

# カントと現代空間論

倉 持 武

「ある物体が他の物体に対して、作用や力を運ぶなんらの仲介者もなしに虚空を隔てて働きかけることを可能にしようなどという考えは、ものごとを哲学的に考える力をもった人なら頭に思い浮かべもしないほど馬鹿げているように思われる」

A. ニュートン<sup>(1)</sup>

## I 序

カントの空間論・幾何学論の基本テーゼは「空間は純粋直観」であり、「幾何学は空間に関するアプリアリな総合判断の体系」であると言表すことができる。カントの空間論・幾何学論に対する諸批判もこの基本テーゼに集中している。ある批判者曰く、「空間の性格は経験的にのみ決定することができる、客観的妥当性をもつ幾何学的判断は経験的総合判断の体系である」と。他の批判者曰く、「幾何学は分析判断の体系である」と。

小論の目的はカントの空間論・幾何学論の基本テーゼに加えられた諸批判の検討を通して、カントの基本テーゼが現代物理学においても脈々と生き続けていることを示すことにある。

## II カントの空間論・幾何学論批判の前提

カントの空間論および幾何学論に対する諸批判は、カントの空間がユークリッド空間であり、カントの幾何学がユークリッド幾何学であることを前提している。

しかし、カントの「先験的感性論」の本文からはカントの空間のユークリッド性は導かれない。カントがそこで主張しているのは以下の三点のみである。

①空間の無限性（これは正の曲率をもつ空間においては成立しないが、曲率が0、又は負の曲率をもつ空間においては成立する）。

②空間および幾何学の唯一性（これは複数の幾何学の並立および不均質な空間の存在と矛盾するようにみえるが、空間および幾何学の唯一性から空間および幾何学のユークリッド性が導かれるわけではない）。

③空間が純粋直観であること（純粋直観が経験的実在性および先験的観念性をもつことは議論の対象となりうるが、それは、カントの空間および幾何学がユークリッドであることを理由に議論の対象となるわけではなく、カントの空間および幾何学が非ユークリッド的であったとしても当然議論の対象とならざるをえないのであって、ここからカントの空間および幾何学のユークリッド性を導き出すことはできない）。ちなみに、

④幾何学の客観的妥当性の問題を捨象して純粋数学の一部門としてとらえる場合、幾何学的判断がアプリアリな総合判断であることから幾何学のユークリッド性を直接導き出すことはできない。

ロバチェフスキー幾何学においても、リーマン幾何学においても、諸定理はそれぞれの体系の公理系から、アプリアリかつ総合的に導き出されるのである。その導出がアプリアリであるのは、「それ以外の仕方ではありえない」(B3)<sup>(2)</sup>、つまり「真のないし厳密な普遍性 wahre oder strenge Allgemeinheit」(B3)をもって、その導出がなされるからである。それが総合的であるのは、その導出が単なる概念の分析にもとづくのではないからである。つまり、その導出は「同一性によって思

考される」(B10) ことにのみもとづくのではなく、純粋直観を介して、すなわち「概念の構成からの理性認識」(A713, B741) としてなされるからである。ユークリッド幾何学のみが唯一のアプリオリな総合判断の体系であるというわけではないからである。

⑤空間の三次元性の厳密な普遍性(A24)からも空間のユークリッド性を導くことはできない。リーマン空間<sup>(3)</sup>もロバチェフスキー空間も三次元である。むしろ客観的妥当性を要求する幾何学は、ユークリッド幾何学であろうと非ユークリッド幾何学であろうと、その空間は三次元でなければならないのである。その根拠として以下の5点を示しておこう。

- (a)空間の次元数が三でなければ、万有引力の距離についての逆二乗則は成り立たない。
- (b)空間の次元が三より大きいと安定な惑星軌道はありえず、惑星はらせんをえがいて太陽に落ちこむか、あるいは、無限に遠くへ飛び去る。
- (c)空間の次元が偶数であると、光学のホイヘンスの原理が成り立たず、光の波面ができない。
- (d)空間の次元が三のときだけ、光の波が球面をなし、情報がゆがめられずにおくられる。
- (e)空間の次元が三より大きくても小さくても、量子論的に原子の安定な軌道ができず、したがって、分子や高分子、有機体や生物なども存在しえないと思われる。

相対性理論においても空間の次元数は自明の前提とされており、「空間がなぜ三次元であるのか」の解明は、重力場の量子論化を目指す「超弦理論」の将来の展開によって可能になるであろうと考えられている段階にある<sup>(4)</sup>。

⑥「直線は二点間の最短距離である」(B16) という命題、あるいはこれと等値な「三角形において二辺の和は他の一辺よりも大きい」(A25, B39) という命題からも、カントの空間および幾何学のユークリッド性を導くことはできない。ロバチェフスキー空間においてもリーマン空間においても、それぞれの空間内においては、それぞれの平行線公理によって規定された直線は「二点間の最

短距離」であり、この直線によって構成される三角形においては「二辺の和は他の一辺よりも大きい」のである。

このように見てくると、先験的感性論の範囲においては、カントはあたかもリーマンと同様に、ユークリッド幾何学、非ユークリッド幾何学を問わず、およそそれらすべての幾何学の基礎となるより普遍的性格をもつ三次元多様体論を「幾何学」と呼んでいるように考えられる。もしこの考えが正しいならば、カントの空間論、幾何学論に対する批判は、それが非ユークリッド幾何学の成立および非ユークリッド空間の経験的実在性にもとづく限りにおいて、意味を失うことになる。

この場合、カントはリーマンを基準とした批判にさらされるのではなく、逆にリーマンの先駆者として讃えられ、非ユークリッド幾何学の成立はカントの空間論・幾何学論の勝利を意味することになる。

しかし、従来の研究者達は、カントの空間はユークリッド空間であり、カントの幾何学はユークリッド幾何学であると考えている。それがカントの擁護者であれ、批判者であれ、彼等はこのことを以下の三つの論点のいずれか、又はその総合によって読みとっている。

①カントの時代には幾何学はユークリッド幾何学しか存在せず、当時普遍的であったニュートンの力学理論で展開された空間がユークリッド空間であったこと。したがって、カントが知ることのできた唯一の空間、唯一の幾何学がユークリッド的なものであったという事実。

②カント自身『純粹理性批判』において、空間が先験的観念性をもつが故にのみ、幾何学的判断が必然性と絶対的な普遍性をもつことができることを注解するために、「二つの直線によってはいかなる空間も全然囲まれず、したがっていかなる図形も可能ではない」(A 4, B65) という例命題を使用しているという事実。

③哲学的認識が「概念からの理性認識」であるのに対して、数学的認識は「概念の構成からの理性認識」である。そして「ある概念を構成するとは、その概念に対応する直観をアプリオリに現示

すること」(A713, B741)なのであるが、カントは、この個別的客観 einzelnes Objekt (ibid.)たる純粹直観における、概念に対応する直観のアプリオリな現示を説明するため、「三角形の内角の和は二直角に等しい」ことを幾何学者が証明する過程を描いている(A716, B744)。そこにおいてカントは、ユークリッド幾何学の第5の存在措定、いわゆる「平行線の公理」を一意的に用いているという事実。

さて、①の論点のみから、カントの空間がユークリッド空間であり、カントの幾何学がユークリッド幾何学であることを読み取る場合、マルテンが示唆しているランベルトとの交友を通してのカントの非ユークリッド幾何学に関する知見の可能性を否定することになる。しかし、カントの非ユークリッド幾何学に関する知見そのものが実証されているわけではないので<sup>(5)</sup>、①の論点のみからでも、カントの空間および幾何学のユークリッド性を読み取することは可能である。

②の論点のみから、カントの空間および幾何学のユークリッド性を読み取ろうとする場合には困難が生じる。「二直線にかこまれた図形」は、ユークリッド空間のみならず、ロバチェフスキー空間においても構成不可能であるが、リーマン空間においては成立する。したがって②の論点のみからカントの空間および幾何学のユークリッド性を読み取ることにはできない。

③の論点からは、カントの空間および幾何学のユークリッド性を明白に読み取ることができると考えられる。

したがって、①および③の論点からは単独で、②の論点からは単独でなく、①又は③の論点と組み合わせることによって、カントの空間および幾何学のユークリッド性を読み取ることができるのであるから、カントの空間論および幾何学論を「ユークリッド」空間論、および「ユークリッド」幾何学論として取り扱う研究者達の前提は間違っていないと、さしあたって、考えることができる。

### III カントの空間論および幾何学論に対する批判

非ユークリッド幾何学の成立によってユークリッド幾何学の普遍性に対する異議が申し立てられ、非ユークリッド空間の実在性が証明されることによって、ユークリッド幾何学の客観的妥当性に対して疑義が提出された。幾何学的判断がアプリオリな総合判断であることに対する否定的見解が力を持ちはじめたのである。

こうした否定的見解は、一見正反対に見える二方向からカントのテーゼに対して提出されている。一方の見解は、幾何学的判断は分析判断であると主張し、他方の見解は、幾何学的判断は経験的総合判断であると主張する。これらの見解は相互に全く対立しているように見えるが、その根底において、「アプリオリな総合判断」の存在を否定する点では完全に一致しているのである。

#### 1. 幾何学的判断は分析判断である——「分析判断」の二義性

幾何学的判断が分析判断であるとの主張が成立するとすれば、次のように云うことができよう。議論を簡単にするために、ここでは平行線公理そのものについてではなく、それと等値な三角形の内角の和について話を進めることにする。「三角形の内角の和」と「二直角」との関係について考える場合、「三角形の内角の和」という主語概念に対して、(a)「二直角より小さい」、(b)「二直角に等しい」、(c)「二直角より大きい」、というそれぞれ他を排除する三つの述語概念が論理的に可能であり、かつ、この三者がこの主語概念と述語概念の総合の論理的可能性のすべてをつくすということは明らかである。するとここに以下の三命題が成立する。

- (a) 「三角形の内角の和は二直角より小さい」
- (b) 「三角形の内角の和は二直角に等しい」
- (c) 「三角形の内角の和は二直角より大きい」

この三つの命題のうちから、しかるべき命題を公理として自由に選択することによって、それぞれ異なった幾何学の体系が成立することになるわけである。(a)命題を公理とすれば、ロバチェフス

キー幾何学が、(b)命題を公理とすればユークリッド幾何学が、そして(c)命題を公理とすればリーマン幾何学がそれぞれ矛盾なく成立することは周知のとおりである。そしていずれの幾何学が客観的妥当性をもつのかは、アプリアリには決定できず経験に委ねられる。

こうした考え方は、私に読み取れる限りにおいて、リーマンの講義「幾何学の基礎にある仮説について」において展開された考え方と同じものであって、全く正しいように思われる。

しかし、以上のような考え方を基礎にして「幾何学的判断は分析判断である」と主張する場合、この命題において「分析判断」ということで意味されているのは、「経験から独立に成立する判断」ということであって、カントとの対応でいえば、「幾何学的判断はアプリアリな判断である」と主張することに等しい。したがって、この「分析判断」はカントのいう「分析判断」とは同じものではない。カントにおいて分析判断は、もちろん、主語概念と述語概念の総合の論理的可能性を示しはするが、その総合の論理的可能性が、「同一性によって」(A7, B10) 思考される判断であり、述語概念を主語概念から「矛盾の原理に従って引き出すだけ」(B12) の判断である。

幾何学的判断は分析判断であると主張する立場は「無矛盾性」(論理的可能性)を分析判断の徴表とし、カントは「単に矛盾律のみによって証明されること」(論理的必然性)を分析判断の徴表とする。前者にとっては、(a)命題、(b)命題、(c)命題は、共に無矛盾であるが故に分析判断なのであり、それぞれの命題を公理とする三つの幾何学は、論理的に可能な、つまり、無矛盾な体系として等しく「幾何学」なのである。無矛盾な存在は、パラドックスが生じない限り、数学的存在として認められるのである。

他方、カントは先の三命題については、それらの論理的可能性は承認し、「形式的」に真という真理価値「形式的真理性 die formale Wahrheit」を与えはするが、三命題が単に矛盾律によって証明される分析判断であることは認めない。むしろ、同一の主語概念に関して、互いに排除し合う複数

の述語概念が同じく論理的に可能であることは、カントにとって、それらが総合判断であることの証なのであって、それらの「先験的真理性 die transzendentale Wahrheit」<sup>(6)</sup>を問うための出発点にすぎないのである。

ところでカントにとって、「形式的真理性」は与えられるが「先験的真理性」は認められない判断は、「先験的に偽」なのであり、「先験的偽判断」は数学的存在としては認められない。つまりカントは、単なる論理的可能性のみをもつ判断をも自分の論理学の中に位置づけを与えているのである。幾何学的判断を分析判断に分類する立場のものは、「アプリアリな総合判断」を彼等の論理学のなかで位置づけをあたえているであろうか。そのためには、彼等は判断の可能性についても、彼等が幾何学的判断の主語概念に関してなしたことと同一のことをなさなければならない。判断のあらゆる種類の論理的可能性を検討しなければならないのである。つまり彼等は、「アプリアリな総合判断」の事実的非存在を述べることで十分ではなく、その矛盾性を証明しなければならないのである。論理的可能性と存在性を等値する場合、非存在性は矛盾性と等値されなければならないのである。しかし彼等の「アプリアリな総合判断」の存在否定は、「有意味性」という漠然としており又きわめて複雑な総合的性格をもった基準を根拠としたものだけに限られているのである。不正確といわざるをえない。

## 2. 幾何学的判断は経験的综合判断である ——「経験」概念の二義性

この立場に立つ者には、純粋数学としてみた幾何学を、彼等独自の基準に則って分析判断の体系であると考える者もあり、また、何等かの純粋直観にもとづくアプリアリな総合判断の体系であると主張する者もいる。両者に共通したカント批判の論点は、「現実の物理空間がいかなる空間であるのかアプリアリには決定不可能」という主張である。この立場に立つ者はいずれも、純粋数学としては、ロバチェフスキー幾何学も、ユークリッド幾何学も、リーマン幾何学も同価値のものとしてその数学的存在を認め、しかる後、現に存在して

いるこの三つの幾何学のうち、どの幾何学が物理空間に妥当するのかと問い、その決定能力を「経験」にありとし、「観測」に合致する幾何学を選びだそうとする。この場合、分析的にか総合的にか、いずれにせよアприオリに成立した幾何学が、いかにして客観性あるいは妥当性を持つことができるかという問い、つまり「いかにしてアприオリな判断は可能であるのか」という先験的権利問題は始めから放棄されているのであって、まして、カントの根本問題「如何にしてアприオリな総合判断は可能であるのか」という問いは、「有意味性」を基準として、一切価値を認められないか、無視されるのである。アприオリに成立する判断の客観的妥当性を問う問題を不問に付すことによって初めて、客観的妥当性をもつ幾何学的判断は経験的総合判断であると主張することが可能になるのである。

さらに、彼等の前提には、物理的対象はそれが物体であれ、出来事であれ、法則であれ、時間であれ、空間であれ、感覚与件 sense-data の関数として記述されなければならないという信念が含まれている。感覚与件が決め手なのであって、感覚与件に関わらないあいだ、つまり実証されないあいだは、それが何であろうとも、物理法則あるいは物理的存在とは認められないのである。

さて、三つの幾何学のうち、どの幾何学が客観的妥当性をもつのか経験によって決定しようとする場合、その具体的方法はどのようになるのであろうか。ガウスがやったように、それぞれが100 km ほど離れた三つの山を選びだし、その三つの山の頂上で形づくられる三角形の内角の和を測定することによるのであろうか。あるいは、一辺100 km ほどの三角形ではスケールが小さすぎるので、それぞれが地球から100光年ほど離れている三つの星を選びだし、それらが形作る三角形の内角の和を測定することによるのであろうか。こうした測定によって空間の性質が決定できると考える根拠はどこにあるのか。測定のためには何等かの電磁波を使用する以外に方法がないと思うが、山と山の間を距離をユークリッド的直線で求め、三つの山頂を頂点とする三角形の三辺を光線で定め

て、たとい当の三角形の測定された内角の和あるいは面積がユークリッド幾何学にもとづく計算による面積と異なっていることが発見されたとしても、それが誤差あるいは測定の誤りでないことの証明は如何にして可能であろうか。

三つの星を頂点とする三角形の場合はどうであろうか。ここではより困難な問題が生じるように思える。先の三つの山頂を頂点とする場合、三辺は光線によって構成することができた。しかし、三つの星を頂点とする三角形を構成する場合、我々に与えられているのは、三つの頂点となる星だけであって三辺を構成すべき何等かの電磁波は与えられていない。三辺を構成すべき直線は与えられていないのである。したがってその三辺は我々の構想力によって「純粹に」構成する以外に方法がない。そこで、(a)物理空間がロバチェフスキーのだと考える者はロバチェフスキーの直線（負の曲率をもつ直線）をもって、(b)それがユークリッドのだと考える者はユークリッド的直線（曲率0の直線）をもって、(c)そしてそれがリーマン的だと考える者はリーマン的直線（正の曲率をもつ直線）をもって、それぞれ三角形を構成することになる<sup>(7)</sup>。その際、曲率の値は(a)の者および(c)の者がそれぞれ「純粹に考える」ことによって決定されることになろう。したがって、こうした測定法にもとづいて空間の性質を「経験的に」決定できると考えるならば、それは、アприオリに空間を如何に考えるかによって、測定結果がかく「経験的に決定される」ということの前件を無視して初めて成り立つ考えである。三つの幾何学が並立し、それぞれの体系内の平行線公理によってそれぞれの体系内の直線の性質（曲率の正、0又は負）が決定するのであるから、測定に先立ってあらかじめどの幾何学を選択するか決定しなければ、経験的に測定すべき三角形は構成できないのである。彼等は「自ら概念に従ってアприオリに考え入れ」(B X II) ることによって初めて、測定すべき「三角形」という対象を構成し、産出することができるのであり、ここで構成された三角形という対象の計量的性質は、概念（構成がもとづく幾何学体系）に従っているのである。認識が

対象に従っているのではなく、対象が認識に従っているのである。

三つの星を頂点とする三角形を測定することによってもまた、物理空間の性質を「経験的 a posteriori」に決定することはできないが、このことから直ちに物理空間の性質を経験的に決定することは不可能であるという結論は出てこない。我々が住むこの宇宙の物理空間全体の性格を決定することにはならないが、ある特定領域の空間が、ユークリッド空間として構成されたある別の領域の空間より曲率が大きであるか、それとも小であるかあるいは等しいかということを経験的に決定する方法は存在するのである。

その三つの星でユークリッド的な正三角形（特に正三角形でなくてもかまわないが、話を簡単にするために正三角形とする）を構成することができる三つの星を任意に選び、その三つの星を頂点とする正三角形をユークリッド的直線をもって構成し、その面積を測定しておく。その構成がなされた物理空間をA領域とし、その三つの星がB領域、C領域・・・と移動していく様子を観測する。さて、もしN領域にあるその三つの星が面積を変えるか、あるいは、正三角形ではなくなることが観測された場合、N領域はA領域と同質の空間ではありえないことになる。ユークリッド空間であれ、定曲率非ユークリッド空間であれ、図形の任意の移動に関して、図形の計量的性質は変わらないはずである（合同則）。しかし、N領域にある三つの星を頂点とする三角形はその計量的性質を変えた。つまり、N領域はその時点においてはA領域と同質の空間ではないのであり、A領域と同質の空間ではないことが経験的に実証されたことになるのである。さらに、形量的に変化した三角形の面積を測定し、先の正三角形の面積と比較し、面積が増えていけば、A領域との比較において、N領域は負の曲率をもつ非ユークリッド空間であり、面積が減少していれば、その空間はA領域との比較において、正の曲率をもつ非ユークリッド空間であることが経験的に決定できるのである。定曲率空間内における図形の計量的性質不変則（合同則）を使用したこの方法のもつ論理は、

アインシュタインの一般相対性理論が、太陽近傍を通る光線の曲がりという現象（湾曲空間の現象）の観測によって実証されたときの論理の一般化である。

ところで、N領域空間がA領域空間と同一空間であるか、より大なる曲率をもつ空間であるか、それとも、より小なる曲率をもつ空間であるのかを決定する方法は確かに経験的に空間の性質を決定する方法である。しかし、ここでいわれている「経験的」は、客観的妥当性をもつ幾何学的判断は「経験的」総合判断であるといわれるときの「経験的 a posteriori」と同一内包のものであろうか。仮に、三つの山頂と光線で構成した三角形から直接物理空間の性質を読み取ることができるなら、文字通り物理空間の性質が「経験的 a posteriori」に決定されるといえる。それは、三つの頂点も三本の光線もそして測定そのものも経験的 a posteriori なものであるからである<sup>(9)</sup>。しかし、三つの星を用いる二つの方法の場合、どちらの方法によるものであっても純粋に経験的（a posteriori）方法による決定とはいえない。三つの星はなるほど感覚与件として与えられたものであるが、その与えられた三つの星を頂点とする三つの辺は経験的（a posteriori）に与えられてはいない。三つの星を結合する何等かの電磁波は我々には観測できないのである。我々が我々の構想力によってそれらの星を結合することによって始めて、そこに観測すべき三角形を「現象させる」のである。三辺を構成し、そこに三角形を「現象」させる働きは、経験的なものではなく、アプリアリな働きであり、それぞれの幾何学体系の公理に従う純粋直観における総合的構成である。なるほど頂点そのものの存在はアポステリオリではあるが、頂点を頂点とし、諸頂点を結合し、そこに、測定すべき三角形を「三角形」として現象させる働きは、それがいかなる幾何学体系にもとづくものであっても、アプリアリな総合判断である。我々はそこにしかるべき三角形の概念を「投げ入れ」、測定すべき三角形を構成することによって当の三角形を現象させたのである。かくアプリアリに現象させた三角形の「測定」は経験的である。しか

しこの測定は「経験的に a posteriori 与えられた三角形の経験的 empirisch 測定」ではなくて、アブリオリに与えられた三角形の測定であるから、カントのいう意味での「経験 Erfahrung」である。

宇宙全体としての空間の性質の決定ということになると、定曲率空間内図形の計量的性質不変則（合同則）は使用できない。宇宙全体を比較すべき基準系となるものが見出しえないからである。現在のところ、フリードマンが1922年に示した、宇宙のエネルギー密度分布が平均的なものであること等を仮定した、以下の三つの非定常宇宙モデルが一般に受け入れられている。

- ①宇宙のエネルギーの平均密度が、 $10^{-29}\text{g/cm}^3$  に等しいならば時空はミンコフスキー空間になり、その曲率はゼロで無限の大きさをもち、空間はいつまでも膨張を続ける。
- ②平均密度がその値よりも小さいと、曲率は負となり、時空は無限に広がり、宇宙はいつまでも膨張を続ける。
- ③平均密度がその値よりも大きいと曲率は正となり、時空はいわば四次元の球面のようになり、宇宙は有限の大きさになって、膨張はあるところまで行くと止まってしまい、それからは収縮に転化する。

この三つの非定常モデルは、一般相対性理論のもとづく重力方程式の、アインシュタイン自身によるものよりもより一般的な解を求めることによって得られたものである。アインシュタイン自身の解は、宇宙エネルギー密度分布の均質等方性のみならず、宇宙の定常性をも前提した、定常モデルであった。つまり、アインシュタイン自身の宇宙モデルは時間とともに大きさの変化しない宇宙モデルであり、宇宙の収縮を防げるための宇宙項を要請するものであったが、フリードマンの三つの宇宙モデルは時間とともに大きさの変化する非定常宇宙モデルであり、宇宙項を仮定することなく得られている。

フリードマンの宇宙モデルが提出された2年後の1924年、アメリカの天文学者ハッブルが宇宙の膨張を発見し、非定常モデルが受け入れられ、膨張の過程を逆にたどる研究途上で登場したのが

「ビッグ・バン理論」である。いまや、我々が宇宙は「オープンに入れられたホジドウ入りのパン」<sup>(9)</sup>となったのである。ホジドウ（銀河）は大きさが変わらないが、パンは時間とともに大きく大きく膨らんでゆくのである。ビッグ・バン理論にもとづく計算によれば宇宙の年齢は、150億年ということになるが、当の（宇宙の一樣で等方な膨張を仮定する）ビッグ・バン理論を実証すると受け取られている宇宙の黒体放射の観測値は、宇宙黒体放射が宇宙のホライズンを越えていることを示しており（宇宙年齢は250～300億年になる）、この要請に従うべく（宇宙の非一樣で非等方な膨張を仮定する）宇宙のインフレーション・モデルが提出されているのである。

宇宙が全体として、ユークリッド的であるのか非ユークリッド的であるのかに話をもどそう。フリードマンのモデルにおいては、宇宙全体の時一空構造（曲率）はエネルギー密度分布の平均値および粒子の速度を放射密度に依存する圧力によって決定されると考えられている。平均密度の値が $10^{-29}\text{g/cm}^3$ なのか、それより大なのか、小なのかによって宇宙の全体としての時一空構造が決定されるのであるが、エネルギーの平均密度の値は観測によって求められるのである。しかし「現存するデータは、超銀河の観測しうる部分での平均密度を一意的に決定する可能性を与えていない」<sup>(10)</sup>のであり、「とにかく、われわれは、密度と圧力の平均値をきめる事実について何事かを確認するような、どのようなデータをも手にしていない」<sup>(11)</sup>のである。なぜなら「『世界』の曲率自身は、密度と圧力の平均値に依存しており、これらは、我々の世界と他の『宇宙』との相互作用に依存しているに違いない」<sup>(12)</sup>からである。宇宙が全体としていかなる時一空構造を持つかということは、宇宙全体としてのエネルギーの密度と圧力の平均値で定まる。この平均値は我が宇宙内で決定されるのではなく、他の宇宙との相互作用によって定まる。しかし、その定まった結果としての値は観測することができるはずである。しかし現在入手しえた観測データは、それをもとに宇宙の全体としての時一空構造を決定するだけの力はなく、ま

た、現在可能なあらゆる観測装置を使えば、その定まった値を経験的に求めることを可能とすることに足るだけのデータを入手することができるという保証もない<sup>(13)</sup>。

宇宙全体の時一空構造は「経験的」に決定することができるだけであり、そのためには宇宙全体のエネルギーの密度と圧力の平均値を「経験的」に求めなければならないということは、現在の理論物理学が、ニュートンの古典力学とは全く異なった時一空構造を構成していることを意味している。ニュートンの力学は、原理上観測にはかからない、つまり、絶対に現象化しない「絶対空間」と「絶対時間」を理論の根底に置いており、空間と物質の相互規定の可能性、あるいは物質が空間の性質を規定する可能性は、この理論の中では認められない。これに対して現代物理学では物質が空間の性質を規定するのである。この大変革を要請することになった理由は、ニュートンだけが当時自覚していた「遠隔作用」の不可能性である。ファラデーによって、電磁気現象が「近接作用」と「電磁場」の理論という形をとって説明されたことを端緒として、ついにはアインシュタインによる「重力場」の理論すなわち「一般相対性理論」に至り、量子論的世界という超々ミクロの世界から宇宙全体という超々マクロの世界まで、すべての物理現象が「近接作用」をもって説明されるようになった。これに伴って必然的に、エネルギーの非存在という厳密な意味での「真空」の存在は否定され、つまり、自然は再び空虚が嫌いになって、遠隔作用にとって不可欠のパートナーたる空間は消滅し、一切が「場」と化したのである。現代物理学において「空間」という概念が使用されるのは、(a)特定の近接作用を説明するために他の一切の近接作用の場を捨象する必要があるとき

に、その捨象された場を「単なるひろがり」として取り扱うのであるが、この「単なるひろがり」に「空間」という名称を与えている場合（外部空間）か、(b)場の現象とみなされる粒子が、その粒子として、二つ以上の状態をとりうるときに、この内部自由度に対して、「空間」という名称を与える場合（内部空間）か、あるいは、(c)一切の作用が捨象されて、作用によって規定された場の位相的・計量的性質のみが問題にされる時（時一空構造）のいずれかである。現代物理学には本来的な意味での「空間」の存立する場所はないのであるから、現代物理学の「場」を「空間」と無自覚に同一視した上で、現代物理学を基準にしてカントの空間論を批判しても意味がないのである。

#### IV 結 論

現在の我々には宇宙全体の時一空構造を決定する力はない。我々が我々の構想力によってアプリアオリかつ総合的に構成した基準系を用いることによって、「この宇宙には、等方・一様・均質な空間のみが存在するのではない」ということを、我々は「経験 Erfahrung」しているだけである。リーマンは、ユークリッド幾何学の定義と公理の関係を厳密に追求することを通して多様体論をもって幾何学を基礎づけた。カントは「経験の可能性」を追求することを通して、幾何学の可能性と客観的妥当性を基礎づけた。空間が純粹直観であり、幾何学が空間について客観的に妥当するアプリアオリな総合判断の体系であるが故にのみ、我々は可変曲率空間の存在を経験することができるのである。カントの空間論・幾何学論は、1780年代のものでありながら、現代空間論における基準系の公理的性格と構成的性格を洞察したものであった。

#### < 注 >

- (1)リワノフ、松野・山崎訳、『リーマンとアインシュタインの世界』東京図書、1975、P. 54  
(2)『純粹理性批判』からの引用は慣例に従い、第一版

- (1781年版)からの引用はA一で、第二版(1787年版)からの引用はB一で、それぞれページ数を示す。  
(3)リーマンは「いくつかの拡がりをもつもの」、「三つ



- の拡がりをもつもの」および「空間」を区別する。リーマン自身は「正の定曲率三次元多様体」を空間と呼ぶ。例えば、リワノワ、前掲書、P.169参照。
- (4)町田 茂、『時間・空間の誕生』、大月書店、1990、P.130、P.180参照。
- (5)「非ユークリッド幾何学として結実する近代平行線理論の研究は、イタリアの数学者サッケーリの『あらゆる汚点から清められたユークリッド、一名、幾何学の原理の基礎づけのための幾何学試論』(1733)に始まる。この研究はクリューゲルを通して『ベルリンの数学者でありカントの友人』であるランベルトに引き継がれ、ランベルトは『平行線の理論』を1776年に著わした。ところで、このことに関してマルチンは、ランベルト自身非ユークリッド幾何学を発見し、『最初の主張者達の一人』であったと述べている。このマルチンの主張が正しければ、カントはランベルトから非ユークリッド幾何学の成立を知らされていたという可能性が生じてくる。しかし、マルチンの所論の根拠であるエンゲルとシュテッケル共著『ユークリッドからガウスまでの平行線理論』(1895)にあたってみれば、このマルチンの主張は支持され得ないものであることが分かる。ランベルトもサッケーリと同様に、ユークリッド幾何学が、唯一真なるしかも唯一思惟可能なる幾何学であることを『証明』しているのである。ランベルトにとっては、唯一の空間に対する唯一の幾何学が存在するのみである。したがって、ランベルトを通してカントが非ユークリッド幾何学の成立することを知っていたという事実はなく、カントにとってもまた唯一の空間に対する唯一の幾何学が与えられていたのである。カントはこの唯一の幾何学からその総合的性格を洞察するのである。」 拙論「幾何学的判断の総合的性格の契機としての『現示』」、中部哲学会紀要、第22号、1990、P.36
- (6)Kant. „Logik“, 1880, S. 457 カントの「形式的真理」ならびに「先験的真理」という概念については、拙論「カントにおける三種の真理概念」、松本歯科大学紀要 一般教養 第9輯 1980 所収 参照。
- (7)宮地正卓、『カント空間論の現代的考察』、北樹出版、1993 この三つの星の三辺を「ユークリッド的直線」のみならず「非ユークリッド的直線」をもってしても構想力によって構成可能である、という着想は本書から得たものである。宮地氏は本書において、マルチン、ペイトン、ナトルプ、カッシーラーおよびブレッカー等のカント擁護論者達に対する見事というほかはない批判を展開している。名著である。宮地氏への感謝とともに本書への筆者の高い評価を明記しておきたい。
- (8)測定には座標系が必要である。たとい測定が a posteriori なものであるとしても、座標系までが a posteriori に成立しうるのか、ということも当然問題にすべきなのであるが、ここでは問わないことにする。
- (9)リワノワ、前掲書、P.184 尚、宇宙がミンコフスキー空間になる場合においても、それは膨張宇宙であるので、宇宙項を要請する必要はない。宇宙項が要請されるのは定常宇宙モデルにおいてである。
- (10)シュティンマン、水戸訳、『空間と時間の物理学』、東京図書、1989、P.169
- (11)同書、P.171
- (12)同所
- (13)宇宙全体の時一空構造および近接作用と場については、町田、前掲書ならびにシュティンマン、前掲書によった。