

## 統計解析技術の土木適用事例



所属名：（社）建設コンサルタンツ協会  
          (株)エイトコンサルタント

発表者：佐藤 丈晴

### 1. はじめに

近年、土木構造物や危険箇所の点検、診断等が実施され、膨大なデータが蓄積されている。また、降雨、水位、流量等の連続観測も多地点で実施されており、防災業務等の基本データとして整理されている。

これらの蓄積されたデータは、効率的な防災対策や維持管理等に非常に有効と考えられる。しかしながら、これらのデータの活用する技術については、まだ発展途上の段階であり、十分に活用できているとはいえない。

本発表では、これら豊富なデータを有効活用することによって、土木分野において効率的かつ効果的な知識を得ることが可能な技術と事例の紹介を行う。以下の4ケースを紹介する。

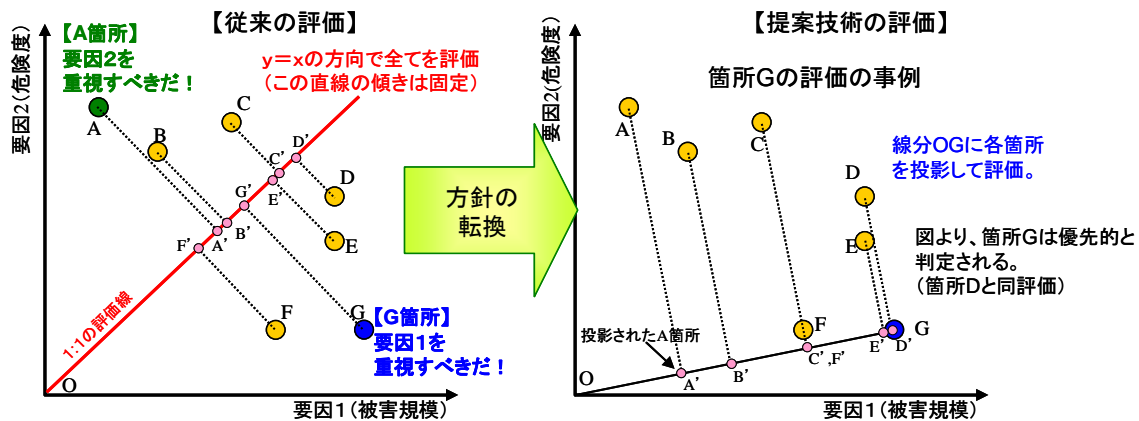
- ・ 事業優先順位設定手法（NETIS：CG-060015）<sup>1)</sup>
- ・ 流量予測技術を応用した工事影響評価事例
- ・ 道路通行規制基準雨量の設定事例
- ・ 災害あるいは交通事故の原因となる要因の組合せ抽出事例

### 2. 事業優先順位設定手法（NETIS：

### CG-060015）の考え方と実施事例

土砂災害防止施設施工の優先度を判定するには、多様な評価要因が複雑に関与しているため、それらの評価要因間の重み付けが困難である。また、それらの重み付けは評価者の主観によって設定されるため、評価者が変わるごとにその重み付けも変化し、一定の評価が得られない。そのため、それらの重み付けの設定根拠を説明することが非常に困難である。

図-1に本手法の評価の概要を示す。AからGの箇所について二つの要因（被害規模(要因1)と危険度(要因2))で優先順位を付ける場合、重み付けを1:1で評価すると図-1の左図となる。1:1の評価は傾き45°の数直線に全箇所を投影し、原点から遠いほど優先度が高くなるという評価と同意である。D⇒CとE⇒G⇒B⇒A⇒Fという順位がつく。しかし、G箇所の住民は被害規模が大きいことから被害規模を優先するような評価を要望する。A箇所の住民はその逆である。この1:1の固定した重み付けに明確な根拠があれば、説明可能であるが、評価者の主観で設定されている場合、納得のいく説明が難しい。



例えば、2要因で1:1の重み付けの評価を実施すると、 $y=x$ に投影された位置の順番で判定されるが、直線の傾き(2要因の重みのつけ方)は一般的な基準がない。

例えばG箇所最適条件は線分OGの方向。そのときの他箇所の評価は、OGに投影(点線)した点の評価となる。各箇所の最適条件(線分の傾き)は箇所毎に異なる。

図一 1 事業優先順位設定手法の考え方

住民は、関わりの深い箇所を最優先として、行政に対応してほしいということで要望する。これに対応するためには、その関わりの深い箇所において住民が最も評価を要望する条件で優先順位を検討することで、納得が得られると考えた。そこで、各危険箇所の評価要因に対して、住民が最も評価を要望されている(住民が最も優先して欲しいと判定する)条件で重み付けを行い、その条件で該当箇所と他全ての箇所とを相対比較することで、目的が達成できると判断し開発を行った。

図一 1 の右図に、提案手法の考え方を示した。G 箇所において、最も都合の良い評価(重み付け)は、線分 OG の方向である。この線分に直交するように各箇所を投影し、箇所 G との位置関係を比較する。箇所 G が原点 O から遠い位置にあれば、箇所 G は優先的と判定される。これを全ての箇所で同様に実施し優先度を評価する。

該当箇所における最適条件でその箇所と他全ての箇所を比較した結果、他の箇所より優先度が劣るという判定となった場

合、どのような条件においても、該当箇所が最優先とならないことを意味している。このような評価が客観的に求められれば、考え方及び評価方法について説明を容易に行うことが可能となる。

このような考え方を実行することが可能な手法の一つである包絡分析<sup>2)</sup>(DEA: Data Envelopment Analysis)を応用し、事業優先順位設定手法(NETIS:CG-060015)を開発した。

### 3. 流量予測技術を応用した工事影響評価

本件は、トンネル工事において周辺溪流の水を農業用水として利用していたが、工事の進捗とともに流量が減少したということで、工事の影響かどうかを定量的に評価することを依頼された案件である。

通常は工事前から、連続観測を実施しているが、本溪流では実施されておらず、施工業者が観測していた数点のポイント観測値のみであった(図-2)。

そこで、検討の方針として、早急に連続観測を実施し、トンネルの影響があったと推定されるときは降雨と流量の関係を明確にする。そして、相関式や個々の観測値な

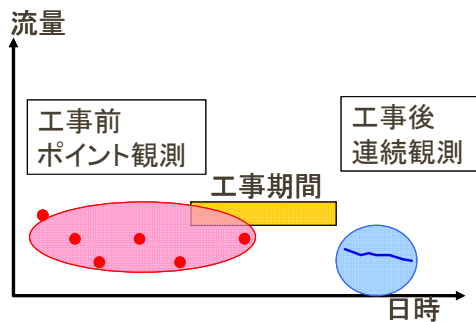


図-2 本事例の観測状況

どのばらつきを考慮して、統計的な予測区間を算定し、工事前のポイント観測データが、予測区間に含まれているかどうかを確認することで、工事の影響を評価することを提案した。

予測区間の算定には、ニューラルネットワーク (Neural Network) を採用した。解析結果を図-3に示す。工事後の降雨-流量相関関係から予測区間を設定し、工事前の降雨に対して、工事後の条件で予測される流量の領域を予測区間として示した。ここに含まれる可能性は95%で算定した。

しかしながら、実際の工事前の観測値 ( $\Delta$ で表示) はいずれも予測区間よりも3倍から4倍の値を示しており、大きく乖離している。この判断として、工事前の3回の観

測データがたまたま予測区間を外れたのではなく、何らかの影響 (つまり工事の影響) で工事後の流量が減少したと考えるのが妥当であると判断した。

#### 4. 道路通行規制基準雨量の設定

道路通行規制区間においては、近年防災事業が集中的に実施されているため、区間安全度が向上している。しかしながら、通行規制基準はほとんど変更されておらず、無災害時に通行止めになるケースが多い。近年の降雨状況を勘案した効果的・効率的な通行規制基準の見直しを実施することが望ましい。

本件は、生活道路として使用している地元住民のご指摘により規制の緩和を実施した事例である。

そこで、既往の10年間の災害事例と降雨データを活用して、降雨データ密度分布から、災害安全度の高い降雨領域と危険な領域を判別する方針を採った。既往の降雨データを統計的に処理することで、効果的・効率的な通行規制基準の設定が可能と考え

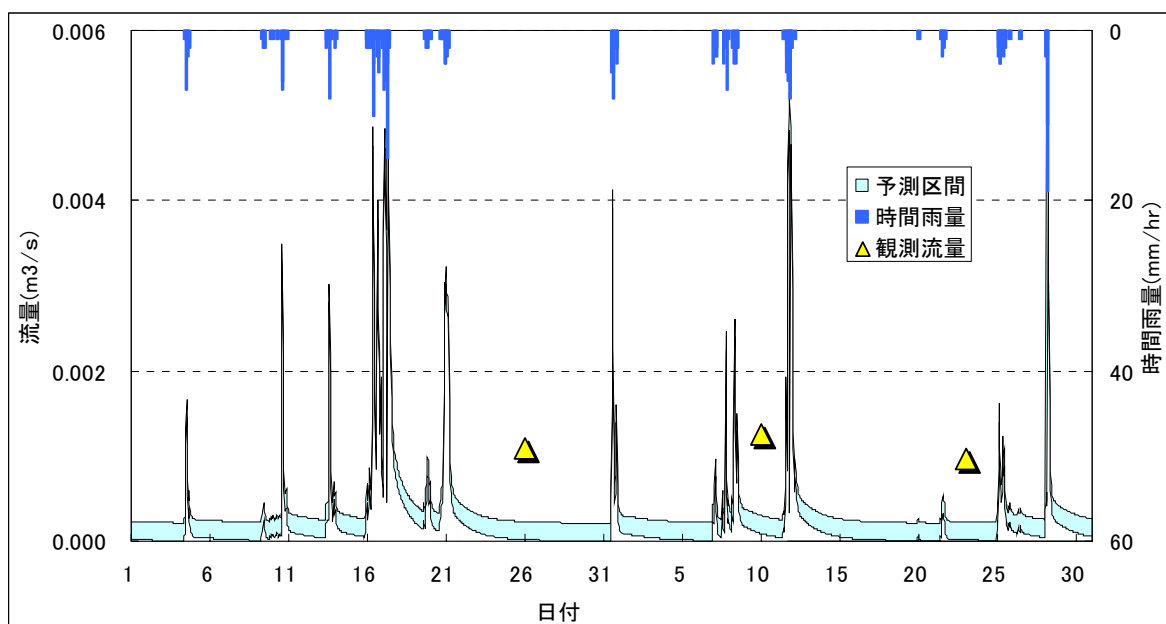
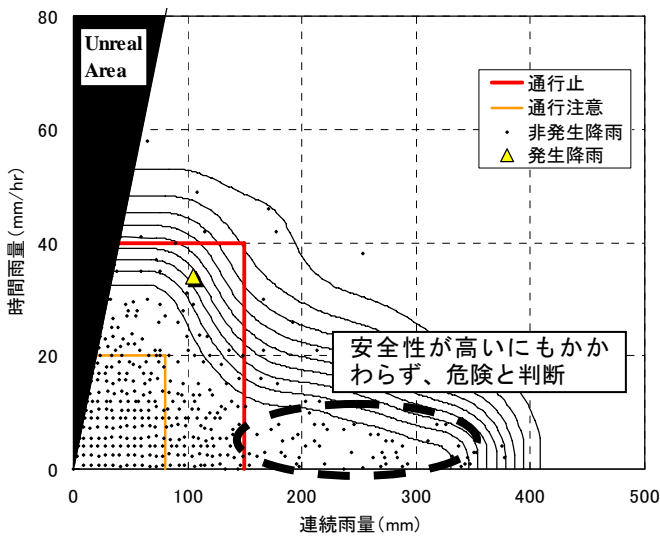


図-3 工事後の相関関係から工事前の流量予測結果 (区間) とポイント観測値との乖離

表－1 現行基準と提案基準の精度比較

		CL超過 降雨数	CL未超 降雨過数	一連 降雨数	発生			非発生		
					降雨数	CL超過 降雨数	的中率 (%)	降雨数	空振り数	空振り頻度 (回数/年)
現行基準	注意基準 時間20(mm) 連続80(mm)	96	1474	1570	1	1	100	1569	95	9.5
	規制基準 時間40(mm) 連続150(mm)	13	1557	1570	1	0	0	1569	12	1.2
提案基準	注意基準 等高線0.9	21	1549	1570	1	1	100	1569	20	2.0
	規制基準 等高線0.1	4	1566	1570	1	0	0	1569	3	0.3



図－4 現行基準と解析結果

検討を行った。

図－4に解析結果を示す。図中の9本の等高線が、過去10年間の降雨分布より得られた等危険度線を示している。この図より現行基準は、長期の降雨に対して厳しい基準となっている。

表－1に現行基準と提案基準の精度比較を示した。この結果を基に、通行止め基準を一番外側の等高線(0.1)、通行注意基準を一番内側の等高線(0.9)を採用した。どの等高線を用いるかは、道路管理者の考え方を踏まえて決定する必要がある。

### 5. まとめ

以上に統計解析の適用事例を整理した。(4つ目の事例は紙面の都合上削除した) いずれの事例も数学的根拠に基づいた客観

表－2 統計解析で可能な目的と事例

目的	事例
予測・説明	地下水位・河川流量の予測 工事の影響評価・トラブルの原因説明
判別	基準雨量、通行規制基準の設定 地下水起源の判定
データの縮約	重要調査項目の抽出 多項目の要因の影響度判定
優先度判定・総合評価	施設対策・補修・調査優先度設定 事業の効率性及び目標値の算定
ルール抽出	事故及び災害発生の規則性の抽出

的な判定を行っており、従来と比較して説明が容易である。

このように、データ収集技術が確立されつつある現状において、効果的効率的な分析・検証を行う手法が要求されている。表－2に、主な実施事例を整理した。

今後、整理されたデータベースを有効活用できる本技術は今後維持管理、点検等行政判断の客観的資料となりうるものと考えられる。

### 【参考文献】

- NETIS 新技術情報提供システム (事業優先順位設定手法: CG-060015)  
([http://www.kangi.ktr.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetail1.asp?REG\\_NO=CG-060015&TabType=2&nt=nt](http://www.kangi.ktr.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetail1.asp?REG_NO=CG-060015&TabType=2&nt=nt))
- 佐藤丈晴, 尹禮分, 古川浩平; 事業優先順位設定手法の適用事例, 日本地すべり学会誌, Vol44, No.1(177), pp.46-49, 2007.5