

木造2階建て建築物の耐震性評価について -綾部市志賀郷公民館の耐震補強前後における起振器実験-

高谷富也¹・西村良平²・西川隼人³・清水嵩史⁴

要旨：耐震改修された木造2階建て建築物である綾部市志賀郷公民館の耐震性を評価するために、起振器を用いた振動実験を行った。本研究は、志賀郷公民館の耐震補強の前後における診断結果を踏まえて、起振器を用いた耐震性評価結果との比較検討を行ったものである。また、木造建築物の微動計測による耐震性評価の妥当性を検討するために、起振器による振動実験結果との比較も併せて行った。

キーワード：公民館、起振器実験、共振振動数、上部構造評点、常時微動、伝達関数、耐震診断

1. はじめに

近年、耐震改修促進法¹⁾および改正耐震改修促進法²⁾の施行により、1981年以前に建てられた耐震性に問題があるとされる伝統的構法で建てられた木造建築物および在来軸組構法による古民家や木造住宅の耐震診断や補強改修等が行われてきている。

一般に、(財)日本建築防災協会発行の2004年³⁾または2012年改訂版「木造住宅の耐震診断と補強方法」⁴⁾に記載されている診断法に従って、上部構造評点を指標とした木造建築物の耐震診断を行うとともに、耐震補強を行っているのが現状である。

著者らは、これまでに古民家建築物を対象として、起振器を用いて木造建築物の固有振動数や減衰定数を求めるとともに、常時微動計測による固有振動数の推定を行っている^{5), 6), 7)}。

本研究では、昭和28年に建てられ、現在も使用されている木造2階建て建築物である綾部市志賀郷公民館を対象として、起振器を用いて耐震改修工事後における木造建築物の固有振動数や減衰定数を求めるとともに、常時微動計測による固有振動数の推定を行ったものである。特に、起振器実験と常時微動計測から得られる固有振動数の比較検討を通じて、木造建築物の微動計測による耐震性評価の妥当性を

調べたものである。著者らは、既に耐震改修前の綾部市志賀郷公民館に対して、起振器を用いて木造建築物の固有振動数や減衰定数を求めるとともに、常時微動計測による固有振動数の推定を行っている⁷⁾。ここでは、耐震改修前の志賀郷公民館の起振器実験の結果と合せて、耐震改修後における起振器実験の結果を比較検討したものである。

2. 対象とした綾部市志賀郷公民館について

Photo. 1は、今回対象とした綾部市志賀郷公民館の道路に面した前景写真を示したものである。この木造建築物は、昭和28年（1953年）に竣工されており、1階床面積が362.71m²、2階床面積が198.74m²の地上2階建て木造建築物である。現状の用途は公民館と診療所として使用されており、建物の後ろに平屋建ての診療所が併設されている。平成29年11月から平成30年3月にかけて、綾部市志賀郷公民館の耐震改修工事が行われた。



Photo. 1 Full view of Shigasato community center
(After seismic retrofit)

1 舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科 教授

2 舞鶴工業高等専門学校 教育研究支援センター
技術職員

3 福井工業大学 土木建築工学科 准教授

4 舞鶴工業高等専門学校 専攻科 総合システム工学専攻 建設工学コース1年

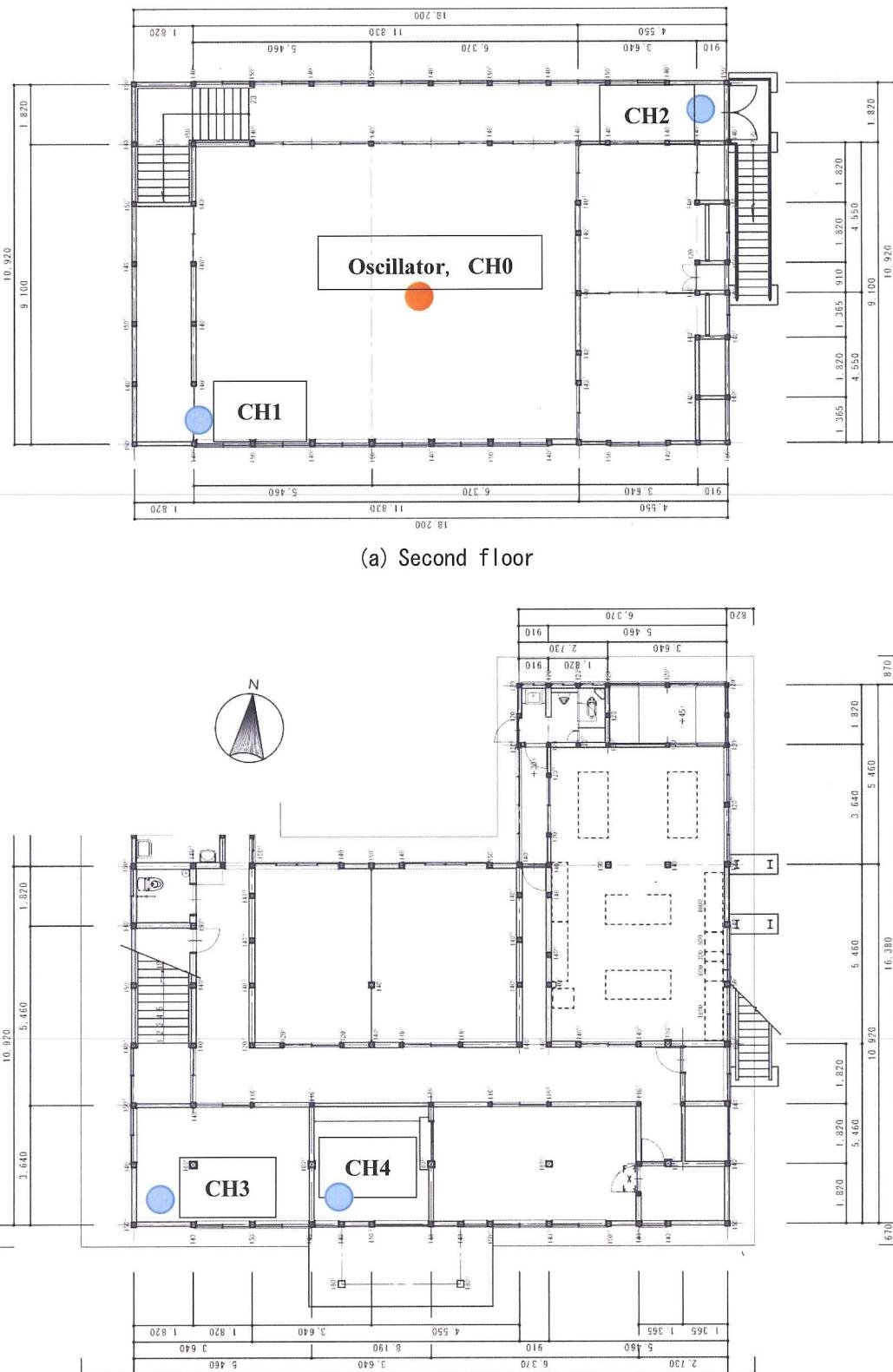


Fig.1 Floor plan of Shigasato community center before seismic retrofit

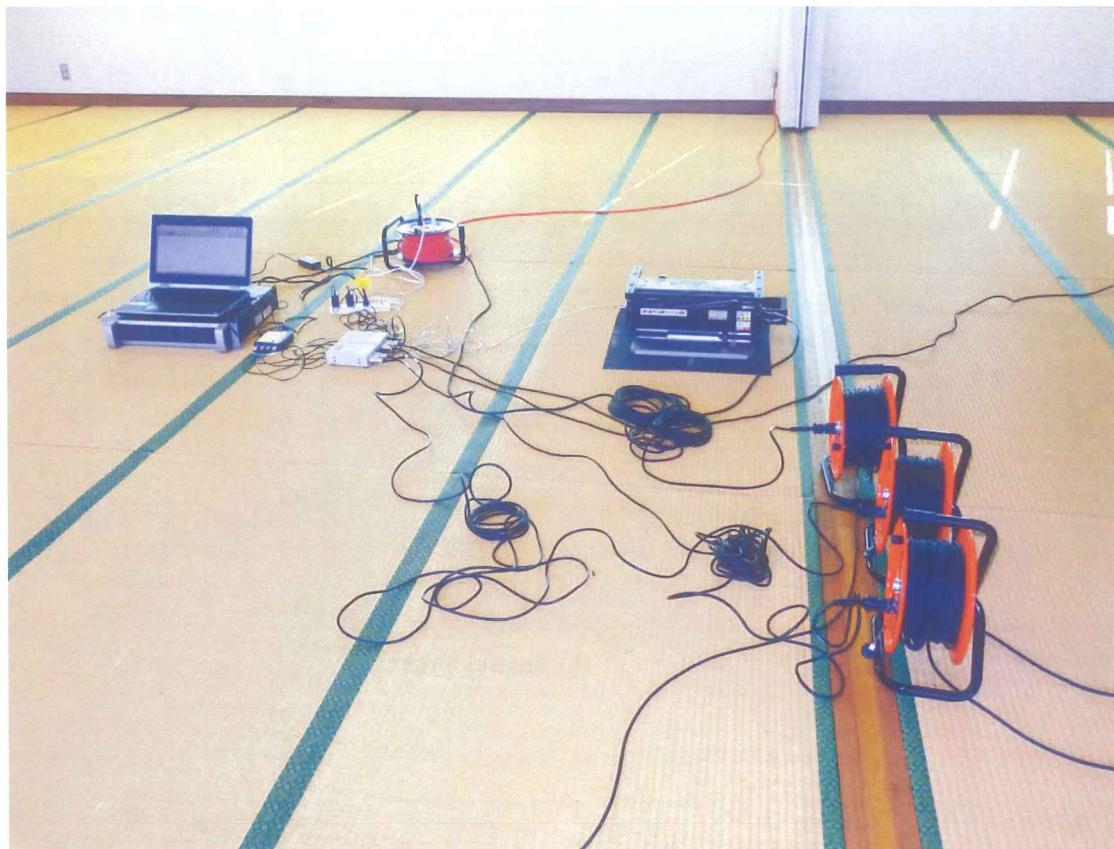


Photo. 2 Oscillation experimental full view (Oscillation direction : Long span direction)



(a) CH1: Long span direction



(b) CH2: Long span direction

Photo. 3 CH1 and CH2 installation on the second floor

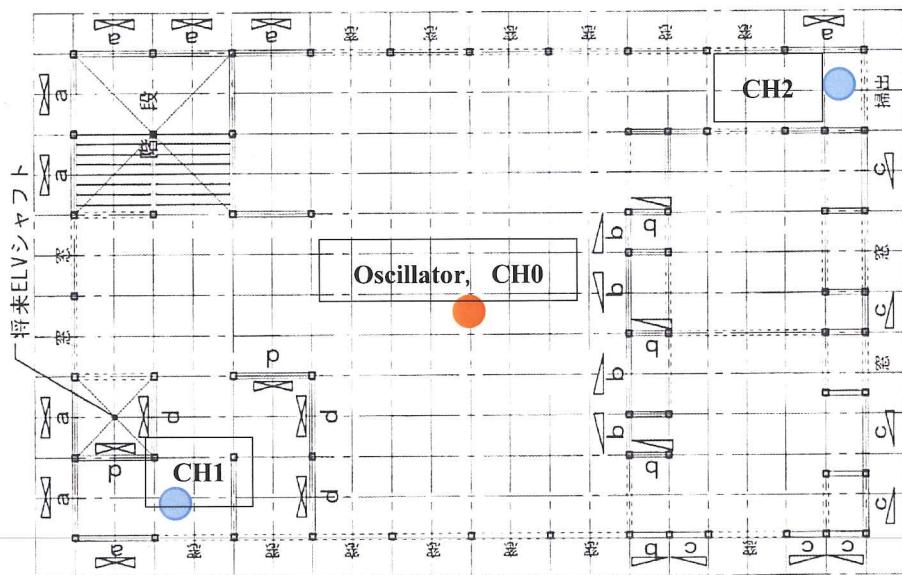


(a) CH3: Long span direction

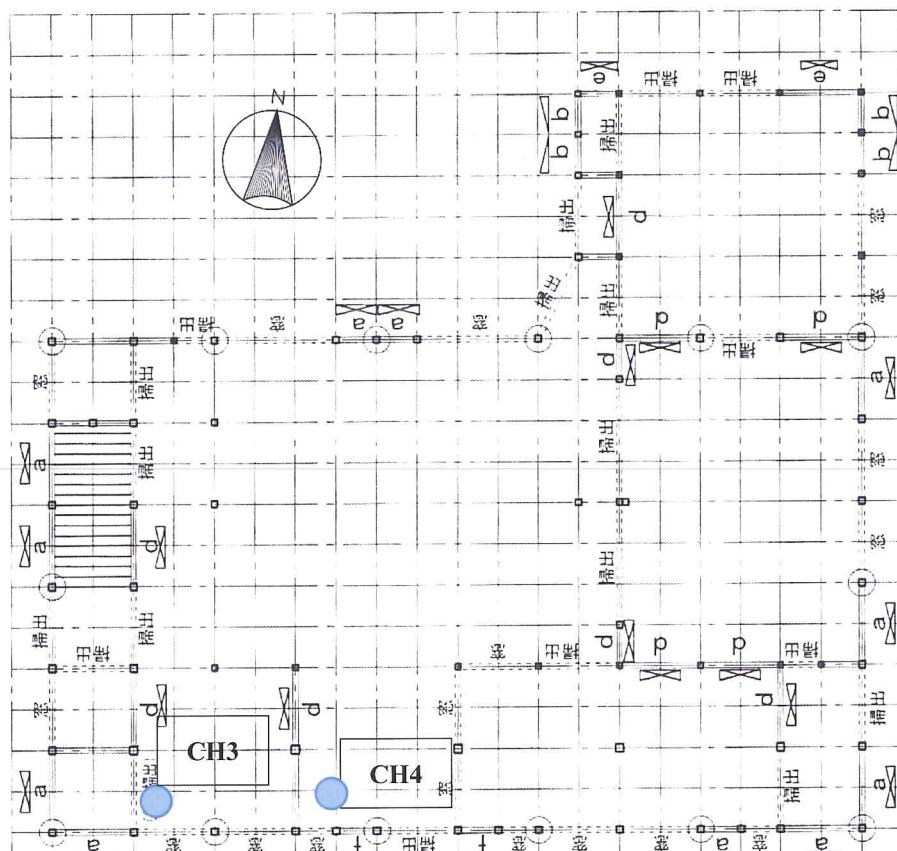


(b) CH4: Long span direction

Photo. 4 CH3 and CH4 installation on the first floor



(a) Second floor



(b) First floor

→ Long span direction (Ridge direction)

Fig. 2 Floor plan of Shigasato community center after seismic retrofit



Photo. 5 Oscillation experimental full view (Oscillation direction : Long span direction)



(a) CH1: Long span direction



(b) CH2: Long span direction

Photo. 6 CH1 and CH2 installation on the second floor



(a) CH3: Short span direction



(b) CH4: Short span direction

Photo. 7 CH3 and CH4 installation on the first floor

3. 起振器による志賀郷公民館の耐震性評価

3. 1 起振器実験について

既に、参考文献 5)において、起振器による木造建築物の共振振動数および減衰定数の測定について詳細に説明しているため、ここでは、概説するに留めておく。

振動実験の測定システムは計測部、起振部および解析部などから成っている。測定は、起振器(サンエス社製、永久磁石起振機 SSV-125、最大加振力:490N、振動数範囲 0.1~100Hz)によって固有振動数 3~10Hz のスイープ波加振を 360 秒間実施するとともに、サーボ型加速度計(ミツトヨ社製、V405-BR、測定範囲:±30m/s²、振動数範囲:DC~400Hz)によって振動波形を記録する。起振機と加速度計で得られた波形から求めたスペクトルの比(伝達関数)から木造建築物の共振振動数を求める。続いて、求めた共振振動数を固有振動数とする正弦波加振によって木造住宅を振動させ、定常時に起振機を急停止させて得られた減衰自由振動波形から木造住宅の減衰定数を評価する。また、常時微動を測定して得られた波形から伝達関数を求め、起振器による振動で得られたものと比較する。

3. 2 起振器および加速度計の設置について

Fig. 1 は綾部市より提供して頂いた耐震改修前における志賀郷公民館の耐震診断に関する報告書⁸⁾に記載してあった平面図を基に、起振器や加速度計の設置位置を示したものである。2 階に起振器を設置し、加速度計 CH1 と CH2 をそれぞれ 2 階の南西と北東の位置に設置している。また、1 階には南西に CH3 を、玄関横に CH4 を設置している。CH4 は、起振器と同時に計測を行う微動計測の際にスペクトル比として求める地盤の振動を計測するものである。なお、CH0 は起振器に取り付けた加速度計を示している。Photo. 2 は 2 階における起振器と計測機器周辺の振動実験風景を示したものである。また、上述した 4 つの加速度計の設置風景を、Photo. 3 および Photo. 4 に示しておく。

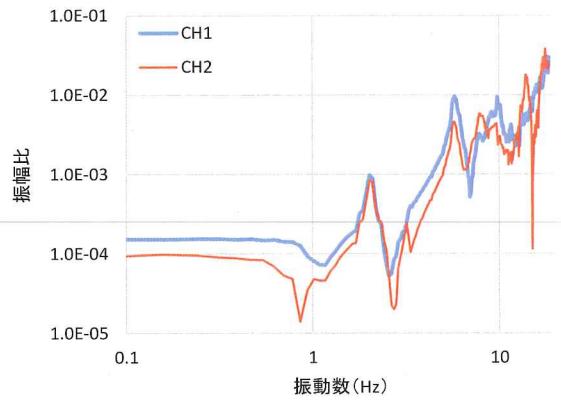
一方、Fig. 2 は綾部市より提供して頂いた耐震改修後における志賀郷公民館の耐震診断に関する報告書⁹⁾に記載してあった耐震診断の面図を修正し、起振器や加速度計の設置位置を示したものである。耐震改修後における起振器実験の起振器および加速度計の配置図と同じ位置に 4 つの加速度計を配置している。2 階に起振器を設置し、加速度計 CH1 と CH2

をそれぞれ 2 階の南西と北西の位置に設置している。また、1 階には南西に CH3 を、玄関横に CH4 を設置している。なお、CH0 は起振器に取り付けた加速度計を示している。

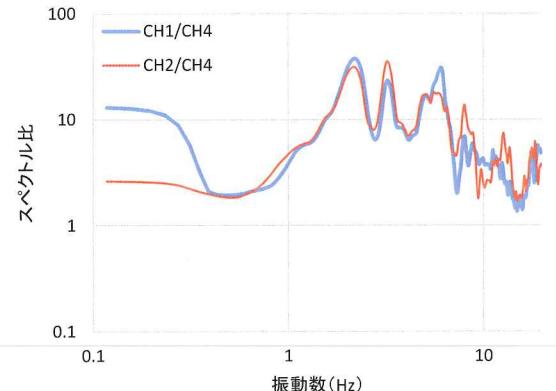
3. 3 起振器による耐震改修前における実験結果

(1) 長辺方向 (桁行方向)

Fig. 3(a) は、長辺方向 (桁行方向) の起振器実験において用いた CH1 および CH2 の加速度計で計測



(a) Oscillation



(b) Microtremor

Fig. 3 Transfer function of long span direction

Table 1 Natural frequency of long span direction
(Oscillation case, unit: Hz)

	第1次	第2次	第3次
CH1	2.03	5.78	9.77
CH2	2.03	3.20	5.78

Table 2 Natural frequency of long span direction
(Microtremor case, unit: Hz)

	第1次	第2次	第3次
CH1	2.19	3.24	6.09
CH2	2.19	3.24	5.63

Table 3 Damping coefficients for long span and short span directions

	Long span	Short span
CH1	2.04%	1.62%
CH2	2.09%	1.47%

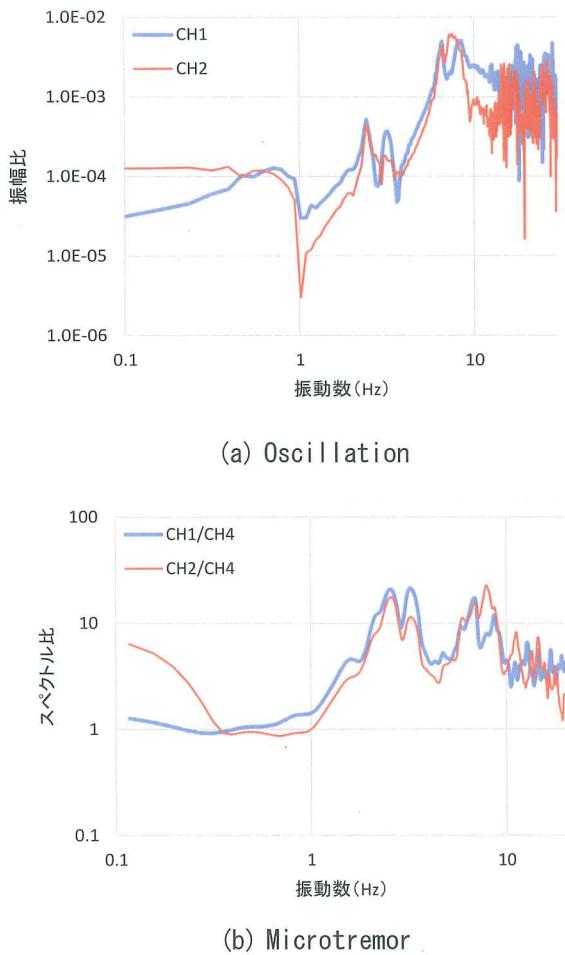


Fig. 4 Transfer function of short span direction

Table 4 Natural frequency of short span direction
(Oscillation case, unit: Hz)

	第1次	第2次	第3次
CH1	2.42	3.20	6.56
CH2	2.42	3.05	6.56

Table 5 Natural frequency of short span direction
(Microtremor case, unit: Hz)

	第1次	第2次	第3次
CH1	2.54	3.20	6.91
CH2	2.58	3.24	6.95

された振動数と振幅比（起振器の加速度計 CH0 に対する CH1 または CH2 との比）の関係、すなわち伝達関数を示したものである。一方、Fig. 3(a)は、長辺方向（桁行方向）の微動計測において用いた CH1 および CH2 の加速度計で計測された振動数と振幅比（玄関設置の加速度計 CH4 に対する CH1 または CH2 との比）の関係、すなわちスペクトル比を示したものである。また、Table 1 および Table 2 は Fig. 3 に示す起振器および微動計測から求められた第1次～第3次固有振動数の結果をまとめたものである。さらに、Table 3 は長辺方向および短辺方向にそれぞれの第1次固有振動数で共振振動させた場合に計測された減衰定数を示したものである。減衰定数が大きくなれば、地震による建築物の揺れが早期に弱まることを示している。

CH1 および CH2 における第1次固有振動数は 2.03Hz にピークが見られ、CH1 の第2次固有振動数と CH2 の第3次固有振動数が一致していることがわかる。しかしながら、第2次と第3次の固有振動数は異なる値となっており、CH1 は南西側の2階隅に設置されており、CH2 が設置された北東側廊下隅における剛性の違いによるものと考えられる。このため、CH2 には1階の調理場による剛性の違いに起因すると考えられる「ねじれ振動」の影響が表れたものと思われる。

一方、微動計測結果においては CH1 の固有振動数と CH2 のそれが一致している傾向が見られる。また、起振器による固有振動数と微動計測による固有振動数と異なる値となっており、微動計測による固有振動数が多少高くなっていることがわかる。この傾向は、これまで行ってきた起振器と微動計測からの結果と同じ傾向を示している。Table 3 に示した長辺方向の CH1 の第1次固有振動数 2.03Hz で共振振動させた場合に計測された減衰定数として、CH1 と CH2 はそれぞれ 2.04% および 2.09% の値となっている。これらの起振器および微動計測結果より、耐震性が非常に低いため、「震度6強」または「震度7」の地震動が生じた場合には、倒壊の危険性を考えられる。

また、後述する短辺方向の CH1 の第1次固有振動数 2.42Hz で共振振動させた場合に計測された減衰定数として、CH1 と CH2 はそれぞれ 1.62% および 1.47% の値となっている。これは、Fig. 1 に示す平面図からも明らかのように、CH2 の方が 1 階の調理場

がある構造の影響を受けて剛性の違いが表れたものと考えられる。したがって、減衰定数の値が小さいため、強震動を受けた場合の揺れが早期に弱まりにくいことが考えられる。

(2) 短辺方向（梁間方向）

Fig. 4 は、短辺方向（梁間方向）の起振器実験および微動計測から得られた CH1 および CH2 の加速度計で計測された伝達関数を示したものである。また、Table 4 および Table 5 は Fig. 3 に示す起振器および微動計測から求められた第 1 次～第 3 次固有振動数の結果をまとめたものである。

Fig. 4 および Table 4 より、CH1 および CH2 における第 1 次固有振動数は 2.42Hz にピークが見られ、CH1 と CH2 の第 3 次固有振動数が一致していることがわかる。しかしながら、CH1 と CH2 の第 2 次の固有振動数は多少異なる値となっている。これは CH1 が南西側の 2 階隅に設置されており、CH2 が設置された北東側廊下隅における剛性の違いによるものと考えられる。

一方、Fig. 4 および Table 5 より、微動による固有振動数の結果は、Table 4 に示す起振器による結果に比べてやや高い値を示していることがわかる。また、Table 3 に示した短辺方向の CH1 の第 1 次固有振動数 2.42Hz で共振振動させた場合に計測された減衰定数として、CH1 と CH2 はそれぞれ 1.62% および 1.47% の値となっている。これは、Fig. 1 の 1 階平面図の右側下に位置する平屋建ての診療所（図面には示されていない）の影響が表れたものと推察され、CH1 の減衰定数がやや大きくなったものと考えられる。これより、長辺方向に比べて短辺方向の振動は揺れが弱まる程度が小さいことがわかる。

(3) 考察

Fig. 3 および Fig. 4 に示す起振器および微動計測から算定された伝達関数より、いずれの場合においても、長辺方向の固有振動数が短辺方向のそれに比べて小さくなっている、短辺方向に比べて長辺方向

の剛性が小さいことが分かる。これは、Fig. 1 に示す平面図からも明らかのように、短辺方向に比べて長辺方向における壁が少ないとによる壁量の違いや 1 階の調理場および診療所の併設が木造建築物である公民館の剛性に表れているものと考えられる。しかしながら、Table 3 に示されている減衰定数からは、長辺方向の減衰定数に比べて短辺方向の減衰定数がやや小さいものとなっており、長辺方向における揺れが早期に弱まることが分かる。これは、木造建築物の構法などに起因しているものと考えられる。

(4) 志賀郷公民館の耐震改修前の耐震診断結果

綾部市より提供して頂いた耐震診断に関する報告書⁷⁾によれば、精密診断法による志賀郷公民館の耐震診断結果である上部構造評点（充足率）は、Table 6 に示す値となっている。この表より、上部構造評点 0.27 のため、対象の志賀郷公民館は「震度 6 強」または「震度 7」の地震動に対して、「倒壊する可能性が高い」ことがわかる。なお、Table 6 に見られる X 方向および Y 方向は、それぞれ Fig. 1 に示す短辺方向および長辺方向を意味している。また、精密診断法による上部構造評点は、次式により評価される。

$$\text{上部構造評点} = \frac{\text{保有耐力 (kN)}_{edQ_u}}{\text{必要耐力 (kN)} Q_r} \quad (1)$$

一般に、精密診断法（保有耐力診断法）における必要耐力 Q_r の算定においては、建築基準法施行令第 88 条の 2 に準じて求めるもので、地震係数、振動特性係数、層せん断力分布係数、標準せん断力分布係数、各階の重量、形状割増、軟弱地盤割増が考慮される。また、精密診断法（保有耐力診断法）における保有耐力 edQ_u の算定においては、無開口壁耐力、有開口壁耐力、剛性率による低減係数、偏心率と床の仕様による低減、劣化度が考慮される。

Table 6 Diagnosis of Shigasato community center before seismic retrofit

方向	階	必要耐力 Q_r (kN)	保有耐力 edQ_u (kN)	充足率 edQ_u/Q_r	判定
X 方向	2 階	112.20	42.00	0.37	倒壊する可能性が高い
	1 階	217.12	59.95	0.27	倒壊する可能性が高い
Y 方向	2 階	112.20	38.09	0.33	倒壊する可能性が高い
	1 階	217.12	62.09	0.28	倒壊する可能性が高い

ところで、起振器および微動計測より得られた第1次固有振動数と精密診断法による上部構造評点には明らかな違いが見られることがわかる。この原因としては、精密診断法が志賀郷公民館の後方に併設された平屋建て診療所を外して行われたためと考えられる。一方、起振器および微動計測では平屋建て診療所を外して実験を行っていない。この違いについては、今後木造架構モデルを用いた地震時倒壊解析を通じて明らかにしたいと考えている。

上述したように、起振器や微動計測結果から得られた第1次固有振動数や減衰定数の値および精密診断法による耐震診断結果からも、対象の志賀郷公民館の木造建築物は「倒壊する可能性が高い」ことを示しており、起振器および微動による耐震性評価結果を裏付けるものとなっていることがわかる。

3. 4 起振器による耐震改修後における実験結果

(1) 長辺方向（桁行方向）

Fig. 5(a)は、長辺方向（桁行方向）の起振器実験において用いたCH1およびCH2の加速度計で計測された振動数と振幅比（起振器の加速度計CH0に対するCH1またはCH2との比）の関係、すなわち伝

達関数を示したものである。一方、Fig. 5(a)は、長辺方向（桁行方向）の微動計測において用いたCH1

Table 7 Natural frequency of long span direction
(Oscillation case, unit: Hz)

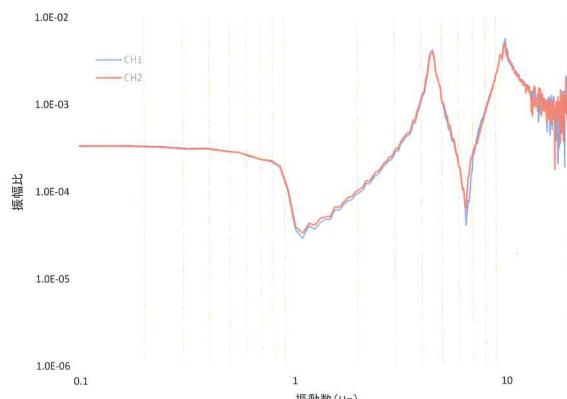
	第1次	第2次	第3次
CH1	4.53	10.00	-
CH2	4.53	10.00	-

Table 8 Natural frequency of long span direction
(Microtremor case, unit: Hz)

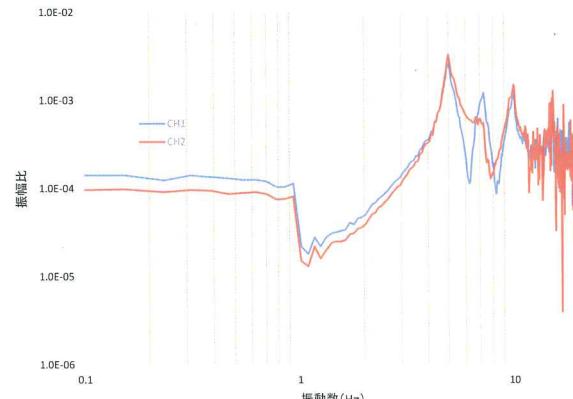
	第1次	第2次	第3次
CH1	4.65	7.15	-
CH2	4.65	7.16	-

Table 9 Damping coefficients for long span and short span directions

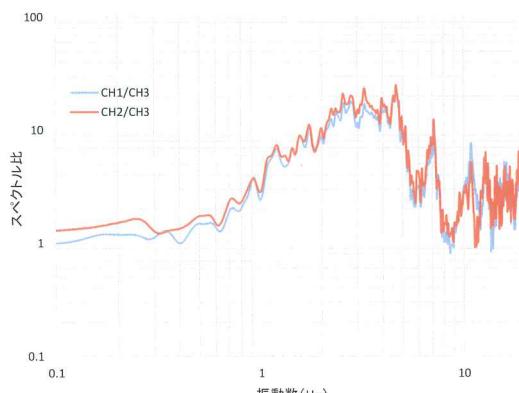
	Long span	Short span
CH1	2.1%	2.4%
CH2	2.1%	2.6%



(a) Oscillation

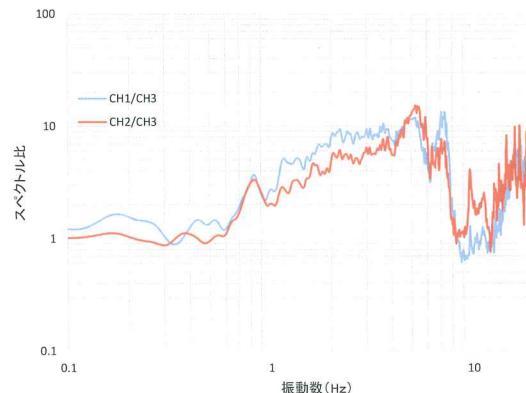


(a) Oscillation



(b) Microtremor

Fig. 5 Transfer function of long span direction



(b) Microtremor

Fig. 6 Transfer function of short span direction

Table 10 Natural frequency of short span direction
(Oscillation case, unit: Hz)

	第1次	第2次	第3次
CH1	5.00	7.27	10.00
CH2	5.00	6.72	10.00

Table 11 Natural frequency of short span direction
(Microtremor case, unit: Hz)

	第1次	第2次	第3次
CH1	5.24	7.07	9.66
CH2	5.25	7.07	9.67

および CH2 の加速度計で計測された振動数と振幅比（玄関設置の加速度計 CH4 に対する CH1 または CH2 との比）の関係、すなわちスペクトル比を示したものである。また、Table 7 および Table 8 は Fig. 5 に示す起振器および微動計測から求められた第 1 次～第 3 次固有振動数の結果をまとめたものである。さらに、Table 9 は長辺方向および短辺方向にそれぞれの第 1 次固有振動数で共振振動させた場合に計測された減衰定数を示したものである。減衰定数が大きくなれば、地震による建築物の揺れが早期に弱まることを示している。

CH1 および CH2 における第 1 次および第 2 次固有振動数は 4.53Hz および 10.00Hz にピークが見られ、両者の固有振動数は一致していることがわかる。一方、微動計測結果においては CH1 の固有振動数と CH2 のそれが一致している傾向が見られる。また、起振器による固有振動数と微動計測による固有振動数と異なる値となっており、微動計測による第 1 次固有振動数が起振器によるそれに比べて多少高くなっている。この傾向は、これまで行ってきた起振器と微動計測からの結果と同じ傾向を示している。また、起振器および微動計測の第 2 次固有振動数は異なっており、それぞれ 10.00Hz と 7.15Hz となっていることがわかる。Fig. 5(a) に起振器による伝達関数からも明らかなように、微動計測で見られる 7.15Hz 付近のピークが全く見られない。このことより、微動計測時においては、公民館後方にある平屋建て診療所建物の影響が表れたものと考えられる。Table 7 に示した長辺方向の CH1 の第 1 次固有振動数 4.53Hz で共振振動させた場合に計測された減衰定数として、CH1 と CH2 はそれぞれ 2.1% の同じ値となっている。これらの起振器および微動計測結果よ

り、耐震補強前における固有振動数および減衰定数を示す Table 1 および Table 3 と比較した場合、第 1 次固有振動数は 2.42Hz から 4.53Hz へと高くなっている。一方、減衰定数については、2.04% から 2.1% にわずかながら高い値となっており、地震時の揺れを抑える効果は長辺方向に関しては耐震補強前後ではあまり変わらないと考えられる。

(2) 短辺方向（梁間方向）

Fig. 6 は、短辺方向（梁間方向）の起振器実験および微動計測から得られた CH1 および CH2 の加速度計で計測された伝達関数を示したものである。また、Table 10 および Table 11 は Fig. 6 に示す起振器および微動計測から求められた第 1 次～第 3 次固有振動数の結果をまとめたものである。

Fig. 6(a) および Table 10 より、CH1 および CH2 における第 1 次固有振動数は 5.00Hz にピークが見られ、CH1 と CH2 の第 2 次固有振動数は多少となるものの、第 3 次固有振動数が一致していることがわかる。CH1 と CH2 の第 2 次の固有振動数は多少異なる値となっていることについては、CH1 が南西側の 2 階隅に設置されており、CH2 が設置された北東側廊下隅における剛性の違いによるものと考えられる。

一方、Fig. 6(b) および Table 11 より、微動による固有振動数の結果は、Table 7 に示す起振器による結果に比べてやや高い値を示していることがわかる。また、Table 10 に示した短辺方向の CH1 の第 1 次固有振動数 5.00Hz で共振振動させた場合に計測された減衰定数として、CH1 と CH2 はそれぞれ 2.4% および 2.6% の値となっている。これは、Fig. 2 の 1 階平面図の右側下に位置する平屋建ての診療所（図面には示されていない）の影響が表れたものと推察され、CH1 の減衰定数がやや大きくなったものと考えられる。これより、長辺方向に比べて短辺方向の振動は揺れが弱まる程度が小さいことがわかる。

(3) 考察

Fig. 5 および Fig. 6 に示す起振器および微動計測から算定された伝達関数より、いずれの場合においても、長辺方向の固有振動数が短辺方向のそれに比べて小さくなっている。一方、耐震補強後においても短辺方向に比べて長辺方向の剛性が小さいことが分かる。これは、Fig. 2 に示す平面図からも明らかなように、短辺方向に比べて長辺方向における壁が少ないとによる壁量の違いや 1 階の調理場および診療所の併

Table 12 Diagnosis of Shigasato community center after seismic retrofit

方向	階	必要耐力 Q_r (kN)	保有耐力 $edQu$ (kN)	充足率 $edQu/Q_r$	判定
X 方向	2階	87.82	108.20	1.23	一応倒壊しない
	1階	174.29	256.75	1.47	一応倒壊しない
Y 方向	2階	87.82	132.06	1.50	倒壊しない
	1階	174.29	196.01	1.12	一応倒壊しない

設が木造建築物である公民館の剛性に表れているものと考えられる。しかしながら、Table 9 に示されている減衰定数からは、長辺方向の減衰定数に比べて短辺方向の減衰定数がやや大きな値となっており、耐震補強前と比較して短辺方向における揺れが早期に弱まることが分かる。これは、木造建築物の耐震補強構法および改修箇所などに起因しているものと考えられる。

(4) 志賀郷公民館の耐震補強後の耐震診断結果

綾部市より提供して頂いた耐震改修後における志賀郷公民館の耐震診断に関する報告書⁹⁾によれば、精密診断法による志賀郷公民館の耐震診断結果である上部構造評点は、Table 12 に示す値となっている。この表より、上部構造評点（充足率）1.12 のため、対象の志賀郷公民館は「震度 6 強」または「震度 7」の地震動に対して、「一応倒壊しない」ことがわかる。なお、Table 12 に見られる X 方向および Y 方向は、それぞれ Fig. 2 に示す短辺方向および長辺方向を意味している。

上述したように、起振器や微動計測結果から得られた第 1 次固有振動数や減衰定数の値および精密診断法による耐震診断結果からも、対象の志賀郷公民館の木造建築物は「一応倒壊しない」ことを示し

ており、起振器および微動による耐震性評価結果を裏付けるものとなっていることがわかる。著者らは、今後、志賀郷公民館周辺地盤のアレイ計測から得られた情報に基づいた地震動を作成して、Fig. 7 に示す木造架構モデルを用いた地震時倒壊解析を通じて、耐震補強前後における志賀郷公民館の地震時挙動特性について明らかにしたいと考えている。

4.まとめ

対象とした木造建築物の強震時における耐震性を評価するために、耐震補強前と後における木造建築物を起振器で揺らし木造建築物が最も揺れやすい振動数、いわゆる固有振動数を測定した。同時に、微動計測を実施して、起振器を使用せず固有振動数を算出することが可能かどうかの検討も行った。また、木造建築物の揺れが弱まる程度を表す減衰定数を起振器による振動実験結果から算出した。以下に、本研究の遂行により明らかとなった結論を示す。

【耐震補強前における起振器結果】

- 1) 起振器実験および微動計測から得られた伝達関数より、対象とした木造建築物の長辺方向（桁行方向）の剛性が、短辺方向（梁間方向）に比べて小さい。これは、長辺方向に比べて短辺方向における壁が多く存在すること、および 1 階の調理室と平屋建て診療所の併設による壁量の違いが剛性に表れているものと考えられる。
- 2) 起振器実験から得られた減衰定数より、長辺方向（桁行方向）の減衰定数に比べて短辺方向（梁間方向）の減衰定数が小さく、長辺方向（桁行方向）における揺れが多少早期に弱まる。短辺方向は長辺方向に比べて耐震性は高いと考えられるが、揺れが早期に弱まらないことを示している。これは、長辺方向における壁量の多さと木造建築物の構法に起因しているものと考えられる。
- 3) 起振器実験および微動計測から得られた伝達関数より、木造建築物の長辺方向（桁行方向）

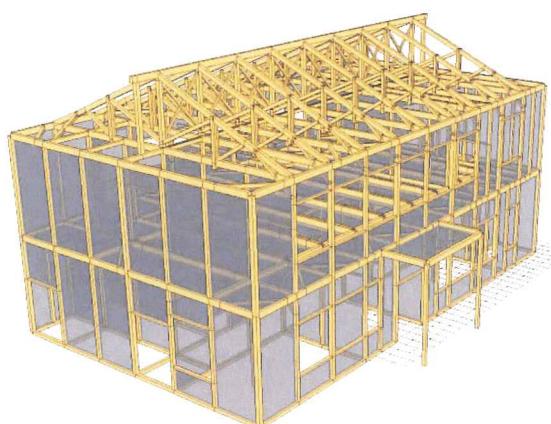


Fig. 7 3D Wooden frame model of Shigasato community center (before seismic retrofit)

における第1次固有振動数の値は、CH1およびCH2とともに、起振器実験および微動計測が一致した。しかしながら、第2次および第3次固有振動数は一致しなかった。これは、1階の調理場と平屋建て診療所の併設による剛性の違いに起因すると考えられる「ねじれ振動」の影響を受けたものと考えられる。

- 4) 精密診断法による上部構造評点（充足率）を踏まえた結果、長辺および短辺方向ともに「震度6強」または「震度7」の地震動に対して、1階の上部構造評点が0.28および0.27となっており「倒壊する可能性が高い」ことが判明しており、これは起振器および微動計測結果より得られた第1次固有振動数の値を裏付けるものとなっている。
- 5) 起振器および微動計測より得られた第1次固有振動数と精密診断法による上部構造評点には明らかな違いが見られる。この原因是、精密診断法が志賀郷公民館の後方に併設された平屋建て診療所を外して行われたものと考えられる。一方、起振器および微動計測では平屋建て診療所を外して実験を行っていないためである。

【耐震補強後における起振器結果】

- 1) 起振器および微動計測結果より、耐震補強前における固有振動数および減衰定数と比較した場合、第1次固有振動数は高くなっている、耐震性が向上したことがわかる。
- 2) 減衰定数については、長辺方向については耐震補強前の2.04%から耐震補強後2.1%にわずかに高い値となっており、地震時の揺れを抑える効果は長辺方向に関しては耐震補強前後ではあまり変わらないと考えられる。一方、長辺方向の減衰定数に比べて短辺方向の減衰定数がやや大きな値となっており、耐震補強前と比較して短辺方向における揺れが早期に弱まることが分かる。
- 3) 精密診断法による上部構造評点（充足率）を踏まえた結果、長辺および短辺方向ともに「震度6強」または「震度7」の地震動に対して、1階の上部構造評点が1.12および1.47となっており「一応倒壊しない」ことが判明しており、これは起振器および微動計測結果より得られた第1次固有振動数の値を裏付けるものとなっている。

今後、志賀郷公民館周辺地盤のアレイ計測から得られた情報に基づいた地震動を作成して、著者らが行なっている柱、梁、壁から構成されるFig.7に示す木造架構モデルを用いた地震時倒壊解析¹⁰⁾を通じて、より詳細に志賀郷公民館の耐震性の評価を明らかにするとともに、耐震改修の妥当性についても地震時倒壊解析を通じて検証したいと考えている。これについては、稿を改めて報告したい。

謝辞：最後に、綾部市教育委員会教育部社会教育課学び推進・青少年担当の三本木紀子様には、お忙しい時期に対象とした志賀郷公民館における起振器実験へのご協力を頂き、紙面を借りて感謝の意を表します。また、高谷研究室に所属していた横田駿君には起振器実験にご協力頂き、感謝の意を表します。

参考文献：

- 1) 国土交通省：耐震改修促進法（平成7年12月），1995.
- 2) 国土交通省：改正耐震改修促進法（平成18年1月），2006.
- 3) (財)日本建築防災協会：2004年改訂版「木造住宅の耐震診断と補強方法」，2004.
- 4) (財)日本建築防災協会：2012年改訂版「木造住宅の耐震診断と補強方法」，2012.
- 5) 高谷富也, 西川隼人, 西村良平：起振器を用いた木造古民家住宅の耐震性評価について，舞鶴工業高等専門学校紀要，第51号，pp.31-41，2016.
- 6) 高谷富也, 西川隼人, 西村良平, 平野竜一朗：起振器を用いた木造古民家住宅の耐震性評価について -小浜西組における町並み資料保存館を対象として-, 舞鶴工業高等専門学校紀要，第52号，pp.29-38，2017.
- 7) 高谷富也, 西川隼人, 西村良平, 清水嵩史：木造2階建て建築物の耐震性評価について -綾部市志賀郷公民館の起振器実験-, 舞鶴工業高等専門学校紀要，第53号，pp.33-40，2018.
- 8) 綾部市：志賀郷公民館 耐震診断・補強計画報告書 精密診断法1方法1による，2017.3.
- 9) 綾部市：志賀郷公民館 耐震診断による補強計画報告書 精密診断法1方法1による，2017.8.
- 10) Tomiya Takatani and Hayato Nishikawa : Seismic Collapsing Behaviour of Three-story Wooden House under Strong Earthquake Ground Motion, Journal of Civil Engineering and Construction (ISSN: 2051-7769, eISSN: 2051-7777), 2015.

(2018.12.7受付)

EVALUATION OF SEISMIC PERFORMANCE OF TWO-STORY WOODEN STRUCTURE BY VIBRATION OSCILLATION SYSTEM

-Before/After Seismic retrofit of Shigasato Community Center, Ayabe city-

Tomiya TAKATANI, Ryohei NISHIMURA, Hayato NISHIKAWA and Takashi SHIMIZU

ABSTRACT : In order to evaluate seismic performance of an old Japanese-style two-story wooden structure, Shigasato community center, Ayabe city, against a strong earthquake motion with the Japan Meteorological Agency “6 upper” or “7” seismic level, an oscillation vibration for this structure was conducted. In this paper, each seismic diagnosis before and after seismic retrofit of this Japanese-style two-story wooden structure was carried out, and also the predominant frequencies and damping coefficients for both long span and short span directions were evaluated from an oscillation vibration experiment. In addition, the predominant frequencies for both long span and short span directions were done from the microtremor observation. A validity of microtremor observation to seismic performance evaluation of an old Japanese-style wooden structure was discussed based on the oscillation vibration experiment results.

Key Words : *Community center, Oscillation vibration, Predominant frequency, Upper structural index, Seismic retrofit, Microtremor, Transfer function, Seismic diagnosis*

