

IoT 社会に適した社会基盤のあり方

原田要之助†

概要：2018 年 12 月に起きたソフトバンクの 4G ネットワークのトラブルでは、様々な課題を明らかにした。これまでの通信のネットワークでは、電話を中心に制度や仕組みが考えられてきた。そのため、4G のネットワークでも同様な考え方で設計されているといえよう。しかし、このトラブルでは、今までにない新しいトラブルが報告されている。例えば、ネットワークにアクセスしてコンサートのチケットをスマホで見せることができなかったため、会場に入れないとか、予約した飛行機の座席を表示出来ずフライトに乗りなかったケースが報告されている。本項では、このようなこれからの社会を支える社会基盤としてのネットワークやアプリケーションのあり方についての問題点を整理して、今後に必要な社会基盤のあり方について提言する。

キーワード：情報通信ネットワーク、ネットワークの外部性、ネットワークの信頼性、IT ガバナンス

A study of Social Digital Infrastructure for IoT and big data

YONOSUKE HARADA†

Abstract: For the SOFTBANK's 4G network incident occurred on December 2018, various problems were identified. The 4G network is designed for telephone and internet access services, troubles are for new aspect of the new digital reality and mismatched with the existing network. This paper discusses those and propose the new reliability for social infrastructure network which can handle existing services and new IoT and big data services together.

Keywords: ICT Network, Reliability, IT Governance

1. はじめに

2018 年 12 月 6 日にソフトバンクの 4G 携帯及び固定通信のネットワークサービスが 5 時間ほど中断した(以下では、事件と呼ぶ)。このようなネットワークサービスの中断については今回初めて起こった訳ではない。今までには、大規模災害でもネットワーク機器が損傷して、サービスが中断したことがある。しかし、今回のネットワークサービスの中断については、社会に与えたこと影響が大きく異なっていた。とくに、マスメディアでは、今までに経験しなかった影響の広がりについて述べている。その指摘の多くは、スマートホンの機能が利用できなくなったこと、さらに、代替策がなかったことなどである。そこで、本稿では、この事件について考察し、①情報通信サービスの社会インフラとしての重要度が変化したこと、②利用者のスマートホンの利用実態が、携帯電話をベースにしたネットワークインフラと整合しなくなったこと、③情報通信サービスへのガバナンスが従来とは異なってきたこと、などを理由として述べる。さらに、今後進展すると考えられる IoT やデジタル化されたインフラを前提とした社会基盤のあり方について考える。

2. 事件について

2.1 概要

事件について、当事者であるソフトバンクは、図 1 に示す発表をしている。

このたび、2018 年 12 月 6 日(木)午後 1 時 39 分ごろから午後 6 時 4 分までの間、全国で“ソフトバンク”および“ワイモバイル”の 4G (LTE) 携帯電話サービス、固定電話サービスの「おうちのでんわ」がご利用できないまたはご利用しづらい状況が発生していました。また、「SoftBank Air」についても、一部地域でご利用できないまたはご利用しづらい状況が発生していました。本障害は、全国をカバーするエリクソン社製の交換機のソフトウェアに異常が発生したことによるものです。お客さまには、多大なるご迷惑とご不便をお掛けしましたことを深くお詫び申し上げます。弊社では今回このような事象が発生したことを重く受け止め、再発防止策の徹底を図り、サービスの安定的な運用に向けて全力で取り組んでいきます。

記

1. 発生期間

2018 年 12 月 6 日(木) 午後 1 時 39 分ごろ～同日午後 6 時 4 分ごろ

2. 影響サービス

“ソフトバンク”および“ワイモバイル” 4G (LTE) 携帯電話サービス
「おうちのでんわ」
「SoftBank Air」

3. 影響内容

“ソフトバンク”および“ワイモバイル” 4G (LTE) 携帯電話サービスが全国でご利用できないまたはご利用しづらい状況。これに伴い、3G サービスに輻輳が発生し、ご利用しづらい状況が発生。固定電話サービスの「おうちのでんわ」が全国でご利用できないまたはご利用しづらい状況。

「SoftBank Air」が一部地域でご利用できないまたはご利用しづらい状況。

4. 影響数

調査中

† 情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科
Graduate School of Information Security, Institute of Information Security

5. 原因

2018年12月6日(木)午後1時39分ごろ、全国のお客さまをカバーする、東京センターおよび大阪センターに配置してある、エリクソン社製パケット交換機全数で、同社ソフトウェアに異常が発生しました。なお、同ソフトウェアは9カ月前から運用しており、同ソフトウェアによる異常は、エリクソン社製の通信設備を使用する海外(11カ国)の通信事業者においても、ほぼ同じ時刻に同様に発生していると、エリクソン社から報告を受けています。

ソフトウェアを旧バージョンに戻すことで、復旧を行いました。

6. 再発防止策

エリクソン社と共同で、徹底した再発防止に取り組んでまいります。

図1 ソフトバンクの事件の発表([1]より)

事件についてソフトバンクの発表では、影響数を未定としているが、起きた事件を正確にタイムリーに発表している。なお、ソフトバンクは、12月19日の株式公開の際に宮内社長が影響数について3,060万回線と報告している[6]。この数は、ソフトバンク社の4Gサービスの全利用者である。事件の発表を、北海道胆振地方中東部地震の際のNTTドコモの発表と比較する。NTTドコモは、「地震の影響により、一部地域でドコモの携帯電話サービスがご利用いただけない、またはご利用しづらい状況が発生し、お客さまにはご迷惑をお掛けしておりましたが、2018年9月26日(水曜)午後2時03分に全ての地域が回復致しました。お客様には多大なご迷惑をお掛けし、誠に申し訳ございませんでした」と発表しており、大きな差は見られない。顧客に与える影響の観点からは、大規模な地震などでは、緊急時に携帯電話が使えなくなるので、影響が大きいのではないだろうかと考えられる。すなわち、ソフトバンクのマスメディアへの情報提供の姿勢や発表のタイミングからは、社会通念上批判されるものとは考えられない。

今回の事件が、今までの携帯電話によるネットワークサービスの提供に対するものだけではなく、今後の情報通信ネットワークが果たす社会基盤への不安となっているためではないだろうか。すなわち、ソフトバンクは、この事件のあと子会社として上場することになっており、その規模はNTTをしのぐ金額となっている。これらのことから、利用者の多くは、ソフトバンクが社会基盤としての情報通信インフラを十分に支えられるのかという点で批判を浴びたとも考えられる。

2.2 事件の原因と3Gネットワークの輻輳の波及

ソフトバンクによると、今回の障害の原因は、「LTEネットワークにおいてユーザー端末と基地局の位置情報のひも付け(管理)と接続制御を行うMME(Mobility Management Entity)装置において、TLS証明書の有効期限が切れたことで、通信の“真正性”が判断できなくなり、結果としてMME装置がユーザー管理データベースにアクセスできなくなった。そして「異常」を検知した装置が自動的に再起動し、多くの4G LTE端末が4G LTEネットワークに接続できなくなってしまった」[3]と説明している。

今回の事件では、バックアップに対する問題点もクロー

ズアップされた。実際には、ソフトバンクやY!mobileの4Gスマートホン端末は4Gネットワークのダウンを検知したあと、自動的に3Gネットワークにつなぎ替えている。

しかし、多数の4G端末が3Gネットワークに接続した結果、3Gネットワークの負荷を大幅に超えたため、3Gネットワークが輻輳した。その結果、3Gネットワークまでもが正常に使えなくなった。多くの場合、ネットワークの障害は一部が不具合になることを想定して設計されており、このような場合には、3Gネットワークで迂回する。しかし、今回のように4Gネットワークが全面的にサービス停止するということを想定していなかったため3Gネットワークに影響を拡大するものとなったと考えられる。また、今後、3Gネットワークはサービスを縮小して、いずれは4Gに以降して停止するものであり、新たに設備投資しない。そのため、今回の迂回は急遽の対応策でしかない。これに頼らざるを得なかったのは、ネットワークのトラブルがあまりにも大きく他の策がなかったためと考えられる。ソフトバンクの4Gを利用している規模が大きすぎて自社では対応しきれないことである。これに対して、宮内社長は通信事業者間で迂回することについても触れている。これについては2.5節に述べる。

2.3 事件の影響範囲

今回の事件については、ソフトバンクの宮内社長が19日に記者会見を開き、「番号ポータビリティ(MNP)を使った他社への転出を含む解約が、障害発生直後の4~5日間で1万件ほどあった。(大規模通信障害の)影響だと考えている」[6]と述べている。今までの携帯電話サービスでは、事件後わずかの期間にこれだけの規模の解約があったことはない。これは、2018年に2度のトラブルがあり総務省に報告を出していることも背景にあり、今回の大規模な事件で顧客離れに繋がったとも言えよう。ソフトバンクに与えた重大さが見てとれる。

朝日新聞デジタル[4]では、今回の事故の影響について、次のような3つの事例を挙げている。

- スマートホンの利用

JR東日本には、携帯電話を使って電子マネーなどが使える会員制サービス「モバイルSuica」の利用者から「チャージできない」「指定席を予約できない」といった相談が駅窓口などに寄せられた。改札を出入りしたり、チャージ済みの電子マネーを使ったりすることに問題はなかったという。

- ビジネスへの影響

佐川急便では、集荷や再配達の情報担当ドライバーの専用端末に届かない状況が起きた。同社はHPでエリアごとの営業所の連絡先を掲示するなど対応に追われた。

- 3

3. 情報通信ネットワークの信頼性

3.1 有線通信

情報通信ネットワークは情報を交換するインフラとして広く用いられてきた。最初は、遠隔との電信や電話という音声やメッセージのコミュニケーションを実現するものであり、政府による統治や企業のビジネスに不可欠なものとして利用されるようになった。各国は情報通信を国家に必須のインフラストラクチャと考え、規制と民間企業による投資を組合わせて通信カバレッジの確保と設備の維持管理を進めてきた。このインフラが常に正常に動作するために、構築時、設計時には極めて高い信頼度を用いてきている。例えば、表 1 に示すように、緊急通話を伴う通信は、1 時間の停止以上もしくは 3 万以上の回線が停止する場合を大規模障害としてきた。これは、通信が社会のインフラとして安心安全を担保するためのものであったからだ。

最初のシステムは、銅線で端末機器（以後、エンドポイントという。最初は電話機が用いられた）を接続して、音声電気信号に変換して繋ぐ。物理的な回線を機械的なスイッチ（交換機）で切り替え、複数のエンドポイント間を接続する。また、電気信号を遠隔地に送るために増幅して中継する装置（伝送装置）を用いた。また、ケーブルが道路の下の管路にケーブルを通してエンドポイントと装置の置かれた局を繋いだ。このようにして、通信の設備がきめ細かく配備されて国土をカバーするようになった。これらの設備が動作して、いつでも必要なときにエンドポイント間を繋いで通信が可能となった。これらの膨大な設備類、膨大な電線から構成されておりネットワークと呼ばれるようになった。ひとたびネットワークが使えるようになると、これをあらゆるビジネスで活用され、必須のものと見なされインフラと考えられるようになった。この有線通信が社会の重要なインフラとなったことから監督機関から表 1 に示す厳しい信頼性の条件が決められている。

3.2 パケット通信

有線通信のネットワークは各地に点在する交換機を効率よく伝送装置で接続する形態として階層型のアーキテクチャが採用された。しかし、階層型の構造では、多数の交換機が結節点で接続される。1960 年代の東西冷戦時代には、この結節点が攻撃されると通信のインフラが使えなくなることが国家の脅威と恐れられた。そのため、固定した構造ではなくよりフレキシブルなネットワークが研究された。そこで、送り受けする音声やメッセージの情報をデータの塊に分けて塊ごとに送り受けするパケット交換が発明された。ネットワークはこの塊につけられた宛先を見て転送する。このとき送り受けする先は宛先を見ればよく、ルートを自由に選べる。ネットワークの故障の箇所があれば、他の箇所へ迂回すれば、その先で宛先を見て転送してくれる。

米国の DARPA では、この研究を支援して、後のインターネットに繋がった。電気通信はアレキサンダー・グラハム・ベルによって発明され、最初のインフラとなるのに 50 年を要した。一方、インターネットは 50 年で全世界を接続して全人類の 70% を繋ぐインフラとなった。

さらに、パケット交換はデータの種別を問わない。デジタル化されるものであれば、音声、テキスト、画像、映像の区別を問わない。すなわち、パケットをベースとしたネットワークでは、デジタル化されたデータをネットワークで接続して転送したり、組合せたり、合成したりなどが自在に出来るようになった。また、インフラの能力が拡大されるにつれて、ネットワークの処理能力と光ファイバー高速伝送及び地理的な拡大に伴って、デジタル化されたデータであれば、存在場所を問わなくなった。

すなわち、パケット交換をベースにしたインターネットが拡大して、これがデジタルサービスのインフラとなった。なお、有線通信で決められた大規模障害に対する図 3 の概念はそのままパケット通信にも準用されている。ただし、法律にはパケット通信における緊急通報については具体的には示されていない。緊急時におけるパケットによる緊急な音声通信のみならず警報などのメッセージなどが該当すると考えられる。

3.3 移動通信ネットワークについて

移動通信サービスは 1980 年代のアナログ携帯電話の提供で始まり、1993 年にデジタル方式によるサービス、2000 年からはデジタル方式の国際規格 3G サービス、2010 年には 4G (LTE 方式) サービスが提供された。通信速度はこの約 30 年間で約 10,000 倍となった。さらに、2020 年には 5G が計画されている。契約加入者数は、2018 年には日本全体で 1.7 億となっており、広く利用されている。2008 年に iPhone が発売されてことをきっかけに、フィーチャーホンからスマートホンへ移行が進んでおり、インターネット接続してさまざまなサービスを利用する形態が急増してきており、ネットワークのデジタル需要が急拡大してきている。また、昨今の若い世代は固定電話を持たず、スマートホンで済ませるケースも出てきており、移動通信ネットワークの重要性が増してきている。そのため、信頼性も固定電話サービスと同等なものが要請されている。なお、携帯電話の事故については、「通信障害が起これ、その対象者が 30,000 人以上かつ通信障害が 2 時間以上継続した場合は、電気通信事業報告規則（第 7 条）に則り、制限を行った日から 3 ヶ月以内に、書面等を総務大臣に提出しなければならない」とされている。しかし、12 月の事件では、この条項ではなく、第 28 条が適用されている。

3.4 これからのサービスについて

これからの情報通信ネットワークの信頼性については、

歴史的な経緯を踏まえつつ、社会における情報通信インフラとしての重要性を再定義する必要がある。2015 年頃までは、情報通信ネットワークには、情報を流通するという側面が大きく考えられてきた。そのため、物理的なネットワークとサービスとの関係が対応づけられて考えられてきた。しかし、昨今は情報通信ネットワークのハード面とサービスのソフト面を分けて考えるようになってきた。図 4 は総務省の「将来のネットワークインフラに関する研究会」で取り上げられた今後のネットワークのありようを示している[8]。この図 4 からは、情報通信ネットワークの性格が今までの情報を流通させるための土管の提供というものから、社会システムの神経となるデータを流通させるインフラという側面が強調されている。報告書では、「サイバー空間と実世界の融合」を実現するとしている。

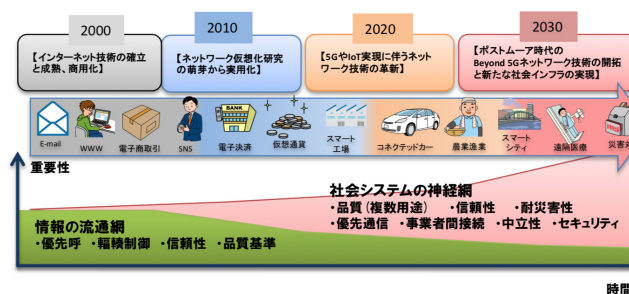


図 4 情報の流通網から社会システムの神経網へ[8]

さらに、図 4 を実現するために 2030 年までに情報通信インフラに求められる要求条件を 6 つにまとめている。これを図 5 に示す。図 5 において 6 番目に利用者にとっての安全・信頼性が上げられており、重要な項目となっている。

＜2030年までに求められる主な要求条件＞	
1. 大容量	光ファイバ1本当たりの伝送速度 100Tbps超（光ファイバの容量限界を突破）
2. 省電力化	現在の10分の1以下（1ビット伝送当たり）
3. 超低遅延	数ミリ秒程度（サービスに応じた適切なネットワークリソース配置等が前提）
4. 柔軟性・高弾力性	サービスに合ったネットワークを迅速に提供
5. 高効率データ流通	ネットワークを全体で効率的に活用
6. 安全・信頼性	利用者にとって安心・安全な通信環境を実現

図 5 将来のネットワークインフラに対する主な要求条件[8]

3.5 ネットワークのインフラと提供サービスについて

現在の情報通信ネットワークがインフラとして関わっているサービスを次のように分類する。

- ① ネットワークの基本機能
 - ・ エンドポイント間の接続（電話、データ伝送）
- ② ネットワークとエンドポイントのアプリケーション
 - ・ 地図で位置を確認（エンドポイントの位置情報表示）
 - ・ メールサービス（事業者のメールサービス）
- ③ 外部のアクセス

Web アクセス

- ・ 検索アプリ
 - ・ 広告表示（エンドポイントに表示）
- ④ アプリ提供者との連携（エンドポイント機能と独立）
 - ・ SNS サービス
 - ・ データ共有サービス
 - ・ Web での購入・決済・ポイント管理
 - ・ 複数のアプリの仲介サービス
 - ⑤ 高度なアプリ提供（エンドポイント機能の活用）
 - ・ ゲーム（複数の参加者間対戦）
 - ・ 利用者マッチング、仲介決済、サービスの仲介
 - ・ 予約（引き当て、保留、他）、販売、発券・変更処理など
 - ⑥ IoT 連携（エンドポイントの制御）
 - ・ センサーデータ収集と集計
 - ・ 内部の制御
 - ・ 広域の監視画像

上記のサービスについては、サービスの依存関係をレイヤー構造ととらえることができる。すなわち、エンドポイントとベースとなる情報通信ネットワーク、ネットワークで接続された先にあるアプリの提供者、さらには、複数のアプリの提供者が集合した形態、サービスの仲介者、ネットワーク機能を利用してデータの収集や制御を行う事業者などがレイヤー構造でネットワークと関係している。これを表 2 にまとめる。表 2 では、基本のネットワークが提供している接続、エンドポイントで動作するアプリ、サービスの料金負担先、ネットワークでの責任と料金、さらには、サービス提供の信頼性についてまとめている。なお、信頼性を論じるために信頼性の対象と代替性の 2 つの観点で考察した。なお、レベル 0～2 の従来型は他の事業者のサービスを利用するなり、他の通信手段をとることができた。しかし、レベル 3 以上となると関係するプレイヤーが多く関係者相互でお互いに迂回するなどを考慮する必要がある。

表 2 情報通信インフラのサービスのレイヤー（筆者作成）

	接続（ルーティング）	アプリ提供	料金	サービス責任	信頼性	代替性
レベル0 基本	利用者	基本機能	利用者	利用者	ネットワーク	他の手段・他の事業者
レベル1 エンドポイント内部、基本接続	事業者	スマホ（利用者）	事業者、広告	利用者	ネットワーク、事業者のサービス設備	他の事業者
レベル2 外部へのアクセス	事業者	サービス提供者	広告	利用者とサービス提供者	ネットワーク、サービス提供者の設備	他の事業者
レベル3 アプリ提供者との連携	事業者、	サービス提供者	利用者、広告	利用者	サービス提供者の設備	他の接続方法
レベル4 高度なアプリ	事業者、アプリ提供者	サービス提供者	利用者	利用者とサービス提供者？	サービス提供者の設備	関係者相互で多重化
レベル5 OTやIoTなど	関係者全て	連携するサービス提供者	関係者で分担	関係者で分担？	関係者のネットワーク、サービス提供設備	関係者相互で多重化

さらには、IoT や 5G における MtoM サービスや、電気通信事業法の大規模障害（第 28 条）でいう「緊急通報」が何に相当するか決める必要がある。5G のただし、IoT の場合には、センサーから集められた情報は緊急な判断に必要であろう。また、これらの情報をもとに遠隔から機器を制御するメッセージも緊急といえるかもしれない。ただし、膨大な IoT の通信全てとすることにはならないであろう。

ネットワークはその特徴から、規模が拡大するとその利便性が指数的に拡大する。これはネットワークの外部性と呼ばれている。したがって、規模の経済とともにネットワークを拡大して利用する原理となった。この外部性は最初はネットワーク型のビジネスの特殊性と考えられていたが、利用者間にインタラクションのあるビジネスの場合の特性であることが分かった。現在の多くの SNS やファイル共有サービスなどの共通原理となっている。さらに、サンギート・チョーダリーらは、この外部性はインフラ型のビジネスのみならず、会員制のアプリケーションでも同様の特性を持つこと、さらには、異なるネットワークの外部性を持つグループ間でのインタラクション、例えば、マッチングなど、がある場合にはそれぞれの外部性が相乗効果を持ち、

短期間で会員を増やせることを示した。これをツースイドのネットワーク効果と呼んでいる[10]。例えば、シェアリングサービスように、サービスを希望するグループと稼働していないリソースを提供したいグループを繋ぐ場を提供するケースだ。これらのサービスを提供する場合に物理的なネットワークが不要だとの議論もある。しかし、場を提供するためにはベースとなるネットワークとサーバーなどの物理的なレイヤーがないと実現できない。これらは既存のネットワークの上に構築される。すなわち、ネットワークは、物理レイヤーから始まる多層のレイヤーで構成され、個々のレイヤーごとにネットワークの外部性を持ち、これをベースとする上位のレイヤーのサービスもそのレイヤーにおいてネットワークの外部性を持つ。

さらに、重要となるのは、ネットワークが階層構造を持つため、上位レイヤーのサービスは下位レイヤーの影響を受けることである。とくに、最下層のネットワークの物理的障害は全ての上のレイヤーのサービスの品質低下やサービス中継の影響を与える。昨今のサービスでは、この論理的に構成されているため下位レイヤーの影響を過小評価しているように見える。今回の事件では下位レイヤーのネットワークのトラブルが上位レイヤーの全てのレイヤーに波及してそれぞれのレイヤーのサービスの利用者にも大きな影響を与えた。さらに、各レイヤーのネットワークサービスが代替性を持っていないため、その外部性が利用者にも大きく影響する。

今回の事件では、上位レイヤーのネットワークサービスが、全て影響を受けてトラブルとなった。

なお、上位レイヤーのサービスは、異なる複数のネットワークサービスを利用して、下位レイヤーの影響を少なくすることは可能である。

今回の事件では、ネットワークに対するガバナンスの視点から論じているものもある[4].

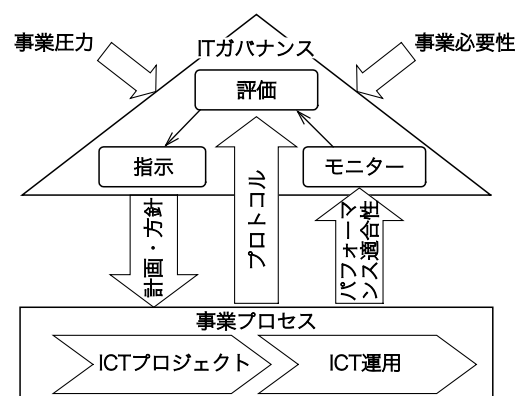


図 6 IT ガバナンスのモデル(文献[11]より)

IT ガバナンスは、経営層とマネジメント層に分けて、その間でやりとりがある EDM モデル（図 6 に占めず）と 6 つの原則[11]で構成されている。現在、ISO の SC40 では、今後のこれからのデジタルリアリティに向けて IT ガバナンスのモデルを検討しており、対象は IoT や次世代通信インフラも含まれている。今まで、情報通信ネットワークのサービスの管理は、実施することが簡潔であったので IT ガバナンスのようなモデルを必要としなかった。しかし、利用者の立場、リソースの配分、将来へ向けた投資、法制度との対応など経営という観点で見直していく必要がある。すなわち、各種のステークホルダーと協調しながらインフラとしての責務とビジネスとしての収益確保を両立させて進めていくことが重要となる。

6. まとめ

本稿では、ソフトバンクの大規模障害をきっかけに、世の中が、情報通信インフラに求めているものが変わってきていることに気づき始めていることを、①情報通信サービスの社会インフラとしての重要度が変化したこと、②利用者のスマートホンの利用実態が、携帯電話をベースにしたネットワークインフラと整合しなくなったこと、③情報通信サービスへのガバナンス、が従来とは異なってきたこと、の観点からまとめた。さらに、今後進展すると考えられる IoT 時代においては、情報通信インフラを前提とした社会基盤のあり方や信頼性について再検討が必要であることを述べた。

また、今回の事件が特殊なものではなく、今後も同様の、あるいは、より大規模の事件がおきる可能性があること、今後、IoT や 5G などの社会基盤については、①から③についての検討が望まれる。

謝辞

ソフトバンクの大規模障害をきっかけに今後の IoT 時代の情報通信インフラの信頼性について課題を整理した。このテーマを検討するにあたり、さまざまなコメントや異見をいただいた本学の教授・准教授の皆様、原田研究室の博士後期課程・前期過程の学生諸氏、客員研究員に感謝いたします。

参考文献

- [1] ソフトバンク、2018 年 12 月 6 日に発生した携帯電話サービスの通信障害に関するおわび、ソフトバンクニュース、2018 年 12 月 6 日、
https://www.softbank.jp/corp/group/sbm/news/press/2018/20181206_02/（アクセス、2019 年 1 月 10 日）
- [2] ソフトバンクが通信障害について謝罪 再発防止に向けた対策も明らかに、IT メディア、2018 年 12 月 19 日

<http://www.itmedia.co.jp/mobile/articles/1812/19/newsl51.html>（アクセス、2019 年 1 月 10 日）

- [3] ソフトバンク株式会社が、12 月 6 日に発生したネットワーク障害の詫びと再発防止策を説明、ソフトバンクニュース、2018 年 12 月 19 日、
https://www.softbank.jp/sbnews/entry/20181219_02（アクセス、2019 年 1 月 10 日）

- [4] 「チャージできない」ソフトバンク通信障害、影響各所に、朝日新聞デジタル、2018 年 12 月 6 日、
<https://www.asahi.com/articles/ASLD664ZNL046.html>（アクセス、2019 年 1 月 10 日）

- [5] ソフトバンク株式会社から提出された重大な事故報告書の受領、総務省報道資料、平成 30 年 12 月 27 日、
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban05_02000169.html（アクセス、2019 年 1 月 10 日）

- [6] ソフトバンク、通信障害で 1 万件の解約 宮川副社長「非常時にキャリア同士で支え合う構造を検討する時期に入った」、IT メディア、2018 年 12 月 20 日
http://www.itmedia.co.jp/news/articles/1812/28/news025_2.html（アクセス、2019 年 1 月 10 日）

- [7] 石川温、エリクソンが世界的障害を起こし、ソフトバンク網がダウン——5G、IoT 時代に向けて、一抹の不安、IT メディア、2018 年 12 月 14 日、
<http://www.itmedia.co.jp/mobile/articles/1812/14/news062.html>（アクセス、2019 年 1 月 10 日）

- [8] 総務省、将来のネットワークインフラに関する研究会報告書～ 未来社会を支えるペタビット級ネットワーク ～、平成 29 年 7 月

- [9] 船越他、故障規模を考慮したネットワーク不稼働率実態値の簡易推定法、電子情報通信学会論文誌 B Vol. J88-B No. 8 pp. 1444-1453, 2005 年

- [9] サンギート・ポール・チョーダリーほか、プラットフォーム・レボリューション PLATFORM REVOLUTION, 2015

- [10] Erik Stolterman Anna Croon Fors, Information Technology and good life, Umeo University, 2004

- [11] ISO/IEC38500, Governance of IT, 2015, (JIS Q 38500:2015 情報技術-IT ガバナンス - 日本工業規格)