マイクロフィルム用資料

ISSN 0386－5878
土木研究所資料第3738号

土 木 研 究 所 資 料

飛行船プラットフォームの利用技術に関する調査

平成12年３月

建 設 省 土 木 研 究 所
建設マネジメント技術研究センター
建 設 シ ス テ ム 課

Copyright © (2000) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所資料
第3738号 2000年3月

飛行船プラットフォームの利用技術に関する調査

企画部 情報技術総括研究官 森重卓雄
建設システム課 研究員 杉浦政裕
有江健治

要旨

本研究は、飛行船プラットフォームの利用により、社会資本管理に必要なデータや災害時の被災地データの収集、蓄積、管理及び提供技術の検討を目的とし、1)人工衛星・航空機搭載センサの技術動向について、2)飛行船プラットフォームの利用に係る法・制度について、3)飛行船プラットフォームの利用形態及び利用センサの種類について、4)リモートセンシング観測データを管理するための付加情報及び付加方法について、5)リモートセンシングを行うために必要となる追跡管制局、受信局、及び解析局の機能について、6)リモートセンシング観測データの蓄積・提供手法について、調査と検討を行った。

キーワード：飛行船プラットフォーム、受動型センサ、能動型センサ、リアルタイム動画像サーバ、蓄積動画像データベース、インデックスデータベース、付加情報、SPF

●その他、本文中に記載されている会社名、システム名、製品名は各社の登録商標または商標です。本文中では、TM, ®マークは明記してありません。

はじめに

リモートセンシングは、観測装置を利用して地表面の対象物から反射又は放射される光、電波などを測定し、それらのデータによって対象物の形状や現象を観測する技術である。その特徴は広範囲な地域情報を短期間で、しかも継続的に収集できる点である。このため、農林水産業、地質・資源探査、海洋、気象、土地利用調査、地図作成などの広い分野で利用されている。

リモートセンシングのプラットフォームには、人工衛星、航空機、及び飛行船等がある。なかでも、現在、国内において産学官共同で研究開発を行っている飛行船プラットフォームは、成層圏（地上約 20km）に各種センサや無線中継装置等を搭載した無人の飛行船を滞留させ、センシングや無線中継等を行う多目的プラットフォームとして利用しようとするものである。飛行船システムは、地上システムに比較してサービスの広域性や人工衛星システムに比較して、伝搬損失や伝搬遅延が少ない等の利点を有しており、建設行政においても社会資本の整備や維持管理のためのデータ収集への利用の可能性が広がってきている。

本稿では、飛行船プラットフォームの利用により、社会資本管理に必要なデータや災害時の被災地データの収集、蓄積、管理及び提供技術に関する手法を調査し、とりまとめたものである。

飛行船プラットフォームの利用技術に関する調査

目　　次

第1章　概要…… 1

第2章　飛行船プラットフォームの概要と特徴

2.1　飛行船プラットフォームの概要と特徴…… 2

2.2　国内外の研究活動状況…… 3

第3章　人工衛星・航空機搭載センサの技術動向

3.1　受動型リモートセンシングセンサの技術動向…… 5

3.2　能動型リモートセンシングセンサの技術動向…… 11

3.3　センサ搭載に関するプラットフォームへの要求性能…… 18

第4章　飛行船プラットフォームの利用に係る法・制度

4.1　オープンスカイ条約に関して…… 24

4.2　個人情報保護法に関して…… 24

4.3　肖像権に関して…… 26

4.4　情報公開法に関して…… 26

第5章　建設行政分野に適したデータ通信方法

5.1　基幹・中継伝送…… 29

5.2　移動体通信…… 29

5.3　臨時回線…… 29

第6章　河川事業へのリモートセンシングの応用

6.1　河川事業への利用方法の整理…… 36

6.2　河川事業における飛行船の運用形態及び観測センサの検討…… 49

第7章　リモートセンシング観測データの蓄積及び提供手法の検討

7.1　付加情報の項目…… 61

7.2　リモートセンシング観測データの蓄積手法の検討…… 66

7.3　リモートセンシング観測データの検索及び提供手法の検討…… 67

第 8 章　システムの構成要素と機能

8.1　飛行船…… 71
8.2　追跡管制局…… 73
8.3　受信局…… 78
8.4　解析局…… 83
8.5　工事事務所…… 98

第 9 章　基本的なシステム構成の提案

9.1　全体のシステム運用概念…… 100
9.2　全体のシステム構成及び機能…… 100
9.3　全体のネットワーク整備…… 103
9.4　リモートセンシング観測データの利用イメージ…… 104
9.5　期待できる導入効果…… 105
9.6　今後の課題…… 107

1. 概要

施設管理の高度化、防災対策の強化のためには、リアルタイム情報収集手段の多様化が必要である。災害に強く、広域な情報を収集する手法の一つには、リモートセンシングがある。リモートセンシングを行うためのプラットフォームには、人工衛星、航空機及び飛行船などがある。なかでも、気象条件が比較的安定している成層圏に通信機材、観測センサ等を搭載した無人の飛行船を滞空させる飛行船プラットフォームは、通信・放送及び地球観測の利用への実現が期待されている。特に、飛行船は人工衛星と比較して地上に近いという利点から、人工衛星リモートセンシングと比較して分解能が高く、搭載機器の小型化が可能である。また、既存の監視システムと比較して広域観測に適しており、河川・道路等の維持管理への適応性が大きい。

本調査では、飛行船プラットフォームの利用により、社会資本管理に必要なデータや災害時の被災地データを収集、蓄積、管理及び提供技術の検討を行い、基本的なシステムの提案を行った。

2. 飛行船プラットフォームの概要と特徴

2.1 飛行船プラットフォームの概要と特徴

飛行船プラットフォームとは、気象条件が比較的安定している高度 20km[1)]程度の成層圏に通信機材、観測センサ等を搭載した飛行船を滞空させ、通信・放送及び地球観測等に利用するシステムである。

プラットフォーム毎の特徴比較を表―２・１に示す。飛行船は人工衛星に比べ高度が低いため、光学センサの場合、高分解能を得ることができ、データの遅延が少ないなどの特徴がある。

表―２・１　プラットフォーム毎の特徴比較

特徴	プラットフォームの種類		
	飛行船（滞留型・移動型）	人工衛星（極軌道）	人工衛星（静止軌道）
高度	20km	300～900km	36,000km
観測範囲	定点地域観測	定期地球観測	定点地球観測
観測周期	常時	定期	常時
分解能	人工衛星（極軌道）と比較して高い	－	人工衛星（極軌道）と比較して低い

飛行船の運用形態は、飛行船（滞留型）、飛行船（移動型）に分類される。飛行船の諸元を表―２・２に示す。

表―２・２　飛行船の諸元

項目	飛行船（滞留型）	飛行船（移動型）
高度	約 20km	約 20km
移動速度	約 100km/h（無風の場合） 滞留精度：微動(±1km) （ただし、30m/s の風に正対した場合）	約 100km/h（無風の場合） 約 50km/h（15m/s の風に正対した場合）
観測範囲	半径 20km～110km	半径 20km～110km
観測頻度	常時	常時（ただし、移動時間がない場合）
観測方式	滞留による定点観測	移動による観測
特徴	特定地域の常時観測が可能である プラットフォームの移動速度等を必要とするセンサの利用は不可能である	移動可能範囲の観測が可能である プラットフォームの移動速度等を必要するセンサの利用が可能である

（数値は参考値）

2.2 国内外の研究活動状況

2.2.1 国外における飛行船の研究開発状況

現在、国内外で検討されている飛行船には、ヘリウムを充満させた飛行船をロボットによりイオンエンジンを制御する方式、太陽電池又は燃料電池を搭載する方式、ピストンエンジンを搭載する方式、及びジェットエンジンを搭載する方式の４方式がある[2)]。

また、飛行船を通信手段に利用する研究はなされているが、無人飛行船方式による成層圏からのリモートセンシングの実運用は世界的にも例がなく、本目的に応じた飛行船の開発は今後の課題となっている。

表―２・３　飛行船の国外での開発状況

	飛行船の製造及び開発状況
製造	アルミニウム製の飛行船[3)]
	熱気球にプロペラをつけた熱飛行船[4)]
開発	単結晶シリコンの箔モジュールを使った高効率軽量太陽光発電装置を搭載した小型超軽量太陽光発電飛行船の開発[5)]

2.2.2 画像データ利用の研究動向

地震、地滑り、火山噴火及び土地分類等へのリモートセンシング観測データ利用の研究動向について述べる。

表―２・４　リモートセンシング観測データ利用の研究動向

観測対象	リモートセンシング観測データ利用の研究動向
地震	SPOT(System Probatoire d'Observation de la Terra)の画像による阪神大震災の液状化状況と焼失地域状況の把握に関する研究[6)]
	SPOT の画像による地震で発生した地割れ状況の把握に関する研究[7)]
地滑り	空中写真による地下すべり面形状解析システムに関する研究[8)]
火山噴火	SPOT 画像による火山のモニタリング結果に関する報告[9)]
	Landsat TM(Thematic Mapper)画像による火山のモニタリング結果に関する報告[10)]
	Landsat TM のバンド５とバンド７の画像による火山活動に伴う火口付近の状況解析[11)]
森林火災	NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer)の画像による大規模な森林火災状況の把握[12)13)14)]
	森林火災を撮影した SPOT 画像の解析による焼失面積、二酸化炭素等の発生量の推定[15)]

第２章　参考文献

1) 郵政省ホームページ（http://www.mpt.go.jp/pressrelease/japanese/denki/990910j602.html)

2) Joseph N. Pelton, "Telecommunications for the 21st Century", SCIENTIFIC AMERICAN,vol.278,No.4,pp.68-73,1998

3) Cameron Balloons ホームページ（http://www.cameronballoons.co.uk)

4) エアロノーツホームページ（http://www.kt.rim.or.jp/~sabu/thunder.htm)

5) 新エネルギー・産業技術総合開発機構ホームページ(http://www.nedo.go.jp/nedo-info/solarDB/dat/X83000.08245.html) 0

6) 竹内章司,"SPOT 画像に現れた阪神大震災の被害",写真測量とリモートセンシング,vol.34,No2,1995

7) Robert E. Crippen, "Measurement of subresolution terrain displacements using SPOT panchromatic imagery ",Episoes,vol.15, No1, pp56-61,1992

8) 吉澤孝和,酒井輝雄,宮野尾文夫,根岸六郎,関貴幸,"空中写真測量による地下すべり面形状解析システム",写真測量とリモートセンシング,vol.33,No3,pp17-32,1994

9) J.Chorowicz, B.Deffontaines, D.Huaman-Rodrigo, R.Guillande, F.leguern, J.C.Thouret, "SPOT Satellite Monitoring of the Eruption of Nevado Sabancaya Volcano (Southern Peru)",REMOTE SENS. ENVIRON.42,pp43-49, 1992

10) H.Gaonac'h, J.Vandemeulebrouck, J.Stix, M.Halbwachs, "Thermal infrared satellite measurements of volcanic activity at Stromboli and Vulcano", Journal of geophysical research,vol.99,No.5,pp9477-9485,May 1994

11) Clive Oppenheimer, Peter W. Francis, David A. Rothery, "Infrared Image Analysis of Volcanic Thermal Features ", Journal of geophysical research,vol.98,No.B3, pp-4269-4286,March 1993

12) Eric S. Kasischke, Nancy H.F. French, Peter Harrell, Norman L. Christensen Jr., Susan L. Ustin, Donald Barry , "Monitoring of Wildfires in Boreal Forests Using Large Area AVHRR NDVI Composite Image Data", REMOTE SENS. ENVIRON .45,pp91-71,1993

13) Jerry D. Greer, "GIS and Remote Sensing for Wildland Fire Suppression and Burned Area Restoration" ,Highlight Article, pp1059-1064,1994

14) David A. Prevedel ,"A strategic Wildfire Monitoring Package Using AVHRR Satellites and GIS", Highlight Article, pp271-278,1995

15) Soo Chine Liew, Oo Kaw Lim ,Leong Keong Kwoh, Hock Lim, " A Study of the 1997 Forest fires in South East Asia Using SPOT Quicklook Mosaics",1998

3. 人工衛星・航空機搭載センサの技術動向

リモートセンシングは「非接触調査手法」であることから、対象物の調査にはセンサが必要になる。一般的に、人工衛星・航空機等のプラットフォームで利用されるセンサには、「電磁波を捕らえるセンサ」が用いられる。「電磁波を捕らえるセンサ」は大きく分類すると、「受動型センサ」と「能動型センサ」に分類される。受動型センサとは、太陽光の反射及び対象物から放射される電磁波を収集する方式であり、能動型センサとは、対象物に向けて電磁波を照射し、対象物で反射されてきた電磁波を収集する方式である。ここでは、受動型・能動型リモートセンシングセンサの技術動向について述べる。

3.1 受動型リモートセンシングセンサの技術動向

受動型リモートセンシングセンサの分解能Rはセンサの瞬時視野ωとセンサの利用高度Hによって決まり、次式で与えられる。

$R = \omega H$

$\omega = ds / f$　ds：検出素子の面積　f：光学系の焦点距離

この関係式を利用して、飛行船プラットフォームの利用高度（高度 20km）での受動型リモートセンシングセンサの分解能について述べる。

3.1.1 人工衛星搭載用受動型リモートセンシングセンサ

代表的な人工衛星搭載用の受動型リモートセンシングセンサの主要諸元を表－３・１に示す。

(1) ASTER の TIR

ASTER(Advanced Space-borne Thermal Emission & Reflection Radiometer) の TIR（Thermal Infrared）は、米国航空宇宙局（National Aeronautics and Space Administration：NASA)によって打ち上げられる地球観測衛星 EOS－AM1(Earth Observation Satellite－AM1) 向けに開発された熱赤外センサであり、約 8～12μm の帯域を 5 バンドで観測、地球規模の長期的環境/資源探査を行うことになっている。分解能は、高度 705km で 90m であるので、約 20km の高度に換算すると、2.5m ほどの分解能が期待できる。

(2) ADEOS－Ⅱの GLI

ADEOS－Ⅱ（Advanced Earth Observing Satellite-II）の GLI（Global Imager） は、宇宙開発事業団（National Space Development Agency of Japan：NASDA）によって 2000 年に打ち上げ予定の地球観測衛星 ADEOS－Ⅱに搭載されるセンサである。1,600km にわたる極めて広い走査幅を持ち、可視域から熱赤外域までの 36 バンドを観測し、海洋、陸地、大気間のエネルギー循環に関する知見を得ることを目的としている。広域観測を主眼としているため、分解能は高

くなく、高度 803km で 250m/1 km の 2 種である。約 20km の高度に換算すると、6.2 m/24.9m ほどの分解能が期待できる。

(3) ADEOS の AVNIR

ADEOS（Advanced Earth Observing Satellite）の AVNIR（Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer）は、NASDA によって打ち上げられた地球観測衛星 ADEOS に搭載された可視近赤外センサである。0.1 μm 程度の狭い波長域を 5 バンドで観測するマルチスペクトルモードと 0.2 μm 程度の広めの波長域を観測するパンクロモードがある。分解能は高度 797km で、マルチスペクトルモードが 16m、パンクロモードが 8m である。約 20km の高度に換算すると、マルチスペクトルモードで 40cm、パンクロモードで 20cm の高分解能が期待できる。

(4) GMS の VISSR

GMS（Geostationary Meteorological Satellite）の VISSR（Visible and Infrared Spin Scan Radiometer）は、静止気象衛星 GMS に搭載された可視・熱赤外センサである。人工衛星はスピン安定方式を採用しており、画像の水平方向走査は、このスピンを利用して行っている。走査線数は可視が 10,000 本、熱赤外が 2,500 本である。分解能は高度 36,000km で、可視センサが 1.25km ,熱赤外センサが 5km である。約 20km の高度に換算すると、可視センサで 0.7 m ,熱赤外センサで 2.8m の分解能が期待できる。

(5) GOES の VISSR

GOES（Geostationary Operational Environmental Satellite）の VISSR は、米国の大気観測用衛星 GOES に搭載された可視・熱赤外センサである。GMS と同様にスピン安定を利用した水平走査を行っており、走査線数は可視センサが 14,000 本、熱赤外センサが 1,750 本である。画像取得以外に気温測定用として、4.4 から 14.7 μm までの 12 バンドを狭帯域で観測することも可能である。分解能は、高度 36,000km で可視センサが 0.9km,熱赤外センサが 7km である。約 20km の高度に換算すると、可視センサで 0.5 m ,熱赤外センサで 3.9 m の分解能が期待できる。

(6) ALOS の PRISM

ALOS（Advanced Land Observing Satellite）の PRISM（Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping）は、2003 年打上げを予定している NASDA の陸域観測衛星 ALOS に搭載される立体視マッパーである。人工衛星に対し直下と前方、後方の視野を有する。画面の水平方向の走査は、CCD（Charge Coupled Device）による純電子走査であり、地上分解能は、2.5 m を予定している。約 20km の高度に換算すると、7.2 cm の分解能が期待できる。

(7) ASTER の VNIR

ASTER の VNIR（Visible and Near Infrared Radiometer） は、EOS－AM1 衛星に搭載される可視近赤外センサである。直下視と後方視を有し、立体映像を取得する。画像の水平方向視野は、地上に投影した幅で 60km であるが、進行方向に直角に、±24° のポインティング機能を持つ。分解能は高度 705km で 15 m である。約 20km の高度に換算すると、4.3m の分解能が期待できる。

(8) IKONOS の光学センサ

初の商用リモートセンシング衛星 IKONOS の光学センサは、可視のパンクロで 0.82 m の高分解能である。約 20km の高度に換算すると、2.4cm の分解能が期待できる。

表－３・１　代表的な人工衛星搭載用受動型リモートセンシングセンサの主要諸元

プロジェクト名	センサ名	質量[kg]	寸法[mm]	電力	高度[km]	速度[km/s]	ポインティング[°]	分解能	波長域	帯域数	感度	データ取得間隔	出典
ASTER	TIR	150	L:1835 W:742 H:1050	312W以下DC	705	7.50	進行方向:±8.55 垂直方向:±8.55	90m (直下)	8.125～ 11.65μm	5	0.3K(温度)以下	1/7sec (10ライン)	1)
ADEOS-Ⅱ	GL Ⅰ	480	走査放射計ユニット L:2065 W:1689 H:1287 電気回路ユニット L:1450 W:875 H:510	580W以下DC	803	7.46	進行方向:±20	250m 1km (直下)	375nm～ 12.5μm	36	可視・近赤外 S/N:800 短波長赤外 S/N:250 中間・熱赤外 NEΔT:0.1K(温度) ※S/N:信号雑音比 ※NEΔT:雑音等価温度差	1.8sec (48/12ライン)	2)
ADEOS	AVNIR	250	――	約300W DC	797	7.46	進行方向:±40 垂直方向:±40	マルチ:16km パンクロ:8m	マルチ: 0.42～0.50 0.51～0.60 0.61～0.69 0.76～0.89 パンクロ: 0.52～0.69 μm	4 1	マルチ S/N:200以上 パンクロ S/N:90以上	――	3)
GMS	VISSR	――	――	――	36000	3.08	――	1.25km 5km	0.5～0.75μm 10.5～12.5μm	1 1	S/N:50以上 NETD0.5K以下 (温度)	25分/フレーム	9)
GOES	VISSR	――	――	――	36,000	3.08	――	0.9km 7km	0.5～0.75μm 10.5～12.5μm	1 1	――	――	9)
ALOS	PRISM	――	――	――	――	――	――	2.5m	――	――	――	――	10)
ASTER	VNIR	――	――	――	705	7.50	進行方向:±24 垂直方向:±24	15m	直下視 0.52～0.60μm 0.63～0.69μm 0.76～0.86μm 後方視 0.52～0.60μm	3 1	ラジオメトリック分解能:0.5%NEΔρ	2.2msec/ライン	1)
IKONOS	光学センサ	――	――	――	――	――	――	マルチ:3.2m パンクロ: 0.82m	可視・近赤外	3 1	――	――	11)

3.1.2 航空機搭載用受動型リモートセンシングセンサ

代表的な航空機搭載用の受動型リモートセンシングセンサの主要諸元を表－３・２に示す。

(1) Airborne Scanner(GER 社)

Airborne Scanner は、プロペラ機搭載の民生用機械走査型センサである。波長域は、可視・近赤外･短波長赤外の計 63 バンドに対応している。機体に対し、直下方向を 90° の走査幅で観測する。垂直方向の走査は、機体の移動によって行うため、機体の対地速度に応じた水平方向走査速度を選択する必要がある。分解能は、飛行高度 6,100m で 8.9m,11.8m,17.2m が選択可能である。約 20km の高度に換算すると、29.1m,38.7m,56.4m の分解能が期待できる。

(2) DAIS－7915(GER 社)

DAIS（Digital Airborne Imaging Spectrometer）－7915 は、プロペラ機搭載の民生用機械走査型センサである。波長域は、可視・近赤外・短波長赤外・熱赤外の計 79 バンドに対応している。機体に対し、直下方向を 90° の走査幅で観測する。垂直方向の走査は、機体の移動によって行うため、機体の対地速度に応じた水平方向走査速度を選択する必要がある。分解能は、飛行高度限界 5km で 10m,6.6m,3.3m である。約 20km の高度に換算すると、40m,26.4m,13.2m の分解能が期待できる。

(3) MAS

MAS（MODIS Airborne Simulator）は、NASA の人工衛星 EOS－AM1 に搭載される MODIS（Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer）の航空機搭載用シミュレータである。約 20km の高度で 50m の分解能であり、広域かつ多バンド観測が行える。

(4) MASTER

MASTER は、可視から熱赤外の長波長域までを 50 バンドで観測するセンサで、90° 近い広視界を有する。分解能は約 20km の高度で 7.5m である。

(5) AVIRIS

AVIRIS（Airborne Visible and Infraed Imaging Spectroradiometer）は、(4)と同様のセンサであるが、対象波長域を可視から近赤外域に限定することにより、高分解能かつ多バンド化を図っている。分解能は、約 20km の高度で 3.0m である。

表－３・２　代表的な航空機搭載用受動型リモートセンシングセンサの主要諸元

製造メーカ	センサ名	質量[kg]	寸法[mm]	電力	高度[km]	速度[km/h]	ポインティング	分解能[m]	波長域	帯域数	感度	データ取得間隔 ライン/s	環境条件	出典
GER社	Airborne Scanner	――	――	――	6.1	プロペラ機対応	無し（真下のみ）	8.9, 11.8, 17.2（選択可能）※高度：6.1km	499～1.83nm 1.08～1.80μm 1.98～2.494μm	24 7 32（計63）	S/N～5000 100～500（1.4～2.5μm）	1～50	――	4）
GER社	DAIS-7915	160 100	ｽｷｬﾅﾅ･ｽﾍﾟｸﾄﾛﾒｰﾀ L:920 W:890 H:820 データ収集・電源 L:670 W:600 H:1020	28V, 50A DC	5（飛行高度限界の記述あり）	プロペラ機対応	無し（真下のみ）	10, 6.6, 3.3 ※高度：5km	0.4～1μm 1～1.8μm 2～2.5μm 3～5μm 8～12μm	32 8 32 1 6（計79）	S/N: 150以上 80以上 80以上 80以上 80以上	50以下	ｻﾌﾞｼｽﾃﾑ：10～40° Cﾚｺｰﾀﾞ：10～40° c10～90% ｽｷｬﾝﾍｯﾄﾞ：-20～50℃	5）
MODIS Airborne Simulator	MAS	――	――	――	20	741	――	50 ※高度：20km	0.529-0.969 1.595－2.405 2.925－5.325 8.342－14.521 μm	9 16 15 9 （49bands	――	――	――	6）
	MASTER	――	――	――	20	――	――	7.5m ※高度：20km	0.4－13 μm	50	――	――	――	7）
	AVIRIS	――	――	――	20	734	――	3.0 ※高度：20km	0.4－2.5 μm	224	――	――	――	8）

3.2 能動型リモートセンシングセンサの技術動向

3.2.1 人工衛星搭載用能動型リモートセンシングセンサ

代表的な人工衛星搭載用の能動型リモートセンシングセンサの主要諸元を表－３・３に示す。

(1) 合成開口レーダ

合成開口レーダ（Synthetic Aperture Radar：SAR）は、アンテナから電波を人工衛星の進行方向の斜め下方に発射し、地表面からの反射波を受信処理するセンサである。SAR データはミッションデータ送信機で地上へ伝送され、地上で更に処理することにより画像を再生する。

1) JERS－1 SAR

JERS－1（Japanese Earth Resource Satellite－1） SAR は、NASDA が 1992 年２月に打ち上げた実験用資源探査衛星 JERS－1 に搭載されたものである。JERS－1 SAR は、中心周波数 1.275GHz のＬバンド、オフナディア角 35 度で運用され、空間分解能はアジマス、レンジ方向共に３ルックで 18m、観測幅 75km である。偏波には、水平偏波（H）と垂直偏波（V）があり、JERS－1 SAR は HH 偏波である。特徴としては、Ｌバンドを使用することで、特に熱帯雨林の状況、洪水情報の取得等に優れていること、オフナディア角 35 度であり、SEASAT（Sea Satellite）や ERS－1（European Remote Sensing Satellite－1）の約 20 度と比較して大きく、そのためレイオーバーが小さく、地形歪みが少ないこと等が挙げられる。

2) ALOS PALSAR

ALOS PALSAR（Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar）は、地球資源観測衛星 JERS－1、地球観測プラットフォーム技術衛星 ADEOS の後継機で、日本の陸域観測技術衛星 ALOS に搭載されたもので、フェーズドアレー型Ｌバンドの SAR で、HH と VV 偏波の切り替え方式（オプションとして HV,VH も可能）を採用している。送信電力約 2.2 kW、オフナディア角 20～50 度可変（フェーズドアレー方式の電気的可変方式）で運用され、分解能は最大、２ルックで 10m、観測幅 70km である。

3) ERS－1/2 SAR

ERS－1/2 SAR は、欧州宇宙機関（European Space Agency ：ESA）が打ち上げた地球観測衛星（ERS－1：1991 年７月、ERS－2：1995 年４月）に搭載されたものである。ERS－1 と ERS－2 の軌道は、太陽同期準回帰軌道で、軌道傾斜角 98.5 度、軌道高度約 785 km である。ERS－1 と 2 の周期はちょうど１日の間隔が保たれている。

4) RADARSAT－1/2 SAR

RADARSAT－1/2（Radar Satellite－1/2） SAR は、カナダ・アメリカが開発した地球観測衛星（RADARSAT－1：1995 年 11 月、RADARSAT－2：2001 年に打ち上げ予定）に搭載されたものである。

RADARSAT－1 SAR は、周波数 5.3GHz 帯の C バンドを使用し、送信ピーク電力 5kW の HH 偏波を送信する。分解能は、標準モードのレンジ方向で約 25m、アジマス方向で 28m であ

り、高分解能モードではレンジ方向で 10 m、アジマス方向で 9 m である。

RADARSAT－2 SAR は、基本的には、RADARSAT－1 と同じ仕様であるが、観測モードは更に増えて 12 モードである。分解能も 10 m から 3 m に性能が向上されている。

RADARSAT の特徴は多くの観測モードを持つことである。観測電波の入射角の変化、それに伴う観測幅の変化、ルック角の変化等をすることで、選択可能な 8 種類のモードがあり、各々のモードで空間分解能が異なる。

5) SEASAT SAR

SEASAT SAR は、NASA・ジェット推進研究所（Jet Propulsion Laboratory : JPL）が 1978 年 6 月に打ち上げた世界で最初の人工衛星搭載 SAR で、波長 23.5cm の L バンド、HH 偏波、オフナディア角 20.5 度、観測幅 100km である。分解能は 4 ルックで 25m である。

6) SIR－A

SIR－A は NASA・JPL により、1981 年 11 月にスペースシャトル（観測高度 240 km、軌道傾斜角 38 度）に搭載されたもので、L バンド、HH 偏波、オフナディア角は 47±3 度、観測幅は 50km、分解能は 40m である。観測は 2 日間であったが、100 万 km^2 の地球表面が観測された。この SIR－A により、サハラ砂漠の砂に埋もれた水流跡が観測されて話題となり、雲に覆われている地域の地表観測、地質学的構造の解明に SAR が役立つことが認識された。

7) SIR－B

SIR－B は、1984 年 10 月にスペースシャトル（観測高度は 350 km、272 km，225 km の 3 種類、軌道傾斜角は 57 度）に搭載されたもので、L バンド、HH 偏波、観測幅は 20～50 km、分解能はアジマス方向で 25m、レンジ方向で 17～58m である。オフナディア角を 15～60 度の範囲で可変する機能が特徴である。

8) SIR－C

SIR－C は、1994 年 4 月、9 月にスペースシャトルに搭載されたもので、オフナディア角を 15～60 度の範囲で可変する機能を有し、観測幅は 15～100km である。SIR-C による実験の特徴は多周波（L,C,X バンド）、多偏波の性能評価を目的としていることである。その特徴は、宇宙からの最初の同時多周波 SAR 画像の収集、多偏波観測、季節変化検出のためのマルチテンポラル SAR 画像という点である。

(2) 散乱計

散乱計は起伏のある物体の表面に電磁波を発射し、その表面により散乱されて戻ってくる受信電力を計測するセンサである。

1) NSCAT

NSCAT（NASA Scatterometer）は、アンテナから 14 GHz 帯のパルス電波を発射し、同一アンテナが海上からの後方散乱波を受信し、その強度を測定することにより間接的に海上風の風向、風速を推定することができる。

2) ERS－1/2 AMI

ERS－1/2 の AMI（Active Microwave Instrument）は、標準イメージモード及び Wave モードの２モードでの計測が可能なセンサである。Wave モードは 200～300km 毎に 100km の観測幅から適宜サンプルされた 5km×5km の小さな観測領域から海洋の波の方向と波長を求めるのに利用される。

(3) LIDAR

LIDAR（Light Detection And Ranging）は光を発射して、その散乱光・反射光の戻る時間や強度、周波数偏移、偏光状態の変化などから、測定対象の距離、濃度、速度、形状などの物理的性質を測定するセンサである。

1) GLAS

GLAS (Geoscience Laser Altimeter System) は EOS プログラムの一環として氷床トポグラフィーの測定を主目的に開発が進められている。なお、雲の観測も可能である。打ち上げ予定は 2001 年 7 月である。GLAS の構成はレーザシステムが中心で、姿勢･軌道決定のための GPS（Global Positioning System）受信機、恒星センサも具備する。

(4) その他のセンサ

1) TRMM の PR

熱帯降雨観測衛星 TRMM（Tropical Rainfall Measuring Mission）搭載降雨レーダ（Precipitation Radar：PR）は、世界で始めて宇宙から降雨の３次元分布を観測するセンサである。TRMM は、NASA と NASDA の国際的共同プロジェクトであり、赤道から約±35 度の地域の降雨量と分布を正確に観測して、地球規模の大気循環、気象現象や気候モデルを確立することを主目的としている。

表－３・３　代表的な人工衛星搭載用能動型リモートセンシングセンサの主要諸元

プロジェクト名	センサ名	質量[kg]	寸法[m]	電力	高度[km]	速度[km/s]	刈り幅[km]	オフナディア角[°]	分解能	波長域[GHz]	ルック数	出典
JERS-1	SAR	132.3 (アンテナ)	12×2.2	501.5WDC	568	約7.5	75	35 固定	18m	1.275GHz (Lバンド)	3	12)
ALOS	PALSAR	600	9x3.5 (アンテナ寸法)	1300WDC	700	同上	高分解能モード 70 広域観測モード 250～350	18～48 電子的に可変	高分解能モード 10～20m 広域観測モード 100m	1.275GHz (Lバンド)	2～4	15)
ERS-1/2	SAR	――	1×10	――	785	同上	100	20 固定	30m	5.3GHz (Cバンド)	1	12)
RADARSAT1	SAR	――	1.5×15	――	798	同上	50～500	9～48 可変	9～147km	5.3GHz (Cバンド)	2～4	12)
SEASAT	SAR	――	2.3×11	600W DC	794	同上	100	20 固定	25m	1.28GHz (Lバンド)	4	12)
SIR-A		200 (アンテナ)	9.4×2.2	1000W DC	240	約7.7	50	47 固定	40m	1.28GHz (Lバンド)	6	12)
SIR-B		――	10.8×2.2	1200W DC	225 272 350	同上	25～50	15～60 可変	25m	1.28GHz (Lバンド)	4	12)
SIR-C		5,600 (Lアンテナ)	12×1.7(L) 12×0.7(C) 12×0.4(X)	3～8.5KW DC	225	同上	15～100 15～100 15～40	15～60 可変	25m	1.28GHz 5.3GHz 9.6GHz	4	12)
RADARSAT2	SAR	――	1.5×15	2500W DC	798	約7.5	45～510	10～60 電子的可変	28m	5.3GHz (Cバンド)	1～4	18)
NSCAT		――	――	241W DC	800	同上	――	――	――	――	――	16)
ERS1/2	AMI	――	――	4.8KW DC (ピーク)	785	同上	500	――	50km	5.3GHz	1	17)
GLAS		――	――	――	――	――	――	――	70m	――	――	14)
TRMM	降雨レーダ (PR)	――	――	700W DC (ピーク)	350	約7.6	215	直下	水平5km 垂直250m	13.8GHz (Kuバンド)	2	13)

3.2.2 航空機搭載用能動型リモートセンシングセンサ

代表的な航空機搭載用の能動型リモートセンシングセンサの主要諸元を表－３・４に示す。

(1) SAR

1) C/X－SAR

C/X－SAR は、カナダのシステムで、コンベア(Convair) 580 に搭載された C バンド及び X バンドの航空機 SAR である。送信偏波は H 偏波と V 偏波のいずれかで、受信は H 偏波、V 偏波の同時受信可能である。観測モードは航空機の直下点から約 20km の観測可能な「ナディアモード」、オフナディア 45 度で約 18km の幅で観測可能な「狭幅モード」と観測幅約 60km の「広幅モード」の 3 モードである。分解能はナディア及び狭幅モードで 6m×6m、広幅モードで 20m×10m である。

2) AIRSAR

AIRSAR は、NASA・JPL が 1988 年に完成させた航空機 SAR である。航空機は旅客機 DC-8 を用い、L,C,P の 3 バンド、HH 偏波,HV 偏波,VH 偏波,VV 偏波の 4 偏波で送信可能な SAR である。当初は、AIRSAR（ポラリメータ）と ATISAR（アロングトッラクのインターフェロメータ）で運用したが、1991 年に TOPSAR（クロストッラクのインターフェロメータ）が追加された。AIRSAR は、偏波に対して一般性のある散乱行列の形で観測可能なセンサである。

3) CRL/NASDA－SAR

郵政省通信総合研究所(Communications Research Laboratory : CRL)と NASDA が共同で，地球環境計測技術の研究開発の一環として，航空機搭載高分解能マルチパラメータ合成開口レーダを開発した。このレーダは，L バンドと X バンドの 2 周波の SAR から構成され，それぞれの周波数で偏波を利用したポラリメトリ機能を持つほか，X バンドでは主従 2 つのアンテナによるインターフェロメトリ機能により地形の高さを含む 3 次元の映像を取得することができるなど，世界的に見ても最先端の多機能を備えた，航空機搭載映像レーダである。L バンドのシステムは NASDA，X バンドのシステムは CRL が開発を担当し、製作は NEC が担当した。高分解能、ポラリメトリ機能、インターフェロメトリ機能（X バンド）などの特徴を有する。INS、GPS による航空機の姿勢･位置データ及び SAR データは、最大 512Mbps で高速データレコーダに記録される。

4) NECSAR

NECSAR は、1992 年に NEC が開発した X バンド SAR である。セスナ 208 等の単発の小型機にも搭載可能であり、GPS により機体揺動を電子的に補正することができ、欧米のシステムに比べて小形化がなされている。X バンドで、ピーク電力 3kW、HH 偏波で送信され、地上分解能は約 5m である。

(2) LIDAR

1) ALTM レーザープロファイラー

カナダのオプテック社製の ALTM（Airborne Laser Terrain Mapper）レーザープロファイラー（ALTM1020）は、航空機の空間位置と地表までの距離を測ることで地表面の座標を測定するセンサである。航空機の進行方向に直角に走査しながら測定する。

2) DATIS

アメリカのイーグルスキャン社製の DATIS（Digital Airborne Topographical Imaging System）は GPS、慣性測定装置及びデジタルカメラなどから構成される。

3) ER－2 搭載 CLS

ER－2 搭載 CLS（Cloud Lidar System）は NASA ゴダード宇宙飛行センター（Goddard Space Flight Center : GSFC）が運用している LIDAR で、雲とエアロゾルの観測を主なミッションとしている。ER－2 は 18km～20.5km の高度を飛行し、機器はパイロットが操作する。データは 8mm テープに記録され、地上で処理・解析される。

(3) その他のセンサ

1) 電波高度計

航空機搭載電波高度計はマイクロ波を地表に向けて発射し、その反射電波をとらえて航空機の高度を計測する。使用周波数は 3 波あるが、現在では 4.3GHz がもっとも多く使用されている。方式には FM 式とパルス式がある。FM 式は三角波の FM 変調したマイクロ波を発射し、送信波と反射波との周波数の差を検出して高度を得る。パルス式は短パルスを発射し、送信波と反射波との時間差から高度を得る。

表－３・４　代表的な航空機搭載用能動型リモートセンシングセンサの主要諸元

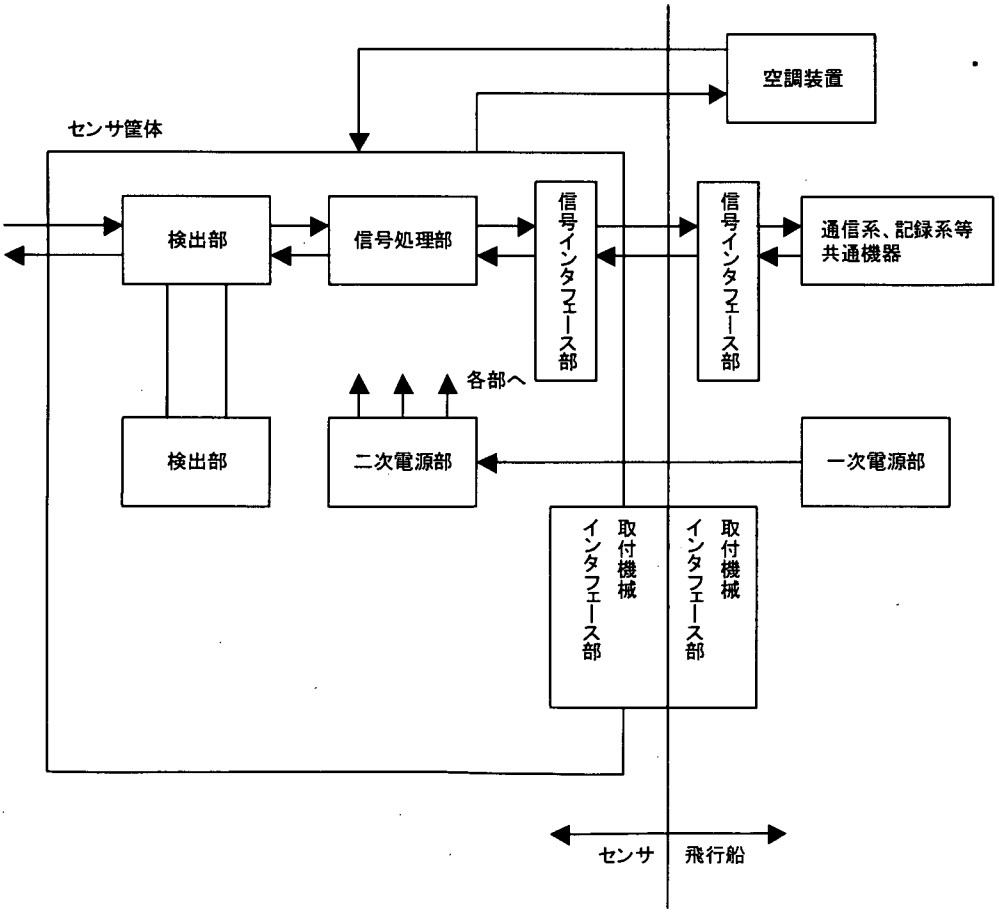
国名/開発機関/メーカ名	センサ名	質量[kg]	寸法[mm]	電力	高度	速度	刈り幅	ｵﾌﾅﾃﾞｨｱ角[°	分解能	波長域	ﾙｯｸ数	感度	出典
カナダ	C/X－SAR	――	――	――	約6km	――	21km	――	6m	5.3GHz(Cﾊﾞﾝﾄﾞ) 9.25GHz (Xﾊﾞﾝﾄﾞ)	2	――	12)
アメリカ /NASA/JPL	AIR－SAR	――	――	――	4.6km～12km	260m/s	5km	――		L,C,P 3ﾊﾞﾝﾄﾞ	3	――	12)
日本/CRL/NEC	CRL－SAR	800	1050×19 0 (ｱﾝﾃﾅ)	8.3kW DC	13.1 km (最大)	――	――	入射角 10～75可変	1.5m	9.55GHz (Xﾊﾞﾝﾄﾞ)	1	SN比 10dB以上	23)
日本/NASDA/NEC	NASDA－SAR	――	1550×650 (ｱﾝﾃﾅ)	3.5kw DC	13.1 km (最大)	――	――	入射角 20～60可変	3m、但し,ﾚﾝｼﾞ分解能は、5,10,20m可変	1.271490 GHz (Lﾊﾞﾝﾄﾞ)	1	SN比 10dB以上	23)
日本/CRL/NEC	NEC－SAR	――	――	3kW DC (ﾋﾟｰｸ電力)	3km	280 km/h	5km～10km	――	5m	9.53GHz (Xﾊﾞﾝﾄﾞ)	1	――	12)
カナダ/オプテック社	ALTM1020	57	――	――	300～1200m	40～80m/s	728m	――	位置±80m 高さ±15cm	1.047μm	1	――	19)
アメリカ/イーグルスキャン社	DATIS	――	――	――	1680～1830m	――	70～910m	――	15cm		1	――	20)
――	ER-2 CLS	――	――	――	――	――	進行方向に沿って175mおきの観測	――	水平20m 垂直7.5m	1064 nm 及び532 nm	1	――	22)
――	航空機搭載電波高度計	――	――	55 WDC	――	――	0～1520m	――	±0.9 mまたは高度の4%	4.3GHz	1	――	21)

3.3 センサ搭載に関するプラットフォームへの要求性能

飛行船にセンサを搭載する場合には、飛行船本体の環境条件が明らかである必要がある。しかし、飛行船本体の環境条件は他機関の研究結果に依存するため、ここでは人工衛星搭載及び航空機搭載センサをもとに、プラットフォームへの要求について述べる。プラットフォームに搭載するセンサは通常、プラットフォームのプロジェクト毎に開発されるため、詳細についてはプロジェクトの開発時に再検討が必要である。

3.3.1 光学センサ

飛行船に対する要求として、寸法・質量及び電力、環境維持条件、空間安定（動揺）条件、振動・衝撃条件について述べる。さらに、センサが、人工衛星用の派生品の場合と航空機用の派生品の場合とで、要求の違いがでるため、この２ケースに分けて記述する。また、人工衛星用は、人工衛星自体の等速移動を前提にし、動揺修正機能は持っていないのが一般的であるため、等速移動を模擬するための機械光学系と動揺修正機構を付加することを考慮し、要求性能を算出した。センサと飛行船の範囲を図－３・１に示す。



図－３・１　センサと飛行船の範囲

(1) 寸法・質量に対する要求（数値は参考値）

表－３・５　寸法・質量要求

センサの種類	寸　　法[mm]	質量[kg]	備　　考
人工衛星搭載用派生品の場合	2,000 × 2,000 × 2,000	510	人工衛星の等速移動を模擬する機械光学系、動揺修正機構を含む。
航空機搭載用派生品の場合	1,000×1,000×1,000×2	100 ×2	可視・近赤外センサ　1台 熱赤外センサ　　1台

(2) 電力に対する要求（数値は参考値）

表－３・６　電力に対する要求

センサの種類	電　　力	備　　考
人工衛星搭載用派生品の場合	700 W	人工衛星の等速移動を模擬する機械光学系、動揺修正機構を含む。
航空機搭載用派生品の場合	1,400VA	上記光学系、動揺修正機構は不要。

(3) 環境維持に対する要求（数値は参考値）

表－３・７　環境維持に対する要求

センサの種類	熱インタフェース	電磁干渉	備　　考
人工衛星搭載用派生品の場合	周囲温度:-10～+30℃、湿度 50％以下に空調のこと (発熱 700W 以下)	MIL-STD-461B Class A1 (1)	人工衛星の等速移動を模擬する機械光学系、動揺修正機構を含む。
航空機搭載用派生品の場合	周囲温度:-40～+55℃に空調のこと (発熱 1,400W 以下)	MIL-STD-462 NOTICE 1-4 (2)	上記光学系、動揺修正機構は不要。

(4) 空間安定(動揺) に対する要求（数値は参考値）

センサの視認性能劣化を抑えるための要求として、空間安定(動揺)を設定する。人工衛星搭載派生品の場合も、航空機搭載用なみの要求が必要と考え、同一の要求にした。

表－３・８　空間安定(動揺) に対する要求

センサの種類	空 間 安 定	備　　考
人工衛星搭載用派生品の場合	振幅　10Hz 以下：±20°以下 10Hz～2000Hz：振動要求以下 速度　120°/sec 以下	人工衛星の等速移動を模擬する機械光学系、動揺修正機構を含む。
航空機搭載用派生品の場合		上記光学系、動揺修正機構は不要。

(5) 振動・衝撃に対する要求（数値は参考値）

運用時、離着陸時の振動・衝撃からセンサを守るため、次のように設定した。

表－３・９　振動・衝撃に対する要求

センサの種類	振動・衝撃	備　　考
人工衛星搭載用派生品の場合	振動:MIL-STD-810E 514.4 Proc. I Cat.6 (3) 衝撃:MIL-STD-5400 3.2.24.6.1 (4)	人工衛星の等速移動を模擬する機械光学系、動揺修正機構を含む。
航空機搭載用派生品の場合		上記光学系、動揺修正機構は不要。

振動は、飛行船のエンジンやその他可動部分が発生する振動と、空気の流れによる振動からなる。衝撃は、飛行船を係留する際に、地上設備に当って生じる衝撃である。

3.3.2　電波センサ

飛行船に対する要求として、寸法・質量及び電力、環境維持条件、空間安定（動揺）条件、振動・衝撃条件について述べる。各種プラットフォーム用のセンサのうち、最も利用の可能性が高いSARを代表として選び、そのデータから推定して範囲を求めた。また、人工衛星は定常運用時では非常に安定しており、通常、動揺修正機構を持っていないが、航空機搭載や飛行船搭載の場合には、プラットフォームが前後左右上下、及びヨー軸周りに動揺するため、基本的に２軸・３軸の動揺安定／修正機構が必要となるが、今回の調査ではデータが得られなかったため、この装置の質量、寸法、電力はここでは含んでいない。

(1) 寸法・質量に対する要求（数値は参考値）

表－３・１０　寸法・質量に対する要求

センサの種類	寸　　法	質量[kg]	備　　考
人工衛星搭載用派生品の場合	アンテナ； (9～12m)×(2～3.5m)	150～600	Ｌバンド （外部露出型平面アンテナ）
航空機搭載用派生品の場合	アンテナ； 1,500×650mm	400	Ｌバンド （機体組込み型）

(2) 消費電力に対する要求（数値は参考値）

表－３・１１　消費電力に対する要求

センサの種類	電　　力	備　　考
人工衛星搭載用派生品の場合	500～1200W	Ｌバンド
航空機搭載用派生品の場合	3～9kW	Ｌバンド

(3) 環境維持に対する要求（数値は参考値）

表－３・１２　環境維持に対する要求

センサの種類	熱インタフェース	電磁干渉	備　　考
人工衛星搭載用派生品の場合	周囲温度:-10～+30℃、湿度 50％以下に空調のこと (発熱 700W 以下)	MIL-STD-461B Class A1 (1)	人工衛星の等速移動を模擬する機械光学系、動揺修正機構を含む。
航空機搭載用派生品の場合	周囲温度-40～+55℃に空調のこと (発熱 1300W 以下)	MIL-STD-462 NOTICE 1-4 (2)	上記光学系、動揺修正機構は不要。

(4) 空間安定(動揺) に対する要求（数値は参考値）

センサの視認性能の劣化を抑えるための要求として、空間安定(動揺)を設定する。人工衛星搭載派生品の場合も、航空機搭載用なみの要求が必要と考え、同一の要求にした。

表－３・１３　空間安定(動揺) に対する要求

センサの種類	空 間 安 定	備　　考
人工衛星搭載用派生品の場合	振幅　10Hz 以下：±20°以下 10Hz～2000Hz：振動要求以下 速度　120°/sec 以下	人工衛星の等速移動を模擬する機械光学系、動揺修正機構を含む。
航空機搭載用派生品の場合		上記光学系、動揺修正機構は不要。

(5) 振動・衝撃に対する要求（数値は参考値）

運用時、離着陸時の振動・衝撃からセンサを守るため、次のように設定した。

表－３・１４　振動・衝撃に対する要求

センサの種類	振動・衝撃	備　　考
人工衛星搭載用派生品の場合	振動:MIL-STD-810E 514.4 Proc. I Cat.6 (3) 衝撃:MIL-STD-5400 3.2.24.6.1 (4)	人工衛星の等速移動を模擬する機械光学系、動揺修正機構を含む。
航空機搭載用派生品の場合		上記光学系、動揺修正機構は不要。

振動は、飛行船のエンジンや、その他可動部分が発生する振動と、空気の流れによる振動からなる。衝撃は、飛行船を係留する際に、地上設備に当って生じる衝撃である。

(6) 移動速度に対する要求（数値は参考値）

SAR は、飛行船の移動が前提条件となるため、その移動速度に関する要求が必要である。人工衛星及び航空機の速度を以下に示す。

表－３・１５　移動速度に対する要求

センサの種類	移 動 速 度	備　　考
人工衛星搭載用派生品の場合	約 7.5km／ s	飛行船への適用は困難
航空機搭載用派生品の場合	約 300～500km／ h	飛行船への適用は困難

飛行船の移動速度は、30m/s の風に正対した場合、約 50km/h と人工衛星及び航空機に比べ低速なため、低速移動で観測できる SAR の開発が必要である。

第３章　参考文献

1)　資源探査観測システム研究開発機構ホームページ（http://www2.dango.ne.jp/jaros/Page-j/Aster.html）

2)　NASDA パンフレット,「環境観測技術衛星 ADEOS-Ⅱ」,1999

3)　NASDA パンフレット,「地球観測プラットフォーム技術衛星 ADEOS」,1999

4)　GER 社カタログ,「Airborne Scanner」,1986

5)　GER 社カタログ,「DAIS－7915」,1995

6)　NASA ホームページ（http://www.dfrc.nasa.gov/Projects/airsci/general/er-2/mas.html）

7)　MASTER Airborne Simulator ホームページ(http://masterweb.jpl.nasa.gov/sensor/sensor.htm)

8)　NASA Dryden Flight Research Center ホームページ(http://www.dfrc.nasa.gov/Projects/airsci/general/er-2/aviris.html)

9)　「地球観測活動報告書」,21 世紀の地球観測に向けて(地球観測推進委員会),1976

10)　NASDA ホームページ（http://alos.nasda.go.jp/PRISM/PRISM.html）

11)　Space Imaging Europe ホームページ(http://www.spaceimagingeurope.com/)

12)　飯坂譲二,「合成開口レーダ画像ハンドブック」，日本写真測量学会，朝倉書店,March.1998

13)　NASDA パンフレット,「熱帯降雨観測衛星(TRMM)」,1997

14)　The Laboratory for Terrestrial Physics ホームページ(http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/eib/glas_about.html)

15)　NASDA パンフレット,「陸域観測技術衛星(ALOS)」,1999

16)　WINDS ホームページ（http://winds.jpl.nasa.gov/missions/nscat/nscatindex.html）

17)　"esa bulletin", No.83 ,pp23－25,Aug.1995

18)　「リモートセンシングハンドブック」,日本リモートセンシング研究会, p264 ,March.1997

19)　アジア航測株式会社カタログ,「レーザー・プロファイラー」,1999

20)　Eagle Scan ホームページ（http://www.eaglescan.com/）

21)　「航空宇宙工学便覧（第２版）」，日本航空宇宙学会編，1992

22)　CLOUD AND AEROSOL LIDAR Database at NASA/GSFC ホームページ(http://virl.gsfc.nasa.gov/er2cls.html)

23)　郵政省通信総合研究所ホームページ(http://www.crl.go.jp/ck/ck321/3d_sar/J/)

4. 飛行船プラットフォームの利用に係る法・制度

飛行船を利用した観測システムや、データ通信システムを建設行政に活用した場合に考慮が必要となる法・制度は、地上を観測する場合においてはオープンスカイ条約、観測データに個人情報が含まれている場合においては個人情報保護法、監視映像に人物が特定できる像が含まれている場合においては肖像権、保有する観測データに対しては情報公開法が関係する。

4.1 オープンスカイ条約に関して

オープンスカイ条約は他国の上空を航空機等により定期的に偵察することにより、互いに軍事協定の遵守状況等を確認することを目的としたもので、条約を締結した国の上空を航空機等により偵察する場合に利用するセンサの種類、分解能、回数、事前承諾方法等が規定されている。現在、同条約において規定されている、センサの種類及び分解能は以下のとおりである。

光学センサ　　：分解能 30cm 以上

熱赤外センサ　：分解能 50cm 以上

合成開口レーダ：分解能 3 m 以上

なお、本条約において規定されたセンサおよび分解能は、他国を観測する場合のものであり、自国領土のみを観測する場合には適用の範囲外である。

4.2 個人情報保護法に関して

1970年代に入ると、コンピュータに関する個人情報保護を目的とした立法化が進められてきた。これは、諸外国でコンピュータを利用したデータ・バンク構想に類する議論が盛んに行われたことが背景となっている。

高分解能のリモートセンシング観測データが常時観測され、特定の個人に関する情報が流通することも考えられることから、個人情報保護法に関連する諸問題に対する対策が課題となる。次に、経済協力開発機構（Organization for Economic Cooperation and Development：OECD）のガイドライン、欧州の対応、米国の対応及び日本の対応について述べる。

4.2.1 OECD ガイドライン

OECD のガイドラインでは、個人情報保護に関する次の８原則が示されている。

表－４・１　OECD のガイドライン

原則	内容
収集制限の原則	個人データの収集は適法かつ公正な手段によるべきであり、適当な場合にはデータ主体に通知又は同意を得て行うべきである。
データの正確性の原則	個人データは、その利用目的に沿ったものであるべきであり、利用目的に必要な範囲内で正確、完全、最新に保たれねばならない。
目的明確化の原則	収集目的は収集時より遅くない時期に明確化されなければならず、その後の利用は収集目的と両立し、かつ明確化されたものに制限するべきである。
利用制限の原則	個人データは明確化された目的以外に使用されるべきではない。
安全保護の原則	個人データは紛失・破壊・修正・開示等の危険に対し、合理的な安全保護措置により保護されなければならない。
公開の原則	個人データに係る開発、実施、政策は一般に公開されなければならない。また、データ管理者を明示する手段を容易に利用できなければならない。
個人参加の原則	自己に関するデータの所在を確認し、知らしめられるべきである。また、自己に関するデータについて異議申立ができ、異議が認められた場合には、データの消去、修正、完全化、補正ができなければならない。
責任の原則	データ管理者は、以上の原則を実施するための措置に従う責任を有するべきである。

出典：（財）日本情報処理開発協会ホームページ[1]

4.2.2 各国の対応

表－４・２　個人情報保護に関する各国の対応

国名		内容
欧州		EU 指令「個人データ処理に係る個人情報保護及び当該データの自由な移動に関する欧州議会及び理事会の指令」[2]により、個人情報保護のための法制化を図ることになっている。
米国	政府部門	プライバシー法により原則として個人情報を当該個人の承諾を得ることなく開示することが禁止されている。
		財産プライバシーについての連邦の権利に関する法律（Federal Right to Financial Privacy Act）は、連邦政府に対し金融機関が顧客情報を開示することを規制している。
	民間部門	個人情報保護のための法制化はされていない。
日本	政府部門	行政機関の保有する電子計算機処理に係る個人情報の保護に関する法律が制定されている[3]。
	民間部門	民間部門における電子計算機処理に係る個人情報の保護に関するガイドライン（平成９年３月４日通商産業省告示第98号）が公表された[4]。 個人情報保護ハンドブック（通商産業省：1998 年(平成 10 年)2 月）を策定して配布を始めた。 プライバシーマーク制度の創設・運用開始が公表された[1]。

4.3 肖像権に関して

上空から高分解能のリモートセンシング観測データが得られる場合、その中に写っている像、特に人物を特定できることも可能になる。そうした場合、前述したプライバシー問題に関連して、肖像権問題に対する対策が課題となる。

4.3.1 肖像権に関して

肖像権とは、著作権法には権利の規定はなく、判例によって確立しつつある権利で、つぎの２面性を持つ。

・人格的利益：自分の肖像をかってに第三者に利用されないように守る権利。

・財産的利益：肖像自体を財産的利益とするパブリシティの権利。

4.3.2 肖像の性質と利用について

肖像権を侵害しないために、肖像を利用するには許諾を必要とする。また、肖像の権利的な性質としては、撮影拒絶権、利用拒絶権、及び営利利用権などが考えられる。

4.4 情報公開法に関して[6)]

4.4.1 行政機関の保有する情報の公開に関する法律

情報公開法の目的は、行政運営の公開性の向上と、国民の行政参加の充実とされている。この法律では、国民に請求された国の情報について、個人のプライバシーに係る情報、企業の競争上の不利になる情報、そして国の安全に係る情報などの特別な理由のあるものを除き、原則的に公開することが規定されている。

4.4.2 情報公開法において公開される情報の定義

公開される文書は、行政機関において作成された行政文書であると規定されている。ここで、行政機関及び行政文書は以下に定義されるものである。

表－４・３　行政機関及び行政文書の定義

	定　義
行政機関	法律に基づき内閣に置かれる機関（内閣官房等）、内閣の所轄の下に置かれる機関（人事院）、国の行政機関として置かれる機関（府、省、委員会及び庁）及び会計検査院
行政文書	行政機関の職員が職務上作成し、または取得した文書、図面、写真、フィルム、その他政令で定めるものであって、当該行政機関の職員が組織的に用いるものとして、行政機関が保有しているものをいう。

なお、開示請求権はすべての人にあり、国籍、住所、利害関係等による制限はない。また、開示請求があった場合には、「不開示情報」と呼ばれる非公開文書を除き、必ず開示しなければならない。ここでの「不開示情報」とは、以下に分類される情報である。

1) 個人に関する情報
2) 法人等に関する情報
3) 国の安全に関する情報（防衛、外交）
4) 公共の安全に関する情報
5) 審議・検討等に関する情報（意思形成過程情報）
6) 行政機関の事務・事業に関する情報（行政運営情報）

4.4.3 情報公開法におけるリモートセンシング観測データの扱いについて

情報公開法において、リモートセンシング観測データをどの様に位置づけるかは、今後、十分な議論が必要である。特に、プライバシーの保護に関する問題は、今後の重要な課題である。

第４章　参考文献

1) (財)日本情報処理開発協会ホームページ (http://www.jipdec.or.jp/security/MarkSystem.html)

2) The Privacy Page (http://www.privacy.org/pi/intl_orgs/ec/eudp.html)

3) 総務庁ホームページ (http://www.somucho.go.jp/gyoukan/kanri/a_05.htm)

4) 平成9年3月4日通商産業省告示第98号 (http://www.gip.jipdec.or.jp/policy/infopoli/privacy.html)

5) 行政機関の保有する情報の公開に関する法律 (http://www.somucho.go.jp/gyoukan/kanri/gh003.htm)

5. 建設行政分野に適したデータ通信方法

飛行船による通信システムを通信衛星や地上通信設備と比較すると、飛行高度が人工衛星と地上の中間に位置するため、電波減衰や伝送遅延に関しては人工衛星よりも優れ、1 つの基地局がサービスできる範囲は地上基地局よりも優れている。この点から、プラットフォームとしての飛行船は災害対策用臨時回線の基地局への利用や、河川情報・道路情報の無線配信基地局への利用等が有望である。

5.1 基幹・中継伝送

飛行船を基幹・中継伝送用の中継局として利用することにより、比較的容易にシステム構築が可能で広域の通信を確保、通信遅延時間が無視できるといった優位点があり、大容量回線、超高速通信、定常データ収集等への利用の可能性がある。特に、山岳や離島などの地上通信回線がない場所でも回線設定が容易に行え、人工衛星回線に比べ設備の小型化、省力化が図れる。そのため、基幹・中継伝送の中継局として適している飛行船の運用形態は、飛行船（移動型）よりも飛行船（滞留型）が適している。

5.2 移動体通信

飛行船を移動体通信の基地局として利用することにより、人工衛星通信に対して、距離が近いため、会話等の遅延が少ない、端末の小型化・省力化を図れる、などの利点がある。また、地上システム（PDA(Personal Digital Assistance)、PHS(Personal Handy-phone System)）に対しては、不感地帯のカバー、基地局が移動可能なため回線追加や ATM（Asynchronous Transfer Mode）ネットワーク等の導入による大容量データの伝送が可能等の利点がある。そのため、移動体通信の基地局として適している飛行船の運用形態は、日本全国を網羅するような通信網にするのならば、飛行船（滞留型）が適している。一方、飛行船（移動型）は建設省移動通信システム（K－COSMOS）等の不感地帯解消などに利用できる。

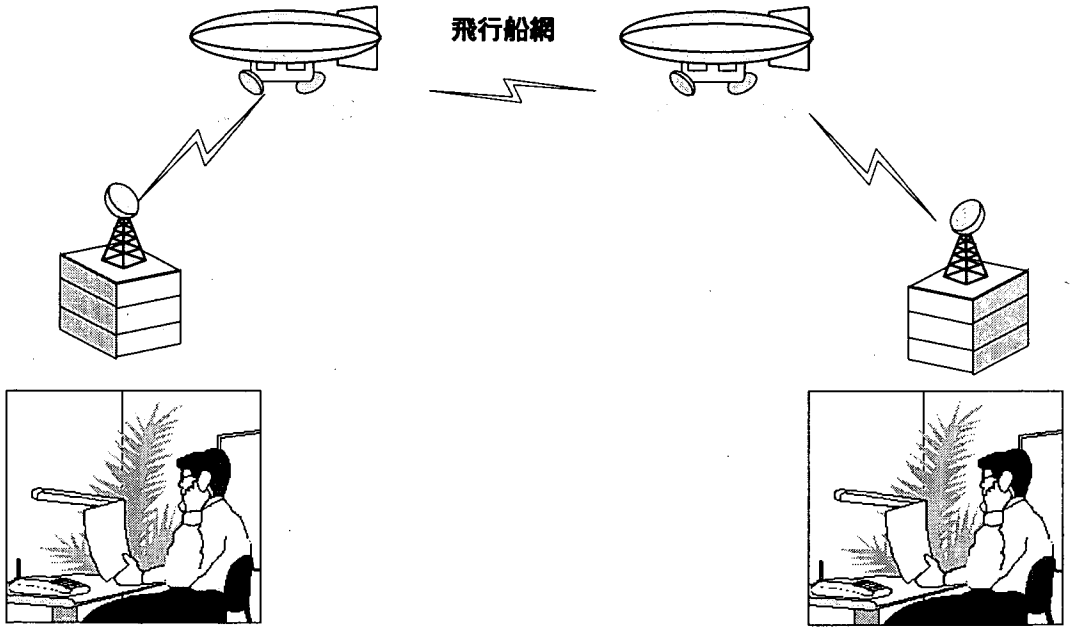
5.3 臨時回線

飛行船を防災設備のバックアップ回線として利用することにより、災害の影響を直接受けない、機動性を活かし災害現場に移動することができる、などの利点があり、被害にあった地上系の回線の代替への利用の可能性がある。そのため、地上系の回線のバックアップ回線として適している飛行船の運用形態は、飛行船（移動型）が適している。

表－５・１ 基幹・中継伝送①

利用分野	平常時における基幹通信の中継		
大分類	通信	中分類	中継基地
運用形態	飛行船（滞留型）{メッシュ型ネットワーク}		
内容	現在の建設省マイクロ波多重無線通信回線を使った内線電話網に相当する部分への利用検討		
効果	<人工衛星系システムに対する比較効果> 電話音声の遅延が少ない （静止衛星の 1/1800, 低・中軌道衛星 の 1/500～1/35） <地上系システムに対する比較効果> 回線の追加を比較的容易に行える 山岳、離島などの地上回線がない場合でも回線設定が可能		
必要技術	飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの利用 デジタル加入者無線 (周波数帯：Ka 帯, 伝送速度：6.3Mbps,52Mbps,156Mbps)		
欠点	－		
課題	飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの技術開発に依存		
実現性	◎：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの利用により可能		

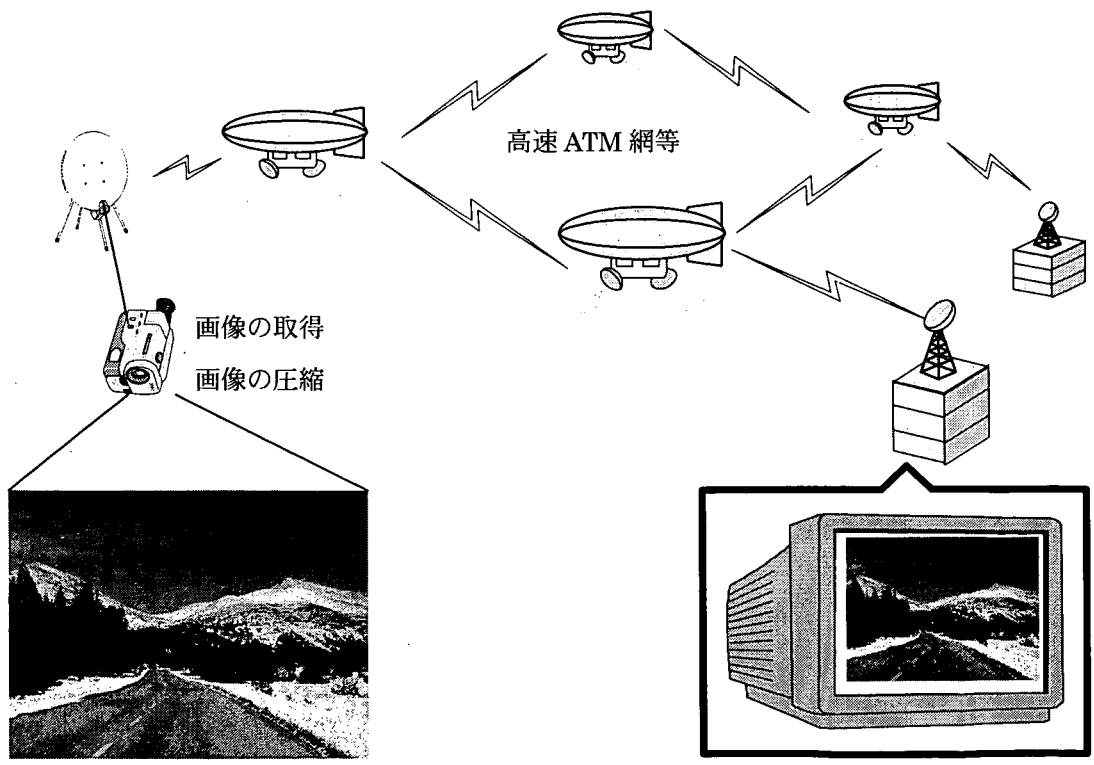
運用形態イメージ



表－５・２ 基幹・中継伝送②

利用分野	平常時における高速データ通信		
大分類	通信	中分類	中継基地
運用形態	飛行船（滞留型）{メッシュ型ネットワーク}		
内容	画像伝送をはじめとする大容量伝送路としての利用検討		
効果	<地上系システムに対する比較効果> 静止、動画像等の大容量データの伝送がスムーズに行える マルチメディア移動通信の展開が促進される		
必要技術	飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの利用 デジタル加入者無線(周波数帯：Ka 帯，伝送速度：6.3Mbps～156Mbps) 動画像伝送システム(周波数帯：Ka 帯，伝送速度：～6.3Mbps) 映像伝送 （周波数帯：6GHz～12GHz,帯域 18MHz) 画像の圧縮技術，画像蓄積技術，提供手法		
欠点	－		
課題	飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの技術開発に依存 利用伝送速度に適した画像圧縮技術の選択（H.261,H.263,MPEG2）		
実現性	◎：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの利用により可能		

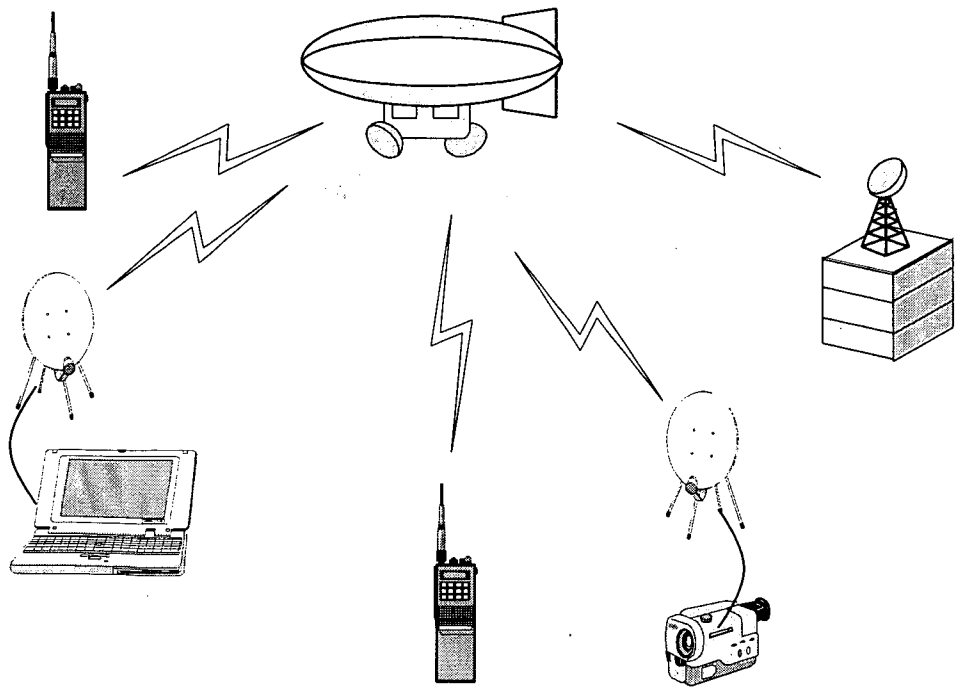
運用形態イメージ



表－５・３ 移動体通信

利用分野	平常時における移動体高速通信		
大分類	通信	中分類	中継基地
運用形態	飛行船（滞留型）{メッシュ型ネットワーク}		
内容	建設省移動通信システム(K-COSMOS)と人工衛星系システム(Ku-SAT)に相当する部分への代用		
効果	<K-COSMOS に対する比較効果> 基地局がない地域への回線構築が容易 <人工衛星系システムに対する比較効果> 電話音声の遅延が少ない 端末の小型化が可能（地上とプラットフォーム間の距離が 1/1800） 高速の無線 WAN として利用可能		
必要技術	飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの利用 超高速マルチメディア通信システム(周波数帯：ミリ波帯，伝送速度：～2Mbps) 情報提供手法		
欠点	高層ビルなどによる伝送路の遮断		
課題	飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの技術開発に依存		
実現性	◎：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの利用により可能		

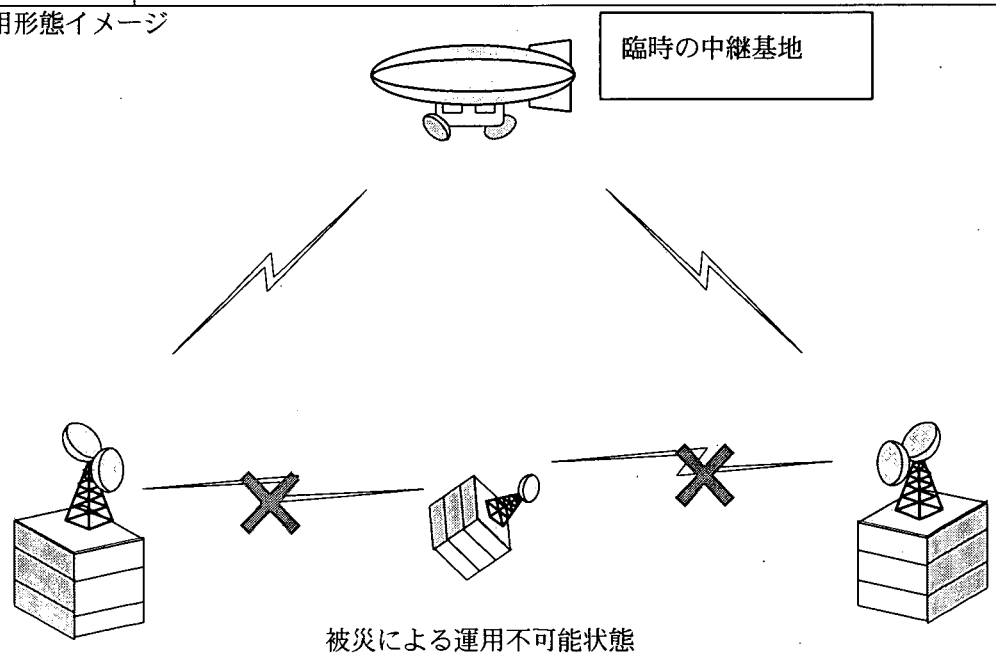
運用形態イメージ



表－５・４　臨時回線①

利用分野	被災通信回線のバックアップ		
大分類	通信	中分類	中継基地
運用形態	飛行船（滞留型）{メッシュ型ネットワーク} 飛行船（移動型）{単独}		
内容	被災通信回線が運用不可能な場合に代替する中継手段の分野での利用検討		
効果	<地上系システムに対する比較効果> 大規模災害に強い 山岳・離島などの地上通信回線が無い場所でも回線設定が容易 飛行船（滞留型）　：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの圏内では有効 飛行船（移動型）　：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの圏外では威力を発揮		
必要技術	飛行船（滞留型）：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの利用 飛行船（移動型）：地上固定局・飛行船（移動型）との無線中継技術、回線交換、ルーティング技術		
欠点	飛行船（滞留型）：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの圏外での対応は不可能 飛行船（移動型）：被災地への移動の必要性あり、１機でカバーできる範囲を超えた広い範囲でのバックアップは不可能		
課題	飛行船（滞留型）：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの技術開発に依存 飛行船（移動型）：飛行船（移動型）の技術開発に依存		
実現性	◎：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの利用により可能 ◎：飛行船（移動型）の利用により可能（ただし、飛行船（移動型）がカバーできる限定した地域に限る）		

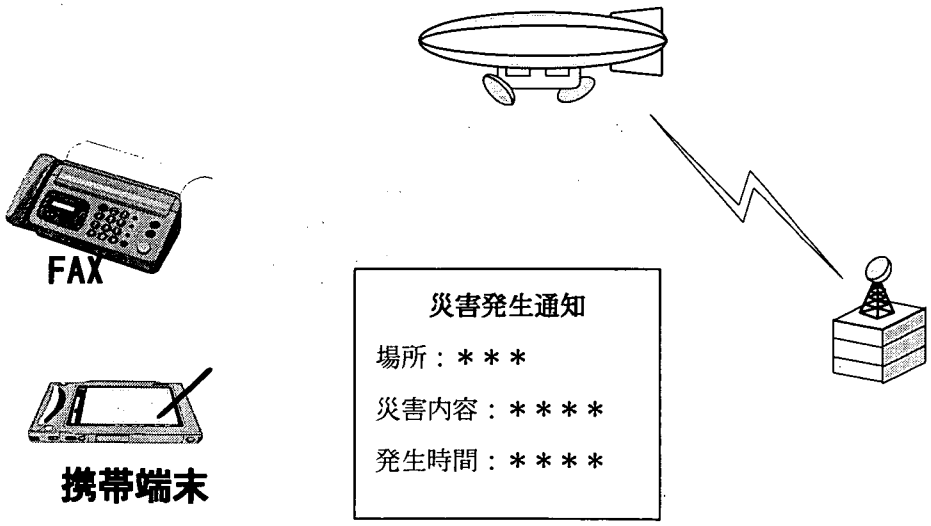
運用形態イメージ



表－５・５ 臨時回線②

利用分野	災害時における一斉通信		
大分類	通信	中分類	中継基地
運用形態	飛行船（滞留型）{メッシュ型ネットワーク} 飛行船（移動型）{単独}		
内容	被災情報などの一斉同報による通信分野での利用検討		
効果	<地上系システムに対する比較効果> 大規模災害に強い 山岳・離島などの地上通信回線が無い場所でも回線設定が容易 飛行船（滞留型）：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの圏内では有効 飛行船（移動型）：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの圏外では威力を発揮		
必要技術	飛行船（滞留型）：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの利用 飛行船（移動型）：地上固定局・飛行船（移動型）との無線中継技術、回線交換、ルーティング技術 無線式個別呼出機（ポケベル等）：（周波数帯：Ku 帯，伝送速度：～64kbps） 携帯電話端末：（周波数帯：Ka 帯，伝送速度：～42kbps） FAX,データ：（周波数帯：Ka 帯，伝送速度：～2Mbps）		
欠点	飛行船（滞留型）：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの圏外での対応は不可能 飛行船（移動型）：被災地への移動の必要性あり、１機でカバーできる範囲を超えた広い範囲でのバックアップは不可能		
課題	飛行船（滞留型）：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの技術開発に依存、通報内容フォーマット等の作成 飛行船（移動型）：飛行船（移動型）の技術開発に依存、通報内容フォーマット等の作成		
実現性	◎：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの利用により可能 ◎：飛行船（移動型）の利用により可能（ただし、飛行船（移動型）がカバーできる限定した地域に限る）		

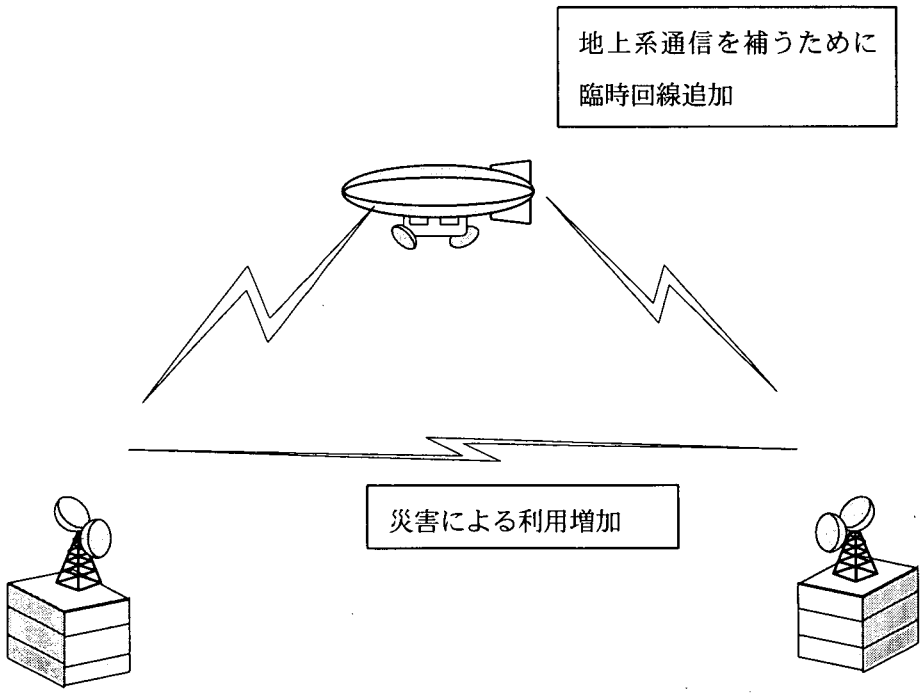
運用形態イメージ



表－５・６　臨時回線③

利用分野	災害時における臨時回線		
大分類	通信	中分類	中継基地
運用形態	飛行船（滞留型）{メッシュ型ネットワーク}		
内容	トラフィックの集中による被災地域の回線飽和などに備えた臨時回線を確保		
効果	<人工衛星系システムに対する比較効果> 電話音声の遅延が少ない (静止衛星の 1/1800, 低・中軌道衛星 の 1/500～1/35) <地上系システムに対する比較効果> 山岳、離島などの地上回線が無い場合でも回線設定が可能 回線の追加を比較的容易に行える		
必要技術	飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークを利用 地上固定局・飛行船との無線中継技術 利用増加時に既存回線の一部を臨時回線へ切り換える技術		
欠点	－		
課題	飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの技術開発に依存 追加の設定が容易に行われる必要あり		
実現性	◎：飛行船（滞留型）によるメッシュ型ネットワークの利用により可能		

運用形態イメージ



6. 河川事業へのリモートセンシングの応用

6.1 河川事業への利用方法の整理

河川事業の設計、調査、施工管理及び河川管理の各業務で要求される精度、観測周期及び観測範囲について、整理した結果を表－６・１に示す。

表－６・１　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その１）

河川事業			場面	現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量 必要な情報	必要な精度 現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
計画	河川計画	洪水防御計画	計画時	1.計画降雨の設定	記録データが散逸しやすい。	過去の総雨量、雨量強度分布、流域内降雨分布データの蓄積	流域全体における降雨分布データ	1.5km 格子	連続観測 1 時間毎のﾃﾞｰﾀ記録	200km×200km※1	河川管理者	・雨量	河川管理者	計画降雨の決定に雨量データを用いることにより、記録紙の散逸が防げる。
								1.5km 格子（ﾚｰﾀﾞ雨量計のﾒｯｼｭ相当）			河川利用者		河川利用者	
		低水計画	計画時	2.利水安全度を考慮し利水開発計画	渇水時の河川環境を広く調査するにはコストがかかる。	広い河川流域の効率的な調査	河道周辺における植生・土壌分布データ	10m	1回／計画時	200km×200km※1	河川管理者	なし	河川管理者	調査費用の削減が可能である。
								ﾎﾟｲﾝﾄ調査		シーンの張り合わせ可	河川利用者		河川利用者	
		砂防計画	計画時	3.河道内の土砂対策	計画生産土砂量、計画許容土砂量、計画超過土砂量を調査するのに人的なコストがかかる。	地形形状の変化量及び水面形状の変化の測定	周辺地形の標高データ及び水際線の位置情報	標高および位置の測定精度 1cm	1回／月の観測を数年継続	5km×50km※2	河川管理者	なし	河川管理者	広範囲を同時に観測することで、調査費用の削減ができる。デジタルデータなので、編集が容易である。
								土地面積、土壌特性により推定		シーンの張り合わせ可	河川利用者		河川利用者	
		環境計画	計画時	4.水質、空間、景観を考慮した河川の利用計画	水質調査及び周辺の土地利用調査に人的コストがかかる。 広範囲を調査するのに限界がある。	河川周辺の土地利用調査	土地利用分布図（畑地、住居、森林などの格子データ）	10m 格子	1回／計画時	200km×200km※1	河川管理者	なし	河川管理者	調査費用の削減が可能である。
								ﾎﾟｲﾝﾄ調査						
						水質調査	河川・湖沼などの水質（pH, COD,BOD）	pH:0.1 COD,BOD:0.1mg/l		シーンの張り合わせ可	河川利用者		河川利用者	
								同上						

（数値は参考値）

※１：一河川流域に相当するサイズ　※２：河道周辺、あるいは湖沼周辺するサイズ

表－6・1　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その2）

河川事業			場面	現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量 必要な情報	必要な精度 現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
調査	施工・設計にかかる調査	河道断面	運用時	1.河道断面の変化	河床高等の調査は、人的なコストがかかる。 ポイント観測のため観測点が不連続である。	河床高の効率的な調査	河床高の分布	1cm	1回/年	2km × 50km※1	河川管理者	なし	河川管理者	調査費用の削減が可能である。 河道に沿って連続データが得られる。 3次元データで視覚に訴えることができる。
								同上			河川利用者		河川利用者	
		河川環境	河川環境	2.周辺環境の調査	植生分布、植生分類等の調査は人的なコストがかかる。	植生分布、植生分類の調査	植生区分 植物相	10m	1回／年	200km × 200km※2	河川管理者	なし	河川管理者	調査費用が削減できる。 広域の均質なデータが得られる。
								ポイント調査		(張り合わせ可)	河川利用者		河川利用者	
					都市環境及び土地利用変化の調査は人的なコストがかかる。	土地利用変化の効率的な把握	土地利用図	10m	1回／1～数年	200km × 200km※2	河川管理者	なし	河川管理者	調査費用が削減できる。 広域の均質なデータが得られる。
								ポイント調査		張り合わせ可	河川利用者		河川利用者	

（数値は参考値）

※1：一河川管理延長に相当するサイズ　※2：一河川流域に相当するサイズ

表－6・1　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その3）

河川事業		場面		現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量 必要な情報	必要な精度 / 現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
施工管理	施工管理	工事箇所	施工中	1.計画立案前の現場調査	工事計画立案前に工事用ルートの確認を行う。	土捨て場までのルート確認	ルート確認のため、真上からの工事現場周辺の画像データ	10cm	施工前1回	工事箇所周辺（例:30km×30km）	河川管理者	なし	河川管理者	現地調査が省力化できる。
								目視による監視			河川利用者		河川利用者	
				2.工事の達成度把握	工事の進捗状況を測るのに大型工事では評価が困難である。	工事の達成度を工事前の状況と比べることができる定量データの取得	築堤などの工事は真上からの画像データ 橋梁の修理などは斜めからの画像データ	コンクリートの打設など…10m 草刈り作業など…1m	施工区分毎（約1回/月）	工事単位（例:300m×300m）	河川管理者	なし	河川管理者	工事の達成度の管理が行える。
								目視による監視			河川利用者		河川利用者	
				3.工事中の機械の活動状況等把握	工事中の機械の活動状況等を定量的に把握することは不可能である。	トラックの運行状況及び工事機械の活動状況の把握	トラックの運行状況などは真上からの画像データ	1cm	工事期間中は連続観測	工事単位（例:300m×300m）	河川管理者	なし	河川管理者	工事機械の活動状況を把握することで作業の効率化が図れる。
								現在は観測なし			河川利用者		河川利用者	
				4.安全管理	工事状況を把握することに限界がある。	工事現場を常時監視 夜間における監視及び異常時の連絡体制の確立	真上及び斜めからの画像データ（夜間を含む）	1cm（目視と同程度）	工事中は常時	工事範囲（例:200m×200m）	河川管理者	雨量 水位	河川管理者	異常の早期発見、安全管理の強化が図れる。
								目視による監視			河川利用者		河川利用者	

（数値は参考値）

表－6・1　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その4）

河川事業		場面		現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量 必要な情報	必要な精度 現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
河川管理	流水維持のための施設管理	堤防・護岸など	洪水時	1.業務委託による状況把握	業務委託による監視体制には限界がある。	リアルタイムな破堤、冠水の状況等の把握	冠水状況は真上から画像データ 破堤等の状況は真上及び斜めから画像データ (夜間も含む)	堤体・護岸など…1cm	洪水発生中は連続観測が必要で画像は時間的にシームレスなものが必要である。	一画面ｻｲｽﾞ 100m×100m 1ｻ-ﾍﾞｲ： 2km×50km※1	河川管理者	・水位 ・雨量 ・流量	河川管理者	リアルタイムで映像を見ることができる。これにより異常時に即座に対処できる。 パトロール経費の削減が行える。
								目視による監視			河川利用者	・水位 ・雨量	河川利用者	（水防団等）待機・出動の判断材料に利用できる。 （住民）状況把握ができる。非難命令が出た場合に素直に従うことができる。
				2.ポイント監視の限界	現状は、観測のポイントにセンサを設置して観測する方法であるためシームレスなモニタリングが不可能である。	破堤の危険度判定及び管理用施設の破損等の発見	堤防・護岸の真上及び斜めからの画像	画像・・1cm	洪水期間中は連続観測	一画面ｻｲｽﾞ 30m×30m 1ｻ-ﾍﾞｲ： 2km×50km※1	河川管理者	・水位 ・堤防断面図	河川管理者	堤防内の浸潤線を観測することで、堤防決壊の予測に利用する。 効率的な水防活動ができる。 テレメータの整備費が削減できる。
								目視による監視						
							堤体本体内浸潤線高さ	堤体本体内の浸潤線高…10cm			河川利用者	・水位	河川利用者	水防団の待機・出動の判断材料に利用できる。
								観測方法なし						

（数値は参考値）

※1：一河川管理延長に相当するサイズ

表－６・１　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その５）

河川事業		場面		現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量必要な情報	必要な精度 現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
河川管理	流水維持のための施設管理	堤防・護岸など	洪水時	3.河川利用者の監視に関する課題	河川利用者を対象とした職員の巡視回数が不足している。	洪水時の堤外地への進入者の監視	真上からの画像データ（夜間を含む）	画像・・1cm	洪水期間中連続監視	一画面のｻｲｽﾞ 30m×30m（ﾎﾟｲﾝﾄｽﾞｰﾑ：拡大機能が必要）	河川管理者	・水位 ・上流ダム・堰等の放流量	河川管理者	進入者が事前に把握できれば、パトロール車による巡視・警告が確実に行える。
								目視による監視		一観測範囲 2km×50km ※1	河川利用者	なし	河川利用者	（流域住民）監視が強化されるので、安心して河川の利用ができる。 洪水時の損失が防げる。
				4.許可工作物について洪水時の迅速な撤去・搬出が不十分	洪水時撤去搬出すべき許可工作物※2や船舶などの監視が不十分である。	許可工作物・船舶のリアルタイムな監視による連絡体制の強化	真上からの画像データ（夜間を含む）	工作物など…1cm	洪水中：連続観測	一画面のｻｲｽﾞ 30m×30m（ﾎﾟｲﾝﾄｽﾞｰﾑ：拡大機能が必要）	河川管理者	・水位 ・雨量	河川管理者	撤去すべき工作物や船舶所有者への連絡が迅速に行える。
								目視による監視		一観測範囲 2km×50km ※1	河川利用者	・水位 ・雨量	河川利用者	（工作物・船舶所有者） 洪水前に迅速に撤去搬出を行える。
			平常時	5.河川巡視・点検における構造的な問題	熟練監視員の不足・高齢化や河川巡視の委託化により、施設点検水準が低下している。	欠損箇所（橋桁の欠損、ノリ面の洗掘等）及び堤防漏水箇所の発見	真上及び斜めからの画像データ	1ｃｍ	５回/週	一画面のｻｲｽﾞ 30m×30m（欠損箇所のｽｷｬﾆﾝｸﾞ機能）	河川管理者	・点検記録	河川管理者	少数の技術者で広域点検が可能となる。点検の個人差が少なくなる。
								目視による監視		一観測範囲 2km×50km ※1	河川利用者		河川利用者	

（数値は参考値）

※１：一河川管理延長に相当するサイズ、※２：河川敷グランドのネット、仮設トイレ、ゴルフ場の売店、物置小屋、河川敷駐車場の自動車

表－６・１　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その６）

河川事業		場面		現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量 必要な情報	必要な精度 現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
河川管理	流水維持のための施設管理	河道	洪水時	6.洪水時河床変動調査	局所洗掘や河床変動の状況を調査する。 現在では、音響測深機などを用いているが、広い範囲を移動しながら、観測するには、観測船の安全性に問題がある。	河道内の堆砂量見積 橋脚、堰、水門などの河川構造物の周辺における局所洗掘、及び洪水中の河床変動の把握	河床高	河床高の観測精度 …１cm	洪水中：連続観測	一画面のｻｲｽﾞ 100m×100m 一観測範囲 2km×50km※1	河川管理者	洪水時における ・水位 ・雨量 ・流量	河川管理者	面的に地盤高を把握することで堆積土砂推定の精度が上がる。
											河川利用者		河川利用者	
		水門・堰	洪水時	7.電話を用いた連絡体制の問題点	施設の遠隔監視システムがなく、電話では、システムの詳細な情報を伝達するのが困難である。	リアルタイムな水門・堰付近の稼働状況及び水位等の把握	水門・堰・樋門・樋管付近の真上及び斜めからの画像データ 水門・堰・樋門・樋管の稼働情報 水門・堰・樋門・樋管付近の水位	画像…1cm 水位…1cm	洪水中：連続観測	１画面のｻｲｽﾞ 30m×30m 500m×500m １ｻｰﾍﾞｲ： 2km×2km※2	河川管理者	・水位 ・雨量 ・流量	河川管理者	遠方監視制御を行うことで、作業の省力化が図れる。 複数の人間が情報を共有できる。
								稼働状況の監視…目視 水位…1cm		張り合わせ可	河川利用者	・水位 ・雨量 ・流量	河川利用者	（流域自治体）治水安全度の向上・迅速な操作状況把握が可能

（数値は参考値）

※１：一河川管理延長に相当するサイズ、※２：河川のうち水門・堰の周辺部に相当するサイズ

表－6・1　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その7）

河川事業		場面		現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量 必要な情報	必要な精度 現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
河川管理	施設管理	水門・堰	洪水時	8.施設操作業務の増加・多様化	現在、樋門・樋管の操作は委託で行っている。その中で操作員の高齢化が進んでおり、今後の人員確保に問題がある。	遠隔操作を行う場合、操作状況の把握が必要	複数の角度から撮影した施設の画像データ	1cm (目視と同程度)	画像1枚／数秒	一画面のｻｲｽﾞ 30m×30m 一観測範囲 2km×50km ※1	河川管理者	・水位 ・流量 ・内外水位差	河川管理者	遠方監視制御が可能となり省力化が図れる。 一極集中監視が可能となる
								目視による監視			河川利用者	・水位 ・流量 ・内外水位差	河川利用者	（流域自治体）省力化によるコストの削減
			平常時	9.河川巡視点検における構造的な問題	熟練監視員の不足・高齢化や河川巡視の委託化により、施設点検水準が低下している。	堤体と橋の結合部損失など、欠損箇所の発見や門内の異物・ゴミの有無、ゲート下の堆砂などの確認が必要	複数の角度から撮影した施設の画像データの	1cm (目視と同程度)	5回／週	一画面のｻｲｽﾞ 30m×30m	河川管理者	・点検記録簿	河川管理者	少数の技術者で広域点検が可能となる。点検の個人差が少なくなる。
								目視による監視			河川利用者		河川利用者	

（数値は参考値）

※1：一河川管理延長に相当するサイズ

表－6・1　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その8）

河川事業		場面		現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量 必要な情報	必要な精度 現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
河川管理	流水管理	水位・流出	洪水時	10.テレメータシステムによる状況把握の限界	流出の早い地域におけるリアルタイムな観測データが不足している。	河川水位 流出量 内水位の測定	河川水位 流量 流出量 内水位	1km間隔 (現在のテレメータより詳細な間隔が必要)	1回/1分	2km×50km※1	河川管理者	・水位 ・流量 ・雨量	河川管理者	浸水情報が迅速に把握できる。
								およそ10km			河川利用者	・水位 ・流量 ・雨量	河川利用者	（自治体）内水位情報が得られる。
				11.テレメータによる欠測	観測所への落雷、観測所の流失、無線の混信及び長期停電によるテレメータデータの欠測。	欠測の解消	河川水位 雨量	水位…1cm 雨量…1mm	連続観測	2km×50km※1	河川管理者	・水位 ・流量 ・雨量	河川管理者	テレメータデータの欠測補完が可能となる。
								同上			河川利用者	・水位 ・流量 ・雨量	河川利用者	（自治体）テレメータデータの欠測補完が可能となる。
				12.洪水予測システムの精度が悪い	洪水予測システムの精度が悪いため、流出予測精度の向上が必要である。	3時間後の流出量の正確な予測	集水域における地中の水分量 細かいスケールの雨量、水位、流量	空間分解能…5km×1.5km 流出量·流量….1m³/s 雨量…1mm 水位…1cm	1回/5分（レーダ雨量計と同程度）	200km×200km※2	河川管理者	・水位 ・流量 ・雨量	河川管理者	空間的な観測密度の充実により流出精度の向上が期待できる。
								同上			河川利用者	・水位 ・流量 ・雨量	河川利用者	流出時期が把握できれば的確な水防活動が可能となる。
			洪水後	13.洪水痕跡調査	洪水後の調査において、時間が経つと最大浸水域の把握が難しくなる	冠水被害状況の把握	最大浸水面積 場所ごとの浸水深	10cmオーダで測定	洪水直後(水が引く様子が同様に監視できるとよい)	10km×50km※3	河川管理者	洪水時の ・水位 ・雨量 ・災害記録	河川管理者	浸水情報として提供が可能であり、デジタルデータなので浸水面積の算出が容易である。
								目視による監視			河川利用者	洪水時の ・水位 ・雨量	河川利用者	（自治体）水防演習に活用(浸水域を推定し住民の防災資料とする)

（数値は参考値）

※1：一河川管理延長に相当するサイズ、※2：一河川流域に相当するサイズ、※3：一冠水域に相当するサイズ（荒川氾濫シミュレーションより判断）

表－6・1　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その9）

河川事業		場面		現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量必要な情報	必要な精度／現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
河川管理	流水管理	水位・流出	渇水時	14.低水蛇行変化の進行	河道が変化すると、取水口に水が、流れなくなるおそれがあるため、渇水時に取水口に水が流れるように河道を広げる必要が生じる。しかし、詳細な低水河道位置の計測に時間がかかる。	低水河道の把握	水際線の位置情報	位置の測定精度として1cm	1回/年	2km×50km※1	河川管理者	なし	河川管理者	面的に詳細なデータを得ることで正確な経年変化が把握できる。
								同上			河川利用者		河川利用者	
河川管理	流水管理	水質	水質事故時	15.水質監視装置による水質事故発見の困難性	現在の観測機器の観測項目・測定頻度の限界、配置機器数の不足、及び遠隔監視システムが未整備である。	水質の測定	濁度 汚染物質（毒物・油）の濃度 BOD,COD 水温 異臭	濁度…0.1mg/l 油…0.1l BOD,COD…0.1mg/l 水温…0.1℃ pH…0.1	連続監視	100km×100km※2	河川管理者	・流量 ・流速	河川管理者	センサ設置のコスト削減できる。 水質管理体制が強化できる。 原因の究明、発生箇所の特定が迅速に行える。
								同上			河川利用者	・流量 ・流速	河川利用者	（流域市町村） 原因者に対して、対策費用等の賠償請求が可能となる。

（数値は参考値）

※1：一河川管理延長に相当するサイズ、※2：河口、湖沼などに相当するサイズ

表－６・１　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その１０）

河川事業		場面		現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量必要な情報	必要な精度 / 現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
河川管理	河川利用状況の把握	河川施設・河川周辺	平常時	16.河川施設管理での巡視における構造的な問題	利用者に対する注意・警報手段が不足している。	施設※1の利用状況、破損状況の把握	河川施設周辺の真上及び斜めからの画像データ	１ｃｍ	１回／週および施設の利用時に連続観測	一観測範囲：2km×50km 施設については拡大可能とする	河川管理者	なし	河川管理者	監視にかかるコストの削減が行える。 「堤防・護岸の管理（５Ｐ.）」に同じ
								目視による監視		張り合わせ可	河川利用者	なし	河川利用者	（利用者）監視強化により、駐車車両等の盗難、破壊の心配が軽減される。
				17.不法行為の監視	熟練監視員の不足により、河川全般を効率的に、かつ少人数で常時監視することは困難である。	河川施設、夜間の不法投棄、及び不法行為※2の監視	河川全域における真上及び斜めからの画像データ	1ｃｍ	常時観測（特に夜間）	一観測範囲：2km×50km 一画面のｻｲｽﾞ 30m×30m ～ 500m×500m (ﾎﾟｲﾝﾄｽﾞｰﾑ)	河川管理者	・点検記録	河川管理者	迅速な発見により注意・警告がタイムリーに行える。 警察との連携が強化できる。
								目視による監視		張り合わせ可	河川利用者	なし	河川利用者	（流域住民）管理強化により、良好な河川環境が守られることとなる。

（数値は参考値）

※１：堤防、公園、グランド、ゴルフ場、提外地の駐車場など、※２：船舶の不法係留、河原の駐車、畑耕作、不法建築物、危険行為、ゴルフ練習

表－６・１　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その１１）

河川事業		場面		現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量必要な情報	必要な精度／現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
河川管理	河川環境の管理	水質	平常時	18.水質調査	湖沼、河口部における水質汚濁機構・流入河川の汚濁流入拡散機構の解明や、アオコ・赤潮の早期発見が困難である。	水質変化を早期にとらえる。	（当面） 温度変化 温度分布 水面の色 （将来） 塩分 濁度 プランクトンの生成	10m×10m 赤潮の発生など…1mの分解能	連続監視	2km×2km※1	河川管理者	・流量 ・水質	河川管理者	モニタ設備設置の経費削減
								ポイントでの監視			河川利用者	・流量 ・水質	河川利用者	（自治体）モニタ施設設置の経費削減
		植生	平常時	19.植生分布調査	河川区域内の植生分布調査は、ポイント調査のため、調査に時間がかかる。	植生の調査を効率的に行う。	植生区分図	10m	1回／年	2km×50km※2	河川管理者	なし	河川管理者	従来の調査にかかる経費の削減
								ポイント調査		張り合わせ可	河川利用者	なし	河川利用者	流域住民への情報公開により、河川環境に親しみが持てるようになる。
		河口付近・水面	平常時	20.河口から進入する船舶の監視	監視員の不足のため、プレジャーボート・カヌーなどの増加に対応が、追いつかない。	プレジャーボート・カヌーなどの水面利用者の監視	河口付近での真上からの船舶の運行状況画像データ	1cm（目視と同程度）	連続監視	2km×2km※1	河川管理者	・水位 ・潮位 ・流速	河川管理者	プレジャーボート・カヌーなどの船舶監視が可能となる。
								目視による監視			河川利用者	・水位 ・潮位 ・流速	河川利用者	（水面利用者）情報提供により橋桁への衝突などの事故を回避できる。

（数値は参考値）

※１：河口付近、※２：河川管理延長

表－６・１　河川事業へのリモートセンシングの応用について（その１２）

河川事業		場面		現状と課題または作業項目	問題点の所在または作業内容	要求事項	必要な物理量必要な情報	必要な精度 現在の精度	必要な観測周期	一度に必要な観測範囲	組み合わせる河川情報		河川情報システムとの組み合わせによる効果	
河川管理	河川環境の管理	水温・その他	平常時	21.河口部での土砂・微生物などの浮遊物の流出量把握	拡散流の実態調査を人力で行うには、限界がある。	河川流水が海域に入った時の拡散流把握による流出物の観測	温度変化 温度分布 塩分濃度 反射率	温度分布など…1m格子	洪水後連続観測	10km × 10km※1	河川管理者	・流量	河川管理者	現場でのモニタ設備設置経費の削減が可能である。
								ポイント監視						
							流出物を特定するため、真上及び斜めからの画像データ	画像データ…1cm（目視と同程度）						
								目視による監視			河川利用者	・流量	河川利用者	（流域自治体）モニタ設備設置経費の削減が可能である。
							浮遊物の量（体積・質量）	浮遊物の体積…1m³ 質量…1t						
								目視による推定						
河川管理	洪水以外の防災	地震	災害時	22.被害状況把握	河川管理施設の被害状況などの把握を行う。	地震発生後発生箇所、河川区間周辺の状況の監視	発生箇所周辺の真上及び斜めからの画像データ	1cm（目視と同程度）	地震発生後に連続監視	100km × 100km※2	河川管理者	・雨量 ・水位 ・潮位	河川管理者	迅速な点検が可能である。 パトロール経費の削減が可能である。
							河川区間周辺の真上及び斜めからの画像データ	目視による把握			河川利用者	・雨量 ・水位 ・潮位	河川利用者	避難情報として利用できる。 避難路の確保が可能である。
		津波	河口付近	23.津波襲来把握	潮位計・波高計が離散的にしかなく広い範囲を網羅できない。	地震後の津波襲来の把握	沖での波高	波高精度…1cm	地震発生後に連続監視	1000km × 1000km	河川管理者	・雨量 ・水位 ・潮位	河川管理者	水門の効果的・効率的な操作が可能である。
								同上						
		高潮		24.高潮の現状把握		沿岸部での高潮状況の把握		波高精度…1cm	高潮が予測されるときに連続観測	100km × 100km	河川利用者	・雨量 ・水位 ・潮位	河川利用者	（住民）避難の判断材料として利用できる。
								同上						

（数値は参考値）

※１：河口部、※２：地震の規模による

6.2 河川事業における飛行船の運用形態及び観測センサの検討

表－６・１の河川事業への適用可能な観測センサと飛行船の運用形態について、表－６・２に示す。なお、記述されている数値は参考値である。

(1)可視赤外放射計 1)

植生分布・土地利用等を観測するセンサの例として、EOS-AM1 搭載用 ASTER の諸元を示す。

項　目		主　要　諸　元
センサの種類	VNIR（可視近赤外）	3バンド
	SWIR（中間赤外）	6バンド
	TIR（熱近赤外）	5バンド
活用元のシステム		低軌道衛星搭載センサ
波長帯／周波数	VNIR（可視近赤外）	0.52 ～ 0.86μm
	SWIR（中間赤外）	1.60 ～ 2.36μm
	TIR（熱近赤外）	8.125～ 11.65μm
分解能※1	VNIR（可視近赤外）	42cm
	SWIR（中間赤外）	84cm
	TIR（熱近赤外）	2.5m
精度※2	VNIR（可視近赤外）	1.26m
	SWIR（中間赤外）	2.52m
	TIR（熱近赤外）	7.5m
観測範囲※1		1.7km 幅の帯状
データ量またはレート		230kbps※3

(2)レーザ高度計 2)

高度を観測するセンサの例として、NASDA の MSD－2 搭載用 LIDAR の諸元を示す。

項　目	主　要　諸　元	
センサの種類	レーザ高度計	
活用元のシステム	ミッション実証衛星搭載（計画中）	
波長帯／レーザ出力	1053nm／84mJ	
分解能※1	高度分解能　3.6m	水平分解能　50m
精度※2	高度分解能　11m	水平分解能　150m
観測範囲※1	50m	
データ量またはレート	90kbps※4	

(3)ハイビジョンカメラ[3)]

映像を観測するセンサの例として、CCD（Charge Coupled Device）デバイスを用いたハイビジョンカメラの諸元を示す。

項　目	主　要　諸　元	
	1000mm 望遠レンズ	162mm 望遠レンズ
センサの種類	可視ＲＧＢセンサ	
活用元のシステム	ＴＶカメラ（1280×1024 素子活用の場合）	
波長帯／周波数	可視域（ＲＧＢ）	
分解能※1	10cm	62cm
精度※2	30cm	186cm
観測範囲※1	1.2km×640m	190m×100m
データ量またはレート	30Mbps ※5	

(4)合成開口レーダ[4)]

映像を観測するセンサの例として、CRL 及び NASDA で開発した航空機搭載 SAR の諸元を示す。

項　目		主　要　諸　元	
		X−Band	L−Band
センサの種類		合成開口レーダ（SAR）	
活用元のシステム		航空機搭載センサ	
波長帯／周波数		9.55GHz	1.27GHz
分解能	スラントレンジ	1.5m	3m
	アジマス	1.5m	3m
精度※2		4.5m	9m
観測範囲※1		19.6km 幅の帯状	42.5km 幅の帯状
データ量またはレート		106Mbps※6	99Mbps※7

（参考）マイクロ波散乱計[5)]

降雨を観測するセンサの例として、NASDA の TRMM の PR の諸元を示す。

項　目	主　要　諸　元
センサの種類	マイクロ波散乱計
活用元のシステム	低軌道衛星搭載センサ
波長帯／周波数	13.8GHz
分解能※1	水平分解能：約 250m
精度※2	約 750m
観測範囲※1	約 12km
データ量またはレート	93.5kbps※8

※ 1：高度 20km における分解能とする。

※ 2：分解能の 3 倍を精度とする。

※ 3：センサの種類は TIR とし、ビット数を 12、バンド数を 5、ポインティング速度を 14m/s と仮定した場合のデータレートである。

※ 4：MSD-2 搭載用 LIDAR のデータレートは約 90kbps である。ただし、詳細については非公開のため、不明である。

※ 5：HDTV（High Definition Television）信号 1.2Gbps、圧縮率を 1/40 と仮定した場合のデータレートである。

※ 6：入射角度を 45°、サンプリング周波数を 123.45MHz、ビット数を 4、パルス繰り返し周波数を 1kHz と仮定した場合のデータレートである。

※ 7：入射角度を 45°、サンプリング周波数を 61.7MHz、ビット数を 4、パルス繰り返し周波数を 1kHz と仮定した場合のデータレートである。

※ 8： TRMM のデータレートは 93.5kbps である。ただし、詳細については非公開のため、不明である。

表－6・2　河川事業における観測可能なセンサの検討〔飛行船（滞留型）：1〕

場面			現状の課題または作業項目	必要な物理量・情報	観測対象	センサの種類（上段：センサの種別名）（下段：センサの方式）	センサ名	プラットフォーム名	センサ毎の性能			データ形式	伝送速度	問題点と対策	適用性	参考文献
									精度	情報取得周期	一回の観測範囲					
河川計画	洪水防御計画時	1	計画降雨の設定	流域全域の雨量記録	水滴	－	－	－	1.5km	1時間毎	200km×200km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
	低水計画時	2	利水安全度を考慮した利水開発を計画	河道周辺における植生、土壌	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	10m	1回／計画時	200km×200km	CCSDS形式	230kbps	ポインティングで40km×40kmの範囲なら観測可能だが、それ以上の場合、移動して観測するか複数の飛行船で観測する必要がある。	×	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
	砂防計画時	3	河道内の土砂対策	周辺地形の標高 水際線の位置情報	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	1回／月	5km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
	環境計画時	4	水質、空間、景観を考慮した河川の利用計画	土地利用分布図	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	10m	1回／計画時	200km×200km	CCSDS形式	230kbps	ポインティングで40km×40kmの範囲なら観測可能だが、それ以上の場合、移動して観測するか複数の飛行船で観測する必要がある。	×	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
				河川・湖沼などの水質	pH,COD,BOD	－	－	－	pH:0.1,COD・BOD:0.1mg/l	1回／計画時	200km×200km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
調査	河道断面の運用後の調査	1	河道断面の変化	河床高の分布	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	1回／年	2km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
	河川環境調査	2	周辺環境の調査	植生区分、土地利用	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	10m	1回／年	200km×200km	CCSDS形式	230kbps	ポインティングで40km×40kmの範囲なら観測可能だが、それ以上の場合、移動して観測するか複数の飛行船で観測する必要がある。	×	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
施工管理	工事箇所施工中	1	計画立案前の現場調査	土捨て場までのルートを確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	10cm	施工前1回	30km×30km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			186cm(レンズ162mm)	フライト単位	1.2km×0.64km					
		2	工事の達成度把握	コンクリート打設の画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	10m	約1回／月	300m×300m	MPEG2方式	30Mbps	HDTVは受動型センサのため、晴天時のみ観測が可能である。	◎	3)
						受動型			1.86m(レンズ162mm)	フライト単位	1200m×640m					
				草刈り作業の画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1m	約1回／月	300m×300m	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 HDTVは受動型センサのため、晴天時のみ観測が可能である。	○	3)
						受動型			0.3m(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
		3	工事中の機械の活動状況等把握	工事機械の運行状況が確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	連続	300m×300m	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
		4	安全管理	工事現場を常時監視できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	連続	200m×200m	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
河川管理	流水維持のための施設管理（洪水時）	1	業務委託による状況把握	破堤、冠水状況のリアルタイムな画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	洪水時連続	1画面サイズ：100m×100m 管理延長：2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					

[◎]：現行技術で可能
[○]：新規開発要素小
[×]：新規開発要素大
※センサ毎の性能
上段（要求性能）
下段（センサの性能）

※精度：センサの分解能の3倍とする
（分解能は高度20km値とする）
※Vp：センサのポインティング速度とする
※プラットフォームの移動速度は考慮しないものとする

表－6・2　河川事業における観測可能なセンサの検討{飛行船(滞留型):2}

場面			現状の課題または作業項目	必要な物理量・情報	観測対象	センサの種類 (上段:センサの種別名) (下段:センサの方式)	センサ名	プラットフォーム名	センサ毎の性能			データ形式	伝送速度	問題点と対策	適用性	参考文献
									精度	情報取得周期	一回の観測範囲					
河川管理	流水維持のための施設管理(洪水時)	2	ポイント監視の限界	破堤の危険度を確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	洪水時連続	1画面サイズ: 30m×30m 管理延長: 2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
				提体内の浸潤線高さ	水分含有量	－	－	－	10cm	洪水時連続	1画面サイズ: 30m×30m 管理延長: 2km×50km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
		3	河川利用者の監視に関する課題	洪水時の提外地への侵入者の監視できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	洪水時連続	1画面サイズ: 30m×30m 管理延長: 2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためには、ポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
		4	許可工作物の洪水時の迅速な撤去・搬出が不十分	許可工作物等を監視できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	洪水時連続	1画面サイズ: 30m×30m 管理延長: 2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためには、ポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	流水維持のための施設(堤防・護岸)管理(平常時)	5	河川巡視・点検における構造的な問題点	欠損箇所等を監視できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	5回／周	1画面サイズ: 30m×30m 管理延長: 2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	流水維持のための施設(河道)管理(洪水時)	6	洪水時河床変動調査	洪水時の河床高の変動把握	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	洪水時連続	1画面サイズ: 100m×100m 管理延長: 2km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
	流水維持のための施設(水門・堰)管理(洪水時)	7	電話を用いた連絡体制の問題点	水門・堰付近状況及び水門・堰の稼働状況を確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	洪水時連続	1画面サイズ: 30m×30m, 500m×500m 管理延長: 2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
				水門・堰付近状況の水位	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	洪水時連続	1画面サイズ: 30m×30m, 500m×500m 管理延長: 2km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					

[◎]:現行技術で可能
[○]:新規開発要素小
[×]:新規開発要素大
※センサ毎の性能
上段(要求性能)
下段(センサの性能)

※精度:センサの分解能の3倍とする
(分解能は高度20km値とする)
※Vp:センサのポインティング速度とする
※プラットフォームの移動速度は考慮しないものとする

表－6・2　河川事業における観測可能なセンサの検討［飛行船（滞留型）：3］

場面			現状の課題または作業項目	必要な物理量・情報	観測対象	センサの種類（上段：センサの種別名）（下段：センサの方式）	センサ名	プラットフォーム名	センサ毎の性能			データ形式	伝送速度	問題点と対策	適用性	参考文献
									精度	情報取得周期	一回の観測範囲					
河川管理	施設管理（水門・堰）（平常時）	8	施設操作業務の増加・多様化	施設を遠隔操作するための画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	数秒毎(洪水時)	1画面サイズ：30m×30m 管理延長：2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためには、ポインティング機能が必要である。要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	施設管理（水門・堰）（平常時）	9	河川巡視・点検における構造的な問題点	欠損箇所等を監視できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	5回／周	30m×30m	MPEG2方式	30Mbps	要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	流水管理（水位・流出）（洪水時）	10	テレメータシステムによる状況把握の限界	水位、内水位	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	1回／分	2km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
				流量、流出量	高度・流速	－	－	－	1cm	1回／分	2km×50km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
	流水管理（水位・流出）（洪水時）	11	テレメータシステムによる欠測	河川水位	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	連続	2km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
				雨量	水滴	－	－	－	1cm	連続	2km×50km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
	流水管理（水位・流出）（洪水時）	12	洪水予測システムの精度が悪い	流出量・流量	高度・流速	－	－	－	0.1m³/s	1回／5分	200km×200km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
				雨量	水滴	－	－	－	1.5km	1回／5分	200km×200km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
				河川水位	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	1回／5分	200km×200km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
	流水管理（水位・流出）（洪水後）	13	洪水痕跡調査	冠水状況を把握するための浸水面積	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	10cm	洪水直後	10km×50km	CCSDS形式	230kbps	ポインティングで40km×40kmの範囲なら観測可能だが、それ以上の場合、移動して観測するか複数の飛行船で観測する必要がある。	×	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
				冠水状況を把握するための場所毎の浸水深	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	10cm	洪水直後	10km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
	流水管理（水位・流出）（渇水時）	14	低水蛇行変化の進行	低水河道を把握するための水際線の位置情報	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	1回／年	2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためには、ポインティング機能が必要である。要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	流水管理（水質）（水質事故時）	15	水質監視装置による水質事故発見の困難性	濁度の測定	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	0.1mg/l	連続	100km×100km	CCSDS形式	230kbps	分光反射特性から水の濁度を判読することは可能であるが、その濃度を計測するには、グランドトゥルースチェッキングが必要である。	×	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					

［◎］：現行技術で可能
［○］：新規開発要素小
［×］：新規開発要素大
※センサ毎の性能
　上段（要求性能）
　下段（センサの性能）

※精度：センサの分解能の3倍とする
（分解能は高度20km値とする）
※Vp：センサのポインティング速度とする
※プラットフォームの移動速度は考慮しないものとする

表－6・2　河川事業における観測可能なセンサの検討〔飛行船（滞留型）：4〕

場面			現状の課題または作業項目	必要な物理量・情報	観測対象	センサの種類（上段：センサの種別名）（下段：センサの方式）	センサ名	プラットフォーム名	センサ毎の性能			データ形式	伝送速度	問題点と対策	適用性	参考文献
									精度	情報取得周期	一回の観測範囲					
河川管理	河川利用状況の把握（平常時）	16	河川施設管理での巡視における構造的な問題	施設破損状況を確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	1回／週	2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためには、ポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
		17	不法行為の監視	不法投棄を監視するための画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	常時（夜間含）	1画面サイズ：30m×30m, 500m×500m 管理延長：2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	河川環境の管理（水質）（平常時）	18	水質調査	水面の色	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	1m	連続	2km×2km	CCSDS形式	230kbps	要求精度を満足するためには、熱赤外検出器の開口の縮小とS/N向上等が必要である。	×	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
	河川環境の管理（植生）（平常時）	19	植生分布	植生区分	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	10m	1回／年	2km×50km	CCSDS形式	230kbps	ポインティングで40km×40kmの範囲なら観測可能だが、それ以上の場合、移動して観測するか複数の飛行船で観測する必要がある。	×	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
	河川環境の管理（河口付近・水面）（平常時）	20	河口から進入する船舶の監視	水面利用者の監視のための画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	連続	2km×2km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	河川環境の管理（水温・その他）（平常時）	21	河口部での土砂・微生物などの浮遊物の流出量把握	温度分布	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	1m	洪水時連続	10km×10km	CCSDS形式	230kbps	要求精度を満足するためには、熱赤外検出器の開口の縮小とS/N向上等が必要である。	×	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
				浮遊物体を確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	洪水時連続	10km×10km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
				浮遊物の体積・面積	体積・面積	－	－	－	体積1m^3、質量1t	洪水時連続	10km×10km	－	－	複数のセンサにより推定することは可能である。	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
	洪水以外の防災（地震）（災害時）	22	被害状況把握	地震後の状況を確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	地震発生後連続	100km×100km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	洪水以外の防災（津波・高潮）（河口付近）	23	津波襲来把握	地震後の津波波高の確認	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	地震発生後連続	1000km×1000km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
		24	高潮の現状把握	沿岸部の高潮状況の把握	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	高潮が予想されるとき連続	100km×100km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					

[◎]：現行技術で可能
[○]：新規開発要素小
[×]：新規開発要素大
※センサ毎の性能
　上段（要求性能）
　下段（センサの性能）

※精度：センサの分解能の3倍とする
（分解能は高度20km値とする）
※Vp：センサのポインティング速度とする
※プラットフォームの移動速度は考慮しないものとする

表－6・2　河川事業における観測可能なセンサの検討【飛行船（移動型）：1】

場面			現状の課題または作業項目	必要な物理量・情報	観測対象	センサの種類（上段：センサの種別名）（下段：センサの方式）	センサ名	プラットフォーム名	センサ毎の性能			データ形式	伝送速度	問題点と対策	適用性	参考文献
									精度	情報取得周期	一回の観測範囲					
河川計画	洪水防御計画時	1	計画降雨の設定	流域全域の雨量記録	水滴	－	－	－	1.5km	1時間毎	200km×200km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
	低水計画時	2	利水安全度を考慮した利水開発を計画	河道周辺における植生、土壌	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	10m	1回／計画時	200km×200km	CCSDS形式	230kbps	要求範囲がシーンの張り合わせでもよいため、面走査により観測が可能である。	◎	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
	砂防計画時	3	河道内の土砂対策	周辺地形の標高水際線の位置情報	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	1回／月	5km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
	環境計画時	4	水質、空間、景観を考慮した河川の利用計画	土地利用分布図	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	10m	1回／計画時	200km×200km	CCSDS形式	230kbps	要求範囲がシーンの張り合わせでもよいため、面走査により観測が可能である。	◎	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
				河川・湖沼などの水質	pH,COD,BOD	－	－	－	pH:0.1,COD・BOD:0.1mg/l	1回／計画時	200km×200km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
調査	河道断面の運用後の調査	1	河道断面の変化	河床高の分布	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	1回／年	2km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
	河川環境調査	2	周辺環境の調査	植生区分、土地利用	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	10m	1回／年	200km×200km	CCSDS形式	230kbps	要求範囲がシーンの張り合わせでもよいため、面走査により観測が可能である。	◎	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
施工管理	工事箇所施工中	1	計画立案前の現場調査	土捨て場までのルートを確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	10cm	施工前1回	30km×30km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			186cm(レンズ162mm)	フライト単位	1.2km×0.64km					
		2	工事の達成度把握	コンクリート打設の画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	10m	約1回／月	300m×300m	MPEG2方式	30Mbps	HDTVは受動型センサのため、晴天時のみ観測が可能である。	◎	3)
						受動型			1.86m(レンズ162mm)	フライト単位	1200m×640m					
				草刈り作業の画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1m	約1回／月	300m×300m	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。HDTVは受動型センサのため、晴天時のみ観測が可能である。	○	3)
						受動型			0.3m(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
		3	工事中の機械の活動状況等把握	工事機械の運行状況が確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	連続	300m×300m	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
		4	安全管理	工事現場を常時監視できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	連続	200m×200m	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
河川管理	流水維持のための施設管理（洪水時）	1	業務委託による状況把握	破堤、冠水状況のリアルタイムな画像データ	映像	合成開口レーダ	CRL-SAR	航空機	1cm	洪水時連続	1画面サイズ：100m×100m 管理延長：2km×50km	CCSDS形式	106Mbps	要求精度を満足するためには、アンテナを大きくする必要がある。	×	4)
						能動型			4.5m	フライト単位	19.6km×Vp					

[◎]：現行技術で可能
[○]：新規開発要素小
[×]：新規開発要素大
※センサ毎の性能
　上段（要求性能）
　下段（センサの性能）

※精度：センサの分解能の3倍とする
（SAR以外の分解能は高度20kmの値）
※Vp：センサのポインティング速度とする
※プラットフォームの移動速度は考慮しないものとする

表－6・2　河川事業における観測可能なセンサの検討［飛行船（移動型）：2］

場面			現状の課題または作業項目	必要な物理量・情報	観測対象	センサの種類（上段：センサの種別名）（下段：センサの方式）	センサ名	プラットフォーム名	センサ毎の性能			データ形式	伝送速度	問題点と対策	適用性	参考文献
									精度	情報取得周期	一回の観測範囲					
河川管理	流水維持のための施設管理（洪水時）	2	ポイント監視の限界	破堤の危険度を確認できる画像データ	映像	合成開口レーダ	CRL-SAR	航空機	1cm	洪水時連続	1画面サイズ：30m×30m 管理延長：2km×50km	CCSDS形式	106Mbps	要求精度を満足するためには、アンテナを大きくする必要がある。	×	4)
						能動型			4.5m	フライト単位	19.6km×Vp					
				提体内の浸潤線高さ	水分含有量	－	－	－	10cm	洪水時連続	1画面サイズ：30m×30m 管理延長：2km×50km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
		3	河川利用者の監視に関する課題	洪水時の提外地への侵入者の監視できる画像データ	映像	合成開口レーダ	CRL-SAR	航空機	1cm	洪水時連続	1画面サイズ：30m×30m 管理延長：2km×50km	CCSDS形式	106Mbps	要求精度を満足するためには、アンテナを大きくする必要がある。	×	4)
						能動型			4.5m	フライト単位	19.6km×Vp					
		4	許可工作物の洪水時の迅速な撤去・搬出が不十分	許可工作物等を監視できる画像データ	映像	合成開口レーダ	CRL-SAR	航空機	1cm	洪水時連続	1画面サイズ：30m×30m 管理延長：2km×50km	CCSDS形式	106Mbps	要求精度を満足するためには、アンテナを大きくする必要がある。	×	4)
						能動型			4.5m	フライト単位	19.6km×Vp					
	流水維持のための施設（堤防・護岸）管理（平常時）	5	河川巡視・点検における構造的な問題点	欠損箇所等を監視できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	5回／周	1画面サイズ：30m×30m 管理延長：2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためには、ポインティング機能が必要である。要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	流水維持のための施設（河道）管理（洪水時）	6	洪水時河床変動調査	洪水時の河床高の変動把握	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	洪水時連続	1画面サイズ：100m×100m 管理延長：2km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
	流水維持のための施設（水門・堰）管理（洪水時）	7	電話を用いた連絡体制の問題点	水門・堰付近状況及び水門・堰の稼働状況を確認できる画像データ	映像	合成開口レーダ	CRL-SAR	航空機	1cm	洪水時連続	1画面サイズ：30m×30m, 500m×500m 管理延長：2km×50km	CCSDS形式	106Mbps	要求精度を満足するためには、アンテナを大きくする必要がある。	×	4)
						能動型			4.5m	フライト単位	19.6km×Vp					
				水門・堰付近状況の水位	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	洪水時連続	1画面サイズ：30m×30m, 500m×500m 管理延長：2km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					

[◎]：現行技術で可能
[○]：新規開発要素小
[×]：新規開発要素大
※センサ毎の性能
　上段（要求性能）
　下段（センサの性能）

※精度：センサの分解能の3倍とする
（SAR以外の分解能は高度20kmの値）
※Vp：センサのポインティング速度とする
※プラットフォームの移動速度は考慮しないものとする

表－6・2　河川事業における観測可能なセンサの検討［飛行船（移動型）：3］

場面			現状の課題または作業項目	必要な物理量・情報	観測対象	センサの種類（上段：センサの種別名）（下段：センサの方式）	センサ名	プラットフォーム名	センサ毎の性能			データ形式	伝送速度	問題点と対策	適用性	参考文献
									精度	情報取得周期	一回の観測範囲					
河川管理	施設管理（水門・堰）（平常時）	8	施設操作業務の増加・多様化	施設を遠隔操作するための画像データ	映像	合成開口レーダ	CRL-SAR	航空機	1cm	数秒毎(洪水時)	1画面サイズ：30m×30m 管理延長：2km×50km	CCSDS形式	106Mbps	要求精度を満足するためには、アンテナを大きくする必要がある。	×	4)
						能動型			4.5m	フライト単位	19.6km×Vp					
	施設管理（水門・堰）（平常時）	9	河川巡視・点検における構造的な問題点	欠損箇所等を監視できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	5回／周	30m×30m	MPEG2方式	30Mbps	要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	流水管理（水位・流出）（洪水時）	10	テレメータシステムによる状況把握の限界	水位、内水位	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	1回／分	2km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
				流量、流出量	高度・流速	－	－	－	1cm	1回／分	2km×50km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
	流水管理（水位・流出）（洪水時）	11	テレメータシステムによる欠測	河川水位	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	連続	2km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
				雨量	水滴	－	－	－	1cm	連続	2km×50km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
	流水管理（水位・流出）（洪水時）	12	洪水予測システムの精度が悪い	流出量・流量	高度・流速	－	－	－	0.1m³/s	1回／5分	200km×200km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
				雨量	水滴	－	－	－	1.5km	1回／5分	200km×200km	－	－	－	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
				河川水位	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	1回／5分	200km×200km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
	流水管理（水位・流出）（洪水後）	13	洪水痕跡調査	冠水状況の把握するための浸水面積	映像	合成開口レーダ	CRL-SAR	航空機	10cm	洪水直後	10km×50km	CCSDS形式	106Mbps	要求精度を満足するためには、アンテナ実開口径を大きくする必要がある。	×	4)
						能動型			4.5m	フライト単位	19.6km×Vp					
				冠水状況を把握するための場所毎の浸水深	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	10cm	洪水直後	10km×50km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
	流水管理（水位・流出）（渇水時）	14	低水蛇行変化の進行	低水河道を把握するための水際線の位置情報	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	1回／年	2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	流水管理（水質）（水質事故時）	15	水質監視装置による水質事故発見の困難性	濁度の測定	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	0.1mg/l	連続	100km×100km	CCSDS形式	230kbps	分光反射特性から水の濁度を判読することは可能であるが、その濃度を計測するには、グランドトゥルースチェッキングが必要である。	×	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					

［◎］：現行技術で可能
［○］：新規開発要素小
［×］：新規開発要素大
※センサ毎の性能
　上段（要求性能）
　下段（センサの性能）

※精度：センサの分解能の3倍とする
（SAR以外の分解能は高度20kmの値）
※Vp：センサのポインティング速度とする
※プラットフォームの移動速度は考慮しないものとする

表－6・2　河川事業における観測可能なセンサの検討［飛行船（移動型）：4］

場面			現状の課題または作業項目	必要な物理量・情報	観測対象	センサの種類（上段：センサの種別名）（下段：センサの方式）	センサ名	プラットフォーム名	センサ毎の性能			データ形式	伝送速度	問題点と対策	適用性	参考文献
									精度	情報取得周期	一回の観測範囲					
河川管理	河川利用状況の把握（平常時）	16	河川施設管理での巡視における構造的な問題	施設破損状況を確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	1回／週	2km×50km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
		17	不法行為の監視	不法投棄を監視するための画像データ	映像	合成開口レーダ	CRL-SAR	航空機	1cm	常時（夜間含）	1画面サイズ：30m×30m, 500m×500m 管理延長：2km×50km	CCSDS形式	106Mbps	要求精度を満足するためには、アンテナを大きくする必要がある。	×	4)
						能動型			4.5m	フライト単位	19.6km×Vp					
	河川環境の管理（水質）（平常時）	18	水質調査	水面の色	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	1m	連続	2km×2km	CCSDS形式	230kbps	要求精度を満足するためには、熱赤外検出器の開口の縮小とS/N向上等が必要である。	×	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
	河川環境の管理（植生）（平常時）	19	植生分布	植生区分	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	10m	1回／年	2km×50km	CCSDS形式	230kbps	要求範囲がシーンの張り合わせでもよいため、面走査により観測可能である。	◎	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
	河川環境の管理（河口付近・水面）（平常時）	20	河口から進入する船舶の監視	水面利用者の監視のための画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	連続	2km×2km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	河川環境の管理（水温・その他）（平常時）	21	河口部での土砂・微生物などの浮遊物の流出量把握	温度分布	分光反射特性	可視赤外放射計	ASTER	EOS-AM1	1m	洪水時連続	10km×10km	CCSDS形式	230kbps	要求精度を満足するためには、熱赤外検出器の開口の縮小とS/N向上等が必要である。	×	1)
						受動型			7.5m	フライト単位	1.7km×Vp					
				浮遊物体を確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	洪水時連続	10km×10km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
				浮遊物の体積・面積	体積・面積	－	－	－	体積1m^3、質量1t	洪水時連続	10km×10km	－	－	複数のセンサにより推定することは可能である。	×	－
						－			現状のセンサでは測定不能							
	洪水以外の防災（地震）（災害時）	22	被害状況把握	地震後の状況を確認できる画像データ	映像	ハイビジョンカメラ	HDTV	－	1cm	地震発生後連続	100km×100km	MPEG2方式	30Mbps	要求範囲を満足するためにはポインティング機能が必要である。 要求精度を満足するためには、高精度の望遠レンズが必要である。	×	3)
						受動型			30cm(レンズ1000mm)	フライト単位	190m×100m					
	洪水以外の防災（津波・高潮）（河口付近）	23	津波襲来把握	地震後の津波波高の確認	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	地震発生後連続	100km×100km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					
		24	高潮の現状把握	沿岸部の高潮状況の把握	高度	レーザ高度計	LIDAR	MDS-2	1cm	高潮が予想されるとき連続	1000km×1000km	CCSDS形式	90kbps	要求精度を満足するためには、照射ビームの絞りや出力の変更等が必要である。	×	2)
						能動型			11m	フライト単位	50m×Vp					

［◎］：現行技術で可能
［○］：新規開発要素小
［×］：新規開発要素大
※センサ毎の性能
　上段（要求性能）
　下段（センサの性能）

※精度：センサの分解能の3倍とする
（SAR以外の分解能は高度20kmの値）
※Vp：センサのポインティング速度とする
※プラットフォームの移動速度は考慮しないものとする

6．2参考文献

1) 資源探査用観測システム研究開発機構ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ (http://www2.dango.ne.jp/jaros/Page-j/Aster.html)

2) NASDA ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ (http://yyy.tksc.nasda.go.jp/Home/Earth Obs/index j.html)

3) SONY ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ (http://www.sony.co.jp/sd/ProductsPark/Professional/PRINTER/dxc-h10/index.html)

4) 郵政省通信総合研究所ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ (http://www.crl.go.jp/ck/ck521/3d_sar/J/index.html)

5) NASDA ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ (http://yyy.tksc.nasda.go.jp/Home/Earth Obs/index j.html)

7. リモートセンシング観測データの蓄積及び提供手法の検討

7.1 付加情報の項目

MPEG 2 方式と CCSDS（Consultative Committee for Space Data System）・CEOS(Committee on Earth Satellite)方式のリモートセンシング観測データの流れと付加情報例について、表－７・１に示す。

表－７・１　リモートセンシング観測データの流れと付加情報例

場所	ＨＤＴＶカメラ	リモートセンシングセンサ
飛行船	MPEG2	CCSDS
	動画像データ ／ 位置情報、日時情報	リモートセンシングデータ（生データ） ／ 撮影時の軌道情報、データの種類、撮像モード、時刻、緯度経度 校正（calibration）、・・
受信局	MPEG2	レベル０データ
	動画像データ ／ 位置情報、日時情報	リモートセンシングデータ（生データ） ／ 撮影時の軌道情報、データの種類、撮像モード、時刻、緯度経度 校正（calibration）、・・
解析局	MPEG2	CEOS(レベル１プロダクト・高次処理)
	動画像データ ／ 位置情報、日時情報	Image File リモートセンシングデータ（解析処理後） ／ Volume Directory File Leader File Trailer File Null volume Directory File

※レベル０データ：飛行船から受信したパケットを時刻順に並べたデータ。

※レベル１プロダクト：レベル０データに対し放射量補正、幾何学補正を施し、領域に分割したデータ

※プロダクト：リモートセンシングデータを解析処理した結果得られる画像

7.1.1　MPEG２方式

HDTVによる動画像データを収集、蓄積及び提供するために必要な情報を表－７・２に示す。

表－７・２　MPEG２方式の付加情報項目

項目名		情報の挿入場所	入力方法	備考
(1)日時情報	年月日	撮影現場	機器が自動生成	
	時分秒			
(2)位置情報	緯度	撮影現場	機器が自動生成	
	経度			

(1)　付加情報のデータ構成

付加情報は撮影現場で生成して伝送する情報であり、そのデータ構成例を表-７・３に示す。

表中の各付加情報は、１ビットのパリティビットを含んだ８ビットのテキストコードの組み合わせで表す。

表-７・３ MPEG２方式の付加情報のデータ構成例

項目名			データサイズ［バイト］	備考
(1)開始コード			1	固定コード
(2)付加情報長			1	付加情報の長さ
付加情報	(3)日時情報	年月日(西暦４桁)	8	西暦の上位２桁含む
		時刻	6	単位は秒
	(4)位置情報	緯度	9	単位は度、分
		経度	9	単位は度、分
(5)終了コード			1	固定コード

1)　開始コード

付加情報の先頭をあらわす１バイト固定コードで入力する。

先頭ｺｰﾄﾞ
01

2)　付加情報長

付加情報部の長さを１バイトで入力する。

付加情報長
00～7F

3)　日時情報

①　年月日フォーマット

撮影年月日情報は、固定／移動カメラで撮影した年月日を表し、ＡＳＣＩＩ（American Standard Code for Information Interchange）コード８バイトで入力する。

西暦:0000～9999　　月:00～12　　日:00～31

西暦				月		日	
30～39	30～39	30～39	30～39	30～31	30～39	30～33	30～39

② 時刻フォーマット

撮影時刻情報は、固定／移動カメラで撮影した時刻を表し、ＡＳＣＩＩコード６バイトで入力する。

時:00～23　分:00～59　秒:00～59

時		分		秒	
30～32	30～39	30～35	30～39	30～35	30～39

4) 位置情報

位置情報とは、撮影場所の緯度経度であり、GPS(Global Positioning System)等に基づいて入力するものとする。

緯度情報をASCIIコード9バイト、経度情報をASCIIコード9バイトの計18バイトで入力する。

①緯度情報フォーマット

ASCII コード9バイト

度			分		秒			
30～33	30～39	30～39	30～35	30～39	30～35	30～39	2E(.)	30～39

5) 終了コード

付加情報の終了をあらわす1バイト固定コードで入力する。

終了ｺｰﾄﾞ
04

7.1.2 CCSDS 方式 [1)]

リモートセンシングセンサによるリモートセンシングデータを収集、蓄積及び提供するために必要な付加情報項目例を表－７・４に示す。

表－７・４　CCSDS 方式の付加情報項目例

項目名		情報の挿入場所	入力方法	備考
(1)日時情報	年月日	撮影現場	機器による自動入力	
	時分秒			
(2)飛行船位置情報	X	撮影現場	機器による自動入力	
	Y			
	Z			
(3)飛行船姿勢情報	ロール軸	撮影現場	機器による自動入力	
	ピッチ軸			
	ヨー軸			
(4)センサ状況	温度	撮影現場	機器による自動入力	
	電流			
	電圧			
(5)校正情報		撮影現場	機器による自動入力	
(6)軌道情報		撮影現場	機器による自動入力	
(7)データの種類		撮影現場	機器による自動入力	

(1) 付加情報の構成

リモートセンシングデータのダウンリンク時の形式としては、現在、NASA を中心に標準化が進められている CCSDS 形式とする。CCSDS 形式には、フレームサービスモード及びパケットサービスモードの２つのモードがある。ここでは、フレームサービスモードでリモートセンシングデータをダウンリンクし、パケットサービスモードで軌道情報、観測時刻等の解析及び管理するのに必要となる情報をダウンリンクするものとする。ただし、リモートセンシングデータ、時刻等をどのモードでフォーマットするかについては、詳細設計を行う際に再度検討を行う必要がある。

表－７・５　CCSDS（フレームサービスモード）のデータ構成例

項目名				内容	ﾃﾞｰﾀｻｲｽﾞ [ﾋﾞｯﾄ]	備考
フレームサービスモード	VCDU 識別	(1)バージョン番号		CCSDS のパケットのバージョン番号	2	VCDU 識別子ヘッダ
		(2)VCDU 識別子	飛行船識別子	データの発信元の識別	8	
			VCID	データの種類	6	
		(3)VCDU カウンタ		データ単位毎のシーケンシャル番号	24	
	シグナルフィールド	(4)リプレイフラグ		再生か、リアルタイムかを識別	1	VCDU 識別子ヘッダ
		(5)スペア		予備（未使用）	7	
	アプリケーションデータ			リモートセンシングデータ	8752	ユーザデータ領域

表－７・６　CCSDS（パケットサービスモード）のデータ構成例

項目名			内容	ﾃﾞｰﾀｻｲｽﾞ [ﾋﾞｯﾄ]	備考
パケットサービスモード	パケット識別	(1)バージョン番号	CCSDS 規約のバージョン番号	3	応用プロセス識別子ヘッダ
		(2)タイプ	未使用	1	
		(3)二次ヘッタフラグ	二次ヘッダの有無を通知するフラグ	1	
		(4)応用プロセス識別子	データのパス識別子	11	
	パケットシーケンス制御	(5)シーケンスフラグ	アプリケーションセグメントの状態表示	2	応用プロセス識別子ヘッダ
		(6)パケットシーケンスカウント	パケットのシーケンス番号	14	
	(7)パケット長		アプリケーションデータの長さを規定	16	応用プロセス識別子ヘッダ
	アプリケーションデータ		付加情報	可変	ユーザデータ領域

7.1.3 CEOS 方式[2)]

リモートセンシングセンサによるレベル１以上のプロダクトに必要な付加情報項目の例を表－７・７に示す。現在、プロダクトの国際標準規格は存在しないが、CEOS 形式で管理していることが多い。

表－７・７　CEOS 方式の付加情報項目例

構成	レコード名		内容
Volume Directory File	ボリュームディスクリプタ・レコード		論理ボリューム、レコード内に含まれたデータファイルの数と識別を目的とし、論理及び物理ボリュームの対応付けを行うレコードである。
	ファイルポインタ・レコード		ファイルタイプ及びSAR論理ボリュームの位置に関する情報
	テキストレコード		CCT(Computer Compatible Tape)製品を識別する情報とその内容に関する情報
Leader File	ファイルディスクリプタ・レコード	固定セグメント	ファイルの読み方に関する情報
		可変長セグメント	リーダーファイル内の各レコードの長さとタイプに関する情報
	データセットサマリ・レコード		データを生成するために利用したミッション運用、データ取得情報、センサパラメータ、及び処理パラメータに関する情報
	地図投影データレコード		処理済画像データについてのジオメトリック情報
	プラットフォーム位置データレコード		プラットフォームの位置に関する情報
	姿勢データレコード		データ取得時間におけるプラットフォームの姿勢に関する情報
	ラジオメトリック補償レコード		放射量補正に関する情報
	データ品質サマリレコード		データの品質に関する情報
	データヒストグラム・レコード		サンプリングによるヒストグラムやデータセットの統計量に関する情報
	詳細処理パラメータ・レコード		データ取得時間におけるプラットフォームからのテレメトリ情報
	グランドコントロールポイント・レコード		精密幾何補正を実行するために使用されたGCP(Ground Control Point)情報
	設備関連データレコード		関連施設に関する情報
Image File	ファイルディスクリプタ・レコード		画像データフォーマットに関する情報
	データレコード		画像データ
Trailer File	ファイルディスクリプタ・レコード	固定セグメント	ファイルの読み方に関する情報
		可変長セグメント	補助データレコードの有無及びリーダーファイル内の各レコードの長さに関する情報
Null Volume Directory File	ボリュームディスクリプタ・レコード		論理ボリュームの終了を示す情報

7.2 リモートセンシング観測データの蓄積手法の検討 [3)4)]

リモートセンシング観測データを蓄積するのに適したデータベース(DataBase：DB)について、リレーショナルデータベース(RDB)、多次元データベース(多次元 DB)、オブジェクトデータベース(ODB)及びオブジェクト・リレーショナルデータベース(ORDB)の４種類のデータベースで比較検討した結果を表－７・８に示す。

表－７・８　各種データベースの比較

		RDB	多次元DB	ODB	ORDB
概要		行と列からなる２次元の表（テーブル）でデータを管理する関係データモデルに基づいたデータベース	複数の属性項目（次元）を持ったデータを管理し、分析の視点を次々に切り替えて検索・表示できるデータベース	データとそのデータに対する操作方法とを一体化させた「オブジェクト」として格納し、検索可能とするデータベース	RDB を拡張し、オブジェクト指向の機能を取り入れたデータベース
特徴		比較的単純なモデルであり、理解しやすい。データベースの問い合わせは、ISO で規格されたSQL2 を標準言語として用いている	すべての項目の組み合わせに対応した集計結果をあらかじめ保持しているため、条件を変更した際に短時間で結果を表示できる。	すべてのデータをオブジェクトとして扱うので、複雑なデータを扱う場合でも効率が良い。	RDB の枠を超えて、マルチメディアやオブジェクト指向データを扱えるように機能を拡張したSQL99 を標準言語として用いる。
適合分野		ビジネス・アプリケーションを中心とした数値データの管理	意志決定支援システム、経営情報システム等のオンライン分析処理アプリケーション	数値データ、文書、図形データ、写真、動画等を扱うマルチメディア・アプリケーション	数値データ、文書、図形データ、写真、動画等を扱うマルチメディア・アプリケーション
データの種類毎の適合性	動画像データ	動画ライブラリ的な発想での構築は可能だが、シーンの構造等に踏み込んだ管理には適さない。	動画ライブラリ的な発想での構築は可能だが、シーンの構造等に踏み込んだ管理には適さない。	シーンの構造に踏み込んだ管理、他のメディアとの関連性の扱いなどへの発展が期待できる	シーンの構造に踏み込んだ管理、他のメディアとの関連性の扱いなどへの発展が期待できる。
	適合性	△	△	○	○
	静止画データ	単純なアルバム管理に適するが、他のメディアとの関連性の扱いなどには適さない。	単純なアルバム管理に適するが、他のメディアとの関連性の扱いなどには適さない。	他のメディアとの関連性の扱いなどへの発展が期待できる。	他のメディアとの関連性の扱いなどへの発展が期待できる。
	適合性	△	△	○	○
SQL の対応		SQL２：○ SQL99：×	SQL２：○ SQL99：×	SQL２：× SQL99：×	SQL２：○ SQL99：○
総合評価		オブジェクト指向機能である SQL99 に対応した製品がでたら、検討の価値あり。	RDB で代用可能なため、多次元ＤＢを採用する理由が特にない。	SQL に対応していない。	オブジェクト指向機能が SQL99 に対応しているため、最も有力な方式。
		△（◎）	△	×	◎

7.3 リモートセンシング観測データの検索及び提供手法の検討

7.3.1 リモートセンシング観測データの検索手法の検討

リモートセンシング観測データの効率の良い検索を実現するためには、画像カタログデータ、及び属性情報（撮影場所、撮影日時、撮影センサ、処理結果等）をインデックス情報として、あらかじめ集約しておく必要がある。インデックス情報はデータベースの所在を示す情報と、各データベースの構成･内容を示す情報で構成される。検索システムの利用者は、解析局の解析者と工事事務所等の職員に分けられる。解析局では、全てのリモートセンシング観測データを蓄積・管理するため、解析局自体でインデックス情報を管理する必要がある。工事事務所等ではリモートセンシング観測データを蓄積・管理しないため検索手法案としては、次の２案が考えられる。

① 集中型インデックスDB

：工事事務所等からリモートセンシング観測データを検索する場合、解析局のインデックス情報に直接アクセスする

② 分散型インデックスDB

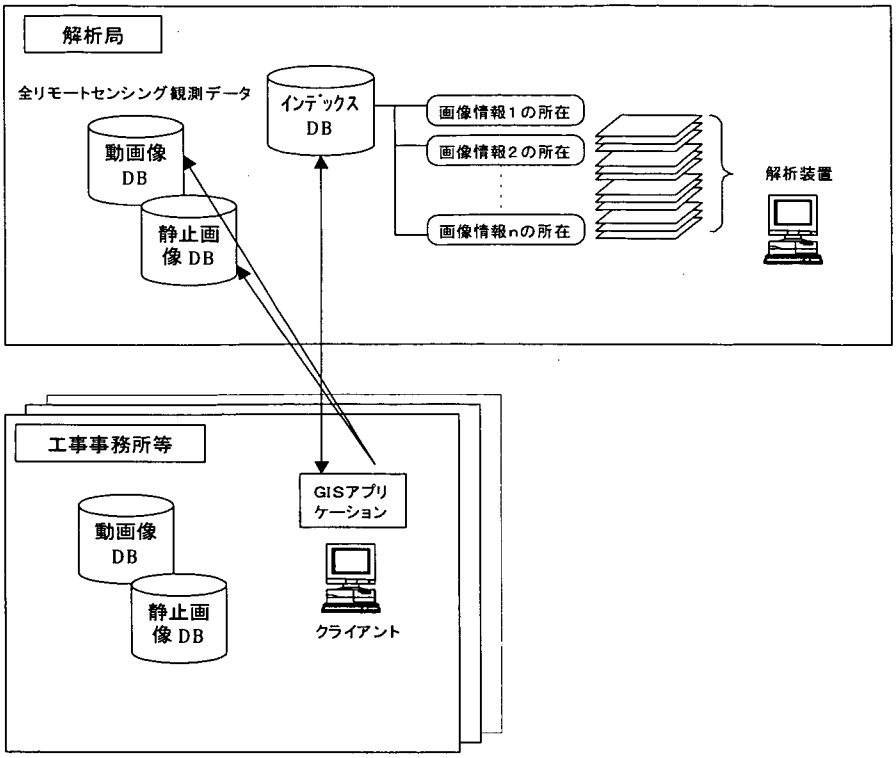
：工事事務所等からリモートセンシング観測データを検索する場合、解析局と同じインデックス情報を工事事務所等で管理し、そのインデックス情報にアクセスする

インデックス情報による検索手法案の比較を表－７・９に示す。

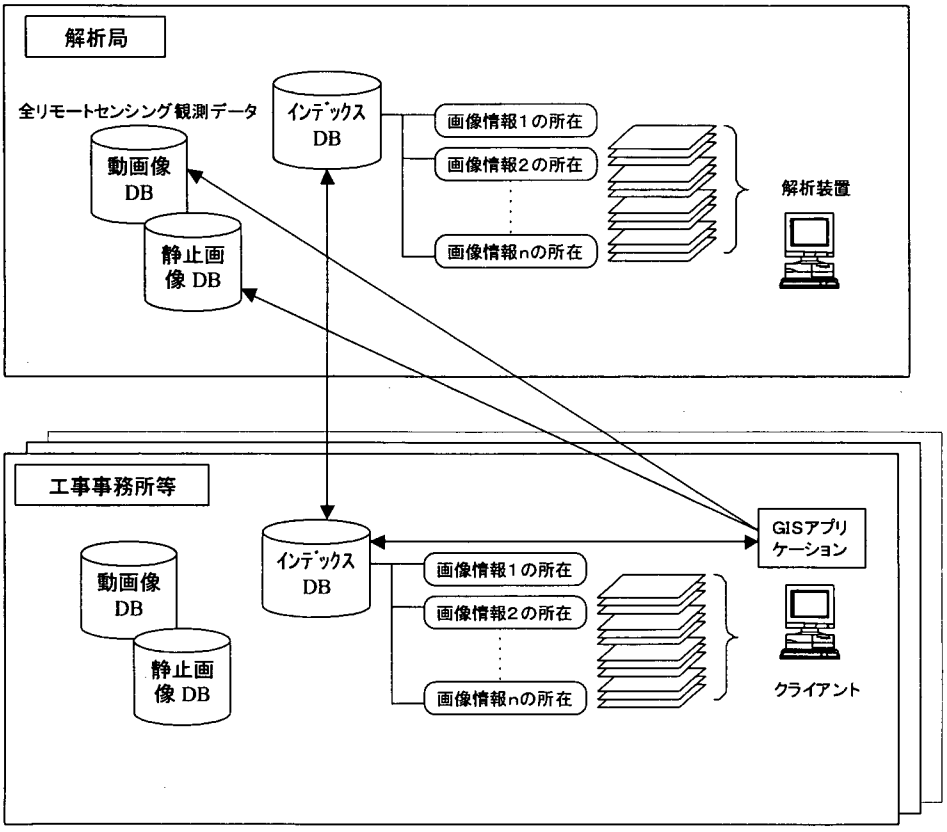
表－7･9　インデックス情報による検索手法案の比較

	①集中型インデックスDB	②分散型インデックスDB
インデックス参照	解析局のインデックス情報へ集中	各工事事務所のインデックス情報に分散
ネットワークへの影響	大: 解析局のインデックスにアクセスが集中する	小: 各工事事務所のインデックスにアクセスが分散される
ハード能力	高： アクセスが解析局のインデックスDBに集中するため、分散型に比べ高処理能力が必要	低： アクセスが各工事事務所のインデックスDBに分散されるため、集中型に比べ低処理能力で可
可用性･信頼性	中： 集中型のため、インデックスDB自体の可用性･信頼性に依存	高： 各工事事務所のインデックスDBに危険分散される 常用サーバ障害時に他のサーバで機能代替可能
応答性能	中： 集中型でありサーバ能力に依存	高： 負荷分散されるため、良好であることが期待できる

工事事務所等からのリモートセンシング観測データの検索手法としては、詳細設計を行う上で更に検討が必要であるが、河川情報システム等、既存の情報システムとの連携を考慮すると、②分散型の検索システムが望ましい。



図－７・１　集中型インデックスDBによる検索イメージ



図－７・２　分散型インデックスDBによる検索イメージ

7.3.2 リモートセンシング観測データの提供手法の検討

リモートセンシング観測データの提供手法の検討について、表－７・１０に示す。

表－７・１０　リモートセンシング観測データの提供方式の比較

	Web ブラウザ方式	専用ビューワ方式
概要	HTTP プロトコルを通信手段とし、HTML で規定された文書をサーバ・クライアント間で通信し、ブラウザで表示する方式である。	Web ブラウザ方式と同等の機能を有し、システムの機能及び表示する情報を最大限に生かすために開発されたビューワで表示する方式である。
新規開発の必要性	なし (汎用のソフト(ブラウザ)を利用)	あり (専用ソフトのため必要)
導入時の一般端末での作業	なし (標準でインストール済み)	あり (専用ビューワソフト及び動作させるための関連ソフトが必要)
応答性	問題なし	問題なし (専用ソフト開発時に考慮する)
仕様の永続性	汎用ソフトであり建設省ではブラウザの機能拡張や変更をコントロールできないので永続性に問題あり。	開発者自ら機能拡張や変更をコントロールできるので永続性あり。

HTTP : Hyper Text Transfer Protocol

HTML : Hyper Text Markup Language

リモートセンシング観測データの提供手法としてのビューワ方式を比較した結果、システムの永続的な利用を考慮すると、ブラウザのバージョンアップにとらわれない専用ビューワ方式が優れている。

第７章参考文献

1) Landsat 7 Website banner(http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/LANDSAT/CAMPAIGN_DOCS/MAIN/Documentation.html)

2) (財)資源・環境観測解析センター,「JERS－１　SAR/OPS CCT フォーマット記述書」,1995

3) (社)情報処理学会,「エンサイクロペディア情報処理'98/'99」,オーム社,1998.9

4) 日経 BP 社出版局,「情報・通信新語辞典」,日経 BP,1999.3

8. システムの構成要素と機能

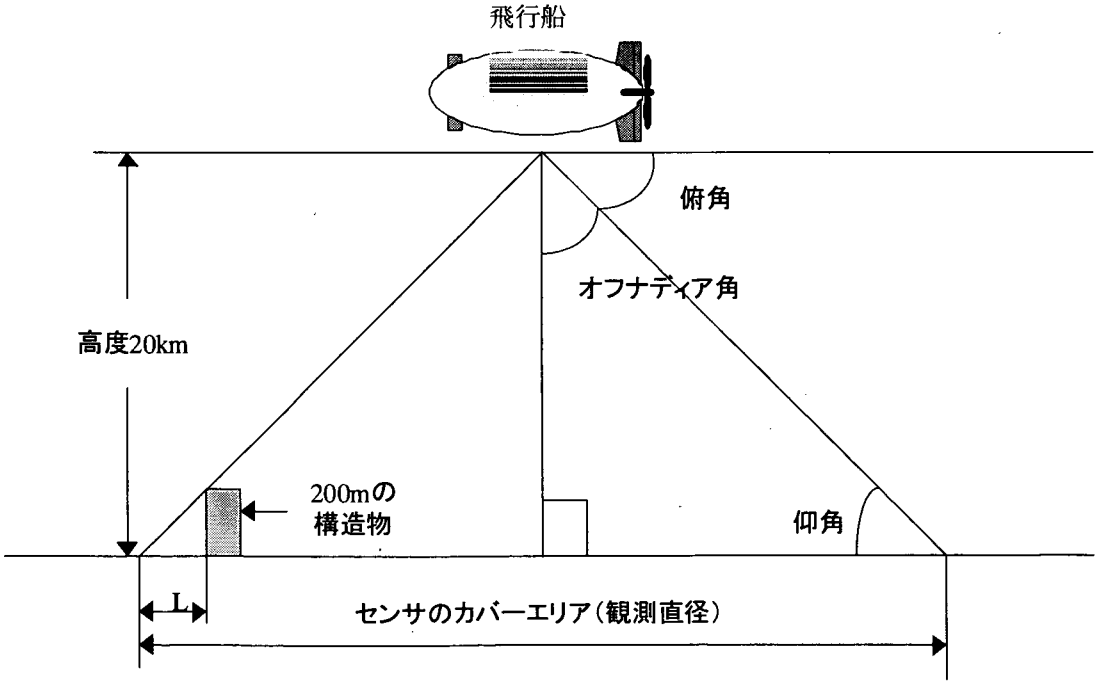
8.1 飛行船

8.1.1 飛行船搭載センサのカバーエリア

飛行船搭載センサのカバーエリアとオフナディア角の関係を表－８・１に示す。

表－８・１　飛行船搭載センサのカバーエリア

オフナディア角[°]	20	30	40	45	50	60	70
観測直径[km]	14.5	23.1	33.6	40.0	47.7	69.3	110
高さ 200m の構造物が不可視域を作る距離 L[m]	72.8	115	168	200	238	346	549



※：地球の曲率の影響は無視できるものとする。

図－８・１　飛行船搭載センサのカバーエリア

表－８・１より、オフナディア角を大きくすると、観測面積が広くなる利点がある反面、障害物等によって観測ができない範囲（不可視範囲）が広くなる欠点もある。このため、飛行船搭載センサのオフナディア角は 45°が限界である。

8.1.2 飛行船の機数

(1) 飛行船（滞留型）

飛行船（滞留型）を観測直径の平方間隔で日本国全土※（日本全国面積を 361,482km^2 [1]とする）に配置した場合の所要機数を表－８・２に示す。

表－８・２　飛行船（滞留型）の機数

オフナディア角［°］	観測直径［km］	所要機数［機］
２０	１４．５	１，７２０
３０	２３．１	６７８
４０	３３．６	３２１
４５	４０．０	２２６

表－８・２より、飛行船（滞留型）により日本全国を隅なく連続監視する場合には、約２２６機以上必要となる。

※　ここでは、本州、北海道、九州、四国、及び沖縄島の面積とする。なお、択捉島、国後島、佐渡島、奄美大島、対馬、淡路島、天草下島、屋久島、種子島、福江島、西表島、色丹島、徳之島、島後、天草上島、石垣島、利尻島、中通島、平戸島、宮古島、小豆島、奥尻島、壱岐、及び大島は除くものとする。

(2) 飛行船（移動型）

飛行船（移動型）の所要機数は、飛行船（移動型）の移動速度を 50km/時（30m/秒の風と正対時）とした場合、目的地までの所要移動時間によって決定される。

表－８・３　飛行船（移動型）の機数

移動時間［時間］	移動距離［km］	所要機数［機］
1	５０	１５２
2	１００	３８
4	２００	１０

表－８・３より、目的地までの移動時間を４時間以内とすると、飛行船（移動型）の機数は約 10 機となる。

8.2 追跡管制局

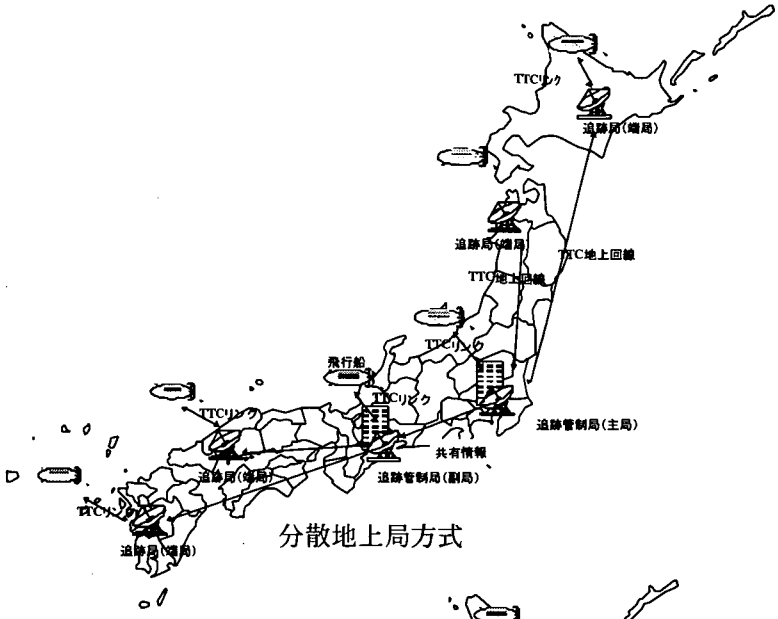
追跡管制局は、解析局から伝送される観測計画等に基づいた飛行船各部への制御信号（コマンド）、飛行船各部からの状態監視信号（テレメトリ）の送受信、飛行船の位置・速度を検出する機能を有する。追跡管制局の構成は、テレメトリ・コマンド系設備、トラッキング系設備、及び風観測・予測系設備から構成される追跡局と運用管制設備及び運用計画設備から構成される管制センターからなる。

8.2.1 追跡管制局の追跡管制方式[2)]

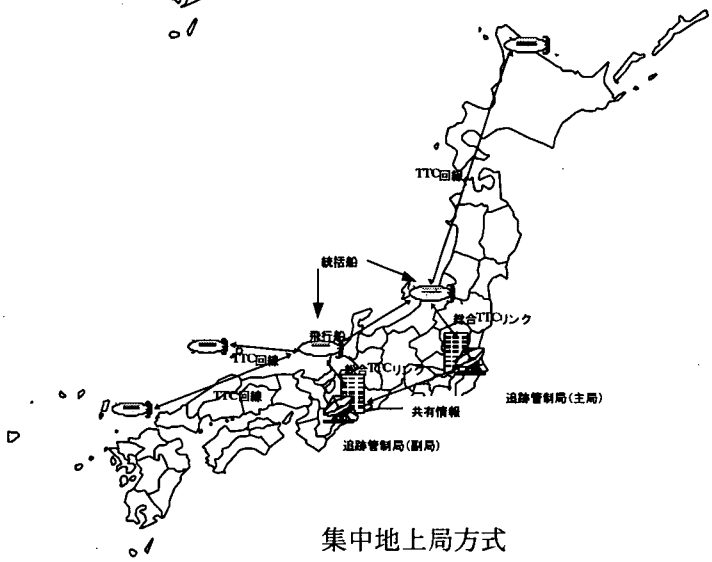
多数の飛行船の追跡管制方式には分散地上局方式、集中地上局方式、人工衛星集中局方式の３方式が現在検討されている。その方式概要、特徴・課題を表－８・４に示す。

表－８・４　追跡管制方式の比較

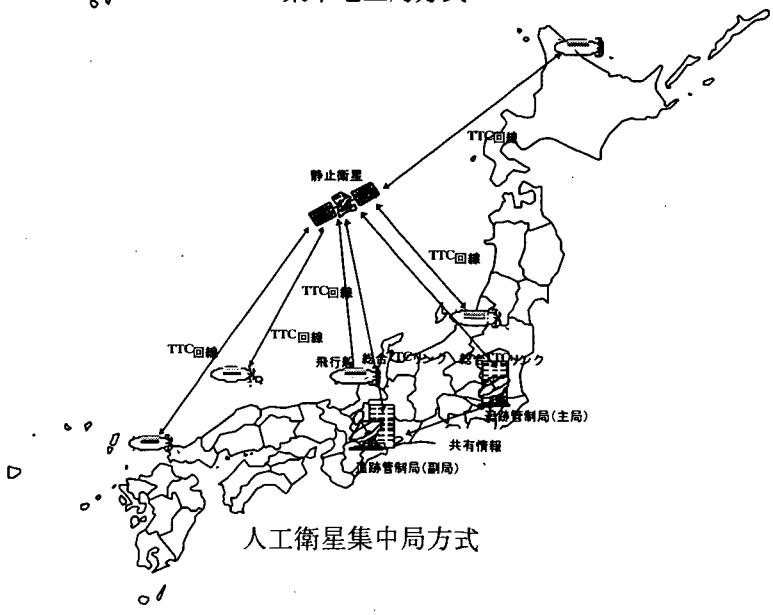
	分散地上局方式	集中地上局方式	人工衛星集中局方式
方式概要	各追跡局が、一つあるいは幾つかの飛行船を追跡管制する。	追跡管制局（主局、副局）のみですべての飛行船を追跡管制する。	追跡管制局（主局、副局）のみですべての飛行船を追跡管制する。
	すべての追跡局のうち、追跡管制局（主局、副局）が、統括して情報を管理する。	飛行船間でネットワークを構成し、データの授受を行う。追跡管制局（主局、副局）の直接管理している飛行船が、統括船として情報を管理する。	追跡管制局と飛行船、間は静止衛星経由回線でデータの授受を行う。
システムの特徴	追跡管制局（主局、副局及び端局）の地上施設により構成する地上ネットワーク	追跡管制局（主局、副局）の地上施設と各飛行船により構成する飛行船間ネットワーク	追跡管制局（主局、副局）の地上施設と各飛行船間を静止衛星経由により構成する飛行船－静止衛星－地上間ネットワーク
	多数の追跡局が必要となり、地上回線の負荷が大きい。	飛行船同士のデータ授受により自律性が向上する。	静止衛星が必要だが、すべての飛行船の同時管制が可能である。
	追跡局間で相互支援、情報交換、連携管制等が可能である。	統括船が異常の場合、管制不能となる。	静止衛星不具合時に管制不能となる（静止衛星に対する冗長構成が必要）。
システムの得失	複数の追跡局により、冗長性は高いが、コストがかかる。	地上からの統括船の追跡管制に加え、飛行船間通信を維持するための船間追跡管制を要し、未知の開発課題が大きい。	実績ある静止衛星間データ通信が利用可能であり、実現性が高い。
	追跡局毎に個別管制と多数の追跡管制要員を要する。	２局冗長構成の場合、追跡管制局は、主局・副局の２局を整備・運用すればよく、低コスト・省力化が図れる。	２局冗長構成の場合、追跡管制局は、主局・副局の２局を整備・運用すればよく、低コスト・省力化が図れる。



分散地上局方式



集中地上局方式



人工衛星集中局方式

図－８・２　追跡管制局の方式例

8.2.2 追跡管制局の構成及び機能

追跡管制局は統制局及び管制センターから構成される。追跡管制局のシステム構成を図－８・３に示す。

(1) 追跡局

追跡局はテレメトリ・コマンド系設備、トラッキング系設備及び風観測・予測系設備からなる。

1) テレメトリ・コマンド系設備

テレメトリ・コマンド系設備は、飛行船との間でテレメトリ及びコマンドデータの授受を行う設備で、送受信設備とベースバンド設備で構成され、それぞれ以下の機能を有する。

①送受信設備

送受信設備はアンテナ設備、受信設備及び送信設備から構成される。

表－８・５　送受信設備の構成

送受信設備の構成	機能
アンテナ設備	飛行船の追尾、飛行船からのＳバンドテレメトリ信号の受信及び飛行船へのコマンド信号を送信する機能を有する。
受信設備	アンテナ設備で受信したテレメトリ信号を受信・復調する機能を有する。
送信設備	飛行船の位置、姿勢及び運用状態を制御するためのコマンド信号を送信する機能を有する

②ベースバンド設備

ベースバンド設備はテレメトリ設備及びコマンド設備から構成される。

表－８・６　ベースバンド設備の構成

ベースバンド設備の構成	機能
テレメトリ設備	飛行船から伝送されるプラットフォームの動作状況を示すテレメトリ信号を復調し、ビット同期、CCSDS パケット復調及びフレーム同期処理等を行いデジタルデータに変換する機能を有する。
コマンド設備	管制センターの運用管理設備で計画された内容から、飛行船の運用制御コマンドデータを発生する機能を有する。

2) トラッキング系設備

トラッキング系設備は飛行船から時々刻々の位置データを取得する設備で、その構成はトラッキング設備から構成される。

表－8.・７　トラッキング系設備の構成

トラッキング系設備の構成	機能
トラッキング設備	飛行船から時々刻々の位置データを取得する機能を有する。

3) 風観測・予測系設備

風観測・予測系設備は風向、風速及びその他の気象現象を観測・予測するための設備で、その構成は気象ドップラーレーダ設備、ウィンドプロファイラ設備、ゾンデ地上設備及び風予測設備から構成される。

表－８・８　風予測・予測系設備の構成

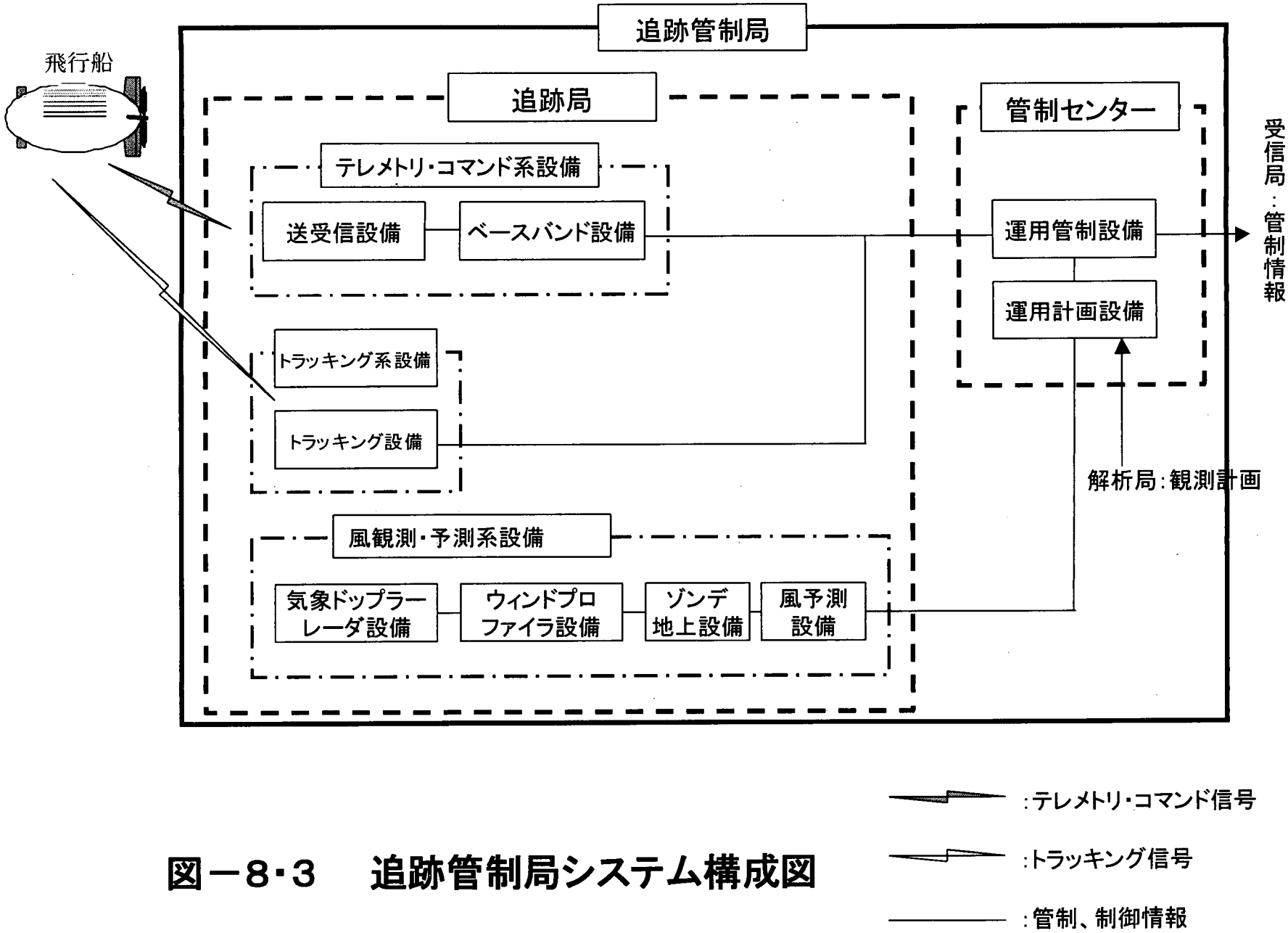
風観測・予測系設備の構成	機能
気象ドップラーレーダ設備	地上から電波を発射し、降水域の３次元的な反射強度及びドップラーの観測結果から降水域の分布、風向・風速等の３次元リアルタイム観測を行うための機能を有する。
ウィンドプロファイラ設備	地上から上層に向けてほぼ垂直に電波を発射し、大気の乱流による屈折率変動が引き起こす微弱な散乱波を受信し、風向風速の３次元リアルタイム観測を行うための機能を有する。
ゾンデ地上設備	上空での大気状態を観測するために、温度計、湿度計、気圧計等を載せて打ち上げられる気球（ゾンデ）からのデータを受信する機能を有する。
風予測設備	気象ドップラーレーダ設備、ウィンドプロファイラ設備、ゾンデ地上設備の観測データをもとに３次元の風予測を行う機能を有する。

(2) 管制センター

管制センターは追跡局に取得されたデータを集計し、飛行船の監視を行うための運用管制、打ち上げ・回収の運用判断のための支援や運用計画立案を行う運用計画、集められたデータの解析・評価を行うためのデータ処理を行う設備で、その構成は運用管制設備及び運用計画設備からなる。

表－８・９　管制センターの構成

管制センターの構成	機能
運用管制設備	追跡局から伝送されるテレメトリデータを解析判読し、飛行船をミッション遂行可能な状態に維持するためのコマンド計画の立案、及びトラッキング系設備からの観測計画を基に、飛行船の位置推定を行い、受信局等へ軌道データの配信、飛行船の位置維持のためのコマンド計画を立案する機能を有する。
運用計画設備	解析局から伝送される観測要求を基に、飛行船の運用環境状況を踏まえたミッション運用計画を立案する機能を有する。



図－8・3　追跡管制局システム構成図

8.3 受信局

受信局は、飛行船から送信されるリモートセンシング観測データを受信・蓄積する機能と、受信したリモートセンシング観測データを解析局に伝送する機能を有する。受信局はアンテナ設備、データ受信設備、レベル０処理設備、データ記録設備、及び受信局運用設備から構成される。

8.3.1 受信方式[2)]

飛行船の受信方式は分散地上局方式、集中地上局方式、人工衛星集中局方式の３方式が検討されている。各方式の概要、特徴及び問題点を表－８・１０に示す。

表－８・１０　受信方式の比較

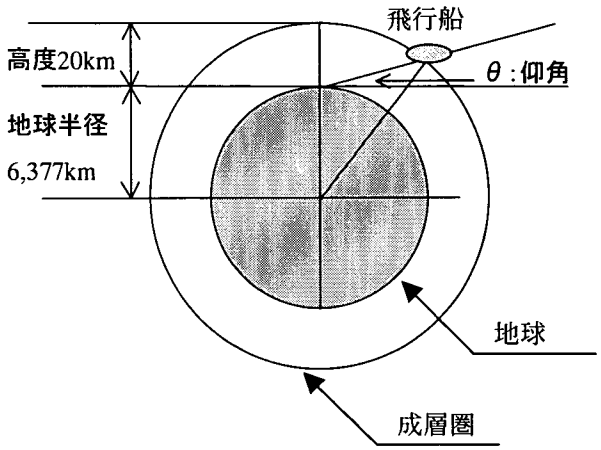
	分散地上局方式	集中地上局方式	人工衛星集中局方式
方式概要	各受信局が、一つあるいは幾つかの飛行船からのリモートセンシング観測データを受信する。	受信局（主局、副局）のみで、すべての飛行船からのリモートセンシング観測データを受信する。	受信局（主局、副局）のみで、すべての飛行船からのリモートセンシング観測データを受信する。
		飛行船間でネットワークを構成し、データの授受を行う。	受信局と飛行船間は静止衛星経由で、データの授受を行う。
システムの特徴	各受信局の地上施設により構成する地上ネットワーク	受信局（主局、副局）の地上施設と各飛行船により構成する飛行船間ネットワーク	受信局（主局、副局）の地上施設と各飛行船間を静止衛星経由により構成する飛行船－静止衛星－地上間ネットワーク
	多数の受信局が必要となり、地上回線の負荷が大きい。	飛行船同士のデータ授受により自律性が向上するが、統括船が異常の場合、受信不能となる。	静止衛星が必要であり、静止衛星不具合時に受信不能となる（静止衛星に対する冗長構成が必要）。
問題点	多数の地上局配置を要し、コストがかかる。	連続した動画像データをリアルタイムに扱う場合、伝送に伴う遅延が発生する。	連続した動画像データをリアルタイムに扱う場合、伝送に伴う遅延が発生する。

8.3.2　受信局の受信範囲

受信局の受信範囲は、その受信局の仰角によって決定される。仰角を小さく設定すると受信範囲は広くなり少ない局数で受信可能となるが、山などの高い物体（構造物等を含む）による影響がでやすい。具体的な仰角を決定するには、受信局の配置箇所によって変化するため、ここでは各仰角における条件提示を行う。

表－８・１１　受信局配置に関する条件

仰角θ[°]	5	10	15	20	30	40
飛行船の追尾可能範囲（半径）[km]	約 194	約 111	約 78	約 56	約 33	約 22
半径 10km 以内の設置条件	高さ 0.88km 以上の障害物がないこと	高さ 1.8km 以上の障害物がないこと	高さ 2.7km 以上の障害物がないこと	高さ 3.7km 以上の障害物がないこと	高さ 5.8km 以上の障害物がないこと	高さ 8.4km 以上の障害物がないこと



図－８・４　受信局の仰角と地球の曲率の関係

8.3.3 受信局のシステム構成と機能

受信局のシステム構成は、アンテナ設備、データ受信設備、レベル０処理設備、データ記録設備、及び受信局運用設備から構成される。受信局のシステム構成を図―８・５に示す。

(1) アンテナ設備

アンテナ設備は、飛行船からＸバンドで送られてくるリモートセンシング観測データを受信する設備である。その構成は空中線装置、空中線駆動装置、空中線制御装置及びプログラム追尾装置からなる。

表－８・１２　アンテナ設備の構成

アンテナ設備の構成	機能
空中線装置	直径１０ｍ以上の主反射鏡で、飛行船からのリモートセンシング観測データを受信する機能を有する。
空中線駆動装置	空中線装置を駆動するための電力を供給する機能を有する。
空中線制御装置	受信機から出力される飛行船からの受信信号のより、アンテナ自身を常に飛行船方向に向けるためのサーボ制御機能を有する。
プログラム追尾装置	追跡管制局から送られてくる飛行船位置情報を基に、電波の到来方向を予測し、アンテナを飛行船に追従させる機能を有する。

(2) データ受信設備

アンテナ設備で受信した飛行船からのリモートセンシング観測データを受信・復調し、ビットストリームのシリアル信号に変換する設備である。その構成は低雑音増幅装置、周波数変換装置、復調装置、追尾受信機、試験用変調装置及び試験用アップコンバータからなる。

表－８・１３　データ受信設備の構成

データ受信設備の構成	機能
低雑音増幅装置	空中線で受信した飛行船からの微小電波を、所定のレベルまで増幅する機能を有する。
周波数変換装置	空中線で受信した信号の伝送損失を防ぐために、Ｘバンド信号を170MHz 又は 360MHz 程度の中間周波数に変換する機能を有する。
復調装置	飛行船で QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)変調され伝送されてくる観測データを QPSK 復調し、デジタルデータに変換する機能を有する。
追尾受信機	アンテナを飛行船に向けるためのサーボ用信号を出力する機能を有する。
試験用変調装置	受信系を試験するためにテスト信号を QPSK 変調する機能を有する。
試験用アップコンバータ	テスト信号を中間周波数から飛行船ダウンリンク周波数と同じＸバンドに変換する機能を有する。

(3) レベル0処理設備

CCSDS形式でダウンリンクされてくるリモートセンシング観測データ、及びテレメトリデータをパケット復調する。復調データをフレーム同期処理、伸張処理等を行い所定のレベル0フォーマットに変換する設備である。その構成は、パケット復調装置、フレーム同期装置、伸張処理装置及びレベル0処理装置からなる。

表－８・１４　レベル0処理設備の構成

レベル0処理設備の構成	機能
パケット復調装置	CCSDS パケット化されたリモートセンシング観測データをパケット復調し、所定のリモートセンシング観測データとその他の情報とを分離する機能を有する。
フレーム同期装置	フレーム同期装置は、分離されたリモートセンシング観測データのフレーム同期処理を行い、各ピクセル単位のデータに再配列する機能を有する。
伸張処理装置	送信側にて圧縮処理されている観測データを伸張処理し、リモートセンシング観測データ本来のデータに変換する機能を有する。
レベル0処理装置	レベル0フォーマットに変換する機能を有する。

(4) データ記録設備

データ記録設備は、受信パケット復調されたレベル0データを一時的に保存し、解析局にレベル0データを伝送する設備である。その構成はレベル0データ記録装置及びレベル0データ管理装置からなる。

表－８・１５　データ記録設備の構成

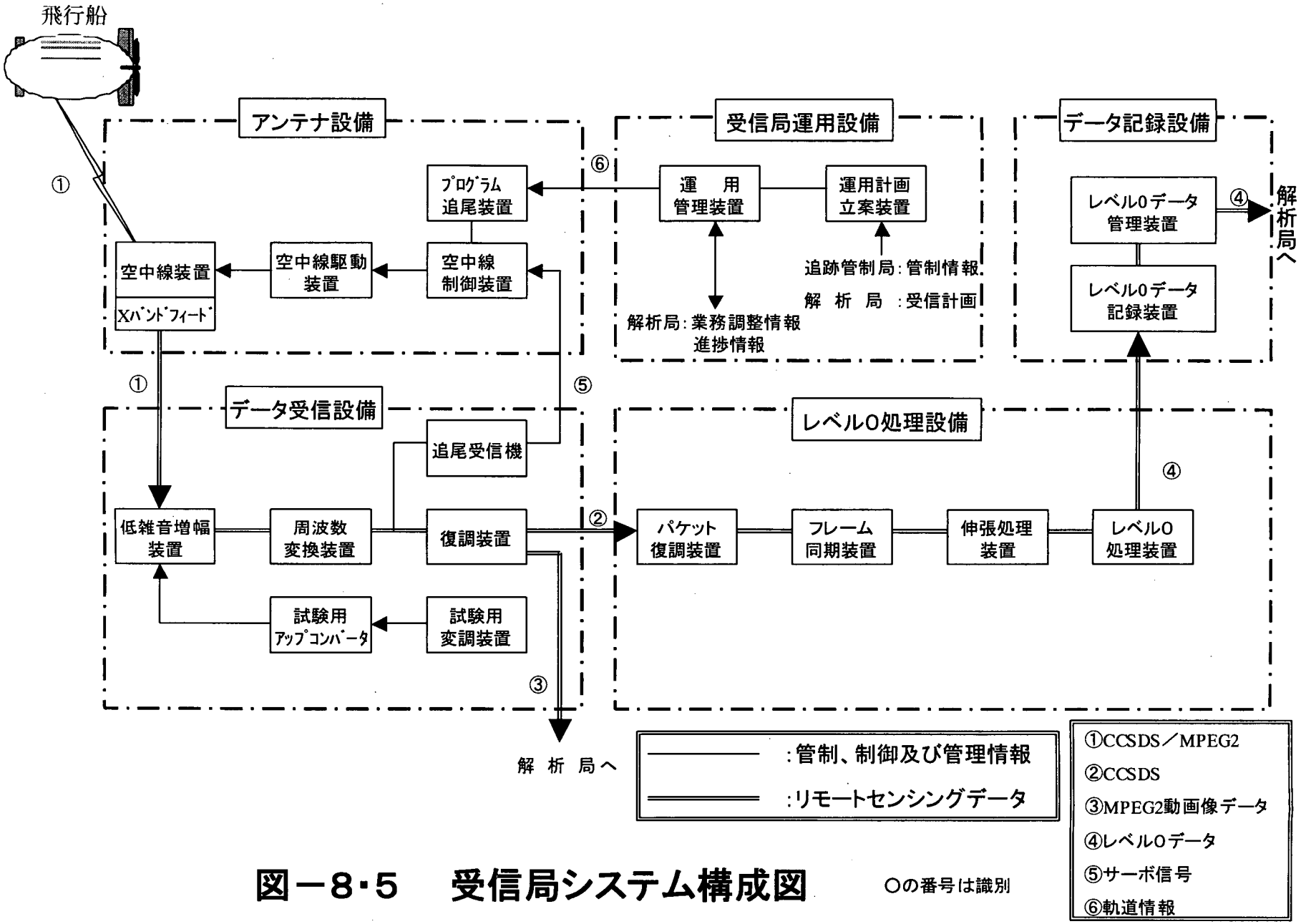
データ記録設備の構成	機能
レベル0データ記録装置	レベル0処理設備でパケット復調されたレベル0データを、磁気テープに記録する機能を有する。
レベル0データ管理装置	レベル0データ記録装置に記録されたデータを管理し、要求に応じて解析局へレベル0データを伝送する機能を有する。

(5) 受信局運用設備

受信局全設備の運用計画管理を行う設備である。その構成は、運用計画立案装置及び運用管理装置からなる。

表－８・１６　受信局運用設備の構成

受信局運用設備の構成	機能
運用計画立案装置	追跡管制局からの管制情報、及び解析局からの受信計画を基に、受信局内の各設備の運用計画を立案する機能を有する。
運用管理装置	運用計画立案装置の運用計画を基に、受信局内の各設備の監視制御を行う機能、及び業務の調整情報や進捗情報を解析局に送信する機能を有する。



図－8・5　受信局システム構成図　　○の番号は識別

8.4 解析局

解析局は、取得したリモートセンシング観測データを処理・保存し、工事事務所等の要求に従い必要な動画像データ・プロダクトを工事事務所等に提供する。解析局は、画像解析・提供系設備と運用管理系設備から構成される。

8.4.1 他機関の利用の可能性

他機関設備の利用の可能性について、表－８・１７に示す。

表－８・１７　他機関設備の利用の可能性

解析局名	A	B	C
可能処理レベル	標準画像処理（レベル１）	標準画像処理（レベル１）	高次処理 解析処理
データ形式	CCSDS 方式	CCSDS 方式	CEOS 方式
建設省が利用する上で必要となる設備・機能	①データ送受信のオンライン化 ②データフォーマットの統一	①データ送受信のオンライン化 ②データフォーマットの統一	①データ送受信のオンライン化 ②データフォーマットの統一
解析処理の運用体制	①勤務体制：24 時間体制、３シフト勤務 ②解析要員：30 名 （１シフト約６名） （ただし、ADEOS－２の画像処理の場合）	①勤務体制：日勤のみ ②解析要員： 2～3 名	①勤務体制：日勤のみ ②解析要員： 数十名
利用の可能性	◎ （協定が必要）	△ （限定した用途では利用可能）	◎ （協定が必要）

※ 参考：標準画像処理を行える機関としては、NASDA の地球観測センター（Earth Observation Center：EOC）、リモートセンシング技術研究センター（Remote Sensing Technology Center of Japan：RESTEC）がある。

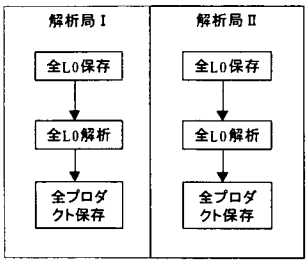
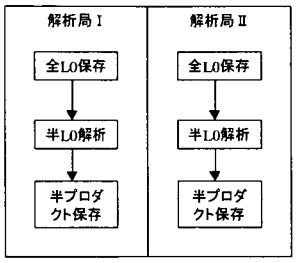
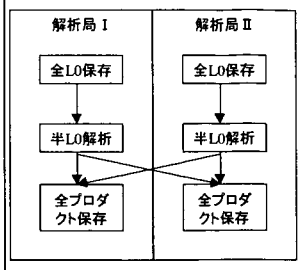
※ 参考：高次処理・解析処理を行える機関としては、NASDA の地球観測データ解析研究センター（Earth Observation Research Center：EORC）がある。

データ形式を統一すれば、Ａ及びＣの他機関の解析設備が十分利用可能である。ただし、リアルタイム性・緊急時の体制を考慮すると、解析局は独自に２局整備する必要がある。

8.4.2 解析局の運用方法

解析局の運用方法の比較を表－８・１８に示す。

表－８・１８　解析局の運用方法の比較

	案(1)	案(2)	案(3)
運用方法	 ① 解析局Ⅰ及びⅡで、全てのレベル０データを保存する。 ② 解析局Ⅰ及びⅡで、全てのレベル０データを解析処理する。 ③ 解析局Ⅰ及びⅡで、全てのプロダクトを保存する。	 ①解析局Ⅰ及びⅡで、全てのレベル０データを保存する。 ② 解析局Ⅰ及びⅡで、半分のレベル０データを解析処理する。 ③解析局Ⅰ及びⅡで、半分のプロダクトを保存する。	 ①解析局Ⅰ及びⅡで、全てのレベル０データを保存する。 ② 解析局Ⅰ及びⅡで、半分のレベル０データを解析処理する。 ③解析局Ⅰ及びⅡで、全てのプロダクトを保存する。
特徴	①データ及び解析処理が完全二重化のため信頼性が案(2)・(3)と比較して高い。 ②システム規模は案２の２倍の大きさとなる。 ③解析者数は案(2)・(3)の２倍必要となる。 ④解析された高次処理プロダクツは各解析局間で異なる可能性がある。	① レベル０データ以外は二重化されていないため信頼性が案(1)・(3)と比較して低い。 ② システム規模は案(1)の半分の大きさとなる。 ③ 解析者数は案(1)と比較して半分となる ④ １つのデータに対して、一方の解析局のみで解析を行うため、解析結果の管理が容易である。	①データは完全二重化及び解析処理は半分のため、信頼性は案(2)と比較して高い。 ②システム規模は、案(1)・(3)の中間の大きさとなる。 ③解析者数は案(1)と比較して半分となる ④１つのデータに対して、一方の解析局のみで解析を行うため、解析結果の管理が容易である。

表－８・１８より、解析局の運用方法としては、信頼性や解析者の要員数などを考慮すると案(3)が有望である。

8.4.3 解析局の役割

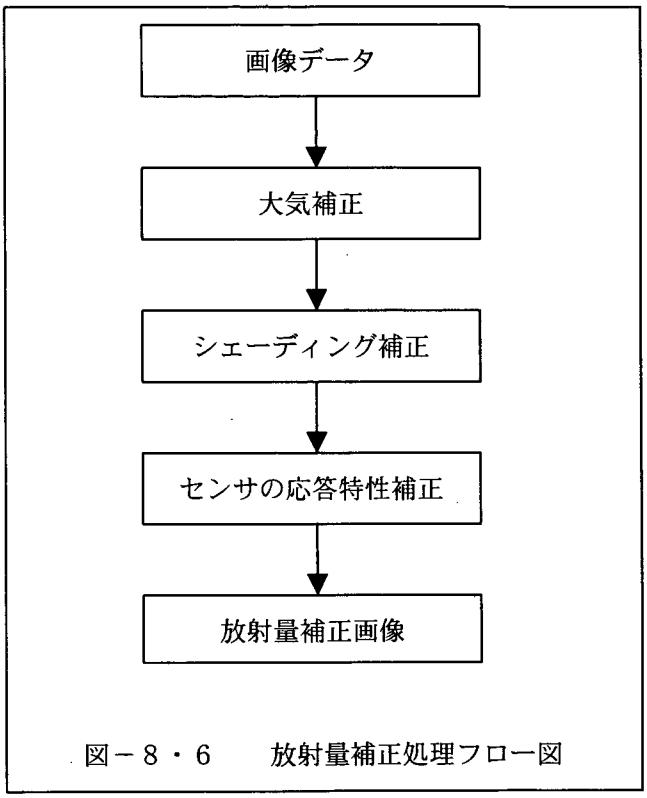
解析局で実施するリモートセンシングデータの標準処理及び高次処理について述べる。

(1) 標準処理アルゴリズム

リモートセンシングにより得られた画像には、放射量による歪と幾何学的な歪がある。これらを除去する処理を一般に補正処理と呼ぶ。補正処理には、画像の濃度に関する歪を除去する放射量補正と、画像の幾何学的な形状に関する歪を除去する幾何学的補正がある。放射量補正を行うことにより、地表面での反射率を正確に反映した画像を得ることができる。幾何学的補正を行うことにより、地表面での位置や形状を正確に表す画像を取得することができる。

1) 放射量補正[3)]

リモートセンシングにより、地上の対象物が何であるか調べる場合、対象物固有の反射率を調べる。しかし、対象物からの反射光は、我々が直接観測値を得ることができるセンサに届くまでに、大気による散乱や吸収が行われる。具体的には、パスラジアンス(path radiance)と呼ばれる大気からの放射(radiation)及び散乱光、太陽の直射光の放射、天空光(skylight:太陽光が大気中で散乱されて全天から入射してくる散乱放射のこと)の放射等が入ってくる。放射量補正とは、直接観測できるセンサの出力値から、対象物の反射率を推定する処理のことである。放射量歪の原因としては種々のものがあるが、大きく分けて2種類に分けられる。第一は、センサで受信されるまでの間に大気等の受信路で負荷される雑音である。第二は、センサに起因する歪である。センサが光学系の場合には、レンズ系を通過する時に受ける周辺減光がある。また、センサがスキャナの場合には、センサの感度の変化、量子化レベル(quantization level)による歪がある。



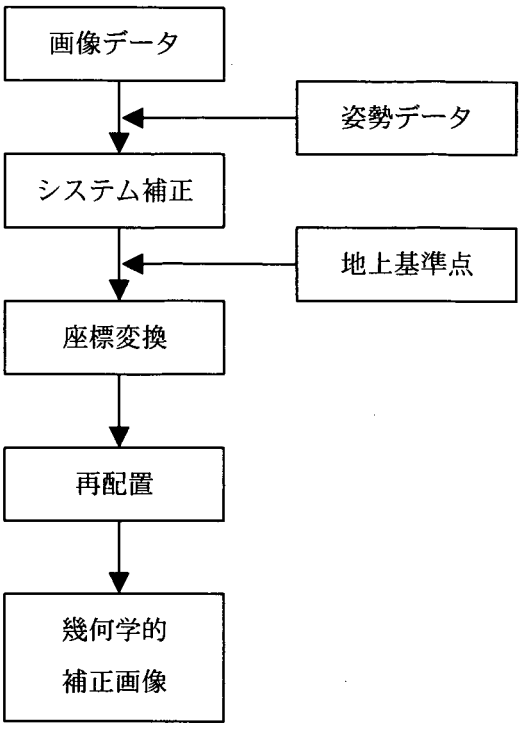
図－8・6　放射量補正処理フロー図

以上のような歪の原因を取り除くことを放射量補正という。大気の散乱には大気補正、周辺減光にはシェーディング、センサの応答特性補正には、標準偏差・平均法、累積ヒストグラム法、周波数領域除去法等を利用することができる。

2) 幾何学的補正 [3)]

幾何学的補正には、センサ内部の機構により生じる内部歪と、飛行船あるいは対象物などの外部に起因する外部歪の２種類がある。

内部歪が発生する原因をスキャナ、画像レーダ及びカメラ毎に述べる。スキャナの場合には、検知素子の口径、瞬時視野、回転鏡の回転数や回転速度等が関係する。画像レーダの場合には、ビーム幅、サンプリングレートが関係する。カメラの場合には、レンズの歪、焦点距離、フィルムの平面性、光軸とフィルムの直交性等が関係する。



図－８・７　幾何補正処理フロー図

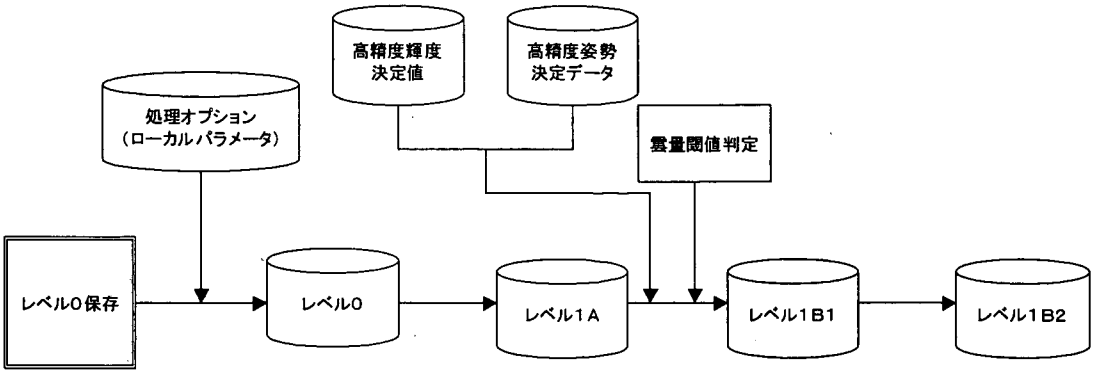
外部歪には、プラットフォームの位置、姿勢、及び速度等に関係するものと、センシング対象物の地形の起伏、地形の曲率、及び地球の自転等に関係するものがある。

幾何学的歪の補正には、大きく分けてシステム補正、地上基準点を用いた補正、システム補正と地上基準点を用いた補正との併用による補正がある。システム補正では、タンジェント補正や地球曲率補正を用いることができる。スキャナにより取得された一走査線上の画像は、飛行船直下に比較して、端の画素間隔が広くなる。これを補正する方式として、タンジェント補正がある。スキャナにより取得された一走査線上の画像は、地球曲面の影響により、飛行船直下に比較して、端の画素間隔が広くなる。これを補正する方式として、地球曲率補正がある。地上基準点を用いた補正とは、入力された画像座標系と出力すべき地図座標系との間の座標変換式を、地上基準点を用いて決定する方式である。

3) 標準処理フロー及びデータ量

解析局での標準処理は飛行船に搭載するセンサによって異なるため、ここでは ALOS 衛星の PRISM（パンクロマチックセンサ）、AVNIR-2（可視近赤外放射計）及び PALSAR（SAR）による標準処理フロー及びプロダクトデータ量を示す。ただし、PALSAR は飛行船（移動型）の場合とする。なお、以下の数値は参考値である。

①PRISM　飛行船（滞留型）・飛行船(移動型)

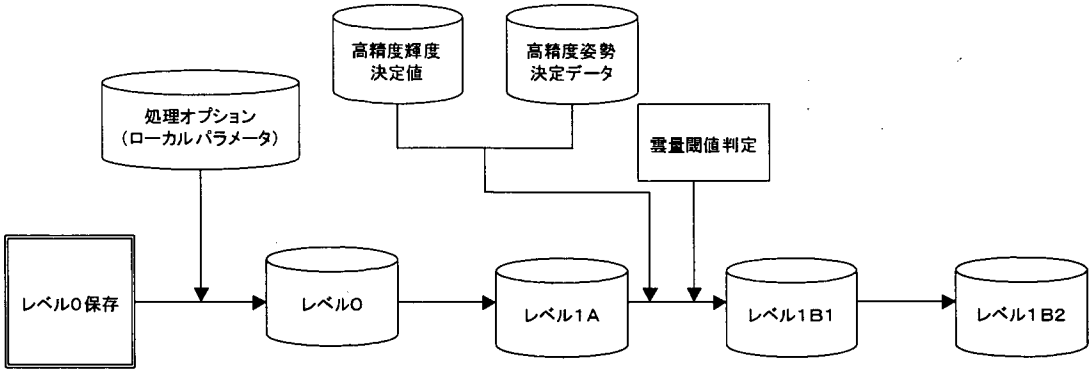


図－８・８　PRISM の処理フロー

表－８・１９　PRISM 処理レベル

レベル	内容	データ量 [MB]
レベル 0	・受信局から伝送されるレベル 0 データ。 １日当たりのデータ量は 7,600 シーンで 400GB である。 従って、1 シーン当たり 53MB となる。	53
レベル 1A	・シーン単位に切出されている。 (35km×35km、分解能 2.5m) ・圧縮データが伸長されている。 ・画像データはバイト単位である。 ・欠損パケットに対して、ダミーデータが付加されている。 ・複数の CCD から読み出されたデータが、ライン単位に編集（ライン生成）されている。 ・ラジオメトリック補正係数が付加されている。 ・幾何補正係数が付加されている。	200
レベル 1B1	・レベル 1A 画像に対し、ラジオメトリック補正が行われている。 ・ラジオメトリック補正済み画像の画素値を、輝度値に変換するための絶対校正係数が付加されている。	200
レベル 1B2	・レベル 1B1 データに対し、幾何補正が行われている。 ・指定した地図投影法に投影されている。 地図投影法は UTM（Universal Transverse Mercator's Projection）／PS（Polar Stereo Projection） フレーミング法は Geo-Coded／Geo-Referenced	200

②AVNIR-2　飛行船（滞留型）・飛行船（移動型）

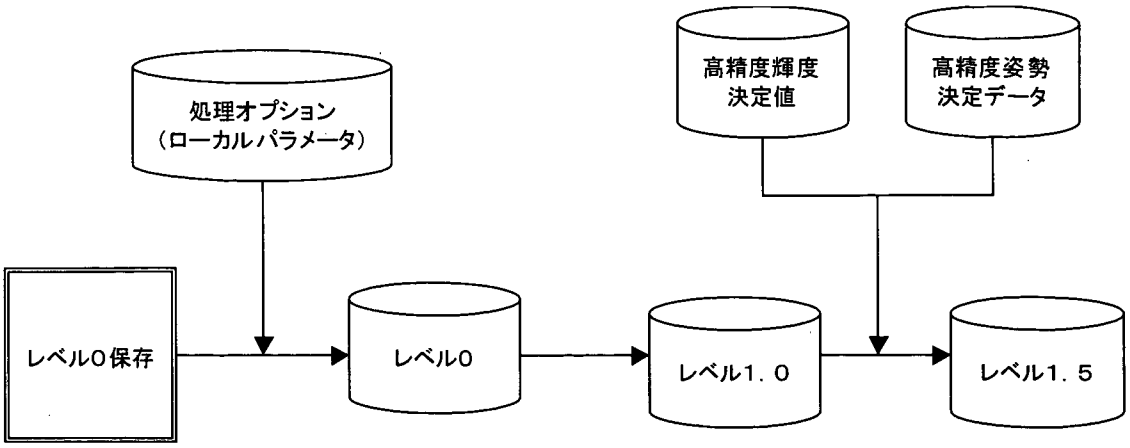


図－８・９　AVNIR－２の処理フロー

表－８・２０　AVNIR-2 処理レベル

レベル	内容	データ量 [MB]
レベル 0	・受信局から伝送されるレベル 0 データ 1 日当たりのデータ量は 1,400 シーンで 230GB である。 従って、1 シーン当たり 164MB となる。	164
レベル 1A	・シーン単位に切出されている。 (70km×70km、分解能 10m) ・圧縮データが伸長されている。 ・画像データはバイト単位である。 ・欠損パケットに対して、ダミーデータが付加されている。 ・ラジオメトリック補正係数が付加されている。 ・幾何補正係数が付加されている。	200
レベル 1B1	・レベル 1A 画像に対し、ラジオメトリック補正が行われている。 ・ラジオメトリック補正済み画像の画素値を、輝度値に変換するための絶対校正係数が付加されている。	200
レベル 1B2	・レベル 1B1 データに対し、幾何補正が行われている。 ・指定した地図投影法に投影されている。 ・オプション指定により、概略 DEM（Digital Elevation Model）を用いた倒れ込み補正が行われている。 地図投影法は UTM／PS の 2 種類 フレーミング法は Geo-Coded／Geo-Referenced	200

③PALSAR　飛行船（移動型）



図－８・１０　PALSAR の処理フロー

表－８・２１ PALSAR 処理レベル

レベル	内容	データ量 [MB]
レベル 0	・受信局から伝送されるレベル 0 データ。 1 日当たりのデータ量は 1,400 シーンで 450GB である。 従って、1 シーン当たり 350MB となる。	350
レベル 1.0	・シーン単位に切出されている。 （70km×70km、分解能 10m） ・5 ビットデータを 8 ビット拡張する。 ・各偏波データに分離されている。 （多偏波観測モードの場合） ・スキャン毎に分離されている。 （Scan SAR 観測データの場合）	530
レベル 1.5	・レンジ圧縮・マルチルックアジマス処理が行われた振幅データを、グランドレンジに投影した上で地図投影されている。	260

(2) 高次処理アルゴリズム

高次処理には、土地被覆等による波長依存特性の違いを利用する植生分布、土壌分布、土地利用状況処理等がある。以下に、各高次処理アルゴリズム毎の手法について述べる。

表－８・２２ 高次処理アルゴリズム

No	観測種類	方法	備　考
1	降雨量の計測 [4]	降雨量計測のアルゴリズムの原理は、レーダから得られる降水強度と飛行船から得られる可視データ及び赤外データとの重回帰分析を行い、そこで得られた多項式を用いて降水強度を推定する方法である。	飛行船（滞留型）・飛行船（移動型）
			センサの性能が向上すれば、利用可能である
2	植生分布・土壌分布・土地利用の計測 [5]	分光反射特性による土地被覆分類識別のアルゴリズムの原理は、観測対象(土地被覆状態等)の波長依存性の差異を利用する方法である。	飛行船（滞留型）
			センサの性能が向上すれば、利用可能である
			飛行船（移動型）
			利用可能である
3	洪水観測の計測	洪水観測のアルゴリズムの原理は、陸水判別アルゴリズムと平常時及び異常時の差異抽出アルゴリズムが基本要素となる。基準画像として、平常時の陸水分布をあらかじめ保有しておき、洪水時の陸水分布と比較することにより、洪水状況の把握を行う方法である。	飛行船（滞留型）・飛行船（移動型）
			センサの性能が向上すれば、利用可能である
4	濁度の計測 [6]	濁度計測のアルゴリズムの原理は、混濁物による反射率変化（濁度による波長依存性）を利用する方法である。	飛行船（滞留型）・飛行船（移動型）
			センサの性能が向上すれば、利用可能である
5	地形・植生合成	地形・植生合成のアルゴリズムの原理は、植生分布・土壌分布・土地利用の計測により得られた画像を、標高データをもとに作成された立体画像に貼り付ける方法である。	－

(3) 管理情報

プロダクトを管理するための情報は、その利用目的に応じてデータベースに格納するメタ情報として設定する必要がある。表－８・２３にメタ情報例を示す。

表－８・２３(1/2)　メタ情報例

テーブル名	項　目	内　容
Data Originator	Data originator	データ収集源
	Instrument	機器名称、機器仕様、センサ数、機器名称
	Sensor	センサの機能、センサ略称、センサ名
	Sensor Characteristic	値、単位、データタイプ
	Platform	プラットフォームショート名、ロング名
	Platform Characteristic	データ名称、値、計測単位、プラットフォームのデータタイプ
	Field Campaign	データ収集開始日、データ収集終了日、Campaign やプロジェクト名
	Non Instrument	ノンインスツルメントショート名、ロング名
Contact	Contact	区分、勤務時間、連絡方法
	Email	E-mail アドレス
	Contact Person	役職・地位、氏名
	Contact Address	番地名、市町村名、郵便番号、国名
	Telephone	電話番号、電話番号タイプ
	Contact Organization Name	団体名、会社名
Data Granule	Data Granule	データサイズ、グラニュールレベル、グラニュールデータ記述へのポインター
	Processing QA	エラーに関する記述、ＱＡ属性
	QA Granule	データモデルへのポインター
	Browse	ブラウズへのポインター、ブラウズの説明、データサイズ
	Operation Mode Class	機器のオペレーションモード
	QA status	データ損失率、閾値
	Ancillary Parameter Granule	アンシラリパラメータへのポインター
	Orbit Parameter Granule	軌道パラメータへのポインター
	Processing History	処理履歴へのポインター
Collection	グラニュールの集合体の定義。データ検索等に有効。	
Delivered Algorithm Package	公開された処理アルゴリズムのテーブル	
Document	関連文書のテーブル	

表－８・２３(2/2)　メタ情報例

テーブル名	項　目	内　容
Spatial	Spatial	座標系タイプ
	Granule Locality	空間/時間名
	Vertical Spatial Domain	グラニュール毎の垂直方向領域記述、領域タイプ
	Orbit Calculated Spatial Domain	位置決定のために使用する軌道モデル名、軌道番号、最初の軌道番号、最後の軌道番号、緯度経度、時刻、日付
	Geodetic Mode	基準点名、赤道半径、地球主軸比
	Altitude System Definition	基準高度面名、高度の単位、高度の記号化の方法
	Depth System Definition	深さ方向識別子
	Depth Distance Units	深さの記号化の方法
	Attitude Resolution Class	高度最小間隔
	Depth Resolution Class	深さ最小間隔
	Geographic Coordinate System	緯度最小間隔、経度最小間隔、緯度経度で用いられる単位
	Local Coordinate System	座標系の説明
	Planer Coordinate Information	平面方向単位、平面方向座標系上での水平位置
	Zone Identifier Class	ゾーン識別子
	Distance and Bearing Representation	2点間最小距離、2点間の計測可能最小角、角度の単位、時計周り方向、軸種
	Coordinate Representation	2点間最小距離
	Map Projection	マップのシステム名称
	Local Planer Coordinate System	水平面の座標系の説明
	Grid Coordinate System	グリッド座標系名称
	Grid Point	ジーリングを構成する点の位置、点のシーケンス番号
	G-ring	ジーリングフラグ
	Bounding Rectangle	西経限界値、北緯限界値、東経限界値、南緯限界値
	Point	緯度、経度
	Circle	中心位置（緯度、経度）、半径、半径の単位

8.4.4 解析局のシステム構成と機能

解析局システムの構成は、データ保存設備、動画像提供蓄積設備、標準処理設備、高次処理設備、インデックスデータベース設備、情報配布設備、生産管理設備及び運用管理設備からなる。解析局のシステム構成を図―８・１１に示す。

(1) データ保存設備

データ保存設備は、受信局から送られてきた静止画像データなどのリモートセンシングデータのレベル０データ及び標準処理・高次処理設備で作成されたプロダクトを保管する設備である。その構成は制御装置、バッファ装置及びデータ保存用磁気テープライブラリ装置からなる。

表－８・２４　データ保存設備の構成

データ保存設備の構成	機能
制御装置	磁気テープに保存されたレベル０データ、プロダクトを管理・蓄積し、要求に基づきデータの配信を行う機能を有する。
バッファ装置	受信局から伝送されるレベル０データ、及び標準・高次処理設備で作成されたプロダクトを一時保存し、データ保存用ライブラリ装置にデータ蓄積を調整する機能を有する。
データ保存用磁気テープライブラリ装置	受信局からのレベル０データ及び標準・高次処理設備で作成されたプロダクトを磁気テープに保存する機能を有する。

(2) 動画像提供蓄積設備

動画像提供蓄積設備は、飛行船からの動画像データをリアルタイムに配信及び蓄積する設備である。その構成はリアルタイム動画像サーバ、蓄積動画像データベース及び付加情報抽出装置からなる。

表－８・２５　動画像提供蓄積設備の構成

動画像提供蓄積設備の構成	機能
リアルタイム動画像サーバ	MPEG2 方式により、圧縮された動画像データの一時蓄積、クライアントからの要求により、クライアント端末に動画像データをリアルタイムに配信する機能及び付加情報とともに蓄積動画像データベースに切り出した動画像データを送信する機能を有する。
蓄積動画像データベース	リアルタイム動画像サーバから送信された動画像データを蓄積する機能を有する。
付加情報抽出装置	MPEG2 に圧縮されたデータを復号化し、付加情報を抽出する機能を有する。

(3) 標準処理設備

標準処理設備は、データ保存設備で保存したレベル０データから、放射量補正及び幾何学的補正の標準処理を行うことにより、標準プロダクトを作成する設備である。その構成は、標準処理装置及び標準処理画像入出力用磁気ディスク装置からなる。

表－８・２６　標準処理設備の構成

標準処理設備の構成	機能
標準処理装置	レベル０データから放射量補正及び幾何学的補正を行い、標準プロダクトを作成する機能を有する。
標準処理画像入出力用磁気ディスク装置	標準処理装置で標準プロダクトを作成するために、レベル０データ、標準処理装置で作成された標準プロダクト及び一時データを蓄積する機能を有する。

(4) 高次処理設備

高次処理設備は、標準処理設備で保存した標準プロダクトから高次処理を行うことにより、GIS（Geographic Information System）での提供画面を作成及び保存する設備である。その構成は高次処理装置、高次処理画像入出力用磁気ディスク装置、解析処理装置、解析処理画像入出力用磁気ディスク装置及びGUI（Graphical User Interface）解析装置からなる。

表－８・２７　高次処理設備の構成

高次処理設備の構成	機能
高次処理装置	標準プロダクトから、高次プロダクトを作成するための処理装置で、自動で作成できる高次プロダクトを処理する機能を有する。
高次処理画像入出力用磁気ディスク装置	高次処理装置がプロダクトを作成するために、標準プロダクトや一時データ、高次プロダクトを一時的に蓄積する機能を有する。
解析処理装置	操作員の介入が必要な高次プロダクト作成、工事事務所等で参照するための解析結果の作成を行う機能を有する。
解析処理画像入出力用磁気ディスク装置	上記解析処理を行うために必要なプロダクトを、一時的に蓄積する機能を有する。
GUI 解析装置	操作員がインタラクティブな画像解析処理を行うための端末装置。

(5) インデックスデータベース設備

インデックスデータベース設備は、標準処理設備及び高次処理設備で処理されたプロダクトと、動画像データの付加情報を管理する設備である。その構成は、インデックス用データベース管理装置及びインデックス用磁気ディスク装置からなる。

表－８・２８　インデックスデータベース設備の構成

インデックスデータベース設備の構成	機能
インデックス用データベース管理装置	データベースエンジンを搭載し、解析局で作成したプロダクト等の全データの付加情報を管理する機能を有する。
インデックス用磁気ディスク装置	データベースを格納する機能を有する。

(6) 情報配布設備

情報配布設備は、工事事務所等の要求により、リモートセンシング観測データを提供する設備である。その構成は、情報提供サーバからなる。

表－８・２９　情報配布設備の構成

情報配布設備の構成	機能
情報提供サーバ	工事事務所等からの要求に応じて、インデックスデータベース設備に、目的とするデータの所在を問い合わせた後に、各種設備よりデータの取得を行うことにより、表示データの提供を行う機能を有する。

(7) 生産管理設備

生産管理設備は、受信局から送られてきたレベル０データを管理し、運用管理設備からの解析計画に基づいてプロダクトの生産管理を行う設備である。その構成は、生産管理装置からなる。

表－８・３０　生産管理設備の構成

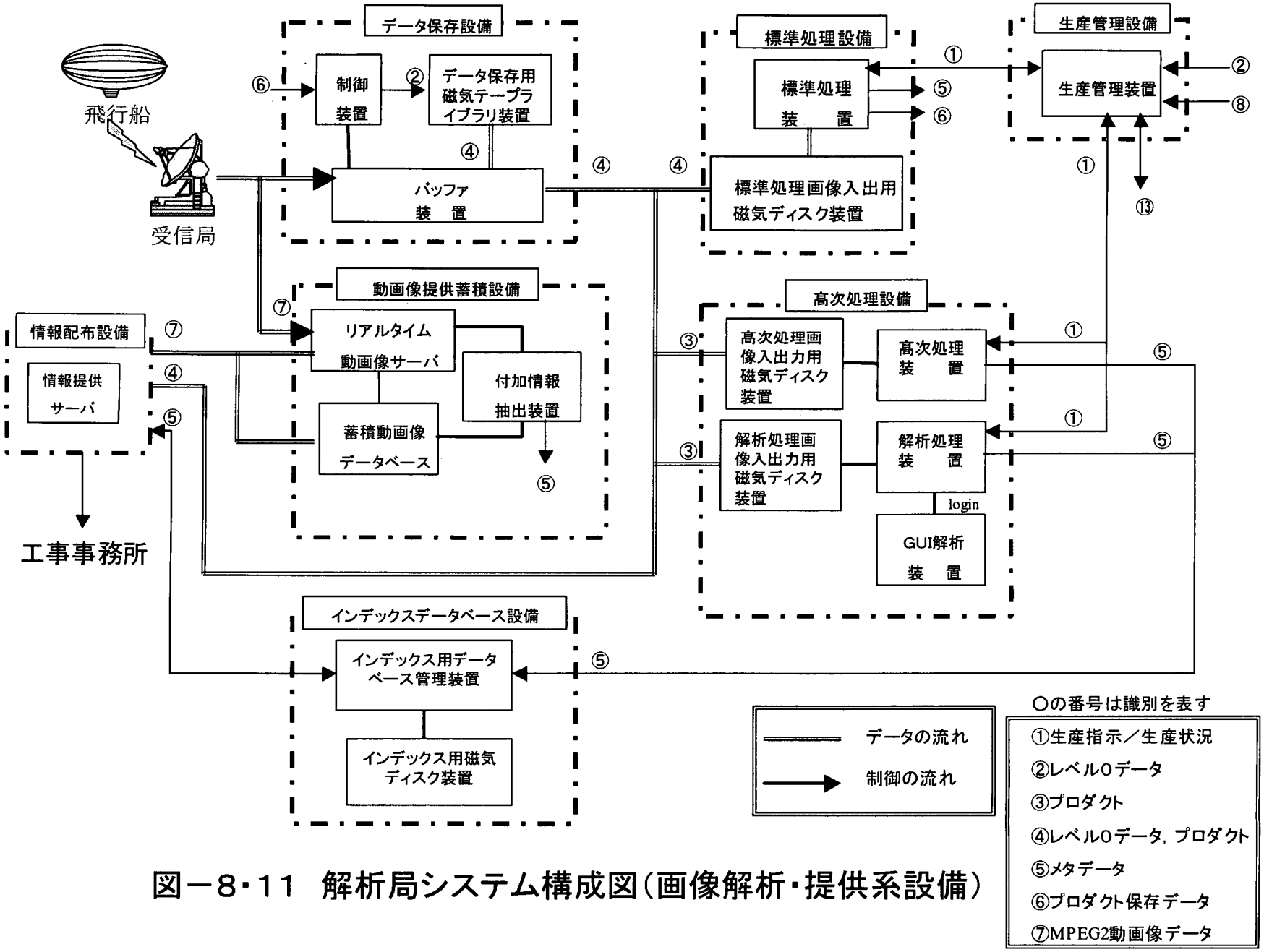
生産管理設備の構成	機能
生産管理装置	観測計画立案設備からの解析計画をもとに、標準処理設備・高次処理設備で処理するプロダクトの生産計画を作成し、解析局で作成するプロダクトの生産を管理する機能及び業務の調整情報や進捗情報を、各局業務調整・進捗管理設備に送信する機能を有する。

(8) 運用管理設備

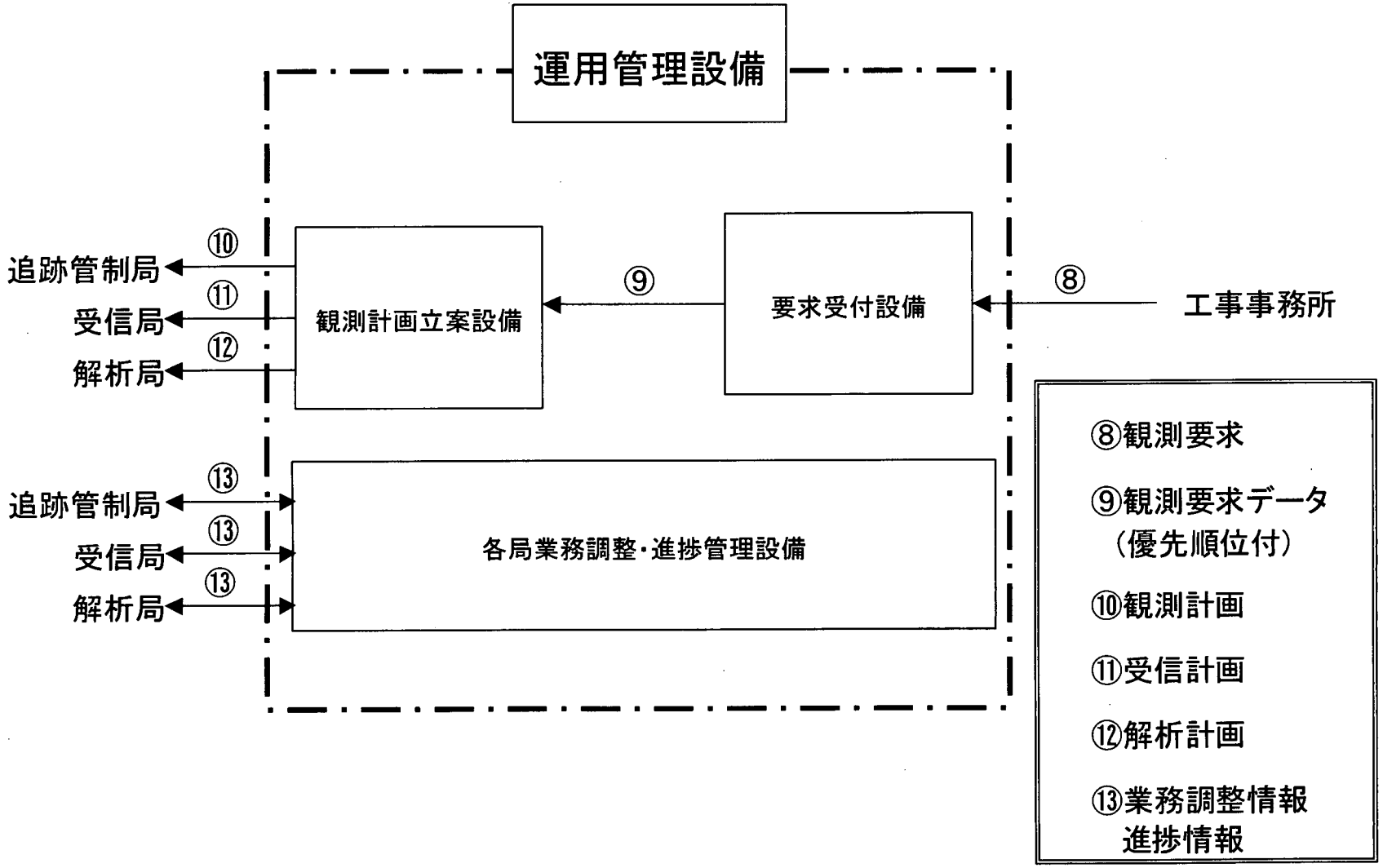
工事事務所等の観測要求から観測計画等の作成、各局の業務調整及び進捗状況の管理などの運用管理を行う設備である。その構成は、要求受付設備、観測計画立案設備、及び各局業務調整・進捗管理設備からなる。

表－８・３１　運用管理設備の構成

運用管理設備の構成	機能
要求受付設備	工事事務所等からの観測要求を受け付けし、要求の優先度管理を行い、観測計画立案設備に観測要求データを送信する機能を有する。
観測計画立案設備	要求受付設備から送られてきた観測要求データを基に、追跡管制局、受信局及び解析局の各計画を作成し、送信する機能を有する。
各局業務調整・進捗管理設備	解析局、受信局等の業務調整及びプロダクトの進捗状況を管理する機能を有する。



図－8・11　解析局システム構成図（画像解析・提供系設備）



図－8・11　解析局システム構成図（運用管理系設備）

8.5 工事事務所

工事事務所では、リモートセンシング観測データを必要に応じて解析局から取得し、表示等の処理を実施する。工事事務所は情報表示設備からなる。

8.5.1 システム構成と機能

情報表示設備は、表示端末からなる。

表－８・３２　情報表示設備の構成

情報表示設備の構成		機能
表示端末	簡易解析機能あり	情報配布設備にアクセスすることにより、リモートセンシング観測データを表示する機能と GIS 上で取得したリモートセンシング観測データをモザイク処理などの加工を行う機能を有する。
	簡易解析機能なし	情報配布設備にアクセスすることによりリモートセンシング観測データを表示を行う機能を有する。

8.5.2 問題点

簡易解析機能の有無による工事事務所で運用するうえでの問題点を整理する。

表－８・３３　運用上の問題点

項目	簡易解析機能あり	簡易解析機能なし
インフラストラクチャ	・ 解析局にて、リモートセンシング観測データを GIS 上で扱える形式に変換するため、解析局―工事事務所等で地図データを統一する必要がある。	・ 解析局にて、リモートセンシング観測データを GIS 上で扱える形式に変換するため、解析局―工事事務所等で地図データを統一する必要がある。
運用	・ 職員（操作員）は、表示された情報を確認する能力が必要となる。 ・ 職員（操作員）は、必要な情報のモザイク処理等を行うための知識が必要となる。	・ 職員（操作員）は、表示された情報を確認する能力が必要となる。

第８章参考文献

1) 相賀徹夫,「日本列島大図館」,小学館,1990.12

2) 郵政省ホームページ(http://www.mpt.go.jp/pressrelease/japanese/denki/990910j602.html)

3) 「画像データの処理と解析(1)」, (財)資源・環境観測解析センター,1988

4) 鈴木和史,"3.4　降水強度指数",気象衛星センター技術報告（特別号Ⅱ－データ処理編）, 気象衛星センター,1989

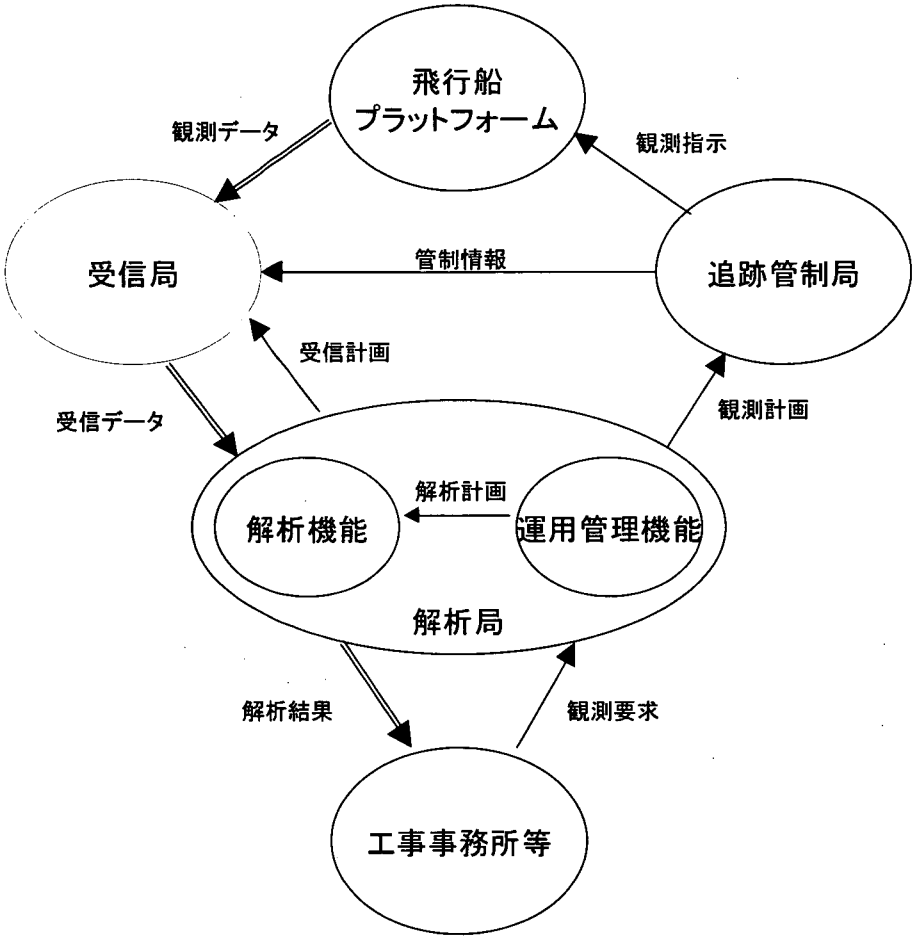
5) Floyd F. Sabins, "Remote Sensing - principles and interpretation", Third edition, W. H. Freeman and Company, 1996

6) 藤原豪,川村宏,岸野元彰,"東シナ海における AVHRR 可視チャンネルの特性について",日本海洋学会春季大会 講演要旨集、P102, 1999

9. 基本的なシステム構成の提案

9.1 全体のシステム運用概念

工事事務所等でリモートセンシング観測データを要求して、解析結果を得るまでの運用の流れを図－９・１に示す。工事事務所等からの観測要求は解析局の運用管理機能によって観測計画、受信計画、及び解析計画に変換される。追跡管制局では、観測計画から観測内容を飛行船に指示する。受信局では、受信計画を基に、飛行船からの観測データを受信する。解析局の解析機能は、解析計画を基に受信されたデータを解析処理し、工事事務所等に解析結果を伝送する。



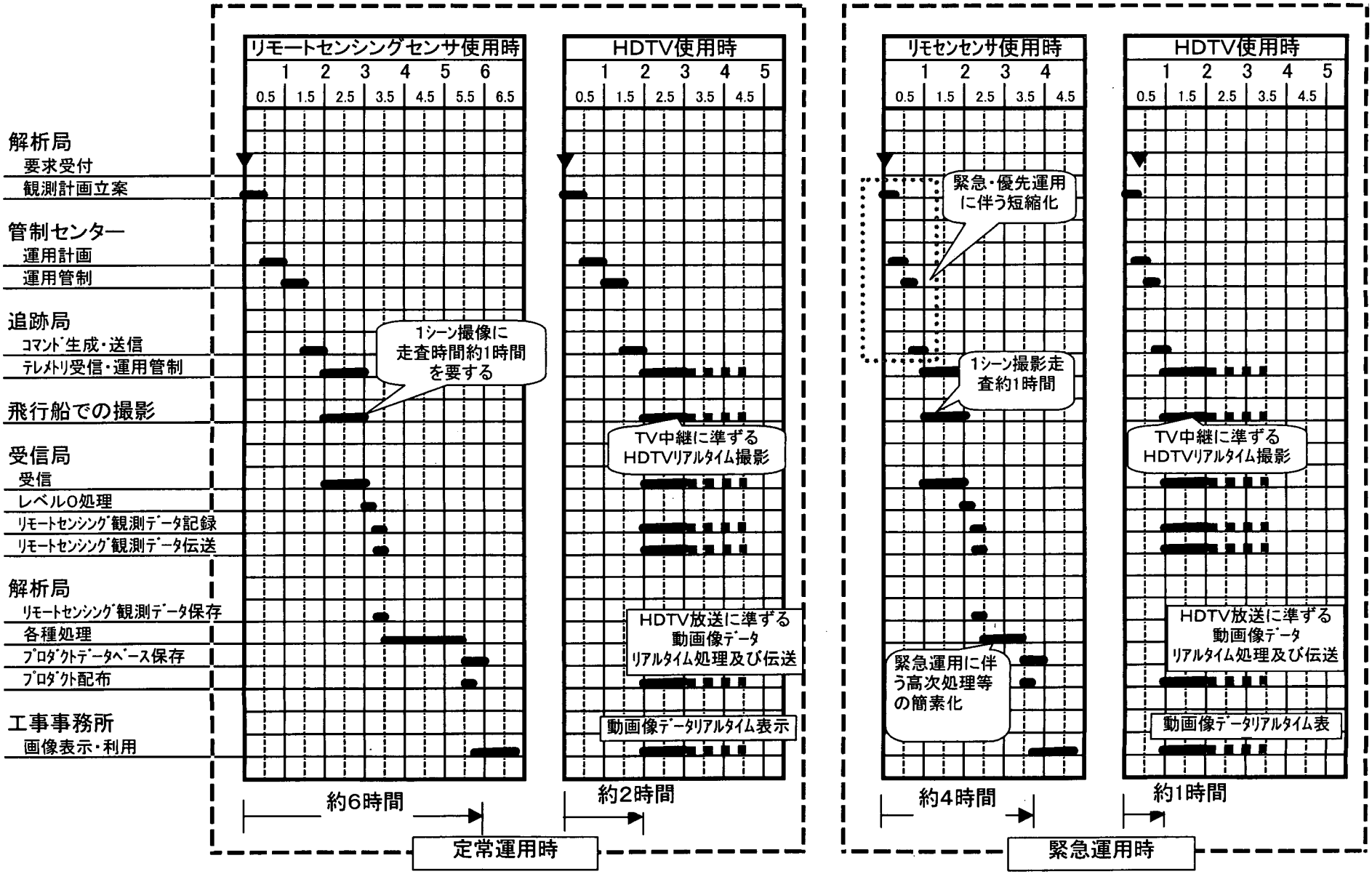
図－９・１　運用の流れ

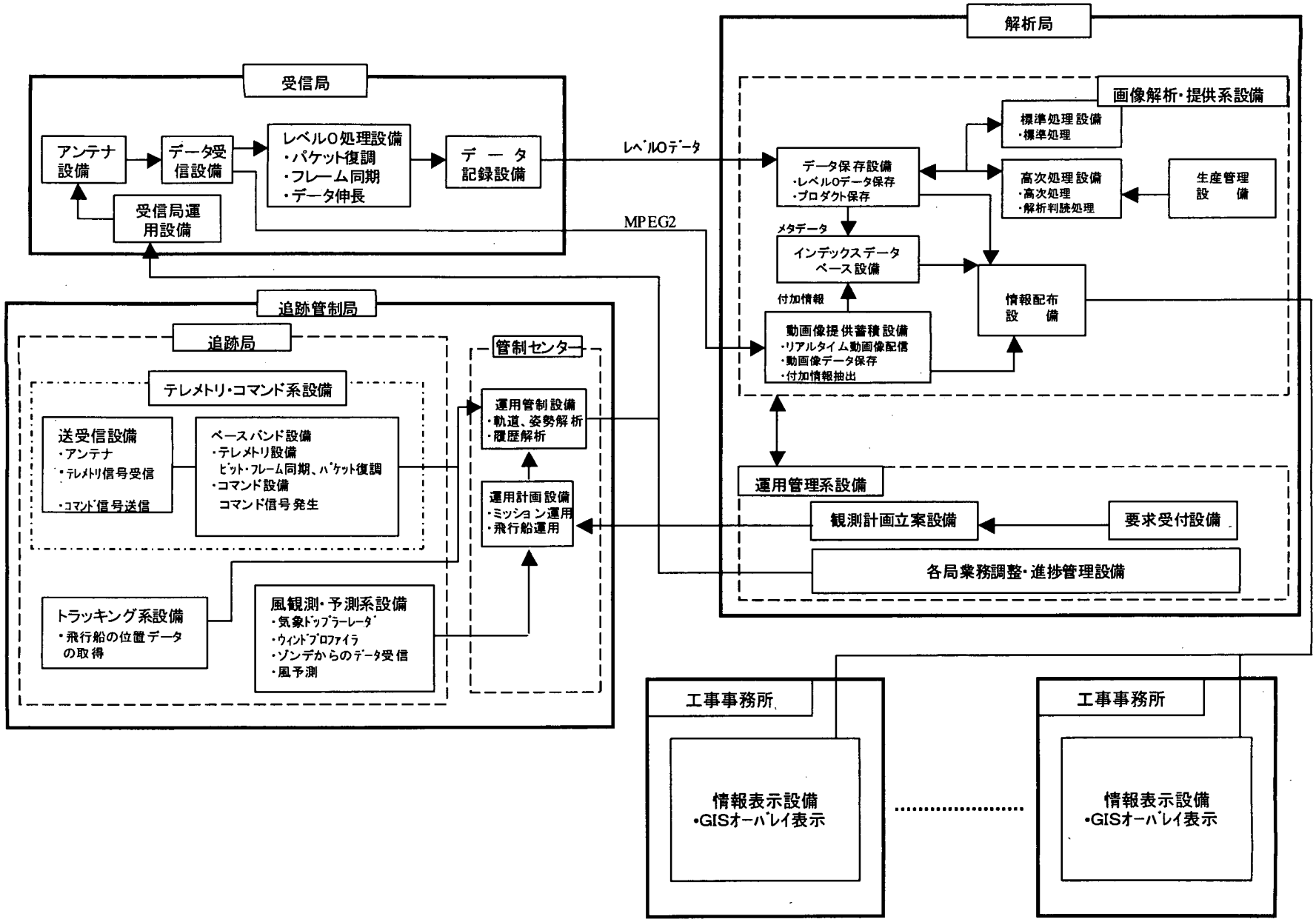
工事事務所等の観測要求から、解析結果を得るまでのリモートセンシングセンサ及び HDTV のタイムチャートを表－９・１に示す。

9.2 全体のシステム構成及び機能

リモートセンシング観測データを利用する場合の全体のシステム構成を図－９・２に示す。

表－９・１　運用タイムチャート

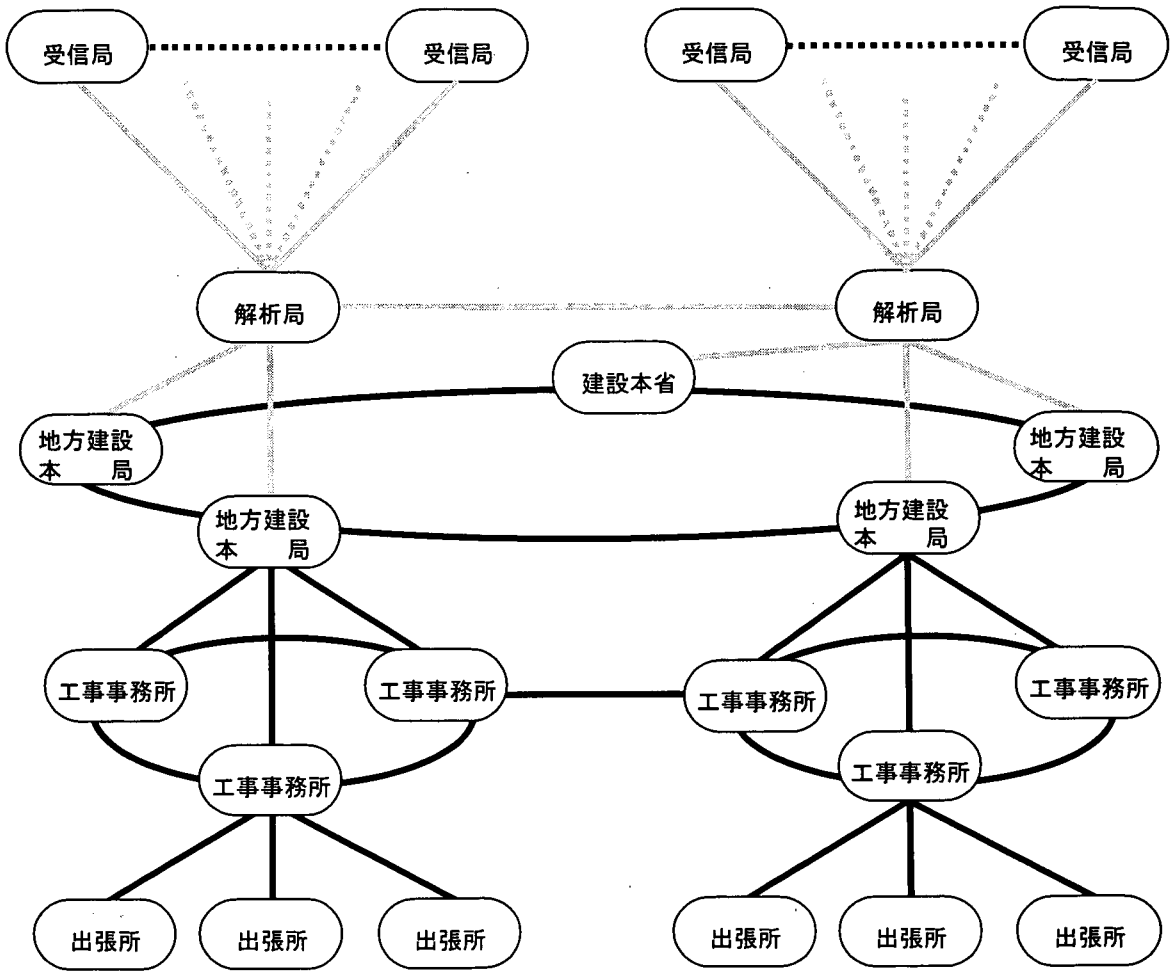




図－9・2　　全体のシステム構成図

9.3 全体のネットワーク整備

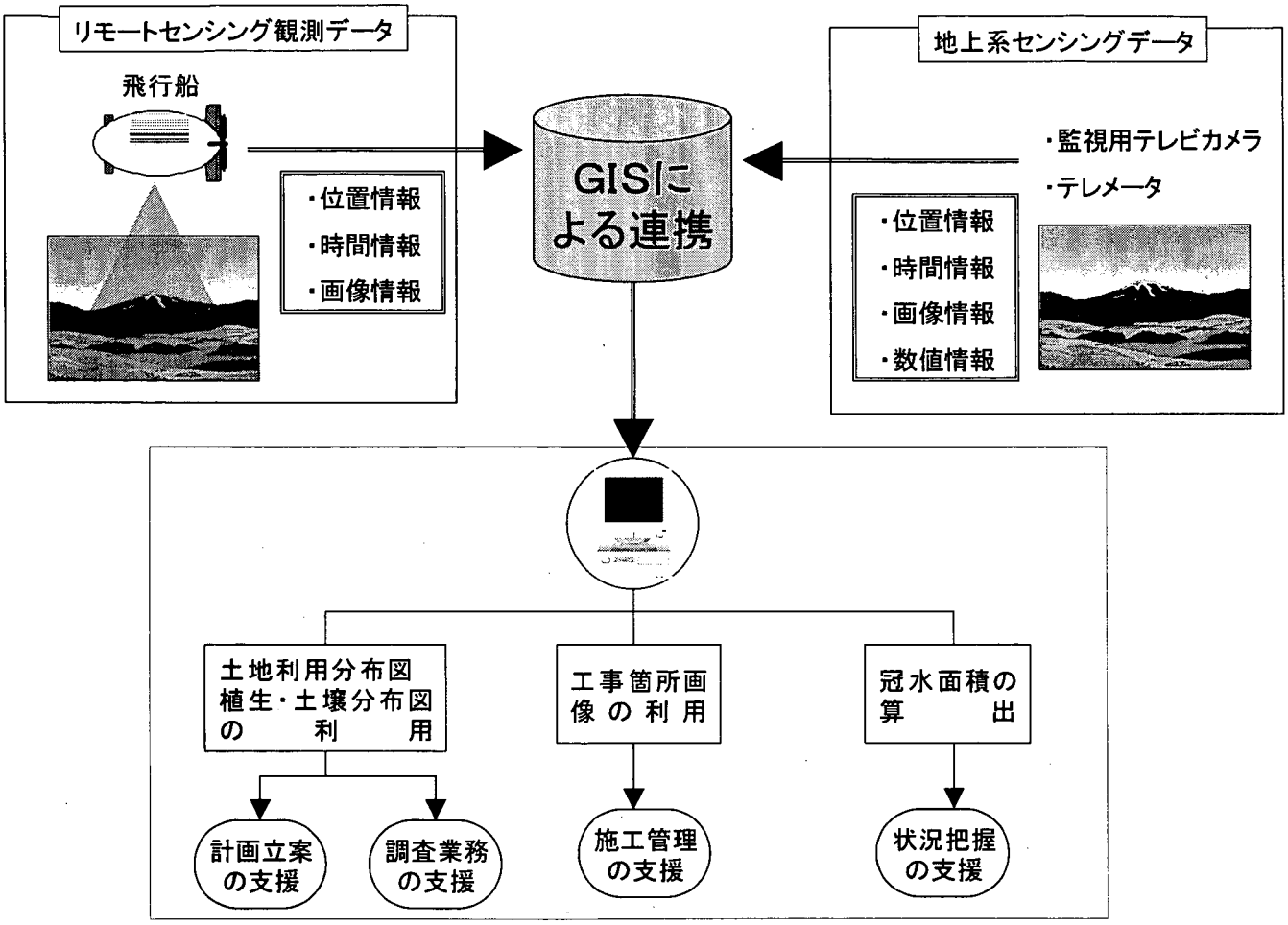
ネットワークの形態としては、解析局を中心としたスター型の構成となる。図－９・３にネットワークの形態イメージを示す。なお、飛行船の運用形態による違いは、飛行船の数により、受信局数が変化する点である。



図－９・３　ネットワーク形態イメージ

9.4 リモートセンシング観測データの利用イメージ

リモートセンシング観測データと地上系センシングデータをGIS上で扱うことにより、リモートセンシング観測データと地上系センシングデータの連携を図ることができる。



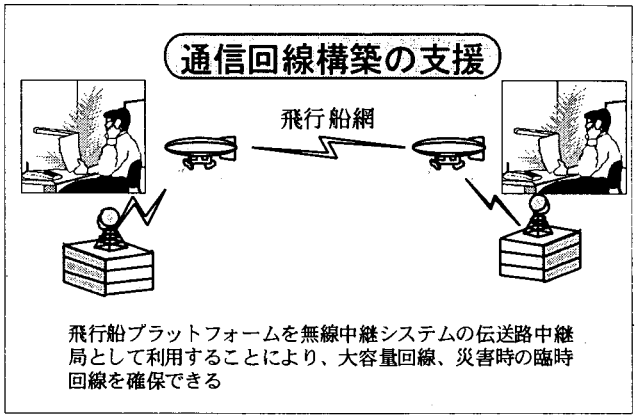
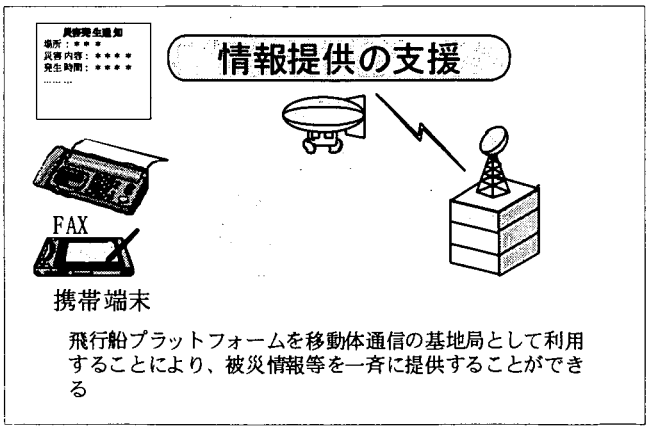
図－９・４　リモートセンシング観測データの利用イメージ

9.5　期待できる導入効果

飛行船（滞留型）及び飛行船（移動型）を導入することにより、以下の効果を期待できる。

9.5.1 データ通信として、利用した場合に期待できる効果

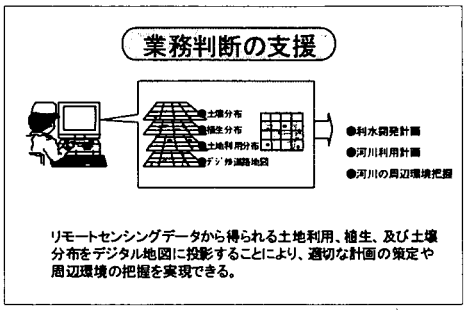
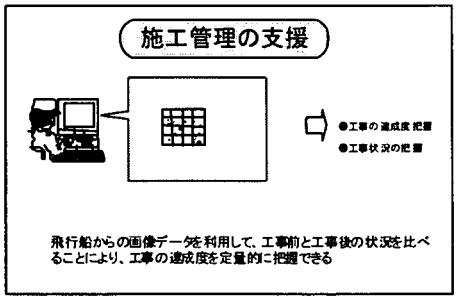
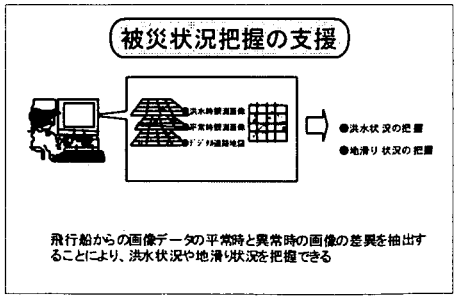
表－９・２　データ通信に利用した場合の期待できる効果

導入効果	内容	飛行船(滞留型)	飛行船(移動型)	備考
通信回線構築の支援	飛行船を無線中継システムの中継局として利用することにより、大容量回線、災害時の臨時回線、及び不感地帯の通信回線を確保できる	○	△	飛行船(移動型)：狭地域の利用に限定
				
情報提供の支援	飛行船を移動体通信の基地局として利用することにより、被災情報等を一斉に提供することができる	○	△	飛行船(移動型)：狭地域の利用に限定
				

[○]：効果を期待できる場合、[△]：一部効果を期待できる場合

9.5.2 リモートセンシングとして、利用した場合に期待できる効果

表－９・３　リモートセンシングに利用した場合の期待できる効果

導入効果	内容	飛行船(滞留型)	飛行船(移動型)	備考
業務判断の支援	飛行船のリモートセンシングデータから得られる土地利用、植生、及び土壌分布をデジタル地図に投影することにより、適切な計画の策定や周辺環境の把握が実現できる	○	○	――――
				
施工管理の支援	飛行船からの画像データを利用して、工事前と工事後の状況を比べることにより、工事の達成度を定量的に把握できる	○	○	――――
				
被災状況把握の支援	飛行船からの画像データの平常時と異常時の画像の差異を抽出することにより、洪水状況や地滑り状況を把握できる	△	○	飛行船(滞留型)：雨天等天候の悪いときは、観測できない。
				

[○]：効果を期待できる場合、[△]：一部効果を期待できる場合

9.6 今後の課題

9.6.1 技術的課題

飛行船によるリモートセンシングの河川事業への応用について検討したが、現状ではセンサの分解能・観測範囲が要求事項をみたさないため、高分解能センサの開発が必要である。また、光学センサでは夜間・悪天候時の観測ができないため、洪水等の災害時運用を考慮すると、低速でも利用可能なSARの開発が必要である。分解能を向上させた場合、画像情報を解析する能力と対象を絞り込む技術が重要である。

9.6.2 運用に関する課題

飛行船の運用形態は、データ通信の中継局として利用する場合は、飛行船（滞留型）が適しており、リモートセンシングのプラットフォームとして利用する場合は、SAR を利用できる飛行船（移動型）が適している。リモートセンシングデータの解析要員の育成・確保及び情報公開が、今後の課題である。