

安心・安全な社会の実現に貢献する 気象防災ソリューション

Toshiba Weather Disaster Reduction and Mitigation Solutions Contributing to Realization of Safe and Secure Society

柳沼 亮一 安藤 康浩 川野 修一

■ YAGINUMA Ryoichi ■ ANDO Yasuhiro ■ KAWANO Shuichi

近年の気象災害はその規模が非常に大きくなってきており、それに伴う被害も甚大になる一方である。東芝は、このような災害をもたらす気象現象の観測手段として、気象レーダの設計及び製造を60年以上にわたり行ってきた。最近では高出力半導体を用いた新しいタイプの気象レーダを世界に先駆けて実用化し、またそのデータを利用したソリューションも手がけるなど、防災先進国とも言えるわが国の気象観測分野に大きく貢献している。

しかし、海外に目を向けると、いまだ観測機材の整備もままならない国や地域が存在している。当社は、世界的規模で増加し続けている気象災害をもたらす被害の軽減を目指して、気象レーダの機材仕様の国際標準化に取り組むとともに、取得した気象データを様々な防災・減災ソリューションに対して最適な形で提供することによって、人々の安心・安全な暮らしを守るための仕組みを整える努力を続けている。

With the recent increase in large-scale weather disasters, damage caused by such disasters is becoming increasingly severe year by year. Toshiba has been designing and manufacturing weather radars to observe these hazardous weather phenomena for more than 60 years. Our development of new types of weather radars such as world's first commercial solid-state weather radar applying high-power microwave semiconductor technologies and the provision of various disaster reduction solutions based on second-order analyses using precise weather data are significantly contributing to the field of meteorological observation in Japan, which is considered to be an advanced country in terms of disaster reduction.

With regard to disaster reduction countermeasures in other countries, however, there are many countries and regions that have been unable to fully introduce observation instruments. In order to reduce weather disasters worldwide, we have been promoting not only the international standardization of specifications for weather radars but also the optimization of observation data for weather disaster reduction and mitigation solutions, and are making efforts to construct the optimal system for each region in order to enhance the safety and security of the local residents' lives.

われわれを取り巻く環境

近年、自然災害は人的・社会的被害の大きいものが多く、中にはこれまで経験したことがないようなものも発生していると感じている方々が多いのではないだろうか。実際のところ、これらの自然災害が社会に与える被害が全世界的に増加していることは明白であり、直近10年での経済被害額の年平均値は、世界保健機関（WHO）のデータによると世界規模でおよそ15兆円に及ぶと推計されている（図1）。

これらの自然災害はその要因によって地震や、火山、気象災害など、いくつかの種類に分類されるが、中でも気象に起因した洪水や、嵐、台風、地滑りなどの、降雨がもたらす災害の被害がもっとも大きく、その経済被害額は直近10年間の平均値でおよそ9兆円に及ぶと

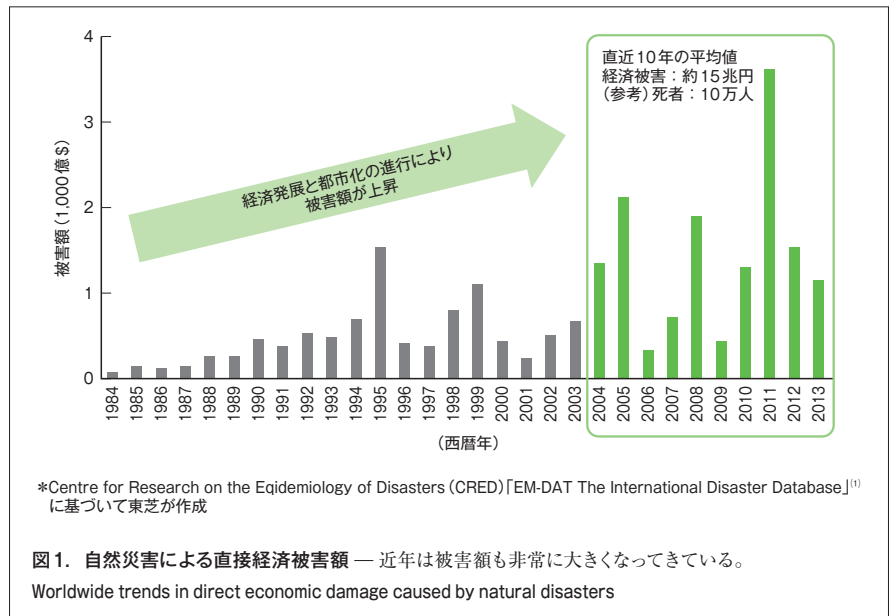


図1. 自然災害による直接経済被害額 — 近年は被害額も非常に大きくなってきている。
Worldwide trends in direct economic damage caused by natural disasters

言われている。このことは、気象に起因した災害の発生件数にも表れている。国内では、近年、台風による大きな被害

が多く報じられ、大雨や竜巻などの被害のニュースも毎日のように報じられている。また、表1に示すように、死者が

表1. 2013年の世界の大きな気象災害(主に雨や風に関するもの)

Large-scale weather disasters worldwide caused by rain and/or wind in 2013

地域		発生時期	現象	主な被害
アジア	インド北部, ネパール	6月	大雨	死者 700人以上(洪水) 死者 5,700人以上(地滑り)
	パキスタン, アフガニスタン	8月	大雨	死者 290人以上
	ベトナム, カンボジア	9~10月	大雨	死者 700人以上
	フィリピン	11月	台風	死者 6,200人以上
ヨーロッパ	東ヨーロッパ	1~3月, 5~6月	大雨	交通機関まひ(チェコ)
アフリカ	モザンビーク付近	1月	大雨	死者 40人 被災者 約34万人
	ソマリア付近	11月	サイクロン	死者 100人以上
北米	南東部~中部	1月, 4~6月, 10月	大雨	死者 30人以上(地滑り)
	メキシコ	9月	ハリケーン	死者 100人以上

*気象庁「気象業務はいま 2014」¹⁹⁾に基づいて東芝が作成



図2. 国土交通省 XRAIN[®]のWeb画面 — 国土交通省が提供している国内のX帯(9 GHz帯)気象レーダネットワークの情報である。

X-band multiparameter weather radar information display from XRAIN website of Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

100人を超えるような雨や風による大きな気象災害が世界中で発生している。

東芝はこれまで、気象レーダの開発と提供を通して気象防災に取り組んできたが、前述のような環境変化に対応するため、気象防災への取組みをいっそう強化し、安心・安全な社会の実現に向けて、世界の気象災害の低減に取り組んでいる。

国内外の現状

先にも述べたとおり、近年、これまで経験したことがないようなゲリラ豪雨や大規模な豪雨といった極端な気象現象が数多く発生し、これらによる大きな人的・社会的被害が発生している。

しかし、視点を変えると気象に対する社会インフラの備えが十分ではないためにそれが災害へと発展していると捉えることもできる。つまり、極端な気象現象に対して社会インフラの備えが弱い側面を持っているということである。これは、近年目覚ましい経済発展を遂げている新興国により強く見られる傾向とも言え、その被害はわが国をはじめとした先進国での気象災害による被害とは規模的にも内容的にも違いがある。これらの違いをまず分析し、次いでそれに基づく当社のこれまでの取組みについて述べる。

■わが国の現状

わが国では、第二次世界大戦後まず最初に社会インフラの整備が進められた。河川・海岸域の堤防や、道路、上下水などに代表されるハードウェアの整備である。次いでこれらのハードウェアを効率的に運用し制御するためのソフトウェアが導入されている。

わが国の現状は設備的にも技術的にも世界の最先端に位置しており、多種多様なセンサで収集したデータを総合的に分析し解析して、その結果に基づきハードウェアを制御し、気象災害の発生を低減している。

この仕組みの一つとして、気象レーダも発展してきた。気象予報の観点からは気象庁が、ダムや河川の水管理の観点からは国土交通省が、それぞれの気象レーダネットワークを構築し運用している。更に国土交通省は、より詳細なデータを取得するための新たな気象レーダネットワーク“XRAIN”⁽³⁾(図2)も展開している。

■海外の現状(新興国の例)

海外の状況を見ると、欧米などの先進国にはわが国と同様に様々な気象防災の設備が整備され、気象レーダも多くの国や地域でネットワーク化されている。これは、一部の新興国にも当てはまる状況であるが、気象災害に起因し

た経済損失は新興国で大きくなる傾向がある。その理由は、新興国の経済発展とインフラ成熟の進展に、先進国とは違う展開が見られることが原因と言ってよいであろう。

先進国と新興国の経済発展とインフラ成熟の関係を図3に示す。わが国に代表される先進国は、経済の発展とともに社会インフラのハードウェアが先行して整備され、次にその運用及び制御を行うためのソフトウェアの整備に移行してきたが、新興国でこのような段階的整備ができていない国は多くない。

つまり、経済の成長を優先するあまり、社会インフラのハードウェアが成熟するのを待たず、下水のない道路を舗装

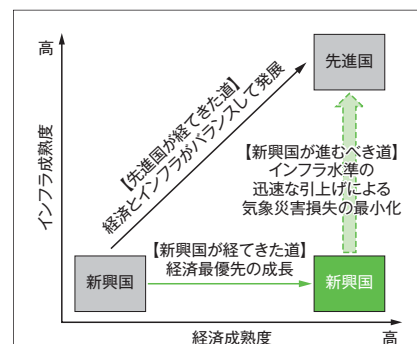


図3. 先進国と新興国の経済発展とインフラ成熟の関係 — 新興国は今後インフラ水準を迅速に整備する必要がある。

Relationship between economic maturity and infrastructure maturity in developed and emerging countries

してしまったり、堤防のない川沿いや海岸域に工場や住居を乱立させたりする状況が発生し、ここにソフトウェアを整備しても、制御できるハードウェアが存在しないために災害を抑止できない状況が発生していると考えられる。新興国では、この課題をトータルで解決し先進国に近づくためのソリューションが求められている。

■東芝の現在までの取り組み

当社は、1955年福岡県脊振山(せぶりさん)に気象庁向けの気象レーダを納入して以来、一貫して気象レーダを開発し提供することで国内の気象災害低減に貢献してきた。近年では、2007年に高出力のマイクロ波半導体を用いた固体化気象レーダを世界に先駆けて実用化し、更に2012年には、フェーズドアレイ技術を気象レーダの分野に取り込むことに成功し、その卓越した性能が気象観測関係者に高く評価されている(図4)。

これらの技術は、国内か国外かを問わず、気象災害がもたらす被害を低減して暮らしを守り、よりいっそう安心・安全な社会を実現する取り組みの一端を担えるものであると確信している。同時に気象レーダを含めた防災の仕組みをもっと広く、様々な分野にいっそう生かしていかなければならないと考えて

いる。

一方、2014年度から新たに内閣府が立ち上げた「戦略的イノベーション創造プログラム」(SIP)の中で、「レジリエントな防災・減災機能の強化(リアルタイムな災害情報の共有と利活用)」と題した防災・減災分野の研究開発が始まった。当社はこのプログラムの中で、独立行政法人 情報通信研究機構や独立行政法人 防災科学技術研究所ほか、官民の様々な研究機関や企業とともにチームを組み、激しくかつ局地的な気象現象を短時間で観測し、その観測・予測結果をいかにリアルタイムで関係機関に伝え、住民の避難に生かすかという仕組み作りの具体的な検討を進めている。

更に、当社が得意としている気象レーダを核にして、様々な気象観測機材と組み合わせた総合気象観測システムや、観測データを目的に応じて二次解析処理し提供する各種ソリューションへの展開を進めている。

このような各種機材・システムの実績を基にした防災及び減災への取り組みを積極的に海外へ情報発信し、関係国とともにその仕組みを構築する活動を展開している。また、2014年に始まろうとしている、機材の仕様を標準化する国際標準化機構(ISO)の傘下での審議に積極的に参画していく。

気象災害を低減するための課題

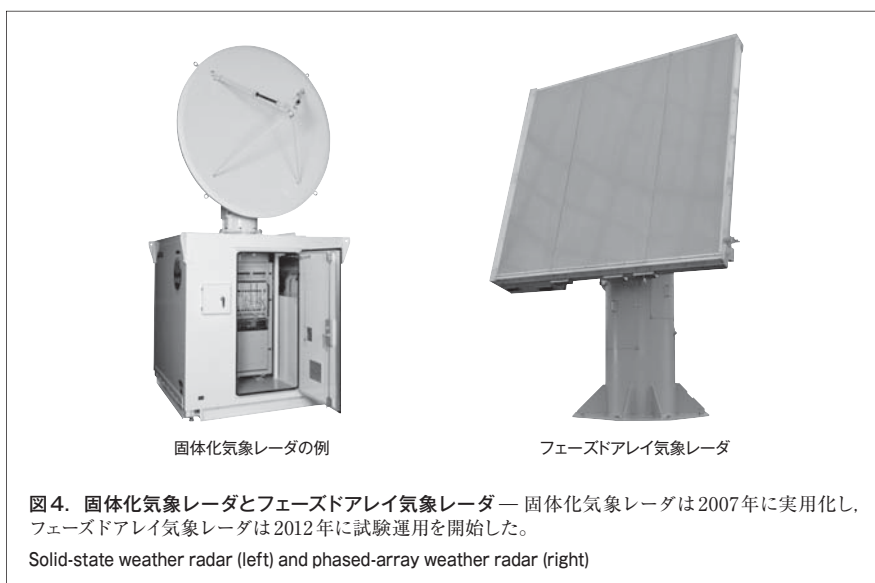
気象災害は前述のように雨や風に起因するものが非常に多い。山岳地帯では土砂崩れや、土石流、鉄砲水など、平野部では河川の氾濫やそれに伴う浸水など、更に都市部では交通や各種インフラの停止など、様々な形で私たちの暮らしが脅かされる。風による災害も、建物の倒壊や農作物への被害など、同様に大きな損害を与える。

このような気象災害による被害を少しでも低減するためには①災害発生前の早期予測と検出、②災害発生後の迅速な対応、及び③再発防止と被害低減のための改善や補強、の三つの課題を解決していかなければならない。

早期の災害予測と検出は、いつもの状態と比べて“何が”、“どれだけ”変わっているのかを常時監視する仕組みが基本にあり、その変化量に対して判定基準が正しく設定されることで検出可能になり、注意報・警報発出や避難誘導といった注意喚起ができる。ここでは、時間的かつ位置的にどれだけ精度よく監視ができるかが重要になる。

次に、災害が発生した場合には、“今どうなっているか”を確認し、“この先どうなるか”を迅速に予測して、それ以上の被害の拡大を防ぎ、すばやく復旧に向けた動きを始めるための検討がなされなくてはならない。また、復旧作業に携わる人々への二次被害を防ぐためにも、正しい情報伝達がなされなくてはならない。

復旧後は、次の災害を未然に防ぐために“何を”、“どうしておくべきか”の観点で改良と補強を進める必要がある。災害発生前まで遡って、蓄積されている一連のデータを解析し、原因となった現象を特定する。そこに様々な分野から集めた知見を交えて対策案を再構築する。厳格な災害対策は時に人々の充実した生活の見直しを迫ることにもなるであろうが、対策を講じる側と住民との十分な意見交換と理解によって最良かつ



最大限の効果が出せる未然防止策が実現できるはずである。

防災・減災ソリューションへの取組み

雨や風といった気象現象のデータだけにとどまらず、雨水が集まる河川の情報も防災の視点からは非常に重要である。梅雨期に限らず、多量の降雨がもたらす河川の氾濫は、人命を脅かすほか、住居やビルといった建造物や地下設備への浸水や、低海拔地域への冠水など、様々な形で私たちに大きな被害を与える。

このような事象に少しでも早く対応できるよう、CCTV (Closed Circuit Television) カメラや水位計などによって水位を常時監視するシステムは多くの国々で整備されている。しかし、たいせつなのは、監視によって得られたデータをどのような形で、どれだけ早く周知させられるかという点である。

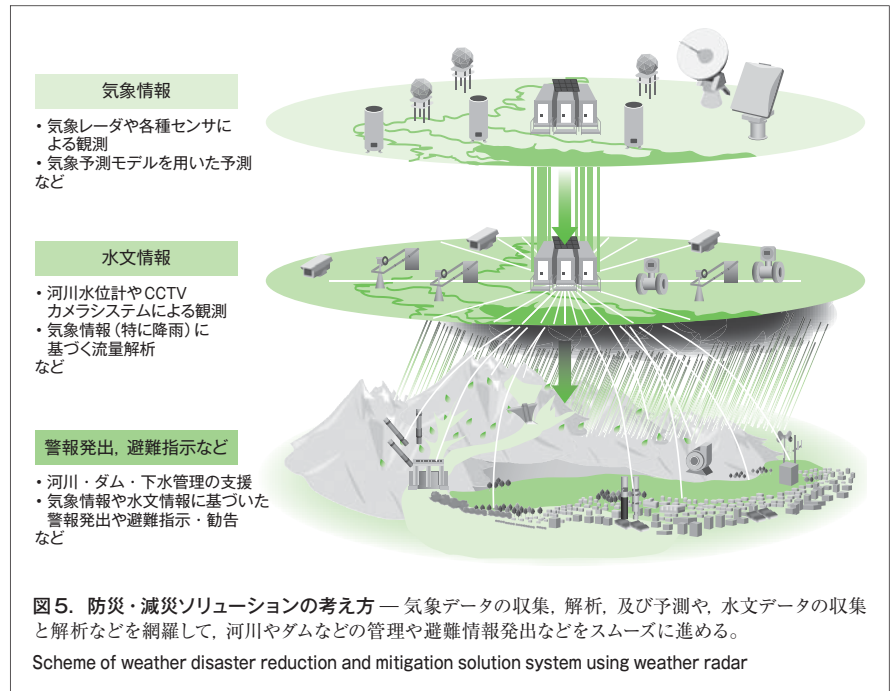
気象現象を早期に捉えて予測し、更に河川の状態の常時監視も含めた様々な気象・水文(すいもん) データをそろえ、

防災・減災ソリューションを提供することは災害対応への第一歩である(図5)。

当社が蓄積してきた気象レーダ技術によって得られる気象データは、災害発生前の予測や事前の対応準備に大きく寄与できる精度を持っている。これを核として、災害が発生したときに、自治体関係部署や、警察、消防などの関係

者が正しい情報をもとに、少しでも早く準備して決断し対応できるように、適切な形でデータを提供できる防災・減災ソリューションを作り上げなければならない(囲み記事参照)。

また、気象データを利用するのは防災及び減災を目的としている関係者ばかりではない。解析した降雨量や、風向



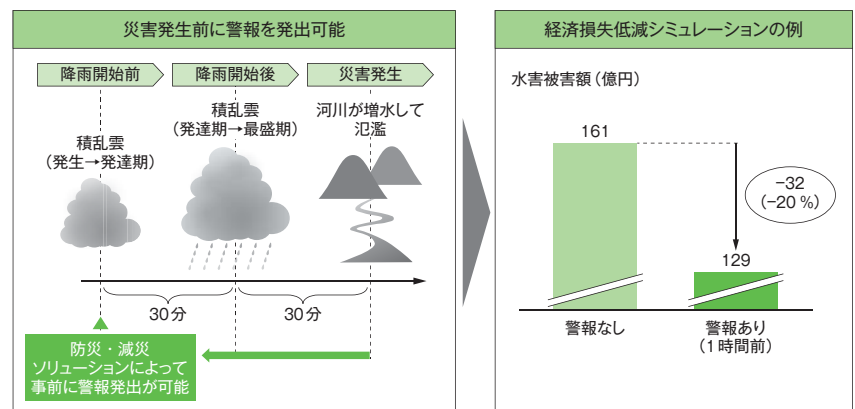
防災・減災ソリューションの導入効果

防災・減災ソリューションの一つとして、将来、フェーズドアレイ気象レーダを核とした総合的な気象観測システムを活用することによって、発達中の積乱雲を検出し、短時間のうちに強い雨がもたらされることを予測できるようになると期待される。これが実現できれば、災害が発生してから警報が発出されるようなケースと比較して約1時間も早く警報を発出することが可能になる。

このような防災・減災ソリューションを構築することによって早期に警報発出とその周知ができれば、住民の人命や財産を守れるばかりでなく、経済損失も大きく低減できる。これをシミュレーションで実証した例を図Aに示す。このシミュレーションで

は、警報が発出されなかった場合と比較して、1時間前に警報発出ができた場合、事

前の災害対応によって約20%の経済損失低減も可能になることを示している。



*CRED [EM-DAT The International Disaster Database]⁽¹⁾, BrasilGlobalNet [Socioeconomic Aspects of São Paulo]⁽⁴⁾, 及びCRUE Flooding ERA-Net [Effectiveness and Efficiency of Early Warning Systems for Flash-Floods (EWASE)]⁽⁶⁾のデータに基づいて東芝が試算

き、風速などの気象データを、様々なエンドユーザーがそれぞれに使えるデータとするために、もう一步踏み込んだ情報にまで加工することも必要になる。

エンドユーザーは各々、既に運用中の機材やシステムを持っている。例えばダムや河川の管理には、降雨量が時間とともにどう増加してくるかという累積雨量データがかなり前から利用されている。また電力会社では、発雷位置情報に基づいた送電系統の切替え判断を行って、落雷による停電の影響を軽減するための対応を実施している。更に、下水道システムの稼働判断のため雨を観測する様々なセンサを整備して、的確な運用に役だっている自治体もある。このような既存のシステムに対しても、利用されているデータの質の向上と更に有効で有用なデータを見いだしていきたい。

また、気象データが日常生活の様々な部分に深く関係していることを考えると、交通や、物流、農林業などはもちろん、保険などの分野でも気象データは必要とされている。このような気象データに対する個々のニーズを把握し、ニーズに応じた情報を的確に届けるそれぞれの顧客向けソリューションを構築して提供することで、交通や物流の安定したシステムの確保をはじめ、農業基盤や自然環境の保全などにも寄与できる。

期待される気象データとして、近年多く見られるゲリラ豪雨の予兆把握について以下に述べる。

多様なセンサを統合する気象観測システムでは、気象レーダは、広範囲にわたる降雨量と風向・風速データを詳細に取得するための核として位置づけられる。この気象レーダの分野に革命が起きつつある。フェーズドアレイ気象レーダの実現である。

従来型の気象レーダは、周辺の気象情報を捉えるのに5～10分を掛けていた。これに対して、フェーズドアレイ気象レーダは最短10秒程度で捉えられる。この結果、ゲリラ豪雨の種が空中に浮かんでいる間に積乱雲の成長過程

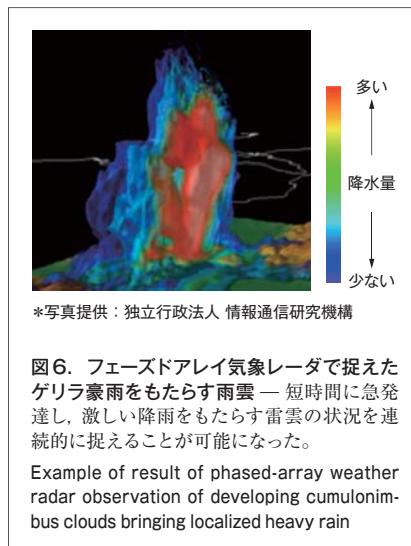


図6. フェーズドアレイ気象レーダで捉えたゲリラ豪雨をもたらす雨雲 — 短時間に急発達し、激しい降雨をもたらす雷雲の状況を連続的に捉えることが可能になった。

Example of result of phased-array weather radar observation of developing cumulonimbus clouds bringing localized heavy rain

を確実に捉えられるようになり、ゲリラ豪雨が地上に落ちてくる20～30分前に予測できるようになる(図6)。

この30分が気象防災の分野に変革を起こすことを期待してもらいたい。

今後の展望

当社は、総合電機メーカーとしての強みを生かし、様々な技術を統合した新しい高性能の気象レーダを開発してきた。その技術は世界的にも高く評価されている。

今後も更に検討を重ね、これを核とした気象観測システムや防災ソリューションを用いて、近年世界的規模で増加し続けている気象災害をもたらす被害を軽減し、世界の防災に貢献していく。

国や地域によって地形や気候の違いはあるが、基本となる防災及び減災のための気象観測システムや防災ソリューションをその土地に合わせた内容にローカライゼーションして適用し、発展させることで、現地の人々の暮らしを守る仕組みとして地域に根付かせていきたい。

当社の技術と製品によって広く人々の暮らしに安心と安全をもたらす、豊かにしていくことが当社の使命であると考え、今後もよりいっそうの技術開発とその適用拡大を続けていく。

文献

- (1) Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). "EM-DAT The International Disaster Database". CRED network. <<http://www.emdat.be/database>>, (accessed 2014-11-19).
- (2) 気象庁. "気象業務はいま 2014". 気象庁ホームページ. <<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/hakusho/2014/HN2014.pdf>>, (参照 2014-11-19).
- (3) 国土交通省. "XRAIN XバンドMPレーダ雨量情報". 国土交通省ホームページ. <<http://www.river.go.jp/xbandradar/>>, (参照 2014-11-19).
- (4) Ministry of External Relations Department of Trade and Investment Promotion. "Socio-economic Aspects of São Paulo". BrasilGlobalNet. <http://www.brasilglobalnet.gov.br/ARQUIVOS/Publicacoes/GuiInvestidor_SaoPauloDPRI.pdf>, (accessed 2014-11-19).
- (5) CRUE Flooding ERA-Net. "CRUE Research Report No I-5: Effectiveness and Efficiency of Early Warning Systems for Flash-Floods (EWASE)". European Flood Risk Management Research. <http://www.crue-eranet.net/calls/ewase_finalreport.pdf>, (accessed 2014-11-19).



柳沼 亮一
YAGINUMA Ryoichi

社会インフラシステム社 電波システム技師長。
情報処理学会会員。
Social Infrastructure Systems Co.



安藤 康浩
ANDO Yasuhiro

社会インフラシステム社 電波システム事業部 電波
応用推進部長。電波応用事業の推進に従事。
Defense & Electronic Systems Div.



川野 修一
KAWANO Shuichi

社会インフラシステム社 電波システム事業部主幹。
航空管制システム及び気象防災システムのエンジニア
リング業務に従事。
Defense & Electronic Systems Div.