

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K01544

研究課題名（和文）GDPに代わる経済社会政策の成果指標の開発と応用

研究課題名（英文）Development and application of alternative economic and social policy outcome indicators to GDP

研究代表者

根本 二郎（Nemoto, Jiro）

名古屋大学・アジア共創教育研究機構（経済）・教授

研究者番号：20180705

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：望ましいアウトプットとともに望ましくないアウトプット（環境負荷物質の排出など）が生産されている経済において、GDPは望ましいアウトプットのみを計測する。しかし、望ましくないアウトプットの増加が望ましくないアウトプットの増加を伴うとすると、GDPは経済の成果を過大評価する。本研究では、この過大評価バイアスを修正して、望ましくないアウトプットを適切に考慮したGDPの代替指標の提案を行った。

提案した方法を用い、CO2排出量を望ましくないアウトプットとして、47都道府県のGDP（県内総生産）について代替指標を試算した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の研究では、望ましくないアウトプットを考慮してGDPを修正する場合、望ましくないアウトプットを金額で評価しGDPから控除するというアプローチが採られている。しかし市場価値のない望ましくならざるアウトプットを金額評価する方法は複数あり、恣意的にならざるを得ない。望ましくないアウトプットの金額評価は、削減の限界費用（望ましくないアウトプットを減らすために減少する望ましいアウトプットの市場価値）で測るべきである。本研究ではデータ包絡分析に基づく生産関数モデルを工夫して、アウトプットとインプットについて弱処分可能性を仮定し望ましくないアウトプットの限界削減費用を評価し、GDPの修正を行っている。

研究成果の概要（英文）：In an economy where undesirable outputs (e.g., emissions of environmentally hazardous substances) are produced along with desirable outputs, GDP measures only desirable outputs. However, if an increase in undesirable output is accompanied by an increase in desirable output, GDP overestimates the outcome of the economy. In this study, we propose an alternative measure of GDP that corrects for this overestimation bias and appropriately accounts for undesirable outputs.

Using the proposed method, we estimated alternative indicators for GDP (Gross Domestic Product) for 47 prefectures with CO2 emissions as an undesirable output.

研究分野：経済統計学

キーワード：GDPの代替指標 望ましくないアウトプット データ包絡分析

### 1. 研究開始当初の背景

マクロ経済のパフォーマンスを測る指標として標準的に用いられる GDP は、生産された望ましいアウトプットの市場価値の総額である。しかし、実際の経済において、望ましいアウトプットの生産を増やすと環境負荷物質の排出など望ましくないアウトプットも増加する。したがって経済の成果指標として、GDP は望ましくないアウトプットを無視する分だけ成果を過大評価していると言える。そこで、望ましくないアウトプットを何らかの方法で金額表示して GDP から控除することが考えられる。これがいわゆるグリーン GDP で、その一つの測定法を国連統計部は 1993 年に示したが、望ましくないアウトプットの評価方法がアドホックであり各国が採用するには至っていない。

しかしグリーン GDP の測定に関する研究はその後も続けられ、2018 年に OECD は各国のグリーン GDP による成長率を汚染調整経済成長率として試算し公表した。OECD の方法は、汚染物質排出に対する GDP 弾性値を導入し、弾性値を汚染物質の増減率に乗じて汚染物質の抑制に必要な費用を GDP の減少幅で測る。こうして測定した費用を GDP から差し引いてグリーン GDP とする。

OECD の方法の要点は、望ましくないアウトプットの削減費用をそれに伴う GDP の損失によって測ることにある。そうであれば、ミクロ経済学的な観点からは、望ましくないアウトプットの取り扱いを明示した生産関数モデルを基礎として GDP の修正を行うアプローチが、次のステップの研究の方向として自然である。

### 2. 研究の目的

望ましいアウトプットとともに望ましくないアウトプットを含む生産関数モデルを構築し、望ましくないアウトプットの削減費用を考慮した GDP の補正法を提案する。生産関数モデルとしては、関数型に依存しないノンパラメトリックなデータ包絡分析 (DEA) を用いる。ケース・スタディとして、CO<sub>2</sub> 排出量を望ましくないアウトプットとする DEA モデルを推定し、日本の 47 都道府県 (2010-2014 年) の GDP 成長率を補正する。このような簡単なモデルを公的統計の測定手法として直ちに採用することは現実的ではないが、一方で、簡易に補正值が得られることから内閣府など公的統計官庁が発表する試算値のクロスチェックが可能になる。また DEA モデルの拡張性は十分にあり、より実用性の高い指標を導出することも可能である。

### 3. 研究の方法

#### (1) 望ましくないアウトプットが存在する場合の生産可能集合

$l$  種類のインプット、 $m$  種類の望ましいアウトプット、 $n$  種類の望ましくないアウトプットがあるものとして、 $t$  期のインプットの投入量を  $x^t = (x_1^t, x_2^t, \dots, x_l^t)'$ 、 $t$  期のアウトプットの産出量を  $y^t = (y_1^t, y_2^t, \dots, y_m^t)'$ 、同じく  $t$  期の望ましくないアウトプットの産出量を  $b^t = (b_1^t, b_2^t, \dots, b_n^t)'$  とする。生産可能性集合を  $x^t, y^t, b^t$  の実現可能な組み合わせすべての集合、つまり  $x^t$  から生産し得るすべての  $y^t$  とその時排出される  $b^t$  のすべてからなる集合である。

$$S^t = \{(x, y, b) \mid \text{all feasible combinations of } x, y, \text{ and } b \text{ at the period } t \text{ technology}\} \quad (1)$$

以下の条件は生産可能性集合の公理とみなす。

- i)  $(x, y, b) \in S^t$  ならば  $(\bar{x}, y, b) \in S^t$  for all  $\bar{x} > x$
- ii)  $(x, y, b) \in S^t$  ならば  $(x, \bar{y}, b) \in S^t$  for all  $\bar{y} < y$
- iii)  $(x, y, b) \in S^t$  ならば  $(x, \phi y, \phi b) \in S^t$  for any  $0 \leq \phi \leq 1$
- iv)  $S^t$  は凸集合

i) と ii) はそれぞれインプットと望ましいアウトプットの自由処分可能性を意味する。インプットと望ましいアウトプットは処分に費用がかからず、余分にある場合は無コストで最適値に移動できるものとする。iii) は望ましくないアウトプットに関する弱処分可能性である。これは望ましくないアウトプットを削減するのに、望ましいアウトプットを比例的に減少させる必要があることを意味している。つまり、望ましくないアウトプットの削減費用として、望ましいアウトプットが失われる。

このような生産可能集合の公理は、R. Shephard, Theory of Cost and Production functions, 1970. で提示された望ましくないアウトプットが存在する場合の古典的な公理である。

#### (2) 距離関数モデル

上記公理に基づき、距離関数モデル (生産要素が複数ある場合の生産関数モデル) を次のように定義する。

$$D_b^t(x^t, y^t, b^t) = \min \left\{ \phi \mid \left( x^t, \frac{y^t}{\phi}, \frac{b^t}{\phi} \right) \right\} \quad (2)$$

定義(2)より $D_b^t(x^t, y^t, b^t)$  は $(y^t, b^t)$  について1次同次、つまり $0 < \lambda$ について $D_b^t(x^t, \lambda y^t, \lambda b^t) = \lambda D_b^t(x^t, y^t, b^t)$ である。

ここで $(y^t, b^t)$ つまり望ましいアウトプットと望ましくないアウトプットの数量を、 $D_b^t(x^t, y^t, b^t)$ に基づくMalmquist数量指数(技術変化を含む)によって計測する。 $t$ 期を基準として $t+1$ 期の $(y^{t+1}, b^{t+1})$ のMalmquist数量指数を次のように書く。

$$Q_{yb}^{t+1} = D_b^{t+1}(x^t, y^{t+1}, b^{t+1})/D_b^t(x^t, y^t, b^t) \quad (3)$$

また望ましくないアウトプット $b^t$ の $t$ 期を基準としたときの $t+1$ 期のMalmquist数量指数(技術変化を含む)は

$$Q_b^{t+1} = D_b^{t+1}(x^t, y^t, b^{t+1})/D_b^t(x^t, y^t, b^t) \quad (4)$$

と書ける。

$D_b^t(x^t, y^t, b^t)$ の一次同次性を考慮すれば、(3)(4)より

$$Q_{yb}^{t+1} = Q_b^{t+1} D_b^t(x^t, y^{t+1}/D_b^{t+1}(x^t, y^t, b^{t+1}), b^{t+1}/D_b^{t+1}(x^t, y^t, b^{t+1})) \quad (5)$$

を得る。(5)の両辺に対数を取ると

$$\ln \delta = \ln Q_{yb}^{t+1} - \ln Q_b^t \quad (6)$$

$$\ln \delta = \ln D_b^t(x^t, y^{t+1}/D_b^{t+1}(x^t, y^t, b^{t+1}), b^{t+1}/D_b^{t+1}(x^t, y^t, b^{t+1})) \quad (7)$$

となる。これが望ましいアウトプットの数量を補正する公式となる。(6)右辺第1項は $(y^t, b^t)$ の数量指数の $t$ 期から $t+1$ 期への変化率である。第2項は望ましくないアウトプットの数量の $t$ 期から $t+1$ 期への変化率だから、 $\ln \delta$ は望ましくないアウトプットの増減を考慮した望ましいアウトプットの変化率、つまり望ましくないアウトプットの増減を補正した望ましいアウトプットの変化率となる。

(7)右辺を見ると、 $y^{t+1}/D_b^{t+1}(x^t, y^t, b^{t+1})$ は $t+1$ 期の望ましくないアウトプットの集計量で基準化した望ましいアウトプットである。この比率が大きいほど望ましくないアウトプットを少なくして、望ましいアウトプットを生産できる。距離関数の性質から $\delta$ はこの項の増加関数であるので、望ましいアウトプットがより少ない望ましくないアウトプットの排出の下で生産できるほど、補正項は大きくなる。一方、 $b^{t+1}/D_b^{t+1}(x^t, y^t, b^{t+1})$ は $t+1$ 期における望ましくないアウトプットの構成比が補正項に与える影響を調整している。

### (3) 距離関数の計測

距離関数(2)の値は、次のようにDEAによって計測できる。

$$D_b^t(x^t, y^t, b^t)^{-1} = \max\{ \theta \mid x^t \geq X^t \lambda, y^t \theta \leq Y^t \lambda, b^t \theta \geq B^t \lambda, i' \lambda = 1 \} \quad (8)$$

ただし、 $X^t, Y^t, B^t$ はそれぞれインプット、望ましいアウトプット、望ましくないアウトプットの $t$ 期における参照集合である。

## 4. 研究成果

### (1) データ

(6)の実データによる分析として、わが国47都道府県の県内総生産(2010-2014)を補正した代替指標を計測する。望ましいアウトプットは県内総生産、望ましくないアウトプットはCO2排出量、インプットは就業者、エネルギー、民間資本ストックである。

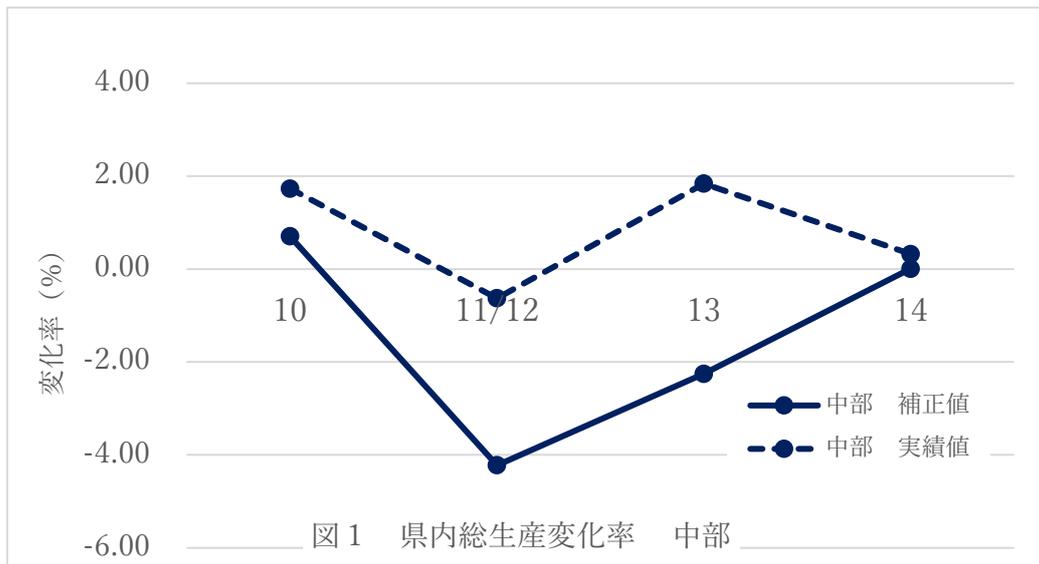
### (2) 県内総生産変化率(経済成長率)

47都道府県の県内生産変化率の補正值を求めた上で、6地域に集計したものが表1である。2011年と2012年は東日本大震災の影響でCO2排出量が大きく変動し、補正すると県内総生産が激しく振動する。このため2011年と2012年については2年間の変化率の幾何平均を示した。東日本大震災の影響は、原子力発電の停止によるCO2排出量の増加と震災に伴う生産減によるCO2排出量の減少が重なって地域により異なる。2013年には生産が回復していることは実績値が各地方とも正になっていることから理解できるが、CO2の排出量がなお増加していることは補正值が負となることでわかる。2014年になると東日本大震災の影響がようやく小さくなり、CO2排出量が落ち着いて各地方とも補正值が正に転じている。

表1 県内総生産変化率 2010-2014

		10	11/12	13	14
北海道・東北	補正值	0.68	-4.19	-7.77	4.73
	実績値	0.01	0.26	2.56	1.88
関東	補正值	-0.42	2.96	-8.95	1.52
	実績値	1.56	-0.12	2.57	0.80
中部	補正值	0.70	-4.22	-2.25	0.01
	実績値	1.73	-0.63	1.84	0.32
近畿	補正值	1.71	-1.68	-15.26	3.61
	実績値	2.61	-0.63	0.98	1.13
中国・四国	補正值	-1.95	0.62	-7.78	0.11
	実績値	0.22	-0.62	1.99	1.60
九州・沖縄	補正值	-2.67	-4.27	-10.35	3.93
	実績値	1.98	-0.84	1.47	1.08

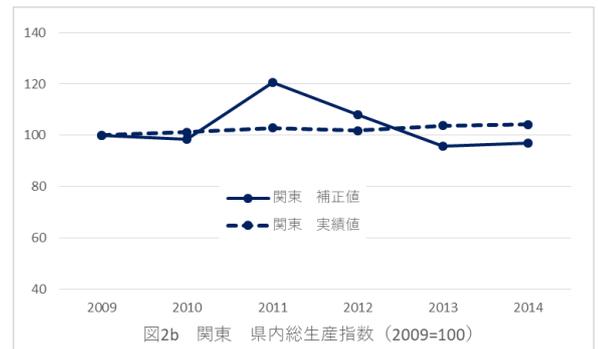
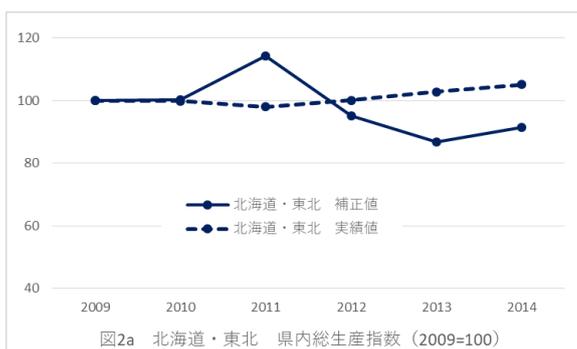
図1は表1のうち中部地方の県内総生産変化率をグラフにしたものである。

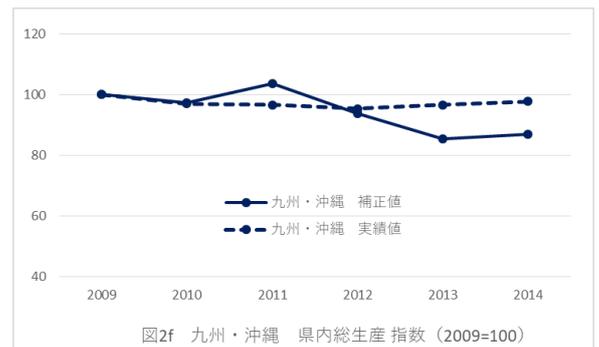
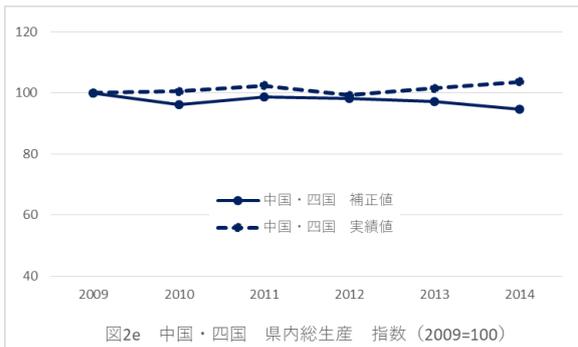
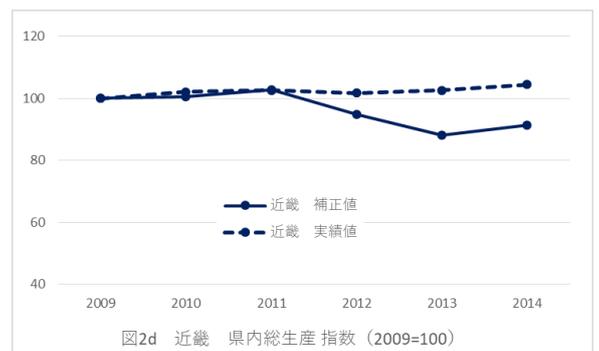
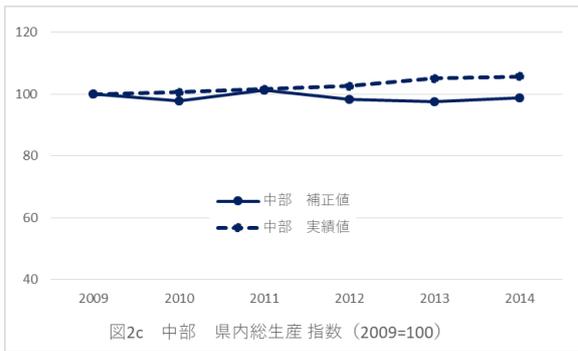


破線が実績値、実線が補正值で、中部の場合は補正值は常に実績値よりも小さい。製造業集積地のため、技術を所与とすると生産に伴うCO2排出削減費用が小さくないことを反映している。

### (3) 県内総生産水準

図2a～2fは2009年を100として2010年から2014年までの県内総生産の実績値と補正值を示している。破線が実績値で実線が補正值である。





各地区に共通する特徴は、東日本大震災後の2012年、2013年に補正值が下落して、実績値より低くなることである。実績県内総生産で見れば、2014年の水準は2009年の水準を回復しているかそれ以上の水準にあるが、補正值はいずれも2014年時点で2009年を下回っており、CO2排出増加の影響を考慮すれば東日本大震災の影響は2014年時点でもなお残っていることがわかる。これは、望ましくないアウトプットを無視した通常の県内総生産によっては、見逃される知見である。

#### (4) 一人あたり県内総生産

一人あたり県内総生産の都道府県順位を見ると、補正によって順位が大きく変わるようには見えない。その中では、ただし鳥取県が実績値43位から補正によって15位に上昇するのが特徴的である。

図3に、2009年を100としたときの一人あたり県内総生産の、2014年時点における補正値の実績値に対する倍率を47都道府県について示す。倍率が1以上、つまり補正値の方が実績値より大きくなるのは、鳥取、山口、栃木、福島県の4県にとどまる。他方、補正倍率が一番低いのは和歌山県である。鹿児島県、宮崎県、佐賀県など九州各県で低くなる傾向がある。

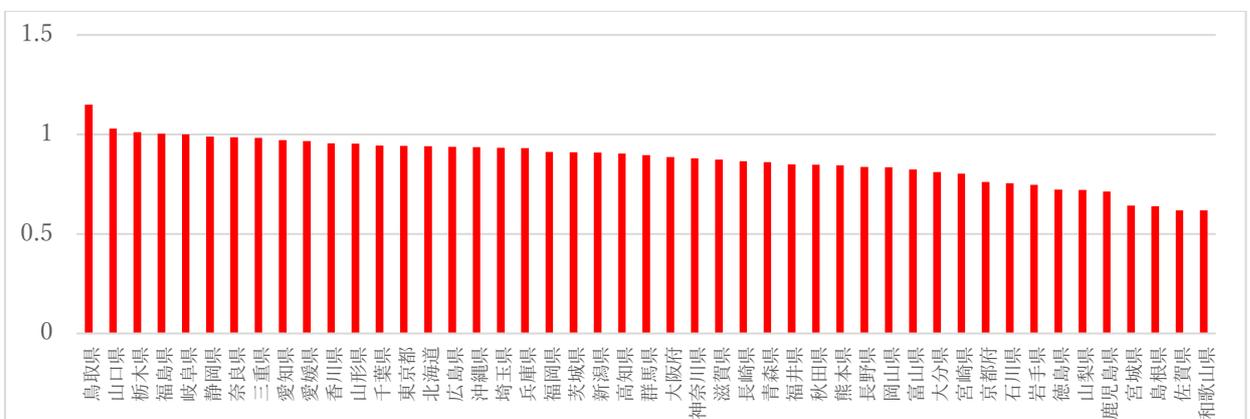


図3 県内総生産 補正倍率 2014

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 根本二郎	4. 巻 70
2. 論文標題 生産非効率が存在する場合の全要素生産性指数の要因分解	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 経済科学	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18999/ecos.70.4.1	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 根本二郎	4. 発行年 2020年
2. 出版社 勁草書房（中京大学経済研究所研究叢書）	5. 総ページ数 16
3. 書名 山田光男・増田淳矢編 グローバル化と地域経済の計量モデリング 第8章	

〔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
研究分担者	後藤 美香  (Goto Mika)  (50371208)	東京工業大学・環境・社会理工学院・教授    (12608)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------