

The Institute of Statistical Mathematics
Statistical Computing Technical Report
RSC-032 2004.3

数式記述 2次元言語 MatEx-2D

統計数理研究所 統計計算技術報告 RSC-032

齋藤 宗香@ (株) 数理システム
石黒真木夫@統計数理研究所

このドキュメントには pdf 版も用意されていますが, MatEx-2D を利用して作られている HTML 版 (<http://www.ism.ac.jp/ishiguro/Profiss/pfs.@010127.@021934.dir/MatEx-2D.g1frm.html>) をお読みいただくことによって MatEx-2D という言語の機能がさらによく分ります. HTML 版 を読むには MatEx-2D 表示 ActiveX がインストールされていることが必要ですが,

インストーラ (http://ftp.ism.ac.jp:8000/ISMLIB/matex/MatEx2D-v*-*-Pkg.exe)

をお使いいただければインストールは簡単です.

Contents

1	はじめに	3
2	数式表現 2次元言語 MatEx-2D	4
2.1	基本的なルール	4
2.1.1	空白の扱い	4
2.1.2	タブの扱い	4
2.1.3	複数の数式の記述	4
2.1.4	複数のブロックにわたる同一数式の記述	5
2.1.5	文字列の上下に書く表現	5
2.2	そのまま解釈される記述	5
2.2.1	変数	5
2.2.2	半角文字による演算子	5
2.2.3	括弧	6
2.2.4	空白	6
2.2.5	記述の埋め込み	6
2.3	2次元的な記述	6

2.3.1	添字とべき	6
2.3.2	分数	6
2.3.3	総和式	7
2.3.4	総積式	7
2.3.5	積分式	7
2.3.6	その他	7
2.4	行列とそれに類似した記述	8
2.4.1	行列	8
2.4.2	要素の省略	8
2.4.3	場合分け	9
2.5	Latex に準拠している記号	9
2.5.1	太字	9
2.5.2	ギリシャ文字	9
2.5.3	2項演算子	10
2.5.4	比較演算子	10
2.5.5	矢印	11
2.5.6	括弧が続くもの	11
2.5.7	その他	11
2.5.8	改行と数式のアラインメント	11
2.6	数式番号の抑制	12
2.7	名前付けとリンク	12
2.7.1	名前付け	12
2.7.2	リンク	13
2.8	数式変数	13
2.8.1	代入	13
2.8.2	参照	13
2.8.3	例	14
2.8.4	対応していない記述の扱い	14
3	MatEx-2D Tools	14
3.1	TeX コンバータ	14
3.2	数式表示 ActiveX	15
4	License	15
5	将来への展望など	15

1 はじめに

LaTeXのような組版ソフトは、一定の文法に従って記述された「指示書ファイル」に従って文書を組み上げる。たいていの場合、指示書ファイルを書くときに複数の行に分けて書くが、ファイル中の改行記号も一つの文字であり、本質的に「一次元」の文字列である。LaTeXのソースを書くという作業は、最終的には2次元の表面に印刷されるべき内容の「設計図」を1次元の文字列で表現するという作業である。数式をしらない人に電話をかけて、例えば

$$\frac{1}{2} \times 2004 - 2 = 1000$$

という式をメモしてもらおうと思ったら、まず「横線」を引いてその上に「1」、下に「2」を書き、その右に「スペース」「掛ける印」「スペース」「2」「0」「0」「4」「スペース」「-」「スペース」「2」「スペース」「=」「スペース」「1」「0」「0」「0」と云えばよい。LaTeXのソースに`\frac{1}{2} \times 2004 - 2 = 1000`と書くのは本質的にこの電話による情報伝達と同じである。同じ「1」という文字が2ヶ所に表われているが、その扱いは文脈に依存して決まっている。最初の「1」が横線の上に置かれるのは`\frac`の次にあるからである。2番目の「1」が「=」の右に置かれるのは「=」の次にあるからである。このようにLaTeXは一次元文字列上の文字の配置によってすべてを表現することになっている。この意味でLaTeXは一次元言語である。通常の音声言語はすべて一次元言語である。しかし文字の配置が何らかの意味を表すシステムを言語というすると、その配置が一次元でなければならない必然性はない。

MatEx-2Dは文字の2次元配置に意味をもたせる。たとえば「1」と「-」「2」が

$$\begin{array}{c} 1 \\ --- \\ 2 \end{array}$$

のように3行に分けて配置されている時は、分数「2分の1」を意味し、1行に

$$2 - 1$$

と配置されているときは差、「2 マイナス 1」を意味するものとするのである。このように文字の2次元配置に意味を持たせるシステムを2次元言語と呼ぶことにする。この意味でMatEx-2Dは2次元言語である。

MatEx-2Dにおいては、たとえば、

$$A = \begin{array}{c} n \\ ++++++ a \\ i = 0 \quad i \end{array}$$

が

$$A = \sum_{i=0}^n a_i$$

を表し、

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)^2}$$

が

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)^2}$$

を表す。

本報告は数式表現のための2次元言語を提案し、それを利用したHTML用数式表示用Active XとLaTeXソース生成ソフトを紹介する。LaTeXの数式表現は強力であり、柔軟である。数式に関する文法はそれほど難しくなく、イメージにある数式を書き下すのはそれほど難しくもないが、印刷された形を見て、それをソース上で修正するのは至難の技である。これにひきかえMatEx-2Dで記述された式の編集は容易である。

2 数式表現 2次元言語 MatEx-2D

2.1 基本的なルール

2.1.1 空白の扱い

式と式の間空白を入れることが可能である。また、空白はなくてもよい。よって、以下の2つの記述は等価ということになる。

$$a + b = c$$

$$a+b=c$$

2.1.2 タブの扱い

記述内にタブによるインデントはないものとする。

2.1.3 複数の数式の記述

'#'によって記述を分けることにより、複数の数式を並記する。

$$a = b$$

$$\text{#####}$$

$$b = c$$

$$a = b$$

$$b = c$$

2.1.4 複数のブロックにわたる同一数式の記述

1つの数式記述が長くなりすぎた場合、'.'で記述を分けることによって記述を分けて数式の続きを書く。

$$\begin{array}{l} a = b = c = \\ \dots\dots\dots \\ e = f \end{array}$$

$$a = b = c = e = f$$

2.1.5 文字列の上下に書く表現

特定の文字を複数並べて、その上下に数式を記述するものがある。この記述において、上下を分離する特定の文字の連続をセパレータと呼ぶ。上下の数式の記述は、左右両方ともセパレータからはみ出してはならない。また上下に数式が必要ない場合は、書かなくてもよい。

(良い例)

$$\begin{array}{c} 1 \\ \hline n + 1 \end{array}$$

(悪い例)

$$\begin{array}{c} 1 \\ \hline 1 + 2 + 3 + 4 \end{array}$$

2.2 そのまま解釈される記述

2.2.1 変数

アルファベットと数字、その他の文字によって構成される文字列を指す。

A B C 123 a1 ' , |

2.2.2 半角文字による演算子

1) 2項演算子

+ - *

2) 比較演算子

= < >

2.2.3 括弧

`() \{\}` []

{ } は記述をまとめるだけで表示しない。表示したいときは \{ \} を使用する。右括弧を表示したくないときは、' ' で括弧を閉じる。

2.2.4 空白

`a ~ b`

のように ' ' を使用すると、数式中に空白を入れることができる。

2.2.5 記述の埋め込み

[] をを使用して、数式記述とは関係ない記述を数式記述中に埋め込むことができる。埋め込んだ記述は、数式として解釈しない。

`e = mc2 [[Einstein's Equation]]`

e = mc²Einstein'sEquation

2.3 2次元的な記述

2.3.1 添字とべき

数式の右下に記述されているものは添字、右上に記述されているものはべきを表す。

`a211`

a²₁₁

2.3.2 分数

分数はセパレータ文字として '/' を使い、上下に分子・分母となる数式をそれぞれ記述する。

`1 / (n + 1)`

1 / (n + 1)

2.3.3 総和式

総和式はセパレータ文字として '+' を使い、上下にそれぞれ和算開始インデックス・終了インデックスを記述する。

$$\begin{array}{c} n \\ ++++++ a \\ i = 0 \quad i \end{array}$$

$$\sum_{i=0}^n a_i$$

2.3.4 総積式

総積式はセパレータ文字として '*' を使う。その他は総和式と同じ。

$$\begin{array}{c} n \\ ***** a \\ i = 0 \quad i \end{array}$$

$$\prod_{i=0}^n a_i$$

2.3.5 積分式

積分式はセパレータ文字として '/' を使い、上下にそれぞれ上限式・下限式を記述する。

$$\begin{array}{c} \backslash\infty \\ ////////////// F(x) dx \\ -\backslash\infty \end{array}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} F(x) dx$$

2.3.6 その他

複数の文字によってセパレータを構成し、上下に式を記述する場合がある。

例えば極限式の場合、'l' と 'm' の間に 1 つ以上の 'i' を並べたものをセパレータとし、セパレータの下に極限移行する式を置く。

$$\begin{array}{c} l i i i i m a \\ i \quad i \end{array}$$

$$\lim_i a_i$$

lim の他に、max, min, sup, inf についても同様の記述が可能である。

2.4 行列とそれに類似した記述

2.4.1 行列

行列は以下のように表す。

```
(#####)
  a  #  a
  11 #  12
(#####)
  a  #  a
  21 #  22
(#####)
```

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

行列記述の際には以下のことに留意されたい。

- 1) 各要素は'#'で区切り、要素の記述を各ブロック内に納める
- 2) 行を区切る(###)の記述はすべて、同じ場所で開始・終了する
- 3) 行列の左右に統合などの演算子が来る場合、列を区切る'#'のある列のいずれかに演算子を置く。

左右の要素を区切る'#'は、次のように行ごとでずれていてもよい。

```
(#####)
  a  + 1 #  a
  11      #  12
(#####)
  a  #  a
  21 #  22
(#####)
```

$$\begin{pmatrix} a_{11} + 1 & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

2.4.2 要素の省略

要素の省略記号は以下のように表現する。

```
複数の'.' ...
      :     :
      '  ' .
```

これらの省略記号は行列要素に限らず、通常の数式中にも使用可能である。

2.4.3 場合分け

行列の行を区切る(###)を(###.に変更すると、右側の括弧は記述されない。これと行列記述を利用して、場合分けを記述できる。

```

(#####.
  1  \if{i = j}
a = (#####.
  ij  0  \if{i \neq j}
(#####.

```

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases}$$

場合分けの際、\if{...} を使用して条件式を記述することができる。

2.5 Latex に準拠している記号

その他数式に必要な記号は、LaTeX の記述をそのまま使用している。

2.5.1 太字

\bf は太字を表わす。

```

\bf { V } = ( ##### )
              v
              1
              ( ##### )
              v
              2
              ( ##### )

```

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix}$$

2.5.2 ギリシャ文字

1) 小文字

「全角」のギリシャ文字を使えばいいが、LaTeX 形式の表現も使える。

\alpha	α	\eta	η	\nu	ν	\upsilon	υ
\beta	β	\theta	θ	\xi	ξ	\phi	φ
\gamma	γ	\iota	ι	\pi	π	\chi	χ
\delta	δ	\kappa	κ	\rho	ρ	\psi	ψ
\epsilon	ε	\lambda	λ	\sigma	σ	\omega	ω
\zeta	ζ	\mu	μ	\tau	τ		

2) 大文字

<code>\Alpha</code>	A	<code>\Eta</code>	H	<code>\Nu</code>	N	<code>\Upsilon</code>	Y
<code>\Beta</code>	B	<code>\Theta</code>	Θ	<code>\Xi</code>	Ξ	<code>\Phi</code>	Φ
<code>\Gamma</code>	Γ	<code>\Iota</code>	I	<code>\Pi</code>	Π	<code>\Chi</code>	X
<code>\Delta</code>	Δ	<code>\Kappa</code>	K	<code>\Rho</code>	P	<code>\Psi</code>	Ψ
<code>\Epsilon</code>	E	<code>\Lambda</code>	Λ	<code>\Sigma</code>	Σ	<code>\Omega</code>	Ω
<code>\Zeta</code>	Z	<code>\Mu</code>	M	<code>\Tau</code>	T		

3) 变字体

<code>\varepsilon</code>	ε	<code>\vartheta</code>	ϑ	<code>\varpi</code>	ϖ
<code>\varrho</code>	ϱ	<code>\varsigma</code>	ς	<code>\varphi</code>	φ

2.5.3 2 項演算子

<code>\cap</code>	\cap	<code>\cup</code>	\cup	<code>\times</code>	\times
<code>\pm</code>	\pm	<code>\mp</code>	\mp	<code>\div</code>	\div
<code>\star</code>	\star	<code>\circ</code>	\circ	<code>\bullet</code>	\bullet
<code>\cdot</code>	\cdot	<code>\uplus</code>	\uplus	<code>\sqcap</code>	\sqcap
<code>\sqcup</code>	\sqcup	<code>\vee</code>	\vee	<code>\lor</code>	\vee
<code>\wedge</code>	\wedge	<code>\land</code>	\wedge	<code>\setminus</code>	\setminus
<code>\wr</code>	\wr	<code>\diamond</code>	\diamond	<code>\bigtriangleup</code>	\bigtriangleup
<code>\bigtriangledown</code>	\bigtriangledown	<code>\triangleleft</code>	\triangleleft	<code>\triangleright</code>	\triangleright
<code>\lhd</code>	\lhd	<code>\rhd</code>	\rhd	<code>\unlhd</code>	\unlhd
<code>\unrhd</code>	\unrhd	<code>\oplus</code>	\oplus	<code>\ominus</code>	\ominus
<code>\otimes</code>	\otimes	<code>\oslash</code>	\oslash	<code>\odot</code>	\odot
<code>\bigcirc</code>	\bigcirc	<code>\dagger</code>	\dagger	<code>\ddagger</code>	\ddagger
<code>\amalg</code>	\amalg				

2.5.4 比較演算子

<code>\le</code>	\leq	<code>\ge</code>	\geq	<code>\gg</code>	\gg
<code>\ll</code>	\ll	<code>\approx</code>	\approx	<code>\propto</code>	\propto
<code>\equiv</code>	\equiv	<code>\neq</code>	\neq	<code>\asymp</code>	\asymp
<code>\cong</code>	\cong	<code>\doteq</code>	\doteq	<code>\models</code>	\models
<code>\perp</code>	\perp	<code>\parallel</code>	\parallel	<code>\bowtie</code>	\bowtie
<code>\Join</code>	\Join	<code>\smile</code>	\smile	<code>\frown</code>	\frown
<code>\vdash</code>	\vdash	<code>\dashv</code>	\dashv	<code>\succ</code>	\succ
<code>\succ</code>	\succ	<code>\preceq</code>	\preceq	<code>\prec</code>	\prec
<code>\sqsubseteq</code>	\sqsubseteq	<code>\sqsubset</code>	\sqsubset	<code>\subseteq</code>	\subseteq
<code>\subset</code>	\subset	<code>\sqsupseteq</code>	\sqsupseteq	<code>\supseteq</code>	\supseteq
<code>\supseteq</code>	\supseteq	<code>\supset</code>	\supset	<code>\notin</code>	\notin
<code>\in</code>	\in	<code>\ni</code>	\ni	<code>\simeq</code>	\simeq
<code>\sim</code>	\sim				


```

a & = & b \\ & = &c
#####
x & = & y

```

```

a = b
  = c
x = y

```

2.6 数式番号の抑制

出力時に、各式に対して数式番号が付与されることがある。この時、部分的に数式番号の出力を抑制するには `nnumber` または `!#` を使用する。

```

a & = & b \nnumber \\
& = & c !#

```

2.7 名前付けとリンク

2.7.1 名前付け

数式には名前をつけることができる。名前は半角文字 1 文字で表す。

名前付け記述は `@` で始まり、`@@` で終わる。開始の `@` の次の一文字を式の名前とする。

以下の例は $1+2 = 3$ という式全体に 'a' という名前を付ける記述である。このページの HTML 版ではこの名前を利用して「ここ」にマウスをのせると 'a' と名付けられた式がハイライトされるようにできる。(印刷版のための説明: HTML 版では、上の「ここ」というかっこを含めた 4 文字が青色で表示されている。そこにマウスポインタをのせると、下の $1+2 = 3$ という式が赤い色に変る。マウスをはずすと通常の表示色の黒に戻る。)

```
@a 1+2 = 3 @@
```

```
1 + 2 = 3
```

名前は式の一部に付けて、HTML 版のページで、その部分をハイライト表示することが出来ます。HTML 版のこのページでは、式の「b' と名付けられた部分」や「c' と名付けられた部分」がハイライトされる。これは HTML 版においては数式の説明にあたって、「ここ」や「そこ」という指示代名詞が利用できることを意味している。(印刷版のための説明: 「b' と名付けられた部分」と「c' と名付けられた部分」と「ここ」「そこ」が青色表示。「b' と名付けられた部分」あるいは「ここ」にマウスポインタをのせると下の式の「1+2」の部分が赤くなり、「c' と名付けられた部分」あるいは「そこ」にマウスポインタをのせると右辺の「3」が赤くなる。)

```
@b 1+2 @@ = @c 3 @@
```

```
1 + 2 = 3
```

2.7.2 リンク

数式から他の数式に対してリンクを張ることができる。名前付け記述は@-> で始まり、@@ で終る。開始の@の次の一文字がリンク先の式の名前を表す。

$$x + y = @->c z @@$$

HTML 版の次の式の「ここ」にカーソルをのせると「これら」がハイライトされる。(印刷版のための説明: 「ここ」と「これら」が青色表示されている。「ここ」にマウスポインタをのせると下の式の「z」が赤くなり、「これら」にポインタをのせると下の式の「z」と上の式の「3」が赤くなる。)

$$x + y = z$$

$$x + y = q$$

$$x + y = Q$$

2.8 数式変数

数式変数によって、よく使用する式・複雑な式を前もって記述しておき、それを後の記述で参照することができる。

1. 変数名:

変数名は、'\$' で始まるアルファベット (大文字・小文字)・数字・'_' の組み合わせで定義する。

2. 有効範囲:

数式変数の有効範囲は同一ファイル内のみ。

2.8.1 代入

数式変数に数式を代入することができる。

$$\$abc = (\text{式})$$

2.8.2 参照

数式変数名の最初に'\$' をもうひとつ付けると、数式変数の表わす数式を参照することができる。

$$\dots + \$\$abc + \dots$$

2.8.3 例

```
      - x
$a = e

#####

F(x) = $$a
```

は

```
      -x
F(x) = e
```

と等価で

$$F(x) = e^{-x}$$

となる。

2.8.4 対応していない記述の扱い

以上の記述に当てはまらない記述は、1文字単位でそのまま出力される。

3 MatEx-2D Tools

数式表現 2次元言語 MatEx-2D を使用できるツールがある。統計数理研究所 ISMLIB (<http://www.ism.ac.jp/ismlib/index.j.html>) から配布されているので利用されたい。

3.1 TeX コンバータ

数式表現 2次元言語 MatEx-2D で記述した数式を TeX 形式に変換するツールである。TeX 文書中の MatEx-2D 記述の変換も行うことができる。方法としては

1. ソースファイル `before.tex` に次の形式で MatEx-2D 言語による数式を埋め込む。

```
%2dimeq
\begin{verbatim}
MatEx-2D による数式
\end{verbatim}
```
2. ソースファイル `before.tex` を `matex2tex` で処理して `after.tex` を作る。

従って、第3ステップの「`after.tex`」の処理過程で出力されるエラーメッセージなどの「対象行」が元の「`before.tex`」ファイルのどの部分にあたるか、迷うことがない。

なお MatEx-2D 文法にはタグに関する規則が含まれている。これらのタグは LaTeX 印刷にあたっては無視されるべきものであるが、HTML 文書に埋め込まれる数式にあってはどこにどのようなタグが埋め込まれているか重要である。HTML 文書の編集に際して印刷する「数式」では「タグ」を印刷したい場合がある。このような場合のために `matex2-t` というオプションが用意されている。また LaTeX の文法の中に数式などにラベルをつける書式が用意されている。この場合には

[[\label{...}]]

という形で MatEx-2D の式中に含めることが出来る。
詳しくは matex2.pdf を参照のこと。

3.2 数式表示 ActiveX

‘MatEx-2D 表示 ActiveX ’ は MatEx-2D のパーズングから表示の処理をコンポーネント化したものである。これを使って、数式表現 2 次元言語 MatEx- 2D で記述した数式をブラウザで表示することが可能となるなど、様々な用途に利用可能である。詳しくは activex-usage.pdf を参照のこと。

4 License

MatEx-2D Tools の著作権は石黒真木夫 (統計数理研究所) と齋藤宗香 ((株) 数理システム) が有する。

MatEx-2D Tools は、下記の著作権表示に述べた条件のもとでの利用が可能である。
”Copyright holders’ statement” 中で触れられている Open Market License(OML) は統計数理研究所が定めたソフトウェアやデータの使用許諾方式です。具体的条項については統計数理研究所サイト (<http://www.ism.ac.jp/ismlib/license.html>) を参照のこと。

MatEx-2D Tools

[Copyright holders’ statement]

MatEx-2D Tools is a package of softwares which are realization of Ishiguro’s original idea of 2-dim. mathematical expression parser by Saito of Mathematical Systems Inc. We distribute this software from ISMLIB of the Institute of Statistical Mathematics, ISM (http://www.ism.ac.jp/ismlib/index_e.html) under the conditions of Open Market License(version:OML-SW-E-1996) proposed by ISM([/http://www.ism.ac.jp/ismlib/license_e.html](http://www.ism.ac.jp/ismlib/license_e.html)). The OML allows the free use of the source code, including redistribution and modification as far as the whole of this copyright holders’ statement is copied and shown conspicuously in the redistribution or the modified version or the document attached to the products made utilizing MatEx-2D Tools.

Copyright holders take no responsibility for any damage caused by the use of this software.

Copyright_OML 2004

ISHIGURO, Makio, the Institute of Statistical Mathematics
SAITO, Muneyoshi, Mathematical Systems Inc.

[End of Copyright holders’ statement]

5 将来への展望など

2次元言語において2次元平面上の矩形領域の左上と右下をかぎるかっこの組「2次元かっこ」を利用して「2次元入れ子構造」を表現することができる。たとえば

{A {C
D} {E
B} F}

は入れ子構造として解釈可能。

{A {C
B}
D}

は解釈不能である。

2次元かっこを利用すれば、かなり柔軟に文書レイアウトを記述出来るはずである。それを利用すれば LaTeX-2D とでも名付けるべき LaTeX の変種を作ることができる。