

Title	「人間開発指数」とボルダール順位
Sub Title	Human development index and borda ranks
Author	蓑谷, 千凰彦(Minotani, Chiohiko)
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	2006
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.99, No.1 (2006. 4) ,p.99- 129
JaLC DOI	10.14991/001.20060401-0099
Abstract	
Notes	研究ノート
Genre	Journal Article
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-20060401-0099">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-20060401-0099</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

研究ノート

## 「人間開発指数」とボルダー順位

衰谷 千凰彦

### 1 「人間開発指数」

国連開発計画 (UNDP) によって、1990 年以降、『人間開発報告書』(Human Development Report, 以下 HDR と略す) が刊行されている。この HDR に人間開発指数 (HDI) を初め、人間貧困指数 (HPI-1, 2)、ジェンダー開発指数 (GDI)、ジェンダー・エンパワーメント指数 (GEM) など人間開発に関する指標が示され、経済、人口、教育、環境、ジェンダー等々さまざまな側面から世界各国の開発状況を数量化している。

HDR で表明されている人間開発とは次のように述べるができる。GDP や経済成長は人間開発におけるきわめて重要な必要条件であるが、人間の福祉はもっと多面的に捉えなければならない。資源の使い方、意思決定への参加の仕方、男女の平等の権利、いかえれば、アマルティア・センの言う個人の潜在能力 capability の拡大を図るものでなけ

ればならない。

HDI は人間開発を 3 つの側面——人間らしい生活水準を得ること、長命で健康に生活すること、教育を受けること——から数量化した指標である。

人間らしい生活水準を GDP、長命で健康に生活するを平均寿命 (出生時平均余命, life expectancy at birth, LE と略す)、教育を成人識字率 (adult literacy rate, ALR と略す) と初・中・高等教育の総就学率 (combined gross enrolment ratio for primary, secondary and tertiary schools, CGER と略す) によって計測している。LE には GDP では把握できない医療施設の充実度、保健・医療制度とサービス、自然環境、社会環境、栄養摂取の状況等々が反映されている、と考えることができる。

GDP, LE, ALR, CGER これら 4 つの指標を用いて HDI は次のように作成されている。GDP に余りにも拘泥してきた経済開発への反省がこの HDI である、とあって良い。

$$HDI = \frac{1}{3}(GDP \text{ 指数}) + \frac{1}{3}(\text{平均寿命指数}) + \frac{1}{3}(\text{教育指数}) \quad (1)$$

以下、HDR2005年版について述べる。  
まず、平均寿命指数と教育指数を説明しよう。

(1) 平均寿命指数 life expectancy index

$i$  国の平均寿命を  $LE_i$  とすると、 $i$  国の平均寿命指数  $LEI_i$  は次式で与えられる。

$$LEI_i = \frac{LE_i - L}{U - L}, \quad i = 1, 2, \dots, 177 \text{ か国} \quad (2)$$

ここで

$L = 25 =$  過去のいかなる国においても超えることができた最小の平均寿命 goal post for minimum value

$U = 85 =$  将来期待される平均寿命の最大値 goal post for maximum value

したがって  $U - L = 60$  は過去および将来にわたって期待される平均寿命の範囲である。平均寿命のもっとも高い国は日本の82.0歳(2003年)であり、したがって日本の  $LEI = 0.95$  となる。定義から

$$0 < LEI_i < 1$$

である。

(2) 教育指数 education index

$i$  国の成人識字率指数  $ALRI_i$ 、総就学指数  $CGERI_i$  はそれぞれ次のように作られる。

$$ALRI_i = \frac{ALR_i - L}{U - L}, \quad L = 0, U = 100 \quad (3)$$

$$CGERI_i = \frac{CGER_i - L}{U - L}, \quad L = 0, U = 100$$

$$i = 1, 2, \dots, 177 \text{ か国}$$

$i$  国の教育指数  $EDI_i$  はこの2つの指数の加重平均として定義されている。

$$EDI_i = \frac{2}{3}ALRI_i + \frac{1}{3}CGERI_i \quad (5)$$

$$i = 1, 2, \dots, 177 \text{ か国}$$

成人識字率は「15歳以上で、日常生活に関する短く簡単な文章を、内容を理解しながら読み書きできる人」(HDR)の15歳以上の人口に占める割合である。

総就学率は、国際標準教育分類 (ISCED) のレベルを用いて次のように定義されている。

$$CGERI_i = \frac{\text{(年齢に関係なく)レベル1~3, 5~7の就学生数}}{\text{レベル1~3, 5~7の定められた学齢人口}}$$

ISCEDのレベル1とは初等教育(小学校に対応)、レベル2, 3とは中等教育(中学校, 高校, 中等レベルの教員養成学校, 職業専門学校)、レベル5, 6, 7は高等教育(大学, 教員養成大学, 高等レベルの専門学校)である。 $CGER$ の分子の生徒数は学齢人口とは一致しないから、 $CGER$ はイギリス123%、オーストラリア116%のように100%をこえる国もある。日本の  $ALR = 99\%$  (2003年)、 $CGER = 84\%$  (2002/2003年)であるから、日本の  $EDI$  は

$$EDI = \frac{2}{3} \left( \frac{99 - 0}{100 - 0} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{84 - 0}{100 - 0} \right) = 0.94$$

となる。 $CGER$ が100%をこえる国についてHDRは100を与えている。無理に1以下に抑える必要がないと思われるが $EDI$ 作成にあたってHDRはこのような操作を加えている。したがって社会人大学生が増え、 $CGER$

が 100 % をこえても 100 に抑えられるという問題が生じている。

### (3) GDP 指数 GDP index

$i$  国の人口一人当たり名目 GDP は通貨単位がそれぞれの国で異なるから、まずアメリカドルで表された購買力平価 (purchasing power of parity, 以下 PPP) によってアメリカドルの単位に変換される。すなわち、

$$GDP_i(\text{PPP US\$}) = \frac{\text{名目 } GDP_i}{\text{PPP}_i(\text{US\$})} \quad (6)$$

そしてこの GDP (PPP US\$) を用いて  $i$  国の GDP 指数  $GDPI_i$  は次のように計算される。

$$GDPI_i = \frac{\log[GDP_i(\text{PPP US\$})] - \log L}{\log(U) - \log(L)} \quad (7)$$

$L = 100\text{US\$}$  = 過去いかなる国においても達成可能であったと思われる最低所得

$U = 40,000\text{US\$}$  = 将来達成することが望ましいと思われる最高の所得

PPP US\$ で表されている人口 1 人当たり GDP に対する  $L = 100$  は 2003 年、177 か国の最小値 (シエラ・レオネの 548) ではなく、 $U = 40,000$  は最大値でもない。最大値はルクセンブルグの 62,298 と 40,000 を超える。GDPI の作成にあたって HDR はルクセンブルグの GDP (PPP US\$) を 40,000 にしている。

この GDP 指数に対して次の 3 つの疑問が生じる。

- (i) なぜ GDP (PPP US\$) は対数変換されるのか。
- (ii) 各国通貨建て名目 GDP を US ドルに変換するとき、なぜ為替レートをを用いない

のか。

(iii) PPP をいかにして計測するのか。

## 2 GDP をなぜ対数変換するのか

(6) 式の左辺を簡単に  $y$  と表し、 $y$  を所得とよび、(7) 式を

$$W(y) = \frac{\log(y) - \log L}{\log U - \log L} \quad (8)$$

と表そう。 $y$  を対数変換する理由を、HDR は、人間開発のまずまずの水準を達成するために無制限の所得は必要でないから、と説明しているが、この説明では何のことかよくわからない。

$W(y)$  が一体何を表すのかも問題であるが、個々人の効用関数の増加関数として社会的厚生関数を表すことができる、という考え方を HDR は採っていると思われる。そこで  $W(y)$  を簡単に効用関数とよんでおこう。(8) 式と比較するために別の効用関数の定式化

$$W_1(y) = \frac{y - L}{U - L} \quad (9)$$

$$W_2(y) = \alpha \{1 - \exp[-\gamma(y - L)]\} \quad (10)$$

$$\alpha = \frac{1}{1 - \exp[-\gamma(U - L)]} > 0$$

$$\gamma = \frac{1}{U} > 0$$

を考えよう。

このとき所得の限界効用および限界効用の所得弾力性  $\eta(y)$  はそれぞれ次のようになる。 $R = \log U - \log L$ ,  $R_1 = U - L$  とする。 $R$ ,  $R_1$  は定数である。

$$\frac{dW(y)}{dy} = W'(y) = \left(\frac{1}{R}\right) \left(\frac{1}{y}\right) > 0$$

$$\frac{dW^2(y)}{dy^2} = W''(y) = -\left(\frac{1}{R}\right) \left(\frac{1}{y^2}\right) < 0$$

$$\eta(y) = -\frac{d \log W'(y)}{d \log y} = 1$$

$$W_1'(y) = \frac{1}{R_1} > 0$$

$$W_1''(y) = 0$$

$$\eta_1(y) = -\frac{d \log W_1'(y)}{d \log y} = 0$$

$$W_2'(y) = \alpha \gamma \exp[-\gamma(y-L)] > 0$$

$$W_2''(y) = -\alpha \gamma^2 \exp[-\gamma(y-L)] < 0$$

$$\eta_2(y) = -\frac{d \log W_2'(y)}{d \log y} = \gamma y = \frac{y}{U} > 0$$

したがって  $W(y)$  を用いる HDR は所得の限界効用逓減、限界効用の所得弾力性 1（所得が 1% 変化するとき限界効用の変化率もつねに同じ 1%）という制約を所得の効用関数に課していることになる。 $W_1(y)$  は所得の限界効用は一定で逓減しない。人間らしい生活水準の達成に無制限の所得を必要としないという HDR の説明は所得の限界効用逓減を意味している。しかし、 $\eta(y)$  はつねに 1 である。 $\eta_2(y)$  は  $y$  の水準が  $U$  に達すれば 1 であるが、 $y < U$  のとき 1 より小さい。

定式化としては  $W_2(y)$  の方が良いと思われるが、(8)、(9)、(10) 式いずれも  $y$  の増加関数である。したがって  $GDPI$  の値は定式化によって変わるが、 $GDP$  の順位 rank はどの定式化を採用しようと変化しない。

しかし、 $GDPI$  の値が、たとえば (10) 式を用いると HDR で示されている  $GDPI$  とは異なるから、 $HDI$  の値も異なり、 $HDI$  の順位も変わってくる。HDR2005 と同様、ルクセンブルグの  $GDP$  (PPP US\$) = 40,000, 100

%をこえる  $CGER$  は 100% にして  $GDPI$  に (10) 式を用いたとき、 $HDI$  の値と順位を、高  $HDI$  の 30 か国についてのみ示せば表 1 のようになり、順位の移動がみられ、日本は 11 位から 13 位になる。大きく順位が移動するのは、スウェーデンの 4 位から 14 位、アメリカの 10 位から 4 位、デンマークの 13 位から 9 位である（表 1 の計算はデータに信頼性のある 170 か国のみを対象にしている）。

### 3 US ドルへの変換になぜ為替レートをを用いないのか

$HDI$  に  $GDP$  が採用されているのは生活水準の指標としてである。IMF が発表している平均公定為替相場が購買力平価 PPP を反映していればこの為替レートをを用いて各国通貨単位の 1 人当たり名目  $GDP$  を US ドルの単位に変換すればよい。たとえば日本の 2003 年度の名目  $GDP$  は 501,253.5 (10 億円)、総人口 127,610 (千人)、為替レート (年度平均) 113.03 円/\$ であるから US ドルで表した 1 人当たり  $GDP$  は

$$\frac{501,253.5/127,610}{113.03} = \frac{3928 \text{ (千円)}}{113.03} = 34752 \text{ ドル}$$

となる。

しかし、実証分析で明らかになっているように、為替レートの変動、とくに短期的変動を購買力平価説では説明できない（たとえば鈴木 (2004) 参照）。長期的にも、共和分検定の結果は PPP を支持するケース、支持できないケースと不一致がある。為替レート (円/ドル) の短期的変動は PPP 要因の他に日米の金利差、リスクプレミアムによって影響さ

表1 HDI, HDIの順位および(10)式のGDP指数によるHDIと順位

	HDI	RANKHDI	HDIW2	RANKHDIW2	Country
1	0.963	1	0.95498	1	Norway
2	0.956	2	0.92178	5	Iceland
3	0.955	3	0.91404	6	Australia
4	0.949	4	0.94833	2	Luxembourg
5	0.949	4	0.91221	7	Canada
6	0.949	4	0.89463	14	Sweden
7	0.947	7	0.90978	8	Switzerland
8	0.946	8	0.93811	3	Ireland
9	0.945	9	0.89794	11	Belgium
10	0.944	10	0.93554	4	United States
11	0.943	11	0.89498	13	Japan
12	0.943	11	0.90072	10	Netherlands
13	0.941	13	0.89101	15	Finland
14	0.941	13	0.90812	9	Denmark
15	0.939	15	0.88731	17	United Kingdom
16	0.938	16	0.88806	16	France
17	0.936	17	0.89749	12	Austria
18	0.934	18	0.88101	18	Italy
19	0.933	19	0.85873	21	New Zealand
20	0.930	20	0.88081	19	Germany
21	0.928	21	0.84995	22	Spain
22	0.916	22	0.86419	20	Hong Kong, China (SAR)
23	0.915	23	0.82759	24	Israel
24	0.912	24	0.80717	26	Greece
25	0.907	25	0.84157	23	Singapore
26	0.904	26	0.81276	25	Slovenia
27	0.904	26	0.79159	29	Portugal
28	0.901	28	0.80006	27	Korea, Rep. of
29	0.891	29	0.79657	28	Cyprus
30	0.878	30	0.76895	32	Barbados

(1) 170 か国のうち, HDI 上位 30 か国のみ

(2) HDIW2 の GDP は (10) 式により計算

(3) RANKHDIW2 は 170 か国の HDIW2 の順位

れる。

GDP を生活水準の指標として用いたいから, PPP を反映していない公定為替相場のレートでは, アメリカ 1 ドルに対応する各国通貨の購買力を表すことができない。したがって

為替レートではなく, PPP US\$ による GDP

が各国の生活水準の比較のために必要となる。

#### 4 PPP をいかにして計測するか

PPP の推定は、国連とペンシルヴァニア大学との合同研究である国際比較計画 (International Comparison Program, ICP) によって 1960 年に開始された。

生活水準を国際比較しようとするとき公定為替レートは適切ではない。たとえばインドの公定為替レートが 50 ルピー / US\$ としよう (2003 年の実際の値は 46.58 ルピー)。食料品のみに注目したとき、アメリカで 100 ドルで購入できる食料品のバスケットが、インドでは 1000 ルピーで購入できるとすれば、食料品の PPP は 50 ルピー / US\$ ではなく、 $1000/100 = 10$  ルピー / US\$ にすぎない。ルピー表示の 1 人当たり名目 GDP を為替レートの 50 ルピー / US\$ で割るのと 10 ルピー / US\$ で割るのとでは同じドル表示でも

5 倍後の方が大きくなる。生活水準を比較しようとするとき、為替レートは豊かな国と貧しい国の差を誇張しがちである。あるいは為替レートをを用いると生活必需品の物価水準が低い国の GDP 水準を、生活水準という観点からは低く評価しがちである。表 2 は為替レートあるいは PPP で 1 人当たり名目 GDP を US\$ に換算した 10 か国の例である。表の上の方の 5 か国は PPP にもとづく為替レートにもとづく場合より GDP が小さくなった国、下の方の 5 か国は逆に大きくなった国である。

この PPP を ICP は Geary-Khamis 法によって求めている。PPP の値は世界銀行の World Development Indicators (2005 年版は Table 5.7) にある。1958 年 Geary が示唆し、1972 年 Khamis が提唱した方法であり、次のような方程式体系から成る。

表 2 為替レート, PPP による GDP の US\$ への変換

Country	(A) GDP per capita, US\$ (exchange rate)	(B) GDP per capita, US\$ (PPP)	(A)/(B)
Denmark	39,332	31,465	1.25
Japan	33,713	27,967	1.21
Norway	48,412	37,670	1.29
Sweden	33,676	26,750	1.26
Switzerland	43,553	30,552	1.43
China	1,100	5,003	0.22
Ethiopia	97	711	0.14
India	564	2,892	0.20
Philippines	989	4,321	0.23
Vietnam	482	2,490	0.19

Source: Human Development Report 2005

数値はすべて 2003 年

$$\pi_i = \sum_{j=1}^n \left( \frac{p_{ij}}{\text{PPP}_j} \right) \left( \frac{q_{ij}}{\sum_{j=1}^n q_{ij}} \right) \quad (11)$$

$i = 1, 2, \dots, m$  (財およびサービス)

$$\text{PPP}_j = \frac{\sum_{i=1}^m p_{ij} q_{ij}}{\sum_{i=1}^m \pi_i q_{ij}} \quad (12)$$

$j = 1, 2, \dots, n$  (国)

ここで

$p_{ij} = j$  国  $i$  財の価格 ( $j$  国の通貨建て)

$q_{ij} = j$  国  $i$  財の購入量

$\pi_i = i$  財の国際価格 (US\$)

$\text{PPP}_j = j$  国の PPP

である。US\$ を基準にして PPP を計算するので、 $\text{PPP}_{\text{USA}} = 1$  である。この  $m + n$  本の連立方程式を解いて、 $\pi_i$ ,  $i = 1, \dots, m$ ,  $\text{PPP}_j$ ,  $j = 1, \dots, n$  ( $j \neq \text{USA}$ ) の  $m + n - 1$  個の値を求める。

簡単な例をあげよう。 $m = 2$  (1 レギュラーガソリン, 2 ハンバーガー),  $n = 3$  (1 アメリカ, 2 日本, 3 オーストラリア) とし、 $p_{ij}$ ,  $q_{ij}$  を次のように仮定する。

$$q_{11} = 1l, q_{12} = 1l, q_{13} = 1l$$

$$q_{21} = 1 \text{ 個}, q_{22} = 1 \text{ 個}, q_{23} = 1 \text{ 個}$$

$$p_{11} = 0.8\$, p_{12} = 130 \text{ 円},$$

$$p_{13} = 1 \text{ オーストラリアドル (A\$)}$$

$$p_{21} = 0.6\$, p_{22} = 100 \text{ 円}, p_{23} = 0.8A\$$$

このとき Geary-Khamis 法の方程式体系は次の通りである。

$$\pi_1 = 0.8 \left( \frac{1}{3} \right) + \frac{130}{\text{PPP}_2} \left( \frac{1}{3} \right) + \frac{1}{\text{PPP}_3} \left( \frac{1}{3} \right)$$

$$\pi_2 = 0.6 \left( \frac{1}{3} \right) + \frac{100}{\text{PPP}_2} \left( \frac{1}{3} \right) + \frac{0.8}{\text{PPP}_3} \left( \frac{1}{3} \right)$$

$$\text{PPP}_2 = \frac{130 \times 1 + 100 \times 1}{\pi_1 \times 1 + \pi_2 \times 1} = \frac{230}{\pi_1 + \pi_2}$$

$$\text{PPP}_3 = \frac{1 \times 1 + 0.8 \times 1}{\pi_1 \times 1 + \pi_2 \times 1} = \frac{1.8}{\pi_1 + \pi_2}$$

この連立方程式を解いて

$$\pi_1 = 0.7897 \doteq 0.79 (\$)$$

$$\pi_2 = 0.61 (\$)$$

$$\text{PPP}_2 = \frac{230}{1.4} \doteq 164.3 \text{ (円/\$)}$$

$$\text{PPP}_3 = \frac{1.8}{1.4} \doteq 1.286 \text{ (A\$/\$)}$$

が得られる。

このように  $\text{PPP}_j$  は、合衆国において 1US\$ で購入できる財およびサービスと同じ量を  $j$  国で購入しようとするとき、 $j$  国の通貨単位でどれだけ必要かを示している。

生活水準を比較するために、為替レートではなくこの PPP が最近では使用されるようになってきている。この PPP に関して次の 2 点の注意を挙げておこう。

① この PPP の機能は、(a) アメリカドルと比較した各国通貨の購買力の尺度であり、(b) 各国 GDP をアメリカドルに変換するコンバータである。2003 年の日本の為替レート (平均) は 115.93 (円/\\$) であるが、World Development Indicators 2005 に報告されている PPP は 139.8 (円/\\$) である。

② この PPP は外国為替市場における均衡為替レートではない。また為替レートのトレンドを示すものでもない。日本の例でいえば、

PPPが139.8(円/\$)であるから、為替レートは、115.93(円/\$)よりも円安に向かうであろう、というような外国為替市場の動向を示す指標ではない。

実際にこのPPPを計測しようとするれば、いくつもの困難な問題に直面せざるを得ない。ICPはこの問題にももちろん対処しようとしているが、ここでは若干の問題点のみ挙げておこう。

(i) 各国のPPPを計測しようとするとき、財およびサービスの品目(商品バスケット)を決めなければならない。現在のPPPはGDPの構成要素のなかで150品目(消費110, 投資35, 政府5)が選ばれ、価格が調査されているが、詳細は発表されていない。すべての $i, j$ について $p_{ij}$ の観測データがなければ、PPPを求めることはできない。利用可能なデータのみ限定すれば品目は限られてしまう。この困難に対してはダミー変数を用いる回帰モデルが使われている。

(ii) 同じ財あるいはサービスであっても、国によって質の相違がある。

(iii) PPP作成のため毎年大規模な調査を実施することはできない。5年ごとの調査年以外の年のPPPをいかにして補間するか。また調査年に含まれなかった国のPPPをいかにして推定するか。計量経済モデルを用いて推定しているといわれているが詳細は不明である。

## 5 HDIについて

(i) さて、このようにして作成され、HDR

に報告されているHDIは、一国の開発状況をGDPのみに注目する方法よりは人間開発に広い視野を与える。しかしHDR自ら述べているように、人間開発の重要な側面、意思決定への参加能力、政治的自由、人権などはHDIには含まれていない。これらの諸要因は数量化が難しく、1993年のHDRで数量化されたことがあったが批判を受け、その後数量化されていない。

環境要因や生活の安全性といったこともHDIには入っていない。しかしHDIに次から次へと要因を追加していくことは決して賢明な方法ではない、とアマルティア・センは言う。HDIという、ひとつの指標にもっと多くの要因を含めたとしても、これはそれぞれの変数の重要性を減ずることになり、人間開発の多様性(政治的、経済的、社会的、法的、医生態学的その他多数の要因によって影響を受ける)という問題を改善することにはならない。複雑な現実をたったひとつの尺度で表すことによって失われる情報損失は計り知れない。われわれは人間開発における多様性を認識しなければならない、とセンは述べている。

しかしこれはHDI特有の問題ではない。GDPによって経済状態をすべて表すことができないということと同じである。GDPは定義が明確であるが、HDIはそうではない。人間開発は多様な面をもつからこそ、今のHDIを改善する余地は残されている。

(ii) 前述の4つの要素 $\log GDP, LE, ALR, CGER$ から作られているHDIの値によって、2005年のHDRは0.8以上のHDIの国を高人間開発国、0.8未満0.5以上を中間人間

発国, 0.5 未満を低人間開発国と分類している。*HDI* の値によるこのような分類は固定化されると誤解を与える。

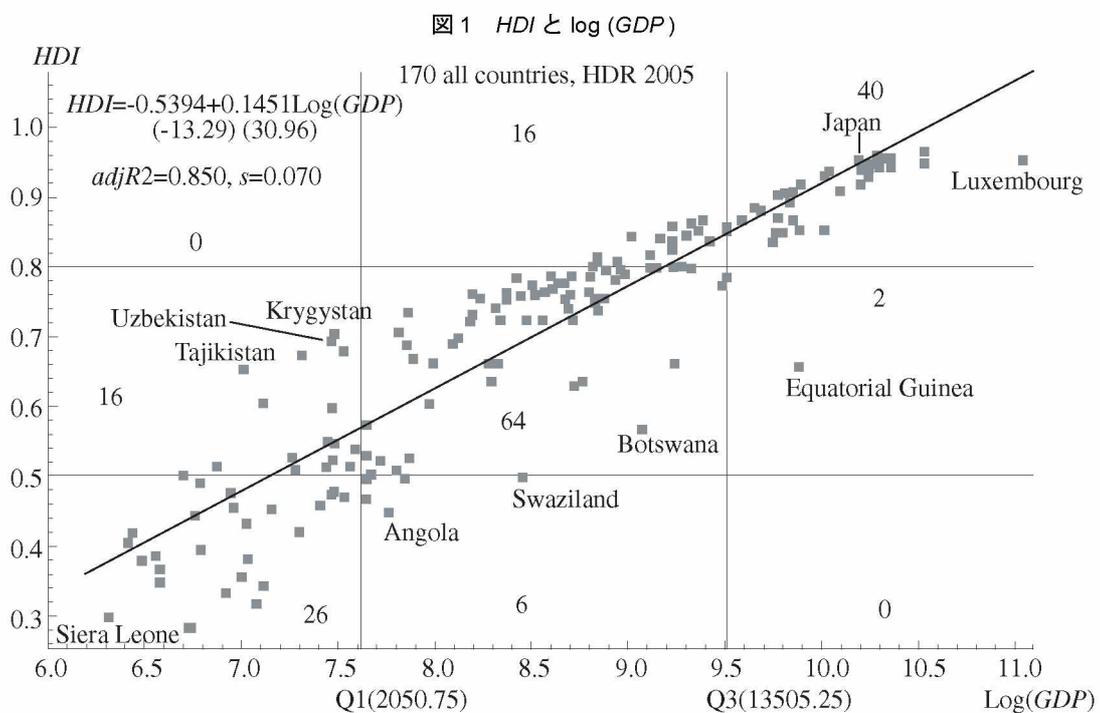
次の2点を指摘しておこう。

(a) 前述したように, *GDP* 指数を (10) 式によって作成すれば *HDI* の値は異なった値となり, 順位も異なってくる。

(b) *HDI* は絶対的数量化ではないから, *HDI* の加減乗除は意味がない。たとえばノルウェーの *HDI* 0.963 とアルゼンチンの *HDI* 0.863 の差 0.100 と, パナマ 0.804 - ベトナム 0.704 = 0.100 は同じであるから, ノルウェーとアルゼンチンの人間開発の程度の差は, パナマとベトナムの間の差と同じである, というような結論は意味がない。あるいは, 日本とスイスの *HDI* を加えて得られる 1.890 はモロッ

コの *HDI* 0.631 の約 3 倍であるから, 日本とスイスの人間開発の総合はモロッコの約 3 倍である, などという議論も全く無意味である。つまり *HDI* は基数的ではなく序数的である。とすれば, *GDP* 指数, 平均寿命指数, 教育指数の, いわば恣意的な単純平均にもとづいて作られている *HDI* の値による順位づけよりも, 次に述べるボルダー法による順位づけの方が良いのではないかと, 思う。

(iii) 3つの指数の単純平均(等ウエイト)は恣意的であると言ったが2つの理由がある。第1に, 図1をみればわかるように, *HDI* はやはり  $\log GDP$  (1人当たり *GDP* (PPP US\$)) と高い正の相関をもっている。したがって *GDP* 指数には他の指数とくらべてもっと大きなウエイトを与えるべきではないか。第2に, 後述



するが、 $\log GDP$ ,  $LE$ ,  $ALR$ ,  $CGER$ の4つの要因による主成分分析の結果は、 $\log GDP$ に圧倒的に高いウエイトを与える。

$HDI$ がさまざまな問題点を有しているとはいえ、 $HDI$ の大きな意義は、 $GDP$ に偏重し過ぎていた経済開発から人間開発へと新たな視点を提供したことにある。

ひとつの分析例として、 $GDP$ の順位と $HDI$ の順位との間の乖離をみてみよう（表3参照）。表3（6）欄のマイナスは $GDP$ の順位より $HDI$ の順位が下位にある国、プラスは $GDP$ の順位より $HDI$ の順位が上位にある国である（HDR2005の177か国ではなく、170か国が対象。国名は表8参照）。

$GDP$ の順位より $HDI$ の順位が下位にあり、順位の差が20以上ある国は、乖離の大きい順に赤道ギニア、ボツワナ、南アフリカ、スワジランド、ナミビア、ガボン、アンゴラ、サウジアラビア、オマーン、イラン、ギニア、カメルーンのアフリカ諸国および石油輸出国である。

サウジアラビア、オマーンのように13,000ドルをこえる高い $GDP$ を有し、 $HDI$ が小さい「開発なき成長」とよばれる国もある。

逆に $GDP$ の順位より $HDI$ の順位が高位にある国は、乖離の大きい順にタジキスタン、モルドバ、キルギス、ウズベキスタン、エクアドル、アルメニア、アルバニア、サントメ・プリンシペ、マダガスカル、コンゴ、モンゴル、グルジア、ベネズエラ、ドミニカ、であり旧ソ連邦に属する国が多い。

図1も参照されたい。横軸 $\log(GDP)$ の目

盛りにある $Q_1 = 2050.75$  (PPP US\$)は170か国の $GDP$ の第1四分位数、 $Q_3 = 13505.25$  (PPP US\$)は第3四分位数である。縦軸 $HDI$ は0.5未満が低人間開発国、0.5以上0.8未満が中人間開発国、0.8以上が高人間開発国である。 $\log GDP$ が $\log Q_1$ 以下であるが $HDI$ 0.8以上の国はないこと、 $HDI$ 中位の国は16か国あり、そのなかにウズベキスタン、キルギス、タジキスタンが含まれること、 $HDI$ 低位の国が26か国あること、 $\log GDP$ が $\log Q_3$ 以上で $HDI$ 低位の国はないこと、中位の国が2か国あり、赤道ギニアがその1国であること、 $HDI$ も上位の国は40か国あることなどが図からわかる。

## 6 ボルダー法による順位づけ

$\log GDP$ ,  $LE$ ,  $ALR$ ,  $CGER$ の4つの指標から作られる $HDI$ は基数的ではなく序数的であることは前述した。数値そのものより順位を問題にする方が良い、ということになれば、ボルダー法にもとづく順位づけが有力な方法である。ボルダー法による順位づけはもともと選挙における当選者の決め方に端を発する。

ボルダー Jean-Charles Borda (1733–1799)はフランス南西部の町Daxで生まれた。彼は数学者、天文学者、物理学者であり、子午線弧の長さの決定、メートル法の制定、重力の測定などに寄与し、1756年科学アカデミー会員となった。ボルダーはフランス造船学校の設立者でもある。死後1804年に『三角関数表』が刊行されている。

表3 HDIの順位とGDPの順位との差

(1) Country	(2) HDI	(3) GDP per capita (PPP US\$)	(4) Rank of GDP	(5) Rank of HDI	(6) = (4) - (5)
1	0.655	19780	28	116	-88
2	0.565	8714	61	125	-64
3	0.658	10346	52	115	-63
4	0.498	4726	96	140	-44
5	0.627	6180	79	120	-41
6	0.635	6397	78	118	-40
7	0.445	2344	122	153	-31
8	0.772	13226	44	73	-29
9	0.781	13584	41	69	-28
10	0.736	6995	69	95	-26
11	0.466	2097	125	149	-24
12	0.497	2561	119	141	-22
13	0.749	6823	73	92	-19
14	0.753	7161	68	86	-18
15	0.317	1174	150	168	-18
16	0.849	22420	23	40	-17
17	0.722	6107	81	98	-17
18	0.505	2443	121	138	-17
19	0.497	2118	124	141	-17
20	0.470	1859	131	148	-17
21	0.341	1210	149	166	-17
22	0.750	6772	75	91	-16
23	0.495	2086	127	143	-16
24	0.753	6950	71	86	-15
25	0.631	4004	104	119	-15
26	0.523	2619	116	131	-15
27	0.791	11287	49	63	-14
28	0.849	19844	27	40	-13
29	0.832	17159	37	50	-13
30	0.420	1476	144	156	-12
31	0.844	18047	33	44	-11
32	0.477	1766	134	145	-11
33	0.663	4148	102	112	-10
34	0.379	1117	151	161	-10
35	0.355	1089	154	164	-10
36	0.333	994	157	167	-10
37	0.738	5938	84	93	-9
38	0.721	5214	91	100	-9
39	0.520	2238	123	132	-9
40	0.941	31465	5	13	-8
41	0.936	30094	9	17	-8
42	0.659	3950	105	113	-8

43	0.602	2892	114	122	-8
44	0.458	1648	142	150	-8
45	0.281	835	162	170	-8
46	0.846	17479	36	43	-7
47	0.475	1742	139	146	-7
48	0.946	37738	2	8	-6
49	0.944	37562	4	10	-6
50	0.930	27756	14	20	-6
51	0.916	27179	17	22	-5
52	0.801	10766	51	56	-5
53	0.778	7595	66	71	-5
54	0.450	1268	147	152	-5
55	0.907	24481	21	25	-4
56	0.866	19210	29	33	-4
57	0.834	12404	45	49	-4
58	0.797	10294	53	57	-4
59	0.752	5880	85	89	-4
60	0.527	2097	125	129	-4
61	0.512	1910	130	134	-4
62	0.949	40000	1	4	-3
63	0.755	6123	80	83	-3
64	0.722	4781	95	98	-3
65	0.431	1115	152	155	-3
66	0.938	27677	15	16	-1
67	0.796	9512	58	59	-1
68	0.795	9230	59	60	-1
69	0.787	7959	63	64	-1
70	0.761	6671	77	78	-1
71	0.720	4230	101	102	-1
72	0.348	711	164	165	-1
73	0.943	29371	11	11	0
74	0.659	2944	113	113	0
75	0.947	30552	8	7	1
76	0.934	27119	19	18	1
77	0.536	1969	129	128	1
78	0.520	1770	133	132	1
79	0.394	877	160	159	1
80	0.367	711	164	163	1
81	0.298	548	170	169	1
82	0.963	37670	3	1	2
83	0.943	27967	13	11	2
84	0.915	20033	25	23	2
85	0.912	19954	26	24	2
86	0.891	18776	31	29	2
87	0.949	30677	7	4	3

88	0.945	28335	12	9	3
89	0.941	27619	16	13	3
90	0.939	27147	18	15	3
91	0.933	22582	22	19	3
92	0.928	22391	24	21	3
93	0.867	17633	35	32	3
94	0.849	13494	43	40	3
95	0.792	7790	64	61	3
96	0.956	31243	6	2	4
97	0.904	19150	30	26	4
98	0.853	13539	42	38	4
99	0.667	2665	115	111	4
100	0.571	2078	128	124	4
101	0.453	1050	155	151	4
102	0.862	14584	40	35	5
103	0.841	11080	50	45	5
104	0.821	10232	56	51	5
105	0.690	3262	112	107	5
106	0.378	648	167	162	5
107	0.904	18126	32	26	6
108	0.901	17971	34	28	6
109	0.792	7277	67	61	6
110	0.697	3361	111	105	6
111	0.385	697	166	160	6
112	0.955	29632	10	3	7
113	0.874	16357	38	31	7
114	0.836	10270	55	48	7
115	0.512	1696	141	134	7
116	0.444	849	161	154	7
117	0.852	11702	47	39	8
118	0.814	9168	60	52	8
119	0.545	1759	135	127	8
120	0.508	1457	145	137	8
121	0.878	15720	39	30	9
122	0.785	6702	76	67	9
123	0.474	1037	156	147	9
124	0.838	9606	57	47	10
125	0.755	5003	93	83	10
126	0.738	4104	103	93	10
127	0.721	3576	110	100	10
128	0.687	2587	118	108	10
129	0.808	7731	65	54	11
130	0.418	621	168	157	11
131	0.404	605	169	158	11
132	0.863	12106	46	34	12

133	0.858	11379	48	36	12
134	0.766	5491	88	76	12
135	0.729	3617	109	97	12
136	0.762	5260	90	77	13
137	0.759	5074	92	79	13
138	0.594	1753	136	123	13
139	0.776	5854	86	72	14
140	0.772	5709	87	73	14
141	0.755	4684	97	83	14
142	0.753	4320	100	86	14
143	0.547	1714	140	126	14
144	0.489	889	159	144	15
145	0.949	26750	20	4	16
146	0.840	8280	62	46	16
147	0.751	3778	106	90	16
148	0.526	1420	146	130	16
149	0.854	10274	54	37	17
150	0.810	6992	70	53	17
151	0.804	6854	72	55	17
152	0.797	6794	74	57	17
153	0.786	6052	82	65	17
154	0.758	4321	99	82	17
155	0.704	2490	120	103	17
156	0.786	5967	83	65	18
157	0.783	5448	89	68	21
158	0.772	4919	94	73	21
159	0.732	2588	117	96	21
160	0.679	1850	132	109	23
161	0.512	965	158	134	24
162	0.499	809	163	139	24
163	0.604	1231	148	121	27
164	0.780	4584	98	70	28
165	0.759	3671	107	79	28
166	0.759	3641	108	79	29
167	0.694	1744	138	106	32
168	0.702	1751	137	104	33
169	0.671	1510	143	110	33
170	0.652	1106	153	117	36

Adjusted *GDP* of Luxembourg 62298→40000

国名は表 8 参照

データは HDR2005

ボルダ―は 1781 年「王立科学アカデミーの歴史」に寄稿した論文“投票による選挙についての覚え書” Mémoire sur les Élections au Scrutin において、選挙で絶対多数によって 1 人を選ぶと、投票者の選好とは異なる人が選ばれる可能性がある指摘した。表 4 の例でボルダ―法を説明しよう。A, B, C 3 人の候補者がおり、21 人の投票者がある。1 人へのみ票を入れ、絶対多数で 1 人を選べば 8 票を得た A が当選である。ところが 1 人のみ記名するのではなく、A, B, C に順位をつけて投票し、表 4 に示されているように 4 通りの順位づけがあったとしよう。3 位に 0 点、2 位に 1 点、1 位に 2 点の得点を与えると、A の得点は

$$2 \times 1 + 2 \times 7 + 0 \times 7 + 0 \times 6 = 16$$

となる。同様にして B は 21, C は 26 である。

表 4 Borda 得点 (例 1)

1 位	A	A	B	C
2 位	B	C	C	B
3 位	C	B	A	A
投票数	1	7	7	6

	A	B	C	Borda 得点	調整 Borda 得点
A	0	(8, 13)	(8, 13)	16	-10
B	(13, 8)	0	(8, 13)	21	0
C	(13, 8)	(13, 8)	0	26	10

A が B より選好されることを  $A \succ B$  と表すと、このボルダ―得点は  $A \succ B$  が 8 人、 $A \succ C$  が 8 人で、この合計 16 としても得られる。表 4 の下にある  $3 \times 3$  の行列で、セル  $(A, B) = (8, 13)$  は  $A \succ B$  が 8 人、 $B \succ A$  が 13 人を示す。A, B, C 3 人のボルダ―得点による順

位は C, B, A となり、ボルダ―得点からは C が当選、B が次点、A が最下位となる。

調整ボルダ―得点によって順位をつけるという方法もある。 $A \succ B$ ,  $A \succ C$  の人数 16 から  $B \succ A$ ,  $C \succ A$  の人数 26 を引いて、 $16 - 26 = -10$  が A の調整ボルダ―得点である。同様にして B, C の調整ボルダ―得点はそれぞれ 0, 10 となる。A, B, C 3 人の調整ボルダ―得点の和は 0 になる。この調整ボルダ―得点によっても C が当選となる。

コンドルセの方法によっても表 4 の例は C が選ばれる。 $N(C \succ A)$  は  $C \succ A$  の投票者数を示すとすると、

$N(C \succ A) = 13 > N(A \succ C) = 8$  かつ  $N(C \succ B) = 13 > N(B \succ C) = 8$  であるから、C が選ばれる、というのがコンドルセの方法である。A については  $N(A \succ B) > N(B \succ A)$  かつ  $N(A \succ C) > N(C \succ A)$  が成立せず、B については  $N(B \succ A) > N(A \succ B)$  かつ  $N(B \succ C) > N(C \succ B)$  が成立しない。

しかしボルダ―の方法とコンドルセの方法がいつも同じ結果をもたらすとは限らない。コンドルセが投票の問題を論じたのは 1785 年であるが、ボルダ―の方法を批判して表 5 の例を示した。

表 5 は 81 人の投票によって A, B, C 3 人のなかから 1 人を選ぶ選挙であり、順位をつけて投票した場合には 6 通りのケースがあったという例である。絶対多数、ボルダ―得点、調整ボルダ―得点による順位でも B が選ばれる。

コンドルセはこれに対して、A, B はともに C より上位にあるから C は除外され、A, B いずれかであるが、 $N(A \succ B) =$

表5 Borda 得点 (例2)

1位	A	A	C	B	B	C
2位	B	C	A	A	C	B
3位	C	B	B	C	A	A
投票数	30	1	10	29	10	1

	A	B	C	Borda 得点	調整 Borda 得点
A	0	(41, 40)	(60, 21)	101	40
B	(40, 41)	0	(69, 12)	109	56
C	(21, 60)	(12, 69)	0	33	-96

表6 Borda 得点 (例3)

1位	A	B	B	C	C
2位	B	C	A	A	B
3位	C	A	C	B	A
投票数	23	17	2	10	8

	A	B	C	Borda 得点	調整 Borda 得点
A	0	(33, 27)	(25, 35)	58	-4
B	(27, 33)	0	(42, 18)	69	18
C	(35, 25)	(18, 42)	0	53	-14

41 > N(B > A) = 40 であるから A が選ばれるべきである、と言う。

しかしコンドルセの方法では当選者を決定できない場合がある。表6は候補者 A, B, C, 投票者 60 人, 順位をつけて投票した場合 5 通りあったというケースである。絶対多数, ボルダ得点, 調整ボルダ得点いずれも B が当選となるが, コンドルセの方法では当選者が決まらない。

A と B は 33 対 27 で A > B

B と C は 42 対 18 で B > C

しかし

A と C は 25 対 35 で C > A

となり, A, B, C どの 3 人についても推移律は成立しない。B が選ばれるためには  $N(B > A) > N(A > B)$  かつ  $N(B > C) > N(C > B)$  でなければならないが, これは成立しない。

ボルダの方法は, たとえば得点であるい

は効用の比較で同じ順位をもつもう少し複雑なケースへ適用することもできる。表7は, A, B, C, D の財に対する消費者 142 人の選好順位を示すとしよう。同じ順位は無差別を示す (候補者を順位づけるとき無差別を許容すれば 4 人の候補者, 142 人の投票者の選挙結果と考えてもよい)。ボルダ得点は A を選ぶが, 調整ボルダ得点では B が選ばれる。コンドルセの方法では選好 1 位の財を (あるいは当選者を) 決めることはできない。

表7 Borda 得点 (例4)

1位	A, B	D	C	A
2位	C	B, C	B, D	C, D
3位	D	A	A	B
投票数	60	45	12	25

	A	B	C	D	Borda 得点	調整 Borda 得点
A	0	(25, 57)	(85, 57)	(85, 57)	195	24
B	(57, 25)	0	(60, 37)	(60, 70)	177	45
C	(57, 85)	(37, 60)	0	(72, 45)	166	-24
D	(57, 85)	(70, 60)	(45, 72)	0	172	-45

社会的選択理論との関連でボルダ得点による順位づけも検討されているがこの論文ではあつかわない。ここではこのボルダの方法によって HDI の順位を求めてみよう。

## 7 ボルダ法による HDI の順位

HDI を構成する 4 つの要因, log GDP, LE, ALR, CGER の値 (いずれも大きいほど順位は上) それぞれに対して順位をつけ, 順位に応じて得点を与える。日本の log GDP を例にとると, 分析対象の 170 か国のなかで順位は 13 位 (ルクセンブルグの GDP は HDR に記されている 62,298 (PPP US\$), CGER も調整しないで報告書の値をそのまま用いている) で

あるから、日本より  $\log GDP$  の値が小さい国は 157 か国、したがって得点 157 を与え、調整ボルダー得点を求めるためには日本より高位の国が 12 か国あるから、157 から 12 を引く。 $LE$ 、 $ALR$ 、 $CGER$  についても同様にして順位をつけ、順位に応じて得点を与える。この 4 つの要因のボルダー得点を合計し、その合計得点を用いて順位をつける。このようにして得られたのが表 8 の Borda, Adj.Borda の欄に示されている順位である。

ボルダー順位、調整ボルダー順位とも日本は 19 位であり、 $HDI$  の順位 11 位より大きく後退する。 $HDI$  の順位が日本より上位の国で、ボルダー順位、調整ボルダー順位で日本より下位になった国はない。逆に  $HDI$  の順位では日本より下位の国でボルダー順位、調整ボルダー順位で日本より上位になった国はオランダ、フィンランド、デンマーク、イギリス、フランス、オーストリア、ニュージーランド、スロベニアであり、ニュージーランドを除けばすべて西欧諸国である。

表 8 からわかるように、ボルダー順位は、とくに高人間開発国の上位の方で、 $HDI$  の値にもとづく順位とかなり大きく異なってくる。ボルダー順位と調整ボルダー順位の間での移動は小さい。

いまボルダー順位の高位 1/3、1~42 位を高ボルダー順位国 (HB とする)、下位 1/3、128~170 位を低ボルダー順位国 (LB とする)、43~127 位を中ボルダー順位国 (MB とする) と分類してみよう。そして  $HDI$  の値 0.8 以上、0.5 以上 0.8 未満、0.5 以下がそれぞれ高 (HH)、中 (MH)、低 (LH) 人間開発国であったから、

この順位とボルダー順位を比較してみよう。このとき次の結果が得られる。

#### $HDI$ の順位とボルダー順位

(i) HHMB (高人間開発国であるがボルダー順位は中位)

次の 14 か国が  $HDI$  0.8 以上の高人間開発国と HDR では位置づけられているが、ボルダー順位では中位の国である。ブルネイ・ダルサラーム、カタール、アラブ首長国連邦、バーレーン、クウェート、コスタリカ、セントキッツ・ネイビス、バハマ、セーシェル、メキシコ、トンガ、ブルガリア、パナマ、トリニダード・トバゴ。

調整ボルダー順位もこの 14 か国が HHMB である。

(ii) MHLB (中人間開発国であるがボルダー順位は下位)

次の 13 か国が  $HDI$  0.5 以上 0.8 未満の中人間開発国であるが、ボルダー順位では下位 1/3 に属する国である。ソロモン諸島、カンボジア、コモロ連合、ラオス、ブータン、パキスタン、ネパール、パプアニューギニア、ガーナ、バングラデシュ、スーダン、コンゴ、トーゴ。

調整ボルダー順位の場合、カンボジアはこの MHLB には入らない。

(iii) LHMB (低人間開発国であるがボルダー順位は中位)

スワジランド、レソトの二国がこの LHMB である。調整ボルダー順位の場合レソトはこの LHMB に入らない。

いずれにせよ、HDR に示されている  $HDI$  の値とその順位は  $HDI$  作成方法に大きく依

表8 HDI, HDIの順位, Borda 順位, 調整 Borda 順位, 主成分分析 HDI の順位

	HDI	Rank	Borda	Adj. Borda	PC1	PC2	Country
1	0.963	1	3	3	6	6	Norway
2	0.956	2	2	2	9	10	Iceland
3	0.955	3	1	1	2	2	Australia
4	0.949	4	18	18	11	9	Luxembourg
5	0.949	4	6	5	12	12	Canada
6	0.949	4	4	4	3	3	Sweden
7	0.947	7	7	7	15	15	Switzerland
8	0.946	8	15	14	13	13	Ireland
9	0.945	9	5	5	4	4	Belgium
10	0.944	10	16	15	14	14	United States
11	0.943	11	19	19	22	20	Japan
12	0.943	11	11	11	10	11	Netherlands
13	0.941	13	7	8	5	5	Finland
14	0.941	13	11	12	8	8	Denmark
15	0.939	15	10	9	1	1	United Kingdom
16	0.938	16	14	13	16	16	France
17	0.936	17	17	16	18	17	Austria
18	0.934	18	22	22	21	21	Italy
19	0.933	19	7	9	7	7	New Zealand
20	0.930	20	20	20	19	19	Germany
21	0.928	21	21	21	17	18	Spain
22	0.916	22	37	37	34	30	Hong Kong, China(SAR)
23	0.915	23	23	23	23	23	Israel
24	0.912	24	29	30	26	27	Greece
25	0.907	25	31	30	27	25	Singapore
26	0.904	26	13	16	20	22	Slovenia
27	0.904	26	32	32	25	26	Portugal
28	0.901	28	26	26	24	24	Korea, Rep. of
29	0.891	29	35	36	35	35	Cyprus
30	0.878	30	24	24	28	28	Barbados
31	0.874	31	35	33	36	36	Czech Republic
32	0.867	32	41	41	42	40	Malta
33	0.866	33	44	44	44	43	Brunei Darussalam
34	0.863	34	33	34	29	29	Argentina
35	0.862	35	29	29	32	33	Hungary
36	0.858	36	25	25	33	34	Poland
37	0.854	37	40	40	40	41	Chile
38	0.853	38	28	28	31	32	Estonia
39	0.852	39	27	27	30	31	Lithuania
40	0.849	40	46	46	41	42	Qatar
41	0.849	40	54	53	56	54	United Arab Emirates
42	0.849	40	38	38	47	44	Slovakia
43	0.846	43	49	49	46	45	Bahrain
44	0.844	44	59	57	54	52	Kuwait
45	0.841	45	42	42	50	49	Croatia
46	0.840	46	39	39	39	39	Uruguay

47	0.838	47	56	58	58	57	Costa Rica
48	0.836	48	34	35	37	37	Latvia
49	0.834	49	45	45	38	38	Saint Kits and Nevis
50	0.832	50	60	60	49	48	Bahamas
51	0.821	51	50	50	48	50	Seychelles
52	0.817	52	58	56	61	59	Cuba
53	0.814	53	46	46	51	51	Mexico
54	0.810	54	51	50	55	56	Tonga
55	0.808	55	52	52	60	58	Bulgaria
56	0.804	56	71	71	64	62	Panama
57	0.801	57	62	63	65	64	Trinidad and Tobago
58	0.799	58	76	76	74	70	Libyan Arab Jamahiriya
59	0.797	59	67	67	67	66	Macedonia
60	0.797	59	43	43	45	47	Antigua and Barbuda
61	0.796	61	61	61	53	55	Malaysia
62	0.795	62	64	63	63	63	Russian Federation
63	0.792	63	79	78	73	72	Brazil
64	0.792	63	52	53	43	46	Romania
65	0.791	65	48	48	52	53	Mauritius
66	0.787	66	72	75	78	77	Grenada
67	0.786	67	69	70	69	67	Belarus
68	0.786	67	65	65	71	73	Bosnia and Herzegovina
69	0.785	69	86	87	97	89	Colombia
70	0.783	70	69	67	76	75	Dominica
71	0.781	71	80	80	68	68	Oman
72	0.780	72	77	77	70	69	Albania
73	0.778	73	66	66	72	74	Thailand
74	0.776	74	72	73	75	76	Samoa(Western)
75	0.772	75	96	97	100	98	Venezuera
76	0.772	75	57	59	57	60	Saint Lucia
77	0.772	75	81	81	62	65	Saudi Arabia
78	0.766	78	55	55	59	61	Ukraine
79	0.762	79	77	79	77	78	Peru
80	0.761	80	72	71	82	82	Kazakhstan
81	0.759	81	62	62	81	79	Lebanon
82	0.759	81	72	74	66	71	Ecuador
83	0.759	81	95	95	88	87	Armenia
84	0.758	84	97	97	95	90	Phlippines
85	0.755	85	91	91	85	85	China
86	0.755	85	86	85	92	95	Suriname
87	0.755	85	83	83	79	80	Saint Vincent and Grenadines
88	0.755	85	82	84	87	86	Paraguay
89	0.753	89	92	93	84	83	Tunisia
90	0.753	89	93	92	94	93	Jordan
91	0.753	89	101	103	93	92	Belize
92	0.752	92	89	89	83	84	Fiji
93	0.751	93	83	82	80	81	Sri Lanka

94	0.750	94	100	99	91	94	Turkey
95	0.749	95	104	105	101	100	Domonican Republic
96	0.745	96	68	67	90	91	Maldives
97	0.738	97	98	96	98	97	Turkmenistan
98	0.738	97	103	101	103	103	Jamaica
99	0.736	99	107	108	106	104	Iran, Islamic Rep.of
100	0.732	100	106	106	102	102	Georgia
101	0.729	101	107	107	110	107	Azerbaijan
102	0.729	101	89	90	86	88	Occupied Palestinian Teriritories
103	0.722	103	109	109	109	109	Algeria
104	0.722	103	88	88	89	96	El Salvador
105	0.721	105	113	113	108	108	Cape Verde
106	0.721	105	85	86	99	101	Syrian Arab Republic
107	0.720	107	116	116	112	112	Guyana
108	0.704	108	101	102	96	99	Viet Nam
109	0.702	109	105	104	104	105	Krygyzstan
110	0.697	110	113	115	114	113	Indonesia
111	0.694	111	118	118	116	116	Uzbekistan
112	0.690	112	119	119	118	118	Nacaragua
113	0.687	113	120	120	119	119	Bolivia
114	0.679	114	115	114	117	117	Mongoria
115	0.671	115	99	100	105	106	Moldova, Rep.of
116	0.667	116	110	110	111	111	Honduras
117	0.663	117	94	94	107	110	Guatemala
118	0.659	118	112	111	115	115	Vanuatu
119	0.659	118	121	121	122	122	Egypt
120	0.658	120	111	112	113	114	South Africa
121	0.655	121	122	122	121	121	Equatorial Guinea
122	0.652	122	123	123	123	123	Tajikistan
123	0.635	123	129	129	125	124	Gabon
124	0.631	124	127	127	124	125	Morocco
125	0.627	125	117	117	120	120	Namibia
126	0.604	126	135	135	135	135	Sao Tome and Principe
127	0.602	127	130	130	128	128	India
128	0.594	128	135	136	138	137	Solomon Islands
129	0.578	129	141	141	148	146	Myanmar
130	0.571	130	137	137	132	133	Cambodia
131	0.565	131	133	134	143	141	Botswana
132	0.547	132	132	133	140	138	Comoros
133	0.545	133	138	139	141	142	Lao People's Dem.Rep.
134	0.536	134	140	140	146	143	Bhutan
135	0.527	135	138	138	134	132	Pakistan
136	0.526	136	131	131	131	131	Nepal
137	0.523	137	125	124	126	126	Papua New Guinea
138	0.520	138	126	126	130	130	Ghana
139	0.520	138	141	142	137	136	Bangladesh
140	0.513	140	124	125	129	129	Timor-Leste

141	0.512	141	133	132	133	134	Sudan
142	0.512	141	128	128	127	127	Congo
143	0.512	141	147	147	151	150	Togo
144	0.508	144	148	148	145	144	Uganda
145	0.505	145	149	149	149	149	Zimbabwe
146	0.499	146	150	150	147	148	Madagascar
147	0.498	147	145	145	139	140	Swaziland
148	0.497	148	146	146	150	151	Cameroon
149	0.497	148	152	152	153	152	Lesotho
150	0.495	150	155	155	157	157	Djibouti
151	0.489	151	144	144	136	139	Yemen
152	0.477	152	151	151	144	145	Maulitania
153	0.475	153	153	153	155	153	Haiti
154	0.474	154	159	159	158	158	Kenya
155	0.470	155	154	154	154	156	Gambia
156	0.466	156	157	158	159	159	Guinea
157	0.458	157	156	156	156	155	Senegal
158	0.453	158	143	142	142	147	Nigeria
159	0.450	159	158	157	152	154	Rwanda
160	0.445	160	162	163	162	162	Angora
161	0.444	161	160	160	160	160	Eritrea
162	0.431	162	161	161	161	161	Benin
163	0.420	163	162	162	163	163	Cote d'Ivoire
164	0.418	164	167	167	164	164	Tanzania, U.Rep.of
165	0.404	165	167	167	165	165	Malawi
166	0.394	166	164	163	166	166	Zambia
167	0.385	167	165	165	168	168	Congo, Dem.Rep.of the
168	0.379	168	166	166	169	169	Mozambique
169	0.378	169	169	169	167	167	Burungi
170	0.367	170	170	170	170	170	Ethiopia

Rank = HDR の *HDI* の rank

PC1 = 標準化変数による主成分分析 ( $\log(GDP)$ ,  $LE$ ,  $ALR$ ,  $CGER$ ) からの rank

PC2 =  $[X_j - \min(X_j)] / [\max(X_j) - \min(X_j)]$  による主成分分析 ( $\log(GDP)$ ,  $LE$ ,  $ALR$ ,  $CGER$ ) からの rank

Borda=Borda score による rank

Adj. Borda=adjusted Borda score による rank

存している。序数的な順位に意味のある指標が *HDI* であるから、順位の決め方はボルダー法が良いのではないかと、という観点からボルダー順位を説明してきた。

*HDI* への全く別の接近法に次の主成分分析がある。

## 8 主成分分析による人間開発指標

人間開発という概念は経済、寿命、健康、教育、環境、安全、自由、人権等々多面的に捉えなければならない。この人間開発の多様性

は自由、人権のように数量化困難な概念もあるが、数値として把握できるいくつかの変数によって表すことができると仮定しよう。

各国の人間開発の状況の相違をこれらの変数によってどのように説明できるかを知りたい。もし、たとえば、4個の変数の線形結合によって各国間の人間開発の差を説明できるならば、他の変数の説明力は弱く、無視することができる。

いま、人間開発の国ごとの変動を説明できると考えられる要因が  $X_1, \dots, X_k$  と  $k$  個あるとしよう。人間開発指標という観測されていない潜在変数 latent variable を  $H$  とすると、線形モデル

$$H = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + u \quad (13)$$

$$E(u) = 0$$

$$X_1, \dots, X_k \text{ の共分散行列 } \Sigma = \{\sigma_{ij}\}$$

と定式化したとき、 $\sum_{j=1}^k \beta_j^2 = 1$  の制約のもとで、 $\sum_{j=1}^k \beta_j X_j$  の変動（分散で測る）をもっとも大きくするような  $\beta_j, j = 1, \dots, k$  を選びたい、というのが主成分分析である。

各国間で変動が小さい要因（極端な場合、すべての国で同じ水準の変数）は国ごとの人間開発の差を説明できない。したがって主成分分析とは、各国間の人間開発の差を説明できると思われる要因  $X_1, \dots, X_k$  を選び、 $\sum_{j=1}^k \beta_j X_j$  の分散が最大となる  $\beta_j, j = 1, \dots, k$  を求めようとする方法である。 $H$  は潜在変数であって観測データではないから回帰分析ではない。

主成分分析を次のステップで行う。

1.  $X_{ji}, j = 1, \dots, k, i = 1, \dots, n$  (国) を

規準化する。

$$Z_{ji} = \frac{X_{ji} - \bar{X}_j}{S_j}, j = 1, \dots, k, i = 1, \dots, n$$

ここで

$$\bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ji}$$

$$S_j = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ji} - \bar{X}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

である。

2.  $Z_1, \dots, Z_k$  の相関行列  $\mathbf{R}$  を求める。

3.  $\mathbf{R}$  の固有値  $\lambda_1, \dots, \lambda_k$  を求め

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_k$$

とする。

4.  $\lambda_j$  に対応する固有ベクトルを

$$\mathbf{v}_j = \begin{bmatrix} v_{j1} \\ \vdots \\ v_{jk} \end{bmatrix}, j = 1, \dots, k$$

とする。

5. 第一主成分は最大の固有値  $\lambda_1$  の固有ベクトル  $\mathbf{v}_1$  を使い、次式によって得られる。

$$P_{1i} = v_{11}Z_{1i} + v_{12}Z_{2i} + \dots + v_{1k}Z_{ki} \quad (14)$$

$$i = 1, \dots, n$$

一般に第  $j$  成分は

$$P_{ji} = v_{j1}Z_{1i} + \dots + v_{jk}Z_{ki} \quad (15)$$

$$j = 1, \dots, k$$

$$i = 1, \dots, n$$

によって得られる。

このとき  $\lambda_j = \text{var}(P_j), j = 1, \dots, k$  の関係があるから

$$\sum_{j=1}^k \lambda_j = \sum_{j=1}^k \text{var}(P_j) = k \quad (16)$$

が成り立つ。したがって第一主成分が

表9 平均, 標準偏差, 変動係数, 最小値, 最大値

	平均	標準偏差	変動係数 (%)	最小値	最大値
<i>LGDP</i>	8.58418	1.14512	13.34	6.30628	11.03968
<i>LE</i>	65.72941	12.43588	18.92	32.5	82
<i>ALR</i>	81.25765	20.64939	25.41	12.8	100
<i>CGER</i>	70.72941	19.79952	27.99	21	123

$\sum_{j=1}^k \text{var}(P_j)$  のどれだけの割合を説明するかは

$$\frac{\lambda_1}{\sum_{j=1}^k \lambda_j} = \frac{\lambda_1}{k}$$

によって測ることができる。

また, 第一主成分と  $Z_j$  の相関  $\rho_{1j}$  は

$$\rho_{1j} = \sqrt{\lambda_1} v_{1j}, \quad j = 1, \dots, k$$

によって与えられる。

6. 主成分分析から人間開発指標は次式で与えられる。

$$H_i = \frac{\sum_{j=1}^k \lambda_j P_{ji}}{\sum_{j=1}^k \lambda_j} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \lambda_j P_{ji} \quad (17)$$

$i = 1, \dots, n$

*HDI* の定義に使われている  $\log GDP$ , *LE*, *ALR*, *CGER* の4変数を用いて主成分分析から人間開発指標を求め, 次に, さらに3変数を追加して主成分分析を行ってみよう。

(1)  $\log GDP$ , *LE*, *ALR*, *CGER* を用いる主成分分析

前と同様, 170か国を対象とする。ルクセンブルグの *GDP*, 100をこえる *CGER* に調整は行っていない。

1. この4つの変数の170か国から計算される平均, 標準偏差, 変動係数 (%) は表9に

示した。この平均と標準偏差を用いて規準化変数  $Z_1, \dots, Z_4$  を作る。

2, 3, 4.  $Z_1, \dots, Z_4$  の相関行列  $\mathbf{R}$ ,  $\mathbf{R}$  の固有値  $\lambda_1, \dots, \lambda_4$ , この固有値に対応する固有ベクトル  $\mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_4$  を求める。

$\mathbf{R}$ ,  $\lambda_1, \dots, \lambda_4, \mathbf{v}_1, \dots, \mathbf{v}_4$  は表10に示されている。(  $X_1 = \log GDP$ ,  $X_2 = LE$ ,  $X_3 = ALR$ ,  $X_4 = CGER$  とそれぞれの規準化変数  $Z_1, \dots, Z_4$  の相関行列は同じである)。

5. 第一主成分は次式で与えられる。

$$P_{1i} = 0.5057Z_{1i} + 0.4887Z_{2i} + 0.4902Z_{3i} + 0.5149Z_{4i}$$

$i = 1, \dots, 170$  (18)

同様にして  $P_2, P_3, P_4$  を求める。

6.  $H_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 \lambda_j P_{ji}$  に  $\lambda_1, \dots, \lambda_4, P_{1i}, \dots, P_{4i}$  を代入して,  $Z_j$  をもとの  $X_j$  に戻して書き直すと次の結果が得られる。

$$H_i = -8.04168 + 0.34923 \log(GDP)_i + 0.025071LE_i + 0.020226ALR_i + 0.024776CGER_i$$

$i = 1, \dots, 170$  (19)

この結果から人間開発指標  $H$  に対して  $\log(GDP)$  のウエイト 0.34923 は圧倒的に他の3変数のウエイトより大きく, 2番目は *LE*, 3番目は *CGER*, *ALR* のウエイトが一番小さいことがわかる。

表 10 相関行列, 固有値, 固有ベクトル

	$\log(GDP)$	$LE$	$ALR$	$CGER$
$\log(GDP)$	1			
$LE$	0.77105	1		
$ALR$	0.70506	0.67851	1	
$CGER$	0.80465	0.72986	0.80347	1

固有値	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$
	3.24776	0.35276	0.24044	0.15904

固有ベクトル	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$
1	0.5057	-0.3172	0.6222	-0.5065
2	0.4887	-0.6193	-0.5983	0.1408
3	0.4902	0.6685	-0.3867	-0.4041
4	0.5149	0.2628	0.3248	0.7486

この結果を  $HDI$  とくらべるとその違いがよくわかる。

$$\begin{aligned}
 HDI &= \frac{1}{3} \left( \frac{\log GDP - \log 100}{\log 40000 - \log 100} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{LE - 25}{85 - 25} \right) \\
 &\quad + \frac{1}{3} \left[ \frac{2}{3} \left( \frac{ALR - 0}{100 - 0} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{CGER - 0}{100 - 0} \right) \right] \\
 &= -0.40065 + 0.05564 \log GDP + 0.00556 LE \\
 &\quad + 0.00222 ALR + 0.00111 CGER \quad (20)
 \end{aligned}$$

となるから, ウエイトは大きい順に  $\log GDP$ ,  $LE$ ,  $ALR$ ,  $CGER$  となり,  $HDI$  では  $CGER$  に対するウエイトが低すぎるのがわかる。

同様に,  $X_j$  から

$$\begin{aligned}
 Z_{ji}^* &= \frac{X_{ji} - \min_i(X_{ji})}{\max_i(X_{ji}) - \min_i(X_{ji})} \quad (21) \\
 j &= 1, \dots, 4 \\
 i &= 1, \dots, 170
 \end{aligned}$$

と変換して主成分分析から人間開発指標  $H^*$  を求めると次のようになる (相関行列は  $Z_j$  の  $\mathbf{R}$  と同じであるから, 固有値, 固有ベクトルも  $Z_j$  のケースと同じ)。

$$\begin{aligned}
 H_i^* &= -8.9998 + 0.084486 \log GDP_i \\
 &\quad + 0.00629 LE_i + 0.00479 ALR_i \\
 &\quad + 0.00481 CGER_i \quad (22) \\
 i &= 1, \dots, 170
 \end{aligned}$$

ウエイトの大きさの順位は  $H$  と同じであり,  $ALR$  と  $CGER$  はほとんど同じウエイトである。いずれにせよ,  $HDI$  は  $ALR$  に過大なウエイト,  $CGER$  に低いウエイトを与えていることがわかる。

この  $H$  と  $H^*$  の値に順位をつけたのが表 8 の  $PC1$  であり,  $PC2$  である。人間開発指標  $H$  からは日本の順位は 22 位へとさらに順位を下げ,  $PC2$  からは 20 位になる。主成分分析からの人間開発指標は, とくに  $HDI$  の高い上位 15 か国ぐらいの間で, ボルダール順位に比べても順位の変動が大きい。 $H$ ,  $H^*$  によればイギリスが 1 位であり, アイスランド, カナダは順位が下がる。

(2)  $\log GDP$ ,  $LE$ ,  $ALR$ ,  $CGER$ ,  $PHY$ ,

MR5, GINI によるボルダー順位と主成分分析

HDI はこれまでみてきたように  $\log$  (GDP), LE, ALR, CGER の 4 変数から作られている。この 4 変数にさらに次の 3 変数を追加してボルダー順位、主成分分析による人間開発指標の順位を求めてみよう。

追加する 3 変数は次の通りである。

PHY = 10 万人当たりの医師数。1990–2004 年の間で利用可能な最新年のもの。HDR2005 Table 06。

MR5 = 出生 1,000 人当たり 5 歳未満死亡率, 2003 年。HDR2005 Table 10。

GINI = ジニ係数。調査年は国によって異なり, 2000 年前後が多いが, 日本は 1993 年と古い。HDR2005 Table 15。

保健医療サービスは医師数のみでなく, 医師の質, サービスへのアクセス, 制度, 経済的負担等々を考慮しなければならないが, 十分なデータがなく, ここでは医師数のみを用いた。

生存状況, 保健衛生状況は平均寿命のみでは不十分である。ここでは, 5 歳未満死亡率も考慮した。5 歳未満の死亡率を 3 分の 2 減少させる, というのはミレニアム開発目標のひとつになっている。

経済関係では GDP 以外に, 所得の不平等を示すジニ係数を新たに入れた。ただし国によって調査年のばらつきが大きく, 2000 年前後ならばともかく, 日本の値は最新年ではなく, 1993 年と古すぎるのは問題である。

MR5, GINI は人間開発にとって値は小

さいほどよい。3 変数を追加したことによって, データの利用可能性から分析対象とした国は 122 か国である。

#### (i) ボルダー順位

前述の 7 変数についてそれぞれ国別に順位づけ, 順位に応じてボルダー得点, 調整ボルダー得点を与え, 7 変数の得点合計によって順位を求めたのが表 13 の Borda, Adj. Borda の欄である。HDI の値も示したので, HDI の値と国名を対応づけることができる。

ボルダー順位と調整ボルダー順位の間での変動は小さい。122 か国のなかで日本は HDI 9 位であるがボルダー順位は 10 位, 調整ボルダー順位では 11 位と少し順位が下がる。

ボルダー順位の上位 5 か国はノルウェー, ベルギー, デンマーク, スウェーデン, フィンランド, 調整ボルダー順位の上位 5 か国も同じである。

オーストラリア, カナダ, アメリカ, イギリス, シンガポールは HDI の順位にくらべてボルダー順位, 調整ボルダー順位はかなり下がる国である。

ボルダー順位で高位 1/3 (1~31 位), 低位 1/3 (92~122 位), 中位 (32~91 位) をそれぞれ HB, LB, MB とし, HDI 0.8 以上を HH, 0.5 以上 0.8 未満を MH, 0.5 未満を LH とすると, 次の結果を得る。

① HHMB (高人間開発国であるがボルダー順位は中位)

シンガポール, アルゼンチン, チリ, クロアチア, ウルグアイ, コスタリカ, メキシコ, ブルガリア, パナマ, トリニダード・トバゴ

② MHLB (中人間開発国であるがボルダー順位

表 11 平均, 標準偏差, 変動係数

	平均	標準偏差	変動係数 (%)	最小値	最大値
<i>LGDP</i>	8.54302	1.16152	13.60	6.30628	10.53842
<i>LE</i>	65.40246	12.99972	19.88	32.5	82
<i>ALR</i>	81.79918	21.73814	26.58	12.8	100
<i>CGER</i>	72.37705	20.37797	28.16	21	123
<i>PHY</i>	167	146	87.43	1	606
<i>MR5</i>	62.77049	67.67311	107.81	3	284
<i>GINI</i>	40.2541	10.42478	25.90	24.7	70.7

表 12 相関行列, 固有値, 固有ベクトル

	<i>LGDP</i>	<i>LE</i>	<i>ALR</i>	<i>CGER</i>	<i>PHY</i>	<i>MR5</i>	<i>GINI</i>
<i>LGDP</i>	1						
<i>LE</i>	0.78261	1					
<i>ALR</i>	0.71432	0.68299	1				
<i>CGER</i>	0.83827	0.74146	0.82403	1			
<i>PHY</i>	0.69666	0.69001	0.7047	0.72782	1		
<i>MR5</i>	-0.82352	-0.89658	-0.81279	-0.79593	-0.6555	1	
<i>GINI</i>	-0.32709	-0.49531	-0.32165	-0.36572	-0.49245	0.36993	1
固有値	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	$\lambda_7$
	5.03279	0.84025	0.41060	0.29215	0.24243	0.12367	0.05811
固有ベクトル	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$	$v_7$
1	0.39878	-0.19995	0.13713	0.45183	0.49452	-0.55285	0.16687
2	0.40195	0.06308	0.52223	0.15411	-0.37043	0.35040	0.52724
3	0.38856	-0.21039	-0.33283	-0.68075	-0.13038	-0.29075	0.35920
4	0.40605	-0.17204	-0.20981	-0.07429	0.53019	0.67558	-0.13592
5	0.37417	0.15930	-0.61913	0.47587	-0.45085	-4.8D-06	-0.14691
6	-0.41144	0.16039	-0.40869	0.19199	0.24342	0.13681	0.72328
7	-0.23296	-0.91164	-0.05763	0.19962	-0.24002	0.10917	0.04421

は低位)

コロンビア, ネパール, パプアニューギニア, ウガンダ, ジンバブエ

調整ボルダール順位でも上記①, ②は全く同じである。①, ②以外の, たとえば HHLB, LHMB などのケースはない。

(ii) 主成分分析

7 変数によって人間開発指標を求めよう。7 変数 (122 か国) の平均, 指標偏差は表 11, 相関行列, 固有値, 固有ベクトルは表 12 に示さ

れている。この固有値, 固有ベクトルを用いて得られる人間開発指標は次のようになる。

$$\begin{aligned}
 H_i = & -4.58819 + 0.25687 \log GDP_i \\
 & + 0.025490 LE_i + 0.009178 ALR_i \\
 & + 0.013988 CGER_i + 0.001751 PHY_i \\
 & - 0.00407 MR5_i - 0.02667 GINI_i
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

係数 (絶対値) の大きい順に  $\log GDP$ ,  $GINI$ ,  $LE$ ,  $CGER$ ,  $ALR$ ,  $MR5$ ,  $PHY$

であり、人間開発における経済的要因の重要性はやはり大きな位置を占める。

(21) 式の型の変数による主成分分析からの人間開発指標は次式になる。

$$\begin{aligned}
 H_i^* = & -0.59833 + 0.070498 \log GDP_i \\
 & + 0.006694LE_i + 0.002288ALR_i \\
 & + 0.002795CGER_i + 0.000421PHY_i \\
 & - 0.00098MR5_i - 0.00604GINI_i \\
 & i = 1, 2, \dots, 122 \quad (24)
 \end{aligned}$$

この人間開発指標  $H$  と  $H^*$  の値および順位は表 13 の  $PC3$ 、 $PC4$  として表されている。 $H$  と  $H^*$  の順位に大きな移動はない。この指標による上位 5 か国はベルギー、スウェーデン、ノルウェー、デンマーク、イタリアである。日本は 16 位 ( $H$ )、14 位 ( $H^*$ ) とかなり順位が下がる。 $HDI$  の順位にくらべて、カナダ、アイルランド、日本、シンガポール、アルゼンチン、チリはボルダー順位と同様、順位がかなり下がる。 $HDI$  の順位にくらべて順位が上がるのは、デンマーク、イタリア、ドイツ、スペインなどがある。国名は  $HDI$  の値によって表 8 を参照されたい。

HHMB にはボルダー順位の 11 か国にポーランドが含まれ、MHLB にはコロンビア、ネパールがこのグループから抜け、ナミビア、ボツワナが入る。MHBB (中間開発国であるが主成分分析の人間開発指標で上位 1~31 位の国) にロシア連邦、ベラルーシ共和国が入る。

## 9 おわりに

$HDI$  について作成方法、意義、ボルダー順

位、主成分分析と考察してきた。 $HDI$  の意義は、 $GDP$  に偏重してきた経済開発を人間開発という人間の多様な側面へと目を向けさせることにあり、 $HDI$  は開発経済学も注目するようになった、という意味でかなり所期の目的を果したとあってよい。

最後にこれまでの分析で明らかになった現行の  $HDI$  の問題点を示しておきたい。

1.  $HDI$  は 3 つの指数 ( $GDP$ 、平均寿命、教育) の単純平均 (等ウェイト) から作られているが、 $\log GDP$  のウェイトが他の 2 つの指数にくらべて低く、逆に  $ALR$  のウェイトが高い。
2.  $HDI$  は絶対的の数量化ではなく序数的であるにもかかわらず数値化されることによって、 $HDI$  は一人歩きする危険性がある。たとえば、 $HDI$  0.5 以上になるよう、あるいは 0.8 以上を達成できるように、 $HDI$  上位の国は低位あるいは中位の国を援助すべきである、というような  $HDI$  の用い方である。
3.  $HDI$  は序数的であるから、ボルダー順位あるいは調整ボルダー順位による順位づけを行った方がよい。
4. 人間開発という多様な概念を、 $\log GDP$ 、 $LE$ 、 $ALR$ 、 $CGER$  の 4 指標で表現できるとは、もちろん、UNDP 自身考えていない。次から次へと新しい変数を  $HDI$  に追加して、ひとつの指標で人間開発の状況を判断することは限界があるとしても、人間開発指標が現行の  $HDI$  のままで良いとは思えない。保健・医療サービス、生存状況、環境要因、 $GDP$  以外の経済的要因などを考慮し、 $HDI$  を改善する余地は残されている。
5.  $HDI$  の順位はボルダー順位、調整ボルダー

表 13 HDI, Borda, 調整 Borda の順位および主成分分析の値と順位

	<i>HDI</i>	Rank of <i>HDI</i>	<i>HDIPC3</i>	<i>HDIPC4</i>	Rank of <i>HDIPC3</i>	Rank of <i>HDIPC4</i>	Borda Rank	Adj. Borda Rank
1	0.963	1	2.38267	1.17489	3	3	1	1
2	0.955	2	2.10764	1.10207	8	8	13	13
3	0.949	3	1.78712	1.03687	20	19	17	17
4	0.949	4	2.43309	1.17677	2	2	4	4
5	0.947	4	1.99731	1.08996	11	11	9	8
6	0.946	4	1.74208	1.02815	23	22	23	20
7	0.945	7	2.60443	1.21776	1	1	2	2
8	0.944	8	2.14068	1.12567	7	7	20	19
9	0.943	9	1.88727	1.06393	16	14	10	11
10	0.943	10	2.07794	1.10188	9	9	6	6
11	0.941	11	2.26573	1.13996	6	6	5	5
12	0.941	11	2.34119	1.16112	4	4	3	3
13	0.939	13	1.96797	1.06294	13	15	26	25
14	0.938	13	1.94481	1.07462	14	13	12	12
15	0.936	15	1.97485	1.08300	12	12	10	10
16	0.934	16	2.28139	1.15980	5	5	15	16
17	0.933	17	1.79519	1.02994	19	20	22	21
18	0.930	18	2.05829	1.10157	10	10	8	7
19	0.928	19	1.90006	1.06069	15	16	13	14
20	0.915	20	1.86343	1.05379	18	18	19	22
21	0.912	21	1.87910	1.05566	17	17	25	25
22	0.907	22	1.17922	0.89490	36	35	36	36
23	0.904	23	1.74571	1.01852	22	23	6	9
24	0.904	24	1.58236	0.98295	26	26	31	30
25	0.901	25	1.54426	0.97202	28	28	27	27
26	0.874	26	1.76568	1.02889	21	21	16	15
27	0.863	26	1.00029	0.84277	39	39	39	39
28	0.862	28	1.68737	1.00287	25	24	20	23
29	0.858	29	1.32607	0.91683	33	33	28	28
30	0.854	30	0.41320	0.71171	49	48	46	46
31	0.853	31	1.40041	0.93456	31	29	29	29
32	0.852	32	1.70009	1.00282	24	25	18	18
33	0.849	33	1.55257	0.97809	27	27	24	24
34	0.841	34	1.27833	0.91204	34	34	34	34
35	0.840	35	1.17148	0.88237	37	37	37	38
36	0.838	36	0.61328	0.76291	46	45	47	48
37	0.836	37	1.34818	0.91955	32	32	30	31
38	0.814	38	0.27690	0.67840	57	53	52	52
39	0.808	39	1.22431	0.89370	35	36	35	35
40	0.804	40	0.22821	0.66250	62	58	50	50
41	0.801	40	0.38782	0.70404	50	50	54	53
42	0.796	40	0.22000	0.66413	63	57	60	60

43	0.795	43	1.41069	0.92912	30	31	33	33
44	0.792	44	0.23161	0.65596	61	61	57	58
45	0.792	45	0.85506	0.80659	40	40	41	41
46	0.786	46	1.43758	0.93442	29	30	32	32
47	0.786	47	0.80853	0.79641	41	41	42	43
48	0.785	48	-0.00708	0.60955	74	74	64	65
49	0.780	49	0.73534	0.77621	43	43	44	43
50	0.778	50	0.15695	0.64212	71	67	67	67
51	0.772	51	0.30111	0.67575	54	54	51	51
52	0.766	52	1.08903	0.84920	38	38	37	37
53	0.762	53	0.15719	0.63305	70	70	70	70
54	0.761	54	0.80593	0.78291	42	42	40	40
55	0.759	55	0.28018	0.66671	56	55	61	61
56	0.759	56	0.73519	0.77489	44	44	42	42
57	0.758	57	0.18067	0.63908	66	69	66	66
58	0.755	58	0.16875	0.64492	68	66	73	72
59	0.755	59	-0.20011	0.55793	79	78	75	75
60	0.753	59	0.24083	0.66035	60	59	63	63
61	0.753	61	0.56989	0.73169	47	47	49	49
62	0.751	62	0.33762	0.68016	53	52	55	55
63	0.750	63	0.18190	0.64770	65	64	74	74
64	0.749	63	0.18301	0.64534	64	65	68	69
65	0.738	65	0.24178	0.65451	59	62	62	62
66	0.738	66	0.24940	0.65652	58	60	64	64
67	0.736	67	0.03057	0.61217	73	73	77	77
68	0.732	67	0.65573	0.75241	45	46	45	45
69	0.729	69	0.36947	0.68528	51	51	57	57
70	0.722	70	0.17956	0.64094	67	68	68	67
71	0.722	71	-0.27015	0.54138	81	79	79	79
72	0.704	72	-0.04595	0.58653	75	75	76	76
73	0.702	73	0.34995	0.66618	52	56	53	53
74	0.697	74	-0.12337	0.56608	77	77	81	81
75	0.694	75	0.50888	0.70470	48	49	47	47
76	0.690	75	-0.08127	0.57825	76	76	78	78
77	0.687	75	-0.25789	0.52167	80	81	80	80
78	0.679	78	0.29079	0.65367	55	63	56	56
79	0.671	79	0.12456	0.62320	72	72	70	72
80	0.667	80	-0.72062	0.43029	84	84	85	85
81	0.663	81	-0.87659	0.39786	86	86	86	87
82	0.659	81	0.15868	0.62992	69	71	72	70
83	0.658	81	-0.82189	0.39891	85	85	82	82
84	0.652	84	-0.15877	0.54061	78	80	59	59
85	0.631	85	-0.53229	0.47439	82	82	84	84
86	0.627	85	-1.43905	0.25490	93	92	86	86

87	0.602	85	-0.66011	0.43424	83	83	83	83
88	0.571	85	-1.31218	0.27496	91	91	93	93
89	0.565	89	-1.71452	0.18204	96	96	91	91
90	0.545	89	-1.04467	0.33428	88	88	89	89
91	0.527	89	-1.26515	0.29916	90	90	90	90
92	0.526	92	-1.15813	0.30728	89	89	94	94
93	0.523	93	-1.78486	0.17567	97	97	106	106
94	0.520	94	-1.47825	0.24204	94	94	95	96
95	0.520	95	-1.03655	0.34128	87	87	88	88
96	0.508	96	-1.55214	0.20117	95	95	96	95
97	0.505	97	-2.06581	0.09393	107	107	102	102
98	0.499	97	-1.85888	0.14176	99	99	107	107
99	0.498	99	-2.23595	0.05405	108	108	98	98
100	0.497	100	-1.91431	0.12779	101	100	103	103
101	0.497	101	-1.99537	0.10641	105	106	101	101
102	0.489	101	-1.39269	0.24841	92	93	92	92
103	0.477	103	-1.98592	0.11512	103	104	100	100
104	0.474	103	-1.81005	0.14887	98	98	99	99
105	0.470	105	-1.97705	0.11983	102	102	111	110
106	0.466	105	-2.01560	0.11201	106	105	104	104
107	0.458	107	-1.99083	0.11783	104	103	108	108
108	0.453	108	-2.29526	0.02566	111	111	110	111
109	0.450	109	-1.87113	0.12645	100	101	97	97
110	0.420	110	-2.47049	-0.00330	115	114	113	113
111	0.418	111	-2.24044	0.04449	109	109	112	112
112	0.404	112	-2.40011	-0.01131	113	115	113	114
113	0.394	113	-2.72878	-0.07354	116	116	116	116
114	0.385	114	-2.38517	0.01003	112	112	115	115
115	0.379	115	-2.43691	-0.00302	114	113	109	109
116	0.378	116	-2.28678	0.03299	110	110	104	105
117	0.367	117	-3.27131	-0.18977	120	120	120	120
118	0.355	118	-2.93553	-0.11915	117	117	117	117
119	0.348	118	-3.20816	-0.17753	118	118	119	119
120	0.341	120	-3.23012	-0.17837	119	119	118	118
121	0.333	121	-3.84908	-0.34292	122	122	122	122
122	0.317	122	-3.71107	-0.29614	121	121	121	121

(1) *HDI*, Rank of *HDI* は *HDI* の値

(2) Borda, 調整 Borda は  $\log(GDP)$ , *LE*, *ALR*, *CGER*, *PHY*, *MR5*, *GINI* の得点からの順位

(3) *PC3* は標準化変数の主成分分析 ( $\log(GDP)$ , *LE*, *ALR*, *CGER*, *PHY*, *MR5*, *GINI*) からの値と順位

(4) *PC4* は  $[X_j - \min(X_j)] / [(\max(X_j) - \min(X_j))]$  の主成分分析 ( $\log(GDP)$ , *LE*, *ALR*, *CGER*, *PHY*, *MR5*, *GINI*) からの値と順位

順位, 主成分分析による人間開発指標の順位の間で, とくに *HDI* 上位国の間でかなりの移動がある。このことは *HDI* 上位国の人間開発状況を *HDI* のみで判断することは難しい, ということを示している。

HDR には OECD 諸国のみを対象とした次のような人間貧困指数 *HPI-2* が報告されている (HDR2005 Table 04)。

$$HPI-2 = \left[ \frac{1}{4}(P_1^\alpha + P_2^\alpha + P_3^\alpha + P_4^\alpha) \right]^{\frac{1}{\alpha}}, \alpha = 3$$

ここで

$P_1$  = 60 歳まで生きられない出生時確率

$P_2$  = 実用的な読み書き能力に欠ける人の割合

$P_3$  = 中位所得の 50 % 未満の人の割合

$P_4$  = 長期失業率 (12 か月以上)

$P_1$  から  $P_4$  いずれも小さい値であるほど望ましいが,  $\alpha = 3$  とすることによって (一般に  $\alpha$  を 2 以上とすることによって) 大きな  $P_j$  の値 (人間開発の貧困な状況) に, より大きなウエイトを与える算式にしている。この *HPI-2* の値を求める国を広げ, *HDI* では不十分な状態を埋めることができる。

*HDI* に焦点を合わせてきたが HDR には人間開発に関するさまざまな指標が報告されている。世界銀行の World Development Indicators とともに各国の人間開発の状況を知らうとするとき, HDR はきわめて有用な情報源である。HDR は Table も含め

<http://hdr.undp.org>

に掲載されている。

(名誉教授)

## Reference

- Anand, S. and Sen, A., The income component of the human development index, *Journal of Human Development*, 1, 2000, 83–106
- Fukuda-Parr, S. and Kumar, A.K.S. (eds.), *Readings in Human Development*, Oxford University Press, 2004
- Gulde, A.M. and Schulze-Ghattas, M., Purchasing power parity based weights for the World Economic Outlook, *IMF Staff papers*, 1993
- Nagar, A.L. and Basu, S.R., Weighting socioeconomic indicators of human development: a latent variable approach, in Ullah, A. et. al. (eds.), *Handbook of Applied Econometrics and Statistical Inference*, Marcel Dekker, Inc, 2002
- Summers, R. and Heston, A., A new set of international comparisons of real product and price levels estimates for 130 countries, 1950–1985, *The Review of Income and Wealth*, 1987, 1–25
- Summers, R. and Heston, A., The PENN World Table (MARK 5): an expanded set of international comparisons, 1950–1988, *The Quarterly Journal of Economics*, 1991, 327–368
- 鈴木有美, 「為替レート関数」, 『応用計量経済学 III』に所収, 多賀出版, 2004
- Todhunter, M.A., *A History of the Mathematical Theory of Probability from the Time of Pascal to that of Laplace*, Macmillan Company, 1865 (安藤洋美訳『確率論史』現代数学社, 2002)
- UNDP, *Human Development Report 1997*, 2004, 2005
- Ward, M., *Purchasing Power Parities and Real Expenditures in the OECD*, OECD, 1985
- World Bank, *World Development Indicators 2005*