

CNC DATA MODELに基づく NC パートプログラムの XML 表現に関する研究

北海道大学大学院工学研究科 ○佐藤 友紀, 田中 文基, 岸浪 建史

要 旨

NC データの再利用を可能にする為、CNC DATA MODEL と EBNF 及び ISO10303-21 に基づいた NC パートプログラムの記述法が ISO で提案されている。NC データの再利用にはデータアーカイブが必要だが、提案されている記述法はデータアーカイブには適していない。従って、分散加工環境においてデータアーカイブを行う為、CNC DATA MODEL に基づいた NC パートプログラムを XML を用いて記述する方法を提案する。

1. 緒論

現在、NC コードの再利用を可能にするため、ISO で CNC DATA MODEL が検討されている。この NC コードの再利用にはデータアーカイブが必要であるが、CNC DATA MODEL で規定されている NC パートプログラムの記述法はデータアーカイブには適していない。従って本研究では分散加工環境においてデータアーカイブを行うのに適した XML を用いた記述による NC パートプログラムを提案する。

2 CNC DATA MODEL とデータアーカイブ必要性

CNC DATA MODEL に基づいた NC パートプログラムでは、fig.1 に示すようにそのデータ量及びデータ数が膨大であるために作業者が必要箇所を探し出し編集することは非常に困難である。同じ又は類似した形状を加工する際に、過去の NC パートプログラムを編集し再利用できることは、作業時間とコストの無駄を省く為にも非常に重要であり、NC パートプログラムのデータアーカイブは不可欠である。

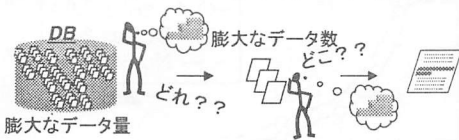


fig.1 NC パートプログラム再利用の際の問題点

3.CNC DATA MODEL に基づくアーカイブシステムとそのデータの必要条件

CNC DATA MODEL に基づく NC パートプログラムを分散加工環境において再利用する為には、fig.2 に示すようなデータアーカイブシステムが必要である。膨大な量のデータを対象にして様々な条件によって検索を行うには、データの意味とデータ自身を区別可能な構造を持ち、また編集してあらゆるデータを参照させる為には複数ファイル間参照機能を持つ記述法が必要であり、更にそれらの記述とアプリケーションとの親和性が高いことも重要である。

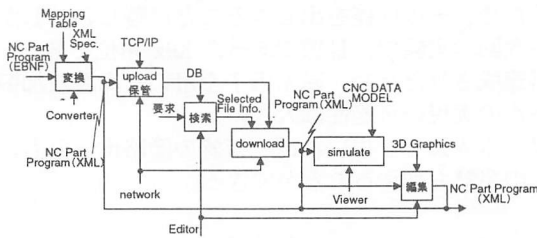


fig.2 CNC DATAMODEL に基づくデータアーカイブシステム

4. CNC DATA MODEL の問題点

4.1 CNC DATA MODEL に基づく NC パートプログラムの構造

CNC DATAMODEL では、CAM から出力される NC パートプログラムのその記述内容は Main Program、Technology Description、Geometry Description の 3 つファイルから構成されている。個々の内容は Table 1 に示すようにその役割と記述形式を規定されている。

Main Program では主に部品を加工する為に決定された workingstep の実行順序を記述する。また、この記述中で用いられる workingstep の具体的なデータは Technology Description に記述され、識別子によって参照する。Technology Description では、workingstep、加工フィーチャ、工具の種類等を記述する。また、この記述中で用いられ

る点や面などの幾何情報の具体的な値は Geometry Description で記述され、任意に付けられた番号によって参照する。Geometry Description では、主に Technology Description で用いられる幾何情報の具体的な数値を記述する。

Table1 CNC DATAMODEL で提案されている NC パートプログラム

| 規格 | ISO6983          | ISO14649        |                        |                      |
|----|------------------|-----------------|------------------------|----------------------|
| 定義 | ISO6983          | ISO14649-2      | ISO14649-11            | ISO10303-42          |
| 言語 | G-code           | EBNF            | EBNF                   | ISO10303-21          |
|    |                  |                 |                        |                      |
|    |                  | Main Program    | Technology Description | Geometry Description |
| 特徴 | 直接的に加工作業を表現していない | 加工作業を直接的に表現している |                        |                      |
|    | 人間には編集不能なデータ量    | 人間には編集不能なデータ量   |                        |                      |

4.2 EBNF と ISO10303-21 形式の問題点

fig.3 に示すように Geometry Description を記述する ISO10303-21 形式では複数ファイル間参照が不可能であり、また属性の型が何であるかを記述しない為編集の際にどのような値に編集すべきかは規格を参照しなければ分からないという問題がある。EBNF による記述はデータの意味とデータ自身を区別し辛い為必ずしもアプリケーションプログラムからアクセスしやすいとは言えない。従って EBNF と ISO10303-21 形式はアプリケーションを利用したデータアーカイブを行うには機能的に不十分な言語である。

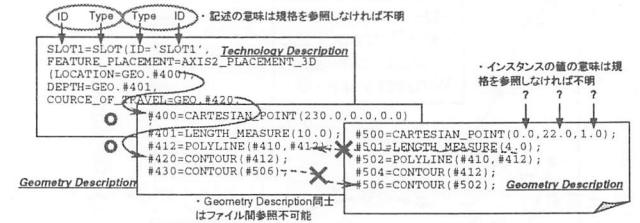


fig.3 EBNF と ISO10303-21 形式の問題点

5.XML による NC パートプログラム

5.1 XML により NC パートプログラムを記述する利点

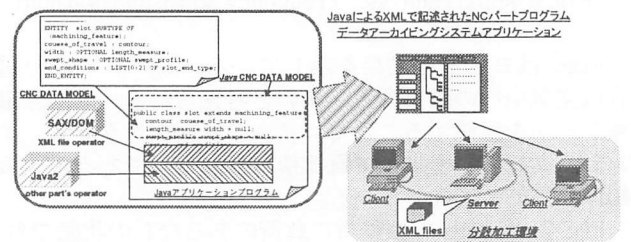


fig.4 XML による CNC DATAMODEL データアーカイブシステム

本研究ではデータの構造化及びデータの意味表現が可能であり、かつ複数ファイル間参照機能を持つ言語 XML[4]により NC パートプログラムを記述する方法を提案する。更に fig.4 で示すように、提案してきた手法[5]により CNC DATA MODEL は容易にそのモデルの意味を Java で実装可能であり、fig.2 に示すアーカイブシステムもまた、Sun Microsystems 社が無償で提供する XML ファイル操作の為の API を用いることにより容易に Java による CNC DATA MODEL に書き加えることが可能である。

5.2 EXPRESS で記述された CNC DATAMODEL の XML への変換規則  
 CNC DATAMODEL は EXPRESS によって記述されている  
 が EXPRESS の要素をどのように XML で記述するかを定める  
 為 DTD (Document Type Definition) を定める必要がある。  
 Table2 にその変換規則を示した Mapping Table を示す。

5.3 CNC DATAMODEL に基づく NC パートプログラム DTD  
 CNC DATA MODEL で提案されている NC パートプログラ  
 ムは、データアーカイビングに必要な要素を構造化してい  
 るので、提案する NC パートプログラムの DTD も同じ構造  
 に設計する。(Table1 参照)

6. 例題への適用

5.の方法により作成した DTD の一部 (fig.7) とそれを用いた  
 XML による NC パートプログラム (fig.8, slot 加工の為の slot  
 定義の一部) を以下に示す。参考までに同じ内容を記述した  
 EXPRESS (fig.5)、EBNF (fig.6) も示す。人間にとっての記  
 述の可読性は EBNF が高いが、アプリケーションとの親和  
 性や汎用性の面では XML の方が優れている。

```

ENTITY manufacturing_feature ABSTRACT SUPERTYPE OF
(two5D_manufacturing_feature,region);
id : STRING;
END ENTITY;
ENTITY two5D_manufacturing_feature ABSTRACT SUPERTYPE
CF (machining_feature, transition_feature) SUBTYPE OF
(manufacturing_feature);
manufacturing_data : LIST [1:?] OF two5D_workingstep;
END ENTITY;
ENTITY machining_feature ABSTRACT SUPERTYPE
CF (slot,pocket) SUBTYPE OF (machining_feature);
END ENTITY;
ENTITY slot SUBTYPE OF (machining_feature);
course_of_travel : contour;
width : length_measure;
END ENTITY;
ENTITY workingstep ABSTRACT SUPERTYPE OF (milling_workingstep);
END ENTITY;
ENTITY milling_workingstep ABSTRACT SUPERTYPE
CF (two5D_workingstep) SUBTYPE OF (workingstep);
END ENTITY;
ENTITY two5D_workingstep SUBTYPE OF (milling_workingstep); END ENTITY;
ENTITY contour;
segments : LIST [0:?] OF contour_type;
END ENTITY;
TYPE contour_type = SELECT (polyline,curve,circular_arc);
END TYPE;
    
```

fig.5 slot 加工の為の slot 定義部分 (EXPRESS)

```

SLOT1=SLOT (ID='SLOT1',WIDTH=GEO.#401,
COURSE_OF_TRAVEL=GEO.#430,
MANUFACTURING_DATA=
[SLOT1_ROUGH]);
    
```

fig.6 slot 加工の為の slot 定義部分 (EBNF)

```

<!-- manufacturing feature -->
<!ELEMENT manufacturing_feature (id,(two5D_manufacturing_feature|region)) >
<!ATTLIST manufacturing_feature id ID #REQUIRED; >
<!-- id (#PCDATA) -->
<!ELEMENT id (#PCDATA) >
<!-- two5D_manufacturing_feature (machining_feature|transition_feature) -->
<!ELEMENT machining_feature (manufacturing_data,(slot|pocket)) >
<!-- manufacturing_data (ins_ref*) -->
<!ATTLIST manufacturing_data type (set|list|bag|array) #REQUIRED
min CDATA #IMPLIED
max CDATA #IMPLIED
basetype CDATA #REQUIRED >
    
```

```

<!ELEMENT slot (course_of_travel,width?,swept_shape?,end_conditions?) >
<!ELEMENT course_of_travel (ins_ref) >
<!ELEMENT width (ins_ref) >
<!-- workingstep -->
<!ELEMENT workingstep (its_id?,(milling_workingstep|rapid_movement)) >
<!ATTLIST workingstep %iddec; >
<!ELEMENT milling_workingstep (freeform_workingstep|two5D_workingstep) >
<!ELEMENT two5D_workingstep EMPTY >
<!-- length_measure -->
<!ELEMENT length_measure (theoretical_size) >
<!ATTLIST length_measure %iddec; >
<!ELEMENT theoretical_size (#PCDATA) >
<!ATTLIST theoretical_size simple CDATA #FIXED "REAL"; >
<!-- contour -->
<!ELEMENT contour (segments) >
<!ATTLIST contour %iddec; >
<!-- segments (contour_type) -->
<!ATTLIST segments %aggregate.ref; >
<!ELEMENT contour_type (ext_ins_ref|ins_ref) >
<!ATTLIST contour_type type CDATA #FIXED "SELECT" >
    
```

fig.7 slot 加工の為の slot 定義部分 (DTD)

```

<manufacturing feature id="SLOT1">
<id> SLOT1 </id>
<two5D_manufacturing feature>
<machining feature>
<manufacturing data type="set" min="0" basetype="two5D_workingstep">
<ins_ref type="slot_rough_milling" refid="slot1_rough" />
</manufacturing data>
<slot>
<course_of_travel><ins_ref type="contour" refid="contour1" />
</course_of_travel>
<width><ins_ref type="length_measure" refid="length2" /> </width>
</slot></machining feature></two5D_manufacturing feature>
</manufacturing feature>
<length_measure id="length2">
<theoretical_size> 20.0 </theoretical_size>
</length_measure>
<contour id="contour1">
<segments type="list" min="1" basetype="contour_type">
<contour_type>
<ext_ins_ref type="polyline" href="http://test/geam.xml#polyline100" />
</contour_type></segments>
</contour>
<workingstep id="slot1_rough">
<milling_workingstep>
<two5D_workingstep /></milling_workingstep></workingstep>
    
```

fig.8 slot 加工の為の slot 定義部分 (XML ファイル)

7. 結論

以上より本報では、以下のことを明らかにした。

1. EXPRESS の記述を XML の DTD へ変換する規則を提案し、その Mapping Table を作成した。
2. CNC DATA MODEL に基づく NC パートプログラムの構造を表現するための XML の DTD を提案した。

参考文献

- [1] ISO Industrial automation systems and integration-Physical device control - Data model for Computerised Numerical Controllers, 1998
- [2] ISO 10303-11,(1994)
- [3] ISO 10303-21(1994)
- [4] W3C Recommendation : Extensible Markup Language 1.0,(http://www.w3c.org/TRREC.xml), 10-February-1998
- [5] 佐藤他：Java による製品モデル化とその実装方法、1998 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 pp251

Table2 EXPRESS の要素単位の DTD への変換規則の応用例

| EXPRESS 記述   | DTD による変換結果   | DTD を用いた具体例   |
|--|---|---|
| ----- Livings FILE -----<br>ENTITY Animal ABSTRACT SUPERTYPE OF (ONE OF (Wild, Pet));<br>kinds : STRING;<br>END ENTITY;<br>ENTITY Wild SUBTYPE OF (Animal);<br>place : Area;<br>END ENTITY;<br>ENTITY Pet SUBTYPE OF (Animal);<br>owners : SET [1:?] OF Person;<br>blood : OPTIONAL BOOLEAN;<br>END ENTITY;<br>ENTITY Person;<br>name : STRING;<br>END ENTITY;<br>----- Area FILE -----<br>TYPE Area = SELECT (Japan,Foreign);<br>END TYPE;<br>ENTITY Country;<br>END ENTITY;<br>ENTITY Land;<br>END ENTITY; | ----- Livings FILE -----<br><!-- Animal (kinds, Wild Pet) --><br><!ELEMENT Animal (kinds, Wild Pet) ><br><!-- Animal id ID #REQUIRED --><br><!ATTLIST Animal id ID #REQUIRED; ><br><!-- kinds (#PCDATA) --><br><!ELEMENT kinds (simple CDATA #FIXED "STRING") ><br><!-- Wild (place) --><br><!ELEMENT Wild (place) ><br><!-- Wild (ext_ins_ref) --><br><!ATTLIST Wild place type CDATA #FIXED "SELECT" ><br><!-- Pet (owners, blood?) --><br><!ELEMENT Pet (owners, blood?) ><br><!-- Pet (blood (#PCDATA)) --><br><!ELEMENT blood (PCDATA) ><br><!-- Pet (owners (ins_ref)) --><br><!ATTLIST Pet owners type (set list bag array) #REQUIRED<br>min CDATA #REQUIRED<br>max CDATA #IMPLIED<br>basetype CDATA #REQUIRED ><br><!-- Person (name) --><br><!ELEMENT Person (name) ><br><!-- Person id ID #REQUIRED --><br><!ATTLIST Person id ID #REQUIRED; ><br><!-- Person name (#PCDATA) --><br><!ATTLIST Person name simple CDATA #FIXED "STRING" ><br>----- Area FILE -----<br><!-- Area (ins_ref) --><br><!ELEMENT Area (ins_ref) ><br><!-- Area (type CDATA #FIXED "SELECT") --><br><!ATTLIST Area type CDATA #FIXED "SELECT" ><br><!-- Japan (EMPTY) --><br><!ELEMENT Japan EMPTY ><br><!-- Japan (id ID #REQUIRED) --><br><!ATTLIST Japan id ID #REQUIRED; ><br><!-- Foreign (EMPTY) --><br><!ELEMENT Foreign EMPTY ><br><!-- Foreign (id ID #REQUIRED) --><br><!ATTLIST Foreign id ID #REQUIRED; > | <!-- Animal id="クマ" --><br><kinds>ヒマヤン</kinds><br><Pet><br><owners type="set" min="1"><br><ins_ref type="Person" refid="鈴木" /><br></blood>true</blood><br></Pet><br></Animal><br><!-- Animal id="オロロン鳥" --><br><kinds>鳥類</kinds><br><Wild><br><place><br><ext_ins_ref type="Area"<br>href="C:\demo\AreaFILE.xml#areal" /><br></place><br></Wild><br></Animal><br><!-- Person id="鈴木" --><br><name>鈴木太郎</name><br></Person><br>----- Area FILE -----<br><!-- Area (ins_ref) --><br><Area><br><ins_ref type="Japan" refid="areal" /><br></ins_ref><br></Area> |
| 内部参照   | <!-- ins_ref EMPTY --><br><!ELEMENT ins_ref EMPTY >   |   |
| 同じファイル内でのインスタンス参照  | <!-- ins_ref type CDATA #REQUIRED --><br><!ATTLIST ins_ref type CDATA #REQUIRED >   |   |
| 外部参照   | <!-- ext_ins_ref EMPTY --><br><!ELEMENT ext_ins_ref EMPTY >   |   |
| 異なるファイルへのインスタンス参照  | <!-- ext_ins_ref type CDATA #REQUIRED --><br><!ATTLIST ext_ins_ref type CDATA #REQUIRED >   |   |