



漢文訓読の数学的構造について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-12-19 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 島野, 達雄, 湯城, 吉信 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00007625

漢文訓読の数学的構造について

島野達雄*, 湯城吉信**

On the Mathematical Structure of Kanbun Reading

Tatsuo SHIMANO*, Yoshinobu YUKI**

要旨

返り点や連結記号がついている漢文の文法的構造は、一般順序点や空の漢字列の概念の導入により、有限個の基本形式からなる、並置構造と入れ子構造の二種に分類できる。数学的に与えた基本形式に対し、接続を用いて返読写像を再帰的に定義すると、返接を用いて定義したカッコつき表示と等しいことが数学的帰納法により証明できる。同時に、これらは訓読の木とよぶグラフと一対一に対応している。

キーワード: 返読, 返り点, レ点, 連結記号, メタ言語, アルゴリズム, 接続, モノイド, グラフ, 可視化

1. はじめに

漢文訓読は本来、漢文すなわち中国語を日本語に翻訳する技法として生まれた。漢字は一部の例外を除いて日中で共通しているため、それぞれの漢字に読む順序を指示する符号をつけ、送り仮名や読み仮名を添えれば、中国語は、おおむね日本語に書きかえられる。

レ点、一二点、上下点、天地点などの返り点は、この翻訳を補助し、語順を指示する符号として発達した。

返り点や連結記号は、中国語を日本語に並び替える手順（アルゴリズム）を示すメタ言語と言えるだろう。ただし、歴史的な産物であるため、様々なつけ方がある¹⁾。

2. 一般順序点の概念

まず、準備として、現在の返り点と連結記号のつけ方を分析するとともに、一般順序点の概念を導入する。

2-1. 順序点の定義 レ点以外の返り点、つまり一二点、上下点、天地点、甲乙点などを総称して、順序点とよぶことにする。一、上、天、甲などは、文末に置くことがあるため、順序点は直前の漢字に付属していると考えられる。順序点は、1, 2, 3...のように算用数字であらわし、元の返り点のあった位置に置く。

すると、返り点つき漢文には、一連の順序点に限ると、

- ・同種の順序点は大きい数から1まで順に現れる。
- ・異種の順序点が混在する時、交差しない。

などのルールがあることがわかる。「交差しない」とは、たとえば上下点と一二点が混在する時、下・二・上・一の順ではなく、下・二・一・上のように入れ子になっていることをいう。

2-2 レ点の特殊性 レ点は、文末に置くことはなく、直後の漢字に付属していると考えてもよいだろう。

$$A \downarrow B _ C D _ \downarrow E \quad (2.1)$$

のように、レ点は、二点をもつ漢字Bの直前や、漢字Dの一点の直後（漢字Eの直前）に置くことがある。このようにレ点は、前方や後方への拡張性とも言うべき特殊な性質をもっている。なお、(2.1)のDとEの間のように、

・順序点とレ点の連続は順序点の1点でのみ発生する。という規定が現代では一般的だろう。

2-3. 連結記号の機能 連結記号（堅点ともいう²⁾）は、二字以上の漢字を熟語として扱う働きをしている。

たとえばABC（例：服事殷）をCAB（殷に服事す）に並べ替えるには、レ点や一二点だけでは不可能であり、連結記号は訓読の符号として不可欠だが、近現代では軽視されてきた³⁾。なお、現代では、

- ・連結記号は2点以上の順序点と複合する。

というルールがある。下に例を示す。

$$A-B _ CDE _ _ FGH I _$$

このHIが仮に熟語であっても、連結記号はつけない。

2-4 一般順序点の導入 最後に、順序点の概念をレ点まで拡張した、一般順序点の例を示す⁴⁾。

たとえば、レ点だけの

$$A \downarrow B \downarrow C$$

は、CBAの順に訓読するので、

$$A_3 B_2 C_1$$

と各漢字の直後に一般順序点を与えることにする。

$$A \downarrow B _ C D _ \downarrow E$$

2007年4月11日 受理

* 近畿和算ゼミナール (Kinki Wasan Seminar)

** 総合工学システム学科 一般科目文系

(Dept. of Industrial Systems Engineering : Liberal Arts)

は、

$$A_4 B_3 C D_2 E_1$$

のように、一連の返り点をすべて数字に書きかえる。

$$A-B-_CDE-_FGH-$$

では、連結記号を残し、

$$A-B-C_3DE-F_2GH_1 \quad (2.2)$$

のように与える。すると、一連の一般順序点は、

- ・すべての返り点に置きかわるが、連結記号は残る。
 - ・同種の場合⁵、大きいほうから順に1まで現れる。
- という特徴をもつことになる。

3. 漢文訓読の構造

次に、返り点や連結記号がついている漢文の文法的構造について概観したい。そのため、漢字がまったく現れない、空の漢字列 (null string) の概念を導入する。便宜上、空の漢字列を λ という記号であらわす⁶。

3-1. 基本形式と並置構造

たとえば、

$$\text{有朋自遠方来} \quad (3.1)$$

は、「有朋」「自遠方」「来」という三つの返り点つき漢字列を並置した構造をしている。ここに、空の漢字列 λ と一般順序点の概念を導入すると、

$$\text{有朋} = \text{有}_2 \text{朋}_1 = \lambda \text{有}_2 \text{朋}_1 = [a_1 b_2 a_2 b_1] = [y_1]$$

$$\text{自遠方} = \lambda \text{自}_2 \text{遠方}_1 = [a'_1 b'_2 a'_2 b'_1] = [y_2]$$

$$\text{来} = \lambda \text{来}_1 = [a''_1 b''_1] = [y_3]$$

と書くことができる。ここで、 $[]$ は、「 $[]$ 内の漢字列に連結記号や一般順序点を付加する」という操作であらわす。 a_i のグループ ($a_1, a_2, a'_1, a'_2, a''_1$) は連結記号も一般順序点ももたない漢字列で、残りの b_i のグループ ($b_1, b_2, b'_1, b'_2, b''_1$) は、(2.2) の A B C、E F、H のような連結記号と一般順序点をもつ漢字列をあらわしている⁷。

このように書くと、元の漢字列「有朋自遠方来」は、

$$x_k = a_1 b_k a_2 b_{k-1} \cdots a_{k-1} b_2 a_k b_1 \quad (3.2)$$

という形式をもつ三つの漢字列、 y_1, y_2, y_3 を並置した、

$$y_1 y_2 y_3 \quad (3.3)$$

という構造をしていることがわかる。

(3.2) を漢文の基本形式とよび、基本形式を有限個並べた (3.3) のような構造を並置構造とよぶ。

3-2. 入れ子構造

返り点つき漢文には、並置構造のほかに、次のように入れ子をもつものがある。

$$\text{有朋自遠方来} \quad (3.4)$$

は、元の漢字列「有朋自遠方来」は (3.1) と同じだが、返り点が異なり、(3.1) とは別の文法的構造をもっている⁸。

この (3.4) は、空の漢字列 λ と一般順序点を用いて、

$$[z_1] = \lambda \text{有}_2 [y_4] [y_5] \text{来}_1$$

$$[y_4] = \lambda \text{朋}_1 = \text{朋} \lambda_1$$

$$[y_5] = \lambda \text{自}_2 \text{遠方}_1$$

と書くことができる。ここでは、基本形式の z_1 のなかに、同じく基本形式である y_4, y_5 の並置構造が入れ子になっている。

(3.4) のように、有限個の並置構造が、大枠となる漢文の基本形式 z_1 の a_i におさまっている構造を、入れ子構造とよぶことにする。具体的には、レ点や一二点をもつ漢字列は上下点をもつ漢字列の入れ子になり、上下点をもつ漢字列は天地点や甲乙点の入れ子になる。

ここで取り扱っている漢字列は、有限個の返り点や漢字からなるので、入れ子の重なり方は有限である。

並置構造も入れ子構造も、どちらも有限であるので、漢文の構造を議論するときは、(3.2) の基本形式だけを扱えばよいことになる⁹。

3-3. 訓読の原則

返り点や連結記号がついている漢文を訓読する原則は、

- ・連結記号で結ばれた二字以上の漢字は一字とみなす。
- ・返り点のついていない漢字は先頭から順に読む。
- ・返り点のついていない漢字はあとで読む。

の三つになるだろう。

漢文の基本形式、

$$x_k = a_1 b_k a_2 b_{k-1} \cdots a_{k-1} b_2 a_k b_1$$

の返読は、まず一般順序点が付加されない a_i を優先して、 $i = 1, 2, \dots, k$ の順にそれぞれ先頭から読み、次に b_1 、さらに、連結記号と一般順序点が付加される b_i を $i = 2, \dots, k$ の順にそれぞれ先頭から読む、とすれば、訓読の原則に対応していると言える。

つまり、漢文の基本形式 x_k に対する返読の写像 f は、

$$f(x_k) = a_1 a_2 \cdots a_k b_1 b_2 \cdots b_k$$

と定義するのが妥当だろう。

4. 返読の再帰的定義とカッコつき表示

以下、数学的に形式化する。連接 (concatenation)¹⁰ を用いて基本形式と返読の写像に再帰的 (recursive) 定義をほどこし、返接 (alternation, reflection) を用いて定義した写像 (カッコつき表示) と等しいことを数学的帰納法で証明する。再帰的とは、わかりやすく言えば、省略記号の「 $\cdots$ 」を使わないことを意味する。

4-1. 連接と返接

すべての「漢字」の集合を Σ とする。ここでの「漢字」は無定義用語とする。

$$\Sigma = \{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n\}$$

Σ の元によるすべての順列を Σ^* とし、「漢文言語」とよぶ。漢文言語 Σ^* の元を「漢字列」とよぶ。

$$\Sigma^* = \{\lambda, \sigma_1, \dots, \sigma_n, \sigma_1 \sigma_1, \sigma_1 \sigma_2, \dots, \sigma_1 \sigma_n, \sigma_2 \sigma_1, \dots\}$$

ここで、 λ は空順列を指し、「空の漢字列」とよぶ。

Σ^* の任意の元、 u, v, w に対して、 u, v を並べる二項演算 (連接とよぶ)、

$$u \cdot v = uv$$

では、

- (1) $u \cdot v \in \Sigma^*$
- (2) $u \cdot (v \cdot w) = (u \cdot v) \cdot w$
- (3) $\lambda \cdot u = u \cdot \lambda = u$

が成り立つ。よって、 Σ^* は接続に関して、単位元 λ をもつ半群、すなわちモノイドになる。

同様に、 Σ^* の任意の元、 u, v, w に対して、 u, v の順序を入れ替える二項演算（返接とよぶ）、

$$u \langle v \rangle = vu$$

でも、

- (1) $u \langle v \rangle \in \Sigma^*$
- (2) $u \langle v \langle w \rangle \rangle = (u \langle v \rangle) \langle w \rangle$
($\therefore$ 左辺 $= v \langle w \rangle u = wvu$ 、右辺 $= (vu) \langle w \rangle = wvu$)
- (3) $\lambda \langle u \rangle = u \langle \lambda \rangle = u$

が成り立つ。よって、 Σ^* は返接に関しても、同じ単位元 λ をもつ半群、すなわちモノイドになる。

以下、接続演算の $\cdot$ 記号を省略し、接続と返接が続くときは返接演算が優先するとして $\langle \rangle$ 記号を省略する。

4-2 基本形式と返読写像 さて、 Σ^* から λ を含む元を重複を許して k 個取り出した、 Γ, Δ が与えられたとする。

$$\Gamma : a_1, a_2, \dots, a_k$$

$$\Delta : b_1, b_2, \dots, b_k$$

ここで、

- (1) $x_1 = a_k b_1$
- (2) $x_i = a_{k-i+1} b_i x_{i-1} \quad (2 \leq i \leq k)$

の二つの式で定義される x_i は、省略記号…を使えば、

$$x_i = a_{k-i+1} b_i \cdots a_{k-1} b_2 a_k b_1$$

になる。この x_i を Γ, Δ の基本形式とよぶ。 x_i に対して、

- (1) $f^a(x_1) = a_k$
- (2) $f^a(x_i) = a_{k-i+1} f^a(x_{i-1}) \quad (2 \leq i \leq k)$

と写像 f^a を定義すると、

$$f^a(x_i) = a_{k-i+1} a_{k-i+2} \cdots a_{k-1} a_k$$

は明らかだろう。また、

- (1) $f^b(x_1) = b_1$
- (2) $f^b(x_i) = f^b(x_{i-1}) b_i \quad (2 \leq i \leq k)$

と写像 f^b を定義すると、

$$f^b(x_i) = b_1 b_2 \cdots b_{i-1} b_i$$

であることも容易にわかる。

この $f^a(x_i)$ と $f^b(x_i)$ の接続を使い、写像 f を次のように定義する。

$$f : x_i \rightarrow f^a(x_i) f^b(x_i) \quad (1 \leq i \leq k)$$

すなわち、省略記号…を使えば、

$$f(a_{k-i+1} b_i \cdots a_k b_1) = a_{k-i+1} a_{k-i+2} \cdots a_{k-1} a_k b_1 b_2 \cdots b_{i-1} b_i$$

と定義する。この f を基本形式 x_i に対する返読写像とよび、右辺を x_i に対する返読漢字列とよぶ。

$i = k$ のとき、返読漢字列は次のようになる。

$$f(x_k) = a_1 a_2 \cdots a_k b_1 b_2 \cdots b_k$$

4-3 カッコつき表示 ここで、同じ Γ, Δ および x_i の組に対して、次のような返接を含む写像 g を考える。

- (1) $g(x_1) = a_k b_1 \langle \lambda \rangle = a_k b_1$
- (2) $g(x_i) = a_{k-i+1} b_i \langle g(x_{i-1}) \rangle \quad (2 \leq i \leq k)$

このように定義された写像 g を基本形式 x_i に対するカッコつき表示とよぶ。すると、

$$\begin{aligned} g(x_2) &= a_{k-1} b_2 \langle a_k b_1 \rangle = a_{k-1} a_k b_1 b_2 \\ g(x_3) &= a_{k-2} b_3 \langle a_{k-1} b_2 \langle a_k b_1 \rangle \rangle = a_{k-2} b_3 \langle a_{k-1} a_k b_1 b_2 \rangle \\ &= a_{k-2} a_{k-1} a_k b_1 b_2 b_3 \end{aligned}$$

であるので、省略記号…を用いると、

$$\begin{aligned} g(x_i) &= a_{k-i+1} b_i \langle a_{k-i+2} b_{i-1} \langle \cdots \langle a_{k-1} b_2 \langle a_k b_1 \rangle \rangle \cdots \rangle \rangle \\ &= a_{k-i+1} a_{k-i+2} \cdots a_{k-1} a_k b_1 b_2 \cdots b_{i-1} b_i \end{aligned}$$

となることがわかる。

すなわち、 x_i に対するカッコつき表示 g は、さきに述べた返読写像 f に等しい。再帰的定義にもとづく、数学的帰納法による証明は次のようになる。

- (i) 定義より、 $g(x_1) = a_k b_1 \langle \lambda \rangle = a_k b_1$
また、 $f^a(x_1) = a_k$ かつ $f^b(x_1) = b_1$ なので、
 $f(x_1) = f^a(x_1) f^b(x_1) = a_k b_1$
よって $i = 1$ のとき、 $g \equiv f$ が成り立つ。
- (ii) $i = m$ のとき、 $g \equiv f$ が成り立つと仮定する。

$$\begin{aligned} g(x_{m+1}) &= a_{k-(m+1)+1} b_{m+1} \langle g(x_m) \rangle \\ &= a_{k-m} g(x_m) b_{m+1} \\ &= a_{k-m} f(x_m) b_{m+1} \quad (\because \text{仮定より}) \\ &= a_{k-m} f^a(x_m) f^b(x_m) b_{m+1} \\ &= a_{k-(m+1)+1} f^a(x_{(m+1)-1}) f^b(x_{(m+1)-1}) b_{m+1} \\ &= f^a(x_{m+1}) f^b(x_{m+1}) \\ &= f(x_{m+1}) \end{aligned}$$

より、 $i = m + 1$ でも $g \equiv f$ が成り立つ。

- (iii) よって、すべての i ($1 \leq i \leq k$) に対して、
 $g \equiv f$ が成り立つ。(証明終わり)

特に $i = k$ のとき、カッコつき表示と返読漢字列は、省略記号…を用いると、次のようになる。

$$\begin{aligned} g(x_k) &= a_1 b_k \langle a_2 b_{k-1} \langle \cdots \langle a_{k-1} b_2 \langle a_k b_1 \rangle \rangle \cdots \rangle \rangle \\ &= a_1 a_2 \cdots a_k b_1 b_2 \cdots b_k = f(x_k) \end{aligned}$$

5. グラフ表示

カッコつき表示を用いれば、基本形式 x_k の訓読のほか、一般の返り点や連結記号がついている漢文をグラフ化できる。このグラフを訓読の木とよぶ。

5-1 訓読の木の定義 訓読の木は、(出発点、辺、連結、返節、行き止まりの漢字) の五つ組である。次のように構造的な定義をおこなう。

- (1) 訓読の木は、出発点を一つだけもつ。
- (2) 出発点は辺を一つだけもつ。
- (3) 辺は上端と下端をもち、上端に出発点、連節、返節のいずれか、下端に行き止まりの漢字、連節、返節のいずれかをもち。
- (4) 行き止まりの漢字は(3)の辺の下端を一つだけもつ。
- (5) 連節は辺を三つ(中辺、右辺、左辺)もつ。
- (6) 連節の左辺は、下端に、行き止まりの漢字、返節のどちらかをもち、連節をもたない。
- (7) 返節は、辺を三つ(中辺、右辺、左辺)もつ。
- (8) 返節の左辺は、下端に、行き止まりの漢字、連節のどちらかをもち、返節をもたない。

以上は、可視化を重視した定義であり、このほかにも定義の方法があることを申し添えておく。

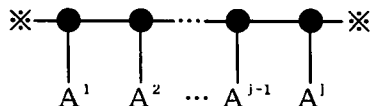
グラフの読み方のルールは、次のようになる。

- (1) 出発点から始め、出発点のもつ辺に進む。
- (2) 辺には、往路(行き)と復路(帰り)があり、往路の先に行き止まりの漢字がある時は、その行き止まりの漢字を読む。読んだあとは、復路を進む。
- (3) 往路でも復路でも、連節に出会ったら、進行方向の右側の辺(反時計回りで最初に出会う辺)に進む。
- (4) 往路でも復路でも、返節に出会ったら、進行方向の左側の辺(時計回りで最初に出会う辺)に進む。
- (5) 出発点にもどると終わる。

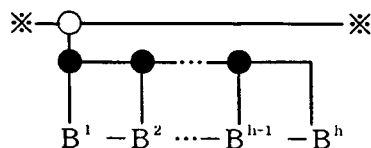
このように定義すると、訓読の木はカッコつき表示と一対一に対応する。数学的な証明は省略するが、「カッコつき表示の『<』の位置に返節がある」と考えれば、直観的に明らかだろう。

5-2 訓読の木の例 以下、例を示す。出発点を◎、辺を一、|または $\neg$ 、連節を●、返節を○であらわす。行き止まりの漢字には、返り点と連結記号をつけている。

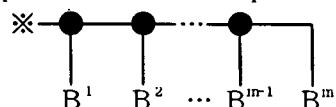
基本形式 x_k のうち a_i ($1 \leq i \leq k$)の訓読時のグラフは次のようになる。※は辺が続いていることをあらわす。 $A^1, A^2, \dots, A^i$ は a_i を構成している漢字とする。



次に、 b_i ($2 \leq i \leq k$)の訓読時のグラフを示す。 $B^1, B^2, \dots, B^h$ は連結記号で結ばれている漢字とする。

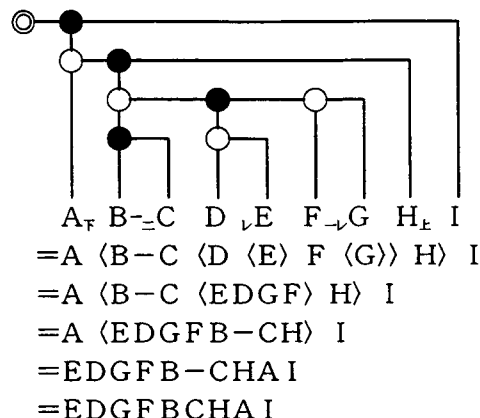


b_1 の訓読時のグラフは a_1 とほぼ同様になる。



最後に、上下点、一二点、レ点、連結記号が混在している漢文の、訓読の木とカッコつき表示、更に返接の定義にもとづくカッコの展開を示す¹¹。

実際にグラフを出発点から進み、すべての行き止まりの漢字を、訓読の順、つまりカッコをはずした結果のEDGFBCHAIの順に読んだ後、再び出発点にもどることを確かめていただきたい。



(注)

¹ 現代の異点同順の例は、柳町達也「訓読における返り点・送りがないの成立過程—前赤壁賦を中心としての—」(『月刊文法』、昭和46年1月)の「二・ホ、返り点」にある。

² 貝原益軒『点例』(元禄16年(1703)序)の上巻・通例。

³ 古くは服部宇之吉編の漢文大系『論語』、昭和35年の新釈漢文大系『論語』、諸橋轍次『論語の講義』(大修館、昭和48年、著作集第五巻)などが連結記号を使っていない。日中で共通する熟語には、連結記号をつけない習慣があったようだ。

⁴ 返り点や連結記号は、自然言語ならぬ自然メタ言語なので、「返り点が正しくつけられた漢文には、一意的に一般順序点を与えられる」ことは直観的には明らかだが、厳密な証明には、「返り点つき漢文は漢字から始まり、有限個の漢字と返り点からなる」「レ点は文末にこない」などのほか、この「1.」で述べた「・」印の条件を仮定する必要がある。

⁵ 異種の一般順序点は、添数などで区別すればよい。

⁶ 水谷静夫『言語と数学』(森北出版、昭和45年)33p. null stringには「空連糸」の訳をあてている。

⁷ 2.3.で説明したように、 b_1 の漢字列には連結記号をつけない。

⁸ 同文で異義、異構造をもつ英文は、They are flying planes. この文は「彼らが飛行機を飛ばしている」とも「それらは飛んでいる飛行機だ」とも解せる。水谷『言語と数学』4p。

⁹ 基本形式であらわせない、つまり返り点や連結記号で表現できない例が存在する。たとえば、CADB、BDAC、BDC A、CBDAの四つは、返り点や連結記号をどのように組み合わせても、ABCDに並べ替えることができない。

¹⁰ 返接は、岩間一雄『オートマトン・言語と計算理論』(コロナ社、平成15年)などに見える用語。返接の概念は見当たらないので、独自に命名した。反接、逆接でもいいだろう。

¹¹ カッコは、内側でも外側でも、どこからはずしてもよい、という定理が成り立つ。ここでは内側からはずしている。