

博士論文

しなやかな社会の実現に向けた情報通信基盤と  
ICT 利活用技術の研究

公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科

システム情報科学専攻

前田裕二

2013 年 3 月

Doctoral Thesis

A Study of Information Network Infrastructure and  
Utilization of ICT to Realize Resilient Society

by

Yuji Maeda

Graduate School of Systems Information Science  
Future University Hakodate

March 2013

**Abstract:** In recent years, huge disasters and extreme weather events such as massive earthquakes, tsunamis, typhoons, tornadoes, heavy rain, and heavy snow have occurred not only in Japan but all over the world and have caused serious damage. In addition, under the risk of diverse scenarios including large-scale accidents, pandemics, and terrorism, governments, municipalities, and private companies have to manage a variety of emergencies and disaster prevention strategies. We define a society that is resistant to and resilient during disasters and crises as a resilient society. It is of paramount importance that societies increase their resilience in order to become resilient societies that are able to face hazards as effectively as possible in the future.

We describe in this paper our goal to create a resilient society consisting of a distributed cooperative autonomous society, which means that it is based on self help, public help, and community help, by increasing the ability to utilize accurate information by using information and communication technology (ICT). First, we clarify a vision of a resilient society and the various issues to be addressed in order to realize it. Because there are many challenges in a wide range of fields that need to be solved in order to achieve a resilient society, we have narrowed the scope of our study. We investigated ways of solving problems concerning the information network infrastructure and utilizing ICT via this network infrastructure to realize a resilient society.

There are several problems associated with the information network infrastructure that arise during disasters and subsequent crisis responses and that make it difficult to provide accurate information. These problems include providing cloud computing services, achieving a strong network infrastructure able to withstand disasters, and securing a long-term, high-output backup power supply. As a basic technology towards the use of accurate information during a disaster and crisis response, we first examine here a technique to solve the problems from the viewpoint of electromagnetic compatibility (EMC) and describe the technology to control and design an indoor electromagnetic environment for 2.4-GHz-band wireless LAN using computer simulation.

Next, as a study on increasing resilience by utilizing ICT, we investigate how to revitalize and computerize local communities and municipalities in order to prevent their collapse and to strengthen local disaster management capabilities for offering public help and community help.

In addition, in order to increase resilience in a super-aging society by achieving self help, public help, and community help, we study a system to implement efficient remote monitoring and nursing care of elderly people by utilizing ICT and developing a community general care system. Moreover, we describe the growing trend in the use of electronic health records (EHR) and personal health records (PHR) as a social infrastructure to support a community general care system, and describe the technical elements of EHR and PHR and remaining problems to realize a community general care system.

In summary, we describe the approach in this paper and summarize what has been achieved. In addition, as the future prospects to achieve a resilient society, we summarize trends of national policies and social systems, and how to deploy our technologies and ICT systems.

**Keywords:** Resilience, Emergency management, Local revitalization, Community general care system, Remote watching and nursing care

## 概要:

近年、巨大地震、津波、巨大台風、ゲリラ豪雨、竜巻、さらに豪雪など日本国内のみならず世界中において巨大災害、異常気象が相次いで発生しており、甚大な被害が報告されている。また、大規模事故、パンデミックやテロなど、リスクが多様化する中で、国、自治体や企業はさまざまな危機管理・防災対策を行う必要がある。災害・危機からの被害を抑止するための防災力と、被害からの回復を支える減災力を両立させた防災を「総合的な防災力＝レジリエンス(Resilience)」と呼び、今後の社会においてはレジリエンスを高め、甚大な被害をもたらすハザードに立ち向かう「しなやかな社会」を実現することが求められている。

しなやかな社会を実現するためのコンセプトは、自助、共助および公助(または互助)を基本とする自律分散協調型の社会である。自律分散協調型の社会の仕組みを支え、レジリエンスを高めるためには、ICT(情報通信技術)と的確な情報の活用が重要となる。情報を有効かつ効率的に活用し、いかに迅速に災害・危機対応と復旧・復興を行うことができるかがこれからの防災の新たな課題である。

本論文では、ICTを用いて的確な情報を活用することでレジリエンスを高め、自助、共助および公助を基本とする自律分散協調型の社会から構成されるしなやかな社会を構築することを目的とする。しなやかな社会の実現においては的確な情報の活用が必須であり、そのためには巨大災害や危機が発生した際にも的確な情報の活用を支える情報通信基盤を実現するとともに、ICT利活用により自助、共助、公助を実現する必要がある。情報通信基盤に関しては、通信ネットワークや電力などのライフラインに関する課題や、行政システムなど社会基盤に関する課題などさまざまな課題が存在する。また、ICT利活用に関しては、自助を実現するための学習、備蓄、健康維持などの課題、共助を実現するための地域コミュニティ活性化に関する課題、さらに公助を実現するための社会福祉サービスなど社会システムに関する課題などが存在する。このように、しなやかな社会の実現には、多岐にわたる分野において、多くの課題を解決する必要がある。

しなやかな社会の実現に向けて必要となるこのような全ての課題について検討するのは困難であるため、本論文では範囲を絞り込んだ上で検討を行うこととし、情報通信基盤における課題解決および情報通信基盤を利用したICT利活用による課題解決について検討する。

具体的には、まず、しなやかな社会のビジョンとその実現に向けた問題点を整理し、取り組むべき課題の全体像を明確化する。明確化した課題のうち、的確な情報の活用を支える情報通信基盤における課題解決として、次世代の情報通信システムについて検討し、情報通信システムの現状と今後を展望し、さらに国の新たなIT戦略を踏まえた上で、ICTの利活用によって国、自治体および市民生活がどのように変化していくか考察する。また、しなやかな社会の実現に向けた将来展望について述べる。

次に、情報通信基盤における課題解決の一つの事例として、平常時だけでなく通信が集中する災害・危機対応時にも的確な情報の活用を実現するため、EMC(電磁環境両立性、Electromagnetic Compatibility)の観点からの課題解決について検討する。具体的には、無線LANやBluetoothなどの無線通信システムに関し、電磁干渉の発生しない理想的な屋内電磁環境を設計するためのガイドライ

ンの開発を目的として、屋内電磁環境のコントロール技術と、電磁界シミュレーションを用いた無線基地局の配置設計技術について検討する。

情報通信基盤を利用した ICT の利活用によるレジリエンス向上については、まず、中山間地などのルーラルエリアにおいて、地域情報化によって地域コミュニティの崩壊を防ぐとともに地域コミュニティ活性化による地域防災力向上などの共助および公助を中心としたレジリエンス向上について検討する。具体的には、自治体光ファイバ網を活用した TV 電話システムと自治体広報システムによる自治体と住民間の見守り技術や、小学校と高齢者を地域の自然学習をテーマとした e-Learning コミュニティによってつなぎ、ICT を用いて地域活性化を実現するための要件等について検討する。

また、超高齢化社会において自助、共助、公助を実現しレジリエンスを高めるため、ICT を活用した高齢者の遠隔見守り・介護を実現する仕組みと地域包括ケアシステムの実現に向けた検討を行う。具体的には、医療、ヘルスケアの分野における社会基盤として EHR (Electronic Health Record)、PHR (Personal Health Record)の動向と実際に具現化した仕組みと技術要素などについて述べるほか、病院から退院した要介護患者の在宅療養にライフログを活用し、遠隔見守り・介護を効率良く実現する技術について検討する。

最後に、本論文における取り組みを総括するとともに、実現した内容についてまとめる。また、しなやかな社会の実現に向けた今後の展望として、国や社会システムの動向および技術や ICT システムの展開方法などについて総括する。

**キーワード:**レジリエンス、危機管理、地域活性化、地域包括ケアシステム、遠隔見守り・介護

## 目次

1	序論	1
1.1	巨大災害に見舞われる 21 世紀	1
1.2	安心安全を実現するしなやかな社会とは	3
1.3	しなやかな社会の前提となる社会システムの問題	6
1.3.1	超高齢化社会の実態	7
1.3.2	過疎化および地域コミュニティの崩壊	10
1.3.3	高齢者の見守り・介護に対する動向と課題	12
1.3.4	的確な情報活用を妨げる EMC 問題	17
1.4	本研究の目的と構成	18
2	しなやかな社会を実現するための情報通信サービスに関する検討	23
2.1	はじめに	23
2.2	情報通信技術の動向	23
2.2.1	NGN	23
2.2.2	クラウドコンピューティング	24
2.2.3	クラウドを支える設備の信頼性向上	27
2.3	しなやかな社会の実現に向けた情報通信サービスにおける課題の整理	28
2.3.1	基盤サービス	29
2.3.2	変わる自治体サービス	35
2.3.3	変わる市民生活	38
2.4	しなやかな社会の実現に向けた将来ビジョン	40
2.4.1	実現イメージ	40
2.4.2	しなやかな社会における震災時の報道例	41
2.5	考察	43
2.6	まとめ	47
3	しなやかな社会を支える EMC 対策技術に関する検討	49
3.1	さまざまな屋内環境での無線 LAN 電波伝搬特性と通信性能の実験的検討	50
3.1.1	はじめに	50
3.1.2	ブースの構造	51
3.1.3	電波伝搬特性	52
3.1.4	無線 LAN 性能	57
3.1.5	無線 LAN の性能評価	60
3.1.6	結論	62
3.2	電波吸収ボード付パーティションを利用した無線 LAN カバーエリア制御のための要件検討	64
3.2.1	はじめに	64
3.2.2	室内環境の構成	65
3.2.3	伝搬伝搬特性	67
3.2.4	無線 LAN のパフォーマンス	70
3.2.5	カバーエリアの推定	74
3.2.6	結論	75
3.3	構内無線システムに対応した電磁環境設計システムの開発	77
3.3.1	まえがき	77
3.3.2	電磁環境設計システムの構成	77

3.3.3	設計例	84
3.3.4	まとめ	92
4	地域コミュニティのリジリエンス向上に関する検討	93
4.1	双方向行政情報コミュニケーションシステムを用いた地域情報化の検討	94
4.1.1	はじめに	94
4.1.2	事前調査	94
4.1.3	双方向行政情報コミュニケーションシステムと実証実験	96
4.1.4	結果	102
4.1.5	考察と今後の課題	107
4.2	ICT 利活用による地域コミュニティ活性化に関する検討	109
4.2.1	はじめに	109
4.2.2	事前調査	110
4.2.3	学習コミュニティの構成と評価方法	113
4.2.4	結果	115
4.2.5	小学校	115
4.2.6	考察	119
4.2.7	今後の課題	121
4.3	自治体の防災情報伝達多様化に関する検討	122
4.3.1	防災情報伝達制御システムの開発	122
4.3.2	東日本大震災における防災情報通信システムの活用状況分析	137
4.3.3	防災情報活用に関する将来動向	139
4.3.4	まとめ	140
5	超高齢化社会におけるリジリエンス向上に関する検討	142
5.1	医療、ヘルスケア分野における社会基盤の開発	143
5.1.1	はじめに	143
5.1.2	医療健康共通基盤の概要	143
5.1.3	EHR 基盤、PHR 基盤を支える要素技術	144
5.1.4	医療連携への適用例	149
5.1.5	まとめ	150
5.2	在宅療養患者の遠隔見守り効果に関する検討	151
5.2.1	はじめに	151
5.2.2	方法	151
5.2.3	結果	153
5.2.4	考察	159
5.2.5	まとめ	159
5.3	地域包括ケアシステムの実現に向けた動向分析	161
6	結論	163
6.1	まとめ	163
6.2	今後の展望	164

## 1 序論

### 1.1 巨大災害に見舞われる 21 世紀

近年、巨大地震、津波、巨大台風、ゲリラ豪雨、竜巻、さらに豪雪など日本国内のみならず、世界中において巨大災害、異常気象が相次いで発生しており、甚大な被害が報告されている。また、大規模事故、パンデミックやテロなど、リスクが多様化する中で、国、自治体や企業はさまざまな危機管理・防災対策を行う必要がある。特に 2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は正に未曾有の大災害であった。これまでも、多くの津波を含む災害はさまざまな形で伝えられてきたが、この東日本大震災においては、我々はその状況を映像で後世に残すこととなった。

東日本大震災は、少なくとも戦後、日本人が経験したことのない超広域災害となった。3 月 11 日 14 時 46 分に発生した東北地方太平洋沖地震は、日本の観測史上最大規模のマグニチュード (M) 9.0 だった。震源の深さは約 24km、断層の大きさは長さ約 450km、幅約 200km、断層のすべり量は最大 20~30m 程度、震源直上の海底の移動量は東南東に約 24m で約 3m 隆起したと推定されている。各地の震度は、宮城県北部で震度 7 を記録した他、宮城県南部・中部、福島県中通り・浜通り、茨城県、栃木県で震度 6 強、岩手県沿岸南部・内陸北部・内陸南部、福島県会津、群馬県南部、埼玉県南部、千葉県北西部で震度 6 弱の揺れを観測した。さらに余震も規模が大きいだけでなく回数も多く、震度 6 強が 2 回、震度 6 弱が 2 回、震度 5 強が 10 回、震度 5 弱が 30 回、震度 4 が 175 回もあった[1]。

その後に発生した津波は、気象庁の発表では波の高さが岩手県宮古で 8.5m 以上、岩手県大船渡で 8.0m 以上、宮城県石巻市鮎川で 8.6m 以上、福島県相馬で 9.3m 以上となっている。実際には岩手県宮古市の田老地区では高さ 10m の防潮堤を優に乗り越えたことから、10m 以上あったところもあると推定されている。さらに、津波は東日本太平洋沿岸部だけでなく、四国、九州にも押し寄せている。国土交通省港湾局によると、高知県の須崎港では地震発生の 6 時間後である 20 時 59 分に 278cm の高さの波を観測しており、宮崎県の宮崎港では翌日の 3 時 33 分に高さ 164cm の波が押し寄せている[2]。

死亡者数は 1 万 5850 人、行方不明者は 3281 人 (2012 年 2 月 15 日現在) となり死者行方不明者の合計は 2 万人に迫る。建物被害は全壊建物が 12 万 8558 棟、半壊建物が 24 万 3486 棟で、合計約 37 万棟以上となっている。岩手県、宮城県、福島県の太平洋沿岸部の市町村では、津波により地区単位で流出したところが多い。災害救助法が適用されたのは 10 都県 241 市区町村 (長野県北部を震源とする地震で適用された 2 県 4 市町村を含む) にも上っている[1]。

大都市で懸念されていた帰宅困難者の問題も東日本大震災で現実のものとなった。首都圏では、鉄道・道路などの交通網が麻痺して、約 515 万人の帰宅困難者が出た。また、超広域災害に加え、東京電力福島第一原子力発電所で発生した原発事故がもたらす社会への影響として、被災者の避難先の問題もある。震災発生から 9 カ月経った 2012 年 2 月 1 日現

在で、避難生活（仮設住宅も含む）を送っている人の数は 34 万人を超えており、避難先は全国に広がり、元の生活に戻れる目処が立たないまま、避難生活が長期化している。政府は震災による被害額を 16 兆 9000 億円と試算したが、実際のところ東京電力福島第一原子力発電所の事故の被害金額、補償額も含めると、全体の被害額を計りきれないのが実情である。

東日本大震災発生前の 2011 年 1 月に、地震調査研究推進本部が発表した海溝型地震と首都圏直下型地震の長期評価（30 年以内）の概要を図 1-1 に示す。宮城県沖では 99% となっており、東日本大震災ではまさにこの長期評価どおりの地震が発生したことになる。しかし、東北 3 連動地震という形で指摘されていたわけではなかった。また予想されていた規模は M7.5~8.0 だったが、東日本大震災の規模は M9.0 である。東海から南海にかけての地震は、幕末の安政の大地震以降もたびたび発生しているが、大地震という意味では 1946 年の昭和南海地震（M8.0）から 2012 年まで 66 年が経っており、東海での大地震は安政の大地震以来発生していない。仮に、この東海から南海にかけて連動した大地震が発生すれば、その被害規模は東日本大震災とは比べられないほど甚大になることは間違いない[3]。

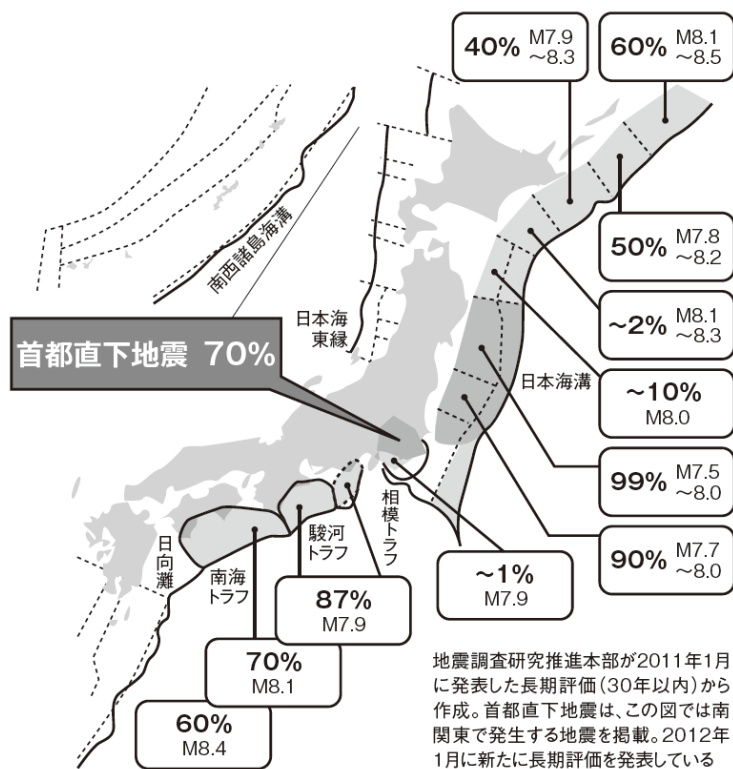


図 1-1 海溝型地震と首都直下地震の長期評価の概要

Fig. 1-1 Summary of long-term evaluation of subduction earthquake and earthquake in Tokyo Metropolitan Area.



内閣府中央防災会議が 2012 年 8 月 29 日に発表した南海トラフ巨大地震の被害想定(第一次報告)では、最も被害が大きい東海地方が大きく被災するケースにおいて、死者数最大約 32 万人、全壊及び焼失棟数 2,382 千棟と報告された。経済被害については平成 24 年度中に報告される予定であるが、東海道新幹線、東名高速道が津波被害に遭えば、東京と名古屋・大阪に通じる交通の大動脈が寸断され、その経済的な被害と日本社会全体に与えるインパクトは計り知れない。

## 1.2 安心安全を実現するしなやかな社会とは

現在、災害・危機からの被害を抑止するための防災技術と、被害からの回復(復旧)と復興を支える減災技術についてさまざまな研究が行われている。この二つの側面が両立する防災を「総合的な防災力=レジリエンス(Resilience)」と呼び、今後の社会においてはレジリエンスを高めることが重要である[3],[4],[5]。

「総合的な防災力」とは、地震、津波、台風などのハザードに対して、建物の崩壊、津波の浸水、河川の氾濫などの被害をできるだけ抑止して、仮にこれらの被害が発生しても、生命を守り、寸断したインフラを迅速に回復し、生活、社会、経済の活動を継続させ、被災者の生活レベルを事前にまで戻し、さらにそれ以上にまで引き上げるための復旧、復興に取り組むことである。

「レジリエンス」には弾力性、復元力、回復力などの訳語があるが、ここでは「しなやか」という意味合いを持たせている。当該地域の抵抗力を超えるハザードによる「被害が発生して影響を受けても、柳の枝のようにしなやかに立ち直る社会」を意味している。「レジリエンス=しなやかさ」を高めるとは、ある程度の頑健さと、災害の影響を受けてもすぐに回復する力を併せ持つことである。

21 世紀に入って、日本だけでなく世界中において、人類は甚大な被害をもたらすハザードと直面するようになった。これまでのような抵抗力に頼るだけの防災の在り方では、社会は深刻な災害からの影響を長時間受けたままになってしまう。このため、「レジリエンス」を高めることで、甚大な被害をもたらすハザードに立ち向かう「しなやかな社会」になることが求められている。

「総合的な防災力=レジリエンス」向上のイメージを図 1-2 に示す。同図では、ハザードに対する社会の脆弱性を三角形で表している。脆弱性とは、被害を抑止(防災)するための機能と、災害の影響を軽減(減災)するための機能が、社会に十分に備わっていないことである。防災と減災を実現するには、ハザードに対する社会の脆弱性を把握し、それを克服していく必要がある。

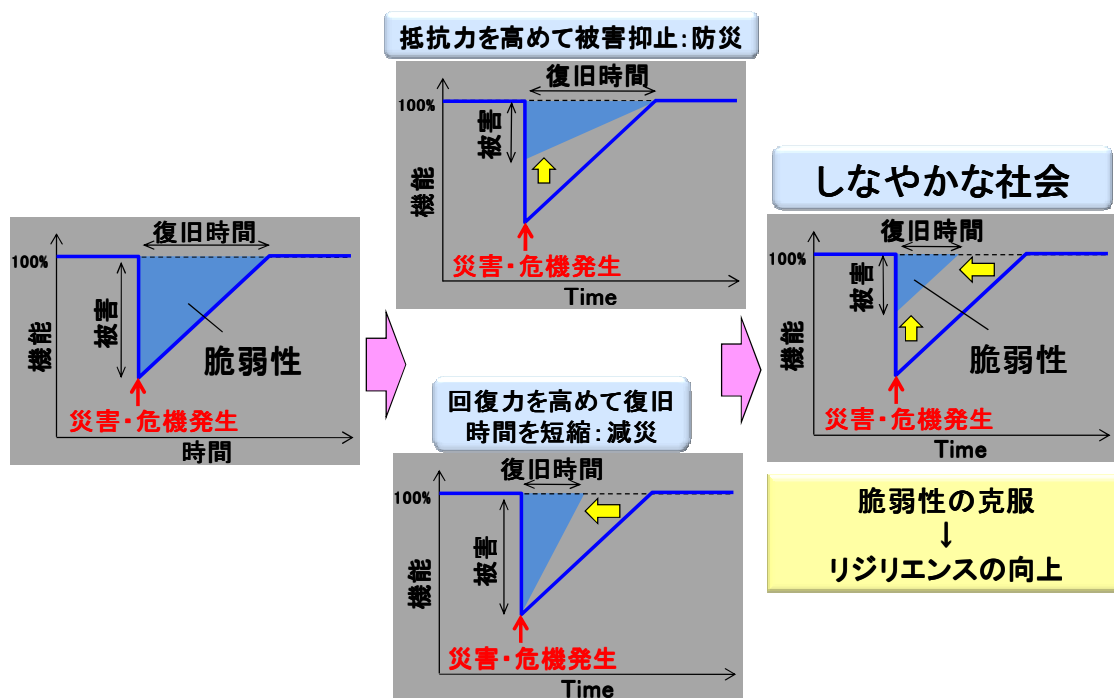


図 1-2 「総合的な防災力=レジリエンス」向上のイメージ

Fig. 1-2 Image of improvement of comprehensive disaster prevention ability: resilience.

社会の脆弱性は「被害の大きさ」と「復旧時間の長さ」の、二つの側面で表すことができる。グラフの縦軸は、災害の影響による社会機能の低下の度合いを表しており、上限の100%は全快した状況である。下にいくほど甚大な被害を受けた状況にある。横軸は時間を表し、被害を受けてから全快した状態になるまでの時間は復旧時間である。被害の大きさと復旧時間に当たる辺から成る三角形の面積が脆弱性を意味する。この面積が小さい社会ほど災害に負けない社会、つまり「レジリエンス」を実現した「しなやかな社会」である。

ハザードが起きる前に抵抗力を高めて被害抑止に努めておけば、縦軸である被害の値を小さくできる。しかし被害は小さくても復旧時間が長くかかれば、社会に対する影響は大きくなる。逆にハザード発生後の回復力を高めて早期復旧の体制を整えておけば、発生直後の影響が大きくても脆弱性をある程度カバーできる。つまり、抑止力と回復力の両方を高める「総合的な防災力」を持った「レジリエンス」の実現が、現代社会に求められている。

災害に負けない「しなやかな社会」を実現するためのコンセプトは、「自律分散協調」である。自律分散協調型の社会の仕組みは、図 1-3 に示す網の目状の図形で説明できる。網の目における一つひとつの節点が、社会を構成する要素である。つまりこの節点を、個人、自治体、組織、地域などと置き換えることができる。

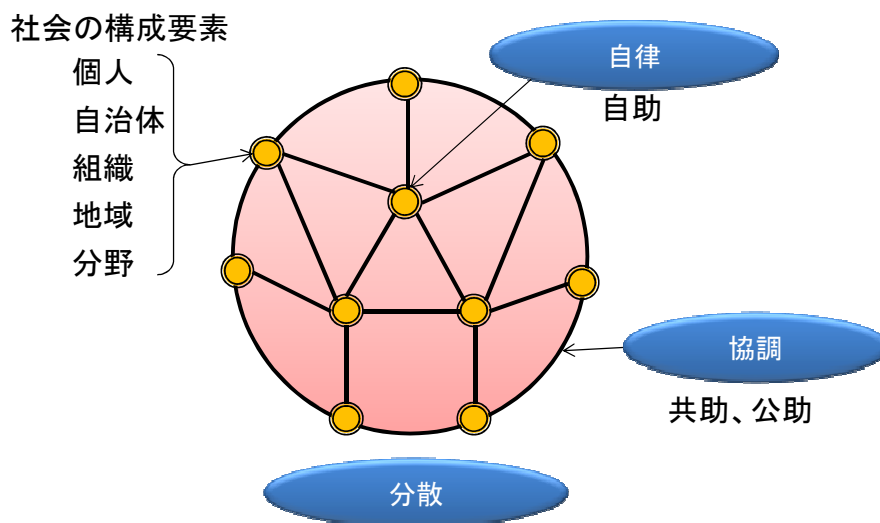


図 1-3 自律分散協調のイメージ

Fig. 1-3 Image of autonomous and decentralized cooperative society.

重要なことは、社会を構成する要素（個人、自治体、組織といった網の目の節点）の一つひとつ（一人ひとり）が、他から制約を受けず、自己の責任において独立して存在していることである。同時に、お互いに足りないところがあれば補完し合い、より良い社会を作り、それぞれの営み（事業など）を継続させるためにお互いが協調することである。言い方を変えると、「自律分散協調」は「自助」、「共助」、および「公助」（または「互助」）にあてはめることもできる。

節点の一つひとつを自治体として考えると、自治体相互支援を進める日本の社会となる。東日本大震災後の対応では、関西広域連合に属する各自治体が、支援する被災自治体を分担し、職員の派遣や物資の供給に取り組む自治体相互支援が進められた。この動きは今後制度化される方向にあり、例えば太平洋側と日本海側、沿岸部と山間部、あるいは都市と地方など、地域性を補完する形で自治体の相互支援関係が考えられている。

また、節点を民間企業に置き換えてみると、東日本大震災の一つの姿が浮き彫りになる。東日本大震災では、まちのインフラとしての小売店の役割が再認識された。既存の物流網が途絶し商品供給が滞ったとき、多店舗展開するコンビニなどのチェーンストア企業は、被災した店舗に対して従業員を派遣したり、商品を店舗間で融通したりするなど、被災地の店舗を支援した。

自律分散協調型の社会の仕組みを支えるためには、ICT（情報通信技術）が重要となってくる。これは、平常時においては、時間と場所と端末に依存せず情報にアクセス可能とするとともに、情報を加工・発信できるシステムであり、災害・危機時においては、広域災害の被害状況をリアルタイムに可視化したり、遠方からでも支援可能とするシステムである。こうした ICT の進展により、物理的な距離があっても情報を共有し協調できるよう

になってきている。特に東日本大震災以降、それまで以上に注目されたのが、これまでの情報の利活用の方法や扱い方、さらにはビジネス形態を大きく変えているクラウドコンピューティング（Cloud computing、以下、クラウド）である。

さらに、レジリエンスを高めるために必要不可欠なことは、的確な情報の活用である。情報を有効かつ効率的に活用し、いかに迅速に災害・危機対応と復旧・復興を行うことができるかがこれからの防災の新たな課題である。的確に情報を活用するためには、クラウドなどの ICT システムを有効活用することが重要となる。このため、クラウドなどの ICT システムを支える情報通信基盤が最も重要となるが、東日本大震災においては、情報通信基盤も甚大な被害を受けており、危機・災害に強い情報通信基盤の実現が急務となっている。

また、特に自治体などにおいては、現状において ICT システムを使って情報を有効かつ効率的に活用しているとは言い難い状況にあり、例えば電話や Fax による現場からの報告を受けて情報をホワイトボードに書き出し、さらに上部組織に電話や Fax で報告するということが現在でも行なっている。このような旧態依然の状況を打開し、ICT システムを使った情報活用の実現にはさまざまな問題が存在する。自治体クラウドなどの実証事業も始まっているが、個人情報保護に関する制度面やセキュリティ面の問題、導入に際しての費用面の問題、あるいは情報を活用する組織や体制の整備などの問題があるほか、クラウドの特徴を活かした共同利用における業務フローやデータ構造などの標準化の問題等が解決できない限り、ICT を活用したしなやかな社会を実現することは困難である。

2011 年 11 月、危機管理に関する新たな国際標準 ISO22320（社会セキュリティ：危機対応に関する要求事項）が発行され、日本国内においては JIS 化されることが決定している。（日本語版は 2012 年 4 月に発行）この ISO22320 には、効果的な危機対応を実現するための必要最小限の要求事項が規定されており、危機対応にかかわる単一の組織における「指揮・調整」、「活動情報」、および「協力および連携」に関する要求事項が規定されている。また、危機対応レベルの規定のほか、情報規格の統一として情報の信頼性、情報源の信ぴょう性を各情報に記載することが規定されている。この国際標準は国際レベル、国家レベル、地域レベル、または地元レベルで起きる危機事案へ備える、あるいは実際の対応に関与するあらゆる組織（民間、公共、政府、または NPO）に適用可能となっており、今後、多くの危機管理組織、危機管理システムが ISO22320 に準拠することが必要になると考えられる。このため、しなやかな社会の実現に向け、的確な情報の活用および情報を活用する組織・体制整備において、この ISO22320 への準拠が重要となり、全国でこの標準に準拠することで、危機管理システムの共同利用や自治体相互支援などがスムーズに行えるようになる。

### 1.3 しなやかな社会の前提となる社会システムの問題

しなやかな社会の実現においては、危機・災害時にどのように対応していくかということだけでな

く、平常時から社会システムのレジリエンスを高めておく必要がある。しかし、日本の社会は世界トップレベルの超高齢化社会を迎えており、個人や自治体という観点で「自律分散協調」の概念となる「自助」、「共助」および「公助」を支える社会システムそのものが、その足元から崩壊を始めている。また、これは少子高齢化かつ過疎化の進むルーラルエリアだけでなく、都市部においても問題となっている。

具体的には、自身の身を守る「自助」が困難な高齢者が増えているだけでなく、「共助」のベースとなる地域コミュニティが衰退かつ高齢化しており、「共助」も困難になってきている。さらに病院や介護施設におけるベッド数が不足し、在宅で介護を受けざるを得ない人が増加しており、避難所や施設に避難できる人数に限界もあるため、自治体などから援助を受ける「公助」も困難な状態になりつつある。

### 1.3.1 超高齢化社会の実態

現在、日本は65歳以上の高齢者の人口が総人口の2割を超えた超高齢化社会(2007年度に21%を越えた)となっており、今後さらに少子高齢化が進展すると予測されている[6],[7](図1-4)。2015年度には4人に一人が65歳以上となると予測されており、高齢者人口の増加とともに、要介護認定を受けた高齢者の数も年々増加している[8](図1-5)。さらに、図1-6に示すように65歳以上の高齢者のみ世帯も徐々に増加しており、2010年度で既に全世帯数の約2割となっているほか、65歳以上の独居高齢者世帯の割合も2010年度で約10%、2030年度に約15%に増加すると予想されている[8]。

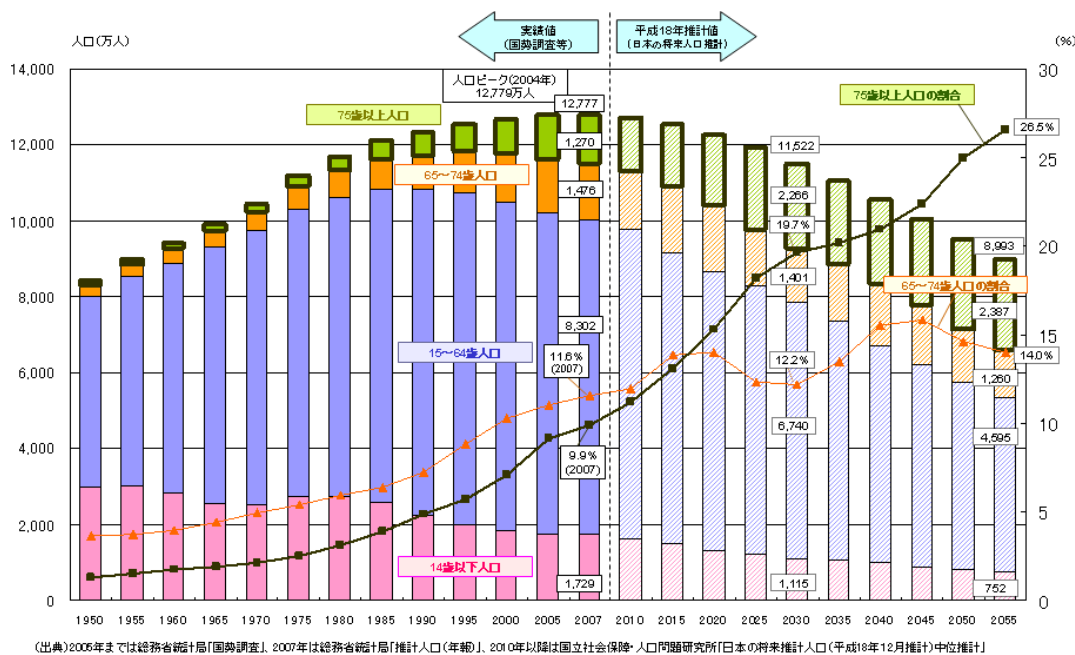
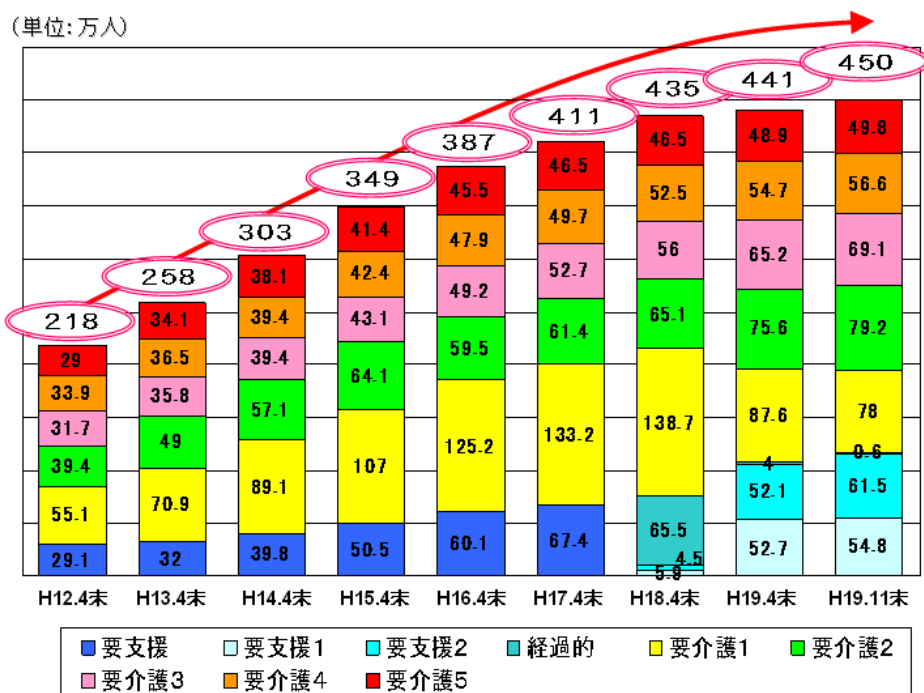


図 1-4 日本の人口推移

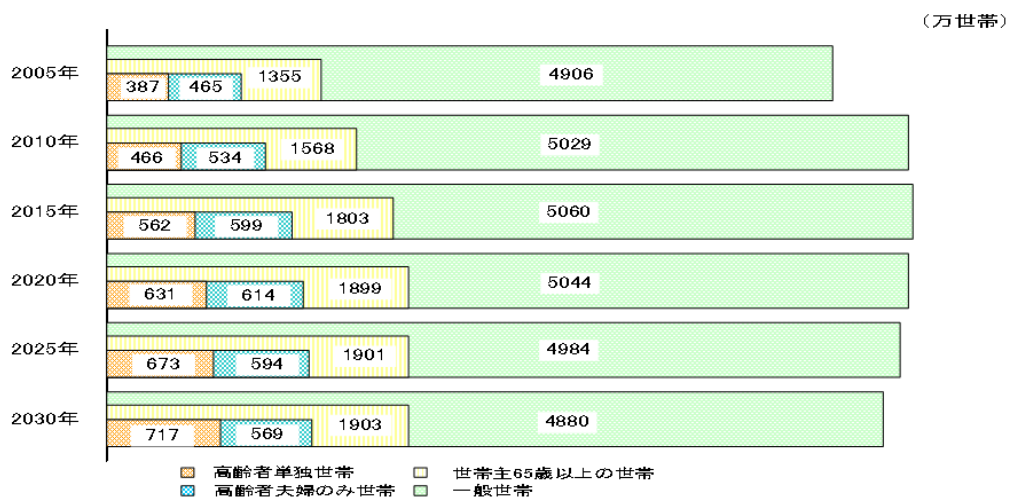
Fig. 1-4 Trends in the Japanese population.



(出典) 介護保険事業状況報告 他

図 1-5 要介護者数の推移

Fig. 1-5 Changes in the number of person in need of nursing care.



(出典) 実数値: 国勢調査[総務省]

推計値: 日本の世帯数の将来推計(全国推計)(H20.3推計)(国立社会保障・人口問題研究所)

図 1-6 日本の世帯数の将来推計

Fig. 1-6 Projections of the number of households in Japan.

超高齢化社会の進展と並行して、国民医療費も年々増大しており、2009 年度には 36 兆円、2025 年度には 56 兆円に達すると推計されている[6]。国民医療費は、過去より一貫して上昇傾向にあり、近年は診療報酬改定や自己負担率引上げなどの要因を除くと毎年 3%前後で上昇しており、経済成長を上回る率で上昇している。国民医療費増加の要因としては、少子高齢化による老人医療費の増加や医療技術の進歩・普及による高額な治療の増加などの議論がされているが、医療機関における重複治療など、医療サービス提供側の要因もあると考えられる。

このような状況の中、病院の破綻も相次いでおり、約 6 割の公立病院が赤字[9]となっているほか、健康保険組合など保険者の赤字・破綻も増大しており、健康保険組合の 9 割が赤字(1,460 のうち 9割が赤字)であり毎年 20 程度が破綻している。病院経営に関しては、診療報酬改定などの施策によって年々回復傾向にはあるが、病院、健康保険組合の赤字・破綻、国民医療費増大という悪循環を根本的に解決するには至っていない。

更に、医師不足と地域偏在という問題も顕在化しており、医師不足に関しては人口 1000 人あたりの医師数が 2.0 人であり、OECD(経済協力開発機構)加盟 30 カ国中 27 位(平均 3.0 人)であるとともに、国民 1 人あたりの年間受診回数 13.7 回と 30 カ国中最多となっている状況[10]である。地域偏在に関しては、過疎地や中山間地域における医師数が不足していることは周知の事実である。図 1-7 に年齢別の罹患率[11]を示すが、罹患率は高齢になるほど高まり、50 代と比較して 70 代は 3 倍、60 代と比較して 80 代は 4 倍となり急速に数値が上昇していることがわかる。更に、図 1-8 に示した地域ブロック別にみた高齢化の進展度合い[12]より、将来的に首都圏を含む南関東エリアにおける高齢化率が急増することがわかる。このことより、医師不足は地方だけでなく、将来は急速に高齢化を迎えるとともに膨大な数の高齢者を抱える都市部においても、高齢者向けの医療機関や介護施設の供給が追いつかなくなると予測される。

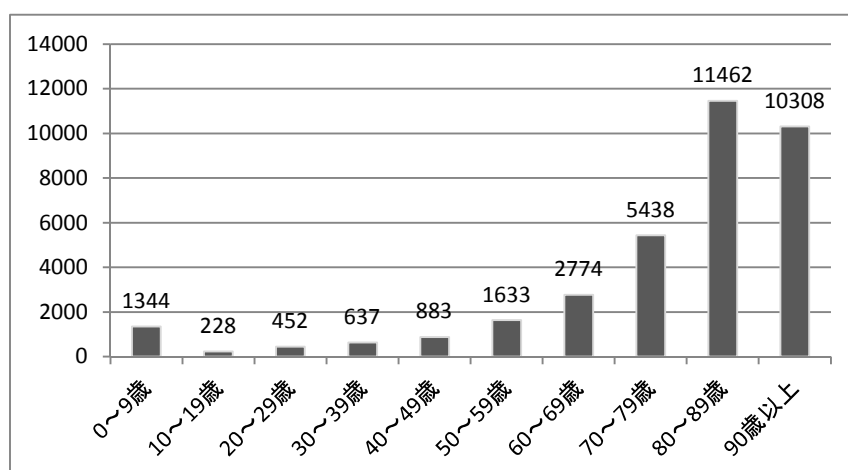


図 1-7 年齢別の罹患率(病気にかかる割合) (全疾患対象、縦軸は人口 10 万人あたりの人数)

Fig. 1-7 Prevalence of age-specific. (For all disease. The vertical axis shows the number of people for 100,000 population)

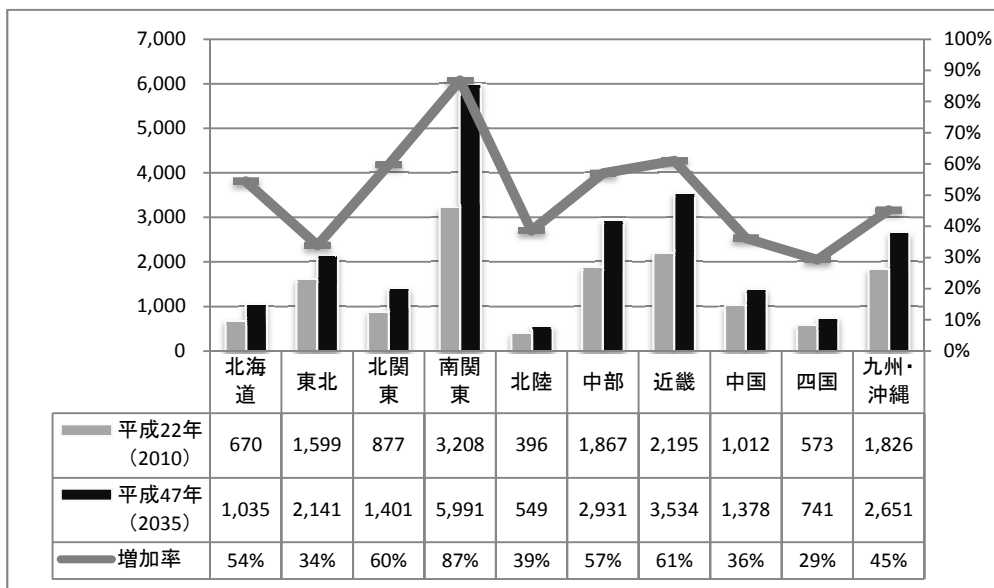


図 1-8 地域ブロック別にみた高齢化の進展度合い(単位：1000 人)

Fig. 1-8 Degree of aging by regional block. (Unit: 1000 population)

このため、高齢者は要介護と認定されても施設などに入ることが困難となり、在宅で介護を受けざるを得なくなってくる。自治体では、要介護者など「自助」が困難な人を、災害時要援護者として自治体への登録を推進するとともに、災害・危機対応時には優先して対応しているところが多い。しかし、実際には病院や施設などと自治体の防災課で個人情報の扱いが異なるため名簿の共有ができず、災害時要援護者の把握には本人から防災課への登録が必要であり、十分な状況把握や柔軟な対応が困難となっているところが多い。また、災害・危機対応時には、収容能力の関係から要援護者の避難所や施設での収容がそもそも困難となるばかりか、膨大な在宅介護への支援なども難しい状況となることが予想される。したがって、しなやかな社会の前提となる「自律分散協調」の概念である「自助」、「共助」、および「公助」の実現は、超高齢者社会の進展と共に何らかの対策を早急に打たない限り困難な状況となってきた。

### 1.3.2 過疎化および地域コミュニティの崩壊

しなやかな社会を支える基盤となる「共助」の面から近年の地域コミュニティを振り返ると、従来地域コミュニティ内で行なわれてきたさまざまな社会活動が、サービスの購入という形態に置き換わってきており、地域コミュニティにおける人々のつながりが希薄になってきている[13]。これに伴い、「共助」および「地域防災力」も弱くなってきている。特に中山間地においては、このような問題に加え少子高齢化や過疎化が進んでおり、地域コミュニティの崩壊が進展している。従来は地域コミュニティ内の消防団や青年団を中心に地域防災力が継続的に維持・向上されていたが、近年、これらの構成員が高齢化しており、ノウハウ継承等が困難となり、地域防災力が弱くなってきている。



農業を主産業とする中山間地では、多くの農家が兼業農家であるが、ほとんどの大人が地域外に働きに出るため、日中は高齢者と子供だけが存在するという地域が多い。このため、日中に巨大災害などの災害・危機が発生した場合は、高齢者と子供だけで対応せざるを得ない状況となる。このため、公助および地域防災力向上のためには、少子高齢化や過疎化の問題を地域活性化等により解決し、地域コミュニティの再生・活性化を行う必要がある。

一方、都市部においては、賃貸マンションやワンルームマンションが急増し、地域コミュニティという概念を無くしている地域が多くなってきている。これは、都市部においては近隣との関係を必要とせず、孤立したまま便利な生活が可能であるためであり、従来から住んでいる住民による地域コミュニティや町会は存在するものの、その中において地域コミュニティに属さず孤立したままの状態になっているものである。しかし、このような都市部においても、東日本大震災をきっかけに周辺との共助を求める関係へと変わってきている。これは、東日本大震災があまりにも巨大な災害であったため、これまで地域コミュニティとの関わりは煩わしいと孤立を求めている人々が、このままでは震災時に生存不能になると考え、従来の地域コミュニティ活動を求めだしたものである。

このようにルーラルエリアだけでなく都市部においても、地域コミュニティの活性化による公助や地域防災力向上が必要とされている状況であるが、一般的に地域活性化は自治体が主体となって推進している場合が多い。また、その多くは ICT を利用した一方向的な行政サービスの情報化であり、地域コミュニティの情報化はほとんど行なわれていない。このため、NPO などが地域活動の主体となっている一部の地域を除いてほとんど地域コミュニティは活性化しておらず[13], [14], [15]、住民参加型の活性化[16]が必要とされている。

また、地域コミュニティの活性化だけでなく、しなやかな社会の実現に不可欠な確かな情報の活用のためには、平常時から自治体と地域コミュニティや個人が生活に必要な情報を共有しておくとともに、災害・危機の際には確実に自治体から住民に正確な情報を伝える必要がある。行政サービスの情報化に関しては、従来、市町村防災行政無線など一方向で情報を流す場合が多かったが、近年は自治体のホームページを通じた情報発信や、電子メールや携帯メールを用いた情報配信なども行われている。ルーラルエリアにおいては、自治体が光ファイバ網を各家庭に整備するとともに TV 電話を配布し、TV 電話端末のブラウザを介して双方向型の情報伝達をしているところも存在する。

しかし、まだ多くの自治体は防災行政無線を重視している状況であり、約 8 割の自治体(市町村)において災害・危機の際に住民に避難勧告・指示情報を提供したり、平常時の広報用に屋外スピーカを用いた同報系の防災行政無線を使用している。この防災行政無線は、総務省の方針により従来のアナログ方式(60MHz 帯)から、デジタル方式(260MHz 帯)への更改が進められている。しかし、防災行政無線の更改には多額な投資が必要であるなどの理由により、更改した自治体は約 2 割に留まっており、耐用年数を過ぎたシステムがそのまま使われているケースが多い。

東日本大震災後、自治体からの情報配信のあり方についてさまざまな方面から見直しが入り、防災行政無線だけでなく、携帯メール、地上波デジタル放送、デジタルサイネージ

などさまざまな通信網やメディアを活用して確実に住民に情報を届けるような施策が総務省や消防庁を中心に取られるようになった。しかし、このように利用するシステムが増加するにつれ、自治体の担当者はそれぞれのシステムに対して操作が必要になるなど緊急時の稼働が増え、住民への配信に時間を要するようになってきている。さらに、これらのシステムはそれぞれ単一網で構成されていることが多いため、ネットワークに障害が発生した場合、住民への情報伝達が不能になるといった課題もある。したがって、さまざまな通信網やメディアを使ったハイブリッドタイプの情報通信の仕組みや、確実かつ簡単に情報配信および伝達が可能な仕組み、さらに平常時から活用可能な情報配信の仕組みなどを実現することが必要とされている[17],[18]。

### **1.3.3 高齢者の見守り・介護に対する動向と課題**

超高齢化社会の進展により、高齢者が増加する将来においては、自宅や施設において診療や介護が必要な患者が更に増加する。この背景には、前述のような医療機関不足の問題に加え、病床利用率を高く(空きベッド数を少なく)維持したままで患者の平均入院日数を短くしベッドの回転率を高くするという病院経営効率化の問題もある。このため、患者は自宅での診療や介護施設へ移される傾向にあるほか、従来は終末期のみを病院から退院して在宅や施設で生活するパターンが多かったが、現在では急性期のみ入院し、慢性期以降を在宅や施設で生活するパターンが増加している。在宅や施設で治療・介護する場合、医師が不足している状況に加え、往診による医師や患者の移動負荷や時間負荷が発生する。したがって、遠隔地から診断、指示などの医療行為を行いたいというニーズが増加しており、遠隔医療・介護・見守りの必要性が益々大きくなってきている。

しなやかな社会の実現においては、このように遠隔医療・介護・見守りが普及する超高齢化社会においても、自治体、地域コミュニティ、医療・介護機関および高齢者が密に連携し、平常時から情報連携しつつ、災害・危機時にも混乱を起こさないように準備しておくことが必要である。また、高齢者本人においては、病気にかからないように健康レベルを維持することや、病気になった場合であっても入院などに発展しないよう健康を維持すること、また、例え入院した場合であっても退院後に介護も含めて健康レベルを維持・改善することが重要である。このような健康レベルの維持・管理をICTを用いてサポートし、病気になっても安心して生活できる社会を実現することがしなやかな社会の実現に大きく寄与する。

更に、前述のように独居高齢者が激増する状況にある中、独居高齢者が安心して生活できる社会、仕組みの提供が必要であり、具体的には ICT を用いた遠隔地や地域コミュニティでの見守り、孤立死防止、あるいは緊急時の迅速なケアなどが必要とされている。独居高齢者が安心して生活できる社会を実現するため、ICT を用いた遠隔見守り手法としては、主に、緊急通報ペンダントや携帯電話を用いた通報系、転倒や急病を自動検知する異常検知系、高齢者とのコミュニケーションを主体に見守るコミュニケーション支援系、および健康管理系(遠隔介護、診療含む)という4つの分類に分けることができる。図 1-9 にこれら4つの分類の全体俯瞰図を示す。

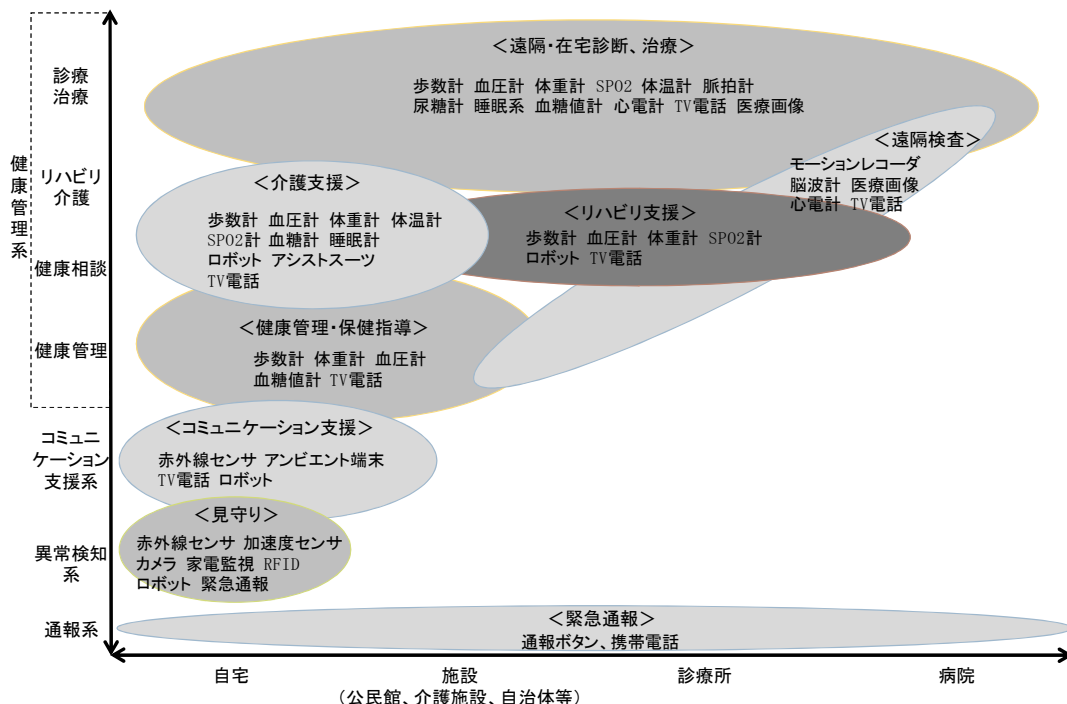


図 1-9 遠隔見守り・介護の分類と全体俯瞰図

Fig. 1-9. Classification of remote watching and nursing care.

図 1-9 において、横軸は自宅、施設、診療所、病院という場所、縦軸は遠隔見守り・介護の分類である。各枠の中には、使用される主なデバイスを記載した。通報系については、緊急通報ボタンなどを用いた仕組みが自宅から病院まで幅広く使用されている。また、自宅においては、通報系、異常検知系から健康管理系まで幅広く、さまざまなデバイスを用いた検討が行われている。一方、施設では健康管理や介護支援といったものが主体となり、異常検知やコミュニケーション支援はあまり検討されていない。更に診療所や病院においては、遠隔診断や治療が主体となっている。

通報系では、高齢者に緊急通報ボタン付きペンダントを携帯させたり、自宅のインタフォンやトイレに緊急通報ボタンを取り付け、インターネットや電話回線を通してコールセンタとつなぐことで高齢者の能動的な緊急通報を受け付けるサービスが実用化され、防犯などのセキュリティサービスと組み合わせた形で広く普及している。しかし、現状ではあくまで高齢者自らの判断に基づいた通報しか対応できていないため、突然の意識不明や就寝時における異常、さらに異常となる前に発見し異常を未然に防ぐなどのサービスにまで展開できる可能性はほとんどない。更に、認知症の患者になると緊急通報ボタン付きペンダントを携帯するのを嫌ったりボタン操作ができなかったりするため、認知症患者への適用は困難なケースが多い。

異常検知系では、赤外線センサ、加速度センサ、あるいはカメラを使った高齢者の行動監視・分析による転倒や突然の意識不明などの異常検知、ポットやテレビなど家電の使用状況の監視・分

析による生活パターンの異常検知、更に家庭内物品に配置された RFID タグを用いた行動監視・分析による生活パターンの異常検知や認知症の発見などが主に行われている。センサやカメラを使った行動監視・分析については、各家庭の各所に設置した人感センサやカメラ、または高齢者に所持させた加速度センサを用いて平常時の行動パターンを分析するとともに、転倒などの瞬間的な異常を検知する検討が行われている[19]、[20]。家電の使用状況による異常検知に関しては、ポット、テレビ、冷蔵庫またはガスコンロなどの日常的に使用される家電の利用状況を電力使用量や開閉センサなどを利用して分析し、通常的生活パターンと異なる異常検知を目的とした緩やかな検知に関する検討が行われている[21]。

これらの異常検知系の検討は、高齢者の意識に関係なく突発的な異常を検知することができるため実用化への期待は大きい、そのほとんどが高齢者に関するセンシング情報を監視者へ通知する片方向の通信であり、高齢者にとっては監視と捉えられる面が多い。また、使用するセンサが多く必要であるなどコスト的な問題もあり、短期の実験で終了している事例が多く、実サービスとして継続している事例は少ない。

コミュニケーション支援系では、異常検知系のような監視の要素が高い片方向通信ではなく、例えば離れて暮らす家族と高齢者を双方向で結び、日常的なコミュニケーションを支援することで高齢者を見守るさまざまな検討が行われている。つながり感通信[22]においては、高齢者宅の居間と離れて暮らす家族(例えば息子夫婦)の今に設置した人感センサ付き端末をインターネットで接続し、双方の人感センサで検知した情報を光やオブジェの動きに変換し、高齢者および家族の日常(居間への出入りなど)を背景情報としてさり気なく知らせ合う検討が行われている。効果としては、高齢者側には見守られることによる安心感が醸成されると共に、離れた家族に対する見守り感も醸成され、無意識無拘束で緩やかな見守りが可能との報告がされている。

また、ウェルダリーコミュニケーションでは[23]、つながり感通信で用いたオブジェの動きを環境映像の変化に変えるとともに、TV 電話や手書きメッセージ交換を主体として地域コミュニティ(高齢者コミュニティと自治体の福祉課職員など)との間の緩やかな見守りを検証している。効果としては、コミュニケーションの各手段から安心感が醸成され、システムの利用意向が高い地域とそうでない地域が存在し、高齢者の社交性や技術に対する開放性、さらに高齢者の健康度などの関係が示唆されているが各要因相互間の関係については明らかになっていない。

このようにコミュニケーション支援系では、双方向でのセンサ情報やり取りと簡単に使えるTV 電話を主体とした遠隔見守りが検討されたが、高齢者から TV 電話を使う際には化粧が必要、次第にTV 電話の前やセンサの前を通らなくなるなどの結果も報告されており、徐々に高齢者が拘束感を感じるようになる傾向にあると考えられる。ウェルダリーコミュニケーションの事例でも報告されているように、コミュニケーション支援系の仕組みは、すべての高齢者に受け入れられるほどのニーズとはなっていないことがわかる。また、端末の価格も高価であり、緩やかな見守りだけに用途を絞ったサービスに高額な投資をする家庭が少ないため、実サービスに至っている例はほとんどない状況である。

健康管理系では、インターネットを介して歩数、血圧、体重などを登録して自ら健康管理を行う

遠隔健康管理、健康管理に加え定期的に医師や保健師との面談を行う遠隔健康相談というヘルスケアの領域での検討と、医師が遠隔で患者のリハビリなど指導をする遠隔介護、さらに医師が遠隔で診断したり治療する遠隔診療・治療にわけることができる。ここで、遠隔健康管理や遠隔健康相談は、現状では医療保険や介護保険の対象外であり、医療行為とは異なる一般的なヘルスケア分野である。一方、遠隔介護は介護保険の適用対象、遠隔診療・治療は医療保険の適用対象であり、医療行為として行われている遠隔医療・介護分野と分類する。

遠隔健康管理・相談分野では、高齢者が日々の歩数、血圧、体重などのバイタルデータをインターネットを介して民間ヘルスケア事業者や自治体が運用するサーバーに登録し、データを閲覧したり、他のユーザーと SNS などコミュニケーションして健康管理や健康増進を図る遠隔健康管理サービスなどが多く行われている[24]、[25]。また、医師不足のルーラルエリアにおいては、遠隔健康管理サービスに加え、自宅や公民館などで TV 電話を使い、遠方の医師からバイタルデータを共有しながらの健康相談を受ける遠隔健康相談サービスも行われている[26]、[27]。岩手県遠野市で行われている遠隔健康相談サービスでは、高齢者の約 7 割が体重減少などの効果が得られたほか、歩行を主体とした高齢者グループでの運動サークルや、週に 1 回高齢者が公民館に集まって行われるバイタルデータの測定・登録、遠隔健康相談の際の高齢者同士の談笑などによるコミュニティ活性化などの効果も報告されており、高齢者の健康増進だけでなく地域コミュニティ活性化にも大きく貢献している事例もある。

遠野市のケースは、比較的健康な高齢者同士のコミュニティによる緩やかな見守りに発展している事例と考えられる。しかし、高血圧や糖尿病などの慢性疾患を持つ高齢者の場合には、遠野市の事例のように自身の健康状態をオープンにした医師との面談ではなく、閉じた空間での面談が行われる場合が多いため、高齢者同士のコミュニティ活性化や緩やかな見守りに発展するケースは少ないと考えられる。また、バイタルデータ登録や面談が自宅で行われる場合においても、疾病管理や保健指導的な要素が強く、見守りに繋がるような事例は報告されていない。

実際のサービス面では、高齢者の各家庭で普段良く使用されている体重計や血圧計および安価な歩数計が利用でき、インターネット回線もしくは携帯電話も利用できるほか、300 円/月程度の安価な ASP サービスも提供されており[27]、今後の医療費削減に向けた自治体あるいは健康保険組合の施策としての普及が見込まれる。

遠隔医療・介護の分野における遠隔診療・治療では、診察や治療時にのみネットワーク接続するケースがほとんどであり、見守りに繋がるような事例は報告されていない。遠隔介護では、病院での入院中に介護で使う SPO2 計や血糖計などのバイタル機器の使い方を本人や家族に習得してもらい、退院後に自宅で日々データ登録を行い、定期的に TV 電話を介して遠隔での診察を行うなどの事例が報告されている。しかし、あくまで介護保険や医療保険の範疇で行われている医療行為であり、見守りに繋がるような事例は報告されていない。しかし、遠隔介護の実際のサービス面で、医療費削減に向けた病院側の経営効率化の施策として、各種機材の病院からのレンタルなどが期待されるため、今後の普及が見込まれる。

以上のことより、ICT を活用した遠隔見守り・介護という観点では、健康管理系の手法を主体とし

て緩やかな見守りを実現すると共に、転倒や突然の意識不明などの突発的な異常検知が可能な仕組み[28]を実現することが出来れば、持続的な遠隔見守り・介護サービスを実現可能と考える。このような効率の良い遠隔見守り・介護サービスが全国で実現できるようになることで、平常時から災害・危機対応時に至るまで自治体、地域コミュニティ、医療・介護機関および高齢者が密に情報連携でき、しなやかな社会の実現に大きく近づくと考える。

このような超高齢化社会を背景とした医療・健康を取り巻く社会情勢としては、さまざまな問題が山積されており、このまま進むと現行の国民皆保険制度が破綻する危機的状況にある。このため、国はさまざまな制度改革、施策をおこなっているが、具体的解決策を示すことができていない状況にある。2010年6月には政府のIT戦略本部(高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部)から新たな情報通信技術戦略として情報通信技術戦略工程表が示されており、政策も含めた実現性の高いシステムの検討が国家レベルで推進されている。この工程表の中では、「どこでもMY病院」構想、と「シームレスな地域連携医療の実現」がまとめられている。

「どこでもMY病院」構想は、個人が自らの医療・健康情報を医療機関などから受け取り、それを自らが電子的に管理・活用することを可能とするもので、出張・旅行などで全国どこにいても、かかりつけ医、かかりつけ薬局に準じたサービスを受けることができるようになる。「シームレスな地域連携医療の実現」においては、これまでのカルテ情報などの共有に留まるものではなく、導入効果に踏み込んだ情報連携を対象にしており、(1)生活習慣病などの疾病悪化を抑制するため、病院—診療所間が連携して検査データのモニタリングを行うこと、(2)質の高い在宅医療・介護を実現するため多職種間のITによる情報共有を行うこと、(3)都道府県単位などでできるだけ効率的に情報連携が行える環境を整備すること、(4)遠隔医療を推進するため、遠隔医療実証事業の実施及び継続・拡大、エビデンス収集、実証・検証を行うことなどが示されている。

これらの施策は、一般的に、複数の医療機関をつないだID連携、情報流通による医療効率化を目指すEHR(Electronic Health Records)と、医療機関だけでなく介護施設や民間のヘルスケア事業者などをつないでID連携、情報流通を行い、個人の医療・健康情報を個人が生涯にわたって管理するPHR(Personal Health Records)サービスと呼ばれており、世界中において構築が始まっている。例えばEU諸国においては国主導でEHRの実現を図った国もあるが、日本においてはその実現にはまだまだ解決しなければいけない問題がたくさんある。

また、厚生労働省は2012年3月に「社会保障・税一体改革で目指す将来像」[29]の中で、地域包括ケアシステムの実現を明確に打ち出している。地域包括ケアシステムとは、図1-10に示すように、病気になったらかかりつけ医、地域の連携病院を経て、急性期病院にて手術を受け、リハビリ病院でのリハビリを受けて退院し、退院後は自宅での生活(自助)を中心として、介護施設への通所や訪問介護や地域の病院への通院や在宅医療(公助)、さらに地域の自治会や老人クラブでの見守り(共助)を社会システムとして実現するものであり、医療・介護分野でのしなやかな社会の理想像となっている。また、同図において、左側の地域医療連携は上述のEHR、右側の介護連携はPHRのサービス形態となっている。地域包括ケアシステムの実現に向けては、EHRおよびPHRの全国での普及とEHR、PHR間の連携が必要であるほか、在宅も含めた遠隔での医療、介護および

見守りが効率良く連携することが重要となる。地域包括ケアシステムの実現が、正に超高齢化社会において自助、共助、公助を具現化したしなやかな社会そのものであり、災害・危機対応時にもしなやかに機能することが望まれる。

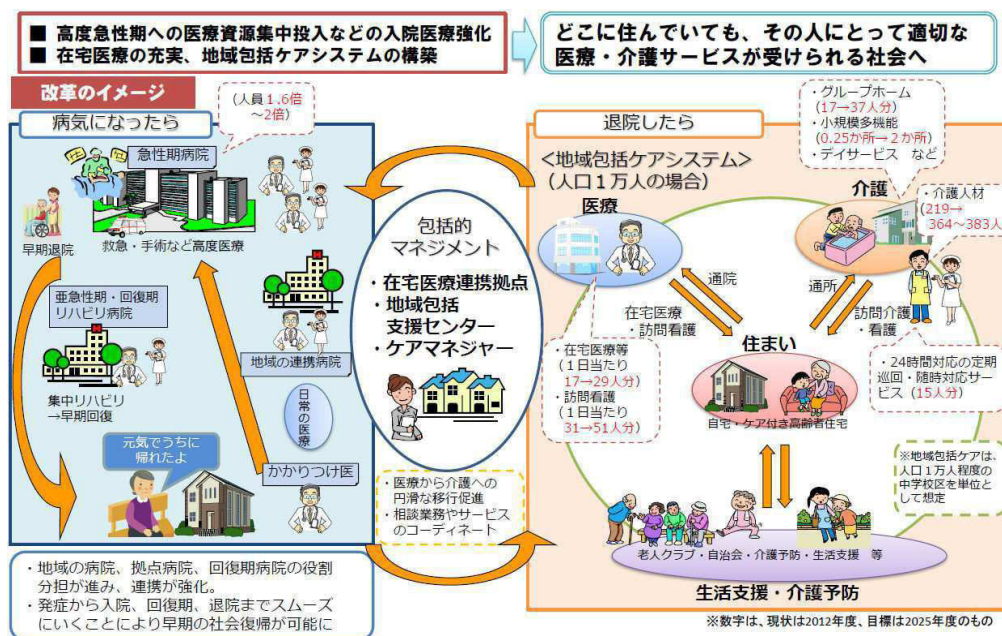


図 1-10 地域包括ケアシステムの実現イメージ[29]

Fig. 1-10 Realization image of regional comprehensive care system. [29]

### 1.3.4 的確な情報活用を妨げる EMC 問題

しなやかな社会の実現には的確な情報の活用が重要となるが、近年、無線 LAN や Bluetooth など 2.4GHz ISM 帯の電波を利用する PC やスマートフォン等の情報機器が爆発的に増加しており、これらの無線通信システムが大規模で複雑になった場合、EMC (Electromagnetic Compatibility)問題の一つである電磁干渉が発生し、的確な情報の活用が困難となる事象が発生する可能性がある[30],[31]。特に、病院や介護施設、あるいは在宅介護の現場などで電磁干渉により機器の誤動作、通信障害が発生した場合には影響範囲が大きくなると懸念されている[32]。また、災害・危機対応時には、平常時以上に多くの無線機器が同時に使用されるため、電磁干渉によって使用困難に陥ってしまった場合、ICT を使った的確な情報の活用が困難となる。

電磁干渉についてはこれまでもさまざまな検討が行われており、電子レンジの不要電波が無線システムに及ぼす影響なども検討されている[33]。電磁干渉を改善させるためには、アンテナシステムの改善や信号処理システムの改善が検討されているほか、反射などを抑制するための適切な建築材料の選択と適切な位置への設置方法なども検討されている[34]。一般的に、大きな公共施設やオフィスなどにおいては、電磁干渉の発生が少なくなるよう無線基地

局の配置設計[35]が行われることがあるが、家庭や小規模の施設などにおいては、コスト的な観点から電磁干渉問題に関して事前に検討されることは皆無である。これは、無線基地局の配置設計には、専門家による設置環境での電磁ノイズの有無を含む電磁環境の測定調査、実機を使った電波伝搬特性調査など多くの稼働およびコストがかかるためである。

しかし、病院や介護施設、あるいは災害・危機対応の拠点となる自治体などにおいて、電磁干渉が発生しないように無線基地局の配置設計を行っておかないと、災害・危機対応時に使用困難ということになりかねない可能性がある。このため、稼働やコストをかけずに簡単に無線基地局の配置設計をできるようにする必要があり、実現のためには屋内環境と無線 LAN の性能を十分理解した上で屋内環境と無線 LAN システムの設計シミュレーション技術[36]などを開発する必要がある。

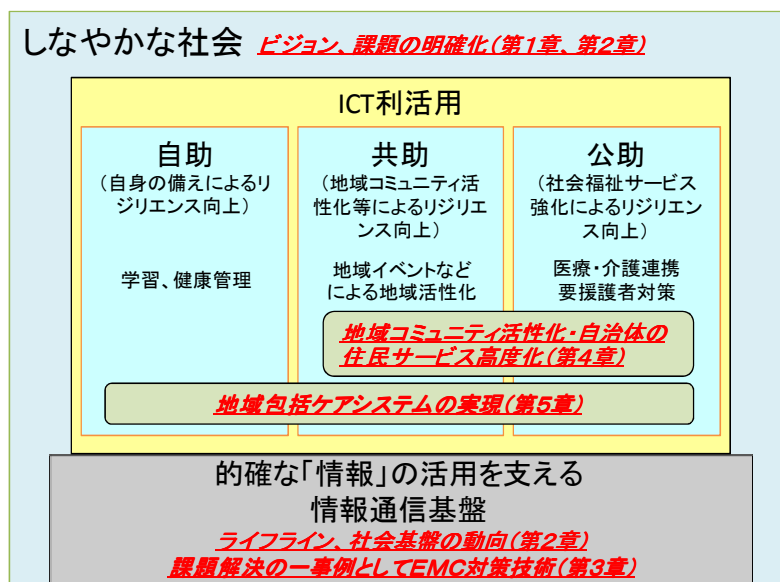


図 1-11 しなやかな社会の実現に関する課題の全体像と本研究の関係

Fig. 1-11 Whole image of problems about the relationship between realizing resilient society and this research.

### 1.4 本研究の目的と構成

本研究では、前述のようなさまざまな課題を解決し、ICT を用いて的確な情報を活用することでレジリエンスを高め、自助、共助および公助を基本とする自律分散協調型社会から構成されるしなやかな社会を構築することを目的とする。

図 1-11 に、しなやかな社会の実現に向けた課題の全体像と本研究の関係を示す。しなやかな社会の実現においては的確な情報の活用が必須であり、そのためには巨大災害や危機が発生した際にも的確な情報の活用を支える情報通信基盤を実現するとともに、ICT 利活用により自助、共助、公助を実現する必要がある。情報通信基盤に関しては、通信ネットワークや電力などのライフラインに関する課題や、行政システムなど社会基盤に関する課題などさまざまな課題が存在する。



また、ICT 利活用に関しては、自助を実現するための学習や健康管理などの課題、共助を実現するための地域活性化に関する課題、さらに公助を実現するための社会福祉サービスなど社会システムに関する課題などが存在する。このように、しなやかな社会の実現には、多岐にわたる分野において、多くの課題を解決する必要がある。

本研究では、しなやかな社会の実現に向けて必要となる全ての課題について検討するのは困難であるため、図 1-11 おいて斜体文字で示した部分を本研究の対象範囲として絞込み、次のような手順で検討する。

- ・しなやかな社会のビジョンとその実現に向けた問題点を整理し、取り組むべき課題の全体像を明確化する(本章および第 2 章)。
- ・明確化した課題のうち、的確な情報の活用を支える情報通信基盤における課題解決として、次世代の情報通信システムなどライフラインや社会基盤の現状と今後の展望について検討する(第 2 章)。但し、情報通信基盤そのものの技術確立に関しては本論文の対象外とし、ここでは技術、サービス動向の分析や、ビジョン実現に向けた課題などについてまとめる。
- ・情報通信基盤における課題解決の一つの事例として、EMC の観点からの課題解決について検討する(第 3 章)。
- ・次に、ICT 利活用による共助と公助の実現に向け、地域コミュニティ活性化と自治体の住民サービスの高度化に関する課題解決について検討する(第 4 章)。
- ・さらに、ICT 利活用による自助、共助、公助の実現に向け、地域包括ケアシステムに関する課題解決について検討する(第 5 章)。

以下、第 2 章において、本研究の前提となるしなやかな社会の具体的なビジョンについて詳述する。災害・危機に対する抵抗力と回復力の双方が両立したしなやかな社会の実現において、必要不可欠となる情報の活用を支える情報通信基盤として次世代の情報通信システムについて述べ、情報通信システムの現状と今後の展望について検討し、国の新たな IT 戦略を踏まえた上で、ICT の利活用によって国、自治体および市民生活がどのような変化していくか考察する。さらにしなやかな社会の実現に向けた将来ビジョン[3]-[5]について述べるとともに、今後想定される巨大災害と最新の被害想定と対策に関する社会動向、巨大災害に対する情報通信基盤の対応状況、さらにマイナンバー制度など社会制度に関する動向と将来展望について述べる。

第 3 章では、情報通信基盤における課題解決の一つの事例として、平常時だけでなく通信が集中する災害・危機対応時にも的確な情報の活用を実現するため、EMC の観点からの課題解決について検討することとし、無線 LAN や Bluetooth などの無線通信システムに関し、電磁干渉の発生しない理想的な屋内電磁環境を設計するためのガイドラインの開発を目的として、屋内電磁環境のコントロール技術[34], [35]と、電磁界シミュレーションを用いた無線基地局の配置設計技術[34]-[36]について述べる。第 3.1 節では、電磁環境評価ブースと呼ぶ天井、床、および壁材を変えられることができるブースを用いて、さまざまな屋内電磁環境において無線システムの通信特性を評価するとともに電磁界シミュレーションを用いた通信特性の推定技術について検討した結果を述べる。第 3.2 節では、無線システムが電磁干渉なしに最適な通信を実現できるように、電界強度と遅

延分散を用いてカバーエリアを制御するための要件を解析的および実験的に検討した結果について述べる。第 3.3 節では、建物用 CAD ソフトによる建物構造入力と、電磁界シミュレーションと DSP(Digital Signal Processing)ツールを用いた無線システム通信特性シミュレーションを用いて、無線システムの通信可能エリアなど、計 12 種類の情報を表示して電波伝搬特性と通信特性をトータルに評価することにより、最適な基地局配置や効率的な無線通信が可能な屋内環境を設計することができる電磁環境設計システムについて述べる。

第 4 章では、地域コミュニティの崩壊を防ぐとともに地域コミュニティ活性化による地域防災力向上などの共助および公助を中心としたレジリエンス向上を目的とし、ICT を活用した自治体および地域コミュニティの情報化と活性化に向けた取り組みについて検討する。第 4.1 節では、冬季の豪雪によって住民が孤立する危険性のある山間地において、光ファイバ網を活用した TV 電話システムと自治体広報システムによる自治体と住民間の見守り技術とその効果について検討する。また、第 4.2 節では過疎化が進展する中山間地において、小学校と地域の高齢者を Web 掲示板による地域の自然学習コミュニティによってつなぎ、ICT を用いて地域活性化を実現するための要件について検討する[16]。更に第 4.3 節では、防災行政無線に代表される自治体と住民間での情報伝達手段を、自治体職員の稼働を増加させることなくさまざまなメディアを活用してハイブリッド化するシステムについて検討する。

第 5 章では、超高齢化社会において自助、共助、公助を実現しレジリエンスを高めるため、ICT を活用した高齢者の遠隔見守り・介護を効率良く実施する仕組みについて検討する。効率の良い遠隔見守り・介護によって、高齢者自身の自助を支援するとともに、病院や施設などコミュニティにおける共助、公助を支援することでレジリエンス向上を図ることができるため、本研究は医療・介護の分野におけるしなやかな社会の理想像である地域包括ケアシステムの具現化を目指した取り組みといえる。第 5.1 節においては、しなやかな社会を具現化するための社会基盤の動向及び事例について、医療、ヘルスケアの分野から EHR、PHR の動向および具現化した仕組みと技術要素などについて述べる。第 5.2 節では、病院から退院した要介護患者の在宅療養にライフログを活用し、遠隔見守り・介護を効率良く実現する技術について検討する。これまで要介護者は、介護士や医師などによる月 1 回の ADL(Activity of Daily Life)評価しか行われておらず、日々の見守りや管理はほとんど行われていなかった。そこで、歩数計や体重計、血圧計などの日々のライフログから異変を早急に感知したり、医師や関係者に自動的にアラームをあげるなどにより要介護者の安心感や見守り感が醸成されるかどうか等について検討する[28]。さらに、第 5.3 節では、地域包括ケアシステムの実現に向けた技術面や制度面などに関する課題と将来展望について述べる。

最後に第 6 章では、結論として、本研究で実現した内容について総括するとともに、しなやかな社会の実現に向けた今後の展望についてまとめる。

## 参考文献

- [1]緊急災害対策本部, 平成 23 年東北地方太平洋沖地震について, 012.2.7.
- [2]気象庁, 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震.
- [3]京大・NTT リジリエンス共同研究グループ, ”しなやかな社会への試練,” 日経 BP コンサルティング, 2012.3.
- [4]京大・NTT リジリエンス共同研究グループ, ”しなやかな社会の創造,” 日経 BP 企画, 2009.12.
- [5]Y. Maeda, M. Higashida, K. Iwatsuki, T. Handa, Y. Kihara, and H. Hayashi, ”Next Generation ICT Services Underlying the Resilient Society,” *Journal of Disaster Research*, Vol.5, No.6, 2010.
- [6]厚生労働省, 平成 22 年度版 厚生労働白書
- [7]厚生労働省, 平成 23 年度版 厚生労働白書
- [8]国立社会保障・人口問題研究所, 日本の世帯数の将来推計(全国推計)2008(平成 20)年 3 月推計.
- [9]総務省, 公立病院改革プラン実施状況などの調査結果, Sep., 2011
- [10]OECD Health Data 2011, June 2011.
- [11]厚生労働省, 平成 21 年地域保健医療基礎統計
- [12]国立社会保障・人口問題研究所, 日本の都道府県別将来推計人口(平成 19 年 5 月推計).
- [13]福田: e コミュニティが変える日本の未来, E ジャパン協議会編, NTT 出版, 第 1 章 (2003).
- [14]田中, 井手, 北野: びわこ NPO ネット -NPO と市民をつなぐ Web サイト; NTT 技術ジャーナル, Vol.14, No.9, pp.64-66 (2002).
- [15]堀内, 長谷川, 金子, 竹内, 藤本: コミュニティ支援機能を有する地域活性ポータルサイトの構成法に関する研究; 情報処理学会研究報告, Vol.2002, No.118 (DSM-28), pp.67-72 (2002).
- [16]前田裕二, 渡邊琢美, 北島健治, 伊東昌子, “中山間地域における地域活性化を目指した小学校と地域における学習コミュニティの構築”, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.6 No.2, pp.57-65, 2004.
- [17]T. Ohyama, H. Enomoto, Y. Takei, Y. Maeda, ”Risk management communication system between a local government and residents using several network systems and terminal devices,” *Proc. SPIE*, Vol.7305, 730503, 2009.
- [18]前田他, “防災情報通信システムの現状と情報活用に関する将来構想,” *Microwave Workshops & Exhibition (MWE 2011)*, Dec. 2011.
- [19]土居他, “人物追跡と転倒検知による独居高齢者遠隔見守りシステム,” *電気学会論文誌* Vol.126, No.8, Page.457-463, 2006.08.01.
- [20]酒井他, “センサとネットワーク機器を用いた単身高齢者支援システム,” *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol.110, No.354(MBE2010 55-77), Page.29-33, 2010.12.12.
- [21]神谷他, “電気使用量に基づく家庭内の在宅情報検出手法の検討,” *電気学会通信研究会資料*, Vol.CMN-08, No.11-20, Page.25-29, 2008.05.22.
- [22]宮島他, “つながり感通信: 人間関係の維持・構築を目的としたコミュニケーション環境の設計と家族成員間における検証,” *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.5 No.2 Page.171-180, 2003.05.
- [23]藤野他, “ウェルダリコミュニケーションシステム,” *映像情報メディア学会技術報告*, Vol.29 No.46(ME2005 105-124), Page.31-34, 2005.08.29.
- [24]goo からだログ, <http://karada.goo.ne.jp/>
- [25]オムロンヘルスケア, ウェルネスリンク, <http://www.wellnesslink.jp/p/>
- [26]本間聡起, “センサネットワークとテレビ電話を組み合わせた遠隔診療モデルの構築と試行,” *厚生労働科学研究費補助金(地域医療基盤開発推進研究事業)*, 平成 21 年度総合報告書.
- [27]ひかり健康相談, <http://www.hikari-kenkousoudan.com/>
- [28]前田他, “ライフログを用いた在宅療養患者の遠隔見守り効果に関する基礎検討”, *日本遠隔医療学会雑誌*, Vol.8(2), pp.142-145, 2012.
- [29]厚生労働省, “社会保障・税一体改革で目指す将来像,” 2012.3.28.
- [30]K. L. Blackard, T. S. Rappaport, and C. W. Bostian, “Radio Frequency Measurements and Models for Indoor Wireless Communications at 918 MHz, 2.44 GHz, and 4.0 GHz,” *IEEE Int. Conf. Commun.*, Vol. 1, pp. 28-32, June 1991.
- [31]K. L. Blackard, T. S. Rappaport, and C. W. Bostian, “Measurement and Models of Radio Frequency Impulsive Noise for Indoor

- Wireless Communications," IEEE J. Sel. Area in Commun., Vol. SAC-11, No. 7, pp. 991-1001, Sep. 1993.
- [32]花田英輔, "在宅での医療・介護と遠隔医療における電磁環境," 電磁環境工学情報 EMC, Vol.19, No.3, Page.27-35, 2006.07.05.
- [33]宮本伸一, 森永規彦, 山中幸雄, 篠塚隆, "電子レンジ妨害波存在下でのデジタル無線通信システムの誤り率特性に関する検討," IEICE B-II, Vol. J79-B-II, No. 11, pp. 835-844, Nov. 1996.
- [34]Y. Maeda, K. Takaya, and N. Kuwabara, "Experimental Investigation of Propagation Characteristics and Performance of 2.4-GHz ISM-Band Wireless LAN in Various Indoor Environments," IEICE Trans. Commun., Vol. E82-B, No. 10, pp. 1677-1683, Oct. 1999.
- [35]Y. Maeda, K. Takaya, and N. Kuwabara, "Requirements for Controlling Coverage of 2.4-GHz-Band Wireless LANs by Using Partitions with Absorbing Board," IEICE Trans. COM., Vol. B83-B, No. 3, 2000.
- [36]前田裕二, 高谷和宏, "構内無線通信システムに対応した電磁環境設計システムの開発," 信学技報, EMCJ113-129, pp.81-88, 2000.

## 2 しなやかな社会を実現するための情報通信サービスに関する検討

ここでは、災害・危機に対する抵抗力と回復力の双方が両立したしなやかな社会の実現において、必要不可欠となる情報の活用を支える次世代の情報通信基盤[1]について述べる。情報通信基盤の現状と今後の展望について検討するとともに、国の新たな IT 戦略を踏まえた上で、情報通信システムの活用によって国、自治体および市民生活がどのような変化していくか考察する。さらにしなやかな社会の実現に向けた将来ビジョン[1],[2],[3]と、今後発生が予測される巨大災害に対する国策や情報通信基盤の動向について考察するとともに、しなやかな社会の実現に向けた将来展望について述べる。

### 2.1 はじめに

現在、災害・危機からの被害を抑止するための防災技術と、被害からの回復(復旧)と復興を支える減災技術についてさまざまな研究が行われている。ここでは、この二つの側面が両立する防災を「総合的な防災力=Resilience」と呼ぶこととする。今後の社会において Resilience を高めることが重要であり、Resilience を高めるために必要不可欠なことは、的確な情報の活用である。情報を有効かつ効率的に活用し、いかに迅速に災害・危機対応と復旧・復興を行うことができるかがこれからの防災の新たな課題である。

近年、情報通信サービスは、クラウドコンピューティングによるサービスが主流となっており、集中制御型の情報通信システムから分散協調型に移行し始めている。こうした分散協調型のシステムは、災害・危機時にも有効に機能し、情報通信システム側にもレジリエンスを高める仕組みが確立しつつある。さらに効果的な防災の推進のためには、自助と公助とともに共助が求められており、自律した個人がそれぞれ分散しながらも地域で協調する自律分散協調型の社会が必要とされている。こうした自律分散協調型の社会で分散協調型の情報通信システムを活用し、災害・危機に対して高いレジリエンスを実現した社会を「しなやかな社会」と呼ぶ[1],[2],[3]。

ここでは、しなやかな社会の実現を支える情報通信基盤について、情報通信技術の発展と今後の展望、新たな情報通信技術を使うことにより国、自治体および市民生活がどのような変化していくか、更にその実現に向けた将来ビジョンについて述べる。

### 2.2 情報通信技術の動向

本節では、近年急速な発展を遂げている情報通信技術について、しなやかな社会を支える情報通信基盤として活用可能な通信ネットワーク、プラットフォーム、通信設備について述べる。

#### 2.2.1 NGN

NGNは、従来の固定電話網がもつ品質・信頼性を継承しつつ、IPネットワークの柔軟性・経済性を備えた次世代情報通信ネットワークである。NTT は世界に先駆け、2008 年に商用サービスを開始した。NGN は次の4つの特徴を持つ。

- 1.信頼性:通信回線・通信装置の冗長化や処理性能の高い装置の導入により高信頼ネットワークを実現。また、特定エリアに通信が集中した際のトラフィックコントロールや災害時等における重要通信の確保の機能を有している。
- 2.品質確保(QoS):テレビ電話や映像配信のようなリアルタイム性を要求する通信のため、IP ネットワークの「ベストエフォートサービス」だけでなく「品質確保型サービス」を提供している。
- 3.セキュリティ:回線ごとの発信者 ID をチェックしなりすましを防止したり、不正アクセスをブロックする機能を具備している。
- 4.オープンなインタフェース:NGN は携帯電話の標準化を進める 3GPP の IMS をベースとしていることから、固定網と携帯網の連携によるサービス融合(FMC)が今後実現していくと考える。

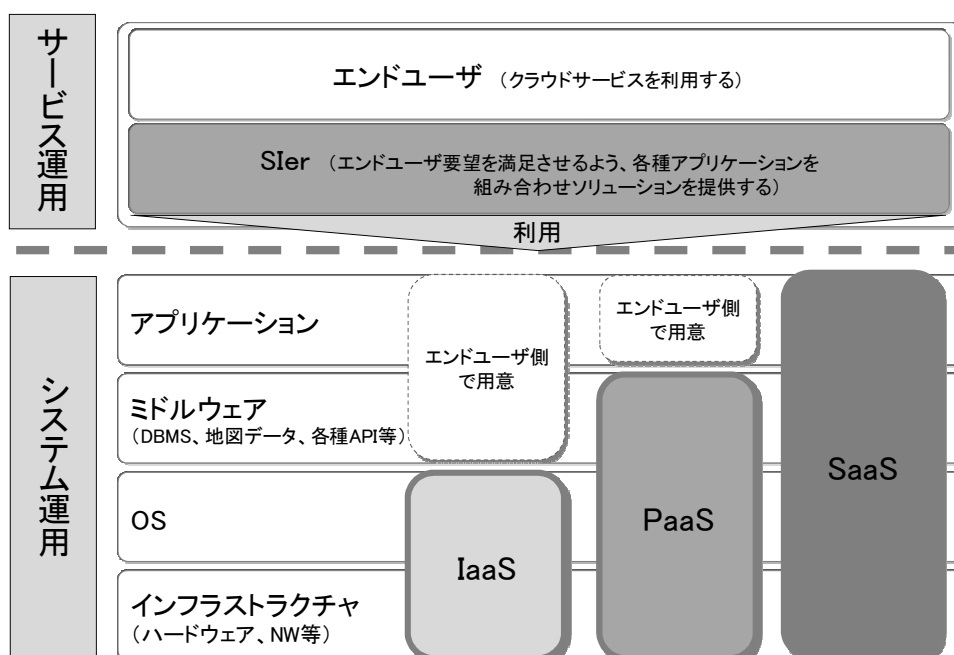


図 2-1 クラウドの種類とクラウドサービスの全体像

Fig. 2-1 Whole image of cloud types and cloud services.

### 2.2.2 クラウドコンピューティング

情報爆発の影響で IT システムは年々複雑さを増し、運用管理費も IT コストの 70% 超となっており、運用・管理コストの削減は CIO の課題となっている。一方、ブロードバンドネットワークの普及、ハードウェアの低価格化、仮想化技術の進展等により、「莫大な IT リソースを、ネットワークを通じて、サービスとして提供・利用するコンピューターの形態」クラウドコンピューティング(以下、クラウド)が注目されている。クラウドとは、サーバーやプログラム等の IT リソースを個人や企業が「所有」していた形態から、必要に応じてネットワークを介して「利用する」形態のことである。クラウドは次の 5 つの基本的な特徴を持つ[4]。

1. オンデマンドのセルフサービス: 提供者と調整の手間を要することなく、自動的に IT リソースの利用が可能である。
2. ブロードバンドネットワークアクセス: 携帯電話、ラップトップ、PDA 等、さまざまな端末・ネットワークから利用可能である。
3. リソース・プーリング: IT リソースはマルチテナントモデルでプール(共用)され、多数の利用者に動的に割り付けて提供される。
4. 迅速な伸縮性: スケールアップ・ダウンの迅速性と柔軟性があり、必要な時に必要なだけ利用可能である。
5. 計測可能なサービス: IT リソースの使用量は提供者と利用者の双方がモニタリング可能で、かつコントロール可能である。

図 2-1 に示すように、一般的にクラウドサービスは、ユーザーで用意すべきものの種類に応じて IaaS、PaaS、SaaS の 3 種類に分類される。一つ目が IaaS (Infrastructure as a Service) であり、サーバーやストレージ等のハードウェア機能を提供するインフラストラクチャ層と、OS (Operating System) を提供する OS 層の二つをサービスとして提供する形態である。IaaS によって提供されるサービスは、インターネット上でサーバーを貸し出すものが主流で、その代表がアマゾン・ドットコム「E2C」である。IaaS では、ユーザー側はアプリケーションやミドルウェアを自ら用意する必要がある。

二つ目は PaaS (Platform as a Service) であり、インフラストラクチャ層、OS 層に加え、データベースや地図、さらにさまざまなアプリケーションを連携させるための API (Application Program Interface) などを提供するミドルウェア層までを開発プラットフォームとして提供する形態である。PaaS では、例えばある企業が新しいウェブサービスを開始しようとしたときに、PaaS のサーバーにアクセスして開発することができる。これまでは専用の開発ツールをインストールしなければならなかったが、PaaS を利用すればこうしたさまざまなコストを省くことができる。

三つ目がさまざまなアプリケーションを提供するアプリケーション層までを含め、ソフトウェアをサービスとしてクラウド上で提供する形態の SaaS (Software as a Service) である。最も一般のユーザーになじみのある形態であり、アクセスすることで用意されたアプリケーションをそのまま利用することができる。

図 2-1 では、IaaS、PaaS、および SaaS というクラウドの種類に加え、サービス提供時の運用形態も合わせて示している。このなかで、エンドユーザーは自治体職員などの利用者であり、SIer (システムインテグレーター) はエンドユーザーの要望を満足させるよう、各種アプリケーションを組み合わせ、最適なクラウドの形態でサービス提供や保守をソリューションとして提供する役割を担うことになる。基本的にエンドユーザーは利用するだけであり、IT リテラシーはほとんどなくても構わない。重要なのはソリューションを提供する SIer であり、エンドユーザーの要望を取り込んで具現化する方法を提案、エンドユーザーの教育や研修を含めたサポート、保守・運用、さらに場合によってはシステムを取り巻くステークホルダー間の調整を行う必要がある。従来であれば、個別のサーバー上に単独にシステムを構築するといったサービスインテグレーションを行うのが SIer の役割であった

が、クラウドの時代を迎えた現在、Sierの役割は複雑化しており、他システムとの連携を含めた既存アプリケーション同士の連携を通して、きめの細かい高度なサービスソリューションを提供する必要が出てきている。

NTTグループでは「SaaS over NGN」を提唱している(図2-2)。これはNGNを利用することでセキュリティリスクを軽減し、高信頼・高可用なデータセンターと利便性の高いプラットフォーム(SaaS基盤)の提供により、サービス創造をめざす構想である。

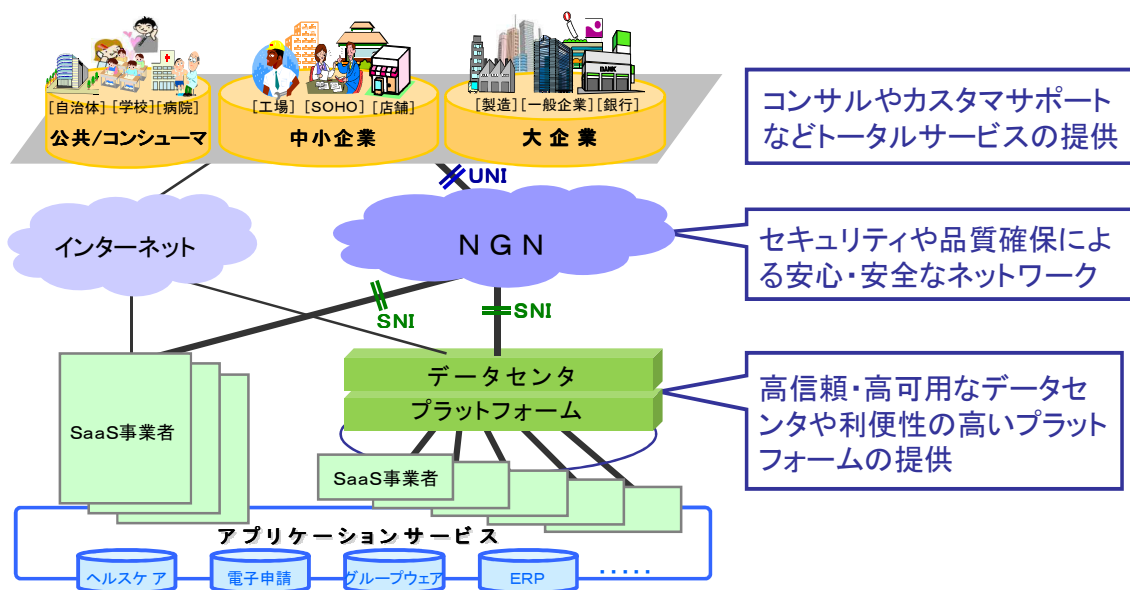


図 2-2 SaaS over NGN のイメージ

Fig. 2-2 Image of SaaS over NGN.

NGN やクラウドを活用して危機管理プラットフォームを構築することで、平常時は低負荷対応で運用し、災害・危機時には高負荷対応に切り替えるというように柔軟で高信頼なシステムを構築することができる。危機管理プラットフォームでは、次のことが期待できる。

1. 情報収集: 監視映像、橋梁・道路等施設の維持管理センサ情報や住民からの通報を収集し、時系列のデータとして管理が可能である。
2. 情報提供: 1で収集したデータと中央省庁・地方自治体・医療機関・学校・消防・警察などが有する情報を連携させたり、WebAPI で公開されている地図サービスなどを組合せ(マッシュアップ)することで、よりきめ細かい災害情報の提供が可能。また、従来のテレビ・ラジオによる情報提供のみならず、インターネットや携帯電話向け放送やエリアワンセグ等さまざまなメディアを通じていつでもどこでも分かりやすく伝えることが可能である。
3. 情報活用: 過去の災害情報との比較、統計、マイニングにより、今後の対応に活かすナレッジ DBの構築が可能である。



クラウドは迅速な伸縮性を有するため、災害・危機時には他のアプリケーションへのITリソース割当を減らし危機に備えることが可能であるが、想定外の過負荷や災害による故障等が発生した場合、単独のクラウドシステムではサービスの継続が困難になることが考えられる。このような場合、複数のクラウドシステムが連携してITリソースを融通したりタスクを肩代りするような仕組み「インタークラウド」が検討され始めている[5]。「インタークラウド」が実現すれば、あるクラウドシステムが被災しサービスの継続が困難になった場合、遠隔地のクラウドシステムのITリソースを利用し、ディザスタリカバリを行うことが期待できる(図2-3)。

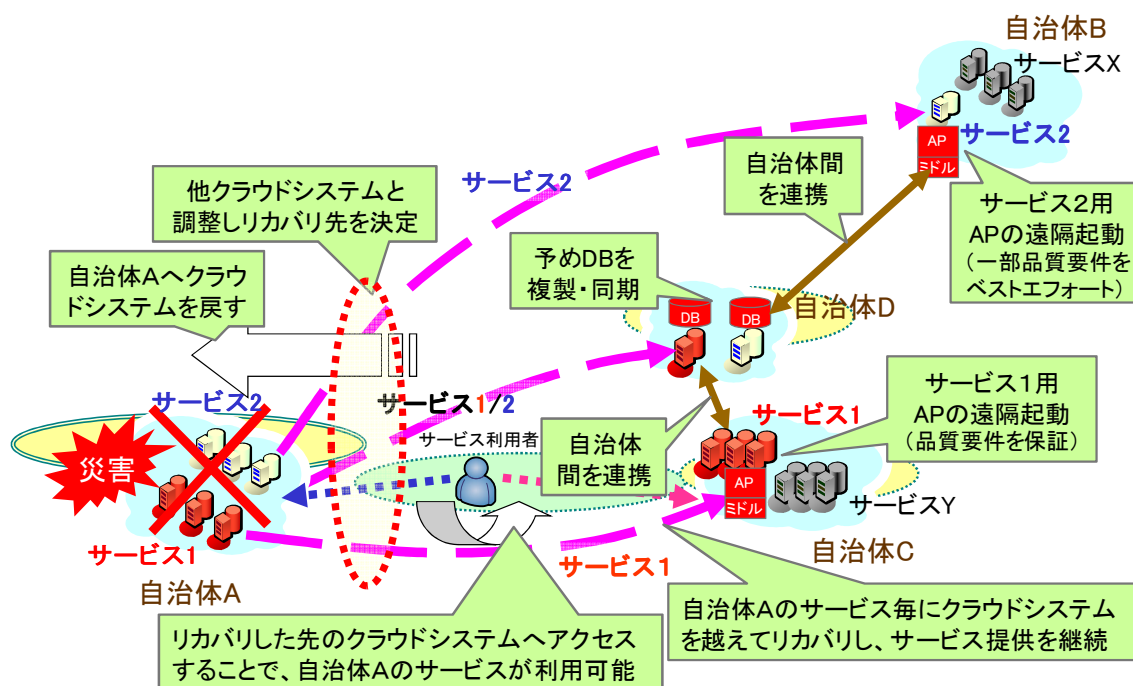


図 2-3 ディザスタリカバリーサービス

Fig. 2-3 Disaster recovery service.

### 2.2.3 クラウドを支える設備の信頼性向上

クラウド、NGN を安心して利用してもらうため、ネットワーク信頼性向上は不可欠であり、インターネットの急速な発展と併せて、情報通信ネットワークも現代社会のライフラインの一つとして位置付けられるようになった。「物理的に」地上及び地下に張り巡らされている情報通信設備の新たな構築、維持管理の重要性もこれまで以上に増してくるものと考えられる[6]。

NTT グループにおいても大量の情報通信設備を保有し(表 2-1)、例えば、地上でケーブルをユーザー宅へ配線していく電柱、地下に埋設されたケーブル収容管、とう道(通信用トンネル)、マンホール等いずれも膨大な量になる。一例として、地下埋設管については、建設後 30 年を経過した設備が全体の 50%を超えており、老朽化対策(延命)が研究開発と共に鋭意実施されている[7]、

[8].

情報通信設備は、「アナログ(メタリックケーブル(銅線))」から「デジタル(光ケーブル(光ファイバ))」へサービス(通信媒体)が移行することに伴い、ダウンサイジングが可能になると考えられている。しかし、現段階では、アナログとデジタル用の二つが混在している。前述の膨大な設備量を擁しても、当面逼迫した状況にある。今後、引き続き、光化推進と既存設備の有効かつ効率的な運用が求められる[9]。安全・安心にサービスを提供し続けるための「永続化」への対応が必要であり[10]、具体的な例として以下に「耐震化」について述べる。

表 2-1 NTT グループの主な屋外設備の量

Table 2-1 The amount of main outdoor equipment of NTT group.

設備種別	設備量	比較例
電柱	1,200万本	日本国民の10人に1本
ケーブル	200万km	地球から月までの距離の約5倍
マンホール	70万個	政令指定都市への移行目安人口 (70万人)
地下埋設管路	63万km	地球を約16周分
とう道	650km	東京—姫路 (または八戸) 間の直線距離

NTTでは、地震による設備被害を事前に把握し、効率的かつ計画的に設備整備を実施するための「通信設備の地震時機能性評価技術」を開発している[11]。耐震性評価技術は、過去の設備被災履歴を分析し、地震の大きさや地盤の安定性、設備種別の組み合わせから、今後想定される地震時における設備の被災状況を統計的に予測し、計画的な設備整備に役立てる手法である。

こうしたシミュレーションの精度向上と効率化を可能にしているのが、地震情報や液状マップ等の政府や自治体による公開、提供である。また、グローバルな座標軸を用いて各種情報の結合を可能にする GIS 技術も着目される。今後の ICT 技術の発展と併せて、各方面からの「情報」活用、またそういった環境を整えていくことも重要と考える。さらに、市町村毎の将来人口予測[12]に応じて、将来の設備計画を効率的に行うことも今後は可能になると考えられる。

### 2.3 しなやかな社会の実現に向けた情報通信サービスにおける課題の整理

ここでは、しなやかな社会の実現に向けて、前節の情報通信技術の活用していくために解決すべき課題を整理し、将来的に提供可能となる情報通信サービス像について述べる。

### 2.3.1 基盤サービス

#### 2.3.1.1 運用業務の標準化

図 2-4 に、時代とともに移り変わってきた自治体システムの運用形態とシステム構成の変遷を示す。スタンドアローン型では各自治体で異なる運用を行っているとともに、各自治体で個別にシステムを所有している。このスタンドアローン型は、現在でも最もポピュラーな形態であり、個別所有・運用のため、他システムとの連携などが非常に難しいものとなっている。

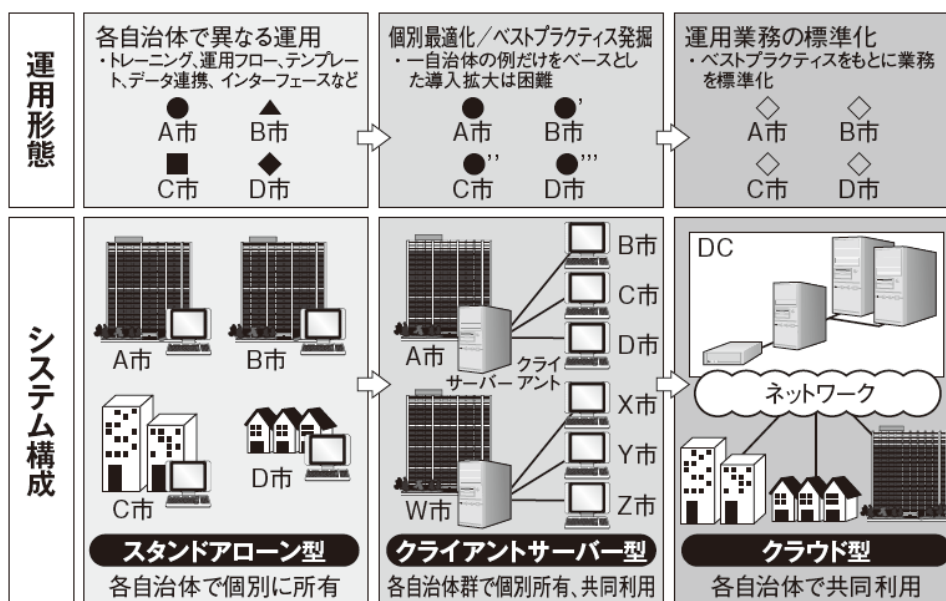


図 2-4 自治体システムの運用形態とシステム構成の変遷

Fig. 2-4 Changes in system configuration and operation of local government system.

スタンドアローン型の次に普及してきたのがクライアントサーバー型であり、ある自治体で個別所有するシステムを周辺自治体で共同利用する形態である。クライアントサーバー型では、一自治体での運用形態をベースとして、ほかの自治体も同じ運用形態を利用している。この形態では広域的な共同利用が実現することになるが、基本的にはスタンドアローン型と同じ個別運用の拡大であって、運用形態は旧態依然なままであり、同じ仕組みを全国に普及させることは困難である。

クライアントサーバー型の次に登場した形態がクラウド型であり、代表する自治体、あるいは民間事業者、あるいは国が所有するサーバーを各自治体で共同利用する形態である。クライアントサーバー型からクラウド型に移る際には、運用形態のベストプラクティスを発掘するとともに、それを標準化してシステムに取り込む必要がある。具体的には、運用フローやテンプレート、データ連携するためのデータフォーマットや API など、さまざまなものを標準化する必要があり、それができて初めて共同利用することができるようになる。

一般的に、クラウドサービスはクライアントサーバー型の延長のように考えられている面もあるようであるが、運用の観点からは、運用業務の標準化ができない限り共同利用は困難であり、それができてこそクラウドサービスの特徴を生かすことができるようになる。

クラウドサービスの具体的構成例を図 2-5 に示す。同図は図 2-1 のシステム運用部を細分化したものであり、PaaS の部分を共通 PaaS と AP(アプリケーション)別 PaaS に分けて記載している。共有 PaaS とは、アプリケーションに依存せずに共通利用できる部分を指しており、IaaS と共通 PaaS ではインフラサービス、運用管理サービスあるいは帳票サービスなどを提供する。AP 別 PaaS とはアプリケーションによって異なる API などを集約させた部分であり、SaaS として提供される各アプリケーションを SaaS に接続させるとともにデータ連携を実現させるための機能を提供する。したがって、クラウドサービスを普及させるためには、この AP 別 PaaS に包含される各種 API を拡充し、さまざまなアプリケーションを利用できるようにするとともにデータ連携を実現することが重要となる。

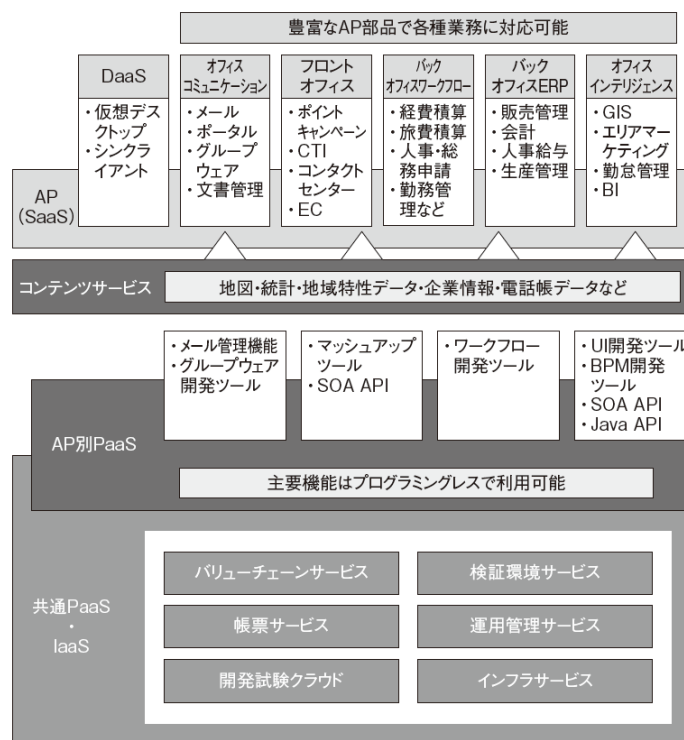


図 2-5 クラウドサービスの具体的構成例

Fig. 2-5 Example of cloud computing service.

### 2.3.1.2 パブリッククラウドとプライベートクラウド

クラウドをネット上のどの端末でも利用できるのか、あるいは特定の組織内の端末でのみ利用できるのかで分類することもできる。前者を「パブリッククラウド」と言い、後者を「プライベートクラウド」と言う。例えば Gmail はパブリッククラウドである。このパブリッククラウドとプライベートクラウドを自治

体のシステムに置き換えると、メールソフトや会議室管理システムなどの庁内情報系システムはパブリッククラウドとなり、住民基本台帳や課税台帳などの基幹系システム、給与管理や経理システムなどの内部事務系システムはプライベートクラウドである。

いずれのシステムも日常から運用されているが、災害・危機が発生したときには非日常業務が発生し、危機管理系システムが運用される。

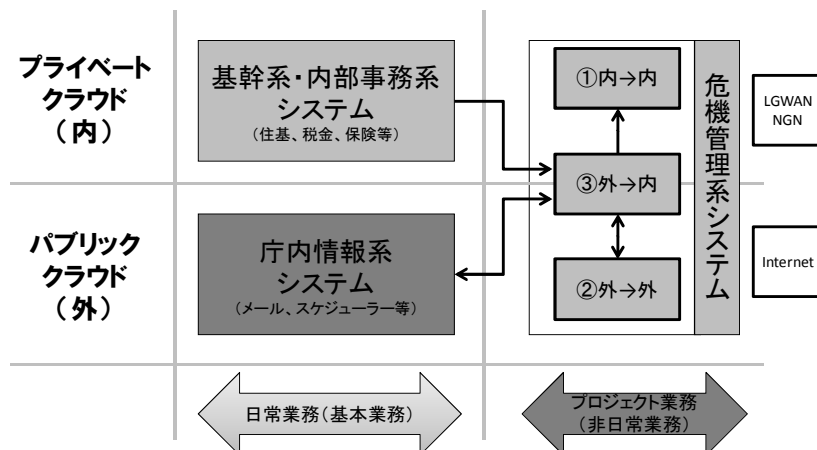


図 2-6 危機管理系システムのクラウド化

Fig. 2-6 Cloud computing of emergency management system.

甲府市役所は、2009年4月から始まった「定額給付金」支給において、セールスフォース・ドットコムが提供するプラットフォーム「Force.com」上で開発したシステムを導入した。開発されたシステムはクラウド上で運用された。甲府市は同社を選定した理由に、「ハードウェアやソフトウェアの購入が不要で初期投資が少ない」「プロトタイプを見ながらシステム開発を進められるスピード感」「個人情報扱うに十分なセキュリティを実装」の3点を挙げている(セールスフォース・ドットコムのウェブサイトより)。プロジェクト型のサービスでは、この甲府市での定額給付金支給業務のように、突発的に発生し、かつ限られた期間のみ利用する形態となる。

プロジェクト型のサービスには、クラウドの特長を生かすことができる。災害・危機対応においても同じことが言える。危機管理系システムも、緊急かつ短時間でのシステム構築が必要とされ、その利用期間も限定されるからだ。その意味でも、危機管理系システムはプロジェクト型である。

危機管理系システムでは、あらかじめ決められたサービスやソリューションを決められたシステム構成で提供するものではなく、災害・危機対応時に必要なサービスやソリューションを随時組み合わせることで新たに構築・提供する柔軟なシステム開発が求められる。このようなプロジェクト型の業務に対応するサービスは、クラウドと親和性が高い。

災害・危機対応のシステムでは、既存のシステムは統合されるべきとしたが、ここでは危機管理系システムにおけるプライベートクラウドとパブリッククラウドの構成について検討する。日常業務の

プライベートクラウド上では、納税や基幹業務などの基幹系・内部事務系システムが使われており、例えば LGWAN(総合行政ネットワーク。地方自治体のコンピュータネットワークを相互接続した広域ネットワーク) 上で自治体クラウドと言われる業務に利用されている。また、パブリッククラウド上では、庁内情報系システムが使われており、例えば民間サービスとして提供されている電子メール、情報共有システムなどが利用されている(Gmail や Dropbox など)。そして、プライベートクラウドとパブリッククラウドは、平常時には接続されておらず、個別にサービスを提供している。

危機対応時には活用される危機管理系システムは日常業務で利用されるクラウドシステムとは独立した3種類のシステムとして位置付けられる。それらは図2-6に示すように、①内→内、②外→内、③外→外の3種類である。①内→内とは、プライベートクラウドとして運用されるべき危機管理系システムである。例えば、被災情報やリソース情報を地理空間上にマッシュアップしたG空間情報や、被災自治体の各部局で生活再建支援システムを運用する場合には、取り扱いに注意すべき情報を扱うことが主体となるためにプライベートクラウド内でのシステム連携(例えば住民基本台帳と被災者の銀行口座の連携など)が必要になる。

②外→内とは、危機管理系システムに特徴的なシステムである。例えば、被災者台帳の構築がその好例である。被災証明書の発給に当たって人と家とその被害を結び付ける必要があり、それを最初で最大の機会として被災者台帳の作成が行われる。人や家に関するデータは、住民基本台帳や課税台帳という基幹系のシステムの発災時点でのデータを参照することで、大幅な省力化が図れる。しかし、この作業が基幹系データを変更させることはない。

同時に、パブリッククラウドから入手できる建物被害データと突合させ、被災者台帳が構築される。この時点では、被災者台帳は日常業務で用いられる情報システムとは独立したものである。確定した被災者台帳のデータは①内→内で参照されることになる。③外→外とは、パブリッククラウド内で運用されるべき危機管理系システムである(例えば民間の個人認証サービスと電話、電気など公共サービス窓口の情報をもとに被災地外に避難した人の所在を知り、情報を届けるシステムなど)。また②外→内および③外→外のそれぞれはシステム相互に連携する場合もあれば、オフラインでデータ連携(CD や USB メモリでのデータ受け渡し)する場合もあり得る。しかし、①内→内のシステムで扱われる情報がほかのシステムに流れることはない。

これらの連携をきちんと制御するには、前述の PaaS における API の標準化、整備、拡充が必須であり、危機管理系システムにおいて最も重要な機能となる。また、運用業務の標準化がこの危機管理系システムの能力を発揮させるカギとなり、例えば被災経験のない地域で災害が発生した際にも、被災経験のあるほかの自治体のノウハウの塊である運用業務やテンプレートなどが標準仕様として使えるため、対応業務を効率化することができるようになる。

### **2.3.1.3 行政サービスのクラウド化に当たっての課題**

行政サービスの向上が、ICT の進展によってもたらされるようになると、個人情報の取り扱いはより慎重かつ丁寧にならなければならない。次節で説明する番号制度も、東日本大震災を契機に産まれた新しい話ではなく、以前から政府内でも検討されてきた。以前は、いわゆる「国民総背番号

制」「国民 ID 制度」などの言葉から、国家が国民を一元管理することにつながるなどとして、国民にアレルギーに似た反応があったのも事実である。

しかし、現行の社会保障制度の限界が明らかになり、行政サービスが多岐にわたるなかで国民が公平にサービスを受けられる制度や仕組みの必要性が指摘されるようになってきた。一方で、障壁として常に挙げられるのは、個人情報保護法である。これは、以前に増して国民の意識が高まっており、住民基本台帳情報を扱う被災者台帳システムの導入に際しても、最初に解決しなければならない課題の一つである。

番号制度における個人情報保護法の問題は、「社会保障・税番号大綱(案)[13]」で方針が示されている。そこでは、番号制度の構築に当たっては、住基ネットにかかわる最高裁合憲判決(2008年3月6日)の趣旨を十分踏まえる必要があるとしており、具体的には次の6点を挙げている。

- 「個人に関する情報をみだりに第三者に開示または公表されない自由を有すること」
- 「個人情報を一元的に管理することができる機関または主体が存在しないこと」
- 「正当な行政目的の範囲内で行われるものであること」
- 「情報が容易に漏えいする具体的な危険がないこと」
- 「目的外利用または秘密の漏えいなどは、懲戒処分または刑罰をもって禁止されていること」
- 「第三者機関などの設置により、個人情報の適切な取扱いを担保するための制度的措置を講じていること」

いずれも、自治体業務における情報の取り扱いで重要なことだが、特に一元管理に関して、次のような仕組み作りが必要であるとしている。

- ・どの情報保有機関においても個人情報を一元的に管理しない(現在、一元管理している情報保有機関は存在していない前提で)。
- ・情報提供ネットワークシステムから、各情報保有機関の利用者に個別に払い出された「符号」で情報保有機関間の連携を図る。
- ・情報提供ネットワークシステムは同一の利用者であっても、情報保有機関ごとに異なる「符号」を払い出す(=万一、どこかの情報保有機関で情報漏洩が起きても、被害は当該システムの範囲に限られる)。
- ・情報提供ネットワークシステムでは、個人の属性情報は保持しない(=情報提供ネットワークシステムは個人情報を一元管理しない)。

#### **2.3.1.4 危機管理系システムや情報セキュリティの専門家の育成**

人材の育成も、しなやかな社会の実現に必要である。情報の連携や危機管理系システムの構築を、自治体職員が自ら行うのはハードルが高い。東日本大震災の際にも、多くの作業がボランティアベースで行われた。しかし、今後起こり得る災害・危機の対応も外部のボランティア活動で支えられていくことを期待するのは、本来の事業継続の在り方からかけ離れている。

医療の世界で災害派遣医療チーム(DMAT)があるように、危機管理や災害対応の世界でも危機管理系システムや情報セキュリティの専門知識を持った専門家に資格を与えるなどの制度が必

要になるだろう。こうした制度を政府が整備することで、災害・危機発生後の迅速なシステム構築やそれに伴うセキュリティの問題をクリアにし、自治体の負担を軽減させることが可能になる。

自治体にそうした資格を取得した職員がいることが望ましい。しかし災害・危機が発生すれば、自治体職員が被災することもある。また財政規模が小さな自治体では、そうした対応をすぐに取り取ることも難しい。そこで日ごろから有資格者のネットワークを育て、危機管理系システムや情報セキュリティを専門にする NPO などの組織が設立された社会となるべきである。

### **2.3.1.5 危機管理系システム導入における課題**

ここでは、クラウドで危機管理系システムを運用する視点から、クラウドの課題を解説する。これらの課題は、平時における自治体クラウドの運用にも共通する。その一つは、システム構築に関する初期コストである。被災者の支援は、自治体の業務として位置付けられている。そのため、被災者を支援するためのシステムは自治体が整備する必要がある。クラウドのメリットは、共同利用によってコストが削減できることだが、最初にシステムを構築する際には、これまでのスタンドアローン型以上にコストがかかってしまう事が多い。つまり、初期構築時の費用を複数の自治体で分担する、サービス事業者の投資で初期構築し自治体は単に利用する、あるいは国の費用で初期構築し自治体はそれを利用する、などのような形態が取れない限り、財政の乏しい自治体が単独でシステムを導入することは難しい。また、サービス事業者の投資で構築する場合にも、損益分岐点の判断が難しい面が多く、ユーザーが増えずに損失を被ったり、緊急時の負荷増に耐え切れなかったりすることも考えられる。

また、被災者のプライバシーを保護することは極めて重要である。被災者支援のためには、個人の財産、住居、健康などの機微な個人情報が必要となり、漏洩したときの影響は大きい。危機管理系システムでは、災害・危機が起きたときに急激に利用頻度が高まることや、広域災害が起こったときの対応のために、クラウド技術を活用し、ほかの自治体と相互に融通することが望まれる。しかし、システムをほかの自治体と共同利用しようとする、個人情報保護の観点から自治体ごとに合意形成(条例の整備や、個人情報保護委員会などでの承認)が必要となる。そのため、広範囲での共同利用には限界がある。

結果的に、単独(あるいは少数の自治体共用)で、危機管理系システムを整備する必要があるが、これをできるのは一部の財政的な余裕がある自治体に限られてしまう。現在は、意識の高い自治体で導入または検討の段階入っているが、自治体が単独で進めるよりは、政府でシステムを整備し、クラウド技術を活用し緊急時に必要なリソースを融通して、大量処理に対応できるシステム作りを進めることが求められている。

また、データの保管場所については、自治体システムであれば通常日本国内のデータセンターにデータが保管されていると思われるが、民間のクラウドサービスでは海外にデータが保管されていたりバックアップされている場合もある。データが保管されている場所が国外である場合、保管されている国の制度や法律によって、データの扱われ方が違う。例えば米国では、コンピューターに保存されているデータで、米国内に存在するものは FBI(連邦捜査局)あるいは政府当局に調査権



限があることも留意しておかなければならない。

クラウドには、セキュリティの問題が常につきまとう。ほかのユーザーのデータと自分のデータが完全に分離されているのか、ほかのユーザーからのアクセスに対して、自分のデータが保護されているのかなどセキュリティ対策が行われていることが求められる。さらに、異なるプラットフォーム間の連携が行われる場合、どちらにセキュリティレベルを合わせるのかという問題もある。危機管理系システムでは、プライベートクラウドとパブリッククラウドというセキュリティポリシーの異なるプラットフォームの連携が行われることがあるためである。通常、セキュリティレベルを上位に合わせることは必須だが、不整合が生じる可能性がある。無理に連携できないところはオフライン(個別作業)で処理する必要がある。特に LGWAN にかかわるところには、法改正がない限りシステム連携できない可能性が高いことも、自治体がクラウドを利用する場合の課題である。

また、すべてを自動あるいは簡単な作業のみでシステムを新規に構築するのは困難である。自動的に提供できるサービス以外は、先に述べた危機管理系システムや情報セキュリティなどの資格制度と専門の NPO を設けて、有資格者によるシステム構築や運用を管理できるようにするのが望ましい。

どこまでの品質、性能をサービスとして担保できるのかも、クラウドの課題である。サービスの品質や性能は、初期投資費用、運用費用に左右される。クラウドだからリソースが無限にあるというのは理想論で、実際には限界がある。クラウド上のサービスはさまざまな企業から提供されるようになっている。しかし、異なる提供企業のクラウド間の相互接続は現状では難しいことも理解すべきである。

また、さまざまな既存のアプリケーションプログラムや市販ソフトをクラウド上で提供しようとする際、現状では API が整備されていないためかなりの労力がシステム構築の際に必要となってくる。政府の実証事業などで危機管理に必要な API の整備や、番号制度の実証事業で API の整備などを行うことが必要である。

## **2.3.2 変わる自治体サービス**

### **2.3.2.1 「番号制度」と情報提供ネットワークシステム**

現在日本は、60 歳以下の生産年齢人口の減少と、急激な超高齢化社会に向かっている。同時に、将来に対する格差拡大への不安が高まり、所得に基づいた適切な所得の再分配と、社会保障給付を適切に受けることが重要視されるようになった。特に、社会保障制度や税制に対する国民の納得を得るためには、給付や負担の公平性を実感してもらうことが大切である。その観点から、給付や負担の基準となる所得を的確に把握し、それに基づいた制度設計を行うことが求められている。

政府は、新たに国民一人ひとりに番号(マイナンバー)を付番することで、国民の所得などの情報把握と社会保障や課税を効率的に実施することを目的に、2012 年 2 月 14 日の閣議決定を踏まえて、2012 年の通常国会へのマイナンバー法案提出を予定している。

現在考えられているマイナンバーの利用範囲は、社会保障分野、税分野、防災分野である。さ

らにこの「番号制度」では、情報提供ネットワークシステムを構築することで、各機関にマイナンバーやそれ以外の番号を付して管理している同一人の情報を紐付けし(符号連携)、紐付けられた情報を活用する構想がある。またこうした仕組みを構築することで、自分のマイナンバーに関する個人情報をインターネット上で確認できる「マイ・ポータル」を設置する予定である(図 2-7)。

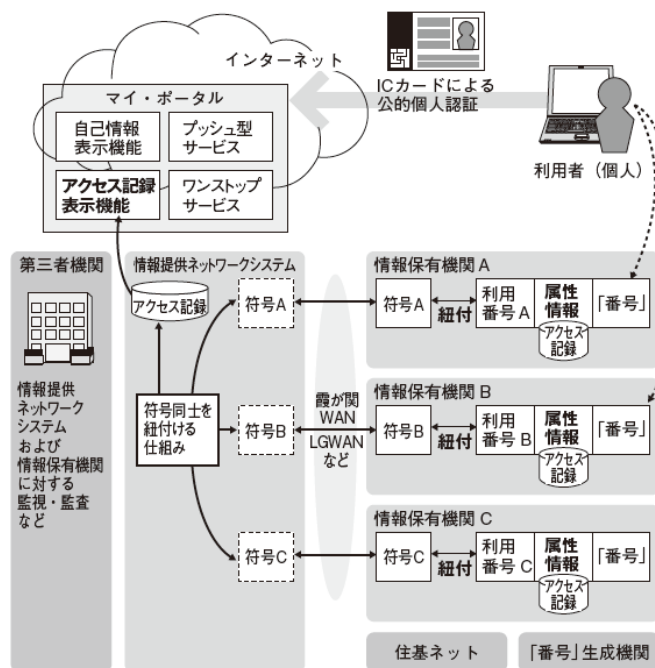


図 2-7 番号制度における符号連携のイメージ

Fig. 2-7 Image of cooperation of ID in my number system.

一方で、個人情報保護法の観点からマイナンバーの取り扱いに関する課題も残っている。番号制度の構築のためには、個人情報を一元的に管理することができる機関または主体が存在しないこと。第三者機関などの設置により個人情報の適切な取り扱いを担保するための制度的措置を講じていることなどの要件が必要である。

マイナンバーは災害時に、災害時要援護者リストの作成および更新、災害時の本人確認、医療情報の活用、生活再建への効果的な支援などへの利用も考えられている。「わたしたち生活者のための『共通番号』推進協議会」(代表:北川正恭・早稲田大学大学院教授、事務局:公益財団法人日本生産性本部)は、マイナンバーを基盤にして被災者データベースを構築することを可能にすべきであると提言している。例えば被災者データベースにより、各避難所へどのような物資をどれだけ供給すればよいかを迅速に判断することができることや、避難所ごとに避難者の性別や年齢が分かるので、水や食料の必要量だけでなく、男性用・女性用物資の数量、大人用・乳幼児用おむつの数量、乳児用粉ミルクの数量なども的確に把握できるようにすることである。「番号制度」

が平時においても、しなやかな社会の構築の一端を担うことが期待されている。さらに、災害・危機時における柔軟な活用方法も、検討されるべきだと考えられる。

表 2-2 危機管理系システムでのサービス例

Table 2-2 Example of service in emergency management system.

サービス例	危機対応ステージ			プライベートクラウド上のサービス	パブリッククラウド上のサービス	対象	概要
	初動	応急対応	復旧・復興				
被災状況把握	○			・被災（人、津波、火事、倒壊など）状況把握 ・監視カメラ映像	・各種GISサービス ・気象情報・民間カメラ映像	政府、自治体、市民	被災情報をリアルタイムで住民に周知 自治体では状況把握として活用
帰宅支援マップ	○			・リソース管理（避難所、物資など）	・各種GISサービス（ナビタイム、交通機関運行状況） ・職員安否・参集状況など	市民	帰宅困難市民に対する帰宅推奨ルート検索、避難所案内サービス（避難所開設、職員派遣、配給状況などをリアルタイムで伝える）
BCPオペレーション支援	○	○	○	・ISO22320に準拠したオペレーション支援 ・電子マニュアル ・ウェブ掲示板（ログ）	・各種GISサービス ・安否確認状況など	危機管理室	ISO22320の概念を具現化し、BCPオペレーションを支援するシステム
EMT	○			・被災状況把握 ・リソース管理	・各種GISサービス	政府、自治体、市民	災害時の状況認識の統一のため、マッシュアップ技術を活用したG空間情報を提供（詳しくは第3章参照）
生活再建支援システム			○	・住基 ・税金 ・養老金 ・仮設住宅	・銀行口座 ・ID（レンタルDVD、診察券など） ・各種GISサービス	自治体 市民	一人の取り残しもなく公平に、かつ迅速な生活再建を進めるためのシステム（詳しくは第4章参照）
支援物資マネジメント		○		・避難所情報（職員報告、支援物資ニーズなど）	・SNS ・支援シズポータルなど	自治体 支援者・団体	支援物資輸送、ニーズ・シーズの不一致などを解消するため、自治体の把握する避難所情報（ニーズなど）と、民間の支援をマッチングさせるサービスを簡単に構築（ボランティアマネジメント同等のサービス）
工事マネジメント		○	○	・被災情報、復旧情報（人的稼働、資材、機材ニーズなど）	・SNS ・支援シズポータルなど	自治体 支援者・団体	がれき撤去、処分、仮設住宅工事、復旧工事などに関する人材、資材、機材などのニーズ・シーズの不一致などを解消するため、自治体の把握する情報（ニーズなど）と、民間の支援をマッチングさせるサービスを簡単に構築
ワンストップ引越		○	○	・住基（複数自治体連携） ・被災者台帳	・電話、電気、ガス、水道、引越し業者	市民	避難のための引越（住民票を移す場合）や、避難先からの自宅への引越
雇用斡旋		○	○	・職安 ・被災者台帳	・民間求人情報	市民	被災で職を失った人への職業斡旋

### 2.3.2.2 危機管理系システムにおけるサービス例

危機管理系システムのサービスには、危機対応のステージと同様に、初動期型、応急対応期型および復旧・復興期型の3タイプが存在する(表 2-2)。例えば初動期型では、被災状況把握や帰宅支援マップがある。プライベートクラウド上の被災状況把握サービスには、被災(人、津波、火事、倒壊など)状況把握や、監視カメラ映像が挙げられる。またパブリッククラウド上では、各種マップサービス、気象情報、民間カメラ映像などをリアルタイムで住民に周知するサービスが挙げられる。もともとプライベートクラウド上に置かれる避難所、物資などのリソース管理情報が、災害時にパブリッククラウド上で日常から利用されている各種マップサービス(経路案内サービス、交通機関運行状況)にマッシュアップされることで、帰宅推奨ルート検索や避難所案内のサービスが可能となる。これらのプライベートクラウドとパブリッククラウド上のサービスを組み合わせることで、官民が連携した被災状況把握や帰宅支援サービスなどが実現できる。

応急対応期には、支援物資マネジメントのサービスがある。プライベートクラウド上では、職員から

の報告や支援物資ニーズなどの避難所情報がある。一方パブリッククラウド上では、被災者のシーズをポータルサイトなどに入力できるようなサービス提供が考えられる。このようなプライベートクラウドとパブリッククラウド上のサービスの融合により、支援物資のミスマッチ、ニーズ・シーズの不一致などを解消できるようになるため、自治体の把握する避難所情報と、民間の支援をマッチングさせるサービスを構築することが望まれる。

復旧・復興期には、被災者生活再建支援システムがある。同システムはプライベートクラウド上では、住民基本台帳、税務関係、義援金の支給、仮設住宅などの情報が運用される。またパブリッククラウド上では、銀行口座やクレジットカードや各種会員カードなどの ID の照合、各種サービスが被災者に提供されることになる。

災害・危機管理のように、頻繁に経験することのない事象については、過去の経験を蓄積し、それを自治体間で共有することが重要である。このため、初動期から復旧復興期の全てのステージにおいて必要となるのが BCP オペレーション支援となる。これまでの災害・危機管理では、そのノウハウや対応事例などは被災自治体内に閉じられたままで、被災地外の自治体では、実際に担当者に話を聞くか、報告会などでしかその具体的内容を知ることはできなかった。しかし、各自治体で共通に利用できるようなノウハウ共有および対応業務のオペレーション支援の仕組みができれば、過去の経験に基づいた的確な情報共有・判断から実行が可能になる。

自治体では、基幹業務をはじめとする業務のシステム化に伴い、システム開発、管理・運用費用が拡大しているという問題がある。クラウドを導入しサービスとしてシステムを利用し、全国の自治体と共同利用することで、大幅な費用の削減が期待できる。特に、メンテナンスコスト、法改正や制度変更に伴うアプリケーションの更新費用を分担できるようになり、多大な費用は必要なくなる。国と自治体の情報の共有化も大きな利点である。

### **2.3.3 変わる市民生活**

これまで述べてきたような仕組みが NGN、クラウド上で実現されると、市民生活はどのように変わるであろうか。まず、住民サービスの向上と生活者にとってのメリットを挙げる。

1. テレビ、パソコン、携帯電話やキオスク端末を通じて、自宅やコンビニで 24 時間電子政府、電子自治体に簡単に参加できるようになる。
2. IT リテラシーの低い生活者などに対しても、行政窓口やセキュアに認証された代理人などにより質の高いワンストップサービスが提供されるようになる。
3. マイナンバーを活用した公共の ID カードを鍵として、行政ポータルを通じて、高セキュリティ(高度の個人情報保護)の下、行政のワンストップサービスが実現される。

などである。

具体的には、引越し手続き、税金処理、年金処理、健康保険情報閲覧(医療費、診療記録、電子カルテ情報、健康診断情報)など、ライフイベントや社会保障サービスに関する手続きが簡単にできるようになる。

また、多くの国レベルのプロジェクトを通してさまざまな情報の連携も進んでおり、個人情報

国、または民間のポータルサイトにおいて自分で開示設定(個人情報の開示先を自ら設定する仕組み)[14]を行うことによって一元的に自分でコントロールできるようになる。

現在、自治体が災害時要援護者などに避難援助などの登録を呼びかけているが、紙での登録だったり、民生委員の仲介が必要だったりなど煩雑さが伴っている。その要因として、個人情報保護のために、簡単に他人が登録できないことも挙げられる。しかしこうした手続きが、例えばテレビを通して簡単にワンストップで登録できるようになり、自分の登録情報の開示範囲も指定できるため、安心して簡単に登録できるようになる。例えば、町内会の自主防災組織や消防団に対してのみ個人情報の開示を許可しておけば、災害・危機時に優先して自主防災組織や消防団から避難援助や安否確認をしてもらえるようになる。

ライフログという人間の行為をデジタルデータとしての記録する研究開発も進んでいる[15]。非常時には、ライフログを活用することで次のようなことが可能になる。

例えば、避難せずに家に残っている人(逃げ遅れた、閉じ込められた、あるいは避難意思のない人など)を、災害対策本部において事前に確認することができ、効率的な救助活動を実施することが可能になる。同時に、どの家のどの部屋に人が残っている可能性なども把握できるようになる。

避難所にも、マイナンバーなどを活用した行政ポータル、ライフログと連携した安否確認システムを用意することで効率的に安否登録ができ、事前に安否情報の開示先を離れた家族や親類、会社等に設定しておくことで、自動的に関係者に安否を通知することが可能となる。

携帯電話には、歩数計やゲーム用に加速度センサやGPS(全地球測位システム)など、多くのセンサが埋め込まれている。将来的には、さらに多くのセンサが埋め込まれ、携帯電話が一種のライフログセンサとして活用できるようになると考えられる。

現在、携帯電話のセンサ情報は個人の使用に限られているが、例えば位置情報や移動速度情報を非常時に限って消防署などに自動開示するよう設定しておけば、震災時に生き埋めになった場合、災害対策本部でどのエリアにどれくらいの人が埋もれているのかが国民のライフログを検索して把握できるようになり、効率的な救助活動ができるようになる。例えば、電車の乗降情報のライフログと組み合わせて検索すれば、電車事故の際にもどの車両にどれくらいの人がいる(もしくは誰がいる)という情報も分かるようになる。

但し、これらのライフログに関する将来は、技術面から見た側面であり、その実現においては社会的な運用面での課題等が多く存在する。

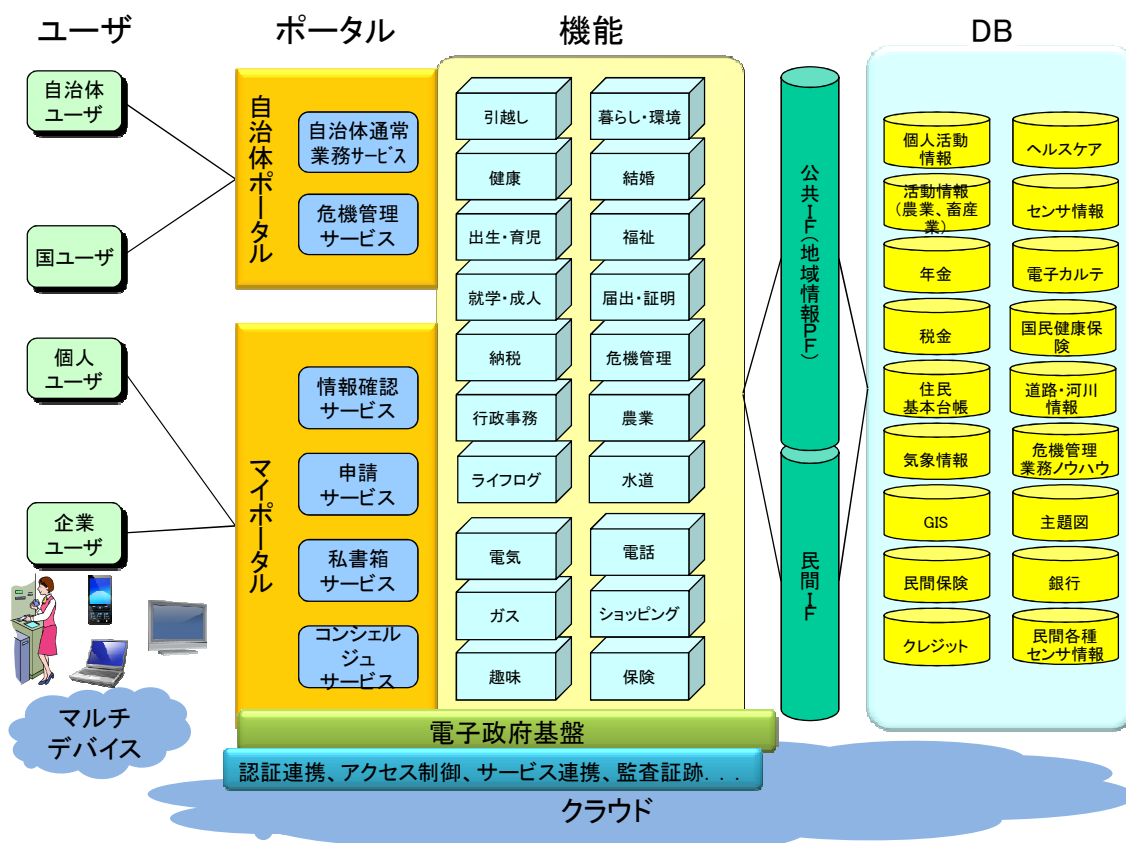


図 2-8 ICT を用いたしなやかな社会の実現イメージ

Fig. 2-8 Relization image of resilient society by ICT system.

## 2.4 しなやかな社会の実現に向けた将来ビジョン

### 2.4.1 実現イメージ

図 2-8 に、情報通信システム面から見た「しなやかな社会」の実現イメージを示す。NGN を活用し、クラウドで構成された電子行政のプラットフォーム上で自治体、民間それぞれが SaaS 型のサービスを提供する。このサービスでは、認証・連携もシングルサインオン(一度の確認ですべての認証をパスできるシステム)で一元管理される。

これまで自治体および民間で個別のサービスとして提供されていたものは、例えば Applic ((財)全国地域情報化推進協会[16])を活用して標準化された API(Application Programming Interface)、民間で標準化された API を介してデータ連携できるようになる。

図 2-8 では、行政ポータルを介して、自治体の基幹業務、さまざまな危機管理サービスを提供する危機管理の基盤や医療情報連携基盤 EHR(Electronic Health Record)などが国や自治体向けのサービスとして提供されるほか、民間のサービスポータルを介して、GIS(地理情報システム)、PHR(Personal Health Record)、ライフログなどが民間サービスとして提供されるイメージを示している。

クラウドを活用した仮想的なデータベースには、多くの既存データベースが簡単に接続してデータ連携できるようになり、各ユーザーはポータルサイトを介して、必要なときに必要なサービスを低価格で利用できるようになる。例えば平常時はそれぞれの業務のなかで必要な最小限のサービスを利用し、例えば非常時の「り災者証明書」発行時には、必要なデータベースを組み合わせたデータ連携サービスをユーザーが自ら選んで利用できるようになる。

従来、新たに Web サービスシステムを構築する場合、データベース、機能(アプリケーション)、認証の仕組みなどを個別に構築する必要があり、構築には多額の投資が必要であったばかりか、それぞれが個別のシステムであるため一元的に情報を集約し閲覧・管理することは困難であった。しかし図 2-8 のようなシステムでは、基盤側が必要なデータベース、ポータル、認証連携などを用意しているため、アプリケーション機能さえ事業者が作成すれば、サービス提供者およびユーザーは気軽に情報の登録および閲覧が低い利用料のみで可能となるほか、全国の情報を一元的に管理することも可能となる。

以上のようなシステム、サービスを実現するためには、前述のように法改正などかなり高いハードルをクリアしなければならない。このため個別の企業では実現が難しく、国主導もしくは産官学が連携して進めることが必要である。つまり民間主導でできるところ、国主導でできるところを切り分け、しなやかな社会の実現という大きなビジョンの下、国と民間が一体となって実現に向けて取り組むことが必要である。

さらに、システムができただけではしなやかな社会は実現しないので、利用者の意識も自律分散協調型へ変えていく必要がある。しかしこれについては楽観視している。必要なときに必要なサービスを低価格で利用できるという仕組みが実現すれば、メリットを享受したユーザーには心のゆとりができるはずである。利用事例が増えて普及してくれば、自然にしなやかな社会に近づいていくはずである。同様の仕組みは海外にも展開できるため、国際協調の進展にもつながるはずである。

#### **2.4.2 しなやかな社会における震災時の報道例**

最後に、しなやかな社会の実現イメージとして、将来、西日本大震災が発生した際の架空の報道記事を記載する。

##### **その1 「クラウドで、庁舎外に設置した災害対策本部の運用もスムーズに」**

西日本大震災で、A 市では全壊した住宅は全体の 2 割に当たる 1 万棟。半壊した家屋も 2 万棟と、まちの約半分以上が被災するという壊滅的な被害を受けた。震災から 2 カ月経った現在、仮設住宅に住む人は、同市の全人口の約 2 割に当たる約 2 万人に上る。被災した人のなかには、震災直後の市の迅速な対応で当面の生活を確保できたと、安堵の顔を見せる人が多い。現在、仮設住宅で暮らす B さんは「震災でこれからどうなるのかと不安でしたが、市から、仮設住宅の設置、義援金の交付などの復旧対応の情報がいち早く提供されたことが、被災者にとって助けとなりました」と語っている。

特に A 市の被災者への対応で威力を発揮したのが、クラウド上で運用していた同市の情報シス

テムだ。庁舎が壊滅的な被害を受け、災害対策本部を市の公民館に設置せざるを得なかったが、ネットワーク環境を整え、机とテーブルを用意するだけで、基本的な災害対策業務を進めることができた。災害対策本部は、住民の安否確認、避難所、被害状況などの把握に努めた。その際に有効だったのが、県が主導して以前から準備していた「り災証明発給システム」だ。

同システムは、住民基本台帳や課税台帳を参照しながら運用される。震災前から、個人情報保護法などの法的な問題は審議会にかけて解決しており、震災発生後直ちに運用できる準備をしていた。り災証明発給システムはスピードだけでなく、被災者に対して公平感を持ってもらうことが目的。正確な被災状況を確定し、情報を住民基本台帳や課税台帳と照合しながら、漏れなく被災者への支援体制を整えることができた。

「日ごろの業務内容と、緊急対応時の業務がリンクできるように準備していた。私達の使命は、一人の取り残しもなく、公平に支援策を提供すること」と、同市の防災担当 C 氏は語っている。A 市のり災証明発給システムは、被災者台帳システムとして活用され、被災者の生活再建支援のための基盤として生かされることになっている。

## **その2 「GPS 付き携帯端末から発信された情報が自動的に加工されて、災害情報としてスマホで閲覧」**

西日本大震災は、南海トラフ沿いの二つの巨大地震が、わずか 2 日間の間に発生するという、超広域、超巨大な災害となった。そのなかで被害を最小限に抑えることができたのは、スマートフォンの普及によるところが大きい。

熊野灘から東側で最初の巨大地震(東海・東南海地震)が発生したが、西日本の太平洋側の住民には、きめ細かな災害情報が自治体から発信されている。最初の地震発生の際にも震源での異常を的確に感知することができ、被災地で揺れを感じる 30 秒前には、緊急地震速報が住民の持つスマートフォンに発信された。その後の調べによると、被災地で最初の地震の緊急地震速報をスマートフォンで確認した人は全体の 5 割だったが、その 3 分後に発信された津波警報のスマートフォンでの認知度は 8 割に上がった。さらに 20 時間後に発生した南海地震の緊急地震速報の被災地での認知度は 9 割以上と、ほぼ全員が地震波到達前に発生を知ることができている。その後はきめ細かな災害情報が随時発信されている。例えば、自分のいる場所周辺の鉄道と主要道路の開通情報や渋滞情報には、容易にアクセスできた。

携帯電話サービス会社では、スマートフォンの GPS 機能から住民の移動状況を把握できるようになっている。さらに、道路の渋滞情報もカーナビゲーションシステムの GPS 機能から、カーナビの事業会社が常に把握できるようになっている。これらの各通信事業会社、カーナビ事業会社のビッグデータは、災害発生時にはいち早く分析、加工され、道路通行実績情報がマイクロメディアを通して発信される仕組みとなっていたからである。

これらのビッグデータから得られた情報に、警察から得られた道路の開通情報、鉄道の運行状況などが加味され、混雑予想、渋滞予想、今いる場所から最適な避難場所の情報が地図上にマッシュアップされて、それを個々人がスマートフォンで閲覧できるという情報の流れが確立している。



首都圏では、帰宅困難者が 600 万人にふくれ上がったが、災害情報が逐次的に提供されたことで、西日本で 2 日間にわたって二つの大地震が起きたにもかかわらず、大きな混乱を起こすことがなかった。

### **その3 「インテリジェント配達車で、被災地の需要に応えるチェーンストア」**

西日本大震災の発生直後から、スーパーマーケットチェーン D 社が、被災地の買い物支援サービスに積極的に取り組み、注目されている。同社は、震災発生直後に災害対策本部を立ち上げ、受発注システムを危機管理系システムへと移行させた。その特徴は、通常なら店舗からの発注を受けて本部がそれを集約し、取引先に情報をまとめて送る仕組みを、被災した店舗に限っては、発注を本部主導に置き換え、過去の知見をもとに被災地で必要となる物資をプッシュ型で配送した。被災した店舗では、事前に用意されていた BCP に基づいて、発注システムの業務を省き、震災需要で店舗に来店する顧客への接客にだけ注力できるようにした。本部は、需要予想に基づいて被災地で必要となる商品を送り込み、商品を受けた店舗では、それを販売するという単純な仕組みを取った。

また、仮設住宅で生活をする被災者には、タブレット型携帯端末を無料で貸与し、ネットスーパーサービスの利用を促した。この仕組みは東日本大震災でも実証済みで、当時は仮設住宅内に整備された無線 LAN 環境と、各戸に無償で貸与されたタブレット型携帯端末を利用して提供された。

東日本大震災では、既存のネットスーパーのサービスをベースにしていたが、西日本大震災では、災害特別プロジェクトとして専門業者が主体となって、医薬品、ベビー用品など震災需要を満載したトラックをカテゴリーごとに用意し、あらかじめ被災地に配備し巡回させた。トラックは「インテリジェント配達車」とも言えるもので、タブレット型携帯端末からの発注情報は最寄りのトラックに伝達され、その都度、配達巡路を最適化。発注から 2 時間以内の配達を実現している。同時に、道路開通情報などの災害情報が常に確認でき、最短ルートで配送することもできるようになっている。

D 社の広報担当者は「まちのインフラとして当然の役割を果たしただけ」としているが、被災者のニーズに応えた取り組みは、被災者から高い支持を得ている

## **2.5 考察**

以上、しなやかな社会を実現するための情報通信サービス、実現に向けた各種課題および将来ビジョンについて述べたが、現在、政府は今後予測される巨大地震に対する新たな被災想定を発表するとともに継続して詳細化しているほか、マイナンバー等の社会制度に関する新たな動きが生じている。また東日本大震災での教訓を元に、情報通信基盤に関しても各通信会社がさまざまな対策を打ち出してきている。ここでは、これらの動向についてまとめるとともに、しなやかな社会の実現に向けた影響などを考察する。

内閣府中央防災会議における防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループは、2012 年 8 月 29 日に南海トラフ巨大地震の被害想定(第一次報告)[17]を発表した。

その内容は衝撃的なものであり、東海地方が大きく被災するケースにおける死者数は、最大約 32 万人と報告された。これまで報告されていた想定死者数約 2 万 8 千人を遥かに上回る数字であり、翌日の新聞紙上を大いに騒がせた。

これは、被害想定に用いられた地震モデルが、科学的知見に基づいた南海トラフにおける最大クラスの地震・津波であるためであり、これまで中央防災会議で検討してきたいずれの地震による被害想定よりも大きなものとなっている。また、報告書にも記載してあるように、このような甚大な被害想定結果を目の当たりにして、ともすれば、不安感を募らせ、これまでの防災対策が無意味であるかのような風潮が出てくる可能性もあるが、しっかりとした対策を講じれば想定される被害も大きく減少するとされている。

また、この報告書を主査として取りまとめた関西大学の河田教授によると、東日本大震災において、“想定外”という言葉が流行し、“想定外”を口実に責任を逃れようという風潮があったことから、国から最大の数字を提示することで“想定外”という考えを無くさせる目的もあるとのことである。

今回報告された被害想定では、最大クラスの地震・津波に対し、基本的に定量的に推計が可能なシナリオに基づいた結果が第一次報告として公表された。その他の被害想定項目については、さらに推計作業を進め、平成24年度内に公表される予定である。

具体的な被害想定結果としては、

(ア) 東海地方が大きく被災するケース

全壊及び焼失棟数:954 千棟～2,382 千棟 死者:80 千人～323 千人

(イ) 近畿地方が大きく被災するケース

全壊及び焼失棟数:951 千棟～2,371 千棟 死者:50 千人～275 千人

(ウ) 四国地方が大きく被災するケース

全壊及び焼失棟数:940 千棟～2,364 千棟 死者:32 千人～226 千人

(エ) 九州地方が大きく被災するケース

全壊及び焼失棟数:965 千棟～2,386 千棟 死者:32 千人～229 千人

注) 数値は、地震動に対して堤防・水門が正常に機能したケースを記載。

となっている。

一方、防災対策による被害軽減として、建物の耐震性強化により、現時点で死者数約 38,000 人と想定されるものが約 85%減の約 5,800 人に大きく減少すると報告されているほか、家具等の転倒・落下防止対策の強化により、現時点で死者数約 3,000 人と想定されるものが約 70%減の約 900 人と大きく減少するとされている。

また、津波に対する防災対策として、避難意識の啓発により、早期避難率が低い場合と高い場合では津波による死者数に約 2.0 倍～約 8.6 倍の差が想定され、早期避難率が低い場合と全員が発災後すぐに避難を開始した場合を比較すると、津波による死者数に約 2.6 倍～約 13.5 倍の差が想定されており、住民等の自主的かつ迅速な避難のための意識啓発、避難計画策定や防災教育の推進が急務であると報告されている。さらに、津波避難ビルが津波避難に効果的に活用できるかどうかにより、死者数に約 1.2 倍～約 1.9 倍の差が想定され、堤防・水門が地震動によりそ

の一部が機能しなくなるかどうかにより、建物全壊棟数と死者数にそれぞれ約 1.1 倍の差が想定されると報告されている。

現在、このマクロ的な被害想定を受けて、各地方公共団体が個別の地域における防災対策を検討するために、地域の状況を踏まえたより詳細な被害想定を行っており、その報告を受けた企業側の経済被害の想定が平成 24 年度中にはまとめられる予定である。また、中央防災会議では、南海トラフ巨大地震対策に関する特別法の制定に向け具体的に検討すること、地震対策大綱、地震防災戦略及び応急対策活動要領等を新たに策定すること、さらに全国防災対策費、緊急防災・減災事業の仕組みを継続していけるよう財源を確保するなど対策促進のための支援措置等を検討することを報告書にまとめている。

また、内閣府中央防災会議防災対策推進検討会議では、2012 年 7 月 31 日に防災対策推進検討会議最終報告[18]をとりまとめた。この中で政府は、災害対策に取り組む基本姿勢として“災害に強くなやかな社会”の構築という言葉を用い、本論文で述べているしなやかな社会とはほぼ同じ概念と社会の構築に向けた課題を、防災政策の基本原則および今後重点的に取り組むべき事項として詳細にまとめている。また、情報活用の重要性についても言及されており、さまざまな角度からの国としての今後の取組指針が記載されている。(防災対策推進検討会議配下の「防災情報の活用に係るプロジェクトチーム」には筆者も所属)

このように、東日本大震災後、国の災害に対する取り組みは大きく変化しており、しなやかな社会の実現に向け、レジリエンス(総合的な防災力)向上に向けたさまざまな取組が進められている。しかし、小さな自治体では財源難のためにハード防災だけでなくソフト防災でさえ対策を実施できないところも多くあり、社会制度(マイナンバー制度)の整備と併せて国の施策として対策を行っていく必要がある。

しなやかな社会の実現において最も重要となる情報を活用するための情報通信基盤も、東日本大震災においては甚大な被害を受けた。前述の南海トラフ巨大地震に限らず、今後のいかなる災害・危機においても情報の活用を妨げないため、東日本大震災での教訓を元に、NTT 等の通信会社は次のような対策を行なっている。

通信ネットワークそのものに対しては、広域災害に強い通信ネットワーク作りと早期復旧手段の整備として、交換局など重要機能の地域分散や多ルート化を推進している。例えば、NTT コミュニケーションズでは、従来東京ー北海道間の基幹網は西側、中央および東側の 3 ルートであったが、東日本大震災時にはこのうち 2 本が断絶し、残り 1 本も対応が遅ければ輻輳による重大事故になるところであった。このため、現在 3 ルートから 4 ルートへの増設を行ない、さらなる冗長化を実現している。NTT ドコモでは、災害・危機時の人口密集地の通信を確保するため、通常の基地局とは別に大ゾーン基地局を全国で 104 箇所設置した。一般の基地局では半径数 100m から数 km の範囲をカバーするが、大ゾーン基地局では半径 7km をカバー可能である。また、NTT グループでは新たな被害想定に対応してハザードマップを見直し、全国でネットワーク信頼性の再確認作業を行なっているほか、これまでバラバラであった NTT グループ内の設備情報、被災・復旧情報などの共有シ

システム開発など、情報活用を中心とした NTT グループ連携の強化を行なっている。

広域、長期間の停電に対しては、例えば NTT ドコモでは、携帯電話基地局のバックアップ電源を従来の数時間から 24 時間対応へ設備を増強したほか、2013 年 3 月からは燃料電池を用いて 40 時間以上運用可能にする予定である。また、NTT グループでは、各支店単位で大型電源車の増設を実施した。従来のアナログ電話網では、停電になっても電話局からの給電によって電話を利用することができるが、光ファイバ網では停電になると、例えば電話局側がバックアップ電源によって動作していたとしても宅内側が停電のため動作できなくなる。このため、宅内用の ONU やルーターなどにバッテリーを持たせ、数時間は動作可能にする取り組みも始まっている。

学校や公民館などの地域救済拠点における早期通信確保としては、衛星、無線通信の活用を推進し、NTT ドコモでは無料貸出し用衛星携帯電話を増設し、計 3000 台を配備する予定である。さらに NTT ドコモでは、機動性に優れた衛星・マイクロ回線を利用する衛星トランス基地局（車載型と可搬型）を増設するとともに、非常用のマイクロエントランス設備を 100 区間配備した。

災害後の情報流通手段の確保としては、通信の集中による輻輳対策として、安否情報の取り扱いに焦点を置き、NTT ドコモ、KDDI、沖縄セルラー電話、ソフトバンクモバイル、イー・アクセス、ウィルコム、および NTT 東日本、NTT 西日本の 8 社は、携帯各社の災害用伝言板サービスと NTT 東西の災害用伝言板（web171）において、一括して安否確認を検索することができる全社一括検索の提供を 2012 年 8 月末に開始した。これまで、携帯会社間での一括検索は可能であったが、これに NTT 東西が連携する形で実現したものである。発災直後の社員や家族への安否確認用の通信が輻輳の大きな原因であるため、このような公共の安否確認ツールがうまく機能すれば、輻輳を抑えることができると期待される。

しかし、実際にはこれらのツールの宣伝が十分行き届いてはおらず、その存在や利用方法を知らない人が現在でも大多数を占めるため、今後の広報・宣伝活用が重要である。なお、NTT ドコモでは、災害用伝言板にアクセスすると Google のパーソンファインダでの登録された安否情報が確認される機能も実現している。また、利用者のニーズが音声からメール、インターネットと多様化していることへの対応として、音声をデータ化して届ける災害用音声お届けサービスを NTT ドコモが 2012 年 3 月に開始した。さらに通信各社とも、復旧エリアマップなど情報公開の迅速化とわかりやすい情報配信を宣言している。

災害時や復興時に役立つサービスやソリューションの提供として、通信各社は自治体、医療機関、および学校等への支援強化として、事前に協定を結んで連携した対応を実現できるようにしているほか、例えば NTT ドコモでは、従来は有料であったが、2011 年 7 月からエリアメールの自治体での利用を無料化したほか、携帯 3 社で統一した仕様でエリアメールを利用可能にするよう検討している。このため、これまでエリアメールでの情報配信にはそれぞれの携帯会社に対する操作を必要としていたが、今後は 1 回の操作で携帯各社の携帯電話やスマートフォンに防災情報を同報できるようになる。

このように、情報通信基盤においては、さまざまな方面から災害・危機対応が検討されている。しかし、どれだけ事前に対策をしたとしても、100%通信できるという保証はないのが実際であり、利用者側は通信断を前提としたBCPを事前に検討し、しなやかな対応ができるよう日頃から訓練をしておくべきである。

第2.3.2節において述べた「番号(マイナンバー)制度」と情報提供ネットワークシステムについては、予定では2012年8月の通常国会においてマイナンバー法案が審議されるはずであったが、政権問題や領土問題などさまざまな問題が噴出し、最終的には廃案となり1年先送りされた。

マイナンバーは、税と社会保障という国民の生活と国家の維持など国の根幹に関わる部分で使われる共通の番号であり、しなやかな社会の実現・維持に必要な不可欠な制度である。第1章において説明したように、超高齢化社会において増え続ける医療費や介護費用など、増え続ける給付に対して止めど無く国債を発行すれば国家財政は破綻する。このため、マイナンバー制度を活用し、一人ひとりの的確な情報に基づく税や社会保障制度のシミュレーションを行い、公平かつ公正な社会を再構築し、持続可能なしなやかな社会を実現する必要がある。

現状、マイナンバー法案の成立は先送りされているが、2010年2月に政府内に検討会議が発足して以来、長い時間をかけて議論されてきた制度である。総務省では、2015年1月の個人番号交付・利用開始に向けて施策実現を進めているが、法案の整備が進まないと、行政システムの整備が追いつかない可能性もある。また、個人番号カードの具体的なあり方や、行政システムの設計方針、仕様など、まだ明確になっていない課題も存在する。しかし、このマイナンバー制度は、国の将来を支える重要な社会インフラであり、導入を先延ばしにすることは許されない。2015年1月利用開始に向け、まずは法案成立が急ぎ確定されることを望む。

## 2.6 まとめ

本章では、しなやかな社会の実現を支える情報通信システムに関し、情報通信システムの発展としなやかな社会の実現に向けた課題についてまとめるとともに今後の展望について述べた。また、新たな情報通信システムを使うことにより国、自治体および市民生活がどのように変化していくか、更にその実現に向けた将来ビジョンについて述べた。さらに最後に、現在の政府の動向や、東日本大震災の教訓を元にした通信会社の対策等について考察した。

今後は、本章でまとめた課題の解決を目指し、それぞれの分野において産官学連携で取り組み、将来ビジョンとして述べたしなやかな社会の早期実現に向けて貢献していく。

## 参考文献

- [1]Y. Maeda et al. "Next Generation ICT Services Underlying the Resilient Society," *Journal of Disaster Research*, Vol.5, No.6, pp.627-635, 2010.
- [2]京大・NTTリジリエンス共同研究グループ, 「しなやかな社会の創造」, 日経BP企画, 2009年12月.
- [3]京大・NTTリジリエンス共同研究グループ, 「しなやかな社会への試練」, 日経BPマーケティング, 2012年3月.
- [4]Peter Mell and Tim Grace, "The NIST Definition of Cloud Computing v15," Oct. 7, 2009, <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloudcomputing/cloud-def-v15.doc>
- [5]Global Inter-Cloud Technology Forum, <http://www.gictf.jp/indexe.html>

- [6]例えば、NTT東日本 技術協力センタ編“現場で役立つ通信設備のトラブルQ&A”，電気通信協会，(2007)。
- [7]T. Iida, “Infrastructure Facilities Management Technology for Safe and Secure Communications,” NTT Technical Review, Vol.7, No.6, 2009.”
- [8]山崎他, “管路設備の有効活用を図るケーブル収容管再生技術,” NTT技術ジャーナル, Vol.21, No.8, p.70 (2009) .
- [9]T. Sawada et al., “Recent Strides to Make Telecommunications Plant More Environmentally Friendly and Reliable ,” NTT Technical Review, Vol.7, No.10, 2009.
- [10] T. Handa, “Maintenance of social infrastructure equipment for recycling society creation,” Journal of Material Testing Research Association of Japan, Vol.55, No.3, p.4, 2010 (in Japanese).
- [11]山崎他, “通信設備の地震時機能性評価技術の開発,” NTT技術ジャーナル, Vol.21, No.8, p.75 (2009) .
- [12]Haili Chen, Norio Maki, and Haruo Hayashi, “Adapting the Demographic Transition in Preparation for the Tokai-Tonankai-Nankai Earthquake,” Journal of Disaster Research, Vol.5, No.6, December, 2010.
- [13]内閣官房, 「社会保障・税番号大綱概要」, 2011.6.30.
- [14]A. Miyajima et al., “A Proposal of newMethod for Specifying Other Users in Systems required to Protect Personal Information,” Information Processing Society of Japan, Research Report, Groupware and Network Services, 2010-GN-74, No.6, 2010 (in Japanese).
- [15]阿部他, “ライフログ活用技術の動向と研究所の取り組み,” NTT 技術ジャーナル, Vol.22, No.7, pp.8-11, 2010 (in Japanese).
- [16] <http://www.applic.or.jp/>
- [17]内閣府中央防災会議, 南海トラフ巨大地震の被害想定について(第一次報告), 29 Aug., 2012.
- [18]内閣府中央防災会議, 防災対策推進検討会議最終報告, 31 July, 2012.

### 3 しなやかな社会を支える EMC 対策技術に関する検討

本章では、情報通信基盤における課題解決の一つの事例として、平常時だけでなく通信が集中する災害・危機対応時にも的確な情報の活用を実現するため、無線 LAN や Bluetooth などの無線通信システムに関し、電磁干渉の発生しない理想的な屋内電磁環境を設計するためのガイドライン開発を目的として、屋内電磁環境のコントロール技術と、電磁界シミュレーションを用いた無線基地局の配置設計技術について述べる。

第 3.1 節では、部屋の材質を変えることができる電磁環境評価ブースを用いて、さまざまな屋内電磁環境における無線システムの通信特性を評価するとともに、電磁界シミュレーションを用いた無線システムの通信特性推定技術[1]について述べる。

第 3.2 節では、無線システムが電磁干渉無しに最適な通信を実現できるように、電界強度と遅延分散を用いてカバーエリアを制御するための要件を解析的および実験的に検討した結果[2],[3]について述べる。

第 3.3 節では、建物用 CAD ソフトによる建物構造入力と、電磁界シミュレーションと DSP(Digital Signal Processing)ツールを用いた無線システム通信特性シミュレーションを用いて、無線システムの通信可能エリアなど、計 12 種類の情報を表示して電波伝搬特性と通信特性をトータルに評価することができる電磁環境設計システム[4]について述べる。本システムにより、最適な基地局配置や効率的な無線通信が可能な屋内環境を設計することができる。

#### 参考文献

- [1]Y. Maeda, K. Takaya, and N. Kuwabara, "Experimental Investigation of Propagation Characteristics and Performance of 2.4-GHz ISM-Band Wireless LAN in Various Indoor Environments," IEICE Trans. Commun., Vol. E82-B, No. 10, pp. 1677-1683, Oct. 1999.
- [2]Y. Maeda, K. Takaya, and N. Kuwabara, "Microwave Propagation Characteristics and Performances of Wireless Communication for Indoor Environments," EMC'98 ROMA, S-1, pp. 821-826, Sep. 1998.
- [3]Y. Maeda, K. Takaya, and N. Kuwabara, "Requirements for Controlling Coverage of 2.4-GHz-Band Wireless LANs by Using Partitions with Absorbing Board," IEICE Trans. COM., Vol. B83-B, No. 3, 2000.
- [4]前田裕二, 高谷和宏, "構内無線通信システムに対応した電磁環境設計システムの開発," 信学技報, EMCJ113-129, pp.81-88, 2000.

### **3.1 さまざまな屋内環境での無線 LAN 電波伝搬特性と通信性能の実験的検討**

無線通信システムは屋内環境のさまざまな要因から影響を受ける。しかし、屋内環境は複雑なため、影響の分析方法は確立されていない。本節では、さまざまな屋内環境における 2.4GHz-ISM 帯無線 LAN の電波伝搬特性と通信性能との関係の検討結果を報告する。我々の目的は、無線 LAN のために理想的な屋内環境を設計するためのガイドラインの開発である。検討では、天井、床、および壁材を変えられることができるブースを活用した。4つの屋内環境において、電波伝搬損失と遅延分散を測定するとともに、推定手法を確立するためにレイトレーシング手法を用いた計算も実施した。また、スループットとビット誤り率特性も同様の屋内環境において測定した。結果として、次のことが明確になった。(1)レイトレーシング手法により、電波伝搬損失を実測値と 5dB 以内、遅延分散を実測値と 10ns 以内の精度で推定可能である。(2)壁面からの反射波は重大な混信を引き起こし、例えば壁が高反射率の材料で構成された場合、ブースの中心線上の 30%以上でスループットは 0.0であった。(3)スループットとビット誤り率は遅延分散と密接に関係し、あるスループットを達成する位置の数はレイトレーシング手法によって計算された遅延分散に基づく方法で推定可能であり、実測値の差は 10%以内であった。これらの結果は、2.4GHz-ISM 帯無線 LAN システムに対する理想的な屋内環境の設計に利用できることが明確になった。

#### **3.1.1 はじめに**

現在、無線 LAN やコードレス電話など多くの無線通信システムが多くのオフィスで使用されている。しかし、無線通信システムが大規模で複雑になった場合、電磁干渉が発生する可能性がある[1]、[2]。

これまで、さまざまなタイプの電磁干渉が検討されており、その中には電子レンジの不要電波が無線システムに及ぼす影響の検討も含まれている[3]、[4]。電磁干渉を改善させるためには、アンテナシステムの改善[5]や信号処理システムの改善[6]が検討されている。また、別の方法として、電磁干渉を低減させるために適切な建築材料の選択と適切な位置への設置する方法も存在し、ビルにおける電波伝搬特性と無線システムの性能の検討結果も報告されている[7]。特に、2.4GHz ISM 帯無線 LAN[8]、[9]（以下、無線 LAN と略す。）に対する建築材料の適切な位置への設置への効果が報告されている。無線 LAN は、扱いが簡単なことから普及が加速している。このため、屋内環境と無線 LAN の性能を十分理解した上で屋内環境と無線 LAN システムを設計する必要があるが、現状ではそれらの関係は十分に明確になっていない。

特定の屋内オフィス環境における電波伝搬特性と無線 LAN 性能の関係の検討は、検討を行ったオフィスにおいては有効である。しかし、一般的なオフィスでは、電子機器からの不要電波、無線通信デバイスからの電波などさまざまな電波が存在するため、詳細な検討は困難である。また、実際のオフィスにおいては、さまざまな建築材料を使った電波伝搬特性の関係を検討することも困難である。さらに、オフィス構造は複雑化する傾向にある



ため、測定結果を推定値と比較することも難しい。したがって、電波暗室と同様な性能を持つとともに典型的なオフィス環境を模擬し、さらに簡素な構造で電波伝搬特性を計算可能な実験環境が必要である。

ここでは、さまざまな屋内環境における電波伝搬特性と無線 LAN の性能について評価した結果を述べる。目的は、無線 LAN に対して理想的な屋内環境を設計するためのガイドラインを開発することである。検討では、建築材料を変えることができるとともに、屋外からの不要電波を侵入させないブースを活用し、壁材と床材を変えることで 4 つの屋内環境における電波伝搬損失と遅延分散を測定した。これらの電波伝搬特性は、レイトレーシング手法を用いて計算を行い、推定手法の有効性も検証した。また、無線 LAN 性能と屋内環境の関係を明確にするため、無線 LAN のスループット特性とビット誤り率 (BER) 特性も測定した。さらに、遅延分散特性の計算結果より、無線 LAN のスループット特性を推定する方法についても明確化した。

### 3.1.2 ブースの構造

検討では、建築材料を簡単に換えることができるブース (図 3-1-1) を構築して活用した。ブースは、電波伝搬特性も計算することが可能なように簡単な構造体とした。また、実験に使用する周波数帯と同様の不要電磁波の外部からの侵入を防ぐため、ブースの外部は電波吸収体で完全に覆った。電波吸収体には、1.5GHz 以上の周波数において 20dB 以上の電波吸収特性を持つものを使用した。ブースは、縦 5.3m、横 10m、高さ 2.8m であり、二つの金属ドアを備えている。床、天井、壁の材質は簡単に換えることができ、床材の変更には約 2 時間、壁と天井の材質変更には約 4 時間かかった。

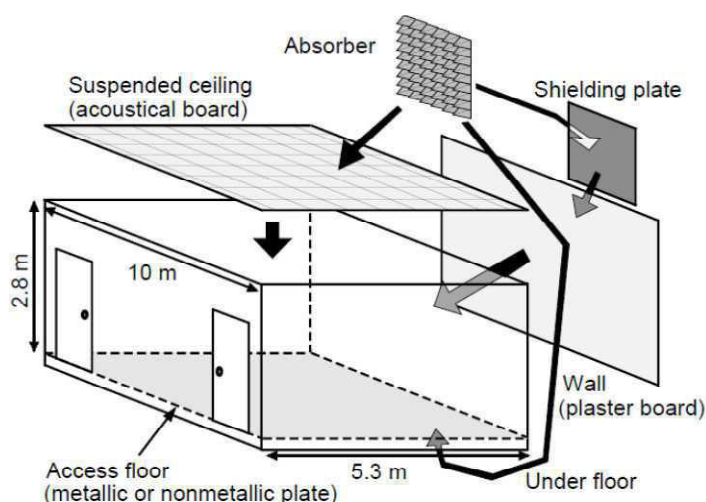


図 3-1-1 ブースの構造

Fig. 3-1-1 Structure of booth used for measurement.

検討に置いては、表 3-1-1 に示すように材質を変化せることで4つの屋内環境を構築した。吊り天井は、0.9m 四方で厚さ 2cm の岩綿製の吸音板で構成し、固定した。二重床は、0.5m 四方の金属および非金属板で構成した。壁には日本のオフィスにおける典型的な仕様であり、0.5m 間隔の鋼鉄製の梁に石膏ボードを両側に貼りつけたものを使用した。また、もう一つの日本における典型的なオフィス仕様である金属壁を模擬するため、石膏ボードの表面に金属板を貼りつけた壁も使用した。

表 3-1-1 使用した 4 つの屋内環境

Table 3-1-1 Building materials for indoor environment 1 through 4.

Env.	Ceiling	Walls	Floor
1	2-cm-thick acoustical squares	1.25-cm-thick plaster boards	2.5-cm-thick nonmetallic plates
2	2-cm-thick acoustical squares	1.25-cm-thick plaster boards	2-mm-thick metallic plates
3	2-cm-thick acoustical squares	1-mm-thick metallic plates	2.5-cm-thick nonmetallic plates
4	2-cm-thick acoustical squares	1-mm-thick metallic plates	2-mm-thick metallic plates

### 3.1.3 電波伝搬特性

#### 3.1.3.1 測定方法

図 3-1-2 に 4 つの屋内環境における無線 LAN の電波伝搬特性の測定系を示す。送受信アンテナには、実際の無線 LAN システムに使用されているモノポールアンテナを使用した。送信アンテナは、ブースの中心線上 ( $y=2.605\text{m}$ ) で壁から 1m ( $x=1\text{m}$ ) の位置に設置した。受信アンテナは、中心線上を 2cm 間隔で移動可能なアンテナタワーに設置し、 $x=2\text{m}$  から 8m の間で移動させた。送受信アンテナをブースの中心線上に設置した理由は、中心線上における反射波が最も強くなるためである。アンテナタワーは光ファiberを用いてコントローラーに接続し、PC を介して制御した。送受信アンテナ高は 1m とした。電波伝搬損失と遅延プロファイルを同時に測定するため、測定器にはネットワークアナライザを使用した。

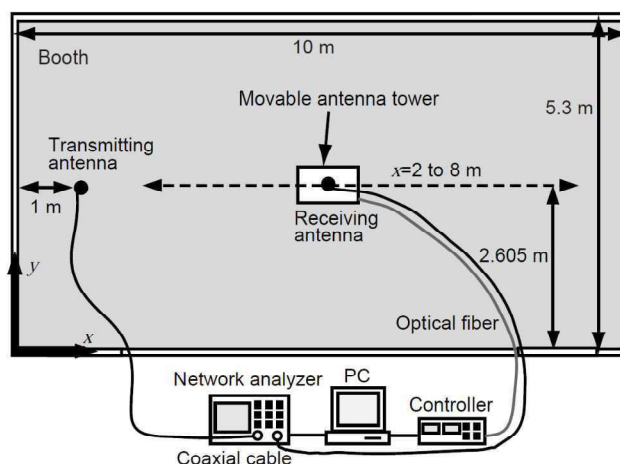


図 3-1-2 無線 LAN 電波伝搬特性の測定系

Fig. 3-1-2 Setup for measuring propagation characteristics.

### 3.1.3.2 計算方法

電波伝搬特性の計算には、幾何光学アルゴリズムに基づくレイトレーシングが有効である。このため、レイラウンチング手法を用いたレイトレーシングを使用して、電波伝搬特性を計算した[10]、[11]。この手法は、実際のオフィス環境における電磁環境シミュレーションのような複雑な環境での計算も行うことができる。

本手法では、光線が発信源から送信間隔  $\alpha$  で全方向に送信され、 $\alpha$  は計算精度と計算時間の関係から通常  $\alpha \leq 1^\circ$  に設定される[11]。本検討では、 $\alpha = 0.2^\circ$  に設定した。また、本検討では、受信球[11]を受信アンテナ位置に用いた。これは、受信球を通過した光線を受信光線として扱うためである。受信球の半径は  $\alpha l / \sqrt{3}$  以内に設定され[11]、ここで  $l$  は送受信点間の距離となる。さらに、計算においては送受信アンテナのアンテナパターンと利得に測定値を使用した。

建築材料の屈折率  $n$  には、電波暗室においてネットワークアナライザのタイムドメイン機能を用いて実測した 2.484GHz における値を使用した[12]。屈折率は、光線の材料への自由空間からの入射に対して  $n = \sqrt{\mu_r \epsilon_r}$  で定義される。ここで、 $\mu_r$  は比透磁率であり、 $\epsilon_r$  は比誘電率である。屈折率の実数部分は、反射波および透過波の振幅に影響し、虚数部はそれらの位相に影響する。使用した全ての建築材料は均一な屈折率を持ち、かつ平坦な表面を持つものと仮定し、入射角度による屈折率の変化は考慮しなかった。吊り天井に用いた岩綿製の吸音板の屈折率は  $1.7 - j0.2$  とし、壁面の石膏ボードの屈折率は  $1.9 - j0.2$  とした。また、非金属二重床は、砂、軽石およびガラス繊維からできており、屈折率は  $2.8 - j0.2$  とした。金属二重床および金属壁は完全導体として扱った。

### 3.1.3.3 電波伝搬損失

4つの環境における電波伝搬損失の測定値と計算値を図3-1-3から3-1-6に示す。電波伝搬損失は、環境1における $x=2\text{m}$ の位置の値で正規化した。また、それぞれの図において、送受信アンテナ間の距離に逆比例する線を $x=2\text{m}$ の測定値に合わせてプロットした。無線LAN基地局のモノポールアンテナは、一般的に垂直偏波で使用されることが多いため、ここでは垂直偏波のみを評価した。無線LANで使用されている直接拡散方式(DSSS)では、使用周波数帯(2.471から2.497GHz)における平均電力が重要となる[13]、[14]。さらに、電波伝搬損失はさまざまに変化するため、使用周波数帯中の一周波数に対する電波伝搬損失と屋内環境の関係を評価することは困難である。したがって、平均電力を評価するにあたっては、使用周波数帯を401の周波数に分割し、その平均電波伝搬損失を使用した。

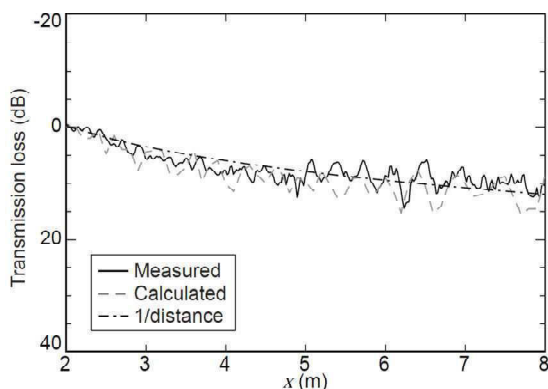


図 3-1-3 環境 1 に対する電波伝搬特性

Fig.3-1-3 Transmission loss for env. 1.

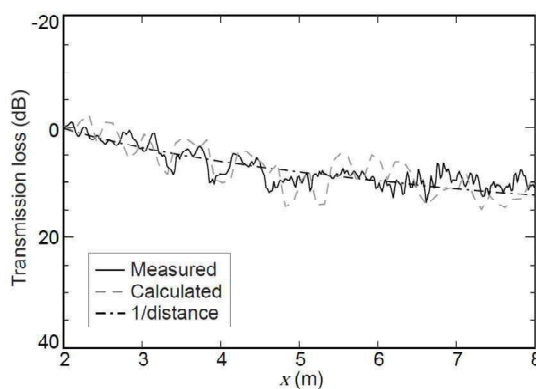


図 3-1-4 環境 2 に対する電波伝搬特性

Fig. 3-1-4 Transmission loss for env. 2.

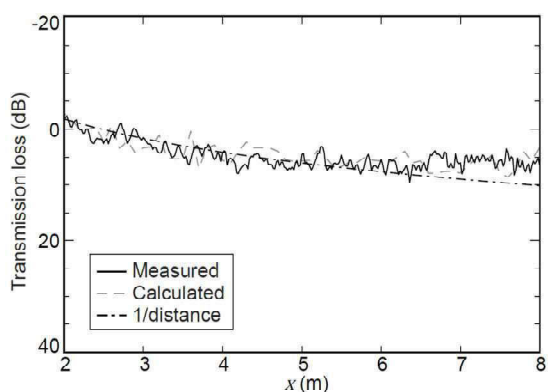


図 3-1-5 環境 3 に対する電波伝搬特性

Fig.3-1-5 Transmission loss for env. 3.

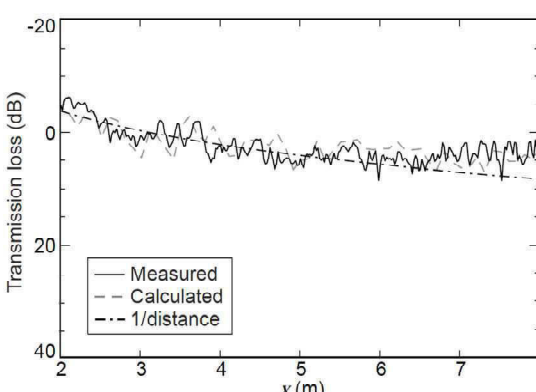


図 3-1-6 環境 4 に対する電波伝搬特性

Fig. 3-1-6 Transmission loss for env. 4.

図 3-1-3, 3-1-4 に示す環境 1 と 2 の非金属壁の場合には、電波伝搬損失はほぼ距離に反比例して減少している。一方、図 3-1-5, 3-1-6 に示す環境 3 と 4 の金属壁の場合には、 $x=6.5\text{m}$  付近まで電波伝搬損失は概ね距離に反比例して減少するが、それ以降はほとんど減少しないことが分かる。これらの結果より、壁が高反射係数の材質でできている場合は壁面からの反射波が強いため、ブースの中心線上の  $x>6.5\text{m}$  の位置における電界強度はほとんど同じであるということが出来る。また、環境 1 と 2 の非金属壁の場合の電界強度は  $x=2$  から  $8\text{m}$  の位置でほとんど同じであるが、環境 3 と 4 の金属壁の場合の電界強度は、非金属壁の場合よりも全体的に強くなっている。特に、環境 4 の  $x=2\text{m}$  の位置では、電界強度が環境 1 と比較して約  $4\text{dB}$  強くなっているほか、 $x=8\text{m}$  では約  $8\text{dB}$  強くなっている。

また、すべての環境において、計算結果は測定結果と  $5\text{dB}$  以内で一致している。このことより、レイトレーシング手法によって伝搬損失が推定可能であるということがわかる。

### 3.1.3.4 遅延プロファイル

屋外での電波伝搬特性に関する他の研究において、電力遅延プロファイルが無線システムの性能に密接に関係していることが示されている[15]。環境 1 と 3 に対してレイトレーシング手法を用いて計算した電力遅延プロファイルを図 3-1-7 と 3-1-8 にそれぞれ示す。環境 1 と 3 の違いは壁の材質の違いのみである。これらの遅延プロファイルは、ブースの中心 ( $x=5\text{m}$ 、 $y=2.605\text{m}$ 、 $z=1\text{m}$ ) の位置で計算した。これらの図において、縦軸は相対電力、横軸は遅延時間を示す。ここで、 $\tau=0$  の光線は直接波の到達時間である。

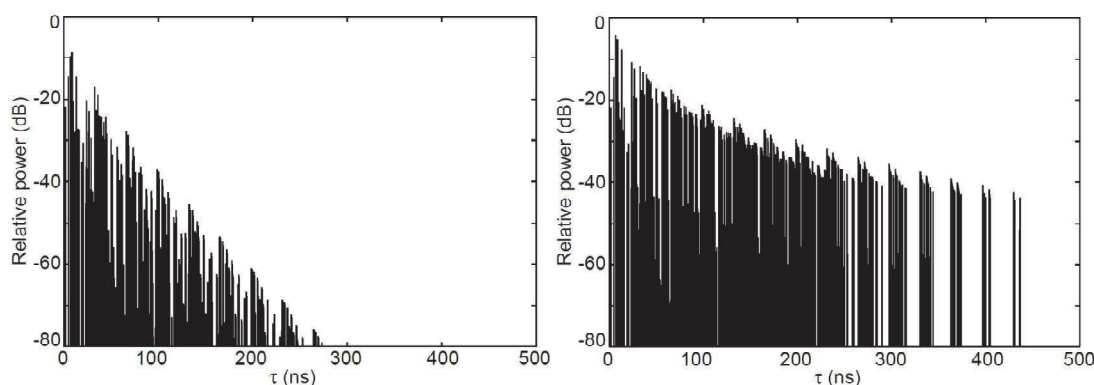


図 3-1-7 環境 1 に対する電力遅延プロファイル 図 3-1-8 環境 3 に対する電力遅延プロファイル

Fig.3-1-7 Calculated rms delay profile for env.1 at  $x=5\text{m}$ . Fig. 3-1-8 Calculated rms delay profile for env. 3 at  $x=5\text{m}$ .

図 3-1-7, 3-1-8 に示すように、床、天井あるいは壁で 1 回反射した光線は、直接波の到着後  $10\text{ns}$  以内に到達している。これは、直接波と 1 回床反射波の伝搬距離の差が  $0.47\text{m}$ 、一回天井反射波との距離差は  $1.38\text{m}$ 、 $x=0\text{m}$  の壁からの 1 回反射波との距離差は  $2\text{m}$ 、 $y=0\text{m}$

と 5.3m の壁からの 1 回反射波との距離差は 2.64m となるためである。これらに対応する遅延時間  $\tau$  はそれぞれ 1.6, 4.6, 6.7, および 8.8ns となる。また、直接波を省いて最も高い受信電力レベルは、壁からの反射波であることがわかる。これらの二つの遅延プロファイルを比べることで、環境 1 のように低い反射係数の壁材が使用されている場合には、強い反射波の強度が急速に弱まるのに対し、環境 3 のように高い反射係数の壁材が使用された場合には反射波の強度がほとんど弱まらないことが明確に示される。これは、垂直偏波に対しては、高い反射係数の壁材からの反射波がほとんど減衰しないためである。さらに、図 3-1-7 の環境 1 における平均遅延は 4.9ns であり、RMS (Root Mean Square : 二乗平均) 遅延分散は 10.3ns であるのに対し、図 3-1-8 の環境 3 における平均遅延は 24.6ns、RMS 遅延分散は 39.6ns であった。これらの値は、壁からの反射波の影響の違いを明確に表している。

rms 遅延分散は電力遅延プロファイルの評価において重要なパラメータである[15]。図 3-1-9 に 4 つの環境に対する RMS 遅延分散の測定値と計算値を示す。測定において、遅延プロファイルは 500ns まで測定し、遅延分散は測定系のノイズフロアを -40dB として評価した。図において、縦軸は RMS 遅延分散であり、横軸は受信アンテナの位置である。同図より、遅延分散は壁材の違いによって大きく変化していることがわかる。二種類の壁材に対する  $x=2\sim 8m$  の間における遅延分散の平均差 (環境 1 と 3 および環境 2 と 4 の比較) は約 40ns であった。一方、床材の違いに対する遅延分散の平均差 (環境 1 と 2 および環境 3 と 4 の比較) は 10ns 以内であった。また、環境 3 における遅延分散が最も高い値であった。これらの結果より、4 つの屋内環境に対する伝搬損失の差は約 8dB 以内であったのに対し、遅延分散の差は約 40ns であったため、遅延分散は伝搬損失より電波伝搬特性と屋内環境の関係を示すより有効な指標であるということが出来る。

計算値と測定値の差は、全てのケースにおいて約 10ns 以下であった。また、前節において述べたように、伝搬損失の計算値と測定値の差は 5dB 以内で一致する。したがって、伝搬損失や遅延分散で表現される伝搬伝搬特性は、レイトレーシング手法によって推定可能であるということが出来る。

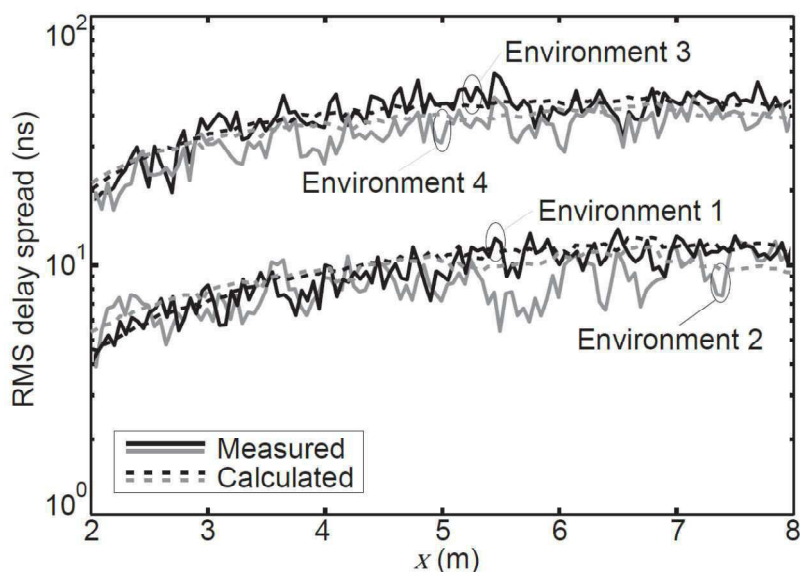


図 3-1-9 4つの環境に対する RMS 遅延分散

Fig. 3-1-9 RMS delay spread for env. 1 through 4.

### 3.1.4 無線 LAN 性能

#### 3.1.4.1 測定方法

図 3-1-10 に 2.4GHz-ISM 帯無線 LAN の性能に関する測定系を示す。図 3-1-10(a) はスループット特性の測定系を示し、図 3-1-10(b) は BER 特性の測定系を示す。スループット特性の測定に置いては、実際の商用無線 LAN システムを使用した。この測定系には、標準的な DSSS (直接拡散方式) 変調システムを用いており、日本における使用周波数帯[8]、[9]は、2.471 ~ 2.497GHz であり、中心周波数は 2.484GHz、拡散帯域幅は 26MHz である。また使用したシステムのデータ転送速度は 2Mbps である。スループットの測定には、5MB のテキストファイルを FTP プロトコルを用いて親機 (CS) から子機 (PS) に送信して測定した。BER 特性の測定においては、商用の無線 LAN システムでの測定が困難であったため、我々が開発した DSSS システムを使用した。スループット及び BER 特性の測定の双方において、実際の無線 LAN システムで使用されている垂直偏波のモノポールアンテナを送受信アンテナとして利用した。これらのアンテナは図 3-1-2 に示した電波伝搬特性の測定系と同様の位置に設置した。

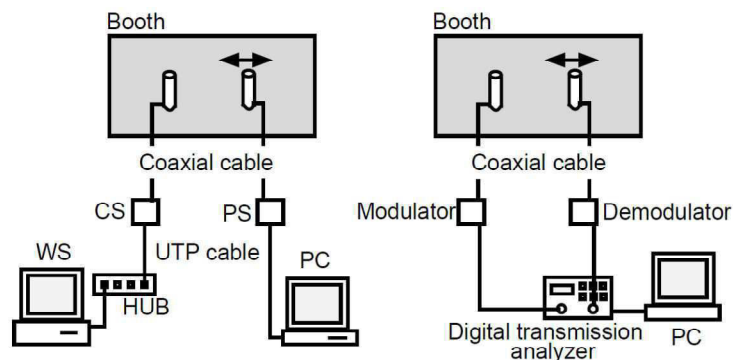


図 3-1-10 無線 LAN 性能の測定系

Fig. 3-1-10 Setup for measuring performance of wireless LAN.

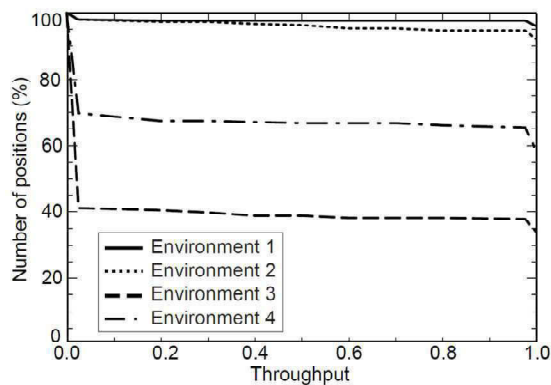


図 3-1-11 スループット特性の測定値

Fig. 3-1-11 Throughput characteristics of wireless LAN for env. 1 through 4.

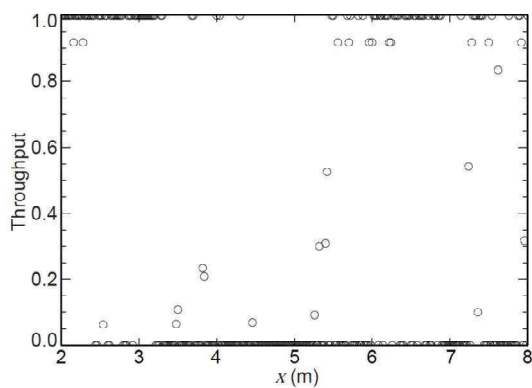


図 3-1-12 環境 3 におけるスループット特性と受信位置の関係

Fig 3-1-12 Throughput characteristics at each receiving position for env. 3.



### 3.1.4.2 スループット特性

図 3-1-11 にスループット特性の測定値を示す。スループットは CS と PS のアンテナに代えて同軸ケーブルで直接接続した場合の値で正規化した。同図において、縦軸は  $x=2\sim 8\text{m}$  の間において横軸で示したスループットの値以上となる受信位置の割合を示している。環境 1,2 において、スループットの値はほとんど同じであり、受信位置の約 95%以上で 1.0 となっている。しかし、環境 3,4 において通信が良好であった位置に明確な差が出ている。環境 3 では、約 35%の位置においてスループットが 1.0 であり、約 60%の位置でスループットはほとんど 0.0 であった。環境 4 では、約 60%の位置でスループットは 1.0 であり、約 30%の位置でほとんど 0.0 であった。

最もスループット特性の悪い環境 3 におけるスループット特性と受信位置の関係を図 3-1-12 に示す。縦軸は正規化したスループットであり、横軸は受信位置を示す。スループットは  $x=2.4\text{m}$  の位置まではほとんど 1.0 であり、ブースの中央 ( $x=5\text{m}$ ) 付近においては 0.0、また他の位置では数 cm 間隔で 0.0 か 1.0 となっている。この結果より、スループットは極端な特性を持っており、壁面が金属板のように反射係数の高い材料で構成される場合には数 cm 間隔で値が変化することがわかる。

これらの結果より、部屋の材質が適切に選択されることで、無線 LAN はほとんどの位置において良好なスループットで効率的な動作をすることが可能といえる。石膏ボードのように低反射係数の材質の壁の場合は良いスループット特性となるが、金属のような高反射係数の材質の壁の場合にはスループットが大きく低下する。しかし、スループットが 0.0 となる位置の割合は、非金属の床の場合より金属床の場合が少なかった。この想定に反した結果は、壁からの反射波による干渉が最も強くなるブースの中心線に沿って受信アンテナを設置したが、金属床からの強い反射波がこれらの干渉を幾分弱めたためと考えられる。

### 3.1.4.3 BER 特性

BER 特性の測定値を図 3-1-13 に示す。同図において、縦軸は  $x=2\sim 8\text{m}$  の間において横軸で示した BER の値となる受信位置の割合を示している。環境 1,2 における BER は概ね  $10^{-5}\sim 10^{-3}$  の間に分布しており、環境 3,4 における BER は概ね  $10^{-3}\sim 10^{-2}$  の間に分布している。環境 3 においては、ほとんどの BER は  $10^{-2}$  周辺に分布している。これらの結果より、環境 1 における結果が環境 2 の場合とほとんど同様であるとともに、環境 3 の結果が環境 4 の結果とほとんど一緒であるため、BER の変動はスループットの変動とほぼ同様の傾向であるといえる。

図 3-1-14 に全ての環境に対する BER とスループットの関係を示す。BER とスループットは同一の位置で測定した値をプロットしている。それぞれの BER に対するスループットの平均値も合わせて示している。スループットは BER の値が  $10^{-4}\sim 10^{-2}$  の間で変化しており、BER が  $10^{-4}$  以下の時にはほとんど 1.0 となっている。スループットの平均値は BER

が  $10^{-3}$  以上となったときに減少することもわかる。

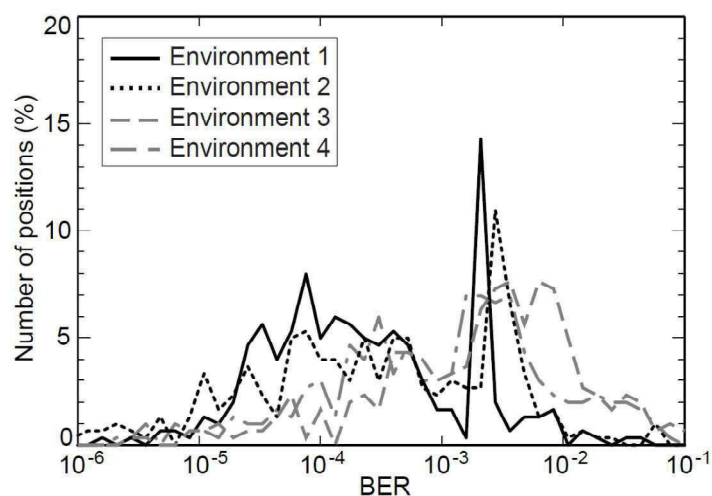


図 3-1-13 BER 特性の測定値

Fig. 3-1-13 BER characteristics of DSSS system for env. 1 through 4.

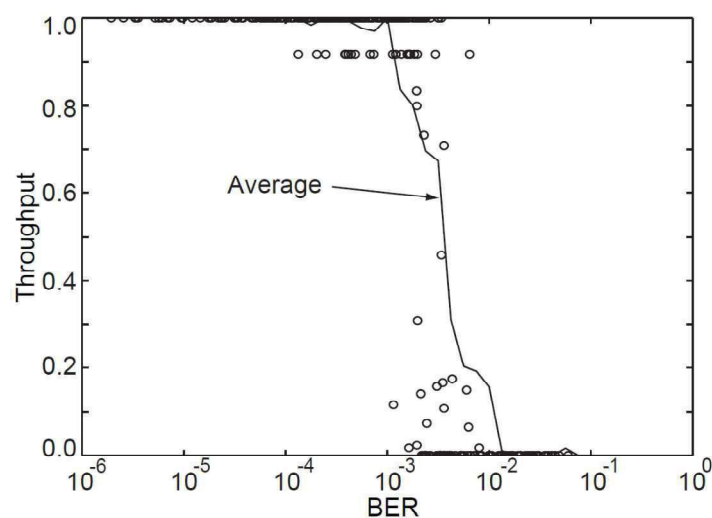


図 3-1-14 BER とスループットの関係

Fig. 3-1-14 Throughput and BER characteristics for env. 1 through 4.

### 3.1.5 無線 LAN の性能評価

ここでは、遅延分散と BER の計算値と測定値を用いてスループットを推定するとともに、スループットの測定値と比較した結果について述べる。

四位相偏移変調(QPSK)方式による信号変調に対して、平均既約 BER  $P_b$  と遅延分散  $t_d$  の関係は、ビット周期  $t_p$  に対して次のように書くことができる[15]。

$$P_b = 10^{\left(1.83 \log\left(\frac{t_d}{t_p}\right) - 0.98\right)} \quad (3-1-1)$$

ここで、測定で使用した無線システムはベースバンド変調に差動 QPSK(DQPSK)方式を使用しており、2 Mbps のデータ転送速度でビット周期は 500ns であった。また、遅延分散は計算値および測定値より得られる。QPSK と DQPSK の間にはいくつかの違いがあるが、無線 LAN の平均既約 BER は式(3-1-1)で推定される。 $P_b$ が推定された後、スループットは図 3-1-14 に示される測定値を用いて計算することができる。

図 3-1-14 に示すように、平均スループットは BER が  $10^{-3}$  以上になると減少する。また、図 3-1-12 に示すように、スループットは 0.0 か 1.0 かという極端な特性を持っている。したがって、スループット  $S$  は BER の測定値が平均既約 BER と等しいときに次のように仮定できる。

$$S = \begin{cases} 1, & P_b \leq 10^{-3} \\ 0, & P_b > 10^{-3} \end{cases} \quad (3-1-2)$$

図 3-1-15 に式(3-1-1)、(3-1-2)を用いて推定したスループットをスループットの測定値と共に示す。スループットは、図 3-1-9 に示した遅延分散の測定値と計算値を用いて推定した。同図において、縦軸は図 3-1-11 と同様に  $x=2\sim 8m$  の間において横軸で示したスループットの値以上となる受信位置の割合を示している。スループットの推定値は、全てのケースにおいて 10%の位置数の誤差で測定値と一致している。これらの結果より、遅延分散を用いる本手法によって、無線 LAN のスループット特性の推定が可能であるといえることができる。

無線 LAN のスループットと BER は、壁が高反射係数の材料で構成されている場合には数 cm 間隔で大きく変化するため、それぞれの個別の位置においてそれらの特性を正確に推定することは困難である。しかしながら、本手法を用いることで、あるスループットを満足する位置の割合を推定することが可能となる。

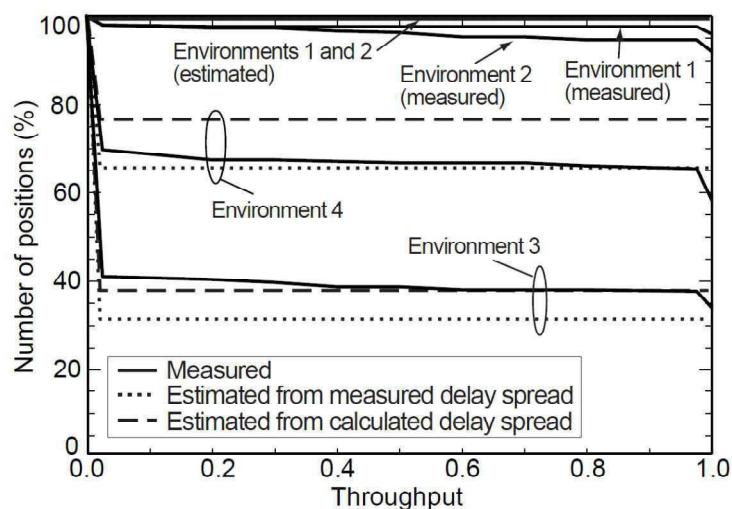


図 3-1-15 スループットの推定値と測定値

Fig. 3-1-15 Measured and estimated throughput characteristics of wireless LAN for env. 1 through 4.

### 3.1.6 結論

本論文では、一般的な日本のオフィスの屋内環境において動作する 2.4GHz-ISM 帯無線システムの電波伝搬特性と性能について検討した結果を報告した。検討においては、天井、床、壁の材質を変えることができるブースを利用した。測定結果はレイトレーシング手法を用いた計算値と比較した。結果として、以下の項目が明確になった。

- (1)すべての環境において、電波伝搬損失の計算値は測定値と約 5dB 以内で一致し、遅延分散の計算値は測定値と 10ns 以内で一致したことより、電波伝搬特性はレイトレーシング手法によって推定可能である。
- (2)壁が高反射係数の材質で構成される場合、スループットおよび BER 特性は悪化し、ブースの中心線上の 30%以上の位置においてスループットは 0.0 となる。
- (3)部屋の構成材料に依存はするが、スループットは BER が  $10^{-4}$ ~ $10^{-2}$ の間で大きく変化し、BER が  $10^{-4}$ 以下の場合にはほとんど 1.0 となる。特に BER が  $10^{-3}$ 以上になるとスループットは低下し始める。
- (4)あるスループットに到達する位置の割合は、レイトレーシング手法を用いて計算した遅延分散の値を用いることで、10%の誤差で推定可能である。

計算結果は測定結果とよく一致したことより、本論文で述べた手法を用いて、無線 LAN システムを効率的に使用するためのオフィスの屋内環境のデザインが可能ということが出来る。今後は、実際の屋内環境での無線 LAN システムの設計に本手法を適用し、本手法の有効性をさらに明確にしていく予定である。

## 参考文献

- [1] K. L. Blackard, T. S. Rappaport, and C. W. Bostian, "Radio Frequency Measurements and Models for Indoor Wireless Communications at 918 MHz, 2.44 GHz, and 4.0 GHz," *IEEE Int. Conf. Commun.*, Vol. 1, pp. 28-32, June 1991.
- [2] K. L. Blackard, T. S. Rappaport, and C. W. Bostian, "Measurement and Models of Radio Frequency Impulsive Noise for Indoor Wireless Communications," *IEEE J. Sel. Area in Commun.*, Vol. SAC-11, No. 7, pp. 991-1001, Sep. 1993.
- [3] S. Miyamoto, Y. Yamanaka, T. Shinozuka, and N. Morinaga, "Effect of Microwave Oven Interferences to the Performance of Personal Handy-phone System," *IEEE Int. Conf. Commun.*, Vol. 3, pp. 1457-1461, June 1996.
- [4] 宮本伸一, 森永規彦, 山中幸雄, 篠塚隆, "電子レンジ妨害波存在下でのデジタル無線通信システムの誤り率特性に関する検討," *IEICE B-II*, Vol. J79-B-II, No. 11, pp. 835-844, Nov. 1996.
- [5] Y. Sanada, M. Padilla, and K. Araki, "Performance of Adaptive Array Antennas with Multicarrier DS/CDMA in a Mobile Fading Environment," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E81-B, No. 7, pp. 1392-1400, July 1998.
- [6] Y. Okumura and F. Adachi, "Variable-Rate Data Transmission with Blind Rate Detection for Coherent DS-CDMA Mobile Radio," *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E81-B, No. 7, pp. 1365-1373, July 1998.
- [7] M. Sinji, Propagation Characteristics of Wireless Communication, *IEICE*, May 1993 (in Japanese).
- [8] Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: IEEE 802.11, Nov. 1997.
- [9] Radio Equipment for Low Power Data Communication System Radio Station RCR Standard: Research & Development Center for Radio Systems, RCR-STD-33A, 1993.
- [10] J. W. McKown and R. Lee Hamilton, Jr., "Ray Tracing as a Design Tool for Radio Networks," *IEEE Network Magazine*, pp. 27-30, Nov. 1991.
- [11] K. R. Schaubach, N. J. Davis, and T. S. Rappaport, "Ray Tracing Method for Predicting Path Loss and Delay Spread in Microcellular Environments," *IEEE Vehicular Technol. Conf.*, pp. 932-935, May 1992.
- [12] F. T. Ulaby, M. W. Whitt, and K. Sarabandi, "AVNA-Based Polarimetric Scatterometers," *IEEE Antennas Propag. Magazine*, pp. 6-17, Oct. 1990.
- [13] A. M. Viterbi and J. A. Viterbi, "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System," *IEEE JSAC*. Vol. 11, No. 6, pp. 892-900, Aug. 1993.
- [14] G. L. Turin, "The Effect of Multipath and Fading on the Performance of Direct-Sequence CDMA Systems," *IEEE Trans. JSAC*, Vol. 2, No. 4, pp. 597-603, July 1984.
- [15] J. C-I Chuang, "The Effect of Time Delay Spread on Portable Radio Communications Channels with Digital Modulation," *IEEE J. Sel. Areas in Commun.*, Vol. SAC-5, pp. 879-889, June 1987.

## **3.2 電波吸収ボード付パーティションを利用した無線 LAN カバーエリア制御のための要件検討**

無線通信システム同士が干渉することなく効率的に機能するためには、電磁環境を制御する必要がある。我々は、2.4GHz 帯無線 LAN システムが電磁干渉なしに最適な通信を実現するように、電界強度と遅延スプレッドを用いてカバーエリアを制御するための要件を解析的および実験的に検討した。検討においては、2 種類の壁材料と 2 種類の高さのパーティションを用いた 4 つの室内環境を使用し、机の周囲に配置したパーティションの外側に電磁波吸収体を机上部分のみに設置した。解析的手法にはレイトレーシング法を使用し、伝搬損失と遅延スプレッドを計算するとともに実測し、その有効性を確認した。また、カバーエリアを制御するための要件を明確にするため、スループットと BER 特性を同じ環境で測定した。結果として、カバーエリアは電波吸収体付きパーティションで制御できることが検証でき、カバーエリアにおいて遅延スプレッドは 15ns 以下および受信信号は -75dBm 以上である必要があることがわかった。また、レイトレーシング手法により、遅延スプレッドは実測値と 5ns 以下、受信信号は 5dB 以下の精度で計算できることを確認した。このことより、レイトレーシング手法を用いて、2.4GHz 帯無線 LAN システムを電磁干渉なく機能させることができる室内環境とアンテナ位置の設計できることがわかった。

### **3.2.1 はじめに**

近年、マイクロ波帯を使用する無線通信システムが、多くのオフィスで使用されている。これらのシステムは、2.4GHz 帯域無線 LAN[1]、[2]、1.9 GHz 帯コードレス電話 (PHS) などがある。ただし、システムまたは屋内環境が大規模かつ複雑になった場合、電磁干渉が発生することがある[3]-[5]。たとえば、無線チャンネルの不足がチャンネル間衝突につながる可能性があり、強い反射波はビットエラーを発生させる可能性がある。したがって、無線通信システムが有効に機能するために、室内の電磁環境は制御される必要がある。

アンテナシステムの改善[6]や信号処理システム[7]は、無線システムのカバーエリアを制御する方法の一つである。もう一つの方法は、適切な建築材料の使用と適切な位置への設置である[8][9]。ほとんどの 2.4 GHz 帯無線 LAN は、簡単にユーザーがそれらを利用できるようにするために無指向性アンテナを使用しているため、アンテナシステムの改善は効果的なアプローチとは言いきれず、適切な建築材料の使用と設置位置の調整のほうが良いアプローチと言うことができる。このアプローチでは、シンプルな屋内環境において、2.4 GHz 帯無線 LAN の屋内電波伝搬特性とパフォーマンスの関係が検討されている[9]が、複雑なオフィス環境での検討およびカバーエリアの制御方法についてはほとんど検討されていない。また、いくつかの種類の電磁波吸収体による 2.4GHz 帯の電磁環境の制御方法についても検討されている[10]。しかし、適切な建築材料の使用と設置位置の調整によるカバーエリアの制御における要件等についてはほとんど明確になっていない。

我々は、直接スペクトラム拡散方式 (DSSS) およびモノポールアンテナを使用する 2.4GHz 帯無線 LAN システムのカバーエリアを制御するための要件について解析的および実験的に検討した。

カバーエリアを制御するために、電波吸収体を貼りつけたパーティションを使用し、無線 LAN 機器を取り付ける机の周りに設置した。電波吸収体は、机上の部分のみに貼りつけた。2 種類の壁材料と2種類のパーティション高を組み合わせた4種類の屋内環境において伝搬損失と遅延スプレッドを測定して評価した。また、レイトレーシング手法を用いた伝搬損失と遅延スプレッドの計算も行い、オフィス環境での計算手法の有効性を確認した。一般的な無線 LAN システムのスループットとビット誤り率 (BER) も測定し、カバーエリアを制御するための幾つかの要件を明確化した。最後に、我々は要件に基づいてシミュレートしたカバーエリアと実測値を比較した。

### 3.2.2 室内環境の構成

検討に用いた室内環境の構成を図 3-2-1 に示す。検討に使用する周波数帯と同じ周波数帯の電波の外部からの侵入を防ぐため、部屋[9]の外部は完全に電磁吸収体で囲んでいる。これらの電波吸収体は、部屋内部の電波の漏洩も防ぐことができる。部屋の大きさは長さ 9.1m、横幅 4.45m、高さ 2.8m である。二重床になっているアクセスフロアは、日本のオフィスでもっとも一般的な大きさの金属板 (0.5×0.5×0.005m) で構成した。吊り天井は、日本のオフィスで最も一般的なロックウール製の吸音パネル (0.9×0.9×0.02m) で構成した。壁には、日本のオフィスで一般的な 2mm 厚の金属板、または電磁吸収体を表面に並べた金属板とした。これらの電波吸収体は部屋の外側にあつたものと同じものとした。また、部屋は天井に 8 つの蛍光灯と、2 つの金属製の扉を備えていた。

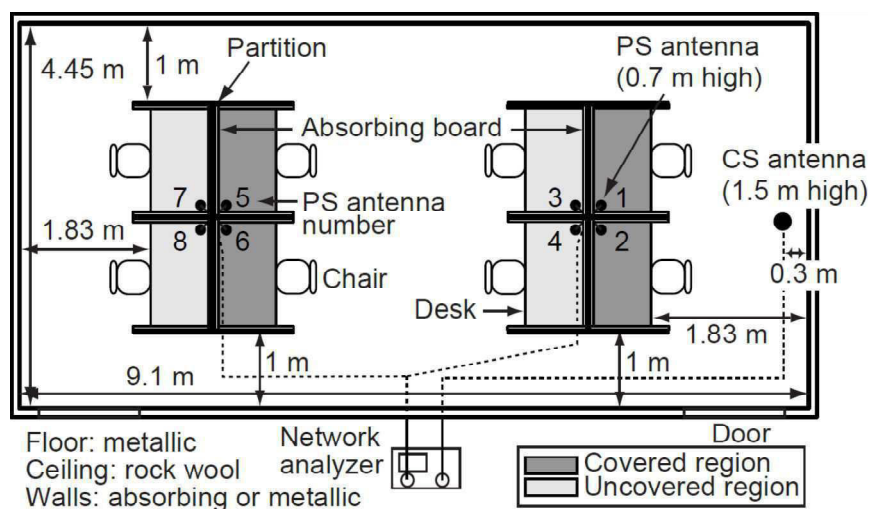


図 3-2-1 室内環境の構成

Fig. 3-2-1 Configuration of indoor environment.

部屋の中には 8 個の机と椅子が設置され、机の周りにはパーティションを設置した。机は 2mm 厚のスチールパネルで構成され、椅子はクッションとプラスチック部品で構成されていた。図 1 に示すように、典型的なオフィスを模擬するため、部屋の中には 1 グループ 4 個の机を 2 グループ対照的

に配置した。

電磁波吸収ボード[10]は、図 3-2-2 に示すようにパーティション表面に貼りつけた。パーティションには、2つの異なる構造を使用した。パーティションタイプ 1(図 2(a))は、一般的に机の周りに設置するタイプのパーティションの中で最も低い 0.9m のものであり、パーティションタイプ 2(図 2(b))は最も高い 1.2 m または 1.5 m のものである。これらのパーティションは、1cm 厚の木製パネルとプラスチック部品で作られている。電波吸収ボードは、机の周りの内側のみにパーティション表面に設置され、机の上からパーティション上端まで設置した。電波吸収ボードは、ケイ酸カルシウムとフェライト粉末で作られており、電波吸収性能は 2.484GHz で約 12 dB であった。また、電波吸収ボードは 8mm 厚であり、背面に 1mm 厚のアルミシートが貼りつけてあった。

無線 LAN の子局(PS)のアンテナは、それぞれの机の上にパーティションから 0.1m、床上 0.7m の位置に対称に配置された。無線 LAN の親機(CS)のアンテナは、床上 1.5m の高さにおいて、部屋を中心線上(横壁から 2.225m、右の縦壁から 0.3m の位置、図 3-2-1 参照)に配置した。PS と CS アンテナは、実際の無線 LAN と同様にモノポールアンテナとし、垂直偏波で、長さは 0.06m であった。一般的な利用例として CS アンテナが天井に置かれた場合、CS アンテナから PS アンテナに向かう直接波を電波吸収ボードが受けることが出来ないため、電波吸収ボード付きパーティションの電波吸収性能は大幅に減少する。このため、本検討では高さ 1.5m の本棚上への PS アンテナ配置を模擬し、CS アンテナ高を 1.5m とした。

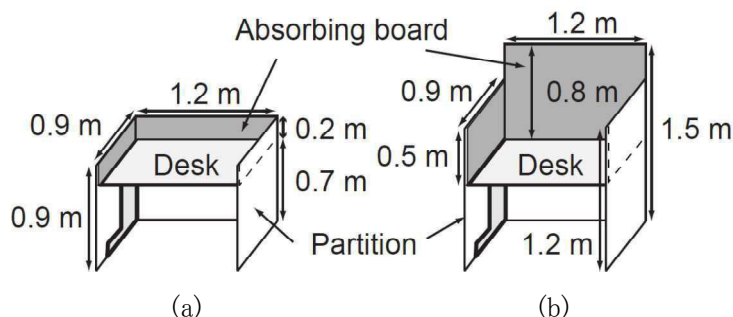


図 3-2-2 電波吸収ボードを貼りつけたパーティションの構成

Fig. 3-2-2 Configuration of partitions with absorbing boards around desks.

本検討では、

- (1) 電波吸収壁とパーティションタイプ 1
- (2) 電波吸収壁とパーティションタイプ 2
- (3) 金属壁とパーティションタイプ 1
- (4) 金属壁とパーティションタイプ 2

の 4 つのテスト環境を設定した。また、図 3-2-1 に示すように、予めカバーエリアとして PS アンテナの位置 1,2,5,および 6 とし、パーティションの影に入る他の PS アンテナ位置をカバーエリア外と設



定した。これは、PS アンテナ 1 と 2 は、CS アンテナからの直接波を受信することができ、パーティションタイプ 1 の場合は PS アンテナ 5,6 も直接波を受信することができるためである。本検討では、これらの環境を事前に想定したカバーエリアにおける最適な通信を実現するための要件検証に使用した。

### 3.2.3 伝搬伝搬特性

伝搬損失は受信信号レベルを評価する上で重要なパラメータであり、二乗平均平方根 (rms) 遅延スプレッドも無線通信システムの BER に直接関連している重要なパラメータである[9][11]ため、電波伝搬特性のキーパラメータとして伝搬損失と遅延スプレッドを評価した。

#### 3.2.3.1 測定法

図 3-2-1 の点線で示すように、ネットワークアナライザを部屋の外に設置し、CS アンテナと PS アンテナに床下に敷設した同軸ケーブルを用いて接続し、CS アンテナと各 PS アンテナ間における伝搬損失と遅延プロファイルを測定した。IEEE802.11 で規定されている無線 LAN[1]の周波数帯 (2.471-2.497GHz) の範囲内の 401 の周波数において、平均伝搬損失を評価した。これは、直接拡散方式 (DSSS) の無線 LAN では、周波数帯域における平均受信信号レベルが重要であるためである[12],[13]。平均伝搬損失  $L$  (dB) は、次の式で定義される:

$$L = 20 \log \frac{(\sum_{n=1}^N 10^{(E_n/20)})}{N} \quad (3-2-1)$$

ここで、 $E_n$  (dB) はネットワークアナライザの測定データであり、 $n=401$  である。

rms 遅延スプレッドは、システムのノイズフロアを -40dB として、500ns を上限に測定された遅延プロファイルから評価される。rms 遅延スプレッド  $S$  (ns) は、次のように定義される:

$$S = \left| \frac{\int_{t_0}^{t_1} (t-D)^2 p(t) dt}{\int_{t_0}^{t_1} p(t) dt} \right|^{1/2} \quad (3-2-2)$$

ここで、 $p(t)$  は電力遅延プロファイルであり、 $t_0$  は  $p(t)$  がノイズフロアを超えた最も早い時間であり、 $t_1$  は  $p(t)$  がノイズフロアの下になった最後の時間である。平均遅延時間  $D$  (ns) は、以下のとおり定義される。

$$D = \frac{\int_{t_0}^{t_1} tp(t)dt}{\int_{t_0}^{t_1} p(t)dt} \quad (3-2-3)$$

### 3.2.3.2 計算方法

伝搬損失と遅延スプレッドは、幾何光学のアルゴリズムに基づくレイトレーシング手法を用いて計算した[9],[14],[15]。計算において、角度間隔を設定する $\alpha$ は0.1とし、受信球の半径は $\alpha l / \sqrt{3}$ 以下とした。ここで、 $l$ は送信点と受信点の距離である[9]。アンテナパターンと、送受信アンテナの利得については、実測値を使用した。また、計算では遅延スプレッドの収束を確認するため15回の反射まで計算した。

計算においては、吊り天井のロックウールの屈折率 $n$ は $1.7-j0.2$ [9]とした。屈折率 $n$ は、自由空間からの光線の材料(比透過率 $\mu_r$ 、比誘電率 $\epsilon_r$ )への入射に対して $n = \sqrt{\mu_r \epsilon_r}$ と定義される。反射係数に関しては実測値を使用し、床、壁、机に使用された金属板については、2.484GHzで0.94であった。また、パーティションに取り付けた電波吸収ボードの反射係数については0.25、壁面の電波吸収体については0.05であった。

### 3.2.3.3 伝搬損失

4つのテスト環境において測定した伝搬損失を図3-2-3に示す。同図において、横軸はPSアンテナ位置(図3-2-1参照)を示しており、縦軸はテスト環境1の位置1における伝搬損失によって正規化された伝搬損失を示している。

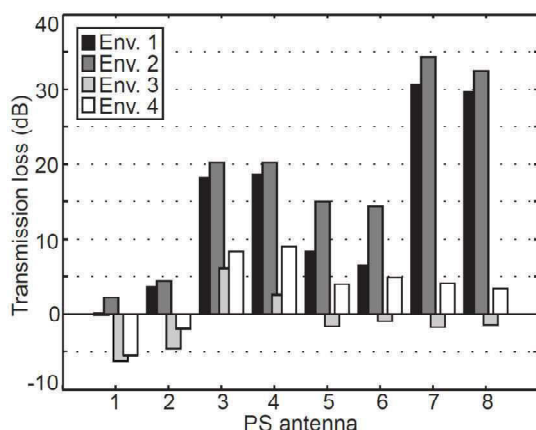


図 3-2-3 電波伝搬損失の測定値

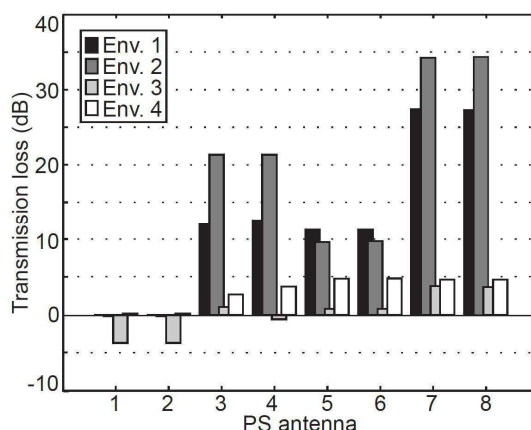


図 3-2-4 電波伝搬損失の計算値

Fig. 3-2-3 Average measured transmission loss. Fig. 3-2-4 Averaged calculated transmission loss.

PS アンテナ 1 と 2、3 と 4、5 と 6、および 7 と 8 のペアは、CS アンテナに対して対称の位置に設置していたにもかかわらず、伝搬損失はそれぞれのペアで数 dB 異なっている。これは、アンテナ、机およびパーティションを完全に対称な位置に設置することが困難だったためである。

電波吸収壁を使用した環境 1,2 においては、壁からの反射波が小さいため、伝搬損失はアンテナ 3,4 で約 18dB であり、PS アンテナ 7,8 では約 30dB であった。アンテナ 1、2、3 および 4 の伝搬損失より、パーティションは少なくとも 15 dB の減衰特性を持っていたと推定できる。環境 1、2 の間の差は、PS アンテナ 5,6 において特に明確になっており、伝搬損失は CS アンテナからの直接波が到達する環境 1 においては約 8dB、PS アンテナが影領域になる環境 2 において約 15 dB となった。また、カバーエリア外(PS アンテナ 3、4、7、および 8)における伝搬損失は、カバーエリア(PS アンテナ 1、2、5 および 6)における伝搬損失より大きくなっていることがわかる。

金属壁を使用した環境 3、4 の場合、伝搬損失は PS アンテナ 3 と 4 において大きくなったほか、PS アンテナ 7、8 は影領域であるにもかかわらず、金属壁からの強い反射波の影響で伝搬損失は 4dB 以下であった。

これらの結果より、壁が電波吸収壁のように低反射係数の材料で作られている場合、電波吸収ボードを取り付けたパーティションにより効果的に伝搬損失を制御することができ、壁からの反射波が強いときに効果的ではないということがわかる。

次に、環境 1 の PS アンテナ 1 の値で正規化した伝搬損失の計算結果を図 3-2-4 に示す。計算結果は、全ケースにおいて測定結果と 5dB 以内で一致しており、4 つの環境における伝搬損失の差の傾向も実測値と一致している。しかし、PS アンテナ 3、4 に対しては、伝搬損失の実測値との差は環境 1 と 2 において大きくなっている。これは、これらの PS アンテナ位置における受信球の半径 (0.14m) が、実際のアンテナ長 (0.06 m) より長いいため、環境 1 における計算値ではパーティションを超える直接波を受信できるためである。また、アンテナ 5 および 6 での伝搬損失の差は環境 1 および 2 において非常に小さくなっている。これは、計算における受信球の半径が約 0.35m であるため、多くの壁と天井からの 1 回反射波を受信することができるためと考えられる。

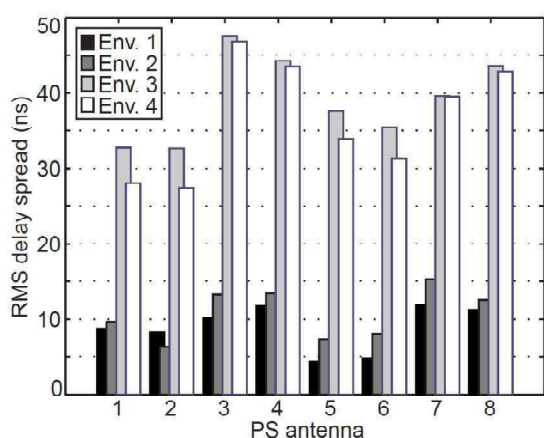


図 3-2-5 rms 遅延スプレッドの測定値  
Fig. 3-2-5 Measured rms delay spread.

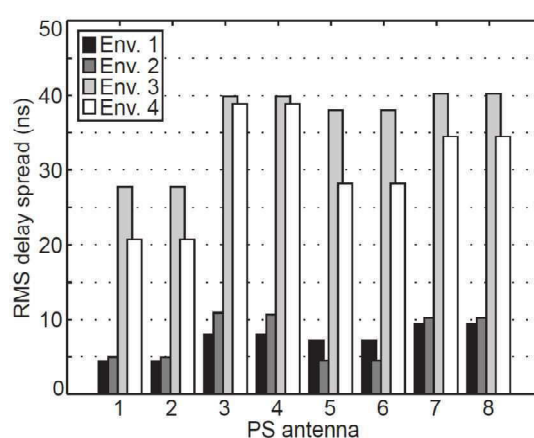


図 3-2-6 rms 遅延スプレッドの計算値  
Fig. 3-2-6 Calculated rms delay spread.

### 3.2.3.4 遅延スプレッド

図 3-2-5 に 4 つの環境において測定した rms 遅延スプレッドを示す。同図において、横軸は PS アンテナ位置であり、縦軸は遅延スプレッドである。図より、遅延スプレッドは壁材の種類によって大きく変化することがわかる。環境 1,2 における遅延スプレッドは、すべての PS アンテナ位置において 15ns 以下となっており、環境 3,4 における遅延スプレッドはすべて 25ns 以上となっていることがわかる。また、すべての環境において、パーティションタイプの違いによる遅延スプレッドの差は 5ns 以下となっているほか、カバーエリア外の遅延スプレッドはカバーエリアの遅延スプレッドより大きくなっていることがわかる。

遅延スプレッドの計算結果を図 3-2-6 に示す。4 つの環境に対する遅延スプレッドの差は、測定結果と一致していることがわかる。計算値と測定値の差は最大 8ns であるが、ほとんどケースにおいて両者の差は概ね 5ns 以下である。これらの結果より、一般的なオフィス環境における電波伝搬特性である伝搬損失と遅延スプレッドは、レイトラシング手法を用いて十分な精度で計算可能であるといえることができる。

## 3.2.4 無線 LAN のパフォーマンス

### 3.2.4.1 測定方法

図 3-2-7 にスループット特性の測定系を示す。測定には直接拡散方式(DSSS)でデータレート 2Mbps の市販の無線 LAN システムを使用した。各 PS は UTP ケーブルを用いて PC に接続され、PC と PS は机の下に設置した。ワークステーション (WS) と CS は同じく UTP ケーブルで HUB に接続し、部屋の外部に設置した。CS アンテナは同軸ケーブルを用いて CS 本体に接続し、PS アンテナも同軸ケーブルを用いて各 PS 本体に接続した。CS アンテナ、PS アンテナには共に垂直偏波のモノポールアンテナを使用し、電波伝搬特性の測定と同じ位置に設置した。スループットはファイル転送プロトコル (FTP) を用いて測定し、5MB のテキストファイルを CS アンテナおよび PS アンテナを介して WS から 4 台の PC に送信した。

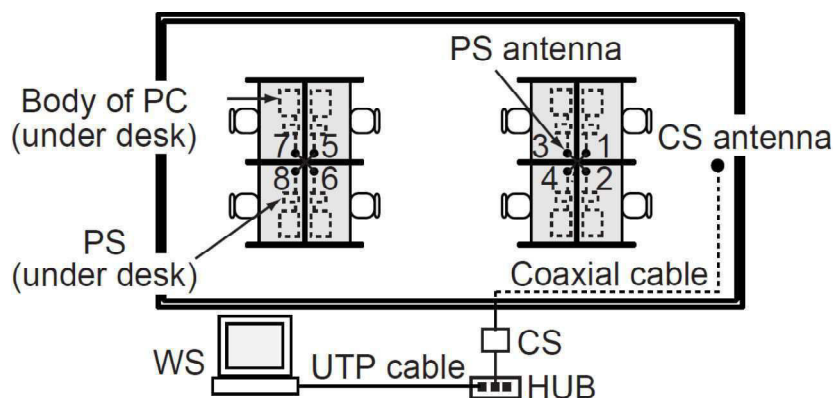


図 3-2-7 スループット特性の測定系

Fig. 3-2-7 Throughput characteristics measurement system.

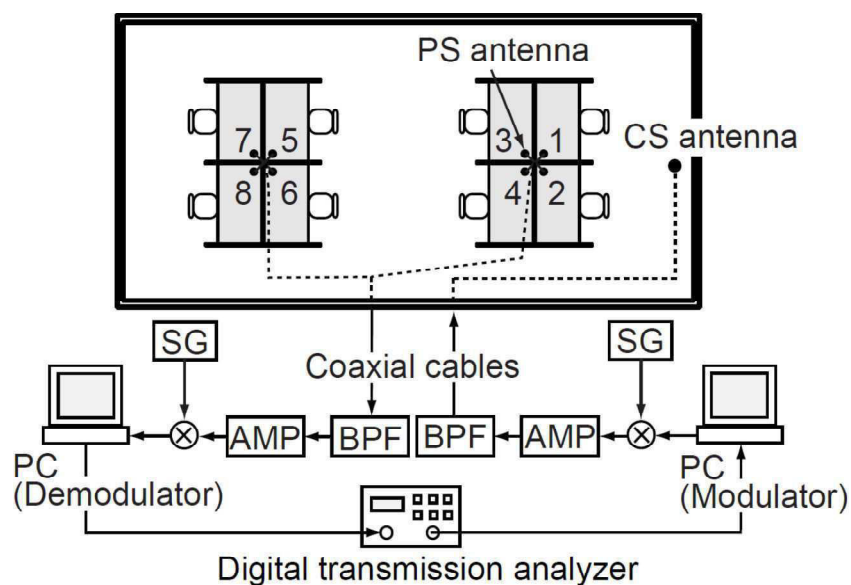


図 3-2-8 BER 特性の測定系

Fig. 3-2-8 BER characteristics measurement system.

BER 特性の測定系を図 3-2-8 に示す。市販の無線 LAN を使った BER 測定は困難であるため、DSSS システムを再現するワイヤレスシステムボード (SIGTEK ST-108 と ST112) を PC にインストールし BER を測定した。測定周波数帯は、2.471 から 2.497GHz に設定した。測定には、信号発生器、ミキサー、アンプおよびバンドパスフィルタも使用した。使用したアンテナのすべてモノポールアンテナであり、スループット特性の測定と同じ位置に設置した。BER はデジタル伝送アナライザを使用して 120 秒測定した。

### 3.2.4.2 スループット特性

表 3-2-1 に、測定したスループット特性をまとめて示す。これらは、無線 LAN の CS から 4 つの PS (1~4 または 5~8) に同時に通信している際の各 PS のスループットの測定結果である。

表 3-2-1 スループット特性の測定結果

Table 3-2-1 Measured throughput characteristics estimated from deviations from ideal throughput at each antenna.

Ideal throughput	0.5		0.0		0.5		0.0	
	1	2	3	4	5	6	7	8
Env. 1	○	○	○	○	○	○	○	○
Env. 2	○	○	○	○	○	○	○	○
Env. 3	×	×	○	○	×	×	○	△
Env. 4	×	×	○	○	×	×	×	○

○:  $|\text{Deviation}| < 0.15$

×:  $|\text{Deviation}| \geq 0.3$

△:  $0.15 \leq |\text{Deviation}| < 0.3$

測定したスループットは、CS アンテナと PS アンテナ間を直接同軸ケーブルで接続したときのスループット値で正規化したものである。この測定では、干渉が存在しない場合の各 PS のスループットは 0.25 となる。また、PS アンテナ 1、2、5、6 はカバーエリアであり、他の PS アンテナはカバーエリア外となる。したがって、理想的なスループットは、PS アンテナ 1、2、5、6 で 0.5 となり、他の PS アンテナでは 0 となる。表 1 に示す結果は、各位置での理想的なスループットからの偏差から算出した。

測定においては、CS アンテナの前にアッテネータを挿入して CS の送信電力を調整した。これは、本測定環境ではカバーエリアを制御するという目的に対し、無線 LAN からの放射電界が距離が近くあまりにも強いため、環境 1 の PS アンテナ 1 の位置での受信信号レベルが -60dBm になるよう設定した。

表 3-2-1 に示すように、環境 1 において、スループットが高い領域はパーティションによって分けられる。カバーエリア (PS アンテナ 1,2) におけるスループットは約 0.35 であり、カバーエリア外 (PS アンテナ 3,4) のスループットは 0.15 であった。2.4GHz 帯無線 LAN の受信信号レベルは、一般的に -85 から -75dBm 以上が必要とされている[16]。図 3 に示したように、PS アンテナ 1、2 と 3、4 の間の伝搬損失の偏差は約 15dB であった。したがって、PS アンテナ 3,4 での受信信号レベルは、ほとんど無線 LAN の受信限界レベルであったためスループットが低下したものである。さらに、環境 1 における PS アンテナ 5~8 においてもスループットが高い領域はパーティションによって明確に分けられ、PS アンテナ 5,6 におけるスループットは 0.5 であり、PS アンテナ 7,8 においては 0.0 であった。この時、PS アンテナ 7,8 における受信信号レベルは -75dBm 以下であった。

環境 2 においても、スループットが高い領域はパーティションによって区別され、PS アンテナ 1,2,5 および 6 におけるスループットは 0.5 であり、他の PS アンテナ位置では 0.0 であった。これは

明らかにカバーエリア外(PSアンテナ 3,4,7 および 8)における受信信号レベルが-75dBm 以下であり、パーティションが環境 1 よりも高く強い反射波の数が減少したためと考えられる。

対照的に、環境 3,4(金属壁)におけるスループットは PS アンテナ位置に対して統一性のない結果となった。これは、反射波が非常に強いほか遅延スプレッドが大きかったためであり、ある位置におけるスループットはほとんど 1.0 となり、他の位置ではほとんど 0.0 となった。また、全ての PS アンテナ位置における受信信号レベルが-75dBm 以上となっていることが図 3 より分かる。これらの結果より、たとえ受信信号レベルが-75dBm 以上であっても遅延スプレッドが 25ns を超えている環境においては、無線 LAN システムの同時通信は困難であることがわかる。したがって、壁面が高反射係数の材料で作られている場合には、カバーエリアの制御は困難である。

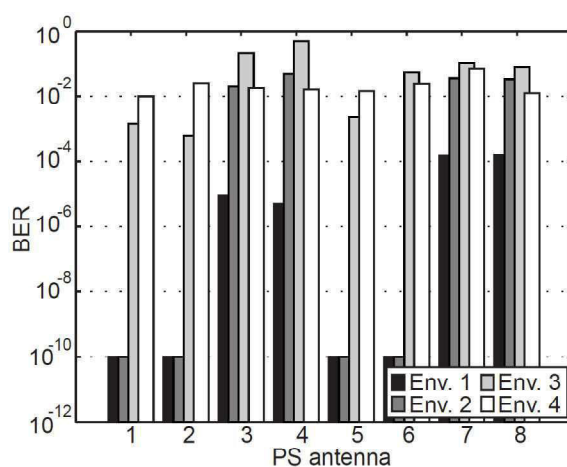


図 3-2-9 BER 特性の測定値

Fig. 3-2-9 Measured BER characteristics.

### 3.2.4.3 BER 特性

BER 測定は、スループット測定と同様の条件で測定して比較する必要があるため、スループット測定と同様に送信電力を調整し、環境 1 の PS アンテナ 1 における受信信号レベルを-60dBm とした。

環境 1~4 における各 PS アンテナ位置において測定した BER 特性を図 3-2-9 に示す。120 秒の測定時間内においてビットエラーが発生しなかった場合は BER が  $10^{-\infty}$  となるが、図においては簡素化のため  $10^{-10}$  として表示している。

壁面が低反射率の材料で構成されている場合(環境 1,2)、カバーエリア(PS アンテナ 1,2,5,6)における BER は  $10^{-10}$  以下であり、カバーエリア外(PS アンテナ 3,4,7,8)における BER は  $10^{-6}$  以上であった。特に、環境 1 における PS アンテナ 7,8 の BER と環境 2 における PS アンテナ 3,4,7,8 の BER は  $10^{-4}$  以上となっており、この時のスループットは 0.0 であった。これらの結果と電波伝搬特性の結果より、受信信号レベルが-75dBm 以下の時、遅延スプレッドが 15ns 以下の場合であっても

BER は  $10^{-4}$  以上となることがわかる。

壁面が高反射率の材料で構成されている場合(環境 3,4)、BER はすべての PS アンテナ位置で  $10^{-4}$  以上となった。スループット特性と電波伝搬特性の結果を比較すると、遅延スプレッドが 25ns 以上の時、受信信号レベルが-75dBm 以上であっても BER は  $10^{-4}$  以上となり、無線 LAN システムの同時通信は困難であることがわかる。

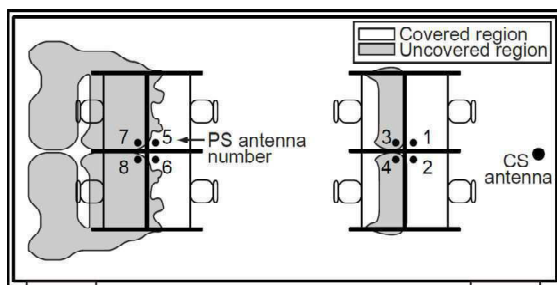


図 3-2-10 カバーエリアの推定結果

Fig. 3-2-10 Estimated covered regions.

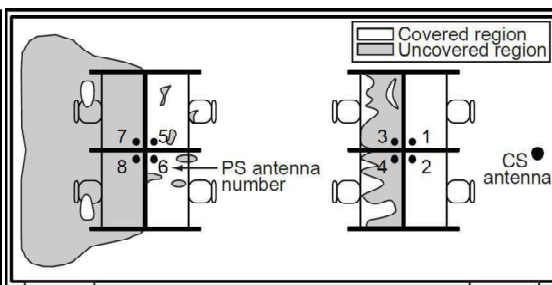


図 3-2-11 カバーエリアの測定結果

Fig. 3-2-11 Measured covered regions.

### 3.2.5 カバーエリアの推定

以上の結果より、無線 LAN システムの BER およびスループット特性は、主に受信信号レベルと遅延スプレッドから規定できることがわかった。これらのパラメータは、レイトレーシング手法を使用して、受信信号レベルは 5dB 以内、遅延スプレッドは 5ns 以下の精度で推定できる。したがって、無線 LAN のカバーエリアをレイトレーシング手法によって推定できるはずである。

テストルームの環境 2 の条件で推定したカバーエリアを図 3-2-10 に示す。カバーエリアは、受信信号レベル-75dBm 以上かつ遅延スプレッド 15ns 以下の領域とした。推定に使用したアンテナと送信電力は、スループット特性と BER 特性の測定に使用したものと同一にした。受信信号レベルと遅延スプレッドの推定は、テストルーム内の 0.75m の高さにおいて 0.1m 間隔で実施した。図 3-2-10 に示すように、カバーエリアはパーティションによって明確に分けられ、前述のように PS アンテナ 3,4,7,8 は明確にカバーエリア外となっていることがわかる。しかし、カバーエリア外の領域はなめらかに分布しておらず、PS アンテナ 5,6 周辺の机上や PS アンテナ 7,8 の置かれた机と横壁の間にカバーエリアと混在して分布していることがわかる。

図 3-2-11 に測定したカバーエリアを示す。測定では、図 3-2-10 の推定と同様の条件でテストルーム内の BER 分布を測定し、BER が  $10^{-4}$  以下の領域をカバーエリアと設定した。同図より、カバーエリア外の領域が PS アンテナ 3,4 周辺においてなめらかに分布していないほか、PS アンテナ 5,6 周辺においてカバーエリアに幾つかの穴が開いているが、カバーエリアはパーティションによって明確に分けられていることがわかる。図 3-2-10 と図 3-2-11 を比較すると、推定結果は測定結果とよく一致していることがわかる。



これらの結果より、電波吸収ボードを取り付けたパーティションを使用して無線 LAN システムのカバーエリアを効果的に制御出来ることがわかる。また、レイトレーシング手法によってカバーエリアの推定が可能であるということより、さまざまな屋内環境に対して無線 LAN システムの最適なアンテナ設置位置設計が可能となる。

### 3.2.6 結論

本論文では、無線 LAN システムが屋内の選択したカバーエリアにおいて十分な性能で通信できるよう、電界強度と遅延スプレッドを制御するための要件について実験的および解析的に検討した。検討では、机の周囲に電波吸収ボード付きパーティションを配置した 4 つの屋内環境を使用した。検討の結果、カバーエリアは電波吸収ボード付きパーティションによって分けることができ、カバーエリアにおける受信電界強度 $-75\text{dBm}$ 以上であるとともに遅延スプレッドは  $15\text{ns}$  以下である必要があることがわかった。また、レイトレーシング手法により計算した伝搬損失は  $5\text{dB}$  以内、遅延スプレッドは  $5\text{ns}$  以内の精度で実測値と一致することより、カバーエリアをレイトレーシング手法により推定可能であることもわかった。このことより、オフィス環境において  $2.4\text{GHz}$  帯無線 LAN システムが十分な性能で通信できるよう、レイトレーシング手法を用いて無線 LAN の親局および子局の最適なアンテナ設置位置を設計可能である。

本検討では、 $15\text{ns}\sim 25\text{ns}$  の間の遅延スプレッドに対する無線 LAN 性能を調べることができなかつたため、今後は具体的にどの程度の大きさの遅延スプレッドまでがカバーエリアの制御に影響するのか検討する。また、実際の大規模なオフィスでは、どの程度の電波吸収特性がカバーエリアの制御に必要なかという点について検討する予定である。

### 参考文献

- [1] "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," IEEE 802.11, Nov. 1997.
- [2] Radio Equipment for Low Power Data Communication System Radio Station RCR Standard: Research & Development Center for Radio Systems, RCR-STD-33A, 1993.
- [3] K. L. Blackard, T. S. Rappaport, and C. W. Bostian, "Radio Frequency Measurements and Models for Indoor Wireless Communications at 918 MHz, 2.44 GHz, and 4.0 GHz," IEEE Int. Conf. Commun., Vol. 1, pp. 28-32, June 1991.
- [4] K. L. Blackard, T. S. Rappaport, and C. W. Bostian, "Measurement and Models of Radio Frequency Impulsive Noise for Indoor Wireless Communications," IEEE J. Sel. Area in Commun., Vol. SAC-11, No. 7, pp. 991-1001, Sep. 1993.
- [5] S. Miyamoto, Y. Yamanaka, T. Shinozuka, and N. Morinaga, "Effect of Microwave Oven Interferences to the Performance of Personal Handy-phone System," IEEE Int. Conf. Commun., Vol. 3, pp. 1457-1461, June 1996.
- [6] Y. Sanada, M. Padilla, and K. Araki, "Performance of Adaptive Array Antennas with Multicarrier DS/CDMA in a Mobile Fading Environment," IEICE Trans. Commun., Vol. E81-B, No. 7, pp. 1392-1400, July 1998.
- [7] Y. Okumura and F. Adachi, "Variable-Rate Data Transmission with Blind Rate Detection for Coherent DS-CDMA Mobile Radio," IEICE Trans. Commun., Vol. E81-B, No. 7, pp. 1365-1373, July 1998.
- [8] Y. Maeda, K. Takaya, and N. Kuwabara, "Microwave Propagation Characteristics and Performances of Wireless Communication for Indoor Environments," EMC'98 ROMA, S-1, pp. 821-826, Sep. 1998.
- [9] Y. Maeda, K. Takaya, and N. Kuwabara, "Experimental Investigation of Propagation Characteristics and Performance of 2.4-GHz ISM-Band Wireless LAN in Various Indoor Environments," IEICE Trans. Commun., Vol. E82-B, No. 10, pp. 1677-1683, Oct. 1999.

- [10] Y. Nakayama, "Electromagnetic Absorbing Board in Microwave Band for Countermeasure of Indoor Electromagnetic Interference," EMC, No. 98, pp. 27-32, June 1996 (In Japanese).
- [11] J. C-I Chuang, "The Effect of Time Delay Spread on Portable Radio Communications Channels with Digital Modulation," IEEE JSAC. Vol. SAC-5, pp. 879-889, June 1987.
- [12] A. M. Viterbi and J. A. Viterbi, "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System," IEEE JSAC. Vol. 11, No. 6, pp. 892-900, Aug. 1993.
- [13] G. L. Turin, "The Effect of Multipath and Fading on the Performance of Direct-Sequence CDMA Systems," IEEE Trans. JSAC, Vol. 2, No. 4, pp. 597-603, July 1984.
- [14] J. W. McKown and R. Lee Hamilton, Jr., "Ray Tracing as a Design Tool for Radio Networks," IEEE Network Magazine, pp. 27-30, Nov. 1991.
- [15] K. R. Schaubach, N. J. Davis, and T. S. Rappaport, "A Ray Tracing Method for Predicting Path Loss and Delay Spread in Microcellular Environments," IEEE Vehicular Technol. Conf., pp. 932-935, May 1992.
- [16] Y. Shimizu and K. Tsubouchi, "Construction of Wireless LAN System and Examples," MIMATSU DATA SYSTEM, Aug. 1996 (In Japanese).

### **3.3 構内無線システムに対応した電磁環境設計システムの開発**

#### **3.3.1 まえがき**

近年、2.4GHz 帯無線 LAN[1],[2]や事業所コードレス[3]の構内無線システムがオフィスにおいて普及してきている。このようなコードレス化が進むと、同じ周波数帯域を使用する無線機器が接近して配置されるようになり、無線電波の干渉によりデータの転送効率が悪くなったり、電話がかかりにくくなるという通信故障が懸念される。また、無線システムをビル内に設置する際には、必要なトラフィック量に応じて最適な数の基地局を、最適な位置に配置することがコスト削減、通信故障回避のために望ましい。近年のビル設計では、モバイルシステムの使用を設計段階から考慮することが必須であり、更にビルの高層化に伴い十分な EPS(Electric Pipe Shaft)スペースの確保が困難となる傾向にあるため、電気配管工事と同時にアンテナ配管を行うことが、ビル建設の経済性の観点から重要とされている。

構内無線システムに対する基地局配置の設計方法としては、建築図面上で基地局を中心とした任意半径の円を書き、それらが幾つか重なるように配置させ配置位置を決定するという方法が最も多く使用されている。しかし、複雑な構造を持つビル内で基地局の最適な数と配置を決めるには、現状の方法では困難である。また、現状の設計方法に電波実測を組み合わせ人力で設計を行う方法も多く行われているが、基地局配置や通信エリアに関してはユーザーからの要望も多いこともあり、柔軟に対応することは困難な場合が多い。このため、コンピュータシミュレーションを用いて最適な基地局配置を設計する方法が必要とされており、設計に関する稼働、時間、コストの削減のためにも重要となっている。また、近年の無線システムは高周波数化、すなわち電波が建材を透過しにくくなる傾向にあるため、コンピュータシミュレーションを用いた厳密な設計が益々重要となっている。また、構内や宅内を対象とした無線 LAN や事業所コードレスシステムは、公衆を対象とした PHS や携帯電話等の通信サービスと異なり通信システム単位で販売され、その運用を各利用者が行っている。このため、近隣の電磁環境を含めた総合的な通信品質が管理されていない場合が多い。したがって、このような無線システムをより快適に動作させるための問題は、一種の電磁環境問題として考えられる。

ここでは、このような背景のもとに検討を進めてきた、2.4GHz 帯無線 LAN と事業所コードレスシステムに対応した電磁環境設計システムについて述べる。本システムは、無線電波干渉等の電磁環境や建材の電波伝搬に対する影響等をコンピュータシミュレーションにより総合的に評価するシステムである。また、電波伝搬特性と通信特性をトータルに評価することにより、最適な基地局配置や効率的な無線通信が可能な構内の環境を提供することができる。以下、システムの構成について説明するほか、実際の設計事例について紹介する。

#### **3.3.2 電磁環境設計システムの構成**

電磁環境設計システムの構成を図 3-3-1 に示す。本システムは、入力部、解析部および出力部の 3 つのパーツから構成される。入力部では、無線システムを設置する建物のモデル、無線システムの基地局と端末の配置、無線システムとアンテナの種類及び各種計算条件を設定する。解析部

では、レイトレーシングを用いた電波伝搬シミュレーション[4],[5]と、DSP(Digital Signal Processing) ツールを用いた無線システム通信特性シミュレーション[6],[7]を行う。出力部では、二つのシミュレーション結果を用いて、通信可能エリア等、計 12 種類の情報を表示する。以下、入力部と解析部について概説する。

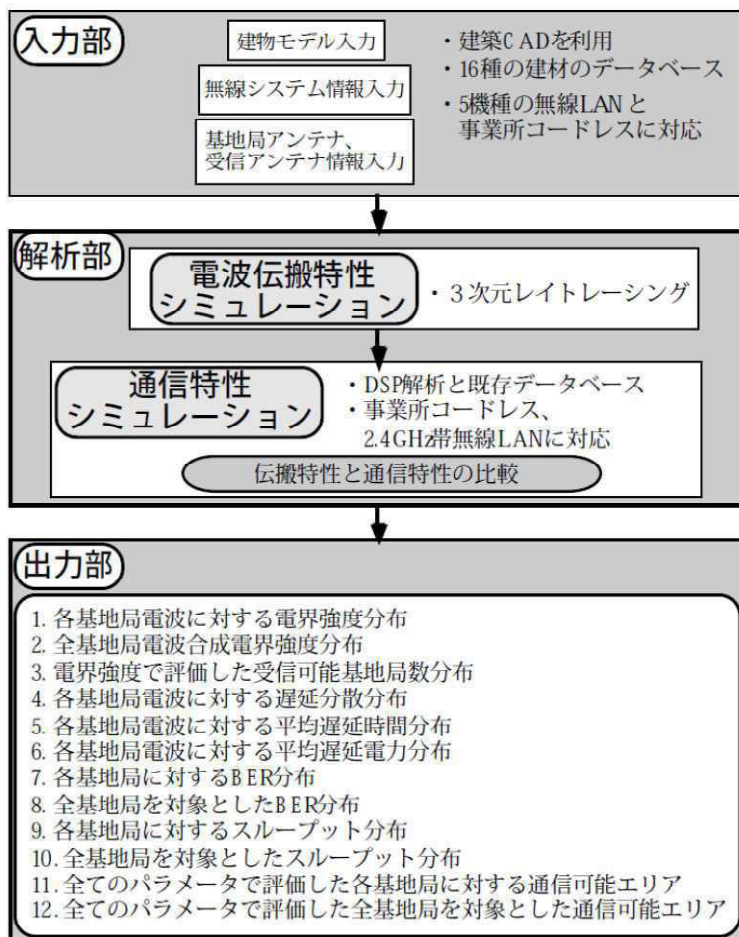


図 3-3-1 電磁環境設計システムの構成

Fig. Configuration of electromagnetic environment design system.

### 3.3.2.1 入力部

入力部では、建物モデル、基地局と端末の配置、無線システム種類及び各種計算条件を設定する。建物モデルとしては、壁、天井及び床などの建材の 3 次元座標点、厚さ、材質の情報を入力する必要がある。本システムでは、建築図面と建築 CAD ソフト(MicroGDS Compact V5.1 Informatix(社))を利用した入力システムを採用している。

建築図面が CAD ファイル(DXF: Drawing Interchange Format[8])として電子化されている場合には、これを直接 CAD 上に読み込んで使用する。但し、現状ではそのほとんどが 2 次元の図面であ

るため、これを下絵として3次元化する必要がある。本システムでは、まず、2次元の壁を作製し、この際、壁に対し任意の高さ情報を予め設定しておくことで簡単に3次元モデルを作製することが出来るようにしている。あとは各壁に対し個別に材質と厚さを設定するほか高さの再設定等を行う。床と天井は別途設定する。電子化された図面がなく印刷物しか存在しない場合には、スキャナーなどで電子化し、これを下絵として同様の方法で3次元建物モデルを作製する。

本システムでは、オフィスなどで良く使用されている鉄筋コンクリート、岩綿吸音板、金属パーティション等16種類の建材の電気的特性をデータ化している。これは1.9GHz帯、2.4GHz帯における各建材の比複素屈折率等で構成されており、偏波、入射角に対する各建材の反射係数と透過係数を計算することが出来る。比複素屈折率は、電波暗室内でタイムドメイン法[9]を使用して実測し導出したものである。

また、16種類の建材の中には、電波吸収体やシールド材も含まれている。これらに関してもタイムドメイン法を使用して実測し、角度特性を伴う反射減衰量と透過損失をデータ化している。このため、本システムでは電波吸収体やシールド材を用いた設計も可能であり、簡易なシールドルームの設計や、不要な反射波を削減して無線通信品質の改善を行うなどの電磁環境設計にも利用可能である。なお、電波吸収体やシールド材の電気的特性は変更することもできる。

本システムで設計可能な無線システムは、5メーカーの2.4GHz帯無線LANと事業所コードレスである。但し無線LANに関しては、現状では伝送速度2Mbpsまでのシステムに対応しているが、1999年11月にIEEE 802.11b委員会にて標準化された伝送速度11Mbpsのシステムに関しては今後対応させる予定である。アンテナの種類としては、各種無線システムに使用されているアンテナを設定可能である。これには、実測した実際の放射パターンとアンテナゲインを使用する。この他、ダイポールアンテナ、モノポールアンテナ、オムニアンテナ、ホーンアンテナも設定可能である。これらのアンテナに対する放射パターンとアンテナゲインは、市販品のカタログ値を採用している。2.4GHz帯無線LANでは、全てのメーカーで同一の周波数帯を使用するため、複数のメーカーの無線LANが近接して使用される場合には干渉が生じ通信特性が劣化する場合が多い[6]。このため本システムでは、二つの無線システムを組み合わせた設計も可能としており、一方を対象無線システム、他方を干渉無線システムとして設定した設計が出来るようになっている。但し、無線LANの各機種毎に干渉特性等が異なるので、このような設計では各機種間の干渉特性の実測値を利用する。これは、次節の解析部において説明する。

### **3.3.2.2 解析部**

解析部では、入力部で入力されたデータをもとに電波伝搬特性シミュレーションと無線システムの通信特性シミュレーションを行う。

#### **3.3.2.2.1 電波伝搬特性シミュレーション**

電波伝搬特性シミュレーションでは、レイラウンチング法によるレイトレーシングを用いて、電波の伝搬状態を3次的にシミュレートし、各受信点における電界強度を計算する。このとき、入力され

た建物モデルと材質に対して、反射、透過を繰り返す電波を自動的に計算していく。

電波伝搬特性シミュレーションでは、各受信アンテナ端子における時間軸上での受信電圧を計算し、主として電界強度分布と遅延分散分布を評価する。これらの計算精度は、電磁環境評価ブース[4]を用いて確認するとともに、実際のビル内においても確認した。また、これらの結果を基に、受信球半径や放射角度等の計算パラメータ[5]を最適化させている。

図 3-3-2 に計算精度確認の一例を示す。ここでは、縦 22.5m、横 102m、高さ 2.8m のビルの一フロアにおいて、図 3-3-2 に示した位置の天井裏に事業所コードレス基地局を配置し、床から高さ 1.5m の平面上で電界強度分布を計算及び実測したものを建物平面図上に示している。ほとんどの建材は鉄筋コンクリートであるが、部屋の中のパーティション等は金属で構成されている。送受信アンテナには、モノポールアンテナを使用し、事業所コードレスの制御チャンネルである 12ch(1.89845GHz)で評価した。図 3-3-2 において(a), (b)は同じ基地局に対する計算値と実測値であり、(c)は建物の中央付近に基地局を設置した場合の廊下上における電界強度距離特性の計算値と実測値である。実測は PHS レシーバを用いて行ったが、レシーバの特性で 85dBmV 以上の電波は一律 85dBmV に統一されてしまうため、ここでは 85dBmV 以下の実測値のみを示している。同図(a),(b),(c)より、分布の傾向および距離特性は計算値と実測値で良く一致しており、場所によっては 10dB 程度差が出ているが、概ね 5dB 以内の範囲で両者は一致しており、電界強度分布が推定可能であることがわかる。

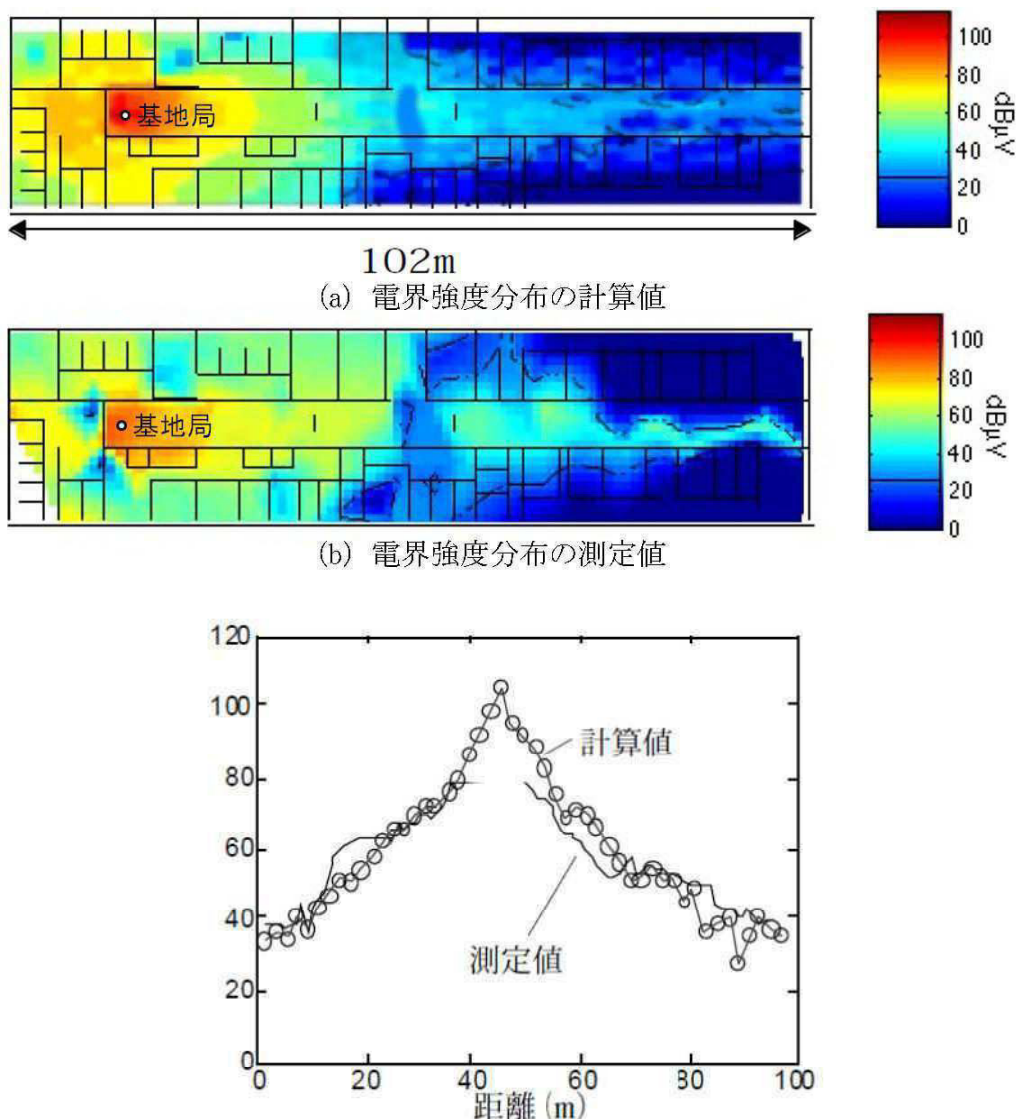


図 3-3-2 電界強度分布の計算値と測定値

Fig. 3-3-2 Calculated and measured strength of electric fields.

### 3.3.2.2.2 通信特性シミュレーション

通信特性シミュレーションでは、入力部で設定された無線システム情報と電波伝搬特性シミュレーションによって得られた情報を基に無線システムの通信特性を評価する。評価に当たっては、さまざまな無線システムに対応するため、Matlab の DSP ツールを用いて実際の無線システムの DSP モデルを作製し、各種通信特性の解析を行う。

本システムで対象としている事業所コードレス及び 2.4GHz 帯無線 LAN に関しては、基本となる DSP モデルを作製しており、機種毎に異なるパラメータを選択すれば解析可能としている。図

3-3-3 に BER 計算用の DSP モデルの一例を示す。この中で、Transmitter と Receiver が無線 LAN の送受信機のモデルであり、これらを構成するパラメータを機種毎に変える。

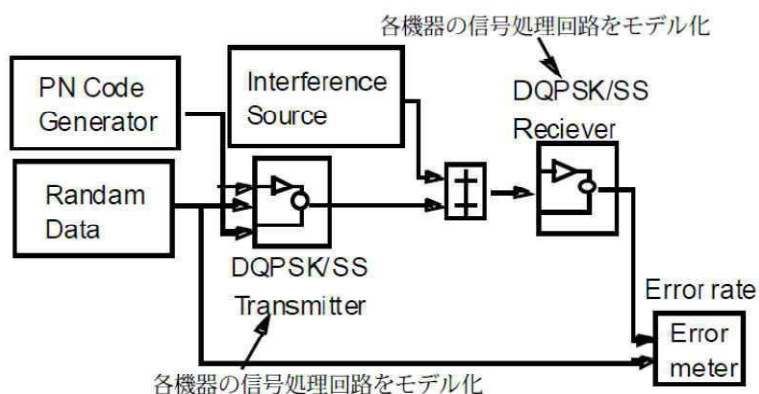


図 3-3-3 通信特性シミュレーションの DSP モデル

Fig. 3-3-3 DSP model of telecommunication characteristic simulation.

また、既に事業所コードレス、3 種類の 2.4GHz 帯直接拡散 (DS) 方式無線 LAN 及び 2 種類の 2.4GHz 帯周波数ホッピング方式 (FH) 方式無線 LAN については、DSP 解析より得た通信特性データベースを実機を用いて精度確認するとともに、計算が高速となるようデータベースを利用して各種通信特性を定式化している。このため、ここでは定式化した結果について説明する。

図 3-3-4 に通信特性シミュレーションのフローを示す。通信特性シミュレーションでは、電波伝搬特性シミュレーションによって得られる受信電圧分布  $V(x,y,z)$  と遅延分散分布  $D(x,y,z)$  に基づいて、ビット誤り率 (BER) とスループットの通信品質、および所要通信品質に対する通信可能エリアのシミュレーションを行う。



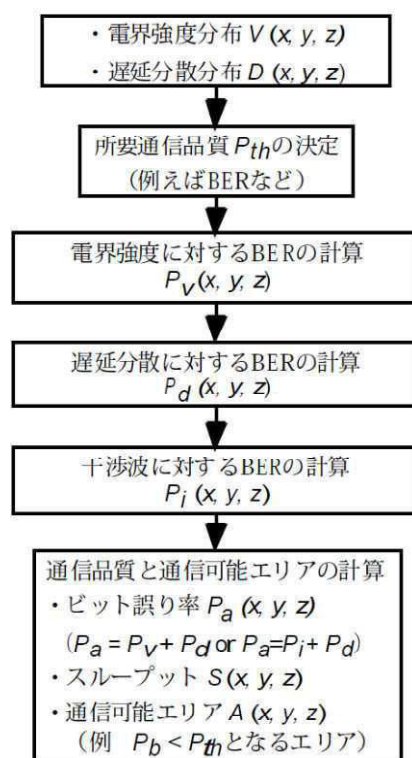


図 3-3-4 通信特性シミュレーションのフローチャート

Fig. 3-3-4 Flow chart of telecommunication characteristic simulation.

通信特性シミュレーションでは、設計の指針となる所要通信品質を決定する必要がある。所要通信品質の評価尺度としては、電界強度、BER あるいは伝送速度等があるが、ここでは BER を適用し、2.4GHz 帯 DS 方式無線 LAN を対象とした場合のみについて説明する。

2.4GHz 帯無線 LAN においてビット誤りが生じる原因としては、受信電界強度の不足、マルチパス遅延波の影響、干渉波の影響等が考えられる。ここでは、受信強度を受信電圧で、遅延波の影響を遅延分散で、干渉波は周波数帯域が同一の周波数ホッピング(FH)方式無線 LAN の通信信号として、干渉波の影響を希望波対干渉波電力比(D/U 比)で評価する方法について説明する。4 値遅延検波位相変調(DQPSK)を一次変調に用いる DS 方式無線 LAN のビット誤り率  $P_b$  は次式で表される[7]。

$$P_b = \frac{1+K}{(1-1/\sqrt{2})\gamma+1+K} \exp\left(\frac{-(1-1/\sqrt{2})\gamma K}{(1-1/\sqrt{2})\gamma+1+K}\right) \quad (3-3-1)$$

ここで、 $\gamma$  は S/N 比、 $K$  は定常波の受信電力と遅延波の平均電力の比である。

電界強度に対して  $\gamma$  は通常、1 ビットあたりの信号電力に対する雑音電力密度  $E_b/N_0$  で表され、次式により求めることができる。

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{VG_p}{KBT \cdot N_F} \quad (3-3-2)$$

ここで、 $V$ は受信電圧、 $KBT$ は熱雑音電力、 $N_F$ は受信機ノイズ指数、 $G_p$ は処理利得(拡散率)を表す。(3-3-2)式の  $E_b/N_0$ を  $\gamma$ として(1)式に代入することにより、受信電圧に対する BER を求めることができる。

また、無線 LAN は半固定で使用されることが多いため、帯域内で平坦で変動速度が遅いマルチパスフェージングを想定すると、実効遅延分散[10]に対する等価的な S/N 比( $\gamma_d$ )は、直接拡散の処理利得  $G_p$ を考慮すると次式で表される[10]。

$$\gamma_d = \frac{G_p}{(\sigma_{rms}/T_s)^2 \sum_{n=-\infty}^{\infty} (T_s h'(nT_s))} \quad (n \neq 0) \quad (3-3-3)$$

ここで  $\sigma_{rms}$  は実効遅延分散、 $T_s$  はシンボル周期、 $h(t)$ はバンドパスフィルタのインパルス応答を表す。従って、(3-3-3)式の等価 S/N 比( $\gamma_d$ )を(1)式に代入することにより遅延分散に対する BER を求めることができる。

一方、FH 方式無線 LAN からの干渉波が存在する場合の干渉波に対する S/N 比( $\gamma_i$ )は次式で表される。

$$\gamma_i = \frac{1}{1/(E_b/N_0) + 1/(D/U)G_p} \quad (3-3-4)$$

このため、(3-3-4)式を(3-3-1)式に代入することにより、干渉波が存在する場合の BER を求めることができる。

このように、(3-3-1)~(3-3-4)式を用いて各受信点における各種 BER 分布  $P_v$ ,  $P_d$ ,  $P_i$ を計算することができる。解析エリア内の BER 分布  $Pa(x,y,z)$ は、干渉波が存在しない場合は  $P_v$ と  $P_d$ の和で、干渉波が存在する場合は  $P_i$ と  $P_d$ の和で表される。また、スループット分布  $S(x,y,z)$ は  $Pa$ に基づいて求めることができるが、本システムでは文献[3]に示されている方法を用いて計算する。通信可能エリア  $A(x,y,z)$ は、あらかじめ定めた所要通信品質を満足するエリアを求めることにより推定され、例えば所要通信品質を  $BER=10^{-4}$ とすれば、 $Pa < 10^{-4}$ を満足するエリアを求めればよい。

ここでは、特定のケースについて説明したが、実際には対象無線システム毎にパラメータ及び数式が異なってくる。また無線方式によっては遅延分散の影響を考慮する必要はほとんどなく、電界強度のみで評価可能な場合もある。この際には、方式によって異なるが、通信可能となる電界強度値を所要通信品質として採用すればよい。

### 3.3.3 設計例

ここでは、本システムを用いて行った実際の設計例を示す。まず、ビルの一フロアにおいて事業所コードレスの基地局配置を設計した例を示し、次にビル内の一部屋内において 2.4GHz 無線 LAN の基地局配置を設計した例を示す。

### 3.3.3.1 事業所コードレス基地局配置設計例

図 3-3-5 に CAD にて作製した建物の 3 次元モデルを示す。但し、見易くするためワイヤーフレームで表示している。建物は縦 56m、横 84m、高さ 3.8m であり、大小さまざまな部屋が存在している。使用されている建材のほとんどは鉄筋コンクリートである。図 3-3-6 に建物の上面図と最終的に決定した基地局配置を示す。同図では、壁の厚さを省略して表示しているため、多少見辛い図面となっている。

基地局配置に関しては、天井裏の電気配管の近くにする必要があるなどの制約が多い。このため、設計の手順としては、まず配置可能な位置に設計条件を考慮して基地局を配置し、本システムを用いて各基地局電波の電界強度分布、全基地局電波合成電界強度分布、受信可能基地局数分布、全基地局を対象とした通信可能エリア等を確認し、電界強度の弱いエリア等があればそれを無くすように基地局を再配置し、設計条件が全て満足されるまで繰り返す。ここでは、与えられた条件を満足するように評価した結果、最終的に図 3-3-7 に示した基地局配置に決定した。

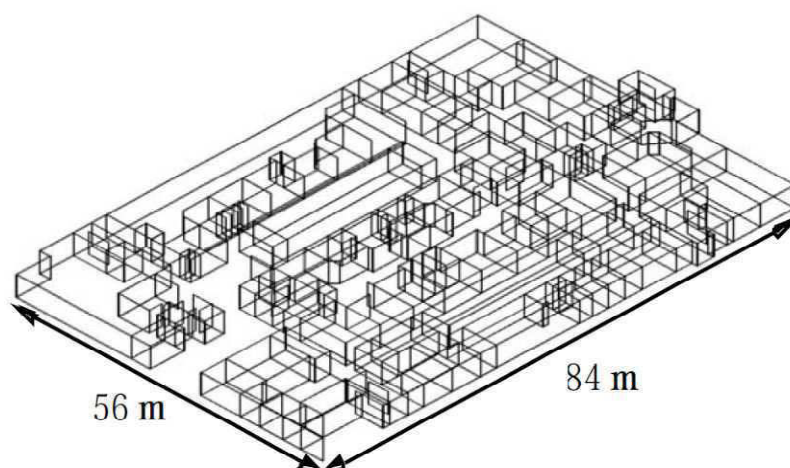


図 3-3-5 建物の 3 次元ワイヤーフレームモデル

Fig. 3-3-5 Three dimensional wire-frame model of building.

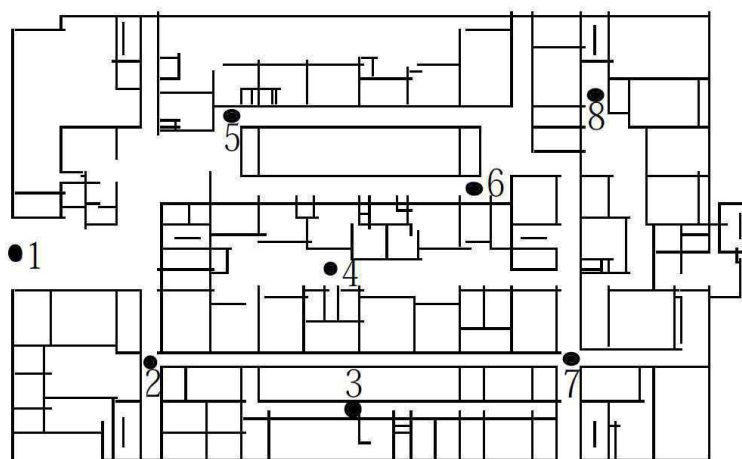


図 3-3-6 建物の平面図と基地局配置

Fig. 3-3-6 Top view of building and positions of base stations.

また、設計においては電界強度のみを評価尺度として採用した。これは事業所コードレスの所要遅延分散値が 250ns 程度とされており、通常の屋内では遅延の影響がほとんど無いためである。

図 3-3-7 に各基地局電波の電界強度分布の計算例を示す。同図は基地局 2 に対する電界強度分布である。ここでは、評価周波数を 12ch(1.89845GHz)としている。また、立っている状態での使用を考慮し、床から 1.5m の高さにおける電界強度を評価した。電界強度は廊下に沿って強く分布しており、基地局近傍の廊下沿いの部屋の中では比較的強い電界強度となっているが、部屋の奥までは強い電波が到達しないことがわかる。このように、建物内での電波伝搬は複雑であり、例えば基地局を中心とした直径 30m の円をカバーエリアとするような建材の影響を考慮しない設計には大きな問題があることがわかる。

全基地局電波を対象とした合成電界強度分布を図 3-3-8 に示す。これは各受信位置において最大となる電界強度値を表示したものである。同図よりわかるように、それぞれの基地局近傍と廊下上で強い電界強度となっており、部屋の内部では比較的弱い電界強度となっていることがわかる。しかし、ほとんどの部屋において 40dBmV 程度の電界強度となっており、十分通信可能となっている。

図 3-3-9 に使用可能チャンネル数分布を評価した結果を示す。これは、文献[3]で規定されている事業所コードレスの第二キャリアセンスレベル 26dBmV の電界強度を評価基準とし、一基地局あたり 3ch として受信可能チャンネル数を評価したものである。このようにチャンネル数で評価すると、所要トラフィックに対する設計等が可能となる。図 9 よりわかるように、最高で 15ch 使用可能な場所もあるが、廊下上ではほとんどの位置で 6ch 以上が使用可能であり、ほとんどの部屋の中では 6ch 以下が使用可能となっている。

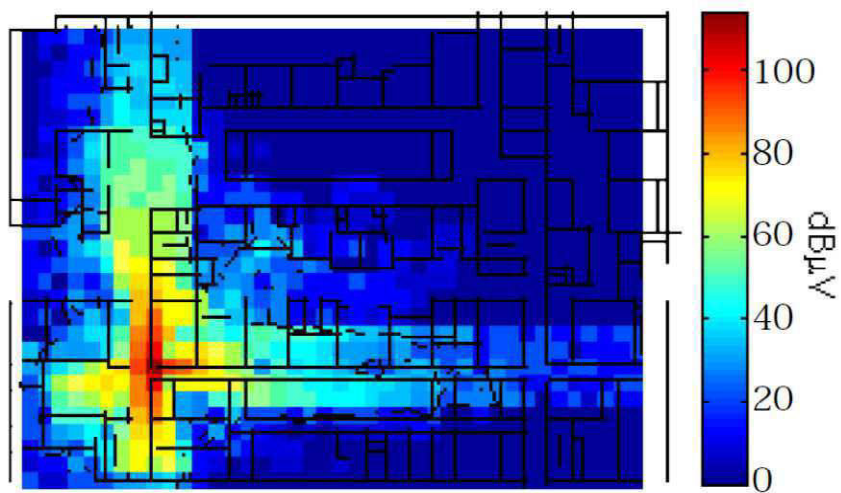


図 3-3-7 基地局 2 に対する電界強度分布

Fig. 3-3-7 Distribution of electric field strength for base station 2.

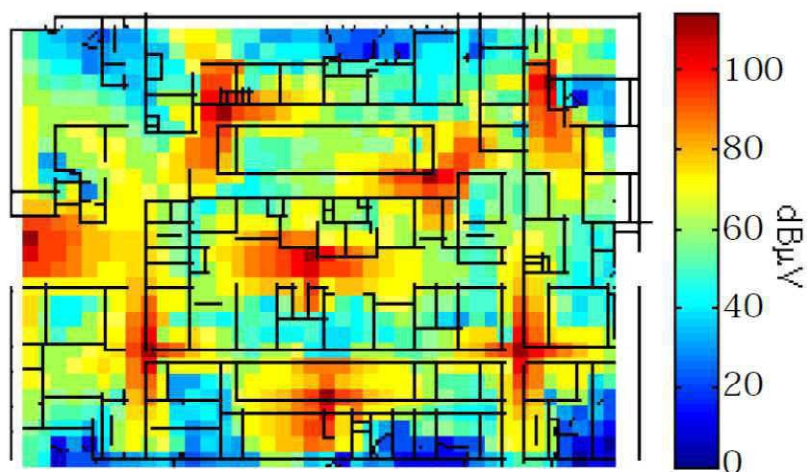


図 3-3-8 全基地局を対象とした合成電界強度分布

Fig. 3-3-8 Distribution of combined electric field strength for all base stations.

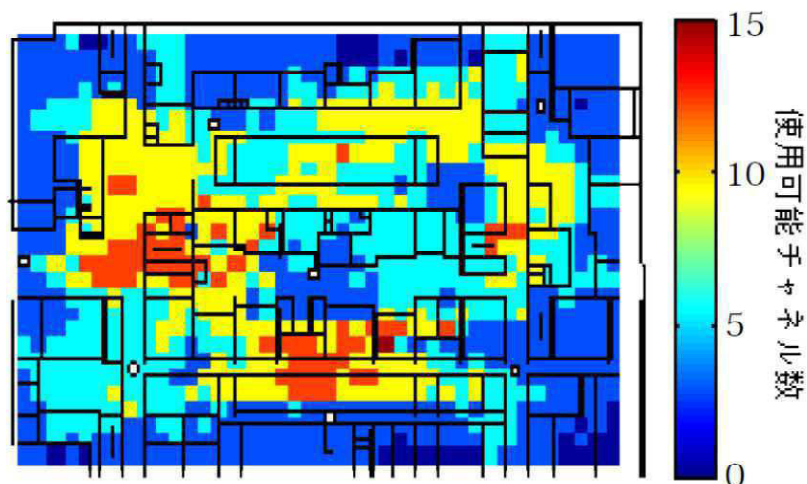


図 3-3-9 使用可能チャンネル数分布

Fig. 3-3-9 Distribution of the number of available channel.

### 3.3.3.2 2.4GHz帯無線 LAN 基地局配置設計例

次に、FH方式の無線LANの基地局配置設計例を示す。図3-3-10に建物の3次元ワイヤーフレームモデルを示す。建物は、縦44m、横46m、高さ6mである。外壁は鉄筋コンクリートとガラスであるが、建物内部のほとんどの壁は金属で構成されている。図11に、建物の平面図と基地局配置を示す。ここでは、図3-3-11において目標カバーエリアとして示したエリアにおいてのみ無線LANを使用可能とする設計を行った。

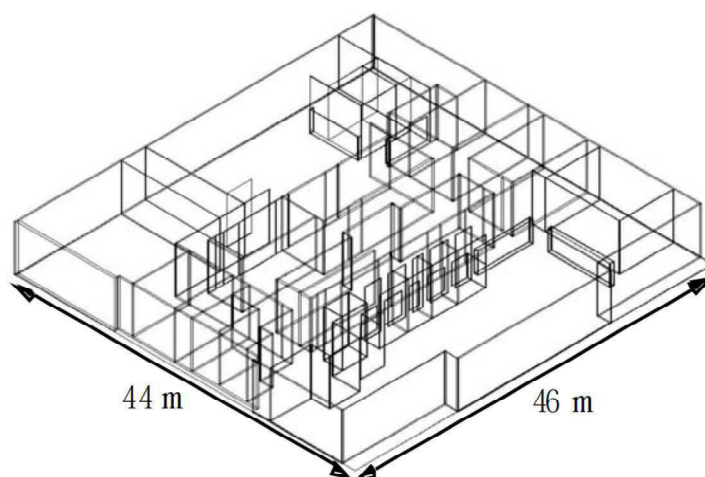


図 3-3-10 建物の3次元ワイヤーフレームモデル

Fig. 3-3-10 Three dimensional wire-frame model of building.

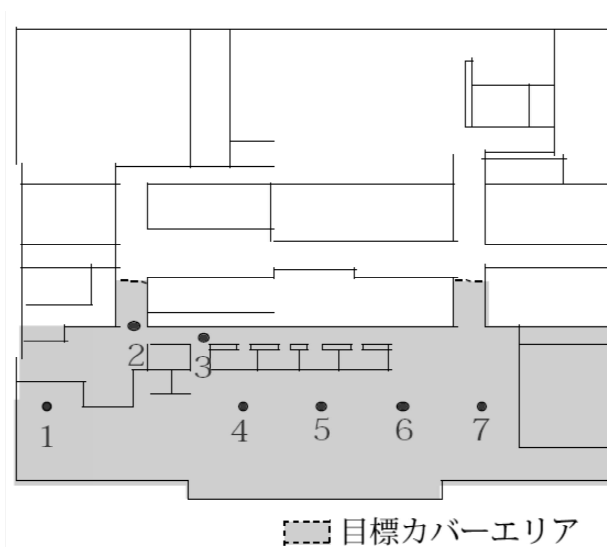


図 3-3-11 建物の平面図と基地局配置

Fig. 3-3-11 Top view of building and positions of base stations.

設計の手順は前節の事業所コードレスの場合とほとんど同じである。但し、ここでは評価尺度として、電界強度、遅延分散及び BER を採用して設計を行った。

図 3-3-12 に各基地局電波の電界強度分布の計算例を示す。ここでは、基地局 3 の電界強度分布を示した。評価した周波数は帯域の中心周波数(2.484GHz)であり、机上での使用を考慮し、床から 1m の高さにおける電界強度を評価した。また、図 12 より、シンプルな構造の大部屋であるため広い範囲に強い電波が広がって分布していることがわかる。

図 3-3-13 に、基地局 3 に対する遅延分散分布を示す。濃淡の関係上わかりにくいかもしれないが、電界強度分布と同様の分布形状となっており、電界強度の強い位置では、遅延分散が小さい値になっていることがわかる。また、基地局から離れるほど遅延分散も大きな値となっているが、電波が全く到達しない位置では遅延分散は 0 となっている。

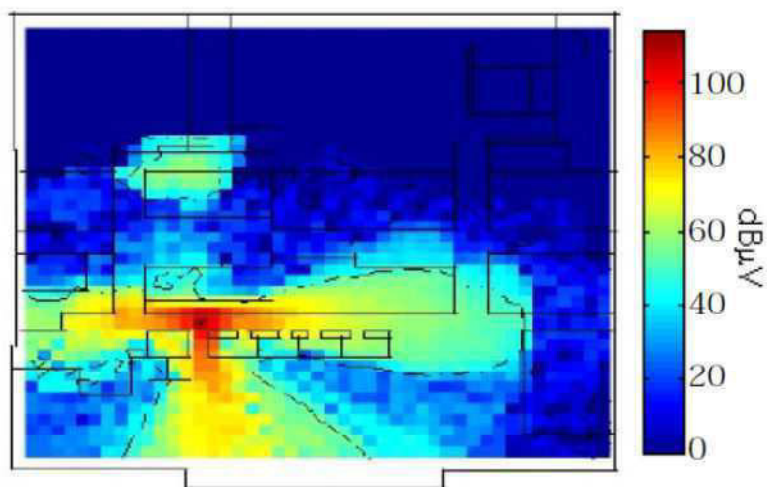


図 3-3-12 基地局 3 に対する電界強度分布

Fig. 3-3-12 Distribution of electric field strength for base station 3.

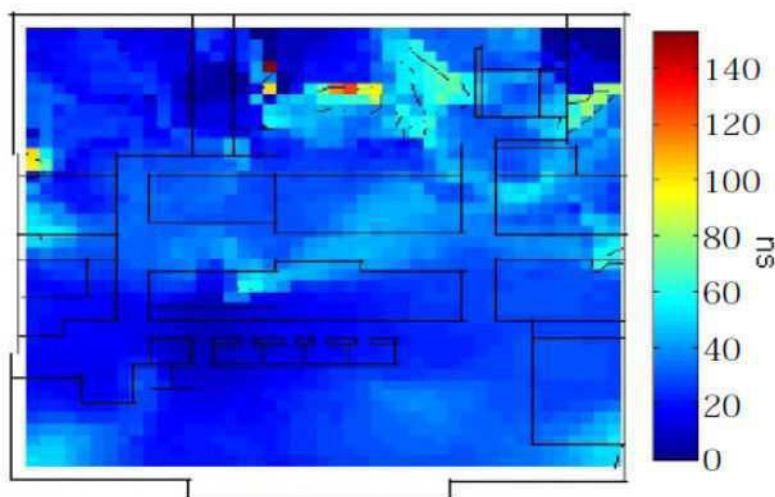


図 3-3-13 基地局 3 に対する遅延分散分布

Fig. 3-3-13 Distribution of delay spread for base station 3.

図 3-3-14 に全基地局を対象とした合成電界強度分布を示す。同図より、大部屋の中ではほとんどの位置で 80dBmV 以上の電界強度となっており、また、小部屋の中でも 50dBmV 以上となっているため、目標としているカバーエリア内のどの位置でも十分な電界強度となっていることがわかる。

最後に、電界強度、遅延分散及び BER を評価尺度として十分な通信品質で通信が可能エリアを評価した結果を図 3-3-15 に示す。ここでは、使用した無線 LAN に特化した値ではあるが、電界



強度を 32dBmV 以上、遅延分散を 50ns 以下、BER を  $10^{-4}$  以下として評価した。図 3-3-15 より、目標としたカバーエリア全域において十分な通信品質で通信可能となっていることがわかる。また、同図に黒色で×で示したエリアは、その全域で通信が完全に不可能なわけではなく、通信速度が遅くなる等何かの影響が通信品質に現れる恐れがあるという程度のレベルである。

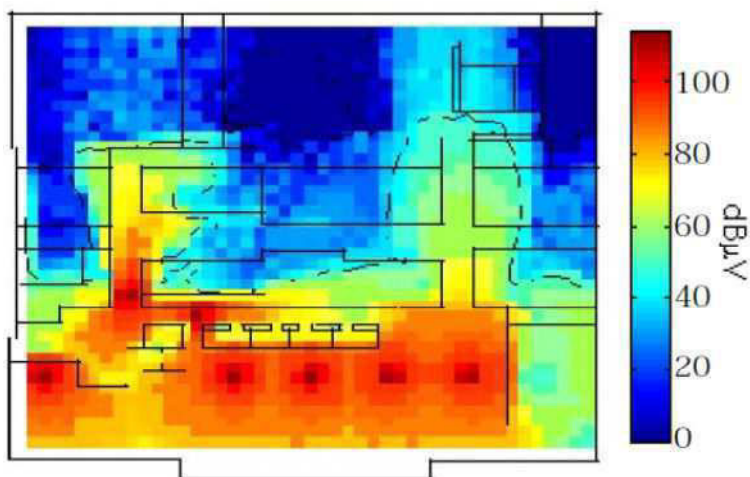


図 3-3-14 全基地局を対象とした合成電界強度分布

Fig. 3-3-14 Distribution of combined electric field strength for all base stations.

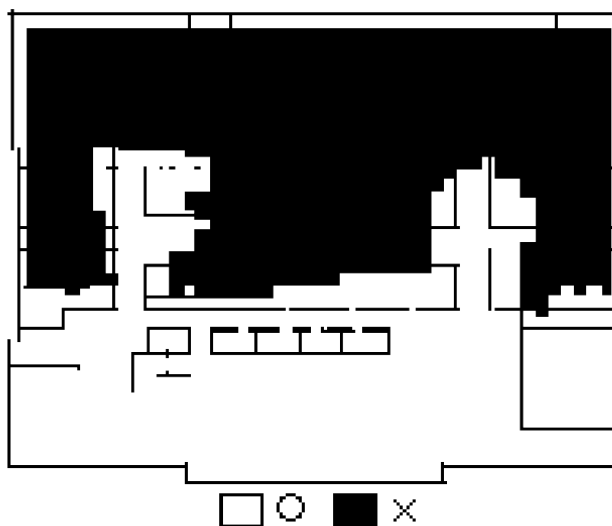


図 3-3-15 十分な品質を持つ通信可能エリアの評価結果

Fig. 3-3-15 Evaluated result of area can communicate with a sufficient quality.

### 3.3.4 まとめ

本報告では、事業所コードレスと 2.4GHz 帯無線 LAN に対応した電磁環境設計システムについて説明した。ここでは、屋内における設計例のみ示したが、本システムは屋外での設計、屋内と屋外を組み合わせた設計、建物の上下階を考慮した設計などさまざまな設計に使用可能である。このように、本システムを使用することで、ユーザーの要望に応じた通信エリアを効率的に実現できるほか、通信故障の原因解析や対応策の検討等も容易になる。更に、電磁シールド材や電波吸収体を用いて最大限の通信特性で無線システムを使用できるオフィスの設計にも本システムを使用可能である。

本システムは、現状では事業所コードレスと 2.4GHz 帯無線 LAN に対応しているが、DSP モデルの作製と実機を使用した干渉特性のデータ化等を行うことで、例えば OFDM 方式の 5GHz 帯無線 LAN 等にも適用可能となるため、今後は適用範囲の拡大を行っていく予定である。

### 参考文献

- [1] "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," IEEE 802.11 D2.0, July 1995.
- [2] "小電力データ通信システムの無線局の無線設備標準規格," 財団法人電波システム開発センター, RCR-STD-33A, 1993.
- [3] "第二世代コードレス電話システム," 財団法人電波産業会, RCR-STD-28, 1996.
- [4] Y. Maeda, K. Takaya, and N. Kuwabara, "Experimental Investigation of Propagation Characteristics and Performance of 2.4-GHz ISM-Band Wireless LAN in Various Indoor Environments," IEICE Trans. Commun., Vol. E82-B, No. 10, pp. 1677-1683, Oct. 1999.
- [5] K. R. Schaubach, N. J. Davis IV and T. S. Rappaport: "A Ray Tracing Method for Predicting Path Loss and Delay Spread in Microcellular Environments", IEEE Vehicular Technol. Conf., pp. 932-935, May 1992.
- [6] 高谷和宏, 前田裕二, 桑原伸夫, "2.4GHz 帯中速無線 LAN の異機種間干渉に対する BER 及びスループット特性の実験的検討," 信学論 B-II, Vol. J82-B, No.5, pp.1082-1090, May 1999.
- [7] 高谷和宏, 前田裕二, "屋内通信環境における 2.4GHz 帯スペクトル拡散通信の同一チャネル干渉に対する保護マージンの検討," 信学技法, EMCJ99-60, pp.53-60, Sept. 1999.
- [8] "新・DXF リファレンスガイド," 落合重紀, 日経 BP, 1997.
- [9] "マイクロ波・ミリ波帯における測定技術," 橋本修, REALIZE 社, 1998.
- [10] F. Adachi, "Analysis of DPSK Error Rate Due to Multipath Delay Spread," Electron. Lett., vol. 28, no. 7, pp.623-625, March 1992.

## 4 地域コミュニティのリジリエンス向上に関する検討

本章では、地域コミュニティの崩壊を防ぐとともに地域コミュニティ活性化による地域防災力向上など共助および公助を中心としたリジリエンス向上に向けた取り組みについて述べる。

第 4.1 節では、冬季の豪雪によって住民が孤立した経験があり、今後もその危険性が残る山間地(新潟県津南町)において、光ファイバ網を活用した自治体と住民間の双方向行政情報コミュニケーションシステムによる地域情報化促進について検討した結果を述べる。

第 4.2 節では、過疎化が進展する中山間地(広島県比婆郡東城町)において、小学校と地域の高齢者を Web 掲示板による地域の自然学習コミュニティによってつなぎ、ICT を用いて地域コミュニティ活性化を実現するための要件について検討した結果[1],[2]について述べる。ここでは、コミュニティ内のコミュニケーション活性化が地域活性化のきっかけとなることを目指した検討を行った。

第 4.3 節では、防災行政無線に代表される自治体と住民間での情報伝達手段を、自治体職員の稼働を増加させることなくさまざまなメディアを活用してハイブリッド化するシステムについて説明するとともに、自治体(北海道岩見沢市)において評価した結果[3],[4]について述べる。

### 参考文献

- [1]Yuji Maeda, Takumi Watanabe, Kenji Kitajima and Masako Itoh, "Creation of an e-Learning Community for an Elementary School and its Neighborhood: A Case Study in a Japanese Mountainous Area", Proc. of The Joint Workshop of Cognition and Learning Through Media-Communication for Advanced e-Learning, Sept. 8-9, pp.108-113, Berlin Germany, 2003.
- [2]前田裕二, 渡邊琢美, 北島健治, 伊東昌子, "中山間地域における地域活性化を目指した小学校と地域における学習コミュニティの構築", ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.6 No.2, pp.57-65, 2004.
- [3] T. Ohyama, H. Enomoto, Y. Takei, Y. Maeda, "Risk management communication system between a local government and residents using several network systems and terminal devices," Proc. SPIE, Vol.7305, 730503, 2009.
- [4] 前田他, "防災情報通信システムの現状と情報活用に関する将来構想," Microwave Workshops & Exhibition (MWE 2011), Dec. 2011.

## **4.1 双方向行政情報コミュニケーションシステムを用いた地域情報化の検討**

### **4.1.1 はじめに**

新潟県津南町は、新潟県の最南端に位置し、面積 170.28km<sup>2</sup>、人口は約 11,570 人(2007 年 4 月)、65 歳以上の高齢化率は 35.7%で高齢化が進んでいる町である。冬の期間が長く、日本有数の豪雪地帯である一方、夏は北西の涼風によって、穏やかな気候にめぐまれている。津南町には 82 の集落があり、なかでも秋山郷は、平成 18 年の豪雪で国道 405 号線が 1 週間通行止めとなり、5 集落 69 世帯が孤立した。この影響で、生活物資の流通ができず、食料や燃料の不足が懸念された。とくに、病院に通っている高齢者は、薬の不足の心配が大きかった。陸上自衛隊などによる救援活動で、各世帯に薬や燃料が配られたが、主幹道路が除雪されるまでは、住人は集落から外出できない状態が続いた。独り暮らしの高齢者は、自宅の雪下ろしが十分にできず、電話で外部に連絡できるものの孤立した状態だった。

こうした状況をふまえ、冬季間の高齢者一人暮らし等の孤立感の解消や、町から離れた集落に住んでいても病院の診療ができるまちづくりをつくるため、津南町役場が所有する光ファイバ網を活用し、自治体と住民間での双方向コミュニケーションによる情報化促進をめざす実証実験[1]、[2]を行った。

具体的には、

- ・保健・医療・福祉の情報化
- ・教育・文化の情報化
- ・産業活動の情報化
- ・住民生活・防災情報の情報化
- ・行政の情報化

の 5 分野の情報化により、地域の利便性の向上、安全・安心で快適な生活、産業発展の向上をめざすことを目的とした。

### **4.1.2 事前調査**

実験の対象となる 2 地区の 20 世帯に対して事前にヒアリングした町民の買い物や通院といった日常生活の状況、および自治体からの行政情報入手状況についてまとめる。また、豪雪による孤立に対する町民の考え方、対応等についてもヒアリングした。

#### **4.1.2.1 日常生活: 買い物の状況**

高齢者のみの世帯とそれ以外の世帯で顕著な違いが見られた。高齢者のみの世帯では、買いだめをする習慣が定着しており、また買い物をする為に遠方まで出向くことは煩わしく感じており一週間に一度程度津南に出かけている人が殆どであった。自家用車を持たない高齢者は病院の診療のついでに買い物を済ませていた。朝集落を出発するバスに乗って津南に出て、帰りは津南町 13 時発のバスに乗る必要がある。その間に病院の診療と買い物を済ませる必要があるため、買い物先は必然的に津南町病院付近のお店(農協など)になってしまう。

一方、比較的若い家族のいる世帯では、自家用車を有しておくことから積極的にいろいろな町に出かける傾向が見られた。小千谷、十日町、飯山などが主な出かけ先にあげられる。また若い人には買いためする文化もあまりなく、頻繁に買い物に出かけていた。

移動販売も行われているようであるが、あまり利用している人がおらず最近業者もあまり来ないとのことであった。生協などの注文宅配の車をヒアリング中にみかけたが、今回の被験者の中には利用されている方はいなかった。

実験の対象地区では、新聞にチラシが同封されていないため、お店の特売情報を入手する機会がない。そこでお店の特売日情報を必要か聞いたところ、情報としてあれば嬉しいがわざわざ時間と燃料代をかけて、特売品を買いに出かけたりしないそうである。

現状、買い物をしている以外の店舗にも興味はあるが、限られた時間の中で探すのは難しい。新規オープンしたお店の情報や店舗マップが欲しいという意見が挙げられていた。その際は必ず交通機関や駐車場の情報が必須である。

#### **4.1.2.2 日常生活: 通院の状況**

毎週水曜日に 1 本だけ診療バス(名称:ひまわりバス)が無料で運行されている。バスの始発が奥の地域なので、結東地域の住民は座れなかったり、座れても奥の座席になりバス酔いしてしまう為、わざわざお金を払って民営バス(片道 440 円)を利用している方もいた。家族暮らしの高齢者は、病院まで家族に車で送り迎えをしてもらっている家が多かった。

津南の病院は、11 時半までに受付をすまないと診療できないことになっている。このため、積雪で道路状況が悪くてバスが遅れている時は受付時間に間に合うか不安を感じながらバスに乗り込んでいるそうである。

津南病院の休診情報は広報無線で流れているが、他の個人病院については情報がない為、病院に出かける際には必ず電話での事前確認をしているそうである。

津南病院を利用している住人が多かったが、それ以外の病院に関しての情報を知りたいという要望が目立った。例えば、どの病院にどんな診療科目があり、どんな先生がいるか、おすすめの専門医の情報の希望が多かった。

病院だけに限られた事ではないが、周辺地域でどんな病院やお店があるかわからないので、それらの情報をしりたいという要望があった。高齢者がインターネットで検索することは難しく、お知らせサービスで病院情報を提供する要望があがった。

#### **4.1.2.3 行政情報の入手**

防災行政無線による広報を利用できていない家が半数程度あった。機器自体が老朽化しており雑音が目立つと聞ける状況ではないようである。結東地区には外用の無線機が設置されて居る為、卓内配信で聞けない場合や外で作業中の人でも聞くことができるが、大赤沢地区では、外用の無線機が設置されていないため、広報無線を聞けない人が多かった。多くの人が広報無線の情報に耳を傾けており、広報無線を聞き取れないお宅からは、広報無線情報の全てをお知らせサー

ビスで配信して欲しいという要望が多く挙っていた。反対に広報無線が聞こえているお宅からは広報無線と同じ情報は必要無いという意見も挙っている。

広報無線の放送において確認している情報の順位付けは以下の通りである。

- 1 位 病院（担当医の休診情報）
- 2 位 道路（道路規制情報、バスの運休情報、飯山線の運行・運休情報）
- 3 位 積雪、町の行事

高齢者や高齢者のいるお宅では、病院の休診情報を確認していた。また、広報誌に掲載される情報も確認している。道路や交通機関の情報は確認しているが、放送を聞きのがすことがあり、記録として残してほしいとの要望があった。積雪情報は、毎朝9時に放送されるので、それを聞く習慣の方が何人かおり、中にはノートに記録している人もいた。町の行事は、高齢者がよく確認をしていた。若い世代になると、行政情報は身近な情報がなく、あまり必要に感じていない人もいた。

#### **4.1.2.4 豪雪時の孤立について**

秋に燃料や食料の備蓄をする習慣があったため、1週間程度の孤立は生活するうえでは問題ないようであった。しかし、屋根の雪かきはどの家も苦勞したようで、ご近所を手伝う余裕がないほどだった。玄関から道路まで出るのに苦勞する状況であり、ご近所同士ではあるが顔を合わすことも出来ないほどであった。今回のヒアリングで不安なことなどを尋ねると、「集落内で助け合うから大丈夫」と多くの高齢者の方が答えるほど、集落内には強い心のつながりがある。豪雪時には、そのような友人達と会えないことが一番の不安だったようである。

秋山郷の住人にとって、道路規制が突然のことでもとても困ったようである。道路規制をするときには、事前に「何時間後に規制をする」というお知らせがほしいと切実な要望があがっていた。また、規制後も「何時間後に規制が解除されるか」という見込み情報も伝わってこず、お知らせを待っている状態が続いた。こまめに道路の状態、災害対策本部の活動、規制情報、検討の理由などを知らせてほしい、との要望があった。

### **4.1.3 双方向行政情報コミュニケーションシステムと実証実験**

#### **4.1.3.1 双方向行政情報コミュニケーションシステムの概要**

本システム[3]は、インターネットに接続するタッチパネル式の簡易な操作性を有する TV 電話端末フレッツフォン[4]に対し、PUSH 型で情報を一斉配信する IP 告知システムと、配信する情報の加工と配信を簡単に実現するコンテンツマネジメントシステム(CMS) [5]を組み合わせたものである。従来の『見ってもらう』ためのホームページへの情報掲載だけでなく、情報配信すべき地域やグループ等、情報受信者の属性に配慮し、PUSH 型で情報を『届ける』きめ細やかなサービスを提供することができるシステムである。サービス提供イメージを図 4-1-1 に示す。

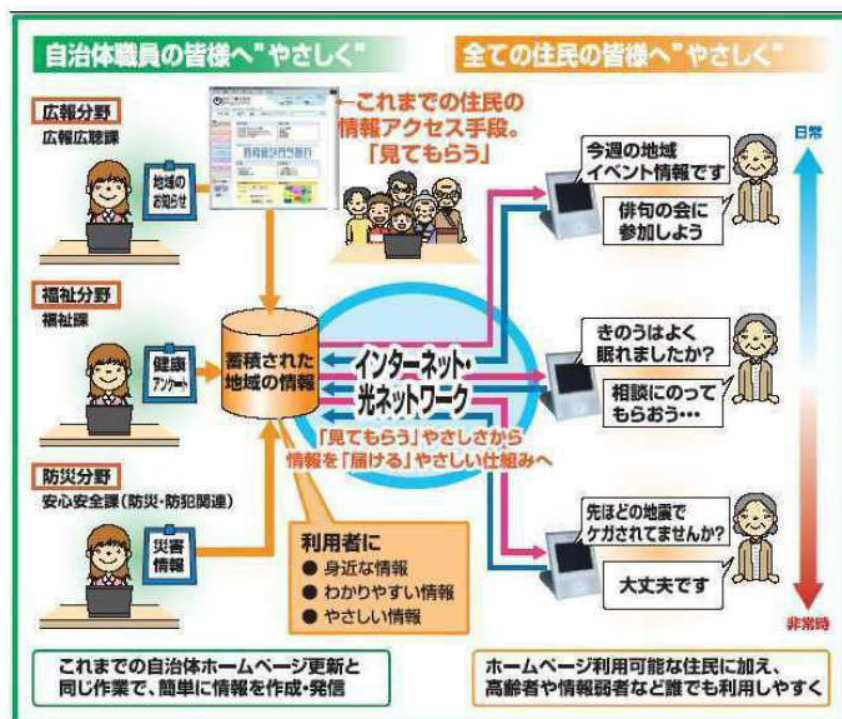


図 4-1-1 双方向行政情報コミュニケーションシステムのサービス提供イメージ

Fig. 4-1-1 Image of bidirectional communication service between local government and resident.

本システムでは、以下の 3 つの機能を用いた双方向でのコミュニケーションが可能である(図 4-1-2)。

・自治体からのお知らせ

津南町役場から、被験者住民宅のフレッツフォン端末に対して、IP 告知システムを利用した告知ページの配信を行う。従来は自治体のホームページに情報を掲示しているだけであったお知らせ情報を、各家庭に個別に一齐同報配信する。また、配信されたお知らせには、例えば講演会開催案内等の情報配信に対して、「参加」・「不参加」等の返信ボタンや、地震などの災害時の緊急情報に対する安否確認ボタン等を設けることができ、自治体と住民の双方向でのコミュニケーションが可能である。

・手書きメール

フレッツフォン端末を利用して、手書きメール[6]を被験者住民から津南町役場や津南病院等の公共施設へ送ることができる。

・テレビ電話

津南町役場内および津南病院等の公共施設と秋山地区の被験者住民間において、フレッツフォン端末を使用したテレビ電話が可能である。発信・受話は、フレッツフォンの画面上で電話帳のワンタッチで可能である。

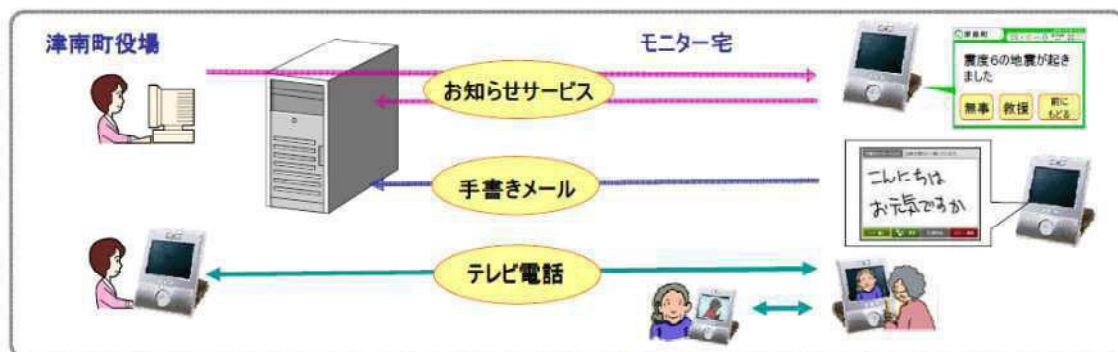


図 4-1-2 双方向行政情報コミュニケーションシステムの機能イメージ

Fig. 4-1-2 Functions of bidirectional communication service between local government and resident.

実験システムは図 4-1-3 に示す構成とした。CMS および IP 告知システムのサーバーは津南町役場サーバー室に設置し、津南町役場内にフレッツフォンを 2 台設置した。また、秋山郷エリアに対しては、国土交通省の光ファイバ網と町整備の光ファイバ網を活用して光ネットワーク環境を整備し、被験者住民は秋山郷の 2 地区(大赤沢・結東地区)および津南町役場近くの B フレッツ提供エリアより選定した。さらに、公共機関として、役場・学校・病院・克雪管理センターにフレッツフォンを情報端末として設置した。

端末の画面については、ユーザビリティを配慮して、図 4-1-4 に示すように簡単な操作性を実現する仕様とした。トップ画面は同図(a)のように大きく 4 つのタッチパネル上のボタンとし、お知らせサービスは配信時に着信音とともに同図(b)のように自動表示され、OK ボタンを押すことで受信確認の自動返信とトップ画面に戻るようにした。また、アンケート等も同図(c)のように簡単に配信できる仕様とした。また、手書きメールと TV 電話に関しては、フレッツフォン本体のハードウェアのボタン操作で利用することができる。



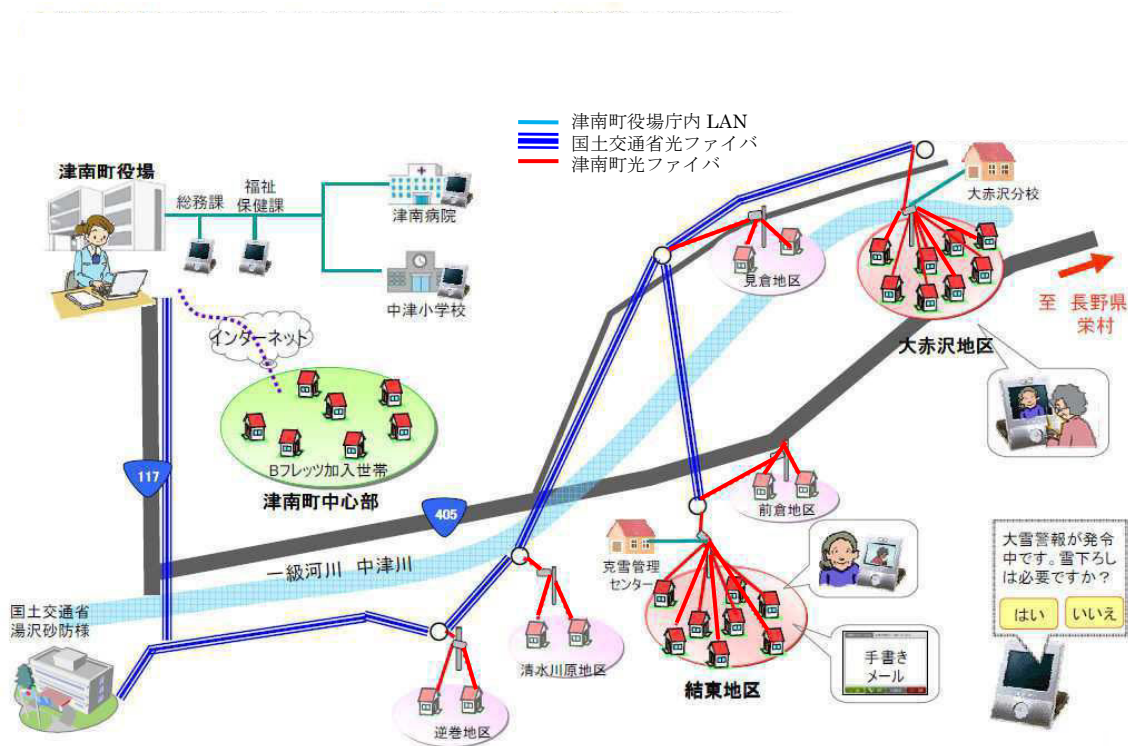


図 4-1-3 実験システムの全体構成

Fig. 4-1-3 Configuration of experiment system.



(a)トップ画面

(b)お知らせ情報の例

(c)アンケートの例

図 4-1-4 配信コンテンツの例

Fig. 4-1-4 Examples of delivered contents.

#### 4.1.3.2 実証実験の目的

本実験では、双方向行政情報コミュニケーションシステムを自治体職員、高齢者に日常生活の中で使用してもらい、PUSH 型による情報配信サービスが自治体や地域コミュニティの情報化につながるか確認するため、次の3つの項目の検証を目的とした。

1. PUSH 型による情報配信サービスに対する受容性の評価

- 2.災害時の緊急連絡と安否確認による緊急時訪問サービスの効率化に関する評価
- 3.TV 電話機能を用いた高齢者健康相談サービスへの適用可能性の検討

#### 4.1.3.3 実施内容

本実験では、前述の3項目の検証を行うため、表4-1-1に示すように情報を定期配信情報と一般配信情報に分けて配信した。定期配信情報は毎日および週1回の配信とし、季節の情報や休日の救急医情報など利用者にシステムを使用してもらうための習慣を身につけてもらうため位置づけとした。また、一般配信情報は、広報無線で配信している情報や、各課が持っている情報とし、不定期に配信した。

被験者は表4-1-2に示すように、秋山郷エリアの大赤沢地区と結東地区における独居高齢者4世帯を含む20世帯として実験を開始し、実験途中の5月より津南町中心部のBフレックスユーザー18世帯を追加した。

スケジュールは、図4-1-5に示すように、2007年2月から2007年7月末までとし、実験の開始にアンケートを実施するとともに、実験途中にヒアリングを実施した。

表 4-1-1 配信コンテンツの種類

Table 4-1-1 Types of delivered contents.

配信種別	概要	配信コンテンツ	
定期配信	利用者に使用してもらうための習慣をつけるためにも定期的に配信するコンテンツ。 配信時間の変更等を行ない、利用者の受容性を検証する。	毎日	・明日の予定 ・季節の情報(雪、天気や開花状況)
		週間	・休日救急医 ・バスの運行状況
一般配信	広報無線で流している情報や各課がお持ちの情報をお知らせページとして配信するコンテンツ。	病院関連	・診療時間や医師の変更
		選挙情報	・県議会選挙速報
		地域情報	・地域コミュニティの情報
		お知らせ	・イベント情報(参加の希望を募る) ・注意喚起(病院・道路情報・大雪) ・各課からのお知らせ
		エンタテイメント	・占い ・4コママンガ
		メンテナンス	・お知らせサービスに関する情報

表 4-1-2 被験者の種別  
Table 4-1-2 Participants for trial.

	秋山郷	Bフレッツユーザ
対象世帯数	20世帯	18世帯
住居地	山間部	津南町中心部
家族構成	独居高齢者 4世帯 高齢者世帯 1世帯 高齢者のいる家族 9世帯 その他 6世帯	独居高齢者 0世帯 高齢者世帯 0世帯 高齢者のいる家族 7世帯 その他 11世帯
募集方法	高齢者および希望者	募集 (勧誘案内書 2000枚配布)
インターネット利用率	25% ISDN (4世帯)	100% Bフレッツ(3月15日サービス開始)
サーバとの接続	イントラネット	インターネット
IPアドレス	固定	動的
テレビ電話	内線(秋山郷、公共施設のみ) 無料	ひかり電話 有料
サービス開始時期	2007年2月27日～	2007年5月10日～

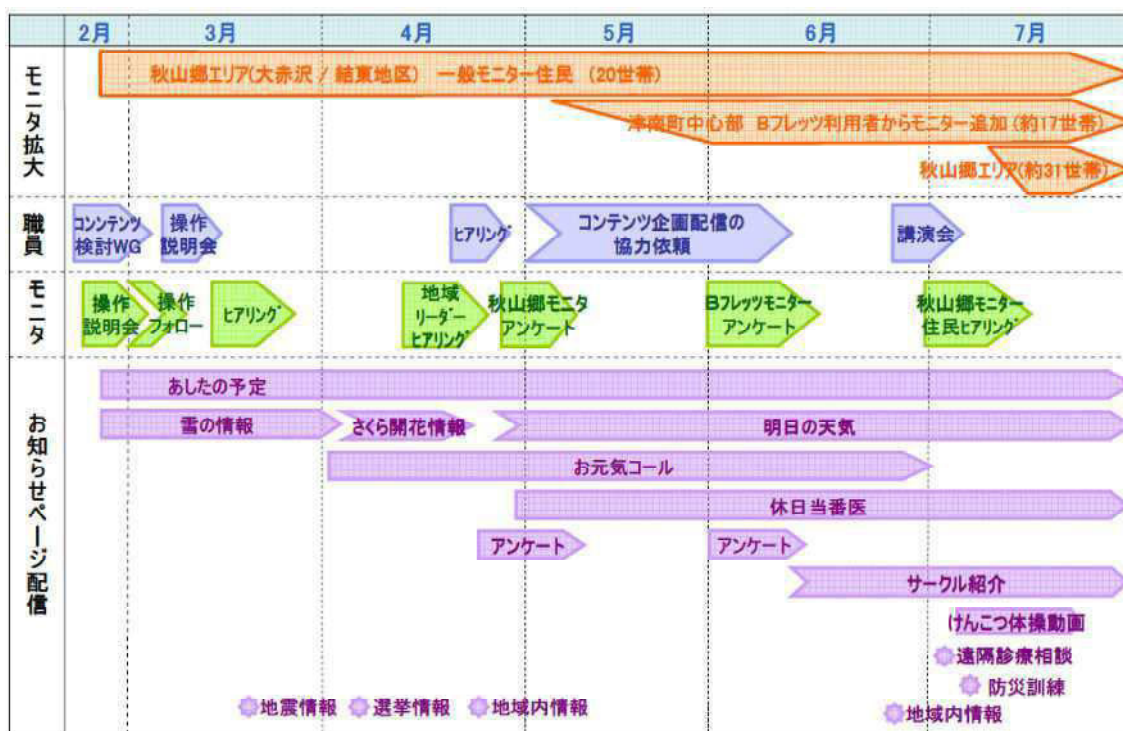


図 4-1-5 実証実験スケジュール

Fig. 4-1-5 Schedule of trial.

#### 4.1.4 結果

##### 4.1.4.1 サービス受容性

被験者に対し、双方向行政情報コミュニケーションサービスの利用状況および使用感などをアンケートおよびヒアリングにて調査した結果を以下に示す。

お知らせサービスについてはほとんどの方がよく利用しており、過去に配信された一覧からのお知らせの確認も行なっていた。また、お知らせを配信する時間は、夕方から夜(17時から19時以降)を希望するとの結果が得られた。欲しいコンテンツについては、病院の情報、健康メモ、お天気となっており、身近な生活情報への関心が高いことがわかった。特に、緊急情報を得る方法としてお知らせサービスを利用したいとの回答が多かった。高齢者世帯がない津南町中心部の被験者においては、主に端末を操作する人はお父さんという回答が半数以上で、高齢者が操作するとの回答は無かった。お知らせ機能に関する端末操作については、特に問題なく利用できたようである。テレビ電話に関しては、独居高齢者を含め数回利用していたが、頻繁に利用していた人はほとんどいない状況であった。

特に、広報無線が流れる時間帯に市外や無線の聞こえないところにいる被験者からは、聞くことができなかった情報を家に帰ってから確認することができて安心感が増すとのコメントがあった。また、文字で送付するため何度でもいつでも確認でき、無線機の場合は聞き取れないことや聞き間違えることもあったがそのような心配もなくて良いとの声も挙がっていた。一方、高齢者にとっては、お知らせ受信時に確認の為に立ち上がることが辛いようであり、お知らせを読み上げてほしいという意見が挙げられていた。反対に読み上げや受信時のお知らせ音はTV閲覧時に不快であるという意見も出ており、実施する際には利用者の希望に応じて実施する必要がある。

被験者属性による利用状況についてまとめると次のようになる。一人暮らしの高齢者は、自分で使いこなそうとする意識が高く、積極的に利用している人が多かった。また、近所との連絡にTV電話を使っている高齢者もいた一方、自分にはわからないと思ってあまり操作したらない人もいた。家族と暮らしている高齢者については、家族が代わりに対応してくれるという余裕があるため、あまり操作していない人が多かった。目が不自由な高齢者に関しては、画面の文字が小さいと読みづらいという意見が多く、情報配信時に全文を自動で読み上げる機能が必要である。耳が不自由な高齢者に関しては、広報無線と違い情報が目で確認できるためわかりやすいという意見が多かった。

次に、情報配信側である自治体職員からのヒアリング結果を以下にまとめる。ヒアリング対象は、教育委員会、地域振興課、福祉保健課、税務町民課、および津南病院である。お知らせサービスに関しては、日付を指定して公開できることが良くタイミングよく告知できる、相手を特定してアンケート的に使えるのは便利である等の意見が得られた。一方、道路の規制や混雑情報を出した場合、規制解除はどうやって知らせれば良いのか難しい、未読・未回答への対応方法等いつも返答しない世帯の教育、さらに緊急情報に対する安否確認に関して「救助求む」などの重要な回答を見落としてしまう不安などの懸念事項がある等の実サービスに関する問題点も指摘された。

端末数に関しては、現状の端末数では住民に対し不公平になるため、全世帯に配布し、住民全

員が知ることができるようにすることが必要であるとの意見が得られた。

配信情報の種類に関しては、病院での休診、医師の変更情報、ひまわりバスの運行情報は有効な情報であるという意見のほか、企画の事前調査やイベント開催後の感想アンケートなどとして使用できるのは便利であるとの意見が得られた。

TV 電話に関しては、津南病院より、電話再診(有料)を行っているので、これをテレビ電話で行うことは有効だと思うという意見が得られたほか、保健福祉課より、自席のテレビ電話端末に住民や民生委員から電話があり対応した際、顔が見える分対応しやすい面があったとの意見が得られた。

また、サービス全般に対して、高齢者の中には設置に消極的な人もおり、使って壊してしまったりすることに不安を感じるようであるため、夕飯の前に必ず見るなど習慣のひとつとなればよいのではないかとの意見が得られた。

以上のように、サービス受容性については、被験者及び自治体職員ともに比較的良好な意見が多く、実サービスとして受け入れられる可能性が高いことがわかった。また、従来の広報無線よりも、自治体からの情報が確実、簡単に何度も確認できるため、住民の安心感も向上することがわかった。但し、住民宅全戸に対するサービス提供の必要性や緊急時の安否確認のやり方など、運用面を含めた検討の必要性があることも明確になった。

#### 4.1.4.2 災害時の緊急連絡と安否確認による緊急時訪問サービスの効率化に関する評価

ここでは、災害を想定し、お知らせサービスで緊急避難情報を配信するとともに、安否確認訓練を行い、災害時に高齢者の救助等に駆けつける訪問サービスに向けた課題等を明確化する実験を行った。実験は秋山郷地区の 20 世帯について実施し、2007 年 7 月 9 日 17 時 30 分～18 時にかけて津南町役場から住民に向けて緊急情報を配信した。実験の実施イメージを図 4-1-6 に示す。なお、訓練の実施にあたっては、事前にお知らせサービスを利用して訓練案内を何度か配信し、住民に事前周知を行った。



図 4-1-6 緊急連絡、安否確認実験のイメージ

Fig. 4-1-6 Images of emergency contact and safety confirmation.

具体的な訓練シナリオは、自治体、各地区区長と協議の上、次のように設定した。

- ①災害発生(想定)
- ②お知らせサービスを利用し、自治体から住民宅へ緊急連絡(避難指示と安否確認、図 4-1-7)を実施
- ③緊急連絡に対して、被験者住民が回答
- ④自治体にて、回答状況を集計
- ⑤お知らせサービスを利用して、自治体から各地区区長宛に地区住民の回答状況を連絡し、自力で避難できない方や応答の無い方の確認および救助を依頼(訓練では、高齢者宅 3 世帯の安否確認を依頼、図 4-1-8(想定))
- ⑥区長は地区住民の避難状況を確認し、必要に応じて救助を実施(想定)
- ⑦救助を完了したら、お知らせサービスあるいはテレビ電話を用いて、状況を自治体に報告。また、大赤沢地区で救助要請(想定)
- ⑧自治体から大赤沢地区区長へ救急車出動完了(想定)連絡を実施
- ⑨実験終了

このように、本実験では、住民に避難指示と安否確認した結果を元に、救助を求めている、もしくは連絡のない住民に対し、各地区区長へ個別の安否確認依頼を行う訓練を行っており、一般的な防災訓練より一步踏み込んだ内容となっている。従来の広報無線による一斉同報では不可能であった個別の安否確認により、緊急時の高齢者の救助等の訪問サービスが効率化するかどうか評価した結果を以下にまとめる。

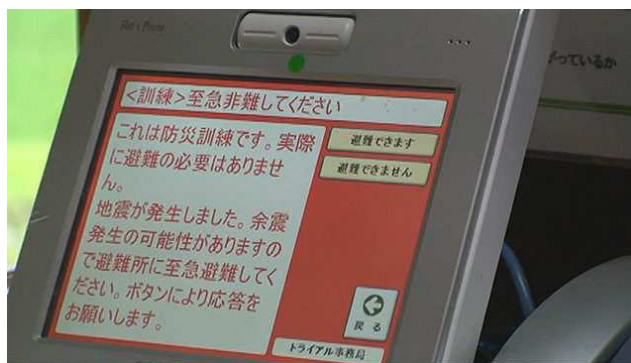


図 4-1-7 緊急情報配信例(避難指示と安否確認)

Fig. 4-1-7 Example of emergency contact.

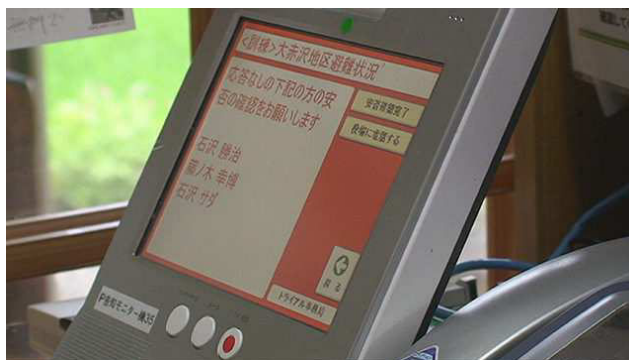


図 4-1-8 自治体より大赤沢地区区長への安否確認依頼例

Fig. 4-1-8 Example of safty confirmation from local government to leader of Ooakazawa district.

住民を代表する各地区の区長へのヒアリング結果は次のようになった。従来、自治体からの緊急連絡は、各世帯に設置された広報無線で放送されるが、広報無線の電源を切っている家もある。区長から地区住民への緊急連絡は、克雪管理センターに設置した拡声器を利用しているため、屋外しか聞こえない。また、緊急連絡に限らなければ、地区の各世帯への連絡は月に 3～4 件あり、連絡体系は区長→組長→各世帯(3～4 軒で1グループ)となっている。地区内だけの連絡事項については、文書を配布したり、拡声器で放送している。今回の実験については、地区住民の安否確認の回答状況がわかるのは非常に便利であり、回答状況にかかわらず地区全世帯の情報がわかるともっと良かった。しかし、プレッツフォンが全世帯に設置されていないと他の連絡手段も実施する必要があり余計に手間がかかる恐れがある、との意見が得られた。

自治体職員からの意見としては、このような地域住民を巻き込んだ防災訓練を実施するのは初めてであり、連絡体制がまだ確立されていない状況である。従来は、広報無線で地域住民へ情報連絡し、住民からの連絡には電話を利用している。実際の緊急時は、消防署との連携が重要になるだろう。現状では、緊急時は広報無線で町全体へ連絡することのほうがプライオリティが高く、ウェブ更新・お知らせ送信は後回しになる。更に、各地区に別々にお知らせを送信するのは手間がかかる。実際の有事には、緊急情報の一斉伝達できて便利と思われるが、その後の対応(職員派遣)にはマンパワーが必要となるため、実際に対応しきれるかは現状では不明である、との意見が得られた。

以上の結果より、PUSH 型配信、双方向通信という特徴を持つ本システムを利用することで、訪問サービスの稼働を軽減し、きめ細やかな対応が可能であるということが出来る。しかし、サービス提供者は、何時間以内に回答がなければ電話して駆け付ける等のサービスレベルを予め明確にするとともに、それに同意したユーザーに限定してサービス提供する等、トラブルを回避するため、情報提供者/利用者双方でサービスレベルの認識を合わせた上で運用する必要がある。また、災害の規模によっては効率の良い訪問が困難な場合もあるため、運用体制を含め、対応可能なサービスレベルの設定を十分に検討しておく必要がある。

#### 4.1.4.3 TV 電話機能を用いた高齢者健康相談サービスへの適用可能性の検討

本節では、高齢者の健康相談サービスもしくは遠隔診療に、本システムの TV 電話機能を適用できるかどうか基礎評価を行った結果について述べる。実験では、津南病院の医師に TV 電話機能を用いて秋山郷エリアの高齢者の患者と遠隔での診療をおこなってもらい、診療終了後に医師および患者からヒアリングした。参加した医師は、津南病院の石川院長、村山副院長の 2 名であり、患者は秋山郷エリアの高齢被験者のうちそれぞれの医師の患者 2 名である。実験は 2007 年 7 月 4 日の 15 時から、津南病院健康相談室と患者宅を本システムの TV 電話機能で接続して行った。両医師とも実験を約 45 分間行ったが、実際に TV 電話を介して診察したのは数分間であった。



図 4-1-9 TV 電話機能を用いた遠隔診療実験の様子

Fig. 4-1-9 Picture of remote medical care using TV phone.

医師へのヒアリング結果としては、操作しやすいし便利に感じる、表情はわかるが顔色がわからない、目や口の中を見せてもらったがはっきりとはわからない(口内は対面でもライトを当てないと見えない)、汗をかいているなどもわかる、声の調子や息使いなどもわかる、嘔吐物などある場合にはそれを映してもらえば大まかな判断は付くなどのコメントが得られた。また、手を動きや、爪や目の状態も十分確認出来る、一般の電話と違い顔を見られるのは良い、名前だけだと誰だかわからないときがあるため顔と名前が一致するので診療がしやすい、フレッツフォンでも収集できる情報量が多いとの意見も得られた。さらに、画質が良くなればもっと情報量が多くなって良い、音が聞こえにくい人もいるので補聴器等をフレッツフォンに取り付けることが出来れば良い、診察にはライトを用意する必要がある、体重などバイタルデータが確認できるともっと良い、などのコメントが得られた。

現在、津南病院では、慢性疾患、予防を目的とした診療が 9 割であり、そうした患者は 2 ヶ月に 1 度ぐらい通院している場合が多い。診療は問診 8 割、診察 2 割が大体の割合であり、通常の診療



時間は1、2分～15分ぐらいとのことであり、今回の診察でも同じような業務フローで行われた。

患者へのヒアリングでは、毎月1回薬の受領のため通院しているが、豪雪時等に家から出られない状況において薬を届けてもらうよう依頼できればありがたい、日頃の健康相談なら病院の先生に相談するより役場の保健師等に対応していただければ親しみがあるため気軽に相談できると思うなど初診や緊急でない限り、遠隔診療が有効であるとの回答が得られた。

これらの結果より、TV電話を利用した高齢者健康相談サービスは、このようなルーラルエリアで適用できる可能性が高いといえる。しかし、実際の適用にあたっては、フレッツフォンの解像度や画面サイズ、音声など、端末の性能によって提供内容の範囲が制限されたり、各種法令による制限等を考慮する必要があるほか、患者の受け付け方や予約の仕組み、治療費の授受方法、薬の受け渡しなど、運営かわる部分の手順を確立する必要がある。

#### **4.1.5 考察と今後の課題**

本節では、PUSH型による情報配信サービスが自治体や地域コミュニティの情報化につながるか確認するため、サービス受容性、緊急時訪問サービスの効率化、およびTV電話機能を用いた高齢者健康相談サービスへの適用可能性について検証した。結果として、3つの検証項目全てに対して良好な結果が得られたが、実際にサービス提供する際には、次のようなステップで自治体との情報配信側と高齢者等のサービス受領側双方での検討が必要である。

##### **1. 導入目的の具体化**

本実験で使用した双方向行政情報コミュニケーションシステムはさまざまな目的に使用できるため、サービスを継続的に利用してもらうためには、日常の情報配信用、防災用、あるいは健康管理用なのかサービス導入の目的および対象者の明確化、それぞれの目的に対する責任者を含めた情報発信側プレイヤーの洗い出し、ならびに情報受信者およびコミュニティの調整等を行う必要がある。

##### **2. 情報発信者側の合意形成**

実際にサービスを開始すると、さまざまな新たな要望が利用者から上がってくるのが懸念されるため、導入企画や運用ルール策定を実施するリーダーあるいは担当部署の選定と、アウトソーシングを含めた発信側業務フローの構築を行う必要がある。

##### **3. 情報受信側のサービス認知**

本システムの持つ双方向という特徴を活かすためには、情報受信者に回答して貰う必要がある。このため、情報受信者にサービス導入の意味とサービス適用範囲を熟知して貰う必要がある他、操作方法の習得をしてもらう必要がある。

##### **4. コンテンツ設計**

高齢者に簡単に使ってもらえるよう、ユニバーサルデザインを考慮した画面設計、お知らせメッセージ設計(テンプレート・記述レベル等)、および配信スケジュール設計(タイミング・頻度等)を行う必要がある。

#### 5. 水平展開、業務の拡大

上記1～4を実践しサービスが定着した後、配信する情報の拡大や目的の追加等を行うべきである。また、実サービスとして本システムを適用する際には、機能面において、例えば安否確認結果に応じた職員の携帯電話への通知機能、緊急用メッセージテンプレートの定型化と災害種に応じた提携フォーマット整備、災害時に TV 電話端末トップページを自動的に災害モードへ切り替える機能、などのような機能を実現する必要があることがわかった。

#### 参考文献

- [1][http://www.ntt.co.jp/RD/OFIS/active/2007pdf/pdf/h\\_ap02.pdf](http://www.ntt.co.jp/RD/OFIS/active/2007pdf/pdf/h_ap02.pdf)
- [2][http://www.ntt.co.jp/islab/kankyo/research/a\\_fukushi/index.html](http://www.ntt.co.jp/islab/kankyo/research/a_fukushi/index.html)
- [3]大山,前田他,“防災ビジネスに向けた NTT R&D の取り組み,”NTT 技術ジャーナル, Vol.19, No.9, pp.8-12, 2007.9.
- [4]吉田誠史,“光コミュニケーションに向けて NTT 東日本が着目する視点 ひかり電話の高機能化への取り組み,”ビジネスコミュニケーション, Vol.43, No.1, pp.112-113, 2006.1.
- [5]李田財, 船曳信生, 村上幸一,“CMSを用いたオープンソースソフトウェア利用マニュアル管理システムの提案,”電子情報通信学会技術研究報告, Vol.110, No.453(ET2010 91-146), pp.187-192, 2011.2.
- [6]藤野他,“ウェルダリコミュニケーションシステム,”映像情報メディア学会技術報告, Vol.29 No.46(ME2005 105-124), Page.31-34, 2005.08.29.

## 4.2 ICT 利活用による地域コミュニティ活性化に関する検討

### 4.2.1 はじめに

近年、我々を取り巻く生活環境が益々便利になるとともに、従来地域コミュニティ内で行われてきたさまざまな社会活動がサービスの購入という形態に置き換えられてしまうようになり、地域コミュニティにおける人々のつながりが希薄になってきている[1]。特に中山間地においては、このような問題に加え少子高齢化や過疎化が進んでおり、地域コミュニティの崩壊および小学校の統廃合が進展している。

農業を主産業とするこのような中山間地では多くの農家が兼業農家であるが、ほとんどの大人が地域外に働きに出るため、日中は高齢者と子供だけが存在するという地域が多い。また、授業日数の減少や治安の悪化などに伴い、小学校だけで生徒をケアすることが不十分となってきており、公民館等の地域組織と連携し地域全体で生徒を育てる体制を作る必要があると考えられているが、現状では実現できていない地域が多い。更に、生徒数の減少により上級生と下級生という生徒だけのコミュニティが形成されなくなり、そのようなコミュニティの中で得られるコミュニケーション能力、マナーおよび折衝能力等が低下している傾向があるほか、生徒が地域の人々とコミュニケーションする機会や地域を知る機会がほとんどなくなっている[2]。このため、中山間地においては、このような問題を解決するための地域活性化や地域と小学校との新たな関係づくりが必要とされている。

一般的に地域活性化は自治体が主体となって推進している場合が多いが、その多くはITを利用した一方的な行政サービスの情報化であり、地域コミュニティの情報化はほとんど行われていない。このため、NPO 等が地域活動の主体となっている一部の地域を除いてほとんど活性化しておらず[1]、[3]、[4]、住民参加型の地域活性化が必要とされている。一方、地元学[5]のように地域住民が主体となって、地域に対する学びを中心に情報化に成功している地域も存在する。地元学では、地域の情報を全員で発見し、まとめあげ、情報発信することが情報化の原点となるが、熱心なボランティアや NPO 等が予め存在することが重要であるほか、その目的は環境保全で止まっており、情報化のマネジメント方法や地域と小学校の関係構築まで踏み込んだ検討はほとんど行われていない。また、学校を中心として環境教育に主眼をおいた学校と地域との関係構築[6]-[8]や学校と地域とのコミュニケーション強化に IT を使った検討[2]、[9]が行われているが、生徒の学びに主眼が置かれており、地域活性化まで考慮したような検討はほとんど実施されていない。

本節では、地域コミュニティが衰退している中山間地において、地域住民と小学校との間に学習コミュニティを構築することで、地域コミュニティ内のコミュニケーションを活性化させるとともに地域と小学校の新たな関係を構築し、地域情報化および地域活性化に発展させる方法について事例検討を行なった。ここでの地域活性化は、学び合いを通して、地域内での交流を作り出すことを対象とした。実験では、小学校での総合的な学習の時間における身近な生活に根ざした環境学習を中心として、IT を活用した学習コミュニティで世代間交流を行なう学習環境を設計した。また、IT だけでなく実世界におけるふれあい、学びあいにも重点を置き、コミュニケーションの活性化に留意した。

この学習の場は生活での学びを考える学習環境であり、本実験では学習に対する理解度の変化

を定量的に評価するのではなく、このような活動の変化について評価した。また、学習コミュニティに対する目標は予め設定せずに、生徒、教師および地域住民がさまざまな問題を発見しながら、相互に解決のヒントや解決策を出し合って生活の知を獲得していくとともに、お互いを知り合い、交流を作り出していくことに留意した。実験では、このような学習コミュニティの形成とコミュニティ内のコミュニケーション活性化が地域活性化のきっかけとなることを目指し、それが達成されたかどうか検討するとともにコミュニケーション活性化のための要件と問題点を検証した。なお、実験は自治体の協力のもとに遂行した。

## **4.2.2 事前調査**

### **4.2.2.1 実験環境の概要**

実験は広島県比婆郡東城町で行なった。東城町は、広島県北東の県境に位置し、面積304.92km<sup>2</sup>、人口は約10,400人(2003年4月)で、1995年に比べ6.4%の減少となっている。65歳以上高齢化率は37.2%であり、いわゆる少子高齢化、過疎化の進行している町である。1600年代ころから砂鉄を原料とした製鉄がこの地方の主要産業であったが、現在では衰退し、主な産業は農業となっている。

ADSLやFTTH等の常時接続環境は整備されておらず、ほとんどの地区においてダイヤルアップ(56kbps)によるインターネット接続のみが使用可能である。更に、他の中山間地と同様に通信会社による常時接続環境の整備予定は将来的にも無く、自治体による地域イントラネットの整備予定も無い。また、携帯電話は幹線道路や中心部で利用可能であるが、農村部では利用不可能な場所が多い。このため、ほとんどの住民がインターネットの利用経験が無く、都市部に対する情報過疎化を感じている住民が多く存在している。

実際の実験は東城町内の田森地区において行なった。田森地区は人口約960人の農村地であり、標高約700mの山々と田んぼに囲まれている。住居は点在しており、公民館付近の最も密集した地域でも約50世帯が集まっているだけである。田森地区では、公民館を中心とした祭りが年1回あり、稲刈りが終わった11月に開催される。農家のうち75%は兼業農家であり、前章で述べたような問題が存在している。

本実験の主体となった栗田小学校は、公民館から近い小高い丘の上に孤立している。小学校の生徒数は31名であり、教師は9名(2002年度)であった。小学校の校区は直径約12kmと広範囲であり、生徒は山道を徒歩で毎日通学していた。小学校には、生徒数5名の1年生クラス、7名の2年生クラス、11名の3、4年生複合クラス、8名の5、6年生複合クラスの計4クラスが存在した。小学校には7台のPCが存在し、主に5、6年生の授業で活用されていた。また本実験以前から小学校独自のウェブページが一般公開[10]されていたが、更新は年1回程度であった。地域との交流としては、運動会と地域の文化を学ぶ交流会が毎年開催されていた。9名の教師のうち1名がITスキルを持っていたことが、本実験の中心に栗田小学校を選択した理由の一つであった。

表 4-2-1 学習テーマの概要

Table 4-2-1 Outline of each study theme.

テーマ	食べ物から健康を考えよう(3、4年生)
目標	身近な食べ物調べを通して食べ物や健康に関心を持ち、自分で課題を設定して調べる。また、学習の中から食べ物の良さや問題を見つけ、それを生活の中に生かす姿勢を育てる。
内容	課題理解、計画、調査、まとめ、発表
テーマ	自分達の暮らしから環境を見直そう(5、6年生)
目標	各教科の学習を基に自分達の暮らしを見直す活動を通して、身近な環境や資源の保全についての課題を見出し、できる事から実践する姿勢を育てる。
内容	観察、課題理解、計画、実施(計測、計算)、まとめ、発表

#### 4.2.2.2 学習内容

小学校を中心とした学習コミュニティを構築し、IT を活用して情報発信を行なう場合、教師や生徒の負担を減らしたりコンテンツ不足に陥らないようにするためには、コンテンツを授業内容と連携させることが得策である。そこで、教師と話し合った結果、総合的な学習の時間における授業内容を主テーマとして定期的に情報発信することとした。

表 4-2-1 に栗田小学校で実施された 3、4 年生クラスと 5、6 年生クラスの総合的な学習の時間の学習テーマの概要を示す。3、4 年生クラスは、「食べ物から健康を考えよう」というテーマであり、朝食や地域に馴染みのある身近な食べ物を通して健康について考えるという内容であった。5、6 年生クラスは、「自分達の暮らしから環境を見直そう」というテーマであり、普段の生活の中で水道水の漏水量、ゴミの量、または電力使用量などを計測するとともに他の教科での学習内容を応用してまとめ、改善策を発表するという内容であった。

#### 4.2.2.3 学習コミュニティ

表 5-1 に示したような身近な生活に根ざした環境学習について考えると、生徒は地域における小さなメンバーであり、大人は地域の先輩あるいは先生として捉えることができる。ところが、今回実験を行なう小学校と地域との関係について調べてみると、前述のように、生徒が地域の人々とコミュニケーションする機会や地域を知る機会がほとんどなくなっていることがわかった。そこで、このような地域コミュニティの衰退とともに発生している地域に対する学習機会減少の回復に IT を活用することとした。これは大人や地域にとっても重要であり、地域コミュニティの担い手である子供達とともに行なう地域学習によって地域コミュニティを活性化させ、交流を促進させる可能性がある。

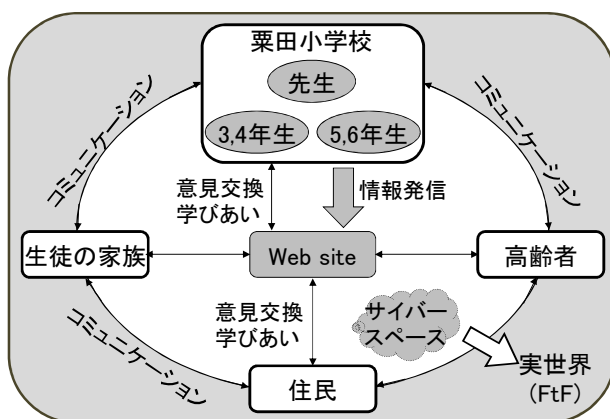


図 4-2-1 コミュニケーションモデル

Fig. 4-2-1 Communication Model.

本実験で構築した学習コミュニティのコミュニケーションモデルを図 4-2-1 に示す。構築した学習コミュニティの中心は、小学校での総合的な学習の時間に関する情報を発信するウェブサイトであり、小学校側から基本的に週 1 回の頻度で学習の様子や地域住民に対する質問などのコンテンツを更新してもらった。ウェブサイト上では、生徒の家族、高齢者および近所の住民が、掲示板を介して小学校と意見交換を行なうとともに、地域住民間でのコミュニケーションも可能である。このようにウェブサイト全体が学習の場となっているほか、コミュニケーションの場として利用される。実験では、このようなウェブサイト上での交流がきっかけとなり、学び合いを通じた交流が住民間および住民と生徒、教師の間で発生し、実世界での Face to Face (FtF) コミュニケーションを活性化させるとともに地域コミュニティの活性化につながることを想定した。

表 4-2-2 モニター属性

Table 4-2-2 Attribute of monitors.

属性	地域住民モニター
人数	32名(内訳:地域住民29名(27世帯)、保育所職員1名、公民館職員2名)
職業	公務員10名、会社員6名、PTA9名、農業関係4名、その他3名
性別	男性26名、女性6名
年齢	30歳未満3名、30歳代6名、40歳代10名、50歳代8名、60歳以上5名

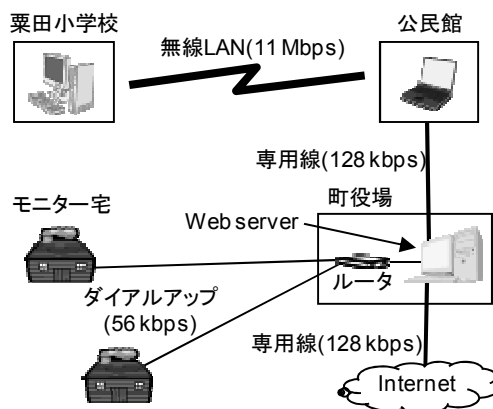


図 4-2-2 学習コミュニティのネットワーク構成

Fig. 4-2-2 Network configuration.

#### 4.2.3 学習コミュニティの構成と評価方法

地域住民から本実験への参加者は、町役場を通して粟田地区全体に案内状を出して募集し、表 4-2-2 に示すように 32 名がモニターとして参加した。モニター宅に PC やモデムがない場合には無償で貸し出した。モニターには、地域住民 27 世帯と保育所、公民館の職員が参加した。モニターの多くは公務員と会社員であり、学校と普段からつながりのある PTA は 7 世帯 9 名であった。また、男性は 26 名であり女性は 6 名であった。年齢層別に分類すると、PTA が多く占める 40 歳代が 10 名と最も多く、町役場職員など公務員が多い 50 歳代が次に多かった。60 歳代からは、近所の高齢者や公民館館長ら 5 名が参加した。なお、モニターに対する事前調査の結果、モニターの 90% は職場などで PC の利用経験はあるものの、ほぼ全員がインターネットの利用経験が無かった。小学校からは、校長、教頭、3、4 年生と担任 1 名、5、6 年生と担任 1 名が参加した。1、2 年生については、IT スキルが不足していることや、総合的な学習の時間が無く実験に相応しい学習テーマが存在しないことから参加しなかった。

実験システムのネットワーク構成を図 4-2-2 に示す。実験の中心となるウェブサーバーは町役場内に設置し、町役場と粟田小学校の間は公民館を介して接続した。公民館と役場の約 5km は 128kbps の専用線で接続し、公民館と小学校は双方とも丘の上であり見通しがきくため約 400m の距離を無線 LAN で接続した。また、東城町にはインターネットへのアクセスポイントが無かったため、隣町まで更に専用線を延ばし、そこからインターネットへ常時接続させた。モニターはアナログ回線で役場の RAS までダイヤルアップ接続(56kbps)した。

実験に使用したウェブページの構造を図 4-2-3 に示す。ホームページは、季節に応じたバナーメッセージ、お知らせ、各学習テーマへのリンク、学習テーマに関係無く自由に書き込み可能な掲示板の 4 項目で構成した。お知らせは、小学校からの定期的な活動状況報告であり、従来紙媒体で PTA や町内施設に配布されていたものが電子化されて掲載されたほか、その他の近況報告等が

掲載された。各学習テーマのページでは、それぞれの学習テーマに関する活動報告のリストや写真付きの詳細報告が掲載された。写真はクリックすると拡大表示される。また、各学習テーマに対して掲示板がそれぞれリンクしており、小学校側からの質問や感想、モニターからのコメントや感想などが自由に書き込み、双方向コミュニケーションが可能な構造とした。自由に書き込み可能な掲示板は、学習テーマに関係なく、学校とモニター双方から自由な情報提供や意見交換ができるスペースとした。



図 4-2-3 ウェブページの構成

Fig. 4-2-3 Structure of the Web page.

コンテンツの作成および更新には、初心者でも簡単に操作できる特別なツール[11]を利用した。手順は、メッセージ作成、画像選択(大きさは自動編集)、確認、アップロードの4ステップで完了でき、学校側のアクティビティがわかりやすくなるようデジタルカメラで撮影した写真や JPEG 化した文章ファイルを簡単に公開することができる。また、登録されたコンテンツの削除も簡単に行なえるようにした。但し、このように操作を単純化したため、ウェブページの構造は固定したほか、メッセージは全角 200 文字までに制限した。このツールでは、作成したコンテンツを自動的にデータベース登録するので、活動報告書の作成や、データ蓄積なども簡単に行なうことができる。また、各学習テーマに関するコンテンツが更新されると、自動的に掲示板にコンテンツ更新メッセージがリンク付きで掲載される。なお、掲示板でも双方のアクティビティがわかりやすくなるよう写真などの画像を簡単に掲載できる構成とした。

ウェブページの管理は、基本的に教師に行なってもらった。但し、教師用のヘルプデスクを用意し、常時サポートを行なった。また、ウェブページでは生徒の写真や名前が掲載されるため、セキュリティに配慮してパスワードによるアクセス制限を行ない、モニターだけにパスワードを配布した。また、生徒の名前が実名で掲載されるため、多くのモニターも実名で掲示板への書き込みを行なった。



図 4-2-4 に示すように、本実験は 2002 年 8 月～2003 年 2 月までの 7 ヶ月間行なった。観測に関しては、ウェブページへのアクセスと書き込みに関するログを定期的に収集するとともに、教師の日誌を利用した。日誌には、主に本実験を通じた地域と生徒の交流の変化と、生徒の活動の変化について記入してもらった。これらの観測内容は、月 1 回収集して分析するとともに、イベント前後に集中した観測も行なった。イベントとしては、関係者全員を集めたオープニングセレモニー、モニターに対する PC 学習会および実験結果を総括する終了イベントを行なうとともに、公開授業における児童発表会や地区の祭りにも参加した。

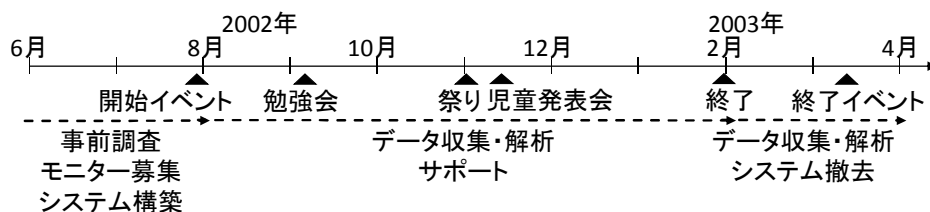


図 4-2-4 実験スケジュール

Fig. 4-2-4 Schedule of the study.

なお、モニターに対しては、実験開始時に各モニター宅へ個別訪問して PC 操作方法を説明したほか、ヘルプデスクを設けてサポートを行なった。また、コンテンツを作成する教師にも定期的にヒアリングを行ない、ユーザビリティ向上など改善を行なうとともに、インタビュー調査を実施した。モニターに対しては、実験開始前に質問紙調査、グループインタビューを行なったほか、実験終了前後に、質問紙調査、電話調査およびグループインタビューを行なった。

#### 4.2.4 結果

ここでは、まず、本実験の中心となった小学校に対する評価結果について述べ、次に地域コミュニティに対して評価を行なった結果について述べる。

#### 4.2.5 小学校

##### 4.2.5.1 小学校側の変化

小学校におけるこのようなシステムの利用と地域住民との交流について考察してみると、生徒は自分達の学びに対する地域からの反応に喜びを感じており、生徒の学びが活性化されたことがわかった。また、生徒によっては単独でコンテンツ更新作業を完結できるようになったほか、全員が楽しみながらコンテンツを作成していたことから、生徒の IT リテラシーや IT への興味が向上したことがわかった。特に 5、6 年生においては、文章の表現を工夫したり説明文に写真を添付するようになったほか、モニターから意見をもらうことを前提とした文章表現をするようになった。これらのことから、本実験に生徒のコミュニケーション能力を養成させる可能性があることを確認できた。但し、発達の

段階は生徒や学年によって異なるため、これを検証しながら指導する必要があると思われる。

また、学校側としては、教育委員会の方針に従って学校情報の公開や説明責任を果たしていくためにもこのような IT を使った仕組みは有効であり、一方向でなく地域と双方向のやりとりの重要性を認識したという校長のコメントも得られた。

#### 4.2.5.2 地域住民との交流

3、4 年生クラスの学習テーマに関するコンテンツでは、食べ物と健康の関係を調べている様子、調査結果、栄養のバランスを考えた朝食メニューの提案、提案したメニューの調理風景、更に図 4-2-5 に示すように生徒たちが育てた蒟蒻芋を使った蒟蒻作りの様子やレシピなどが公開された。掲示板においては、地域における昔の朝食メニューや朝食の様子、現在のモニター宅での朝食メニューなどについての意見交換が行なわれた。



図 4-2-5 3、4 年生による蒟蒻作りの様子とレシピ

Fig. 4-2-5 Recipe for making kon'yaku and photographs of the cooking process.



図 4-2-6 電力使用量を削減するための対策方法

Fig. 4-2-6 Countermeasures to avoid wasting electricity.

5、6年生クラスからは、学校の水道蛇口の漏水量、家庭でのガソリン使用量、トイレトペーパーの使用量、電力使用量など身近な資源に対する調査の様子、調査結果、無駄を減らすための対策方法の提言などが行なわれたほか、季節毎の学校周辺の自然環境の調査報告なども行なわれた。図4-2-6は実際に公開された電力使用量を削減するための対策方法であり、教室や家庭の蛍光灯スイッチの近くに細かな確認事項を書いたポスターを掲示し、天気の良い日中には教室窓側の蛍光灯は必ず消すことなどが実行されていた。

掲示板においては、各資源の無駄な使用を減らすための方法やモニター宅での体験談やアドバイスの意見交換された。例えば、さまざまな対策法に加え、「日頃から節電に対して問題意識を持ち、無駄な電気を発見したらとにかくスイッチを切ったりコードを抜く人(うちでは「電気大臣」と呼ばれている)が身近にいと結構節電に対する意識が身に付くものです。」というモニターのアドバイスに対し、「今日の総合の時間、頂いた情報も参考にして電気の節約や水の節約をやる計画をまとめあげました。これから大変ですが、家や学校のみならずにも呼びかけてやってみます。」という回答が生徒から顔写真付きで掲示されたりした。更に、地域特有の気候に関する言い伝えや地域における自然環境の変化などについての意見交換も行なわれ、生徒が地域について学習するきっかけが提供された。なお、5、6年生においては、コンテンツの更新を最初は教師が行なっていたが、実験後半になると生徒自らが実行した。しかし、3、4年生においてはまだ困難であり、最後まで教師が代理で行なった。

学校側から見た地域とのコミュニケーションに関しては、生徒の親世代の意見は家庭で聴けるので高齢者からのアクセスが欲しかったとの意見が多かった。実際には、生徒の親世代のモニターからの応答が最も多く、高齢者世代からの応答は少なかった。このため、高齢者世代を学習コミュニティに引き込むためのサポートがもっと必要だったといえることができる。

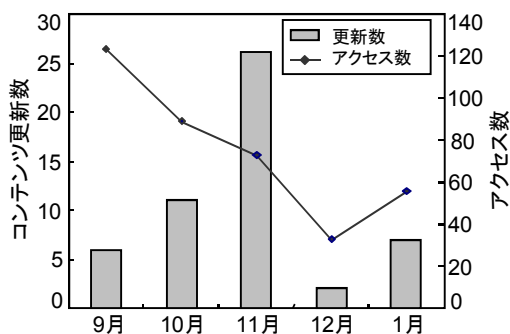


図 4-2-7 アクセス数とコンテンツ更新の関係

Fig. 4-2-7 Monthly access and contents updating.

#### 4.2.5.2.1 コンテンツ更新とアクセスの関係

図 4-2-7 に学校側からのコンテンツ更新回数とモニターアクセス数の月別変化を示す。同図より、

アクセス数は年末にかけて徐々に低下しており、年明けとともに若干増加していることがわかるが、アクセス数が 100 以下の月が多く、ウェブページが活発に利用されたとは言い難い結果であった。また、コンテンツ更新回数は授業の進行具合によって大きく変動しており、11 月の児童発表会の時期に最も多くなっているが、コンテンツ更新回数とアクセス数の間には相関が無いことがわかる。

モニターの属性別アクセス状況としては、実験開始から約 1 ヶ月間はほぼ全員が頻繁にアクセスしていたが、11 月以降にはアクセスの約 80%を PTA のモニターが占める状態になってしまった。理由としては、質問紙調査およびグループインタビューの結果より、モニターが興味本位でアクセスしていた実験開始直後の時期にコンテンツ更新が少なかったことにより、学校とのつながりが元々少ないモニターのサイト訪問意欲が徐々に低減してしまったためということがわかった。更に、コンテンツ更新が多い時期(10 月、11 月)にモニターのアクセス数が少なかったため、生徒と地域住民の交流が期待していたほど活発化しなかったものと思われる。なお、モニターの性別アクセス数に関しては、累計では人数の多い男性のほうが女性の約 3 倍多いが、11 月以降になると男女ともほぼ同数のアクセス数であった。また、実際に掲示板にコメントを書き込んだ回数は PTA の男性が最も多かった。女性からの書込みも毎月数回あったが、約 90%が PTA からの書込みであった。

#### **4.2.5.2.2 成長(熟達)と積極的要求**

ウェブページのシステム構成に関しては、今回のようなコンテンツ更新が簡単なツールは初心者  
の時期には有効であるが、慣れてくると自由なデザインのウェブページを作成したくなったとのコメントを教師から得た。また、文字数の制約により生徒自身の言葉での発言が困難だった、決められた学習テーマ以外のトピック(運動会、学芸会、総合的な学習の時間以外の子供達の様子など)でも展開したほうが交流が活発化したと思う、という意見も教師から得られた。これらのことより、システム提供側として、システムの自由度や柔軟性を上げるなど学校全体の IT リテラシーの成長に合わせたケアが必要であったことが反省点として挙げられる。

#### **4.2.5.3 地域コミュニティ**

##### **4.2.5.3.1 学習テーマへの参加**

次に、モニターに対する評価結果であるが、多くのモニターはウェブサイトを小学校からの情報提供サイトと捉えているとともに利便性を感じていることがわかった。また、小学校、生徒、地域のことを知りたいという欲求が強く、従来学校側から配布されていた印刷物だけではわからないさまざまな情報や、普段の授業や学習の様子などを知ることができ楽しかったという意見が多かった。しかし、モニターは受動的であり、各学習テーマに関する掲示板に話題を提供したモニターは少なく、積極的に参加したモニターは実質 3 名であり、学校と地域とのウェブサイト上でのコミュニケーションは期待したほど活性化しなかったといえる。

##### **4.2.5.3.2 自由な交流**

一方、自由に書き込み可能な掲示板においては、10 名以上からの書き込みがあり、季節や時事

情報および地域の行事に関する話題などについてモニター間でのコミュニケーションが発生した。また、モニターと生徒あるいはモニター間で面識がない場合は、共有できる話題がないという理由からウェブサイトの利用およびコミュニケーションが発生せず、地域と関係性の弱いモニターは消極的であることがわかった。

#### **4.2.5.3.3 ITリテラシーとの関連**

当初懸念していたモニターのITリテラシーに関しては、ウェブサイトを閲覧しない理由としてリテラシーの低さを挙げている例は少なく、興味のあるコンテンツを見るためにはリテラシーの習得やサポートを積極的に求めるモニターも存在した。このことより、リテラシーの低さがウェブサイトの利用を阻害する主要因ではないと考えられる。しかし、掲示板でのコミュニケーション沈滞の表面上の要因として、ITリテラシーの低さが存在することは事実であると考えられる。

#### **4.2.5.3.4 生活への影響**

モニターと地域コミュニティとの関わりについては、モニター間での FtF コミュニケーションが増えた、これまで話をしたことがない人と話をするようになった、更にインターネットや PC の話を地域の人とするようになったなど、地域コミュニティの活性化に貢献できたと思われるコメントが多く得られた。また、実験終了後もほとんどのモニターが実験で使用したウェブサイトの利用を継続したいとコメントしており、地域情報化のきっかけに繋がったと思われる。

システム提供側としてモニターを評価した結果、インターネット掲示板という経験のないコミュニケーションの場への入り方がわからないまま受動的な行動に終始したモニターが大半であり、コミュニケーションの場の演出が欠如していたことが反省点として挙げられる。新しいコミュニケーションの場での振る舞い方を実際のやりとりとして見せることで自然に学習させ、場に引き込むための話題提供や、モニターの実生活に関連した内容でのきっかけづくりが必要であったと思われる。

また、今回の実験では、コミュニケーションを演出しコーディネートするキーパーソンが不在であったことが活発なコミュニケーションに発展しなかった要因と考えられる。我々は、モニターの中から自然にキーパーソンが出現することを期待し、一部の積極的なモニターに働きかけを行なったが、結果として中途半端な状態で終わってしまった。コミュニケーションを活発化させるためには、地域を理解し把握するとともに話題提供や参加者の支援ができるキーパーソンを軸とした展開が必要であり、システム提供側はキーパーソンを介した支援を行ない、場の維持と活性化のノウハウをキーパーソンを中心に地域に蓄積させることで自立的なコミュニケーションの場へと成長させることが必要であると考えられる。

#### **4.2.6 考察**

本節では、地域コミュニティが衰退している中山間地における地域活性化のきっかけとして、ITを活用した学習コミュニティによる小学校と地域住民間のコミュニケーション活性化に関する事例検討を行なった。結果として、ウェブサイト上でのコミュニケーションは期待したほど活性化しなかった

が、地域コミュニティ内での FtF コミュニケーションが増加したことなどより、このような活動が地域活性化のきっかけとなる可能性があることがわかった。本研究を総括し、地域活性化をこのようなシステムで実現するための要件についてまとめると次のようになる。

(1) 能動的に参加したくなる場と話題の提供

モニターの多くは、小学校からの情報を簡単に受信できることに利便性を感じていたため、参加する必要性のある話題の提供や、参加しやすいコミュニケーションの場および学習の場の雰囲気作りが必要である。サービスとしての一方通行の情報を受け取るだけでなく、地域の活動主体として一人一人の住民が関与する必要がある活動や話題の掘り起こしと提供が初期段階では必要である。

(2) 地域住民による自立的な運営

このような仕組みを運営するために、キーパーソンが発掘と支援が必要である。また、キーパーソンを中心とした地域住民による自立的な運営が重要であり、PC の講習会や技術的なサポートなど、実世界上およびネットワーク上の双方での支援が必要である。

(3) 地域活動の主体としての生徒の参加

小学校の活動を地域に発信して意見をもらうだけでなく、地域の活動に地域コミュニティの担い手である生徒が参加し、その報告を地域全体に向けて発信することで地域住民の意識を高める必要がある。

(4) 場の演出の実施

サービス提供事業者や住民サービスを提供する自治体においては、場の演出サービスが重要である。システムの提供や運営とは別に、場を活性させるための演出ノウハウをキーパーソンに提供し、モデルシナリオやデモンストレーションなど地域のコミュニケーションを育てるプロセスを提供する必要がある。また、世代に関係なく地域住民が関わる活動を分析し、それを軸としたコミュニケーションを展開していく必要がある。これには、NPO などを対象とした支援も重要であると思われる。また、高齢者の参加も重要であり、時間的に余裕のある高齢者を場に引き込むための演出やサポートが重要である。

このような仕組みをコミュニケーションの一形態として定着させることで地域コミュニティを活性化させ、例えば地域から行政への提言や地域による高齢者見守りなど新たな次元への展開も期待することができる。また、地域活性化はシステムだけで解決できるものでなく、コミュニティの形成として捉えることが重要であり、第一段階のシステム導入から活性化のプロセス開発までを一つのプロジェクトとして考えなければならない時代に入っている。

本実験は 7 ヶ月間で終了したが、IT を利用する文化が小学校とモニター双方に定着したのは開始から 6 ヶ月程度経ったところであり、地域情報化により何か新しいことができるのではないかとこの

とに小学校やモニターが気付いた段階で実験が終了してしまった。理想的には、IT 利用の文化定着およびリテラシー向上に1年間ほど時間をかけ、その後に参加者の要望を汲み形でコミュニケーション環境や活動の提案をすることで、地域活性化に対する要件を更に詳細に検証可能であると考ええる。

#### 4.2.7 今後の課題

本節で明確化したコミュニケーション活性化のための要件や学習コミュニティ構築ノウハウは、地域コミュニティに対してだけでなく、ナレッジマネジメントや遠隔学習などのさまざまな e-Learning や生涯学習などにおける学習コミュニティ、あるいは趣味やサークル活動などさまざまなコミュニティの活性化にも適用可能であると考ええる。

また、ここでは実施しなかったが、近隣あるいは県外の小学校など地域外のコミュニティとの交流は、場の演出の一つとして地域活性化のために非常に重要である[5]。今後は、他コミュニティとの交流を含めた場の演出方法に関する詳細な検討や、キーパーソンの発掘と支援の具体的方法に関して検討するほか、行政と地域コミュニティ間のコミュニケーションの場の運営方法などの検討を行っていく予定である。

#### 参考文献

- [1]福田: e コミュニティが変える日本の未来, E ジャパン協議会編, NTT 出版, 第1章 (2003).
- [2]横地: 地域や友だちと学び合うコミュニケーションの広がりの一考察; 佐賀県教育センタ教育交流会教育研究・教育実践論文, 第1回, (1999).  
(<http://www.saga-ed.go.jp/db/jissen21db/h11/11.PDF>)
- [3]田中, 井手, 北野: びわこNPO ネット -NPO と市民をつなぐ Web サイト; NTT 技術ジャーナル, Vol.14, No.9, pp.64-66 (2002).
- [4]堀内, 長谷川, 金子, 竹内, 藤本: コミュニティ支援機能を有する地域活性ポータルサイトの構成法に関する研究; 情報処理学会研究報告, Vol.2002, No.118 (DSM-28), pp.67-72 (2002).
- [5]里地ネットワーク事務局編: 里地 人と人,人と自然が共生する地域づくりを目指す人へ, 水と緑の惑星保全機構 (1999).
- [6]田中, 延藤: 協働的学びの場としての学校ビオトープに関する考察; 日本都市計画学会学術研究論文集, 第37回, pp.451-456 (2002).
- [7]長谷川, 生田: ネットワーク上での主体的な発信により学習を発展させる「総合的な学習の時間」単元の開発; 教育工学関連学協会連合全国大会, 第6回, pp.627-628 (2000).
- [8]谷澤, 中川: 地域住民と子ども達による学校敷地を利用したビオトープ池づくり; 農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, Vol.59, pp.86-87 (2002).
- [9]澤井, 延藤, 森永, 田中: 地域社会と学校の関係を相互浸透させる父親たちの活動に関する研究; 日本建築学会大会学術講演梗概集 F-1, Vol.2002, pp.971-972 (2002).
- [10]<http://www1.ocn.ne.jp/~awatasyo/home.htm>
- [11]富樫, 古保, 菅原, 藤原: こどもたちによる環境情報共有の試み; NTT 技術ジャーナル, Vol.14, No.9, pp.78-80 (2002).

### **4.3 自治体の防災情報伝達多様化に関する検討**

近年、巨大地震、台風やゲリラ豪雨による河川の氾濫等、大規模な自然災害が各地で発生し、甚大な被害が報告されている。また、大規模事故、パンデミックやテロ等、リスクが多様化する中で、国、自治体や企業はさまざまな危機管理・防災対策を行っている。これらの危機対応の際、被害の軽減や早期復旧のためには、確実な情報伝達、迅速な判断、および行動が重要となる。

本稿では、防災行政無線を代表とする自治体における防災情報通信システムの現状と、各種防災情報通信システムを連携させる新たな仕組みや動向について説明する。また、2011年3月11日に発生した東日本大震災において、既存の防災情報通信システムを含めた各種通信サービスがどのように活用されたか、またどのような課題があるのか説明する。

防災に関する情報は単に配信するだけでは意味がなく、万人に確実に受信されるとともに避難行動に導くなど、活用されることが重要である。更に、災害等の危機に対しては、避難などの初動だけでなく、長期に渡る復旧・復興における情報の活用も重要となる。このような情報の活用は、第2章で説明した「しなやかな社会」の実現に資するものである。

#### **4.3.1 防災情報伝達制御システムの開発**

##### **4.3.1.1 防災行政無線と防災情報通信システムの課題**

自治体(市町村)では、災害等の危機の際に住民に避難勧告・指示情報を提供するため、約8割の市町村において同報系の市町村防災行政無線による屋外スピーカーによる音声放送を行っている(図4-3-1)。この市町村防災行政無線は、現在、総務省の方針により従来のアナログ方式(60MHz帯)から、デジタル方式(260MHz帯)への更改が進められている。しかし、防災行政無線の更改には多額な投資が必要である等の理由により、更改した自治体は約2割に留まっており[1]、耐用年数を過ぎたシステムがそのまま使われているケースが多い。

一方、都市部はもちろんのこと、山間部においても通信事業者や自治体による光ファイバ網の整備が進んでおり、インターネットや自治体所有の光ファイバ網によるアクセスサービスが普及しつつある他、携帯電話についても高速化、カバーエリア拡大が進展している。更に、放送分野においても、地上波デジタル放送に切り替わり、データ放送網を利用した各種サービスが行われている。

このような状況の中、携帯メールや自治体Webページも、自治体が住民に危機管理情報を提供する手段として活用されはじめており、さまざまな通信網、メディアを活用した防災情報通信に対するニーズも増大している。

しかし、このように利用するシステムが増加するにつれ、自治体の担当者は、それぞれのシステムに対して操作が必要になるなど緊急時の稼働が増え、住民への配信に時間を要するようになってきている。さらに、これらの防災情報通信システムは、それぞれ単一網で構成されていることが多いため、ネットワークに障害が発生した場合、住民への情報伝達が不能になるといった課題もある。



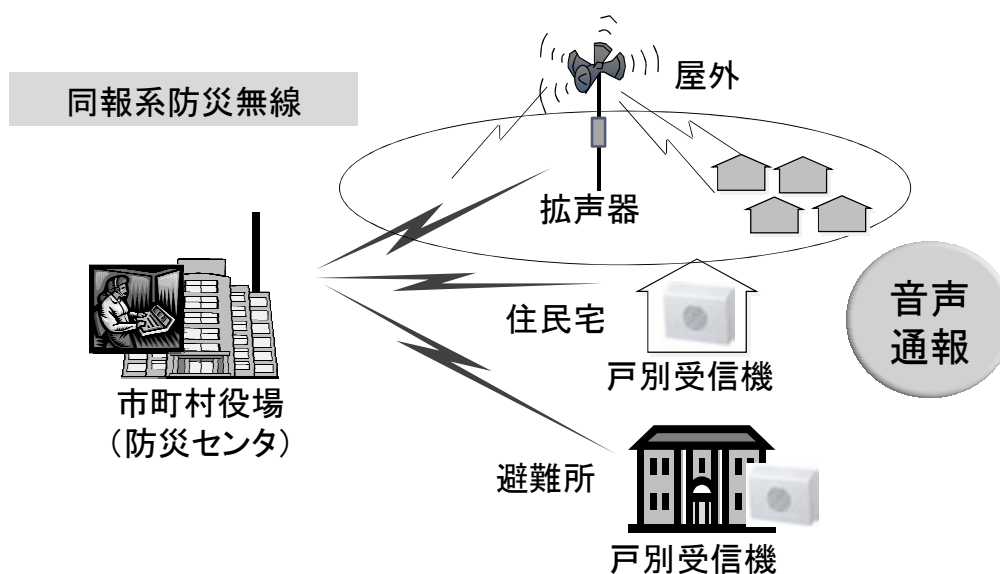


図 4-3-1 市町村防災行政無線システム

Fig. 4-3-1 Japanese municipal disaster-management radio communications systems.

また、このような防災情報通信システムは、災害時のみに使用される事が多く、実際の災害時には、例えば地震により電源が外れた、バックアップ電源が充電されていなかった、あるいは使用方法がわからなかったなどの理由により、本当に必要なときに使用できないケースも報告されている。このため、防災行政無線は町内放送に利用されたりしているケースも多く、平常時から活用されるシステムであることが望ましい。

したがって、従来のように防災行政無線のみを利用した防災情報の配信ではなく、

- ・簡単に情報を一斉配信できるシステム(簡易性)
- ・福祉や行政サービスなど平常時にも活用できるシステム (汎用性)
- ・さまざまな通信網やメディアを使って、確実に情報を伝えるハイブリッドタイプの防災情報通信システム(確実性/冗長性)

という課題を解決することが必要とされている。以下、これらの課題を解決するシステムや、国の施策について述べる。

#### 4.3.1.2 防災情報伝達制御システム

前述の課題を解決し、自治体の防災行政無線を代替あるいは補完するシステムとして、さまざまなネットワークと端末を活用して、自治体が住民に対して柔軟に防災情報を伝達できる防災情報伝達制御システム(図 4-3-2)を開発するとともに、自治体との実証実験を通して機能性や運用性等の検証を実施した[2]、[3]、[4]。

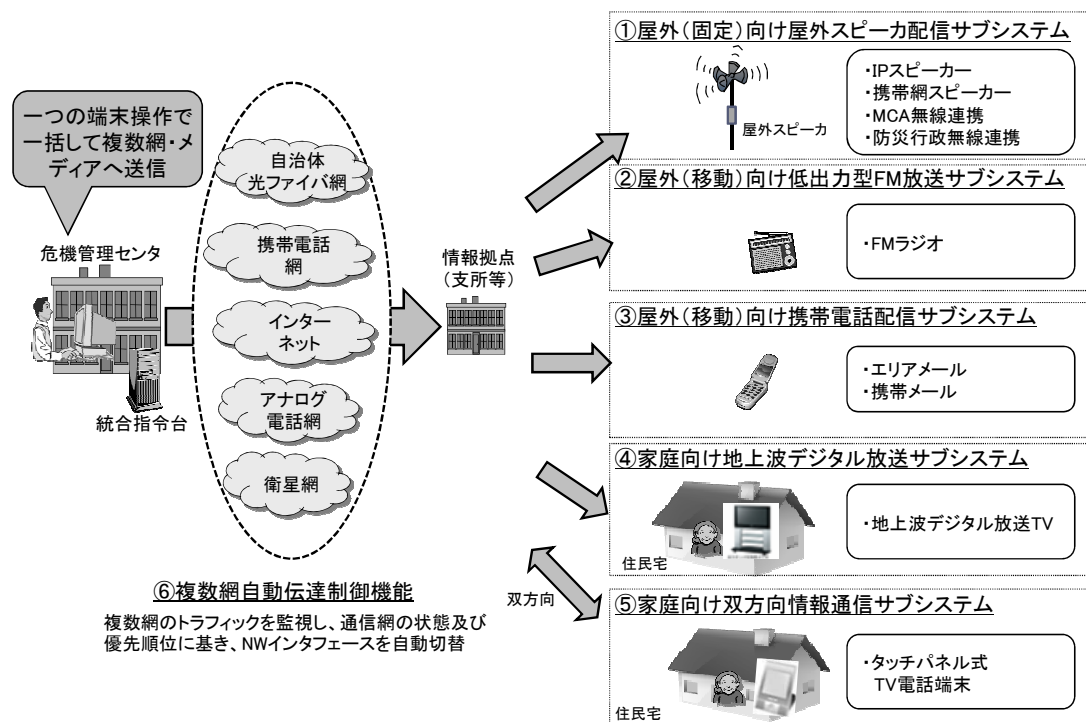


図 4-3-2 防災情報伝達制御システムの概要

Fig. 4-3-2 Emergency management communication system overview.

#### 4.3.1.2.1 防災情報伝達制御システムの機能

本システムは、自治体の光ファイバ網、インターネット、携帯電話網、アナログ電話網や衛星網など、既存の異なる複数ネットワークを活用し、自治体の危機管理センタからさまざまな端末に情報を一斉配信制御することが可能であり、屋外スピーカ、移動端末(ラジオや携帯電話)および各家庭内の端末(TV や TV 電話端末)等の複数端末を活用する5つのサブシステムと、これらサブシステムを統合的に管理して一斉配信する伝達制御サーバーから構成される。

伝達制御サーバーのユーザインターフェイス(以下、UI)画面例を図 4-3-3 に示す。UIは、伝達制御サーバーにNW経路で接続したクライアントPC上のWebブラウザで操作する。操作手順は、最初にUI左側の“緊急時情報配信”をクリックすると、緊急時情報配信画面が表示される。この画面で、“情報種別”と“配信エリア”を選択すると、各配信エリアに登録されている端末種に応じたテンプレート(音声のみ、音声+テキスト、テキストのみ、音声+テキスト+画像)が表示される。このテンプレート内で、必要に応じてテキスト、音声、画像の選択、あるいはメッセージの修正や音声の入力を行う。最後に“送信ボタン”をクリックすると、メッセージが一斉配信される。このように、自治体の担当者は、最短5ステップで簡単に一斉配信することができる。

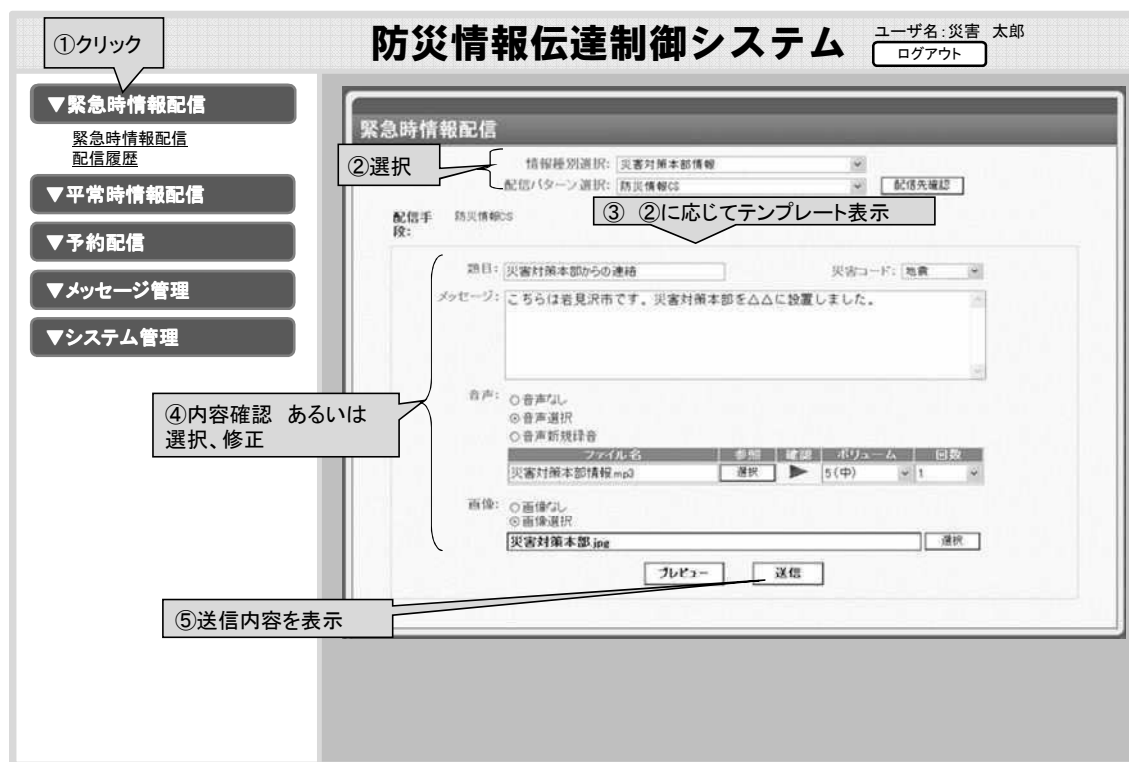


図 4-3-3 ユーザインターフェイス例

Fig.4-3-3 Information distribution control server interface screen example.

防災情報伝達制御システムでは、各配信端末に次の 5 種類のサブシステムが利用可能である。

①屋外スピーカ配信サブシステム

屋外スピーカ配信サブシステムの構成を図 4-3-4 に示す。本サブシステムは、自治体の光ファイバ網などの IP 網、携帯電話網、MCA (Multi Channel Access System) 網および市町村防災行政無線のネットワークを利用して、屋外スピーカに配信可能である。本サブシステムは、伝達制御サーバー側の屋外スピーカ用 IF モジュール、屋外スピーカ側の子局装置、アンプとスピーカから構成される。

それぞれのネットワークを利用して屋外スピーカで拡声させる方法は 2 通りある。予め子局装置に登録された音声ファイルを伝達制御サーバーからコントロールする方法と、音声ファイルを伝達制御サーバーから子局装置に直接送って再生する方法である。メッセージ電文あるいは音声ファイルは、IP 網の場合は TCP/IP で送信される。携帯電話網の場合は、最初に携帯電話にインストールされた JAVA アプリケーションをサーバーからメッセージ R (NTT ドコモのサービス) を送ることで起動させ、起動したアプリケーションによってサーバーから http で音声ファイルを受け取り再生する。MCA 網の場合は、MCA 無線のデータ通信で送信され、防災行政無線の場合は音声は直接防災行政無線の指令台を介してスピーカに伝送される。なお、防災行政無線とは、2 社との連携実績を持つ。

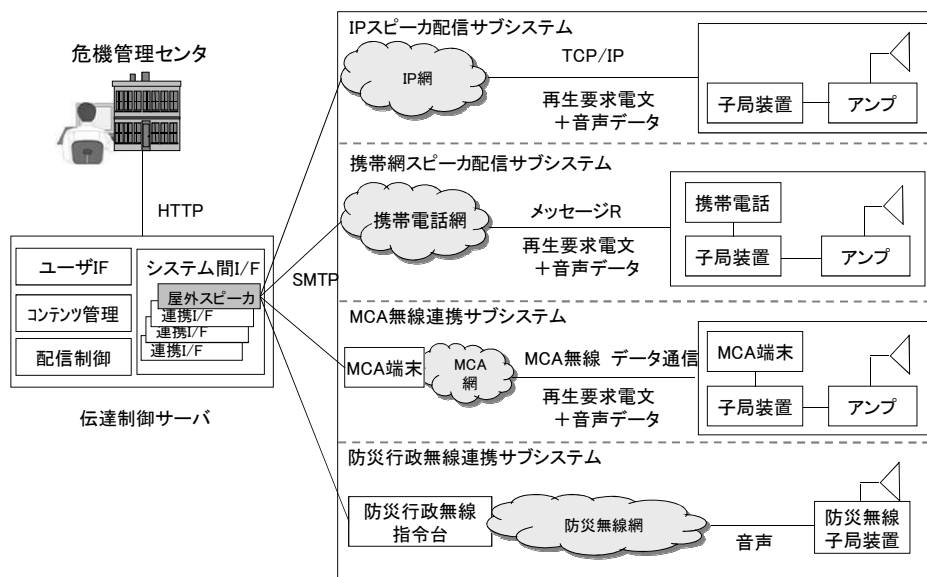


図 4-3-4 屋外スピーカ配信サブシステムの概要

Fig. 4-3-4 Outdoor speaker distribution subsystem.

②FM 放送サブシステム

無線局免許が不要な低出力の FM 波を利用し、体育館などの避難所などの狭いエリアに対して個別の音声情報を配信することができる FM 放送サブシステムの構成を図 4-3-5 に示す。これは、日本国内において免許が不要な無線設備から 3 メートルの距離での電界強度が  $500 \mu V / m$  以下、電波到達距離数百 m の放送システムを用いている。

本サブシステムは、伝達制御サーバー側の FM 放送用 IF モジュール、サブシステム側の子局装置、低出力型 FM 送信機、外部アンテナ、およびラジオ端末から構成される。FM ラジオに放送する方法は①の屋外スピーカ配信サブシステムと同様に、子局装置に登録されたメッセージを再生する方法と、音声ファイルを送信する方法の 2 通りある。本サブシステムは、自治体の光ファイバ網などの IP 網において利用される。

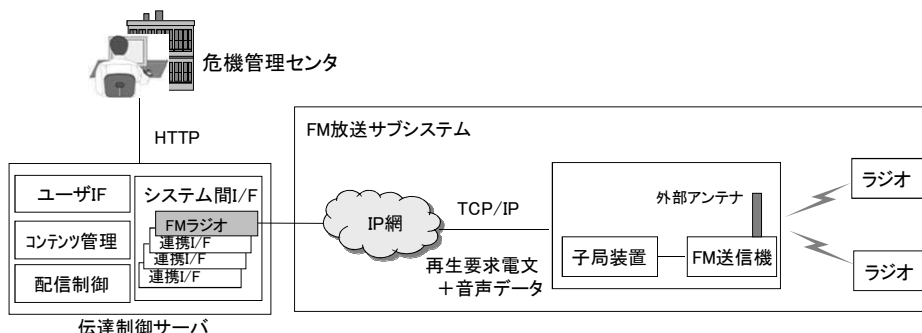


図 4-3-5 FM 放送サブシステムの概要

Fig. 4-3-5 Low-output FM radio broadcast subsystem.

③携帯電話配信サブシステム

携帯電話配信サブシステムの構成を図 4-3-6 に示す。本サブシステムは、伝達制御サーバー側の携帯電話配信用 IF モジュール、サブシステム側の NTT ドコモの商用サービスである緊急速報「エリアメール」[5]および携帯電話端末から構成される。携帯電話への配信方法は、テキストメッセージを伝達制御サーバーからインターネットを介して NTT ドコモのエリアメールセンタに送信し、エリアメールセンタから特定エリアにある携帯電話に一斉にテキストメッセージを送信する。サーバーとエリアメールセンタ間は HTTPS で通信し、エリアメールセンタと携帯電話間は Cell Broadcast Service で通信する[6]。本システムの利用には、自治体と携帯電話会社で緊急速報「エリアメール」の契約が必要であり、危機管理情報等の緊急情報に限って市町村エリア全域で一斉配信することが可能である。なお、東日本大震災以降、エリアメールは無料化され、利用自治体数も徐々に増加している。

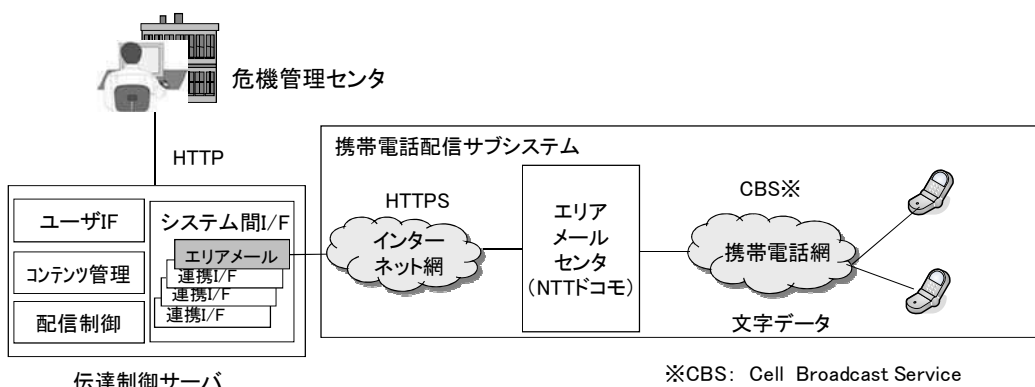


図 4-3-6 携帯電話配信サブシステムの概要

Fig. 4-3-6 Mobile phone distribution subsystem.

④地上波デジタル放送サブシステム

地上波デジタル放送サブシステムの構成を図 4-3-7 に示す。本サブシステムは、伝達制御サーバー側の地上波デジタル放送連携用 IF モジュール、サブシステム側の地上波デジタル放送連携中間サーバー、放送局設備、および地上波デジタル放送対応 TV 端末から構成される。この仕組みでは、地上波デジタル TV のデータ放送画面において、テキストメッセージと画像ファイルを表示することでき、TV のリモコンによって情報取得操作が可能のため高齢者にも細かな情報を提供することができる。

手順としては、伝達制御サーバーから中間サーバーに TVCML 形式の SOAP メッセージでテキストメッセージと画像ファイルを転送し、放送局側設備から定期的に中間サーバーの特

定フォルダをポーリングして、新規ファイルが存在すると FTP で取得する。但し、これはあくまで一例であり、ファイルの取得方法は放送局ごとに異なる。放送局側では、取得した TVCML 形式のファイルを地上波デジタル放送のデータ放送用に変換し、放送設備を通して放送する。本システムの利用には、自治体と TV 局側の協定など何らかの契約が必要であるほか、中間サーバーから TV 局側のシステムは TV 局側設備となる。また、自治体からの防災情報であっても、最終的には放送事故防止のため、TV 局側の判断で放送されることになる。

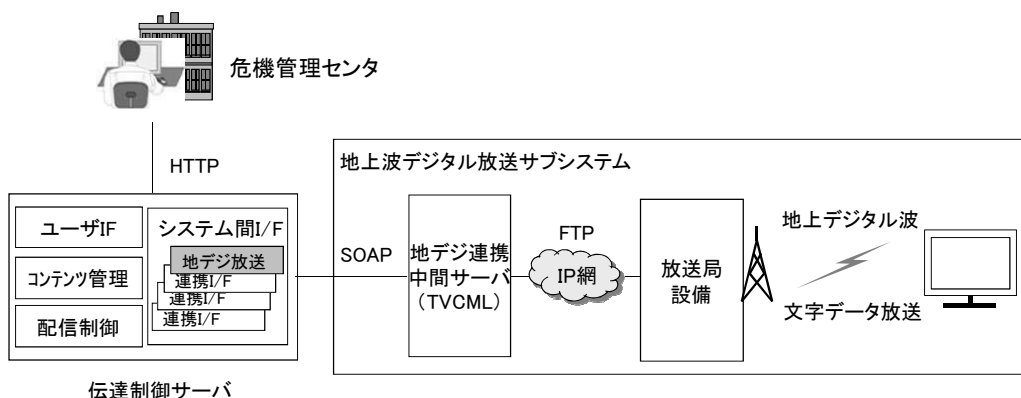


図 4-3-7 地上波デジタル放送サブシステムの概要

Fig. 4.3-7 Digital terrestrial broadcasting subsystem.

#### ⑤家庭向け双方向情報通信サブシステム

家庭向け双方向情報通信サブシステムの構成を図 4-3-8 に示す。本サブシステムでは、各家庭に設置されたタッチパネル式 TV 電話端末 (IP 電話) にテキスト、音声、画像を一斉同報することが可能である。本サブシステムは双方向となっており、配信時に安否確認情報を組み込むと、住民が画面に返信のタッチをすることで安否情報などの応答を確認することができる。また、平常時には、自治体広報などをテキストと画像で配信可能であるほか、端末に歩数計、体重計、血圧計などを繋いで健康管理などにも利用可能である。

本サブシステムは、伝達制御サーバー側の家庭向け情報配信連携用 IF モジュール、サブシステム側の家庭向け双方向情報通信サーバー、タッチパネル式 TV 電話端末から構成される。配信の手順は、伝達制御サーバーから双方向情報通信サーバーに SOAP 通信でメッセージを送信し、双方向情報通信サーバーは各端末に UDP でトリガー情報を送信する。トリガー情報を受け取った端末はサーバーに http でアクセスし、音声、テキストおよび画像ファイルを取得し、端末上で音声を再生するとともに、テキストと画像を表示する。

なお、第 3.1 節において使用したシステムは、この家庭向け双方向情報通信サブシステムである。

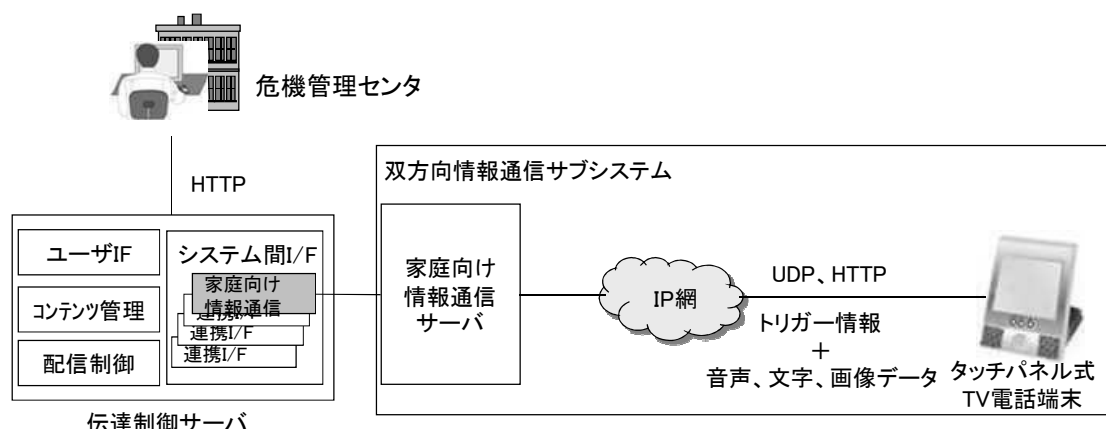


図 4-3-8 家庭向け双方向情報通信サブシステムの概要

Fig. 4-3-8 Household bidirectional information communication subsystem.

#### ⑥複数網自動制御機能

本機能は、危機管理センタと支所等の情報拠点の間の各ネットワークの生存状況と輻輳状況を監視し、回線断もしくは輻輳を検出した場合、あらかじめ設定した優先順位に基づいてネットワークを自動的に切替え、常に最適なネットワークを利用した通信を実現する。

本機能の利用イメージを図 4-3-9 に示す。同図では、自治体危機管理センタの伝達制御サーバと情報拠点のネットワークを、自治体光ファイバ網、インターネット網、携帯電話網、アナログ電話網、および衛星網の複数ネットワークで構成した例である。本機能では常時各ネットワークの生存状況と輻輳状況を確認する。ネットワークの生存状況については、伝達制御サーバから ICMP (Internet Control Message Protocol)メッセージを情報拠点側に用意した複数網自動制御端末に送信して確認し、輻輳状況については、一定サイズの packets を伝達制御サーバから情報拠点側の複数網自動制御端末の特定ポートに Socket 通信で送信して応答時間を測定して確認する。情報拠点側の複数網自動制御端末は、ルーターとして動作するイメージであり、この端末の先に各サブシステムの子局が繋がるようになる。また、図 4-3-9 においては、通常、優先順位の一番高い自治体光ファイバ網を使った通信を行っていた回線が回線断もしくは輻輳となった場合、自動的に次に優先順位の高いインターネットに切り替えるイメージを示している。

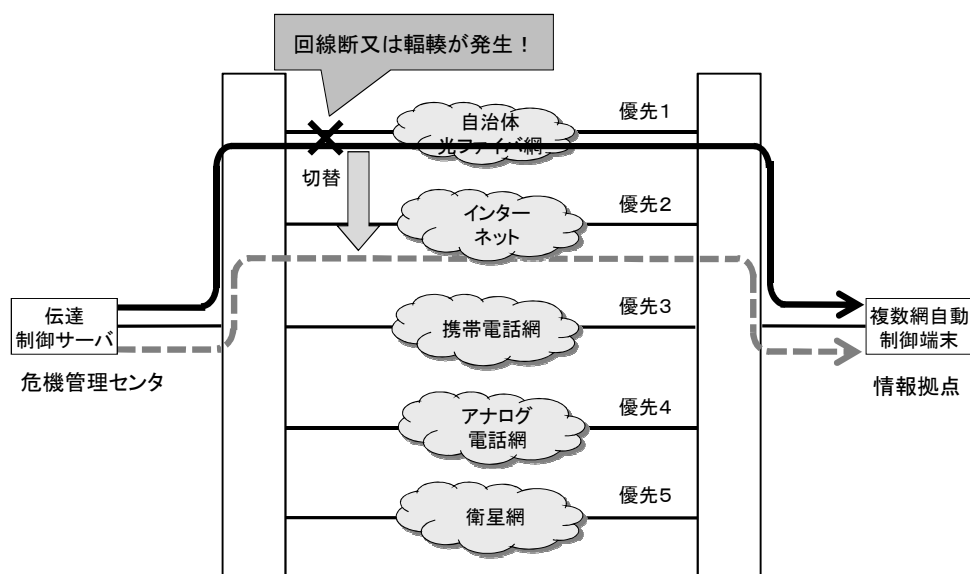


図 4-3-9 複数網自動制御機能のイメージ

Fig. 4-3-9 Automatic multi-network control function.

#### 4.3.1.2.2 防災情報伝達制御システムの運用性、機能性評価

本システムの運用性や機能性を検証するため、2007年7月～2009年3月までの間、北海道岩見沢市において実証実験を実施した。ここでは、北海道岩見沢市で実際に利用されている自治体ネットワーク環境を利用した。但し、通常業務で使用されているネットワークに影響を及ぼすことはできないため、通常業務のネットワークとは切り離れた自治体網を使用した。実験では、前述の課題に対応するため、簡易性、汎用性、および確実性／冗長性の検証を行うため、以下3つの実験を行った。

##### (1) 複数の情報配信サブシステムへの配信実験

実験環境を図4-3-10に示す。実験環境は、自治体の危機管理センタに伝達制御サーバーを設置し、岩見沢市自営光ファイバ網、携帯電話網、MCA 網を利用した屋外スピーカ配信サブシステムをそれぞれ1箇所、低出力型 FM 放送サブシステムを1箇所、および家庭向け双方向情報通信サブシステムを住民宅2箇所に設置した。

本実験環境において、まず、岩見沢市職員による伝達制御サーバーのUI画面の操作性評価を行った。次に、全サブシステムへの一斉配信やグループ配信を実施し岩見沢市職員や住民への使用感や操作性に関するアンケート調査を行った。さらに3つのネットワークを利用した屋外スピーカ配信サブシステムへの配信時間評価等の実験を行った。配信時間は、サーバーのUI画面上で送信ボタンを押下してから、スピーカに実際に出力されるまでの時間とした。屋外スピーカへの配信実験は、予め子局装置に登録された音声ファイルを伝達制御サーバーからの起動信号で再生させる方法と、音声ファイルをサーバーから子局装置に送って再生する二通りの実験を行った。



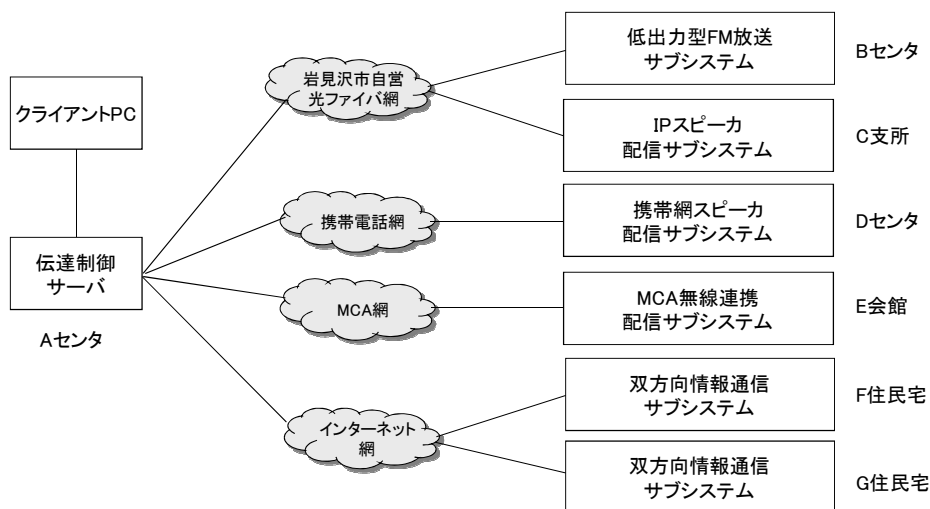


図 4-3-10 複数の情報配信サブシステムへの配信実験環境

Fig. 4-3-10 Distribution to multiple information distribution subsystems experimental environment.

## (2) 複数網自動制御機能の実験

実験環境を図 4-3-11 に示す。実験環境は、センタ側に伝達制御サーバー、情報拠点側に複数網自動制御機能端末を設置し、この間のネットワークに岩見沢市自営光ファイバ網、インターネット網、携帯電話網および ISDN 網を使用した。ネットワークの優先順位は、岩見沢市自営光ファイバ網、インターネット網、携帯電話網、ISDN 網の順に設定した。実験では、ネットワークケーブルを物理的に抜き差ししたほか、トラフィックジェネレータでネットワークに負荷をかけながら各ネットワークに順次擬似的な障害を発生させネットワークの自動切り替え試験を行うとともに、自動切り替え後に障害発生ネットワークを普及させたりした実験を行った。

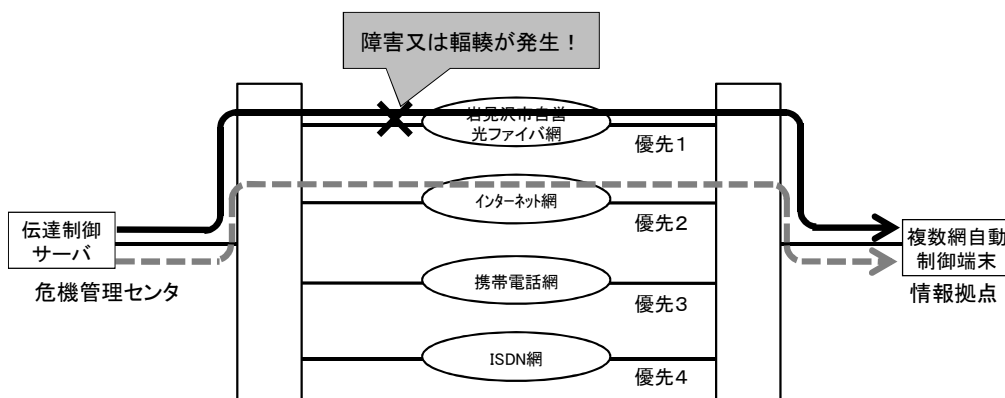


図 4-3-11 複数網自動制御機能の実験環境

Fig. 4-3-11 Automatic multi-network control function experimental environment.

### (3) 地デジ配信実験

地デジ配信実験では、岩見沢市の他、北海道放送(HBC)の協力を得て、2008年12月17日に岩見沢市で巨大地震が発生したとする岩見沢市に閉じた訓練情報を北海道全域をカバーするHBCの地上波デジタル放送で北海道全域に放映した。実験環境を図4-3-12に示すが、実験では最初に岩見沢市で巨大地震が発生したとする情報を岩見沢市内にのみエリアメールでテキスト情報として配信し、次に中間サーバーに岩見沢市の被害情報、復旧情報などをテキストメッセージと画像で送信し、HBC側で更新された情報を逐次ftp getで取得し、北海道全域に地デジデータ放送として放映した。なお、地デジには、12セグ(フルセグ)および1セグ放送の双方を同時に行った。また、最初のエリアメールのメッセージ内には、ワンクリックで携帯電話の地デジ放送を立ち上げるコマンドを入れており、エリアメールユーザーはワンクリックで地デジ放送を閲覧できるようにした。

実験は、「ユメイロ」という朝のローカル情報番組内で実施し、アナウンサーから訓練放送という説明を行った上で、約20分間順次訓練情報を更新しながら実施した。また、岩見沢市長を含む市役所、岩見沢市立総合病院、介護施設集会場、岩見沢バスセンター待合室にTVを設置し、訓練放送を視聴してもらったあとにアンケート評価を実施した。

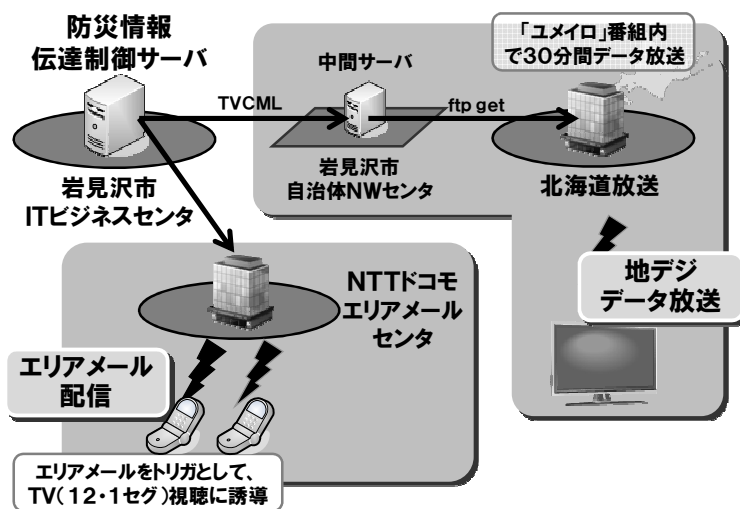


図 4-3-12 地デジ配信実験の実験環境

Fig. 4-3-12 Experimental environment of Digital terrestrial broadcast.



図 4-3-13 地デジ配信実験時の周知の様様

Fig. 4-3-13 TV display example of Digital terrestrial broadcast.



(a) 12 セグ(フルセグ)放送

(b) ワンセグ放送

図 4-3-14 地デジ配信の映像

Fig. 4-3-14 Video pictures of Digital terrestrial broadcast.

#### (4)実験結果

##### (4-1)簡易性

岩見沢市防災課の職員 3 名に対し、本システムの操作方法を 15 分間説明し、操作性について評価した。その結果、15 分間の操作説明のみで 3 名ともマニュアルを見ることなく、基本操作を直感的に行うことができた。また、評価後のアンケート結果より、シンプルで使いやすく、1 回の操作で複数の情報配信サブシステムに同時配信できる点が緊急時に有効であるとの意見を得た。このことから、これまでのように防災行政無線など個々の各種情報配信システムを操作することなく、本システムを用いることで、非常に簡単に複数の情報配信サブシステムに一斉配信できることが明確になった。

#### **(4-2)汎用性**

複数の情報配信サブシステムへの配信実験における岩見沢市職員および住民へのアンケートより、さまざまな端末に情報配信可能であることから、例えば避難所の住民に FM ラジオで避難生活情報を提供したり、タッチパネル式端末で住民が知りたいときに必要な情報をタッチ操作で得ることができるので、汎用性があり非常に有効であるとの意見を得た。さらに、平常時に防犯対策として不審者情報の提供や、福祉対策として双方向情報通信サブシステムを利用して福祉センタと高齢者宅間で高齢者見守りサービス、あるいは住民向け広報サービスとしても有効活用できるといった意見を得た。

また、地デジ配信実験では、携帯電話のエリアメール、地デジ TV (12 セグ、1セグ) へのスムーズな配信を確認でき、市役所、病院、介護施設、およびバスセンターにおける計 30 名のアンケート結果より、TV を通しての非常時の地域情報配信は有効、TV のリモコンで操作できるため高齢者でも比較的容易にコンテンツを確認できた、さらに TV を通して地図や写真を使った視覚的にもわかりやすい情報配信は緊急時に有効という回答を得ることができた。一方、携帯1セグは機種によってはコンテンツ表示に時間がかかり使いづらい、地デジのコンテンツが自動表示されればもっと使いやすくなるなどの意見も得られた。

これらのことより、ユーザビリティ等に関する課題が明確になったほか、さまざまなメディアへ音声、テキスト、画像などさまざまなコンテンツを使って配信可能な本システムの汎用性を確認することができた。

#### **(4-3)確実性／冗長性**

図 4-3-10 に示した実験環境において、各サブシステムへの個別配信のほか、幾つかの配信システムを組み合わせたグループ配信、さらには全端末への一斉配信など、さまざまな配信を伝達制御サーバー上の UI 操作によって実施可能であることを確認した。

表 4-3-1 に屋外スピーカ配信サブシステムへの配信時間の測定結果を示す。IP スピーカ配信サブシステムは、メッセージ電文送信による音声再生、および音声ファイル送信による音声再生の場合ともに 1 秒以内にスピーカから再生され、リアルタイム性が立証できた。一方、携帯網および MCA 無線連携サブシステムは、IP 網に比べて大幅に時間を要する結果となった。携帯網の場合には、子局装置側の携帯電話における JAVA アプリケーション起動に時間を要していることが原因であり、音声ファイル送信時にはデータ転送にも時間がかかっている。また、MCA 無線連携の場合は、通信速度が 2.4kbps と低速であることが原因となっており、音声ファイル送信時には 5 分程度時間がかかっている。

これらの結果により、各サブシステムの配信機能が実ネットワーク環境下で正常に動作することを確認した。また、複数のサブシステムを活用して情報を配信することで、情報伝達の確実性を向上させることができる。

なお、携帯網スピーカ配信サブシステムにおける性能改善については、子局側を JAVA アプリケ

ーションを利用する方式ではなく、常時接続型の FOMA モジュール等に変更し、IP スピーカ配信サブシステムと同等の方式とすることで高速に動作することを確認している。また、MCA 無線連携配信サブシステムについては、通信速度の高速化は望めないため、事前登録音声を再生する方式のみで使用すれば 10 秒程度の遅延で利用することができる。

表 4-3-1 屋外スピーカサブシステムへの配信時間

Table 4-3-1 Time to distribute information to outdoor speaker subsystem.

サブシステム	再生要求メッセージ 1,024byte	音声(MP3)ファイル 25,128byte
IPスピーカ	>1s	1s
携帯網スピーカ	52s	108s
MCA無線連携	10s	303s

配信時間は、サーバに接続したPCのブラウザ上で送信ボタン押下後、スピーカで出力開始されるまでの時間

次に、複数網自動伝達制御機能の測定結果を表 4-3-2 に示す。図 4-3-11 の実験環境において、優先順位の順に擬似的にネットワーク断や輻輳状態を発生させた結果、優先順位の高いネットワークへ順々に自動的に切り替えたことを確認したほか、切断や輻輳状態にあるネットワークを正常な状態に戻したところ、優先順位の高い復旧ネットワークへ再度自動的に切り替えた。また、切り替えにかかる時間は、いずれの場合も約 10 秒程度であった。これらの結果から、自治体危機管理センタと支所などの情報拠点の通信網を異なる複数ネットワークで構成することにより、通信状況に応じた最適なネットワークを自動的に切り替えて通信できることを確認した。

なお、本実験においては、各回線の障害発生判定時間を 5 秒としており、5 秒間応答がない場合に障害発生と判断した。このため約 10 秒の切り替え時間となった。この判断時間は任意に設定可能であり、実際の利用の際には、使用するネットワークに応じて設定を変える必要がある。

表 4-3-2 複数網自動伝達制御機能の測定結果

Table 4-3-2 Time needed for network changeover upon interruption, recovery.

ネットワーク切替	自営網 → インターネット	インターネット → FOMA	ISDN → 自営網
1回目	8秒	11秒	7秒
2回目	9秒	11秒	7秒
3回目	8.5秒	11秒	7秒

(5)まとめ

以上の結果より、複数の情報配信サブシステムへの一斉配信やグループ配信機能、複数網自動制御機能の基本特性について、実際の自治体ネットワーク上で正常に動作することを確認することができた。このように、本システムは、さまざまなネットワークと端末に対して簡単に情報を一斉伝達できること(簡易性)、福祉や行政サービスなど平常時にも活用できるシステムであること(汎用性)、および必ずつながる仕組みを実現すること(確実性/冗長性)、という前述の3つの課題を解決するシステムであるということができる。

4.3.1.3 安心・安全公共コモンズ

防災情報伝達制御システムは自治体向けのシステムであるが、同様の概念を社会システムとして検討し、情報流通基盤「安心・安全公共コモンズ」[7],[8]として整備する施策も総務省を中心に進められている。

安心・安全公共コモンズでは、接続インタフェースおよびデータフォーマットの統一や、運用体制の整備等が行われており、災害情報をできるだけ多くの情報源から必要かつ正確な情報を収集するとともに多様なメディアに配信するための各種実証実験が実施され、自治体への導入も進んでいる。

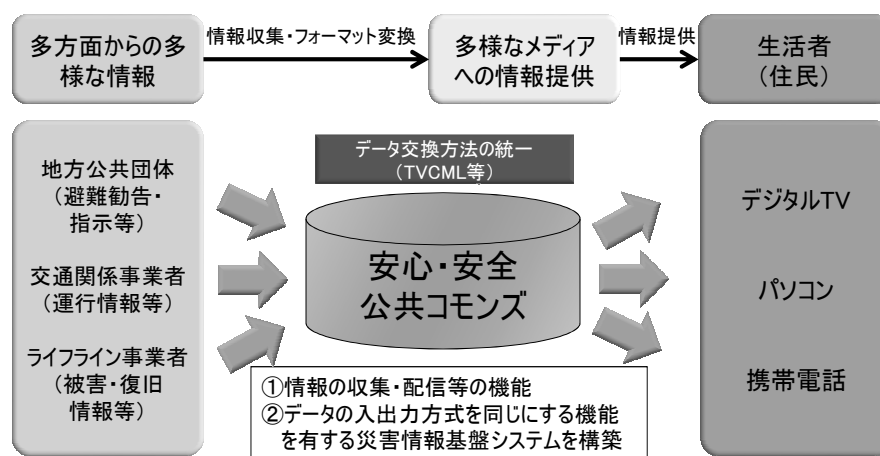


図 4-3-15 公共コモンズ概念図

Fig. 4-3-15 Concept of public commons.

4.3.1.4 全国瞬時警報システム(J-Alert)

また、住民に対し緊急情報を伝達するシステムとして、総務省消防庁が整備を推進している J-Alert[9]がある。J-Alert とは、津波警報や緊急地震速報、弾道ミサイルといった対処に時間的余裕のない事態が発生した場合に、人工衛星を用いて瞬時(受信機まで 1~2 秒、放送開始まで平均 10 秒)に情報を送信し、国から住民まで緊急情報を直接伝達するシステムであり、防災行政無

線とも連携可能である。

J-Alertは2006年度より運用が開始され、現在はほぼ全ての地方公共団体でのハード整備が完了しているほか、機能向上等が図られている。

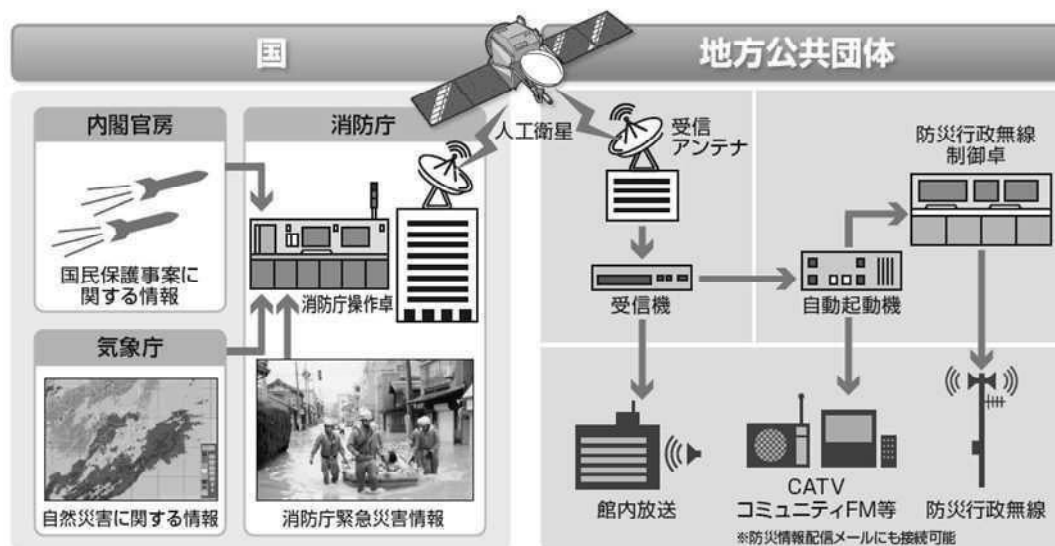


図 4-3-16 J-Alert の概念図

Fig. 4-3-16 Concept of J-Alert.

### 4.3.2 東日本大震災における防災情報通信システムの活用状況分析

前述のように、防災行政無線を主体とした自治体の防災情報通信システムは、さまざまな新たなシステムや国の施策によって再整備されようとしているが、東日本大震災ではどのように活用されたのか、震災後の状況や動向について述べる。

#### 4.3.2.1 被害と復旧状況

2011年3月11日14時46分の本震発生直後、各自治体の防災情報通信システムは、地震による建物、設備等への被害がなかった自治体では動作していた模様であり、TV映像等でも津波に対して防災行政無線で避難警報を出すシーンが放映されていた。東日本大震災で被害を大きくしたのは津波および余震であり、自治体が自営でもつ防災情報通信システムだけでなく、公衆網も大きな被害を受けている。

図4-3-15にNTTグループの通信サービスにおける被害、復旧状況を示す[10]。震災発生後の最大被害は固定系通信サービスで150万回線、移動系通信サービスで6,720局となっている。NTTグループでは1万人以上の作業員を全国から復旧作業に投入し、2011年3月末の段階で90%以上の復旧を実現し、4月末までに原発避難区域を除いてほとんど復旧させた。

同図よりわかるように、公衆網による通信サービスが震災発生後、2、3日目に被害のピークを迎

えており、多くの自治体では、自営の防災情報通信システムを除いて、外部との重要な通信回線が不通となっていたことがわかる。これは、地震や津波による直接被害に加え、停電の影響で通信ビルや携帯基地局バックアップ電源が空になったためである。このため、衛星携帯電話やさまざまな臨時通信サービスが投入され、重要回線を代替していた。



図 4-3-17 NTTグループの通信サービス復旧状況

Fig. 4-3-17 Restriction of telecommunication services in NTT groups.

#### 4.3.2.2 震災後の動向

今回の震災では、第 2.5 節において述べたように、多くの重要な通信回線が不通となったことが最大の課題であり、通信ネットワーク確保のためさまざまな施策が、各通信会社および国において検討されている[11]。

今回の震災においては、津波による被害を免れた避難者のうち、約 16%の人が津波警報を聞いたから避難したと回答している[12]。一方、大きな揺れから津波の襲来を察知して避難した人が 48%、家族や近所の人々の避難を見て避難した人が 20%となっており、避難警報に従い実際に避難した人はそれほど多くないことがわかる。しかし、被害を免れた人のうち、避難警報をはっきり聞きとった人は岩手県、宮城県では約半数と報告されており、そのうち約 70~80%の人が避難の必要性を感じたと回答している[12]。

では、避難者はどのメディアから避難警報を聞いたかという明確な調査報告はまだ発表されていないが、我々のヒアリング調査の結果、防災行政無線ではなく自治体の広報車や車のラジオから聞いたという回答が多く寄せられた。また、TV に関しては、自宅が停電になり殆どの人が見ること



が出来なかった模様である。

従来、防災行政無線に関しては、屋外拡声器の音声が屋内や車内では聞こえづらい、暴風雨時にはほとんど聞こえない等の問題があり、今回も同様の結果だったと思われる。今後は、さまざまなメディアを活用し、確実にはっきりと避難指示を伝えるとともに、音声だけでなく、文字や映像でも伝えることができれば、避難行動に移る人も増え、それを見て避難する人も増えるため、被害者を少なくすることができるはずである。

### 4.3.3 防災情報活用に関する将来動向

#### 4.3.3.1 情報提供方法に関する動向

避難の必要性を住民に認識させるためには、次の 2 つの目的を達成する必要がある[13]。一つは、何か異常が発生し、危険な状態であることを知らせる”Alert”であり、具体的な伝達手段として、サイレンや信号などがある。もう一つは、避難の必要性を知らせること、つまりどのようなハザードにより、どのようなリスクが存在するのかという状況を認識させる”Notification”である。これらの 2 つの目的をもった避難勧告・指示を Public Warning と呼ぶ(図 4-3-18)。

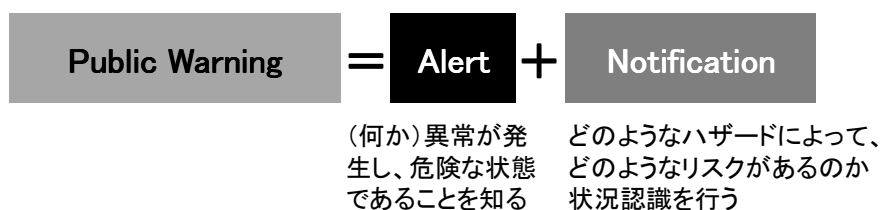


図 4-3-18 避難勧告・指示(Public Warning)の構成

Fig. 4-3-18 Configuration of Public Warning.

Alert には瞬時に危険を認識させる必要があり、例えば土砂崩れ、堤防決壊、津波などの発生が予測され、かつ災害発生まで十分な時間がなくすぐに避難する必要がある場合に有効である。しかし、サイレンなどの単純な手段では、その目的や内容という具体的な事項を理解することは難しい。このため、事前の学習、訓練などの準備を行った上で Alert を使うことが重要である(図 4-3-19 ケース 1)

Notification は、危険な状態であることを理解するとともに適切な避難行動を選択するための情報を提供することであり、台風による浸水被害や遠地地震による津波災害のような災害発生まで少し時間がある場合に重要となる。しかし、その時点では被害が発生していないため、住民の理解を促し、避難する必要性や避難場所、時間等を繰り返し理解させることが重要である(図 4-3-19 ケース 2)。

このような Public Warning の考え方は、ISO においても議論されており[14]、例えば津波警報の Alert 音や津波避難場所マークの国際標準化等も議論されている。このような標準化が促進され、

避難勧告・指示等の伝達方法が統一されれば、現在の自治体毎の独自施策体制が一新され、教育や訓練もわかりやすいものになり、被害の軽減につながると考える。

■ ハザード(ケース1)  
 すぐに避難しないとイケない場合(土砂崩れ、堤防決壊、津波など)



■ ハザード(ケース2)  
 災害発生まで少し時間の余裕がある場合(台風、浸水被害など)



図 4-3-19 ハザードによって異なる Public Warning

Fig. 4-3-19 Public Warning different by hazards.

4.3.4 まとめ

本節では、防災情報通信システムの現状から、東日本大震災の影響と今後の課題、および情報提供方法に関する Public Warning 等の動向について述べた。特に、防災情報伝達制御システムや Public Warning の考えは、第 2 章で説明したしなやかな社会の実現に大きく貢献する。しなやかな社会の実現には、法改正の他、データ形式や業務フローの標準化等多くの課題を解決しなければならない。このため民間主導でできるところ、国主導でできるところを切り分け、産官学が一体となって標準化を含めてしなやかな社会の実現に向けて取り組むことが必要である。

参考文献

[1] <http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/system/trunk/disaster/change/index.htm>  
 [2] 大山,酒井,高木,齊藤,本庄, “NTT グループの危機管理・防災ソリューションと R&D の取り組み,” NTT 技術ジャーナル, Vol.20, No.9, 2008.  
 [3] 東田,前田,酒井,宮崎, “総合的な防災力向上に貢献する ICT の活用と R&D の取り組み,” NTT 技術ジャーナル,Vol.22, No.8, pp.12-16, 2010.  
 [4] T. Ohyama, H. Enomoto, Y. Takei, Y. Maeda, “Risk management communication system between a local government and residents using several network systems and terminal devices,” Proc. SPIE, Vol.7305, 730503, 2009.  
 [5] <http://www.docomo.biz/html/service/areamail/>  
 [6] Seki, T., Okada, T., Ikeda, M. and Sugano, T., “Early Warning “Area Mail”,”NTT Technical Review, 6(12), (2008).  
 [7] [http://www.soumu.go.jp/menu\\_03/shingi\\_kenkyu/kenkyu/ansin\\_anzen/index.html](http://www.soumu.go.jp/menu_03/shingi_kenkyu/kenkyu/ansin_anzen/index.html)

- [8] <http://www.fmnc.or.jp/commons/gainen/index.html>
- [9] [http://www.fdma.go.jp/html/intro/form/pdf/kokuminhogo\\_unyou/kokuminhogo\\_unyou\\_main/leaf\\_j-alert.pdf](http://www.fdma.go.jp/html/intro/form/pdf/kokuminhogo_unyou/kokuminhogo_unyou_main/leaf_j-alert.pdf)
- [10] [http://www.ntt.co.jp/news2011/1103/pdf/110330a\\_1.pdf](http://www.ntt.co.jp/news2011/1103/pdf/110330a_1.pdf)
- [11] <http://www.ntt.co.jp/news2011/1104/110427b.html>
- [12] <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashinohon/7/1.pdf>
- [13] 東田光裕,前田裕二,榎本裕幸,林春男,“避難勧告と避難行動に関する分析,” 日本自然災害学会学術講演会講演概要集, No.29, pp.48-49, 2010.
- [14] ISO 22322 Societal security – Public Warning system

## 5 超高齢化社会におけるレジリエンス向上に関する検討

本章では、超高齢化社会において、ICT 利活用により高齢者自身の自助を支援するとともに、病院や施設などコミュニティとの共助、公助を支援することでレジリエンスを向上させ、医療・介護の側面からのしなやかな社会の理想像である地域包括ケアシステムの実現を目指した複数の取り組みについて述べる。

序論において説明したように、地域包括ケアシステムの実現には EHR、PHR という ID 連携、情報流通基盤の構築と、医療介護連携など基盤上でのさまざまなサービスの連携が必要となる。また、地域包括ケアシステムの実現に向けては、EHR および PHR の全国での普及と EHR、PHR 間の連携が必要であるほか、在宅も含めた遠隔での医療、介護および見守りが効率良く連携することが重要となる。地域包括ケアシステムの実現が、超高齢化社会におけるしなやかな社会そのものであり、災害・危機対応時にもしなやかに機能することが必要である。

以下、第 5.1 節においては、しなやかな社会を具現化するための医療、ヘルスケアに関する社会基盤の動向及び事例として、EHR、PHR の動向および具現化した仕組みと技術要素[1],[2]について述べる。

第 5.2 節では、病院から退院した要介護患者の在宅療養にライフログを活用した遠隔見守り技術について述べる。これまで要介護者は、介護士や医師などによる月 1 回の ADL(Activity of Daily Life)評価しか行われておらず、日々の見守りや管理はほとんど行われていなかった。そこで、歩数計や体重計、血圧計などの日々のライフログから異変を早急に感知したり、医師や関係者に自動的にアラームをあげることなどにより要介護者の安心感や見守り感が醸成されるかどうか評価した結果[3]について述べる。

最後に第 5.3 節では、地域包括ケアシステムの実現に向けた情報流通基盤の整備状況、国の動向や制度、運用面等での課題について整理するとともに、実現に向けた将来展望について考察する。

### 参考文献

- [1]常川聡, 前田裕二, 森村一雄, 倉恒子, 吉田芳浩, 橋本順子, 宮島麻美, “医療健康共通基盤による医療情報連携”, NTT 技術ジャーナル, Vol.24, No.7, pp.13-17, 2012.7.
- [2]林真理子, 山口聡, 林真弓, 白石将浩, 渡邊茂道, 前田裕二, “ICT を活用した効率的・効果的な保健事業の推進”, NTT 技術ジャーナル, Vol.24, No.7, pp.18-21, 2012.7.
- [3]前田裕二, 池田美穂, 藤村香央里, 渡邊茂道, 南部美砂子, 藤野雄一, 滝沢礼子, 高橋肇, “ライフログを用いた在宅療養患者の遠隔見守り効果に関する基礎検討”, 日本遠隔医療学会雑誌, Vol.8(2), pp.142-145, 2012.

## **5.1 医療、ヘルスケア分野における社会基盤の開発**

### **5.1.1 はじめに**

これまで筆者らは、自治体が事業主となる市民の健康情報活用データベースである「日本版 EHR (Electric Health Record)」、地域医療再生計画等による地域連携医療のための「EHR 基盤 (医療関連情報連携) 機能」、さらに特定健診を含めた保健指導や健康管理といった予防医療の領域に適用する P H R (Personal Health Record) 基盤機能を開発してきた[1],[2]。

日本版 EHR は、厚生労働省、総務省、経済産業省の三省連携で 2008 年度から 2010 年度まで 3 カ年にわたり実施された健康情報活用基盤実証事業であり、住民に対して自治体を中心となって個人 (市民) の生涯健康情報を管理・活用するサービスである。筆者らは、この実証事業へ EHR 基盤を提供するとともに、実証より得られた成果を EHR 基盤開発へフィードバックしてきた。また、そこで培われた成果は、医療・福祉分野における情報連携活用基盤に関する各省庁の事業での技術要件として活用されてきた。さらに、PHR 基盤機能については、地域における遠隔保健指導や健康管理サービスへの適用を通じ、PHR サービスの効果を実証してきた。

一方、政府が推進中の「どこでも MY 病院」ならびに「シームレスな地域連携医療」に関するモデル事業として、医療情報化促進事業が経済産業省により 2010 年度から開始され、医療介護情報の流通促進が期待されている。このようなさまざまな事業を通して共通の課題であるセキュリティ技術や標準仕様化提案等については、筆者らのこれまでの経験や実績を活かし、日本の医療における情報化促進に貢献すべく取り組んできている。

本節では、医療健康分野における社会基盤として、EHR、PHR に関する動向、具現化に向けた仕組みと技術要素について述べる。

### **5.1.2 医療健康共通基盤の概要**

これまで筆者らは、地域医療連携や PHR サービスを実現するためのシステムを個別に構築してきた。しかし、今後はシステム間情報連携の進展や二次保健医療圏をまたがった広域での連携医療への対応や災害対策を行っていく必要があるほか、広域・大規模化ニーズの増大や連携するシステムも複雑化し、実現コストの増大も懸念されてきている。

このような課題を解決するため、医療情報や健康情報などさまざまな情報を共通的に安全かつ効率的に取り扱うことが可能なシステム・アーキテクチャとして、新たに「医療健康共通基盤」構想を策定し開発を行なっている。医療健康共通基盤は、EHR 基盤 (医療情報系) と PHR 基盤 (健康情報系) を実現するとともに両基盤を連携させる機能を備え持ち、多様な認証機能等を持つ「医療健康共通ミドルウェア」、医療健康サービスにおいて共通的に利用できる基本的なアプリケーションをまとめた「医療健康共通アプリケーション」、サービス開発用のフレームワークと豊富なテンプレート機能を利用可能とした「開発環境」の 3 つのコンポーネントで構成され、クラウドあるいはオンプレミスで各事業者が共通でサービス開発・提供可能な環境構築を目指している (図 5-1-1)。

医療健康共通基盤により、既存のさまざまな医療・健康アプリケーションやミドルウェアを組み合わせ、医療分野での ICT 導入による医療の効率化を推し進めるとともに、どこでも MY 病院のような

EHR と PHR が融合したサービスの提供や、シームレスな地域連携医療を目指す広域連携医療や地域包括連携等の広範で多様なニーズへの素早い対応を目指している。

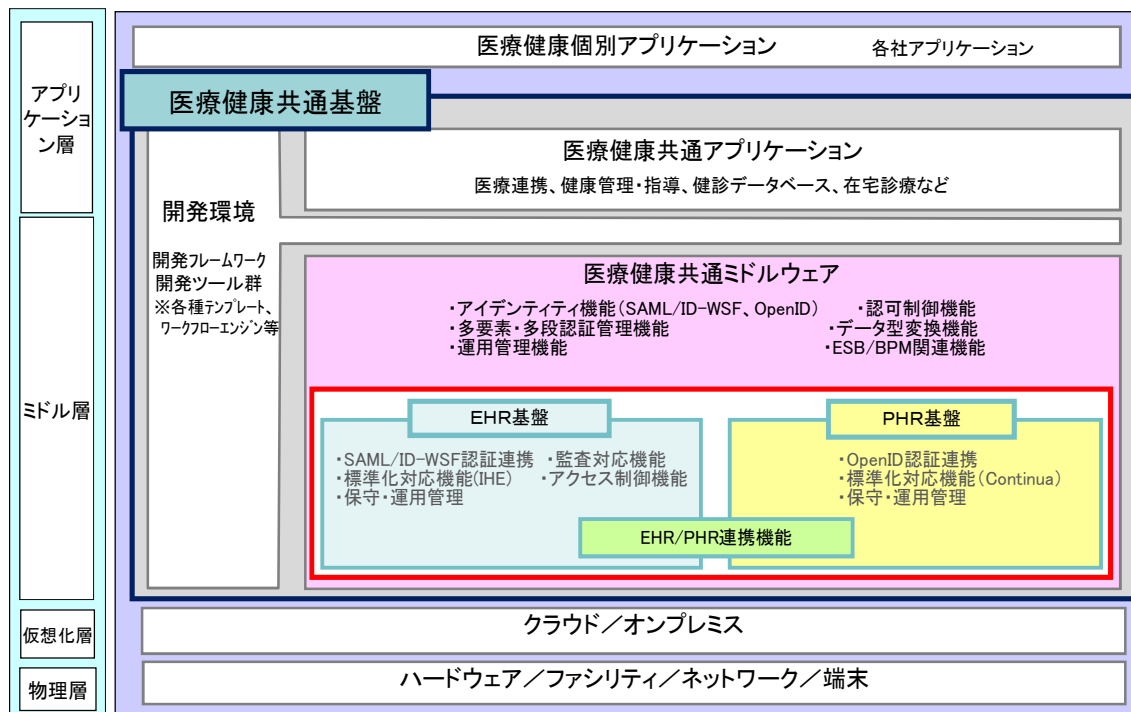


図 5-1-1 医療健康共通基盤のシステムイメージ

Fig. 5-1-1 System image of common platform for medical and healthcare information.

### 5.1.3 EHR 基盤、PHR 基盤を支える要素技術

医療・健康情報の流通を実現するにあたり、健康情報活用基盤実証事業等の国の各種実証事業を通して、ID 認証連携に関する標準化技術を採用するとともに、その実導入、活用実績等に貢献してきた。また、これらの技術を用いて、地域医療連携を行う際に必須となる医療情報流通を安全・効率的に行うための EHR 基盤を開発してきたほか、個人の健康管理サービスを実現するための PHR 基盤や、医療情報と健康情報を組み合わせた新しいサービスの創出のための EHR-PHR 連携機能等の開発を行ってきた。さらに、大規模なシステム構築に向けて、EHR 基盤の保守・運用性向上のための仕組みや、各種アプリケーションから EHR 基盤を利用しやすくするための仕組みの整備にも取り組んでいる。以下、EHR 基盤、PHR 基盤を支える要素技術について説明する。

#### 5.1.3.1 複数医療機関間の情報流通 (EHR 基盤)

複数の医療機関間で情報流通を行う際は、医療機関ごとに異なる患者 ID を結びつけ、一元的に扱うことができるようにする必要がある。また、それぞれの医療機関で生成され保管される個人の

医療関連情報は最高位の個人情報であるため、ID 認証後の情報流通もセキュアに行う必要がある。これらの課題を解決するため、EHR 基盤では、SAML2.0 (Security Assertion Markup Language)、ID-WSF2.0 (Liberty Identity Web Services Framework)という国際標準規格を世の中に先駆けて採用するとともにメッセージを暗号化することにより、シングルサインオンで医療・健康情報の流通を可能にしている。

SAMLとは、標準化団体 OASIS によって策定された ID およびパスワードなどの認証情報を安全に交換するための XML 仕様であり、SAML を用いることでトラストサークルと呼ばれる予め信頼関係が担保されたネットワークにシングルサインオン(一度のログインでトラストサークル内の各サーバーにログイン可能)ができるようになる。これにより ID 体系が異なる医療機関間において不正な名寄せを防ぎつつ、セキュアに ID 連携を行うことができるようになる。

また、ID-WSF とは、標準化団体 Liberty Alliance Project が策定した認証機能付き Web サービスを展開するためのオープン標準仕様ベースの手法のことである。この ID-WSF により、各医療機関にて分散管理されている医療情報を本人同意に基づき情報流通を行うことができるようになる。

SAMLとID-WSFの組み合わせにより、各医療機関で異なる患者IDを共通化することなく、複数医療機関にまたがる情報連携を効率的かつ安全に実現できるようになる。また、この組み合わせはさまざまな標準仕様の中でも最もセキュアな仕様とされており、マイナンバー制などの社会基盤への組み込みも検討されている。

### **5.1.3.2 健康事業者間の情報流通 (PHR 基盤)**

健康事業者間をつなぐ PHR 基盤では、各医療機関で生成される医療関連情報ほど機微な個人情報ではないが、毎日記録される個人の健康情報や保険機関で生成される健診情報などを扱うため、情報の登録・閲覧には日々簡単にアクセスできるとともに高いセキュリティを確保できる ID 認証機能が求められる。さらに健康情報や健診情報は、1事業者のサービスで扱うものではなく、ユーザーニーズに応じて事業者を変えたり、民間健康保険組合から国民健康保険組合に変わったりするため、さまざまな事業者間の情報連携を実現するための ID 連携機能も必要である。

このため、PHR 基盤の基本機能として、OpenID2.0 を活用した ID 認証・連携機能を実現している。OpenIDとは、1つのユーザーIDで複数のWebサイトを使えるシングルサインオン認証技術であり、OpenID Foundation (OIDF) で策定された標準技術である。現在、NTT ID ログインサービスとして、NTT コミュニケーションズの「OCN ID」、NTT ドコモの「docomo ID」、および NTT レゾナントの「goo ID」で採用されているほか、Yahoo! JAPAN、Google や MSN 等でも採用されている。

OpenID では、インターネットの URL を ID として使う点とそのオープン性が特徴となっている。OpenID を用いる場合、OIDF がインターネットに公開している仕様に従うことで、OpenID の発行や認証を担う OpenID プロバイダ (OP) を誰もが開設できる。このため、PHR のような民間事業者間における ID 連携が簡単に実現できるほか、将来的に EC・広告等の他分野のサービスが参画する際にも容易に連携することが可能となる。

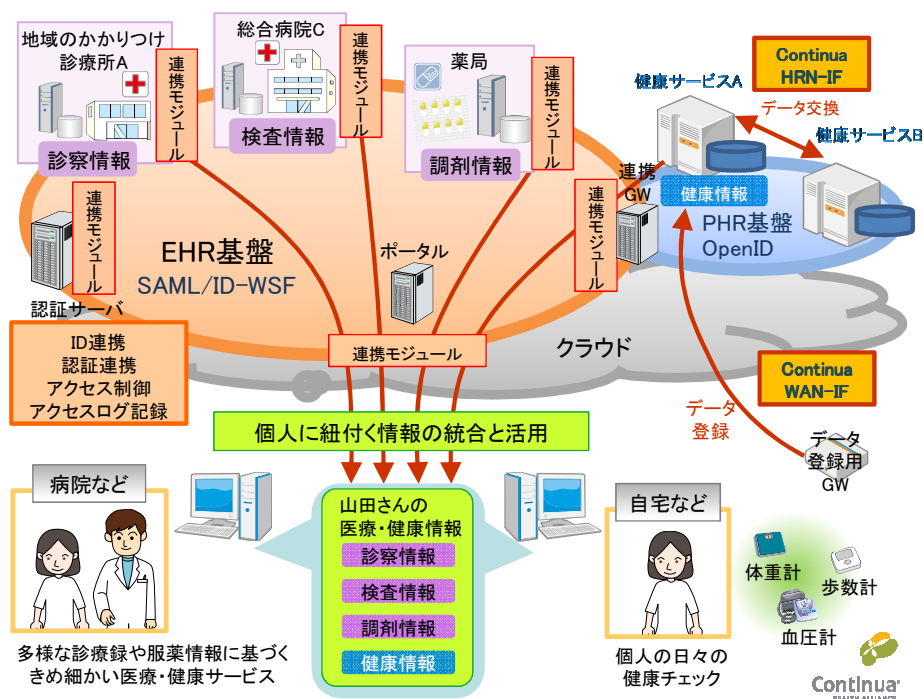


図 5-1-2 EHR-PHR 間の情報流通イメージ

Fig. 5-1-2 Image of information distribution between EHR and PHR.

### 5.1.3.3 EHR-PHR 基盤連携

主に医療情報を扱う EHR と、個人の健康情報を取り扱う PHR は、前述のようにセキュリティポリシーが異なるため、これらを連携したサービスを提供することはこれまで困難とされてきた。筆者らは、EHR 基盤、PHR 基盤それぞれのセキュリティポリシー、アクセス制御ルール、および用いる認証レベルの違いに対応しつつ、各々で用いる ID 連携・情報流通プロトコルを動的に変換することにより、EHR-PHR 間の情報流通を実現する EHR-PHR 連携機能を開発した。

具体的には、EHR・PHR 連携 GW(ゲートウェイ)において、情報流通要求に応じて SAML～OpenID 変換や ID-WSF～OpenID AX 変換を動的に実行する。この際、連携先基盤のポリシーに基づきアクセス制御判定も行い、必要に応じて追加認証等も要求するような仕組みを実現している。

これらの仕組みにより、EHR 基盤にて管理される医療情報と PHR 基盤にて蓄積される健康情報をセキュアかつシームレスに流通することが可能となり、医療情報と健康情報を組み合わせた新しいサービスの実現が期待できる(図 5-1-2)。

### 5.1.3.4 高度なアクセス制御

前述の医療関連情報を流通させる場合、組織ごとや情報種別ごとに異なる情報開示ルールに対応することが必要である。例えば、「服薬情報は連携先医療機関であればすべての医師が閲覧



可能とする」、「稀少疾患に関する情報は連携先医療機関といえども特定の医師にのみ開示可能とする」といったさまざまなルールに対応する必要がある。

そこで、ユーザーの人間関係や医療機関や行政等での役割、ならびに組織における役割に対応した柔軟なアクセス制御機能を開発した。本機能により、例えば「診療情報全体に対してルールを設定し、かつ診療情報の特定項目に対しては個別のルールを設定する」などのきめ細かいアクセス制御が可能となる。

さらに、これらの情報開示ルールを複数の医療機関間に矛盾なく効率的に設定するための仕組みも備えている。これらにより、地域医療連携における医療情報共有を行う際に必要となる、患者本人の同意に基づく厳密なアクセス制御が可能となる。

EHR/PHRの世界では、このようなアクセス制御技術を活用することで、個人の医療・健康情報を個人で管理し、誰にデータを見せるかを個人が設定できるようになる。情報リテラシーの低い方々への対応など、運用面で解決しなければいけない課題が多く存在するのは事実であるが、親子やかかりつけ医などユーザーの人間関係を一元管理し、個人が自身の医療・健康情報の(病院や医師に対する)開示先を柔軟に設定可能になる。なお、PHR基盤上では本人のみが情報を閲覧可能というセキュリティポリシーで運用しているため、本アクセス制御技術は EHR 基盤上のみで実現している。但し、このような運用方針やセキュリティポリシーは、さまざまな実証事業を通して運用性や妥当性を検証するとともに、事業毎に調整していく必要があると考えている。

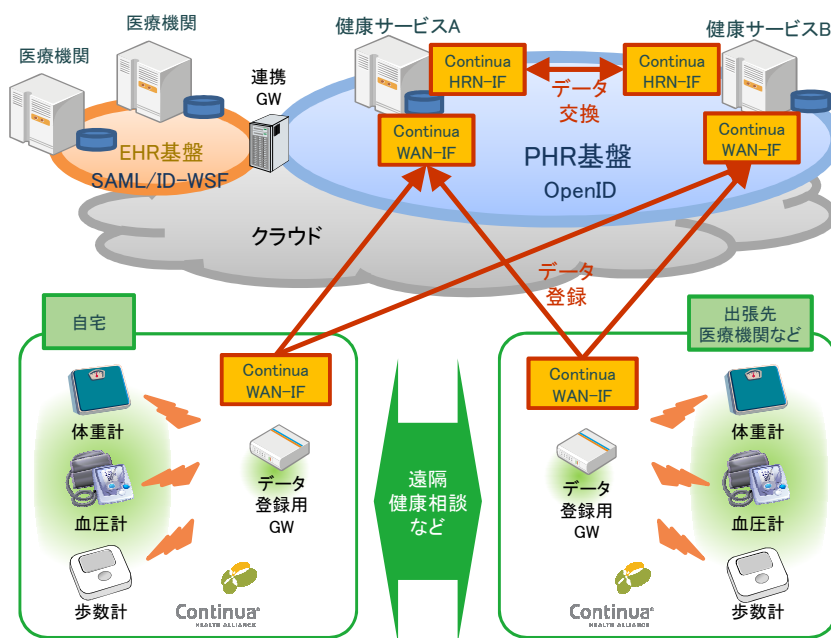


図 5-1-3 Continua 対応のイメージ

Fig. 5-1-3 Image of information distribution using Continua.

### 5.1.3.5 標準化対応

医療・健康情報の流通・活用を促進するため、Continua (Continua Health Alliance)、IHE (Integrating the Healthcare Enterprise) 等の各種標準仕様への対応に積極的に取り組んでいる。

#### (1) Continua 対応

Continua Health Alliance とは、パーソナル・ヘルスケアの質的向上を目的に、健康機器や医療機器のデジタル化促進と通信規格の統一を行なっている業界団体であり、日本では 2006 年に地域委員会が設立され、ガイドラインという形で業界標準仕様を提供している。筆者らは、健康情報の測定・蓄積・流通を促進するため、Continua ガイドラインに準拠した PHR サービス間の相互接続に必要な機能を実現している(図 5-1-3)。具体的には、Continua ガイドラインで規定されたインタフェースのうち、以下の2種類に対応している。

- ① Continua WAN-IF (the WideArea Network-InterFace) : データ登録用 GW や Android 端末等によるアップロードが可能
- ② Continua HRN-IF (HealthRecord Network-InterFace) : 各種健康サービス間でのデータの交換によるサービス連携が可能

#### (2) IHE 対応

IHE とは、1999 年に北米放射線学会 (RSNA) と医療情報管理システム協会 (HIMSS) が中心となって始められた DICOM と HL7 という既存の規格を使用し、病院内の医療情報システムを統一的に運用するためのガイドライン作成と普及を目指す活動であり、日本では日本 IHE 協会が活動している。EHR 基盤では、複数医療機関間で分散型の文書管理を行う際に用いられる IHE 統合プロファイルに対応するための仕組みを提供している。具体的には、EHR 基盤を拡張して IHE 準拠アクタを実現させる「IHE サーバー機能」により、IHE の4つのプロファイル[施設間文書共有 (XDS)・患者情報共有 (PIX・PDQ)、監査証跡とノード認証 (ATNA)]に対応する機能を提供している。

### 5.1.3.6 監査対応

EHR 基盤の大規模システムへの適用に伴い、EHR サービスに参画する複数の医療機関に対して監査を効率的に行うことが必要になってきている。このため、医療機関ごとに蓄積される大量のログ情報(システムログや情報へのアクセスログなど)を安全に統合・分析し、第三者による監査業務を支援するための仕組みを提供している。具体的には、SAML を使うことで匿名化された個別サーバーごとのユーザーログを、セキュアに収集するとともにユーザーごとに名寄せすることを可能とした。

また、患者等のユーザーが自己の個人情報へのアクセス状況を確認するための支援機能も提供している。これらにより、機微な個人情報へのアクセスに関して不正がないことを示し、ユーザーがシステムを使うことに対する安心感を与える役割を果たすことが可能となる。

### 5.1.3.7 医療情報流通の高度化

現在、政府で検討されている電子処方箋などの実現に伴い、医療情報を長期間にわたり安全に管理していくことが求められている。これに対応するため、タイムスタンプ技術や長期署名などのセキュリティ技術の活用および実装を行なっている。具体的には、電子署名が付与された医療情報に対して、RFC3161 準拠のタイムスタンプを付与し、発行時刻に関する保証を行ったうえで管理する仕組みを提供する。また、タイムスタンプ有効期限切れ間近の医療情報に対して XAdES 準拠の長期署名を付与し、医療情報の長期保管を支援する仕組みも提供する。

これらにより、近い将来に想定される「処方箋の電子化」等の医療情報流通の高度化への対応が可能となる。

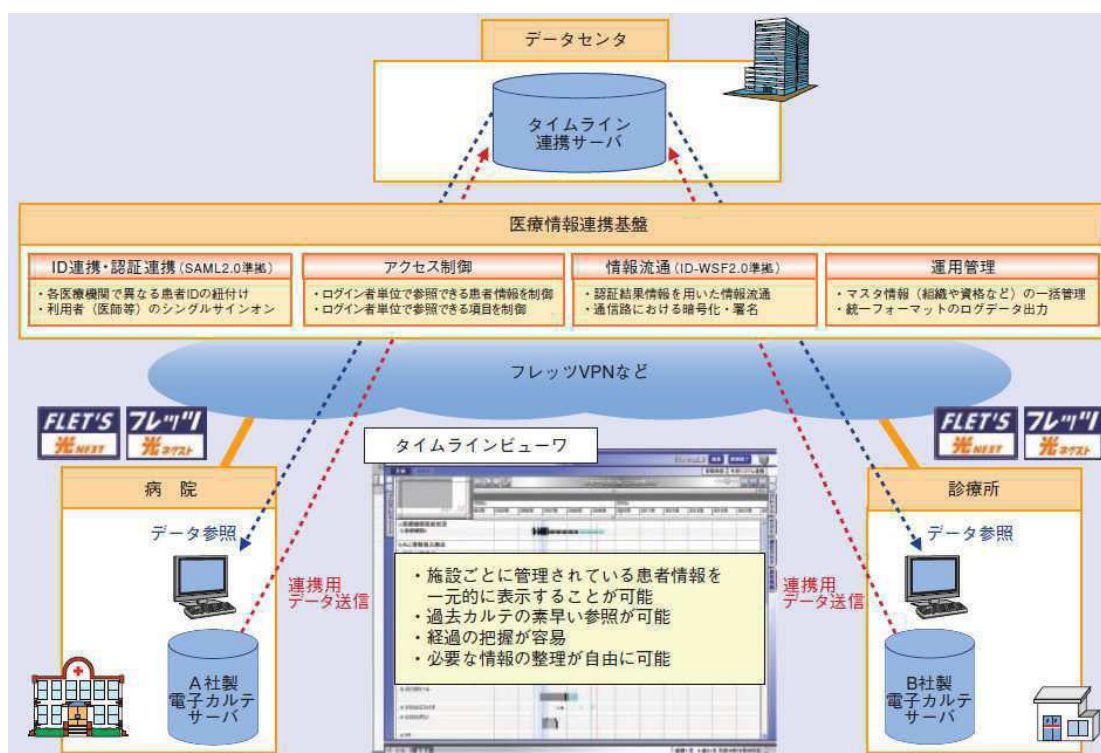


図 5-1-4 医療健康共通基盤の適用例

Fig. 5-1-4 Application example of common platform for medical and healthcare information.

### 5.1.4 医療連携への適用例

社会医療法人財団慈泉会相澤病院と NTT 東日本は、異なるメーカーやベンダの電子カルテどうしをつなぐことで、地域の医療機関の間で情報連携を可能とする「タイムライン連携システム」について共同で開発を行い、2012 年 7 月より実運用を開始している。タイムライン連携システムでは、「タイムラインビューワ」を備え、連携医療機関であれば患者の同意のもとに病歴・処方歴・検査歴などの医療情報を時間軸上において一目で把握できるようになる。また、患者 ID 連携機能や電子

カルテメーカーやベンダに依存しないオープンな環境として、厚生労働省電子的診療情報交換推進事業のもと開発された SS-MIX ( Standard Structured Medical Information eXchange) という規格にも対応している。三次医療圏単位などでの広域な医療機関間の連携においては、タイムライン連携システムと、EHR 基盤機能を利用した医療情報連携基盤 (図 5-1-4) を提供している。

### 5.1.5 まとめ

医療健康分野における社会基盤として、EHR、PHR に関する動向および課題、具現化に向けた仕組みと技術要素について述べた。今後は、医療情報流通を実現するための基盤技術開発で培ったさまざまなノウハウを活かすとともに、さまざまな実証事業を通して技術面、運用面、さらにビジネス面での検証を行いながら技術の向上を図っていく。さらに、ICT の利活用による地域における医療と福祉の包括的な連携医療の実現や、医療の質の向上に資する研究開発を続けていく。

### 参考文献

- [1]常川聡, 前田裕二, 森村一雄, 倉恒子, 吉田芳浩, 橋本順子, 宮島麻美, “医療健康共通基盤による医療情報連携,” NTT 技術ジャーナル, Vol.24, No.7, pp.13-17, 2012.7.
- [2]林真理子, 山口聡, 林真弓, 白石将浩, 渡邊茂道, 前田裕二, “ICT を活用した効率的・効果的な保健事業の推進,” NTT 技術ジャーナル, Vol.24, No.7, pp.18-21, 2012.7.

## **5.2 在宅療養患者の遠隔見守り効果に関する検討**

### **5.2.1 はじめに**

超高齢化社会の進展に伴い、増加の一途をたどる医療費を削減したり、医師の不足や地域偏在問題を解決するため、ICT を活用した遠隔医療や在宅医療に対する期待が高まっている。これは、ルーラルエリアにおいてだけでなく、将来的にベッド数や施設数が圧倒的に不足することが予測されている都心部[1]においても、ICT を用いた医療の効率化が期待されている。

急性期患者は、病院にて治療、リハビリを受けて維持期に入ると、在宅での医療に移行する。そこで患者は一旦病院から離れ、在宅療養や介護を受けることになるが、病気の発症、病状の急変などを機に、再び病院に戻ってくる。在宅療養の増加に伴い、在宅患者の急変の増加が懸念されるが、もし、在宅患者の病状やADL (Activities of Daily Living)が悪化する前に、状態を把握して対応することができれば、患者のQOL (Quality of Life)を向上できるだけでなく、効率的な医療を提供できるようになることで医療費や介護費を抑制できる可能性がある。

本検討では、在宅患者のバイタルデータ等のライフログを蓄積、閲覧できる仕組みを用いて、在宅患者の日々の状態を医者、看護師、家族、および患者間で共有するとともに、状態変化や異変をいち早く察知し、患者のQOL を向上させる遠隔での見守りサービス構築を目的に、基礎的な検討を行った結果を報告する。

### **5.2.2 方法**

本検討は、北海道函館市の中核病院とその関連施設において実施した。検討に使用したシステムの構成を図 5-2-1 に示す。在宅患者宅には、Continua 対応の血圧計と体重計を設置するとともに患者に歩数計を携帯させ、携帯電話網を介してデータセンタ(DC)にあるライフログ管理システムにバイタルデータを簡単に登録できるようにした。Continua 対応の血圧計等のバイタルセンサには、測定後に自動的にデータを転送するタイプと手動転送タイプがあるが、本検討ではワンプッシュの手動転送タイプを使用した。バイタル機器には、オムロン製の自動血圧計、体重体組成計、歩数計を使用し、Bluetooth による無線でアライブ社 AP3201 eHealth ゲートウェイサーバーとつなぎ、NTTドコモのモバイルルータを介してデータのアップロードを行った。

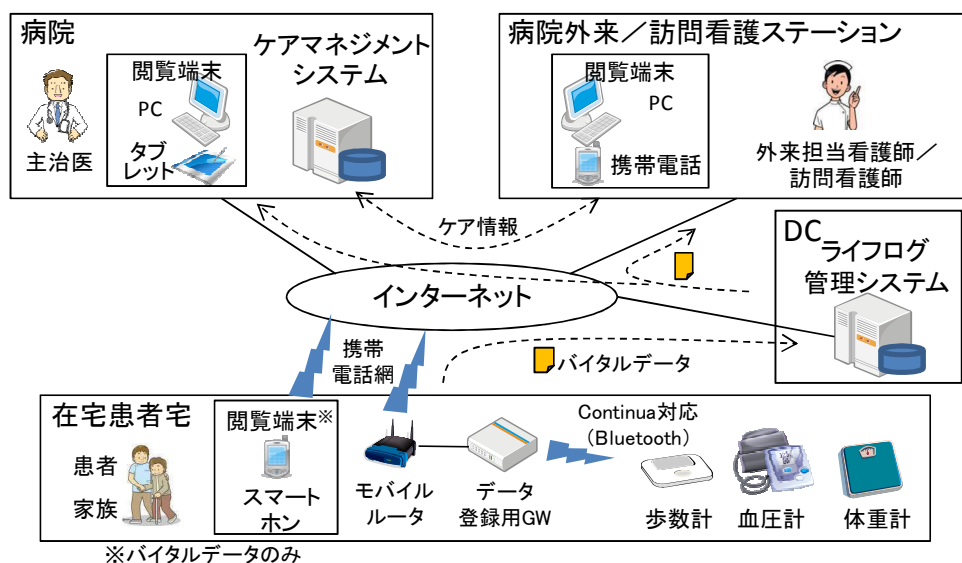


図 5-2-1 システム構成図

Fig. 5-2-1 System configuration.

病院における主治医は、PC やタブレット端末等を用いて在宅患者のライフログを閲覧することができる。また、病院外来/訪問看護ステーションの看護師もPCを用いて在宅患者のライフログを閲覧することができるほか、在宅患者本人やその家族もスマートフォンを用いてライフログを閲覧することができるようにした。

患者および医療従事者はインターネットから ID、パスワードを用いてライフログ管理システムにアクセス可能であるが、ライフログ自体はユーザー名等を関係者のみが理解できる数字等で表示しており、個人の特定が直接できないようにした。なお、病院においては、従来より在宅患者のケアマネジメント用のシステムを活用しており、ADL や生活不活発病、血糖値、痛みなどの情報を登録して、利用者の生活機能低下早期発見に向けた情報共有を行なっている。

また、本検討で使用した Continua 対応のライフログ管理システムは、従来より NTT において、バイタルデータの登録・閲覧と TV 電話使った健康相談を可能とする遠隔健康相談システム[2],[3]として研究開発を行なっているものであり、これを一部改良したシステムを活用した。

本検討では、以下の 2 つの仕組みによって、在宅療養患者の日々の状態を医療従事者と共有するとともに、状態変化や異変をいち早く察知することで、医療従事者と患者側でコミュニケーションや関係性の変化や、見守られ感の醸成などを検証した。

1. 在宅患者がライフログとしてバイタルデータ(血圧、脈拍(血圧計より取得)、体重および歩数)を毎日測定・登録し、それを医療従事者が閲覧し異常がないか確認するとともに、異常があれば在宅患者へ連絡する。
2. 登録されたバイタルデータが医療従事者により設定された閾値を超えると医療従事者に携帯メ

ールでアラームが通知され在宅患者への対応を実施する。

また、在宅患者のADLとライフログの相関性について検証し、ライフログの変化からADL変化の予測が可能かどうかについても検討した。

実験には、病院において入院等による治療を受けた後、在宅患者として病院に定期的に通院している在宅療養者(以降、「患者」)6名と、医療従事者として病院および関係施設の職員13名が参加した。実験期間は、2011年12月中旬から2012年2月末までの約3ヶ月間とした。実験に参加した患者のプロフィールを表5-2-1に示す。各患者がどのバイタルデータを測定するかは、患者の病状によって異なるため、医療従事者、患者本人あるいは家族と相談の上設定した。また、バイタルデータは毎日測定するよう依頼したが、測定時間、回数については特に指定しなかった。

表 5-2-1 患者プロフィール

Table 5-2-1 Patient profile.

患者	年齢	性別	同居者	介護度	病名	測定するバイタルデータ
①	68	男性	有	要介護5	脳梗塞	血圧、心拍
②	89	女性	有	なし	発作性心房細動	血圧、心拍、 体重、歩数
③	72	女性	有	要介護4	高血圧症	血圧、心拍
④	86	女性	無	要支援2	狭心症	血圧、心拍、 体重
⑤	87	男性	無	要介護2	ペースメーカー植込後	血圧、心拍、 体重、歩数
⑥	79	女性	有	なし	発作性心房細動	血圧、心拍

医療従事者は患者のライフログを施設内のパソコンから閲覧するが、閲覧頻度については、少なくとも週に1回以上閲覧するよう事前をお願いした。具体的検証方法としては、患者へのインタビューと医療従事者へのアンケートによって実施し、それぞれ実験の前後の2回行った。

## 5.2.3 結果

### 5.2.3.1 在宅患者宅におけるシステムのユーザビリティ

表5-2-2に各患者の測定状況を示す。測定に要した時間は、6名中5名が5分以内であるほか、4名がバイタルデータの測定・登録について特に手間や負担を感じなかったと回答しており、比較的簡単に機器を利用できたようである。患者③の測定時間が長いのは、血圧測定の際にテーブル

を動かすなどの準備が必要なことと、測定エラーが表示された場合に体調を落ち着かせるための  
 休憩時間等を入れているためである。

バイタル機器自体の使い勝手については、使いやすかったとする人が多い一方、要介護度が  
 高い患者からは、体重計の上で立位を保持するのが大変なため短時間で測定できるものがよいと  
 という意見があったほか、血圧計も腕帯部分が固定されたものがよいとの意見があった。

表 5-2-2 各患者の測定状況

Table 5-2-2 Status of each patient for measurement.

患者	測定者	測定時間	登録回数		
			血圧	体重	歩数
①	同居者	5分以内	38	5	3
②	本人	5分以内	423	78	75
③	準備:同居者 測定:本人	30分	81	—	—
④	本人	5分程度	77	41	—
⑤	介護従事者	数分	62	32	50
⑥	本人	数分	126	—	—

登録回数は患者②と⑥が他の患者よりも多かった。患者②は、血圧を朝昼夜の 3 回測定してい  
 たことや、血圧が以前使っていた血圧計より高めの数値となるため何度も測定していたことから登  
 録回数が多くなっている。また、患者⑥は午前中に血圧を測定し、高めだった場合は夕方にも測  
 定していたことから多くなっている。

機器の動作に関しては、実験期間中、Bluetooth のリンク切れや、転送ボタンを押してもサーバ  
 ーにデータが登録されないなどシステム側のトラブルも多く発生し、簡単に利用できる仕組みでは  
 あるが安定動作に関する課題が明確になった。

### 5.2.3.2 在宅患者宅におけるバイタルデータ測定行為

4 名の患者は測定する時間を自分で設定して測定しており、バイタルデータの測定により生活の  
 リズムができたという結果が得られた。実験開始直後は、測定にかなり手間を感じたり測定を忘れ  
 たりしたが、1 週間程度で習慣となったとのことだった。患者②は、実験前も血圧を測定していたが、  
 本実験を契機に決めた時間に測定するようにしたことで張り合いができたとのことであった。但し、  
 患者①は家族が測定していたため、測定を忘れてはいけないという負担感が生じていた。

また、バイタルデータ測定により体調をコントロールできるようになった事例もあった。患者③は、



実験前は調子が悪い時だけ血圧を測定していたが、毎日測定することで普段の値を知ることができ、血圧と体調の関係から、血圧が上がりそうときは横になって休むなど体調をコントロールできるようになったとのことであった。家族においても、いつもと同じくらいの値だと安心できるため、安心感につながるとのことであった。

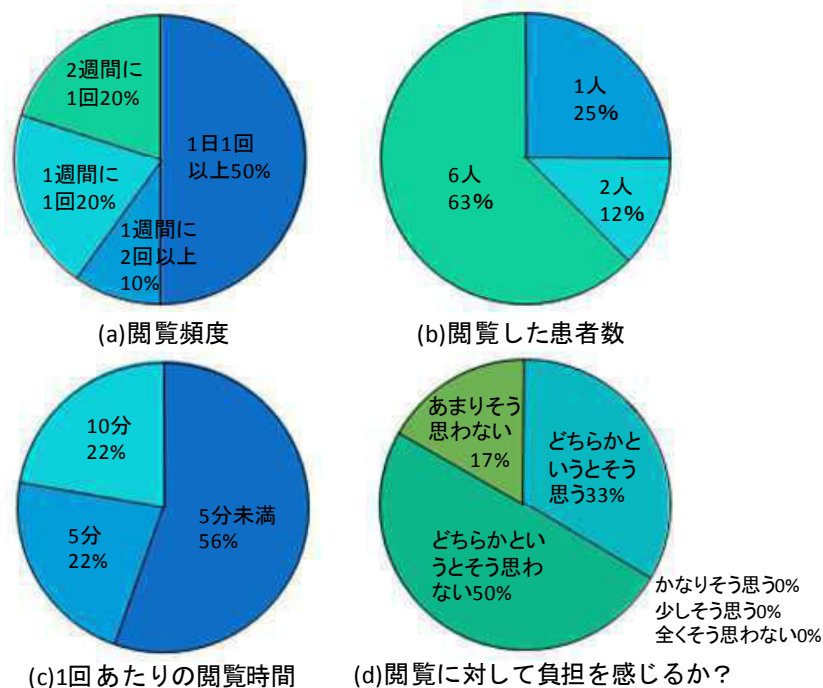


図 5-2-2 ライフログ閲覧状況

Fig. 5-2-2 Status of browsing life logs.

### 5.2.3.3 医療従事者および患者におけるライフログ閲覧

図 5-2-2 に医療従事者に対するライフログ閲覧に関するアンケート結果を示す。閲覧は、参加 13 名中 10 名が実施した。閲覧頻度は 80%以上が週に 1 回以上閲覧しており、半数は毎日閲覧していた。また、約 60%が患者全員のデータを確認していた。1 回あたりの閲覧時間は約 80%が 5 分以内であった。閲覧時間に対する負担感はいずれもあまり感じていない人が多かった。

ライフログ閲覧に関するメリットとしては、これまではわからなかったが在宅での様子や院外での様子がデータでわかり変化に対応しやすい、在宅での測定データをリアルタイムで確認できる、家庭血圧の推移を観察できた、普段の状況がわかると診察の役に立つ、データが記録として残るグラフで表示されているので変動が一目でわかる、などの意見が得られた。

一方デメリットとしては、これまで知り得なかったデータが見れるようになったことで、データ閲覧に対する責任が新たに生じ、異常時の対応の必要性など新たな問題が出てきた、との意見が得られた。

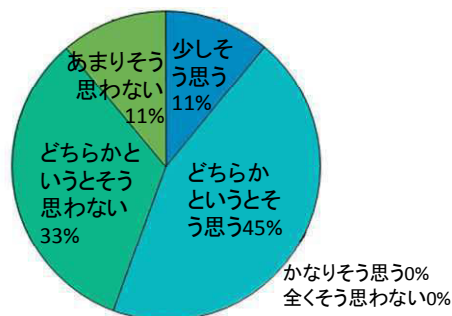


図 5-2-3 「通常業務を実施する上で影響がある」に対する回答

Fig. 5-2-3 Answers for “It affects to normal operation”.

医療従事者におけるライフログ閲覧の業務への影響についてのアンケート結果を図 5-2-3 に示すが、業務に影響があると感じた人数が半数より多い結果となった。具体的には、数値の確認やその対応により時間がとられるため、患者数が多くなり全員見る必要が生じたら大変だと思う、などの意見があった。

なお、医療従事者によるライフログ閲覧の効果について、(利用者および従事者にとって)安心感につながる、手助けになる、および手間になる、という項目について実験前後で分散分析を行ったが、統計的に有意な差は得られず、特に安心感や手助けに関する効果や手間がかかるという問題は明示されなかった。

一方、患者側のライフログ閲覧については、インターネットを介して閲覧できるようにしたが、使い慣れていないこともあり、6名中4名が紙に値を記入して管理していた。また、パソコンでの閲覧より紙に印刷したものを渡されることを希望する人が多かった。

#### 5.2.3.4 感情、コミュニケーションの変化

医療従事者の患者への感情、コミュニケーションの変化に関するアンケート結果を図 5-2-4 に示す。アンケートは、かなりそう思うー少しそう思うーどちらかというと思うーどちらかというと思わないーあまり思わないー全く思わない、の6段階評価で行った。

図 5-2-4 は、週 2 回以上患者のライフログを閲覧した医療従事者 6 名に対する結果である。同図より、全員が、親しみが増えた、距離感が近くなった、コミュニケーションの機会が増えた、およびコミュニケーションの質が良くなったと回答しており、閲覧でこれまで不明であった患者の普段の状態を知ることができるようになり、患者への感情やコミュニケーションに変化が見られたことが示唆される。

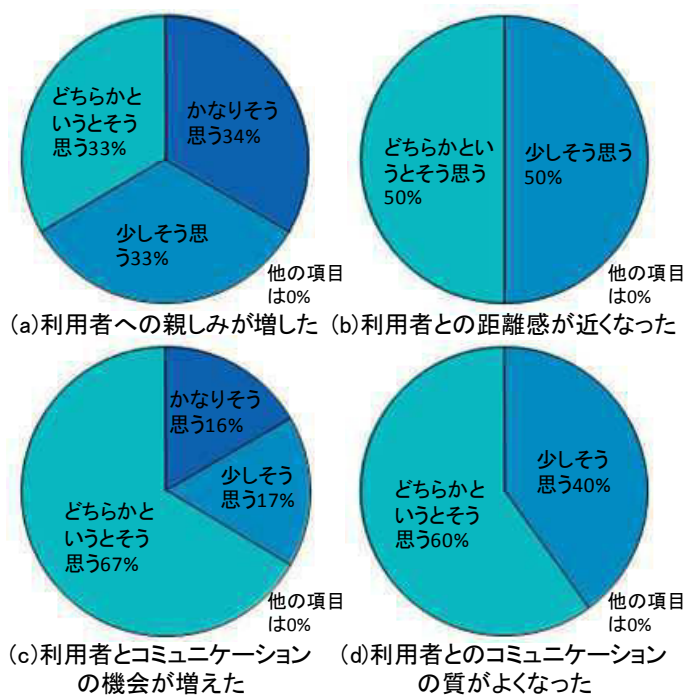


図 5-2-4 医療介護従事者の患者に対する変化

Fig. 5-2-4 Changes for patients with healthcare workers.

### 5.2.3.5 関係性の変化

次に、医療従事者に対し、実験前後における患者との関係性について調査した結果を示す。関係性については、頼りになる、心配だ、気楽だ、親しみやすい、話しやすいという 5 つの項目について、医療従事者の担当する各患者に対し、患者に対して／患者からあなたに対して、という観点で評価した。アンケート有効回答数は、実験前後ともに 27 件であった。図 5-2-5 に平均値と誤差範囲を示すが、関係性 5 項目について、実験前後で得点の有意な差異は示されなかった。

患者による医療従事者との関係性の変化については、インタビューにて調査した。患者の医療従事者に対する信頼感は強く、実験後のインタビューでも全員が実験前と変わらず「頼りになる」、「心配でない」、「気楽だ」、「親しみやすい」、「話しやすい」と回答し、実験前後での変化はなかった。

患者へのインタビューでは、全員が登録したデータを医療従事者に見てもらっていることにより、見守られている感じがする、安心感があると回答した。但し、病院のケアマネジメントシステムと訪問看護も利用しており、すべてのサービスがあっで見守られている感、安心感があると回答した患者も 1 名いた。

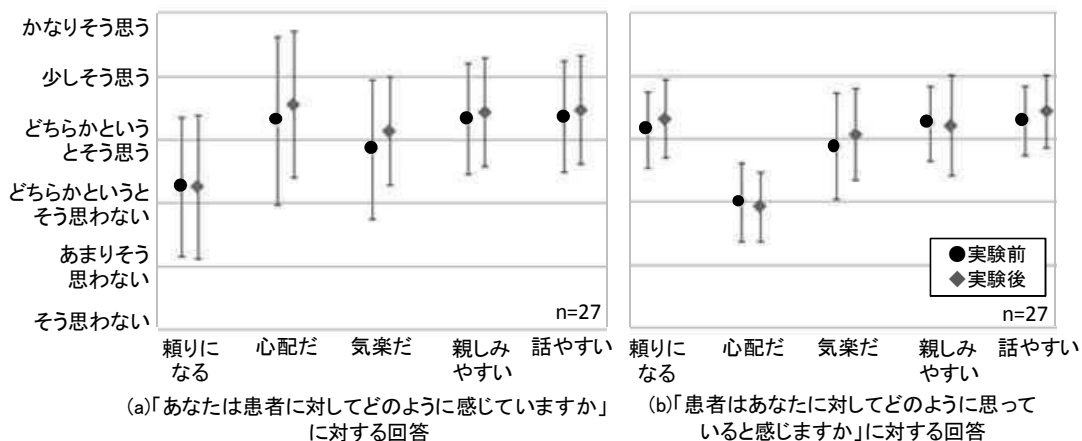


図 5-2-5 実験前後における医療介護従事者と患者の関係性の変化

Fig. 5-2-5 Changes in the relationship between health care workers and patients before and after the experiment.

### 5.2.3.6 ライフログの活用

ライフログを用いることが、在宅療養、在宅介護、見守りについて有用かどうか、医療従事者にアンケートした結果、全員が病気の悪化を予防するのに役立つ、介護度の悪化を予防するのに役立つと回答した。また、役立つ点については、

- ・病院を受診する(あるいは訪問看護師の訪問)前に変化がわかる。
- ・経過観察ができる。
- ・血圧上昇、体重上昇などは生活上、療養指導面、病院受診の時の対応で、役立っていくと思う。
- ・血圧、脈、体重は、体調の悪化を早期に把握し、対応が可能になると思う。歩数計は、廃用症候群の予防に役立つ。

という具体例が挙げられた。

### 5.2.3.7 その他

当初予定では、ADL の変化とライフログの相関を検証する予定であったが、実験の前後で患者の ADL に変化がなく、相関を分析するだけのデータが揃わなかったため検証できなかった。この検証には、ADL の変化を観察する必要があるため、実験期間を長期間設定するなど、対象者選定と実施方法については更なる検討が必要である。

また、システムの不具合によりアラートメールが正常に機能しない場合が多く、詳細な評価には至らなかった。しかし、バイタルデータの異常値に対する関係者への気付きを与えるためには必須の機能であり、今後、運用面との調整を図りつつ詳細な評価を行なっていく。

## **5.2.4 考察**

### **5.2.4.1 バイタルデータ測定・登録による効果**

患者へのインタビュー結果から、日々のバイタルデータ測定・登録の習慣が、生活のリズムになるなどの効果があると考えられる。また、自身の普段のバイタル値を知ることで安心感が得られるとともに、普段と異なる値のときには体調に合わせた対策を自ら講じることができるという効果について実感した患者もいた。患者家族からは、測定データが普段と異なった場合、どうしたらよいかわからなくなるため、主治医や専門家に相談できる仕組みが必要との意見があった。

### **5.2.4.2 ライフログ閲覧による効果**

医療従事者へのアンケート結果より、受診時以外のデータを確認できることで普段の様子がわかり、変化に対応しやすいなどのメリットがあるということがわかったほか、病気や介護度の悪化予防に役立つ可能性があるということがわかった。また、ライフログ閲覧に関する手間や負担はあまりないが、これまで知り得なかったデータが見えるようになり、異常時の対応など新たな問題が生じるという意見が得られ、実際の運用の際には業務フローの見直しを含め多くの課題があることがわかった。

### **5.2.4.3 患者と医療従事者間の関係性への効果**

患者と医療従事者の相互間の関係性については、今回の3ヶ月という期間では、「気楽」、「親しみやすい」、「話しやすい」といった関係性は実験の前後でほとんど変化しないことがわかった。今後の課題として、関係性の測定方法や評価指標の妥当性について検討する必要がある。一方、これまで不明であった患者の普段のライフログを見ることで、ほとんどの医療従事者は患者に対する親しみやコミュニケーションの機会が増えたり、コミュニケーションの質が良くなったと回答しており、患者への感情やコミュニケーションが変化したことが明確になった。

### **5.2.4.4 見守られ感、安心感の醸成**

全ての患者とその家族は、医療従事者にライフログを閲覧してもらっていることで、見守られていると感じる、安心感があると回答しており、本検討の仕組みは見守られ感、安心感の醸成に寄与したと考える。ただし、患者によっては、相談窓口や緊急対応などの他のサービスも合わせて、患者が安心して自宅療養できる仕組みを検討する必要がある。

## **5.2.5 まとめ**

本検討では、在宅患者のバイタルデータ等のライフログを蓄積、閲覧できる仕組みを用いて、在宅患者の日々の状態を医療従事者と共有するとともに状態変化や異変をいち早く察知することで、患者のQOLを向上させる遠隔での見守りサービスを具現化させるための基礎実験を行った。結果として、患者と医療従事者間でのコミュニケーションの変化や見守られ感・安心感醸成に関する有効性は明確になったが、バイタルデータ送信機能の安定動作やアラートメール機能不具合などの

システム面での課題や、医療従事者におけるライフログ閲覧により発生する緊急対応時の稼働や運用面での課題が明確になった。

今後は、これらの課題を解決した上で評価を実施するとともに、アラートメールの有用性の詳細評価を実施する。また、ライフログとして、患者の身体に取り付けた加速度センサを活用したバイタルデータ[4]を加えた検討を実施する。さらに、対象者と評価期間を厳選した上で ADL の変化とライフログの変化に関する相関を検証し、ライフログから ADL の変化を予測する手法等について検討するとともに、ビジネスモデルの検討も並行して実施する。

## 参考文献

- [1]国立社会保障・人口問題研究所. 日本の都道府県別将来推計人口(平成20年5月推計)について. (2012年5月22日引用). URL: <http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson08/t-page.asp>
- [2]渡邊 茂道, 藤村 香央里, 伊藤 良浩, 他. 視線分析による遠隔健康相談システムの改善に関する一検討. 日本遠隔医療学会雑誌 2011;7(2):177-178
- [3]クラウド型遠隔健康相談サービス ひかり健康相談. (2012年5月22日引用). URL: <http://www.hikari-kenkousoudan.com/>
- [4]磯谷 有毅, 藤野 雄一. サポートベクターマシンによる独居高齢者向け危険行動検出法. 情報処理学会全国大会講演論文集 2012;74(4):907-908.

### 5.3 地域包括ケアシステムの実現に向けた動向分析

第1章および本章において述べたように、医療・介護分野においてしなやかな社会を実現するためには地域包括ケアシステムの具現化が重要であり、そのためにはEHR、PHRといった地域医療連携、医療介護連携、および遠隔医療・介護などのICTを利活用できる情報流通基盤が必要である。以下、これらの整備状況とこれらの活用に関する将来展望[1]について総括する。

地域医療連携については、先進的な医療圏での導入が始まっている状況であるが、まだそれぞれが個別事業の状態であり、全国において整備されるには10年近くかかると考えられる。また、ほとんどの地域において、地域医療連携システムの利用者は医者のみであり、看護師や患者は情報閲覧できない状況である。これは最高位のセキュリティポリシーを設定しているところがほとんどであるほか、電子カルテ等の医療情報は病院(あるいは医者)のものであり、看護師や患者は閲覧する必要がないという考えが存在しているためである。今後必要となってくる医療・介護連携では、セキュリティポリシーの異なるプラットフォームを連携させる必要(EHR/PHR連携)があるため、実証実験等を通してセキュリティポリシーに関するガイドラインを作成する必要があるほか、今後の発展に向け、国としての統一的な方針策定が必要である。

さらに、マイナンバーとの連携や既存システムを含む全国での医療圏間の連携方針(地域医療連携システム間の連携方針)やセキュリティポリシー策定等も必要であり、特にマイナンバーは国、自治体がシステム運用者である一方、地域医療連携は医師会や協議会等が運用者となっているため、異なる運用者間をつなぐ方針の策定が必要であり、国としての統一方針策定が望まれる。

遠隔医療・介護については、厚労省科研費、民間などで遠隔医療の効果に関するエビデンスが蓄積されつつあるが、対面と同等の効果が必要とされているため、まだ研究状態である事例がほとんどであり、更なるエビデンス蓄積が必要な状況である。また、介護分野では、介護ビジネスでのコスト面や介護従事者の情報リテラシー等の問題により、ICT化があまり進展していないため、情報がほとんど電子化されていない状況にあるため、リジリエンス向上のためには抜本的な対策と早急なICT化が必要である。

IT戦略本部の工程表によると、2014年度には健康情報の電子化を含めたどこでもMY病院サービスが開始されるほか、同じく2014年度には地域医療連携モデルの確立や在宅医療・介護連携モデルの実現がシームレスな地域連携医療の実現の工程表で明記されている。また、厚生労働省の社会保障改革工程表(平成24年3月30日閣議決定)[2]では、2014年度に次回の診療報酬改定、2015年度に介護報酬改定を経て、2015年度より地域包括ケア創設に関する新事業計画(3カ年)が実行されるとされており、在宅サービス・居住系サービスの強化、介護予防・重度化予防、医療と介護の連携の強化、および認知症対応の推進が謳われている。したがって、今後数年でさまざまな医療・介護に関するICT利活用の取組が本格化すると考えられるが、そのためにも前述のような国として統一方針策定が望まれる。

さらに、近年、ビックデータや第4の科学といったテーマが流行しているが、医療・健康情報の二次利用についてもさまざまな面で期待されている。しかし、現状では、大規模コホートの母体となる地域医療連携でのDBが二次利用にほとんどつかわれていない状況であり、EHRやPHR基盤を

活用し、流れる情報を秘密分散・計算技術等を用いて匿名 DB 化するような施策が必要である。

また、ほとんどの臨床疫学 DB はプロトコル毎の小規模 DB であり、医師のボランティアによる手作業でのデータ入力がほとんどの状況である。このため、小規模 DB を集めメタデータマイニング可能な大規模 DB 化へ向けた施策や、データ名寄せのためのデータ・クレンジング技術やビッグデータのマイニング技術の確立が必要である。さらに、法的には秘密分散保存と個人情報保護法との関係など、解釈があまり明確になってない部分が多くあるため、米国の HIPAA 法のような医療情報の取り扱いに必要な法制度の整備が必要である。

このように、EHR や PHR 基盤のように医療健康情報をセキュアに流通させる情報通信基盤の普及とともに、情報を二次利用可能なさまざまな仕組みもできつつある。また、医療健康分野においては、国主導で方針策定や法整備を行う必要のある部分が多くある。しかし、国に任せたままで予定通りに解決するという可能性は、これまでの政権交代等の事例を見ている限り殆ど無い。したがって、日本全国での地域包括ケアシステムの早期実現とともに、レジリエンスを高めたしなやかな社会の実現を、産官学連携で行うようさまざまな機会でアピールしていくことが必要である。

## 参考文献

- [1]内閣府, “日本の医療を取り巻く状況と医療 ICT の利活用,”総合科学技術会議科学技術イノベーション政策推進専門調査会 ICT 共通基盤技術検討ワーキンググループ, 第 6 回会合資料 2, 2012.11.2.
- [2]厚生労働省, “社会保障・税一体改革で目指す将来像,”2012.3.28.



## 6 結論

### 6.1 まとめ

本論文では、ICT を用いて的確な情報を活用することでレジリエンスを高め、自助、共助および公助を基本とする自律分散協調型社会から構成されるしなやかな社会を構築することを目的とし、第 1 章と第 2 章において、しなやかな社会のビジョンとその実現に向けた問題点を整理した。さらに、しなやかな社会の実現のためには、巨大災害や危機が発生した際にも的確な情報の活用を実現する情報通信基盤と、ICT 利活用による自助、共助、公助の実現が必要であるという情報通信基盤と ICT 利活用に関する課題の全体像を明確化した。

第 2 章においては、明確化した課題のうち、しなやかな社会の実現において必須となる的確な情報活用を支える情報通信基盤に対する課題解決として、クラウドを中心とした情報通信サービスと社会基盤について総括するとともに、ICT 利活用による国、自治体および市民生活の変化としなやかな社会実現に向けた将来展望についてまとめた。

第 3 章では、情報通信基盤における課題解決の一つの事例として、平常時だけでなく通信が集中する災害・危機対応時にも的確な情報の活用を実現するため、EMC の観点からの課題解決について検討し、無線 LAN などの無線通信システムに対し、電磁干渉の発生しない理想的な屋内電磁環境を設計するためのガイドラインの開発を目的として、屋内電磁環境のコントロール技術と、電磁界シミュレーションを用いた無線基地局の配置設計技術を確立した。また、これらの技術を活用した電磁環境設計システムの開発と設計事例についてまとめた。

第 4 章では、地域コミュニティの崩壊を防ぐとともに地域コミュニティ活性化による地域防災力向上などの共助および公助を中心としたレジリエンス向上を目的とし、ICT を利活用した自治体および地域コミュニティの情報化と活性化に向けた取り組みについてまとめた。自治体と住民間の双方向行政情報コミュニケーションシステムを活用した取り組みを通して、地域情報化促進のための要件を明確化するとともに、中山間地における小学校と高齢者の e-Learning コミュニティによる検証を通して、地域コミュニティ活性化のための要件を明確化した。また、防災情報伝達手段のハイブリッド化による自治体の住民サービス高度化への取り組みと新たな防災情報の提供方法である Public Warning についてまとめ、しなやかな社会の実現に向けた将来展望についてまとめた。

第 5 章では、超高齢化社会において、ICT 利活用により高齢者自身の自助を支援するとともに、病院や施設などコミュニティにおける共助、公助を支援することでレジリエンスを向上させる地域包括ケアシステムの実現を目指した取り組みについてまとめた。しなやかな社会を具現化するための医療、ヘルスケアに関する社会基盤としての EHR、PHR の仕組みと技術要素、課題を明確化するとともに、ライフログを活用して在宅療養患者の QOL を向上させる遠隔見守りサービスについて検討し、見守られ感、安心感醸成に関する有効性と今後の課題を明確化し、最後に地域包括ケアシステムの実現に向けた将来展望についてまとめた。

## 6.2 今後の展望

東日本大震災をきっかけに、広域での自治体連携、官民連携、あるいは企業間での連携が進んでおり、さまざまな組織間での情報共有・連携など災害・危機対応時の的確な情報の活用に向けた活動が進展している。また、省エネを含めた持続可能な社会に向けた取り組みなど、東日本大震災後の情報通信基盤や ICT 利活用に関するさまざまな施策が、しなやかな社会の実現に向けた活動につながっていると考えられる。しかし、いつ起きてもおかしくない巨大地震、超高齢化社会や医療崩壊など待ったなしの問題が山積みの状態であることには変わりはない。

情報通信基盤や ICT 利活用に関する民間サービスは、今後も加速して進展していくことは間違いないが、しなやかな社会実現のためには、社会基盤や社会システムの進展も併せて必要となる。第 2.5 節と第 5.3 節において述べたように、社会基盤や社会システムに関しては、国主導で方針策定や法整備の必要性のある問題が多々存在すると同時に、問題解決を国だけに任せることなく産官学連携で解決する必要がある。しかし、今後も政権が不安定な状態がしばらく続くことと予想され、社会システムの改善が加速化されるとは考えにくい。少なくとも産学は政権に応じてくれることなく、しなやかな社会の実現に向けた活動を継続するとともに、その効果などエビデンスを蓄積し、世の中に向けて広く情報発信していくべきである。

また、特に医療・健康分野は、法規制の少ない海外での展開を先に実現し、日本へ逆輸入するといった取り組みも始まりつつある。これは、日本国内における法規制が厳しく医療分野での新規サービス展開に時間がかかることやマイナンバーなどの新たな社会システムの進展が滞っていることに加え、国内市場が停滞しているためである。今後は、中国やインドといった新興国において、医療・健康分野の市場が爆発的に拡大するほか、東南アジア、アフリカ等の途上国においても mHealth (mobile、携帯電話を活用したヘルスケア) といった携帯電話を中心とした市場が急拡大すると予測されている。これは、途上国において光ファイバ網などの固定回線の通信インフラはほとんど整備されていないが、携帯電話網は整備されているところが多く、既に携帯電話が国民の生活必需品になっていることと、携帯電話を基軸とした新たな社会システムとして、これまで医療を提供できなかった人々に ICT によって医療を提供できるようになってきたためである。

特に、途上国においては、医療関係の法規制が日本のように厳しい国が殆ど無いため、現地政府のプロジェクトとして国家レベルの EHR や PHR を一気に導入することも可能であり、先に海外において技術検証、エビデンス蓄積、ノウハウ獲得を実施して、日本へ逆輸入するほうが効率的であるという考えも存在し、日本政府支援の下、幾つかの国でこのようなプロジェクトが計画されていることも事実である。

また、医療・健康分野だけでなく、危機管理分野における ICT サービスの海外展開も日本政府の ASEAN 支援と連携して始まっており、災害大国である日本で培った ICT 技術、サービスを海外でコピー展開している。しかし、このようなコピー展開に対するトラブルも生じ始めており、ICT 利活用を実現するためには、現地の生活、文化、ワークフローに併せてシステムの使い方を変える必要があることが明確になってきている。このように、日本の技術を海外市場で洗練させるとともに、現地にフィッティングさせるなどのノウハウを蓄積し、併せて低価格を実現した上で、海外での応用例

を日本に逆輸入するなどの事例も増えてくると予想される。

しなやかな社会の実現に向けたさまざまな活動を、このように先に海外で展開して日本に逆輸入するなど活動そのものをしなやかに実行することで、早急なしなやかな社会の実現に貢献できると考える。また、このような活動が、日本だけでなく、世界中でしなやかな社会の実現に貢献できると考えられるため、私自身の研究活動も、この一助となるよう今後も危機管理分野および医療・健康分野での研究活動を、日本国内だけでなく世界をフィールドとして継続して行く予定である。

## 謝辞

本論文をまとめるにあたり、下記の関係者に対し深謝の意を表します。

第 1 章、第 2 章では、しなやかな社会のビジョン策定に関し、共同研究者としての議論のほか、危機管理に関するあらゆる面で助言を頂いた京都大学防災研究所の林春男教授をはじめとする京大・NTT リジリエンス共同研究グループメンバー各位に感謝します。

第 3 章では、電磁界シミュレーション技術の検討に際し、助言を頂いた元 NTT 生活環境研究所 部長笠井良太氏(現 NTT エレクトロニクス部長)と同グループリーダー桑原伸夫氏(現九州工業大学教授)、共同研究者として無線 LAN 通信特性シミュレーション技術確立に尽力いただいた同研究所高谷和宏氏(現 NTT 環境エネルギー研究所主幹研究員)に感謝いたします。

第 4 章では、地域コミュニティ活性化に関する実験に際し、フィールド提供、調整など多大な協力を頂いた新潟県津南町、広島県比婆郡東城町、北海道岩見沢市の職員と住民の方々および NTT 東日本新潟支店、北海道支店、NTT 西日本広島支店の関係者各位、技術検討、評価検証に際し助言を頂いた元 NTT 環境エネルギー研究所グループリーダー渡邊琢美氏(現 NTT エレクトロニクス企画部長)、常磐大学伊東昌子助教授(現教授)に感謝いたします。

第 5 章では、遠隔見守り・介護技術の検討に際し、フィールド提供や助言を頂いた高橋病院理事長高橋肇氏、室長滝沢礼子氏、評価に関し助言を頂いた本学南部美砂子准教授、EHR、PHR の研究開発に協力いただいた NTT 研究開発部門医療健康 ICT プロデュースのメンバー各位および NTT セキュアプラットフォーム研究所プロジェクトマネージャー竹内宏典氏に感謝いたします。

本研究を進めるにあたり、共同研究者として計画策定、技術開発、実験、議論に参加していただいた NTT 研究所の同僚に感謝するとともに、本論文をまとめるにあたり多大なる協力を頂いた NTT セキュアプラットフォーム研究所医療ヘルスケア DP メンバー各位と本学藤野研究室スタッフ各位に感謝いたします。

最後に、本研究に関して終始ご指導ご鞭撻を頂きました本学藤野雄一教授、また、本論文をご精読頂き有用なコメントを頂きました本学高橋修教授、姜暁鴻教授および北海道大学山本強教授に深謝いたします。