

High Performance Fortran
言語仕様書

High Performance Fortran Forum

January 31, 1997

Version 2.0

日本語訳第 1.0 版

1998 年 5 月 21 日

The High Performance Fortran Forum (HPFF), with participation from over 40 organizations, met from March 1992 to March 1993 to define a set of extensions to Fortran called High Performance Fortran (HPF). Our goal was to address the problems of writing data parallel programs for architectures where the distribution of data impacts performance. While we hope that the HPF extensions will become widely available, HPFF is not sanctioned or supported by any official standards organization. The HPFF had a second series of meetings from April 1994 to October 1994 to consider requests for corrections, clarifications, and interpretations to the Version 1.0 HPF document and also to develop user requirements for possible future changes to HPF. A third set of meetings took place From January 1995 through December 1996 to incorporate features recommended to meet user needs identified in the 1994 meetings.

This document contains all the technical features proposed for the version of the language known as HPF Version 2.0. This copy of the draft was processed by L^AT_EX on May 25, 1998.

HPFF encourages requests for interpretation of this document, and comments on the language defined here. We will give our best effort to answering interpretation questions, and general comments will be considered in future HPFF language specifications.

Please send interpretation requests to `hpff-interpret@cs.rice.edu`. Your request is archived and forwarded to a group of HPFF committee members who attempt to respond to it.

The text of interpretation requests becomes the property of Rice University.

© 1994, 1995, 1996, 1997 Rice University, Houston, Texas. Permission to copy without fee all or part of this material is granted, provided that the Rice University copyright notice and the title of this document appear, and notice is given that copying is by permission of Rice University.

© 1996, 1997, 1998 Fujitsu Limited, Hitachi, Ltd., and NEC Corporation, Japan.

日本語訳への注意書

1. 本マニュアルは、財団法人高度情報科学技術研究機構、三好副理事長の発案により組織された、HPF(High Performance Fortran)に関わる日本国内メーカ3社のコンパイラ開発者およびアプリケーション研究者・開発者から構成されるJAHPF (Japan Association for HPF)の発意により作成された、HPF Version2.0の日本語訳である。
2. 本マニュアルは、富士通株式会社・株式会社日立製作所・日本電気株式会社の共同著作物である。
3. 本マニュアルは、原文がRice大学のCopyrightであり、日本語訳にも適用される。
4. 本マニュアルの複製、配布は、本著作権表示を含む限り自由である。ただし、商用で利益が発生する場合は、事前に上記3社との協議を必要とする。

目次

第 I 部	序論	1
第 1 章	概要	3
1.1	High Performance Fortran の目的と適用範囲	3
1.2	HPF 言語モデル	4
1.2.1	データマッピング指示文	5
1.3	HPF 2.0 言語機能の概要	7
1.3.1	HPF 2.0 言語機能	7
1.3.2	HPF 2.0 公認拡張仕様	8
1.4	HPF 1.1 からの変更点	10
1.4.1	言語の分割	10
1.4.2	Fortran 規格に採用された機能	11
1.4.3	HPF 2.0 で除去または制約された機能	11
1.4.4	公認拡張仕様に移された機能	11
1.4.5	HPF 2.0 の新機能	11
1.4.6	新公認拡張仕様	11
1.4.7	外部機関で保持される認知された HPF 外来仕様	12
第 2 章	記述法と構文	13
2.1	記述法	13
2.2	指示文の構文	14
第 II 部	High Performance Fortran 言語	17
第 3 章	データマッピング	19
3.1	モデル	19
3.2	データ整列とデータ分散指示文の構文	21
3.3	DISTRIBUTE 指示文	23
3.4	ALIGN 指示文	29
3.5	割付け配列とポインタ	36
3.6	PROCESSORS 指示文	38
3.7	TEMPLATE 指示文	41
3.8	記憶列結合と順序結合	43
3.8.1	記憶列結合	43

3.8.2	SEQUENCE 指示文	45
第 4 章	副プログラム境界でのデータマッピング	47
4.1	はじめに	47
4.2	どのような再マッピングが必要とされ、誰がそれを行なうのか	49
4.3	分散とプロセッサ構成	50
4.3.1	例	50
4.3.2	省略時の解釈	51
4.4	整列	52
4.4.1	仮引数のテンプレート	52
4.4.2	INHERIT 指示文	52
4.4.3	記述的な ALIGN 指示文	55
4.5	マッピングの集合における同値関係と半順序	57
4.6	明示的引用仕様を省略するための条件	59
4.7	手続の特性	60
4.8	引数の受け渡しと順序結合	61
4.8.1	順序結合規則	61
4.8.2	順序結合についての説明	61
4.8.3	順序結合の例	62
第 5 章	INDEPENDENT 指示文及び関連の指示文	63
5.1	INDEPENDENT 指示文	64
5.1.1	INDEPENDENT 指示文の視覚化	69
5.1.2	NEW 変数	71
5.1.3	REDUCTION 変数と REDUCTION 文	73
5.1.4	集計の実装と意味論	75
5.2	INDEPENDENT の進んだ例	78
第 6 章	外来プログラム単位	81
6.1	概要	81
6.2	外来プログラム単位の宣言	82
6.2.1	FUNCTION 文及び SUBROUTINE 文	82
6.2.2	PROGRAM 文、MODULE 文、及び BLOCK DATA 文	83
6.2.3	外来プレフィックス	83
6.3	HPF 外来副プログラムの呼出し	86
6.3.1	型、手続、データに対するアクセス	86
6.3.2	呼出しの効果	87
6.4	外來手続の例	89
第 7 章	組込み手続とライブラリ手続	91
7.1	表記法	91
7.2	システム問合せ組込み関数	91
7.3	計算組込み関数	92

7.4	ライブラリ手続	92
7.4.1	マッピング問合せサブルーチン	92
7.4.2	ビット操作関数	93
7.4.3	配列集計関数	93
7.4.4	配列集計拡散関数	93
7.4.5	配列累計関数	95
7.4.6	配列ソート関数	100
7.5	組込み手続とライブラリ手続の総称名	100
7.5.1	システム 問合せ組込み関数	100
7.5.2	マッピング問合せサブルーチン	100
7.5.3	ビット操作関数	100
7.5.4	配列集計関数	101
7.5.5	配列集計拡散関数	101
7.5.6	配列累計関数	101
7.5.7	配列ソート関数	103
7.6	組込み手続の仕様	103
7.7	ライブラリ手続の仕様	104

第 III 部 HPF 公認拡張仕様 143

第 8 章 データマッピングの公認拡張仕様 145

8.1	拡張されたモデル	145
8.2	拡張データマッピング指示文の属性形式の構文	146
8.3	REDISTRIBUTE 指示文	147
8.4	REALIGN 指示文	148
8.5	DYNAMIC 指示文	148
8.6	再マッピングと副プログラム・インタフェース	150
8.7	部分プロセッサへのマッピング	151
8.8	ポインタ	153
8.8.1	マップされたポインタ	153
8.8.2	ポインタと副プログラム	155
8.8.3	ポインタや指示先に関する制限事項	156
8.9	構造体成分のマッピング	157
8.10	新しい分散形式	162
8.11	RANGE 指示文	165
8.12	SHADOW 指示文	167
8.13	マッピングの集合における同値と半順序	168
8.14	明示的引用仕様を省略できる条件	169
8.15	手続の特性	170

第 9 章	データとタスク並列に対する公認拡張	171
9.1	活動プロセッサ集合	171
9.1.1	SUBSET 指示文	173
9.1.2	局所的な実体と仮引数のマッピング	174
9.1.3	活動プロセッサに関する他の制限	175
9.2	ON 指示文	178
9.2.1	ON 指示文の文法	178
9.2.2	ON 指示文の意味	180
9.2.3	ON 指示文の例	184
9.2.4	副プログラムの実行に対する ON 指示文	190
9.3	RESIDENT 節、指示文、構文	195
9.3.1	RESIDENT 節の例	200
9.3.2	RESIDENT 指示文の手続引用への適用	203
9.4	TASK_REGION 構文	206
9.4.1	TASK_REGION 構造の文法	206
9.4.2	TASK_REGION 構文の意味	206
9.4.3	実行モデルと使用法	207
9.4.4	実装	208
9.4.5	例: 2-D FFT	209
第 10 章	非同期入出力に関する公認拡張	213
10.1	WAIT 文	215
第 11 章	HPF 外来機能に関する公認拡張	217
11.1	様々な外来モデル: ローカルモデルとシリアルモデル	217
11.1.1	ローカルモデル	218
11.1.2	シリアルモデル	220
11.2	外来言語との結合仕様	221
11.2.1	引数の制御	221
11.3	HPF 言語との結合仕様	224
11.3.1	HPF_LOCAL に関する特記事項	224
11.3.2	引数の結合	225
11.3.3	HPF_SERIAL に関する特記事項	227
11.4	C 言語との結合仕様	229
11.4.1	C 言語で定義された手続に対する引用仕様	229
11.4.2	C 言語に対するデータ型変換の仕様	230
11.5	Fortran 言語との結合仕様	234
11.6	Fortran 77 言語との結合仕様	234
11.6.1	F77_LOCAL に関する特記事項	235
11.6.2	F77_LOCAL 手続への引数の渡し方	235
11.6.3	F77_LOCAL 手続のプログラミング例	237
11.7	外来手続のためのライブラリ	242
11.7.1	ローカル HPF 手続のためのライブラリ	242

11.7.2 シリアル外来種別からのライブラリ引用	251
第 12 章 HPF 組込み手順とライブラリ手順の公認拡張	253
12.1 拡張組込み手続きの仕様	254
12.2 拡張ライブラリ手続きの仕様	256
第 IV 部 附属書	265
附属書 A 構文規則	267
A.2 記述法と構文	267
A.2.2 指示文の構文	267
A.3 データマッピング	268
A.3.2 データ整列とデータ分散指示文の構文	268
A.3.3 DISTRIBUTE 指示文	269
A.3.4 ALIGN 指示文	270
A.3.6 PROCESSORS 指示文	272
A.3.7 TEMPLATE 指示文	272
A.3.8 記憶列結合と順序結合	272
A.4 副プログラム境界でのデータマッピング	272
A.4.4 整列	272
A.5 INDEPENDENT 指示文及び関連の指示文	272
A.5.1 INDEPENDENT 指示文	272
A.6 外来プログラム単位	274
A.6.2 外来プログラム単位の宣言	274
A.8 データマッピングの公認拡張仕様	277
A.8.2 拡張データマッピング指示文の属性形式の構文	277
A.8.3 REDISTRIBUTE 指示文	277
A.8.4 REALIGN 指示文	278
A.8.5 DYNAMIC 指示文	278
A.8.7 部分プロセッサへのマッピング	278
A.8.9 構造体成分のマッピング	279
A.8.10 新しい分散形式	280
A.8.11 RANGE 指示文	281
A.8.12 SHADOW 指示文	281
A.9 データとタスク並列に対する公認拡張	282
A.9.1 活動プロセッサ集合	282
A.9.2 ON 指示文	282
A.9.3 RESIDENT 節、指示文、構文	282
A.9.4 TASK_REGION 構文	283
A.10 非同期入出力に関する公認拡張	283
A.10.1 WAIT 文	283
A.11 HPF 外来機能に関する公認拡張	284

A.11.2	外来言語との結合仕様	284
附属書 B	構文記号の索引	285
B.1	構文規則の左辺に現れる非終端記号	285
B.2	構文規則の左辺に現れない非終端記号	289
B.3	終端記号	290
附属書 C	HPF 1.1 Subset	293
C.1	Fortran 90 Features in the HPF 1.1 Subset	293
C.2	HPF 1.1 Directives and Language Extensions in the HPF 1.1 Subset . . .	295
附属書 D	Previous HPFF Acknowledgments	297
D.1	HPFF Acknowledgments	297
D.2	HPFF94 Acknowledgments	300
附属書 E	Policy and Mechanism for Recognized Extrinsic Interfaces	305
E.1	Extrinsic Policy	305
E.2	Extrinsic Interface Mechanism	306
附属書 F	HPF_CRAFT	307
F.1	Introduction	307
F.2	Examples of Use	308
F.3	External Interface	311
F.4	Execution Model	312
F.5	HPF_CRAFT Functional Summary	312
F.5.1	Data Mapping Features	313
F.5.2	Subprogram Interfaces	313
F.5.3	The INDEPENDENT Directive	314
F.5.4	The ON Clause	314
F.5.5	Array Syntax	315
F.5.6	Treatment of FORALL and WHERE Statements	316
F.5.7	Synchronization Primitives	316
F.5.8	Barrier Removal	317
F.5.9	Serial Regions	317
F.5.10	Libraries	318
F.5.11	Parallel Inquiry Intrinsic	318
F.5.12	Task Identity	318
F.5.13	Parallelism Specification Directives	318
F.5.14	The SYMMETRIC Directive	319
F.5.15	The RESIDENT Directive	319
F.5.16	The ATOMIC UPDATE Directive	319
F.5.17	The GEOMETRY Directive	320

附属書 G	The FORTRAN 77 Local Library	321
G.1	Introduction	321
G.2	Summary	322
G.3	Global HPF Subgrid Inquiry Routine	323
	G.3.1 Subgrid Inquiries Involving Embedding Arrays	325
G.4	Local FORTRAN 77 Inquiry Routines	325
G.5	Programming Example Using HPF_SUBGRID_INFO	331
	G.5.1 HPF Caller	331
	G.5.2 FORTRAN 77 Callee	332
G.6	Programming Example Using F77-Callable Inquiry Subroutines	333
	G.6.1 HPF Caller	333
	G.6.2 FORTRAN 77 Callee	334

Acknowledgments

本ドキュメントは、富士通株式会社、株式会社日立製作所、日本電気株式会社の有志によって High Performance Fortran 2.0 言語仕様 (HPF2.0) を和訳したものである。和訳の作業は JAHPF (Japan Association for High Performance Fortran) の活動の一環として行なわれた。

HPF2.0 は、High Performance Fortran Forum (HPFF) にてまとめられた仕様であり、種々の並列計算機上で共通して利用可能な、並列処理のための言語仕様である。主に分散メモリ型のシステム上で簡潔に効率の良い並列処理を記述することを目的として設計されている。

JAHPF は、HPF 言語の実用性の向上および普及を目的として 1997 年に結成された検討会であり、40 人を超える日本の高性能コンピューティング専門家のグループで、主にスーパーコンピュータユーザおよびコンパイラベンダから構成される。

HPF2.0 の和訳作業の担当者は以下の通りである (敬称略)。

- 岡田 信、岩下英俊、末安 直樹 (富士通株式会社)
- 小林篤、根岸清、西谷康仁、太田寛 (株式会社日立製作所)
- 林康晴、末広謙二、村井均、妹尾義樹 (日本電気株式会社)

和訳に際しては、技術用語の訳語の選定と、それらの訳文への統一的な適用に細心の注意が払われた。訳語の選定は、JAHPF WG1 のメンバにより行なわれた。また、JAHPF の会員諸氏には、訳文のチェックを始めとして、本ドキュメントの品質向上に種々の助力をいただいた。この場を借りてお礼申し上げる。

最後に、JAHPF の活動や、本ドキュメントの作成に際し、広範に渡りご支援をいただいた (財) 高度情報科学技術研究機構 (RIST) に謝意を表す。特に、RIST の秦万美子、高橋由香のお二人には会議開催のサポートなど、いろいろとお世話をいただいた。

以下に本ドキュメントの元となった HPF2.0 仕様書の Acknowledgement をそのまま添付する。

The High Performance Fortran Forum (HPFF) is a coalition of industrial and academic groups working to suggest a set of standard extensions to Fortran that provide support for high performance programming on a wide variety of machines, including massively parallel SIMD and MIMD systems and vector processors. From its beginning, HPFF has included most vendors delivering parallel machines, a number of government laboratories, and university research groups. Public input has been encouraged. This document defining HPF 2.0 is the third in a series of documents resulting from the HPFF. HPF 2.0 is intended to be a language portable from workstations to massively parallel supercomputers while being able to express the algorithms needed to achieve high performance on specific architectures. HPF 2.0 builds on the efforts of the previous HPFF meetings, primarily in 1992 and 1994.

Specific acknowledgments for the many people who contributed to the previous versions of HPF are included in Annex D.

HPFF 2 Acknowledgments

The HPF 2.0 version of the document was prepared during series of meetings in 1995–1996. A number of people shared technical responsibilities for the activities of these meetings:

- Ken Kennedy, Convener and Meeting Chair;
- Mary Zosel, Executive Director;
- Rob Schreiber, Organizer for Control Subgroup;
- Piyush Mehrotra and Guy Steele, Organizers for Distribution Subgroup;
- David Loveman, Organizer for External Subgroup;
- Chuck Koelbel, Editor, assisted by multiple committee members (names later).

Attendance at the HPFF 2 meetings included the following people from organizations that were represented two or more times.

John Levesque, Marc Baber Applied Parallel Research
Ian Foster Argonne National Laboratory
Jaspal Subhlok Carnegie Mellon University
Jim Cowie Cooperating Systems
Andy Meltzer Cray Research
Henk Sipps, Will Denissen Delft University of Technology
David Loveman, Carl Offner Digital Equipment Corporation
Joel Williamson Hewlett Packard/Convex
Henry Zongaro IBM
Piyush Mehrotra ... Institute for Computer Applications in Science & Engineering
Mary Zosel Lawrence Livermore National Laboratory
Bob Boland, Ralph Brickner, Joe Fasel Los Alamos National Laboratory
J. Ramanujam, Arun Venkatachar Louisiana State University
Steve Hammond National Center for Atmospheric Research
Yoshiki Seo NEC
Alok Choudhary Northwestern University/Syracuse University
P. Sadayappan, Ohio State University
Larry Meadows, Zeki Bozkus The Portland Group, Inc.
Robert Schreiber RIACS and Hewlett Packard
Ken Kennedy, Charles Koelbel Rice University
Hon Yau, Tom Haupt Syracuse University
Guy Steele Sun Microsystems
Paula Vaughn Mississippi State University

Carol Munroe, Harvey Richardson Thinking Machines Corporation
 Scott Baden, Steve Fink, Jay Boisseau University of California, San Diego
 Robert Babb University of Denver
 Joel Saltz, Paul Havlak, Manuel Ujaldon University of Maryland
 Jerrold Wagener X3J3 and University of Oklahoma
 Barbara Chapman, Siegfried Benkner, Guy Robinson University of Vienna

An important activity of HPFF 2 meetings was the processing of the many items submitted for comment, correction, and interpretation. General thanks go to all who submitted comments and interpretation requests. The following people submitted items that resulted in changes to the document text: Yasuharu Hayashi, Michael Hennecke, Larry Meadows, Carol Munroe, Eiji Nunohiro, Carl Offner, Rob Schreiber, David Singleton, Shigeru Uzuhara, Clint Whaley, and—last, but most prolific—Henry Zongaro.

Special thanks go to Chuck Koelbel at Rice University for continued maintenance of the HPFF mailing lists.

Theresa Chatman and staff at Rice University were responsible for meeting planning and organization and Danny Powell continued to handle financial details of the project.

HPFF 2 received direct support for research and administrative activities from grants from ARPA, DOE, and NSF.

