サブプロ（b）データ利活用分科会の試み
「集客施設で地震観測する理由～成田国際空港との連携」
酒井　慎一（サブプロ（B）統括／東京大学地震研究所観測開発基盤センター　准教授）

1.成田空港プロジェクトの経緯

（酒井）　サブプロ（b）では、理学的な見地から、地震観測を通して皆さまにさまざまなデータを届けたいと思っています。ここまでは、今までにあるものを集めてきて束ねて提供するという話でしたが、それだけでは足りないだろうという話を今日はしたいと思っています。

人がたくさん集まる集客施設では、細かい情報が必要であると考えています。そこで、狭い間隔で測ることにより、防災に役立てられるのではないかという試みを、成田国際空港と一緒に始めました。まず成田国際空港安全推進部の宮田マネジャーからご紹介させて頂きます。

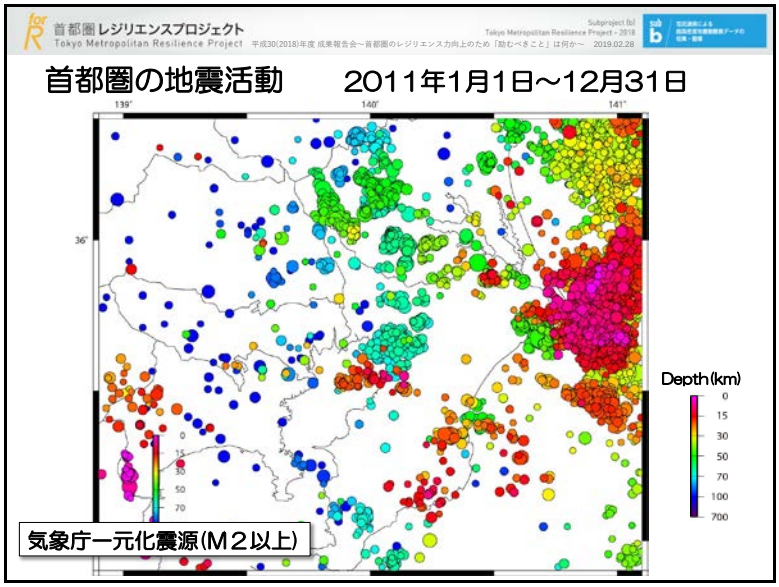
（宮田）　弊社、成田国際空港は年間 4000 万人強、1 日約 11 万人のお客さまが利用しており、約 5 万人の従業員が働いています。敷地面積はおよそ 4km×3km の 1200ha で、建物が約 400 棟あります。

私は総合安全推進部に所属しており、空港 BCP を担当しています。空港の早期再開に力点を置き、現在は成田空港 BCP の骨子を作っています。BCP をどのように考えていけばいいかという中で、首都圏レジリエンスのプロジェクトがあることを知り、平田先生や田村先生から酒井先生を紹介していただきました。様々な知見を得たいという思いから、弊社もデ活に参画し、より BCP を深度化していく為に、有識者の方とタッグを組んでいければと思い、酒井先生にご尽力をいただいております。

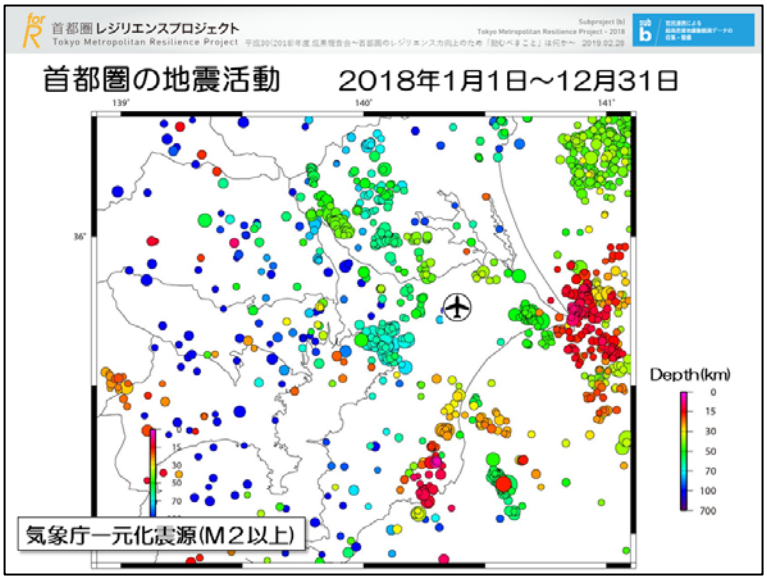
（酒井）　宮田さん、ありがとうございました。成田空港とは共同研究を始めました。ここでは、その経緯と現在どのようなことをしているかという話をしたいと思います。

2.首都圏における地震の観測と今後の予測

実際に首都圏でどのくらい地震があるのか見てみましょう。図表 1は、3.11 があった 2011 年の 1 年間の地震がどこで起きたかをプロットしたものです。色は深さを表しています。暖色系は浅い地震で主に地殻内の地震、緑や青の寒色系は深めの地震で、プレートの沈み込みによる地震です。この分布が 2018 年には、図表 2のようになります。全体的に地震が減っていますが、起きている場所は大体同じです。地震活動は、ある程度決まった所で決まったように起きていることが分かります。恐らく今後も同じような所で同じように地震は起こります。成田空港は飛行機マークのある位置にあります。少し深めのフィリピン海プレートの地震や、太平洋プレートに関する地震に影響を受けるような場所です。



1

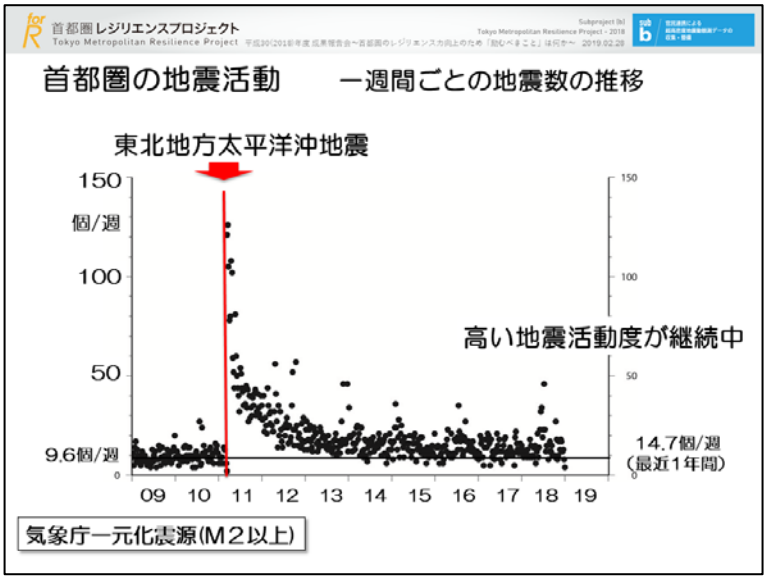


2

一方、地震活動の時間変化を見たものが図表 3です。1 週間ごとの地震の回数は、3.11 直後は非常に増えましたが、それが減ってきて、ここ数年間はほとんど横ばいです。しかし、以前に比べると少し地震活動が高い状態が続いており、いずれまた大きな地震が起きるのではないか懸念されています。このような観測の中で、やはり、対策を取らなければならないのだということを日々感じています。首都圏で、地震が起きてしまうことは避けられませんから、地震が起きると思って対処する方が良いでしょう

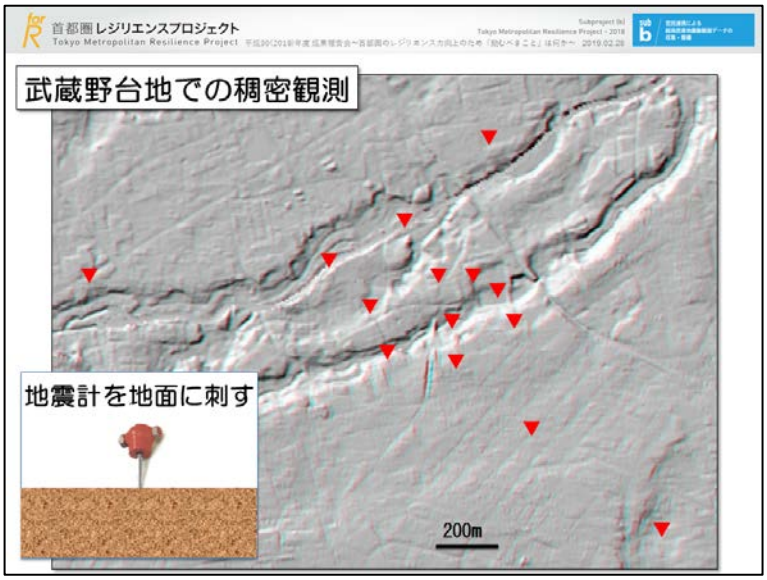
3.武蔵野台地での稠密観測

しかし、すべての地域で同じように対応するのは困難です。そこで、どこから対処すべきなのかを知るために、細かい間隔で調査してみることにしました。地盤の影響や、地表面にどのような建物が建っているかということも全て含めて、揺れやすい所と揺れにくい所があるので、まずは弱い所を見つけて、そこから対策を考えていった方が良いと思ったからです。そこで、高校の特別授業で、学園の敷地内と、その周辺に住んでいる生徒の自宅の庭に地震計を刺して、実際に地震を測ってみま

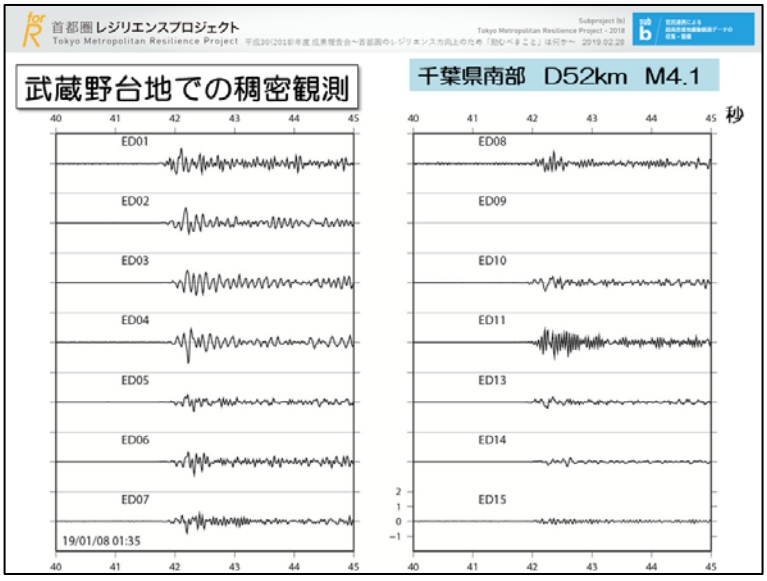


3

した（図表 4)。川や台地といった地形や地質の違いが、揺れの大きさに関係するのかを考えさせるねらいがありました。数百メートルの間隔で測っているので、隣同士では、ほとんど同じような揺れの大きさではないかと思っていました。しかし、観測された地震の波形を見ると、場所によって揺れの大きさが数倍も違うことが分かりました。その初動部分を拡大したのが図表 5です。場所によってかなり違います。大きく揺れる所は、どのような地震が起きてもいつも大きく揺れるのでしょうか。



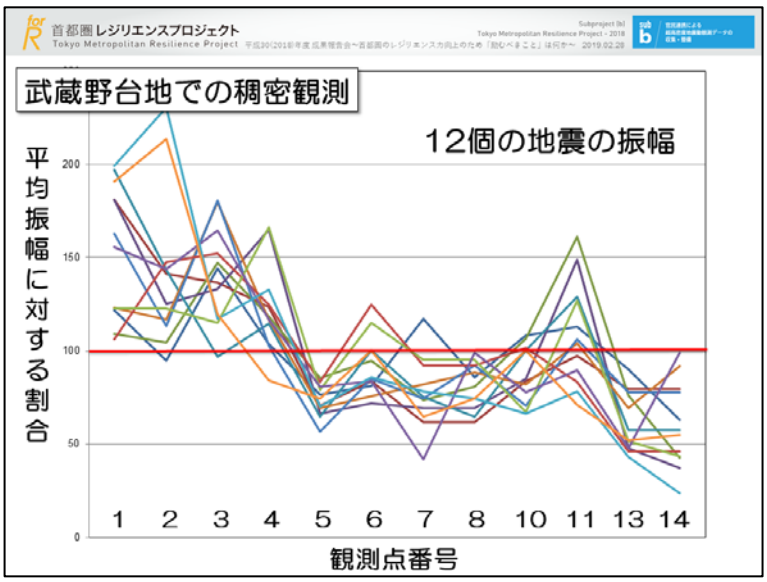
4



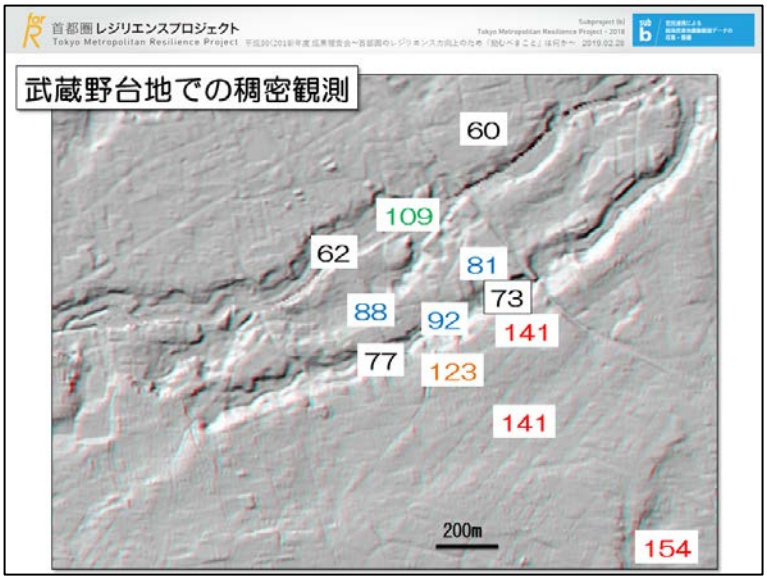
5

14 ヶ所に地震計を 2 カ月間設置し、観測された地震の中から 12 個の地震を選択しました。図表 6は観測点ごとに揺れの大きさを比較したもので、地震ごとに揺れの平均値を計算し、その比を百分率で表しました。観測点 1～3 番の地震計は常に平均値よりも高くなっていて、どんな地震に対しても大きく揺れていることがわかります。それ以外の観測点では、平均より小さい揺れになっていて、場所による違いがあります。

それを地図上にプロットすると図表 7のようになりました。測定前の予想とは違い、川よりも台地の方が揺れは大きくなっています。これには、地盤や地質構造の違いが関係していると思います。ここは武蔵野台地で、関東ローム層が厚い場所なので、それによる増幅の影響が大きいのです。ローム層が削られた川の部分は、下部にある礫層が地表近くに存在するため、揺れは、台地に比べて小さくなったのだと考えられます。



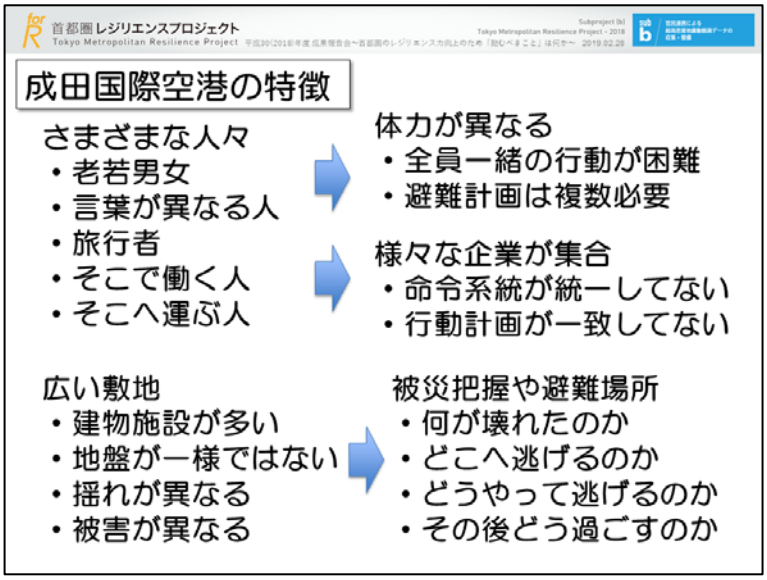
6



7

4.成田空港での地震観測

成田空港でも同じように細かな観測を始めました。成田空港は多くの方々が利用していますから、画一的な避難計画を適用するわけにはいきません（図表 8）。さらに、広い敷地内には、様々な施設があるため、ひとつの震度計の値ですべての対応を決めるわけにもいきません。どこがどうなっているかをきちんと把握した上で、対応することが大事ではないかと思い、まずは測ってみることにしました。各地で測ってみると、やはり場所によって、揺れの大きさが違うという結果が出てきました。

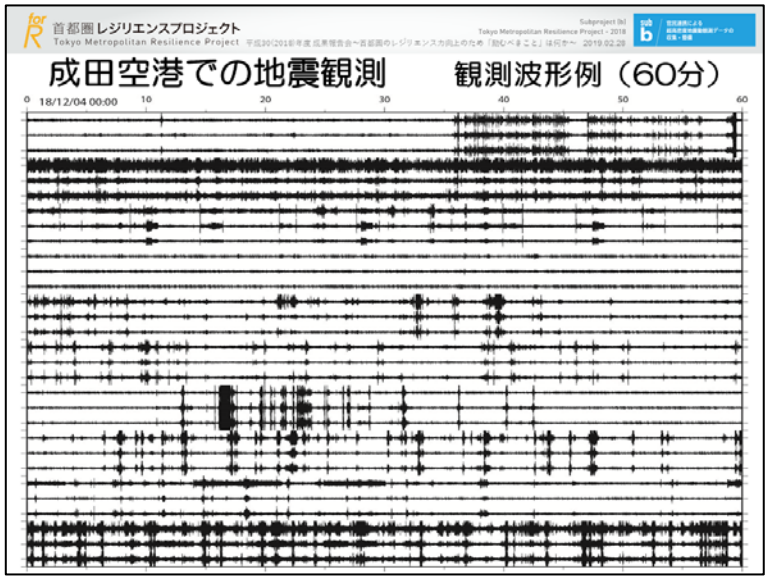


8

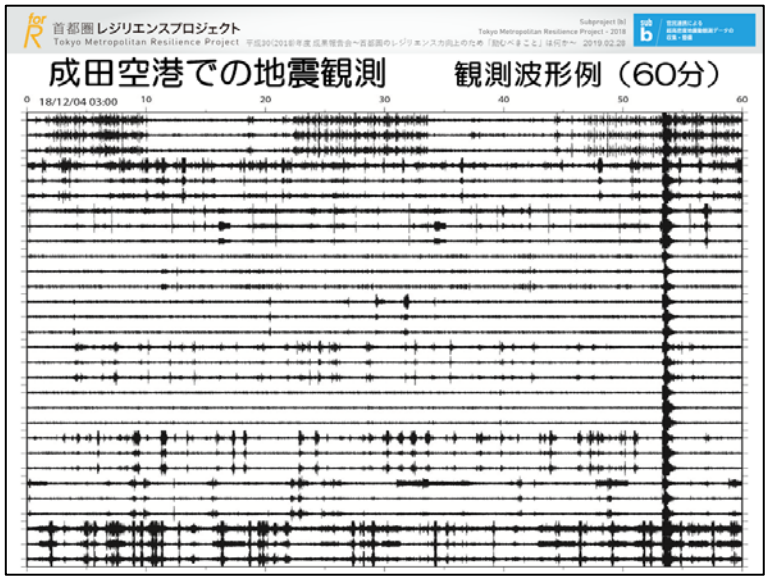
図表 9は成田空港の敷地内ですが、中心付近に建物が集中していて、周りに滑走路やその他の施設があります。赤い丸の 10 ヶ所に簡易型の地震計を置き、2 週間測ってみました。

9

その結果が図表 10、11です。これは 1 時間分のデータを並べたものです。航空機が離発着し、人もたくさんいるのでノイズが非常に多いですが、地震があるときには、同じ時刻に全観測点が揺れるので、地震による揺れであるということが分か



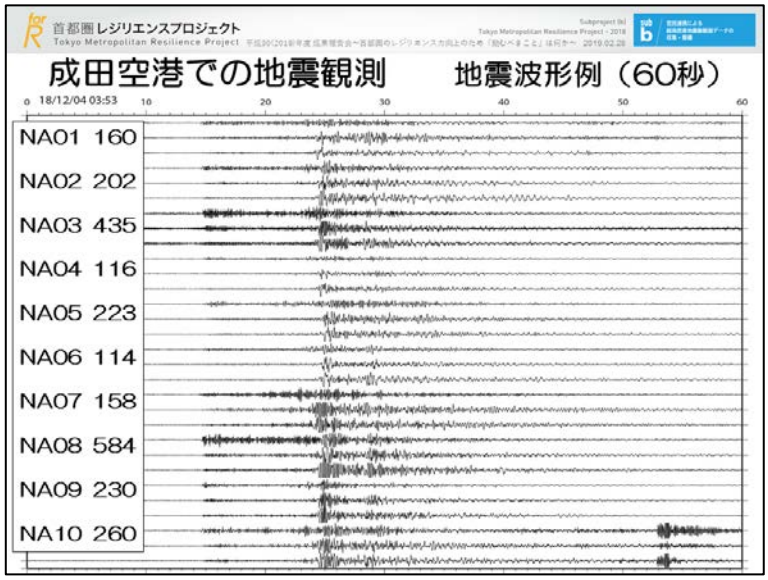
10



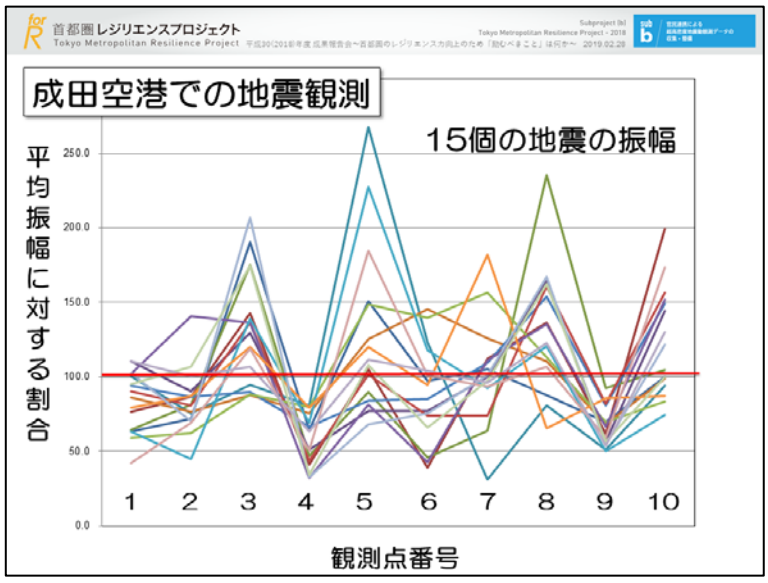
11

ります。このような情報を抜き出して、地震のときの揺れを比較しました。図表 12 のように地震時の波形を拡大すると、きちんと P 波と S 波が見えました。まず、P 波の初動がどれくらい揺れたかを比較してみました。

その結果が図表 13です。先ほどの高校での観測と同様に、地震ごとの平均値を計算して、その値に対する割合で表示しました。ばらつきは多少ありますが、やはり静かな所はいつも静かです。観測点 4 番はいつも平均値より小さく、逆に観測点 3 番や観測点 5 番、観測点 8 番はいつも大きくなっています。増幅する場所が明らかになり、そういう所にはどういう施設があるかを考えて対策をしなければいけません。

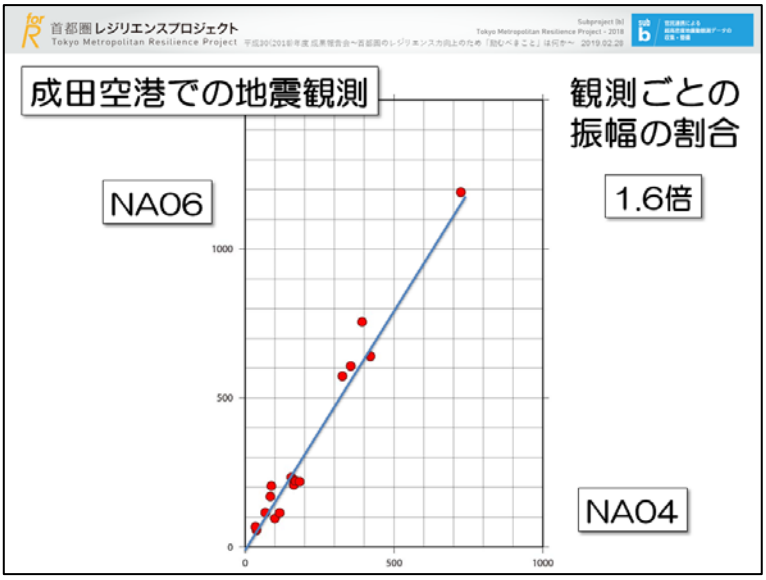


12



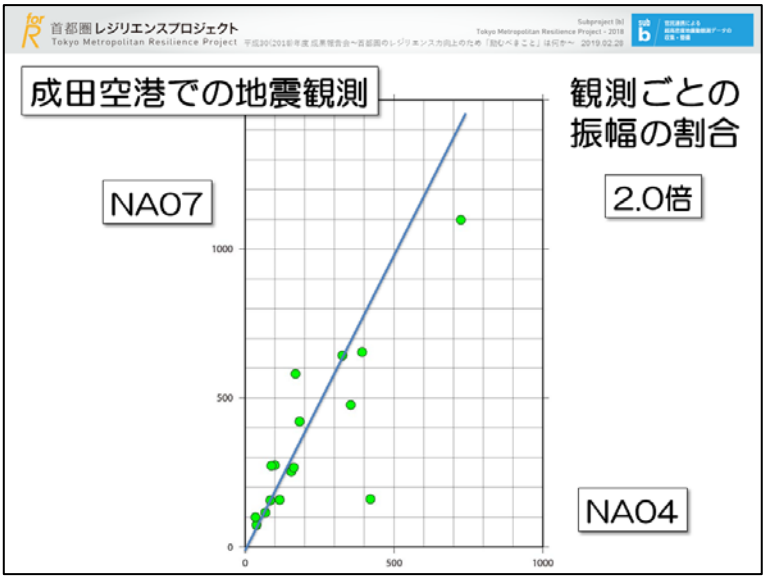
13

図表 14は、観測点 4 番と観測点 6 番における地震時の揺れの大きさを比較したものです。それらの分布は直線上に乗り、観測点 4 番に対して、観測点 6 番は約

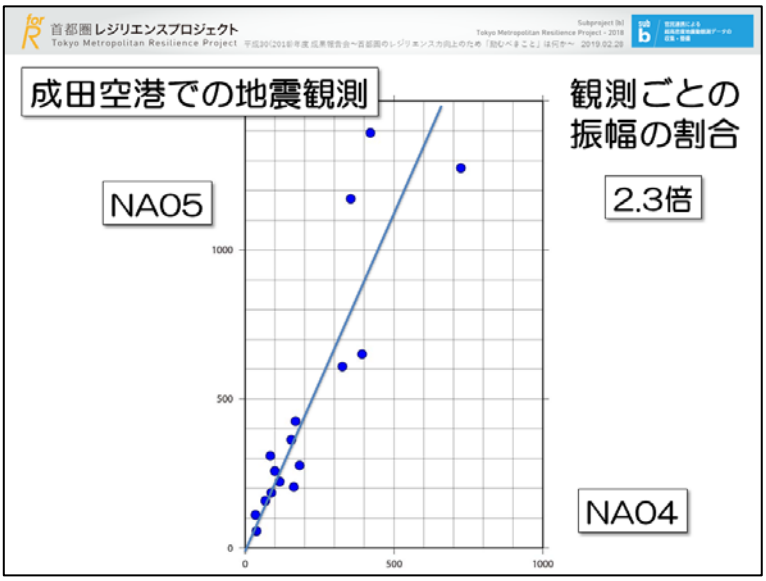


14

1.6 倍大きくなっています。観測点 7 番は約 2 倍、観測点 5 番は約 2.3 倍と場所によって比率が変わっています（図表 15、16）。



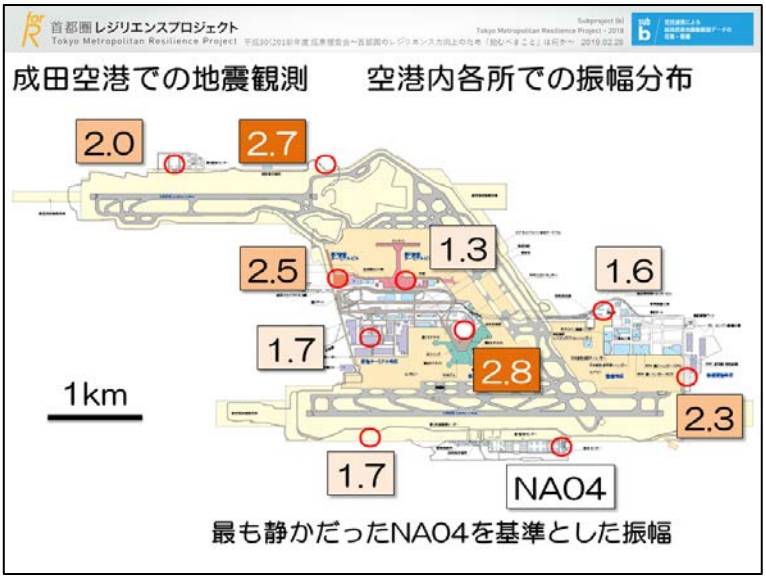
15



16

場所によっては 3 倍近くになる所もありました（図表 17）。そういう所はいつも揺れが大きくなっているところです。ですから、そういう所に重要施設があるなら、適切な対策をしなければならないという目安になります。今回は 10 ヶ所しか測っていませんが、もっといろいろな場所で測る必要があります。全ての建物を同じように強くするというのは難しいので、危ない場所からやっていこうという優先度を決めるのに、このような観測が役立つのではないかと思っています。

今日紹介したのは野外の地面に置いたものですが、先日、建物内にも置きました（図表 18）。成田空港には第 1、第 2、第 3 ターミナルといった旅行客が多い施設だけでなく、空港内で働いている人がいる所、貨物の集配施設、給油施設など、多くの建物があります。それぞれが同じような揺れ方をするわけではありませんから、建物内に地震計を置き、どれぐらい揺れるか、どこの揺れが大きいのか、どこが小



17

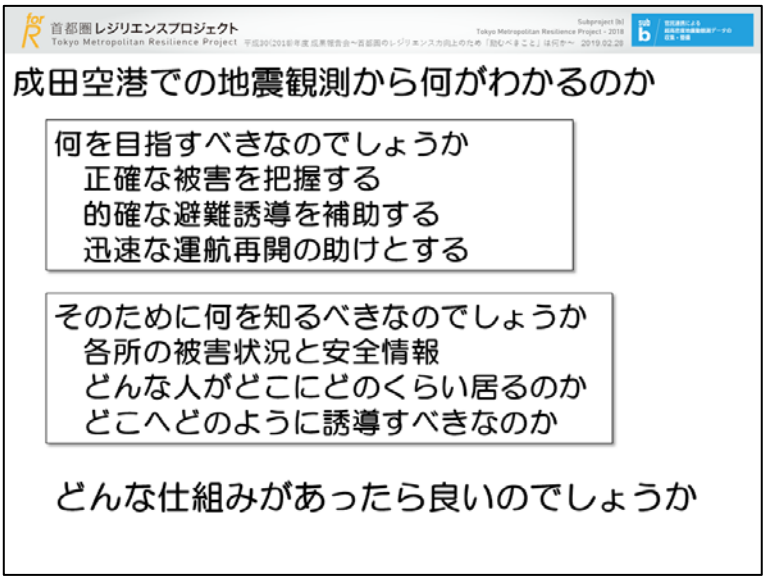
18

さいかを測ってみました。2 週間後に回収して、それを利用した情報が得られればと思っています。

われわれはデータを取ることをメインの仕事にしていますが、今後、サブプロ（c）の建物関係の方々や、サブプロ（a）の BCP 関係の方々などと連携して、その情報の活用ができればと思っています。

5.成田空港での地震観測から何がわかるのか

なぜ、こういう観測を密にやるべきかですが、何か事が起きたときには、まず被害を把握したいと考えています（図表 19）。今は、どこかで被害があったということを誰かに伝えてもらわないと把握が難しい状態です。そのためには誰かが見に行くなどして確認しなければいけませんが、簡単な装置でも良いので地震計が各所にあれば、その揺れの情報から被害の程度や分布が推定できます。次の行動を判断する材料になるのではないかと思っています。地震計があって、その地域の震度は幾つだ、ということだけではなくて、その先の行動決定に資する情報を集めて皆さんに伝えられる仕組みを作らなければならないと考えています。来年度以降は、その辺も含めたことを進めていきたいと思っています。



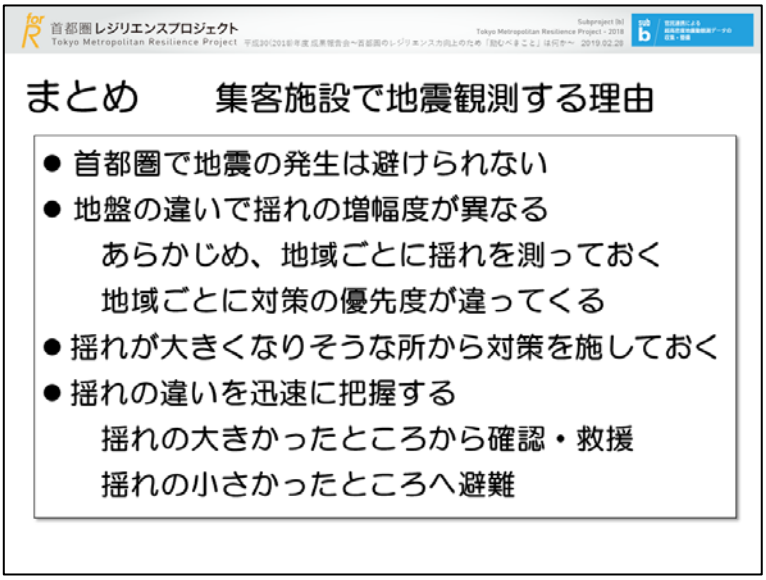
19

6.まとめ　集客施設で地震観測する理由

地震はいずれ起きると思います（図表 20）。しかし、どこでも揺れが同じわけではありません。必ずいろいろな癖があるはずです。それをあらかじめ知った上で、その場所や地域、建物に合った対策をしておけば、実際に事が起きたときに被害をだいぶ軽減できるでしょうし、事が起きた後でも、どこが揺れが大きかったか、小さかったかがすぐに把握できれば、次の救援・救助や、避難する人たちがどちらに逃げるべきかということの指針を出せると思います。トータルとしてそういうことに役立てられるような仕組みができればと思っています。

（下村）　酒井先生、ありがとうございました。なぜ、きめ細かい地震計が必要か、よく分かりました。阪神・淡路大震災のときに、当時、TBS にいた私は発災初日から現場に入っていたのですが、やはり家のつぶれ方にものすごくムラがありました。道路を 1 本挟んで、全く平気な家と、エリアごとつぶれている所があったことを、今の報告を伺って思い出しました。

一方で、地震計をたくさん増やして高密度にやろうという話が、世間の人に分かってもらえるかというと、意外と分からないと思います。今の話を聞けばなるほどと思うのですが、今、世間では、地震計が増えたことをどのように実感しているかというと、テレビの地震速報がやたら冗長になったと。以前は場所と震度がタンタンタンと出て数十秒で終わったのに、「震度 3、千代田区、中央区、何区、何区、何市、何市」と、全体像が分かるのに非常に時間がかかるようになりました。これ以上増えて、「平田家震度 4、下村家震度 5 強」というところまでいったら何時間かかるのだというイメージすらあります。ですから、データが増えることがどのよう



20

な幸せを呼ぶのか、今日のようにきちんと皆さんに説明すれば、「それなら私もデ活に協力しよう」という人が増えるのではないかと思いました。

成田空港では、場所によって揺れが違うことが分かって、これから何をしていこうと社内で話していますか。

（宮田）　まずは、敷地の後は建物の方に震度計を付けています。私は建築の専門なのですが、震度 6 弱以上の地震が起きた場合は、お客さんが避難した後に、出国審査や税関審査の施設が無事に使えるかどうかといった危険度チェックを行い、その後に空港再開という流れを取ります。マンパワーも足りないので、まず被害が多い所からわれわれが確認するといった BCP ができないかというのは考えています。サブプロ（a）（b）（c）とありますが、人の流れや建物のところで連携していければと思っています。今ある材料をどのように使っていくかは、これから先生方と話して、もっと広げていければと思っています。

（下村）　避難時の集合場所や誘導路なども、あの分布によって少し変更しようということになってくるのでしょうか。

（宮田）　現在は一応 BCP として決まったものがあるので、変更まではいかなくても、人員をどこに割けばいいかということや、危険な場所をより細かく知ることはできると思います。

（下村）　ありがとうございます。酒井先生、これは成田空港 1 社だからここまで丁寧にできますが、デ活として、あらゆる集客施設でやっていくとなると、ここまでの丁寧な対応は難しくなってくると思います。どのように展開していけばいいでしょうか。

（酒井）　こういうやり方でやっていくと次ができるのではないかという典型を皆さんに示して、賛同していただけるところと一緒に行うということになると思いますが、確かにまだそこまで典型的な形にできていません。1 年や 2 年でできることではないと思っています。

（下村）　成田空港でモデルを 1 個作ったということですね。

（酒井）　そうです。

（下村）　今日お集まりの企業や、他にこれを伝え聞いた企業、例えばデパートやイベント会場などで自分のところも大勢お客さんが来るからやりたいという相談がもし来たら、どうされますか。

（酒井）　地震研には、観測機器を貸し出す仕組みもあるので、できる範囲で、なるべく協力したいと思っています。

（下村）　平田先生はいかがですか。「うちもデ活をやります」と来られたときの受け皿は。

（平田）　何とかしたいと思って、いろいろ画策しています。実は、次に話をするグループが、建物のどこに被害があったかを診断する仕組みを作り、それをいろいろな所で展開しているので、そういう話ができると思います。

世の中に揺れを測るセンサーはたくさんあります。例えばこの会場にも必ずあると私はにらんでいます。これは、大きな建物を設計した人、造った人、管理している人、借りている人が、みんなこの建物がどのように揺れるかに非常に関心があり、それぞれの立場で仕込んでいるのです。しかし、それぞれの立場ですから、なかなかそのデータを共有することができません。

地震研というのは地震の研究所ですから、そこにわれわれは地震計をたくさん置いていて、確かに地震研のデータは何階が震度幾つだったと出てくるのです。ところが、文科省ビルにも地震計はたくさんあるはずなのですが、それを使うのはなかなか難しいです。それは、このビルの発注者、オーナー、使っている人というふうにステークホルダーがたくさんいるために、そのデータを共有することが難しくなっているのです。

単純に防災の観点からいえば、皆さんがそれぞれ持っているデータを提供していただいて使うのがいいと思いますが、それはなかなか難しいところがあり、私たちはデ活を通じて、共通価値をつくるという観点から皆さんに協力していただきたいと思っています。それを非常にオープンな形で成田空港がやってくださったことは、その突破口となる非常に重要なことです。それを支える技術を進歩させることは私たち研究者の仕事です。今、相当いいところまで来ていると思いますし、他にもいろいろなセンサーを持っている会社がいて、徐々に協力していただけるということなので、非常に楽しみにしています。

（下村）　確かに、例えばエレベーターがある建物というのはものすごい数があるわけで、レベルの差はあれど、それぞれにちょっとしたセンサーは付いていると思います。

―――さて、今回の成田空港プロジェクトは、建物の下の地面を調べることと建物の揺れ方を調べるということでしたが、まさに今、予告していただいたように、次のプロジェクト(c)は、物がどうなるかという研究です。では、そちらに移っていきたいと思います。どうもありがとうございました。

サブプロ（a）（b）（c）というのは、本当にうまく分担されていると思います。ここまでサブプロ（a）で社会科学の見地から、いわば人というところから入り、今のサブプロ（b）が地面です。[人]、[地]ときて、次は構造物がどのようになっていくかという[物]の研究です。サブプロ（c）からは、「建物の揺れの把握にまつわるあれこれ」というテーマで株式会社小堀鐸二研究所の日下彰宏さんから、続けて「建物モニタリングの安全性判定　事業継続可否判定の枠組みについて」というテーマでサブプロ（c）統括の早稲田大学教授、西谷章先生から報告していただきます。