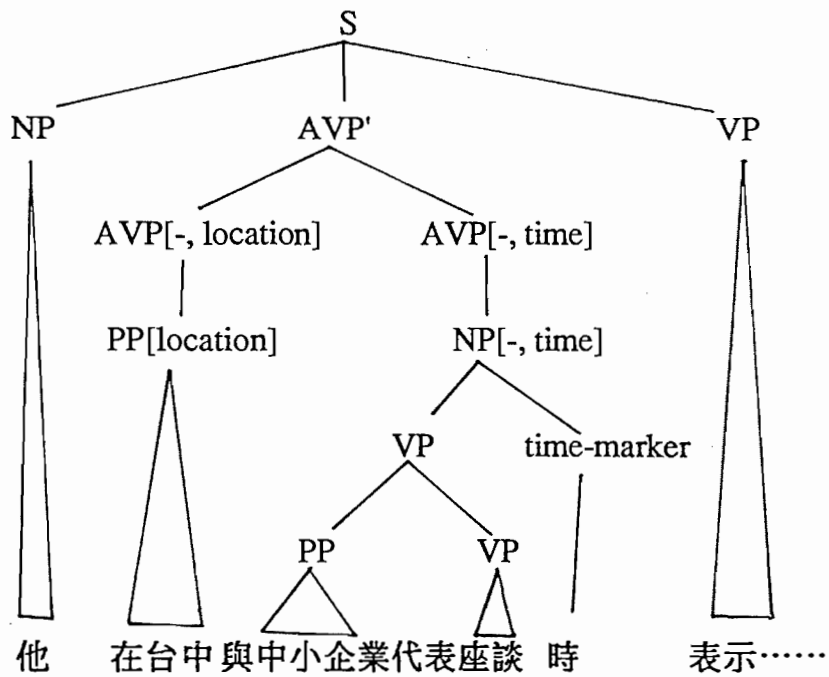
a. 他在台中與中小企業代表座談時表示……

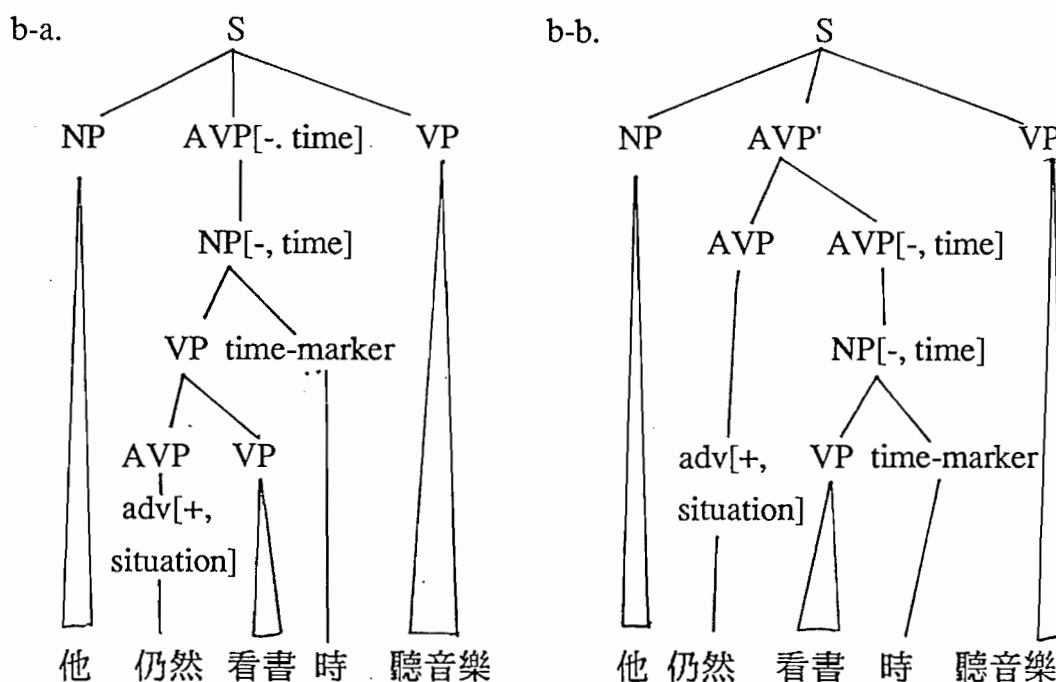
b. 他仍然看書時聽音樂。

a-a.



a-b.





不過這些無法解決的歧義，絕大部份都是合法的歧義，本就應該全部留存。

## 誌謝

本研究承臺灣國際標準電子公司補助部份經費，特此誌謝。

## 參考資料

1. Crystal D. *A Dictionary of Linguistics And Phonetics*, Basil Blackwell Inc., 1985.
2. Gazdar, G., Klein, E., Pullum, G.K., and Sag, I.A., *Generalized Phrase Structure Grammar*. Oxford: Basil Blackwell, 1985.
3. Sells, P., *Lectures on Contemporary Syntactic Theories*. Stanford: Center for the Study of Language and Information, 1985.
4. 王明松, *An English Generator for Machine Translation Based on Head-Driven Phrase Structure Grammar*. A Thesis Submitted to Institute of Computer and Information Science College of Science National Chiao Tung

- University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of  
Master in Computer and Information Science, July 1989.
5. Pollard, C. and I.A. Sag., *Information-Based Syntax And Semantics.*,  
*Vol. I: Fundamentals*. Stanford: Center for the Study of Language and  
Information, 1987.
  6. 黃居仁, "聯併(Unification):語法理論與剖析," 第一屆計算語言學研討  
會論文集. 頁29-54, 中華民國七十七年.
  7. Chao Y.R., *A Grammar of Spoken Chinese*, Berkeley and L.A.: University  
of California Press, 767-789, 1970.
  8. Li, C.N. and S.A. Thompson. *Mandarin Chinese: A Functional Reference  
Grammar*. Berkeley and L.A., University of California Press, 1981.
  9. Henne H., Rongen O.B., and Hansen L.J., *A Handbook on Chinese  
Language Structure*. 師大書苑, 198-203, 1982.
  10. 蔡妙真, "國語副詞的語義分類", CEMAT技術報告, 1988,10.新竹:  
國立交通大學資訊工程研究所.