Red Hat Developer Toolset 10

ユーザーガイド

Red Hat Developer Toolset のインストールと使用

Last Updated: 2023-02-27

Red Hat Developer Toolset 10 ユーザーガイド

Red Hat Developer Toolset のインストールと使用

Enter your first name here. Enter your surname here.
Enter your organisation's name here. Enter your organisational division here.
Enter your email address here.

法律上の通知

概要

Red Hat Developer Toolset は、Red Hat Enterprise Linux プラットフォームの開発者向けの Red Hat 製品です。Red Hat Developer Toolset User Guide では、本製品の概要、Red Hat Developer Toolset バージョンのツールを起動して使用する方法、および詳細な情報を含むリソースへのリンクについて説明しています。

目次

多様性を受け入れるオープンソースの強化

Red Hat では、コード、ドキュメント、Web プロパティーにおける配慮に欠ける用語の置き換えに取り組んでいます。まずは、マスター (master)、スレーブ (slave)、ブラックリスト (blacklist)、ホワイトリスト (whitelist) の 4 つの用語の置き換えから始めます。この取り組みは膨大な作業を要するため、今後の複数のリリースで段階的に用語の置き換えを実施して参ります。詳細は、弊社 の CTO、Chris Wright のメッセージ を参照してください。

パート I. はじめに

第1章 RED HAT DEVELOPER TOOLSET

1.1. RED HAT DEVELOPER TOOLSET

Red Hat Developer Toolsetは、Red Hat Enterprise Linux プラットフォームで開発者向けの Red Hat 製品です。これにより、複数のバージョンの Red Hat Enterprise Linux にインストールされ、使用できる、完全な開発およびパフォーマンス分析ツールが提供されます。また、Red Hat Developer Toolset ツールチェーンで構築された実行ファイルは、複数のバージョンの Red Hat Enterprise Linux にデプロイおよび実行できます。互換性の詳細情報は、「互換性」 を参照してください。

Red Hat Developer Toolset は、これらのプラットフォームにインストールする場合に、Red Hat Enterprise Linux 7 で提供されるデフォルトのシステムツールに代わるものではありません。開発者ツールの並列セットは、開発者がオプションで使用するための代替の、新しいバージョンのツールを提供します。デフォルトのコンパイラーとデバッガーは、ベースの Red Hat Enterprise Linux システムが提供するもののままです。

Red Hat Developer Toolset 10.1 の新機能

Red Hat Developer Toolset 4.1 以降、Red Hat Developer Toolset コンテンツは、他の Red Hat Software Collections コンテンツ (https://access.redhat.com/downloads) (特に Server および Workstation) とともに ISO 形式で利用できます。「オプションパッケージのインストール」 で説明している **Optional** チャンネルを必要とするパッケージは、ISO イメージからインストールできないことに注意してください。

表1.1 Red Hat Developer Toolset のコンポーネント

名前	バージョン	説明
GCC	10.2.1	C、C++、および Fortran に対応するポータブルなコンパイラースイート。
binutils	2.35	オブジェクトファイルおよびバイナリーを検査および操作するためのバイナリーツールおよびその他のユーティリティーのコレクション。
elfutils	0.182	ELF ファイルを検証および操作するためのバイナリーツールおよびその他のユーティリティーのコレクション。
dwz	0.12	ELF 共有ライブラリーおよび ELF 実行ファイルに含まれる DWARF デバッグ情報 (サイズ) を最適化するツール。
GDB	9.2	C、C++、および Fortran で記述されたプログラムのコマンドラインデバッガー。
ltrace	0.7.91	プログラムが作成する動的ライブラリーへの呼び出しを表示するデバッグツール。また、プログラムが実行するシステムコールを監視することもできます。
strace	5.7	プログラムが使用するシステムコールを監視し、受信するシグナルを監視するデバッグツール。
memstomp	0.1.5	さまざまな標準で使用できないメモリー領域が重複するライブラリー関数への呼び出しを識別するデバッグツール。

名前	バージョン	説明
SystemTap	4.4	インストルメント化、再コンパイル、インストール、および再起動を行わずにシステム全体のアクティビティーを監視するトレースおよびプローブのツール。
Valgrind	3.16.1	メモリーエラーを検出したり、メモリー管理問題を特定したり、システムコールで引数が間違って使用されているのを報告するために、アプリケーションのプロファイルを行うインストルメンテーションフレームワークや多数のツールです。
OProfile	1.4.0	システム全体のプロファイラー。プロセッサー上のパフォーマンス監視ハードウェアを使用して、システム上のカーネルと実行ファイルに関する情報を取得します。
Dyninst	10.2.1	実行時にユーザー空間の実行ファイルをインストルメント化し、作業するためのライブラリー。
make	4.2.1	依存関係を追跡するビルド自動化ツール
annobin	9.23	ビルドセキュリティーチェックツール。

Red Hat Developer Toolset は、これまで Red Hat Enterprise Linux で提供されていた テクノロジープレビュー コンパイラーリリースとは異なります。

1. Red Hat Developer Toolset は、「互換性」 で説明されているように、Red Hat Enterprise Linux の複数のメジャーおよびマイナーリリースで使用できます。

2. 以前の Red Hat Enterprise Linux で提供されるテクノロジープレビューコンパイラーや、Red Hat Developer Toolset は Red Hat Enterprise Linux サブスクリプションレベルアグリーメントで完全にサポートされており、機能的に完全であり、実稼働環境での使用を目的としています。

重要なバグ修正およびセキュリティーエラータは、各メジャーバージョンリリースから 2 年間 Red Hat Enterprise Linux と似た方法で Red Hat Developer Toolset サブスクライバーに発行されます。Red Hat Developer Toolset の新規メジャーバージョンは、年次リリースされ、既存のコンポーネントに重要な更新を提供し、主要な新規コンポーネントを追加します。新しいメジャーリリースバージョンリリースの 6 か月後に発行される新しい単一のマイナーリリースでは、バグ修正、セキュリティーエラータ、および新しいマイナーリリースの小規模な更新が提供されます。

また、Red Hat Enterprise Linux アプリケーションの互換性仕様 は、Red Hat Developer Toolset にも適用されます (「C++ 互換性」 にも説明されている新しいバージョンの C++11 言語機能を使用する一部の制限に影響を受けます)。

重要

Red Hat Developer Toolset が提供するアプリケーションおよびライブラリーは、Red Hat Enterprise Linux のシステムバージョンを置き換えず、システムバージョンを優先して使用されていません。**Software Collections** というフレームワークを使用すると、追加の開発者ツールセットが **/opt/** ディレクトリーにインストールされ、ユーザーが **scl** ユーティリティーを使用してオンデマンドで明示的に有効にします。

1.2. 主な特長

Red Hat Developer Toolset 10.1 では、以下の変更が追加されました。

- Red Hat Developer Toolset バージョンの **GNU コンパイラーコレクション** (**GCC**) が、多くの新機能およびバグ修正により、バージョン 10.2.1 にアップグレードされました。
- Red Hat Developer Toolset バージョンの **GNU デバッガー** (**GDB**) は、多くの新機能およびバグ修正により、バージョン 9.2 にアップグレードされました。

本リリースで導入された変更および機能の完全リストは、付録B *バージョン 10.1 の変更点* を参照してください。

1.3. 互換性

Red Hat Developer Toolset 10.1 は、数多くのアーキテクチャーで Red Hat Enterprise Linux 7 で利用できます。

ABI の互換性情報は、「C++ 互換性」 を参照してください。

表1.2 Red Hat Developer Toolset 10.1 の互換性

	Red Hat Enterprise Linux 7.6 での実行	Red Hat Enterprise Linux 7.7 での実行	Runs on Red Hat Enterprise Linux 7.9
Red Hat Enterprise Linux 7.6 でビルド	サポート対象	サポート対象	サポート対象
Red Hat Enterprise Linux 7.7 でビルド	サポート対象外	サポート対象	サポート対象
Built with Red Hat Enterprise Linux 7.9	サポート対象外	サポート対象外	サポート対象

アーキテクチャーのサポート
Red Hat Developer Toolset は、以下のアーキテクチャーで利用できます。

- 64 ビット Intel および AMD アーキテクチャー
- IBM Power Systems、ビッグエンディアン
- IBM Power Systems (リトルエンディアン)
- 64 ビット IBM Z

1.4. RED HAT DEVELOPER TOOLSET へのアクセスの取得

Red Hat Developer Toolset は、Red Hat Software Collections の一部として配布されるオファリングです。

このコンテンツセットは、https://access.redhat.com/solutions/472793 に記載されている Red Hat Enterprise Linux 7 サブスクリプションをご利用いただけます。

Red Hat Subscription Management を使用して Red Hat Developer Toolset を有効にします。このサブスクリプション管理サービスでシステムを登録する方法は、ガイドの Red Hat Subscription Management コレクションを参照してください。

1.4.1. Red Hat Software Collections の使用

Red Hat Developer Toolset を含む Red Hat Software Collections のリポジトリーへのアクセスを提供するサブスクリプションをアタッチし、そのリポジトリーを有効にします。

1. Red Hat Software Collections (つまり Red Hat Developer Toolset) を提供するサブスクリプションのプール ID を確認します。これを行うには、システムで利用できるサブスクリプションの一覧を表示します。

```
# subscription-manager list --available
```

このコマンドは、利用可能な各サブスクリプションの名前、固有の ID、有効期限、およびサブスクリプションに関連するその他の詳細情報を表示します。プール ID は、**Pool ID** で始まる行に一覧表示されます。

Red Hat Developer Toolset へのアクセスを提供するサブスクリプションの完全リストは、https://access.redhat.com/solutions/472793 を参照してください。

2. 適切なサブスクリプションをシステムに割り当てます。

```
# subscription-manager attach --pool=pool_id
```

pool_id を、直前の手順で確認したプール ID に置き換えます。システムが現在割り当てているサブスクリプションの一覧を、いつでも確認するには、次のコマンドを実行します。

```
# subscription-manager list --consumed
```

3. Red Hat Software Collections リポジトリーの正確な名前を確認します。リポジトリーメタデータを取得し、利用可能な Yum リポジトリーの一覧を表示します。

```
# subscription-manager repos --list
```

リポジトリー名は、使用している特定のバージョンの Red Hat Enterprise Linux によって異なり、以下の形式になります。

```
rhel-variant-rhscl-version-rpms
rhel-variant-rhscl-version-debug-rpms
rhel-variant-rhscl-version-source-rpms
```

さらに、**devtoolset-10-gcc-plugin-devel** などの特定のパッケージは、**Optional** チャンネルでのみ利用可能なパッケージに依存します。これらのパッケージを含むリポジトリー名は、以下の形式を使用します。

```
rhel-version-variant-optional-rpms
rhel-version-variant-optional-debug-rpms
rhel-version-variant-optional-source-rpms
```

通常のリポジトリーとオプションのリポジトリーの両方で、**variant** を Red Hat Enterprise Linux システムのバリアント (**server** または **workstaion** に置き換え、**version** を Red Hat Enterprise Linux システムバージョン (**7**) に置き換えます。

4. 手順番号 3 からリポジトリーを有効にします。

```
# subscription-manager repos --enable repository
```

repository を、有効にするリポジトリーの名前に置き換えます。

サブスクリプションがシステムに割り当てられているら、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明に従って Red Hat Developer Toolset をインストールでき ます。Red Hat Subscription Management を使用してシステムを登録し、サブスクリプションに関連付ける方法は、Red Hat Subscription Management のガイドを参照してください。

1.5. RED HAT DEVELOPER TOOLSET のインストール

Red Hat Developer Toolset は、Red Hat Enterprise Linux に含まれる標準のパッケージ管理ツールを使用してインストール、更新、アンインストール、および検査できる RPM パッケージのコレクションとして配布されています。Red Hat Developer Toolset をシステムにインストールするには、Red Hat Software Collections コンテンツセットへのアクセスを提供する有効なサブスクリプションが必要です。システムを適切なサブスクリプションに関連付け、Red Hat Developer Toolset にアクセスする方法は、9「Red Hat Developer Toolset へのアクセスの取得」 を参照してください。

重要

Red Hat Developer Toolset をインストールする前に、利用可能なすべての Red Hat Enterprise Linux 更新をインストールします。

1.5.1. 利用可能なすべてのコンポーネントのインストール

Red Hat Developer Toolset に含まれるすべてのコンポーネントをインストールするには、**devtoolset-10** パッケージをインストールします。

```
# yum install devtoolset-10
```

これにより、開発、デバッグ、パフォーマンス監視ツール、およびその他の依存パッケージがすべてシステムにインストールされます。「個別パッケージグループのインストール」 に説明されているように、選択したパッケージグループのみをインストールすることを選択できます。

注記

Red Hat Developer Toolset 3.0 以降、**scl-utils** パッケージは Red Hat Developer Toolset の一部ではありません。これは、**scl** ユーティリティーが Red Hat Developer Toolset ソフトウェアコレクションとともにインストールされた以前のバージョンからの変更点です。

1.5.2. 個別パッケージグループのインストール

統合開発環境やソフトウェア開発ツールチェーンなど、特定のコンポーネントのみのインストールを容易にするため、Red Hat Developer Toolset には、表1.3「Red Hat Developer Toolset メタパッケージ」 の説明に従って、選択したパッケージグループをインストールできる複数のメタパッケージが同梱されています。

表1.3 Red Hat Developer Toolset メタパッケージ

パッケージ名	説明	インストール済みコンポーネント
devtoolset-10-perftools	パフォーマンス監視ツール	SystemTap、Valgrind、OProfile、Dyninst
devtoolset-10-toolchain	開発およびデバッグのツール	gcc, make, GDB, binutils, elfutils, dwz, memstomp, strace, ltrace

これらのメタパッケージをインストールするには、以下を行います。

```
# yum install package_name
```

package_name を、インストールするメタパッケージの一覧に置き換えます。たとえば、開発およびデバッグのツールチェーンおよびそれに依存するパッケージのみをインストールするには、次のコマンドを実行します。

```
# yum install devtoolset-10-toolchain
```

「利用可能なすべてのコンポーネントのインストール」 で説明されているように、利用可能なすべてのコンポーネントをインストールすることを選択できます。

1.5.3. オプションパッケージのインストール

Red Hat Developer Toolset には、デフォルトでインストールされていない複数のオプションパッケージが同梱されています。システムにインストールされていない Red Hat Developer Toolset パッケージの一覧を表示するには、次のコマンドを実行します。

```
$ yum list available devtoolset-10-\*
```

これらのオプションパッケージのいずれかをインストールするには、次のコマンドを実行します。

```
# yum install package_name
```

package_name を、インストールするパッケージの一覧に置き換えます。パッケージ名はスペースで区切られます。たとえば、**devtoolset-10-gdb-gdbserver** および **devtoolset-10-gdb-doc** パッケージをインストールするには、次のコマンドを実行します。

```
# yum install devtoolset-10-gdb-gdbserver devtoolset-10-gdb-doc
```

1.5.4. デバッグ情報のインストール

Red Hat Developer Toolset パッケージのデバッグ情報をインストールするには、**yum-utils** パッケージがインストールされ、以下のコマンドを実行します。

```
# debuginfo-install package_name
```

たとえば、**devtoolset-10-dwz** パッケージのデバッグ情報をインストールするには、以下を実行します。

```
# debuginfo-install devtoolset-10-dwz
```

このコマンドを使用するには、このパッケージを使用してリポジトリーにアクセスする必要があります。システムが Red Hat Subscription Management に登録されている場合は、「Red Hat Developer Toolset へのアクセスの取得」 の説明に従って **rhel-variant-rhscl-version-debug-rpms** リポジトリーを有効にします。debuginfo パッケージへのアクセス方法は、https://access.redhat.com/site/solutions/9907 を参照してください。

注記

devtoolset-10-package_name-debuginfo パッケージは、ベース Red Hat Enterprise Linux システムまたは他のバージョンの Red Hat Developer Toolset からの対応するパッケージと競合します。この競合は、64 ビットの debuginfo パッケージが 32 ビットの debuginfo パッケージと競合する multilib 環境でも発生します。

Red Hat Developer Toolset 10.1 をインストールする前に、競合する debuginfo パッケージを手動でアンインストールし、必要に応じて関連する debuginfo パッケージのみをインストールします。

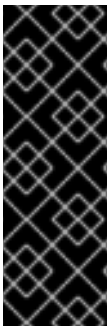
1.6. RED HAT DEVELOPER TOOLSET の更新

1.6.1. マイナーバージョンへの更新

Red Hat Developer Toolset の新規マイナーバージョンが利用できるようになったら、Red Hat Enterprise Linux インストールを更新します。

```
# yum update
```

これにより、Red Hat Developer Toolset バージョンの開発、デバッグ、パフォーマンス監視ツール、その他の依存パッケージなど、Red Hat Enterprise Linux システムのパッケージがすべて更新されます。



重要

Red Hat Developer Toolset を使用するには、リリース前のバージョンをすべて削除する必要があります。また、ベータリリースを含む Red Hat Developer Toolset のプレリリースバージョンから Red Hat Developer Toolset 10.1 に更新することができません。以前に Red Hat Developer Toolset のプレリリースバージョンをインストールしている場合は、「Red Hat Developer Toolset のアンインストール」 の説明に従ってシステムからアンインストールし、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明に従って新規バージョンをインストールします。

1.6.2. メジャーバージョンへの更新

Red Hat Developer Toolset の新規メジャーバージョンが利用可能な場合は、以前のバージョンと並行してインストールできます。システムに Red Hat Developer Toolset をインストールする方法は、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 を参照してください。

1.7. RED HAT DEVELOPER TOOLSET のアンインストール

システムから Red Hat Developer Toolset パッケージをアンインストールするには、以下を実行します。

```
# yum remove devtoolset-10\* libasan libatomic libcilkrts libitm liblsan libtsan libubsan
```

これにより、**GNU Compiler Collection**、**GNU Debugger**、**binutils**、およびシステムから Red Hat Developer Toolset に含まれるその他のパッケージが削除されます。

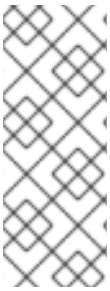
注記

Red Hat Developer Toolset 10.1 for Red Hat Enterprise Linux 7 には **libatomic** および **libitm** ライブラリーが含まれなくなりました。これは、上記のコマンドがそのシステム上の Red Hat Developer Toolset コンポーネントの適切な機能では必要ありません。ただし、上記のコマンドは Red Hat Enterprise Linux 7 でも期待どおりに機能します。

Red Hat Developer Toolset が提供するツールのアンインストールは、これらのツールの Red Hat Enterprise Linux システムバージョンには影響しないことに注意してください。

1.8. RED HAT DEVELOPER TOOLSET コンテナーイメージの使用

Docker 形式のコンテナーイメージ を使用して、仮想ソフトウェアコンテナー内で Red Hat Developer Toolset コンポーネントを実行することができます。そのため、それらをホストシステムから分離し、迅速なデプロイメントを可能にします。Red Hat Developer Toolset docker 形式のコンテナーイメージおよび Red Hat Developer Toolset **Dockerfile** の詳細は、Using Red Hat Software Collections Container Images を参照してください。



注記

Docker デーモン、コマンドラインツール、および Docker 形式のコンテナーイメージを構築および使用するのに必要なコンポーネントが含まれる **docker** パッケージは、現在 Red Hat Enterprise Linux 7 製品の Server バリアントでのみ利用できます。

RHEL 7 での Docker の取得 の手順に従って、Docker 形式のコンテナーイメージを構築して使用する環境を設定します。

1.9. 関連資料

Red Hat Developer Toolset および Red Hat Enterprise Linux の詳細は、以下の資料を参照してください。

オンラインドキュメント

- Red Hat Subscription Management の一連のガイド: Red Hat Subscription Management のガイドは、Red Hat Enterprise Linux でサブスクリプションを管理する方法の詳細情報を提供します。
- Red Hat Developer Toolset 10.1 Release Notes : Red Hat Developer Toolset 10.1 の **リリースノート** には、詳細情報が含まれています。
- Red Hat Enterprise Linux 7 開発者ガイド : Red Hat Enterprise Linux 7 **開発者ガイド** は、**Eclipse** IDE、ライブラリーおよびランタイムサポート、コンパイルおよびビルド、デバッグ、およびプロファイリングに関する詳細情報を提供します。
- Red Hat Enterprise Linux 7 インストールガイド : Red Hat Enterprise Linux 7 の **インストールガイド** では、システムの取得、インストール、および更新の方法を説明します。
- Red Hat Enterprise Linux 7 システム管理者のガイド : Red Hat Enterprise Linux 7 の **のシステム管理者ガイド** では、Red Hat Enterprise Linux 7 の導入、設定、および管理に関する関連情報が記載されています。

- Red Hat Software Collections Container Images の使用 : 本ガイドでは、Red Hat Software Collections をベースとしたコンテナーイメージを使用する方法を説明します。利用可能なコンテナーイメージには、アプリケーション、デーモン、データベース、および Red Hat Developer Toolset コンテナーイメージが含まれます。イメージは、Red Hat Enterprise Linux 7 Server および Red Hat Enterprise Linux Atomic Host で実行できます。

- Getting Started with Containers: Red Hat Enterprise Linux 7 および Red Hat Enterprise Linux Atomic Host でのコンテナーイメージのビルドおよび使用に関する包括的な概要を説明します。

以下も併せて参照してください。

- 付録B *バージョン 10.1 の変更点*: Red Hat Developer Toolset の以前のバージョンにおける Red Hat Developer Toolset ツールのバージョンに対する変更および改善のリスト。

パート II. 開発ツール

第2章 GNU コンパイラーコレクション (GCC)

GNU コンパイラーコレクション (通常は **GCC** の省略形) は、幅広いプログラミング言語に対応する移植可能なコンパイラースイートです。

Red Hat Developer Toolset には **GCC 10.2.1** が同梱されています。このバージョンは、Red Hat Enterprise Linux に含まれるバージョンよりも新しいもので、バグ修正および機能強化が数多く追加されました。

2.1. GNU C コンパイラー

2.1.1. C コンパイラーのインストール

Red Hat Developer Toolset では、GNU C コンパイラーは **devtoolset-10-gcc** パッケージで提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明に従って **devtoolset-10-toolchain** で自動的にインストールされます。

2.1.2. C コンパイラーの使用

コマンドラインで C++ プログラムをコンパイルするには、以下のように **gcc** コンパイラーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gcc -o output_file source_file...'
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに **output_file** という名前のバイナリーファイルが作成されます。**-o** オプションを省略すると、コンパイラーはデフォルト **a.out** でという名前のファイルを作成します。

複数のソースファイルで構成されるプロジェクトで作業する場合、各ソースファイルのオブジェクトファイルを最初にコンパイルしてから、これらのオブジェクトファイルをリンクすることが一般的です。これにより、単一のソースファイルを変更する場合は、プロジェクト全体をコンパイルせずにこのファイルのみを再コンパイルできます。コマンドラインでオブジェクトファイルをコンパイルするには、以下のコマンドを実行します。

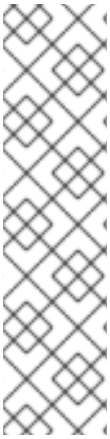
```
$ scl enable devtoolset-10 'gcc -o object_file -c source_file'
```

これにより、**object_file** という名前のオブジェクトファイルが作成されます。**-o** オプションを省略すると、コンパイラーは、ファイル **.o** 拡張子が付いたソースファイルからという名前のファイルを作成します。オブジェクトファイルをリンクし、バイナリーファイルを作成します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gcc -o output_file object_file...'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **gcc** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```



注記

使用中の **gcc** のバージョンを確認するには、以下を行います。

```
$ which gcc
```

Red Hat Developer Toolset の **gcc** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **gcc** と一致することを確認することができます。

```
$ gcc -v
```

例2.1 コマンドラインでの C プログラムのコンパイル

以下の内容を含むソースファイル **hello.c** について考えてみましょう。

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
  printf("Hello, World!\n");
  return 0;
}
```

Red Hat Developer Toolset の **gcc** コンパイラーを使用して、このソースコードをコマンドラインでコンパイルします。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gcc -o hello hello.c'
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに **hello** という名前のバイナリーファイルが作成されます。

2.1.3. C プログラムの実行

プログラムを **gcc** コンパイルすると、実行可能なバイナリーファイルが作成されます。コマンドラインでこのプログラムを実行するには、実行ファイルがあるディレクトリーに移動し、これを実行します。

```
$ ./file_name
```

例2.2 コマンドラインでの C プログラムの実行

例2.1「コマンドラインでの C プログラムのコンパイル」 にあるように **hello** バイナリーファイルを正常にコンパイルしたと仮定して、シェルプロンプトで次のコマンドを実行します。

```
$ ./hello
Hello, World!
```

2.2. GNU C++ コンパイラー

2.2.1. C++ コンパイラーのインストール

Red Hat Developer Toolset では、GNU C++ コンパイラーは **devtoolset-10-gcc** パッケージで提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明に従って **devtoolset-10-toolchain** パッケージで自動的にインストールされます。

2.2.2. C++ コンパイラーの使用

コマンドラインで C++ プログラムをコンパイルするには、以下のように **g++** コンパイラーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'g++ -o output_file source_file...'
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに **output_file** という名前のバイナリーファイルが作成されます。**-o** オプションを省略すると、**g++**コンパイラーはデフォルト **a.out** でという名前のファイルを作成します。

複数のソースファイルで構成されるプロジェクトで作業する場合、各ソースファイルのオブジェクトファイルを最初にコンパイルしてから、これらのオブジェクトファイルをリンクすることが一般的です。これにより、単一のソースファイルを変更する場合は、プロジェクト全体をコンパイルせずにこのファイルのみを再コンパイルできます。コマンドラインでオブジェクトファイルをコンパイルするには、以下のコマンドを実行します。

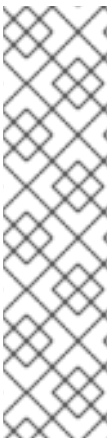
```
$ scl enable devtoolset-10 'g++ -o object_file -c source_file'
```

これにより、**object_file** という名前のオブジェクトファイルが作成されます。**-o** オプションを省略すると、**g++** コンパイラーは、ファイル **.o** 拡張子が付いたソースファイルからという名前のファイルを作成します。オブジェクトファイルをリンクし、バイナリーファイルを作成します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'g++ -o output_file object_file...'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **g++** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```



注記

使用中の **g++** のバージョンを確認するには、以下を行います。

```
$ which g++
```

Red Hat Developer Toolset の **g++** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **g++** と一致することを確認することができます。

```
$ g++ -v
```

例2.3 コマンドラインでの C プログラムのコンパイル

以下の内容を含むソースファイル **hello.cpp** について考えてみましょう。

```
#include <iostream>

using namespace std;

int main(int argc, char *argv[]) {
  cout << "Hello, World!" << endl;
  return 0;
}
```

Red Hat Developer Toolset の **g++** コンパイラーを使用して、このソースコードをコマンドラインでコンパイルします。

```
$ scl enable devtoolset-10 'g++ -o hello hello.cpp'
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに **hello** という名前のバイナリーファイルが作成されます。

2.2.3. C++ プログラムの実行

プログラムを **g++** コンパイルすると、実行可能なバイナリーファイルが作成されます。コマンドラインでこのプログラムを実行するには、実行ファイルがあるディレクトリーに移動し、これを実行します。

```
$ ./file_name
```

例2.4 コマンドラインでの C++ プログラムの実行

例2.3「コマンドラインでの C プログラムのコンパイル」 にあるように、**hello** バイナリーファイルを正常にコンパイルしたと仮定して実行できます。

```
$ ./hello
Hello, World!
```

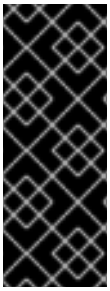
2.2.4. C++ 互換性

すべての **-std** モードの Red Hat Enterprise Linux バージョン 5、6、7、および Red Hat Developer Toolset バージョン 1 から 10 のすべてのコンパイラーは、C++98 モードの他のコンパイラーと互換性があります。

C++11、C++14、または C++17 モードのコンパイラーは、同じリリースシリーズであれば、同じモードでの別のコンパイラーとの互換性が保証されています。

サポートされる例:

- Red Hat Developer Toolset 6.x からの C++11 および C++11
- Red Hat Developer Toolset 6.x からの C++14 および C++14
- Red Hat Developer Toolset 10.x からの C++17 および C++17



重要

- Red Hat Developer Toolset 10.x の GCC コンパイラーは、C++20 を使用してコードを構築することは可能ですが、この機能は Red Hat では実験的で、サポートされていません。
- 本セクションで説明されている互換性情報はすべて、GCC C++ コンパイラーの Red Hat が提供するバージョンにのみ関連します。

2.2.4.1. C++ ABI

-std=c++98 または **-std=gnu++98** で Red Hat Developer Toolset ツールチェーンが明示的にビルドした C++98 準拠のバイナリーまたはライブラリーは、Red Hat Enterprise Linux 5、6、または 7 システム GCC が構築したバイナリーおよび共有ライブラリーと自由に混在できます。

Red Hat Developer Toolset のデフォルトの言語標準設定は、GNU 拡張との C++14 で、明示的に **-std=gnu++14** を使用するオプションと同じです。

Red Hat Developer Toolset では、それぞれのフラグでコンパイルされたすべての C++ オブジェクトが Red Hat Developer Toolset 6 以降を使用してビルドされている場合、C++14 言語バージョンの使用がサポートされます。デフォルトモードの C++98 でシステム GCC によってコンパイルされたオブジェクトには互換性がありますが、C++11 モードまたは C++14 モードのシステム GCC でコンパイルされたオブジェクトには互換性がありません。

Red Hat Developer Toolset 10.x 以降では、C++17 言語バージョンの使用は実験的なものになり、Red Hat によってサポートされます。C++17 でコンパイルされた C++ オブジェクトはすべて、Red Hat Developer Toolset 10.x 以降を使用してビルドする必要があります。

重要

アプリケーションで C++11 機能、C++14 機能、および C++17 機能を使用するには、上記の ABI の互換性情報を慎重に検討する必要があります。

-std=c++0x または - std=gnu++0x フラグを使用して、Red Hat Enterprise Linux 7 システムツールチェーンで構築されたオブジェクト、バイナリー、およびライブラリーの組み合わせにより、Red Hat Developer Toolset の GCC を使用して C+ +11 以降の言語バージョンで構築されたオブジェクト、バイナリー、およびライブラリーは明示的にサポートされていません。

上記の C++11、C++14、および C++17 ABI のほかに、Red Hat Developer Toolset では、Red Hat Enterprise Linux アプリケーションの互換性仕様 は変更されません。Red Hat Developer Toolset で構築されたオブジェクトを、Red Hat Enterprise Linux 7 ツールチェーン (特に **.o**/**.a** ファイル) で構築したオブジェクトと混在する場合、Red Hat Developer Toolset ツールチェーンはどのリンクにも使用してください。これにより、Red Hat Developer Toolset が提供する新しいライブラリー機能は、リンク時に解決されます。

ベクトルの長さを持つシステムで名前が競合しないように、SIMD ベクトルタイプの新しい標準マングリングが追加されました。Red Hat Developer Toolset のコンパイラーは、デフォルトで新しいマングリングを使用します。GCC C++ コンパイラーコールに **-fabi-version=2** または **-fabi-version=3** オプションを追加して、以前の標準マングリングを使用できます。以前の mangling を使用するコードの警告を表示するには、**-Wabi** オプションを使用します。

Red Hat Enterprise Linux 7 では、GCC C++ コンパイラーはデフォルトで古い mangling を使用しますが、強固なエイリアスに対応するターゲットに新しいマングリングを持つエイリアスをエミュレートします。コンパイラーコールに **-fabi-version=4** オプションを追加して、新しい標準マングリングを使用できます。以前の mangling を使用するコードの警告を表示するには、**-Wabi** オプションを使用します。

Red Hat Enterprise Linux 7 では、Red Hat Developer Toolset の GCC C++ コンパイラーは、**std::string** の古い参照表示実装を使用します。これは、Red Hat Enterprise Linux 7 システムツールチェーンの GCC との互換性のために行われます。つまり、**std::pmr::string** などの新しい C++17 機能は、Red Hat Developer Toolset コンパイラーを使用している場合でも、Red Hat Enterprise Linux 7 では利用できないことを意味します。

2.3. GNU FORTRAN コンパイラー

2.3.1. Fortran コンパイラーのインストール

Red Hat Developer Toolset では、GNU Fortran コンパイラーは **devtoolset-10-gcc-gfortran** パッケージで提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明に従って **devtoolset-10-toolchain**で自動的にインストールされます。

2.3.2. Fortran コンパイラーの使用

コマンドラインで Fortran プログラムをコンパイルするには、以下のように **gfortran** コンパイラーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gfortran -o output_file source_file...'
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに **output_file** という名前のバイナリーファイルが作成されます。**-o** オプションを省略すると、コンパイラーはデフォルト **a.out** でという名前のファイルを作成します。

複数のソースファイルで構成されるプロジェクトで作業する場合、各ソースファイルのオブジェクトファイルを最初にコンパイルしてから、これらのオブジェクトファイルをリンクすることが一般的です。これにより、単一のソースファイルを変更する場合は、プロジェクト全体をコンパイルせずにこのファイルのみを再コンパイルできます。コマンドラインでオブジェクトファイルをコンパイルするには、以下のコマンドを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gfortran -o object_file -c source_file'
```

これにより、**object_file** という名前のオブジェクトファイルが作成されます。**-o** オプションを省略すると、コンパイラーは、ファイル **.o** 拡張子が付いたソースファイルからという名前のファイルを作成します。オブジェクトファイルをリンクし、バイナリーファイルを作成します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gfortran -o output_file object_file...'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **gfortran** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```

注記

使用中の **gfortran** のバージョンを確認するには、以下を行います。

```
$ which gfortran
```

Red Hat Developer Toolset の **gfortran** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **gfortran** と一致することを確認することができます。

```
$ gfortran -v
```

例2.5 コマンドラインで Fortran プログラムのコンパイル

以下の内容を含むソースファイル **hello.f** について考えてみましょう。

```
program hello
  print *, "Hello, World!"
end program hello
```

Red Hat Developer Toolset の **gfortran** コンパイラーを使用して、このソースコードをコマンドラインでコンパイルします。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gfortran -o hello hello.f'
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに **hello** という名前のバイナリーファイルが作成されます。

2.3.3. Fortran プログラムの実行

プログラムを **gfortran** コンパイルすると、実行可能なバイナリーファイルが作成されます。コマンドラインでこのプログラムを実行するには、実行ファイルがあるディレクトリーに移動し、これを実行します。

```
$ ./file_name
```

例2.6 コマンドラインでの Fortran プログラムの実行

例2.5「コマンドラインで Fortran プログラムのコンパイル」 にあるように、**hello** バイナリーファイルを正常にコンパイルしたと仮定して実行できます。

```
$ ./hello
 Hello, World!
```

2.4. RED HAT DEVELOPER TOOLSET での GCC の詳細

ライブラリーの静的リンク

最新のライブラリー機能の一部は、複数のバージョンの Red Hat Enterprise Linux での実行に対応する

ために、Red Hat Developer Toolset で構築されたアプリケーションに静的にリンクされています。標準の Red Hat Enterprise Linux エラータではこのコードが変更されないため、これにより、重要性が高くないセキュリティーリスクが発生します。Red Hat は、このリスクにより、開発者がアプリケーションを再構築する必要がある場合でも、セキュリティーエラータを使用してこのアプリケーションと通信します。

重要

このようなセキュリティーリスクが発生するため、開発者は同じ理由によりアプリケーション全体を静的にリンクしないことが強く推奨されます。

連結時に、オブジェクトファイルの後にライブラリーを指定

Red Hat Developer Toolset では、ライブラリーは、静的アーカイブで一部のシンボルを指定できるリンカースクリプトを使用してリンクされます。これは、Red Hat Enterprise Linux の複数のバージョンとの互換性を確保するために必要になります。ただし、リンカーのスクリプトは、対応する共有オブジェクトファイルの名前を使用します。したがって、リンカーは、オブジェクトファイルを指定するオプションの前に、ライブラリーを追加するオプションを指定する際に、想定とは異なるシンボル処理ルールを使用して、オブジェクトファイルが必要とするシンボルを認識しません。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gcc -lsomelib objfile.o'
```

このように、GCC Toolset のライブラリーを使用すると、リンカーのエラーメッセージで、**undefined reference to symbol** になります。この問題を回避するには、標準のリンクプラクティスに従い、オブジェクトファイルを指定するオプションの後に、ライブラリーを追加するオプションを指定します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gcc objfile.o -lsomelib'
```

この推奨事項は、Red Hat Enterprise Linux のベースバージョンの **GCC** を使用する場合にも適用されることに注意してください。

2.5. 関連資料

GNU Compiler Collections およびその機能の詳細は、以下の資料を参照してください。

インストールされているドキュメント

- **gcc**(1): **gcc** コンパイラーの man ページでは、その使用方法に関する詳細情報が提供されます。一部の例外を除き、**g++** は **gcc** と同じコマンドラインオプションを受け付けます。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'man gcc'
  ```

- **gfortran**(1): **gfortran** コンパイラーの man ページは、その使用方法の詳細情報を提供します。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'man gfortran'
  ```

- **C++ Standard Library Documentation**: C++ 標準ライブラリーのドキュメントは、オプションでインストールできます。

```
# yum install devtoolset-10-libstdc++-docs
```

インストールが完了すると、HTML ドキュメントは **/opt/rh/devtoolset-10/root/usr/share/doc/devtoolset-10-libstdC++-docs-10.2.1/html/index.html** で利用できます。

オンラインドキュメント

- Red Hat Enterprise Linux 7 Developer Guide : Red Hat Enterprise Linux 7 の **Developer Guide** では、**GCC** に関する詳細な情報を提供します。
- GNU コンパイラーコレクションの使用: アップストリームの GCC のマニュアルでは、GNU コンパイラーとその使用方法を詳細に説明します。
- GNU C++ ライブラリー: GNU C++ ライブラリーのドキュメントでは、標準の C++ ライブラリーの GNU 実装に関する詳細情報が提供されています。
- GNU Fortran コンパイラー: GNU Fortran コンパイラー のドキュメントでは、 **gfortran** の使用方法に関する詳細情報が提供されています。

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。
- 4章*binutils*: **binutils** を使用する手順。オブジェクトファイルおよびバイナリーを検査および操作するためのバイナリーツールのコレクションです。
- 5章*elfutils*: **elfutils** を使用する手順。**ELF** ファイルを検査および操作するためのバイナリーツールのコレクションです。
- 6章*dwz*: **dwz** ツールを使用して、**ELF** 共有ライブラリーや、サイズの **ELF** 実行ファイルに含まれる DWARF デバッグ情報を最適化する説明。
- 8章*GNU デバッガー (GDB)*: C、C++、および Fortran で書かれたデバッグプログラムの手順。

第3章 GNU MAKE

GNU make ユーティリティー (通常は **make**) は、ソースファイルからの実行可能ファイルの生成を制御するツールです。**make** は自動的に複雑なプログラムのどの部分が変更されたかを判断し、再コンパイルする必要があります。**make** は **Makefile** と呼ばれる設定ファイルを使用して、プログラムを構築する方法を制御します。

Red Hat Developer Toolset には **make 4.2.1** が同梱されています。このバージョンは、Red Hat Enterprise Linux に含まれるバージョンよりも新しいもので、バグ修正および機能強化が数多く追加されました。

3.1. MAKE のインストール

Red Hat Developer Toolset では、**devtoolset-10-make** パッケージにより **GNU make** が提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明通りに **devtoolset-10-toolchain** で自動的にインストールされます。

3.2. MAKE の使用

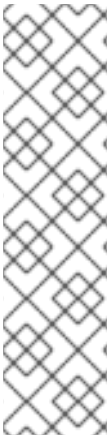
Makefile を使用せずにプログラムを構築するには、以下のように **make** ツールを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'make source_file_without_extension'
```

このコマンドは、C、C++、Fortran を含む多数のプログラミング言語に定義される暗黙的なルールを利用します。結果は、現在の作業ディレクトリーの **source_file_without_extension** という名前のバイナリーファイルです。

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **make** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```



注記

使用中の **make** のバージョンを確認するには、以下を行います。

```
$ which make
```

Red Hat Developer Toolset の **make** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **make** と一致することを確認することができます。

```
$ make -v
```

例3.1 make を使用した C プログラムの構築

以下の内容を含むソースファイル **hello.c** について考えてみましょう。

```
#include <stdio.h>
```

```
int main(int argc, char *argv[]) {
  printf("Hello, World!\n");
  return 0;
}
```

Red Hat Developer Toolset の **make** ユーティリティーで定義されている暗黙的なルールを使用して、このソースコードを構築します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'make hello'
cc     hello.c   -o hello
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに **hello** という名前のバイナリーファイルが作成されます。

3.3. MAKEFILE の使用

複数のソースファイルで構成される複雑なプログラムを構築するには、**make** は **Makefile** と呼ばれる設定ファイルを使用して、プログラムのコンポーネントをコンパイルし、最終的な実行可能ファイルを構築する方法を制御します。Makefile には、作業ディレクトリーのクリーニング、プログラムファイルのインストールおよびアンインストール、およびその他の操作の指示を含めることもできます。

make は、現在のディレクトリーの **GNUmakefile**、**makefile**、または **Makefile** というファイルを自動的に使用します。別のファイル名を指定するには、**-f** オプションを使用します。

```
$ make -f make_file
```

Makefile 構文の詳細の説明は、本ガイドの対象外です。GNU make、アップストリームの **GNU make** マニュアルを参照してください。これは、**GNU make** ユーティリティー、Makefile 構文、その使用方法を詳細に説明しています。

完全な **make** マニュアルは、インストールの一部として Texinfo 形式でも利用できます。このマニュアルを表示するには、次のコマンドを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'info make'
```

例3.2 例: Makefile を使用した C プログラムの構築

例3.1「make を使用した C プログラムの構築」 で紹介されている簡単な C プログラムを構築するために **Makefile** という名前が付けられた以下の汎用 Makefile について考えてみましょう。Makefile は変数を定義し、**ターゲット**と**レシピ**で構成される 4 つの **ルール** を指定します。レシピの行は、TAB 文字で開始する必要があることに注意してください。

```
CC=gcc
CFLAGS=-c -Wall
SOURCE=hello.c
OBJ=$(SOURCE:.c=.o)
EXE=hello

all: $(SOURCE) $(EXE)

$(EXE): $(OBJ)
	$(CC) $(OBJ) -o $@
```

```
.o: .c
	$(CC) $(CFLAGS) $< -o $@

clean:
	rm -rf $(OBJ) $(EXE)
```

この Makefile を使用して **hello.c** プログラムを構築するには、**make** ユーティリティーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'make'
gcc -c -Wall hello.c -o hello.o
gcc hello.o -o hello
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに、新しいオブジェクトファイル **hello.c** と新しいバイナリーファイル **hello** が作成されます。

作業ディレクトリーを消去するには、以下のコマンドを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'make clean'
rm -rf hello.o hello
```

これにより、作業ディレクトリーからオブジェクトおよびバイナリーファイルが削除されます。

3.4. 関連資料

GNU make ツールとその機能の詳細は、以下の資料を参照してください。

インストールされているドキュメント

- **make**(1): **make** ユーティリティーの man ページでは、その使用方法に関する情報が提供されます。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'man make'
  ```

- Makefile 構文の詳細情報を含む完全な **make** マニュアルも Texinfo 形式から入手できます。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの情報マニュアルを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'info make'
  ```

オンラインドキュメント

- GNU make: アップストリームの **GNU make** マニュアルでは、**GNU make** ユーティリティー、Makefile 構文、およびその使用方法が詳細に説明されています。

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。

- 2章*GNU コンパイラーコレクション (GCC)*: 幅広いプログラミング言語に対応する移植可能なコンパイラースイートである **GNU コンパイラーコレクション** を使用する手順。
- 4章*binutils*: **binutils** を使用する手順。オブジェクトファイルおよびバイナリーを検査および操作するためのバイナリーツールのコレクションです。
- 5章*elfutils*: **elfutils** を使用する手順。**ELF** ファイルを検査および操作するためのバイナリーツールのコレクションです。
- 6章*dwz*: **dwz** ツールを使用して、**ELF** 共有ライブラリーや、サイズの **ELF** 実行ファイルに含まれる DWARF デバッグ情報を最適化する説明。
- 8章*GNU デバッガー (GDB)*: C、C++、および Fortran で書かれたデバッグプログラムの手順。

第4章 BINUTILS

binutils は、**GNU リンカー**、**GNU アセンブラー**、およびオブジェクトファイルおよびバイナリーを検査および操作できるその他のユーティリティーなど、さまざまなバイナリーツールの集合です。Red Hat Developer Toolset バージョンの **binutils** で配布されるバイナリーツールの完全リストは、表4.1「Red Hat Developer Toolset の binutils に含まれるツール」 を参照してください。

Red Hat Developer Toolset には **binutils 2.35** が同梱されています。このバージョンは、Red Hat Enterprise Linux および Red Hat Developer Toolset の以前のリリースに含まれるバージョンよりも新しいもので、バグ修正および機能強化を提供します。

表4.1 Red Hat Developer Toolset の binutils に含まれるツール

名前	説明
addr2line	アドレスをファイル名および行番号に変換します。
ar	アーカイブからファイルを作成、変更、および抽出します。
as	GNU アセンブラー。
c++filt	mangled C++ シンボルをデコードします。
dwp	DWARF オブジェクトファイルを 1 つの DWARF パッケージファイルに統合します。
elfedit	ELF ファイルを検査および編集します。
gprof	プロファイリング情報を表示します。
ld	GNU リンカー。
ld.bfd	GNU リンカーの代替。
ld.gold	GNU リンカーの代替手段
nm	オブジェクトファイルのシンボルを一覧表示します。
objcopy	オブジェクトファイルをコピーして変換します。
objdump	オブジェクトファイルの情報を表示します。
ranlib	このアーカイブにアクセスするために、アーカイブのコンテンツにインデックスを生成します。
readelf	ELF ファイルに関する情報を表示します。

名前	説明
size	オブジェクトまたはアーカイブファイルのセクションサイズを一覧表示します。
strings	ファイルの印刷可能な文字シーケンスを表示します。
strip	オブジェクトファイルからのすべてのシンボルを破棄します。

4.1. BINUTILS のインストール

Red Hat Developer Toolset では、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 で説明されているように、**devtoolset-10-binutils** パッケージで**binutils** が提供され、**devtoolset-10-toolchain** で自動的にインストールされます。

4.2. GNU アセンブラーの使用

アセンブリー言語プログラムからオブジェクトファイルを生成するには、以下のように **as** ツールを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'as option ... -o object_file source_file'
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに **object_file** という名前のオブジェクトファイルが作成されます。

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **as** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```

注記

使用中の **as** のバージョンを確認するには、以下を行います。

```
$ which as
```

Red Hat Developer Toolset の **as** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **as** と一致することを確認することができます。

```
$ as -v
```

4.3. GNU リンカーの使用

オブジェクトファイルから実行可能なバイナリーファイルまたはライブラリーを作成するには、以下のように **ld** ツールを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ld option ... -o output_file object_file ...'
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに **output_file** という名前のバイナリーファイルが作成されます。**-o** オプションを省略すると、コンパイラーはデフォルト **a.out** でという名前のファイルを作成します。

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **ld** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```

注記

使用中の **ld** のバージョンを確認するには、以下を行います。

```
$ which ld
```

Red Hat Developer Toolset の **ld** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **ld** と一致することを確認することができます。

```
$ ld -v
```

4.4. その他のバイナリーツールの使用

binutils は、リンカーやアセンブラー以外の多くのバイナリーツールを提供します。これらのツールの一覧は、表4.1「Red Hat Developer Toolset の binutils に含まれるツール」 を参照してください。

binutils の一部であるツールを実行するには、次のコマンドを実行します。

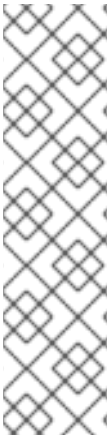
```
$ scl enable devtoolset-10 'tool option ... file_name'
```

binutils で配布されるツールの一覧は、表4.1「Red Hat Developer Toolset の binutils に含まれるツール」 を参照してください。たとえば、**objdump** ツールを使用してオブジェクトファイルを検査するには、次のコマンドを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'objdump option ... object_file'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、Red Hat Developer Toolset バイナリーツールでシェルセッションをデフォルトとして実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```



注記

binutils のバージョンを確認するには、以下のコマンドを使用します。

```
$ which objdump
```

Red Hat Developer Toolset の **objdump** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **objdump** と一致することを確認することができます。

```
$ objdump -v
```

4.5. RED HAT DEVELOPER TOOLSET における BINUTILS の詳細

ライブラリーの静的リンク

最新のライブラリー機能の一部は、複数のバージョンの Red Hat Enterprise Linux での実行に対応するために、Red Hat Developer Toolset で構築されたアプリケーションに静的にリンクされています。標準の Red Hat Enterprise Linux エラータではこのコードが変更されないため、これにより、重要性が高くないセキュリティーリスクが発生します。Red Hat は、このリスクにより、開発者がアプリケーションを再構築する必要がある場合でも、セキュリティーエラータを使用してこのアプリケーションと通信します。

重要

このようなセキュリティーリスクが発生するため、開発者は同じ理由によりアプリケーション全体を静的にリンクしないことが強く推奨されます。

連結時に、オブジェクトファイルの後にライブラリーを指定

Red Hat Developer Toolset では、ライブラリーは、静的アーカイブで一部のシンボルを指定できるリンカースクリプトを使用してリンクされます。これは、Red Hat Enterprise Linux の複数のバージョンとの互換性を確保するために必要になります。ただし、リンカーのスクリプトは、対応する共有オブジェクトファイルの名前を使用します。したがって、リンカーは、オブジェクトファイルを指定するオプションの前に、ライブラリーを追加するオプションを指定する際に、想定とは異なるシンボル処理ルールを使用して、オブジェクトファイルが必要とするシンボルを認識しません。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ld -lsomelib objfile.o'
```

このように、GCC Toolset のライブラリーを使用すると、リンカーのエラーメッセージで、**undefined reference to symbol** になります。この問題を回避するには、標準のリンクプラクティスに従い、オブジェクトファイルを指定するオプションの後に、ライブラリーを追加するオプションを指定します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ld objfile.o -lsomelib'
```

また、この推奨事項は、Red Hat Enterprise Linux のベースバージョンの **binutils** を使用している場合にも適用されることに注意してください。

4.6. 関連資料

binutils の詳細は、以下に記載のドキュメントを参照してください。

インストールされているドキュメント

- **as**(1)、**ld**(1)、**addr2line**(1)、**ar**(1)、**c++filt**(1)、**dwp**(1)、**elfedit**(1)、**gprof**(1)、**nm**(1)、**objcopy**(1)、runlib **(**1)、**readelf**(1)、**size**(1)、string **(**1)、**strip**(1): さまざまな **binutils** ツールの man ページは、それぞれの使用方法に関する詳細情報を提供します。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'man tool'
```

オンラインドキュメント

- binutils のドキュメント: **binutils** ドキュメントでは、バイナリーツールとその使用方法に関する詳細な説明が記載されています。

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。
- 5章*elfutils*: ELF ファイルを検査および操作するためのバイナリーツールのコレクションである **elfutils** の使用方法。
- 2章*GNU コンパイラーコレクション (GCC)*: C、C++、および Fortran で書かれたプログラムをコンパイルする方法。

第5章 ELFUTILS

elfutils は、**eu-objdump**、**eu-readelf**、および ELF ファイルの検査と操作を行うことができるその他ユーティリティなどの一連のバイナリーツールです。Red Hat Developer Toolset バージョンの **elfutils** で配布されるバイナリーツールの完全リストは、表5.1「Red Hat Developer Toolset の elfutils に含まれるツール」 を参照してください。

Red Hat Developer Toolset には **elfutils 0.182** が同梱されています。このバージョンは、Red Hat Developer Toolset の以前のリリースに含まれていたバージョンよりも新しいもので、バグ修正および機能強化が提供されています。

表5.1 Red Hat Developer Toolset の elfutils に含まれるツール

名前	説明
eu-addr2line	アドレスをファイル名および行番号に変換します。
eu-ar	アーカイブからファイルを作成、変更、および抽出します。
eu-elfcmp	2 つの ELF ファイルの関連する部分を等価性と比較します。
eu-elflint	ELF ファイルは **汎用 ABI** (gABI) および **プロセッサー固有の補完 ABI** (psABI) 仕様 と互換性があります。
eu-findtextrel	ファイルでテキストの再配置のソースを見つけます。
eu-make-debug-archive	デバッグ用のオフラインアーカイブを作成します。
eu-nm	オブジェクトファイルのシンボルを一覧表示します。
eu-objdump	オブジェクトファイルの情報を表示します。
eu-ranlib	このアーカイブにアクセスするために、アーカイブのコンテンツにインデックスを生成します。
eu-readelf	ELF ファイルに関する情報を表示します。
eu-size	オブジェクトまたはアーカイブファイルのセクションサイズを一覧表示します。
eu-stack	プロセスとコアをアンバウンドする新しいユーティリティー。
eu-strings	ファイルの印刷可能な文字シーケンスを表示します。

名前	説明
eu-strip	オブジェクトファイルからのすべてのシンボルを破棄します。
eu-unstrip	ストライプ化されたファイルと個別のシンボルおよびデバッグ情報を統合します。

5.1. ELFUTILS のインストール

Red Hat Developer Toolset では、**devtoolset-10-elfutils** パッケージにより **elfutils** が提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明通りに **devtoolset-10-toolchain** で自動的にインストールされます。

5.2. ELFUTILS の使用

elfutils の一部であるツールのいずれかを実行するには、以下のようにツールを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'tool option ... file_name'
```

elfutils で配布されるツールの一覧は、表5.1「Red Hat Developer Toolset の elfutils に含まれるツール」 を参照してください。たとえば、**objdump** ツールを使用してオブジェクトファイルを検査するには、次のコマンドを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'eu-objdump option ... object_file'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、Red Hat Developer Toolset バイナリーツールでシェルセッションをデフォルトとして実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```

注記

elfutils のバージョンを確認するには、以下のコマンドを使用します。

```
$ which eu-objdump
```

Red Hat Developer Toolset の **eu-objdump** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **eu-objdump** と一致することを確認することができます。

```
$ eu-objdump -V
```

5.3. 関連資料

elfutils の詳細は、以下に記載のドキュメントを参照してください。

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。
- 2章*GNU コンパイラーコレクション (GCC)*: C、C++、および Fortran で書かれたプログラムのコンパイル手順。
- 4章*binutils*: **binutils** を使用する手順。オブジェクトファイルおよびバイナリーを検査および操作するためのバイナリーツールのコレクションです。
- 6章*dwz*: **dwz** ツールを使用して、**ELF** 共有ライブラリーや、サイズの **ELF** 実行ファイルに含まれる DWARF デバッグ情報を最適化する説明。

第6章 DWZ

dwz は、**ELF 共有ライブラリー** および **ELF** 実行可能ファイルに含まれる DWARF デバッグ情報のサイズの最適化を試みるコマンドラインツールです。そのためには、**dwz** が DWARF 情報表現を、可能な場合は同等の小規模な表現に置き換え、DWARF Standard の **Appendix E** からの手法を使用して重複の量を減らします。

Red Hat Developer Toolset には **dwz 0.12** が同梱されています。

6.1. DWZ のインストール

Red Hat Developer Toolset では、**dwz** ユーティリティーは **devtoolset-10-dwz** パッケージで提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明に従って **devtoolset-10-toolchain** で自動的にインストールされます。

6.2. DWZ の使用

バイナリーファイルで DWARF デバッグ情報を最適化するには、以下のように **dwz** ツールを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'dwz option... file_name'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **dwz** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```

注記

使用中の **dwz** のバージョンを確認するには、以下を行います。

```
$ which dwz
```

Red Hat Developer Toolset の **dwz** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **dwz** と一致することを確認することができます。

```
$ dwz -v
```

6.3. 関連資料

dwz とその機能の詳細は、以下に挙げるリソースを参照してください。

インストールされているドキュメント

- **dwz**(1): **dwz** ユーティリティーの man ページは、その使用方法の詳細情報を提供します。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'man dwz'
  ```

以下も併せて参照してください。

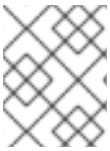
- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。
- 2章*GNU コンパイラーコレクション (GCC)*: C、C++、および Fortran で書かれたプログラムのコンパイル手順。
- 4章*binutils*: **binutils** を使用する手順。オブジェクトファイルおよびバイナリーを検査および操作するためのバイナリーツールのコレクションです。
- 5章*elfutils*: **elfutils** を使用する手順。**ELF** ファイルを検査および操作するためのバイナリーツールのコレクションです。

第7章 ANNOBIN

Annobin プロジェクトは、**annobin** プラグインと **annockeck** プログラムで構成されます。

annobin プラグインは、GNU コンパイラーコレクション (GCC) コマンドライン、コンパイル状態、およびコンパイルプロセスをスキャンし、ELF ノートを生成します。ELF ノートでは、バイナリーの構築方法を記録し、セキュリティー強化チェックを実行する **annocheck** プログラムの情報を得ることができます。

セキュリティー強化チェッカーは **annocheck** プログラムの一部で、デフォルトで有効になっています。バイナリーファイルをチェックして、必要なセキュリティー強化オプションでプログラムが構築されていて、正しくコンパイルされているかを判断します。**annocheck** は、ELF オブジェクトファイルのディレクトリー、アーカイブ、および RPM パッケージを再帰的にスキャンできます。



注記

ファイルは ELF 形式である必要があります。**annocheck** は、他のバイナリーファイルタイプの処理に対応していません。

7.1. ANNOBIN のインストール

Red Hat Developer Toolset では、**annobin** プラグインおよび **annocheck** プログラムは **devtoolset-10-gcc** パッケージで提供され、「オプションパッケージのインストール」 の説明に従ってインストールされます。

7.2. ANNOBIN プラグインの使用

gcc を使用して **annobin** プラグインにオプションを渡すには、以下を使用します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gcc -fplugin=annobin -fplugin-arg-annobin-option file-name'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **as** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```

注記

使用中の **annobin** のバージョンを確認するには、以下を行います。

```
$ which annobin
```

Red Hat Developer Toolset の **annobin** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。

7.3. ANNOCHECK の使用

annocheck プログラムでファイル、ディレクトリー、または RPM パッケージをスキャンするには、次のコマンドを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'annocheck file-name'
```

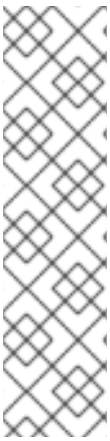
-

注記

annocheck は ELF ファイルのみを検索します。他のファイルタイプは無視されます。

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **as** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```



注記

使用中の **annocheck** のバージョンを確認するには、以下を行います。

```
$ which annocheck
```

Red Hat Developer Toolset の **annocheck** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **annocheck** と一致することを確認することができます。

```
$ annocheck --version
```

7.4. 関連資料

annocheck、**annobin**、および その機能の詳細は、以下の資料を参照してください。

インストールされているドキュメント

- **annocheck**(1): **annocheck** ユーティリティーの man ページには、その使用方法に関する詳細情報が記載されています。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'man annocheck'
  ```

- **annobin**(1): **annobin** ユーティリティーの man ページには、その使用方法に関する詳細情報が記載されています。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'man annobin'
  ```

パート III. デバッグツール

第8章 GNU デバッガー (GDB)

GNU デバッガー (通常は **GDB** として省略) は、さまざまなプログラミング言語で書かれたプログラムのデバッグに使用できるコマンドラインツールです。これにより、デバッグするコード内でメモリーを検査したり、コードの実行状態を制御したり、コードの特定セクションの実行を検出したりできます。

Red Hat Developer Toolset には **GDB 9.2** が同梱されています。このバージョンは、Red Hat Enterprise Linux に同梱されていたバージョンと Red Hat Developer Toolset の以前のリリースよりも新しいもので、機能拡張やバグ修正が数多く追加されました。

8.1. GNU デバッガーのインストール

Red Hat Developer Toolset では、**GNU デバッガー** は **devtoolset-10-gdb** パッケージで提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明に従って、**devtoolset-10-toolchain** で自動的にインストールされます。

8.2. デバッグプログラムの準備

デバッグ情報を使用したプログラムのコンパイル
GNU デバッガー が読み取り可能なデバッグ情報で C プログラムをコンパイルするには、**-g** オプションを指定して **gcc** コンパイラーが実行されていることを確認します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gcc -g -o output_file input_file...'
```

同様に、デバッグ情報を使用して C++ プログラムをコンパイルするには、以下を実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'g++ -g -o output_file input_file...'
```

例8.1 デバッグ情報を使用した C プログラムのコンパイル

以下の内容を **fibonacci.c** 含むという名前のソースファイルについて考えてみましょう。

```
#include <stdio.h>
#include <limits.h>

int main (int argc, char *argv[]) {
  unsigned long int a = 0;
  unsigned long int b = 1;
  unsigned long int sum;

  while (b < LONG_MAX) {
    printf("%ld ", b);
    sum = a + b;
    a = b;
    b = sum;
  }

  return 0;
}
```

GNU デバッガー のデバッグ情報とともに、Red Hat Developer Toolset の **GCC** を使用してコマンドラインでこのプログラムをコンパイルします。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gcc -g -o fibonacci fibonacci.c'
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに **fibonacci** という名前のバイナリーファイルが作成されます。

既存パッケージのデバッグ情報のインストール
システムにすでにインストールされているパッケージのデバッグ情報をインストールするには、次のコマンドを実行します。

```
# debuginfo-install package_name
```

debuginfo-install ユーティリティーをシステムで使用できるようにするには、**yum-utils** パッケージがインストールされている必要があることに注意してください。

例8.2 glibc パッケージのデバッグ情報のインストール

glibc パッケージのデバッグ情報をインストールします。

```
# debuginfo-install glibc
Loaded plugins: product-id, refresh-packagekit, subscription-manager
--> Running transaction check
---> Package glibc-debuginfo.x86_64 0:2.17-105.el7 will be installed
...
```

8.3. GNU デバッガーの実行

デバッグするプログラムで **GNU デバッガー** を実行するには、以下を実行します。

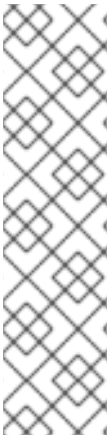
```
$ scl enable devtoolset-10 'gdb file_name'
```

これにより、インタラクティブモードで **gdb** デバッガーが開始され、デフォルトのプロンプト **(gdb)** が表示されます。デバッグセッションを終了してシェルプロンプトに戻るには、いつでも以下のコマンドを実行します。

```
(gdb) quit
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **g++** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```



注記

使用中の **gdb** のバージョンを確認するには、以下を行います。

```
$ which gdb
```

Red Hat Developer Toolset の **gdb** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **gdb** と一致することを確認することができます。

```
$ gdb -v
```

例8.3 fiacci バイナリーファイルでの gdb ユーティリティーの実行

この例では、例8.1「デバッグ情報を使用した C プログラムのコンパイル」 の説明に従って **fibonacci** バイナリーファイルを正常にコンパイルしていることを前提としています。

gdb でデバッグ **fibonacci** を起動します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gdb fibonacci'
GNU gdb (GDB) Red Hat Enterprise Linux 8.2-2.el7
Copyright (C) 2017 Free Software Foundation, Inc.
License GPLv3+: GNU GPL version 3 or later <http://gnu.org/licenses/gpl.html>
This is free software: you are free to change and redistribute it.
There is NO WARRANTY, to the extent permitted by law.  Type "show copying"
and "show warranty" for details.
This GDB was configured as "x86_64-redhat-linux-gnu".
Type "show configuration" for configuration details.
For bug reporting instructions, please see:
<http://www.gnu.org/software/gdb/bugs/>.
Find the GDB manual and other documentation resources online at:
<http://www.gnu.org/software/gdb/documentation/>.
For help, type "help".
Type "apropos word" to search for commands related to "word"...
Reading symbols from fibonacci...done.
(gdb)
```

8.4. ソースコードの一覧表示

デバッグしているプログラムのソースコードを表示するには、次のコマンドを実行します。

```
(gdb) list
```

デバッグしているプログラムの実行を開始する前に、**gdb** はソースコードの最初の 10 行を表示し、その後に使用しても別の 10 行が一覧表示されます。実行を開始すると、**gdb** は通常はブレークポイントを設定する際に実行が停止した行を取ります。

特定の行を取り囲むコードを表示することもできます。

```
(gdb) list file_name:line_number
```

同様に、特定の関数の開始点を囲むコードを表示するには、次のコマンドを実行します。

```
(gdb) list file_name:function_name
```

list コマンドが表示する行数を変更できます。

```
(gdb) set listsize number
```

例8.4 fiacci バイナリーファイルのソースコードの一覧表示

例8.1「デバッグ情報を使用した C プログラムのコンパイル」 に記載されている **fibonacci.c** ファイルには、正確に 17 行があります。デバッグ情報を使用してコンパイルし、**gdb** ユーティリティーにソースコード全体を一覧表示できるようにする場合は、以下のコマンドを実行して、一覧表示されている行の数を 20 に変更します。

```
(gdb) set listsize 20
```

引数なしで **list** コマンドを実行して、デバッグするファイルのソースコード全体を表示できるようになりました。

```
(gdb) list
1       #include <stdio.h>
2       #include <limits.h>
3
4       int main (int argc, char *argv[]) {
5         unsigned long int a = 0;
6         unsigned long int b = 1;
7         unsigned long int sum;
8
9         while (b < LONG_MAX) {
10          printf("%ld ", b);
11          sum = a + b;
12          a = b;
13          b = sum;
14        }
15
16        return 0;
17      }
```

8.5. ブレークポイントの設定

新しいブレークポイントの設定
特定の行に新しいブレークポイントを設定するには、以下を行います。

```
(gdb) break file_name:line_number
```

特定の関数でブレークポイントを設定することもできます。

```
(gdb) break file_name:function_name
```

例8.5 新しいブレークポイントの設定

この例では、例8.1「デバッグ情報を使用した C プログラムのコンパイル」 に一覧表示されている **fibonacci.c** ファイルをデバッグ情報を使用してコンパイルしていることを前提としています。

10 行目で新しいブレークポイントを設定します。

```
(gdb) break 10
Breakpoint 1 at 0x4004e5: file fibonacci.c, line 10.
```

ブレークポイントの一覧表示
現在設定されているブレークポイントの一覧を表示するには、次のコマンドを実行します。

```
(gdb) info breakpoints
```

例8.6 ブレークポイントの一覧表示

この例では、例8.5「新しいブレークポイントの設定」 の手順に従っていることを前提としています。

現在設定されているブレークポイントの一覧を表示します。

```
(gdb) info breakpoints
Num     Type           Disp Enb Address            What
1       breakpoint     keep y   0x00000000004004e5 in main at fibonacci.c:10
```

既存のブレークポイントの削除
特定の行に設定されているブレークポイントを削除するには、次のコマンドを実行します。

```
(gdb) clear line_number
```

同様に、特定の関数に設定したブレークポイントを削除するには、次のコマンドを実行します。

```
(gdb) clear function_name
```

例8.7 既存のブレークポイントの削除

この例では、例8.1「デバッグ情報を使用した C プログラムのコンパイル」 に一覧表示されている **fibonacci.c** ファイルをデバッグ情報を使用してコンパイルしていることを前提としています。

7 行目で新しいブレークポイントを設定します。

```
(gdb) break 7
Breakpoint 2 at 0x4004e3: file fibonacci.c, line 7.
```

このブレークポイントを削除します。

```
(gdb) clear 7
Deleted breakpoint 2
```

8.6. 実行の開始

デバッグしているプログラムの実行を開始するには、次のコマンドを実行します。

```
(gdb) run
```

プログラムがコマンドライン引数を許可する場合は、**run** コマンドに引数として指定できます。

```
(gdb) run argument...
```

最初のブレークポイント (存在する場合) に達するか、エラーが発生した場合、またはプログラムが終了したときに実行が停止します。

例8.8 フィボナッチバイナリーファイルの実行

この例では、例8.5「新しいブレークポイントの設定」 の手順に従っていることを前提としています。

fibonacci バイナリーファイルの実行

```
(gdb) run
Starting program: /home/john/fibonacci

Breakpoint 1, main (argc=1, argv=0x7fffffffe4d8) at fibonacci.c:10
10          printf("%ld ", b);
```

8.7. 現在の値の表示

この **gdb** ユーティリティーを使用すると、複雑で、有効な式やライブラリー機能まで、プログラムに関連するほぼすべての値を表示できます。ただし、変数の値を表示するのが最も一般的なタスクです。

特定の変数の現在の値を表示するには、次のコマンドを実行します。

```
(gdb) print variable_name
```

例8.9 変数の現在の値の表示

この例では、例8.8「フィボナッチバイナリーファイルの実行」 の指示に従い、10 行目でブレークポイントに到達した後に、**fibonacci** バイナリーの実行が停止していることを前提としています。

変数 **a** および **b** の現在の値を表示します。

```
(gdb) print a
$1 = 0
(gdb) print b
$2 = 1
```

8.8. 継続実行

ブレークポイントに達した後にデバッグするプログラムの実行を再開するには、次のコマンドを実行します。

```
(gdb) continue
```

別のブレークポイントに到達すると、実行が再び停止します。特定の数のブレークポイントをスキップするには (通常はループをデバッグする場合)、以下を実行します。

```
(gdb) continue number
```

この **gdb** ユーティリティーでは、1 行のコードを実行した後に実行を停止することもできます。

```
(gdb) step
```

最後に、特定の数行を実行できます。

```
(gdb) step number
```

例8.10 フィボナッチバイナリーファイルの実行の継続

この例では、例8.8「フィボナッチバイナリーファイルの実行」 の指示に従い、10 行目でブレークポイントに到達した後に、**fibonacci** バイナリーの実行が停止していることを前提としています。

実行を再開します。

```
(gdb) continue
Continuing.

Breakpoint 1, main (argc=1, argv=0x7fffffffe4d8) at fibonacci.c:10
10          printf("%ld ", b);
```

ブレークポイントに到達すると、実行が停止します。

次の 3 行コードを実行します。

```
(gdb) step 3
13          b = sum;
```

これにより、**b** に変数を割り当てる前に、**sum** 変数の現在の値を確認することができます。

```
(gdb) print sum
$3 = 2
```

8.9. 関連資料

GNU デバッガー およびその機能の詳細は、以下の資料を参照してください。

インストールされているドキュメント
devtoolset-10-gdb-doc パッケージをインストールすると、**/opt/rh/devtoolset-10/root/usr/share/doc/devtoolset-10-gdb-doc-9.2** ディレクトリーの HTML 形式および PDF 形式のドキュメントを利用できます。

- **GDB ガイドを使用したデバッグ**。これは、同じ名前のアップストリーム資料のコピーです。本書のバージョンは、Red Hat Developer Toolset で利用可能な **GDB** のバージョンに完全に対応します。

- **GDB の Obsolete Annotations** ドキュメント。これは廃止された **GDB** レベル 2 アノテーションを一覧表示します。

オンラインドキュメント

- Red Hat Enterprise Linux 7 開発者ガイド : Red Hat Enterprise Linux 7 **開発者ガイド** では、**GNU デバッガー** およびデバッグに関する詳細情報が提供されています。

- GDB ドキュメント: アップストリームの **GDB** ドキュメントには、**GDB User Manual** およびその他の参考資料が含まれています。

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。

- 2章*GNU コンパイラーコレクション (GCC)*: C、C++、および Fortran で書かれたプログラムをコンパイルする方法の詳細。

- 9章*strace*: **strace** ユーティリティーを使用して、プログラムが使用するシステムコールを監視し、受信するシグナル。

- 11章*memstomp*: **memstomp** ユーティリティーを使用する手順で、さまざまな標準で使用できないメモリー領域が重複しているライブラリー関数への呼び出しを特定します。

第9章 STRACE

strace は、実行中のプロセスによって確立および受信されたシステムコールを追跡するために使用できるコマンドラインの診断およびデバッグツールです。これは、各システムコールの名前、引数、および戻り値と、プロセスによって受信したシグナルとそのカーネルとの対話を記録し、このレコードを標準エラー出力または選択したファイルに出力します。

Red Hat Developer Toolset には **strace 5.7** が同梱されています。

9.1. STRACE のインストール

Red Hat Enterprise Linux では、**strace** ユーティリティーは **devtoolset-10-strace** パッケージで提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明通りに **devtoolset-10-toolchain** で自動的にインストールされます。

9.2. STRACE の使用

分析するプログラムで **strace** ユーティリティーを実行するには、次のコマンドを実行します。

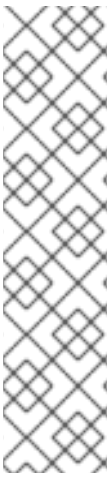
```
$ scl enable devtoolset-10 'strace program argument...'
```

program を、分析するプログラムの名前に置き換え、**argument** を、このプログラムに指定するコマンドラインオプションと引数に置き換えます。以下の例では、**-p** コマンドラインオプションとプロセス ID を使用して、実行中のプロセスでユーティリティーを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -p process_id'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **strace** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```



注記

任意の時点で使用している **strace** のバージョンを確認するには、以下のコマンドを実行します。

```
$ which strace
```

Red Hat Developer Toolset の **strace** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **strace** と一致することを確認することができます。

```
$ strace -V
```

9.2.1. 出力のファイルへのリダイレクト

デフォルトでは **strace**、各システムコールの名前、引数、および戻り値を標準エラー出力に出力します。この出力をファイルにリダイレクトするには、**-o** コマンドラインオプションの後にファイル名を指定します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -o file_name program argument...'
```

file_name をファイル名に置き換えます。

例9.1 出力のファイルへのリダイレクト

例8.1「デバッグ情報を使用した C プログラムのコンパイル」 から **fibonacci** ファイルのバージョンを若干変更したことを検討してください。この実行可能ファイルには、Fibonacci シーケンスが表示され、オプションでこのシーケンスのメンバー数を指定することができます。このファイルで **strace** ユーティリティーを実行し、トレース出力を **fibonacci.log** リダイレクトします。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -o fibonacci.log ./fibonacci 20'
1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 144 233 377 610 987 1597 2584 4181 6765
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに、**fibonacci.log** という新しいプレーンテキストファイルが作成されます。

9.2.2. 選択したシステム呼び出しの追跡

選択したシステムコールのセットのみを追跡するには、**strace** コマンドラインオプションを指定して **-e** ユーティリティーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -e expression program argument...'
```

expression を、トレースするシステムコールのコンマ区切りリスト、または 表9.1「-e オプションで一般的に使用される値」 にリストされているにキーワードに置き換えます。使用できるすべての値の説明は、**strace**(1) の man ページを参照してください。

表9.1 -e オプションで一般的に使用される値

値	説明
%file	ファイル名を引数として受け入れるシステムコール。
%process	プロセス管理に関連するシステムコール。
%network	ネットワークに関連するシステムコール。
%signal	シグナル管理に関連するシステムコール。
%ipc	**IPC** (inter-process communication) に関連するシステムコール。
%desc	ファイル記述子に関連するシステムコール。

構文 **-e 式** は、完全な形式の **-e trace=式** です。

例9.2 選択したシステム呼び出しの追跡

例11.1「memstomp の使用」 の **employee** ファイルを考慮します。この実行可能ファイルで **strace** ユーティリティーを実行し、**mmap** および **munmap** システムコールのみをトレースします。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -e mmap,munmap ./employee'
mmap(NULL, 4096, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f896c744000
mmap(NULL, 61239, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0x7f896c735000
mmap(0x3146a00000, 3745960, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x3146a00000
mmap(0x3146d89000, 20480, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x189000) = 0x3146d89000
mmap(0x3146d8e000, 18600, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x3146d8e000
mmap(NULL, 4096, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f896c734000
mmap(NULL, 4096, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f896c733000
mmap(NULL, 4096, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f896c732000
munmap(0x7f896c735000, 61239)           = 0
mmap(NULL, 4096, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f896c743000
John,john@example.comDoe,
+++ exited with 0 +++
```

9.2.3. タイムスタンプの表示

トレースの各行を、時間、分、および秒で正確な時刻にプレフィックスするには、**-t** コマンドラインオプションを指定して **strace** ユーティリティーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -t program argument...'
```

ミリ秒を表示するには、**-t** オプションを 2 回指定します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -tt program argument...'
```

トレースの各行を、各システムコールの実行に必要な時間にプレフィックスを付けるには、**-r** コマンドラインオプションを使用します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -r program argument...'
```

例9.3 タイムスタンプの表示

pwd という名前の実行ファイルを考慮してください。このファイルで **strace** ユーティリティーを実行し、出力にタイムスタンプを含めます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -tt pwd'
19:43:28.011815 execve("./pwd", ["./pwd"], [/* 36 vars */]) = 0
```

```
19:43:28.012128 brk(0)                  = 0xcd3000
19:43:28.012174 mmap(NULL, 4096, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fc869cb0000
19:43:28.012427 open("/etc/ld.so.cache", O_RDONLY) = 3
19:43:28.012446 fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=61239, ...}) = 0
19:43:28.012464 mmap(NULL, 61239, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0x7fc869ca1000
19:43:28.012483 close(3)                = 0
...
19:43:28.013410 +++ exited with 0 +++
```

9.2.4. サマリーの表示

各システムコールの実行に必要な時間、これらのシステムコールが実行した回数、実行中に発生したエラー数の概要を表示するには、**-c** コマンドラインオプションを指定して **strace** ユーティリティーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -c program argument...'
```

例9.4 サマリーの表示

lsblk という名前の実行ファイルを考慮してください。このファイルで **strace** ユーティリティーを実行し、トレースの概要を表示します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -c lsblk > /dev/null'
% time     seconds  usecs/call     calls    errors syscall
------ ----------- ----------- --------- --------- ----------------
 80.88    0.000055           1       106        16 open
 19.12    0.000013           0       140           munmap
  0.00    0.000000           0       148           read
  0.00    0.000000           0         1           write
  0.00    0.000000           0       258           close
  0.00    0.000000           0        37         2 stat
...
------ ----------- ----------- --------- --------- ----------------
100.00    0.000068                  1790        35 total
```

9.2.5. システムコール結果の改ざん

システムコールから返されたエラーをシミュレートすると、プログラムで不足しているエラー処理の特定に役立ちます。

特定のシステムコールの結果としてプログラムが一般的なエラーを受け取るには、**-e fault=** オプションを指定して **strace** ユーティリティーを実行し、システムコールを指定します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -e fault=syscall program argument...'
```

エラーの種類または戻り値を指定するには、**-e inject=** オプションを使用します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -e inject=syscall:error=error-type program argument'
$ scl enable devtoolset-10 'strace -e inject=syscall:retval=return-value program argument'
```

エラータイプと戻り値は相互排他的であることに注意してください。

例9.5 システムコール結果の改ざん

lsblk という名前の実行ファイルを考慮してください。このファイルで **strace** ユーティリティーを実行すると、**mmap()** システムコールがエラーを返すようにします。

```
$ scl enable devtoolset-10 'strace -e fault=mmap:error=EPERM lsblk > /dev/null'
execve("/usr/bin/lsblk", ["lsblk"], 0x7fff1c0e02a0 /* 54 vars */) = 0
brk(NULL)                               = 0x55d9e8b43000
mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = -
1 EPERM (Operation not permitted) (INJECTED)
writev(2, [{iov_base="lsblk", iov_len=5}, {iov_base=": ", iov_len=2}, {iov_base="error while loading
shared libra"..., iov_len=36}, {iov_base=": ", iov_len=2}, {iov_base="", iov_len=0}, {iov_base="",
iov_len=0}, {iov_base="cannot create cache for search p"..., iov_len=35}, {iov_base=": ",
iov_len=2}, {iov_base="Cannot allocate memory", iov_len=22}, {iov_base="\n", iov_len=1}],
10lsblk: error while loading shared libraries: cannot create cache for search path: Cannot allocate
memory
) = 105
exit_group(127)                         = ?
+++ exited with 127 +++
```

9.3. 関連資料

strace とその機能の詳細は、以下に挙げるリソースを参照してください。

インストールされているドキュメント

- **strace**(1): **strace** ユーティリティーの man ページは、その使用方法に関する詳細情報を提供します。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'man strace'
  ```

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。
- 10章*ltrace*: **ltrace** ツールを使用して、プログラムライブラリー呼び出しを追跡する手順。
- 8章*GNU デバッガー (GDB)*: C、C++、および Fortran で書かれたデバッグプログラムの手順。
- 11章*memstomp*: **memstomp** ユーティリティーを使用する手順で、さまざまな標準で使用できないメモリー領域が重複しているライブラリー関数への呼び出しを特定します。

第10章 LTRACE

ltrace は、コマンドラインの診断およびデバッグのツールです。これは、共有ライブラリーに追加された呼び出しの表示に使用できます。これは動的ライブラリーフックメカニズムを使用し、静的にリンクされたライブラリーへの呼び出しを追跡できなくなります。**ltrace** は、ライブラリーコールの戻り値も表示します。出力は、標準エラー出力または選択したファイルに出力されます。

Red Hat Developer Toolset には**ltrace 0.7.91** が同梱されています。ベースバージョンの **ltrace** は、以前のリリースの Red Hat Developer Toolset と同じですが、さまざまな機能強化およびバグ修正がポートされています。

10.1. LTRACE のインストール

Red Hat Enterprise Linux では、**ltrace** ユーティリティーは **devtoolset-10-ltrace** パッケージで提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明通りに **devtoolset-10-toolchain** で自動的にインストールされます。

10.2. LTRACE の使用

分析するプログラムで **ltrace** ユーティリティーを実行するには、次のコマンドを実行します。

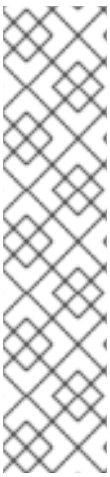
```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace program argument...'
```

program を、分析するプログラムの名前に置き換え、**argument** を、このプログラムに指定するコマンドラインオプションと引数に置き換えます。以下の例では、**-p** コマンドラインオプションとプロセス ID を使用して、実行中のプロセスでユーティリティーを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -p process_id'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、デフォルトで Red Hat Developer Toolset **ltrace** でシェルセッションを実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```



注記

任意の時点で使用している **ltrace** のバージョンを確認するには、以下のコマンドを実行します。

```
$ which ltrace
```

Red Hat Developer Toolset の **ltrace** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **ltrace** と一致することを確認することができます。

```
$ ltrace -V
```

10.2.1. 出力のファイルへのリダイレクト

デフォルトでは **ltrace**、各システムコールの名前、引数、および戻り値を標準エラー出力に出力します。この出力をファイルにリダイレクトするには、**-o** コマンドラインオプションの後にファイル名を指定します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -o file_name program argument...'
```

file_name をファイル名に置き換えます。

例10.1 出力のファイルへのリダイレクト

例8.1「デバッグ情報を使用した C プログラムのコンパイル」 から **fibonacci** ファイルのバージョンを若干変更したことを検討してください。この実行可能ファイルには、Fibonacci シーケンスが表示され、オプションでこのシーケンスのメンバー数を指定することができます。のファイルで **ltrace** ユーティリティーを実行し、トレース出力を **fibonacci.log** にリダイレクトします。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -o fibonacci.log ./fibonacci 20'
1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 144 233 377 610 987 1597 2584 4181 6765
```

これにより、現在の作業ディレクトリーに、**fibonacci.log** という新しいプレーンテキストファイルが作成されます。

10.2.2. 選択したライブラリー呼び出しの追跡

選択したライブラリーコールのセットのみを追跡するには、**-e** コマンドラインオプションを指定して **ltrace** ユーティリティーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -e expression program argument...'
```

expression をルールチェーンに置き換え、トレースするライブラリー呼び出しを指定します。ルールは、シンボル名 (**malloc** または **free** など) と、ライブラリー SONAME (**libc.so** など) を識別するパターンで構成されています。たとえば、**malloc** および **free** 関数への呼び出しを追跡し、**libc** ライブラリーが実行したものを省略するには、以下のコマンドを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -e malloc+free-@libc.so* program'
```

例10.2 選択したライブラリー呼び出しの追跡

ls コマンドを考慮します。このプログラムで **ltrace** ユーティリティーを実行し、**opendir**、**readdir**、および **closedir** 関数呼び出しでのみトレースします。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -e opendir+readdir+closedir ls'
ls->opendir(".")      = { 3 }
ls->readdir({ 3 })    = { 61533, "." }
ls->readdir({ 3 })    = { 131, ".." }
ls->readdir({ 3 })    = { 67185100, "BUILDROOT" }
ls->readdir({ 3 })    = { 202390772, "SOURCES" }
ls->readdir({ 3 })    = { 60249, "SPECS" }
ls->readdir({ 3 })    = { 67130110, "BUILD" }
ls->readdir({ 3 })    = { 136599168, "RPMS" }
ls->readdir({ 3 })    = { 202383274, "SRPMS" }
ls->readdir({ 3 })    = nil
```

```
ls->closedir({ 3 })  = 0
BUILD  BUILDROOT  RPMS  SOURCES  SPECS  SRPMS
+++ exited (status 0) +++
```

利用可能なフィルター式の詳細は、**ltrace**(1) man ページを参照してください。

10.2.3. タイムスタンプの表示

トレースの各行を、時間、分、および秒で正確な時刻にプレフィックスするには、**-t** コマンドラインオプションを指定して **ltrace** ユーティリティーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -t program argument...'
```

ミリ秒を表示するには、**-t** オプションを 2 回指定します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -tt program argument...'
```

トレースの各行を、各システムコールの実行に必要な時間にプレフィックスを付けるには、**-r** コマンドラインオプションを使用します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -r program argument...'
```

例10.3 タイムスタンプの表示

pwd コマンドを考慮します。このプログラムで **ltrace** ユーティリティーを実行し、出力にタイムスタンプを含めます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -tt pwd'
13:27:19.631371 __libc_start_main([ "pwd" ] <unfinished ...>
13:27:19.632240 getenv("POSIXLY_CORRECT")                        = nil
13:27:19.632520 strrchr("pwd", '/')                              = nil
13:27:19.632786 setlocale(LC_ALL, "")                            = "en_US.UTF-8"
13:27:19.633220 bindtextdomain("coreutils", "/usr/share/locale") = "/usr/share/locale"
13:27:19.633471 textdomain("coreutils")                          = "coreutils"
(...)
13:27:19.637110  exited (status 0)
```

10.2.4. サマリーの表示

各システムコールの実行に必要な時間と、これらのシステムコールを実行した回数の概要を表示するには、**-c** コマンドラインオプションを指定して **ltrace** ユーティリティーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -c program argument...'
```

例10.4 サマリーの表示

lsblk コマンドについて考えてみましょう。このプログラムで **ltrace** ユーティリティーを実行し、トレースの概要を表示します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ltrace -c lsblk > /dev/null'
```

```
% time     seconds  usecs/call     calls      function
------ ----------- ----------- --------- --------------------
 53.60    0.261644      261644         1 __libc_start_main
  4.48    0.021848          58       374 mbrtowc
  4.41    0.021524          57       374 wcwidth
  4.39    0.021409          57       374 __ctype_get_mb_cur_max
  4.38    0.021359          57       374 iswprint
  4.06    0.019838          74       266 readdir64
  3.21    0.015652          69       224 strlen
...
------ ----------- ----------- --------- --------------------
100.00    0.488135                  3482 total
```

10.3. 関連資料

ltrace とその機能の詳細は、以下に挙げるリソースを参照してください。

インストールされているドキュメント

- **ltrace**(1): **ltrace** ユーティリティーの man ページは、その使用方法に関する詳細情報を提供します。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'man ltrace'
  ```

オンラインドキュメント

- RHEL 6 および 7 の ltrace : Red Hat Developer Blog の記事では、アプリケーションのデバッグに **ltrace** を使用する方法について、詳細な情報 (実用的な例を含む) が提供されます。

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。
- 9章*strace*: **strace** ツールを使用して、プログラムシステムコールを追跡する手順。
- 8章*GNU デバッガー (GDB)*: C、C++、および Fortran で書かれたデバッグプログラムの手順。
- 11章*memstomp*: **memstomp** ユーティリティーを使用する手順で、さまざまな標準で使用できないメモリー領域が重複しているライブラリー関数への呼び出しを特定します。

第11章 MEMSTOMP

memstomp は、このような重複がさまざまな標準で許可されていない場合に、重複するメモリー領域で関数呼び出しを特定するために使用できます。表11.1「memstomp によって検査された関数呼び出し」 に一覧表示されているライブラリー関数への呼び出しをインターセプトし、それぞれのメモリーの重複に対して詳細なバックトレースが表示され、問題のデバッグに役立つ詳細なバックトレースが表示されます。

Valgrind と同様に、**memstomp** ユーティリティーはアプリケーションを再コンパイルせずに検査します。ただし、このツールよりも高速であるため、便利な代替手段となります。

Red Hat Developer Toolset には、**memstomp 0.1.5** が同梱されています。

表11.1 memstomp によって検査された関数呼び出し

機能	説明
memcpy	n バイトをメモリー領域から別のメモリー領域にコピーし、2 番目のメモリー領域にポインターを返します。
memccpy	最大 n バイトを 1 つのメモリー領域から別のメモリー領域にコピーし、特定の文字が見つかったときに停止します。最後に書き込まれたバイトの後にポインターを返すか、指定の文字が見つからない場合は NULL を返します。
mempcpy	n バイトを 1 つのメモリー領域から別のメモリー領域にコピーし、最後に書き込まれたバイトの後にポインターをバイトに戻します。
strcpy	あるメモリー領域から別のメモリー領域に文字列をコピーし、2 番目の文字列にポインターを返します。
stpcpy	あるメモリー領域から別のメモリー領域に文字列をコピーし、2 番目の文字列の null 終端文字にポインターを返します。
strncpy	最大 n 文字を 1 つの文字列から別の文字列にコピーし、2 番目の文字列にポインターを返します。
stpncpy	最大 n 文字を 1 つの文字列から別の文字列にコピーします。2 番目の文字列の終端 null バイトへのポインターを返します。または、文字列が null 終端ではない場合、最後に書き込まれたバイトの後にバイトへのポインターを返します。
strcat	1 つの文字列を別の文字列に追加し、2 番目の文字列の終了点を上書きし、その最後に新しい文字列を追加します。新しい文字列へのポインターを返します。
strncat	1 つの文字列から別の文字列に最大 n 文字を追加し、2 番目の文字列の終了点を上書きして、その最後に新しい文字列を追加します。新しい文字列へのポインターを返します。
wmemcpy	n ワイド文字を、あるアレイから別のアレイにコピーし、2 番目のアレイにポインターを返す **memcpy**() 関数に相当するワイド文字。
wmempcpy	n ワイド文字を、あるアレイから別のアレイにコピーし、書き込まれたワイド文字にのアレイに続くバイトにポインターを返す **mempcpy**() 関数に相当するワイド文字。

機能	説明
wcscpy	ワイド文字の文字列を、あるアレイから別のアレイにコピーし、2 番目のアレイにポインターを返す **strcpy**() 関数に相当するワイド文字。
wcsncpy	最大 n ワイド文字を、あるアレイから別のアレイにコピーし、2 番目の文字列にポインターを返す **strncpy**() 関数に相当するワイド文字。
wcscat	1 つのワイド文字の文字列を別の文字列に追加し、2 番目の文字列の null 終端文字を上書きして、その最後に新しい文字列を追加する、**strcat**() 関数のワイド文字。新しい文字列へのポインターを返します。
wcsncat	最大 n のワイド文字を、あるアレイから別のアレイに追加し、2 つ目のワイド文字の文字列の null 終端文字を上書きして、新しいものを最後に追加する **strncat**() 関数のワイド文字。新しい文字列へのポインターを返します。

11.1. MEMSTOMP のインストール

Red Hat Developer Toolset では、**memstomp** ユーティリティーは **devtoolset-10-memstomp** パッケージで提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 で説明されているように **devtoolset-10-toolchain** を使用して自動的にインストールされます。

11.2. MEMSTOMP の使用

分析するプログラムで **memstomp** ユーティリティーを実行するには、以下を実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'memstomp program argument...'
```

問題が検出されたときに、解析されたプログラムをすぐに終了するには、**--kill** (または **-k**) コマンドラインオプションを指定してユーティリティーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'memstomp --kill program argument...'
```

マルチスレッドプログラムを分析する場合は、**--kill** オプションの使用が特に推奨されます。バックトレースの内部実装はスレッドセーフではなく、このオプションなしでマルチスレッドプログラムで **memstomp** ユーティリティーを実行すると信頼できない結果が発生する可能性があります。

さらに、解析しているプログラムをデバッグ情報でコンパイルした場合や、このデバッグ情報が利用できる場合は、**--debug-fnfo** (または **-d**) コマンドラインオプションを使用して、より詳細なバックトレースを作成できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'memstomp --debug-info program argument...'
```

バイナリーファイルにビルドされたデバッグ情報を使用してプログラムをコンパイルする方法は、「デバッグプログラムの準備」 を参照してください。Red Hat Developer Toolset パッケージのデバッグ情報をインストールする方法は、「デバッグ情報のインストール」 を参照してください。

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、Red Hat Developer Toolset **memstomp** をデフォルトとして設定して、シェルセッションを実行することができます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```

例11.1 memstomp の使用

現在の作業ディレクトリーに、以下の内容を含む **employee.c** という名前のソースファイルを作成します。

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

#define BUFSIZE 80

int main(int argc, char *argv[]) {
  char employee[BUFSIZE] = "John,Doe,john@example.com";
  char name[BUFSIZE] = {0};
  char surname[BUFSIZE] = {0};
  char *email;
  size_t length;

  /* Extract the information: */
  memccpy(name, employee, ',', BUFSIZE);
  length = strlen(name);
  memccpy(surname, employee + length, ',', BUFSIZE);
  length += strlen(surname);
  email = employee + length;

  /* Compose the new entry: */
  strcat(employee, surname);
  strcpy(employee, name);
  strcat(employee, email);

  /* Print the result: */
  puts(employee);

  return 0;
}
```

このプログラムを、**employee** という名前のバイナリーファイルにコンパイルし ます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'gcc -rdynamic -g -o employee employee.c'
```

メモリー領域が重複する誤った関数呼び出しを特定するには、以下を実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'memstomp --debug-info ./employee'
memstomp: 0.1.4 successfully initialized for process employee (pid 14887).

strcat(dest=0x7fff13afc265, src=0x7fff13afc269, bytes=21) overlap for employee(14887)
        ??:0    strcpy()
        ??:0    strcpy()
        ??:0    _Exit()
        ??:0    strcat()
        employee.c:26   main()
```

```
        ??:0    __libc_start_main()
        ??:0    _start()
John,john@example.comDoe,
```

11.3. 関連資料

memstomp とその機能の詳細は、以下に挙げるリソースを参照してください。

インストールされているドキュメント

- **memstomp**(1): **memstomp** ユーティリティーの man ページは、その使用方法に関する詳細情報を提供します。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'man memstomp'
  ```

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。
- 8章*GNU デバッガー (GDB)*: C、C++、および Fortran で書かれたデバッグプログラムの手順。
- 9章*strace*: strace ユーティリティーを使用して、プログラムが使用するシステムコールを監視し、受信するシグナル。
- 13章*Valgrind*: **Valgrind** ツールを使用してアプリケーションのプロファイルを作成して、初期化されていないメモリーの使用、メモリーの割り当ておよびメモリーの解放、システムコールでの不適切な引数の使用など、メモリーエラーやメモリー管理問題を検出します。

パート IV. パフォーマンス監視ツール

第12章 SYSTEMTAP

SystemTap は、ユーザーがインストルメント化、再コンパイル、インストール、および再起動を行わずに、システム全体のアクティビティーを監視できる追跡およびプロービングツールです。これはカスタムスクリプト言語でプログラミングできます。これにより、(トレース、フィルタリング、分析)、到達 (実行中のカーネルおよびアプリケーションを調べるために) 表現性を提供します。

SystemTap は、カーネルまたはアプリケーション内の関数呼び出し、タイマー、トレースポイント、パフォーマンスカウンターなど、さまざまなタイプのイベントを監視できます。一部のサンプルスクリプトは、Some included example scripts produce output similar to **netstat**、**ps**、**top**、**iostat** などの出力を生成するものもあります。これには、pretty-printed function callgraph トレースや、セキュリティーバグを操作するツールが含まれます。

Red Hat Developer Toolset には SystemTap 4.4 が同梱されています。このバージョンは、以前のリリースの Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンよりも新しいもので、バグ修正および機能拡張が追加されています

表12.1 Red Hat Developer Toolset の SystemTap に分散したツール

名前	説明
stap	プローブ命令を C コードに変換し、カーネルモジュールを構築して、実行中の Linux カーネルに読み込みます。
stapdyn	SystemTap 用の Dyninst バックエンド。
staprun	**stap** ユーティリティーでビルドされたカーネルモジュールをロード、アンロード、アタッチ、切断します。
stapsh	SystemTap のリモートシェルとして機能します。
stap-prep	SystemTap の実行に必要なカーネル情報パッケージを判断して、可能であればダウンロードします。
stap-merge	CPU ファイルごとのマージ。このスクリプトは、**-b** コマンドラインオプションで **stap** ユーティリティーを実行すると自動的に実行されます。
stap-report	SystemTap のバグを報告するために、システムに関する重要な情報を収集します。
stap-server	**stap** クライアントからのリクエストをリッスンするコンパイルサーバー。

12.1. SYSTEMTAP のインストール

Red Hat Developer Toolset **SystemTap** は、**devtoolset-10-systemtap** パッケージで提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 の説明に従って **devtoolset-10-perftools** で自動的にインストールされます。

インストルメンテーションを Linux カーネルに配置するために、SystemTap ではデバッグ情報を含む追加パッケージをインストールする必要がある場合があります。インストールするパッケージを確認するには、以下のように **stap-prep** ユーティリティーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'stap-prep'
```

このコマンドを **root** ユーザーとして実行すると、このユーティリティーが自動的にインストール用のパッケージを提供することに注意してください。システムにこのパッケージをインストールする方法は、Red Hat Enterprise Linux 7 SystemTap ビギナーズガイドを参照してください。

12.2. SYSTEMTAP の使用

SystemTap に含まれるツールのいずれかを実行するには、以下を実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'tool option...'
```

SystemTap で配布されるツールの一覧は、表12.1「Red Hat Developer Toolset の SystemTap に分散したツール」 を参照してください。たとえば、**stap** ツールを実行してインストルメンテーションモジュールを構築するには、次のコマンドを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'stap option... argument...'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、Red Hat Developer Toolset **SystemTap** でシェルセッションをデフォルトとして実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```

注記

任意の時点で使用している SystemTap のバージョンを確認するには、次のコマンドを実行します。

```
$ which stap
```

Red Hat Developer Toolset の **stap** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **SystemTap** と一致することを確認することができます。

```
$ stap -V
```

12.3. 関連資料

SystemTap とその機能の詳細は、以下に挙げるリソースを参照してください。

インストールされているドキュメント

- **stap**(1): **stap** コマンドの man ページでは、その使用方法や、他の関連する man ページへの参照が提供されています。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'man stap'
```

- **staprun**(8): **staprun** コマンドの man ページは、その使用方法の詳細情報を提供します。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'man staprun'
```

オンラインドキュメント

- Red Hat Enterprise Linux 7 SystemTap ビギナーズガイド : Red Hat Enterprise Linux 7 の **SystemTap ビギナーズガイド** では、**SystemTap** とその使用方法を紹介します。
- Red Hat Enterprise Linux 7 SystemTap Tapset Reference : Red Hat Enterprise Linux 7 の **SystemTap Tapset Reference** は、**SystemTap** に関する詳細を提供します。
- SystemTap ドキュメント: **SystemTap** ドキュメントでは、**SystemTap** に関するドキュメントや、**SystemTap** スクリプトの例を多数提供しています。

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。
- 13章*Valgrind*: **Valgrind** ツールを使用してアプリケーションのプロファイルを作成して、初期化されていないメモリーの使用、メモリーの割り当ておよびメモリーの解放、システムコールでの不適切な引数の使用など、メモリーエラーやメモリー管理問題を検出します。
- 14章*OProfile*: コードのどのセクションが最も多くの **CPU** 時間および理由を消費するかを決定するために **OProfile** ツールを使用する命令。
- 15章*Dyninst*: **Dyninst** ライブラリーを使用してユーザー空間の実行ファイルをインストルメント化するための手順

第13章 VALGRIND

Valgrind は、プロファイリングアプリケーション用のツールが多数同梱されるインストルメンテーションフレームワークです。これは、初期化されていないメモリーの使用、メモリーの不適切な割り当ておよび解放など、さまざまなメモリーエラーやメモリー管理の問題を検出するために使用できます。Red Hat Developer Toolset バージョンの **Valgrind** で配布されるプロファイリングツールの完全リストは、表13.1「Red Hat Developer Toolset の Valgrind で配布されるツール」 を参照してください。

Valgrind は、アプリケーションを書き換え、書き換えたバイナリーをインストルメント化して、アプリケーションのプロファイルを作成します。これにより、アプリケーションを再コンパイルせずにプロファイリングできますが、**Valgrind** は特に非常に詳細な実行を実行する場合など、他のプロファイラーよりも大幅に遅くなります。したがって、これは時間固有の問題のデバッグや、カーネルスペースのデバッグには適していません。

Red Hat Developer Toolset には **Valgrind 3.16.1** が同梱されています。このバージョンは、以前のリリースの Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンよりも新しいもので、バグ修正および機能拡張が追加されています

表13.1 Red Hat Developer Toolset の Valgrind で配布されるツール

名前	説明
Memcheck	システムコールを傍受し、読み書き操作をすべてチェックして、メモリー管理の問題を検出します。
Cachegrind	レベル 1 命令キャッシュ (I1)、レベル 1 データキャッシュ(D1)、および統一レベル 2 キャッシュ (L2) をシミュレートして、キャッシュミスのソースを特定します。
Callgrind	関数呼び出し履歴を表す呼び出しグラフを生成します。
Helgrind	**POSIX** スレッドのプリミティブを使用するマルチスレッド C、C++、および Fortran プログラムで同期エラーを検出します。
DRD	**POSIX** スレッドのプリミティブまたは、これらの **POSIX** スレッドのプリミティブ上に構築された他のスレッド概念を使用するマルチスレッド C および C++ プログラムのエラーを検出します。
Massif	ヒープおよびスタックの使用状況を監視します。

13.1. VALGRIND のインストール

Red Hat Developer Toolset では、**devtoolset-10-valgrind** パッケージで **Valgrind** が提供され、**devtoolset-10-perftools** で自動的にインストールされます。

Red Hat Developer Toolset および関連パッケージをシステムにインストールする方法は、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 を参照してください。

注記

GNU デバッガー と **Valgrind** を組み合わせて使用する場合は、Red Hat Developer Toolset に含まれる **GDB** のバージョンを使用して、すべての機能が完全にサポートされることを確認することが推奨されます。

13.2. VALGRIND の使用

プロファイルするプログラムで Valgrind ツールを実行するには、次のコマンドを実行します。

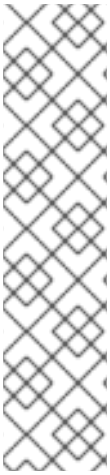
```
$ scl enable devtoolset-10 'valgrind --tool=tool program argument...'
```

Valgrind で配布されるツールの一覧は、表13.1「Red Hat Developer Toolset の Valgrind で配布されるツール」 を参照してください。**--tool** コマンドラインオプションの引数は小文字で指定する必要があります。このオプションを省略すると、Valgrind はデフォルトで **Memcheck** を使用します。たとえば、プログラムで **Cachegrind** を実行して、キャッシュミスのソースを特定するには、以下を実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'valgrind --tool=cachegrind program argument...'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、Red Hat Developer Toolset **Valgrind** でシェルセッションをデフォルトとして実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```



注記

いずれかの時点で使用している Valgrind のバージョンを確認するには、次のコマンドを実行します。

```
$ which valgrind
```

Red Hat Developer Toolset の **valgrind** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **Valgrind** と一致することを確認することができます。

```
$ valgrind --version
```

13.3. 関連資料

Valgrind およびその機能の詳細は、以下に挙げるリソースを参照してください。

インストールされているドキュメント

- **valgrind**(1): **valgrind** ユーティリティーの man ページでは、Valgrind の使用方法の詳細情報が提供されています。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'man valgrind'
  ```

- **Valgrind ドキュメント**: Valgrind の **HTML** ドキュメントは、**/opt/rh/devtoolset-10/root/usr/share/doc/devtoolset-10-valgrind-3.16.1/html/index.html** にあります。

オンラインドキュメント

- Red Hat Enterprise Linux 7 Developer Guide : Red Hat Enterprise Linux 7 の **Developer Guide** では、**Valgrind** およびその **Eclipse** プラグインについての詳細情報が記載されています。

- Red Hat Enterprise Linux 7 パフォーマンスチューニングガイド : Red Hat Enterprise Linux 7 の **パフォーマンスチューニングガイド** では、アプリケーションのプロファイルに **Valgrind** の使用に関する詳細情報が記載されています。

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。
- 11章*memstomp*: **memstomp** ユーティリティーを使用する手順で、さまざまな標準で使用できないメモリー領域が重複しているライブラリー関数への呼び出しを特定します。
- 12章*SystemTap*: **SystemTap** ツールの概要と、そのツールを使用して稼働中のシステムの動作を監視する方法を紹介します。
- 14章*OProfile*: コードのどのセクションが最も多くの CPU 時間および理由を消費するかを決定するために **OProfile** ツールを使用する命令。
- 15章*Dyninst*: **Dyninst** ライブラリーを使用してユーザー空間の実行ファイルをインストルメント化するための手順

第14章 OPROFILE

OProfile はオーバーヘッドが低く、システム全体のプロファイラーで、プロセッサー上のパフォーマンス監視ハードウェアを使用して、メモリーの参照時、レベル 2 キャッシュ (**L2**) 要求の数、ハードウェア割り込みの受信回数など、システム上のカーネルおよび実行可能ファイルに関する情報を取得します。これは、設定ユーティリティー、データ収集用のデーモン、および人間が判読可能なフォームに変換するのに使用できるツールで構成されます。**OProfile** の Red Hat Developer Toolset バージョンで配布されるツールの完全リストは、表14.1「Red Hat Developer Toolset の OProfile と配布されるツール」を参照してください。

OProfile は、すべての n 番目のイベントの詳細を記録して、インストルメンテーションを追加せずにアプリケーションをプロファイルします。これにより、**Valgrind** よりも少ないリソースを消費できますが、そのサンプルの正確性も低くなります。**Valgrind** とは異なり、単一プロセスとユーザー空間内の子データのデータのみを収集するため、**OProfile** はユーザー空間およびカーネル空間プロセスの両方でシステム全体のデータを収集するのに適しており、実行する **root** 権限が必要になります。

Red Hat Developer Toolset には **OProfile 1.4.0** が同梱されています。

表14.1 Red Hat Developer Toolset の OProfile と配布されるツール

名前	説明
operf	Linux Performance Events サブシステムを使用して、単一プロセスまたはシステム全体のサンプルを記録します。
opannotate	プロファイリングデータからアノテーション付きのソースファイルまたはアセンブリーの一覧を生成します。
oparchive	実行ファイル、デバッグファイル、およびサンプルファイルを含むディレクトリーを生成します。
opgprof	**gprof** と互換性のある形式でプロファイリングセッションの概要を生成します。
ophelp	利用できるイベントの一覧を表示します。
opimport	サンプルデータベースファイルをネイティブバイナリー形式からネイティブ形式に変換します。
opjitconv	just-in-time (**JIT**)ダンプファイルを Executable および Linkable Format (**ELF**) に変換します。
opreport	プロファイリングセッションのイメージおよびシンボルの概要を生成します。
ocount	監視対象のコマンドの実行中に特定のイベントが発生する回数をカウントするための新しいツール。

14.1. OPROFILE のインストール

Red Hat Developer Toolset では、**OProfile** は **devtoolset-10-oprofile** パッケージで提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 で説明されているように **devtoolset-10-perftools** で自動的にインストールされます。

14.2. OPROFILE の使用

OProfile で配布されるツールのいずれかを実行するには、以下を実行します。

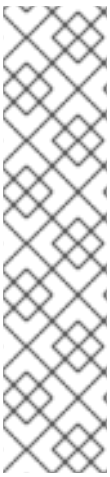
```
# scl enable devtoolset-10 'tool option...'
```

OProfile で配布されるツールの一覧は、表14.1「Red Hat Developer Toolset の OProfile と配布されるツール」 を参照してください。たとえば、**ophelp** コマンドを使用して、**XML** 形式で利用可能なイベントを一覧表示します。

```
$ scl enable devtoolset-10 'ophelp -X'
```

この **scl** ユーティリティーを使用してコマンドを実行すると、これを Red Hat Enterprise Linux システムに優先して使用する Red Hat Developer Toolset バイナリーで実行することができることに注意してください。これにより、Red Hat Developer Toolset **OProfile** でシェルセッションをデフォルトとして実行できます。

```
$ scl enable devtoolset-10 'bash'
```



注記

.30任意の時点で使用している **OProfile** のバージョンを確認するには、次のコマンドを実行します。

```
$ which operf
```

Red Hat Developer Toolset の **operf** 実行可能なパスは、**/opt** で始まります。以下のコマンドを使用して、バージョン番号が Red Hat Developer Toolset **OProfile** と一致することを確認することができます。

```
# operf --version
```

14.3. 関連資料

OProfile とその機能の詳細は、以下に挙げるリソースを参照してください。

インストールされているドキュメント

- **oprofile**(1): **oprofile** という名前の man ページでは、**OProfile** および利用可能なツールの概要が記載されています。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  $ scl enable devtoolset-10 'man oprofile'
  ```

- **opannotate**(1)、**oparchive**(1)、**operf**(1) 、opgprof(1)、**ophelp**(1) **opimport**(1)、**opreport**(1): **OProfile** で配布される各種ツールの man ページは、それぞれの使用方法に関する詳細情報を提供します。Red Hat Developer Toolset に含まれるバージョンの man ページを表示するには、次のコマンドを実行します。

  ```
  scl enable devtoolset-10 'man tool'
  ```

オンラインドキュメント

- Red Hat Enterprise Linux 7 Developer Guide : Red Hat Enterprise Linux 7 の **Developer Guide** では、**OProfile** に関する詳細な情報を提供します。

- Red Hat Enterprise Linux 7 システム管理者のガイド : Red Hat Enterprise Linux 7 **のシステム管理者ガイド** では、この **operf** ツールの使用方法を説明しています。

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。

- 12章*SystemTap*: **SystemTap** の概要と、そのツールを使用して稼働中のシステムの動作を監視する方法を紹介します。

- 13章*Valgrind*: **Valgrind** ツールを使用してアプリケーションのプロファイルを作成して、初期化されていないメモリーの使用、メモリーの割り当ておよびメモリーの解放、システムコールでの不適切な引数の使用など、メモリーエラーやメモリー管理問題を検出します。

- 15章*Dyninst*: **Dyninst** ライブラリーを使用してユーザー空間の実行ファイルをインストルメント化するための手順

第15章 DYNINST

Dyninst ライブラリーは、実行時にユーザー空間の実行ファイルをインストルメント化し、操作するための **アプリケーションプログラミングインターフェース** (API) を提供します。実行中のプログラムへのコードを挿入したり、特定のサブルーチン呼び出しを変更したり、プログラムから削除したりするために使用できます。これは、有用なデバッグおよびパフォーマンス監視ツールとして機能します。Dyninst API は、一般的に SystemTap とともに使用され、**root** ユーザー以外の遊座ー空間実行可能ファイルをインストルメント化できます。

Red Hat Developer Toolset には Dyninst 10.2.1 が同梱されています。

15.1. DYNINST のインストール

Red Hat Developer Toolset では、Dyninst ライブラリー は **devtoolset-10-dyninst** パッケージで提供され、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 で説明されているように **devtoolset-10-perftools** で自動的にインストールされます。さらに、**devtoolset-10-toolchain** パッケージが提供する GNU Compiler Collection をインストールすることが推奨されます。

バイナリー用のカスタムインストルメンテーションを作成する場合は、関連するヘッダーファイルをインストールします。

```
# yum install devtoolset-10-dyninst-devel
```

このライブラリーの API ドキュメントをインストールすることもできます。

```
# yum install devtoolset-10-dyninst-doc
```

devtoolset-10-dyninst-doc パッケージに含まれるドキュメントの完全なリストは、「関連資料」 を参照してください。システムにオプションパッケージをインストールする方法の詳細は、「Red Hat Developer Toolset のインストール」 を参照してください。

15.2. DYNINST の使用

15.2.1. SystemTap での Dyninst の使用

SystemTap とともに Dyninst を使用して **root** ユーザー以外がユーザー空間の実行ファイル をインストルメント化できるようにするには、**--dyninst** (または **--runtime=dyninst**) コマンドラインオプション **stap** を指定してコマンドを実行します。これは、SystemTap スクリプト **stap** を、Dyninst ライブラリーを使用する C コードに変換し、この C コードを共有ライブラリーにコンパイルしてから、共有ライブラリーを読み込み、スクリプトを実行します。このように実行する場合は、**stap** コマンドに **-c** または **-x** コマンドラインオプションも指定する必要があることに注意してください。

Dyninst ランタイムを使用して実行ファイルをインストルメント化するには、以下を実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 "stap --dyninst -c 'command' option... argument..."
```

同様に、Dyninst ランタイムを使用してユーザーのプロセスをインストルメント化するには、以下を実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 "stap --dyninst -x process_id option... argument..."
```

SystemTap の Red Hat Developer Toolset バージョンの詳細は、 *12章SystemTap* を参照してください。**SystemTap** とその使用方法の概要は、Red Hat Enterprise Linux 7 の **SystemTap ビギナーズガイド** を参照してください。

例15.1 SystemTap での Dyninst の使用

以下の内容を **exercise.C** 含むという名前のソースファイルについて考えてみましょう。

```
#include <stdio.h>

void print_iteration(int value) {
  printf("Iteration number %d\n", value);
}

int main(int argc, char **argv) {
  int i;
  printf("Enter the starting number: ");
  scanf("%d", &i);
  for(; i>0; --i)
    print_iteration(i);
  return 0;
}
```

このプログラムは、開始番号の入力をユーザー要求し、1までのカウントダウンを行います。これは、標準出力に番号を出力するために各反復に対して **print_iteration()** 関数を呼び出します。Red Hat Developer Toolset の **g++** コンパイラーを使用して、このプログラムをコマンドラインでコンパイルします。

```
$ scl enable devtoolset-10 'g++ -g -o exercise exercise.C'
```

ここ **cout.stp** で、以下の内容を含む別のソースファイルを考慮します。

```
#!/usr/bin/stap

global count = 0

probe process.function("print_iteration") {
  count++
}

probe end {
  printf("Function executed %d times.\n", count)
}
```

この SystemTap スクリプトは、プロセスの実行中に **print_iteration()** 関数が呼び出された回数を出力します。このスクリプトは、**exercise** バイナリーファイルで実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 "stap --dyninst -c './exercise' count.stp"
Enter the starting number: 5
Iteration number 5
Iteration number 4
Iteration number 3
Iteration number 2
Iteration number 1
Function executed 5 times.
```

15.2.2. Dyninst をスタンドアロンライブラリーとして使用

Dyninst ライブラリーをアプリケーションの一部として使用する前に、**DYNINSTAPI_RT_LIB** 環境変数の値をランタイムライブラリーファイルへのパスに設定します。

```
$ export DYNINSTAPI_RT_LIB=/opt/rh/devtoolset-
10/root/usr/lib64/dyninst/libdyninstAPI_RT.so
```

これにより、現在のシェルセッションで **DYNINSTAPI_RT_LIB** 環境変数が設定されます。

例15.2「Dyninst をスタンドアロンアプリケーションとして使用する」 は、ユーザー空間プロセスの実行を監視するプログラムを作成およびビルドする方法を示しています。Dyninst の使用方法に関する詳細は、「関連資料」 に記載されているリソースを参照してください。

例15.2 Dyninst をスタンドアロンアプリケーションとして使用する

例15.1「SystemTap での Dyninst の使用」 の **exercise.C** ソースファイルを考慮します。このプログラムにより、ユーザーは開始番号を入力し、1 までカウントして各反復の **print_iteration()** 関数をカウントし、標準出力に番号を出力します。

ここ **cout.C** で、以下の内容を含む別のソースファイルを考慮します。

```
#include <stdio.h>
#include <fcntl.h>
#include "BPatch.h"
#include "BPatch_process.h"
#include "BPatch_function.h"
#include "BPatch_Vector.h"
#include "BPatch_thread.h"
#include "BPatch_point.h"

void usage() {
  fprintf(stderr, "Usage: count <process_id> <function>\n");
}

// Global information for counter
BPatch_variableExpr *counter = NULL;

void createCounter(BPatch_process *app, BPatch_image *appImage) {
  int zero = 0;
  counter = app->malloc(*appImage->findType("int"));
  counter->writeValue(&zero);
}

bool interceptfunc(BPatch_process *app,
                   BPatch_image *appImage,
                   char *funcName) {
  BPatch_Vector<BPatch_function *> func;
  appImage->findFunction(funcName, func);
  if(func.size() == 0) {
    fprintf(stderr, "Unable to find function to instrument()\n");
    exit (-1);
  }
```

```
  BPatch_Vector<BPatch_snippet *> incCount;
  BPatch_Vector<BPatch_point *> *points;
  points = func[0]->findPoint(BPatch_entry);
  if ((*points).size() == 0) {
    exit (-1);
  }

  BPatch_arithExpr counterPlusOne(BPatch_plus, *counter, BPatch_constExpr(1));
  BPatch_arithExpr addCounter(BPatch_assign, *counter, counterPlusOne);

  return app->insertSnippet(addCounter, *points);
}

void printCount(BPatch_thread *thread, BPatch_exitType) {
  int val = 0;
  counter->readValue(&val, sizeof(int));
  fprintf(stderr, "Function executed %d times.\n", val);
}

int main(int argc, char *argv[]) {
   int pid;
   BPatch bpatch;
   if (argc != 3) {
     usage();
     exit(1);
   }
   pid = atoi(argv[1]);
   BPatch_process *app = bpatch.processAttach(NULL, pid);
   if (!app) exit (-1);
   BPatch_image *appImage = app->getImage();
   createCounter(app, appImage);
   fprintf(stderr, "Finding function %s(): ", argv[2]);
   BPatch_Vector<BPatch_function*> countFuncs;
   fprintf(stderr, "OK\nInstrumenting function %s(): ", argv[2]);
   interceptfunc(app, appImage, argv[2]);
   bpatch.registerExitCallback(printCount);
   fprintf(stderr, "OK\nWaiting for process %d to exit...\n", pid);
   app->continueExecution();
   while (!app->isTerminated())
     bpatch.waitForStatusChange();
   return 0;
}
```

Dyninst ライブラリーのデストラクターが呼び出される前に、クライアントアプリケーションがすべての **Bpatch** オブジェクトを破棄することが期待されることに注意してください。それ以外の場合は、セグメンテーションフォールトでミューターが突然終了する可能性があります。この問題を回避するには、**main()** 関数で mutator の **BPatch** オブジェクトをローカル変数として設定します。または、グローバル変数として **BPatch** 使用する必要がある場合は、ミューテーターの終了前にすべての変更プロセスを手作業でデタッチします。

このプログラムは、プロセス ID および関数名をコマンドライン引数として受け入れ、プロセスの実行中に呼び出された関数の合計回数を出力します。これらの 2 つのファイル **Makefile** を構築するには、以下を使用します。

```
DTS      = /opt/rh/devtoolset-10/root
CXXFLAGS = -g -I$(DTS)/usr/include/dyninst
```

```
LBITS   := $(shell getconf LONG_BIT)

ifeq ($(LBITS),64)
  DYNINSTLIBS = $(DTS)/usr/lib64/dyninst
else
  DYNINSTLIBS = $(DTS)/usr/lib/dyninst
endif

.PHONY: all
all: count exercise

count: count.C
 g++ $(CXXFLAGS) count.C -I /usr/include/dyninst -c
 g++ $(CXXFLAGS) count.o -L $(DYNINSTLIBS) -ldyninstAPI -o count

exercise: exercise.C
 g++ $(CXXFLAGS) exercise.C -o exercise

.PHONY: clean
clean:
 rm -rf *~ *.o count exercise
```

Red Hat Developer Toolset の **g++** コンパイラーを使用してコマンドラインで 2 つのプログラムをコンパイルするには、**make** ユーティリティーを実行します。

```
$ scl enable devtoolset-10 make
g++ -g -I/opt/rh/devtoolset-10/root/usr/include/dyninst count.C -c
g++ -g -I/opt/rh/devtoolset-10/root/usr/include/dyninst count.o -L /opt/rh/devtoolset-
10/root/usr/lib64/dyninst -ldyninstAPI -o count
g++ -g -I/opt/rh/devtoolset-10/root/usr/include/dyninst exercise.C -o exercise
```

これにより、**exercise** と **count** という名前のバイナリーファイルが、現在の作業ディレクトリーに作成されます。

あるシェルセッションで、以下のように **exercise** バイナリーファイルを実行し、開始番号の入力を求めるプロンプトを待ちます。

```
$ ./exercise
Enter the starting number:
```

この番号は入力しないでください。代わりに別のシェルセッションを開始し、プロンプトに以下のコマンドを入力します。 **DYNINSTAPI_RT_LIB** 環境変数を設定して、**count** バイナリーファイルを実行します。

```
$ export DYNINSTAPI_RT_LIB=/opt/rh/devtoolset-
10/root/usr/lib64/dyninst/libdyninstAPI_RT.so
$ ./count `pidof exercise` print_iteration
Finding function print_iteration(): OK
Instrumenting function print_iteration(): OK
Waiting for process 8607 to exit...
```

最初のシェルセッションに切り替え、**exercise** プログラムで要求される開始番号を入力します。以下に例を示します。

```
Enter the starting number: 5
```

```
Iteration number 5
Iteration number 4
Iteration number 3
Iteration number 2
Iteration number 1
```

exercise プログラムが終了すると、**count** プログラムにより、**print_iteration()** 関数の実行回数が表示されます。

```
Function executed 5 times.
```

15.3. 関連資料

Dyninst およびその機能の詳細は、以下の資料を参照してください。

インストールされているドキュメント
devtoolset-10-dyninst-doc パッケージをインストールすると、**/opt/rh/devtoolset-10/root/usr/share/doc/devtoolset-10-dyninst-doc-10.2.1/** ディレクトリーの HTML 形式および PDF 形式のドキュメントを利用できます。

- **Dyninst Programmer's Guide**: **API** の Dyninst の詳細な説明は、**API** ファイルに保存されます。
- **DynC API Programmer's Guide**: DynC API の紹介は **dynC_API.pdf** ファイルに保存されています。
- **ParseAPI Programmer's Guide**: ParseAPI の紹介は、**ParseAPI.pdf** ファイルに保存されます。
- **PatchAPI Programmer's Guide**: DynC API の紹介は **PatchAPI.pdf** ファイルに保存されています。
- **ProcControlAPI Programmer's Guide**: ProcControlAPI に関する詳細な説明は、**ProcControlAPI.pdf** ファイルに保存されています。
- **StackwalkerAPI Programmer's Guide**: StackwalkerAPI に関する詳細な説明は、**stackwalker.pdf** ファイルに保存されています。
- **SymtabAPI Programmer's Guide**: SymtabAPI の紹介は、**SymtabAPI.pdf** ファイルに保存されています。
- **InstructionAPI Reference Manual**: InstructionAPI に関する詳細な説明は、**InstructionAPI.pdf** ファイルに保存されています。

システムにこのパッケージをインストールする方法は、「Dyninst のインストール」 を参照してください。

オンラインドキュメント

- Dyninst ホームページ: プロジェクトのホームページでは、追加のドキュメントや関連文書へのリンクが記載されています。
- Red Hat Enterprise Linux 7 SystemTap ビギナーズガイド : Red Hat Enterprise Linux 7 の **SystemTap Beginners Guide** では、SystemTap とその使用方法を紹介します。
- Red Hat Enterprise Linux 7 SystemTap Tapset Reference : Red Hat Enterprise Linux 7 の **SystemTap Tapset Reference** は、SystemTap に関する詳細を提供します。

以下も併せて参照してください。

- 1章*Red Hat Developer Toolset*: Red Hat Developer Toolset の概要およびそのシステムへのインストール方法の詳細。
- 12章*SystemTap*: **SystemTap** の概要と、そのツールを使用して稼働中のシステムの動作を監視する方法を紹介します。
- 13章*Valgrind*: **Valgrind** ツールを使用してアプリケーションのプロファイルを作成して、初期化されていないメモリーの使用、メモリーの割り当ておよびメモリーの解放、システムコールでの不適切な引数の使用など、メモリーエラーやメモリー管理問題を検出します。
- 14章*OProfile*: コードのどのセクションが最も多くの **CPU** 時間および理由を消費するかを決定するために **OProfile** ツールを使用する命令。

パート V. コンパイラーツールセット

第16章 コンパイラーツールセットのドキュメント

3 つのコンパイラーツールセットの説明。

- LLVM Toolset
- Go Toolset
- Rust Toolset

Red Hat Developer Tools の下にある別のドキュメントセットに移動しました。

パート VI. ヘルプの取得

第17章 RED HAT 製品ドキュメントへのアクセス

https://access.redhat.com/site/documentation/ の **Red Hat Product Documentation** は、中心的な情報源です。現在、これは現在 23 言語に翻訳されています。各製品では、**HTML**、**PDF**、および **EPUB** 形式のインストール、ユーザー、およびリファレンスガイドなど、リリースや技術ノートとはさまざまな要素を提供しています。

直接的または間接的に関連するドキュメントの一覧を以下に示します。

Red Hat Developer Toolset

- Red Hat Developer Toolset 10.1 Release Notes : Red Hat Developer Toolset 10.1 の **リリースノート** には、詳細情報が含まれています。
- Using Red Hat Software Collections Container Images: **Using Red Hat Software Collections Container Images** では、Red Hat Software Collections コンテナーイメージ (Red Hat Developer Toolset コンテナーイメージを含む) を取得、設定、使用する方法を説明します。
- Red Hat Software Collections Packaging Guide : **Software Collections Packaging Guide** では、Software Collections の概念と、ソフトウェアコレクションの作成、ビルド、拡張方法について説明します。

Red Hat Enterprise Linux

- Red Hat Enterprise Linux 7 開発者ガイド : Red Hat Enterprise Linux 7 **開発者ガイド** は、ライブラリーおよびランタイムサポート、コンパイルおよびビルド、デバッグ、およびプロファイリングに関する詳細情報を提供します。
- Red Hat Enterprise Linux 7 インストールガイド : Red Hat Enterprise Linux 7 の **インストールガイド** では、システムの取得、インストール、および更新の方法を説明します。
- Red Hat Enterprise Linux 7 システム管理者のガイド : Red Hat Enterprise Linux 7 の **のシステム管理者ガイド** では、Red Hat Enterprise Linux 7 の導入、設定、および管理に関する関連情報が記載されています。

第18章 グローバルサポートサービスへの連絡

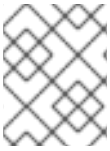
Self-Support サブスクリプションをお持ちでない限り、Red Hat ドキュメント Web サイトとカスタマーポータルの両方がご質問への回答がない場合は、**グローバルサポートサービス** (**GSS**) にご連絡ください。

18.1. 必要な情報の収集

GSS と通信する前に、いくつかの情報を取得する必要があります。

背景情報
GSS を呼び出す前に、以下の背景情報があることを確認してください。

- 製品が実行するハードウェアの種類、製造元、およびモデル
- ソフトウェアバージョン
- 最新のアップグレード
- システムへの最近の変更
- 問題および症状の説明
- 問題に関するメッセージまたは重要な情報



注記

Red Hat のログイン情報を忘れていた場合
は、https://access.redhat.com/site/help/LoginAssistance.html で復元できます。

診断
Red Hat Enterprise Linux の診断レポートも必要です。このレポートは **sosreport** とも呼ばれ、レポートを作成するプログラムは **sos** パッケージで提供されます。**sos** パッケージとそのすべての依存関係をシステムにインストールするには、以下を実行します。

```
# yum install sos
```

レポートを生成するには、次のコマンドを実行します。

```
# sosreport
```

詳細は、ナレッジベースの記事 https://access.redhat.com/kb/docs/DOC-3593 を参照してください。

アカウントおよび連絡先情報
お客様にヘルプを提供するため、**GSS** は、サポートのニーズに応じた調整を行い、連絡を行うためにアカウント情報が必要です。**GSS** にアクセスする際には、以下の点を確認してください。

- Red Hat のカスタマー番号または Red Hat Network (RHN) のログイン名
- 会社名
- 連絡先
- 希望する連絡先方法 (電話またはメール) および連絡先情報 (電話番号またはメールアドレス)

問題の重大度
GSS チームが作業の優先順位を決定できるようにするには、問題の重大度を判断することが重要です。重大度は 4 つあります。

重大度 1 (緊急)

実稼働環境でのソフトウェアの使用に深刻な影響を与える問題。ビジネス運営が停止され、手順の回避策はありません。

重大度 2 (高)

ソフトウェアが機能しているが、実稼働環境が著しく減少している問題。ビジネス操作に大きく影響し、回避策は発生しません。

重大度 3 (中)

ソフトウェアの使用に関して、部分的に、非クリティカルで失われる問題。ビジネスには、小〜中程度の影響があります。また、対応策を用いてビジネスを継続できます。

重大度 4 (低)

一般的な使用に関する質問、ドキュメントエラーの報告、または将来の製品改善に関する推奨事項。

問題の重大度を判断する方法は、https://access.redhat.com/support/policy/severity を参照してください。

問題の重大度が判断されたら、カスタマーポータルからサービスリクエストを **Connect** オプションまたは https://access.redhat.com/support/contact/technicalSupport.html から提出します。サービスリクエストを送信するには、Red Hat ログインの詳細が必要なことに注意してください。

重大度がレベル 1 または 2 の場合は、呼び出し先のサービスリクエストに従います。連絡先情報と営業時間は https://access.redhat.com/support/contact/technicalSupport.html を参照してください。

プレミアムサブスクリプションをお持ちの場合は、重大度 1 と 2 ケースで、営業時間後にサポートが利用可能になります。

プレミアムサブスクリプションと標準のサブスクリプションの両方については、https://access.redhat.com/support/offerings/production/sla.html に掲載されています。

18.2. 問題のエスカレーション

問題が適切に処理されていない、または適切に処理されていない場合は、エスカレートできます。エスカレーションには 2 つのタイプがあります。

技術的なエスカレーション

問題が適切に解決されていない場合や、それを行うのにより多くのリソースが必要な場合。

管理エスカレーション

問題がより深刻な場合や、より高い優先寿にを持つと思われる場合。

コンタクトを含むエスカレーションの詳細は、https://access.redhat.com/support/policy/mgt_escalation.html から入手できます。

18.3. サービスリクエストの再オープン

終了したサービス要求 (問題の再発生など) に関する詳細情報がある場合は、https://access.redhat.com/support/policy/mgt_escalation.html の Red Hat カスタマーポータルにアクセスするか、ローカルサポートセンターまでお電話いただくことで、リクエストを再度開くことが

できます。詳細は https://access.redhat.com/support/contact/technicalSupport.html を参照してください。

重要

サービスリクエストを再度開くには、元の service-request 番号が必要です。

18.4. 関連資料

詳細は、以下の資料を参照してください。

オンラインドキュメント

- Getting Started: **Getting Started** ページは、Red Hat サブスクリプションを購入されたお客様のスタート地点として機能し、ダウンロードを行うための **Red Hat Welcome Kit** および **Quick Guide to Red Hat Support** を提供しています。
- How can a RHEL Self-Support subscription be used? : Self-Support サブスクリプションサブスクリプションをご利用のお客様向けナレッジベース生地。
- Red Hat Global Support Services および公開メーリングリスト : 公開 Red Hat メーリングリストに関するよくある質問に回答するナレッジベースの記事です。

付録A バージョン 10.0 の変更点

以下のセクションでは、Red Hat Developer Toolset 10.0 で導入された互換性の変更点について説明します。

A.1. GCC の変更点

Red Hat Developer Toolset 10.0 には **GCC 10.2.1** が同梱されています。

以下の機能は、Red Hat Developer Toolset の以前のリリース以降に追加または変更されています。

一般的な改善

- 新しい組み込み関数:
  - **__has_builtin** ビルトインのプリプロセッサー演算子を使用して、ビルトイン GCC 関数のサポートをクエリーできるようになりました。
  - **__builtin_roundeven** 関数が、ISO/IEC TS 18661 から対応する関数に追加されました。
- 新しいコマンドラインオプション
  - **-fallocation-dce** は、**new** および **delete** オペレーターの不要なペアを削除します。
  - **-fprofile-partial-training** はトレーニング実行で対応しているコードパスのサイズのみを最適化するようにコンパイラーに通知します。
  - **-fprofile-reproducible** は、**-fprofile-generate** によって収集されるプロファイルの再現性レベルを制御します。このオプションを使用すると、同じ結果でプログラムを再ビルドできます。たとえば、ディストリビューションパッケージに便利です。
  - 実験的: 新しい **-fanalyzer** オプションでは、新しい静的分析パスおよび関連する警告を有効にします。このパスはコード内のパスを検査し、様々な一般的なエラー (二重解放のバグなど) を検出します。このオプションは、C で記述されたコードにのみ使用できることに注意してください。
- プロシージャー間の最適化の改善:
  - アグリゲート (IPA-SRA) パスのプロシージャー間のスカラー置換は、リンク時に機能するように再実装されました。また、コンピューティングを削除し、未使用の戻り値を返すことができるようになりました。
  - 最適化レベル **-O2** で **-finline-functions** オプションが有効になりました。このオプションにより、コードサイズが小さくなりました。インライナーヒューリスティックは、**-flto -O2** コンパイル時間に悪影響を与えないようにより迅速に機能するようになりました。
  - インライナーヒューリスティックと関数のクローン作成では、値の範囲情報を使用して個別の変換の有効性を予測できるようになりました。
  - リンクタイムの最適化中に、C++ 1 定義ルールを使用してタイプベースのエイリアス分析の精度を高めるられるようになりました。
- リンクタイム最適化の改善:
  - LTO (Link Time Optimization) の並列フェーズで、**make** ツールの **jobserver** の実行を自動的に検出できるようになりました。

- プロファイル駆動型の最適化の改善:
  - コンパイル時およびホットコードまたはコールドコードのパーティション設定時のプロファイルのメンテナンスが改善されました。
- GCC が警告を出力すると、警告を制御するオプションが通知として表示され、特定の警告のドキュメントを確認することができます。この動作を制御するには、**-fdiagnostics-urls** オプションを使用します。

言語固有の改善

- 新規実装された OpenMP 5.0 機能が追加されました。たとえば、**conditional lastprivate** 句、**scan** および **loop**ディレクティブ、**order(concurrent)** および **use_device_addr** 句サポート、**simd** での **if** 句、**declare variant** ディレクティブの部分的なサポート。

以下は、言語に関連する主な変更点です。

C ファミリー

- 新しい属性:
  - **access** 関数およびタイプ属性が追加されました。これは、関数がポインターまたは参照によって渡されるオブジェクトにアクセスする方法を説明し、このような引数をオブジェクトのサイズを示す整数引数に関連付ける方法について説明します。また、この属性を使用して、**-Wstringop-overflow** オプションで診断されるなど、ユーザー定義による、無効なアクセスの検出を有効にすることも可能です。
- 新しい警告:
  - **-Wextra** オプションで有効になっていると、**-Wstring-compare** はゼロと **strcmp** や **strncmp** への呼び出しの結果と等価性と不等号の式が定数に評価される場合に警告します。これは、ある引数の長さが他の引数によって指定される配列のサイズよりも大きいためです。
  - **-Warray-bounds** オプションで有効にすると、**-Wzero-length-bounds** は同じオブジェクトの他のメンバーと重複する可能性があるゼロ長配列の要素へのアクセスについて警告します。
- 既存の警告の機能強化:
  - **-Warray-bounds** は、メンバーアレイおよびゼロ長配列の要素への境界外アクセスを検出するようになりました。
  - **-Wformat-overflow** は、**strlen** 最適化パスによって計算された文字列の長さ情報を完全に使用できるようになりました。
  - **-Wrestrict** は、動的に割り当てられたオブジェクトへの重複アクセスを検出します。
  - **-Wreturn-local-addr** は、自動変数のアドレスを返す戻りステートメントのインスタンスをさらに診断します。
  - **-Wstringop-overflow** は、ゼロ長配列、動的に割り当てられたオブジェクト、変数長配列など、メンバーアレイへの範囲外のストアを検出します。また、組み込みの文字列関数により、終了していない文字アレイの読み取りのインスタンスも検出するようになりました。さらに、警告は、新しい属性のアクセスで宣言されたユーザー定義関数への呼び出しによる境界外のアクセスを検出するようになりました。
  - **-Warith-conversion** は、**-Wconversion**、**-Wfloat-conversion**、**-Wsign-conversion** の警

告を再度有効にします。これらの警告は、プロモーションが原因で算数演算の結果がターゲットタイプに収まらない式に対してデフォルトで無効になっています。ただし、式のオペランドがターゲットタイプに適合するようになりました。

C

- ISO C 標準の今後の C2X リビジョンの新機能がいくつかサポートされるようになりました。有効にするには、**-std=c2x** および **-std=gnu2x** を使用します。以前の C バージョンでコンパイルする場合、これらの機能の一部は拡張としてサポートされます。一部の機能は拡張として以前サポートされていましたが、現在では C 標準に追加されています。これは、C2X モードでデフォルトで有効になっており、**-std=c2x -Wpedantic** で診断されません。
  - **[[]]** 属性構文に対応するようになりました。
  - C2X モードでは、関数定義の空の括弧により、後続の呼び出しのプロトタイプでその関数にタイプを指定します。C2X モードでは、デフォルトで他の旧式の関数定義が診断されます。
- GCC はデフォルトで **-fno-common** に設定されます。その結果、グローバル変数へのアクセスはさまざまなターゲットでより効率的になります。ただし、C 言語では、複数の一時的な定義を持つグローバル変数により、リンカーエラーが発生するようになりました。**-fcommon** オプションでは、このような定義は、リンク時に警告せずにマージされます。

C++

- 以下の C++20 機能を実装しています。
  - P0734R0、P0857R0、P1084R2、P1141R2、P0848R3、P1616R1、P1452R2 のプロポーザルを含む概念
  - p1668R1: **constexpr** 関数で評価されていないインラインアセンブリーを許可します。
  - p1161R3: **a[b,c]** の廃止
  - P0848R3: 条件的に簡単な特殊なメンバー関数
  - P1091R3: バインド拡張の構造化
  - P1143R2: **constinit** キーワードの追加
  - p1152R4: **volatile** の廃止
  - P0388R4: 未知のバインドの配列への変換を許可
  - p0784R7: より多くの **constexpr** コンテナー (**constexpr new**)
  - p1301R4: **[[nodiscard("with reason")]]**
  - P1814R0: エイリアステンプレートのクラステンプレート引数のデダクション
  - P1816R0: アグリゲートのクラステンプレート引数のデダクション
  - P0960R3: アグリゲートの括弧で囲まれた初期化子
  - P1331R2: **constexpr** コンテキストでの簡単なデフォルト初期化の許可
  - P1327R1: 定数式での **dynamic_cast** およびポリモーフィック **typeid** の許可

    - P0912R5: コルーチン。**-fcoroutines** オプションは、コルーチンのサポートを有効にします。
      上記のプロポーザルの詳細は、「C++ Standards Support in GCC 」を参照してください。

- 複数の C++ 不具合レポートが解決されています。「C++ Defect Report Support in GCC 」ページの全体的な不具合レポートのステータスを確認できます。

- 新しい警告:

    - G++ は、**constexpr** 評価内の定数オブジェクトの変更を検出できるようになりました。これは、未定義の動作です。

    - コンパイラーのメモリー消費量 (**constexpr** 評価の実行時) が減少しました。

    - **noexcept** 指定子は**完全クラスのコンテキスト**として適切に扱われるようになりました。

    - 名前空間で **deprecated** 属性を使用できるようになりました。

ランタイムライブラリー libstdc++

- 以下の実験的な C++2a サポート機能が改善されました。

    - **<concepts>** および **<iterator>** におけるライブラリーの概念

    - **<ranges>**、**<algorithm>**、**<memory>** における制約アルゴリズム

    - New algorithms **shift_left** and **shift_right**

    - **std::span** クラステンプレート

    - **<compare>** とライブラリー全体での 3 方向比較

    - **<algorithm>** およびその他の場所での **constexpr** サポート

    - **<stop_token>** and **std::jthread**

    - **std::atomic_ref** and **std::atomic<floating point>**

    - 整数比較関数 (**cmp_equal**、**cmp _less**、その他の関数など)

    - **std::ssize** and **std::to_array**

    - **std::construct_at**, **std::destroy**, and **constexpr std::allocator**

    - **<numbers>** での数学定数

- 乱数ジェネレーター **std::random_device** が RDSEED に対応するようになりました。

Fortran

- このコンパイラーは、1 つのファイルの実際の引数リストとダミー引数リスト間の不一致を拒否し、エラーを出力するようになりました。これらのエラーを警告に変換するには、新しい **-fallow-argument-mismatch** オプションを使用します。このオプションは **std=legacy** を伴います。**-Wargument-mismatch** オプションが削除されました。

- バイナリー、8 進、および 16 進数 (BOZ) リテラル定数が改善され、Fortran 2008 および 2018 の規格により適するようになりました。これらの Fortran 規格では、BOZ リテラル定数にはタイプや種類がありません。今回の機能強化により、Fortran 規格に文書化されている拡張、文書

化されていない拡張がコンパイル中にエラーを出力するようになりました。**-fallow-invalid-boz** オプションを使用して、これらの拡張機能の一部を有効にすることができます。これにより、エラーが警告になり、以前の GFortran としてコードがコンパイルされます。

ターゲット固有の改善点
アーキテクチャーおよびプロセッサーサポートの変更点は次のとおりです。

AMD64 および Intel 64

- GCC が Cooper Lake Intel CPU に対応するようになりました。これを有効にするには、**-march=cooperlake** オプションを指定して、AVX512BF16 ISA 拡張を有効にします。
- GCC が Tiger Lake Intel CPU に対応するようになりました。これを有効にするには、MOVDIRI MOVDIR64B AVX512VP2INTERSECT ISA 拡張機能を有効にする **-march=tigerlake** オプションを使用します。

A.2. BINUTILS の変更点

Red Hat Developer Toolset 10.0 には **binutils 2.35** が同梱されています。

以下の機能は、Red Hat Developer Toolset の以前のリリース以降に追加または変更されています。

アセンブラー

- **.symver** ディレクティブは、元のシンボルの可視性を更新し、別のバージョンが付いたシンボルを 1 つの元の記号に割り当てるように拡張されました。
- Intel SERIALIZE および TSXLDTRK 命令に対応するようになりました。
- CVE-2020-0551 を軽減するために、**-mlfence-after-load=**、**-mlfence-before-indirect-branch=**、**-mlfence-before-ret=** オプションが x86 の assembler に追加されました。
- この出力が生成されている場合は、DWARF 5 デバッグ出力を生成するためにアセンブラーに **--gdwarf-5** オプションが追加されました。また、バージョン 5 **.debug_line** セクションを生成できるようになりました。
- **-malign-branch-boundary=NUM**、**-malign-branch=TYPE[+TYPE...]**、**-malign-branch-prefix-size=NUM**、および **-mbranches-within-32B-boundaries** オプションが追加され、セグメントプレフィックスまたは NOP 命令と固定境界内のブランチを合わせます。
- **--gdwarf-cie-version** コマンドラインフラグが追加されました。このフラグは、アセンブラーが作成する DWARF CIE (Common Information Entries) のバージョンを制御します。

リンカー

- シンボルを動的にするために、コマンドラインオプション **--export-dynamic-symbol** および **--export-dynamic-symbol-list** が追加されました。
- **-Map=filename** コマンドラインオプションが拡張されました。**filename** がディレクトリーの場合は、リンカーにより、ファイル **filename/output-filename.map** ファイルが作成されます。
- **DT_TEXTREL** が位置独立実行可能ファイルまたは共有オブジェクトで設定されていることを警告するために、**--warn-textrel** コマンドラインオプションが追加されました。
- コマンドラインオプション **--enable-non-contiguous-regions および --enable- non-contiguous-regions-warnings** が追加されました。

- リンカースクリプトの **INPUT()** および **GROUP()** ディレクティブの相対パス名が、他の検索パスの前にリンカースクリプトのディレクトリーに関連して検索されるようになりました。

- **-z start-stop-visibility=...** コマンドラインオプションが追加され、synthetic **__start_SECNAME** と **__stop_SECNAME** の記号の表示を制御できます。

- コンパイラー **-M** および **-MP** オプションが書き込んだファイルなど、リンカーが参照する入力ファイルを一覧表示する Make 形式の依存関係ファイルを書き込むために、**--dependency-file** コマンドラインオプションが追加されました。

- **LOAD セグメントのエラーで対応していない PHDR セグメント**の **ld** チェックがより効果的になりました。このチェックは、以前のバージョンの **ld** が正しく許可されていないケースをキャッチできるようになりました。このエラーが表示された場合は、正しくないリンカースクリプトでリンクしているか、構築しているバイナリーが動的ローダーによってロードされることが意図されていないことが考えられます。後者の場合は、**--no-dynamic-linker** オプションが適切です。

- **--no-print-map-discarded** コマンドラインオプションが追加されました。

その他のバイナリーユーティリティー

- readelf ツールは、ワイドモードが有効になっていない場合に、シンボル名を表示するようになりました。名前が長すぎると、短縮され、最後の 5 文字が「[...]」に置き換えられます。**-T** または **--silent-truncation** オプションを使用すると、以前の動作を復元できます。

- readelf ツールには、**-L** または **--lint** または **--enable-checks** オプションが追加されました。これにより、検証されているファイルに考えられる問題の警告メッセージが可能になりました。たとえば、このオプションを有効にすると、**readelf** がゼロサイズのセクションをチェックします。これは、ELF 標準により許可されますが、実際に何かが含まれていることをユーザーが予想している場合は危険になる可能性があります。

- **binutils** が ELF/DWARF デバッグ情報とソースコードを配布するための HTTP サーバー **debuginfod** に対応するようになりました。**debuginfod** で構築すると、readelf および objdump は、このようなファイルが見つからない場合に、別のデバッグファイルについて **dbuginfod** サーバーに自動的にクエリーできます。**debuginfod** で **binutils** をビルドするには、**--with-debuginfod** 設定オプションを渡します。これには、、l**ibdebuginfod debuginfod** が必要です。**debuginfod** は **elfutils** で配布され、バージョン 0.178 で始まります。詳細は、https://sourceware.org/elfutils を参照してください。

- ar プログラムに **--output** オプションが追加されました。このオプションを使用すると、アーカイブからメンバーを抽出する際に出力ディレクトリーを指定できます。

- **--keep-section** オプションが **objcopy** および **strip** に追加されました。このオプションは、指定したセクションが削除されないようにします。

- **--source-comment[=<txt>]** オプションが **objdump** に追加されました。無視して表示されるソースコード行の接頭辞を提供します。

- セクションの調整を可能にするために **objcopy** に **--set-section-alignment <section-name>=<align>** オプションが追加されました。

- Verilog 16 進数形式でデータ要素の幅を制御するための Verilog ターゲットの **objcopy** に **--verilog-data-width** オプションが追加されました。

- そのようなリンクが複数ある場合は、**readelf** (**--debug-dump=links** および **--debug-dump=follow**) および objdump (**--dwarf=links** および **--dwarf=follow-links**) では、個別のデバッグ情報ファイルが表示されたり、複数のリンクをフォローするようになりました。これは

通常、GCC **-gsplit-dwarf** オプションが使用される場合に発生します。
さらに、objdump の **--dwarf=follow-links** オプションは、他の表示オプションにも影響します。たとえば、**--syms** オプションと組み合わせると、リンクされたデバッグ情報ファイルのシンボルテーブルも表示されます。**--disassemble** オプションと組み合わせると、**--dwarf=follow-links** オプションにより、リンクされたファイルのシンボルテーブルが読み取られ、メインファイルでコードのアセンブル時に使用されます。

- Compact Type Format でエンコードされたダンプタイプのダンプが **objdump** および **readelf** でサポートされるようになりました。

A.3. ELFUTILS の変更点

Red Hat Developer Toolset 10.0 には **elfutils 0.180** が同梱されています。

以下の機能は、Red Hat Developer Toolset の以前のリリース以降に追加または変更されています。

- ELF オブジェクトの分析に新しい **eu-elfclassify** ツールが追加されました。
- クライアントツールおよびライブラリーが含まれる新しい **debuginfod** サーバーが追加されました。**debuginfod** は、HTTP 経由でファイルおよび RPM アーカイブから ELF、DWARF、およびソースを自動的にインデックス化し、自動的にフェッチします。
- **libebl** が **libdw.so** に直接コンパイルされるようになりました。
- **eu-readelf** には、注記、セクション番号、シンボルテーブルのフラグが新たに複数追加されました。
- **libdw** のマルチスレッドサポートが改善されました。
- **libdw** の他の GNU DWARF 拡張サポートが追加されました。
- GCC LTO (リンク時間最適化) で構築されたコードのデバッグ情報への対応が改善されました。**eu-readelf** および **libdw** ユーティリティーで **.gnu.debuglto_** セクションの読み取りと処理が可能になり、コンパイルユニット (CU) 全体に定義される関数のファイル名を正しく解決できるようになりました。
- **eu-nm** ユーティリティーは、**V** を弱いオブジェクト、**C** を共通のシンボルとして明示的に特定するようになりました。

A.4. GDB の変更点

Red Hat Developer Toolset 10.0 には **GDB 9.2** が同梱されています。

以下の機能は、Red Hat Developer Toolset の以前のリリース以降に追加または変更されています。

新機能

- **debuginfod** サーバーがサポートされるようになりました。これは、ELF および DWARF のデバッグ情報およびソースコードを配布するための HTTP サーバーです。

新しい便利な変数および関数

- **$_gdb_major**
  $_gdb_minor

GDB の実行中のバージョンをテストするための新しい便利な変数を使用すると、レガシースクリプトを破損することなく新しいコマンドおよび構文を実行できます。

- **$_gdb_setting**
  $_gdb_setting_str

  $_gdb_maint_setting

  $_gdb_maint_setting_str

  GDB 設定へのアクセスに、これらの新しい便利な機能を使用すると、現在の GDB 設定に応じてユーザー定義コマンドのロジックを変更できます。

- **$_cimag**
  $_creal

  この新たな便利な関数を使用すると、年号および実際の数字の部分を取得することができます。

- **$_shell_exitcode**
  $_shell_exitsignal

  この新しい便利な変数を使用すると、GDB、**shell**、**pipe**、**make** コマンドが実行するシェルコマンドの終了コードまたは終了ステータスにアクセスできます。

新規コマンドおよび改善されたコマンド

- たとえば、新しいコマンドオプションインフラストラクチャーがサポートを強化できるように提供されました。たとえば、**CMD -[TAB]** が CMD で利用可能なコマンドオプションが完了したかどうかを確認できるようになりました。

- コマンド名が **.** 文字を使用できるようになりました。

新しいコマンド

- **define-prefix**
  このコマンドでは、**abc def** および **abc def ghi** などの独自の接頭辞コマンドを個別に定義できます。

- **| [command] | shell_command** (another name of this command is **pipe**)
  このコマンドは、指定した **GDB コマンド** を実行し、出力を指定の **shell_command** に送信します。

- **with setting [value] [-- command]**
  このコマンドは、指定の **設定** を **値** に設定し (指定されている場合)、オプションの **コマンド** を実行して、完了時に **設定** がリセットされます。

変更したコマンド

- **help**
  apropos

  コマンドでは、新しいタイトルのスタイリングが使用されるようになりました。

- **printf**
  eval

このコマンドは、たとえばコアダンプのデバッグ時など、実行中のプロセスなしに C 形式の文字列と Ada 形式の文字列の変数を出力できるようになりました。

- **info sources [-dirname | -basename] [--] [regexp]**
  新しいフィルタリングオプションが追加されました。これらを使用することで、ユーザーは、結果を、指定した正規表現に一致するファイル、ディレクトリー、またはベース名に制限できます。

- **focus**
  winheight

  +、**-**、**>**、および **<**

  これらの TUI コマンドが大文字と小文字を区別するようになりました。

- **backtrace**
  コマンドが、グローバル表示設定 (**set backtrace** および **set print** 設定) を上書きする新しいオプションに対応するようになりました。新規オプションには、**-entry-values**、**frame-arguments**、**-raw-frame-arguments**, **-frame-info**、**-past-main**、**-past-entry**、**-full**、**-no-filters**、**-hide** が含まれます。

- **frame apply**
  tfaas

  faas

  このコマンドは、新しい **-past-main** および **-past-entry** コマンドオプションに対応するようになりました。

- **info types**
  このコマンドが、**info variables** および' **info functions** などの一部のヘッダー情報の出力を無効にする新しい **-q** オプションに対応するようになりました。

- **info variables**
  info functions

  whereis

  このコマンドが、出力から非デバッグシンボルを除外する新しい **-n** オプションに対応するようになりました。

設定

- **set may-call-functions**
  show may-call-functions

  デフォルト値は **on** です。これらの新しいコマンドは、コマンドの実行中 (たとえば **print expression** コマンド) に GDB がプログラムで関数の呼び出しを試みるかどうかを制御します。

- **set print finish**
  show print finish

  これらのコマンドが **on** に設定されていると、**finish** コマンドの使用時に、GDB が現在の関数が返す値を出力します。

- **set print max-depth**

show print max-depth

これらの新たなコマンドにより、ネストされた構造の表示がレベル数に制限されます。ネストレベルのデフォルトの制限は 20 です。

- **set print raw-values**
  show print raw-values

  これらの新しいコマンドは、値を出力する際に Pretty-printers の使用をグローバルに上書きします。デフォルト値は **off** です。

- **set style title foreground**
  set style title background

  set style title intensity

  set style highlight foreground

  set style highlight background

  set style highlight intensity

  これらの新しいコマンドを使用して、タイトルの表示スタイルをカスタマイズし、スタイルを強調表示できます。

- **maint set worker-threads**
  maint show worker-threads

  実験的: これらのコマンドが **unlimited** に設定されていると、GDB はマルチスレッドシンボルローディングを使用してパフォーマンスを向上させます。

- **set style tui-border foreground**
  set style tui-border background

  set style tui-border intensity

  set style tui-active-border foreground

  set style tui-active-border background

  set style tui-active-border intensity

  これらの新しいコマンドは、さまざまな TUI フレームの表示スタイリングを設定します。

- **set print frame-info**
  show print frame-info

  この新しいコマンドは、フレームを出力するコマンドによって出力されるフレーム情報を制御します (例 **backtrace**、**frame**、**stepi**)。

- **set tui compact-source**
  show tui compact-source

  これらの新しいコマンドにより、TUI ソースウィンドウの新しい **compact** 表示スタイルが有効になります。

- **set debug remote-packet-max-chars**

show debug remote-packet-max-chars

これらの新たなコマンドは、**set debug remote** を使用する際にリモートパケットで出力する文字数を制御します。デフォルト値は 512 バイトです。

- **show style**
この新しいコマンドで、独自のスタイリングを使用して、すべてのサブコマンドの出力をスタイルできるようになりました。

- **set print frame-arguments**
新しい値 **presence** が追加されました。実際の引数名と値を出力する代わりに、**...** の引数の有無のみを表示します。

- **set print-raw-frame-arguments**
show print-raw-frame-arguments

この 2 つのコマンドは、非推奨の **set/show print raw frame-arguments** コマンドに代わるものです。

言語固有の改善

Fortran

- GDB は、**::** 演算子を使用してネストされた関数またはサブルーチンにブレークポイントを設定できるようになりました。

- **info modules [-q] [regexp]**
この新しいコマンドは、**regexp** に一致するモジュールの一覧を返します。**regexp** が指定されていない場合、コマンドはモジュールの一覧を返します。

- **info module functions [-q] [-m module_regexp] [-t type_regexp] [regexp]**
info module variables [-q] [-m module_regexp] [-t type_regexp] [regexp]

これらの新しいコマンドは、モジュールによってグループ化されたすべてのモジュール内の関数または変数の一覧を返します。結果は、モジュールの正規表現、関数、または変数タイプ署名の正規表現、または名前の正規表現によって制限される可能性があります。

Python API

- **gdb.Value.format_string**
この新しいメソッドは、Value オブジェクトを表す文字列を返します。

- **gdb.Type objfile**
この新しいプロパティーは、タイプが定義されている **objfile** を返します。

- **gdb.lookup_static_symbol**
gdb.lookup_static_symbols

この新しい関数は、静的リンクを使用したシンボルの検索をサポートします。最初の関数は、最初に一致した記号を返します。2 つ目は、一致するシンボルをすべて返します。

- **gdb.Objfile.lookup_global_symbol**
gdb.Objfile.lookup_static_symbol

これら新しい関数は、**Objfile** のシンボルの検索に対応しています。これは、グローバルシンボルおよび静的リンクを持つシンボルです。

- **gdb.Block**

この関数が Python ディクショナリー構文に対応するようになりました。たとえば、シンボルが **gdb.Symbol** 型の **symbol = some_block[variable]** です。

Machine Interface (MI) の改善点

- 新しいデフォルトの MI バージョン 3 が導入されました (**-i=mi3**)。
  - マルチロケーションブレークポイントの場所の出力が修正されました。
  - 新しい **-fix-multi-location-breakpoint-output** コマンドが追加され、古い MI バージョンの構文エラーを修正するようになりました。
- 新しいコマンドはすべて、CLI の MI 実装です。
  - **-complete LINE**
  - **-catch-throw**
  - **-catch-rethrow**
  - **-catch-catch**
  - **-symbol-info-functions**
  - **-symbol-info-types**
  - **-symbol-info-variables**
  - **-symbol-info-modules**
  - **-symbol-info-module-functions**
  - **-symbol-info-module-variables**

A.5. STRACE の変更点

Red Hat Developer Toolset 10.0 には **strace 5.7** が同梱されています。

以下の機能は、Red Hat Developer Toolset の以前のリリース以降に追加または変更されています。

動作の変更

- **%process** クラスに、プロセスのライフサイクル (再作成、実行、終了) に関連するシステムコールが含まれるようになりました。
  - **kill**、**tkill**、**tgkill**、**pidfd_send_signal**、**rt_sigqueueinfo** が追加されました。
  - **arch_prctl** および **unshare** が削除されました。
- 不明なトレースに関するメッセージは、**strace** の quietness 設定 **-q** (**--quiet**) の対象になるようになりました。
- 新しい警告が追加されました。これは、**-A** (**--output-append-mode**) オプションが **-o** (**--output**) なしで使用されたり、 **-S** (**--summary-sort-by**) オプションが **-c**/**-C** (**--summary-only**/**--summary**) なしで実行されたときに起こります。

改良

- short オプションはすべて長いオプションエイリアスを持つようになりました。この変更により、以下の改善が行われています。
  - **-I** (**--interruptible**) オプションに人間が判読できる設定を使用する機能。
  - **-e quiet** (**--quiet**) オプションのエイリアス) を使用して特定のメッセージをサイレンスにする機能 (**-q** オプションのエイリアス)。これには、パス解決メッセージや、**execve** によって置き換えられるプロセスに関するメッセージなど、以前に非表示にできないメッセージが含まれます。
  - **-y** オプションのエイリアスである **-e decode-fds** (**--decode-fds**) 修飾子を使用して選択した柔軟なデータ (FD) デコード機能を指定する機能。
  - 絶対タイムスタンプ、相対タイムスタンプ、およびシステムコール時間の出力の精度を設定する機能。**--absolute-timestamps**、**--relative-timestamps**、**--syscall-times** オプションをそれぞれ使用します。
- システムコールのリターンステータスフィルタリングは、**-e status=set** オプションとそのエイリアスを使用して実装されています。
  - この **-z** (**--successful-only**) オプションでは、システムコールの出力が成功したシステムコールのみに制限されます。
  - この **-Z** (**--failed-only**) オプションでは、システムコールの出力が失敗したシステムコールのみに制限されます。
- PID (プロセス ID) 名前空間変換の **--pidns-translation** オプションが追加されました。この改善により、Fedora bug BZ#1035433 に対応しています。
- seccomp-BPF を使用して、フィルターされたシステムコールのトレースのみを停止できるようになりました。この機能を有効にするには、**--seccomp-bpf** オプションを使用します。
- **-D** (**--daemonize**) オプションへの 2 つの拡張機能が実装されました。これらは、**strace** 別のプロセスグループ (**-DD** または **--daemonize=pgroup**) およびセッション (**-DDD** または **--daemonize=session**) に移動します。
- システムコールの改ざん式の **when=** サブ表現における間隔指定が実装されました。
- **-U** (**--summary-columns**) オプションを使用して、呼び出しサマリー出力で表示される列のセットを選択できるようになりました。
- すべてのサマリー列でソートできるようになりました。
- システムコール数の統計が強化されました。オーバーヘッドがコールごとに適用されるようになりました。
- コールサマリーの出力で、最小および最大呼び出し時間に関する情報を表示できるようになりました。
- システムコールの遅延インジェクションおよびオーバーヘッド値は、時間測定単位接尾辞とともに提供でき、IEEE 754 の浮動小数点形式で提供できるようになりました。詳細は、strace の man ページの「Time specification format description」セクションを参照してください (scl enable devtoolset-10 - man strace コマンドで利用可能)。
- **-yy** (**--decode-fds=pidfd**) モードでのプロセスファイル記述子に関連付けられた PID の出力が実装されました。

- シンボルツーアドレスキャッシュを実装することで、**libdw-based** スタックトレース出力のパフォーマンスが向上しました。
- システムクロックの変更に関するシステムコールの追跡を行うための **-e trace=%clock** オプションが追加されました。
- プロセス認証情報に関連するシステムコールを追跡するために、**-e trace=%creds** オプションが追加されました。
- 以下のシステムコールのデコードが実装されました。**clone3**、**fsconfig**、**fsmount**、**fsopen**、**fspick**、**open_tree**、**openat2**、**move_mount**、**pidfd_getfd**、および **pidfd_open**。
- 以下のシステムコールのデコードが改良されました。**arch_prctl**、**bpf**、**clone**、**inotify_init**、**io_cancel**、**io_submit**、**io_uring_register**、**io_uring_setup**、**keyctl**、mbind 、**perf_event_open**、**prctl**、**s390_sthyi**、**sched_getattr**、**sched_setattr**、**set_mempolicy**、**syscall**、および **syslog**。
- 以下の **ioctl** コマンドによるデコードが実装されました。**PTP_CLOCK_GETCAPS2**、**PTP_EXTTS_REQUEST2**、**PTP_PEROUT_REQUEST2** **PTP_ENABLE_PPS2**、**PTP_SYS_OFFSET2**、**RTC_VL_READ**、および **WDIOC_***。
- **HIDIOCGRAWUNIQ() ioctl** コマンド番号出力が実装されました。
- **NETLINK_ROUTE** netlink プロトコルのデコードが強化されました。
- 以下の netlink 属性のデコードが実装されています。**IFLA_***、**TCA_ACT_FLAGS**、**TCA_STATS_PKT64**、および **UNIX_DIAG_UID**。
- 以下の定数の一覧が更新されました。**AT_***、**AUDIT_***、**BPF_***、**BTRFS_***、**CAN_***、**CLONE_***、**ETH_***、**FAN_*GRND_***、**IFLA_***、**IORING_***、**IPPROTO_***、**KEXEC_***、**KEY_***、**KEYCTL_***、**KVM_***、**LWTUNNEL_***、**MADV_***、***_MAGIC**、**MAP_***、**MPOL_***、**MREMAP_***、**MSG_***、**P_***、**PERF_***、**PPC_PTRACE_***、**PR_***、**PTP_***、**RTM_F_***、**SCHED_***、**SCTP_***、**SECCOMP_***、**SO_***、**STATX_***、**TCP_***、**TIPC_***、**UFFDIO_***、**V4L2_***、および**XDP_***。
- strace の man ページと、 strace **--help** コマンドの出力が強化されました。

バグ修正

- **statx** システムコールが **%fstat** トレースクラスに追加されました。
- **getdents** および **getdents64** システムコールのデコードは、ディレクトリーエントリーが多数返される場合に修正されました。
- **openat2** システムコールのパストレースが修正されました。
- **VIDIOC_* ioctl** 出力フォーマットのさまざまなマイナーな修正が加えられました。
- strace がスタックトレースの **libdw** バックエンドを使用するように設定されている場合、スタックトレースプリントは初期のシステム呼び出しに対して修正されています。この改善により、Fedora bug BZ#1788636 に対応しています。
- **NDA_LLADDR** netlink neighbor table 属性のデコードが修正されました。
- **BPF_PROG_LOAD** BPF システムコールコマンドのデコードが修正されました。
- **evdev ioctl** ビットセット のデコードが修正されました。

A.6. SYSTEMTAP の変更点

Red Hat Developer Toolset 10.0 には **SystemTap 4.3** が同梱されています。

以下の機能は、Red Hat Developer Toolset の以前のリリース以降に追加または変更されています。

- ユーザー空間プローブは、**readelf -n** の 16 進数 **buildid** でターゲットに設定できます。この代替パス名を使用すると、一致するバイナリーを任意の名前でプローブできるため、1 つのスクリプトで異なるバージョンの範囲をターゲットにできます。この機能は、elfutils **debuginfod** サーバーと連携して機能します。

- スクリプト関数はプローブ **$context** 変数を使用してプローブされた場所内の変数にアクセスできます。これにより、SystemTap スクリプトは共通のロジックを使用してさまざまなプローブと連携できます。

主な変更の詳細は、SystemTap を更新する前にアップストリームの SystemTap 4.3 リリースノート を参照してください。

A.7. VALGRIND の変更点

Red Hat Developer Toolset 10/0 には **Valgrind 3.16.1** が同梱されています。

以下の機能は、Red Hat Developer Toolset の以前のリリース以降に追加または変更されています。

- 次のいずれかの方法により、Valgrind でプログラムを実行しながら、多くのコマンドラインオプションの値を動的に変更できるようになりました。**vgdb** 経由、Valgrind **gdbserver** に接続されている **gbd** 経由、またはプログラムクライアントリクエスト経由。動的に変更可能なオプションの一覧を表示するには、**valgrind --help-dyn-options** コマンドを実行します。

- Cachegrind (**cg_annotate**) および Callgrind (**callgrind_annotate**) ツールについては、**--auto** と **--show-percs** オプションがデフォルトで **yes** になりました。

- Memcheck ツールを使用すると、最適化されたコードの誤検出エラーが少なくなります。特に、Memcheck はコンパイラーが **A && B** チェックを **B && A** に変換した場合に適切に処理されるようになりました。**B** 未定義で、**A** が false でした。Memcheck は、部分的に定義された値の整数等号チェックと不等号チェックも処理します。

- 実験的なスタックおよびグローバルアレイチェックツール (**exp-sgcheck**) が削除されました。スタックおよびグローバルアレイのオーバーランを検出する方法は、GCC の AddressSanitizer (ASAN) 機能を使用することです。これには、**-fsanitize=address** オプションでコードを再ビルドする必要があります。

付録B バージョン 10.1 の変更点

以下のセクションでは、Red Hat Developer Toolset 10.1 で導入されたドキュメント機能およびバグ修正について説明します。

B.1. GCC の変更点

Red Hat Developer Toolset 10.1 は **GCC 10.2.1** が同梱されており、バグ修正および機能強化が数多く追加されました。

最も重要なバグ修正の 1 つは以下のとおりです。

- 以前は、**gcc-gfortran** サブパッケージに **libgfortran_nonshared.a** 静的ライブラリーが含まれていませんでした。したがって、複数のシンボルが見つからないため、プログラムのリンクが常に成功しませんでした。今回の更新で、**devtoolset-10-gcc-gfortran** パッケージには **libgfortran_nonshared.a** ライブラリーが含まれ、プログラムが正常にリンクできるようになりました。
  Bug#1927579

B.2. ELFUTILS の変更点

Red Hat Developer Toolset 10.1 には **elfutils 0.182** が同梱されています。

以下の機能は、Red Hat Developer Toolset の以前のリリース以降に追加または変更されています。

- **debuginfod** サーバーに追加された新機能:
  - より効率的なパッケージトラバーサル **debuginfod** が、スキャン中にさまざまなエラーを許容するようになりました。ゲーミングプロセスはより表示可能で割り込み可能であり、さらに Prometheus メトリクスを提供します。
  - 新しいスレッドバスメトリクスおよびより詳細なエラーメトリクス。
  - 新しい **--fdcache-mintmp** オプションおよびファイルシステムの空き領域の追跡。
  - グルームング中に Web API の同時実行性が上がります。
- **debuginfod-client** に追加された新機能:
  - 圧縮されたカーネル ELF イメージに対応するようになりました。
  - **DEBUGINFOD_SONAME** マクロが **debuginfod.h** に追加されました。このマクロは、**dlopen（）** 関数とともに使用して、**libdebuginfod.so** ライブラリーを読み込むことができます。
  - 新しい **debuginfod_set_verbose_fd** 関数および **DEBUGINFOD_VERBOSE** 環境変数が追加されました。

B.3. STRACE の変更点

Red Hat Developer Toolset 10.1 には **strace 5.7** が同梱されています。

以下の機能は、Red Hat Developer Toolset の以前のリリース以降に追加されました。

- PID (プロセス ID) 名前空間変換の **--pidns-translation** オプションが追加されました。PID 名前空間の変換の詳細は、pid_namespaces man ページ を参照してください。
  今回の機能拡張では、RHEL Bug#1790836 および Fedora Bug#1035433 に対処しています。

B.4. DYNINST の変更点

Red Hat Developer Toolset 10.1 には **Dyninst 10.2.1** が同梱されています。

以下の機能は、Red Hat Developer Toolset 10.1 の以前のリリース以降に追加されています。

- 自動 DWARF **debuginfo** ダウンロードでの **debuginfod** プロトコルのサポート
- 複数のメモリーリーク修正

B.5. SYSTEMTAP の変更点

Red Hat Developer Toolset 10.1 には **SystemTap 4.4** が同梱されています。

以下の機能は、Red Hat Developer Toolset の以前のリリース以降に追加または変更されています。

- ユーザー空間のプローブにパフォーマンスおよび安定性が改善されました。
- ユーザーは、IBM Power Systems のリトルエンディアンバリアントである AMD64、Intel 64、IBM Z、およびアーキテクチャーで暗黙的なスレッドローカルストレージ変数にアクセスできるようになりました。
- 浮動小数点値処理の初期サポート。
- グローバル変数を使用するスクリプトの同時実行が改善されました。グローバル変数への同時アクセスを保護するのに必要なロックが最適化され、可能な最低限のリージョンまで超過されました。
- 述語とエピローグの両方を持つエイリアスを定義する新しい構文。
- 新しい **@probewrite** 述語。
- **syscall** の引数は、再度書き込み可能です。

主な変更の詳細は、SystemTap を更新する前にアップストリームの SystemTap 4.4 リリースノート を参照してください。