PGI (Accelerator) Visual Fortran® 2016

For Microsoft® Visual Studio

Windows®版 (Release 2016)

- 入門ガイド -

2016 年 3 月版 (Rev. 16.3-A)

株式会社 ソフテック HPC ソリューション部

(http://www.softek.co.jp/SPG/)

SofTek

目　次

株式会社ソフテック
〒 154-0004 東京都世田谷区太子堂 1-12-39
http://www.softek.co.jp

1 はじめに

1.1 本文書の概要

本文書は、Microsoft® Visual Studio 2013/2015 による統合開発環境(IDE)上で使用する PGI® Visual Fortran コンパイラ（以下、「PVF」と言う。）の一般的な使用方法を簡単に纏めた入門ガイドです。Visual Studio の細かな操作方法に関しては、Microsoft®社のドキュメント等を参考にしてください。

【ご注意】
Microsoft® Visual Studio 2008～2012 にプラグイン可能な PGI Visual Fortran は、PVF 15.10(2015 年)以前のバージョンのソフトウェアとなります。PVF 2016（2016 年 3 月リリース）以降は、Visual Studio 2008～2012 上で使用できませんのでご了承下さい。

1.2 Windows 上での PVF ソフトウェアの実装

Microsoft® Visual Studio 2013/2015 が実装されているシステム上で PVF ソフトウェアのインストールを行うと、以下のディレクトリ・パス上にソフトウェアが実装されます。PVF のコンポーネントのデフォルトのインストール・パスは、以下の形態となります。PVF ソフトウェアを構成するコンポーネントは以下の二つに大別されます。

- Visual Studio に統合するための PVF モジュール（PVF IDE 部と言う）
- PGI コンパイラ本体のコンポーネント

【Win32 システム上】
C:¥Program Files¥Microsoft Visual Studio 12¥PGI Visual Fortran (VS2013 用)
C:¥Program Files¥Microsoft Visual Studio 14¥PGI Visual Fortran (VS2015 用)
C:¥Program Files¥PGI （32 ビット PGI コンパイラ本体）

【Win64 システム上】
C:¥Program Files (x86)¥Microsoft Visual Studio 12¥PGI Visual Fortran
C:¥Program Files (x86)¥Microsoft Visual Studio 14¥PGI Visual Fortran
C:¥Program Files¥PGI （64 ビット PGI コンパイラ本体）
C:¥Program Files (x86)¥PGI （32 ビット PGI コンパイラ本体）

1.3 PVF コンパイラの利用方法

PVF コンパイラを使用する形態は、以下の二つの方法があります。PVF は、統合開発環境(IDE)上でコンパイラの利用できるだけではなく、コマンド・ライン上でも利用可能です。

PVF コンパイラの利用形態

利用方法	内容
Visual Studio の統合開発環境(IDE)上での使用	Visual Studio を起動して、IDE 上の GUI ベースで操作する。
コマンド・ライン上での使用	PVF Command Prompt(32bit) あるいは、PVF Command Prompt(64bit)のウィンドウを開き、コマンドベースでコンパイラを操作する。

1.4 PVF コンパイラのコマンド・オプションについて

PGI コンパイラには、本 PVF コンパイラ製品だけではなく、Linux/Windows/Apple Mac OS X 等の OS 下においてコマンド・ライン上で操作する「PGI Workstation & Server 製品」があります。これらの製品の種別を問わず、PGI コンパイラで使用するコンパイラ・オプション（スイッチ）名とその使用方法は、一部、OS に依存したものを除き、同じものとお考えください。PGI コンパイラのオプションの説明に関しては、弊社ホームページ上の以下のページをご参照ください。

http://www.softek.co.jp/SPG/Pgi/comp-tips.html

例えば、以下の pgfortran コマンドの例は、全ての PGI 製品のコマンド・ライン上で、全く同じ形で使用できます。PGI コマンド列は、Linux 流のコマンド列コンベンション（慣用的な使用法）を踏襲しているため、Windows 上においても、コマンド・オプションは、「-」で始まる形態となります。（一般的な Microsoft Windows 上でのコマンド・オプションは、その始めに「¥」（バックスラッシュ）を付けて記述するのが一般的ですが、PVF では、「-」を前に付けて指定します）

```
$ pgfortran -fastsse -Minfo test.f90
```

（「-」で始まるものは、コンパイラ・オプションを意味します ）

PGI コンパイラのコンパイルオプションの詳細に関しては、以下の URL をご覧ください。

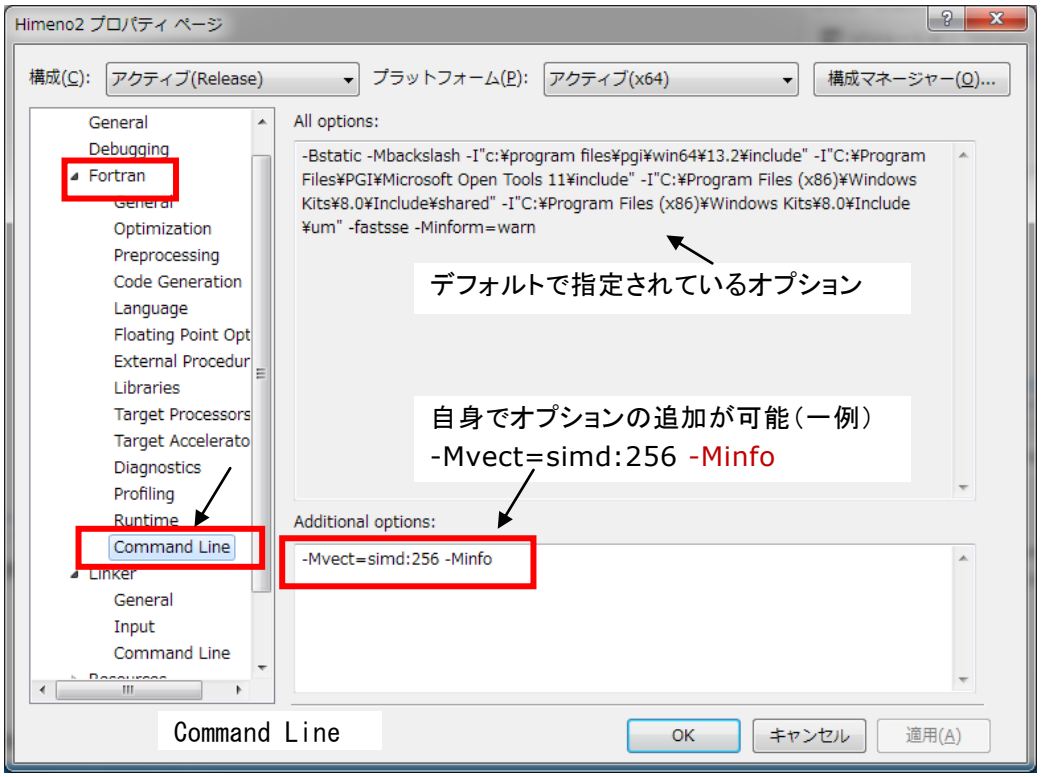
http://www.softek.co.jp/SPG/Pgi/comp-tips.html

PVF の Visual Studio (IDE)上での使用においても、同じ形態でコンパイラ・オプションがセットされております。また、以下の図のように任意のコンパイラ・オプションを IDE 上の「プロジェクトのプロパティ」でセットすることが可能です。

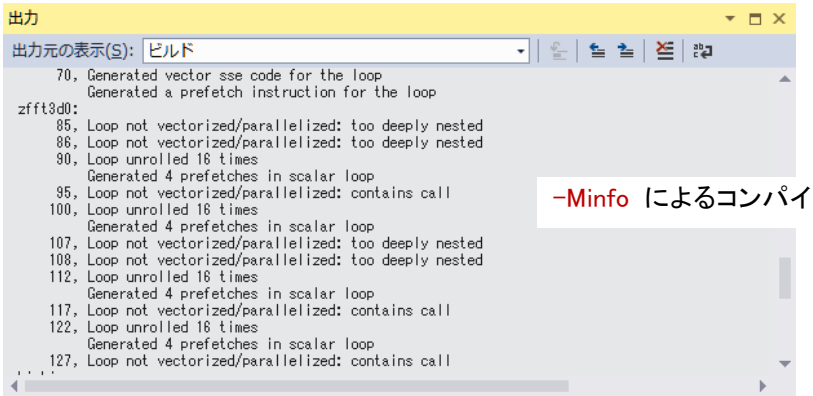
【テクニック】

以下の画面は、コンパイラのオプション等を設定するプロパティの画面です。Fortran あるいは Linker の中の個々の**プロパティ・ウイザード**でオプションを設定するのが一般的ですが、これが煩わしい場合は、以下のように、「Command Line」で、必要とする PGI のコマンド･オプションを**直に指定**することでも代替できます。この場合は、その内容をプロパティ・ウイザードで設定する必要はありません。なお、Linker の「Command Line」にも同じオプションの指定が必要な場合もあります。指定するコマンド・オプションは、PGI コンパイラの一般的なオプションの全てが指定することが出来ます。もちろん、ウイザードで指定したオプションが重複して指定したとしても問題はありません。

特に、**-Minfo** オプションは、コンパイル時の最適化メッセージ、並列化メッセージ、OpenACC メッセージ等を「出力ダイアログ」に表示するためのものです。このメッセージによって、最適化されたソース行が理解できるため、常にコマンドラインオプションとして指定しておくことをお勧めします。



Visual Studio 上での PVF コンパイルオプションの任意設定



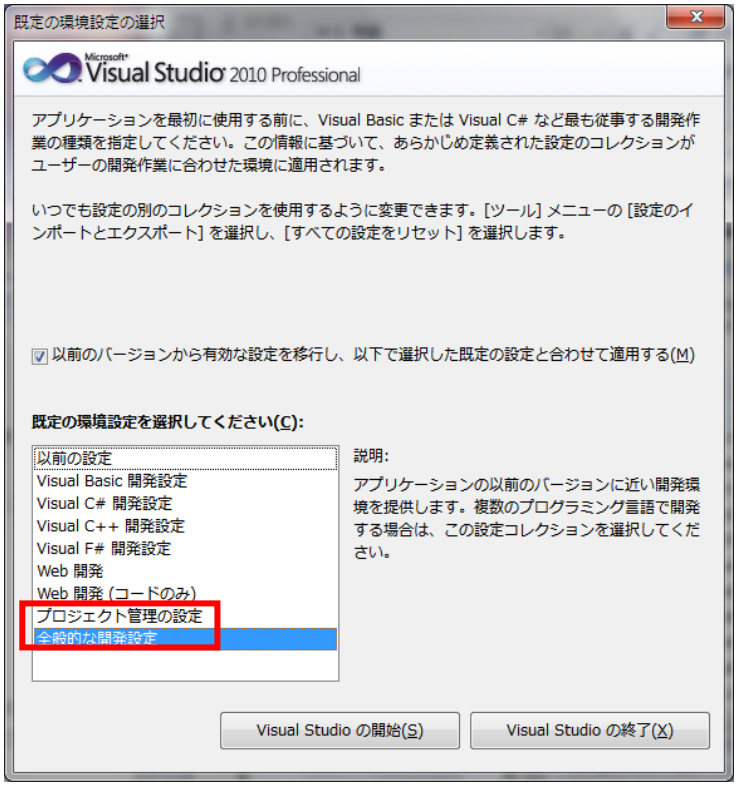
-Minfo によるコンパイルメッセージ

2 PVF コンパイラの起動（Microsoft® Visual Studio 統合）

2.1 Visual Studio 2013/2015 の初回起動

PVF コンパイラを Visual Studio Professional Edition 統合環境上で使用する際には、「Visual Studio」を起動する必要があります。あるいは、Windows の「スタート」->「すべてのプログラム(P)」->「PGI Visual Fortran」->「PGI Visual Fortran 20xx」を選択して起動しても、同様な Visual Studio の画面が現れます。(Visual Studio の Shell integrated mode を使用する際は、以下の画面は現れません)

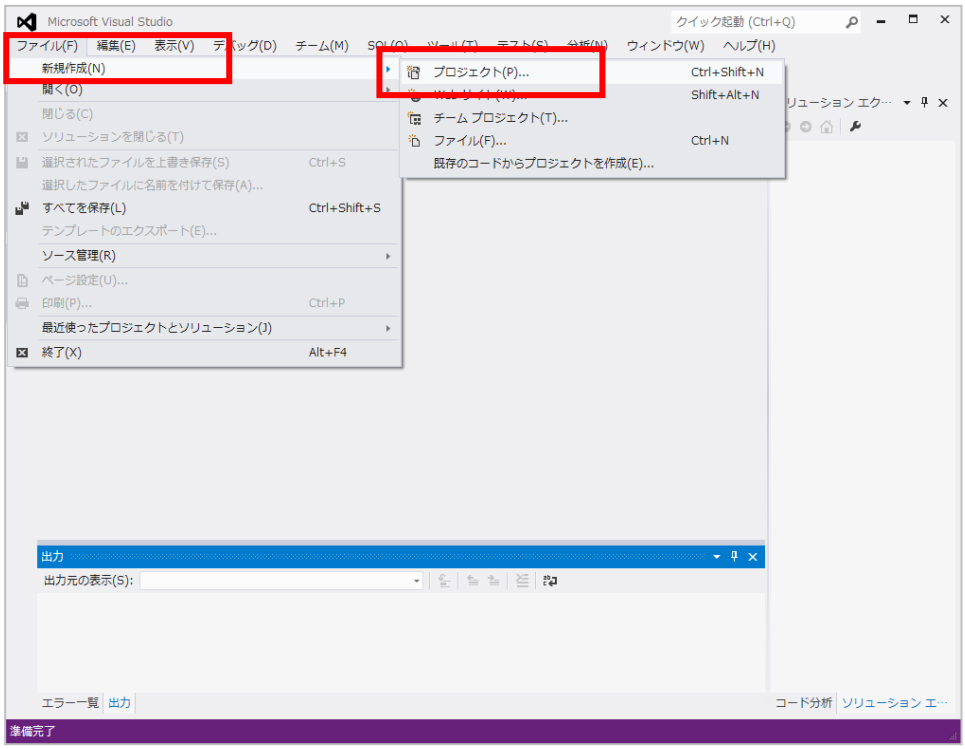
Visual Studio Professional Edition を初めて起動した際、以下のような画面が表示されます。Visual Studio の開発作業環境のデフォルトを指定するものですが、これは、「全般的な開発設定」を選んで Visual Studio の開始を行ってください。



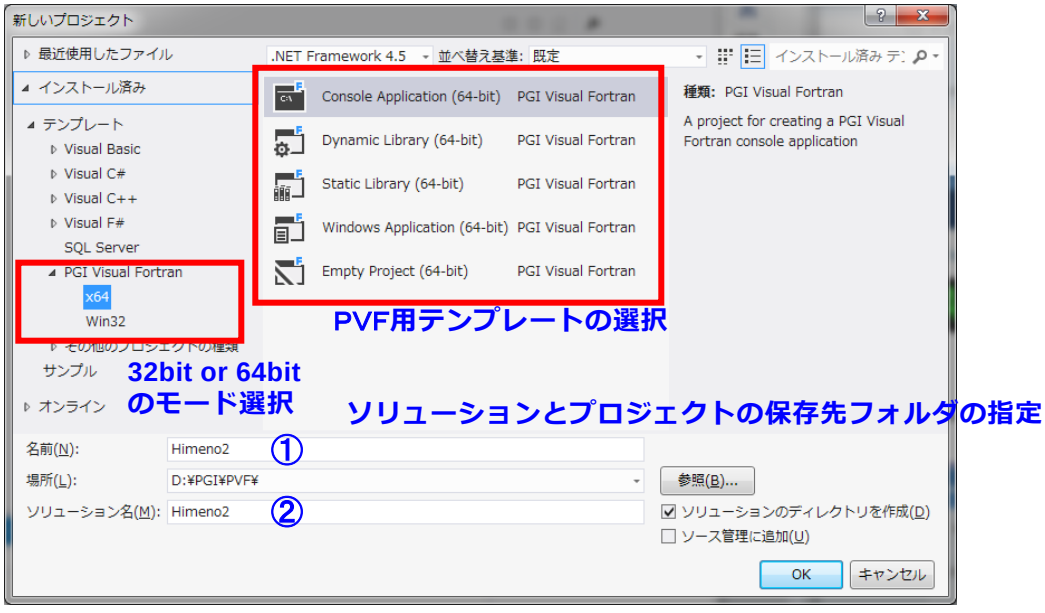
2.2 プロジェクトの作成方法

Windows のアプリケーション・メニューから PGI Visual Fortran 、あるいは Visual Studio を開始して、新しい「プロジェクト」を作成します。Visual Studio を起動後、「ファイル」->「プロジェクト」を選択します。

Visual Studio 上で新規にプログラムを開発・作成する場合も、既存のプログラムを Visual Studio のプロジェクトの中に移行する場合も、この「プロジェクト」作成メニューを使用します。



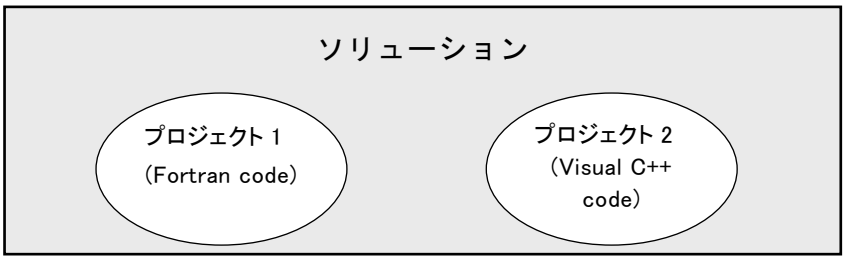
プロジェクトの新規作成を選択しますと、以下の画面が現れます。画面左側に示される「PGI Visual Fortran」プロジェクトをクリック選択しますと、右側に PVF 関連の新規「テンプレート」が表示されます。なお、64 ビット Windows の場合は、「PGI Visual Fortran」プロジェクトは、32 ビットモード（Win32）と 64 ビットモード(x64)の二種類が表示されます。32 ビットアプリケーションの作成を行う際は、Win32 のテンプレートを使用し、64 ビットアプリケーション作成の場合は、x64 テンプレートを使用します。以下の画面は、64 ビット Windows x64 上での表示例を示したものです。（32 ビット Windows の場合は、32 ビットモード（Win32）モードのみ表示されます）



上図で①の部分は、Visual Studio 上の「プロジェクト名」を指定するものです。②は、ソリューション名を指定します。初めてソリューションを作成する時は、「ソリューションのディレクトリを作成」にチェックを入れます。「場所」で示される部分は、このプロジェクト関連で作成されるファイルを保存する場所を指定します。デフォルトは、Windows 上の「マイドキュメント」配下に作成されます。この場所を変えたい場合、あるいはプロジェクト名を変更したい場合は、そのパス名、フォルダ名を指定してください。なお、「場所」のデフォルト値は、「ツール」->「オプション」->「プロジェクトおよびソリューション」->「全般」で変更できます。

すでに作成されている「ソリューション」の中に、新たな「プロジェクト」を追加作成したい場合は、「場所」と②の欄の「ソリューション」名を指定し、「ソリューションの**ディレクトリ**を作成」は行いません。

以下の図は、Visual Studio における「ソリューション」と「プロジェクト」の関係を表したものです。「プロジェクト」は、ソースコードを管理する最小単位です。生成されるプロジェクトファイルの拡張子は、.vfproj です。「ソリューション」とは、最初のプロジェクトを作成すると自動的に生成されますが、複数のプロジェクトを管理する単位です。例えば、プロジェクト間の依存関係等を管理します。一般的に、一つの「ソリューション」の中に一つの「プロジェクト」の構成で使用することが多いのですが、例えば、PVF Fortran コードと Visual C++コードから成る混合プログラムの場合は、明確に言語種別で「プロジェクト」を分けて構成しなければなりません。



2.3 PVFプロジェクト・テンプレート

Visual Studio 上での PVF は、以下に示すプロジェクト・タイプのテンプレートを用意しています。

■ **Console Application**（コンソールアプリケーション）

ウィンドウを使わないキャラクタベースの入出力を伴うアプリケーションを作成するためのプロジェクト。一般的には、これが多用されます。

■ Dynamic Library（ダイナミックライブラリ）

DLL モジュールを作成するためのプロジェクト。DLL とは、プログラムが必要とされる時に、オンデマンドでローディングされるエグゼキュータブル・ファイルです。

■ Static Library（スタティックライブラリ）

実行モジュールを生成する際に、リンクすることが可能な一つもしくは複数のオブジェクトから成るアーカイブ・ファイルを作成するためのプロジェクト。

■ Windows Application（ウインドウズアプリケーション）

ウィンドウ、ダイアログ・ボックス、メニュー等のコンポーネントを使用する GUI を備えたアプリケーションを作成するためのプロジェクト。このようなアプリケーションのプログラム・エントリ・ポイントの名前は、WinMain となります。

■ Empty Project（空のプロジェクト）

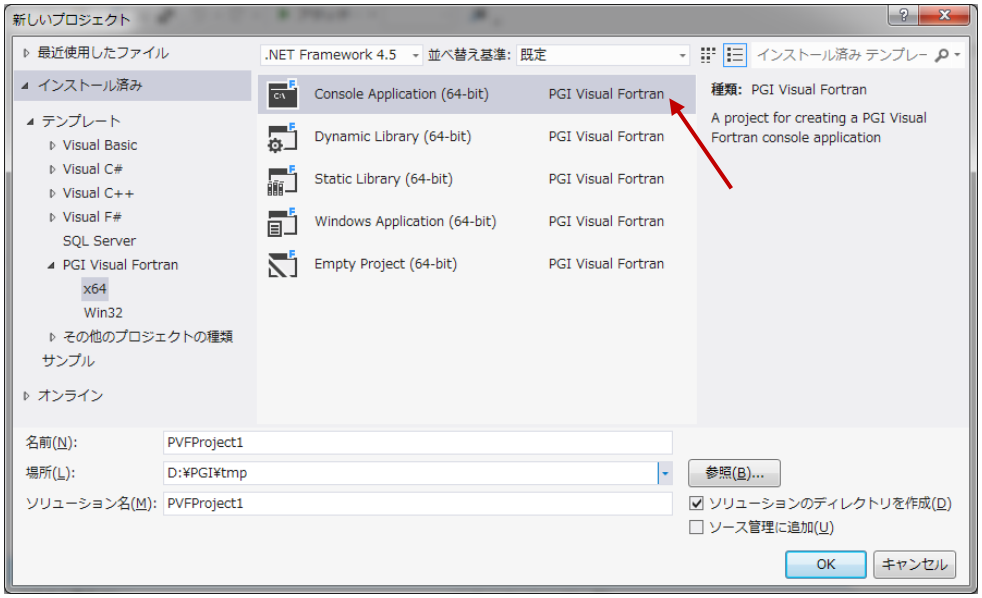
既存のアプリケーション（ソースコード等）を PVF に移行させる際に使用するスケルトン・プロジェクトです。これも、よく使用します。

2.4 新規にプロジェクトを作成し、新規にプログラム開発するための手続き

Visual Studio 上で新規にプロジェクトを作成して、その配下で新たにプログラムのコーディング並びに開発作業を行うための準備について説明します。一般には、すでに所有している「プログラム・ソース・ファイル」を使用し、これを PVF プロジェクトに統合して開発を続行する方法がとられますが、これについては次項 2.5 項で説明します。

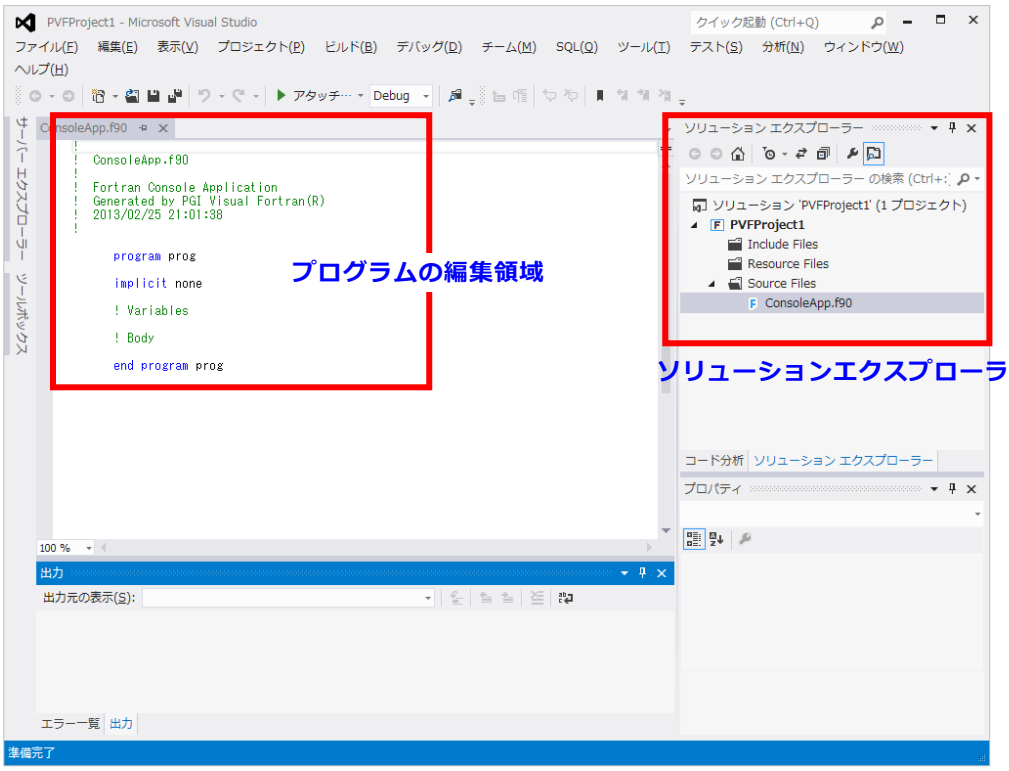
■ プロジェクトの新規作成

「ファイル」→「プロジェクト」を開き、「PGI Visual Fortran」のテンプレートの中の「Console Application」を選択します。なお、64 ビット Windows の場合は、64 ビットアプリケーションあるいは、32 ビットアプリケーションの作成のどちらかを選択した上で、行ってください。



■ ＰＶＦプロジェクト画面表示例

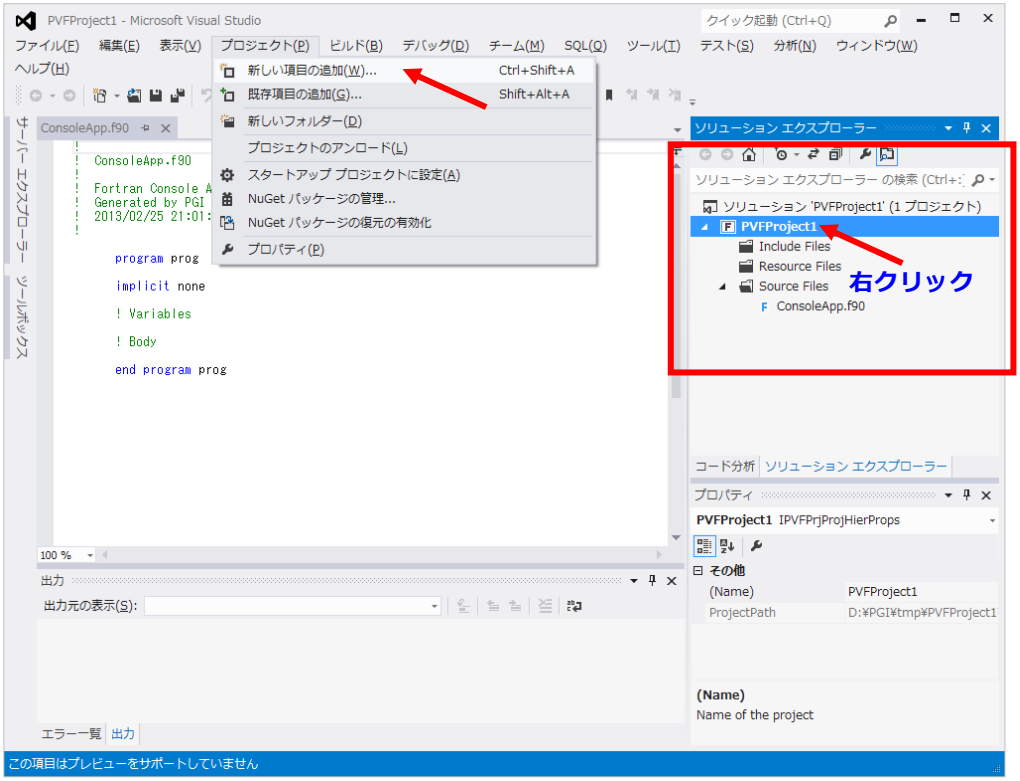
プロジェクトを新規作成した場合、ConsoleApp.f90 と言うファイル名で Fortran のスケルトン・コードが作成されます。この中でプログラムを開発します。



「ソリューションエクスプローラ」は、IDE 管理の下にある「ソリューション」、「プロジェクト」、その配下の各ファイル・フォルダを管理するためのものです。この中でソースファイル等が管理できます。

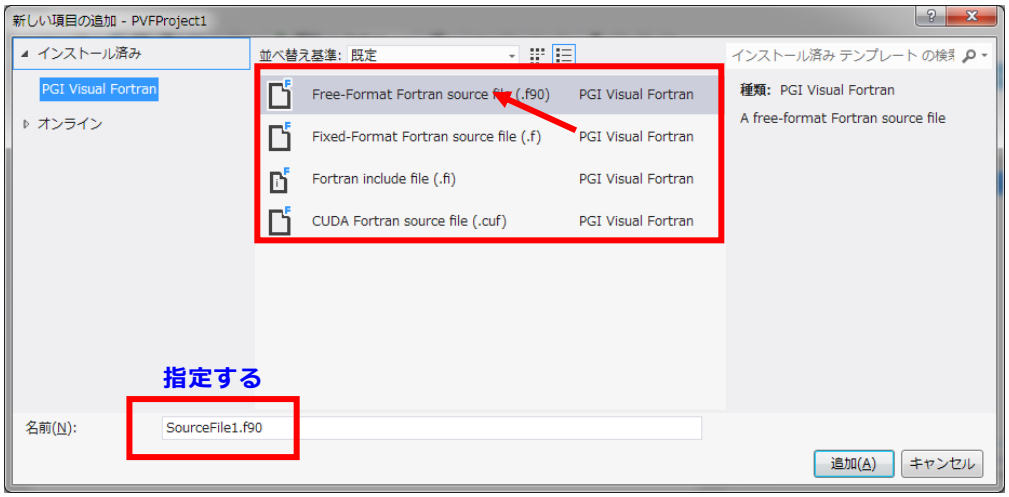
■ 新しいソースファイルを追加

「プロジェクト」内に新しいソースファイルを追加したい場合は、「プロジェクト」→「新しい項目の追加」を選択します。あるいは、「ソリューションエクスプロー

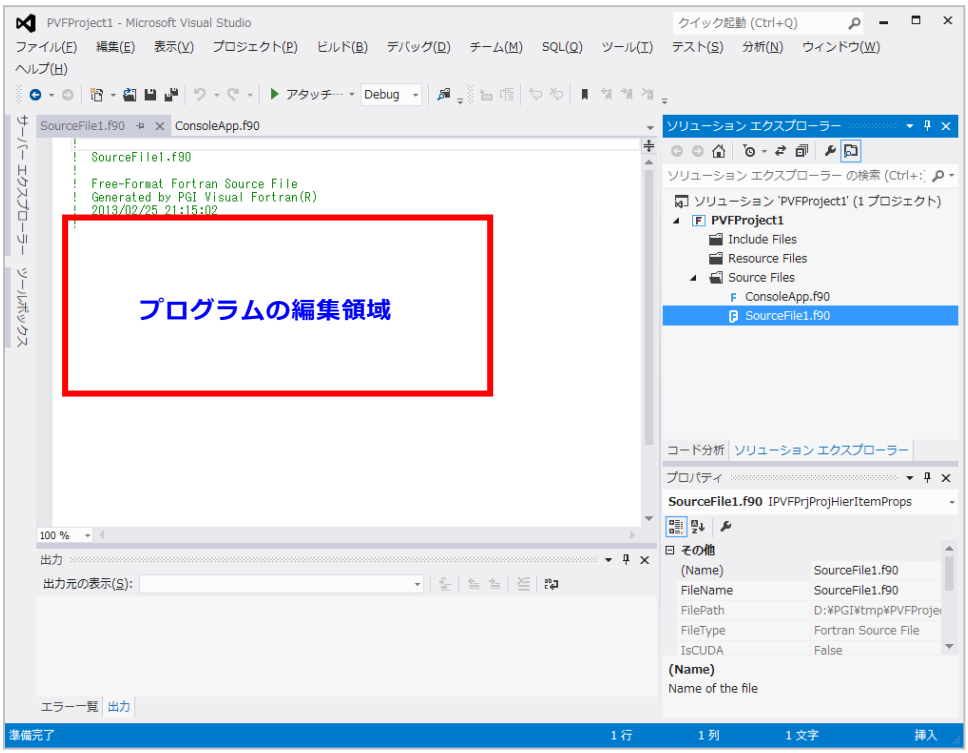


ラ」内で、プロジェクト名の文字列部分を右クリックし、「追加」-> 「新しい項目」を選択します。

Fortran のソースファイルのテンプレートを選択し、ファイル名を記述し、「追加」ボタンをクリックします。これによって新しいファイル(SourceFile1.f90)が作成されます。以下の図では、テンプレートとして、Free-Format Fortran source file (.f90)を選択します。



新しいソースファイルが作成されます。

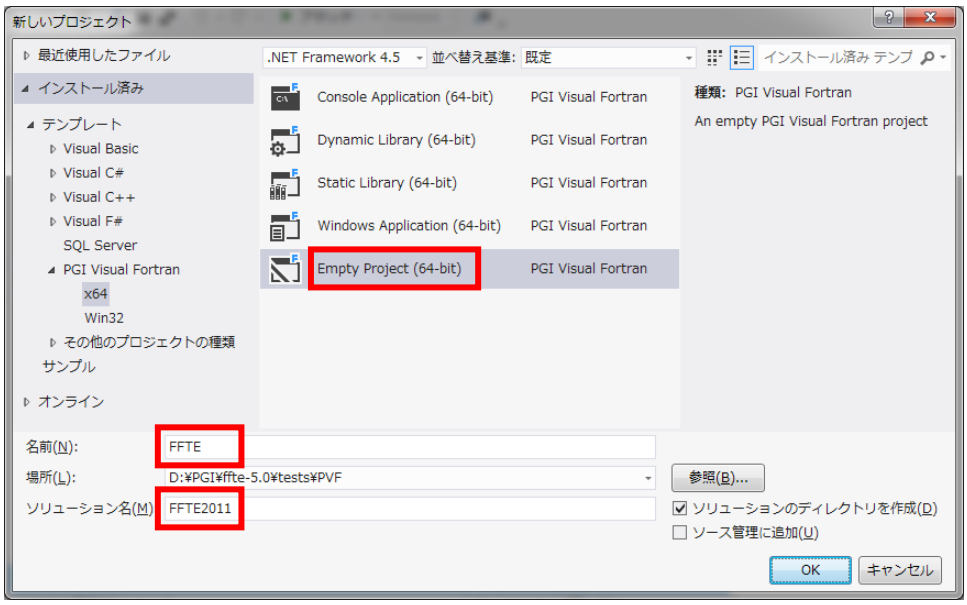


2.5 既存のソースファイルを PVF プロジェクトに移行するための手続き

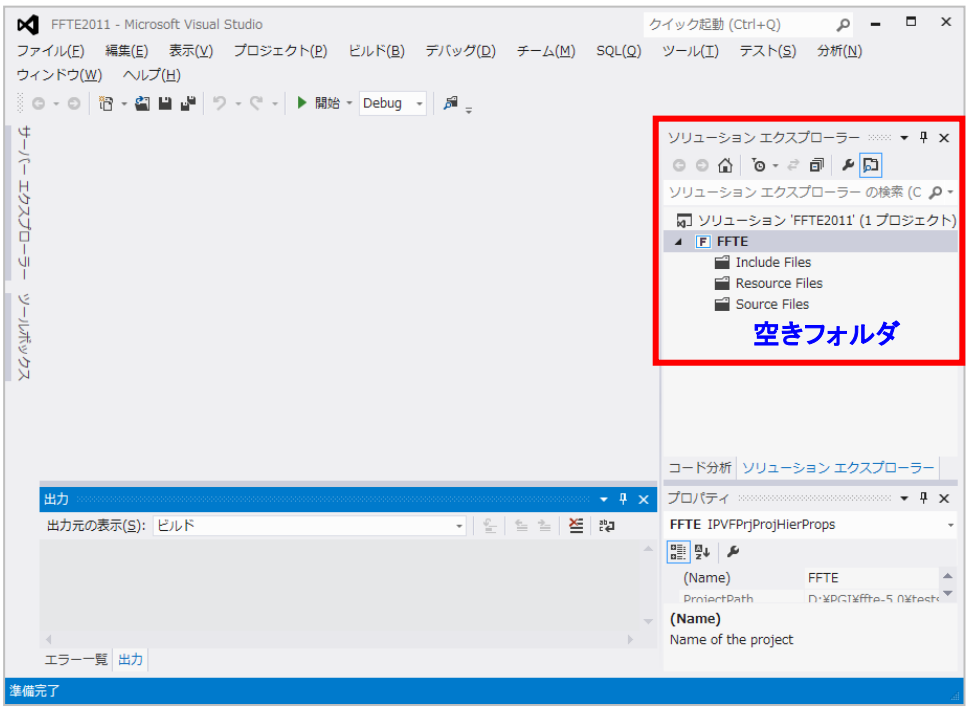
現在、Windows 上のフォルダに既存のプログラムファイルを有しており、これを Visual Studio の PVF プロジェクトに移行する方法を説明します。

■ プロジェクトの新規作成

「ファイル」→「プロジェクト」を開き、「PGI Visual Fortran」のテンプレートの中の「Empty Project」を選択します。さらに、ここでの例として、ソリューション名を「FFTE2011」とし、プロジェクト名を「FFTE」と言う名前で定義します。

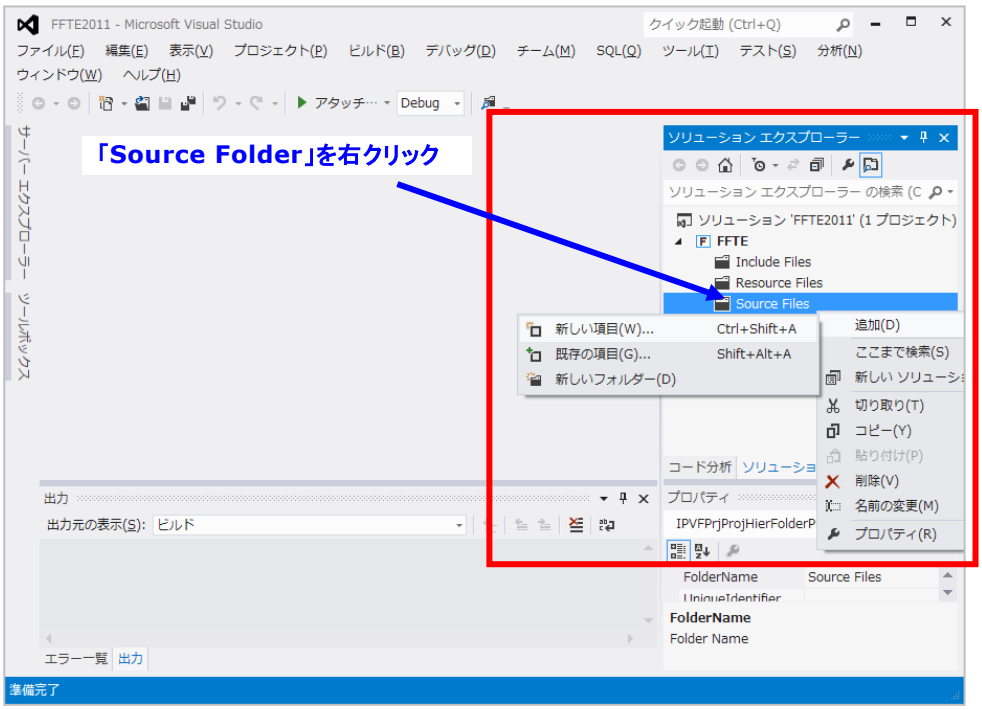


「Empty Project」を作成すると「ソリューションエクスプローラ」の中に、空のフォルダが作成されます。

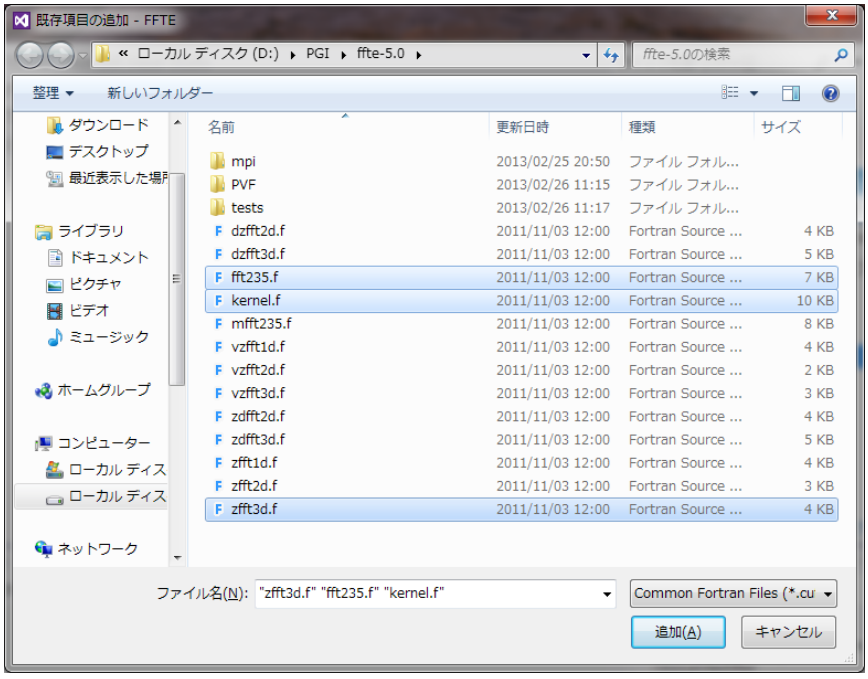


■ 既存のソースファイルをＰＶＦ環境へ移行

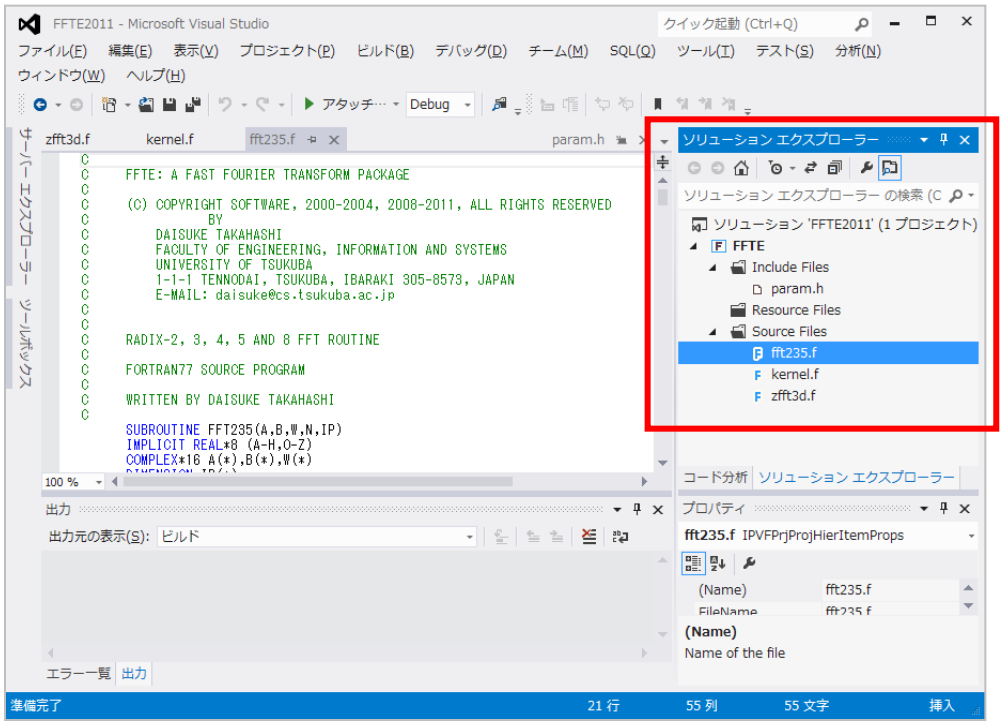
さて、これより、この IDE 環境の中に、既存のソースファイルを一つの「PVF プロジェクト」としてリンクします（移行します）。この実現方法にはいくつかの方法がありますが、ここでは、「ソリューションエクスプローラ」の中から操作する方法を説明します。「ソリューションエクスプローラ」の中の「Source Folder」を右クリックして現れるメニューの「追加」を選択し、「既存の項目(G)」を選びます。



次に、「追加」する既存のファイルを指定するための画面が現れます。
Shift キーを押しながら、”FFTE”プロジェクトに組み込みたいソースファイルを選択し、「追加」ボタンを押します。



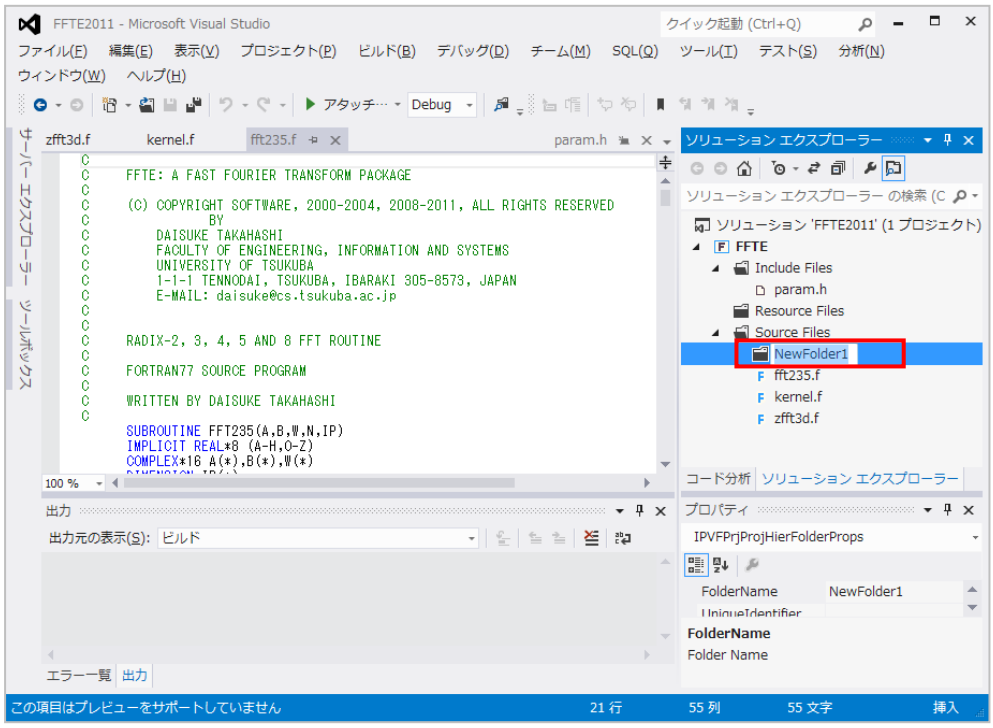
ソースファイルとヘッダーファイル（インクルードファイル）は、ファイルの種別を確認して Visual Studio プロジェクト内の所定のファイル・フォルダの中に自動的に登録されます。さらに、include ファイルがある場合は、同じ操作で、当該ファイルを登録します。（下図は、その様子を表しています）



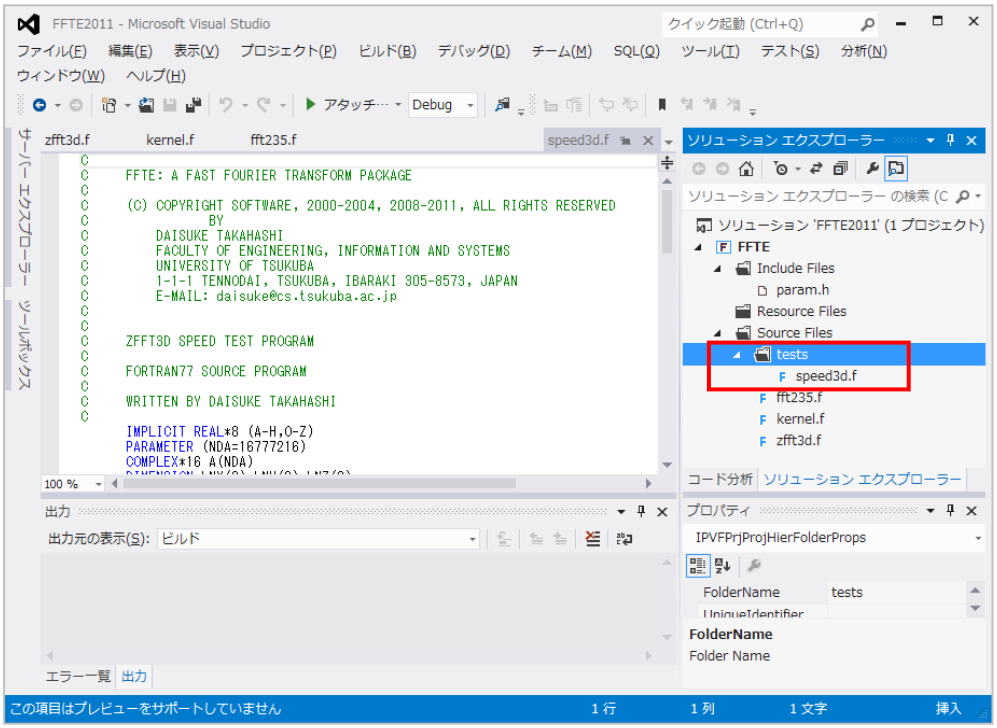
正確に言うと、「既存」のソースファイルは、Visual Studio の当該プロジェクト用のフォルダ内にコピーされるのではなく、既存のファイル・フォルダの位置を Visual Studio の PVF プロジェクトに登録すると言う形を取ります。したがって、Visual Studio (PVF)上で編集・変更されたソースファイル等は既存のフォルダ内のファイルが編集され、また、ファイルの削除を IDE 上で行った場合も、実際の既存フォルダ内のファイルが削除されますのでご注意ください。しかし、既存のソースファイル以外のコンパイル時の中間オブジェクトファイルや生成される実行モジュールは、Visual Studio でプロジェクトを登録した「場所」に保持されます。

■ ＰＶＦプロジェクト内にフォルダを新設

「ソリューションエクスプローラ」の中の「プロジェクト」配下には、予め用意されている三つのフォルダが存在します。その中の一つである「Source Files」フォルダ内に、(PVF に移行した）ソースファイルが登録されております。この「Source Files」フォルダ内にさらに新規のフォルダを新設し、その中にも既存のソースファイルを移行するための作業を行ってみます。「Source Files」フォルダの文字列を右クリックして現れるメニューの「追加」→「新しいフォルダ(D)」を選びます。以下の例のように新しいフォルダ（Newfolder1）が新設されますので、そのフォルダ名を設定します。



ここでは、新しいフォルダを「tests」と定義し、前と同様に既存のソースファイルをこの「tests」フォルダの中へ移行・登録します。「tests」フォルダ上で右クリックして、「追加」→ 「既存の項目(G)」を選び、既存のソースファイル（以下の例では speed3d.f) の場所を指定して登録します。この例では、この speed3d.f が Fortran のメイン・プログラムになります。

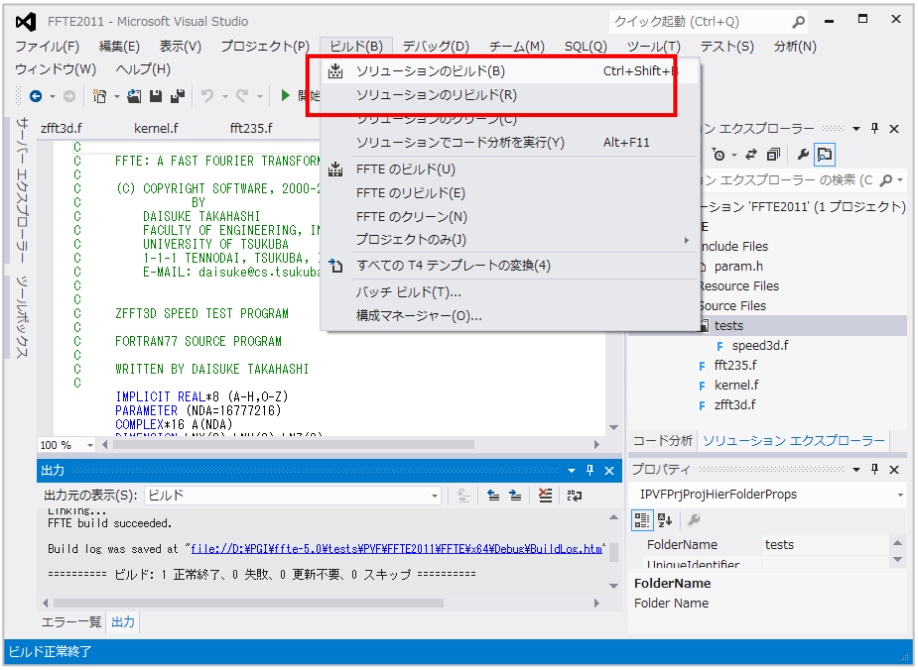


■ ルーチン間の依存性の解析について

プログラムが複数のルーチン、Fortran モジュール、インクルードファイルから構成され、さらにその関係に依存性がある場合は、そのコンパイルする順序が的確で

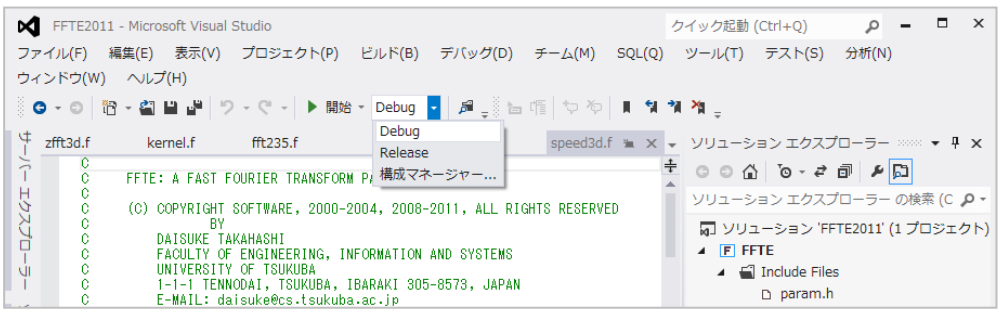
なければなりません。Linux の GNU 系の場合は、Makefile でこうした依存性を定義しましたが、Visual Studio では、そのような Makefile を作成する必要がありません。初回の「ソリューション・ビルド」において、ルーチン間の依存性の存在を検証し内部的にコンパイルする順序の情報を保持します。

既存のソースファイルを PVF プロジェクトに移行した場合は、以下のように、「ビルド」 → 「ソリューションのビルド」を初回に行ってください。これによって、ルーチン間の依存性解析を行い、その情報を保持します。



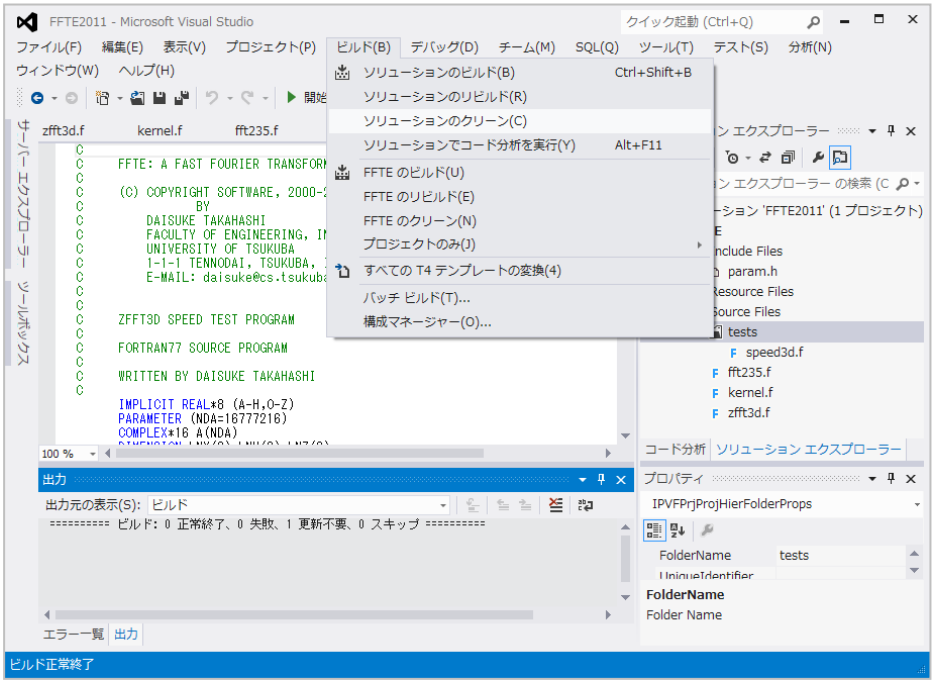
2.6 プログラムのコンパイルと実行（デバッグモード）

PVF 上でプログラムをコンパイルする方法を説明します。Visual Studio でのデフォルトのプロジェクト構成は、「デバッグ構成」のため、最適化レベルが 0 でシンボリック情報が含まれた形で実行モジュールがビルドされます。



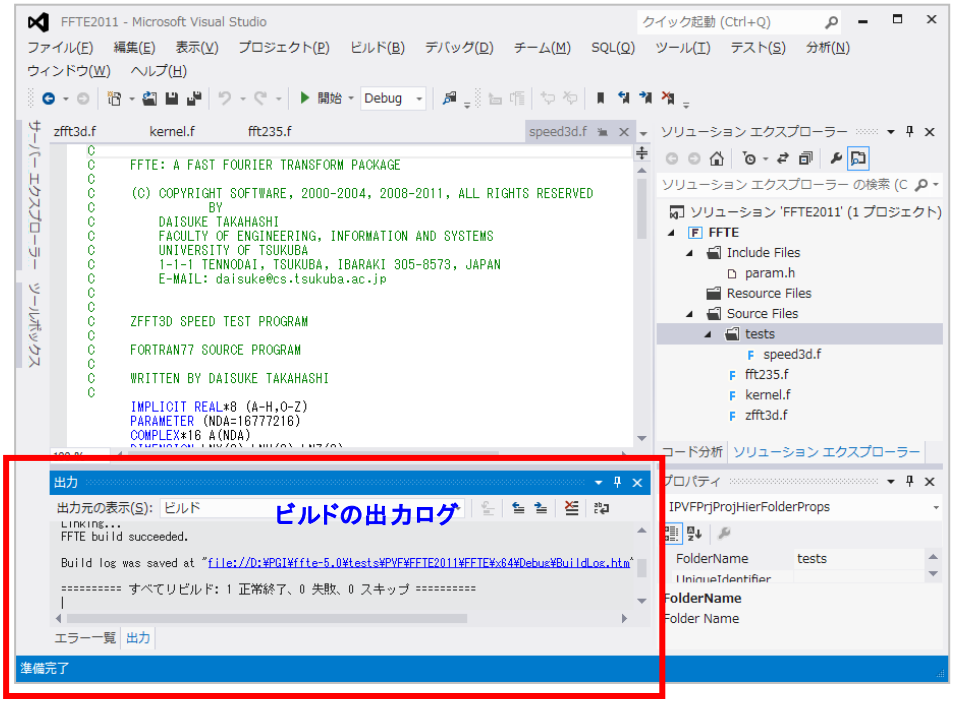
■ ソリューションのクリーン

Visual Studio でソリューションをビルドする前に、クリーンアップします。「ビルド」→ 「ソリューションのクリーン」を実行します。



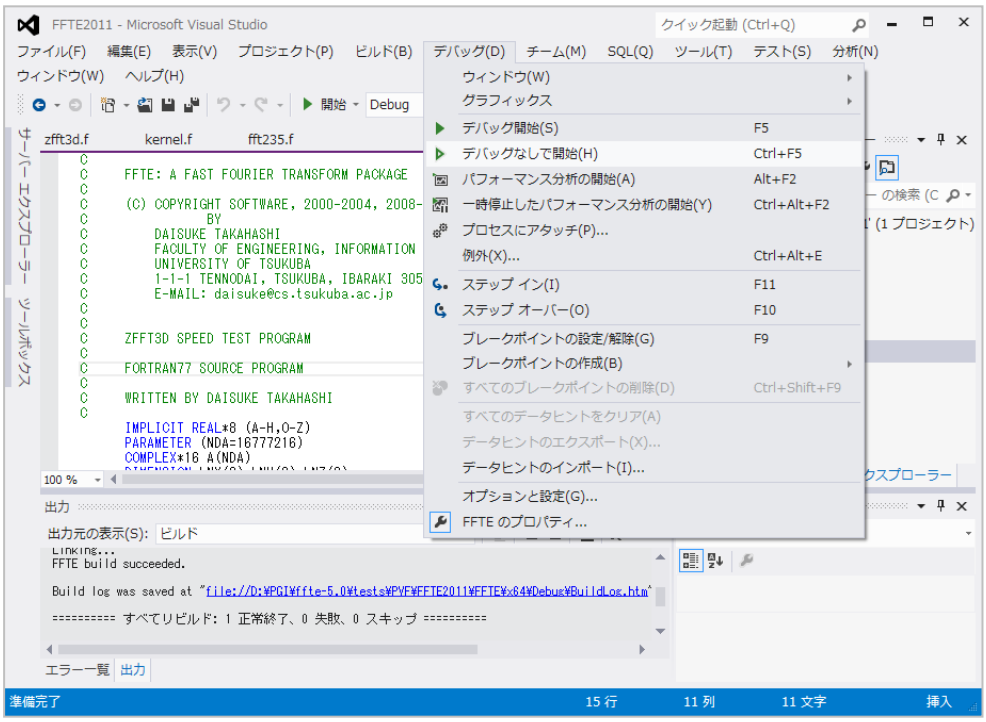
■ ソリューションのビルド

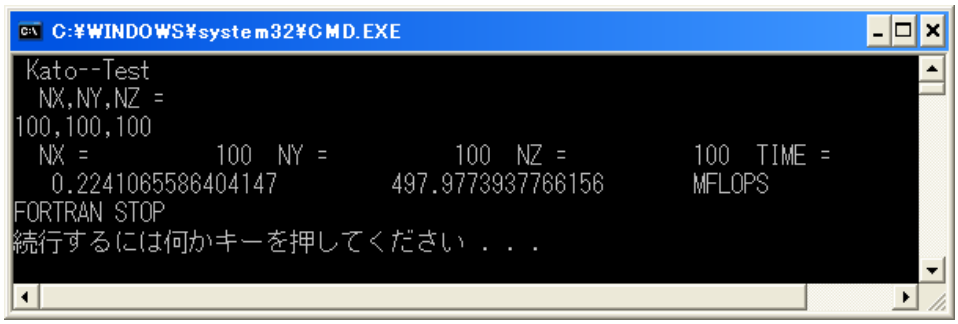
次に、「ビルド」 → 「ソリューションのビルド」を実行します。ビルドの出力ログが表示されます。「FFTE build succeeded」と表示されますとビルドが成功したことを意味します。



■ プログラムの実行（デバッグなし）

ビルドされた実行モジュールを実行します。「デバッグ」 → 「デバッグなしで開始」を実行するとプログラムの実行が開始されます。



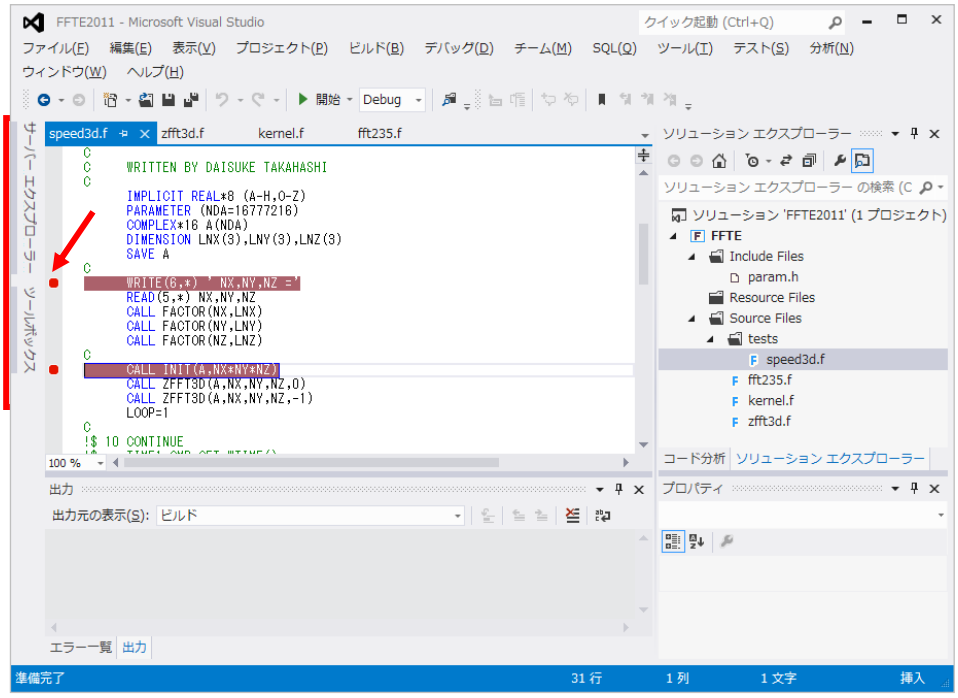


■ プログラムの実行（デバッグあり）

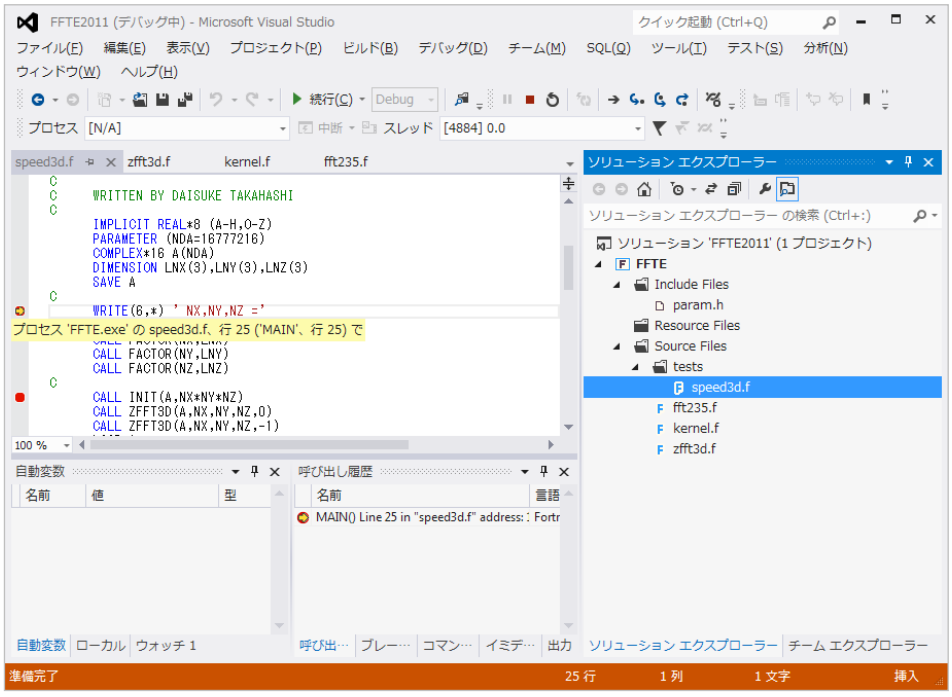
ソースレベルでデバッグを行いたい場合は、予め、プログラムの表示ウィンドウ内で、「ブレークポイント」を設定しておきます。「ブレークポイント」の設定は、対象となるソースラインの一番左端をクリックすることで設定できます。デバッグ付で実行した場合、このブレークポイントで実行が停止します。

プログラムのソース行番号を付けて表示したい場合

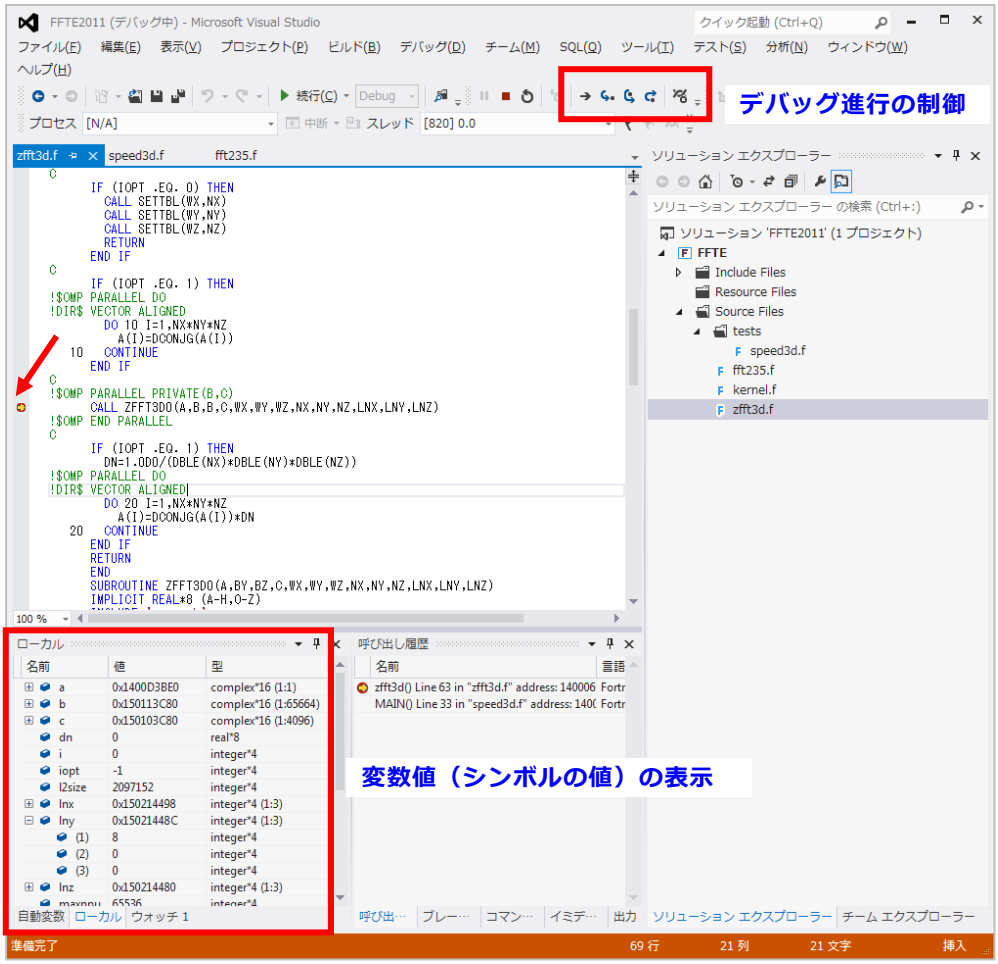
Visual Studio の「ツール」→「オプション」ダイアログを開き、「テキストエディター」→「Fortran」→「全般」を選んだ画面で、「行番号」にチェックを付けて OK ボタンを押して下さい。行番号がプログラム文の左端に現れます。



次に、「デバッグ」→ 「デバッグ開始」を実行するとプログラムのデバッグ実行が開始されます。そして、最初の「ブレークポイント」で実行が停止します。



デバッグが開始されますと、「ブレークポイント」での変数値、配列値の確認を行い、ステップ実行等の操作で問題となる部分の検証を行います。また、変数値の表示は、ソースプログラム上の「変数」にカーソルを乗せると、その値が画面に表示されます。

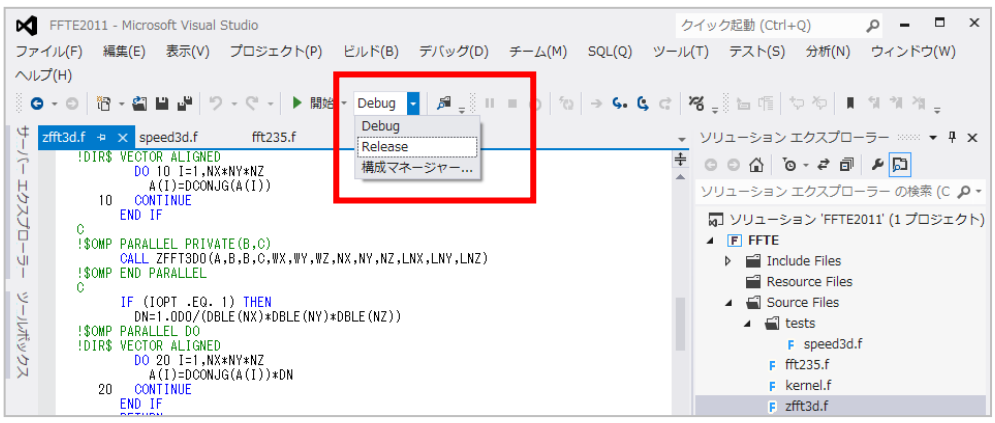


2.7 プログラムのコンパイルと実行（最適化オプションの適用）

PVF コンパイラによる「最適化オプション」を適用してビルドする方法を説明します。

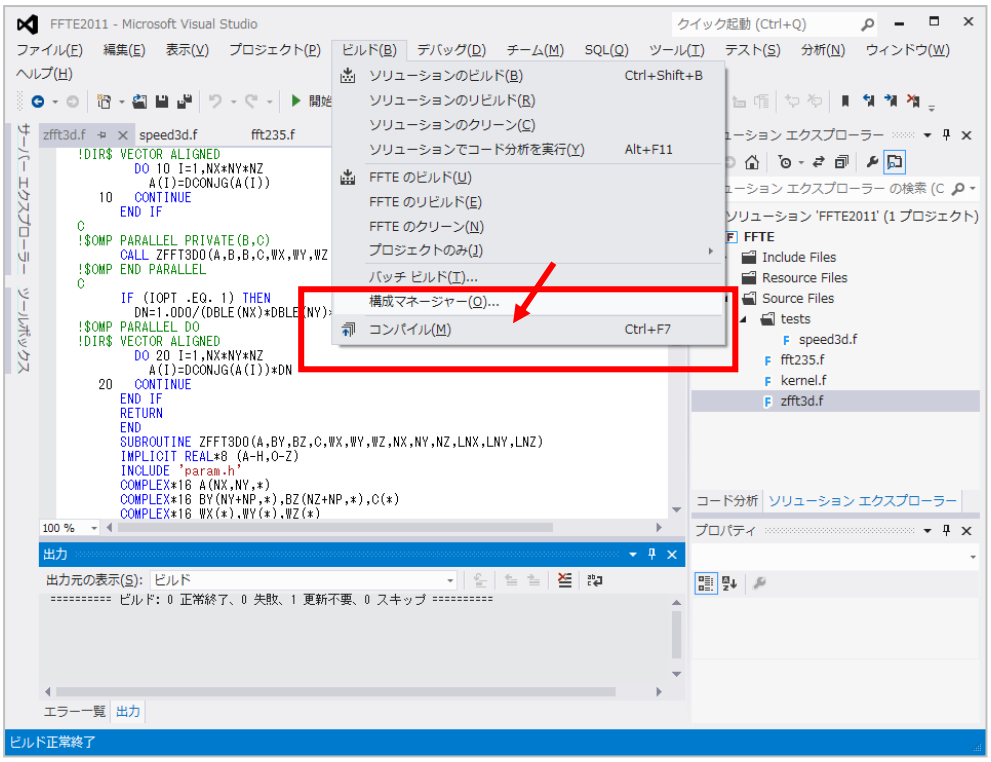
■ ソリューションの最適化ビルド

最も簡単に行う方法は、ビルド・モードを「Debug」から「Release」に変更してビルドすることです。（下図）

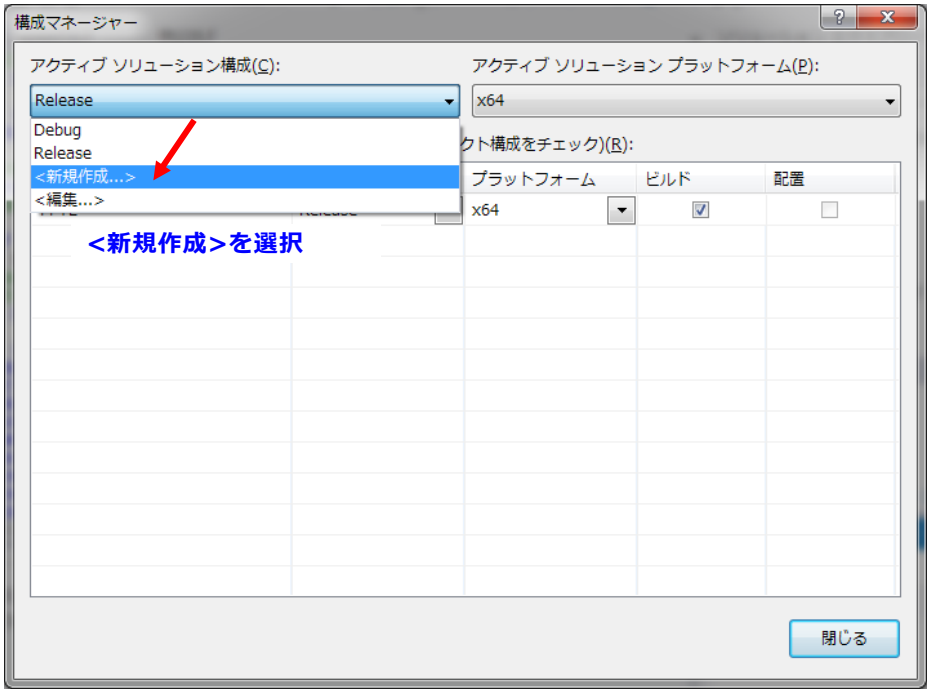


■ 新しい最適化ビルド・モードの作成

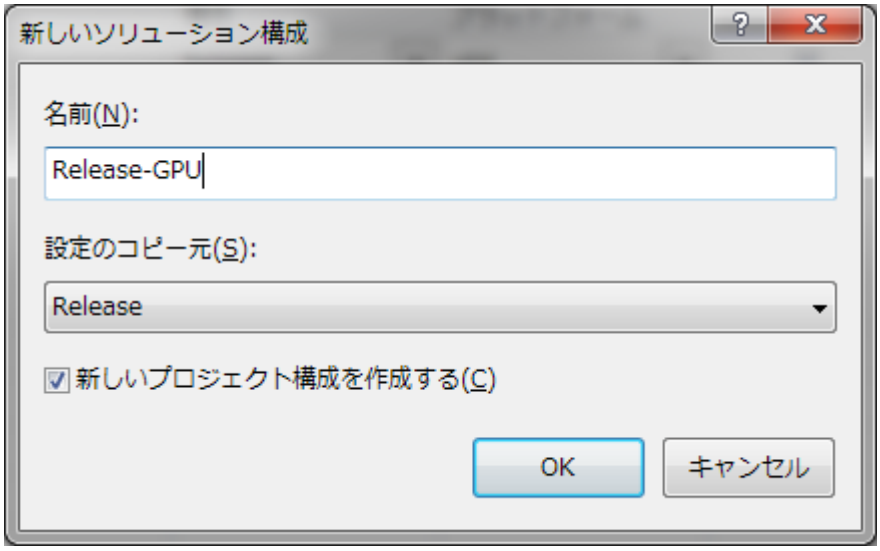
以下の操作は、一般的にほとんど行うことはないですが、新しく個人用のビルド・モードを新設する際に以下のような方法をとります。「ビルド」 → 「構成マネージャ」を実行します。



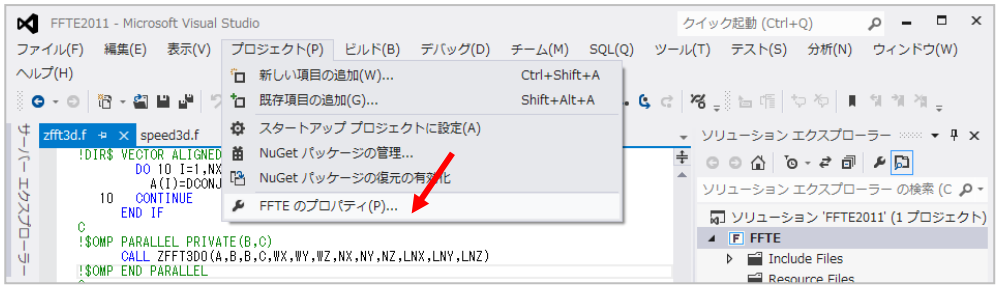
構成マネージャの画面が出ましたら、「アクティブソリューション構成」のメニューを「Debug」から「<新規作成>」に変更します。

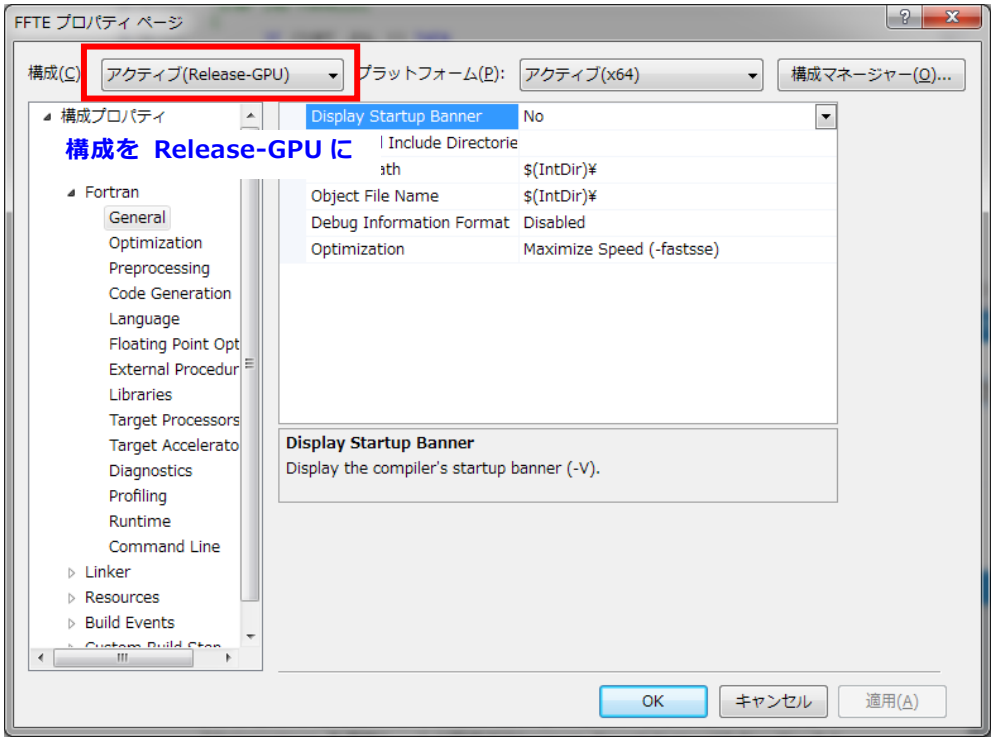


新しいソリューション構成のウイザードが現れますので、この中に新しい構成の名前を定義します。以下の例では、GPU コンパイル用の構成のために「Release-GPU」としたものです。基本設定のコピー元はデフォルトの「Release」としています。

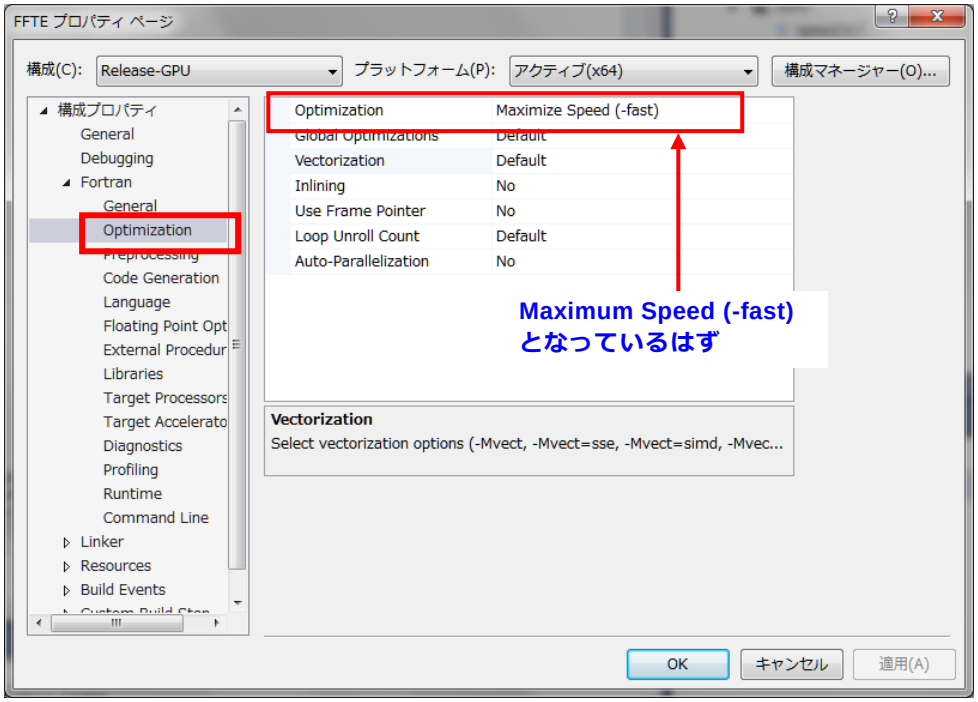


次に、「プロジェクト」 -> 「...のプロパティ」を選択し実行します。

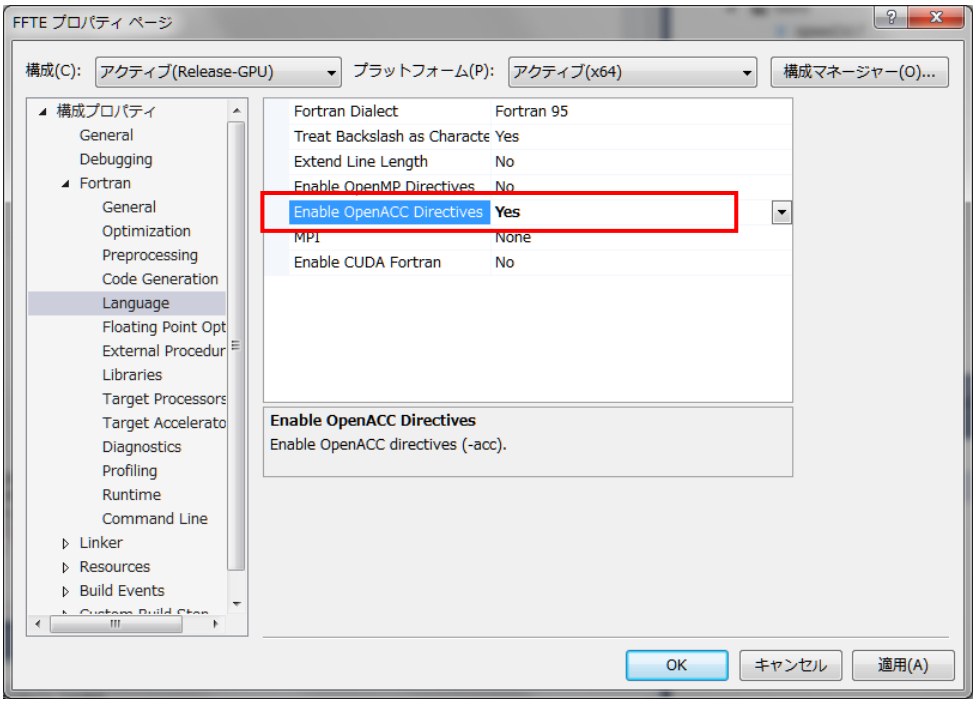




プロジェクトの構成プロパティの画面となっていますので、その中の 「Fortran」と「Linker」のオプション項目の中で必要なものを指定します。ちなみに、上記で定義した「Release-GPU」の基本設定のコピー元は、「Release」であるため、これはデフォルトで「最適化オプションが設定済み」のモードのため、最適化オプションはすでに適用済みと考えてください。その他の追加のオプションを任意で指定します。以下の図は、「Optimization」のオプション欄の例を示しています。



追加するオプションとして、GPU 対応の OpenACC オプション（Enable OpenACC Directives）を Yes とします。

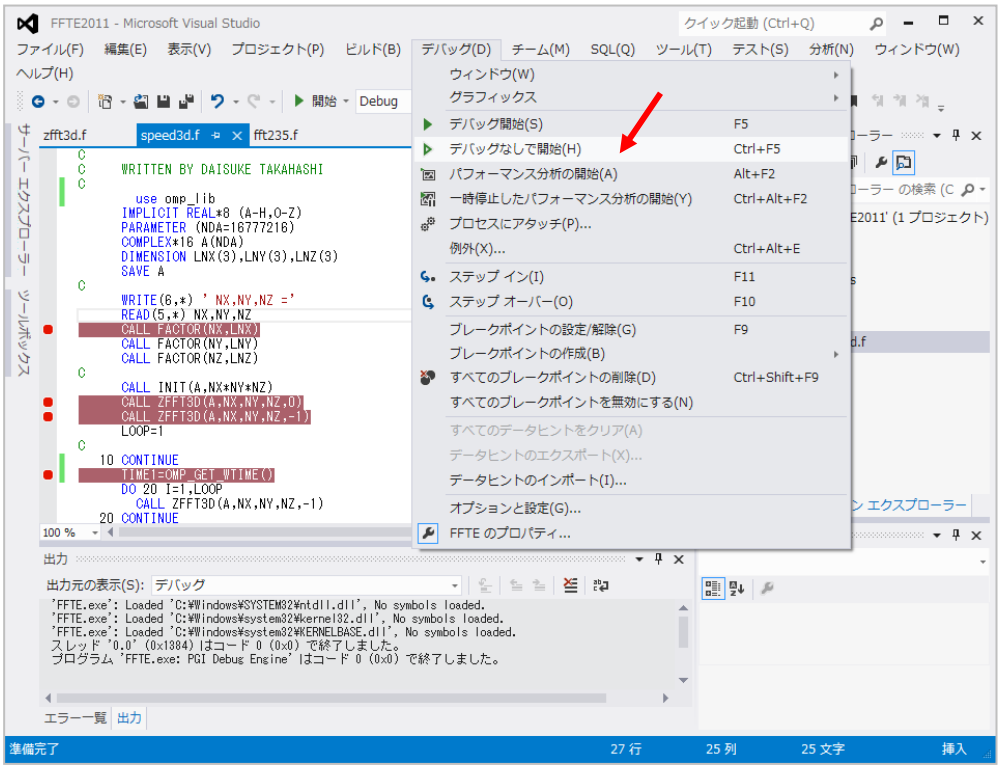


コンパイルオプション、リンクオプションを上記のような方法で設定する以外に、さらに、「Fortran」→「Command Line」にて、その他の最適化オプションを直に指定することも可能です。同様に、「Linker」→「Command Line」にも指定が可能です。

こうして、いくつかの追加オプションを定義することにより「Release-GPU」構成のビルド・モードが定義されます。

■ プログラムの実行（最適化オプションあり）

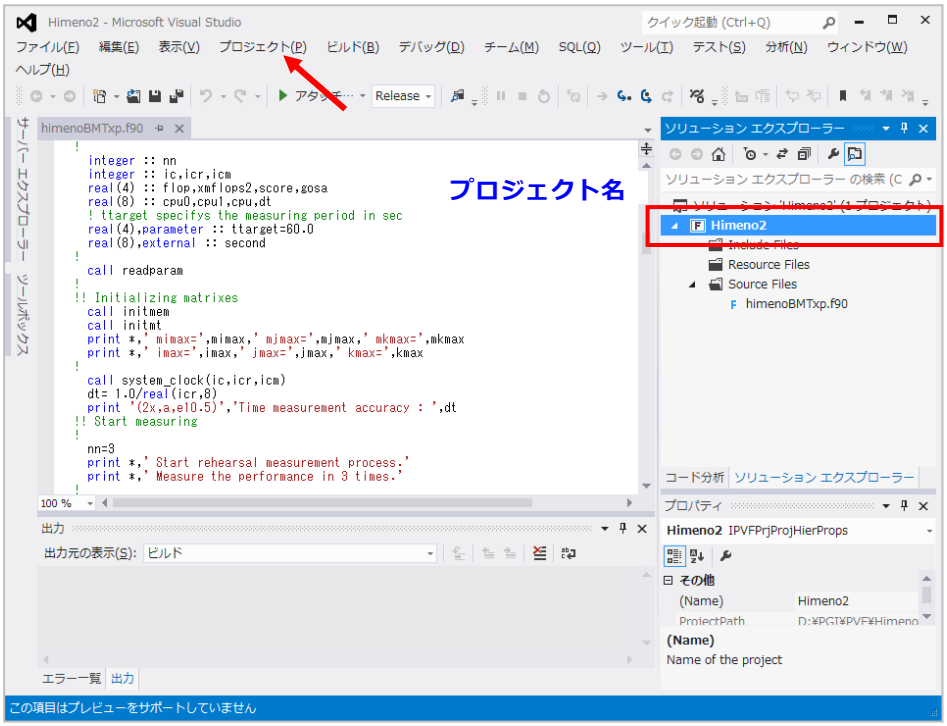
ビルドされた実行モジュールを実行します。「デバッグ」 → 「デバッグなしで開始」を実行すると最適化されたプログラムの実行が開始されます。



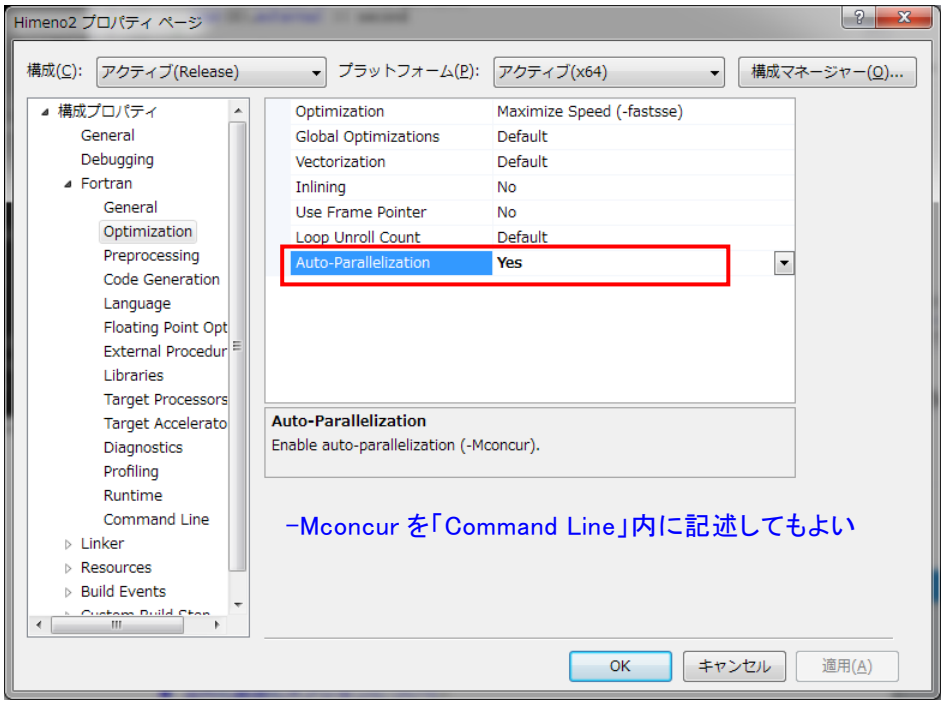
■ 並列化最適化オプションについて

① 自動並列化オプション

ソリューションエクスプローラ内の「プロジェクト名」をドラックします。これは、このプロジェクトの「プロパティ」について変更するための初期操作となります。「プロジェクト」-「プロパティ」を選び、プロパティ画面を出します。

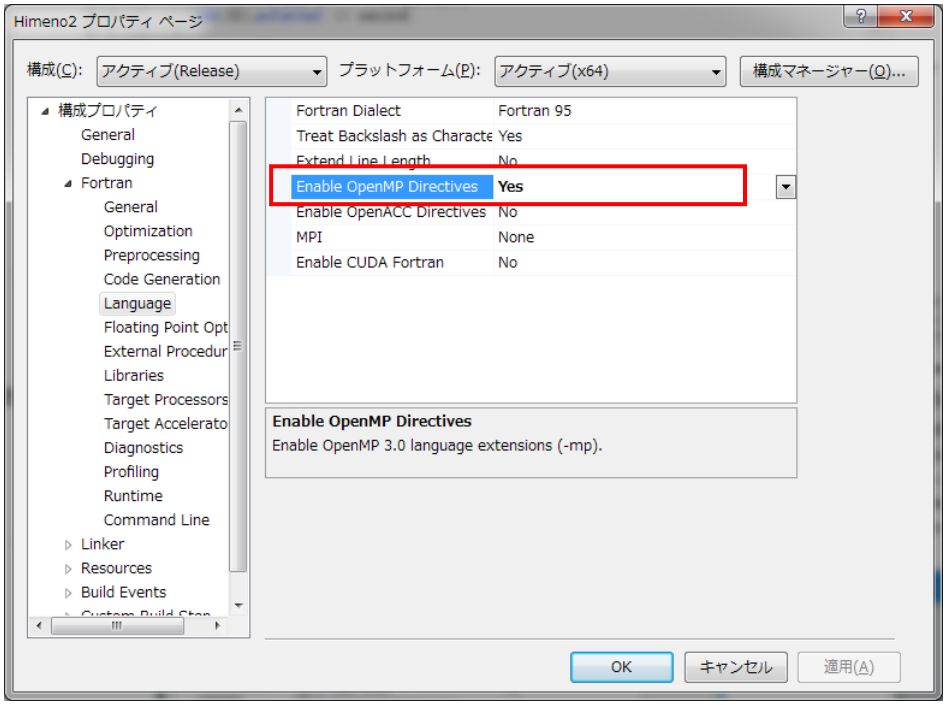


「プロジェクトのプロパティ」画面で、「Fortran」→「Optimization」→「Auto-Parallelization」の設定を[Yes]とします。これによって、並列依存性のないループ構造に対して、コンパイラが並列化を施します。



② OpenMP 並列化オプション

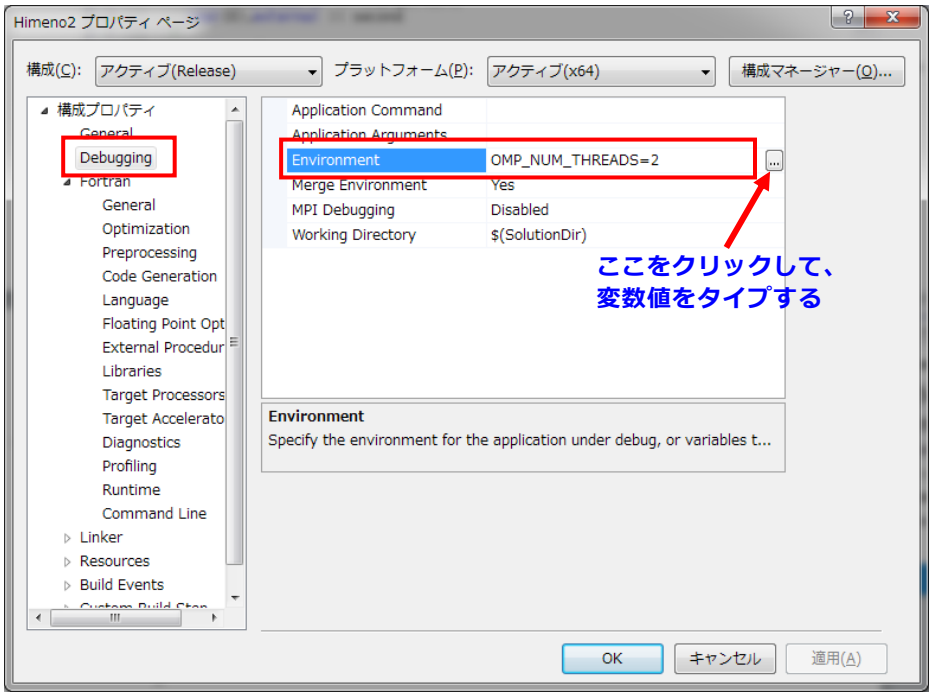
「プロジェクトのプロパティ」画面で、「Fortran」→「Language」→「Enable OpenMP Directives」の設定を[Yes]とします。これによって、コンパイラは OpenMP ディレクティブを解釈し、並列化コードを生成します。



■ 自動並列、OpenMP 並列実行時の並列スレッド数の環境変数の設定

「Debug」あるいは「Release」のビルド・モードにおける「プロジェクトのプロパティ」画面で、「Debugging」→「Environment」の設定ボタンをクリックして、以下の環境変数をセットします。これを事前にセットした後、プログラムを実行してください。この変数を設定しなければ並列実行しません。

OMP_NUM_THREADS=<並列 CPU コア数> (例：OMP_NUM_THREADS=2)
あるいは、
NCPUS=<並列 CPU コア数>　(例：NCPUS=2)



あるいは、別の方法として、Windows®システム上の「環境変数」を設定する方法があります。Windows®の「環境変数」の設定方法は、以下の URL をご参照ください。

なお、設定する変数は、上記で示した OMP_NUM_THREADS あるいは、NCPUS となります。この変数を反映させるために、本変数設定後、Visual Studio を起動するようにしてください。

http://www.softek.co.jp/SPG/Pgi/win64/win64use.html

PVF コマンドプロンプト（下記、4 章を参照）上で、各種の環境変数を指定する場合は、DOS コマンドの set コマンドを使用します。 以下は一例です。コマンドで指定した場合は、そのコマンド画面上のみに有効です。

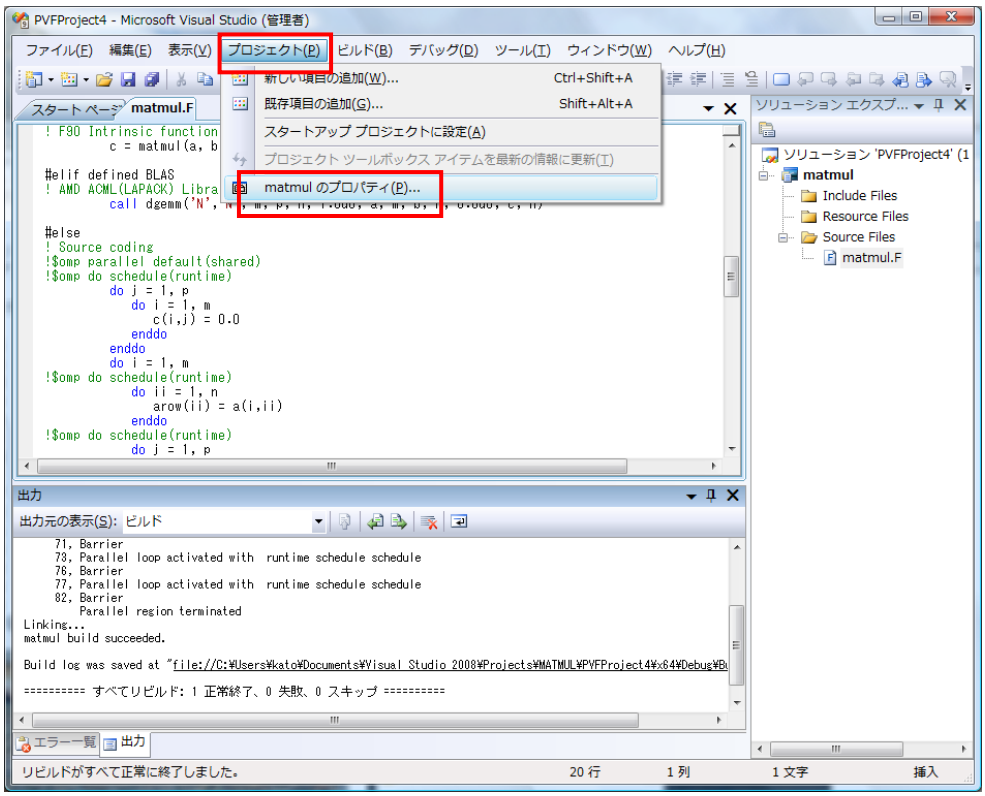
```
$ set OMP_NUM_THREADS=2
```

2.8 プログラムの実行（入力データファイルのリダイレクト）

実行時に標準入力ファイルを指定して実行する方法を説明します。いわゆる、入力データを実行モジュールにリダイレクトする方法です。

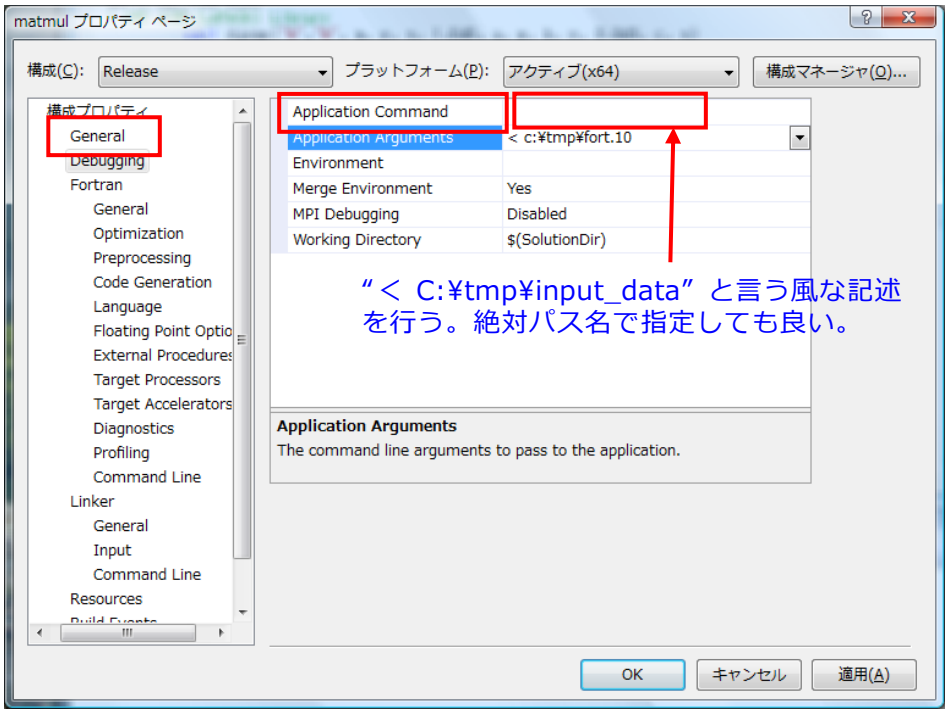
■ 標準入力ファイルを指定する

「プロジェクト」 -> 「（プロジェクト名）プロパティ」を選択し、プロパティページを開きます。



次に、「Debugging」→ 「Application Arguments」の欄に、"< ファイルパス名 "と

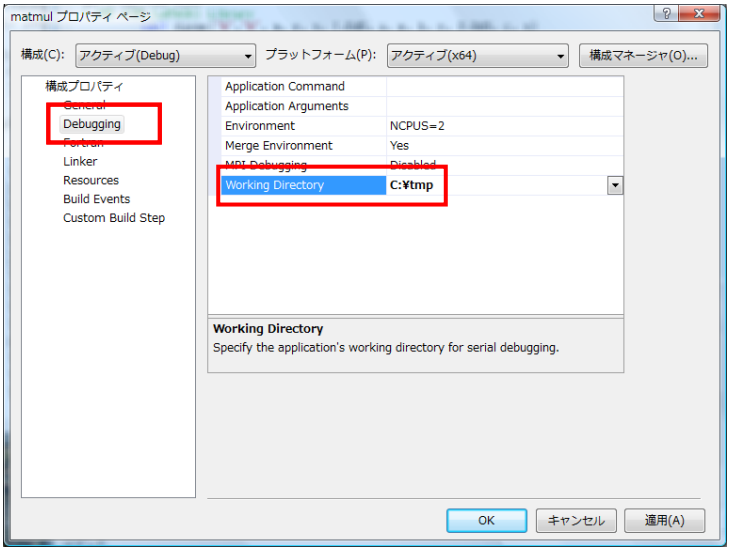
表記する。”<” マークは、リダイレクトを意味し、これに続けてファイル名を記します。一方、アプリケーション実行のデフォルトのワーキング・ディレクトリは、Visual Studio の「プロジェクトファイル」を含むディレクトリであるので、標準入力ファイルは、ここに置くだけでもよいです。



■ ワーキング・ディレクトリ（実行作業場所）の変更

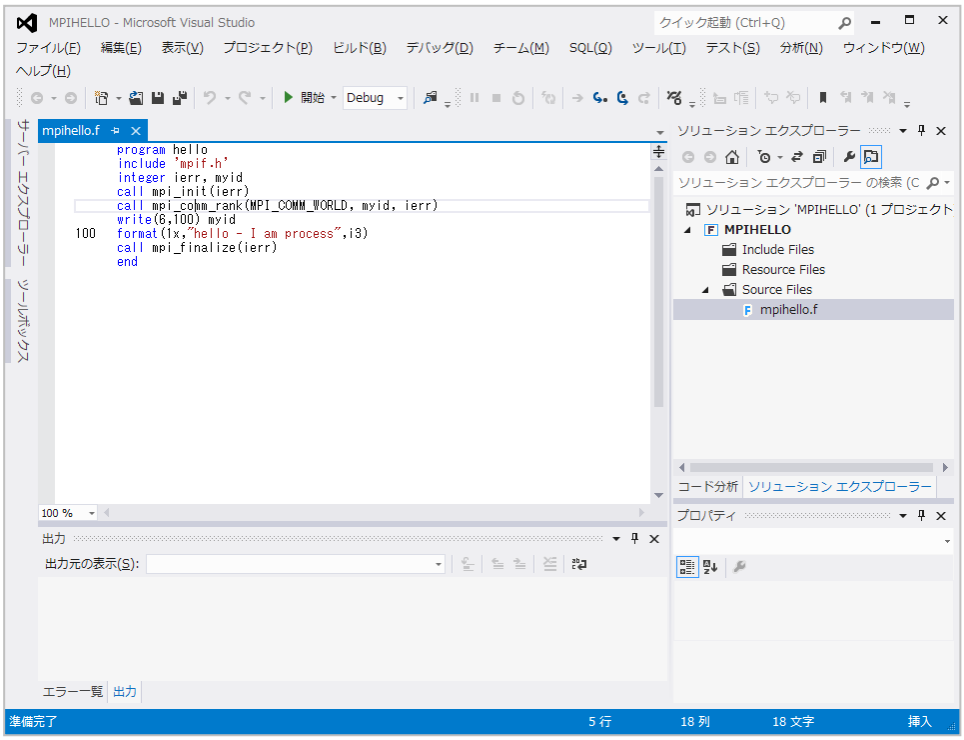
「プロジェクト」→ 「(プロジェクト名) プロパティ」を選択し、プロパティページを開きます。「Debugging」→ 「Working Directory」の欄に、実行時のワーキング・ディレクトリのパス名を指定します。デフォルトのワーキング・ディレクトリは、Visual Studio 上の使用プロジェクトの「プロジェクトファイル (***.pvfproj)」が置かれているフォルダとなります。

このデフォルトのワーキング・ディレクトリを明示的に変更する際に指定します。この変更を行うと、このディレクトリ・フォルダの中に入力データ等を置くことができます。



2.9 MPI プログラムのビルド

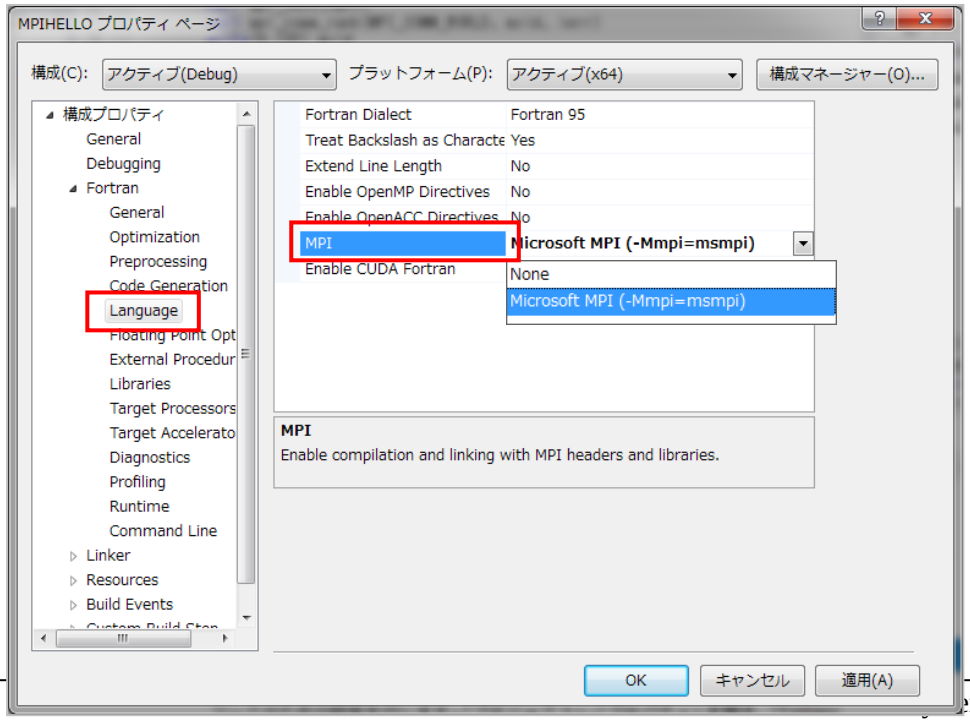
■ MPI プログラムのプロジェクトの作成



MPI プログラムのプロジェクトを作成します。

■ プロジェクトのプロパティの設定

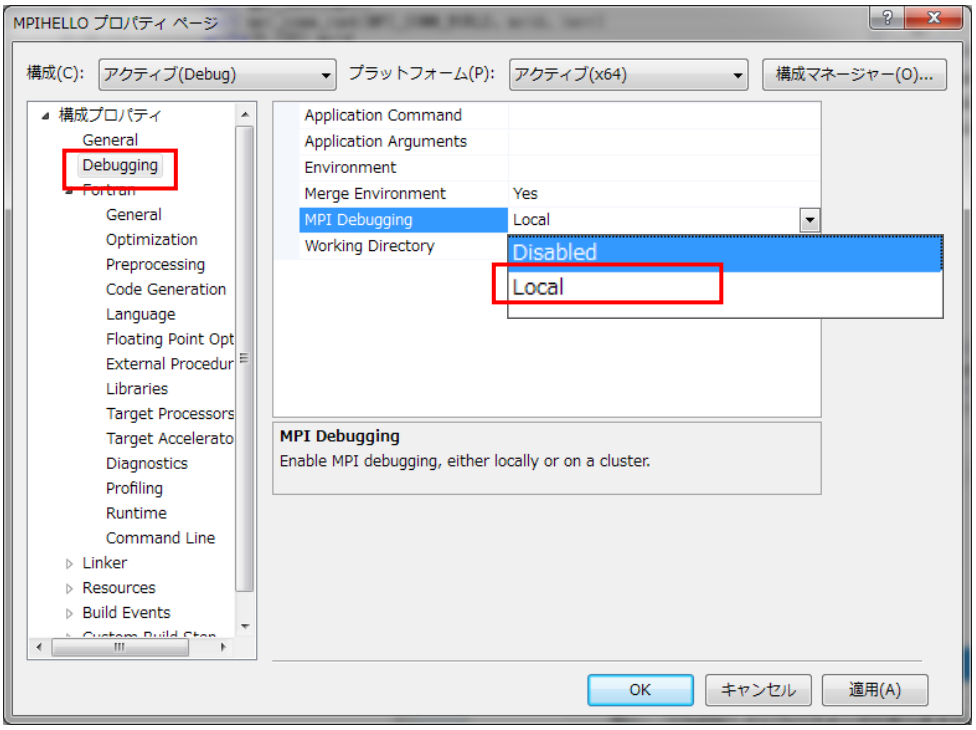
MPI プログラムのプロジェクトのプロパティに、MPI プログラムのコンパイル&リンクのための設定を行います。「プロジェクト」-「プロパティ」を開き、「Fortran」



-「Language」を表示します。「MPI」の選択時に、「Microsoft MPI」を選択します。このオプションの設定により、MPI プログラムのコンパイルとリンクが可能となります。具体的には、Microsoft MPI (MS-MPI)のインクルードファイルを取り込み、MS-MPI ライブラリをリンクする設定を行います。

■ MPI プログラムの実行

次に、並列実行のための設定を行います。プロジェクトのプロパティ画面の [構成プロパティ] - [Debugging] に、MPI 実行の環境に関して設定を行うパラメータがあります。以下の画面イメージを見て下さい。「MPI Debugging」という項目のプルダウンメニューで「Local」を選択して下さい。これは、このマシン上 1 台の中で MPI プロセスを起動して実行すると言う意味です。

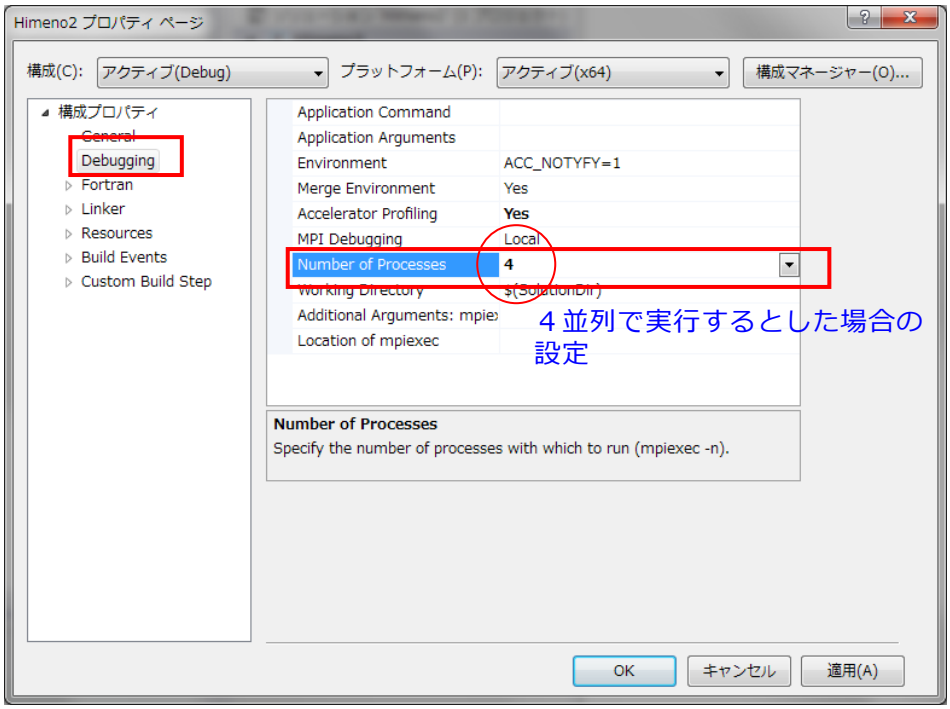


その後、**「適用」ボタン**を押すと、さらに詳しいパラメータ項目が追加表示されます。「Number of Processes」と言う欄は、並列プロセス数を指定する項目です。ここに、並列実行に必要なプロセス数を指定します。なお、システム性能を考慮すると、システムのプロセッサが有する最大コア数が、この値に指定できる最大数です。これらの設定は、Visual Studio の「Release」モードで行う場合は同様な設定を行う必要があります。

この設定後に、Visual Studio 上で実行を行えば、自動的に mpiexec 実行が行われます。

Windows 環境上での MS-MPI の使用法の詳細に関しては、以下の URL をご覧ください。

http://www.softek.co.jp/SPG/Pgi/TIPS/public/general/msmpi_use.html



3 GPU 用 OpenACC と CUDA Fortran を使用する

本章は、PGI アクセラレータ（Accelerator）コンパイラ・ライセンス（x64+GPU）の場合に使用できる機能を説明します。以下の画面イメージは、CUDA 5.5 をサポートした PVF 14.1 リビジョン以降の画面を使用しています。

3.1 OpenACC ディレクティブの利用

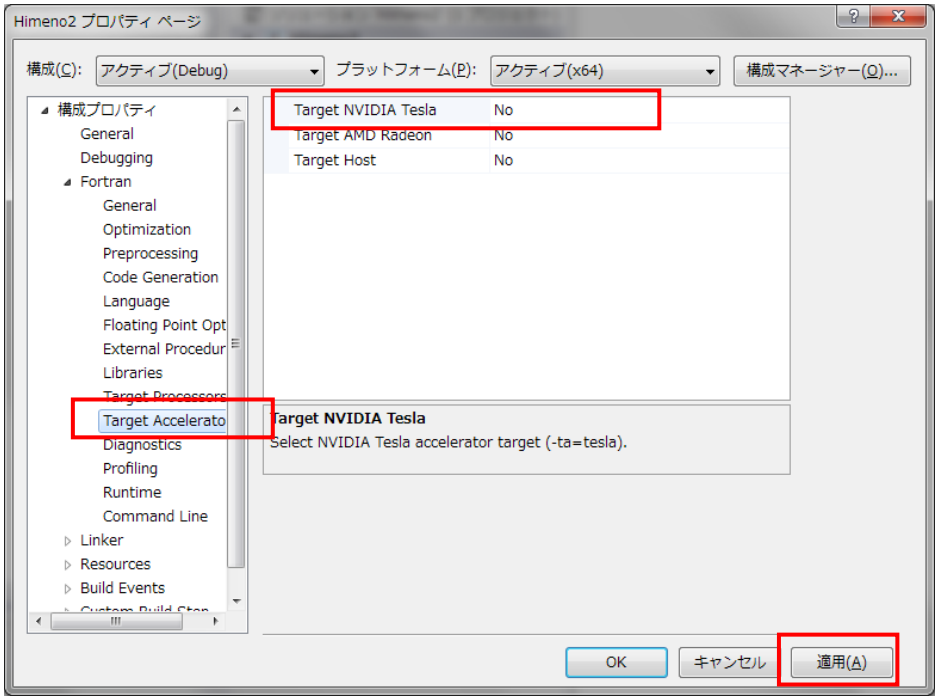
PGI アクセラレータ・プログラミングモデルは、ユーザがプログラム上にディレクティブ（指示行）を挿入して GPU 並列計算ブロックを指示するモデルであり、プログラムの当該ループブロックを GPU 上の kernel プログラムとして実行することができるようにコンパイラが翻訳することができます。予め OpenACC 用ディレクティブを挿入してあるプログラムをコンパイルするための設定を説明します。

■ OpenACC を Enable にする設定

「プロジェクト」→ 「(プロジェクト名）プロパティ」を選択し、プロパティページを開きます。「**Language**」を選び、「**Enable OpenACC Directives**」を「Yes」にします(P21 参照)。これによって、ソースプログラム上の OpenACC のディレクティブを認識し、基本的にこの設定だけでも GPU 用のコード生成を行います。さらに、詳細な NVIDIA GPU のようなターゲット・アクセラレータの特性を指定したい場合は、以下の項目の設定も行うことが出来ます。

■ 「Target Accelerators」プロパティの設定

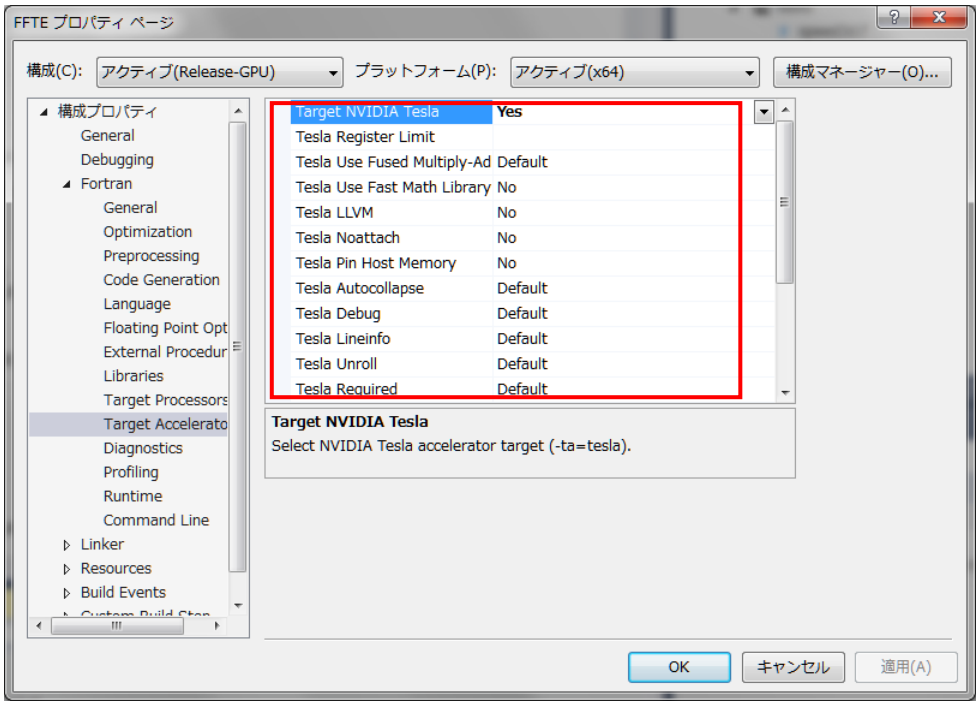
「プロジェクト」 → 「(プロジェクト名）プロパティ」を選択し、プロパティページを開きます。「**Target Accelerators**」を選び、「**Targeting NVIDIA Accelerator**」を「Yes」にします。これによって、Accelerator 用のディレクティブを認識し、GPU 用のコード生成を行います。PGI 14.1 以降は、**AMD Radeon** も追加されました。



上記の通り、「Yes」にした後、細かな Accelerator 用のコンパイルオプションを表示させるには、下部の「適用」ボタンをクリックすると、下図のような詳細なオプション・スイッチが現れます。なお、PGI Accelerator 用のコンパイルオプションの詳細は、以下の URL にて説明していますので、ご覧下さい。

（PGI アクセラレータ・コンパイル用のオプション）

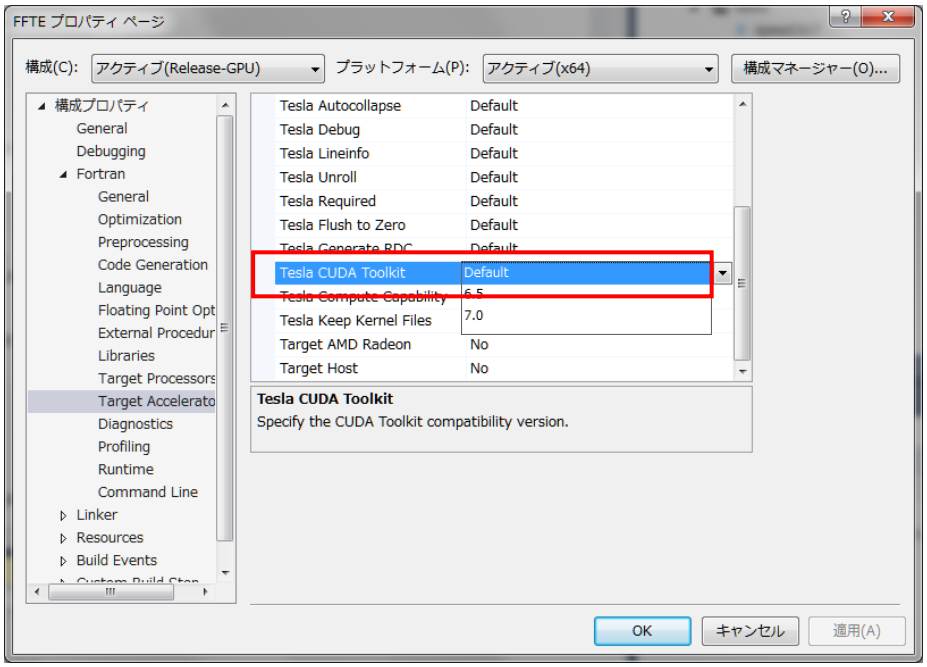
http://www.softek.co.jp/SPG/Pgi/TIPS/opt_accel.html



■ 「NVIDIA CUDA Toolkit」プロパティの設定

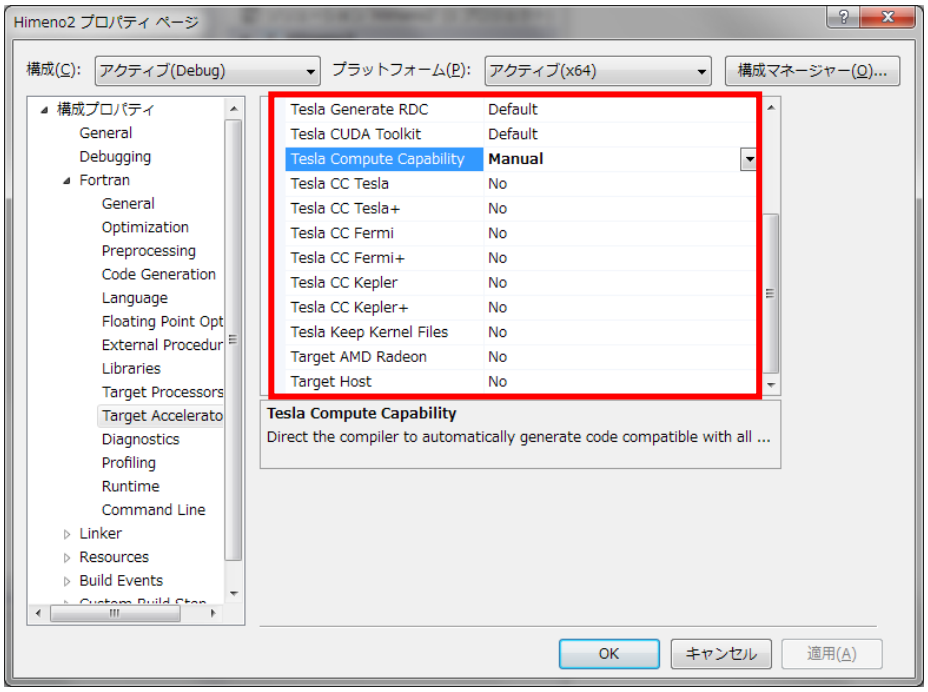
PVF にバンドルされている NVIDIA CUDA Toolkit のバージョンが表示されます。複数の CUDA Toolkit のバージョンが現れた場合は、それを選択することができます。なお、Toolkit とは別に、システムに実装されている NVIDIA のデバイス・ドライバーのバージョンを知りたい場合は、PVF Command Shell のコマンドプロンプト上で pgaccelinfo コマンドを実行するとドライバーのバージョンが表示されます。

For a 7.0 driver: CUDA Driver Version 7000 と表示
For a 7.5 driver: CUDA Driver Version 7050 と表示（一例）



CUDA Toolkit のバージョンを明示的に指定して、その実行バイナリを作成する場合は、上記の画面で示すとおり「NVIDIA CUDA Toolkit」のプロパティでそのバージョンを指定します。「Default」は、各 PVF バージョンによって異なります。

■ 「NVIDIA Compute Capability」プロパティの設定



NVIDIA の GPU には、そのハードウェア特性を識別するために、「NVIDIA Compute Capability」(2.0, 2.1, ... 3. 5,x)と言う番号が付けられており、PVF ではそのニックネームで表示しています。コンパイラはデフォルトで、自動的に CUDA Toolkit でサポートされる全ての Compute Capability 用のコードを生成しますが、明示的に

Compute Capability を（複数）指定してバイナリを生成することもできます。この場合は、「**Manual**」にして「適用ボタン」を押し、画面に現れたボード種別を選択してください。

■ PGI Accelerator 用のコンパイルメッセージ出力のプロパティの設定

PGI アクセラレータ用にコンパイルする際の詳細コンパイル情報を出力するには、「Fortran」→「Diagnostic」→「Accelerator Information」を「Yes」とすることにより、コンパイル時、「出力ウィンドウ」内に詳細なコンパイル情報を出力することができます。

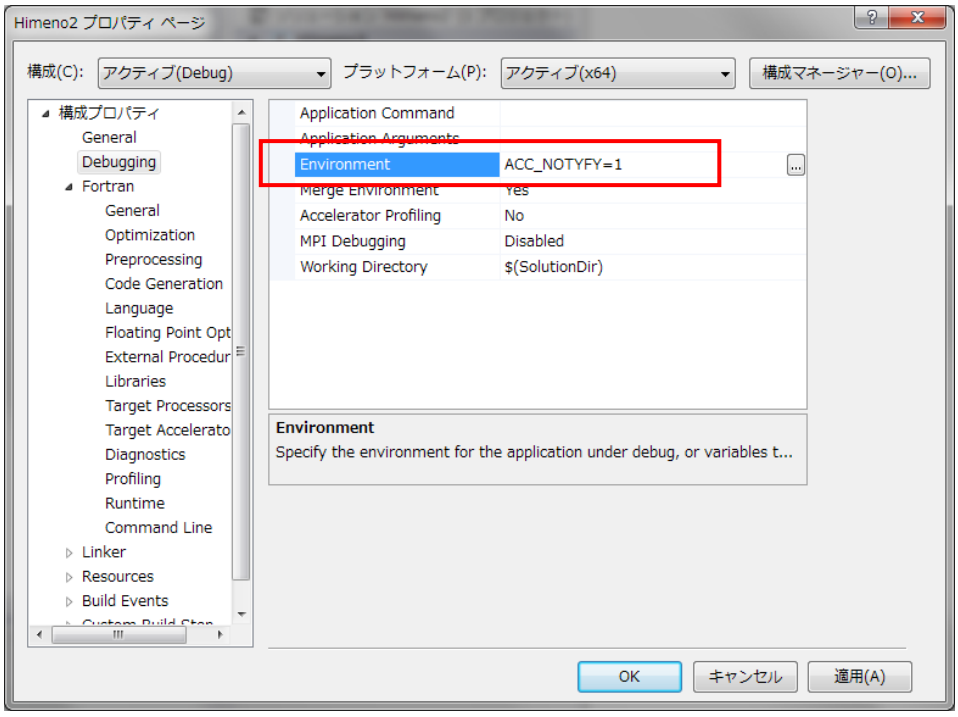
■ PGI Accelerator (OpenACC) 用の環境変数の設定

PGI アクセラレータ用の実行モジュールを実行する際の環境変数の設定は、以下のように行います。「Debugging」→「Environment」の入力欄に、環境変数を入力します。以下の例は、**ACC_NOTIFY** と言う、GPU 内の kernel 実行が行われる毎にとの動作特性を出力するための機能ですが、それを有効に設定するものです。

また、複数の GPU ボードが実装されているシステムでは、**ACC_DEVICE_NUM** と言う環境変数でその論理番号を設定することにより、実行に使用する GPU を指定することができます。

PGI アクセラレータ用実行時の環境変数については、以下の URL にて説明をしておりますので、ご参照ください。

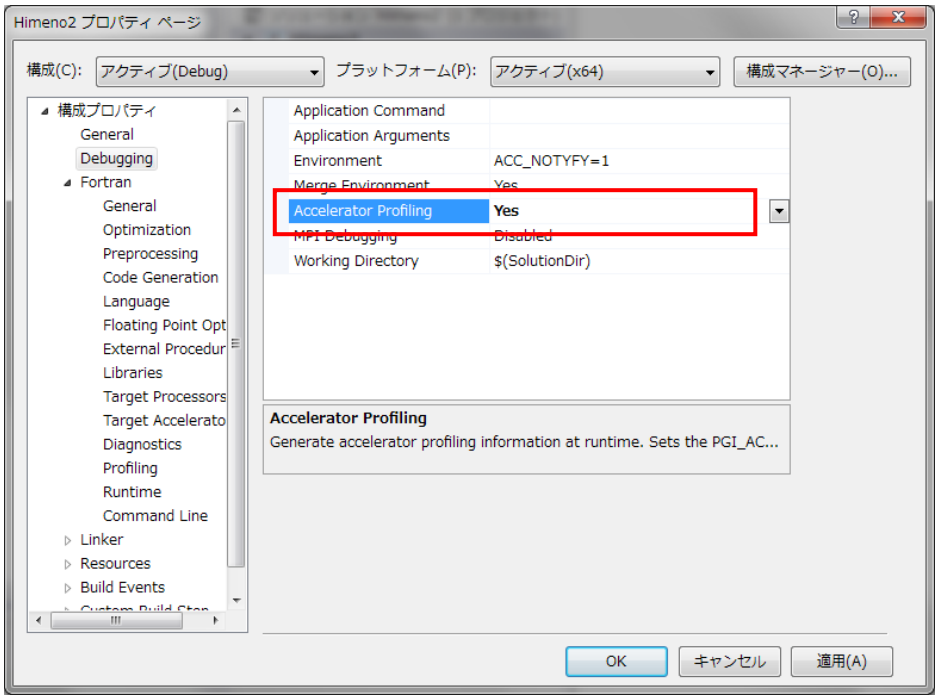
http://www.softek.co.jp/SPG/Pgi/TIPS/opt_accel.html#ENV



■ PGI Accelerator (OpenACC) 用の簡易実行プロファイル出力の設定

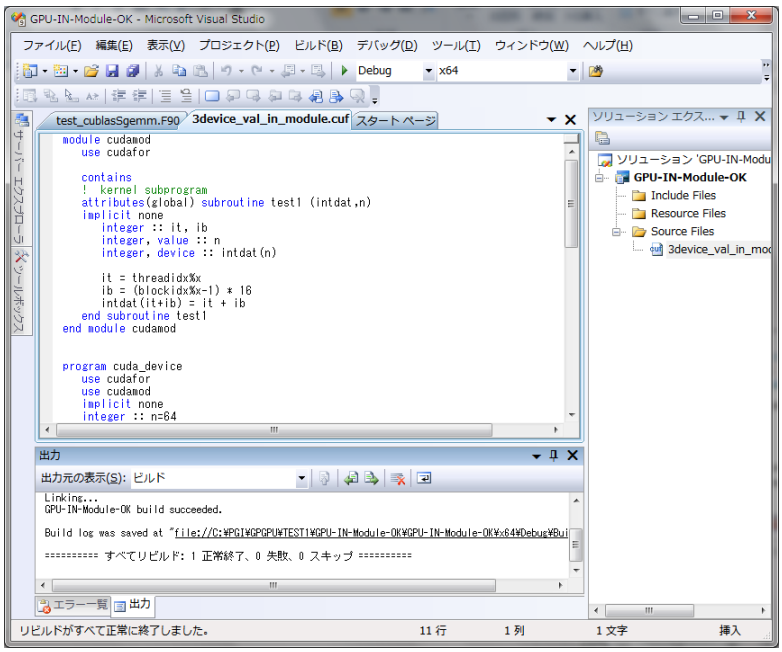
OpenACC 用の実行モジュールの実行終了後、アクセラレータ上の実行プロファイル情報を出力するためのオプションがあります。「Debugging」->「Accelerator

Profiling」を Yes とすることで有効となります。



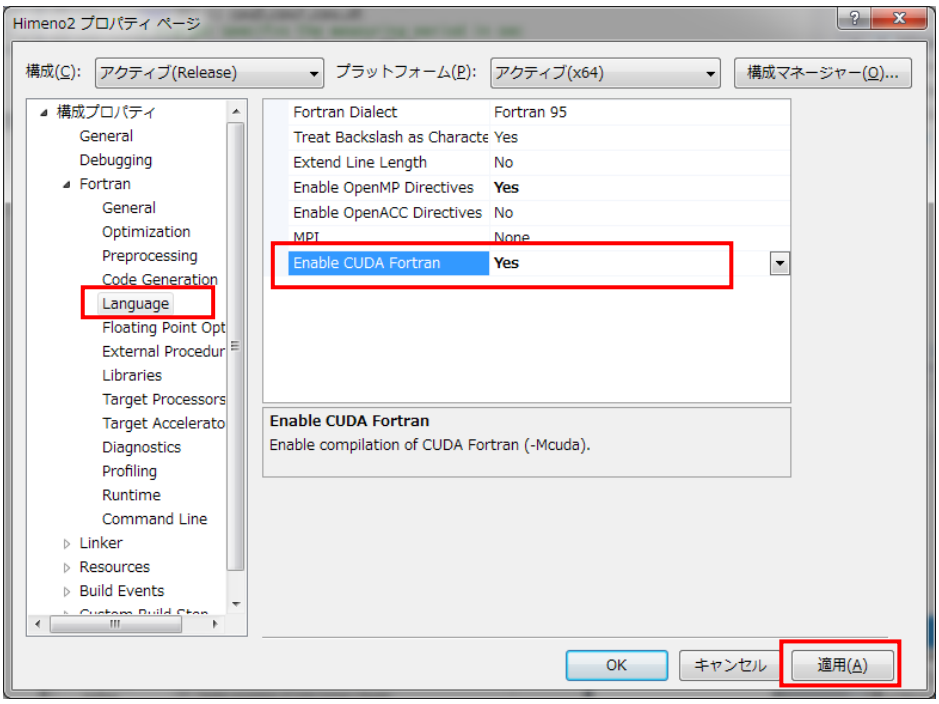
3.2 PGI CUDA Fortran のコンパイル

PGI CUDA Fortran は、NVIDIA CUDA C と同じ考え方による GPU の処理を抽象化できる Fortran 構文を実装し、NVIDIA GPU 用に直接プログラミングすることが可能な Fortran コンパイラです。PGI Visual Fortran は、CUDA Fortran をフルサポートし、CUDA Fortran コンパイル用のプロパティを設定することにより、コンパイルが可能となります。なお、CUDA Fortran のファイルは、**.cuf** と言うファイル拡張子を付けることにより認識されますが、適切なリンケージ処理を行うために、以下に説明する CUDA Fortran 用のプロパティを必ず設定して下さい。なお、PVF editor 上では、CUDA Fortran キーワード・構文の色識別ができます。



■ 「CUDA Fortran」プロパティの設定

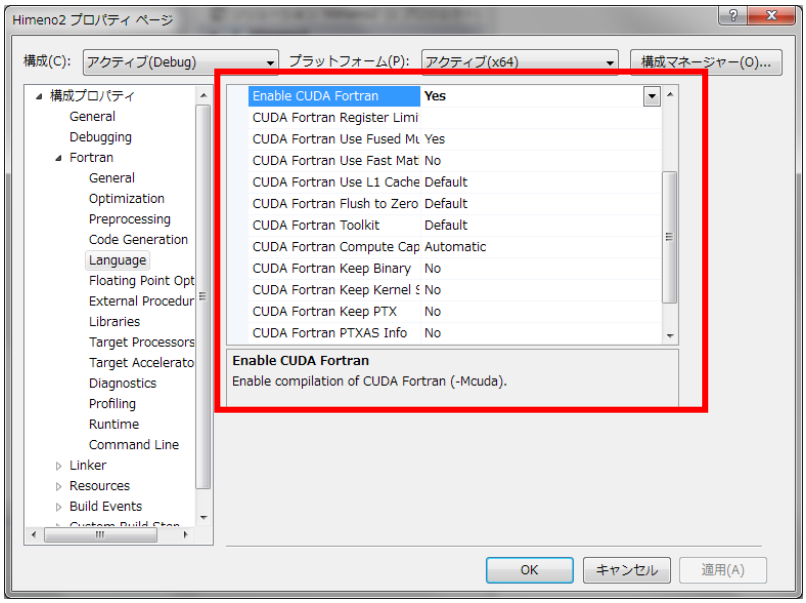
「プロジェクト」 -> 「(プロジェクト名) プロパティ」を選択し、プロパティページを開きます。「Fortran」を選び、「Language」の中の「Enable CUDA Fortran」を「Yes」にします。これにより、CUDA Fortran 構文を認識してコンパイルを行うことができます。



なお、「Yes」にした後、細かな CUDA Fortran 用のコンパイルオプションを表示させるには、一旦、下部の「適用」ボタンをクリックすると、下図のような詳細なオプション・スイッチが現れます。

（PGI CUDA Fortran 用のオプションの説明 URL）

http://www.softek.co.jp/SPG/Pgi/TIPS/opt_cudaF.html

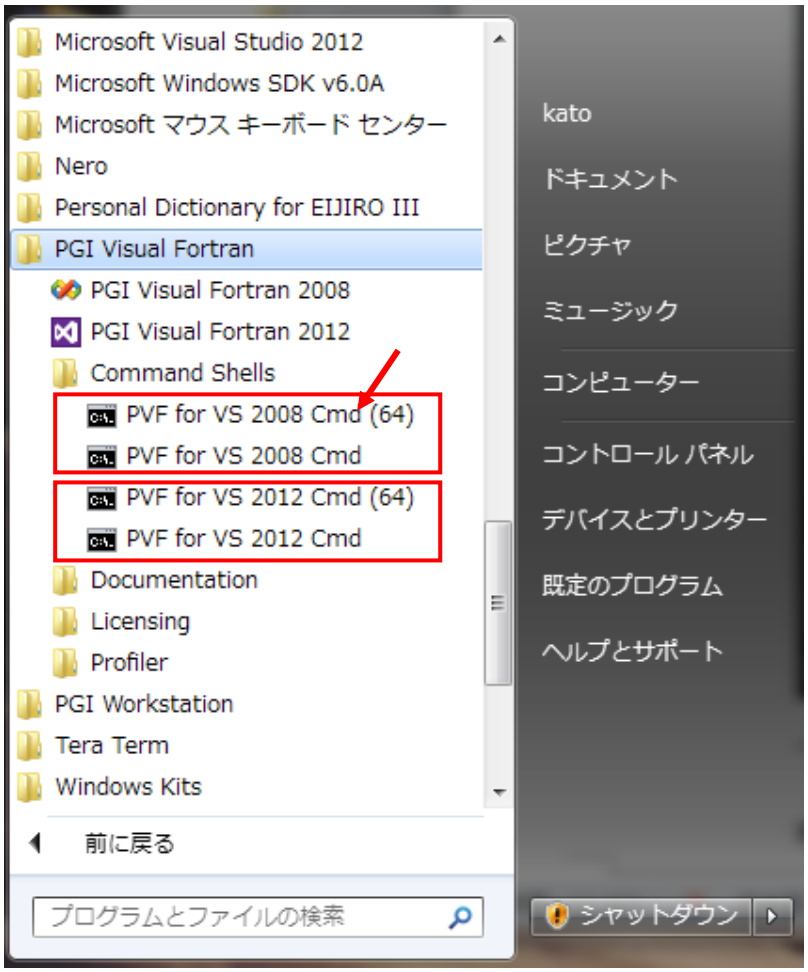


4 PVF コンパイラの起動（コマンド･ライン）

4.1 PVFコマンドプロンプトの起動

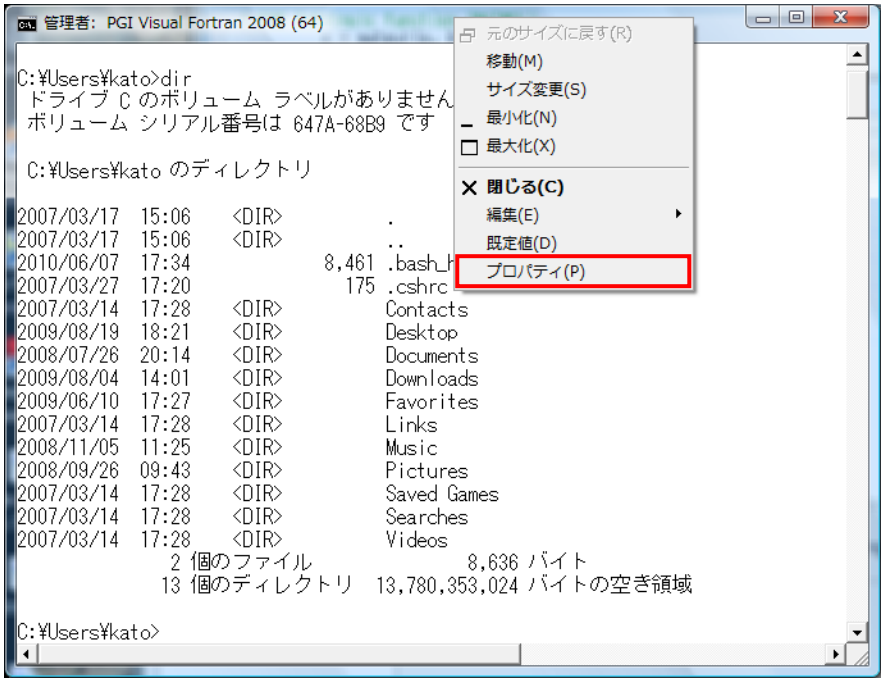
PVF Command Prompt(32bit) あるいは、PVF Command Prompt(64bit)のウィンドウを開き、コマンドベースでコンパイラを操作することができます。32 ビット Windows 上では、PVF Command Prompt(32bit)のみ使用することができます。PVF コマンドプロンプトは、以下の方法で起動できます。

「スタート」メニューをクリック後､「すべてのプログラム」-> 「PGI Visual Fortran」 -> 「Command shells」-> 「PVF for VS 20xx Cmd」(32 ビット用、あるいは 64 ビット用)を選択すると、コマンドプロンプト画面（ウィンドウ）が現れます。



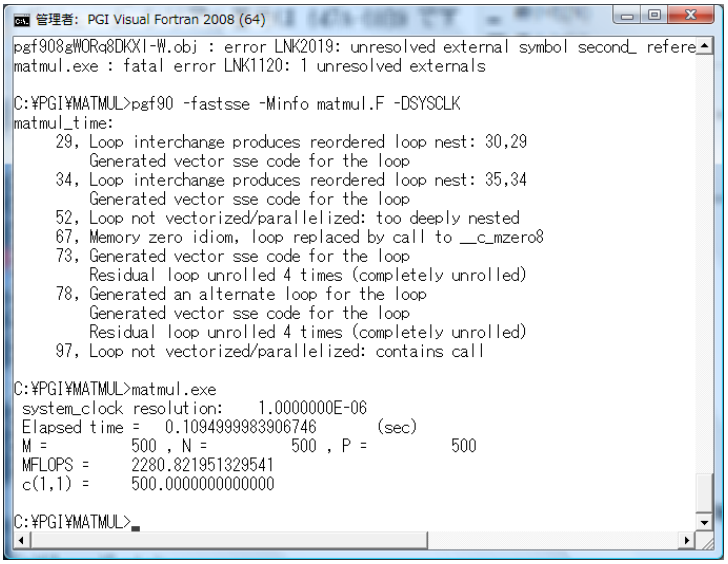
このウィンドウのサイズや文字色、背景色等の「プロパティ」を変更するには、ウィンドウ上部（以下の例では、青地部分）にカーソルを置き、右クリックで下記のようなプルダウンメニューが現れますので、この中の「プロパティ」で、カスタマイズ・変更してください。なお、プロパティを変更してその特性を保存したい場合は、予め､「管理者権限」で「PVF for VS 20xx Cmd」を起動しなければなりません。

「PVF for VS 20xx Cmd」部分にカーソルを置いて右クリックすると､「管理者として実行」がありますので、これを選んでコマンドプロンプトを起動してください。



4.2 PVFコンパイラ・コマンドの使用

PVF コンパイラの操作は、このコマンドプロンプト画面内のコマンド・ライン上でテキストベースにより行います。コンパイラ・コマンドは、FORTRAN77 構文とその方言（IBM/DEC）のみを対象にした pgf77、並びに FORTRAN77/Fortran90/Fortran95/Fortran2003 の構文を全て解釈可能な pgfortran (pgf90、pgf95 も同じもの)コマンドがあります。コマンドの使用方法に関しては、「PGI Workstation & Server 製品」と同じであり、この詳細に関しましては、弊社ホームページ上のコンテンツ、あるいは、ダウンロードサイトで提供しております「**PGI コンパイラ使用ガイド**」（PDF ファイル）をご覧ください。なお、コマンドプロンプト画面内での Windows **のコマンド体系**は、DOS **コマンド**となります。（「PGI Workstation & Server 製品」でインタフェースとして提供している Linux の bash 環境と等価なものは、PVF ソフトウェアでは用意しておりません。別途、PGI Workstation ソフトウェアをインストールしてください）



一般に、コマンドプロンプト内でのコマンド使用の例を以下に記します。Microsoft の DOS コマンドを使用します。

```
PGI Visual Fortran (64)
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation.  All rights reserved.

C:¥Users¥kato>cd C:¥ (ディレクトリを C:¥ トップへ)

C:¥>cd PGI   (PGI と言うフォルダへディレクトリ移動)

C:¥PGI>dir   (フォルダ内のファイルリストを表示)
 ドライブ C のボリューム ラベルがありません。
 ボリューム シリアル番号は 2863-1941 です

 C:¥PGI のディレクトリ

2007/05/28  13:25    <DIR>          .
2007/05/28  13:25    <DIR>          ..
2007/05/10  14:53                33 test.f
               1 個のファイル                  33 バイト
               2 個のディレクトリ  45,879,316,480 バイトの空き領域

C:¥PGI>pgf90 -fastsse -Minfo test.f   (pgf90 コマンドを使用してコンパイル)

C:¥PGI>dir   (コンパイル後のフォルダ内のファイルリストを表示)
 ドライブ C のボリューム ラベルがありません。
 ボリューム シリアル番号は 2863-1941 です

 C:¥PGI のディレクトリ

2007/05/28  13:25    <DIR>          .
2007/05/28  13:25    <DIR>          ..
2007/05/28  13:25            24,576 test.dwf
2007/05/28  13:25           143,360 test.exe
2007/05/10  14:53                33 test.f
2007/05/23  10:40             1,458 test.obj
               4 個のファイル             169,427 バイト
               2 個のディレクトリ  45,879,316,480 バイトの空き領域
C:¥PGI>test.exe   (プログラムの実行)
 hello!
```

（注意） コンパイル＆リンク後に生成されるファイルは、*.exe ファイルと言う名称の実行モジュールだけでなく、*.obj (中間オブジェクトファイル)、*.dwf（シンボル情報ファイル）が生成されます。なお、*.dwf ファイルは、コンパイラが一時的に使用するファイルですので、無視するかあるいは後で削除しても構いません。

■ 自動並列、OpenMP 並列実行時の並列スレッド数の環境変数の設定

コマンドプロンプト上で使用する場合、**実行時に使用する様々な環境変数のセットの方法を説明**します。Windows のコマンドプロンプト上での環境変数の設定は、「set」コマンドで行います。これは、一般的な Windows 上でのルールと同じですので、PGI コンパイラのランタイム時に指定する必要のある環境変数は、set コマンドでコマンドプロンプト画面を立ち上げる度に指定してください。これを事前にセットした後、プログラムを実行してください。

$ set OMP_NUM_THREADS=〔並列 CPU 物理コア数〕

(例：set OMP_NUM_THREADS=2)

あるいは、

$ set NCPUS=〔並列 CPU コア数〕　　(例：set NCPUS=2)

4.3 Windows®上で使用する際の留意点

Windows 上で PVF コンパイラをコマンドベースで使用する際の留意点は、以下の URL に補足説明をしております。基本的には Windows®のコマンド環境のルールをそのまま提供して結構です。

http://www.softek.co.jp/SPG/Pgi/win64/win64use.html

5 その他

5.1 実行モジュールの再配布

PVF コンパイラで生成された実行モジュールは、他の同種の Windows システムへ配布することができます。実行形式ファイルは、デフォルトでは静的リンク形式なため、その実行形式のファイルのみのファイルで済みます。しかし、DLL 形式の実行モジュールを作成した場合は、PGI 社が提供しているランタイム・ライブラリである DLL（ダイナミック・リンク・ライブラリ）ファイルも併せて配布しなければなりません。この再配布可能な DLL ファイル群は、以下のディレクトリ配下にありますので、適時使用してください。基本的に、配布した実行モジュールと同じフォルダ内に必要な DLL が存在していれば、実行モジュールは動作します。

- 64 ビット Windows 上
  C:¥Program Files¥PGI¥win64¥{リリース番号}¥REDIST (64bit モジュール用)
  C:¥Program Files (x86)¥PGI¥win32¥{リリース番号}¥REDIST (32bit モジュール用)

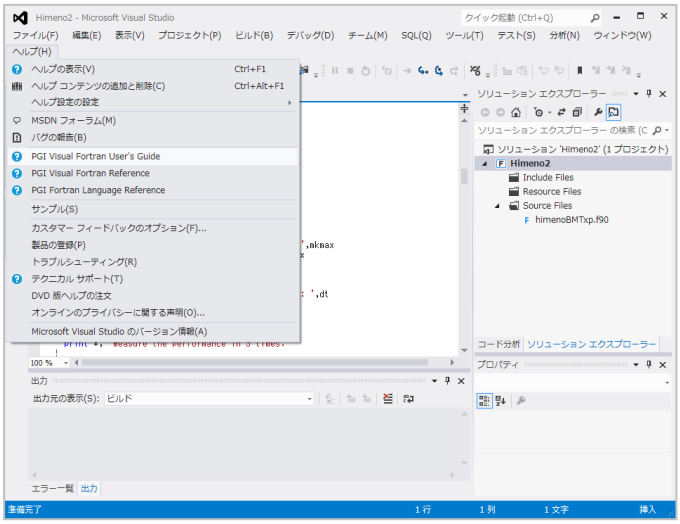
- 32 ビット Windows 上
  C:¥Program Files¥PGI¥win32¥{リリース番号}¥REDIST (32bit モジュール用)

同様に、Microsoft Open Tools の再配布可能 DLL ファイルは、以下に存在します。

- Microsoft Open Tools 用の DLL
  C:¥Program Files¥PGI¥ Microsoft Open Tools 12¥redist(VS 2013 用)
  C:¥Program Files¥PGI¥ Microsoft Open Tools 14¥redist(VS 2015 用)

5.2 PVF ドキュメント

PVF コンパイラのドキュメントは、Visual Studio の「ヘルプ」 内で、マニュアルとして PDF ファイルを参照できます。



以　上