記号処理・第 3 回

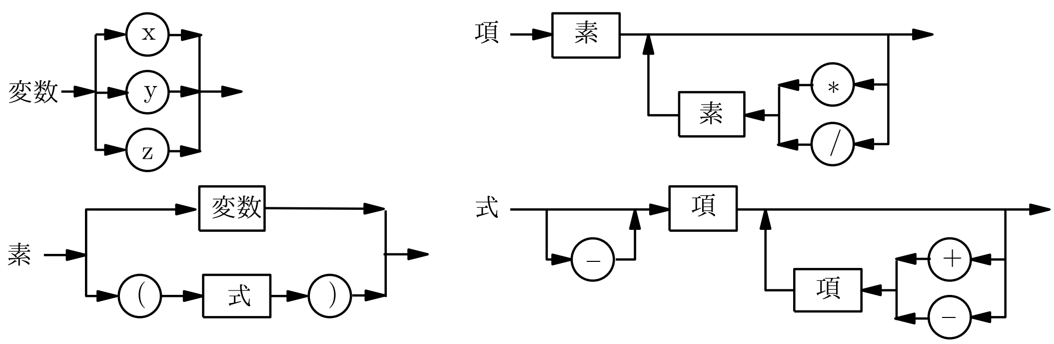
2018 年 4 月 24 日

今回の内容

3.1　構文図

より視覚的にプログラミング言語の文法を記述する方法として、**構文図** (syntax chart) と呼ばれる図式が用いられることがあります。構文図は、非終端記号 N を表す $\boxed{N}$ や、終端記号 t を表す t を経由する経路を、これらの記号を矢印で結んで表したもので、1 つの入口と 1 つの出口を持っています。構文図の入口には非終端記号が記され、入口から出口までの図式を、入口に記された非終端記号の構文図と呼びます。構文図は、入口から出口に至る任意の経路に現れる非終端記号や終端記号を、辿った順に並べてできる記号列が、構文図の入口に記された非終端記号から導出できることを表しています。

構文図の例　つぎの 4 つは構文図の例です。



BNF 記法と構文図の関係　上の構文図が表す文法を BNF 記法で書くと

$$\langle 変数 \rangle \ ::= \ \text{“x”} \ | \ \text{“y”} \ | \ \text{“z”} \, . \qquad \langle 素 \rangle \ ::= \ \langle 変数 \rangle \ | \ \text{“(”} \langle 式 \rangle \text{“)”} \, .$$

$$\langle 乗除算子 \rangle \ ::= \ \text{“*”} \ | \ \text{“/”} \, . \qquad \langle 項 \rangle \ ::= \ \langle 素 \rangle \, \{ \, \langle 乗除算子 \rangle \, \langle 素 \rangle \, \} \, .$$

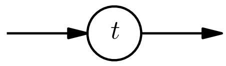
$$\langle 加減算子 \rangle \ ::= \ \text{“+”} \ | \ \text{“−”} \, . \qquad \langle 式 \rangle \ ::= \ [\, \text{“−”} \,] \, \langle 項 \rangle \, \{ \, \langle 加減算子 \rangle \, \langle 項 \rangle \, \} \, .$$

のようになります。

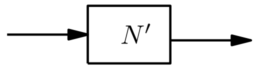
メモ

一般に、BNF 記法の非終端記号 N に対する導出規則 $\langle N \rangle ::= \xi$. から、その右辺の形に従って、機械的に N の構文図を得ることができます。ξ を変換して得られる構文図を $\boxed{\xi}$ で表すことにすると、$\boxed{\xi}$ は次のようなります。

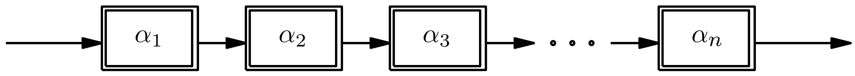
- ξ が "t" の形のとき



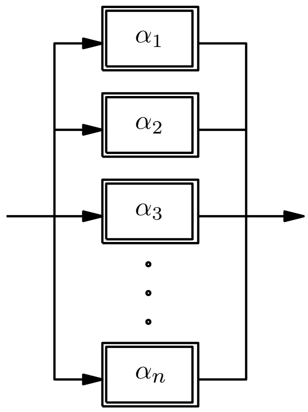
- ξ が $\langle N' \rangle$ の形のとき



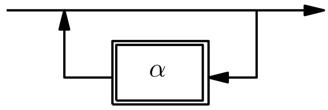
- ξ が $\alpha_1\ \alpha_2\ \alpha_3\ \ldots\ \alpha_n$ の形のとき



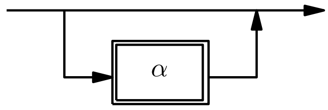
- ξ が $\alpha_1 \mid \alpha_2 \mid \alpha_3 \mid \ldots \mid \alpha_n$ の形のとき



- ξ が $\{\ \alpha\ \}$ の形のとき



- ξ が $[\ \alpha\ ]$ の形のとき



メモ

3.2 構文図の埋め込み

以上のような変換を行った後、非終端記号に対応する構文図中の構成要素 $\boxed{N'}$ を、N' の構文図で置き換えることもできます。この操作を構文図の**埋め込み**と呼びます。例えば、1 ページで例に挙げた構文図は、$\langle$乗除算子$\rangle$ や $\langle$加減算子$\rangle$ の構文図を、それぞれ $\langle$項$\rangle$ や $\langle$式$\rangle$ の構文図の中に埋め込んで得られたものです。

メモ

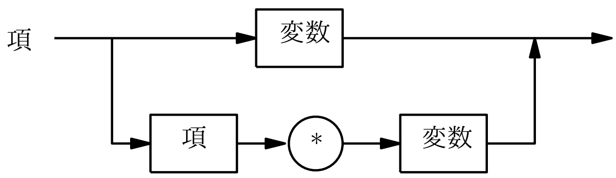
3.3 構文図の決定性

構文図中の流れのどの分岐も、分岐した先で最初に現れる可能性のある終端記号の集合に重なりがないとき、その構文図は**決定的**であると言います。プログラミング言語の文法の構文図が決定的であれば、コンパイラが構文解析を行う際には、終端記号 (トークン) を 1 つ読み取るごとに、その読み取った終端記号に従って構文図の分岐を選択していけばよいので、容易に構文の解析を行うことができます。その点で、構文図は決定性を持っていることが望ましいと言えます。

例えば、1 ページに例として挙げた構文図は決定的です。一方、例えば

$$\langle\text{変数}\rangle \ ::= \ \text{“x”} \mid \text{“y”} \mid \text{“z”}\,. \qquad \langle\text{項}\rangle \ ::= \ \langle\text{変数}\rangle \mid \langle\text{項}\rangle\text{“*”}\langle\text{変数}\rangle\,.$$

を構文図に変換すると、⟨項⟩ の構文図は



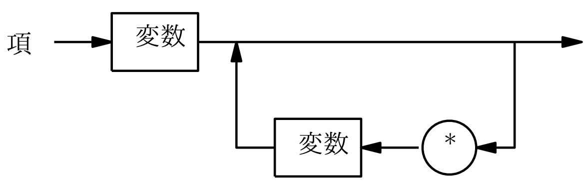
のようになりますが、この構文図は決定的ではありません。なぜなら、この構文図の最初の分岐は、$\boxed{\text{変数}}$ の方へ行っても $\boxed{\text{項}}$ の方へ行っても、“x”、“y”、“z” が最初の終端記号として現れる可能性があるためです。

メモ

一般に、BNF 記法での導出規則が

$$\begin{aligned}
\langle N\rangle \ &::= \ \ldots \mid \langle N\rangle\xi \mid \ldots\,. \\
\langle N\rangle \ &::= \ \ldots \mid \{\,\langle N\rangle\,\xi\,\} \mid \ldots\,. \\
\langle N\rangle \ &::= \ \ldots \mid [\,\langle N\rangle\,\xi\,] \mid \ldots\,.
\end{aligned}$$

のように**左再帰的**な部分を含んでいると、それから得られる構文図は決定的になりません。しかし多くの場合、決定性を持たない構文図は決定性を持つ等価な構文図に書き換えることができます。例えば、先に挙げた例では、



のように書き換えれば、構文図を決定的にすることができます。この場合、書き換えて得られた構文図を BNF 記法に戻すと、

$$\langle 項 \rangle \quad ::= \quad \langle 変数 \rangle \ \{ \ \text{“}*\text{”} \ \langle 変数 \rangle \ \} \, .$$

のようになります。

ただし、ある非終端記号の構文図が一見決定的に見えても、文法全体としては決定的でない場合があるので注意が必要です。例えば、もし上の文法が、さらに

$$\langle 式 \rangle \quad ::= \quad \ldots \langle 項 \rangle \ \text{“}*\text{”} \ \ldots \, .$$

のような導出規則を持っている場合、(決定的なものに書き換えた) 項の構文図の出口付近にある分岐は、どちらに行っても “*” が出現する可能性がありますから、文法全体としては構文図が決定的でなくなってしまうことに注意が必要です。

メモ

3.4 演習問題

1. BNF 記法で与えられた次の文法に関して、各非終端記号に対する構文図を作りなさい。

$$\begin{aligned}
\langle 非ゼロ数字 \rangle &::= \text{“1”} \mid \text{“2”} \mid \text{“3”} \mid \text{“4”} \mid \text{“5”} \mid \text{“6”} \mid \text{“7”} \mid \text{“8”} \mid \text{“9”} \, . \\
\langle 数字 \rangle &::= \text{“0”} \mid \langle 非ゼロ数字 \rangle \, . \\
\langle 整数 \rangle &::= \text{“0”} \mid [\ \text{“−”} \ ] \, \langle 非ゼロ数字 \rangle \ \{ \ \langle 数字 \rangle \ \} \, . \\
\langle 小数部 \rangle &::= \text{“.”} \ \{ \ \langle 数字 \rangle \ \} \ \langle 非ゼロ数字 \rangle \, . \\
\langle 実数 \rangle &::= \langle 整数 \rangle \ [\ \langle 小数部 \rangle \ ] \mid \text{“−”} \ \text{“0”} \ \langle 小数部 \rangle \, .
\end{aligned}$$

2. 非終端記号 ⟨小数部⟩ の構文図が決定性を持つように書き換えなさい。また、それに合致するように BNF 記法での導出規則の方も変更しなさい。

3. 非終端記号 ⟨実数⟩ の構文図が決定性を持つように書き換えなさい。また、それに合致するように BNF 記法での導出規則の方も変更しなさい。

記号処理・第 3 回・終わり