

東京大学公共政策大学院
2015年度「公共政策の経済評価」

伊良部大橋建設に関する費用便益分析

東紘葵
小原弘之
橋本知佳
福田紫

2015年1月8日

目次

Executive Summary	2
1. はじめに.....	3
2. 伊良部大橋の概要	3
3. 分析の枠組み.....	4
3-1. 便益.....	4
3-2. 費用.....	4
4. 利用者便益の推計	4
4-1. 交通流の推計.....	6
4-2. 走行時間短縮便益	7
4-3. 走行経費減少便益	8
4-4. 夜間通行便益.....	9
4-5. 救命救急率向上便益.....	11
5. 供給者便益の推計	15
5-1. 売上項目	15
5-2. 費用項目	19
5-3. 供給者便益	20
6. 便益.....	20
7. 費用.....	21
8. 分析結果.....	21
9. 感度分析.....	22
10. 交通量の妥当性に関する検討.....	24
11. 結論	25
12. 課題	25
12. 謝辞	25
13. 参考文献	26
14. Appendix.....	27

Executive Summary

平成 27 年 1 月に開通した宮古島と伊良部島を結ぶ伊良部大橋を対象に費用便益分析を行った。沖縄県は、伊良部大橋架橋事業に先立って事前費用便益分析を行っている。そこで、本研究では架橋後のデータを基に事後的費用便益分析を行うことで、離島架橋事業の正当性を評価した。

本分析では、without ケースを橋が架かる前のフェリーが運航していた場合、with ケースを橋が架かった場合とした。便益項目は利用者便益と供給者便益に分けた。利用者便益として、「走行時間短縮便益」、「走行経費減少便益」、「救命救急工場便益」、「夜間走行便益」、供給者便益として「フェリー運営会社便益」を考えた。費用項目は建築費や人件費を含む総事業費と維持管理費を考えた。

また、時間割引率は費用便益分析で一般的に用いられている 4%(年)、評価期間は 2016 年～2065 年の 50 年間を対象とした。

費用便益分析の結果、純便益は約 289 億円になり、B/C は 1.50 となった。この結果から、架橋事業を正当化できるという結論に至った。感度分析として交通量が今後一定割合で減少していくケースを想定して分析を行ったところ、B/C は 1 以上となったため、結論は変化しなかった。

1. はじめに

伊良部島は宮古島から船で30分ほどの距離に位置する島であり、人口は平成26年時点で2,842人である。平成27年1月に伊良部島と宮古島を結ぶ伊良部大橋が出来るまで、両島間の移動は基本的に民間船会社が運営する定期船での行き来に限られており、通勤通学などの日常生活、救急搬送等の面で不便を抱えていた。そもそも伊良部大橋事業自体は、昭和49年の当時の伊良部村による架橋要請活動に始まり、平成4年には沖縄県による基礎調査開始、平成14年には架橋技術検討委員会設置など、橋開通までには足掛け40年の歳月を要した念願の事業であった。そのような経緯を経て伊良部大橋が開通することで、以前より簡単かつ、より早く移動できるようになり、島民や観光客は大いにその便益を享受するようになった。その一方で、橋の総事業費は395億円、年間維持費は8.4億円と決して安いものではなかった。

そこで沖縄県では、伊良部大橋架橋事業に先立って事前費用便益を行っており、それによると、経済的純現在価値(B-C)は668億円、費用便益比(B/C)は3.0となっている。そこで、本研究では、事前の費用便益分析を踏まえ、架橋後のデータを基に事後的費用便益分析を行うことで、伊良部大橋架橋事業が費用便益分析の観点から社会的に望ましいものであったのかどうかを確認することを目的とした。

2. 伊良部大橋の概要

伊良部大橋は、宮古島と伊良部島を結ぶ橋であり、平成27年1月31日に開通した。通行料は無料である。全長は3,540mであり、通行料無料の橋としては全長2,100mの新北九州空港連絡道路を抜いて日本最長となった。取り付け部も含めた区間の長さは4,310mである。橋開通前は民間船会社の株式会社「宮古フェリー」と株式会社「はやて」の2社がそれぞれ定期船を運航していた。航路は宮古島の平良港と伊良部島の佐良浜港を結ぶ約7.8kmであった。

3. 分析の枠組み

本論文では、「without ケース」をフェリーが運航していた橋が架かる前のケース、「with ケース」を橋が架かった後のケースとした。

3-1. 便益

便益項目は、利用者便益と供給者便益に分けられる。利用者便益としては走行時間短縮便益、走行経費減少便益、夜間走行便益、救命救急率向上便益の4つを、供給者便益としてはフェリー運営会社便益を考える。

3-2. 費用

費用項目としては建設費や人件費を含む総事業費と維持管理費を計上する。事業完成後ではこれらの値は確定値であるため、本研究では新たに算定し直すことはせず、公表値を利用することとした。

4. 利用者便益の推計

本稿では、フェリー利用者の便益の変化をはかるにあたり、「移動時間費用」、「走行費用」、「運賃」、「待ち時間費用」を考えた。また、Without ケースと with ケースの需要量を考えるにあたり、以下のデータを使用した。

Without ケースでは、沖縄県の運輸要覧から平成 25 年分のフェリー利用者数の値を参照した。Without ケースにおける走行人数は、622,478 人となった。With ケースでは、宮古島市から頂いた車種別交通量のデータ(夜間分除く)に、国土交通省「道路交通センサス」に基づく図 4-1 の平均乗車人数を掛けて算出し、2,675,975 人となった。

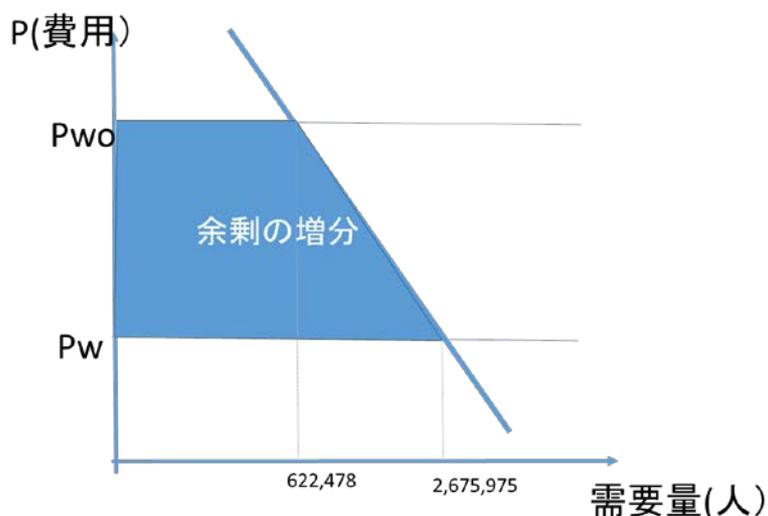
図 4-1 車種別の平均乗車人数 単位：人

乗用車	1.3
バス	13.59
小型貨物車	1.18
大型貨物車	1.31
レンタカー	2.5

出所：国土交通省「道路交通センサス」

以上の結果にもとづき、2015年度に仮に架橋がない場合と比べて架橋がある場合の乗客一人あたりについての費用がどれだけ減少したのかを算出した。そのうえで、その費用の減少分を価格変化ととらえ、図4-2の青色部分の面積を台形の公式を用いて利用者余剰の増分を計算し、年間の利用者余剰の増加分を求めた。

図4-2 推計のイメージ



「移動時間費用」、「走行費用」、「運賃」、「待ち時間費用」を用いて、一人当たりの経費・便益を、表4-1のように算出した（詳しい求め方は4-2, 4-3で説明する）この結果をもとに年間の利用者余剰の変化を計算する。本稿では、「移動時間」と「待ち時間」の利用者余剰増分を「走行時間短縮便益」とし、「運賃」と「走行費用」の利用者余剰増分を「走行経費短縮便益」と定義した。

表4-1 一人あたりの経費・便益 単位：円

走行経費	115
フェリー運賃	908
時短便益	220
待ち時間便益	439

4-1. 交通流の推計

交通量調査は「沖縄県道 252 号平良下地島空港線」で実施されたため、図 4-3 で示される平良下地島空港線（始点）～佐良浜港の 10.1km を走行距離とした。また、データとしては、図 4-3 の B 地点で計測された伊良部島全交通量のデータを用いた。

図 4-3 With ケースにおける交通ルート



出所：Google Maps

本研究では、平成 27 年 8 月 13 日～14 日（平日）の交通量調査をもとに、年間の平均的な交通量を算出した。交通量推計の際、地域の特性を考慮する必要があるため、本分析では季節性・平日休日調整を行った。季節調整には、宮古島市の流域観光客数のデータを使用した。また、平日・休日調整には「日光タクシー株式会社」のヒアリング調査を参考にした。

交通量の季節調整には表 4-2 の 2015 年の宮古島市流域観光客数データを使用した。2015 年の観光客数（1 月～10 月）の月平均と 8 月の観光客数を比較したところ、8 月の観光客数は月平均より 1.3 倍多かった。季節調整はレンタカーのみに適応し、1.3 で割った値を年間の平均的な平日交通量とした。一方で、平日・休日調整には「日光タクシー株式会社」のヒアリング調査を参考に、平日は休日の 2 倍量の交通を仮定した。平日・休日調整はレンタカー以外の車に適応した。

平日・休日調整

平日の交通量（台/日）×260+平日の交通量÷2（台/日）×105 = 年間交通量

表 4-2 2015 年の宮古島市流域観光客数 単位：人

1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
29,798	36,987	44,172	40,533	37,929	44,106
7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
47,118	52,877	53,875	51,013	32,674	31,938

出所：宮古島市HP

表 4-3 1 日あたりの伊良部島の車種別交通量（8 月） 単位：台

	乗用車	小型貨物車	バス	普通貨物車	二輪車	レンタカー	合計
調整なし	3,898	1,042	41	309	125	837	6,252
調整あり	3,337	892	35	264	107	662	5,298

表 4-3 が、調節前と調節後の交通量をまとめたものである。季節調節および平日・休日調整によって、1 日あたりの交通量は、全体で約 15%少なくなった。

4-2. 走行時間短縮便益

本研究では、「①待ち時間」と「②移動時間」の利用者余剰増分を「走行時間短縮便益」と定義し、その値を以下の通り算出した。

①待ち時間費用

フェリー利用者は、フェリー乗り場に出発前に到着し、出航時間までフェリーを待たなければならない。本稿では、そのような「待ち時間」を移動にかかる費用の一部として考える。すなわち、with ケースでは架橋により待ち時間ゼロで伊良部島・宮古島間を往復できるようになったので、without ケースで生じていた待ち時間費用がゼロになると考えることで、待ち時間費用の変化を費用便益分析の中に組み込むことができる。待ち時間の算出方法に関して、フェリー乗船者には地元民・観光客がいるが、各々で待ち時間は異なると考えられる。そこで、地元の方や株式会社「はやて」にヒアリング調査を行ったところ、観光客は時間に余裕を持ち 30 分前にはフェリー乗り場に到着する一方で、地元民は出航時

間ギリギリに到着する、との回答を頂いた。また、港までのバスとフェリーは連動しており、平均待ち時間は10分との回答を頂いた。したがって、本稿では一人当たりの平均待ち時間を15分と設定した。その値にフェリー利用者一人あたりの平均時間価値(Appendix4-2参照)を掛け合わせることで一人あたりの平均待ち時間費用を求める。

一人当たりの待ち時間費用 = 平均待ち時間 × 時間価値 29.88 円

②移動時間費用

移動時間費用の変化については、フェリーと自動車の港間移動にかかる時間の差を移動時間の変化として考え、それに時間価値を乗ずることで、以下の通り推計した。その際、フェリーの乗船時間は、当時の時刻表にもとづいて20分とした。また、自動車の移動時間はwithケースの走行距離を移動速度時速50kmと仮定して算出した。

移動時間費用の減少 = (走行時間 - 乗船時間) × 時間価値 29.88 円

計算の結果、待ち時間費用と移動時間費用の減少分はそれぞれ439円/人と220円/人となった。この結果より、走行時間短縮便益は、1,307,247,842円/年となった。

4-3. 走行経費減少便益

走行経費減少便益では、WithケースとWithoutケースのそれぞれにおいて、時間費用以外の費用がどれだけ減少したかを計算した。Withケースでは、橋の交通量のデータとAppendixにおいて求めた走行経費原単位の表を用いて合計の走行経費を求め、それを橋の走行人数で割ることで1人あたりの走行経費を求めることとした。その結果、合計の総経費は309,050,103円/年となり、これを1年あたりの走行人数2,675,974人/年で割ることで、1人あたりの走行経費は115円となった。

Withoutケースでは、供給者が受け取る運賃売上は利用者から見て費用であると考えて、1人あたりが支払った運賃を求める。供給者便益のパートでは、売上は565,293,387円/年であると推定された。これを平成25年の交通量である622,478人/年で割ることで1人あたりの運賃を908円と求めた。

以上の計算から、走行経費減少便益は1,307,248,011円/年となった。

4-4. 夜間通行便益

この便益は、橋の建設によって、フェリーの定期船運行時間外（主に夜間）にも伊良部島と宮古島を往復できるようになった便益を算出した。フェリーの定期船運行時間外の移動には、橋の開通前は一件 15,000 円のチャーター便が利用されていた。株式会社「はやて」へのヒアリングの結果、チャーター便の利用は大きく分けると 15～20 名が利用するパーティー目的のものと、夜間救急搬送等移動目的のものに分けられることがわかった。今回の分析では、移動目的のものを対象に分析を進めるが、チャーター便の利用に関する詳細なデータを得ることができなかったため、橋開通前の需要として宮古島市の消防伊良部出張所より頂いた、伊良部島から宮古島への夜間救急搬送件数を利用した。橋開通後の需要は平成 27 年 8 月 13 日～14 日（平日）の交通量調査のデータを利用し、需要曲線を推計、余剰の増加分を便益として算出した。なお、今回の分析では、夜間救急搬送件数のデータを利用して分析を進めたため、夜間の走行時間短縮便益は、「4-5. 救命救急率向上便益」で合わせて算出している。

4-4-1. 需要曲線の推計

橋開通前の需要量として、伊良部島から宮古島への夜間救急搬送件数を利用した。平成 26 年 4 月から平成 27 年 1 月 30 日までのチャーター便での夜間搬送件数は 46 件であった。1 ヶ月の夜間搬送件数を平均 4.6 件とし、年間では 55.2 件の搬送があったと仮定した。なお、価格は一件あたり 15,000 円である。これを表 4-4 の A 点とする。

橋開通後の需要量として、交通量調査のデータを利用した。午後 8 時から翌日の午前 7 時までの交通量を夜間の移動分とし、合計すると 225,996 件であった。また、年間の走行経費は走行経費減少便益と同様の算出方法によって、38,942,752 円とした。よって車両 1 台あたりの走行経費は 172 円と計算でき、これを図 4-1 の B 点とする。

以上を整理すると、以下の表 4-4 にまとめられる。

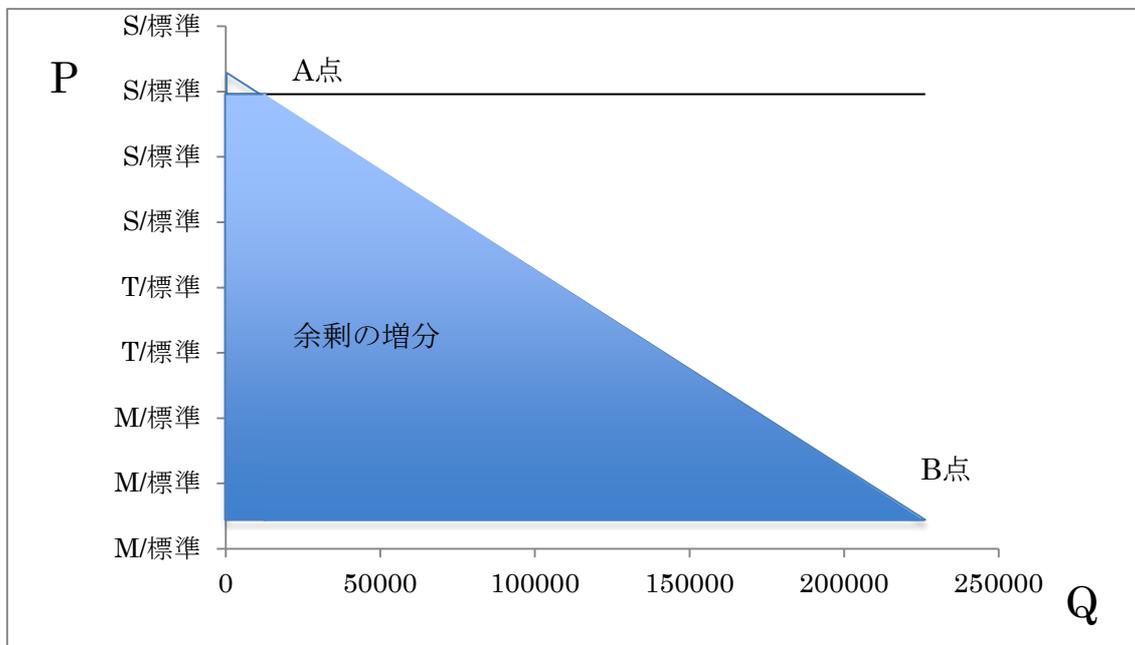
表 4-4 夜間交通量

	年間交通量(X)	価格(Y)
A (Without case)	55	15,000
B (With case)	225,996	172

出所：宮古島市消防伊良部出張所、交通量調査

これらを元に需要曲線を導出すると、図 4-1 のようになった。

図 4-1 夜間交通需要曲線



出所：宮古島市消防伊良部出張所、交通量調査をもとに班員作成

図 4-1 の 2 点から導出した需要曲線において、逆需要関数は、

$$P = -0.065628x + 15003.623$$

となった。よって、余剰の増分は、

$$\begin{aligned} \Delta S &= 0.5(15003.623 - 172)225996 - \{0.5(15003.623 - 15000)55\} \\ &= 1,675,909,070 \end{aligned}$$

となった。よって、夜間通行可能便益は、16 億 7590 万円となった。

4-5. 救命救急率向上便益

この便益は、「①搬送時間の短縮により、死亡率が低下する便益」と、「②悪天候時の救命率が向上する便益」を合計することで算出している。なお、今回の分析においては、伊良部島での悪天候時の救急搬送で自衛隊による搬送が行われていたため、橋の建設によって自衛隊の出動が不要になった。その便益も「③自衛隊の出動に関する便益」として考慮する。

①と②の便益の推計は以下のモデルによって行った。右辺第一項が①、第二項が②を示している。

$$B = p/365 \{ R(Tb_p - Ta_p)CPI \} + q/365 \{ R(Tb_q - Ta_q)CPI \}$$

B : 救命救急率向上便益 *p* : 民間船会社による救急搬送 *q* : 自衛隊による救急搬送 (悪天候) *R* : 1分あたりの救命向上率 *Tb - Ta* : 短縮された搬送時間 *C* : 搬送中死亡率
P : 伊良部島人口 *I* : 死亡による人的損失額

①搬送時間の短縮により死亡率が低下する便益

①-1 搬送件数

まず初めに、搬送時間の短縮によって死亡率が低下した便益を求める。以下の表は、消防伊良部出張所より頂いた、直近5年分の救急搬送件数である。年々増加傾向にあるため、今回の分析では、平成26年の231件という数字を用いて分析を行った。なお、231件の中には、自衛隊による搬送も含まれているため、推計の際には、自衛隊による搬送分は除いて①の便益を算出する。

表 4-5 伊良部島における救急搬送者数

	宮古島へ搬送された患者	重篤（重傷）な症状だった患者
平成 22 年	95	38
平成 23 年	99	32
平成 24 年	115	40
平成 25 年	127	55
平成 26 年	231	88

出所：宮古島市消防伊良部出張所

(※自衛隊による搬送も含む。重篤患者数は搬送患者数の内数)

①-2 搬送時間

搬送経路は伊良部島佐良浜港を出発し、宮古島平良港を經由して沖縄県立宮古病院に到着するものとしている。まず橋建設前の搬送時間は、佐良浜港から平良港までを船で20分かけて移動し、その後平良港から宮古病院までの0.79kmの道のりを時速80kmの救急車で2分かけて搬送するものとした。次に、橋建設後の搬送時間は、佐良浜港を出発し、橋を渡り、宮古病院に至るまでの約10.909kmの距離を時速80kmの救急車で9分かけて搬送するものとした。以上から、搬送時間は13分短縮されたとする。

②悪天候時の救命率が向上する便益

②-1 搬送件数

橋の建設前は、荒天により、民間船会社による船での救急搬送が困難な場合、自衛隊によって救急搬送が行われていた。第十一管区海上保安本部より、悪天候時の救急搬送に関するデータを頂いた。データは以下の通りである。平均すると、年間1.6件の搬送があったとして、便益を算出する。

表 4-6 救急搬送所要時間

	巡視船			回転翼機		
	搬送経路	搬送	対応時間	搬送経路	搬送	対応時間
平成 22 年	-	-	-	下地島-宮古島	12 分	63 分
平成 23 年	長山港-平良港	33 分	88 分	-	-	-
平成 24 年	長山港-平良港	35 分	60 分	下地島-宮古島	15 分	50 分
平成 25 年	長山港-平良港	40 分	70 分	-	-	-
	長山港-平良港	40 分	70 分	-	-	-
	長山港-平良港	35 分	85 分	-	-	-
	長山港-平良港	40 分	80 分	-	-	-
平成 26 年	-	-	-	-	-	-
	巡視船平均	37 分	76 分	回転翼機平均	14 分	57 分

出所：第十一管区海上保安本部

(※「搬送」は、伊良部島から宮古島までの搬送時間

※「対応時間」は、巡視船又は回転翼機が基地から出発して救急車へ引き継ぐまでの時間。基地：巡視船→平良港、回転翼機→石垣空港

※回転翼機での搬送は下地島の下地島空港からとなる。)

②-2 搬送時間

今回は、救急搬送の要請を受けて巡視船又は回転翼機が基地から出発し、救急車へ引き継いだ後、救急車が病院へ到着するまでの時間を搬送時間とする。巡視船と回転翼機の移動経路は以下の通りである。

<巡視船>

宮古島平良港→伊良部島長山港→宮古島平良港→沖縄県立宮古病院

<回転翼機>

石垣航空基地→伊良部島下地島空港→宮古空港→沖縄県立宮古病院

巡視船の場合、宮古島の平良港にて救急車へ引き継ぐため対応時間に加えて、平良港から宮古病院までの 0.79km の移動時間 2 分を足し合わせ、搬送時間は 78 分とする。回転翼機の場合、宮古空港にて救急車に引き継ぐため対応時間に、患者引き継ぎの時間と 5.23km の救急車による移動時間を足しあわせ、搬送時間は 67 分とする。

第十一管区海上保安本部へのヒアリング調査によると、巡視船か、回転翼機での搬送かの判断については、その日の天候を考慮し、どちらが早く患者を搬送できるかという観点で決定されているとのことであった。よって、平均的な搬送時間は、それぞれの搬送件数で搬送時間を加重平均し 75.25 分とした。よって短縮された搬送時間は、橋建設後の搬送時間 9 分を差し引いて、悪天候時では 66.25 分となった。

以上に加え、1 分あたりの救命向上率はカーネルの救命率曲線から 3%、伊良部島人口は平成 26 年度宮古島市統計から 5,418 人、死亡による人的損失額は内閣府の試算から 2 億 2,600 万円とした。また、人口あたり搬送中死亡率は、平成 24 年度消防防災年報（平成 23 年分のデータ）と、平成 23 年の沖縄県人口より、0.08%とした。

以上をモデルに代入すると、2 億 4,984 万円の便益となった。

③自衛隊の出動に関する便益

橋の建設によって、悪天候時の自衛隊による伊良部島から宮古島への救急搬送が不要になった。そのため、出動に要していた費用を便益として推計した。なお、伊良部島からの救急搬送は、患者の病状（脳の血管の症状か等）によって石垣島の病院へ向けても行われているため、今回の推計に際して人件費は考慮せず、巡視船と回転翼機の出動経費（主に燃料代）を出動回数で加重平均し、年間の出動回数 1.6 回を乗じることによって算出する。

③-1 巡視船の費用

費用の算出においては、第十一管区の宮古島海上保安署の船艇である巡視船「やえづき」のデータを参考にした。巡視船による搬送時間の平均は海上保安庁に頂いたデータから、37.17分であり、巡視船の航海速力は35ノットであることから、海上を約40.2km進んでいる計算になる。船の燃費は船型や水の抵抗によって大きく変わるが、悪天候時の航海であることから、10あたり5mとして、一回の搬送に必要な燃料は80300である。巡視船はディーゼルエンジンであるため、軽油の直近の2015年12月の実売価格を用い10あたり93.6円とした。よって、一回の出動に必要な巡視船の費用は、75万円となった。

③-2 回転翼機の費用

費用の算出においては、第十一管区の石垣航空基地の「きんばと」と同型であるビーチ350のデータを参考にした。搬送時間の平均は、13.50分であり、巡航速度は414km/hであることから、93.15kmの距離を飛行しているとする。同型の航空機の燃費は、燃料積載量2,040lに対し航続距離3345kmなので、1kmあたり0.610消費していることになる。よって、一回の出動で56.810の燃料を消費しているとした。航空燃料費は、国際航空運送協会(IATA)の直近のデータ(2015年12月18時点のもの)を用い、48\$/bblとした(1\$=¥120で換算)。よって、一回の出動に必要な回転翼機の費用は、5,223万円となった。

以上から、巡視船と回転翼機の費用を出動回数で加重平均し、年間の出動回数1.6回を乗じることで、自衛隊の便益は、2,180万円と算出した。

上記①～③をすべて考え合わせた結果、救命救急率向上便益は、2億7,165万円と算出された。

5. 供給者便益の推計

本章では、架橋によって平良港・佐良浜港間で運行していた定期フェリーが廃止されることによって発生する供給者便益を推計する。

具体的には、フェリーを運航していた「株式会社宮古フェリー」と「株式会社はやて」の橋開通以前の利益を算出することが目的である。

本研究では、売上項目は旅客売上、自動車搬送売上、荷物等搬送売上、費用項目は走行費用、人件費、修繕整備費として算出した。データは事業会社への聞き取りの他に、沖縄県運輸局が公表している運輸要覧を参考にした。

5-1. 売上項目

売上項目には「旅客売上」と「自動車搬送売上」が主であるが、その他の搬送物の対象として「特殊手荷物」、「手荷物」、「小荷物」、「郵便物」、「貨物」が存在する。各取引量に関しては運輸要覧より最近 5 か年のデータが得られたが、各単価に関しては「郵便物」と「貨物」のみデータが得られなかった。そのため、「特殊手荷物」、「手荷物」、「郵便物」の売上を合わせたものを「荷物等搬送売上」として考えた。以下、各項目に関して述べていく。

5-1-1. 旅客売上

運輸要覧より、架橋前のフェリー旅客数は表 5-1 のようになった。

表 5-1 フェリー旅客数 単位：人

	2 社合計旅客数
平成 21 年度	618,425
平成 22 年度	651,710
平成 23 年度	651,075
平成 24 年度	640,897
平成 25 年度	622,478

出所：沖縄総合事務局運輸部「平成 26 年度 運輸要覧」

また、平成 21 年度～25 年度の 2 社の旅客運賃は表 5-2 のようになっている。通常船と高速船の利用者割合のデータは得られなかったため、ともに 5 割ずつと仮定し、片道運賃は一律 375 円とした。また、事業会社への聞き取りにより、利用者の 7 割が通勤通学定期

を利用することが判明した。これを考慮すると、通勤通学定期売上と一般利用売上は表 5-3 のようになり、旅客売上は 224,233,979 円となった。

表 5-2 2社の運賃 単位：円

片道	通常船	350
	高速船	400
通勤通学定期（1か月）		14,830

出所：沖縄総合事務局運輸部「平成 26 年度 運輸要覧」

表 5-3 通勤通学者数と旅客売上（2社合計） 単位：円

	通勤通学者数(人)	通勤通学定期売上	一般利用売上	旅客売上合計
平成 21 年度	832	148,150,844	69,572,813	217,723,657
平成 22 年度	877	156,124,650	73,317,375	229,442,025
平成 23 年度	876	155,972,529	73,245,938	229,218,466
平成 24 年度	863	153,534,271	72,100,913	225,635,184
平成 25 年度	838	149,121,787	70,028,775	219,150,562
5 か年平均	857	152,580,816	71,653,163	224,233,979

出所：沖縄総合事務局運輸部「平成 26 年度 運輸要覧」

5-1-2. 自動車搬送売上

運輸要覧より、2社合計の年間自動車搬送台数は、表 5-4 のようになり、5年間の平均は 156,583 台となった。

表 5-4 自動車搬送台数 単位：台

平成 21 年度	149,424
平成 22 年度	156,767
平成 23 年度	161,134
平成 24 年度	154,392
平成 25 年度	161,196
5 か年平均	156,583

出所：沖縄総合事務局運輸部「平成 26 年度 運輸要覧」

自動車は、大きさ別に細かく料金体系が決められているが、大きさ別の搬送台数データが得られなかった。しかし、事業会社への聞き取りによって、自動車は軽自動車、普通自動車、大型自動車、観光バスの4種類に分類され、その利用割合は軽自動車が9割、残りの3種類は同割合ということが判明した。そのため、表5-5では、4種類ごと平均的な運賃を採用することで売上高を算出した。これより、自動車搬送売上は合計333,426,988円となった。

表5-5 自動車別売上高

	大きさ	運賃 (円)	割合	台数(台)	売上高 (円)
軽自動車	3.4m 以下	1500	0.9	140,924	211,386,510
普通	3.4～7m	2500	0.03	4,697	11,743,695
大型	7～12m	11120	0.03	4,697	52,235,955
観光バス	11.43m	12360	0.03	4,697	58,060,828

出所：沖縄総合事務局運輸部「平成26年度 運輸要覧」

5-1-3. 荷物等搬送売上

運輸要覧より、特殊手荷物、手荷物、小荷物の搬送量と売上高は表5-6の通りである。

表5-6 荷物等売上高

	5か年平均搬送量 (個)	売上高 (円)
特殊手荷物	2,596	1,998,920
手荷物	316	41,080
小荷物	31,069	5,592,420

出所：沖縄総合事務局運輸部「平成26年度 運輸要覧」

ここで、特殊手荷物は原付・二輪車・小児用車を、手荷物は自転車を目指す。それぞれの売上は旅客売上、自動車搬送売上に比べると小さいため、上記3つをまとめて「荷物等搬送売上」とする。

特殊手荷物の単価は、原付が510円、二輪が1030円であるが、内訳の詳細なデータが得られなかったため、原付5割、二輪5割、小児用車はほとんどなし、と仮定し、1,998,920円となった。手荷物の単価は130円であり、41,080円となった。小荷物は、重さ別の料金

体系となっているが、こちらもそれぞれの数量のデータが得られなかったため、平均の 180 円を単価とした。

以上より、「荷物等搬送売上」は 7,632,420 円となった。

5-1-4. 郵便物・貨物搬送売上

2 社の事業会社のうち、株式会社「宮古フェリー」のみ郵便物と貨物を搬送しており、その年間取扱量は運輸要覧に記載があるものの、いずれも単価のデータが得られなかった。仮に郵便物は単価を 100 円と仮定すると年間約 140 万円となった。貨物の単価に関しては、沖縄本島から宮古島に就航している民間船会社のデータより 1km・1 トンあたり 5,381 円と推計された。これに宮古フェリーの最近 5 か年平均貨物搬送量の 3,564 円を乗じて、年間 1,918 万円となった。しかし、郵便物・貨物とも、仮定の単価は信頼に足るデータとは思われず、その売上も「旅客売上」や「自動車搬送売上」に比べると小さい。そのため、郵便物と貨物搬送売上に関しては売上項目に入れなくても支障はないと考え、除外することとした。

5-1-5. 売上項目まとめ

以上より、売上項目をまとめると表 5-7 のようになり、合計 565,293,387 円となった。

表 5-7 売上項目まとめ 単位：円

旅客売上	224,233,979
自動車搬送売上	333,426,988
荷物等売上	7,632,420
売上合計	565,293,387

5-2. 費用項目

事業会社の費用項目は、船の燃料代である走行費用、整備・修繕費、人件費である。

5-2-1. 走行費用

通常船と高速船の2社合計の年間総走行距離はそれぞれ74,514km、119,573kmである。また、通常船の燃料はA重油、高速船の燃料は軽油である。平均燃料消費量は、国土交通省(2015)「内航船舶輸送統計月報 第9表 内航船舶、船型別、船質別、燃料消費表(軽油、A重油の燃費)」より、A重油は15.37L/km、軽油は8.04L/kmである。燃料価格は、経済産業省資源エネルギー庁「石油製品価格調査 3. 産業用価格(軽油・A重油)」より平成23年~25年の平均価格を算出し、A重油は87.04円/L、軽油は113.95円/Lとなった。

ここで走行費用は、総走行距離(km)と平均燃料消費量(L/km)と燃料価格(円/L)を全て乗じることで算出できるので、2社合計の走行費用は、通常船99,685,374円、高速船109,547,388円となり、合計209,232,762円となった。

5-2-2. 整備・修繕費

「造船造機統計調査 月報(造船調査)平成24~27年12月分」より、最近3か年の船1トン当たり整備・修繕費用は7,249円と算出できたので、2社の所有する4隻の重量合計745トンに乗じて、5,400,246円となった。

5-2-3. 人件費

運輸要覧より、旅客乗組員の月額最低賃金177,500円に、合計乗組員15人の人件費を乗じて、31,950,000円となった。

5-2-4. 費用合計

以上より、費用項目をまとめると、表5-8のようになり、246,583,008円となった。

表 5-8 供給者便益 費用項目まとめ 単位：円

走行費用	209,232,762
整備・修繕費	5,400,246
人件費	31,950,000
費用合計	246,583,008

5-3. 供給者便益

以上より、供給者便益は

$$\begin{aligned} \text{供給者便益} &= (\text{with の利益}) - (\text{without の利益}) \\ &= 0 - (\text{without の売上} - \text{費用}) \\ &= -318,710,379 \text{ 円} \end{aligned}$$

となる。

6. 便益

利用者便益と供給者便益の推計額をまとめると、以下の表 6-1 の通りとなる。割引現在価値化した便益合計は 86,451,012,390 円となった。

表 6-1 便益項目まとめ

単位：円

便益	推計額	割引現在価値
走行時間短縮便益	1,088,218,687	23,377,314,736
走行経費減少便益	1,307,247,842	28,082,539,484
救命救急向上便益	271,646,735	5,835,565,318
夜間走行便益	1,675,909,070	36,002,188,053
フェリー運営会社便益	-318,710,379	-6,846,595,201
便益合計	4,024,311,956	86,451,012,390

7. 費用

費用は沖縄県による事前的費用便益分析では総事業費 335 億円、年間維持費 8.4 億円としていたが、事業後の日刊建設工業新聞によると、総事業費は 395 億円であった。また、年間維持管理費は新たなデータがないので事前的費用便益分析の 8.4 億円とした。表にまとめると、費用の推計額と割引現在価値化した推計額は表 7-1 のようになり、割引現在価値化した費用合計は 57,545,035,078 円となった。

表 7-1 費用項目まとめ

単位：円

費用	推計額	割引現在価値
総事業費	39,500,000,000	39,500,000,000
維持管理費	840,000,000	18,045,035,078
費用合計	40,340,000,000	57,545,035,078

8. 分析結果

以上の分析の結果、社会的純便益の現在価値が28,905,977,312円、費用便益比（B/C）が1.50となり、1を上回った。

9. 感度分析

感度分析では、交通量の変化によって便益がどのように変化するかを調べる。交通量が減少すると、時間短縮便益・走行経費減少便益および夜間交通便益が減少する。ベースケースでは交通量は今後も今の水準で一定であると仮定し、正の便益を得た。しかしこれは分析上の仮定でしかなく、将来の交通量は減少する可能性もある。また、分析に用いた交通量データは一時点の分しかないので、平均交通量を過大に測定している可能性がある。したがって、以下の3つのケースを仮定し、それぞれにおける便益の変化を調べる。

- 1: 人口減少等を踏まえ、交通量が今後一定割合で減少していくと仮定した場合
- 2: 現時点での交通量の測定に誤差がある可能性を考え、現在の交通人数が減少すると仮定した場合
- 3: 交通量の減少と現在の交通量の測定誤差の両方を仮定した場合

その結果をまとめたのが以下の表 9-1 から表 9-3 である。

表 9-1 は、交通量が年率一定割合で減少していくと仮定したときの純便益を測定したものである。もし交通量が年率 1% で減少していくとしても、正の純便益を得ることができることがわかる。また、 $B=C$ となる年あたりの交通量の減少率を求めると、それは 3.05% である。これは、50 年後には、現在と比較して 8 割近く交通量が減少しているというかなり高い減少率である。以上を踏まえると、将来交通量が減少しても正の便益を得られる可能性は高いと言える。

表 9-2 は、現在の交通量を減らしたとき、いくら便益を得られるかを測定したものである。ここでは現在の交通量の測定が間違っており、実際は何%か交通量が少ないと仮定して便益を計算する。もし将来も交通量は一定であると考え、交通量が 20% 少なくても B/C は 1.23 となる。また、 $B=C$ となるような交通減少量は 37.1% 減であるから、平均交通量を仮に過大に測定していたとしても、37.1% までなら交通量を減らしても正の便益を得られる。

表 9-3 は、以上の 2 つの分析を統合し、将来の交通量の減少と現在の交通量の過大測定を同時に仮定して純便益を計算したものである。現在の交通量を 20% 減少させ、将来の交通量を年率 1% ずつ減らしていくというケースを考えると、この場合でも B/C は 1 を超える。

以上の分析の結果から、将来の交通量が減少したり、現在の交通量を過大に測定していたりしても、正の純便益を得られる可能性は高いと言える。

表 9-1 将来の交通量を減らした結果

交通量	便益 (円)	費用 (円)	B/C
ベースケース	86,451,012,390	57,545,035,078	1.50
年率 1%減	74,367,922,811	57,545,035,078	1.29
年率約 3.05%減*	57,545,035,078	57,545,035,078	1.00

*正確には、年率 3.056144102223%減である

表 9-2 現在の交通量を減らした結果

現在の交通量	便益 (円)	費用 (円)	B/C
ベースケース	86,451,012,390	57,545,035,078	1.50
20%減	70,900,885,956	57,545,035,078	1.23
37.2%減*	57,545,035,078	57,545,035,078	1.00

*正確には、37.1778208%減である

表 9-3 現在の交通量を 20%・将来の交通量を年率 1%減らした結果

	便益 (円)	費用 (円)	B/C
ベースケース	86,451,012,390	57,545,035,078	1.50
比較ケース	61,234,414,293	57,545,035,078	1.06

10. 交通量の妥当性に関する検討

初稿を脱稿後、宮古島市から平成27年度11月の交通量データを新たに頂いたことを受け、以下では、初稿の分析で用いた8月の交通量データの妥当性を再検討した。

表10-1 1日あたりの伊良部島の車種別交通量（11月）

単位：台

	乗用車	小型貨物車	バス	普通貨物車	二輪車	レンタカー	合計
調整なし	2,025	638	23	134	37	187	3,044
調整あり	1,731	545	20	115	32	253	2,695

8月と同様の曜日・季節調整を行ったところ、表10-1の結果となり、11月の交通量は8月の約半分となった。その理由として、表4-2で示したように11月は1年で観光客が少ない月である一方で、8月は観光客が多い月であるからと考えられる。そこで、本研究では表4-2の観光客数が44000人以上の月（3,6,7,8,9,10月）を8月のデータと同じと仮定し、残り6か月（1,2,4,5,11,12月）を11月のデータと同じと仮定して、曜日・季節調整済の交通量を新たに算出した。

表10-2 1日あたりの伊良部島の車種別交通量

単位：台

乗用車	小型貨物車	バス	普通貨物車	二輪車	レンタカー	合計
2,541	720	27	190	70	459	4,008

結果は表10-2となり、8月交通量の75.6%になった。このことは、8月交通量をベースとした分析は、正の便益を過大評価していたことを示している。しかし、第9章の感度分析では、8月の交通量を37.1%まで減らしても正の純便益を得られたため、8月の交通量データを用いてもB/Cは1以上になった。

本研究で用いた8月の交通量はやや過大評価ではあったが、伊良部大橋が正の純便益をもたらしたという結論自体は依然として妥当なものであったと言える。

1 1. 結論

以上の議論から、交通量が年々減少するという悪いシナリオを仮定しても橋から得られる便益が費用を上回る可能性は高く、伊良部大橋は建設に値する事業であると言える。

1 2. 課題

本分析には大きく二つの課題が存在する。

一つ目は、フェリーの待ち時間を費用便益分析の枠組みの中に組み込んでいるが、分析において待ち時間費用を過大に計上していると考えられる点である。何故ならば、待ち時間にかかる時間価値を過大計上しているからである。今回の分析においては待ち時間にかかる費用と車での移動時間にかかる費用を同一のものとみなしている。車で移動している時間に比べて、港で船を待っている間にできることが多いことから、分析において時間費用を過大に見積もっていると考えられる。このような課題に関しては、待ち時間には移動時間と異なる時間価値を設定するといった解決方法が考えられる。

二つ目は、需要曲線の推定に関する問題である。計算上の便利のために線形の需要曲線を仮定したが、実際の需要関数は線形だとは限らない。線形だとしても、2点だけをつないで推定しているため、確率的な誤差項を考慮できていない。今回はデータの不足により2点を結ぶ直線という形で分析せざるを得なかったが、より多数の(価格,需要量)のデータを得ることで、より正しく需要曲線を推定することができるはずである。

1 2. 謝辞

本稿を作成するにあたり、多くの方のご協力、ご指導を頂いた。

指導教官の岩本先生、北野先生のお二人には授業や中間発表を通して、論文完成に至るまで様々なアドバイスを頂いた。また、沖縄県土木建築部宮古土木事務所、沖縄県総合事務局運輸部総務運航課、宮古島市企画調整課、宮古島市港湾課、宮古島市消防本部伊良部出張所、海上保安庁海洋情報部「海の相談室」、同庁第十一管区海上保安本部、株式会社「はやて」、日光タクシー株式会社、合資会社共和バスの方々からはご多忙の折、電話による取材や、分析に必要な資料の提供にご協力頂いた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

なお、本研究の分析結果は、全て筆者たち個人の見解であり、所属する機関としての見解を示すものではない。また、本稿の誤りは全て筆者達に帰するものである。

1 3. 参考文献

参考資料

- ・生駒勇介 小林大祐 松場茜 水岡想 Enkhbaatar Tsenguun (2013)『答志島架橋に関する費用便益分析』東京大学公共政策大学院
- ・沖縄総合事務局運輸部(2015)「平成 26 年度 運輸要覧」
- ・沖縄県「平成 24 年版消防防災年報」
- ・経済産業省資源エネルギー庁(2015)「石油製品価格調査 3. 産業用価格(軽油・A 重油)」
- ・国土交通省(2015)「内航船舶輸送統計月報 第9表 内航船舶、船型別、船質別、燃料消費表(軽油、A 重油の燃費)」
- ・国土交通省(2015)「造船造機統計調査 月報(造船調査)平成 24~27 年 12 月分」
- ・山梨県県土整備部(2009)「山梨県費用便益分析マニュアル」
- ・国土交通省(2008)「時間価値原単位および草稿経費原単位の算出方法」

参考 Web サイト

- ・出光 <http://www.idemitsu.co.jp/tanker/known/report/no006/003.html>
- ・沖縄県公式 HP <http://www.pref.okinawa.jp>
- ・沖縄の海洋情報 <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN11/>
- ・株式会社「はやて」 <http://www.hayatekaiunn.com/>
- ・株式会社「ヒューマンリレーション」 <http://www.playguide.org/container.html>
- ・国際航空運送協会(IATA)
<http://www.iata.org/publications/economics/fuel-monitor/Pages/price-analysis.aspx>
- ・国立社会保障・人権問題研究所 <http://www.ipss.go.jp>
- ・統計みやこじま <http://www.city.miyakojima.lg.jp/gyosei/toukei/toukei.html>
- ・徳洲会伊良部島診療所 <http://www.miyatoku.jp/irabu/>
- ・日刊建設工業新聞(2015 年 1 月 30 日) <https://www.decn.co.jp/?p=22663>

1 4. Appendix

<4-2. 走行時間短縮便益>

フェリー1人当たりの平均時間価値として、業務目的、非業務目的の移動にかかる時間価値を全国平均のデータではなく、沖縄県のデータを用いて改めて算出し、フェリーの業務・日業務の割合で加重平均したものを計算する。利用するデータ、計算方法は以下の通り。

・国土交通量『時間価値原単位（平成20年価格）の算出方法』に常用労働者の平均月間現金給与総額 232,351 円/月、常用労働者の平均月間実労働時間 147.6 時間/月、臨時労働者の平均 1 時間あたり現金給与額 889 円/月の沖縄県データを用いて改めて算出した。労働費用に占める現金給与額の割合 0.810、集計対象労働者に占める常用労働者（5人以上事業所）の割合 0.9376 は全国平均をそのまま利用した。

・株式会社「はやて」のヒアリング調査を参考に、フェリー利用者の業務・非業務の割合はそれぞれ 9 割、1 割と仮定した。

・業務目的の人の時間価値

常用労働者の平均月間現金給与額 ÷ 常用者の平均月間労働時間 ÷ 60 ÷ 0.81 × 集計対象労働者に占める常用労働者（5人以上事業者）の割合 [0.9376] + 臨時労働者の平均 1 時間あたりの現金給与額 ÷ 60 (分) × 集計対象労働者に占める常用労働者 (1~4 人事業者) の割合 [0.0118]
= 30.54 円

・非業務目的の人の時間価値

業務目的の人の時間価値 [30.54] × (1 - 所得税率 [0.05] - 住民税率 [0.1]) ÷ (1 + 消費税率 [0.08])
= 24.03 円

・フェリー利用者の平均時間価値

30.54 × 0.9 + 24.03 × 0.1 = 29.88 円

< 4 - 3. 走行経費減少便益 >

走行経費原単位は、国土交通省のマニュアルから、平地において時速 50km で走行したときの値を参照した。車種別にまとめると、以下のようなになる。マニュアルから二輪車の値は得られなかったため、他の値から推測して 15 とした。

乗用車	バス	乗用車類	小型貨物	普通貨物	二輪車
16.29	57.93	16.99	18.42	34.64	15