

— Cladistic Component Analysis —

Definitions (p. 14)

- 1 Phyletic Trees depict aspects of evolutionary genealogies.
- 2 Cladograms depict structural elements of knowledge.

Trees and Cladograms (p. 143 ~ 151)

"Meaning of Branching Points"

Cladogram: Branch Point = Synapomorphic Resemblance

(Maximum Speciations)

Tree: Branch Point = Synapomorphic Resemblance + Speciation Event

a) First-order Tree: all "possible ancestors" designated

(Minimum Speciations)

b) Second-order Tree: all rejectable ancestors rejected

(Final Estimate of Speciations)

c) Third-order Tree ("Ideal Tree"): temporal continuum

Ideal tree: the ultimate estimation of the historical reality (p. 149)

Cladogram: Hypothesis of General Synapomorphy (p. 163)

"Component": Unit of information corresponding to

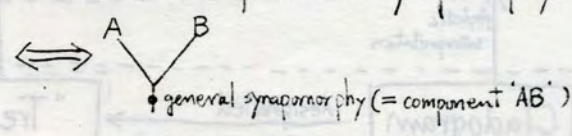
a statement of general synapomorphy (p. 169)

(a part of Cladogram)

∴ Component Analysis ≡ Synapomorphy Analysis

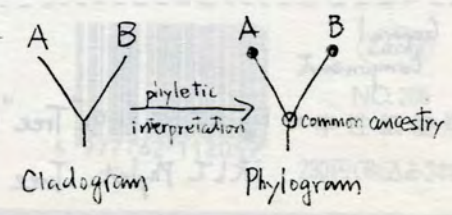
"Information": Cladistic Relationship due to Synapomorphy

ex) component AB



(1) 2-taxon Component Analysis (p. 169 ff)

2-taxon cladogram は 1つしか存在しない。だから component は A, B の synapomorphy に対応する 'AB' しか存在しない。general

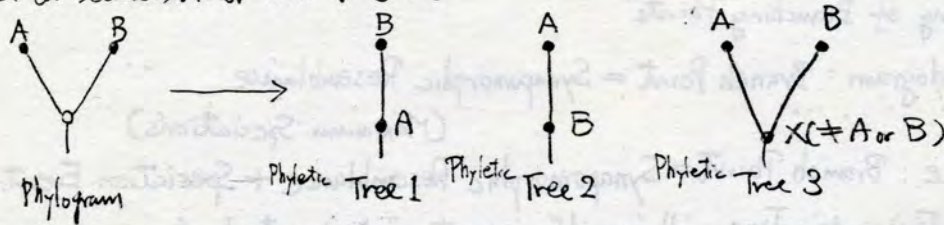


Cladogram を "phyletical" に解釈したものが Phylogram である。このとき、<sup>(2)</sup> component の意味は

Cladogram ... AB : related due to synapomorphy (by some unspecified relation)

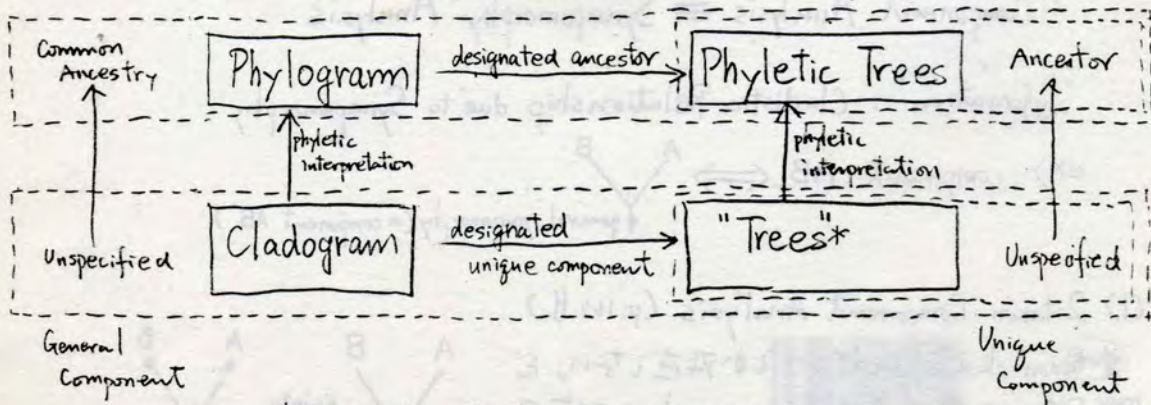
Phylogram ... AB : related due to synapomorphy by common ancestry  
 cladistic part                      phyletic part

この Phylogram の "common ancestry" の部分を更に調べると次の三つの可能性がある。さて「何が」(A or B, or X (≠ A or B)?) (共通祖先であるかが指定された First (or Second) order Tree ができる



生じた Phyletic Trees の「祖先」(A or B or X) はそれぞれ Tree に固有のものであるから、それらを "Unique Components" と呼ぶ。これに対し component AB はすべての Phyletic Trees に存在するから、これを "General Component" と呼ぶ。前者と後者の "component" という語は意味が異なる。前者は「祖先」を示し、後者は General Synapomorphy の存在を示しているのである。  
 common ancestry による。

それでは、上の Phylogram 又は Phyletic Trees から "phyletic part" を削除するとどうなるか? Phylogram → Cladogram は明白であるが、Phyletic Tree は何になるのか? 少なくとも unique component はもはや祖先では解釈できず、ある確定できない関係 (some unspecified relation) になり、そこに位置していると考えなければならぬ。これは次の図式により説明される。

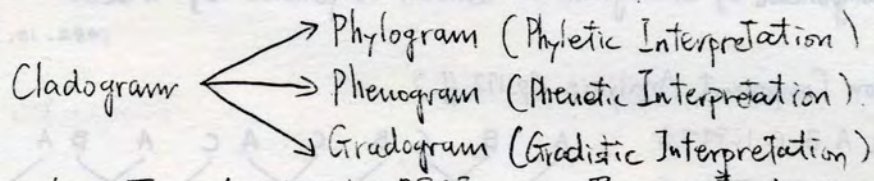


\* Fig. 3.2-3.11 の "Tree" はすべてこの意味で使われており、決して Phyletic Tree ではない。

確かに、上の図を見る限り。

For that reason, the trees in themselves are not phyletic trees; they are simple trees. And the cladogram in itself is not a phylogram; it is simply a cladogram. (p.171)

Phylogram 及び Phyletic Trees は、それぞれ Cladogram 及び Trees の "Phyletic Interpretation" にすぎないのである。つまり Cladogram はその解釈の方法に  
F)



となるのである。Trees もそれぞれの解釈により、異なった意味をもつ。

次に重要なことは、Cladogram は Trees の集合であるということである。  
つまり、

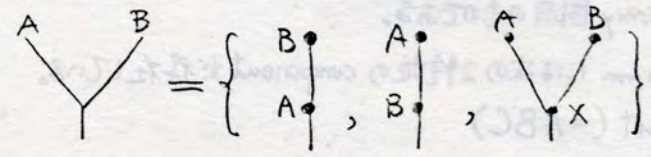
Cladogram : General Component(s) のみにより定義される。

Trees : General Component(s) (Δ Cladogram) と更に Unique Component(s) を指定することにより定義される。

従って Unique Component  $i$  ( $i=1, 2, \dots$ ) をもった Tree を  $Tree(i)$  と書く。

$$Cladogram = \{ Tree(i) \mid i=1, 2, \dots \}$$

と書けるのである。2-taxon cladogram の場合には具体的に次のようになる。



一言でいえば

A cladogram, therefore, is not a tree; it is a set of trees. (p.171)

次に、2-taxon problem の場合 AB という group しかできないが、これは general component(s) に対応している。つまり

There is a one-to-one correspondence between the grouping and the cladogram (the general component of the trees). (p.172)

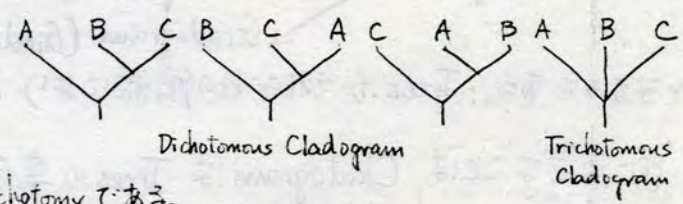
この section の最後に用語の注意を付け加えておく。最初に定義した  
 ように、component とは general synapomorphy の存在を示している。  
 つまり、cladogram の component は一種類しかないのである。ところが  
 tree の場合には、それは別に、"unique component" というものが存  
 在しているから、これを区別する為には (tree のレベルでは) cladogram の  
 component と "general component" と言うのである。

"Component" of Cladogram  $\equiv$  "General Component" of Tree(s)

1982. 10. 13.

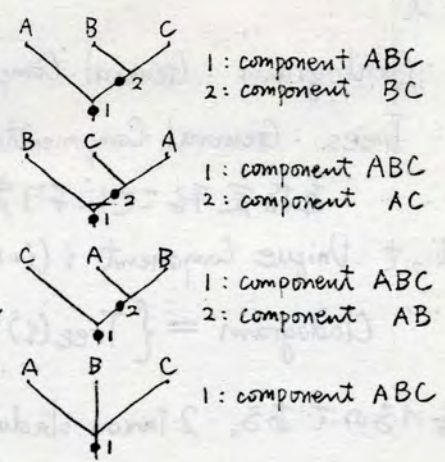
(2) 3-taxon Component Analysis (p. 172 ff.)

3 taxa A, B, C に対する  
 Cladogram は左図の 4 種  
 がある。そのうち 3 種は di-



chotomy であり、残りの 1 つが trichotomy である。

この 4 つの cladogram のそれぞれを定義する  
 "component" (= statement of general synapomorphy)  
 は左図の通りである。図から明らかなのは、  
 dichotomy が 2 つの component をもっているのに対  
 し、trichotomy はただ一つの component しか  
 持っていないということである。そして、trichotomy  
 の component (ABC) は '必ず' dichotomy に  
 含まれているが、他方 BC, AC, AB という compo-  
 nent は それぞれの dichotomy 固有のものである。



従って、3-taxon cladogram には次の 2 種類の component が存在している。

1) Tertiary Component (= ABC)

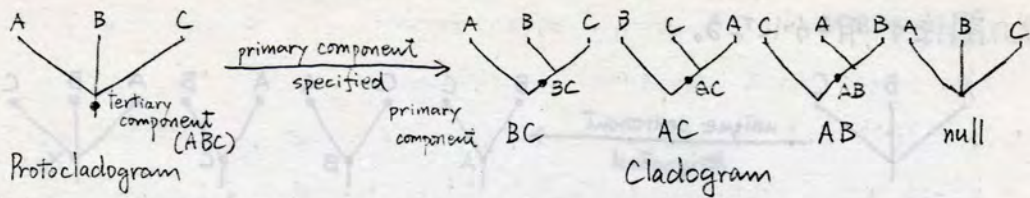
全ての cladogram に共通する component。trichotomy はこれだけを含む。

2) Primary Component (= BC, AC, AB)

dichotomy それぞれに固有の component。trichotomy はこれを持たない。

用語の問題 (何故 "secondary" を使わないのか?) はあるが、とにかく言いたいことは、dichotomy  
 は、それに固有の component を持つということである。従って、上の 4 つの cladogram は tertiary  
 component (ABC) で定義される あり集合の member であり、それぞれの member は  
 primary component (null, BC, AC, AB) によって定義されることになる。この cladogram

の集合を "protocladogram" と呼ぶ。次の関係がある。



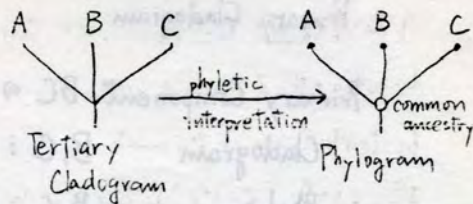
(Protocladogram と Trichotomous Cladogram は形は同じである。しかし前者は集合であり後者はその member であるから、これを混同してはならない。この差を理解すれば、実際上、trichotomy を dichotomous cladogram の集合として扱うことができる。dichotomy は完全に解決された (resolved) cladogram であるが、trichotomy は未解決 (unresolved) cladogram である (p.172)。

Dichotomous Cladogram は primary component を持っているから、これを "Primary Cladogram" と呼ぶ。他方 Trichotomous Cladogram は tertiary component を持っていないから、これを "Tertiary Cladogram" と呼ぶことにする。(p.172)

以上を示した cladogram の phyletic interpretation はどうなるか？

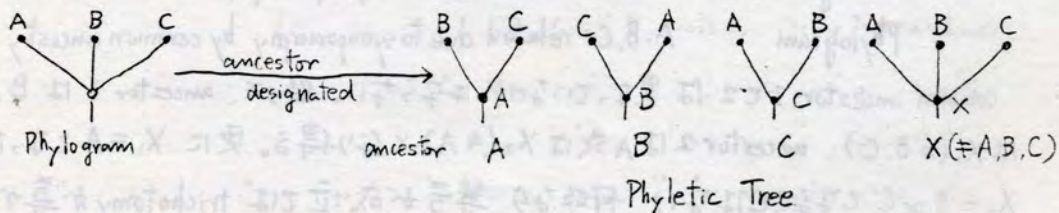
1) Tertiary Cladogram の場合

系統的解釈による phylogram は左図のようになり、tertiary component の意味は次の通り。



Cladogram ... ABC: related due to synapomorphy  
 Phylogram ... ABC: related due to synapomorphy by common ancestry

この phylogram の common ancestry を「指定」することにより、次の4つの phyletic trees が生じる。

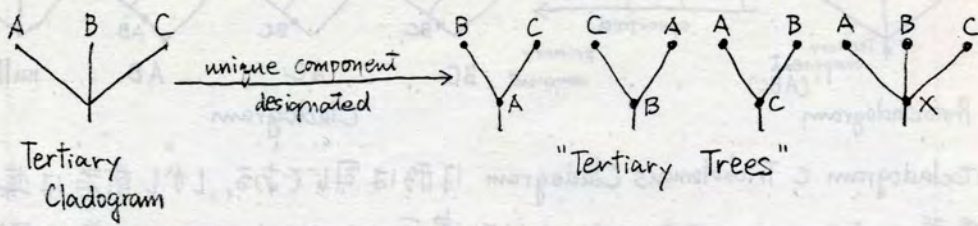


前述の 2-taxo problem と同じく、それぞれの phyletic tree に固有の「祖先」(A, B, C, X) を unique component と呼ぶ、それらに共通の component (ABC) を general component と呼ぶ。特にこの場合、ABC は tertiary component であるから、phyletic tree の component は次の2種がある。

General Tertiary Component : A, B, C の共通祖先

Unique Tertiary Component : 個々の phyletic tree に固有の「祖先」(A, B, C, X)

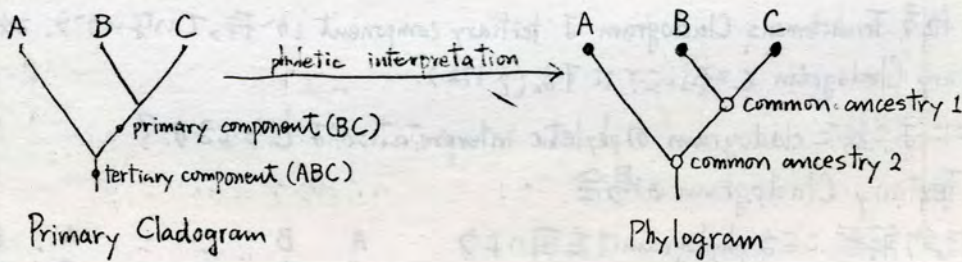
では、上の解釈から "phyletic part" を削除すると、どうなるか？ 前述の図式から次の関係が明らかになる。



- General Tertiary Component : ABC (共通)
- Unique Tertiary Component : A, B, C, X (個々の Tertiary Tree に固有)

2) Primary Cladogram の場合

3つの primary cladogram のどれをとっても同じであるから、その一つをとって phylogram を考えると次のようになる。



Primary Component BC の解釈

Cladogram ----- B, C : related due to synapomorphy

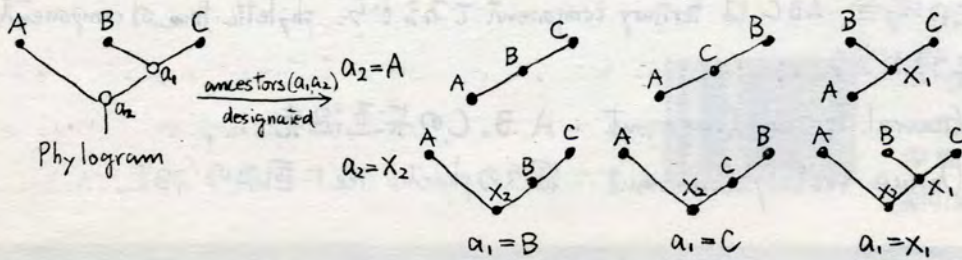
Phylogram ----- B, C : related due to synapomorphy by common ancestry 1

Tertiary Component ABC の解釈

Cladogram ----- A, B, C : related due to synapomorphy

Phylogram ----- A, B, C : related due to synapomorphy by common ancestry 2

common ancestor 1 と 2 は異なっていなければならない。従って、ancestor 1 は B, C 或いは  $X_1$  ( $\neq B, C$ )、ancestor 2 は A 或いは  $X_2$  ( $\neq A$ ) となり得る。更に  $X_1 = A$  となったり  $X_2 = B$  or  $C$  となることはない。何故なら、等号が成り立てば trichotomy が導かれるからである (即ち primary component が無効となる)。この議論に基づいて、phylogram の ancestor を指定することにより、次の6個の phyletic tree が生じてくる。

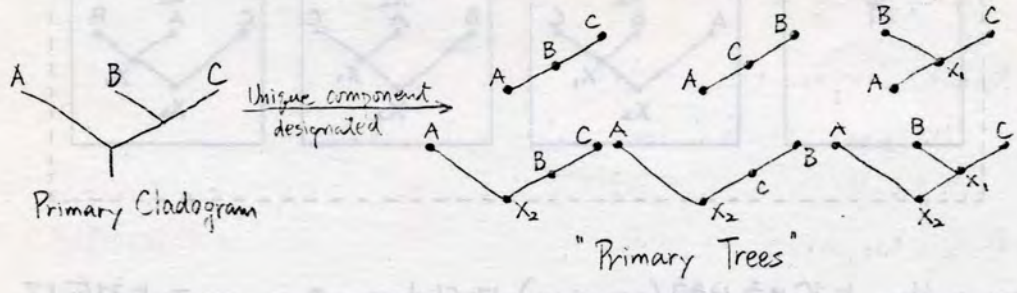


上の指定された  $a_1, a_2$  という ancestor は、それぞれの phyletic tree に固有であるから、unique component と呼べる。これに対して  $a_1$  の phylogram の common ancestry (ABC, BC) は全ての phyletic trees に共通しているから general component と呼べる。更に  $a_1$  は common ancestry BC (= primary component BC) に関する指定であるから、"Unique Primary Component" である。他方  $a_2$  は common ancestry ABC (= tertiary component ABC) に関する指定であるから、"Unique Tertiary Component" である。以上より、phyletic tree の component は次のようになる。

General  $\equiv$  Unspecified  
Unique  $\equiv$  Specified

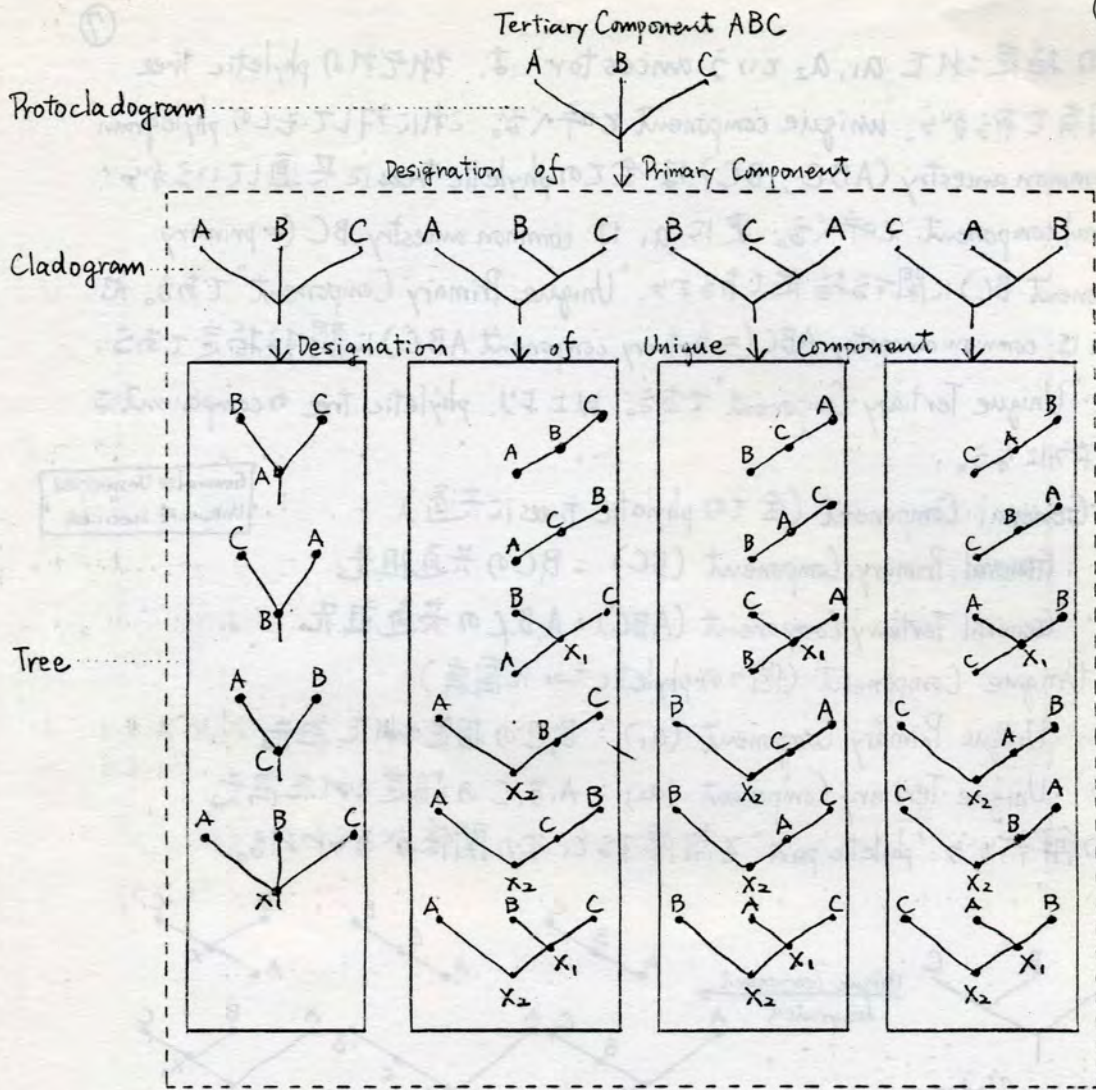
- General Component (全ての phyletic trees に共通)
- General Primary Component (BC) : B, C の共通祖先
- General Tertiary Component (ABC) : A, B, C の共通祖先
- Unique Component (個々の phyletic tree に固有)
- Unique Primary Component ( $a_1$ ) : B, C の指定された祖先
- Unique Tertiary Component ( $a_2$ ) : A, B, C の指定された祖先

上の解析から "phyletic part" を削除すると、次の関係があらわれる。



- General Component (全ての Primary Trees に共通)
- General Primary Component (BC) : B, C の Synapomorphy
- General Tertiary Component (ABC) : A, B, C の Synapomorphy
- Unique Component (個々の Primary Tree に固有)
- Unique Primary Component : B, C に関するある指定
- Unique Tertiary Component : A, B, C に関するある指定

Dichotomy および Trichotomy の両方について、Phylogram は Phyletic Trees の集合であり、Cladogram は Trees の集合である。これは 2-taxon problem と同じである。そして、上の結果をまとめたのが p. 173 の Fig. 3.3. である。Protocladogram, Cladograms, Trees の相互関係は次に示されている。



3-taxon problem に於ける分類 (grouping) は Cladogram の components に対応して  
 いる。これは 2-taxon の場合と同じである。 1982. 10. 16.

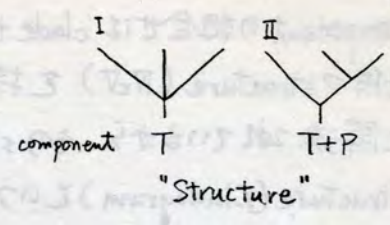
(3) 4-taxon Component Analysis (p. 174 ff.)

2-taxon 或は 3-taxon problem で見た通り、Cladogram は Trees の集合であり、  
 Cladogram の [General] Component に関して何らかの「指定」をしたものが Tree であり、  
 その指定が個々の Tree に固有の Unique Component となる。Phylogram 及び  
 Phyletic Tree はそれぞれ Cladogram 及び Tree の phyletic interpretation に過ぎな  
 い。そこで以下では Cladogram と Tree のみに焦点をおく。

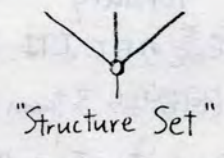
4-taxon problem では何種類の Cladogram があろうか？ 一般に多くの taxa を  
 含む Cladogram の数を数えるには、まずはじめに位相的に異なる「タイプ」を枚举  
 しておいて、次にそれぞれのタイプについて taxa の組合せによりいくつかの cladogram が生  
 じられるを見ればよい。



まず 3-taxon について調べると位相的に異なる型は  
右の I, II の 2つであり、前者に対応する cladogram  
は 1つ、後者に対応するのは 2つである。更に I (

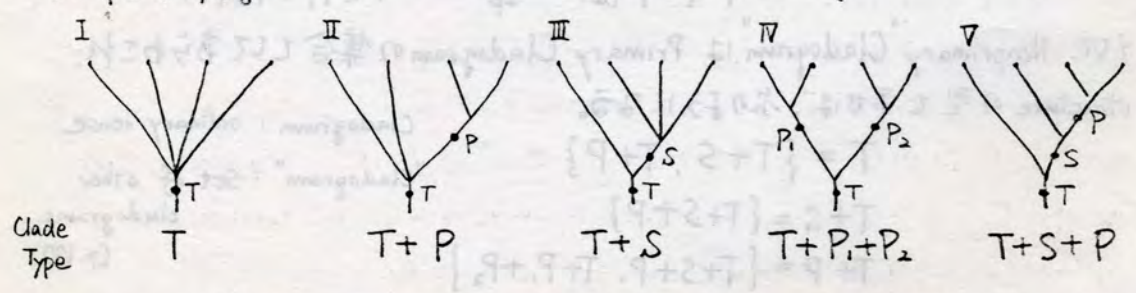
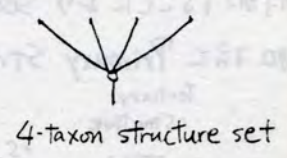


trichotomy) では tertiary component (T) が存在し、  
対し、II (dichotomy) では加えて primary component (P) が存在している。つまり、どのような  
component があるかにより cladogram の「形」が決まるのである。以後、位相的に異なる  
cladogram の型を "Structure" と呼ぶ。structure は cladogram の集合であり、  
structure の "tip" を指定することにより member cladogram が導かれる。また I 型、II 型  
の cladogram はそれぞれ tertiary, primary cladogram であるから、対応する structure も  
それぞれ tertiary, primary structure と呼ばれる。また、structure とその component の組成  
(I ↔ T, II ↔ T+P) は 1対1に対応しているから、後者を "Clade Type" と呼ぶ。I, II  
はともに component T をもっているから、I と II は互いに包含  
的 (T のみで定義される) 集合の member である。この  
集合を "Structure Set" という。これは前節で提唱  
した Protocladogram の概念と正確に一致する。3-taxon  
の structure set は右図のようになる。以上より、次の包含関係が成り立つ。



Structure Set ⊃ Structure ⊃ Cladogram ⊃ Tree

4-taxon problem に進む。まず、structure set  
は右のようになる。この structure set を定義する  
synapomorphy statement は "Tertiary Component" と  
呼ばれる。次に、その member である structure は次  
の 5 種がある。



4 taxa を定義する component は上述した Tertiary Component (T) である。同様  
に、3 taxa, 2 taxa を定義するものをそれぞれ "Secondary Component" (S)  
"Primary Component" (P) と呼ぶことになる。このとき、上の I-V の structures の

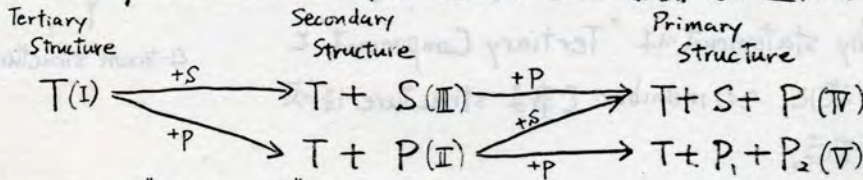
componentの組合せは clade type として図示されている。完全な dichotomy を持つ structure (IV & V) を持つ cladogram は synapomorphy pattern が完全に解決されているから、その structure (及び cladogram) を "Primary" Structure (Cladogram) という。これに対し II, III の structure (cladogram) は部分的に解決されているだけであり、I などは全く解決されていないから、これらをそれぞれ "Secondary" 及び "Tertiary" Structure (Cladogram) と表すことにする。従って、これらの structure (cladogram) を修飾する primary, secondary, tertiary という語は、上で定義した component の修飾語としての意味とは異なり、次の意味をもつ。

- Primary Structure (Cladogram) : Fully Resolved
- Secondary \_\_\_\_\_ : Partly Resolved
- Tertiary \_\_\_\_\_ : Unresolved

この定義のもとでは、3-taxon problem で生じた用語の問題はなくなることになる(何故なら 3-taxon では Secondary Structure は存在していないから)。

4-taxon structure のそれぞれが何個の cladogram を含むか、また それぞれの cladogram が いくつの tree を含むかの詳細は Fig. 3.4-3.9 を参照。そのほかは Fig. 3.11 を参照。

ここで重要なことは、Tertiary Structure に Secondary 或は Primary Component を付加することにより Secondary Structure が得られ、更に Primary Component を付加すると Primary Structure が得られるということである。その過程は次の通り。



そして、Nonprimary "Cladogram" は Primary Cladogram の集合としてあらわされ、structure の型で示せば、次のようになる。

$$\begin{aligned}
 T &= \{T+S, T+P\} \\
 T+S &= \{T+S+P\} \\
 T+P &= \{T+S+P, T+P_1+P_2\}
 \end{aligned}$$

Cladogram : ordinary sense  
 "Cladogram" : set of other cladograms  
 (p.177)

Cladogram のもつ component は synapomorphy に関する actual information content をあらわすが、上の集合関係からわかるように、nonprimary "cladogram" では、その member の primary cladogram がもつ情報を potential information

content を持っている (p.183)。そして、synapomorphy に関する知識が加えらるに従って、Tertiary → Secondary → Primary という変化が cladogram に生じる。例えは、

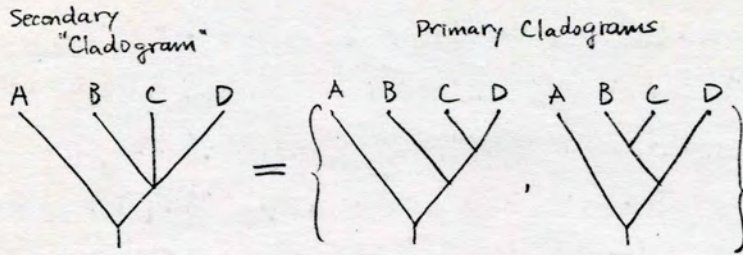


Fig. 3.10 にまとめられた 2-taxon, 3-taxon, 4-taxon analysis からわかるように、Classification (Grouping) は Tree ではなく Cladogram (Component) に対応している。

The point is simply that cladograms and cladistic analysis have a generality greater than that of trees and tree analysis. And cladograms and classification stand in a one-to-one relation which trees and classification do not share. (p.177)

1982. 10. 17.



NO. 25  
1982. 10. 17