

GISを用いた横浜市の地盤沈下に関する調査研究

-水準点成果による地盤沈下の経緯-

小林 健、川上 進（横浜市環境科学研究所）

Study of Land Subsidence in Yokohama using GIS

Ken Kobayashi, Susumu Kawakami
(Yokohama Environmental Science Research Institute)

キーワード：地盤沈下、水準点、軟弱地盤、GIS

要 旨

横浜市における地盤沈下の経緯を面的に捉えるため、過去58年間の水準点成果をGISに取り込み沈下状況を視覚化した。これにより、本市における地盤沈下の大きさと、地域的な傾向を時間の経過とともに把握することができた。また、過去に作成された軟弱地盤分布図や地盤沈下対策指導要綱における掘削工事特定地域図等の紙資料をGIS上で重ね合わせ、地盤沈下との関係について確認した。その結果、軟弱地盤分布図については大きな沈下位置と整合し、その精度が検証できた。更に視覚化により地盤変動の顕著な地域が明確となり、その原因と背景を確認するにあたり、地盤沈下が地質状況のみならず、都市化が進む中での経済活動と密接に関係することが、改めて確認された。

1. はじめに

地盤沈下は過剰な地下水採取や地下掘削工事における地下水排除により生じるとされている。横浜市では過去に年間最大26.3cmの沈下が報告された記録もあり¹⁾、生活環境への影響が懸念される環境問題の一つである。

この現象は、水準点成果による地表面の高低差により確認されるが、横浜市においては1959年より水準測量を実施しており、現在まで約830地点で観測を行っている。

観測結果は、通常、観測数値、位置図及び各観測点の地盤沈下を表す折線グラフを用いて報告されるが、代表的な沈下地点のデータである場合が多く、観測位置図とグラフの双方を確認する必要があるため市域全体の面的な変動が捉えにくい(図1)。

そこで今回、地盤変動を面的に把握するため1959年から2017年まで過去58年間の全水準点成果をGISに取り込み、市域全体における沈下の経緯を視覚化した。

また、本市では過去に公共事業におけるボーリング調査資料から軟弱地盤分布図や、地下掘削工事による沈下対策指導用の特定地域図等を作成しているが、これらを統合することにより地盤沈下との関連を検証した。

2. 方法

2-1 データベースの作成

水準点成果は、毎年1月1日の標高値として与えられ、これにより一年あたりの地盤変動値が得られる。データベース作成にあたっては、明らかに異常と思われるデータについて、横浜市地盤沈下調査報告書(昭和48~平成26)²⁾にて年間最大沈下量を確認し、これを超える値を異常値として除外した。次に、水準点成果には座標データがないため、国土地理院の「地理院マップシート」を

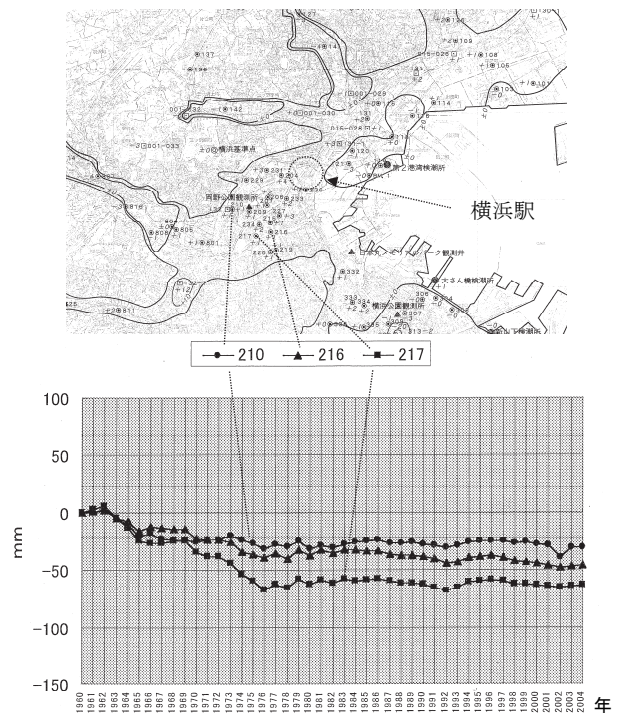


図1 水準点位置図と経年変化グラフ例

用いて、観測点の所在地より位置データを取得した。この座標データと水準点位置を示す「点の記」を比較すると、「点の記」では土地区画の端部にあるものが、取得座標ではその中心位置に表示されるなど、多少の差異も認められたが、「点の記」が保存されていないものも多いことから取得座標の値をそのまま採用した。GISにはオープンソフトウェアであるQGISを使用し、3Dを表示するため「Qgis2threejs」等のプラグインを

追加した。GISによる水準点位置図を図2に示す。

2-2 紙資料の電子化

軟弱地盤分布図、掘削工事特定地域図などの紙資料は電子化のためスキャンした後、ジオリファレンサープラ

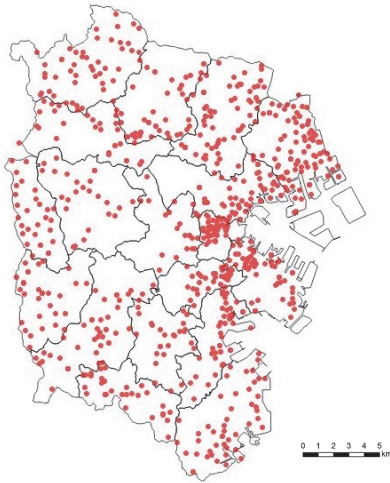


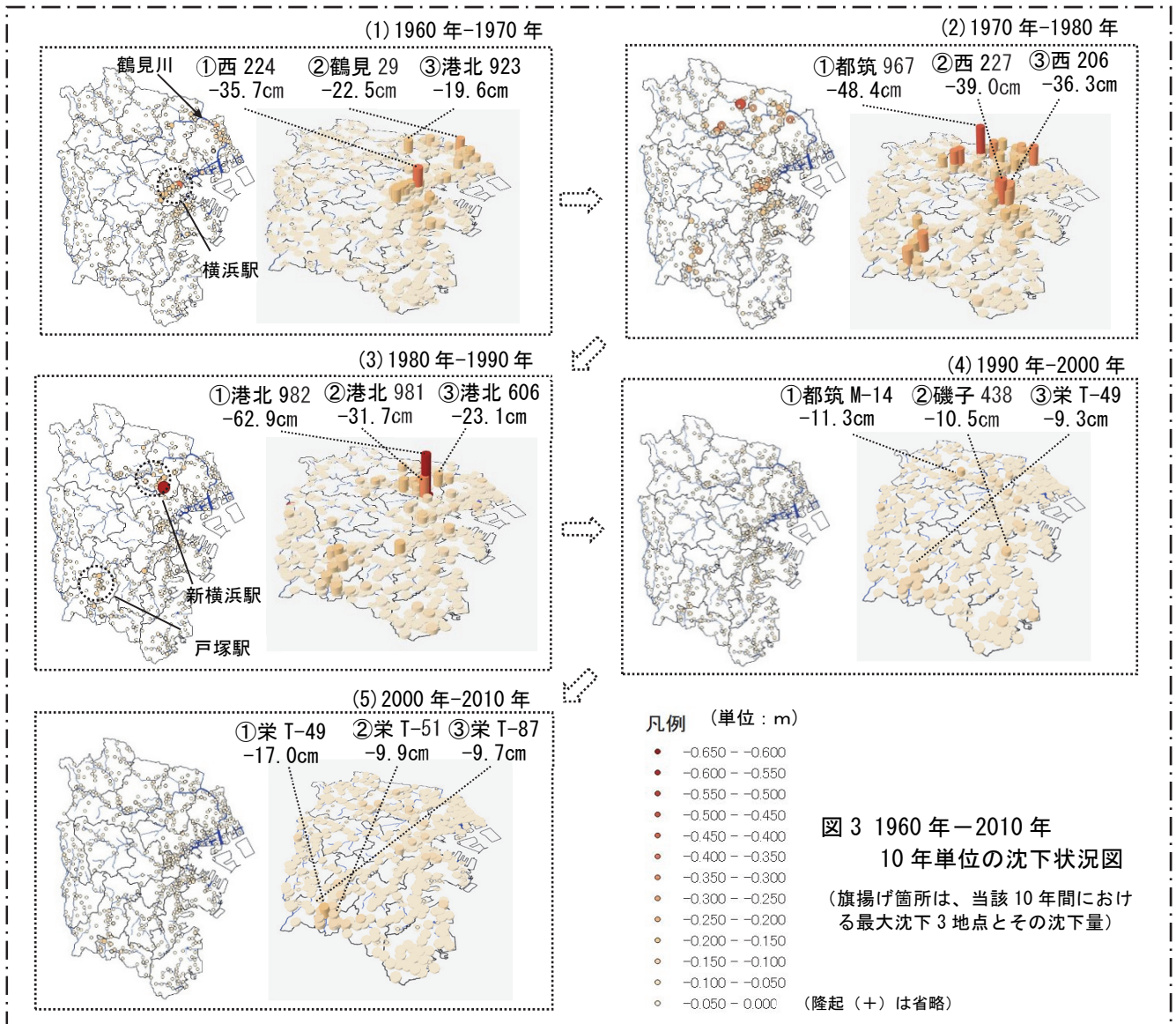
図2 水準点位置図
(座標取得:「地理院マップシート」)

グインのヘルマート変換により位置を調整しGISに追加した³⁾。また、標高を与えるため、国土地理院の基盤地図情報数値標高モデルデータを使用した。

3. 結果および考察

3-1 地盤沈下の経緯

1960年から2010年まで、10年単位における地盤沈下の変遷を図3に示す。図中には当該10年間における最大沈下3地点とその沈下量を併せて示す。観測開始から1970年までの10年間では、本市の地盤沈下は横浜駅周辺及び鶴見川の下流域で発生している。1960年代より横浜駅前では商業ビル、地下商店街が開設され繁華街として急成長し、1970年代には周辺に広がる駅前再開発が更に進んだ。当該地域は1960年から1970年、1980年までの各10年間で30cm以上の沈下を記録している(図3(1)①西224、図3(2)②西227、③西206)。この沈下については、原因を調査した結果、急速かつ広範囲で行われたビル、地下街等建設工事に伴い、大量に地下水が排除されたことによるものとされた。そこで横浜市では1975年に「横浜駅周辺地盤沈下対策指導要綱」を制定し、以降一定規模以上の掘削工事に対し、施工内容の確認や指導を行った。



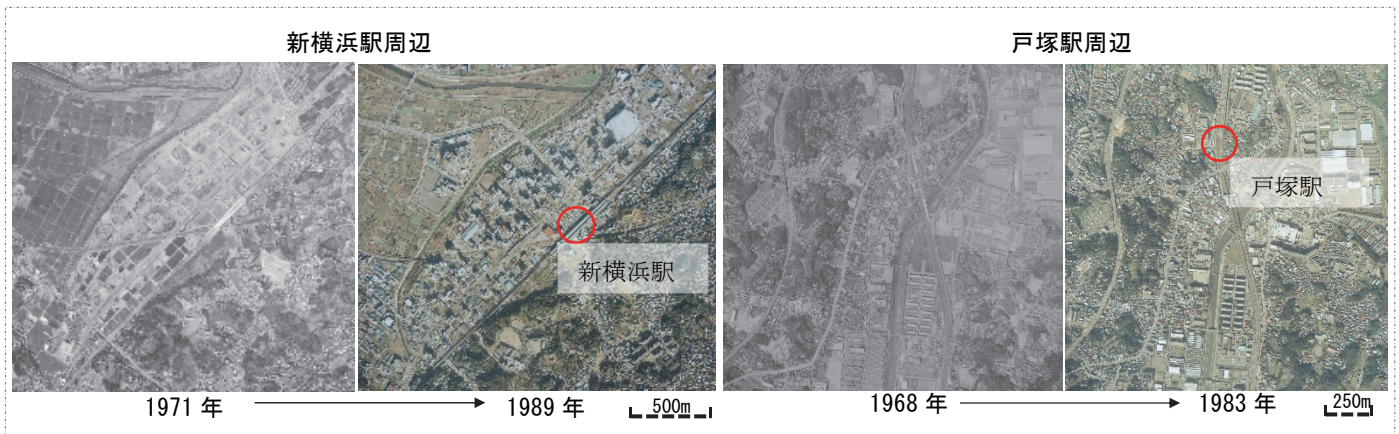


図4 新横浜駅・戸塚駅周辺開発状況
(出典：国土地理院空中写真)

1970年から1990年にかけては新横浜駅、戸塚駅周辺においても上記と同様の原因によると思われる沈下が発生している。両駅周辺における当時の開発状況を図4の航空写真に示す。

新横浜においては1964年に東海道新幹線が開通し、その後、駅周辺において開発が進んだ。当該地区は、河川流域低地部の軟弱地盤地域であり、1980年代の10年間で62.9cmの沈下を記録した(図3(3)①港北982)。

また、戸塚駅周辺においては、1960年代後半に大型店舗が建設されるなど市街化が進み1975年から1979年まで、市内における最大年間沈下量を記録した⁴⁾。1982年には、駅前に新たな再開業事業が決定されたことから、更なる沈下に対する対策のため、新横浜駅周辺と併せて、1985年に「新横浜駅及び戸塚駅周辺地盤沈下対策指導要綱」を制定した。

1990年以降は、市域全体の地盤沈下が沈静化の傾向にあるが、南部方面では微小な沈下の継続も見受けられる。

3-2 地盤沈下の累計値

1959年から2017年までの58年間の累計沈下量を図5に示す。なお、東日本大震災が発生した2011年は、中区における5.0cmの沈下を最大として、市内全域の沈下が

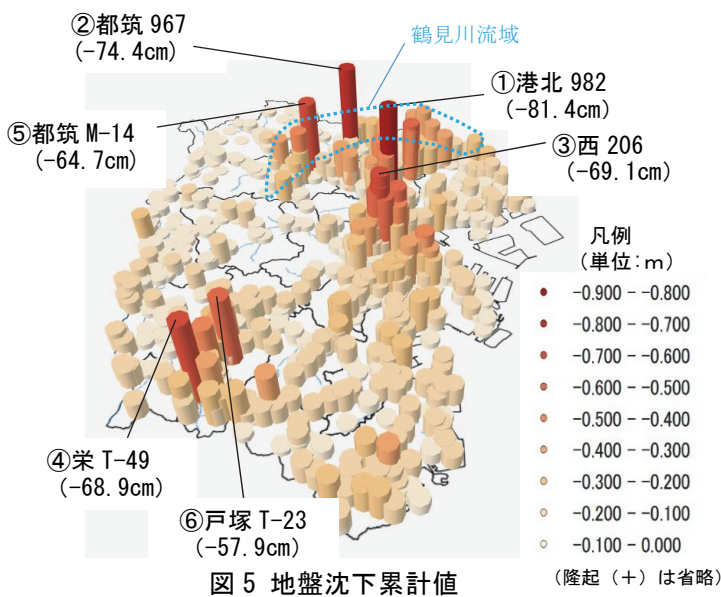


図5 地盤沈下累計値
(1959年-2017年)

認められた。地震の影響による地盤変動は、本来の地盤沈下数値と区分されるべきであるが、年間の変動観測を行っているためその区分が困難であり、本図にはこの数値を含んでいる。

本図より、最大沈下量を示した地点は①港北 982 (-81.4cm)であり、以下、②都筑 967 (-74.4cm)、③西 206 (-69.1cm)、④栄 T-49(-68.9cm)、⑤都筑 M-14(-64.7cm)、⑥戸塚 T-23 (-57.9cm)であった。①港北 982、③西 206は、前述の通り急速に開発が進んだ新横浜駅、横浜駅周辺の地域である。一方、②都筑 967、⑤都筑 M-14は、その付近に比較的大きな沈下が点在して発生している。この地域は市北部の鶴見川流域であり、周辺の大半は工業系の用途地域となっている。工場の立地も多く、工業に伴う地下水採取が地盤に影響したものと考えられる。④栄 T-49、⑥戸塚 T-23も上記と同様に、開発や地下水採取により、大きな沈下を記録したと思われる。

上記に示された地盤沈下の地域的傾向を解明するためには、地下水状況や地質構造等に関し、更なる調査が必要である。

3-3 軟弱地盤分布図と地盤沈下

軟弱地盤分布図⁵⁾と、その標高3D図及び軟弱地盤分布図と地盤沈下累計値の重ね図を図6に示す。軟弱地盤分布図は、軟弱地盤とされる沖積低地の堆積物を、地表から層厚により色分けしたものであり、従前にボーリング調査資料等から手作業で作られたものである。本市の軟弱地盤は主要河川に沿って分布し、概ね地表から層厚約20~40mのものが中心となっている。

GISにより軟弱地盤分布図に標高を与え3D図としたところ、主要河川に沿ってその上流部でも、丘陵地に挟まれた低地部は軟弱地盤であることが判明した。

また、軟弱地盤分布図と地盤沈下累計値の重ね図を見ると、大きな沈下位置と軟弱地盤地域が整合しており、本作業により初めて双方の密接な関係と、軟弱地盤分布図の精度が検証された。

3-4 沈下対策特定地域と地盤沈下

地盤沈下対策のために、1975年及び1985年に制定した指導要綱の掘削工事特定地域⁶⁾を図7に、横浜駅周辺

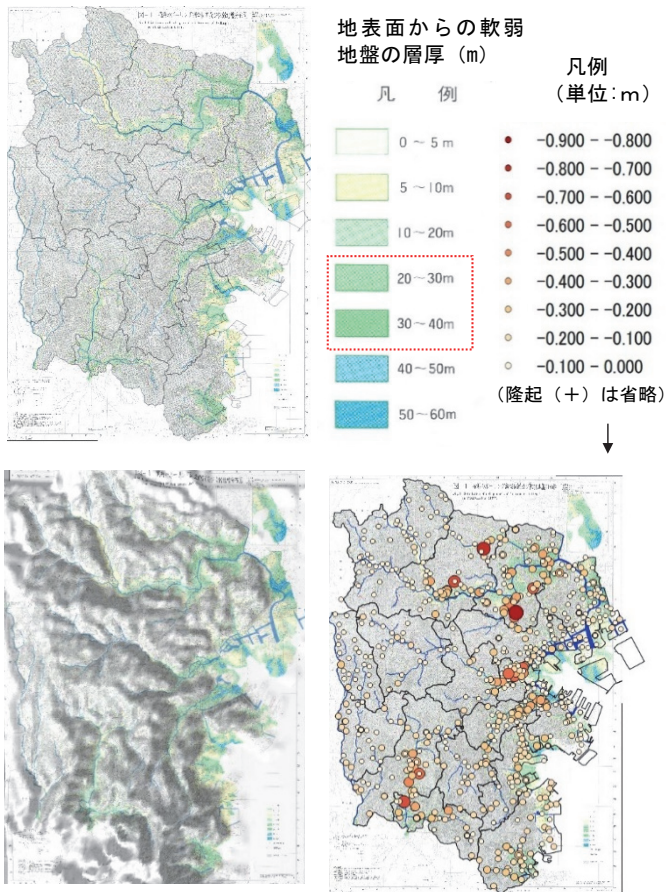


図6 軟弱地盤分布図
(3D データ出典：国土地理院数値標高モデル)

特定地域における沈下状況を図8に示す。なお、図8(1)は特定地域指定前、図8(2)は特定地域指定時、図8(3)、(4)は特定地域指定後である。

本市では1971年に神奈川県公害防止条例に基づき、工業用水法による地下水採取禁止区域等の一部を除く全域を地下水採取規制地域に指定した。しかし、建設現場において、ポンプにより地下水を強制排除し掘削を容易にする工法等については規制の対象外となっていたため、横浜駅周辺ではビル建設の増加に伴う地盤沈下が急速に進んだ(図8(1))。その結果、ガス、水道、電気等の地下埋設ライフラインが断絶するなど、重大な被害が発生し、周辺住民より対策要望が提出された。また、道路、下水、橋梁などの公共施設にも損傷が生じ、その補修に相当な費用を要することとなった。

そのため本市は、1975年に前述の「横浜駅周辺地盤沈下対策指導要綱」を制定し、掘削工事に対する指導を行った。その後の経緯を図8(2)、(3)、(4)に示すが、建設工事の終息とも相まって、要綱制定後3年後には地盤沈下が概ね沈静化している。

4. まとめ

地盤沈下の表示方法は、各観測点の変動値を表す折れ線グラフにより示すのが一般的であるが、今回、本市では初めての試みとして全水準点データをGISに取り込み、3D表示も利用して地盤沈下状況を図化した。これにより、

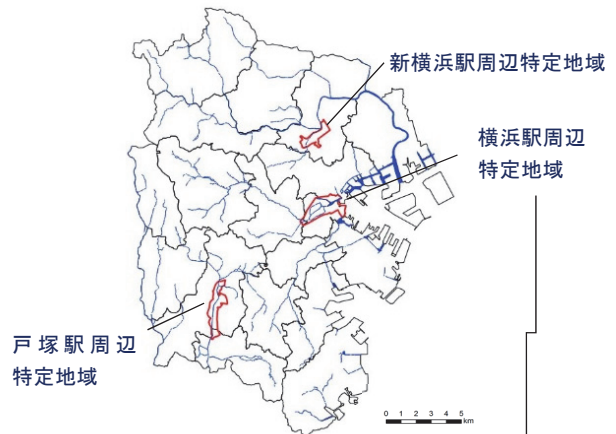


図7 地盤沈下対策指導要綱特定地域

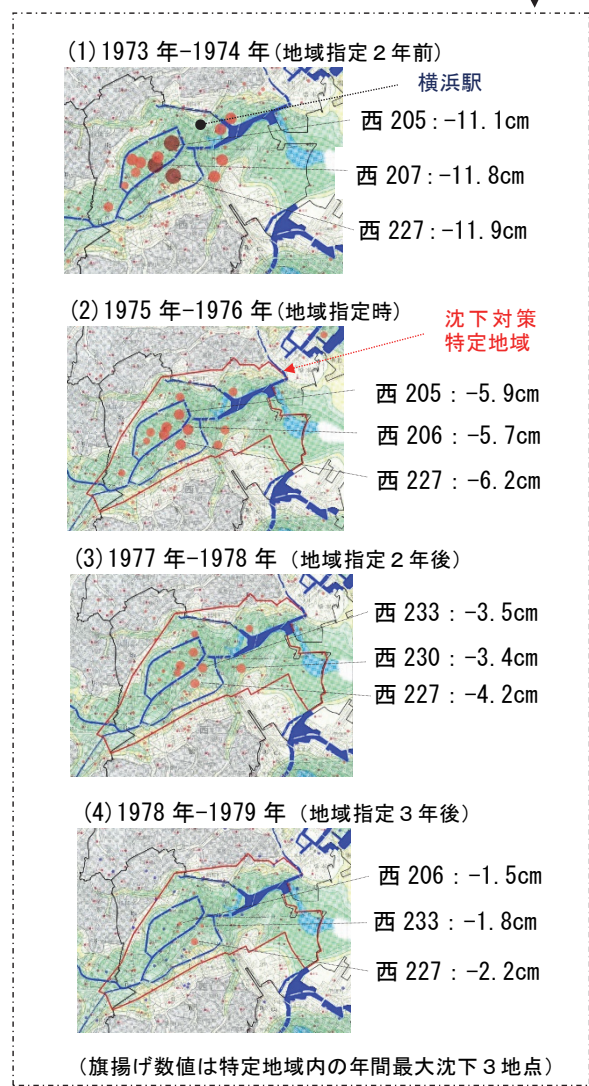


図8 横浜駅周辺地盤沈下対策指導要綱特定地域と沈下状況

市域全体の変動状況を俯瞰的に捉えることが可能となり、時間の経過による状況の変化や、注目すべき地域の把握が容易となった。地盤沈下の大きい箇所については、その大きさの比較や周辺地域への広がりが見覚的に確認できるなど、これまでの各観測点の折れ線グラフでは得ら

れなかった新たな視点で、本市の沈下状況を捉えることができた。

また、軟弱地盤分布図については、直接データを重ねることにより、大きな沈下位置と軟弱地盤地域が整合することが検証された。

急速に発展した駅前周辺市街地の整備経過と時代背景を追うことで、地盤沈下が経済活動と密接に関連することが改めて確認され、本市における地盤沈下対策の経緯とその効果を図によって示すことができた。

5. おわりに

地盤沈下は日常生活では目に見えにくい現象だが、一度発生すると家屋の損傷など重大な被害をもたらす。現在、横浜市における地盤沈下は沈静化の傾向にあるが、都市化事業が進む中では常に地盤被害が起きる可能性を考慮する必要がある。また近年は、地下鉄工事箇所周辺における道路陥没のように新たな現象も発生しており、

より精密な地盤データの把握が求められている。そのため、今後はボーリング調査等により得られた地質状況を電子データ化するとともに、地盤収縮や地下水位等のデータを統合することが必要であり、より総合的な解析が求められる。

文 献

- 1) 横浜市公害対策局：昭和 57 年度 横浜市地盤沈下調査報告書 1(1983)
- 2) 横浜市公害対策局、環境保全局、環境創造局：横浜市地盤沈下調査報告書（1973-2014）
- 3) 喜多耕一：業務で使う林業 QGIS 401-403(2017)
- 4) 横浜市公害対策局：昭和 50-53 年度 横浜市地盤沈下調査報告書 6, 2, 2, 1(1976-1979)
- 5) 横浜市：横浜市地盤図集（1996）
- 6) 横浜市：横浜市地盤沈下対策指導要綱（1995）