

青函トンネルの整備がもたらす 効果に関する一考察

A study about effects of the construction of Seikan-Tunnel

金澤 博^{*}, 佐藤 政季^{**}

By Hiroshi KANAZAWA and Masatoki SATHO

This report shows that effects of the construction of Seikan-Tunnel, which connects Honshu and Hokkaido-Island, are estimated by means of analysis of the share of each traffic facilities after its open to traffic and the economic effect of the construction project justifies the investment.

Then traffic volume is tried to estimated in the case that factors like fares and travelling time etc, which influence on selection of traffic facilities, are varied.

1. はじめに

海峡によって隔てられた地域を結ぶ海峡連絡トンネルは、その利用効果に大きな期待をかけられるが、建設費が多額であり、建設投資とその効果について議論になるところである。

本研究は、昭和63年3月13日に開業した青函トンネルの整備がもたらす効果を、主に経済的側面から推計し、さらに時間短縮等のサービスレベルを変化させた場合の効果の変動について考察を加えるものである。

具体的には、「津軽海峡線の輸送とその社会波及効果に関する調査」委員会（北海道運輸局主宰・五

十嵐北海道大学教授委員長）¹⁾が実施したアンケート調査結果に基づいて、現状の経済的効果を推計した。さらに非集計モデルにより効果の発生要因を変化させた場合の、鉄道輸送サービスの改善がもたらす効果について検討した。

2. 津軽海峡線の概要

青函トンネルは、本州と北海道を結ぶJR津軽海峡線（中小国～木古内 延長87.8km）の中心をなすものであり、全長53,850m（海底部延長23,300m）の新幹線複線断面の鉄道海底トンネルである。

本トンネルの建設期間は昭和46年9月から昭和63年3月までの約17年間、建設費は津軽海峡線全線で約6,900億円である。

3. 開業の影響と効果

青函トンネルが建設され、開業したことによる影響と効果は建設中から開業後に及び、さらに建設に

キ-ワ-ド 交通基盤計画、効果計測、非集計行動モデル

* 正会員 日本鉄道建設公団計画部計画課

** 正会員 日本鉄道建設公団計画部調査課

(〒100 東京都千代田区永田町2-14-2)

伴う数々の技術開発がもたらした効果も無視することは出来ない。

図-1 青函トンネルの位置図

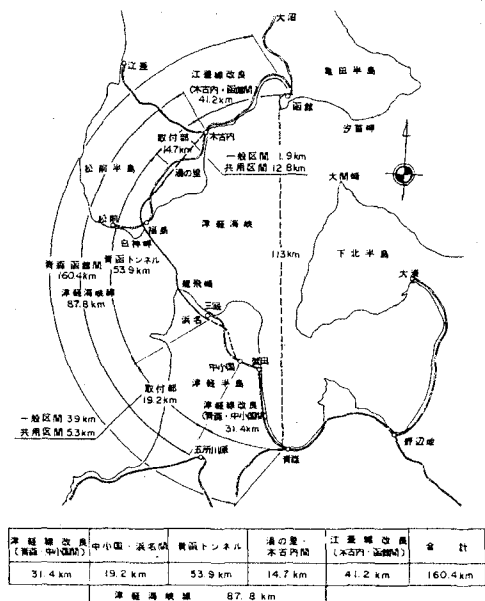
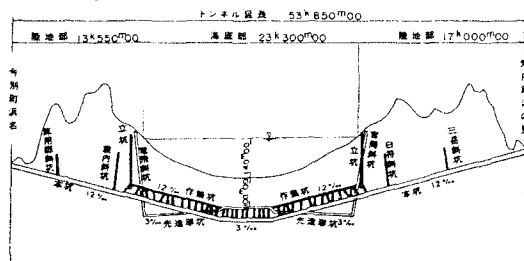


図-2 青函トンネルの構成概要図



まず開業による効果としては、輸送市場内への影響として、誘発と転移による鉄道輸送量の増加と増収、利用者の時間短縮・輸送方法の改善による便益の増加等があり、さらにトンネル開業に刺激されて登場した青函間の高速ジェットフォイルフェリー

(所要時間 1時間半) や、中距離の豪華フェリーの投入など、交通手段選択肢が拡充した効果等を挙げることができる。輸送市場外に対しては、トンネル観光客の増加等と、北海道への企業の進出が促進される等の地域発展効果等を挙げる事ができる。

その外、建設中の効果として約6,900億円にのぼる工事費が、直接・間接的に地元の経済活動に大きな影響を与えてきた。その反動として開業後の地元

経済の落ち込みや、居住人口の減少は社会問題となる程であった。

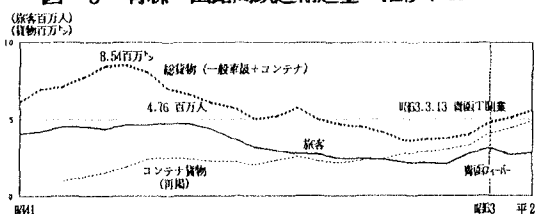
また技術面の効果としては、青函トンネルの掘削に伴い新しい技術の開発が必要とされ、特に吹付けコンクリート、注入、水平ボーリングの技術向上に多大な貢献をした事を挙げることができる。列車運行面においても列車火災等を含む防災・保安等で新しい技術検討がなされた。

さらに、「長大海底トンネル」は、青函トンネルの完成までは夢の存在であったが、これを現実のものとした意義は大きい。特に欧州のユーロトンネルの実現化には、技術指導の人材派遣を含めて大きな貢献をし、その他世界中に幾つか構想のある海底トンネルプロジェクトに与える影響も大きなものがある。

4. 輸送量の変化

青函間の鉄道輸送量のピークは旅客が昭和48年の4.8百万人、貨物が昭和46年の8.5百万トンのであるがその後減少を続け、旅客については青函開業前の昭和61年には2.1百万人まで落ち込んだがトンネル開業後は順調に増加している。貨物は昭和59年の3.5百万トンを最低として、その後は微増の傾向にあったが、トンネル開業後は増加の度合いを増し安定した増加傾向にある。

図-3 青森～函館間鉄道輸送量の推移(S41～H2)



(1) 旅客輸送

トンネル開業後の、青函間の鉄道旅客輸送サービスは、運転本数が15本/日(昭和63)から28本/日(平成元)と倍増し、所要時間は半分の約2時間となった。さらに 列車→連絡船→列車 への乗り換えが不要になった効果は大きく、鉄道のシェアは開業前の23.7%(昭和61, 2.1百万人)から、27.5%(昭和63, 3.1百万人)へと上昇している。特筆できることは、上野～札幌間の寝台特急列車の所要時間が航

空機の約3～4時間（アクセス時間・待ち時間を含む）に対し約16時間、料金が航空機の約2万4千円に対し約2万2千円～3万4千円と割高であるにもかかわらず、予約で満席となり常時キャンセル待ちとなる程人気が高い事である。

表-1 青函間の輸送サービスの比較

	フークエンター	所要時間
開業前（連絡船）	15本/日	3時間50分
開業後（列車）	28本/日	1時間55分

(2) 貨物輸送

近年の貨物輸送は、コンテナ輸送が主力となっており、青函間のコンテナ輸送能力は開通前の1,324個（昭61.3）から2,040個（昭63.3）へと、約50%の増加となり、所要時間も連絡船時代の積み卸し作業のロスが解消され、本州と北海道間で概ね4～5時間短縮された。この結果、水産物が冷凍加工せずに鮮魚のまま1日早いセリ市にかけることが出来、さらに集荷範囲も拡大する等、荷主の求める有効時間帯に輸送が可能となって商品の価値が増し、輸送時間短縮と共に輸送の確実性の効果が現れている。

5. 経済効果の推計

トンネルの開業がもたらす効果のうち間接効果の多くはタイムラグがあり、現在の段階でこれを把握することは困難である。従ってここでは短期的視点から把握できる直接的経済効果の推計を行った。

表-2は経済効果の項目を示し、それぞれの便益額の算出式は(1)～(6)のとおりである。

なお貨物に関する推計方法は「青函トンネルの開業は北海道に何をもちたか」（北大 佐藤馨一・五十嵐日出男）²⁾によった。

表-2 経済効果の項目

市場区分	便益の内容	便益の具体的内容
輸送市場内	経営効果	JR旅客会社の増収 JR貨物会社の増収 連絡線の赤字解消
	利用者便益	JR利用旅客の便益 JR利用貨物の便益
輸送市場内	観光経済効果	観光客による消費

(1) JR旅客会社の増収額

$$RJp = (WIp - WOp) \times Jp \times Dp$$

RJp: JR旅客増収額

Jp: 本州～北海道鉄道旅客の開業後の平均運賃

Dp: 本州～北海道鉄道旅客の開業後の平均旅行距離

WIp: 開業後の本州～北海道鉄道旅客輸送実績値

WOp: 開業をしない場合の本州～北海道鉄道旅客輸送推計値

(2) JR貨物会社の増収額

$$RJf = (WIf - WOf) / Tf \times Jf$$

RJf: JR貨物増収額

Tf: コンテナ1個当たり平均積載量

Jf: 本州～北海道間の平均コンテナ料金

WIf: 開業後の本州～北海道鉄道貨物輸送実績値

WOf: 開業をしない場合の本州～北海道鉄道貨物輸送推計値

(3) JR旅客利用者の便益

・連絡船及びフェリーからの転移客

$$DBs = Tr \times (ST \times \omega - SCr) + Tf \times (ST \times \omega - SCf) / 2$$

DBs: 連絡船及びフェリーからの転移客の便益額

Tr: 連絡船からの転移客数

TF: フェリーからの転移客数

SCr: 連絡船からの転移客の1人平均費用負担増額分

SCf: フェリーからの転移客の1人平均費用負担増額分

ST: 平均節約時分

ω: 時間価値

・航空からの転移客

$$DBa = Ta \times (SC - \omega \times STa) / 2$$

DBa: 航空からの転移客の便益額

Ta: 航空からの転移客数

SC: 1人平均費用節約額分

STa: 平均損失時分

ω: 時間価値

・誘発された旅客

$$ITr = Ur \times COn - Ur \times (AC \times AD + AT \times AD \times \omega)$$

ITr: 誘発された旅客便益額

Ur: 誘発旅客数

COn: 道外客の内での消費額

AC: 平均1人当たり運賃

AD: 平均旅行距離

AT: 平均1人当たり所要時分

ω : 時間価値

(4) JR貨物利用者の便益

・コンテナ料金値下げ効果

$$JKd = JKt / Tf \times Kdp$$

JKd: コンテナ料金値下げ総額

JKt: コンテナ貨物輸送実績量

Tf: コンテナ1個当り平均積載量

Kdp: 1個当り平均値下げ額

・輸送時間短縮効果

$$JKs = JKt / Tf \times Ks \times K \omega$$

JKs: コンテナ料金値下げ総額

JKt: コンテナ貨物輸送実績量

Tf: コンテナ1個当り平均積載量

Ks: 1個当り平均輸送短縮時分

K ω: 貨物の時間価値

(5) 観光客増加による効果

$$NSn = (WIn - WOn) \times COn$$

NSn: 観光客増加による消費額

WIn: 開業後の北海道内観光客数

WOn: 開業をしない場合の北海道内観光客数の推計数

COn: 道外客の道内での消費額

(6) 青函連絡船の運行赤字解消効果

$$SSr = Jrt - JSr \times Kd$$

SSr: 連絡船の運行赤字解消額

Jrt: 津軽海峡線営業経費

JSr: 連絡船の営業経費

Kd: 営業経費の低減率

この結果、経済的效果の合計は年間約1,000億円となった。(表-3)

表-3 経済効果の試算結果

経済効果の項目	昭63年度	平元年度
①JR旅客会社の増収	104億円	83億円
②JR貨物会社の増収	82億円	104億円
③JR利用旅客の便益	196億円	163億円
④JR利用貨物の便益	255億円	251億円
⑤観光客による消費	238億円	386億円
⑥連絡線の赤字解消	81億円	81億円
合 計	956億円	1,068億円

6. 「津軽海峡線の輸送とその社会波及効果に関する調査」委員会のアンケート調査結果の概要

輸送市場内では、旅客対象のアンケートと貨物を対象とする事業所アンケートが実施され、輸送市場

外では、観光客を対象とした旅行会社アンケートと地域振興を対象とした自治体アンケートが実施された。

(1) 旅客対象のアンケート

津軽海峡線に関連があると想定される旅客を対象とし、航空客は千歳空港および函館空港の対本州路線、フェリーは函館港と本州方3港(青森・野辺地・大間)を結ぶ航路、鉄道は津軽海峡線を通過する15列車のそれぞれ上り方面の旅客を対象として、平成元年10月18日(水)～19日(木)に実施された。

表-5 旅客対象アンケート

	アンケート実施箇所	実施時期
鉄道	・津軽海峡通過列車(北斗星等15列車)	平元10.18(水)
航空	・千歳・函館空港(本州への13路線)	平元10.18(水)
フェリー	・函館港(青函間の3航路)	平元10.19(木)

表-6 アンケートの配賦と回収状況

	配 賦 枚 数	有効回答数	実質回収率
鉄道	1,710	1,464	85.6%
航空	1,558	1,478	94.9%
フェリー	115	104	91.2%

アンケートの結果では、鉄道旅客の約40%が航空・フェリーからの転移であり、誘発客とみる事ができる、「青函トンネルが無い場合は、旅行をとりやめる」との回答者は約13%であった。(表-7)

鉄道利用者で、他の交通機関の利用を検討した者の内で約70%が航空を上げており、また航空利用者で、他の交通機関の利用を検討した者の中の約80%

表-7 鉄道旅客の転移と誘発

項 目	比 率	備 考
航空からの転移	27.1%	
フェリーからの転移	13.4%	
誘発	13.3%	
その他からの転移	46.2%	連絡船を含む

が鉄道を上げている。これは航空と鉄道が相互に代替交通機関として意識されている結果と考えられ、場合によっては鉄道側のサービスレベルの向上により、長距離輸送においても有効な交通機関としての可能性を示していると考えられる。(表-8)

表-8 他の交通機関を検討した場合の比率

		検討の対象となった交通機関			
		鉄 道	航 空	フェリー	その他
利 通	鉄道	—	67.2%	24.3%	8.5%
用 手	航空	78.0%	—	7.8%	14.2%
交 段	フェリー	42.9%	42.9%	—	14.2%

利用者の交通機関選択理由において、鉄道は航空に対し所要時間で大きく劣り、料金面と特に安全面

表-9 旅客利用交通機関の選択理由

	鉄 道	航 空	フェリー
早く着ける	19.3%	68.8%	14.4%
料金が安い	20.8%	4.5%	25.0%
安全だから	22.3%	1.2%	3.8%
発着時間が正確	14.3%	3.4%	1.0%
乗り換えが少ない	8.9%	5.3%	14.4%
その他	14.4%	16.8%	41.4%

で優位との結果である。(表-9)

(2)貨物対象のアンケート

トンネル開業後に、輸送手段を変更した事業者は12.8% (51社)であり、その中で鉄道コンテナへの切り替えが約55%と最も大きい。その変更理由として輸送コストの低廉化・時間の短縮・安定輸送の項目を挙げたものの合計が約60%となっている。(表-11)

表-10 事業所調査対象内訳

地 域 別	事業所数	構成比率
北海道側	286	51.3%
本州側	269	48.2%
不明・その他	3	0.5%
合 計	558	100.0%

表-11 貨物輸送手段の変更理由

	比 率	主 な 理 由
輸送コストが低廉	19.3%	JR貨物料金(91.2%)
輸送時間の短縮	20.8%	JR輸送時間(96.6%)
安定輸送	22.3%	到着時間が正確(73.3%)
列車運行面	14.3%	即応した輸送(68.8%)
その他	8.9%	輸送手段の分離(52.2%)
不明	14.4%	

(3)観光客対象のアンケート

観光客の動向調査のための、旅行会社に対するアンケートでは、観光客が「大幅に増加」及び「多少増加」との回答が約85%に達しており、トンネルの開業は観光客の増加に対してかなり影響があったものと考えられる。(表-12)

(4)自治体対象のアンケート

地域振興に「大変寄与する」及び「多少寄与する」との回答が約65%であった。特に北海道南地域及び青森県の沿線自治体では、影響が大きいと回答し

表-12 旅行会社の観光客増加に対する回答

	件 数	比 率
大幅に増加した	8	21.1%
多少増加した	24	63.2%
従来と変わらない	6	15.8%
従来より減少した	0	0.0%
合 計	38	100.0%

ているものが多い。(表-13)

表-13 自治体の地域振興に対する回答

	件 数	比 率
大変寄与する	17	21.3%
多少寄与する	34	42.4%
それ程寄与しない	27	33.8%
全く寄与しない	2	2.5%
合 計	80	100.0%

7. 交通機関選択モデル

トンネル開業による輸送機関の選択要因を検討するため、非集計行動モデルにより旅客と貨物の機関選択モデルを構築した。旅客は選択対象交通機関を鉄道・航空・フェリーとし、貨物は選択対象輸送機関を鉄道・自動車・船舶とした。

各交通機関の選択モデルには、非集計行動モデルの多項ロジットモデル⁴⁾を用いた。

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j=1}^n e^{V_{jn}}} \quad \text{----- (式-1)}$$

P_{in} : 個人 n が選択肢 i を選択する確率

(1)旅客の選択モデル

モデル推定のためのサンプルは、前述のアンケート調査において、利用交通機関の選択時に「他の交通機関の使用を考えた」と回答した旅客とした。その理由は旅客はこれまでの経験から無意識に交通機関の選択をし、改めて他の交通機関の使用を検討しない場合があるためである。さらに今回は往復とも同一の交通機関を選択したサンプルとし、その数は439サンプルである。

(2)貨物の選択モデル

貨物のサンプル選択も前述のアンケート調査において、本州～北海道間の輸送を行っている事業者の中の334サンプルとした。

8. 輸送サービスレベルの変化による効果

旅客及び貨物とも、式-1とモデル2のパラメータ(表-14,15)により、輸送サービスレベルをトンネル開業の時点から変化させ経済的效果(鉄道事業者の増収+利用者の便益)の推計を行った。

その結果旅客輸送では所要時間の短縮が最も効果が大きく、次に乗り換えの解消効果が大きいと推計された。(表-16)

表-14 旅客輸送のパラメータ推計結果(t値)

	モデル 1	モデル 2
早く着ける	-2.9385(-9.48)	-1.8102(-13.3)
料金が安い	-1.9899(-4.81)	-1.0382(-5.75)
安全だから	-1.4726(-3.32)	-0.8014(-3.95)
発着時間が正確	-1.2536(-2.35)	-0.6076(-2.60)
乗換えが少ない	-2.6560(-5.10)	-1.1023(-4.90)
目的 (鉄道)	0.3224(1.00)	
ターミナル (航空)	-0.1435(-0.40)	
道内 (鉄道)	0.7922(2.17)	
ターミナル (航空)	0.1181(0.30)	
道外 (鉄道)	0.6997(2.33)	
ターミナル (航空)	0.7479(2.49)	
距離 (鉄道)	-0.0085(-2.84)	-0.0030(-2.83)
ターミナル (航空)	-0.0010(-0.89)	0.0008(0.95)
定数項 (鉄道)		1.8768(8.22)
ターミナル (航空)		0.4374(1.76)
χ^2 値	556.3	502.5
尤度比	0.802	0.725
的中率	94.1	94.1

表-15 貨物輸送のパラメータ推計結果(t値)

	モデル 1	モデル 2
コストの低廉化	-0.8473(-7.85)	-1.7418(-9.75)
輸送時間の短縮	-0.4328(-3.45)	-1.2401(-6.29)
安定輸送化	-0.4807(-3.49)	-1.2758(-5.60)
列車運行面	0.1937(1.22)	
荷傷みの減少等	-0.9857(-9.71)	-1.9785(-9.43)
定数項 (トラック)	0.3608(2.60)	0.6147(2.05)
ターミナル (鉄道)	0.1724(1.22)	0.4840(1.58)
χ^2 値	468.5	599.9
尤度比	0.727	0.931
的中率	97.0	98.5

この推計結果と、アンケートの結果（航空利用客の約80%が代替交通機関として鉄道を考慮）を考察すると、鉄道の旅客の増加には高速化が最も大きな効果を上げる事ができると言える。また2階建車両の投入等により同時大量輸送を行い平均コストを

表-16 旅客の要因変化による経済効果の変動

サービス要因	他より優る	他より劣る
早く着ける	+245 %	- 80 %
料金が安い	+ 63 %	- 60 %
安全だから	+ 44 %	- 46 %
発着時間が正確	+ 32 %	- 32 %
乗換えが少ない	+ 75 %	- 54 %

表-17 貨物の要因変化による経済効果の変動

サービス要因	他より優る	他より劣る
コストの低廉化	+118 %	- 62 %
輸送時間の短縮	+ 51 %	- 41 %
安定輸送化	+ 47 %	- 39 %
荷傷みの減少等	+156 %	- 61 %

低減させる方策や、旅客の乗り換えの少ない列車設定等も大きな効果が期待できる。

貨物の場合は、旅客と異なり速度の向上より、料金の値下げ効果が大きく、次に荷傷みの減少等によ

る効果が大きいと推計された。（表-17）

この推計結果から、輸送コストの低廉化方策として大型機関車等の投入による同時大量輸送や、荷傷みを減少させる輸送方法の導入等が、大きな効果が期待できるので今後充分な検討が望まれる。

9. おわりに

青函トンネル等の、大プロジェクトの効果は長期間にわたり非常に広い範囲に及ぶものである。本研究ではその一部の経済的効果に的を絞り推計を行った。

青函トンネルは開業後3年余りしか経過しておらず、現時点で効果の全体を把握することは難しい。しかしこの短期間に現れた直接的経済効果だけでもトンネルの建設投資に見合うものと考えられる。

また、本研究では今後の輸送サービス改善による経済効果の推計を行ったが、特に旅客輸送においては速度向上による経済効果が大きく、また貨物輸送においてはコストの低廉化方策等が望まれると考察された。

最後に本報告書をまとめるにあたり、北海道運輸局、北海道大学、運輸調査局の方々の御指導、御協力を頂きました。ここに紙面を借りて謝意を表する次第であります。

参考文献

- 1) 津軽海峡線の輸送とその社会波及効果に関する調査, '90.3
- 2) 佐藤・五十嵐：青函トンネルの開業は北海道に何をもたらしたか、運輸と経済, '90.3
- 3) 溝口・丸山：津軽海峡線の整備がもたらした波及効果について, JREA, '90.11
- 4) 土木計画学講習会テキスト15 非集計行動モデルの理論と実際：土木学会編, '84.11
- 5) 津軽海峡線工事誌：日本鉄道建設公団編