Solaris 64 ビット 開発ガイド

Sun Microsystems, Inc.
901 San Antonio Road
Palo Alto, CA 94303
U.S.A. 650–960–1300

Part Number 806–2729–10
2000 年 3 月

原典: *Solaris 64-bit Developer's Guide*

Part No: 806-0477-10

Revision A

Adobe PostScript

目次

はじめに

Solaris™ オペレーティング環境の機能は、顧客の需要を満たすために拡大し続けています。Solaris オペレーティング環境は、32 ビットおよび 64 ビットのアーキテクチャを完全にサポートするように設計されており、大規模ファイルおよび大容量仮想アドレス空間を利用できる 64 ビットアプリケーションを構築し、実行するための環境を提供します。同時に 32 ビットアプリケーションについて、最大限のソースおよびバイナリの互換性と相互運用性を提供します。実際、Solaris の 64 ビット実装上で実行、および構築されているシステムコマンドの大部分は、32 ビットプログラムです。

32 ビットと 64 ビットのアプリケーションの開発環境間の主な相違点は、32 ビットアプリケーションは、`int`、`long`、およびポインタが 32 ビットである ILP32 データ型モデルに基づいているのに対し、64 ビットアプリケーションは、LP64 データ型モデルに基づいているということです。LP64 データ型モデルでは 、`long` とポインタは 64 ビットで、他の基本データ型は ILP32 と同じです。

大部分のアプリケーションは、32 ビットプログラムのままで使用することができます。次の要件のうち 1 つ以上に該当するアプリケーションのみ、64 ビットプログラムに変換する必要があります。

- 4G バイトを超える仮想アドレス空間を必要とする
- `libkvm`、`/dev/mem`、または `/dev/kmem` を使用して、カーネルメモリーを読み込み、解釈する
- `/proc` を利用して 64 ビットプロセスをデバッグする
- 64 ビット版のみで構成されるライブラリを利用する
- 64 ビット演算を効率的に行うために完全な 64 ビットレジスタが必要

相互運用性の問題により、コードの変更が必要になる場合があります。たとえば、アプリケーションが 2G バイトより大きいファイルを使用する場合、64 ビットに変換することがあります。

64 ビット演算を効率良く実行するために 64 ビットレジスタを必要とする場合や、64 ビット命令セットにより提供されるその他の改善された機能を利用する場合など、性能上の理由から、アプリケーションを 64 ビットに変換した方が望ましいことがあります。

対象読者

このマニュアルは、C および C++ の開発者を対象読者としています。あるアプリケーションが 32 ビットまたは 64 ビットであるかを判定する方法について説明しています。また、32 ビットと 64 ビットアプリケーション環境の類似性と相違点、両環境間で移植可能なコードの書き方、および 64 ビットアプリケーションを開発するための、オペレーティングシステムに含まれているツールについて説明しています。

内容の紹介

このマニュアルは次の章で構成されています。

- 第 1 章では、64 ビットコンピューティングがなぜ必要なのか、また 64 ビットアプリケーションの特長について概要を説明します。
- 第 2 章では、構築および実行環境について、32 ビット Solaris と 64 ビット Solaris との違いを説明します。この章は、どのような場合にコードを 64 ビット安全に変換するのが適当であるかを、アプリケーション開発者が判断するための参考となるように書かれています。
- 第 3 章では、32 ビットと 64 ビットのアプリケーションおよびインタフェース間の類似性について説明しています。
- 第 4 章では、既存の 32 ビットコードを 64 ビット安全なコードへ変換する方法と、その変換を簡単に行うためのツールについて説明します。この章では主に、移植性のあるコードの書き方について説明しています。この章の内容は、既存の 32 ビットアプリケーションを 64 ビットに変換、または 32 ビットと 64 ビットの両環境で実行可能なアプリケーションを作成する際に適用できます。

- 第 5 章では、ヘッダー、コンパイラ、ライブラリについて、およびパッケージ方法とデバッグツールなどの構築環境について説明します。
- 第 6 章では、64 ビットシステムプログラミングと ABI の概要、および、パフォーマンスの問題について説明します。
- 付録 A では、64 ビットアプリケーション開発環境で変更された派生型について説明します。
- 付録 B では、64 ビット実装とアプリケーション開発環境に関して、よく尋ねられる質問とその回答をまとめてあります。

関連マニュアル

参考として、次のマニュアルをお薦めします。

- 『*American National Standard for Information Systems Programming Language-C, ANSI X3.159-1989*』
- 『*SPARC Architecture Manual, Version 9*』SPARC International
- 『*SPARC Compliance Definition, Version 2.4*』SPARC International
- 『*Large Files in Solaris: A White Paper*』(Part No: 96115-001)
- 該当するコマンドのマニュアルページ
- 『*Writing Device Drivers*』(Part No: 805-7378)
- 『*C* ユーザーズガイド』(Part No: 805-7885)

Sun のマニュアルの注文方法

専門書を扱うインターネットの書店 Fatbrain.com から、米国 Sun Microsystems™, Inc. (以降、Sun™ とします) のマニュアルをご注文いただけます。

マニュアルのリストと注文方法については、`http://www1.fatbrain.com/documentation/sun` の Sun Documentation Center をご覧ください。

Sun のオンラインマニュアル

http://docs.sun.com では、Sun が提供しているオンラインマニュアルを参照することができます。マニュアルのタイトルや特定の主題などをキーワードとして、検索を行うこともできます。

表記上の規則

このマニュアルでは、次のような字体や記号を特別な意味を持つものとして使用します。

表 **P–1** 表記上の規則

字体または記号	意味	例
AaBbCc123	コマンド名、ファイル名、ディレクトリ名、画面上のコンピュータ出力、コード例を示します。	.login ファイルを編集します。 ls -a を使用してすべてのファイルを表示します。 system%
AaBbCc123	ユーザーが入力する文字を、画面上のコンピュータ出力と区別して示します。	system% **su** password:
AaBbCc123	変数を示します。実際に使用する特定の名前または値で置き換えます。	ファイルを削除するには、rm *filename* と入力します。
『 』	参照する書名を示します。	『コードマネージャ・ユーザーズガイド』を参照してください。

表 P–1 表記上の規則 続く

字体または記号	意味	例
「 」	参照する章、節、ボタンやメニュー名、強調する単語を示します。	第 5 章「衝突の回避」を参照してください。 この操作ができるのは、「スーパーユーザー」だけです。
\	枠で囲まれたコード例で、テキストがページ行幅を超える場合に、継続を示します。	`sun% grep '^#define \` `XV_VERSION_STRING'`

ただし AnswerBook2™ では、ユーザーが入力する文字と画面上のコンピュータ出力は区別して表示されません。

コード例は次のように表示されます。

- C シェルプロンプト

```
system% command y|n [filename]
```

- Bourne シェルおよび Korn シェルのプロンプト

```
system$ command y|n [filename]
```

- スーパーユーザーのプロンプト

```
system# command y|n [filename]
```

[ ] は省略可能な項目を示します。上記の例は、*filename* は省略してもよいことを示しています。

| は区切り文字 (セパレータ) です。この文字で分割されている引数のうち 1 つだけを指定します。

キーボードのキー名は英文で、頭文字を大文字で示します (例: Shift キーを押します)。ただし、キーボードによっては Enter キーが Return キーの動作をします。

ダッシュ (-) は 2 つのキーを同時に押すことを示します。たとえば、Ctrl-D は Control キーを押したまま D キーを押すことを意味します。

一般規則

- このマニュアルでは、「IA」という用語は、Intel 32 ビットのプロセッサアーキテクチャを意味します。これには、Pentium、Pentium Pro、Pentium II、Pentium II Xeon、Celeron、Pentium III、Pentium III Xeon の各プロセッサ、および AMD、Cyrix が提供する互換マイクロプロセッサチップが含まれます。

第 1 章

64 ビットコンピューティング

アプリケーションが高機能かつ複雑になり、またデータセットのサイズが大きくなるにつれて、既存のアプリケーションが必要とするアドレス空間のサイズが大きくなっています。今日、32 ビットシステムの 4G バイトアドレス空間の限界を超えるアプリケーションもあります。たとえば、さまざまなデータベースアプリケーション、特にデータの取り出しを行うデータベースアプリケーション、 Web キャッシュ、Web 検索エンジン、CAD/CAE のシミュレーションおよびモデリングツールの構成要素、および科学技術計算などがあります。このような大規模アプリケーションを効率的に実行したいという要求によって、64 ビットコンピューティングが開発されてきました。

4G バイト境界を超える

図 1–1 に、大容量の物理メモリーを持つコンピュータ上で実行されるアプリケーションの、典型的なパフォーマンスと問題サイズ (対象とする処理の大きさ) の関係を表す曲線を示します。非常に小さな問題サイズの場合には、プログラム全体がデータキャッシュ (D$) または外部キャッシュ (E$) 中に収まりますが、プログラムのデータ領域が大きくなってくると、32 ビットアプリケーションが利用できる 4G バイト仮想アドレス空間全体をプログラムが占有するようになります。

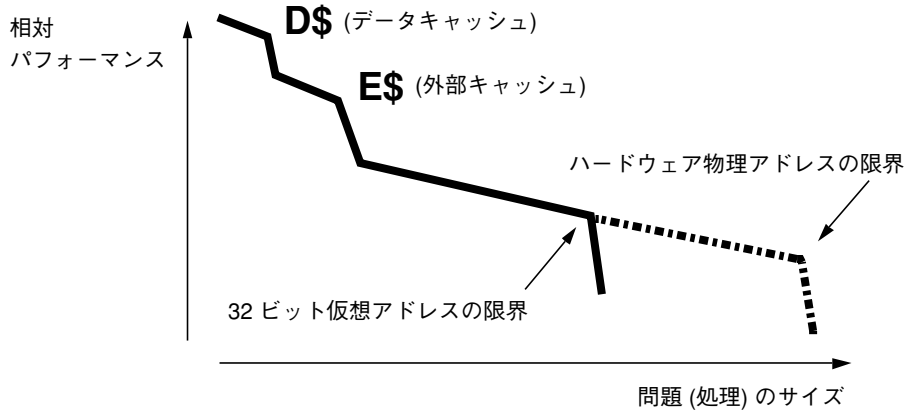


図 1–1　典型的なパフォーマンス対問題サイズ曲線

32 ビット仮想アドレスの限界を超えても、一般的には一次メモリーと二次メモリー (たとえばディスク) に、アプリケーションデータセットを分割することによって、アプリケーションはより大きな問題サイズを取り扱うことができます。ただし、ディスクドライブにデータを転送するのは、メモリーどうしの転送に比べて非常に長く時間がかかります。

今日では、多くのサーバーが 4 G バイト以上の物理メモリーを取り扱うことができます。高性能のデスクトップコンピュータも同様の傾向にあります。32 ビットプログラムは 1 度に 4 G バイト以上を直接アドレス指定することはできません。64 ビットアプリケーションでは、64 ビット仮想アドレス空間を使用して 18 エクサバイト (1 エクサバイトは約 10 の 18 乗バイト) まで直接アドレス指定することができます。こうして、サイズが大きな問題を一次メモリー内で直接取り扱うことができます。アプリケーションがマルチスレッド化されていてスケーラブルな場合は、プロセッサを追加してアプリケーションのスピードをさらに上げることができます。そのようなアプリケーションのパフォーマンスは、コンピュータ上の物理メモリーの量によってのみ制限されます。

以下のように、広範囲の種類のアプリケーションにとって、大きな問題を物理メモリー内で直接取り扱うことができるというのは、64 ビットマシンの主要な性能上の特長です。

- データベースの大部分を一次メモリー内に置くことができる。
- 大規模な CAD/CAE モデルとシミュレーションを一次メモリー内に格納できる。
- 大規模な科学技術計算の問題を一次メモリー内に格納できる。
- Web キャッシュはメモリー内により多くを記憶できるので、その結果呼び出しにかかる時間を短縮できる。

「大きなアドレス空間」以外の利点

64 ビットアプリケーションを作成する理由として、次のことを挙げることができます。

- 性能を向上させるために 64 ビットプロセッサのより広いデータパスを使用して、64 ビット整数の演算を大量に行う場合。
- システムインタフェースに使用される基本的データ型が大きくなったので、いくつかのシステムインタフェースが拡張されたり制約が解消された。
- 改善された呼び出し規約や、レジスタセットの完全利用など、64 ビット命令セットの性能上の利点を利用できる。

第 2 章

64 ビットの使用方法

図 2–1 に、Solaris オペレーティング環境において 32 ビットと 64 ビットの両方がサポートされているしくみを示します。左側のシステムは、32 ビットデバイスドライバを使用した 32 ビットカーネル上で、32 ビットライブラリとアプリケーションのみをサポートします。右側のシステムは、左側と同じ 32 ビットのアプリケーションとライブラリをサポートしますが、64 ビットデバイスドライバを使用した 64 ビットカーネル上で、64 ビットのライブラリとアプリケーションも同時にサポートします。

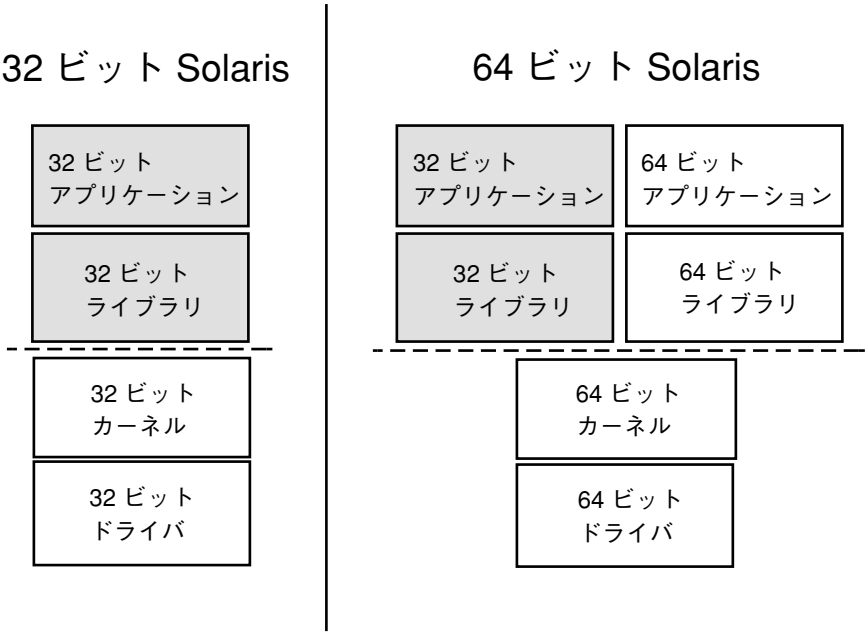


図 2–1　Solaris オペレーティング環境のアーキテクチャ

アプリケーション開発者にとって、64 ビットおよび 32 ビットの Solaris オペレーティング環境間の主な相違は、使用されている C データ型モデルです。64 ビット Solaris では、`long` とポインタが 64 ビットである LP64 データ型モデルを使用します。他のすべての基本データ型は、32 ビット実装の場合と同じで、`int`、`long`、ポインタが 32 ビット長である ILP32 データ型モデルに基づいています。これらのデータ型モデルについては、第 4 章でさらに詳しく説明しています。

変換が必要なアプリケーションはあまりありません。ほとんどのアプリケーションは、32 ビットアプリケーションのままでよく、コード変換や再コンパイルせずに 64 ビットオペレーティングシステム上で実行できます。64 ビット機能を必要としない 32 ビットアプリケーションは、移植性を維持するために 32 ビットのままにしておくことをお薦めします。

次のような特性を持っているアプリケーションは、変換した方が便利な場合があります。

- 4G バイト以上の仮想アドレス空間を利用できるアプリケーション
- 32 ビットインタフェースの限界によって制約されるアプリケーション

- 64 ビット演算を効率的に実行するために完全 64 ビットレジスタを利用できるアプリケーション
- 64 ビットの命令セットが提供する、改善された性能を利用できるアプリケーション

次のような特性を持っているアプリケーションは、変換が必要な場合があります。

- `libkvm`、`/dev/mem`、または `/dev/kmem` を使用してカーネルメモリーを読み込み、解釈するアプリケーション
- 64 ビットプロセスをデバッグするために `/proc` を使用するアプリケーション
- 64 ビットバージョンのみで構成されるライブラリを使用するアプリケーション

いくつかの特定の相互運用性のために、コードの変更が必要になります。2 G バイトより大きいファイルを使用しているアプリケーションは、大規模ファイル API を直接使用するのではなく、64 ビットアプリケーションに変換する場合もあります。

これらの項目については以降の節で説明します。

主な特徴

64 ビット環境の主な特徴は、次のとおりです。

- 大容量仮想アドレス空間
- 大規模ファイル
- 64 ビット計算
- 特定のシステム制約の解除

大容量仮想アドレス空間

64 ビット環境では、1 つのプロセスは 64 ビット、すなわち 18 エクサバイトまでの仮想アドレス空間を持つことができます。これは、32 ビットプロセスの現在の最大値のおよそ 40 億倍になります。

注 - ハードウェア上の制約のため、完全な 64 ビットアドレス空間をサポートしていないプラットフォームもあります。

大規模ファイル

アプリケーションが大規模ファイルに対するサポートのみを必要とする場合は、32 ビットのままで、大規模ファイルインタフェースを使用することができます。ただし、移植性がそれほど問題にならない場合には、アプリケーションを 64 ビットプログラムに変換して、整合性のあるインタフェースのセットを備えた 64 ビット機能を活用することもできます。

64 ビット演算

64 ビット計算は、以前の 32 ビット Solaris のリリースでも利用できましたが、64 ビット実装では、完全 64 ビットハードウェアレジスタを整数計算およびパラメータ渡しに利用しています。このため、アプリケーションは 64 ビット CPU ハードウェアの機能を最大限に活用することができます。

特定のシステム制約の解消

64 ビットシステムインタフェースは、本質的に 32 ビットシステムインタフェースの一部のものより機能が優れています。2038 年問題 (32 ビットの `time_t` が時間を使い果すこと) の影響を受けると考えられるアプリケーションのプログラミングでは、64 ビットの `time_t` を利用することができます。2038 年はずっと先の話と思われるでしょうが、抵当ローンのように将来のことがらに関する計算を行うアプリケーションでは、この拡張された時間機能が必要となる場合があります。

相互運用性の問題

アプリケーションを 32 ビットまたは 64 ビットプログラムと相互運用できるように 64 ビット安全にしたり 64 ビットプログラムに変更する必要が生じるというような相互運用性の問題には、次のものがあります。

- クライアントとサーバーとの転送
- 連続的なデータを操作するプログラム
- 共用メモリー

カーネルメモリーを参照するプログラム

カーネルは 64 ビットデータ構造を内部的に使用する LP64 データ型モデルのオブジェクトであるため、`libkvm`、`/dev/mem`、または `/dev/kmem` を使用する既存の 32 ビットアプリケーションは正しく動作しません。64 ビットプログラムに変換する必要があります。

/proc の制約

`/proc` を使用する 32 ビットプログラムは、32 ビットプロセスの情報を認識することができますが、64 ビットプロセスのすべての属性を理解することはできません。プロセスを記述する既存のインタフェースおよびデータ構造は、関係する 64 ビット情報を包含できるほど大きくありません。32 ビットプロセスと 64 ビットプロセスとを一緒に動作させるためには、プログラムを 64 ビットプログラムとして再コンパイルする必要があります。これは通常デバッガを使用する時に問題となります。

64 ビットライブラリ

32 ビットアプリケーションは 32 ビットライブラリとリンクする必要があり、64 ビットアプリケーションは 64 ビットライブラリとリンクする必要があります。古いライブラリを除いて、すべてのシステムライブラリには 32 ビットと 64 ビットのバージョンがあります。ただし、静的ライブラリとして提供されている 64 ビットライブラリはありません。

変換作業

アプリケーションを完全に 64 ビットプログラムに変換することを決定した後、ほとんどのアプリケーションにおいて必要な作業はわずかです。以降の章で、アプリケーションおよび変換に関連する作業を確定する方法について説明します。

第 3 章

32 ビットと 64 ビットインタフェースの比較

第 2 章で説明したように、ほとんどの 32 ビットアプリケーションは、変更しなくても Solaris 64 ビットオペレーティング環境で動作します。アプリケーションによっては、64 ビットアプリケーションとして再コンパイルのみが必要となるものや、変換する必要があるものもあります。この章では、アプリケーションを再コンパイルしたり、64 ビットに変換する必要がある開発者向けに、第 2 章で述べた項目に基づいて説明します。

アプリケーションプログラミングインタフェース

64 ビットオペレーティング環境でサポートされている 32 ビットアプリケーションプログラミングインタフェース (API) は、32 ビットオペレーティング環境でサポートされている API と同じです。したがって、32 ビットアプリケーションを 32 ビットおよび 64 ビットの環境間で変更する必要はありません。ただし、64 ビットアプリケーションとして再コンパイルする場合には修正作業が必要になります。64 ビットアプリケーション用にコードを修正するためのガイドラインについては、第 4 章を参照してください。

64 ビット API とは、基本的に UNIX 98 ファミリーの API です。その仕様は、派生型を使って書かれています。64 ビットバージョンを作成するには、その派生型のいくつかを 64 ビットに拡張します。これらの API を使って正しく書かれたアプリケーションは、32 ビットと 64 ビット間でソースを移植できます。

アプリケーションバイナリインタフェース

SPARC™ V8 ABI は、既存のプロセッサ固有のアプリケーションバイナリインタフェース (ABI) で、32 ビット SPARC バージョンの Solaris 実装はこのインタフェースに基づいています。SPARC V9 ABI は、SPARC V8 ABI を拡張して 64 ビット動作をサポートし、拡張アーキテクチャの新しい機能を定義しています。詳細は、59 ページの「アプリケーションに関する新しい情報」 を参照してください。

互換性

以降の節では、32 ビットおよび 64 ビットアプリケーション間のさまざまなレベルの互換性について説明します。

アプリケーションバイナリ

既存の 32 ビットアプリケーションは、32 ビットまたは 64 ビットのどちらのオペレーティング環境でも実行できます。唯一の例外は、`libkvm`、`/dev/mem`、`/dev/kmem`、または `/proc` を使用するアプリケーションです。詳細は、第 2 章を参照してください。

アプリケーションソースコード

32 ビットアプリケーションに対しては、ソースレベルの互換性が維持されています。64 ビットアプリケーションについては、アプリケーションプログラミングインタフェースに使用される派生型に変更が加えられています。正しい派生型およびインタフェースを使用しているアプリケーションは、32 ビットに対してソースレベルで互換性があり、より容易に 64 ビットに移行することができます。

デバイスドライバ

32 ビットデバイスドライバは、64 ビットオペレーティングシステムでは使用できないため、32 ビットデバイスドライバは、64 ビットオブジェクトとして再コンパイルしなければなりません。さらに、64 ビットドライバは、32 ビットと 64 ビットの

両方のアプリケーションをサポートしなければなりません。64 ビットオペレーティング環境に提供されているドライバはすべて、32 ビットと 64 ビットの両方のアプリケーションをサポートしています。ただし、基本ドライバモデル、および DDI (Device Driver Interface) でサポートされているインタフェースに変更はありません。必要な作業は、LP64 データ型モデルの環境で適切となるようにコードを修正することです。詳細は、『*Writing Device Drivers*』を参照してください。

どちらの Solaris オペレーティング環境が実行されているか

Solaris オペレーティング環境は、2 つのアプリケーションバイナリインタフェース (ABI) を同時にサポートしています。言い換えれば、2 つの独立した、完全に機能するシステムコールパスが、64 ビットカーネルに接続されており、2 組のライブラリがアプリケーションをサポートします。図 2–1 を参照してください。

64 ビットオペレーティングシステムは、64 ビット CPU ハードウェア上でのみ動作しますが、32 ビットオペレーティングシステムは、32 ビットと 64 ビットのどちらの CPU ハードウェア上でも動作します。Solaris の 32 ビットと 64 ビットのオペレーティング環境は同じように見えるので、特定のハードウェアプラットフォーム上でどちらのバージョンが動作しているかをすぐには判断できません。

`isainfo` コマンドを使用すると、これを簡単に確認することができます。この新しいコマンドは、システムでサポートされているアプリケーション環境に関する情報を出力します。

次に示すのは、64 ビットオペレーティングシステムが実行されている UltraSPARC™ システムで実行した `isainfo` コマンドの出力例です。

```
% isainfo -v
64-bit sparcv9 applications
32-bit sparc applications
```

同じコマンドを古い SPARC システム、または 32 ビットオペレーティングシステムが実行されている UltraSPARC システム上で実行した場合は、次のように出力されます。

```
% isainfo -v
32-bit sparc applications
```

同じコマンドを IA システム上で実行すると次のようになります。

```
% isainfo -v
32-bit i386 applications
```

isainfo(1) コマンドのオプションの 1 つに –n オプションがあります。このオプションは、動作中のプラットフォームにネイティブな命令セットの名前を出力します。

```
% isainfo -n
sparcv9
```

–b オプションを使用すると、対応するネイティブのアプリケーション環境のアドレス空間のビット幅を、次のように出力できます。

```
% echo "Welcome to "`isainfo -b`"-bit Solaris"
Welcome to 64-bit Solaris
```

uname(1) で OS のバージョンを調べるか、または /usr/bin/isainfo が存在するかどうかを調べて、64 ビット機能があるかどうかを判定することによって、以前のバージョンの Solaris オペレーティング環境で実行しなければならないアプリケーションであるかどうかを判断することができます。

関連コマンドの isalist(1) は、シェルスクリプトに使用するのに適しており、プラットフォームでサポートされている命令セットをすべて出力するのに使うことができます。isalist で出力される命令セットアーキテクチャのなかには、かなりプラットフォームに固有なものもありますが、isainfo(1) ではシステム上で最も移植性のあるアプリケーション環境の属性だけを出力します。これら 2 つのコマンドとも、sysinfo(2) システムコールの SI_ISALIST サブオプションを使って構築されています。詳細は isalist(5) のマニュアルページを参照してください。

次の例は、64 ビットオペレーティングシステムが動作している UltraSPARC システム上で isalist コマンドを実行したときの出力です。

```
% isalist
sparcv9+vis sparcv9 sparcv8plus+vis sparcv8plus sparcv8
```

```
sparcv8-fsmuld sparcv7 sparc
```

注 - 上記の `isalist` コマンドの出力例中にある `sparcv9+vis` および `sparcv8+vis` は、システムが UltraSPARC-1 拡張命令セットをサポートしていることを示しています。この拡張命令セットはすべての SPARC V9 システムでサポートされているわけではないので、移植できるアプリケーションはこの拡張命令セットに依存しないようにしてください。また、UltraSPARC に固有の機能に合わせてコーディングしないようにしてください。

サポートされている命令セットのリストは、性能および機能のレベル順に並べられています。このコマンドの使用法についての詳細は、`isalist(1)` のマニュアルページを参照してください。また、`optisa(1)` のマニュアルページも参照してください。

プログラミング例

次に示すプログラミング例 `foo.c` では、LP64 と ILP32 のデータ型モデルの効果を直接的に示しています。同じプログラムを 32 ビットまたは 64 ビットプログラムとしてコンパイルすることができます。

```
#include <stdio.h>
int
main(int argc, char *argv[])
{
  (void) printf("char is \t\t%lu bytes\n", sizeof (char));
  (void) printf("short is \t%lu bytes\n", sizeof (short));
  (void) printf("int is \t\t%lu bytes\n", sizeof (int));
  (void) printf("long is \t\t%lu bytes\n", sizeof (long));
  (void) printf("long long is \t\t%lu bytes\n", sizeof (long long));
  (void) printf("pointer is \t%lu bytes\n", sizeof (void *));
  return (0);
}
```

32 ビットコンパイルの結果は、次のようになります。

```
% cc -O -o foo32 foo.c
% foo32
char is          1 bytes
short is         2 bytes
int is           4 bytes
long is          4 bytes
long long is     8 bytes
pointer is       4 bytes
```

64 ビットコンパイルの結果は、次のようになります。

```
% cc -xarch=v9 -O -o foo64 foo.c
% foo64
char is          1 bytes
short is         2 bytes
int is           4 bytes
long is          8 bytes
long long is     8 bytes
pointer is       8 bytes
```

注 - デフォルトのコンパイル環境は、移植性を最大限にするように設計されているため、32 ビットのアプリケーションを作成します。

第 4 章

アプリケーションの変換

32 ビットから 64 ビットに変換アプリケーションを変換する際には、次の 2 つの基本的な問題があります。

- データ型の整合性および異なるデータ型モデル
- 異なるデータ型モデルを使ったアプリケーション間の相互運用

通常は、できるだけ少ない数の `#ifdef` を使って 1 つのソースだけを管理する方が、複数のソースツリーを管理するよりも便利です。この章では、32 ビット環境と 64 ビット環境の両方で正しく動作するコードを書くためのガイドラインを示します。既存のコードを変換するのに必要なことは、再コンパイルして、64 ビットライブラリと再リンクするだけです。コードの変更が必要になった場合のために、変換を簡単に実行するためのツールについてもこの章で説明します。

データ型モデル

すでに説明したように、32 ビットと 64 ビットの環境の大きな違いは、データ型モデルです。

32 ビットアプリケーションに使用される C データ型モデルは ILP32 で、`int`、`long`、およびポインタが 32 ビットであるためそのように呼ばれています。LP64 データ型モデルは、64 ビットアプリケーション用の C データ型モデルで、`long` とポインタが 64 ビットに拡大されたためそのように呼ばれています。またこの LP64 データ型モデルは、業界の企業コンソーシアムで合意を得ています。C のデータ型の `int`、`short`、`char` は、ILP32 データ型モデルと同じです。

次に示すように C の各整数データ型間の標準的な関係は変わりません。

```
sizeof (char) <= sizeof (short) <= sizeof (int) <= sizeof (long)
```

表 4–1 に C の基本データ型と、それらの ILP32 および LP64 のデータ型モデルでのサイズをビット単位で示します。

表 4–1 データ型サイズ (単位 : ビット)

C データ型	ILP32	LP64
char	8	変更なし
short	16	変更なし
int	32	変更なし
long	32	**64**
long long	64	変更なし
ポインタ	32	**64**
enum	32	変更なし
float	32	変更なし
double	64	変更なし
long double	128	変更なし

32 ビットアプリケーションにおいては、しばしば int、ポインタ、および long が同じサイズであると仮定します。LP64 データ型モデルでは、long とポインタのサイズが変更されています。この点から、32 ビットから 64 への変換の問題が発生する可能性があるということを認識する必要があります。

さらに意図するプログラム処理を示すためには、宣言とキャストが重要になります。たとえば、データ型が変わると式の評価方法が影響を受ける可能性があります。データ型のサイズが変更された場合には、C の標準の変換規則は影響を受けます。意図する内容を明確に示すには、定数の型を宣言する必要があります。キャス

トを式に入れることによって、式を確実に意図するように評価させることも必要です。これは特に、符号拡張の場合に当てはまります。この場合、目的の処理を正しく示すには、明示的にキャストする必要があります。

その他の問題としては、組み込みの C 演算子、書式文字列、アセンブリ言語、互換性、および相互運用性の問題があります。

この章の以降の節で、これらの問題の対処方法を紹介します。

- これまで概要を示した問題の詳細な説明
- コードを 32 ビットおよび 64 ビットに対して安全にするのに有用な、派生型とインクルードファイルの解説
- コードを 64 ビット安全にするためのツールの紹介
- 32 ビットおよび 64 ビット環境間でコードを移植可能にするための一般的規則

単一ソースコードの実装

32 ビットおよび 64 ビットコンパイルをサポートする単一ソースコードを書く際に役立つ、アプリケーション開発者向けの資源について説明します。

派生型

システム派生型は、コードを 32 ビットおよび 64 ビット安全にするのに便利です。これは、派生型自身が ILP32 および LP64 のデータ型モデルに対して安全であるからです。一般に、変更を可能にするために派生型を使用しておくと便利です。後でデータ型モデルが変更された場合に、または異なるプラットフォームに移植する場合に、アプリケーションそのものではなく、システム派生型を変更するだけで済みます。

システムインクルードファイルの `<sys/types.h>` と `<inttypes.h>` には、アプリケーションを 32 ビットおよび 64 ビット安全にするために使用できる定数、マクロ、および派生型が格納されています。これらについての詳細は、このマニュアルでは説明していませんが、一部についてはこの章の以降の節および付録 A で説明しています。

<sys/types.h>

<sys/types.h> をインクルードするアプリケーションのソースファイルでは、<sys/isa_defs.h> をインクルードすることによってプログラミングモデルシンボル _LP64 と _ILP32 の定義を利用できるようになります。このヘッダーには、それぞれ必要に応じて適切な箇所で使用する基本派生型が多数含まれています。特に次のものは重要です。

clock_t	システムクロック時間を表わします。
dev_t	デバイス番号に使用される型です。
off_t	ファイルサイズとオフセット用に使用される型です。
ptrdiff_t	2 つのポインタの減算結果を示す符号付き整数型です。
size_t	メモリー内のオブジェクトのサイズ (バイト単位) 用に使用される型です。
ssize_t	バイト数またはエラーを返す関数によって使用される「符号付きサイズ」型です。
time_t	秒単位の時間用に使用される型です。

これらの型はすべて、ILP32 コンパイル環境では 32 ビット、LP64 コンパイル環境では 64 ビットになります。

これらの型のいくつかの使用方法については、38ページの「LP64 への変換のためのガイドライン」で詳しく説明しています。

<inttypes.h>

インクルードファイルの <inttypes.h> は、定数、マクロ、および派生型を定義するために Solaris 2.6 に追加されました。これによって、明示的にサイズを指定されたデータ項目について、コンパイル環境とは無関係にコードに互換性を持たせることができます。<inttypes.h> は、8 ビット、16 ビット、32 ビット、および 64 ビットのオブジェクトを操作するための機構が含まれてます。このインクルードファイルは、ANSI C の原案の一部で、ISO/JTC1/SC22/WG14 C 委員会による現在の ISO C 標準、つまり ISO/IEC 9899:1990 プログラミング言語 - C の改訂案を反映しています。

<inttypes.h> の主な機能は、次のとおりです。

- 固定幅整数型の集合
- uintptr_t とその他の有用なデータ型
- 定数マクロ
- 制限値
- 書式文字列マクロ

これらについては以降の節で説明します。

固定幅整数型

<inttypes.h> で提供される固定幅整数型には、int8_t、 int16_t、 int32_t、 int64_t、 uint8_t、 uint16_t、 uint32_t、 および uint64_t のような、符号付きおよび符号なし整数型があります。特定のビット数を格納できる最小の整数型として定義される派生型には、 int_least8_t、 int_least16_t、 int_least32_t、 int_least64_t、 uint_least8_t、 uint_least16_t、 uint_least32_t、 uint_least64_t があります。

これらの固定幅型を無制限に使用しないでください。たとえば、int はこれまでと同様に、ループカウンタやファイル記述子などについて使用でき、long は配列のインデックスに使用できます。固定幅型は、次に示すような明示的なバイナリ表現に使用してください。

- ディスク上のデータ
- 送受信データ
- ハードウェアレジスタ
- バイナリインタフェース仕様 (明示的にサイズの決められたオブジェクトがあるもの、または 32 ビットプログラムと 64 ビットプログラム間での共有や通信を含むもの)
- バイナリデータ構造 (32 ビットプログラムおよび 64 ビットプログラムが、共用メモリー、共用ファイルなどを介して使用するもの)

uintptr_t とその他の有用なデータ型

<inttypes.h> によって提供されるその他の型として、ポインタを格納するために十分な領域が確保できる符号付きおよび符号なし整数型があります。これらの型には、intptr_t と uintptr_t があります。さらに、intmax_t および uintmax_t という (ビット単位で) 最長の符号付きおよび符号なしデータ型があります。

uintptr_t 型をポインタ用の整数型として使用する方が、unsigned long のような基本データ型を使用するよりも便利です。unsigned long は、IPL32 と LP64 データ型モデルの両方でポインタと同じサイズですが、uintptr_t を使用すると、uintptr_t の定義を変更するだけで異なるデータ型モデルを使用できます。このため、他の多くのシステムに移植が可能となります。またこれによって、C プログラムコード中に意図する処理をより明確に記述することができます。

intptr_t と uintptr_t 型は、アドレス計算をする際にポインタをキャストするのに非常に役に立ちます。long または unsigned long の代わりにこれらを使用することができます。

注 - 通常は、uintptr_t を使用してキャストする方が、intptr_t を使用するよりも安全です。特に比較の場合はこの方法が安全です。

定数マクロ

マクロは、定数のサイズと符号を指定するために使用できます。マクロには、INT8_C(c)、INT16_C(C)、INT32_C(C)、INT64_C(c)、UINT8_C(c)、UINT16_C(C)、UINT32_C(C)、UINT64_C(C) があります。基本的にこれらのマクロは、必要な場合に定数の後に l、ul、ll、または ull を置きます。たとえば、INT64_C(1) は、定数 1 の後に ILP32 の場合には ll を、LP64 の場合には l を付加します。

定数を最大のデータ型にするためのマクロには、INTMAX_C(c) と UINTMAX_C(c) があります。これらのマクロは、38ページの「LP64 への変換のためのガイドライン」で説明している定数の型を指定するのに非常に役に立ちます。

制限値

<inttypes.h> に定義されている制限値は、さまざまな整数型の最小値および最大値を指定する定数です。これには、INT8_MIN、INT16_MIN、INT32_MIN、INT64_MIN、INT8_MAX、INT16_MAX、INT32_MAX、INT64_MAX、およびそれらの符号なしの場合のものなど、各固定幅型の最小値と最大値が指定されています。

最小サイズ型のそれぞれの最小値と最大値も指定されています。これらには、INT_LEAST8_MIN、 INT_LEAST16_MIN、 INT_LEAST32_MIN、INT_LEAST64_MIN、 INT_LEAST8_MAX、 INT_LEAST16_MAX、INT_LEAST32_MAX、 INT_LEAST64_MAX、 およびそれらの符号なしのものなどがあります。

サポートされている整数型のうちの最大の型の最小値と最大値も定義されています。これらには、INTMAX_MIN と INTMAX_MAX、およびそれらの符号なしのものがあります。

書式文字列マクロ

書式指示子 printf と scanf を指定するためのマクロも <inttypes.h> にあります。これらのマクロは、引数のビット数がマクロ名に組み込まれている場合に、初期指示子の先頭に l または ll を付加することによって引数を long または long long として指定します。

printf(3S) 書式指示子用のマクロは、10 進、8 進、符号なし、16 進の、8 ビット、16 ビット、32 ビット、64 ビットの整数、最小整数型と最大整数型を出力するためのものです。64 ビットの整数を 16 進表記で出力する例を、次に示します。

```
int64_t i;
printf("i =%" PRIx64 "\n", i);
```

同様に、scanf(3S) 書式指示子用のマクロが、10 進、8 進、符号なし、および 16 進の 8 ビット、16 ビット、32 ビット、64 ビットの整数、ならびに最小整数型と最大整数型の読み込み用に提供されています。符号なし 64 ビットの 10 進整数を読み込む例を、次に示します。

```
uint64_t u;
scanf("%" SCNu64 "\n", &u);
```

これらのマクロは、無制限に使用しないでください。これらは固定幅型と一緒に使用するのが最適な使用方法です。詳細は、33ページの「固定幅整数型」 を参照してください。

ツール

Sun WorkShop™ Compilers C のバージョン 5.0 に lint(1) プログラムの新しいバージョンが Sun から提供されています。64 ビットで発生する可能性がある問題を検出できるように強化され、コードを 64 ビット安全にするのに役に立ちます。また、C コンパイラの –v コンパイルオプションも便利です。このオプションを使用

すると、コンパイル時に通常のチェックに加えて、より厳しい意味解析上のチェックを行うことができます。さらに、引数として指定したファイルに対して lint に似たチェックも実行します。

コードを 64 ビット安全にクリーンアップする場合は、64 ビット環境用の派生型とデータ構造を正しく定義している Solaris ヘッダーファイルを使用してください。

C コンパイラのデバッグ機能と lint(1) の詳細は、『C ユーザーズガイド』を参照してください。

lint(1)

lint(1) は、32 ビットコードおよび 64 ビットコードの両方に使用することができます。32 ビット環境および 64 ビット環境の両方で実行するコードには、–errchk=longptr64 オプションを使用します。–errchk=longptr64 オプションは、ロング整数とポインタのサイズが 64 ビットで、かつ普通の整数が 32 ビットである環境への移植性を調べるのに使用します。

–Xarch=v9 オプションは、64 ビット SPARC 環境で実行するコードに対して lint を実行する場合に使用します。64 ビット SPARC 上で実行するコードに対して、発生する可能性がある 64 ビット関連の問題について警告を表示するようにするには、–Xarch=v9 オプションと共に –errchk=longptr64 オプションを使用します。

注 - lint には –D__sparcv9 オプションを使用しないでください。

警告がある場合、lint(1) は、エラーが発生した行の行番号、問題を説明する警告メッセージ、およびポインタが関わっているかどうかを出力します。関連する型のサイズも示されます。ポインタが関わっているかどうかおよび型のサイズを知ることは、64 ビット問題を特定し、さらに 32 ビットとそれより小さい型との間の問題を避けるのに役に立ちます。

注 - lint は発生する可能性がある 64 ビット関連の問題に関して警告を出すことはできますが、問題をすべて検出できるわけではありません。また lint が出力する警告の中には 64 ビット関連以外の問題が含まれていることもあります。警告が出されていても、そのコードは特定の意図に沿って記述されていてアプリケーションにとって適切なコードである、という場合がよくあります。

次のサンプルプログラムと lint(1) 出力は、64 ビットクリーンコード以外のコードで発生する lint 警告のよくある例を示したものです。

```
    1 #include <inttypes.h>
    2 #include <stdio.h>
    3 #include <stdlib.h>
    4
    5 static char chararray[] = "abcdefghijklmnopqrstuvwxyz";
    6
    7 static char *myfunc(int i)
    8 {
    9  return(& chararray[i]);
   10 }
   11
   12 void main(void)
   13 {
   14  int intx;
   15  long longx;
   16  char *ptrx;
   17
   18  (void) scanf("%d", &longx);
   19  intx = longx;
   20  ptrx = myfunc(longx);
   21  (void) printf("%d\n", longx);
   22  intx = ptrx;
   23  ptrx = intx;
   24  intx = (int)longx;
   25  ptrx = (char *)intx;
   26  intx = 2147483648L;
   27  intx = (int) 2147483648L;
   28  ptrx = myfunc(2147483648L);
   29 }

(19) warning: assignment of 64-bit integer to 32-bit integer
(20) warning: passing 64-bit integer arg, expecting 32-bit integer: myfunc(arg 1)
(22) warning: improper pointer/integer combination: op "="
(22) warning: conversion of pointer loses bits
(23) warning: improper pointer/integer combination: op "="
(23) warning: cast to pointer from 32-bit integer
(24) warning: cast from 64-bit integer to 32-bit integer
(25) warning: cast to pointer from 32-bit integer
(26) warning: 64-bit constant truncated to 32 bits by assignment
(27) warning: cast from 64-bit integer constant expression to 32-bit integer
(28) warning: passing 64-bit integer constant arg, expecting 32-bit integer: myfunc(arg 1)
function argument ( number ) type inconsistent with format
    scanf (arg 2)  long * :: (format) int * t.c(18)
    printf (arg 2)  long  :: (format) int  t.c(21)
```

(このコードサンプルの 27 行目の lint 警告は、定数式がキャストされる型に当てはまらないときにのみ出力されます。)

/*LINTED*/ コメントをその前の行に置くと、任意のソース行に対する警告を抑止できます。これは、意図的に特別な動作をコード中に記述したい場合には役に立ちます。例としては、キャストや代入の場合があります。/*LINTED*/ コメントは、

実際に問題がある場合にもそれを検出しないようにするので、使用する際は十分に注意してください。詳細は、『C ユーザーズガイド』または lint(1) のマニュアルページを参照してください。

LP64 への変換のためのガイドライン

lint(1) を使用する際には、すべての問題が lint(1) によって警告として検出されるわけではないこと、変更が不要な点についても lint(1) によって警告として出力されることがある、ということを憶えておいてください。警告の内容は、目的と照らし合わせて調べてください。これから示す例では、コードを変換する際に遭遇する可能性が高い問題を説明します。

int と ポインタが同じサイズであると仮定しない

int とポインタは、ILP32 環境では同じサイズであるため、多くのコードがこの仮定に基づいています。ポインタは、アドレス計算の際に int または unsigned int にキャストされることがあります。また、ポインタは long にキャストすることもできます。long とポインタは、ILP32 および LP64 とで同じサイズだからです。unsigned long を明示的に使うかわりに、uintptr_t を使用してください。uintptr_t は、意図することがより明確にわかり、コードをより移植可能なものにして、その結果将来変更があっても影響されないようにするためです。次に例を示します。

```
char *p;
p = (char *) ((int)p & PAGEOFFSET);
```

この場合、次の警告が出ます。

```
warning: conversion of pointer loses bits
```

次のコードを使用すると、正しい結果が出ます。

```
char *p;
p = (char *) ((uintptr_t)p & PAGEOFFSET);
```

int と long が同じサイズであると仮定しない

int と long は、ILP32 では実際には区別されないため、意図的あるいは非意図的にそれらは交換可能であると仮定して、既存のコードの多くで区別することなく使用されています。このように int と long が同じサイズとして仮定しているコードは、ILP32 および LP64 で動作するように変更しなければなりません。ILP32 データ型モデルでは、int と long は 32 ビットですが、LP64 データ型モデルでは long は 64 ビットです。次に例を示します。

```
int waiting;
long w_io;
long w_swap;
...
waiting = w_io + w_swap;
```

この場合、次の警告が出ます。

```
warning: assignment of 64-bit integer to 32-bit integer
```

符号の拡張

符号の拡張は、64 ビットに変換する際によく発生する問題です。符号の拡張について lint(1) は警告を出さないため、実際に問題が発生する前に問題を検出するのは困難です。さらに、型変換および型昇格に関する規則には不明瞭な部分もあります。符号拡張の問題を解決するには、意図する結果を得ることができるように明示的なキャストを使用する必要があります。

ANSI C の変換規則を理解しておくと、なぜ符号の拡張が発生するかを理解するのに役立ちます。32 ビットおよび 64 ビットの整数値間において、符号拡張の問題の原因になることがある変換規則は、次のとおりです。

1. 整数の昇格

   char、short、列挙型、または ビットフィールド型は、符号付きあるいは符号なしに関わらず、int を呼び出す式の中で使用できます。int が元の型の取り得る値をすべて格納することができる場合は、その値は signed int に変換されます。そうでない場合は、unsigned int に変換されます。

2. 符号付きおよび符号なし整数間の変換

   負の符号付き整数が、サイズが同じまたはより大きい型の符号なし整数に昇格される場合、最初に大きい型の符号付きの値に昇格され、その後符号なしの値に変換されます。

変換規則についての詳細は、ANSI C 規格を参照してください。この規格には、通常の算術変換や整数定数についての規則が規定されています。

64 ビットプログラムとしてコンパイルした場合、次の例の addr 変数は、addr および a.base が符号なしの型であっても符号付きの型に拡張されます。

例 **4–1** test.c

```
struct foo {
  unsigned int base:19, rehash:13;
};

main(int argc, char *argv[])
{
  struct foo a;
  unsigned long addr;

  a.base = 0x40000;
  addr = a.base << 13;  /* Sign extension here! */
  printf("addr 0x%lx\n", addr);

  addr = (unsigned int)(a.base << 13); /* No sign extension here! */
  printf("addr 0x%lx\n", addr);
}
```

このように符号拡張が発生するのは、変換規則が次のように適用されるからです。

1. a.base が、整数の昇格規則によって、unsigned int から int に変換されます。このため、式 a.base << 13 は int 型ですが、符号拡張はまだ発生していません。
2. 式 a.base << 13 は、int 型ですが、符号付きおよび符号なしの整数昇格規則によって最初に long へ変換され、その後 unsigned long へ変換された後、addr に代入されます。符号拡張は、この式が int から long に変換されるときに発生します。

```
% cc -o test64 -xarch=v9 test.c
% ./test64
addr 0xffffffff80000000
addr 0x80000000
%
```

同じ例題が 32 ビットプログラムとしてコンパイルされた場合、符号拡張は発生しません。

```
% cc -o test32 test.c
% ./test32
addr 0x80000000
addr 0x80000000
%
```

アドレス演算の代わりにポインタ演算を使う

一般に、ポインタ演算を使用した場合の方が、アドレス演算を使用した場合よりもうまく機能します。この理由は、ポインタ演算はデータ型モデルに依存しませんが、アドレス演算はデータ型モデルに依存するためです。さらにポインタ演算の方がコードを簡潔に記述することができます。次に例を示します。

```
int *end;
int *p;
p = malloc(4 * NUM_ELEMENTS);
end = (int *)((unsigned int)p + 4 * NUM_ELEMENTS);
```

この場合、次の警告が出ます。

```
warning: conversion of pointer loses bits
```

次のコードを使用すると、正しい結果が出ます。

```
int *end;
int *p;
p = malloc(sizeof (*p) * NUM_ELEMENTS);
end = p + NUM_ELEMENTS;
```

構造体の再構成

LP64 データ型モデルでは `long` およびポインタフィールドが 64 ビットに拡張されるため、コンパイラが構造体にパディングを追加して、境界を整列することがあります。SPARC プラットフォーム上の 64 ビット環境では、構造体の型はすべて、少なくとも構造体内にある一番大きいサイズに整列されます。構造体を再構成するための簡単な規則は、`long` とポインタのフィールドを構造体の先頭位置に移動して、残りのフィールドを整列し直すことです。通常はサイズの大きい方から順に整列しますが、どれほどうまく詰め込めるかによって異なります。次に例を示します。

```
struct bar {
  int i;
  long j;
  int k;
  char *p;
};   /* sizeof (struct bar) = 32 */
```

より良い結果を得るには、次のコードを使用します。

```
struct bar {
  char *p;
  long j;
  int i;
  int k;
};   /* sizeof (struct bar) = 24 */
```

共用体のチェック

共用体フィールドは、ILP32 と LP64 とでサイズが変更されているので、必ず確認してください。次に例を示します。

```
typedef union {
       double   _d;
       long _l[2];
} llx_t;
```

このコードは、次のように使用してください。

```
typedef  union {
   double _d;
   int _l[2];
} llx_t;
```

定数の型指定

一部の定数式では、精度が不足するためにデータが失われる可能性があります。このような問題を検出するのは非常に困難です。各整数定数の後に (u、U、l、L) を組合せたものを追加して、定数式にデータ型を明示的に指定してください。キャストを使用して定数式のデータ型を指定することもできます。次に例を示します。

```
int i = 32;
```

```
long j = 1 << i;  /* j will get 0 because RHS is integer expression */
```

このコードは、次のように使用してください。

```
int i = 32;
long j = 1L << i;
```

暗黙的宣言について

Sun WorkShop で提供される C コンパイラは、モジュールに使用されかつ extern として定義または宣言されていない関数または変数に対してそのデータ型を int とみなします。このように使用される long およびポインタは、コンパイラの暗黙的な int 宣言によって切り捨てられます。関数または変数に対する適切な extern 宣言は、C モジュール中にではなくヘッダーに置いてください。このヘッダーは、関数または変数を使用する C モジュールがインクルードするようにしてください。これがシステムヘッダーに定義されている関数または変数であっても、適当なヘッダーをコード内にインクルードしてください。

getlogin() が宣言されていないコードの例を次に示します。

```
int
main(int argc, char *argv[])
{
  char *name = getlogin()
  printf("login = %s\n", name);
  return (0);
}
```

この場合、次の警告が出ます。

```
warning: improper pointer/integer combination: op "="
warning: cast to pointer from 32-bit integer
implicitly declared to return int
getlogin        printf
```

より良い結果を得るには、次のコードを使用します。

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

int
main(int argc, char *argv[])
{
  char *name = getlogin();
  (void) printf("login = %s\n", name);
  return (0);
}
```

sizeof は unsigned long である

LP64 データ型モデルでは、sizeof は unsigned long の実効的なデータ型を持ちます。sizeof は、int 型 の引数を期待する (受け取る) 関数に渡されたり、int に代入またはキャストされることがあります。このような切り捨てによってデータが失われることがあります。次に例を示します。

```
long a[50];
unsigned char size = sizeof (a);
```

この場合、次の警告が出ます。

```
warning: 64-bit constant truncated to 8 bits by assignment
warning: initializer does not fit or is out of range: 0x190
```

意図を示すためにキャストを使う

関係式には変換規則があるので、注意を要します。必要に応じてキャストを追加して、式をどのように評価するかを明示的に記述してください。

書式文字列の変換をチェックする

printf(3S)、sprintf(3S)、scanf(3S)、sscanf(3S) が long またはポインタ引数に対して使用されている場合、それらを long またはポインタ引数用に変更する必要がある場合があります。ポインタ引数を 32 ビットおよび 64 ビット環境で動作させるためには、書式文字列に指定する変換操作を %p にしてください。次に例を示します。

```
char *buf;
struct dev_info *devi;
...
(void) sprintf(buf, "di%x", (void *)devi);
```

この場合、次の警告が出ます。

```
warning: function argument (number) type inconsistent with format
  sprintf (arg 3)     void *: (format) int
```

次のコードを使用すると、正しい結果が出ます。

```
char *buf;
struct dev_info *devi;
...
(void) sprintf(buf, 'di%p", (void *)devi);
```

long 引数の場合は、long サイズ指定子 l を書式化文字列の変換操作文字の前に追加してください。さらに、buf によって示される記憶領域に 16 桁を格納できる大きさが十分にあることを確認してください。次に例を示します。

```
size_t nbytes;
ulong_t align, addr, raddr, alloc;
printf("kalloca:%d%%%d from heap got%x.%x returns%x\n",
nbytes, align, (int)raddr, (int)(raddr + alloc), (int)addr);
```

この場合、次の警告が出ます。

```
warning: cast of 64-bit integer to 32-bit integer
warning: cast of 64-bit integer to 32-bit integer
warning: cast of 64-bit integer to 32-bit integer
```

次のコードを使用すると、正しい結果が出ます。

```
size_t nbytes;
ulong_t align, addr, raddr, alloc;
printf("kalloca:%lu%%%lu from heap got%lx.%lx returns%lx\n",
nbytes, align, raddr, raddr + alloc, addr);
```

その他の考慮事項

アプリケーションを完全に 64 ビットプログラムに変換する際によく発生する、その他の問題を取り上げます。

サイズが拡大した派生型

64 ビットアプリケーション環境で 64 ビットを表すために、多くの派生型が変更されました。この変更は、32 ビットアプリケーションには影響を与えませんが、これらの型で記述されるデータを使用またはエクスポートする 64 ビットアプリケーションは、再評価して正しく動作することを確認する必要があります。たとえば、`utmpx(4)` ファイルを直接操作するアプリケーションについては再確認が必要です。64 ビットアプリケーション環境で正しく動作するように、これらのファイルへ直接アクセスしないようにしてください。代わりに `getutxent(3C)` および関連する関数を使用してください。

付録 A には、変更された派生型の一覧が記載されています。

変更による副作用をチェックする

ある部分で型の変更を行なった結果、別の部分で予期しない 64 ビット変換が起きることがあります。たとえば、以前には `int` を戻していたが現在は `ssize_t` を返す関数に対しては、すべての呼び出し側をチェックする必要があります。

`long` を使用する意味があるかどうかチェックする

`long` は ILP32 データ型モデルでは 32 ビット、LP64 データ型モデルでは 64 ビットなので、以前は `long` として定義されたものが不適切または不要になることがあります。このような場合は、より移植性の高い派生型を使うこともできます。

上述の理由で、LP64 データ型モデルにおいて多くの派生型が変更されている場合があります。たとえば、pid_t は 32 ビット環境では long のままですが、64 ビット環境では int です。LP64 コンパイル環境用に修正された派生型のリストについては、付録 A を参照してください。

明示的な 32 ビット対 64 ビットプロトタイプのために #ifdef を使う

32 ビットおよび 64 ビット用にそれぞれ固有のインタフェースが必要な場合があります。ヘッダーで _LP64 または _ILP32 という機能テストマクロを使用することによって、それぞれのインタフェースを設けることができます。同様に、32 ビットおよび 64 ビット環境で動作させるコードに、それぞれのコンパイル環境に応じて適切な #ifdef を使用する必要がある場合もあります。

呼び出し規約の変更

構造体を SPARC V9 用の値渡しで渡す場合、構造体が小さいと、その値のコピーを指すポインタとしてではなくレジスタ経由で値が渡されます。これは、C コードと手作業で記述したアセンブリコードとの間で構造体を渡す際に問題が発生します。

浮動小数点パラメータも同様に動作します。つまり、値渡しで渡された浮動小数点の引数が、浮動小数点レジスタに渡される場合があります。

アルゴリズムの変更

コードを 64 ビット安全にした後、コードを再検討して、アルゴリズムおよびデータ構造が意図どおりであることを確認してください。データ型が大きいほど、データ構造体はより大きい空間を使用します。コードのパフォーマンスも同様に変化する場合があります。これらのことを考えて、コードを適切に修正する必要があるかもしれません。

チェックリスト (64 ビットに変換する前に)

以下の各項目を確認していくことによって、コードを 64 ビットに変換する必要があるかどうかを判断することができます。

- このマニュアル全体をお読みください。特に38ページの「LP64 への変換のためのガイドライン」に重点を置いて読んでください。
- すべてのデータ構造体とインタフェースを再検討して、それらが64 ビット環境でも有効であることを確認してください。
- <sys/types.h> (または、少なくとも <sys/isa_defs.h>) をコードにインクルードして、_ILP32 または _LP64 の定義やその他の基本派生型を組み込んでください。
- 関数プロトタイプおよび非局所的な有効範囲を持つ外部宣言をヘッダーに移動し、それらのヘッダーをコードにインクルードしてください。
- -errchk=longptr64 および -Xarch=v9 フラグを指定して lint(1) を実行し、各警告メッセージを確認してください (すべての警告どおりに変更が必要なわけではありません)。結果として必要になる変更によっては、32 ビットおよび 64 ビットモードで lint(1) を再実行する必要があります。
- アプリケーションを 64 ビット専用としてだけで提供する予定でない場合は、コードを 32 ビットおよび 64 ビットとしてコンパイルしてください。
- 32 ビットオペレーティングシステム上で 32 ビットバージョンのアプリケーションを実行し、そのアプリケーションをテストしてください。64 ビットオペレーティングシステム上で 32 ビットバージョンのテストも実行できますが、その必要はありません。

第 5 章

開発環境

この章では 64 ビットアプリケーション開発環境について説明します。構築環境、その他ヘッダーおよびライブラリの問題、コンパイラオプション、リンク、およびデバッグツールについて説明します。パッケージ処理に関するガイドラインも示します。

まず、オペレーティングシステムのバージョンが 32 ビットであるかあるいは 64 ビットであるかを確認する必要があります。これを確認するには、第 3 章で説明した `isainfo(1)` コマンドを使用することができます。この章での説明は、64 ビットオペレーティングシステムを使用していると仮定しています。32 ビットオペレーティング環境を使用している場合でも、システム上に 64 ビットライブラリパッケージがインストールされていれば、64 ビットアプリケーションを構築することができます。

構築環境

構築環境には、システムヘッダー、コンパイルシステム、およびライブラリが含まれています。

ヘッダー

1 組のシステムヘッダーが 32 ビットおよび 64 ビットのコンパイル環境をサポートします。64 ビットコンパイル環境用に別のインクルードパスを指定する必要はありません。

64 ビット環境をサポートするためにヘッダーに加えられた変更をより理解するには、ヘッダーの <sys/isa_defs.h> のさまざまな定義について理解しておくことをお薦めします。このヘッダー中には #define が含まれており、それらは各命令セットアーキテクチャに対して設定されています。<sys/types.h> をインクルードすると、自動的に <sys/isa_defs.h> がインクルードされます。

次の表にあるシンボルは、コンパイル環境 (コンパイラ) によって定義されます。

__sparc	SPARC ファミリーのプロセッサアーキテクチャのいずれかであることを示します。アーキテクチャには SPARC V7、SPARC V8、および SPARC V9 があります。シンボルの sparc は、慣例上 __sparc の同義語です。
__sparcv8	『SPARC Architecture Manual』のバージョン 8 で定義されている 32 ビット SPARC V8 アーキテクチャを示します。
__sparcv9	『SPARC Architecture Manual』のバージョン 9 で定義されている 64 ビット SPARC V9 アーキテクチャを示します。
__i386	このシンボルは、Intel 386 命令セットあるいはそのスーパーセットを実装するすべてのプロセッサに対する総称です。これには、386、486、および Pentium ファミリーのプロセッサのすべてのメンバーが含まれます。

シンボル __sparcv8 および __sparcv9 は、相互に排他的で (両方が同時に定義されることはありません) 、シンボル __sparc が定義されているときにだけ意味があります。

次に示すシンボルは、上記のシンボルのいくつかの組み合わせから派生したものです。

_ILP32	int、long、およびポインタのサイズがすべて 32 ビットであるデータ型モデル
_LP64	long およびポインタのサイズがすべて 64 ビットであるデータ型モデル

シンボル _ILP32 および _LP64 も、相互に排他的です。

完全に移植性のあるコードを書くことが不可能で、32 ビットおよび 64 ビットのそれぞれに固有のコードが必要な場合は、_ILP32 または _LP64 を使って、コードを条件付きで切り替えるようにしてください。これによって、コンパイルマシンに依

存しないコンパイル環境にすることができ、アプリケーションをすべての 64 ビットプラットフォームに移植する際の移植性が高くなります。

コンパイラ

Sun WorkShop C、C++、および Fortran のコンパイル環境が拡張され、32 ビットおよび 64 ビットアプリケーションの両方を作成できるようになりました。Sun WorkShop で提供される C コンパイラの 5.0 リリースは、64 ビットコンパイルをサポートします。

ネイティブコンパイルモードおよびクロスコンパイルモードがサポートされています。デフォルトのコンパイル環境は、これまでどおり 32 ビットアプリケーションを作成します。ただし、両モードともアーキテクチャに依存します。Sun コンパイラを使用して、Intel マシン上で SPARC オブジェクトを作成したり、SPARC マシン上で Intel オブジェクトを作成することはできません。アーキテクチャやコンパイラのモードが指定されていない場合は、適宜 `__sparc` または `__i386` シンボルがデフォルトで定義され、この一部として `_ILP32` も定義されます。これによって、既存のアプリケーションおよびハードウェアにおける相互運用性が高くなります。

たとえば、Sun WorkShop C コンパイラを使用して SPARC マシンで 64 ビットコンパイル環境を使用できるようにする場合は、`-xarch=v9` フラグを `cc(1)` への引数として指定する必要があります。

これによって LP64 コードが含まれる ELF64 オブジェクトが生成されます。ELF64 とは、64 ビットのプロセッサおよびアーキテクチャをサポートする 64 ビットオブジェクトファイル形式のことです。一方、デフォルトの 32 ビットモードでコンパイルしたときは、ELF32 オブジェクトファイルが生成されます。

`-xarch=v9` フラグを使用すると、32 ビットまたは 64 ビットのどちらのシステムでもコードを生成できます。32 ビットコンパイラを使用すると、`-xarch=v9` によって 32 ビットシステムで 64 ビットのオブジェクトを作成できますが、作成したオブジェクトは 32 ビットシステムでは実行できません。64 ビットライブラリに対するライブラリパスを指定する必要はありません。`–l` または `–L` オプションを使用してライブラリまたはライブラリパスを追加指定し、そのパスが 32 ビットライブラリだけを指している場合は、リンカーはそれを検出し、エラーを出力してリンク処理を異常終了します。

ライブラリ

Solaris オペレーティング環境には、32 ビットおよび 64 ビットの両コンパイル環境用の共用ライブラリが含まれています。静的ライブラリについては、32 ビットのみが含まれており、64 ビットは提供されていません。

32 ビットアプリケーションは 32 ビットライブラリとリンクし、64 ビットアプリケーションは 64 ビットライブラリとリンクしなければなりません。64 ビットライブラリを使って 32 ビットアプリケーションを作成または実行することはできません。32 ビットライブラリは、これまでどおり `/usr/lib` および `/usr/ccs/lib` に置かれています。64 ビットライブラリは、SPARC プラットフォームでは適切な `lib` ディレクトリの `sparcv9` サブディレクトリに置かれています。32 ビットライブラリの場所は変更されていないので、Solaris 2.6 以前のオペレーティング環境で構築された 32 ビットアプリケーションとのバイナリの互換性があります。

64 ビットアプリケーションを構築するためには 64 ビットライブラリが必要です。64 ビットライブラリは、32 ビットおよび 64 ビットの両環境で利用できるため、ネイティブコンパイルもクロスコンパイルも可能です。コンパイラとその他のツール (たとえば `ld`、`ar`、`as` など) は 32 ビットプログラムで、32 ビットまたは 64 ビットシステム上で 64 ビットプログラムを構築する機能があります。もちろん、32 ビットオペレーティング環境上のシステムで作成された 64 ビットプログラムは、32 ビット環境では実行できません。

リンク処理

リンカーは、32 ビットアプリケーションのままですが、ほとんどのユーザーはこのことを意識する必要がありません。通常リンカーはコンパイラドライバ (たとえば `cc(1)`) から間接的に呼び出されるからです。ELF32 オブジェクトファイルをリンカーへの入力として指定すると、リンカーは ELF32 出力ファイルを生成します。同様に、入力として ELF64 オブジェクトファイルを指定すれば、ELF64 出力ファイルを生成します。ELF32 と ELF64 の入力ファイルを混在させて指定しようとしてもリンカーに拒絶されます。

LD_LIBRARY_PATH

32 ビットおよび 64 ビットのアプリケーション用の動的リンカープログラムは、それぞれ `/usr/lib/ld.so.1` と `/usr/lib/sparcv9/ld.so.1` です。

これらの動的リンカーは両方とも、LD_LIBRARY_PATH 環境変数で指定された、コロンで区切られたディレクトリ名のリストを実行時に検索します。32 ビット動的リンカーは 32 ビットライブラリとだけ結合し、64 ビット動的リンカーは 64 ビットライブラリとだけ結合します。したがって、必要であれば 32 ビットおよび 64 ビットライブラリの両方を格納しているディレクトリを環境変数 LD_LIBRARY_PATH で指定することができます。

64 ビット動的リンカーの検索パスは、LD_LIBRARY_PATH_64 環境変数を使って完全に上書きする (優先させる) ことができます。

$ORIGIN

アプリケーションを配布し管理するための共通の手法として、関連するアプリケーションとライブラリを 1 つのディレクトリ階層に入れる手法があります。一般的に、アプリケーションが使用するライブラリは lib サブディレクトリに置き、アプリケーションそのものはベースディレクトリの bin サブディレクトリに置きます。このベースディレクトリは、Sun が配布するコンピューティングファイルシステムである NFS™ によりエクスポートし、クライアントマシンにマウントできます。環境によっては、オートマウンタとネームサービスを使用して、アプリケーションを配布し、すべてのクライアントにおいてアプリケーション階層のファイルシステムの名前空間を同じにすることもできます。そのような環境では、–R オプションをリンカーに指定してアプリケーションを構築できます。このオプションは、実行時に共用ライブラリを検索するディレクトリの絶対パス名を指定します。

ただし環境によっては、ファイルシステムの名前空間がうまく制御されず、開発者がデバッグ用のツール、つまり LD_LIBRARY_PATH 環境変数を使ってラッパースクリプトにライブラリの検索パスを指定するという手法を採用していました。このようなことはもはや必要ありません。これは、$ORIGIN キーワードをリンカーの –R オプションに指定されたパス名に含めることができるからです。$ORIGIN キーワードは、実行可能プログラムそのものがあるディレクトリ名に実行時に展開されます。つまり、$ORIGIN からの相対パス名でライブラリディレクトリのパス名を指定できるということです。この結果、LD_LIBRARY_PATH をまったく設定しなくても、アプリケーションのベースディレクトリを移動することができるようになります。

この機能は 32 ビットおよび 64 ビットの両方のアプリケーションで利用できます。新しいアプリケーションを作成する場合に、LD_LIBRARY_PATH を正しく構成するユーザーやスクリプトに対する依存性を減らしたいときに、この機能を利用できます。

詳細は、『リンカーとライブラリ』を参照してください。

パッケージ処理

以降の節では 32 ビットおよび 64 ビットアプリケーションのパッケージ処理について説明します。

ライブラリとプログラムの配置

新しいライブラリとプログラムの配置については、52ページの「ライブラリ」に記載されている標準規則に従います。32 ビットライブラリは従来どおり同じ場所に置かれますが、64 ビットライブラリは、通常のデフォルトのディレクトリ内の、アーキテクチャに依存する特定のサブディレクトリに置くことをお薦めします。32 ビットおよび 64 ビットにそれぞれ固有のアプリケーションは、ユーザーにとって透過的な (32 ビットと 64 ビットとの違いを意識する必要がない) 場所に置くようにしてください。

つまり SPARC マシンでは、32 ビットライブラリは同じライブラリディレクトリに置き、64 ビットライブラリは適切な `lib` ディレクトリ下の `sparcv9` サブディレクトリに置く必要があります。

32 ビットまたは 64 ビット環境に固有のバージョンを必要とするプログラムは、通常置かれるディレクトリ下の `sparcv7` または `sparcv9` サブディレクトリに適宜置くことをお薦めします。

54ページの「アプリケーション命名規則」を参照してください。

パッケージ処理のガイドライン

パッケージ処理の選択肢として、32 ビットおよび 64 ビットアプリケーション用にそれぞれパッケージを別々に作成するか、あるいは 32 ビットおよび 64 ビットバージョンを 1 つの パッケージにまとめるか、という問題があります。1 つのパッケージを作成する場合は、この章で説明しているサブディレクトリの命名規則をパッケージの内容に対して適用することをお薦めします。

アプリケーション命名規則

32 ビットおよび 64 ビットのアプリケーションに対して、`foo32` や `foo64` のような特定の名前を付ける代わりに、32 ビットおよび 64 ビットアプリケーションを 54

ページの「ライブラリとプログラムの配置」で説明したように、プラットフォーム固有の適切なサブディレクトリに置くことができます。このようにすると、次の項で説明しているラッパーを使用して、環境に応じて 32 ビットまたは 64 ビットのいずれかのアプリケーションを実行することができます。利点としては、プラットフォームに応じて適切なバージョンのアプリケーションが自動的に実行されるため、ユーザーは 32 ビットまたは 64 ビットのどちらであるかなどについて意識する必要がありません。

ラッパー

32 ビットおよび 64 ビット固有のバージョンのアプリケーションが必要な場合、シェルスクリプトラッパーを使うと、ユーザーがバージョンに関して意識する必要がなくなります。32 ビットおよび 64 ビットバージョンが必要な、Solaris オペレーティング環境の多くのツールが、この例として当てはまります。ラッパーを利用すると、特定のハードウェアプラットフォーム上で実行可能な固有の命令セットを `isalist()` コマンドを使って調べ、それに基づいて適切なバージョンのツールを実行させることができます。

次に、ネイティブ命令セットラッパーの例を示します。

```
#! /bin/sh

CMD='basename $0'
DIR='dirname $0'
EXEC=
for isa in '/usr/bin/isalist'; do
 if [-x ${DIR}/${isa}/${CMD}]; then
  EXEC=${DIR}/${isa}/${CMD}
  break
 fi
done
if [-z "${EXEC}"]; then
  echo 1>&2 "$0: no executable for this architecture"
  exit 1

fi
exec ${EXEC} "${@}"
```

この例には問題が 1 つあります。`$0` 引数が、その引数自身の実行可能プログラムに対する完全パス名であることを前提にしていることです。このような理由から、汎用的なラッパーである `isaexec()` が作成され、32 ビットおよび 64 ビット固有

のアプリケーションの問題に対処しています。引き続きこの isaexec(3C) ラッパーについて説明します。

/usr/lib/isaexec

isaexec(3C) は 32 ビット実行可能バイナリファイルです。直前の節で説明したようなシェルスクリプトラッパー機能を実行しますが、その際引数リストも正確に保存します。実行可能プログラムの完全パス名は /usr/lib/isaexec ですが、この名前で実行するようには設計されていません。このプログラムでは、isalist(1) によって選択された複数のバージョンで存在するプログラムの主要な名前 (プログラム実行時にユーザーが使用する名前) にコピーされたり、リンク (シンボリックリンクではなくハードリンク) される可能性があります。

たとえば、truss(1) コマンドは、次の 3 つの実行可能ファイルとして存在します。

```
/usr/bin/truss
/usr/bin/sparcv7/truss
/usr/bin/sparcv9/truss
```

sparcv7 と sparcv9 サブディレクトリの実行可能プログラムは、実在する truss(1) 実行可能プログラムで、それぞれ 32 ビットおよび 64 ビットプログラムです。ラッパーファイルの /usr/bin/truss は、/usr/lib/isaexec にハードリンクされています。

isaexec(3C) ラッパーは、完全に解決されたシンボリックリンクがない自分のパス名を、argv[0] 引数とは別に getexecname(3C) を使用して調べ、sysinfo(SI_ISALIST , ...) を使用して isalist(1) を取得します。そして、その結果得られた自分自身のディレクトリのサブディレクトリリストを調べ、自分の名前がある最初の実行可能ファイルに対して execve(2) を実行します。そのとき isaexec(3C) ラッパーは、引数ベクトルと環境ベクトルを変更せずに渡します。このようにして、argv[0] は最初に指定されたとおりに最終的なプログラムイメージに渡されます。サブディレクトリ名を含むように修正された完全パス名に変換された形ではありません。

注 - ラッパーが存在する場合があるため、実行可能プログラムを他の場所に移動する際は注意が必要です。実際のプログラムではなく、ラッパーを移動してしまう可能性があります。

---

isaexec()

多くのアプリケーションでは、すでに起動ラッパープログラムを使用して、環境変数の設定、一時ファイルの消去、デーモンの起動などを行なっています。libc(3LIB) 内の isaexec(3C) インタフェースを利用すると、前述のようなシェルスクリプトラッパーの例で使用しているのと同じアルゴリズムを、カスタマイズしたラッパープログラムから直接呼び出すことができます。

デバッグ処理

truss(1) コマンド、/proc ツール (proc(1))、adb、dbx、および adbgen などの、Solaris 上で実行できるデバッグツールのすべてが、64 ビットアプリケーションで動作するようにアップグレードされています。

これらのデバッグツールのうち、64 ビットアプリケーションをデバッグできる dbx デバッガは、Sun Workshop ツール群の一部として入手できます。それ以外のツールはすべて Solaris リリースの中に含まれています。

adbgen は、指定した adb(1) マクロを作るプログラムを生成します。64 ビットマクロを生成するために –m lp64 オプションを指定し、64 ビットシステム上で実行する必要があります。詳細は、adbgen(1M) のマニュアルページを参照してください。

adbgen 以外の上記のデバックツールのオプションには変更がありません。64 ビットプログラムをデバッグするために、adb に対しては、多数の拡張が加えられました。ポインタを間接参照するために「*」を使用すると、64 ビットプログラムに対しては 8 バイトを、32 ビットプログラムに対しては 4 バイトを参照します。さらに、次の修飾子が新たに追加されました。

```
Additional ?, /, = modifiers:

g  (8) Display 8 bytes in unsigned octal
G  (8) Display 8 bytes in signed octal
e  (8) Display 8 bytes in signed decimal
E  (8) Display 8 bytes in unsigned decimal
J  (8) Display 8 bytes in hexadecimal
K  (n) Print pointer or long in hexadecimal
    Display 4 bytes for 32-bit programs
    and 8 bytes for 64-bit programs.
y  (8) Print 8 bytes in date format

Additional ? and / modifiers:
```

(続く)

```
M <value> <mask>  Apply <mask> and compare for 8-byte value;
    move '.' to matching location.
Z  (8) write 8 bytes
```

第 6 章

上級者向けトピック

この章では、64 ビット Solaris オペレーティング環境についてさらに詳しく知りたいシステムプログラマ向けに、プログラミングに関するさまざまな情報を提供します。

アプリケーションに関する新しい情報

64 ビット環境のほとんどの新機能は、一般の 32 ビットインタフェースを拡張したものですが、一部の新機能は 64 ビット環境に固有の機能です。

64 ビット： ABI の特徴

64 ビットアプリケーションは、ELF64 実行可能およびリンク形式 (Executable and Linking Format) によって作成されます。この形式によって、大規模なアプリケーションおよびアドレス空間を完全に記述することができます。

ABI の特徴： SPARC V9

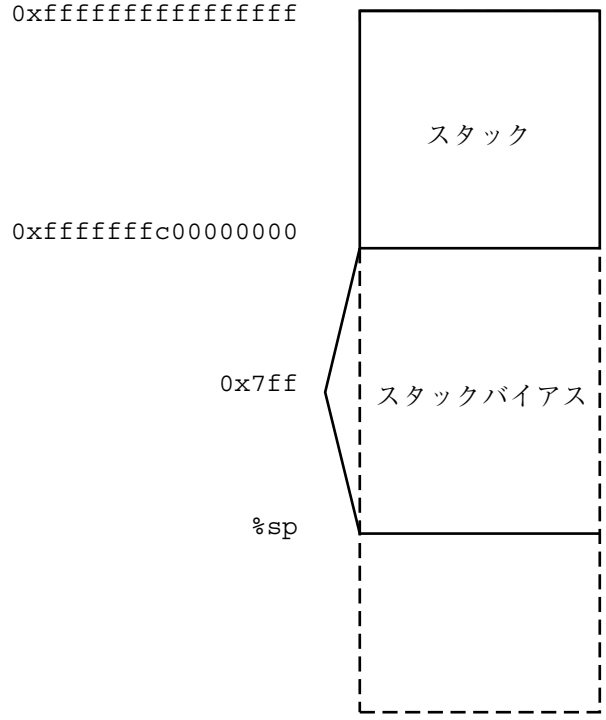
『*SPARC Compliance Definition, Version 2.4*』には、SPARC V9 ABI の詳細が含まれます。このマニュアルでは 32 ビットの SPARC V8 ABI と 64 ビット SPARC V9 ABI について説明しています。この文書は、SPARC International の `www.sparc.com` から入手できます。

次に SPARC V9 ABI の機能を示します。

- すべての 64 ビット SPARC 命令と 64 ビット幅のレジスタを最大限有効に活用できます。関連した新しい命令の多くは、既存の V8 命令セットの拡張版です。『*SPARC Architecture Manual, Version 9*』を参照してください。
- 基本的な呼び出し規約は同じです。呼び出し側の最初の 6 つの引数は、出力レジスタの `%o0-%o5` に格納されます。SPARC V9 ABI では、関数呼び出しの動作を「軽く」するために、従来より大きいレジスタファイル上で、従来どおりレジスタウィンドウを使用しています。結果は `%o0` に格納されます。すべてのレジスタは 64 ビット量として扱われるので、64 ビットの値は、一組のレジスタにではなく 1 つのレジスタに渡されます。
- スタックの配置が変わりました。基本セルサイズが 32 ビットから 64 ビットに拡大されました。さまざまな「隠れた」パラメータ語が削除されました。戻りアドレスは `%o7 + 8` のままです。
- `%o6` は従来どおりスタックポインタレジスタ `%sp` として参照され、`%i6` は フレームポインタレジスタ `%fp` として参照されます。ただし、`%sp` レジスタと `%fp` レジスタは、スタックバイアスと呼ばれる定数だけ、スタックの実際のメモリー位置からオフセットされます。スタックバイアスのサイズは 2047 ビットです。
- 命令長は従来どおり 32 ビットです。したがって、アドレス定数を生成するには通常以上の命令が必要となります。CALL 命令は、アドレス空間内への分岐には使用できなくなりました。CALL 命令は、`%pc` から + 2G バイトまたは - 2G バイト以内までしか到達できないからです。
- 整数乗算機能および除算機能は、現在完全にハードウェアで実装されています。
- データ構造体を渡す方法と戻す方法は異なります。小さいデータ構造体と浮動小数点引数のいくつかは、現在はレジスタに直接渡されます。
- ユーザートラップ機能により、ユーザートラップハンドラが (シグナルを発信する代わりに) 非特権コードからのトラップのいくつかを取り扱うことができるようになりました。
- すべてのデータ型はそれぞれのサイズに境界整列されるようになりました。
- 基本派生型の多くは、従来よりサイズが大きくなりました。したがって、多くのシステムコールインタフェースのデータ構造体のサイズも変わっています。
- 2 つの異なるライブラリセット (32 ビット SPARC アプリケーション用のライブラリと 64 ビット SPARC アプリケーション用のライブラリ) が、システムに存在します。

スタックバイアス

開発者にとって重要な SPARC V9 ABI の特徴の 1 つに、スタックバイアスがあります。64 ビットの SPARC プログラムでは、2047 バイトのスタックバイアスを、フレームポインタとスタックポインタの両方に追加して、スタックフレームの実際のデータを取得する必要があります。以下の図を参照してください。



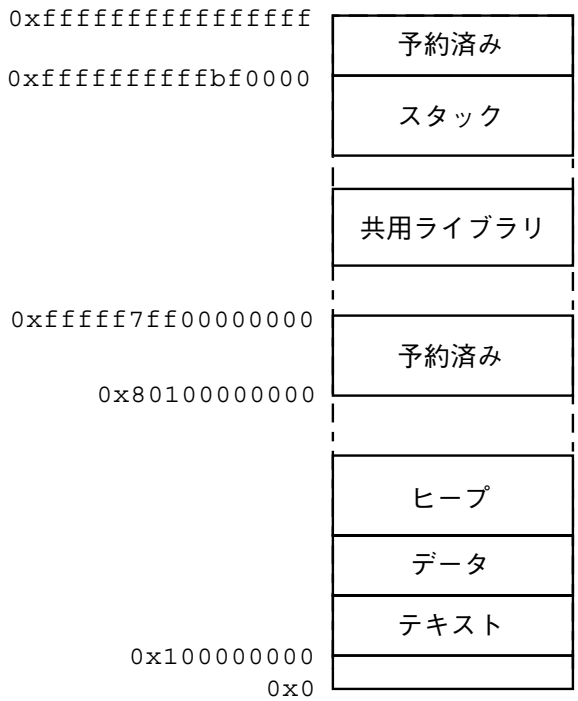
スタックバイアスについては、SPARC V9 ABI を参照してください。

アドレス空間の配置： SPARC V9

64 ビットアプリケーションのアドレス空間の配置は、32 ビットアプリケーションのアドレス空間の配置に密接に関係しています。ただし、開始アドレスとアドレス指定の制限値は大きく変更されています。SPARC V8 と同様に、SPARC V9 のスタックはアドレス空間の上端から下方に広がり、ヒープは下端から上方にデータセグメントを拡張します。

以下の図は、64 ビットアプリケーションに与えられたデフォルトのアドレス空間を示します。「予約済み」となっているアドレス空間の領域は、アプリケーションか

らマップすることはできません。これらの制約は、将来のシステムで緩和される可能性があります。



上図の実際のアドレスは、ある特定のマシンの特定の実装を示しており、説明のためにだけ掲載してあります。

テキストおよびデータの配置

デフォルトでは、64 ビットプログラムは開始アドレス 0x10000000 にリンクされます。プログラム全体は、テキスト、データ、ヒープ、スタック、および共用ライブラリを含めて、4G バイトを超えるアドレスに存在します。これは、64 ビットプログラムが正しいことを検証するのに役立ちます。たとえばプログラムが関連するポインタの上位 32 ビットを切り落としてしまうと、そのプログラムはアドレス空間の下方の 4G バイトの部分へアクセスしようとして失敗します。

64 ビットプログラムは 4G バイトを超える位置でリンクされますが、リンカーのマップファイルを使用し、コンパイラまたはリンカーに `-M` オプションを指定して、4G バイト未満の位置でリンクすることも可能です。4G バイト未満で 64 ビット SPARC プログラムをリンクするためのリンカーマップファイルは、`/usr/lib/ld/sparcv9/map.below4G` にあります。

詳細は、`ld(1)` のリンカーのマニュアルページを参照してください。

コードモデル

コンパイラには、性能の向上や、64 ビット SPARC プログラムでのコードサイズを小さくするなど、さまざまな目的に合わせた各種のコードモデルがあります。コードモデルは以下の要素で決定します。

- 位置決め方法 (絶対コード、あるいは位置に依存しないコード)
- コードサイズ (2G バイト未満)
- 位置 (下部、中央、アドレス空間内の任意位置)
- 外部オブジェクト参照モデル (スモールまたはラージ)

次の表は、64 ビット SPARC プログラムで使用できる各種コードモデルを示したものです。

表 6–1 コードモデルの説明

コードモデル	位置決め方法	コードサイズ	位置	外部オブジェクト参照モデル
`abs32`	絶対	2G バイト未満	下部 (アドレス空間の下位 32 ビット)	なし
`abs44`	絶対	2G バイト未満	中央 (アドレス空間の下位 44 ビット)	なし
`abs64`	絶対	2G バイト未満	任意	なし

表 6–1　コードモデルの説明　続く

コードモデル	位置決め方法	コードサイズ	位置	外部オブジェクト参照モデル
pic	位置に依存しないコード	2G バイト未満	任意	スモール (1024 以下の外部オブジェクト)
PIC	位置に依存しないコード	2G バイト未満	任意	ラージ (2**29 以下の外部オブジェクト)

スモールコードモデルを使用すると、命令シーケンスを短くできる場合があります。絶対コード内で静的データ参照を行うのに必要な命令の数は、abs32 コードモデルの場合が最も少なく、abs64 が最も多く、abs44 がその中間になります。同様に、pic コードモデルは、PIC コードモデルよりも少ない命令で静的データ参照を行います。その結果、コードモデルが小さいほどコードサイズも小さくなり、ラージコードモデルのような、より完全な機能性を必要としないプログラムの性能が向上します。

使用するコードモデルを指定するには、–xcode=<model> コンパイラオプションを使用する必要があります。現在、コンパイラは 64 ビットオブジェクトに対し、デフォルトで abs64 モデルを使用します。コードは、abs44 コードモデルの使用により最適化できます。より少ない命令を使用して、現在の UltraSPARC プラットフォームがサポートする 44 ビットのアドレス空間を利用できます。

コードモデルについては、SPARC V9 ABI およびコンパイラのマニュアルを参照してください。

注 - abs32 コードモデルでコンパイルしたプログラムは、-M /usr/lib/ld/sparcv9/map.below4G オプションを使用して、4G バイトよりも下方にリンクする必要があります。

プロセス間通信

次に示すプロセス間通信 (IPC) プリミティブは、従来どおり 64 ビットプロセスと 32 ビットプロセスとの間で動作します。

- システム V IPC プリミティブ、たとえば shmop(2)、semop(2)、msgsnd(2)
- 共用ファイル上の mmap(2)
- プロセス間の pipe(2)
- プロセス間の door_call(3X)
- xdr(3N) に説明されている外部データ表現を使用した、同じあるいは異なるマシン上のプロセス間の rpc(3N)

これらのすべてのプリミティブは、32 ビットプロセスと 64 ビットプロセスとの間の通信を可能にしますが、プロセス間で交換されているデータがそれらすべてのプロセスで正しく解釈されることを、明確な手順によって確認する必要がある場合があります。たとえば、long 型の変数を含む C データ構造体で記述されるデータを 2 つのプロセスが実際に共有するには、32 ビットプロセスがこの変数を 4 バイト量とみなし、64 ビットプロセスはこの変数を 8 バイト量とみなすということを認識する必要があります。

この相違を取り扱う 1 つの方法は、両プロセス間で意味をなすようにデータが完全に同じサイズであることを保障することです。int32_t や int64_t のような固定幅型を使ってデータ構造を構成してください。

システムで提供される派生型に対応する派生型の一群が <sys/types32.h> にあります。これらの派生型は、32 ビットシステムの基本型と同じ符号、同じサイズですが、ILP32 および LP64 のコンパイル環境でサイズが変わらないように定義されています。

32 ビットプロセスと 64 ビットプロセスとの間でポインタを共有するのは、さらに困難です。まずポインタのサイズが異なるということがあります。またそれ以上に重要なことは、既存の C の使用法に 64 ビット整数 (long long) はありますが、64 ビットポインタには 32 ビット環境に相当するものはない、ということです。64 ビットプロセスが 32 ビットプロセスとデータを共有できるようにするため、32 ビットプロセスは共有データのうち、4G バイトまでしか一度に「見る」ことはできません。

XDR ルーチンの xdr_long(3N) は問題と思われるかもしれません。しかし、これは既存のプロトコルとの互換性を持たせるために従来どおり 32 ビットとして取り扱われます。64 ビットバージョンのルーチンが 32 ビットに格納できない long 値をコード化するように要求された場合、そのコード化処理は失敗します。

ELF とシステム生成ツール

64 ビットバイナリは、ELF64 形式でファイルに格納されます。この ELF64 形式は、ほとんどのフィールドが完全 64 ビットアプリケーションを格納するために拡張されていることを除いて、ELF32 形式に類似しています。ELF64 ファイルは `elf(3E)` API、たとえば `elf64_getehdr(3E)` を使って読むことができます。

ELF ライブラリ `libelf(4)` の 32 ビットおよび 64 ビットのバージョンは、それぞれ ELF32 および ELF64 形式と、対応する API をサポートします。これによりアプリケーションは、32 ビットシステムまたは 64 ビットシステム (64 ビットプログラムを実行するには 64 ビットシステムが必要) から、両ファイル形式を構築、読み込み、あるいは修正ができるようになります。

さらに、Solaris では GELF (Generic ELF) インタフェースを提供し、プログラマが 1 つの共通 API を使用して両方の ELF 形式を操作できるようにしています。詳細は、`elf(3E)` のマニュアルページを参照してください。

`ar(1)`、`nm(1)`、`ld(1)`、および `dump(1)` を含む、すべてのシステム ELF ユーティリティが両方の ELF 形式を使用できるように変更されています。

/proc

`/proc` インタフェースは、32 ビットアプリケーションおよび 64 ビットアプリケーションの両方で利用できます。32 ビットアプリケーションは、他の 32 ビットアプリケーションの状態を調べたり制御したりできます。したがって、既存の 32 ビットデバッガを 32 ビットアプリケーションのデバッグに使用できます。

64 ビットアプリケーションは、他の 32 ビットまたは 64 ビットアプリケーションの状態を調べたり制御したりできます。ただし 32 ビットアプリケーションでは、64 ビットアプリケーションを制御できません。これは、32 ビット API では 64 ビットプロセスの完全な状態を記述することができないからです。このため、64 ビットアプリケーションをデバッグするには、64 ビットのデバッガが必要となります。

libkvm と /dev/ksyms

64 ビットの Solaris システムは、64 ビットカーネルを使って実装されています。カーネルの内容を直接調べたり変更するアプリケーションは、64 ビットアプリケーションに変換し、64 ビットバージョンの libkvm(4) とリンクしなければなりません。

このような変換と修正を行う前に、まずアプリケーションがカーネルのデータ構造を直接知る必要があるかどうかを検討した方がよいでしょう。プログラムが最初に移植されるかあるいは新規に作成された後に、システムコールを使って必要なデータを抽出するインタフェースが Solaris プラットフォームで利用可能になって追加された、という可能性があります。この場合は、最も一般的な代替 API として sysinfo(2)、kstat(3K)、sysconf(3c)、proc(4) を参照してください。これらのインタフェースが libkvm(4) の代わりに使用できるのなら、移植性を最大限維持するために、それらを使用してアプリケーションを 32 ビットのままにしてください。さらに利点として、これらの API のほとんどは処理が速く、カーネルメモリーにアクセスするときと同じセキュリティ特権を必要としないことがあります。

32 ビットバージョンの libkvm は、64 ビットのカーネルクラッシュダンプに対して kvm_open(3K) を使用しようとしたときに異常終了します。同様に、64 ビットバージョンの libkvm は、32 ビットカーネルクラッシュダンプに対して kvm_open(3K) を使用しようとしたときに異常終了します。

カーネルは 64 ビットプログラムなので、カーネルのシンボルテーブルを直接調べるために /dev/ksyms を開くアプリケーションは、ELF64 形式を理解するように機能を拡張する必要があります。

kvm_read(3K) または kvm_write(3K) へのアドレス引数がカーネルアドレスであるかユーザーアドレスであるかが曖昧であることは、64 ビットアプリケーションおよびカーネルではさらに問題となります。現在でもまだ kvm_read() と kvm_write() を使用している libkvm を利用するアプリケーションはすべて、kvm_kread(3K)、kvm_kwrite(3K)、kvm_uread(3K)、kvm_uwrite(3K) のルーチンを使用するようにする必要があります。これらのルーチンは、Solaris 2.5 から利用できるようになっています。

/dev/kmem または /dev/mem を直接読むアプリケーションは、従来どおり実行できます。ただし、これらのデバイスから読み込んだデータを解釈しようとすると、問題が発生します。これはデータ構造のオフセットおよびサイズは、確実に 32 ビットおよび 64 ビットカーネル間で異なるためです。

libkstat

多くのカーネル統計情報のサイズは、カーネルが 64 ビットあるいは 32 ビットプログラムのどちらであるかということとは関係ありません。名前付き kstat (kstat(3K) のマニュアルページを参照) がエクスポートするデータ型は自明で、符号付きまたは符号なしの 32 ビットまたは 64 ビットカウンタデータを、適切なタグを付けてエクスポートします。したがって、libkstat を使用するアプリケーションは、64 ビットカーネル上で正常に動作させるために 64 ビットアプリケーションに変換する必要はありません。

注 - 名前付き kstats を作成および管理するデバイスドライバを修正するときは、エクスポートしようとする統計情報のサイズを、固定幅の統計データ型を使って 32 ビットおよび 64 ビットカーネル間で不変にすることをお薦めします。

---

stdio への変更

64 ビット環境では stdio 機能が拡張されて、256 を超える数のストリームを同時に開くことができるようになりました。32 ビットの stdio 機能では、従来どおり 256 を超える数のストリームを同時に開くことはできないという制限があります。

64 ビットアプリケーションが、FILE データ構造体のメンバーにアクセスできることに依存しないようにしてください。実装に固有な構造体メンバーに直接アクセスしようとすると、コンパイルエラーとなります。この変更で既存の 32 ビットアプリケーションが影響を受けることはありませんが、このように構造体のメンバーを直接使用する方法は、すべてのコードから取り除く必要があります。

FILE 構造体には長い歴史があり、この構造体の中身を参照してストリームの状態に関する付加的な情報を収集するアプリケーションもあります。64 ビットのこの構造体は参照できないようになっているため、新しいルーチン群が 32 ビットの libc と 64 ビットの libc に加えられ、その結果、実装の内部に依存することなく同じ状態を調べることができるようになりました。たとえば __fbufsize(3S) のマニュアルページを参照してください。

パフォーマンスの問題

64 ビットのパフォーマンスの長所および短所について説明します。

64 ビットアプリケーションの長所

- 64 ビット量に対する算術演算および論理演算がより効率的である
- 演算に、全レジスタ幅、全レジスタセット、および新しい命令が使用される
- 64 ビット量のパラメータ渡しがより効率的である
- 小さなデータ構造体および浮動小数点のパラメータ渡しがより効率的である

64 ビットアプリケーションの短所

- より大きいレジスタを格納するためにより大きなスタック空間を必要とする
- より大きなポインタによってより大きなキャッシュサイズを使用する
- 32 ビットのプラットフォームでは実行できない

システムコールの問題

システムコールの問題について説明します。

EOVERFLOW の意味

戻り値の EOVERFLOW は、カーネルからの情報を渡すために使うデータ構造体の 1 つまたは複数のフィールドが小さすぎて値を格納できない場合に、常にシステムコールから返されます。

現在、64 ビットカーネル上の大きなオブジェクトに遭遇したとき、多くの 32 ビットシステムコールは EOVERFLOW を返します。これまでも、大規模ファイルを扱う場合には同様でしたが、daddr_t、dev_t、time_t、およびその派生型の struct timeval と timespec_t が現在では 64 ビットを格納するため、32 ビッ

トアプリケーションにおいては、従来よりも EOVERFLOW が返される場合が増えます。

ioctl() に関する注意

一部の ioctl(2) 呼び出しは、これまでうまく指定されていませんでした。ioctl() はコンパイル時の型検査では検出されません。そのため、ioctl() は追跡が困難なバグの原因になる可能性があります。

2 つの ioctl() 呼び出しを考えてみてください。一方は 32 ビット量 (IOP32) へのポインタを操作し、もう一方は long (IOPLONG) へのポインタを操作します。

次のコード例は、32 ビットアプリケーションの一部として動作します。

```
int a, d;
long b;
...
if (ioctl(d, IOP32, &b) == -1)
  return (errno);
if (ioctl(d, IOPLONG, &a) == -1)
  return (errno);
```

このコードが 32 ビットアプリケーションの一部としてコンパイルされ、実行されるとき、どちらの ioctl(2) 呼び出しも正しく動作します。

このコードが 64 ビットアプリケーションとしてコンパイルされ、実行されるとき、どちらの ioctl() 呼び出しも正常終了しますが、正しく動作しません。最初の ioctl() は、大きすぎるコンテナ (データを格納するメモリー領域) を渡します。その結果、ビッグエンディアン実装の場合は、カーネルは 64 ビットワードの誤った部分へ、あるいは誤った部分からコピーしようとします。リトルエンディアン実装の場合でも、コンテナには上位の 32 ビットに意味のない値が含まれます。2 番目の ioctl() は、コピー量が多すぎるため、正しくない値を読み込むか、あるいはユーザースタック内の隣接する変数を破壊してしまいます。

付録 **A**

派生型の変更

デフォルトの 32 ビットコンパイル環境は、派生型およびサイズに関して従来の Solaris オペレーティング環境リリースと同じです。64 ビットコンパイル環境では、派生型をいくつか変更する必要があります。これらの派生型について、次に示す表で説明します。

コンパイル環境は 32 ビットと 64 ビットとで相違がありますが、両方の環境で同じヘッダー群が使用され、それぞれをコンパイルオプションで適切に定義することができます。アプリケーション開発者がどの選択肢を利用できるかをよりよく理解するには、`_ILP32` および `_LP64` という機能テストマクロを理解することが役に立ちます。

表 **A–1** 機能テストマクロ

機能テストマクロ	説明
_ILP32	_ILP32 機能テストマクロは、int、long、およびポインタが 32 ビット量である ILP32 データ型モデルを指定するのに使用します。このマクロを使用すれば、自動的に従来の Solaris の実装と同じ派生型およびサイズが見えるようになります。これは、32 ビットアプリケーションを構築するときのデフォルトのコンパイル環境です。これによって C および C++ アプリケーションに対するバイナリおよびソースの互換性が保証されます。
_LP64	_LP64 機能テストマクロは、int は 32 ビット量で long とポインタは 64 ビット量である LP64 データ型モデルを指定するのに使用します。_LP64 は、64 ビットモード (-xarch=v9) でコンパイルするときにデフォルトで定義されます。<sys/types.h> または <sys/isa_defs.h> がソースにインクルードされて _LP64 定義が見えるようなっていることを確認する以外、開発者は何もする必要がありません。

次のコード例で、コンパイル環境に応じた正しい定義が見えるようになる機能テストマクロを使用する例を示します。

例 **A–1**

```
#if defined(_LP64)
typedef ulong_t size_t;    /* size of something in bytes */
#else
typedef uint_t size_t;     /* (historical version) */
#endif
```

この例にある定義で 64 ビットアプリケーションを構築する場合、size_t は ulong_t または unsigned long となり、これは LP64 データ型モデルでは 64 ビットです。32 ビットアプリケーションを構築する場合、size_t は uint_t または unsigned int として定義されます。これは、ILP32 および LP64 のどちらのデータ型モデルでも 32 ビットです。

例 **A–2**

```
#if defined(_LP64)
typedef int     uid_t;          /* UID type             */
#else
typedef long    uid_t;          /* (historical version) */
#endif
```

ILP32 データ型モデルの表現が LP64 データ型モデルの表現と同じであれば、これらの例のどちらの場合でも同じ最終結果が得られたはずです。たとえば、`size_t` を `ulong_t` に、`uid_t` を `int` に変換したとしても、32 ビットアプリケーション環境ではどちらも 32 ビット量であったはずです。しかし、従来の型表現を維持することによって、32 ビットの C および C++ アプリケーション同士の整合性と、Solaris の以前のバージョンとのバイナリおよびソースの互換性が保証されています。

表 A–2 に、変更された派生型を示します。`_ILP32` 機能テストマクロの欄の型は、Solaris ソフトウェアに 64 ビットサポートが追加される前の Solaris 2.6 の型と同じであることに注意してください。32 ビットアプリケーションを作成する場合に利用できる派生型は `_ILP32` 欄の型です。64 ビットアプリケーションを作成する場合に利用できる派生型は `_LP64` 欄の型です。これらの型はすべて `<sys/types.h>` に定義されています。例外は `wchar_t` と `wint_t` 型で、これらは `<wchar.h>` に定義されています。

これらの表を再確認するときには、32 ビット環境では `int`、`long`、およびポインタは 32 ビット量である、ということを憶えておいてください。64 ビット環境では、`int` は 32 ビット量ですが、`long` およびポインタは 64 ビット量です。

表 A–2 変更された派生型 — 一般

派生型	**Solaris 2.6**	`_ILP32`	`_LP64`
`blkcnt_t`	`longlong_t`	`longlong_t`	`long`
`id_t`	`long`	`long`	`int`
`major_t`	`ulong_t`	`ulong_t`	`uint_t`
`minor_t`	`ulong_t`	`ulong_t`	`uint_t`
`mode_t`	`ulong_t`	`ulong_t`	`uint_t`

表 **A–2** 変更された派生型 — 一般 続く

派生型	**Solaris 2.6**	_ILP32	_LP64
nlink_t	ulong_t	ulong_t	uint_t
paddr_t	ulong_t	ulong_t	未定義
pid_t	long	long	int
ptrdiff_t	int	int	long
size_t	uint_t	uint_t	ulong_t
ssize_t	int	int	long
uid_t	long	long	int
wchar_t	long	long	int
wint_t	long	long	int

表 A–3 に、大規模ファイルのコンパイル環境に固有の派生型を示します。これらの型は、機能テストマクロの _LARGEFILE64_SOURCE が定義されている場合にのみ定義されます。ILP32 コンパイル環境が Solaris 2.6 と同じであることに注意してください。

表 **A–3** 変更された派生型 — 大規模ファイルの場合のみ

派生型	**Solaris 2.6**	_ILP32	_LP64
blkcnt64_t	longlong_t	longlong_t	blkcnt_t
fsblkcnt64_t	u_longlong_t	u_longlong_t	blkcnt_t
fsfilcnt64_t	u_longlong_t	u_longlong_t	fsfilcnt_t

表 A–3 変更された派生型 — 大規模ファイルの場合のみ 続く

派生型	**Solaris 2.6**	_ILP32	_LP64
ino64_t	u_longlong_t	u_longlong_t	ino_t
off64_t	longlong_t	longlong_t	off_t

表 A–4 に、_FILE_OFFSET_BITS の値に関する派生型を示します。_LP64 を定義し _FILE_OFFSET_BITS==32 に設定して、アプリケーションをコンパイルすることはできません。_LP64 が定義された場合、デフォルトでは _FILE_OFFSET_BITS==64 です。_ILP32 が定義されて _FILE_OFFSET_BITS が定義されない場合、デフォルトで _FILE_OFFSET_BITS==32 となります。これらの規則は feature_tests.h ヘッダーファイルに定義されています。

表 A–4 変更された派生型 — FILE_OFFSET_BITS 値

派生型	_ILP32 _FILE_ OFFSET_BITS ==32	_ILP32 _FILE_ OFFSET_BITS ==64	_LP64 _FILE_ OFFSET_BITS==64
ino_t	ulong_t	u_longlong_t	ulong_t
blkcnt_t	long	longlong_t	long
fsblkcnt_t	ulong_t	u_longlong_t	ulong_t
fsfilcnt_t	ulong_t	u_longlong_t	ulong_t
off_t	long	longlong_t	long

付録 **B**

よく尋ねられる質問 (FAQ)

32 ビットバージョンと **64** ビットバージョンのどちらのオペレーティングシステムが動作しているかは、どのようにしたらわかりますか？

`isainfo -v` コマンドを使用すると、オペレーティングシステムが実行できるアプリケーションを調べることができます。詳細は、`isainfo(1)` のマニュアルページを参照してください。

32 ビットのハードウェア上で **64** ビットのオペレーティングシステムを実行できますか？

できません。64 ビットオペレーティングシステムを 32 ビットハードウェア上で実行することはできません。64 ビットオペレーティングシステムには、64 ビットの MMU と CPU ハードウェアが必要です。

32 ビットアプリケーションを **32** ビットオペレーティング環境のシステム上で実行する場合、アプリケーションを変更する必要がありますか？

いいえ。32 ビットオペレーティング環境のシステム上でのみアプリケーションを実行する予定ならば、変更も再コンパイルも不要です。

32 ビットアプリケーションを **64** ビットオペレーティング環境のシステム上で実行する場合、アプリケーションを変更する必要がありますか？

ほとんどのアプリケーションは、コード変更も再コンパイルもせずに 32 ビットのまま、64 ビットオペレーティング環境のシステム上で従来どおり実行することができます。64 ビット機能を必要としない 32 ビットアプリケーションは 32 ビットのままにしておくと、移植性を保つことができます。

`libkvm()` を使用しているアプリケーションを 64 ビットオペレーティング環境のシステムで実行するには、アプリケーションを 64 ビットとして再コンパイルする必要

があります。また、アプリケーションが /proc を使用している場合も、64 ビットとして再コンパイルする必要があります。これは、プロセスを記述している既存のインタフェースとデータ構造体が 64 ビット量を格納できる程大きくないので、64 ビットプロセスを認識できないからです。

64 ビット機能を利用するにはどんなプログラムを起動する必要がありますか？

特に 64 ビット機能を起動するためのプログラムはありません。64 ビットオペレーティング環境上のシステムの 64 ビット機能を利用するためには、C コンパイラまたはアセンブラの `-xarch=v9` オプションを使用してアプリケーションを再構築する必要があります。

64 ビットオペレーティング環境のシステム上で **32** ビットアプリケーションを構築できますか？

できます。ネイティブコンパイルモードおよびクロスコンパイルモードがサポートされています。実行しているオペレーティングシステムが 32 ビットと 64 ビットのどちらであるかとは無関係に、デフォルトのコンパイルモードは 32 ビットです。

32 ビットオペレーティング環境のシステム上で **64** ビットアプリケーションを構築できますか？

できます。ただし 64 ビットライブラリパッケージがインストールされている必要があります。また、32 ビットオペレーティン環境のシステム上では、64 ビットアプリケーションを実行することはできません。

アプリケーションを構築しリンクするときに **32** ビットライブラリと **64** ビットライブラリを組み合わせて使うことはできますか？

できません。32 ビットアプリケーションは 32 ビットライブラリとリンクし、64 ビットアプリケーションは 64 ビットライブラリとリンクしなければなりません。異なるバージョンのライブラリと一緒に構築あるいはリンクしようとすると、エラーになります。

64 ビット実装上の浮動小数点データ型のサイズは？

32 ビットと 64 ビットとでサイズが変更されたデータ型は `long` と ポインタのみです。表 4–1 を参照してください。

`time_t` のサイズはどうですか **?**

`time_t` 型は `long` のままです。64 ビット環境では、これは 64 ビット量に拡張されます。したがって、64 ビットアプリケーションは、2000 年および 2038 年問題に関して安全です。

64 ビット `libc()` では `sys_errlist[]` と `sys_nerr` はどうなりましたか？

これらのシンボルは 64 ビットアプリケーションには見えません。ただし、32 ビットバイナリとの互換性を保つために、これらのシンボルは 32 ビットの libc() に残されています。

過去においては、公式に文書に記載されていない sys_errlist[] を使用して、アプリケーションはシステムが返した errno 値を印字可能な文字列に変換してきました。公式文書に記載されていないこのインタフェースを使用すると、互換性の問題が発生し、将来拡張された Solaris オペレーティングシステムを使用する際に制約が発生してしまいます。

このような問題を回避するには、32 ビットおよび 64 ビットアプリケーションの両方について、文書化されている標準 API の strerror(3C) を使用してください。また strerror() には、自動的に現在のロケールの文字列を返すという利点もあります。

malloc(3C) はなぜ **2G** バイトを超える値を返さないのですか？

アプリケーションのデータセグメントのサイズを制御する資源のデフォルトのソフト制限値は、2G バイトです。アプリケーションがこれ以上の空間を割り当てる必要がある場合は、シェルを使ってこの制限値を大きくするか、あるいは制限値をなくすことができます。csh の場合は、次のコマンドを使用します。

```
% limit datasize unlimited
```

sh または ksh の場合は、次のコマンドを使用します。

```
$ ulimit -d unlimited
```

64 ビットの libc.a はどこにありますか？

64 ビットのアーカイブライブラリは提供されていません。

64 ビット **Solaris** オペレーティング環境を実行中のマシンでは uname(1) の出力値はどのようになりますか？

UltraSPARC での uname –p コマンドの出力は変更されていません。つまり、sparc と出力されます。

64 ビットの **XView**™ アプリケーションまたは **OLIT** アプリケーションを作成することはできますか？

できません。32 ビット環境において古いライブラリである XView または OLIT のライブラリは 64 ビット環境に対応していません。

/usr/bin/sparcv9/ls に ls の **64** ビット版があるのはなぜですか？

通常の処理では 64 ビット版の `ls` は必要ありません。ただし、32 ビット版の `ls` が認識するには大きすぎるファイルシステムオブジェクトを `/tmp` と `/proc` に作成できるため、64 ビット版の `ls` はユーザーに役立つ情報を追加します。

索引