

数学と言葉—岡潔生誕 120 年によせて¹⁾

東京大学・東京工業大学 名誉教授

野口 潤次郎

概要

だいぶ前のことですがヨーロッパ言語圏の数学者に「日本の数学者は、いったいどんな言語で数学をやっているのか？」と聞かれることが何回かありました。そのときは、「もちろん、日本語でやっている」と答えはしたのですが、何か吹っ切れないう感じもして、心の端に残っていました。比較的最近になって、何人かの日本の数学者に次のような質問をしました。

質問: 数学の記述は、言語として日本語の中にちゃんと embedded されているか？
返ってきた答えは、全て 'No' でした。いったいこれは、どういうことでしょうか。たしかに、巻の話しとして、数学や自然科学が関係する新書版を出すときに、縦書きを横書きにすると、販売部数は $1/2$ し、さらに数式を一つ出すごとに何分の 1 か減る、ということを知ったことがあります。数値はともかくとして、数学の記述様式が言葉として日本の社会に受容されていない様子が現れています。したがって、この問題は広く数学の教育にも関係してきます。数学と言葉の問題は、過去にこの市民講演会でもとりあげられています。

さて今年、日本の生んだ天才数学者・岡潔博士の生誕 120 年に当たります。岡先生は、「言葉」をたいへん大事にしました。現在は、奈良女子大学附属図書館のウェブサイトに「岡潔文庫」というのがあって、岡先生ご自身の手稿のイメージ画像などを見られるようになってきました。岡先生は、初め日本語で論文を書き上げ、それを後にフランス語に翻訳するという方法をとっていたことが分かります。

岡理論は、難解であるとされています。岡論文を理解するには、真の努力を必要とするが、その後には世界が大きく広がる (H. カルタン, 岡潔全集, シュプリンガー社, より) という内容をもっています。今回の講演では、岡理論とその簡短化の試みの現状について話し、それにちなんで、初めに述べた数学の言語表現に関する問題を参加者の皆様と共に考えてみたいと思います。

§1. 序

少し前退職して時間ができたせいか、次のようなことが気になっています ([2], [12] 参照)。

テーマ 1: 数学記述は、国語 (日本語) の中にきちんと埋め込まれているか？

¹⁾ 本稿は、2021 年度秋季総合分科会市民講演会 (2021 年 9 月 18 日) での講演スライドが源になっているが、時間の関係で当日講演では省略した部分も若干含めたものになっている。また印刷するというので簡単な文献表を付した。

今年 2021(令和 3) 年は、日本の生んだ天才数学者・岡潔博士の生誕 120 年にあたります。岡潔博士は、1901(明治 34) 年大阪生まれで、和歌山県橋本市紀見峠育ちです。

最近、岡理論簡短化の工夫をした本を書いております：

1. 多変数解析関数論—学部生へおくる岡の連接定理 [3] (2013/'19).
2. Analytic Function Theory of Several Variables—Elements of Oka's Coherence, 前項 1 の英語版, [4] (2016).
3. 岡理論 新入門—多変数関数論の基礎 [6] (2021).
4. 21 世紀 複素解析入門—コーシー～岡潔 (相原義弘氏共著), 準備中.

岡理論について色々調べたり、書いている内に親しみを感じるようになりまして、今日は“岡(潔)先生”と呼ばせていただくことにします。

数学は、言葉で記述されます。あるいは、数学自身がある種の言語であるという方もいます。岡先生は、言葉をたいへん大事にしました。

本日は、数学からは主に岡理論・“多変数解析関数論”を中心に、言語記述からは日本語記述の最古典・古事記に戻って“数学記述”の問題を考えて見たいと思います。

まずは、基本からということで：

テーマ 2：みなさんは、数式を音読していますか？

数学記述(数学的事象を表現する言語、数学記号は表意文字)を日本語の中に取り込むのですから、発音・音読できなければ、言葉になっているとは言えない。数式を単に画像情報として取り扱っているのでは、記述言語としているとは言えない。

【アナログ】として、万葉集では、表意文字である漢字を表音文字化した万葉仮名が、記述された和歌を音読できるように工夫された。この作業により、表意文字・漢字による記述表現を日本語の中に埋め込んだ。文字は、作れば(あるいは、存在を知れば)それを使える様になるというものではないことは、膨大な数の文字が考案されても結局は使われなくなり消滅してしまったという歴史から明らかであろう。

日本では、数学研究者も含めて、テーマ 1・2 共に否定的です(万葉以前?)。

- この問題は、これからの新型ウイルス共存の時代にテレワーク・テレ講義において本質的に重要になると思います。
- 現状、世界的にみれば日本は数学をかなりうまくこなしていると思います。さらなるステップとして、これができると数学の日本社会・文化の中での消化がもう一つこなれて、深化するのではと考えるわけです。数学が、サッカー的に言えば

個人プレー ⇒ 社会プレー；アウェー ⇒ ホーム

と変化することを期待したい。

- 数学教育でも、小学校では比較的良好に数式を音読していますが、中高大と進むとき、なんとなく分からなくなってゆく生徒・学生が減る。

今のままでは、もったいない。

今日の話の順序：

1. 岡理論とは？ そのインパクトは？
2. 岡理論の簡短化についての最近の研究.
3. 以上をふまえて、言葉の記述の問題(アナログ)ということで、古事記.

- **古事記：漢字の記述表記を日本語の中に埋め込んだ初出。**

古事記の価値の再発見にもつながると考えるわけです。

§2. 岡理論

2.1 ^{ゴノカミマコト}五神 真²⁾ 東大総長告辞 (2019(R02)年9月)

大学の学長が卒業式の告辞で数学について語るということは珍しいと思いますが、さらには岡潔先生について語るということは、私の知る限りでは初めてです。公開されているファイル(東大サイト [1])があります。内容は、新型コロナウイルスに言及のあと、日本の知の巨人2人

- 北里柴三郎^{ウツリ}博士 (1852~1931)：破傷風，血清療法という方法の初開発，ペスト菌発見，治療，根絶など。 **16行** (公開ファイル [1] (英文，和文があり和文)A4印刷上で).
- 岡潔^{ウツリ}先生 (1901~1978)：多変数解析函数論。 **52行** (同上)。量的に北里博士の3倍強。

岡潔先生について述べられている事項を順にあげると：

1. 思考に沈潜することにより，無から有を生む。
2. “数学” は、「情緒を知性の文字版」に書き出す。

物理では、「“数学” は論理的思考を支え，その論理を記述する言語」... サイエンス
(五神総長の捉え方，ご専門は，物理・光量子物理³⁾(工学部)：

²⁾ お名前“五神”が，古事記につながりますので頭の隅に置いておいて下さい。

³⁾ ここが多変数解析函数論(岡理論)との接点。

“情緒 = 非論理的”

という見方.)

3. 上空移行の原理 (Oka I, 1936) ... 全宇宙が自分を中心に整列した! (鋭い喜びを伴う感激).
4. 接続層・不定域イデアル (Oka VII, 1948/'50, VIII, '51) ... 牛乳に酢を入れたときのように, 一面にあったものが凝り固まって別れてしまったといった風だった. この新概念の影響は大きく, 代数, 解析, 幾何, 理論物理に及ぶ.
この接続層の理論は今では, 現代物理学の最先端研究を支える重要な役割を担っています. この半世紀, 理論物理学の最前線に活況をもたらしている場の量子論や超弦理論研究では, 接続層は欠かせない概念なのです.

「上空移行」と「接続層・不定域イデアル」は, 密接な関係がある(後述).

・**接続層の理論のインパクト**: 問題の解決だけでなく, 数学の広範な分野の記述表現を変えた. 従って, それを使う理論物理の記述様式も変えるに至った. 五神総長(専門: 量子エレクトロニクス・光量子物理)は工学部ということで, 次の様なことも連想される:

電気計算機 \Rightarrow 電子計算機 \Rightarrow 量子計算機 (現在進展中) \Rightarrow 弦計算機 \Rightarrow 超弦計算機.

2.2 岡理論

2.2.1 擬凸問題

岡理論の主要テーマは, **擬凸問題**である.

実解析の場合, ユークリッド空間 \mathbf{R}^n では, $n = 1$ では**凸性**は問題にならない.

一変数微積分での関数の定義域とし, 本質的に区間 $(a, b), [a, b] \subset \mathbf{R}$ などを考えれば十分.

$n \geq 2$ になると, 凸性の問題が現れる. \Rightarrow 凸解析へと発展. 一変数の関数 $f(x)$ ($a \leq x \leq b$) の凸性は, そのグラフ $G_f = \{(x, f(x)) : a \leq x \leq b\} \subset \mathbf{R}^2$, あるいはその上方集合 $\{(x, y) : y > f(x), a \leq x \leq b\} \subset \mathbf{R}^2$ の凸性として捉えられる(2次元図形).

複素解析の場合も同様で, 一変数では凸性の問題は現れない. 2変数以上になって正則関数・解析関数の凸性が問題になる.

正則関数・解析関数 $f(z)$, $z = (z_1, \dots, z_n) \in \mathbf{C}^n$ (の一部でよい) とは, 考えている点

$a = (a_1, \dots, a_n)$ の近くで巾級数展開可能であること：

$$\begin{aligned} f(z) &= \sum_{0 \leq \nu_1, \dots, \nu_n \in \mathbf{Z}} c_{\nu_1 \dots \nu_n} (z_1 - a_1)^{\nu_1} \cdots (z_n - a_n)^{\nu_n} \\ &= \sum_{\nu = (\nu_1, \dots, \nu_n) \in \mathbf{Z}_+^n} c_\nu (z - a)^\nu \quad (\text{収束}). \end{aligned}$$

解析関数には、解析性を保ったまま定義域を拡張するという**解析接続**という概念が自然に定義される(可能ならば一意の).

$D \subset \mathbf{C}^n$ を領域として、 $\mathcal{O}(D)$ でその上の解析関数の全体を表す.

任意の境界点 $b \in \partial D$ に対し、ある $f \in \mathcal{O}(D)$ で、 b を超えて D の外側へ解析接続されないものがあるとき、 D は**正則(凸)領域**(正則領域と正則凸領域があるのだが、同じであることが H. Cartan–Thullen 1932 により示された)であるという：**岡理論の出発点**.

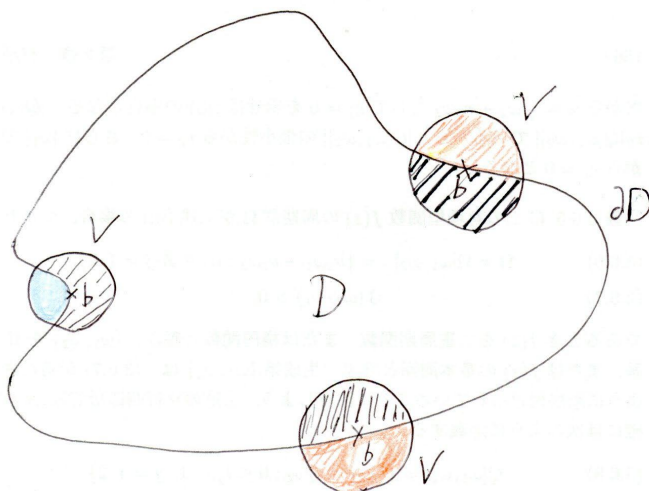


図 1: 領域 D とその境界 ∂D

ハルトークス現象: 一変数 ($n = 1$) では、任意の領域は正則(凸)領域だが ($f(z) = \frac{1}{z-b}$), 多変数 ($n \geq 2$) では正則(凸)でない領域が存在する(ハルトークス現象).

擬凸問題. 領域 D は、境界で局所的に正則凸ならば、(大域的に)正則凸か?

つまり、 $\forall b \in \partial D$ に対し、 b の近傍 $\exists V \subset \mathbf{C}^n$ で $D \cap V$ が正則凸ならば、 D は正則凸か?

問題としては： 局所 \implies 大域.

注意. ‘実’の意味での凸性については成立している.

2.2.2 岡理論

“岡理論”を一言で言えば、**正則凸解析**、**複素凸解析**といえる.

岡先生の主要論文, Oka I (1936) ~ Oka IX (1953) は, 二つのグループからなる:

1. Oka I (1936) ~ VI (1942) + IX (1953) 【3大問題の解決】.
2. Oka VII (1948/'50) + VIII (1951) 【3接続定理】: 3大問題の解決を超えて, 分岐被覆空間・特異点をもつ空間で解こうとした (岡の夢, [7] 参照).

3大問題 (Behnke–Thullen によるまとめ, 1934).

1. 正則 (凸) 領域上での近似の問題.
2. 正則 (凸) 領域上で, 局所的に特異点や極・零点を指定して, 大域的な解析関数を求める問題 (クザンの問題, I, II, 岡原理).
3. 擬凸問題.

これ等は, 全て問題の性質として,

局所 \Rightarrow 準大域 \Rightarrow 大域.

これらの問題, 特に擬凸問題は当時解決可能と思われていない問題であった (R. Remmert 述, 岡論文集, Springer). これを, 生涯のテーマとして採り, 解決した K. Oka は偉大な創造者 (grand créateur) である (H. Cartan, 同上).

Remmert の言:

岡の数学は, Jacobi が云った処の科学 (Wissenschaft) ではない. 岡は, Kronecker について言われるように “王かつ人足” であった. 岡の数学は, 解釈を必要とする. Goethe があるとき言ったように天才のわかりにくさは, 対象を “見える化” することなしに見る. 明晰な表現が与えられないことによる. 明晰さは, 後の仕事によって徐々に得られる.

“見える化” = “言語による概念化”.

“不定域イデアル・接続層” の概念は, 当初の問題を超える問題を解こうとして見出された. 実際 3大問題は, 1943年に書かれた高木貞治教授 (東京帝国大学) への研究報告書 (VII~XI, 全約 110 pp.) で完全に解決されていた (日本語, 未発表, [7] 参照).

新アイデアの岡先生による表現 (数学的内容は後出):

1. 上空移行 [方法論的原理]：問題を，変数の数を増やして多重円板 (\mathbf{C} の円板 Δ の直積， $P\Delta = \Delta \times \Delta \times \cdots \times \Delta \subset \mathbf{C}^N$ ($N > n$)) に埋め込み (さらなる多変数化・高次元化) して，多重円板は，形が簡単なので解決しやすい。このとき，多重円板 $P\Delta$ を用いるということと，もとの領域の境界を多重円板の境界 $\partial P\Delta$ 上へ載せるところがポイントである。

【逆進の発想】 変数の数が増えたことにより生じた問題を，さらに増やして解こうという，普通とは逆の発想。

2. 不定域イデアル (1943~1948)：解析関数を，不定域に考える。(H. Cartan は，岡とは独立に⁴⁾ 似た問題を，1点毎 (ponctuel) に考えていた (1944, 予想実験的論文)).

【逆進の発想】 局所から1点不定域へ詰め，その後にもとの方向へ戻る。

局所 \implies 1点不定域 \implies 局所 \implies 準大域 \implies 大域。

注意. 共に，考え方 (見方) を表している (Remmert の“直に見ている”). “見える化”をしていない。“接続層 (coherent sheaf)”という言葉は，それを“見える化”した。

2.3 弱接続定理 (N. 2019, 岡理論の簡短化)

接続性の定義をまだ述べていないが，これから弱接続性の説明の中で述べてゆく。

$a \in \mathbf{C}^n$ で収束する巾級数の全体を \mathcal{O}_a と書く。 $U \subset \mathbf{C}^n$ を開集合とし，その上の正則関数の層 (解析層) を $\mathcal{O}_U = \bigsqcup_{a \in U} \mathcal{O}_a$ と定める。 $S \subset U$ を部分集合とし， S のイデアル層を次で定義する。

$$\mathcal{I}\langle S \rangle = \bigsqcup_{a \in U} \mathcal{I}\langle S \rangle_a, \quad \mathcal{I}\langle S \rangle_a = \{f \in \mathcal{O}_a : f|_S \equiv 0\}.$$

閉集合 $S \subset U$ が，任意の点 $a \in S$ の近く (\exists 近傍 V) で複素座標 (w_1, w_2, \dots, w_n) ($0 = a$) が適当にとれて，

$$S \cap V = \{w_1 = w_2 = \cdots = w_q = 0\} \quad (1 \leq q \leq n)$$

と表されるとき， S を U の複素部分多様体と呼ぶ。

⁴⁾ 大東亜戦争 (アジア)・第二次世界大戦 (ヨーロッパ) により情報交換は遮断されていた。しかし，それでもドイツの H. Behnke を介してわずかながら Oka VI のアナウンス論文 (東京帝国学士院紀要 1941) に関する手紙が送られた記録が一つある。

$f \in \mathcal{S}\langle S \rangle_a$ をとると (以下 “割り算” をする),

$$\begin{aligned}
 f(w) &= \sum_{\nu} c_{\nu} w^{\nu} = \left(\sum_{\nu_1 \geq 1, \nu'} c_{\nu_1 \nu'} w_1^{\nu_1 - 1} w'^{\nu'} \right) w_1 + \sum_{\nu_1 = 0, \nu'} c_{0 \nu'} w'^{\nu'} \\
 &= \dots \\
 &= \left(\sum_{\nu_1 \geq 1, \nu'} c_{\nu_1 \nu'} w_1^{\nu_1 - 1} w'^{\nu'} \right) w_1 + \dots \\
 &\quad + \left(\sum_{\nu_1 = \dots = \nu_{q-1} = 0, \nu_q \geq 1} c_{0 \dots 0 \nu_q \dots \nu_n} w_q^{\nu_q - 1} w_{q+1}^{\nu_{q+1}} \dots w_n^{\nu_n} \right) w_q + 0 \\
 &= g_1(w) w_1 + \dots + g_q(w) w_q, \quad g_j \in \mathcal{O}_a \quad (\text{有限和}).
 \end{aligned}$$

これは, a の近くの点 $\forall b \in S \cap V$ で成立する (局所有限性). $\{w_1, \dots, w_q\}$ を $\mathcal{S}\langle S \rangle$ の局所有限生成系とよぶ.

次に $\{w_1, \dots, w_q\}$ の関係層 $\mathcal{R}(w_1, \dots, w_q)$ を次で定義する.

$$\begin{aligned}
 \mathcal{O}_V^q &\stackrel{\text{定義}}{=} \bigsqcup_{b \in V} \mathcal{O}_b^q \supset \mathcal{R}(w_1, \dots, w_q) = \bigsqcup_{b \in V} \mathcal{R}(w_1, \dots, w_q)_b \\
 &= \bigsqcup_{b \in V} \left\{ (g_1, \dots, g_q) \in \mathcal{O}_b^q : \sum_{j=1}^q g_j w_j = 0 \right\}.
 \end{aligned}$$

$\mathcal{R}(w_1, \dots, w_q)$ (及び $\mathcal{R}(w_1, \dots, w_q)_b$) は, \mathcal{O}_V (及び \mathcal{O}_b) 加群の構造をもつ (解析層と呼ばれる).

接続層の定義: このようなものをもっと一般化し局所有限性をもちかつ, 任意の関係層も局所有限であるような解析層を**接続層** (解析的接続層) とよぶ.

岡の第 1 接続定理. $\mathcal{O}_{\mathbb{C}^n}$ は, 接続層である.

注意. a の周り V で定義されている有限個の元で, V の点 b で定義されたある元を表現しようとするものであるが, 表そうとする元は a で定義されている必要がない, と云う点が非自明である.

弱接続定理 ([5]) (i) 複素部分多様体 S のイデアル層 $\mathcal{S}\langle S \rangle$ は局所有限である.

(ii) $\mathcal{S}\langle S \rangle$ の任意の有限生成系の関係層は, 局所有限である.

(i) の証明は, 上で済み.

(ii) の証明の鍵:

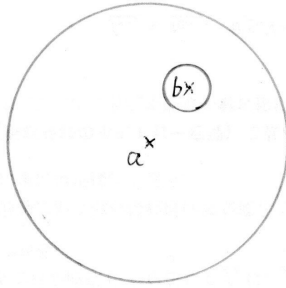


図 2: 接続・不定域

弱接続補題. 座標の一部 z_1, \dots, z_q の関係層 $\mathcal{R}(z_1, \dots, z_q)$

$$f_1 z_1 + \dots + f_q z_q = 0$$

は, 自明解 $T_{jk} = (0, \dots, \overset{j\text{th}}{-z_k}, \dots, \overset{k\text{th}}{z_j}, \dots, 0)$ ($1 \leq j < k \leq q$) で生成される (有限生成).

証明. 易しいので証明しよう. $q \geq 1$ に関する帰納法による.

- $q = 1$ は, 自明. $q \geq 2, q - 1$ で正しいとする.
- q の場合. 上述のように,

$$f_j(z) = g_j(z) z_1 + h_j(z'), \quad 2 \leq j \leq q, \quad z' = (z_2, \dots, z_n)$$

と書く. 関係式は,

$$(f_1 + g_2 z_2 + \dots + g_q z_q) z_1 + \sum_{j=2}^q h_j(z') z_j = 0.$$

第 2 項は z_1 を含まないので,

$$f_1 + g_2 z_2 + \dots + g_q z_q = 0, \quad \sum_{j=2}^q h_j(z') z_j = 0.$$

第 1 の式から $f_1 = -\sum_{k=2}^q g_k z_k$ と解ける. 第 2 項は, $q - 1$ の場合であるから, 帰納法の仮定で有限生成.

$$(0, h_2, \dots, h_q) = \sum_{2 \leq j < k \leq q} \alpha_{jk} T_{jk}$$

と書くと,

$$\begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{k=2}^q -g_k z_k \\ g_2 z_1 + h_2 \\ \vdots \\ g_q z_q + h_q \end{pmatrix} = \sum_{2 \leq k \leq q} g_k T_{1k} + \sum_{2 \leq j < k \leq q} \alpha_{jk} T_{jk}. \quad \square$$

この簡単な弱連接定理で, 3大問題は解ける !!

上空移行の定理. $S \subset P\Delta$ を複素部分多様体とする. 任意の $f \in \mathcal{O}(S)$ に対し, ある $F \in \mathcal{O}(P\Delta)$ があって, S への制限 $F|_S = f$.

岡の擬凸問題の解決法: 不定域イデアルによる上空移行とさらに, フレドホルム第2種型の積分方程式 (VI 1942 (Weil の積分表示, $n = 2$), 1943 (“原連接定理” [7] 参照), IX 1953 不分岐多葉領域で解決).

フレドホルム第2種型の積分方程式:

$$g(z) + \int G(w)K(w, z)dw = f(z).$$

$G(w)$ は $g(z)$ の上空移行 (1943, IX 1950), Weil 積分 (VI 1942) では $G = g$ (上空移行不要).

詳しくは, 岡理論新入門—多変数関数論の基礎 [6] を参照.

注. 岡論文は, 一応分かってから読んでも面白い, 新しい発見がある, 珍しい数学論文.

2.4 擬凸問題解決の歴史:

1. 岡潔先生. フレドホルムの第2種型積分方程式は共通.
 - (a) 1941/'42, $n = 2$, 単葉領域, Weil の積分表示を使う.
 - (b) 1943, $n \geq 2$, 不分岐多葉領域, “原連接定理”. 日本語, 未発表 ([7] 参照).
 - (c) 1953, $n \geq 2$, 不分岐多葉領域, 連接定理.
2. Weil 積分表示を使う前項 1 (a) の一般次元化, 単葉領域: 一松信先生 (1949, 雑誌「数学」(日本語)).
3. やはり 1 (a) の一般次元化, 単葉領域で, 独立に H.J. Bremermann, F. Norguet (共に, 1954).
4. Oka–Cartan–Serre–Grauert: 連接層のコホモロジーと L. Schwartz のフレドホルム定理 (Grauert の膨らまし法, 1958).

5. L. Hörmander の $L^2-\bar{\partial}$ 法による別証明 (1965, 本 1966). 接続層の理論は用いない.
6. 弱接続法 (N. [5] 2019), 1 (b) に近い.

最近では、接続層と $L^2-\bar{\partial}$ 法を混ぜた研究が盛ん.

§3. 岡理論の背景：一般関数論

関数論には、一般関数論と特殊関数論 (こちらの方が古い) がある. 現在では、複素解析や関数論といえば、一般関数論, つまり解析性のみを仮定して、どこまで言えるかを研究する. 岡理論は、一般関数論に属する. であるからこそ、影響は広がったのであろう.

一般関数論の蹶起：**ピカールの定理** (一変数, 1879). 真性孤立特異点の近くで解析関数は、高々1点を除いて他の点を無限回とる.

証明：エルミートの‘楕円モジュラー関数’に関する結果を用いる.

‘楕円モジュラー関数’は、特殊関数. これを一般に解析性のみを仮定する関数論だけで証明できないか？

— E. Borel 1897 は、これが可能であることを示した. さらに、Weierstrass, Mittag-Leffler, …… R. Nevanlinna 理論 1925 (一変数, 値分布論) と発展. この間、Hartogs, Levi, Cousin, …. 共に“一般関数論”の多変数・高次元化である.

岡理論には、一般の解析関数を扱う一般関数論が背景にあった.

§4. 数式の音読

数学が言葉による記述表現をとっている以上、音読できなければならない. 音読は、言葉の記憶に効果的であるだけでなく、言語の**概念獲得**にも重要である. 修学前の児童は、言語獲得を「聞く・話す」だけで達成する. 文字を読むということについて、日本語は長い歴史がある.

表意文字 (漢字) と **表音文字** (かな) を混用することで、柔軟性の高い高性能な記述様式を達成している. これは、世界で唯一. 漢字圏で漢字の表音化に成功した唯一の例である. これによって、文明国家 (社会) が必要としている, 3 言語

(a) 日常言語, (b) 国家・社会言語, (c) 記述言語

の一致を得ている (拙著 [2] 参照). この点で、日本語は、古事記以来の歴史, 1300~1400年の長い歴史をもつ. ギリシャを措いて、この部分で1000年以上の歴史をもつのは、日本のみ(?) .

英国のマグナ・カルタ (Magna Carta, 英訳 Great Charter (Card), 1215) は、ラテン語、英語ではない。カンタベリー物語 (Geoffrey Chaucer, 英語, 1387~1400 完成) は、英語詩文型による紀行文。これらの日本語における比較では、十七条憲法 (604), 御成敗式目 (条数 $51=17 \times 3$, 1232)。紀行文では、伊勢物語 (在原業平, 800 年頃), 土佐日記 (紀貫之, 934~935)⁵⁾。日本語では、このあと源氏物語 (紫式部, 平安中期 11 世紀初め), 世界初出の“小説”が現れる (日本語の, ブレイク)。ヨーロッパ, シナにおける, 小説の出現はずっと後。日本語の進展は, 成功物語。

日本語を記述した古典 (AD 7~8 世紀) :

1. 古事記 (稗田阿礼 口伝, 太安万侶 記述, 和銅 5 (712) 年)。太安万侶が偉い。墓誌 (銅板) 出土 (養老 7 (727) 年没) (奈良県立橿原考古学研究所附属博物館所蔵)。“太”氏は, 今につながる氏族 (多氏) で, 多神社 (奈良, 境内より縄文・古墳遺跡出土) はその一つとのことである。
2. 日本書紀 (大人数編, 太安万侶も参画, シナ人もいた)。
3. 万葉集。

明治時代では, さらに**言文一致** (坪内逍遙, 上田万年ら, [12] 参照) により, 上述 3 言語 (a), (b), (c) の一体化がさらに進んだ。現在の日本語は, その延長線上にある。

・明治にヨーロッパから導入した数学という記述言語表現を, 日本語の中に取り組みということは, どういうことか。指針は何かを日本語の古典・古事記に学ぼう。

・古事記において初めてなされた, 日本語の記述様式の獲得を分析する。その指針となった音読の果たした役割を認識することで, 数学記述の音読の重要性を認識する。

また, 数学におけるそれまで認識されていなかった事象の見える化, 概念化・言語化の獲得と日本語の記述様式の獲得に「アナロジー」を認識することは, それ自体でもおもしろく興味深い。

基本認識として,

数学記号は, 表意文字。

古事記の記述: 初めの 3 神 (イザナギ, イザナミではない!) (古事記, 日本古典文学大系, 岩波書店より)

⁵⁾ ラテン語でも古くは, 書き言葉表現と話し言葉表現の違いがあった (語順としては, S.V.O, S.O.V の順序の問題など)。つまり, 「言文一致」していたわけではない。それ等が一致された文章の初出が, AD400 年頃にスペインの修道女 “エゲリア” によって記された「エゲリア巡礼記」というやはり紀行文であることは, 興味深い。しかし, 残念ながら紀貫之のようなフォロワーがいなかったようである。

天地初発之時於高天原成神名天之御中主神次高御産巢日神次神産巢日神此三柱神者並独神成坐而隱身也

これを全て平仮名で書くと、
あめつちはじめてひらけしときたかまのはらになれるかみのなはあめのみなかぬしのかみつぎにたかみむすひのかみつぎにかみむすひのかみこのみはしらのかみはみなひとりがみとなりましてみをかしたまいき

漢字・平仮名の混ぜ書きで書くと、
天地初めて発けし時、高天の原に成れる神の名は、**天之御中主神**。次に**高御産巢日神**。次に**神産巢日神**。此の三柱の神は、並独神⁶⁾と成り坐して、身を隠したまいき。

やはり、分かりやすい。この後、続けて**宇摩志阿斯訶備比古遲神**、**天之常立神**。の二柱の独神が成られて、隱身也。

上件五柱神者、別天神。

うえのくだりのいつはしらのかみは、ことあまつかみ。

ここまで、**別天神五柱**（ことあまつかみいつはしら）という。

同様に、**国之常立神**⁷⁾、**豊雲上野神**が成りたまいて、独神、隱身也。この後の神より男女が対で成る。その7番目が、伊弉諾、伊弉冉の両神。ここを、**神世七代**という。

ここまでで、1頁(日本古典文学大系、岩波)。大変短い。(実は、もっと長い。門外非公開の口伝があるそうである。)このような内容が、いい加減な内容だという人は、次の記述をどう思われるでしょうか？

宇宙は“無”の状態から創世された。“無”とは、単に物質が存在しないということだけでなく、その入れ物である時空間が存在しない状態である。“無”から、量子宇宙は、大きさゼロの状態からトンネル内を虚数の時間で膨張し、トンネルを出たところで実時間となり、インフレーション宇宙へとつながるのである。

【この出典は何でしょう？】佐藤勝彦 筆、宇宙論 I、共著、日本評論社、第1章より。現代宇宙論最先端の理論物理学者による専門教科書の文章です。

古事記の初めの五神と二神：

1. **天之御中主神**：中心概念の顕れ。

⁶⁾ “独神”を“ドクシン・独身”と読んではいけない!! まだ、男女の性別はなく、独身は在りえない。

⁷⁾ 天之常立神の後に国之常立神に注意。きちんと順序を踏んでいる。宇宙に永遠の概念が生じた後に、国の永遠性の神が生じる。

2. 高御産巢日神：(宇宙・空間における)産む概念の顕れ.
3. 神産巢日神：神を産む概念の顕れ(2の後に述べられていることに注意,順序を踏まえている).
4. 宇摩志阿斯訶備比古遲神：美しく燃える概念の顕れ.
5. 天之常立神：永遠の概念の顕れ.
6. 国之常立神：国が永遠にあるという概念の顕れ(これも5の後,初めにできたなどとは主張しない.).
7. 豊雲上野神：雲と平地の顕れ.

そして,身を隠す.

本を書くときは,初めが難しい⁸⁾.これは,無の空間に,なにか“ゆらぎ”が与えられた“表現”になっている.古事記の記述は,非常に哲学的,論理的,構成的で,上述の宇宙創成論を思わせるものがある.

【数学からのアナログ】数学・ユークリッド原論,初めの“定義”(23)に相当(この後,公準(5),公理(8~9)).ある本で,この“定義”が,本文で使われることはない,とある.つまり,定義は,隠身也.しかし,論理的に必要.

・古事記の記述は,音読を基本指針としている.

「豊雲上野神」の「上」は,シナ語の四声(その上の字の発音を上げる).....音読を大事にしていた証.さらに音読重視がわかる部分:建速須佐之男命タケハヤスサノヲノミコトの歌,

- (イ) 夜久毛多都伊豆毛夜幣賀岐都麻碁微爾夜幣賀岐都久流曾能夜幣賀岐袁
 (ロ) 夜久毛多都 伊豆毛夜幣賀岐 都麻碁微爾 夜幣賀岐都久流曾能夜幣賀岐袁
 (ハ) 八雲立つ,出雲八重垣,妻籠みに,八重垣作る,その八重垣を.

最初の(イ)を見ますと,定型(五七五七七)であるから読めるという重要なことにも気づくと思います.さらに,「夜久毛多都」と書いた時に「八,雲,立」という漢字がなかったわけではない.実際,“五柱神”と漢数字は使っている.しかし,それ等を使ったならば,多分「パー,ウン,リュウ」(?)などと発音されてしまい,「ヤグモタツ」と読んでくれない.どうしても「ヤグモタツ」と読んで欲しくて,「夜久毛多都」と書く工夫をした

⁸⁾ H. Grauert と R. Remmert は,よく知られた“Coherent Analytic Sheaves”と題した著書序文(Introduction §5, GL265, Springer)で, J. Kepler の言葉や, F. von Schiller から W. von Goethe への手紙を引用しながら論じ,自分たちの著書について“Chapter 1 and the Annex are mixtures of loose writing and rigor!”(Chap. 1 の題は, Complex Spaces, Annex の題は, Theory of Sheaves. Notion of Coherence)とその段落を締めくくっているのは興味深い.

わけです。

このような創造的工夫を太安万侶は、全編にわたり行った。これは、大変なことである。実際、太安万侶は「序」でそのような苦勞をしたと書いている。そこにこそ、古事記のイノベーションがある。

- 単に意味を漢字で表すということならば、みな分かっている漢文に翻訳してしまえば良いわけです。しかし、それでは‘表現’に近づけない。
- 日本の神とは、「良きにつけ悪しきにつけ、顕れ著しきものを神と申すなり」(本居宣長)。
- 顕著な事象の概念化を日本語では“**神**、**命**”といい、**音読**する。
- 虚数単位 $i = \sqrt{-1}$ (音読：アイ、表意文字) は、“虚数の命”。
- 岡先生の不定域イデアル・接続層は、“不定域の神・接続の命”。

こうゆう部分に、日本の伝統的創造性を感じる。前述の R. Remmert のコメントに通じる。湯川博士の中間子の発見も、“中間子の命”の顕在化で、同じ伝統を見る。

太安万侶記述の古事記の目的は：

1. **文字記述を日本語の中に“取り込む・埋め込む”ことにあった。**
音読を指針とした。…これが重要。
2. 日本の言葉を漢字表記したが、語順はまだ漢文スタイルのままだった。
3. 表記の語順が日本語語順になるのには、万葉集(定型：読みが定まる)や祝詞(宣命体)の記述が必要であった。その後、平仮名による土佐日記、そして源氏物語のブレイクへと発展した。
4. 記述の**定型詩**から**散文**への発展、また語順の問題は、世界諸言語にある。例えば、シーザーのガリア戦記、ラテン語記述、は殆ど S.O.V. 順である…今回は略 (p.12 脚注 5) 参照)。

日常言語を散文で自由に書けるようにならないと自由な思考表現である**小説**、は書けない。この部分は自由な数学思考を記述する**数学**も同じ。

・伊勢物語 (在原業平, 825–880)：歌旅物語。とある日本百科事典では「虚構の物語」、虚構として卑下し、否定的。土佐日記 (934 年 12 月 21 日 ~ 935 年 2 月 16 日, 紀貫之, 871–946)：旅日記。日常を、ひらがなでどれだけ記述できるかを試した実験の書として読むと非常に面白い。

・この辺は、英語では前述した Chaucer のカンタベリー物語 (詩文型, 1387~1400) がアナロジー.

・源氏物語 (1001~1005, 紫式部, 973~1014) : 小説, 世界初.

・シナの小説, 紅樓夢 (18 世紀後半, 口語体) : 源氏物語のアナロジー. しかし, 表意文字文化圏ということで大夫遅い.

・数学の日本語記述において, まだ太安万侶のレベルの工夫をしていない.

我々日本人が, 自由に自然に日本語を書いているのは, non-trivial であることを理解すべき. 数々のイノベーションを経た結果である.

古事記 : このような, 言葉とイノベーションの観点からの「古事記論」がない !?

「古事記」は, 文系学者だけに任せていては, 本質が見えてこない. まだ, 見えていない内容があるのでは.

・「古事記」を, 本当にあったかどうかわからない, 何かいい加減なことが書いてある本である. あるいは, 国家を成したので, 政治的権威付けのためにシナの真似をして (特に日本書紀について, 淮南子 ^{エナンジ} のほんの一節の類似) 史書を書いた. など, 教えられ, また未だにそのように考えている歴史学者, 教育者がいますが, この本質から外れた, とんでもない勘違い, 間違った認識と言わざるをえない.

政治的権威目的の史書ということならば, 朝鮮の「三国史記」(1145 年頃, 平安末期編集) をみればよい. 冒頭の新羅記の初め(前述のように, これが難しい)は, 新羅の初代国王がとある山の麓に降臨した「金の卵」から産まれる場面です. 確かに, 立派な権威付けがなされております. その前の三韓 (馬, 辰, 弁) 時代については, 記述がない.

上述のように, 古事記は, 日本語を話す祖先が, この世 (宇宙) をその初めからを考究していたこと, どう認識していたかの事実を日本語で記述した最古の書であり, 真実の書である. 哲学, 論理, 構造的思想の詰まったサイエンスの古典であり, 日本の, 世界に誇れる宝です.

文庫本なら安い. ぜひ, 一家に一冊 (原文付き) おもち下さい.

終わりに, 日本の社会は数学がもっと深化・発展する余地がある. 我が家の近くのコンビニで売っていた本 :

・「数学の全てがわかる」, 科学雑誌研究倶楽部, 学研 (縦書き) 660 円.

・「眠れなくなるほど面白い数と数式の話」, 小宮山 ^{ヒロヒト} 博仁 監修, 日本文芸社 (基本縦書き) 825 円.

このような本を、コンビニで売っている国というのは世界的に珍しい。
数学に於ける数式を単なる画像情報に留めない為に、ぜひ、

数学の言文一致運動：数学の授業・講演では、 数式の音読を !!

御聴講，ありがとうございました。

参考文献

- [1] 五神真，東京大学学位授与式，総長告辞，2021年9月，“https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/about/president/b_message02_07.html”。
- [2] 野口潤次郎，数学と言語表現について，数学教育学会誌，2017 **58** No.3-4, 75–85.
- [3] 野口潤次郎，多変数解析関数論，第1版 2013, 第2版, 2019, 第1版, 2013, 朝倉書店.
- [4] J. Noguchi, Analytic Function Theory of Several Variables—Elements of Oka’s Coherence, Springer Sci.+Bus. Media Singapore, 2016.
- [5] J. Noguchi, A weak coherence theorem and remarks to the Oka theory, Kodai Math. J. **42** (2019), 566–586.
- [6] 野口潤次郎，岡理論新入門—多変数関数論の基礎, pp. 256, 裳華房, 東京, 2021.
- [7] J. Noguchi, On Kiyoshi Oka’s Unpublished Papers in 1943, arXiv 2021, to appear in Notices ICCM.
- [8] K. Oka, Collected Works, Translated by R. Narasimhan, Ed. R. Remmert, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo, 1984.
- [9] 岡潔文庫，奈良女子大学附属図書館，URL “<http://www.lib.nara-wu.ac.jp/oka/>”.
- [10] 太安万侶，古事記，倉野憲司校注，日本古典文学大系 1，岩波書店，1958.
- [11] エゲリア巡礼記，太田強正訳，サンパウロ，2002.
- [12] 山口謡司，日本語を作った男，上田万年とその時代，集英社，2016.