

NAG Fortran Library, Mark 24  
FLMI624DCL – License Managed  
Intel-based Mac, Mac OS X 64, Intel Fortran, Double Precision (ILP64)

## ユーザーノート

### 内容

1. イントロダクション .....	1
2. リリース後の最新情報 .....	1
3. 一般情報 .....	2
3.1. ライブラリのリンク方法 .....	3
3.1.1. C または C++ からライブラリを呼び出す場合 .....	5
3.2. インターフェースブロック .....	6
3.3. Example プログラム .....	7
3.4. Fortran 型と強調斜体文字の解釈 .....	8
3.5. NAG ルーチンからの出力 .....	9
4. ルーチン固有の情報 .....	10
5. ドキュメント .....	14
6. サポート .....	15
7. ユーザーフィードバック .....	16
追記 – コンタクト先情報 .....	16

## 1. イントロダクション

本ユーザーノートは NAG Fortran Library, Mark 24 : FLMI624DCL (ライブラリ) を使用される方向けのドキュメントです。本ユーザーノートには NAG Library Manual, Mark 24 (ライブラリマニュアル) に含まれない製品毎の情報が含まれます。ライブラリマニュアルに「ユーザーノート参照」などと書かれている場合は、本ユーザーノートをご参照ください。

ライブラリルーチンのご利用にあたり、以下のドキュメントを必ずお読みください。

- (a) Essential Introduction (ライブラリについての基本的なドキュメント)
- (b) Chapter Introduction (チャプター毎のドキュメント)
- (c) Routine Document (ルーチン毎のドキュメント)

本ライブラリはマルチスレッド環境でご利用いただけます（スレッドセーフです）。

## 2. リリース後の最新情報

本ライブラリの動作環境や利用方法についての最新の情報は、以下のウェブページをご確認ください。

<http://www.nag.co.uk/doc/inun/f124/mi6dcl/postrelease.html>

### 3. 一般情報

パフォーマンスの面からは、Intel ® Math Kernel Library (MKL) を利用するバージョンの NAG ライブラリ libnag\_mkl.a, libnag\_mkl.dylib のご利用を推奨します。もし本製品で提供される MKL とは異なるバージョンの MKL を用いて問題が生じる場合は、本製品で提供される MKL を用いるか、もしくは MKL を利用しないバージョンの NAG ライブラリ libnag\_nag.a, libnag\_nag.dylib をご利用ください。

複数のプロセッサまたはマルチコアチップを搭載したマシンでご利用になる場合は、環境変数 OMP\_NUM\_THREADS に、ご利用のスレッド数（プロセッサ／コア数）を指定することを推奨します。例えば、

C シェルの場合：

```
setenv OMP_NUM_THREADS 4
```

Bourne シェルの場合：

```
OMP_NUM_THREADS=4
export OMP_NUM_THREADS
```

これにより Intel MKL BLAS が複数のプロセッサ／コアを有効に利用するようになり、その結果、ライブラリの多くの部分でスピードアップが見込めます。

MKL を利用するバージョンの NAG ライブラリを使用している場合、MKL 11.0 から導入された Conditional Numerical Reproducibility を設定することによってパフォーマンスを向上させることができます。MKL ルーチンを最高のパフォーマンスで利用するには、プロセッサに対して適切に環境変数 MKL\_CBWR を設定するか、または、ライブラリルーチンを呼び出す前に mkl\_set\_cbwr\_branch 関数を呼び出してください。詳細については、以下のウェブページをご参照ください。

[http://software.intel.com/sites/products/documentation/doclib/mkl\\_sa/11/mkl\\_usageguide\\_lnx/index.htm#GUID-DCB010F6-DDBF-4A00-8BB3-049BEFDC2ED2.htm](http://software.intel.com/sites/products/documentation/doclib/mkl_sa/11/mkl_usageguide_lnx/index.htm#GUID-DCB010F6-DDBF-4A00-8BB3-049BEFDC2ED2.htm)

本ライブラリは MKL 10.3 よりも古いバージョンとは互換性がありません。

### 3.1. ライブラリのリンク方法

本セクションでは [INSTALL\_DIR] に本ライブラリがインストールされていることが前提となります。

デフォルトの [INSTALL\_DIR] は /opt/NAG/f1mi624dcl となります。  
また、インストール時に [INSTALL\_DIR] を指定することもできます。

- /opt/NAG/f1mi624dcl が在れば、これが [INSTALL\_DIR] になります。
- または、インストール時に指定したインストール先が [INSTALL\_DIR] になります。

MKL を利用するバージョンの NAG ライブラリを利用する場合は、以下のようにリンクを行ってください。（ここで driver.f90 がユーザープログラムです。）

スタティックライブラリを利用する場合：

```
ifort -i8 -I[INSTALL_DIR]/nag_interface_blocks driver.f90 \
[INSTALL_DIR]/lib/libnag_mkl.a \
[INSTALL_DIR]/mkl_intel64/libmkl_intel_ilp64.a \
[INSTALL_DIR]/mkl_intel64/libmkl_intel_thread.a \
[INSTALL_DIR]/mkl_intel64/libmkl_core.a -liomp5 -lpthread \
-framework IOKit -framework CoreFoundation
```

共有ライブラリを利用する場合：

```
ifort -i8 -I[INSTALL_DIR]/nag_interface_blocks driver.f90 \
[INSTALL_DIR]/lib/libnag_mkl.dylib -lifcore \
-L[INSTALL_DIR]/mkl_intel64 -lmkl_intel_ilp64 \
-lmkl_intel_thread -lmkl_core -liomp5 -lpthread \
-framework IOKit -framework CoreFoundation
```

MKL を利用しないバージョンの NAG ライブラリを利用する場合は、以下のようにリンクを行ってください。（ここで driver.f90 がユーザープログラムです。）

スタティックライブラリを利用する場合 :

```
ifort -i8 -I[INSTALL_DIR]/nag_interface_blocks driver.f90 \
[INSTALL_DIR]/lib/libnag_nag.a -lpthread \
-framework IOKit -framework CoreFoundation
```

共有ライブラリを利用する場合 :

```
ifort -i8 -I[INSTALL_DIR]/nag_interface_blocks driver.f90 \
[INSTALL_DIR]/lib/libnag_nag.dylib -lifcore -lpthread \
-framework IOKit -framework CoreFoundation
```

共有ライブラリを利用する場合には、環境変数 DYLD\_LIBRARY\_PATH を正しく設定し、実行時のリンクが行えるようにしてください。

C シェルの場合 :

```
setenv DYLD_LIBRARY_PATH [INSTALL_DIR]/lib:[INSTALL_DIR]/mkl_intel64
```

または、既存の設定がある場合には次のように拡張します。

```
setenv DYLD_LIBRARY_PATH \
[INSTALL_DIR]/lib:[INSTALL_DIR]/mkl_intel64:${DYLD_LIBRARY_PATH}
```

Bourne シェルの場合 :

```
DYLD_LIBRARY_PATH=[INSTALL_DIR]/lib:[INSTALL_DIR]/mkl_intel64
export DYLD_LIBRARY_PATH
```

または、既存の設定がある場合には次のように拡張します。

```
DYLD_LIBRARY_PATH=\
[INSTALL_DIR]/lib:[INSTALL_DIR]/mkl_intel64:${DYLD_LIBRARY_PATH}
export DYLD_LIBRARY_PATH
```

注意：

ご利用の環境に依っては、 その他のパスも DYLD\_LIBRARY\_PATH に設定する必要があるかもしれません。 (例えば、より新しいバージョンのコンパイラでは、コンパイラの実行時ライブラリのパスが必要となるかもしれません。)

注意：

異なるコンパイラを使用している場合は、ディレクトリ [INSTALL\_DIR]/rtl に提供される Intel ifort コンパイラの実行時ライブラリをリンクする必要があるかもしれません。

### 3.1.1. C または C++ からライブラリを呼び出す場合

本ライブラリは C または C++ 環境からもご利用いただけます。

ご利用の支援として Fortran と C の間の型マッピング情報を持った C/C++ ヘッダーファイル [INSTALL\_DIR]/c\_headers/nagmk24.h が提供されます。ヘッダーファイルから必要な部分だけを (ファイルの先頭にある #defines なども忘れずに) 自身のプログラムにコピー&ペーストするか、もしくはヘッダーファイルを単純にインクルードしてご利用ください。

C または C++ から NAG Fortran Library を呼び出す際のアドバイスは、ドキュメント [INSTALL\_DIR]/c\_headers/techdoc.html をご参照ください。

### 3.2. インターフェースブロック

NAG Fortran Library インターフェースブロック（引用仕様宣言）はライブラリルーチンの型と引数を定義します。Fortran プログラムからライブラリルーチンを呼び出す際に必ず必要という性質のものではありませんが（ただし本製品で提供される Example を利用する際には必要となります），これを用いることでライブラリルーチンが正しく呼び出されているかどうかのチェックを Fortran コンパイラに任せることができます。具体的にはコンパイラが以下のチェックを行うことを可能とします。

- (a) サブルーチン呼び出しの整合性
- (b) 関数宣言の型
- (c) 引数の数
- (d) 引数の型

NAG Fortran Library インターフェースブロックファイルはチャプター毎のモジュールとして提供されますが、これらをまとめて一つにしたモジュールが提供されます。

#### `nag_library`

モジュールファイルはプリコンパイルされた形式（.mod ファイル）で提供されます。コンパイル時に -I"pathname" オプションを用いて、モジュールファイルが置かれているディレクトリのパス（[INSTALL\_DIR]/nag\_interface\_blocks）を指定してください。

提供されるモジュールファイル（.mod ファイル）は、インストールノートの「2.1. 動作環境」に記載されているコンパイラを用いて生成されています。モジュールファイルはコンパイラ依存のファイルであるため、ご利用のコンパイラと互換性がない場合は、ご利用のコンパイラでモジュールファイルを生成する必要があります。（自身のプログラムでインターフェースブロックをご利用にならなければ、この必要はありません。ただし、Example プログラムはインターフェースブロックを利用しますので、Example プログラムをご利用になる場合は必要です。）

更なる情報は、以下のウェブページ（リリース後の最新情報）をご確認ください。

<http://www.nag.co.uk/doc/inun/f124/m6dc1/postrelease.html>

### 3.3. Example プログラム

提供される Example 結果は、インストールノートの「2.2. 開発環境」に記載されている環境で生成されています。Example プログラムの実行結果は、異なる環境下（例えば、異なる Fortran コンパイラ、異なるコンパイラライブラリ、異なる BLAS または LAPACK ルーチンなど）で若干異なる場合があります。そのような違いが顕著な計算結果としては、固有ベクトル（スカラー（多くの場合 -1）倍の違い）、反復回数や関数評価、残差（その他マシン精度と同じくらい小さい量）などがあげられます。

提供される Example 結果は NAG スタティックライブラリ libnag\_mkl.a (MKL 提供の BLAS / LAPACK ルーチンを使用) を用いて算出されています。

Example プログラムは本ライブラリが想定する動作環境に適した状態で提供されます。そのため、ライブラリマニュアルに記載／提供されている Example プログラムに比べて、その内容が若干異なる場合があります。

[INSTALL\_DIR]/scripts には nag\_example\_mkl, nag\_example\_shar\_mkl, nag\_example, nag\_example\_shar の 4 つのスクリプトが提供されます。

これらのスクリプトを用いて Example プログラムを簡単に利用することができます。

- nag\_example\_mkl  
NAG スタティックライブラリ libnag\_mkl.a および本製品で提供される MKL ライブラリをリンクします。
- nag\_example\_shar\_mkl  
NAG 共有ライブラリ libnag\_mkl.dylib および本製品で提供される MKL ライブラリをリンクします。
- nag\_example  
NAG スタティックライブラリ libnag\_nag.a をリンクします。
- nag\_example\_shar  
NAG 共有ライブラリ libnag\_nag.dylib をリンクします。

これらのスクリプトは、Example プログラムのソースファイル（必要に応じて、データファイル、オプションファイルその他）をカレントディレクトリにコピーして、コンパイル／リンク／実行を行います。

ご利用の NAG ライブラリルーチンの名前をスクリプトの引数に指定してください.

例)

```
nag_example_mkl e04nrf
```

この例では, e04nrf.f (ソースファイル), e04nrf.d (データファイル), e04nrf.e.opt (オプションファイル) をカレントディレクトリにコピーして, コンパイル／リンク／実行を行い e04nrf.e.r (結果ファイル) を生成します.

### 3.4. Fortran 型と強調斜体文字の解釈

本ライブラリは 64-bit 整数を使用します.

ライブラリとライブラリマニュアルでは浮動小数点変数を以下のようにパラメーター化された型を用いて記述しています.

```
REAL (KIND=nag_wp)
```

ここで nag\_wp は Fortran の種別パラメーターを表しています.

nag\_wp の値は製品毎に異なり, その値は nag\_library モジュールに定義されています.

これに加え, いくつかのルーチンで以下の型が使用されます.

```
REAL (KIND=nag_rp)
```

これらの型の使用例については各種 Example プログラムをご参照ください.

本ライブラリでは, これらの型は次のような意味を持っています.

REAL (kind=nag\_rp) – REAL (单精度実数)

REAL (kind=nag\_wp) – DOUBLE PRECISION

COMPLEX (kind=nag\_rp) – COMPLEX (单精度複素数)

COMPLEX (kind=nag\_wp) – 倍精度複素数 (例えば COMPLEX\*16)

上記に加え, ライブラリマニュアルでは強調斜体文字を用いていくつかの用語を表現しています.

一つ重要なものは *machine precision* という表現で、これは DOUBLE PRECISION 浮動小数が計算機内で格納されている相対精度を意味します。例えば 10 進で約 16 衔の実装であれば *machine precision* は 1.0D-16 に近い値を持ちます。

*machine precision* の正確な値はルーチン X02AJF を使って確認できます。

チャプター X02 のその他のルーチンを使うと、オーバーフロー用の閾値や表現可能な最大整数といった実装異存の定数値を求めるすることができます。

詳細については X02 Chapter Introduction をご参照ください。

*block size* という表現はチャプター F07 と F08 で用いられます。これは、ブロックアルゴリズムで用いられるブロックサイズを表すものです。用意すべき作業エリアの量に影響が及ぶ場合にのみ、この値に留意する必要があります。関係する Routine Document と Chapter Introduction に記述されているパラメーター WORK と LWORK についてご参照ください。

### 3.5. NAG ルーチンからの出力

いくつかのルーチンはエラーメッセージやアドバイスマッセージを出力します。出力装置番号は X04AAF (エラーメッセージの場合) または X04ABF (アドバイスマッセージの場合) で再設定することができます。デフォルト値は「4. ルーチン固有の情報」をご参照ください。

## 4. ルーチン固有の情報

本ライブラリルーチン固有の情報を（チャプター毎に）以下に示します。

### a. F06, F07, F08, F16

チャプター F06, F07, F08, F16 においては BLAS/LAPACK 由来のルーチンに対して別個のルーチン名が用意されています。

これらのルーチン名については、関係する Chapter Introduction をご参照ください。

パフォーマンスの面からは、NAG スタイルの名前よりも BLAS/LAPACK スタイルの名前でルーチンを使用してください。

多くの LAPACK ルーチンは “workspace query” メカニズムを利用します。ルーチン呼び出し側にどれだけのワークスペースが必要であるかを問い合わせるメカニズムですが、NAG 提供の LAPACK と MKL 提供の LAPACK ではこのワークスペースサイズが異なる場合がありますので注意してください。

libnag\_mkl.a, libnag\_mkl.dylib では、ベンダー提供の BLAS/LAPACK の問題を回避するために、以下の BLAS/LAPACK ルーチンについては NAG 提供のものが含まれています（呼び出されます）。

```
DGERFS      ZTRSEN      DSGESV (only for libnag_mkl.a)  
DBDSDC (only for libnag_mkl.a)
```

### b. G02

このチャプターで出てくる ACC の値（マシン依存の定数）は 1.0D-13 です。

### c. S07 – S21

これらのチャプターの関数の動作は、ライブラリ実装毎に異なります。

一般的な詳細はライブラリマニュアルをご参照ください。

本ライブラリ固有の値を以下に示します。

S07AAF F\_1 = 1.0E+13

F\_2 = 1.0E-14

S10AAF E\_1 = 1.8715E+1

S10ABF E\_1 = 7.080E+2

S10ACF E\_1 = 7.080E+2

S13AAF x\_hi = 7.083E+2

S13ACF x\_hi = 1.0E+16

S13ADF x\_hi = 1.0E+17

S14AAF IFAIL = 1 if  $X > 1.70E+2$

IFAIL = 2 if  $X < -1.70E+2$

IFAIL = 3 if  $\text{abs}(X) < 2.23E-308$

S14ABF IFAIL = 2 if  $X > x_{\text{big}} = 2.55E+305$

S15ADF x\_hi = 2.65E+1

S15AEF x\_hi = 2.65E+1

S15AGF IFAIL = 1 if  $X \geq 2.53E+307$

IFAIL = 2 if  $4.74E+7 \leq X < 2.53E+307$

IFAIL = 3 if  $X < -2.66E+1$

S17ACF IFAIL = 1 if  $X > 1.0E+16$

S17ADF IFAIL = 1 if  $X > 1.0E+16$

IFAIL = 3 if  $0 < X \leq 2.23E-308$

S17AEF IFAIL = 1 if  $\text{abs}(X) > 1.0E+16$

S17AFF IFAIL = 1 if  $\text{abs}(X) > 1.0E+16$

S17AGF IFAIL = 1 if  $X > 1.038E+2$

IFAIL = 2 if  $X < -5.7E+10$

S17AHF IFAIL = 1 if  $X > 1.041E+2$

IFAIL = 2 if  $X < -5.7E+10$

S17AJF IFAIL = 1 if  $X > 1.041E+2$

IFAIL = 2 if  $X < -1.9E+9$

S17AKF IFAIL = 1 if  $X > 1.041E+2$

IFAIL = 2 if  $X < -1.9E+9$

S17DCF IFAIL = 2 if  $\text{abs}(Z) < 3.92223E-305$

```

IFAIL = 4 if abs(Z) or FNU+N-1 > 3.27679E+4
IFAIL = 5 if abs(Z) or FNU+N-1 > 1.07374E+9
S17DEF IFAIL = 2 if AIMAG(Z) > 7.00921E+2
IFAIL = 3 if abs(Z) or FNU+N-1 > 3.27679E+4
IFAIL = 4 if abs(Z) or FNU+N-1 > 1.07374E+9
S17DGF IFAIL = 3 if abs(Z) > 1.02399E+3
IFAIL = 4 if abs(Z) > 1.04857E+6
S17DHF IFAIL = 3 if abs(Z) > 1.02399E+3
IFAIL = 4 if abs(Z) > 1.04857E+6
S17DLF IFAIL = 2 if abs(Z) < 3.92223E-305
IFAIL = 4 if abs(Z) or FNU+N-1 > 3.27679E+4
IFAIL = 5 if abs(Z) or FNU+N-1 > 1.07374E+9

S18ADF IFAIL = 2 if 0 < X <= 2.23E-308
S18AEF IFAIL = 1 if abs(X) > 7.116E+2
S18AFF IFAIL = 1 if abs(X) > 7.116E+2
S18DCF IFAIL = 2 if abs(Z) < 3.92223E-305
IFAIL = 4 if abs(Z) or FNU+N-1 > 3.27679E+4
IFAIL = 5 if abs(Z) or FNU+N-1 > 1.07374E+9
S18DEF IFAIL = 2 if REAL(Z) > 7.00921E+2
IFAIL = 3 if abs(Z) or FNU+N-1 > 3.27679E+4
IFAIL = 4 if abs(Z) or FNU+N-1 > 1.07374E+9

S19AAF IFAIL = 1 if abs(X) >= 5.04818E+1
S19ABF IFAIL = 1 if abs(X) >= 5.04818E+1
S19ACF IFAIL = 1 if X > 9.9726E+2
S19ADF IFAIL = 1 if X > 9.9726E+2

S21BCF IFAIL = 3 if an argument < 1.583E-205
IFAIL = 4 if an argument >= 3.765E+202
S21BDF IFAIL = 3 if an argument < 2.813E-103
IFAIL = 4 if an argument >= 1.407E+102

```

d. X01

数学定数は以下のとおりです.

X01AAF (pi) = 3.1415926535897932

X01ABF (gamma) = 0.5772156649015328

e. X02

マシン定数は以下のとおりです.

浮動小数点演算の基本的なパラメーター :

X02BHF = 2

X02BJF = 53

X02BKF = -1021

X02BLF = 1024

浮動小数点演算の派生的なパラメーター :

X02AJF = 1.11022302462516E-16

X02AKF = 2.22507385850721E-308

X02ALF = 1.79769313486231E+308

X02AMF = 2.22507385850721E-308

X02ANF = 2.22507385850721E-308

コンピューター環境のその他のパラメーター :

X02AHF = 1.42724769270596E+45

X02BBF = 9223372036854775807

X02BEF = 15

f. X04

エラーメッセージおよびアドバイスマッセージのデフォルトの出力先装置番号は 6 番となります.

## 5. ドキュメント

ライブラリマニュアルは本製品の一部として提供されます。  
また NAG のウェブサイトからダウンロードすることもできます。  
ライブラリマニュアルの最新版は以下のウェブサイトをご参照ください。

<http://www.nag.co.uk/numer ic/FL/FLdocumentation.asp>

ライブラリマニュアルは以下の形式で提供されます。

- HTML5 – HTML／MathML マニュアル（各ドキュメントの PDF 版へのリンクを含む）
- PDF – PDF マニュアル（PDF のしおり、または HTML 目次ファイルから閲覧する）

これらの形式に対して、以下の目次ファイルが提供されます。

nagdoc\_f124/html/FRONTMATTER/manconts.html  
nagdoc\_f124/pdf/FRONTMATTER/manconts.pdf  
nagdoc\_f124/pdf/FRONTMATTER/manconts.html

また、便利のために、これらの目次ファイルへのリンクをまとめたマスター目次ファイルが提供されます。

nagdoc\_f124/index.html

各形式の閲覧方法および操作方法については Online Documentation をご参照ください。

加えて、以下のドキュメントが提供されます。

- in.html – インストールノート（英語版）
- un.html – ユーザーノート（英語版）

## 6. サポート

### (a) ご質問等

保守サービスにご加入いただいているお客様は、  
電子メールにて「日本 NAG ヘルプデスク」までお問い合わせください。  
その際、ご利用の製品の製品コード（FLMI624DCL）および保守 ID をご明記いただきます  
ようお願い致します。ご返答は、平日 9:30～12:00, 13:00～17:30 に行わせていただきます。  
何卒よろしくお願い致します。

#### 日本 NAG ヘルプデスク

email: [naghelp@nag-j.co.jp](mailto:naghelp@nag-j.co.jp)

### (b) NAG のウェブサイト

NAG のウェブサイトでは製品およびサービスに関する情報を定期的に更新しています。

<http://www.nag-j.co.jp/> (日本)

<http://www.nag.co.uk/> (英国本社)

<http://www.nag.com/> (米国)

## 7. ユーザーフィードバック

NAG ではユーザー様からのフィードバックをバージョンアップなどに活かして行きたいと考えています。フィードバックにご協力いただける場合は、下記のコンタクト先にご連絡ください。

### コンタクト先情報

日本ニューメリカルアルゴリズムズグループ株式会社

(略称：日本 NAG)

〒104-0032

東京都中央区八丁堀 4-9-9 八丁堀フロンティアビル 2F

email: [sales@nag-j.co.jp](mailto:sales@nag-j.co.jp)

Tel: 03-5542-6311

Fax: 03-5542-6312

※ 日本ニューメリカルアルゴリズムズグループ株式会社から提供されるサービス内容は  
(お問い合わせ先など) 日本国内ユーザー様向けに独自のものとなっています。