

平成28年度 京都大学生存圏研究所研究集会
「地球惑星科学の持続的発展を目指す教育の将来像」
2016年8月1日(月)
京都大学宇治おうばくプラザ セミナー室

測地学と防災 — GGOSの紹介

京都大学大学院理学研究科

福 田 洋 一

内 容

- はじめに

- GGOS紹介

GEO、GEOSS、GGOS、

GGRAF、ITRF

- 事例紹介（GGOSの役割）

海水準変動、質量変動と地球回転

なぜGGOSを選んだか

- GGOSについての認知度の低さ
 - 特に日本では
- 測地基準系についての認知度
 - ITRFを維持することの意義
- 測地学についての認知度
 - 地学教科書で、地球の形状、地殻変動はあるが、重力、地球回転の時間変動の話はほとんどない
- GGOSに関連した動き
 - IUGG 2015での IAG resolutions (IHRS, GAGRS)
 - GGRAF
 - ITRF 2014のリリース

略語の説明

GEO:

Group on Earth Observations

GEOSS:

Global Earth Observation System of Systems

GGOS:

Global Geodetic Observing System

GGRF:

Global Geodetic Reference Frame

ITRF:

International Terrestrial Reference Frame



- What we do**
- GEO 2016-25 Strategic Plan & 2016 Work Programme**
- Monitoring & Evaluation**
- Data Sharing & Data Management**
- Radio Frequency Protection**
- GEOS *Updated!***
- Regional Coordination & Products**
- Capacity Building**
- User Needs & Knowledge Base**
- GEO & the 2030 SD Agenda**
- Climate**

Featured articles

Mexico City Ministerial Summit

Photo by: IISD

- What's new?**
- Latest GEO News**
- NEW The Arctic is changing faster than anywhere else on Earth and CAFF is measuring the effect on plants and animals
 - World Ecosystems in 9 Observations
 - GFOI Web Application to Help Countries Develop National Forest Monitoring Systems
 - GEO Included in G7 Ministers' Communiques
 - AfriGEOSS Symposium Explores

- Biodiversity and Ecosystem Sustainability**
- Infrastructure and Transportation Management**

- Disaster Resilience**
- Public Health Surveillance**

- Energy and Mineral Resources Management**
- Sustainable Urban Development**

- Food Security and Sustainable Agriculture**
- Water Resources Management**

Earth observation information & services

GEOSS Portal

Discover, Access, Contribute

Earth observation information & services

Global Initiatives

Featured Video

Mexico City Ministerial welcome vi...



What is GEO

Established in 2005, GEO is a voluntary partnership of governments and organizations that envisions "a future wherein decisions and actions for the benefit of humankind are informed by coordinated, comprehensive and sustained Earth observations and information." GEO Member governments include 102 nations and the European Commission, and 95 Participating Organizations comprised of international bodies with a mandate in Earth observations. Together, the GEO community is creating a Global Earth Observation System

地球観測に関する政府間会合(GEO: Group on Earth Observations)の概要

✓GEOは、全球地球観測システム(GEOSS)構築のための取り組みを調整するための組織

GEOの活動は、2002年の持続可能な開発に関する世界首脳会議(WSSD)や2003年のG8エビアンサミットなどにおける全球的な地球観測の重要性の高まりを受けて始まりました。2003年の第1回地球観測サミットにおいて臨時の地球観測作業部会(ad hoc GEO)が設立され、10年実施計画策定に向けた検討が開始され、2005年の第3回地球観測サミットにおいて、GEOSS10年実施計画が策定されるとともに、「地球観測に関する政府間会合(GEO)」が設立されました。

✓GEOは、各国政府及び国際機関のボランタリーなパートナーシップの組織

GEOは、参加国や参加機関における新規のプロジェクト立ち上げ、戦略の策定や地球観測事業への投資に関して国際的に調整することを手助けする枠組みです。2009年9月現在、GEOのメンバーは79カ国と欧州委員会(EC)、及び56の地球観測に関連する国際的組織・機関から構成されています。各参加国・機関は、プリンシパル及びプリンシパル代理により代表されており、メンバーはGEOに対してボランタリーベースで資金的貢献を行っています。

✓GEOは、10年実施計画に基づきGEOSSを構築

第3回地球観測サミットで採択されたGEOSS10年実施計画は、GEOSSの展望、目的、範囲、期待される利益、9つの「社会利益分野」(災害、健康、エネルギー、気候、水、気象、生態系、農業及び生物多様性)、技術と能力開発の優先事項、GEOの管理体制を定めています。

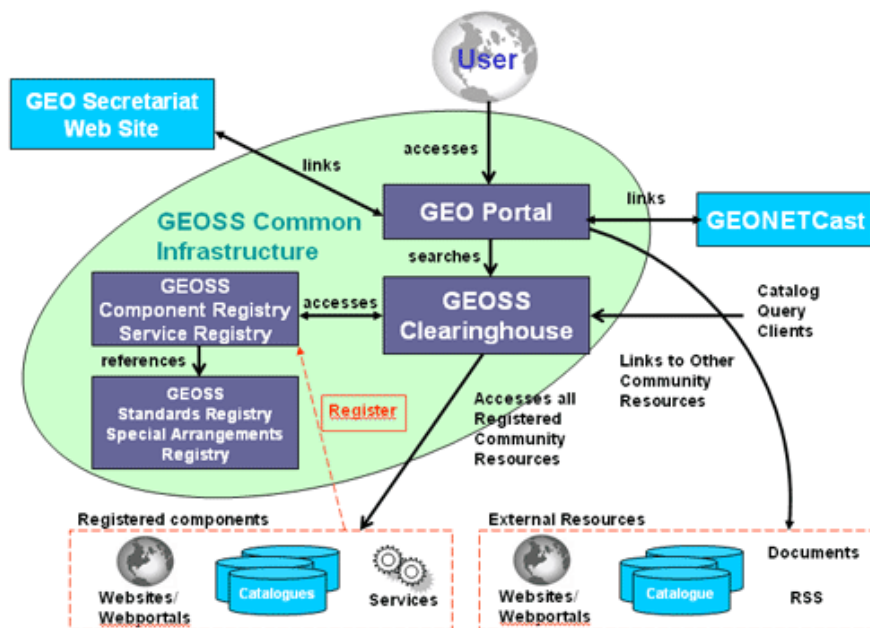
The GEOSS Common Infrastructure

The GEOSS Common Infrastructure allows the user of Earth observations to access, search and use the data, information, tools and services available through the Global Earth Observation System of Systems. The infrastructure consists of four main elements:

- The GEO Portal provides the direct web interface through which the user accesses GEOSS and searches for information and services.
- The GEOSS Clearinghouse is the engine that drives the entire system. It connects directly to the various GEOSS components and services, collects and searches their information and distributes data and services via the Portal to the user.
- The [GEOSS Components and Services Registry](#) is similar to a library catalogue. All of the governments and organizations that contribute components and services to GEOSS provide essential details about the name, contents, and management of their contribution. This assists the Clearinghouse, and ultimately the user, to identify the GEOSS resources that may be of interest.
- The [GEOSS Standards and Interoperability Registry](#) enables contributors to GEOSS to configure their systems so that they can share information with other systems. This Registry is vital to the ability of GEOSS to function as a true system of systems and to provide integrated and cross-cutting information and services. Contributors can also share ideas and proposals informally via the associated Standards and Interoperability Forum.

The [Best Practices Wiki](#) provides the GEOSS community with a means to propose, discuss and converge upon best practices in all fields of earth observation.

Each element of the GEOSS Common Infrastructure has been contributed by GEO Members and Participating Organizations. Their commitment and generosity in assuring its operation and continuity will remain vital to the success of GEOSS. To better understand how the Common Infrastructure functions, see the diagram below:



GEOSSの概要

全球地球観測システム(GEOSS:Global Earth Observation System of Systems)について紹介します。

- ▶ [GEOSS10年実施計画](#)
- ▶ [社会利益分野](#)
- ▶ [横断分野](#)

GEOSSは幅広いユーザーに対して、地球観測のデータ・情報を活用した意志決定支援ツールを提供するものであり、インターネット等を通じて、意思決定者が必要な情報にアクセスすることを可能とします。

「複数システムからなるシステム(a System of Systems)」とは、既存の(あるいは将来の)様々な観測システムを相互につなぐものであり、さらに現在の空白部分を埋めるような新規システムの開発を支援するものです。また、数多くの異なるシステムから提供されるデータや情報を共通のデータセットに組み合わせられることができるように、データ標準の確立や共有、融合のための技術の確立を促進します。

GEOSSは、データ、画像、解析ソフトなどを探しているユーザーに対して情報を提供するためのインターネット上のアクセスポイントである「GEOポータル」を構築します。同ポータルは、既存のデータベースやポータルサイトをつなぐことで、信頼性の高い、最新かつユーザーフレンドリーな情報を意志決定者のために提供することを可能にします。

GEOSSは、社会に対して非常に重要な9つの分野に同時に対処します。自然・人為災害から守り、健康被害の環境要因を理解し、エネルギー資源を管理し、気候変動とその影響に対応し、気象予測を向上させ、生態系を管理し、持続可能な農業を促進し、生物多様性を保護するための取り組み促進するための枠組みを構築します。

また、GEOSSは複数の分野に相互に関係する事項の調整も行います。この分野横断的なアプローチは不必要な重複を避け、複数システム間の相互作用を促進します。

▶ [我が国における地球観測](#)

▶ [GEOSSの概要](#)

▶ [GEOの概要](#)

▶ [我が国におけるGEOSS](#)

▶ [我が国における地球観測体制](#)

「今後10年の我が国の地球観測の実施方針」《概要》

【課題解決型の地球観測】

「活力のある社会の実現」、「防災・減災への貢献」、「将来の環境創造への貢献」の観点から、以下の課題の解決に貢献する地球観測を実施する。

課題1. 気候変動に伴う悪影響の探知・原因の特定

・人為的な地球環境変動の把握、気候変動対策の効果把握、予測精度の向上等

課題2. 地球環境の保全と利活用の両立

・全海洋の現状把握、生態系・生物多様性の現状把握、森林の現状把握等

課題3. 災害への備えと対応

・予測モデル高度化、行動判断材料の提供、復旧・復興状況の監視等

課題4. 食料及び農林水産物の安定的確保

・農林水産業の生産性の把握、衛星・データ同化等による観測空白域減少等

課題5. 総合的な水資源管理の実現

・地上観測・衛星観測と数値モデルの統合利用、治水・利水施設の管理への利用等

課題6. エネルギーや鉱物資源の安定的な確保

・風況・日射量・海況・資源賦存量・海底下地質の把握、開発の監視等

課題7. 健康に暮らせる社会の実現

・大気汚染・ヒートアイランド・感染症発生・媒介生物出現状況の把握等

課題8. 科学の発展

・地球システムの包括的理解に必要な基礎的知見の蓄積等

「地球観測の推進戦略」が策定後10年を迎えたことを受け、地球観測を取り巻く国内外の動向を踏まえた、今後10年程度を目途とした我が国の地球観測の実施方針を作成した。

今後10年間の地球観測は、これまでの各種観測を統合して、地球及び人間社会の現状や将来の予測に対する包括的な理解と対応のための基本データを与える重要な社会基盤となるべきであり、より目的意識を明確化し、必要に応じ観測体制や観測項目等の見直し・強化を図ることで、様々な社会課題の解決に貢献することを強く意識した、課題解決型の地球観測を志向していくべき。

【共通的・基盤的な取組】

(1) 観測データのアーカイブとデータの統合化・利活用の促進

・地球環境情報プラットフォーム構築、オープンデータ化推進、データ利活用促進等

(2) 分野間の連携、多様なステークホルダーの関与の促進と人材育成

・社会と研究開発をつなぐ観測、理解増進、市民参加型の地球観測、人材育成等

(3) 長期継続的な地球観測の実施

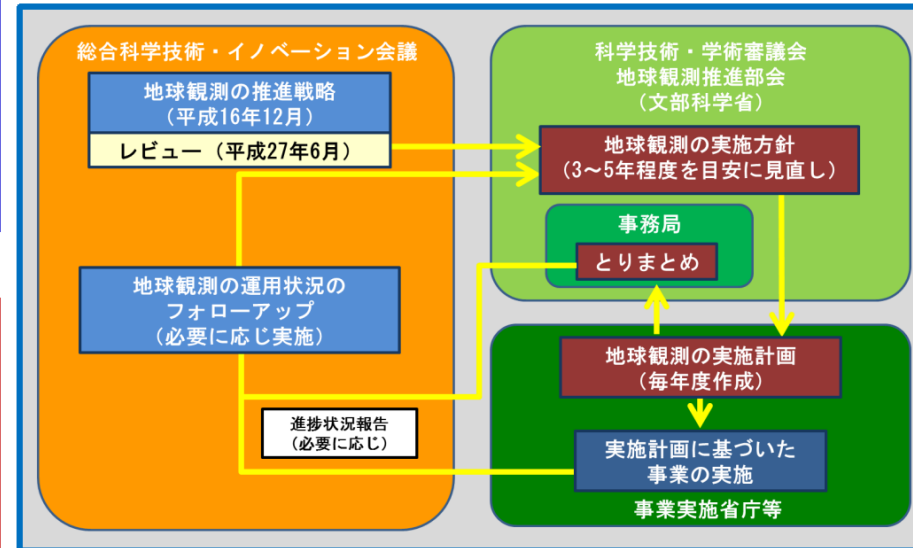
・恒常的な地球観測体制の確立、必要な観測項目の特定等

(4) 地球観測による科学技術イノベーションの推進

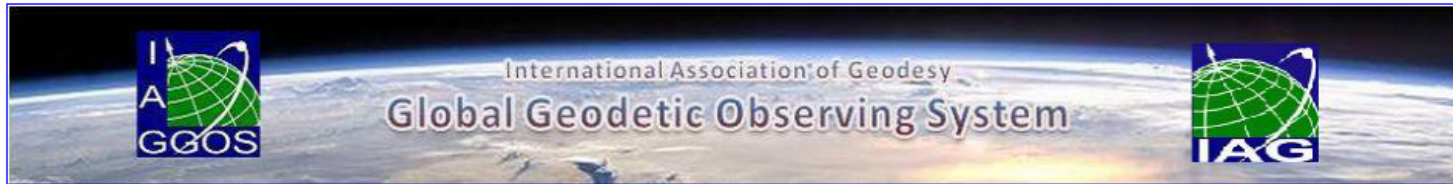
・観測技術の高度化、データを活用した新産業創出、データの公正性・透明性の確保等

(5) 科学技術外交・国際協力への地球観測の貢献

・国際貢献の在り方の明確化、地球規模課題解決への貢献、GEOSSの発展への貢献等



今後の「地球観測の推進戦略」の下での実施方針・実施計画の作成・実施サイクル



- HOME
- ▶ Introducing GGOS
- ▶ Mission
- ▶ Vision
- ▶ Objectives
- ▶ Products
- ▶ GGOS Portal

- MEETINGS
- > Meeting Calendar
- > Past Meetings until 2011
- > GGOS Coordinating Board
- > GGOS Consortium

GGOS archive

EC Member login

- SERVICE
- Library
- Links
- Legal & Privacy
- Contact

Google Search
The Web asi.it

The Global Geodetic Observing System (GGOS)

GGOS is the Observing System of the International Association of Geodesy (IAG).

GGOS works with the IAG components to provide the geodetic infrastructure necessary for monitoring the Earth system and for global change research. It provides observations of the three fundamental geodetic observables and their variations, that is, the Earth's shape, the Earth's gravity field and the Earth's rotational motion.

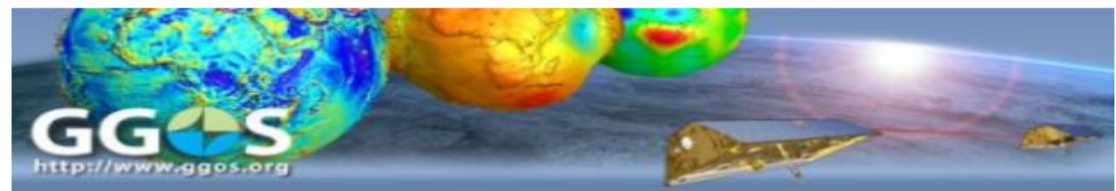
GGOS integrates different geodetic techniques, different models, different approaches in order to ensure a long-term, precise monitoring of the geodetic observables in agreement with the Integrated Global Observing Strategy (IGOS).

GGOS provides the observational basis to maintain a stable, accurate and global reference frame and in this function is crucial for all Earth observation and many practical applications.

GGOS contributes to the emerging Global Earth Observing System of Systems (GEOSS) not only with the accurate reference frame required for many components of GEOSS but also with observations related to the global hydrological cycle, the dynamics of atmosphere and oceans, and natural hazards and disasters.

GGOS acts as the interface between the geodetic services and external users such as the Group on Earth Observation (GEO) and United Nations authorities. A major goal is to ensure the interoperability of the services and GEOSS. With this the geodetic community can provide the global geosciences community with a powerful tool consisting mainly of high quality services, standards and references, and of theoretical and observational innovations.

The GGOS Portal will provide a unique access point to all geodetic products. Thus, the Portal will emphasize Geodesy's contribution to Earth Observation for assessing geohazards and reducing disaster. The Portal consists of the GGOS Web site and the portal itself, comprising geoportal components like a clearinghouse, a map viewer, and a metadata editor. The GGOS Portal is currently under development.



© GGOS (Pages still under development. Comments, suggestions and corrections are welcome and should be sent to the GGOS Coordination Office ggos_co@asi.it)

参考 : amazon - ¥28772

Hans-Peter Plag · Michael Pearlman

Global Geodetic Observing System – Meeting the Requirements of a Global Society on a Changing Planet in 2020

With the provision of accurate reference frames and observations of changes in the Earth's shape, gravity field and rotation, modern geodesy takes a fundamental role for improved understanding of geodynamics, geohazards, the global water cycle, global change, atmosphere and ocean dynamics, and it supports many societal applications that depend on accurate geo-referencing. To advance geodetic theory, methods and infrastructure for Earth system science and applications, the International Association of Geodesy (IAG) has established the Global Geodetic Observing System (GGOS). This book provides a comprehensive overview of geodesy's contribution to science and society at large, and it identifies user needs and requirements in terms of geodetic observations and products. Specifications for a global geodetic observing system that would meet these requirements lead to considerations of system design and implementation.

Dr. Hans-Peter Plag is a research professor at the Nevada Geodetic Laboratory at the University of Nevada, Reno. He is a Vice-Chair of the Global Geodetic Observing System (GGOS) of the International Association of Geodesy (IAG) and engaged in the intergovernmental Group on Earth Observations (GEO). Research topics include sea level changes, tsunami warning, and the global water cycle.

Dr. Michael R. Pearlman is a Program Manager at the Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA). He is the Director of the Central Bureau of the International Laser Ranging Service and a member of the GGOS Executive Committee. He has been at CfA since 1968, working on Satellite Laser Ranging and other NASA space geodesy activities.

ISBN 978-3-642-42494-6



springer.com



H.-P. Plag · M. Pearlman
(Eds.)

Global Geodetic Observing System

Meeting the Requirements
of a Global Society
on a Changing Planet in 2020

 Springer

1. GGOSとは

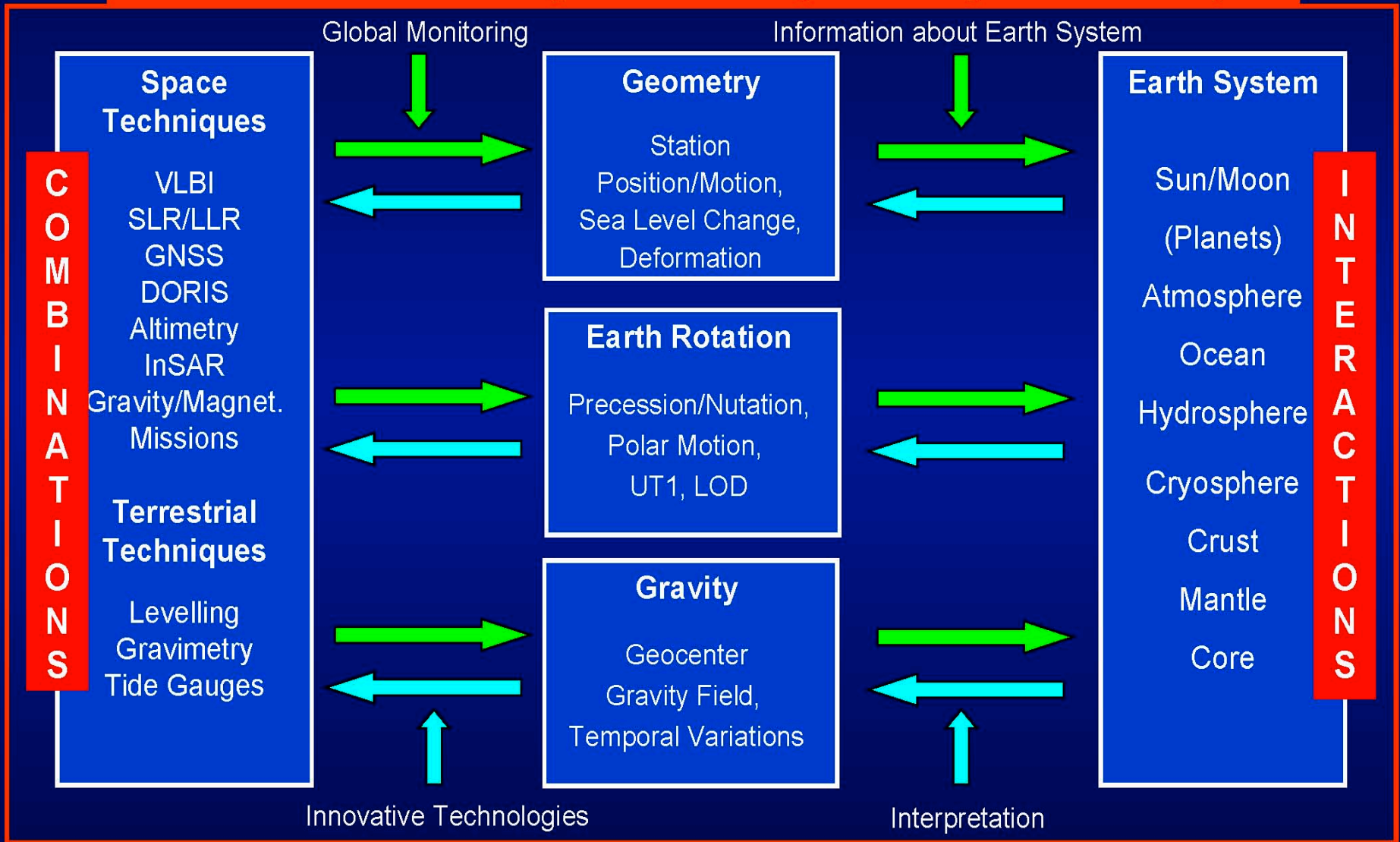
GGOS(Global Geodetic Observing System:全球統合測地観測システム)は、国際測地学協会(IAG)の旗艦的な観測システムであり、測地学の基本的な三つの観測量(地球の幾何学的形状、重力場、地球回転:図1)を統合して高精度に観測し、その変動をモニターするとともに、すべての地球関連科学とその応用分野にとっての基盤となるグローバルな基準系を与え維持することを大きな目的としている。

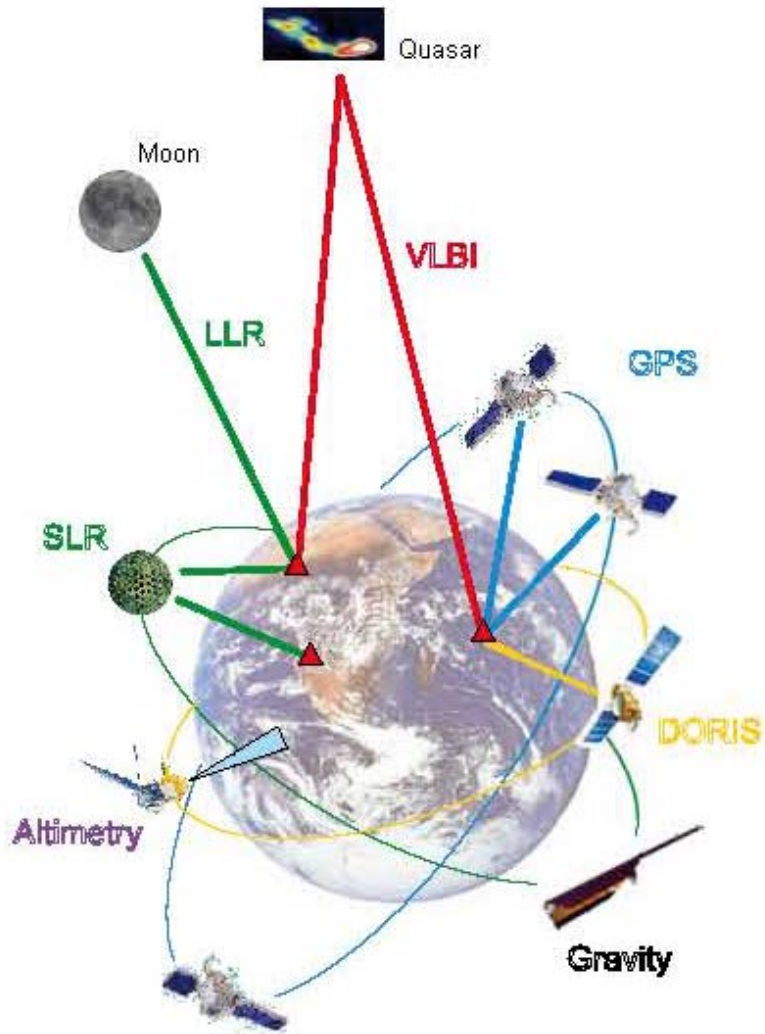
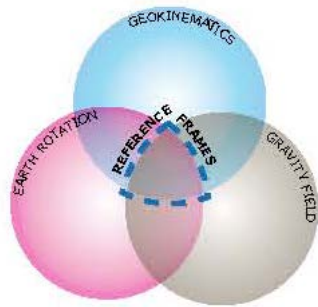
20世紀後半の革命的な宇宙測地技術の登場によって、測地学はかつてない正確さで地球というダイナミックなシステムのパラメタを測りその変化を追いかけることが可能になった。また、21世紀に入り、地球環境問題を受けた持続可能な開発に関する世界的な会議がいくつも開かれ、その中でも全球的な地球観測の重要性が強調された。2005年の第3回地球観測サミットにおいては、全球地球観測システム(GEOSS)10年実施計画が策定されるとともに、「地球観測に関する政府間会合(GEO)」が設立された。測地学における三つの基本的観測のためのシステムやそれが提供する知見は、まさにGEOSSの使命とも合致する。

上記のような観測技術の進歩、地球科学全般への貢献、高まる社会的ニーズなどに測地学が応える形で、GGOSは2003年札幌でのIUGG総会時にIAGのプロジェクトとして誕生した。その後、初期的設計段階から中核となる組織の整備などを経て2007年にIAGの正式なコンポーネントとなった。GGOSは、組織としてまた観測システムとしての二つの顔を持っている。組織としてのGGOSは運営委員会・理事会・委員会・科学パネルなどから構成され、IAGを代表してGEOに参加しGEOSSの一部として貢献するほか、国連などでも測地コミュニティの代表として発言するなど、IAGのさまざまな観測事業と外部ユーザーとのインターフェースとして機能する。観測システムとしてのGGOS(図2, 3)は、主にIAGの観測事業が関係するインフラストラクチャとデータ・解析センターから構成される。従って、ここでいう観測システムにはIAGとは直接関係のないインフラが多く含まれる。例えば、GNSSシステムやさまざまな各宇宙機関が実施している衛星ミッションなどである。観測インフラが常に利用でき、将来にわたって安定してデータを供給するためにはGGOSが組織として各システムのプロバイダーに働きかける必要がある。また、GGOSの重要な目的である測地基準系は現代の地理情報社会にとって最も基盤となるインフラであるが、表に出ないためその重要性が認識されにくい。将来にわたって安定的かつ高精度な基準系の維持のためにはその必要性を一般社会に強く訴えていく使命も持つ。

GGOS: Monitoring and Modelling the Earth's System

Reference frames: highest accuracy and long-term stability





THE GLOBAL GEODETIC OBSERVING SYSTEM

Geodesy's contribution to Earth Observation

New Orleans 2005 Hurricane
Elbe 2003 Flood
Water Storage Change
Sea Level Change
Gravity Field and its Variation
International Service
IGFS
IGS
IERS
ILRS
IVS
Earth Orientation and Rotation
Deformations
Disaster Monitoring
Sumatra 2004 Tsunami
Kobe 1995 Earthquake
St. Helens 1980 Eruption
Atmospheric Sounding
Geometry and Kinematics
Surveying
Kalkanın 2004 Landslide



IAG Services: Backbone of GGOS

Geometry

IERS: International Earth Rotation and Reference Systems Service

IGS: International GNSS Service

IVS: International VLBI Service

ILRS: International Laser Ranging Service

IDS: International DORIS Service

Gravimetry

IGFS: International Gravity Field Service

BGI: Bureau Gravimetrique International

IGeS: International Geoid Service

ICET: International Center for Earth Tides

ICGEM: International Center for Global Earth Models

IDEMS: International Digital Elevation Models Service

Ocean

PSMSL: Permanent Service for Mean Sea Level

IAS: International Altimetry Service (in preparation)

Std

BIPM: Bureau International des Poids et Mesures

IBS: IAG Bibliographic Service



ITRS and ITRF

ITRF NEWS

General concepts

Splinter meeting

ITRF Products

ITRF

Trans
paral

VO Co

Dom

DOMI
DOMI

IE

Netw

Local surveys

Site Information and
Selection

Get ITRF coord.

Get coordinates

Selected points

ITRF Mailing list

FAQ

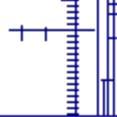
Links

Site map | About this site



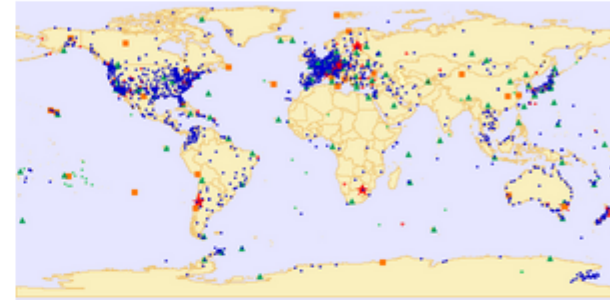
Search by DOMES number :

OK SEARCH



Welcome to the ITRF web site

The objective of this web site is to distribute the International Terrestrial Reference Frame (ITRF) products. ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000, ITRF2005 and ITRF2008 solutions are available for download. It also contains the description and list of all the IERS stations.



ITRFとは？

国際地球回転基準系事業（IERS）が VLBI、GNSS、SLR及びDORISの4つの宇宙測地技術を用いて作成する、位置座標の基準

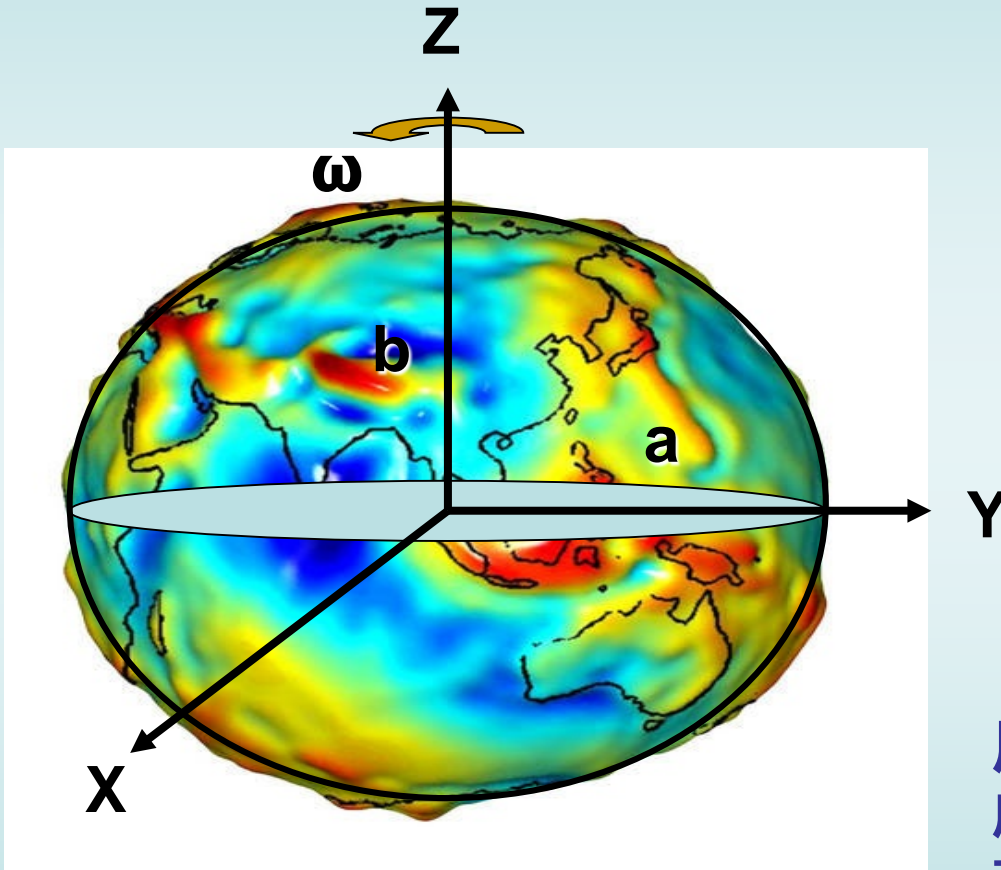
The realization from ITRF 94 can make a selection of stations, consult the selection and get the ITRF coordinates in tables or SINEX format.

- [ITRF Mailing list, FAQ, Links](#) : Subscribe to ITRFmail, questions about ITRS and ITRF..., Related web pages...

Tip : Want to add a station to the IERS station database? Request a DOMES number !

Should you have any questions, see the FAQ or contact: itrf@ign.fr

地球楕円体



GRS80 ellipsoid

$a=6378137$ m

$b=6356752.314$ m

$f=(a-b)/a=1/298.257222101$

$\omega=7292115 \times 10^{-11}$ rad/s

座標をどのように決めるか？

座標原点 → 重心

Z-軸 → 自転軸

X,Y軸

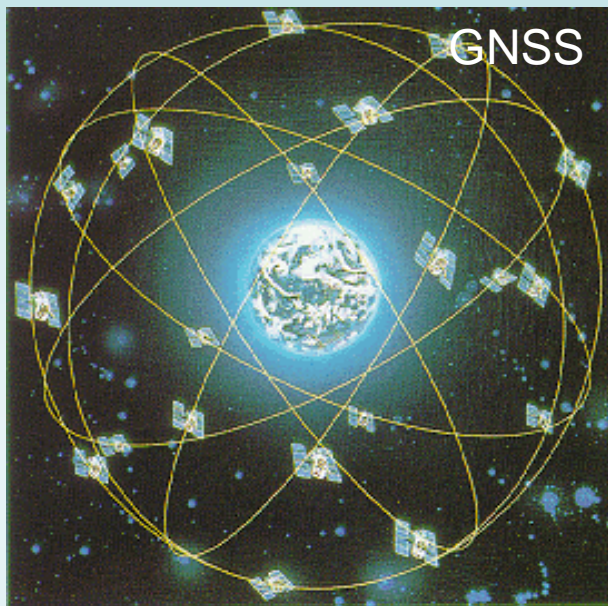
ITRF2005 Map

ITRF2005_GPS.SSC.txt

ITRF2005 STATION POSITIONS AT EPOCH 2000.0 AND VELOCITIES GPS STATIONS

DOMES NB.	SITE NAME	TECH.	ID.	X/Vx	Y/Vy	Z/Vz	Sigmas			SOLN	DATA_START
				-----m/m/y-----							
10001S006	PARIS	GPS	OPMT	4202777.434	171367.913	4778660.147	0.005	0.002	0.006		
10001S006				-.0118	0.0170	0.0111	.0011	.0004	.0012		
10002M006	GRASSE	GPS	GRAS	4581690.969	556114.738	4389360.731	0.001	0.000	0.001	1	00:000:00000
10002M006				-.0139	0.0186	0.0116	.0001	.0001	.0001		
10002M006	GRASSE	GPS	GRAS	4581690.975	556114.741	4389360.734	0.001	0.000	0.001	2	03:113:00000
10002M006				-.0139	0.0186	0.0116	.0001	.0001	.0001		
10002M006	GRASSE	GPS	GRAS	4581690.974	556114.744	4389360.739	0.001	0.001	0.001	3	04:295:43200
10002M006				-.0139	0.0186	0.0116	.0001	.0001	.0001		
10003M004	TOULOUSE	GPS	TOUL	4627846.086	119629.236	4372999.754	0.001	0.000	0.001		
10003M004				-.0111	0.0191	0.0117	.0003	.0001	.0003		
10003M009	TOULOUSE	GPS	TLSE	4627851.889	119639.921	4372993.492	0.001	0.001	0.001		
10003M009				-.0111	0.0191	0.0117	.0003	.0001	.0003		
10004M004	BREST	GPS	BRST	4231162.638	-332746.764	4745130.859	0.004	0.001	0.004		
10004M004				-.0111	0.0162	0.0134	.0009	.0003	.0009		
10023M001	La Rochelle	GPS	LROC	4424632.623	-94175.321	4577544.022	0.003	0.001	0.003		
10023M001				-.0106	0.0183	0.0123	.0006	.0002	.0006		
10090M001	SAINT JEAN DES	GPS	SJDV	4433469.919	362672.729	4556211.652	0.002	0.001	0.002	1	00:000:00000
10090M001				-.0118	0.0186	0.0121	.0008	.0002	.0008		
10090M001	SAINT JEAN DES	GPS	SJDV	4433469.921	362672.729	4556211.656	0.001	0.000	0.001	2	99:071:57600
10090M001				-.0118	0.0186	0.0121	.0008	.0002	.0008		
10202M001	REYKJAVIK	GPS	REYK	2587384.422	-1043033.508	5716563.995	0.001	0.000	0.001	1	00:000:00000
10202M001				-.0216	-.0028	0.0059	.0001	.0001	.0002		
10202M001	REYKJAVIK	GPS	REYK	2587384.410	-1043033.501	5716563.980	0.006	0.003	0.012	2	00:169:56460
10202M001				-.0216	-.0028	0.0059	.0001	.0001	.0002		
10202M001	REYKJAVIK	GPS	REYK	2587384.415	-1043033.509	5716564.003	0.001	0.000	0.001	3	00:173:03120
10202M001				-.0216	-.0028	0.0059	.0001	.0001	.0002		
10202M003	REYKJAVIK	GPS	REYZ	2587383.736	-1043032.722	5716564.472	0.001	0.001	0.001		
10202M003				-.0216	-.0028	0.0059	.0001	.0001	.0002		
10204M002	HOFN	GPS	HOFN	2679689.983	-727951.292	5722789.189	0.001	0.000	0.001	1	00:000:00000
10204M002				-.0046	0.0144	0.0177	.0001	.0001	.0003		

ITRFの基礎となる宇宙測地技術

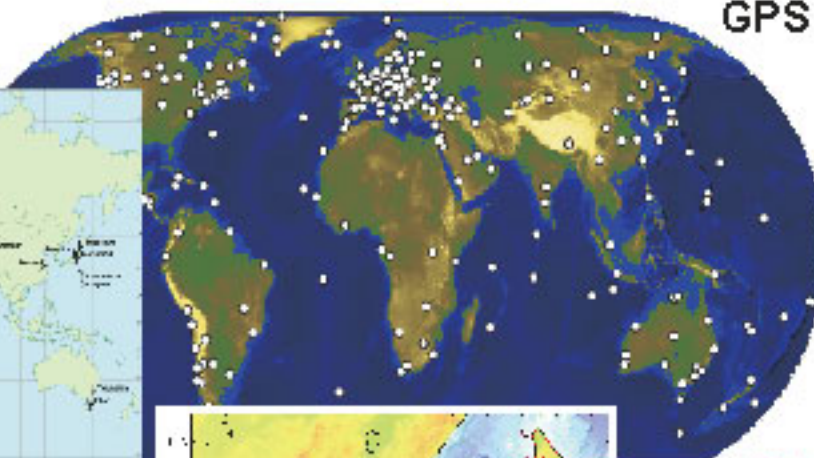


GGOS: the Ground-Based Component

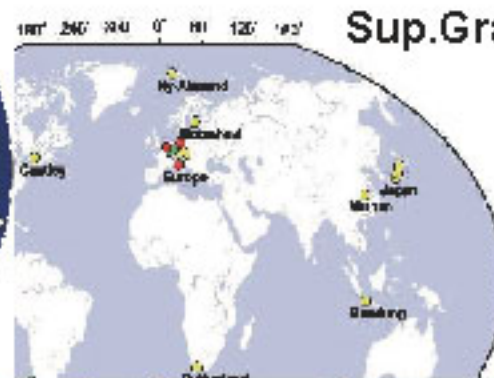
VLBI



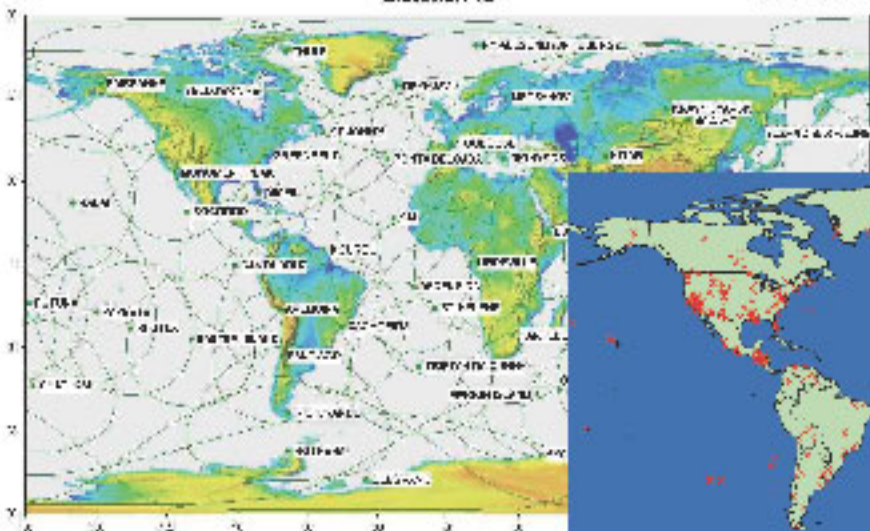
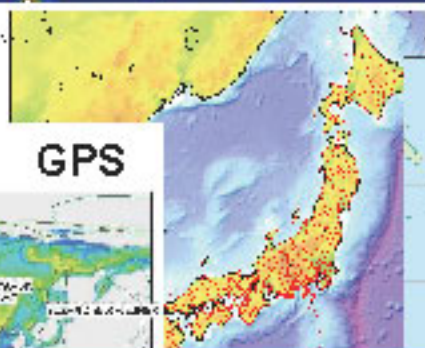
GPS



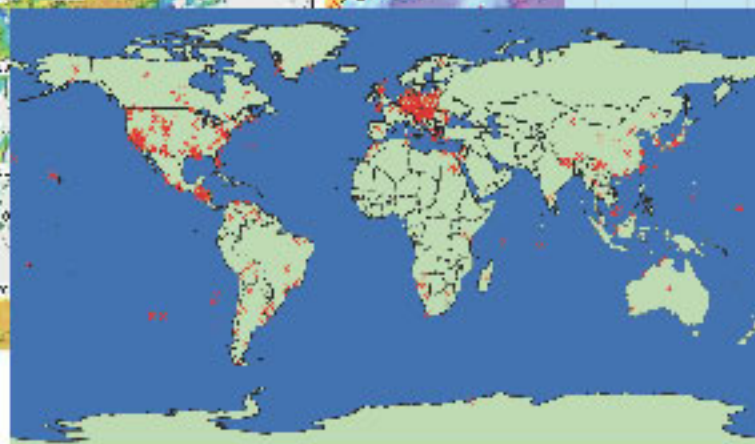
Sup.Grav.



GPS



DORIS



Abs.Grav.



SLR/LLR



ITRS and ITRF

ITRF NEWS

General concepts

Splinter meeting

ITRF Products

ITRF solutions

Transformation
parameters

VO Corner

Domes Numbers

DOMES description
DOMES request

IERS Network

Network description

Local surveys

Site Information and
Selection

Get ITRF coord.

Get coordinates

Selected points

ITRF Mailing list

FAQ

Links

Site map | About this site



ITRF2014

Description

ITRF2014 is the new realization of the International Terrestrial Reference System. Following the procedure already used for the ITRF2005 and ITRF2008 formation, the ITRF2014 uses as input data time series of station positions and Earth Orientation Parameters (EOPs) provided by the Technique Centers of the four space geodetic techniques (VLBI, SLR, GNSS and DORIS). Based on completely reprocessed solutions of the four techniques, the ITRF2014 is expected to be an improved solution compared to ITRF2008.

Two innovations were introduced in the ITRF2014 processing, namely:

- Annual and semi-annual terms were estimated for stations with sufficient time-spans of the 4 techniques during the stacking processes of the corresponding time series;
- Post-Seismic Deformation (PSD) models were determined by fitting GNSS/GPS data at major GNSS/GPS Earthquake sites. The PSD models were then applied to the 3 other techniques at EQ Co-location sites.

平成 28年2月5日
日本測地学会 GGOS-WG

「国際地球基準座標系 (ITRF2014) の公開」

地球の正確な形と時間変化を表した国際的な位置の基準 ITRF (International Terrestrial Reference Frame) が6年ぶりに更新され、最新版のITRF2014が公開されました。ITRFは、国際地球回転基準系事業 (IERS) が VLBI、GNSS、SLR及び DORISの 4つの宇宙測地技術の観測を用いて作成する、地球の正確な形と時間変化を表した位置の基準です。観測データが蓄積するとその期間についても正確な地球の形が表現できるようになるため、データの蓄積にあわせて更新され、世界各地の観測点のデータを統合して、地球の形状とその時間変化を、観測点位置、その速度、地球姿勢パラメータ (EOP) で表します。

ITRF2014では、新たに約 6年分のデータ、約 90点の観測点が追加され、非定常な変動 (年周/半年周変動、地震後の地殻変動 (余効変動)) が考慮されたことで、さらに正確な測地基準座標系を達成したことが期待できます。従来の ITRF2008とできるだけ差が生じないように構築されましたが、ITRF2008と比べると地球の形状中心に 2mm程度の平行移動、地球全体に 2×10^{-9} (10,000kmで 0.2mm) の縮みが生じました。

ITRF2014では、従来のパラメータ (「観測点座標」、「速度」、「地球姿勢パラメータ (EOP)」) に加え、地震による「余効変動 (PSD: Post-Seismic Deformation) モデル」が公開されました。余効変動の影響がある観測点では、ユーザーが PSDモデルを用いて補正を行う必要があります。

ITRF2014の要点

•6年ぶりの更新

- 新たに約6年分のデータ、約90点の観測点追加

•非定常な変動（年周/半年周変動、地震後の余効変動）が考慮された

- 観測点座標、速度、地球姿勢パラメータ（EOP）に加え、地震の余効変動モデルが公開された

•ITRF2008との比較

- 地球の形状中心に 2mm程度の平行移動、地球全体に 2×10^{-9} （10,000kmで 0.2mm）の縮み

GGOSの目標：1mmの正確さと0.1mm/yrの安定性

海面上昇を定量的に測定するためのGE0のタスクから要請

国連総会決議

国連地球規模の地理空間情報管理に関する専門家委員会 (UN-GGIM) は、2013年7月地球規模の測地基準座標系 (GGRF) に関する国連総会決議を作成・促進することを決定しました。

UN-GGIM は、より正確な測位サービスへの高まる需要、地球規模の測地基準座標系 (GGRF) の経済活動における重要性、世界全体での測地学における協力の必要性を認識しています。決議は、2013-14年の国連総会に提出されます。

TOPICS 測地学

「地球規模の測地基準座標系」に関する国連総会決議

国土地理院 測地部 宮原 伐折羅

国際連合 (以下、「国連」) は、平成27年2月26日、地球の正確な形や姿勢を定めるとともに、地球上の位置決定の基本となる測地基準座標系の社会・経済的な重要性を認め、加盟国全体で地球規模の測地基準座標系を連携して維持することを決議した。これは、国連が地理空間情報の分野で行ったはじめての総会決議で、正確な位置の基準を維持するために、各国が責任を持って測地観測の施設を維持・改良すること、開発途上国の能力開発に対する技術支援を強化することが盛り込まれた。

地球規模の測地基準座標系

GPSをはじめとする全球測位衛星システム (Global Navigation Satellite System; 以下、「GNSS」) の普及によって地球上

の位置を精密に測ることが可能となり、ここがどこか、自分がどこにいるのか、正確に知ることができるようになった。しかし、正確な位置を測ることは、実は容易なことではない。地球の形は、赤道方向に膨れた楕円体

で近似されるが、地球の自転、太陽と月の重力による潮汐、プレート運動など様々な要因によって時間とともに複雑に変動を続けている。たとえば、地殻は潮汐によって一日のうちに数十 cm におよぶ周期的な変形をするし、日本とハワイの距離はプレート運動によって1年間に数 cm 近づいている。このような変動する地球の精密な形は、GNSS、超長基線電波干渉法 (Very Long Baseline Interferometry; 以下、「VLBI」)、衛星レーザー測距 (Satellite Laser Ranging; 以下、「SLR」)、DORIS (Doppler Orbitography and

海水準變動

海水準変動の検出

1) 験潮儀による測定

海面変動と地殻変動の分離

験潮儀とGPSの組み合わせ

(ITRFに準拠) ->宇宙測地技術

2) 衛星高度計

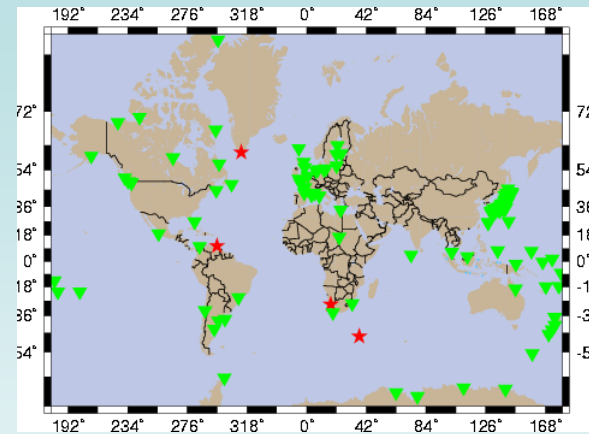
ITRFに準拠した軌道決定

3) 海水の質量変化

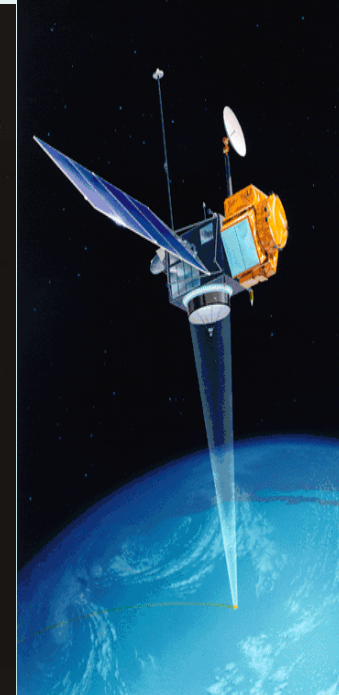
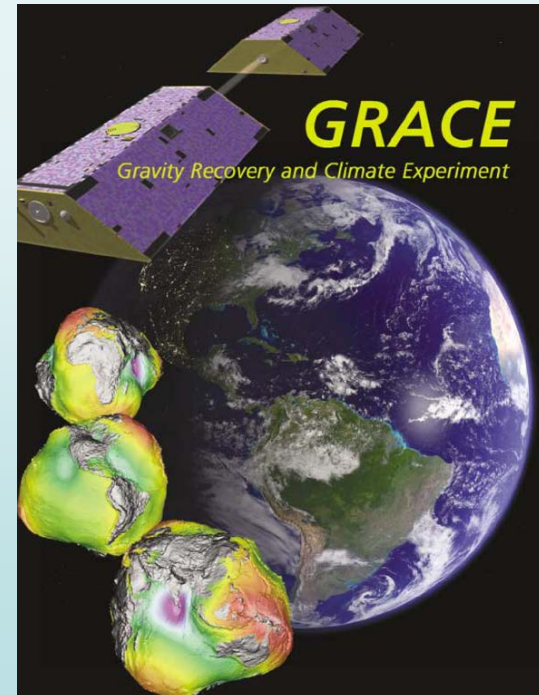
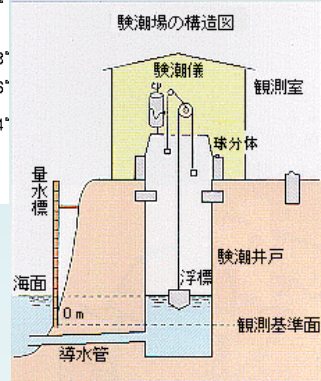
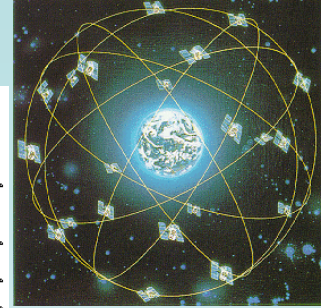
グローバルな水循環

氷床変動、GIA

=> GRACE(衛星重力)

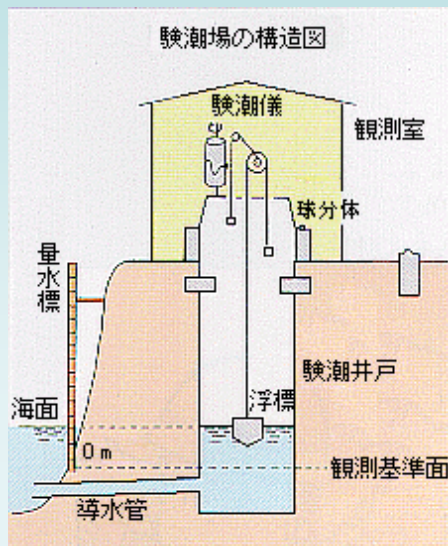


GPS Tide Gauge Benchmark

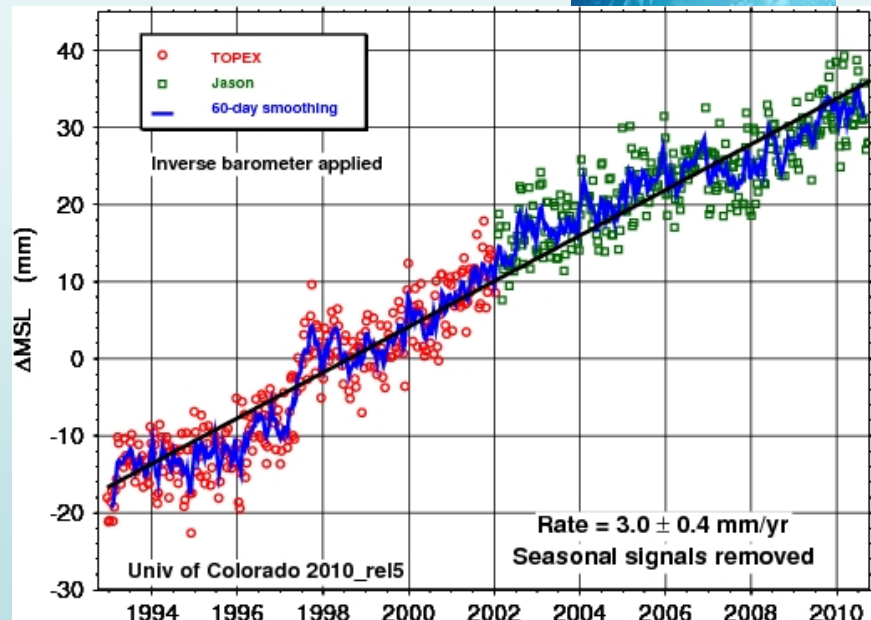
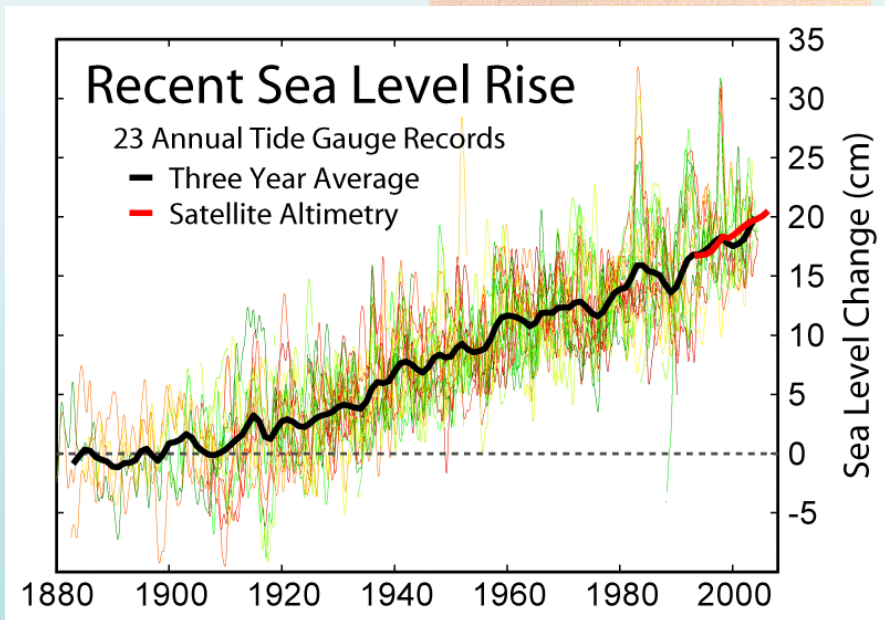
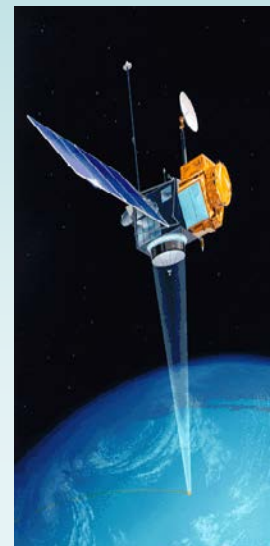


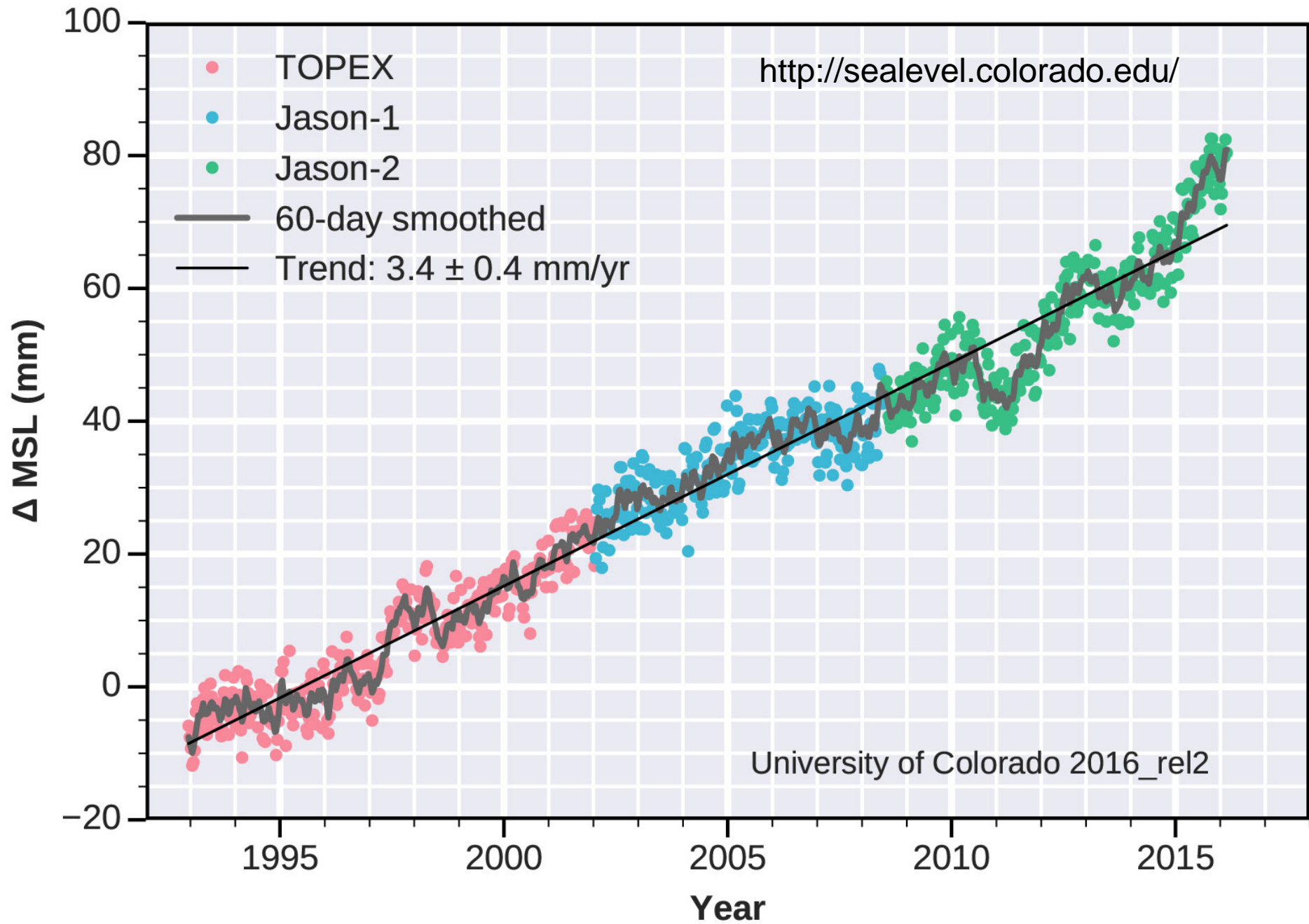
近年の海面上昇

験潮儀



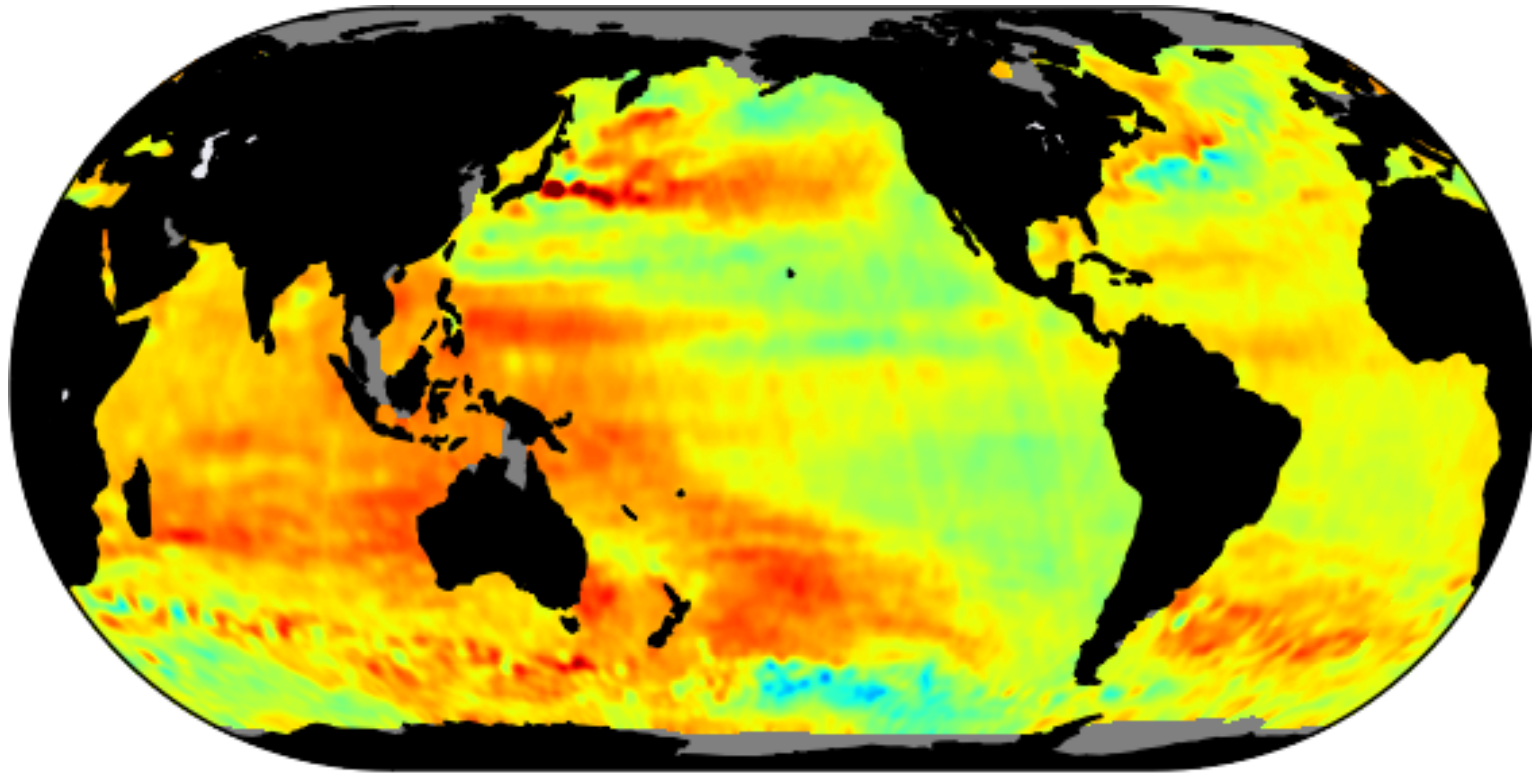
衛星高度計



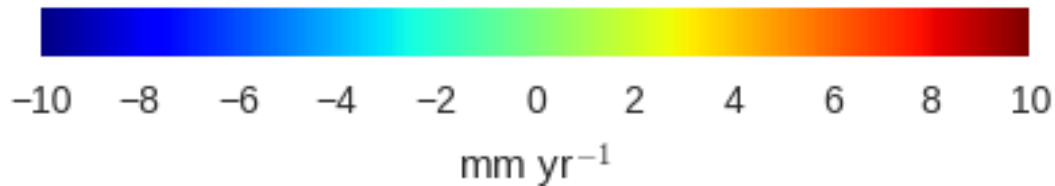


Map of Sea Level Trends

Edited: 2016-07-12

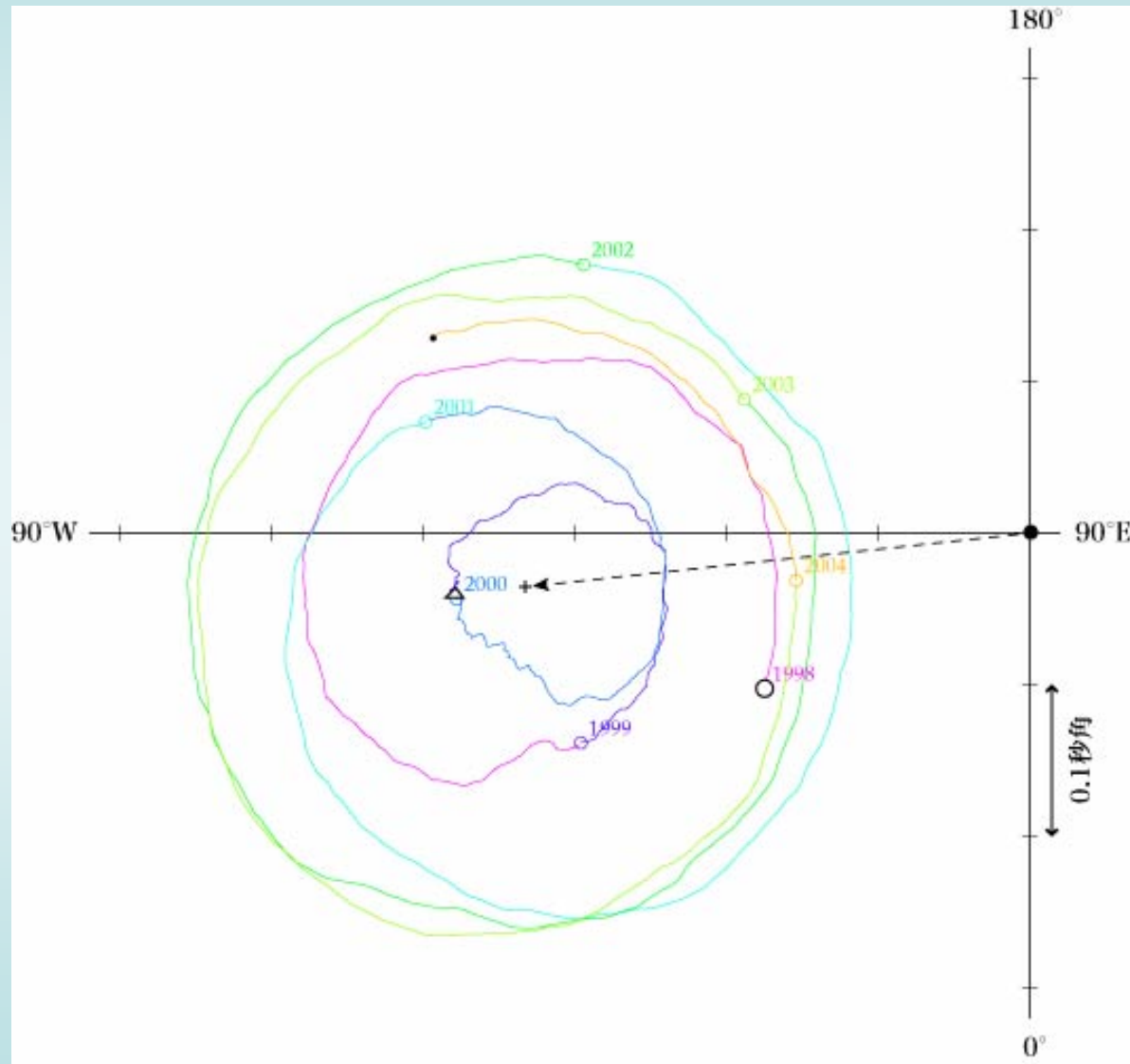


University of Colorado 2016_rel3



質量変動と地球回転

極運動



(http://www.geod.jpn.org/web-text/part3_2005/furuya/furuya-1.html)

Climate-driven polar motion: 2003–2015

Surendra Adhikari* and Erik R. Ivins

Earth's spin axis has been wandering along the Greenwich meridian since about 2000, representing a 75° eastward shift from its long-term drift direction. The past 115 years have seen unequivocal evidence for a quasi-decadal periodicity, and these motions persist throughout the recent record of pole position, in spite of the new drift direction. We analyze space geodetic and satellite gravimetric data for the period 2003–2015 to show that all of the main features of polar motion are explained by global-scale continent-ocean mass transport. The changes in terrestrial water storage (TWS) and global cryosphere together explain nearly the entire amplitude ($83 \pm 23\%$) and mean directional shift (within $5.9^\circ \pm 7.6^\circ$) of the observed motion. We also find that the TWS variability fully explains the decadal-like changes in polar motion observed during the study period, thus offering a clue to resolving the long-standing quest for determining the origins of decadal oscillations. This newly discovered link between polar motion and global-scale TWS variability has broad implications for the study of past and future climate.

RESEARCH ARTICLE

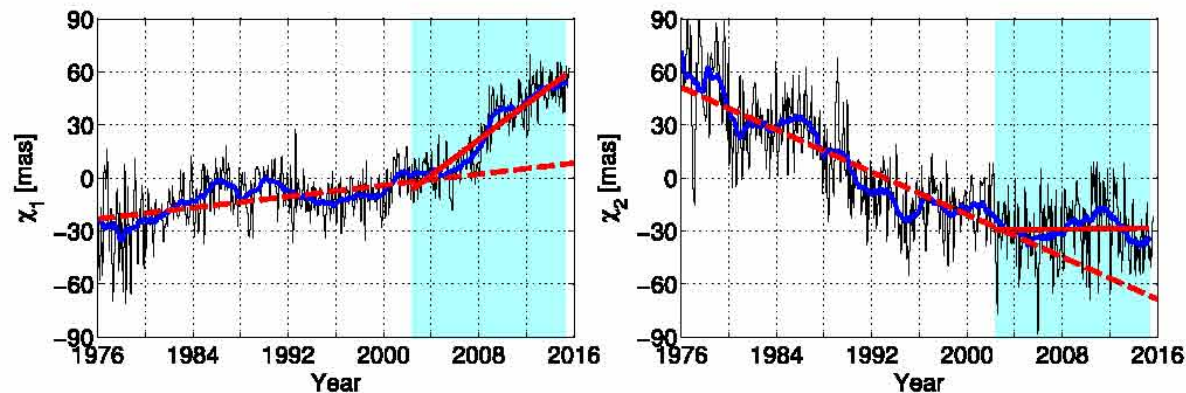


Fig. 1. Observed pole position data. Mean monthly polar motion excitations (black lines) derived from the observed daily values after removing semi-annual, annual, and Chandler wobbles. Smoothed solutions (blue lines) reveal quasi-decadal variability in the corresponding component of the 20th-century linear trend (dashed red lines). Cyan shadows in the background cover our study period, over which the drift direction deviates (solid red lines) from the long-term linear trend.

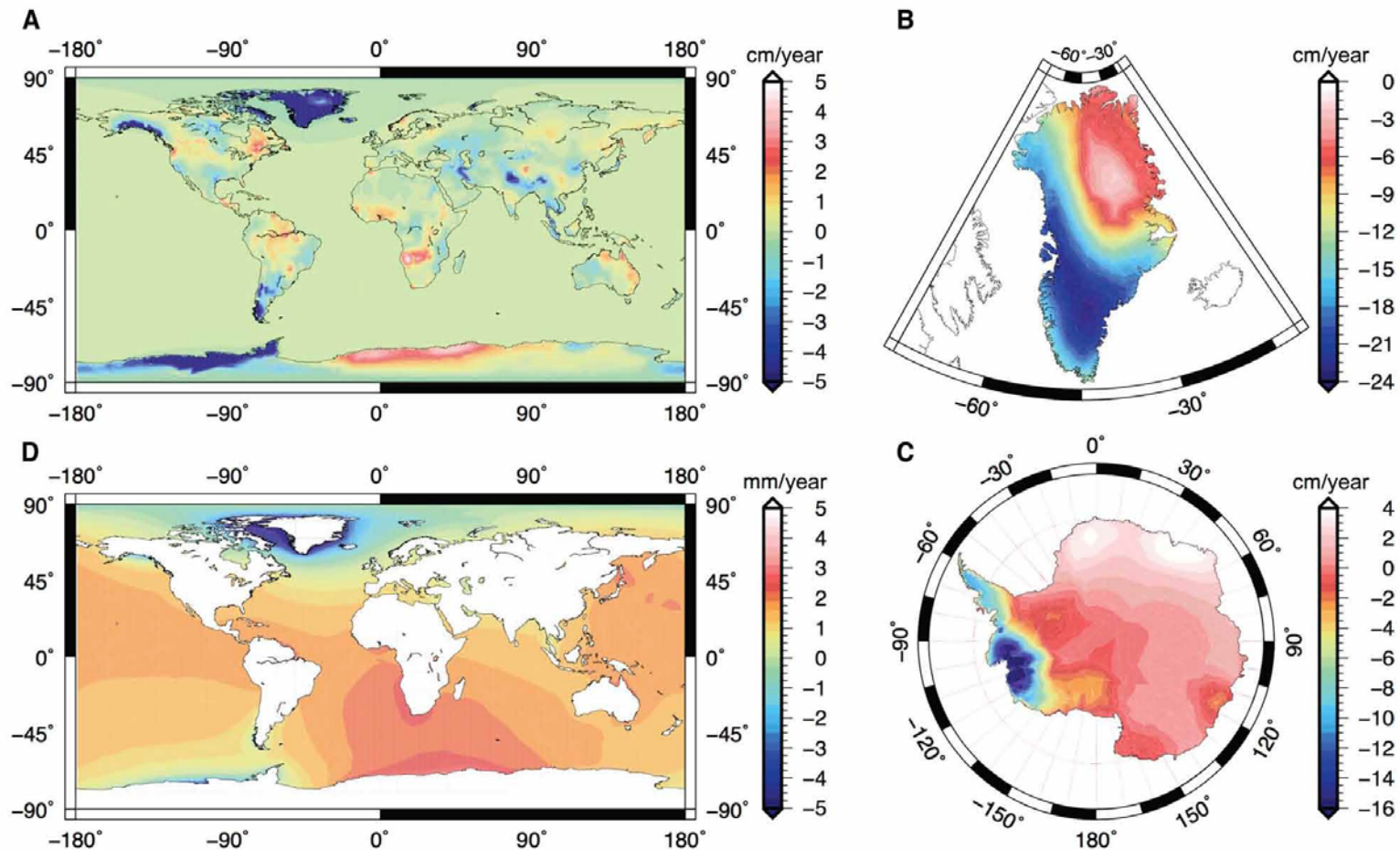


Fig. 2. Climate-induced mass redistribution on Earth's surface. (A) Linear rate of change in mass (in WEH per year) during April 2002 to March 2015, derived from monthly GRACE observations and associated sea-level computations. Solutions are reproduced with different color scales for (B) the GIS, (C) the AIS, and (D) the oceans.

these $\Delta\text{LOD}(t)$ data (25). A separation would allow isolation of the change in Earth's oblateness $\Delta J_2(t)$, which is fully independent of the SLR-based $\Delta J_2(t)$ used in our analysis. We elaborate on this issue in Materials and Methods.

motion over the past 115 years (3, 4, 6), thus suggesting that it is an emergent decadal-like oscillation. The complete picture of the redirected polar motion is more complicated than can be derived solely from changes in the ice sheets, and the large amplitude swings must include noncry-

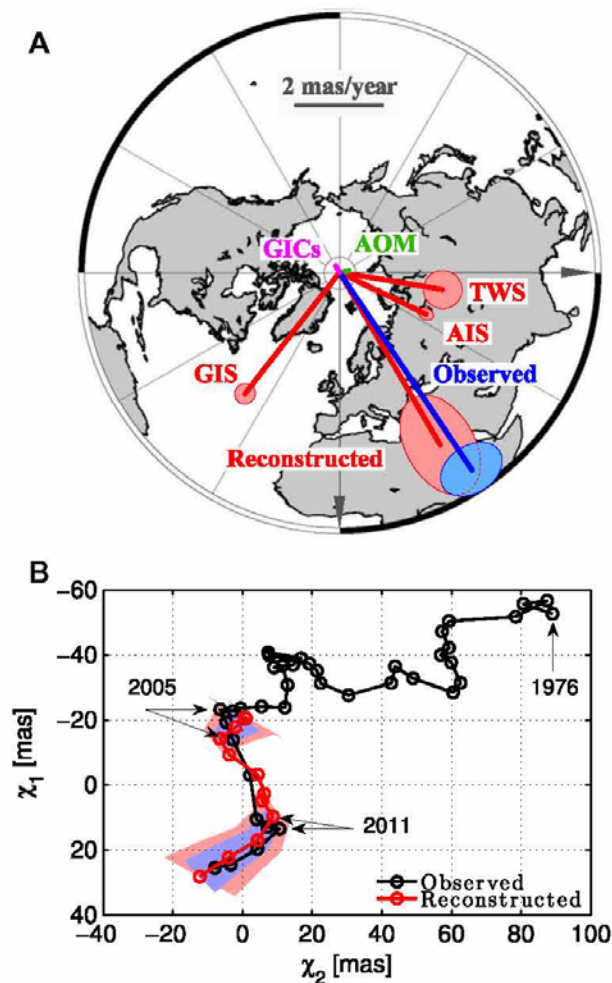


Fig. 5. Origins of observed polar motion. (A) Reconstruction and partition of polar motion during 2003–2015. Observed data have the 20th-century linear trends removed. Semimajor and semiminor axes of error ellipses are defined by the uncertainties in the magnitude and direction of the corresponding polar motion vector. For clarity, we do not show error ellipses for GICs, which have large uncertainties but very small amplitudes (see Materials and Methods) and AOM. **(B)** Observed (including the long-term linear trend) and reconstructed mean annual pole positions, in the excitation domain, with respect to the 2003–2015 mean position. Blue error band is associated with the reconstructed solution; red signifies additional errors that are related to uncertainty in the long-term linear trend.

body-fixed right-handed Cartesian coordinates with the origin located at the center of mass of the planet. In the present context, where the external torque is absent, we may express Euler's equations as (32, 33)

$$\frac{d}{dt}[\mathbf{h}(t) + \boldsymbol{\omega}(t) \cdot \mathbf{I}(t)] + \boldsymbol{\omega}(t) \times [\mathbf{h}(t) + \boldsymbol{\omega}(t) \cdot \mathbf{I}(t)] = 0 \quad (2)$$

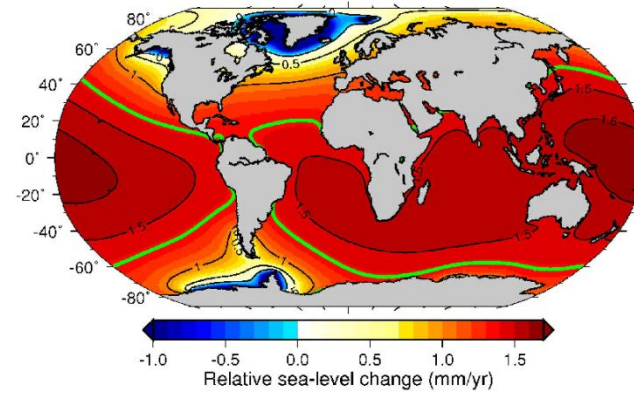
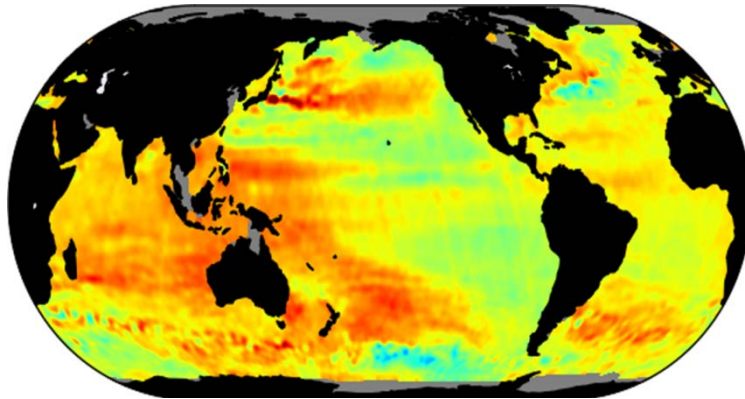
Here, $\boldsymbol{\omega}(t)$ is the angular velocity vector, $\mathbf{I}(t)$ is the inertia tensor that changes as a result of the redistribution of Earth's (surface and interior) mass, and $\mathbf{h}(t)$ is the change in angular momentum attributable to motion relative to the rotating reference frame. Because the polar motion is minimally affected by the motion-induced change in angular momentum in the lower-frequency domains (lower than the Chandler wobble frequency) that we are interested in, the following discussion is based on the assumption that $\mathbf{h}(t) \approx 0$.

In the chosen body-fixed coordinates and assumed initial equilibrium state, the products of inertia tensor vanish (that is, $I_{ij} = 0$ for $i \neq j = 1, 2, 3$) and the moments of inertia tensor for (assumed) rotationally symmetric Earth are given by $I_{ii} = A$ (for $i = 1, 2$) and $I_{33} = C$, where A is the mean equatorial and C is the polar moment of inertia. Similarly, components of angular velocity vector are given by $\omega_i = \delta_{i3}\Omega$ (for $i = 1, 2, 3$), where δ_{i3} is the Kronecker delta and Ω is the mean rotational velocity of Earth. Following the mass redistribution on Earth's surface, both $\mathbf{I}(t)$ and $\boldsymbol{\omega}(t)$ are perturbed from their initial equilibrium states. Let \mathcal{J}_{ij} and Ωm_i be the respective perturbation terms, where m_i are nondimensional and typically on the order of $\leq 10^{-6}$. Inserting these perturbation terms into Eq. 2 and dropping second- or higher-order terms give the following coupled equation to be solved for $m_1(t)$ and $m_2(t)$ characterizing the rotational pole (32, 33)

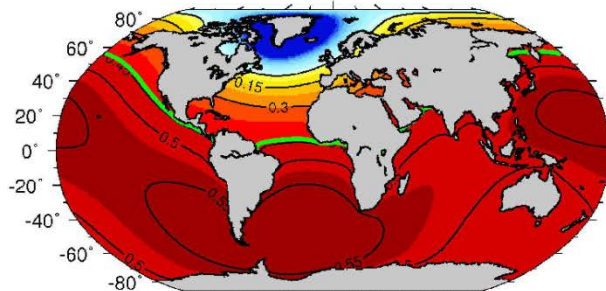
$$\begin{Bmatrix} m_1(t) \\ m_2(t) \end{Bmatrix} + \frac{1}{\sigma_r} \frac{d}{dt} \begin{Bmatrix} -m_2(t) \\ m_1(t) \end{Bmatrix} = k_e \begin{Bmatrix} \chi_1(t) \\ \chi_2(t) \end{Bmatrix} \quad (3)$$

Here, σ_r is the Chandler wobble frequency for an elastic Earth (with 433-day periodicity) and k_e is an effective degree 2 Love number that accounts for rotation-induced perturbations in gravitational and rotational potentials (18, 32, 33). The excitation functions are given by

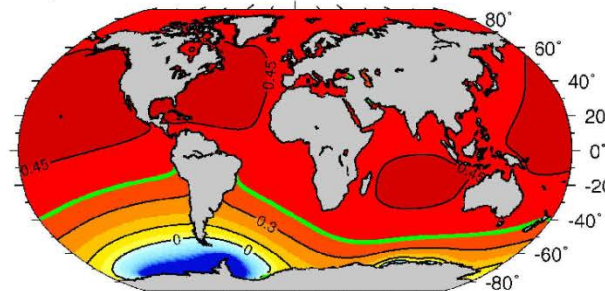
The sea level fingerprint of recent ice mass fluxes (Bamber & Riva, 2010)



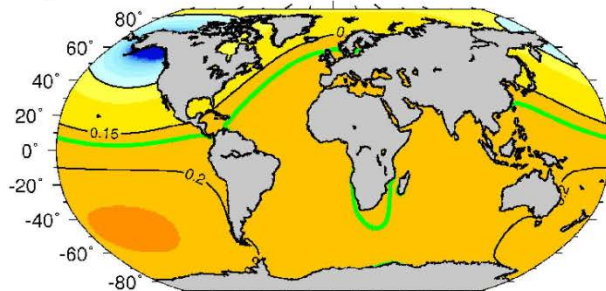
a) Greenland -166 Gt/yr



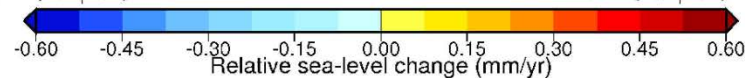
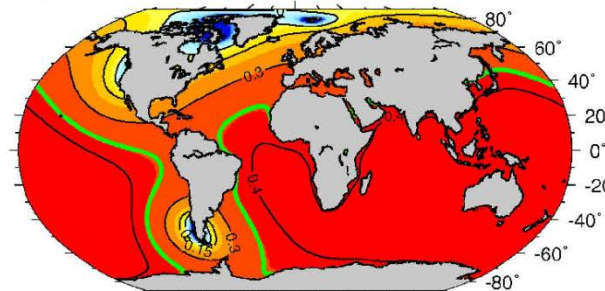
b) Antarctica -135 Gt/yr



c) Alaska -61 Gt/yr



d) Glaciers -135 Gt/yr



ま と め

- **GGOS**と測地学の役割を紹介した
- **変化**する地球が測地学の主要な対象である
- **変化**の観測が、地球変動監視、防災・減災に役だつ
- **変化**には様々な相互作用が関連して面白い