

図 4-1 キャッチアップ効果, フロンティア・シフト, Malmquist 指数の推移 (全国)

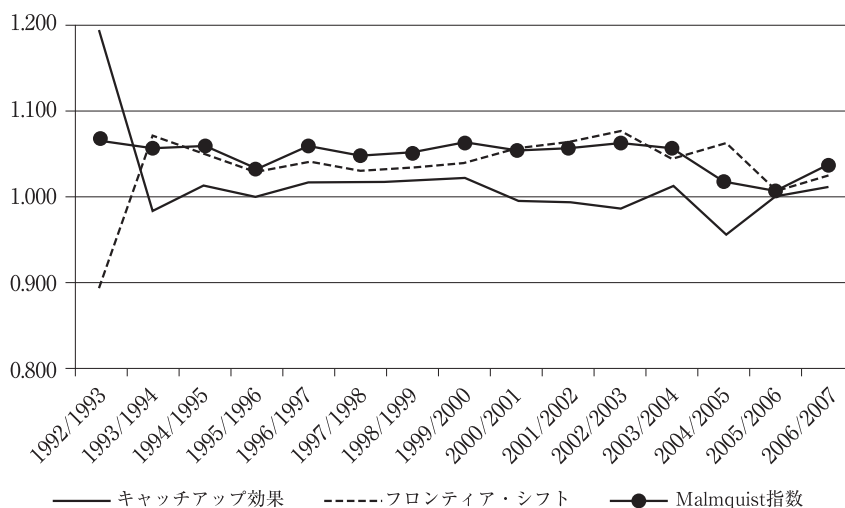
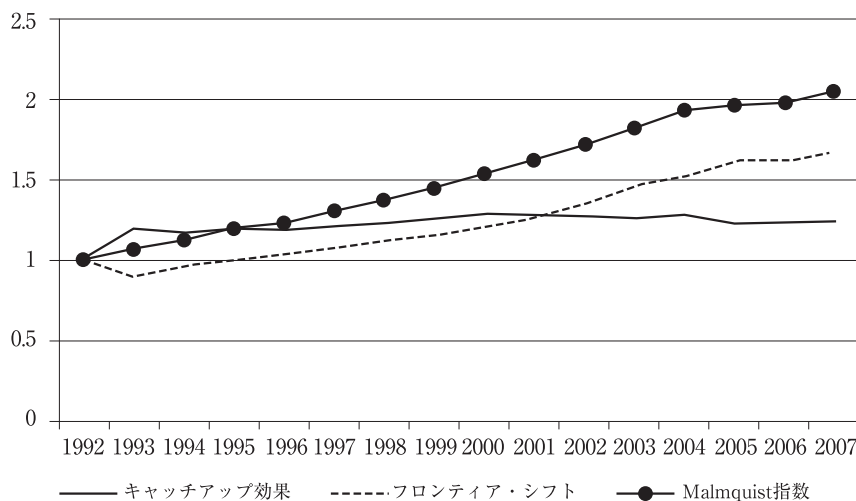


図 4-2 相対的变化 (CU), 社会的変化 (FS), 全変化 (MI) の累積変化 (全国)



アップ効果を上回っていることから、全国の環境改善に対する貢献は前者の方が後者よりも大きいと評価できる¹¹⁾。

図 4-2 はキャッチアップ効果, フロンティア・シフト, Malmquist 指数の累積変化を描

11) 図 4-1 の結果ではキャッチアップ効果とフロンティア・シフトが1992/1993年度についてのみイレギュラーな印象を与えるが、その原因の一つとして多くの地域からみてフロンティアが後方にシフトしたので、結果としてキャッチアップ効果が1より大きくなった可能性が考えられる。

いたものである。ここで、各指数の t 年度の累積変化は、1992年度を1として、1992/1993年度から $(t-1)/t$ 年度までの指数の積として定義される。図4-1でみたように、1992/1993年度のみキャッチアップ効果がフロンティア・シフトを大幅に上回っていることから、累積でみたフロンティア・シフトは1992年度から1993年度にかけては低下しているが、その後は一貫して上昇している。一方、累積のキャッチアップ効果はほぼ横ばいである。図4-2ではサンプル期間末（2007年度）のMalmquist指数の累積値2.057は定義からキャッチアップ効果の累積値1.238とフロンティア・シフトの累積値1.662の積となっている。従って、サンプル期間の環境改善に対する寄与は、環境への取り組みが遅れた地域が努力した効果よりも、社会全体として環境への取り組みが底上げされた効果の方が大きいと解釈できる。

4-2 47都道府県の環境改善の計測

表4-1は各都道府県の環境改善の効果を示したものである¹²⁾。各都道府県のキャッチアップ効果、フロンティア・シフト、Malmquist指数の数値は1992-2007年度の幾何平均である。Malmquist指数の平均が1.049であることから、本稿の6変数で評価された環境の良さは年率で4.9%ずつ改善されたと解釈することができる。環境への取り組みが遅れた地域が先進的な地域に追いつくことで実現された改善が1.4%、制度や社会の変化によって以前はなされなかった環境への取り組みが実現することによって環境が改善される効果が3.4%として分解できる。表4-1において、すべての地域でMalmquist指数が1よりも大きいことから、サンプル期間に47都道府県すべてで環境が改善されたといえる。

表4-1の1992年度と2007年度の効率値は、本間（2011）と同じ手法で各年度における環境の相対評価をDEAによって計測したものである¹³⁾。ここで、DEAによる評価値は、0と1の間をとり、1に近いほど望ましい。本間（2011）は単年度の地域環境を単一の指標で評価するのに対して、本稿の分析は複数年度の地域環境の変化を評価するという点で、互いに補完的な分析ツールといえる。

紙幅の都合から各県の詳細な結果を示すことはできないので、表4-1のMalmquist指数が最上位と最下位の県をとりあげよう。図4-3と図4-4はMalmquist指数が47都道府県中1位の新潟県（1.101）と47位の宮城県（1.007）をそれぞれ描いたものである。新潟県は、単年度の相対評価による評価値が1992年度の0.446から2007年度の0.864と著しく向上している。このことは、新潟県のMalmquist指数の累積はほぼ上昇傾向を示しているが、図でキ

12) 電灯使用量と水道使用量を世帯当たりではなく1人当たりにしても結果に大きな違いはなかった。

13) ここでのDEA評価値の計算は、規模に関して収穫一定を仮定している。くわしくは本間（2011）を参照。

表 4-1 1992-2007年度の環境改善効果(平均)と1992, 2007年度のDEA評価値

地域	キャッチアップ効果	フロンティア・シフト	Malmquist 指数	1992年度のDEA評価値	2007年度のDEA評価値
北海道	0.995(39)	1.039(13)	1.034(36)	1.000(1)	1.000(1)
青森県	1.010(28)	1.059(4)	1.069(8)	0.598(38)	0.640(46)
岩手県	1.016(19)	1.032(23)	1.048(24)	0.674(31)	0.812(35)
宮城県	0.966(47)	1.042(10)	1.007(47)	1.000(1)	0.850(27)
秋田県	1.011(25)	1.045(8)	1.056(17)	0.739(24)	0.834(32)
山形県	0.992(43)	1.034(20)	1.027(40)	0.953(12)	0.913(18)
福島県	1.011(25)	1.030(25)	1.041(28)	0.606(35)	0.672(44)
茨城県	1.008(30)	1.027(33)	1.036(34)	0.739(23)	0.760(39)
栃木県	1.004(34)	1.028(31)	1.032(38)	0.767(22)	0.820(34)
群馬県	0.981(45)	1.038(14)	1.019(46)	0.956(11)	0.660(45)
埼玉県	0.994(40)	1.028(31)	1.022(44)	1.000(1)	0.969(12)
千葉県	1.019(18)	1.022(40)	1.041(28)	0.799(19)	1.000(11)
東京都	0.993(42)	1.027(33)	1.020(45)	1.000(1)	1.000(1)
神奈川県	1.005(33)	1.030(25)	1.035(35)	1.000(1)	1.000(1)
新潟県	1.061(2)	1.038(14)	1.101(1)	0.446(45)	0.864(23)
富山県	0.986(44)	1.064(3)	1.049(23)	0.994(8)	0.922(15)
石川県	1.038(6)	1.040(11)	1.079(6)	0.469(44)	0.702(43)
福井県	0.971(46)	1.081(1)	1.050(21)	1.000(1)	0.858(24)
山梨県	1.006(32)	1.022(40)	1.029(39)	0.801(18)	0.716(41)
長野県	1.041(5)	1.024(37)	1.066(11)	0.676(29)	1.000(1)
岐阜県	1.027(13)	1.023(39)	1.050(21)	0.639(33)	0.885(22)
静岡県	1.026(15)	1.015(46)	1.041(28)	0.590(39)	0.777(38)
愛知県	1.014(20)	1.030(25)	1.044(26)	0.794(20)	0.836(31)
三重県	1.070(1)	1.022(40)	1.094(2)	0.427(46)	1.000(1)
滋賀県	0.994(40)	1.078(2)	1.072(7)	0.989(9)	0.961(13)
京都府	1.009(29)	1.016(44)	1.025(43)	0.849(16)	0.916(16)
大阪府	1.011(25)	1.016(44)	1.027(40)	0.732(26)	0.851(26)
兵庫県	1.001(37)	1.026(35)	1.027(40)	0.966(10)	0.908(19)
奈良県	0.999(38)	1.035(19)	1.034(36)	0.923(13)	0.850(29)
和歌山県	1.027(13)	1.018(43)	1.046(25)	0.331(47)	0.485(47)
鳥取県	1.030(8)	1.038(14)	1.069(8)	0.600(36)	0.850(28)
島根県	1.002(36)	1.055(5)	1.056(17)	1.000(1)	1.000(1)
岡山県	1.030(8)	1.033(22)	1.063(12)	0.693(28)	0.947(14)
広島県	1.029(10)	1.030(25)	1.059(14)	0.787(21)	1.000(1)
山口県	1.046(4)	1.040(11)	1.088(3)	0.637(34)	1.000(1)
徳島県	1.028(12)	1.010(47)	1.039(31)	0.496(42)	0.710(42)
香川県	1.026(15)	1.030(25)	1.057(16)	0.675(30)	0.887(21)
愛媛県	1.013(22)	1.038(14)	1.051(19)	0.643(32)	0.747(40)
高知県	1.055(3)	1.024(37)	1.080(5)	0.487(43)	1.000(1)
福岡県	1.014(20)	1.043(9)	1.058(15)	0.872(15)	1.000(1)
佐賀県	1.012(23)	1.025(36)	1.037(33)	0.707(27)	0.798(37)
長崎県	1.026(15)	1.036(18)	1.063(12)	0.599(37)	0.810(36)
熊本県	1.012(23)	1.030(25)	1.043(27)	0.733(25)	0.854(25)
大分県	1.033(7)	1.034(20)	1.069(8)	0.548(41)	0.889(20)
宮崎県	1.004(34)	1.046(7)	1.051(19)	0.887(14)	0.916(17)
鹿児島県	1.029(10)	1.054(6)	1.085(4)	0.583(40)	0.833(33)
沖縄県	1.008(30)	1.031(24)	1.039(31)	0.814(17)	0.844(30)
平均	1.014	1.034	1.049	0.749	0.863

(注) カッコ内の数字はその列の評価での47都道府県中の順位である。

キャッチアップ効果がフロンティア・シフトを上回っていることにも表われている。両者を考え合わせることによって、新潟県の地域環境に関しては1992/2007年度の改善の変化では47都道府県中1位だが、単年度の相対評価で見れば1992年度の45位から上昇したとはいえ2007年度では依然として23位に留まっていると解釈することができる。一方、宮城県は単年度の相対評価による評価値が1992年度の1.000から2007年度の0.850と低下している。Malmquist指数の累積は横ばい傾向を示しているが、社会的な底上げによる環境改善の効果を県の相対的な努力不足が打ち消しあっていると解釈できる。ただし、相対評価では1992年度の1位か

図4-3 新潟県の相対的变化 (CU), 社会的変化 (FS), 全変化 (MI) の累積変化

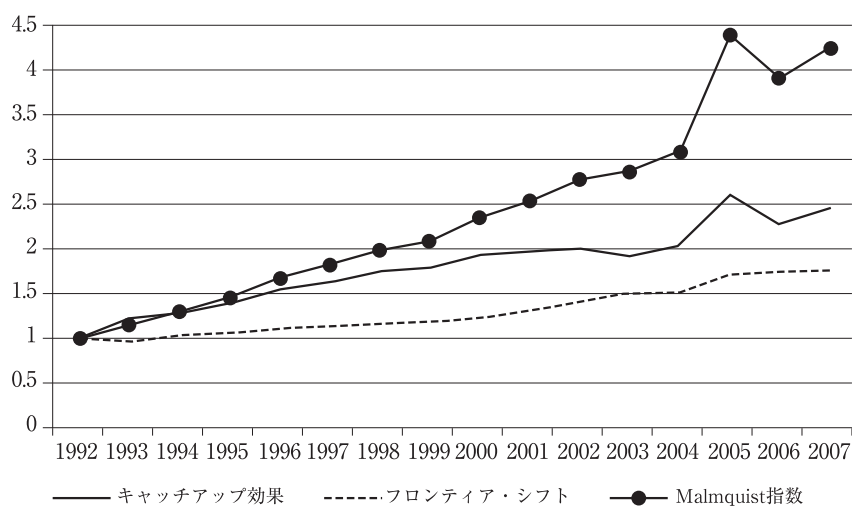
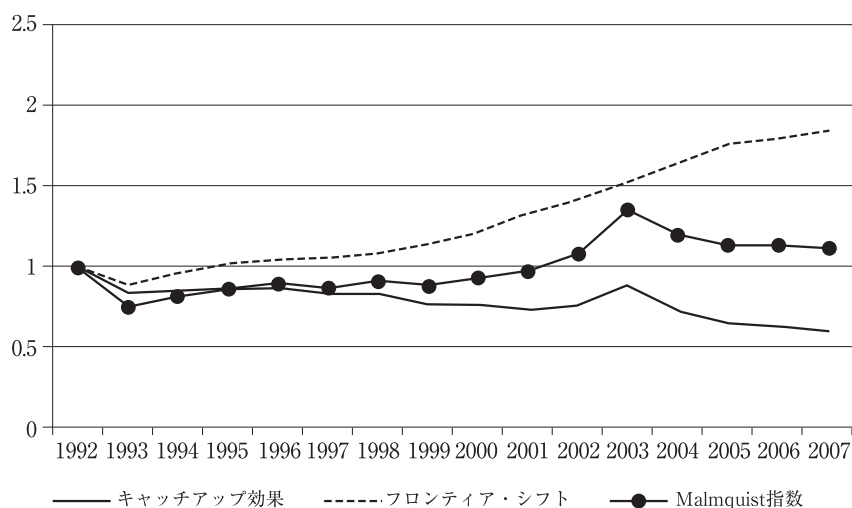


図4-4 宮城県の相対的变化 (CU), 社会的変化 (FS), 全変化 (MI) の累積変化



ら2007年度の27位に順位を落としているとはいえ、MI 指数 (1.007) でみれば年率換算で0.7%ずつ環境が改善していると解釈できる。

5. おわりに

本稿では、DEA/MI 分析を適用して、多期間にわたって地域環境が改善されているかどうかを時系列的に評価することを試みた。本稿の分析手法によって、多次元の環境変数の下で環境改善の程度を定量的に把握することが可能となった。環境の改善は本稿で評価された指標では年率で4.9%ずつ改善されたと解釈することができる。さらに、この改善の変化は、環境への取り組みが相対的に劣った地域が優れた地域に追いつくことで環境が改善されるキャッチアップ効果によるものが1.4%、制度や社会の変化によって以前にはなされなかった環境への取り組みが実現することによって環境が改善されるフロンティア・シフトによるものが3.4%と分解でき、後者の効果の方が大きいことがわかった。

本稿の分析は本問 (2011) と補完的な関係にある。いずれも地域環境に関する複数の変数を集約して単一の尺度で評価することを試みているが、本問 (2011) では単年度で地域環境がよいかどうかという相対的位置を評価しているのに対して、本稿では複数年度で地域環境がよくなっているかどうかという変化を評価している。従って、両者の併用によって、一般的な統計から地域環境の有益な評価が可能となると思われる。

付記 本研究は科学研究費補助金「東アジアの持続可能な経済発展のための地域レベルデータによる環境と貿易の実証分析」(課題番号22530253) より助成を受けたものである。

参考文献

- 田中廣滋・坂本純一 (2009) 「地域環境基本計画と動的的な評価の仕組み」(『地球環境レポート』12号) 64-79ページ。
- 八王子市・田中廣滋研究室 (2003) (改訂版, 2007) 『身近な環境ちえっくどう』八王子市環境部。
- 本間聡 (2011) 「包絡分析法 (DEA) による総合環境指標」(『地球環境レポート』14号) 45-61ページ。
- 宗像優・本間聡 (2012) 「地方自治体の地球温暖化対策の現状と政策評価—包絡分析法 (DEA) による政令指定都市の比較研究—」(『経済政策ジャーナル』第9巻第2号) 41-44ページ。
- Andersen, P. and N. C. Petersen (1993), "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, 39, pp. 1261-1264.
- Chang, T. P. and J. L. Hu (2010), "Total-factor Energy Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change: An Empirical Study of China," *Applied Energy*, 87, pp. 3262-3270.
- Charnes, A. C., Cooper, W. W. and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.
- Choe, C. and I. Fraser (1999), "An Economic Analysis of Household Waste Management," *Journal of*

- Environmental Economics and Management*, 38, pp. 234-246.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. and K. Tone (2006), *Data Envelopment Analysis— A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software*, Second Edition, Springer.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. and P. Ross (1989), "Productivity developments in Swedish hospitals: A Malmquist Output Index Approach," in A. Charnes, W. W. Cooper, A. Lewin and L. Seiford eds., *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Boston: Kluwer Academic Publishers, pp. 253-272.
- Färe, R., Grosskopf, S., and C. A. K. Lovell (1994a), *Production Frontiers*, Cambridge University Press.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. and Z. Zhang (1994b), "Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries," *American Economic Review*, 84, pp. 66-83.
- Hashimoto, A. and H. Ishikawa (1993), "Using DEA to Evaluate the State of Society as Measured by Multiple Social Indicators," *Socio-Economic Planning Sciences*, 27, pp. 257-268.
- Hashimoto, A., Sugeta, T. and S. Haneda (2009), "Evaluating Shifts in Japan's Quality-of-life," *Socio-Economic Planning Sciences*, 43, pp. 263-273.
- Hatefi, S. M., and S. A. Torabi (2010), "A Common Weight MCDA-DEA Approach to Construct Composite Indicators," *Ecological Economics*, 70, pp. 114-120.
- Honma, S. and J. L. Hu (2008), "Total-factor Energy Efficiency of Regions in Japan," *Energy Policy*, 36, pp. 821-833.
- Honma, S. and J. L. Hu (2009a), "Efficient Waste Abatements for Regions in Japan," *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 16, pp. 270-285.
- Honma, S. and J. L. Hu (2009b), "Total-factor energy productivity growth of regions in Japan," *Energy Policy*, 37, pp. 3941-3950.
- Kortelainen, M. (2008), "Dynamic Environmental Performance Analysis: a Malmquist Index Approach," *Ecological Economics* 64, pp. 701-715.
- Malmquist S. (1953), "Index Numbers and Indifference Surfaces," *Trabajos de Estadística*, 4, pp. 209-242.
- Murias, P., F. Martínez and C. de Miguel (2006), "An Economic Wellbeing Index for the Spanish Provinces: A Data Envelopment Analysis Approach," *Social Indicators Research*, 77, pp. 395-417.
- Reig-Martínez, E. (2012), "Social and Economic Wellbeing in Europe and the Mediterranean Basin: Building an Enlarged Human Development Indicator," *Social Indicators Research*, online first (DOI 10.1007/s11205-012-0018-8).
- Somarriba, N. and B. Pena (2009), "Synthetic Indicators of Quality of Life in Europe," *Social Indicators Research*, 94, pp. 115-133.
- Tsuneyoshi, T., Hashimoto, A. and S. Haneda (2012), "Quantitative Evaluation of Nation Stability," *Journal of Policy Modeling*, 34, pp. 132-154.
- Zhu, J. (2001), "Multidimensional Quality-of-life Measure With an Application to Fortune's Best Cities," *Socio-Economic Planning Sciences*, 35, pp. 263-284.

【データ】

朝日新聞出版「WEB民力」。

環境省「一般廃棄物処理実態調査結果」。