

GISを用いた濃尾平野の地盤沈下の解析

伊藤太子・福山薰（三重大学 生物資源学部）

Analyses of Land Subsidence over the Nobi Plain with the aid of GIS

ITO Taishi · FUKUYAMA Kaoru

(Faculty of Bioresources, Mie University)

Abstract : Land Subsidence, one of the most serious environmental hazards, taking place in the areas with weak soil grounds, such as alluvial plains, is caused mainly by too much extraction of groundwater, by which geologic layers would lead to shrink and ground to sink. We have examined level data observed since 1960's in the Nobi Plain, one of the most famous subsidence areas in Japan. On the basis of a new level database which we have made, we analyze relationships between land subsidence and local landcover over the Nobi Plain and their temporal changes by the use of GIS techniques.

Keywords: 地盤沈下 (Subsidence), 濃尾平野 (Nobi Plain), 土地利用 (landuse)

1. はじめに

濃尾平野は日本のほぼ中央に位置し、愛知県西部を中心に三重県北東部から岐阜県南部にかけて広がる日本でも有数の平野である。この平野は木曽三川（木曽川、長良川、揖斐川）及び庄内川が形成した沖積平野で、上流部は扇状地が発達し、扇状地の下流部には氾濫原が広がり、さらに三角州や干拓地、埋立地が広く分布して伊勢湾に接している。

この地域における地盤沈下が注目されたのは1959（昭和34）年秋の伊勢湾台風の被災からである。以来、日本でも最大級の地盤沈下地帯として認識されるようになり、関係各機関によって組織的に調査が行われるようになった。そして、1971（昭和46）年に「東海三県地盤沈下調査会」が発足して広域的に行われるようになった。同調査会

の報告によると、本地域の地盤沈下の面積は約740km²で、濃尾平野のほぼ全域に及ぶ。1973（昭和48）年には名古屋市港区の水準点で23cm/年の沈下が記録されている。

1973～74年にピークを迎えたが、地下水揚水の規制強化等により現在では沈静化傾向にあり、1961～1999年の累積沈下量は、名古屋市南部や一宮市以南の地域で沈下等量線は約20～140cmに達している。また、地盤の沈降が激しかった頃（1960～1980年）を中心に多くの調査・研究があり、これらの研究の結果、地盤沈下のメカニズムの概要などがある程度理解されるようになった。調査研究に基づいた各種規制などの地盤沈下防止対策と経済の急激な成長が落ち着いたことなどによって、地盤沈下は一見おさまりつつあると考えられたことにより、地盤沈下研究も減ってきていている。

2000（平成12）年9月に起きた東海豪雨災害で明らかのように、この地域では低地部における浸

水や湛水のほか、道路や建造物等の施設破損などさまざまな被害が生じる。それは、この地域はもともと標高の低い地域であるために、わずかの沈降によっても、いわゆる海拔ゼロメートル地帯と化すためである。最低地盤域は海部郡佐屋町十四山村で T.P. -2.9 m 程度に達している所もあり、約 300km² の面積を占めるゼロメートル地帯（居住人口は 100 万人を超える）での災害が懸念される。

また、生活の基盤である地面が沈むことそのものが、地域住民にとって大変不安なことであり、深刻な問題として適切な対応が求められている。

本研究では過去約 40 年の水準測量の成果資料をもとに、地盤沈下のデータベースを作成し、それを用いて GIS 解析により同地域における地盤沈下の空間変動とその経年変化を評価する。また、10m メッシュ数値土地利用図を利用して GIS の手法で解析し地盤沈下とその周辺の土地利用・土地被覆分布を比較検討する。

2. 予備的解析

2.1 データベースの作成

濃尾平野の地盤沈下データとして、東海三県地盤沈下調査会（愛知県・三重県・岐阜県・国土地理院・中部地方建設局・名古屋市・名古屋港管理組合・四日市港管理組合）による水準測量成果（1960～1999 年、千数百地点）を使用する。

GIS を用いて解析を行うには、すべての観測点の位置が緯度経度または、UTM 座標系、平面直行座標系などの地理コードと呼ばれる座標で与えられていなければならない。しかし、本水準測量成果にはそれが明記されていない。そのため、水準測量点の所在地の住所と、その地点が描かれている紙地図（東海三県地盤沈下調査会：平成 11 年度東海三県地域地盤沈下等量線図、2000）をもとに観測点の緯度経度座標を PC 上で地図表示ソフトウェアを用いて調べた。そして、本研究で用いた GIS ソフトウェア GRASS のデータ形式に変換し、地盤沈下のデータベースを作成した。

2.2 データの見直し

時間的な制約の中で、膨大なデータを扱うことによるミス等をさけ、水準測量データ

の特徴をより容易に把握することを目的として解析範囲をデータの存在する全域ではなく、限られた比較的狭い地域伊勢湾岸北西部（北緯 34°50'～35°10'、東経 136°30'～136°45'、二百数十地点）における水準測量成果資料を、各観測地点ごとに時間変化の特性を調べた。

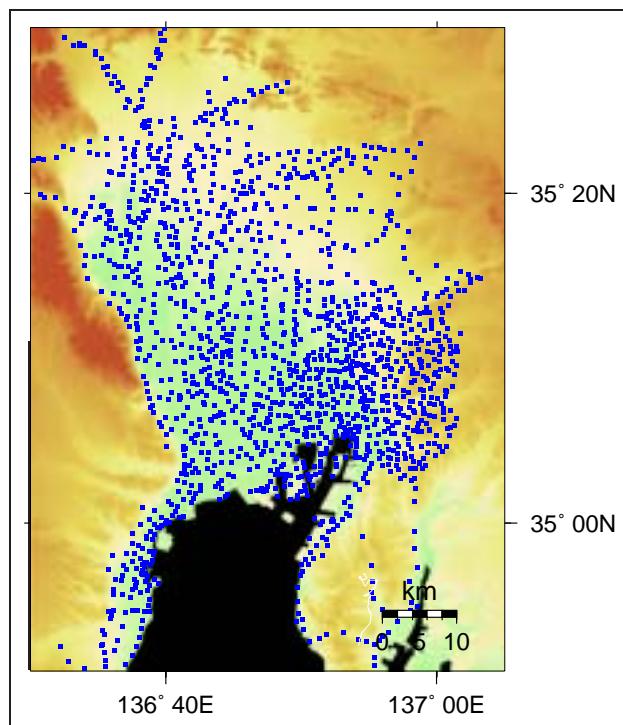


図 1：濃尾平野における水準測量点の分布
(左下の枠内はデータの見直しを行った伊勢湾岸北西部)

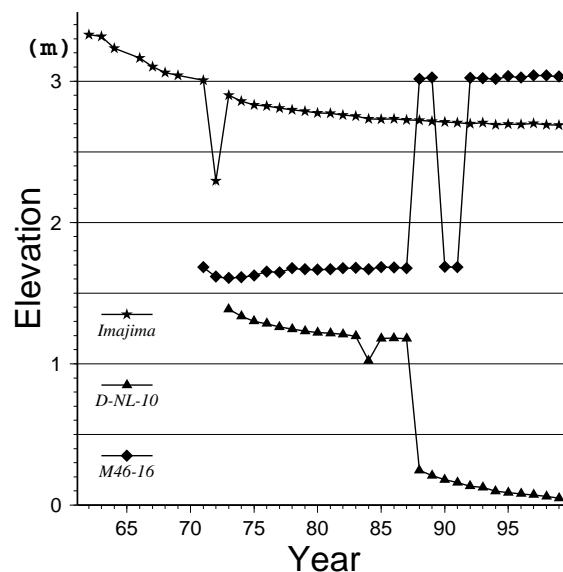


図 2：典型的な過ちを含むデータ列

結果，このデータの中には，現実的でない値を含む場合もあることがわかった。その原因としては観測点が移転したものや観測時の誤差や過ち，転記・集計の際の誤写などが考えられる。これには長期にわたる観測であることも大きく影響していると考えられる。

本研究ではある1地点の標高の変化に重みをおくのではなく，観測点周辺の変化の傾向を捉えたいと考えている。そのため，連続的ではあるけれど明らかに不自然にずれているものは，連なりごとに有効なデータとして扱う。

こうした結果をもとにすれば，今後の解析範囲を拡大した場合にも解析の精度の向上が期待できる。

3. 解析方法

地盤高変化量の分布は GIS ソフトウェア GRASS に含まれる二次元の張力付きスプライン補間法を用いて，地理コード化した観測地点ごとの地盤高変化量から，各年間の地盤高の二次元の面データ（ラスター）を作成する。

外的環境である土地利用による地盤沈下への影響を調べる為に，細密数値地図情報 10m メッシュ土地利用（日本地図センター，1977, 1997）を用いる。このデータは 10m メッシュ（約 100 m²）ごとに，田，森林，建物用地など 16 分類の土地被覆条件が数値化されている。

今回の解析では，土地利用状況を簡潔に示すために森林，農地，工業用地，住宅地域，水系，道路の 6 つに再分類した。再分類では，元の分類において土地利用が同じような場所をグループ化して用いた。

4. 結果・考察

水準測量データから各種誤差の検討などを行い使用可能データを用いて求めた，地盤高の変化量の分布のうち 1977 ~ 1997 年の間の変化量の分布を図 3 に示す。特に木曽三川の河口付近で高い沈降量を示していることが伺える。図 3 のような地盤高の変化量の頻度分布や，等値変化量図，各観測点の時系列に並べたデータなどから，本領域において 1980 年代以前には，木曽三川や庄内川の河口，名古屋港周辺において広域にわたり高い沈降量を示し，広い範囲で地盤の沈降が見られる。80 年代以降は沈降は全体的に緩やかになり，養老断

層以南などでは緩やかな隆起に転じている，しかし依然として木曽三川河口から輪中地帯にかけて沈降が続いている。90 年代になると，以前激しかった反動か名古屋などの都市域でも隆起が見られ比較的大きな沈降は以前沈降が激しかった地域の周囲へと移っている。

この地域では自然現象としての地盤沈下が，軟弱な堆積層の自然圧密や濃尾傾動盆地運動によって起こっている。しかし，これほど大きな沈下はそれだけでは説明が付かない。これは，戦後の高度経済成長などの影響で地下水の揚水量が急増し，地下水の補給が追いつかなくなり地下水位が低下することによる圧密収縮の加速など人工の要因によるものが大きいと考えられる。

図 4 は，研究地域の土地利用・被覆の各カテゴリーと地盤高の変動量の関係を示している。水域においては沈降量が大きく，工業用地において小さい傾向を示すことがわかる。水域において沈降量が大きな値を示す傾向からは堤防などの基礎工事をしっかり行われない重量建築物の建設による重圧やそのものの圧密などといった人工的要因が自然の地盤沈下と重なったことが主な原因と考えられる。それに対して，工業用地においては基礎工事をしっかりと行われることが多く，堅固に固定してしまうことで沈降量をある程度の幅に抑えるが，その地域全体としての沈降が起きた場合などに影響を受ける。しかし固定がしっかりしているために地下水位の回復による除荷膨張などの影響も受けにくいことが，狭い振れ幅から予想される。

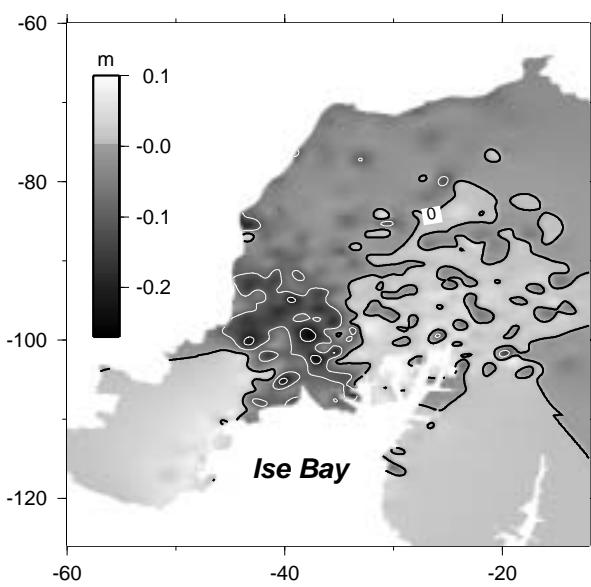


図3：1977～1997年の地盤高の変動量分布

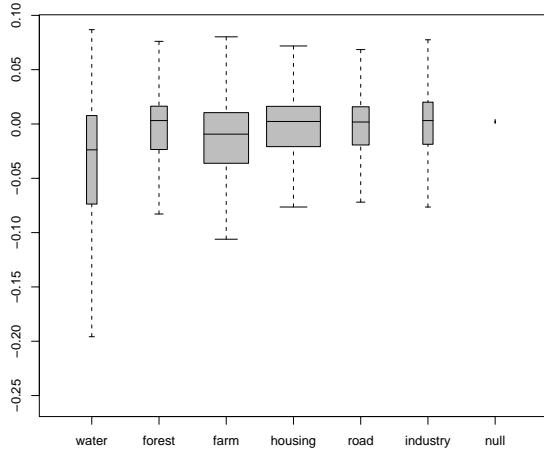


図4：各土地利用に対する変化量の分布

5. 今後の課題

本研究では、各水準点の位置を地理コード化する作業と、データの整理に多くの時間と労力を要したため、GISで作成した地盤高のラスターデータを用いた地盤高変動の経年変化や土地利用との直接的な関係などについての解析しか行えなかつた。しかし、十分な精度を持った地盤高のラスターデータが作成できることが明確になった。

従って今後は、土地利用図とのより詳細な比較検討や地質、地形、地下水分布、揚水井戸、ボ-

リングコア資料といったものなどとの関連性を調べてより有機的で総合的な地盤沈下の解析を行っていく予定である。

また、濃尾平野における地盤沈下解析への InSAR データ適用の検討を考えている。衛星干渉 SAR データを用いた InSAR 解析は「地形が平坦」「沈下地域が空間的にあるパターン（等変動曲線が大きさ 1km 以上くらいの楕円形等）」「沈下速度がある程度大きい（年間数 cm 程度以上）」等の条件を満たす場合、InSAR により地盤沈下が十分に観測できることがわかつてき。本調査地域はこれらの条件をすべて満たしており、地盤の変動分布や変動量を把握することができ、従来の水準測量等による地盤沈下監視の補完的な手法として期待できる。したがって濃尾平野は、人工衛星干渉 SAR データを用いた地盤沈下の新たな研究調査手法のフィールドとしてきわめて有効な地域の一つと考えられる。また、従来の水準測量による地盤沈下推定量と、InSAR データ解析から求められる地盤沈下量とを比較検討することができれば、InSAR による推定精度の評価だけでなく、水準測量の精度や分解能についても言及できる。さらに、InSAR 解析による推定の有効性が確立すれば、水準測量等ができない地域でのリモートセンシングによる地盤沈下量の推定も可能となる。しかし、衛星データからの地盤沈下量推定には、大気中の水蒸気によるマイクロ波の位相変化補正等の技術的に解決されなければならない課題も数多く残されている。こうした技術的課題や解析上の問題点にさらに検討を加えて解決を図るとともに、当地域における SAR 衛星資料を用いた地盤沈下推定を実施する予定である。これにより、従来の水準測量成果に加えて、より有機的で総合的な地盤沈下監視が実現できよう。

参考文献

- 環境省 H.P.(1998), <http://www.env.go.jp/water/iban/98/mokuj.htm> 東海三県地盤沈下調査会 (2000), 平成 11 年における濃尾平野の地盤沈下の状況, 70pp 東海三県地盤沈下調査会 (1985), 濃尾平野の地盤沈下と地下水松澤勲 (1978), 湾岸低地帯の地盤沈下の実体と災害の解明