

土木学会2006年11月佐呂間町竜巻
緊急災害調査団報告会
2007年4月23日

今回の災害 からの教訓

東京大学
工学系研究科
社会基盤学専攻
藤野陽三

fujino@civil.t.u-tokyo.ac.jp
fujino@bridge.t.u-tokyo.ac.jp



1. 9名もの方が亡くなったこと



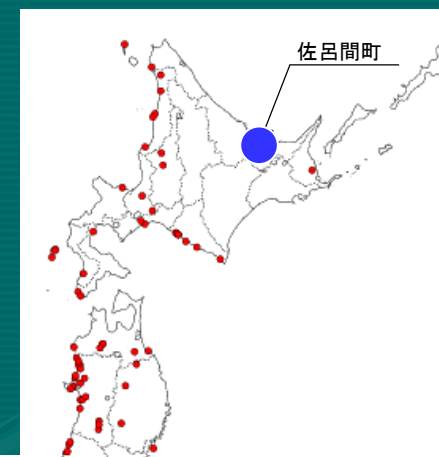
献花台
隣接地に慰霊碑を
建立予定



防災 人命 財産・資産のロスを防ぐ-

日本における竜巻被害

- 年平均発生個数: 約20個
- 100km²の発生数: **0.54個/年**
 - 米国は0.82個/年
- 再現期間: 平均12万年
- 平均被害数
 - 死者: **0.58人/年**
 - 負傷者: 29.7人/年
 - 全壊: 17棟/年
 - 半壊: 39棟/年
 - 一部損壊: 290棟/年



1971年以降の被害竜巻の発生位置
気象庁「竜巻分布図」に加筆

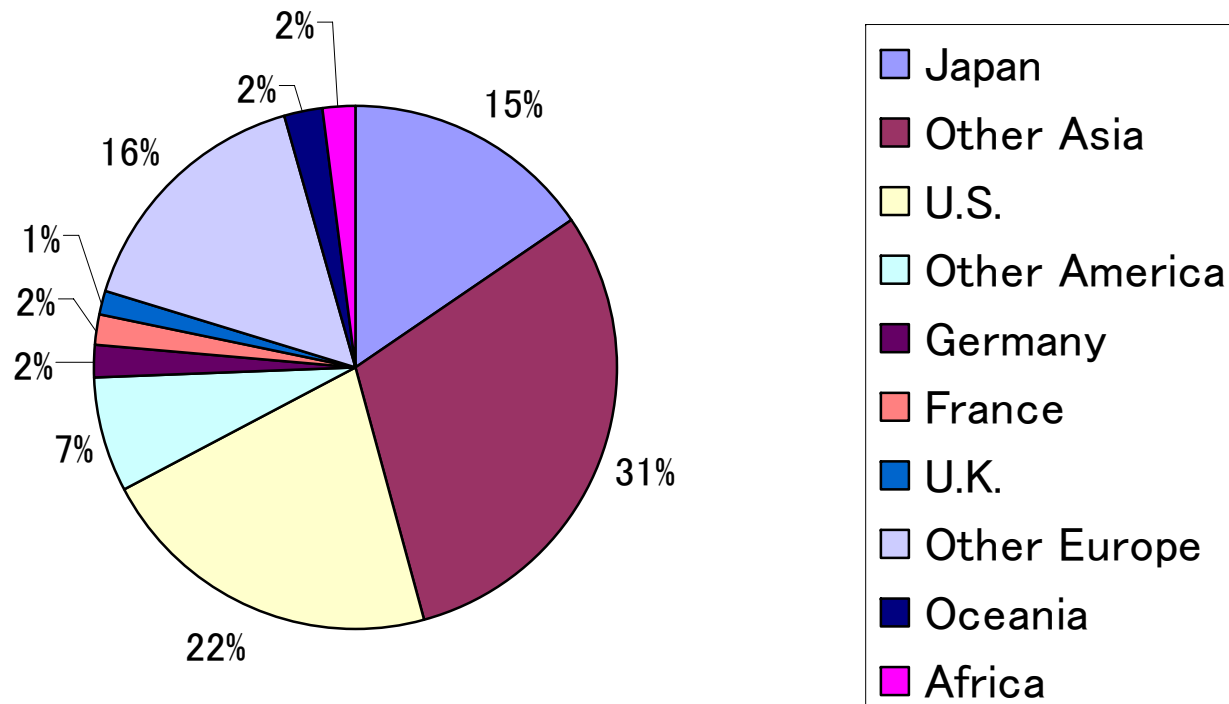
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/tatsumaki/bunpuzu.html>

過去に大きな被害をもたらした竜巻

年月日	発生地	被害状況				竜巻の規模		
		死者 (人)	負傷者 (人)	全壊 (棟)	半壊 (棟)	幅 (m)	長さ (km)	F
1999.9.24	豊橋市	0	384	41	2619	550m	19km	F3
1990.12.11	茂原市	1	73	80	1645	1,000m	3.5km	F3
2006.9.17	延岡市	3	143	71	916	150～250m	7.5km	F2
1979.9.4	名古屋市	1	4	0	456	数10m	18km	
1990.2.19	枕崎市	1	18	29	354	100～200m	4km	
2006.11.7	佐呂間町	9	26	15	22	200m	1km	F3

- 藤田スケール
 - － F0:テレビアンテナなどの弱い構造物が倒れる。
 - － F1:屋根瓦が飛び、ガラス窓が割れる。ビニールハウスの被害甚大。
 - － F2:住家の屋根がはぎとられ、弱い非住家は倒壊する。自動車が道から吹き飛ばされる。
 - － F3:壁が押し倒され住家が倒壊する。自動車が持ち上げられて飛ばされる。
 - － F4:住家がバラバラになってあたりに飛散し、弱い非住家は跡形なく吹き飛ばされてしまう。自動車は何十メートルも空中飛行する。

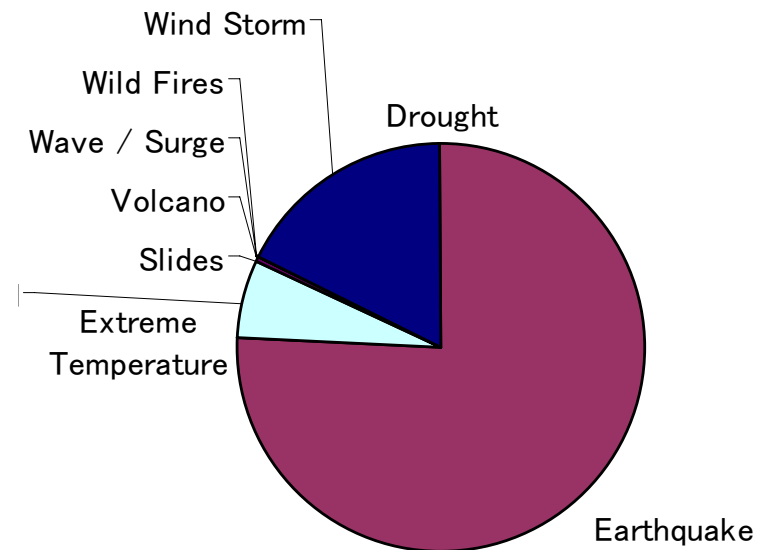
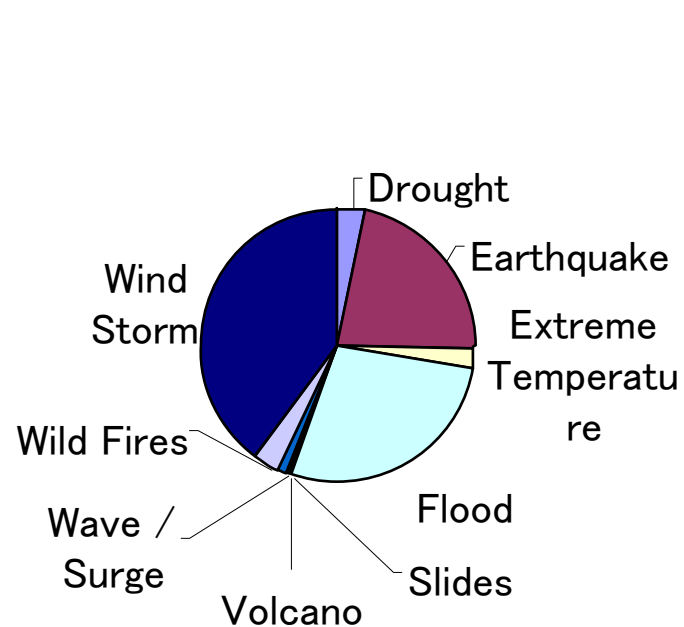
日本は自然災害大国



- 自然災害被害額の地域別割合
(1970年から2004年の合計: 約1.1兆米ドル)

日本を含むアジアは災害多発地域

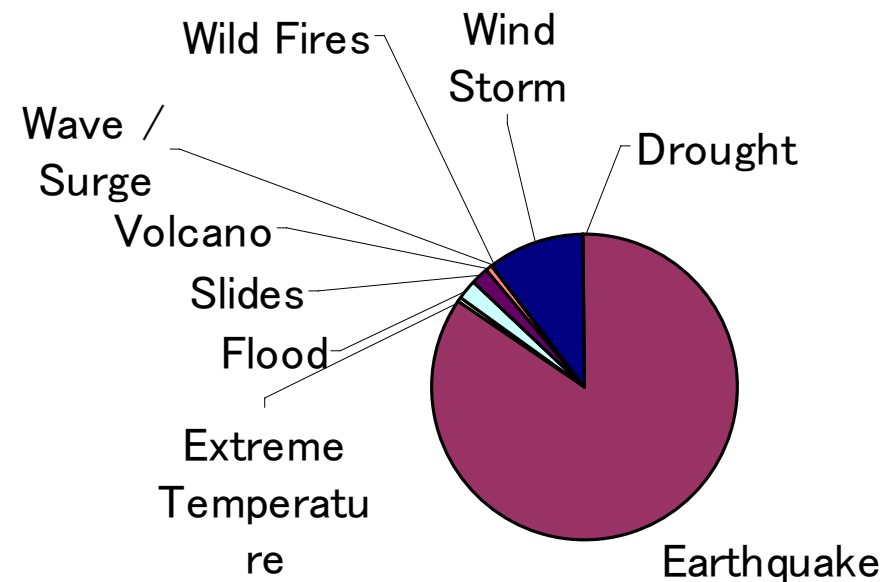
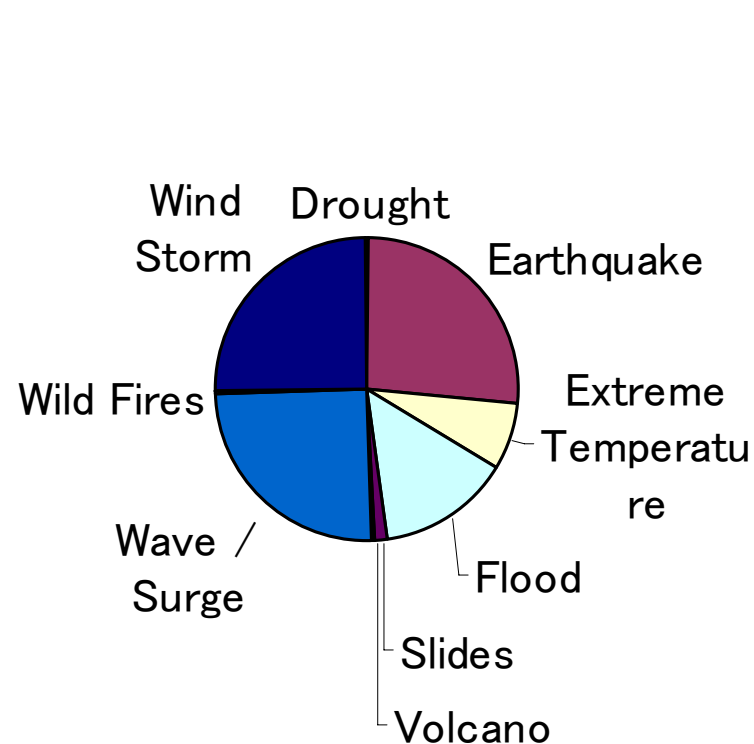
自然災害による被害額 (1990-2005)



全世界:総額 1.03兆ドル

日本:総額 1,730億ドル

自然災害による死者(1990-2005)



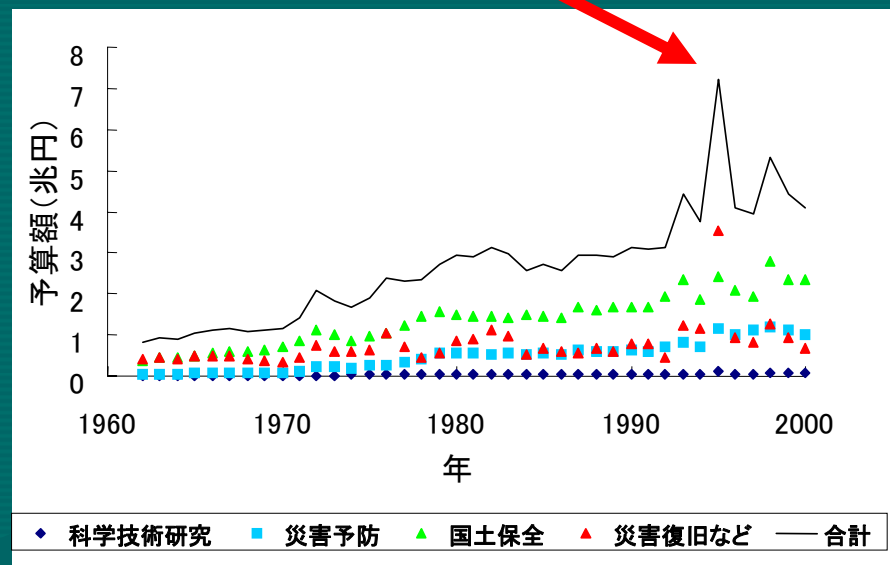
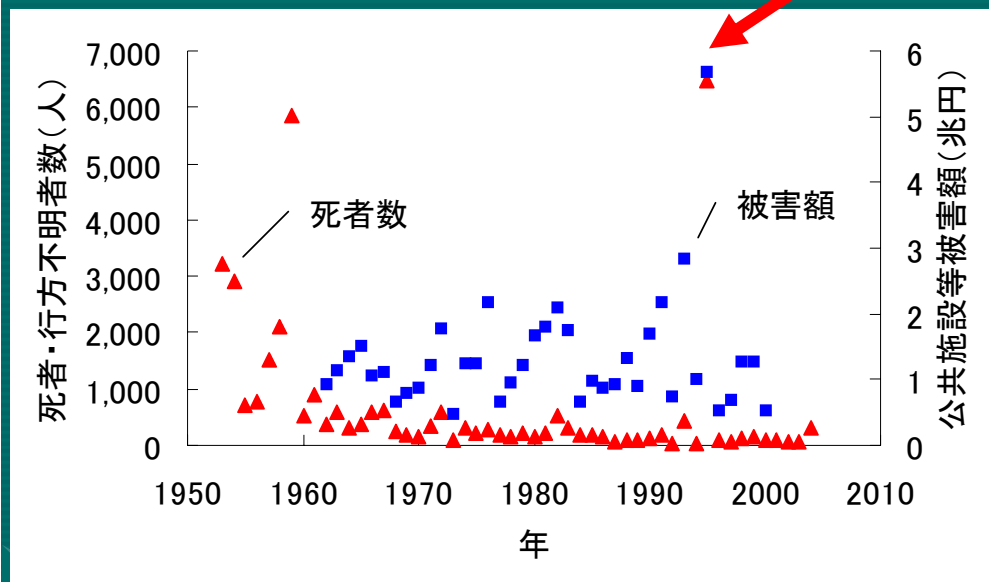
全世界:総死者数 897,981名

日本:総死者数 6,614名

世界の1%以下

日本における自然災害被害の推移

1995年兵庫県南部地震



- 着実な防災投資によって、人的被害は減少
- しかし、物的被害は漸増
 - － 毎年、被害額＋対策投資で数兆円

1995年1月 兵庫県南部地震-



弱ければ壊れる

強ければ壊れない

今回、死者の出たのは仮設構造物(工事作業用建屋)

永久構造物 50年

仮設構造物 数年

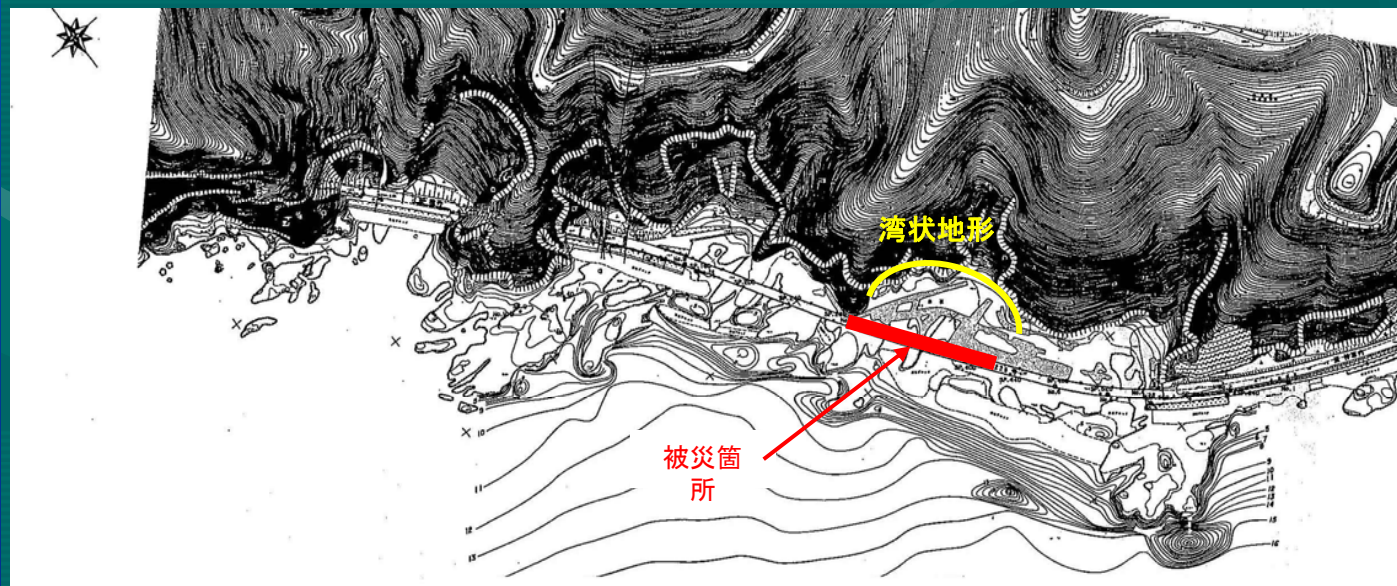
使用期間が異なり、安全性のレベルが陰に異なるのは当然
しかし、人命だけは失わないという視点が社会的合意

仮設構造物 世の中には数多く存在.
竜巻は予測が(今のところ)可能ではない
(台風よりは地震に近い)
となると
人を死なせない**設計**で対応が方向.

飛来物は周辺の人、建屋にも脅威(個人所有物の公共性)

2004年9月

大森大橋の水位上昇と波による橋桁の落下



2. 竜巻の風は複雑

風，風による風力

詳しいことはよく分かっていないというのが実態-

標識柱の転倒と風との関係

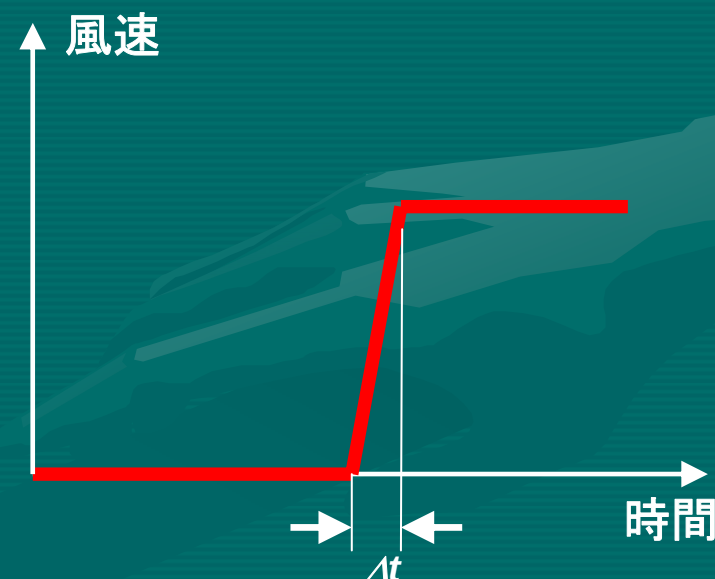
自動車の飛び移り，転倒

横からの風

鉛直方向の風(吸い上げ)？

移動の影響？（およそ20m/s）

急激な風速の変化



①非定常性（揚力の発生）

②仮に1秒で風速0m/s-50m/s
加速度 50m/s^2 （重力加速度の5倍）

風力(付加質量？)＝
排除体積×空気密度×5

3. 防災に向けて -短期的・長期的視点-

竜巻, 突風 局所的
極めて突然, 来襲
(地震に近い)

知るための観測 ドップラーレーダー の配置
アメリカでは160基のドップラーレーダー

警報システム

アメリカ 25%の的中率
危機管理 そのための情報提供

イリノイ大学の事例

左: 竜巻発生時に安全に避難可能な建物のサイン

下: 大学消防署作成のパンフレット



new similar situations develop.

TORNADO QUESTIONS AND ANSWERS

March through October is "tornado season" in Central Illinois, but a tornado can occur at any time of the year, day or night. Two of the most asked questions about tornadoes are:

Q. What is the difference between a funnel cloud and a tornado?

A. A funnel cloud is just what its name implies. It is a funnel-shaped cloud that does not touch the ground. When a funnel cloud does touch the ground, it is then referred to as a tornado.

Q. Where does Illinois rank in tornado frequency?

A. The Central United States is the area of maximum tornado frequency. Of the central states, Illinois ranks eighth in frequency. Although Illinois has a high rate, the probability of a tornado striking twice in exactly the same place once in 500 years.

The following terms are used by the media and emergency agencies when referring to a tornado:

Tornado Watch: Weather conditions are ripe to produce these storms. You should be alert to changing weather conditions and a "tornado warning" being announced.

Tornado Warning: A tornado has been sighted in the area.

The "tornado warning" signal is a long blast from the emergency siren which is repeated every 30 minutes while the warning is in effect.

If you are in a University building, there are signs showing where safe areas in the building are located. Make sure you are familiar with these areas.

If you are at home, take shelter in the basement, crawl space, or the smallest room in the center of your house.

If you are in a car or open area, take shelter in a ditch, ravine, or ground depression.

For more information contact the University of Illinois Fire Department at 333-2428.

TORNADO PREPAREDNESS

University of Illinois



Urbana-Champaign

University of Illinois Fire Department
1306 West Green Street
Urbana, Illinois
333-2428

Call 911 in the event of an emergency

4. アメリカでの研究 の紹介

CASA Overview

David McLaughlin

University of Massachusetts

WNI – JR Visit, Norman OK 9/6/06

(JR東日本 防災研究所長 島村氏から)



UnMass Amherst



University of Oklahoma



Colorado State University



University of
Puerto Rico Mayaguez

CASA is primarily supported by the Engineering Research Centers Program
of the National Science Foundation under NSF award number 0313147.



Low Power DCAS Antennas

廉価版開発への挑戦

Will deploy
networks like
this in 2009



Specifications:

- ❑ 1 m x 1 m X-band antennas
- ❑ Mechanical scanning (2005)
- ❑ Electronic scanning (2009)
- ❑ 2 degree pencil beam
- ❑ Dual linear (V & H) polarization
- ❑ 15 degree elevation; 90 degree azimuth scan
- ❑ 10's Watt average power
- ❑ \$50k target cost (in 2005 dollars, projected 10 years ahead)

Deploying networks
of these today

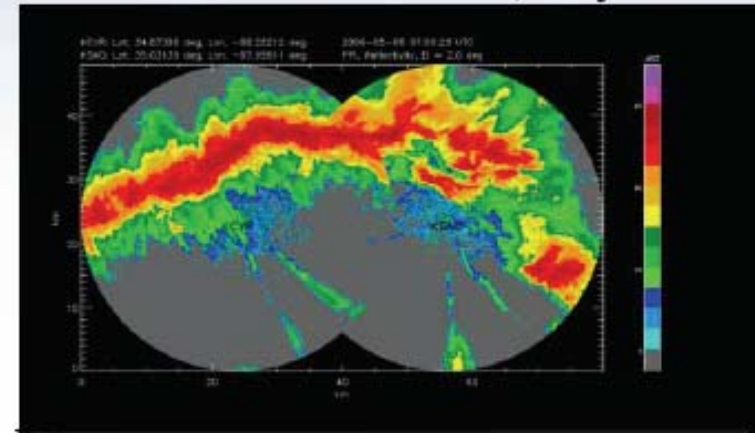
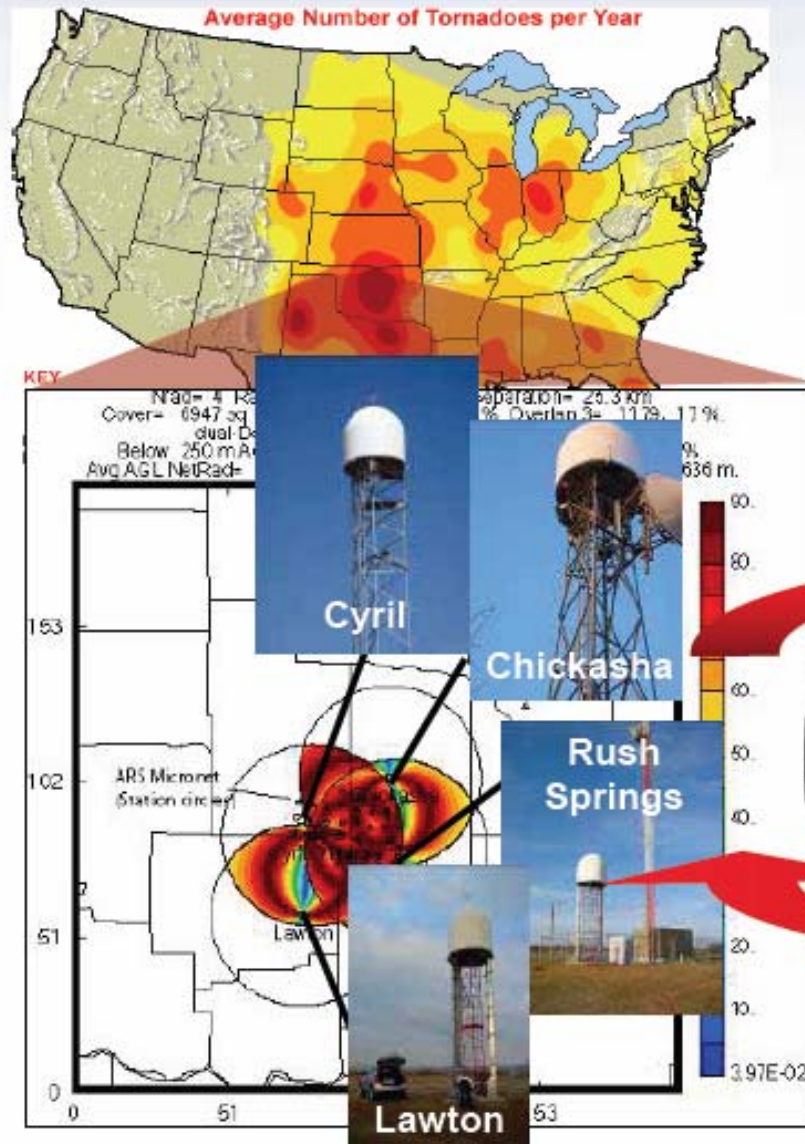


casa

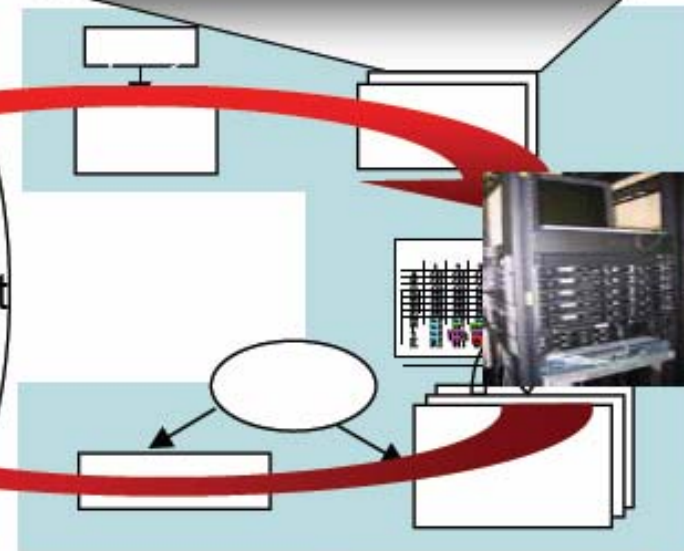
Oklahoma 4 Node Test Bed (IP1)

users: NWS forecasters; OK Emergency managers; researchers

First multi radar data, May 9 2006



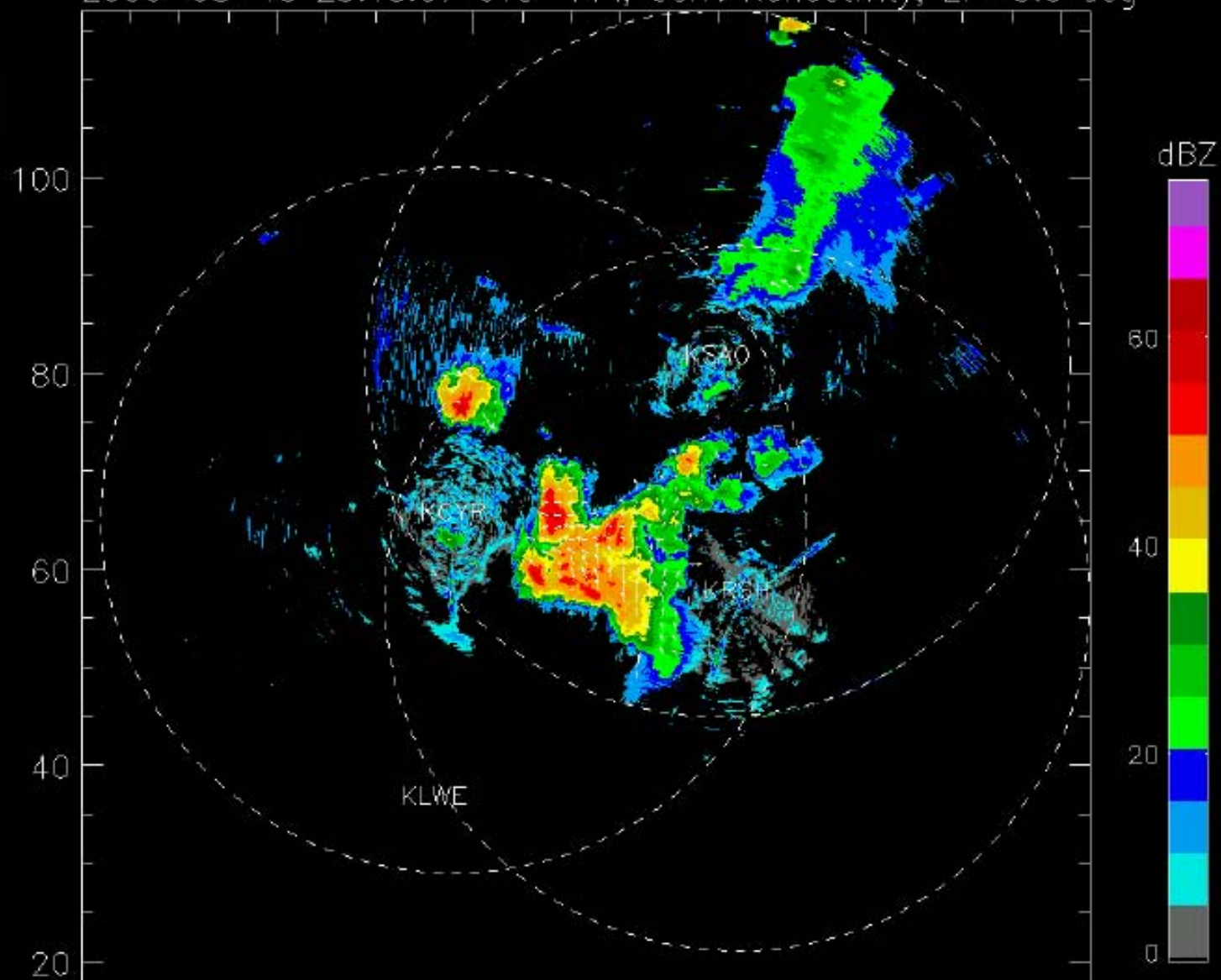
OK
OneNet
(wired)



casa

密に測る

2006-08-15 23:15:07 UTC PPI, Corr. Reflectivity, El = 3.0 deg



竜巻の存在だけでなく、その内部構造もわかってくる



5. 理学と工学の協働

観測 モニタリング

理学

メカニズム

モデル化

シミュレーション

工学

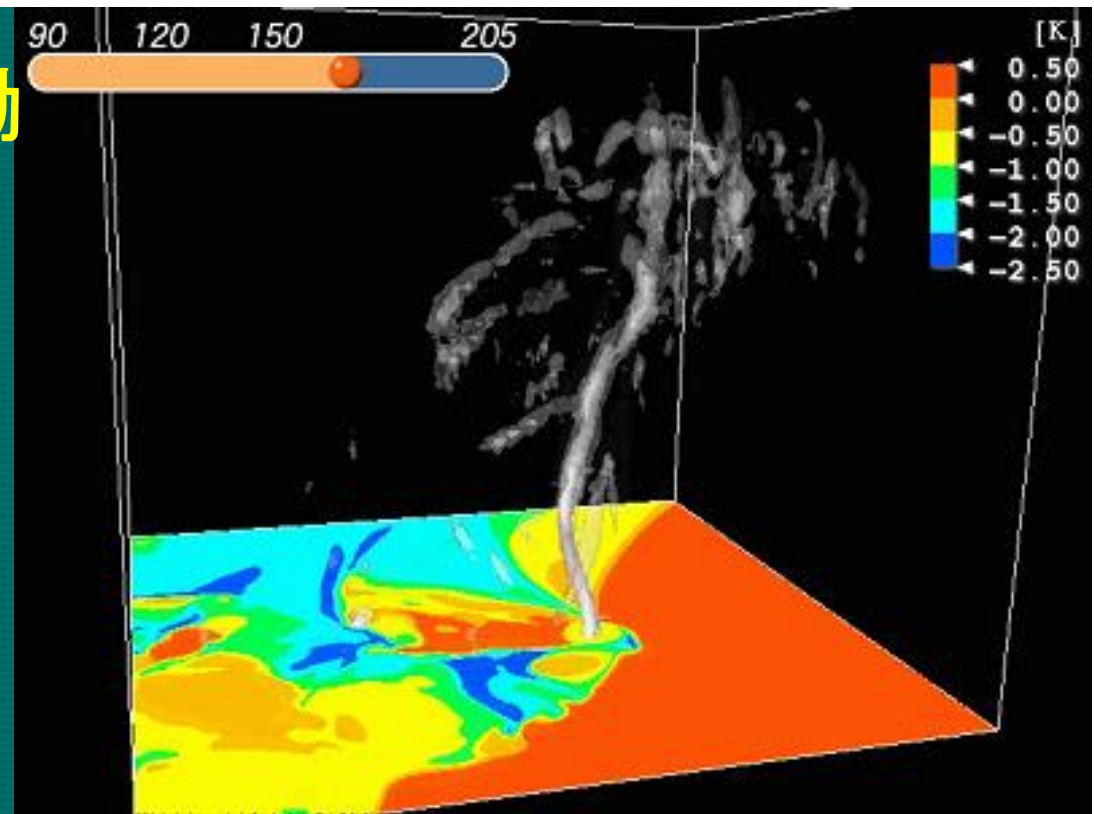
風之力 実験的手法の確立

シミュレーションの活用

建物の設計

モニタリングとシミュレーション結果による

ハイブリッド警報予測



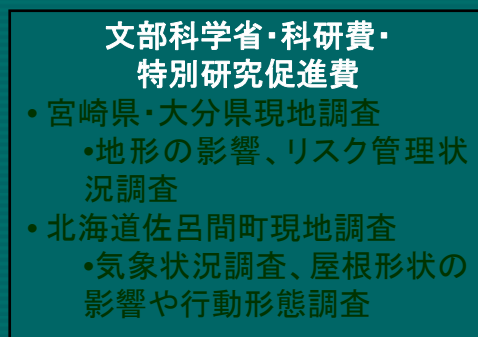
名古屋大学 水循環研究センター坪木和久準教授

6. 国の対応

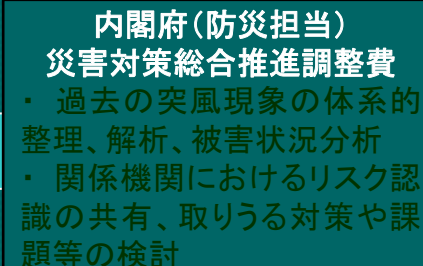
竜巻等による突風災害対策に関する調査研究

(内閣府 科学技術会議)

(平成18年度)



竜巻等突風対策検討会 (防災関係省庁)



(平成19年度 科学技術振興調整費)

竜巻等の発生機構の解明

- 雲解像モデルおよび大気大循環モデルによるシミュレーション
- 事例再検討、データ再整理

竜巻等の発生予測手法の確立

- ドップラーレーダを用いた竜巻発生予測手法
- ポテンシャル予報の可能性検討

気象庁予報用モデル

気象庁／気象研の研究参加を想定

竜巻等による突風災害対策

- 建物や列車等の被害状況整理、対策マニュアル策定のための事後調査
- 避難行動や人的被害低減策検討
- 我が国に適した被害判定基準検討
- 飛散物対策に必要な外装材評価
- 建物や列車等に加わる非定常空気力の把握

防災関係省庁
による突風対策施策

中央防災会議を通じて
成果を着実に展開

竜巻等突風予報の実現および
国、地方自治体、個人の突風対策強化
を加速

平成20年

7. まとめ

頻度が低く、極めて局所的、しかし激しい竜巻

いかに我々は対峙するか

特性の理解 そのための観測

警報システムの確立 そのための観測

危機管理としての対応

荷重としての工学的理解.

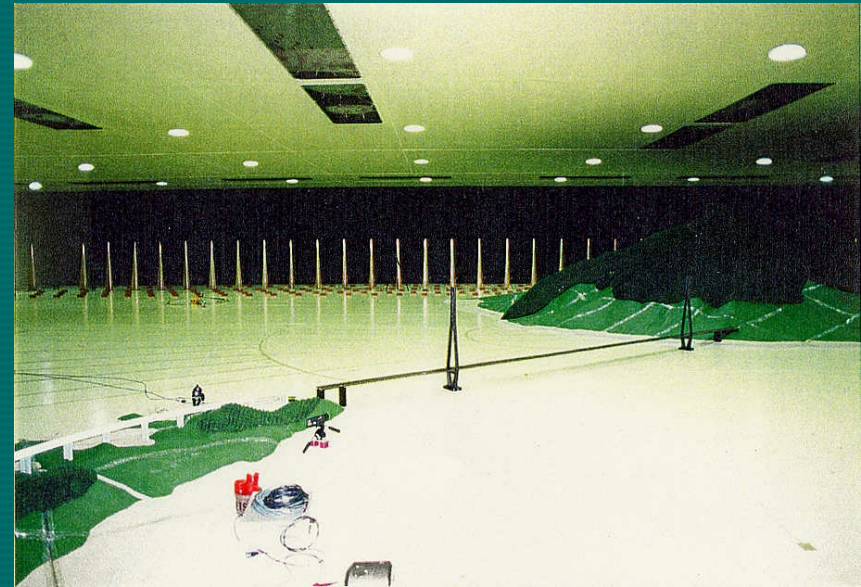
建物などへの工学的対応(構造設計)

シミュレーション(実験, モデル)の確立が不可欠

本四架橋プロジェクトのための風洞

幅40m

現在は撤去



竜巻・局地風研究の促進のために 新しい風洞が必要ではないか？



兵庫県三木市
世界最大規模の
振動台

神戸地震動の再現可能