

はじめに

この文章は RISC-V の命令マニュアルを @shibatchii が RISC-V アーキテクチャ勉強のためメモしながら訳しているものです。
原文は <https://riscv.org/specifications/> にある riscv-spec-v2.2.pdf です。

原文のライセンス表示

The RISC-V Instruction Set Manual, Volume I: User-Level ISA, Document Version 2.2", Editors Andrew Waterman and Krste Asanovic, RISC-V Foundation, May 2017.

Creative Commons Attribution 4.0 International License

英語は得意でないので誤訳等あるかもしれません。ご指摘歓迎です。
Google 翻訳、Bing 翻訳、Webilo 翻訳、Exclite 翻訳 を併用しながら勉強しています。

まずは意味が分からないところもあるかもしれませんが、ざっくり訳して 2 周位回ればまともになるかなと。
体裁とかは後で整えようと思います。

文章は以下の様に色分けしてます。

黒文字：翻訳した文書。

赤文字：@shibatchii コメント。わからないところとか、こう解釈したとか。

青文字：RISC-V にあまり関係なし。集中力が切れた時に書くヨタ話とか。

2018/03/26 @shibatchii

RISC-V 命令セットマニュアル
第 I 巻：ユーザーレベルの ISA
ドキュメントバージョン 2.2

編集者：Andrew Waterman 1、Krstel Asanovic 1,2
1 SiFive Inc.、
カリフォルニア大学バークレー校の EECS 部門 2 CS 課
andrew@sifive.com、krste@berkeley.edu
2017 年 5 月 7 日

アルファベット順の仕様全バージョン貢献者（訂正があれば編集者に連絡してください）：クレステ・アサノビック、リマス・アヴィジエニス、ジェイコブ・バッハマイヤー、クリストファー・エフ・バッテン、アレン・ジェイ・バウム、アレックス・ブラッドベリー、スコット・ビーマー、プレストン・ブリッグス、クリストファー・セリオ、デイビッド・キスナル、ポール・クレイトン、パーマー・ダッベルト、ステファン・フロイデンベルガー、ジャン・グレイ、マイケル・ハンブルク、ジョン・ハウザー、デイヴィッド・ホーナー、オルフ・ヨハンソン、ベン・ケラー、ユンサップ・リー、ジョセフ・マイヤーズ、リシュユール・ニヒル、ステファン・オレア、アルバート・オー、ジョン・オースターハウト、デヴィッド・パターソン、コリン・シュミット、マイケル・ティラー、ウェズリー・タープストラ、マット・トーマス、トミー・ソーン、レイ・バン・デーウォーカー、メガン・ワックス、アンドリュー・ウォーターマン、ロバート・ワトソン、そして、レイノルド・ザンチジク。

このドキュメントはクリエイティブコモンズ帰属 4.0 国際ライセンスの下で公開されています。

このドキュメントは、「RISC-V 命令セットマニュアル第 1 巻：ユーザーレベル ISA バージョン 2.1」を次のライセンスの下でリリースした派生物です：(c) 2010-2017 アンドリュー・ウォーターマン、ユンサップ・リー、デビッド・パターソン、クレステ・アサノビック クリエイティブコモンズ帰属 4.0 国際ライセンス。

次のように引用してください：「RISC-V 命令セットマニュアル、第 1 巻：ユーザーレベル ISA、ドキュメントバージョン 2.2」、編集者アンドリュー・ウォーターマンとクレステ・アサノビック、RISC-V 財団、2017 年 5 月。

配布条件はこれですね。<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>
制限が少ない大変良いですね。

-2018/03/26

序文

これは、RISC-V ユーザーレベルのアーキテクチャを説明するドキュメントのバージョン 2.2 です。

このドキュメントには RISC-V ISA モジュールの次のバージョンが含まれています。

ベース	バージョン	凍結?
RV32I	2.0	Y
RV32E	1.9	N
RV64I	2.0	Y
RV128I	1.7	N
拡張	バージョン	凍結?
M	2.0	Y
A	2.0	Y
F	2.0	Y
D	2.0	Y
Q	2.0	Y
L	0.0	N
C	2.0	Y
B	0.0	N
J	0.0	N
T	0.0	N
P	0.1	N
V	0.2	N
N	1.1	N

今日まで、RISC-V 財団によって正式に批准された規格はありませんが、上記の "凍結" と表示されているコンポーネントは、曖昧さや仕様の穴を解決する以上に批准プロセス中に変更されることはありません。

凍結ってなっているところは「曖昧なところや穴があったときは修正される」けど、仕様は今後変わらないよ。ってことらしい。

このバージョンのドキュメントの主な変更点は次のとおりです。

- ・このドキュメントの以前のバージョンは、元の作者が作成したクリエイティブコモンズ帰属 4.0 国際ライセンスの下でリリースされました。このドキュメントの今後のバージョンは、同じライセンスでリリースされる予定です。
- ・すべての拡張子を標準的な順序で最初に置くように章を再編成しました。
- ・説明と解説の改善。
- ・LUI / JALR と AUIPC / JALR ペアのより高度なマクロオペレーションの融合をサポートするための JALR に関する暗黙のヒント提案を修正しました。

↑なんじゃろ。JALR のところででてくるかな。

- ・ロード予約/ストア条件付きシーケンスに対する制約の明確化。
- ・コントロールとステータスレジスタ（CSR）のマッピングの新しいテーブル。
- ・fcsr の上位ビットの目的と動作を明確にしました。
- ・FNMADD.fmt および FNMSUB.fmt 命令の説明が修正されました。これは、ゼロ結果の符号が正しくないことを示唆していました。
- ・命令 FMV.S.X と FMV.X.S は FMV.W.X と FMV.X.W に変わらなかったそれらの意味論とより一致するようにそれぞれ名前が変更されました。古い名前は引き続きツールでサポートされます。

↑意味が合うように命令を変えたってことか。

- ・より狭い（<FLEN）浮動小数点値の指定された作用は、NaN-ボクシング・モデルを使っているより広いfレジスターをおさえました。

↑広いfレジスタに拡張(移行)されたってことかな。

- ・FMA（1、0、qNaN）の例外作用を定めました。
- ・P拡張が整数レジスタを使用した固定小数点演算の整数パック SIMD 提案に再加工される可能性があることを示すノートを追加しました。
- ・Vベクトル命令セット拡張のドラフト提案。
- ・N ユーザレベルのトラップ拡張の早期草案。
- ・拡張された疑似命令リスト。
- ・RISC-V ELF psABI 仕様にとって代わった呼び出し規約の章の削除 [1]。
- ・Cの拡張機能は凍結され、バージョン番号は 2.0 に変更されました。

-2018/03/28

文書 版 2.1 の序文

これは、RISC-V ユーザーレベルアーキテクチャを記載している文書の版 2.1 です。
凍結されたユーザーレベル ISA ベースと拡張 IMAFDQ 版 2.0 がこの文書の前の版から変わらなかった点に注意してください [36]、しかし、いくつかの仕様の穴は修正されました、そして、文章は改善されました。
ソフトウェアの規則にいくつかの変更が加えられました。

- ・解説セクションへの多数の追加と改良。
- ・各々の章のための別々のバージョン番号
- ・非常に長い命令フォーマットで rd 指定子を移動させないようにするために、64 ビットを超える長い命令符号化への変更。
- ・CSR 命令は、後で浮動小数点セクション（および付随する特権アーキテクチャマニュアル）に導入されるのとは対照的に、カウンタレジスタが導入される基本整数フォーマットで記述されます。
- ・SCALL 命令と SBREAK 命令は、それぞれ ECALL と EBREAK に名前が変更されました。それらのエンコーディングと機能は変更されていません。
- ・浮動小数点 NaN 処理の明確化、および新しい標準 NaN 値
- ・オーバーフローする浮動小数点から整数への変換によって返される値の明確化。
- ・LR / SC の明確化は、シーケンス内の圧縮命令の使用を含む、成功と必要な失敗を許しました。
- ・整数レジスタ数を削減し、MAC 拡張をサポートする新しい RV32E ベースの ISA 提案。
- ・改訂された呼び出し規約。
- ・ソフトフロート呼び出し規約のためのリラックスしたスタックアライメント、 および RV32E 呼び出し規約の説明。

-2018/03/29

- ・ C の圧縮された拡張のための修正案、バージョン 1.9。

バージョン 2.0 の序文

これは、ユーザー isa の仕様の 2 番目のリリースであり、我々は、ベースユーザーの isa plus の一般的な拡張機能 (すなわち、IMAFD) の仕様は、将来の開発のために固定されたままにするつもりです。

この ISA 仕様のバージョン 1.0 [35] 以降では、以下の変更が行われています。

- ・ ISA はいくつかの標準拡張を持つ整数ベースに分割されています。
 - ・ 命令フォーマットは、即時エンコードをより効率的にするために再編成されています。
 - ・ ベース ISA は、リトルエンディアンメモリシステムを持ち、ビッグエンディアンまたはバイエンディアンが非標準のバリエーションであると定義されています。
 - ・ アトミック命令拡張で、Load-Reserved / Store-Conditional (LR / SC) 命令が追加されました。
 - ・ AMO および LR / SC は、リリース一貫性モデルをサポートできます。
 - ・ フェンス命令は、より細かいメモリと I / O 順序を提供します。
 - ・ fetch-and-XOR (AMOXOR) の AMO が追加され、部屋を作るために AMOSWAP のエンコーディングが変更されました。
- ↑部屋を作るって場所を空けるっていう感じが。
- ・ AUIPC 命令は、PC に 20 ビットの上位の即値を追加し、現在の PC 値のみを読み取る RDNPC 命令を置き換えます。これにより、位置に依存しないコードが大幅に節約されます。
 - ・ JAL 命令は、明示的なデスティネーションレジスタを持つ U タイプフォーマットに移動し、J 命令は、RAL = x0 の JAL に置き換えられ、なくなりました。
- これにより、暗黙のデスティネーションレジスタを持つ唯一の命令が削除され、ベース ISA から J-Type 命令フォーマットが削除されます。これに伴い、JAL の到達範囲が縮小されますが、ベース ISA の複雑さは大幅に軽減されます。
- ・ JALR 命令の静的ヒントが削除されました。このヒントは、標準の呼び出し規約に準拠したコードの rd および rs1 レジスタ指定子では冗長です。
 - ・ ハードウェアを単純化し、補助情報を関数ポインタに格納できるように、JALR 命令は計算されたターゲットアドレスの最下位ビットをクリアするようになりました。
 - ・ MFTX.S 命令と MFTX.D 命令は、それぞれ FMV.X.S と FMV.X.D に名前が変更されました。同様に、MXTF.S および MXTF.D 命令は、それぞれ FMV.S.X および FMV.D.X に名前が変更されました。
 - ・ MFFSR および MTFSR 命令は、それぞれ FRCSR および FSCSR に名前が変更されました。
- fcsr の丸めモードおよび例外フラグのサブフィールドに個別にアクセスするために、FRRM、FSRM、FRFLAGS、および FSFLAGS 命令が追加されました。
- ・ FMV.X.S および FMV.X.D 命令は、rs2 ではなく rs1 からオペランドがソースになります。この変更により、データパス設計が簡素化されます。
 - ・ FCLASS.S および FCLASS.D 浮動小数点分類命令が追加されました。
 - ・ より単純な NaN 生成および伝播方式が採用されています。
 - ・ RV32I の場合、システムパフォーマンスカウンタは 64 ビット幅に拡張されており、上位および下位 32 ビットへの個別の読み取りアクセスが可能です。
 - ・ 標準的な NOP および MV エンコーディングが定義されています。

-2018/03/30

- ・ 標準的な命令長エンコーディングは、48 ビット、64 ビット、および >64 ビット命令で定義されています。
- ・ 128 ビットアドレス空間バリエーション RV128 の説明が追加されました。
- ・ 32 ビットの基本命令フォーマットの主なオペコードは、ユーザ定義のカスタム拡張のために割り当てられています。
- ・ rd のデータをストアすることを示唆している誤植は、rs2 を参照するように修正されました。

-2018/04/01

内容

序文

1 前書き	1
1.1 RISC-V ISA の概要。	3
1.2 命令長符号化。	5
1.3 例外、トラップ、および割り込み。	7
2 RV32I ベース整数命令セット、バージョン 2.0	9
2.1 基本整数サブセットのプログラマーのモデル。	9
2.2 基本命令フォーマット。	11
2.3 即値エンコーディングの変形。	11
↑ valiant をどう訳すか	
2.4 整数計算命令。	13
2.5 コントロール転送命令。	15
2.6 ロードとストア命令。	18
2.7 メモリモデル。	20
2.8 制御と状態レジスタ命令。	21
2.9 環境呼び出しとブレークポイント。	24
3 RV32E ベース整数命令セット、バージョン 1.9	27
3.1 RV32E プログラムのモデル。	27
3.2 RV32E 命令セット。	27
3.3 RV32E 拡張。	28

4 RV64I ベース整数命令セット、バージョン 2.0	29
4.1 レジスタの状態。	29
4.2 整数計算命令。	29
4.3 ロードおよびストア命令。	31
4.4 システム命令。	32
5 RV128I 基本整数命令セット、バージョン 1.7	33
6 "M"整数乗算および除算標準拡張、バージョン 2.0	35
6.1 乗算演算。	35
6.2 除算演算。	36
7 "A"原子命令の標準拡張、バージョン 2.0	39
7.1 原子命令の順序付けの指定。	39
7.2 ロード予約/ストア条件付き命令。	40
7.3 原子メモリ操作。	43
↑ Atomic ってどういう意味だろう？ なんて訳すのがいいのか。	
8 単精度浮動小数点"F"標準拡張 バージョン 2.0	45
8.1 F レジスタ状態。	45
8.2 浮動小数点制御およびステータスレジスタ。	47
8.3 NaN の生成と伝播。	48
8.4 非正常な算術。	49
8.5 単精度ロード命令とストア命令。	49
8.6 単精度浮動小数点計算命令。	49
8.7 単精度浮動小数点変換および移動命令。	51
8.8 単精度浮動小数点比較命令。	52
8.9 単精度浮動小数点分類命令。	53
9 "D"倍精度浮動小数点標準拡張 バージョン 2.0	55
9.1 D レジスタの状態。	55

9.2 NaN のより狭い値の箱詰め。	55
9.3 倍精度ロード命令とストア命令。	56
9.4 倍精度浮動小数点計算命令。	57
9.5 倍精度浮動小数点変換および移動命令。	57
9.6 倍精度浮動小数点比較命令。	59
9.7 倍精度浮動小数点分類命令。	59
10 "Q"四倍精度浮動小数点の標準拡張 バージョン 2.0	
10.1 四倍精度ロード命令とストア命令。	61
10.2 四倍精度計算命令。	62
10.3 四倍精度変換および移動命令。	62
10.4 四倍精度浮動小数点比較命令。	63
10.5 四倍精度浮動小数点分類命令。	63
11 "L" 10 進浮動小数点の標準拡張、バージョン 0.0	65
11.1 10 進浮動小数点レジスタ。	65
12 "C" 圧縮された命令の標準拡張、バージョン 2.0	67
12.1 概要。	67
12.2 圧縮された命令フォーマット。	69
12.3 ロードとストア命令。	71
12.4 制御転送命令。	74
12.5 整数計算命令。	76
12.6 LR / SC シーケンスにおける C 命令の使用。	80
12.7 RVC 命令セットリスト。	81
13 "B" ビット操作の標準拡張、バージョン 0.0	85
14 "J" 動的に翻訳された言語の標準拡張、バージョン 0.07	
15 "T" トランザクションメモリの標準拡張、バージョン 0.0	

16 "P" 圧縮された(パックされた)SIMD 命令の標準拡張、バージョン 0.1	91
17 "V"ベクトル演算標準拡張、バージョン 0.2	93
17.1 ベクターユニットの状態。	93
17.2 要素のデータ型と幅。	93
17.3 ベクトル構成レジスタ (vcmaxw、vctype、vcp)	95
17.4 ベクトルの長さ。	97
17.5 迅速な設定手順。	97
18 "N" ユーザーレベル割り込みの標準的な拡張、バージョン 1.1	101
18.1 追加の CSR。	101
18.2 ユーザステータスレジスタ(ustatus)	102
18.3 その他の CSR。	102
18.4 N 拡張命令。	102
18.5 前後関係交換オーバーヘッドの削減。	102
19 RV32 / 64G 命令セット一覧	103
20 RISC-V アセンブリプログラマーズハンドブック	109
21 RISC-V 拡張	113
21.1 拡張用語。	113
21.2 RISC-V 拡張設計哲学(の考え方)。	116
21.3 固定幅の 32 ビット命令フォーマット内の拡張。	116
21.4 整列した(アライン)64 ビット命令拡張の追加。	118
21.5 VLIW エンコーディング支援(提供?)。	118
22 ISA サブセット命名規則	121
22.1 大文字小文字の区別。	121
22.2 基本整数 ISA。	121
22.3 命令拡張名。	121

