慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	開発途上国での水資源管理におけるマルチステークホルダー間の合意形成を支援するデータ活用ファシリテーションシステムの設計と評価
Sub Title	Design and evaluation of data utilization and facilitation system to support consensus building among multi-stakeholder on water resource management in developing countries
Author	白井, 德彦(Shirai, Naruhiko) 神武, 直彦(Kotake, Naohiko)
Publisher	慶應義塾大学大学院システムデザイン・ マネジメント研究科
Publication year	2017
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2017年度システムエンジニアリング学 第247号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=K040002001-00002017-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文　　2016 年度

開発途上国での水資源管理における マルチステークホルダー間の 合意形成を支援する データ活用ファシリテーション システムの設計と評価

白井 徳彦
（学籍番号：81434618）

指導教員　准教授　神武 直彦

2017 年 3 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン･マネジメント研究科
システムデザイン・マネジメント専攻

論　　文　　要　　旨

学籍番号	81434618	氏　名	白井　徳彦

論 文 題 目 :

開発途上国での水資源管理におけるマルチステークホルダー間の合意形成を支援するデータ活用ファシリテーションシステムの設計と評価

（内容の要旨）

本研究の目的は，マルチステークホルダー間の合意形成を支援することである．

開発途上国に限らず，水資源管理のようにステークホルダーが多岐にわたる場合，ステークホルダー間で合意を形成することが容易ではない．そこで，水資源管理の必要性や有効性の向上させるために，活用可能なデータを増やすことを目的とした，マルチステークホルダー間の合意形成を支援するデータ活用ファシリテーションシステムを提案した．

このシステムは，水資源管理における意思決定を支援するために，マルチステークホルダーの実際のオペレーションに着目することにより，そのオペレーションを向上するための合意形成を通じて，活用可能なデータを増やすことを想定している．システムの設計にあたっては，現行のオペレーションに対する課題とその解決策から，将来のあるべきオペレーションのフローをマルチステークホルダーとともに検討した．その際，マルチステークホルダーの合意形成が容易でない原因を，ステークホルダー間のコミュニケーションが取りづらい状況であると考え，ステークホルダーを情報共有がしやすい場所に招集し，議論を進めるコンカレントデザインファシリティーの考え方を採用した．さらに，開発途上国においては，支援国が先導して開発する水資源管理で使用される知識や技術が十分でない可能性が高い．そのため，開発予定の水資源管理を使用した際のシナリオを複数用いてオペレーションを表現することにより，マルチステークホルダーがそれぞれのオペレーションについて理解しやすくなるよう設計した．

システムの評価は，ミャンマー・バゴー川流域の水資源管理を対象としたプロトタイプによる実証実験を通じて，水資源管理のオペレーションを向上させるためのデータの活用について，マルチステークホルダー間で合意を得ることにより確認した．さらに，設計内容がそれらの要求を満たすことを要求追跡検証マトリクスにより確認した．

キーワード（5 語）

データ活用，ファシリテーション，マルチステークホルダー，合意形成，開発途上国

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	81434618	Name	Naruhiko Shirai

Title

Design and Evaluation of Data Utilization and Facilitation System to Support Consensus Building among Multi-Stakeholder on Water Resource Management in Developing Countries

Abstract

The purpose of this research is to support consensus building among multi stakeholders.

Not only in developing countries but also in developed countries, when there are many stakeholders like water resource management, it is not easy to build consensus among stakeholders. Therefore, we proposed a data utilization and facilitation system to support consensus building among multi-stakeholders with the purpose of increasing available data to improve the necessity and effectiveness of water resource management.

In order to support decision making in water resources management, this system is designed to increase the number of data that can be used through focusing on the actual operation of multi-stakeholders and building consensus to improve its operation. In designing the system, we studied the flow of operation that should be in the future from the issues and its solutions of current operation with multi stakeholders. At that time, the concept of a concurrent design facility was adopted because the difficulty to build consensus among multi-stakeholders is due to difficulty in communicating among stakeholders. And, in developing countries, there is a high possibility that the knowledge and techniques used in water resources management developed by the supporting countries are not sufficient. Therefore, it easy for multi-stakeholders to understand each operation by expressing operations using multiple scenarios when water resource management is developed.

Evaluation of the system was confirmed by building consensus among multi-stakeholders on the utilization of data to improve the operation of water resource management through prototype demonstration experiments for water resources management in the Bago river basin, Myanmar. And, it confirmed by RTVM that design satisfy those requirements.

Key Word (5 words)

data utilization, facilitation, multi-stakeholder, consensus building, developing country

目次

1. 序論 1
1.1. 研究の背景と問題意識 1
1.2. 研究の目的 1
1.3. 論文の構成 2
2. 水資源管理におけるデータ活用とファシリテーション 3
2.1. 水資源管理の現状と課題 3
2.2. 水資源管理のためのデータ活用 5
2.3. 開発途上国でのファシリテーション 7
2.3.1. ファシリテーションの定義および手法 7
2.3.2. コンカレントエンジニアリングの適用 8
3. データ活用ファシリテーションシステムの設計 10
3.1. 要求分析 10
3.1.1. ステークホルダーの特定 10
3.1.2. ステークホルダー間の関係分析 13
3.1.3. ステークホルダーの要求 14
3.1.4. システムの範囲 15
3.2. アーキテクチャー設計 16
3.2.1. 機能設計 16
3.2.2. 機能分析 18
3.2.3. 機能要求と検証識別性 19
3.2.4. 機能構成図 24
3.2.5. 物理設計 25
3.2.6. システム構成 26
3.2.7. システム構成への機能の割り当て 27
4. データ活用ファシリテーションシステムの実装と評価 29
4.1. プロトタイプ実装 29
4.1.1. プロトタイプの構成 30
4.1.2. プロトタイプによる実証実験 31
4.1.2.1. 事前調査 31
4.1.2.2. フィールドワーク 32
4.1.2.3. ワークショップ（1 回目） 38
4.1.2.4. ワークショップ（2 回目） 47
4.1.2.5. インタビュー 49

4.2. システム要求に対する評価 56
4.3. ステークホルダー要求に対する評価 58
5. 考察 59
5.1. プロトタイプによる実証実験に対する考察 59
5.1.1. 現状分析 59
5.1.2. 活用可能データの検討 60
5.1.3. 合意形成の支援 60
5.2. データ活用ファシリテーションシステムの課題 61
5.3. データ活用ファシリテーションシステムの実用化に向けて 61
6. 結論と今後の展望 62
6.1. 結論 62
6.2. 今後の展望 62
7. 謝辞 63
8. 参考文献 64

図目次

図 1　水循環のイメージ 3
図 2　ステークホルダーの分類 12
図 3　ステークホルダー間の関係 13
図 4　データ活用ファシリテーションシステムのユースケース図 16
図 5　データ活用ファシリテーションシステムの FFBD 18
図 6　データ活用ファシリテーションシステムの機能構成図 24
図 7　データ活用ファシリテーションシステムの物理構成図 25
図 8　データ活用ファシリテーションシステム構成図 26
図 9　データ活用ファシリテーションシステムのアーキテクチャー図 28
図 10　プロトタイプシステム構成 30
図 17　ミャンマーの災害に対する問題構造 32
図 18　ヤンゴン川・バゴー川を航行中の船の様子 34
図 19　バゴー川下流域の港 34
図 20　バゴー川流域に設置されている堰 35
図 21　バゴー川流域の集落の様子 35
図 22　バゴー川流域の洪水頻発地域の集落 36
図 23　情報伝達に使用されている拡声器 36
図 24　洪水対策により川幅が拡張された河川 37
図 25　ミャンマーの水資源管理におけるステークホルダー 38
図 26　グループワーク時の様子 41
図 27　グループワークの内容を共有している様子 41
図 22　現行水害対策のフローモデル 43
図 23　将来の水資源管理のフローモデル 43
図 24　現行水害対策のシーケンスモデル 44
図 25　将来の水資源管理のシーケンスモデル 44
図 26　現行水害対策のフィジカルモデル 45
図 27　将来の水資源管理のフィジカルモデル 45
図 28　水害対策のアーティファクトモデル 46
図 29　水害対策のカルチャーモデル 46
図 30　現行の運用確認に用いた資料 47
図 31　現行のデータフロー確認に用いたフロー図 50
図 32　将来のデータフロー確認のために用いたフロー図 50
図 33　現行の観測装置の位置 51
図 34　将来の観測装置の位置 52

表目次

表 1　ステークホルダーの具体例 12
表 2　データ活用ファシリテーションシステムに対するステークホルダーの要求 15
表 3　データ活用ファシリテーションシステムに対するシステム要求 17
表 4　VERIFICATION 方法の定義 19
表 5　VERIFICATION マトリックス 20
表 6　ワークショップ（1 回目）概要 39
表 7　ワークショップ（2 回目）概要 48
表 8　運輸・通信省 気象水文局におけるインタビュー結果 53
表 9　農業灌漑省 灌漑水利用管理局におけるインタビュー結果 54
表 10　電力省 水力発電局におけるインタビュー結果 55
表 11　ステークホルダー要求に対する評価 58

1. 序論

1.1. 研究の背景と問題意識

近年，世界で報告されている災害の 40 % 以上がアジア地域で発生している．また，災害による死者数の 30 % 以上，影響を受けた人の約 90 % がアジア地域に居住しており，経済損失も約 70 % がアジア地域に集中している．災害の頻度・規模は，増加・拡大傾向にあり，災害へのリスクが上昇している傾向が見受けられる．特に，アジア地域は干ばつや洪水による影響を受けやすく [1]，将来の災害による影響を減らすためには，水資源管理に関する支援が必要である．

現在，アジア地域では，ミャンマーを始めとして，9 ヵ国が後発開発途上国に分類されている [2]．それらの国では，水害に対する学術・研究機関が存在しない，もしくはあまり機能していないことが考えられる．2008 年 5 月にミャンマーで発生したサイクロン・ナルギス災害では，国際支援組織が，災害発生直後に地図や社会経済の基礎データなどの情報が得られていない状況であった [3]．さらに，ミャンマーの場合，省庁間を超えてのデータの授受では，費用負担が発生する場合もある [4]など，データ収集・共有・利用に関する問題を抱えている．

開発途上国にとって，経済損失を発生し得る災害に対応するためには，データの収集・共有・利用，つまりデータの活用に関する問題を解決することが重要である．

1.2. 研究の目的

開発途上国において，データの活用に関する問題を解決するためには，支援国の開発機関のみならず，開発途上国のステークホルダーも開発・整備に参画し，データの活用に関して意思決定をしていく必要がある．さらに，水資源管理に関しては，開発途上国内でも多くの組織が携わるため，ステークホルダーが多岐に渡ることは，容易に推測される．その一方，開発途上国では，学術・研究機関が機能していないことにより，水資源管理の開発・整備に関する知識や技術が十分ではなく，必要なデータを明確にすることができない可能性もある．そのような状況において，開発途上国の水資源管理に着目して，マルチステークホルダーの合意形成を支援するシステムの有用性は高いと考えられる．

本研究の目的は，開発途上国の水資源管理を対象として，マルチステークホルダー間で，データの活用に関する合意形成を支援するためのシステムの設計と評価を実施である．それにより，開発途上国の水資源管理の向上に貢献する．

1.3. 論文の構成

本論文の構成について説明する．1 章の序論では，水資源管理の重要性とそのデータ活用に関する問題点を論じ，本研究の意義と目的を明らかにした．次に 2 章では，開発途上国の水資源管理の課題であるデータ活用とファシリテーションに関する既存研究を取り上げ，本研究で取り組むべきポイントについて論じる．3 章では，コンカレントデザインの考えを取り入れたデータ活用ファシリテーションシステムを設計する．コンカレントデザインの考えを取り入れたデータ活用ファシリテーションシステムとは，水資源管理のようにステークホルダーが多岐にわたる場合，支援国の開発機関と開発途上国の水資源管理に関係している機関，つまり 1 対 1 や 1 対多の関係ではなく，1 つのグループ，あるいはチームとして，データ活用に関する相互理解や合意形成の支援を実現させるものである．ここでのポイントは，一般的に事前に多大な投資が必要となるコンカレントデザインを，そのまま使用するのではなく，開発途上国での水資源管理の開発・整備に耐え得るようにして，使用していることである．4 章では，データ活用ファシリテーションシステムのプロトタイプの実装と評価を論じる．5 章では，考察を実施し，データ活用ファシリテーションシステムの課題と実用化に向けた検討事項を整理する．最後に，6 章では，本論文の結論と今後の展望について論じる．

2. 水資源管理におけるデータ活用とファシリテーション

2. 1. 水資源管理の現状と課題

地球上には，約 13 億 8,600 万 km^3 の水が存在している．そのうちの 97.5%（13 億 5,100 万 km^3）が塩水であり，海，塩水湖，海洋下の帯水層に含まれている．残り 2.5%（3,500 万 km^3）が淡水であるが，そのうち 69.5%（2,450 万 km^3）が氷河，雪氷，永久凍土層に固定されており，人間は利用不可能である．残りの 30.5%（1,060 万 km^3）の固定されていない淡水のうち，技術的に人間が利用可能な淡水は%（13.5 万 km^3）である[5]．図に示すように，この水が絶えず循環することにより，人間が利用可能な淡水が補充されてきたが，その総量は不変であることからも，水は人間にとって，有限な資源であり，貴重な資源と言える．本研究では，技術的に人間が利用可能な水を「水資源」と定義する．

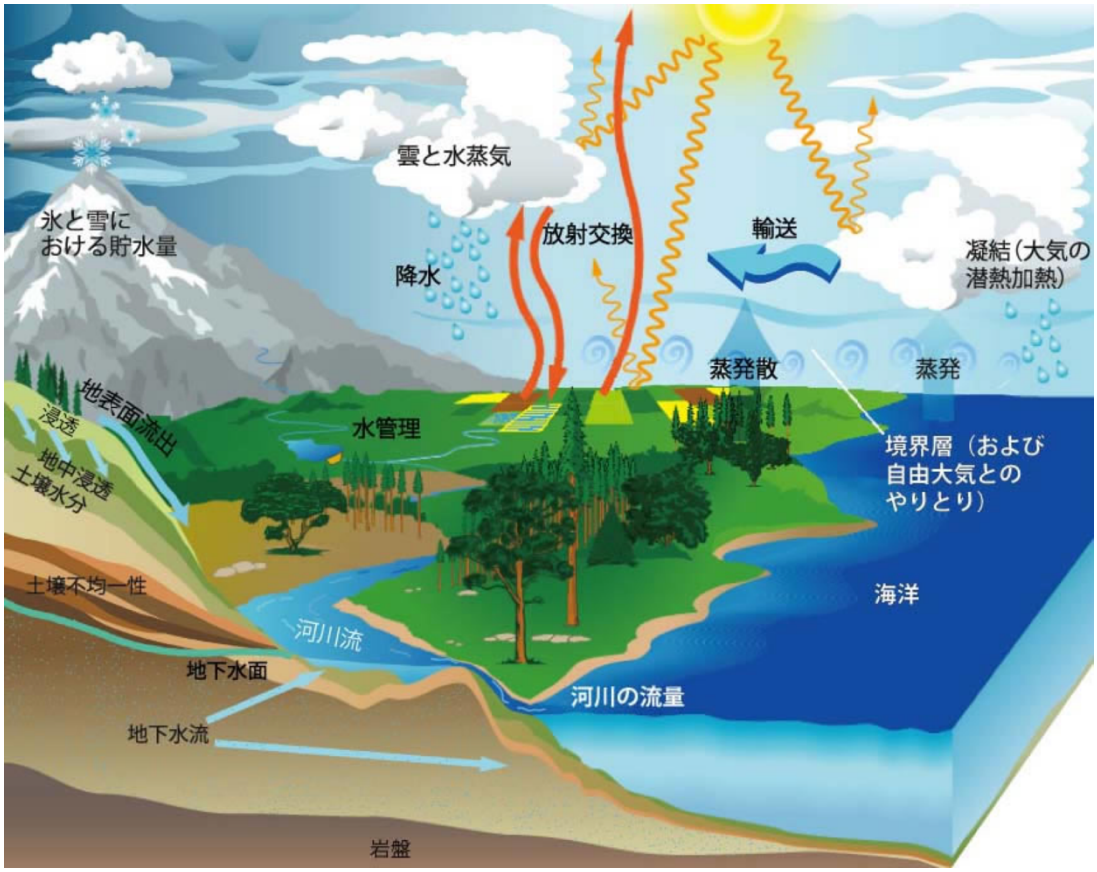


図 1　水循環のイメージ [6]

一方で，2030 年には，全世界において水需要に対して，利用可能な水資源は 40%不足するという報告 [7]もあり，特に開発途上国においては，人口増加や経済発展，気候変動の影響などにより，水資源に関する問題は急速に深刻化している．水資源に関する問題に対して，多くの国に共通する課題が次のように整理されている [8].

(1) 統合的な水資源管理の実装と実効性の確保

水の配分をめぐる競合は今後増大するため，統合的な管理を進めることが必要となる．先進国であっても，国家レベルでの統合的水資源管理計画を有していたのは，6 カ国にとどまっている．複数の行政区域にまたがる河川流域管理を担う機関も，広がりは見せているもの，進捗例が乏しいことが指摘されている．

(2) 水統治機構改革の実効性

それぞれの国において，水資源管理を担う行政機能が複数の機関に分断されているため，一貫した統合的な対応を実施する際の障害になっていることが多く，機構の改革が必要である．その際，地方政府やステークホルダーが関与する仕組みが不可欠である．

(3) 水の適正な価格付け

水の効率的な使用にインセンティブを与え, 水供給や衛生のインフラ整備コストに, 水料金を充当する観点から，不適切に廉価で水が入手可能なことには問題があり，適正な価格付けの検討が必要である．料金構造は，貧困層などの水アクセスを担保する観点も考慮して設計する必要がある．

(4) 水インフラへの投資拡大

途上国の水供給・衛生設備のみならず，先進国においても，既存の水インフラの老朽化に伴う維持管理の必要，水資源の新規開発コストが増大していること，厳格化する環境規制などを背景に, インフラ投資を拡大する必要に迫られている. 一方で, 先進国であっても，消費者負担に限界が見られており，今後はそれぞれの状況に応じた料金・税・ODA など外部援助の資金源を適切に制度設計する「持続可能なコストリカバリー」の考え方が重要になる．

(5) 民間セクターの役割

国際的に水事業を展開する巨大企業が途上国を中心に多くの水インフラ・運営契約を獲得したが，民間投資の向上などの成果は，必ずしも得られなかったとの評価もある．今後は，地域の状況に応じ，官民問わず，水サービスの効率性，持続可能性を担保し, 同時に料金が利用者の支払い可能な範囲に収まる制度設計が必要である．

(6) 水に係る情報・データ整備の必要性

途上国では，そもそもどの程度水が汚染されているか，などの基礎的情報も得られていないケースが多いのが現実である．また，先進国においては，トータルな水に関する情報整備やシステム構築の見通しがついたばかりである．今後，整備を強化し，意思決定の水準向上に資する必要がある．

つまり，水資源管理に関しては,「水資源管理自体の問題」,「水資源管理を担う組織・機関の問題」,「水資源管理に関するコストの問題」,「水資源に関するデータ・情報の問題」の 4 つに大別することができる．

水資源管理を実施するためには, 水資源の実態を定量的に把握することが重要である. その一方で, 開発途上国においては, 水資源の実態を定量的に把握するための水資源や水文状況に関するデータ（以下, 水文情報）が乏しい場合が多い. そこで, 本研究では, 大別した 4 つの水資源管理の課題のうち，特に「水資源に関するデータ・情報の問題」に着目する．

2.2. 水資源管理のためのデータ活用

日本では，2003 年 3 月に中央防災会議の中央防災会議の「防災情報の共有化に関する専門調査会」において，防災情報システム整備の基本方針が策定され，具体的な施策とともに，次のとおり公表されている [9].

基本方針

① 時間的・空間的な情報空白を解消

② 情報活用体制を確立

③ 平常時から防災情報の的確な共有・活用

④ 防災電子政府を構築

⑤ 防災情報システム整備推進体制を整備

具体的施策

① 迅速・的確な情報収集

a. 被災全体像の早期把握システムの精度向上

b. 悪条件下における情報収集

c.　画像情報等の体系的収集

d.　防災情報システムを運用する人員体制の充実

②　信頼性の高い大容量データ通信体系等の整備

a.　全国的な大容量防災通信ネットワークの整備

b.　通信網の相互利用

c.　通信施設等の被災対策

③　総合化による情報の有効活用

a.　官民の施設管理情報等の活用

b.　防災 GIS の整備

c.　災害関係情報の体系的保存と活用

④　的確で効果的な住民等への情報提供

a.　防災情報の提供

b.　防災情報バリアフリー対策

c.　企業防災を支援する情報提供

⑤　情報の共通化・標準化

a.　防災情報共通プラットフォームの構築

b.　現地における高度情報化

c.　情報共有に当たっての役割・責任の明確化

d.　緊急時の的確な情報運用

⑥　防災情報システム整備推進体制の整備

a.　実行計画の策定

b.　防災情報共有化推進会議

①～③および⑤は，防災関係期間内の情報の共有化，④は，行政と住民等の間の情報の共有化が重要視されている．また，政策だけに限らず，文部科学省，東京大学を中心に，地球観測・予測情報を効果的・効率的に組み合わせて，新たに有用な情報の創出が可能な情報基盤として，データ統合・解析システム（DIAS; Data Integration and Analysis System）の開発も進められている．これは，地球規模／各地域の観測で得られたデータを利用して，気候変動や水課題を中心として，危機管理や資源管理などにおける意思決定を支援する情報の提供を目的としている [10]．つまり，観測されたデータを収集・共有・利用を通じて，社会課題の解決に貢献するための取り組みであり，データ活用が重要視されている．気候変動や水課題を中心とした危機管理や資源管理は，

まさに水資源管理のことであり，水資源管理においてもデータ活用を重要視すべきであると考えられる．

2.3. 開発途上国でのファシリテーション

前節で述べたように，水資源管理において，データ活用は重要である．その一方で，開発途上国においては，1.1 でも述べたように，データ活用に問題を抱えている．そのため，開発途上国での水資源管理において，データ活用に関するファシリテーションは重要視すべき点である．さらには，水資源管理を担う行政機能は複数の機関に分断されている，つまり，ステークホルダーが多岐にわたるため，ファシリテーションをより困難にしている．したがって，水資源管理におけるファシリテーションを向上させるためのシステムは有用性が高いものと考えられる．

2.3.1. ファシリテーションの定義および手法

まず，本研究における「ファシリテーション」を定義する．一般的には，ファシリテーションとは，次のように定義されている [11].

「人々の活動が容易にできるよう支援し，うまくことが運ぶよう舵取りすること．集団による問題解決，アイデア創造，教育，学習など，あらゆる知識創造活動を支援し促進していく働き」

開発途上国での水資源管理におけるデータ活用に当てはめると，本研究におけるファシリテーションは，次のように定義することができる．

「水資源管理におけるデータ収集・共有・利用が容易にできるよう支援し，うまくことが運ぶよう舵取りすること．水資源管理のステークホルダーによる問題解決を支援し促進していく働き」

次に，容易にデータ活用をできるよう支援するために，必要なファシリテーション手法について考える．開発途上国の水資源管理における課題の 1 つは，水文情報が乏しいことであり，水文情報を増やすためには，収集するデータそのものを増やすとともに，

有用な水文情報を創出することである．そのためには，収集したデータを共有することにより，多くのステークホルダーが利用可能な状態にしておくことが重要であるが，データを共有するためには，データを収集する側とそのデータを利用する側でデータの授受に関して合意が形成される必要がある．どのような情報が有用であるかは，それぞれのステークホルダーによって異なるため，ステークホルダーが一堂に会し，必要としているデータに関して，議論をすることで課題の解決につながると考えている．そこで，本研究では，情報共有しやすい場所に集まり，マネージャーを中心に議論をしながら設計を進めるコンカレントエンジニアリングの考え方を取り入れることとする．

2.3.2. コンカレントエンジニアリングの適用

コンカレントエンジニアリングは，1988 年のアメリカ国防総省の研究機関が IDA REPORT R-338 にて，次のように定義されたのが始まりと言われている [12].

“Concurrent engineering is a systematic approach to the integrated, concurrent design of products and their related processes, including, manufacture and support. This approach is intended to cause the developers, from the outset, to consider all elements of the product life cycle from conception through disposal, including quality, cost, schedule, and user requirements.”

その後，さまざま組織・機関において定義がされ，現在では複数の定義がある．そのうちの 1 つ，Concurrent Design Facility (CDF) を採用している European Space Agency (ESA) では，次のように定義されている [13].

"Concurrent Engineering (CE) is a systematic approach to integrated product development that emphasises the response to customer expectations. It embodies team values of co-operation, trust and sharing in such a manner that decisionmaking is by consensus, involving all perspectives in parallel, from the beginning of the product life-cycle."

どちらの定義も製品のライフサイクル全体を設計者に考慮させることにより，早期からさまざまな部署・組織の意見を反映していくことを意図している．また，ESA においては，コンカレントエンジニアリングが，プロセス・多分野のチーム・統合設計モデ

ル・施設・ソフトウェア基盤の 5 つの要素から構成されることも定義している.

一般的には，コンカレントエンジニアリングを始めるにあたり，さまざまな部署・組織間で情報を共有する必要があるため, プロセスやそのためのツールや施設, 教育など, 多大な初期投資が必要となる．そのため，コンカレントエンジニアリングを，そのまま開発途上国の水資源管理の開発に適用することはできない．Tohamy らは，コンカレントエンジニアリングを新興国で適用するにあたり，ESA で定義されている 5 つの要素のうち，プロセス・統合設計モデル・施設の 3 つの要素についての変更を提示している [14]

そこで，開発途上国での水資源管理の開発において，コンカレントエンジニアリングを適用するための検討を実施した.

(1) プロセス

支援国側からチームリーダーを割り当てる方針とするが, 開発途上国側から割り当てる場合は，チームリーダーをサポートする技術モデレーターを割り当てる

(2) 統合設計モデル

新たな知識や技術が必要となるものは採用せず, 開発途上国のステークホルダーが積極的に情報交換できると考えられるオペレーションなどを基準として進める

(3) 多分野のチーム

コンカレントエンジニアリングにおいて，多分野のチーム，すなわち，多岐にわたるステークホルダーは必須のため，開発途上国向けの変更はしない

(4) 施設

先進国でコンカレントエンジニアリングを実施する場合は, ワークステーションなどの設備を考慮する必要があるが, 新たに知識や技術が必要となるものは採用しない方針のため，全員が一堂に会すことができるスペースがあれば問題ない

(5) ソフトウェア基盤

施設同様，新たに知識や技術が必要となるものは採用しないため，コンカレントエンジニアリングの適用にあたり，新たなソフトウェア基盤は必要としない

3. データ活用ファシリテーションシステムの設計

本章では，開発途上国向けの水資源管理の開発において，開発途上国のマルチステークホルダー間の合意形成を支援することにより，収集・共有・利用可能なデータを増やすための，データ活用ファシリテーションシステムの設計を行う．システムを設計するために，まず要求分析を実施する．ステークホルダーを特定し，その関係性を明らかにした上で，各ステークホルダーの要求を抽出する．そして，抽出されたステークホルダー要求を，システムが持つべき技術的な視点，つまりシステム要求に変換する．次に，アーキテクチャー設計を実施する．システムの範囲を明確にした後，システム要求を満たすための機能をシステムの構成要素に割り当てる．最後に，ステークホルダーの要求がシステムに反映されていることの確認は，要求追跡検証マトリクス（RTVM; Requirement Traceability and Verification Matrix）を用いて実施する．

3. 1. 概要

開発途上国向けの支援は，支援国主導の個別課題的な技術移転に終始し，支援の終了とともに実効性が失われる場合が多く，それぞれの国・地域に根付く効果に結びつきにくいという問題を抱えている［15］．そこで本研究では，特に開発途上国のステークホルダーの知識・技術が不足しているような場合でも，課題を抽出し，その課題に対する解決策の議論の結果から，将来のあるべき姿を導き出すことにより，ステークホルダー間での合意形成を支援するシステムの設計を行う．水資源管理のように，ステークホルダーが多岐にわたる場合，合意形成を支援するためには，マルチステークホルダー間のコミュニケーションが重要である．そこで，ステークホルダーが一堂に会してコミュニケーションを図ることが可能な機会を設けることとする．

3. 2. 要求分析

3. 2. 1. ステークホルダーの特定

本研究で提案するデータ活用ファシリテーションシステムのステークホルダーを特定するため，開発途上国での水資源管理の開発におけるステークホルダーを「開発途上国」,「支

援国」,「第三国」の 3 つに分類して特定する.

(1) 開発途上国

中央政府は，地方政府や被支援担当機関と協議を行い，必要に応じて人・資源・資金などを割り当て，地方政府との調整，地方政府に決定権のない重要事項の決定の役割を担う．具体的には，日本の官公庁に相当する開発途上国の機関が挙げられる．

地方政府は，中央政府から人・資源・資金などが投入され，国内のある一定の範囲に関して，中央政府との調整，重要事項の決定の役割を担う．具体的には，日本の都道府県など地方公共団体に相当する開発途上国の機関が挙げられる．

被支援国担当機関は，開発途上国の中央政府や地方政府からの要請に基づき，支援国の担当機関との調整の役割を担う．開発途上国での水資源管理の開発では，支援を受ける国の大学や研究所などの学術・研究機関が挙げられる．

住民は，開発される水資源管理によって影響を受ける人，つまり水資源管理の対象地域にて居住している人や働いている人が挙げられる．

(2) 支援国

政府は，開発途上国からの要請に基づき，支援を決定する．必要に応じて，人・資源・資金などを支援国担当機関に割り当てる．具体的には，日本の官公庁のような機関である．

支援国担当機関は，政府からの依頼を受け，開発途上国の被支援国担当機関や中央政府とともに，実際に水資源管理の開発を進めていく機関である．具体的には，大学や研究所などの学術・研究機関や日本の国際協力機構（JICA; Japan International Cooperation Agency）や科学技術振興機構（JST; Japan Science and Technology）のような開発援助機関が挙げられる．

住民は，支援国が開発途上国での水資源管理の開発を支援するにあたり，支援国から提供もしくは貸与される資金を，税金として納めている人が挙げられる．

(3) 第三国

観測機関は，開発途上国での水資源管理の開発にあたり，地表データなどの必要なデータや情報を収集・提供する機関である．具体的には，国際連合食糧農業機関（FAO; Food and Agriculture Organization of the United Nations），日本の宇宙航空研究開発機構（JAXA; Japan Aerospace Exploration Agency），アメリカの地質研究所（USGS; United States Geological Survey）や航空宇宙局（NASA; National Aeronautics and Space

Administration）などが挙げられる．

以上のことから，開発途上国での水資源管理の開発を対象とすると，本システムのステークホルダーは，図 2 のように大別することができる．また，それらの例を表 1 に示す．

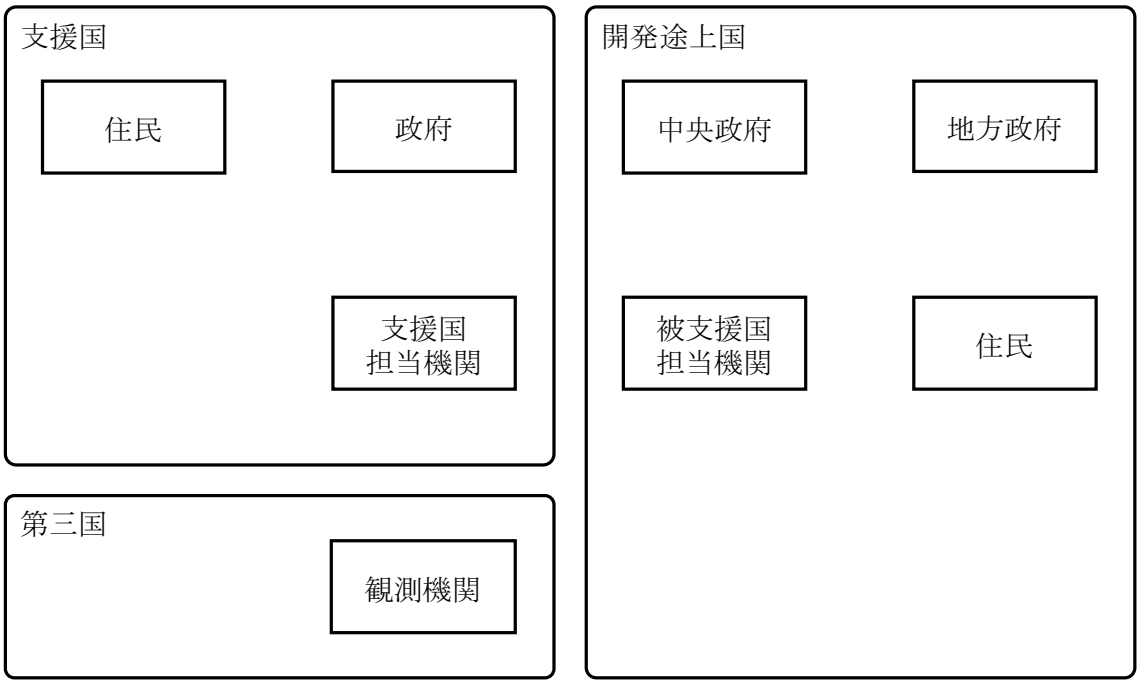


図 2　ステークホルダーの分類

表 1　ステークホルダーの例

分類	ステークホルダー
開発途上国	中央政府，地方政府，被支援国担当機関（学術・研究機関），住民
支援国	政府，支援国担当機関（学術・研究機関や開発援助機関），住民
第三国	観測機関（国際連合食糧農業機関，宇宙航空研究開発機構，アメリカ地質調査所，アメリカ航空宇宙局など）

3.2.2. ステークホルダー間の関係分析

ここでは,開発途上国での水資源管理の開発におけるステークホルダー間の関係をCVCA (Customer Value Chain Analysis) を用いて分析する．CVCAは価値に着目し，ステークホルダー間のバリューチェーンを可視化することにより，重要なステークホルダーを特定することが可能である．その結果を，図 3 に示す．図中の「！」は情報やサービス,「＄」は金銭などの対価，矢印はその方向を表している．

開発途上国での水資源管理の開発において，マルチステークホルダー間での合意形成を実現するためには，データの収集・共有・利用に関して，決定権を有しているステークホルダーが重要である．つまり，本システムが成立するためには，開発途上国の中央政府を中心とした太線部分が重要である．

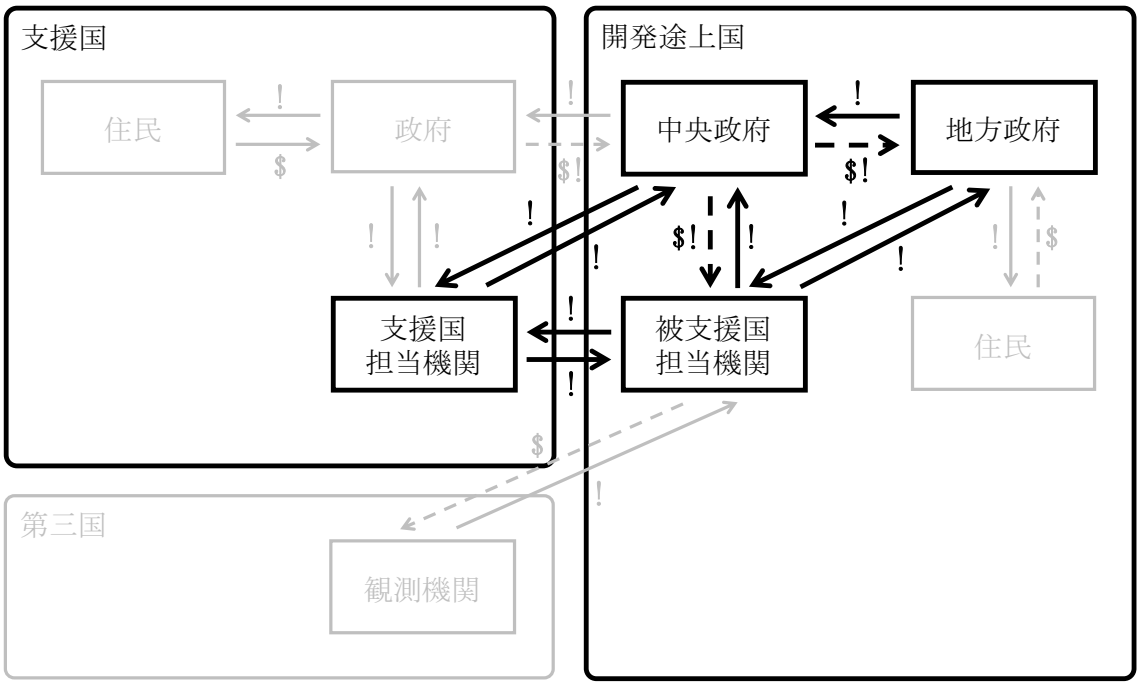


図 3　ステークホルダー間の関係

3.2.3. ステークホルダーの要求

ステークホルダーの要求をシステム設計に反映するためには，要求分析が必要である．表 1によるステークホルダーの定義に基づき，以下に各ステークホルダーの要求を述べる．

(1) 開発途上国

まず，本研究で対象としている開発途上国での水資源管理の開発においては，開発途上国のステークホルダーが開発される水資源管理に関して，十分な知識や技術を有していない場合がほとんどである．しかし，既存の水資源管理に関して，実際のオペレーションに関する情報やオペレーションを通じて感じている課題などは，開発途上国のステークホルダーが提供することは可能であると考えられる．したがって，開発途上国のステークホルダーが開発される水資源管理に関する十分な知識や技術を有していない場合であっても，既存の水資源管理に関する情報，特にオペレーションや課題と認識している内容を情報として提供することにより，開発を進められることが必要である．

そして，実際の開発においては，水資源管理のデータの収集・共有・利用に関して，支援国担当機関からの提示内容に対して，意思決定をする必要がある．また，一般的に水資源管理のステークホルダーは，開発途上国内に限定しても多岐にわたるため，マルチステークホルダー間で合意されることが重要である．

(2) 支援国

開発途上国のステークホルダーが，開発される水資源管理に関する十分な知識や技術を有していない場合でも，開発途上国の担当機関や中央政府，地方政府と協力して，水資源管理の開発を進めていくためには，実際に開発作業を実施する支援国担当機関が，開発を進めるために必要なステークホルダーの特定，課題の抽出から解決策の検討が可能であることが必要である．そのため，ユーザー中心で課題を抽出して，解決策を検討することが重要である．さらには，開発において，開発途上国のステークホルダーから必要な合意を得るためには，開発途上国のステークホルダーが理解できる形で，合意を得たい内容を提示する必要がある．本研究では，想定される水資源管理の使用シナリオを，開発途上国のステークホルダーに提示することにより，合意形成を支援する．

以上より，本システムに対するステークホルダーの要求は
表 2のとおりである．

表 2　データ活用ファシリテーションシステムに対するステークホルダーの要求

No.	ステークホルダー要求	要求元
S1	開発途上国のステークホルダーに対して，開発される水資源管理に関する知識や技術を必要としないこと	中央政府，地方政府，被支援国担当機関，支援国担当機関
S2	既存の水資源管理のステークホルダーを特定すること	支援国担当機関
S3	既存の水資源管理の既知の課題を提供すること	支援国担当機関
S4	既存の水資源管理の課題抽出およびそれに対する解決策を検討すること	中央政府，地方政府，被支援国担当機関支援国担当機関
S5	既存の水資源管理のオペレーションに関する情報を提供すること	支援国担当機関
S6	解決策と既存の水資源管理に関する情報をもとに，活用可能なデータを特定すること	支援国担当機関
S7	開発途上国のマルチステークホルダー間の合意形成を支援すること	被支援国担当機関支援国担当機関

3.2.4. システムの範囲

システムの範囲を明確にするため，ユースケース図を図 4 に示す．システムのユースケースは，開発途上国の中央政府および被支援担当機関，支援国の支援担当機関の間において，水資源管理の「現状を分析する」,「活用可能なデータを検討する」,「合意形成を支援する」の 3 つに大別することができる．

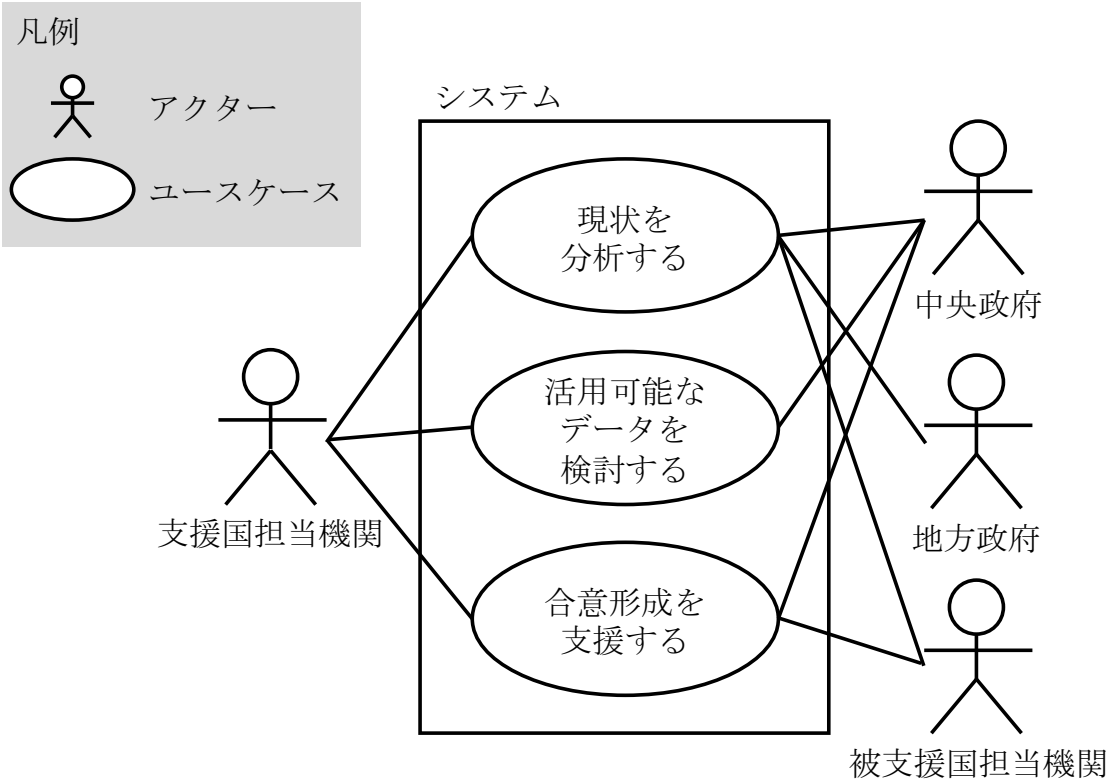


図 4　データ活用ファシリテーションシステムのユースケース図

3. 3. アーキテクチャー設計

3. 3. 1.　機能設計

前節で抽出した要求をもとに，システム要求の割り当てを実施した．その結果を表 3 に示す．さらに，それぞれのシステム要求に対応する機能を明確にするために，Functional Flow Block Diagram (FFBD) により根拠，流れおよび階層化による細分化を実施した．その結果を図 5 に示す.

表 3　データ活用ファシリテーションシステムに対するシステム要求

No.	ステークホルダー要求	要求元
Sy1	システムは，開発途上国のステークホルダーに対して，開発される水資源管理に関する知識や技術を必要としないこと	S1
Sy2	システムは，既存の水資源管理のステークホルダーを特定すること	S2
Sy3	システムは，既存の水資源管理の既知の課題を提供すること	S3
Sy4	システムは，既存の水資源管理の課題抽出およびそれに対する解決策を検討すること	S4
Sy5	システムは，既存の水資源管理のオペレーションに関する情報を提供すること	S5
Sy6	システムは，解決策と既存の水資源管理に関する情報をもとに，活用可能なデータを特定すること	S6
Sy7	システムは，開発途上国のマルチステークホルダー間の合意形成を支援すること	S7

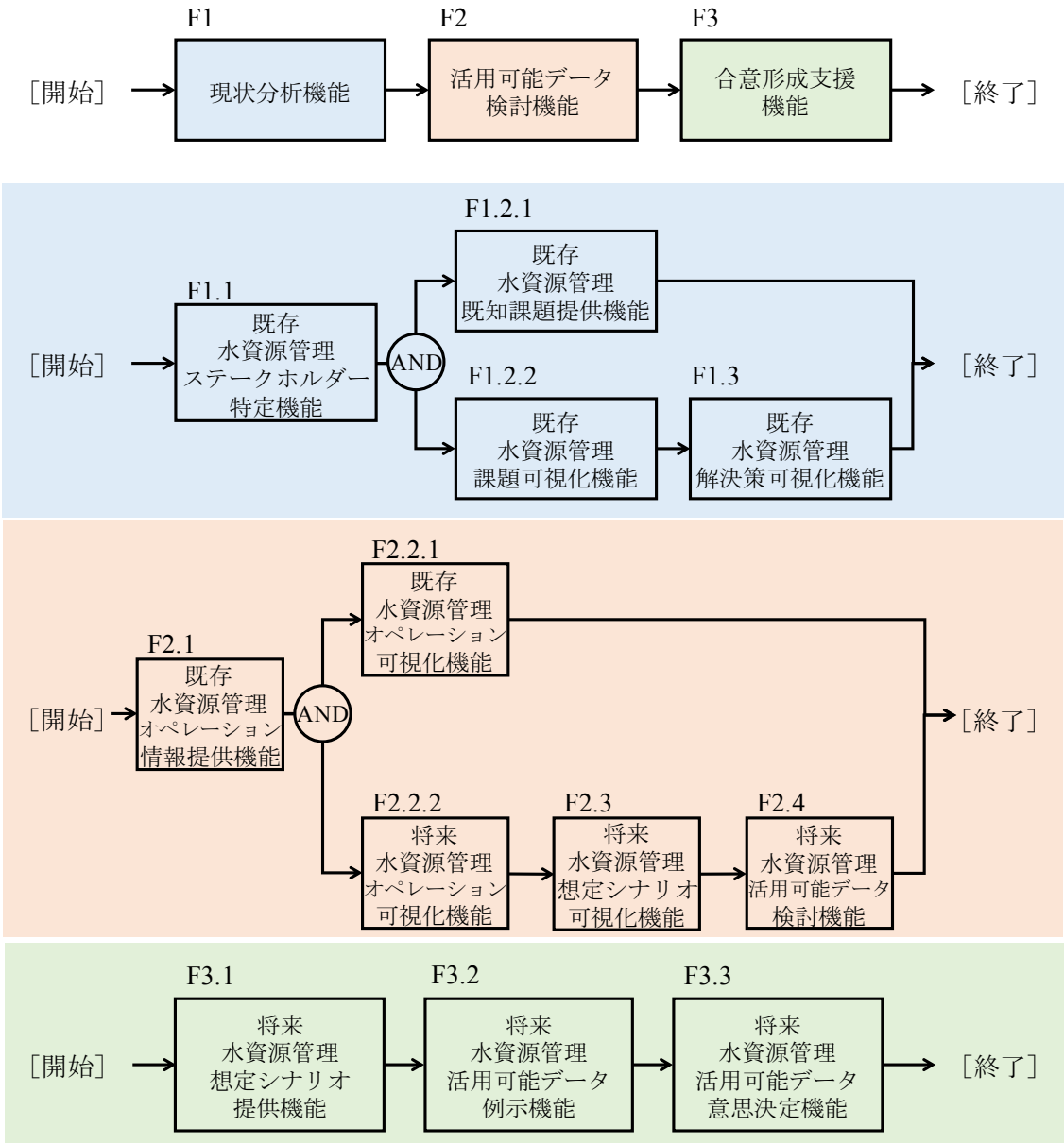


図 5　データ活用ファシリテーションシステムの FFBD

3. 3. 2.　機能分析

前項で明確になったそれぞれのシステム要求に対応する機能を抽出する．本システムの機能フローは，現状分析機能，活用可能データ検討機能，合意形成支援機能の 3 つに大別される．

3.3.3. 機能要求と検証識別性

ステークホルダーの要求が本システムに取り込まれていることを確認するため，RTVM を用いて確認する. RTVM は, それぞれの要求に対して, 検査（Inspection), 分析（Analysis), デモンストレーション（Demonstration)，試験（Test）によって確認を行うことにより，システムに対する要求のトレーサビリティを確保して，整合性と正確性を高めている．表 4 に Verification 方法の定義，表 5 に Verification マトリックスを示す.

表 4　Verification 方法の定義

項目	内容
Test (T):	機能的性能，電気的性能，機械的性能，および環境要求の直接計測
Demonstration (D):	計測データやデモンストレーション後の分析を必要とせず，想定された環境，もしくはシミュレーションされた環境でのオペレーションによる検証
Analysis (A):	論理的，数学的，図形的手法，もしくはフルスケールテストへの外挿法による評価
Inspection (I):	寸法や構成，色，形，ソフトウェア言語のような物理的特徴などの要求に対して，観察による適合性の検証

表 5　Verification マトリックス

ID	システム名	要求		根拠	検証
0	全体システム	0	開発途上国のステークホルダーに対して，開発される水資源管理の知識や技術を必要とせずに，水資源管理を向上させるためのデータの活用の合意を得ること	S1	D
1	現状分析システム	1	既存の水資源管理の現状を分析すること	FFBD	A, I
	ステークホルダー特定サブシステム	1.1	既存の水資源管理のステークホルダーを特定すること	S2	D, A
	課題・解決策可視化サブシステム	1.2	既存の水資源管理の課題抽出およびそれに対する解決策を出すこと	S3	D, I
		1.2.1	既存の水資源管理の既知課題を提供すること	FFBD	D, I
		1.2.2	既存の水資源管理の課題を可視化すること	FFBD	D, I
		1.2.3	既存の水資源管理の課題に対する解決策を可視化すること	FFBD	D, I
2	活用可能データ検討システム	2	解決策と既存の水資源管理に関する情報をもとに，活用可能データを検討すること	S4	D
	オペレーション可視化サブシステム	2.1	既存の水資源管理のオペレーション情報を提供すること	FFBD	I
		2.2.1	既存の水資源管理のオペレーションを可視化すること	FFBD	D, I
		2.2.2	将来の水資源管理のオペレーションを可視化すること	FFBD	D, I

ID	システム名	要求		根拠	検証
2	シナリオ 可視化サブシステム	2.3	将来の水資源管理の想定される使用シナリオを可視化すること	FFBD	D, I
	活用可能データ 特定サブシステム	2.4	将来の水資源管理の活用可能データを特定すること	FFBD	D, I
3	合意形成支援 システム	3	開発途上国のマルチステークホルダー間の合意形成を支援すること	S5	D
	活用可能データ 例示サブシステム	3.1	将来の水資源管理の活用可能データを例示すること	FFBD	D, I
	活用可能データ 意思決定 サブシステム	3.2	将来の水資源管理の活用可能データの意思決定をすること	FFBD	D, I

それぞれの要求は，何らかの指標により計測可能であることが望ましい．そのため，以下のとおり，それぞれの要求が満たされていることを計測する指標と確認する方法を検討した．

(1) 要求 1.1 の評価

要求 1.1 は，「既存の水資源管理のステークホルダーを特定すること」である．これを計測する指標は，既存の水資源管理の「ステークホルダーの特定」である．「ステークホルダーの特定」を確認するための方法は，「Demonstration (D)」である．また，「Analysis (A)」による確認を実施することにより，確実性がさらに増す．

(2) 要求 1.2.1 の評価

要求 1.2.1 は，「既存の水資源管理の既知課題を提供すること」である．これを計測する指標は，既存の水資源管理の「既知課題の提供」である．「既知課題の提供」を確認するための方法は「Inspection (I)」である．

(3) 要求 1.2.2 の評価

要求 1.2.2 は，「既存の水資源管理の課題を可視化すること」である．これを計測する指標は，既存の水資源管理の「課題の可視化」である．「課題の可視化」を確認するための方法は「Demonstration (D)」と「Inspection (I)」である．

(4) 要求 1.2.3 の評価

要求 1.2.3 は，「既存の水資源管理の課題に対する解決策を可視化すること」である．これを計測する指標は，既存の水資源管理の課題に対する「解決策の可視化」である．「解決策の可視化」を確認するための方法は「Demonstration (D)」と「Inspection (I)」である．

(5) 要求 2.1 の評価

要求 2.1 の「既存の水資源管理のオペレーション情報を提供すること」である．これを計測する指標は，既存の水資源管理の「オペレーション情報の提供」である．「オペレーション情報の提供」を確認するための方法は「Inspection (I)」である．

(6) 要求 2.2.1 の評価

要求 2.2.1 は「既存の水資源管理のオペレーションを可視化すること」である．これを計測する指標は，既存の水資源管理の「オペレーションの可視化」である．「オペレーションの可視化」を確認するための方法は「Demonstration (D)」と「Inspection (I)」である．

(7) 要求 2.2.2 の評価

要求 2.2.2 は「将来の水資源管理のオペレーションを可視化すること」である．これを計測する指標は，将来の水資源管理の「オペレーションの可視化」である．「オペレーションの可視化」を確認するための方法は「Demonstration (D)」と「Inspection (I)」である．

(8) 要求 2.3 の評価

要求 2.3 は「将来の水資源管理の想定される使用シナリオを可視化すること」である．これを計測する指標は，将来の水資源管理において，想定される「使用シナリオの可視化」である．「使用シナリオの可視化」を確認するための方法は「Demonstration (D)」と「Inspection (I)」である．

(9) 要求 2.4 の評価

要求 2.4 は「将来の水資源管理の活用可能データを特定すること」である．これを計測す

る指標は，将来の水資源管理における「活用データの特定」である．「活用データの特定」を確認するための方法は「Demonstration (D)」と「Inspection (I)」である．

(10) 要求 3.1 の評価

要求 3.1 は「将来の水資源管理の活用可能データを例示すること」である．これを計測する指標は，将来の水資源管理における「活用可能データの例示」である．「活用可能データの例示」を確認するための方法は「Demonstration (D)」と「Inspection (I)」である．

(11) 要求 3.2 の評価

要求 3.2 は「将来の水資源管理の活用可能データの意思決定をすること」である．これを計測する指標は，将来の水資源管理の「活用可能データの意思決定」である．「活用データの意思決定」を確認するための方法は「Demonstration (D)」と「Inspection (I)」である．

3.3.4. 機能構成図

本システムの機能構成図を図 6 に示す．本システムの機能は，「現状分析機能」，「活用可能データ可視化機能」，「合意形成支援機能」の 3 つに大別される．

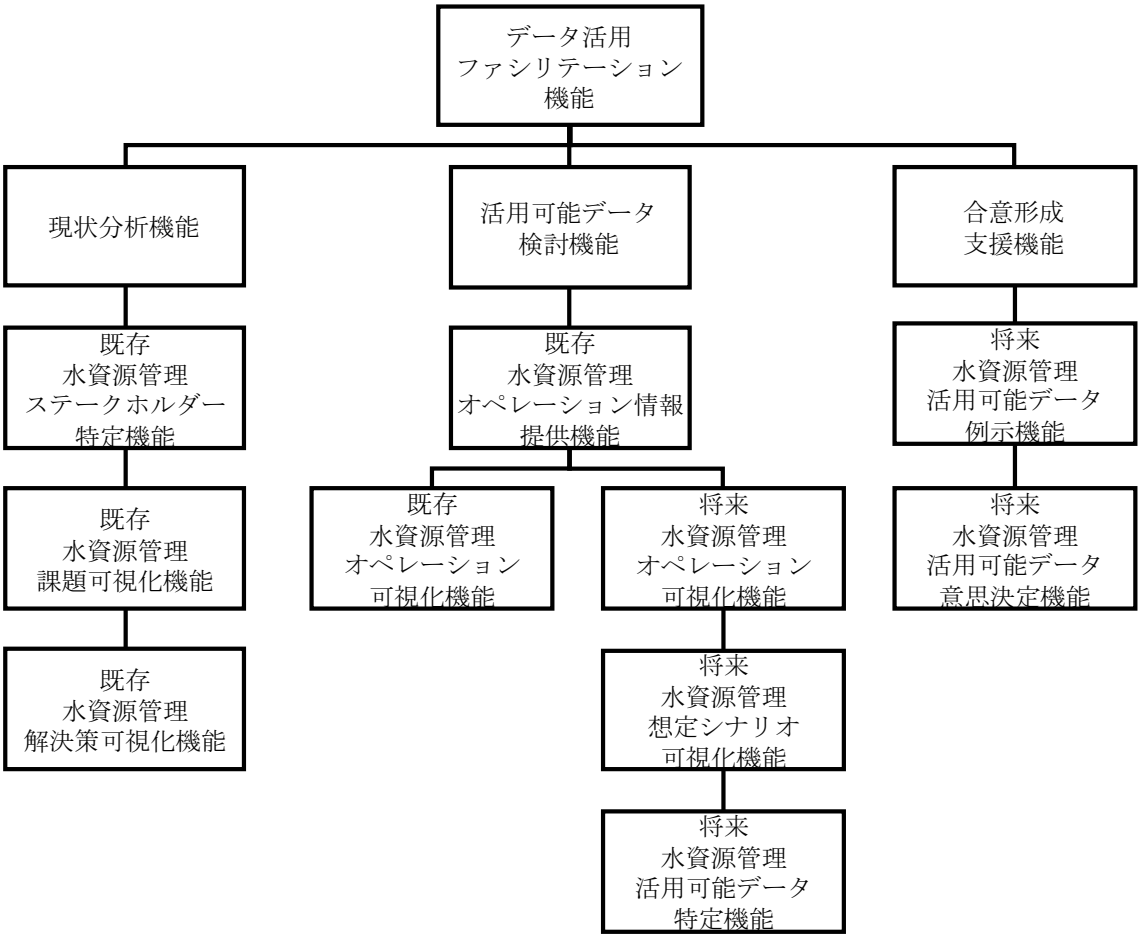


図 6　データ活用ファシリテーションシステムの機能構成図

3.3.5. 物理設計

3.2.1 機能設計において検討した機能を，システムを構成する要素に割り当てた．本システムの物理構成図を図 7 に示す．本システムは,「現状分析システム」,「活用データ可視化システム」,「合意形成支援システム」に大別される．「現状分析システム」は,「ステークホルダー特定サブシステム」および「課題・解決策可視化サブシステム」から構成される．「活用データ可視化システム」は,「マルチステークホルダー対応サブシステム」および「オペレーション可視化サブシステム」,「シナリオ可視化サブシステム」から構成される．「合意形成支援システム」は,「合意形成支援システム」のみで構成される．

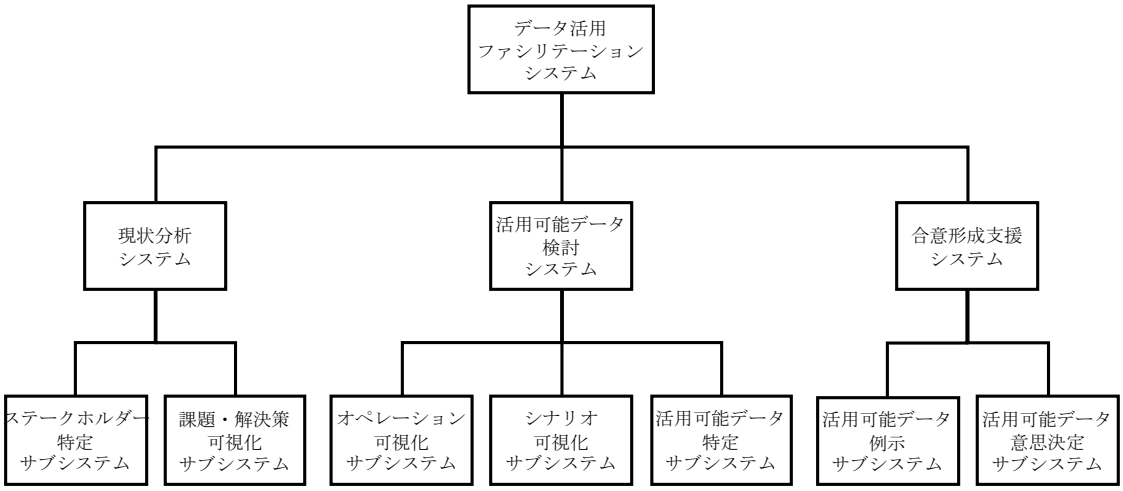


図 7　データ活用ファシリテーションシステムの物理構成図

3.3.6. システム構成

図 8 に本研究で構築するデータ活用ファシリテーションシステム（以降，本システム）の構成図を示す．本システムは，マルチステークホルダーが「コミュニケーションを図る場所」および，その場所をファシリテーションする「ファシリテーター」，センサーデータを開発途上国での水資源管理のステークホルダーに提示する「端末」から構成される．

また，システムのバウンダリー外に存在している「開発者」は，実際に水資源管理を開発する役割を担い，支援国，被支援国双方の大学や研究所などの学術・研究機関の関係者であり，水資源管理ステークホルダーの「省庁職員」は，被支援国での水資源管理に関係する中央政府および地方政府の職員が配当する．

本システムでは，開発途上国の水資源管理を対象としているため，特に開発途上国の中央政府の官公庁など，ステークホルダーは多岐にわたる．そのため，初期段階の課題の抽出から最終段階のデータ活用の意思決定にいたるまで，個別に確認していた場合，ステークホルダーによって要求内容が異なる，あるステークホルダーは合意したが，別のステークホルダーは合意しないなどといったコンフリクトが起こり得る可能性は十分にある．そこで，本研究ではマルチステークホルダーに対して，同じ内容の確認をするような場合は，コンカレントデザインの考え方を用いて，情報交換しやすい環境に一堂に集まり，作業を進めていくこととする．これにより，それぞれのステークホルダーに対して，個別に確認する場合よりも作業にかかる期間の短縮を見込むことができ，さらには最終目標であるマルチステークホルダー間での合意も取りやすくなることが想定される．

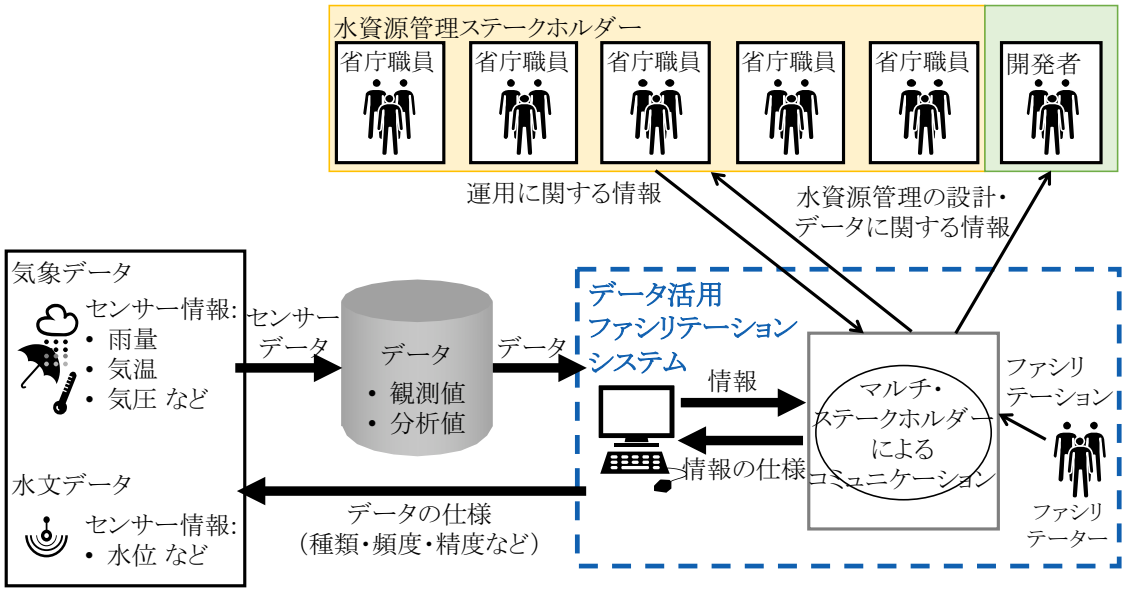


図 8　データ活用ファシリテーションシステム構成図

まず，開発対象となる被支援国の水資源管理のステークホルダーが，一堂に介して，マルチステークホルダーの状態にする．その状態で，現行の水資源管理に対する課題を，それぞれの立場や業務，運用の観点から出したのち，その課題に対する解決策を議論する．マルチステークホルダーの状態であっても，グループワークの内容などは，全体に共有されない可能性がある．その場合は，ファシリテーターが，議論の内容を全体に共有するための対応を実施する．そして，そこで検討された解決策をベースに，支援国の「開発者」が水資源管理に対する要求として整理し，水資源管理の開発作業を進めていく．

次に，開発作業を進めていく際，特に被支援国側のステークホルダーの業務や運用で使用される水資源管理に関する情報の表示については，サンプル画面などを用いることにより，センサーデータの種類や頻度，精度がステークホルダーの要求を満たしていることを確認しながら作業を進めていく．

つまり，水資源管理のために設置されている気象データや水文データ，被支援国のステークホルダーによる水資源管理の運用に関する情報をインプットにして，水資源管理の設計に必要な情報，運用に必要なデータの種類や頻度，精度といった仕様がアウトプットとして得られるシステムである．

3.3.7. システム構成への機能の割り当て

システムに要求されている機能を，システムを構成する要素に割り当て，構成要素仕様および構成要素間のインタフェースを明確化することを目的とし，図 9 にアーキテクチャー図を示す．

まず，図 7 における「現状分析」に着目すると，データ活用ファシリテーションシステムの「ファシリテーター」には，機能 1.1 「既存水資源管理ステークホルダー特定機能」，機能 1.2.2 「既存水資源管理課題可視化機能」，機能 1.3.2 「既存水資源管理解決策可視化機能」を割り当てる．また，水資源管理ステークホルダーには，「1.3.1 既存水資源管理既知課題提供機能」を割り当てる．

次に，同様に「活用可能データ検討」に着目すると，支援国と被支援国双方の開発者には，機能 2.4 「将来水資源管理活用可能データ検討機能」が割り当てられ，ファシリテーターには，機能 2.2.1 「既存水資源管理オペレーション可視化機能」，機能 2.2.2 「将来水資源管理オペレーション可視化機能」，機能 2.3 「将来水資源管理想定シナリオ可視化機能」を割り当てる．そして，水資源管理ステークホルダーには，機能 2.1 「既存水資源管理オペレーション情報提供機能」を割り当てる．

最後に,「合意形成支援」に着目すると，支援国，被支援国双方の開発者には，機能 3.2 「将来水資源管理活用可能データ例示機能」が割り当てられ，「ファシリテーター」には，機能 3.1 「将来水資源管理想定シナリオ提供機能」を割り当てる．そして，水資源管理のステークホルダーに機能 3.3 「将来水資源管理活用可能データ意思決定機能」を割り当てる．

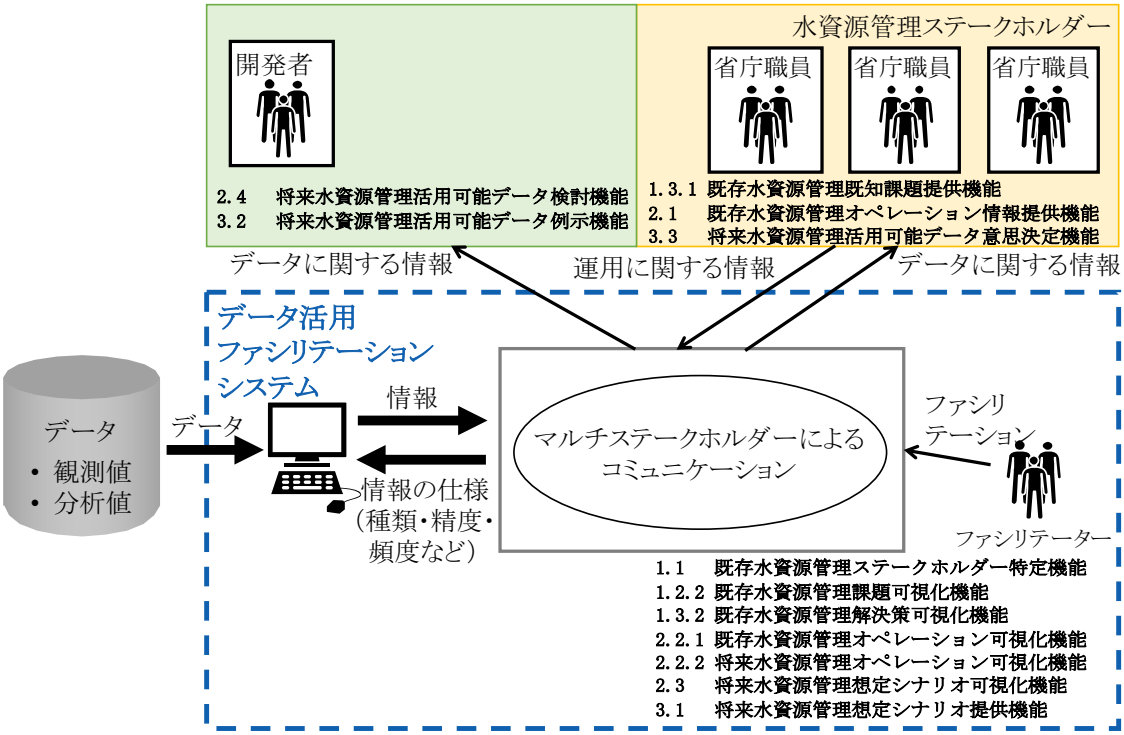


図 9 データ活用ファシリテーションシステムのアーキテクチャー図

4. データ活用ファシリテーションシステムの実装と評価

4. 1. プロトタイプ実装

本システムについて， 表 6 に挙げるシステム要求を検証するため，プロトタイプによる実証実験を実施した．

プロトタイプ実装の対象地域は，ミャンマー・バゴー川流域である．バゴー川流域は，ミャンマー最大の都市ヤンゴンの北東部に位置し，ミャンマー第二の穀倉地帯である．社会の安定を農業生産に求めているミャンマーにおいて，バゴー川流域の水資源管理は，ミャンマー政府にとっても喫緊の課題となっている．

表 6　検証を実施するシステム要求

No.	要求
要求 1.1	既存の水資源管理のステークホルダーを特定すること
要求 1.2.1	既存の水資源管理の既知課題を提供すること
要求 1.2.2	既存の水資源管理の課題を可視化すること
要求 1.2.3	既存の水資源管理の課題に対する解決策を可視化すること
要求 2.1	既存の水資源管理のオペレーション情報を提供すること
要求 2.2.1	既存の水資源管理のオペレーションを可視化すること
要求 2.2.2	将来の水資源管理のオペレーションを可視化すること
要求 2.3	将来の水資源管理の想定される使用シナリオを可視化すること
要求 2.4	将来の水資源管理の活用可能データを特定すること
要求 3.1	将来の水資源管理の活用可能データを例示すること
要求 3.2	将来の水資源管理の活用可能データの意思決定をすること

現在，ミャンマーでは，国際協力機構主導の下，自然災害早期警報システム構築プロジェクトが実施されている．本実証実験では，ミャンマーの既存の水資源管理を，入れ替えなどにより大きく変えるものではなく，あくまでも既存の水資源管理を向上させるために，ミャンマーのステークホルダーが必要としているデータや情報を補完していくために実施するものである．

4.1.1. プロトタイプの構成

実証実験を行うにあたり，図 10 に示す構成の実験システムをプロトタイプして構築した．図 8 ，図 9 にて示した内容を，ミャンマー・バゴー川流域に特化したものである．支援国担当機関の開発担当者は，気候変動モデルや洪水氾濫モデルの開発を進めている東京大学であり，ユーザーは，東京大学が開発を進めているモデルのシステムデザインを実施するため，慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科（以降，慶應 SDM）である．また，地球規模課題対応国際科学技術協力プログラムの一環として実施しているため，調整担当者は，国際協力機構（以降，JICA）である．一方，ミャンマー側に着目すると，中央政府関係者は水資源管理の関連省庁である．例として，運輸省気象水文局（DMH; Department of Meteorology and Hydrology），灌漑水利用管理局（IWUMD; The Irrigation, Water Utilization and Management Department）などが挙げられる．また，被支援国担当機関は，開発担当者，調整担当者ともに，ヤンゴン工科大学（YTU; Yangon Technological University）である．

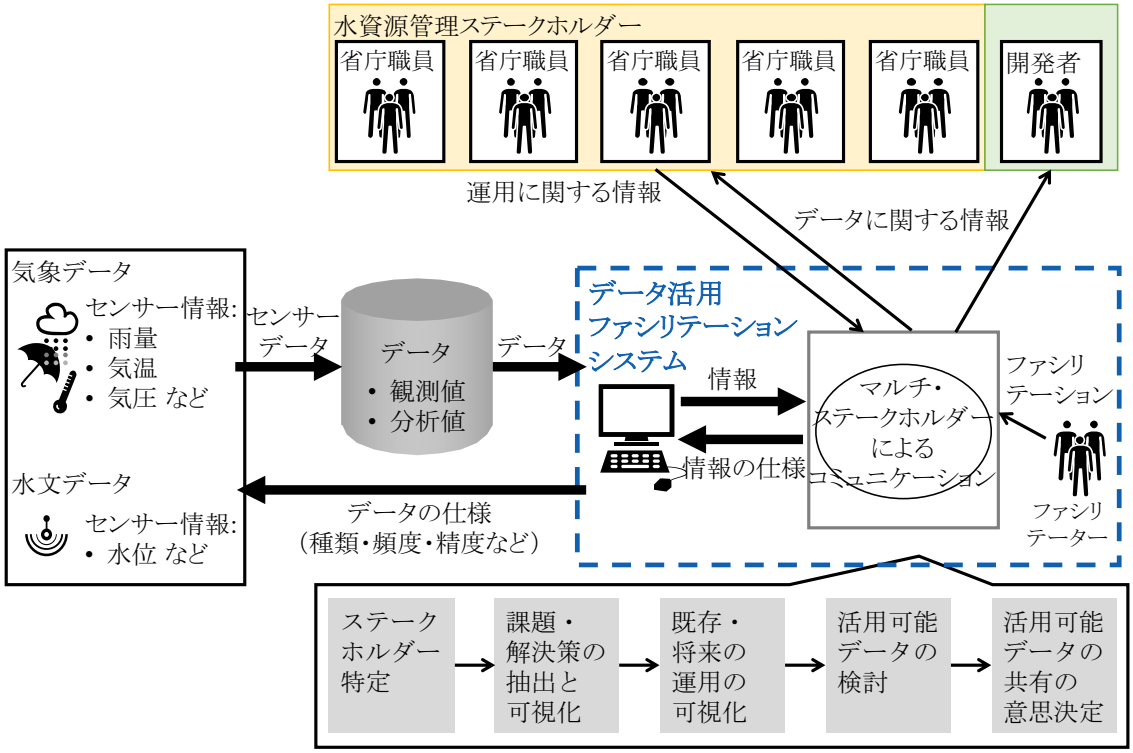


図 10　プロトタイプシステム構成

4. 1. 2. プロトタイプによる実証実験

4.1.2.1. 事前調査

現地調査を実施するにあたり, ミャンマーにおける災害に関する問題点を文献などから事前調査を実施した．その結果を以下に整理する．また，問題を構造化したものを図 11 に示す.

(1) ミャンマーの制度・組織体制について

- 防災機関の参集基準が不明確であり，大統領のリーダーシップに依存する
- 災害対策センター，防災研修センターの設立にあたり，海外に経済的支援を求めている
- 防災にかかる服務規程の改定が行われていない
- 防災に対する計画に地域差が見られる

(2) 災害情報の分析・生成・伝達（早期警報）

- ミャンマー政府がハザードマップの作成を始めているが，コミュニティーレベルで適さない
- 潜在的な危険性に対して，観測機器が不足している
- 一部の観測は実施されているが，被災データ・技術の集積がされていない
- 警報の組織的伝達制度の必要性について認識に差がある
- 早期警報に対する訓練・通信インフラが国全体レベルでは未整備である
- 気象情報に対する避難勧告の発令・解除の基準が曖昧である

(3) 防災システムのロードマップ

- 各分野の専門知識を有する人材が不足している
- 防災のための財源は常に不足している
- 都市人口は急激な増加傾向にある

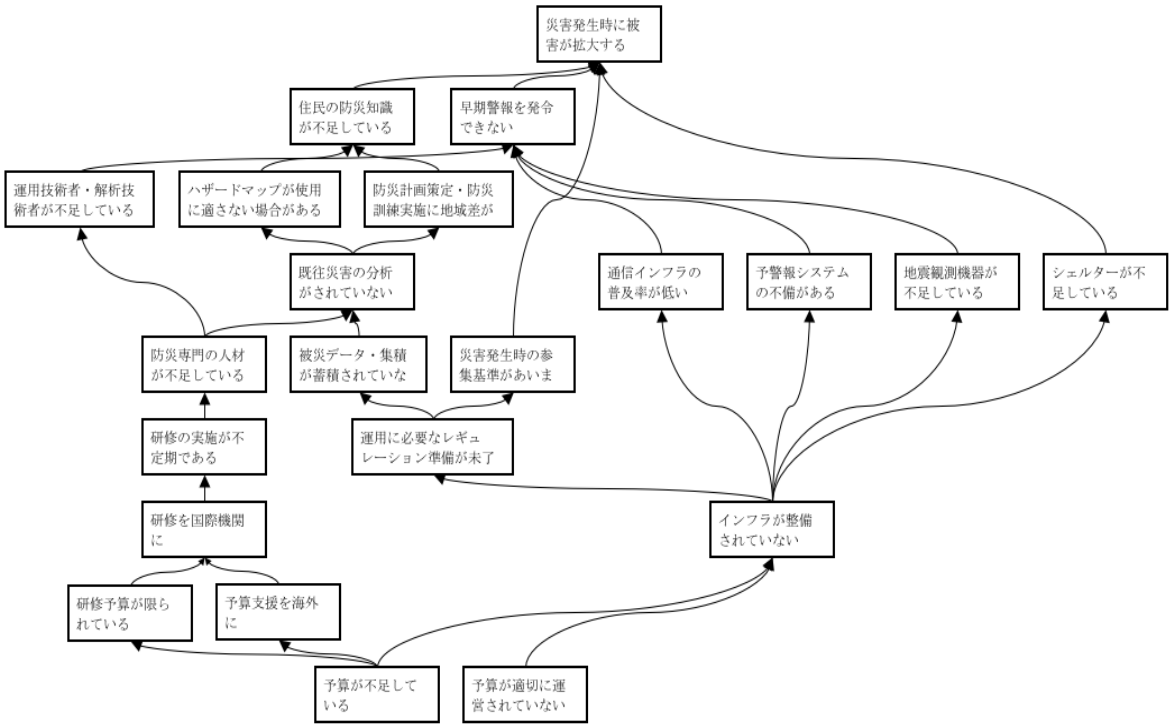


図 11　ミャンマーの災害に対する問題構造

4.1.2.2.　フィールドワーク

フィールドワークは，2015 年 6 月 28 日から 2015 年 7 月 3 日にかけて，ミャンマー・バゴー川流域において，水資源管理がどのように運用されていて，どのような課題が存在するかを確認することを目的として実施した．

バゴー川やヤンゴン川の下流域では，堆積した川底の砂を組み上げて，工事現場に運搬している船が確認された（図 12）．その一方で，バゴー川下流域では，大型クレーンが何機も設置されており，近代的な港を確認することもできた（図 13）．このことから，ミャンマーの河川では，流域の開発は進められている一方で，川底の堆積物を除去する技術などは，先進国と同様のものを持ち合わせていないものと考えられる．バゴー川中流域では，ミャンマーの有識者によって設置された堰を確認することができた（図 14）．一方で，水量が増加した際は半手動で開門して放流を行っているなどの現状も確認された．また，ミャンマーではヤンゴンなどの都市部や市街地では，急速に発展が進んでいるものの，そこから外れた場所では，図 15 に示すような光景も見受けられた．

バゴー川流域の洪水頻発地域では，バゴー川から確認された集落同様，衛生的にも好ましいとは考えられない状況であった（図 16）．また，洪水が発生し得る状況では，徒歩や自動車で移動しながら，拡声器により情報を伝達していることを確認した（図 17）．その一方で，洪水対策も実施しており，そのうち川幅を人工的に拡張することにより，洪水発生頻度を低下させた場所も確認することができた（図 18）．

図 12　ヤンゴン川・バゴー川を航行中の船の様子

図 13　バゴー川下流域の港

図 14　バゴー川流域に設置されている堰

図 15　バゴー川流域の集落の様子

図 16　バゴー川流域の洪水頻発地域の集落

図 17　情報伝達に使用されている拡声器

図 18　洪水対策により川幅が拡張された河川

現地調査で得られた結果を整理すると，次のとおりである．また，ミャンマーの水資源管理にステークホルダーは，図 19 のとおりである．

(1) 判明した点

- 省庁の位置付けが大きいため主導権が明確である
- 住民・関係機関が協力的である
- 必要とする情報（いつ・どの程度）が明確である
- 独自に河川管理を実施している

  例）河川の土壌侵食対策等，河川工事を実施している

(2) 判明した点

- 次に挙げるような意思決定プロセスが不明確である
  - 既存の規定があるようだが，国の意思決定プロセス
  - 住民の避難意思決定プロセス
- 住民の貧富の差が大きい
- 社会インフラの整備が断片化である
- 運輸・通信省気象水文局と農業灌漑省灌漑水利用管理局がそれぞれ水文データを観測している

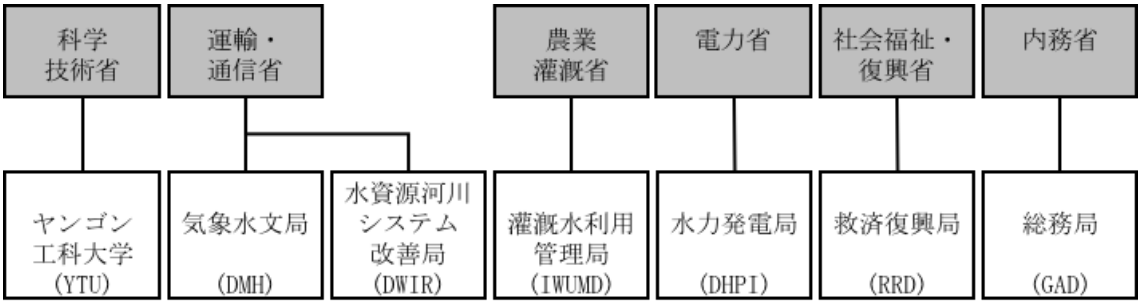


図 19　ミャンマーの水資源管理におけるステークホルダー

4.1.2.3.　ワークショップ（1 回目）

文献調査や現地調査で判明したステークホルダーを対象に，ミャンマー・バゴー川流域の水資源管理の現状を分析するために，1 回目のワークショップを開催した．その概要を表 7 に示す．

表 7　ワークショップ（1 回目）概要

日　時	2015 年 8 月 18 日 ～ 2015 年 8 月 19 日
場　所	ミャンマー・ヤンゴン工科大学
対　象　者	ミャンマー・バゴー川流域の水資源管理のステークホルダー - 運輸・通信省 気象水文局 職員 - 運輸・通信省 水資源河川システム改善局 職員 - 農業灌漑省 灌漑水利用管理局 職員 - 社会福祉・復興省 救済復興局 職員 - 内務省 総務局 職員 - ヤンゴン市開発委員会 職員 - ヤンゴン工科大学 教員・学生
目　的	バゴー川流域の水資源管理に対するステークホルダーの要求抽出
スケジュール	（1 日目）2015 年 8 月 18 日 09:00 – 16:00 - 導入 - 日本における水資源管理の紹介 - バゴー川に関する情報の共有 - バゴー川流域の水資源管理の課題に関する議論 （2 日目）2015 年 8 月 19 日 09:00 – 12:00 - バゴー川流域の水資源管理のあるべき姿に関する議論 - プロジェクトの紹介 - あるべき姿を達成するための今後の活動

結果

【良かった点】

- メンバーの属性は異なっていたが，積極的な意見交換が実施できた
- ワークショップを通じて，ミャンマーの現状に対して，多くのアイデアが出た
- 現状をどのように改善していくか，それぞれの知識や経験に基づいて，アイデアを共有することができた
- 顧客価値分析を通じて，ステークホルダーの責任や役割を決定することの難しさを理解することができた

【課題】

- ワークショップの事前準備が重要である
- 各グループのファシリテーターがスムーズな議論を実施するために重要な役割を担っている
- トピックを議論するスキル・知識と言語スキル（英語）の双方が重要である
- ミャンマー語，日本語でクローズ・ディスカッションになってしまう場合があった

ワークショップでは，バゴー川における水資源管理の問題を抽出し，その原因を分析するため，まず参加者が同一グループに同じ組織・機関の人が集中しないように 4 つのグループに分けたのち，それぞれのグループにおいて，ブレインストーミングを用いて，現行の水資源管理に対する問題の洗い出しを実施し，挙がった問題をグルーピングした．その問題から社会への影響度が高いものを 1 つ選択し，ワークショップ期間中，そのグループが解くべき問題，つまり課題として議論を重ねた．その議論であるが，まず，課題に対する解決策をブレインストーミングで洗い出し，次に 2 軸図を用いて，影響度と実現可能性の観点で, 解決策を評価した. 影響度が大きく, 実現可能性が高いものを 1 つ選択し, CVCA を用いて，その解決策を実施した場合のステークホルダー間のバリューチェーンを可視化することにより，重要なステークホルダーを特定した．最後に，そのステークホルダーのカスタマージャーニーマップを用いて，そのステークホルダーの「行動」,「思考」,「感情」を可視化した．グループワークの様子およびグループワークの内容を共有している時の様子を，それぞれ図 20，図 21 に示す．

なお，このワークショップでは，4 つのグループ（A～D）で，次の内容について議論をした．

- グループ A : 洪水のための共通データベースの作成
- グループ B : バゴー地域での洪水ハザードマップの提供
- グループ C : 洪水評価のケーススタディ
- グループ D : バゴー川の洪水ハザードマップの作成

図 20　グループワーク時の様子

図 21　グループワークの内容を共有している様子

2015 年 6 月に実施したフィールドワークおよび 2015 年 8 月に実施したワークショップの結果を，コンテクスチュアル・デザインを用いて整理した．特に，現行の水資源管理から将来の水資源管理において，フローモデル，シーケンスモデル，カルチャーモデルについては，次のような傾向が見られた．

(1) フローモデル

将来の水資源管理（図 23）と現行の水害対策（図 22）を比較すると，水資源管理の導入により，全体的にフローが変更されていることが明確である．

(2) シーケンスモデル

将来の水資源管理（図 25）と現行の水害対策（図 24）を比較すると，水資源管理の導入により，活動の項目数は増えているが，同時並行の活動が減り，一本化されていることが分かる．

(3) カルチャーモデル

図 29 から，それぞれのステークホルダーは，現行の水害対策に対して，体制などの社会条件については，同様のことを課題と考えていることが分かる．

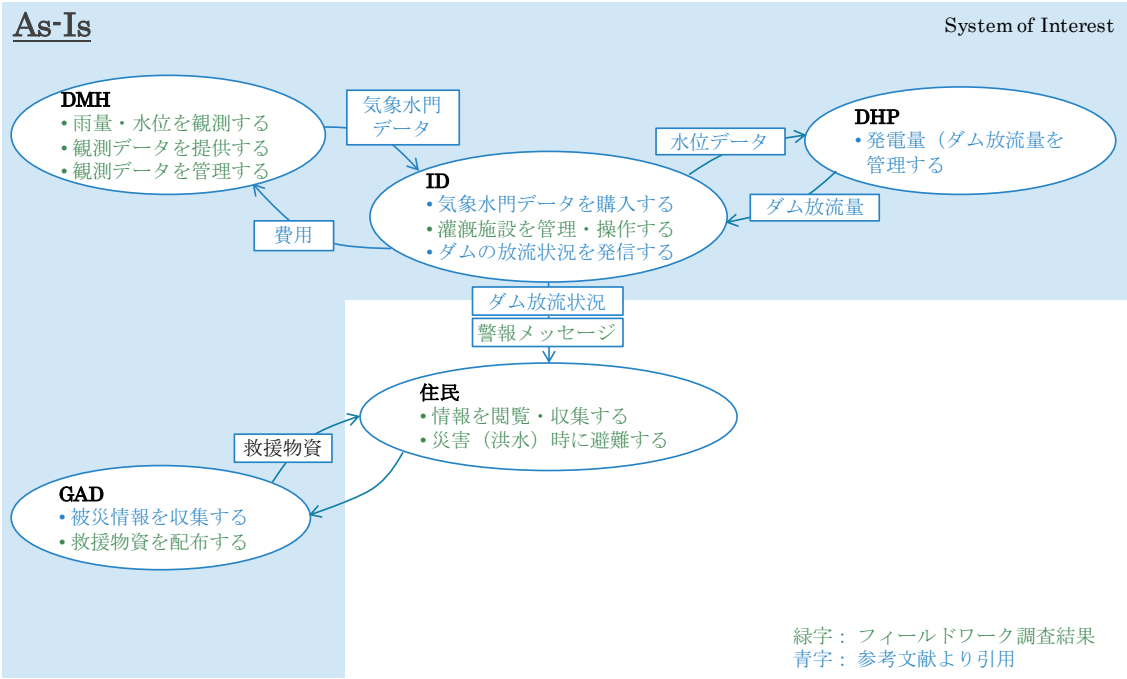


図 22　現行水害対策のフローモデル

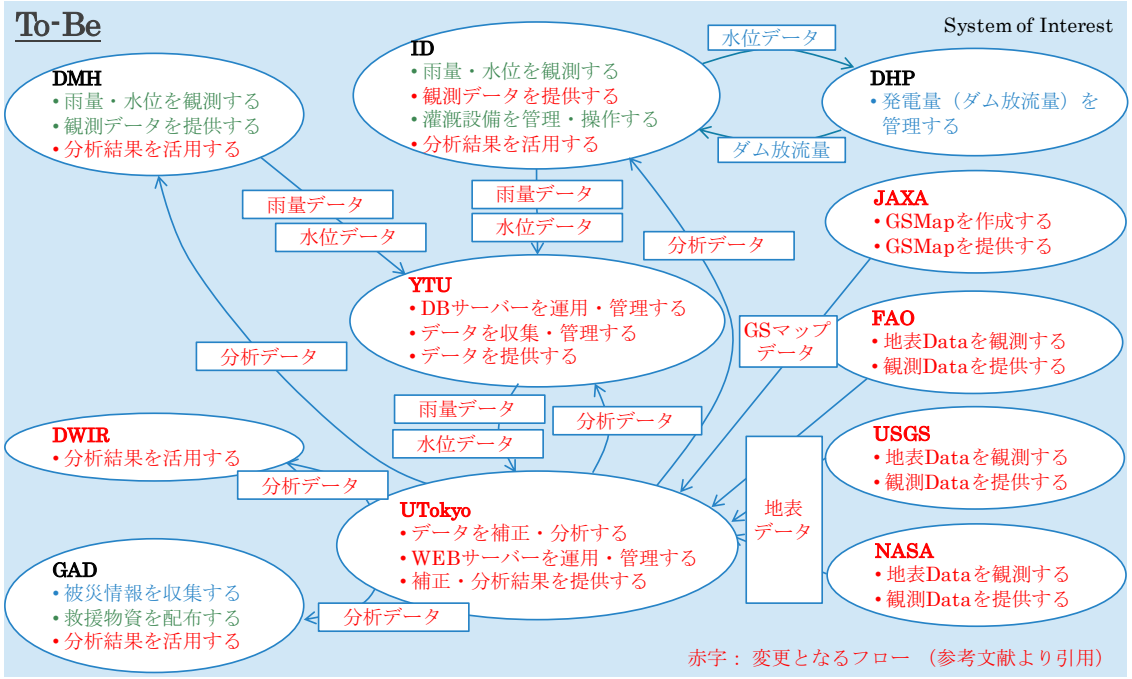


図 23　将来の水資源管理のフローモデル

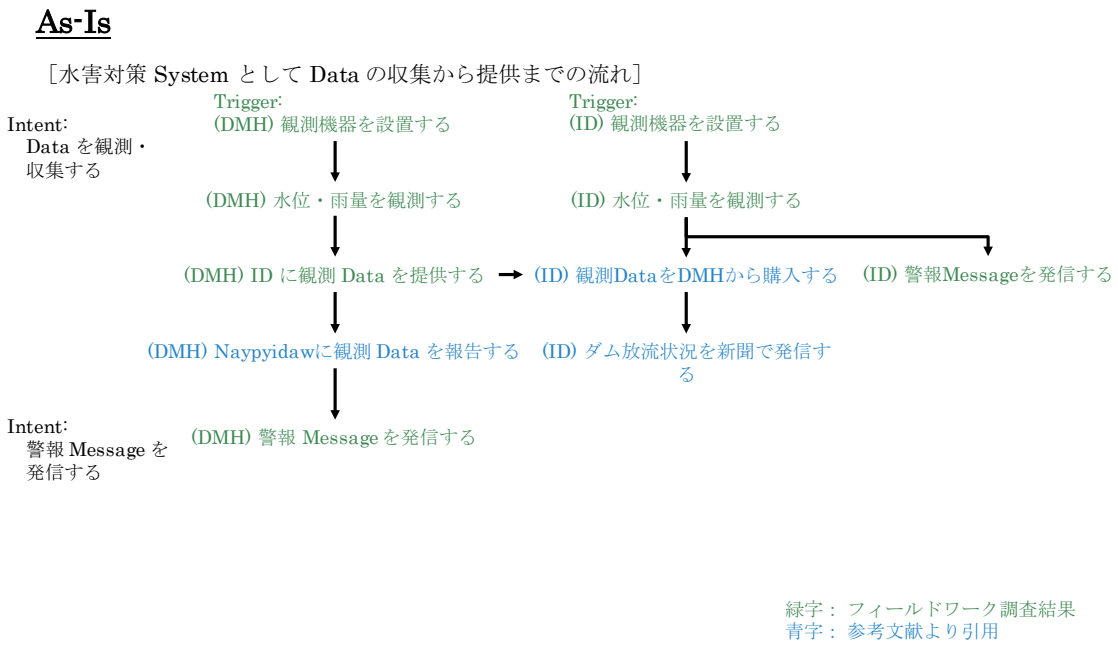


図 24　現行水害対策のシーケンスモデル

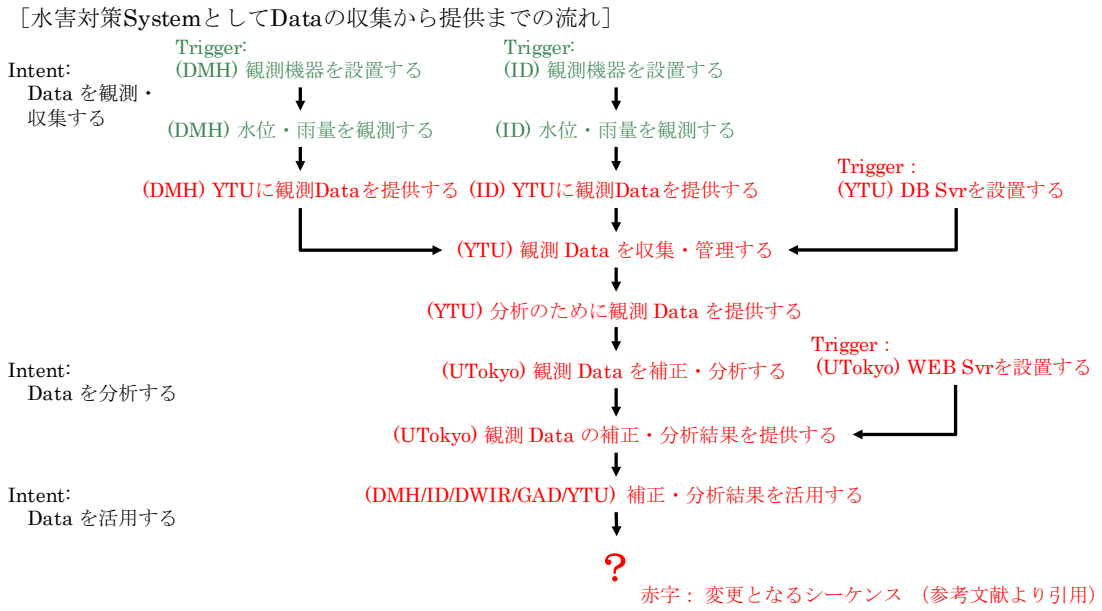
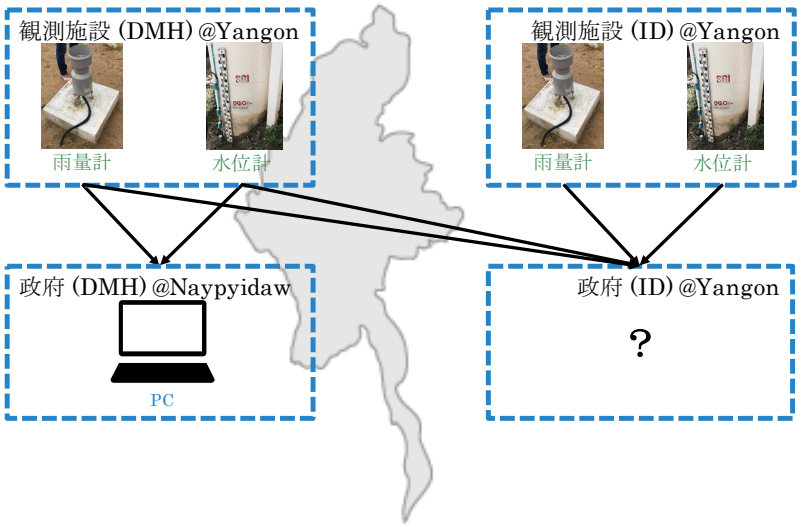


図 25　将来の水資源管理のシーケンスモデル

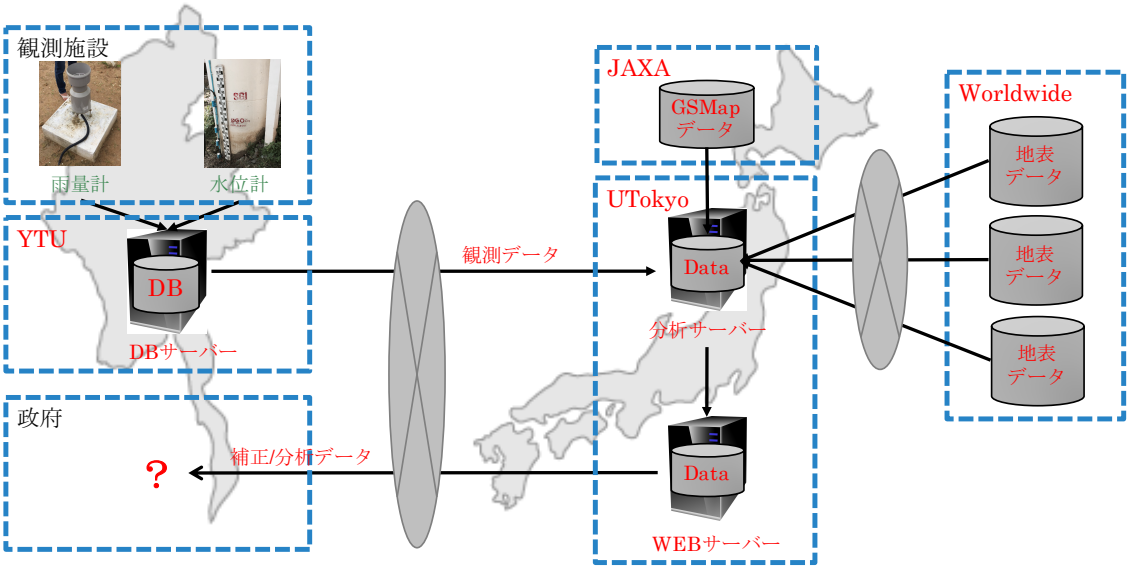
As-Is



緑字： フィールドワーク調査結果
青字： 参考文献より引用

図 26　現行水害対策のフィジカルモデル

To-Be



赤字： 変更となる環境 （参考文献より引用）

図 27　将来の水資源管理のフィジカルモデル

As-Is & To-Be

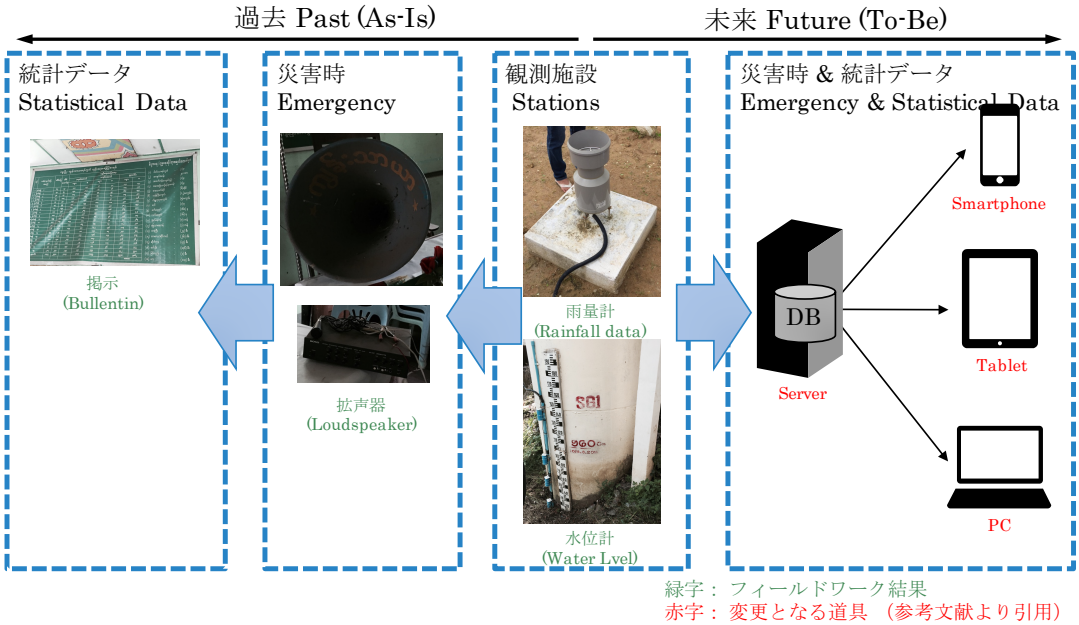


図 28　水害対策のアーティファクトモデル

As-Is & To-Be

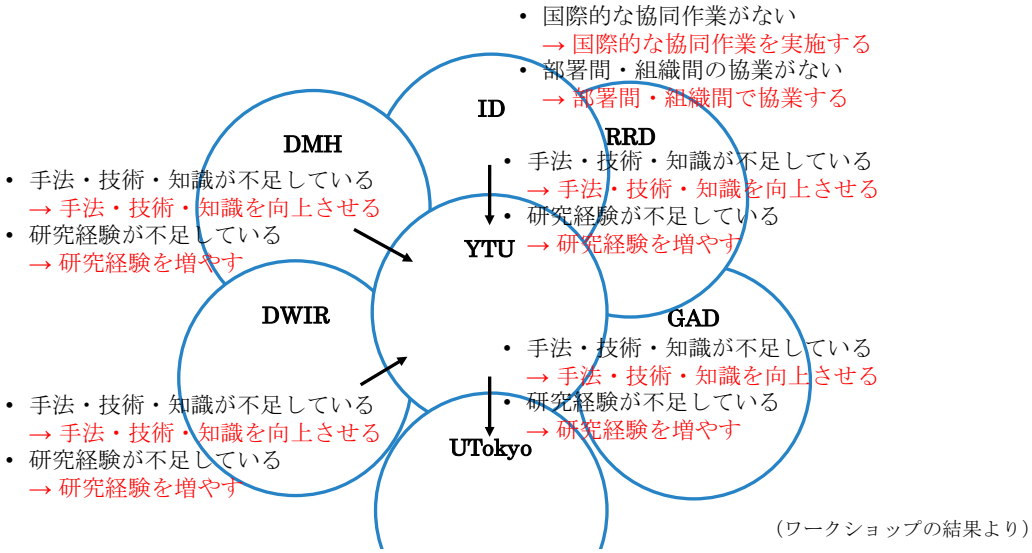


図 29　水害対策のカルチャーモデル

4.1.2.4.　ワークショップ（2 回目）

1 回目のワークショップの結果をもとに作成したコンテクスチュアル・デザインの成果物より，図 30 に示すような運用確認のための資料を用意した．コンテクスチュアル・デザインによる成果物は，水資源管理におけるフローや運用のシーケンスなど，定性的なデータを表している．そのため，この資料を用いることにより，定量的なデータである現行の水文データの観測所と定性的なデータである水資源管理に関するオペレーションに関する情報を一目で確認可能となるようにした．その資料を使用して 2 回目のワークショップを 2016 年 3 月に実施した．その概要を表 8 に示す．

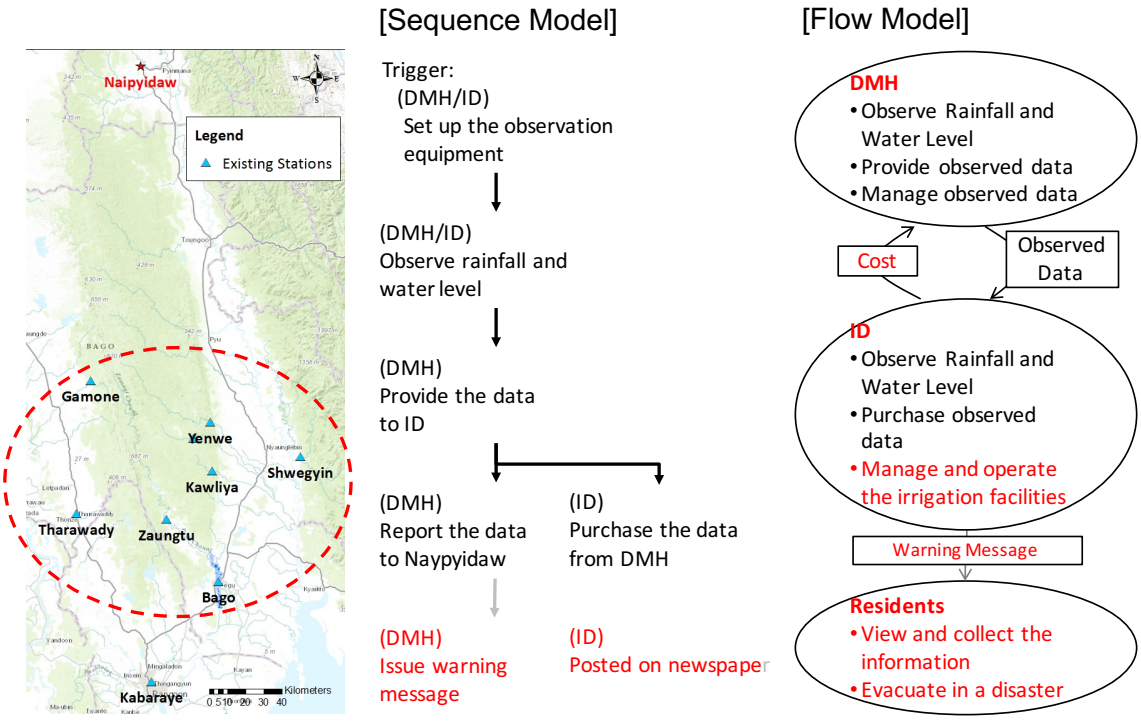


図 30　現行の運用確認に用いた資料

表 8　ワークショップ（2 回目）概要

日　時	2016 年 3 月 10 日
場　所	ミャンマー・ヤンゴン工科大学
対　象　者	ミャンマー・バゴー川流域の水資源管理のステークホルダー - 運輸・通信省 気象水文局 職員 - 運輸・通信省 水資源河川システム改善局 職員 - 農業灌漑省 灌漑水利用管理局 職員 - 社会福祉・復興省 救済復興局 職員 - 内務省 総務局 職員 - ヤンゴン市開発委員会 職員 - ヤンゴン工科大学 教員・学生
目　的	水資源管理に関して収集した情報の共有と将来の水資源管理のオペレーションに関する情報の収集
スケジュール	2016 年 3 月 10 日 09:00 – 16:00 - 導入 - バゴー川流域の水資源管理に対する要求分析の結果の共有 - バゴー川流域の水資源管理に対するユーザー基準に関する議論

結果

【良かった点】

- 事前の文献調査や現地調査の結果に対して，現行の水資源管理のオペレーションに対する認識の誤りを訂正できた
- 並行して実施されている洪水に対する早期警報システムの開発プロジェクトに関する情報を入手できた
- 新たな情報，具体的には運輸・通信省 気象水文局と電力省 電力発電局の間でもデータの授受が発生していることが判明した

【課題】

- 水資源管理のユーザー要求に対して，データ活用のメリットを伝えきれなかった
- ユーザーの興味が，洪水に対する早期警報プロジェクトに重きが置かれていることが判明した

4.1.2.5. インタビュー

2016 年 3 月に実施したワークショップの結果をもとに，図 31，図 32 に示すミャンマー・バゴー川流域の水資源管理のステークホルダーのオペレーションを現行と将来のそれぞれについて作成した．また，図 33，図 34 に示すように，現行の観測所の位置および今後設置予定の観測所の位置を地理情報システム（GIS; Geographic Information System）を用いて，地図上にプロットし，観測データがどの範囲で増えるのか分かる資料を作成した．これらの資料を用いて，それぞれのステークホルダーとのインタビューを実施して，データ活用に対する意見を確認した．その結果を表 9，表 10，表 11 に示す．

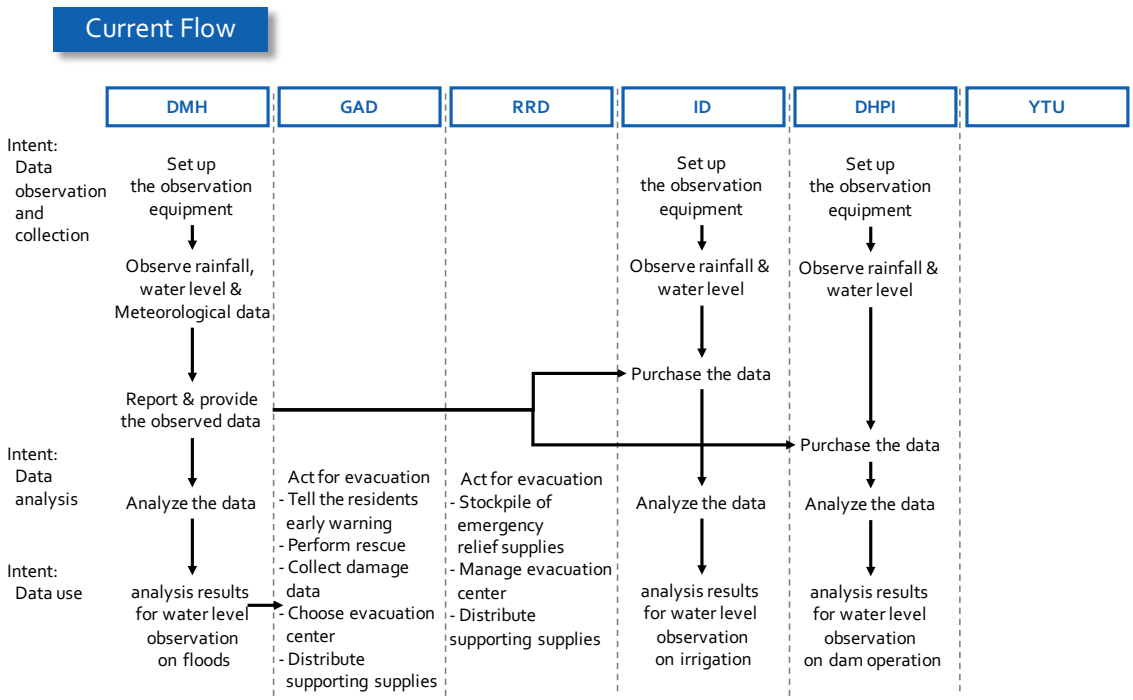


図 31　現行のデータフロー確認に用いたフロー図

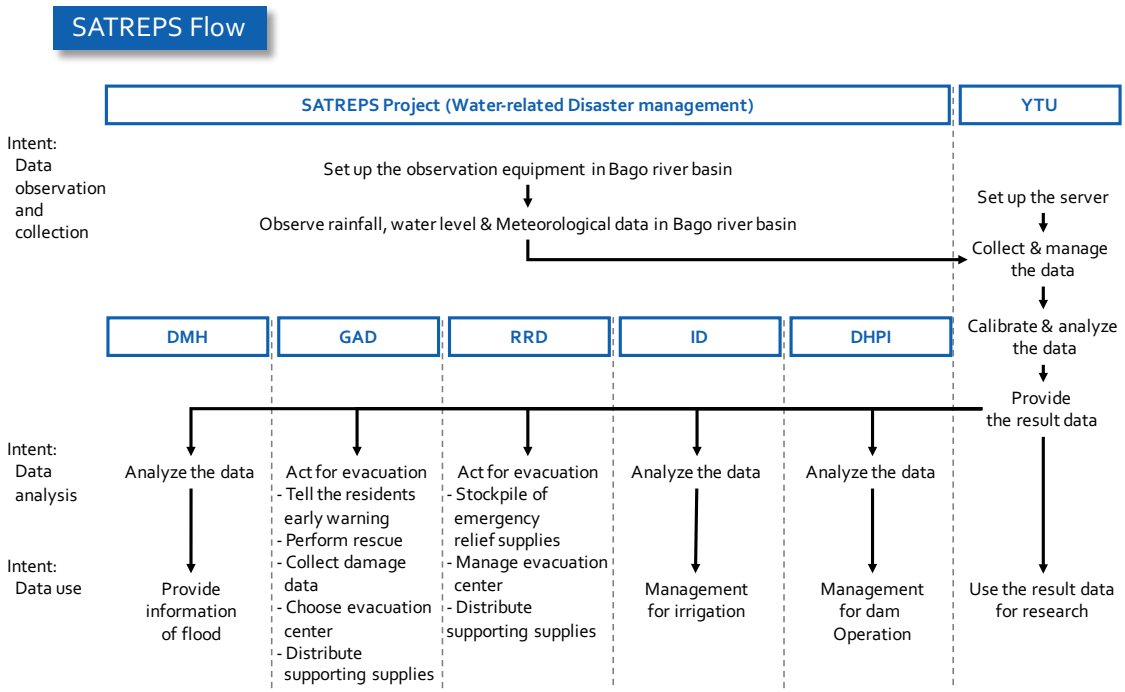


図 32　将来のデータフロー確認のために用いたフロー図

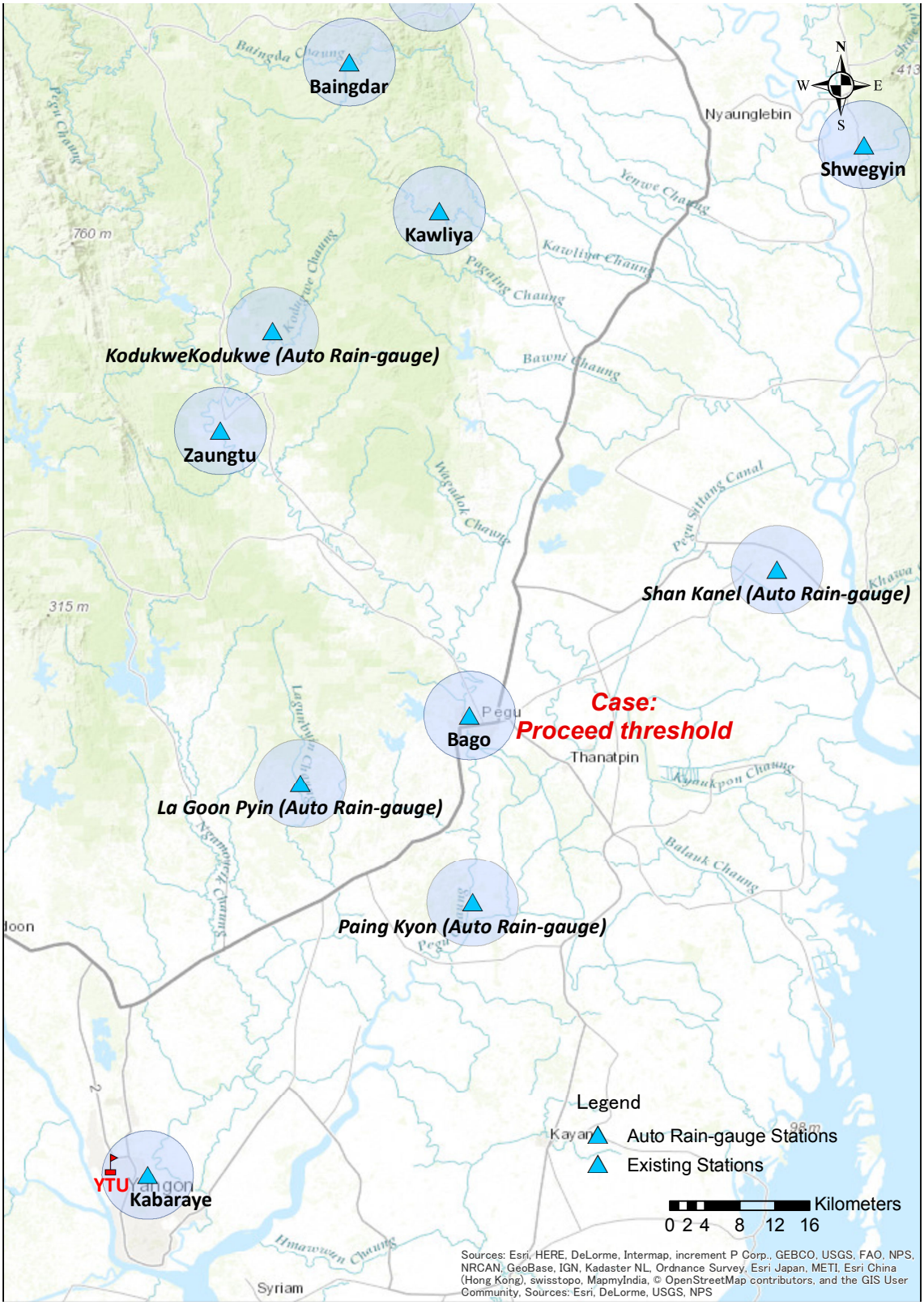


図 33　現行の観測装置の位置

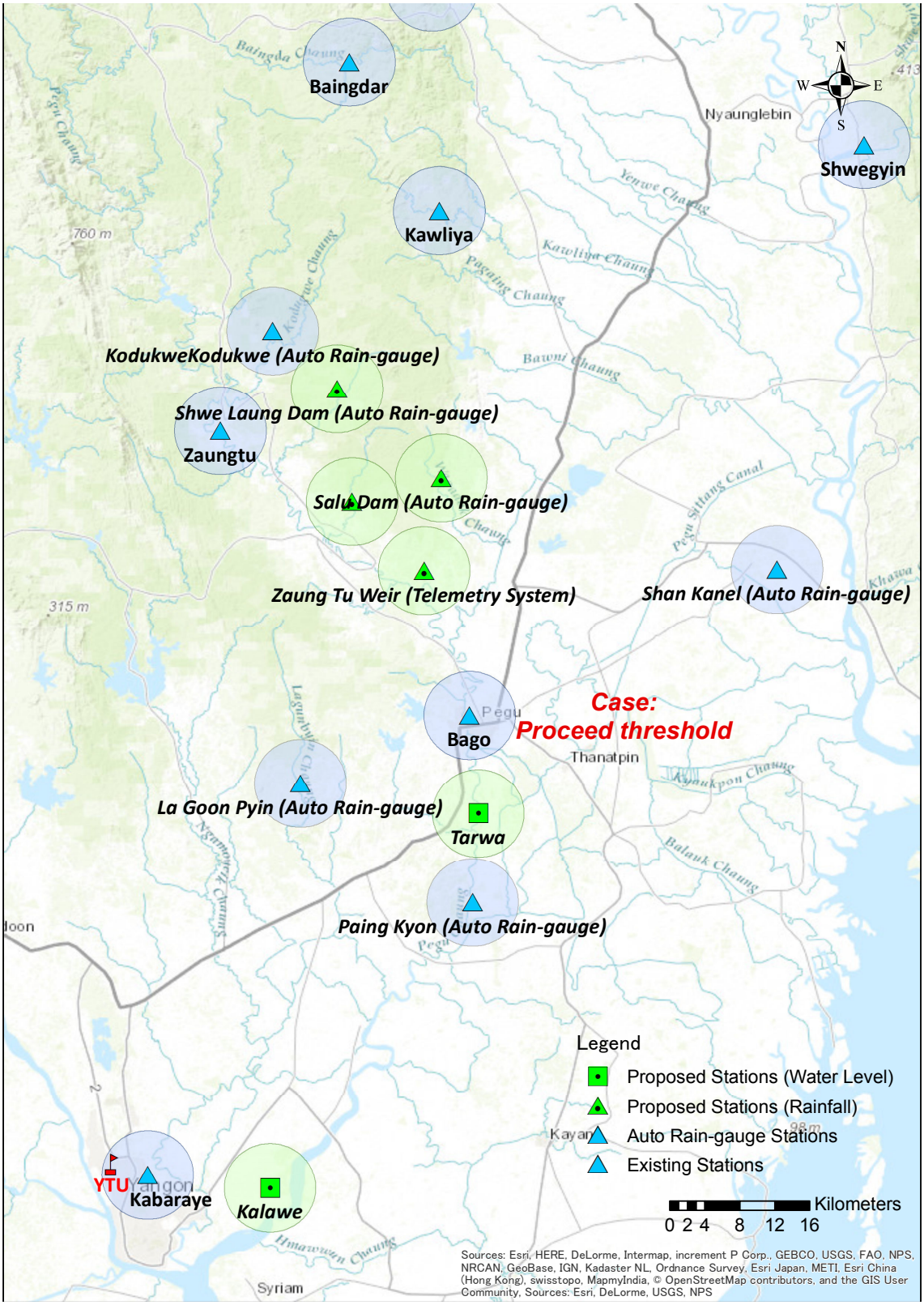


図 34　将来の観測装置の位置

表 9　運輸・通信省 気象水文局におけるインタビュー結果

日　時	2017 年 1 月 19 日
場　所	運輸・通信省 気象水文局 ネピドー事務所
対　象　者	運輸・通信省 気象水文局 Deputy Director General
目　的	データ活用に対する意見を調査するため

インタビュー方法

現行のオペレーションおよび将来のオペレーションに関する情報を提供し，それぞれの内容について議論をする

結果

【現行の水資源管理】

- 31 ヶ所の観測所で気象水文データを観測しており，テレメトリー機能が付いている観測所では，リアルタイムの情報を観測することができている.
- 観測されている気象水文データに関する全ての情報を集めきれているわけではない
- 気象予報に関しては，平常時は 1 日 5 回，緊急時は 1 時間単位で情報を提供している

【将来の水資源管理】

- 観測データのグラフへのプロットなど，現行では手動で実施している作業を自動で実施できるようにしたい
- プロジェクトで設置している観測所のデータを共有することは構わないが，観測データを含めて入手できるようにしたい
- 観測装置や分析方法を理解するために，キャパシティー・ビルディングが必要である

表 10　農業灌漑省 灌漑水利用管理局におけるインタビュー結果

日　時	2016 年 1 月 17 日
場　所	農業灌漑省 灌漑水利用管理局 バゴー事務所
対　象　者	農業灌漑省 灌漑水利用管理局 Assistant Director
目　的	データ活用に対する意見を調査するため
インタビュー方法	現行のオペレーションおよび将来のオペレーションに関する情報を提供し，それぞれの内容について議論をする

結果

【現行の水資源管理】

- 乾季には 1 日 2 回，雨量と水位を計測しており，そのデータは携帯電話に連絡される
- バゴー地域は毎年洪水の被害を受けているが，開削などの対応を進めたことにより，被害は減少している
- データについては，過去 10 年分のデータを保管している

【将来の水資源管理】

- ダムの安全，洪水からの保護を向上させるべきであると考えている
- 特に，バゴー川上流の広範囲にわたる雨量データを必要としている

表 11　電力省 水力発電局におけるインタビュー結果

日　時	2016 年 1 月 19 日
場　所	電力省 水力発電局 ネピドー事務所
対　象　者	電力省 水力発電局 Director
目　的	データ活用に対する意見を調査するため

インタビュー方法

現行のオペレーションおよび将来のオペレーションに関する情報を提供し，それぞれの内容について議論をする

結果

【現行の水資源管理】

- ダムの安全確保，オペレーション・マネジメントが主な業務である
- 関西電力の指導の下，オペレーション規則がそれぞれのダムごとに設定されている
- 洪水発生時はオペレーションを維持することが困難であり，国際機関の技術的支援を必要としている
- 他の組織との協業がウィーク・ポイントである

【将来の水資源管理】

- データを無料で入手できるようにするべきであり，特に，水力発電局と灌漑水利用管理局とのデータ共有は重要である．

4. 2. システム要求に対する評価

本システムが，3 章の表 5 で明らかにしたシステム要求を満たしているか評価した各要求項目に対する評価方法と評価結果を以下に述べる.

(1) 要求 1.1「既存の水資源管理のステークホルダーを特定すること」の評価

プロトタイプの実証実験において，事前の文献調査および現地調査により確認した.

(2) 要求 1.2.1「既存の水資源管理の既知課題を提供すること」の評価

プロトタイプの実証実験において，1 回目のワークショップ内で，水資源管理のステークホルダーから提供されることを確認した.

(3) 要求 1.2.2「既存の水資源管理の課題を可視化すること」の評価

プロトタイプの実証実験において，1 回目のワークショップ内で，水資源管理のそれぞれのステークホルダーから提供される情報を可視化することにより確認した.

(4) 要求 1.2.3「既存の水資源管理の課題に対する解決策を可視化すること」の評価

プロトタイプの実証実験において，1 回目のワークショップ内で，水資源管理のそれぞれのステークホルダーから提供される内容を可視化することにより確認した.

(5) 要求 2.1「既存の水資源管理のオペレーション情報を提供すること」の評価

プロトタイプの実証実験において，2 回目のワークショップ内で，水資源管理のそれぞれのステークホルダーから提供されることにより確認した.

(6) 要求 2.2.1「既存の水資源管理のオペレーションを可視化すること」の評価

プロトタイプの実証実験において，2 回目のワークショップ内で，水資源管理のそれぞれのステークホルダーから提供される情報を可視化ことにより確認した.

(7) 要求 2.2.2「将来の水資源管理のオペレーションを可視化すること」の評価

プロトタイプの実証実験において，2 回目のワークショップ内で，水資源管理のそれぞれのステークホルダーから提供される情報を可視化することにより確認した.

(8) 要求 2.3「将来の水資源管理の想定される使用シナリオを可視化すること」の評価

プロトタイプの実証実験において，インタビュー内で，現地調査やワークショップで収集した情報を可視化することにより確認した.

(9) 要求 2.4「将来の水資源管理の活用可能データを特定すること」の評価

プロトタイプの実証実験において，インタビュー内で，現地調査やワークショップで収集した情報をもとに，活用可能なデータを特定した後，ステークホルダーに提示することにより確認した.

(10) 要求 3.1「将来の水資源管理の活用可能データを例示すること」の評価

プロトタイプの実証実験において，インタビュー内で，現地調査やワークショップで収集した情報をもとに，活用可能なデータを特定した後，ステークホルダーに提示する際にサンプルも合わせて提示することにより確認した.

(11) 要求 3.2「将来の水資源管理の活用可能データの意思決定をすること」の評価

プロトタイプの実証実験において，インタビュー内で，それぞれのステークホルダーが活用可能データの意思決定をしていることにより確認した.

4.3. ステークホルダー要求に対する評価

本システムが，3 章で明らかになったステークホルダー要求を満たしているか評価した．各要求項目に対する評価方法と評価結果を以下に述べる．

表 12　ステークホルダー要求に対する評価

No.	ステークホルダー要求	評価	根拠
S1	開発途上国のステークホルダーに対して，開発される水資源管理に関する知識や技術を必要としないこと	満たされている	プロトタイプによる実証
S2	既存の水資源管理のステークホルダーを特定すること	満たされている	プロトタイプによる実証
S3	既存の水資源管理の既知の課題を提供すること	満たされている	プロトタイプによる実証
S4	既存の水資源管理の課題抽出およびそれに対する解決策を検討すること	満たされている	プロトタイプによる実証
S5	既存の水資源管理のオペレーションに関する情報を提供すること	満たされている	プロトタイプによる実証
S6	解決策と既存の水資源管理に関する情報をもとに，活用可能なデータを特定すること	満たされている	プロトタイプによる実証
S7	開発途上国のマルチステークホルダー間の合意形成を支援すること	満たされている	プロトタイプによる実証

5. 考察

5.1. プロトタイプによる実証実験に対する考察

実証実験において，プロトタイプはステークホルダーを特定し，活用可能のデータを検討したのち，マルチステークホルダーの合意形成を支援したと考える．以下に，それぞれの活動における考察を述べる．

5.1.1. 現状分析

事前調査およびフィールドワークの結果より，ミャンマー・バゴー川流域の水資源管理のステークホルダーを推定しておき，そのステークホルダーを招集したワークショップを開催することにより，ステークホルダーを特定したが，2 回目のワークショップを実施した際に，新たに電力省 水力発電局が運輸・通信省 気象水文局からデータを受け取っていることが判明した．事前調査やフィールドワークで漏れなくステークホルダーを特定できることは重要であるが，本研究のようにオペレーションに着目することにより，開発途上国のように，開発される水資源管理に対する知識や技術が十分でないような場合であっても，ステークホルダーがイメージしやすい情報を提供することにより，詳細を把握することが可能であると考えられる．実際のプロジェクトなどでは，スケジュールもあるため，のちに判明することは避けたい場合がほとんどであるが，ステークホルダーが網羅できていないよりは，のちに判明する方が良いかと考えられるので，一定の効果はあったと考える．

次に，1 回目のワークショップを実施するにあたり，ミャンマーの国民性が懸念された．ミャンマーでは，あまり個人の意見を主張する習慣がないため，グループワークを実施しても，さまざまな意見が出るか懸念していた．実際のワークショップでは，異なる組織・機関に属する人で構成されたグループであっても，さまざまな意見が出ており，不要な懸念であった．一方で，ミャンマーのステークホルダーは，ワークショップ，特にグループワークに不慣れなように見受けられた．ミャンマーにおける先進国からの開発援助の一環として実施されるようなワークショップは，支援国側の技術紹介のようなワークショップが多い．そのため，グループワークを実施するようなワークショップにはあまり慣れていなかったものと考える．そのため，開発途上国では，水資源管理の課題や解決策など，本来得たい情報に関するグループワークを始める前に，訓練・予行演習のような時間を設定すると，本来得たい情報に関するグループワークの際に，より詳細な情報を得られる可能性があるものと考える．そのため，どのようなワークショップであっても同じように，フ

ァシリテーションが重要であることに変わりはない.

5.1.2. 活用可能データの検討

本研究において参画しているプロジェクトにて設置される観測装置により観測されるデータの活用を検討した際について述べる.

ミャンマーでは，気象水文データに関しては，本研究でもステークホルダーである運輸・通信省 気象水文局，農業灌漑省 灌漑水利用管理局，電力省 水力発電局の 3 つの組織が観測を行っている．しかしながら，農業灌漑省 灌漑水利用管理局，電力省 水力発電局においては，観測することが目的ではなく，灌漑のため必要なデータ，水力発電を行うダムを管理するために必要なデータを観測しているため，データの量は，運輸・通信省 気象水文局と比較すると圧倒的に少ない．そのため，必要なデータを自組織・機関では観測しておらず，かつそのデータを運輸・通信省 気象水文局が観測しているような場合は，必要に応じて，運輸・通信省 気象水文局より必要なデータを購入している．そのため，水資源管理において，データを共有するためには，特に運輸・通信省 気象水文局が理解を示し，合意することが，重要な点であった．実証実験では，いかにデータ活用により多くの情報を提示するようにできるかについて，重点的に取り組んだことにより，運輸・通信省 気象水文局の理解を得ることができ，データ共有の合意につながったと考える.

5.1.3. 合意形成の支援

最後の合意形成支援では，ミャンマー・バゴー川流域の水資源管理のステークホルダーにインタビューをするとともに，それぞれのステークホルダーを招集して，ステークホルダー間で，データ共有のための議論を通じて，合意形成の支援を実施する予定であった．しかし，それぞれのステークホルダーとの調整がつかず，招集できたステークホルダーは 2 つの機関のみであった．本来は，当初の予定どおり，全てのステークホルダーを招集して，合意形成をすることにより，目的を達成したというべきだが，本研究のプロトタイプの実証実験においては，当初より運輸・通信省 気象水文局以外は，データを共有できていないことを問題点として挙げていたこと，さらには，その運輸・通信省 気象水文局からデータ共有の合意を得ることができたため，ステークホルダー要求を満たしているものと判定している．当初の予定どおり，全てのステークホルダーを招集して合意を形成するためには，それぞれのステークホルダーに対して，初期の段階から，ゴールとそれまでのプロセスを明確に伝えておく必要あるものと考える.

5.2. データ活用ファシリテーションシステムの課題

本研究では，ミャンマー・バゴー川流域の水資源管理を向上させることを目的とした水資源管理システムを対象として実施している．そのため，今後は他の地域・国における実装を進めるとともに，フレームワークとして，さまざまな開発現場での導入を検討する必要がある．その際，導入地域の国民性などの文化や習慣も考慮する必要がある．プロトタイプを用いた実証実験により，データを活用することの合意を得ることができたため，被支援国の国民性や文化，習慣を容易に得る方法が確立されると，フレームワークとして展開していくことの実現可能性がより高まるものと考える．

5.3. データ活用ファシリテーションシステムの実用化に向けて

本研究では，ミャンマー・バゴー川流域の水資源管理の補完という観点から，水資源管理に必要な水文情報およびそれを観測する装置に着目した．一方，データ活用ファシリテーションという観点からは，水資源管理以外の社会基盤に関しても，データ活用を推進できるような場合があるため，その社会基盤におけるデータ収集の特徴を整理し，その特徴に合わせたファシリテーションを実施することにより，適用範囲がさらに広がっていくことが期待される．

6. 結論と今後の展望

6.1. 結論

本研究では，開発途上国での水資源管理を対象として，マルチステークホルダー間の合意形成を支援するためのデータ活用ファシリテーションシステムの設計を行い，ミャンマー・バゴー川流域の水資源管理を対象として，プロトタイプを用いた実証実験を実施した．この実証実験より，ステークホルダーを特定したのち，現状分析のため課題・解決策の抽出・可視化を行い，現行および将来の水資源管理のオペレーションを通じて，それぞれのステークホルダーの合意形成を支援することを確認した．

以上より，本システムにおける，開発途上国でのマルチステークホルダー間の合意形成を支援していることに対する有効性を示した．

6.2. 今後の展望

今後は，ミャンマー・バゴー川流域の水資源管理以外でも，マルチステークホルダー間の合意形成を支援することが可能か検討する．特に，ミャンマーを始めとする東南アジア地域では，急速な発展が進んでおり，水資源管理以外にも，マルチステークホルダー間の合意形成の支援が必要となる可能性は高い．そのため，ミャンマーにおける水井資源管理以外，もしくは他の国の水資源管理においても，実証実験を行い，評価することが必要であると考える．その結果を踏まえて，フレームワークを作成し，支援国側のステークホルダーに評価を依頼する．フィードバックより，検討事項を整理・確認した後，他の国や地域での導入を進めていく．

7. 謝辞

本研究の実施にあたり，指導教員である神武直彦准教授には，研究の方針から論文の執筆に至るまで，丁寧なご指導を賜り，さまざまな機会を与えていただきました．2 年半のご指導に心より深謝いたします．また，副査としてご助言を下さいました当麻哲哉教授にも厚く御礼申し上げます．

研究員の小高暁氏，博士課程の西野瑛彦氏には，これまでの防災に関するご自身の研究・経験をもとに，本研究に関して多大なご支援，ご助言をいただきまして，大変感謝しています．また，同じ時期に修士論文を執筆した江幡彩氏，佐藤亮氏，原田利江子氏，増間智昭氏ら，神武研究室のメンバーとは有意義な時間を共有させていただきました．理工学部を卒業後，IT エンジニアとして，業務に携わってきた私にとって，専門やバックグラウンドが異なるメンバーとの交流は，知見を広める貴重な機会になりました．

本研究は，独立行政法人科学技術振興機構（JST）および独立行政法人国際協力機構（JICA）が共同で実施している，地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）事業の支援を受けて実施しました．本研究を進めるにあたり，東京大学大学院工学系研究科の川崎昭如特任准教授には，研究に関するご助言を多々賜りました．また，河川／流域環境研究室の研究員 Ralph Allen Acierto 氏，博士課程の Seemanta Bhagabati 氏にも有益な情報を多々ご提供いただきました．ミャンマー連邦共和国における現地調査の実施にあたっては，Yangon Technological University の Win Win Zin 准教授を始め，学生の方々には多大なご支援をいただきました．現地調査では，Department of Meteorology and Hydrology，Irrigation and Water Utilization Management Department，Department of Hydropower Implementation など，多くの行政職員の方々に貴重な情報提供および調査への多大なご協力をいただきました．心より感謝の意を表します．

企業に勤めながらの大学院への通学，さらにはミャンマー連邦共和国における現地調査は，職場の上司や同僚の理解の上に成立したものでした．深く感謝いたします．

最後に，システムデザイン・マネジメント研究科の学生・教職員の皆様を始め，多くの方々と非常に有意義な時間を過ごすことができました．このような貴重な時間を共有できた皆様に，心より感謝の意を表したいと思います．

8. 参考文献

[1] Asian Disaster Reduction Center, “Natural Disaster Data Book 2014 An Analytical Overview,” 2015.

[2] United Nations, “The Least Developed Country Category 2015 Country Snapshots,” 2015.

[3] 古市剛久, “ナルギス災害での国際人道支援における情報収集,” *季刊地理学,* 第 64 巻, 第 3 号, pp. 91-101, 2013.

[4] 川崎昭如, “2015 年ミャンマー水害に対する政府の対応と河川管理施設および水路の洪水対策機能：バゴー川流域における実態調査,” *地域安全学会論文集,* 第 28 巻, 2016.

[5] M. Black, 水の世界地図, 2 編, 丸善株式会社, 2010.

[6] 宇宙航空研究開発機構　地球観測研究センター, “全球降水観測計画,” http://www.eorc.jaxa.jp/GPM/contents/2_j.htm. [アクセス日: 2017/01/25].

[7] The 2030 Water Resources Group, “Charting Our Water Future,” 2009.

[8] 小寺正一, “水問題をめぐる世界の現状と課題,” *レファレンス,* 第 713 号, 2010.

[9] 防災情報の共有化に関する専門調査会, “防災情報システム整備の基本方針,” 内閣府 中央防災会議, 2003.

[10] 東京大学地球観測データ統融合連携研究機構, “DIAS とは,” http://www.diasjp.net/about/. [アクセス日: 2017/01/25].

[11] 日本ファシリテーション協会, “ファシリテーションとは,” https://www.faj.or.jp/modules/contents/index.php?content_id=23. [アクセス日: 2017/01/25].

[12] J. P. P. H. E. B. M. M. G. S. Robert I. Winner, “The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition,” Institute for Defense Analyses, 1988.

[13] European Space Agency, “What is concurrent engineering?,” http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/CDF/What_is_concurrent_engineering. [アクセス日: 2017/01/25].

[14] T. H. Sayed, A. A. Mitkees, F. Eltohamy, M. Zayan , A. ELRAfiee, “Modifid Concurrent Design Faility For Emerging Countries,” IEEE, 2016.

[15] 亀田弘行, “アジア防災科学技術情報基盤の形成,” 防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター, 2010.

[16] 国土交通省, “国土交通省所管の公共事業の構想段階における住民参加手続きガイドライン,” 2006.

[17] 水災害・リスクマネジメント国際センター 水災害研究グループ, “総合的な洪水・水資源管理を支援する基盤システムの開発,” 2015.

[18] 明. 中村, 秀. 亀山 , 重. 小原, “ODA 事業におけるステークホルダーマネジメントの実践構造化 ～環境社会配慮における合意形成プロセスの最適化～,” *国際 P2M 学会誌,* 第巻 6, 第 1, pp. 15-28, 2011.