オリーブ・ウィッチャー

Olive Mary Whicher

『反空間の理念』

The Idea of Counterspace

生きた自然を理解するための反ユークリッド幾何学の意義



神秘学遊戯団

オリーブ・ウィッチャー
　『反空間（カウンタースペース）の理念』（1975）
　生きた自然を理解するための反ユークリッド幾何学の意義

ジョージ・アダムス『物質空間とエーテル空間』、
ョージ・アダムス＆オリーブ・ウィッチャー
『太陽と地球の間の植物』はすでにとりあげているが、

それらの基礎となっている「反空間」について
比較的わかりやすくコンパクトにまとめられた
オリーブ・ウィッチャーによる講義風ノート『反空間の理念』が
1975年にまとめられているので、とりあげておきたい。

●基本的な視点

射影幾何学の観点から
「反空間（カウンタースペース／Gegenraum）」という概念を解説。
生きた自然（特に植物の形態形成）を数学的に理解するための
新しい思考形式である数学的基盤として位置づけている。

ユークリッド空間が「死せる物質の世界」なら、
反空間は「生きた形態の世界」の鍵であり、
現代の物質主義を超える霊的・有機的な宇宙観の基礎となる。

●要約

1. 歴史的背景とユークリッド空間の限界

・伝統的な社会・科学は、ユークリッド空間
　（中心から放射状に広がる硬直した三次元空間）を基盤としてきた。

・この空間観は、中央集権的で階層的な社会形態や
　「中心から周辺へ」という思考形式（円・球のイメージ）と
　深く結びついている。

・19世紀に非ユークリッド幾何学・射影幾何学が登場し、
　古典的な空間概念が崩れた。

2. 射影幾何学の核心

・アーサー・ケイリーとフェリックス・クラインにより、
　すべての幾何学は射影幾何学に包含されることが示された
　（「射影幾何学はすべての幾何学である」）。

・射影空間では点と平面の二元性（極性）が根本原理となる。
　両者は完全に等価で、相互に補完し合う。

・各空間の計量を決める「絶対者」（absolute）が存在：

○ユークリッド空間 → 無限遠の平面（正の空間、点指向）
○反空間（カウンターユークリッド空間）
→ 無限遠の点（負の空間、平面指向）

3. 反空間（カウンタースペース）とは

・ユークリッド空間の極性的対極（負の空間）。

・点と平面の役割が逆転し、平面が主役となる包摂的・周辺的な空間。

・物理的物質世界では完全には実現しないが、
生きた形態（特に高等植物の葉や成長過程）で
その身振り（gestures）として現れる。

・生きた生物は自らこの反空間を「創造」し、
種子・発芽点・成長点を中心に展開させる。

・力の性質も逆転する。

○ユークリッド空間 → 中心力（重力・圧縮・収縮）
○反空間 → 浮力的・吸引的・平面的な力

4. 意義と現代的課題

・ダーシー・トンプソンやH.V.ターンブルも示唆したように、
成長・形態の研究には点指向と面指向の両方が必要である。

・現代科学はユークリッド的・量的数学に偏重しすぎており、
生きた過程全体を捉えきれていない。

・射影幾何学による思考訓練は、極性の絡み合いを理解し、
質・生命・霊的領域を三元的に捉える新しい世界観を開く。

・人間は一元的な物質世界観を超え、
創造的想像力を活かした「質的数学」を発展させる必要がある。

※オリーブ・ウィッチャーは
ジョージ・アダムズと共に28年間、植物形態学を研究し、
射影幾何学と植物の反空間に関する多数の著作がある。
本文の文末には、アダムズ、シュタイナー、ロッハー＝エルンストらの
主要文献が紹介されている。

●本文（意訳）

歴史上、現代の社会・経済思想が「拡大する経済」という理念に支配されてきた時代に、科学思想も同様の方向――特に拡大する宇宙の理論に関して――を取ってきました。この傾向を注視することは重要です。なぜなら、人類が歴史のさまざまな時期に、自分たちが生きる宇宙をどのように概念化したか――彼らの科学や宗教的信念を表現する思考の形式――が、彼らの生活様式や社会形態に直接的な影響を及ぼすからです。その時代の主流の「思考形式」（Denkformen）は、社会有機体に反映されます。

例えば、ユークリッドの空間——中央の点から放射状に広がる硬直した直角の三次元——が絶対的に当然のものとされていた時代、社会形態はそれに準じて組織され、宗教的であれ世俗的であれ、中央権力という源を中心にして厳格に階層化されていました。領土や王国は有限の領域です。通信手段は当然のように中心（首都）から放射状に広がり、周辺や辺境と結びつきます。支配領域は大きくなったり小さくなったり、戦争の必要性に応じて拡大・収縮しますが、本質は変わりません。このような図像の背後にある理想的な思考形式は、ユークリッドの円です。中心と、そこからより遠い周辺や円周（外側の限界）に関連づける半径を持つ円です。

よく考えてみれば、ユークリッドの円、あるいはその三次元版である球や球体の思考像は、何世紀にもわたって——今もなお——科学と社会学の両方で、強力に形成的なイメージや理想となってきました。

1820年代から30年代にかけて、非ユークリッド幾何学が発見されました。三次元を超える空間が考え出され、古典的な空間概念と一様な時間の流れの絶対性が揺るがされました。その結果、これまで全く異なる二つの実体と考えられていたものが一つに結びつけられました。時間と空間です。19世紀には、科学者たちが当時の思考形式を新しい現象に適応させようと絶え間なく努力した結果、古くから疑問の余地のない枠組みからさらに遠ざかり、「実在する」物体に関する研究がもはや適合しなくなりました。当然の結果として相対性理論とその後の発展が生まれ、世界像を根本的に変えることになりました。これらの新しい物質とエネルギーの概念の結果、古い基盤と馴染みのある目印は溶け去るように見えましたが、実際の日々の事柄では、ユークリッドの空間は依然として有効です——理論的にはもはや有限ではなく、新たな理解では「無限遠の平面」または「絶対者」を獲得したとしても。

19世紀後半に、アーサー・ケイリー［訳註：Arthur Cayley, 1821年 - 1895年19世紀のイギリスを代表する数学者。「ケイリー・ハミルトンの定理」でも有名。］とフェリックス・クライン［訳註：（Felix Klein, 1849年 - 1925年）ドイツの数学者で、近代数学の発展と教育に多大な影響を与えた。 アーサー・ケイリーが「群」という道具を磨き上げたのに対し、クラインはその道具を使って「幾何学とは何か」という問いに一つの決定的な答えを出した。］は、特定の計量が現れる特殊で硬直した幾何学の形式が、より一般で可動的な射影形式に基づくことができることを発見しました。このようにして、日常的な物理世界の経験に対応する通常のユークリッド空間も、さまざまな非ユークリッド空間も、それぞれ適切な視点から接近可能であり、それらは射影幾何学に包含されます。（ケイリーの言葉によれば、「射影幾何学はすべての幾何学である」。）（ジョージ）アダムズが1949年に書いたように、「射影幾何学は、三次元空間の理想構造が点だけから一方的に進行するのではなく、点と平面という二つの対立する実体から成り、それらが根本構造において完全に等価な役割を果たすことを発見した。」[1]

※原註：[1] 『黄金の刃』p. 66.

射影空間における基本的な幾何学的実体（点、線、平面）の関係性の多様な可能性と変化の中で、特定の種類の空間の計量を決定するための、宇宙的または絶対的に与えられた唯一の実体を提示する必要がありました。この実体は任意の空間の「絶対者」と呼ばれます。[2]

※原註：[2] 数学的により完全で正確に言うと、ユークリッド空間の絶対者は「虚円」を内接させた無限遠の平面であり、カウンター・ユークリッド空間の絶対者は「虚円錐」を含む無限遠の点である。「無限遠の要素の概念はデサルグに由来し、彼は1639年に平行直線が無限遠の点で交わると明示的に考え、平行平面が同じ直線を無限遠で通過するとした。……ポンスレ[1822]は、無限遠にある空間の点はすべて同じ平面内にあると結論づけた。」（L. Cremona, 『射影幾何学の要素』, N.Y. Dover, 1960, p. ix.）

射影幾何学では、平面の無限遠の直線は他のどの直線とも同様に機能し、平面内のすべての直線の無限遠の点を含みます。ユークリッド空間の特殊な場合、絶対者は無限遠の平面であり、計量は中央の点を中心に等しく対称的になります。絶対者は、射影空間の完全な三次元において点・線・平面の間で起こる射影過程

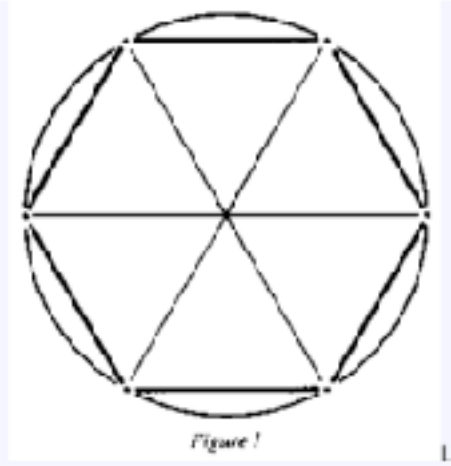
を支配する要因です。（ただし、簡略化のため、以下の例は二次元の平面図形に限定します。）完全な三次元空間で絶対平面が無限遠の平面であるとき、形態は正の空間またはユークリッド空間と呼ばれる特徴を帯びます。これは、建築作品の直角対称性と平行性、そして物質世界におけるプラスとマイナスの拡大・収縮の硬直した計量に必要な空間の種類です。

射影幾何学への初等的または想像的な図像的アプローチは、点・線・平面という単純な要素間の形成関係の広大な可能性を、図形に運動を導入することで紹介するのに十分です。この幾何学はかつて「位置の幾何学」（analysis situs）と呼ばれ、幾何学的要素の相対的位置をどれだけ動かしても、図形の根本法則は破壊されないことを意味すると解釈できます。

単純な例を取り上げましょう。三角形を、計量に関する属性を一切排除して次のように定義します。三角形は、平面内の任意の三点（ただし同一直線上にない）によって、または平面内の任意の三直線（ただし一点に会しない）によって決定されます。すなわち、三角形の構成要素（点または直線）が、その存在する平面内のどこに位置していても――有限領域でも無限遠でも――関係ありません。計量を排除し、無限の概念を含めると、三角形はその部分が平面内のどこにあっても三角形であり、一つの点または直線が無限遠にあっても、外見上は従来の三角形に見えなくても、思考上は三角形です。これにより、無限遠の点や直線も他の点と同じように機能し、全体にとって不可欠であることがわかります。計量に基づく古い区別は大きな意義を失い、直角三角形、二等辺三角形、正三角形はすべて三角形の原型的な理念に包含されます。

射影幾何学は、一致と連続性の美しく調和した真理に基づき、思考の中で自由に動き回れる揺るぎない数学的妥当性の領域を提供します。創造過程は連続的で持続可能であり、無限の点や平面を通り抜けて再び戻ることができます。この幾何学における形態の創造が、まず第一にいかなる計量にも依存せず、主に幾何学的実体の関係性に関わるという事実は、家を建てる場合などとは全く異なる創造的思考の過程へのアクセスを与えます。家を建てる場合は、例えば礎石から始め、角から角へあらかじめ決められた計量を置きながら建物が成長します。一方、射影幾何学では、一度完成した形態の実際の計量は偶然的で、最後に現れる可能性があり、最初ではありません。しかし、その形態がどのように生じようと――建設過程でどのように結晶化しようと、外見がどれほど奇妙であろうと――その背後にある原型的な理念に常に忠実であり続けます。

※図1



パスカルの定理の例を取り上げましょう。円錐曲線に内接する六角形に関する定理：円錐曲線に内接する六角形の対辺の対の共通点は共線である（すなわち同一の直線上にある）。[3]

※原註：[3] 円錐曲線とは、固定点からの距離と固定直線からの距離の比が一定であるように動く点の軌跡である任意の曲線。
（『数学辞典』G. & R. C. James編）

この定理は平面内の六点を取り扱い、六点がすべて円錐曲線上の点である限り（どのような円錐曲線でもよい）、これらの六点が決定する六角形の「対」辺の対――三組――がそれぞれ共通点を持ち、それら三つの点が常に一直線上にあるという驚くべき事実を扱っています。もちろん「対」という語は空間的なもので、円内の規則的なユークリッド六角形を正しく指します。これははるかに一般的な射影形式の特殊ケースであり、対辺の対の共通点三つはすべて無限遠です。無限遠の点の概念を含めることで、この特殊ケースでは三つの点が六角形と円の存在する平面の無限遠直線上の点であるという明確な思考が得られます。円錐曲線上の点の位置の多様な可能性、接続する巡回順序の選択、そして円の射影形式のいずれかに内接する六角形でも条件が成立するという事実が、定理の表現における全関係的な概念の空間的解釈の可動性に驚嘆の念を抱かせます。この例では、三点の直線（パスカル線）は、上述の意味でこの図形の絶対者と見なすことができます。

※図2

※図3

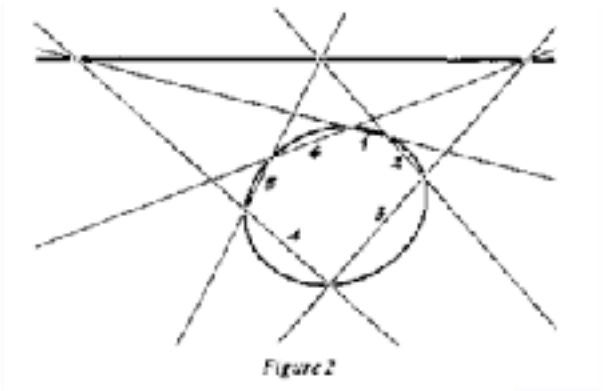


Figure 2

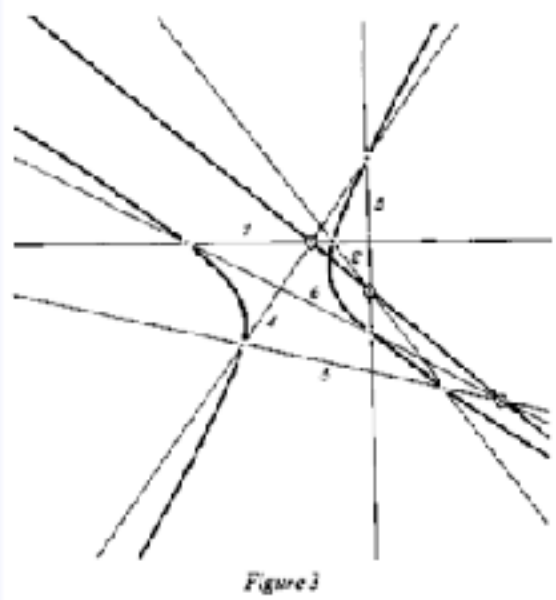


Figure 3

こ

の領域は、未だ創造されていない形態の原型と実際の法則を含むため、射影幾何学的関係性の発展において理解し、創造的になることが重要です。これは明確な数学的思考の領域であり、独自の顕著な法則を持ち、その中にユークリッド幾何学の法則は特殊ケースの一つに過ぎません。イギリスの科学者ジョージ・アダムズは射影変換の領域を「原型空間」（Archetypal Space）と呼び、ルイス・ロッハー＝エルンスト［訳註：(Louis Locher-Ernst,1906-1962)スイスの数学者。射影幾何学の分野で知られ、特に「空間と対空間」の概念を開発した。］はドイツ語でUrraumという語を使い、すべての形態の種や可能性を含む、常に運動する流動的な射影的可能性の連続体として私たちが考えうるものを描写しました。

射影幾何学における遍在的な運動の要素に加え、根本的に重要な原理――二元性または極性の原理、点と平面の理想的相互等価性――があります。平面における点と線の幾何学に対して、点における線と平面の幾何学があり、両者は相互に補完し合います。クレモナ［訳註：（Luigi Cremona, 1830–1903）19世紀イタリアの数学者。特に射影幾何学の体系化と、代数幾何学における双有理変換（Cremona変換）の分野で歴史的な貢献をした。］が書いたように、「したがって、図形を生成しその性質を導出するための二つの相関的または相互的な方法が常にあり、幾何学的二元性とはこれに他なりません。」[1] 平面の「外延的」二次元領域で働く法則は、点の「内包的」領域で極性的に対立する形で再び見出されます。同様に、正のユークリッド空間の三次元構成は、点に保持された形態の世界に極性的な対応物を持ちます。これらの形態と、それらの間で射影変換が行われる法則は、自然と人間の生きる王国により深いアプローチを求める研究分野にとって重要です。

※図4

ここに含まれる図は、二元性または極性の原理が提供するさまざまな形態の種類についてのイメージを読み手に与えるでしょう。図5では、楕円は点ではなく線の多様体として射影的に作成され、中心や焦点への言及もなく、あらかじめ決められた計量もありません。接線がそれを完全に包み、中空の形態の周囲の無限領域で絡み合っています。図6は平面内の線と点のパターンを示し、図7は点内の平面と線の理念を呼び覚まそうとする試みです。ただし、両図の

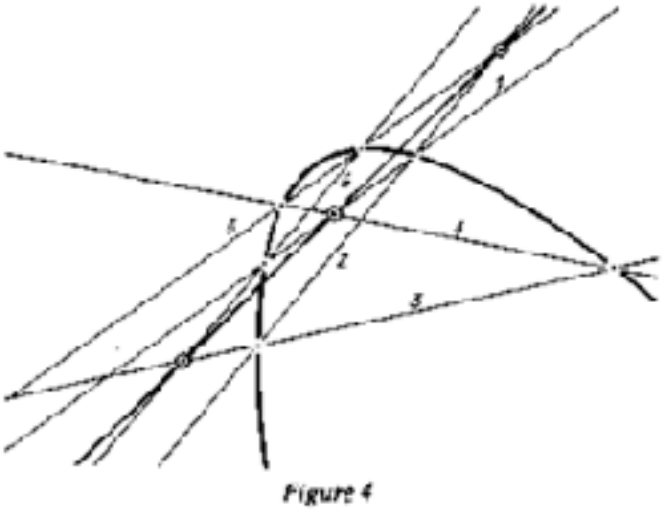
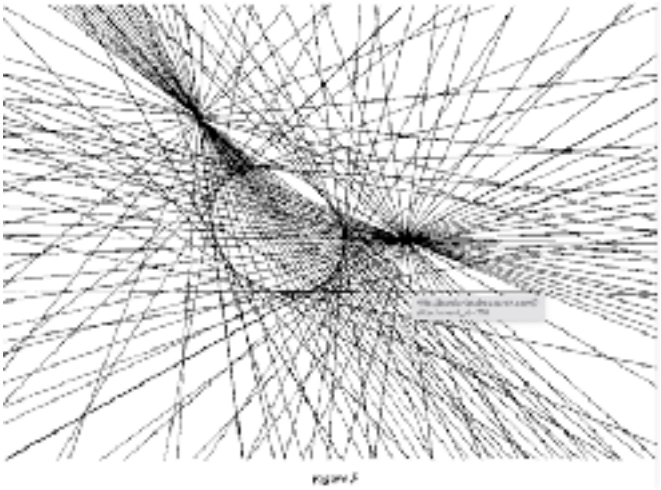


Figure 4

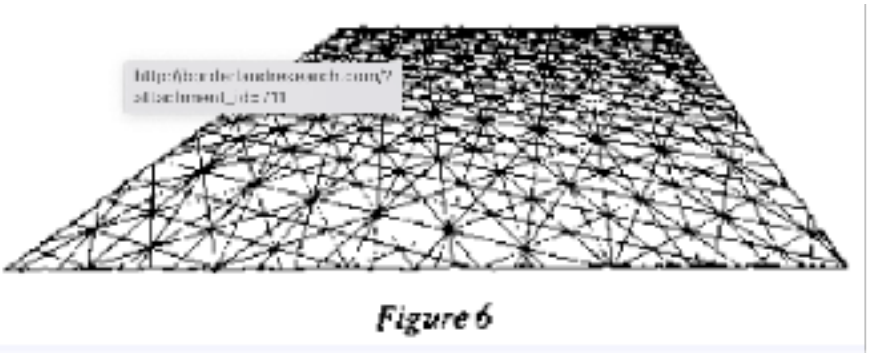
平面は無限に広がるものとして思考されなければならず、あらゆる方向に無限に続き、完全な絵を描くことは不可能です。図6の線と点が平面の部分であるように、図7の線と平面も点の部分または構成要素とみなされます。点の内包的世界では、部分が全体より大きく見えるようです。これは馴染みのある平面の世界の形態では決して言えないことです。

※図5



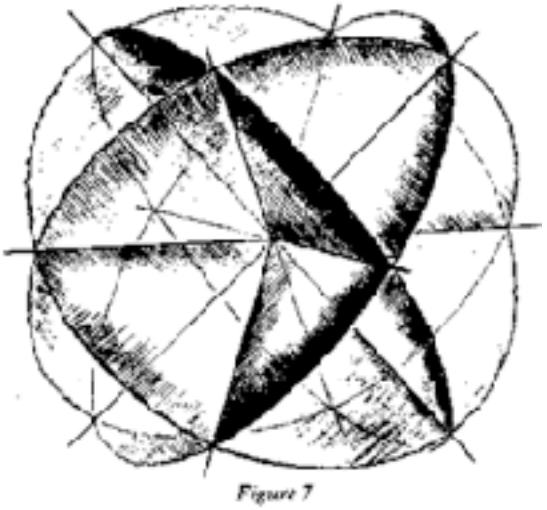
オーストリアの哲学者ルドルフ・シュタイナーは、ゲーテが始めた科学的調査方法を引き継ぎ、生きた現象への方法的アプローチのために射影幾何学の重要性を最初に強調しました。彼は、現代の科学的方法に容易に開かれない現象に関する曖昧で伝統的な考えに戻るだけでは不十分だと主張しました。彼はむしろ、生きた形態を形作る力の領域と性質を現代的用語で再定義する必要性を指摘しました。射影幾何学が提供する思考訓練は、そのような力とその運動を概念化することを可能にします。シュタイナーは、生きた世界の法則に対する数学的アプローチを求め、この領域に、物理-機械的な自然の力が活動する場であるユークリッド空間の数学的に正確な反対である空間に期待される性質をまさに与えました。

※図6



このような「負の空間」の性質を詳細に解明した最初の人々はジョージ・アダムズで、彼は1933年に「物理的空間とエーテル的空間」と呼んだ論文をドイツ語と英語で同時に発表しました。彼とルイス・ロッハー＝エルンストは独立に、負のまたはカウンター・ユークリッド型の空間の形態と法則を考え出し、定式化しました。ロッハー＝エルンストは1940年に『Raum und Gegenraum（空間とカウンタースペース）』という本でこれを記述しました。

※図7



この種の空間――ユークリッド空間の極性的対応物、またはある意味で「負」の空間――は、少なくとも可能性としては、幾何学者たちによって時折考えられてきました。[1] しかし物理的観点からはその性質があまりにも逆説的に見え、純粋に形式的な意味ではユークリッド空間に対して鋳型が鋳物に対するようなもので、新しさは何も約束しませんでした。私たちの知る限り、それ以上調査する労力を取った人はいません。実世界を単に物理的用語で解釈することに関心のある科学者たちは、このもう一つの空間の種類にほと

んど注意を払いませんでした。しかし、生きる王国の形態の身振り（gestures）に耳を傾け、準物理的または原子論的説明にあまり偏りすぎなければ、まさにこの型の空間形成が生きる世界全体で私たちに対峙していることに気づきます。実際、生きた有機体の形態で起こる変換は、正（ユークリッド型）と負（カウンター・ユークリッド型）の空間の間で、両者を包含する原型空間における射影変換の仲介によって可能であることを雄弁に物語っています。

この関連で、ダーシー・トンプソン［訳註：（Sir D'Arcy Wentworth Thompson、1860年 - 1948年）スコットランドの生物学者、数学者、古典学者。 生物の形態（かたち）を物理学や数学の原理で説明しようとした先駆者として知られている。］の親友でありニュートンの書簡集の編集者であったH. V. ターンブル教授［訳註：（Herbert Westren Turnbull, 1885–1961）代数的不変式論や数学史の研究で知られている。］は、成長と形態の領域では点指向だけでなく面指向のアプローチが重要であると示唆しました。彼はこう書いています。「成長と形態の領域では、両方の分析が重要です。植物の種子、茎、葉は、三次元形状を研究する二つの方法――一つは点指向の顕微鏡的アプローチ、もう一つは面指向――を示唆しています。」彼はまた、一定の科学的段階で到達した点指向分析の相対的完成が、極性的に対立する側面を排除したり損なったりしないことを指摘しました。「この数学的二元性は、どちらかが正しく他方が誤りであるような競合する理論のケースではありません。……彼らの関係の特徴的な記述は、『に対して』ではなく『の中で、を通じて』です。」[4]

原註：[4] 「より大きな文脈における数学」、Research, Vol. 3, No. 5, 1950.

では、負のまたはカウンター・ユークリッド型の空間の性質を想像してみましょう。まず観察すべきことは、このような空間は無限遠の点（ユークリッド空間が依存する無限遠の平面の対応物）によって決定されることです。無限遠の点は、この空間の絶対者であり、数学的に無限遠として機能する点――ただし必ずしも（これが重要です）通常のユークリッド空間の無限遠平面内にある必要はありません――を意味します。疑いなく、負の空間の無限遠の点がユークリッド空間でも無限遠である可能性はありますが、そうである必要はなく、特に私たちの現在の文脈では、地球上で展開する生きた発芽過程に関連づけられるため、そうではありません。

通常空間からその極性的対応物に移行すると、点と平面の役割が入れ替わります。前述のように、ユークリッド空間では絶対者は平面ですが、この馴染みのある物理-物質的世界では点と点状の実体が優勢です。絶対者は無限遠で到達不能ですが、そのためにこそこの空間は主に「点指向」になります。点、または少なくとも点中心の体積が、この空間を「住まう」空間的実体となります。一方、負のまたはカウンター・ユークリッド空間では、点における機能的無限性に依存するため、まったく逆になります。構成要素は平面――すべて無限に広がり、点中心ではなく周辺的・包摂的な性質を持つ平面――です。物理的世界では、物質（植物の生きた物質でさえ）はカウンター（反）・ユークリッド空間に特徴的な平面的形成を完全に実現できません。しかし、高等植物の生きた形態に特有の包摂的な身振り――一枚の葉または多くの葉が共同で示す身振り――において、自然は私たちの目の前に、点ではなく平面が一次的である空間の種類を明らかにします。このような空間は明確な方向性、形態、計量を備えており、どこかに「内なる無限」（無限遠の点）として働く最内点があり、ユークリッド空間の最外平面が形態と計量を与えるのと同様です。

この短い初等的な記述で、この新しい数学的発展に基づくすべての仕事に正義を尽くすことはできません。出版された仕事は主に植物形態学と変態に関わり、ゲーテの仕事とも関連しています。豊富な証拠が、自然の形態形成的な生命が、物質そのもの（通常理解される意味での）が住むユークリッド普遍空間だけでなく、極性的に対立する空間形成によっても決定されることを示唆しています。時間的持続と「一」と「多」に関して、このもう一つの空間は全く異なる役割を果たします。それは、一度与えられた単一の普遍空間ではなく、生きた生物やその器官の生命周期とともに生じ、消滅する空間形成の種類です。効果的に、生きた種子、発芽点、生命や成長の特別な焦点――生きた体の水性物質内にあれ、高等植物の成長点のようにそのすぐ外に浮かんでいようと――があるところに、このような「時空」の「内なる無限」を探すことができます。私たちは、問題の点の周囲の平面的形成活動、またはそれを包み込んで展開する葉状器官の身振りの中に証

拠を見出します。高等植物は、その発展とともに生きるカウンター・ユークリッド空間を創造し、そこから三次元の地球空間へと外向きに成長します。

二種類の空間の概念は、力の概念へのもう一つのアプローチも必要とします。ここでも、空間の根本的極性が、ジョージ・アダムズの力場の平面的カウンター・ユークリッド的側面の仕事の指針となりました。古典的ニュートン力学における力の理念（もはや力とは何かの唯一の理念ではありません）は、反省してみれば、ユークリッド空間の純粋幾何学や運動学と調和しています。この種の力の主要特徴は、空間的活動において直線に沿って、点から点へ指向されることです。無機的世界の典型的な力を「中心力」――中心から中心へ、すなわち点を結ぶ直線に沿って働く力――と記述できます。その原型的な例は重力であり、それに連なるのは圧力と収縮の特徴的な力すべてです。

では、負ユークリッド領域で働く「力」はどのようなものでしょうか。明らかな結論は、この空間の主要な力は浮力的、吸引的、平面的であるということです。空間理論の平衡した二元性は、生きる形態の有機的平衡にも表現されます。

＊＊＊＊＊

現代において、点中心の物質的世界という一元的な理念を超えることは極めて重要です。その中で人間（多くの類似単位の一つ）は、物質を自動的に蓄積し、再び失う人生を送ります。ユークリッド空間の物質的世界は、結局のところ宇宙の唯一の側面ではなく、必然的に人間はこの側面に深く没入せざるを得ず、その限界を超えて明確に見えなくなってしまいました。ここで見たように、射影幾何学の視点では、宇宙は物質的・霊的の三元構造として、より適切に見ることができ、生命はその極性的領域の間で維持されます。このような宇宙のより真実の姿は、自然の多様な形態を創造するために相互に作用し絡み合う極性を明らかにします。

人間が、単なる対立とは異なる極性の理解において意識的な思考活動でより深い一歩を踏み出したとき、多くの分野で想像力を創造的かつ根本的に用いるようになるでしょう。物理空間における拡大と収縮のような対立は、生きる領域では全く別の様相を呈します。私たちが極性の絡み合いの法則を理解し、それを実践する方法を学ぶ程度に応じて、現代生活の複雑な絡み合いを整理できるようになるでしょう。

物質とそれに働く力の調査のための現在の方法は、まだ生きる過程の全体にアクセスしていません。生化学と生物物理学は、量的数学に基づく概念に大きく依存し、物理-機械的領域に適用されます。量的数学が与えた推進力は、量的に志向した世界の発展をもたらしました。将来的に数学の質的側面を発展させ、次世代が生きる意識的側面の真の科学を達成することが不可欠な課題です。

＊＊＊＊＊

オリーブ・ウィッチャーは、イングランド・サセックスのエマーソン・カレッジの教員で、射影幾何学と植物形態学の実践コースを講義しています。彼女はジョージ・アダムズと共に28年間働き、彼との共著で植物形態学に関する複数の本を出版し、射影幾何学の本をドイツ語と英語で刊行しています。ウィッチャー女史は、彼女の記事で紹介した射影幾何学の研究をさらに深めたい人のために以下の参考文献を提供しています：

・Adams, George, Physical and Ethereal Spaces, London 1965; Von dem Aetherischen Raume, Stuttgart 1964; Universalkrafte in der Mechanik, Dornach, 1973.

・Adams and Whicher, Die Pflanze in Raum und Gegenraum, Stuttgart 1960.

・Whicher, Olive, Projective Geometry, London 1971; Projektive Geometrie, Stuttgart 1970.

・Locher-Ernst, Louis, Projektive Geometrie, Zurich 1940; Raum und Gegenraum, Dornach 1957.

・Steiner, Rudolf. 多くの本と講義を参照。ただし三つの基本的な著作は：Philosophy of Freedom, London 1964; The Theory of Knowledge Implicit in Goethe's World-Conception, New York, 1968; Riddles of Philosophy, Spring Valley, N.Y., 1973.

・Unger, Georg, Grundbegriffe der modernen Physik (Teil III), Stuttgart 1967.

・Lehrs, Ernst, Man and Matter, London 1958; Mensch und Materie, Frankfurt 1966.