

東京大学公共政策大学院

「ミクロ経済事例研究」
2005年8月

準天頂衛星の費用便益分析と政策提言

東京大学公共政策大学院 経済政策コース

神川大毅

今野隼透

中村智隆

本間啓大

本間健男

目次

要約と結論 (Executive Summary)

1. 準天頂衛星とは
2. 課題設定
3. 推計方法と推計結果
4. 感度分析
5. 結論と政策提言

参考文献

要約と結論 (Executive Summary)

準天頂衛星は GPS 衛星を補完し、日本で得られる位置測定情報をより正確なものとすることを目的としており、2009 年に打ち上げが予定されている。私たちは、準天頂衛星プロジェクトの費用便益分析を行った。プロジェクトの運用方法として、二つのケースを想定した。一つ目(With case 1)は半官半民で費用を負担し、位置測定情報の利用に制限を設けない方法である。二つ目の方法(With case 2)は、民間が全額出資すると同時に、政府によって価格が定められたチップの販売権を持つ。この場合、位置測定情報はチップを購入しなければ得られない。これら 2 つのケースと準天頂衛星プロジェクトを行わないケース (Without case) を比較して、それぞれのケースの便益と費用を推計した。便益の推計においては、準天頂衛星によって生じる便益が最も大きいと考えられるカーナビゲーションシステム市場を中心にした。

準天頂衛星の社会的費用としては、準天頂衛星の製造、打ち上げ、運営に必要な費用、METB (Marginal Excess Tax Burden、税の限界超過負担)、GPS 代替費用が主たるものである。

表 1. 社会的費用と社会的便益の内訳

社会的費用	社会的便益
衛星関連費用	放送、通信サービス
METB	位置測定情報の提供
GPS 代替費用	カーナビゲーションシステム その他 (マンナビ、防災、測量、物流効率化、航空・船舶輸送、防衛、救助活動、GPS 代替便益等)
	チップ収入

準天頂衛星の社会的便益としては、大別して (1) 放送や通信に関する便益と (2) 位置測定情報に関する便益の 2 つがある。後者はさらに、①カーナビ関連便益、②マンナビ関連便益、③防災関連便益、④測量関連便益、⑤物流効率化関連便益、⑥航空機・船舶輸送関連便益、⑦防衛関連便益、⑧救助活動効率化便益等に分類できる。さらに、⑨GPS システムが停止したときに、追加衛星を用いて代替することによる便益も存在する。以下ではこれらの便益のうちで、推計が可能であり、最も大きい便益が発生すると考えられるカーナビゲーションシステム関連便益を推計し、その他の便益については定性的な議論を行う。

With case 1 について推計した費用は、衛星関連費用、METB(Marginal Excess Tax Burden)、GPS 代替費用であり、便益はカーナビ関連の生産者余剰と消費者余剰、及び GPS 代替便益である。With case 2 の費用は、衛星関連費用と GPS 代替費用であり、便益はカ

カーナビ関連の生産者余剰と消費者余剰、チップ収入、GPS 代替便益である。また、対象とする期間は運用が予定されている 2009 年から、2020 年までの 12 年間とした。

費用、便益それぞれの推計方法は次のとおりである。衛星関連費用は準天頂衛星プロジェクト計画における推計値を用い、GPS 代替費用もこの推計値をベースにした。METB は先行研究における数値を基礎に設定した。カーナビ関連の生産者余剰と消費者余剰、及び GPS 代替費用は、カーナビの需要曲線を推定して算出した。

費用便益分析の結果は、With case 1 では、費用が 1975 億円、便益が 1404 億円、純便益はマイナス 571 億円であった(表 1)。With case 2 では、費用が 1885 億円、便益が 2293 億円、純便益は 408 億円であった。また、民間ベースで採算がとれるチップの価格は 1050 円であった。

感度分析において With case 1 の純便益がプラスの値になることはあったが、全ての場合において、With case 1 より With case 2 の純便益の方が大きい値であった。

以上から以下のような結論が得られる。準天頂衛星プロジェクトは、半官半民で運用するよりも、チップ方式を採用して民間のみで運用する方が社会的便益は大きい。その際、チップの価格は 1050 円程度になる。

表 2. 費用便益分析結果

	With case 1	With case 2
費用	1975 億円	1885 億円
便益	1404 億円	2293 億円
純便益	-571 億円	408 億円

1. 準天頂衛星とは

準天頂衛星とは、日本の上空を通るように軌道を赤道に対して傾けた周回衛星を、赤道方向に 120 度ずつ離れた軌道上に 3 機打ち上げ、衛星が常に日本上空を通過するように設定された衛星システムである。今まで衛星通信や衛星放送に利用されていた静止衛星は赤道上を地球と同方向に周回している。そのため、静止軌道から日本に向けて電波を発信すると高層ビルの谷間などでは、衛星からの電波が遮断され受信することが出来ない。現在全ての通信衛星は静止軌道であり、地上から見上げた角度（仰角）は 48 度以上に設定することは出来ない。一方準天頂衛星軌道の仰角は 60 度以上であり、常に天頂付近から電波を発信するため高層ビルの谷間でも遮断されることなく受信することが可能となる。準天頂衛星は、今までの静止衛星より広範囲での利用を可能とする。

準天頂衛星が提供する情報の中で最も重要であるのは、車などの移動体向け測位情報である。現在、カーナビゲーションに使われている測位情報は全てアメリカ合衆国が運用している GPS 衛星から無料で発信されているものである。この分野における準天頂衛星の効果としては、①天頂付近に衛星が常に一機常駐するために補足可能な衛星数が増し、測位精度が向上すること、②通信・放送機能を用い提供される補正情報を受けることで数十センチという高精度測位が可能になること、③準天頂衛星によって GPS が利用出来る地域が増えること、などがあげられる。

準天頂衛星プロジェクトの総事業費は 1700 億円であり、そのうち政府が 900 億円、民間が 800 億円負担する半官半民のプロジェクトとして計画が進行している。また、プロジェクトで想定されている運用期間は 2009 年から 2020 年までの 12 年間である。

2. 課題設定

私たちは準天頂衛星プロジェクトの費用便益分析を行う。準天頂衛星の社会的費用と社会的便益は次のようにまとめることが出来るだろう。

準天頂衛星の社会的費用としては、準天頂衛星の製造、打ち上げ、運営に必要な費用が主たるものである。これらは直接的な費用であり、以下ではまとめて衛星関連費用と呼ぶ。また、私たちは政府が費用負担する場合に税収を集めることによって発生する追加的費用（徴税コスト、税が価格体系を歪ませることによって生じる社会的厚生損失）を考慮する必要がある。この徴税に関する費用を以下ではMETB (Marginal Excess Tax Burden、税の限界超過負担)と呼ぶことにする。さらに私たちがGPS代替費用と呼ぶ、以下のようなコストも準天頂衛星の社会的費用である。現在アメリカによって提供されており、日本においてカーナビ等で利用されているGPSシステムが何らかの理由によって利用不可能になるという状況が想定できる。そういった状況において、準天頂衛星はGPSシステムに代替する役割を担うことが出来る。しかし、現在計画されている準天頂衛星だけではGPSシステムを完全に代替できず、追加的に衛星を打ち上げる必要がある。その費用をGPS代替費用として、準天頂衛星の社会的費用の一部として計上する。

準天頂衛星の社会的便益としては、大別して、(1)衛星を用いて放送や通信による便益と(2)位置測定情報の提供による便益の2つがある。後者についてはさらに、①カーナビ関連便益、②マンナビ関連便益、③防災関連便益、④測量関連便益、⑤物流効率化関連便益⑥航空機・船舶輸送関連便益、⑦防衛関連便益、⑧救助活動効率化便益等に細かく分類することが出来る。これらのそれぞれについて、利用者が受ける便益（消費者余剰）とサービス提供者が受ける便益（生産者余剰）が発生すると考えられる。さらに、⑨アメリカが運営しているGPSシステムが停止したときに、準天頂衛星と追加衛星を用いてGPSシステムを代替することの便益も存在する。以上の中で最も大きな便益が発生すると考え

表 1. 社会的費用と社会的便益

社会的費用	社会的便益
衛星関連費用	放送、通信サービス
METB	位置測定情報の提供
GPS代替費用	カーナビ
	その他（マンナビ、防災、測量、物流効率化、航空・船舶輸送、防衛、救助活動、GPS代替便益等）
	チップ収入

られるのは、位置測定情報の提供によるカーナビゲーションシステムに関連した便益である。さらに、カーナビゲーションシステム市場における消費者余剰と生産者余剰は、他の便益と比べて精確な推計が可能である。よって、以下ではカーナビゲーションシステム市場における便益を分析対象の中心とし、その他の便益については定性的な議論を行うことにする。

これまでの計画では、総費用 1700 億円のうち、政府が約 900 億円の費用を負担し、民間企業が約 800 億円出資するとされている。しかし、チップ方式を採用すれば、政府は出資せず民間企業のみで準天頂衛星を運用するという運営方法は不可能ではない。準天頂衛星から発せられる測位情報は、わざとスクランブルをかけて一般のカーナビゲーションシステムでは利用できず、チップを搭載したカーナビゲーションシステムのみで利用できるようにすることができる。チップ方式とは、政府は費用を負担しない代わりに、政府が定めた価格でチップを販売できる権利を民間企業に与える方式である。民間企業のチップ分の収入は準天頂衛星プロジェクトの費用に充てられる。

チップ方式を採用する際には、チップ価格は政府によって決定されなければならない。準天頂衛星によって提供されるサービスの費用構造は、衛星の製造費用や打ち上げ費用などの固定費用が大きく、限界費用はほとんどゼロ (0) に近い。そういった市場は自然と独占的な市場になることが知られている。カーナビゲーションシステム市場の場合は、参加する企業数は複数であるが、共同で固定費用を出費するのであるから、独占企業のように振る舞う可能性は大きい。独占企業は市場支配力を持ち利潤を最大化するように価格を引き上げることが可能であり、それは市場に非効率性を生じさせる。そのため、政府はカーナビゲーションシステム市場において、チップの価格に上限を与える必要がある。

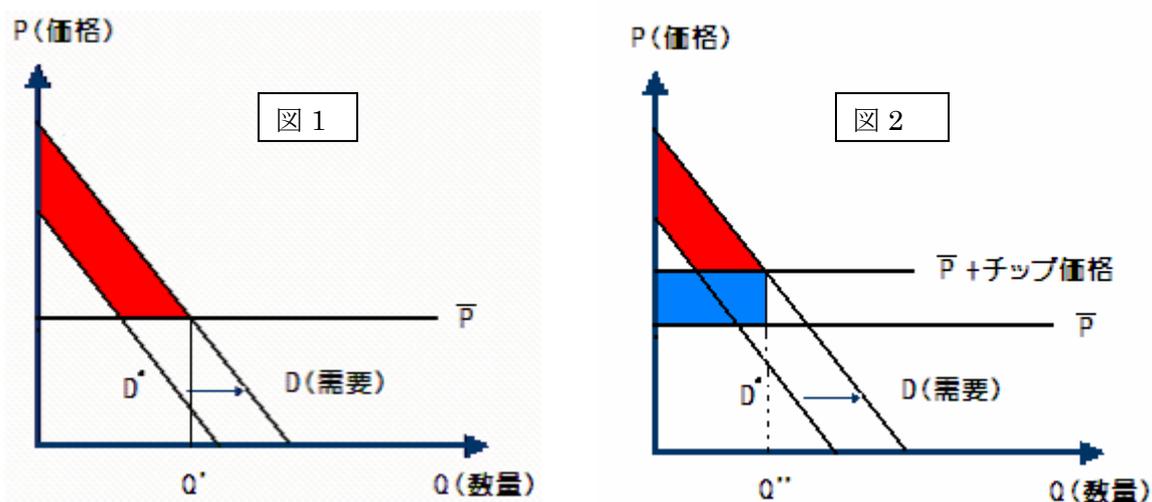
以下の分析では二つの運用方法を考え、それぞれの費用便益分析を行う。二つの運用方法を考えることによって、どちらの方法が優れているのか比較することが出来る。一つ目の方法(With case 1)では、従来の計画通り、政府が 900 億円、民間企業が 800 億円出資する。カーナビゲーションシステム利用者は、誰でも準天頂衛星から発せられる測位情報を利用することが出来る。二つ目の方法(With case 2)では、民間企業が費用の全額である 1700 億円を出資し、政府は費用を負担しない。この場合、準天頂衛星から発せられる測位情報は、チップを搭載したカーナビゲーションシステムでしか利用できないように設定される。With case 1 において政府が負担するとされていた費用(900 億円)は、民間企業がチップを販売することによって賄われる。ただしチップは、政府が決定する価格で販売しなければならない。

3. 推計方法と推計結果

・フレームワークの概要

準天頂衛星システムが GPS システムを代替することによる費用と便益に加えて、消費者余剰と生産者余剰の分析を中心に分析を行っている。準天頂衛星システムによって、現在得られる GPS 測位情報の精度が向上すれば、カーナビゲーションシステム端末の需要も増加する。準天頂衛星を打ち上げない場合 (Without case) に生じる総余剰をある値 (便宜上 S とする) とすれば、With case では端末需要が増加したことにより総余剰が $S + \Delta S$ となる。この、 ΔS が準天頂衛星システムを稼働させることで得られる社会的便益に他ならない。我々の分析は、 ΔS を推計することを主眼としている。

では、どのように消費者余剰を求めたのかを図を用いて説明する。下図はカーナビ端末市場を表したものである。左下図 (図 1) において、簡単化のために需要曲線 D は右下がりの直線としている。準天頂衛星システムの稼働により、需要曲線が D' から D にシフトしたと仮定する。そして、カーナビ端末の価格を \bar{P} とすると、端末の需要量は Q' となる。このとき、消費者余剰の増分は赤部分となる。これが、With case 1 における消費者余剰である。次に、With case 2 の場合、即ち先に述べたチップ販売を含むケースについて述べる。このケースにおいて、チップの限界費用は 0 と仮定している。右下図 (図 2) において、需要曲線が $D' \rightarrow D$ とシフトすることは With case 1 と変わらない。しかし、このケースではカーナビ端末にチップ価格を上乗せして販売するので、合計の販売価格は $(\bar{P} + \text{チップ価格})$ となる。このときの需要量は Q'' である。さて、このケースではチップの売上高を事業費用に充てるため、右下図の青色部分である (チップ価格 \times 需要量 Q'') はチップ収入として計上される。また、With case 1 と同様に、赤色部分が消費者余剰の増分として計上される。



次に生産者余剰について、本分析では時間的制約からカーナビゲーションシステム端末販売者の経常利益を用いた。準天頂衛星システム稼働による生産額の増加分に、市場シェア率によって加重された経常利益率の加重平均である 5% を乗じて求めた。

準天頂衛星システムプロジェクトの運営期間は2009～2020年と想定されており、我々は需要の価格弾力性を推計している。実際の分析手法については後に述べる。また、カーナビ端末の販売価格が時系列で(1997～2004年)大きく変動していないことを確かめた上で、推計に用いる価格を平均値である87,344円と設定した。

では、以上を踏まえて、With case 1、2 おのおのにおける費用と便益の内訳を述べる。

・費用と便益の内訳

With case 1 の費用は、民間負担費用、政府負担費用、METB(Marginal Excess Tax Burden)、GPS 代替費用の総額であり、便益は生産者余剰、消費者余剰、GPS 代替便益の総額であるとした。With case 2 の費用は、民間負担費用、GPS 代替費用の総額であり、便益は生産者余剰、消費者余剰、チップ収入、GPS 代替便益の総額であるとした(表2)。次項で、内訳をどのように決定したのかを述べる。

表2. 推計する費用と便益の内訳

	費用	便益
With case 1	衛星関連費用 METB GPS 代替費用	放送・通信サービス 生産者余剰 カーナビ 生産者余剰 消費者余剰 GPS 代替便益
With case 2	衛星関連費用 GPS 代替費用	放送・通信サービス 生産者余剰 カーナビ 生産者余剰 消費者余剰 チップ収入 GPS 代替便益

・With case 1 の費用

With case 1 の費用は①衛星関連費用、②METB、③GPS 代替費用である。

① 衛星関連費用

総費用は1700億円であると推計されている。With case 1 は従来検討されている運用方法を想定しており、現時点では電機、商社、通信、放送などの分野の民間企業が800億円、政府が900億円出資する予定である。

③METB

一般に、政府が公共政策の財源のために行う徴税は、効率性を損なう。損なわれた効率性を金額で表し、徴収額に対するその割合が、**Marginal Excess Tax Burden(METB)**である。METB の推計を行った研究は国内国外に関わらず多くある（表 3）。今回私たちは、先行研究から METB の値を引用して、準天頂衛星プロジェクトにおける政府支出のために損なわれた効率性を推計した。METB の値は研究によって大きく異なり、その幅も大きいのであるが、日本国内において最も妥当であると思われる 10%を用いた。また、5 節で行われる感度分析では、その下限を 0%、上限を 30%としている。よって、900 億円×0.10=90 億円が、With case 1 の費用として加えられる。

表 3. METB の先行研究

C. Ballard, J.Shoven & J Whalley (1985)	17%-56%, (33%)
E.. Browning (1976)	9%-16%
I.Perry(2001)	30%-50%
別所、赤井、林(2003)	-0.044%-22.9%

④GPS 代替費用

アメリカ合衆国所有の GPS 衛星のうち、いくつかの GPS 衛星の利用がなんらかの理由によって不可能になってしまう状況は想定されるべきである。そうした事態になった場合、日本国内では位置測定情報を得ることが完全に出来なくなってしまうか、精度が悪化してしまうことにつながる。準天頂衛星はアメリカ合衆国が所有している GPS 衛星を補正し、位置測定情報の精度や利用可能面積を改善するだけである。そのため、GPS 衛星がない状況では、今回打ち上げが予定されている準天頂衛星 4 機だけでは十分な位置測定情報は利用できない。しかし、追加的に衛星を 3 機打ち上げることによって、GPS 衛星なしでも精度の高い位置測定情報を得ることが可能になるとされている。

つまり、今回打ち上げられる準天頂衛星は、GPS 衛星がなんらかの理由によって利用できなくなる状況において GPS 衛星の代替となりうる。こうした便益は準天頂衛星の便益の一つである。

ここで、追加的に打ち上げられる衛星 3 機の費用を追加的衛星費用とし、今回の準天頂衛星プロジェクトと同額の 1700 億円であるとした。GPS 衛星の利用不可能の程度によって打ち上げられるべき衛星の機数も変わるため、感度分析では下限を 2 機(1133 億円)、上限を 4 機(2267 億円)としている。また、GPS 衛星は毎年 1%の確率で利用不可能になると仮定した。感度分析では、確率の、下限を 0.1%、上限を 5%と設定した。そして、METB も考慮すれば、一年あたりの GPS 代替費用は追加的衛星費用と GPS 利用不可能確率から求められる（一年あたり GPS 代替費用=追加的衛星費用×（1+METB）×GPS 利用不可能確率）。よって、一年あたり GPS 代替費用=1700 億円×1.1×0.01=19 億円から、12 年

間分の割引現在価値の総額である **185** 億円が With case 1 の費用として加えられる。また、用いられた割引率は年率 4% であるが、感度分析では下限を 1%、上限を 7% に設定した。

以上で推計された、With case 1 の費用の合計は 1975 億円となった。

・With case 1 の便益

With case 1 の便益は、①カーナビゲーションシステム市場以外の生産者余剰、②カーナビゲーションシステムにおける消費者余剰と③生産者余剰、④GPS 代替便益、である。

①カーナビゲーションシステム市場以外の生産者余剰

800 億円を出資する民間企業は、電気・通信分野の、カーナビゲーションシステム以外の財を扱う企業である。私たちは、出資する民間企業は 800 億円（あるいはそれ以上）の生産者余剰を見込んでいるから出資するのだと考え、カーナビゲーションシステム市場以外の生産者余剰は 800 億円であると仮定した。800 億円が With case 1 の便益に加えられる。

②カーナビゲーションシステム市場における消費者余剰

カーナビゲーションシステム市場の消費者余剰を推計するために、需要曲線が推定される必要がある。分析にあたって 1997 年から 2004 年までのカーナビゲーションシステム市場の月別データを用いた(表 4)。t は時系列順の月ごとに与えられた整数、p はカーナビゲーションシステムの価格、q は出荷台数、kitip は基地局受信装置の価格、bonusdummy は、6 月と 7 月のみ 1 となるダミー変数である。月次データを見たところ、全ての年で 6,7 月において売上台数が伸びており、これを行楽シーズンと賞与に伴うものと我々は推定したために、この bonusdummy という変数を設定した。

表 4. 記述統計

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
t	82	41.5	23.81526	1	82
q	82	232480.3	91460.37	68025	448719
p	82	88661.26	5965.425	72947.06	125919
kitip	82	714521.2	283804.6	398351.3	1691917
bonudummy	82	0.1707317	0.3785899	0	1

需要曲線は、二段階最小二乗法を用いて価格弾力性が一定のモデルを推計した。しかし後に説明されるように、垂直軸と交わらない需要曲線は私たちの分析では不都合である。よって得られた弾力性から傾きを求め、線形の需要曲線を仮定し、実際の分析に用いた。2SLS の操作変数としては、カーナビゲーションシステムの間接投入財と考えられる基地局受信装置の価格を用いた。結果を表 5 に示す。

回帰分析の結果、需要の価格弾力性は大体-1.9前後であると推定され、以下の分析では、-1.886という数値を用いた。感度分析では、下限を-2、上限を-1.5とした。価格弾力性から（逆）需要曲線の傾きを計算して、価格のみの関数となる需要曲線を導出した。

表 5. 需要曲線の回帰結果

lnq	[1]	[2]	[3]
lnp	-1.886298 (-3.73)	-1.994195 (-3.21)	-1.936098 (-3.16)
bdummy	.4101581 (7.32)	.4162199 (6.96)	.4073895 (6.89)
t	.0149021 (19.29)	.0137671 (3.60)	.0269277 (3.31)
t ²		.0000132 (0.30)	-.0003767 (-1.73)
t ³			3.11e-06 (1.83)
cons	33.06883 (5.74)	34.31359 (4.83)	33.55753 (4.79)
R-square	0.8624	0.8626	0.8684

注) カッコの中は t 値である。

準天頂衛星によるカーナビゲーションシステムの精度の向上は、利用可能な土地面積の拡大や測位可能時間率の上昇などにつながる。しかし、どれほどの精度の向上がどれほどのカーナビゲーションシステムの需要の増加に繋がるのかは定かではない。消費者が測位補完機能の精度向上を高く評価すれば需要の増加も大きくなるだろうが、現状の精度で十分満足していれば、大きい需要の増加は見込めない。また、買換え需要もあるかもしれない。

ここで、我々は 2000 年におけるスクランブル解除を参考にした。スクランブルとは、アメリカ政府が恣意的に行っている GPS の精度低下機能であり、2000 年のスクランブル解除では 100m 程度であった精度が 10m 程度にまで改善されている。1997~1999 年の出荷台数をもとに 2000 年の出荷台数を推計したものよりも、実際の出荷台数は 6% 程度上回っていた。今回の準天頂衛星による精度向上は、東京大学の柴崎研究室によれば利用可能範囲を 2 倍にするものであり (図 3)、おそらく 2000 年時のスクランブル解除と同等のショックを市場に与えるものと予想した。

私たちは精度向上による需要増加をうまく推計することが出来なかったため、増加の程度に関して、恣意的な仮定をおかざるを得なかった。しかし、その仮定は感度分析において調整されるうえ、私たちの結論を大きく変えるものでもない。

準天頂衛星を併用することによる利用可能範囲の改善
測位可能時間率(測位可能な時間/全時間)の面積比

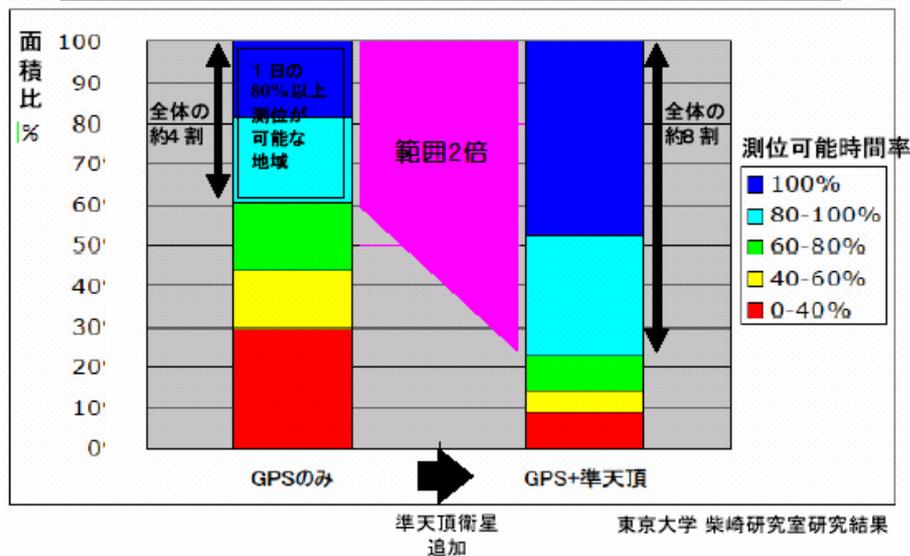


図 3. 準天頂衛星の利用可能範囲の改善

私たちは、準天頂衛星によってカーナビゲーションシステムの精度が向上し、運用一年目は7%、二年目は3%、三年目には1%、需要が増加すると想定した。また、それ以降の年では需要の増加に繋がらないと考えた。感度分析では、下限は、運用一年目は4%、二年目は2%、三年目には1%の需要増加、上限は、運用一年目は10%、二年目は4%、三年目には1%の需要増加、とした。各年の需要の増加は、需要曲線のシフトとして捉え、その際増加した消費者余剰を便益とした。割引率を4%とすると消費者余剰の割引現在価値の合計は324億円となり、With case 1の便益に加算される。

③カーナビゲーションシステム市場における生産者余剰

カーナビゲーションシステム市場の生産者余剰は、生産額の増加分に、市場シェア率によって加重された経常利益率の加重平均である5%を乗じ、さらに年率4%で割り引いた割引現在価値の合計を計算した。そうして推計された38億円がWith case 1の便益に加えられる。

④GPS 代替便益

With case 1の費用の箇所です説明されたGPS代替便益も、推計された需要曲線を用いて算出される。GPS衛星がなんらかの理由によって利用できなくなる状況においてGPS衛星を代替するという、準天頂衛星のもたらす便益は、カーナビゲーションシステム市場において発生する余剰の合計であると考えられる。私たちのモデルの中では、その余剰は、限

界費用曲線と需要曲線と垂直軸で囲まれる三角形の面積であるので、需要曲線をもとに計算すると、2009年においては1887億円であると見積もられる。続く年では予想される需要の増加とともにカーナビゲーションシステム市場の余剰は大きくなる。そうして推計された余剰は、GPS衛星が利用不可能になった場合にのみ発生する。よって一年当たりのGPS代替便益は、カーナビゲーションシステム市場の余剰にGPS衛星が利用不可能になる確率を乗じることによって表される。私たちはその確率を1%と仮定しているので、2009年度におけるGPS代替便益は19億円と推計される。同じ方法で2020年度までの一年あたりのGPS代替便益を推計し、割引率を4%として割引現在価値の総額を求めると、242億円になる。GPS代替便益として242億円がWith case 1の便益に加算される。

以上で推計された、With case 1の便益の合計は1404億円である。With case 1の費用の合計は1975億円であったので、純便益はマイナス571億円となる。便益費用比率も0.71と、1より小さく、政策の実施は支持されない。

・With case 2の費用

With case 2においては、民間企業が費用を全額出資する。政府は支出しないのでMETBは発生せず、1700億円がそのままWith case 2の費用になる。

また、GPS代替費用に関してはWith case 1の場合と全て同じ仮定を用いるので、With case 1と等しい185億円がWith case 2の費用に加えられる。以上で推計された、With case 2の費用の合計は1885億円である。

・With case 2の便益

With case 2の便益は①カーナビゲーションシステム市場以外の生産者余剰、②GPS代替便益、③カーナビゲーションシステム市場における生産者余剰、④カーナビゲーションシステム市場における消費者余剰、⑤チップ収入の総額である。With case 2では、従来計画されているWith case 1とは異なり、チップ方式を採用する。チップ方式とは、政府は費用を負担しない代わりに、政府が定めた価格でチップを販売できる権利を民間企業に与える方式であり、民間企業のチップ分の収入は準天頂衛星プロジェクトの費用に充てられる。

生産者余剰 (①+③) ・ ②GPS代替便益

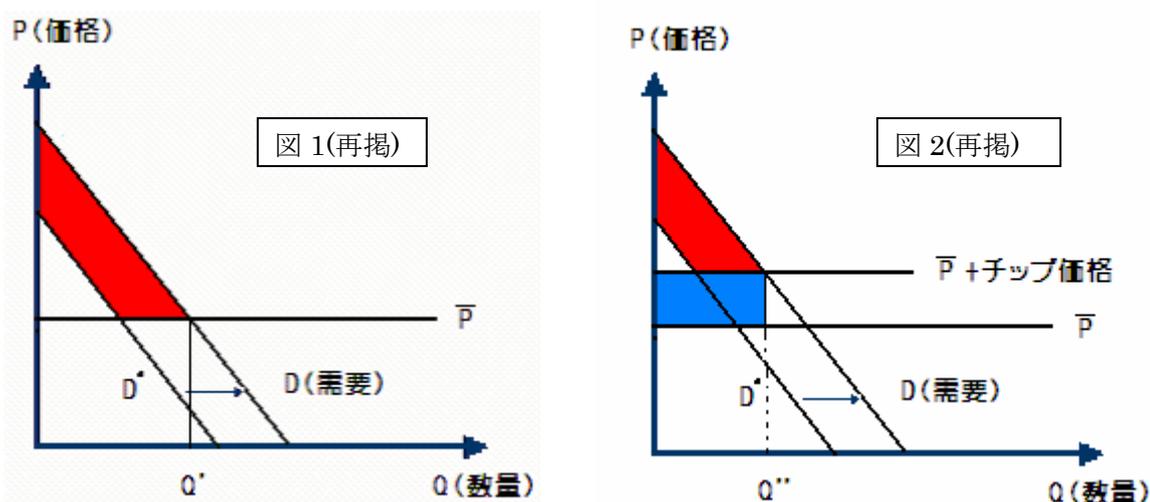
私たちが設定した仮定のもとでは、カーナビゲーションシステム市場以外の生産者余剰とGPS代替便益はWith case 1の場合の値と変わらない。カーナビゲーションシステム市場の生産者余剰は35億円と推定された。よって、生産者余剰として835億円、GPS代替便益として242億円が、With case 2の便益として加えられる。

④カーナビゲーションシステム市場における消費者余剰 ・ ⑤チップ収入

With case 2におけるチップ収入は、With case 1における政府支出分を賄うものである。

よって 2009 年から 2020 年までのチップ収入の現在割引価値の総額が 900 億円になるように、チップ価格は設定されなければならない。簡単化のためにカーナビゲーションシステムに取り付けられるチップの限界費用は 0 円であるとした。また、2009 年以降に販売されるカーナビゲーションシステムには必ずチップが搭載され、需要の増加や、割引率に関して With case 1 と同様な仮定を設けた上で、推計された需要曲線を用いて適切なチップ価格を求めると、1050 円という値になった。この価格はカーナビ端末の現行価格から検討するに現実的であるといえよう。また、チップ収入の総額である 900 億円が With case 2 の便益として加算される。900 億円をチップ収入として賄えた時点で、純便益はプラスとなることは明らかである。しかし、今回の分析では、カーナビ端末市場のみしか扱っておらず、チップ価格は 1050 円という結果になったが、準天頂衛星システムによって影響を受ける市場は他にも様々なものが考えられる。たとえば、マンナビゲーションシステム端末（GPS 付き携帯電話）市場においても同様の需要増加が生じる可能性が十分にありうる。仮に、カーナビ端末市場とマンナビゲーションシステム端末のみで同様の推計を行えば、チップ価格は更に低額で抑えられた可能性もある。

基本的に準天頂衛星による位置測定情報は、限界費用が 0 円であるため、チップによってそれ以上の価格をつけることは効率性を損なう結果になる。私たちの分析ではその非効率性は、With case 1 と比較した際の消費者余剰の減少によって表れる。ここでも需要の増加や割引率、弾力性などに関して With case 1 と同じ仮定を設けた上で、消費者余剰を推計すると、316 億円という結果が得られた。よって、消費者余剰として 316 億円が With case 2 の便益として加えられる。ちなみに、この値は With case 1 の 324 億円より 8 億円少ない。以下に先ほどの図 1・2 を再掲する。



以上で推計された、With case 2 の便益の合計は 2293 億円である。With case 2 の費用の合計は 1885 億円であったので、純便益は 408 億円となる。便益費用比率も 1.22 と、1 より大きいので、政策は支持される。

・推計結果

以上で、With case 1 と With case 2 の費用と便益が推計された。詳しい推計結果は表 5 に示されている。従来計画されている With case 1 では純便益はマイナスの値になったのに対し、チップ方式を採用する With case 2 では純便益はプラスの値になるという、興味深い結果が得られた。重要なのは、チップ価格の上乗せによって生じるカーナビゲーションシステム市場の歪みが比較的小さいという点である。これは、カーナビゲーションシステム需要の価格弾力性が小さいことが理由である。政府が徴税した上で準天頂衛星プロジェクトに出資するよりも、民間企業が、歪みが小さくて済むカーナビゲーションシステム市場で同額を回収するほうが効率的である。

表 6 推計結果と感度分析

			med	min	max
With case 1	費用	民間出資	800	800	800
		政府出資	900	900	900
		METB	90	270	0
		GPS 代替費用	185	25	644
		費用合計	1975	1995	2344
	便益	生産者余剰	838	824	852
		消費者余剰	324	173	622
		GPS 代替便益	242	29	1413
		便益合計	1404	1026	2887
	純便益		-571	-969	543
With case 2	費用	民間出資	1700	1700	1700
		GPS 代替費用	185	25	644
		費用合計	1885	1725	2344
	便益	生産者余剰	835	818	849
		消費者余剰	316	167	613
		GPS 代替便益	242	29	1413
		チップ収入	900	900	900
		便益合計	2293	1914	3775
	純便益		408	189	1431

注) 単位は億円。

4. 感度分析

感度分析において調整される項目は、需要の価格弾力性、需要の増加パターン、割引率、METB、GPS 利用が不可能になる確率、追加的に打ち上げる衛星の機数である。需要の価格弾力性については、1.88 という値を分析で用いていた。回帰分析で推計された値にはそれほど幅がなかったため、下限を-1.5、上限を-2 とした。需要の増加のパターンについては、運用一年目は7%、二年目は3%、三年目には1%、需要が増加するという仮定を分析では用いた。この点に関しては不確実な要素が大きいので、なるべく幅を持たせ、下限は、運用一年目は4%、二年目は2%、三年目には1%の需要増加、上限は、運用一年目は10%、二年目は4%、三年目には1%の需要増加、とした。割引率に関しては、分析で用いていた4%から、プラスマイナス3%の幅に設定し、下限を1%、上限を7%とした。METBは、先行研究の中でも日本の現状によく合致すると思われる10%を用いた。そのため、感度分析においてもあまりに大きすぎる値や、マイナスの値は非現実的であるとみなして、下限を0%、上限を30%に設定した。GPS 利用が不可能になる確率についても、かなり不確実である。そのため、分析で用いられた1%という値から上下に大きく幅を取り、下限は0.1%、上限は5%とした。GPS 衛星が利用不可能になった場合、追加的に打ち上げる衛星の機数はGPS 衛星の利用不可能の程度による。しかし、日本が利用するのに必要な衛星の数には、小さい整数値で上限があるので、幅を小さめに設定した。分析では3機（1700億円）を用いたので、下限を2機（1133億円）、上限を4機（2267億円）とした。

感度分析の詳しい結果は表6に示されている。With case 1では、純便益を最大に見積もった仮定の下では、プラスの値をとる。一方のWith case 2では、純便益を最小に見積もった場合においても、マイナスの値にはならなかった。いずれの仮定においてもWith case 2の純便益は十分大きく、GPS 代替費用・便益を考慮に入れなくてもプラスの値になる。GPS 代替費用・便益は、そもそも不確実な要素であり、感度分析においてそのとり得る範囲を広く設定されている。よって、GPS 代替費用・便益を考慮に入れなくてもWith case 2では便益が費用を上回るという分析結果は、より確実にWith case 2の純便益が正であることを保証しているといえる。一方、With case 1の感度分析において、純便益がプラスの値となる時にはGPS 代替便益の大きさが決定的に効いている。この結果はWith case 2と対照的であり、With case 1の純便益が正である保証は信頼性に欠けていると言えるかも知れない。また、どのような仮定の下でもWith case 1の純便益がWith case 2の純便益を上回ることはなかった。

With case 2におけるチップ価格については、その最小値は778円であり、最大値は1380円となった。いずれにせよ、カーナビゲーションシステムの価格を考慮すれば、十分実現可能性がある範囲内である。

5. 結論と政策提言

・結論

以上の分析の結論は以下のようにまとめることが出来る。半官半民で準天頂衛星を運用する With case 1 では、費用が 1975 億円、便益が 1404 億円となり、純便益はマイナス 571 億円であった。チップ方式を採用する With case 2 では、費用が 1885 億円、便益が 2293 億円となり、純便益は 408 億円であった。また、チップの価格は 1050 円であれば民間ベースで採算がとれる。感度分析においても With case 1 の純便益がプラスの値になることはあったが、全ての場合において、With case 1 より With case 2 の純便益の方が大きかった。

・政策提言

結論に基づいて、私たちは次のような政策提言を行う。準天頂衛星プロジェクトは、半官半民で運用するよりも、民間のみで運用する方が社会的便益は大きい。したがって政府は準天頂衛星プロジェクトに出資せずに、チップ方式を採用して運用を民間に任せるべきである。

第二節の課題設定で述べたように、私たちは社会的便益をカーナビゲーションシステム市場に限定して分析している。一方社会的費用はほとんど全てを捉えているため、純便益は常に過少に推計されているといえる。そのため私たちの推計ではマイナスであった With case 1 の純便益も実際にはプラスである可能性は否定できない。しかし、私たちが分析の対象としていない残りの社会的便益は With case 1 と With case 2 に同額ずつ加えられるのであるから、半官半民で運用するよりも民間のみで運用する方が社会的便益は大きいという私たちの結論は変わらないだろう。

しかし、またその一方で、私たちは With case 1 を過小評価している可能性について述べなければならない。準天頂衛星プロジェクトには様々な不確実性がある。通信、放送、カーナビゲーションシステムなどの市場において、準天頂衛星の利用によってどれだけ需要が増加するかは不確実であり、予想が外れるリスクが存在する。また、現時点で推計されている衛星の製造費用、運営費用についても、あくまで見積もりであり、不確実であるといえる。特に準天頂衛星プロジェクトにおいては、プロジェクト自体の規模が大きいだけにこういったリスクも大きいであろう。そういったリスクは民間企業によって完全に受け入れられることは難しく、民間企業だけでプロジェクトが実現されないという状況も考えられる。そういった状況においてはリスクを負うことが出来る主体は政府だけであり、リスク補完のために、共同でプロジェクトを進めるといふ政府の役割は重要であるといえる。

私たちのチップ方式を採用して運用を民間に任せるべきだという結論では、上述のようなリスクの存在を想定していない。また、リスクを担うという政府の役割の重要性を考慮していない。そのため民間のみで運用する With case 2 と比較して、半官半民で運用する With case 1 の有益性を過少に評価している可能性があるといえるだろう。

参考文献

- Ballard, Charles L., Shoven, John B., Whalley, John, 1985. "General Equilibrium Computations of the Marginal Welfare Costs of Taxes in the United States," *The American Economic Review*, 75, 128-138.
- Browning, Edgar K., 1976. "The Marginal Cost of Public Funds," *The Journal of Political Economy* 84, 283-298.
- Parry, Ian W. H., 2001. "Tax Deductions and the Marginal Welfare Cost of Taxation," *International Tax and Public Finance*
- 別所俊一郎, 赤井伸郎, 林 正義. 2003. 「公的資金の限界費用」 『日本経済研究』 47, 1-19, 2003