四則演算の自然言語表記：ドイツ語と日本語の場合

岡本　順治

1.　序

本稿では、四則演算において演算子中置記法（infix notation）と日本語で用いられる逆ポーランド記法（reverse polish notation）が、自然言語でどのように表現されるかを扱う。これは一面では、四則演算の表現を自然言語に翻訳することであるが、見方をかえると自然言語表現が根底にあり、同一の意味を表していると主張できる可能性がある。ここでは自然言語の例として、ドイツ語と日本語を主に用いる。

まず、３つの記法を確認しておく。一般的に用いられる演算子中置記法が（1)、先頭に演算子を置くポーランド記法（forward polish notation）が（2)､そして逆ポーランド記法が（3）であり、これらは記法の違いであり等価である。

（1）　$x + y = z$

（2）　$+ xy = z$

（3）　$xy + z =$

ただし、演算子中置記法では、構造的な曖昧性が生じることがあり、その場合には括弧を用いるが、ポーランド記法や逆ポーランド記法では括弧が不要であることが知られている（Hamblin 1962, 水谷 1965, 1968）。（4）に対応するポーランド

記法は（5a）、逆ポーランド記法は（5b）であるが、括弧が不要で一義的に（4）と等価となっている[1]。

（4）　$x \times (y + z) = w$

（5）　a.　$\times\, x + yz = w$

　　　b.　$xyz + \times\, w =$

以下の考察では、ドイツ語と日本語の対応表現を考えるが、まず単純な乗算を例にとるところから始める。どちらの言語でも中置記法に対応するコピュラ文がまず考えられ、ドイツ語ではさらに中置記法の他動詞文が存在する。それに対して、日本語では「x に y を V すると、z になる」というタイプの逆ポーランド記法が自然言語表現として存在する。本稿では、この構文の言語学的な分析を試みる。最後に、数式を自然言語表現にした際の表現の意味タイプを考察する。

2. 乗算のコピュラ文表現

具体的な乗算の例として、（6）を考える。（6）のコピュラ文表現は、ドイツ語では（7a）、日本語では（7b）のようになる[2]。

（6）　3 × 4 = 12

（7）　a.　Drei mal vier ist（gleich）zwölf.

　　　　three times four is（equal）twelve

　　　b.　3 掛ける 4 は 12（だ）。

一見して（7a）と（7b）は同じように見えるが、主語名詞句の内部構造が異なる。

1)　加減乗除は、基本的に 2 項をとる関数と考えられる。関数を前置きするポーランド記法は周知のように、現在では広くプログラミング言語で用いられているが、本稿では考察しない。

2)　ここでは、日本語の「だ」、「である」、「です」等をコピュラと見なす立場をとる。（7b）のように「だ」は省略可能であることから、この文はある種の形容詞文、あるいは名詞文ということになる。基数 (cardinal number) が形容詞というのは考えにくいので、名詞文と考えることにする。ここで扱うコピュラ文のコピュラは、主語名詞句と補語の間の同一性を示す。基数の意味タイプに関する議論は、後述する。

ドイツ語の Drei mal は、字義通りには「3 × 」で 3 が掛ける方の数、すなわち乗数（Multiplikator）で、4 が被乗数（Multiplikand）となる。乗算では、乗数と被乗数を入れ替えても、数式としての意味は変わらないという交換律が成り立つが、自然言語ではどちらが主要部であるかという問題は統語的にも意味的にも重要である。（7a）は、主語を限定詞句と捉えれば（8）のような統語構造になり、drei mal は、一般量化詞理論の枠組み[3)]において量化詞と捉えられるだろう[4)]。ここではとりあえず量化詞句（QP）を仮定し、名詞句内に位置づけると、主要部名詞は vier である。

（8） [DP ϕ [NP [QP Drei mal] [N vier]]] ist zwölf.

他方、「3 掛ける 4」の場合、数式をただ無理やり頭から読んでいるという印象を受ける[5)]。しかし、よく考えてみるとこの日本語の読み方では、掛ける方の数はドイツ語の場合と異なり 4 である。ここでの関係は（9）であり、乗数は 4 であることになる。実際にいくつかの国語辞典で「乗数」の定義と用例を当たってみると、「掛け算で、掛けるほうの数。$a \times b$ の b。」と書かれている[6)]。従って、日本語の意識としては「 × 4」である。すると、（8）の構造とは異なり、（10a）の統語構造を仮定することになる。これでは限定詞句の主要部が先頭の 3 ということになり、一般的な日本語の名詞句構造とは異ってしまう。そこで、主語名詞句という考え方を離れ、話題の名詞句として捉えなおすと、（10b）のような構造を考えることができるかもしれない[7)]。つまり「3 に 4 を掛ける」という動詞後置構造から「3

3) Barwise/ Cooper (1981) 参照。

4) drei mal は、数式の「読み」としては分離して書くのが一般的だが、回数副詞として dreimal と一語で書くのは、第一音節にアクセントがあり一語である、という認識に結びついている。

5) 斎藤 (2007:189) は、実際に $x+y=z$ を「x 足す y は z」と読むのを「ただ棒読みしたもの」と指摘する。この点に関しては後述する。

6) 『明鏡国語辞典』第二版参照。

7) 「３掛ける４（は）」を話題としたが、査読者から指摘されたように「関係節（連体修飾の名詞句）なのか、あるいは動詞句の一種なのか」に関しては議論の余地がある。さらに「掛ける４」の構造にも、他の分析が可能であるがここではこれ以上扱う余裕はない。

掛ける 4」を導くことになる [8]。

（9） [3 [掛ける 4]] は 12（だ）。

（10）a. [NP [N 3] [QP 掛ける 4]] は 12（だ）。

b. [NP 3 [CP 4_i [IP [VP 掛ける [NP t_i]]]] は 12（だ）。

（9）の日本語表現に対して（10b）のような統語構造を仮定した場合、話題標識である「は」を伴った名詞句があるという点では、整合性があるように見える。しかし、さらに複雑な四則演算を考えると、そのつど演算子が動詞に還元されることになり、かなり複雑な構造が必要となってしまう。例えば、（11）に対する（12）の「読み方」は決して稀なことではないが、（9）と同様に構造を考えると、（13）のような埋め込み構造が必要になる。

（11）3 × 4 + 6 ÷ 2= 14

（12）3 掛ける 4 足す 6 割る 2 は 14（だ）。

（13）[3 [掛ける 4 [足す 6 [割る 2]]]] は 14（だ）。

（13）のような読み方は頭から数式を読むための便法にすぎないのかもしれない。日本語の意識としては、まず 3 があり、それに 4 を掛け、そして 2 を足して、最後に 7 で割るので、順序に沿った読み方として意味を持つ。本稿の第 4 節で議論するように、本来の日本語なら（14a）のような逆ポーランド記法の語順となり、（14b）のように読むのが普通である。そして、この解釈の仕方は、中置記法を頭の中で処理する時に逆ポーランド記法に変換しているのだとも主張できる。

（14）a. 3 4 × 6 2 ÷ + 14 =

b. 3 に 4 を掛けて 6 を 2 で割ったものを足すと 14 になる。

斎藤（2007:183）は、（15）を（16a）のように呼ぶのは「われわれがこの特殊語

8) （10b）における「4」は、名詞主要部が関係節構造によって CP 指定部に移動したものと考えている。

法に慣れているからでかなり変（だ）」と主張している。そして、その根拠として「《足す》というのは動詞で形から見れば終止形か連体形」だが「そのどちらとも考えられ（ない）」としている。斎藤（2007）は、その代わりに（16b）や（16c）のように言うべきと主張する。

（15）2 + 3 = 5

（16）a. 2 足す 3 は 5 である。

b. 2 に 3 を足すと 5 になる。

c. 2 に 3 を足したものは 5 に等しい。

（14b）や（16b），（16c）が「本来の日本語表現である」とするのは、日本語として自然な文になっているからだが、では（16a）は果たして不自然なのだろうか。私たちは、確かに「この特殊語法になれている」のかもしれない。もし、これが特殊語法だとしたらどのようなものなのだろうか？それは上でも述べた線状記号読みにヒントがある。それは、数式や論理式を前から１つずつ読む方法で、記号を１つずつそのままの語順で（強引に）読むもの、と言うことができる。これを、「線状記号読み」と仮に名づけておく。

線状記号読みが一般に通用すると仮定すると、これは日本語の統語構造とは無関係に成立すると言える。つまり、その表現内部には日本語の統語論は存在しない。（16）の例では、「2 足す 3」に内部構造はない、と考えられる。そもそも、そのような仮定をすること自体が間違っているのかもしれない。

3.　乗算の他動詞文

ドイツ語での乗算表現には、さらに以下の（17）や（18）のようなヴァリエーションがある。これらの表現を支えているのは、それぞれ他動詞であり、（17）の gibt ‚give‘ は授与動詞を使って計算の出力を表現している[9]。これは、２つの入力に対して１つの出力がある関数表現の言語化とも言える。（17）の macht ‚make‘ は、創造動詞（verbs of creation）であり、あたかも２つのものを原料としてある処

9)　コンピュータの「出力」は、ドイツ語では Ausgabe であり、「出力する」のは ausgeben と geben を使っていることとも関係するだろう。

理（演算）を行い別のものを作り出すような表現である。そしてコピュラ文の場合と同様、主語名詞句は単数扱いである。

（17）Drei mal vier gibt/macht zwölf.
three times four gives/makes twelve
‚Three times four makes twelve.‘

これに対して外来語動詞 multiplizieren ‚multiply‘ は、乗算そのものが他動詞であり、乗数は前置詞句 mit vier で表されている。（18）は、mal を使った表現で言い換えれば、4 mal 3 と等価であるが（[4 ×] 3）、この語順で考えるのなら 3 [× 4] が表現されている。multipliziert は構造的には、（19a）であり、それに伴う統語構造は、例えば（19b）のようになる。

（18）Drei multipliziert mit vier ist zwölf.
three multiplied with four is twelve
‚Three multiplied by four is twelve.‘

（19）a. [Drei [multipliziert [mit vier]]] ist zwölf.
b. [NP Drei [AP [VP multipliziert$_i$ [PP mit vier]] t$_i$]] ist zwölf.

他動詞 multiplizieren を使った乗算は、（18）のように乗数を前置詞句 mit ‚with‘で表現するが、対応する能動文で単純な乗算を表現することは少ない[10)]。四則演算を離れれば、multiplizieren を使った乗算表現をたやすく見つけることができる[11)]。

10) ただし、Wenn man mit drei multiplizieren will（もし３の乗算をしたいのなら）のような総称的主語 man を用いる形は普通に見られる。
11) multiplizieren 以外の乗算表現として malnehmen や ver+NUM+fachen（NUM には任意の数字が入る）のような他動詞があるがここではこれ以上立ち入らない。

(20) a. Die Zahl der registrierten Infizierten, wissen wir, muss man wahrscheinlich mit zwei oder drei
the number of-the registered infected know we must one probably with two or three
multiplizieren, ...
multiply
‚We know that one must probably multiply the number of the registered infected people by two or three.'
(www.tagesspiegel.de, gesammelt am 19.04.2020) [12)]
b. Diesen muss man mit 2,5 multiplizieren, um den Salzgehalt zu erhalten.
this must one with 2.5 multiply, around the salt content to get
‚One must multiply this by 2.5 in order to get its salinity.'
(www.nachrichten.at, gesammelt am 12.08.2020)
c. Daher multiplizieren wir die 0,2 mit 5 und das heißt über den fünfstündigen Flug steckt sich
therefore multiply we the 0.2 with 5 and this means over the five-hour flight infect oneself
eine Person von 200 an.
a person by 200
‚Therefore we multiply 0.2 by 5, that is to say, one person gets infected by 200 people during the five-hour flight.'
(www.focus.de, gesammelt am 31.07.2020)

4. 逆ポーランド記法と日本語

水谷（1965）は、おそらく最初に日本語と逆ポーランド記法の関係を学術的に扱った論文である。「和文の語順は，論理学や数学に謂ふ『逆ポーランド記法』と極めてよく一致する」で始まる『国語学』に掲載されたこの論文は、ヤン・ウ

12) （20）の例文はいずれも Deutscher Wortschatz / Leipzig Corpora Collection (https://wortschatz.uni-leipzig.de/de) で multiplizieren を検索語としてヒットしたもの。2020 年に収集された新聞コーパスで https://corpora.uni-leipzig.de/de/res?corpusId=deu_news_2020&word=multiplizieren で確認できる。

カシェヴィチ（Jan Łukasiewicz）に始まる論理記号前置きのポーランド記法の紹介と同時に、日本語の語順と逆ポーランド記法の並行性を論じたもので、（演算子早出し）逆ポーランド記法（early-operator reverse Polish notation: ERP）[13] を形式文法的に定義できることを示している。上で示した例を以下に再録し（21）とするが、（21）を（22a）のように頭から線状記号読みするのではなく、（22b）のように読むのが「和文の語順」で逆ポーランド記法に対応した順序である。

（21）3 × 4 + 2 ÷ 7= 2

（22）a. 3 掛ける 4 足す 2 割る 7 は 2（だ）。

b. 3 に 4 を掛けて 2 を足して 7 で割ると 2 になる。

さらに複雑な例を 2 つ示す。（23）の式を逆ポーランド記法で表したものが（24a）、和文式で読んだものが（24b）で、これは水谷（1965:3）が挙げたものである。（25）の式を逆ポーランド記法で表したものが（26a）、和文式で読んだものが（26b）で、これは斎藤（2007:190）が示したものである。

（23）$x=(a+b+c) \times (p-q)/y$

（24）a. $xab+c+pq - \times y/=$

b. x は a に b を足し c を足し p から q を引いて掛け y で割ったのに等しい.

（25）$x \times (y+z) = (a+b) \div (c-d)$

（26）a. $xyz + \times ab + cd - \div =$

b. x に y に x を足したものを掛けたものは a に b を足したものを c から d を引いたもので割ったものに等しい

確かに語順的には、逆ポーランド記法と和文式の読み方は並行しているが、日本語の文と考えると明らかに違いがある。水谷（1965:13）が指摘するのは、逆ポー

13)（演算子早出し）逆ポーランド記法 (ERP) に対して、（演算子遅出し）逆ポーランド記法 (late-operator reverse Polish notation: LRP) が考えられる。a+b+c は、ERP では ab+c+ となるが、LRP では abc++ となる。LRP は日本語で読む語順とはずれる。本稿では、以下「演算子早出し逆ポーランド記法」を、単に「逆ポーランド記法」と呼ぶ。詳細は水谷 (1965:3) 参照。

ランド記法の場合、「語順は表現内容に対して一意的」であるが、日本語文ではそうではないこと、そして、その一因は、格助詞の存在にある。水谷（1965:13）の例を使えば、逆ポーランド記法の（27）は、日本語の（28a）に一意的に対応し、（28b）に対応することはない。しかし、日本語の（29b）は（29c）と語順を入れ替えても等価である。

（27）βα−

（28）a. βからαを引く

b. αからβを引く

c. βをαから引く

ここで明らかなことは、逆ポーランド記法と日本語の語順が極めて似ていると言っても、実はそれは論理的な演算子と項の並び方を比較しているだけにすぎない。日本語では（28b）と（28c）のようにスクランブリング操作が可能であるが、逆ポーランド記法では演算子と項の順序だけが構造を決定する。ここでは「から」や「を」のような格助詞の機能が構造を部分的に決定しているようにみえる。水谷（1965:13）は、「格助詞は冗慢（redundancy）を孕む」として、この格助詞の部分的構造決定性をすでに指摘している。以下には、乗算、除算、加算、減算の格助詞関係を示した。a と b のペアは、α とβ を入れ替えているだけだが、格助詞から演算を完全に予想できるのは、（30b）の「で」と（32a）の「から」だけで、（29a）と（31a）の「と」の場合は、乗算か加算のどちらかを予想させる。繰り返すが、日本語では以下の a と b のペアは同じ意味だが、演算子と項の関係をだけを見て逆ポーランド記法にしてしまうと式の意味が変わってしまう。

（29）a. αと β を掛ける。

b. βを α と掛ける。

（30）a. α を β で割る。

b. β で α を割る。

（31）a. α と β を足す。

b. β を α と足す。

（32）a. αから β を引く。

b. β を α から引く。

逆ポーランド記法は、本稿の序で触れたように括弧が不要で一意性を確保できる表記である（Hamblin 1962:210、水谷 1965:2）。逆ポーランド記法の語順を反映した日本語表現でこの性質はどのように反映されるだろうか。単純な例として、（33a）と（34a）を考える。乗除が加減より優先されるという慣習に従えば、(34b）は乗除から計算が行われるが、加算を優先する場合には括弧が必要になる。（33a）は、それを意図した括弧付きの式である。整数が用いられた式なので逆ポーランド記法で書く場合にはデリミターが必要となるが、ここでは単に半角スペースを用いる。（33a）を線状記号読み、逆ポーランド記法、和文読みをしたものを（33b）、（33c）、（33d）に、（34a）を同様にそれぞれに読んだものを（34a）、（34b）、（34c）に示す。

（33）a. $(3+5) \times 2 \div 4$

b. 括弧 3 足す 5 括弧閉じる掛ける 2 割る 4。

c. $3\ 5 + 2 \times 4 \div$

d. 3 と 5 を足して 2 を掛け（て / たものを）4 で割る。

（34）a. $3 + 5 \times 2 \div 4$

b. 3 足す 5 掛ける 2 割る 4 。

c. $3\ 5\ 2 \times 4 \div +$

d. 3 に 5 と 2 を掛け（て / たものを）足して 4 で割る。

線状記号読みをすると、(33b）のように「括弧」あるいは「括弧閉じる」と言わなければ加算を先にすることを表現できない。演算子が後置される逆ポーランド記法の（33c）でも、和算読み（33d）でも、加算が最初に行われることは明白である。これに対して、(34）の場合、(34b）の線状記号読みでは演算子の実行順序が表現されておらず、「3 足す 5」が先に計算される可能性を排除できない。(33b）の計算順序は、乗除の結びつきの方が強いという計算上の慣習に左右されるのだが、自然言語表現としては、「3 足す 5」も「5 掛ける 2」も「2 割る 4」も同等で

あるため曖昧な意味構造を持つことになる。逆ポーランド記法の（34b）と和算読みの（34c）では、加算が最後に置かれるので、曖昧性はない。（34d）の自然言語表現でも一義的に読むことができるが、カッコ内の「たものを」のような名詞化をした方が自然な読み方ができる。和文読みである（33d）も（34d）も動詞後置の埋め込みが行われており、複雑化する場合には動詞の未然形＋接続助詞「て」を付け続く文と連結させるか、前半部分全体を「もの」を使って名詞化し、後続文の主語とする形になっていると考えられる。以下では、日本語が主語省略言語でありPROがあると仮定するが、可読性の観点からφとしている。

（35）a. [IP φ 3と5を足して] [IP PRO 2を掛けて] [IP PRO 4で割る]
　　　b. [NP [IP φ 3と5を足して] [[NP [IP φ [VP PRO 2を掛けた]] ものを]] [VP 4で割る]

（36）a. [IP φ 3に [VP 5と2を掛けて]] [VP PRO 4で割る]
　　　b. [NP [IP φ 3に [VP 5と2を掛けた]] ものを]] [VP PRO 4で割る]

斎藤（2007:191）は、逆ポーランド記法と日本語の並行性を論じた際に、句読点を用いずに表記できる点を挙げ、「日本語に句読点法が発達しなかったのは，日本語が英語ほどには句読点を必要としなかったからだ」と主張している。斎藤（2007:190）は、（37a）の式を逆ポーランド記法で記した（37b）を、（37c）のように和文読みしている。

（37）a. $x \times (y+z) = (a+b) \div (c-d)$
　　　b. $xyz + \times ab + cd - \div =$
　　　c. xにyにzを足したものを掛けたものはaにbを足したものをcからdを引いたもので割ったものに等しい

（37c）では、単純な右再帰構造ではなく、[CP [IP xに [IP [yに ...] V2] V1] のような中央埋め込みが行われているので、統語的構造解釈において日本語話者は「宙吊り」になった感覚を味わうことになる。確かにこの「宙吊り」感覚はあるが、斎藤の指摘は基本的に正しく、この日本語文では句読点が必要とされていない。

日本語では読みやすさの点から句読点が必要とされるケースがあるものの、構文的曖昧性を排除する意味での句読点は少ないのかもしれない[14)]。

5.　自然言語表記の意味タイプ

最後に、四則演算の自然言語表記を意味タイプで捉えるとどうなるかを考察する。そもそも、数式の自然言語表記そのものを対象とした研究は極めて少ない。しかし、基数が何を指示するかに関しては、Frege（1884）から議論されているテーマであり、Wiese（1997）は二層意味論（Zwei-Ebenen Modell der Semantik）の観点から数詞、序数、名詞の量化を形式意味論的側面と概念構造から考察している。基数（cardinal number）の意味タイプに関する研究も Partee（1988）以来、形式意味論の枠組みで盛んになっている（Hofweber 2005, Ionin / Matushansky 2006, Rothstein 2012, 2013, 2017, Bylinina / Nouwen 2020, Dali / Mathieu 2021）。ここでは、基数の様々な用法を統一的に扱う場合、どのような意味タイプが妥当なのか、そして対応する統語構造はどのように設定できるか、という問題には深入りせず、日本語とドイツ語の四則演算に限定して基数の単純な独立用法を２つ考えてみる[15)]。

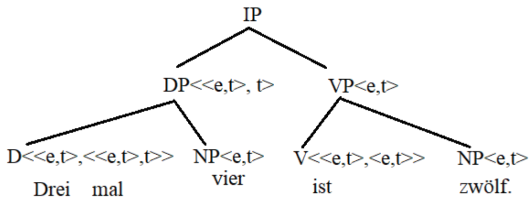
（38）は、3 × 4 = 12 のドイツ語表現だが、ここでは基数を個体の集合 <e, t> として考え、drei mal を量化詞（限定詞）として捉えておく[16)]。ドイツ語の場合、基数はふだんは質量名詞として無冠詞で用いるが、例えば上記の例（20c）のように定冠詞付きで用いられることもあることを考慮してのことである。特殊な文脈があれば、複数形も可能になる。

（38）（=7a）Drei mal vier ist zwölf.

14) 日本語では、読点を付けても解消できないような曖昧構造も存在するので、逆ポーランド記法との並行性からだけで日本語が優れて「論理的である」と主張するのは論外である。例えば「おおきな湖の鯉」は、［おおきな湖の［鯉］］か、［おおきな［湖の］鯉］なのか曖昧だが、読点で区別できない。
15) 基数の意味論に関する近年の研究に関する概観は、Roberts / Shapiro (2017) が参考になる。
16) 基数は項にもなっているので、属性として扱うことも考慮しなければならない。Rothstein (2013:183) は、Chierchia (1985) の属性理論を用いた変換を用いて説明している。

（39） a. [IP [DP [D Drei mal] [NP vier]] [VP ist zwölf]][17]

b.

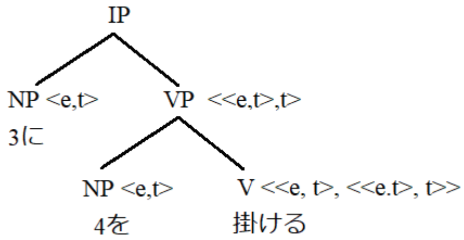


これに対して、(38) に対応する和文読みは (40) で、その基本構造は、例えば (41a) のようになる。ここでは、２つの文が「と」で接続されていると考えられるので[18]、前文の「3 に 4 を掛ける」の部分だけを (41b) に示す。

（40） 3 に 4 を掛けると 12 になる。

（41） a.[CP [IP PRO [NP 3 に] [VP [NP 4 を][V かける]] [C [C と [IP [NP PRO [VP [NP 12 に [V なる]]]]]

b.



ドイツ語の drei mal が持つ量化詞と動詞「掛ける」の意味タイプが同じになっているが、「PRO 3 に 4 を掛ける」が文であるのに対し、drei mal vier は限定詞句になっている部分が顕著な違いとなる。Krifka（1989:180ff）はドイツ語の mal を集合と個体としてのイベントの関係を用いて定義し、出来事を数えるものと捉えているが、基数を取って倍数を返すような関数に関しては考察していない。

17) ここでは drei mal を限定詞扱いし、量化詞と考えているが、本来は基数だけでなく mal の意味構造を考えねばならない。出島 (2022) 参照。

6.　まとめ

本稿では、四則演算がどのように自然言語で表記されるかをドイツ語と日本語を例に考察した。単純な数式も、数式としての読みだけでなく、言語としての「読み方」があり、それはとりもなおさず個別言語の構造で数式を表現する、ということである。これは、数式の意味を自然言語で表現することができるという意味であり、意味的に等価な表現がどのように可能になっているのか、という大きな問題につながる。また、数式が自然言語表現となった時に、どのような曖昧性が生じるのか、あるいは、生じないのか、という興味深い問題がある。本小論はそのような研究の序論として書かれた。

第２節では、乗算のコピュラ文から日独比較を行い、第３節では他動詞構文まで広げて考察した。乗算は、数式レベルでは交換律が成り立つことから前後関係が意味を変えることはないが、乗数と被乗数の区別は存在する。それに対して、自然言語表現になると、統語構造レベルで主要部が出現せざるをえず、興味深いことにドイツ語と日本語ではその現れ方が異なることが分かる。ドイツ語での「3倍」にあたる表現は drei mal で後続の数が主要部であるが、日本語では「4 の 3 倍」という表現が示すように、4 が主要部である。第４節では、水谷（1965）が指摘した逆ポーランド記法と和文読みの並行関係を検証した。明らかになったのは、演算子と項の関係において、確かに並行関係があるものの、和文読みでは一部の格助詞が先読みを可能にしていること、さらに、和文読みであっても日本語の語順の自由さから、必ずしも逆ポーランド記法と一致しないことである。斎藤（2007）が指摘するように、逆ポーランド記法と同等の語順を持つ和文読みは、構造的に明晰であり、デリミタである括弧や句読点を必要としないようにみえる。この主張は極めて興味深いものであるが、さらなる検証が必要だろう。第５節では、単純な四則演算の例をとり、統語・意味構造を考えるとともに基数の意味タイプを考察した。本稿では基数そのものの意味タイプを個体の集合として捉えたが、これは基数表現の一面を捉えたにすぎず、数詞表現全体を捉える意味論の中で、改めて考え直すべき課題である。

参考文献

Barwise, Jon/ Cooper, Robin（1981）：Generalized Quantifiers and Natural Language. *Linguistics and Philosophy* 4, 159–219.

Bylinina, Lisa / Nouwen, Rick（2020）：Numeral semantics. In*: Language and Linguistics Compass* 14（8）, 1-21. https://doi.org/10.1111/lnc3.12390

Chierchia, Gennaro（1985）：Formal semantics and the grammar of predication. In: *Linguistic Inquiry* 16.3, 417-443.

Dali, Myriam/Mathieu, Eric（2021）：*A Theory of Distributed Number.* Amsterdam: John Benjamin.

出島恒太郎（2022）『Mal を用いた副詞規定による量化』学習院大学ドイツ語ドイツ文学専攻修士論文。

Frege, Gottlob（1884）：*Die Grundlagen der Arithmetik: eine logisch-mathematische Untersuchung über den Begriff der Zahl*. Breslau: W. Koebner.

Hamblin, Charles Leonard（1962）：Translation to and from Polish notation. *Computer Journal.* Vol.3, 210–213.

Hofweber, Thomas（2005）：Number determiners, numbers, and arithmetic. In: *The Philosophical Review*, 114（2）, 179-225.

Ionin, Tania / Matushansky, Ora（2006）：The composition of complex cardinals. In: *Journal of Semantics* 23, 315-360.

Krifka, Manfred（1989）：*Nominalreferenz und Zeitkonstitution zur Semantik von Massentermen und Pluraltermen und Aspektklassen.* München: Wilhelm Fink Verlag.

水谷静夫（1965）「和文の語順と逆ポーランド記法」『国語学』第 61 集、1 〜 15 ページ。

水谷静夫（1968）「情報処理と日本語」日本科学技術情報センター（JST）『情報管理』493 〜 499 ページ。

Partee, Barbara H.（1988）：Many Quantifiers. *Proceedings of the Fifth Eastern State Conference on Linguistics.* The Ohio State University: Columbus, 383–402.

Roberts, Craige / Shapiro, Stewart（2017）：Ontology via semantics? Introduction to the special issue on the semantics of cardinals. In: *Linguistics and Philosophy* 40, 321-329.

斎藤正彦（2007）『数のコスモロジー』筑摩書房。

Wiese, Heike（1997）: *Zahl und Numerale: eine Untersuchung zur Korrelation konzeptueller und sprachlicher Strukturen.*（Studia grammatica 44）Berlin: Akademie-Verlag.

（おかもと・じゅんじ　学習院大学文学部ドイツ語圏文化学科　教授）