

準天頂衛星システムについての意見

野村 清英

1 技術面：重複投資

準天頂システム (QZSS) は日本独自の衛星測位システム構想で、日本周辺限定の地域航法衛星システムである。しかし、これは既存の GPS などの全地球衛星測位システム (GNSS) と重複投資となる。巨額の投資に見合った価値があるかどうか、十分検討してから踏み切るべきである。

1. 準天頂システム (QZSS) 整備に必要な費用は約 1700 - 2700 億円と試算されている [1]。またインフラ完成後も継続的に年間数百億円単位の整備費用が必要である。
2. 衛星測位システム (GNSS) としては既にアメリカの GPS, ロシアの GLONASS, 現在整備中の EU のガリレオ (Galileo), 中国の北斗 2 (COMPASS) [2] などある。したがって QZSS は衛星測位システムとしては重複投資となる。
3. 重複投資でも、既存の衛星測位システムが使えなくなる場合のリスク分散なら正当化できる。ところで GPS も GLONASS も核戦争を想定し構築されたシステムで、部分的なトラブルならともかく、全体的な機能停止は極めて起こりにくい。さらに GPS が使えず、QZSS のみが見える状況は大変想定しにくい [3]。
4. 地形によっては測位に必要な数の GPS 衛星が見えないことがある。これが準天頂衛星システム推進の強い根拠の一つであった。ところが GPS に GLONASS [4], COMPASS や数年後には Galileo システムが加わることで地形による可視衛星数の問題は大幅に緩和される。
5. 性能面では、衛星測位精度では準天頂衛星「みちびき」は既存の GPS を上回っている。しかしながら次世代 GPS や Galileo システ

ムで衛星測位精度が向上 [5, 6, 7] するので，QZSS を整備完了の時点では，他の GNSS システムに対する優位はなくなる．

6. コスト面でも地球規模の GPS や Galileo システムに対して，地域航法衛星システムの QZSS が十分優位とはいえない．QZSS では必要な衛星数こそ少ないが，軌道が GPS 他より高いので衛星質量が重くなり [8] ，コスト高になる．また数が少ないので量産によるコスト削減効果も低い．

なお，地域航法衛星システムには，他にインドの IRNSS [9] がある．

7. 外交的プレゼンスとしても，中国は独自の衛星測位システム構築中，韓国は Galileo 計画に参加しているので，QZSS の意義は乏しい．他の国に対しては地域航法衛星システムの性格上メリットに欠ける．そもそも Galileo のように最初から多国間協力 (EU 以外に 中華人民共和国、イスラエル、ウクライナ、インド、モロッコ、サウジアラビア、大韓民国が参加) で進められているものと根本的に違う．
8. 残る準天頂システムのメリットといえば，超高層ビル街での衛星測位の有効性が高まると言うことくらいである．しかし国費を投じての数千億円の宇宙インフラ構築の正当化には不十分である．

以上から，民生用に準天頂システムの構築に早急に乗り出すのは大きな疑問がある．少なくとも現状より大幅にコストパフォーマンスが改善される必要がある．

かといって日本には，ロシアや中国のようにアメリカと対抗する戦略的な意志も能力もないし [3] ，インドのような地域大国 (核兵器保有国) としての戦略があるわけでもない．EU のように，アメリカやロシアに対する第 3 グループを外交的に形成する意志もない．

幸い，初号機の「みちびき」には十分な寿命があるので，再検討の時間はある．

2 運営組織の問題

準天頂システム (QZSS) を推進運用するに適した既存の省庁があるにもかかわらず，内閣が主導となって行っている．これは日本の宇宙計画のなかで QZSS を聖域化しようという意図と受け取られてもしかたがな

いし、また内閣が複数の宇宙プロジェクトの指令塔となろうとすることと QZSS 重点推進は矛盾する。

1. 諸外国の衛星測位システム (GNSS) はしばしば国防と関連して整備されているが、民生利用を主体として整備される場合は運輸関係の省庁が運用主体となっている (GPS, Galileo)
2. 日本でも、国土交通省は GNSS の整備運用に最適の組織である。
 - (a) 管轄下の気象庁が人工衛星運用の経験を 30 年以上積んでいる。
 - (b) また GPS 補強システム (MSAS) を 2005 年から運用している。
 - (c) 国土交通省管轄下の国土地理院は GPS 利用の電子基準点を長年整備してきている。
3. しかしながら、準天頂システムは、国土交通省などではなく、内閣府枠から予算申請している [10]。特定の宇宙プロジェクトを、内閣自体が推進するのは異例である。あえていえば情報収集衛星 (IGS) を内閣情報調査室が運用している例くらいである。
4. 12 月 22 日の報道によると宇宙戦略室 (仮称) を内閣府に新設する予定 [11] だそうである。ところで、この組織の目的は
 - (a) 宇宙政策の司令塔機能 (宇宙利用の企画・立案や政府内の調整)
 - (b) 準天頂衛星システムの開発、整備、運用の施策実施機能だそうであるが、複数の宇宙プロジェクトの相互調整と、特定の単一宇宙プロジェクトの推進を同じ機関で行うのは明かに矛盾している。

3 QZSS の経済波及効果

1. 準天頂衛星システム (QZSS) の経済波及効果は一部報道では 10 兆円といわれている。
2. しかし、これほど大きな経済波及効果が本当にあるなら、QZSS と類似の民生目的の Galileo 計画はもっとスムーズにいったはずである。Galileo 計画は当初予定より約 7 年遅れているが、外交的問題の他、当初予定の民間からの出資が見込めなくなったことによる計画変更がある。

3. QZSS の経済波及効果といわれているものの中には GPS や Galileo 利用のものも混じっていると思われる。他の GNSS 利用と QZSS 利用の経済効果を分離するのは難しい。
4. QZSS で次世代 GNSS の世界標準 (レシーバーを含め) を目指すといった議論があるが、そもそも QZSS は地域航法衛星システムであるので、前提自体がおかしい。
5. 実用衛星として大きな経済波及効果が見込まれるなら、民間運用に任せた方が効率的である。民間の宇宙利用には例えば
 - (a) 通信衛星
 - (b) 放送衛星
 - (c) インターネット衛星 (IPSTAR, KA-SAT, きずな等)
 - (d) 衛星電話 (イリジウム, グローバルスター, Thuraya 等)
 - (e) 高解像度地球観測衛星 (IKONOS, WorldView-1, 2, GeoEye-1)

などである (なお、通信衛星、インターネット衛星、衛星電話他はそれぞれ重複)。

日本はインターネット衛星「きずな」を打ち上げているが、商用のインターネット衛星ほどには利用されていない。また、当初は「きずな」後継の商用の BBISS 衛星が予定されていたが中断。

QZSS 自体、2002-2006 年には通信放送ビジネスと兼用が考えられたが、見通しが立たず中止された。

6. 日本の国家プロジェクトで、経済効果が大きいと当初いわれたものには、十分な成果をあげてないものや、他のプロジェクトと競合するものが多い。

科学技術プロジェクトとしては原子力船「むつ」、高速増殖炉「もんじゅ」、あるいはもっと枠を広げると、地方空港 (約 9 割が赤字)、地方新幹線、高速道路の建設 (交通網として重複投資、並行在来線問題) 他に様々な公共事業。

4 QZSS のコストパフォーマンス改善案

QZSS のコストパフォーマンス改善は小手先では難しく、軌道設計から見直さないといけない。

1. 長楕円軌道 (モルニア軌道, ツンドラ軌道) の採用

この軌道を採用すると、衛星の打ち上げ質量が軽量化でき、H-IIA/B からの複数衛星投入でコストダウンが可能。

長楕円軌道は GLONASS の将来構想 [12] で考慮されている。

2. 12 時間または 8 時間周期の軌道

この場合、必要な衛星数は増加するが、衛星質量を軽くでき複数打ち上げによるコストダウンで全体のコストはそれほど上昇しない。

また、受益地域が日本のみでなく、12 時間周期ではアメリカ東部、8 時間周期ではイタリア+フランス南部) およびアメリカ西部を含むものとなり、商業的および外交的なメリットが期待できる。

3. カバーする領域を減らし、送信電力を節約して衛星を小型化する。

地域航法衛星システムとしての割り切りである。

参考文献

- [1] <http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/cosmo/sokuihaihu01/siry01-4.pdf>
- [2] 中華人民共和国の最初の衛星測位システム北斗 1 は地域限定の衛星航法システムであり、システム構成も GPS や GLONASS とは大きく異なっていた。これに対して北斗 2 (COMPASS) は全世界的な衛星航法システムで、GPS との相互運用性もある。
- [3] 防衛省は GPS で十分との見解で、万一 GPS が妨害を受けた場合は慣性航法システム他でバックアップし、QZSS には乗り気でない。

http://www.kantei.go.jp/jp/singi/utyuu/QZSkaihatsu/dai3/siry02_3.pdf

また、「準天頂衛星からは、GPS と高い相互運用性を有す測位信号が送信されていることを踏まえれば、GPS 衛星からの測位信号が妨害 (ジャミング) されている場合は、準天頂衛星からの信号についても同様に妨害されることとなるのではないか。」とのコメント

- [4] GLONASS はロシア崩壊後ほとんど運用が止まっていたが，2003 年以降再建が進み，2011 年に 24 機運用．また，信号の形式がこれまで FDMA で GPS との共用受信機は価格が高かったが GLONASS-K より CDMA で GPS との共用受信機が安価になる．

<http://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS>

なお，iPhone-4S は GPS/GLONASS を両方受信できる．また，GPS/Galileo/COMPASS は (GLONASS-K や準天頂衛星も含め) は信号の互換性が図られるので，共通の受信機が使える．

- [5] Galileo システムではオープンなもので 1m 以内 (Open access navigation)．暗号化された商用のもので cm (料金により精度は変わる)(Commercial navigation (encrypted))

http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_%28satellite_navigation%29#GPS_and_Galileo

- [6] GPS システムでは従来の L1 周波数帯 (民生用),L2 周波数帯 (軍用) だったが，Block IIR-M で L2C 周波数帯 (民生用) 追加で測位精度 URE 0.9m，Block IIF/III で 3 番目の民生用 L5 周波数帯が導入され測位精度さらに向上 (複数の周波数帯を使うと電離層の誤差を除去できるため精度が向上する)

<http://www.gps.gov/multimedia/presentations/2011/03/munich/gruber.pdf>

<http://www.gps.gov/multimedia/presentations/2011/10/APEC/boushell.pdf>

http://en.wikipedia.org/wiki/GPS_modernization

- [7] RTK-GPS により既に十数年前から cm オーダーの測位は可能であり，測量や建築などで応用されている．ただし，位相の不確定性を除去するために十分以上の初期化時間が必要であった．準天頂衛星システムでは複数の周波数帯を使うため RTK-GPS の初期化時間が短縮される．しかし，Galileo や次世代 GPS でも複数の周波数帯を使うので，準天頂衛星システムが特に優位とはいえない．

- [8] ガリレオ衛星の質量は 675 kg (寿命 12 年以上，太陽電池の電力 1.5kw)

http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_%28satellite_navigation%29#GPS_and_Galileo

[9] IRNSS は

http://en.wikipedia.org/wiki/Indian_Regional_Navigational_Satellite_System

[10] <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/utyuu/yosan/h23/sankou.html>

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/yosan24/dai3/haifu3.pdf>

[11] <http://sankei.jp.msn.com/politics/news/111222/plc11122212330012-n1.htm>

<http://www.asahi.com/politics/jiji/JJT201112220068.html>

[12] http://www.gpsworld.com/gnss-system/glonass/innovation-glonass-11405?page_i