昭和の宇宙に咲くCS「さくら」の開発から学んだこと

非常災害時における30/20GHz衛星電話サービスと通信衛星アンテナと中継器

情報通信研究機構
磯　彰夫

SJRインタビュー：今回は「非常災害時における30/20GHz衛星電話サービスと通信衛星アンテナと中継器」と題してお話を伺います。通信衛星CS「さくら」の開発目的は平常時における6/4GHz帯離島衛星通信の研究開発実用化に加えて非常災害時に被災した重要な地上通信回線の代替に必要な30/20GHz帯衛星通信の研究開発実用化ということでした。通信衛星アンテナの照射領域の検討を行うために、世界重要都市の人口、自然災害リスク・インデックス、危険リスク、脆弱性リスク、リスクにさらされる資産価値に関してご検討されたと伺いました。まずこの件についてお話いただけますか。

磯氏：日本列島におけるこの夏の暑さは格別で、連日、最高気温35℃以上の猛暑日が続きました。10月18日、鹿児島県奄美地方は発達した前線が停滞し、大雨に見舞われ、土砂崩れや冠水などで国道や県道32カ所で通行止めとなりました。そしてNTT西日本電話交換所が浸水したほか、瀬戸内町では土砂崩れでケーブルが切断されるなどし、奄美大島約2万9000回線中約1万2000回線（41%）が不通になったことや、九州電力が奄美大島約7400戸の停電被害を受けたことなどが報じられています[1]。また、中国長江流域の豪雨、東欧・ロシア西部の異常高温や南米の異常低温現象が知られています[2]。

1月の大地震で少なくとも25万人が死亡し、復興が遅れているカリブ海の島国ハイチの南部で9月末に、豪雨による川のはんらんや地滑りが続発し、8人が死亡したことなどが伝えられています[3]。また、10月5日にインドネシアの西パプア州で豪雨による洪水が発生し、少なくとも56人が死亡、24人が行方不明であることが報道されております[4]。4月のアイスランドの火山噴火災害の影響は国内の大手の自動車、電機、石油化学メーカーなどの生産ラインに影響を与えました。例えば、欧州での航空機の運航が制限された影響を受け、日産自動車は4月21日に国内2工場の生産ラインを停止すると発表しました。北米向け車種に搭載が義務づけられている部品を、欧州アイルランドの部品メーカーから空輸できないことによる、生産ライン停止影響台数は、4月21日だけで約2000台に達したといわれました（1日生産停止影響台数額試算例：200万円/台×2000台/日＝40億円/日）[5]。ドイツのミュンヘン再保険会社は地震、暴風雨、洪水等のリスクに着目し、大都市の自然災害リスク・インデックスを危険、脆弱性及びリスクにさらされる資産価値の3つ要素に分類し損害リスクを評価しています[6][7]。

世界の代表的な50都市の人口、自然災害リスク・インデックス、危険リスク、脆弱性リスク、リスクにさらされる資産価値の経度分布を図1に示します。

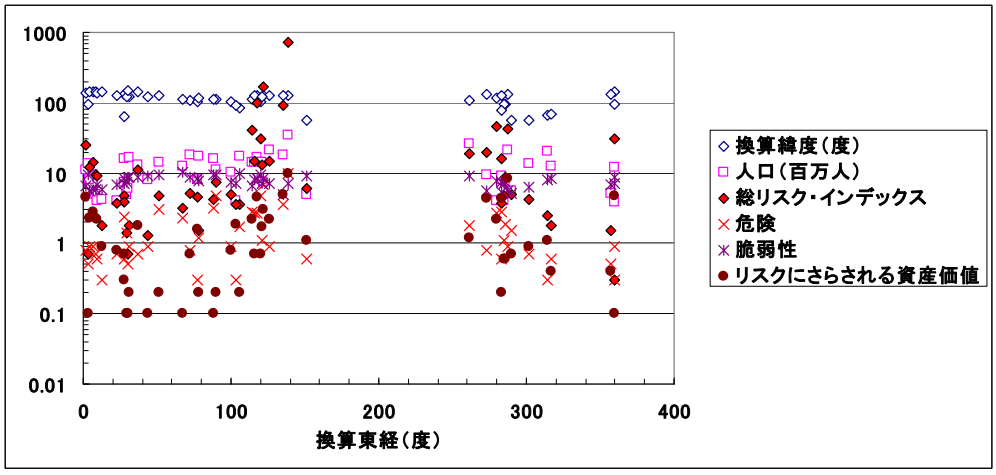


図1　自然災害リスク・インデックス，危険リスク，脆弱性リスク，リスクに」さらされる資産価値の経度分布

（注）・東経：0度～180度→換算東経：0度～180度，換算東経＝360－西経
・換算緯度：南極：0度，赤道：90度，北極：180度
・東京の経度，緯度（139度，35度）の換算経度，換算緯度（139度，125度）

総リスク･インデックス順位は**1**. 東京－横浜710、**2**. サンフランシスコ167、**3**. ロサンゼルス100、**4**. 大阪－神戸－京都92となっており、各都市は環太平洋火山帯に属することが改めてわかります。危険順位は**1**. 東京－横浜10、**2**. サンフランシスコ6.7、**3**. マニラ(フィリピン)4.8、**4**. ダッカ(バングラディッシュ)4.8の順位です。脆弱性順位は**1**. カラチ(パキスタン)10.1、**2**. ジャカルタ(インドネシア)9.9、**3**. ダッカ(バングラデシュ)9.6、**4**. マニラ(フィリピン)9.5、**5**. カルカッタ(インド)9.5です。

危険及び脆弱性地域と気象災害地域との関連を明らかにするため、世界の主な気象災害分布図(1998～2004年)を図2に示します[8]。危険及び脆弱性の上位国はいずれも台風･大雨(緑色に塗られた)地域になっています。

異常気象によって大きな被害を被った上位10カ国(1990～2008)を表1に示します[9]。**1**. バングラデシュ、**2**. ミャンマー、**3**. ホンジュラス、**4**. ベトナム、**5**. ニカラグア、**6**. ハイチ、**7**. インド、**8**. ドミニカ共和国、**9**. フィリピンの一部の国々は、危険性や脆弱性の上位5カ国に含まれています。

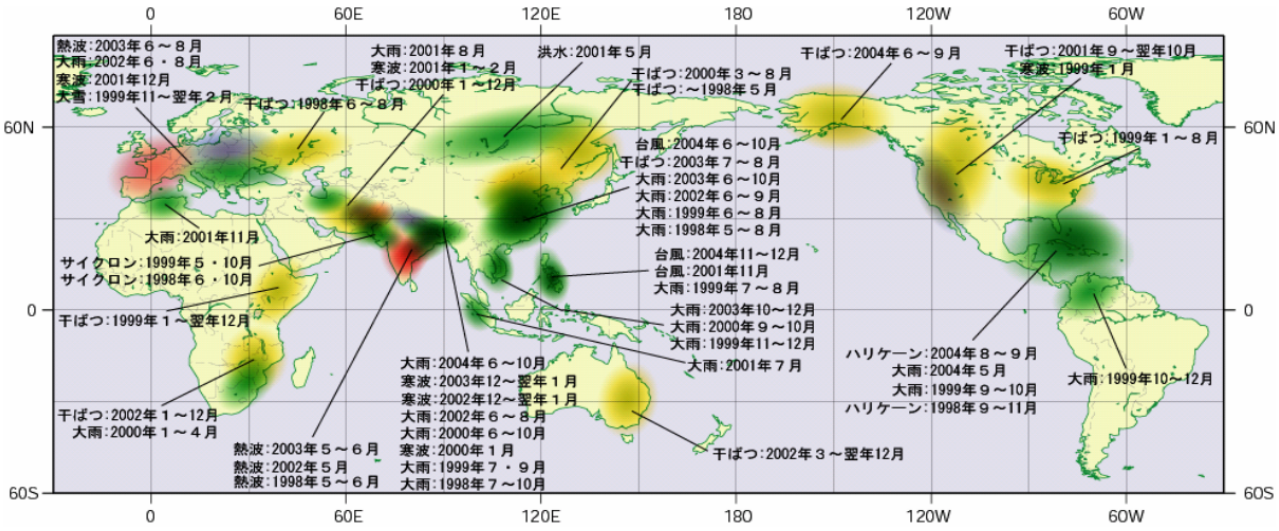


図2　世界の主な気象災害分布図(1998～2004年)

(注) 緑色:大雨･台風･ハリケーン, 黄土色:干ばつ･森林火災, 赤色:熱波, 青色:寒波

表1　異常気象によって大きな被害を被った上位10カ国(1990～2008年)

CRI 1990-2008	国名	CRI スコア	死亡者数 (年平均)	人口10万人当たりの死亡者数 (年平均)	PPPによる損失額 (年平均) 単位 100万米ドル	GDP 1単位当たりの損失額 (年平均) 単位：%
1	バングラデシュ	8.00	8,241	6.27	2,189	1.81
2	ミャンマー	8.25	4,522	9.60	707	2.55
3	ホンジュラス	12.00	340	5.56	660	3.37
4	ベトナム	18.83	466	0.64	1,525	1.31
5	ニカラグア	21.00	164	3.37	211	2.03
6	ハイチ	22.83	335	4.58	95	1.08
7	インド	25.83	3,255	0.33	6,132	0.38
8	ドミニカ共和国	27.58	222	2.93	191	0.45
9	フィリピン	27.67	799	1.11	544	0.30
10	中国	28.58	2,023	0.17	25,961	0.78

(注) Global Climate Risk Index(CRI):世界の気候危機インデックス
PPP:purchasing power parity
http://daily-ondanka.com/report/

SJR: リスクにさらされる資産価値順位は**1**. 東京－横浜10.0、**2**. ニューヨーク8.3、**3**. 大阪－神戸－京都5.0、**4**. ロンドン4.8であり、東京－横浜－大阪－神戸－京都の太平洋岸の5都市が含まれています。人的資産例として、日本府県別の人口集中地区の分布と推移はどのようでしょうか。

磯氏：日本の府県別の人口集中地区の分布を図3に示します。2005年の人口集中地区（万人）（2010年データでみる県勢、矢野恒太記念会）順位は
1. 東京1、232、 **2**. 大阪844、**3**. 神奈川825、 **4**. 埼玉556、**5**. 愛知548、 **6**. 千葉434、**7**. 兵庫419、 **8**. 北海道410、**9**. 福岡352、 **10**. 静岡221、**11**. 京都216です。11都道府県(47都道府県の23%)人口集中地区に6, 061万人(日本人口の71.9%)が集中していることがわかります。

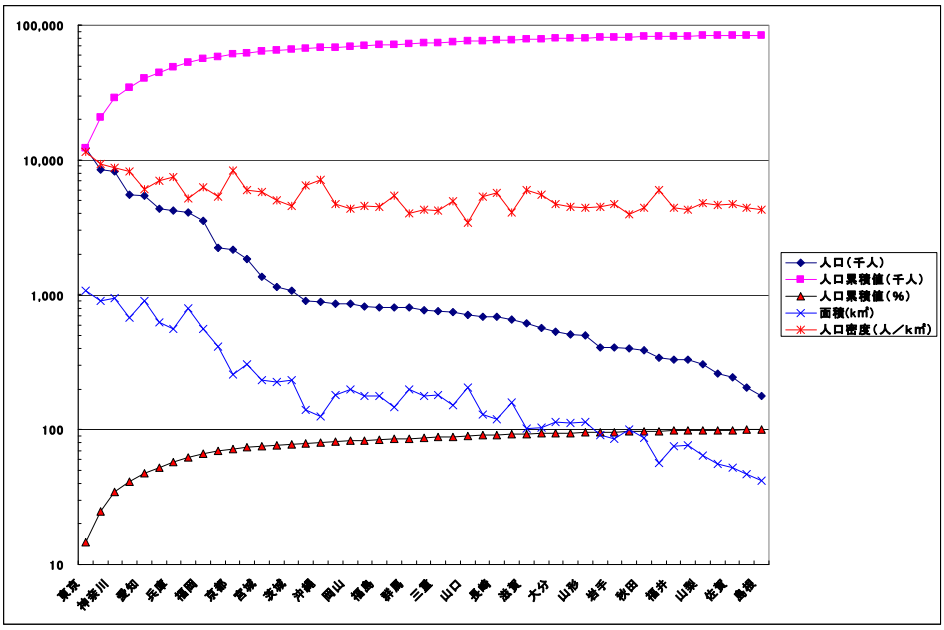


図3　府県別の人口集中地区の分布(2005年)

11都道府県の人口集中地区における人的資産の2005年対1985年比を図4に示します（1989及び2010, データでみる県勢、矢野恒太記念会　参照）。人口密度の2005年対1985年比は0.92～1.04の範囲にあります。

東京の人口集中化は限界に達し、周辺の神奈川が1.047倍、埼玉1.046倍となり、両県の人口集中が進んでいます。換言すれば、リスクにさらされる人的資産価値は東京から神奈川及び埼玉の人口集中地区に拡大していると考えられます。今後の人口集中過密分散化施策の加速が望まれます。他方、北海道－宮城－東京－神奈川－埼玉－千葉－静岡－愛知－京都－大阪－兵庫－広島－福岡における通信インフラと電力、ガス、水道（水資源地域・供給輸送路・加工消費地域）などのスマートユーテリティインフラ[10])の高信頼化等を進める必要があると考えます

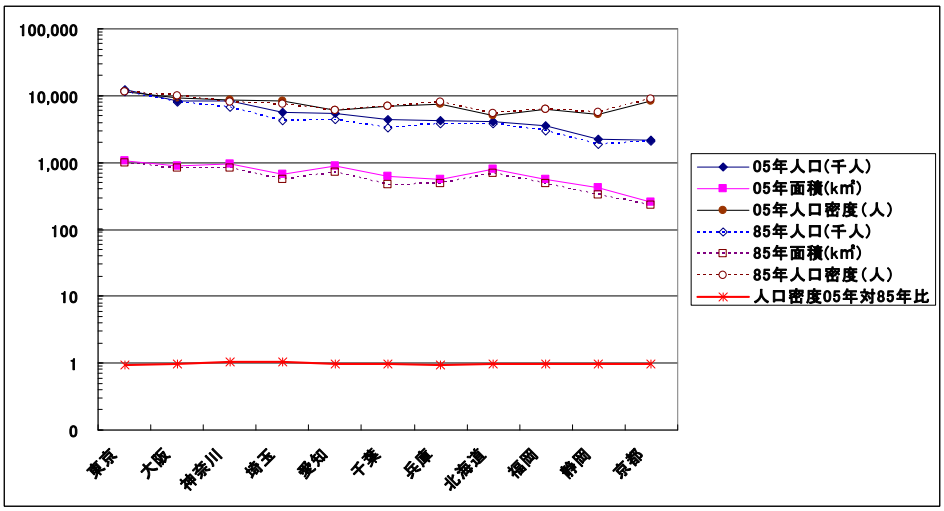


図4　11都道府県の人口集中地区における人的資産の2005年対1985年比

スマートグリッドにおける衛星通信の寄与例を図5に示します[11]。3基の静止通信衛星からなる衛星通信は地球表面全体をカバーでき、広域一斉同報通信の特長を持ちます[12]。そして、静止衛星通信は人口分散・過疎地域と人口集中・過密地域とからなる全地域をカバーできますので、人口の集中・過密配置から分散・広域配置化に寄与し、スマートグリッドの多ルート化と高信頼化に大きな役割を果たすこと

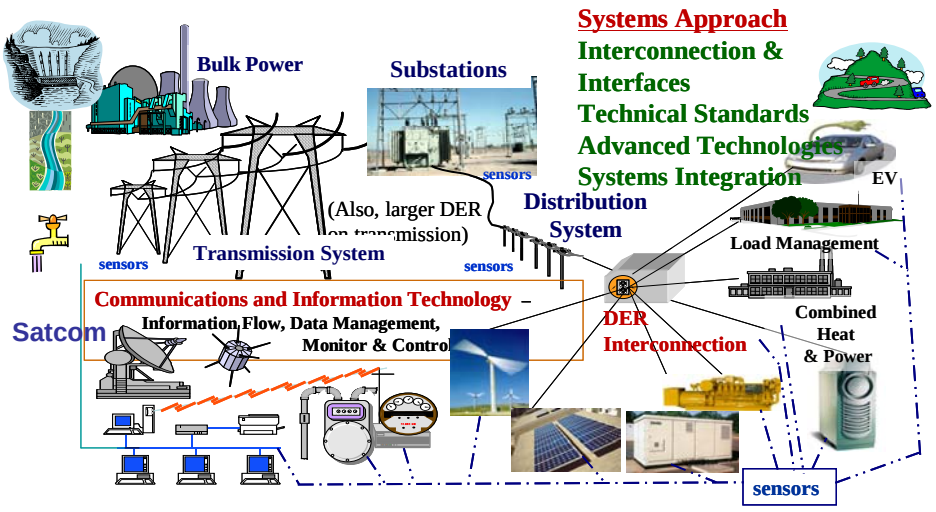


図5　スマートグリッドにおける衛星通信Satcomの寄与例

が期待されます。 今後、長寿少産社会に対応する立法、行政、司法及び首府等の各セクター機能などの重要資産過密集中スタンドアロン型社会から総リスク・インデックス50程度を満たす軽薄短小・地産地消地域分散ネットワークセントリック型社会への転換を図ることが望まれます。

SJR: 1923年(大正12)9月1日に起きた関東大震災の惨事とその教訓を忘れないため、1960年（昭和35）に9月1日「防災の日」が制定されました。今年で50年目を迎え、東海から四国にかけての太平洋沿岸でおよそ100年から150年ごとに繰り返し起きている大地震東海地震と東南海・南海地震の3つの地震が同時に発生する国内最大級の巨大地震を想定し、通信・電力・ガス・上下水道等のライフライン等の確保・対応訓練が行われました[13] 。1908年から2008年までの100年間における死亡被害がでた世界と日本の大地震の推移についてお話いただけますか。

磯氏：死者被害がでた世界と日本における大地震（平成22年理科年表、丸善参照）の100年間の推移を図6 に示します。1908年から2008年（100年間）までに死者被害がでた世界の地震発生件数は218 件です。日本の地震発生件数は65件で世界地震発生件数の30%に相当します。

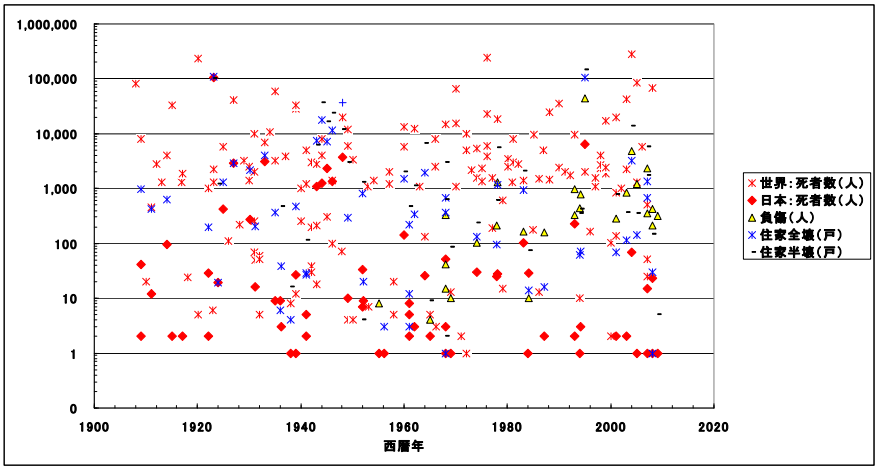


図6 死者被害が出た世界と日本における大地震推移（1908年～2008年）

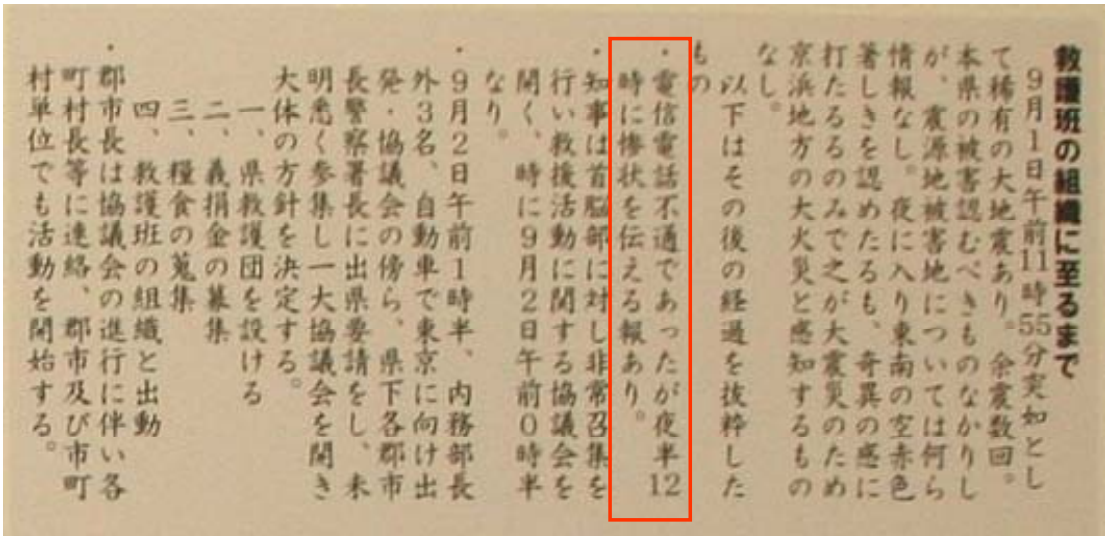
100年間における世界における最大被害地震は2004年12月26日に死者28万人を出したインドネシア、スマトラ（震央：北緯3.3度、東経95.9度）地震津波です。米国は地震津波発生直後に、アジア津波災害対応統合救援作戦Operation Unified Assistance[14]により、緊急人道救援活動を行いました。病院船 Hospital ship USNS Mercy (T-AH 19)の活動例を図7に示します[15]。

日本はテロ対策特別措置法に基づく、インド洋における任務を引き継ぎ、帰国途中（マレーシア東方海上を航行中）の「きりしま」「たかなみ」「はまな」をプーケット島沖に派遣、プーケット島沖の海域において、搭載ヘリを含む海自艦艇3隻により被災者の捜索・救助等のタイ王国における国際緊急援助活動等を実施しました[16]。

日本における最大被害地震は1923年(大正12)9月1日午前11時55分に死者10万5千人を出した関東大震災（震央：北緯35. 3度、東経139.1 度）です。地震発生直後、電信・電話が不通となり被害地情報が把握できず、群馬県からの救護班の出発が地震発生13時間後の、9月2日午前1時半になったとの記録があります。

2010 年 1 月 12 日 に 起こったハイチ地震の被害は死者が20万人に及ぶと共に、地上電話網、水道及び電力網等が壊滅的な打

図7 病院船 Hospital ship USNS Mercy (T-AH 19)の活動例



救護班の組織に至るまで

9月1日午前11時55分突如として稀有の大地震あり。余震数回。本県の被害認むべきものなかりしが、震源地被害地については何ら情報なし。夜に入り東南の空赤色著しきを認めたるも、奇異の感に打たるるのみで之が大震災のため京浜地方の大火災と感知するものなし。

以下はその後の経過を抜粋したもの

・電信電話不通であったが夜半12時に惨状を伝える報あり。

・知事は首脳部に対し非常召集を行い救援活動に関する協議会を開く、時に9月2日午前0時半なり。

・9月2日午前1時半、内務部長外3名、自動車で東京に向け出発・協議会の傍ら、県下各郡市長警察署長に出県要請をし、来明亮く参集し一大協議会を開き大体の方針を決定する。

一、県救護団を設ける
二、義捐金の募集
三、糧食の蒐集
四、救護班の組織と出動

・郡市長は協議会の進行に伴い各町村長等に連絡、郡市及び市町村単位でも活動を開始する。

図8　関東大震災における群馬県救護班の出動
・9月1日お昼前；11：55～　電信電話不通　13時間後
・9月2日夜明け前；午前1時半：救護班第一陣自動車にて出発
・郡市町村だけでも、合わせて3千人を越える群馬県民が、罹災地の救援に出発

撃を受けました。地震発生時に米国アリゾナ州で共同演習を行っていた航空自衛隊C-130輸送機及びフロリダ州に確保してある救援物資を活用し、JICAによる支援の不足分を自衛隊で補うことになりました[18]。その後、陸上自衛隊「ハイチ国際緊急医療援助隊」[19]や様々な人道支援団体等が派遣され、被災救助及び復興支援活動が続けられています。

2010年2月27日に発生したチリ地震の経済損失は300億ドルに達し、チリの商業・工業セクターでの付保率が高いため保険損害が約80億ドルとなることや、その後、2010年4月に発生した中国の地震で2,700人が死亡したこと等が報じられていま[20]。

SJR: 震央および周辺地域に関する通信衛星アンテナ照射領域の設計をされたと伺っています。震央の東経に対する緯度分布はどうなっているのでしょうか。 合わせて静止位置東経135度CSに対する衛星仰角が10度以上の地点ではどうですか。

磯氏：震央と東経135度、東経90．75度及び西経127度静止通信衛星に対する仰角の緯度分布を図9に示します。震央の東経に対する緯度分布は東アジアと北米・南米大陸とで太平洋を囲み、よく知られた環太平洋山系の形状を示しています。

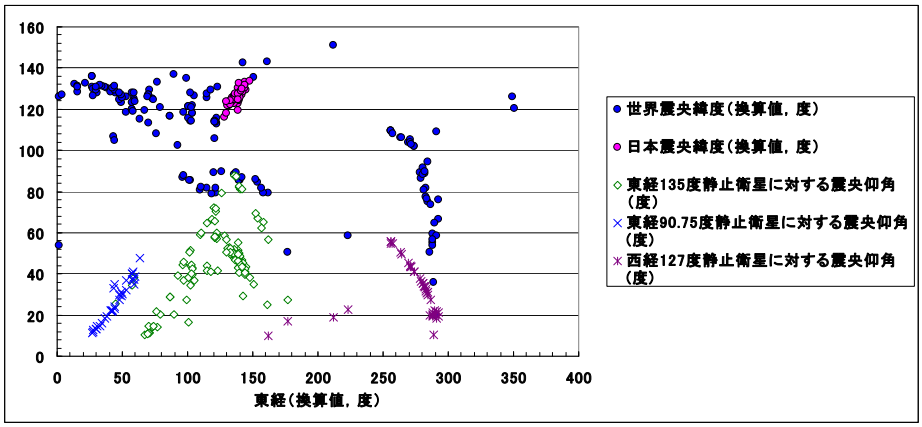


図9　震央と東経135度，東経90．75度及び西経127度静止衛星に対する仰角の緯度分布

1908年から2008年（100年間）までに死者被害がでた世界の震央218地点のうち、東経135度静止通信衛星に対する仰角10度以上の震央は133地点で最大、次に西経127度静止通信衛星に対する仰角10度以上の震央は39地点、3番目の東経90．75度静止通信衛星に対する仰角10度以上の震央は33地点で合計215地点となり、3基静止通信衛星が仰角10度以上を満たす、世界の震央218地点のカバー率は94%です。東経135度静止通信衛星に対する仰角10度以上を満たす、世界の震央218地点のカバー率は61%で、東経135度静止通信衛星は地震災害時に被災した地上通信回線救済に必要な衛星通信回線設定や平常時における震央周辺地域における環境センサー情報の一斉リアルタイム収集・配信に適していることがわかります。

そして、震央218地点のカバー率が94%である、パプアニューギニア上空東経135度静止通信衛星、インド洋上空90.75度静止通信衛星、西太平洋上空西経127度静止通信衛星及びアフリカ上空の静止通信衛星とから構成した複合4衛星間を60GHz帯中継等により接続し複合同時運用することにより、震央218地点カバー率100%を達成することが可能になります。さらに、防災・減災・被災救済のための1年365日・1日24時間リアルタイムの海洋、地上及び山岳地域における情報センサー端末、宇宙ステーションや低高度衛星との情報収集・配信機能が期待できます。

SJR: 台風・大雨や地震・津波等が、道路損壊、橋梁流失、山崖崩れ及び建物の全・半壊、流出、床下・上浸水をもたらし、死者・負傷者・行方不明者の人的被害や通信施設被害が生じます。通信施設被害、人的被害、建物被害及び道路損壊等の推移を教えていただけますか。

磯氏: 通信施設被害、人的被害(死者、行方不明者や負傷者)、建物被害(建物の全壊、半壊、流失、全焼、半焼、床下浸水及び床上浸水)及び道路損壊等(道路損壊、橋梁流失、山崖崩れ)の推移(1955～2008)(日本の統計及び日本統計年鑑参照)を図10に示します。

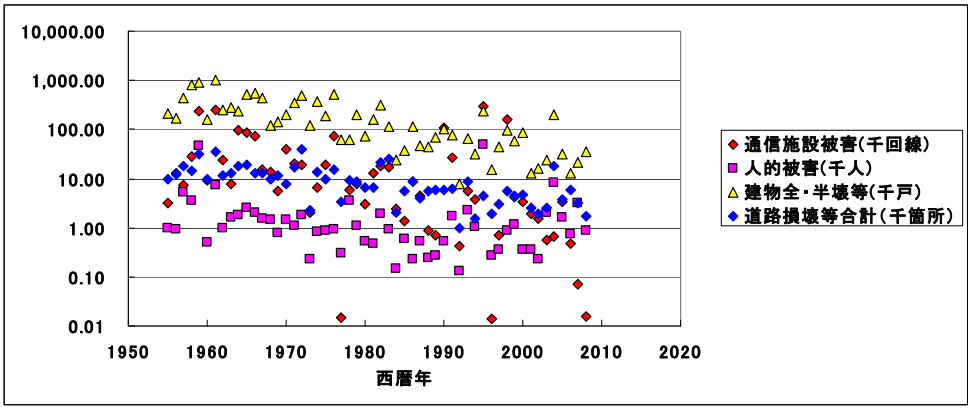


図10 通信施設被害，人的被害，建物被害及び道路損壊等の推移(1955～2008)
・人的被害:死者，行方不明者及び負傷者
・建物被害:建物の全壊，半壊，流失，全焼，半焼，床下浸水及び床上浸水
・道路損壊等:道路損壊，橋梁流失及び山崖崩れ

通信施設被害は台風、大雨、強風、高潮、地震及び津波による被害であり、通信施設被害(万回線／年)順位は**1.** 平成7年(阪神・淡路大震災):29、**2.** 昭和36年(第2室戸台風):24、**3.**昭和34年(伊勢湾台風):22、**4.** 平成10年(台風7・8号):16 、**5.** 平成2年(台風19号):10、**6.** 昭和39年(新潟地震):9.5、**7.** 昭和40年(台風23号):8.7 、**8.** 昭和41年(台風24号):7.4、**9.** 昭和51年(台風17号):7.2、**10.** 昭和45年(大雨前線):3.9です。

死者、行方不明者及び負傷者の人的被害(千人／年)順位は、**1.** 平成7年(阪神淡路大震災):48、**2.** 昭和34年(伊勢湾台風):47、**3.** 平成16年(新潟県中越地震):8、**4.** 昭和36年(第2室戸台風):7.3、**5.** 昭和32年(諫早豪雨):5.2、**6.** 昭和53年(宮城県沖地震):3.57、**7.** 昭和33年(台風11号):3.52、**8.** 平成19年(新潟県中越沖地震):3.1、**9.** 昭和40年(台風23号):2.4、**10.** 平成5年(北海道南西沖地震):2.2です。

SJR: 中央防災会議指定公共機関[21]日本赤十字社の平成19 年新潟県中越沖地震出動救護班についての調査 集計結果[22]によれば、「刈羽郡総合病院(Disaster Medical Assistance Team (DMA)拠点)、統括DMA柏崎市元気館災害医療本部等、他機関等との連携活動において、活動現場と災害医療本部がかなり離れていたため、ミーティングに参加する際、けっこう大変だった。道路の寸断で本部まで片道1時間30 分を要し、当救護班の参加は3日目からは1日1回となった。」等の課題があり、リアルタイムな情報交換・提供が出来るようなシステム作りの必要性が指摘されています。リアルタイムな情報交換・提供に関する衛星通信の適用に関してどのようなご意見をお持ちですか？

磯氏: ヘリコプターで輸送し、現地で簡易組み立て可能な衛星可搬局非圧縮高品位(HD)画像会議システムが有効と考えます。PC端末を用いる衛星可搬局非圧縮高品位(HD)画像会議イメージを図11に示します。衛星アンテナ送受信装置と画像会議PC端末との無線インターフェースにIEEE802.15.3c－60GHz－WPAN規格[23]やIEEE802. 11.TGad－60GHz－WLAN規格[24]のレイアウトフリーPC端末を用いての非圧縮の高品位(HD)映像会議が可能となり、救護班と災害医療本部や他機関との効率的な連携活動が期待できます。リアルタイム非圧縮の高品位(HD)映像情報交換・提供の早期実現のために、すでに策定済みのIEEE802.15－60GHz－WPAN規格や現在規格策定中のIEEE802.

図11a 衛星通信可搬局例[25][26]

図11b 非圧縮高品位画像会議イメージ

11－60GHz－WLAN規格の無線インターフェースの研究開発実用化と普及促進の加速が望まれます。

SJR: 非常災害時における衛星回線伝送容量目標を検討するためには、過去に発生した通信施設被害と気象災害や地震災害要因とに関する統計的調査が有効と考えられます。道路損壊等（道路損壊、橋梁流失、山崖崩れ）、建物被害（建物の全壊、半壊、流失、全焼、半焼、床下浸水及び床上浸水）及び人的被害（死者、行方不明者や負傷者）の発生状況と通信施設被害とはどのような関係にあったのでしょうか。

磯氏: 1955年（昭和30）からCS開発が本格化した時期1975年（昭和50）までの建物被害や人的被害と通信施設被害との相関を図12、図13及び図14にそれぞれ示します。

通信施設被害と道路損壊等の相関係数は0.65で、また、通信施設被害と建物の全・半壊等との相関係数は0.66でかなり相関があります。通信施設被害と人的被害との相関係数は0.71で強い相関があります。最大通信施設被害245.6回線／年は1961年（昭和36、第2室戸台風）に発生しています。第2室戸台風は高知県室戸岬に上陸し、兵庫県を通過し、日本海沿岸を北北東に進みました[27][28]。

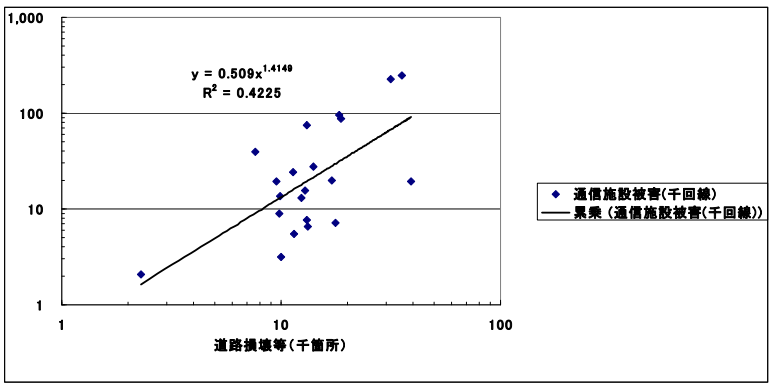


図12　道路損壊等と通信施設被害との関係(1995～1975)

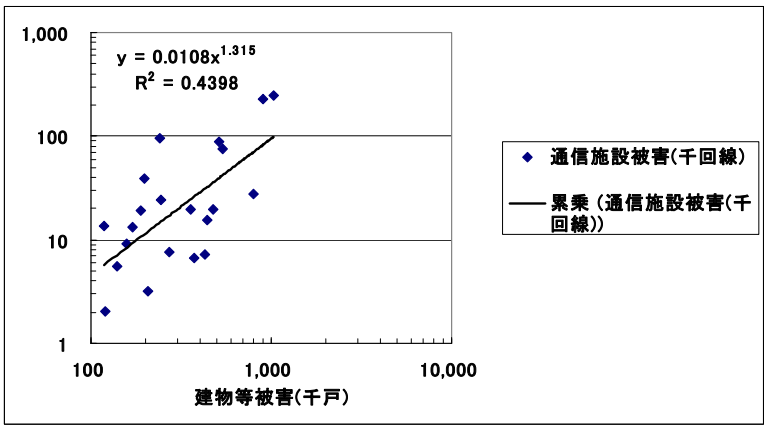


図13　建物被害と通信施設被害との関係(1955～1975)

第2室戸台風の建物等被害883.5千戸（平成22年理科年表、丸善参照）は昭和36年における建物等被害1，026千戸の86%を占めています。建物等被害1，026千戸／年に対する通信施設被害記録は245.6回線／年ですが、建物等被害との相関係数0.66の回帰冪乗線における通信施設被害計算値は98.4　千回線／年（＝245.6回線／年×0.4）の値を示します。第2室戸台風の人的被害5.1千名（平成22年理科年表、丸善参照）は昭和36年における人的被害7.3千人の69%を占めています。

人的被害7.3千人／年に対する通信施設被害記録は245.6回線／年ですが、人的被害との相関係数0.71の回帰累乗線における通信施設被害計算値は73.2　千回線／年（＝245.6回線／年×0.3）の値を示します。

次に、1955年から2008年まで53年間における通信施設被害と人的被害との相関を図15に示します。通

信施設被害と人的被害との相関係数は0.74で強い相関があります。最大人的被害は1995年(阪神･淡路大震災)に発生し、最大人的被害50.41千人／年で、通信施設被害は290.84千回線／年です。

人的被害との相関係数0.74の回帰累乗線における、人的被害50.41千人／年に対する通信施設被害計算値は280　千回線／年＝290千回線／年×0.96の値を示します。人的被害0人／年における、通信施設被害1万6千回線／年は道路損壊等及び建物被害の影響によるものと考えます。

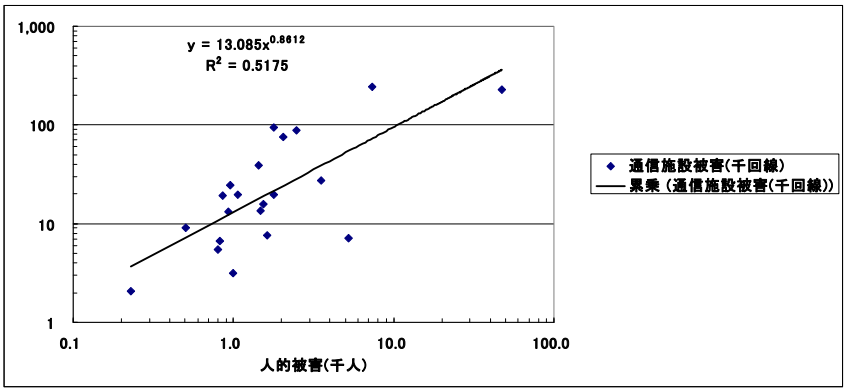


図14　人的被害と通信施設被害との関係(1955～1975)

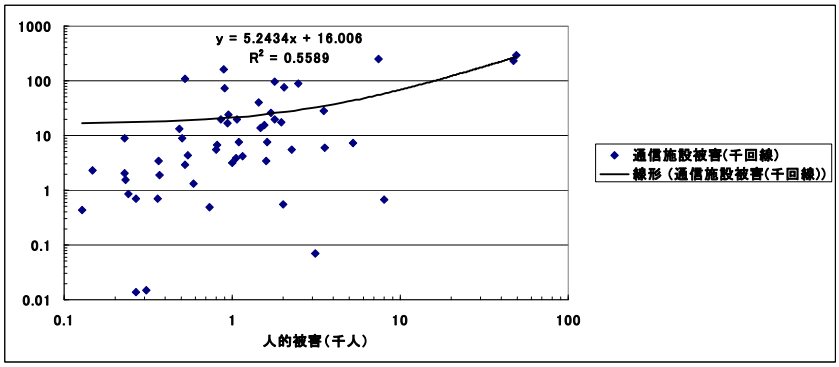


図15　人的被害と通信施設被害との関係(1955～2008)

阪神･淡路大震災の人的被害50.2千名(平成22年理科年表、丸善参照)は1995年における人的被害50.4千人の99%を占めています。人的被害との相関係数0.74の回帰線形線における人的被害50.2千人に対する通信施設被害計算値は279千回線となります。また、関東大震災の人的被害記録240千人を用いますと、人的被害との相関係数0.74の回帰線形線における関東大震災クラスの通信施設被害計算値は1，300千回線となります。

SJR: 大きな台風･大雨等や地震･津波等は道路損壊等、建物被害や人的被害と同時に、公衆電気通信網において多くの加入電話が不通になります。通信施設被害と加入電話被害とはどのような関係にあるのでしょうか。

磯氏: 通信施設被害(回線／年)と加入電話(加入／年)とを用いて加入電話換算被害率(%)、加入電話換算被害率(%)＝100×通信施設被害(回線)÷加入電話(加入)を定義します。人口、加入電話、加入電話人口カバー率(%)、通信施設被害及び加入電話換算被害率(%)推移(1955年から1975年)を図16に示します。

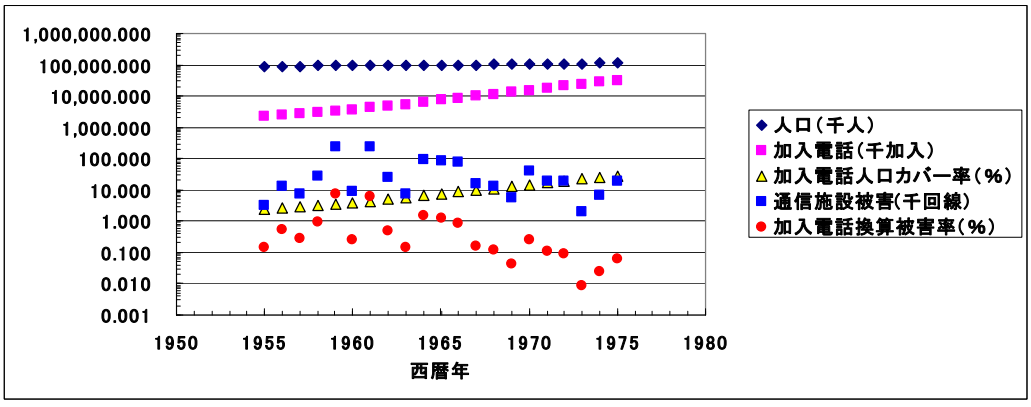


図16通信施設被害及び加入電話換算被害率(1955～1975)

1961年(昭和36、第2室戸台風)の公衆電気通信網における、加入電話換算被害率は、

加入電話換算被害率(%)＝100×245(千回線、通信施設被害)÷4，153(千加入、加入電話)＝5.9(%)です。

SJR: 電話番号「119番」は消防機関への緊急通報用電話番号であり、火災の場合や、救急が必要な場合に使われます。加入電話から「119番」に電話すると、消防本部の通信指令室や消防指令情報センターなどの指令台に接続されますので、加入電話から「119番」への接続回線は災害時の重要回線です。また、

加入電話から道路損壊、山崖崩れや橋梁流失等事故の警察通報用電話「110番」への接続回線は災害時に重要回線となります。災害時の重要回線である消防や警察等の防災重要加入電話の被害試算値について説明していただけますか。

磯氏：1965（昭和40）～1975（昭和50）年代の公衆電気通信網[29]と非常災害時における衛星通信との関係を図17に示します。公衆電気通信電話網は4階層構成となっていました。1)最下位の階層で、加入者線を集線する端局（EO：end office）、2)直径約30km以内の地域にあるEOを束ねる集中局（TC：toll center）、3)1局で平均約7のEOを束ねる中心局（DC：district center）、4)最上位の電話局でDCを束ねる総括局（RC：regional center）です。EOは全国約7200カ所、TCは562カ所、DCは81カ所、RCは8カ所（札幌、仙台、東京、名古屋、金沢、大阪、広島、福岡）でした。

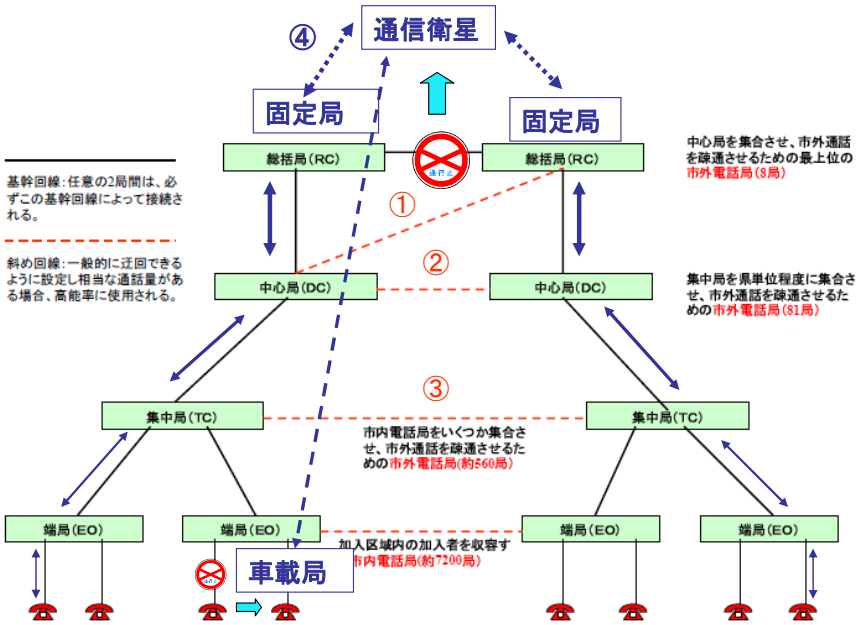


図17　公衆電気通信網と非常災害時衛星通信との関係

ここで、公衆電気通信回線と衛星通信回線との関係を簡単に説明するために、昭和36年における第2室戸台風被災した公衆電気通信回線ケースをとりあげます。

昭和36年における第2室戸台風により被災した公衆電気通信回線は名古屋－大阪—広島の太平洋ルートから名古屋－金沢—広島の日本海ルートの地上回線に自動的に切り替わります。さらに、日本海ルート地上回線から溢れた電話呼量が衛星回線に切り替えられて、電話輻輳を最低限にする必要があります。災害時の電話網の溢れ呼対策として8総括局間の衛星通信メッシュネットワーク構成が期待され、30／20GHz通信衛星中継器8系統、また地球局や衛星中継器の飽和出力を最大限に利用するためTDMA多元接続方式が検討されました。

また、第2室戸台風により被災した兵庫県内端局（EO：end office）収容加入者線はヘリコプター等で輸送された車載局により切り替えて収容され、通信衛星を経由して衛星通信名古屋総括局から全国網加入電話に接続されます。30／20GHz車載小型局－通信衛星－固定大型局双方向衛回線品質の最適化に必要な中継器構成が検討されました。

中央防災会議指定公共機関の構成員である、消防職員数（火災の実態と消防の現況、日本長期統計総覧、日本統計年鑑及び日本の統計参照）、日赤職員数（日本赤十字社統計集及び日本赤十字社現勢参照）、警察官（読売年鑑、朝日年鑑、日本長期統計総覧、日本統計年鑑及び日本の統計参照）、自衛官（日本長期統計総覧及び日本統計参照）、日銀職員数（銀行局金融年報、日銀業務概況書及び日本金融名鑑参照）や関連防災機関の職員数、通信施設被害、加入電話、加入電話換算被害率（%）及び重要加入電話職員カバー率を用いて重要加入電話被害を次式から試算します。

(1)加入電話換算被害率（%）＝100×通信施設被害（回線）÷加入電話（加入）
(2)重要加入電話職員カバー率＝3（重要加入倍率）×一般加入電話人口カバー率（%）
(3)重要加入電話試算値（千加入）＝重要機関職員数（千人）×重要加入電話職員カバー率（%）
(4)重要加入電話被害試算値（千加入）＝加入電話換算被害率（%）×重要加入電話試算値（千加入）
(5)消防職員、日赤職員、警察官、自衛官及び日銀職員加入電話合計被害試算値（千加入）対関連防災機関加入電話被害試算値（千加入）＝90%対10%＝1対0.11
(6)重要加入電話被害試算値合計（千加入）＝消防職員～日銀職員加入電話合計被害試算値（千加入）＋関連防災機関加入電話被害試算値（千加入）

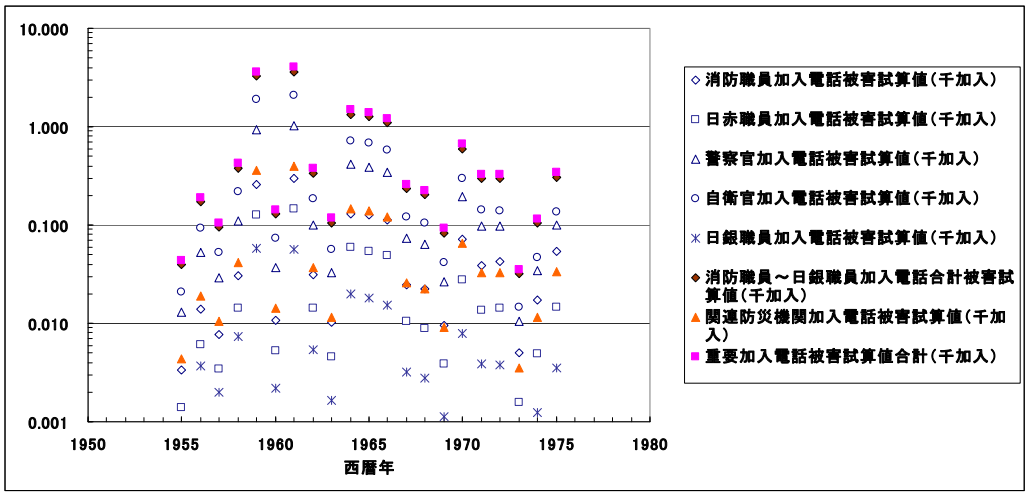


図18 重要加入電話被害試算値合計の推移((1955～1975)

上式から求めた、重要加入電話被害試算値合計(千加入)の推移(1955年から1975年)を図18に示します。重要加入電話被害試算値合計(千加入)は最大通信施設被害245.6千回線／年の1961年(昭和36、第2室戸台風)に発生しています。

1961年における重要加入電話被害試算値を表2に示します。全重要加入電話合計は68．3千加入で、重要加入電話被害試算値合計は4千加入です。消防職員加入電話被害試算値3百加入です。自衛官加入電話被害試算値は2千加入で全体の50%を占めております。

表2　1961 年(第2室戸台風)における重要加入電話被害試算例

	消防	日赤	警察	自衛隊	日銀	消防～日銀	関連防災機関	合計
職員数(千人)	38.4	18.7	131.9	268.3	7.2	464.5	51.1	515.6
加入電話カバー率(%)	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
加入電話試算値(千加入)	5.1	2.5	17.4	35.5	1	61.5	6.8	68.3
加入電話換算被害率(%)	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
加入電話被害試算値(千加入)	0.30	0.14	1.03	2.09	0.05	3.61	0.4	4.0

SJR: 被災地のおける知人、友人や家族と安否個人情報連絡に加えて、被災地における支社、支店、工場等と本社関係部門担当者や取引先顧客等とのビジネス情報連絡のための一般加入電話被害試算値、さらにCS開発時の通信衛星搭載中継器性能目標についてお話いただけますか。

磯氏: 一般加入電話被害試算値は一般加入電話被害試算値＝公衆電気通信加入電話(通信施設被害被害試算値)—重要加入電話被害試算値で定義します。

1961年(昭和36、第2室戸台風)場合の一般加入電話被害試算値は241(千回線)＝245(通信施設被害、千回線)－4(重要加入電話被害試算値、千回線)となります。

CS開発計画における30／20GHz通信衛星搭載中継器目標は次の仮定1から仮定6を前提条件とし検討を進めました。

仮定1. 通信衛星アンテナ照射地域は北海道、本州、四国、及び九州の本土内地域
仮定2. 1955(昭和30)年代から1965(昭和40)年代における最大通信施設被害(1961年、第2室戸台風)245千回線を想定
仮定3. 最大通信施設被害回線における防災可搬地上回線容量対衛星回線容量比は90%対10%
仮定4. 市内回線容量対市外通信回線容量比は70%対30%
仮定5. 衛星通信固定局は市外電話局(総括局)屋上設置可能
仮定6. 車載局は輸送途中における道路損壊や山崖崩れを想定しヘリコプターで輸送可能

これらの仮定1～仮定6をもとに、30／20GHz通信衛星搭載中継器に関して

1. 災害時の電話網の溢れ呼対策として8総括局間の固定局衛星通信回線容量は、固定局衛星回線容量＝245（千回線）×0.1（衛星回線加入電話対通信施設被害加入電話加入電話比）×0.3（市外回線容量対市外・市内合計回線比）＝7（千回線）
2. ８総括局間の衛星通信メッシュネットワークを構成するため、通信衛星搭載中継器は８系統以上
3. 被災した端局（EO：end office）加入者線収容の車載局衛星回線容量は、車載局衛星回線容量＝245（千回線）×0.1（衛星回線加入電話対通信施設被害加入電話加入電話比）×0.7（市内回線容量対市外・市内合計回線比）＝17（千回線）、
4. 車載局－通信衛星－8総括局間の車載局衛星通信回線を構成するため通信衛星搭載中継器は8系統以上

を目標に昭和40年代末のCS予備設計段階で各種方式の検討が進められました。

SJR: 長時間ありがとうございました。次回予定は「平常時における30/20GHz衛星電話サービスと通信衛星アンテナ中継器」に関しておうかがいいたします。よろしくお願いします。■

参考文献

[1]http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20101021-00000002-jij-soci
[2]http://www.geo.chs.nihon-u.ac.jp/saigai/weather/wea-2010.html
[3]http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20101002-00000035-jij-int
[4]http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20101005-00000143-jij-int
[5]http://kyushu.yomiuri.co.jp/keizai/detail/20100421-OYS1T00173.htm
[6]http://www.munichre.co.jp/public/PDF/Topics_Risk_Index.pdf#search='リスクインデックス'
[7]http://info.worldbank.org/etools/docs/library/152765/MunichRe_NatCat2002.pdf
[8]http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/climate_change/2005/fig/fig1.2.15.png
[9]http://daily-ondanka.com/report/world_18.html
[10]http://www.ieee802.org/15/pub/TG4g.html
[11]Bob Heile. ”IEEE Standard 2030 Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology operation with the Electric Power System (EPS) and End-Use Applications and Loads”, IEEE 802.15-09-0658-00, September 2009
[12]http://lakdiva.org/clarke/1945ww/1945ww_oct_305-308.html
[13] http://www.bousai.go.jp/chubou/meibo.pdf, http://www3.nhk.or.jp/news/html/20100901/t10013697071 000.html
[14] http://www.globalsecurity.org/military/ops/unified-assistance.htm
[15] http://www.navy.mil/view_single.asp?id=21468
[16] http://www.mod.go.jp/j/approach/kokusai_heiwa/kokusai_enjyo/sumatora/20050118a.html
[17]http://www.archives.pref.gunma.jp/moyooshi-17-3/moyooshi-tenji-17-3-naiyou1-2.htm
[18]http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%8F%E3%82%A4%E3%83%81%E5%9C%B0%E9%9C%87_(2010%E5%B9%B4
[19]http://www.mod.go.jp/j/press/news/2010/02/12a.html
[20]http://www.munichre.co.jp/public/PDF/Press_j_2010_harf_year_NatCat.pdf
[21]http://www.bousai.go.jp/chubou/meibo.pdf
[22]http://www.jrc.or.jp/vcms_lf/niigata_2007record.pdf
[23]http://www.ieee802.org/15/pub/TG3c.html
[24]http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/tgad_update.htm
[25]http://www.drash.com/Products/Shelters/CSeries/sttapplications.aspx
[26]http://www.afcea.org/signal/articles/templates/Signal_Article_Template.asp?articleid=2027&zoneid= 269）
[27]http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%AC%AC2%E5%AE%A4%E6%88%B8%E5%8F%B0%E9%A2%A8
[28]http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/disaster/help/past.html.ja
[29]http://uni-site.net/business/TELECOM_history.pdf

磯彰夫氏の紹介文は、前号Space Japan Review, No. 69, August / September 2010をご覧ください。