

DEA（包絡分析法）を用いた土砂災害危険箇所の順位設定

A ranking setup of the sediment-related disaster dangerous places using DEA (Data Envelopment Analysis)

大石博之^{*}，杉原成満^{**}，光永臣秀^{***}，古川浩平^{****}

Hiroyuki OISHI, Shigemitsu SUGIHARA, Tomihide MITSUNAGA and Kouhei FURUKAWA

^{*}修(理) 山口大学助手 工学部社会建設工学科 (〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1)

^{**}修(工) 中電技術コンサルタント株式会社

^{***}博(工) 山口県土木建築部 砂防課

^{****}工博 山口大学教授 工学部社会建設工学科

In the measure enterprise of the sediment-related disaster for a huge part, it becomes an important point to examine a priority. However, it does not say that a setup of the ranking of an sediment-related disaster dangerous place should evaluate only the danger of disaster simply, and it is necessary to evaluate also from importance of preservation subject. As a method for canceling such a subject, use of Data Envelopment Analysis (DEA) can be considered. This paper actually performs a ranking setup of the sediment-related disaster dangerous place of Yamaguchi Prefecture taking advantage of DEA, and reports the example which tackled a setup of the ranking in the cities, towns and villages unit which serves as useful information when examining a disaster prevention business plan.

Key Words: *sediment-related disaster, Data Envelopment Analysis, ranking setup*

1. はじめに

土砂災害の危険箇所は全国に約20万箇所が存在するといわれており、それらを対象とした防災対策事業を行うことは急務とされているが、膨大な箇所数を対象とした事業となるため実施優先順位を検討することが重要なポイントとなる。しかしながら、土砂災害危険箇所の順位の設定は、単純に災害の危険性のみを評価すればよいというのではなく、災害から守らなければならない保全対象の数や重要度等の視点からも評価を行うことが必要となる。このような問題に対して、従来は評価要因それぞれに重みを設定した上で評点合計等により評価を行うことが多く行われてきたが、要因間の重みが固定されているため、上述したような多様な視点からの評価にはなりえないものであった。また、重みの設定方法に客観性が無いため評価結果が主観的なものとなり、事業者が説明責任を果たせない例もみられた。

このような土砂災害危険箇所の順位設定を取り巻く課題を解消するための手法として、包絡分析法（以下、DEA）の利用が考えられる。DEAは経営効率等を評価する上で有効な方法として紹介される¹⁾ことが多いが、公共事業の優先度分析を行う面でも非常に有効な手法であることが報告されている^{2),3)}。DEAの最も大きな特徴は、要因間に固定した重み付けを行わず、各データの最も有利になる重みを設定した上で相对比较を行い順位を決する部分にある。それぞれのデータが自身にとって最

も有利な条件を与えられた上での順位付けとなるため、各データの「個性」が反映された結果を得ることが出来る。土砂災害危険箇所を例に取れば、災害発生危険性が高い箇所が高順位で評価されるのと同時に、保全対象の重要度が高い箇所についても同じように高評価を与えることができることになる。ここでの重みの設定に関しては線形計画法に基づいて数理的に算出されるため客観的かつ再現性の高い手法であるといえ、事業者の説明責任においても十分な根拠となりうるものと評価できるものである。

本稿で分析対象とした山口県には全県下に約22000箇所もの土砂災害危険箇所が存在しており、その数は全国2位にあたるものであることから効率的な防災事業の展開が求められている背景があった。本稿は、DEAの利点を生かして実際に山口県の土砂災害危険箇所の順位設定を行い、防災事業計画を検討する上で有用な情報となる市町村単位での順位（がけ崩れ・土石流・地すべりの災害全てを考慮した総合順位）の設定に取り組んだ事例について報告するものである。

2. DEAの基本概念

DEAは、解析する各事業体 (Decision Making Unit; 以下DMU)の比率尺度が最大となるように各項目に対して最適な重み付けを行い、相対的効率性を測定する手法である^{4),5)}。

DEAの評価は、効率的なDMU（図-1中の点A, C, D）を結ぶ包絡線（効率的フロンティア）を基準とした比率尺度が用いられ（図-1中の点Bを例にとるとOB/OPで求められる値）、この比率尺度が大きいDMUほど効率的と判断されるものである。

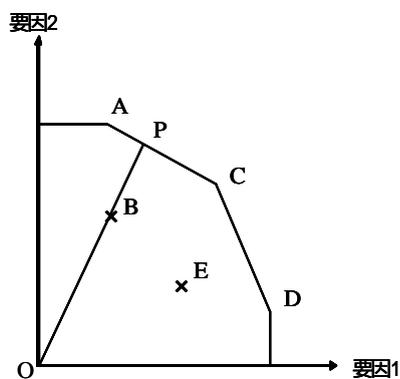


図-1 DEAの概念図

3. 使用データ

分析対象としたデータは山口県内に存在する土砂災害危険箇所（地すべり危険箇所、急傾斜地崩壊危険箇所、土石流危険渓流）のデータベースとした^{6),7),8)}。本稿では急傾斜地崩壊危険箇所については自然斜面・人工斜面それぞれのランクを、土石流危険渓流については渓流を対象とした。表-1に分析対象とした土砂災害危険箇所の内訳を示す。

表-1 山口県内土砂災害危険箇所数一覧

危険箇所種別	危険箇所数
地すべり危険箇所	285
急傾斜地崩壊危険箇所 （自然斜面）	3533
急傾斜地崩壊危険箇所 （人工斜面）	332
土石流危険渓流	2646

4. 分析条件

4.1 分析に用いる要因の決定

土砂災害危険箇所の順位は、単純に災害発生の危険性のみで設定されるべきものではなく、同時に人命、財産などの保全対象項目を総合的に考慮したものである必要がある。

そこで、分析の実施に先立ち、分析用要因の選定を行った。上記の観点から、分析要因は（1）災害発生の危険度に関するもの、（2）保全対象の重要度に関するものの2つの観点を網羅したものから構成するものとした。以下に各要因についての詳細を記す。

(1)災害発生の危険度

災害の発生する危険度（以下、危険度）を評価すること

は危険箇所の順位を設定する上で最も重要な要因のひとつと考えられる。災害発生に関わりの深いものとみられる地形・地質要因を直接DEAの分析要因として用いることも考えられるが、土石流・地すべり・急傾斜地で調査されている地形・地質要因が要因数・内容共に異なっていることもあり、災害の種類によって順位分析結果への危険度の影響度が異なってくる可能性がある。このことから、危険度は関連する地形・地質要因をそのまま分析に用いるのではなく、危険度というひとつの指標として算出したものを要因として使用することとした。危険度を算出する方法については、新規に調査を必要とせず、既往の調査データに基づいて設定が可能な倉本ら⁹⁾の得点法による手法を採用することとした。

(2)保全対象の重要度

災害から保全されるべき対象として、調査データに記載がなされているものとして以下の3要因を挙げることが出来る。

a)人家戸数

土砂災害が発生した際に、被害が及ぶと想定される人家の戸数。被災時に人的被害が大きくなり、社会的影響も大きくなると推測される。

b)公共施設数

公共施設とは、普段から住民が集う可能性が高く、被災時に人的被害が大きくなる可能性が高い施設を指す。公民館、駅、学校などが相当する。

c)災害時要援護者関連施設数

災害時要援護者関連施設とは、土砂災害発生時に非難行動を行うことが困難であり、被災時に人的被害が大きくなる可能性が高い施設のことを指す。幼稚園、老人ホーム、病院などが相当する。

これらはいずれも防災事業の優先度を検討する上では欠かせない要素であることから、分析用の要因として採用し、各々調査カルテに記載されている保全対象の件数をデータとして用いることとした。

4.2 計算モデルの選定

順位設定に用いたDEAの計算モデルは、効率的フロンティア上のデータについても順位が決定できる超CCRモデル^{5),10)}を基本とし、効率的フロンティア上のデータの直下に隠れているデータについても正しく評価できるように考慮された繰り返し計算^{2),3)}の方法を取り入れたものを採用した。

また、本稿の分析では領域限定モデル^{10),11)}の概念も取

表-2 急傾斜地崩壊危険箇所（人工斜面、ランク）順位算出結果（上位15位）

ID	危険度	人家戸数	公共施設数	災害時要援護者関連施設	決定順位
40174	0.95491	82	2	0	1
40029	0.75404	100	1	0	2
40011	1.49038	66	0	0	3
40003	1.40738	25	0	1	4
40078	0.75672	43	1	1	5
40173	0.77062	73	0	0	6
40065	0.89521	0	0	2	7
40259	0.66589	0	0	2	8
40271	1.37169	0	1	0	9
40101	0.64490	62	0	0	10
40099	0.76809	38	1	0	11
40056	1.12492	48	0	0	12
40016	0.97226	52	0	0	13
40201	0.89817	43	0	0	14
40013	1.45304	12	0	0	15

表-3 市町村優先順位 算出例

市町村	カテゴリ（350位毎に分割）			カテゴリ毎の得点						総得点	総得点順位	重心	
	1	2	3	9	10	カテゴリ1 の個数×10	カテゴリ2 の個数×9	カテゴリ3 の個数×8	カテゴリ9 の個数×2				カテゴリ10 の個数×1
下関市	132	110	157	17	5	1320	990	1256	34	5	3605	1	8.5629
岩国市	31	40	22	31	30	310	360	176	62	30	938	2	6.0909
萩市	26	13	30	0	0	260	117	240	0	0	617	3	8.9420
山口市	16	17	5	21	18	160	153	40	42	18	413	4	5.3636
長門市	17	9	4	10	7	170	81	32	20	7	310	5	6.5957
徳山市	2	9	4	30	30	20	81	32	60	30	223	6	2.9733
豊浦町	8	6	9	4	1	80	54	72	8	1	215	7	7.6786
田万川町	7	6	15	1	0	70	54	120	2	0	246	8	8.4828
宇部市	3	5	4	9	7	30	45	32	18	7	132	9	4.7143
豊北町	9	8	4	9	14	90	72	32	18	14	226	10	5.1364

り入れることとし、その限定量は5%とした。これは、土砂災害危険箇所の順位を検討する上で、ある1要因のみに極端に偏った重み付けがなされて評価が行われることが適当でない判断したことによる。例えば、危険度は低いが保全対象数が非常に多い箇所が存在した場合、保全対象の要因にのみ重みが掛けられて上位に順位付けされる可能性が考えられる。このような例では、本来「危険度が低い」ということも評価された上で順位が決められるべきものといえ、領域限定モデルによる分析が適するものと考えられる。

5. 順位の設定結果

5.1 危険箇所毎の順位

危険度、人家戸数、公共施設数、災害時要援護者施設の4要因によって、急傾斜地崩壊危険箇所、地すべり危険箇所、土石流危険渓流の箇所毎の順位設定を行った。順位算出結果のうち、表-2に急傾斜地崩壊危険箇所（ランク：人工斜面）の順位の一部（上位20位まで）を代表例として示す。上位に入ったデータを見ると、それぞれに個性豊かな構成となっているのが見て取れる。ID：40011は危険度が高いもの、2位のID：40029は人家

戸数が多いもの、7位のID：40065は災害時要援護者関連施設数が多いものと特徴付けることが出来る。1位に評価されたID：40174では危険度、人家戸数、公共施設数という複合した要因が目立っており、総合的な評価により1位に抽出されたことが理解できる。これらの事柄は、この分析結果が多様な視点から設定された順位であることを示すものであり、DEAの特徴が生かされたものであるといえる。

また、いずれのデータも単一の要因のみが突出しているようなデータは上位に含まれておらず、領域限定モデルを採用した効果が認められる。

5.2 災害形態別の市町村順位

災害危険箇所毎に求めた順位結果に基づき、市町村単位での災害形態別優先順位の検討を行った。ここでは、以下の方法により市町村単位の順位を求めた。

順位データを10カテゴリに分割して市町村毎に各カテゴリの計数値を求める。

その計数値に対してカテゴリランクに応じた重みを掛けて得点とし、その合計を対象市町村の総得点として

比較を行い、順位を決定する。

対象市町村のデータについて、上記総得点を箇所数で除した値を重心値として求める。総得点順位で同率順位となったものについては重心の高いものを上位とする。

表-3に上記手順を模式的に表した市町村順位算出例を示す。ここで、市町村の区分および名称については、分析の基礎データとなる災害危険箇所調査データに記載されていたものを基本としているため、合併前の旧区分が用いられている。

表-4(1)~(4)にそれぞれの災害種類毎の市町村順位の算出結果を示す。順位構成はそれぞれで異なっており、

災害発生の地域性が良く反映されたものと判断できる。

5.3 総合優先順位の設定

前節までは、地すべり、がけ崩れ、土石流の3つの災害形態別に市町村毎の優先順位を検討した。しかし、現実的に防災事業を実施することを考えた場合、単独の災害形態にのみ着目して事業計画を検討することはなく、総合的な災害対策としての計画が為されるものと考えられる。そこで、全ての災害形態を総合的に考慮した上で、市町村の優先順位を設定することを試みた。

ここでは再びDEAによる分析を行った。前節での分析結果の通り、災害形態毎に市町村の順位は大きく異なっている。各市町村が抱える防災対策上の「個性」を客観

表-4(1) がけ崩れ 市町村単位での順位（自然斜面、上位10位）

市町村	カテゴリ（350位毎に分割）										総得点	重心 （総得点/箇所数）	総得点 順位
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
下関市	132	110	157	106	96	52	45	26	17	5	5441	7.294	1
岩国市	31	40	22	22	25	27	28	41	31	30	1612	5.428	2
萩市	26	13	30	23	14	12	5	7	0	0	963	7.408	3
山口市	16	17	5	12	13	17	16	24	21	18	796	5.006	4
長門市	17	9	4	7	12	11	9	6	10	7	540	5.870	5
徳山市	2	9	4	9	9	16	11	10	30	30	494	3.800	6
豊浦町	8	6	9	13	11	15	3	7	4	1	480	6.234	7
田万川町	7	6	15	8	13	7	7	3	1	0	452	6.746	8
宇部市	3	5	4	11	10	12	15	20	9	7	449	4.677	9
豊北町	9	8	4	6	4	10	14	13	9	14	437	4.802	10

カテゴリ1は1~350位まで、2は351~700位まで・・・のランクに入る危険箇所数を示したもの

表-4(2) がけ崩れ 市町村単位での順位（人工斜面、上位10位）

市町村	カテゴリ（33位毎に分割）										総得点	重心 （総得点/箇所数）	総得点 順位
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
下関市	20	13	15	9	5	4	3	3	5	3	584	7.300	1
岩国市	1	5	6	5	4	2	3	1	2	0	191	6.586	2
宇部市	3	3	3	3	3	0	7	6	4	8	182	4.550	3
下松市	2	2	2	2	2	5	1	1	0	0	112	6.588	4
防府市	1	0	1	1	1	3	4	5	3	2	85	4.048	5
熊毛町	2	1	1	2	2	1	0	0	2	1	73	6.083	6
山口市	0	1	0	0	3	5	2	1	3	2	71	4.176	7
小郡町	0	2	0	1	1	2	1	0	1	2	49	4.900	8
小野田市	1	1	0	0	1	1	1	1	3	6	49	3.267	9
大島町	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	39	5.571	10

カテゴリ1は1~33位まで、2は34~66位まで・・・のランクに入る危険箇所数を示したもの

表-4(3) 土石流 市町村単位での順位（上位10位）

市町村	カテゴリ（265位毎に分割）										総得点	重心 （総得点/箇所数）	総得点 順位
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
岩国市	35	25	24	19	19	9	10	18	10	6	1179	6.737	1
徳山市	15	8	11	20	8	23	34	34	40	42	973	4.140	2
山口市	8	14	17	15	14	20	14	17	13	15	779	5.299	3
防府市	14	13	17	14	12	14	13	11	14	4	750	5.952	4
周東町	6	16	8	7	9	12	9	14	7	9	532	5.485	5
錦町	8	4	11	15	15	14	7	6	7	2	531	5.966	6
萩市	8	8	12	10	10	5	3	13	11	11	487	5.352	7
下関市	8	15	9	8	1	6	9	9	9	9	469	5.651	8
大島町	15	12	6	6	4	10	1	6	7	5	463	6.431	9
美和町	11	1	5	13	12	14	5	9	8	6	461	5.488	10

カテゴリ1は1~265位まで、2は266~530位まで・・・のランクに入る危険箇所数を示したもの

表-4(4) 地すべり 市町村単位での順位(上位 10 位)

市町村	カテゴリ (29位毎に分割)										総得点	重心 (総得点/箇所数)	総得点 順位
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
油谷町	8	4	3	5	6	3	0	0	0	1	227	7.567	1
徳山市	2	6	2	4	1	1	0	2	1	4	141	6.130	2
下関市	6	1	2	2	0	2	1	1	0	1	117	7.313	3
豊北町	2	2	4	1	1	3	0	3	3	0	113	5.947	4
日置町	0	2	2	0	4	0	2	1	1	1	72	5.538	5
錦町	4	1	0	0	1	1	2	0	0	0	68	7.556	6
防府市	1	1	1	3	0	1	2	0	1	0	63	6.300	7
柳井市	0	1	2	1	1	2	0	2	3	2	62	4.429	8
岩国市	0	2	1	2	1	0	1	2	1	2	60	5.000	9
宇部市	0	2	1	1	2	0	1	0	3	0	55	5.500	10

カテゴリ 1 は 1~29 位まで、2 は 30~58 位まで・・・のランクに入る危険箇所数を示したもの

表-5 総合順位算出結果(上位 15 位)

ID	市町村	急傾斜地 危険箇所 (自然)	急傾斜地 危険箇所 (人工)	土石流 危険渓流	地すべり 危険箇所	総合順位
41	下関市	1	1	8	3	1
20	徳山市	6	15	2	2	2
5	岩国市	2	2	1	9	3
26	防府市	11	5	4	7	4
28	山口市	4	7	3	14	5
50	萩市	3	18	7	21	6
21	下松市	13	4	13	20	7
14	柳井市	18	17	16	8	8
34	宇部市	9	3	51	10	9
9	錦町	15	-	6	6	10
49	油谷町	25	25	35	1	11
45	豊北町	10	-	41	4	12
42	豊浦町	7	11	26	32	13
46	長門市	5	13	15	-	14
3	東和町	16	16	11	31	15

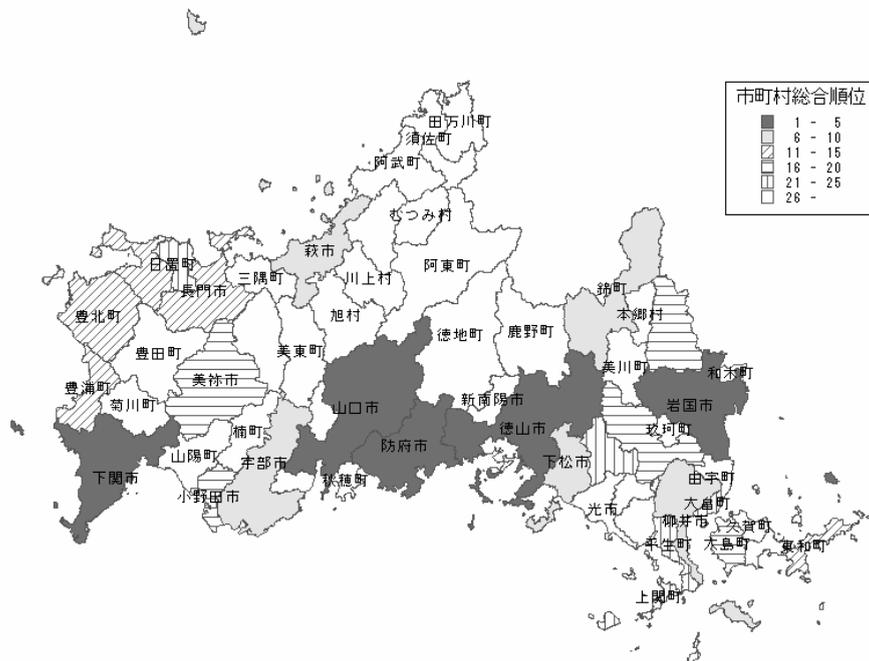


図-2 総合順位の分布

的かつ総合的に評価した上で総合的な順位は決定されるべきものであると考え、そのためにはDEAの利用が最適と判断した。

総合市町村順位算出のための要因は、地すべり、がけ崩れ(自然斜面)、がけ崩れ(人工斜面)、土石流それぞれに算出された市町村順位とした。計算モデルは危険

箇所毎の順位を算出した時のものに準じ、超CCRモデルを基本として繰り返し計算・領域限定5%を付加したものを採用した。

総合順位の算出結果を表-5に、順位ランクで色分けした全県図を図-2に示す。この結果、総合順位1位となったのは全般的な災害で順位の高かった下関市となり、以下徳山市、岩国市が続いた。地すべりの順位が突出して高かった湯谷町に関しては11位に評価された。ここでもDEAの特徴により、客観的かつ偏りのない評価が出来たものと考えられる。

6. まとめ

本研究では、DEAを駆使することにより、これまで客観的な順位付けの困難だった土砂災害危険箇所の順位を設定することに成功した。最終目標であった総合市町村順位に関しても、地域毎の災害発生の特色を考慮しながら客観的かつ偏りのない評価が出来たものと考えられる。これは、今後地域の防災事業を展開する中で住民への説明責任を果たすための基本資料となりうるものと考えられる。今回の分析では災害発生危険度と保全対象に関する要因を用いたが、今後の事業の進展によっては現況の対策工の実施状況や予想される対策費用等の要因を加えての検討を行うことも考えられ、さらに多くの局面での応用が期待される。

参考文献

- 1) 朝倉邦造：経営効率ハンドブック，朝倉書店，2000
- 2) 佐藤丈晴，海原荘一，荒川雅生，足立心也，古川浩

平：災害防除施設施工優先度の設定手法に関する研究，土木学会年次学術講演会講演概要集 Vol.58, p -414, 2003

- 3) 海原荘一，荒川雅生，佐藤丈晴，中山弘隆，古川浩平：包絡分析法を用いた客観的な急傾斜地崩壊対策施設整備優先順位設定法，砂防学会誌，Vol.57, No.2, p39-47, 2004
- 4) Charnes, A., Coopers W.W., Rhodes, E. : "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", European Journal of Operational Research, 2, p.429-444, 1978.
- 5) 八木俊朗，荒川雅生，芝山宗昭，中山弘隆，尹禮分，石川浩：データ包絡分析法を用いたトレンド分析法の開発，第11回設計工学・システム部門講演会講演論文集，p.80-81, 2001
- 6) 地すべり危険箇所調査データベース，山口県土木部砂防課，1997
- 7) 急傾斜地危険箇所等点検調査データベース，山口県土木部砂防課，2000
- 8) 土石流危険渓流および土石流危険区域調査データベース，山口県土木部砂防課，2000
- 9) 倉本和正，守川倫，鉄賀博己，荒川雅生，中山弘隆，古川浩平：斜面要因を考慮した斜面毎の非線形がけ崩れ発生限界雨量線の設定手法とその崩壊予測精度，土木学会論文集，第707号/ -55, pp.67-81, 2002
- 10) 刀根薫：経営効率性の測定と改善，日科技連，1998
- 11) 荒川雅生：データ包絡分析法を用いた設計の評価，日本機械学会システム設計最適化における革新（講習会教材），pp.31-37, 2001