

常時微動計測に基づく名古屋市内の池跡地の地盤震動特性

Dynamic Characteristics of Surface Soil in Ponds Based on Microtremor Measurements

2. 構造 - 2. 振動・地盤震動

ため池	標高	常時微動
古地図	土地利用	H/V スペクトル

正会員	○橋本 朋子*1	HASHIMOTO Tomoko
正会員	船越 恵美*1	FUNAKOSHI Emi
正会員	福和 伸夫*2	FUKUWA Nobuo
正会員	護 雅史*3	MORI Masafumi
正会員	飛田 潤*4	TOBITA Jun

1. 背景と目的

地震をはじめ自然災害は、地形や表層地盤の震動特性に強く影響を受ける。このような災害リスクを正しく評価し、非専門家の一般市民に適切に伝えることを目的として、過去の地形と現在の地盤条件との関連を検討してきた。本論では、名古屋市内で過去に池だった場所を古地図から推定し、常時微動計測を行い、求めた H/V スペクトルや、高橋らによる名古屋市内の小学校の微動記録¹⁾やボーリングデータを用いて、周辺との比較や地盤震動特性を調べた。

2. 対象とする池の概要

名古屋市内の池を推定するために、1891 年頃に国土地理院によって作成された 1891 年の東海都市地図²⁾を用いた。現在、1891 年において池だった場所は、学校や住宅、運動場として利用されている。計測地域を標高や古地図とともに図 1 に示す。今回の微動計測では円で囲った地域を対象とした。農業用ため池として活用され、台地の縁にダム状に立地していた池を中心に計測を行った。詳細な計測地点を池の範囲を重ねて図 2 から図 5 に示す。計測地点での地質や固有振動数を考慮する際に、ボー

リングデータや地質断面図³⁾から求めた結果を表 1 に示す。高橋ら⁴⁾による式を用いて N 値から S 波速度を求めた。深さを、層厚で重みづけ平均した平均 S 波速度が大きく増加する深さとして 1/4 波長則から地盤の固有振動数を推定した。以降で各観測地域の概要を示す。

2.1 猫ヶ洞池

名古屋市千種区の平和公園内にある。上池は 1664 年に、下池は 1666 年に農業用ため池として建設されたが、下池と上池の南東部分は昭和に埋め立てられた。上池と下池を分離していた土手で、端部と中心での違いを調べるため、図 2 の地点 a と b、c と d でそれぞれ同時計測を行った。また、地震記録や震度情報の活用に重要な名古屋地方気象台において、地盤と地震計の設置されたコンクリート製の台の上で 2 点同時計測を行った。

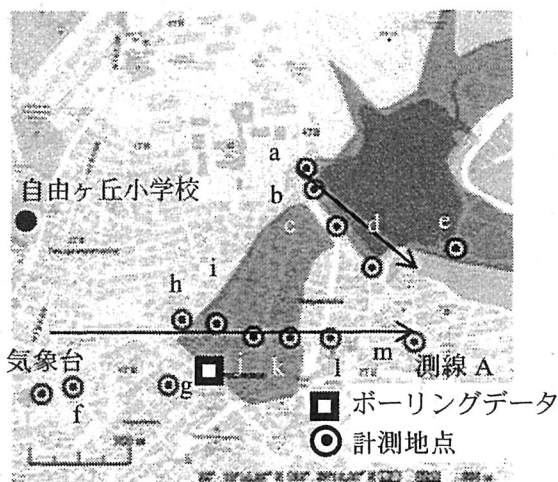
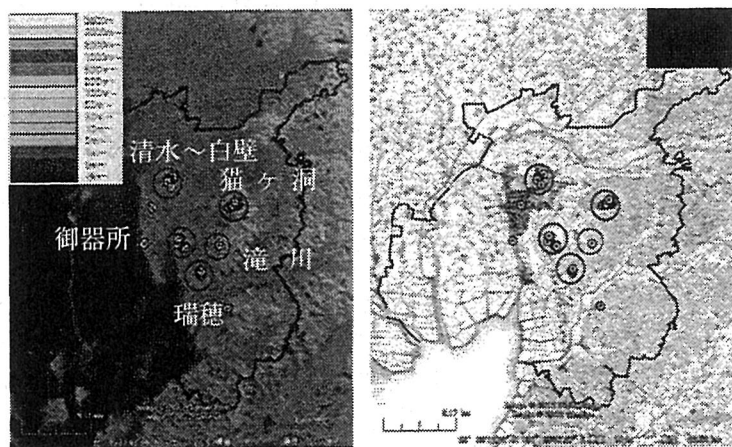


図 2 千種区猫ヶ洞での計測地点



A)標高図と池の分布

B)1891 年東海都市地図²⁾

図 1 計測地点の全体図

2.2 瑞穂運動場

瑞穂区萩山町周辺にあった鼎池は競技場になっている。南の運動場では大曲輪遺跡が発見されており、縄文時代には、周辺が海岸線だった。猫ヶ洞池同様、池を埋めた影響を検討した。図 3 のように池の中心と土手、谷筋の上流と下流、台地の

*1 名古屋大学環境学研究科都市環境学専攻

*2 名古屋大学減災連携研究センター・教授・工博

*3 名古屋大学減災連携研究センター・准教授・博士(工学)

*4 名古屋大学災害対策室教授・工博

*1 Grad. Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

*2 Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*3 Assoc. Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*4 Prof., Disaster Management Office, Nagoya Univ., Dr.Eng.

上を通るように、測線 B、測線 C を取り、計測を行った。
名古屋地域地質断面図から沖積層厚が 10m 前後となっており、ボーリングデータで N 値から求めた平均 S 波速度が 170m/s 程度であるため、4Hz 程度が固有振動数と推定した。

2.3 清水～白壁周辺

名古屋城は熱田台地の縁に立地しており、北東の東区白壁から北区清水にかけて、標高が約 10m 低くなる。1691 年から 1718 年にかけて書かれた朝日文左衛門の日記、鸚鵡籠中記⁵⁾によると、1707 年の宝永地震時に台地の下では液状化被害が起き、文左衛門宅は被害がなかったと書かれている。

文左衛門は、台地の下では蓮池と呼ばれる池を埋めたため、被害が大きかったと推定している。そこで、液状化が起きた場所と起きなかった場所の地盤震動特性の違いを調べるため、台地の上下、蓮池のあった場所で微動計測を行った。蓮池は長久寺の敷地にあり、埋められた後は開墾されて蓮池新田となったと郷土史の本⁶⁾に書かれているため、古地図⁷⁾(図 4-2)から計測地点を決定した。加えて、付近にある片山神社でも計測を行った。昔から寺社や集落として活用されてきた場所は地盤が良いとさ

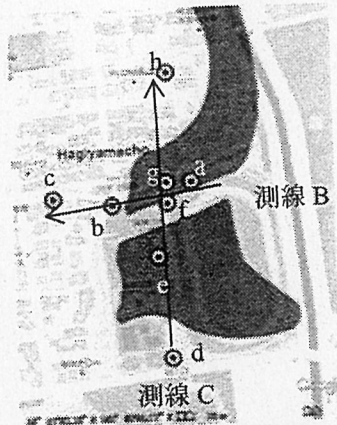


図 3 瑞穂区での計測地点

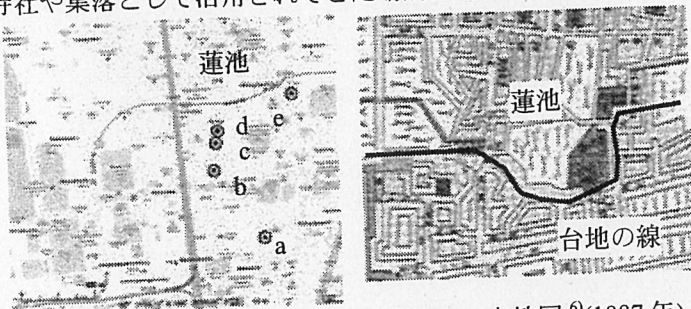


図 4-1 北区清水～白壁計測地点 図 4-2 古地図⁶⁾(1887 年)

図 4 清水～白壁計測地点

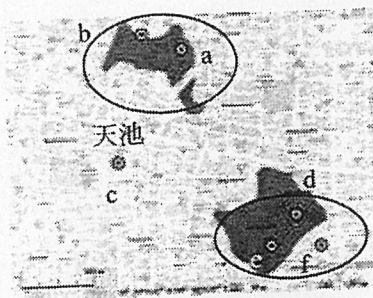


図 5-1 向陽高校周辺での計測地点

れる。そこで、歴史ある神社として延喜式内社である片山神社の地盤の良否を検討した。

2.4 御器所・滝川町周辺

向陽高校と桜山中学校は一つの大きな池であった場所に立地している。二つの学校は避難所指定を受けており、災害時に拠点となる場所でもあるため、池であったことの影響を調べた。その対象地点として高校と中学校の間、高校の南門前で計測した。また、交差点付近では 1891 年には集落があり、昔から人が居住する場所は地盤の良い場所である可能性が高いことから、当時集落であった場所で計測し、池であった場所との固有振動数の違いを比較した。

昭和区御器所に建つ龍興寺の南にも池があった。池は 1916 年頃に排水され、現在は天池という地名の住宅地となっている。池であった場所に



図 5-2 昭和区滝川町での計測地点

立地する寺の前と、池付近の台地上にある龍興寺、及び昔からの集落で計測を行った。

滝川町の高層住宅も昔の池に立地している。東から西に標高が下がり、南北方向では窪地になっており、過去に池だったことが類推できる地形になっていた。

3. 常時微動計測概要

常時微動計測には、固有周期 1 秒の速度計を周期 5 秒に設定した動コイル型 3ch 常時微動計を用いた。サンプリング周波数を 100Hz とし、1 地点につき 30 分間計測を行った。昔の池を埋めた地盤深さは、表層から 10m～20m 程度で、せん断波速度から推定すると、埋土に対する固有振動数は、比較的高振動数であると考えられる。そこで、フーリエスペクトルを求める際の 1 サンプルの時間間隔を 20.48 秒とし、全区間を使用してサンプル数を 57 個とした。外乱が大きいと考えられる振幅の大きな箇所は、RMS 値を用いて除去されていることを確認した。3 方向についてフーリエ変換を

表 1 ボーリングデータから求めた各地域の表層地盤の固有振動数

項目	猫ヶ洞池	瑞穂運動場	清水周辺	龍興寺付近	学校	滝川町
池						
深さ(m)	24	10	11	14	24	12
平均S波速度(m/s)	353	166	174	160	210	351
固有振動数(Hz)	4.0	4.2	4.0	2.9	2.2	7.3
台地						
深さ(m)	10	12	12	15	16	16
平均S波速度(m/s)	386	210	237	237	182	359
固有振動数(Hz)	9.5	4.4	4.9	4.0	2.8	5.6

行い、水平方向のフーリエスペクトルの二乗平方根と上下方向のフーリエスペクトルに対する比からH/Vスペクトルを求めた。中村・上野⁸⁾に、H/Vスペクトルのピークは地盤の1次固有振動数に対応するとされている。

4. 常時微動計測結果

図6に猫ヶ洞池での下池と気象台でのボーリングデータとして名古屋地盤図⁹⁾の柱状図やN値を示す。ここでは、H/Vスペクトルの卓越振動数とN値とせん断波速度に関係式⁴⁾を用いて求めた表層地盤の固有振動数との比較を行った。H/Vスペクトルを図7から図10に示す。図11には小学校での計測記録¹⁾を示す。

4.1 猫ヶ洞池

図7B)より、H/Vスペクトルのピークの振動数は、下池の中心部(地点j)で2Hz付近に、台地(地点i)では6Hz付近に見られた。図7A)の土手では、地点dと地点cで5Hzや6~8Hzにピークがあるものの、地点aと地点bでは見えない。交通振動が多いためと考えられる。図6

の柱状図から、下池では、約24mの場所では有機質粘性土層から砂質土に変化しており、N値が大きくなっている。有機質土は高含水で間隙比が大きく、軟弱地盤とされている。この層より下が池を埋める前の地層と類推し、1/4波長則から地盤の固有振動数を求めると、4Hz程度になった。同様に、気象台では深さ10m程度を表層地盤と考えて地盤の固有振動数を求めると、9.5Hzとなった。H/Vスペクトルのピークの振動数とボーリングデータはあまり対応していない。図11A)の自由ヶ丘小学校での微動記録と気象台(地点f)の記録を比較すると、ピークが

不明瞭な形状が類似している。自由ヶ丘小学校は谷筋に立地しているが、この谷は気象台のある台地が削られて出来たものであり、地盤の構成が類似しているためと考えられる。

4.2 瑞穂運動場

図8B)から、下流の地点dや土手(地点f)では6Hz付近に、上流の地点hや池の中心である地点gでは

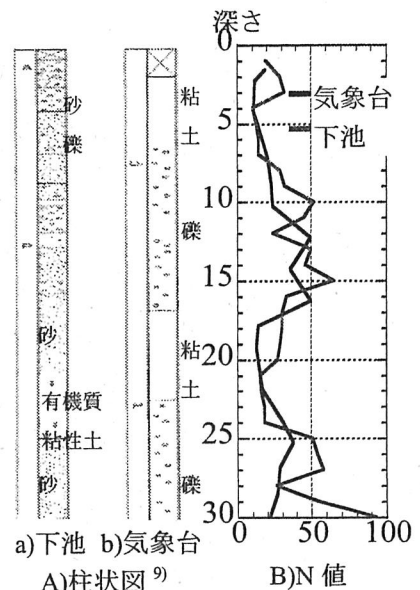


図6 土質柱状図

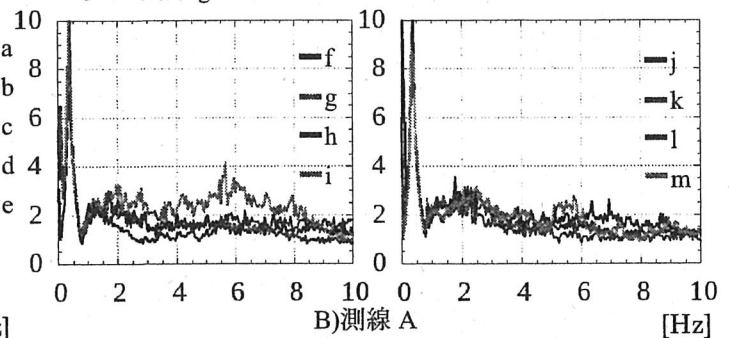


図7 猫ヶ洞池でのH/Vスペクトル

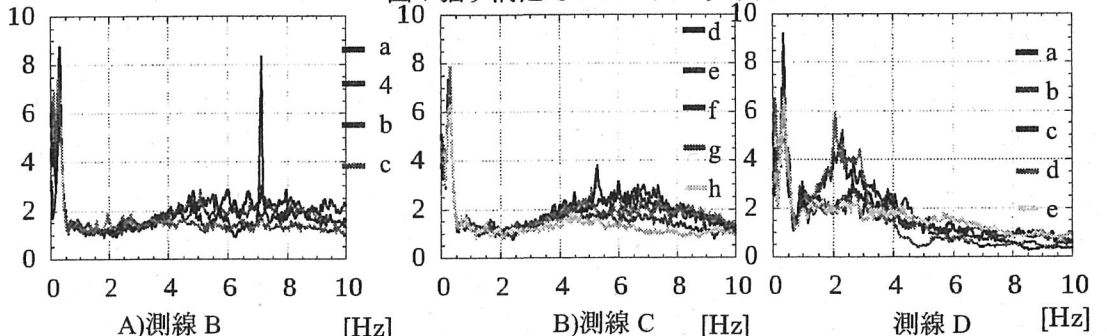


図8 瑞穂でのH/Vスペクトル

図9 清水～白壁

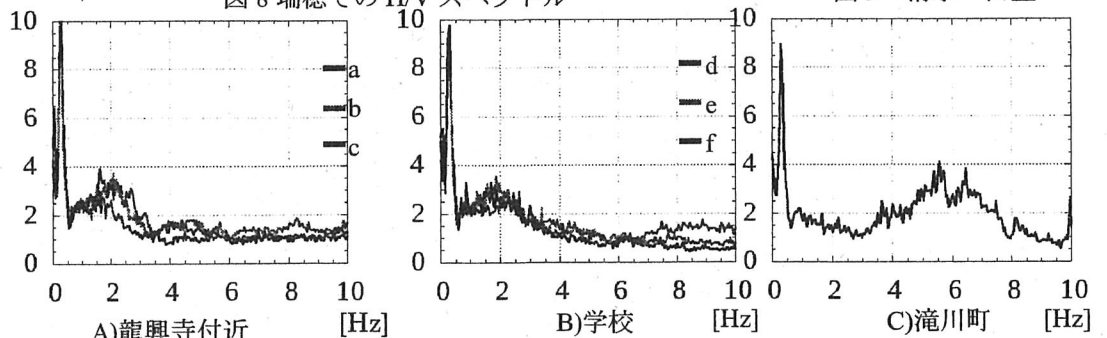


図10 御器所・滝川町でのH/Vスペクトル

4Hz 付近にピークがある。図 8A) の測線 B では、各地点 5Hz から 6Hz 付近にピークがある。地点 b での 7Hz の明瞭なピークは、電柱の基礎上で計測した影響と考えている。ボーリングデータと比較すると、深さ約 10m までの 4Hz~5Hz 付近の振動数と対応していると考えられる。図 11B) の小学校での微動記録と比較すると、陽明小学校と地点 f、汐路小学校と地点 h での形状が類似している。

4.3 清水～白壁周辺

図 9 より、台地上である地点 a、b や片山神社が建つ地点 e では振幅が小さく、ピークが不明瞭である。一方、台地の下である地点 c や蓮池だった地点 d では 2Hz に明瞭なピークが表れた。宝永地震での被害と同様に、H/V スペクトルの形状が台地の上下で異なっていたことから、地震の被害の差は地盤の影響と考えられる。図 11C) から大杉小学校では 4Hz に明瞭なピークがある。大杉小学校の地盤は、盛土の下に沖積層が深さ 7m 程度まで存在し、台地の下では、盛土と礫層が深さ約 10m まで存在している。1/4 波長則から層厚が増すと振動数が小さくなるので、大杉小学校での結果と比べて台地の下で H/V スペクトルの卓越振動数が小さいことは妥当と考えられる。

4.4 御器所・滝川町周辺

池であった場所の寺と台地にある寺を比較すると、池ではピーク振動数が 1.7Hz、台地の上は 2Hz と小さなピークが 8Hz 付近に見られた。集落でも形状に違いは見られなかった。表 1 では 2Hz から 3Hz 程度なので、ボーリングデータから求めた固有振動数とは対応しない。

向陽高校では、1~2Hz にピークがあり、図 11D) の吹上小学校や村雲小学校での記録と形状が類似している。

滝川町では、6Hz 付近にピークが認められる。東部丘陵地内であることから、谷筋ではあるものの熱田台地や沖積層の厚い場所よりも地盤が固いと考えられる。

5. 結論

名古屋市内には多くの池が存在していたが、昭和初期に大部分が埋められた。そこで、名古屋市内の数地域を選定し、池と池ではなかった場所で常時微動計測を行い、池であった地点の地盤震動特性について分析を行った。得られた結果を以下に示す。

猫ヶ洞池、瑞穂運動場は共に谷に立地する池であり、H/V スペクトルにも池の淵から中央にかけてピークの振動数が小さくなった。ボーリングデータと比較すると、下池では、有機質層までの深さ 24m では H/V スペクトルのピークの振動数に対応しなかった。

清水～白壁では、台地の下では振幅が大きく、ピーク

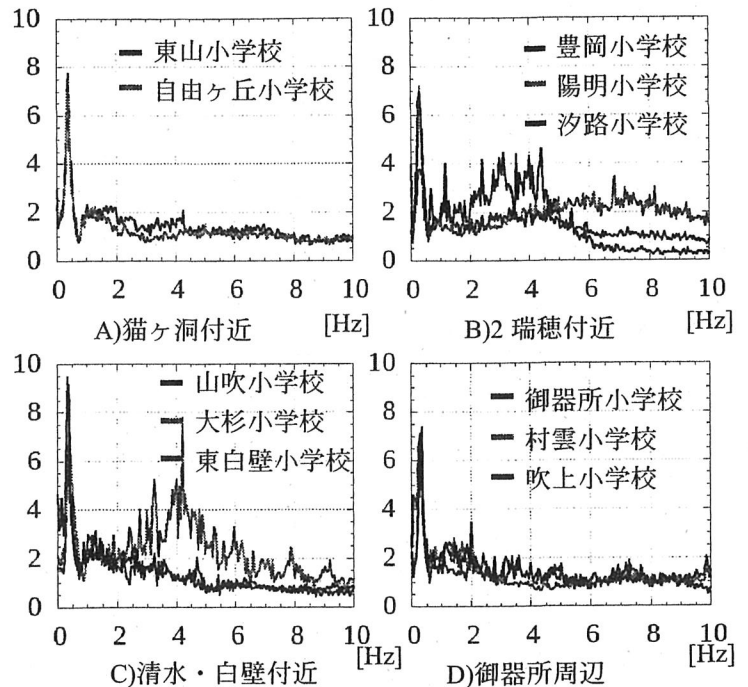


図 11 小学校での微動計測による H/V スペクトル

の振動数は 2Hz 付近だった。台地の上ではあまり明瞭なピークは見られず、地盤の違いが宝永地震における被害にも影響していたと考えられる。

全体では、池であった場所は池ではなかった場所と比べて H/V スペクトルのピークが明瞭で、ピークの振動数はボーリングデータの土質や N 値の変化に対応する場所もあるが、対応しない場所が多かった。ボーリングデータの行われた場所が計測した場所と必ずしも一致していないことも要因と考えられるため今後の課題としたい。

・謝辞

名古屋地方気象台の方々には本論文での気象台の敷地内における計測にあたり、貴重な観測の機会を与えて頂いた。ここにお礼を申し上げます。

名古屋大学技術補佐員脇田久美子女士には本論文での名古屋市内の計測にあたり、多くの支援をして頂いた。ここにお礼を申し上げます。

・参考文献

- 1) 高橋広人, 飯田正憲, 福和伸夫, 飛田潤, 西阪理永: 強震記録、微動記録、地盤資料に基づいた名古屋市の地盤震動性状の総合的分析 その 2 微動 H/V スペクトルに基づく震動性状の分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, 構造 II, 振動, 原子力プラント, 1999, 223-224
- 2) 清水靖夫: 明治・昭和東海都市地図, 柏書房, 1996
- 3) 土質工学会中部支部: 名古屋地域地質断面図集, 名古屋地盤図出版会, 1987
- 4) 高橋広人, 福和伸夫: N 値を用いた名古屋市域の浅部地盤のモデル化, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, 構造 II, 振動, 原子力プラント, 2004, 695-696
- 5) 沢井鈴一, 伊藤正博, 北本日出夫: 北区歴史と文化探索トリップ, 名古屋北ライオンズクラブ, 2004
- 6) 神坂次郎: 元御豊奉行の日記 尾張藩士の見た浮世, 中公新書, 1984
- 7) 古地図資料出版: 名古屋明細全図, 古地図資料出版株式会社, 1887
- 8) 中村豊, 上野真: 地表面振動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み, 第 7 回日本工学会シンポジウム講演集, p.265-270, 1986
- 9) 土質工学会中部支部: 名古屋地盤図, 名古屋地盤調査研究会, 1969