理 論 と 世 界（II）*)

竹 尾 治一郎

3 理論概念の問題

科学には理論的な目標と実践的な目標とがある。それは一方では世界のより深い理解をめざし，他方では環境世界のコントロールをめざす。後者の目標への手段は科学技術であり，前者の場合は説明や予測の形での演繹的ならびに帰納的体系化[1] が試みられる。しかしいづれの場合にもその目標を達成する上に主たる役割を演じるものが科学理論であることは，今日ではもはや異論がないであらう。それにも拘らず，科学理論に用ひられる理論概念の本性が何であるかといふ問題，また科学理論において理論概念が果してゐる役割をどのやうに理解すべきかといふ問題については，哲学者や科学者の間に依然として根深い意見の対立が存在してゐるやうに思はれる。

今述べた理論概念の問題の第一のものは，理論語句の意味論的ないし哲学的解釈の問題であると言ってよい。ここには「存在論的関与」(ontological commitment) の問題や理論語句の認識的意味の問題等が含まれる。これに対して第二のものは，理論語句の方法論的機能に関する問題である。ここで問題になるのは，理論概念の使用にどのやうな方法論的ないし哲学的メリットがあるか，理論概念と観察概念の間にどのやうな種類の定義可能性があるかといったやうな事柄である。

第一の部類の問題，すなはち理論の意味と解釈に関する問題については，周知の通り過去数十年間にわたって「部分的解釈」[2] とよばれる立場が支配的で

あった。ブレイスウエイト，カルナップ，ヘンペル，ネイゲルといった重要な哲学者達は，（比較的最近のヘンペルを別とすれば[3]）ほぼすべてこの立場を取ってきた。しかし最近ではこの部分的解釈の見解がファイアーアーベントやパトナム達の攻撃の的となってきた。また第二の部類の問題についても，例へば，観察言明を（帰納的に）「体系化」する場合には理論概念が不可欠であるといふ主張（Hempel (1958)）をめぐって，これを支持する立場（例へば，シェフラー，トゥオメーラ，ニィイニルオト等）とこれに反対する立場（例へば，ボーナート，コーンマン，シュテークミュラー等）の対立が見られた。特に方法論的な議論においては，これら対立する立場を大別して，それぞれを「実在論」および「道具主義」（instrumentalism）とよぶこともできるであらう。

われわれはこの論文では主として第二の部類の問題，すなはち方法論的問題を取扱ふことにし，第一の部類の問題は付随的に言及するにとどめる。またわれわれは道具主義的な理論の見方[4]には賛成せず，科学における理論概念の使用を本質的に望ましいことと考へる実在論的な立場を取る。そこでこのやうな考へに根拠を与へうる論証を試みることがわれわれの仕事となる。

先づわれわれの問題をはっきりさせるためにヘンペルが「理論家のディレンマ」（theoretician's dilemma）とよんだものを取上げてみよう。「理論家のディレンマ」とは，理論語句が科学の目標のためには不必要であるといふことを結論しようとする論証である。ヘンペルはこれを次のやうに定式化してゐる。（1958, pp. 49-50；1965, p. 183）

> もし科学理論の語句と一般原理がその目的に適ふならば，すなはち，もしそれらが観察可能な現象の間に定まった結合関係を確立するならば，それらはなしで済まされうる。なぜならば，そのやうな結合関係を確立する法則や解釈言明のいかなる連鎖も，その場合には観察的前件を観察的後件に直接に結びつける法則によって置換へられるであらうからである。
>
> また，もしそれらがその目的に適はないならば，言ふまでもなくそれらは不必要である。しかるに，任意の理論が与へられたとして，その語句と原理はその目的に適ふか，或いは，適はないかである。故に，いかなる理論の語句も，また原理も，不必要である。

このヘンペルのディレンマの個々の前提を問題にしやすいやうに，コーンマン（1972）やトゥオメーラ（1973）に倣って論証を次の形に書直すことにしよう。

(1)' 理論語句はその目的に適ふか，或いは，適はないかである。

(2) もしその目的に適はないならば，理論語句はなしで済まされうる。

(3) もしその目的に適ふならば，理論語句は観察可能な現象の間に或る関係を確立する。

(4) もし理論語句がそのやうな関係を確立するならば，同じ関係が理論語句なしで確立される。

(5) もしこの同じ関係がそのやうにして確立されるならば，理論語句はなしで済まされうる。

故に，

(6) 理論語句はなしで済まされうる。

このディレンマを受容れるにせよ，或いは論駁するにせよ，満足な解決のためにはこの論証に述べられてゐることの詳しい分析が必要である。例へば，理論語句の目的とは何であるのか。また理論語句が「なしで済まされうる」とはどういふ意味なのか。そして(3)―(5)に言はれてゐる「関係」とは如何なる関係なのか。かうしたことが上のディレンマでは余りにも漠然と述べられてゐるに過ぎない。これらの点をより明瞭にした結果は，当然のことながら上の論証を幾らか書直す必要が生じることにならう。

われわれは先づ，(3)―(5)に言はれてゐる「関係」を科学的体系化[5)]を指すものと考へることにする。そして(1)―(3)に言はれるやうに理論語句がその目的に適ふ（適はない）ためには，理論語句が観察的言明の間に科学的体系化を確立する（しない）ことが必要である，と考へてよいであらう。この意味において，理論語句が科学的体系化において不可欠の役割を演じる時にのみ，理論語句はその目的を達するのである。われわれはまた，理論語句がなしで済まされうるとは，それが科学的体系化において不可欠でないことを意味するものと理解する。すると次に問題なのは，例へば(4)に言はれるやうな，理論語句を用ひ

ることなしに科学的体系化を確立する方法とは何かである。この方法とは，一般に「置換プログラム」或いは「消去プログラム」とよばれる，さまざまの種類の哲学的還元[6]において中心的役割を担ふことになる手続のことにほかならない。そして消去プログラムのなかでも特に形式的に優れたものとしてよく知られてゐるのがクレイグやラムジーの考案になる方法である。「理論家のディレンマ」の前提が成立つことを立証しようとする時，通常言及されるのはこれらの方法なのである。

以上のやうな考察に基づいて上のディレンマの前提の幾つか，特に(3)—(5)を書直すことができる。しかしその前に，「置換プログラム」とよばれるものの一般的な前提について触れておかなくてはならない。どのやうな置換プログラムにおいても，先づ扱はれる言語の言明が二種類に分割され，一方の言明の集合が他方の言明の集合へ還元されるのである。理論を経験的データを互ひに結び付けるための道具とみなす道具主義者の場合には，一方の集合の元を「補助的」(auxiliary) 言明とよび，他方のそれを「非補助的」言明とよぶことがある。この用語法に従ふならば，理論的言明は補助的言明の特殊な場合であり，観察的言明は非補助的言明の特殊な場合である。しかしいづれにしてもこの二分割をどのやうに特徴づけるべきかといふ問題が残るのである。

屢々指摘されてきたことであるが，部分的解釈の立場において理論語句と観察語句の間に，疑問の余地がない形で意味論的区別を行ふことは極めて困難である。われわれはここでこの問題に深入りしようとは思はない[7]。むしろここではこれまでの（数十年にも及ぶ）議論の結果に照らして，より合理的と思はれる語用論的立場からの定義の一例であるトゥオメーラによる定義を採用することにしたい[8]。

パラダイム K に属する理論 T に現れる非論理的概念 P が，T に関して観察的とよばれるのは，K のなかのすべての代表的科学者が T の典型的適用において，T の真理に依存することなく，（正しくかつ信頼できる仕方で）P を「測定」することができる時またその時に限る[9]。

パラダイム K に属する理論 T に現れる非論理的概念 P が，T に関して理論的とよばれるのは次の時またその時に限る。すなはち，(a)K のなかのすべての代表的科学者について，彼等は T のすべての典型的適用において T の真理に依存することなしに P を「測定」することができない，と言ふことが真であるといふ強い意味において，P は（T に関して）観察的でなく，かつ，(b) P は T が語る対象のふるまひ（すなはち，T によって説明されるその対象の側面）を説明するために T に導入される[10)]。

これらの定義は「測定」の概念に依存してゐることが先づ注意される。P が単項述語の場合，P を測定するとは，P によって表される性質を持つ対象に P を正確に割り当てることである。これは P が関係概念や量的概念の場合でも勿論同じことである。ただ実際に測定手続を定義するとなると，非常に多くの補助仮定が必要であり，話は極めて複雑とならざるをえない。測定の問題はそれ自体として研究を必要とする事柄であり，ここでは立入らないことにする。

今，単項述語 P がある対象の集合に関して測定された時，その結果はその集合の任意の元 a_i に対して $\pm Pa_i$ といふ原子文によって表されるであらう。これを「証拠言明」とよぶことにする。特に P が観察述語の場合は $\pm Pa_i$ は観察的証拠言明とよばれる。また観察語句のみを含むすべての言明（数式で表されることもある）は，そこに現れる観察語句のあるものに対して finitary な（つまり遂行可能な）測定手続が存在しない場合であっても，拡張された意味で観察言明とよばれるものとする。また実関数としての温度の概念や瞬間速度の概念のやうに，具体的な経験的記録（目盛りの読取り等）からの理想化によって得られる概念を含む言明も，拡張された意味での観察言明とよばれるものとする。

上の定義の方法論的ないしは語用論的性格に注意することが重要であらう。これらの定義は理論 T に対して，またパラダイム K に対して相対的である。すなはち，T に関して理論的な概念は T に依存する（T-laden）。そして T に関して観察的な概念は T（の真理）に依存しない。しかし T に関して観察的な概念が T 以外の理論 T' に関しては理論的であることは当然ありうることで

なければならない。次にわれわれの定義がパラダイムに相対的であることは，それがある種の背景的知識や世界観といったものに依存することを意味するであらう。そのことの帰結として，われわれが受容れてゐる仮定の上に生じた変化のために，理論的なものと観察的なものの区別を見直しする必要に迫られることもありうるであらう。

それでは理論家のディレンマに立戻らう。これ迄に考察してきたところから，前提の(3)，(4)，(5)は次のやうに書直されるであらう。

(3)′ もし理論語句がその目的に適ふならば，それは観察的言明の間に科学的体系化を確立するであらう。

(4)′ もし理論 T の理論語句が観察的言明の間に科学的体系化を確立するならば，Tのクレイグ的書換へ或いはラムジー的書換へによって同じ科学的体系化が確立される。

(5)′ もしクレイグ的書換へ或いはラムジー的書換へによってこの同じ科学的体系化が確立されるならば，理論語句はなしで済まされうる。

(3)′を妥当として受容れることには左程問題はないと考へられる。次に(4)′においては，(4)において観察可能な対象の間の関係と言はれてゐたものが，科学的体系化と言直されてゐる。これは置換プログラムにおいてわれわれが求めるものが何であるかに関係してくる。これについてはすぐ後でもう少し詳しく述べるつもりである。(5)′については，「なしで済まされうる」といふ概念を適当に定義すれば，これもまた妥当として受容れられるであらう。尚，(4)′および(5)′ではクレイグとラムジーのアプローチが併記されてゐるが，しかしこれらが全く性格の違った方法であることは言ふ迄もない。理論概念の消去といふ観点から見て両者がそれぞれどのやうな特徴を持ってゐるかは個別に考察されなければならない。差し当りわれわれはクレイグの方法から見ることにする。

4 クレイグの置換プログラム

クレイグの置換プログラムの一般的特徴は個別的な補助的語句（例へば，理

論語句）或いは個別的な文の置換を扱ふのではなく，理論全体の置換を扱ふことにある[11]。そしてこの場合，考察の対象となる科学理論の基本概念のうち補助的概念の集合とその補集合である非補助的概念（例へば，観察概念）の集合が実行可能な仕方で二分割されてゐるものと仮定される。以下の話はこの仮定の下で行はれるものである。これに伴って，補助的概念を含む言明は補助的言明とよばれ，さうでない言明は非補助的言明とよばれるであらう。

ここでわれわれは後に用ひられる重要な幾つかの概念を定義しておく必要がある。先づ理論とは或る科学言語における言明の（帰納的）集合であって，かつその集合は演繹的に閉ぢてゐるものとする。ただしそのやうな集合が理論とよばれうるためには，少なくとも一つの法則的言明がその公理に含まれてゐなければならない。理論 T が言語 L（L(T) と書くこともある）において定式化されるものとしよう。Lはそれ自身形式的体系であり，T の下に横たはってゐる論理である。すなはち，T のすべての推論規則と論理的公理はLに属してゐる。第２節においてした如く，T の補助的（理論的）非論理定項の集合を μ，T の非補助的（観察的）非論理定項の集合を λ で表すことにすれば，L或いは T にこれらの非論理定項が含まれてゐることを示すためには，それぞれ L($\lambda \cup \mu$)，或いは，$T(\lambda \cup \mu)$ と書けばよい。従って L(λ) はL($\lambda \cup \mu$) から μ を除き，それに対応する必要な変更を加へた L($\lambda \cup \mu$) の部分言語である。

言語L($\lambda \cup \mu$) において定式化される理論 T は次の条件(a)，(b)が満たされる時またその時に限って L(λ) に関する演繹的体系化(deductive systematization) を確立すると言はれる。すなはち，L(λ) における或る式 F および G に対して，

(a) $T \cup \{F\} \vdash G$,

(b) $F \vdash G$ でない。

演繹定理を用ひれば，(a)，(b)はおのおの(a)′，(b)′ に同値である。

(a)′ $T \vdash F \supset G$,

(b)′ $\vdash F \supset G$ でない。

帰納的体系化もこれと同様に定義される[12]。ただしこの場合には演繹関係が

成立しないから，'⊢' に代る記号が用ひられなければならない。帰納的体系化の問題は稿を更めて論じることとしたい。尚，体系化が演繹的か帰納的かに関係なく，T に含まれてゐる法則は決定論的か確率論的である。前者の場合は決定論的体系化が，そして後者の場合は確率論的体系化が問題となるのである。

次に二つの理論が或る言語に関する体系化において果す役割を比較することを考へよう。理論 $T_1(\lambda \cup \mu)$ と $T_2(\lambda \cup \mu)$ とが言語 $\mathrm{L}(\lambda)$ に関する演繹的体系化にとって機能的に同値であるのは次の条件が満たされる時またその時に限る。すなはち，$\mathrm{L}(\lambda)$ におけるすべての言明 F および G に関して，

$$T_1 \cup \{F\} \vdash G \quad \text{iff} \quad T_2 \cup \{F\} \vdash G.$$

理論 T の非補助的（観察的）帰結の集合を $O_T (= \{F \in \mathrm{L}(\lambda) | T \vdash F\})$ とすれば，T は $\mathrm{L}(\lambda)$ に関する O_T の conservative extension であることが示されるであらう。すなはち，

T1. 理論 T と T の観察的帰結の集合 O_T とは観察言語 $\mathrm{L}(\lambda)$ に関する演繹的体系化にとって機能的に同値である。(Tuomela (1973), 25)

(証明略)

従って定義によって，$T \cup \{F\} \vdash G$ だとすれば，$O_T \cup \{F\} \vdash G$ であり，逆も成立つ。換言すれば T は O_T によって置換されうる。しかしながら，ここで注意しなくてはならないのは，O_T は帰納的集合 (recursive set) ではなく，ただ帰納的可算集合に過ぎないといふ事実である。従って O_T は普通の意味では理論とは言へないのである。しかるに置換プログラムの目的は，公理化され科学理論の補助的（理論的）表現を，「取扱はれてゐる事柄の本質的内容」(Craig (1956), 41)，つまり非補助的表現によって記述される内容を変へないやうにして，非補助的（観察的）表現によって置換へることにある。T を O_T によって置換へたのでは，T における非補助的（観察的）表現の証明が置換へられないことになるであらう。それ故われわれは O_T を公理化するやうな，帰納的に公理化された理論（これを T^* とよぶことにする）を求めなくてはならないのである。上にも触れたことであるが，「ディレンマ」の前提(4)を(4)′に書直した理由もここにあったのである。さうしてこの要求に応へるものが下

に述べる**T2**（クレイグの定理）にほかならない。

ここで理論家のディレンマの打立てようとする結論にとって本質的な，「なしで済まされうる」といふ概念が科学的（すなはち，演繹的或いは帰納的）体系化の文脈において定義されうることに注意しよう。理論 $T(\lambda\cup\mu)$ の理論語句（μ の元）が科学的体系化にとって論理的に不可欠なのは次の時またその時に限る。すなはち，

1）$T(\lambda\cup\mu)$ は L(λ) における或る式 F および G の間に科学的体系化を確立する，

2）$T(\lambda\cup\mu)$ と少なくとも同じ科学的体系化を確立するやうなその部分理論 $T^*(\lambda)$ であって，帰納的集合である公理を持つものが存在しない。

そこでわれわれは次のやうに定義する。理論語句が科学的体系化にとって論理的になしで済まされうるのは，理論語句が科学的体系化にとって論理的に不可欠でない時またその時に限る。この定義に基づいて，理論家のディレンマの(2)，(5)′，(6)からそれぞれ「なしで済まされうる」といふ語句を「科学的体系化にとって論理的になしで済まされうる」といふ語句に書直して得られたものを，(2)′，(5)″，(6)′とする。かうしてディレンマ〈(1)，(2)′，(3)′，(4)′，(5)″，(6)′〉が定式化される。(Tuomela (1973), 26)

それでは(4)′に言はれるクレイグの置換プログラムを述べることにしよう[13)]。先づ形式体系としての理論 T が満たさなければならない条件がある。それは次の通りである。

（i）推論規則の適用の集合が実行可能な仕方で（すなはち，任意の適用が与へられた時，その適用がその集合に属するか否かを任意の人が有限回の手続で決定することが許されるやうな仕方で）定義される。

（ii）論理的公理の集合が実行可能な仕方で定義される。

（iii）非論理的公理の集合が実行可能な仕方で定義される。

（iv）式の集合が実行可能な仕方で定義される。

（v）すべての公理は論理的公理か，或いは，非論理的公理である。

(vi) いかなる公理も論理的公理でありかつ非論理的公理であるといふことはない。

(vii) Tのすべての定理はLの式である。

条件 (ii), (iii), (v) を合せたものは，T の公理の集合が帰納的集合として定義されることを含意する。このことと (i) とからTにおける証明の集合が実行可能な仕方で定義されることが帰結する。またLは T の推論規則と論理的公理を含む論理であるから，(i) と (ii) とからLにおける証明の集合がやはりまた帰納的に定義されることになる。

繰返し言ふ通り，クレイグの置換プログラムは補助的とみなされる表現をそれが現れるすべての場所で置換することを要求するものである。このことは個別的な式の置換だけではなく，式の列としての証明全体の置換が要求されることを意味する。つまりTの証明の集合が新しい証明の集合によって置換されなければならない。しかるに上の条件 (i)―(vii) をTが満たすとすれば，TをT^* に置換へることによってもとの証明の集合を新しい証明の集合に置換へることができるであらう。

そこでわれわれは T に対してさらに次のやうな制約を加へることにする。

(a) T は (i)―(vii) を満たす。

(b) T の補助的表現 (μ の元) を Tの非補助的表現 (λ の元) から区別する実行可能な二分割が与へられる。

(c) もし式が補助的表現を含むならば，その式自身が補助的である。

(d) 「式 A から式 A & A &……& A が導出される」 といふ規則はLにおいて妥当である。

(e) 「式 A & A &……& A から式 A が導出される」といふ規則はLにおいて妥当である。(これを単純化の規則とよぶ。)[14]

(f) もし式 A におけるいかなる表現も補助的とみなされないならば，式 A & A &……& A におけるいかなる表現も補助的とみなされない。

もとの理論 T に置換へられるべき新しい理論 T^* は次のやうな条件を満た

すものでなければならない。

(1)　T^* のいかなる式も補助的表現を含まない。

(2)　T と T^* は L(λ) に関する演繹的体系化にとって機能的に同値である。

(3a) L(T^*) の任意の推論規則は L(T) において妥当である。さらに L(T^*) の任意の定理はL(T) の定理である。(L(T^*) の無矛盾性の条件)

(3b) L(T) の任意の推論規則は，その適用において制限され，非補助的式に対して用ひられる場合には，L(T^*) において妥当である。さらに補助的とみなされる表現を含まない L(T) の任意の定理は L(T^*) の定理である。(L(T^*) の完全性の条件)

以上のやうな条件が満たされる時，任意の形式的体系（すなはち，(ｉ)—(vii) を満たす体系) Tに対して，形式的体系 T^* が実行可能な仕方で構成されうるのである。このことを一般的に示すのがクレイグの定理にほかならない。

T 2.　(クレイグの定理 (1953)) 理論が帰納的可算集合である公理を持つならば，帰納的集合である公理がその理論の公理として見出されうる。

換言すれば，理論 T の観察的帰結の帰納的可算集合 O_T は帰納的に公理化されうるのである。では新しい理論 T^* とその論理 L(T^*) はどのやうにして構成されるのであらうか。

(a)と(f)が成立つものとしよう。与へられた体系 T の記号列のおのおのに数１，２，３，……の一つを割り当て，またその際いかなる数も一つ以上の列に割り当てられてゐないことを確認する。さらに，任意の数が与へられたとして，その数が割り当てられた記号列が再構成されうるか，或いは，任意の記号列に対してその数が割り当てられてゐないことが見出されうるか，そのいづれかであることを確かめる。このやうにして割り当てられる数はその記号列のゲーデル数[15)]である。そして証明は記号列の列として表現されうるから，L(T) の証明に対してもまたゲーデル数が割り当てられうる。そこで任意の連言 A & A &……& A を取ってみよう。上の仮定に基づいてわれわれは次の (α), (β), (γ) が成立するか成立しないかを実行可能な仕方で，すなはち，有限回の手続で決定することができる。

(α) A & A &……& A において A の現れる回数が L(T) における証明のゲーデル数である。

(β) この証明は A の証明である。

(γ) A は補助的とみなされる表現を含まない。

なぜならば，A & A &……& A が与へられたとすれば，先づこの連言に A の現れる回数 n を数へ，次に n が T の記号列のゲーデル数であるか否かを決定することができるからである。もし n が T の記号列のゲーデル数であれば，(i) および (ii) によって，その記号列がL(T) の証明であるか否か，言換へれば，(α) が成立するか成立しないかを決定することができる。もし (α) が成立するならば，同じ方法で (β) が成立するか成立しないかを決定することができる。最後に，(b)によって，(γ) が成立するか成立しないかを決定することができる。

同様に，連言 A & A &……& A が与へられるならば，次の (α') が成立するか成立しないかを決定することができる。

(α') A & A &……& A において A の現れる回数は，L(T) における証明ではない T における証明のゲーデル数である。

なぜならば，(i)，(ii)，(iii)，(v) によって，ある数がTにおける証明のゲーデル数であるか否かを決定することができ，また (i) と (ii) によって，n が L(T) における証明のゲーデル数でないかを否かを決定することができるからである。従って (α') が成立するか否かが決定されうる。そして (β)，(γ) が成立するか否かが，上と同様にして決定されうるのである。

今やわれわれは，T^* とその論理 L(T^*) を次のやうにして構成することができる。先づ L(T^*) の公理，つまり T^* の論理的公理としては，(α)，(β)，(γ) がそれに対して成立つやうな連言 A & A &……& A を選ぶ。また L(T^*) の推論規則としては(e)の単純化の規則，ならびに，L(T) の推論規則をその適用に関して制限し，非補助的（観察的）表現に適用されるやうにしたものを選ぶ。次に T^* の非論理的公理としては，(α')，(β)，(γ) がそれに対して成立つやうな連言 A & A &……& Aを選ぶ。T^* の式は言ふ迄もなく

T の非補助的式である。このやうにして構成される T^* が実際に条件（ i ）—(vii) および(1)—(3)を満たす適切な理論であることをクレイグは証明した。

これによって「ディレンマ」のテーゼ (4)′ は実際に真であり，受容れられうることが明らかである。ここでさらに他のテーゼについても考へておくことにしよう。先づ (1)，(2)′ が受容れられうることは言ふ迄もないとして，(3)′ については，これを道具主義の立場を主張するものとしてではなく，単に方法論的な立場に立って受容れることが可能であらう。(5)″ が受容れられることは，「論理的になしで済まされうる」といふ語句に対して与へられた定義から明らかであらう。それでは「ディレンマ」の結論に当たる (6)′ は受容れられうるであらうか。以下にこの問題を考へることにしよう。

5　科学理論における理論概念の役割

クレイグの置換プログラムに対しては，クレイグ自身を初めとする多くの論理学者や哲学者からその哲学的意味に関して多くの批判的な意見が発表されてきた。それらの批判はクレイグ的構成の技術的側面に関するものや，原理的にいかなる種類の還元にも反対する立場からなされたものを別とすれば，多く次のやうなタイプの意見である。すなはち，一般に置換プログラムが科学の補助的（理論的）概念を非補助的（観察的）概念によって消去することは可能であらうし，また望ましいことだとも言へようが，しかしそのためには置換される新しい理論体系が是非満足すべき尚幾つかの重要な条件がある。ここで問はれてゐるのはむしろ哲学的置換プログラムの目的なのである（Goodman (1957)）。クレイグの方法を批判する哲学者達が示すそのやうな補足的条件には例へば次のやうなものがある。すなはち，置換される新しい体系 T^* は明快であり（Craig (1956)），取扱いやすく（Hempel (1963)），演繹的に整合的で，全体的なまとまりを持ち，単純性を持ってゐなくてはならない（Goodman (1957)）。しかし取分け有力と言へる意見は，新しい理論 T^* が有限個の公理を持つ体系でなければならないといふものであらう（Nagel (1961), Hempel (1963), Scheffler (1963))。そしてこのことがクレイグ的書換へに対する批判の根拠とされる。例へばヘンペルは言ふ,「彼［クレイグ］は次のことを示した。すなはち,(1)彼の方法によって構成される『新しい』理論体系は,もとの理論の公準の集合が有限であるか無限であるかに関りなく,常に公準の無限集合を持つこと,そして,(2)彼の結果はこの点に関して改善され得ないことである。といふのは,任意の与へられた体系 T に対して,また選ばれた V_B に対して,それに対応する有限な公準の集合を持つ T_B［われわれの T^*］を,有限な公準の集合を持つ機能的に同値な理論が存在する時には常に作り出すやうな一般的方法は存在しないからである。このことは,有限な公準の基礎を持つ理論体系の比較上の単純性を見捨て,発見の方法として稔りがあり示唆に富む理論概念と仮説の体系を放棄するといふ代価を払ってのみ――その代りに,実行可能な仕方で特定されはするが,観察語句の公準の無限集合に基づく実際上扱ひえない体系が得られることになるのであるが――科学者は理論語句を避けることができるであらうといふことを意味する。そのやうな置換の可能性が認識論者にはどれ程歓迎すべきものであるにせよ,この代価が科学者にとって余りにも高価なことは言ふ迄もない」[16]。

ここに引用されたヘンペルの一節は,恐らくクレイグ的置換プログラムに反対する論証の標準的なものの一つに数へられるであろう。クレイグ的書換へによっては満たされない必須要件がここには極めて明快に述べられてゐるのである。しかしながら,その要件,すなはち有限の公理化可能性の要求は,果して満たされる必要がある条件なのであらうか。例へば同じ立場からクレイグ的書換へを批判するネイゲルは,無限個の公理が有限個の公理型によって与へられる場合には問題がないと考へてゐる[17]。そしてクレイグの T^* の公理は勿論有限個の公理型で表すことはできない。しかし他方 T^* の公理の集合は帰納的無限集合なのである。すなはち,それは前節に示した条件 (ii), (iii), (v) を満たしてゐるのである。このやうな帰納的無限集合が理論体系の公理の集合であってはならないといふ理由はないと思はれる。われわれはこの点に関してトゥオメーラ達の見解に同意するものである。(Tuomela (1973), 35)

ヘンペルの場合には，尚もう一つクレイグの置換プログラムに反対する理由がある。それは T^* のやうな理論体系のなかでは帰納的体系化が不可能であり，この意味で T^* は T と機能的に同値ではないといふ理由である（Hempel (1963), 700)。しかしこの問題については稿を更めて論じることにしたい。

ここでさらにもう一つクレイグの置換プログラムに反対する重要な論証があることを注意しておきたい。それは，クレイグ的書換へはもとの理論の持ってゐた説明力を保存することができないといふ理由に基づく反論である。換言すれば，理論概念は科学的説明において不可欠の役割を演じるといふことになる。これはわれわれが上の第2節において法則の演繹的説明を定義しようとした時採用した見解である。DELモデルには（(3)′として）説明項が理論概念（μ の元）を含んでゐなければならないことが要請されてゐた。

しかしながら，以上に概観したやうなクレイグの置換プログラムの哲学的正当化をめぐる議論は，いづれもこの論理的技術としての置換プログラムに対する外部から加へられた論評の域を出るものではなかった。しかしクレイグの置換プログラムが，理論 $T(\lambda \cup \mu)$ の $T^*(\lambda)$ による置換の論理的可能性を示したものである以上，同じく純粋に論理的な観点から科学的体系化における理論概念（語句）の役割について論じるのでなければ有効な反論とはならないであろう。しかもクレイグのその後の研究の或るもの，特に「補間定理」の証明 (Craig (1957)) に続く，この定理を利用した幾つかの研究は，科学理論における理論概念の役割についての問題とも直接の関係を持ちうるものなのである。しかしここでは結果ができるだけ明瞭に見て取れる場合を選ぶ方針を採用することとして，一階述語論理の分配標準形理論のなかでの補間定理の応用例と見られるものについてわれわれの問題を考へることにしたい。

一階述語論理の分配標準形の理論は，主としてヒンティッカによって発展させられたものである (Hintikka (1965))。それは命題論理および単項一階述語論理の完全標準形の一般化と考へられる。しかしそれは一般的な一階述語論理の場合にも拡張されうる。最初にわれわれはこの種の標準形を定義しておく

ことにしよう。命題論理のすべての整合的な式 F は完全選言標準形を持ってゐる。これは或る形をした連言式の選言なのであるが，これらの連言式のことを以後「成分」(constituents) とよぶことにする。F が $p_1, p_2, \cdots\cdots, p_k$ 以外の原子式を含まないとすれば，標準形に現れる成分は，おのおのの $i=1$，2，……に関して，p_i 或いは $\sim p_i$ のいずれか（両方ではない）をその元として含む。直観的に言へば，命題論理においてその成分は原子命題 p_i によって特定されうるすべての可能的世界を記述するのである。このやうな命題論理の任意の成分は次の形で表される。

$$\prod_{i=1}^{k} p_i$$

この記法を利用して（等号を含まない）単項一階述語論理の標準形も同様に定義されうる。それはやはり成分とよばれる或る連言の選言なのである。

$$(1) \qquad \prod_{j=1}^{j=2k} (\exists x) \prod_{i=1}^{i=k}{}_j P_i x .$$

これはまた次のやうに略記しても問題はない。

$$\prod_{j=1} (\exists x) \prod_{i=1}{}_j P_i x .$$

ところで(1)の直観的な意味は，先づ述語 $P_i x$ によって特定されうるすべての可能な種類の個体が(1)の最も右側に書かれた連言によって記述され，さらにそのやうな可能な種類の個体のおのおのが存在するか存在しないかのいづれかなのであるから，全体の成分は(1)のやうに書かれる，といふ訣である。この(1)を命題計算の法則と限量記号の交換法則に従って変形すれば，次に与へる(2)の形が得られることは容易に知られるであらう。

$$(2) \qquad \pi_{j=1}{}_r (\exists x) \prod_{i=1}{}_j P_i x \ \& \ (x) \sigma_{j=1}{}_r \prod_{i=1}{}_j P_i x$$

ただし，$\prod_{i=1}{}_r p_i$ が与へられたとして，$\pi_{i=1}{}_r p_i$ はそのすべての否定されてゐない式の連言を表し，$\sigma_{i=1}{}_r p_i$ は同じ式の選言を表す。

一般的な一階述語論理の場合にも，その分配標準形は同様に成分の選言である。従って標準形を定義するためには成分を定義しておく必要がある。ところ

でこの成分はパラメータとよばれる幾つかの特徴に依存すると考へられる。すなはちそれらは，成分に現れる（ i ）述語の集合，および（ii）重って現れる限量記号列の最大の長さ，つまり粗く言へば，式に含まれる限量記号の層の数である。（ii）のパラメータは式の「深さ」（depth）とよばれるであらう。尚パラメータとしてはこれらの他に，自由個体変項の集合を挙げるのが普通である。しかしわれわれの以下の議論のためには，一階言語の閉鎖文の集合があれば十分なので，簡単のためパラメータを二種類に限ることにする。

これらのパラメータを持つ「成分」を定義するためには，尚もう一つ「属性成分」（attributive constituent）とよばれる式を定義しておく必要がある。属性成分とは与へられた個体がどのやうな属性を持つか，またそれが他の個体に対してどのやうな関係を持つかといふことを記述する式のことである。パラメータ（ i ）が定まり，深さが d の属性成分は Ct^d と書かれるであらう。すると属性成分は次のやうに帰納的に定義される。ただし $B_i(i=1,2,\cdots)$ は原子式である。

(3) $$Ct^d_r = \prod_{i=1}^{s} B_i \ \& \ \prod_{i=1}^{t} (\exists x)\, Ct^{d-1}(x)$$

ここで $d=0$ の時は，(3)の右辺の第二番目の連言項が消えて，帰納の基礎が得られる。

この属性成分を用ひて成分を定義すると次のやうになる。ただし $A_i(i=1,2,\cdots)$ は与へられたパラメータ（ i ）の元から形成される原子式である。

(4) $$C^d = \prod_{i=1} A_i \ \& \ Ct^d$$

このやうな成分の選言が分配標準形である。ただし上にも断った通り，われわれは一階述語論理の閉鎖式のみを考へてゐるのである。パラメータとして自由個体変項の集合を加へる場合には，定義(3)および(4)はもう少し複雑になる。

尚一階述語論理の分配標準形の表現法としてはこの他に，上記の(1)を(2)に書換へたのと同じ考へ方で，(3)および(4)をそれぞれ次のやうに書換へたものを用ひることもある。

(5) $$Ct^d = \prod_{i=1}^{s} B_i \ \& \ \pi_{i=1}^{t} (\exists x)\, Ct_i^{d-1}(x) \ \& \ (x)\, \sigma_{i=1}^{t}\, Ct_i^{d-1}(x)$$

(6) $$C^d = \prod_{i=1}^{s} A_i \ \& \ \pi_{i=1}^{t} (\exists x) Ct_i^{d-1}(x) \ \& \ (x) \sigma_{i=1}^{t} Ct_i^{d-1}(x)$$

(3)および(4)はそれぞれ第一種の属性成分および成分，(5)および(6)はそれぞれ第二種の属性成分および成分とよばれ，(4)の選言が第一種の分配標準形であり，(6)の選言が第二種の分配標準形である。

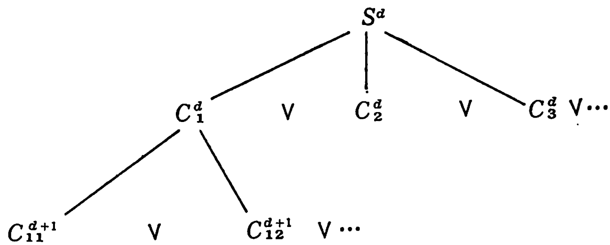
単項一階述語論理の標準形は(4)或いは(6)から定義される，より一般的な標準形の特殊な場合である。これは単項一階述語の成分(1)および(2)を次のやうに書直せば明瞭になるであらう。

(1)* $$\prod_{i=1} (\exists x) Ct_i^0(x),$$

(2)* $$\pi_{i=1}^{r} (\exists x) Ct_i^0(x) \ \& \ (x) \sigma_{i=1}^{r} Ct_i^0(x).$$

以上で一階述語論理の（閉鎖式のみに限っての）分配標準形の定義を終った。パラメータ（i）―(ii) を持つ任意の（等号を含まない）一階述語論理の式 F が同じパラメータを持つ第一種の分配標準形に変形できることは，F の深さ d に関する数学的帰納法によって証明される。また F が第二種の分配標準形に変形できることは，今述べた事実と第一種の分配標準形が第二種のそれと同値であることから証明できる。

次にわれわれは，分配標準形が一階述語論理を中核とする一階言語において演じる役割を見ることにしよう。上に断ったやうに，ここでは定まった述語パラメータの有限集合を持つ一階言語の閉鎖文の集合だけを考へることにする。グラフ理論的意味論の観点から見ると，この集合は「成分」である文をその結節点とする樹状構造を持ってゐるのである。おのおのの成分はこの樹状構造の或るレベルに属してゐて，このレベルがわれわれが上に用ひた「深さ」のパラメータを表してゐる。と言ふのは，樹状構造における深さ d に位置する成分はすべて，先に定義されたのと同じ深さ d を持つ文であることが分るからである。このやうな樹状構造において，今或る成分から出発し，どこかの枝を下ってもう一つの成分に達しえたとする。この時，第二の成分は第一の成分に従属すると言はれる。以上に述べたやうなことは次のやうな，深さ d の文 S（これを S^d で表す）の樹状図による分析によって例示されるであらう。



上図について幾つかの説明を補足するならば，先づ深さ d のおのおのの文 S は深さ d の成分の（有限な）選言に変形できることは上に述べた通りである。この変形は S の完全選言分配標準形とよばれる。また S^d を或るより大きな深さ $d+e$（$e=1$，2，…）の成分の選言に変形できることは，(6)に与へた C^d の第二種の成分としての定義を見れば明かであらう。このやうな変形は S^d の深さ $d+e$ における展開とよばれる。一般に成分は，すべてのそれに従属する（任意の）より大きな深さの成分の選言に同値である。また，同じ深さのどの二つの成分も互ひに両立しないので，従って与へられた成分に両立する成分はすべて，その成分を通る枝に属してゐるのでなければならない。

これによって成分ならびに分配標準形の一階言語における役割がほぼ明かになった。深さ d の成分 C^d の構造は長さが d の有限樹の有限集合によって与へられる。これらの樹状構造の結節点（つまり成分）のおのおのは属性成分によって定義されてゐるので，従って或る個体がどのやうな属性を持ち，また，その個体が同じ枝のより低い位置にあるすべての個体に対してどのやうな関係にあるかを，それが記述してゐることになる。かうしておのおのの枝に現れる個体の列は，C^d が真となる世界に存在する個体を表し，かつそのやうな世界におけるいろいろの種類の個体列の相互関係がこの樹状構造によって示されてゐるのである。

以上によって分配標準形とはどのやうなものであるか，またそれは一階言語においてどのやうな役割を演じるかについての説明を終へることにする。以下にはこれを基にして，いろいろの理論 T が非補助的（観察的）概念について語

ることの比較といふ問題に取掛ることにする。これについてはヒンティッカとトゥオメーラによる体系的研究（Hintikka and Tuomela (1970)）があるので，それに基づいて述べることにしたい。

$T(\lambda\cup\mu)$ によって公理化される一階理論が与へられ，その理論の述語（概念）が観察語句（その集合が λ）と理論語句（その集合が μ）に二分割されるものとしよう。問題は理論 $T(\lambda\cup\mu)$ が λ の元のみについて何を語るかである。このやうな問題に対して普通意味のある答へ方と考へられるであらうことは，$T(\lambda\cup\mu)$ からの論理的帰結の全部のうちから μ を含まないもののみを取ってその集合を作ればよいといふことであらう。しかしこれがわれわれの問題にしてゐることの全部ではない。なぜならばいろいろの競合する理論のなかで，どのやうな理論から λ の元のみに関する帰結が効果的にまたはっきりと導かれうるかが問題だからである。特にこの点において $\lambda\cup\mu$ を含む理論が λ のみを含む理論に比較して，λ についてどれだけより明瞭に語ることを可能にするであらうかといふ問題にわれわれは関心を持つのである。

そこで先づしておかなければならないことは，$T(\lambda\cup\mu)$ が λ の元について明示的に語るとはどういふことかをはっきりさせることである。さうした上で λ に関する同じ明示的な帰結を持つ諸理論 T について，その T の λ に関する全部の帰結の間で比較することができるであらう。このやうな目的に役立ちさうに思はれるのが，$T(\lambda\cup\mu)$ の λ の語彙への直接的還元（direct reduct）とよばれるものである。これは $T(\lambda\cup\mu)$ を形式的に変形して，λ に明白に関係のなささうなことを言ってゐる部分を除去して得られる結果のことである。ただしここではこの T が問題になってゐる理論の唯一の公理であると仮定しておく。

任意の文 $S(\lambda\cup\mu)$ の直接的還元は帰納的に定義される。その前に S を予め変形し，すべての否定記号を原子文の直前に来るやうにしておく[18)]。さて S, S_1, S_2, …を任意の文，U を μ の元を含まない任意の文，そして，A を μ の元が少なくとも一回現れる，否定されてゐるか或いは否定されてゐない原子文

であるとしよう。すると，

$$r(S_1 \ \& \ S_2)=r(S_1) \ \& \ r(S_2)$$
$$r(S_1 \vee S_2)=r(S_1) \vee r(S_2)$$
$$r((\exists x)S)=(\exists x)r(S)$$
$$r((x)S)=(x)r(S)$$
$$r(U)=U$$
$$r(A)=V.$$

ここで V は真（verum）を表す命題定項である。また次のやうに仮定する。

$$(\exists x)V=V=(x)V$$
$$S \ \& \ V=S$$
$$S \vee V=V$$

上の帰納的定義の最終項は注目する価値があらう。なぜならばそれは，A の直接的還元が真なこと，つまり μ の元に依存するすべての情報は無視されてよいことを教へるからである。このことと，任意の文 S は常にその直接的還元 $r(S)$ を論理的に含意することから，$r(S)$ は「S が λ の元について語る事柄」といふ表現のまたとない解明項のやうに思はれるかも知れない。その上分配標準形の場合は，直接的還元を得るには μ の元を含む原子文を標準形から除去するだけでよいのだから，話は一層分り易くなると思はれるであらう。

しかしながら，上のやうに定義された直接的還元は不整合を生じることが明かである。例へば次の二つの直接的還元は同値変形の結果が，期待されるやうには一致しない。

$$r(S \vee (A\&\sim A))=r(S)\vee(r(A) \ \& \ r(\sim A))=V$$
$$r(S \ \& \ (A\vee\sim A))=r(S)\vee(r(A)\vee r(\sim A))=r(S).$$

それでは この直接的還元といふ 概念を何等かの 仕方で改良すること によって，「S が λ の元について語る事柄」といふ表現の解明が得られるやうにできないであらうか。これについてのヒンティッカとトゥオメーラのアイディアは次の通りである[19)]。

例へば今 $\lambda\cup\mu$ の全部の元が単項述語であったとしよう。すると $T(\lambda\cup\mu)$

が世界について語りうることは，世界において事例を持つ Q-述語が（$\lambda\cup\mu$ に関連して定義された）Q-述語の組合せの或る集合に属してゐるといふことに尽きる。しかるにこれらの Q-述語のどのやうな組合せが許されるかは，$T(\lambda\cup\mu)$ の分配標準形の幾つかの成分によって余す所なく示されるのである。例へばこれらの成分の一つによって，次のやうな Q-述語がこの世界に事例を持つことが示されたとしよう。

$$Q_1(x, \lambda, \mu),\ Q_2(x, \lambda, \mu),\ \cdots,\ Q_j(x, \lambda, \mu).$$

この成分は λ の元について何を語るであらうか。それは，$Q_1, \cdots, Q_j$ の λ の語彙への直接的還元として得られる Q-述語が，またそのやうな Q-述語のみが，この世界に事例を持つといふことに他ならない。ここから明かなやうに，$T(\lambda\cup\mu)$ の分配標準形の λ の語彙への直接的還元が，取りも直さず，$T(\lambda\cup\mu)$ が λ の元について語る事柄であることになる。今 $T^1(\lambda\cup\mu)$ を $T(\lambda\cup\mu)$ の分配標準形とすれば，$r(T^1(\lambda\cup\mu))$ が，（単項述語の場合に）上に直接的還元の定義によって意図されたことの優れた解明を与へるであらう。ここで技術的な理由から，分配標準形 $S^d(\lambda\cup\mu)$ の直接的還元 $r(S^d(\lambda\cup\mu))$ を深さ d の任意の文 $S(\lambda\cup\mu)$ の真還元（reduct proper）として規約的に定義してしまひ，これを $pr(S)$ と表すことにする。すなはち，$prS=(S^d)$ である。

真還元を定義するに当ってわれわれは $\lambda\cup\mu$ の元が単項述語のみであると仮定した。しかし上の定義は一般の $n(>1)$ 項述語の場合に対しても同様に自然なものと思はれるであらう。深さ d の文 S は，S が真となる世界において，分岐的な個体列の或る組合せが存在することを語ることになる。これら個体列の組合せは，上述のやうに，それぞれ深さ d の成分 $C^d(\lambda\cup\mu)$ によって特定される。従って，この C^d が λ の元について語ることとは，C^d が特定する個体列から，μ の元への言及を除去することによって，相互に関係し合った個体列が得られるといふことに他ならない。しかしそれは，S の分配標準形の直接的還元である $pr(S)$ が，S が λ の元について語ることを余す所なく述べるといふことと同じなのである。それではこの真還元については，上に直接的還元に見られたやうな変形に際しての問題はないであらうか。やはり幾らか問題が残

ると言はなければならない。例へば，$pr(S)$ は量化された部分文がトートロジー的に導入される場合には深さを増し，その結果はものと文と同じであることができないのである。

以上の考察を基にして，われわれは「補助的（理論的）概念を理論に導入することによってどのやうな利益が得られるだらうか」といふ問題にどのやうに答へることができるであらうか。

先づ最初に述べるべき答は，その答がすべてであると言ふ訣ではないとしても，次のやうなものであらう。S が非論理的定項として λ の元のみを含む文であるとしよう。補助的（理論的）語句，すなはち μ の元が新たにSに導入されたとすると，われわれは次のやうな文 T を定式化することができる。すなはち，T の真還元 $pr(T)$ は S と同値であるが，しかしその演繹的帰結の全体は，たとひ λ に関するもののみを取ってみても，S の帰結よりも大きいやうな文 T を定式化することができるのである。言換へると，T によって論理的に含意されるけれども，しかし S によっては論理的に含意されないやうな，λ の元のみを非論理的定項として含む文が存在するのである。

分配標準形理論においては次のやうなことが知られてゐる。すなはち，Tをより深い分配標準形 T^{d+e} へと展開して行けば行くだけ，T の論理的力は S に比べてますます大きくなるといふ事実である（Hintikka（1965)）。この T^{d+e} に対応する還元 $r(T^{d+e})$ は，λ の元のみを非論理的定項として含むやうな Tの論理的帰結から成る理論の公理化の基礎となるであらう。

以上に述べた種々の事情は，次のやうな図表によって興味深く再現される。われわれはまたそこに見られる事実の論理的根拠を与へる結果を最後に紹介しておくことにしよう。

$$
\begin{tikzcd}
T^{d} \arrow[r, leftrightarrow] \arrow[d] & T^{d+1} \arrow[r, leftrightarrow] \arrow[d] & \cdots\cdots \arrow[r, leftrightarrow] & T^{d+e} \arrow[r, leftrightarrow] \arrow[d] & \cdots\cdots \\
r(T^{d}) & r(T^{d+1}) \arrow[l] & \cdots\cdots \arrow[l] & r(T^{d+e}) \arrow[l] & \cdots\cdots \arrow[l]
\end{tikzcd}
$$

上図において，両方向の矢線は論理的同値関係を表し，また片方向の矢線は

論理的含意関係を表す。分配標準形の間の同値関係については既に述べた。また真還元の間に含意関係が成立つことも真還元の定義から明白であらう。ただしここの矢線は一般には両方向の矢線によって置換へることはできない[20]。もう一つの種類の含意関係，すなはち分配標準形とその直接的還元の間の含意関係はヒンティッカの omission lemma とよばれる補題 (Hintikka (1965), 58) によって可能となる。この補題の言ふ所は，分配標準形を定義するのに用ひられてゐる属性成分から或る種の部分式を任意の数だけ除去した結果は，もとの属性成分によって論理的に含意されるといふことである。上図の下の列に現れる真還元式が，λ の元のみを含む $T^d(\lambda \cup \mu)$ のすべての帰結を公理化するといふ事実は，論理的には一階理論とその部分理論の関係についてのクレイグの研究 (Craig (1960)) によって根拠を与へられる。クレイグの主要な結果の一つを非形式的に述べると次のやうになる[21]。T を任意の理論，T^* をμの元を含まない T の最大の部分理論とし，また C が T^* の任意の帰結であるとする。すると次の条件を満たす T の帰納的基礎 B，および T^* の帰納的基礎 B^* が存在する。すなはち，B から μ の元を除去することによって B^* が得られ，かつ，C は B^* の論理的帰結である。

このクレイグの定理の外にも，上の事実を保証する論理的根拠として，ヒンティッカの（等号を含む或いは等号を含まない）一階述語論理に対する separation lemma とよばれる補題がある[22]。二つの文 T および S の成分の対を任意に選んだ時，そのおのおのの対，$C_T(\lambda \cup \mu)$，$C_S(\lambda \cup \mu)$ に関して，還元 $r(C_T(\lambda \cup \mu))$ と $r(C_S(\lambda \cup \mu))$ が深さ d_0 において異なる時，文 T と S は深さ d_0 において λ に関して分離されてゐると言はれる。さてヒンティッカの補題が主張する所は次の通りである。一階理論の文，$T = T^d{}_T(\lambda \cup \mu)$ および $S = S^d{}_S(\lambda \cup \eta)$（ここで，$\mu \cap \lambda = \mu \cap \eta = \lambda \cap \eta = \phi$ とする）は，T および S の深さ d_0 における展開が λ に関して分離されてゐる時またその時に限って，或る d_0 に関して両立しない。この補題からもまた，T の λ のみを含む帰結の全体が S によって公理化されるといふことが導かれる。

われわれは上に理論概念が理論 T に導入されることの利点を，観察的言明

の演繹的体系化の場合について，しかも一階理論の場合に限って考へてきた。これだけから「理論家のディレンマ」の結論 (6)′ の運命を決定することはできない。しかし上のやうな観察を他の重要な場合についてもまだ多く行ふことができるであらうと思はれる。

注

＊）この研究は昭和53～54年度科学研究費補助金（一般研究(C) 111-6001-351002）の援助を受けて行はれた。

1）「体系化」(systematization) とは，ヘンペルによれば（1958, p. 38；1965, p. 174)，演繹的であると帰納的であるとを問はず，またそれが説明，予測，過去予測，或いはその他のどのやうな資格や能力において役立つかを問はず，次の形をした任意の論証のことである。

$$\frac{\begin{array}{c} C_1,\ \cdots\cdots,\ C_k \\ L_1,\ \cdots\cdots,\ L_r \end{array}}{E}$$

ただし，C_1, ……, C_k は個別的事実を記述する単称言明，L_1, ……, L_r は法則ないし準法則言明，E は単称言明或いは経験法則である。（この論証は C と E の間に体系化を打立てる）またヘンペルは「体系化」のもう一つの用法として，「上に特徴づけられたやうな種類の論証を確立する手続」をも体系化とよんでゐる。ヘンペルのこれらの解説は幾分道具主義的な含蓄を持ってゐるけれども，われわれの議論の目的に合せてこの語を用ひることはできるであらう。後にこの語の正確な定義が与へられる。

2）竹尾（1979 a），116—7（田村）参照。

3）Cf. Hempel (1970).

4）竹尾（1979 a），97—9参照。

5）注1）を見よ。「説明」については第2節に詳しく述べた（竹尾（1979 b））。

6）物理主義 (physicalism)，現象論 (phenomenalism)，行動主義，唯名論が歴史的に重要な還元主義の立場として挙げられるであらう。

7）伝統的な部分的解釈の立場において，「理論的なもの」と「観察的なもの」（或いは「観察可能なもの」）を意味論的に二分割するための基準が二方向から求められてきた。すなはち，出発点を観察可能性の概念の分析に取るのと，理論的であることの定義に取るのとである。しかしそのいづれの方向からの二分割の試みも致命的難点を免れなかった。

(a) 部分的解釈の立場を取る哲学者達の観察可能性の概念の分析は，結局「観察語句」の実例を幾つか挙げるだけである。しかし大抵の語句は文脈によって観察語句であるともないとも言へるので，この方法で分類するのは無理である。この点を

批判する人々の指摘のうちで特に重要なのは，観察可能性の意味が観察者の習熟し，いはゆる internalize してゐる理論や，或いは彼が背景として持ってゐる知識によって決定されるといふ事実である。この点から見れば，科学の語句はすべて多かれ少かれ「理論を荷はされてゐる」(theory-laden) とも言へる。このことは，直接的観察を間接的観察から区別する基準が絶対的な意味では存在しないことを示すのである (Hempel (1958))。その上，理論の変化に相伴って科学者の観察も変化するとすれば，観察言語の安定性も疑はしくなるであらう。

しかし観察可能性を定義する語用論的基準すら求められない程に観察言語は不安定である（もしくは，観察言語が存在しない）と考へる必要はないと思はれる。以下（本文）に挙げる定義もその一例である。

部分的解釈の立場からの観察可能性の概念の定義に対する批判は，例へば，Putnam (1962)，Maxwell (1963)，Achinstein (1968)，Spector (1966) 等を参照。

(b) 理論的なものの特徴づけから出発する二分割の試みに共通して指摘できることは，理論語句に対しては意味論的規則を与へることが不可能であるといふことである。主な試みとして次の四種類を挙げておかう。(i) 理論語句は観察語句よりも抽象的で精確である（例へば，Carnap (1937)，Hempel (1952)，(1958))，(ii) 理論語句は存在が十分に確証されるに至らない仮定的対象を表す（例へば，Hempel (1958))，(iii) 理論語句は理論に依存する（例へば，Ryle (1954)，Hanson (1958)，Feyerabend (1965))，(iv) 理論語句は科学的説明を可能にする（例へば，Hanson (1958)，Cornman (1968))。さうしてこれらの特徴づけの殆んどに対しては，その反証を示すことによる説得的反論が加へられてきた。例へば，(i)，(ii) に対しては Spector (1966) を参照。(iii) に関しても，理論語句が理論に依存する仕方はいろいろあるのであって，簡単にそれらの仕方を結びつけて単一の理論依存性の基準を作ることは不可能であるといふ指摘がなされてゐる (Achinstein (1968)，Ch. 6)。

しかしながら，部分的解釈の立場と両立しうるやうな一般的基準はないとしても，上記諸性質の幾つかを互ひに結合して，理論的であることの語用論的基準が作れない訣ではないと考へられる。これについてはトゥオメーラ (1973, p. 13) を参照。

8) Tuomela (1973), 16-7.

9) この定義と次の定義に現れる二三の用語が基本的に曖昧な概念を表すことは認めない訣には行かない。「パラダイム」は科学者集団の成員が共通に持つもの（T. クーン著，中山訳『科学革命の構造』，みすず書房 (1971)，補章を参照)，「代表的」，「典型的」はこの文脈では同じ意味（これらは統計的概念ではなく理想化を経て形成された概念である)，測定の正しさと信頼性は通常の意味で理解しておくことにしたい。

10）定義項(b)に言はれる対象は狭く観察可能な対象に限る必要はない。また説明に関しては竹尾（1979 b），第2節を参照。

11）この点はラムジーの方法も同様である。個別的語句の場合の置換プログラムとして有名なのは，ラッセルの「哲学するための最高原則」である。彼によれば，「可能な場合には常に，推論される存在を論理的に構成されたものによって置換へるべきである」。(B. Russell, 'The Relation of Sense-Data to Physics' in *Mysticism and Logic* (1917).）

12）「帰納的体系化」といふ場合の「帰納」(induction) と，すぐ後に出て来る「帰納的集合」の「帰納」(recursion) とは全く別の概念であることを念のため注意しておきたい。

13）クレイグの置換プログラムについては，Craig (1956)，(1953) によって述べる。

14）推論規則 d）および e）は非常に多くの論理において妥当である。しかし原理的にはそれらは他の規則で置換へることも可能である (Craig (1953), 30)。

15）ゲーデル数の解説は多くの数理論理学の教科書にある。例へば，前原昭二著『数学基礎論入門』，朝倉書店 (1977)，pp. 118-21 を参照。

16）Hempel (1963), 699.

17）Nagel (1961), 137n.

18）これは必ずしもさうしなくてもよい。その場合には下の帰納的定義を拡張し，次の二項目を追加しなければならない。すなはち，S が原子的でない文の時は，

$$r(\sim S) = \sim r(S),$$

また，A が偶数個，或いは，奇数個の否定記号の作用域に現れるのに応じて，

$$r(A) = V \text{ 或いは } \sim V$$

19）Hintikka and Tuomela (1970), 302ff.

20）図の下の列の要素の相互関係が論理的同値関係に変へられうるのは，これらの要素によって公理化される T の部分理論が有限的に公理化可能な時に限る。しかしこれは不可能である。なぜならば，図の下の列に現れる要素の全体が部分理論の公理となるのであり，その要素は無限個あるからである。この点についてはモデル理論の或る結果が論理的根拠となる。Cf. A. Robinson, *Introduction to Model Theory and the Metamathematics of Algebra* (North-Holland, 1963), 36.

21）Cf. Craig (1960), 103.

22）Hintikka and Tuomela (1970), 306.

文 献 表

Achinstein, P. (1968), *Concepts of Science* (The Johns Hopkins P.).

Bohnert, H. (1968), 'In Defense of Ramsey's Elimination Method', *The Journal of Philosophy* 65, pp. 275-81.

Braithwaite, R. B. (1953), *Scientific Explanation* (Cambridge UP).

Carnap, R. (1937), 'Testability and Meaning', *Philosphy of Science* 4, pp. 1-30.

Cornman, J. (1968), 'Mental Terms, Theoretical Terms, and Materialism', *Philosophy of Science* 35, pp. 45-63.

Cornman, J. (1972), 'Craig's Theorem, Ramsey-Sentences, and Scientific Instrumentalism', *Synthese* 25, pp. 82-128.

Craig, W. (1953), 'On Axiomatizability within a System', *The Journal of Symbolic Logic* 18, pp. 30-32.

Craig, W. (1956), 'Replacement of Auxiliary Expressions', *The Philosophical Review* 65, pp. 38-55.

Craig, W. (1957), 'Linear Reasoning. A New Form of the Herbrand-Gentzen Theorem', *The Journal of Symbolic Logic* 22, pp. 250-68.

Craig, W. (1960), 'Bases for First-Order Theories and Subtheories', *The Journal of Symbolic Logic* 25, pp. 97-142.

Feyerabend, P. (1965), 'Problems of Empiricism', in R. G. Colodny (ed.), *Beyond the Edge of Certainty* (Prentice-Hall), 145-260.

Goodman, N. (1957), Review of Craig (1956), *The Journal of Symbolic Logic* 22, pp. 317-8.

Hanson, N. R. (1958), *Patterns of Discovery* (Cambridge UP). (村上訳『科学理論はいかにして生まれるか』講談社 (1966)。

Hempel, C. G. (1952), *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science* (U. of Chicago P.)

Hempel, C. G. (1958), 'The Theoretician's Dilemma', in H. Feigl, M. Scriven, and G. Maxwell (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* II (U. of Minnesota P.). Reprinted in Hempel (1965).

Hempel, C. G. (1963), 'Implications of Carnap's Work for the Philosophy of Science', in P. A. Schilpp (ed.), *The Philosophy of Rudolf Carnap* (Open Court), 685-709.

Hempel, C. G. (1965), *Aspects of Scientific Expanation* (Free P.).

Hempel, C. G. (1970), 'On the "Standard Conception" of Scientific Theories', in M. Radner and S. Winokur (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* IV (U. of Minnesota P.), 142-63.

Hintikka, J. (1965), 'Distributive Normal Forms in Fisrt-Order Logic', in J. Crossley and M. Dummett (eds.), *Formal Systems and Recursive Functions* (North-Holland), 47-90.

Hintikka, J. and R. Tuomela (1970), 'Towards a General Theory of Auxiliary

Concepts and Definability in First-Order Theories', in J. Hintikka and P. Suppes (eds.), *Information and Inference* (Reidel), 298-330.

Maxwell, G. (1963), 'The Ontological Status of Theoretical Entities', in H. Feigl and G. Maxwell (eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science* Ⅲ (U. of Minnesota P.), 3-27.

Nagel, E. (1961), *The Structure of Science* (Harcourt).

Niiniluoto, I. (1972), 'Inductive Systematization', *Synthese* 25, pp. 25-81.

Putnam, H. (1962), 'What Theories Are Not', in Nagel, E., P. Suppes, A. Tarski (eds.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science* (Stanford UP), 240-51.

Putnam, H. (1965), 'Craig's Theorem', *The Journal of Philosophy* 62, pp. 251-60.

Ryle, G. (1954), *Dilemmas* (Cambridge UP).

Scheffler, I. (1963), *The Anatomy of Inquiry* (Knopf).

Spector, M. (1966), 'Theory and Observation Ⅰ-Ⅱ', *The British Journal for the Philosophy of Science* 17, pp. 1-20 ; 89-104.

Stegmüller, W. (1970), *Theorie und Erfahrung* (Springer-Verlag).

竹尾治一郎（編）(1979),『科学の哲学』(北樹出版)。

竹尾治一郎（1979 a），竹尾（編）(1979)，第Ⅰ部第２章，pp. 41-68；第Ⅱ部第２章，pp. 88-106.

竹尾治一郎（1979 b），「理論と世界（Ⅰ）」，本誌　8.

田村祐三（1979），竹尾（編）(1979)，第Ⅱ部第１章，pp. 70-87.

Tuomela, R. (1973), *Theoretical Concepts* (Springer-Verlag).