

## 藤沢市における効率的な道路陥没防止手法の研究成果報告(官学産 共同研究) その1

道路陥没 空洞 対策

東京大学生産技術研究所 国際会員 ○瀬良 良子  
同 上 国際会員 桑野 玲子  
藤沢市道路河川部 西山 博光  
藤沢市下水道部 張ヶ谷 昌彦  
ジオ・サーチ株式会社 阿部 匡彦

**1. 本共同研究の目的** 藤沢市は、「安全で安心な暮らしを築く」ことを市政のひとつのテーマに掲げている。藤沢市・東京大学・ジオ・サーチ株式会社は、その実現策として、市が将来にわたり効率的に道路陥没防止を図っていくための手法の開発を目的に、本研究を開始した。この官学産共同体は、2017年4月から2019年3月の2年間にわたり、臨床的・実践的な調査をベースとして分析や検討、議論を重ね、まさに協働体制で市の陥没防止に対する活動方針の基礎となる成果を創出した。研究テーマである「効率的」とは、一般的には物事が無駄なく効率よく行われることを言う。行政の施策として行う道路陥没防止の観点では、リソース(労力・時間・技術力)が財政に直結することから、まずは不可視な地中の空洞を信頼ある技術で確実に検知することが前提条件になる。そして次に、空洞調査路線の選定・調査サイクルの設定・補修判断(時期、原因の見極め)などを、地域に適した内容と仕組みで運用することで実現する。藤沢市では、本研究前に2カ年にわたって主要な道路を一斉に調査し(98路線・調査延長300km)、202箇所という多数の空洞信号が確認されていた。研究開始当初から藤沢市は、これらの空洞を評価し、陥没危険度の高い順に必要な対応を図っていくという方針を定め、補修を行っていた。一方で、空洞が過密に発生していた南部エリアの今後の対応、経過観察対象にした陥没危険度の低い空洞の挙動把握、これら課題を踏まえた市全域での今後の方針づくりが課題となっていた<sup>1</sup>。この課題は、道路の円滑な交通の確保や災害に強いまちづくりにも影響をもたらすため喫緊なものでもあった。本研究では、実態をベースにした議論がこの課題解決と効率的な将来像を目指す検討の双方に必要と考えた。そこで、藤沢市域での空洞発生や陥没に至る拡大過程のメカニズムについて臨床的な取り組みを行い、そこから得られた知見や分析から予測や評価へと展開していった。

**2. 共同研究の体制と役割** 本共同研究の体制と役割を図-2に示す。関係者は20名程で、議論の場として全員が参加する協議会形式をとり、空洞調査のモニタリング頻度にあわせ半年に一度を目安に会を開催した(図-3)。会では、三者がそれぞれの豊富な経験や知見・情報を持ち寄り、空洞調査結果が示す実態をベースに、ポテンシャル評価につながる考察や分析への見解の議論が展開された。また、各者間での活動も積極的に、官一学・官一民・学一民のそれぞれが都度打合せを行い、調査の実施や報告のほか分析や考察に必要な情報を即座に共有した。これを重ねることで徐々に協議会に向けて成果を作っていく流れができ、協議会の議事は毎回豊富で濃い内容となった。特に、本研究の躍進には藤沢市の体制と積極的な貢献が大きい。市は、研究開始時から道路の維持管理担当課だけでなく、道路陥没や空洞の要因となりうる下水道および準用河川や水路それぞれの管理部門と、道路GIS情報を扱う部門からのメンバーを編成していた<sup>1</sup>。さらに市内の連携が非常に強く、部門を跨いでも常に調査結果や現場の情報が共有されていた。また、下水道台帳がGIS情報として提供されたことで、分析する内容の質が向上したほか、分析や議論に時間をかけることが可能となった。空洞原因調査においては、現地で空洞下にある下水道管がGL-3mと深く、途中地下

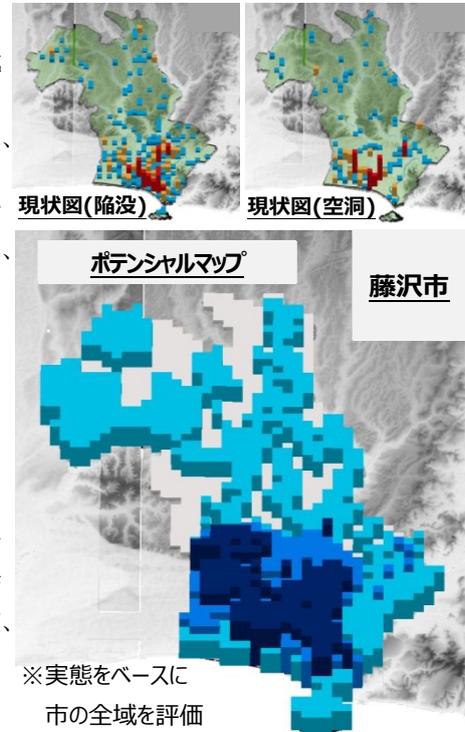


図-1 藤沢市の陥没/空洞発生状況図と潜在性を評価した陥没ポテンシャルマップ(3Dメッシュ、棒の高さが度合いを表す)

(c) 2017-2022 藤沢市道の効率的な道路陥没防止手法の研究協議会

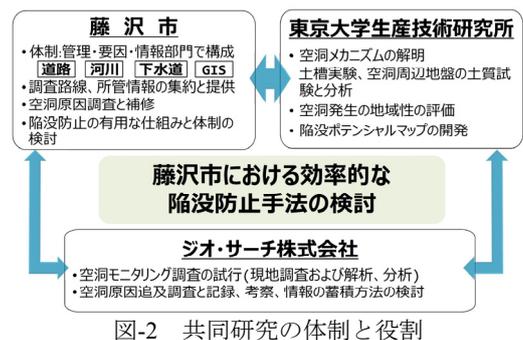


図-2 共同研究の体制と役割



図-3 協議会の様子

水が現れたとしても管まで掘削し、原因箇所の特定に至ったケースもあった。また原因追及の一環として行われた該当箇所の下水道カメラ調査結果の提供も迅速であった。表-1 に藤沢市から本研究体へ提供された情報等を掲載する。

3. 本共同研究の成果 本共同研究での活動や、空洞モニタリング調査や空洞原因追及調査で明らかになった実態などの個別の成果は、共同体のメンバーから学会等で発表されてきている<sup>1)-12)</sup>。本稿では、2年間にわたる研究の総括として以下の3項の検討結果を報告する。

(1) 詳細な実態把握による今後の予測と陥没対策効果(半年ごとのモニタリング調査、空洞原因調査、陥没実態調査)

藤井ら<sup>12)</sup>の報告の詳述のとおり、半年ごとの空洞モニタリング調査の結果から、空洞が増加もしくは拡大するタイミングを詳細に把握することができた。これらデータをもとに今後の藤沢市では空洞数が増加すると予測された。一方で、陥没危険度の高い空洞については、市の空洞補修のペースが増加ペースより勝っているため、陥没の危険性が減少傾向になったという取組みの効果も把握することができた。また、市が行った陥没実態情報の集約は、当初から比べると整理項目や入力内容の質が向上し、研究終了時には発生傾向に関する分析が可能になった。図-4はその一例として、集約した859件の陥没実態を用いて夏季の陥没件数の年推移と猛暑日の比較を示したものである。同じく、夏季の下水道起因と報告のあった陥没件数と降雨量にも相関が見られた。このような実態に基づいて整理された知見は、今後の調査のタイミングや緊急出動の判断に使用し、陥没防止に活用することができる。また、空洞多発エリアでのモニタリング調査の成果として、研究期間の陥没件数がゼロであったことも成果のひとつといえる。

表-1 藤沢市からの提供情報等

形式	種類・内容		
	道路データ	画像	下水道管内調査データ
GISデータ	空洞調査データ	数値	気象情報
	陥没情報(期間中に整理・集約)	調査路線の提供	
	下水道台帳(形式、年代、本管・取付管、人孔他)	空洞補修	
	地下水水位情報(参考値)	空洞原因調査	
			空洞原因追及調査での協働



図-4 藤沢市夏季陥没件数と猛暑日

(2) 道路陥没ポテンシャルマップの開発(図-1、表-2)

まず、空洞モニタリング調査および陥没調査から、藤沢市域の空洞/陥没実態を把握した。次に、空洞原因追及調査や陥没調査の実態から藤沢市で考えられる空洞要因を挙げ、実態値との分析でポテンシャル因子と寄与度、つまりポテンシャル評価手法とともに値を定めていった。平行してマップでポテンシャルの地域性を表現し、空洞および陥没の平均発生頻度も算出した。

表-2 藤沢市陥没ポテンシャル値と頻度(頻度は試算中、2019年2月現在の値)

ポテンシャル値 (潜在確率)	平均発生頻度 道路延長当	
	陥没 箇所/km	空洞 箇所/km
High+ (70%-)	1.2	4.6
High (50-70%)	0.7	2.4
Middle (10-50%)	0.4	0.4
Low (0-10%)	0.1	0.3

(3) 藤沢市の仕組みと体制

藤沢市は、研究終了の翌年度以降も道路陥没対策の高度化の実践を継続していく考えを示しており、具体策や方向性については以下の内容となっている。

- ・ 陥没対策の庁内連携：藤沢市では、これまでも道路部門と下水道部門で連携して陥没対策を講じているが、今後は更に、空洞調査の実施についても共同での取組体制を構築する。
- ・ 調査路線と頻度の設定：空洞ポテンシャルマップを活用し、路線の重要性を考慮して調査路線と頻度を定める。
- ・ 空洞情報の下水道部門での活用：本研究の空洞原因調査では、下水道管の不具合や損傷を発見した事例が多かったことから、今後は計画的な維持管理を行う上で、補完的役割としての活用を検討している。
- ・ 情報の活用と共有化：データ管理と空洞情報の活用方法や部門間での共有化などの検討を行う。また、下水道以外の道路占用企業者に対しても、空洞情報の共有を図る取組みを進める。

4. 今後の展望 道路陥没予防は、空洞の探査精度に因るところが大きい。したがって探査技術は日々研鑽し向上されていくべきものであるが、今後は地下インフラの老朽化に伴い空洞が増えることも予想され、陥没対策という切り口での対応が望まれる。本研究はその手法を先進的に検討したもので、研究期間の2年間は、現場で実際に発生している空洞現象をベースに陥没予防策の深化を協働で追及し、共同研究であるからこそできた臨床のチャレンジも数多かった。また、協議会として全国の現場で事例となる成果の発信にも努めた。研究終了後も、藤沢市・東京大学・ジオ・サーチそれぞれが先進的な姿勢で世界の陥没対策の見本となる、より高度で効率的な対策を実践していくことが期待される。

<sup>1</sup> 畠山ら(2018)：「藤沢市における効率的な道路陥没防止手法の実践的研究(官学産 共同研究)その1」第53回盤工学研究会(高松)  
<sup>2,3,4</sup> 三木ら(2019)<sup>2</sup>、黒沢ら(2019)<sup>3</sup>、岡村ら(2019)<sup>4</sup>、：「道路陥没防止を目的とした路面下空洞原因の実態調査報告 その1」、「同左 その2」、「同左 その3」第54回盤工学研究会(大宮)  
<sup>5,6,7</sup> 岡村ら(2018)<sup>5</sup>、大原ら(2018)<sup>6</sup>、瀬良ら(2018)<sup>7</sup>：「藤沢市における効率的な道路陥没防止手法の実践的研究(官学産 共同研究)その2」、「同左 その3」、「同左 その4」第53回盤工学研究会(高松)  
<sup>8</sup> 藤井ら(2018)：「藤沢市の効率的な道路陥没防止手法の実践的研究 -空洞モニタリング調査結果 空洞潜在性の考察-」土木学会第73回学術講演会(札幌)  
<sup>9</sup> 瀬良ら(2018)：「藤沢市の効率的な道路陥没防止手法の実践的研究 -ポテンシャルマップ開発 空洞素因地域分析-」土木学会第73回学術講演会(札幌)  
<sup>10</sup> M. OKAMURA et al (2018) : A STUDY OF PENETRATION RESISTANCE VALUE AT LOOSE AREA UNDER THE CAVITY : EXPANSION PROCESS OF SUB-SURFACE CAVITY, USMCA2018, IIIT Hyderabad, India  
<sup>11</sup> R. SERA et al (2018) : Development of Cave-in Potential Map of FUJISAWA City, USMCA2018, IIIT Hyderabad, India  
<sup>12</sup> 藤井ら(2019)：「藤沢市における効率的な道路陥没防止手法の研究報告(官学産 共同研究) その2」第54回盤工学研究会(大宮)