ウェーブレット解析を用いた融合領域への誘い*

—文学作品の文体構造と流体渦構造—

遠藤 久**, 堀井 清之***

Challenge to Fusion Academic Area Using Wavelet Transform

—Literary Style and Eddy Flow Structure—

Hisashi ENDO and Kiyoshi HORII

1. 緒 論

本研究の目的は、コンピュータの使用を前提とした数学的手法である線形空間論を用いて、文学作品の文体構造等を四次元時空間に可視化し、その作品の文体構成、思考の枠組み、思考のプロセス、思考の揺れ等の暗黙知を客観的に明らかにしようとするにある^{1),2)}。

哲学において、暗黙知は言葉にならない知の領域とされている^{3),4)}。いま、この言葉にならない暗黙知の領域の研究が注目されている。既往研究としては、認知心理学領域における認知プロセスの分析⁵⁾、視覚的表現システムと思考プロセスの相関研究⁶⁾等があげられるが、文学作品を対象にし計算科学的手法を用いた、作家の心象、思考プロセス、思考の枠組みに関する暗黙知の既往研究はない。

文学ではコンピュータを利用し、音韻、文法などをキーワードに情報科学的に捉える研究も進んでいる。源氏物語研究⁷⁾、シェイクスピア作品の真贋研究⁸⁾はその一角だが、これらは統計学的なアプローチによるものである。特に後者に関しては、feminine ending 等文末の特徴から、また活躍期が新旧文法の過渡期にあたることから、統計的な真贋研究がなされている。一方、情報学的なアプローチとしては、短文の言語構成等の側面、すなわち、一文における動詞の順序等言語構成からの研究がある。現在このような2つのアプローチがあるが、作家の心象と深く関わる暗黙知解析は未だ行われていない。

2. 文学作品・書物に内在する思考等暗黙知とその基本要素

書物の中に内在する暗黙知としては、先人達の思想、思考プロセス等の暗黙知があげられる。哲学、心理学、脳生理学、言語学、人工知能など様々な分野で、「暗黙

知である思考とは何か」について研究されている。しかしその定義は難しく、これを統括的に纏めるのは困難なため、ここでは、堀の定義に従い「人間が何かを考える」ことを思考と捉える⁹⁾。このような捉えがたい思考の可視化について考えるとき、「思考の状態を何らかの科学的な方法で分析し、それを見える形に変換しようとする研究」と、「思考を助ける道具として視覚的表現のシステムを提供しようとする研究」とに峻別できる。

文学作品の文体構造の可視化は、上述の両方の研究を包括する研究分野である。すなわち、作家の思考の過程・プロセスを科学的方法で分析し、それを見える形に変換しようとする研究であり、読み手、あるいは研究者の立場からは、思考を深める道具として視覚的表現のシステムを提供しようとする研究である。

思想・思考の基礎には、文化的背景がある。文化は歴史や宗教を内包する。多神教、一神教等に依存する宗教観の差、さらに宗教や歴史を反映した文化背景が個人の思想や思考を根本で支えている。そしてそこから表出される文章には、文学の基本要素である論理性、感受性、言葉の多義性、揺れ等が複雑に存在していると考えられる。

例えば、詩人や作家は、長い伝統の中に培われた芸術水準と、自分の生きている現実との狭間でいつも揺れている。これらは正反対に位置しており、どちらも必要不可欠であるとされる。創作はこのような葛藤の連続であり、中心と周囲、快と不快、過去と現在、夢と現実等、二極を揺れ動くのが人間の本性とされる。

本研究は、この人間の本性の揺れに着目した。書物の文体構造には、作家の宗教的背景を含めて、心象や心の揺れなどが暗黙知として表層化する場合が多いと考えた。そこで、コンピュータを前提とする線形空間論を用いて、文学作品の文体構造解析を行い、作家の深層である心象を四次元時空間に可視化し、その結果から、思考状態・プロセス等暗黙知を明らかにしようとして試みている。

* 原稿受付 2001年4月5日

** 法政大学大学院

*** 正会員 白百合女子大学 文学部

3. 暗黙知への言語流体力学的アプローチ

—流体力学的アナロジーとしての文学作品における言語流れ—

文学作品の文章流れを流体流れとアナロジーし、文学の基本要素である感受性、論理性、揺れ、そして言葉の多義性を流体という物理要素として、暗黙知を言語流体力学的コンセプトで可視化することに本研究の目的はある。文学には四基本要素がある。第一要素の感受性は流体力学的スカラーポテンシャル、すなわち、流れのモティヴフォースであり、第二の論理性は作家の恣意的境界条件により決まる流れの方向である。この恣意的境界条件は、作家の心象により第三の要素である揺れを生じさせ、第四の要素である言葉の多義性にも変化を持たせることになり、言葉の多面性が表層化する。

流体力学は、温度・圧力などのスカラー量が、場の境界条件により、流速などのベクトル量が変化し、揺れでもある速度変動を伴いながら、流れ現象を表出させる。この流れ現象は、場の境界条件により変化する。例えば、水分子で構成される流れは、固体・液体・気体流れと多面的に変化する。すなわち、同じ水分子でありながら、場の状態によって観測されるものが変わる。これは相変化であるが、流体のもつ多面性でもある。このように、言語の流れと流体流れには、多くの共通する部分があるように思われる。

この研究の特色は文学作品に内在する暗黙知をコンピュータを前提とする計算科学的手法で明らかにしようとすることであり、その独創的な点は線形空間論的处理としてベクトルの概念を導入することで文脈の流れ・揺れを客観化し、作家の心象・思考の枠組み・思考プロセスなど暗黙知を可視化することである。また、計算科学的手法を用いることにより、文学作品の文脈の揺れを含めた客観的構造解析ならびに文学作品の特徴抽出を可能にすることである。その意義は、従来、文学作品の構造解析・評価が解析者の主観や経験に基づいてなされていたのに対し、全く新しい文学作品解析の手法が提案できることにある。

4. 文学作品の暗黙知の可視化モデルと解析方法

「作家の暗黙知は小説等文学作品の文体構造に表層化し、その文体構造は心象の ambivalent 性を基本要素としている」と仮定した。文体構造は、スカラーポテンシャルである感受性をエネルギーとし、作家の恣意的境界条件による論理性の流れを創出している。しかし、言語構成機能を制御する脳の新皮質は、感情等を司る大脳辺縁系の影響を受けている。すなわち、言語には、快・不快を背景とする ambivalent 性（両極性）と、いずれにも属さないものが内包されている。よって、文体構造は、主観と客観、美と醜などの両極の狭間で揺れながら、時間軸上を螺旋状あるいは波動状に、時には両者が混在し

た状態で流れるとモデル化した。

具体的解析手順として、文学作品の文章中から、ambivalent 性（両極性）を持つキーワード（例えば、快・不快、主観・客観）と、いずれにも属さない中間的なキーワード（例えば、情景描写など）を選択する。つぎに、文章中に現れるキーワード（3種類の一次独立要素データ）の出現頻度を時系列に整理し、基礎データとする。

この基礎データ（3種類の一次独立要素データ）を、コンピュータにより数学的手法を用いて解析する。すなわち、基礎データの3次元空間座標への変換手法であるグラムシュミットの方法で空間化し、データ抽出の偏りは正規化により除き、データ抽出のパラツキは離散値系ウェーブレット変換の多重解像度解析を用いて低減化する。解析結果として、文章の時間経過ごとに正規直交系一次独立要素データ（ x, y, z 方向成分）が求められる。これを文章の時間経過を時間軸とした四次元空間に可視化する。（Fig. 1）

以下に解析手順を数学的観点から記述しよう。

第一に、3種類の一次独立要素データをそれぞれ p 次のベクトル $X_i, i=1,2,3$ とし、式(1)のグラムシュミットの方法より各ベクトル間の相関性を取り除く。

$$X'_1 = X_1, X'_i = X_i - \sum_{j=1}^{i-1} \frac{X'_j \cdot X_i}{X'_j \cdot X'_j} X'_j, i=2,3$$

$$Y_1 = \frac{X'_1}{\|X'_1\|}, Y_2 = \frac{X'_2}{\|X'_2\|}, Y_3 = \frac{X'_3}{\|X'_3\|} \quad (1)$$

第二に、データ抽出のパラツキを低減するために、式(1)で得られた正規直交ベクトル $Y_i, i=1,2,3$ それぞれに対し、ウェーブレット変換による多重解像度解析を適用する。

$$Y_i = W_p Y_i, i=1,2,3 \quad (2)$$

ここで、 W_p は p 行 p 列のウェーブレット変換行列である。式(2)で得られるウェーブレットスペクトラムの最高レベルをゼロとし、ウェーブレット逆変換をおこなうことでデータ抽出のパラツキを低減化したベクトル $Z_i, i=1,2,3$ が得られる⁹⁾。

$$Z_i = W^T \sum_j Y_i^{(j)}, i=1,2,3 \quad (3)$$

ここで、上添え字 j はウェーブレットスペクトラムの

Fig. 1 Literary style visualization model.

レベルを表す。最後に、 $Z_i, i=1,2,3$ をそれぞれ空間的なベクトルの x, y, z 方向成分に対応させ、これらを文章の連続を時間軸とした四次元空間に可視化する。

5. 文学作品の解析結果と考察

流体力学的コンセプトを夏目漱石と宮沢賢治の文学作品の文体構造・文体の流れ等暗黙知の可視化に適応した。夏目漱石の文体構造からは論理性を示す螺旋構造すなわち渦構造が、また、宮沢賢治の文体構造からは豊かな感受性を示す波動が四次元時空間に可視化された⁹⁾。

(Figs. 2, 3)

一般的に、論理的文章には主観的な意見と客観的な意見が共存し、両者の論理をくり返しながら収束する。これは論理性の側面である。仮に、文体構造が円環的循環的に進んでいくとすれば、その文章は非常に論理的な文章であるといえ、一方で、きれいな波、大きな波、小さな波が出てきたとすれば、これは感性の豊かさがその中に表れている、ということなる。

夏目漱石の文体は円環的であるといわれる¹⁰⁾。本研究においては客観的手法で円環的、螺旋的構造が可視化された。これを注意深く見ると、螺旋は文章の進行に従い、時には伸び時には止まりする円運動を行う。文学ではこれらの現象を、間を取る、文章に躍動感を与えるなどと表現する。読者は文章の間という静にあって考え、また、躍動感と表現される動の現象によって先を楽しむ。文体構造の可視化に流体力学的手法を適応することによって、上述の静と動の共存現象を垣間見ることができる。文章における間は、文字面には表れないが、深い文学的意味を含んでいる。この間でエネルギーをため、考えを纏め、さらなる論理を展開すると考えられるためである。

流体力学的に推察すると、言葉の流れにおいて、動い

Fig. 2 Analytical result of kusamakura style.

Fig. 3 Analytical result of gingatetsudou no yoru style.

ている渦と止まっている渦、ベクトルポテンシャルとスカラーポテンシャルの部分があることが観察されている。このような文章の流れ、特に間の取り方を精緻に解析するために、流体力学における渦のスカラーポテンシャルとベクトルポテンシャルの分離を試みた。

6. 渦構造を示す文体構造への流体渦解析手法の適応について

—流体渦画像のウェーブレット解析によるスカラーとベクトルポテンシャルの分離—

6.1 可視化流体渦画像

渦構造をもっている文体構造における間に代表される静と動の詳細解析を試行するために、流体力学における渦のスカラーポテンシャルとベクトルポテンシャルの分離を試みた。その一例として、Fig. 4 に示す渦輪と平面壁との干渉をシーディングで可視化した動画像について取り挙げる。渦輪が画像上部に存在する平面壁に近づく、壁面による誘起速度は渦芯で最大になり、遠ざかるほど減少する。一方、渦芯から遠ざかるほど静圧は増大し、第2次渦輪が Fig. 4(f) で発生している。このような、流体渦現象を離散値系ウェーブレット変換による動画像解析をおこなうことで、静的部分と動的部分とが分離を試みる¹¹⁾。

Fig. 4 Eddy flow animation frames.

6.2 動画画像解析手法—3次元ウェーブレット変換—

Fig. 4 に示した動画画像に離散値系ウェーブレット変換を適用する. $m \times n$ 画素 l フレームから構成するアニメーションデータを3次元データ配列 S_{lmn} とし, 式(4)で転置則を定義する¹²⁾.

$$[S_{lmn}]^T = S_{mnl}, [S_{mnl}]^T = S_{nlm}, [S_{nlm}]^T = S_{lmn} \quad (4)$$

3次元ウェーブレットスペクトラム S_{lmn}' は, 式(5)で与えられる.

$$S_{lmn}' = [W_n [W_m [W_l S_{lmn}]^T]^T]^T \quad (5)$$

ここで, W_l は l 行 l 列のウェーブレット変換行列である. また, W_m , W_n も同様である. Fig. 5 は, 式(5)より得られた Fig. 4 のウェーブレットスペクトラムである. Fig. 6 は, 基底関数として用いたドビュッシー2次におけるウェーブレット変換行列と最も低いレベルに対応する列ベクトルを図示したものである. ドビュッシー2次基底を用いた場合, 最も低いレベルに対応する変換行列の列ベクトル要素はすべて一定値である. したがって, 最も低いレベルは定数成分に対応する. Fig. 5(a), すなわち, 時間領域方向に対して最も低レベルに大きいスペクトラムが分布する. このことから, 流体渦画像の大部

分が一定値として抽出可能であることを期待できる.

一方, 3次元ウェーブレット逆変換は式(6)で与えられる.

$$S_{lmn} = W_l^T [W_m^T [W_n^T [S_{lmn}']^T]^T]^T \quad (6)$$

ウェーブレットスペクトラム S_{lmn}' は Fig. 5 に示した各レベルのスペクトラムの和として表現されるから, 式(6)を用いて各レベルに対応する動画画像を抽出することが可能である¹³⁾.

6.3 静的画像と動的画像の分離

ドビュッシー2次基底の最低レベルは定数成分に対応する. すなわち, 時間軸方向に関して最低レベルのウェーブレットスペクトラムから3次元ウェーブレット逆変換によって生成される画像は, 動画画像の静的部分の抽出に他ならない. Fig. 7 は Fig. 5(a)のスペクトラムを残し, Figs. 5(b)–(d)をゼロとして, 生成した画像である. 実際は, 8枚のアニメーションフレームとして生成されるが, すべてのフレームは同じ画像となるため, ここでは1フレームのみを示す. Fig. 7において, 渦輪の渦芯, また, 可視化のためのシーディングによって随所で消えていた部分画像上部に存在する平面壁がはっきりと抽出されていることがわかる.

一方, Fig. 5のウェーブレットスペクトラムで, 最低レベル Fig. 5(a)をゼロとして得られる3次元ウェーブレット逆変換からは, 動画画像の動的部分のみが抽出される. Fig. 8 は, 動画画像の動的部分の抽出結果である. 渦芯に近づくほど画像コントラストの変化率が大きくなる. また, 遠ざかるほど画像コントラストが拡散し, 揺れの部分が抽出されている. ウェーブレット変換を用いた動画画像解析により, 流体渦の静的あるいは, 動的現象が抽出可能であることが判明した. つまり, スカラー的な現象とベクトル的な現象の分別が可能になる.

Fig. 5 Wavelet spectrum S_{lmn}' by Daubechies 2nd order basis.

Fig. 6 Wavelet transform matrix by Daubechies 2nd order basis.

Fig. 7 Static image.

Fig. 8 Dynamic image.

6.4 流体渦と文体の渦構造

流体渦のスカラー的な静的現象とベクトル的な動的現象の分別が可能であることが判明したため、渦構造を持つ文体構造における間の取り方、思考の揺れなど、暗黙知のさらなる解明が可能になると思われる。

物語においては、登場人物の性格、生まれた環境などは、固定された条件として設定される。物語は状況を変化させることで、この初期設定の周縁に揺れが生じさせる。物語の進行に伴う境界条件により、揺れの箇所、揺れの大きさは変化する。

このような文学における初期設定は、流体渦における渦芯である静的部分であり、そして、揺れは、動的渦の部分にあたる。これから、文学作品の初期条件である登場人物の性格、時代背景等の動かない部分を抽出することが本手法で可能になると考える。

また、動的部分の抽出は、登場人物の成長や環境の継時変化部分を意味する。このような結果から、作家の考えている人間の性格変化許容量を考察する事が可能であろう。

流体における動的画像からの静的画像の峻別は、作家の思考における揺れなど暗黙知の解明に新しい手法を提供するものと考えられる。

7. 結 言

流体力学的コンセプトを文学作品の文体構造・文体の流れ等暗黙知の可視化に適用した。この方法を用いて文学作品を解析した結果、夏目漱石の文体構造からは論理性を示す螺旋構造すなわち渦構造が、また、宮沢賢治の文体構造からは豊かな感受性を示す波動が四次元時空間に可視化された。

このコンセプトの新規性は、文学作品の文章流れを流体流れとアナロジーし、文学の基本要素である感受性、論理性、揺れ、そして言葉の多義性を流体という物理要素とする暗黙知を可視化する言語流体力学にある。感受性は流体力学的スカラーポテンシャル、すなわち、流れのモーティヴフォースであり、論理性は作家の恣意的境界条件により決まる流れの方向である。この恣意的境界条件は、作家の心象により揺れが生じ、言葉の多義性にも変化を持たせることになる。

渦構造を持つ文体構造における間の取り方など、暗黙知のさらなる解明を試行するために、流体の渦現象を対象にして、スカラー的な静的現象とベクトル的な動的現象の分別を検討したところ、峻別が可能であることが分かった。

流体力学的発想を文学領域に応用しようとするこの研究は、緒についたところである。本稿では、論理展開の不備、推敲不十分な部分が、多々あることを御堪忍願いたい。

参 考 文 献

- 1) 堀井清之、宮沢賢治編著：文系知と理系知の融合、近代文芸社 (2001)。
- 2) 堀井清之、斎藤兆古、白百合女子大学：特許「文学作品解析方法および解析装置」、特願平 10-102673。
- 3) 井筒俊彦：意味の深みへ、岩波書店 (1985)。
- 4) Polanyi, M.: The Tacit Dimension, Routledge and Kegan Paul Ltd. London.
- 5) Hutchins, E.: How a Cockpit Remembers Its Speeds, Cognitive Science, Vol. 19 (1995) pp. 265-288.
- 6) 堀 浩一：思考の可視化、可視化情報, Vol. 19, No. 72 (1999) pp. 2-6.
- 7) 村上枢勝：源氏物語科学で読み解く、日本経済新聞 (2000)。
- 8) Elliott, W. and Valenza, R.: Was the Earl of Oxford the True Shakespeare?, A Computer-Aided Analysis, Shakespeare Authorship home page, April (1991)。
- 9) Iwasaki, H., Miyazawa, K., Tsuchiya, H., Saito, Y., and Horii, K.: Linear Space Analysis for Literary Style, Proceedings of PSFVIP-3 (2001) F 3384.
- 10) 宮沢健太郎：漱石の文体、洋々社、(1997)。
- 11) Endo, H., Hayano, H., Saito, Y., Kunii, T.L., and Horii, K.: Smart Dynamic Image Analysis Based on the Field Theory, Proceedings of PSFVIP-3 (2001) F 3306.
- 12) 松山佐和、小口雄康、松山志保、斎藤兆古、國井利泰：ウェーブレット変換によるベクトル動画像の生成、可視化情報, Vol. 20, Suppl. No. 1 (2000) pp. 145-148.
- 13) 斎藤兆古：ウェーブレット変換の基礎と応用、朝倉書店 (1997)。