
Geant4の概要

Geant4 10.3.P3準拠

Geant4 HEP/Space/Medicine 講習会資料



大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構

本資料に関する注意

- 本資料の知的所有権は、高エネルギー加速器研究機構およびGeant4 collaborationが有します
- 以下のすべての条件を満たす場合に限り無料で利用することを許諾します
 - 学校、大学、公的研究機関等における教育および非軍事目的の研究開発のための利用であること
 - ・ Geant4の開発者はいかなる軍事関連目的へのGeant4の利用を拒否します
 - このページを含むすべてのページをオリジナルのまま利用すること
 - ・ 一部を抜き出して配布したり利用してはいけません
 - 誤字や間違いと疑われる点があれば報告する義務を負うこと
- 商業的な目的での利用、出版、電子ファイルの公開は許可なく行えません
- 本資料の最新版は以下からダウンロード可能です
 - <http://geant4.kek.jp/lecture/>
- 本資料に関する問い合わせ先は以下です
 - Email: lecture-feedback@geant4.kek.jp

はじめに

- 本講習会はHEP、宇宙、医療などの研究分野のGeant4初心者を対象としたもので、コース資料は2017年8月にリリースされたGeant4 10.3.P2に準拠して作成されている
- 講習会は講義と演習(Hands-on)からなり、特定のトピックスの講義のあと、すぐにそれに対応する演習をおこなう。この講義と演習との組を繰り返すことで、Geant4の基本的な使い方の習得をめざす
- Geant4 10.0リリース以降、マルチスレッド処理による高速化機能が提供されているが、本講習会ではマルチスレッド処理機能を使用しない、標準的なGeant4の使用法についての講義および実習となる
- 講習・演習は受講が以下の知識を持つことを前提としている：
 - C++言語で簡単なプログラミングができるとともに、言語がサポートしているオブジェクト機能の基礎を理解していること
 - Unix/Linux環境で基本的なshellコマンド(ls, pwd, less, more,) が使える

目次

- Geant4とは
- Geant4を使用する際の情報入手法
- Geant4の組織、歴史など
- ライセンスについて

[謝辞] 本チュートリアルで使用している資料は、過去にSLAC、CERN、IN2P3、ESAなどが主催したGeant4チュートリアルで使用されたスライドの内容を多く含みます。これらのスライド作成に寄与したGeant4 Collaborationメンバーに謝意を表します。

Geant4とは

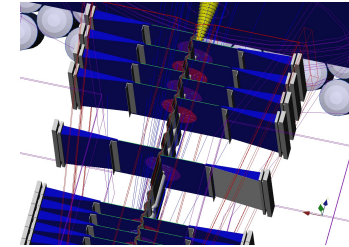
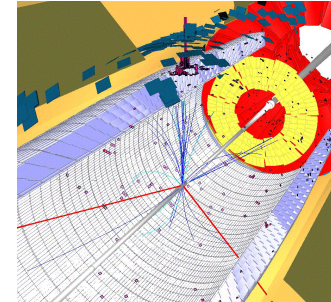
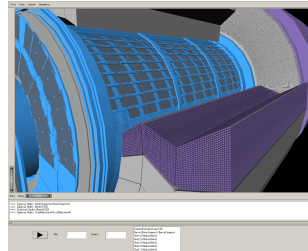
Geant4とは？

- 粒子が物質中を通過する際に生じる相互作用過程を正確にシミュレーションするソフトウェア・パッケージ
 - ここで粒子とは、素粒子、原子核／イオンなどのいわゆる放射線、さらに光学光子など
- C++で記述されており、**ツール・キット**という形式で提供される
 - ツール・キットとはユーザが自らのシミュレーション／アプリケーションを作る際に必要なC++クラスをまとめたパッケージ
 - ユーザは自ら、ツールキットを使ってC++のアプリケーション・プログラムを作ることを想定
(**mainプログラムを自分で書くということ**)
 - ← 多くのシミュレーションではユーザが入力情報をアプリケーションにファイル・GUI経由で渡しシミュレーションを実行するアプローチだが、Geant4はこれと異なる
- ツール・キットという形態を採用することで、広範なユーザ要求に対応が可能
 - 素粒子実験、宇宙研究などにおける国際共同実験で必要な複雑かつ大規模なシミュレーションシステムから、小規模で個人的なアプリケーションにいたるまで
- **高エネルギー物理学**におけるシミュレーションの世界標準ツールキットであるが、**宇宙、宇宙線、医療、加速器、放射線遮蔽等**の分野でも世界的に使われている
 - 広い分野での要件を満足させるため、非常に自由度の高い機能と柔軟性を提供する

Geant4の応用分野 – 代表的なもの

■ 基礎物理学実験分野

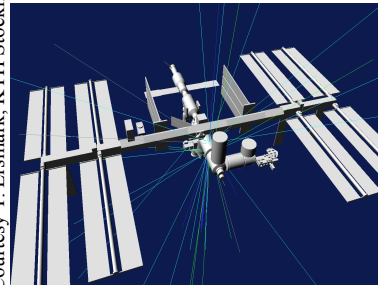
- 素粒子
- 原子核
- 宇宙線、.....



■ 放射線医療・医学分野

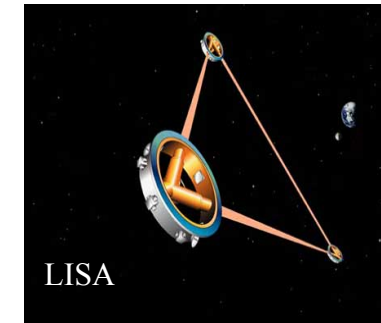
- 各種粒子線による治療計画
- 医療機器の開発
- DNA切断、.....

Courtesy T. Ersmark, KTH Stockholm



■ 放射線遮蔽分野

- 加速器遮蔽
- 機器の放射線損傷、.....



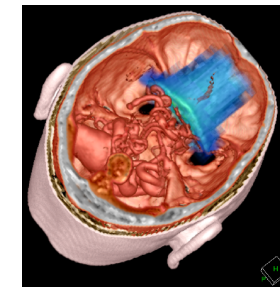
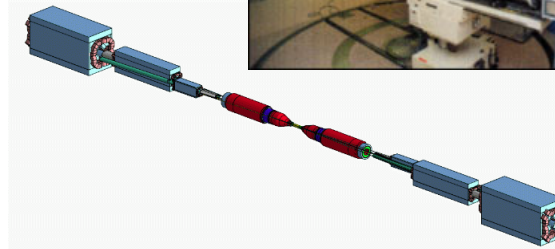
■ 宇宙分野

- 宇宙衛星の放射線損傷
- 惑星での放射線環境、.....



■ 工業分野

- 非破壊検査.....



Geant4ツールキットの機能

■ ツールキットにはシミュレーションに必要な以下の機能が提供されている:

- 測定機器等の構造体の幾何記述 (CADとのインターフェイスを含む)
- 構造体の物質組成記述
- 粒子の定義 (素粒子、原子、イオン等)
- 入射粒子の物理的条件 (入射点、運動量、他)、一般粒子線源の設定
- 粒子の物質中の輸送 (電磁場、一般場を設定可能)
- 粒子と物質との相互作用の物理 (電磁相互作用、ハドロン相互作用、等)
- 測定機器の応答 (構造体の中の有感部分の記述) 作成
- 応答データ等、必要情報の作成
- 必要情報の保存およびデータ解析のツールへのインターフェイス
- 構造体、粒子の飛跡等の可視化
- 粒子輸送過程での様々な詳細情報取得
- 並列処理技法による高速シミュレーション機能

■ さらに、ユーザが独自のシミュレーション・システムを作る際に有用な機能も提供:

- UI/GUIツール
- 組み込みコマンド・インタプリタ
- 豊富な標準的コントロール・コマンド (シミュレーションの開始、終了等)

Geant4が提供する物理

- シミュレーションでユーザは以下の広範な物理過程を使用できる：
 - 電磁相互作用過程
 - ハドロン相互作用過程
 - 光子／レプトンとハドロン相互作用過程
 - 光学光子過程
 - 粒子崩壊過程
 - 粒子シャワーのパラメータ表現
 - 分散低減化法
 - その他、ユーザが自由に独自の物理過程を追加する事が可能
- これらの物理過程の機能提供はGeant4の最も重要な要素
- これらの物理過程の記述には、理論、実験結果の数値表現、経験則等に基づく多様なモデルを総合的に用いる
 - 広範なエネルギー領域の粒子と物質の相互作用を扱うため、その全てを一つの物理モデルで記述する事は不可能

Geant4使用する際の情報入手法

Geant4の公式webページ

- 公式ページURL: <http://www.geant4.org>
 - Geant4開発チームの公式情報入手のスタートポイント

Geant 4

Download | User Forum | Gallery
Contact Us

Search Geant4

Geant4 is a toolkit for the simulation of the passage of particles through matter. Its areas of application include high energy, nuclear and accelerator physics, as well as studies in medical and space science. The two main reference papers for Geant4 are published in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 506 (2003) 250-303, and *IEEE Transactions on Nuclear Science* 53 No. 1 (2006) 270-278.

Applications
A sampling of applications, technology transfer and other uses of Geant4

User Support
Getting started, guides and information for users and developers

Results & Publications
Validation of Geant4, results from experiments and publications

Collaboration
Who we are: collaborating institutions, members, organization and legal information

News

- 4 November 2011 - **Geant4-MT prototype 9.4.p01** is available from the [download area](#).
- 30 June 2011 - **Release 9.5 BETA** is available from the [Beta download area](#).
- 24 June 2011 - **Patch-02 to release 9.4** is available from the [download area](#).
- 1 March 2011 - 2011 planned developments.

Events

- 8th Geant4 Space Users' Workshop, Epochal Tsukuba International Congress Center, Tsukuba (Japan), 7-9 December 2011.
- Geant4 Training Course Tsukuba 2011, Epochal Tsukuba International Congress Center, Tsukuba (Japan), 12-14 December 2011.
- [Past events](#)

Geant4使用に関する
ユーザ・サポートの公
式情報は全てここから
入手できる

ユーザ・サポート公式情報: User Supportのページ

■ 以下のURLからアクセス

<http://www.geant4.org/geant4/support/index.shtml>

The screenshot shows the Geant4 User Support page. On the left, there are several Japanese annotations in boxes with arrows pointing to specific links on the page:

- 「ソースコードはここからダウンロード」 (Source code is downloaded from here) points to the 'Source code' link (item 3).
- 「ソースコードのブラウザはここ」 (Source code browser is here) points to the 'LXR code browser' link (item b under 3).
- 「FAQ」 (FAQ) points to the 'Frequently Asked Questions (FAQ)' link (item 4).
- 「バグおよび修正情報」 (Bug and fix information) points to the 'Bug reports and fixes' link (item 5).
- 「ユーザの質問とそれに対する答え」 (User questions and answers) points to the 'User Forum' link (item 7).
- 「Geant4使用に関するユーザ ドキュメント」 (User documents related to Geant4 use) points to the 'Documentation' section (item 8), which is highlighted with a red box.
- 「公式例題プログラムの解説」 (Explanation of official example program) points to the 'Examples' link (item 9).
- 「物理過程使用のための情報」 (Information for using physics processes) points to the 'Physics lists' link (item 10).

The right side of the page features a 'Related Links' section with the following links:

- Object Oriented Analysis & Design
- Archive
- Mailing list subscription
- User requirements document (pdf)
- Technical Forum

Geant4使用に関する詳細ドキュメント

初心者にとって **特に重要なドキュメント** は以下のもの:

■ *Installation Guide*

- Geant4が使える計算機環境のまとめ
- Geant4を使用するために必要なソフトウェア
- Geant4ツールキット・ラブラリの作成方法
- Geant4アプリケーションのバイナリ作成方法

■ *Application Developers' Guide*

- 初心者向けGeant4の入門
- ツールキットの提供する全機能の詳細
- Geant4アプリケーション・プログラムのコード作成方法

新たなGeant4コード・リリースが行われた際に、追加された新機能は、必ずこのドキュメントに記述される

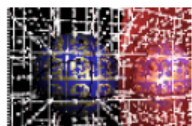
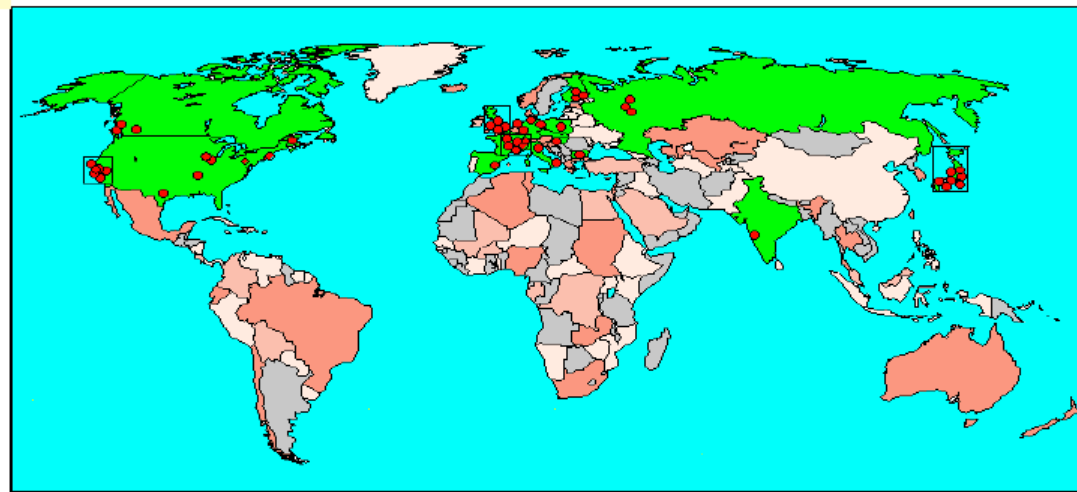
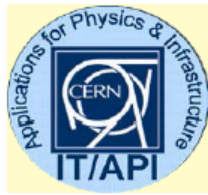
より上級者向きのドキュメントは以下のもの:

- *Physics Reference Manual*
- *Toolkit Developers' Guide*

Geant4の組織と歴史

Geant4の組織

国際共同開発維持組織: 参加メンバー数 ~100、 参加研究機関数 ~40



J.W. Goethe
Universität



Collaborators also from non-member institutions, including
Budker Inst. of Physics
IHEP Protvino
MEPHI Moscow
Pittsburg University

Geant4の歴史

■ R&D期間

- 1993年～ : KEKとCERNでFOTRAN版GEANT3のOO再構築プロジェクトが始動
- 1994年12月 : 二つのプロジェクトの合流、CERN R&Dとして RD44の開始
- 1997年 4月 : RD44によるGeant4アルファ版の公開
- 1998年 7月 : ベータ版の公開
- 1998年12月 : R&D最終バージョン Geant4 0.0 公開

■ Geant4国際協力チーム期間

- 1999年 6月 : バージョン 0.1 公開
- 1999年12月 : バージョン 1.0 公開
-
- 2010年12月 : バージョン 9.4 公開
- 2011年12月 : バージョン 9.5 公開
- 2012年12月 : バージョン 9.6 公開
- 2013年12月 : バージョン 10.0 公開
- 2014年12月 : バージョン 10.1 公開
- 2015年12月 : バージョン 10.2 公開
- 2016年12月 : バージョン 10.3 公開 (最新バージョン: Geant4 10.3.P03 2017年10月)

■ 通常、年に1回の公式リリースと、その改訂(パッチ)リリースを年に数回

■ 希望するユーザにはベータ版も公開提供

Geant4 第1論文(NIM)の引用情報

■ Geant4 第1論文 (2003年)

Geant4 - A Simulation Toolkit: Nuclear Instruments and Methods A 506 (2003) 250-303

■ Thomson Reuters: Web of Science (文献検索サービス)からの情報

研究分野別積算引用数 (上位25)



通年積算引用数



年別の被引用数

論文の被引用件数

2003~2017の年別推移



フィールド: 研究分野	レコード件数	% / 6894	棒グラフ
PHYSICS	4539	65.840 %	
NUCLEAR SCIENCE TECHNOLOGY	1698	24.630 %	
ASTRONOMY ASTROPHYSICS	1390	20.162 %	
INSTRUMENTS INSTRUMENTATION	1377	19.974 %	
RADIOLOGY NUCLEAR MEDICINE MEDICAL IMAGING	953	13.824 %	
ENGINEERING	769	11.155 %	
CHEMISTRY	215	3.119 %	
ENVIRONMENTAL SCIENCES ECOLOGY	106	1.538 %	
PUBLIC ENVIRONMENTAL OCCUPATIONAL HEALTH	77	1.117 %	
METEOROLOGY ATMOSPHERIC SCIENCES	75	1.088 %	
OPTICS	75	1.088 %	
GEOLOGY	73	1.059 %	
SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS	67	0.972 %	
MATERIALS SCIENCE	50	0.725 %	
GEOCHEMISTRY GEOPHYSICS	46	0.667 %	
ONCOLOGY	46	0.667 %	
COMPUTER SCIENCE	36	0.522 %	
LIFE SCIENCES BIOMEDICINE OTHER TOPICS	31	0.450 %	
BIOPHYSICS	16	0.232 %	
SPECTROSCOPY	10	0.145 %	
BIOCHEMISTRY MOLECULAR BIOLOGY	9	0.131 %	
MATHEMATICS	7	0.102 %	
RESEARCH EXPERIMENTAL MEDICINE	7	0.102 %	
PHARMACOLOGY PHARMACY	6	0.087 %	
IMAGING SCIENCE PHOTOGRAPHIC TECHNOLOGY	5	0.073 %	
MATHEMATICAL COMPUTATIONAL BIOLOGY	5	0.073 %	
CRYSTALLOGRAPHY	3	0.044 %	
ENERGY FUELS	3	0.044 %	
MEDICAL INFORMATICS	3	0.044 %	
MICROSCOPY	3	0.044 %	
SURGERY	3	0.044 %	
WATER RESOURCES	3	0.044 %	
AGRICULTURE	2	0.029 %	
BIOTECHNOLOGY APPLIED MICROBIOLOGY	2	0.029 %	
CELL BIOLOGY	2	0.029 %	
EDUCATION EDUCATIONAL RESEARCH	2	0.029 %	
FOOD SCIENCE TECHNOLOGY	2	0.029 %	
GENETICS HEREDITY	2	0.029 %	
TOXICOLOGY	2	0.029 %	

Geant4 第2論文(IEEE)の引用情報

■ Geant4 第2論文 (2006年)

Geant4 developments and applications: IEEE Trans on Nuclear Science 53 No. 1 (2006) 270-278.

■ Thomson Reuters: Web of Science (文献検索サービス)からの情報



通年積算引用数



論文の被引用件数 2006~2017の年別推移



研究分野別積算引用数 (上位25)

フィールド: 研究分野	レコード件数	% / 1755	棒グラフ
PHYSICS	1045	59.544 %	
NUCLEAR SCIENCE TECHNOLOGY	523	29.801 %	
INSTRUMENTS INSTRUMENTATION	381	21.709 %	
RADIOLOGY NUCLEAR MEDICINE MEDICAL IMAGING	287	16.353 %	
ENGINEERING	281	16.011 %	
ASTRONOMY ASTROPHYSICS	246	14.017 %	
CHEMISTRY	65	3.704 %	
ENVIRONMENTAL SCIENCES ECOLOGY	30	1.709 %	
PUBLIC ENVIRONMENTAL OCCUPATIONAL HEALTH	26	1.481 %	
OPTICS	25	1.425 %	
GEOLOGY	22	1.254 %	
COMPUTER SCIENCE	20	1.140 %	
SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS	20	1.140 %	
METEOROLOGY ATMOSPHERIC SCIENCES	18	1.026 %	
MATERIALS SCIENCE	12	0.684 %	
GEOCHEMISTRY GEOPHYSICS	11	0.627 %	
LIFE SCIENCES BIOMEDICINE OTHER TOPICS	10	0.570 %	
ONCOLOGY	7	0.399 %	
RESEARCH EXPERIMENTAL MEDICINE	3	0.171 %	
IMAGING SCIENCE PHOTOGRAPHIC TECHNOLOGY	2	0.114 %	
MATHEMATICAL COMPUTATIONAL BIOLOGY	2	0.114 %	
MATHEMATICS	2	0.114 %	
PHARMACOLOGY PHARMACY	2	0.114 %	
POLYMER SCIENCE	2	0.114 %	
SPECTROSCOPY	2	0.114 %	

Geant4 第3論文(NIM)の引用情報

■ Geant4 第3論文(2016年)

“Recent developments in Geant4”: Nuclear Instruments and Methods A 835 (2016) 186-225

■ Thomson Reuters: Web of Science (文献検索サービス)からの情報



通年積算引用数



研究分野別積算引用数

フィールド: 研究分野	レコード件数	% / 35	棒グラフ
INSTRUMENTS INSTRUMENTATION	17	48.571 %	
PHYSICS	16	45.714 %	
NUCLEAR SCIENCE TECHNOLOGY	11	31.429 %	
RADIOLOGY NUCLEAR MEDICINE MEDICAL IMAGING	8	22.857 %	
ENGINEERING	4	11.429 %	
CHEMISTRY	3	8.571 %	
OPTICS	2	5.714 %	

論文の被引用件数

2016~2017の年別推移



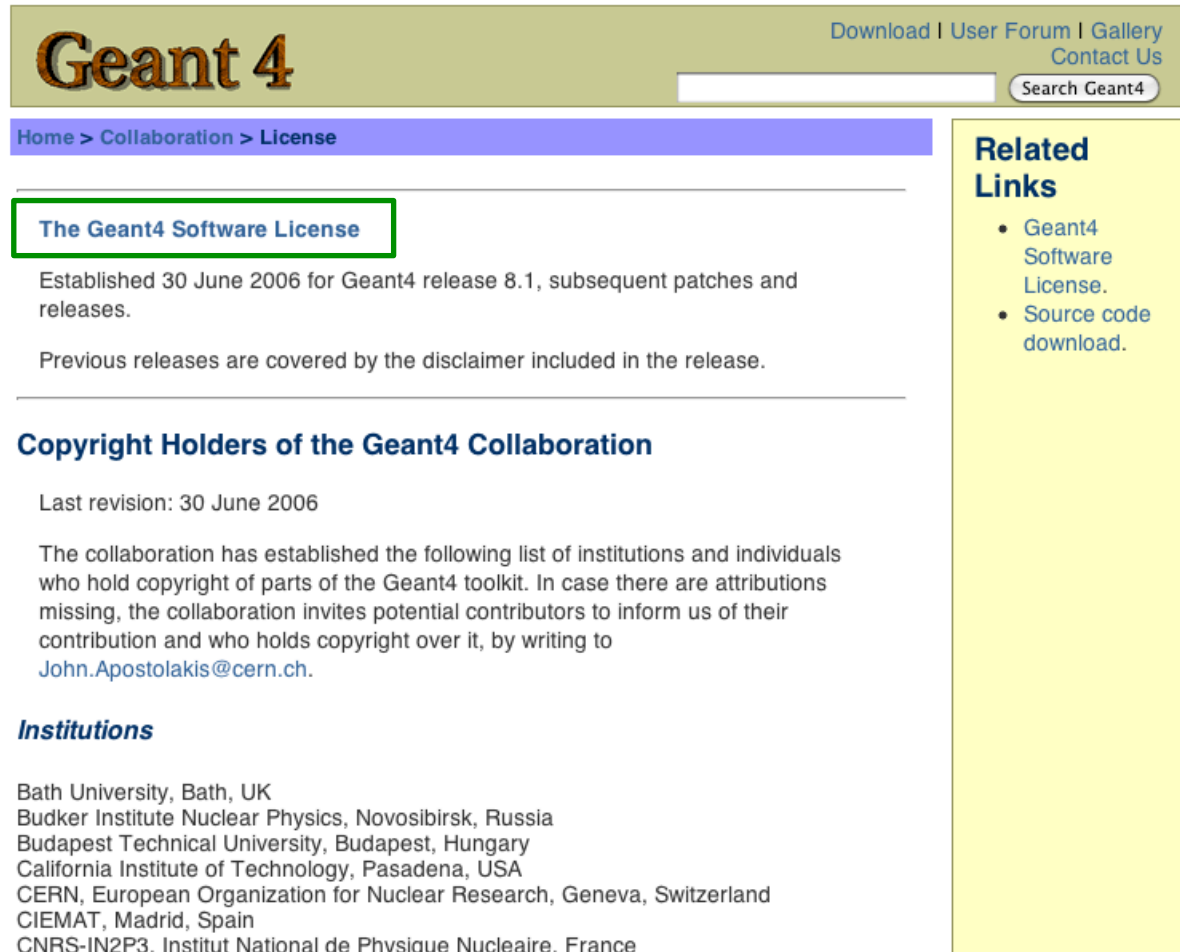
Geant4ライセンス

Geant4ライセンス

Geant4ライセンスは以下の場所から入手出来る

<http://www.geant4.org/geant4/license/index.shtml>

- ライセンスはユーザがGeant4を使うにあたり、**広範囲の自由度を許容**している
- ライセンスは8項目からなる。内容は以下のスライドを参照
- 多くのライセンス文書と異なり、平易にかかれている
- ライセンスはGeant4 8.1から有効



The screenshot shows the 'The Geant4 Software License' page. The header includes the 'Geant 4' logo and navigation links: 'Download | User Forum | Gallery | Contact Us'. A search bar is also present. The breadcrumb trail is 'Home > Collaboration > License'. The main heading is 'The Geant4 Software License'. The text states: 'Established 30 June 2006 for Geant4 release 8.1, subsequent patches and releases.' and 'Previous releases are covered by the disclaimer included in the release.' Below this is the section 'Copyright Holders of the Geant4 Collaboration' with a 'Last revision: 30 June 2006'. The text explains that the collaboration has established a list of institutions and individuals who hold copyright of parts of the Geant4 toolkit. It invites potential contributors to inform them of their contribution and who holds copyright over it, by writing to John.Apostolakis@cern.ch. A section titled 'Institutions' lists the following: Bath University, Bath, UK; Budker Institute Nuclear Physics, Novosibirsk, Russia; Budapest Technical University, Budapest, Hungary; California Institute of Technology, Pasadena, USA; CERN, European Organization for Nuclear Research, Geneva, Switzerland; CIEMAT, Madrid, Spain; and CNRS-IN2P3, Institut National de Physique Nucleaire, France. On the right side, there is a 'Related Links' section with two links: 'Geant4 Software License.' and 'Source code download.'

Geant4ライセンスの概要

- 以下のライセンス本文の1項及び2項で、ユーザはコード変更、再配布、さらには有償のプログラムの一部に使う事が許されている
- 3項でユーザは前項条件に従い作成したユーザプログラムに、Geant4という名前を使う事を禁止している

Geant4 Software License

Version 1.0, 28 June 2006

Copyright (c) Copyright Holders of the Geant4 Collaboration, 1994-2006.

See <http://cern.ch/geant4/license> for details on the copyright holders. All rights not expressly granted under this license are reserved.

This software includes voluntary contributions made to Geant4. See <http://cern.ch/geant4> for more information on Geant4.

Installation, use, reproduction, display, modification and redistribution of this software, with or without modification, in source and binary forms, are permitted on a non-exclusive basis. Any exercise of rights by you under this license is subject to the following conditions:

1. Redistributions of this software, in whole or in part, with or without modification, must reproduce the above copyright notice and these license conditions in this software, the user documentation and any other materials provided with the redistributed software.

2. The user documentation, if any, included with a redistribution, must include the following notice:
"This product includes software developed by Members of the Geant4 Collaboration (<http://cern.ch/geant4>)."

If that is where third-party acknowledgments normally appear, this acknowledgment must be reproduced in the modified version of this software itself.

3. The names "Geant4" and "The Geant4 toolkit" may not be used to endorse or promote software, or products derived therefrom, except with prior written permission by license@geant4.org. If this software is redistributed in modified form, the name and reference of the modified version must be clearly distinguishable from that of this software.

Geant4ライセンスの概要 - 続き

- 以下のライセンス本文の4ではユーザがGeant4に基づくプログラムをフリーで公開した場合、Geant4コラボレーションもそれを自由に使うことを宣言
- 5ではユーザはGeant4で提供されている機能をもとに**特許を取る事を禁止**している

4. You are under no obligation to provide anyone with any modifications of this software that you may develop, including but not limited to bug fixes, patches, upgrades or other enhancements or derivatives of the features, functionality or performance of this software. However, if you publish or distribute your modifications without contemporaneously requiring users to enter into a separate written license agreement, then you are deemed to have granted all Members and all Copyright Holders of the Geant4 Collaboration a license to your modifications, including modifications protected by any patent owned by you, under the conditions of this license.

5. You may not include this software in whole or in part in any patent or patent application in respect of any modification of this software developed by you.

Geant4ライセンスの概要 - 続き

- 以下のライセンス本文で**免責**(すなわち、**Geant4の出す結果の非保証**)が宣言されている。

6. DISCLAIMER

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE MEMBERS AND COPYRIGHT HOLDERS OF THE GEANT4 COLLABORATION AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, OF SATISFACTORY QUALITY, AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR USE ARE DISCLAIMED. THE MEMBERS OF THE GEANT4 COLLABORATION AND CONTRIBUTORS MAKE NO REPRESENTATION THAT THE SOFTWARE AND MODIFICATIONS THEREOF, WILL NOT INFRINGE ANY PATENT, COPYRIGHT, TRADE SECRET OR OTHER PROPRIETARY RIGHT.

7. LIMITATION OF LIABILITY

THE MEMBERS AND COPYRIGHT HOLDERS OF THE GEANT4 COLLABORATION AND CONTRIBUTORS SHALL HAVE NO LIABILITY FOR DIRECT, INDIRECT, SPECIAL, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, EXEMPLARY, OR PUNITIVE DAMAGES OF ANY CHARACTER INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES, LOSS OF USE, DATA OR PROFITS, OR BUSINESS INTERRUPTION, HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF CONTRACT, WARRANTY, TORT (INCLUDING NEGLIGENCE), PRODUCT LIABILITY OR OTHERWISE, ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

8. This license shall terminate with immediate effect and without notice if you fail to comply with any of the terms of this license, or if you institute litigation against any Member or Copyright Holder of the Geant4 Collaboration with regard to this software.

- [注] 本スライドを含む前3ページで書かれた日本語内容はあくまでもライセンスの概要説明(すなわち非公式)。ライセンス本体は英文で書かれた内容であることに注意