

2012年11月17日（土）耐震工学研究会（青葉山）

## 耐震工学 50 年

柴田明徳

### 1. はじめに

1965年（昭和40）4月に東北大学建築学科の助手として仙台に来てから、今年で47年になります。大学院の博士課程から数えると丁度50年です。

#### 図1. 耐震工学 50年

この度、源栄先生が久しぶりに耐震工学研究会を企画され、時間を私に下さったので、これから“耐震工学50年”と題して、しばらくの間、昔の思い出をお話ししてみたいと思います。

### 2. アナログ計算機とデジタル計算機

1960年に私は東京大学建築学科を卒業して武藤研究室の大学院に入りました。60年安保闘争が起こり、日本の経済成長が始まった頃です。（1960年のGDPが16兆円、2011年が468兆円）

#### 図2. 戦後日本の経済推移と大地震

私の卒業論文のテーマは構造部材の履歴減衰を等価減衰定数で表わすというもので、大沢胖先生に御指導いただきました。履歴ループの面積を計算するにはプランメーターという機械を使いました。1960年の建築学会支部研に始めて論文を書きました。これが後々まで私の研究に関わってきます。支部研はとても大事です。若い皆さんも支部研をぜひ盛り立てて下さい。

#### 図3. 大沢・柴田論文（等価減衰）

大学院修士課程に入った1960年（昭和35）には、第2回の世界地震工学会議(WCEE)が東京・京都で催され、私達は産経ホールでスライド係を担当しました。第1回WCEEはアメリカのバークレイで行われ、その後、世界の地震国で4年おきに開催されて、今年が第15回リスボンでした。1755年のリスボン大地震・津波は有名です（約260年前）。

#### 図4. 世界地震工学会議（第1回～）

#### 図5. 第2回東京、最終報告

#### 図6. 鯨、張衡地震計

#### 図7. カルモ教会（1755年リスボン地震）

私は大学院で、武藤清先生が1961年東洋レーヨンの援助で設置されたSERACという名のアナログ計算機による地震応答解析を担当することになりました。アナログ計算機というのは、中に積分器という回路要素を沢山持っていて、これを繋いで質点系の振動と同じ連立微分方程式を解くことが出来るものです。

実地震の波形をフィルムに書いてカーブリーダーで読み取り、電気回路に送りこんで実時間の10倍位を掛けてゆっくり応答を計算し、ペン書きオシロで応答波形を書きます。復元力特性に弾塑性の性質を考慮できるのが特徴です。色々な建物のゆれ方をじっくり眺めることは非常に良い勉強になりました。皆さんはデジタル計算機の時代ですが、最大値を求めるだけでなく、必ず地震応答の波形をいくつか

プロットして良く見ることをぜひお勧めします。耐震工学の勉強の基本になる事と思います。

図 8. SERAC 計算機

図 9. カーブリーダー・ペン書きオシロ

図 10. 地震応答波形

当時、アナログ計算機による研究は京都大学の小堀鐸二先生の研究室でもモデル波形を用いて行われていました。また、デジタル計算機による応答計算は当時建築研究所の和泉正哲先生（東北大学教授（1972～1993））が始められていました。その後、世の中は急速にデジタル計算機の時代になります。

武藤先生は、1963年2月の退官講義「超高層ビルへの道」で、SERACの研究成果に基づいて日本における高層建築の可能性を示されました。同じ年、河野一郎建設大臣により、高さ制限の撤廃が行われました。その後、先生は鹿島の副社長として、1968年（昭和43年）わが国における初めての超高層ビルである霞ヶ関三井ビルを実現されました。

霞ヶ関三井ビルは、地上36階、地下3階、高さ146mで、わが国で始めて作られた厚肉圧延H型鋼を用いています。日本建築学会の「建築構造パースペクティブ」（1994）に出ている図をお見せします。この本は私の好きな本の一つです。図書館でご覧になって下さい。

図 11. 武藤先生と霞ヶ関ビル

図 12. 霞ヶ関ビル基準階

図 13. 霞ヶ関ビル柱梁接合部

### 3. 東北大学建築学科と塩釜実験所

私は1965年（昭和40）に大学院を出て、東北大学の志賀敏男先生の元へ赴任しました。その頃は片平に工学部があり、一番奥にある昔の仙台高等工業（SKK）の建物に建築学科が入っていました。この建物は小倉強先生の設計で、今でも残っている良い建物です。是非見て下さい。

図 14. 片平建築学科

東北大の建築は1951年（昭和26）に発足したのですが、志賀先生はなんとか東北大の建築構造を発展させたいとの思いで、大変な努力をされていました。塩釜の七ヶ浜に火力発電所の建物を譲り受けて建築実験所が発足したのは1957年（昭和32）です。ここに、遠心力式の大型振動台が作られ、小川淳二先生が鉄筋コンクリートラーメンの振動破壊実験を精力的に行い、動的履歴特性を実験的に始めて捉えることに成功されました。東北大の耐震研究の原点がここにあります。

図 15. 塩釜実験所

図 16. 遠心力式振動台

工学部の青葉山移転が始まり、土木と建築の入る建設系建物が1969年（昭和44）に出来ました。SRC造9階建てで、青葉山の中では一番高い建物でした。手作りの起振器で振動実験も行いました。

また、1971年には塩釜の実験所を青葉山に移転し、1972年には青葉山に工学部附属耐震構造実験施設（施設長志賀先生）が出来ました。最初、塩釜の振動台もここに移しましたが、後に現在の油圧式の地震波振動台に代わり、井上先生等のご努力で素晴らしい成果が沢山得られているのは嬉しいことです。

東北大の耐震研究を大きく育てて下さった志賀先生は、1986年（昭和61）3月に退官されました。

図 17. 青葉山建設系建物

図 18. 青葉山実験所

#### 図 1 9. 青葉山旧振動台

この耐震構造実験施設及び土木の津波防災実験所（1981年設置、岩崎敏夫先生が長く尽力された）を母体として、1990年（平成2）工学部附属災害制御研究センターが設置されました。センター長に津波工学分野の首藤伸夫先生、地震工学分野を柴田が担当しました。建築構造学講座を小川先生が担当され、1993年（平成5）には井上範夫先生が新しく参加されました。また、1996年（平成8）には源栄正人先生が災害制御センターに参加され、強力な研究体制が整ってきました。1999年（平成11）には小川先生と柴田が退官しました。2005年（平成17）にはS造（CFT柱）14階建ての総合研究棟が出来て、土木と建築の構造分野が移りました。

21世紀に入り、2000年代は東北で様々な地震被害が頻発し、皆さんも調査等で大変お忙しかったことと思います。なかでも、2008年（平成20）の岩手・宮城内陸地震の地崩れは衝撃的でした。

そして、2011年東日本大震災が発生しました。この地震で、建設系建物は大きな被害を受け、建築後43年で建て替えとなりました。また、災害制御研究センターは、設置後24年で災害科学国際研究所へと発展しました。新しい時代に期待します。

東日本大震災については、後でまた触れたいと思います。

#### 4. 十勝沖地震と宮城県沖地震

私が仙台へ来て最初に経験した大きな地震被害は1968年（昭和43）十勝沖地震です。特に鉄筋コンクリート造のせん断破壊が注目されました。八戸港湾での強震記録も得られました。

図 2 0. 八戸港湾記録（志賀、「構造物の振動」より）

図 2 1. 三沢高校柱せん断破壊

この地震被害が土木建築分野に与えた衝撃は非常に大きく、構造界を挙げての精力的な研究が行われました。建設省は1972年（昭和47）から1977年（昭和52）まで大規模な研究プロジェクトを実施し、「新耐震設計法（案）」をまとめました。これが新耐震設計法の原形です。

志賀先生は、この地震による低層鉄筋コンクリート造の被害と耐震壁の量との関係に注目され、有名な志賀マップを作られました。最初の論文は1968年の東北支部研です。ここでは、1Gの地震力に対する柱・壁均しのせん断応力度と、単位床面積当たりの壁量がパラメーターになっています。短周期の建物の応答加速度が1G程度にもなるということは、この頃始めて一般に認識されてきたことです。

図 2 2. 志賀先生と志賀マップ（十勝沖地震）

この地震の後、1970年（昭和45）に東大の梅村魁先生とカリフォルニア大学バークレイ校のジョセフ・ペンゼン先生を中心とする学校建築の耐震安全性に関する日米セミナーが仙台で開かれ、東北大からは志賀先生と、小川先生及び柴田が参加しました。この会議は、米国と日本の中堅・若手研究者の交流に非常に大きな役割を果たしました。

この会議に参加されたイリノイ大学のソーゼン先生の所へ、柴田が1974年から1975年まで1年半の留学をさせて頂きました。当時のイリノイ大学では小谷俊介先生等によるRC骨組の振動破壊実験が活発に行われていました。また、私の前年までポーラット・ガルカン（現世界地震工学会会長）が振動実験を基にRC骨組の等価減衰の定式化を行っていました。骨組弾塑性応答解析のプログラムも小谷先生により開発されていました(SAKE)。私は、これらの研究の発展として、等価線形骨組による多層RC建物の耐震設計法(サブスティチュート・ストラクチャー法)を取りまとめ、1976年にASCE論文として発

表しました。(Shibata and Sozen, Substitute structure method for seismic design in RC, Proc. of ASCE, ST1, 1976) 等価線形化法の考え方は、その後限界耐力法へと発展してゆきます。

#### 図 2 3. ASCE 論文 (柴田・ソーゼン)

十勝沖から 10 年経って、**1978 年 (昭和 53) 宮城県沖地震**が起きました。この地震では、十勝沖と同じ様な建築被害が多数発生しました。また、都市のライフライン被害、宅地被害など新たな課題が発生し、「都市型震災」と呼ばれました。

#### 図 2 4. 卸町 RC3 階建物被害

地震の 2 年後の 1980 年には、これまで準備が進んでいた「新耐震設計法」が施行の運びとなりました。

#### 図 2 5. 新耐震設計法 (RC フロー)

志賀マップは宮城県沖地震の RC 建物被害に対してもよく適合することが判りました。志賀マップの考え方は、1980 年の新耐震設計法に取り入れられ、ルート 1 の 2 次設計を必要としない建物の判定に用いられることになりました。これについては、当時建研におられた広沢雅也先生 (工学院大名誉教授) が非常な尽力をされました。なお、後の兵庫県南部地震の被害に対しても、志賀マップに修正を加えた形で適用できることを東北工大阿部先生が示しておられます。

#### 図 2 6. ルート 1, 2 マップ (宮城県沖地震、新耐震)

#### 図 2 7. 阿部良洋先生支部研論文 (兵庫県南部)

最近、神戸大学名誉教授の山田稔先生は、志賀マップを次の建築学会 RC 規準 (現版は 2010 年改訂、次は 10 年後か) に取り入れることを強く主張しておられます。是非そうなってほしいと思います。

#### 図 2 8. 山田稔先生大会論文 (2011)

また、宮城県沖地震で東北大学建設系建物が中程度の被害を受け、両妻の耐震壁には 1mm 程度のせん断きれつが生じました。

#### 図 2 9. 建設系壁きれつ

志賀研究室ではこの建物の挙動解析を行う為に、弾塑性骨組解析 **Frame-D** の開発を行いました。このプログラムを用いた応答解析の結果は実測と良い一致を示しました。

#### 図 3 0. Frame-D

#### 図 3 1. 建設系の応答解析と観測記録の比較

プログラム開発の中心であった渋谷純一先生にお願いして、現在その **Fortran** プログラムを災害のアーカイブとして公開する作業を行っております。弾塑性骨組応答解析プログラムは既製のものが従来いくつかありますが、ソースコードを公開したものはあまりありません。ぜひ皆さんにご利用頂ければと思っています。

また、我々が十勝沖地震と宮城県沖地震の 2 つの地震で強く感じたことは、実際の建物の耐震力にかなりのばらつきがあるということでした。

志賀先生は 1976 年の著書「構造物の振動」(共立出版)の中で、十勝沖地震での志賀マップの検討と共に、そこから導かれた壁・柱量による建物耐力推定値の確率分布をガンマ分布の形で示しておられます。この図が被害率の確率的予測の原点です。志賀マップと並ぶ重要なものと思います。

#### 図 3 2. 志賀先生「構造物の振動」と耐力分布

宮城県沖地震の後、志賀研究室では RC 低層建物に大きな被害の出た仙台市卸商団地の全数被害調査

を行いました。柴田は、これらの資料を基に、建物耐力と作用地震力の双方を対数正規分布と考え、都市域の建物群の被害率予測を行う方法を提示しました（日本地震工学シンポジウム、1982）。

図 3 3．仙台市卸商団地

図 3 4．建物耐力と地震力の確率分布

図 3 5．卸町、長町、上杉地区の被害率

東北工大の小野瀬順一先生は、卸町、長町、上杉の 3 地区の被害率を調査し、建物階数ごとの耐力の確率分布と地震動特性の確率分布について詳細な検討を行いました（日本地震工学シンポジウム、1982）。

宮城県沖地震から 17 年後に **1995 年（平成 7）阪神・淡路大震災** が起こりました。内陸型の都市直下地震で、死者は 6000 人に及びました。

建築被害については、1980 年施行の新耐震設計法以前の建物と以後の建物で、被害の程度がかなり異なることがはっきり示されました。

図 3 6．神戸市庁舎（旧、新）

図 3 7．新耐震以前と以後の建物被害率

阪神・淡路大震災から 5 年後の 2000 年に建築基準法が改正され、中程度（損傷限界）及び最大級（安全限界）の加速度応答スペクトルを想定した限界耐力計算など新しい事項が加わりました。限界耐力計算法は、等価線形化法の考え方をその基礎とするものです。

図 3 8．限界状態設計法

限界耐力計算は、建物の最大級地震に対する安全性を、弾塑性地震応答解析を行うことなしに検証するという目的で定められたものです。また、2005 年（平成 17）には限界耐力計算と同等の手法として秋山宏先生のエネルギー法が告示で定められました。同じ年に耐震偽装問題が起こり、構造計算法の考え方に対して様々な意見や批判が出され、保守的な傾向が非常に強くなりました。このためもあって、限界耐力計算は実務ではあまり使われていません。

しかし、限界耐力計算は、最近の新しい構造設計の考え方である **Performance-Based Design**（性能設計法）の流れに沿ったものであり、その内容を更によく検討して改善を図り、一般の構造設計者が使いやすいものにしてゆく必要があると思っています。構造設計の実務は私の専門ではありませんが、構造設計技術者が十分な力を発揮できるようにするために、構造設計と建築基準法に関する様々な問題を大きな展望のもとで議論する必要があると思います。

日本建築学会から限界耐力法、エネルギー法、時刻歴応答を比較した報告書が出されており、また建築学会の“等価線形化法に基づく耐震性能評価指針作成小委員会”で検討が行われています。

阪神大震災以後のもう一つの大きな流れは、耐震診断と耐震改修・補強の急速な普及です。1995 年に出た耐震改修促進法に基づいて、まず全国の学校建築や公共建築の耐震診断・改修が進みました。東北地方でも各県単位で耐震診断の委員会が出来て、多くの構造系の先生方にご協力頂きました。一時期は大変な仕事量でしたが、今では大分少なくなりました。

## 5. 耐震構造解析と構造安全解析

大学教師の一番の仕事は判りやすい授業をすることです。最初はなかなかうまく行きませんが、何年も繰り返すと少し形になってきます。そんな大学院での耐震解析の講義ノートを基にして、宮城県沖地

震から3年目の1981年（昭和56）に、私は森北出版から「最新耐震構造解析」という教科書を出しました。もう30年前になります。最初は誤植だらけで大変恥ずかしい思いをしましたが、次第に皆さんに使って頂けるようになり、今では2万5千部以上が売れました。有り難いことです。この本で、2009年（平成21）の日本建築学会教育賞（教育業績）を頂きました。大変光栄なことと思っています。

2010年にはその英語版“Dynamic Analysis of Earthquake Resistant Structures”を東北大学出版会から出しました。これは自費出版で、私の手元に置いてあり、殆ど売れません。ただ、留学生の方にはお役にたつかも知れないので、今日源栄先生の所に幾分かを寄贈しました。他の所にも寄贈したいと思っていますので、ぜひお申し出ください。

図39. 「耐震構造解析」（日本語、英語）

また、私は確率論と構造安全性の問題については以前から関心があり、1973～1974年のイリノイ大留学の時は、確率論の大家であるアン先生や当時若手のウェン先生の講義に出席して勉強しました。宮城県沖地震の前後に、建物被害率の確率的評価についての論文をいくつかまとめたこともあって、東北大学での大学院講義のテーマも、耐震構造解析から次第に確率的な構造安全解析へとシフトしました。その講義ノートをもとめて、2005年（平成17）に森北出版から「確率的手法による構造安全性の解析」という本を出しました。この本も、いままであまり売れていません。

図40. 「構造安全解析」（表紙、破壊確率）

しかし、確率的な物の見方は工学で大変重要と思います。学生の方はぜひ勉強して頂きたいとおもいます。今年から、地盤工学会誌で神田順先生が確率入門の連載を始めておられます。学生の方には大変参考になるのではないのでしょうか。

## 6. 東日本大震災と歴史地震災害

2011年（平成23）3月11日東日本大震災から1年8ヶ月が過ぎました。東北の津波被害からの復興はまだ遠い道のりの様です。昨年は地震の後でいくつかの被災地を訪れました。今年は、6月の八戸支部研の時、益野先生と1年ぶりに東北沿岸を回りました。自分では何もできないのですが、これからも機会ある度に、町と暮らしの復興の様子を見に行き、それを心にとどめたいと思っています。

津波の記憶は岩手県や宮城県北部では強く残っていました。1896年明治三陸（120年前）、1933年昭和三陸（80年前）、1960年チリ地震津波（50年前）の情報は私達の身近にありました。しかし、宮城県南部の仙台平野や福島県の太平洋岸では津波に対する警戒感は全くありませんでした。それが、被害を大きくした一因とも言われています。

しかし、仙台平野の大津波を歴史資料に基づいて事前に警告していた人々がいました。仙台の歴史研究者である飯沼勇義さん（1930年生）は、1995年（平成7）に「仙台平野の歴史津波—巨大津波が仙台平野を襲う！」を仙台の宝文堂から出版されています。

そこでは、869年（貞観11）の貞観津波（1100年前）、1611年（慶長16）の慶長津波（400年前）などの歴史津波について、地域の歴史的及び地理的な伝承や資料を克明に調べ、将来の仙台平野への津波来襲を警告しています。そして、当時の藤井仙台市長、浅野宮城県知事に陳情書を提出し、その本に載せています。そして、これが現実になりました。

図41. 「仙台平野の歴史津波」（飯沼勇義氏）

869年貞観津波は日本三代実録にその記述があります。これに注目したのは言語学者の吉田東伍で、

1906年（明治39）にその論文が出ています。

#### 図4 2. 吉田東伍論文

多賀城に歌枕で有名な末の松山がありますが、ここには貞観の大津波でもここだけは決して波は超えることはなかったという記憶が残されています。小倉百人一首の清原元輔の歌にある通りです。

ちぎりきなかたみに袖をしぼりつつ

末の松山浪こさじとは

この度の東日本大震災でも末の松山は辛うじて津波を免れています。

#### 図4 3. 末の松山（多賀城市）

**1611年慶長地震**は伊達治家記録の内の貞山公治家記録にその記述があります。伊達政宗が45歳のときで、領内に1800人位の溺死者が出たと述べています。

#### 図4 4. 伊達治家記録

貞観津波や慶長津波の記憶は、仙台平野の各所にまだ残されています。私達はこの様な記憶を忘れずに、後世に残してゆく義務があると思います。

#### 図4 5. 仙台平野の津波伝承

#### 図4 6. 波分神社（仙台市霞の目）

この歴史津波を理学の見地から調べ、早くから警鐘を鳴らしていた方がおられます。東北大理学部の箕浦幸治先生です。箕浦先生は、20年前の1991年に *Journal of Geology* へ発表された論文で、仙台平野の地層調査から、869年貞観津波の砂層の下に先史時代の2つの津波による堆積層（約200年前と約3000年前）があることを指摘し、仙台平野を襲う巨大津波は1000～800年の周期性をもつと結論されました。1611年の慶長津波についても、同等の厚さの堆積砂層が見出されていますが、津波規模はやや低い評価です。

#### 図4 7. 仙台平野の津波堆積物（箕浦先生）

先生は、今から10年前の2001年に、この調査結果を基に、東北大学広報誌「まなびの杜」16号で「津波災害は繰り返す」と題して、仙台平野における巨大津波の再来の危険性を警告されました（東北大学ホームページ）。また、今年9月の「学士會会報」第890号に箕浦先生の論説があります。

このように、仙台・福島沖の津波の危険性に関する情報は、私達の身の回りにも多数あったのですが、私達はこれを活かすことが出来ませんでした。地域の自然と社会の歴史を正しく知ることが防災の根幹であることを痛感します。

また、東日本大震災における建築被害については、色々な新しい問題点が指摘されています。内装の地震安全はその一つです。新しい技術で作られた超高層や免震・制震構造の検証も必要です。地震動記録も非常に多く得られています。地盤・地形による地震動強さの相異の問題はこれからの課題の一つです。更に、都市レベルで考えた時に、地震に伴う社会の混乱とその制御の問題は重要であり、情報の伝達方法や事前準備・事後対策等の多くの課題を今後十分に検討すべきでしょう。

## 7. むすび

先日11月2日に東京杜春会で源栄先生から新しい建設系建物についてのお話がありました。将来に向けての第3のステージが始まります。この免震建物も数十年の内には、また地震の洗礼を受けること

になりますから、ぜひその記録を取って下さい。今度は、きっと建物の中も何事もなかったという具合になることでしょう。

今日は、私の経験の範囲で、耐震工学の 50 年を振り返ってみました。最初の経済グラフに主な耐震工学上の出来事を入れて、もう一度眺めて見ます。

#### 図 4 8. 耐震工学の歩み

戦後 30 年間の日本の急激な経済成長に伴って、建築も都市も大きく発展しました。十勝沖地震、宮城県沖地震はその途上でした。そして、この最近 20 年間の停滞の始まりに、阪神・淡路大震災がありました。そして、東日本大震災は次の新たな価値観の時代の前触れかもしれません。

将来の方向を考えると、私達が忘れてならないのは歴史感覚です。10 年、100 年、1000 年前の事実とその記憶は、私達の今の暮しに深く関わってくるのです。特に、災害の問題ではこのことが大切になると思います。

なお、この度、長く住み慣れた仙台から東京の代田へ引っ越すことになりました。これまでの皆様のご厚誼に心から感謝いたします。東京においでの際は、ぜひお立ち寄り下さい。代田から歩いて 15 分位の所に羽根木公園がありますが、ここにある羽根木プレーパークは大村虔一先生（元東北大教授、東京オペラシティの設計）が日本で最初に作ったプレーパークです。

これからも、この耐震工学研究会に出席して皆さんのお話を伺うのを楽しみにしています。

本日はどうも有難うございました。

#### 参考文献

- 1) 大沢胖・柴田明徳、塑性振動に及ぼす構造部材の履歴特性、日本建築学会関東支部、1960 年 6 月
- 2) 志賀敏男・柴田明徳・高橋暉雄、鉄筋コンクリート造建物の震害と壁率、日本建築学会東北支部、1968 年 12 月
- 3) Shibata A. & M. A. Sozen, Substitute Structure Method for Seismic Design in R/C, Proc. of ASCE, V. 102, ST1, January, 1976
- 4) 阿部良洋・守 研二、兵庫県南部地震で被災した RC 造建物の壁率マップによる検証、日本建築学会東北支部、1997 年 6 月
- 5) 山田 稔、RC 規準次期改訂に向けての希望、日本建築学会大会（関東）、2011 年 8 月
- 6) 志賀敏男・柴田明徳・渋谷純一・高橋純一、東北大学工学部建設系研究棟における強震応答実測とその弾塑性応答解析、日本建築学会論文報告集、第 301 号、昭和 56 年 3 月
- 7) 志賀敏男、「構造物の振動」、共立出版、1976 年（昭和 51）
- 8) 志賀他、1978 年宮城県沖地震における仙台卸売商業団地の建物全数被害調査（その 1）～（その 3）、日本建築学会東北支部、1978 年（昭和 53）11 月
- 9) 日本建築学会、建築物の耐震性能評価手法の現状と課題－限界耐力計算・エネルギー法・時刻歴応答解析－、2009 年 2 月
- 10) 小野瀬順一、鉄筋コンクリート造建物の耐力分布と被害分布、第 6 回日本地震工学シンポジウム、1982 年 12 月
- 11) 柴田明徳、仙台平野の巨大津波について、東日本大震災の被害報告その 5、建築技術、2012 年 2 月
- 12) 箕浦幸治、古津波の研究、学士會会報、No.890、2011
- 13) 箕浦幸治、津波災害は繰り返す、東北大学広報誌まなびの杜、16 号、2001