【土木計画学研究・論文集　Vol.24 no.4　2007年10月】

住民参加型ミニ市場公募債を活用した北海道新幹線の整備方策*

Construction of the Hokkaido Shinkansen Using Residential Local Government Bond*

岸　邦宏**・西村　直樹***・佐藤　馨一****
By Kunihiro KISHI**・Naoki NISHIMURA***・Keiichi SATO****

1. はじめに

2005(平成 17)年 5 月、北海道新幹線新青森－新函館間が着工された。さらに、新函館－札幌間の整備計画が今後数年以内に検討されることになっている。

北海道新幹線の札幌への延伸の期待が地元で大きい一方で、課題もみられる。そのうちの 1 つが、財政悪化が指摘されている北海道の建設負担金の問題である。新函館-札幌間の建設費は 1 兆 800 億円と見込まれているが、地元負担が 1/3 である現行の財源スキームに従い、起債充当率を 90%、国の地方交付税による後年度の補填(起債額の 50%)を考慮すると、北海道の実質的な負担額は 1,458 億円と見込まれる。財政悪化の進む北海道にとって、北海道新幹線のための財源をどのように確保するべきか、効率的かつ安定的な資金調達のあり方が求められている。

一方で、近年自治体の起債を取り巻く環境に大きな変化がみられている。これまで自治体が地方債の発行を通して得ていた資金は、政府資金や公庫資金などの公的資本が主流であった。しかし、自治体の資金調達先は市場公募債と銀行等引受債に代表される民間資本へと移行しつつある。

本研究は、公募債のひとつである住民参加型ミニ市場公募債の枠組みに基づき、北海道新幹線債の発行を想定し、その成立可能性を明らかにすることで、市民資本を活用した北海道新幹線整備方策を提案することを目的とする。すなわち、住民の北海道新幹線債への投資に対する満足度を直交多属性効用関数により分析し、さらに金利の変動や償還期間によって損失額、発行コストが変動することから、北海道新幹線債を発行する北海道および投資する住民の双方に適したスキームをコストアットリスク分析により明らかにするものである。

*キーワード: 鉄道計画、北海道新幹線、住民参加型ミニ市場公募債

**正会員、博(工)、北海道大学大学院工学研究科
(札幌市北区北 13 条西 8 丁目、TEL 011-706-6864、FAX 011-706-6216)
***正会員、修(工)、独立行政法人鉄道建設･運輸施設整備支援機構
****フェロー、工博、北海道大学大学院工学研究科
(札幌市北区北 13 条西 8 丁目、TEL 011-706-6209、FAX 011-706-6216)

住民参加型ミニ市場公募債を扱った既存研究は、土木計画学分野においては、春名ら [1]の研究の他には見られない。また、春名らの研究は、住民参加型市場公募債の適用が自治体の財政へ与える影響を分析しているが、個人の投資の意思と成立可能性までは言及していない。本研究は、北海道民の新幹線への投資に対する意識を直交多属性効用関数を用いて分析している点、さらに具体的な資金調達スキームを設定し、調達コスト低減化の視点から適切な発行条件を明らかにしている点に特徴がある。

2. 本研究における市民資本の活用の位置づけ

(1)住民参加型ミニ市場公募債の概要

地方債は、2006(平成 18)年度より許可制から事前協議制へ移行され、各地方自治体は先行きが懸念される公的資金への依存姿勢からの脱却、自主的な民間調達の実施が求められている。本研究では、住民参加型ミニ市場公募債(以下「ミニ公募債」)に着目し、その枠組みに基づき、かつ新幹線の社会的・環境的貢献を考慮した投資である「北海道新幹線債」の活用について提案する。

ミニ公募債は、2002(平成 14)年度に総務省の地方債計画において創設された制度で、2004(平成 16)年度までの累計で 7,600 億円が計上されるなど、地方債の一形態として近年重要性が高まっている手法である。これまでの主な発行事例を**表 1** に示す。従来の地方債と異なる点は、資金の目的となる事業を明確に示した上で、購入者を自治体内の住民と勤務者、事業所のみに限定し、購入限度額を低く設定して多くの人々に広く出資を募ることが可能な点である。

表 1　住民参加型ミニ市場公募債の発行事例

発行団体	名称	発行額(億円)	償還期間	利回り	対象事業
北海道	はまなす債	100	3年満活	0.24%	直轄道路事業
札幌市	ライラック債	30	3年満括	0.18%	(仮)札幌市立大学設置費、義務教育施設整備費事業
京都府	京都みらい債	100	5年満括	0.46%	河川・治山等災害関連事業、災害関連道路事業、土木施設耐震化事業など
福井県	ふくい新幹線債	3	5年満括	0.52%	北陸新幹線建設事業
松山市(愛媛県)	「坂の上の雲」まちづくり債	6.5	5年満括	0.80%	みち再生事業、「坂の上の雲」記念館整備事業、松山城周辺道路整備事業
熊本市(熊本県)	蘇る名城くまもと市民債	4.5	5年満括	0.69%	熊本城復元整備事業

このため、発行する自治体にとっては、「資金調達方法の多様化」、「市民の事業への関心と参加意識の高揚を図る手段」、「世代間・地域間の負担の平準化」、「自治体内の資本を取り込み、事業を通じて地域に還流させるコミュニティマネー」として効果的であると考えられる。一方、投資する側である市民に対しては、「自分の投資した資金が自治体を通じて、どのような事業に使われるのか」という新たな投資視点を与える地方債といえよう。

(2) CSR および SRI の概念の導入

a) CSR(Corporate Social Responsibility;企業の社会的責任)

CSR は一般に"企業の"社会的責任と訳される事が多いが、広義には私企業だけではなく公企業すなわち、公的部門も含まれる概念である。これまでも多くの企業が社会に対し、さまざまな貢献を通して社会的責任を果たしてきたが、近年は CSR の概念の拡張が進められ、現在は「企業が社会や倫理、環境への配慮行動を取るなど、ステークホルダー(消費者、株主、従業員、地域社会など多岐に渡る利害関係者)に対し、責任ある行動を取ること」と考えられている。

b) SRI(Socially Responsible Investment;社会的責任投資)

我が国においては、近年一般に認知され始めた新しい投資概念で、未だ確定された定義はないが「企業への投資の際、従来の財務的分析に基づく投資基準に加えて、企業の環境対応や社会的活動などの評価(=CSR)を考慮して投資先企業を決定する投資」と受け止められている。

本研究では、CSR および SRI に基づいて、市民による北海道新幹線への投資においても、新幹線の社会的・環境的側面についての評価が投資の判断に影響を及ぼすものと考えて分析を進める。

3. 直交多属性効用関数による北海道新幹線債への投資に関する評価

(1) 直交多属性効用関数(Orthogonal Multi-attribute Utility Function; OMUF)

本研究では、個人の投資意識の定量化を目的として効用関数の構築を行う。効用関数は多数の属性を含んでいることが多く、一般に多属性効用関数となり、属性間の非分離相互作用のため、その一般形を求めることは非常に困難である。そのため、多属性効用関数の構築のためには取り上げる属性間相互の独立性を検証する必要がある。本研究ではこれらの問題点に対する改善策として、千葉ら [2)]によって開発された直交多属性効用関数を用いることとした。

直交多属性効用関数は、属性間の選好独立性の検証から加法型、乗法型といった関数タイプの識別までの過程を、実験計画法において使用される直交表を用いる方法によって代替しようとするものである。

例として加法型効用関数の式を以下に示す。

単一属性効用関数

$$U_i(x_i) = \left| \left(x^* - x_{iW} \right) / \left(x_{iB} - x_{iW} \right) \right|^{r_i} \tag{1}$$

多属性効用関数

$$U = \sum_{i=1}^{n} k_i U_i \left(x_i \right) \tag{2}$$

ここで、 x_{iW}: 最悪水準

x_{iB}: 最良水準

r_i: リスク選好度

k_i: 尺度構成係数

要因に対する個人の態度を示すリスク選好度 r_i と、要因のウエイトを示す尺度構成係数 k_i を算出することで、個人の投資意識の計測を行うことができる。

投資の評価に関しては、支払意思額(Willingness to Pay; WTP)を用いた分析も考えられる。しかし、ミニ市場公募債の場合は、多くの住民が参加できるように上限金額が設定されていることと、さらに本研究の主旨として、新幹線の価値を金額で表すのではなく、投資に対する満足度を分析したいことから、WTP ではなく、効用関数を用いることとした。ここで、多属性効用関数を用いることで、投資の満足度(効用)と要因との関係から、新幹線の価値を明らかにすることが可能である。

(2) 評価要因および水準の設定

投資要因の設定に関して、まず投資するかどうかの基本として一般的に重視される「利回り」を挙げる。さらに、既存調査 [3)]から、SRI において近年は「企業の環境に対する取り組み」が非常に重要になっているとされており、新幹線は航空機と比較して CO_2 の排出量が少ないことが特長であることから、「環境保全効果」を取り上げた。そして環境とは別に北海道新幹線がもたらす効果として、「経済波及効果」を挙げ、3 つの要因で分析することとした。北海道新幹線による鉄道での所要時間短縮効果も検討したが、多くの要因と水準を取り入れれば、直交表により割り付けられる調査票のパターンも増加し、それだけ被験者の回答の負担を増加させることと、要因を決めるため別途行ったプレ調査で有意にならなかったことから、要因から除外した。

具体的な要因と水準を表２に示す。

表２　設定した要因と水準

	A. 利回り	B. 経済波及効果	C. 環境保全効果
最良水準	0.80%	1,470億円/年	17kg-CO_2
中位水準	0.40%	735億円/年	65kg-CO_2
最低水準	0.00%	0円/年	113kg-CO_2

ここで、「利回り」の最良水準は、2005(平成 17)年度上半期に発行されたミニ公募債(5 年満期)の中で最も高い利回りである 0.82%の値から 0.80%、「経済波及効果」の最良水準は北海道商工会議所連合会ほかの試算による年間 1,470 億円、「環境保全効果」の最良水準は鉄道の CO_2 排出原単位、最悪水準は航空機の CO_2 排出原単位から算出した札幌-東京間の移動で生じる二酸化炭素量(kg)とした。中位水準は最良水準と最悪水準の平均値である。

(3) 北海道新幹線債への投資に関する意識調査の実施

2005(平成17)年11月から2006(平成18)年1月にかけて、札幌市民を対象に北海道新幹線債への市民投資に関する意識調査を行った。調査は直接配布、その場で回答してもらい、直接回収する方式で実施し、88 票を得た。

具体的な回答者は、2005 年 11 月に実施された北海道新幹線に関するフォーラム参加者が中心となっている。主な回答者の業種は運輸業が 28%、建設業が 20%、公務員が 20%、サービス業が 7%であった。このため、北海道新幹線札幌延伸を推進すべきと考える人々が多く含まれていることになるが、本研究は、「北海道新幹線の建設に賛成か、反対か」と明らかにするのではなく、「北海道新幹線建設を賛成する人が、応分の負担をする意思があるかどうか」を明らかにするものである。このことから、北海道新幹線推進派に偏っていることについての問題はないと考えている。また、既存の札幌市のミニ市場公募債の事例では、整備対象の内容にかかわらず発行した公募債すべてが満口になっており、仮に北海道新幹線債が発行された場合には、推進する住民を中心に応募が満口になるものと考える。

調査項目は、個人属性、北海道新幹線に対する意識、投資条件の評価、投資に対する意識、フリーアンサーの 5 項目とした。

回答者のうち株式や債券等の投資経験者は28%を占めた。「北海道新幹線債が実現した場合、投資に対する興味があるか」の設問については、「非常に興味がある」が 5%、「興味がある」が 42%を占め、調査で想定した北海道新幹線債への個人投資については、投資経験の有無を問わず、興味深いとする回答が約半数を占めた。

(4) 直交多属性効用関数の構築

意識調査において、**表 2** で設定した要因と水準に関して、投資した場合の満足度を 100 点満点でつけてもらった。回答者の平均点を**表 3** に示す。ここで、「中位水準」は、各要因において最良水準を 100 点、最悪水準を 0 点とした場合の中位水準の点数である。また、「要因の組み合わせ」は、各要因の最良水準と最悪水準を L_8 直交表により割り付けた組み合わせに対する評価点である。すべての要因が最良水準の組み合わせの場合を 100 点、すべての要因が最悪水準の場合を 0 点として、8 種類の組み合わせのうち、残り 6 組の組み合わせをそれぞれ評価してもらった。また、分散分析の結果を**表 4** に示す。

表 3　要因の水準による評価

	中位水準	要因の組み合わせ(○:最良水準、×:最悪水準)					
A. 利回り	54.4	○	×	×	○	○	×
B. 経済波及効果	56.2	×	○	×	○	×	○
C. 環境保全効果	58.8	×	×	○	×	○	○
	評点	28.1	37.8	27.7	69.6	54.9	66.5

表 4　分散分析の結果

	要因	自由度	分散	分散比	寄与率
A	利回り	1	0.1821	2491.74	26.9%
B	経済波及効果	1	0.3332	4557.77	49.1%
C	環境保全効果	1	0.1614	2207.59	23.8%
D	AとBの交互作用	1	0.0012	16.79	0.2%
E	AとCの交互作用	1	0.0000	0.10	0.0%
F	BとCの交互作用	1	0.0003	3.68	0.0%
e	誤差項	1	0.0001		0.0%

分散分析の結果、主効果の寄与率が 99.8%で、交互作用がほとんどないことから、他属性効用関数は加法型効用関数とみなすことができる。以上より構築した北海道民の効用関数は(3)式のようになった。パラメータを**表 5** に示す。

$$U = 0.300\left(\frac{x_1}{0.80}\right)^{0.879} + 0.404\left(\frac{x_2}{1470}\right)^{0.832} - 0.296\left(\frac{x_3}{96}\right)^{0.766} \tag{3}$$

表 5　直交多属性効用関数のパラメータ

札幌市民の効用関数 (主効果の寄与率 ρ =99.8%)	
リスク選好度: r_i	
利回り: r_1	0.879
経済波及効果: r_2	0.832
環境保全効果: r_3	0.766
尺度構成係数: k_i	
利回り: k_1	0.300
経済波及効果: k_2	0.404
環境保全効果: k_3	0.296

リスク選好度 r_i は、客観的な指標(数値)で示した要因に対する人々の態度を表す。3 要因全てが r_i<1 であり、要因に対して好意的な決定態度(リスク受容型)であることが明らかとなった。

尺度構成係数 k_i は、投資がもたらす効用に対する要因ごとのウエイトを示す。分析では、経済波及効果のウエイト(0.404)が最も大きい結果となった。

利回りのウエイト(0.300)が小さいことは、調査時に北海道新幹線債に元本保証を設定したことから、小さな幅(0.00～0.80%)での利回りの変動よりも、事業のもつ社会的・環境的貢献によってもたらされる効用が高く評価された結果といえる。環境保全効果のウエイトは 0.296 であった。

経済波及効果、環境保全効果の 2 要因を最良水準、中

位水準、最悪水準にそれぞれ固定し、利回りの要因のみを変化させることに伴う効用値の変化を図 1 に示す。

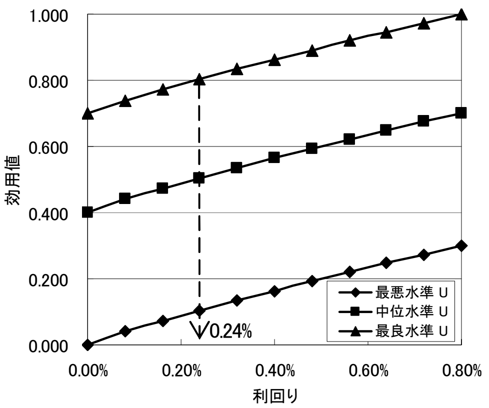


図 1　利回りの変化による投資の効用値の変化

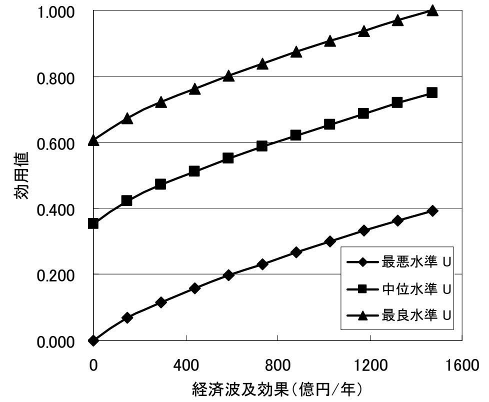


図 2　経済波及効果の変化による投資の効用値の変化

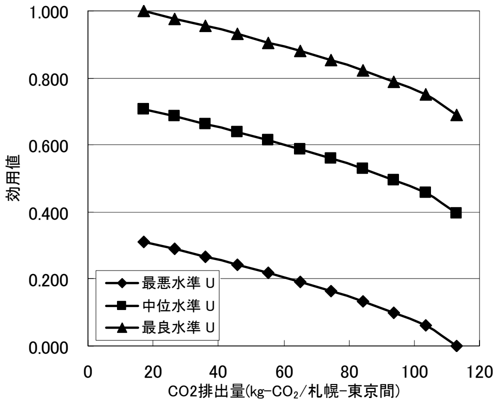


図 3　環境保全効果の変化による投資の効用値の変化

同様に、経済波及効果、環境保全効果の変化による効用値の変化を図 2、3 に示す。これらを見ると、利回り、経済波及効果の増加にしたがって、投資の効用値が上昇し、CO_2 排出量が増大するにしたがって、投資の効用値が減少している。北海道新幹線の整備がもたらす社会的・環境的貢献が、投資者の効用に寄与している、つまり新幹線への投資に対して、CSR および SRI が機能していると言える。

(5) 最適な発行利回りに関する分析

ここで図 1 に着目すると、U>0.800、つまり満足度が 0.8 を超えれば、一定の投資効用を確保できると仮定して利回りを低減すると、経済波及効果、環境保全効果が最良水準を確保できれば、利回りは 0.24%まで低減可能であることがわかった。これは、北海道において現在発行されている住民参加型ミニ公募債(3 年満期で平均 0.34%)よりも利回りを低く設定しても、北海道新幹線の持つ社会的・環境的な社会貢献が評価されていることが反映されている。

4. 北海道新幹線建設におけるミニ公募債の活用方策

(1) 北海道新幹線債のスキームの設定

ミニ公募債は、主に個人投資家を対象とした起債であるため、発行年限 3 年から 7 年の満期と短く設定される場合が多い。一方で、北海道新幹線新函館－札幌間の工期は最短で 10 年と見込まれている。公募債の期間と工期の乖離を埋めるためには、北海道新幹線債を工期中継続的に発行していくことが望ましい。また、北海道新幹線債の継続的な発行が、北海道民の事業に対する関心を高め、多くの人々を巻き込む「北海道新幹線のための SRI」につながると考える。

この考え方に基づき、本研究における資金調達計画の代替案として、以下の 3 つのスキームを検討する。北海道新幹線の整備に要する費用は工事の事業段階等の影響が大きく、実際には事業年度によってかなり変動すると考えられるが、本研究では工期を 10 年と仮定し、事業 1 年目から 9 年目に要する工事費を一律で年間 150 億円、最終年度を 108 億円、計 1,458 億円と設定した。また、借換えを除く本格的な償還時期については、新幹線の開業直後からとする。

スキーム①:3 年満期のミニ公募債(新幹線債)を活用

3 年満期の北海道新幹線債を活用していくスキームである。事業年度 4 年目からは過年度のミニ公募債の償還

表 6　資金調達スキーム(単位: 億円)

スキーム	資金調達手法	事業年度	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	開業
①	ミニ公募債(3年)	ミニ公募債	150	150	150	150	150	150	150	150	150	108	償還へ
	＋市場公募債(10年)	10年債				150	150	150	150	150	150	150	
②	ミニ公募債(5年)	ミニ公募債	150	150	150	150	150	150	150	150	150	108	
	＋市場公募債(10年)	10年債						150	150	150	150	150	
③	市場公募債(10年)のみ	10年債	150	150	150	150	150	150	150	150	150	108	

時期を迎えるため、借換えとして従来の市場公募債の発行を必要とする。発行年限が最も短いため、利払い費用は少ないが、借換えの頻度が高いことから発行に要する諸経費と金利変動リスクは大きいと考えた。3 年満期のミニ公募債は､北海道と札幌市で過去に適用事例がある。

スキーム②: 5 年満期のミニ公募債(新幹線債)を活用

5 年満期の北海道新幹線債を活用するスキームである。事業年度 6 年目からは過年度のミニ公募債の償還時期を迎えるため、借換えとして従来の市場公募債の発行を必要とする。ミニ公募債の発行年限は、個人投資家のニーズから一般に 3～5 年程度が望ましいとされており､5 年は発行件数ベースで 80%(2005)を占めており、発行年限の主流といえる。

スキーム③: 10 年満期の市場公募債(既存の手法)

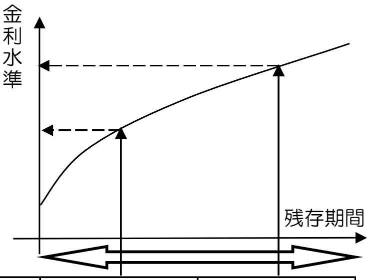
10 年満期の市場公募債を活用するスキームである。市場公募債は、従来からの資金調達手法であり、対象事業や購入者、購入上限金額等における制限や特別な意図はなく、市場を通した純粋な｢民間調達｣である。スキーム①、②との比較対象として設定した。

以上をまとめると、**表 6** のようになる。

(2) コストアットリスク分析 4)

ミニ公募債は、調達コスト面で借換え時の金利変動リスクに問題がある。したがって、資金調達スキームの定量的分析においては、発行に要するコスト分析だけではなく､金利の不確実性も考慮する必要がある｡すなわち、発行年限を短期化するケース､長期化するケースにより、それぞれのパターンにおける中長期的な｢コスト｣と｢リスク」との関係を比較することで、最適な代替案を導出する必要があると考えた。

本研究では、調達コストの定量的分析にあたり、コストアットリスク分析を適用する。通常、金利のイールドカーブ(残存年数－利回り曲線)は右上がりとなることから、発行年限を短期化した方が、発行に要する諸経費と利払い費用すなわち｢コスト｣を低減できる。一方、借換えの頻度が増加することから、将来の借換え時点における金利の見通しが困難なこと、すなわち金利変動の不確実性から生じる｢リスク｣に晒されることとなる(**図 4**)。コストアットリスク分析とは、こうした「コスト」と「リスク」の背反関係を考慮できる手法である。



	発行年限を短期化	発行年限を長期化
「コスト」･･･ 発行に要する諸経費と利払い費用	低くなる↓	高くなる↑
「リスク」･･･ 借換時の金利変動によるリスク	高くなる↑	低くなる↓

図 4 コストアットリスク分析の概念

(3)流通金利データの解析

分析にあたっては、日本証券業協会発表(2006 年 1 月 23 日)の利付長期国債(**表 7**)と北海道債の流通利回り(YTM)データ(**表 8**)を用いた。これらのデータは現実に発行・取引される債券の償還期日に基づく利回りであるため、任意の残存期間における利回り、すなわちイールドカーブを得るには、適切なデータ処理が必要となる。

表 7 国債の流通金利データ

銘柄(回)	償還期日	階差(日)	経過	残存日数	複利利回り(%)
－	2006/1/20	－	0	基準日	0.000
185	2006/3/20	59	2M	59	0.006
187	2006/6/20	92	5M	151	0.012
188	2006/9/20	92	8M	243	0.015
190	2006/12/20	91	11M	334	0.046
192	2007/3/20	90	1Y2M	424	0.081
194	2007/6/20	92	1Y5M	516	0.148
197	2007/9/20	92	1Y8M	608	0.187
199	2007/12/20	91	1Y11M	699	0.236
207	2008/12/22	368	2Y11M	1067	0.424
216	2009/12/21	364	3Y11M	1431	0.615
225	2010/12/20	364	4Y11M	1795	0.804
235	2011/12/20	365	5Y11M	2160	0.976
244	2012/12/20	366	6Y11M	2526	1.140
256	2013/12/20	365	7Y11M	2891	1.274
265	2014/12/20	365	8Y11M	3256	1.381
274	2015/12/20	365	9Y11M	3621	1.467

※Y: 年、M: 月

表 8 北海道債(市場公募債)の流通金利データ

銘柄(回)	償還期日	階差(日)	経過	残存日数	複利利回り(%)
－	2006/1/20	－	0	基準日	0.000
北海道債 13/3(5)	2006/12/20	334	11M	334	0.160
北海道債 14/2(5)	2007/6/20	182	1Y5M	516	0.265
北海道債 16/9(3)	2007/12/27	190	1Y11M	706	0.362
北海道債17/10(3)	2008/12/26	365	2Y11M	1071	0.559
北海道債16/10(5)	2010/1/28	398	4Y	1469	0.761
北海道債 12/3	2011/2/22	396	5Y1M	1865	0.968
北海道債 13/4	2012/2/21	364	6Y1M	2229	1.143
北海道債 14/6	2013/2/27	371	7Y1M	2600	1.304
北海道債 15/8	2014/2/27	365	8Y1M	2965	1.435
北海道債 16/8	2014/12/24	300	8Y11M	3265	1.519
北海道債 17/9	2015/12/22	363	9Y11M	3628	1.602

上記のデータを、2006 年 1 月 20 を基準日として償還期日が近似するデータを適切な残存期間(償還期日までの期間)に応じた金利水準に直線補正し､複利利回りから単利利回りに変換したものが**表 9** である。適切な残存期間とは｢グリッドポイント｣と呼ばれ、一般に市場流通の実態に合わせて、短期の部分では細かく、長期の部分では粗く設定される。よって、本研究では**表 9** の｢経過｣のように設定した。

また、信用力の違いによって生じる国債との金利差すなわち北海道債のスプレッド(S_p)は残存期間に関わらずおよそ一定値であり、S_p の平均値は 0.130%であった。

表 9　国債の流通金利データ(補正後)

No.	仮想償還期日	階差(日)	経過	残存日数	残存期間(年)	国債利回り(%)	備考
0	2006/1/20	−	0	基準日	0.0	(直線補正値)	−
1	2006/2/20	31	1M	31	0.1	0.003	長期国債
2	2006/4/20	59	3M	90	0.3	0.009	長期国債
3	2006/7/20	91	6M	181	0.5	0.014	長期国債
4	2007/1/20	184	1Y	365	1.0	0.050	長期国債
5	2007/7/20	181	1Y6M	546	1.5	0.157	長期国債
6	2008/1/20	184	2Y	730	2.0	0.246	長期国債
7	2009/1/20	366	3Y	1096	3.0	0.436	長期国債
8	2011/1/20	730	5Y	1826	5.0	0.818	長期国債
9	2013/1/20	731	7Y	2557	7.0	1.154	長期国債
10	2016/1/20	1095	10Y	3652	10.0	1.480	長期国債

複利から単利に変換し、グリッドポイントに合わせて直接補正した利回りをプロットしたものが**図 5** である。得られた国債利回りについて、3 次関数を用いて回帰を行い、回帰式を得た。決定係数 R^2 は 0.9989 であり、データをよく反映している。よって、北海道債のイールドカーブは**図 5** の回帰式で表現できる。

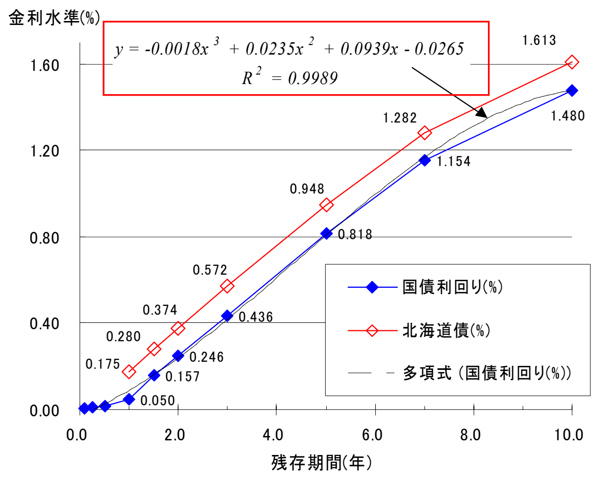


図 5　国債と北海道債のイールドカーブ

(4) 発行コストの算出

ミニ公募債の発行コスト算出のため、2006(平成 18)年 1 月に北海道庁にてインタビュー調査を実施した。調査で得られた発行に要する諸経費と金利データに基づいて、コストの計算を行い、以下の結果を得た。

a)1 回の発行に伴う諸経費

発行に伴う諸経費および利払い費用について、スキームごとに検討を行う。発行コストは事業年度によって常に変化するため、今回は開業時（事業開始から 11 年目）を想定して計算を行った(**表 10**)。諸経費の計算にあたっては道庁インタビュー調査で得られた経費データを使用した。

表 10　発行に伴う諸経費(万円)

分類	項目	スキーム①	スキーム②	スキーム③	備考
事務経費	新聞広告料	36.3	36.3	−	1回あたり
	ちらし・ポスター印刷費	4.0	4.0	−	1回あたり
	購入者カード印刷費	3.5	3.5	−	1回あたり
公債手数料	引受手数料	4725.0	4725.0	4725.0	30銭/100円
	受託手数料	630.0	630.0	630.0	4銭/100円
	元利償還手数料	1575.0	1575.0	1575.0	10銭/100円
	利金償還手数料	53.4	149.3	507.0	20銭/100円
	証券ペーパーレス化手数料	33.1	33.1	33.1	1回あたり
計		7060.3	7156.2	7470.1	1回あたり

b)1 年間の利払い費用

開業時までに生じる利払い費用を算出した(**表 11**)。

表 11　年間の利払い費用

スキーム	償還期間(年)	1年間の金利(万円)	利回り(%)
①ミニ公募債(3年)	3	8483.6	0.566
②ミニ公募債(5年)	5	14219.0	0.948
③北海道債(10年)のみ	10	24144.1	1.610

c)開業時までに要する調達コスト

現在の利回りが開業時まで一定であると仮定する。開業時における利払いの延べ回数は 55 回で、全スキームとも同数であった。それゆえ、発行年数が長期にわたる北海道債(市場公募債)の方が、利払い費用がかさむ結果となった(**表 12**)。一方、発行年限を短期化した場合には発行回数が増加し、発行の都度に諸経費が生じることとなる。

表 12　開業時までに要する調達コスト

スキーム	発行コスト(億円/回)	発行回数	利回り(%)	利払いの延回数
①ミニ公募債(3年)	0.706	10	0.566	27
＋北海道債	0.747	7	1.610	28
②ミニ公募債(5年)	0.716	10	0.948	40
＋北海道債	0.747	5	1.610	15
③北海道債のみ (10年)	0.747	10	1.610	55

以上の検討を踏まえ、開業時までに要する発行コストの試算結果を**表 13** に示す。スキーム①および②は、市場公募債のみによるスキーム③の資金調達コストと比較して、それぞれ 37.5、36.3 億円低減できることが明らかとなった。

表 13　新幹線建設期間中(10 年)の発行コスト

スキーム	発行コスト(億円)	スキーム③との差額
①ミニ公募債(3年) ＋北海道債	102.8	37.5
②ミニ公募債(5年) ＋北海道債	104.0	36.3
③北海道債のみ (10年)	140.3	−

(5) VaR による借り換え時のリスク計量[4)]

発行年限が短いことに伴う借換え頻度の高さにより、借換え時において金利変動リスクが生じる。この金利変動リスクの計量化を行うために VaR(Value at Risk)の概念を導入する。VaR は「ある一定の確率で起こりうる将来の損失額の最大値」であり、(4)式で表現される。

$$VaR = \theta \times \tau^{1/2} \times V \qquad (4)$$

θ :正規分布に基づく信頼水準に対応する係数

τ :借換えまでの期間(ここでは“発行年限”)

V : ボラティリティ(予想される将来の変動率)

この概念を金利変動リスクの場合に当てはめて考えると、VaR とは、過去の市場における金利データを参考と

し、保有期間経過後の金利変動に正規分布などの確率分布を仮定して、信頼水準に対応する確率で生じる損失額の最大値の推定を行う手法である。本研究では、**図5**で導出された北海道債のイールドカーブを基準とし、1 回の借換えにおいて、信頼水準99%に対応する確率で生じる損失額(＝調達コストの増加額)の最大値の算出を行った。

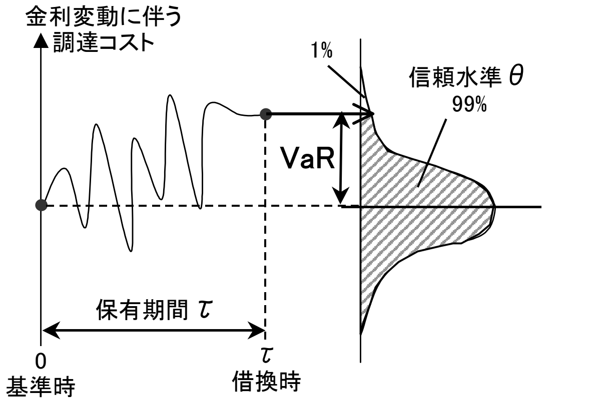


図6　借り換え時の金利変動による VaR の概念

本研究における金利変動リスクとは、保有起債高 $C(t_i)$ の現在価値 P に関する将来の変動幅と位置づけることができる。すなわち、P の将来の分布を $\phi(P)$ とすると、信頼水準 99%に対応する確率で発生する金利変動リスク(VaR)は、$VaR_{99}[\phi(P)]$ と表現される。本研究では、デルタ法によって求めた。

まず、保有起債高 $C(t_i)$ の現在価値 P を求める。

$$P = \sum_{i=1}^{M} \frac{C(t_i)}{(1+r(t_i))^{t_i}} \tag{5}$$

M：グリッドポイントの個数

$r(t_i)$：i 番目のグリッドポイントの金利(%)

$C(t_i)$：i 番目のグリッドポイントにおける起債保有高（億円）

各グリッドポイントの金利 $r(t_i)$ に対する感応度 E_i は以下の式で表される。

$$E_i = \frac{\partial P}{\partial r(t_i)} = \frac{\partial}{\partial r(t_i)} \sum_{i=1}^{M} \frac{C(t_i)}{(1+r(t_i))^{t_i}} = -\frac{t_i C(t_i)}{(1+r(t_i))^{t_i+1}} \tag{6}$$

$$E = (E_1, E_2, \cdots E_m) \tag{7}$$

分布の標準偏差 σ_p は各グリッドポイントにおける分散共分散行列 Z によって導かれる。

$$Z = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & Cov(r(t_1), r(t_2)) & \cdots & Cov(r(t_1), r(t_m)) \\ Cov(r(t_1), r(t_2)) & \sigma_2^2 & \cdots & Cov(r(t_2), r(t_m)) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Cov(r(t_1), r(t_m)) & Cov(r(t_2), r(t_m)) & \cdots & \sigma_m^2 \end{pmatrix}$$

感応度行列 E と分散共分散行列 Z を掛け合わせることで、分布 $\phi(P)$ の標準偏差 σ_p を求めることができる。

$$\sigma_p^2 = EZE^t \tag{8}$$

求める VaR は、以下に示される。

$$VaR_{99}[\phi(P)] = \theta \cdot \sqrt{\tau} \cdot \sigma_p \tag{9}$$

以上の分析より、スキーム①および②における 1 回の借換えに際した VaR の計測結果は**表14**のようになった。

表14　1 回の借り換え時の最大損失額(VaR)

変数	3年満期	5年満期	備考
$C(t_i)$	150	150	保有起債高(億円)
σ_p^2	3.64	9.44	分布 ϕ(P)の分散
σ_p	1.91	3.07	分布 ϕ(P)の標準偏差
θ	2.33	2.33	信頼水準99%
τ	3	5	保有期間(年)
VaR	*−7.70*	*−16.01*	*金利変動リスク(億円)*

図4において、一般的には発行年限が短い方がリスクは高いと述べたが、本研究の分析結果では、スキーム①と②では、発行年限の違いが 2 年であることから借り換えの回数がスキーム①では 7 回、②では 5 回であることと、**表 14** の 1 回の借り換え時の最大損失額を考慮すると、全体的な損失額はスキーム①の方が少ない結果となった。また**表 13** より、発行コストもスキーム①が最も少ない。

以上より、「スキーム①：3 年満期のミニ公募債の活用」が、最も優れていることが明らかになった。

5. おわりに

本研究は、北海道新幹線の資金調達手法としてミニ公募債の活用を提案した。市民の新幹線への投資に関する直交多属性効用関数を構築することにより、人々の投資の満足度に対し、新幹線の社会的・環境的貢献が有意に寄与することが明らかになった。

さらに、具体的な資金調達スキームを設定し、コストアットリスク分析により既存の手法に対する調達コスト面での検討を行い、3 年満期のミニ公募債の活用が望ましいことを示した。

北海道にとって厳しい財政状況下での新幹線整備であることを考えれば、SRI の基本的理念である「投資による豊かな社会づくり」を目指して、道民自身が積極的に投資を行い、応分の負担を担ってゆくことが必要である。新幹線債の発行は、そのための有効な一方策になり得ると考える。

東海道新幹線掛川駅のように、建設費を地元住民の寄付によって調達する事例もある。受益者負担の観点から見ると、ミニ市場公募債による住民の投資と似ているが、

ミニ市場公募債は投資した金額に利回りを加えて住民に返ってくるところに大きな違いがある。行政から住民への返還分は、新幹線開業が引き起こす経済効果による北海道の税収の増加分を見込んでいる。3 年満期という一時的な住民の負担で社会資本整備が進められることは、寄付による資金調達よりも行政、住民双方にとってメリットが大きいと考える。

本研究では、札幌市民を対象として分析を行った。これは、北海道新幹線開業時の経済効果や交通需要は札幌市を中心として発生すると考えられていることによるものである。今後は、北海道の地方都市在住の住民を対象として分析を行うことで、ミニ市場公募債を通して、単なる投資目的か、北海道新幹線の効果を期待したものか、都市別に意識の違いを明らかにしたい。

参考文献

1) 春名攻、清水雄太: 都市開発・整備のための新たな財源調達・運営システムの実現可能性に関する研究、土木計画学研究・講演集、Vol.29、CD-ROM、2004

2) 千葉博正、五十嵐日出夫、佐藤馨一: 多属性効用関数を用いた商業地評価モデルの構築に関する研究、都市計画論文集、Vol.20、pp.115-120、1985

3) NPO 法人社会的責任投資フォーラム企業スクリーン研究会: 日本における SRI 調査機関の現状、2005

4) 山下智志: 市場リスクの計量化と VaR、朝倉書店、2000

住民参加型ミニ市場公募債を活用した北海道新幹線の整備方策*

岸　邦宏**・西村　直樹***・佐藤　馨一****

2005(平成 17)年 5 月、北海道新幹線新青森－新函館間が着工された。北海道新幹線の札幌への延伸の期待が地元で大きい一方で、課題もみられる。北海道の建設負担金の問題である。財政悪化の進む北海道にとって、北海道新幹線のための財源をどのように確保するべきか、効率的かつ安定的な資金調達のあり方が求められている。本研究は、住民参加型ミニ市場公募債を活用した北海道新幹線整備方策を提案することを目的とする。北海道民の新幹線への投資に対する意識を直交多属性効用関数を用いて分析し、さらに具体的な資金調達スキームを設定し、調達コスト低減化の視点から適切な発行条件を明らかにした。

Construction of the Hokkaido Shinkansen Using Residential Local Government Bond*

By Kunihiro KISHI**・Naoki NISHIMURA***・Keiichi SATO****

The construction of Hokkaido Shinkansen between Shin Aomori and Shin Hakodate was started in May, 2005. People in Hokkaido hope that Shinkansen is extended to Sapporo, on the other hand, Hokkaido prefectural government must secure revenue efficiently and steadly. This study proposes to apply residential local government bond for the construction of the Hokkaido Shinkansen. It analyzed people's awareness of investment in Hokkaido Shinkansen by Orthogonal Multi-attribute Utility Function and clarified appropriate condition of bond from the viewpoint of reducing costs.