

## 2. 中低速移動体への RTK-GPS 適用化検討の目的

### 2.1 衛星測位の動向

#### 2.1.1 GPS 測位の方式と近代化計画

GPS (Global Positioning System: 全地球測位システム) は、1970 年代に米国で開発された衛星測位システムであり、地球を周回する 30 基の衛星からの電波を利用者が受信することにより、いつでも、どこでも、リアルタイムで緯度、経度、高さ及び時刻が得られる測位・航法・タイミングシステムである。現在、米国国防総省が運用する 6 軌道面に各 4 基の衛星が配置されており、さらに予備機を含め 30 基で運用されている。現在の GPS の信号は、L1 および L2 の 2 つの搬送波を送信しており、L1: 1575.42 MHz (波長 19.0cm)、L2: 1227.60MHz (波長 24.4cm) である。

位置の測位方式は、単独測位と相対測位、コード測位と搬送波測位とに分けられる。コード測位は、受信機と 4 基以上の GPS 衛星との時間よりもとめた擬似距離を利用して、位置 (x, y, z) と時間 (t) を求める。そして、搬送波測位は、搬送波の位相を測定し既知の基準点との位相差を利用して位置を求める方式であり、高精度 (1 ~ 2 cm 程度) な位置測位が可能である。

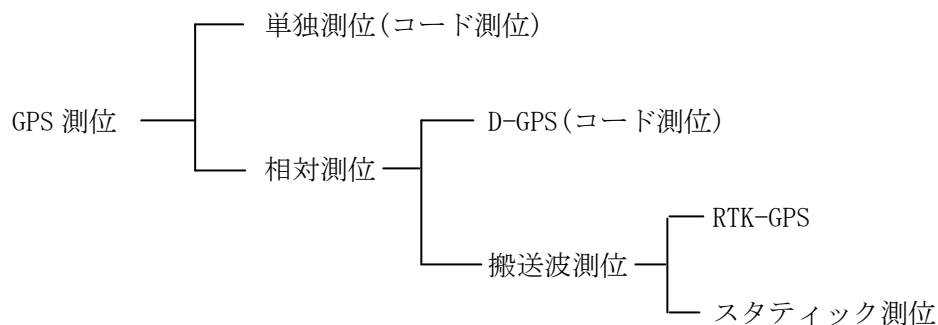


図 2.1.1-1 GPS の測位方式

また、衛星測位における測位精度は、様々な誤差要因によって影響を受ける。誤差要因には、衛星クロックの誤差、衛星軌道情報の誤差、電離層遅延、対流圏遅延、マルチパスなどがある。電離層遅延は、高度 250~400km 程度の電離層を通過時に電波搬送に遅延を発生させるものであり、昼間に大きくなる。また、対流圏遅延は、地上付近の対流圏での遅延で気圧や湿度などにより遅延量が決まる。また、仰角が低角度の衛星では、誤差量が大きくなる。さらに、建物などの反射波による誤差も大きくなる。

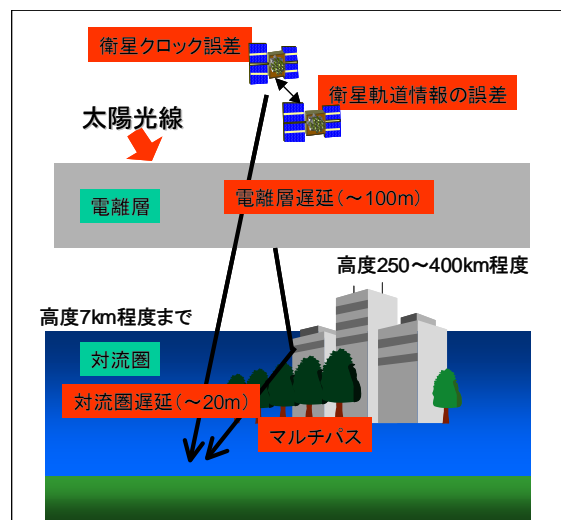


図 2.1.1.-2 GPS における誤差要因  
【ENRI ホームページより】

現在、米国では GPS の近代化を進めており、世界での商用・民間への利用拡大を進めるため、新しい周波数・信号を追加する。それにより、精度の向上や効率化などが期待される。2005 年には、L2C 信号の提供を始め L2 の民間利用が可能となり、さらに、2009 年から L5 信号の送信が予定されている。

表 2.1.1-1 GPS と準天頂衛星の信号

| GPS 信号 | 現 GPS (Block IIR まで) |     | GPS 近代化 (Block IIR-M) |        | GPS 近代化 (Block-IIF) |        | 次世代 GPS (GPS-III) |        | 準天頂衛星    |
|--------|----------------------|-----|-----------------------|--------|---------------------|--------|-------------------|--------|----------|
|        | 民生用                  | 軍所用 | 民生用                   | 軍所用    | 民生用                 | 軍所用    | 民生用               | 軍所用    |          |
| L1     | ○                    | ○   | ○                     | ○<br>◎ | ○                   | ○<br>◎ | ○<br>L1C◎         | ○<br>◎ | ○<br>(◎) |
| L2     |                      | ○   | L2C◎                  | ○<br>◎ | L2C◎                | ○<br>◎ | L2C◎              | ○<br>◎ | L2C◎     |
| L5     |                      |     |                       |        | ◎                   |        | ◎                 |        | ◎        |
| E6     |                      |     |                       |        |                     |        |                   |        | ◎        |

○：現在の GPS から放送されている測位信号

◎：今後新たに追加される信号

【JAXA ホームページより】

## 2.1.2 その他の GNSS の動向

### (1) GLONASS (Global Navigation Satellite System)

ロシア連邦国防省が運営している衛星測位システムであり、衛星毎に測位信号を電波の周波数が異なっている (FDMA) のが特長である。昨年末に衛星の打ち上げに成功し、現在 14 基でロシア全地域をカバーできるようになった。信号は、L1 および L2 を送信しており、08 年には L3 を追加予定である。また、今後 24 基まで打上げ予定であり、全世界のカバーを目指している。

すでに GPS と GLONASS が同時に受信できる受信機が発売されており、GPS のみで測位できない時間帯の補完としても利用されている。

### (2) Galileo

EU および宇宙開発組織である欧州宇宙機関 (ESA: European Space Agency) が計画しており、既に衛星の打ち上げを進めている。Galileo 計画は、GPS からの独立と共に GPS や GLONASS との相互運用を可能としている。また、GPS や GLONASS と異なり、軍事利用を目的としておらず、初期から商用サービスを目的として進められている。現在、Galileo 衛星は、3 軌道 30 基の衛星の打ち上げを進めており、信号は、L1、E5、E6 を送信計画である。

この Galileo 計画には、ヨーロッパの各国のみで無く中国などのアジア各国も参画しており、2011 年のサービス開始を目指している。

### (3)GNSS(Global Navigation Satellite System)の比較

GLONASSやGalileo以外にも、中国の北斗などの計画が進められており、また、韓国なども準天頂衛星への参画も検討しているなど、衛星測位への期待と利用拡大はますます高まっている。GPS、Galileo、Galileoだけでも80基の衛星が配置され、衛星測位が可能な場所や時間は拡大していき、公共・民間分野とも様々な利用の拡大が想定される。主なGNSSの概要を表2.2.1-2に纏めた。

表 2.1.2-2 GNSSの基本情報

|       | GPS                                 | GLONASS                             | Galileo                             | 準天頂衛星                              |
|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 運用国   | 米国                                  | ロシア                                 | 欧州                                  | 日本                                 |
| 衛星数   | 24基+予備                              | 24基                                 | 30基                                 | 3基                                 |
| 軌道    | 軌道数：6軌道<br>軌道傾斜角：55°<br>高度：20,200km | 軌道数：3軌道<br>軌道傾斜角：65°<br>高度：19,100km | 軌道数：3軌道<br>軌道傾斜角：56°<br>高度：23,600km | 軌道数3軌道<br>軌道傾斜角：45°<br>高度：35,800km |
| 信号    | L1                                  | ◎(1575.42MHz)                       | ◎<br>(1592-1610MHz)                 | ○(1575.42MHz)                      |
|       | L2                                  | ◎(1227.6MHz)                        | ◎<br>(1239-1254MHz)                 | ○(1227.6MHz)                       |
|       | L3                                  |                                     | ○                                   |                                    |
|       | L5                                  | ○(1176.45MHz)                       |                                     |                                    |
|       | E5                                  |                                     |                                     | ○(1176.45MHz)<br>(1201.5MHz)       |
|       | E6                                  |                                     |                                     | ○<br>(1260-1300MHz)                |
|       | LEX                                 |                                     |                                     |                                    |
| 対象エリア | 地球全域                                | 14基：ロシア<br>24基：地球全域                 | 地球全域                                | 日本周辺                               |

信号・・・ ◎：現在、送信中の信号 ○：今後の計画

#### 2.1.3 準天頂衛星(QZSS: Quasi-Zenith Satellites System)

GPSなど全地球をカバーする衛星測位システムとは異なり、日本を中心とした限定した地域向けの衛星測位システムである。日本付近では、常に天頂(仰角70°以上)に1基以上の衛星が配置され、山間部や都市部のビル街でも、山や建物に影響されずに衛星が捕捉できる測位環境を提供する。準天頂衛星1基での天頂での滞在時間が約8時間程度であるため、3基による運用が予定されている。図2.1.3-1に示したように、軌道は、赤道上の静止衛星

の軌道から約45度傾斜した軌道であり、地球の自転と共に衛星が角度を変えて行くため、地球上から見た軌道は8字型となる。現在、2009年に1号機の打上げを目指しており、実証の評価後に2号機、3号機の打上げが計画されている。

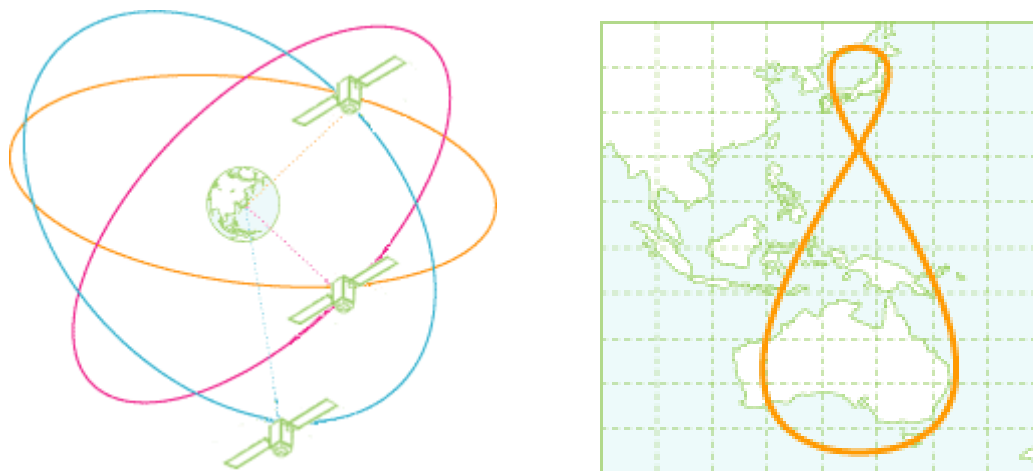


図 2.1.3-1 準天頂衛星の軌道 [JAXA ホームページより]

準天頂衛星は、表 2.1.2-2 に示したように、GPS 衛星測位と互換性を持つ信号を採用しており、「GPS の補完」と「GPS の補強」の2つの機能がある。GPS の補完機能は、GPS 衛星が4基以上見えない場所でも準天頂衛星をあたかももう1つのGPS衛星として、GPS衛星の信号とともに準天頂衛星の信号を合せて利用して測位を可能とする。また、GPS の補強は、準天頂衛星により補正情報（基準点の情報など）を送信し、高精度な測位や基準点なしでの測位が実現でき、効率化などにつながる。この補正情報は、現在 L1-SAIF や LEX 信号を利用する送信方法が研究開発されている。

## 2.2 情報化施工への GPS の適用

衛星測位の活用分野として情報化施工があるが、今後拡大していくと考えられている。情報化施工は、GPS や CAD、無線通信、センサなどの技術を活用して、建設機械での施工を支援する次世代の施工管理システムである。情報化施工により、施工の効率化、品質の向上、安全性の確保、環境保全など様々な効果が期待されている。

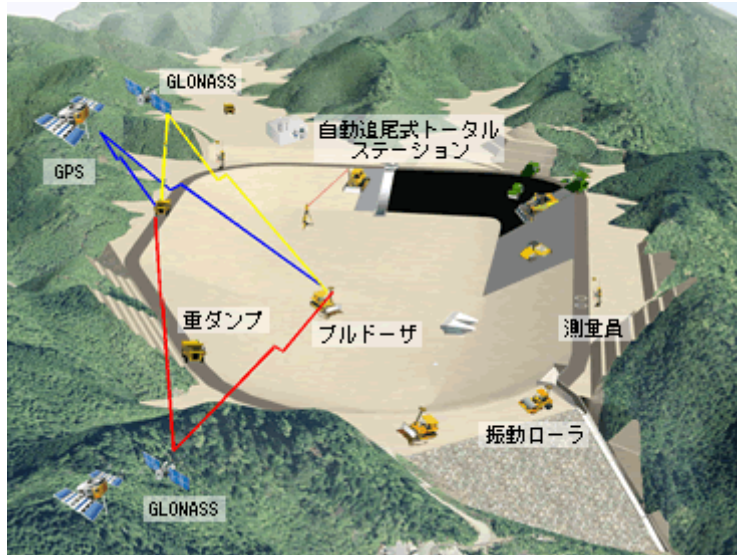


図 2.2-1 情報化施工のイメージ [鹿島建設(株)ホームページより]

その中で、GPS を用いて建設機械の位置を正確に把握する事で、丁張りなしでの施工や1人での施工などが可能となり、工事の効率化や品質向上につながっている。現在は、ショベルでの切り土・盛土の法面形成、ローラーでの転圧管理、ブルドーザーでの敷均し・まき出し、グレーダーでの路床仕上げ・砂利敷均しなど、多種の建設機械に適用されている。この場合、GPS のみでなく、センサの利用や2台の GPS を搭載しており、また、建設機械外に追尾型トータルステーションやレーザを設置して位置を正確に把握している。

しかし、国内では情報化施工の利用はあまり進んでいない。山間部や都市部などでは電波の遮蔽があるため、GPS 測位が困難な場面が多くなっているため、情報化施工できる時間が短かったり、施工途中で利用できなくなったりしており、施工業者は利用する範囲を限定している。さらに、RTK-GPS は装置が非常に高価であり、導入費用の増大も利用拡大の妨げになっている。