

ブラジル連邦共和国

パラナ州防災局

ブラジル連邦共和国  
開発途上国の社会・経済開発のための  
民間技術普及促進事業  
パラナ州雨量レーダ普及促進事業  
業務完了報告書

令和元年 9 月

(2019 年)

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

日本無線株式会社

民連
JR
19-137

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び提案法人は、いかなる責任も負いかねます。

# 目次

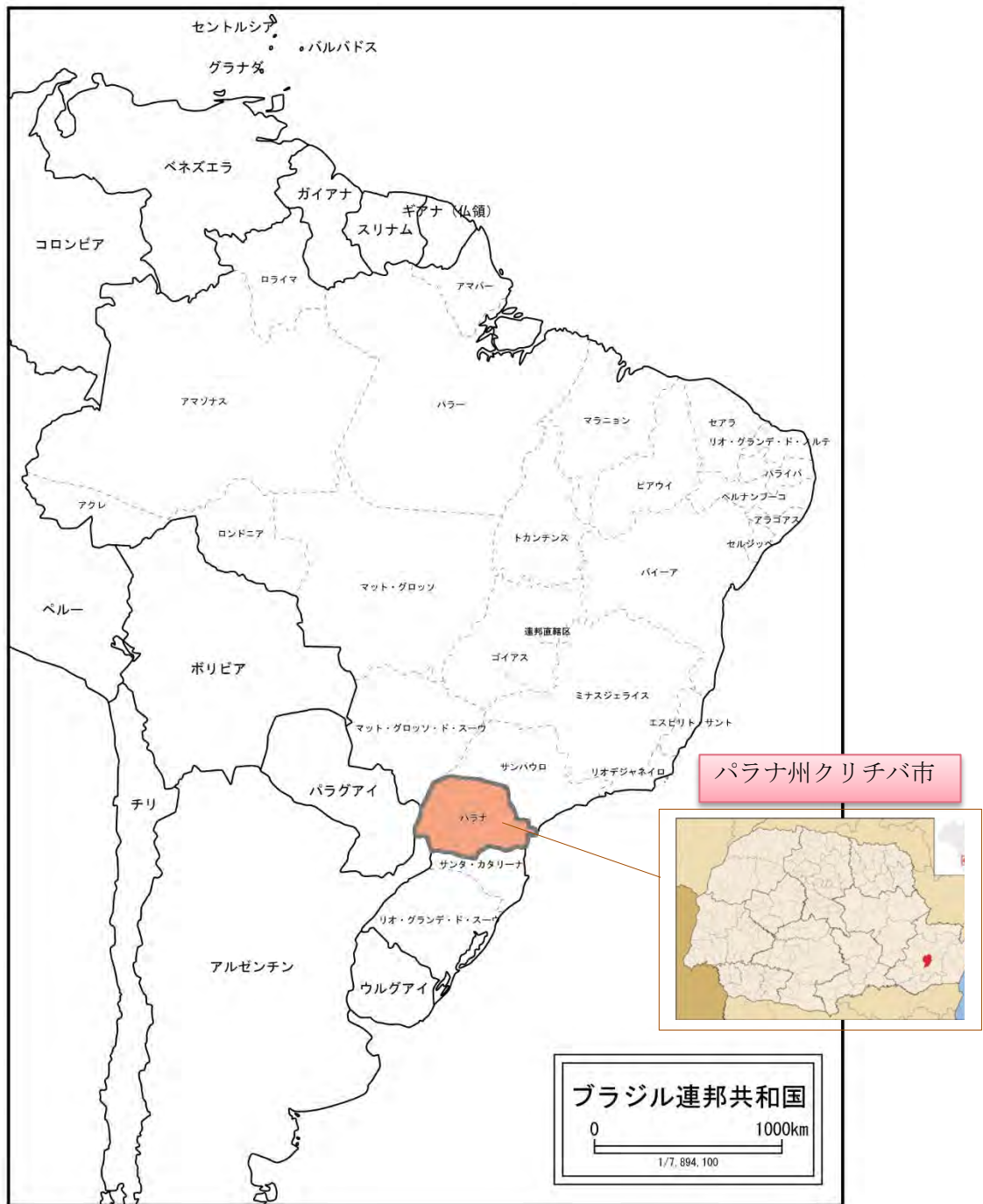
地図 .....	i
略語表（記号説明を含む） .....	ii
第1章 要約 .....	1
1.1. 要約 .....	1
1.2. 事業概要図 .....	3
第2章 本事業の背景 .....	4
2.1. 本事業の背景 .....	4
2.1.1. 対象国・地域・都市の政治・経済の概況 .....	4
2.1.2. 対象国・地域・都市が抱える開発課題 .....	9
2.2. 普及対象とする技術、及び開発課題への貢献可能性 .....	10
2.2.1. パラナ州防災システムに関する課題分析 .....	10
2.2.2. 普及対象とする技術の詳細 .....	10
2.2.3. 開発課題への貢献可能性 .....	15
第3章 本事業の概要 .....	16
3.1. 本事業の目的及び目標 .....	16
3.1.1. 本事業の目的 .....	16
3.1.2. 本事業の達成目標（対象国・地域・都市の開発課題への貢献） .....	16
3.1.3. 本事業の達成目標（ビジネス面） .....	17
3.2. 本事業の実施内容 .....	17
3.2.1. 実施スケジュール .....	17
3.2.2. 実施体制 .....	19
3.2.3. 使用資機材 .....	21
第4章 本事業の実施結果 .....	22
4.1. 実証実験結果 .....	22
4.1.1. ケース1：警戒状態を計測したが、土砂災害は発生しなかったケース .....	25
4.1.2. ケース2：警戒状態を計測しなかったが、土砂災害が発生したケース .....	27
4.1.3. 考察 .....	29
4.2. 第1回現地活動 .....	29

4.2.1.	本活動の目的.....	29
4.3.	第2回現地活動.....	32
4.3.1.	本活動の目的.....	32
4.4.	第3回現地活動.....	37
4.4.1.	本活動の目的.....	37
4.5.	第1回本邦受入活動.....	40
4.5.1.	本活動の目的.....	40
第5章	本事業の総括（実施結果に対する評価）.....	44
5.1.	本事業の成果（対象国・地域・都市への貢献）.....	44
5.1.1.	Xバンド二偏波固体化雨量レーダを使った防災システムとは.....	44
5.1.2.	二偏波固体化雨量レーダとは.....	44
5.1.3.	雨量レーダの水文分野への応用.....	45
5.1.4.	災害リスク軽減システムとは.....	47
5.1.5.	現地検証内容.....	48
5.1.6.	本災害リスク軽減システムで用いている手法.....	56
5.1.7.	災害リスク軽減システムの評価と既設防災システムとの比較.....	57
5.1.8.	災害リスク軽減システムの既設防災活動へのリンクおよびその評価.....	58
5.2.	本事業の残課題とその解決方針.....	59
5.2.1.	課題と解決方針.....	59
第6章	本事業実施後のビジネス展開の計画.....	60
6.1.	ビジネスの目的及び目標.....	60
6.1.1.	ビジネスを通じて期待される成果（対象国・地域・都市の社会・経済開発への貢献）.....	60
6.1.2.	ビジネスを通じて期待される成果（ビジネス面）.....	60
6.2.	ビジネス展開計画.....	61
6.2.1.	ビジネスの概要.....	61
6.2.2.	ビジネスのターゲット.....	62
6.2.3.	ビジネスの実施体制.....	62
6.2.4.	ビジネス展開のスケジュール.....	62
6.2.5.	競合の状況.....	63
6.2.6.	ビジネス展開に際し想定されるリスクとその対応策.....	63

<b>6.3. ODA 事業との連携可能性 .....</b>	<b>63</b>
<b>6.3.1. 連携事業の必要性 .....</b>	<b>63</b>
添付資料 .....	64

# 地図

プロジェクト地図



出展：白地専門店(<http://www.freemap.jp/>)を元に作成

## 略語表（記号説明を含む）

略語	正式名称	日本語名称
ANTEL	The National Telecommunications Agency (Portuguese: Agência Nacional de Telecomunicações)	通信省（ブラジル特別機関）
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (National Center for Monitoring and Warnings of Natural Disasters)	国家自然災害モニタリング・警報センター
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres(Risk and Disaster Management National Center) SEDEC, MI	全国災害リスク管理センター
CL	Critical Line	災害発生臨界値
EL	Evacuation Line	災害発生避難値
EL	Elevation	仰角
GIDES	Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais (Project for Strengthening National Strategy of Integrated Natural Disaster Risk Management)	統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクト
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
I/F	Interface	接続条件
JDB	JRC do Brazil	日本無線株式会社・現地法人会社
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構（日本）
JMA	Japan Meteorological Agency	気象庁（日本）
JRC	Japan Radio Co.,Ltd.	日本無線株式会社
Kdp	Specific Differential Phase	偏波間位相差変化率
MLIT	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism	国土交通省
MPLS	Multi-Protocol Label Switching	パケット高速化技術
MTI	Moving-Target Indicator	移動目標指示
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On the Job Training	教育訓練
PAGASA	Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration	フィリピン大気地球物理天文局
R	Rainfall Intensity	雨量強度
PIB	Produto Interno Bruto	域内総生産
PPA	Plano Plurianual (Multi-Year Plan)	多年度計画
PPI	Plan Position Indication	平面図表示
PRF	Pulse Repetition Frequency	パルス繰り返し周波数
RDAS	Radar Data Analysis Server	レーダデータ解析サーバ
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná Meteorological System of Paraná	パラナ州気象局
SNS	Social Networking Service	ソーシャル・ネットワーキング・サービス
SMS	Short Message Service	ショートメッセージサービス
SOP	Standard Operation Procedure	標準業務手順

SOW	Scope of Work	業務仕様書
UPS	Uninterruptible Power Supply	無停電電源装置
VPN	Virtual Private Network	バーチャルプライベートネットワーク
WL	Warning Line	災害発生警戒値
Z	Radar Reflectivity	レーダ反射強度
Zdr	Differential Reflectivity	反射因子差
$\varphi_{dp}$	Differential Phase	偏波間位相差
$\rho_{HV}$	Correlation Coefficient	偏波間相関係数



## 第1章 要約

### 1.1. 要約

#### - 本事業の背景

ブラジルでは、2011年1月にリオデジャネイロ州山岳部を中心に大規模な土砂災害が数100ヶ所で発生し、古くから観光地として知られる歴史ある都市を押し流し、死者行方不明者約1,000人を出すブラジル史上最悪の惨事となった。事態を重く見たブラジル政府は、この災害をきっかけに自然災害に対処する国家政策や戦略を再構成するため、国家開発計画である多年度計画（PPA）に災害リスク管理・対応に特化したプログラムを導入した。一方、ブラジルの中でも先進的な防災取組みを進めているパラナ州防災局から2013年5月、弊社に対してXバンド二偏波レーダシステム、予警報システムなどの提案要請があり、本事業開始前よりパラナ防災局へのプレゼンテーション、TV会議などを通し技術支援を行ってきた。弊社は、古くから国内外の防災事業に取り組んでおり、日本においては気象庁・国土交通省へ雨量レーダを納入した実績並びにリモートセンシング技術を基に国際競争力のあるXバンド固体化二偏波レーダを開発したところである。この新規開発した雨量レーダとこれまで長年にわたり国内外に納入してきた防災ソリューションのノウハウを生かして、ブラジル国で発生しうる自然災害の軽減に貢献すること及び弊社の防災ソリューション事業の拡大を図る。

#### - 本事業の普及対象技術

パルス圧縮技術を使ったXバンド二偏波レーダを用いることで、より正確な雨量強度観測を実現、精度の高い降雨観測手法を用いて、降雨観測システムや水資源管理システム、ダム管理システムへの応用および土砂災害危険度支援システム等の防災システム技術の展開を図る。

#### - 本事業の目的／目標

- ・パラナ州でのXバンド二偏波レーダの性能評価、雨量データ収集
- ・ブラジル国の防災能力強化に協力し、災害に強い社会構築に貢献
- ・Xバンド二偏波レーダに関する基礎的知識、操作に関する技術を供与
- ・洪水、土石流予警報モデルを供与
- ・防災分野における日本方式基準の展開
- ・日本固有の技術ならびに防災ソリューションにおいて、高い評価を取得
- ・パラナ州気象局 SIMEPAR にXバンド二偏波レーダシステム拡販

#### - 本事業の実施内容

##### 本邦受入活動の目的

- ・日本における防災システムの概要と防災システムの事例を紹介
- ・弊社製品の運用現場視察及び技術指導

##### 現地活動の目的

- ・Xバンド二偏波レーダシステムに係るセミナー及び技術指導
- ・実機の理解促進を目的とした雨量データ収集など実証活動

#### - 本事業の結果／成果

本事業により最新のXバンド二偏波レーダを使った広域雨量観測センサーと日本が開発したスネーク曲線を使用した土砂災害リスク管理ソフトを組み合わせた構成による防災システムの近代化の実現とパラナ州防災局管轄下にある広域災害リスクの把握と自動アラーム機能による迅速な防災活動の実施という当初の目的を達成することができた。

- 現段階におけるビジネス展開見込み

ビジネスの概要

- ・雨量レーダを核とした予警報システム、土石流センサーのパッケージ化
- ・弊社の得意とする洪水予警報システムとの連携
- ・土石流災害危険情報の差別化
- ・欧米メーカーが取り組んでいない防災ソリューションとの連携

市場ターゲットは、パラナ州、リオデジャネイロ州、サンパウロ州、サンタカタリーナ州、ミナス・ジェライス州、国家災害モニタリングセンター(CEMADEN)等

- ビジネス展開見込みの判断根拠

総事業費 パラナ州、リオデジャネイロ州、サンパウロ州、サンタカタリーナ州、ミナス・ジェライス州、国家災害モニタリングセンター(CEMADEN)などを市場ターゲットとする。各州へ X バンド二偏波レーダ 4 基、連邦政府関係 10 基、その他洪水予警報システム、同報無線、土石流センサーを含め市場規模は 70 億円と想定している。

資金調達 州政府の自己資金を想定

- ビジネス展開に向けた残課題と対応策・方針

ブラジルは、「ブラジルクスト」と呼ばれる複雑な法制度や高額な税制、専門技術を有する人材の不足などの課題がある。特に関税が高いため、日本からの機器輸出する場合にビジネス展開への足かせとなる。今後ビジネス展開が見込めると判断した場合、現地企業と協業・製造委託を検討しつつ、全体コスト削減、製造機器の低コスト化、現地調達比率を高め、地産地消を実現、競合他社に勝ち抜く体制を整える必要がある。

- 今後のビジネス展開に向けた計画

ブラジルにおける X バンド二偏波レーダ普及へ向け、日本無線及び現地法人 JDB / JRC do Brasil がカウンターパートであるパラナ州政府と協調し、ビジネス展開を推進する。

- ODA 事業との連携可能性について

JICA 技術協力による「統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクト」は、ブラジル国の統合的な自然災害リスク管理国家戦略の強化に寄与することを目的として 2013 年 7 月から 2017 年 11 月まで実施された。本事業と連携することにより、土砂災害リスクの低減、災害対応能力の向上等の相乗効果が得られるため、ブラジル国が抱えている自然災害の対する脆弱性の問題を解決することが可能となる。

## 1.2. 事業概要図

本事業をまとめた概要を図 1-1 に示す。

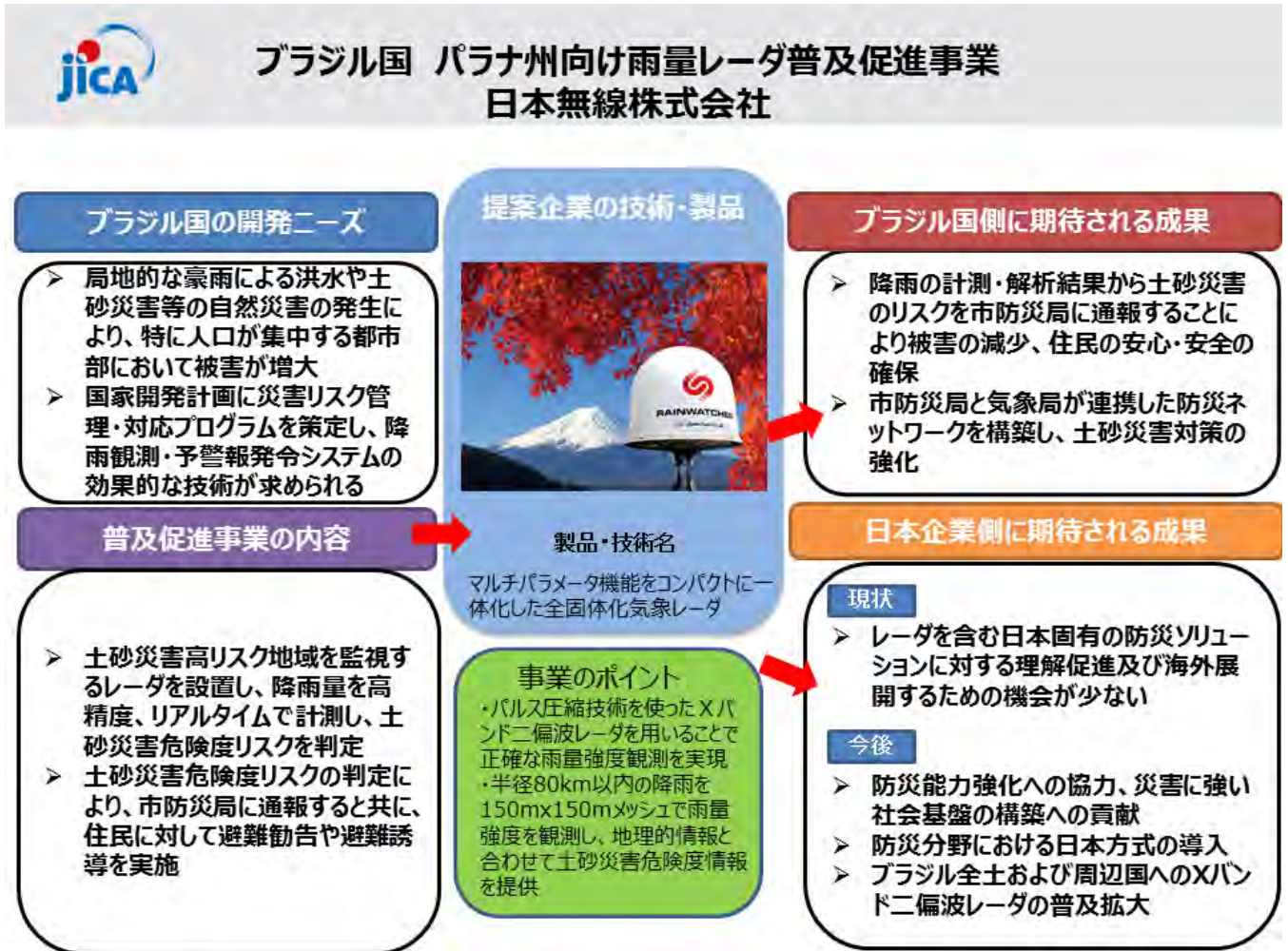


図 1-1 事業概要図

## 第2章 本事業の背景

### 2.1. 本事業の背景

#### 2.1.1. 対象国・地域・都市の政治・経済の概況

##### (1) パラナ州の気候および災害状況

ブラジルでは洪水や土砂災害等の自然災害による被害の9割が南東部に集中している。

本事業の対象地域であるパラナ州は、ブラジル南部に位置し、北部はサンパウロ州、南部はサンタカタリーナ州、西部はマットグロッソドスール州、パラグアイ及びアルゼンチンとそれぞれ州境及び、国境を接し、東部は大西洋に面している。パラナ州の地勢は、州東部の狭隘な海岸平野から、南北に細く伸びる海岸山脈（最高峰は海拔1,922m）に向かって急激に隆起、その後、3つの起伏に富んだ高原地帯（海拔200mから1,300mまで）を包含しつつ、内陸部に向かって緩やかに下降する形になっている。

気候としては、パラナ州北部を南回帰線が横切り、また、州面積の約半分が海拔600m以上の高原であるため、北部、西部及び海岸平野が熱帯性気候、中部が亜熱帯性気候、南部が温帯性気候となっている。州都クリチバ市は、温帯性気候に属しているが、海拔が908mあるため寒暖の変化の激しい高原性気候であり、一日のうちに四季があると言われている。冬季は濃霧が発生し易く、曇天の日が比較的多い。同市の2010年の夏季及び冬季の平均気温は各々21.2度及び14.5度である。

（「パラナ州外観」在クリチバ日本国総領事館、平成23年6月より）

##### (2) ブラジル連邦政府の防災対策

ブラジルでは、2011年1月にリオデジャネイロ州山岳部を中心に大規模な土砂災害が数100ヶ所が発生し、古くから観光地として知られる歴史ある都市を押し流し、死者行方不明者約1,000人を出し、ブラジル史上最悪の惨事になり、この災害をきっかけにブラジル政府は自然災害に対処する国家政策や戦略を再構成することとなった。

土砂災害リスクを高めている要因は、気象変動等に起因する自然現象の変化だけではなく、災害リスクの高い地域での住民の増加や砂防施設や河川改修などの防災インフラ整備の遅れや、テレメータなどの降雨観測システムや早期警戒発令システムなどの未整備など、複合的な要因も含まれている。また、ブラジル連邦政府は、多くの諸外国と同様、これまで災害発生後の対応に重点を置いていたため、災害リスクを軽減するための防災対策を積極的に推進してこなかったことも災害リスクを高めている一因となっている。

そこで、2011年の災害後、国家開発計画である多年度計画（PPA）に政策災害リスク管理・対応プログラムが国家の防災重点政策に加えられ、降雨予測都観測強化のための国家自然災害モニタリング・警報センター（CEMADEN）、および災害リスク評価・災害対応を目的として全国災害管理センター（CENAD）が設立された。加えて、2012年に国家防災法である法律「Lei No.12.608, de 10 de abril de 2012」を制定するとともに、連邦都市法を改正して災害リスクを考慮したマスタープラン及び都市拡張計画を市政府が策定するよう規定した。更に、このマスタープランには都市拡張計画へ配慮することが義務付けられた。

##### (3) パラナ州の防災政策および防災活動の現状

パラナ州では多くの自然災害が発生しており、防災局が重要視している災害には土砂災害を筆頭に、強風、鉄砲水（フラッシュフラッド）、雹、洪水などが挙げられる。強風や雹に対しては、明確な警戒基準（SOP：Standard Operation Procedure）は無く、防災局は気象局からの通知される情報を元に住民に情報展開している。鉄砲水に対しても、明確なSOPは無く、気象局から提供される雨量レーダ画像、地上雨量計のデータ、過去の発生事例などを総合的に判断し、住民に情報展開してい

る。防災局では、本システムを導入する以前より洪水災害と土砂災害における SOP を持っており、気象局などから提供される雨量データを用いて、独自に警戒判定を行っている。洪水災害に関しては、60分雨量、24時間雨量、48時間雨量、及び水位の観測値・演算値に対してそれぞれ「平常レベル」、「注意監視レベル」、「警戒監視レベル」に分けて判定している。土砂災害に関しては、サンパウロ州の研究所が開発した Ogura 式（サンパウロ州立技術研究所（IPT）の地質学者および研究者であるアゴスチーニョ小倉正氏による土砂災害予測の指標）と言われる 72 時間雨量と 60 分雨量強度のピーク値をプロットして CL 判定する方式を用いているが、エクセルシートや紙面を使ったオフライン計算で判定を行っているのが現状である。

地方防災機関は国家防災システム（SINPDEC）と呼ばれる以下のような体制で組織されている。

- 国家防災庁（SEPDEC: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil）
- 州防災局（CEPDEC: Coodenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil）
- 州地域防災分局（CORPDEC: Coodenadoria Regional de Proteção e Defesa Civil）
- 市・自治体の防災組織（Órgãos Municipais de Coordenação de Proteção e Defesa Civil）
- 市・自治体の防災分署（NUPDEC: Núcleos de Proteção e Defesa Civil）

災害発生時には、州、市レベルで防災審議会が招集され、非常事態、または災害発生時の対応および復旧のために展開すべき活動に直接関与している。州の防災局は、州防災計画の策定、各市の災害時の応急対応の支援、各市の災害復旧・復興に対する資金・技術面での支援、および各市の防災人材育成支援などの役割を担う。また、市の防災組織では、市防災計画の策定、市内のリスクマップの作成、災害時の応急対応、災害復旧・復興対策の実施、および災害警戒情報の発令などの役割を担う。

また、特に州の防災局である CEPDEC は主に以下の活動を実際に行っている。（JICA：「ブラジル国 防災分野システムインフラ調査 ファイナル・レポート」より）

- 気象水文モニタリング機関が発する警報をもとに降雨、気候予測を確認する
- 予測される激しい降雨など気象・水文現象を州・市の上層部に通報し、市・自治体の防災組織に緊急対応の準備、自治体のリスクエリアの監視を要求する
- 人材養成を行う（市・自治体の防災組織の模擬訓練など）
- 市・自治体の防災組織に災害予防活動及びリスクエリアにおける住民指導を提案する
- 災害関連機関及び市・自治体の防災組織の長期待機体制を維持する
- 気象水文モニタリング機関が発する気象・水文情報を州及び市町村の上層部、防災担当者などの登録者に通達する
- 災害の進展についての報告書を作成・公表する
- 被災者への人道支援物資の在庫を保管する

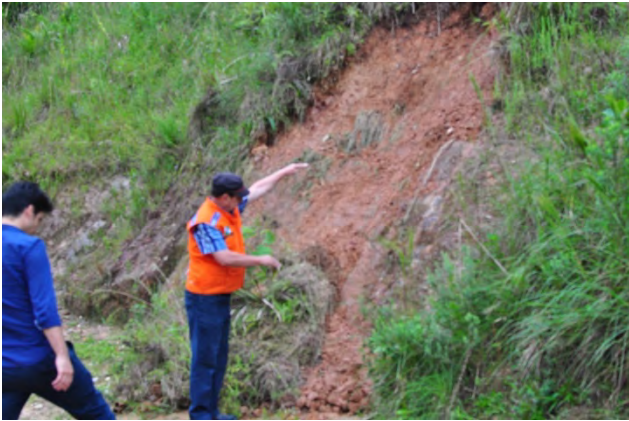


図 2-1 パラナ州の土砂災害の事例（小規模）

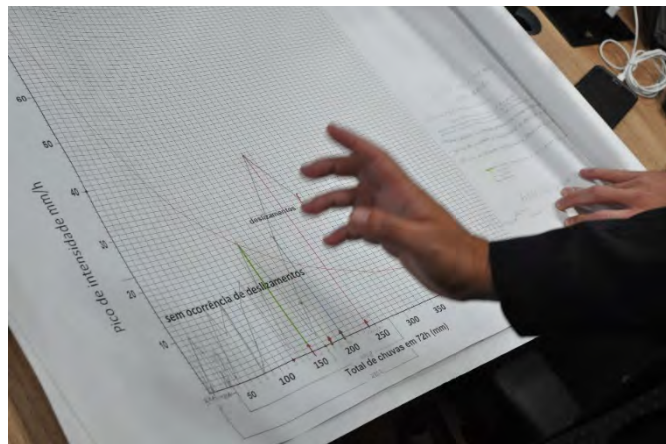


図 2-2 Ogura 式による土砂災害判定

#### (4) パラナ州の防災体制

パラナ州防災局は、クリチバ市に本部を設置し、州内 15 の地域に防災地方局において消防局、及び防災指揮官を配置し、その配下にある 399 の地方自治体を管轄している。基本的に本部では 24 時間体制で州内の災害を監視している。

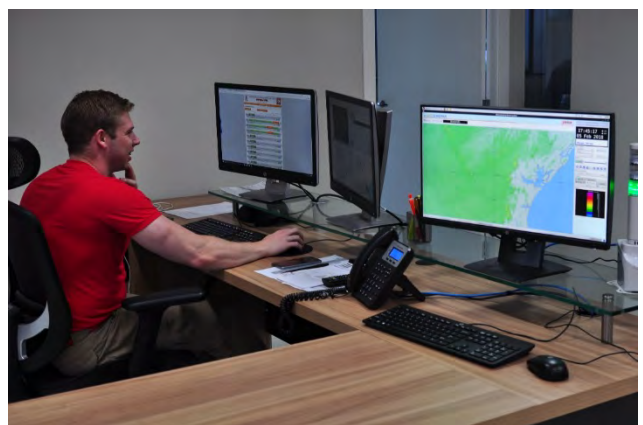
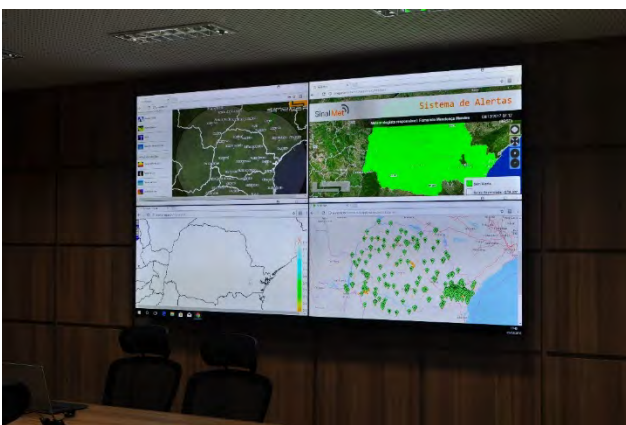


図 2-3 パラナ州防災局本部

連絡体制は、本部→防災地方局→地方自治体の流れで伝達され、主な手段は WhatsApp や電子メールである。防災局が 2017 年に導入した SMS アラートシステムによっても住民に情報展開されており、州の人口約 12 百万人に対し、約 340 千人が登録している。（防災局とのヒアリング結果より）

防災局は災害に対する警戒情報を住民に対して発信するが、避難発令に関しては、防災局自体は行わず、地方自治体が防災局と検討しながら発信する。

また、防災局では、州内で発生した様々な災害情報を本部で集約しデータベース化している。

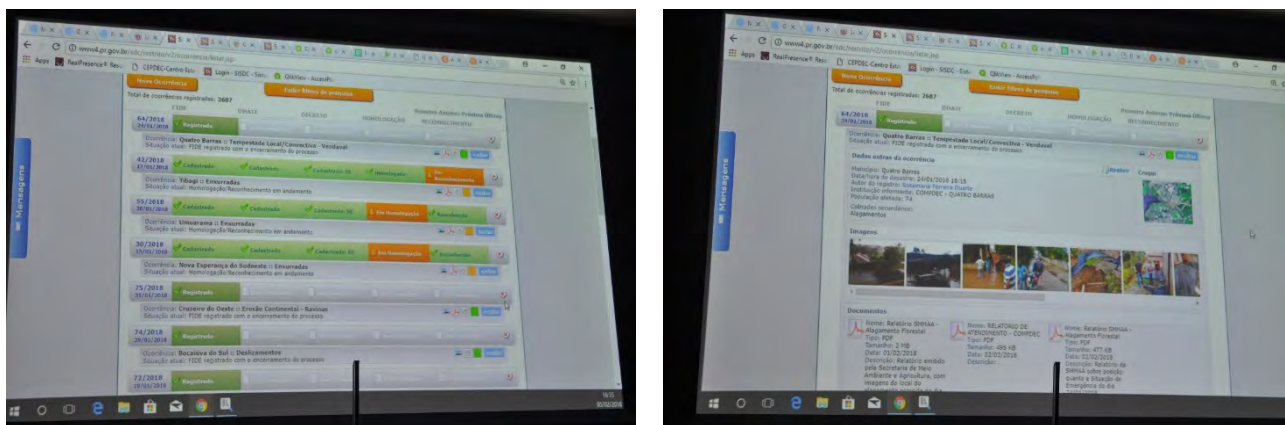


図 2-4 パラナ州防災局の災害データベース

#### (5) パラナ州の防災システムの現状

パラナ州は、SIMEPAR や様々な水文観測機関などと連携して各種観測データのモニタリングを行い、独自のデータベースシステムを用いて GIS を組み合わせた災害分析を行うなど、他州に先駆け早くから防災システム導入に取り組んでおり、弊社現地法人 JDB も雨量モニタリングの精度向上にソリューションの提案を求められているところである。パラナ州での取り組みは連邦政府でも同様に検討中であり新技術の導入に関心を持っていることから、ブラジル政府の投資が見込まれる。2014 年 6 月 7 日から 8 日にかけてパラナ州を襲った大雨による被災者は、773,511 人に達し、州全体では 32,456 人が自宅退去を余儀なくされ、6,008 人が住居を失った。海岸都市部に人口が集中しているパラナ州では局地的な豪雨に対して脆弱と言える。これらの問題点として、アスファルト舗装の道路や密集したコンクリート建物、河川の未対策、下水道への流入に対し排水処理が追いつかない状況となっている。

サンパウロ州、パラナ州、ミナス・ジェライス州、ペルナンブーコ州では、地方から流入する人々が都市開発に伴う土地価格の高騰によって災害リスクの高い地域への居住を余儀なくされている現状や、降雨観測システム及び予警報発令システムの未整備、更に斜面崩落防止・砂防ダム等の砂防施設や河川の改修等の洪水対策施設の未整備等が問題となっている。また基準時間雨量を超える豪雨時には市町村および住民に対して警報が発令されるが、その伝達手段として SMS、E-mail、電話等が用いられ、住民に対しては twitter 等の SNS を通じて発信される場合が多い。州防災局は、洪水被害を受けた際、公衆回線の途絶により通信の確保ができず災害対応に支障をきたした経験から、災害対応時に活用するデジタル無線網の整備を進めているところである。災害リスクの高い州の域内総生産（PIB）を伸ばして域内経済を活性化するためには自然災害による被害を軽減し、安定した企業活動や住民が安心して暮らせるための防災システムの整備が不可欠である。特に未整備である降雨観測システム及び予警報発令システムや土砂災害危険度支援システムの整備を重点的に進め、防災対策の強化と災害難民の撲滅を図ることが喫緊の課題である。

#### (6) パラナ州の気象レーダ、地上観測網

パラナ州の気象局では、パラナ州の東部、および西部に合計2機のSバンドレーダを配備し、合成されたレーダ画像や30分毎に3時間先のナウキャストデータなどを提供している。また、地上の観測網は気象観測局、雨量・水位観測局、および雨量観測局に分類され、農業・工業などの産業に関連する各種省庁や民間向けに提供している。また、各機関と提携している観測局やメンテナンスのみ気象局 (SIMEPAR) が担当している観測局 (ECOVIA、INMET、IAPAR、Kalabin、PCH Novo Horizonte、PCH São Francisco、Águas do Paraná、LUDESA、Caminhos do Paraná) もあり、これらのデータを用いて気象局 (SIMEPAR) は様々な演算データを提供している。提供データの中には、5日間の河川流量の予測なども含まれる。

防災局向けには、CEMADENのデータを用い、防災局のSOPに応じた警報発令基準値の超過判定などのデータを提供している。

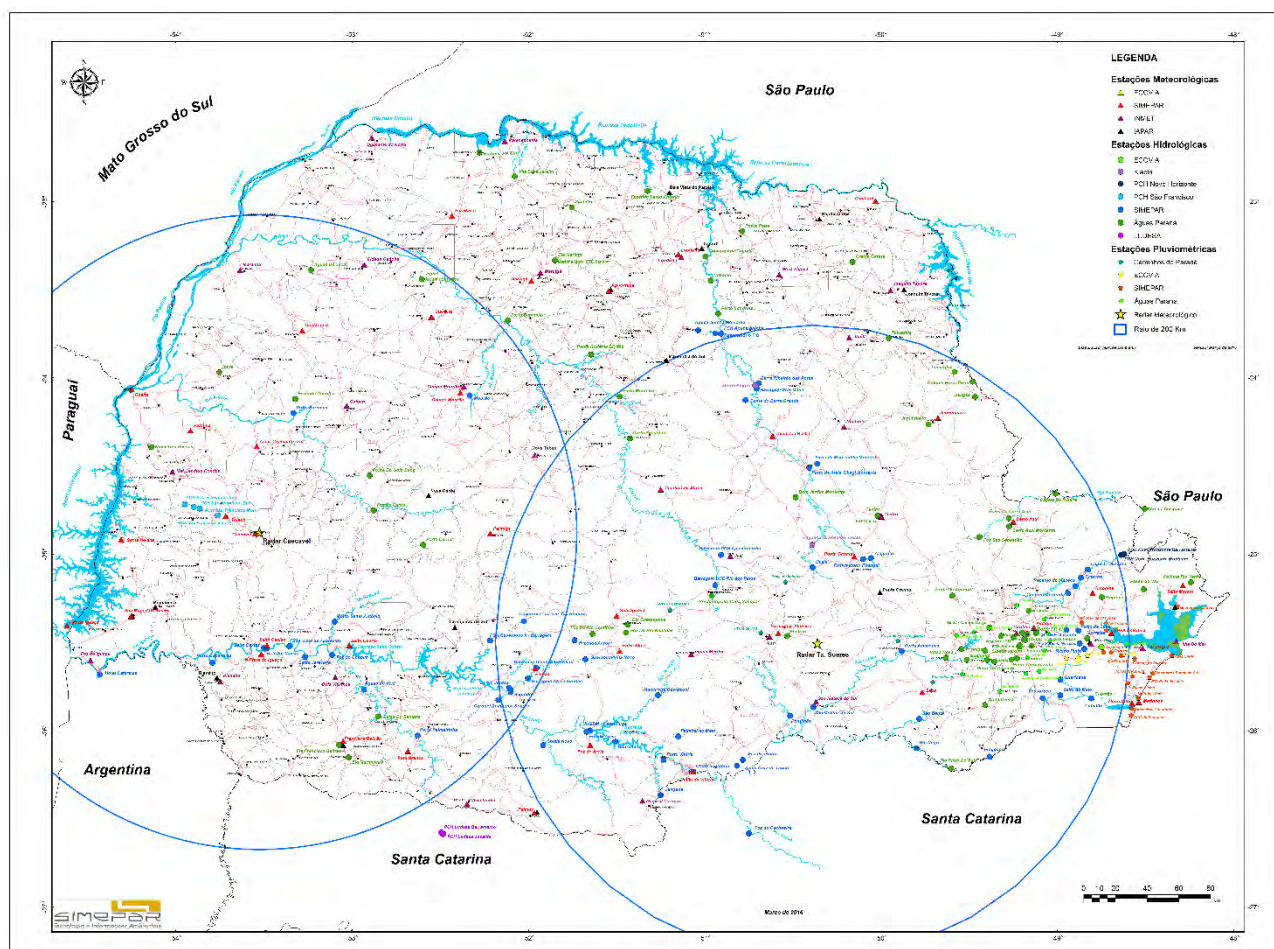


図 2-5 SIMEPAR が提供する地上観測局、および気象レーダ 出展：SIMEPAR





図 2-6 SIMEPAR が提供する流量予測

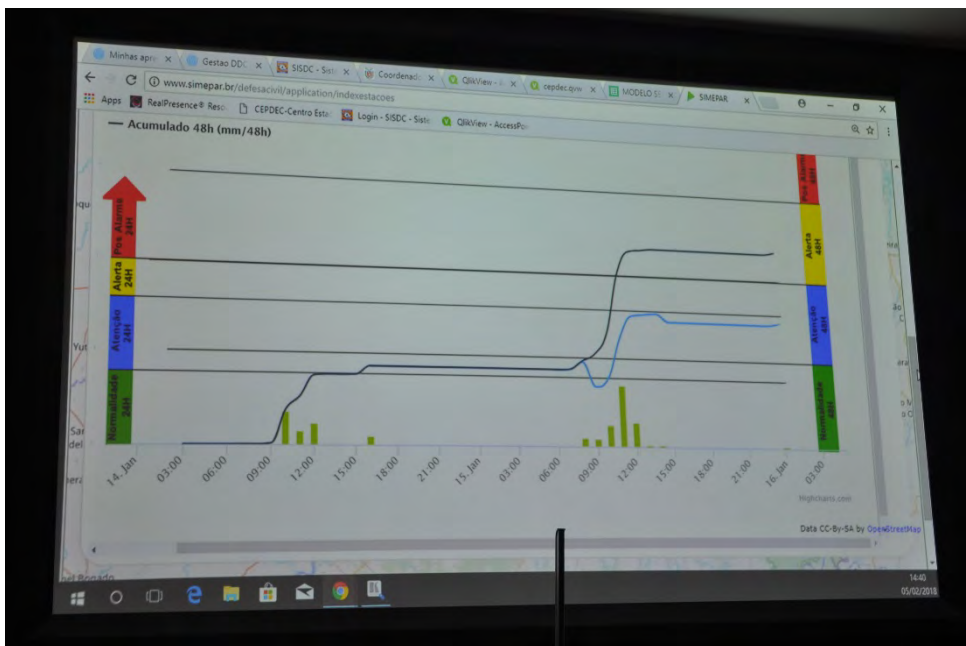


図 2-7 SIMEPAR が防災局向けに提供する雨量データ

### 2.1.2. 対象国・地域・都市が抱える開発課題

これまでのブラジルは、災害が起こってから対応するというところに重点を置いてきたが、日本の高い防災技術や豊富な経験をブラジルへ展開することで、自然災害の源となる降雨観測設備の強化を図り、土砂災害や洪水災害の発生リスク解析と予知機能を充実することが必要である。前述で記述した通り、対象地域の防災の現状では降雨観測システム及び予警報発令システムの未整備、更に斜面崩落防止・砂防ダム等の砂防施設や河川の改修等の洪水対策施設の未整備等が課題として指摘されている。砂防ダムや河川改修等の土木工事にはコストと時間および設計のための基礎データの収集が必要になる。先ず住民の安心・安全や企業活動の安全を確保するために降雨観測システムを整備して予警報発令システムを構築する必要がある。

特に、パラナ州が重要視している災害は、土砂災害や鉄砲水（フラッシュフラッド）であるが、これらの災害はありとあらゆる自然災害が発生する日本においても共通の課題である。特に、土砂災害に関しては、日本とパラナ州では地形的条件や天候的な条件が異なるとはいえ、その基本的な解決策は、災害の多い日本であって幅広く導入され、実績のある警戒避難基準雨量の設定手法（スネーク曲線）で解決出来る。

弊社が提供する X バンド二偏波レーダは、効率良く高い精度で降雨量を計測することが可能であり、半径 80km 以内の降雨を 150m x 150m メッシュで雨量強度 (mm/h) を観測し、地理的情報と合わせて土砂災害危険度情報を提供することができることから、土砂災害をはじめとする様々な災害から市民を守るための分析・解析（土砂災害危険度評価等）や情報提供及び状況判断、対策実施の効率化・迅速化を支援するシステム（観測機能、分析・解析機能、情報伝達機能等）を統合して活用することで、減災機能および都市防災機能の向上が見込める。

具体的には、最も土砂災害の危険性が高いパラナ州に X バンド二偏波レーダを設置し、このレーダ情報から市内全域に広がる土砂災害危険地域の降雨量をリアルタイムで計測し、降雨量の解析結果から土砂災害の危険リスクが非常に高くなった場合、市防災局に通報して危険地域の住民に対して避難勧告や避難誘導することで住民の安心・安全を確保することが期待できる。またこのような降雨観測システムを整備することで、災害に強い都市計画の策定や砂防設備、洪水対策設備建設のための基礎データの収集および自然災害による企業リスクを軽減することで、人・物の流動化を促進し域内経済の活性化が期待できる。パラナ州での設置を契機として、土砂災害危険地域を抱えるリオデジャネイロ州、サンパウロ州、ミナス・ジェライス州、ペルナンブーコ州への拡大を計画している。

## 2.2. 普及対象とする技術、及び開発課題への貢献可能性

### 2.2.1. パラナ州防災システムに関する課題分析

洪水災害や土砂災害に対しては、具体的な SOP（60 分雨量、24 時間雨量、48 時間雨量、及び水位の観測値・演算値に対してそれぞれ「平常レベル」、「注意監視レベル」、「警戒監視レベル」に分けて判定）も整っているが、洪水災害に対しても土砂災害に対しても同じ設定値で運用されており、その値の再検証は行っていない。また、用いている雨量データは CEMADEN のデータを用いているが、CEMADEN の観測局のメンテナンス性を問題視する関係者もあり、SIMEPAR が管理している雨量データに比べ信頼性が高いとは言えない部分がある。また、土砂災害に用いている Ogura 式（サンパウロ州立技術研究所（IPT）の地質学者および研究者であるアゴスチーニョ小倉正氏による土砂災害予測の指標）の判定方法はオフラインのため、演算とデータ公開の意味では即時性に対応できていない。また、強風、雹に対しては、具体的な SOP も無く、鉄砲水に対しても警戒判定方法が確立できていない。

一方、監視体制としては、基本的に 24 時間体制で行っており、様々な機関と連携して情報収集・データベース化を行っており、その取り組みにも非常に真摯であり、他の州のモデルとなり得る体制を整えている。

警戒情報の伝達としては、Whatsapp や SMS による配信は行っているが、州の全ての住民に対して警戒情報や避難情報が確実に伝わるしくみが備わっているとは言えず、地方自治体などと連携してスピーカ警報局などによる早期警戒システムの確立を推進することが課題と言える。

### 2.2.2. 普及対象とする技術の詳細

#### (1) 普及対象とする技術

近年、地球温暖化等により、巨大台風の発生や時間雨量 100 mm を超える局地的豪雨による災害が世界中で発生している。参考までに、パラナ州の場合は、多くの地域では年間 1,200~1,800mm 程度

の降雨があり、クリチバ周辺では、雨期である9月～3月頃は100～160mm程度の降雨があり、乾期である4月～8月頃でも60～100mm程度の降雨がある。（東京、2018年、気象庁データ：年間1,445.5mm、2月20mm、9月365mm）異常気象による豪雨災害を最小限に抑えるためにも降雨の状態をきめ細かく、かつ精度よく把握することが重要である。雨量レーダは、電波を発射して空間の雨滴や雪粒等から反射される信号を受信して、その反射の強さ（レーダ反射強度Z）から降雨強度を求めることができる。

しかしながら、レーダ反射強度Zと雨滴の粒径分布との関係は実際には一定ではなく、雨の種類によって大きなばらつきがあることが知られている。一般的な雨量レーダを使って精度の良い降雨強度観測をするには根本的な限界がある。またSIMEPARが観測している地上雨量計（2.1.1. 「対象国・地域・都市の政治・経済の概況」に記述）の雨量データを使って気象レーダの雨量データを補正する方法もあるが、精度の高い雨量強度観測を実現するためには数多くの地上雨量計を設置する必要があった。

今回、弊社が普及を図る技術は、最新のパルス圧縮技術を使ったXバンド二偏波レーダを用いてより正確な雨量強度観測を実現するものである。強い雨では落下中の空気抵抗により雨滴が扁平になることが知られている。二偏波レーダは、水平偏波と垂直偏波の電波を同時に発射して、偏波の垂直成分と水平成分の差である反射因子差ZDRおよび偏波間位相差変化率KDPを求めることで、両者はレーダ反射強度Zよりも雨滴の粒径分布との相関がよく、高い精度で降水量を観測することが可能となった。

日本の国土交通省は、世界で初めてXバンド二偏波レーダネットワークを構築し、局地的豪雨の観測をはじめ土砂災害の危険予知に応用している。弊社は、このXバンド二偏波レーダによる精度の高い降雨観測手法を用いて、降雨観測システムや水資源管理システム、ダム管理システムへの応用および土砂災害危険度支援システム等の防災システムへの技術展開を図っている。

## (2) 国内外の販売・導入実績

国内の販売・導入実績は国土交通省様、大学など研究機関様向けに多数納入済みであり、弊社Xバンド二偏波レーダの納入シェアは全体の約30%を占めている。また海外向けはベトナム、フィリピン向け等に展開中である。

## (3) 技術・製品画像

今回、弊社が普及を図るXバンド二偏波レーダに使われている技術は、大きく二つの新技術が使用されている。

### 1) 固体化技術

従来のマグネトロンやクライストロンを使った雨量レーダは、空間に浮かぶ雨滴からの反射される極僅かな電波を受信しなければならないことから、送信パルスは狭いパルス(1 $\mu$ sec)に25kWという大出力を必要としていた。固体化技術は、チャープ式パルス圧縮技術を用いて送信パルス幅を広くして、送信電力を低く抑える技術である。（例えば、送信パルス幅100 $\mu$ sec、250W）

### 2) 二偏波レーダ技術

二偏波レーダは、垂直偏波面を持つ電波と水平偏波面を持つ電波を同時に同じアンテナから空間に送出する。空間に送出された電波が雨滴によって反射する場合、雨滴の扁平率によって垂直偏波と水平偏波の電波に際が生じることで雨量強度を計測しようとするものである。また電波の速度は雨滴を通過する時に減速することから、垂直偏波面と水平偏波面に位相差を生じる。この二つの現象を捉えて正確な雨量強度を算出することができる。

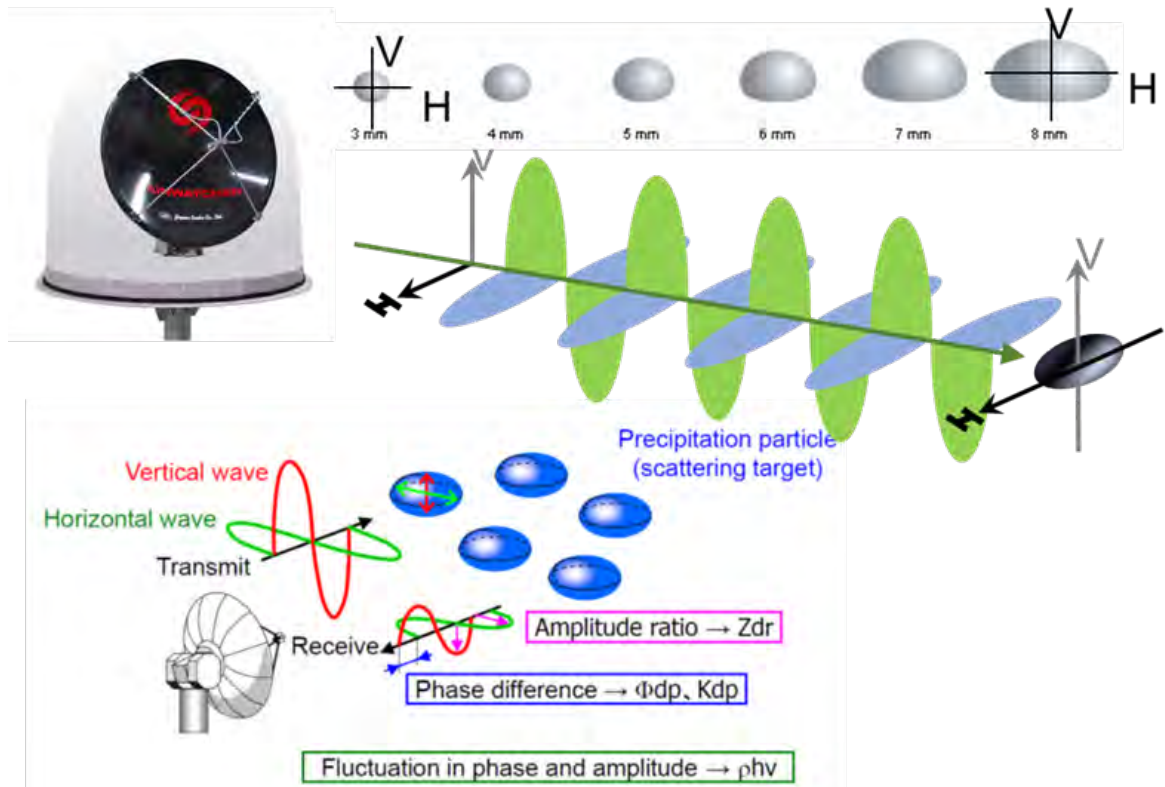


図 2-8 二偏波レーダの基礎概念

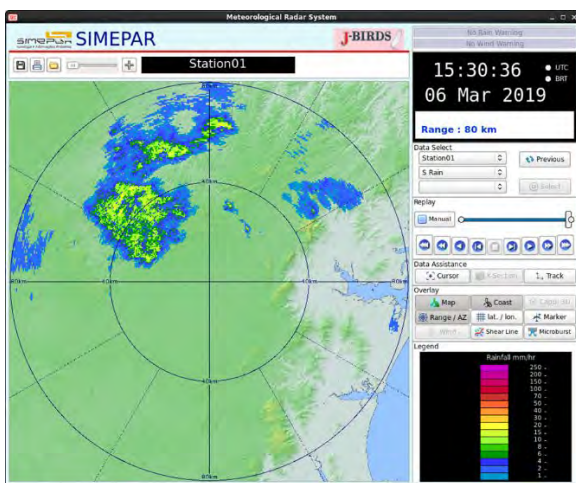


図 2-9 レーダ雨量強度（位相差による補正無）

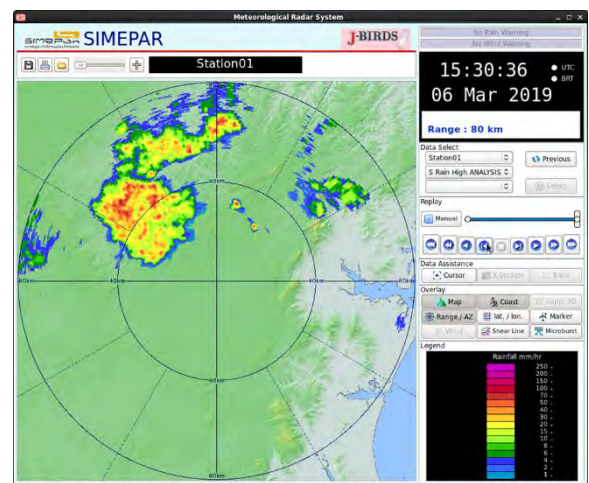


図 2-10 レーダ雨量強度（位相差による補正有）

### 3) 特徴（強み、弱み）

Xバンド固体化二偏波レーダは、従来のマグネトロンやクライストロンを使った雨量レーダと比較して、以下の優れた特徴がある。

- マグネトロンやクライストロンのような消耗品を使用していない
- 高電圧部分を必要としない
- 消費電力が少ない
- 小型軽量化が可能
- 維持管理コストの最小化

しかしながら、Xバンド個体化二偏波レーダに使用している高周波、高出力半導体が高価なことから、従来型マグネトロンやクライストロンを使用した雨量レーダよりも導入費用が嵩むことから普及に時間が掛かっている。

#### 4) スペック

##### システム

a) タイプ	固体化電力増幅器を用いた二偏波レーダ
b) 動作周波数	9.70 - 9.80GHz (option:9.35 - 9.70GHz)
c) スキャンモード	PPI、RHI、CAPPI
d) パルス幅	ショート(P0N):1.0 $\mu$ s、ロング(Q0N):50 $\mu$ s
e) パルス繰り返し周波数 (PRF)	2000Hz max (Duty比 10%)
f) 最大ドップラー速度	12、24、36 or 48m/s (depend on PRF)
g) 観測範囲	80km
h) 送信切替	サーキュレータ+ダイオードリミッタ
i) 出力生データ	PrH (MTI on、off)、PrV(MTI on、off)、V、W、 $\rho$ hv、 $\phi$ DP
j) 動作温度	屋外: 0oC to +50oC、(オプション: -20oC to +50oC) 屋内: +5oC to +35oC
k) 動作湿度	屋外: $\leq 95\%$ @ <40oC、 $\leq 75\%$ @ $\geq 40$ oC (結露なきこと) 屋内: 20% to 80% $\leq 25$ oC (結露なきこと)
l) 消費電力	$\leq 450VA$ @100V-240V、1 $\phi$ 2W、50/60Hz

##### アンテナ/ペデスタル

a) タイプ	パラボラアンテナ
b) アンテナ径	約 1.2m (= 3.9 フィート)
c) アンテナ利得	$\geq 38$ dB
d) ビーム半値幅	$\leq 2.0$ °
e) 偏波	水平/垂直 直線偏波 (同時 H/V 送信)
f) サイドローブ (最大値)	$\leq -23$ dB
g) XPD (交差偏波抑圧度)	$\geq 30$ dB
h) 角度可変範囲	AZ) Full 360 °、EL) -2 to +182 ° (0.1 ° step)
i) スキャンスピード	AZ) 0 - 6rpm (0.1rpm step) EL) 0 - 3rpm (0.1rpm step)
j) 停止精度	+/-0.1 °
k) アンテナ & ペデスタル質量	$\leq 150$ kg

##### レドーム

a) タイプ	ウレタンフォームをコア材とした FRP によるサンドイッチ構造
b) サイズ	約 1.8m (= 6 フィート) 径
c) 質量	約 200kg
d) 透過損失	$\leq 0.3$ dB (片道、表面が乾燥状態)
e) 耐風速 (瞬間最大)	$\leq 60$ m/s

##### 送受信機

a) 送信タイプ	固体化電力増幅器、同時 H/V 偏波送信
----------	----------------------

- |              |                                  |
|--------------|----------------------------------|
| b) 尖頭電力      | 125W (H) + 125W (V)              |
| c) 周波数占有帯域幅  | ≤4MHz、V0N (PON+Q0N)              |
| d) 受信タイプ     | ダブルスーパーヘテロダイン                    |
| e) 最小受信感度    | ≤-110dBm @ 1.0 μ sec pulse width |
| f) ダイナミックレンジ | ≥85dB with STC                   |

#### IF デジタル受信機 / 信号処理

- |              |                      |
|--------------|----------------------|
| a) タイプ       | マルチチャンネルデジタル受信機/信号処理 |
| b) IF サンプリング | 16bits、96MHz         |
| c) パルス圧縮率    | < 150                |
| d) 最大処理レンジビン | 534                  |
| e) 最小処理分解能   | 150m                 |
| f) 処理モード     | FFT                  |
| g) 処理機能      | 距離補正、二次エコー抑圧         |

#### レーダワークステーション

- |           |  |
|-----------|--|
| a) OS     | Linux  |
| b) ソフトウェア | <ul style="list-style-type: none"> <li>- レーダ制御、監視、観測スケジュール作成、変更</li> <li>- レーダ動作状態のクイック画像</li> <li>- Built in TEST (BITE)</li> <li>- 太陽追尾による方位補正</li> <li>- リモート Web によるレーダ監視</li> </ul> |

#### 監視局システム

- |   |  |
|---|--|
| a) コンピュータシステム 汎用 PC、Core i5 or higher spec. |  |
| b) OS                                       | Linux  |
| c) ソフトウェア                                   | J-BIRDS™ ソフトウェアパッケージ   |
| d) レーダプロダクトサーバ                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- リモート Web によるレーダ監視</li> <li>- レーダ制御、モニタ、観測スケジュール</li> <li>- アラームモニタ、リセット機能</li> <li>- レーダ動作状態のクイック画像</li> <li>- 地図表示のカスタマイズ</li> <li>- データズーム、アニメーション、スクリーンショット</li> <li>- データ転送 通信プロトコル: FTP</li> </ul> |
| e) 基本気象プロダクト                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- PPI、RHI、CAPPI</li> <li>- エコー頂高度、エコー底高度、エコー厚</li> <li>- 垂直方向の最大レーダ反射強度</li> <li>- 任意地点における垂直断面</li> <li>- VAD、VVP、風向、風速</li> </ul>   |
| f) 拡張気象プロダクト                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 降雨強度 (Z-R) または二偏波パラメータによる降雨強度算出</li> <li>- 地上雨量強度 (Z-R) または二偏波パラメータによる降雨強度算出</li> </ul>   |
| g) 水文プロダクト                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 鉛直積算水分量 (VIL)</li> <li>- 任意時間の積算降水量、任意地点の積算降水量、雨量強度ヒストグラム</li> <li>- 地域、流域、グラフィック表示</li> </ul>  |

- h) データ蓄積、再生サーバ
  - 内蔵ハードディスク上のレーダデータの記録
  - 記録対象：RAW データ、プロダクトデータ、システムログ
  - RAW データおよびプロダクトデータのフォーマット開示
- 5) 国内外の販売実績
  - a) 気象庁（JMA）へ固定タイプ 多数実績あり
  - b) 国土交通省（MLIT）へ固定タイプ 多数実績あり
  - c) フィリピン気象庁（PAGASA）へモバイルタイプ 3 式
  - d) フィリピン電力公社（NPC）へ固定タイプ 1 式
  - e) 韓国漢江洪水統制所（HRFCO）へ固定タイプ 2 式
- 6) 経済性
  - a) 消耗品が無いことからメンテナンスコスト抑えることが可能
  - b) 消費電力が少ないことからランニングコストの削減が可能
  - c) リモート診断機能によるメンテナンスコストの削減
  - d) 最小限の予備品ストック
- 7) 技術の安全性
  - a) マグネトロン、クライストロン雨量レーダと違い高電圧を使用しない
  - b) 完全 IC チップ化およびソフトウェアの暗号化によるパルス圧縮技術の軍事技術への転用不可
- 8) 環境への配慮
  - a) マグネトロン、クライストロンを使用しないことから、不活性ガスの漏えいが無い
- 9) 対象国における競合技術との比較
  - a) 対象国(ブラジル国)では、X バンド二偏波レーダの使用実績は無い  
更には固体化技術を使った雨量レーダの導入も無い

### 2.2.3. 開発課題への貢献可能性

本事業で実験した災害リスク軽減システムは、災害の多い日本でかつて幅広く導入され、実績のある警戒避難基準雨量の設定手法（スネーク曲線）を用いて、その入力手段を地上雨量計ではなく、X バンド雨量データに拡張した全く新しい手法である。雨量に特化したレーダを用いることで、これまで点でしか観測できていなかった雨量のデータは、150m x 150m メッシュ単位で 80km の範囲に一気に拡大し、面による観測に置き換わることで、近年の異常気象に見られるような、局所的な集中豪雨による洪水災害、土砂災害にも対応出来る。また、雨量データは 1 分毎に観測を行うことで、ほぼリアルタイムに警報発令基準値の判定を行うことが可能である。

現在の日本の気象庁が行っている雨量及び土壌雨量指数の予測値を用いた土砂災害警戒判定は、これまでの日本の土砂災害のノウハウが結集されたものであるが、地勢・気象などが全く異なる諸外国にそのまま展開できるものではない。一方、本災害リスク軽減システムは、データを蓄積し、実際の土砂災害の事象をフィードバックすることで、警報発令基準値の見直しを行い、その精度が向上していくシステムである。対象地域の地勢・気象などの状況が反映された過去データを元に精度を向上していくものなので、様々な地域を対象に展開することが可能である。

## 第3章 本事業の概要

### 3.1. 本事業の目的及び目標

#### 3.1.1. 本事業の目的

##### (1) ビジネス展開にあたっての本事業の必要性

ブラジル政府が進めている国家開発計画である多年度計画（PPA）では、CEMADEN による降雨観測の精度を上げることが求めている。一般的に雨量観測局をきめ細かく設置して、自動収集するシステム（テレメータ）を拡充する場合、維持管理、運用面において非常にコストがかかる。最新技術を用いたX バンド二偏波レーダは、半径80km 以内の150m メッシュで雨量観測局を設置したと同等の降雨量を観測することが可能となるため、大幅に建設コストおよび維持管理費用を軽減することができる。よって、費用対効果の面でレーダの導入によりCEMADEN の体制強化を実現することができる。

またレーダと土砂災害支援システムを組み合わせることにより災害予防の考え方を取り入れ、CEMADEN が早期警報をCENAD へ伝達し、CENAD が避難等にかかる助言を市へ伝達、土砂災害危険地域に住む住民に対して迅速な早期避難勧告等の指示体制の確立が期待できることから、連邦政府、リオデジャネイロ州、サンパウロ州、パラナ州、ミナス・ジェライス州、サンタカタリーナ州、ペルナンブーコ州への展開が求められている。

#### 3.1.2. 本事業の達成目標（対象国・地域・都市の開発課題への貢献）

##### (1) 本事業の概要

###### 1) 本事業の達成目標

- a) パラナ州にて X バンド二偏波レーダの性能評価、雨量データ収集
- b) ブラジル国の防災能力強化に協力し、災害に強い社会構築に貢献
- c) X バンド二偏波レーダに関する基礎的知識、操作および関する技術を習得させる
- d) 洪水、土石流予警報モデルを供与
- e) 防災分野における日本方式基準の供与
- f) 日本固有の技術ならびに防災ソリューションにおいて、高い評価を取得
- g) パラナ州気象局 SIMEPAR に X バンド二偏波レーダシステム拡販

###### 2) 本事業実施予定期間

2015 年 2 月～2019 年 10 月

###### 3) 本事業の内容

###### a) 本邦受入活動の目的

日本における防災システムの概要と防災システムの事例を紹介弊社製品の運用現場視察及び技術指導

###### b) 現地活動の目的

X バンド二偏波レーダシステムに係るセミナー及び技術指導実機の理解促進を目的とした雨量データ収集など実証活動

###### c) 現地機材使用の有無及び使用する場合の計画

###### ① 使用する機材名称

X バンド二偏波レーダ JMA-912

###### ② 使用計画（使用目的、使用内容及び使用時期等）

パラナ州防災局、パラナ州気象局(SIMEPAR)関係者への技術供与、実機における理解促進と実証活動

###### d) 使用内容



パラナ州 SIMEPAR 建物屋上に X バンド二偏波レーダを設置し、評価実験を行う。

e) 使用時期

2015 年 6 月から 2019 年 7 月まで

### 3.1.3. 本事業の達成目標（ビジネス面）

今回実施対象となるパラナ州クリチバ市北部では、毎年のように雨期になると洪水や土砂災害に見舞われており、災害対応を担う防災局（Civil Defense）の近代化が急務であった。洪水や土砂災害への防災活動は、ある特定の基準雨量や特定の河川水位計の値が基準値を超えた場合に発動され、住民への避難勧告や救助活動を開始している。しかしながら、活動開始のトリガーがある特定の基準地点の雨量や水位を用いていることから地形的な誤差が大きく必ずしも実態に合ったものではなかった。

## 3.2. 本事業の実施内容

本事業は、このような地形的な誤差を無くし、かつ対象地域のどの地点でも正確な雨量を計測して提供するとともに、スネーク曲線を使った土砂災害危険リスクを判定して土砂災害危険地域を特定することで、より迅速により的確な防災活動を展開すること事業の目標とした。ブラジル国の他州で展開している防災局もパラナ州と同じ方式による防災活動を実施していることから、本事業は、他州、特に災害の多いサンパウロ州、リオデジャネイロ州、サンタカタリーナ州、ミナス・ジェライス州の模範モデル事業として展開可能である。

### 3.2.1. 実施スケジュール

本事業の実施スケジュール概要は、以下のとおりである。

- (1) 2015 年 2 月 : 現地調査  
レーダサイト設置場所の確定、相手機関・現地法人 JDB との SOW 取り決め、無税通関処理の依頼
- (2) 2016 年 8 月 : JICA との本契約締結
- (3) 2016 年 10 月 : 現地活動第 1 回目  
カウンターパートへの事業全体説明、ネットワーク接続確認等
- (4) 2017 年 1 月 : 本邦受け入れ活動  
パラナ州防災局、SIMEPAR より 3 名を受け入れ、X バンド二偏波レーダを活用した防災システムのプレゼンテーションを実施
- (5) 2018 年 1 月 : 現地総合機器調整及び OJT  
稼働に向けた機器の総合調整及びシステム運用に関する理解促進のための OJT を実施
- (6) 2019 年 4 月 : 現地活動第 2 回目  
X バンド二偏波レーダを中心としたワークショップを開催。（実証実験システムをショーケースとした PR 活動）
- (7) 2019 年 6 月 : 現地活動第 3 回目  
地すべり警報システムの検証（スネーク曲線を使用した予警報システムの有効性を確認）
- (8) 2019 年 7 月 : 業務報告書案提出（和文）
- (9) 2019 年 9 月 : 業務報告書提出（和文）、業務完了報告書要約（英文）
- (10) 2019 年 10 月 : 業務完了、会計監査

本事業における実施スケジュールを表 3-1 に示す。

表 3-1 ブラジルパラナ州向け雨量レーダ普及促進事業の全体スケジュール

### ブラジルパラナ州向け雨量レーダ普及事業・全体スケジュール

当初契約: 2016年8月1日～2018年8月26日

変更契約: 2016年8月1日～2019年10月31日

作成: ソリューション事業部 海外事業統括部海外事業開発G

No.	2016年																			2017年																			2018年																			備考
	5月	6月	7月	(1) 8月	(2) 9月	(3) 10月	(4) 11月	(5) 12月	(6) 1月	(7) 2月	(8) 3月	(9) 4月	(10) 5月	(11) 6月	(12) 7月	(13) 8月	(14) 9月	(15) 10月	(16) 11月	(17) 12月	(18) 1月	(19) 2月																																				
1				▲本契 ▲見積書提出 ▲業務計画書提出 ▲輸出許可決定依頼			現地活動第1回 田次・長代・齊藤社長・Rodrigo			JDBスタッフへのOJT Jorge			木月受入活動(日本) お宮球3名・齊藤社長・Rodrigo																						2016年7月現地で開催式典 2016年8月JICAと本契約 2016年10月現地活動第1回目(第1回進捗報告) 2017年1月本契受入活動(第2回進捗報告)																							
2	-----																			-----																			-----																			2017年10月初出荷 2011年12月既付 2016年1月～2月機器調整(第3回進捗報告)
3	デモンソフトウェア制作			日本の雨季で評価試験(長野)																			-----																			デモンソフトウェア作成後、既存実機部を利用し、評価試験を実施 2017年10月出荷																
No.	2018年																			2019年																			備考																			
	(20) 3月	(21) 4月	(22) 5月	(23) 6月	(24) 7月	(25) 8月	(26) 9月	(27) 10月	(28) 11月	(29) 12月	(30) 1月	(31) 2月	(32) 3月	(33) 4月	(34) 5月	(35) 6月	(36) 7月	(37) 8月	(38) 9月	(39) 10月	(40) 11月	(41) 12月																																				
1																				現地活動第2回 井上・岡島・田次・長代・Rodrigo			現地活動第3回目 井上・岡島・田次・長代・Rodrigo			▲業務完了 報告書提出(和文)			▲本事業終了 ▲発注者・検査 ▲業務完了報告書提出 (和英文)																						2018年4月現地活動第2回目(第4回進捗報告) 2018年5月現地活動第3回目(第5回進捗報告) 2018年5月業務完了報告書提出 2018年6月事業終了 最終成果品は、JICAのWWWにて公開							
2	-----																			ブラジルに貸出・実証実験(2019年度9月末まで運用)																			-----																			実証実験終了後、延長5年間延長可能 5年を超える場合には別途協議
3	-----																			ブラジル実証実験(2019年度6月末まで運用)																			-----																			

### 3.2.2. 実施体制

#### (1) 本事業実施体制

##### 1) 実施工程及び要員計画

###### a) 業務従事者の役割分担

業務従事者及びそれぞれの役割分担は下記の通り。

長代 純：	業務主任者・プロジェクトリーダー
井上 修一：	レーダ設置、設計
岡島 健：	運用・保守計画
田沢 孝太郎：	パラナ州政府等との調整作業

###### b) 事業提案者の支援体制

本事業は、業務従事者を含め関連する下記3部門が支援を行う体制をとる。

パラナ州政府等との調整：	JRC ソリューション事業部海外事業統括部
調整支援：	JRC ソリューション事業部海外事業統括部
製作設計：	JRC ソリューション事業部技術統括部、水インフラ技術部

###### c) 現地での支援体制

弊社は、相手国リオデジャネイロに現地法人である JDB を有しており、相手国パートナーや関係機関とのコミュニケーションによりプロジェクトを円滑に推進できるよう、ローカルスタッフによる万全のサポート体制を備えている。

##### 2) 実施方法

###### a) 本邦受入活動

パラナ州防災局、SIMEPAR より3名を受け入れ、Xバンド二偏波レーダを活用した防災システムのプレゼンテーションを実施し本プロジェクト実施効果をあげる為の施策実施の提言を行いつつ、災害に関する知見や経験を紹介し、災害対策の重要性、弊社機器導入の効果に対する認識を高める。

###### b) 現地活動

現地法人 JDB が主となり受入側パラナ州防災局、パラナ州気象局(SIMEPAR) と連携し、アポイントの取得、受入手配等の手続を実施する。また必要に応じ、国家統合省、都市省、科学技術省、各州の防災局とも連携を図り、セミナー開催などを通し、活動内容を説明するとともに、日本固有の防災技術を広く認知してもらう。

###### c) 機材購入・輸送

弊社コア製品であるレーダに関しては基本的に日本より供給する。また据え付け、本事業期間中の維持管理は弊社現地法人である JDB が実施する。技術指導は第二回現地活動において実施しその後 JDB と適宜連携し実施する。

###### c) 要員配置計画

本事業における要員配置計画を図 3-1 に示す。

要員計画

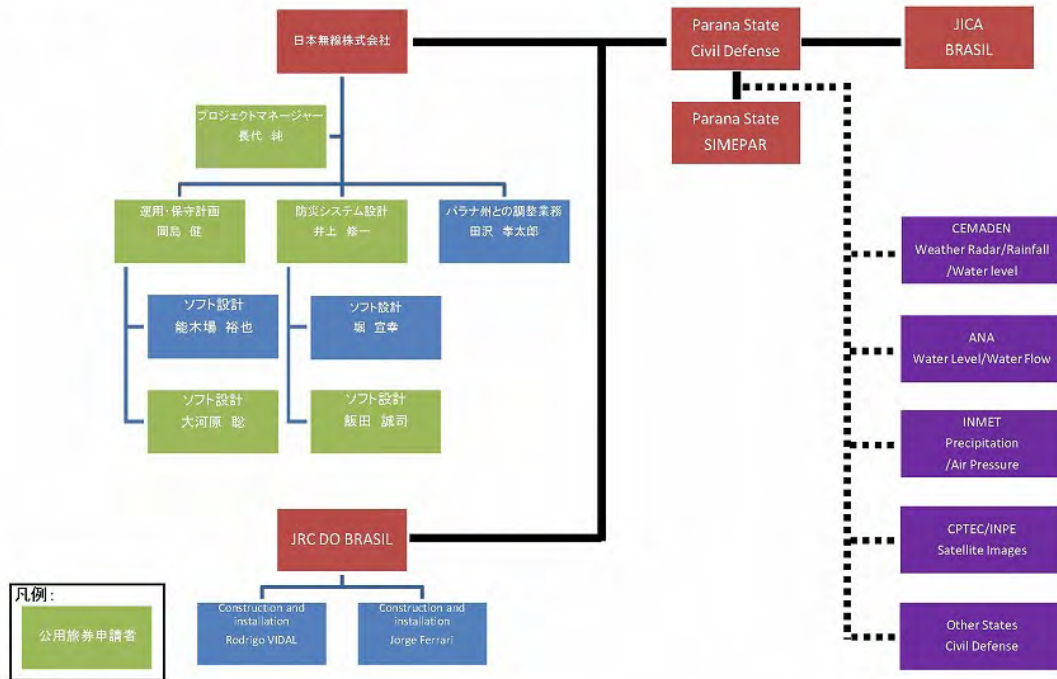


図 3-1 要員配置計画

(2) これまでの準備状況

1) 相手国実施機関の情報

a) 実施機関及び選定理由

・パラナ州防災局 :Parana State Coordination Civil Defense

上記機関とは X バンド二偏波レーダをツールとした防災システムについて以前より協議している。また積極的に防災能力向上を掲げていることから、本事業との連携が効果的であると考えている。

・パラナ州気象局 :SIMEPAR :Institute Technologies Simepar

既に EEC 社製 (米国) の C バンドレーダを運用しており、レーダを活用した気象予報の知識、基本的な機材の運用、運用人員を保有している。本事業を実施にあたり、現地での技術習得、システム運用、評価について円滑に進捗できると考えられる。

b) 実施機関との協議状況

2013 年 5 月 パラナ州市民防衛調整部 X バンド二偏波レーダ導入の打診があった。

2013 年 6 月 TV 会議を実施

2013 年 7 月 プレゼンテーション及び協議打ち合わせ

2013 年 8 月 レーダを含む防災システム提案書提出

2014 年 2 月 プレゼンテーション及び協議打ち合わせ

2014 年 5 月 総務省 ICT セミナー(サンパウロ)にて担当者で協議

2014 年 7 月 TV 会議実施 (パラナ気象局からも参加)

2014 年 9 月 TV 会議実施(パラナ州気象局からも参加)

2) その他の準備状況

2014 年 9 月 現地調査実施済み

弊社現地法人 JDB の顧問弁護士事務所、会計事務所を有効活用する  
電波管理局 ANTEL 等の許認可手続については JDB を通じ確認。

3.2.3. 使用資機材

本事業において調達した資機材または利用した製品に関し、まとめたものを表 3-2 に示す。

表 3-2 資機材リスト

No.	製品名	説明	数量	引渡日
1	雨量レーダ	JMA-921	1	JRC 資産
2	マウントユニット	レーダレドームマウント用	1	2019/07
3	1002MC-SX	メディアコンバーター	1	2019/07
4	CMN-827	送受信モジュール	1	2019/07
5	通信ケーブル	光ケーブル	1	2019/07
6	HP ML350 Gen9 E5-2623 V4	RDAS	1	2019/07
7	HP ML350 Gen9 E5-2623 V4	Web サーバ	1	2019/07
8	NHP-3FB1-RYG	アラームライトスタンド	1	2019/07
9	HP Z440	レーダワークステーション	1	2019/07
10	HP Z440	レーダプロダクトサーバ	2	2019/07
11	NB-APC Smart-UPS BR 1000VA	UPS	2	2019/07

## 第4章 本事業の実施結果

### 4.1. 実証実験結果

本事業を展開するに当たり、本事業の効果を最大限発揮するために対象地域となる災害多発地域の特定とその地域をカバーするXバンド二偏波レーダの設置場所の選定を実施した。

#### (1) 災害多発地域の特定

パラナ州防災局の統計によると、クリチバ市から北北西約30kmにあるリオブランコ・ド・スル地域で毎年のように地滑り災害が発生しており、過去10年間に発生した地すべり災害を図4-1に示した。

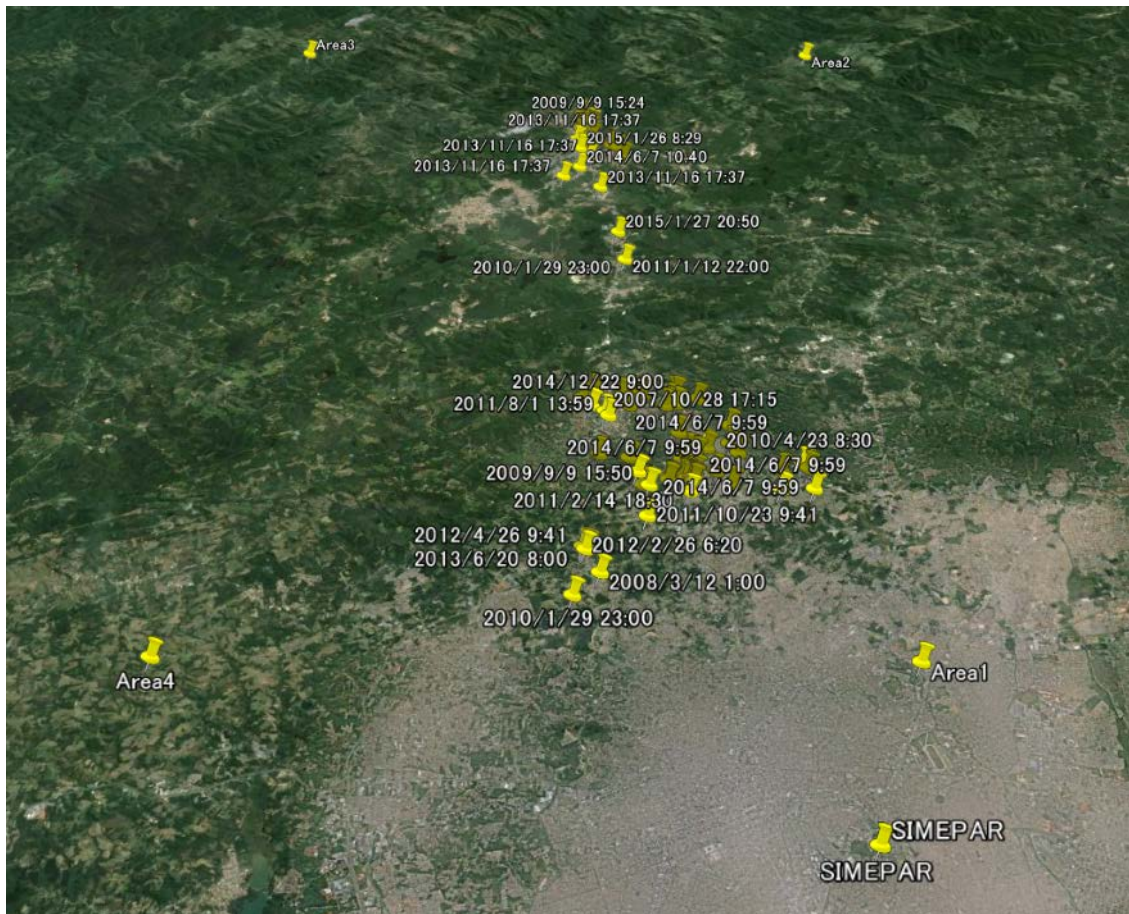


図4-1 重点地すべりリスク監視地域

#### (2) Xバンド二偏波レーダの設置場所の選定

このリオブランコ・ド・スル地域を含む20km x 30kmを重点地すべりリスク監視地域とし、このエリアをカバーする最適な位置にXバンド二偏波レーダを設置する必要がある。

レーダの設置場所を選定する条件として、

- 1) 土地の取得が容易であること
- 2) レーダ設置場所の周囲360°開けていること、周囲に遮蔽物がないこと
- 3) 商用電源の確保が容易であること
- 4) インターネットなどの通信回線の取得が容易であること
- 5) 土地へのアクセスが容易であること等

以上の条件を満たす場所として、パラナ州気象局（SIMEPAR）庁舎屋上に設置することが候補に挙げられたが、SIMEPAR局舎は窪地にあり、また特に北側約1kmの位置に高層ビルが立ち並んでおり最適な場所ではなかったが、他に最適な候補地も無いため最終的に図4-2を設置場所とした。

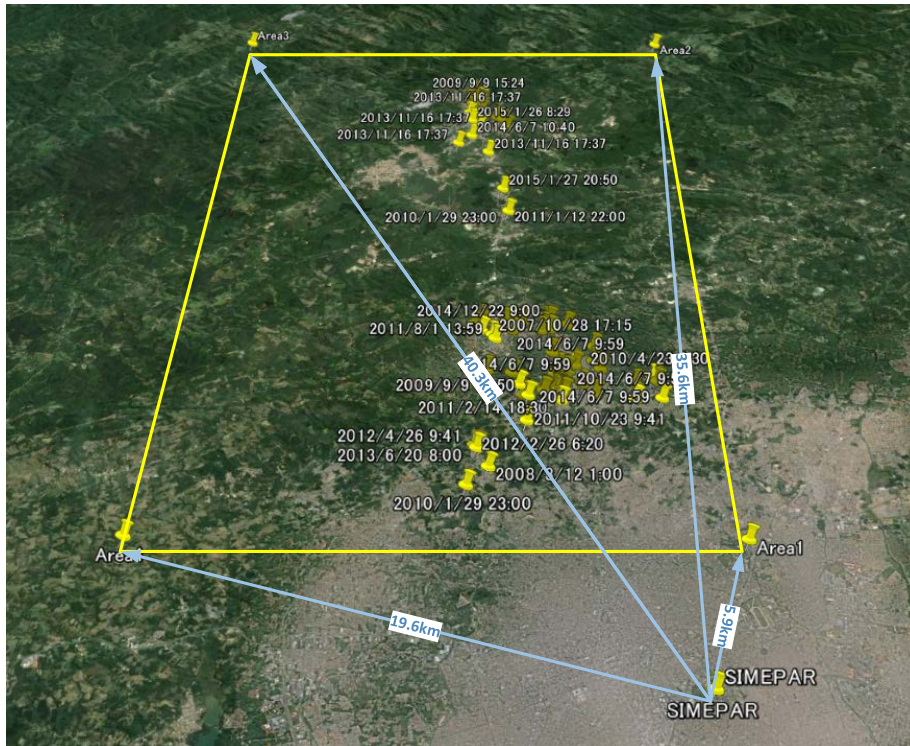


図4-2 SIMEPAR局舎から重要地すべり監視地域までの距離



図4-3 SIMEPAR局舎屋上Xバンド二偏波レーダ設置場所

正確な雨量観測を実現するためには、レーダビームの仰角をできるだけ地表付近に設定して、上空の風の影響をできるだけ無くす必要があるが、レーダの選定位置による遮蔽物の影響は、その後のレーダ雨量観測において影響を及ぼすことが判明した。(図4-4)

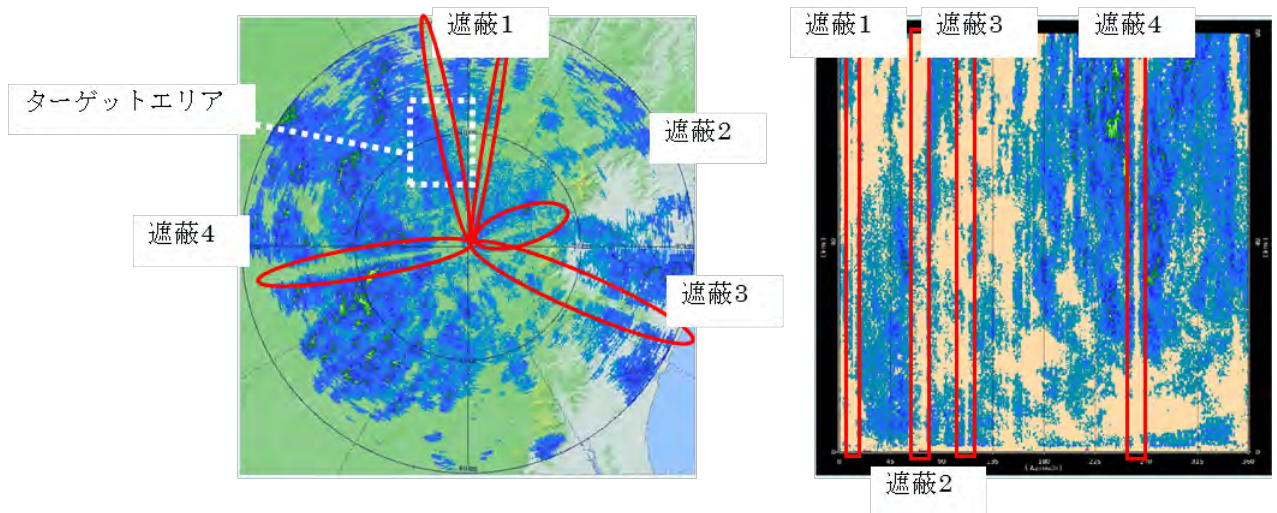


図 4-4 高層ビル等による遮蔽の影響

(左上)PPI 画像 (右上)RTI 画像(縦軸：レーダからの距離、横軸：方位角)

(下)レーダ付近のパノラマ写真

### (3) 遮蔽の影響について

レーダビームの放射先に山岳や建物等の障害物がある場合、ビームの一部又はビーム全体がブロックされる。ビームの一部がブロックされた場合は、その分だけ雨滴に達する電波と反射電波が減少することから、ビーム全体がブロックされた場合は、障害物以降は信号が受信できず遮蔽となる。雨量レーダの運用における障害物の影響を図4-5に示す。



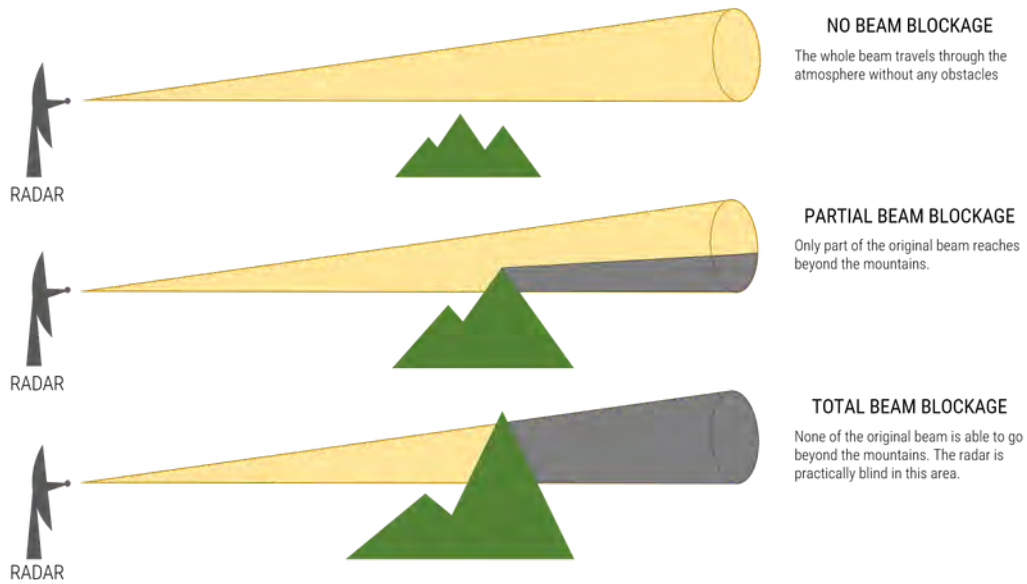


図 4-5 雨量レーダの運用における障害物の影響

本事業では、重点地すべり監視地域において遮蔽の影響を受けないように考慮し、観測運用仰角を決定している。レーダから47km地点で、ビームの上面がブライトバンド以下の高度となるよう、最も低い仰角として仰角2度を選定し、運用を開始した。

#### 4.1.1. ケース 1：警戒状態を計測したが、土砂災害は発生しなかったケース

本事業を展開後、運用開始してから2018年末まで災害に至る状況は無かったが、本年(2019年)の雨期による長雨で1月30日に本システムが警報を発令。(図4-6) 警報発令と同時に防災局は、システム導入後に変更した住民警戒活動等の防災活動を開始した。

### Landslide Warning issued by heavy rainfall at 20:08 on [30 Jan. 2019]

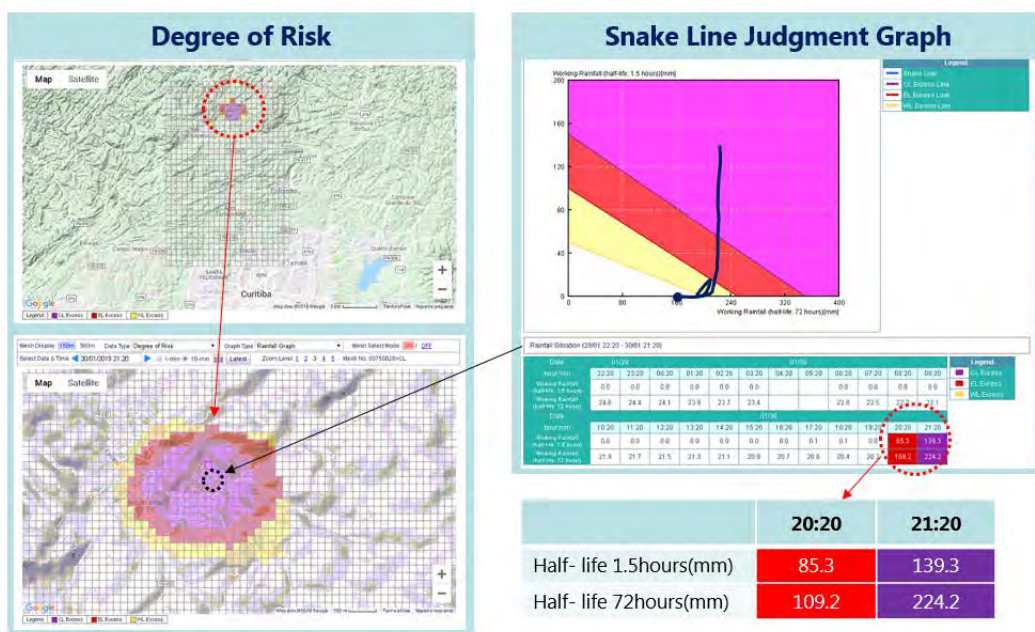


図4-6 システムによる警報発令 (2019年1月30日)

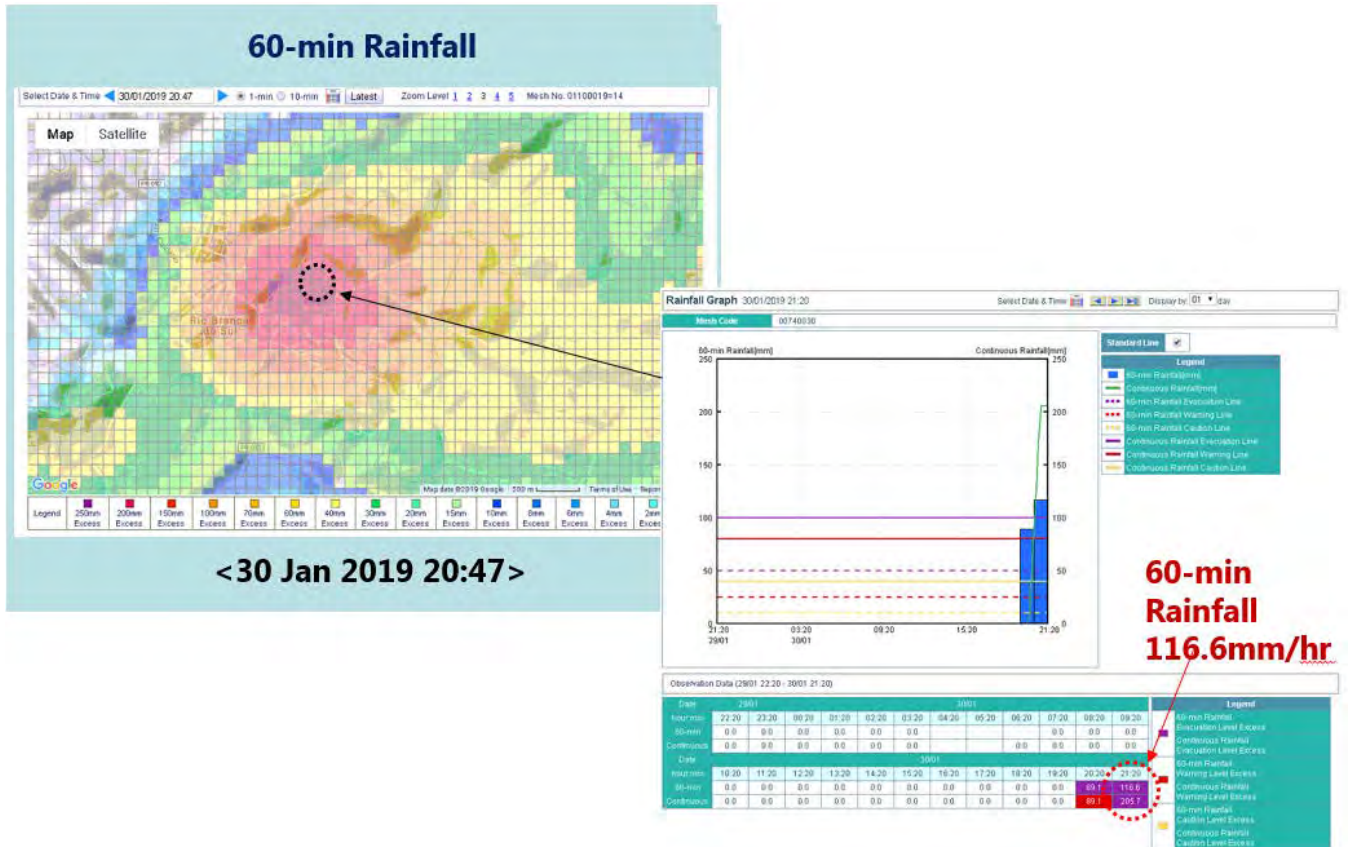


図4-7 警報発令に至った雨量と時間雨量の推移（その1）

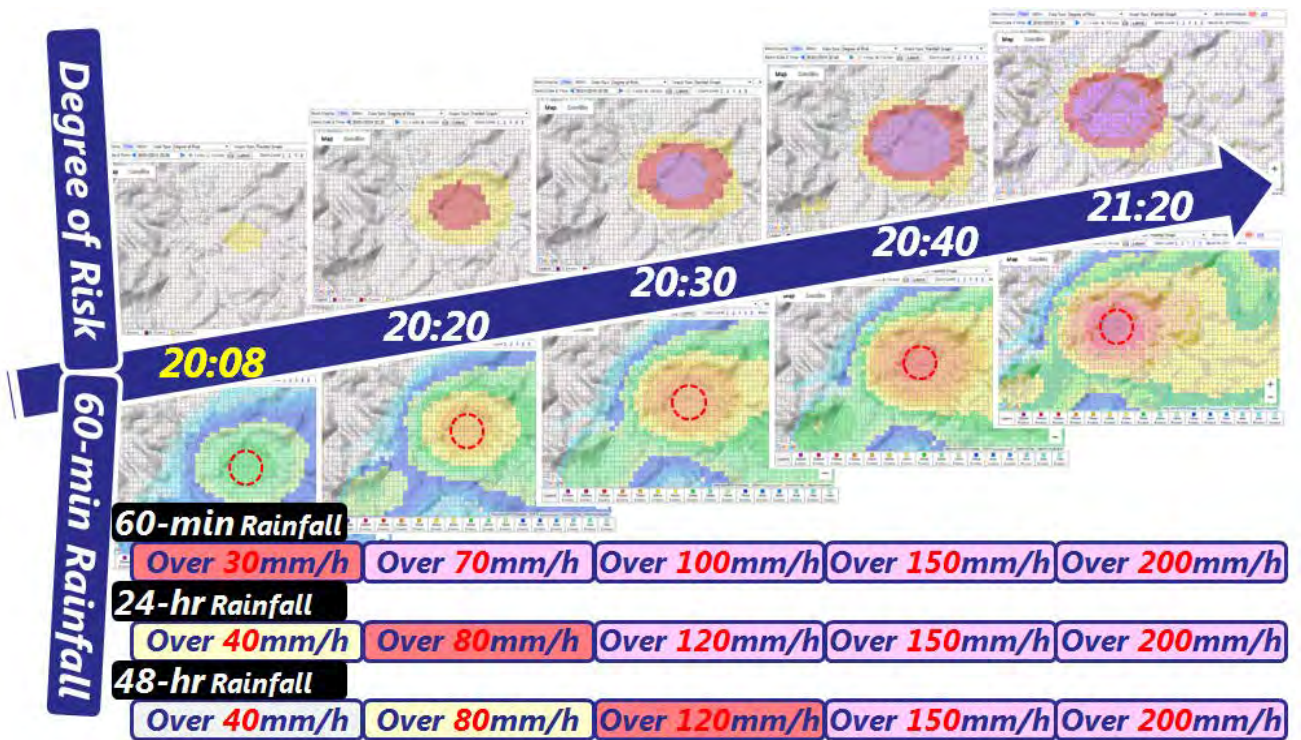


図4-8 警報発令に至った雨量と時間雨量の推移（その2）

このとき、前の一連の降雨により地中に浸透し溜まっていた降雨量が相当量あったため、降り始め直後から直ぐ、2019年1月30日午後8時08分に土砂災害の警戒値超過を計測した。このとき、60分雨量は警戒値を超えており、24時間雨量も注意値を超えていた。

2019年1月30日午後8時47分の時点で、急に降り出した雨で時間雨量116.6mmを計測。予め設定した警報発令基準値を越えて警報を発令したが、その後の降雨も止み土砂災害も発生しなかったことから、パラナ州防災局職員によりデフォルト値である警報発令基準値を変更した。

変更前の警報発令基準値（デフォルト値）は、以下の通りに設定されていた。

- ① WL: a. 72時間半減期有効雨量 200mm    b. 1.5時間半減期有効雨量 50mm
- ② EL: a. 72時間半減期有効雨量 250mm    b. 1.5時間半減期有効雨量 100mm
- ③ CL: a. 72時間半減期有効雨量 350mm    b. 1.5時間半減期有効雨量 150mm

この時に変更された警報発令基準値は、以下の通りである。

- ① WL: a. 72時間半減期有効雨量 250mm    b. 1.5時間半減期有効雨量 270mm
- ② EL: a. 72時間半減期有効雨量 300mm    b. 1.5時間半減期有効雨量 350mm
- ③ CL: a. 72時間半減期有効雨量 400mm    b. 1.5時間半減期有効雨量 440mm

ここで、各警報発令基準値は以下を意味する。

CL 超過：既に土砂災害発生していてもおかしくない状態

EL 超過：CL 超過まで1時間と予測される状態（避難を考慮すべき状態）

WL 超過：CL 超過まで2時間と予測される状態（警戒を考慮すべき状態）

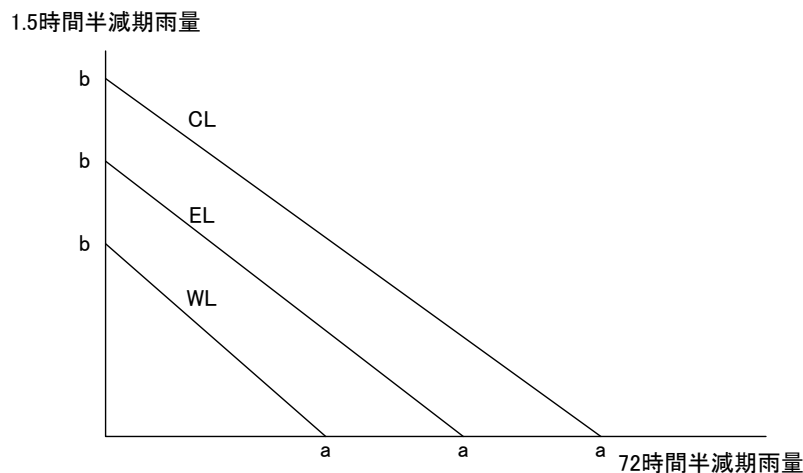


図4-9 半減期雨量の警戒ライン

#### 4.1.2. ケース 2：警戒状態を計測しなかったが、土砂災害が発生したケース

2019年2月23日～28日にかけて連続して降雨が続いた2月25日午後6時20分に土砂災害が発生したが、残念ながら警報発令基準値をより多量の降雨による警報発令方向に変更したことから、図4-11のようにシステムによる警報は発令されなかった。

このとき、土砂災害直後の2019年2月25日午後6時30分に60分雨量は注意値を超えた。

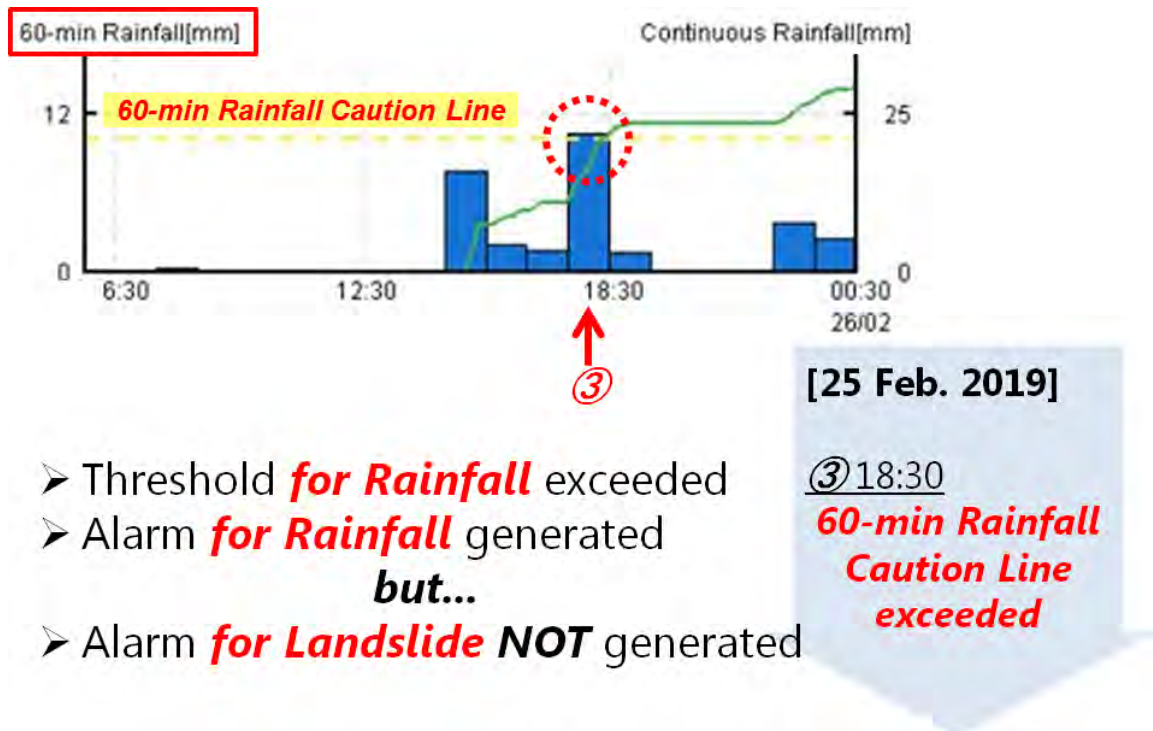
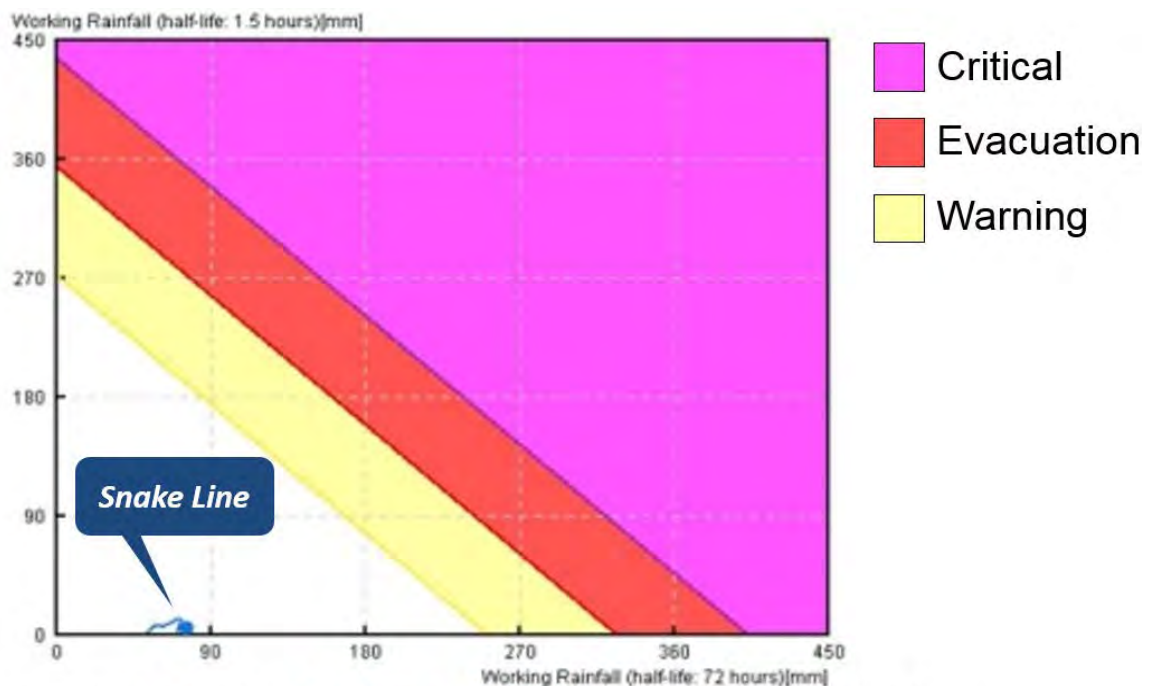


図4-10 2月25日地すべり発生時の60分雨量



➤ Threshold **for Landslide NOT** exceeded

図4-11 2月25日地すべり発生時のスネーク曲線

これは、2019年1月30日の降雨時に設定変更した警報発令基準値が大きかったため、対象地区には適さなかった可能性も高い。

以上の結果、パラナ州防災局職員による警報発令基準値の再設定を実施。このように日本の場合と違い、ハザードマップも無いブラジルに於いては、実際に災害が発生した時の降雨値を見ながらスネーク曲線の警報発令基準値の最適化を図る必要があることを防災職員は改めて認識した事象だった。

### 4.1.3. 考察

以上のように、本事業により最新の二偏波 X バンド二偏波レーダを使った広域雨量観測センサーと日本が開発したスネーク曲線を使用した土砂災害リスク管理ソフトを組み合わせた構成による防災システムの近代化の実現とパラナ州防災局管轄下にある広域災害リスクの把握と自動アラーム機能による迅速な防災活動の実施という当初の目的を達成することができた。

## 4.2. 第 1 回現地活動

### 4.2.1. 本活動の目的

#### (1) 本活動の目的

業務主任者は JICA との本契約後、業務計画書に従い事業全体の説明のため、第 1 回現地活動（2016 年 10 月 8 日～2016 年 10 月 17 日）として、ブラジル国を訪問し関係機関と打ち合わせを行った。

本活動の目的は、実証実験導入に向けた相手国実施機関及び関係機関への事業の概要説明と協力要請他、パラナ州情報ネットワーク接続のための具体的協議である。以下に、本活動の内容を示す。

#### (2) 本活動の内容

- |                |                  |                   |
|----------------|------------------|-------------------|
| 1) 事業全般打ち合わせ   | 2016 年 10 月 10 日 | 於：気象局 SIMEPAR 会議室 |
| 2) 事業全般説明      | 2016 年 10 月 11 日 | 於：在クリチバ日本国総領事館    |
| 3) 事業全般説明      | 2016 年 10 月 13 日 | 於：JICA ブラジル事務所    |
| 4) 事業全般説明      | 2016 年 10 月 13 日 | 於：在ブラジル日本国大使館     |
| 5) ネットワーク打ち合わせ | 2016 年 10 月 14 日 | 於：JDB 事務所会議室      |

#### (3) 事業全般打ち合わせ（パラナ州防災局と気象局 SIMEPAR）

##### 1) 目的

相手国実施機関であるパラナ州防災局と気象局 SIMEPAR の担当者に対し、本事業の事業実施期間、現地活動計画、本邦受入活動計画、全体スケジュールを説明し承諾を得る。

##### 2) 概要

##### a) パラナ州防災局および SIMEPAR との連携協力の確認

出席者は、以下の通り

- ・パラナ州防災局 : Mr. Edemilson de Barros / Coordenador Executivo de Proteção e Defesa Civil、Mr. Marcos Vidal da Junior 他 1 名
- ・気象局 SIMEPAR : Mr. Cesar Beneti / Executive Director 他 1 名
- ・JRC : 田沢、長代
- ・JDB : 斉藤社長、Rodorigo Vidal、Jorge Ferrari

パラナ州防災局と気象局 SIMEPAR の担当者に対し、以下の項目に関し協議した。

##### b) パラナ州防災局および SIMEPAR との連携協力の確認

- c) 現地（パラナ州防災局および SIMEPAR）に赴き、パラナ州情報ネットワークへの接続条件を確認し、具体的な接続要件を確定する
- d) 確定した接続条件で実証実験導入に向けた準備開始

##### 3) 実施内容

##### a) JICA 事業の全体スケジュール説明（下記項目に関し合意済み）

- 事業実施期間は、約 2 年間であること  
(JICA 事業完了後も免税期間を考慮し、5 年間は設備の運用を継続すること)

- 現地活動として、業務従事者が3回ブラジルを訪問すること  
2016年10月：第1回目現地活動。事業説明  
2017年05月：第2回目現地活動。  
運用開始後、周辺州に対しセミナー形式でシステムの紹介  
2018年01月：第3回目現地活動。実証試験結果を報告
- 本邦受入活動として、相手国実施機関から3名を日本へ招聘すること（2017年1月）  
（現時点は、パラナ州防災局 No1, No2 の2名と気象局から1名訪日予定。日本での受入活動項目に関し10月中に相手機関へ連絡する。なお滞在期間は1週間を予定）
- 機材の出荷は、2016年12月を予定（先方よりパッキングリスト見本を受領）
- 据付を2017年2月、調整作業を2017年3月に実施する予定
- b) ネットワーク設計に関する打ち合わせ（下記項目に関し合意済み）
  - 気象局 SIMEPAR とパラナ州防災局のネットワーク接続は、MPLS VPN 方式とする  
気象局側は、ローカルルータを用意する（日本側）、パラナ州防災局はルータ不要
  - 気象局 SIMEPAR 側は、UPS 不用。パラナ州防災局は、UPS を導入すること
  - 地上雨量局のセンサーデータは、パラナ州防災局での取り込みが出来ていないため、気象局 SIMEPAR 側から取り込む（後日、接続要件（局情報、I/F、プロトコル等を開示してもらう））
  - 日本からリモートメンテナンスを目的とした Global IP 接続は、パラナ州防災局においてセキュリティ上外部接続の許可が下りないため、気象局 SIMEPAR 側で実施

#### 4) 成果

- ・打合せ内容に関し、相手国実施機関の承諾を得た。

#### 5) 課題

- ・本邦受入スケジュールにおける来日者の選定及び日程の最終確認は、後日先方から連絡を頂く。

### (4) 事業全般説明（在クリチバ日本国総領事館）

#### 1) 目的

総領事館においては、本件の署名式に至るまでの御支援を頂いているため、池田総領事に今回までの活動報告及び今後の予定を説明。

#### 2) 概要

出席者は、以下の通り

- ・総領事館                   : 池田総領事、政治経済班補佐 阿部殿
- ・JRC                        : 田沢、長代
- ・JDB                        : 斉藤社長、Rodorigo Vidal

池田総領事に対し、本事業の全体説明を実施

#### 3) 実施内容

- ・JICA 事業の全体スケジュール説明

#### 4) 成果

- ・総領事からは、引き続き御支援を頂ける旨の発言を頂いた。

### (5) 事業全般説明（JICA ブラジル事務所）

#### 1) 目的

JICA ブラジル事務所に対し、本事業の実施計画を説明

#### 2) 概要

出席者は、以下の通り

- ・ JICA ブラジリア : 飯山業務班長、プロジェクトコーディネーター 井上殿
- ・ JRC : 田沢、長代
- ・ JDB : 斉藤社長

JICA ブラジル担当者に対し、本事業の全体説明を実施

### 3) 実施内容

- ・ パラナ州での JICA 案件現情報告及び全体スケジュール説明を実施
- ・ サンタカタリーナ州でのレーダ導入予定の話があるが、残念ながら海外製（米国）
- ・ ブラジル国内で防災に関する取り組みとして技プロを実施しているが、本件はマスタープラン的なものではなく、災害対策要領としての位置付けであると説明があった

### 4) 成果

- ・ パラナ州向け雨量レーダ普及促進事業に関してはサポートして頂く旨依頼した

## (6) 事業全般説明（在ブラジル日本国大使館）

### 1) 目的

在ブラジル日本国大使館に対し、本事業の実施計画を説明

### 2) 概要

出席者は、以下の通り

- ・ 大使館 : ブラジル日本国大使館一等書記官 西川殿
- ・ JRC : 田沢、長代
- ・ JDB : 斉藤社長

在ブラジル日本国大使館に対し、本事業の全体説明を実施

### 3) 実施内容

- ・ 前任者の吉岡殿が帰任し、後任者として西川殿が 10 月に着任されたため、パラナ州で実施する JICA 事業全体の概要及びスケジュール説明を実施

### 4) 成果

- ・ 今後もブラジル国での情報提供や情報共有をお願いした

## (7) ネットワーク打ち合わせ（JDB 事務所）

### 1) 目的

10 月 10 日気象局 SIMEPAR 会議室で打合せした結果を元に、ネットワーク設計に関する打ち合わせを JDB 会議室で実施

### 2) 概要

出席者は、以下の通り

- ・ JRC 田沢、長代、JDB 斉藤社長、Rodorigo Vidal、Jorge Ferrari

### 3) 実施内容

- ・ 本事業の実証実験システムのネットワークポリシーの確認
- ・ ネットワーク構成図の修正
- ・ 地上系テレメータインターフェイス仕様の条件確認
- ・ 電源を含めた環境確認事項の整理

## (8) 本活動の総括

### 1) 本活動の成果

JICA との契約締結後、現地を訪問し相手国機関・関係機関から事業全体スケジュールの合意を

得られた

## 2) 本活動の課題

免税措置の書類申請・許可に関しては、時間が掛かると予測される。このため、リスク回避として JDB を通じ催促を定期的に行う。

その他、相手国実施機関への質問事項（地上系テレメータインターフェイス仕様条件の確認）も同様の措置を講じる

## 4.3. 第 2 回現地活動

### 4.3.1. 本活動の目的

#### (1) 本活動の目的

業務主任者は JICA との本契約後、業務計画書に従い第 2 回現地活動（2019 年 4 月 16 日～2019 年 4 月 25 日）として関係機関を訪問した。

本活動の目的は、弊社 X バンド二偏波レーダの概要および技術仕様（ソフト、ハード）やメリットに対する理解を促進、同レーダによる雨量データの水文分野への応用、土石流等の災害危険情報発令支援システムについて理解を深めると共に、日本の防災政策・規制に対する理解を促進し、政策的背景と対象技術の関係についても理解を深めるものである。今回は、JICA 民間技術普及促進事業（ブラジル国パラナ州向け雨量レーダ普及促進事業）の第 2 回現地活動であり、パラナ州防災局での実証実験（X バンド二偏波レーダによる雨量データの水文分野への応用、土石流等の災害危険情報発令支援システム）の概要説明・実証実験での効果について、対話型セミナー形式で紹介を行った。以下に、本活動の内容を示す。

#### (2) 本活動の内容

- |          |                 |                   |
|----------|-----------------|-------------------|
| 1) 防災局訪問 | 2019 年 4 月 17 日 | 於：パラナ州防災局災害対策室    |
| 2) 気象庁訪問 | 2019 年 4 月 18 日 | 於：気象庁 SIMEPER 会議室 |
| 3) 防災局訪問 | 2019 年 4 月 22 日 | 於：パラナ州防災局大会議室     |

#### (3) 防災局訪問

##### 1) 目的

パラナ州防災局担当者と防災セミナーに向けた事前打合せ

##### 2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・パラナ州防災局 : Mr. Hiller、Mr. Romero、Mr. Vidal、Mr. Gomes
- ・JRC : 田沢、大河原、飯田、井上、長代
- ・JDB : 斉藤社長、Mr. Rodorigo Vidal、Mr. Jorge Ferrari

##### 3) 実施内容

- ・冒頭に防災局より現状のレーダを活用した運用報告  
レーダ運用開始に伴い、土砂災害予警報判定結果から SNS メッセージ送信する体制へ災害対策要領を変更したと発言あり。
- ・22 日のワークショップ事前打合せ（セミナーに向けた準備状況確認）  
防災セミナーの全体スケジュール最終確認  
元々のアジェンダ案では質疑応答時間枠が長すぎるため、参加した防災担当者への理解をより深めるため、JICA、SIMEPAR、防災局、JRC によるパネルディスカッションとすることに変更。
- ・打合せ後、防災局設備（RDAS 機器等）の運用状況を確認  
正常に運用出来ていることを確認。（2 月の豪雨データ状況と警報データも確認済）



以下、防災局訪問時の写真を図 4-12、4-13 に示す。



図 4-12 打合せ風景



図 4-13 機器運用状況確認

#### (4) 気象庁訪問

##### 1) 目的

パラナ州防災局の担当者と意見交換を実施。

##### 2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・ 気象局 : Mr. Cesar Beneti
- ・ JRC : 田沢、大河原、飯田、井上、長代
- ・ JDB : 斉藤社長、Mr. Rodorigo Vidal、Mr. Jorge Ferrari

##### 3) 実施内容

###### ・ 観測データの評価

レーダの稼働期間がまだ1年程度なので、今後も運用を行いレーダデータの解析を進めていく。そのためには、JICA 事業終了後も契約更新を実施したいとコメントがあった

###### ・ JICA 事業終了後の契約更新に関して

JICA 事業が2019年7月に完了するため、メンテナンスも含めた契約更新が必要と認識  
現在、JDB 側でパラナ州防災局、気象局 SIMEPAR、JRC の更新契約書のドラフト案を作成中  
レーダ本体は、JRC の固定資産であるため、今後営業側で社内対応を検討する

###### ・ レーダ設置状況に関して

Beneti 氏は、現在のレーダの設置状況がベストポジションではないことは判っているため、設置環境の改善を予定している。(レーダの高さを改善する)

そのためにも保守メンテナンス契約(維持管理費含む)を希望している

以下、気象局訪問時の写真を図 4-14、4-15 に示す



図 4-14 打合せ風景



図 4-15 打合せ風景

### (5) 防災局でのセミナー

#### 1) 目的

パラナ州防災局での実証実験をショーケースとした防災セミナーの開催。

#### 2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・パラナ州防災局 : Mr. Hiller、Mr. Romero、Mr. Vidal、Mr. Gomes、他の防災局担当者
- ・気象局 : Mr. Cesar Beneti
- ・在クリチバ総領事館 : 木村総領事、寺道領事
- ・JICA : サンパウロ佐藤所長、東
- ・JRC : 田沢、大河原、飯田、井上、長代
- ・JDB : 斉藤社長、Mr. Rodorigo Vidal、Mr. Jorge Ferrari

#### 3) 実施内容

セミナー内容

- ・パラナ州防災局オープニング挨拶
- ・在クリチバ総領事館挨拶
- ・JICA サンパウロ挨拶
- ・JDB 斉藤社長挨拶
- ・JICA 東さんプレゼン (GIDES を含めたブラジルでの防災事業への取組み)
- ・JRC プレゼン (JICA 民間技術普及促進事業の実証実験結果)
- ・気象局 SIMEPAR プレゼン (ブラジルにおける気象観測、災害を含めた気象監視説明)
- ・パラナ州防災局プレゼン (レーダ監視導入による災害対策要領の改訂)
- ・JICA、SIMEPAR、防災局、JRC によるパネルディスカッション

防災システムの設置状況及び運用について

リオ防災局が抱える地域特性について

サンタカタリーナ州防災局での防災取組み

サンパウロ州防災局の防災教育について (パラナ州防災局の防災訓練の事例紹介)

JICA 民間技術普及促進事業について

JRC のプレゼン資料は別添資料を参照

以下、セミナー開催時の写真と JICA 佐藤所長の希望で SIMEPAR 訪問 (視察) 時の写真を図 4-16～4-24 に示す。

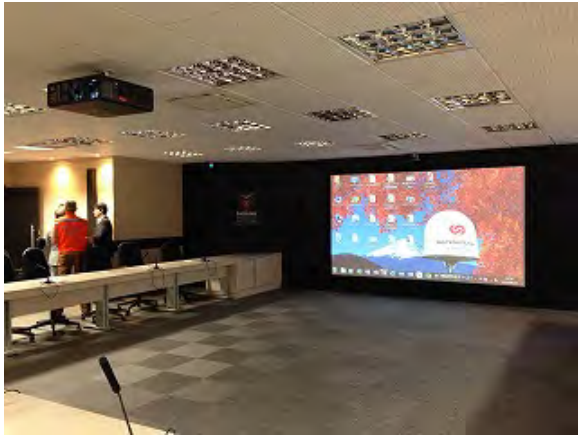


図 4-16 プレゼン前のテスト表示



図 4-17 セミナー開催前



図 4-18 JDB 斉藤社長挨拶



図 4-19 JICA プレゼン



図 4-20 JRC プレゼン



図 4-21 JRC プレゼン



図 4-22 SIMEPER 訪問



図 4-23 屋上でレーダ設置状況見学



図 4-24 防災セミナー参加者の集合写真

#### 4) 成果

本事業における第2回現地活動としては、セミナーを通じ防災事業への取組みや JRC 製品の PR は成功したと考える。(他州でも同様の事業(実証実験)を実施したいという発言があるほど) また、ブラジル内でも関心は非常に高かったと考える。以下 Web にて情報公開されたサイト。

・パラナ州教育テレビ、パラナ州政府、パラナ州防災局

## 4.4. 第3回現地活動

### 4.4.1. 本活動の目的

#### (1) 本活動の目的

業務主任者は業務計画書に従い第3回現地活動（2019年6月22日～2019年6月30日）として関係機関を訪問した。

本活動の目的は、JICA 民間技術普及促進事業（ブラジル国パラナ州向け雨量レーダ普及促進事業）の第3回現地活動であり、目的はパラナ州防災局での実証実験（X バンド二偏波レーダによる雨量データの水文分野への応用、土石流等の災害危険情報発令支援システム）完了後（JICA 事業完了後）の運用法に関し、防災局・気象局・JRC の3者で延長契約に関する協議を実施した。以下に、本活動の内容を示す。

#### (2) 本活動の内容

1) 気象局訪問	2019年6月24日	於：気象局 SIMEPER 会議室
2) 防災局訪問	2019年6月25日	於：パラナ州防災局災害対策室
3) 環境局訪問	2019年6月25日	於：環境局会議室（表敬訪問）
4) 総領事館訪問	2019年6月25日	於：総領事館応接室
5) 防災局訪問	2019年6月26日	於：パラナ州防災局災害対策室
6) 計画庁訪問	2019年6月26日	於：計画庁会議室（表敬訪問）
7) JICA 訪問	2019年6月27日	於：サンパウロ JICA 会議室

#### (3) 気象庁訪問

##### 1) 目的

気象局担当者と JICA 事業完了後の契約に向けた事前打合せ

##### 2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・気象局 : Mr. Cesar Beneti
- ・JRC : 井上、長代
- ・JDB : 斉藤社長、Mr. Rodorigo Vidal

##### 3) 実施内容

- ・JRC 側より気象局に対し、JICA 事業への協力の御礼を述べた。
- ・JICA 事業の完了に伴い、今後の機器運用について防災局、SIMEPAR、JRC 間で新たな契約を締結する必要があり、その内容について気象局へ説明。
- ・メンテナンスについては、基本的に年2回程度の目視点検と掃除、性能点検が必要であることを説明。もし、故障等の不具合が生じた場合は、有償にて対応する。（年2回程度の点検実施で合意）
- ・気象局は、今後1年をかけてXバンドレーダのデータ蓄積、性能を評価する予定である。（気象局は、今後の運用において、雨量に関するパラメータの変更及びDual PRFの変更は考えていない。ただし、エレベーションの追加を検討している。）
- ・現在、日本からリモートアクセスが可能となっているが、JICA 事業完了後も JRC からのリモートアクセスは残すことで合意。
- ・気象局は3者による契約延長のドラフト案を受領していないため、JDB ロドリゴから送付し、契約内容を確認する。（延長契約は2年更新で合意）
- ・世銀の案件の5基Xバンドレーダについては、技術的審査は終了しているものの、新政府に

移行してから気象局で新たな情報は持っていない。詳細情報は防災局で確認して欲しいとのこと。

- ・今年9月に日本で開催される【第39回 国際レーダ気象学会合 9月15日～20日 @奈良国際フォーラム】に参加する予定。この会議にはパラグアイの気象長官も参加すると情報を頂いた。

#### (4) 気象庁訪問

##### 1) 目的

パラナ州防災局担当者と JICA 事業完了後の契約に向けた事前打合せ

##### 2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・パラナ州防災局 : Mr. Ricardo (部長)、Mr. Hiller (副部長)  
Mr. Romero (チーフ)、Mr. Vidal (補佐)
- ・JRC : 井上、長代
- ・JDB : 斉藤社長、Mr. Rodorigo Vidal

##### 3) 実施内容

- ・JRC 側より防災局に対し、JICA 事業への協力の御礼を述べた。
- ・JICA 事業終了後の運用継続に関し、契約ドラフト（案）について項目内容について確認。（防災局は今後2年間の運用予算を州政府に申請、獲得するために、特にメンテナンス項目・費用等について、議論を交わした。）（延長契約は2年更新で合意）
- ・JRC 側より、スペアパーツリストおよび金額を提出。
- ・定期的メンテナンスとして、年2回程度を推奨。（年2回程度の点検実施で合意）
- ・防災局としては教育を含む JRC のサポートが必要と考えているため、有償にてサポートをすることは可能と回答。OJT の実施方法として3つの方法がある（①JDB スタッフによる OJT、②JRC エンジニアによる OJT、③防災局スタッフを JRC 長野工場にて OJT）。今後防災局で予算に応じた教育方法を検討する。
- ・この後、延長ドラフト案の項目を確認しつつ、26日に防災局、気象局、JRC にてドラフト案を完了させることで合意。

#### (5) 環境局訪問

##### 1) 目的

環境局へ表敬訪問

##### 2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・パラナ州環境局 : Mr. Amiltcar Cavalcante Cabral (観光部チーフ)、  
Mr. Jacob Mehi (環境部プレジデント)、  
Mr. Aristidis Athayde (観光部 Director) その他3名+1名（書記）
- ・JRC : 井上、長代
- ・JDB : 斉藤社長、Mr. Rodorigo Vidal

##### 3) 実施内容

- ・環境局表敬訪問の挨拶。
- ・JDB 側よりパラナ州における JICA 事業の概要説明を実施。
- ・JRC 側のり、世銀資金による5基の X バンドレーダ案件の現状について質問。
- ・環境局側の回答は、世銀から約400億円の融資を受け様々なインフラ投資を計画していたが、いずれも実施出来ず、融資実施期限である昨年11月に期限切れとなった。

現在は、再融資のための仕切り直しをしている最中であると回答。

- ・この世銀案件は、パラナ州計画庁において優先順位を審査しているところである。
- ・5基のXバンドレーダを設置する計画で申請しているものの、アプリケーションは含まれていない。
- ・JRC側より、レーダ活用した土砂災害予警報、洪水予警報等の事例等を紹介。
- ・最後に環境局より、世銀案件を進める上でJRCの協力を依頼された。

#### (6) 総領事館訪問

##### 1) 目的

総領事に今回の訪問で現地活動完了することを報告

##### 2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・総領事館 : 木村総領事、寺道領事
- ・JRC : 井上、長代
- ・JDB : 斉藤社長、Mr. Rodorigo Vidal

##### 3) 実施内容

- ・JRC側より総領事に対し、前回のワークショップ参加のお礼を述べた。
- ・今回の現地活動の主旨他、環境局の世銀案件について現状の報告。
- ・総領事の話では、世銀担当者がパラナ州を訪問し、融資のやり直しについて打合せを実施したが、パラナ州政府も仮払いする予算もなく、案件を進めるには時間が掛かるかもしれないとのこと。
- ・また、パラナ州計画庁においても世銀案件優先順位付けが止まっている報告したところ、パラナ州計画庁長官は、木村総領事と知り合いということで、表敬訪問できるようにアポイントして頂いた。

#### (7) 防災局訪問

##### 1) 目的

パラナ州防災局担当者、気象庁担当者とJICA事業完了後の契約書ドラフト案の打合せ

##### 2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・パラナ州防災局 : Mr. Ricardo (部長)、Mr. Hiller (副部長)、  
Mr. Romero (チーフ)、Mr. Vidal (補佐)
- ・気象局 : Mr. Cesar Beneti
- ・JRC : 井上、長代
- ・JDB : 斉藤社長、Mr. Rodorigo Vidal

##### 3) 実施内容

- ・防災局、気象局、JRCの3者にて、契約延長の関するドラフト案の確認、仕上げを実施
- ・JRCは、契約ドラフト案を持ち帰り、法務Gにて最終確認を実施する

#### (8) 計画庁訪問

##### 1) 目的

計画庁長官へ表敬訪問

##### 2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・パラナ州計画庁 : Mr. Coronel BM Ricardo Silva (計画庁長官)

- ・総領事館 : 木村総領事、寺道領事
- ・JRC : 井上、長代
- ・JDB : 斉藤社長、Mr. Rodorigo Vidal

### 3) 実施内容

- ・主に表敬訪問とパラナ州での JICA 事業の概要説明を実施
- ・今回、世銀案件の気象レーダ担当者が不在のため、後日 JDB がプレゼンを実施する予定

## (9) JICA 訪問

### 1) 目的

JICA 担当者へ今回の訪問で現地活動完了することを報告

### 2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・JICA : サンパウロ佐藤所長、門屋次長、東、斉藤
- ・JRC : 井上、長代
- ・JDB : 斉藤社長

### 3) 実施内容

- ・JRC 側よりサンパウロ JICA 事務所に対し、前回のワークショップ参加のお礼を述べた。
- ・パラナ州での第 3 回現地活動結果について報告。
- ・その他の案件の動きとして、パラナ州世銀案件、パラグアイ S バンドレーダ更新案件、サンタカタリーナモバイルレーダ案件、サンパウロ防災案件等について JDB 社長から説明。
- ・JICA より、ブラジルの代表事務所が今後サンパウロ JICA となることから、サンパウロ州との関係を強化する方向で考えていると発言があった。例えば、下水道事業も進めているとのこと。
- ・下水道事業でもレーダを活用した事例を模索していると発言があったため、東京都の下水事業の事例を紹介。

## 4.5. 第 1 回本邦受入活動

### 4.5.1. 本活動の目的

#### (1) 本活動の目的

業務主任者は JICA との本契約後、業務計画書に従い第 1 回本邦受入活動（2017 年 1 月 24 日～2017 年 1 月 27 日）として関係機関を訪問した。

本活動の目的は、弊社 X バンド二偏波レーダの概要および技術仕様（ソフト、ハード）やメリットに対する理解を促進、同レーダによる雨量データの水文分野への応用、土石流等の災害危険情報発令支援システムについて理解を深めると共に、日本の防災政策・規制に対する理解を促進し、政策的背景と対象技術の関係についても理解を深めるものである。以下に、本活動の内容を示す。

#### (2) 本活動の内容

- |            |                 |             |
|------------|-----------------|-------------|
| 1) 長野事業所訪問 | 2017 年 1 月 25 日 | 於：長野事業所大会議室 |
| 2) 気象庁訪問   | 2017 年 1 月 26 日 | 於：気象庁会議室    |
| 3) 中野本社訪問  | 2017 年 1 月 27 日 | 於：中野本社会議室   |
| 4) 大使館訪問   | 2017 年 1 月 27 日 | 於：在京ブラジル大使館 |

#### (3) 長野事業所訪問

##### 1) 目的

パラナ州防災局と気象局 SIMEPAR の担当者に対し、(1) JRC 長野事業所で気象レーダ製品の製造および検査ラインを見学。(2) JRC 長野事業所にて気象レーダの研修、および現場担当者との意見



交換会を実施し、システム運用に関する理解を深める。

## 2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・パラナ州防災局 : Mr. Adilson Castiho Casitas、 Mr. Edemilson de Barros
- ・気象局 SIMEPAR : Mr. Itamar Adilson Moreira
- ・JICA : 中南米部 松本
- ・JRC : 田沢、長代、他技術スタッフ 5名
- ・JDB : 斉藤社長、Rodorigo Vidal

## 3) 実施内容

- ・13:30～14:00 応接室にて挨拶。スケジュール説明。
- ・14:00～15:00 長野工場見学（技術設計部門、業務用無線、防災製品等）
- ・15:00～16:00 レーダ検査場にてブラジル向け実機見学及びレーダ研修、防災研修



図 4-25 受入活動参加者の集合写真

セミナー資料は、別添資料を参照

## 4) 成果

- ・雨量レーダに関する視察と研修を行うことで、システム運用に関する理解度の向上に繋がった。

## (4) 気象庁訪問

### 1) 目的

パラナ州防災局と気象局 SIMEPAR の担当者に対し、(1)日本の防災システムを運用している担

当機関を視察。担当者との意見交換を実施する。

2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・パラナ州防災局 : Mr. Adilson Castiho Casitas、 Mr. Edemilson de Barros
- ・気象局 SIMEPAR : Mr. Itamar Adilson Moreira
- ・JRC : 田沢、長代、他技術スタッフ 4名
- ・JDB : 斉藤社長、Rodorigo Vidal

3) 実施内容

- ・13:00~14:00 講義: 予報業務全般
  - ・14:00~14:30 講義: 洪水予報業務
  - ・14:30~15:00 視察: 予報現業
  - ・15:00~15:30 視察: 観測現業
- セミナー資料は、別添資料を参照

4) 成果

- ・日本の防災に関する雨量レーダの活用及び予報全般に関し理解度を深めた。

(5) 中野本社訪問

1) 目的

日本無線の本社を訪問し、会社役員・上層部と意見交換を実施する。

2) 出席者

出席者は、以下の通り

- ・パラナ州防災局 : Mr. Adilson Castiho Casitas、 Mr. Edemilson de Barros
- ・気象局 SIMEPAR : Mr. Itamar Adilson Moreira
- ・JRC : 代表取締役 荒、執行役員 大沼  
ソリューション事業部本部長 五十嵐  
海外事業統括部 川崎、田沢、長代
- ・JDB : 斉藤社長、Rodorigo Vidal

3) 実施内容

- ・日本無線役員との防災に関する意見交換並びに、早期警報システム導入事例、雨量レーダ導入事例、土砂災害監視・警報システム導入事例のビデオ紹介を実施し、日本無線の防災事業に関し理解度を深める。(図 4-26~4-28 に導入事例紹介を示す)



図 4-26 早期警報システム導入事例紹介



図 4-27 気象レーダ導入事例紹介



図 4-28 土砂災害監視・警報システム導入事例紹介

3) 成果

- ・日本無線が取り組む防災ソリューション事業に関し、理解度を深めた。  
パラナ州防災局担当者は、土砂災害検知・警報システムも導入したいと希望があった。

(5) 在京ブラジル大使館

1) 目的

在ブラジル日本国大使館に対し、本事業の実施計画を説明

2) 概要

出席者は、以下の通り

- ・ブラジル大使館 : 大使 アンドレ・コヘーア・ド・ラーゴ  
アタッシェ ナポリタノ・レアンドロ  
首席公使 サルキス・J・B・サルキス  
関係者 1 名
- ・パラナ州防災局 : Mr. Adilson Castiho Casitas、 Mr. Edemilson de Barros
- ・気象局 SIMEPAR : Mr. Itamar Adilson Moreira
- ・JICA : 中南米部 小林
- ・JRC : 田沢、長代
- ・JDB : 斉藤社長、Rodorigo Vidal

3) 実施内容

- ・ブラジル大使との面談、首席公使、アタッシェと本件に関わる防災情報の意見交換

4) 成果

- ・パラナ州防災局長よりブラジル大使に対し、本件の免税措置認可が遅れていると相談があった。アンドレ大使から出来る限り協力したいとの申し出があった。

(6) 本活動の総括

1) 本活動の成果

今回の受入活動を通じ、パラナ州防災局及び気象局の防災に対するレーダの知識及び、防災災害対策要領に対し、理解度が深まったと思われる。また、日本無線の防災ソリューション事業に関しても評価を得られた。

2) 本活動の課題

免税措置認可の遅れが問題であり、今後も関係者への働きかけが必要。

## 第5章 本事業の総括（実施結果に対する評価）

### 5.1. 本事業の成果（対象国・地域・都市への貢献）

#### 5.1.1. Xバンド二偏波固体化雨量レーダを使った防災システムとは

2018年1月にXバンド二偏波雨量レーダ JMA-912をSIMEPAR屋上に設置し、4月から試験観測を開始した。レーダの観測範囲は、本事業での土砂災害のモニタリングエリアだけでなく半径80kmのエリアをカバーしている。雨雲の降水強度の変化を捉えるために低仰角2仰角に絞り1分間隔でデータを配信している。本事業で二偏波雨量レーダの観測データで用いた降雨量推定を導入することに成功した。更に1分間隔で観測データを配信、解析することによりリアルタイムで大雨、局所的な豪雨をモニタリングすることが可能となった。

本レーダは気象レーダではなく、雨量レーダという位置づけである。本システムは、地上雨量に近いターゲットエリア上空約2km近辺、半径80km以内の降雨を150m x 150mメッシュで雨量強度(mm/h)を1分毎に観測し、そこで求められた1分雨量を元にメッシュ毎に各種演算を行うことで、洪水災害、及び土砂災害の警戒判定ために役立つデータを提供するものである。

#### 5.1.2. 二偏波固体化雨量レーダとは

二偏波固体化雨量レーダの特徴は、従来の単偏波送信の雨量レーダよりも精度よく雨量を推定できること、メンテナンスコストが低いこと(増幅器の維持費用の低減)の2点が挙げられる。

雨量レーダの基本原理は、大電力の高周波のパルスを大気中へ送信し、雨雲からの反射波を受信することで雨雲の位置、雨の強さ、移動速度を検知している。単偏波レーダは偏波面が一つの電波を送信するレーダである。偏波面は基本的に水平偏波である。二偏波レーダは、水平偏波面を持つ電波と垂直偏波面を持つ電波を同じアンテナから空間に送信する。本レーダでは二つの水平、垂直偏波の同時送信で観測している。

単偏波レーダは雨雲からの反射波の受信電力、位相検出によりドップラー速度を推定することができる。

単偏波レーダでは雨量を算出するためにZ-R関係を推定する。Zはレーダ反射強度、Rは雨量を意味し、ZとRにある定数を積とべき乗で求まることを表している。Zはレーダの空間分解能の最小範囲において、雨粒の大きさについて特定の分布(粒径分布)を想定した場合の分布密度を表しており、雨量を推定する指標となる。しかし、雨粒の分布は雨の降り方により異なること、降雨減衰が生じるなどの要因で正確なZを得る事は難しい。

二偏波レーダは単偏波のデータに加え、空間に送出された電波が雨滴によって反射する際、雨滴の偏平率によって水平偏波と垂直偏波の電波に差異が生じること(反射因子差)や電波が雨滴を通過する時に生じる水平偏波と垂直偏波における位相差(偏波間位相差)の観測データが得られる。

偏波間位相差の距離当たりの変化(偏波間位相差変化率)から推定した雨量と地上雨量計で得られた雨量との相関は、レーダ反射強度から推定した雨量との相関と比較して相関が高いことが先行研究で示されている。偏波間位相差変化率から算出した雨量はレーダ反射強度から算出した雨量と比較して精度が良いことを表している。

雨雲を感度良く探知するために、従来マグネトロンやクライストロン等の電子管を用いて大電力の送信パルスを送信していた。しかし、レーダの性能維持のため数年で電子管を交換するため高額な維持費用が発生する。更にマイクロ波帯における割り当て周波数の狭帯域化の要求もある。そこでパルスの増幅に固体素子を用いた増幅器を搭載するレーダが登場した。

固体化レーダの送信電力は電子管と比べて送信電力が低い。このためパルス圧縮技術を用いて、固体化レーダはパルス幅の広げ周波数変調を掛けたパルスを送信し、受信波の信号処理により電子管で送信した場合と同等の利得を得ている。

### 5.1.3. 雨量レーダの水文分野への応用

雨量を測るには地上雨量計により直接測ることができる。地上雨量計はある地点での雨量のみを表すので実運用上、ある範囲毎に複数の地上雨量計を設置しネットワークを組んで運用する。しかし、地上雨量計を運用するには、定期的な清掃等のメンテナンスが必要である。

レーダはレーダサイトを中心とした円内をカバーすることができる。地上雨量計でカバーするには複数台必要なところを1台でカバーでき、雨量を分布として捉えることができる。地上雨量計を運用するには設置場所毎にメンテナンスが必要となるが、レーダは1台をメンテナンスすれば良いのでメンテナンスの作業日数を減らすことができる。さらに雨量分布の時間経過から、雨の動く方向や雨量強度の推移を得られる。

二偏波による観測データから雨量を推定するアルゴリズムのフローを図5-1に示す。レーダ反射強度、偏波間位相差、偏波間相関係数を用いて算出する。まず、偏波間位相差について偏波間相関係数を用いて閾値判定を実施する。次に、偏波間位相差から偏波間位相差変化率を算出する。偏波間位相差変化率からレーダ反射強度に対して減衰補正を適用する。最後に、レーダ反射強度の強さと偏波間相関係数の値から、偏波間位相差変化率から算出(Kdp-R 関係)した雨量を適用するか、Z-R 関係を適用するか観測メッシュ毎に判定する。

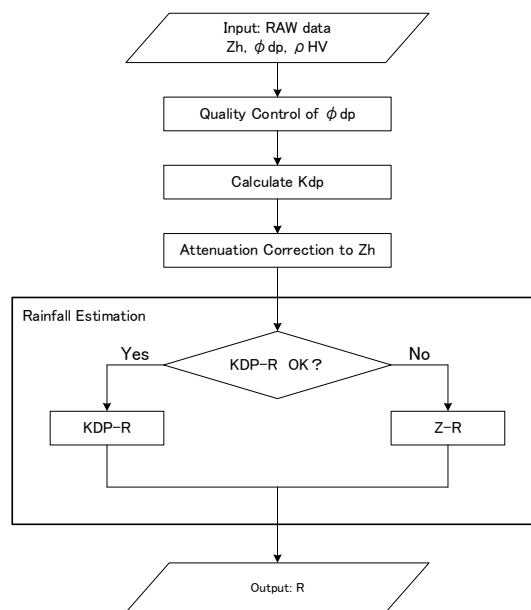


図 5-1 二偏波レーダの観測データを用いた雨量推定のフロー

レーダから推定した雨量と地上雨量計で測定した雨量値の誤差の一因に、レーダで観測した高度の粒径分布と地表近くにおける降水の粒径分布が異なることが挙げられる。地表付近の降雨を観測するために、レーダで観測する際は仰角  $0^\circ \sim 1^\circ$  位の低い仰角で観測する。しかし、図5-2に示すように仰角  $1.2^\circ$  のデータでは放射状に観測データの欠損が見られる。これはレーダから見てビームが遮

蔽されていることを表している。ターゲットエリアは図 5-2 の赤四角の領域であるが、遮蔽の影響を低減するため仰角 2° で運用し、それでも遮蔽の影響を受ける部分は仰角 3.4° の観測データで補間することとした。

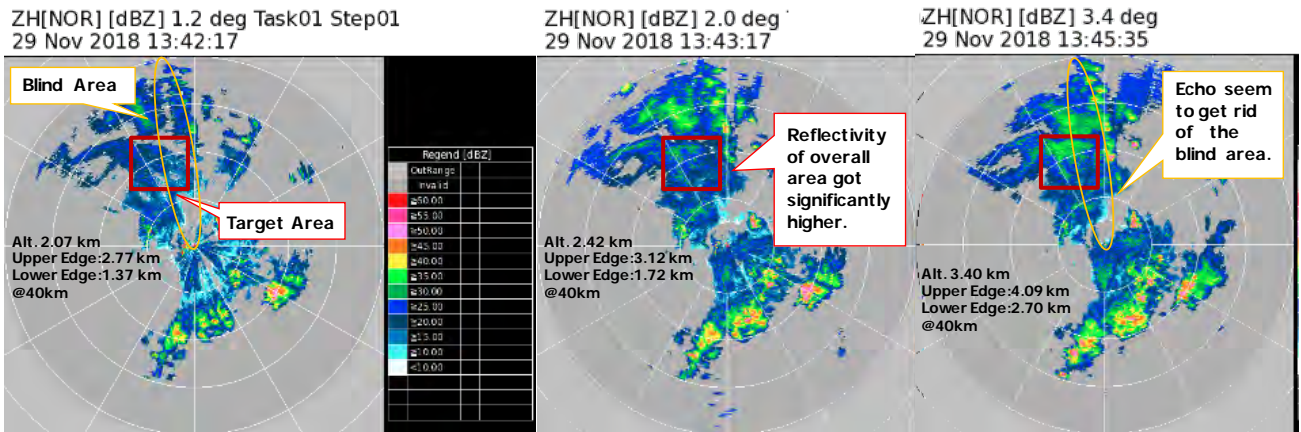


図 5-2 遮蔽の回避の例

遮蔽の影響を緩和しかつ地表付近の雨量を得るために、レーダのデータ配信間隔を 1 分、1 分当たり 2 仰角設定して観測している。複数の仰角から構成されている地表付近雨量データを表層雨量と言う。表層雨量の例を図 5-3 に示す。

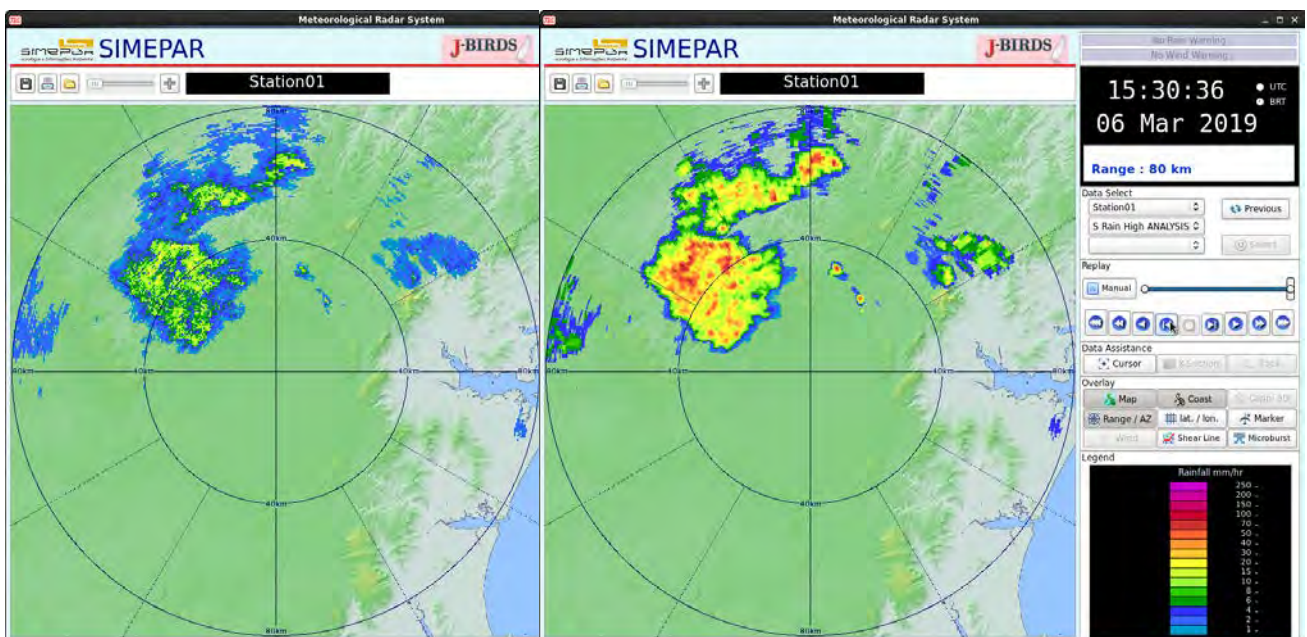


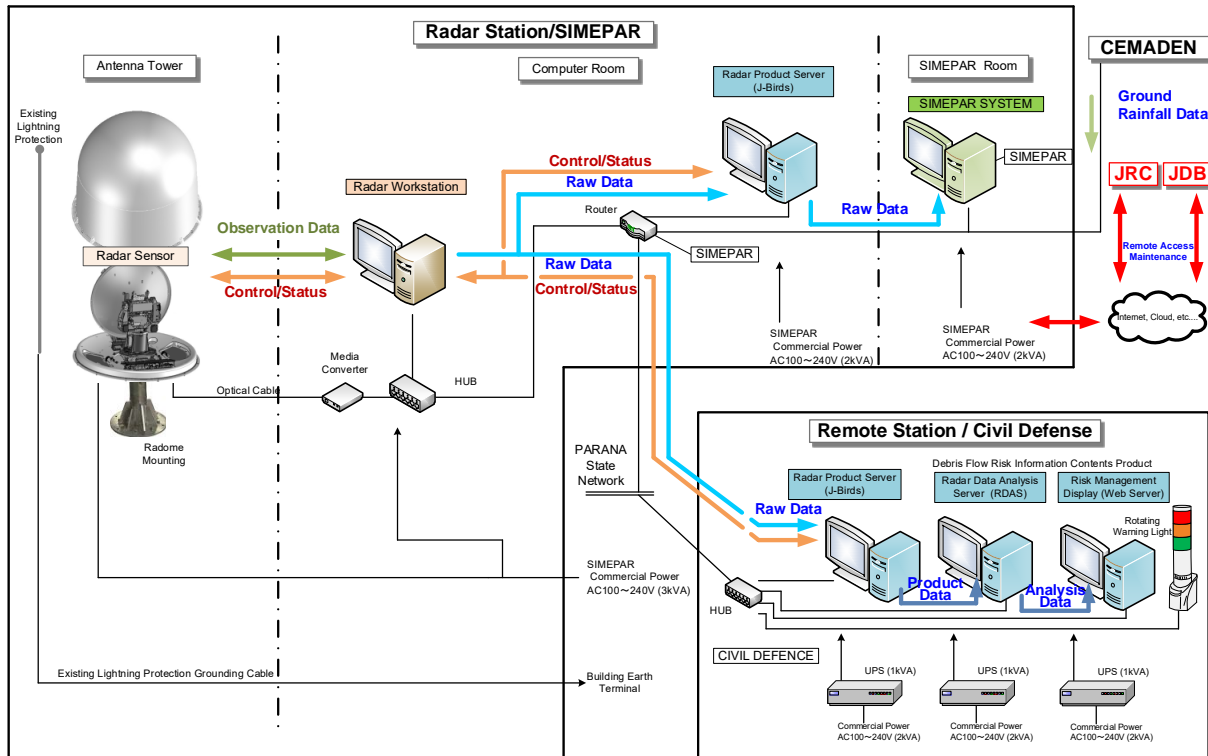
図 5-3 表層雨量の例 左図は Z-R 関係から推定した雨量  
右は二偏波レーダの観測データから推定した雨量

#### 5.1.4. 災害リスク軽減システムとは

災害リスク軽減システムは、災害が発生する前に住民に対して危険情報を伝達するためのものであり、人々の命を守るという意味で非常に有益となるものである。

従来、地上雨量計で測定した降雨量を用いて土砂崩れの予兆を推定していたシステムに、レーダで推定した雨量を用いることで広範囲において土砂崩れの予兆を捉えるシステムを構築した。

図 5-4 に本システムの系統図を示す。



System Configuration Diagram for Radar Rain Gauge in Parana State

Sep. 16, 2016

図 5-4 システム構成図

まず、レーダで PPI 観測により得られた生データは Radar Workstation で取りまとめられる。生データを Radar Product Server に配信し 5.1.2 節の手法で表層雨量を計算する。Radar Product Server は 1 分毎に 60 分雨量強度として表層雨量を出力し、Radar Data Analysis Server はその値を 1/60 することで 1 分雨量を算出する。ここで求められた 1 分雨量を元にメッシュ毎に Radar Product Server は

- ① 10 分雨量
- ② 60 分雨量
- ③ 連続雨量
- ④ 24 時間雨量
- ⑤ 48 時間雨量
- ⑥ 1.5 時間半減期有効雨量
- ⑦ 72 時間半減期有効雨量

の各種演算を行う。

①～⑤に関しては、洪水災害警報のために有効なデータである。一般的には、各自治体で独自に警戒基準（SOP）を設け、地上雨量計の観測データを用いて演算することで、各地域の警戒発令などに役立っているところが多い。実際に、パラナ州でも60分雨量、24時間雨量、48時間雨量を用いて洪水災害の警戒情報を通知している。（同時に水位観測に関しても警報発令基準値を設けて警戒情報を通知している。）

⑥、⑦に関しては、土砂災害警報のために有効なデータである。現在の日本では、気象庁により、大雨警報（土砂災害）の危険度分布（土砂災害警戒判定メッシュ情報）は2時間先までの雨量及び土壌雨量指数の予測値を用いて危険度が発表されているが、かつては様々な地域で独自に観測した地上雨量の観測データを用いて演算された⑥、⑦のデータを用いて、スネーク曲線による土砂災害の警戒情報を判定していた。なお、⑥は地表に降って残っている積算雨量を意味し、⑦は地中に浸透して溜まった積算雨量を意味している。

#### 5.1.5. 現地検証内容

災害リスク軽減システムは以下の順番で運用される。

- ① ターゲットエリア内でのブロック分け
- ② 各種警報発令基準値の初期設定
- ③ 雨量データの入力・各種演算
- ④ 災害リスク軽減システムとしての運用・データ蓄積
- ⑤ 実際の土砂災害の入力
- ⑥ 警報発令基準値の再設定
- ⑦ ③～⑤の繰り返し。

各種警報発令基準値は防災局にSOPがあるので、これに従って運用すればよいが、本災害リスク軽減システムで用いているスネーク曲線による土砂災害の警戒判定は、その特性上、多くのデータを取得してデータベースとして蓄えることによってその精度が向上する。よって、今回の現地における実証実験は①～④を中心に、特に2019年初頭の雨期のデータを用いて検証を行った。

特に、土砂災害の警報発令基準値、つまり後述するCL（Critical Line）は本システムの要であり、この設定によって実際の警戒判定に直結するため、本邦受入活動および現地活動の中でOJTを通してその重要性和設定方法を説明した。

##### (1) ブロック分け及び警報発令基準値の初期設定

本システムのターゲットエリア内で、特に土砂災害の重点地域として防災局に17ブロックを選定して頂いた。この各ブロックは地形的環境や土壌成分が異なるため、土砂災害の警報発令基準値は独立に設定できものとした。





図 5-5 本システムのターゲットエリア

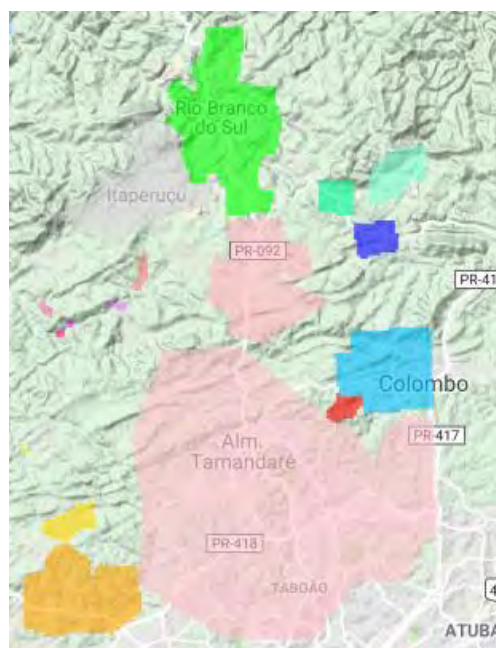


図 5-6 土砂災害重点地域（17ブロック）

警報判定は次の通りである。なお、これらの警戒判定がされた場合、システムのネットワーク上に接続された警報灯が光と音によってオペレータに通知し、そのオペレータは警報灯確認ボタンを押すことで警戒情報を認識したとし、記録を残す仕組みとした。

- 1) 洪水災害向けの警報判定

演算した次のデータを使用して警報判定基準値を超過しているか否かの判定処理を実施する。主には洪水災害向けの警報として用いられるが、土砂災害向けの警報としても併用できる。

- ① 60分雨量
- ② 連続雨量
- ③ 24時間雨量
- ④ 48時間雨量

初期設定では、防災局のSOPに従い、ターゲットエリア全て同一に設定し、データ検証中に設定変更できるものとした。この設定は、全てのメッシュに同一に適用されるもので、土砂災害重点地域である17ブロックとは連携しない。

## 2) 土砂災害向け警報判定

演算した次のデータを使用して警報判定基準値を超過しているか否かの判定処理を実施する。

- ① 1.5時間半減期雨量
- ② 72時間半減期雨量

当該判定はCL（Critical Line：臨界ライン）基準、EL（Evacuation Line：避難ライン）基準、WL（Warning Line：警戒ライン）基準の3段階の基準を超過しているか否かを判断する。

初期設定では、各判定値（数のa値及びb値）を17ブロック全て同一に仮設定し、データ検証中に各ブロック独立に設定変更できるものとした。（図4-9 半減期雨量の警戒ラインを参照）

## (2) 雨量データの入力・各種演算・表示

雨量レーダの設置・調整後に観測された雨量データは、ターゲットエリア内に150m x 150mメッシュとして1分雨量としてシステム内に入力される。このデータを全ての基礎データとして、各メッシュで各種演算（10分雨量、60分雨量、連続雨量、24時間雨量、48時間雨量、1.5時間半減期有効雨量、72時間半減期有効雨量）、及び予め設定された警報発令基準値による各種判定が行われる。

これらのデータはターゲットエリアの地図上に表示されるメッシュ上に色別表示され、選択したメッシュ毎に帳票やグラフ表示を行う。

地図上に表示される項目

- ① 60分雨量
- ② 60分雨量警戒判定（注意・警戒・避難）
- ③ 連続雨量
- ④ 連続雨量警戒判定（注意・警戒・避難）
- ⑤ 24時間雨量
- ⑥ 24時間雨量警戒判定（注意・警戒・避難）
- ⑦ 48時間雨量
- ⑧ 48時間雨量警戒判定（注意・警戒・避難）
- ⑨ 土砂災害警戒判定（WL・EL・CL）

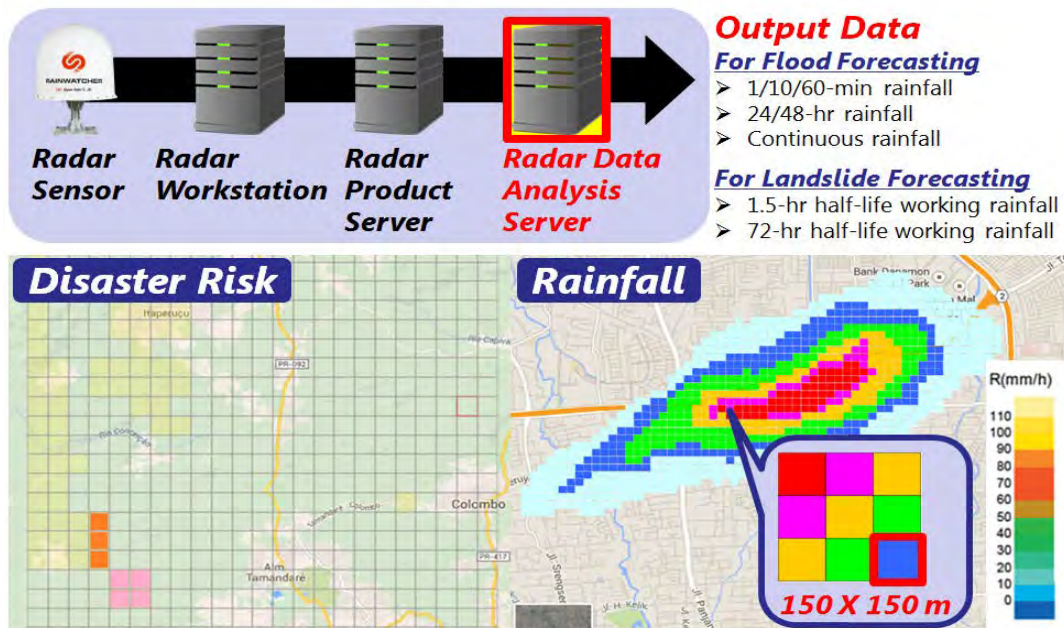


図 5-7 演算データの地図表示

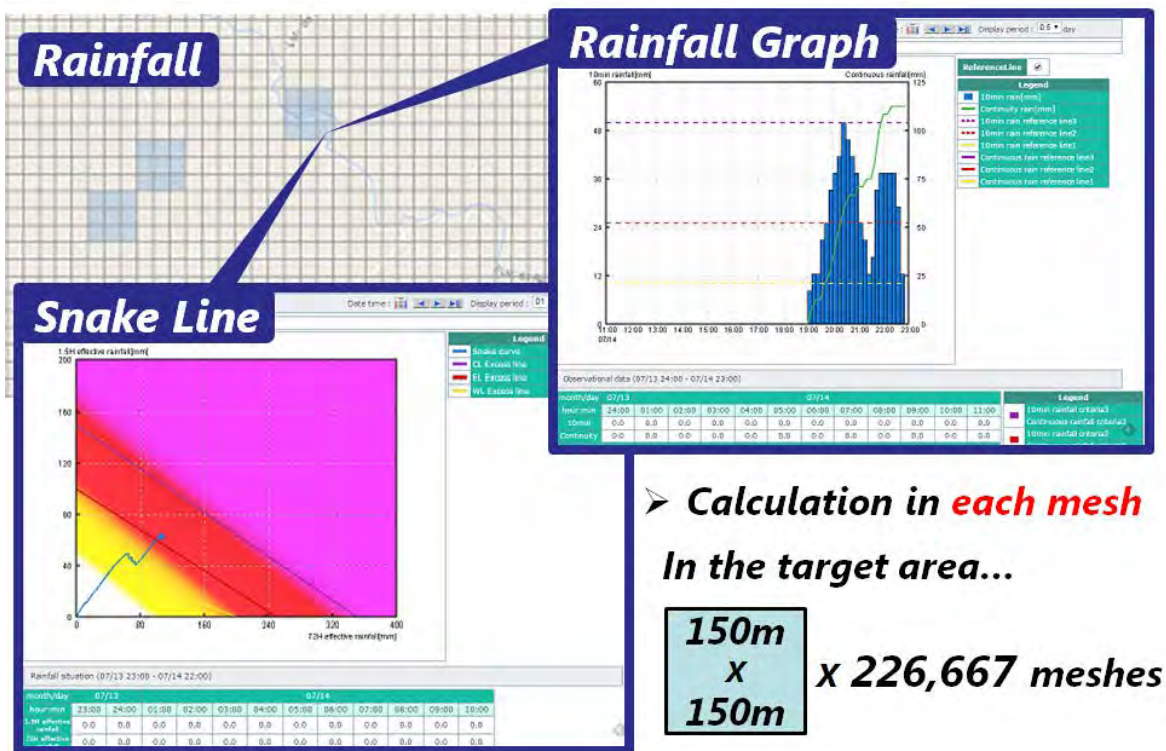


図 5-8 演算データの帳票・グラフ表示

(3) 災害リスク軽減システムとしての運用・データ蓄積  
 雨量データが入力・蓄積開始されると、洪水災害警報や土砂災害警報のためのデータが地図やグラフによって一目瞭然に判別されるようになる。

例えば、洪水災害のための警戒判定のデータ表示としては、図 5-9 のように特定のエリアのみ積算雨量が多くなっていることがリアルタイムに分かる。防災局は、これまで運用されてきた SOP の警報発令基準値によって即座に注意・警戒・避難の各値を超えたかどうかが表示されるため、防災活動に活用が可能である。

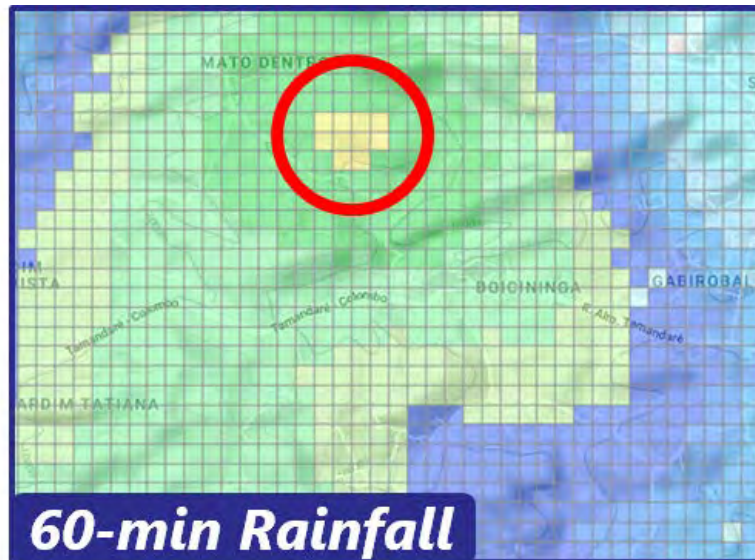


図 5-9 洪水災害警報のためのデータ表示

土砂災害のための警戒判定のデータ表示としては、図 5-10 のように演算された半減期雨量によってスネーク曲線がリアルタイムに描かれ WL、EL、CL を越えることで、

- CL 超過：既に土砂災害発生していてもおかしくない状態
- EL 超過：CL 超過まで 1 時間と予測される状態（避難を考慮すべき状態）
- WL 超過：CL 超過まで 2 時間と予測される状態（警戒を考慮すべき状態）

と判断できるが、データ蓄積が少なく、WL、EL、CL が初期状態である場合は、正しい判定はされないことに注意する必要がある。

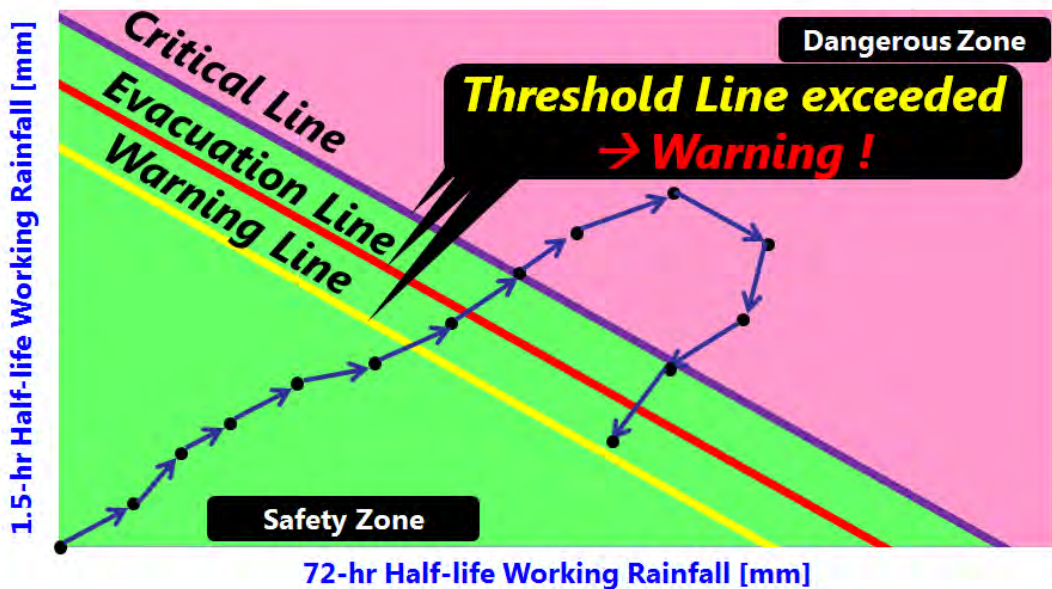


図 5-10 土砂災害警報のためのデータ表示

(4) 実際の土砂災害の入力

上述の通り、本災害リスク軽減システムでは多くのデータを取得してデータベースとして蓄えることによってその精度が向上する。運用中、本システムでは一連の降雨が発生する度にスネーク曲線が描かれる。また、これら一連の降雨における最大雨量（1.5時間半減期有効雨量と72時間半減期有効雨量の最大値）は、このスネーク曲線上に自動的にマークされる。このマークされたポイントに対して、その地域で実際に土砂災害が発生したか、発生していないかの記録を残していく。

### Plotting **Non-causing Rainfall**

1. The data farthest from the origin is selected.
2. The data is automatically plotted.

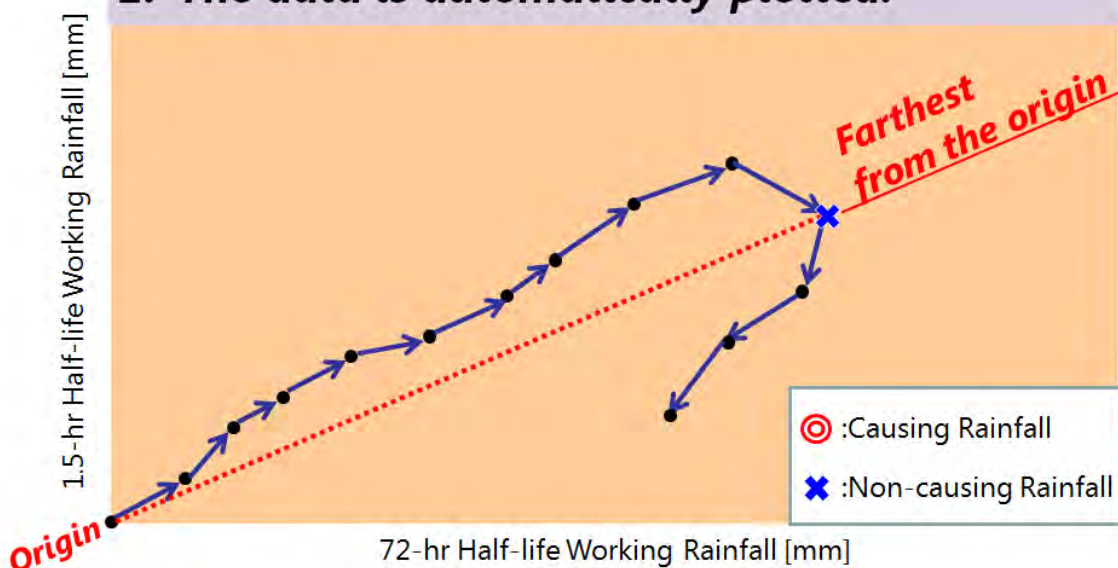


図 5-11 土砂災害が発生しなかったときの記録

## Plotting **Causing Rainfall**

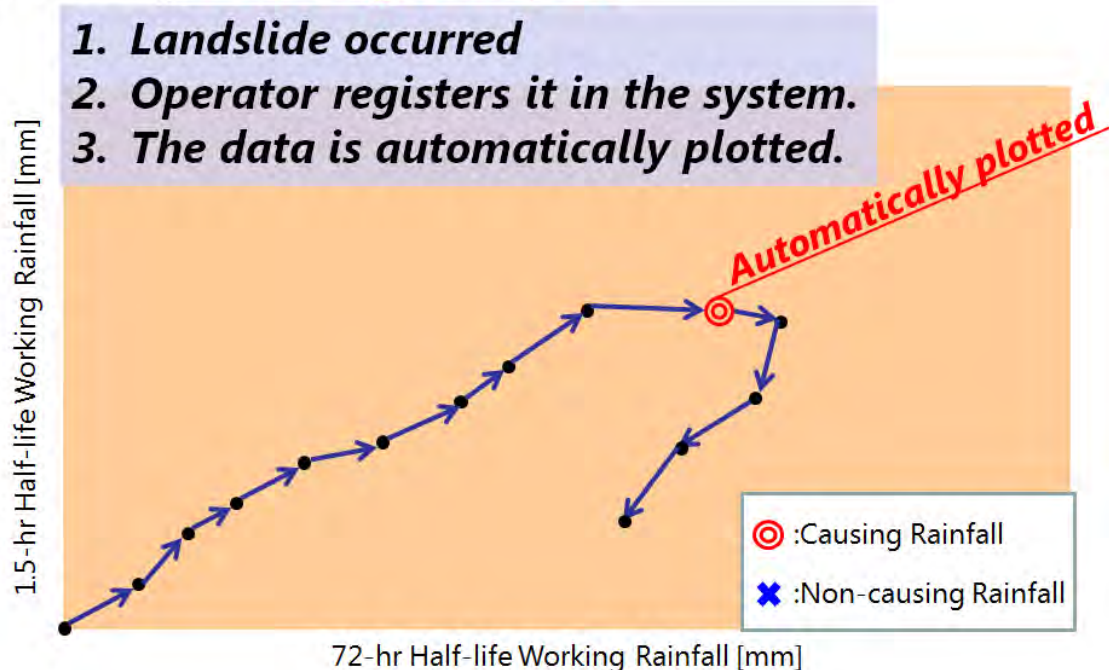


図 5-12 土砂災害が発生したときの記録

### (5) 警報発令基準値の再設定

このようにして、一連の降雨が発生する度に、最大雨量のポイントに実際の土砂災害の発生・非発生の情報がデータベースに溜まり、警戒判定図では以下の図のようになる。この図では、初期のCLが大きいため、実際の土砂災害が発生しても全てCLを越えておらず、警戒情報は出せない状態である。そこで、CLを発生ポイントと非発生ポイントの間になるように見直しを行う。このCLの再設定は、予め決めた17ブロック全てに対して独立に設定する必要がある。

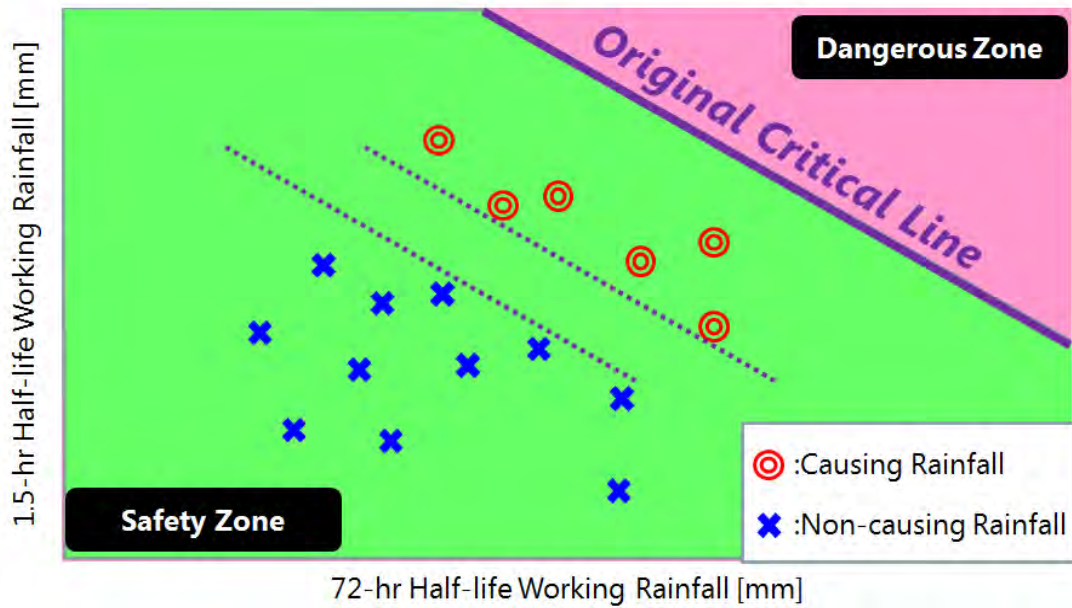


図 5-13 初期設定での CL

図 5-14 のように、定期的に CL の見直しを行うことで、的確に警戒情報を行うことができるようになる。そのため、本災害リスク軽減システムでは、少なくとも 2~3 シーズンの雨期のデータを蓄積することにより、各ブロックの地形や土壌などの条件にあった警戒値の設定を推奨している。なお、CL 超過のおよそ 1 時間前を示す EL、およそ 2 時間前を示す WL は、CL を再設定することで自動的に設定される。

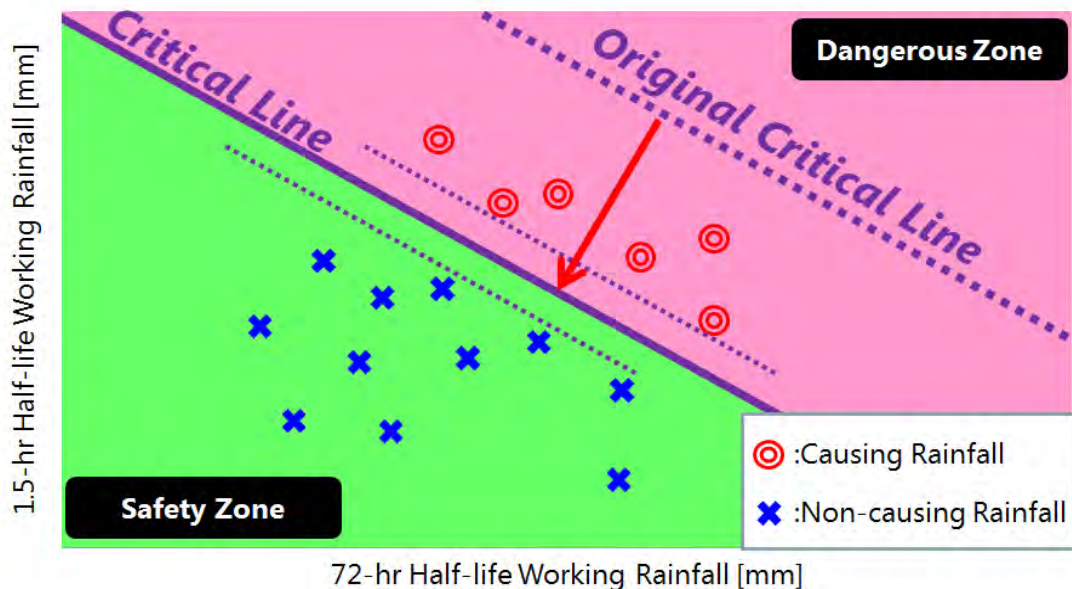


図 5-14 CL の見直し

特に、4.1 項「実証実験結果」で示した内容では、また実験を開始したばかりでそのエリアに適した CL が再設定されていないときに警戒判定されたものであるので、システムでは CL 超過を示しているのに実際には土砂災害は発生しなかった事象、もしくはシステムは CL 超過にはほど遠いのに、実際に土砂災害が発生した事象が見られた。

本災害リスク軽減システムは、より多くのデータと蓄積し、全ての土砂災害発生事象を記録することで、警戒判定の精度は向上していく特徴を持っているが、図 5-15 のように特異値として観測されるケースや地震など降雨以外の要素で発生する土砂災害などもあるため、CL の再設定は慎重に行う必要がある。CL を低めに設定すれば、より早めに避難判定が可能となるが、土砂災害に繋がらない降雨に対しても避難を促してしまう可能性もあり、住民からの災害情報に対する信頼を失う危険性もある。また、CL を高めに設定すれば、避難判断が遅れる可能性もある。



図 5-15 土砂災害の特異値

#### 5.1.6. 本災害リスク軽減システムで用いている手法

災害リスク軽減システムは、総合土砂災害対策検討会による手法（提言案）を用いており、国土交通省が主催した「総合土砂災害対策検討会」の中で検討された「集中的に発生するがけ崩れ」に対する「警戒避難基準雨量の設定手法（案）」として提言されている。

「集中的に発生するがけ崩れ」とは、定性的に実行雨量が一定以上になった場合に、一連の降雨のピーク付近で面的に限られた範囲で発生する崩壊と定義されるものであり、この手法が導かれる背景となったタンクモデルが土石流の発生予測にも有効性を示すことから、土石流にも有効な手法と評価されている。

この手法では、1 分毎に縦軸に 1.5 時間半減期有効雨量、つまり地表に降って残っている積算雨量を意味する短期的な雨量をプロットし、横軸に 72 時間半減期有効雨量、つまり地中に浸透し溜まった積算雨量を意味する長期的な雨量をプロットする。このプロット点を結んでいくことにより、スネーク曲線と言われるグラフを描くことが出来る。図 5-16 のように、スネーク曲線が横方向に描かれる場合は長期的な降雨を示し、縦方向に描かれる場合は短期的な降雨を示す。また、スネーク曲線が原点に戻る動きが見られる場合は、降雨が収束していることを示す。なお、一連の降雨の開始が前の



一連の降雨からあまり時間が経過していない場合は、スネーク曲線は必ずしも原点から開始されるとは限りません。つまり、地表、または地中に溜まった雨が残っている状態から描画を開始するケースもある。

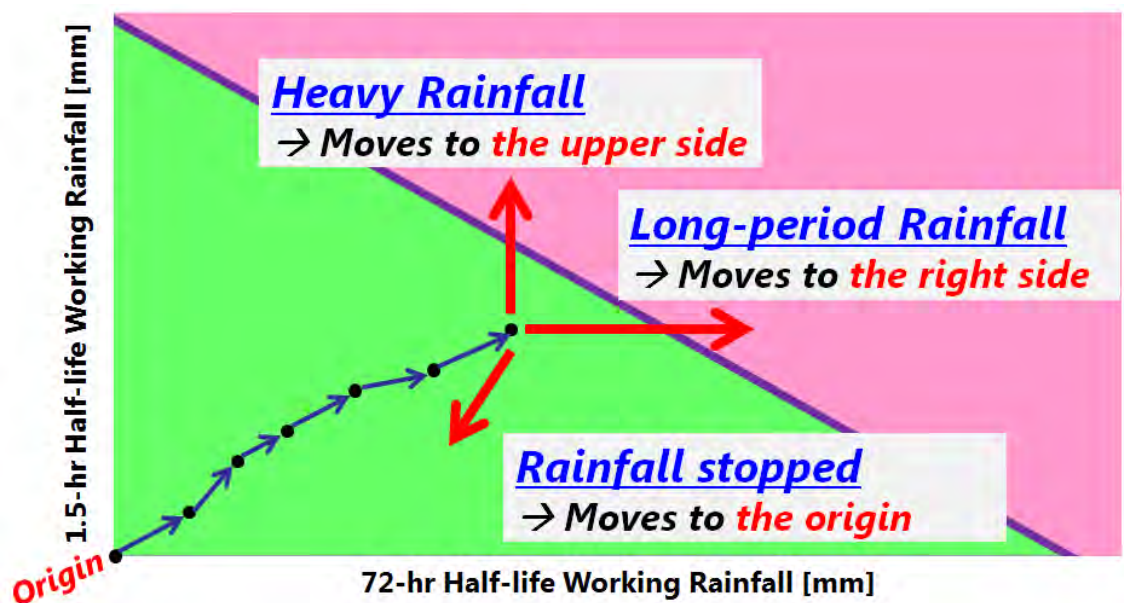


図 5-16 スネーク曲線の描画

#### 5.1.7. 災害リスク軽減システムの評価と既設防災システムとの比較

現在の日本では、気象庁により、大雨警報（土砂災害）の危険度分布（土砂災害警戒判定メッシュ情報）は2時間先までの雨量及び土壌雨量指数の予測値を用いて危険度が発表されているが、かつては様々な地域で地上雨量計を用いて、本システム同様、総合土砂災害対策検討会による手法である災害リスク軽減システムを用いて土砂災害の警戒情報を算出してきた。

本システムでは、これら既設システムとは異なり、演算をこれまでの地上雨量計による点のみで行うのではなく、半径 80km 以内の 150m x 150m メッシュ全てで行う（本実証実験では、ターゲットエリアを絞っている）ことにより、面で演算結果を得ることができるため、近年の異常気象など非常に狭いエリアで発生する災害に対しても警戒情報を判定することが可能となった。これにより、対象の自治体全てに同一の警報を発令するのではなく、対象のエリアのみに対して警報を発令することが可能となる。

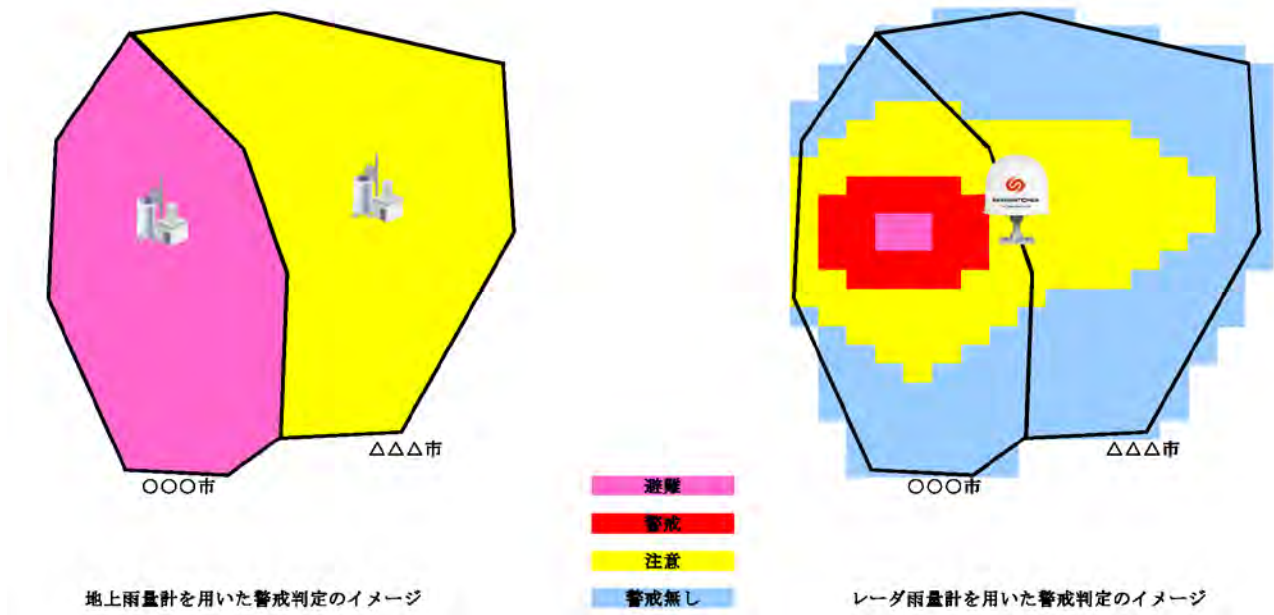


図 5-17 雨量レーダを用いた警戒判定のイメージ

#### 5.1.8. 災害リスク軽減システムの既設防災活動へのリンクおよびその評価

これまで、他の地域と同様に、災害が発生した後の対応に注力してきた部分が多かったが、単なる気象・水文観測ではなく、洪水・土砂災害の発生予測を視覚的に直接支援できる災害リスク軽減システムを導入したことは、災害が発生する前に住民に対して危険情報を伝達することが可能であることを意味し、多くの期待を持って運用されており、高く評価されるべき防災体制の大きな転換と言える。

本システムを導入することにより、洪水災害に対しては、これまでの SOP をそのまま使いながら、150m x 150m メッシュ単位で 1 分毎に 60 分雨量、24 時間雨量、48 時間雨量の演算値、およびそれぞれの警戒発令基準値の超過を確認可能なので、近年の異常気象のような局所的な集中豪雨などにも視覚的に状況を把握でき、これまでよりも細かな警戒情報を発令することができる。また、土砂災害に対しては、本システムには防災局が導入している Ogura 式の演算を導入してはいないが、本システムで運用しているリアルタイムの災害リスク軽減システムとオフラインによる Ogura 式を防災局側で対比・評価を行いながら、警戒発令基準値を再設定していくなど、既設防災活動を十分に利用しながら精度を高めていくことが可能である。

そのためには、少なくとも 2~3 シーズンの雨期のデータを蓄積することにより、各ブロックの地形や土壌などの条件にあった警戒発令基準値を決定づける必要があるが、そのために重要な必須条件としては、実際の土砂災害の有無、及び詳細なレポートを本システムに手動で都度取り込む必要がある。防災局では、既設システムに州内の災害レポートを入力するデータベースが備わっており、現場からの災害報告の段階から全てスキーム化されているため、ここに本システムへのリンクをルーチン化するだけでよく、実際、実証実験の段階から非常に協力的に inputs 頂いていた。

本システムでの警戒発令基準値の再設定は、単純な数値的判断で行うことができず、土砂災害の種類、発生規模、発生原因の切り分けなどの土砂災害のノウハウを活かしながら総合的に判断する必要がある。本邦受入活動および現地活動の中で OJT を通してその重要性和設定方法を説明してきたが、

防災局内でも、引き続きこれらのノウハウを定期的にスキルアップするための人材育成活動は必要である。

雨量レーダが正しく安定的に雨量計測を行うためには、気象局に対して、防災局が必要としているデータの重要性を常に確認し合うことが重要である。何故なら、一般的に気象担当局が必要なデータ（高層から低層を含む気象の観測）と防災担当局が必要なデータ（地上雨量に近い高度での短い時間間隔での観測）は異なることが多いためである。また、本システムの持続性を保つためには、気象局と連携して雨量レーダのメンテナンスを行っていく必要がある。

## 5.2. 本事業の残課題とその解決方針

本事業における残課題として、レーダ観測データ品質に関わる課題だけでなく、レーダの性能維持やデータの活用方法についても挙げられる。

### 5.2.1. 課題と解決方針

- ・レーダの運用仰角と遮蔽の回避

レーダ雨量計として観測するには低仰角での運用し、地表付近の降雨を捉える必要がある。これは、レーダで捉えた上空の雨は、落下中に分布が変化して地表付近の雨との分布が異なるためである。しかし、今回のように、低仰角で運用すると、レーダのエコーが縞状に抜け落ちる現象が見られる。これはレーダのビームが建物や山などにより遮られた影響である。遮蔽は仰角を上げることでクリアできるので、遮蔽の影響を低減しつつターゲットエリアの領域に対して降雨を捉えられる仰角を検討した。検討の結果、ターゲットエリア上空約 2km を観測しつつ、他の遮蔽領域はより高仰角のデータにより補間することとした。

- ・地形反射(グラウンドクラッタ)による降水の誤推定

グラウンドクラッタを降雨として判定し誤警報を発生する事例も見られた。

グラウンドクラッタは、固定ターゲットであるため受信波の周波数解析で直流成分として抽出される。

この性質を利用してレーダにはグラウンドクラッタを抑圧する処理(MTI 処理)が実装されている。しかし、固定ターゲットであっても、山の植生が風になびくことで速度成分を持つこと等により常にクラッタを抑圧できるとは限らない。

頻繁にグラウンドクラッタが観測される領域はマスクすることで誤警報を押さえるように設定した。

## 第6章 本事業実施後のビジネス展開の計画

### 6.1. ビジネスの目的及び目標

#### 6.1.1. ビジネスを通じて期待される成果（対象国・地域・都市の社会・経済開発への貢献）

本事業の中で、パラナ州以外の防災局のトップを招いて開催した現地活動第2回目の防災セミナーを通じて、本事業で実施した二偏波レーダに関する新技術やスネーク曲線を使った地すべりリスク管理技術を紹介したところ、参加者から非常に大きな関心を寄せられた。これまでブラジル各州の防災局は、気象局から送られてくる気象情報の他に各州に設置した雨量計や水位計のデータおよびCEMADENからの雨量データ等を基に災害対策および災害活動の基本が定められていた。本事業で実施した二偏波レーダによる広域雨量観測と同時にリアルタイムでの雨量計測、地すべりリスクモニタリングシステムは、ブラジル各州の防災担当者にとってこれまでの防災システムに対する常識を覆し、正に防災システムの近代化を実現したと高い評価を得た。参加者からは異口同音に導入を検討したいと回答を得た。

特に人口の集中しているサンパウロ州では、山間部の土砂災害に加え都市型の洪水災害の問題を抱え、本事業で実施したXバンド二偏波レーダを使ったリアルタイムでの広域降雨検出に非常に興味を示された。日本でも国土交通省による都市型ゲリラ豪雨対策としてXRAINが整備されており、サンパウロ州へのXバンド二偏波レーダの整備は十分その効果が期待できると考える。

また現地活動第2回防災セミナーに参加したりオデジャネイロ州やサンタカタリーナ州もサンパウロ州と同じ問題を抱えており、Xバンド二偏波レーダの導入期待が高まっていることは確かである。しかしながら、ブラジル連邦政府も含め各州共に資金的な問題を抱えており、直ぐの導入、整備には至っていない。

災害の多い地域での防災システムの近代化整備と経済活性化の関係は、ある意味でトレードオフの関係が考えられる。災害の多い地域では様々なインフラ設備や工場誘致等の投資が控えられ経済も停滞してしまうことが考えられる。一方で防災システムがきちんと整備されている地域では、災害に強い街として人口も集中し、経済活動も活発になる。このようなことから、まずは防災システムを整備、近代化することで経済の呼び水にすることが重要であるが、実際には限られた予算を経済活性化のためのインフラ整備、例えば道路整備や空港整備などを優先的に投資されているのが現実である。

このような現実の中で、現地活動第2回防災セミナーに参加したサンパウロ州防災局副部長（大佐）は、防災システムの近代化の重要性を認識され、限られた予算の中でも防災システムを近代化することを表明されたことは我々のビジネス展開に於いて大きな前進であった。今後、ブラジル最大の都市を抱えるサンパウロ州でXバンド二偏波レーダの整備と地滑り災害リスク監視システムが整備されれば、更に安心・安全な都市作りに貢献するとともに、災害を抱えるリオデジャネイロ州、サンタカタリーナ州、ミナス・ジェライス州等への波及効果が期待できる。例えば、サンタカタリーナ州では、土砂災害軽減の他にXバンド二偏波レーダによるエコー頂高度および雹雨識別機能による農作物への被害軽減に役立つものと期待され、経済への影響を最小限に抑えることが可能となる。またミナス・ジェライス州では、鉦滓ダムの決壊による大災害から住民を守ることが期待され、鉦滓ダムの適切な管理を提供することが可能となる。

#### 6.1.2. ビジネスを通じて期待される成果（ビジネス面）

本事業を通じて、ブラジル各州への展開が期待できることは6.1.1章で記述したが、ブラジルパラナ州での成功例は、ブラジルのみならずブラジル周辺国への展開も期待できる。例えば、昨年甚

大な土石流被害を被ったコロンビアや雨量レーダが未整備のパラグアイ、ウルグアイへの展開が期待できるが、防災システム導入の資金源をどうするかが問題となっている。

## 6.2. ビジネス展開計画

### 6.2.1. ビジネスの概要

#### (1) ビジネス検討の背景

ブラジル政府は、2011年にリオデジャネイロ州で発生した死者行方不明者約1000名を出した土砂災害を契機に、国家開発計画に災害リスク管理・対応プログラムを策定した。この国家プログラムを基に降雨観測と降雨予測を強化する目的で国家自然災害モニタリング・警報センター（CEMADEN）を創設し、国家統合省・国家災害リスク管理センター（CENAD）の体制を強化し、災害リスクの評価および災害対応を重点的に強化する方針を示した。

日伯両政府間で「統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクト」が4年間の計画で合意され、当該プロジェクト開始に伴い、ブラジル都市省、国家統合省、科学技術革新省、リオデジャネイロ州政府、各州防災局の共催でJICA 防災セミナーRio Bosai2013が開催された。このセミナーに弊社からも参加し、日本とブラジルにおける防災協力の重要性を認識した。弊社ではリオデジャネイロに現地法人JDBを有し、海上関係、陸上関係の通信機材、レーダ機器の販売促進、サービスを主とした業務を行っている。また電力会社CEMIG社（ミナス・ジェライス州）へ衛星・陸上テレメータシステムを導入した実績がある。2013年5月パラナ州防災局から弊社に対してXバンド二偏波レーダシステム、予警報システムなどの提案要請があり、パラナ州防災局へのプレゼンテーション、TV会議などを通し技術支援を行っている。パラナ州は防災局とSIMEPAR（気象局）と常時連携し、減災への対応を実施していること、組織が確立されていることから、パラナ州との連携を推進することとした。この連携事業により弊社Xバンド二偏波レーダを活用した日本の防災ソリューションを広く評価、認識させる。この連携プロジェクトを基調として、連邦政府、リオデジャネイロ州、サンパウロ州、ミナス・ジェライス州、サンタカタリーナ州、ペルナンブーコ州へXバンド二偏波レーダをはじめ総合防災システムの拡販を図る。

#### (2) ビジネスの目的

ブラジル国においては、日本製の気象・雨量レーダの導入実績はなく、欧米メーカーの機材が主流となっている。歴史的条件、地理的条件が大きな要因と考えられる。また製品価格においては日本製品と比較し、欧米メーカーが優位性を保っていた。弊社は日本において気象庁・国土交通省へレーダの納入した実績並びに技術を基に国際競争力のあるXバンド二偏波レーダを開発した。この新規レーダとこれまで経験した防災ソリューションのノウハウをブラジル国において、貢献することで事業の拡販を図る。

#### (3) ビジネス計画

##### 1) ビジネスの概要

##### a) ビジネスモデル

- ① 雨量レーダを核とした予警報システム、土石流センサーのパッケージ化
- ② 弊社の得意とする洪水予警報システムとの連携
- ③ 土石流災害危険情報の差別化
- ④ 欧米メーカーが取り組んでいない防災ソリューションとの連携

##### b) 競合優位性、革新性、先導性、現地市場に与えるインパクトの有無

- ① 価格競争力のあるXバンド二偏波レーダ
- ② 欧米メーカーは気象観測を目的としたレーダをブラジル国へ営業展開を図っているが、弊社としては雨量を観測するためのレーダと防災ソリューションのノウハウをパッケージ化したシステ

ムの拡販を行う。

- ③ X バンド二偏波レーダを利用した雨量観測を面で行うことにより、雨量観測の範囲が各段に広域となる。
- ④ 各州の都市部は、非常に高い人口密度であり、最近頻繁に発生する豪雨の性質からも、解像度の高い雨量レーダ観測網の整備が喫緊の課題となっている。このようなことから、災害が発生する  
予測システムの導入と住民への避難情報伝達システムは日本の得意とする分野であり、現地市場に与えるインパクトは大きい。

### 6.2.2. ビジネスのターゲット

パラナ州、リオデジャネイロ州、サンパウロ州、サンタカタリーナ州、ミナス・ジェライス州、国家災害モニタリングセンター(CEMADEN)などを市場ターゲットとする。各州へ X バンド二偏波レーダ 4 基、連邦政府関係 10 基、その他洪水予警報システム、同報無線、土石流センサーを含め市場規模は 70 億円と想定している。

### 6.2.3. ビジネスの実施体制

#### (1) 現地パートナーとの連携状況

官側：これまでの防災体制の実績、防災体制構築に関心の高いパラナ州防災局との連携を図り、X バンド二偏波レーダを活用した防災システムを確立する。

さらに、連邦政府科学技術省に設立した自然災害観測警戒センターと防災テクニカルワーキンググループを設立し、ブラジル国に必要な防災体制について協議を重ねることができるよう交渉中である。現地パートナーより受領したサポートレター 別添【パラナ州政府よりのサポートレター】参照

民側：日本無線はブラジル国リオデジャネイロに 1975 年に現地法人 JDB を設立し、海上関係、陸上関係の通信、レーダ、防災に関連した事業を行っている。ブラジル国において必要な体制、対応は JDB が中心となり推進する。

#### (2) 組織体制

ブラジルにおける X バンド二偏波レーダ普及へ向け、日本無線及び現地法人 JDB が現地パートナーのパラナ州政府と協調し、ビジネス展開を推進する。

### 6.2.4. ビジネス展開のスケジュール

#### (1) ビジネス展開のスケジュール

レーダ設備は日本から輸出するものとし、将来的にはコア製品を除き現地生産を検討している。現地におけるビジネス展開は JDB が主となり顧客発掘、顧客への提案、販売、工事、アフターケアを行う。

2015 年 3 月-2019 年 10 月 パラナ州にて民間連携事業で実績作りを実施

2019 年 4 月ブラジル各州防災担当者を招聘し、パラナ州をショーケースとしたセミナー開催を皮切りに、雨量レーダ普及のため水平展開・提案活動を継続する。

#### (2) 投資計画・資金計画

上記(1)で述べたスケジュール及び、パラナ州政府の要請や調達整備に基づき 2015 年 3 月以降具体的に策定の予定。

## 6.2.5. 競合の状況

### (1) 競合の状況

ブラジル国では、既存気象レーダ S バンド、C バンドのシステムはアメリカ EEC 社 90%、フィンランド Vaisala 社 10% の比率でブラジルの関係機関へ納入されているが X バンド二偏波レーダの実績は無い。

弊社は X バンド二偏波レーダを海外用に新規開発し、価格面においても競争力のある製品を整備した。またレーダ設備に加え、防災ソリューションのノウハウと技術を所有していることから、関連機関との信頼関係ならびに高い評価を受けることによって競合他社との勝算はあるものと考えている。

## 6.2.6. ビジネス展開に際し想定されるリスクとその対応策

2014 年 10 月に大統領選挙を含む総選挙が実施された。政治的側面で大きなリスクを考慮する必要があるが、気候変動による災害が地球規模で拡大しており、政権が変わったとしても防災に対する方針は継続されるものと考えている。加えて JICA の技術支援として「統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクト」が 2017 年まで防災能力強化として、災害警報体制及び災害観測・予警報システムの構築支援を実施した。本技術支援プロジェクトがブラジル国における大きな成果となることは防災ビジネスにおける追い風となるものと期待している。またブラジルにおける複雑な税制、政府機関の対応遅れ、為替リスク、現地許認可の要否、法的リスクについては現地法人 JDB が約 40 年間で構築したネットワーク、顧問弁護士、日本大使館、総領事館、JICA 事務所、ジェトロ事務所、商工会議所等からも情報を適時入手し、問題解決を図りたい。

## 6.3. ODA 事業との連携可能性

### 6.3.1. 連携事業の必要性

国土交通省は日本再興戦略の一環として、我が国の防災技術の海外展開を推進することを目的としており、本事業は、日本政府の政策と合致している。

JICA 技術協力による「統合自然災害リスク管理国家戦略強化プロジェクト」は、ブラジル国の統合的な自然災害リスク管理国家戦略の強化に寄与することを目的として 2013 年 7 月から 2017 年 11 月まで実施された。本事業と連携することにより、相乗効果が期待できる。