929 スマート端末に対応した数値計算ツールの開発と 制御系設計への応用

〇川端 悠一郎, 古賀 雅伸, 津村 祐司 (九州工業大学) 矢野 健太郎 (福岡工業大学短期大学部)

Development of Numerical Computation Tool on mobile Device and Its Application to Design of Control System

*Y. Kawabata, M. Koga, Y. Tsumura (Kyushu Institute of Technology) and K. Yano (Fukuoka Institute of Technology Junior College)

Abstract– In this research, we developed a numerical computation tool which can easily calculate such as matrix operation on mobile device. Because the mobile device easy to carry in small and light, Time and location constraints are greatly reduced when numerical computation and a control system design. Problems input inefficient in comparison with the PC without hardware keyboard has been pointed out in the mobile devices, but this research solved this problem by developing UI, such as completion using the touch panel software and its own software keyboard that specializes in the type of numerical calculation

Key Words: Android, Numerical Computation, Control System CAD

1 はじめに

近年、タブレットなどのスマート端末が普及してお り、スマート端末で業務をこなすことができる実用的 なアプリケーションの開発が盛んに行われている.数値 計算プログラムや制御系設計においてもスマート端末 で開発が行えるような環境が徐々に整ってきている.ス マート端末は小型軽量で携帯しやすいので、数値計算や 制御系設計のための計算を行える時や場所の制約が大 幅に緩和される.本研究では、数学的表現に近い形でプ ログラムを記述できる数値計算言語 MATX を Android やWindows 8 搭載のスマート端末での利用できる数値 計算ツールを開発した.一方スマート端末にはハード ウェアキーボードがなく PC に比べで入力効率が悪い という問題が指摘されているが、本研究では数値計算の 入力に特化した独自のソフトウェアキーボードやタッ チパネルを利用した補完機能などの UI を開発すること でこの問題を解決した.

2 スマート端末で利用できる数値計算ツール

スマート端末で利用できる数値計算ツールの概要に ついてここでは述べる.

2.1 MATLAB mobile

MATLAB mobile¹⁾ はスマート端末上で MATLAB²⁾ を扱うことのできるアプリケーションである.提供し ているのは、通信するための手段と計算を入力・表示 するための UI である. 実際の計算は自身の PC、ま たは MathWorks Cloud で実行される.なお、Simlink に対するサポートは現在まだ行われていない。

2.2 Octave4android

Octave³⁾ は数値計算ライブラリである Octave⁴⁾ を Android 端末から利用可能にした数値計算ツールであ る. UI としてコンソールが提供されている.

2.3 addi

addi⁵⁾ は Android で利用できる MATLAB クローン である。addi は UI はの提供から計算まですべてを提

[No.13-23] 第56回自動制御連合講演会(2013.11.16.17 新潟市)

供している. addi の処理は 2.2 と同様に Octave という 数値計算ライブラリを使用している. Octave は非常に MATLAB と互換性が高いのでこのエンジンを用いる ことで MATLAB クローンとしての挙動を実現してい る. しかし, Octave は C 言語で記述されているため, ライブラリとして Android 端末で利用する際は端末依 存が発生してしまう. 現在 addi は arm 用のライブラ リのみを提供しており, x86 や mips などの CPU 搭載 の Android 端末では動作に不具合が起きるという欠点 がある.

UI は Android SDK を用いて java 言語で実装されて いる。提供していのは予測変換やオリジナルソフトウェ アキーボードのような入力効率を上げえるものである。 UI の入力を Octave で処理し、その結果を表示するの で、エンジンと UI はほとんど独立した構造となって いる。

2.4 handycalc

handycalc⁶⁾ は Android で提供されている数値計算 ツールである. MATLAB のような数値計算言語のよ うな記述を行うのではなく,電卓のような UI が用意さ れており,ボタンを使用して数値計算式を入力するこ とで計算を行うことができる.数値計算式のグラフ化 は2次元のものなら容易に行なえ,簡単な数値計算を 行うことに長けたツールである.

2.5 myscliptcalc

myscliptcalc⁷⁾はAndroid で提供されている数値計 算ツールである.スマート端末に手書きで数値計算式 を入力することで計算が行える.複雑な計算は行えな いが簡単な数値計算を行う際は非常に簡単に数値計算 式の入力が行える.

2.6 MATX mobile

本研究で開発した数値計算ツールである.詳しい機 能は後述するが,数学的表現に近い形でプログラムを 記述できる数値計算言語 MATX をスマート端末で利用 でき,数値計算プログラムの入力効率を向上させる UI を搭載している.数値計算エンジン,UIともにすべて Java 言語で実装しているため、Dalvik VM上で動作す るため Android 端末での端末依存がなく汎用的なツー ルとなっている.また,多倍長演算や解の精度を上げる ための精度保証付き数値計算利用することができ、複雑 な計算も高精度で演算することができる数値計算ツー ルである.

2.7 数値計算ツールの比較

上記のツールで対応している機能について比較する.

行列の演算

各数値計算ツールが行列の演算を行う機能を搭載しているか比較した表を Table 1 にまとめた.

Table 1: 行列の) 須算比較
数値計算ツール	行列の演算
MATLAB mobile	可能
Octave4android	可能
addi	可能
handycalc	不可能
myscliptcalc	不可能
MATX mobile	可能

Table 1: 行列の演算比較

グラフの描画

数値計算ツールが任意の式をグラフとして表示できるか比較した表を Table 2 にまとめた.

Table 2: 2	ノノの抽画比較
数値計算ツール	グラフの描画
MATLAB mobile	可能
Octave4android	外部アプリケーション
	インストールで可能
addi	外部アプリケーション
	インストールで可能
handycalc	可能
myscliptcalc	不可能
M _A TX mobile	外部アプリケーション
	インストールで可能

Table 2: グラフの描画比較

グラフの描画に関しては,行える数値計算ツールが多い.本研究も現在外部アプリケーションを利用することでグラフの描画を行える構造となっている.

高品質な演算

高品質な演算とは、多倍長演算や精度保証付き数値計 算を指し、解を保証する手法や解の誤差を小さくする手 法が使用できるかを比較した表を Table 3 にまとめた.

本研究で開発したツールで高品質な数値計算を実現 するための手法は3章で詳しく述べる.また,高品質 な数値計算の例題を4章で解く.

独自ソフトウェアキーボード

アプリケーション独自のソフトウェアキーボードが 搭載されているか比較した表を Table 4 にまとめた..

数値計算ツールの中には独自ソフトウェアキーボー ドを搭載しているものが多い.本研究でも数値計算プ ログラムの入力効率が向上するソフトウェアキーボー ドを搭載している.

Table 3: 高品質な演算比較

数値計算ツール	高品質な演算
MATLAB mobile	PC に外部ツールを
	インストールすることで可能
Octave4android	不可能
addi	不可能
handycalc	不可能
myscliptcalc	不可能
MATX mobile	可能

Table 4:	独自ソフ	トウェアキーボー	ドの搭載比較
----------	------	----------	--------

数値計算ツール	独自ソフトウェアキーボード
MATLAB mobile	搭載
Octave4android	非搭載
addi	搭載
handycalc	搭載
myscliptcalc	非搭載
MATX mobile	搭載

入力補完機能

入力を機能が搭載されているか比較した表を Table 5 にまとめた.

10010 01 / (/) / []]	
数値計算ツール	入力補完機能
MATLAB mobile	非搭載
Octave4android	非搭載
addi	搭載
handycalc	非搭載
myscliptcalc	非搭載
M _A TX mobile	搭載

Table 5: 入力補完機能比較

本研究の入力補完機に関しては後述してある.

ネットワーク環境の必要性

数値計算ツールを動作させるためにネットワーク環 境が必須であるかを比較した表を Table 6 にまとめた.

10010 01 1 7 1 7	
数値計算ツール	ネットワーク環境
MATLAB mobile	必要
Octave4android	不必要
addi	不必要
handycalc	不必要
myscliptcalc	不必要
M _A TX mobile	不必要

Table 6: ネットワーク環境の必要性比較

MATLAB mobile は UI を提供し処理は外部の MAT-LAB 本体を利用して行うのでネットワーク環境が必須 となってしまうが,本研究含め他の数値計算ツールは処 理もツール内部に記述しているためネットワーク環境 は必須ではない.

端末依存の可能性

Android 搭載のスマート端末でリリースされている アプリケーションは端末依存を起こしてしまうケース が有る.アプリケーションの構成にC言語などで記述 されたライブラリを使用する場合は、ネイティブな層に 依存する場合があるのですべての CPU で同様に動作 しなくなる可能性がある.端末依存の可能性を比較し た表を Table 7 にまとめた.

Table 7:	端末依存の可能性比較
----------	------------

数値計算ツール	端末依存の可能性
MATLAB mobile	無
Octave4android	有
addi	有
handycalc	無
myscliptcalc	無
M _A TX mobile	無

本研究で開発した数値計算ツールはすべて Java で 記述することで Android 搭載のスマート端末上では Dalvik VM 上のみで動作することを可能としたので, 端末依存の心配はない構造とすることができている.

3 数値計算ツールの実装

本研究で開発した数値計算ツールの構造や機能について述べる.

3.1 アーキテクチャ

3.1.1 数値計算言語のエンジン

本研究で開発した数値計算言語ツールのエンジンである JMATX は Java 言語で実装されている.

JMATX のアーキテクチャを Fig. 1 に示す.



Fig. 1: Architecture JMATX

エンジンは、JMATX と基盤数値計算パッケージ NFC⁸⁾,精度保証付き数値計算パッケージ CGA⁹⁾,多 倍長演算パッケージ MPFloat を連携させた.その際, 精度保証付き数値計算で使用する区間や、多倍長精度浮 動小数点数という新しいデータの種類をプラグイン方 式で追加できるようにした.こうすることで、JMATX 単体では倍精度が利用可能であり、区間や多倍長を組み 合わせた高品質な数値計算も可能となった.倍精度を表 す DoubleConstant クラス、区間を表す IntervalConstant クラス、多倍長精度を表す MPFloatConstant ク ラスは.実数を表す RealConstant インターフェース を実装しており、全て統一的に扱うことができる.

3.1.2 スマート端末からエンジンを利用

スマート端末で数値計算ツールを扱う際 UI とエンジンが独立している場合が多い.2章で紹介した.Addi, MATLAB mobile は独自の UI からエンジンを利用し

ている. 2 つの数値計算ツールの構造のイメージ図を Fig. 2 に示す.



Fig. 2: Structure image of addi and MATLAB mobile

この2つのツールは端末依存とインターネットの必要性をそれぞれ持っている.

本研究の数値計算ツールは Java 言語で実装されたで エンジン JMATX¹⁰⁾をスマート端末から扱うため独自 UI を開発し、UI からエンジンを利用する構造となっ ている.本研究で開発した数値計算ツール MaTX mobile の構造イメージ図を Fig. 3 に示す.





Fig. 3: Structure image of MATX mobile

MATX mobileの構造は端末依存を回避し、ネットワーク環境を必要としない構造となっている.

また、スマート端末で利用するにあたって Android 端末での開発は Java であるため UI の実装はすべて Java で行った.高品質な数値計算を行えるパッケージ もすべて Java 言語で記述されたものを使用することで Android 端末で高品質な数値計算を可能とした.

3.2 入力効率の高い UI の考案と実装

Android や Windows8 搭載のスマート端末で文字を 入力する際にキーボードはソフトウェアキーボードを 用いることが多い.しかし、ソフトウェアキーボード は PC で使用するような物理キーボードと違い操作性 が悪く入力効率が落ちてしまうことがある.そこで、物 理キーボードと比べても入力効率が落ちないような UI を考案し実装した.

3.2.1 独自ソフトウェアキーボード

数値計算プログラムの入力を行う際,通常使用する キーボードでは算術演算子や括弧などは入力頻度が高 くないのでわかりやすい位置にない場合が多い.通常 搭載されているソフトウェアキーボードの例を Fig. 4 に示す.



No symbol and number

Fig. 4: Example of standard software keyboard

本研究では通常のキーボードよりも入力効率を上げ るためにソフトウェアキーボードを独自で開発し,ツー ル内に搭載した.

開発したソフトウェアキーボードの特徴を以下に示す. **キーのレイアウト**

キーのレイアウトは数字, 記号, アルファベット, カー ソルに特徴を持たせた.

数字

数値計算プログラムの入力には必須と考えられる数 字は多くのキーボードが数字は一番上にあるので,多く の人が馴染めるように1番上の段に設置した.

記号

使用頻度が高くなると思われる算術演算子や括弧な どをキーボードの上から2段目に設置した.キーボー ドは使用頻度の高いキーが両端にある場合が多く,今回 開発したソフトウェアキーボードも使用頻度が高いと 思われる括弧を左端に設置し,プログラムのの終端に入 力することが予想される"="と";"を右端に設置した.

アルファベット

アルファベットの配置は通常のキーボードと同様に 配置した.

カーソル

数値計算プログラムの入力は履歴の取得や細かい編 集の頻度が多いのでカーソルキーを右下に配置した.

キー同士の間隔

タイプミスの発生を防ぐために,開発したキーボー ドはキーとキーの間にスペースを大き開けた.キー同 士の間にスペースを作ることで隣のキーを押してしま う事を減らすことができる.

開発したキーボードを Fig. 5 に示す. このソフトウェ アキーボードはタブレット等の7インチ以上のスマー ト端末ツールを使うことを想定して設計した.

記号の入力

Fig. 5 の "symbols" キーをタップすることで記号の 入力を行うことができる. 記号入力キーボードを Fig. 6 に示す.

ポップアップキーボードの実装

特定のキーを長押しすることでポップアップキーボー ドを出現できる構造に設計した."." キー や 括 弧 キーを長押しすることで特殊な演算子や括弧の入 力が行える. Fig. 7 に例を示す.

Numbers and symbols can be entered immediately Cursor is present

Fig. 5: Software Keyboard of MATX mobile



Fig. 6: Symbol input mode of MATX mobile

Long press of specific Key Appear pop up Keyboard



Fig. 7: Pop up Keyboard of MATX mobile

他の数値計算ツールのキーボードとの比較

2.1, 2.3 で紹介した数値計算ツール MATLAB moile と addi も MATX mobile と同様にツールごとに独自の ソフトウェアキーボードを搭載している.

この2つの数値計算ツールのソフトウェアキーボー ドと本研究で開発したソフトウェアキーボードを比較 する, Fig. 8 に MATLAB mobile のソフトウェアキー ボード, Fig. 9 に addi のソフトウェアキーボードを示す.



Fig. 8: Software Keyboard of MATLAB mobile

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
q	w	e	r	t	у	u		0	р
	1	s	d	f	g	h	j 📃 📃	k	1
Ŷ		z	x	c	v	b I	n r	n) K
5)	m							به	

Fig. 9: Software Keyboard of addi

MATLAB mobile のソフトウェアキーボードは本研 究同様,使用頻度の高い記号をキーボードの切り替えな しに入力できるレイアウトになっている.本研究との 相違としてはカーソルがなく,キー同士の間隔が狭いこ とが挙げられる.

● addi との比較

addiのソフトウェアキーボードは本研究との相違点 として,記号が配置されておらずキーボードの切り替え を行わなければならないこと.そしてカーソルがなく, キー同士の間隔が狭いことが挙げられる.

独立した設計

本研究で開発したソフトウェアキーボードは java 言語と xml ファイルで構築されており、数値計算ツール とは独立している.そのため容易に他の数値計算ツー ルや制御系 CAD に適応することができる.

3.2.2 入力補完機能

MATX には多くの内部関数が用意されている.しか し、ソフトウェアキーボードでは長い名前の関数や、一 度使用した名前の長い変数などをタイプするのに PC で 扱う物理キーボードでの入力に比べて効率が遅くなって しまう.その対策として入力途中の関数名や変数名を補 完できる入力補完機能を実装した.操作画面を Fig. 10 に示す.

iscomplex	isfinite	isinf
isDouble	isempty	
JMaTX [1] <u>is</u>		

Fig. 10: complement input

3.2.3 行列入力ダイアログ

行列をソフトウェアキーボードで入力しようと思う と成分の数が増すにつれタイプミスする可能性がある. その対策として,行列用の入力ダイアログを実装した. ダイアログは要素数を入力することで行列を UI を使用 して入力することができるようにしたものである.操 作画面を Fig. 11 に示す.



Fig. 11: Input Matrix Dialog

3.2.4 ジェスチャー操作機能

通常コンソールや CLI を PC で扱う場合は上の矢印 キーを押すことで入力履歴が閲覧できる場合が多い.し かし、ソフトウェアキーボードに搭載されている矢印 キーは物理キーボードに比べて小さくタッチミスがお おくなってしまう.そこで,スマート端末上ではジェ スチャーを用いて入力履歴の閲覧等よく利用する動作 をミスなく行える UI を実装した.操作画面を Fig. 12 に示す.



Fig. 12: Gesture operation function

4 例題

本研究で開発した数値計算ツールを Android 端末に インストールして性能評価を行った.

4.1 リカッチ方程式の解

リカッチ方程式

$$A^{T}P + PA - PBR^{-1}B^{T}P + Q = 0 (1)$$

の解 P の導出を用いて性能評価を行う.

以下にリカッチ方程式を MATX mobile を用いて解く スクリプトプログラムを示す.

```
計算プログラム
q0 = [1e6 1e3 1 1];
Q=vec2diag(q0);
R = [1];
A = [[0,0,1,0]
[0,0,0,1]
[0,-1.17e-1,-1.80e1,1.00e-3]
[0,-4.76e-1,8.80e1,-4.11e-1]];
B = [[0][0][1.27][-6.13]];
{F,P}=lqr(A,B,Q,R);
```

リカッチ方程式の解 P の結果を出力したところ PC で計算した結果と Android 端末で計算した結果が一致した.

4.2 Rumpの例題

本節では文献¹¹⁾で提案されている Rumpの問題の 解を導出し、スマート端末でも多倍長を PC と同様に 扱えることを示す. Rumpの例題は

$$a = 77617 \quad b = 33096$$

$$f = b^6 \times 333.75 + (a^2 \times (a^2 \times b^2 \times 11 - b^6(b^4 \times 121) - 2)) + (b^8 \times 5.5) + (a \div (b \times 2))$$

の値を求める問題である.解は

$$f = -\frac{54767}{66192} = -0.827396059\dots$$
 (2)

である.

この問題を MATLAB mobile, addi, MATX mobile で 計算すると以下の様な結果になる.

✓ Rump の問題実行結果 (MATLAB mobile) -

-1.1806e+21

- Rump の問題実行結果 (addi)

1.1806e+21

- Rump の問題実行結果 (MATX mobile) -

7.2769e+11

どのツールでも大きな誤差が発生する.

本研究では、この問題を多倍長演算パッケージを用いて多倍長精度の保証付きで解く事ができる。多倍長 精度の精度桁は10数で100桁として計算を行った。

この問題を多倍長精度で解くとスマート端末での結 果は以下のようになる.

-0.827396059946821368141165095479816

この値は(2)式にきわめて近い値になる.

4.3 計算時間比較

実行環境を Table 8 と Table 9 に示す.

Table 8: PC 実行環境

	環境
CPU	Intel(R) Core(TM)
	i5-2500K CPU @ 3.30GHz
メモリ	8.0GB
OS	Windows 7 Professional 64bit
Java VM	Java(TM) SE Runtime Environment
	(build $1.7.0_03-b05$)

Table 9: スマー	ト端末	実行環境
--------------	-----	------

	環境	
CPU	ITegra 2 1GHz	
メモリ	1024 MB	
OS	Android 3.2.1	

2 個の正方行列の積の計算時間の比較を Fig. 13 に 示す.



Fig. 13: Speed comparison of the product of matrix

結果からは速度はスマート端末のほうが PC を比べて 約 10 倍遅い結果となった.

5 おわりに

本研究では数値計算言語のエンジン JMATX を利用 してスマート端末で利用できる数値計算ツールを開発 した.この数値計算ツールにより時間と場所の制約に とらわれず制御系設計や数値計算を行うことのできる 環境を整えることができた.今後は、さらなる入力効 率の向上のために UI の評価を行いたい.また,使用出 来る関数や機能を増加を行い現場で制御系設計を行え る可能性を示していきたい.

参考文献

- 1) MathWorks. Matlab mobile home page. http://www.mathworks.co.jp/mobile/.
- 2) MathWorks. Mathworks home page. http://www.mathworks.co.jp/.
- 3) CORBIN CHAMPION. Octave4android github. https://github.com/corbinlc/octave4android.
- 4) John W. Eaton. Gnu octave home page. http://www.gnu.org/software/octave/.
- 5) CORBIN CHAMPION. addi home page. https://code.google.com/p/addi/.
- 6) mmin. handy calc home page. http://handycalc.wordpress.com/.
- 7) Vision Object. Myscript application support page. http://myscriptsupport.visionobjects.com/.
- 8) 松木毅. Java 数値計算パッケージの開発と制御系設計への応用. 九州工業大学 卒業論文, 2001.
- 9) 矢野健太郎,古賀雅伸. 精度保証付き数値計算に基づく制御系 解析.第50回自動制御連合講演会, pp. 1-2, 2007.
- 10) 杉永良太. 精度保証付き数値計算に対応した数値計算言語の開 発と制御系設計への応用. 九州工業大学 修士論文, 2011.
- 11) A. Laub P. Benner and V. Mehrmann. A Collection of Benchmark Examples for the Numerical Solution of Algebraic Riccati Equations I: Continuous-Time Case. Tech. Report SPC 95 22, Fak. f. Mathematik, TU Chemnitz-Zwichau, 09107 Chemnitz, FRG., 1995.