

## 土壁の家への挑戦

- ナゼ伝統構法にこだわるのか
- ナゼ地産地消にこだわるのか
- ナゼ生き方の転換が必要なのか

2009.3.15 中島健一郎

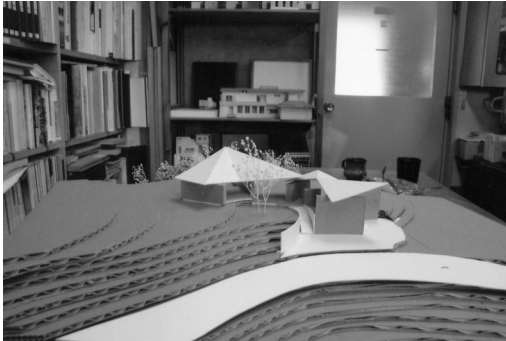
## グローバル主義から地域主義へ リーマンショックの意味すること

- A) ネズミ講資本主義の終わり
- B) 20世紀型経済成長モデルから  
身の丈経済モデルへの転換
- C) 資源使い放題は地球の破滅
- D) 輸入から地産地消へ
- E) 生き方自体の見直し



## 戦後経済復興からバブル経済を しゃにむに走ってきた日本人

- A) 経済的豊かさは幸せをもたらしたか
- B) 「便利は不便。不便は便利」
- C) 少子化対策は誰のため
- D) 政治家や役人のモラル低下  
(高額雨水キットなど)



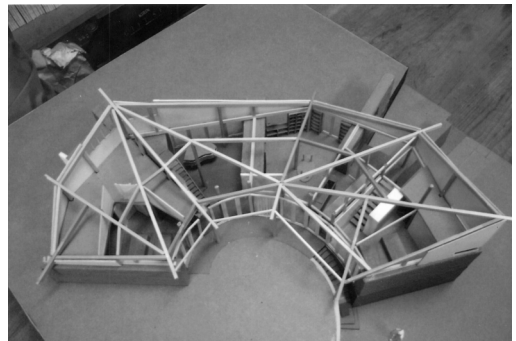
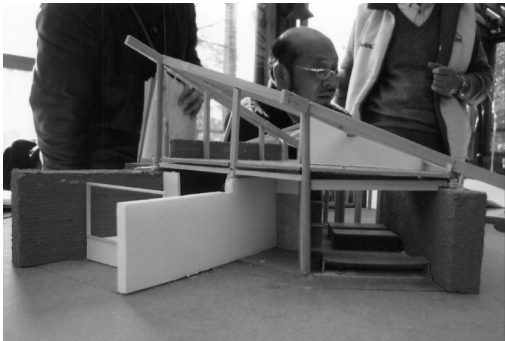
## 僕はなぜ土壁の家を造りたいか

- A) コンクリートの箱、マンションにうんざり
- B) 呼吸する土壁
- C) 土間がなつかしい
- D) 伝統構法のよさ
- E) 化学物質過敏症や喘息。アトピーに苦しむ子ら。胎児に汚染
- F) 地元の無限の資源である土、砂、ワラなどを使うエコ建築
- G) LID(ローインパクトデベロップメント)がアメリカでも



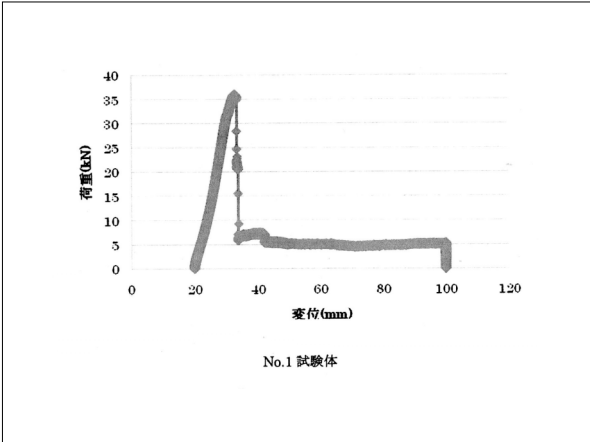
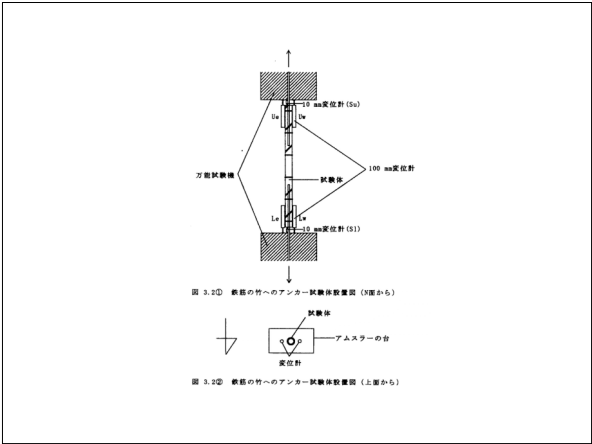
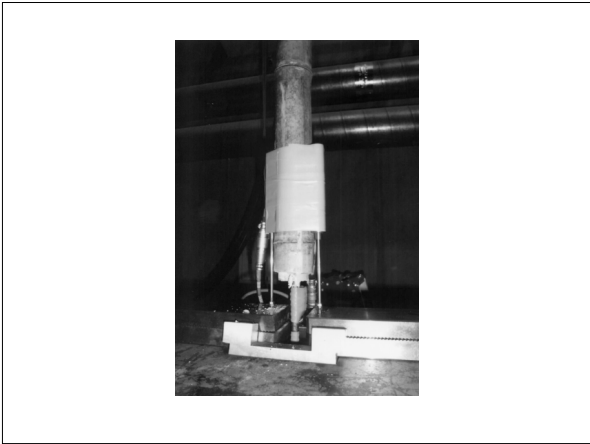
## 産業廃棄物の削減を

- A) 産業廃棄物の約2割は建設業関連
- B) 生活ゴミの100年から200年分が住宅1戸分
- C) 親子2世代ローンの搾取の仕組み
- D) 土は循環型の材料



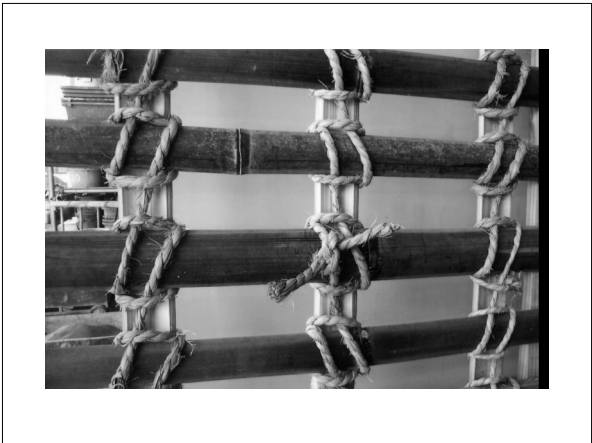
## 鉄筋の竹へのアンカー試験

- A) 東大生産技術研究所の越原幹雄(准教授)研究室の協力
- B) 3.6トンの荷重に耐えた竹へのアンカー
- C) 「その土地の廉価な材料でそれなりにもつ建物を造ることが大事」(越原准教授)
- D) 土壁の構造計算が説得力を持つ日(良心的な専門家たち)
- E) 力に対して剛性で対抗する西洋建築学との妥協



**カリスマ左官、久住章さんの協力**

- A) 伝統の技の進化とシンポ
- B) 世界の土壁を学んだ久住さん
- C) 「われわれは土と水で包まれているような建築を、もっと考えていべきだ」
- D) いきいきとしていた左官の卵たち





## 鴨川自然王国

- A) 藤本敏夫さんの農的生活
- B) 高野孟さんの家
- C) 「安全基準というのは大工と相談しながら自分で責任を負うことなんだ」
- D) 宮大工や左官の技を次世代に
- E) 井上静雄さんの「木と土の家」



## モロッコ訪問

- A) 土壁の国モロッコ
- B) フェズとマラケシュ
- C) 左官、大森基伊さんとタデラクト



## 土の圧縮実験

- A) 左官と東大生
- B) 試験体づくり
- C) 4週強度



表1 各成分の配合 (体積比)

案		現場砂	豆砂利	顆粒状の生石灰	水
A	基本	4	0.5	1	5
案		4.5			(石灰添加前:後=2:3)
B	基本	4	0.5	1.50	7.5
案	+ α (石灰添加)	4.5			(石灰添加前:2) (石灰添加後:5) (攪拌熟冷まし後:0.5)
C	基本+ α (水)	4	0.5	1	6.5
案		4.5			(石灰添加前:後=2:3)
D	基本	4	0.5	1.33	7
案	+ α (石灰少量添加)	4.5			(石灰添加前:後=2:5)

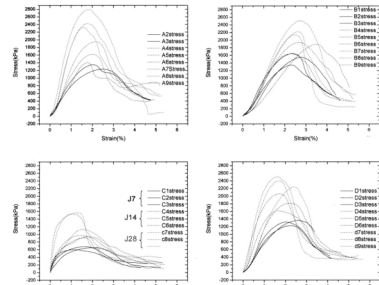


図3 各試験体の圧縮強度-ひずみ関係

## 欧米でも見直される ナチュラルハウス

- A) 20世紀工業化社会がもたらした工業製品の家
- B) ダニエル・D・チラス博士の自然の家への挑戦
- C) 「行動を伴わない理想は魂の破壊」
- D) 版築のいえのメリットとデメリット



# 伝統的木造軸組構法の実物大住宅 性能検証振動台実験

(速報、2008年12月25日版)

## 1. はじめに

伝統的木造軸組構法の建物は、これまで一般的に技術の伝承としての仕様に基づき建設されてきましたが、構造的な安全の検証が求められています。建築基準法においては、このような建築物の安全の検証として、限界耐力計算等の高度な構造計算を要することが多くなっています。本事業は、伝統的木造軸組構法住宅の設計法を新たに開発し改正建築基準法に基づく当該建物の審査に係る環境を整備することにより、これらの建築物の円滑な建築に資することを目的としております。

今回はその事業の一環として、実物大住宅の性能検証振動台実験を行いました。この実験では、伝統的木造軸組構法住宅の強さの確認、設計法検証のためのデータ収集等を主な目的としております。

平成20年11月27～28日にB棟、平成20年12月3～4日にA棟、の合計2棟の実験を行いました。

本実験に際しましては、委員の皆様、実務者の皆様、また多くの方々の多大なご尽力とご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

## 2. 実験棟の概要

### 2.1 共通事項

- ・ 伝統的木造軸組構法住宅の総2階建てで、モジュールと各階床面積・階高は異なるが、両棟ともほぼ同じ間取り。
- ・ 主要な水平耐力要素は土壁と軸組で、筋かいはなく、仕口や継手は伝統的な納まり。
- ・ 土壁の壁倍率を1.5倍とした時に、1階の耐力壁量は建築基準法を満足する。偏心率は概ね0.3以下。
- ・ 1階柱脚の納まりは2棟で異なるが、いずれも水平移動は拘束し上下方向は拘束しない。すなわち、柱は引き抜き力が加わると浮き上がる納まり。
- ・ 部材の材種は、スギを基本として、土台はヒノキ、横架材の一部にマツを使用。
- ・ 屋根形状は4寸5分勾配の切り妻屋根で、屋根仕上げは瓦葺き。ガイドライン工法とした。

### 2.2 A棟

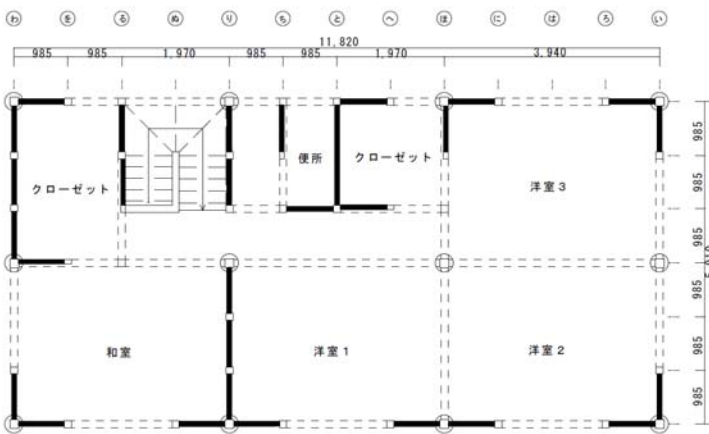
- ・ 部材断面の大きな「地方型」の伝統的木造軸組構法。主要な柱は通し柱で、外周は150角、中央の2本は210角。末口35cm長さ12mのマツ丸太梁の地棟、1階内部には四方差しがある。外周の窓開口部にも「差し鴨居」を設けている。
- ・ 1階柱脚は、土台に対して「柱勝ち」で、鋼製のダボで水平移動を拘束している。1・2階柱頭及び2階柱脚は長ほぞ込栓打ち。
- ・ 土壁は、京都の土を使用。貫は1階が4段、2階は3段で断面15×105mmとやや薄い。

### 2.3 B棟

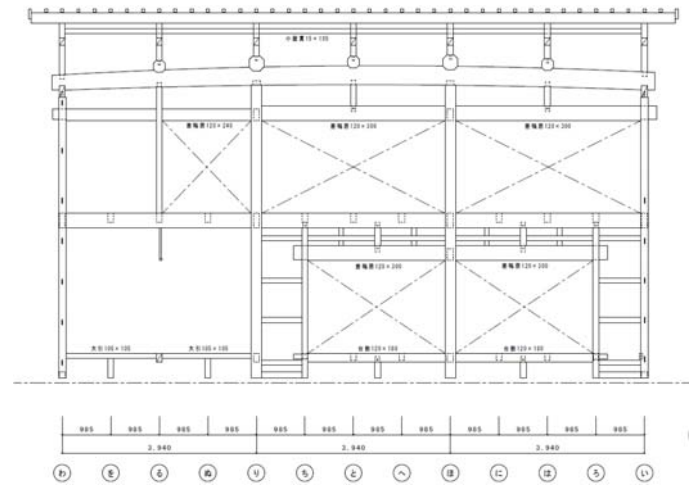
- ・ A棟より部材断面がやや小さい「都市近郊型」の伝統的木造軸組構法。外周の主要な柱は通し柱で150角。中央の2本は管柱で150角。1階内部に二方差しがある。外周の窓開口部に「差し鴨居」はない。
- ・ 1階柱脚は、柱に対して「土台勝ち」で長ほぞ差し。1・2階柱頭は込栓打ちだが、1・2階柱脚に込栓はない。土台は、アンカーボルトで固定し、水平及び上下の移動を拘束している。
- ・ 土壁は、埼玉の土を使用。貫は4段を標準とし、断面27×120mmとA棟よりも厚い。

表 2.1 建物仕様：A棟 (12月3~4日実験、12月4日公開)

建物概要		構造部材等			
		部位	材種	寸法(mm)	その他
モジュール	985mm	通し柱	スギ	150角 210角	主要部分 12本 (平面図に○印)
1階床面積	69.85 m <sup>2</sup>	管柱	スギ	120角	1・2階柱頭、2階柱脚：長ほぞ込栓打ち 1階柱脚：土台に対し柱勝ち
2階床面積	69.85 m <sup>2</sup>				
延床面積	139.70 m <sup>2</sup>	土台	ヒノキ	120×120	柱勝ち
1階階高	2,850mm	2階床梁	スギ	120×300	大梁：通し柱に胴差 小梁：大梁に落とし込み蟻がけ 甲乙梁：大小梁に落とし込み蟻掛け
2階階高	2,750mm			120×180	
屋根材	瓦葺き			120×120	
屋根勾配	4寸5分	小屋梁	スギ製材、又はスギ太鼓落とし	120×150~240	地棟：マツ丸太 (末口 350mm)
軒の出	900mm				
けらば出	640mm				
壁仕上げ	関西土 荒土 :60mm 中塗り土:20mm 合計 :80mm	1階床	スギ板 (本実)	190×30	大引きに直張り 釘 N75 を 3本打ち
		2階床	スギ板 (本実)	190×30	小梁、根太に釘 N75 を 3本打ち
		母屋	スギ	120×120	小屋束とほぞ接合(かすがい無し) 1間半の間に 2本@985
		垂木	スギ	60×60 @985/2	釘 N115 を垂木に脳天打ち
		野地板	スギ	120×12	野地板 1枚に対し N38 を 2本



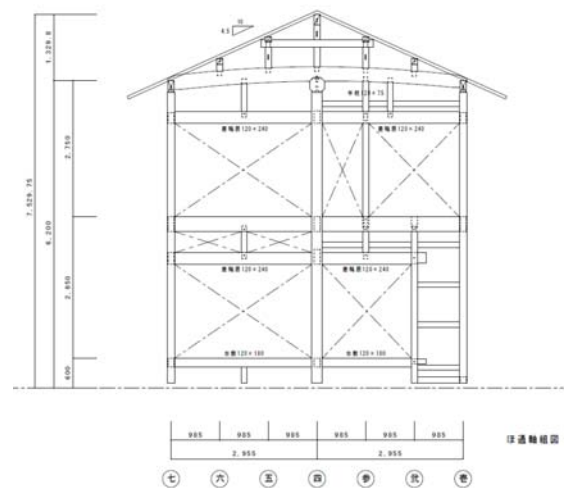
2階平面図



四通り断面図



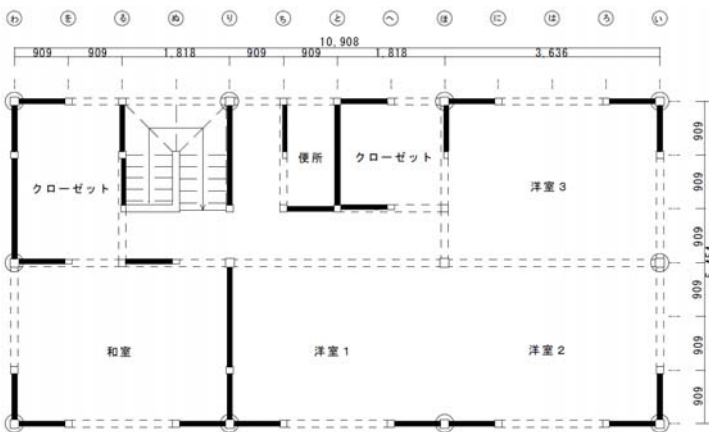
1階平面図



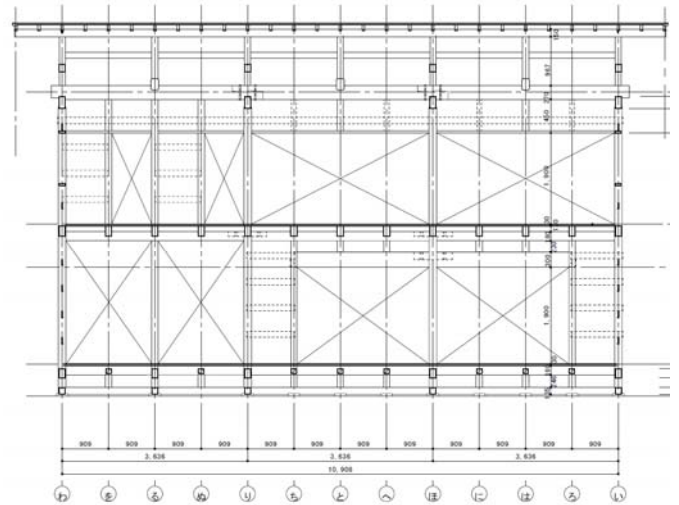
ほ通り断面図

表 2.2 建物仕様：B棟 (11月27~28日実験、11月28日公開)

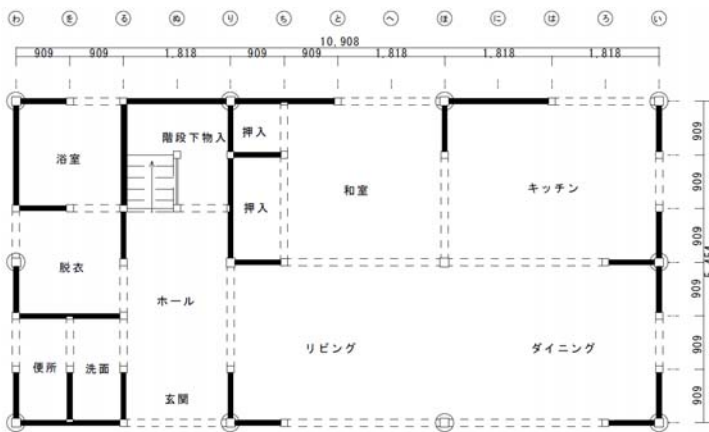
建物概要		構造部材等			
		部位	材種	寸法(mm)	その他
モジュール	909mm	通し柱	スギ	150角	外周部のみ10本(平面図に○印)
1階床面積	59.49 m <sup>2</sup>	管柱	スギ	120角	1・2階柱頭：長ほぞ込栓打ち 1・2階柱脚：長ほぞ(込栓なし)
2階床面積	59.49 m <sup>2</sup>				
延床面積	118.98 m <sup>2</sup>	土台	ヒノキ	120×135	柱に対し土台勝ち
1階階高	2,760mm	2階床梁	スギ	120×210	大梁：通し柱に胴差 小梁：桁行の胴差に渡りあご掛け 甲乙梁：大小梁に落とし込み蟻掛け
2階階高	2,600mm			120×210	
屋根材	瓦葺き	小屋梁	スギ製材又は スギ太鼓落とし	120×120	断面が極端に大きい地棟はない
屋根勾配	4寸5分			120×180	
軒の出	900mm				
けらば出	920mm				
壁仕上げ	関東土 荒土 :60mm 中塗り土:20mm 合計 :80mm	1階床	スギ板(本実)	190×30	根太に釘N75を3本打ち
		2階床	スギ板(本実)	190×30	小梁、根太に釘N75を3本打ち
		母屋	スギ	120×150	小屋束とほぞ接合(かすがい無し) 1間半の間に1本
		垂木	スギ	60×100 @909/2	釘N90を垂木両面から斜め打ち
		野地板	スギ	180×15	野地板1枚に対しN45を3本



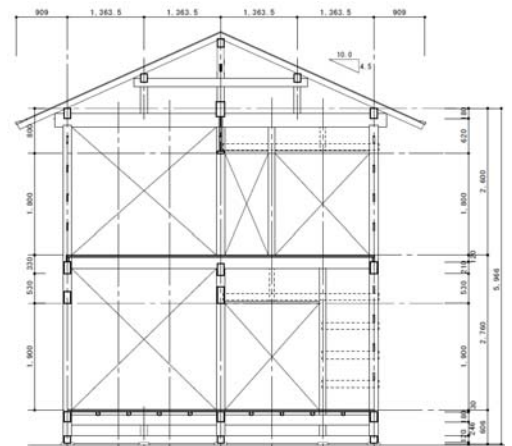
2階平面図



四通り断面図



1階平面図



ほ通り断面図

### 3. 実験方法

- ・ A・B棟ともに、原則的に、同じ条件の振動台加振とした。
- ・ 初日に、日本建築センター波（L2）を用いて、建築基準法の中地震相当及び大地震相当を、長辺方向・短辺方向に加えた。また、第2日目に、建築基準法の大地震を超える地震動として、JMA神戸波（1995年兵庫県南部地震）を加えた。その後、建物の終局状態を確認するために、A棟にはJR鷹取波（1995年兵庫県南部地震）を、B棟にはJMA神戸波を再度加えた。

表 3.1 加振レベル

	波形	方向	入力レベル			備考	
				短辺	長辺		上下
				(gal)	(gal)		(gal)
1	BCJ-L2-20	1	20%		70		
2	BCJ-L2-20	1	20%	70			
3	BCJ-L2-100	1	100%		355		
4	BCJ-L2-100	1	100%	355			
5	JMA神戸	3	100%	600	820	340	
6	JR鷹取	3	100%	606	642	289	A棟
	JMA神戸	3	100%	600	820	340	B棟

### 4. 実験結果概要

結果の概要は以下の通り。ただし、精査によって、変更される可能性がある。特に、数値はいずれも暫定値で、精査によって変更される予定。

#### 4.1 A棟（地方型）

##### 4.1.1 BCJ-L2-20（長辺方向）

###### ① 損傷

- ・ 損傷は見られなかった。

###### ② 層間変形角

	単位	長辺方向		短辺方向	
		1階	2階	1階	2階
最大層間変形角	rad.	1/300~1/260	1/470~1/400	—	—

###### ③ 応答加速度

	単位	長辺方向		短辺方向	
		2階床	2階梁桁	2階床	2階梁桁
最大応答加速度	gal.	110~130	160~190	—	—

##### 4.1.2 BCJ-L2-20（短辺方向）

###### ① 損傷

- ・ 損傷は見られなかった。

###### ② 層間変形角

	単位	長辺方向		短辺方向	
		1階	2階	1階	2階
最大層間変形角	rad.	—	—	1/420~1/230	1/680~1/400

## ③応答加速度

	単位	長辺方向		短辺方向	
		2階床	2階梁桁	2階床	2階梁桁
最大応答加速度	gal.	—	—	100～130	170～230

## 4.1.3 BCJ-L2-100 (長辺方向)

## ①損傷

- ・長辺方向を中心に、土壁にひび割れが生じた。
- ・差し鴨居の鼻栓部分から、土壁にひび割れが発生している。
- ・土壁の剥落はなかった。
- ・隅角部の柱脚が、数 mm 浮き上がった。

## ②層間変形角

	単位	長辺方向		短辺方向	
		1階	2階	1階	2階
最大層間変形角	rad.	1/40～1/30	1/120～1/90	—	—

## ③応答加速度

	単位	長辺方向		短辺方向	
		2階床	2階梁桁	2階床	2階梁桁
最大応答加速度	gal.	420～640	700～750	—	—

## 4.1.4 BCJ-L2-100 (短辺方向)

## ①損傷

- ・短辺方向を中心に、土壁にひび割れが生じた。
- ・差し鴨居の鼻栓部分から、土壁にひび割れが発生している。
- ・室内側の土壁が、長辺1枚、短辺1枚、剥落した。
- ・通し柱が1本(い壱)曲げ破壊した。
- ・隅角部の柱脚が、数 mm 浮き上がった。

## ②層間変形角

	単位	長辺方向		短辺方向	
		1階	2階	1階	2階
最大層間変形角	rad.	—	—	1/60～1/20	1/130～1/75

## ③応答加速度

	単位	長辺方向		短辺方向	
		2階床	2階梁桁	2階床	2階梁桁
最大応答加速度	gal.	—	—	400～600	600～800

## 4.1.5 JMA神戸

## ①損傷

- ・通し柱8本、管柱2本に曲げ破壊が生じた。通し柱2本は胴差レベルで折れた。また、四方差し 21cm の通し柱は、差し鴨居部分で曲げ破壊した。管柱2本は、いずれも差し鴨居部分で曲げ破壊した。
- ・建物の振れ変形が大きく、い通りに柱の曲げ破壊が集中している。
- ・土壁はひび割れが無数に入った。室内側室外側、それぞれ数枚の土壁が剥落した。
- ・隅柱の柱脚は、最大で 8cm 程度浮き上がった。その他の隅部分の柱は、4～5cm 程度浮き上がった。
- ・床束が6本傾いた。

- ・ 2階の土壁の剥落はなかった。
- ・ 屋根瓦に損傷はなかった。

### ②層間変形角

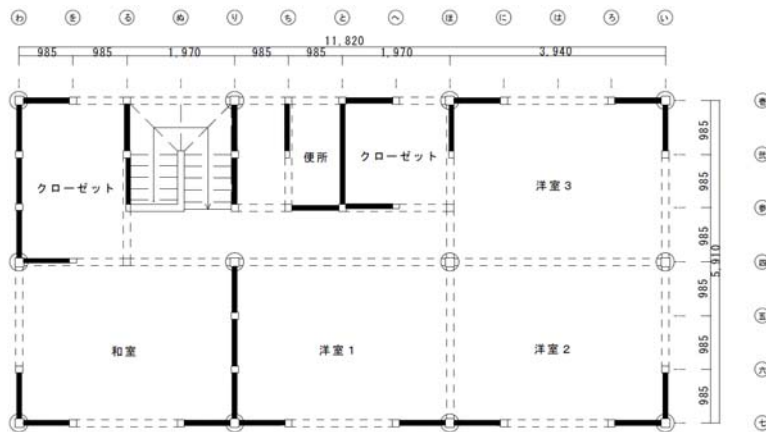
- ・ 1階の層間変形角が、2階に比べて大きかった。
- ・ 床が柔らかいため、通りによって層間変形角が違った。

	単位	長辺方向		短辺方向	
		1階	2階	1階	2階
最大層間変形角	rad.	1/16~1/11	1/80~1/50	1/30~1/16 (未定構面あり)	1/95~1/45

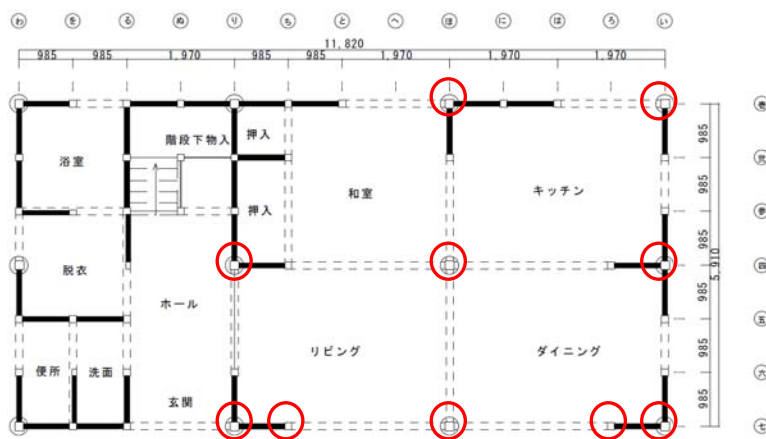
### ③応答加速度

- ・ 通りによって応答加速度が異なった。

	単位	長辺方向		短辺方向	
		2階床	2階梁桁	2階床	2階梁桁
最大応答加速度	gal.	600~730	1,000~1,100	450~800	700~1,000



2階平面図



1階平面図

図 4.1.1 柱の曲げ破壊状況図 (凡例 ○ : 曲げ破壊が発生した柱)



#### 4.1.6 JR鷹取

##### ①損傷

- ・倒れ止めワイヤが働いて傾斜が止まった。実質的に倒壊した。
- ・通し柱は、全て曲げ破壊した。
- ・内側・外側の多くの壁が剥落した。七通り・わ通りの外側は全て剥落した。
- ・2階の土壁の剥落はなかった。
- ・屋根瓦に損傷はなかった。

##### ②層間変形角

- ・土壁脱落のため、測定不能箇所が多い。
- ・実質的に倒壊した。

##### ③応答加速度

- ・建物の剛性が下がっているため、応答加速度は、入力よりも小さかった。

## 4.2 B棟（都市近郊型）

### 4.2.1 BCJ-L2-20（長辺方向）

#### ①損傷

- ・損傷は見られなかった。

#### ②層間変形角

	単位	長辺方向		短辺方向	
		1階	2階	1階	2階
最大層間変形角	rad.	1/350~1/270	1/470~1/380	—	—

#### ③応答加速度

	単位	長辺方向		短辺方向	
		2階床	2階梁桁	2階床	2階梁桁
最大応答加速度	gal.	110~120	160~190	—	—

### 4.2.2 BCJ-L2-20（短辺方向）

#### ①損傷

- ・損傷は見られなかった。

#### ②層間変形角

	単位	長辺方向		短辺方向	
		1階	2階	1階	2階
最大層間変形角	rad.	—	—	1/900~1/240	1/1200~1/280

#### ③応答加速度

	単位	長辺方向		短辺方向	
		2階床	2階梁桁	2階床	2階梁桁
最大応答加速度	gal.	—	—	100~130	120~230

### 4.2.3 BCJ-L2-100（長辺方向）

#### ①損傷

- ・土壁にひび割れが生じた。
- ・土壁の剥落はなかった。
- ・隅角部の柱脚が、数mm浮き上がった。

#### ②層間変形角

	単位	長辺方向		短辺方向	
		1階	2階	1階	2階
最大層間変形角	rad.	1/50~1/35	1/80~1/60	—	—

#### ③応答加速度

	単位	長辺方向		短辺方向	
		2階床	2階梁桁	2階床	2階梁桁
最大応答加速度	gal.	500~650	870~1,000	—	—

## 4.2.4 BCJ-L2-100 (短辺方向)

## ①損傷

- ・土壁にひび割れが生じた。
- ・土壁の剥落はなかった。
- ・隅角部の柱脚が、数 mm 浮き上がった。

## ②層間変形角

	単位	長辺方向		短辺方向	
		1 階	2 階	1 階	2 階
最大層間変形角	rad.	—	—	1/90～1/35	1/180～1/60

## ③応答加速度

	単位	長辺方向		短辺方向	
		2 階床	2 階梁桁	2 階床	2 階梁桁
最大応答加速度	gal.	—	—	490～530	680～950

## 4.2.5 JMA神戸①

## ①損傷

- ・通し柱が3本、管柱が5本、曲げ破壊した。通し柱は胴差レベルで、管柱は鴨居部分で曲げ破壊した。
- ・土壁は、室内側の数枚が剥落した。剥落していない壁も、縦貫と横貫に沿って、ひび割れが生じた。
- ・隅柱の柱脚は、最大で 10cm 程度浮き上がった。その他の隅角部の柱は、6 cm 程度浮き上がった。管柱は 2～5 cm 程度浮き上がった。
- ・2 階の土壁の剥落はなかった。
- ・屋根瓦に損傷はなかった。

## ②層間変形角

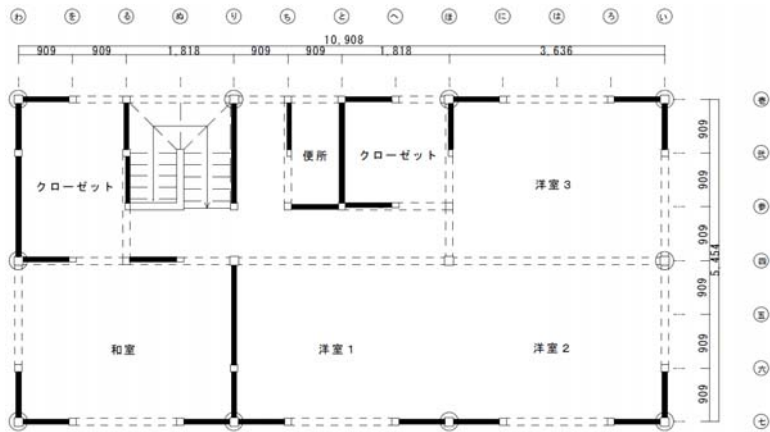
- ・1 階が 2 階に比べて層間変形角が大きかった。
- ・床が柔らかいため、通りによって層間変形角が違った。

	単位	長辺方向		短辺方向	
		1 階	2 階	1 階	2 階
最大層間変形角	rad.	1/21～1/10	1/55～1/36	1/33～1/23 (不定構面有り)	1/95～1/40

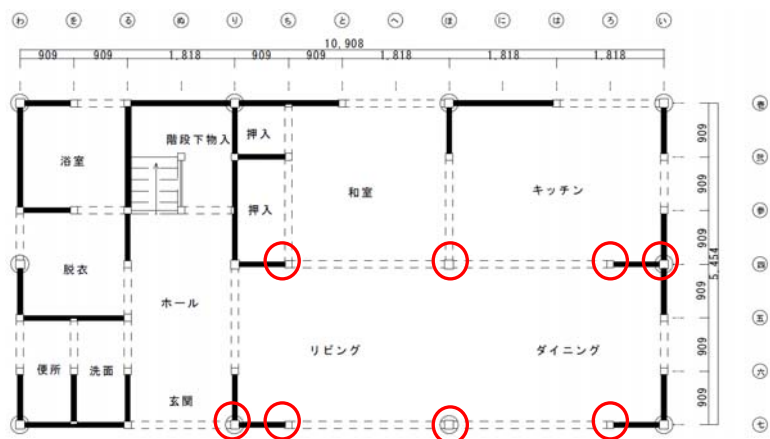
## ③応答加速度

- ・通りごとに加速度が異なった。

	単位	長辺方向		短辺方向	
		2 階床	2 階梁桁	2 階床	2 階梁桁
最大応答加速度	gal.	680～980	1, 100～1, 600	630～850	910～1, 100



2階平面図



1階平面図

図 4.2.1 柱の曲げ破壊状況図 (凡例 ○ : 曲げ破壊が発生した柱)

#### 4.2.6 JMA神戸②

##### ①損傷

- ・倒壊はしなかった。
- ・室内側の壁1枚が剥落した。室外側は、七通りで2枚剥落した。
- ・通し柱が、更に2本、胴差レベルで曲げ破壊した。
- ・2階の土壁の剥落はなかった。
- ・屋根瓦に損傷はなかった。

##### ②層間変形角

- ・1階は  $1/10\text{rad}$  程度まで変形した。
- ・土壁脱落のため、測定不能箇所が多い。

##### ③応答加速度

- ・建物の剛性が下がっているため、応答加速度は、入力よりも小さかった。

A棟 : 1995年兵庫県南部地震 JMA神戸観測波 100%



試験開始前 試験体全景



試験終了後 試験体全景



1階 七通り、る～わ  
土壁のひび割れと剥落



1階 七通り、ほ～り  
土壁のひび割れと剥落



1階 七通り、い～ほ  
土壁のひび割れと剥落



1階 い通り、四～七  
室内側の土壁の剥落





1階 壱通り、い～ほ  
室内側の壁土壁のひび割れと剥落



1階 七通り、ち  
差し鴨居部分の柱の割れ



1階桁 七通り、ろ  
差し鴨居部分の柱の割れ



1階桁 い通り、壱  
接合部の鼻栓折れ及び柱の割れ



1階 と通り、又五  
東石と束のずれ



1階 ろ通り、又五  
東石と束のずれ



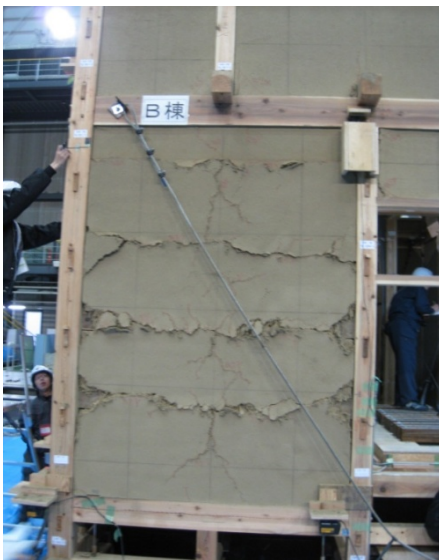
B棟 : 1995年兵庫県南部地震 JMA神戸観測波 100%



試験開始前 試験体全景



試験終了後 試験体全景



1階 七通り、る～わ  
下地の貫に沿って土壁のひび割れ



1階 七通り、ち～り  
土壁のひび割れ



1階 七通り、い～ろ  
土壁のひび割れとめくり上がり



1階 壱通り、り～わ  
土壁のひび割れ





1階 い通り、巻～四  
室内側の土壁の剥落



1階 七通り、ろ  
差し鴨居部分の柱の曲げ破壊



1階 七通り、ち  
差し鴨居部分の柱の曲げ破壊



1階 七通り、ち  
差し鴨居部分の柱の曲げ破壊



1階 七通り、ほ  
差し鴨居部分の柱の曲げ破壊



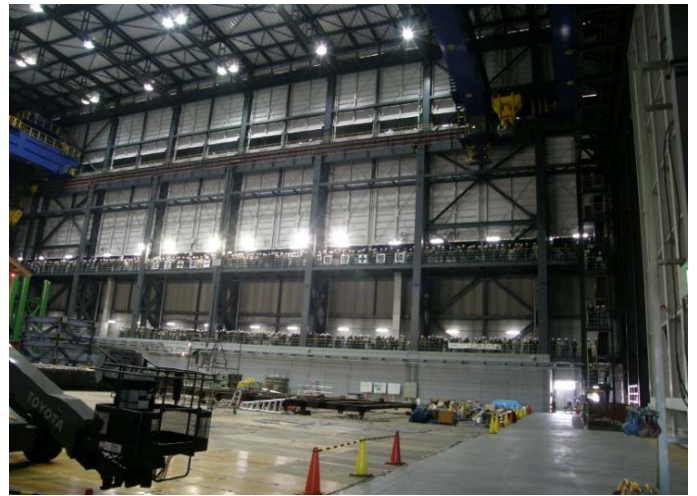
1階 七通り、ほ  
差し鴨居部分の柱の曲げ破壊



見学風景等



11/28 B棟公開実験



11/28 B棟公開実験



11/28 B棟公開実験



11/28 B棟公開実験

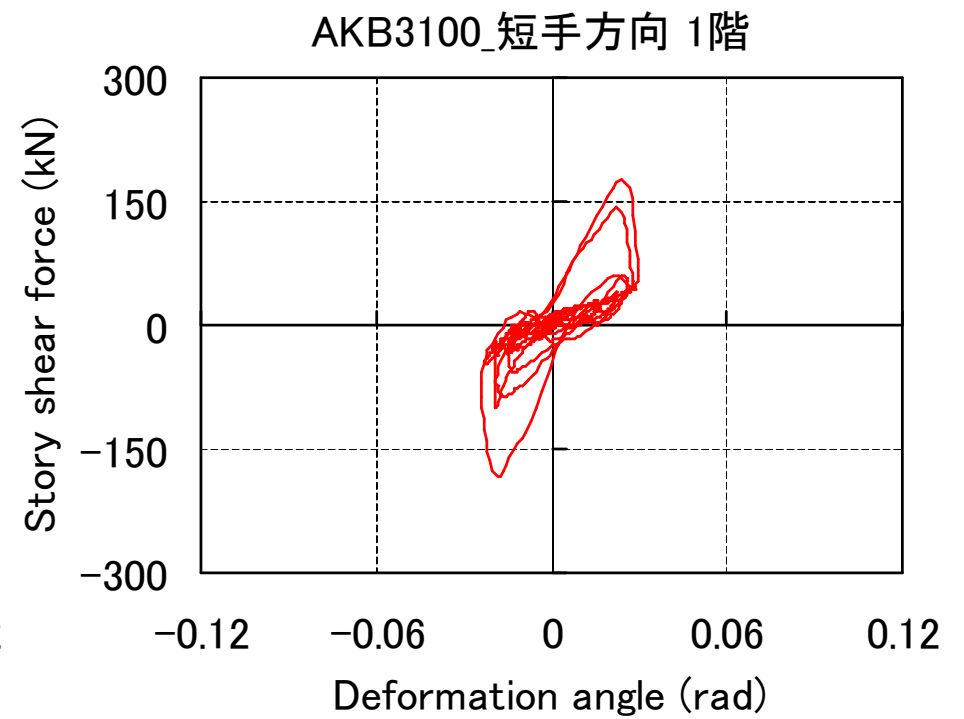
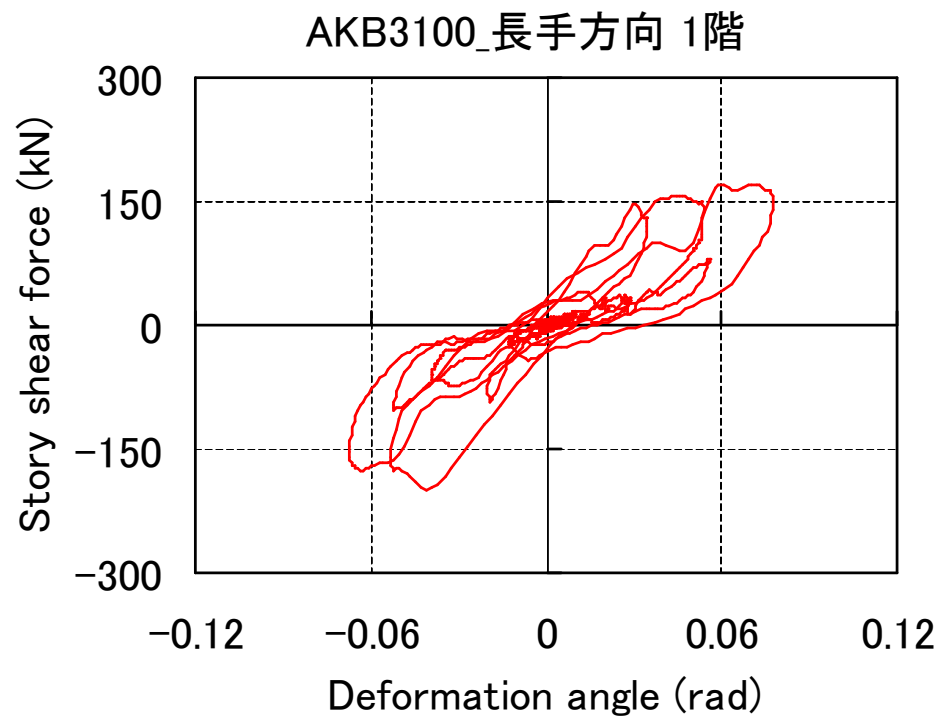


12/4 公開実験受付

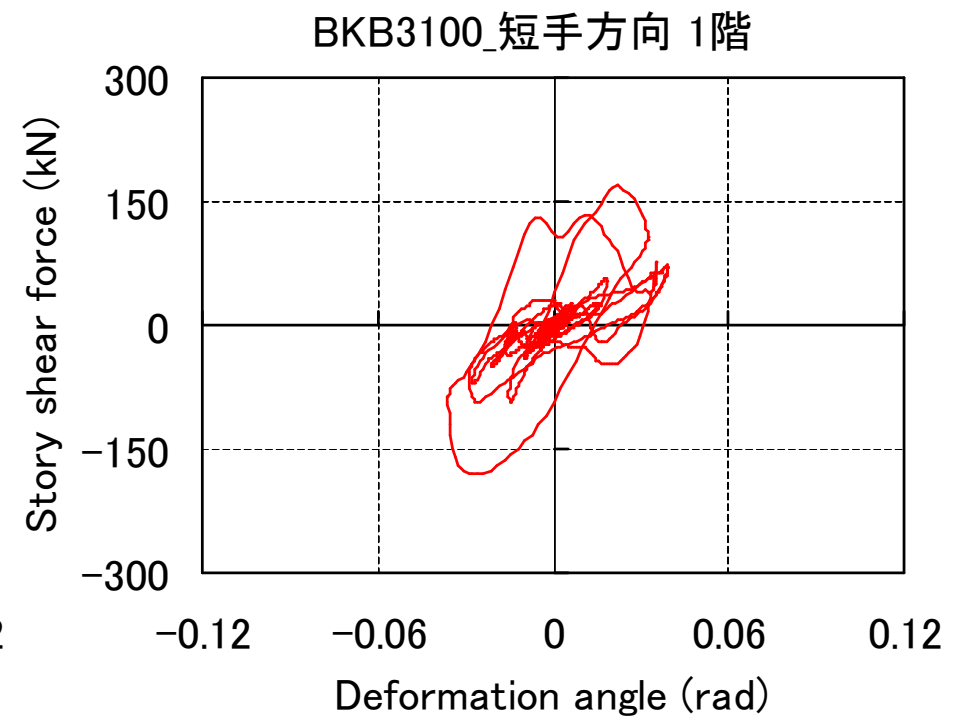
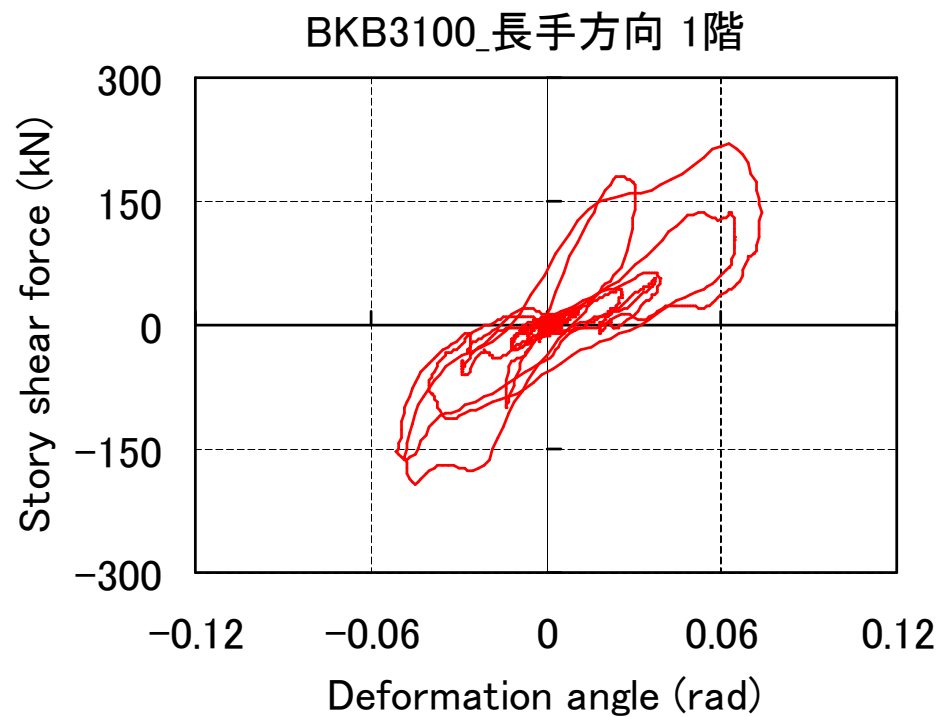


11/28 記者発表

# JMA神戸波(A棟)



# JMA神戸波(B棟)



# 骨格曲線の比較

