TPL (Talkable Programming Language) (Ⅱ)

竹内克志† 近藤一生† 古瀬蔵†† 福田晃† 駒宮安男†
（†九州大学大学院総合理工学研究科）（††電電公社武蔵野通研）

1．はじめに

現在「言語」と呼ばれているものには、大きく分けて日本語や英語のような人間どうしのコミュニケーションの手段としての自然言語と、コンピュータに対して動作を指示する目的のプログラム言語の2つが存在している。そして人間は相手が人間であるか機械であるかによって、言語を使い分ける必要がある。

そこで我々は、自然言語とプログラム言語の両方に使用できる科学技術用国際共通語TPL[1][2](Talkable Programming Language)の開発を進めている。

本稿では現在進めている研究内容[3][4]のうち、文法を中心に述べる。

TPLの文法を作るにあたっては次のような目標をおいた。

(1) 構文的な曖昧さを除去すること。

英語や日本語のような自然言語の文法には構文的な曖昧さが存在し、ただ1つの文に2つ以上の意味が考えられる場合がある。通常人間は2つ以上の意味のうち1つだけを採用できるが、プログラム言語としての使用を考えているTPLには、そのような曖昧さが含まれていてはならない。

(2) 語順の規則を柔軟にすること。

現在世界中で使われている言語の種類は膨大であるが、TPLはさまざまな言語を母国語とする人々にとって、なるべく違和感なく使えなければならない。他の言語に違和感をもつことの一つに語順があるが、TPLでは語順の規則を柔軟にして、ある程度語順を変えても意味の変わらないような文法にする。このため、日本語のように動詞後置型で話しても、英語のように動詞中置型で話してもよいことになる。

(3) 述語論理に容易に変換できること。

TPLではメタ言語として述語論理を用いることにする。述語論理という曖昧さの含まないものを基盤とすることで、TPLで2通り以上の表現方法がある場合でも、述語論理で見れば同じ内容を表わしていることがわかる。そして述語論理という表現方法を使うことによって、コンピュータでTPLを扱うことが容易になるのである。

以上の理由から、TPLは述語論理に変換することを前提に設計しておくことが必要となる。

2．品詞について

TPLにおいて採用する品詞を表1に示す。

表1　品詞語尾の種類

品　詞		品詞語尾1	品詞語尾2
状態動詞	ε_{SV}	oka	oga
状態変化動詞	ε_{CSV}	oke	oge
因果動詞	ε_{CV}	oko	ogo
普通名詞	ε_{NOUN}	osa	oza
固有名詞		−	
抽象名詞		−	
疑問詞	ε_{NOUN}	osa	oza
代名詞	ε_{o}	o	
数詞	ε_{o}	o	
形容詞	ε_{ADJ}	ose	oze
副詞	ε_{ADV}	oso	ozo
前置詞	ε_{o}	o	
接続詞	ε_{o}	o	
限定詞	ε_{o}	o	
関係詞	ε_{o}	o	
時制詞	ε_{o}	o	

εは品詞語尾を示す記号である。[4]

表1で品詞語尾1は後ろに派生を表わす派生辞を伴わないときに用いられ、派生辞を伴うときには品詞語尾2を用いる。また品詞語尾2が存在しない品詞は、他品詞へ派生することのない品詞である。

２．１．動詞

２．１．１．動詞のタイプ

自然言語において動詞の概念は、主として状態を示す動詞と、主として動作を示す動詞の２つに分かれると考えられる。そこで状態を示す動詞のグループをＴＹＰＥ１の動詞、動作を示す動詞のグループをＴＹＰＥ２の動詞と呼ぶ。これらの動詞の例を表２に示す。

表２　動詞のタイプ

TYPE1 （状態）	知っている 知る 知らせる	開いている 開く 開ける
TYPE2 （動作）	走る 走っている	落ちる 落ちている 落とす

表２を見るとＴＹＰＥ２の動詞グループの中にも「走っている」や「燃えている」のように状態を表わす表現が入っていることがわかる。この表現は英語では進行形と呼ばれているが、ＴＹＰＥ１の「知っている」や「開いている」と同じように扱うことができる。そこで動詞の基本を状態を示す動詞におき、これを状態動詞と呼ぶことにする。

２．１．２．動詞の分類

自然言語において文の中心となる品詞は動詞である。また、動詞は述語論理に変換する際に述語となることの多い重要な品詞である。しかし、自然言語において一部の動詞は、１つの単語で自動詞と他動詞のどちらにでも使うことができるように、動詞自体に意味的な曖昧さを含んでいるものが少なくない。

〔例〕

Ｔｈｅ　ｄｏｏｒ　ｏｐｅｎｅｄ．

（ドアが開いた。）

Ｈｅ　ｏｐｅｎｅｄ　ｔｈｅ　ｄｏｏｒ．

（彼がドアを開けた。）

上の例のように同じ”ｏｐｅｎ”といっても異なった意味に用いられることがある。

ＴＰＬでは、一つの動詞が多くの意味をもつことがないように、動詞をさらに以下に示す３種類に分類して、それらの区別は品詞語尾によって行なう。３種類の動詞を「状態動詞」「状態変化動詞」「因果動詞」と呼ぶ。（図１　参照）

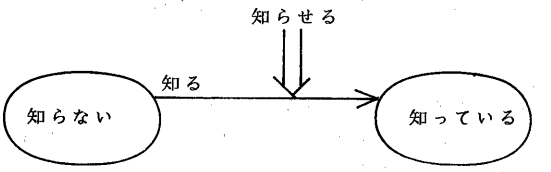
（1）状態動詞

継続中の状態や動作を表わす動詞。英語の”ｋｎｏｗのように本来、状態を示す動詞（ＴＹＰＥ１）と、”ｒｕｎｎｉｎｇ”のように動作を示す動詞（ＴＹＰＥ２）の進行形とがこれにあたる。ＴＰＬでは状態動詞を３種類の動詞の基本と考える。

（2）状態変化動詞

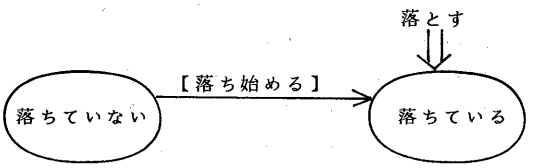
本来、状態を示す動詞グループ（ＴＹＰＥ１）にのみこれが存在して、状態間の遷移を示す動詞である。状態動詞「知っている」の状態変化動詞は、「知らない」という状態から「知っている」という状態への遷移と考えて、「知る」となる。

ＴＹＰＥ１の動詞



状態動詞　　：知っている(nafoka)
状態変化動詞：知る　　(nafoke)
因果動詞　　：知らせる　(nafoko)

ＴＹＰＥ２の動詞



状態動詞　　：落ちている(darapoka)
因果動詞　　：落とす　　(darapoko)

（）内の単語はＴＰＬの単語を示す。

図１　動詞の遷移図

(3) 因果動詞

他人や物の状態変化や動作を外部から引き起こすという概念を示すときに用いる。ＴＹＰＥ１の因果動詞は「知らせる」のように「知る」という状態変化を外部から引き起こす動詞であり、ＴＹＰＥ２の因果動詞は「落とす」のように、「落ちている」という動作を外部から起こす動詞である。

図１に３種類の動詞の関係を示す。丸で囲んだものは状態を示しており、丸をつなぐ矢印は状態間の遷移を示す。また、二重の矢印は因果関係を示している。

２．２．派生について

ＴＰＬでは品詞の異なる２つの単語が同じ意味内容を表わしていると考えられる場合は、そのうち一方の品詞だけを採用して、残る一方は派生によって表わすことにする。派生という考え方を導入することによって次の２つの利点がある。

(1) 単語数が減る。

ＴＰＬの単語は、音声認識を考慮して作成され、音声認識上紛らわしい単語は作らないようにしているため、単語長を短くしようとするとあまり多くの単語は作れない。そこで派生を使うことによって基本単語数を減少させることは、非常に有効となる。

(2) 単語の意味が理解しやすい。

同じような意味を表わす単語は見た目にも似通った綴りであるし、聞いたときにも同じように聞こえるので、基となる単語の意味がわかっていて、どの品詞に派生したかがわかれば、意味の理解は容易である。

派生は基となる単語の後ろに派生辞（σ）を付けて表わす。よって派生によって得られた単語の構成は次のようになる。

語幹＋品詞語尾（ε）＋派生辞（σ）

派生辞の種類とその意味は、表３に示す。

品詞によってその後ろに付く可能性のある派生辞の種類は限られてくる。そこで品詞ごとにその後ろに付く可能性のある派生辞を示したものが表４である。この表で、付く可能性のあるものとしている中にも、単語によって意味の通らなくなるものもあるので、気を付けなければならない。派生の例を次に示す。例文中、”ｄｏ”は対格を示す前置詞である。（３．格の示し方　参照）

表３　派生辞の種類

種類	文字	意味
σ_{NOM}	ｒａ	動詞や形容詞からの派生により動作や状態の主格にあたる名詞を表わす
σ_{ACC}	ｒｅ	動詞からの派生により動作の対格にあたる名詞を表わす
σ_{ABS}	ｒｕ	抽象名詞に派生
σ_{SCALE}	ｒｏ	尺度を表わす名詞に派生
σ_{SV}	ｋａ	名詞や形容詞を状態動詞に派生
σ_{CSV}	ｋｅ	名詞や形容詞を状態変化動詞に派生
σ_{CV}	ｋｏ	名詞や形容詞を因果動詞に派生
σ_{PROG}	ｂａ	進行を表わす形容詞に派生
σ_{ABLE}	ｂｅ	可能を表わす形容詞に派生
σ_{ADJ}	ｂｏ	限定を表わす形容詞に派生

（ｉ，ｕの母音は音声パワーが小さいので、できるだけ使用しない。）

表４　派生辞のつく可能性

	σ_{NOM}	σ_{ACC}	σ_{ABS}	σ_{SCALE}	σ_{SV}	σ_{CSV}	σ_{CV}	σ_{PROG}	σ_{ABLE}	σ_{ADJ}
ε_{NOUN}	×	×	×	×	○	○	○	×	×	○
ε_{SV}	○	○	○	×	×	×	×	○	○	×
ε_{CSV}	○	○	○	×	×	×	×	×	○	×
ε_{CV}	○	○	○	×	×	×	×	×	○	×
ε_{ADJ}	○	×	○	○	○	○	○	×	×	×
ε_{ADV}	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×

○：可能性のあるもの

×：可能性のないもの

〔例〕

karoka → karogara
（呼んでいる）　（呼んでいる側の人）
Mago nafoka do karogara.
（私は呼んでいる側の人を知っている）

karoka → karogare
（呼んでいる）　（呼ばれている側の人）
Mago nafoka do karogare.
（私は呼ばれている側の人を知っている）

karoka → karogaru
（呼んでいる）　（呼んでいること）
Karogaru zizozeka.
（呼んでいることはやさしい）

depose → depozero
（深い）　（深さ）
Depozero zinfinitozeka.
（深さは無限である）

redose → redozeka
（赤い～）　（～は赤い）
Dazo redozeka.
（これは赤い）

redose → redozeke
（赤い～）　（～が赤くなる）
Dazo redozeke.
（これが赤くなる）

redose → redozeko
（赤い～）　（～が…を赤くする）
Razo redozeko do dazo.
（彼がこれを赤くする）

ranoka → ranogaba
（走っている）　（走っている～）
Ranogaba manosa bigozeka.
（走っている男は大きい）

titoka → titogabe
（教える）　（教えることのできる～）
Rizo karoka do titogabe manosa.
（彼女は教えることのできる男を呼んでいる）

manosa → manozabo
（男）　（男である～）
Manozabo zanimarosa bigozeka.
（雄の動物は大きい）

2．3．補語の表現法

英語のような言語において、補語を表現するためにｂｅ動詞のような特殊な動詞が用いられている。ＴＰＬでは述語論理における述語を動詞と考えることに統一しているため、補語の表現にｂｅ動詞は用いないで、派生を使う。たとえば、英語の

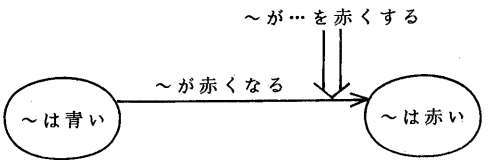
This is a solid.

という文をＴＰＬで表現すると

Dazo saridozaka.

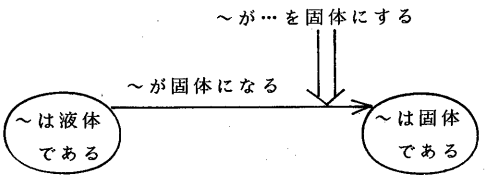
となる。

形容詞”redose”からの派生



状態動詞　：～は赤い　（redozeka）
状態変化動詞：～が赤くなる　（redozeke）
因果動詞　：～が…を赤くする（redozeko）

名詞”saridosa”からの派生



状態動詞：～は固体である（saridozaka）
状態変化動詞：～が固体になる（saridozake）
因果動詞：～が…を固体にする（saridozako）

（）内はＴＰＬの単語を示す。

図２　派生による動詞の遷移図

ここで”ｓａｒｉｄｏｚａｋａ”とは、「固体」という意味の単語”ｓａｒｉｄｏｓａ”を状態動詞に派生させたものである。また”ｄａｚｏ”は、近称単数の代名詞である。

派生によって作られる動詞の意味関係を示したのが図２である。動作を表わす単語はすべて動詞を基本としているので、派生によって作られる動詞はすべてＴＹＰＥ１に属する。

３．格の示し方

文中の格は、英語においては語順によって表わし、日本語では助詞によって表わしている。しかしＴＰＬでは、語順を柔軟にするという条件があるので語順によって格を示すことはできないし、助詞すなわち接尾辞による方法だと、派生辞によってすでに長くなっているＴＰＬ単語をさらに長くすることになり、使いにくくなることが予想される。

また、後置詞よりも前置詞を持っている言語が大勢を占めているので、ＴＰＬでは前置詞によって格を示すことにする。ＴＰＬで使用する格は、主格、対格、与格の３種類である。属格（所有格）は意味的な曖昧さが多いので使用しない。格を示す前置詞を表５に示す。ただし、主格だけは前置詞が付かず、前置詞のない名詞句を主格とみなす。

表５　格を表わす前置詞

格	前置詞
主格	（なし）
対格（直接目的格）	ｄｏ
与格（間接目的格）	ｔｏ

日本語と英語とＴＰＬの比較を下に示す。

〔例〕

日本語：私はあなたに本を与える。

英語　：I give you a book.

ＴＰＬ：Mago giboko to sazo do bukosa.
(I) (give) (you) (book)

Mago to sazo do bukosa giboko.
(I) (you) (book) (give)

４．時制

英語では過去形などの語形変化によって時制を表現し、日本語では時制の表現に助動詞を用いている。ＴＰＬにおいても過去や未来のことについて述べる必要はあるので、時制の表現方法を決めなければならない。時制の表現方法としてまず考えられるのは、英語の規則動詞のように語形変化を使うことであるが、ＴＰＬでは品詞を示したり派生を示したりするのに語尾を用いているため、時制を語尾で表現する方法は適当でない。そこで、ＴＰＬでは時制詞を設け、それによって時制を示すことにする。また、時制詞には、動作を始めることを示す「起動相」や、動作が終わることを示す「完了相」の意味も含めることにする。時制詞には過去、現在、未来の３種類を設け、それぞれ”ｐａｓｕｔｏｓｕ”，”ｐｕｒｅｚｏｓｕ”，”ｆｕｔａｒｏｓｕ”とする。そして起動相及び完了相を表現するにはそれぞれ派生辞”ｃｅ”，”ｃａ”を用いる。この派生辞は形式的に派生辞の形をしているが、他の品詞への派生ではなく、相を表わす。実際の用途は他の派生辞とは異なることに注意しておかなければならない。次に文例をあげる。

〔例〕

Razo pasutosa ranoka.
(he) (過去) (run)

(He ran.)

Razo purezozuce ranoka naroso.
(he) (現在完了) (run) (now)

(He has finished running now.)

（６．構文規則　参照）

５．節

５．１．関係詞節

ある名詞を修飾する際に、修飾する側の内容が単純な場合は、形容詞を用いる。たとえば、「赤い花」という場合の「赤い」はＴＰＬにおいても形容詞”ｒｅｄｏｓｅ”を用いる。しかし修飾の内容が複雑になった場合は、すべてを形容詞で表現することは不可能である。そこでＴＰＬにおいては、英語と同じように関係詞節で表現することにする。

関係詞を用いる際に問題となるのは、関係詞の作用範囲である。すなわち、どこでその関係詞節が終了して主文に戻るかを、はっきりさせなければなら

ない。たとえば英語の、

Bob likes the woman who likes music very much.

という文において、”very much”が主文にかかるのか関係詞節にかかるのかを区別することはできない。そこで関係詞節の終了を明示するために、関係終了詞を導入することにする。関係終了詞は関係詞節の最後に付けてその終了を示すだけで特に意味は持たない。

関係詞節の中でも複雑なものは、関係終了詞を用いなければ意味が一意に決まらないが、単純な関係詞節においては、関係終了詞がなくても意味的な曖昧さがないものがある。そこで、文中に現れる関係代名詞各々の前でそこまでの文が完結している時には、関係終了詞は省略できることにする。

関係詞と関係終了詞は、ＴＰＬではそれぞれ”ｋｉｓｏ” ”ｋｅｓｏ”とするが、関係詞は英語のｗｈｏｍのように格によって変化することはなく、格を示すには前置詞を用いる。そのとき前置詞は必ず関係詞の直前に置かなければならない。従って、英語の”ｗｈｏｍ”に対応するＴＰＬの単語は”（前置詞） ｋｉｓｏ”である。関係詞を使った例文を次に示す。

〔例〕

Mago nafoka do zeburo manosa kiso ranoka.
(I) (know) (every) (man) (who) (run)

(I know every man who is running.)

Zeburo manosa do kiso mago nafoka keso biriboka do rizo.
(every) (man) (I) (know) (believe) (she)

(Every man whom I know believes her.)

５．２．名詞節

節という用語は、英語において文の形式を備えたものとして使われている。しかしＴＰＬでの名詞節は、最低限動詞があれば成り立つ。そしてその意味は、日本語での「～するということ」に対応する。

名詞節においても関係詞節と同様に、節の範囲が問題となる。節の終わりを示すためには、関係詞節と同様に節の終了を示す品詞を用いる方法もある。しかし、名詞節は関係詞節よりも短くなることが多く、動詞１つだけで成り立つことも考えられるので、名詞節の終わりを示すだけの単語を加えると、話す際に煩わしく感じるであろう。そこでＴＰＬでは、名詞節の最後には動詞を置き、動詞によって名詞節の終わりを示すことにする。

名詞節の始めには接続詞”ｚａｒａｔｏ”を置くが、その名詞節が主格以外の文の要素として使われる場合は、”ｚａｒａｔｏ”の前に前置詞をおいて、文中での役割を示す。また名詞節を入れ子構造にすると、聞く側にとって理解しにくい文になりやすいので、ＴＰＬでは入れ子構造にすることは禁止する。

文例を以下に示す。

〔例〕

zarato bizitoke
(visit)

（訪問すること）

zarato mago bizitoke
(I) (visit)

（私が訪問すること）

zarato do rizo bizitoke
(she) (visit)

（彼女を訪問すること）

zarato mago do rizo bizitoke
(I) (she) (visit)

（私が彼女を訪問すること）

６．構文規則

ＴＰＬの構文規則を定める際には、次の２点に注意した。

(1) 語順の規則はできるだけ柔軟にして、ある程度語順を変えて話しても意味は変わらないこと。

(2) 特別な文型はできるだけ避けて、既存の言語の文型に近づけること。

構文規則は次のようにする。

文 →文１
文 →接続詞１＋文１＋接続詞２＋文１
文１→単文＋（接続詞＋単文）*
単文→｛動詞句＋（前置詞句）*＋（副詞句）*｝
前置詞句→（前置詞）＋名詞句
名詞句 →（限定詞）＋（形容詞）*＋普通名詞
＋（関係詞節）
名詞句 →固有名詞
名詞句 →名詞節

関係詞節→（前置詞）＋関係詞＋単文
　　＋関係終了詞
名詞節　→ｚａｒａｔｏ
　　＋｛（前置詞句）＊＋（副詞）＊｝＋動詞句
動詞句　→（時制詞）＋動詞

（）：なくてもよい。
＊　：０回以上の繰り返しを示す。
｛｝：順番を入れ換えてもよい。

上の構文規則は構文規則の方針を示しているだけで、完全なものではない。完全な構文規則を作ることは今後の研究課題である。

６．１．疑問文

疑問文にはｙｅｓ－ｎｏ型の疑問文とｗｈａｔ型の疑問文があるが、それぞれの疑問文は次のようにして表わす。

(1)　ｙｅｓ－ｎｏ型

文の最後に”？”を表記し、話す際には、”ｋｅｂｏ”と発音する。

(2)　ｗｈａｔ型

ｐａｒｏｓａ　（ｗｈａｔ）
ｐｕｚｏｓａ　（ｗｈｏ）

という疑問詞を用いて、文の中で疑問となる単語を置き換える。さらに文末に”？”をつけて、読むときには”ｋｅｂｏ”と発音する。

〔例〕

```
Razo ranoka ?
(Is he running ?)
Puzosa ranoka ?
(Who is running ?)
Razo biriboka do parosa ?
(What does he believe ?)
```

６．２．否定文

ＴＰＬでは文を否定する際には、動詞の直前に”ｎｉｒｏ”を付けて示す。

〔例〕

```
Razo niro ranoka.
(He is not running.)
Razo niro nafoka do rizo.
(He doesn't know her.)
```

また”ｎｉｒｏ”は名詞句の否定を示す際にも用いられる。このときには”ｎｉｒｏ”は名詞句の直前において”～以外のもの”を表わす。

６．３．命令文

命令文は平叙文の文末に”！”を置いて示す。話す際には”ｚｅｔｏ”と発音する。

〔例〕

```
Ranoka !
(Run !)
Karoka do razo !
(Call him !)
```

７．述語論理への変換

ＴＰＬは、コンピュータ内において述語論理に変換された形で取り扱うことを考えて作られている。それはたとえば述語論理の述語となるべきものを、動詞という形に統一して扱っていることにあらわれている。

ＴＰＬを述語論理へ変換することを考えている理由は、次のような利点があるからである。

(1) 内容の確認ができる

ＴＰＬの文法は曖昧さを含んでいないが、文法を完全に理解するまでは話し手の思ったとおりの内容が聞き手に伝わっていない場合もあるだろう。その際は述語論理に変換された形を見れば、話し手の言った内容をはっきりと知ることができる。

(2) 記憶内容の利用がしやすくなる

ＴＰＬでは、同じ内容のことを話すのに数通りの言い回しが考えられるが、述語論理に変換することで、コンピュータ内部では一つの内容に対して一通りの形式しか存在しないことになる。このことはコンピュータ内に記憶されている内容を利用する際に便利である。

(3) プログラム言語の基礎となる

ＴＰＬはプログラム言語にも使えることをめざしているが、述語論理形式に変換できるようにしておくことは、将来プログラム言語を作成する際の基礎となる。

述語論理に変換することは、上記のような利点が

あることは確かであるが、実際に行なうとなると多くの問題点が出てくる。次に問題点をあげておく。

(1) 解釈の問題

自然言語では一つの文が数通りに解釈できることがよく起こる。たとえば英語で

Every boy likes a girl.

と言ったときに、これを述語論理に変換すると

∀x∃y(boy(x)→
(girl(y)∧like(x,y)))
∃y∀x(girl(y)∧
(boy(x)→like(x,y)))

の2通りの解釈が考えられる。TPLでは、このような曖昧さを含まないような対策を立てる必要がある。

(2) 時制の問題

TPLでは、述語論理中に「時」の概念も含めることを考えているが、時は流れていくものであるためにその扱いが問題となる。

(3) 高階の問題

動詞を修飾する副詞のように高階の概念を含むものについては、実際に述語論理で表現する際の表現形式を考えなければならない。

以上の問題点のうち(1)は、"every"や"a"などの限定詞を意味的により細かく分類していくことで、解決していこうと考えている。(2)(3)については、実際にTPLを使用しながら検討していく必要があろう。

8. おわりに

以上TPLの文法について述べてきたが、これは現在研究が進行している段階であり、不十分な所も多くあると思う。そこで次に今後の研究課題をあげておく。

(1) 曖昧さの除去

TPLは、単語においても文法においても、自然言語に比べて曖昧さは取り除かれているが、まだ多くの曖昧さをもっていると考えられる。それらの曖昧さは今後TPLを実際に使用していきながら、発見し取り除いていく方針である。

(2) 使用感の調査

現在までは単語が完成していなかったため、作成した文法を実際に使用する上での使いやすさについての調査はまったく行なっていなかった。TPLを今後使用していくためには、使用感を調査し、不都合な点は改善していく必要があるだろう。

(3) プログラム言語としてのTPL

TPLはプログラム言語としても使えることがその特徴の一つであるが、現在の段階では単に曖昧さのない言語としての研究しか行なっていない。しゃべれる言語としての研究はかなり完成に近づいているので、今後はプログラム言語としての研究も同時に行なっていかなければならないだろう。

参考文献

〔1〕 駒宮安男:"「しゃべれるプログラム言語」の提案",信学誌,Vol.62,No.12(1979).
〔2〕 駒宮安男:"「しゃべれるプログラム言語」の提案(その2)",信学誌,Vol.66,No.6(1983).
〔3〕 竹内,古瀬,福田,駒宮:"科学技術用国際共通語(TPL)の文法に関する考察",情報処理学会第29回全国大会,6N-1(1984).
〔4〕 福田,小川,徳永,駒宮:"TPL(Talkable Programming Language)(I)",情報処理学会,自然言語処理研究会,46-7,(1984).