

Poincaré の規約主義と構造主義

—二つの立場に共通する関係中心的アプローチ—

森田 紘平*

Conventionalism and Structuralism in Poincaré's philosophy:
Relation-oriented approach as a common ground for two ideas

Kohei MORITA

§1 はじめに

Henri Poincaré (1854–1912) は 19 世紀後半から 20 世紀初頭にかけてのフランスを代表する数学者であり物理学者である。科学哲学の文脈では、いわゆる規約主義者として知られており、1990 年代以降は、認識論的構造实在論を主張した先駆的な研究者として名前があげられる。しかし、構造实在論は選択的实在論である一方で、規約主義はある種の反实在論であることを考えると、矛盾した立場を Poincaré が提示しているように見える。しかしながら彼の代表的な著作である『科学と仮説』(Poincaré 1902 [1959], 以下, *S&H* と略し, [] 内は翻訳版の書誌情報である) の中に、どちらの立場も見いだすことができる。本論では、これらの二つの立場には一貫した解釈が与えられるのみならず、それらの背後には関係中心的アプローチと呼ぶべき立場があることを示そう。

本論の構成は以下の通りである。§2 では、Poincaré の幾何学の哲学を整理し、規約主義的主張を検討する。特に、変換や群論という側面に注目して分析していく。§3 は、Poincaré と ESR の関係を示す。特に、頻繁に指摘されるものの、これまでその内容が検討されてこなかった光の理論に関する Poincaré の理解を説明しよう。§4 では、関係中心的アプローチが Poincaré の幾何学の哲学と科学哲学の両方に通底している哲学的態度であることを指摘しよう。

* 京都大学 k.morita.hand4[at]gmail.com

§2 規約主義

2.1 幾何学の哲学

Poincaréの規約主義的な側面は伝統的に指摘されてきた。Reichenbachは、Poincaréを規約主義の支持者の一人¹として紹介している(Reichenbach 1958, pp. 35–36)。他にも、科学哲学の古典的な教科書である *Introduction to the philosophy of science* において Norton が Poincaré を規約主義者の一人名前を挙げていることから (Notron 1993, p. 185)、Poincaré が幾何学について規約主義者であることは古くから知られていると言っていだろう。

Poincaréの規約主義に言及している研究として小林(2007)がある。小林は、Poincaréの哲学的な主張を数学基礎論から、科学哲学に至るまで包括的に論じている。特に、彼の空間の哲学について、経験的な要因が不可欠ではあるが、幾何学は経験科学であるわけではなく、規約によって選択されるものであると論じられている。

経験は、われわれがどの幾何学を力学に適用すべきかということを示唆することはあっても強制することではなく、どれを選ぶべきかはわれわれの選択の問題なのである。その場合、ユークリッド幾何学がもっとも単純で、自然にある固体、すなわちわれわれの手足や眼が接近しうる固体の属性と十分によく合致し、それを用いて測定器具を作ることができるものである。要するに、複数の幾何学の体系の中でユークリッド幾何学が自然現象を扱ううえで最も単純で便利な規約なのである。(小林 2007, p. 97)

続けて、小林は光線に関する経験的事実がユークリッド幾何学と両立しないことが明らかになったとしても、単純性の観点から非ユークリッド幾何学を選択するようになるだけで、経験が幾何学を棄却するわけではないと指摘している。さらに、このような規約主義的態度は力学にも応用される。ニュートンの3法則のような原理は、経験的に検証できない。なぜなら、この世界において摩擦がない平面は存在せず、また、外部からの影響を受けない孤立系を考えることができないからである。そのため、このような原理は定義ではなく、規約によって選ばれているに過ぎない。とはいえ、こ

¹ Reichenbach自身が強調しているのは、Helmholtzの議論である。さらに脚注(Reichenbach 1958, p. 35, note.1)においては、新カント派とHelmholtzの関係を論じている。このことから、Reichenbach自身の力点はHelmholtzにあり、Poincaréはある種の「おまけ」であったと推察される。

の規約をもたらす選択も恣意的な選択ではなく、経験に基づく選択である。²

数学と科学に対する Poincaré の立場について、Ivanova (2015a) が規約主義的な側面も踏まえて分析している。具体的には、Poincaré の大きな目的は数学を含めた科学的知識を知性的な存在がどのように獲得するのか、さらに、それらの知識の間にはどのような構造があるのかを明らかにすることにあると論じている。Ivanova によれば幾何学の持つ規約的性質は「構成的」constitutive な役割を果たしている。Poincaré にとって幾何学の選択は科学的知識の獲得のために行われているという立場を Ivanova は採用し、この意味で、幾何学の選択は構成的なのである³。幾何学の規約性だけでなく、科学的知識の規約性についても Ivanova は同様に構成的という観点から評価している。小林と同様に、ニュートンの法則（特に、万有引力）は検証不可能であり、かつ、ア・プリオリでもない規約であり、この規約も次の階層の科学を構築するための構成的な役割を果たすとされる。

このように、Poincaré の規約主義的な立場は広く認められているものであり、以下の引用からもその立場は確認できる。

幾何学の公理は先天的総合判断でもないし、実験的事実でもない。

それは規約である。我々の選択はあらゆる可能な規約のうちから実験的事実によって導かれて行ったのである。しかし選択にはなお自由の余地があって、矛盾は全然避けるという必要はあるが、それ以外には制限はない。

(中略)

ユークリッド幾何学は現在最も便利であり、また将来もそうであろう。

第一、ユークリッド幾何学は最も簡単だからである。そうしてこの簡単だとおいうのは、ただ我々の理知の習慣によってとか、あるいは何かわからない直接の直観のために我々がユークリッド空間を有するようになったからそうだというのではない。この幾何学はそれ自身において最も簡単なのである。

(中略)

第二、この幾何学は自然にある固体の性質相当よく一致するからである。この個体は我々の手足や眼が接近することができるし、またこれを用いて我々は測定 of 器械を作っているのである。(S&H p. 71 [pp. 76–77])

² 小林は Poincaré の構造実在論という単語は明記していないが、ある種の科学的構造主義的な側面についても説明を加えている (小林 2007, pp. 100–102)。

³ 本論では Ivanova のこのような理解については立ち入らない。

Poincaré は幾何学における経験の重要性を指摘した上で、特にユークリッド幾何学が規約によって選択されると論じている。経験を通じて我々は幾何学を構築・選択している以上、ある世界ではユークリッド幾何学が導かれることもあるが、また別の世界では非ユークリッド幾何学が導かれることもある。どちらの幾何学も真ではなく、それぞれの世界においてより単純な方が選択されるという主張が Poincaré の規約主義の中心的な主張である。

幾何学と経験との関係を *S&H* の 4 章を通じて簡単に整理する。Poincaré は一つの状況を提示する。もし、ある人間が我々と同等の知的能力を持つとした時に、外界からの刺激によってユークリッド幾何学とは別の幾何学（非ユークリッド幾何学）を構築するようになると、外界の全ての現象についても非ユークリッド幾何学に則って論じていく。一方、そのような非ユークリッド幾何学を自然に構築するような世界に、我々が移り住んだとしても我々は問題なくユークリッド幾何学を用いることができる。同様に、非ユークリッド幾何学を使っている人間たちが我々の世界の側に移ってきても非ユークリッド幾何学を変わずに用いる。

さらに幾何学的空間の性質は空間内の対象の運動によって知るほかないという立場を Poincaré は取っている。まず視覚によって網膜の底に像が形成され、これを印象と呼ぶ。この印象は、視覚・触覚・運動によって現れる表象空間と呼ばれる空間の上で固体の運動を表現している。この印象によって我々は幾何学へと到達するのだが、これらの感覚はどれも不可欠なものであるという。このような表象空間における印象の変化によって、現象の変化を明らかにし、この変化のうち特別なもの、「移動」と呼ぶものが幾何学の対象である。この移動とは位置変化であり、この位置変化の性質によって間接的に明らかになるのが空間の性質である。したがって、この位置変化の持つ規則性が空間の性質であり、この規則性を通じて幾何学が構成される。

しかし、物体の変化が位置変化なのか、それとも状態の変化なのかを人間がどのように区別することができるのかという問題がある。なぜなら、ここでは幾何学も科学も前提されておらず、人間が持っているのは表象空間上の印象だけである。そこで Poincaré が提示した表象空間に基づく図式において、物体それ自体の性質の変化と物体の位置変化が区別できなければならない。Poincaré は、「ある対象が状態を変えたり、あるいはただ位置を変えるということは、いつも我々には同じ仕方です、すなわち印象全体における変更によって言い表わせる」(*S&H* p. 81 [p. 85]) と述べ、印象の変更としてどちらの性質も特徴付けている。しかし、この二種類の変化はきちんと区別できる。ある変化が表象空間の上の印象に生じたとき、もしそれが位置変化に関す

るものであれば、我々がその相対位置を変更することで、その変化がなかったかのように修正することができる。逆にいえば、視点移動や、体自体を動かすことができないような人間には、位置変化と状態変化を区別をすることができない。このような場合は、幾何学空間を構築することができない。なぜなら、位置変化の規則性によって我々が幾何学を構築する以上、何が位置変化なのかという問いに答えることができない人にとってはそもそも、幾何学を構築できないからである。

さらに、これに続けて固体の移動を我々がどのように捉えるかという点について議論が展開される。ある固体が α の位置にあり、次に β の位置に移ったと仮定しよう。最初の α に位置する固体は印象 A ををもたらし、さらに、 β の位置にある固体からは印象 B が与えられる。今二つ目の固体があつて、第一の固体とは全く異なる性質を持っているとしよう（例えば、別々の色であるなど）。この第二の固体が先の固体と同様に α から β へと移動したときに、第二の対象が α にあるときの印象を A' とし、 β にある時の印象を B' とする。この時、集合 A と A' には共通する部分がないと Poincaré は仮定する。同様に、 B と B' の間にも共通する部分はない。すると、 A から B への変化と A' から B' への変化の間にも共通する部分がないことになるのだろうか。しかし、そうはならず、この二つの変化はどちらも同じ移動であると判断される。なぜなら、同じ相対位置の変更によってどちらの変化も打ち消すことができるからである。このように我々は移動と呼ぶ特殊な変化を他の変化から区別することが可能になる。そして、Poincaré は、「これらの現象の法則こそは幾何学の対象をなすものである」(S&H, p. 86 [p. 91]) と結論づけている。このようにして移動に関する法則を見出すことで我々は幾何学的空間を構築することが可能になる。

最後に、Poincaré は幾何学が経験を通じて得られるが、これは幾何学が経験科学であるという意味ではないと主張している。固体の運動を通じて、我々は位置変化を経験し、この位置変化によって幾何学の規則が導かれる。この意味で、経験は重要な役割を果たしているが、幾何学が経験によって棄却されるわけではないのである。さらに続けて、Poincaré は幾何学の規約性を次のように説明している。「経験はどの幾何学が最も真であるかということを認識させはしないが、どれが最も便利であるかを認めさせる」(S&H, p. 94 [p. 98]) として、経験を通じて幾何学が規約的に選択されると主張している。

2.2 Poincaré と群論

Poincaré の哲学にとっての群論の重要性はよく知られている (小林 2007; Ivanova 2015a; Ivanova 2015b; Gray 2013; Debs and Redhead 2007). Debs らは Poincaré の哲学における群論の役割について次のように論じている. Poincaré にとって幾何学が経験から得られるものであることを指摘した上で, 彼らはこれまで軽視されてきた点として群論の重要性を指摘する (Debs and Redhead 2007, pp. 44–47). 彼らによれば, Poincaré にとって, ある変換に対して不変であるような対象の存在が幾何学の構成にとって本質的であり, ユークリッド幾何学が構成されるような世界では, この変換がユークリッド群と呼べるような群を構成する.

この世界において我々が経験からユークリッド幾何学を選択する際の Poincaré の思考実験を考える. まず外的世界にある種の対象が運動している. この運動を我々は知覚するのだが, その際, 表象空間と呼ばれる空間において運動が表象され, そこでの対象の挙動から幾何学が得られるのは前述のとおりである. Poincaré の以下の記述は注目に値する.

外部の対象の像は二次元の画ともいうべき網膜の上にえがき出される. つまりこれは透視図である. しかしこれらの対象は動き得るし, 我々の眼もまた同様であるから, 我々は同一の物体の諸種の透視図を相異なるあまたの観測点からとって, 順次に見ることになる. 我々は一つの透視図から別の透視図に移るのに筋肉感覚をともなうことがよくあることを同時に確認する. もし透視図 A から透視図 B への推移と, 透視図 A' から透視図 B' への推移とが同一の筋肉感覚をともなうときには, 我々はこれらを同一性質の操作として結びつける (S&H, p. 91 [p. 96]).

このように, A から B と A' から B' という二つの推移を比較することで, これらが群の性質を満すような変換であることが導かれる. この変換の満たす性質が幾何学の性質を示す. したがって, Poincaré にとって幾何学とは, 変換の性質を明らかにすること, つまり群論なのである. より具体的にいえば, どのような部分群が空間の性質の特徴づけとして適切なのかを決めることが幾何学の営みなのである (S&H, p. 110 [p. 116]).

ある対象が特定の変換についての不変性を示すことで, 我々は幾何学を自然に選択しているというのが Poincaré の主張の軸であると言える. したがって, Poincaré の幾

何学の哲学は次のように整理できるだろう。確かに、幾何学の選択については確かに規約主義である。一方で、幾何学を獲得させ、さらに、その幾何学の性質を明らかにしているのは、群の性質を満たすような変換の性質である。特に、変換に対する不変性は、Poincaré の議論を維持するためには重要である。というのも、まさしく、対象の性質について不変であるような変化を位置変化と呼び、これが幾何学的性質を明らかにする上で最も重要だからである。この意味で、群の性質については単なる規約ではない。

§3 認識論的構造実在論

科学的構造主義の代表的な事例は構造実在論である⁴。一般に、構造実在論は二つの種類に分類される。一つが、存在論的構造実在論 Ontic Structural Realisms (以下 OSR)、もう一つが、認識論的構造実在論 Epistemic Structural Realisms (以下 ESR) である。大きくいえば、OSR はこの世界に存在するのは構造であるという立場であり、ESR は我々が知り得るのが構造だけであるという主張として整理できる⁵。ESR の提案者である Worall は、Poincaré がこの ESR を支持する立場であると論じた (Worall 1989, pp. 101–103)。この節では、Poincaré がなぜ ESR を主張していると捉えられているのかを示す。

Poincaré が ESR を主張していると論じられる際に、その事例としてあげているのは、光の理論についての変遷である。光の理論について、Frenel の理論が正しいと思われていたものの、Maxwell の理論が提示されると、Frenel の理論は使われなくなった。この事実は、科学的実在論論争における理論転換の一例であり、科学がこの世界の実在を捉えることができている事例と考えることもできる。しかし、Poincaré は次のように論じている。

〈Frenel の理論と Maxwell の理論における〉方程式は関係を表現していて、方程式が真であることを失わないのは、すなわちこの関係がその実在性を保持しているからである。その後も以前と同じようにこれらの方程式は何かあるものと別のあるものとの間にこれこれの連関があることを我々に教える。ただこのあるものを我々は以前には運動と呼んだが、いまでは電流と呼んでいるだけで

⁴ 構造実在論以外にも、Bueno (2011) の構成的構造主義も構造主義の一つであり、科学的構造主義は必ずしも実在論とは限らない。

⁵ 例えば、French (2014, p. 2) などを参照。

ある。しかしこれらの名称は、自然が永久に我々に隠している実在の対象の代理として用いている形象にすぎなかった。これら実在の対象間の真なる連関こそは我々の捕え得るただ一つの実在である。ただ、これらの対象間にはその代理としてやむを得ず用いている形象間の連関と同じ連関が存在すること、これだけが条件である。もしこういう連関が知られていれば、我々が或る形象を別の形象で置きかえることが便利だと判断したところで、いっこうさしつかえはない (S&H, p. 188 [p. 191], 〈〉内は引用者)。

これは、まず、対象間の連関こそが捕えられる唯一のものであるとして、ある種の構造実在論的な立場であると見ることができる。さらに、このことは OSR ではなく ESR であると考えられる。というのも、問題となっているのは「捕え得る」ものであり、存在するものではないからである。このような主張に基づいて、Worall (1989) や French (2014) では Poincaré が ESR の先駆的立場として紹介されており、Poincaré の哲学的立場を構造実在論の一種として捉えることは広く認められている見解であると言っていい (伊勢田 2018)。さらに、この記述は、ESR と同時に規約主義的も表している。つまり、Massimi が指摘するように、ある種の真なる関係を維持されていれば、その関係が例化するような対象については規約による (Massimi 2011, pp. 3-4)。この意味で、Poincaré の規約主義と ESR は結びついている。

Poincaré の ESR としての立場を明らかにするために、Frenel の理論と Maxwell の理論の間の変遷について Poincaré が何を念頭においているのかを説明することは有益であろう⁶。上の引用の直前部分では、Frenel の理論における微分方程式が問題にされているが、その指示対象は明確ではない。しかし S&H の 12 章は、Frenel の理論と Maxwell の理論との関係が主題となっており、ここではこの議論を通じて二つの理論の関係に対する Poincaré の理解を説明しよう。Poincaré は 12 章で Frenel の理論が Maxwell の電磁気学においても維持されることや、Frenel の理論におけるエーテルや分子についての仮説とは独立に Frenel の方程式が正しいことを論じている。ここで念頭におかれているのは随伴係数を提示した Frenel の主張であると考えられる。Frenel の随伴係数とは、「透明物体中のエーテルは、物体の速度を v 、屈折率を n とした時、

⁶ 前述の Worall を始めとする多くの哲学者が上述の引用部分をもって Poincaré が ESR の支持者であると論じているが、この二つの理論の間の変遷の中身については詳しく論じていない。本論でも、該当箇所の前後から二つの理論の関係を導くことはできないが、以下では S&H の他の記述を参照しつつ、この理論変化の実態を明らかにする。これによって Poincaré に見いだすことができる ESR 的中身の中身をより具体的に記述できる。

「 $(1 - 1/n^2)v$ で動く」(広重 1968, p. 64) ことを Frenel が示した際の、 $(1 - 1/n^2)$ を指す。Frenel のそもそもの主張では静止エーテルについての理論であるが、今日では一般に、速さ v で移動している屈折率 n の媒質中の光速度 c' を

$$c' = \frac{c}{n} \pm \left(1 - \frac{1}{n^2}\right)v \quad (1)$$

としたときの v の係数を随伴係数と呼ぶ。ただし、 c は真空中での光速度であるとする。この式は、1851 年に Fizzau の実験により確かめられており、この実験によって Frenel の理論が確かめられたとされている。このような Frenel の理論と Maxwell の関係について、広重は次のように述べている。

この〈Frenel の〉理論によれば、エーテルは宇宙空間に静止しており、地球はそれに相対的に運動する。しかし、Fizeau の実験によって証明された随伴係数のおかげで、その相対運動は地上での屈折現象になんの効果も表さないことが保証される。他方 1867 年に Maxwell は、地上で光の速度を求める実験では、光は同じ経路を往復させられるので、エーテルに対する地球の運動の影響は 2 次の効果にしかならず、実験的にそれを検出することは極めて困難であると指摘した(広重 1968, p. 65. 〈〉内は筆者)。

このことは、同じエーテルに対する地球の相対運動の効果が確認できないということに対する二つの異なる見解があることを示している。その意味で、Frenel の理論と Maxwell の理論は異なる理論であると言えるだろう。しかし、Frenel の随伴係数や、それを伴う方程式についてはやはり Maxwell の理論においても正しい。より正確には、相対性理論の範囲内でも(近似的には)正しいことが確認されている。Poincaré が考慮していたのは、まさしくこの側面であったと考えられる。つまり、Frenel の理論があくまで光という個別の現象に関する理論にすぎない一方で、Maxwell の理論は、電磁気学の理論であり、光を含むより一般的な理論である。この点で、Frenel の理論は Maxwell の理論にとって代わられた。さらに言えば、Frenel の理論は基本的に静止エーテルの存在を仮定し、加えてこの静止エーテルが分子によって構成されているという仮定が置かれている。Maxwell の理論ではこのような仮定は、必ずしも必要ではない。その意味で、Frenel の理論は誤っていたと言えるかもしれない。しかし、Frenel の随伴係数はやはり Maxwell の理論でも、さらに言えば相対論においても維持される。その意味で、Frenel 理論における方程式は「静止エーテルにおける光の速度」から「運動する媒質における光の速度」に意味を変えつつも、やはり成立している。12

章で含意されているケースについては上のように理解することで Poincaré の ESR の主張の実態をを具体化できる。式 (1) は、そもそも Frenel のエーテルの存在を認めるような光学理論の範囲内で提案されたが、Maxwell の電磁気学というより一般的であり、かつ対象の存在について異なる仮定を持つ理論においても維持される。つまり、何が存在するかとは独立に式 (1) は関係を示すものとして維持される。

このように Poincaré は ESR の先駆的な立場にあったと言われる。確かに、対象それ自体ではなく、対象間の関係を表現している方程式については、いわゆる理論変化の間でも真のままであると主張されていて、これはまさに ESR 的な主張であると言える。では、この ESR の立場と、幾何学に対する規約主義はどのような関係にあるのだろうか。

§4 関係中心的アプローチ

上述の規約主義と ESR に共通する哲学的姿勢として関係中心的アプローチを Poincaré の主張の中に見出すことができる。この立場は必ずしも *S&H* に限ったものではなく、「唯一の客観的な実在は事物の間の関連であって、そこから普遍的調和が生まれるのである」(Poincaré 1905[1977] p. 296 [p. 283]) と述べられているように、関係を重視するという姿勢が Poincaré の哲学的立場には一貫している。ここでは、この立場を関係中心的アプローチと呼ぶ。本論ではこれを関係項ではなく、関係を重視する立場、つまり関係に対する関係項の優越性 (priority) を支持する立場とする。これは、科学的構造主義がそうであるように、あくまで哲学的な姿勢であり、その意味でこれ単独でなんらかの哲学的な含意を持つものではない。関係中心的アプローチから、科学理論について認識論的に実在論を取れば ESR になる。Poincaré の幾何学の哲学においても、この哲学的な姿勢は重要な役割を果たしている。後述するとおり、Poincaré にとって対象それ自身の変化を問題とする際に、その変換についての性質をもとに議論がなされており、さらに、二つの変換の比較もまた重視されている。これもまた、対象よりも対象間の関係を重視する立場である⁷。

ESR と規約主義は決して独立した立場ではない。Debs and Redhead (2007) は数学に関する Poincaré の規約主義的な側面は、物理学に対する姿勢の一種のモデルに

⁷ このような立場は、構造主義と呼ぶのが適切かもしれない。確かに、科学理論に対する Poincaré の態度は構造主義と呼ぶことができ、かつ、実在論を取っていることから ESR が Poincaré の態度として自然な特徴づけである。しかし、数学における構造主義は、科学的構造主義とは異なる意味合いを持つ。そのため、本稿ではより包括的な呼称として関係中心的アプローチと呼ぶこととする。

なっており、両者は独立ではないと論じている (Debs and Redhead 2007, p. 45). また, Torretti も Poincaré が示す科学の規約主義的な側面について論じている (Torretti, 1978, pp. 320–321). Torretti は, 座標系の選択のような規約的にならざるを得ない事例から, 物理学における同時性の定義自体さえも規約的であるとする立場を紹介している. 同様に, Ivanova (2015a) も規約主義と ESR の側面は同時に評価している. このように ESR と規約主義を切り離すことは適切ではないと考えられる. 実際, 一つの共通点としては, どちらの立場にも「便利さ」という観点が重要であることが挙げられる. 幾何学の哲学における規約主義では, どのような幾何学を選択するのかというのは, 経験を説明するのに便利な幾何学が選択されている. ESR において, 何を対象とするかは関係を表現するような方程式の理解にとって便利なものを選択しているにすぎない. ESR を動機づけている光の理論の事例についていえば, Frenel の理論から Maxwell の理論への変遷で, 関係を表現する式 (1) は正しいままである. 一方で, Poincaré も指摘するように, Frenel が理論の構築にあたって想定していたエーテルの構造, 分子によって構成される多孔性の物体としてのエーテルという対象の性質は, Maxwell の理論においては放棄されている. これは, まさしく対象の選択についてはある種の便利さ, Frenel の場合では理論構築において便利かどうかによるという状況を表現している.

前述のとおり Poincaré の幾何学の哲学において変換に対して不変であるような性質が重要である. この観点から, Maxwell の理論と Frenel の理論の間の理論変化を考えよう. 透視図の事例を振り返ると, 透視図 A から B への変化と, A' から B' への変化を比較することで, 幾何学的性質を明らかにしていた. つまり, A と B の関係と, A' と B' の関係こそが, 重要であることが示唆されている. 同様に電磁気学における理論変化の事例についても, 関係にあたる方程式が, 関係項が変わったとしても維持されるような事例として与えられている. この意味で, 二つの分野への哲学的態度は, 関係項ではなく関係を重視する主張として一貫している.

つまり, Poincaré の認識論にとって重要なのは群論や変換に代表されるような関係概念であると理解した方が, 彼のアイディアの根幹を捉えることができる. そもそも, 科学については ESR を採用しており, 関係中心的アプローチをとっている. 幾何学の哲学において群の構造をみたま変換が重要であるのは前述のとおりだが, この概念もまた関係概念の一つのあり方であるのだから, 関係を重視する立場として Poincaré の哲学の一貫性が維持されている. Ivanova (2015a; 2015b) が指摘したように規約主義と ESR が連続的に捉えられるのであればとしたら, むしろ重要なのは関係であると捉え

の方が適切であると言える。経験と幾何学の関係についても同様に、この関係概念の重要性は明らかである。幾何学についての分析において、重要なのは対象それ自体でも、対象をもたらす印象でもない。像から像への変換、さらに、対象の運動がより重要な役割を果たす。この時、関係項の性質は全く問題になっていない。実際に、経験から我々が幾何学を獲得するときのプロセスを思い出すと、対象の運動を我々が見ることで、その運動が表象空間に映され、さらにその後別の表象空間に映される。この空間から空間へのいわゆる写像についてはある種の絶対性があると考えられる。このように関係を重視する姿勢は、Poincaré が群論の役割を強調する姿勢とも一貫している。Poincaré が群論の役割を重視するのは、幾何学を構成する際に対象の性質を不変にするような変化に注目するからであった。これも結局、二つの時点で対象の間の関係を重視しているという意味で関係中心的アプローチとして捉えることができる。

ここで幾何学に対する規約主義と関係中心的アプローチについて整理しておこう。そもそも、我々が幾何学を選択する際には、経験が求められていた。実際、Poincaré は、「経験はどの幾何学が最も真であるかということを認識させはしないが、どれが最も便利であるか認めさせる」(S&H, p. 94 [p. 99]) と述べている。経験を通じて得られる位置変化が示す群論的性格によって、可能な幾何学の中から一つが選ばれる。前述のように、経験から幾何学を構成するプロセスは関係中心的アプローチによって捉えるのが適切である。幾何学を選択するための経験の分析の中に関係中心的アプローチがあることから、幾何学の哲学における規約主義の背後にこの本稿で指摘している哲学的態度があると言えるだろう。

Poincaré の幾何学の哲学における規約主義の背景に、関係中心的アプローチがあったとする本論の主張は、例えば Ivanova (2015a; 2015b) に代表されるような Poincaré の認識論における階層性を主張する立場と対立しているように見えるかもしれない。Poincaré が科学の間には階層性があると主張していたとする解釈では、まず、代数、次に、幾何学があり、その次に科学が現れるとする立場である。つまり、本論の関心に引きつけていえば、幾何学がより本質的であり、科学は二次的なものであるという立場である。しかし、本論では幾何学についての規約主義と、科学についての構造実在論の背景に共通の立場があると主張していた。加えて、共通の背景である関係中心的アプローチの代表的な立場は科学的構造主義である。そのため、ここでの主張を、科学的構造主義が幾何学に対する規約主義の背景にあると解釈されてしまうかもしれない。しかし、本論で指摘した関係中心的アプローチは、科学的構造主義を内包するより一般的な哲学的立場である。ゆえに、本論の主張は Poincaré の認識論における階

層性を否定するものではなく、関係中心的アプローチという点について、Poincaré の幾何学と科学についての哲学的立場が一貫していることを示している。

§5 まとめ

本稿では Poincaré の哲学の根幹に、関係中心的アプローチと呼べる立場があることを示した⁸。幾何学についての規約主義と ESR はどちらも関係中心的アプローチという観点から捉え直すと整合的に理解できる。第一に、Poincaré の幾何学の哲学にとって、変換概念が重要であり、これは関係概念の一つのあり方である。そもそも、Poincaré の分析において幾何学を経験から獲得する際に重視されているのは、固体の性質ではなく、固体の変化であり、特に、群の構造を満たす位置変化である。このように、規約主義にとって重要なのは、空間や対象そのものの性質ではなく、対象の位置変化である。第二に、科学についての分析の背後にも関係中心的アプローチが見出される。ESR は明らかに関係中心的アプローチの一つである。特に、Frenel の理論から Maxwell の理論への変化という事例では、関係項である対象（エーテルの性質）が変わりつつも、随伴係数が現れる式は維持されている。このことは、関係の優越性を主張していると解釈できる。つまり、Poincaré の理論変化の分析における哲学的態度は、関係中心的アプローチである。以上から、Poincaré の規約主義と ESR には一貫して関係中心的アプローチがあると結論づけられる⁹。

⁸ 群論・変換の重要性については本論で扱えなかった課題がある。たとえば、ESR における群論の役割については検討していない。しかし、対称性についていえば、科学哲学にとって重要な概念の一つであり、Poincaré の科学哲学と群論の関係は検討に値する。Poincaré は自身の幾何学の哲学において、群論を重視しており、数学の哲学との接続を考える上でも、群論は注目に値する。群論に関していうと、さらに、対称性・客観性といった概念との接続が期待される。実際、確率の主観主義解釈に対するパラドックスであるベルトランのパラドックスについて、Poincaré が対称性を重視して解決を与えようとしていることが Jaynes (1973) によって指摘されている。また、関係中心的アプローチや対称性を通じて現れる客観性についての評価を明らかにすることは、Poincaré を哲学史上に位置付ける上で重要である。このように群論や変換という概念を中心に Poincaré の哲学を分析することは今後の課題としたい。

⁹ Psillos (2014) も本論と同様の議論を展開している。Psillos は規約主義と関係主義によって Poincaré を特徴付けている。関係主義は構造主義と似ているが、これらは区別されており、特に Poincaré が ESR の支持者であるという立場が否定されている。しかし、本論では、Poincaré が ESR の支持者であることを動機づけている理論変化の事例について分析を加えることで、むしろ Poincaré の立場を ESR として解釈できる余地を保証している。さらに、本論は規約主義の背後に関係中心的アプローチがあると主張しており、両者を平等に扱っている Psillos とは異なる結論を導いている。

参考文献

- [1] Bueno, Otávio. 2011. Structural Empiricism, Again. in P. Bokulich and A. Bokulich (eds.). *Scientific Structuralism*. Springer. New York. pp. 81–103.
- [2] Debs, Talal., and Redhead, Michael. 2007. *Objectivity, Invariance and Convention*. Harvard University Press. Massachusetts.
- [3] French, Steven. 2014. *The Structure of the World*. Oxford University Press. Oxford.
- [4] Gray, Jeremy. 2010. *Worlds Out of Nothing*. Springer. London.
- [5] ———. 2013. *Henri Poincaré*. Princeton University Press. New Jersey.
- [6] Ivanova, Milena. 2015a. Conventionalism, structuralism and neo-Kantianism in Poincaré's philosophy of science. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. **52**. pp. 114–122.
- [7] ———. 2015b. Conventionalism about what/ where Duhem and Poincaré part ways. *Studies in History and Philosophy of Science*. **54**. pp. 80–89.
- [8] Jaynes, Edwin. 1973. The Well-Posed Problem. *Foundations of Physics*. **3**. pp. 477–493.
- [9] Massimi, Michela. 2011. Structural Realism: A Neo-Kantian perspective. in P. Bokulich and A. Bokulich (eds.). *Scientific Structuralism*. Springer. New York. pp. 1–23.
- [10] Norton, John. 1993. Philosophy of Space and Time. in M. Salmon, J. Earman, et al. (eds.). *Introduction to the Philosophy of Science*. Hackett Publishing Company. Indianapolis. pp. 179–231.
- [11] Poincaré, Henri. 1902. *La Science et l'Hypothèse*. Flammarion (河野伊三郎訳. 1959. 『科学と仮説』. 岩波書店).
- [12] ———. 1905. *La Valeur de la Science*. Flammarion. (吉田洋一訳. 『科学の価値』. 1977. 岩波書店).
- [13] Psillos, Sathis. 2014. Conventions and Relations in Poincaré's Philosophy of Science. *Methode*. **3**. pp. 98–140.
- [14] Reichenbach, Hans. 1958. *The philosophy of space and time*. English translated edition. Dover. New York.
- [15] Torretti, Roberto. 1978. *Philosophy of Geometry from Riemann to Poincaré*. D. Rei-

del Publishing Company. Boston.

- [16] Worall, John. 1989. Structural Realism: The Best of Both Worlds?. *Dialectica*. **43**. pp. 99–124.
- [17] 伊勢田哲治. 2018. 『科学哲学の源流をたどる』. ミネルヴァ書房.
- [18] 伊藤邦武. 2017. 「ラッセルとポアンカレ」. 『現代思想』. **45**. vol. 21. pp. 18–29.
- [19] 小林道夫. 2007. 「I. 自然科学の哲学 2 フランスにおける展開」. 飯田隆 (編). 『哲学の歴史 11』. 中央公論社. pp. 85–126.
- [20] 広重徹. 1968. 『物理学史 2』 培風館.