

はじめに

国土交通省水管理・国土保全局では、最新型気象レーダである X バンド MP(マルチパラメータ)レーダを各地に配備している。配備されたレーダ観測網は XRAIN と呼ばれ、高解像度でリアルタイム性の高いレーダ雨量情報を配信している。

国土交通省の X バンド MP レーダは、都賀川の水難事故、浅野川での水害といった 2008 年に頻発した豪雨災害を機に、豪雨の監視体制の強化を図ることを目的に導入が始まった。

2008 年度の補正予算により三大都市圏等の 4 地域に 11 台の X バンド MP レーダの導入が予算措置された。2009 年度には、レーダ¹の整備やデータ処理システム等の構築が行われた。2010 年 4～6 月にかけて、運用仰角等の設定や観測パラメータの同定といった初期調整が行われ、2010 年 7 月 5 日より 4 地域で 11 台のレーダの試験運用が開始された。また、2010 年度中に追加のレーダ整備が行われ、2011 年 7 月 1 日より 6 地域が追加され 12 台のレーダが試験運用を開始する他、2011 年 9 月 9 日より 1 地域が追加され 3 台のレーダが試験運用を開始した。2011 年度中においても追加のレーダ整備が行われ、2012 年 7 月 12 日より 1 台のレーダが試験運用を開始し、新潟地域は 2 台体制のレーダ観測網となった。この他に、2012 年度には国土交通省 X バンド MP レーダネットワークは、「XRAIN」と名称されている。また、2012 年度中にも追加のレーダ整備が行われ、2013 年 9 月 5 日に 2 地域が追加され 3 台のレーダが試験運用を開始する他に、関東地域で 2 台、岩手・宮城地域で 2 台のレーダが試験運用を開始し、関東地域は 2 台体制から 5 台体制、岩手・宮城地域（これを機に地域名が「栗駒山周辺地域」から「岩手・宮城地域」へ変更）は 2 台体制から 4 台体制のレーダ観測網となった。2013 年度末には XRAIN は試験運用から本運用へ移行された。2013 年度中にも追加のレーダ整備が行われ、2014 年 7 月 8 日に 1 地域が追加され 2 台が運用を開始する他、9 月 11 日に札幌周辺地域で 1 台が運用を開始し、2 台体制のレーダ観測網となった。2014 年度中にも追加のレーダ整備が行われ、2015 年 6 月 22 日に 1 台が運用を開始し、静岡地域が 4 台体制のレーダ観測網となっている。

2015 年 7 月 1 日時点で XRAIN は、14 地域 39 台で構成されている（図 1、表 1）。また XRAIN により観測されたレーダ雨量情報は、解像度 250m メッシュ、更新間隔 1 分、観測から配信までの時間 1～2 分で、下記の URL において閲覧可能となっている。

<http://www.river.go.jp/xbandradar/>

¹ 特に断りがない限り、以下の文章でレーダとは X バンド MP レーダを指す

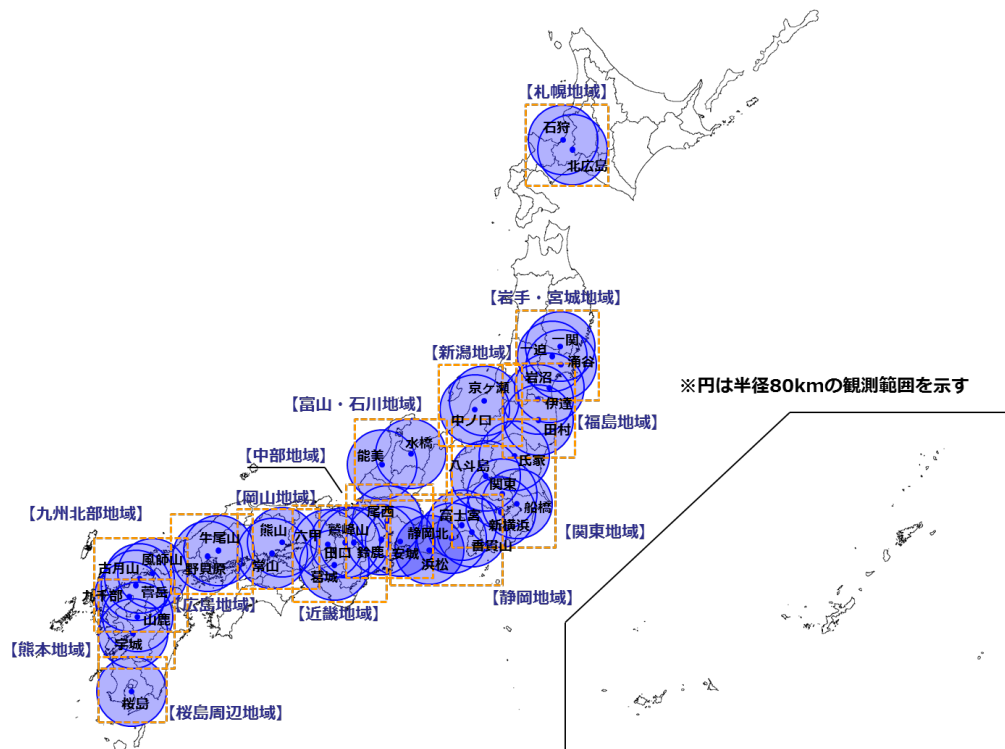


図 1 XバンドMPレーダネットワーク (2015年7月1日時点)

表 1 レーダの整備地域名とレーダ名及び運用開始日の一覧

地域名		レーダ名		運用開始
札幌周辺		北広島	きたひろしま	平成25年9月6日
		石狩	いしかり	平成26年9月11日
岩手・宮城	(旧)栗駒山周辺	一関	いちのせき	平成23年7月1日
		一迫	いちはさま	
		涌谷	わくや	平成25年9月6日
		岩沼	いわぬま	
福島		伊達	だて	平成25年9月6日
		田村	たむら	
関東		氏家	うじいえ	平成22年7月5日
		八斗島	やったじま	
		船橋	ふなばし	
	(旧)関東	関東	かんとう	
		新横浜	しんよこはま	
新潟		京ヶ瀬	きょうがせ	平成23年7月1日
		中ノ口	なかのくち	平成24年7月12日
富山・石川		能美	のみ	平成22年7月5日
		水橋	みずはし	
静岡	(旧)静岡	香貫山	かぬきやま	平成23年9月9日
		富士宮	ふじのみや	
		静岡北	しずおかきた	
		浜松	はままつ	平成27年6月22日
中部		尾西	びさい	平成22年7月5日
		安城	あんじょう	
		鈴鹿	すずか	
近畿		六甲	ろっこう	平成22年7月5日
		葛城	かつらぎ	
		田口	たのくち	
		鷲峰山	じゅうぶさん	
岡山		常山	つねやま	平成23年7月1日
		熊山	くまやま	
広島		野貝原	のがいばら	
		牛尾山	うしおやま	
九州北部		九千部	くせんぶ	
		菅岳	すがだけ	
		古月山	ふるつきやま	
		風師山	かざしやま	
熊本		山鹿	やまが	平成26年7月8日
		宇城	うき	
桜島周辺		桜島	さくらじま	平成23年7月1日

XRAIN の整備において、本省については整備地域の策定等を担当し、地整については、レーダの整備やサーバ、ネットワーク環境の整備といったハードウェア関連の整備を担当している。国総研は、レーダデータ処理システム、雨量情報配信システムの構築といったソフトウェア関連の整備の他に、レーダの配置場所の検討、レーダの観測・運用設定、精度評価、高精度化等のレーダ雨量観測の技術的事項について担当している。

本資料は、XバンドMPレーダの観測技術が実用化技術として概ね確立するまでの2010～2012年度に行われた検討について取りまとめたものである。本資料に取りまとめた検討に基づきレーダ整備や観測等が行われている。また、2013年度以降に整備、運用が開始されたレーダについても、本資料で取りまとめた検討成果に基づくものである。本資料で取りまとめた検討において特に重要な知見、成果として下記が挙げられる。

- ・ XバンドMPレーダの雨量算定技術は、理論に基づいたアルゴリズムがベースとなっている。しかし、実際の観測では、レーダ雨量が過小傾向を示すことが確認されたため、レーダ雨量の過小傾向の特性を分析し、理論的アルゴリズムに工学的補正係数を導入した。この補正係数の導入により、精度の高いレーダ雨量観測が実現されており、実用化技術として重要な知見が得られている。
- ・ 観測仰角等の設定、データ品質の検証等は、上記の雨量算定技術に加え、高頻度かつ高精度なレーダ雨量観測を実現するために重要な事項である。本資料に取りまとめた検討において観測設定や検証手法等が確立されている。

XRAINの実用化は、レーダの技術革新に加え、本資料で取りまとめられた検討成果に基づくものである。XRAINによるレーダ雨量情報は、従来からレーダ雨量が利用されている降雨予測、河川管理、自治体の災害対応等に活用されている。その他に、鉄道交通、道路交通等の分野にも利用の用途が拡大されつつあり、安全・安心な社会の実現に広く寄与しているところである。また、レーダ雨量情報の一般への提供手段の拡充が進み、メディア、Web、スマートフォンを通じて広く提供され、一般住民の防災情報の充実に加え、日常生活の利便性の向上にも寄与しているところである。

本技術資料が今後のレーダ導入やレーダ観測、レーダ雨量情報の利活用に係わる技術開発等において一助となることを期待する。

本資料の構成

X バンド MP レーダの観測技術が実用化技術として概ね確立するまでの 2010～2012 年度に行われた各種検討についてまとめたものである。

本資料は、本文と付録で構成される。本文については、1)レーダの運用開始に係わる検討（初期調整）、2)観測精度の継続的維持（精度管理）に係わる検討、3)XRAIN の高精度化に係わる検討として、大きくは 3 つの内容で構成される。

付録について、付録 A は、XMP レーダシステムの概要、付録 B は、XRAIN のデータ処理システムの処理内容、付録 C は、上記 1)、2)に係わる検討を手引きとして整理し、付録 D は XRAIN 運用管理システムの概要を収録している。

図 2 は、XRAIN の運用の流れと各章の関連について示している。新規に設置されたレーダは「初期調整」を行った後に運用が開始され、出水期後に「精度検証」が行われる。精度検証の結果を踏まえて「パラメータ等の検証、見直し」が行われ、次年度の運用が開始される。1～7 章は、上記 1)に該当する「初期調整」において行われた各種検討が取りまとめられている。8、9 章は、上記 2)に該当する運用開始後の「精度検証」、「パラメータ等の検証、見直し」において行われた各種検討が取りまとめられている。また、10 章は、レーダの一連の運用と並行して行われた精度向上等に係わる検討について取りまとめており、上記 3)に該当するものである。

本資料は、基本的には国総研における検討成果から作成しているが、2012 年度以降の精度検証、初期調整の検討については、地方整備局より資料を提供して頂いている。また、付録 A、D については、大臣官房技術調査課電気通信室に作成して頂いている。

※レーダ技術に精通されていない場合は、最初に付録（特に付録 B）を閲読し、レーダの基本用語、XRAIN で採用されている個々の技術やその構成等について把握した上で、本文に進むことを推奨します。

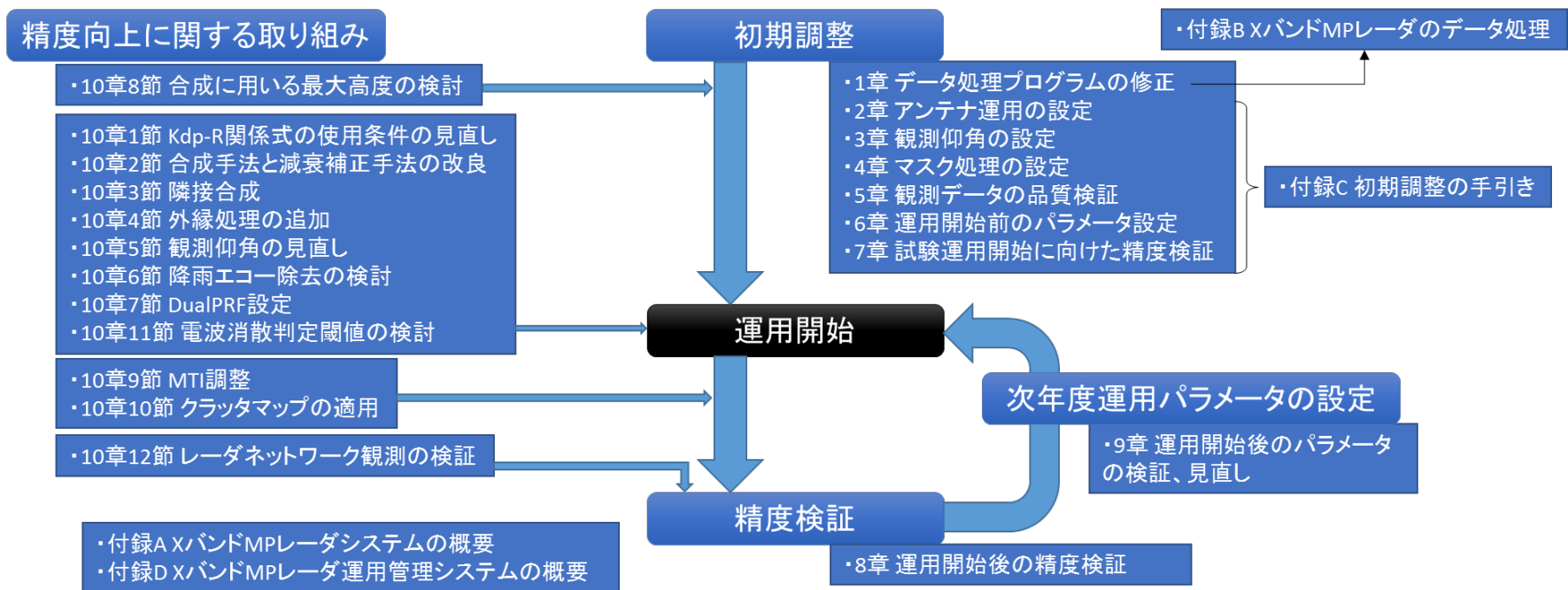


図 2 XバンドMPレーダの運用・精度管理の流れと各章の関連

関係者一覧

2008 年度

国土交通省			有識者
国土技術政策総合研究所 河川研究部 水資源研究室	河川局 河川計画課 情報対策室	大臣官房 技術調査課 電気通信室	レーダ活用による河川 情報高度化検討会
(主任研究官) 服部敦	(室長) 五道仁実	(室長) 二階堂義則	(座長) 山田正 ¹
(研究官) 土屋修一	(課長補佐) 笠井雅広	(課長補佐)	(委員) 中北英一 ² 小池俊雄 ³ 真木雅之 ⁴ 坪木和久 ⁵ 上田博 ⁶ 鈴木修 ⁷ 大平一典 ⁸ 深見和彦 ⁹
	(係長) 増本みどり	(係長)	(オブザーバ) 前坂剛 ¹⁰ 中尾忠彦 ¹¹

- 1 中央大学 理工学部 教授
- 2 京都大学 防災研究所 教授(Xバンドレーダ分科会 座長)
- 3 東京大学大学院 工学系研究科 教授
- 4 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部
- 5 名古屋大学 地球水循環研究センター 准教授
- 6 名古屋大学 地球水循環研究センター 教授
- 7 気象研究所 気象衛星・観測システム研究部 室長
- 8 国土技術政策総合研究所 河川研究部 部長
- 9 土木研究所 水災害研究グループ 上席研究員
- 10 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部
- 11 河川情報センター 理事

2009 年度

国土交通省			有識者
国土技術政策総合研究所 河川研究部 水資源研究室	河川局 情報対策室	大臣官房 技術調査課 電気通信室	レーダ活用による河川 情報高度化検討会
(主任研究官) 服部敦 (～7月) 菊森佳幹 ¹² (7月～)	(室長) 五道仁実	(室長) 二階堂義則	(座長) 山田正 ¹
(研究官) 土屋修一 加藤拓磨 (12月～)	(課長補佐) 田中克直	(課長補佐) 松浦孝昌	(委員) 中北英一 ² 小池俊雄 ³ 真木雅之 ⁴ 坪木和久 ⁵ 上田博 ⁶ 鈴木修 ⁷ 大平一典 ⁸ (～7月) 山本聡 ⁸ (7月～) 深見和彦 ⁹
	(係長) 福田勝之	(係長) 野口貴史 中山大介	(オブザーバ) 前坂剛 ¹⁰ 中尾忠彦 ¹¹

¹ 中央大学 理工学部 教授

² 京都大学 防災研究所 教授(Xバンドレーダ分科会 座長)

³ 東京大学大学院 工学系研究科 教授

⁴ 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部

⁵ 名古屋大学 地球水循環研究センター 准教授

⁶ 名古屋大学 地球水循環研究センター 教授

⁷ 気象研究所 気象衛星・観測システム研究部 室長

⁸ 国土技術政策総合研究所 河川研究部 部長

⁹ 土木研究所 水災害研究グループ 上席研究員

¹⁰ 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部

¹¹ 河川情報センター 理事

¹² 河川研究室

2010年

国土交通省			有識者
国土技術政策総合研究所 河川研究部 水資源研究室	河川局 河川計画課 情報企画室	大臣官房 技術調査課 電気通信室	レーダ活用による河川 情報高度化検討会
(主任研究官) 菊森佳幹 ¹²	(室長) 五道仁実	(室長) 二階堂義則	(座長) 山田正 ¹
(研究官) 土屋修一 加藤拓磨	(課長補佐) 田中克直	(課長補佐) 松浦孝昌	(委員) 中北英一 ² 小池俊雄 ³ 真木雅之 ⁴ 坪木和久 ⁵ 上田博 ⁶ 鈴木修 ⁷ 山本聡 ⁸ 深見和彦 ⁹
	(係長) 福田勝之(～10月) 大吉雄人(10月～)	(係長) 野口貴史 明野義人	(オブザーバ) 前坂剛 ¹⁰ 中尾忠彦 ¹¹

¹ 中央大学 理工学部 教授

² 京都大学 防災研究所 教授(Xバンドレーダ分科会 座長)

³ 東京大学大学院 工学系研究科 教授

⁴ 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部

⁵ 名古屋大学 地球水循環研究センター 准教授

⁶ 名古屋大学 地球水循環研究センター 教授

⁷ 気象研究所 気象衛星・観測システム研究部 室長

⁸ 国土技術政策総合研究所 河川研究部 部長

⁹ 土木研究所 水災害研究グループ 上席研究員

¹⁰ 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部

¹¹ 河川情報センター 理事

¹² 河川研究室

2011 年

国土交通省			有識者
国土技術政策総合研究所 河川研究部 水資源研究室	水管理・国土保全局 河川計画課 情報企画室	大臣官房 技術調査課 電気通信室	レーダ活用による河川 情報高度化検討会
(主任研究官) 菊森佳幹 ¹²	(室長) 五道仁実	(室長) 二階堂義則	(座長) 山田正 ¹
(研究官) 土屋修一 加藤拓磨(～11月)	(課長補佐) 木村周二	(課長補佐) 松浦孝昌	(委員) 中北英一 ² 小池俊雄 ³ 真木雅之 ⁴ 坪木和久 ⁵ 上田博 ⁶ 鈴木修 ⁷ 藤田光一 ⁸ 深見和彦 ⁹
	(係長) 大吉雄人	(係長) 野口貴史 上田善久	(オブザーバ) 前坂剛 ¹⁰ 中尾忠彦 ¹¹

- 1 中央大学 理工学部 教授
 2 京都大学 防災研究所 教授(Xバンドレーダ分科会 座長)
 3 東京大学大学院 工学系研究科 教授
 4 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部
 5 名古屋大学 地球水循環研究センター 准教授
 6 名古屋大学 地球水循環研究センター 教授
 7 気象研究所気象衛星・観測システム研究部 室長
 8 国土技術政策総合研究所 河川研究部 部長
 9 土木研究所 水災害研究グループ 上席研究員
 10 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部
 11 河川情報センター 理事
 12 河川研究室

2012 年度

国土交通省			有識者
国土技術政策総合研究所 河川研究部 水資源研究室	水管理・国土保全局 河川計画課 情報企画室	大臣官房 技術調査課 電気通信室	レーダ活用による河川 情報高度化検討会
(主任研究官) 菊森佳幹 ¹² (～7月) 川崎将生 (7月～)	(室長) 五道仁実 (～7月) 内藤正彦 (7月～)	(室長) 松井健一	(座長) 山田正 ¹
(研究官) 土屋修一	(課長補佐) 根本深	(課長補佐) 松浦孝昌	(委員) 中北英一 ² 小池俊雄 ³ 真木雅之 ⁴ 坪木和久 ⁵ 上田博 ⁶ 山内洋 ⁷ 藤田光一 ⁸ 深見和彦 ⁹
	(係長) 大吉雄人 (～10月) 鈴木高 (10月～)	(係長) 上田善久 山口 (～1月) 九蘭俊一 (1月～)	(オブザーバ) 前坂剛 ¹⁰ 中尾忠彦 ¹¹

¹ 中央大学 理工学部 教授

² 京都大学 防災研究所 教授(Xバンドレーダ分科会 座長)

³ 東京大学大学院 工学系研究科 教授

⁴ 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 水・土砂防災研究ユニット

⁵ 名古屋大学 地球水循環研究センター 准教授

⁶ 名古屋大学 地球水循環研究センター 教授

⁷ 気象研究所 気象衛星・観測システム研究部

⁸ 国土技術政策総合研究所 河川研究部 部長

⁹ 土木研究所 水災害研究グループ 上席研究員

¹⁰ 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 水・土砂防災研究ユニット

¹¹ 河川情報センター 理事

¹² 河川研究室

2013 年度

国土交通省			有識者
国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室	水管理・国土保全局 河川計画課 情報企画室	大臣官房 技術調査課 電気通信室	レーダ活用による河川 情報高度化検討会
(室長) 川崎将生	(室長) 内藤正彦	(室長) 松井健一	(座長) 山田正 ¹
(研究官) 土屋修一	(課長補佐) 根本深	(課長補佐) 小木曾俊夫	(委員) 中北英一 ² 小池俊雄 ³ 真木雅之 ⁴ 坪木和久 ⁵ 上田博 ⁶ 山内洋 ⁷ 鳥居謙一 ⁸ 深見和彦 ⁹ 岩波越 ¹⁰ 岩見洋一 ¹¹
	(係長) 丸山和基 (～10月) 渡邊加奈 (10月～)	(係長) 九蘭俊一 中野健二	(オブザーバ) 前坂剛 ¹² 中尾忠彦 ¹³

¹ 中央大学 理工学部 教授

² 京都大学 防災研究所 教授(Xバンドレーダ分科会 座長)

³ 東京大学大学院 工学系研究科 教授

⁴ 鹿児島大学 地域防災教育研究センター

⁵ 名古屋大学 地球水循環研究センター 准教授

⁶ 名古屋大学 地球水循環研究センター 教授

⁷ 気象研究所 気象衛星・観測システム研究部

⁸ 国土技術政策総合研究所 河川研究部 部長

⁹ 国土技術政策総合研究所 河川研究部 流域管理研究官

¹⁰ 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 水・土砂防災研究ユニット

¹¹ 土木研究所 水災害研究グループ 上席研究員

¹² 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 水・土砂防災研究ユニット

¹³ 河川情報センター 理事

2014 年度

国土交通省			有識者
国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室	水管理・国土保全局 河川計画課 情報企画室	大臣官房 技術調査課 電気通信室	レーダ活用による河川 情報高度化検討会
(室長) 川崎将生 (研究官) 土屋修一 山地秀幸	(室長) 内藤正彦 (～7月) 藤巻浩之 (7月～) (課長補佐) 富沢洋介 (係長) 渡邊加奈 (～10月) 吉田美幸 (10月～)	(室長) 末吉滋 (課長補佐) 伊藤太一 (係長) 二神計忠 中野健二	(座長) 山田正 ¹ (委員) 中北英一 ² 小池俊雄 ³ 真木雅之 ⁴ 坪木和久 ⁵ 上田博 ⁶ 山内洋 ⁷ 鳥居謙一 ⁸ 深見和彦 ⁹ 岩波越 ¹⁰ 岩見洋一 ¹¹ (オブザーバ) 前坂剛 ¹² 中尾忠彦 ¹³

¹ 中央大学 理工学部 教授

² 京都大学 防災研究所 教授(Xバンドレーダ分科会 座長)

³ 東京大学大学院 工学系研究科 教授

⁴ 鹿児島大学 地域防災教育研究センター

⁵ 名古屋大学 地球水循環研究センター 准教授

⁶ 名古屋大学 地球水循環研究センター 教授

⁷ 気象研究所 気象衛星・観測システム研究部

⁸ 国土技術政策総合研究所 河川研究部 部長

⁹ 国土技術政策総合研究所 河川研究部 流域管理研究官

¹⁰ 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 水・土砂防災研究ユニット

¹¹ 土木研究所 水災害研究グループ 上席研究員

¹² 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 水・土砂防災研究ユニット

¹³ 河川情報センター 理事

2015 年度

国土交通省			有識者
国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室	水管理・国土保全局 河川計画課 情報企画室	大臣官房 技術調査課 電気通信室	レーダ活用による河川 情報高度化検討会
(室長) 川崎将生 (研究官) 土屋修一 山地秀幸	(室長) 藤巻浩之 (課長補佐) 菊田友弥 (係長) 吉田美幸	(室長) 末吉滋 (課長補佐) 伊藤太一 (係長) 二神計忠 矢尾篤嗣	(座長) 山田正 ¹ (委員) 中北英一 ² 小池俊雄 ³ 真木雅之 ⁴ 坪木和久 ⁵ 山内洋 ⁷ 鳥居謙一 ⁸ 深見和彦 ⁹ 岩波越 ¹⁰ 岩見洋一 ¹¹ (オブザーバ) 前坂剛 ¹² 中尾忠彦 ¹³

¹ 中央大学 理工学部 教授

² 京都大学 防災研究所 教授(Xバンドレーダ分科会 座長)

³ 東京大学大学院 工学系研究科 教授

⁴ 鹿児島大学 地域防災教育研究センター

⁵ 名古屋大学 地球水循環研究センター 准教授

⁷ 気象研究所 気象衛星・観測システム研究部

⁸ 国土技術政策総合研究所 河川研究部 部長

⁹ 国土技術政策総合研究所 河川研究部 流域管理研究官

¹⁰ 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 水・土砂防災研究ユニット

¹¹ 土木研究所 水災害研究グループ 上席研究員

¹² 防災科学技術研究所 観測・予測研究領域 水・土砂防災研究ユニット

¹³ 河川情報センター 理事

謝辞

X バンド MP レーダの技術的事項の検討にあたり、防災科学技術研究所（真木雅之領域長、前阪剛主任研究員）には様々な助力を頂いた。また、検討成果については、レーダ活用による河川情報高度化検討会（座長：中央大学 山田正教授）、X バンド分科会（分科会長：京都大学 中北英一教授）において諮られ、貴重な意見、的確な助言を頂いた。ここに記して謝意を表す。