

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K02073

研究課題名(和文) 産業連関法による沖縄観光の内包型資源・環境負荷およびフットプリントの推計

研究課題名(英文) An Estimation of Embodied Resource and Environmental Footprint Based on Input-Output Analysis

研究代表者

金城 盛彦 (Kinjo, Morihiko)

琉球大学・国際地域創造学部・教授

研究者番号：30317763

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、総算出単位当たりの資源・環境仕様(負荷)量を表す直接原単位と、産業連関表を用いることで、原材料・半製品(中間需要・投入)の形で、他産業の資源・環境(負荷)を表す間接原単位の把握を可能にする「内包型原単位法」により、沖縄観光を対象に、二酸化炭素排出量や水等の資源・環境仕様(負荷)の把握を試みました。

分析結果からは、観光の直接使用(負荷)は小さいものの、間接まで加えると、その使用(負荷)は決して小さくないことがわかりました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究で用いた内包型原単位は、需要・供給両側から定義可能ですが、両者は同じものです。本研究は、この同一性を理論的に証明しました。また、この点が未充足の先行研究も少なくありませんが、定義式に則れば、中間投入を介した資源・環境の間接試用(負荷)は、産業間の差異はあれども総和はゼロになります。この点の理論的検証も本研究で行いました。加えて、計測に不可欠な産業別の直接使用(負荷)原単位は、総使用(負荷)量を中間需要比で案分し得られることも理論的に検証しました。一連の「内包型原単位法」の整合性の検証により、今後同様の研究を行う際は、その形成過程を理解し、理論的整合性に疑わず活用できる途を確立しました。

研究成果の概要(英文)：This study tries to measure how big environmental loads caused by using of natural resources such as water and so on in tourism and tourism related industries in Okinawa. This study shows not only its direct but also indirect loads by applying embodied unit coefficient. The coefficient makes possible to measure not only its direct usages of resources to product those industries' goods and services but also indirect embodied usages of them in the intermediate inputs to product them. Based on the results, we can say that its environmental loads of tourism is relatively small in terms of direct but is not small in terms of indirect.

研究分野：観光経済・統計学

キーワード：沖縄観光 内包型原単位 エコロジカルフットプリント 温室効果 水 ハワイ観光

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

パルプ原料として輸入した木材の生育に要した水は、輸入国の使用と考える「仮想水」の考え方は、エコロジカルフットプリントの普及と相まって、環境の使用(負荷)を捉える基準として定着しています。従来のLCAでも、イベントリ毎の使用(負荷)を捉える試みは存在しましたが、正確さ、詳細さを高めるとコストが高むため適用に限界がありました。他方、イベントリを産業間の連関(原材料、半製品取引=中間投入・需要)に限定、簡略化した産業連関モデルを用い低コストで実行可能性のあるコンパウンド法が存在します。同手法はしかし、各産業が自産業の財・サービスの生産に付随した直接使用(負荷)の把握に留まっていたため、中間投入・需要に内包された間接使用(負荷)の把握は不可能でした。

2. 研究の目的

国立環境研究所を中心に(南齊 2013)、直接と間接の資源・環境使用(負荷)の把握が可能な「内包型原単位法」を確立、これによりコンパウンド法が改善されました。同時に、LIME(日本版被害算定型影響評価手法)関係者等により同原単位の計測に不可欠な、産業別の直接使用(負荷)原単位が、二酸化炭素や水等、いくつかの資源・環境に対して整備されました。よって現状では、産業連関表さえあれば、多様な資源・環境の使用(負荷)について都道府県以下の規模の自治体でも、バーチャルな視点に立った、真の使用(負荷)の計測が可能となりました。自然環境に基づく観光が基幹産業の沖縄県にとっては、持続可能な観点からも、これら資源・環境使用(負荷)の把握、データ整備は重要です。また、財・サービスの生産に化石燃料を多用する工場等の設備が不要なため、観光は資源や環境負荷の低い産業といわれています。本研究は、同原単位に基づき、その化石燃料や水等の資源・環境使用(負荷)を捉え直し、観光は本当にエコフレンドリーな産業といえるのか等、その持続可能性を検証する目的で行われました。

3. 研究の方法

中間財であれ最終生産物であれ、資源・環境使用(負荷)は生産、供給概念で、福田他は実際に、同原単位を供給側から定義しています(以下は、域内材のみで定義、かつ行列表示)。

$$E^T + \varepsilon A_d X = \varepsilon X$$

E^T : (転置) 資源・環境直接使用(負荷) ε : 内包型原単位 A_d : 域内中間投入係数行列

$$\begin{cases} E^T = \varepsilon(I - A_d)X \cdots ※ \\ E^T X^{-1} = \varepsilon(I - A_d)X X^{-1} \end{cases} \quad \Leftrightarrow \quad \begin{cases} d^T = \varepsilon(I - A_d) \\ \varepsilon = d^T(I - A_d)^{-1} \end{cases}$$

d^T : (転置) 直接資源・環境使用(負荷)原単位

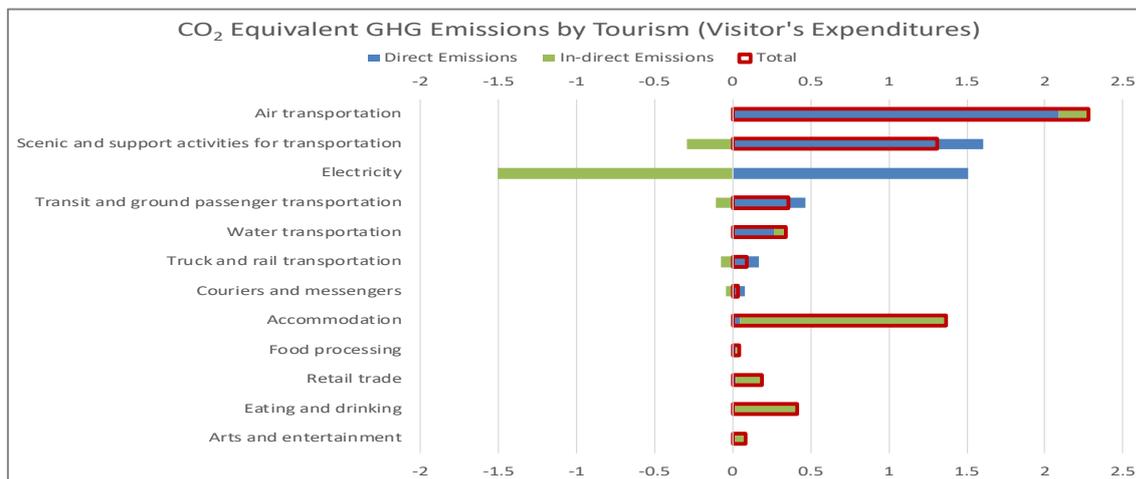
他方、「内包」は、家計消費や移輸出等、最終需要に付随して発生する資源・環境使用(負荷)を意味します。産業連関表を用いるコンパウンド法であるため、同原単位は一方で需要側から定義可能で、国立環境研は同様に定義しています。導く原単位は同じなので、両者過程も同じものはずです。この点を明らかにした研究は見当たりませんが、供給側からの導出過程の式※を、以下の形で展開すれば、原単位 ε その直接使用(負荷) E^T を最終需要 FD で割った、最終需要 FD に内包する資源・環境使用(負荷)といった定義が導出できます。さらに、以下の手順を逆にたどれば、原単位 ε は需要側からも導出できます)。

$$E^T = \varepsilon(I - A_d)X \cdots ※ \quad X = (I - A_d)^{-1}FD$$

$$E^T = \varepsilon(I - A_d)(I - A_d)^{-1}FD = \varepsilon FD \quad E^T FD^{-1} = \varepsilon F D F D^{-1} = \varepsilon$$

4. 研究成果

計画では、沖縄観光のCO₂排出(→温室効果)、水、道路面積(→渋滞)と、具体的な資源・環境使用(負荷)を順次分析する予定でした。そのうち、CO₂排出、および水使用については分析したもの(金城 2013、宮城 2020)、道路他については持越しとなりました。持越しの理由でもありますが、代わりに研究室の院生の指導を通じ、インドネシアの貧困およびハワイのCO₂排出の内包型原単位を計測しました(オスカー 2016、宮城・金城 2020)。紙幅の都合上、個々の分析結果については、個々の論文等で確認してもらおうとして、直近の計測結果、ハワイのCO₂排出量についてまとめたものが下図です(実際は68産業について分析し、図には中でも影響の大きかった産業を抜粋し示しています)。青(濃)色は直接、緑(薄)色は間接、赤(線)枠が前者と後者を足した、内包型CO₂総排出原単位です。各値は、産業平均(原点)で基準化しています。図から、化石燃料を大量消費する航空や運輸・交通産業、発電の直接排出量が大きいのことがわかります。ただし、発電は直接と同量の間接排出量を示し、総排出量はゼロとなっていることから、原材料として他産業に電力を供給するため、言い換えれば、他産業の生産を支えるため止むを得ず排出している点で、運輸・交通等他産業とは全く異なる性質を有しています。宿泊



や飲食等の観光関連産業では逆、自産業の財・サービスの供給のための直接排出は小さいものの、原材料・半製品の使用を通じ他産業に間接排出させている CO₂ は多いことが見て取れます。「3」で示した内包型原単位の需要、供給量側から導出過程が同じものであることの証明も研究成果のひとつです。分析事例からも2つの研究成果が導けます。本研究でいう資源・環境の直接使用（負荷）は、産業連関表を用いた現在のコンパウンド法によるLCAが導く帰結と同様です。直接使用（負荷）だけを見ればよって、風聞通り、観光関連産業の使用（負荷）は小さく、エコフレンドリーという帰結になります。しかし、内包型原単位を用い、バーチャル、つまり間接使用（負荷）を加えると、観光関連産業は、運輸・交通に続き、大量のCO₂を排出させ、温室効果の元凶とすらいふことができます。現在、多くの教科書に記載され、多用される手法が、バーチャルにより普遍的な資源・環境使用（負荷）の計測法として不十分な点を示したことも、本研究の成果のひとつです。加えて、原材料・半製品として使用され、間接的に使用（負荷）する中間財も、元々はいずれかの産業自体の財・サービスの生産、つまり直接的な使用（負荷）であったと考えられます。よって、顕在化する資源・環境の使用（負荷）は、この直接使用（負荷）： E^T のみです。よって、「3」の内包型原単位の導出の冒頭の式を踏まえると間接の使用（負荷）量はゼロとならなければなりません（理論的にも、下式より、 $d^T X = \varepsilon X$ より、直接使用（負荷）=内包型の総使用（負荷）が成り立つので、「3」の $\varepsilon A_d X$ は、ゼロになります）。

$$\varepsilon = d^T(I - A_d)^{-1} \rightarrow d^T(I - A_d)^{-1}FD = \varepsilon X = d^T X (= E^T)$$

例示のハワイの産業別のCO₂排出、および沖縄観光の水使用（負荷）の内包型排出原単位でも実際に、この原材料・半製品としての間接の使用（負荷）は産業間で相殺され、総和はゼロになりました。この条件を充足していない先行研究も見受けられますが、今回、それが複数の資源・環境の例、かつ理論的に検証されたことも本研究の貢献といえるでしょう。また、内包型原単位の導出には、産業別の直接の資源・環境使用（負荷）が必要です。他方、たとえば原油産業の財・サービスの中間需要（投入）は、産業別の原油の直接使用（負荷）額です。さらに、一物一価が前提の産業連関表では、同一産業からの投入物の価格も共通なため、実質化後の中間投入の比は、原油の物理的（eg：バーレル、kl等）の使用（負荷）の比に一致します。よって、原油使用（負荷）に因るCO₂総排出量がわかれば、それを同比で按分すれば、産業別の直接CO₂排出原単位が容易に得られます。この点の明示も本研究の成果のひとつです。ただし、本研究が把握したのは、いずれの資源（環境）の場合も、財・サービスの生産に関わるものです。化石燃料や水等はもちろん、産業の他に家計もその大きな使用（負荷）主体です。よって、今後も、本研究の手法を道路面積（→渋滞）や空間そのものの混雑等、様々な資源・環境使用（負荷）に応用すると同時に、この家計の使用（負荷）も含めた包括的への拡充が必要です。拡充は、分析モデルを産業連関から社会会計行列（SAM）等に置き換えることで可能です。

【参考文献・資料】

- 金城盛彦（2013）「内包型CO₂排出の状況からみた沖縄県のツーリズムの環境負荷 - 産業連関法によるツーリズムの環境負荷の検証 -」、『観光研究』第24巻2号、日本観光研究学会
- 南斉規介（2013）「2005年産業連関表に基づく部門別エネルギー消費量および温室効果ガス排出量の推計方法」、『産業連関表を用いた環境負荷原単位データブック（3EID）』、独立行政法人国立環境研究所、資源循環・廃棄物研究センター
- 宮城康平（2020）「内包型原単位によるツーリズムの水資源負荷に関する考察- 沖縄県を事例に -」琉球大学観光科学研究科修士論文（未公開）
- Kohei, Miyagi and Morihiko, Kinjo (2020) “Estimation of CO₂ Emissions by Hawaii’s Tourism Industries using Embodied Coefficient and Input-Output Analysis”, East West Center Public Seminar
- Oscar, Tiku (2016) “Measuring Economic Impact of Tourism toward Poverty Alleviation in Indonesia: An Application of Embodied Coefficient of Income in Matrix Model”, University of the Ryukyus, Master Thesis (mimeo)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 金城盛彦	4. 巻 10/9
2. 論文標題 「観光振興計画」の評価・検証法について（前編）	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 週刊トラベルジャーナル	6. 最初と最後の頁 pp.24-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金城盛彦	4. 巻 10/30
2. 論文標題 「観光振興計画」の評価・検証法について（後編）	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 週刊トラベルジャーナル	6. 最初と最後の頁 pp.24-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金城盛彦	4. 巻 83
2. 論文標題 沖縄観光の実態-「裸の王様」になる前に（マクロ編）-	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 しまたてい	6. 最初と最後の頁 pp.27-30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金城盛彦	4. 巻 32
2. 論文標題 レオンチェフ乗数による観光の経済効果の推計-沖縄県を事例に-	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本観光研究学会全国大会学術論文集	6. 最初と最後の頁 pp.89-92
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金城盛彦	4. 巻 18
2. 論文標題 雇業者所得誘発効果から見たツーリズムの持続可能性について- 沖縄県を事例に -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本国際観光学会全国大会梗概集	6. 最初と最後の頁 pp.4-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金城盛彦	4. 巻 24
2. 論文標題 「観光振興計画」の評価・検証手法について-沖縄県の「第5次観光振興計画」を例に-	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本国際観光学会論文集	6. 最初と最後の頁 25-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tiku Oscar	4. 巻 -
2. 論文標題 Measuring Economic Impact of Tourism toward Poverty Alleviation in Indonesia: An Application of Embodied Coefficient of Income in Matrix Model	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 University of the Ryukyus, Master's thesis	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宮城康平	4. 巻 -
2. 論文標題 内包型原単位によるツーリズムの水資源負荷に関する考察 - 沖縄県を事例に -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 琉球大学大学院観光科学研究科修士論文	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 金城盛彦
2. 発表標題 内包型原単位に基づく「貧困縮小に資する観光」の実相分析-インドネシアを事例に-
3. 学会等名 日本国際観光学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮城康平
2. 発表標題 内包型原単位によるツーリズムの水資源負荷に関する考察-沖縄県を事例に-
3. 学会等名 日本国際観光学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金城盛彦
2. 発表標題 レオンチェフ乗数による観光の経済効果の推計-沖縄県を事例に-
3. 学会等名 日本観光研究学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 金城盛彦
2. 発表標題 雇用者所得誘発効果から見たツーリズムの持続可能性について- 沖縄県を事例に -
3. 学会等名 日本国際観光学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kohei Mmiyagi and Morihiko Kinjo
2. 発表標題 Estimation of CO2 Emissions by Hawaii's Tourism Industries Using Embodied Coefficient and Input- Output Analysis
3. 学会等名 Public Seminar at East-West center
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ティアン ユージン (Tian Eugene)	Hawaii gov. Department of Business, Economic Development & Tourism・Chief State Economist	
研究協力者	宮國 薫子 (Miyakuni Kaoruko) (10300500)	琉球大学・国際地域創造学部経営プログラム・准教授 (18001)	
研究協力者	小野 尋子 (Ono Hiroko) (20363658)	琉球大学・工学部社会基盤デザインコース・准教授 (18001)	
研究協力者	ティク オスカー (Tiku Oscar)	東京都立大学・都市環境科学研究科観光科学域・博士後期課程 (22604)	
研究協力者	宮城 康平 (Miyagi Kohei)	琉球大学・人文社会科学研究科比較地域文化専攻・博士後期課程 (18001)	