

## 様相的・時間的言語の哲学的射程 (一)

### ——様相(／時間)論理から多相ハイブリッド論理へ——

岡本 賢吾

#### 1. はじめに——様相的言語及び時間的言語の概念の導入

何らかの事態が必然的であること、あるいは可能的であることを述べる言明を、ここでは「様相言明(modal statement)」と呼ぼう。もちろんこれはあまりにも緩い特徴づけであるが、以下の考察の中で必要な範囲で精確化することができる。

同様に、何らかの事態が過去の(いまより以前にそうであった)こと、あるいは未来的である(いまより以後にそうなるであろう)ことを述べる言明を、「時間言明(temporal statement)」と呼ぼう。これも緩すぎる特徴づけではあるが、やはり以下で、必要な範囲で精確化することができる。

さらに、もう少し用語上の確認をしよう。近年、様相概念の分析が進むにつれて、事態の必然性・可能性を述べる言明以外にも、「様相的」と特徴づけることが適切である(論理的振る舞いの点で本質的な共通性がある)言明が様々に見出されるようになった。例えば、ある事態が成り立つ(真である)と知られていること、あるいは成り立たないと知られているわけではないことを述べる言明が、その代表である。これに伴って、区別のために、事態の必然性・可能性の概念は、「真理様相(alethic modality)」と呼ばれることが多くなった(これに対して、いま挙げた「知られていること」の方は「認識様相(epistemic modality)」などと呼ばれる)。本稿では、もっぱら真理様相のみを扱うので、「様相(性)」と言えば真理様相を表すものとしよう(併せて言う、実は時間性自身、ある種の様相——つまり時間様相——だと考えて差し支えないのだが、本稿ではこれは単に「時間性」と呼ぶ)。

ある言語が様相言明を含むとき、つまり、その言語が様相言明を形成するた

めの表現手段(リソース)を持つとき、その言語を様相的言語と呼ぶことにしよう。同様に、ある言語が時間言明を含むとき、その言語を時間的言語と呼ぶことにする。もちろん、一つの言語が様相的でありかつ時間的でもあることは当たり前起こる。実際、日本語、英語をはじめ、たいていの自然言語はそうだとと言えるだろう。その場合、様相性と時間性の間に相互作用(簡単に言えば、様相演算子と時間演算子のスコープの入れ子化、つまり、nesting)が生じることにより、単に様相的または時間的であるだけの言語に比べてより複雑な概念の表現や、推論上の振る舞いが見られることになる。これは興味深い問題であり、当然取り上げられるべきものではあるが、本稿ではとりあえずそうした相互作用は考慮に入れずに検討を進める(つまり、一つの言語が様相性と時間性を持つとしても、そのつどその一方の側だけを問題にする、ということである)。

さて、様々の様相言明/時間言明について、その意味と真偽を検討するというのであれば、なぜそうした検討が哲学的に興味深いのかは、それほど大きな困難なしに説明することができるだろう。すなわち例えば、C繊維の興奮と痛みとは必然的に同一である、といった様相言明について、なぜその真偽を追究することが哲学的に興味深いのかを説明することには、おそらくそれほどの困難はないに違いない。だがこれに対して、それをを用いて様相言明/時間言明が形成される言語そのものを問題にすること——すなわち、その言語において様相言明/時間言明が形成可能なのは、この言語がどのような特徴的な構文論的・意味論的機構を備えていることによるか、またこの機構に基づくと、各々の様相言明/時間言明の解釈は厳密にはどのように与えられるか、さらに、例えばその言語は様相言明/時間言明の形成に関して十分強力か、つまり本来、定式化可能であるはずの様相言明/時間言明のうちでその言語で書けないものはあるか、あるいはそもそも、可能な様相言明/時間言明をすべて定式化できるような言語はありうるか、あるとしたらその構文論及び意味論はどのようなものでなければならないか、等々(もちろん本稿では、これらの問題のきわめて僅かな一部を取り上げるにすぎないが)——については、なぜそれが興味深いのかを若干工夫して説明する必要があるだろう。そこで以下では、次のような考察手順を採ることにする。

第一に、最もシンプルではあるが、厳密に形式化され、現在においてもあら

ゆる様相的／時間的言語の基礎に据えられている二つの形式言語、すなわち、(1) 様相論理(modal logic)の体系——以下、MLと略記する(本稿では、その命題論理の部分のみを取り上げる)——、及び、(2) 時制論理(tense logic)の体系——以下、TLとする(やはり命題論理の部分のみを扱う)——に戻って、それらが哲学的に見ていかなる点で注目すべきものであるかを簡単に確認する。そしてその上で、第二に、MLとTLにどのような(表現力に関わる)限界があるか、そうした限界が、近年(特に1990年代から)急速に発展した新しい体系、すなわち、(3) 多相ハイブリッド論理(multi-modal hybrid logic)——以下、MHLとする——によって、どのように克服されたのかを解説する(MHLは、ML及びTLの命題論理部分のごく自然な拡張といってよいもの——技術的にもそれほど難しくない——である。なお、このように通常MHLは命題論理の体系としてだけ展開されるが、これはMHLがそれ自体で十分な論理的複雑さと強さを持つためである)。

後に見るが、MHLを用いることで初めて定式化可能となった様相的／時間的な諸言明のうちには、もちろん一方で、ある種の抽象的な遷移プロセス(コンピュータ・プログラムの実行など)を記述する命題として理解するのが相応しいものも多々ある(実際、こうしたプロセスの記述能力の高さゆえに、現在、MHLやそれに近縁の諸言語は、計算機科学で盛んに応用されている)。しかし同時に、その対極と言えるようなもの、すなわち典型的には、日常言語に登場する指標的な諸言明(その中でも特に、その論理形式や真理条件が直ちには明らかでなく、論者によって見解が別れうるもの)、すなわち例えば、迷子になっていた人が、自分のロケーションが*i*点であることに気づいて発する「(いま、ここは)*i*だ！」や、あるいはまた、あるゲームの二つの想定局面(可能的状況)について考えていた人が、指し手  $\alpha$  を指すことで一方から他方へと移行できることに気づいて発する「(そこからそこへは)  $\alpha$  で行ける！」に相当するような諸言明も含まれる。これらは一見、あまりに不精確・不完全であり、洗練された論理的道具立てによる取り扱いには馴染まないように思えるかもしれないが、事情はむしろ逆であって、MHLのようなソフィスティケートされた形式言語を用いることではじめて、これらの言明の納得のいく分析が得られる——その本来の様相性／時間性が露になるような仕方、論理形式と真理条件とが与えられる——と考

えることができる。

こうした事実を踏まえるとき、おそらく我々は、言語が様相的／時間的であるとはどのようなことかについて、従来の概念的水準——ML/TLの具現する様相性／時間性に対応した水準——以上に掘り下げた分析を行うことを求められるだろう。同時にまた、狭義の日常言語に限らず、我々を取り巻く様々な現実中の言語——例えば、形式的数学理論（これら自体は、非様相的・非時間的言語と考えてよい）の背景を成し、実際の数学的な理論活動の展開のために用いられる「数学の地の言語」など——についても、従来、我々がそう思っていた以上に深い様相性・時間性がそこに内包されている可能性があることをまじめに考慮する必要に迫られるだろう。このような考察の結果、改めて、そうした諸言語と“世界”との間に、これまでよく理解されていなかったどのような結びつきが含まれることが明らかとなってくるか。——いささか話が遠くに行き過ぎたが、こうした方向の考察に向けて最初の一歩を進めることが、すなわち本稿の目的に他ならない。そこで、具体的な検討に入ることにしよう。

## 2. 非様相的・非時間的言語 CL と、その様相的／時間的な拡張 ML/TL

MLとTLは、いずれも、多くの人に馴染み深い古典命題論理（以下、CL）の（比較的簡単な）拡張である。ところで、CL自身は、様相的言語でも時間的言語でもないと考えてよく、他方、上でも示唆した通り、ML/TLは、様相的／時間的言語の代表例と言えるものである。では、そのことの精確な理由は何だろうか。つまり、そもそもCLは、どのような構造の言語であることによって非様相的・非時間的言語であるのか。またこれに対して、ML/TLは、そうしたCLの構造のどこがどう拡張（一般化）されたことによって、様相的／時間的言語となっているのか。この点を見るために、まず、三者を語彙の面で比較しよう。

CLの語彙は、(1)原子命題（ふつう可算無限個用意する）： $p, q, r, \dots$ 、(2)文結合子： $\rightarrow$ （ならば）、 $\neg$ （でない）、からできており、これらの記号を、次のような規則に従って組み合わせた結果が、すなわちCLにおける文——整式（well-formed formula）——である。

[CL-WFF] 古典命題論理の整式  $\phi ::= p | \neg\phi | \phi \rightarrow \phi$

ここで、 $p$  は原子命題を代表しており、 $\phi$  と  $\psi$  は一般の整式を代表している。つまりこの[CL-WFF]が述べているのは、(1)任意の原子命題  $p$  は整式、(2)任意の整式  $\phi$  に  $\neg$  を適用した結果も整式、(3)任意の整式  $\phi$  と  $\psi$  に  $\rightarrow$  を適用した結果も整式、(4)そして整式は以上に限る、ということである。こうして例えば、 $(\neg q \rightarrow \neg p) \rightarrow (p \rightarrow q)$ などがこの論理の整式となることが言える(なお、周知の通り、ふつう、 $\rightarrow$  と  $\neg$  を用いてさらに二つの文結合子  $\wedge$ (かつ)、 $\vee$ (または)が定義される。以下、適宜これら両者も用いよう)。

これに対して ML の語彙は、CL の語彙に、さらに二つの文演算子、つまり、(1)必然性演算子  $\Box$  : 必然的に……、(2)可能性演算子  $\Diamond$  : 可能的に……、を付け加えて得られる(ふつう、 $\Diamond$  は  $\Box$  を用いて定義されるが、ここでは見易さのため、二つとも原始記号として導入しておく)。文演算子とは、任意の整式に適用可能で、しかもその結果がまた整式となるような演算子であるから、ML の整式の定義は次のようになる。

[ML-WFF] 様相論理の整式  $\phi ::= p | \neg\phi | \phi \rightarrow \phi | \Box\phi | \Diamond\phi$

TL についても見てみよう。この場合は、CL の語彙に、四つの文演算子、(1)過去存在演算子  $P$  : いまより以前、あるとき……、(2)過去全称演算子  $H$  : いまより以前、ずっと……、(3)未来存在演算子  $F$  : いまより以後、あるとき……、(4)未来全称演算子  $G$  : いまより以後、ずっと……、が付け加えられる(やはり、ふつう  $P$  は  $G$  を用いて、また  $F$  は  $H$  を用いて定義されるが、ここでは見易さのため、四つを原始記号として導入しておく)。したがって、TL の整式は次の通りである。

[TL-WFF] 時制論理の整式  $\phi ::= p | \neg\phi | \phi \rightarrow \phi | P\phi | H\phi | F\phi | G\phi$

以上の通り、まず語彙の面から見て、ML は CL を様相的に(つまり様相演算子によって)、TL は CL を時間的に(時制演算子によって)拡張したものである

が、それだけでなく、ML/TLはより根本的に、意味論(簡単に言えば、整式の解釈の仕方)の点でも、また証明系(定理を導出するためのメカニズム)の点でも、やはりそれぞれ、CLの様相的/時間的な拡張と言えるものになっている。とりわけ重要なのは、よく知られている通り、意味論における拡張(一般化)であり、文字通りこの拡張が、非様相的・非時間的言語であるCLを超えて、ML/TLを様相的/時間的言語に“進化”させていると言ってよいだろう。しかしその点を見る前に、起こりがちな混同を防ぐため、まず次の点を指摘しておこう。

もともとCLに含まれている整式、つまり、様相演算子 $\Box$ 、 $\Diamond$ 、時制演算子P、H、F、Gの出現を一切含まない整式を、「古典式」と呼ぼう。他方、様相演算子/時制演算子を含んだ整式を、それぞれ「様相式」/「時間式」と呼ぼう。さて、詳しくは以下で見るわけであるが、とりあえず、様相式/時間式が、それぞれ様相的/時間的言明に相当することは確かだとしておこう(一般に、形式言語の整式は、それ自体では解釈を具備していないため、本来の意味での言明(statement)——つまり、大まかに言って、一定の確定的命題を表現する文——ではないとされることが多い。この理由から、いまの箇所や、これに類するそれ以前の箇所では、「である」とせず「相当する」と述べた。しかし、本稿でCL及びML/TLについて考える場合、次節で見る“冥王星の事例の形式化”のように、基本的にはこれらの言語(の断片)の具体的な適用を問題にしている——このときには、意図された解釈が必ず伴っている——ため、特にこの点にこだわる必要はない。そこで以下では、単に「である」と言うことにしよう)。しかしそれでは、古典式については事情はどうだろうか。一見、それらは、ML/TLにおいても非様相的・非時間的言明であり続けるように思えるかもしれない。しかしこれは正しくない。なぜなら、ML/TLでは意味論自体が拡張されているため、同じ古典式であっても、CLにおけるのとは異なった仕方(すなわち、様相的/時間的と言ってよい仕方)で解釈されるからである。では古典式は、ML/TLにおいてどのような様相性/時間性を具現するのか。おそらく容易に予想されるだろうが、古典式がMLにおいて具現する様相とは、現実性(「現に・・・」)であり、TLにおいて具現する時間性とは、現在性(「いま・・・」)である。誤解の余地はないかもしれないが、次の点に注意しよう。このようにML/TLにおいて古典式が現実性/現在性を具現するからといって、このこと

を CL における古典式にまで遡及的に当てはめることはもちろんできない。CL ではすべての整式が、非様相的／非時間的に解釈されるからである。

こうして次のことが理解される。一般に (CL, ML, TL といった) 形式言語が問題となっている場合、その言語が非様相的・非時間的であれば、そこに含まれる言明はすべて非様相的・非時間的である。同様に、その言語が様相的／時間的であれば、そこに含まれる言明はいずれも様相化 (modalized)／時間化 (tensed) されており、つまり、実はすべてが様相言明／時間言明である。もちろんこれに対して、我々を取り巻く現実の諸言語については、もっと事情は複雑だと言わねばならない。なぜなら、すでに触れた通り、そうした諸言語は、様相的／時間的なものも非様相的・非時間的なものも様々にあり、しかもそれだけでなく、一方が他方に埋め込まれ、また相互に翻訳し合うといった仕方できわめて複雑に関係づけられているため、特に自然言語の諸言明の場合、それらが様相的／時間的であるかそうでないかは、その表現形式だけから単純に決めることはできず、むしろ一つ一つについて、その意図された解釈や実際の用法を参照することにより判定する以外ないからである。しかし、こうしたそれ自体興味ある状況について考えるためにも、いま形式言語について確認した点——様相的／時間的言語の場合、その諸言明はすべて様相化・時間化されており、非様相的・非時間的言語の場合は、一切、様相化も時間化もない——は、重要な言語分析上の原則として確認されてよいだろう。

というところで、意味論の検討に進もう。以下ではまず、一旦、様相／時間言明の身近な事例 (日常言語のレベルで見出されるごく平易なもの) に戻って、こうした言明が、非様相的・非時間的言明には決して見られない、ある特徴的な意味論的特性を (もちろん未だインフォーマルで潜在的な仕方においてであるが) 含んでいることを説明する。その上で、実際に ML/TL を用いて、これらの様相／時間言明がどのように形式化されるか (その結果、どのような厳密な意味論が与えられるか) を確認しよう。これによって、ML/TL が備えている固有の意味論的な枠組みが、そうした様相的／時間的言明の意味論的特性を適切に再現する——と言うより、より掘り下げた精確な仕方でも明示化する——ものであることがはっきりすると思われる。そしてこれに伴い、上に述べた原則が改めて具体的に理解されるとともに、CL のような非様相的・非時間的言語の

場合と対比したとき、一般に ML/TL のような様相的/時間的言語に対して拡張された意味論が与えられるのはなぜであり、またそれを通じて何が可能となっているのかも、おおよそ見通しよく把握されるだろう。

### 3. 様相/時間言明の意味論的特性：

#### 可能な発話時点＝値踏み点の内在的特徴づけ

おそらく記憶に新しい人も多いだろうが、冥王星は、その発見(1930年2月)以来、太陽系の惑星(planet)の一つとされてきたにもかかわらず、2006年8月、準惑星(dwarf planet)として分類し直された。そこで、次の二つの日本語の言明を考えてみよう。

[pl] いま、冥王星は惑星に分類されている。

[dpl] いま、冥王星は準惑星に分類されている。

先に注意した通り、一般に自然言語の言明について、その表現形式だけから様相的/時間的であるか否かを云々することは必ずしも適切ではない。しかしこれら二者については、時間言明(現在性を具現する言明)として使用することが可能であることは明らかとしてよいはずである。そこでここでは、そうした時間言明としての使用がなされる場合のみに関心を限ることにしよう。さて、1930年2月以降、2006年8月まで(8月自身は除く)の何らかの時点(月単位で考えよう)においてこれらが発話されたとする(その場合、[dpl]が発話されるという想定はやや不自然ではあるが、特に不合理であるわけではなく、ここではこだわらない)、[pl]は真であり、[dpl]は偽である。他方また、2006年8月において、あるいはさらに、それより後——再び分類に変化が起こるといった余地を排除するため、話を2012年12月までに限っておこう——の何らかの時点において発話されれば、[pl]は偽であり、[dpl]は真である。つまり、ひとまず次のように事情をまとめることができる。[pl]は、どの時点において発話されようと(ここで言う「時点」の動く範囲は、以上での取り決めに合わせて、1930年2月から2012年12月までとする——以下でも同様)、その時点を「そこにお

いて、冥王星が惑星に分類されている時点」として特徴づける働きをし、これとパラレルに[*dpl*]は、どの時点において発話されようと、その時点を「そこにおいて、冥王星が準惑星に分類されている時点」として特徴づける働きをする、ということである。そこでもう少し踏み込んで問題を考えてみよう。

第一に、上記の通り、[*pl*]([*dpl*])は、それが発話された時点を「そこにおいて冥王星が惑星(／準惑星)に分類されている時点」として特徴づけるが、その際、この特徴づけ自身が、まさに時間的(現在的)な仕方で行われていること、言い換えると、[*pl*]([*dpl*])は当の時点を「そこにおいて、いま冥王星が、惑星(／準惑星)に分類されている時点」という仕方の特徴づけていることに留意しよう。実際、例えば[*dpl*]は、2006年7月に発話されれば偽であるが、8月に発話されれば真である。その理由は、[*dpl*]が、一般にその発話時点を、例えば「そこにおいて、それより以前のあるとき、冥王星が準惑星に分類されていた時点」として特徴づける(言い換えれば、その時点に対し、かつてそうであったという過去の仕方)で「そこにおいて、冥王星が準惑星に分類される時点」という(特徴づけを与える)などといったことはなく——もしもそうであったら、当然、7月の発話だけでなく、8月の発話も偽となる——、あくまで「そこにおいて、いま、冥王星が準惑星に分類されている時点」として現在的に特徴づけるからに他ならない。このように、一般に[*pl*][*dpl*]のような現在性を具現する言明においては、その発話時点について、その時点を現在として遇する仕方、一定の特徴づけが行われることが判る(こうした特徴づけのやり方は、しばしば様相論理学の分野では、「内在的な——つまり、当該時点に内在した——」特徴づけとか、「内在的な観点からの」特徴づけなどとも言い表される)。

ところでこうした「発話時点を現在として内在的に特徴づける」という働きは、単に現在性を具現する言明の場合のみに見られるのではなく、実は、時間言明一般に認められることである。例えば次を考えよう。

[*ppl*] いまより以前のあるとき、冥王星は惑星に分類されていた。

例えば、2012年12月——*u* としよう——に発話されれば、[*ppl*]は真である。このとき、[*ppl*]は、その発話時点 *u* を、「そこにおいて、いまより以前のある

とき、冥王星が惑星に分類されていた時点」という仕方で特徴づけている。この言い方では未だ明瞭ではないが、しかし以上の  $u$  の特徴づけのうちには、インプリシットに(量化を介して)何らかの過去の時点—— $r$ としよう——が含まれているわけであるから、 $r$  に明示的に言及する形で書き換えてみよう。するとここで  $u$  は「そこにおいて、いま、それより以前のある時点  $r$  が存在している時点——ただし、 $r$  とは、そこにおいて、いま、冥王星が惑星に分類されている時点——」といった仕方で、まさに現在の・内在的に特徴づけられていることが判る。

とはいえ、以上のように述べてくると、次のような疑問が生じるかもしれない。すなわち、「時間言明の行う発話時点の特徴づけは、必ずしも時間的(現在の・内在的)である必要はなく、単に無時間的であってもよいのではないか」、と。もう少し説明してみよう。例えば、次のような非時間的言明(永久文)——少なくとも、そのように使用しうるはずのもの——を考えよう。

[nt] 2006年7月において、冥王星は衛星に分類される。

ちょうど2006年7月に、[pl]とこの[nt]が発話されたとすると、どちらの発話も真である。ところでその場合、[nt]の当該の発話が行っている2006年7月についての特徴づけは、非時間的(無時制的)なものである。だがそうだとすると、[pl]の当該の発話も、やはり2006年7月を、非時間的(無時制的)に特徴づけていると考えることはできないのか。——これがいま述べた疑問の趣旨である。

これに対して指摘すべきなのは、[nt]の場合、[pl]と本質的に異なり、〈発話時点についての特徴づけ〉と見なしうるような意味論的働きをまったく行っていない(そうした働きを行うための仕組みをそもそも含んでいない)ということである。確かに、[nt](の当該の発話)も2006年7月について一定の特徴づけを行っている。だが、[pl]の場合、それをを用いて2006年7月についての特徴づけを行うためには、まさに2006年7月に発話が行われることが必須であるのに対し、[nt]を用いた場合は、いついかなるときに発話が行われようと、2006年7月についての特徴づけを行うことができる。これはすなわち、[nt]は、たとえ2006

年7月に発話されようと、何らその発話時点を特徴づけているのではなく、あくまでまったく非時間的に——時点の名を用いるという純粹に脈絡独立な仕方——問題となる時点(2006年7月)を指示し、それについての特徴づけを——やはり脈絡独立な仕方——で行っている、ということである。——とはいえ、ここまで述べたことは正しいとしても、依然として、[p]が行う発話時点の特徴づけを、何らかの仕方では非時間的なものとして解釈する余地が残されるかもしれない。だがそのためにはまず、非時間性・無時制性についてより明確で掘り下げた特徴づけを与える必要がある。しかし現状ではそうしたものが与えられているとは考えられない。そこで本稿では、以上の考察に基づき、次のように結論して差し支えないと思われる。すなわち、およそいかなる時間言明も、意味論的に見て、それが発話された時点についての特徴づけを行うという働きをし、しかもその特徴づけを、「いま……ている」という現在の・内在的な仕方で行う、ということである。

ところで他方、第二に、ここで看過してはならないのは、時間言明の行う(時点についての特徴づけ)という働きを、単に直接の発話時点との関係だけで理解してしまっただけでなく、不十分だということである。もう一度、先の[ppi]の時点uにおける発話を考えよう。実はそこでは、rは直接の発話時点とはなっていないが、いわば、可能的な発話時点=可能的な現在として遇されていることが判る。というのも、[ppi]のこの発話は、第一に、直接の発話時点uを一定の仕方の特徴づけ、第二にそれとともに、rをもuの観点から見て(つまり、uよりも過去の時点として)一定の仕方の特徴づけているが、しかし話はそれだけには終わっておらず、第三に、(uから見るのではなく)rそのものに内在する観点から、つまり、rを仮想的(可能的)な発話時点=現在として遇した上で、r自身を、まさに現在の仕方(「そこにおいて、いま、冥王星が惑星に分類されている時点」という仕方)で特徴づけているからである。このように、一般に時間言明は、[p]や[dpl]のように単なる現在性言明(2節で形式言語との関わりで導入した用語をここでも使ってよければ、「古典式」に当たるもの)の場合は、確かに直接の発話時点の特徴づけを行うに留まるが、しかしより一般に[ppi]のような過去性や未来性を含んだもの(「時間式」に対応するもの)の場合は、直接の発話時点以外の多様な諸時点に(時点量化を介して)インプリシットに言及してお

り、そうした時点の各々を、一定の手順に従って次々と可能的な発話時点＝可能的現在として遇し、この時点に内在的な観点から（つまり、この時点自身を現在と見る観点から）この時点についての特徴づけを行っている、ということである。

整理しよう。一般に時間言明は、以上のような多重的な仕方では、そこに導入される様々の時点について、それぞれの時点を順次現在として遇しつつ——つまり、当該の時点に次々と内在的な観点を取りつつ——一定の仕方では特徴づける。その場合もちろん、各々の特徴づけ自身は、当該の時点に当てはまる（真になる）場合もあれば、当てはまらない（偽になる）場合もある。つまりここに起きているのは、各時点に相対的かつ内在的に行われる、真偽の評価（当該の特徴づけが当該の時点を正しく特徴づけているか否かの決定）に他ならない。言い換えれば、次節で見る形式的意味論の用語を先取りして言うと、ここでは各時点とは、言明（整式）の真偽を評価する場としての、いわゆる「値踏み点（point of evaluation）」の役割を果たしているものであり、この意味で、時間言明が行う〈時点の特徴づけ〉とは、一般には（単なる「直接の発話時点の特徴づけ」にとどまらない）〈可能な発話時点＝値踏み点の特徴づけ〉、しかも〈内的な特徴づけ〉だと理解するのが適切である（あるいは、さらにこう言い換えてもよいだろう。時間言明にとっては、そこに含まれる可能な発話時点＝値踏み点が、いわば、そのつど行われる特徴づけにとって（語のラッセルの意味合いでの）“論理的主語（logical subject）”としての役割を担っており、これに対して特徴づけの側は、基本的に、論理的な主語に対して内在的に述定される“述語（predicate）”としての役割を果たす、ということである）。

以上に見てきたインフォーマルな考察の再確認を兼ねて、最後に、少しだけ様相言明の場合を見ておこう。そこでも基本的な事情は同じであることが判る。例えば、あるレストランでは、主菜としてビーフか海老の一方、飲み物としてコーヒーか紅茶の一方を選択できるランチのコースが用意されているとしよう（つまり、ビーフ×コーヒー(a)、ビーフ×紅茶(b)、海老×コーヒー(c)、海老×紅茶(d)、という四タイプがある）。注文は、必ず段階を踏み、まず主菜の選択、次いで飲み物の選択、と進む。いま、月子がやって来てランチのコースを注文し——状況 s1——、次いでビーフを選び（タイプ a と b のどちらかに絞ら

れている)——s2——, さらに紅茶を選ぶ(bに絞られる)——s3——, というシナリオを考えてみよう。このとき, 例えば「現に, 月子は b を選択済みである」という言明(現実性を体現した様相言明)は, もしも状況 s3 において発話され, したがってまた, s3 が値踏み点に採られるならば真であり, そうでなければ(s1, s2 ならば)偽である。これはもちろん, この言明が値踏み点(この場合は発話状況に一致)についての特徴づけを行っており, しかもその特徴づけが, s3 について正しい(s1, s2 についてはそうではない)ということによっている。他方, 「月子が, 現に a を選択済みであるか, または, 現に b を選択済みである」という事態は, 現に実現可能であるが, 現に c を, または, 現に d を選択済みであるという事態は, 現に実現不可能である」という, 単なる現実性言明を超えた様相言明を考えよう。これは, s2 において発話され, s2 を値踏み点に採れば真(s1, s3 では偽)であるが, より詳しく言えば, そうであるのは, 「実現可能である」という様相表現を介してこの言明がインプリシットな可能状況への量化を含んでおり, そしてそうした可能状況について, これを可能的発話状況=可能的現実として遇し, 「そこにおいて, 現に a を選択済みであるか, または, 現に b を選択済みである」という内在的な特徴づけを与えているから——そしてその特徴づけが, まさに s2 から到達可能な可能状況 s3 について(現実性において)当てはまる(正しく特徴づけている)から——に他ならない。

こうして, ひとまずインフォーマルな様相/時間言明について考えることにより, これらの言明の特徴が, (一般に入れ子状に多重化した)可能な発話時点=値踏み点についての内的(現在の・現実的)特徴づけを行うという点にあることは, 十分明らかになったとしてよいだろう。そこで次に, ML/TL が, どのような特徴的な意味論的枠組みを用意することにより, こうした様相/時間言明の特性を再現し, さらに精確化しているのかを見てみよう。

#### 4. ML/TL による様相/時間言明の形式化——TL の場合を中心に

例えば, [p] と [dpl], さらにこれらに関連する諸言明は, TL を用いるとどのように形式化されるだろうか。まず, TL の原子命題 p と q を取り, 前者によって [p], 後者によって [dpl] を代理させるものとしよう。すると, TL のシン

タクスを用いることにより、例えば、(1)  $p \wedge \neg q$ , (2)  $H(p \wedge \neg q) \wedge G(\neg p \wedge q)$ , (3)  $P(H(p \wedge \neg q) \wedge G(\neg p \wedge q))$ , といった諸言明(解釈付きの TL の整式)が形成可能となる。では、これらは精確にはどのような意味(解釈)を持つだろうか。この点を見るために、この TL 断片に対する意味論を特定してみよう。

教科書的記述等を通じてよく知られていることだが、ML/TL の解釈は、ふつう関係構造(relational structure)に立脚した意味論(いわゆるクリプキ意味論)を用いて与えられる。すなわち TL の場合で言えば、まず、空でない適当な集合  $T$  と、 $T$  上の一定の関係  $<$  とを組み合わせた順序対  $\langle T, < \rangle$  ——「時点構造(time structure)」と呼ばれる——が用意され、このとき、 $T$  の各メンバー(時点)は、各整式の真偽の評価を行うための場——上では先取的に、これを「値踏み点(point of evaluation)」と呼んできた——としての役割を果たす。そしてこれに応じて関係  $<$  は、これら時点たちの間の時間的關係(前後關係)を代理することになる(併せて言えば、もちろん ML 意味論の場合には、 $\langle T, < \rangle$  に換えて、可能世界構造(possible world structure) (「クリプキ・フレーム」とも言う)  $\langle W, R \rangle$  ——ここで  $W$  は可能世界全体の集合、 $R$  は可能世界間の到達可能性關係である——が用意される。時点構造(／可能世界構造)の働きは順を追って見るとして、まず、我々の場合に即してこの構造を一つ定めておこう(これを  $\langle Tpl, <pl \rangle$ )と書こう)。技術的に言えば、こうした構造としてはきわめて多様なものが許される(例えば、各時点における未来が一意に確定しない分岐構造であっても何ら差し支えない)が、簡単のため、 $Tpl$  として、1930年2月から、例えば2012年12月までのすべての月(の形式的代理物)の集合を採り、関係  $<pl$  を、「 $Tpl$  の元  $t, u$  について、 $t <pl u$  であるのは、 $t$  が  $u$  より早い月であるとき、かつそのときに限る」と定義しておく。

さて、次いで TL(／ML)の意味論において行われるのは、原子命題たち(我々の例では  $p$  と  $q$  のみ)の真偽を定めること、つまり、そうした真偽の割り当てを行う適当な付値関数(valuation function)  $V$  を用意することである。このとき、時間構造(／可能世界構造)の最初の働きが現れる。すなわち、TL(／ML)意味論においては、各原子命題の真偽は、(CL 意味論におけるように)単純に絶対的に定められるのではなく、時点構造(／可能世界構造)に属する各時点(／各可能世界)に相対的に定められる、ということである。もう少し技術的詳細を追って

おこう。原子命題全体の集合を  $\text{Prop}$  と書き、真理値・真を  $\text{tt}$ 、偽を  $\text{ff}$  と書く。CL のような非様相的・非時間的言語の場合、その意味論はそもそも可能な発話時点(発話状況) = 値踏み点の体系としての関係構造を含んでおらず、一般にそこでの付値関数  $V$  は単なる原子命題の関数にすぎない(つまり  $V$  は、領域  $\text{Prop}$  から余領域  $\{\text{tt}, \text{ff}\}$  への関数であり、このことをふつう、 $V: \text{Prop} \rightarrow \{\text{tt}, \text{ff}\}$ 、と書く)。これはもちろん、そこで扱われる原子命題——それら原子命題によって形式化されている、具体的なインフォーマルな諸言明、つまり例えば、先の  $[\text{nt}]$  ——が、非様相的・非時間的なもの(発話時点 = 値踏み点についての特徴づけを行わないもの)であることに対応している。他方、TL(/ML)においては、一般に付値関数  $V$  は、原子命題と時点(/可能世界)との関数であり、つまり  $V$  は、 $\text{Prop}$  と  $T(/W)$  の直積から  $\{\text{tt}, \text{ff}\}$  への関数である ( $V: \text{Prop} \times T(/W) \rightarrow \{\text{tt}, \text{ff}\}$ )。一見、見て取りにくいのが、このとき、原子命題と時点(/可能世界)とのペアによってモデル化されているのは、当の原子命題が当の時点(/可能世界)において発話され、これによって、この時点(/可能世界)についての内的な特徴づけが行われる、という事態そのものである。付値関数  $V$  は、そうした特徴づけが正しい仕方で行われているか、または間違った仕方で行われているかに応じて、 $\text{tt}$  または  $\text{ff}$  の値を返すのだと考えてよい。こうして、TL/ML の意味論における付値関数  $V$  が、前節で見た時間/様相言明の意味論的特性を適切に反映し、それを精確化するものであることは明らかとしてよいだろう。

というところで、我々の例における  $V_{\text{pl}}$  を特定しておこう。  $p, q$  でもって  $[\text{pl}]$ ,  $[\text{dpl}]$  を代理させようとする我々の意図からすれば、次のように定義すればよい (iff は双条件法を現す)。

- [V] 任意の  $t(t \in T_{\text{pl}})$  について、
- (1)  $t$  が 2006 年 8 月より早いとき、 $V_{\text{pl}}(p, t) = \text{tt}$ ,  
それ以外るとき、 $V_{\text{pl}}(p, t) = \text{ff}$ ,
  - (2)  $t$  が 2006 年 8 月以降のとき、 $V_{\text{pl}}(q, t) = \text{tt}$ ,  
それ以外るとき、 $V_{\text{pl}}(q, t) = \text{ff}$ .

以上のように、一つの時点構造(/可能世界構造)とその上の付値関数とが定

義されたとき、これをモデル(ふつう  $M$  で表す)と呼ぶ。つまり我々の場合で言えば、モデル  $M_{pl}$  とは次のような構造(三つ組み)である。

[モデル  $M_{pl}$ ]  $M_{pl} = \langle T_{pl}, \langle pl, V_{pl} \rangle$

さて、TL(/ML)意味論における最後の作業は、モデル  $M$  における一般の整式の——時点(/可能世界)相対的な——真偽を定義することである。その具体的なやり方はよく知られている通りであり、すなわち、任意の時点  $t$ (/可能世界  $w$ )について、(1)原子命題の真偽は、付値関数  $V$  の通りに定め、また、(2)条件法式  $\phi \rightarrow \psi$ 、及び、否定式  $\neg \phi$  の真偽は、通常の実理関数の通りに定め、さらに、(3)時制演算子(/様相演算子)を適用された式の真偽については、次の通りとする(ここでは、過去存在演算子  $P$  と、未来全称演算子  $G$  の場合だけ書いておく。なお、後論のために、様相演算子の場合についても、必然性演算子  $\Box$  と可能性演算子  $\Diamond$  について書いておくことにする)。以下、 $\phi$  が、モデル  $M$  において、時点  $t$ (/可能世界  $w$ )で真であることを、 $M, t \models \phi$  (/  $M, w \models \phi$ )と書く(iffはメタ言語での双条件法を表す)。

[ $P$ ]  $M, t \models P\phi$  iff 何らかの  $u \in T$  が存在して、 $u < t$  かつ  $M, u \models \phi$   
(つまり、 $t$  より以前のある時点  $u$  で、 $\phi$  は真)、

[ $G$ ]  $M, t \models G\phi$  iff 任意の  $u \in T$  について、 $t < u$  ならば  $M, u \models \phi$   
( $t$  より以後のあらゆる時点で、 $\phi$  は真)、

[ $\Box$ ]  $M, w \models \Box\phi$  iff 任意の  $v \in W$  について、 $wRv$  ならば  $M, v \models \phi$   
( $w$  から到達可能なあらゆる可能世界  $v$  で、 $\phi$  は真)、

[ $\Diamond$ ]  $M, w \models \Diamond\phi$  iff 何らかの  $u \in W$  が存在して、 $wRv$  かつ  $M, v \models \phi$   
( $w$  から到達可能なある可能世界  $v$  で、 $\phi$  は真)。

そこで、本節冒頭で掲げた我々の TL 断片の三つの言明、すなわち、(1)  $p \wedge \neg q$ 、(2)  $H(p \wedge \neg q) \wedge G(\neg p \wedge q)$ 、(3)  $P(H(p \wedge \neg q) \wedge G(\neg p \wedge q))$ 、の解釈に戻ろう。——ただし、残念ながらそろそろ紙幅も尽きたため、本稿そのものは一旦ここで閉じさせて頂くことにする。予定している続編の基本的な内容は、本稿の冒頭で予告

した通り、多相ハイブリッド論理を手がかりに、我々の言語の様相性／時間性をさらに掘り下げて分析することにあるが、この辺りの事情についてある程度見通しを持つことが可能となるように、以下に僅かではあるが解説的な記述を含んだ「文献紹介」を置かせて頂く。併せてご一読いただければ幸いである。

## 文献紹介

(1) 様相論理全般について：現在、最も充実している教科書は、次のものである。

Blackburn, P., de Rijke, M. and Venema, Y., *Modal Logic*, Cambridge University Press, 2001.

また次は、様相述語論理を中心主題としているものの、様相論理全般に含まれる哲学的諸問題を(通常の様相形而上学関連の著作・論文類を凌駕する)的確さと詳しさとで解説しており、大変有益である。

Fitting, M. and Mendelsohn, R. L., *First-Order Modal Logic*, Kluwer, 1998.

さらに、動的論理(多相的様相論理)の紹介としては、次が非常に判りやすい。

Eijck, J. V., and Stokhof, M., "The Gamut of Dynamic Logics", in Gabbay D. M. and Woods, J., (eds.), *Handbook of the History of Logic*, vol. 7, Elsevier, 2006.

(2) 時制論理について：言うまでもなく、開発者である A. N. プライアーの著作がまず参照されるべきである(特に次のものが重要)。本稿の第3節は、プライアーの考えのうちの一定の側面(内在主義)を、ブラックバーンらによる近年の解釈を参考にしながらできるだけ一般性を持たせて展開しようとしたものである。

A. N. Prior, (ed. by Hasle, P., Øhrstrøm, P., Brauner, T., and Copeland, J.), *Papers on Time and Tense*, Oxford University Press, 2003.

プライアーについての解説としては、例えば次が平易で、しかも十分要を得ている。

Øhrstrøm, P., and Hasle, P. F. V., "A. N. Prior's Logic", in Gabbay D. M. and Woods, J., (eds.), *Handbook of the History of Logic*, vol. 7, Elsevier, 2006.

(3) ハイブリッド論理について：膨大な文献があり、次のウェブサイトで多くがダウンロードできる。

Hybrid Logics: <http://hylo.loria.fr/>

特に重要な諸論文は、以下のものなど(本稿の後続部分でその一部を取り上げ、解説を加える)。

Areces, C. and ten Cate, B., “Hybrid Logics” in Blackburn, P., van Benthem, J. F. A.K. and Wolter, F., (eds.), *Handbook of Modal Logic*, Elsevier, 2007.

Blackburn, P. and Tzakova, M., “Hybrid Languages and Temporal Logic(Full Version)”, in *Logic Journal of the IGPL*, 7(1):27–54, 1999.

Blackburn, P. and ten Cate, B., “Pure Extensions, Proof Rules, and Hybrid Axiomatics”, in *Studia Logica*, 2006. 1–47.

(4) 数学の哲学との関連：本稿冒頭で述べた「数学の地の言語」の本来的な様相性・時間性の問題は、実はウィトゲンシュタインによって徹底して探究されている(本稿の後続部分で、ハイブリッド論理と関連づけて取り上げる予定)。特に、次の著作(のとりわけ前半部分)を参照されたい。

Diamond, C. (ed.), *Wittgenstein's Lectures on the Foundations of Mathematics*, Cambridge, 1939, Ithaca University Press, 1976.

さらに、数学の理論言語を直接的に時間化しようとした企てとしては、もちろん直観主義者ブラウワーの仕事を一に参照すべきである。ここでは、そうした彼の仕事についての本格的で興味深い入門書として、以下を挙げておく。

Van Atten, M., *On Brouwer*, Wadsworth, 2003/4.