

○説明者 準天頂衛星「みちびき」の利用について説明させていただきます。内容としては、平成15年から22年度まで実施していた国土交通省総合技術開発プロジェクトの内容を中心に紹介してまいりたいと思います。

御存じの方も多いと思いますが、準天頂衛星の概要について簡単に説明いたします。準天頂衛星は、準天頂軌道と呼ばれる特徴ある軌道を周回する衛星です。静止衛星の軌道面を45度傾けたような軌道となっております。約24時間で1周するような軌道となります。

日本上空で長時間見えるようにするために、完全な円ではなくて少し楕円軌道にして、日本上空でやや地球から遠ざかるようなところにある軌道を通っております。そのため、軌道の地表投影をしますと、右上にあるような下がややふくらんだような8の字になります。実際に地上でどのように見えるかというのが、左下にありますが、上空高いところ、広仰角で見える衛星となります。このように都市部や山間部のように遮蔽物が多いところでも見える可能性が上がるということで、測位可能性が向上することが考えられております。

この衛星が発信する信号ですが、右下の表にあるような信号を出しております。この上から4つはGPSと互換性のある信号ということで、この信号を使うことは、GPSが1個天頂方向にふえる効果があります。それを「GPS補完」と呼んでおります。信号はあと2つ送信する信号がありまして、これはGPSによる測位誤差を補正するための情報を乗せて送信される信号になっておりまして、この機能を「GPS補強」と呼んでおります。

2枚目ですが、この準天頂衛星に関して、国土交通省ではこのようなタイトル、「準天頂衛星による高精度測位補正に関する技術開発」というプロジェクトを立てて技術開発を行ってまいりました。目的のところ、準天頂衛星システムの利活用による、測位情報利用地域の拡大、高精度測位サービスの実現及び移動体への適用を実現すると掲げられております。この中で国土地理院では測量向けということで、2つ下の内容のところ、四角で囲まれておりますが、そこに掲げられている3つのテーマについて進めてまいりました。その成果の一部について説明してまいりたいと思います。

スライド3枚目ですが、成果の前に、地理院が担当した開発の目標について簡単に説明させていただきます。プロジェクト開始当初の測量分野における測位の現状ということで左側にまとめてありますが、準天頂衛星等の次世代衛星が実際に利用可能な状況になった場合に、それを用いた測量の方法や精度管理手法が未確定であるということで、そのままではすぐに測量に用いることができないという問題点があります。また、電子基準点はそ

もそも次世代測位衛星に対応していないということもあります。また、基準点測量では、スタティック測量は観測時間が 60 分必要で、長時間必要になっております。また、短時間での測量方法であるネットワーク RTK についても、利用できる場所は、携帯電話が使える場所に限られているという問題点がある。もう一つは 2 周波を受信できる受信機が必要ということで、1 周波のみ受信できる受信機に比べると高い、高価であるということもあります。これらについて解決を図るという目標を掲げています。

次世代測位衛星を含めた測量作業方法の検討については、一番上にありますように衛星測位シミュレーターを作成して、さまざまな測位条件の測量数値を実験し、検討を行う。GPS 補完に関する検討を行うということです。

もう一つ、効率的な測量方法については、準天頂衛星の放送機能を利用して測位補正情報を流す。GPS 補強の 1 つとして研究開発を行うということです。

4 枚目のスライドですが、準天頂総プロは、平成 15 年から 22 年までの 8 年にわたる長いプロジェクトです。これは途中で、準天頂衛星の計画の方針変更があったことが原因として挙げられます。もともとの計画では、官が準天頂衛星の実機打ち上げまでの技術開発を行うということで、15 年から 19 年度までのプロジェクトでした。ただ 18 年 3 月に、民間が準天頂衛星の「通信・放送の事業化」を断念することを受けて、方針転換が行われております。官が主体となって実施するという。S 帯を使わずに L 帯のみのシステムとするということがありました。これを受けて準天頂総プロも一部変更されることとなりました。

5 枚目のスライドが、準天頂総プロの全体構成です。平成 15 年から 19 年の最初の 5 年間はもともとの計画です。下のところに GPS 補完と GPS 補強についての開発内容が掲げられています。これらを 19 年度までに行っていたわけですが、先ほどの方針変更を受けて官が技術実証、実機を用いた実験も行うという方針になって、それを受けて 20 年度以降 22 年度まで、実機が上がるまでは準備の実験を行って、実機が上がって以降、実機を用いた実験を行うということで進めてまいりました。15 年度から 19 年度の研究開発の部分については、研究センターが担当しております。20 年度から 22 年度、延長部分について、我々観測センターが担当しました。

前置きが長くなりましたが、ここから総プロの成果の一部について紹介させていただきます。実機がまだない状態で GPS 補完効果について検討するというので、衛星測位シミュレーターの開発を行っております。このシートに開発の内容について記入していませ

んが、シミュレーターの中身としては、衛星の軌道要素とさまざまな誤差から、地球上の任意の地点や時間での観測値、RINEX データを生成するものです。さまざまな誤差として対流圏遅延誤差なども入れることはできるのですが、気象庁の客観解析データなどの複数の気象モデルを適用できるなど、汎用性があるシミュレーターとなっております。

このシミュレーターを用いて実際に測量をシミュレートし、測位可能性、測量精度等の検討を行いました。この検討を行った例を左の図に示しています。東京都心部の幾つかの場所で観測を行うことを想定して、その地点でのデータを作成し、実際に基線解析を行ったというものです。左下に、ある地点での上空の視界状況、灰色のところは建物等の遮蔽になるわけですが、このような条件を再現できるものです。

右上の表と右下のグラフは内容的には同じものですが、これは PDOP の値で評価を行う。PDOP の値が 6 より小さい場合に測位が可能である、測量が可能であるとして、その時間率をまとめたものです。上空視界がよい場合には、GPS のみでも測位時間率はかなり高いわけですが、上空視界が遮蔽されてしまう条件になりますと、GPS のみでは測位可能率が下がっておりますが、準天頂衛星が加わることで測位可能率がかなり改善する結果が得られております。

このように実機が運用する前に、測量における準天頂衛星の GPS 補完効果を確認することができたということです。

次に 7 枚目ですが、GPS 補強技術についてです。GPS 測量の現状と課題についてまとめたものです。先ほど簡単に説明したことと重なりますが、GPS 測量法については、主にスタティック法とネットワーク型 RTK 法があります。スタティック法は全国でどこでも使えるわけですが、観測時間が 1 時間と長いということがあります。それに対して観測時間が数分で行えるネットワーク型 RTK は、携帯電話が使えるところ、国土全体の 6 割程度の領域になりますが、そのような場所でしか使うことはできない。そうすると携帯電話の外で、短時間で効率的な測量を行うための手法が存在しないという現状になっております。この部分について開発を行うことが目標となっております。

次のスライドが、開発した測量向け測位補正技術の概要を示したものです。測位誤差の原因となる GPS 衛星の軌道情報、時計の誤差、電離層や対流圏による遅延を GEONET、電子基準点網のリアルタイムデータ、あるいは外部から取得したデータを用いて補正情報を作成し、準天頂衛星を通じて現地へ配信するものです。また、この測位方法については全国 12 カ所に設けられた参照基準点との相対測位を行うということで、参照基準点の L1

データ、1周波のデータも補正情報とあわせて現地へ送信するシステムになっています。

9枚目ですが、実はもともとこのシステム、一番最初でも申し上げましたが、S帯を想定して作成しておりました。S帯で送信可能なのが1Mbpsの送信レートがあったわけですが、これがL帯、LEX信号と呼ばれるものを使うという方針変更になったために2Kbpsになってしまった。500分1に圧縮する必要が出てきてしまったということで、これについても開発を行っております。500分1にするために、もともとの補正情報の格子サイズを粗くしたり、補正情報を送信するレート、割合を減らしたり、観測時間をもともと想定では10分程度の観測を想定していたんですが、それを15分程度に延ばしたりそのような努力をしまして、L帯、LEX信号を用いても、何とか想定した精度を得られる補正技術を開発することができたということを確認しました。

10枚目です。今申し上げた内容が研究センターで開発したものでして、観測センターでは、その開発された技術を用いて現地で実際に観測精度の確認等を行うものを担当しました。さまざまな地域で観測実験を行っております。全国12カ所の参照基準点がありますが、全国くまなく実験することはできませんので、代表的な地点を選んで行っております。北海道から沖縄までの場所を選んで行ったり、季節変化があるかどうかを確認するために、季節を変えた実験。あるいは平地ばかりではなくて、非常に標高差があるような山岳部ではかる。そのような実験を繰り返しております。

その結果、全体としてはFix率、測位解が得られる割合が90%程度以上、測位精度はおおむねセンチメートル級という結果が得られております。実際の測位結果が下にグラフが4つ並んでいます。1目盛りが5cmですが、±5cmの中におさまっていることがわかっていただけるかと思います。

11枚目のスライドです。今説明を忘れましたが、今説明させていただいたのは準天頂衛星が上がる前に実験を行った結果です。通信衛星を用いて補正情報を現地へ送るという実験を行いました。今画面で示しております11枚目は、準天頂衛星実機を用いた実験です。平成22年9月に「みちびき」が打ち上げられて、12月から実機を用いた実験が可能となりました。これを用いて実験を行ったわけです。

実験は関東地区で行いまして、参照基準点からの距離や地域差等を考慮して実証実験を行っております。実験で使った機器としては、右上に写真がありますが、GPSだけではなくて、準天頂衛星を含むGNSSを受信できるアンテナを用いて、受信アンテナはこの1つのみで、GPSと準天頂からの信号を受信して解析を行っております。

実験の結果ですが、右下に3つグラフを載せております。通信衛星を利用した実験とほぼ同等の成果が得られております。ただ、一部の地区ではアマチュア無線との干渉によって、LEX信号が受信できないという問題点もあることがわかりました。

12枚目のスライドですが、この実機を用いた実験では、実際の基準点測量作業を想定した実験も行っております。どういう実験を行ったかというのが左図にありますが、基本的には2台で同時に観測を行って、それをシャクトリムシのように延ばしていくという測量方法です。その結果をもとに、今回開発された測位補正技術を利用した測量作業のマニュアル（素案）を作成しています。現行規定との比較が右側の表にまとめてありますが、現行の準則に比べて、受信機の台数や観測時間、作業地域などで条件が緩和できていることが言えるかと思えます。ただ、このマニュアルの実際の運用については、LEX信号の運用調整や補正情報を配信する事業の確立等の課題があるため、現段階では素案としています。

次のスライドですが、この準天頂総プロの開発成果の活用にどのような効果があるかということです。直接的には開発したシミュレーターを用いた複数GNSSの効果の検証であるとか、測位補正技術の全国対応による山岳部でも測量作業のコスト削減などが考えられるかと思えます。

次に電子基準点関係の準天頂衛星に関する話題について紹介いたします。電子基準点は、これまでGPSのみに対応していたわけですが、現在、準天頂衛星を含む次世代GNSSに対応するために、アンテナや受信機の更新作業を進めております。このスライドは、今年度の補正予算において実施しているものですが、防災対応能力の向上として、停電時でも継続して観測可能なようにバッテリーの強化、準天頂衛星を含む観測データを蓄積可能なように目盛りを増強した受信機に更新することを行っております。

最後のスライドですが、全国のGEONETのアンテナ受信機については、平成24年度中に次世代GNSS対応にほぼすべて更新を完了する予定です。GNSSのデータを扱えるようにするために、電子基準点の更新はもちろんのこと、GEONETの中央局についてもGNSS対応にする必要があるということで、中央局のGNSS対応も行うこととなります。それについてはデータ収集と配信を行う部分と、実際のデータ解析を行う部分の2段階に分けて順次整備していく予定です。

以上でございます。

○委員長 どうもありがとうございました。

それでは御意見、御質問がありましたら。

多分これは日本独自の衛星を持って、各国の都合によって変えられないようにということがあります。今後の打ち上げはほぼ確かですかというか、もう少し正確に言うとういう計画になっているんですか。

○研究企画官 ここで紹介しました地理空間情報活用推進基本計画において、今後の実証を進めることになっていたんですけども、もともとこの実証実験の結果を受けて、2号機以降をとということに当時閣議決定になっておりました。これを受けまして、今年度の9月に新たな閣議決定がなされまして、あと3機、計4機体制を構築することと、将来的に7機体制を目指すことまで閣議決定されているところです。

○委員長 打ち上げ年はまだ決まっていない。

○研究企画官 そうですね。ここから何年か以内程度のバクッとしたものです。

○委員長 まだ1機なんですけど、この1機を使った実証実験をやったんですね。聞いていて余りよくわからなかったのですが、従来のGPSのところプラス1、かなり遠い衛星を使うことになるんですけど、それで飛躍的に精度は上がったんですか。

○説明者 GPSが1機ふえることによる効果、GPS補完については、この総プロの中では実は行っておりません。実際に受信した実験というのも別途行っておりますが、現状では解析ができるところまでの確認にとどまっております。

○委員長 わかりました。

どうぞ。

○委員 GPSが全部ダウンしたときの対応は当然あると思いますが、GPSが使える状況においては、ビルがすごく建っていて頂上ぐらいしか見えないとか、山の谷間のところで使えるのが最大の利点と考えていいわけでしょうか。

○説明者 そう考えていただいて結構かと思います。

○委員長 どうぞ。

○委員 地理院としてやっている実験ですので、基準点測量というか定点でやるのは当然だと思うのですが、移動体に関する実験は何か考えられているのでしょうか。

○説明者 説明はいたしませんでしたが、国土技術政策総合研究所で移動体に関して研究を行っております。そちらは低速で移動するものについての研究です。電子航法研究所で、高速で移動するものについての補強技術について研究が行われております。それは実際に準天頂衛星が送信している、1枚目の表にありますけど、下から2番目のL1-SAIFと言われるものについて、高速移動体向けの情報について研究が行われております。

○委員長 どうぞ。

○委員 現状で電子基準点で、どのぐらいの割合で次世代 GNSS に対応できるようになっているんですか。

○説明者 現時点でということ。

○委員 現時点で。

○説明者 ちょっと正確な数字を。

○委員 正確でなくても、大体 10%とか 50%とか。

○説明者 今年度末までに二百何十点かで利用可能になるはずだったと記憶しておりますが、済みません、数字については。

○委員 そうすると 15%ぐらい。

○説明者 数としてはそのようになるかと思いますが、場所としては東北地方を中心に更新作業をまず進めております。

○委員 それはアンテナも含めてですか。

○説明者 受信機とアンテナ、両方更新しております。

○委員長 よろしいですか。

これは衛星の打ち上がりぐあいと関連して、こちらだけでやってもしょうがない部分がありますから、これは地道にというか、しっかり研究を積み重ねて、衛星等がそろったときにすぐに実用できるような形で進めてもらうということだろうと思います。

どうぞ。

○委員 解析ソフトとしての対応はどうなっているのでしょうか。

○説明者 今年度から、またこれも国土交通省の総プロですが、複数 GNSS を解析できるようなソフトウェアについても研究を行っているところです。

○委員 それは地理院が開発するというのではなくて。

○説明者 総プロで開発を行うわけですが、ベースとしてはオープンソースで開発を行うことを掲げております。

○委員 私が伺ったのは、たしか RTKLIB を改造して使うと聞いたんです。ただ GEONET が GNSS 対応になっていくと、今度は今使っているベルニーズも GNSS 対応にしないと、全国の解析もいずれそうなっていかないといけないと思うので、その辺はどう計画されているのかを知りたかったんです。

○説明者 1 つは今申し上げた総プロの成果を全国の解析に用いることが考えられるかと

思います。もう一つはベルニーズのマルチ GNSS 対応ということがあります。実際に総プロで検討を進めていかないといけないと考えておりますが、どの衛星の組み合わせ、あるいは衛星機 1 つに絞るほうがいいのかもかもしれませんが、どの衛星の組み合わせが一番精度がよいのかということについても検討を進めていく必要があると考えております。

○委員 これは地理院の担当では多分ないと思うのですが、準天頂衛星のアプリケーションを検討している組織はどこかにあるのでしょうか。例えばカーナビなんかは絶好だと思うんですが、そういった業界とか。

○説明者 済みません、情報を持ち合わせておりません。

○委員 そういったところから情報を得て、新しい研究テーマなんかを探られると非常にいいのではないかという気がします。

○委員長 よろしいですか。

それでは、これで②の部分は終了します。御苦労さまでした。