

金沢市域の伝統木造建築物の耐震調査

－東茶屋街・主計町の場合－

Sesmic Investigation for Traditional Wooden Buildings in Kanazawa City
- Case Studies of Higashi-chayagai and Kazue-machi Districts -

河原大¹・後藤正美²・須田達³・鈴木祥之⁴

Hiro Kawahara, Masami Gotou, Tatsuru Suda and Yoshiyuki Suzuki

¹金沢工業大学大学院 工学研究科建築学専攻 博士前期課程 (〒924-0838 石川県白山市八束穂3-1)

Graduate Student, Kanazawa Institute of Technology

²金沢工業大学 環境・建築学部建築学科 教授 (〒924-0838 石川県白山市八束穂3-1)

Professor, Dep. of Architecture, College of Environment Engineering and Architecture, Kanazawa Institute of Technology

³立命館大学 グローバル・イノベーション研究機構 准教授 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Associate Professor, Global Innovation Research Organization, Ritsumeikan University.

⁴立命館大学 グローバル・イノベーション研究機構 教授 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Professor, Global Innovation Research Organization, Ritsumeikan University

There are many existing traditional wooden houses in Higashi-chayagai and Kazue-machi that are typical districts in Kanazawa as important preservation districts for groups of historic buildings. To evaluate the seismic performance of traditional wooden houses, structural observations and microtremor measurements were carried out. Structural and vibration characteristics of wooden houses in two districts are examined. It is found that the vibration characteristics of continued houses are significantly affected by the effect of adjacent houses. In evaluating the seismic performance of continued houses, these houses should be dealt with as building clusters.

Key Words : *Traditional Wooden Buildings, Seismic Performance, Vibration Characteristics*

1. はじめに

金沢市域は、戦災にあっておらず歴史的な建造物や道路・街区も多く残っている。2007年能登半島地震や2008年7月のゲリラ豪雨による浅野川の氾濫などの自然災害は、住民の多くが安全に不安をいだくとともに、伝統的な町並みや住宅に関心があり、定住を望む人にとっても、安全面で懸念をいだく結果となった。これらの伝統建築物を保持・継承してゆくためには、災害に対する危険度評価を実施し、安全で安心して生活できる環境を確保することが重要である。

本論では、伝統的な建築物が多く残る金沢市の代表的な重要伝統的建造物群保存地区である東茶屋街と主計町(かずえまち)の建物を対象に耐震調査を実施したので、その結果および今後の課題について報告する。



図1 東茶屋街と主計町の位置

2. 対象建物の概要

東茶屋街、主計町の位置を図 1 に示す。東・西茶屋街が、加賀藩の藩政期後半の 1820 年に犀川・浅野川の外に公許されたのに対して、主計町には公許はされていない。

東茶屋街は、茶屋町創設時の敷地割をよく残し、茶屋町創設時から明治初期に建築された茶屋様式の町家が多く残っており、2001 年 11 月 14 日、種別「茶屋町」で東山ひがしの名称で国の重要伝統的建造物群保存地区に選定された。主計町（かずえまち）は、浅野川沿いにあり、東山ひがしとともに茶屋町として 2008 年 6 月 9 日に重要伝統的建造物群保存地区に選定された。この東茶屋街と主計町の建物を耐震調査の対象とした。

(1) 東茶屋街¹⁾

東山地域には、約 120 棟の建物が建てられており、十数棟からなる連棟建築である。それぞれ間口に対して奥行きが深い細長い平面形状であるが、1 階床面積は 100 m²を越えるものが多く、全体的に大きい。調査を行った建物の 1 階床面積の平均値は 106 m²であった。階数は 3 階建てでもあるが、その殆どが 2 階建ての町家形式である。階高は 1 階、2 階とも 2.5m 程度であり、在来軸組工法の 2 階建て木造住宅よりも若干低い。また、1 階は日常的空間であり、2 階は営業空間として大部屋が計画されていることから、1 階と比較して全般的に 2 階は壁が少ない。写真 1 に東茶屋街の前景を示す。



写真 1 東茶屋街の前景

(2) 主計町²⁾

主計町には、48 棟の建物が建てられており、東山地域と同じく入口が道に面して連続して建てられている。しかし、1 街区の規模棟数は少なく、東山の十数棟に対して数棟程度である。平面形状においても、1 階の床面積は平均値で 41 m²と小さい。階数は建設当初 2 階建てであったが、現在は 3 階建てが多く、それぞれ平均値で、1 階の階高が 2.2m、2 階の階高は 2.3m、3 階の階高は 2.4m と下層階ほど階高が低く、東山地域の各階高よりもいっそう低い町家形式の建物である。写真 2 に主計町の前景を示す。



写真 2 主計町の前景

(3) 調査対象建物

図 2 に東茶屋街を中心とする東山地区を示す。東山地区には約 120 棟の建物が存在し、その中から東茶屋街を中心に 12 棟を選出し調査を行った。選出には、建物形状、建物用途等の点を留意し、東茶屋街において標準的な建物とした。主計町では 48 棟中 13 棟を対象に調査を行った。図 3 に主計町を示す。図 2、3 ともに、調査を行った建物位置に常時微動計測によって得られた 1 次固有振動数を、張り間方向（上段）、けた行方向（下段）のそれぞれ併せて示す。図 4 に東茶屋街、図 5 に主計町の建物の各階平面を例として示す。

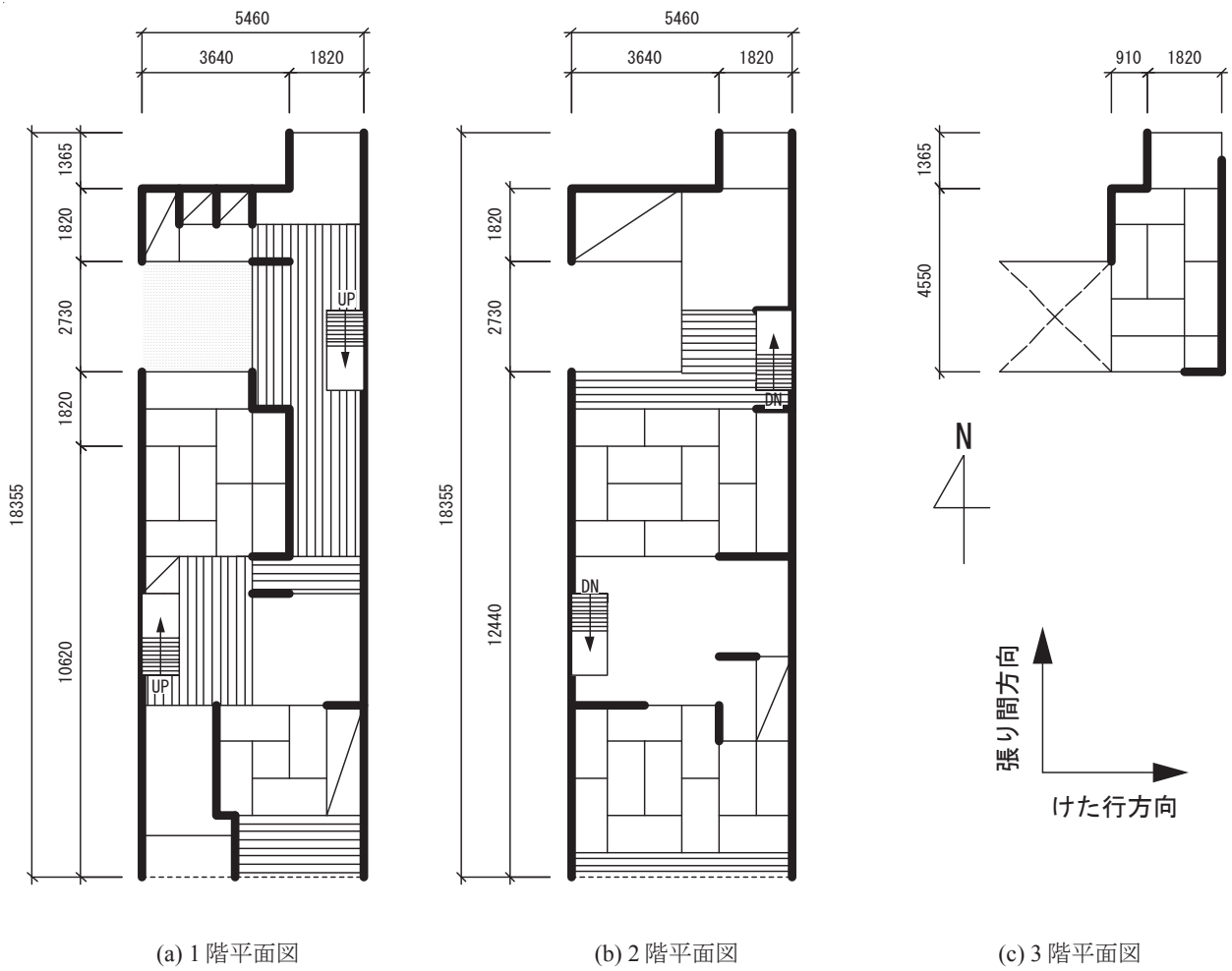


図2 東茶屋街の調査対象建物と卓越振動数

(図中の上段は張り間方向(長手)、下段はけた行方向(短手)の卓越振動数を表す)



図3 主計町の調査対象建物と卓越振動数



(a) 1階平面図

(b) 2階平面図

(c) 3階平面図

図4 東茶屋街の平面図の一例

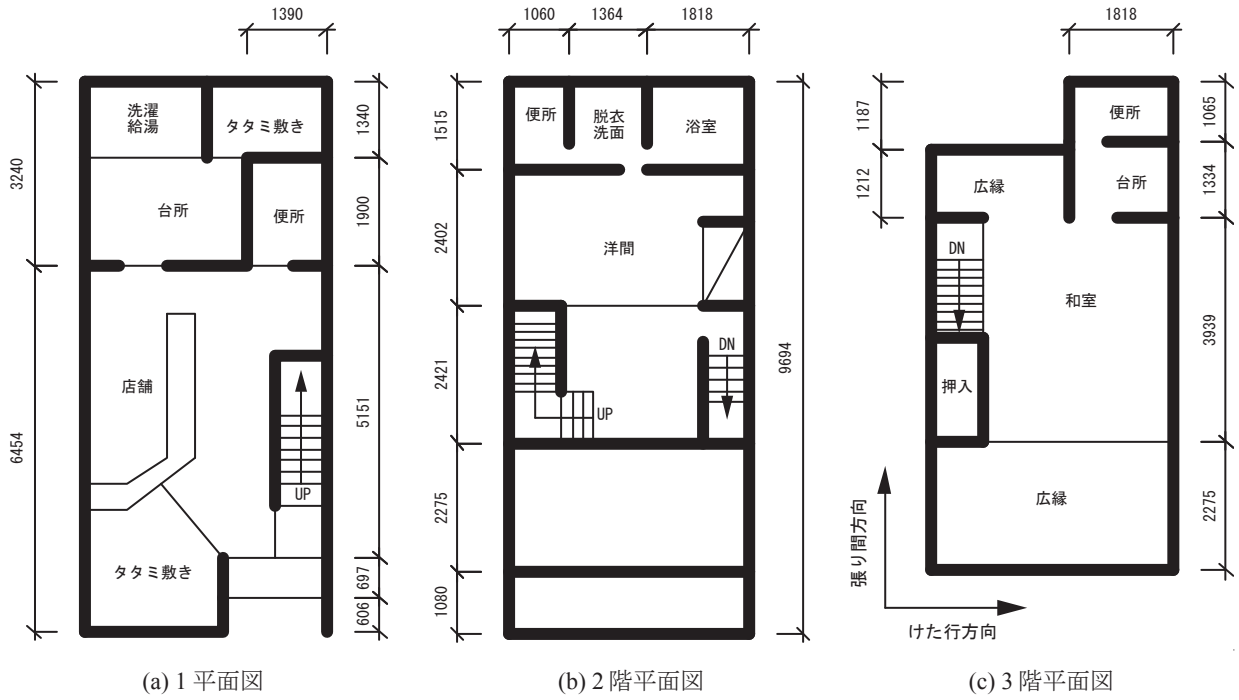


図5 主計町の平面図の一例

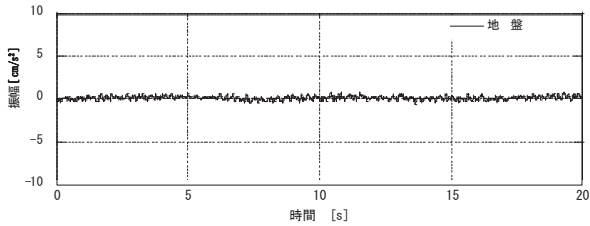
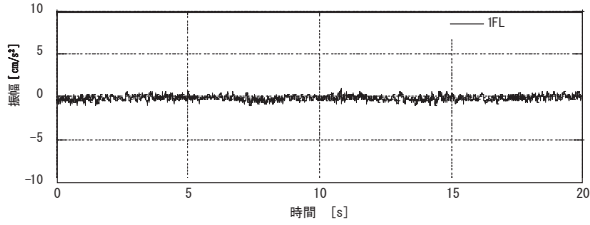
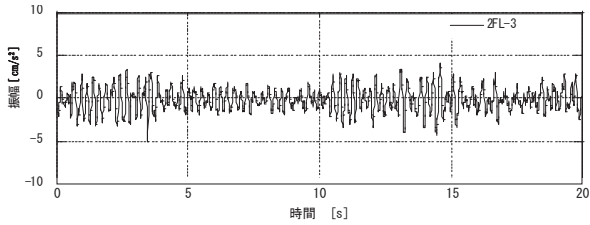
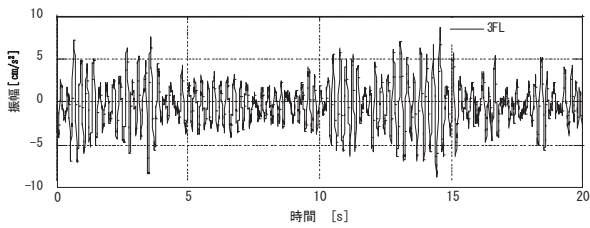


図6 各階床レベルの時刻歴波形(20秒間)

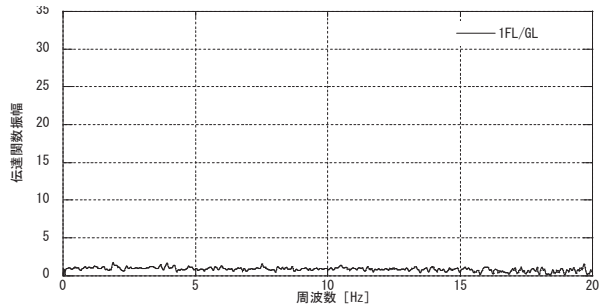
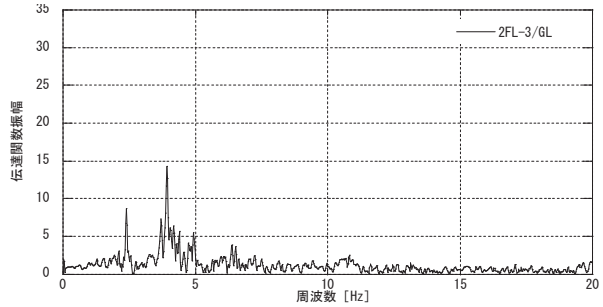
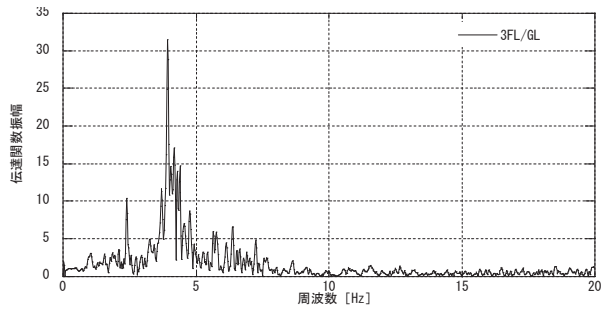


図7 各階の地盤に対する伝達関数

3. 計測方法及び処理方法

常時微動測定には、東京測振製 SPC-35 を用いて、速度計 6 個を対象建物の地盤レベル、1 階床レベル、2 階床レベル、小屋組内のそれぞれ平面的な中心部に設置し張り間方向、けた行方向についてそれぞれ計測を行った。また、2F 床レベルにおいては、建物のねじれを考慮し、中心部の他に離れた 2 箇所にも速度計を設置し、立面形状と平面形状を考慮した配置計画とした。測定パラメータは、サンプリング周波数 100Hz とし、5 分間計測、データ数 30000 点とした。

データ処理には、計測した全ての時刻歴波形を FFT 処理によってフーリエスペクトルを算出し、各成分の振動特性を明らかにした。FFT 処理を行う際、5 分間の計測データから波形の安定した部分のデータ個数 4096 点を複数個切り出し平均化を行うとともに、平滑化のために Parzen ウィンドウ（ウィンドウ幅 0.1Hz）を施した。これらの処理により算出したスペクトル比、伝達関数などから卓越部分を読みとり対象建物の 1 次固有振動数を算出した。

計測結果の一例を以下に示す。図 4 に東茶屋街において計測した代表的な建物の時刻歴波形を 3 階床レベル、2 階床レベル、1 階床レベル、地盤レベルの順に示す。この時刻歴波形は比較的安定した部分であり、全計測データから 20 秒間を取り出して表示したものである。各階における振幅レベルの差は大きく、特に最下階の振幅と比較すると、最上階における振幅は非常に大きくなっている。また、計測時間 10 秒から 15 秒にかけて 1 階レベル以下では見てとれないが、2 階床レベルで振幅の大きくなっている箇所は、3 階床レベルにおいて、さらに増幅しており、最上階になるほど、応答していることがわかる。

図 6 に示した時刻歴波形を上述で示した FFT 処理を施し、地盤と上部構造の各階レベルとの伝達関数を図 7 に示す。卓越は 4Hz のところにあり、3 階床レベルにおいて最も卓越を示している。2 階床レベルにおいても 4Hz で卓越を示し、2 階から 3 階へは 2 倍程度の応答があることがわかる。1 階床レベルにおいては、地盤からの応答はほとんど無い。本調査における対象建物の殆どが、地盤に対する上層階の応答が非常に大きい。

4. 結果及び考察

(1) 東茶屋街

FFT 処理による伝達関数から算出した東茶屋街における対象建物 12 棟の振動特性と共に各階の床面積、階高及び令 46 条に基づく壁量の充足率の平均値を表 1 に示す。

東茶屋街の 1 次固有振動数は、けた行方向で 6.0～2.3Hz、張り間方向で 7.1～3.5Hz であった。各方向において、その殆どの建物が、それぞれ 3Hz、4Hz 付近にあるのに対して一部の建物に高い振動数が見られた。また、令 46 条に基づいた、床面積に対する必要な壁量と建物に存在する壁量の割合を示した充足率は、全ての建物において満足せず、特に壁の配置がむずかしい間口方向は極めて低いといえる。

土壁の壁倍率が、自体の性能に対して低く評価されていることもあるが³⁾、充足率から判断すると、対象建物の壁は少ない。また、建物重量も土壁を使用していることから、重い建物である。これらのことから判断すると、計測された固有振動数は、高めに計測されていると思われる。この要因として一つには、対象建物は隣同士と接して建築されている事で、数棟の建物が群として振動特性を構築していることが考えられる。

また、対象建物の数棟において主要構造部である柱、梁を隣家と共有している箇所が確認されたことや外壁を共有し、実状は内壁とした構造になっていること、幾つかの建物のスペクトル線図から複数の卓越部分が計測されたことから判断できる。

表 1 建物の特徴と固有振動数

		東茶屋街	主計町
		平均値	平均値
床面積 (m ²)	3 階	43.0	26.3
	2 階	97.0	45.6
	1 階	105.0	45.8
階高 (m)	3 階	2.3	2.4
	2 階	2.5	2.3
	1 階	2.5	2.2
けた行方向			
壁量の充足率 (%)	3 階	31.7	64.0
	2 階	31.1	31.0
	1 階	24.1	31.0
振動数 (Hz)	1 次	3.4	2.9
張り間方向			
壁量の充足率 (%)	3 階	90.6	96.0
	2 階	75.6	66.0
	1 階	65.6	66.0

(2) 主計町

調査を行った対象建物は、その床面積、階高において、ばらつきが少なく、大きさ、形状は殆ど同じと言える。また、構造からも比較的小さい柱断面積であることや、壁には土壁を用いていることも、各建物において共通なことと言える。そのため1次の固有振動数もけた行方向で2.4~3.4Hz、張り間方向で3.2~5.4Hzとばらつきの幅が少なく、特に隣り合う建物において非常に近い値であることが図3から見て取れる。

主計町における建物の面積、階高、充足率、各方向の振動数を平均値で表1に併せて示す。東山地域と同様に充足率は低く、満足する建物は無い。

主計町の振動特性は、東茶屋街のそれと比較すると、1次固有振動数においては、若干低い。これには、東茶屋街においては部分的な構造の繋がりがあがあるのに対して、主計町においては、隣接して建築されているが、構造的な繋がりは無く戸建てであることが関係する。また、主計町の建物の床面積が、東茶屋街の建物と比べると非常に小さく、約半分程度であることから、倉庫や押入などを設けず、内壁が殆どないためと考えられる。この収納スペースは、建築当初には無かった3階部分であると思われる。

図8に振動モードの一例を示す。振動モードにおいては、前面道路に面した2階の鉛直構面は、垂れ壁、腰壁がなく全開口となっていることから、この面に対する奥側に対して振幅が大きいことや、2階床レベルの振幅に対して、3階の振幅は非常に大きい振幅になっていることが計測より明らかになった。

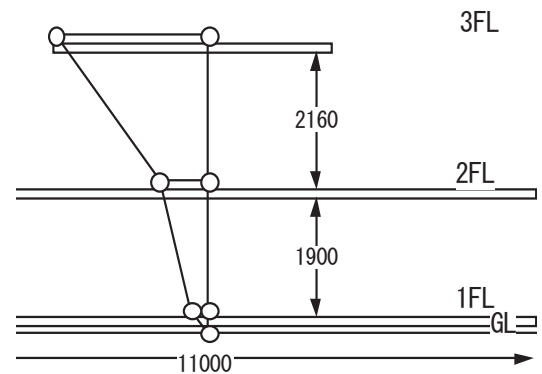


図8 主計町の振動モードの一例

5. おわりに

東茶屋街及び主計町における常時微動計測からは、両地域のような連続する建物は隣接する両隣の建物の影響が大きく、振動特性にも密接な関係があることが明らかにされた。また、連続する建物でも、東茶屋街のような、一部の構造躯体を数棟で共有する建物では、数個の卓越を示すことになり、計測以前に十分な構造調査が必要であると言える。また、両地域の建物を戸建て建物として評価すると、構造材は細く、土壁が主要な耐震壁であり、現行の法規定による壁量を満足しない。しかし、計測値に基づく、微小領域の剛性は、過去の計測値⁴⁾から判断すると、一般的な木造軸組構法における常時微動計測結果の平均的な値の範囲内と言えるため、構造の繋がりの有無にかかわらず、両地域の建物のような連続する建物は、建築物群としての構造的な作用を明らかにすることが必要である。

今後、東茶屋街及び主計町の連続する建物の計測では、数棟を1つの構造体とする計測や、街区単位で計測を行い、振動特性を明らかにし、建物群の性能を評価する必要がある。また、建築物群の構造調査から地域特有の土壁などの耐震要素の性能評価実験を実施して建築物群の復元力特性を推定し、限界耐力計算による詳細な耐震性能評価を行う。

謝辞：本研究を行うにあたっては、調査の際に金沢市役所の関係各位から、また、調査及びデータ整理においては、京都大学防災研究所・鈴木祥之研究室（当時）及び金沢工業大学・後藤研究室の学生（当時）から、多大な協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 金沢市：金沢市東山ひがし伝統的建造物群保存対策調査報告書，pp.7-12，2001年4月。
- 2) 金沢市：金沢市主計町伝統的建造物群保存対策調査報告書，pp.7-18，2002年3月。
- 3) 鈴木祥之、中治弘行：木造住宅土塗り壁の実大実験による耐震性能の再検討，日本建築学会構造系論報告集，第515号，pp.115-122，1999年1月。
- 4) 須田達、田原賢、後藤正美、北原昭男：常時微動に基づく在来構法2階建て木造住宅の耐力評価に関する基礎的研究，日本建築学会北陸支部研究報告集，No.41，pp.63-66，1998年8月。