

# 原理解説： レーザ測量 GNSS測量

JGU秋の学校2015

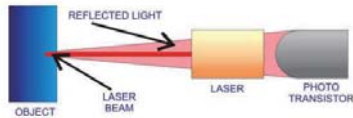
早川裕弐



東京大学 空間情報科学研究センター  
Center for Spatial Information Science The University of Tokyo

## レーザ測量

- LASER
  - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
- LiDAR : Light Detection And Ranging
  - レーザ光を測定対象物に照射し、その反射光を受信することによりその物理的情報を得る技術。
- 発射後、対象物に反射して戻ってくるまでの往復時間やその強度を計測
- 時間×光の速度 ( $3 \times 10^8$  km/s) = 距離



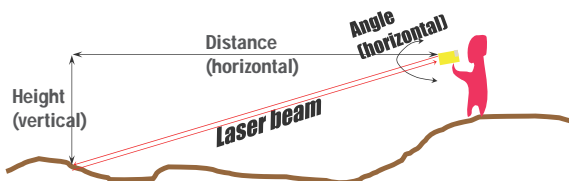
## レーザ計測データの変換

Raw data → Computed

直線距離  
鉛直角  
水平角 (北0)

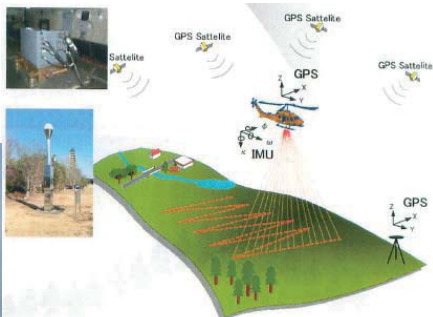
水平距離  
高さ  
水平角 (磁北補正)

XYZ



## ALS / 航空レーザ測量

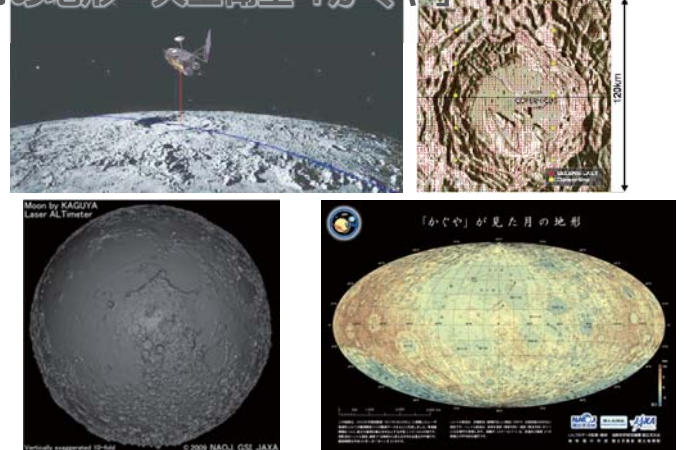
- Airborne Laser Scanning
- Airborne Lidar System



## レーザ測量の種類

- 衛星レーザ測量
  - プロファイラ  
e.g., 火星 (Mars Orbiter Laser Altimeter)
- 航空レーザ測量 (ALS)
- 地上レーザ測量
  - 3次元レーザスキャン (TLS)
  - レーザ距離計 (LRF)
  - モバイルレーザスキャン (MLS)
- 卓上型3次元レーザスキャナ (DLS)

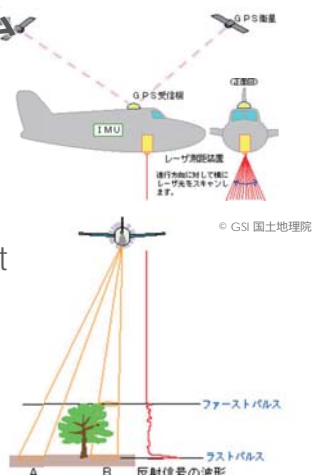
## topography of the moon (SELENE) 月の地形 人工衛星「かぐや」



## components of ALS

### 航空レーザ計測システム

1. GNSS
  - positioning of the aircraft  
どの場所から測っているのか？
2. laser measurement unit レーザ測距装置
  - distance to the ground  
地上まで何mか？
3. IMU 姿勢計測
  - orientations of aircraft  
どっちを向いているのか？

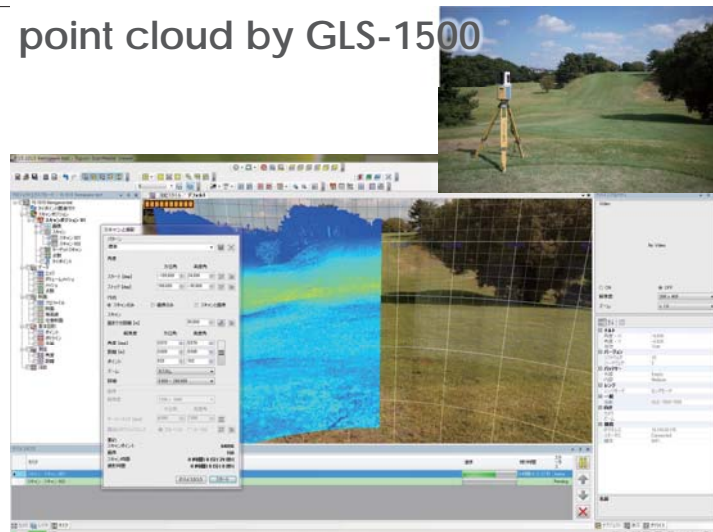


## 地上レーザスキャナ TLS

[illegible]

List of available terrestrial laser scanners in Japan. PB: Phase-based method, ToF: Time-of-Flight method. See Fig. 3 for the type of field of view. The weight does not include batteries. The price range is an approximate classification as: A: <10M, B: 10–20M, C: 20–30M, D: >30M (JPY)

## point cloud by GLS-1500



## car-mounted / 車載タイプ° (MLS)



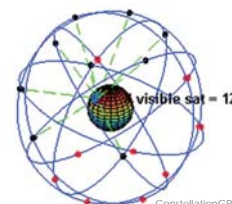
## walkable scanner 可搬型LS (MLS)



## GNSSのしくみ

## GNSS – Global Navigation Satellite System

- 衛星からの電波を受信することにより、緯度・経度・高度の連続観測ができる**測位システム**
- GNSS：衛星測位システムの総称
  - GPS（アメリカ合衆国）、Galileo（ヨーロッパ連合）、GLONASS（ロシア）、北斗（中国）、QZSS（日本）



ConstellationGPS: Original uploader was El pak at en.wikipedia

## GPS – Global Positioning System

1978	最初の測地衛星の打ち上げ
1993	システムの正式運用
1996	平和的民生利用への政策指針
1998	GPS利用の日米協力推進体制
2000 May	精度劣化操作 (SA) の解除

現在：衛星数24個（予備含め約30個）

 GPS

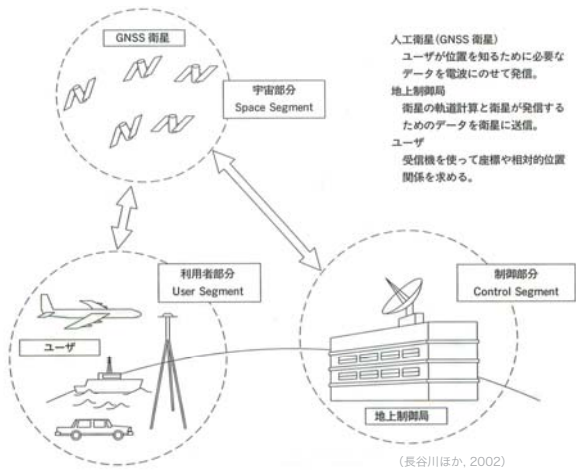


## iPod/Walkman

VS.

# 携帯音楽プレーヤ

# GNSSの基本構成



## GPS衛星からの電波信号

- 2種類の搬送波
  - L1帯：1,575.42 MHz
  - L2帯：1,227.6 MHz
- 測距信号
  - 混線防止と衛星識別のため、疑似ランダム雑音符号 (PRN) により暗号化される
  - C/Aコード：L1波、民生用に開放
  - P(Y)コード：L1・L2波、米軍用に限定(観測は可能)
- 補正信号
  - SBAS (Satellite-Based Augmentation System)

# GNSS測定の分類と概要

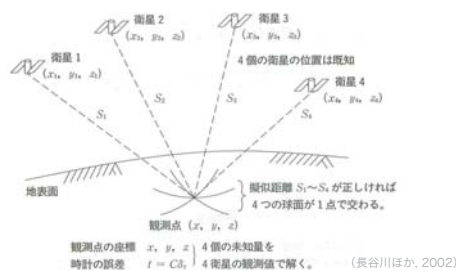
GNSS（GPS）測位法の種類			観測時間	成果解析	測位精度（水平方向）	適用領域
単独測位			数秒～数分	リアルタイム	10 m～	船・車などのナビゲーション
相対測位	ディファレンシャル法（DGNSS）		数秒～数分	リアルタイム/後処理	0.1～数 m	航空機のナビゲーション、船位測量、工事用車両の運行管理
	干渉測位	スタティック法	> 60分	後処理	5 mm	1～4級基準点測量、地すべり観測
		短縮（高速）スタティック法	10～20分	後処理	5 mm	3～4級基準点測量
		後処理キネマティック法（PPK）	> 1分	後処理	10-20 mm	3～4級基準点測量
		リアルタイムキネマティック法（RTK）	数秒～1分	リアルタイム	10-20 mm	3～4級基準点測量、地籍測量、公共測量

## GNSS受信機価格帯 (JPY)

- 単独測位 数千～数万  
– 精度： $10^1$  m
- ディファレンシャル測位 数十万  
– 精度： $10^{-1} \sim 10^0$  m
- 干渉測位 (RTK, VRS, スタティック) 数百万  
– 精度： $10^{-3} \sim 10^{-2}$  m

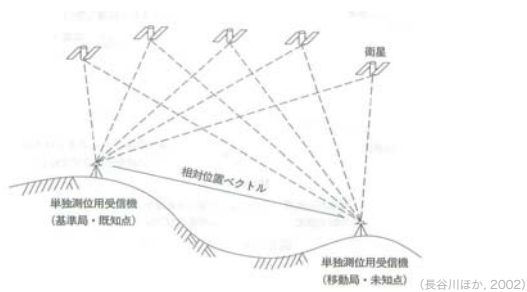
## 单独测位

- 1台の受信機を用いて同時に**4個以上**の衛星からの電波を受信
- 測点から各衛星までの距離  
→ 後方交会法によって観測点の位置を求める



## ディファレンシャル測位 (DGPS)

- 複数の観測点（**基準局**と**移動局**）で同時に単独測位を行い、固定された基準局からの相対位置で移動局の誤差補正を行う。

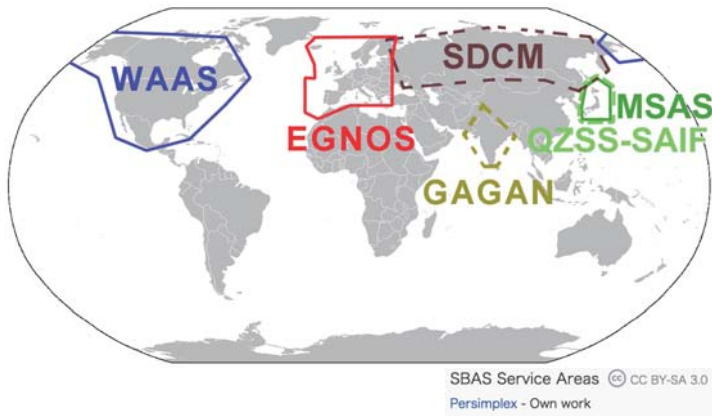


## SBAS (Satellite-Based Augmentation System)

- 補正信号が**静止衛星**から送信される
  - － **リアルタイム**なディファレンシャル測位
  - － 精度：5 m 程度
- 地域別に運用
  - － 静止衛星であるため常時捕捉可能
  - － 米国：WAAS (Wide Area Augmentation System)
  - － EU：EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)
  - － 日本：MSAS (MTSAT-based Satellite Augmentation System) =ひまわり
- 航空機やハンディGPSにも搭載



## 各地域におけるSBASの運用



米国WAAS：2003年7月～      日本MSAS：2007年9月～  
欧州EGNOS：2005年～      インドGAGAN：2013以降

## 干渉測位

- 搬送波の位相差を利用する高精度測位法
- 基線解析
  - 2台の受信機（基地局・移動局）  
→同時に受信した搬送波の位相差を測定
  - 基線ベクトル（受信機間の距離と方向）の算定
- 整数値バイアス
  - 位相差測定で読み取り可能なのは1波長未満だけで、整数部分是不確定
  - 観測開始時にこれの確定（初期化）が必要

## 干渉測位の種類

- 静的干渉測位（スタティック法）
  - 1時間以上の連続観測
    - 高速（短縮）スタティック法：10～20分
- 動的干渉測位（キネマティック法）
  - 初期化（整数値バイアスを決定・保存）後、後処理で基準局と移動局間の基線ベクトルを算出
    - 測点ごとの整数値バイアスの確定作業が不要
  - 各測点において数秒～1分程度の観測
  - リアルタイムキネマティック（RTK）測位
    - 基線解析のリアルタイム処理
    - 基準局と移動局間相互の無線通信（Bluetoothや携帯電話網（VRS）など）

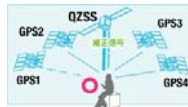
## 電子基準点

- 国土地理院が全国約1,200箇所に設置しているGPS連続観測局
- 1994年～
- 地殻変動等の連続観測
- ディファレンシャル／キネマティック補正のための基準局データを提供
  - 先月（6/29）リニューアル



## 準天頂衛星システム

- QZSS: Quasi-Zenith Satellite System
  - 宇宙航空研究開発機構（JAXA）
- 準天頂衛星初号機みちびき（QZS-1）
  - 2010年9月11日打ち上げ
- GPSの補完・補強
  - 常に天頂付近に衛星がある！
  - 補正信号→測位精度を高める
  - 目標精度
    - 高速移動体で1 m以下
    - 低速移動体で数cm



<http://qz-vision.jaxa.jp/>