

農業水利施設の維持管理負担の分析に対する統計的因果探索の適用可能性

Applicability of statistical causal search to analysis of burden with maintenance for structures

○桑山 大輝*・工藤 庸介*・木全 卓*

Daiki KUWAYAMA*, Takashi KIMATA*, Yousuke KUDO*, and Takashi KIMATA*

1. はじめに 近年、ストックマネジメントの観点から農業水利施設の維持管理の重要性が増し、施設の多面的機能の発揮が求められていることから、維持管理にかかる負担は従来よりも増大している。維持管理を持続的に行うには、農業構造の変化も踏まえ、担い手の負担感を軽減する必要がある。そこで、著者らはこれまでに、維持管理活動に対する負担感や参加意欲の構造の分析を行い、影響要因間の相関関係を明らかにしてきた¹⁾。しかし、負担感の軽減に寄与する影響要因を明らかにするためには、どの要因が原因となって負担感が生ずるのか、といった因果関係を調べる必要がある。そこで本研究では、施設の維持管理に対する負担感の構造に内在する因果関係を明らかにするために、統計的因果探索²⁾という手法の適用可能性を考察した。

2. 研究方法 本研究では、国営事業等で整備された環境配慮型施設に対し、2007年に実施したアンケート調査の結果³⁾を使用した。このデータについて、クロス分析、数量化Ⅱ類という従来の手法による分析結果と、統計的因果探索の結果とを比較検討する。統計的因果探索とは、関係性を調べたい変数 x を、誤差変数 e と因果関係を示す係数 b とを用いて、 $x_i = \sum b_{ij}x_j + e_i$ で表される線形式（LiNGAM モデル）から因果関係を推定する手法である²⁾。因果推定には、統計解析ソフト R の LiNGAM パッケージ⁴⁾を用いた。

Table 1 クロス分析の例 (1)
Cross analysis example (1)

		維持管理活動主体							計
		受益農家	受益非農家	関係団体	外団体	経験者	行政	その他	
維持管理活動内容	点検・巡回	271(2.74)**	121	238	8	2	54	1	695
	草刈り・泥上げ	415	219	388	13	2	102	0	1139
	運転操作	26	12	22	0	4(9.01)**	4	0	68
	清掃活動	253(-2.91)**	186(2.32)*	301	14	0	76	1	831
	補修等	53	27	51	0	1	20	1	153
	活動全て	133	87	150	13(2.95)**	0	47	1	431
	その他	3	1	1	0	0	1	0	6
	なし	0(-2.52)*	1	2	0	0	9(7.81)**	0	12
計	1154	654	1153	48	9	313	4	3335	

$\chi^2 = 188.4$, $p < 2.2 \times 10^{-16}$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, 括弧内は残差を示している

3. クロス分析との比較 アンケートの設問ごとにクロス表を作成し、各変数間の相関関係を分析した。**Table 1** は 1%水準で有意な結果が得られたものの例であり、維持管理活動の具体的な内容と活動主体との間に有意な関係があることがわかる。しかし、活動内容によって活動主体が決定されるのか、あるいはその逆かという因果関係については、このクロス表だけで判断することができない。そこで、同じ 2 つの変数について統計的因果探索を行ったところ、**Fig.1** の結果が得られ、活動内容が原因となって、活動主体が決定されるという因果関係が発見された。

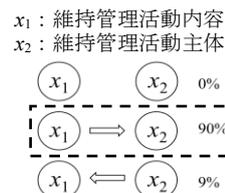


Fig.1 因果推定結果 (1)
Result of causal estimation (1)

*大阪府立大学大学院生命環境科学研究科：Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Pref. Univ.
 キーワード：農業水利施設，維持管理負担，統計的因果探索，LiNGAM モデル

4. 数量化Ⅱ類との比較

次に、「苦情の有無」という設問を負担感の有無と見なして目的変数とし、その他の設問を説明変数として数量化Ⅱ類による分析を行った(判別率は86.2%)。説明変数の重要度を表す判別係数のレンジの上位3項目をFig.2に示す。判別分析では、説明変数が原因で目的変数が結果という因果関係が仮定されているが、因果推定の結果(Fig.3)は、必ずしもこの因果関係と一致しなかった。

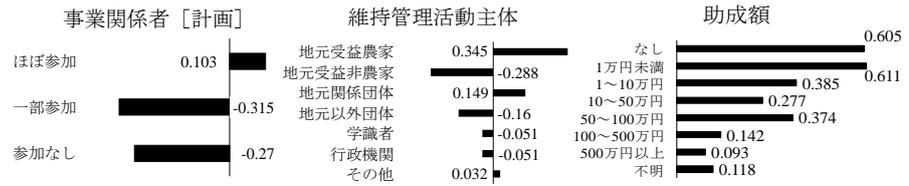


Fig.2 判別係数
Discriminant coefficient

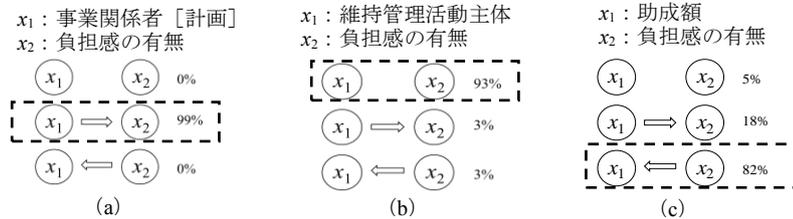


Fig.3 因果推定結果 (2)
Result of causal estimations (2)

必ずしもこの因果関係と一致しなかった。

5. 統計的因果探索の適用可能性 Fig.3 (a) のように直接の因果関係が発見された場合は、クロス分析 (Table 2) の結果を加味することで、関係者が計画段階から事業に参加していることが負担感に影響するという解釈が可能である。

Table 2 クロス分析結果 (負担感-事業関係者 [計画])
Result of cross analysis (Burden - People concerned with people [Planning])

	事業関係者 [計画]			計
	ほぼ参加	一部参加	参加なし	
苦情なし	135	654	46	835
苦情あり	62(3.38) **	150	4	216
計	197	804	50	1051
負担率 (%)	31.5	18.7	8.0	20.6

$\chi^2 = 20.981$, $p < 2.2 \times 10^{-5}$, $*p < 0.05$, $**p < 0.01$

一方、重要度が高いものの直接の因果関係が発見されなかった Fig.3 (b) には、変数間において間接的に影響を及ぼす別の潜在的な要因が介在している可能性がある。この変数間の潜在的な要因を調べるために、レンジの上位項目に潜在的な要因が含まれていると仮定し、維持管理活動主体と他の上位項目との因果推定を行ったところ、維持管理活動主体→事業関係者の因果関係が発見されたので、Fig.4 の因果関係を推測することができた。しかしながら、これらの3項目について因果推定を行った結果は Fig.5 となり、Fig.4 とは異なる関係が得られた。したがって、事業関係者という変数は潜在的な要因ではなく、維持管理活動主体と負担感の有無の間には、未観測共通原因、すなわち、アンケートの設問では表すことができない不特定多数の要因が影響していると考えられる。このように未観測共通原因が存在すると考えられる場合の因果の向きの取り扱いには、注意が必要である。

x1: 維持管理活動主体
x2: 事業関係者 [計画]
x3: 負担感の有無

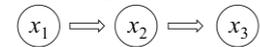


Fig.4 推測される因果関係
GuesSED causal relationship

x1: 維持管理活動主体
x2: 事業関係者 [計画]
x3: 負担感の有無

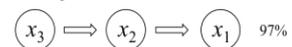


Fig.5 複数要因間の因果推定結果
Result of causal estimation among multiple factors

6. おわりに 本研究を通して、農業水利施設の維持管理に対する負担感を構成する要因間の因果関係を明らかにする上で、統計的因果探索が適用可能であることが示された。一方、常識的に妥当な結果ではない因果関係が存在する変数もあったことから、結果の妥当性に注意しつつ、今後は多変数間での因果推定を行っていききたい。

参考文献 1) 工藤庸介・木全 卓: 水利施設の維持管理活動における負担と価値の構造, 平成 29 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, [2-5], 2017. 2) 清水昌平: 統計的因果探索, 講談社, p181, 2017. 3) 工藤庸介・木全 卓・門長百世: 景観に配慮した事業に伴う基盤施設の維持管理負担に関する研究, 平成 20 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, [2-6], 2008. 4) R development core team: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, vienna, 2018 (オンライン) <<http://www.R-project.org>>