

道路地表下一体管理モデル実現化に関する研究

経営企画本部 経営企画部 ○清水 康生
事業統括本部 情報システム部 松ヶ下伸介
経営企画本部 野村 恭悟

1. はじめに

本研究では、道路管理と下水道管路管理の一体的管理モデルを開発した。具体的には、道路の陥没危険度指標を提案し、さらに、路線をブロック化しブロック毎に陥没危険度の判定を行い、管路更新等の優先順位を提示する道路陥没危険度判定システムを構築した。同システムは実用性を重視し、下水道台帳や道路台帳の情報と連動し、ブロック単位で危険度を判定する新しいシステムである。以下では同システム（文献1）の中心技術となる陥没危険度判定式と豊中市での実証結果を示す。

2. 道路下インフラの維持管理の現状と課題

豊中市の道路陥没調査に記載された平成18～27年度までの10年分の陥没データのうち市道上で発生した275件をプロットした結果を図-1に示す。同図を見ると比較的古くから下水道管が埋設された地域に陥没が多く発生していることがわかる。この現状に対して、市では2つの対策を講じている。まず、ストックマネジメント計画に基づく下水道管路施設（本管・人孔・取付管）の更新等の実施である。次いで、陥没の一番の原因である取付管の更新に特化した下水道取付管更新基本計画に基づき、旧陶管（昭和48年以前に製造された陶管）の更新等を進めている。このように鋭意対策を進めているが、予算的・人的な資源の不足から必ずしも十分な対応ができていないとは言えず、予期せぬ陥没が発生した場合には、事後対応を行っている状況である。現状では予防保全の観点から一層の対策が望まれているといえる。

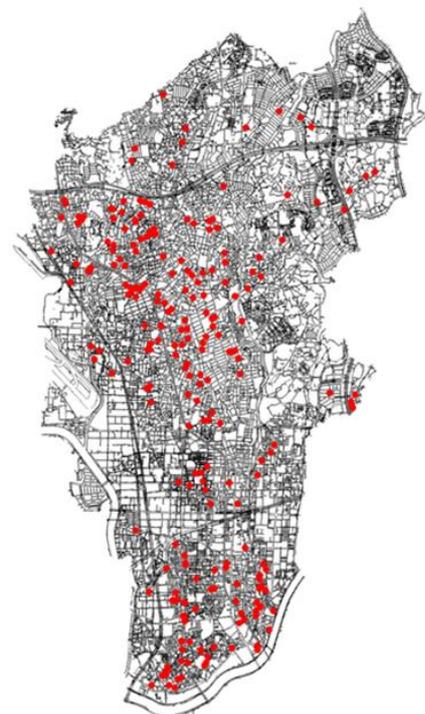


図-1 豊中市の陥没の発生状況

3. 陥没危険度判定式の考え方

陥没の危険度を判定する手法として、数量化理論Ⅱ類を援用した。陥没危険度判定式は、道路の陥没具合を幾つかの категорияとして定性的に表す目的変数(Y)と陥没を惹起する要因を表す説明変数(Xi)から構成される。式(1)は数量化理論Ⅱ類の基本形式を例示している。式中のXiは、陥没の理由を説明する変数であり、Aiは係数である。この陥没危険度判定式から出力される値を陥没危険度指標とする。

ここに、Y：道路陥没、例えば、X1：空洞の存在、X2：経過年数、X3：地下水の状況等である。

$$Y=f(X_i)=A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + A_3 \cdot X_3 + \dots \quad (1)$$

4. 豊中市への陥没危険度判定式の適用

市内の道路を道路台帳の路線図を基にブロック分割した。ブロックのサイズはマンホール間距離程度にすることが標準的と考えるが、同市は人口の密集地域を含み市が管理する道路は狭い道路が多数となっている。このため、ブロックサイズは20mとして分析を進めるものとした。ブロック数は全市で35,585ブロックである。次に目的変数と説明変数は表-1を想定した。説明変数の選択については、市の特性を踏まえて道路陥没に関連性の高い変数を候補と考え、Stepwise法などを適用して変数を絞り込むものとした。危険度判定指標は、数量化理論の特性から平均値0の基準化された数値で出力される。この閾値を境に危険側（負）か安全側（正）かが判別できるため、同指標を陥没危険度の管理指標と考えるものとした。

表-1 陥没危険度判定式の目的変数と説明変数の候補（一部）及びそれらのカテゴリーデータ

目的変数 Y と説明変数 X _i (i=1~11)	データの種類と出典
Y: 道路陥没 (なし、あり) ※推定時の解釈 (陥没しない、する)	陥没復旧工事記録
X1: 空洞の存在 (1.5m 未満になし、あり 1/2 深未満、あり 1/2 深以上)	GPR 探査情報
X2: 経過年数 (1~30 年未満、30~50 年未満、50 年以上)	下水道台帳
X3: 地下水の状況 (無し、有り、有り・変動もあり)	地下水 (井戸) 調査
X4: 土被り厚 (2m 以上、1~2m 未満、1m 未満)	下水道台帳
X5: 埋設土質 (砂礫土、砂質土)	下水道竣工資料
X6: 管路の部位 (取り付け管、本管、その他)	陥没復旧工事記録
X7: 管種 (陶管、鉄筋コンクリート、その他)	下水道台帳
X8: 下水管破損状況 (破損有り、破損無し)	管内スコープ調査
X9: 交通量 (多い、少ない)	交通量調査

5. 豊中市への陥没危険度判定式の適用結果

数量化理論Ⅱ類では、統計的にデータの陥没群と非陥没群をできるだけ引き離し、判別率を高めるように各変数の係数を決定する。選定した結果を式(2)に示す（この時の判別率の中率は76%）。また、危険度判定値を危険度の高いレベル（赤）から低いレベル（青）へブロック毎ごとに図化した結果を以下に示す。

$$Y = (0.919X_{21} + 0.008X_{22} - 0.667X_{23}) + (-0.592X_{71} + 0.602X_{72} + 0.738X_{73}) \\ + (-0.008X_{91} - 1.196X_{92} + 0.669X_{93}) + (-0.022X_{131} + 0.239X_{132} - 1.942X_{133}) \quad (2)$$

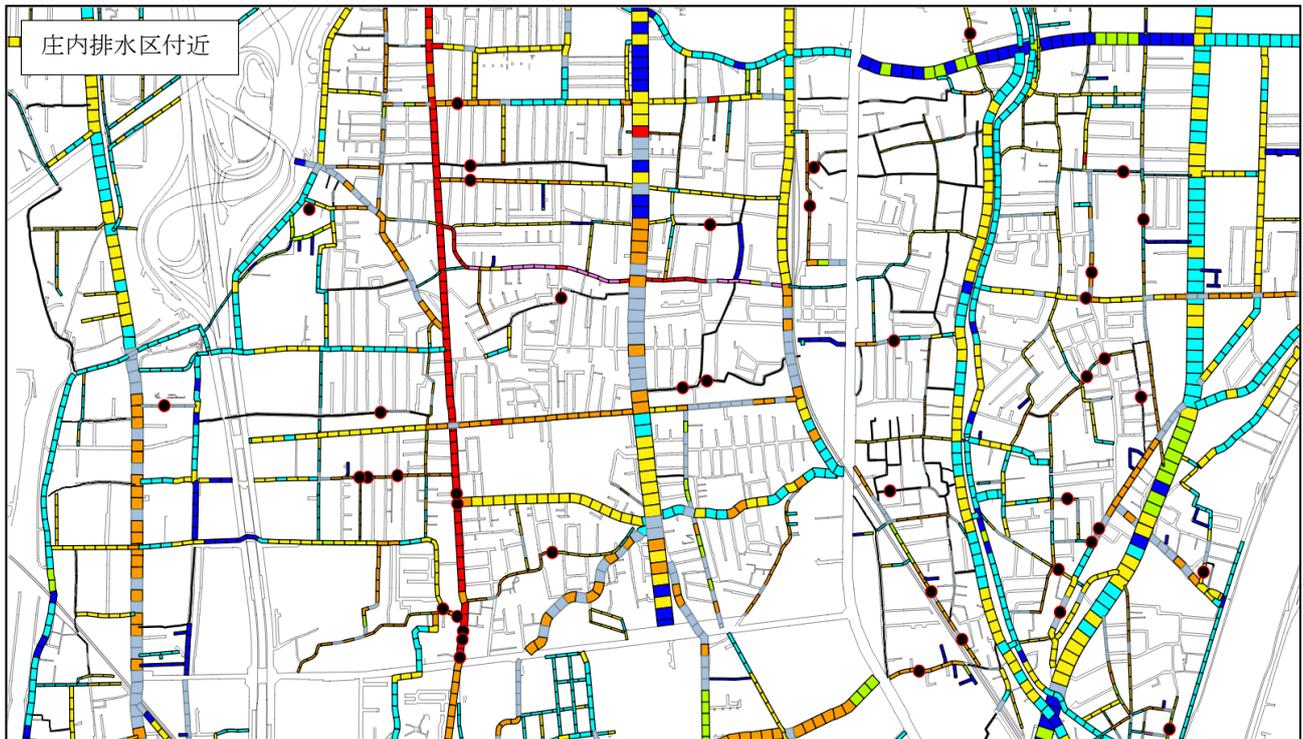


図-2 豊中市における陥没危険度指標値の判定結果（青系：危険度が低い→赤系：危険度が高い、●陥没箇所）

庄内排水区における空間的な分布をみると危険度の高い路線やブロックで実際に陥没が多数発生していることが再現されている。これらの情報は巡視・点検・調査の優先順位付けに有効な情報である。今後、毎年の調査データを蓄積し活用することで、判定式の精度は年々改善すると考えられる。本稿では、研究開発成果の主要な部分を紹介した。研究全体は文献 1)を、技術的な内容については文献 2)を参照して頂きたい。

【参考文献】1) 清水康生・松ヶ下伸介・野村恭悟・上村隆雄：道路陥没危険度判定システムの開発と豊中市での検証，土木学会，地下空間シンポジウム論文報告集，第 24 巻，pp.7-17，2019。（査読付き論文）

2) 清水康生・野村恭悟：道路陥没危険度評価装置および道路陥没危険度評価方法ならびに道路陥没危険度評価コンピュータプログラム，特許第 6682021 号，2020。