



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	相対性理論の擁護 : 実証主義的解釈に反対して
Author(s)	秋間, 実
Citation	北海道大學文學部紀要, 7, 120-100
Issue Date	1959-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/33248
Type	departmental bulletin paper
File Information	7_PL120-100.pdf



相 対 性 理 論 の 擁 護

——実証主義的解釈に反対して——

秋 間 実

相 対 性 理 論 の 擁 護

——実証主義的解釈に反対して——

秋 間 実

- I 序 論
- II 特殊相対性理論
- III 一般相対性理論
- IV Einstein の認識論的立場

I 序 論

この論文の目的は、特殊ならびに一般相対性理論における「物理的實在」(physical reality)の概念の自然哲学的意味をあきらかにし、それを正しくない実証主義的解釈からまもることである。⁽¹⁾

- (1) 相対性理論の物理学的内容の敘述としては、つぎのものを手もとにおいた：

Einstein, A., Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, 12. Aufl. (1921).

v. Laue, M., Die Relativitätstheorie, 2 Bde., 5. Aufl. (1952).

自然哲学的評価をもふくむものとしては：

Bavink, B., Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften. Eine Einführung in die heutige Naturphilosophie, 10. Aufl. (1954).

Neuhäusler, A., Ein Weg in die Relativitätstheorie (1957).

なお以下において“AEPS”として引用されるのは、The Library of Living Philosophers のなかのひとつ

Albert Einstein : Philosopher-Scientist, edited by P. A. Schilpp, 2d. ed. (1951).

という重要な論文集である。

さて、いまさらいふまでもなく、特殊相対性理論は1905年に発表され、一般相対性理論は1911年から1916年にかけて成立した。そのころのひとびとがこの理論からうけたショックがどれほどはげしいものであったかは、おびただしい文献にたどることができるし、心にえがくこともできる。⁽¹⁾しかし、そのショックも、物理学者のあいだでは、そしてすくなくとも特殊相対性理論にかんするかぎり、現在あとかたもなくおさまっている。たとえば de Bloglie は、特殊相対性理論を「あの〔古典〕物理学の頂点」(the crown or culmination of that physics)とみなしているが、これは物理学者すべての意見であるといってよい。じっさい、特殊相対性理論による空間・時間概念の「革命」といわれたものも、量子論の発展が物理学にすでもたらし・かついまなおもたらしつつある深く大きい変革にくらべれば、古典物理学のわく内における「運動学のあたらしい基礎づけ」(Neubegründung der Kinematik) ⁽²⁾にほかならないことは、こんにちだれの目にもあきらかなはずなのである。特殊相対性理論が実験的にたしかめられていることについても、⁽³⁾なんの疑いもない。⁽⁴⁾それどころか、光にちかい速度で運動している素粒子について論じるばあいには、特殊相対性理論の要請をかならず考へに⁽⁵⁾いれなければならないことになっている。要するに、この理論は、こんにちでは、物理学の

欠くことのできない一部・その前提になっている、といってよい。一般相対性理論については、すこし事情がことなる。それは特殊相対性理論ほどの承認を物理学者からうけるまでにはなっていない。自然認識について考える上に光を投げかける点では、つまり自然哲学的には、特殊相対性理論よりも興味ふかいだけでなく、実験的にもかなりよくたしかめられていると信じられるにもかかわらず、この理論をさらに一般化する企てとしてのいわゆる「統一場の理論」(unified field theory) が——まさしく連続の世界像にほかならないために——物質の原子的構造を説明することができずにいるという——素粒子論にくらべて——時にあわぬ事情も手つだって、物理学者は一般にひかえ目な態度をとっている。けっきょく、特殊ならびに一般相対性理論にたいする物理学者の評価は、Heisenberg とともに、つぎのようにまとめることができるであろう：特殊相対性理論は、上に述べたように、問題というようなものではもうなくて、むしろ物理学の自明の前提になっているし、一般相対性理論は、すくなくとも、「どんな実験や経験によってもくつがえされていない思考可能性」(eine durch keine experimentelle Erfahrung widerlegte Denkmöglichkeit) であると。だから、「相対性理論の擁護」などといえは、物理学者にはおかしくきこえるにちがいないのである。

- (1) 日常的世界の自明性がおびやかされることから生じるこのようなもめごとは、しかし、なにもこれからはじめてであるわけではない。v. Laue, M., Geschichte der Physik. 3. Aufl. (1950), S. 72 によれば、すでに紀元前3世紀に、サモスの Aristarchos は、地動説ふうの考えを述べたために、“Religionsverächter” として迫害されたという。Galilei のばあいは、とくに有名である。Dessauer, Fr., Der Fall Galilei und wir (1947) は、カトリックの科学者・哲学者としての立場からこの問題を扱ったもので、おもしろい。v. Laue によると、Dr. Martin Luther もまた Galilei の地動説を「聖書の記述に反する」としてしりぞけたという。Aristarchos から Einstein にいたるまで、ふつうは物理学などには目もくれない一般社会が「空間・時間にかんする伝来の表象にたいする攻撃」にたいしてだけはいきりたつのは、v. Laue もいうように、ひどく奇妙なことである。
- (2) de Bloglie, L., The Scientific Work of Albert Einstein, AEPS, p. 114.
- (3) Neuhäusler, A., op. cit., S. 23.
- (4) たとえば, Einstein, A., op. cit., § 16; Bavink, B., op. cit., SS. 126-7. だから、相対性理論が「ユダヤ物理学」として敵意をもたれていた「第3帝国」においても、物理学者はそれを「物理学の現段階にとって欠くことのできない基礎」として説明したほどである、と Wenzl, A., Die philosophischen Grenzfragen der modernen Naturwissenschaft (1954), S. 26 は報告している。
- (5) de Bloglie, L., op. cit., AEPS, p. 115.
Bavink, B., op. cit., S. 128.
- (6) Bavink, B., op. cit., S. 131. は、一般相対性理論における「理論構成のこの上ない大胆さと包括的なみとおし」(die ungeheure Kühnheit der theoretischen Konstruktion und die umfassende Perspektive) を指摘している。
- (7) Einstein, A., op. cit., SS. 84-91; Bavink, B., op. cit., SS. 130-1; v. Laue, M., Die Relativitätstheorie, II, SS. 138-47.
- (8) Bavink, B., op. cit., S. 132.

Einstein 自身は、その可能性を信じていた。Vgl. Autobiographisches, AEPS, p. 78 ff. 「わたしの考えでは、〔重力論の〕この方程式は、正確なこと (Genaueres) をいうみこみが物理学のほかの方程式すべてよりよけいある」(p. 88). かれのこの信念は、量子力学の統計的性格をたんに一時的過渡的なものとする考え (Cf.: Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? with B. Podolsky and N. Rosen, Physical Review, ser. 2, vol. 47 (1935), pp. 777-80: Reply to Criticisms, AEPS, pp. 666-76) と結びついている。Sommerfeld, A., To Albert Einstein's Seventieth Birthday,

AEPS, pp. 104-5 が指摘しているように、原子論と統計熱力学との立場から1905年に例のブラウン運動を説明して Energetik の大家 Wilhelm Ostwald をも原子論に改宗させるにいたった Einstein が、のちの量子論の発展における「連続と非連続」というこの問題にかんし、決定的に連続の立場をとるようになったのは、おもしろいことである。

(9) Bavink, B., op. cit., S. 131 による。

「物理学の中心問題は、こんにち、2500年まえと同じく、物質の元素 (Urbestandteile)・atomen あるいは prote hyle をさがすことと、世界をそのいちばん奥でしめくくっている力の本質・《psyche》(Kepler の訳では anima) はなにかと問うこととである⁽¹⁾」。この努力は、いうまでもなく、1900年における Max Planck の作用量子仮説にはじまる。相対性理論が完結したのにたいし、量子論—量子力学—素粒子論のこのみちは、いままも前途にたくさん困難がある。しかし、われわれの世界像にとってもつその意味が、相対性理論のそれとはくらべものにならないほど大きく深いものであることは、いよいよあきらかになってきている。自然哲学のいちばん重要な課題のひとつは、疑いもなく、この事態ととりくんでそれを解きあかすことであろう。それなのに、相対性理論にかんしてあれほどさわざた⁽²⁾た哲学者たちが、こんどはだまりこんでいるらしいのは、きわめて特徴的なことである。

(1) Gerlach, W., Physikalische Ergänzungen zu Bavinks Buch, XI.

(2) 量子力学・素粒子論の自然哲学的評価にかんする文献をすべて知っているわけではむろんないが、ひきつづき第2次世界大戦後も、物理学者の手になる研究の方が目立つのは、たしかなようである。つぎにいくつかをあげてみる：

March, A., Die Denkweise der heutigen Naturwissenschaften, in : Die neue Rundschau, 63. Jg. (1952), 2. Heft, SS. 244-59.

—, Das neue Denken der modernen Physik (1957).

v. Strauss-Torney, L., Der Wandel in der physikalischen Begriffsbildung (1949).

Jordan, P., Das Bild der modernen Physik (1948).

v. Weizsäcker, C., Zum Weltbild der Physik, 6. Aufl. (1954).

Reichenbach, H., Die philosophischen Grundlagen der Quantenmechanik (1949).

Wenzl, A., op. cit.

現代自然科学の成果ならびに問題を歴史的なつながりのなかで反省しようという企てすら、物理学者が手をつけはじめている：

Schrödinger, E., Die Natur und die Griechen (1956).

Heisenberg, W., Das Naturbild der Physik (1957).

量子物理学の問題性ととりくむことは、この論文の課題でもない。しかし、それをスケッチすることは、同時に相対性理論の古典論的性格をたしかめることになり、その物理的實在の概念をあきらかにする上に役立つはずである。

古典物理学の——ひいては古典的力学的世界像の——基礎は、つぎの4つの前提である：

(1)無限にひろがりかつ静止している絶対空間というものがある。それは3次元ユークリッド空間である。(2)過去から未来へ一様に流れる絶対時間というものがある。(3)変化してやまない自然の底(あるいは奥ないし背後)に、ふえもへりもしない実体がある。(4)自然現象はすべて厳密に因果律にしたがっている(決定論)。自然は飛躍しない。——これが古典物理学における「實在」の根本的特徴なのである。

量子物理学の自然哲学的問題性は、なによりも、このうちの実体と因果律とにかかわる。まず、「持続する実体」(beharrende Substanz)⁽¹⁾について語るのは、ここでは原則的に意味

がない、と主張される。「というのは、持続する実体についてならいえるでもあろうどの量（エネルギー・質量・衝撃）も、そういうものとしては全くあたえられていないで、観測位置の函数になり、ほかならぬこの函数こそ1次的量などというものを決してあらわすことなく、…派生的量をあらわす〔にすぎない〕からである⁽²⁾」。素粒子については、“es ist”⁽³⁾ということとはできず、“es geschieht”⁽⁴⁾としかいえない、と考えられる。このことはしかし「奇蹟」を意味するものと解せられてはならず、観測はあくまでも物質的過程にほかならないが、こういうだけで、あたらしい実体概念があきらかにされるわけではむろんない。量子物理学における因果律の問題も、実体の問題と密接に結びついている。物質の非連続性の反映として、自然は「飛躍」する。しかし、だからといって、量子物理学が因果律を捨て去ったなどということとはできない。古典物理学との区別は、量子物理学が統計的に解釈された「状態」(Zustand)⁽⁵⁾の概念を使うということだけであるが、それで因果律の問題がかたづいたわけではない。統計的な因果律にしたがう物質とは、どういうものか。この「非決定論の混入」(Einschlag von Indeterminismus)⁽⁶⁾をどう解釈するか。これは、自然哲学にとって、ひきつづき大きい問題なのである。

(1) Kant は、これを認識の原則のひとつとし („Grundsatz der Beharrlichkeit der Substanz”), あの有名な「煙の重さ」の例によってそれを説明した。かれは Newton の古典力学の真理性を疑うことなく前提し、その上で安んじてこれを根拠づけようとしたのであった。なお、ついでにいうと、「煙の重さ」の例は、化学的にはまちがっている。燃えた木の重さから、残った灰の重さを引くように、とかれは書いているが、正しくは、燃焼に要した酸素の重さを木の重さに加え、そこから灰の重さを引くのでなければならない。

(2) Bavink. B., op. cit., SS. 210-1.

(3) “ ” , “ ” , S. 211.

Strauss-Torney, L., op. cit., S. 86 は、ここで、近代化された Leibniz の Monadologie について述べる：「空間・時間・物質はあきらかに „derivative Kräfte” であり、作用量子のもっている „primäre” Kraft がこれに対立する」。

(4) March, A., Das neue Denken der modernen Physik (1957) が、「エレクトロンの位置と速度とは…観測の作用によつて erst geschaffen werden」(S. 113) といいつながら、「量子力学でいう偶然は…自然のなかで観測者とかかわりなしにはたらく」(S. 93) とも述べているのは、正しい解釈である。認識主観が自然に干渉するというような主観主義的解釈（たとえば下村寅太郎『自然哲学』(1941)）は、ひどい誤解である。

(5) March, A., op. cit., SS. 107-8.

(6) Wenzl, A., op. cit., S. 52.

(7) March, A., Die Denkweise der heutigen Naturwissenschaften, SS. 248-52 は、この点に、生物学と物理学とを橋わたしする可能性・つまりは生命を物理的・化学的に扱う可能性・けっきょくはそれによって Entelechie というおぼけ (Spukgeist) を設定する Neuvitalismus をしりぞける可能性をみようとする。Wenzl, A., Zur Naturphilosophie von heute (Ergänzung zu Bavinks Buch), LVIII-LIX は、この予想に反対している。

自由について論ずるばいにも、この事態は考慮にいれられるであろう。

これにくらべれば、相対性理論の世界像ははるかに古典論的であるといつてよい。特殊相対性理論における「動的物質観」(dynamische Auffassung der Materie)⁽¹⁾——質量＝エネルギー——は、古典的力学的世界像にはないあたらしいものではあるが、「変化の底に持続するもの」という実体概念にかわりはない。また、一般相対性理論が古典電磁気学の「場」の構想を拡張して物理的実在全体をひとつの「重力場」とみなすとき、古典的世界像の連続

観は、いよいよはっきりしている。因果律の概念も、そのままうけつがれている。

(1) Strauss-Torney, L., op. cit., S. 56.

March, A., Das neue Denken der modernen Physik (1957), S. 67.

では、空間ならびに時間についてはどうであろうか。ここでも、量子物理学は、相対性理論よりも革命的であるようにみえるのである。まず、相対性理論は、古典力学における空間の絶対性・ユークリッド性と時間の絶対性とをくつがえしはしたが、いちばん革命的であるとされているその時間の解釈においてさえ、過去から現在をへて未来へ流れるというその性質についてはなんの変更もなく、あの「同時性の相対化」は時間尺度 (Zeitmass) にかんする手づきであり、ひきつづき時間は「さまざまな状態のあい前後して存在するしかた」(Weise des Nacheinanderseins verschiedener Zustände) にほかならないとされ、要するに、全体として、「空間と時間とは、秩序づけの体系 (Ordnungssysteme) としてのその概念的⁽¹⁾位置において、相対性理論に手をふれられることはなかった」という点で、古典論的である。さらに、ミクロの世界においては、空間と時間とに「測度 (Metrik) だけでなく構造 (Struktur) もあるとする」⁽²⁾予想がなりたつ。たとえば、Jordan は「空間をその最小のところまで連続体として考えることは正しいか」と尋ねているし、⁽⁴⁾Schrödinger は、ミクロの世界において幾何学を使うことはできなくなる、と論じている。空間と時間とにかんするこの根本的な問題は、量子論の発展をまっしてはじめて発生してきたものにほかならないのである。

(1) Neuhäusler, A., op. cit., S. 53.

(2) Strauss-Torney, L., op. cit., S. 31, S. 33.

(3) " , " , S. 36.

(4) " , " , S. 39.

(5) " , " , SS. 39-40.

以上の簡単な比較からもわかるように、量子論—量子力学—素粒子論のこの発展こそ、物理学のあたらしいあゆみなのである。そしてそれは、概念の直観性 (Anschaulichkeit) にかんしてもあらわれる。直観性という概念は、はっきり定義された意味をもつものではなく、目でみるように表象できるということ (visuelle Vorstellbarkeit) よりも条件がゆるく、習慣のモメントが大きくものをいうから、こんにちでは、古典力学・古典電磁気学の概念はすべて直観的である、ということができ⁽¹⁾る。相対性理論も、根本的には、この直観的な概念を使っているのである。ところが、量子物理学においては、「古典物理学にとって全く縁のない概念、それどころか古典物理学のなかでは全く意味がないような概念」⁽²⁾が使われる。たとえば、量子物理学によれば、ある特定の状態におけるひとつの素粒子が、はっきり定義された位置を全く占めない、ということがありうる。こういう「状態」概念は、古典物理学・相対性理論を通じてわれわれにしたしくなっているものすべてと矛盾するのである。

(1), (2) March, A., op. S. 98.

このように、物理学がたえまなく前進をつづけてさまざまな問題をうみ出しているのにたいし、現代の自然哲学ははるかにおくれをとっているようにみえる。実状は、いろいろなきざしからみて、哲学者がいまなお相対性理論だけをあたらしい物理学とみなしてその「革命」的主張ととりくみ、しかもたいていのばあい誤解に誤解をくりかえしている、というところらしく思われる。だから、哲学者のあいだでは、相対性理論を擁護する必要がひきつづ

きあるのである、とわたしは考える。相対性理論の正しい自然哲学的評価を確立しておくことは、量子物理学を正しく解釈するための前段階としても、大切である。以下において、それを旨とすることにしよう。これまでの論述は、量子物理学の問題性の一端を指摘するとともに、序論として、それとの比較を通じて相対性理論の歴史的位置をたしかめることをも目的としたのである。

II 特殊相対性理論

特殊相対性理論にたいして自然哲学がとってきた立場は、19世紀後半のヨーロッパにおけるアカデミズムの認識論のおもな2潮流⁽¹⁾に対応して、つぎのように大きく分けられる：(1) 事実において Newton の古典力学と力学的世界像との根拠づけにほかならない Kant の認識論⁽²⁾の流れをくむ先験主義⁽³⁾・(2) Hegel のでたらめな自然哲学にたいする反動として「形而上学ぬきの」(metaphysikfrei な)ないし仮説ぬきの物理学を——「説明」でなく「記述」だけを——もとめる Mach 流の実証主義⁽⁴⁾。そして、先験主義は、あの「直観の形式」をたてにとり、特殊相対性理論の空間・時間論を実在の根本形式にあわない背理とみてこれを非難し、実証主義は、反対に、それを自己の主張のかげでやさしい確証としてほめたたえた。つまり、先験主義は、特殊相対性理論を、観測データをみごとに処理することはできるけれど実在には対応しない⁽⁵⁾「たんに計算的なことから」(rein rechnerische Angelegenheit)⁽⁶⁾とみて、これに「ほんとうの」物理学としての権利をみとめることをこばむ。「数学的尺度概念(Mass-Begriffe)を目的にかなうように・しかし勝手に知覚にふりあてて(zuordnen する)ことによって、感覚相互のあいだに数式上のつながりをうちたてただけで足りるとするならば」、⁽⁷⁾「勝手にしめ出す自然認識というものは、問題外におかれてしまう」。⁽⁸⁾ところが、実証主義は、先験主義がゆるしがたいとみなすほかならぬその点に、あの Kirchhoff の理想が実現されていると考えるのである。ここにあきらかなように、このふたつの敵対する立場は、それにもかかわらず、特殊相対性理論の自然哲学的基礎を実証主義とみなす点では、全く一致しているといつてよい。これは正しいことであらうか。

(1) Bavink, B., op. cit., SS. 25-8.

(2) これを論証するのは、たいしてむずかしくない。たとえば、Transzendente Ästhetik では、古典物理学の簡単な1章としてのユークリッド幾何学の客観的妥当性が前提された上でその根拠づけが企てられているし、Transzendente Analytik における「実体は持続するという原則」については、上に述べたとおりである。

(3) これは、“apriorism” の訳である。

(4) その一端を示すものとして、熱の定義がある： „Die Wärme ist das Sichwiederherstellen der Materie in ihrer Formlosigkeit, ihre Flüssigkeit der Triumph ihrer abstrakten Homogenität über die spezifischen Bestimmtheiten, ihre abstrakte, nur an sich seiende Kontinuität als Negation der Negation ist hier als Aktivität gesetzt”. これは Bavink, B., op. cit., S. 26 による。S. 729, Anm. 24 には、同じようにばかげていて使いものにならない「電気」の定義がふたつあげてある。こういうものを続くと、哲学一般にきっぱり背を向けずにはいられなかったあのころの自然科学者たちの気持もわかってくるのである。

(5) Bavink, B., op. cit., S. 121 は、先験主義と実証主義との中間にくらいするものとして、Poincaré や Wiener Kreis の „Konventionalismus” をあげているが、それが実証主義の系列にはいることは、まちがいない。

(6) わたしの目にふれた最新の例は、

Karl Vogtherr : Relativitätstheorie und Naturerkenntnis, in : Die Pforte, Nr. 35/36 (1951).

ひとつには、いまにいたるまで誤解にもとづくこのような論難があとをたっていないという事実・ならびにその攻撃の調子のはげしさに刺戟されて、わたしはこの論文を書く気になったのである。

Kant を改釈して、それが相対性理論と両立できるものであることを示そうという努力も、むろんおこなわれた。たとえば：

Cassirer, E., Zur Einsteinschen Relativitätstheorie (1921).

(7) たとえば Petzold らは、特殊相対性理論を „die Physik gewordene Machsche Erkenntnistheorie” とみなす (Bavink, B., op. cit., S. 121).

(8) 剛体がちぢんだり時計がおくれたりするとか世界は4次元であるとかいう——特殊相対性理論に帰せられる——主張・さらには天文学的世界ではユークリッド幾何学があてはまらないという一般相対性理論の主張を、先験主義はそうみなすのである。

(9) Vogtherr, K., op. cit., S. 496.

(10) " , " , S. 495.

それについて論じようとするれば、なにをおいても、「同時性」(Gleichzeitigkeit)の概念ととりくむことが必要である。というのは、この概念は、「特殊相対性理論の要点 (Angelpunkt)」であり、この理論の歴史は、この概念の歴史にほかならないからである。⁽¹⁾ Einstein は、よく知られているように、走っている列車のなかの観測者と静止している大地の上の観測者との「同時性」にかんする証言をしらべるというあの思考実験をおこなったのであった。⁽²⁾ かれの⁽³⁾ 敘述を吟味してみよう。

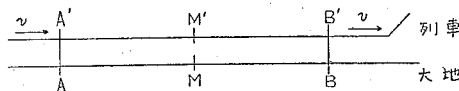
(1) Schlick, M., Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik (1919), S. 51.

(2) March, A., op. cit., SS. 58-9.

(3) Einstein, A., Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, 12. Aufl. (1921), §9 (SS. 16-9).

Wenzl, A., op. cit., S. 116 によれば、この敘述は positivistic であるとされる。

ここに非常にながい列車が速度 v で矢印の方向に走っているものとする。⁽¹⁾ この列車に乗っているひとたちは、刻々にすぎ去っていく窓外の大地をでなく、自分とともに走っている・



つまり自分にたいしては静止している列車を、座標系 (関係体 (Bezugskörper)) として利用し、できごととはすべてそれを基準にして判断し記述するであろう。さて、線路にそっておこるできごととは、列車にたいしてもおこっているわけである。列車内の観測者は、ふたつのできごとの同時性という概念をも、列車を座標系として、地上の観測者と全く同じやりかたで、定義する。とはいっても、当然なことであるが、つぎの問いが生まれてくる：「大地にとって同時であるふたつのできごと (たとえば落雷 A と B) は、列車にとっても同時であるか」。まず、「同時性」の定義のしかたについて、考えてみよう。雷が A と B とに同時に落ちたということは、A と B とから送られてくる光が距離 AB の中点 M で出あう、ということにほかならない。A と B とには、しかし、列車上の 2 点 A'・B' も対応している。その中点を M' としよう。この M' は、落雷の瞬間に、「大地から判断して！」M とかさなりはするが、しかし速度 v で矢印の方向に動いているわけである。もしかりに M' にいる観測者がこの速度ではこばれているのでないとすれば、M' (M) であるから、A と B とからくる光は、同時にかれ

のところで出あうことになるであろう。「しかし、じっさいには、かれは（大地から判断して）Bからくる光線に向かっていそいでいるし、Aからくる光線からは、はなれている。この観測者は、だから、Bからくる光をAからくる光よりもさきにうけとるであろう。列車を関係体として利用する観測者たちは、こうして、「雷はAよりもBの方にさきに落ちた」という結果をえるにちがいないのである」。この事情は、まとめて、つぎのようにいいあらわされている：「大地にかんして同時であるできごとは、〔走っている〕列車にかんしては同時でなく、その逆もいえる（同時性の相対性）。関係体（座標系）は、それぞれ自分自身の時間をもっている。時間の申し立ては、それが関係づけられる関係体がどれか示されるばあいにはしか意味がない」。

(1) 以下において、ことばはわたし流にいくらかかえてある。

この説明は、しかし、十分に正確であるとはいえない。まちがっているとはいえないとしても、不十分であり、誤解を招きやすい。だから、「同時性」にかんする誤解をいくつかあばき出すまえに、まず Einstein のこの敘述を訂正しおぎなうことからはじめよう。

上の敘述がはじめから終りまで「大地から判断して」なされたものであること・つまり列車にたいして静止している座標系にいる観測者によるものであることを、心にきざむことが必要である。「この観測者は、だから、Bからくる光をAからくる光よりもさきにうけとるであろう。列車を関係体として利用する観測者たちは、こうして、「雷はAよりもBの方にさきに落ちた」という結果をえるにちがいないのである」という予想・判断も、かれによるものなのである。この予想は正しいであろうか。それは、どちらの観測者にとってか、ということによる。列車のそとにいる観測者にとっては、それはむろん正しい。かれは、これ以外には判断のくだしようがない。しかし、M'にあつて列車とともに動いている観測者にとっては、これは正しくない。予想された事態は、かれにはやってこない。かれは「雷は同時に落ちた」と報告するであろう。そしてそれは正しいのである。というのは、光の速度は、それがはかられる座標系の運動の方向・速度にかかわりなく、つねに一定のCであり、⁽¹⁾ A'(A)とB'(B)とからくる光はM'で出あうからである。かれは、さらに、こう予言するであろう：「Mは、列車から判断すると、Aからくる光に向かっていそいでおり、Bからくる光からは遠ざかっている。Mにいる観測者は、だから、「雷はBよりもAの方にさきに落ちた」というはずである」と。この予言がしかし、まえのばあいとは逆に、列車のそとの観測者が経験する事態にあてはまるものでないことは、いうまでもあるまい。——このように、どの座標系も自分の同時性の概念をもっていて、それはひとしい権利をもって主張される。この事態こそ、「同時性の相対性」のほんとうの意味なのである。「時間の申し立ては、それが関係づけられる関係体がどれか示されるばあいにはしか意味がない」。ところが、Einstein の上の説明では、そのことが十分におこなわれていないので、じっさいにMの観測者がM'の観測者が観測する事態を報告するかのような印象をあたえられる。それは訂正されなければならない。要約の部分のはじめも、正しくはこうでなければならぬ：「大地にかんして同時であるできごとは、走っている列車にかんしては同時でない、と大地からは判断される」。⁽²⁾

(1) 光のもつこのふしぎな性質は、Michelson-Morley の実験でたしかめられている事実なのであって、Vogtherr, K., op. cit., S. 479. のように、それを特殊相対性原理から出てくる「要請」とみなすのは、あたっていない。

(2) Neuhäusler, A., op. cit., SS. 62-3 も同じ結論に達している。

このような修正は、役にも立たないへりくつをこねまわしているもののように思われるであらうか。そうではない。Einstein のこの列車の例は、じっさいに、たえず誤解を生む原因になってきたのである。

「大地にかんして同時であるできごととは、走っている列車にかんしては同時でない」というところは、はたして、つぎのように誤解されるのがつねである：「M'にいる観測者は、Mにいる観測者が「同時におこった」と報告するできごとについて、「同時にはおこらなかった」と報告する」と。そしてそれが「同時性の相対性」とであると宣言される。これはしかし、上に述べたとおり、事実にあっていない。それぞれの座標系の観測者がその運動状態に応じてそれぞれことなる報告を寄せることによって、「一義的でない実在的客体を確立することに、けっきょくはさまざまな相対的な自然 (Naturwirklichkeiten) というものに」⁽¹⁾みちびかれるのではなくて、かえってその逆である。「同時性の相対性」は、そのような「認識主観の無政府主義」とは、縁もゆかりもない。観測者Mは、かれにとって同時であるふたつの落雷は観測者M'にとって同時でないはずである、という。観測者M'は、しかし、落雷は同時であると報告し、逆に観測者Mについて同じことをいう。「同時性の相対性」とは、このふたつの報告がひとしい権利をもっているという意味における相対性にほかならない。そして、あのローレンツ変換によって、ひとしい権利をもつこのふたつの報告（つまりは座標系）のあいだが橋わたしされ、MからM'へ・またM'からMへ移っていけるようになり、それによって物理法則の「恒常性」(invariance)⁽²⁾が確保されて、けっきょくは、理論の内容がその対象であるひとつの物理的実在に客観的に⁽³⁾対応することが保証されることになる。だから、絶対空間を否定し・あらゆる座標系にひとしい権利をみとめることによって、特殊相対性理論は認識の相対主義・無政府主義におちいった、などということとはできないのである。

(1) Vogtherr, K., op. cit., S. 492.

(2) Margenau, H., Einstein's Conception of Reality, AEPS, pp. 252-4 には、正しくこう書かれている：「客観性は物理法則の invariance と等値になる」。「invariance というイデーは、相対性理論の核心である」。「…基本法則（実在の記述に用いられる最高次の微分方程式）は、ある変換群にかんして invariant とする」。

(3) さしあたりは慣性系。

「相対性」の誤解は、けっきょくは同じことになるのであるが、「長さのちぢみ」・「時計のおくれ」というあの事態にかんしてもあらわれる。同時性の相対性が「観測者M'は観測者Mが「同時におこった」と報告するできごとについて「同時にはおこらなかった」と報告する」というかたちに誤解されるのと平行して、空間尺度と時間尺度とのこの相対性は、つぎのように誤解される：「ある座標系ではかられると1メートルの棒が、これにたいして運動している座標系では $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ メートルになる（みじかくなる）。時計の1秒のきざみが $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ 秒になる（針の動きがおそくなる）」。⁽¹⁾たしかに、Einstein 自身もこう書いてい

る：「動いている剛体の棒は、だから、静止の状態にある同じ棒よりもみじかい。しかも、はやく動いていればいるほど、それだけみじかい」。「時計は、その運動の結果として、静止の状態においてよりもおくれる」。⁽²⁾ここから、ありとあらゆるばかげたことが特殊相対性理論にかんしていわれるようになった。たとえば、汽車がはやく走っているときその長さはみじかくなっている、とか、ロケットに乗⁽³⁾て宇宙旅行をしてきたひとは地上で日を送ったひとよりもわかい状態をたもっている、とか。こうしたことどもは、ad hoc の仮説として

realiter のちぢみ・おくれを導入した Lorentz の段階に逆もどりするものにほかならない。真理はこうである：空間についてだけいうことにし、さきの列車の例にかえると、(1) $A'B'$ は大地からはかると AB よりもみじかい。(2) AB は列車からはかると $A'B'$ よりもみじかい。「にもかかわらず、距離 AB と $A'B'$ とは「同じ長さ」である、「同じ長さ」ということを「両端がかさなりあう」ことであるとすれば、ふたつの距離はしかし「同じ長さ」でない、このことを「同じ数の単位長 (Längeneinheiten) をもっている」ことであるとすれば、⁽³⁾ というのは、 $A'B'$ の単位長は——静止している系からみて—— AB の単位長よりもみじかいからである。どの座標系も自分の同時性をもっていたように、どの座標系も自分の空間尺度・時間尺度をもっているのである。とはいっても、realiter に長さがちぢみ時計がおくれるのではなく、運動しているばあいに変化するのは、尺度と尺度とのあいだの関係だけである。⁽⁴⁾

(1) Einstein, A., op. cit., SS. 24-5.

(2) わたしの目にふれた最新の例は、

Büchel SJ, W., Relativitätstheorie, in: Stimmen der Zeit, Bd. 159, Heft 6 (1957), SS. 401-9.

(3) Neuhäusler, A., op. cit., S. 38.

(4) Vogtherr, K., op. cit., S. 480.: 「…同じふたつの物体がそのかたちにかんしてほんとうに同じでありまたほんとうに同じでなく、同じふたつのできごとがほんとうに同時であり、またほんとうに同時でない——観測の立場あるいは関係体に応じて——とすれば、外界の現実性は、その空間的・時間的狀態にかんして、そのたびごとにこととなることになる。これはしかし deductio ad absurdum である。というのは、real であり・あるいは real と考えられることになっているものは、すべて、あらゆる観測者・判断者にとっていつも同一であるほかはないからである。real と名づけられるものは、すべて、einmalig かつ einzig であるほかはない」。同時性・空間尺度・時間尺度の相対性と「恒常性としての客観性」とが全く理解されないと、このようなまとはずれの非難が生まれてくるのである。さらに、S. 482: 「相対性理論は、こうして、同じ対象の多数のさまざまな客観化にたどりつく、それがものであれ、関係体であれ、…。天体であろうと、自動車・飛行機あるいは原子であろうと、とにかくちがった運動状態にあるどの関係体にも、別々の Wirklichkeit が属することになる。そうだ、どうして人間のからだも関係体とされてはいけないわけがある？ そうなれば、立っているとき・歩いているとき、それぞれこととなる空間的・時間的現実にわたしはいるということになる！」。「相対性理論のみちは、関係体に依存する relativ-reale Objekte に、relative Wirklichkeiten に、そしてそれによって absurdum に、通じる。というのは、physische Wirklichkeit はただひとつであるから」。結論として、S. 495: 「実証主義をしりぞけその立場にとどまるものは、相対性理論の確信ある信奉者にはなれない。……同時性を確定することはできないという実証主義的発端からは、わかりきったことながら、実証主義的理論しか出てこないのである」。たしかに、なにごともしはじめがかんじんである。

さらに、例の「観測者」の問題についても、述べなければならない。列車の例をもとにして、特殊相対性理論について、「ひとりひとりの観測者がその測定データのにもとづいてめいめい物理的世界をくみだてる」と主張されるとき、この理論の実証主義的誤解は、いちばん純粹なはっきりしたかたちをとる。感覚の世界の個人性・主観性が、相対性理論の基礎であろうか。Reichenbach ——論理実証主義のこのかつての指導者！——が、こういう「プロタゴラス的解釈」をしりぞけてつぎのように書いているのは、きわめて印象的である：「同時性のいろいろな定義をいろいろな観測者にふりあてるということは、論理的関係の提示を簡単化する手段として役立つだけである。…ひとつの定義系 (definitional system) をひとりの観測者と同一視するのが、好都合なのである。いろいろな観測者について語るのには、定義系の複数性を表現する話しかた (mode of speech) にすぎない。相対性理論の論理的解明にお

いては、観測者は完全に消去できるのである⁽¹⁾。「観測者の場所だけが大切である」と Bavink も書いている。というのは、いわゆる認識主観として世界の認識ないし構成に主役を演じるというような機能はこの観測者には全くない、ということである。そして、「相対性理論が運動にかんする陳述を「相対化する」のは、どの観測位置からも独立してつねに同一のまさしく客観的な事態をあかろみに出すことを目指す、という意味においてにすぎないのである⁽³⁾。「主観」は姿を消し、物理法則の恒常性によって保証される物理的実在の客観性が浮かび出る。この点でも、特殊相対性理論は、実証主義の世界像ときびしく対立するのである⁽⁴⁾。

(1) Reichenbach, H., The Philosophical Significance of the Theory of Relativity, AEPS, p. 295.

(2), (3) Bavink, B., op. cit., S. 120.

(4) 独我論の立場から世界を構成すると称する知的あそびのことをここではいい、たとえばつぎのものがそれである：

Carnap, R., Der logische Aufbau der Welt (1928).

Stace, W. T., The Theory of Knowledge and Existence (1932).

Juhos, B., Die Erkenntnis und ihre Leistung (1950).

さて、もういちど列車の例にもどることにする。A'B'の長さがABの長さとかさなるものであることは、あきらかである。なぜなら、地上の2点A・Bに対応する列車の2点をA'・B'としたのであるから。いまこの意味において「ABとA'B'とは同時である」という表現を用いるとすれば、一方、測定される量だけを理論の内容にとりいれることを目指す物理学の立場からは、両者の関係について上に展開されたような「同時性」の分析を必要とする以上、このふたつの同時性は、はっきり区別されなければならない。Neuhäusler にしたがって、前者を、「Gleichzeitigkeit」から区別して、「Zugleichheit」と名づけることにしたい。かれは書いている：「地球の回転運動のどの位相にも、まさしくこの状態に属し・ほかのどの状態にも属しない無数の部分位相が属している。たとえば、地球の全く特定のこの位相Oに、スーダンにおける黒人のこどものつますきとコペンハーゲンにおけるある男女ひと組の婚約の口づけが——さらにわたしの時計の針の12時15分45秒という位置が——属する、というぐあいである。こういうできごとすべてによって、地球全体の共存というわくのなかで、ひとつの共存のつながりができる。この意味において、かつこの意味においてだけ、上のできごとはすべて「同時存在的」(zugleich-existent)として同時なのである」と。哲学の立場からどうしても前提されなければならないこの「同時性」(Zugleichheit)と特殊相対性理論における「同時性」(Gleichzeitigkeit)とのこの区別は、疑いもなくこの理論の誤解が原因になって発生したあの(論理)実証主義小児病の論理的あやまりをとりぞくのに、役立つであろう。特殊相対性理論は、ひとつの物理的実在というイデーをも「相対化」することによって認識の統一をうちくでく、というようなものではない。

(1) Neuhäusler, A., op. cit., SS. 66-7.

特殊相対性理論の核心をなす「同時性の相対性」の解釈をめぐる事情は、以上のとおりである。この理論が実証主義ないし相対主義・主観主義におちいるものでないことを、わたしはくりかえし述べてきた。March が、それにもかかわらず、Einstein による「同時性の相対性」の分析に「実証主義の考えかた」(Denkweise des Positivismus)をみようとしているのは、「検証できる陳述・すなわち少くとも原理的に可能な実験によって真あるいは偽であることを立証できる陳述」だけで物理学をくみたてようとする Einstein の批判的態度を強調し

ているかぎり正しく、もしこの態度を実証主義的と名づけるならばそれはそれでよく、実証主義にもプラスの点があることはひとめてよい、とわたしはいいたい。もししかし March が、さらにすすんで、特殊相対性理論がいやおうなしに指示するその相関項としての物理的実在をみとめることを拒否するのであれば、それはこの理論を誤解するものである、といわなければならない。

(1) March, A., op. cit., SS. 58-9.

(2) これについて決定的なことをいいうるためには、まだデータが不足している。《Die neue Rundschau》の論文で素粒子について「物質の非質料化」・「唯物論からの現代自然科学の決定的離反」を強調し Hume を高く評価している (S. 253ff) とところをみると、実証主義者 March という印象がつよいのではあるが。

つぎに、「同時性の相対性」とならんで、特殊相対性理論にかんする誤解のもとになってきた Minkowski の「4次元の世界 (Welt)」について、しるす。

Minkowski は、1908年に、時間を形式的に第4の座標として3つの空間座標になぞらえて扱うかぎり、特殊相対性理論を一種の4次元の幾何学として非常にエレガントなかたちで叙述できることを、示したのであった。形式的にそういう扱いをしてもよい理由は、この理論において「間隔」(Intervall) ⁽¹⁾ をあらわす式 $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$ から読みとれる「空間と時間とが結びつけられている」事実にある。とはいえ、これは、時間がその特殊性を失って空間の第4の(むろん表象できない)次元になってしまうことを意味するものではない。すでに上の式において、時間座標がマイナスの符号でほかの空間座標から区別されていることから、これはあきらかである。この「世界」は、要するに、「非常に価値のある数学的技巧 (Kunstgriff)」 ⁽²⁾ にすぎず、たんに形式的に4次元ユークリッド空間とみなされるだけである。それは、実在性をもつものでなく、時間の本性をときあかす上になにか深い意味を啓示するというようなものでもない。このことがはっきりしていないと、理由のない非難が生まれてくる。

(1) または「線素」(Linienelement). 連続体の構造がこれで示される。

(2) Strauss-Torney, L., op. cit., S. 31.

Wenzl, A., Zur Naturphilosophie von heute, Ergänzung zu Bavinks Buch, II.

(3) v. Laue, M., Geschichte der Physik, 3. Aufl. (1950), S. 85.

(4) Einstein, A., op. cit., S. 38, SS. 63-5, S. 83.

「相対性理論が…日常生活の・従来の物理学の・またそのほかの諸科学の現実性概念を捨ててあたらしい現実性概念をみちびきいれることを試みなければならなかったのは、あきらかである」。「あたらしい「世界」」 ⁽¹⁾ Minkowski の「世界」が「あたらしい現実性概念」であるなどと、特殊相対性理論にかんして誤解に誤解をかさねるひとたちのほかに、だれが主張したであろうか。「空間と時間における事物と過程との現実性は、あらしうことのできない ⁽²⁾ 認識現象であって、計算式によってとりのぞくことはできないのである」。特殊相対性理論は、世界の現実性について「あらしう」ものではないし、ましてそれを「とりのぞく」ことを目指したりはしないのである。

(1) Vogtherr, K., op. cit., S. 487.

(2) " " " " , S. 490.

結論はつぎのとおりである：世界を認識主観としての個人の感覚的印象——「感覚の元素」

(Empfindungselemente)——にひきもどすことによって、認識の対象として個人の意識をこえて存在するひとつの物質的世界・物理的実在を否定する実証主義の世界像は、特殊相対性理論とは縁もゆかりもない。

Ⅲ 一般相対性理論

特殊相対性理論が一般化されなければならなかったわけとそれが一般化された過程とについては、よく知られているものとして、ここには論じない。さて、ここに成立した一般相対性理論は、Riemann の天才的な予言の実現になっている、といえよう。かれは、空間の計量関係の根拠を「それにはたらきかける〔物質の〕結合力」(darauf wirkende bindende Kräfte) にもとめることを提案したのであった。一般相対性理論によると、それは重力であり、世界全体はひとつの重力場にほかならない、とされる。これは、電磁場を物理的実在とし近接作用だけを認める古典電磁気学の根本思想をうけつぎ拡大したものにほかならない。重質量 (schwere Masse) のあるところにはかならず重力場があり、たとえば、地球のまわりには重力場ができてゐる。そこにある物体は、重力のはたらきをまぬかれるわけにいかず、たとえば、投げられた石は、重力のはたらきによって地上に落ちてくる (石にはたらく地球の引力という遠隔作用は、一般相対性理論でもみとめられない)。重力のこのはたらきは、物体の幾可学的性質 (長さ・かたちなど) にもおよび、物体は、この点にかんしても、それがおかれている重力場に依存している。⁽³⁾ 剛体 (starrer Körper) は重力場には存在せず、そこには「軟体動物」(Molluske) としての物体があるだけである。⁽⁴⁾ 物質的世界の計量関係は、こうして、重力によって、けっきょくは、そこにおける物質の偶然的な (一般的には不均等な) 分布にしたがって、決定されることになる。⁽⁵⁾ 「物質は、なるほど測度によって表現されはするが、どの測度があてはまるか・どの非ユークリッド幾何学があてはまるか・すなわちリーマン幾何学があてはまるということは、物質がきめるのである」。⁽⁶⁾ こうして、物理的実在は、物理学が問題とするその計量関係にかんするかぎり、幾何学によって「数学的形式の実現として記述できる」わけである。⁽⁷⁾ これは、ギリシャ哲学におけるピタゴラス主義・質料形相主義の復活であるともいえよう。⁽⁸⁾

(1) Riemann, B., Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen (1854), Weyl-Ausgabe, 3. Aufl. (1923), S. 20.

(2) Einstein, A., op. cit., S. 43.

(3) Büchel SJ, W., „...tausend Jahre wie ein Tag.“ Zu Sinn und Bedeutung der Relativitätstheorie, in: Stimmen der Zeit, Bd. 158, Heft 12 (1956), S. 419.

(4) Einstein, A., op. cit., S. 67.

(5) Bavink, B., op. cit., S. 118.

(6) Wenzl, A., Die philosophischen Grenzfragen der modernen Naturwissenschaft (1954), S. 32.

(7) Wenzl, A., op. cit., S. 32.

(8) " , " , S. 33.

一般相対性理論は、なににもまして、空間を非ユークリッド的と解する大胆な構想のため⁽¹⁾に、物議をかもした。たとえば、Becker や Dingler による抗議がある。しかし、それは、われわれの直観する日常的世界の空間のユークリッド性を十分な理由なく絶対化して、われわれの直観のとどかない大尺度の領域 (天文学的世界) の空間もユークリッド的でなければならぬと要請する点で、「われわれの精神がわれわれの直観とは全くくらべものにならないほ

ど大きい領域をつつむという事実」⁽²⁾をみのがすものであり、出発する立場はそれぞれことにしながらも、けっきょくは、ユークリッド幾何学に「明証的妥当性」(apodiktische Gültigkeit)をみとめた Kant の先験主義の擁護に帰着し、実証主義的解釈とはいわば逆の主張であるから、論理的あやまりをおかし・かつ観測の事実にもあわない正しくない議論であるというのほか、ここにこれ以上は論じない。特殊相対性理論が「同時性の相対性」を核として実証主義的解釈にいくつかきっかけをあたえたのにたいし、一般相対性理論にたいしては、どの哲学的批判もわれわれの直観にとりすぎるだけに終わってしまうようにみえるのは、特徴的なことである。この理論にかんしては、それが物理的实在をみとめていないかのようにいう実証主義的解釈は、なりたつ余地がないのである。特殊相対性理論に刺戟されて実証主義的な操作主義 (operational point of view) を唱えるにいたった Bridgman⁽³⁾が、「Einstein は、特殊相対性理論でわれわれにあたえた教訓と卓見とをその一般相対性理論にもちこまなかった」⁽⁴⁾と書いて不満をもらしているのは、このことを裏書きしてあまりある。

- (1) Becker, O., Beiträge zur phänomenologischen Begründung der Geometrie und ihrer physikalischen Anwendungen, in: Jahrbuch für Philosophie und phänomenologische Forschung, Bd. 6 (1923); Die apriorische Struktur des Anschauungsraumes. Mit besonderer Beziehung auf H. Reichenbachs, Philosophie der Raum-Zeit-Lehre, in: Philosophischer Anzeiger, IV. Jahrgang, II. Heft (1903).

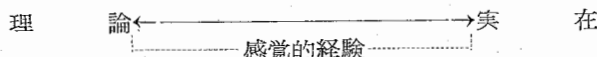
Dingler, H., Das Experiment. Sein Wesen und seine Geschichte (1928), u. a.

- (2) Bavink, B., op. cit., S. 125.

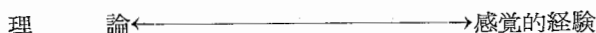
- (3) Bridgman, P., The Logic of Modern Physics (1927).

- (4) " , Einstein's Theories and the Operational Point of View, AEPS, p. 335.

じっさい、わたしは、一般相対性理論こそ、實在と理論との関係をこの上なくはっきり示すひながたである、と考える。すなわち、この理論においては、一方の極に重力場としての物質的世界・物理的实在がおかれ、他の極に数学的思考がおかれている。Einstein の数学論が公理主義のものであることは、有名なつぎの説明からも知られる：「数学の命題が實在に関係するかぎり、それは確実でない。そして、確実であるかぎり、それは實在には関係しない」⁽¹⁾。物理的实在の認識は、基本的には、いくつもある公理的幾何学の体系のうちのひとつを、前者の計量的秩序の図式として、それにふりあてることである。「幾何学をひとつえらんで、それを實在と結びつけよ」⁽²⁾。そのさい、むしろ経験（たとえば観測）のデータをなかだちとする。「物理学の理論・すなわち實在の知的像は、ある幾何学が観測に対応すると要請的にいわれたときに、成立する。實在との接触は、これでできたのである」⁽³⁾。感覚的経験は、このあと、検証の役にも立つ。以上の関係を図で示せば、つぎようになる：



これにたいし、実証主義の図式は、つぎのようなものであろう：



一般相対性理論の反実証主義的性格は、あきらかである。

- (1) Einstein, A., Geometrie und Erfahrung (1921), S. 3.

- (2), (3) Margenau, H., op. cit., p. 251.

このように、一般相対性理論において、特殊相対性理論においてよりもあきらかなかたちで、ひとつの物理的实在というイデーが浮かび出ているということは、しかし、どの物理的

運動も最後にはそれに関係づけられなければならないとされるという意味で優先的地位を占める・ただひとつの座標系としての絶対空間を要請し仮定した Newton のむかしにかえることを、意味するものではない。特殊相対性理論の一般化としてのこの理論に、そういうことがあってはならないし、またあるはずもないのである。一般相対性理論におけるひとつの物理的實在というイデーの内容は、宇宙に不均等に分布されている物質のまわりにできている重力場の総体にはほかならないが、物理的實在のこの統一性は、Newton の意味における絶対性とは別のものである。それについて、つぎに簡単にしるす。

Newton が表象していた絶対空間は、あらゆる存在をつつみもつつひとつの巨大ないれもの・無限のひろがりにほかならなかった。そういうものとしてそれは、絶対に静止している基準座標系として役立ち、また 3 次元ユークリッド的である、とみなされたのである。この表象の特徴は、その素朴さにある。3 次元ユークリッド的ないれものやひろがり、われわれの日常生活のなかに数かぎりなくある。日常的世界そのものがそれであるし、部屋・箱などもそれである。そしてわれわれは、こういう世界に住んでいることの当然の結果として、この 3 次元ユークリッド性の直観（表象）をもっている。絶対空間とは、この表象が無限のひろがりに拡大されたものにほかならないのである。Kant が、Newton 力学の・ひいては古典的力学的世界像の哲学的代弁者としての役割をはたすにあたって、3 次元ユークリッド空間を「直観の形式」として説明していることも、もとをただせば、この事実とかかわりがあるであろう。

相対性理論によって空間のこの絶対性・ユークリッド性が否定されたということは、方法論的には、空間の直観（表象）にもとづいて空間についてもものをいうことがもはやゆるされなくなったことを意味する。逆に、空間から出発して空間の直観（表象）をも説明するのではなければならない。

空間の表象を手びきとすることなしに空間の問題にたち向かうこと、——このみちをとるものが、ほかならぬ一般相対性理論である。それがもたらすと思われる答も、方法がことなるのに応じて、ことなっている。それはいちじるしく Leibniz の空間論に傾く。

われわれの直観のとどく範囲は、ごくかぎられているが、われわれは、物理的實在の大部分を占める直観できない世界について、すでに多くを知っている。一般相対性理論によれば、空間は非ユークリッド的であるが、それは、計量関係をきめる物質の分布が不均等だからである。さて、物質がなければ、世界もなく空間もない。空間のなかに物質がおかれているのではなくて、物質のあるありかた (Seinsweise) が空間なのである。とすれば、幾何学によって指示される (bezeichnen される) 物質の計量関係そのもの——ものの並存 (Nebeneinander) の秩序そのもの——が、空間であることになろう。直観をこえる世界を「物自体」(Dinge an sich) の世界と名づけ⁽¹⁾、空間とは物自体の並存の秩序である、といってもよい。そして、直観される日常的世界におけるものの並存の秩序は、そのすくなくともひとつの対応であり、「感性というスクリーンの上にうつし出されたほんとうの秩序の投影」⁽²⁾である、といえよう。要するに、巨大ないれもの・無限のひろがりとしての絶対空間というようなものは、ここにあらわれる余地がない。

(1) Schlick, M., Allgemeine Erkenntnislehre, 2. Aufl. (1925)

(2) Neuhäusler, A., op. cit., S. 45.

結論はつぎのとおりである：一般相対性理論は、ひとつの物理的實在というイデーをうち出すことによって、実証主義的世界像の破綻をこの上なくはっきり示している。とともに、それが Newton の絶対空間を再びみちびきいれることを意味するものではないことも、注

Ⅳ Einstein の認識論的立場

「もし諸君が理論物理学者からかれらが用いた方法についてなにかを学びたいと思われるならば、…かれらのことばに耳を傾けてはいけません、しかと注意をその仕事 (Taten) にお向けなさい」。⁽¹⁾ⅡおよびⅢの考察は、この勧告にしたがっておこなわれた。いまここに Einstein 自身の「ことば」をもとりあげようとするのは、相対性理論がかれの深い認識論的考察なしには生まれることがなかったという事実にてらし、それがⅡおよびⅢの成果をおぎなう役に立つことを期待してよいからである。むろん体系的なまとまりは目ざさず、時間の順序にしたがってかれの3つの発言をひろい出すだけにする。

- (1) Einstein, A., Zur Methodik der theoretischen Physik, Mein Weltbild (1956), S. 113.

われわれがはじめに出あうのは、1921年のきわめて Mach 的な実証主義者 Einstein である。⁽¹⁾「われわれは、いろいろな個人に共通でしたがってある意味において非個人的な感覚 (sense perceptions) を real とみなすのがつねである。自然諸科学は、わけてもそのうちでいちばん基本的な物理学は、このような感覚をとり扱う。物体 (physical bodies) の概念は、とくに剛体の概念は、そのような感覚の比較的恒常な複合体なのである」。⁽²⁾この見解からひき出すことができるのは、上にもふれたとおり、すくなくとも原理的には検証できる陳述だけで理論をくみたててをもとめる批判的態度である。Einstein が、エーテルを追放し同時性の絶対性を否定するにあたって、上の思想に側面からたすけられたであろうことは、みとめてよい。この意味で実証主義は「Einstein にとって大きな発見的価値をもっていた」⁽³⁾のであろう。しかし、実証主義の貢献は、ここで終る。同時性の概念の分析の上にかれがきずきあげた特殊相対性理論が、その客観的内容において、感覚にかんする操作につきるものでなく、そのわくをこえてひとつの物理的実在を指示するものであることは、あきらかな事実なのである。だから、上の引用を特殊相対性理論の内容を正しくうつし出す認識論とみることは、とてもできない。さらに一般相対性理論になると、上の見解との距離はもっと大きくなる。そこで感覚が演じる2次的な役割については、前に述べたとおりである。

- (1) Ernst Mach が科学者・哲学者としての Einstein の成長におよぼした影響の大きさについては、よく知られている。Einstein 自身、1946年に、こう書いている：「E. Machこそ、その『力学史』において、〔物理学の確実な基礎としての力学という〕この独断的な信念をゆさぶったひとなのである。この本は、まさしくこの点で、学生としてのわたしに深い影響をおよぼした。Mach のほんとうの偉大さは、にがりのない懷疑と独立性とにある、とわたしは思う。青年時代にはまたわたしは Mach の認識論的態度にも深く影響されたのであるが、こんにちわたしの目には、この認識論的態度は本質的に支持できないものにみえる」(Autobiographisches, AEPS, p. 20)。このことについては、のちにふれる。

- (2) Einstein, A., The Meaning of Relativity (1921), p. 2.

- (3) Frank, Ph., Einstein, Mach, and Logical Positivism, AEPS, p. 273.

1931年には、かれはおもむきをことにしている。「知覚する主観から独立の外界を信じることは、あらゆる自然科学の基礎である。感覚はしかしたんに間接にこの外界・ないし「物理的実在」(Physikalisch-Reales)にかんする知らせをもたらすにすぎないから、われわれは物理的実在を思弁のみち (spekulativer Weg) においてしかとらえることができない。このことから出てくるのは、物理的実在にかんするわれわれの見解がいつになっても終局的なもの

になるわけにはいかない、ということである。われわれは、知覚の事実⁽¹⁾に論理的にいちばん完全なしかたでしたがうために、この見解・すなわち物理学の公理的土台 (axiomatisches Fundament) をかえる用意を、いつももっていなければならない⁽²⁾。Margenau が書いているように、ここには、real⁽³⁾なのは「知覚する主観から独立の外界」であるという認識とともに、つぎのような「3重の区別」がみられるのである：

- 1) 外界——物理的実在
- 2) 外界の知覚
- 3) 外界にかんする見解

- (1) Einstein, A., Maxwells Einfluss auf die Entwicklung der Auffassung des Physikalisch-Realen (1931), Mein Weltbild (1956), S. 159.
- (2) Margenau, H., op. cit., AEPS, p. 248.

これは、一般相対性理論のところで指摘された認識の構造を反映する見解である、といつてよい。すなわち、まず、感覚がなかだちの役をはたすにすぎないことが指摘されるのに対応して、実在をとらえる手段としての「思弁」の役割が強調されており、実在と思考との両極性がはっきりしている。「思弁」とはしかしなにか。これは、Einstein においては、たとえば Hegel の思弁を思い出させるものではむろんなくて、むしろ Hilbert の公理主義を思い出させるものであり、「人間精神による自由な発明」(freie Erfindungen des menschlichen Geistes)⁽¹⁾としての物理学の仮説その他をうみ出すものにほかならない。Hilbert が幾何学を経験から全く切りはなして「純粋に論理的な成体」(rein logisches Gebilde)⁽²⁾として構成したように、Einstein は、物理学の基礎は一経験からの「抽象」でなく一思考による構成・自由な「発明」である、とする。概念は経験からみちびき出されるという見解のあやまりを、だれをも承服させるかたちで示したのが、一般相対性理論である。「一般相対性理論は、Newton のとはいちじるしくことなる土台によって、同じ範囲の経験的事実を、しかも Newton の土台によってできる以上に満足のいく完全なしかたで、説明できることを示した。どちらがすぐれているかという問いはしかし全く別にして、非常によく経験と一致するふたつの本質的にことなる基礎を提示できるということによって、基礎のフィクションの性格が完全にあきらかになるのである⁽³⁾」。「純粋に数学的な構成によって、自然現象を理解するかぎをあたえる諸概念とそれのあいだの法則的結合とをみつけることができる、とわたしは確信している。〔物理学に〕使える数学的概念は、たしかに経験を通じて暗示されるかもしれないが、決して経験からみちびき出されることはできない。経験は、むろん、いつになっても、数学的構成が物理学に使えるかどうかのただひとつの基準ではある。ほんとうの意味で創造的な原理は、しかし、数学のなかにあるのである。だから実在を、古代のひとたちが夢みたように、純粋な思考でとらえることができるというのは、ある意味においてほんとうである、とわたしは思っている⁽⁴⁾」。これは、感覚と件のわくのなかで仕事をする⁽⁵⁾ことを主張する実証主義とは、天と地ほどのひらきがある⁽⁶⁾。

- (1) Einstein, A., Zur Methodik der theoretischen Physik, Mein Weltbild (1956), S. 115.
- (2) Schlick, M., op. cit. の表現による。
- (3) Hilbert, D., Grundlagen der Geometrie (1899).
- (4) Einstein, A., op. cit., S. 116.
- (5) " , " , S. 117.
- (6) ここで, Schrödinger, E., op. cit., SS 44. u. 108. も指摘している Demokritos の「いちばん進歩

的な認識論的態度」を思いおこし、それと Einstein との親近性をたしかめることができる。

つぎに、上の引用の後半は、思考がつくりあげて経験がそのつど吟味する物理学の理論が、物理的実在全体を指示できる一般性を事実上もつものでなく、またその検証されかた（実在との対応のしかた）もこの上なく完全なものとはいえないという（人間の能力の有限性からくるやむをえない）その限界によって、決定的・最終的なものとみなされてはならないこと、かえってそれはあたらしい理論によってとってかわられるものとみなされなければならないこと、この変革はかならずおこること、そしてそれなしには物理的実在の認識の発展はないこと、にかかわる。物理学の進歩は、その歴史が示すように、物理的実在を「論理的にいちばん完全なしかたで」——すなわちできるだけすくない仮説で一義的に——指示できるただひとつの理論体系という理想へ漸近線的に近づいていく過程にほかならない。物理学の理論と物理的実在とのあいだに矛盾があるかぎり、また物理学の内部に、いいかえると、部分的な不完全なひとつひとつの理論のあいだに、矛盾があるかぎり、この過程はすすむ。それは、ひとつの弁証法的過程にほかならないのである。

ここに代表されている Einstein は、外界とその認識過程とにかんして、弁証法的唯物論の主張に近づいている。

1946年になると、しかし、Einstein の認識論的態度は、もういちど変化しているようにみえる。かれは、⁽¹⁾「自分の追悼録とでもいうようなものを書く気持で」したためた『自伝ふうのことも』のなかに、その「認識論的信条」(erkenntnistheoretisches Credo) をつぎのようにまとめている：「わたしは、一方に感覚的体験 (Sinnen-Erlebnisse) の総体をみ、他方に書物に書きとめられてある概念と命題との総体をみる。概念・命題相互のあいだの関係は、論理的性質のものである。論理的思考の仕事は、概念・命題相互のあいだの結合を、別にとりきめてある規則にしたがってうみ出すことに、厳密にかぎられている。そして、この規則を問題にするのは、論理学の仕事である。概念と命題とは、感覚的体験にたいするその関係を通じてだけ、「意味」ないし「内容」をえる。概念・命題と感覚的体験との結合は、純粹に直覚的 (intuitiv) であって、論理的性質のものではない。この関係づけ・すなわち直覚的結びつけがどの程度のたしかさ (Sicherheit) でおこなわれうるかによって、ほかならぬこのことによって、むなし幻想と科学の「真理」とが区別されるのである。概念の体系は、体系の構造をきめる構文上の規則 (syntaktische Regeln) とともに、人間による創造である。概念の体系は、なるほどそれ自身は論理的に全くほしいままのものではあるけれど、感覚的体験の総体への（直覚的な）ふりあてをできるだけたしかなものにするという目的の制約を受けている。第2に、それは、論理的に独立な要素（根本概念と公理）・すなわち定義されていない概念と推論されたのではない命題とを、できるだけすくなくしようとつとめる」。

(1) Einstein, A., Autobiographisches, AEPS, pp. 1-95. 以下の引用は pp. 10-2.

感覚的体験の総体と概念・命題・構文上の規則の総体とを対立させ、後者をできるだけ完全なしかたで前者にふりあててことに科学の目的をみるというこの主張は、あの論理実証主義のものであるといってもまちがいはないであろう。⁽¹⁾物理的実在について Einstein がひとつともふれていないのは、きわめて特徴的である。かれは、その最後の認識論的立場と信じられるものにおいて、感覚をこえる物理的実在をみとめることはこばむ実証主義者にかえってしまったのであろうか。

(1) つぎのふたりの論理実証主義者は、そのつもりで Einstein について書いている：

Frank, Ph., op. cit., AEPS, p. 269 ff.

Lenzen, V., *Einstein's Theory of Knowledge*, AEPS, p. 335 ff.

たとえば Lenzen はこう説明している：「全く、物理学の命題が感覚的印象にかんするものである以上、物体という独立の概念は、経験をこえる実在にかかわるにはおよばないのである」(p. 366)。「独立」(independence) ということばは、物体の実在論的概念を暗示する。しかし、わたしの考えでは、このことばは、感覚的印象のあいだに秩序をうちたてるのに役立つ思考的構成物 (a construct of thought) に適用できる」(p. 367)。

同じ Autobiographisches における Einstein の Mach 批判も、思考の力を強調するにとどまっている：「すなわち Mach は、すべての思考・とくに科学的思考の本質的に構成的かつ思弁的な性質を、正しくあかみに出さず、その結果、この構成的・思弁の性格がかくれもなくあらわれるまさしくそのようところで、たとえば原子の運動学的理論において、理論を非としたのであった」(p. 20)。

これはあっさりみとめた方がよい、とわたしは考える。物理的実在が直接にはわれわれの感覚的印象というかたちでしかあたえられないことを思えば、「Einstein は、物理的実在は述べるまでもないこととして前提し、じっさいの物理学者の操作として概念体系を感覚的体験に対応させることについてだけ論じているのである」と強弁することもできるのかもしれない。それはしかし強弁にとどまる。ここに述べられている Einstein の認識論的信条は、相対性理論の客観的内容を正しくうつし出していない。科学者としての仕事と認識論者としてのことばとの不一致は、たとえば Eddington においてもみられるところで、めずらしいことではないのである。

——1957年8月18日 ミュンヘン——

あとがき

相対性理論の解釈・評価をめぐる弁証法的唯物論の立場からさかんに研究がおこなわれているのは、とくにソ同盟においてである。しかしわたしは、それを知りながらも、西ドイツという国にいたおかげで、その成果を利用することが事実上できなかった。それは、疑いもなく、この論文の弱さのひとつの契機になっている。けれど、この点については、つぎの作品で前進をめざすほかはない。

——1958年11月10日——