

「首都直下地震の復旧・復興準備推進調査」
航空写真等を活用した首都直下地震に
対応した被害認定方法の検討

調査報告書

平成 20 年 3 月

内 閣 府

目次

1	検討の目的・背景.....	1
2	検討の進め方	2
3	検討の範囲と特徴および論点.....	4
3.1	範囲と特徴	4
3.1.1	被害概況調査.....	8
3.1.2	応急危険度判定・被災度区分判定	8
3.1.3	住家被害認定.....	9
3.1.3.1	住家被害認定基準	9
3.1.3.2	災害発生時の流れ.....	11
3.2	住家被害認定に関する従来手法に関する課題および展望と論点.....	16
3.2.1	住家被害認定に関する従来手法に関する課題	16
3.2.2	住家被害認定に航空写真等を活用する上での展望	17
3.2.3	航空写真等を活用する上での技術・運用上の論点	18
4	航空写真等を活用した被害状況調査の現状と動向.....	19
4.1	被害状況調査に適用可能性のある収集技術の現状と動向.....	19
4.2	被害状況調査に適用可能性のある収集技術.....	24
4.2.1	観測衛星による被害状況調査	24
4.2.1.1	災害時に利用可能な主な地球観測衛星の現状	25
4.2.1.2	衛星観測の特徴と地震災害への利用可能性	28
4.2.1.3	衛星画像の取得	31
4.2.1.4	将来計画.....	32
4.2.2	航空機(翼機)による被害状況調査	33
4.2.2.1	航空機(翼機)による被害状況調査の現状.....	33
4.2.2.2	航空機(翼機)による被害状況調査の動向.....	33
4.2.2.3	搭載センサの仕様と画像例	34
4.2.2.4	搭載センサの特徴	47
4.2.2.5	航空機による被害状況把握の例.....	55
4.2.3	ヘリコプターによる被害状況調査	57
4.2.3.1	ヘリコプター画像伝送システム.....	57
4.2.3.2	ヘリサットシステム.....	62
4.2.4	UAV による被害状況調査.....	64

4.2.5	その他の技術による被害状況調査.....	66
4.2.5.1	PDA を活用した被害状況調査.....	66
4.2.5.2	RFID(無線タグ)を用いた被害情報収集.....	69
4.2.5.3	センサネットワークによる被害状況調査.....	71
4.2.6	被害状況調査等に適用可能な現状技術に関する整理.....	74
4.3	被害状況調査のための自動判読技術.....	87
4.4	被害状況調査に利用可能なアーカイブデータ.....	95
4.4.1	利用可能な空間データの現状と動向.....	95
4.4.1.1	被害状況把握に必要となる空間データ.....	95
4.4.1.2	空間データの検索・入手方法.....	96
4.4.1.3	国、自治体、民間が整備している空間データ.....	97
4.4.1.4	被害状況調査把握に利用可能な空間データ整備の必要性.....	102
4.4.2	利用可能な航空写真等のアーカイブ.....	103
4.4.2.1	航空写真のアーカイブ状況.....	103
4.4.2.2	航空写真以外の利用可能なデータのアーカイブ状況.....	109
4.5	関係機関等における被害状況調査の状況.....	110
4.5.1	国と自治体の事例.....	110
4.5.1.1	内閣府(「RAS」(人工衛星等を用いた被害早期把握システム)).....	110
4.5.1.2	国土交通省(リアルタイム災害情報システム構想).....	111
4.5.1.3	消防庁(ヘリサット実証実験).....	112
4.5.1.4	警察庁.....	113
4.5.1.5	自衛隊.....	115
4.5.1.6	府省庁横断的取り組み(防災情報共有プラットフォーム:構築中).....	116
4.5.1.7	自治体.....	117
4.5.2	新潟県中越地震復旧・復興 GIS プロジェクトの事例.....	119
4.5.3	米国カトリーナにおける事例.....	123
5	大規模災害時における被害状況調査等への航空写真等の利用に向けた運用方法および課題についての検討.....	127
5.1	被害状況調査等に提供可能な現状技術に関する整理.....	127
5.2	運用イメージの検討.....	132
5.2.1	大規模災害時に収集・作成される画像情報等の流通と利用可能性.....	132
5.2.2	大規模災害時の利用イメージ.....	135
5.2.3	被害状況調査における航空写真等の運用提案.....	139
5.3	災害時に稼動する情報の共有体制.....	143
5.4	将来の被害状況調査.....	145

5.5 課題	149
6 まとめ	153
用語集.....	162

資料

「首都直下地震の復旧・復興準備推進調査」航空写真等を活用した首都直下地震に対応した被害認定方法の検討会（第1回）

- ・議事次第
- ・議事録
- ・出席者リスト

「首都直下地震の復旧・復興準備推進調査」航空写真等を活用した首都直下地震に対応した被害認定方法の検討会（第2回）

- ・議事次第
- ・議事録
- ・出席者リスト

「首都直下地震の復旧・復興準備推進調査」航空写真等を活用した首都直下地震に対応した被害認定方法の検討会（第3回）

- ・議事次第
- ・議事録
- ・出席者リスト

図表一覧

図 2-1 検討の進め方.....	3
図 3-1 被害状況調査の全体像と検討範囲.....	6
図 3-2 被害状況調査の全体像(首都直下地震発生後).....	7
図 3-3 災害発生時の対応の流れ.....	11
図 3-4 地震等・浸水・混合被害による住家被害の区分.....	11
図 3-5 地震等による住家被害認定の内容.....	12
図 3-6 浸水による住家被害認定の内容.....	12
図 3-7 り災証明書発行の流れ.....	15
図 4-1 地上分解能 10cm, 30cm, 50cm, 100cm の画像.....	22
図 4-2 被害状況調査への適用可能技術の技術マップ.....	23
図 4-3 地震災害に対する高分解能衛星画像の利用事例.....	25
図 4-4 高分解能衛星画像例.....	27
図 4-5 合成開口レーダ画像例.....	28
図 4-6 高分解能衛星画像を用いた地震被害地域の自動抽出例(津波被害).....	29
図 4-7 高分解能衛星画像を用いた地震被害地域の自動抽出例(地震動被害).....	30
図 4-8 地球観測衛星による緊急観測の流れ.....	31
図 4-9 DMC 搭載システム外観.....	35
図 4-10 色深度の例.....	35
図 4-11 DMC による Ortho と True Ortho.....	36
図 4-12 Ultra Cam X の外観と撮像イメージ.....	36
図 4-13 Ultra Cam X のカラー(左)とカラー近赤外パンシャープン(右).....	36
図 4-14 Ultra Cam X の 80%オーバーラップ画像.....	37
図 4-15 Ultra Cam X のカラー画像.....	37
図 4-16 直接定位撮影の概要.....	38
図 4-17 従来手法とデジタルカメラの場合の新規手法との比較.....	38
図 4-18 画像取得のイメージとオーバーラップした航空写真のイメージ.....	39
図 4-19 搭載システム外観および従来のアナログ撮影と ADS40 の比較.....	40
図 4-20 ADS40 のカラー画像.....	40
図 4-21 ALS50-II 搭載システムと取得データ.....	42
図 4-22 レーザで取得したデータから作成した DSM と DTM.....	42
図 4-23 災害前後の高さ情報の差分による変化抽出.....	43
図 4-24 SAR 搭載用航空機および SAR 画像とインタフェロメトリ解析例.....	44

図 4-25	航空機搭載用 Ku 帯 SAR により作成された高さ精度と位置精度	45
図 4-26	搭載用航空機と SAR アンテナの外観	46
図 4-27	航空機搭載用 Ku 帯 SAR 再生画像および SAR DSM と現地の対応	46
図 4-28	航空レーザ搭載デジタルカメラによるオルソフォトと DSM 段彩図	54
図 4-29	航空レーザによる DSM の赤色立体地図表示例	54
図 4-30	航空レーザによる DSM の赤色立体地図表示例(新宿駅周辺)	54
図 4-31	福岡県西方沖地震による玄界島の建物被害地域の自動抽出例	55
図 4-32	航空写真を用いた建物被害地域の抽出例	56
図 4-33	H16 中越地震後の航空機搭載デジタルカメラ画像の例	56
図 4-34	ヘリテレの運用概念図	58
図 4-35	東京都の地震被害判読システム	59
図 4-36	カメラの搭載例	60
図 4-37	放送用防振装置付き HDTV カメラの例	61
図 4-38	防振装置付き赤外線・HD カメラの例	61
図 4-39	ヘリサットシステム概念図	63
図 4-40	自律航行可能な産業用ヘリコプター	64
図 4-41	UAV により撮影された画像例	65
図 4-42	PDA を用いた被害状況調査の様子	66
図 4-43	PDA による被害認定 ^(*) 入力画面例	67
図 4-44	り災証明発行支援システムによる被害認定 ^(*) 調査結果表示画面	68
図 4-45	り災証明書発行センター会場の様子	68
図 4-46	RFID の書き込み・読み取り機器	69
図 4-47	RFID による情報共有化システム	69
図 4-48	RFID による情報共有化における情報の蓄積	70
図 4-49	無線センサネットワークの構図	71
図 4-50	道路構造物の損傷検知	72
図 4-51	落石検知、変動検知	73
図 4-52	被害前後の画像データを用いた自動判読の流れ	87
図 4-53	被害後の画像データのみを用いた自動判読流れ	89
図 4-54	被害後の画像データのみを用いた自動判読手法の例(1)	90
図 4-55	被害後の画像データのみを用いた自動判読手法の例(2)	91
図 4-56	被害後の画像データのみを用いた自動判読手法の例(3)	92
図 4-57	TDM の東京都縮尺 1/2,500 地形図構造化データファイル	100
図 4-58	東京地区の 3D 建物データ例	101
図 4-59	RAS における「だいち」画像の利用方法	111

図 4-60	リアルタイム災害情報システムの構想図.....	111
図 4-61	リアルタイム災害情報システムにおける地図化の例.....	112
図 4-62	ヘリサット実証実験の概念図.....	113
図 4-63	ヘリサットによる取得画像例.....	113
図 4-64	防災情報共有プラットフォームの構想図	116
図 4-65	東京都 DIS (防災情報システム)の全体像.....	117
図 4-66	東京都 DIS の情報表示画面.....	118
図 4-67	東京都 DIS におけるヘリテレ画像リアル伝送システム.....	118
図 4-68	三重県紀北町・大紀町の目視耐震診断結果の GIS 表示画面例.....	119
図 4-69	新潟県中越地震復旧・復興プロジェクト HP.....	121
図 4-70	プロジェクト HP で提供された情報例.....	121
図 4-71	GIS 防災情報ボランティアの活動イメージ	122
図 4-72	カトリナによる被害状況画像例(航空写真その 1)	124
図 4-73	カトリナによる被害状況画像例(航空写真その 2)	125
図 4-74	カトリナによる被害状況画像例(人工衛星画像その 1)	125
図 4-75	カトリナによる被害状況画像例(人工衛星画像その 2)	126
図 4-76	カトリナによる被害状況の判読画像(人工衛星画像)	126
図 5-1	大規模災害時に収集・作成される画像情報等の流通と利用の可能性	133
図 5-2	災害時の利用イメージ【発災～3, 4日後の間】.....	136
図 5-3	災害時の利用イメージ【発災後 3, 4 日～約 1 週】.....	137
図 5-4	災害時の利用イメージ【発災後約 1 週～約 1 ヶ月】	138
図 5-5	被害状況調査における航空写真等の運用提案	141
図 5-6	災害時に稼動する情報の共有体制.....	144
図 5-7	航空写真等を活用した将来の被害状況調査の概観.....	146
図 5-8	近い将来の航空写真等の技術を活用した被害状況調査.....	147
図 5-9	10 年後の航空写真等の技術を活用した被害状況調査.....	148
図 5-10	平時における「計画～運用～評価～改善」のサイクル	150
表 3-1	災害における住家被害認定基準	10
表 3-2	一部損壊等の定義(「災害報告取扱要領」)	10
表 4-1	適用可能技術の将来動向.....	21
表 4-2	国際災害チャーターの発動実績.....	24
表 4-3	主な高分解能光学センサ搭載衛星(昼間時に活用可能な衛星)	26
表 4-4	主な合成開口レーダ搭載衛星(夜間、雨天、曇天時でも活用可能な衛星).....	27
表 4-5	衛星による観測の特徴.....	28

表 4-6	DMC と Ultra Cam X の仕様	34
表 4-7	撮影高度と縮尺および地上分解能	35
表 4-8	ADS40 の仕様	39
表 4-9	ALS50-II の仕様	41
表 4-10	被災地特定までの所要時間	43
表 4-11	航空機 SAR (NICT/JAXA) の仕様	44
表 4-12	航空機搭載用 Ku 帯 SAR の仕様	45
表 4-13	航空機搭載用 Ku 帯 SAR の DSM 性能評価	45
表 4-14	観測条件	47
表 4-15	対象地域	48
表 4-16	迅速性(1)	49
表 4-17	迅速性(2)	50
表 4-18	迅速性(3)	51
表 4-19	迅速性(4)	52
表 4-20	迅速性(5)	53
表 4-21	ヘリテレ導入状況(平成 18 年度)	57
表 4-22	ヘリテレの主要諸元	60
表 4-23	放送用防振装置付き HDTV 用カメラの主要諸元	61
表 4-24	防振装置付き赤外線・HD カメラ主要諸元	62
表 4-25	検討の対象とした被害状況	75
表 4-26	家屋被害に関する被害地域把握に適用可能性のあるデータ	77
表 4-27	家屋被害に関する全壊建物把握に適用可能性のあるデータ	78
表 4-28	家屋被害に関する傾斜判定に適用可能性のあるデータ	79
表 4-29	家屋被害に関する屋根の被害状況把握に適用可能性のあるデータ	80
表 4-30	火災被害に関する被害地域の把握に適用可能性のあるデータ	81
表 4-31	火災被害に関する全焼家屋の把握に適用可能性のあるデータ	82
表 4-32	道路等被害の把握に適用可能性のあるデータ	83
表 4-33	航空写真等を活用した被害状況の把握における制約条件等	84
表 4-34	国が整備している代表的な空間データ	97
表 4-35	自治体が整備している代表的な空間データ	98
表 4-36	民間等が整備している代表的な空間データ	99
表 4-37	航空写真画像情報所在検索・案内システム登録画像	104
表 4-38	国土地理院撮影航空写真例	108
表 4-39	民間企業撮影写真例	108
表 4-40	主な衛星データの入手先	109

表 5-1 航空写真等の入手可能時期	129
表 5-2 被害状況調査における航空写真等の適用可能性	130
表 5-3 被害状況調査における航空写真等の技術的適用可能性.....	131

1 検討の目的・背景

首都直下地震が起きた場合に想定される膨大な住家被害に対応した被災者支援制度の適用根拠ともなる住家被害認定を混乱無く迅速・的確に実施することは、被災地の速やかな復興と被災者の生活再建のために極めて重要であり国家的見地からみても、その備えは緊急の課題となっている。

首都直下地震の復興対策については、平成 17 年 9 月中央防災会議決定の「首都直下地震対策大綱」において「想定される様々な課題に対して、各関連主体の緊密な連携のもと総合的な検討が行われなければならない」とされている。

また、首都直下地震の被害想定は、平成 17 年 7 月の首都直下地震対策専門調査会報告で「東京湾北部地震」では、冬の夕方 18 時における風速 15m/s の条件下で、死者数約 11,000 人、建物全壊棟数・火災焼失棟数約 85 万棟、経済被害約 112 兆円が生ずるとされており、こうした想像を絶する大規模災害においては、従来実施されてきたような被害状況調査方法での対応は極めて困難なことが予想される。

このため、首都直下地震における住家被害の認定について、航空写真等の新たな手法の活用も含めた住家被害認定方法および実施方法を検討するとともに、国の対応すべき課題とその対応施策を検討するものである。

検討するにあたって、「航空写真等を活用した首都直下地震に対応した被害認定方法の検討会」の運営を含めて、本業務を株式会社 三菱総合研究所に委託した。

2 検討の進め方

地方公共団体等とも連携しつつ、有識者からなる検討会を設置し、首都直下地震における住家被害の認定について、航空写真等を活用した現時点で考え得る最も有効な住家被害認定方法および実施方法を検討するものである。

具体的には、有識者および関連する地方公共団体からの協力のもと、図 2-1 に示すように3回の検討会を開催した。それぞれの検討会での検討内容は、図 2-1に示すとおりである。

「航空写真等を活用した首都直下地震に対応した被害認定方法の検討会」の構成員を以下に示す。

座長	大林 成行	東京理科大学 名誉教授
委員	斉藤 和也	アジア航測株式会社 執行役員
	高島 正典	富士常葉大学 准教授
	牧 紀男	京都大学防災研究所 准教授
	松岡 昌志	産業技術総合研究所 招聘研究員
	力丸 厚	長岡技術科学大学 准教授
		(50音順)

協力委員	齋藤 實	東京都総務局総合防災部副参事 (情報統括担当) 復興担当
------	------	---------------------------------

オブザーバー	篠原 一正	内閣府 政策統括官(防災担当)付 参事官 (災害復旧・復興担当)
	塩本 知久	内閣府 防災担当政策統括官付 参事官 (災害復旧・復興担当)付 参事官補佐
	椎名 大介	内閣府 防災担当政策統括官付 参事官 (災害復旧・復興担当)付 参事官補佐
	曾我 智也	内閣府 防災担当政策統括官付 参事官 (災害復旧・復興担当)付 参事官補佐

事務局	株式会社 三菱総合研究所 科学・安全政策研究本部
-----	--------------------------

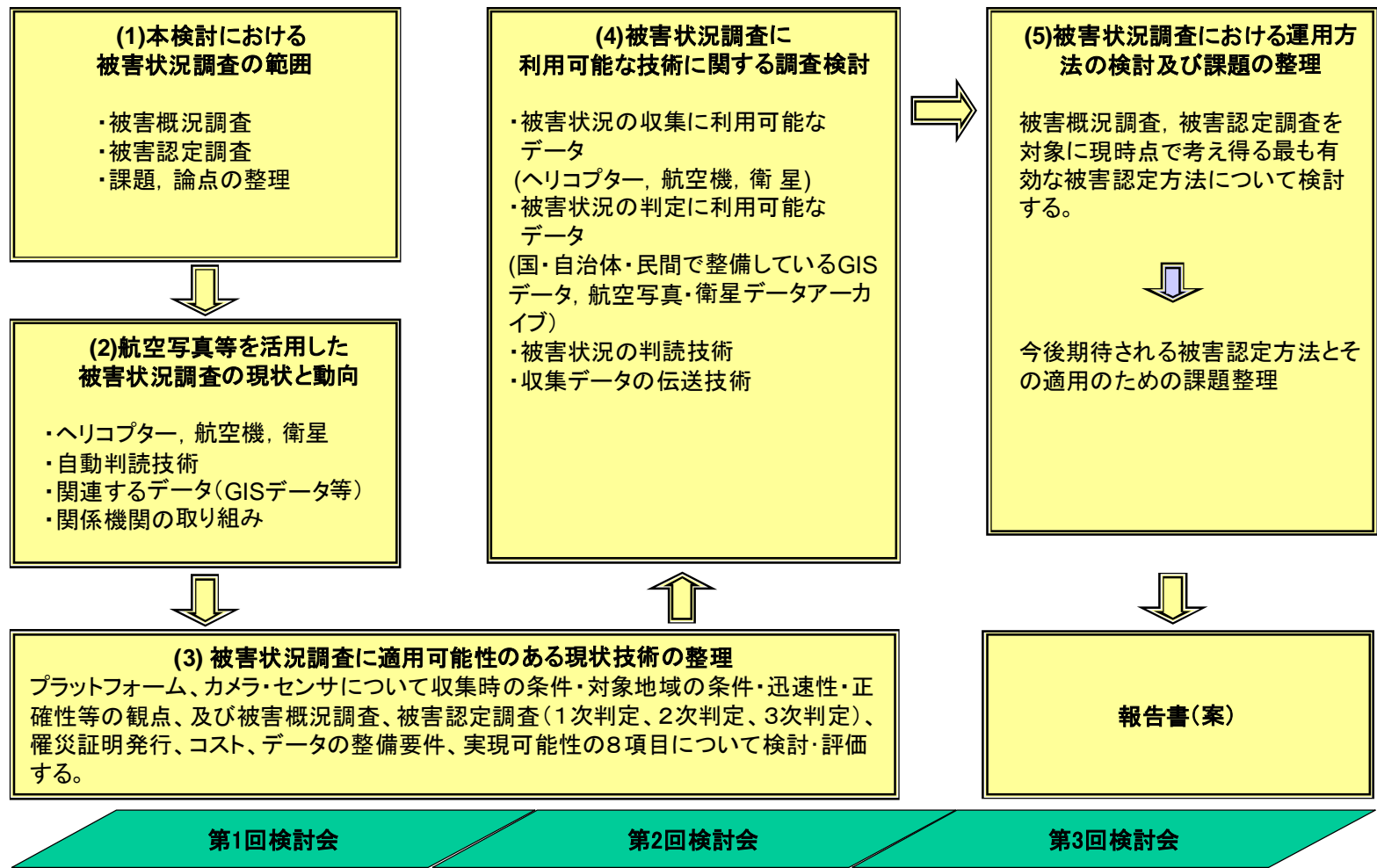


図 2-1 検討の進め方

3 検討の範囲と特徴および論点

本章では「航空写真等を活用した首都直下地震に対応した被害認定方法の検討会」が対象とする検討範囲と災害時に実施される種々の調査内容およびその特徴について航空写真等を活用する可能性を交えて整理するとともに、中越地震等からの教訓として得られた住家被害認定に関する課題と論点について整理した。

3.1 範囲と特徴

本検討会（「航空写真等を活用した首都直下地震に対応した被害認定方法の検討会」）が対象とする被害状況調査の概要を以下に整理するとともに、図 3-1 に被害状況調査の全体像と本検討会における検討範囲を示した。また、図 3-2 に大規模被害が想定されている首都直下級の地震後において、従来の人海戦術では対応が困難と考えられる被害状況調査の範囲を×印で示した。

■ 被災者救助、被災地全体の被害概況把握のための「被害概況調査」

大地震発生直後から翌日くらいまでに実施するもので、迅速性が最も要求される。被災者救助、被災地全体の地域別の被害概況を把握することが目的である。この調査は、外観による目視調査や航空写真等による調査により、建築物の完全な倒壊や焼失、土地区画整理や市街地再開発などの面的整備が必要な地域、仮設住宅や瓦礫処理等に利用可能な空地などの把握に活用される。国、都道府県が実施主体となる。

■ 各種被災者支援のためのり災証明書発行に関する「住家被害調査」

各種被災者支援を行うためにり災証明書が必要となる。この発行のために、「災害に関する住家の被害認定基準」に基づき全壊・大規模半壊・半壊・一部損壊等の住家被害調査を行う。本検討会においては、「住家被害認定」のための調査を「住家被害調査」と定義する。市区町村の税務部局が主に実施主体となる。

■ 二次災害防止のための「応急危険度判定調査」

余震による建物倒壊や落下物等の二次災害による人命の危険を防ぐことを目的として実施される。建築物の使用の可否についての判断を目的としており、迅速性が要求され、被害程度のひどい地域から順に実施する。都道府県・市区町村の都市計画部署が判定士ボランティアの協力を得て実施する。

■ 被災建築物の恒久的使用の判定や復旧に向けての構造的な補強要否のための「被災度区分判定調査」

応急危険度判定に続いて実施されるもので、建物の継続使用に関する安全性についての調査である。被災後数ヶ月以内に実施するもので、建物所有者が実施主体となる。

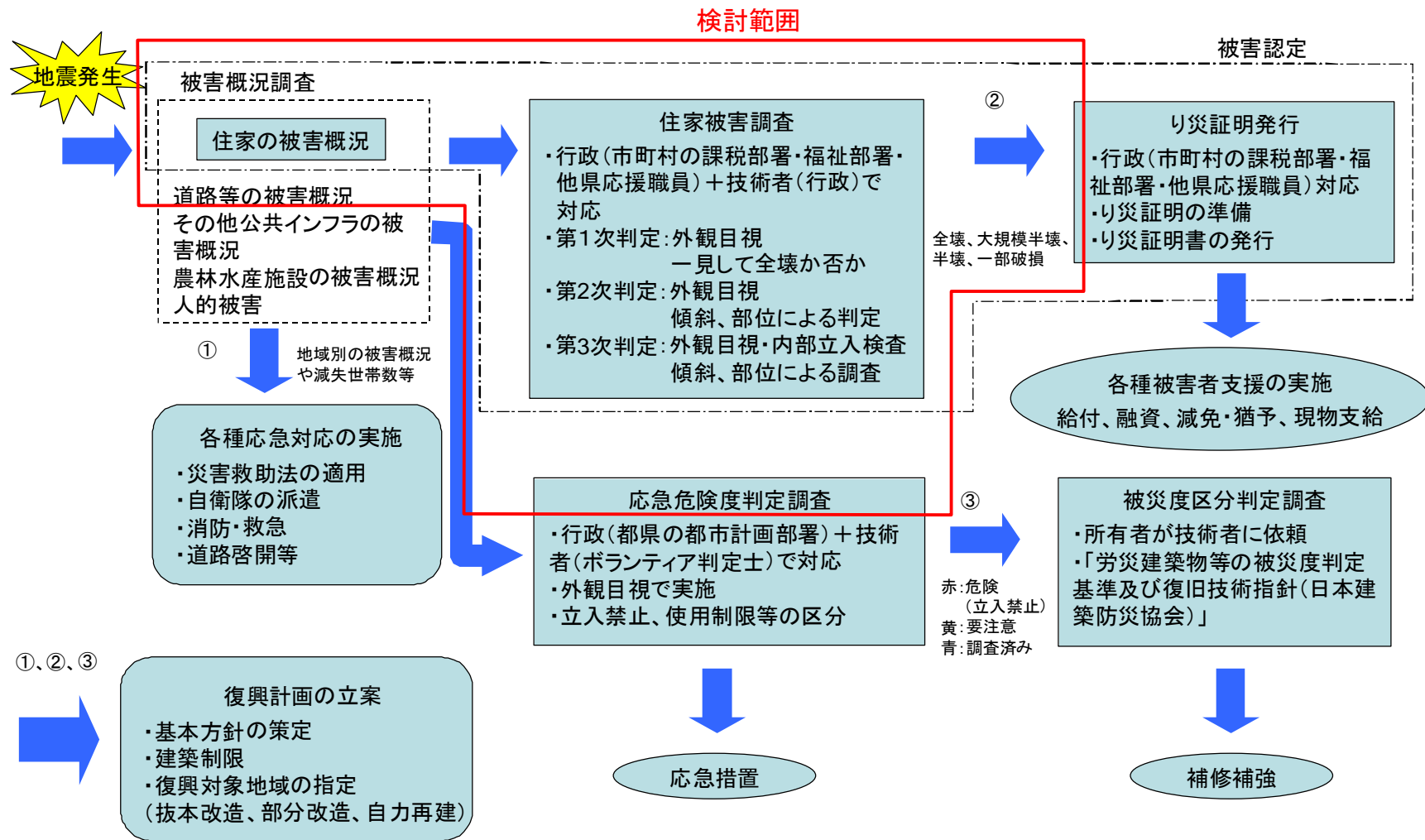


図 3-1 被害状況調査の全体像と検討範囲

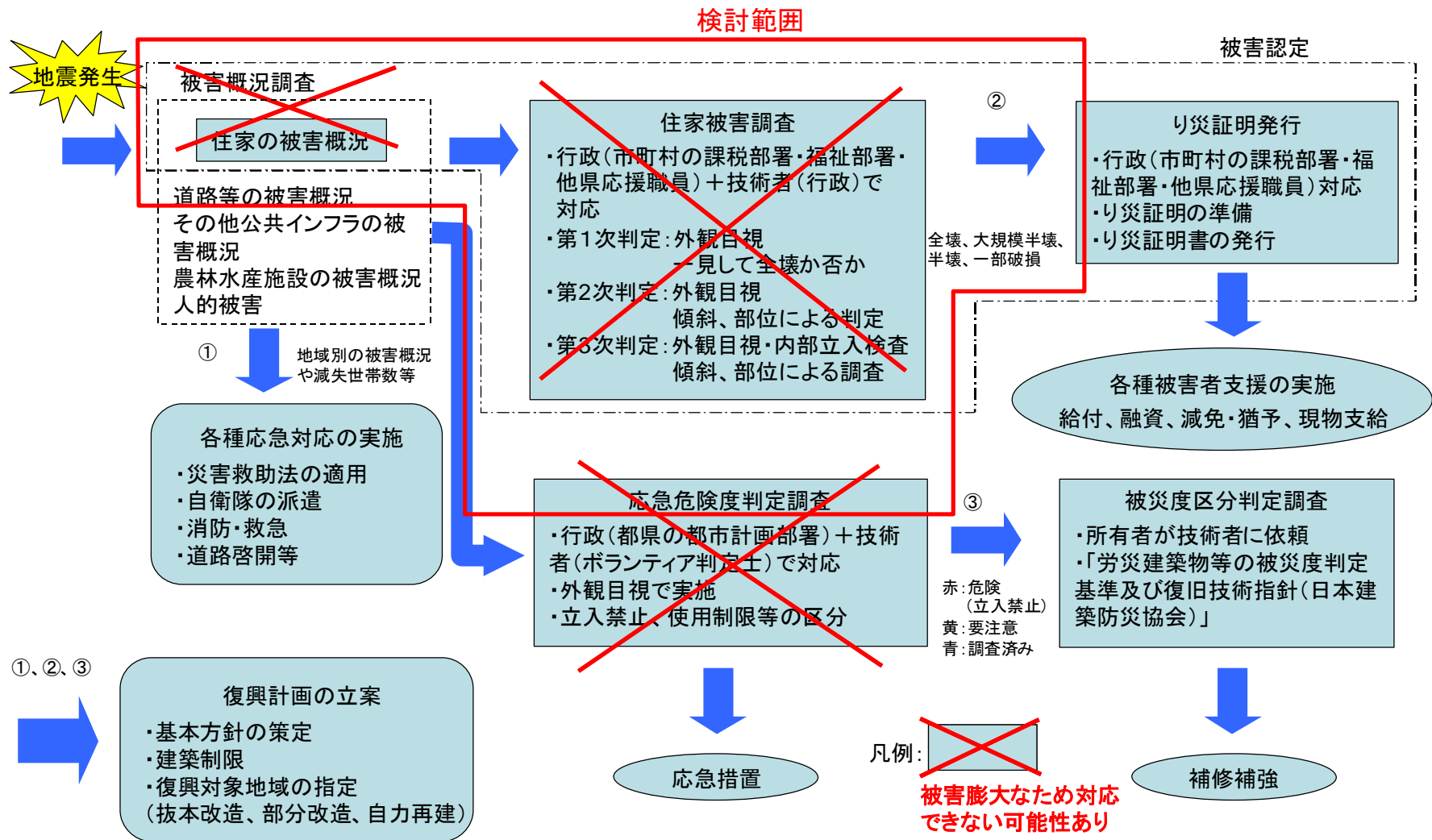


図 3-2 被害状況調査の全体像(首都直下地震発生後)

3.1.1 被害概況調査

被害概況調査は、地震発生直後の応急対策として最も重要な対策で迅速性が要求され、地震直後から翌日には首都圏全体の被害概況を地域別に把握する必要がある。特に延焼火災による焼失や全壊等の被害甚大地域の把握、道路等の交通被害の把握が重要で、被災地全域の被害概況を把握するのが目的である。

- 地震発生直後には人手による情報収集が困難なため、衛星画像・航空写真画像・ヘリテレ画像・屋外テレビカメラ映像等の鳥瞰的な情報、地震計に基づいた被害予測システム等による虫瞰的な情報をもとに地域別の概略把握を行うもので、現状では、航空写真等の技術に期待するところが大きい。
- その被害概況は、住家被害調査を効率的に実施するための人員計画等の決定に用いられる他、自衛隊派遣・災害救助法の適用・被災者生活再建支援法の適用・消防救急・各種応援対応・避難・道路警戒等の応急活動や今後の復興方針の参考資料として活用する。

3.1.2 応急危険度判定・被災度区分判定

(1) 応急危険度判定

応急危険度判定は、地震後の余震による建物の倒壊や落下物等から人的被害を防止するため、その建物が使用できるか否かの判定を応急的に行うもので、被災後概ね1、2週間以内実施される。

- 判定作業は、判定士ボランティアが中心となって都道府県および市区町村が支援する形で実施する。2人1組で外観目視により実施する。その結果は、危険、要注意、調査済みの3つで表示される。
- 応急危険度判定のために判定士をどこにどれだけ派遣するかという判断にあたっては、航空写真等から得られる被害概況は活用できる。

(2) 被災度区分判定

被災度区分判定は、地震により損傷を受けた建物が修理により恒久的に継続使用可能かどうか、またどの程度の修理が必要かなど構造的な視点から建物の復旧の可否を判定するもので、建物所有者が技術者に依頼して行う。

- その内容は、補修補強の必要性とその内容である。
- 被災度区分判定は建物内部の細かな検討が要求されるため、航空写真等の活用は困難である。

(3) 応急危険度判定と被災度区分判定の違い

応急危険度判定と被災度区分判定について目的・判定・基準の違いにより整理すると、つぎのとおりである。

- 応急危険度判定
 - 目的：二次的災害の防止
 - 判定：当面の使用の可否
 - 基準：建物の倒壊危険性・付帯物の落下危険性
- 被災度区分判定
 - 目的：適切かつ速やかな復旧
 - 判定：継続使用のための復旧の可否
 - 基準：構造躯体の損傷状況から被災建築物の残存耐震性能を推定

3.1.3 住家被害認定

災害により被災した住家の被害程度（全壊、半壊等）を認定する行為で、住家被害認定の結果に応じて災証明書が発行され、それに基づき各種被災者支援が実施されるので極めて重要な行為である。

- 基準は、「災害の被害認定基準（平成 13 年内閣府政策統括官通知）」等による
- 調査判定方法は、「災害に係る住家の被害認定基準運用指針（H13 内閣府）」等による
- 実施主体は市区町村

3.1.3.1 住家被害認定基準

住家の全壊、大規模半壊、半壊、一部損壊等に関する「通知」としてつぎのものがある。

- 「災害の被害認定基準について（平成 13 年 6 月 28 日付府政防第 518 号内閣府政策統括官（防災担当）通知）」
 - 住家全壊（全焼・全流出）、住家半壊（半焼）
- 「被災者生活再建支援法の一部を改正する法律の施行について（平成 19 年 12 月 14 日付府政防第 880 号内閣府政策統括官（防災担当）通知）」
 - 大規模半壊
- 「災害報告取扱要領（昭和 45 年 4 月 10 日付消防防第 246 号消防庁長官通知）」
 - 一部破損、床上浸水、床下浸水

また、住家被害認定基準および一部損壊等の定義としては、表 3-1、表 3-2 のように定められている。

表 3-1 災害における住家被害認定基準

	全壊	半壊	
		大規模半壊	その他
①損壊基準判定 住家の損壊、焼失、流失した部分の床面積の延べ床面積に占める損壊割合	70%以上	50%以上 70%未満	20%以上 50%未満
②損害基準判定 住家の主要な構成要素の経済的被害の住家全体に占める損害割合	50%以上	40%以上 50%未満	20%以上 40%未満

表 3-2 一部損壊等の定義（「災害報告取扱要領」）

区分	定義
一部破損	全壊及び半壊にいたらない程度の住家の破損で、補修を必要とする程度のものとする。ただし、ガラスが数枚破損した程度のごく小さなものは除く。
床上浸水	住家の床より上に浸水したもの及び全壊・半壊には該当しないが、土砂竹木のたい積により一時的に居住することができないものとする。
床下浸水	床上浸水にいたらない程度に浸水したものとする。

3.1.3.2 災害発生時の流れ

図 3-3に災害発生時に住家被害が発生した場合の対応の流れについて示すとともに、図 3-4から図 3-6に災害における地震等および浸水による住家被害認定の内容について示した。

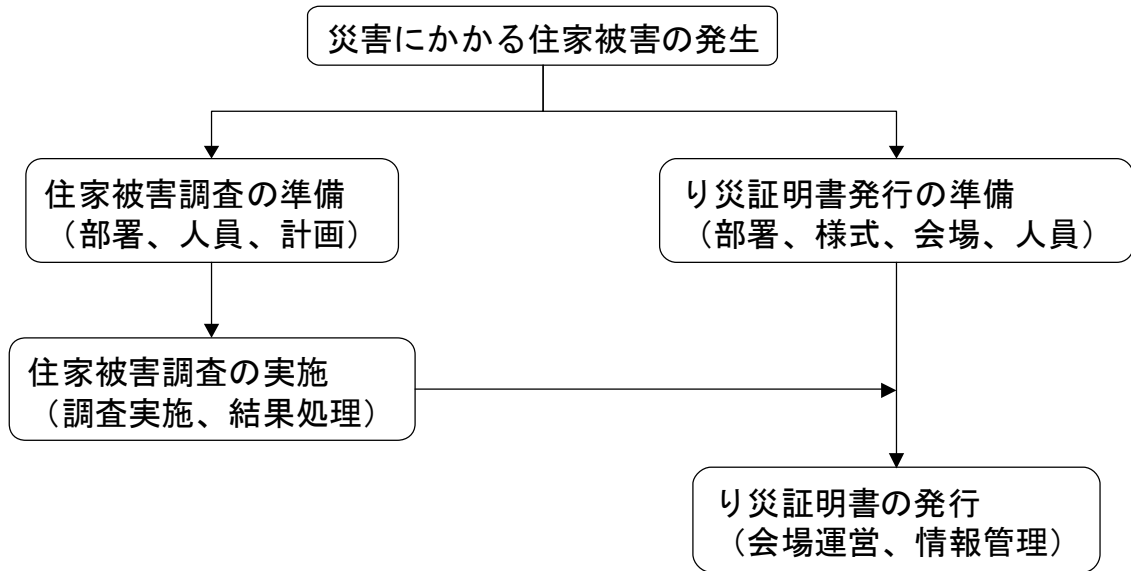


図 3-3 災害発生時の対応の流れ

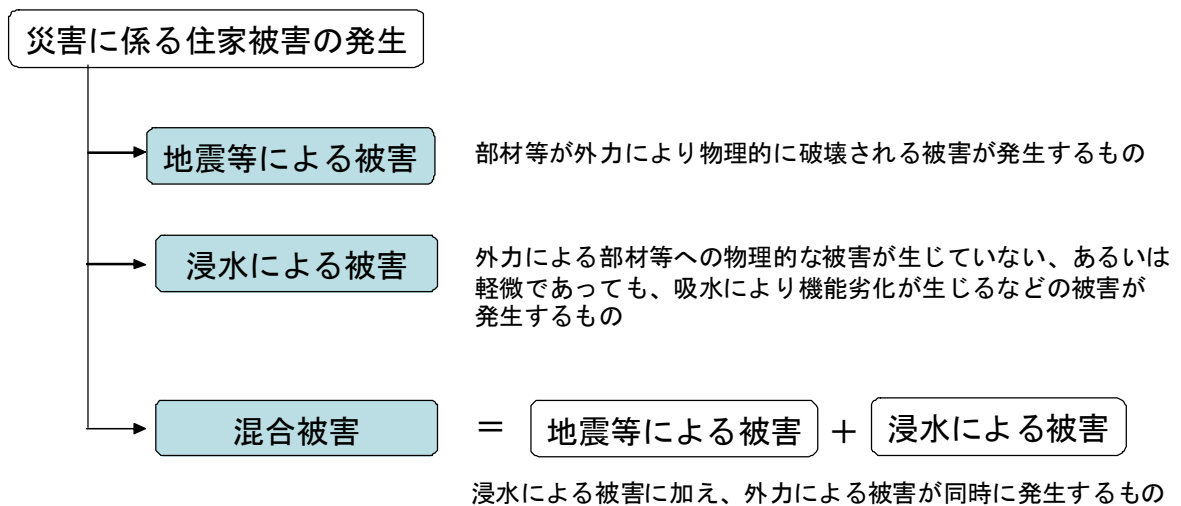


図 3-4 地震等・浸水・混合被害による住家被害の区分

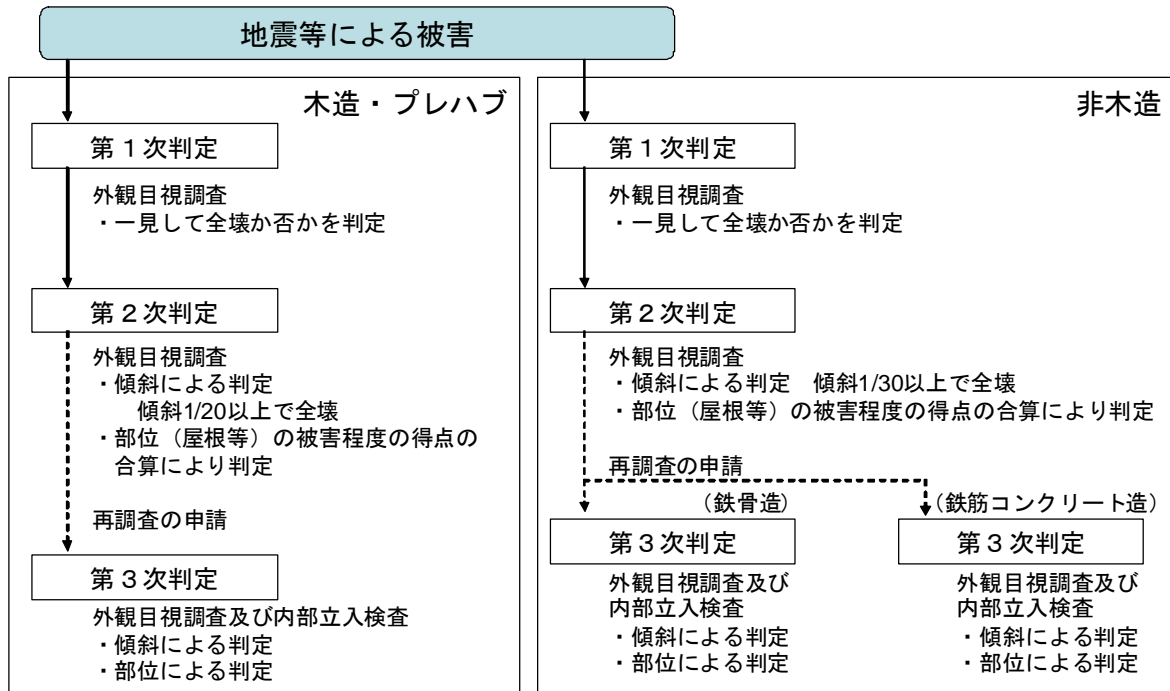


図 3-5 地震等による住家被害認定の内容

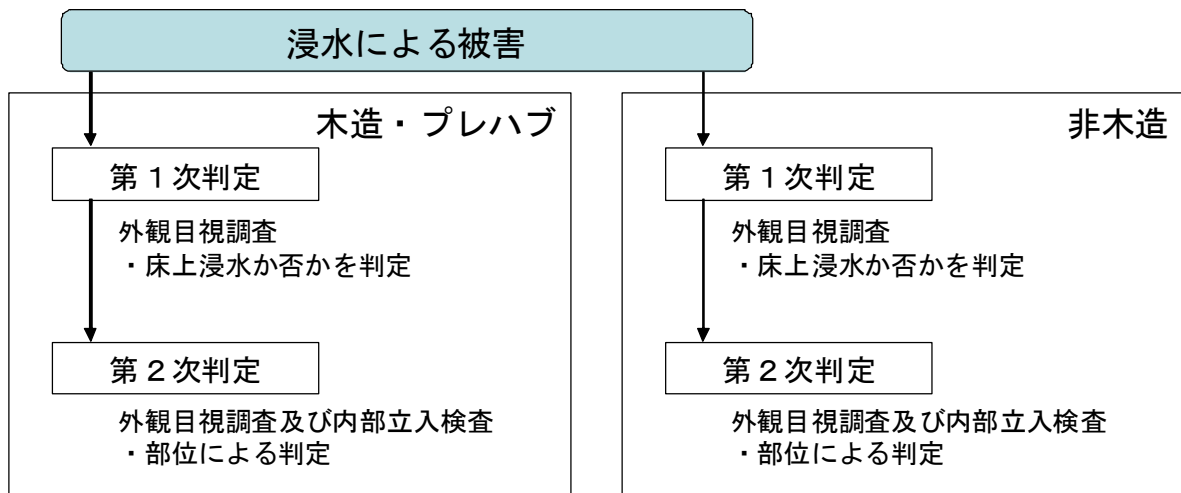


図 3-6 浸水による住家被害認定の内容

(1) 住家被害調査の準備（部署、人員、計画等）

住家被害調査の実施にあたり、担当部署の特定、人員計画、調査の実施計画等の準備に関する内容を以下に整理した。

①調査担当部署の特定

- 家屋台帳等のデータ所有や住家に関する知識を勘案し、税務部局・住

宅部局・建築部局・消防部局などが担当

②調査対象棟数の把握

- 住家被害の発生状況の大まかな把握（→衛星画像や航空写真等による概数把握）
- 調査方針の決定（全棟調査、申請のあった建物のみ調査等）
- 調査対象棟数の把握

③調査期間の設定

- 調査実施準備期間（地図、応援職員トレーニング等）
- 住家被害の発生規模（調査対象棟数）
- 被災者支援策の適用開始時期
- り災証明書発行時期などを勘案

④調査人員の確保

- 調査対象棟数、実施期間より、調査に必要な人員を把握
- 例えば、1班（2人）が1日に調査可能な棟数（約20棟）を勘案すると、100万棟を20日間で調査するとすれば、約5000人/日必要

⑤調査実施計画の作成

- 調査期間全体、1日のスケジュール
- 班編制、調査対象地区の区域割り

⑥調査必要物品等の準備

- 移動手段、通信手段（車、自転車、住宅地図、携帯電話）
- 装備（天候も考慮）（ヘルメット、手袋、安全靴、身分証明書）
- 調査器材（調査票、筆記用具、下げ振り等（傾斜測定用）、巻尺、電卓、カメラ等）
- 調査済み通知

⑦調査実施の広報

- 目的、実施期間、調査内容の周知
- り災証明書の発行開始時期、発行場所等の周知

(2) り災証明書発行の準備（部署、様式、会場、人員等）

り災証明書発行にあたり、担当部署の特定、様式の準備、り災証明発行台帳作成に関わる基礎資料等の手配等に関する内容について以下に整理した。

①担当部署の特定

- ▶ 住民基本台帳や家屋台帳等のデータ所有、被災者支援に関する知識、各種証明書交付事務経験などを勘案し、税務部局・福祉部局が担当

②発行開始日の設定

- ▶ 住家の被害調査実施期間、被災者支援策の適用開始時期、り災証明書発行準備期間等を勘案

③様式の準備

- ▶ 証明事項（り災世帯、り災建物、り災程度、り災原因）
- ▶ 発行枚数

④り災台帳の作成

- ▶ 台帳作成の基礎資料（家屋台帳、住民基本台帳、住宅地図）
- ▶ り災台帳に収録が必要なデータ（所在地、所有者、居住者、連絡先、住家被害認定結果（り災程度）、被害調査データ、住家の被害写真、り災証明書発行記録）

⑤発行会場の設営

- ▶ 被災世帯数、発行枚数を勘案し、会場規模・会場数を決定

⑥必要物品等の準備

- ▶ 会場外（会場内案内図、入場状況表示案内）
- ▶ 申請エリア（申請書記入台、各種案内用掲示板、各種配付資料置場用台、待合スペース用椅子）
- ▶ 業務エリア（地図、り災台帳、パソコン、プリンター、コピー機、電話、机・椅子）

⑦り災証明書発行の広報

- ▶ 発行目的、発行時期、申請方法、発行場所に関する広報

(3) 被害調査の実施（調査実施、結果処理）

住家被害調査の実施内容および調査結果の処理に関する内容について以下に整理した。

①被害調査の実施

- ▶ 調査対象を確認し、被害状況を確認
 - 傾斜の測定
 - 各部位の損傷状況の調査
 - 記録用写真撮影

- 浸水状況の調査
- 居住者対応

②帰庁後の結果処理

- 調査票のチェック（記入漏れ等の確認）
- 調査実施報告および意見交換（疑問点の確認）
- り災台帳への調査結果のデータ入力、写真データの整理

(4) り災証明書の発行

り災証明書発行にあたって、被災者への結果の提示に際しては、適切な情報提供および説明が重要となる。図 3-7にり災証明書発行の流れについて示した。

- 判定方法の説明
- 被災事例写真の提示
- 調査時の写真に基づく説明
- 各種被災者支援策の説明
- 想定Q Aの準備

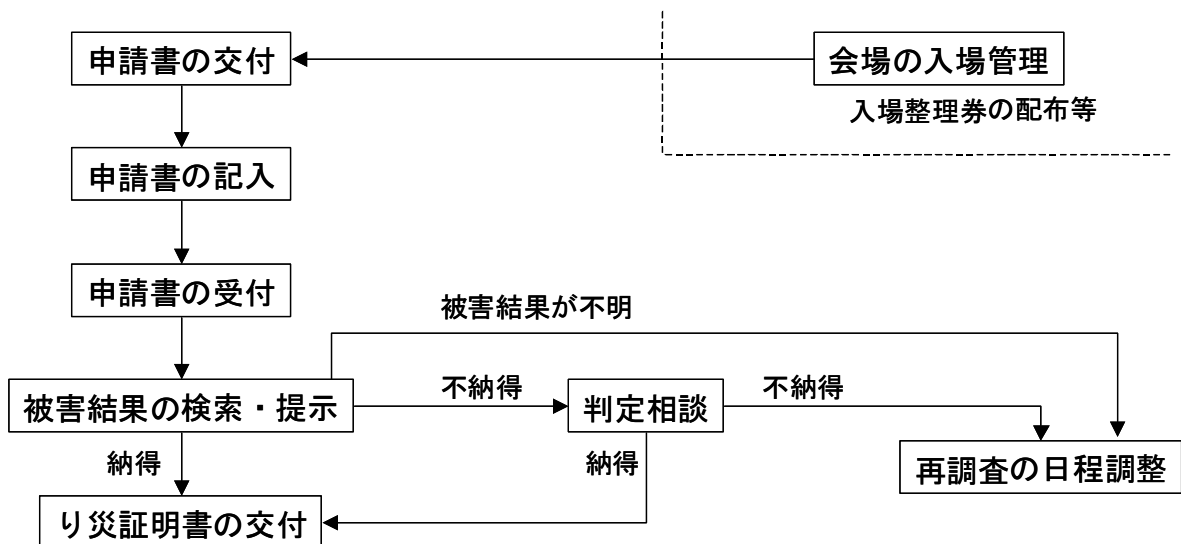


図 3-7 り災証明書発行の流れ

3.2 住家被害認定に関する従来手法に関する課題および展望と論点

3.2.1 住家被害認定に関する従来手法に関する課題

新潟県中越地震においては、認定に用いた調査票が自治体間で異なっていたことなどにより、住民間で不公平感や不信感が増大した。内閣府からは具体的な調査方法として「災害に係る住家の被害認定基準運用指針」が示されているが、被害認定が法的根拠をもつ制度として位置づけられておらず、調査方法の決定を含めた最終的な判断が自治体に委ねられていることに起因するものであった。

- 認定に用いた調査票や調査方法が自治体間で異なることによる住民の不公平感
- 調査方法も含め最終的には自治体が判断

また、住家被害調査の実施にあつては、担当の税務課職員だけでは人数不足（例：小千谷市の場合、1万数千棟の調査に対して30名弱（10数組））で対応することが困難なうえに、税務課職員が具体的な業務内容や住家被害認定に係わる調査方法に関する予備知識を持たなかったことから、他課の職員に応援を求める場合も含めて、事前のトレーニングの必要性が認識された。

小千谷市の税務課職員は、地震発生（10月23日）から12月30日までの間（約2ヶ月間）で、週末の土・日のうち、半日休暇を2回とったに過ぎなかったことが報告されている。

- 調査担当職員の人数不足、他課からの応援職員の増大等による、調査方法についての未習熟（事前のトレーニングの必要性）
- 大規模災害時の住家被害認定には膨大な人数と時間が必要

さらに、調査員の能力（専門家、専門知識を持たない自治体職員）や、地元、職員と他都市からの応援職員の混在等により、調査の精度にばらつきが生じ、調査の公平性を確保することが困難であったうえ、余震による被害拡大に伴い、再調査依頼が増大する結果となった。

- 各調査員の能力や、地元職員と他都市からの応援職員の混在等による調査精度のばらつき
- 調査の公平性を確保することの難しさ

3.2.2 住家被害認定に航空写真等を活用する上での展望

(1) 被災者の理解と納得

被災時に十分な調査とデータをとらずに被害認定をした場合、余震により当初の被害より被害が大きくなった場合、または応急危険度判定で危険と判定されたが住家被害認定で一部損壊と判定された場合に再調査の依頼が多くなる。

そのため、被災者の理解と納得を得るプロセスが重要であり、被災時の住家被害認定データに関する科学的な各種整理が必要とされることから、より客観的な被災時の撮像データを提供することにより被災者の納得性を向上させることが期待される。

(2) 住家被害認定作業の膨大な手間の効率化

住家被害認定作業には、膨大な人数と時間が必要となり、本来対応すべき課題に対応できない場合や早期の復興計画の立案に支障が出ることが予想される。

首都直下地震で見込まれる全壊・焼失だけでも約 85 万棟と見込まれ、住家被害認定をするための膨大な職員数（数千人以上）と時間（1ヶ月以上）が必要となる。

応急危険度判定の効率は、阪神・淡路大震災時においては 7.5 棟/人日という状況であった。また、住家被害認定は、小千谷で 58 棟/4 人日 = 15 棟/人日、長岡市や川口町では 20~27 棟/4 人日 = 5 棟/人日という効率であった。

この住家被害認定や応急危険度判定に関して航空写真等を活用することにより、調査区域の設定、これらに必要な職員、資機材等の配備計画の立案を効果的に実施し、住家被害認定作業（一次判定、二次判定）の効率性・正確性・客観性の向上に資することが期待できる。

(3) 住家被害調査に地理情報システムを有効活用

住家被害認定とその調査、その後の都市復興等に活用できる地理情報システムを有効に活用する技術の開発も取り組むべき課題の一つであり、被災証明の判定結果を地理情報システムで区・都などが共用できる仕組みづくりが重要となる。

東京都では（23 区内の）固定資産課税台帳が特別区内の固定資産税を都が徴収していることから、各区はそのデータを持っていないという特徴がある。さ

らに、区は家屋台帳をもっておらず、現状では住家被害認定を担当することは困難な状況である（H18年度首都直下地震の復興対策のあり方に関する検討会報告書の委員コメント抜粋）。

(4) 非専門家でも対応できる仕組み

応急危険度判定は、専門知識を保有する応急危険度判定士（建築士ボランティア）が主に対応するが、り災証明のための住家被害認定作業は、建築の専門家ではない税務職員等が従事することが多い。そのため、短時間で非専門家でも住家被害認定作業が迅速に行えるような研修や訓練等の仕組みが必要となる。

3.2.3 航空写真等を活用する上での技術・運用上の論点

航空写真等を活用した住家被害認定は大いに期待できる技術であるが、技術的な限界や運用上の制約、開発コスト等の課題があるのも事実である。

技術的な制約として、分解能（層破壊による全壊や焼失の判断への適用は可能であるが、半壊や一部損壊の判断への適用にはさらに検討が必要）、悪天候や夜間での利用可能性、自動判読技術（被害後の画像からの判読、被害前後の画像からの判読）からみた住家被害認定（1次判定・2次判定）への適用可能性、地図データとの重ね合わせ（首都圏で利用可能な地図や地理情報システムのエンジン等）などの課題が考えられる。

これらの論点を踏まえ、技術的な検討を4章で実施し、運用面での検討を5章で実施した。

4 航空写真等を活用した被害状況調査の現状と動向

本章では、衛星、航空機（翼機）、ヘリコプター、UAV および地上系でのその他の観測手段による情報の収集技術に関する現状と課題および運用上の制約等に関して整理するとともに、それぞれの観測手段における事例を整理した。

また、それぞれの観測手段によって収集された情報から被害状況を自動判読するための技術、被害状況の把握をより効果的にするために利用可能なアーカイブデータ、空間データについて整理するとともに関係機関等における被害状況調査の状況についての事例を紹介した。

4.1 被害状況調査に適用可能性のある収集技術の現状と動向

以下に、それぞれの観測手段を被害状況調査に適用する上での現状の可能性と課題および技術の動向について整理した。

(1) 観測衛星による被害状況調査

■ 現状

- ▶ 観測データの高分解能化（空間分解能 1m オーダから 50cm オーダへ）
- ▶ 商用高分解能衛星サービスが定着
- ▶ 利用可能な複数衛星を組み合わせることにより、1日1回程度観測が可能
- ▶ 防災、災害監視の分野において地球観測データを利用する活動が活性化
- ▶ 国際的な取り組み【緊急観測した衛星画像を被災地域に迅速に提供する国際協力プロジェクト（国際災害チャーター、センチネルアジア）】
- ▶ 国内の取り組み【「だいち」データの防災分野での実利用実証実験】
- ▶ 被害状況を把握するための補助的な情報としての利用は有効
- ▶ 広域を観測することができる特徴を活かして、被災地の被害状況の全体像を把握することで、地上踏査などによる詳細な被害状況調査の効率化が可能

■ 課題

- ▶ 地上分解能【家屋等の被害状況を把握するためには、数センチ～10数センチ程度の分解能が必要】

- ▶ 観測頻度【被害概況調査に活用するためには、発災後、できるだけ早急に観測データを入手することが必要】

(2) 航空機による被害状況調査

■ 現状

- ▶ 災害が発生したときに悪天候でない限り、迅速な対応が可能
- ▶ 撮像された画像は、衛星画像と比較して高分解能
- ▶ 航空機には、デジタル航測カメラ、レーザプロファイラ、SAR、InSAR等の高分解能の画像を取得するためのデジタルセンサが搭載可能
- ▶ デジタル航測カメラの普及により、従来のアナログの航測写真撮影に比べ撮像からオルソ化した画像を得るまでの時間が大幅に短縮
- ▶ 被害概況調査、被害認定の一次判定（全壊住家の判別）においては、有効に活用することが可能
- ▶ 被害認定の二次判定においても、一部活用の可能性

■ 課題

- ▶ 災害時に効果的に航空写真を活用するための体制（組織、設備、予算、技術、データ）の整備
 - 迅速にデータを収集するための体制
 - 収集されたデータを効率的に処理・解析（被害状況の判別）するための体制
 - 処理・解析した結果を配布するための体制 等々
- ▶ 運用上の制約
 - 観測条件：時間帯（昼・夜）、気象（晴天・曇天・雨天・強風等）
 - 対象地域：広域性（広域・中域・狭域）、建物密集度、建物高度
 - 迅速性：運用主体、運行制約、運行範囲、リードタイム、観測の確実性、アーカイブの状況、情報伝送、情報処理、判読 等々

(3) ヘリコプター・UAVによる被害状況調査

■ 現状

- ▶ 災害が発生したときに悪天候でない限り迅速な対応が可能（消防・防災ヘリは出動要請後、数十分程度で飛行可能）
- ▶ 取得した映像（動画）は原則リアルタイムで伝送可能
- ▶ 撮像された画像は、衛星画像・航空写真と比較して高分解能であるが、

撮像範囲は狭い

- ▶ アナログテレビカメラ、デジタルカメラ、レーザプロファイラ、デジタルハイビジョンカメラ、デジタル高感度カメラ等が搭載可能
- ▶ 被害概況調査、住家被害認定の第一次判定（一見全壊）においては、有効に活用することが可能
- ▶ 住家被害認定の第二次判定においても、有効活用できる可能性大
- ▶ 地図データとヘリテレ映像との重ね合わせを行う被害判読システムは東京都等で導入済み
- ▶ ラジコンヘリにデジタルカメラ等を搭載したシステムが実用化

■ 課題

- ▶ 被害認定調査時におけるヘリコプターの確保
- ▶ 体制の整備（航空機の場合と同様）
- ▶ データ伝送方式のデジタル化
- ▶ 安全性の確保（操縦不能等による UAV の落下等）

(4) 被害状況調査に適用可能性のある技術の動向

観測機器（センサ）の搭載プラットフォーム（衛星、航空機、ヘリコプター）と搭載機器に関して、後述の技術的な現状および動向調査の結果を基に、現状と概ね5年後の技術動向を表4-1に整理する。

表 4-1 適用可能技術の将来動向

プラットフォーム	センサ	現状	将来（概ね5年後）
衛星	高分解能 パンクロ	解像度1m程度 観測頻度2～3日程度	解像度50cm程度 観測頻度1～2日程度
	高分解能 マルチ	解像度3m 観測頻度2～3日程度	解像度2m程度 観測頻度1～2日程度
航空機	デジタル カメラ	解像度数cm（高さ精度数cm程度） 導入済み	解像度数cm（高さ精度数cm程度）
	レーザ プロファイラ	解像度数cm（高さ精度15cm程度） 導入済み	解像度数cm（高さ精度は数cm程度） 導入が広がる
	SAR	解像度数cm 検証段階	解像度数cm 導入が広がる
	In-SAR	解像度数cm（高さ精度50cm程度） 検証段階	解像度数cm（高さ精度数十cm程度） 導入が広がる
ヘリコプター	HDTV	報道用に導入	地方自治体でも導入始まる

SAR (Synthetic Aperture Radar) : 合成開口レーダ
In-SAR (Interferometry SAR) : 干渉SAR

図 4-1にデジタルカメラで観測された画像について、分解能の違いによる例を示す。さらに、図 4-2には被害状況調査の各フェーズに対応した適用可能技術における現状と概ね5年後の技術マップを示す。

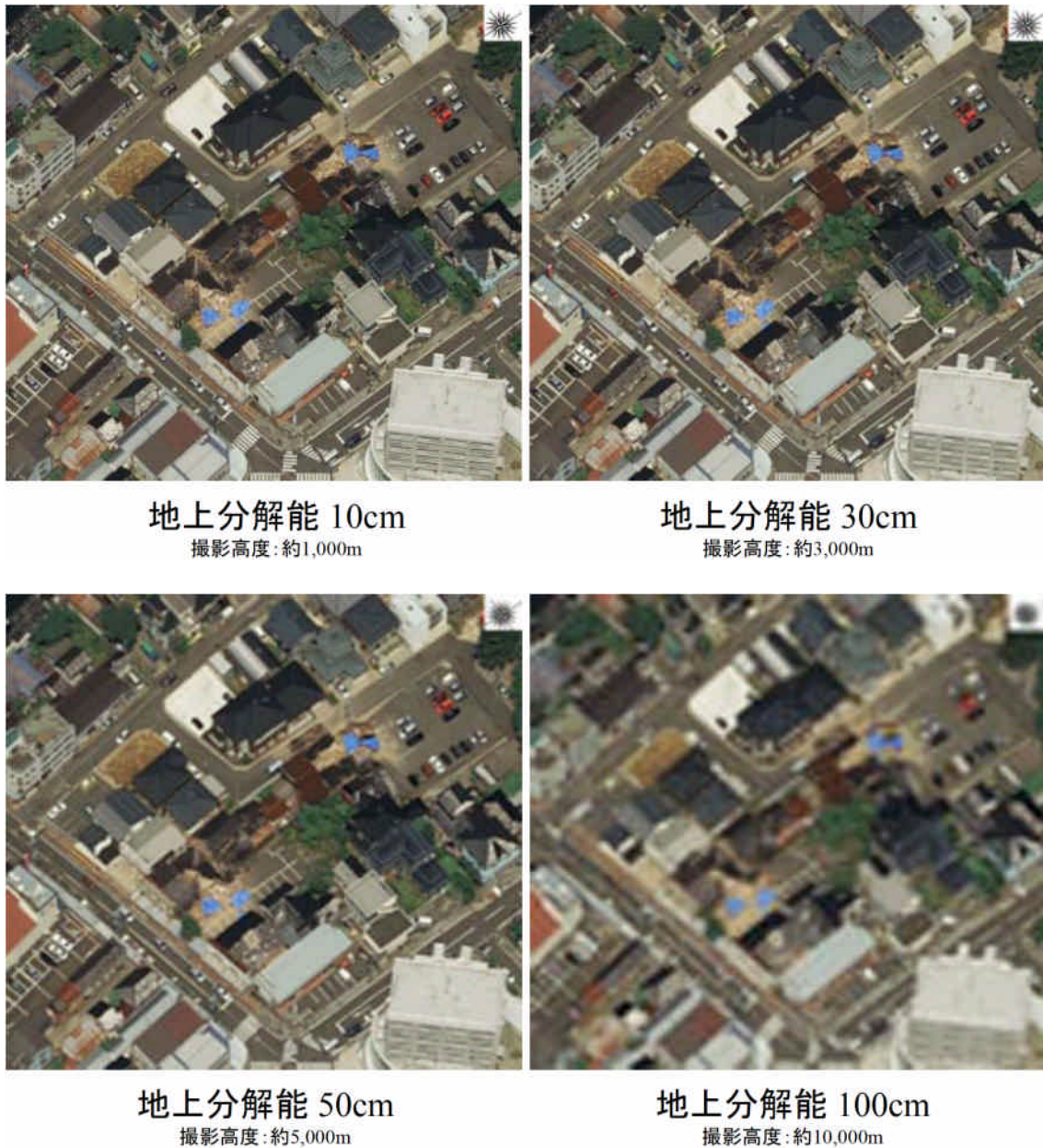


図 4-1 地上分解能 10cm, 30cm, 50cm, 100cm の画像

(アジア航測提供)

(注)地上分解能 30cm, 50cm, 100cm の画像は地上分解能 10cm の画像からシミュレーションした。

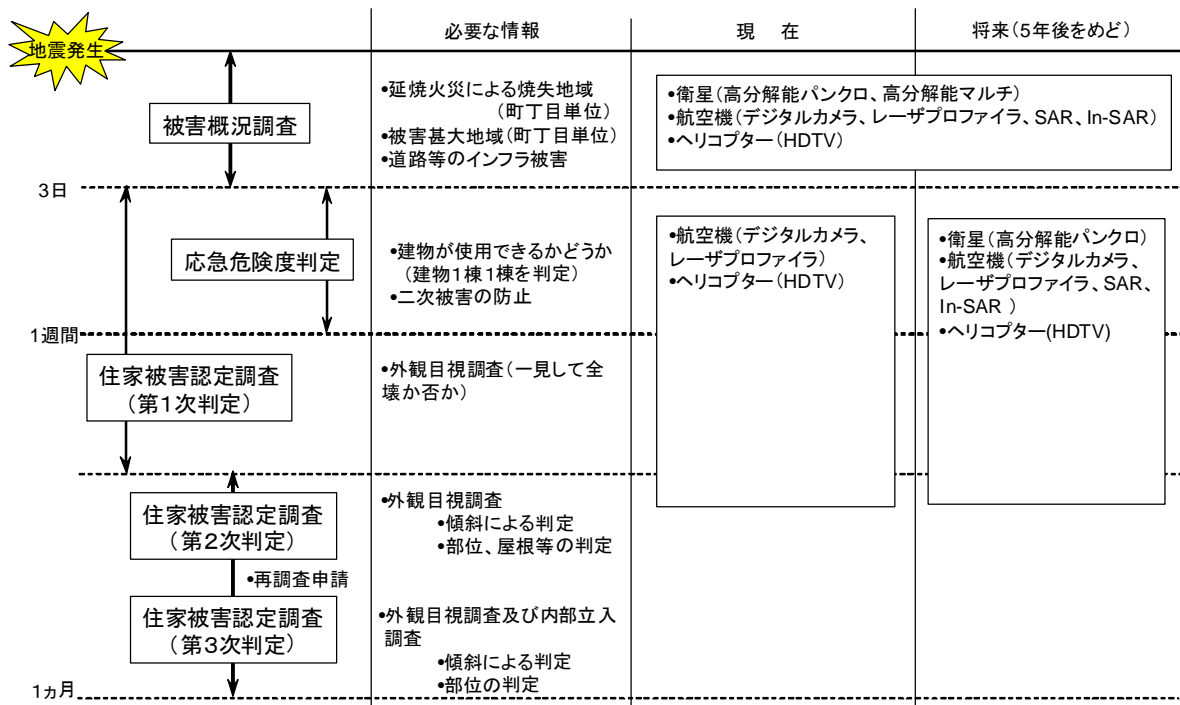


図 4-2 被害状況調査への適用可能技術の技術マップ

4.2 被害状況調査に適用可能性のある収集技術

観測衛星、航空機（翼機）、ヘリコプター、UAV および地上系におけるその他の観測手段による情報の収集技術について、以下に整理する。

4.2.1 観測衛星による被害状況調査

近年の各国が打ち上げる衛星は高分解能化が進んでおり、従来の空間分解能 1m オーダから 50cm オーダの画像が利用可能となっている。また、GoogleEarth の普及に代表されるように、商用高分解能衛星サービスが定着したことで高分解能衛星画像が一般に浸透しつつある。

現状では、地球観測衛星による観測データの防災、災害監視への適用に関する多くの研究成果をもとに、その有効性が検証されつつあり、地球観測衛星の高分解能化や商用高分解能衛星サービスの定着を受け、防災、災害監視の分野において地球観測データを有効活用するための活動が活性化しつつある。

国際的には、地球観測衛星を災害監視に活用するための活動が様々な枠組みで行われている。例えば、日本の内閣府および宇宙航空研究開発機構（JAXA）も参加する国際災害チャーターは、全世界で発生した大規模自然災害に対し、JAXA を含む世界各国の 10 宇宙機関が保有する 20 機以上の衛星で観測を行い、被災地の画像を被災国に提供している。ここで、2000 年に活動を開始した国際災害チャーターの、2007 年までに発動された実績（回数）を表 4-2 に示す。2001 年の災害に対する発動回数はわずか 11 回であったが、昨年 2006 年には 25 回、2007 年には 43 回も発動し、衛星による観測画像が被災地に提供されている。

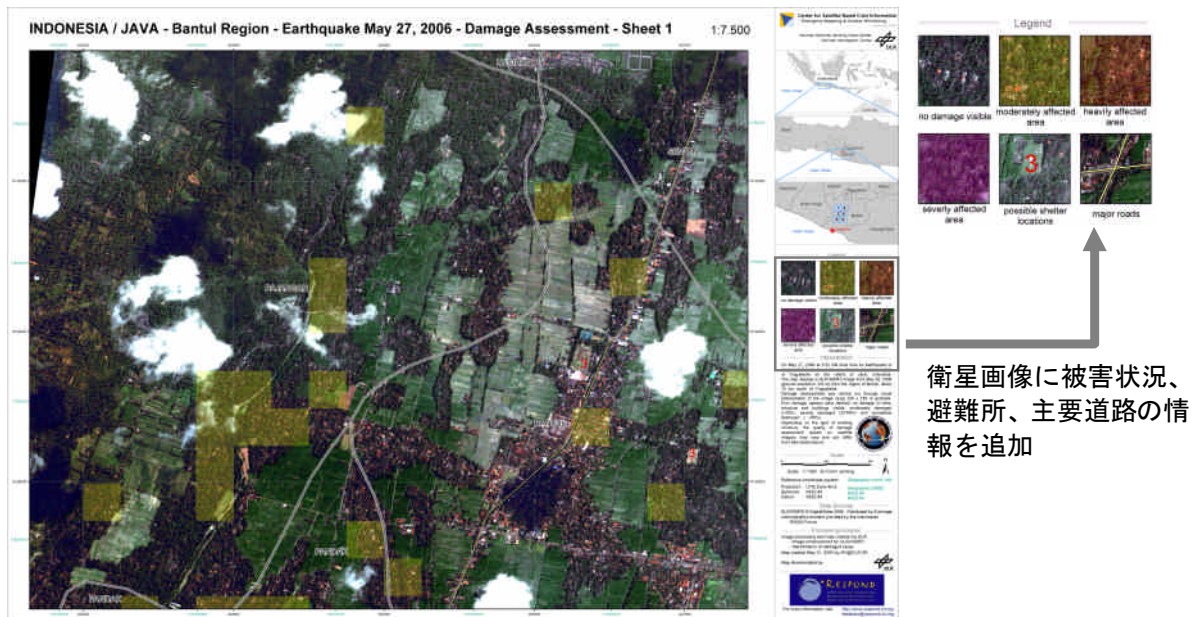
表 4-2 国際災害チャーターの発動実績

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	計
地震		3	1	3	5	3	2	5	22
地すべり	1			2			1		4
火山噴火		1	1	2	2	1	1	2	10
台風			1	2	2	6	1	6	18
雪害								1	1
津波・高潮		4	8	4	9	13	16	22	76
森林火災				5	2	2		4	13
海洋油流出		3	2				4	3	12
有害物質の拡散					1				1
計/年	1	11	13	18	21	25	25	43	157

(国際災害チャーターホームページ(<http://www.disasterscharter.org>)より MRI 作成)

また、国内でも 2006 年 1 月に打ち上げられた地球観測衛星「だいち」の画像により防災、災害監視分野における実利用を実現するための実証実験が JAXA を中心に行われている。すでに、火山噴火予知連絡会では「だいち」を用いて定常的な活火山の監視を行うという実利用が実現している。地震災害についても地震調査研究推進本部に設置された地震調査委員会で、「だいち」観測データの利用が検討されている。また、内閣府においても、被害早期把握システム（RAS）において「だいち」の画像が利用されている。

ここで、地震災害に対する高分解能衛星画像の利用事例を図 4-3に示す。これは、2006 年 5 月 27 日に発生したインドネシアジャワ島の地震に対して発動した、国際災害チャーターでの衛星画像利用事例であり、商用衛星の Quickbird の画像を用いたジョグジャカルタ市の地震動による被害状況の分析結果を衛星画像に重ねあわせたものである。



衛星画像； Quickbird データ取得日：2006 年 5 月 28 日 画像作成：ドイツ航空宇宙センター（DLR）


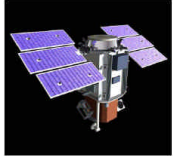



図 4-3 地震災害に対する高分解能衛星画像の利用事例
 (出典：国際災害チャーターホームページ <http://www.disasterscharter.org/>)


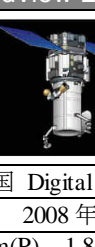
4.2.1.1 災害時に利用可能な主な地球観測衛星の現状

都市域での地震災害による被害状況の把握を目的とした場合、地球観測衛星に搭載された光学センサには高い空間分解能であることが求められる。また、航空機やヘリコプターによる撮像を補完するという観点からは、夜間や悪天候でも観測することができる合成開口レーダも利用できる可能性がある。

ここで、現時点および近い将来において利用可能な、高分解能光学センサ搭載衛星の運用機関、打ち上げ日（今後打ち上げられる衛星については予定）、空間分解能、観測幅および観測頻度を表 4-3に示す。また、高分解能光学センサによる観測画像の例を図 4-4に示す。

表 4-3 主な高分解能光学センサ搭載衛星(昼間時に活用可能な衛星)

	IKONOS (商用)	QuickBird (商用)	OrbView-3 (商用)	ALOS	WorldView-1(商用)
現在 運用中					
運用機関	米国 GeoEye	米国 Digital Globe	米国 GeoEye	日本 JAXA	米国 Digital Globe
打ち上げ日	1999年9月24日	2001年10月18日	2003年6月26日	2006年1月24日	2007年9月18日
空間分解能	0.82m (P) 4 (M)	0.61m(P) 2.44 m (M)	1m (P) 4 m (M)	2.5m (P: PRISM) 10 m (M: AVNIR2)	0.5m (P)
観測幅	11~13 km	16.5 km	8 km	70 km	17.6 km
観測頻度	3 日	1~3.5 日	3 日	2 日 (PALSAR との組合せ)	約 6 日
出典 ¹⁾	Geo Eye HP	Digital Globe HP	Geo Eye HP	JAXA/ALOS HP	Digital Globe HP

	GeoEye-1 (商用)	WorldView-2 (商用)
今後 打上げ予定		
運用機関	米国 GeoEye	米国 Digital Globe
打ち上げ日	2008年春	2008年
空間分解能	0.41, 0.5, 0.59m(P) 1.64 m (M)	0.45m(P) 1.84 m (M)
観測幅	15.2 km	16.6 km
観測頻度	8.3 日(0.41), 2.8 日(0.5), 2.1 日(0.59)	1~3.5 日
出典 ¹⁾	Geo Eye HP	Digital Globe HP

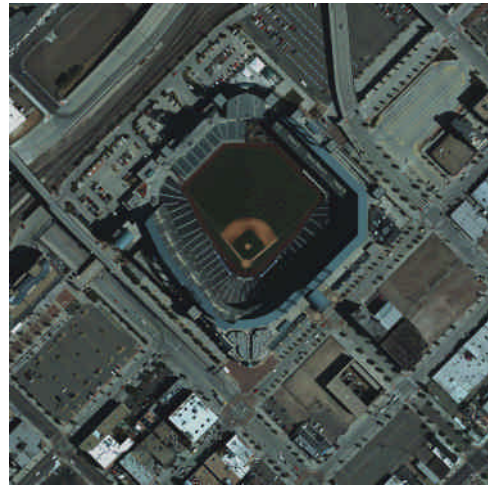
P : パンクロ (白黒画像)
M : マルチ (カラー画像)

(各衛星運用機関ホームページよりMRI作成)

¹⁾ Geo Eye ホームページ: <http://www.geoeye.com/>
Digital Globe ホームページ: <http://www.digitalglobe.com/>
JAXA 宇宙利用推進本部/ALOS ホームページ: <http://www.satnavi.jaxa.jp/project/alos/>



1m分解能 (IKONOS)






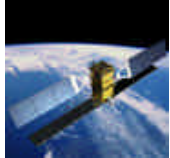
0.41m分解能 (GeoEye-1模擬画像)

図 4-4 高分解能衛星画像例

(出典: GeoEye ホームページ <http://www.geoeye.com/>)

さらに、現時点において利用可能な、合成開口レーダ搭載衛星の運用機関、打ち上げ日、観測バンド、空間分解能、観測幅および観測頻度を表 4-4に示す。また、合成開口レーダによる観測画像の例を図 4-5に示す。

表 4-4 主な合成開口レーダ搭載衛星(夜間、雨天、曇天時でも活用可能な衛星)

現在 運用中	Radarsat (商用)		ALOS		Terrasar-X (商用)		Radarsat-2 (商用)	
								
運用機関	カナダ CSA		日本 JAXA		ドイツ DLR		カナダ CSA	
打上げ日	1995年11月		2006年1月24日		2007年6月15日		2007年12月14日	
観測バンド	Cバンド		Lバンド(PALSAR)		Xバンド		Cバンド	
空間分解能	最高 8m	最低 100m	最高 7m	最低 100m	1m	16m	最高 3m	最低 100m
観測幅	45km	500km	40km	350km	10km	100km	20km	500km
観測頻度		約 4日	2日 (AVNIR2との組合せ)					2~3日
出典 ¹⁾	CSA/Radarsat HP		JAXA/ALOS HP		DLR/Terrasar-X HP		CSA/Radarsat HP	

(各衛星運用機関ホームページより MRI 作成)

¹⁾ CSA/Radarsat ホームページ: <http://www.space.gc.ca/asc/eng/satellites/>
 JAXA 宇宙利用推進本部/ALOS ホームページ: <http://www.satnavi.jaxa.jp/project/alos/>
 DLR/Terrasar-X ホームページ: http://www.dlr.de/tsx/start_en.htm

撮影日： 2007年7月1日
 分解能： 1 m
 撮影モード： SpotLight mode
 偏波： HH

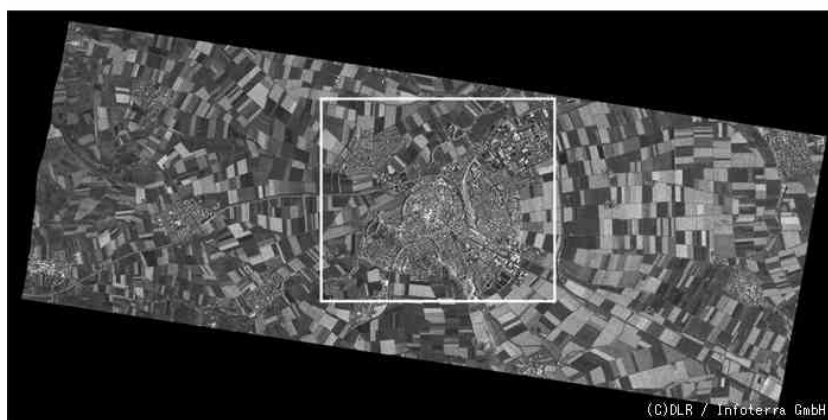


図 4-5 合成開口レーダ画像例

(出典: (株)パスコホームページ <http://www.pasco.co.jp/>)

4.2.1.2 衛星観測の特徴と地震災害への利用可能性

突発的に発生する地震災害が発生した場合、特に都市域では被害状況把握などの応急対応に対して、極めて高い分解能（数センチ～10数センチ）の画像が発災後3時間程度で必要とされている。これに対し、「だいち」や現在運用されている商用高分解能衛星に搭載された光学センサによる画像の空間分解能は50cm程度～数m程度であり、観測頻度は数日に1回程度で、発災直後の情報要求には十分に対応することが困難な状況にある。ここでは、衛星による観測の特徴を高分解能光学衛星、合成開口レーダのそれぞれについて表4-5に整理する。

表 4-5 衛星による観測の特徴

	高分解能光学衛星	合成開口レーダ	
観測時間帯	日中のみ観測可能	日中、夜間を問わず観測可能	
気象条件	晴天域のみ観測可能	雨天、曇天時でも観測可能	
空間分解能	50cm～1m程度	1～3m程度	7～8m程度
観測幅	10～20km	10～20km	40～50km程度
観測頻度	利用可能な複数衛星を組み合わせることで、1日1回以上	利用可能な複数衛星を組み合わせることで、1日に1回以上	
観測・データ提供の即時性	現状では、緊急観測要求提出から観測データ取得まで平均1～2日程度	同左	

このように、地震災害の被害状況把握に対し、直接的に衛星観測による画像を利用することは難しく、特に、広い観測幅と分解能の向上の両立には技術的な課題も多い。しかしながら、被害状況を把握するための補助的な情報として、衛星による観測画像は有効に活用できる可能性がある。

例えば、衛星による観測データを利用した地震による建物被害状況を把握する取り組みとして、高分解能衛星画像を利用した被害地域の自動抽出手法の検討が行われている。図 4-6に、2004年12月26日に発生したインドネシア・スマトラ沖地震での津波による被災地域を対象に、発災前後の商用高分解能衛星（Quickbird）画像の比較により被害領域を自動抽出した事例を示す。また図 4-7に、2003年12月26日に発生したイラン・バム地震での地震動による建物倒壊被害を対象とした発災前後の QuickBird の画像による被害領域の目視判読と発災後のみの画像を用いた自動抽出の結果を比較した例を示す。

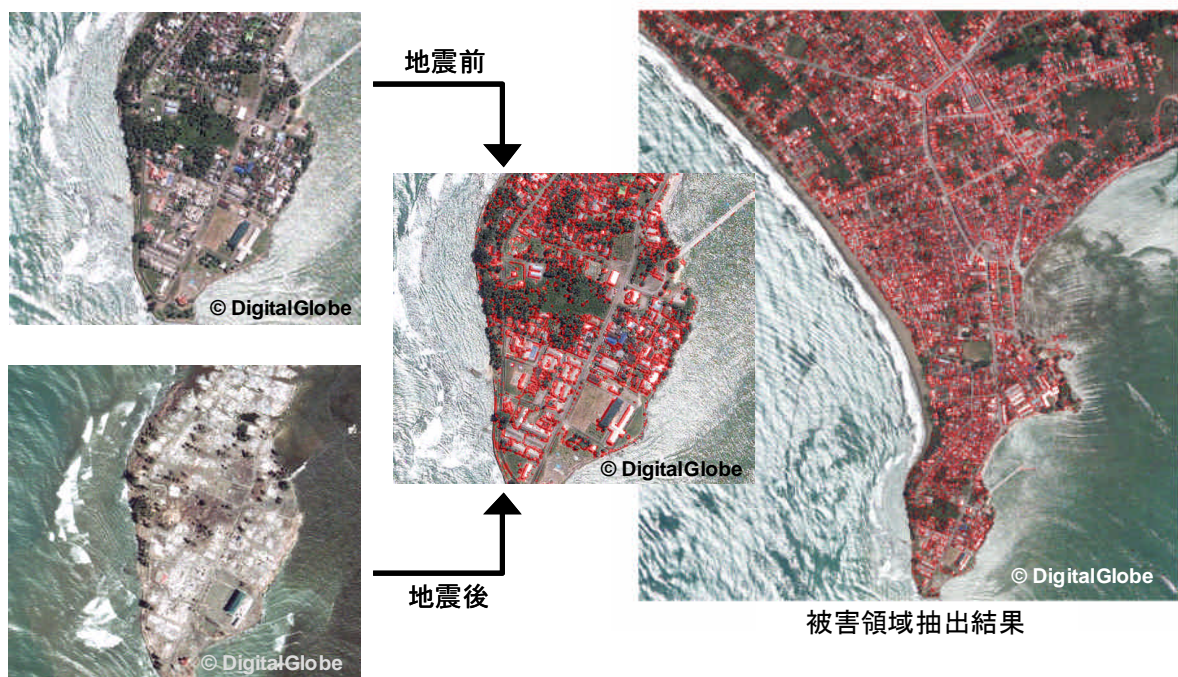


図 4-6 高分解能衛星画像を用いた地震被害地域の自動抽出例(津波被害)

(出典:Mitsuteru Sakamoto, Takeshi Doihara, Yukio Kosugi and Kniaki Uto: “Change Detection of Damaged Buildings due to Earthquake by Nonlinear Mapping Method”, Proc. International Symposium on Digital Earth, Tokyo, 2005.)

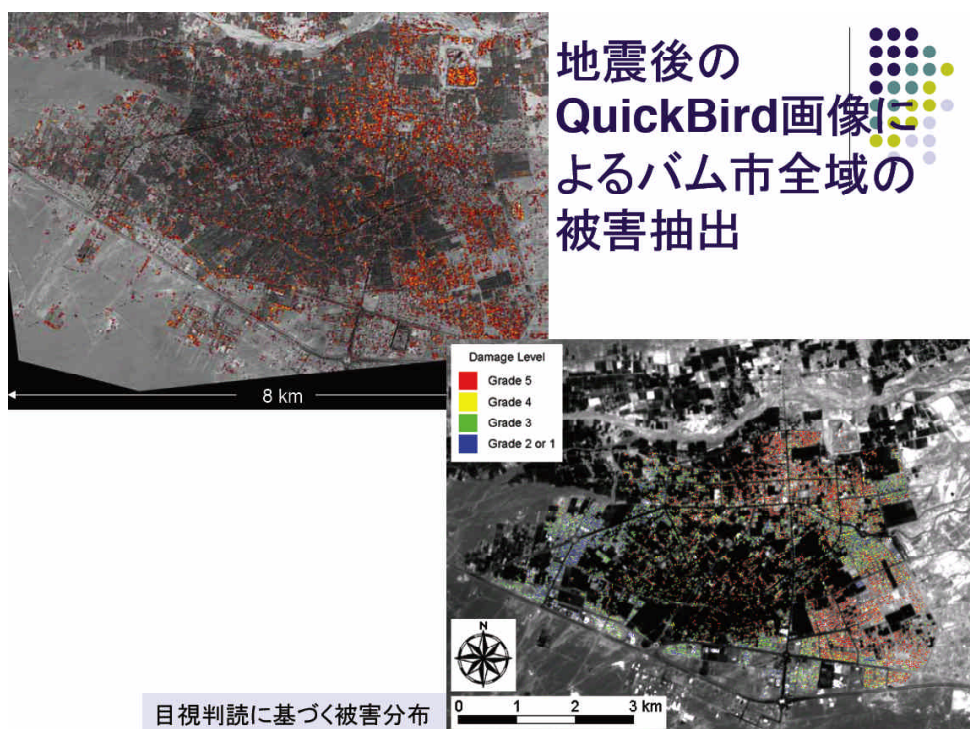


図 4-7 高分解能衛星画像を用いた地震被害地域の自動抽出例(地震動被害)

(出典:宇宙からのリモートセンシングによる災害値域の可視化, 防災科学研究所)

被害地域の自動抽出の結果は、目視による判読の結果と完全には一致していないが、被害が甚大な地域を迅速に把握するためには有効な手段である。ヘリコプターや航空機と比べ、広域を観測することができる特徴を有する衛星観測データを用いて被災地の被害状況の全体像を把握することで、地上踏査などによる詳細な被害状況調査の効率化が期待できる。また、地上の災害に影響を受けない地球観測衛星は耐災害性が高いため、被害状況把握に関する地上観測網や通信設備等が被災した場合でも観測可能であり、応急対応の計画立案などへの補助的な利用を考えた場合、地上での観測が困難な場合に、それを補う情報の収集手段として有効である。加えて、空間分解能は光学センサと比べて劣るが、夜間や悪天候でも観測を行うことができる合成開口レーダ画像も活用できる可能性がある。

4.2.1.3 衛星画像の取得

前述したように、地震をはじめとする大規模災害が発生した場合、被害状況を把握するための情報は一刻も早く収集されることが求められる。地球観測衛星は、平時においては様々な目的に応じた観測を実施しており、必ずしも災害発生時に被災地域を確実に観測できるとは限らない。このため、高分解能衛星を運用する機関は、大規模災害などの緊急時において、通常の観測を停止し、被災地域などを観測するための緊急観測を実施するサービスを提供している。

ここで、大規模災害等の緊急時において、衛星による緊急観測を実施する一般的なフローを図 4-8に示す。

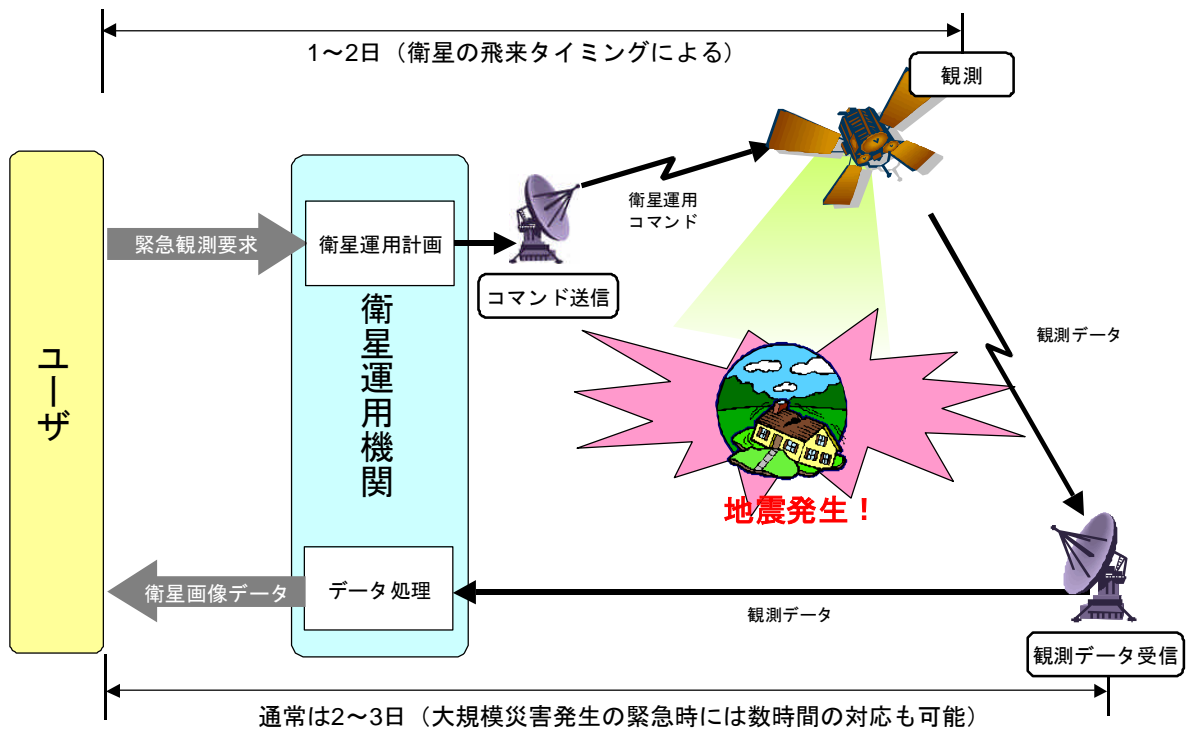


図 4-8 地球観測衛星による緊急観測の流れ

衛星による観測画像を必要とするユーザは、衛星の運用機関に対して緊急観測要求を行い、希望する観測対象領域などの条件を指定する。緊急観測要求を受け付けた衛星運用機関は、衛星の運用計画を変更し、衛星に対して要求領域を観測するためのコマンドを送信するなどの必要な対応をできるだけ速やかに実施する。ただし、衛星の飛来するタイミング等により、緊急観測要求を提示してから実際に観測ができるまでは、最大で1~2日かかる場合もある。

緊急観測実施後、観測データは地上受信局に送信され、必要なデータ処理(画

像の位置的な歪の補正など)を施したうえでユーザに提供される。通常、処理されたデータ(画像)がユーザに提供されるまでには、受信局でのデータ取得後2~3日程度の時間を要するが、緊急時には数時間程度での提供も可能である。

4.2.1.4 将来計画

これまでに示した事例のように、衛星観測による画像が地震等の大規模災害発生時に有効に活用できる可能性が示される中で、地球観測衛星を開発、運用する側の機関でも、観測対象として「災害」を強く意識した観測衛星システムを構築する動きがある。

例えば現在 JAXA では、主に災害を対象とした観測衛星システム(災害監視衛星群)が計画されている。この計画では、災害対応関係府省庁や災害分野の有識者からの要求に基づき、衛星システムの機能や性能、運用が検討されている。現時点の計画では、空間分解能は光学センサで1mと既存の衛星と同レベルであるが、観測幅は既存の高分解能衛星の10km程度を大きく上回る50kmを実現する計画であり、衛星観測の強みが最大限に発揮されるものと期待される。また、夜間・悪天候の観測を可能とする合成開口レーダも搭載する。高頻度の観測を実現するため、最終的には光学センサ搭載衛星2機、合成開口レーダ搭載衛星2機による合計4機の衛星群を構築し、日中で6時間毎、光学センサが利用できない夜間でも8時間毎の観測が可能となる。この衛星システムは、「だいち」との観測空白を最小とすることを目指しており、光学衛星1機から順次整備される予定である。

4.2.2 航空機（翼機）による被害状況調査

航空機による被害状況調査は、災害が発生したときに悪天候でない限り、迅速な対応が可能で、国内の航測会社が災害発生後速やかに被災地全域の観測を実施し、関係自治体等に提供しているが、被災地全域を同じ精度で網羅的に統制された観測が実施されていないため、必ずしも被災地の自治体の要望に適った観測がされているとはいえない。

4.2.2.1 航空機(翼機)による被害状況調査の現状

航空機により撮像された画像は、衛星画像と比較して高分解能で、デジタル航測カメラの普及により、従来のアナログの航測写真撮影に比べ、撮像からオルソ（正射投影）化した画像を得るまでの時間が大幅に短縮されている。

航空機には、デジタル航測カメラ（以下デジタルカメラ）、レーザプロファイラ、SAR、InSAR等の高分解能の画像を取得するためのデジタルセンサが搭載できる。

航空機から取得された画像データから住家等の被害状況を把握するための方法としては、以下の2つに大別することができる。

- 被災前後の画像データを比較して変化抽出を行うことにより被害状況を判読
- 被災後の画像データのみを利用して被害を受けた領域を判読

現状の被害状況把握においては、目視・半自動による人海戦術に頼るところが大きい。災害発生後に収集される膨大な数の航空機から得られた画像等から迅速に被害領域を把握するために不可欠な自動判読技術の研究が民間航測会社や大学等の研究機関で進められている。

4.2.2.2 航空機(翼機)による被害状況調査の動向

現状での航空機による被災地の観測はデジタルカメラおよびレーザプロファイラが主体であるが、近年、悪天候においても観測が可能な航空機搭載用のSARやInSARといったセンサの利用も期待されている。

また、航空機から観測された種々の画像データや3次元の計測データは地理情報システムといった共通的なプラットフォーム上に登録され、被害状況を効

果的に把握するために他の情報と有機的に分析・利用される傾向にある。

4.2.2.3 搭載センサの仕様と画像例

以下に、代表的な航空機搭載用の観測センサについて、仕様および画像例等を整理する。

(1) デジタルマトリックスカメラ (DMC) とラージフォーマットエリアセンサ (Ultra Cam X)

表 4-6に航空機搭載用の代表的なデジタルカメラである DMC と Ultra Cam X 仕様を整理するとともに、表 4-7に撮影高度と地上分可能の関係を示した。また、図 4-9に DMC の外観、図 4-10および図 4-11に画像例を示すとともに、図 4-12に Ultra Cam X の外観と撮像イメージ、図 4-13から図 4-15に画像例を示した。

さらに、図 4-16に航空機の姿勢・位置の決定に関する概要および図 4-17にデジタルカメラと従来のアナログカメラとの処理の流れを比較した。

表 4-6 DMC と Ultra Cam X の仕様

	DMC	Ultra Cam X
解像力(画素数)	13824 × 7680	P:14450 × 9420
画角	69.3° × 42°	P,C: 55° × 37°
焦点距離	120mm	P:100mm C:33mm
シャッター速度	可変(1/300~1/50)	可変(1/500~1/32)
最短撮影間隔	2sec	1.35sec
ピクセルサイズ	12 μ	P,C: 7.2 μ
ラジオメトリック	12bit	12bit
記憶容量	840GB	1.7TB
像ぶれ補正機能	有	有

パンクロマティック(白黒),R・G・B・NIR(赤・緑・青・近赤外)のデータ取得

(出典: DMC: デジタル航空カメラ(DMC)の導入と運用, APA No.87-4

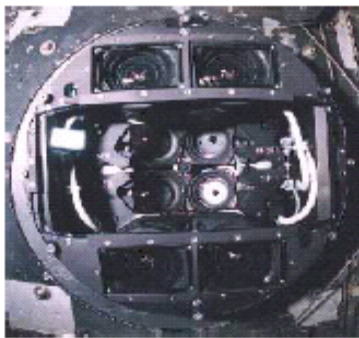
Ultra Cam X: www.pasco.co.jp/measure/air/)

表 4-7 撮影高度と縮尺および地上分解能

撮影縮尺	DMC			Ultra Cam X		
	1:4,000	1:8,000	1:12,500			
撮影高度	480m	960m	1,500m	300m	500m	1,500m
地上解像度	4.8cm	9.6cm	15cm	2.2cm	3.6cm	11cm

(出典: DMC : デジタル航空カメラ(DMC)の導入と運用, APA No.87-4

Ultra Cam X : www.pasco.co.jp/measure/air/)



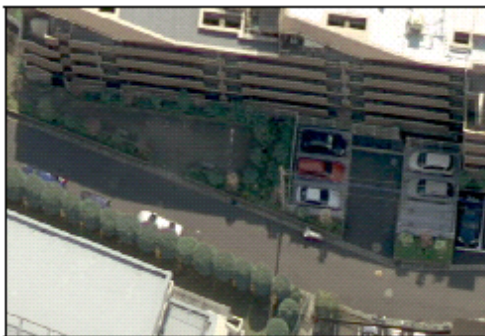
カメラヘッドの配置



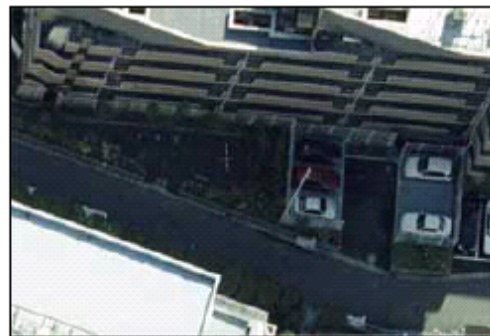
DMCシステム標準構成

図 4-9 DMC 搭載システム外観

(出典: DMC : デジタル航空カメラ(DMC)の導入と運用, APA No.87-4)



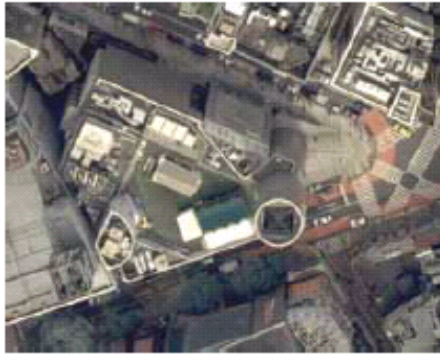
アナログカメラ画像



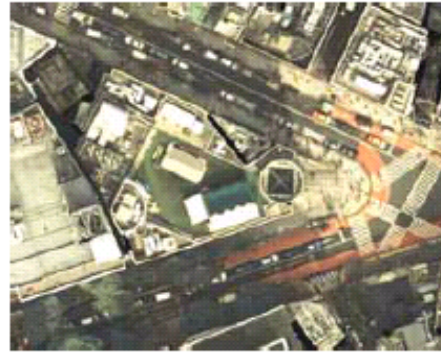
DMC 画像

図 4-10 色深度の例

(出典: DMC : デジタル航空カメラ(DMC)の導入と運用, APA No.87-4)



Ortho



True Ortho

(建物の倒れこみによる隠蔽が少ない)

図 4-11 DMC による Ortho と True Ortho

(出典: DMC: デジタル航空カメラ(DMC)の導入と運用, APA No.87-4)



■パノロマティック用レンズ
■RGB,近赤外用レンズ

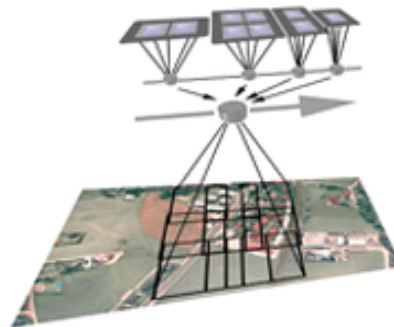


図 4-12 Ultra Cam X の外観と撮像イメージ

(出典: www.pasco.co.jp/measure/air/)

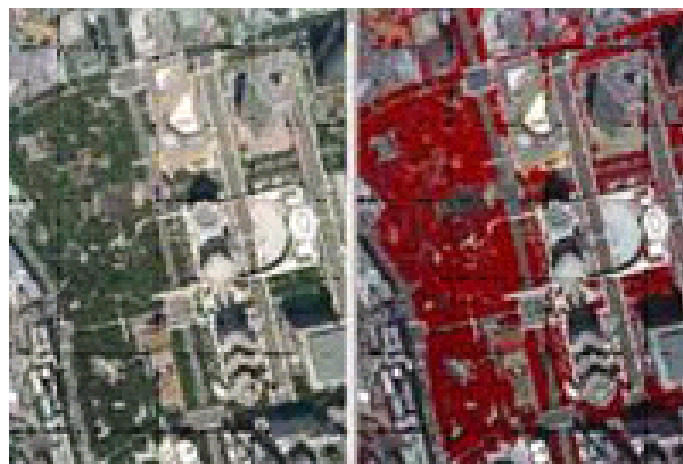
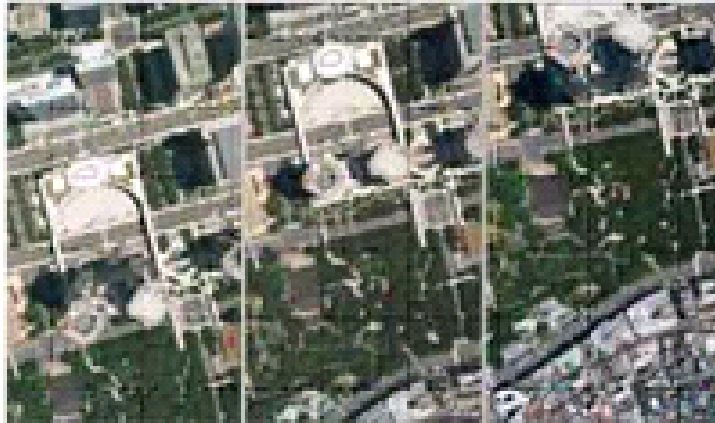


図 4-13 Ultra Cam X のカラー(左)とカラー近赤外パンシャープン(右)

(出典: Ultra Cam X : www.pasco.co.jp/measure/air/)



(飛行方向↓)

図 4-14 Ultra Cam X の 80%オーバーラップ画像

(出典: www.pasco.co.jp/measure/air/)



図 4-15 Ultra Cam X のカラー画像

(出典: www.dcvews.com/press/pdf/files/Vexcel-Ultracam-x.pdf (3505PB-0406 rev 0.1))

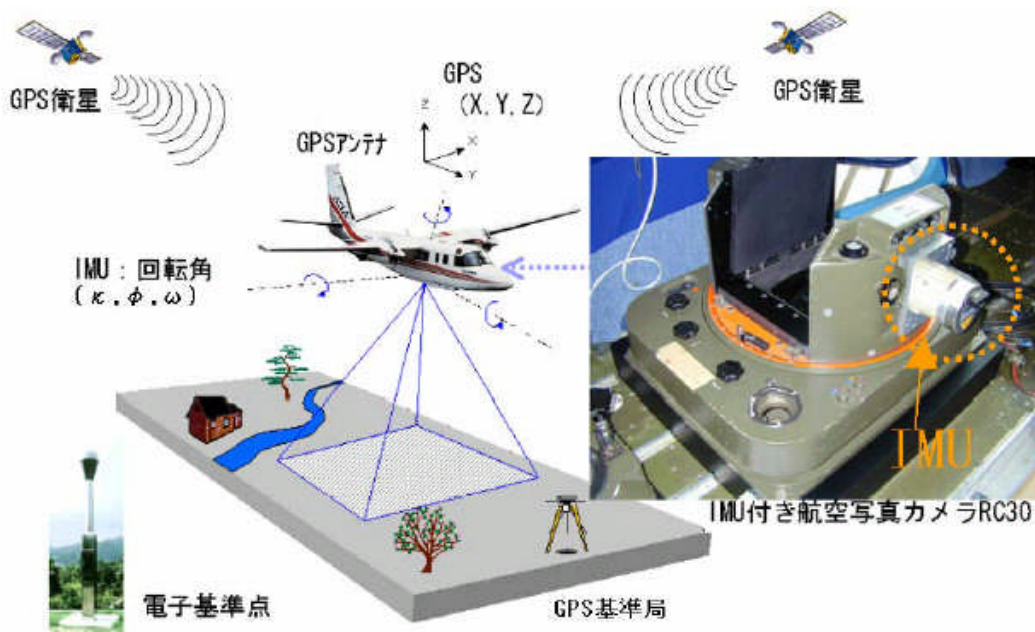


図 4-16 直接定位撮影の概要

(出典: デジタル空中写真測量(フィルム航空カメラ版) 公共測量作業マニュアル(案))

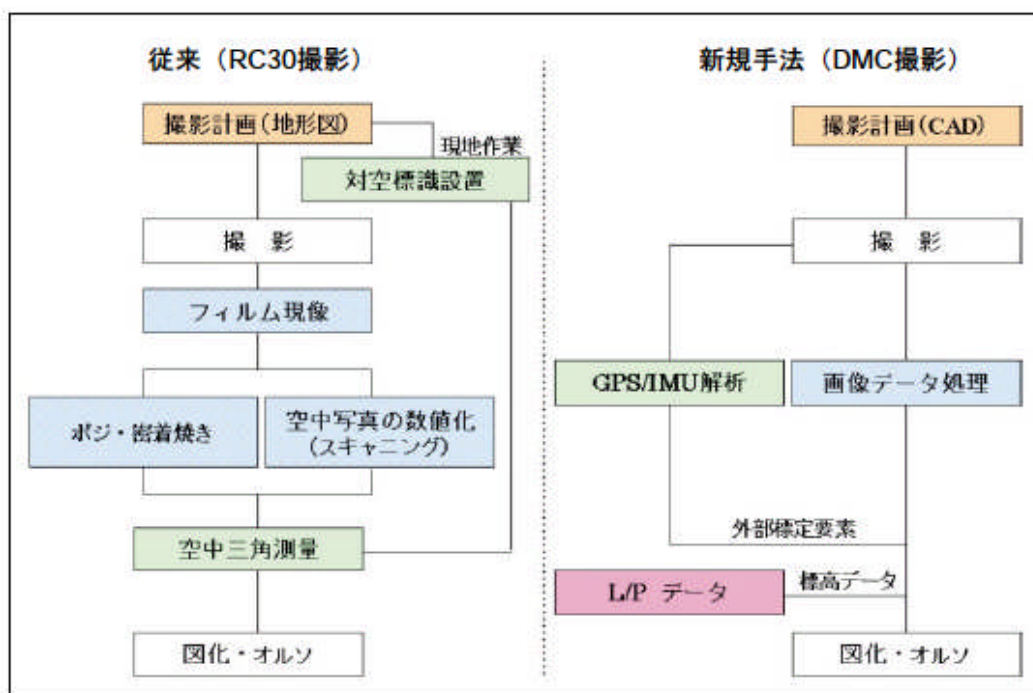


図 4-17 従来手法とデジタルカメラの場合の新規手法との比較

(出典: デジタル航空カメラによる災害対策用データの高速度作成技術, 先端測量技術 No.89・90(合併号))

(2) マルチラインセンサシステム (ADS40)

表 4-8にラインセンサー方式の航空機搭載撮像装置である ADS40 の仕様を示すとともに、図 4-18に画像の取得イメージ、図 4-19搭載システムの外観および従来のアナログカメラと比較したデジタルマッピング処理工程を示した。また、図 4-20に東京タワー周辺をおよび東京タワー周辺を含む連続する画像の取得例を示した。

表 4-8 ADS40 の仕様

解像力(画素数)	P,C:12000
画角	P,C: 64°
焦点距離	P,C:62.77mm
ピクセルサイズ	P,C: 6.5 μ × 6.5 μ
ステレオ角	14° ,28° ,42°
CCD	3バンク口CCD, 各12ピクセル×2列 (3.25 μ ずらし)

(参考: デジタルエアボーンセンサ ADS40 の精度検証, APA No.82-11)

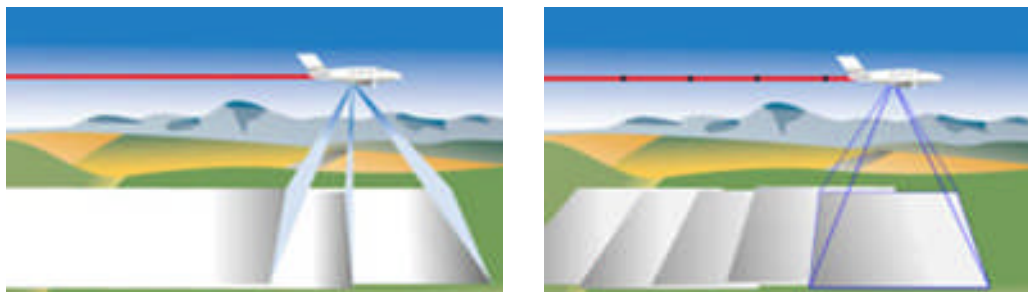


図 4-18 画像取得のイメージとオーバーラップした航空写真のイメージ

(出典: <http://www.pasco.co.jp/measure/air/ads40/>)

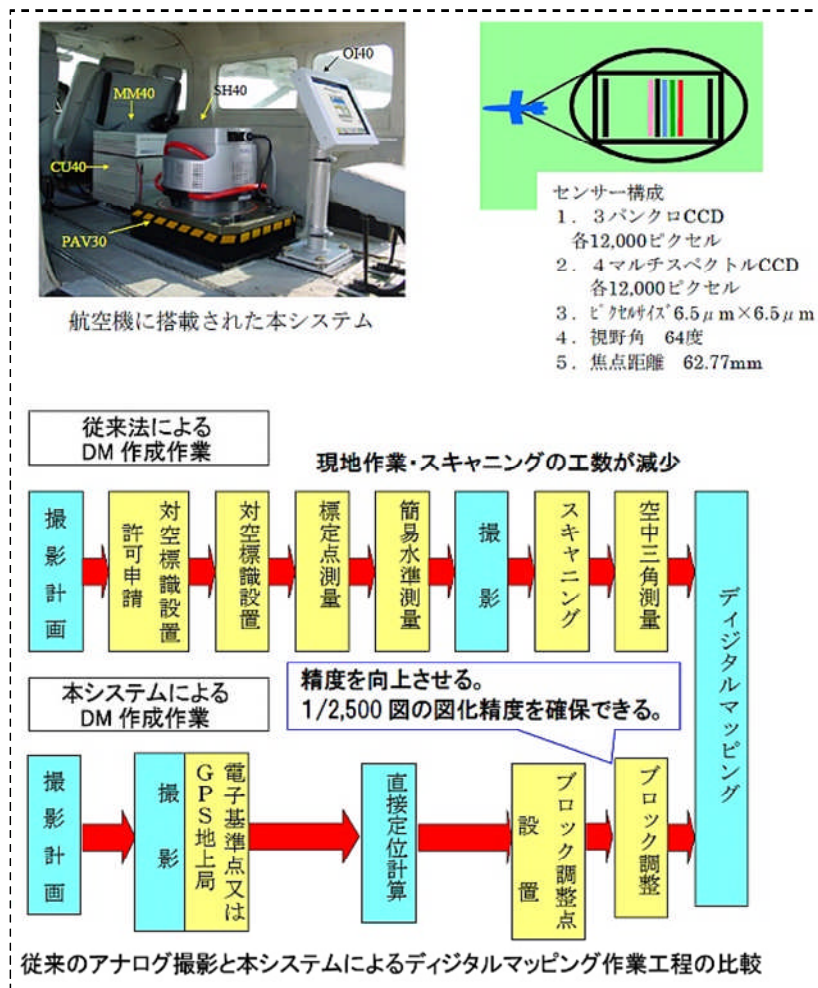


図 4-19 搭載システム外観および従来のアナログ撮影と ADS40 の比較

(出典: [http:// www.netis.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/](http://www.netis.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/)

[Nt/NtDetail1.asp?REG_NO=CG-020012&TabType=2&nt=nt](http://www.netis.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetail1.asp?REG_NO=CG-020012&TabType=2&nt=nt))



1コースあたりの画像取得イメージ



東京タワー周辺

図 4-20 ADS40 のカラー画像

(出典: <http://www.pasco.co.jp/measure/air/ads40/>)

(3) 航空機搭載型レーザ計測システム (ALS50-II)

航空機搭載用の代表的なレーザ計測システムの例として、ALS50-II の仕様を表 4-9に示すとともに、図 4-21に ALS50-II の外観および取得データ例を示した。また、図 4-22に ALS50-II により取得されたデータから作成された DSM (デジタルサーフェスモデル) と DTM (デジタルトレーンモデル) の例を示した。さらに図 4-23にはレーザ計測により得られた高さ情報を使った災害前後の高さの変化を抽出した例を示すとともに、表 4-10に高さの情報を使って被災地を特定するために要する時間例を示した。

表 4-9 ALS50-II の仕様

最大パルスレート	50KHz
最大スキャンレート	90Hz、4リターン
オペレーティング高度	600(200)~6,000m (対地高度)
最大観測範囲(FOV)	75°
測定精度	高さ:0.2m 水平:0.3m
7,216 × 5,412ピクセルのデジタル画像センサーを装着可能。 スキャナーサイズ: 370mm (W) × 560mm (L) × 240mm (H)、30kg ラックサイズ: 450mm (W) × 470mm (L) × 360mm (H) (8U)、40kg 付属処理ソフトウェア 撮影飛行計画: Aero Plan 後処理 : IPAS Pro、ALS Postprocessor、Attune	

(出典: [http:// www.netis.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetail1.asp](http://www.netis.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetail1.asp)

?REG_NO=KT-010184&TabType=2&nt=nt)

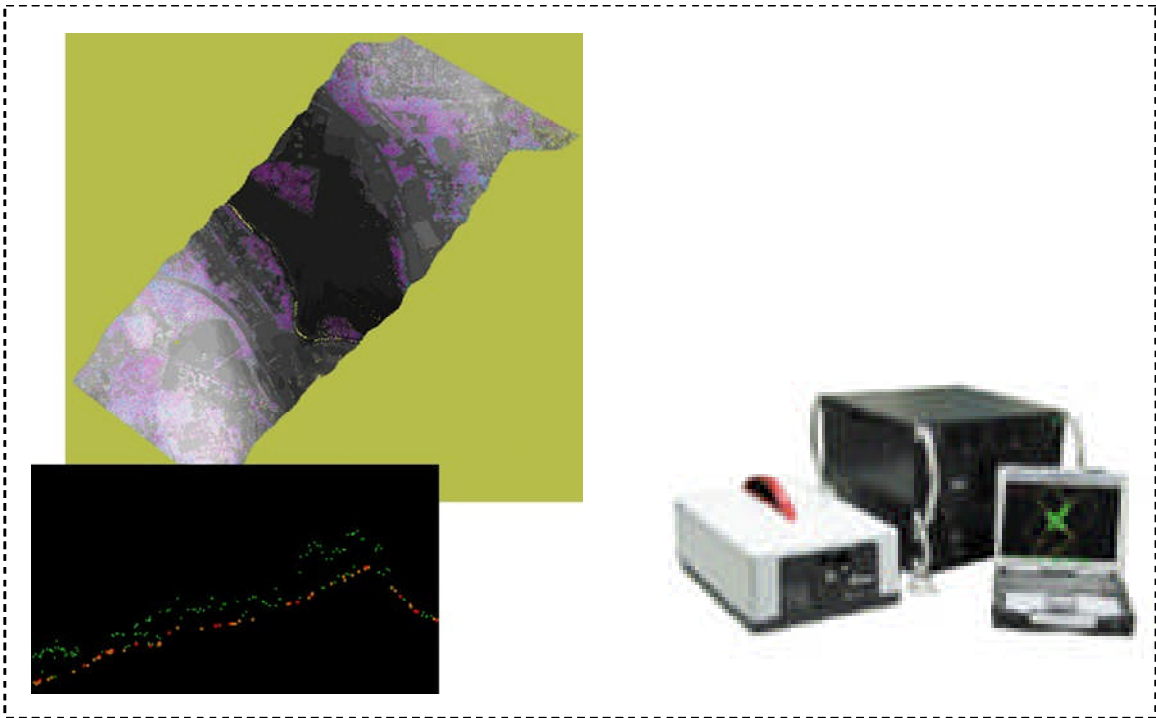
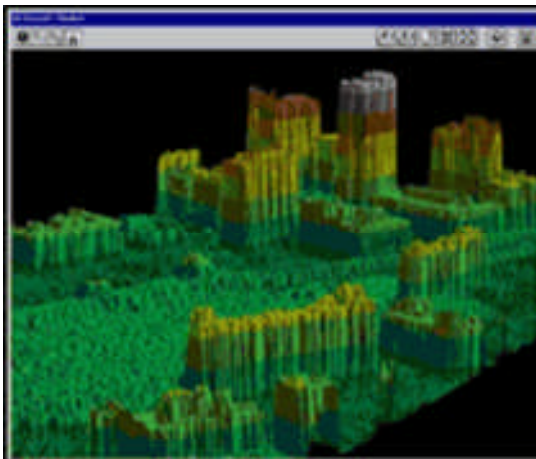
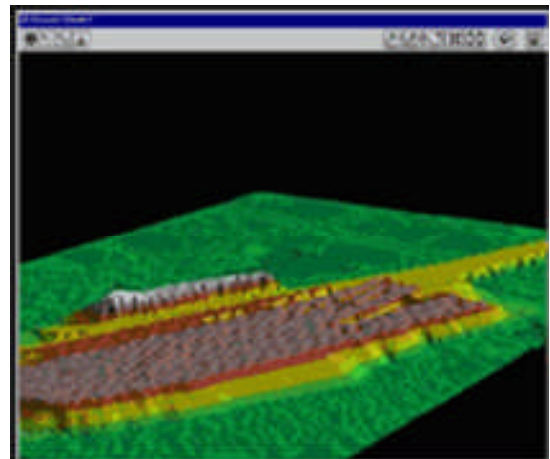


図 4-21 ALS50-II 搭載システムと取得データ

(出典: http://www.leica-geosystems.com/images/new/common/SOGO_catarog.pdf)



DSM: レーザで取得したデータを用い、建物等を含む全ての地表面の情報を2.5m間隔でデジタル化したデータ



DTM: レーザーで取得したデータを用い、建物等の構造物を除去した地形の情報を5m間隔でデジタル化したデータ

図 4-22 レーザで取得したデータから作成した DSM と DTM

(出典: http://www.pasco.co.jp/spatial/life/3d_data/)



高さ差分抽出(前処理)

高さ差分検出結果

図 4-23 災害前後の高さ情報の差分による変化抽出

(出典: 統合型災害対応システムの研究, アジア航測株式会社, 下垣豊)

表 4-10 被災地特定までの所要時間

工程	作業内容	所要時間 (時間)
1	地上準備作業 (機体準備, 観測機器設置, 観測範囲・飛行経路等の地上調整)	3~5
2	現地へ移動, 観測 (データ収集), 帰還	6~10
3	解析処理 (ノイズ除去, コース間接合, 各種補正, 地表モデルの生成)	5~10
4	3次元都市モデルの作成	3~8
5	差分検出による建物倒壊地域の特定	5~10 (推定)

(出典: 統合型災害対応システムの研究, アジア航測株式会社, 下垣豊)

(4) Pi-SAR

表 4-11に航空機搭載用 SAR の例として PiSAR の仕様を示すとともに図 4-24に Pi-SAR による取得画像と解析例を示した。

表 4-11 航空機 SAR (NICT/JAXA) の仕様

Frequency	X-band (9.55468913 GHz)	L-band (1.271490 GHz)
Range resolution	1.5 m/3 m	3 m/5 m/10 m/20 m (Variable)
Azimuth resolution	1.5 m (4-look Processing)	3 m (4-look Processing)
Interferometry Baseline Length Topographic Height Resolution	2.3 m 2 m	N/A
Polarimetry	HH/HV/VV/VH	HH/HV/VV/VH
Incidence Angle	variable (10 – 75 deg.)	variable (20 – 60 deg.)
Antenna Size	105 cm(L) x 19 cm (W)	155 cm (L) x 65 cm (W)
Antenna Type	Slotted Waveguide Array	Microstrip Patch Array
Transmit Power(HPA Peak Output)	8.3 kW	3.5 kW
Transmitter Bandwidth	100 MHz	50 MHz
Data Quantization	8 bits (I and Q)	8 bits (I and Q)
Data Transfer Rate	512 Mbps	256 Mbps
Developed by	NICT	JAXA
Aircraft	Gulfstream II	

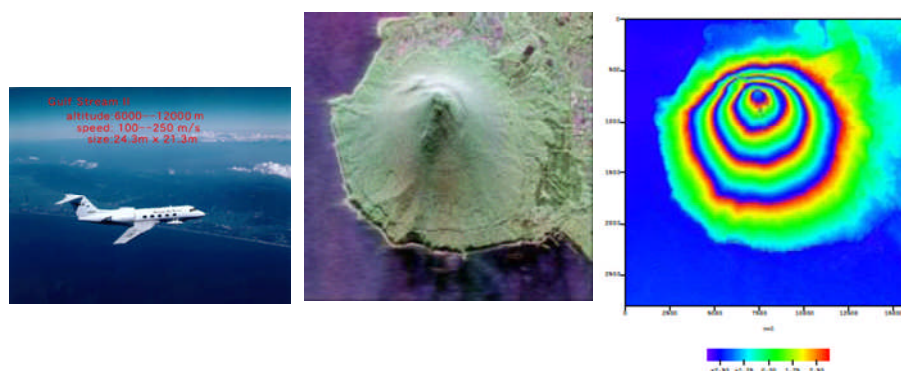


図 4-24 SAR 搭載用航空機および SAR 画像とインタフェロメトリ解析例

(出典: <http://www2.nict.go.jp/y/y221/sar.html>)

http://www2.nict.go.jp/pub/ursi-f/doc/URSI_F_2004Dec17_moriyama.pdf)

(5) InSAR (Ku-SAR)

表 4-12に航空機搭載用 InSAR の例として Ku-SAR の仕様を示すとともに、表 4-13に Ku-SAR により作成される DSM (デジタルサーフェスモデル) の性能評価結果を示した。さらに、レーザデータとの比較を図 4-25に示した。また、図 4-26に Ku-SAR 搭載例を示すとともに図 4-27に取得画像例を示した。

表 4-12 航空機搭載用 Ku 帯 SAR の仕様

中心周波数	16.7GHz
帯域幅	500MHz
送信電力	300W
アンテナ間隔	1m
オフナディア角	50° (固定)
分解能	30cm

(出典: 三菱電機技報 Vol81, No.8, 2007)

表 4-13 航空機搭載用 Ku 帯 SAR の DSM 性能評価

水平分解能	50cm × 50cm
高度誤差平均	37cm
高度誤差 (標準偏差)	47cm

(出典: 三菱電機技報 Vol81, No.8, 2007)

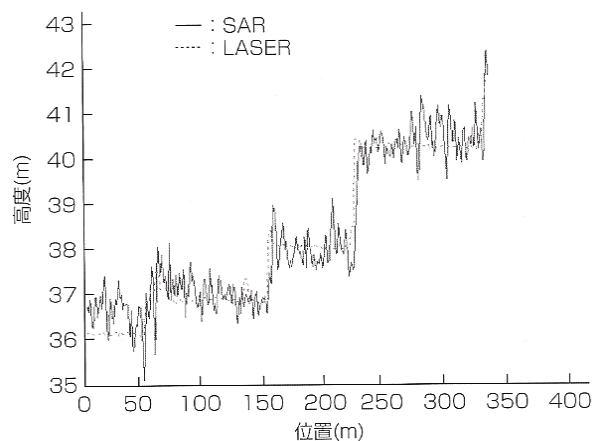


図 4-25 航空機搭載用 Ku 帯 SAR により作成された高さ精度と位置精度

(出典: 三菱電機技報 Vol81, No.8, 2007)

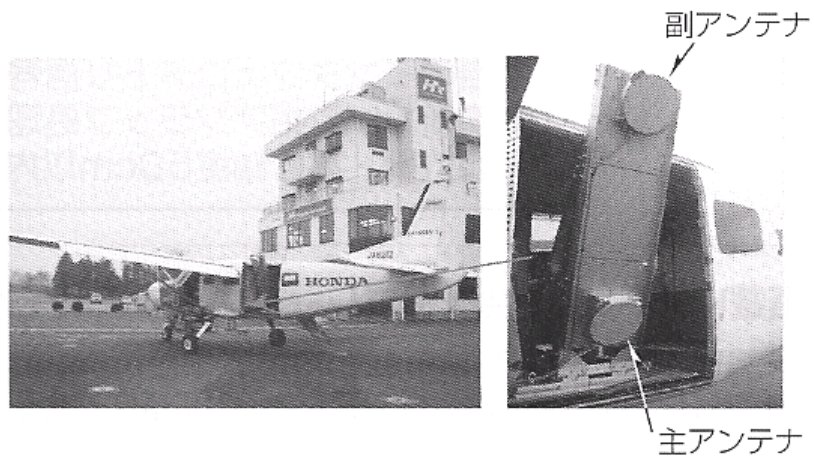


図 4-26 搭載用航空機と SAR アンテナの外観
 (出典: 三菱電機技報 Vol181, No.8, 2007)

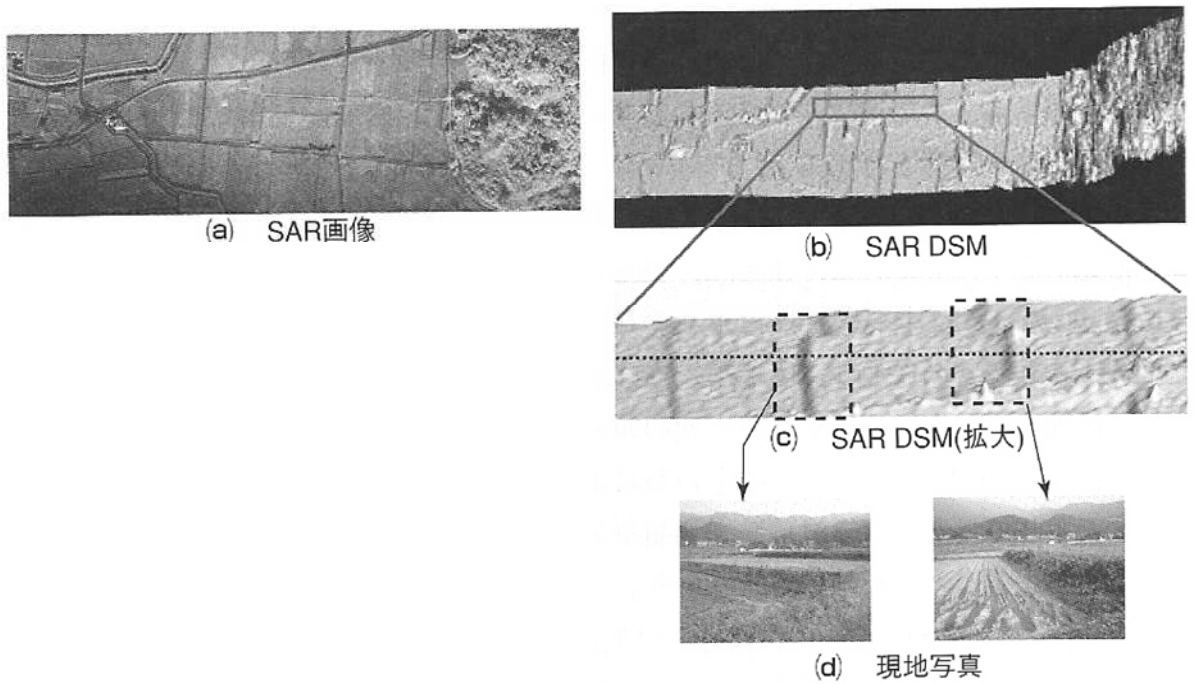


図 4-27 航空機搭載用 Ku 帯 SAR 再生画像および SAR DSM と現地の対応
 (出典: 三菱電機技報 Vol181, No.8, 2007)

4.2.2.4 搭載センサの特徴

首都直下地震等の大規模地震時を想定した航空機（翼機）による被害状況調査の実施可能性に関して、以下の条件から表 4-14から表 4-20に特徴を整理する。

- 観測条件【時間帯（昼・夜）、気象（晴天・曇天・雨天・強風等）】
- 対象地域【広域性（広域・中域・狭域）、（建物密集度、建物高度等）】
- 迅速性【運用主体、運行制約、運行範囲、リードタイム、観測の確実性、アーカイブの状況、情報伝送、情報処理・判読等】

表 4-14 観測条件

	デジタルカメラ	レーザー プロファイラ	SAR	InSAR
観測時間帯	【可視域】 昼の太陽が出ている時間帯 【赤外域】 昼夜観測可能	昼夜観測可能	昼夜観測可能	昼夜観測可能
観測時の気象条件	・晴天時がもっとも良い ・曇っていた場合でも、雲高度が飛行高度より高ければ観測可能	・晴天時がもっとも良い ・曇っていた場合でも、雲高度が飛行高度より高ければ観測可能 ・雨天の場合は観測困難	天候に左右されないが、降雨強度が強い場合は減衰が大きくなり精度が悪くなる	天候に左右されないが、降雨強度が強い場合は減衰が大きくなり精度が悪くなる

表 4-15 対象地域

	デジタルカメラ	レーザプロファイラ	SAR	In-SAR
広域性	<p>飛行高度により観測幅が変わるため、低く飛ばせば測定精度も向上するが、観測データが膨大になり、観測時間も増大</p> <p>【高度の目安】 広域: 5000m~ 中域: 2000~3000m 狭域: 500 ~ 1000m</p>	<p>飛行高度により観測幅が変わるため、低く飛ばせば測定精度も向上するが、観測データが膨大になり、観測時間も増大</p>	<p>飛行高度により観測幅が変わる精度に左右されることなく高高度で観測できるため、観測領域も大きくなり、観測時間も短縮できる</p>	
建物密集地域の観測 高層建物地域の観測	<p>低高度で観測すれば個々の地物の測定精度は向上するが、遮蔽部(写らない地物)も増加する</p>		<p>観測高度による精度の差はないため、高高度で観測することにより遮蔽部は減少し、広域を観測することができる 高層ビルの密集する地域の観測にはあまり適していない</p>	

表 4-16 迅速性(1)

	デジタルカメラ	レーザプロファイラ	SAR	In-SAR
運用主体	これらの航空機搭載センサは、実用化して日が浅いこと、価格が2～3億円と比較的高額であることから、現在のところ運用主体は大手／準大手の航測会社等数社に限定されている		国内では航空機搭載型SARを所有しているのは(独)情報通信研究機構のみである。また、In-SARにいたっては研究開発段階で三菱電機がプロトタイプを所有しているにとどまっている。 中越地震では(独)情報通信研究機構が被災後の観測を実施している。 In-SARに関しては、三菱電機が国土地理院やNEDOの委託で実証試験を実施している。	

表 4-17 迅速性(2)

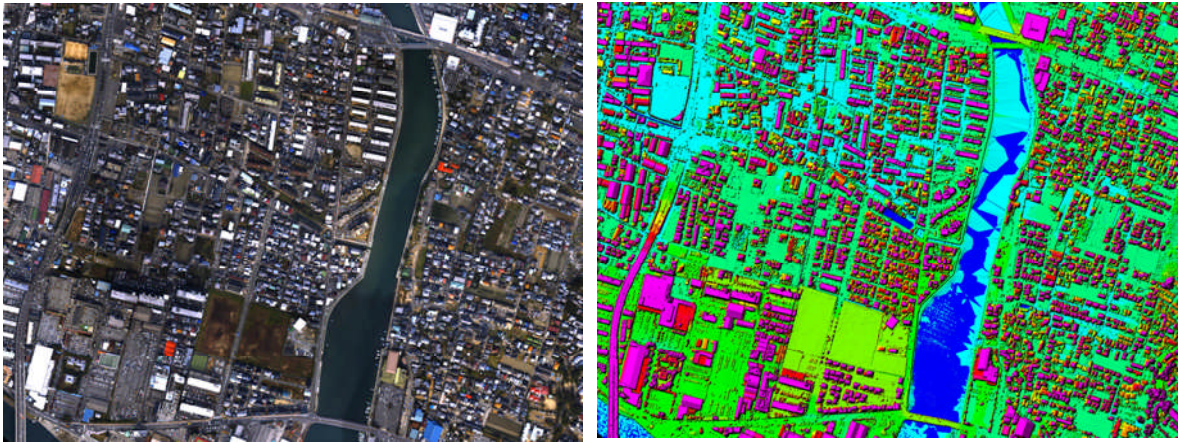
	デジタルカメラ	レーザプロファイラ	SAR	In-SAR
運行 制約	これら航空機搭載センサは、主としてセスナ207、208など比較的小型の機体に搭載されている。これらの機体は計器飛行ではなく有視界飛行であること、およびセンサが全天候型ではないことから、運航は天気が良好な条件に限定される。		GulfstreamやMU-300などに搭載して運用している。計器飛行が可能で全天及び昼夜の観測も可能	現状はセスナ172P、将来的にはMU300やGulfstream等への搭載も可能で、全天及び昼夜の観測も可能
	基本的な撮影条件は従来のアナログカメラと共通であるが、量子化ビットが12ビットで表現力が高いことから、早朝や夕刻、曇天時(飛行高度の下に雲がないこと)など光量の少ない条件でも、判読可能な画像取得することが可能である。	アクティブセンサであることから、早朝や夕刻、曇天時(飛行高度の下に雲がないこと)に加えて夜間での計測(山間地を除く)も可能である。さらに、レーザによる地形・地物の3次元データに加えて、レーザパルス(近赤外)の反射強度が記録されるため、レーザスキャナ搭載デジタルカメラが使用できない場合でも、それを画像として表示することでレーザ照射密度相当の解像度(一般的に1m程度が多い)の画像を取得することが可能である。		

表 4-19 迅速性(4)

	デジタルカメラ	レーザプロファイラ	SAR	In-SAR
リードタイム	<p>(関東地方10km四方程度を想定した場合の目安)</p> <p>地震発生～計測計画策定 :12hr (発生は平日昼間、直後に計測エリアは判明と想定)</p> <p>計測計画策定～データ取得 :12hr (天気が悪い場合は天候回復までの時間が必要)</p> <p>データ取得～データ輸送 :2hr (飛行場からデータ解析する事務所まで)</p> <p>生画像出力 :12hr 単写真オルソ出力:3日 (GISで解析・判読可能)</p> <p>モザイクオルソ出力: 14日</p>	<p>(関東地方5km四方程度を想定した場合の目安)</p> <p>地震発生～計測計画策定 :12hr (発生は平日昼間、直後に計測エリアは判明と想定)</p> <p>計測計画策定～データ取得 :12hr (発生は平日昼間、直後に計測エリアは判明と想定)</p> <p>データ取得～データ輸送 :2hr (飛行場からデータ解析する事務所まで)</p> <p>粗データ出力 :20hr (コース間調整なしDSM)</p> <p>最終データ出力 14日 (コース間調整・フィルタリング済みDEM・DSM)</p>		<p>地震発生～データ輸送は、デジタルカメラと同様。</p> <p>データ処理時間については不明。</p>

表 4-20 迅速性(5)

	デジタルカメラ	レーザプロファイラ	SAR	In-SAR
観測の確実性	上記運航制約を満たせば、ほぼ確実に観測が可能(機材や機体の故障は除く)。なお、広域にわたり電子基準点の変位した場合、取得データの絶対位置精度に影響が及ぶ可能性がある。			
アーカイブの状況	航測会社数社がアーカイブし、販売しているが、更新頻度は数年に1回程度 また、中央官庁や自治体の委託で観測した画像は航測各社で保存しているが、アーカイブという概念では保存されておらず、著作権も委託元にある 各自治体で固定資産税に関わる観測は3年に1度実施されているが、全域の更新はされていない	アーカイブという概念では保存されていない 利用は、研究の範囲に制限されている 委託元に著作権がある	アーカイブという概念では保存されていない 取得されたデータは研究範囲での利用に限定 委託元に著作権がある	
情報伝送	現状は着陸後、電子媒体で処理・解析システムのあるオフィスに搬送 【いずれもデータ量が膨大であるため、機上から地上にデータを伝送することは困難である。現状ではHDDによる輸送に限定される(数年前に総務省の公募案件でレーザデータの伝送を試みた例があるが、実用化はされていない)】 将来的には、衛星通信を利用した airborne to satellite to office が実現可能			
情報処理・判読等	航空レーザデータ(DEMやDSM)の水平精度は1mメッシュ、航空デジタルカメラ画像は数cm～20cm程度が標準であり、衛星データと比較するとはるかに高解像度である。これら进行处理して可視化することで、高い判読性が得られると期待される。 図4-28は航空レーザ搭載デジタルカメラによるオルソフォト(地上解像度20cm)とDSM(1mメッシュ)の例である。このように、可視画像と市街地の3次元形状データを比較することで、建物の状況を効果的に把握することができる。 また図4-29、図4-30は航空レーザによるDSMを赤色立体地図(アジア航測特許 第3670274号)表示した例を示す。建物のエッジなど、形状が変化する箇所が強調されるため、可視画像がなくても、倒壊状況が効果的に把握できることが期待される。			



オルソフォト

DSM 段彩図

図 4-28 航空レーザ搭載デジタルカメラによるオルソフォトと DSM 段彩図

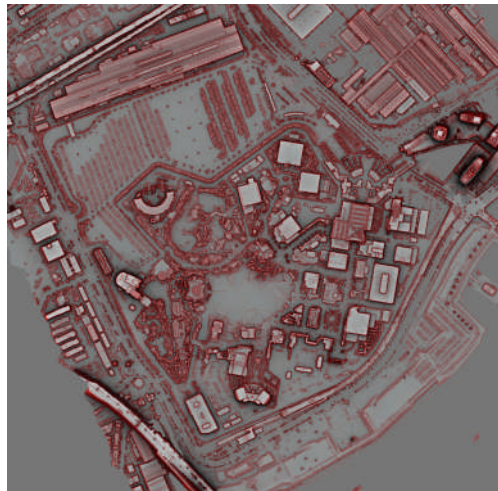


図 4-29 航空レーザによる DSM の赤色立体地図表示例

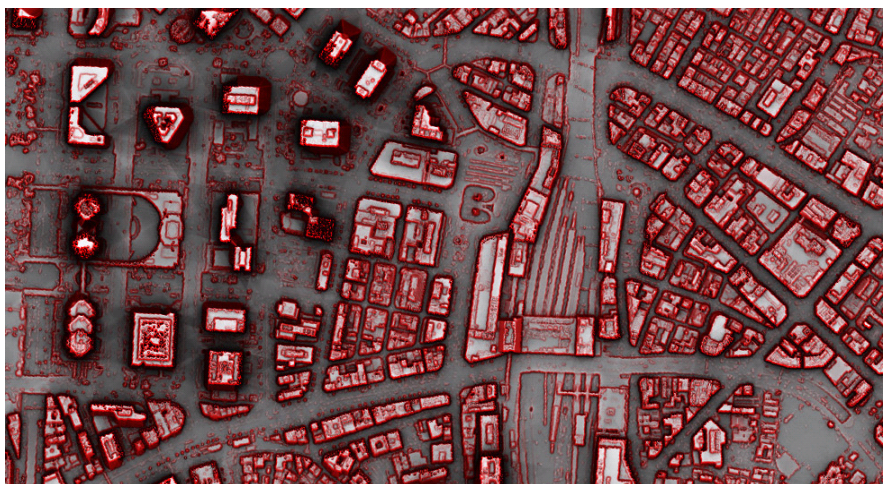


図 4-30 航空レーザによる DSM の赤色立体地図表示例(新宿駅周辺)

(図 4-28から図 4-30: アジア航測提供)

4.2.2.5 航空機による被害状況把握の例

福岡県西方沖地震、阪神・淡路大震災、中越地震を対象にした航空機データを利用した被害状況把握の例を以下に示す。

図 4-31は福岡県西方沖地震による玄界島の建物被害地域をテクスチャ解析により自動抽出した研究例である。

図 4-32は阪神・淡路大震災後に撮影された航空写真をテクスチャ解析することにより建物被害地域を自動抽出した研究例である。

図 4-33は中越地震後の航空機搭載デジタルカメラ画像の例で、左の画像中央に下部構造が崩れたお寺、右の画像中央にも下部構造が崩れた家屋と瓦礫が判読できる。

それぞれの被害状況の把握に関する研究成果を活用することで、被害状況調査の迅速かつ効率的な実施が期待できる。

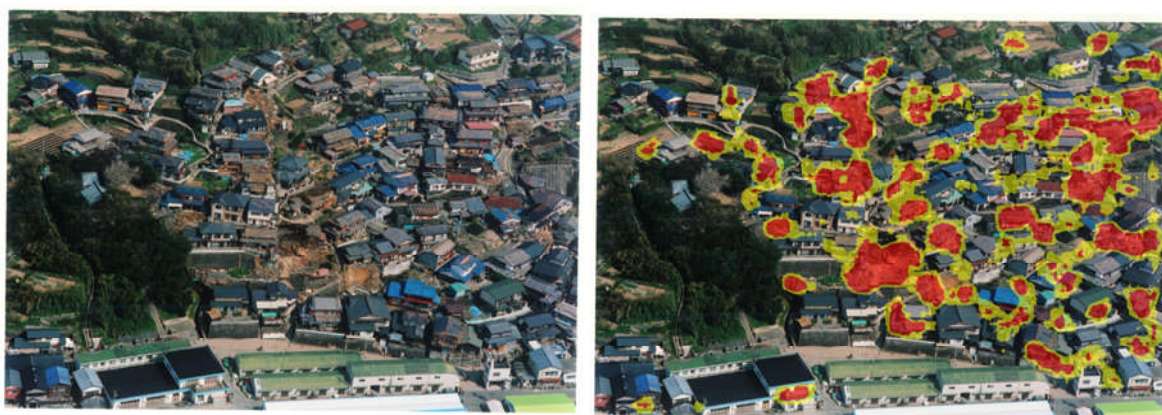


図 4-31 福岡県西方沖地震による玄界島の建物被害地域の自動抽出例

(出典:三富創・松岡昌志・山崎文雄(2005), 2005 年福岡県西方沖地震による玄界島の建物被害地域の自動抽出,

第 28 回地震工学研究発表会報告集, ID219, 7p) (画像アジア航測提供)

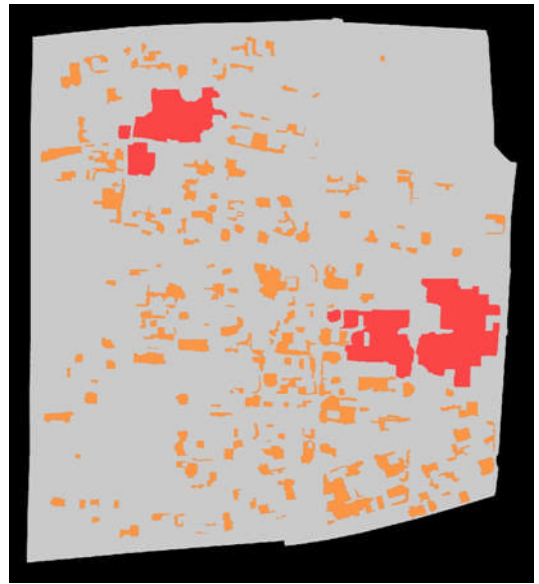


図 4-32 航空写真を用いた建物被害地域の抽出例

(出典: 三富創・松岡昌志・山崎文雄(2005), 航空写真を用いた建物被害地域の抽出手法の適用範囲に関する検討, 第 60 回年次学術講演会講演概要集, 土木学会 阪神・淡路大震災の航空写真(アジア航測提供))

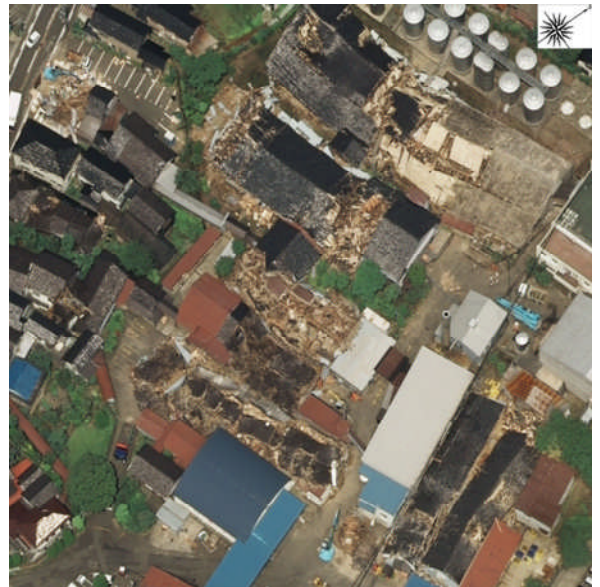


図 4-33 H16 中越地震後の航空機搭載デジタルカメラ画像の例

(画像:アジア航測提供)

4.2.3 ヘリコプターによる被害状況調査

ヘリコプターによる被害状況調査には、ヘリコプターに搭載されたカメラで撮影した映像を伝送するヘリコプター画像伝送システムが用いられている。以下に、ヘリコプター画像伝送システムの導入状況、特徴等について示すと共に、近年実証実験等が行われているヘリサットシステムの概要を示す。

4.2.3.1 ヘリコプター画像伝送システム

(1) 概要

平成7年1月に起こった阪神・淡路大震災を契機に国の防災関連機関および地方自治体へのヘリコプター画像伝送システム（以下「ヘリテレ」という。）の導入が進んだ。さらに、平成12年3月31日に噴火した有珠山、平成12年6月25日の三宅島噴火、平成12年9月11日～12日の東海豪雨秋雨前線と台風第14号による大雨などの自然災害が起因し、2000年（平成12年）～2001年（平成13年）に再度導入が行われた。その結果、ヘリテレは日本全域をカバーするに至っている。表4-21にヘリテレの導入状況を示す。

表 4-21 ヘリテレ導入状況(平成18年度)

	伝送装置	基地局	可搬型受信局
地方自治体	37	47	48
国の機関	260	184	249

(出典:ヘリコプター画像伝送システムのデジタル化に関する調査検討成果報告書、三菱総合研究所、2006年3月)

ヘリテレは、ヘリコプターに搭載されたカメラにより災害状況を撮影し、その映像、または、ヘリコプター内で録画された映像を災害対策本部等に伝送するシステムである。ヘリコプターから伝送された映像は、消防署等の屋上に設置された受信アンテナで直接受信する他、山頂に設置された中継局で受信された映像をマイクロ波回線、または光ファイバーを介して災害対策本部等に伝送する方式や可搬型受信局にて受信する方式がとられている。ヘリテレの運用概念図を図4-34に示す。

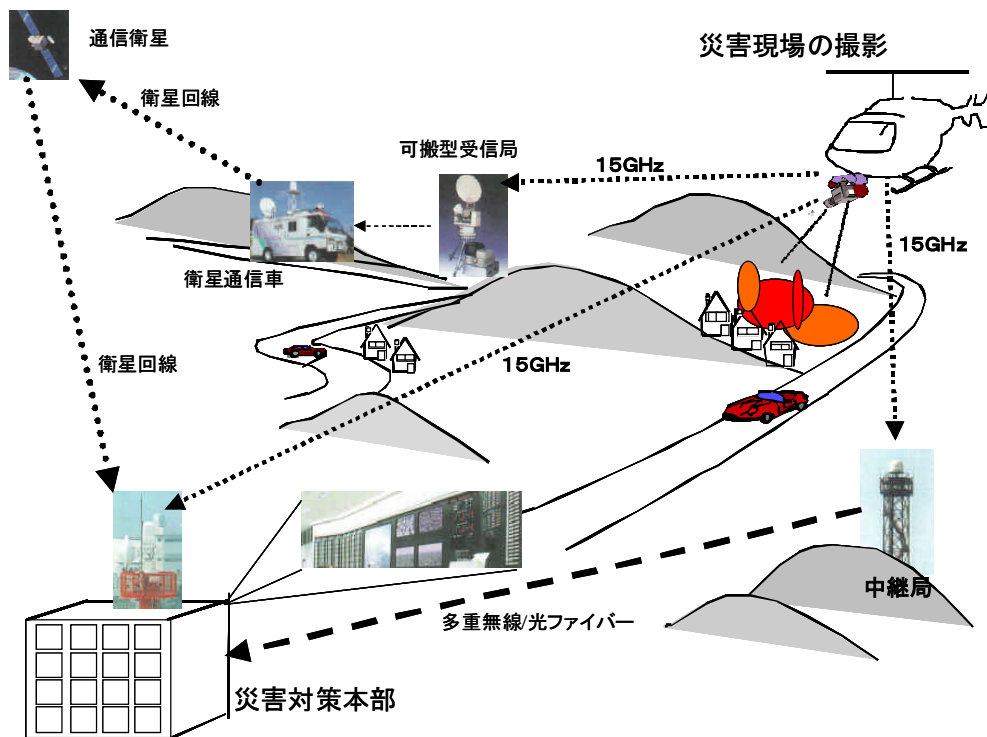


図 4-34 ヘリテレの運用概念図

(出典:ヘリコプタ画像伝送システムのデジタル化に関する調査検討成果報告書、三菱総合研究所、2006年3月)

消防・防災ヘリに搭載されたヘリテレは以下の目的で利用されることが多い。

- 火災映像の取得
- ビル火災、林野火災の状況把握
- 災害現場の情報収集
- 地震、水害などの災害状況の把握
- 救難者の搜索
- 搜索域を撮影し、救難者を搜索
- 海上汚染の情報収集
- オイル等による海上汚染の状況把握

ヘリテレ映像の被害状況調査への利用方法としては、空間データとの重ね合わせを行う被害判読システムが一部で導入されている。東京都の地震被害判読システムの例では、地図情報とヘリ空撮映像の統合処理が行われている。これは、ヘリより送られた映像情報と GPS による位置情報をもとに地図上に飛行航跡や映像を自動的に表示するものである。図 4-35にそのシステム例を示す。

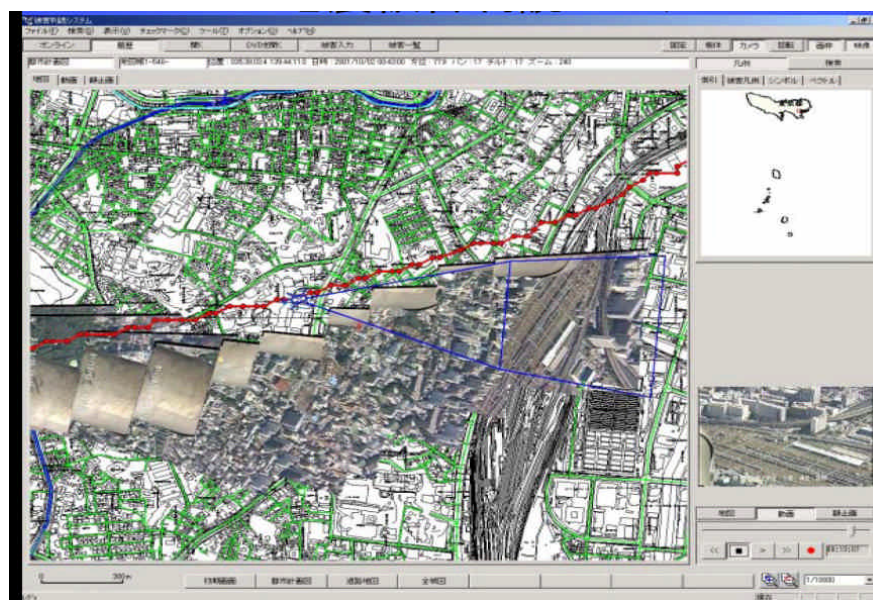
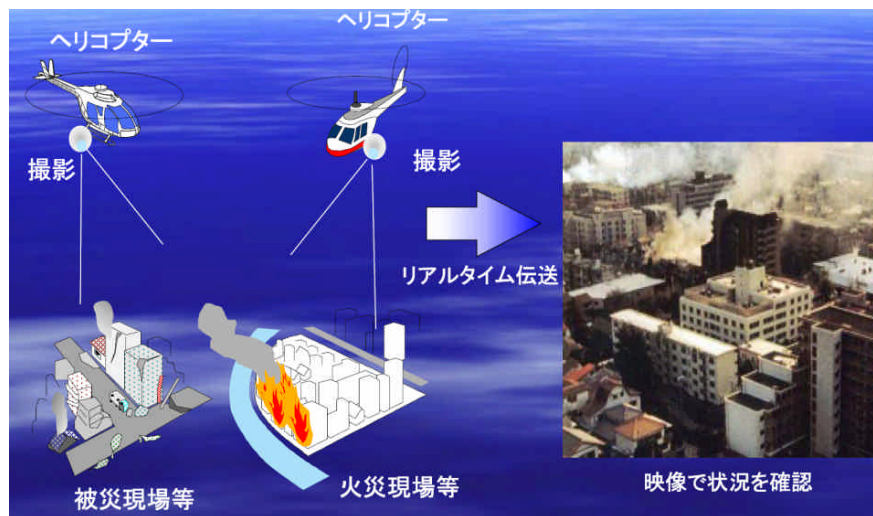


図 4-35 東京都の地震被害判読システム

(出典：東京都の震災対策、平成 16年 1月 20日「首都直下地震対策専門調査会」第3回会合資料)

(2) 搭載センサ

ヘリコプターに搭載可能なセンサとしては、アナログテレビカメラ、デジタルカメラ、レーザプロファイラ、デジタルハイビジョンカメラ、デジタル高感度カメラ等が挙げられる。現在一般的に普及しているヘリテレ用センサは SDTV 画質のアナログテレビカメラであり、一部アナログ赤外線カメラや高感度カメラが搭載されている。図 4-36にヘリ搭載カメラの搭載例を、表 4-22に主要諸元を示す。



図 4-36 カメラの搭載例

(出典：静岡県パンフレット「静岡県防災ヘリコプターテレビ伝送システム」)

表 4-22 ヘリテレの主要諸元

パン角度	360°
倍率	22倍(最大44倍)
受信範囲	半径約70km(基地局) 半径約15km(可搬局)
備考	自動追尾機能あり

(出典：静岡県パンフレット「静岡県防災ヘリコプターテレビ伝送システム」)

今後、伝送経路のデジタル化、利用機器のデジタル化に伴い、以下の機能が可能となる。

- HDTV 画質の伝送
- 可視と赤外面像のマルチ伝送
- 高分解能デジタル写真の伝送

HDTV 画質のカメラに関してはすでに放送用として導入が行われている。放送用防振装置付き HDTV 用カメラの例 (SONY HDC-1600+CINEFLEX 社製 T14) を図 4-37に、主要諸元を表 4-23に示す。



図 4-37 放送用防振装置付き HDTV カメラの例

(出典：Totsu international 社ホームページ <http://www.totsu-int.co.jp/products/cineflex/index.html>)

表 4-23 放送用防振装置付き HDTV 用カメラの主要諸元

パン角度	360° エンドレス
チルト角度	+30° ~-200°
倍率	42 倍
重量	35kg

(出典:Totsu international 社ホームページ <http://www.totsu-int.co.jp/products/cineflex/index.html>)

また、可視と赤外画像をひとつに収めたカメラとして防振装置付き赤外線・HD カメラの例(SONY HDC-930/950+CINEFLEX 社製 V14MS)を図 4-38に、主要諸元を表 4-24に示す。この例ではフル規格の HD カメラと赤外線カメラを同時搭載している。



図 4-38 防振装置付き赤外線・HD カメラの例

(出典:Totsu international 社ホームページ <http://www.totsu-int.co.jp/products/cineflex/index.html>)

表 4-24 防振装置付き赤外線・HD カメラ主要諸元

赤外カメラ	3~5 μ m 320×256 画素 Insb FPA カメラ
重量	31kg

(出典: Totsu international 社ホームページ <http://www.totsu-int.co.jp/products/cineflex/index.html>)

なお、ヘリ搭載型のレーザプロファイラに関しては 4.2.2.3 (3)で紹介しているものと同様であるため、ここでは割愛する。

(3) 撮影条件

ヘリテレによる観測は有視界飛行を前提に昼夜観測は可能であるが、夜間の場合高感度カメラ、または赤外線カメラが必要となる。

撮影の対象地域としては、ヘリは航空機に比べ巡航速度が遅いため中域・狭域の観測に適している。ホバリング飛行や旋回飛行により建物密集度の高い地域や高層ビルの詳細な被害状況把握に適し、航空機にはない特徴を有する。

撮影の迅速性に関しては、消防・防災ヘリは出動要請後数十分程度で飛行可能である。取得した映像は原則リアルタイムで伝送可能であるが、山影などにより伝送できない場合もある。この弱点を克服するものとしてヘリサットシステムがある。

4.2.3.2 ヘリサットシステム

ヘリサットシステムは独立行政法人情報通信研究機構を中心に開発されたシステムであり、ヘリコプターにより撮影された映像を人工衛星経由で基地局に伝送するシステムである。図 4-39にヘリサットシステムの概念図を示す。

ヘリサットシステムの特徴としては、「ヘリコプターによる被災地情報収集のあり方に関する検討会報告書」(平成 19 年 3 月、総務省消防庁防災情報室)によると以下が挙げられている。

- ヘリコプターと衛星とが直接通信することにより、ヘリコプターから直接受信を行う基地局や中継局の有無にかかわらず、映像情報が送信できること。

- 音声を双方向通信できることから、衛星の基地局からヘリコプターへ撮影箇所への指示等ができること。
- ヘリコプターから直接受信を行う基地局や中継局の整備が不要となることにより、管轄区域が広範囲であればあるほどコストパフォーマンスに優れること。

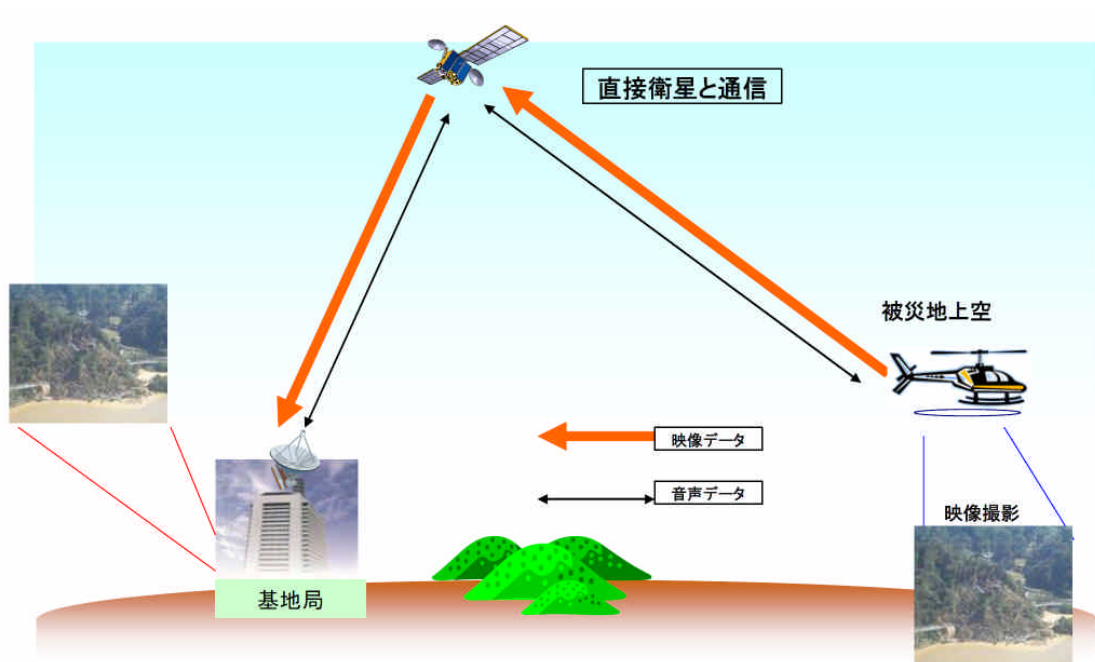


図 4-39 ヘリサットシステム概念図

(出典:ヘリコプターによる被災地情報収集のあり方に関する検討会報告書、
平成 19 年 3 月、総務省消防庁防災情報室)

消防庁と独立行政法人情報通信研究機構が平成 18 年度に行ったヘリサットシステムの実証試験では、ヘリ局から衛星経由で 1.5Mbps の通信速度で伝送が行われた。

4.2.4 UAVによる被害状況調査

(1) 概要

UAV(Unmanned Aerial Vehicle)とは地上より遠隔操縦される無人の移動体(航空機等)である。航空機としては固定翼とヘリコプターがある。ここではヘリコプターにデジタルカメラを搭載したシステムについて紹介する。

このシステムの特徴としては、以下の点で他のプラットフォームと比べ優位性がある他、ビデオカメラ、レーザプロファイラなどが同時搭載でき、ステレオ画像の取得も可能である。

- 他のプラットフォームでは達成できない高分解能：空間分解能（2～5cm程度）
- 低空からの撮影が可能：撮影高度（150m以下）

ラジコンヘリからの伝送方法としては、1.2GHzのアナログ伝送による無線伝送方式が用いられている。無線出力は1Wである。伝送距離は最大40kmの実績があるが、制限事項としては無線免許が必要であり、同一エリアでの同時複数機使用は困難である。

また、地上からの操縦以外に自律航行可能な産業用ヘリコプターも登場している。このヘリコプターの外観を図4-40に示すとともに、UAVによる取得画像の例を図4-41に示す。



図 4-40 自律航行可能な産業用ヘリコプター

(出典:ヤマハ発動機株式会社 HP <http://www.yamaha-motor.co.jp/product/sky/solution/index.html>)



図 4-41 UAV により撮影された画像例

(出典:株式会社エスアイエイ HP <http://www.si-a.jp/>)

(2) 撮影条件

UAV はプログラム飛行も可能であるが、原則目視範囲(約 150m)で行われる。また、気象条件として、風速 10m/s 以下であり、雨天・雷の場合の観測は原則中止となっている。

対象地域としては巡航速度が遅いため狭域の観測に適する。ホバリングや旋回により一点集中型の撮影が可能であるが、安全上視界を遮る建物密集地、民家の周辺は撮影できない。また、飛行場周辺、航空路周辺、対地高度 150m 以上の空域を飛行する場合は、航空法第 99 条の 2 に従い、関係府省庁との調整等の諸手続きが必要となる。

撮影の迅速性に関しては、天候さえよければ迅速に撮影が可能であり、撮影しながら映像の確認が可能で、再撮影も可能で柔軟性に富んでいる。

4.2.5 その他の技術による被害状況調査

家屋等の被害状況調査の効率化を目的として、PDA 等最新の技術を用いた試みや提案が各所でなされている。ここでは、航空写真等を用いた被害状況調査を代替もしくは補完する可能性のある将来技術として、PDA を活用した被害状況調査の試み、RFID（無線タグ）を用いた被害情報収集の研究開発、センサネットワークによる被害状況調査の研究開発、およびその他将来的に被害状況調査に適用可能と考えられる技術について、それぞれ紹介する。

4.2.5.1 PDA を活用した被害状況調査

新潟県中越地震においては、産学官連携の「新潟県中越地震小千谷市支援グループ」の支援により、り災証明発行支援業務のデータベース化（デジタル化）等による業務の効率化が行われたが、この際、調査データの入力時点でのデータ化を可能とするツールとして、PDA による被害状況調査を行い、その適用可能性を検証する試みがなされた。

具体的には、被災後の小千谷市において、PDA/GPS デバイス 10 台を使い、調査現場でのデータ入力を実施した（図 4-42 参照）。GIS（地理情報システム）上に現在の調査地点が表示され、調査対象の家屋情報等のデータを呼び出し、被害認定が実施できるようになっている（図 4-43 参照）。また、判定のプロセスは紙ベース（内閣府の被害認定基準運用指針）と同様のものとなっている。



図 4-42 PDA を用いた被害状況調査の様子

（出典：京都大学 防災研究所「新潟県中越地震における GIS を用いた罹災証明発行システムの構築」）



図 4-43 PDA による被害認定(*)入力画面例

(*) 図では被災度判定実施とされているが、実施している内容は被害認定である。

(出典: 京都大学 防災研究所「新潟県中越地震における GIS を用いた罹災証明発行システムの構築」)

ここで入力した調査データは直接、「り災証明発行支援システム」のデータベースにインプットされ、その後の業務の効率化が図られている。

PDA を用いた被害状況調査には、主に以下の効果が期待される。

- 効率化（紙ベースの調査結果をデータベース化するために行う、手作業でのデジタル化作業を省力化する）
- エラーの回避（調査に不慣れな場合でも表示に従って入力が可能である）
- 外部応援者支援（土地に不案内な外部の応援者でも、調査時に対象家屋を容易に特定可能である）

PDA による被害状況調査結果の入力システムは、り災証明発行支援システムへ接続され、図 4-44 で示すような判定画面に結果が表示される。また、参考として、図 4-45 に、実施されたり災証明発行システムを利用した発行業務の実施会場の様子を示す。



図 4-44 り災証明発行支援システムによる被害認定(*)調査結果表示画面

(*) 図では被災度判定とされているが、実施している内容は被害認定である。

(出典：京都大学 防災研究所「新潟県中越地震における GIS を用いた罹災証明発行システムの構築」)



図 4-45 り災証明書発行センター会場の様子

(出典：京都大学 防災研究所「新潟県中越地震における GIS を用いた罹災証明発行システムの構築」)

最後に、り災証明書発行という観点から、このり災証明発行支援システムが果たすと期待される役割を以下に整理する。

- 業務内容のデータベース化（り災証明書発行業務を効率化し、一連の業務内容をデータベース化する（業務内容の電算化等））
- 判定結果の明示（り災証明書発行の基となっている判定結果を分かりや

すい形で申請者に提示する)

- 他の復興業務での利用（データベースを他の復興支援関連業務のために拡張できる形として残した）

4.2.5.2 RFID（無線タグ）を用いた被害情報収集

ここでは、RFID を用いた情報共有化システムの紹介を行う。読取・書込可能な RFID に「電子表札」としてその家屋に関する情報（位置情報、建物情報、家族の情報等）を登録し、被災時の情報収集等の目的で利用するシステムが開発中である（図 4-46および図 4-47参照）。災害時の救援救助のための支援情報源として用いるだけでなく、平時においては経済活動の情報源（郵便・宅配等での位置情報の利用等）としても利用可能となっている。



図 4-46 RFID の書き込み・読み取り機器

(出典：NICT「RFID(無線タグ)を用いた被害情報収集支援システムおよび情報共有化システムの研究」)

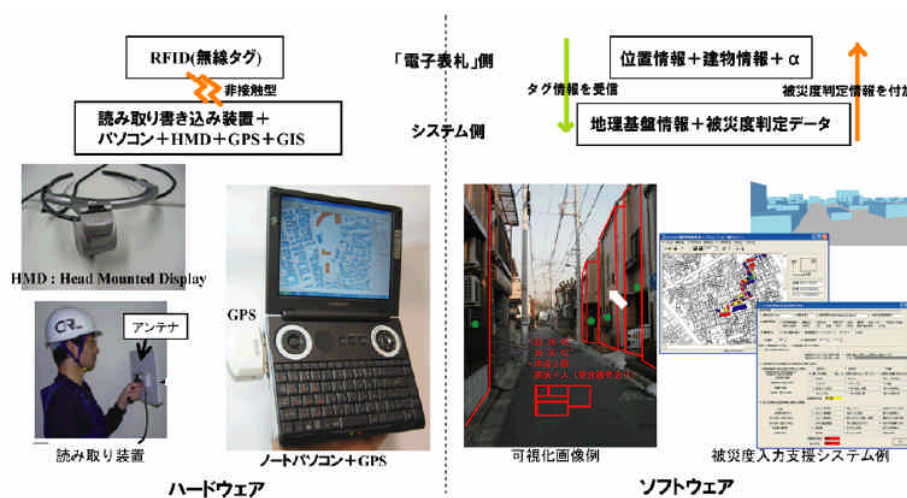


図 4-47 RFID による情報共有化システム

(出典：NICT「RFID(無線タグ)を用いた被害情報収集支援システムおよび情報共有化システムの研究」)

システムの特徴、およびそこから期待される効果を以下に示す。

- 現状で 2m の距離まで読み取り可能
 - 災害時に立ち入り困難な場所においても遠隔で情報取得可能となる。
- 家屋自体に情報を登録する「情報現場主義」
 - 災害時のネットワーク断絶でシステムが使用不可となる危険を回避することができる。
- 地震時に常時建物を監視する「建物ヘルスマモニタリングシステム」との連携
 - 被災時の建物損傷を判断、その情報を RFID（電子表札）に登録する。情報が書き込まれた RFID を読み取るだけで損傷度が分かり、被害調査を効率化することが可能となる。

RFID を用いた情報共有化システムにより、被害調査の効率化を図ることが期待される。同一の RFID に情報を登録することで、その家屋に関する情報を一連の流れで管理することを可能とし、被災後の家屋被害調査の情報源として活用できる（図 4-48 参照）。

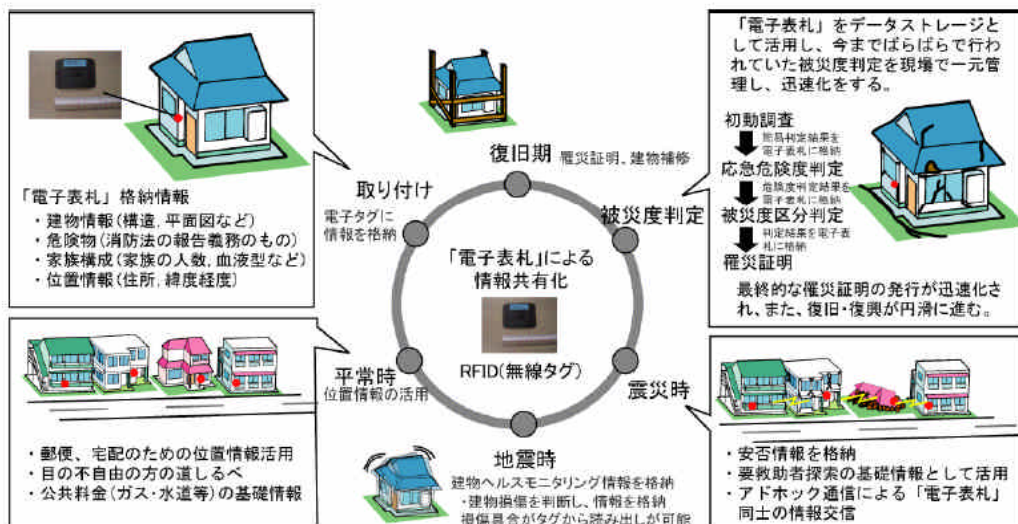


図 4-48 RFID による情報共有化における情報の蓄積

※図で被災度判定、被災度区分判定とあるのは、内容的にはそれぞれ被害状況調査、被害認定を意味していると考えられる。

(出典：NICT「RFID（無線タグ）を用いた被害情報収集支援システムおよび情報共有化システムの研究」)

各種被害調査、判定における結果が一連の流れの中で登録されることで、情報がRFIDに一元的に管理されるという特徴がある。このため、調査時間の削減や、判断材料の広がりによる正確な判定を可能とすることが期待される。ただし、本システムはRFIDの不正な読み取り・書き込みの危険があり、セキュリティ面での課題が存在する点には留意が必要である。

4.2.5.3 センサネットワークによる被害状況調査

無線センサネットワークとは、通信機能、演算処理機能、センシング機能を併せ持つ小型端末を環境内に複数配置し、物理量データ（温度、光、加速度等）を広域にわたり時系列で収集する技術である。具体的には、アドホック・ネットワーク（任意の端末間による無線での自立的通信ネットワーク）を構築する（図4-49参照）。

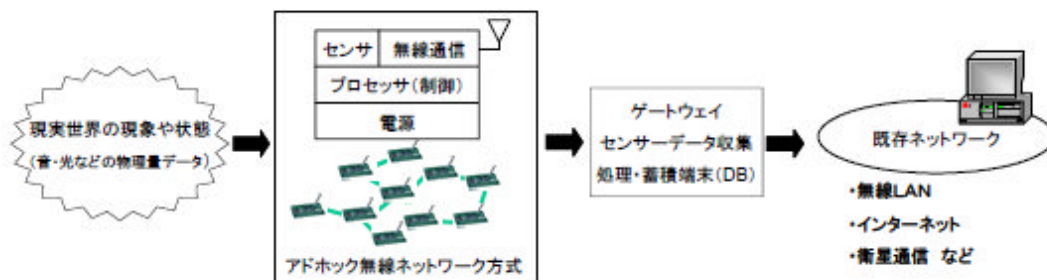


図 4-49 無線センサネットワークの構図

(出典: 大林成行「アドホックタイプのセンサネットワークを導入した空間データの新しい収集・管理・提供方法の開発」)

主に、以下の様な場面での活用が期待できる。そのため、災害時における被害状況把握等での活用が期待される。

- 人の立ち入りが困難な場所
- 膨大な観測対象が存在する場所
- 観測対象が移動を伴う場合等

無線センサネットワークが適用可能な事例は以下に示すとおりである。

■ 道路構造物の損傷検知、変容検知（図 4-50参照）

- 道路橋の主桁等にセンサ端末を設置し、センサネットワークを通じて管理
- 平常時：維持管理の効率化、災害時：橋梁倒壊危険性判断等のデータとして利用

■ 落石検知、変動検知（図 4-51参照）

- 防護施設に加速度（振動）センサ搭載のセンサ端末を設置
- 斜面に傾斜センサ搭載のセンサ端末を設置→斜面の変位を検知
- 安全確保、設置コストが課題



図 4-50 道路構造物の損傷検知

(出典: 大林成行「アドホックタイプのセンサネットワークを導入した空間データの新しい収集・管理・提供方法の開発」)

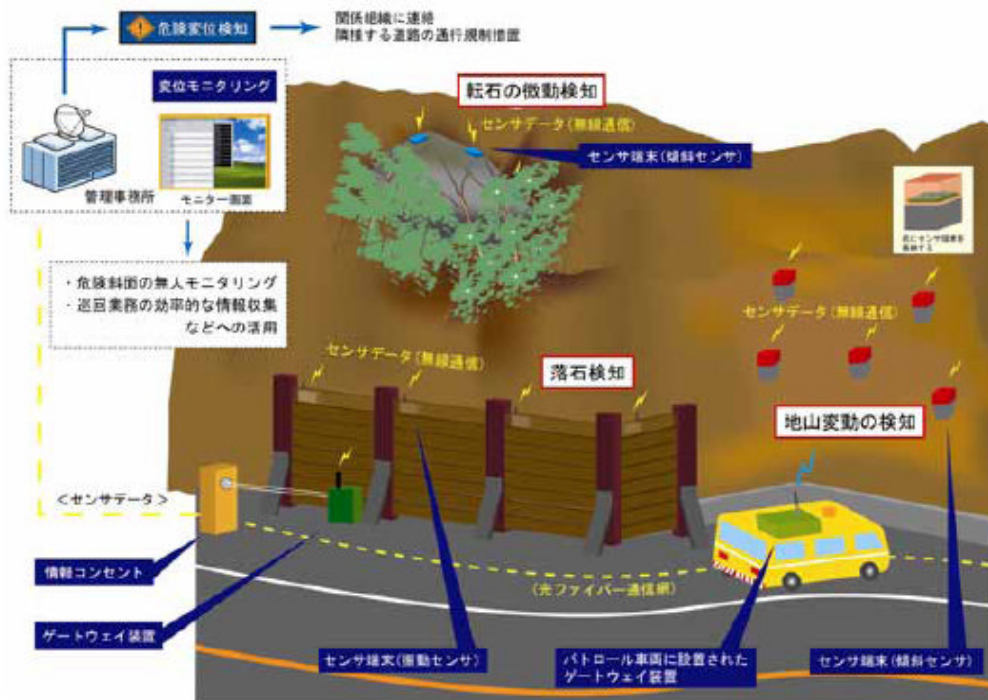


図 4-51 落石検知、変動検知

(出典: 大林成行「アドホックタイプのセンサネットワークを導入した空間データの新しい
収集・管理・提供方法の開発」)

4.2.6 被害状況調査等に適用可能な現状技術に関する整理

本検討では、前項までに示した航空写真等の各技術が、被害状況を把握する際にどのように活用できるかについて整理を行った。具体的には、以下に示す被害状況（表 4-25参照）を把握する際に適用可能な技術をプラットフォーム（衛星、航空機、ヘリコプター、地上カメラ）毎、およびセンサ（光学センサ、SAR、InSAR、レーザプロファイラ）毎に整理を行った。

■ 家屋被害

- 町丁目レベルの被害状況（表 4-26参照）
- 家屋毎の被害状況
 - 外観目視による一見全壊（表 4-27参照）
 - 外観目視による傾斜判定（表 4-28参照）
 - 外観目視による屋根の被害（表 4-29参照）

■ 火災被害

- 町丁目レベルの被害状況（表 4-30参照）
- 全焼家屋（表 4-31参照）

■ 道路・橋りょう等の被害

- 寸断状況・破損状況・復旧状況（表 4-32参照）

さらに、各プラットフォームおよびセンサに共通する制約条件を表 4-33にとりまとめた。

なお、上記の表中の各技術に対して以下に示す基準で評価を行い、その結果を○△×印で示した。

○：対象とする被害状況把握に適用できる可能性がある。

△：技術面、コスト面等に難はあるが、一部適用できる可能性がある。

×：適用することは困難である。

表 4-25 検討の対象とした被害状況

	0	3日	7日	14日	1ヶ月	1ヶ月～
時期(発災後) 【東京都の例】	▲発災	被害概況調査	応急危険度判定調査	▲第一次建築制限	住家被害認定調査 り災証明発行用データベース作成	り災証明発行
家屋	町丁目レベルの家屋の被害状況	家屋毎の被害状況(全壊、大規模半壊、半壊、一部破損)				復旧状況
火災	町丁目レベルの焼失状況	家屋毎の焼失状況				復旧状況
道路・橋りょう等	主要道路、高速道路、橋りょう等の被害状況(寸断等)	主要道路、高速道路、橋りょう等の被害復旧状況				

表 4-26 家屋被害に関する被害地域把握に適用可能性のあるデータ

対象とする被害： 家屋被害
 把握する情報： 被害地域(町丁目レベル)
 必要となる精度： 地上分解能 1~3m程度
 必要となる時期： 発災後~ 3日間程度
 適用可能な被害状況調査： 被害概況調査、応急危険度判定調査の計画策定

	衛星	航空機	ヘリコプター	地上カメラ
光学センサ (カメラ)	○ ■被害状況の把握 瓦礫となった全壊地域が把握可能。 短時間で広域のデータを収集することが可能。 ■コスト 広域のデータを安価に収集することが可能。 国際災害チャーターの枠組みにより、ALOS(だいち)等のデータは無償で入手可能。 商用衛星画像についても、航空写真の撮像と比較すると安価に入手可能。 ■データ整備の効用 市区町村界、町丁目界の地図データと重ね合わせることで、町丁目レベルの被害状況の把握が可能。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害領域の抽出精度を向上させることが可能。	○ ■被害状況の把握 全壊地域の把握が可能。 高高度から撮像することにより広域のデータを収集することが可能。 ■コスト 衛星データと比較するとコストは高くなる。 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。 ■データ整備の効用 同左	○ ■被害状況の把握 全壊地域の把握が可能。 (消防・警察のヘリテレ画像が利用可能) ■コスト 民間に委託してデータ収集を行う場合は非常にコストが高くなる。 消防・警察等のヘリテレを利用する場合は、新たに発生するコストは低い。 ■データ整備の効用 市区町村界、町丁目界の地図データと重ね合わせることで、町丁目レベルの被害状況の把握が可能。	○ ■被害状況の把握 おおよその全壊地域の把握が可能。 (高所に設置された災害監視カメラの場合) ■コスト 既に設置されているカメラを利用するため、新たに発生するコストはない。 ■データ整備の効用 画像を地図投影することが可能であるならば、市区町村界、町丁目界の地図データと重ね合わせることで、町丁目レベルの被害状況の把握が可能。
SAR	△ ■被害状況の把握 低層・低密度市街地などの全壊地域が把握できる可能性がある。 高層・高密度市街地では、建物の壁面等で電波が何重にも反射してしまうため、良質な画像を得ることができない。 雨天・夜間であっても撮像可能。 ■コスト 同上 ■データ整備の効用 市区町村界、町丁目界の地図データと重ね合わせることで、町丁目レベルの被害状況の把握が可能。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害領域の抽出が行える可能性がある。	△ ■被害状況の把握 低層・低密度市街地などの全壊地域が把握できる可能性がある。 高層・高密度市街地では、建物の壁面等で電波が何重にも反射してしまうため、良質な画像を得ることができない。 雨天・夜間であっても撮像可能。 ■コスト 光学センサの場合とほぼ同様であるが、光学センサと比較するとデータ収集範囲が広いと、データ収集経費は安くなる。 また、曇天等でもデータ収集が可能であるため、天候不順時の待機による経費発生を抑えることができる。 ■データ整備の効用 同左		
In SAR	△ ■被害状況の把握 地盤の変動状況が把握できる可能性がある。 高層・高密度市街地では、建物の壁面等で電波が何重にも反射してしまうため、良質な画像を得ることができない。 雨天・夜間であっても撮像可能。 ■コスト 同上 ■データ整備の効用 同上	△ ■被害状況の把握 同上 ■コスト 同上 ■データ整備の効用 同上		
レーザー プロファイラ		△ ■被害状況の把握 ビル等の建造物の被害状況把握が可能。 ■コスト 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。 収集したデータを処理するためのコストが発生する。 光学センサと比較するとデータ収集範囲が狭くなるため、データ収集にかかる経費も高くなる。 ■データ整備の効用 同上	△ ■被害状況の把握 同左 ■コスト 航空機と比較するとデータ収集範囲が狭くなるため、データ収集にかかる経費も高くなる。 ■データ整備の効用 同左	

表 4-27 家屋被害に関する全壊建物把握に適用可能性のあるデータ

対象とする被害： 家屋被害

把握する情報： 全壊(外観目視による一見全壊)

必要となる精度： 地上分解能 数 10cm～1m 程度

必要となる時期： 発災後 4～14 日程度

適用可能な被害状況調査： 住家被害調査（第1次判定）

	衛星	航空機	ヘリコプター	地上カメラ
光学センサ (カメラ)	<p>△</p> <p>■被害状況の把握 瓦礫となった全壊建物の把握が可能。 (全壊の可能性のある建物の抽出)</p> <p>■コスト 広域のデータを安価に収集することが可能。 国際災害チャーターの枠組みにより、ALOS(だいち)等のデータは無償で入手可能。 商用衛星画像も航空写真の撮像と比較すると安価に入手可能。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせるにより、建物レベルの被害状況の把握が可能。 さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害建物の抽出精度を向上させることが可能。</p>	<p>○</p> <p>■被害状況の把握 倒壊している全壊建物が把握可能。 低高度から撮像することにより家屋毎の詳細なデータを収集することが可能。</p> <p>■コスト 衛星データと比較するとコストは高くなる。 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。</p> <p>■データ整備の効用 同左</p>	<p>○</p> <p>■被害状況の把握 建物毎の被害状況が把握可能。 全壊建物の把握が可能。</p> <p>■コスト 民間に委託してデータ収集を行う場合は非常にコストが高くなる。 消防・警察等のヘリテレを利用する場合は、新たに発生するコストは低い。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせるにより、建物レベルの被害状況の把握が可能。 さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。</p>	<p>△</p> <p>■被害状況の把握 カメラ設置位置に近い建物については、被害状況の把握が可能。 (高所に設置された災害監視カメラの場合)</p> <p>■コスト 既に設置されているカメラを利用するため、新たに発生するコストはない。</p> <p>■データ整備の効用 画像を地図投影することが可能であれば、市区町村界、町丁目界の地図データと重ね合わせるにより、町丁目レベルの被害状況の把握が可能。</p>
SAR	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 家屋毎の被害状況を把握することは困難である。</p>	<p>△</p> <p>■被害状況の把握 低層・低密度市街地などの全壊地域が把握できる可能性がある。高層・高密度市街地では、建物の壁面等で電波が何重にも反射してしまうため、良質な画像を得ることができない。 高高度から撮像することにより広域のデータを収集することが可能。 雨天・夜間であっても撮像可能。</p> <p>■コスト 光学センサの場合とほぼ同様であるが、光学センサと比較するとデータ収集範囲が広いいため、データ収集経費は安くなる。 また、曇天等であってもデータ収集が可能であり、天候不順時の待機による経費発生を抑えることができる。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせるにより、建物レベルの被害状況の把握が可能。 さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害建物の抽出が行える可能性がある。</p>		
In SAR	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 家屋毎の被害状況を把握することは困難である。</p>	<p>△</p> <p>同上</p>		
レーザ プロファイラ		<p>○</p> <p>■被害状況の把握 ビル等の被害状況把握が可能。 完全に倒壊した全壊家屋を抽出できる可能性有り。 低高度から撮像することにより詳細な高さデータを収集することが可能。 デジタルカメラとの同時撮像により、航空写真の3次元解析が可能。</p> <p>■コスト 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。 収集したデータを処理するためのコストが発生する。 光学センサと比較するとデータ収集範囲が狭くなるため、データ収集にかかる経費も高くなる。</p> <p>■データ整備の効用 同上</p>	<p>○</p> <p>■被害状況の把握 航空機の場合より詳細なデータを収集することが可能である。</p> <p>■コスト 航空機と比較するとデータ収集範囲が狭くなるため、データ収集にかかる経費も高くなる。</p> <p>■データ整備の効用 同左</p>	

表 4-28 家屋被害に関する傾斜判定に適用可能性のあるデータ

対象とする被害： 家屋被害
 把握する情報： 全壊・半壊(外観目視による傾斜判定)
 必要となる精度： 地上分解能 10cm~30cm程度、高さ精度 数cm程度
 必要となる時期： 発災後 8日~1ヶ月程度
 適用可能な被害状況調査： 住家被害調査(第2次判定)

	衛星	航空機	ヘリコプター	地上カメラ
光学センサ (カメラ)	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>	<p>△</p> <p>■被害状況の把握 全壊・半壊を区別するための判定基準の一つである傾斜を判定(傾き1/20)することは困難である。ステレオ画像から作成した建物の高さデータを災害前後で比較することにより、30~50cm程度の高さの変化を把握することが可能である。</p> <p>■コスト 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせるにより、建物レベルの被害状況の把握が可能。さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。災害前に収集された画像データと高さデータが必要。</p>	<p>○</p> <p>■被害状況の把握 ハイビジョンカメラを用いてピンポイントでズームアップして建物毎の画像を撮影することにより、全壊・半壊を区別するための判定基準の一つである傾斜の判定を行える可能性がある。</p> <p>■コスト 民間に委託してデータ収集を行う場合は非常にコストが高くなる。消防・警察等のヘリテレを利用する場合は、新たに発生するコストは低い。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせるにより、建物レベルの被害状況の把握が可能。さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。災害前に収集された画像データと比較することにより、被害建物の抽出精度を向上させることが可能。</p>	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>
SAR	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>		
In SAR	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>		
レーザ プロファイラ		<p>△</p> <p>■被害状況の把握 全壊・半壊を区別するための判定基準の一つである傾斜を判定(傾き1/20)することは困難である。建物の高さデータを災害前後で比較することにより、15cm程度の高さの変化を把握することが可能である。</p> <p>■コスト 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせるにより、建物レベルの被害状況の把握が可能。さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。災害前に収集された画像データと高さデータが必要。</p>	<p>△</p> <p>■被害状況の把握 同左</p> <p>■コスト 同上</p> <p>■データ整備の効用 同左</p>	

表 4-29 家屋被害に関する屋根の被害状況把握に適用可能性のあるデータ

対象とする被害： 家屋被害

把握する情報： 全壊・半壊(屋根の被害状況)

必要となる精度： 地上分解能 数 10cm 程度

必要となる時期： 発災後 8 日～1 ヶ月程度

適用可能な被害状況調査： 住家被害調査 (第 2 次判定)

	衛星	航空機	ヘリコプター	地上カメラ
光学センサ (カメラ)	<p>△</p> <p>■被害状況の把握 屋根の大規模な被害の有無を把握することが可能。</p> <p>■コスト 広域のデータを安価に収集することが可能。 国際災害チャーターの枠組みにより、ALOS(だいち)等のデータは無償で入手可能。 商用衛星画像についても、航空写真の撮像と比較すると安価に入手可能。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせるにより、建物レベルの被害状況の把握が可能。 さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害建物の抽出精度を向上させることが可能。</p>	<p>○</p> <p>■被害状況の把握 屋根瓦の著しいずれを把握することが可能。 大きな屋根の不陸については、把握可能。</p> <p>■コスト 衛星データと比較するとコストは高くなる。 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせるにより、建物レベルの被害状況の把握が可能。 さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。 災害前に収集された画像データと高さデータが必要。</p>	<p>○</p> <p>■被害状況の把握 ハイビジョンカメラを用いてピンポイントでズームアップして建物毎の画像を撮影することにより、屋根の被害状況を詳細に把握することが可能。</p> <p>■コスト 民間に委託してデータ収集を行う場合は非常にコストが高くなる。 消防・警察等のヘリテレを利用する場合は、新たに発生するコストは低い。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせるにより、建物レベルの被害状況の把握が可能。 さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害建物の抽出精度を向上させることが可能。</p>	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>
SAR	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>		
In SAR	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>		
レーザ プロファイラ		<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 被害状況を把握することは困難である。</p>	

表 4-30 火災被害に関する被害地域の把握に適用可能性のあるデータ

対象とする被害： 火災被害

把握する情報： 被害地域の把握(町丁目レベル)

必要となる精度： 地上分解能 1~3m程度

必要となる時期： 発災後~ 3日間程度

適用可能な被害状況調査： 被害概況調査、応急危険度判定調査の計画策定

	衛星	航空機	ヘリコプター	地上カメラ
光学センサ (カメラ)	○ ■被害状況の把握 全焼地域の把握が可能。 短時間で広域のデータを収集することが可能。 ■コスト 広域のデータを安価に収集することが可能。 国際災害チャーターの枠組みにより、ALOS(だいち)等のデータは無償で入手可能。 商用衛星画像についても、航空写真の撮像と比較すると安価に入手可能。 ■データ整備の効用 市区町村界、町丁目界の地図データと重ね合わせることで、町丁目レベルの被害状況の把握が可能。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害領域の抽出精度を向上させることが可能。	○ ■被害状況の把握 全焼地域の把握が可能。 高高度から撮像することにより広域のデータを収集することが可能。 ■コスト 衛星データと比較するとコストは高くなる。 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。 ■データ整備の効用 同左	○ ■被害状況の把握 全焼地域の把握が可能。 (消防・警察のヘリテレ画像が利用可能) ■コスト 民間に委託してデータ収集を行う場合は非常にコストが高くなる。 消防・警察等のヘリテレを利用する場合は、新たに発生するコストは低い。 ■データ整備の効用 市区町村界、町丁目界の地図データと重ね合わせることで、町丁目レベルの被害状況の把握が可能。	○ ■被害状況の把握 おおよその全焼地域の把握が可能。 (高所に設置された災害監視カメラの場合) ■コスト 既に設置されているカメラを利用するため、新たに発生するコストはない。 ■データ整備の効用 画像を地図投影することが可能であるならば、市区町村界、町丁目界の地図データと重ね合わせることで、町丁目レベルの被害状況の把握が可能。
SAR	△ ■被害状況の把握 低層・低密度市街地などの全焼地域が把握できる可能性がある。 高層・高密度市街地では、建物の壁面等で電波が何重にも反射してしまうため、良質な画像を得ることができない。 雨天・夜間であっても撮像可能。 ■コスト 同上 ■データ整備の効用 市区町村界、町丁目界の地図データと重ね合わせることで、町丁目レベルの被害状況の把握が可能。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害領域の抽出が行える可能性がある。	△ ■被害状況の把握 低層・低密度市街地などの全焼地域が把握できる可能性がある。 高層・高密度市街地の撮像は適さない。 高層・高密度市街地では、建物の壁面等で電波が何重にも反射してしまうため、良質な画像を得ることができない。 雨天・夜間であっても撮像可能。 ■コスト 光学センサの場合とほぼ同様であるが、光学センサと比較するとデータ収集範囲が広いこと、データ収集経費は安くなる。 また、曇天等であってもデータ収集が可能であるため、天候不順時の待機による経費発生を抑えることができる。 ■データ整備の効用 同左		
In SAR	× ■被害状況の把握 火災による被害状況を把握することは困難。	× ■被害状況の把握 同左		
レーザ プロファイラ		△ ■被害状況の把握 火災による被害状況把握ができる可能性がある。 ■コスト 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。 収集したデータを処理するためのコストが発生する。 光学センサと比較するとデータ収集範囲が狭くなるため、データ収集にかかる経費も高くなる。 ■データ整備の効用 市区町村界、町丁目界の地図データと重ね合わせることで、町丁目レベルの被害状況を把握。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害領域の抽出が行える可能性がある。	△ ■被害状況の把握 同左 ■コスト 航空機と比較するとデータ収集範囲が狭くなるため、データ収集にかかる経費も高くなる。 ■データ整備の効用 同左	

表 4-31 火災被害に関する全焼家屋の把握に適用可能性のあるデータ

対象とする被害： 火災被害
 把握する情報： 全焼家屋
 必要となる精度： 地上分解能 数 10cm～1m 程度
 必要となる時期： 発災後 4～7 日程度
 適用可能な被害状況調査： 住家被害調査（第 1 次判定）

	衛星	航空機	ヘリコプター	地上カメラ
光学センサ (カメラ)	<p>▲</p> <p>■被害状況の把握 焼失した建物の把握が可能。</p> <p>■コスト 広域のデータを安価に収集することが可能。 国際災害チャーターの枠組みにより、ALOS(だいち)等のデータは無償で入手可能。 商用衛星画像についても、航空写真の撮像と比較すると安価に入手可能。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせることで、建物レベルの被害状況の把握が可能。 さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害建物の抽出精度を向上させることが可能。</p>	<p>○</p> <p>■被害状況の把握 焼失建物の把握が可能。 低高度から撮像することにより家屋毎の詳細なデータを収集することが可能。</p> <p>■コスト 衛星データと比較するとコストは高くなる。 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。</p> <p>■データ整備の効用 同左</p>	<p>○</p> <p>■被害状況の把握 建物毎の焼失状況が把握可能。</p> <p>■コスト 民間に委託してデータ収集を行う場合は非常にコストが高くなる。 消防・警察等のヘリテレを利用する場合は、新たに発生するコストは低い。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせることで、建物レベルの被害状況の把握が可能。 さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。</p>	<p>▲</p> <p>■被害状況の把握 カメラ設置位置に近い建物については、被害状況の把握が可能。 (高所に設置された災害監視カメラの場合)</p> <p>■コスト 既に設置されているカメラを利用するため、新たに発生するコストはない。</p> <p>■データ整備の効用 画像を地図投影することが可能であるならば、市区町村界、町丁目界の地図データと重ね合わせることで、町丁目レベルの被害状況の把握が可能。</p>
SAR	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 家屋毎の被害状況を把握することは困難である。</p>	<p>▲</p> <p>■被害状況の把握 低層・低密度市街地などの全焼家屋が把握できる可能性がある。 高層・高密度市街地の撮像は適さない。 高高度から撮像することにより広域のデータを収集することが可能。 雨天・夜間であっても撮像可能。</p> <p>■コスト 光学センサの場合とほぼ同様であるが、光学センサと比較するとデータ収集範囲が広いこと、データ収集経費は安くなる。 また、曇天等であってもデータ収集が可能であるため、天候不順時の待機による経費発生を抑えることができる。</p> <p>■データ整備の効用 建物(家屋)形状を有する地図データと重ね合わせることで、建物レベルの被害状況の把握が可能。 さらに地番データとリンクすることにより、被害建物の住所を特定することが可能。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害建物の抽出が行える可能性がある。</p>		
In SAR	<p>×</p> <p>■被害状況の把握 家屋毎の被害状況を把握することは困難である。</p>	<p>▲</p> <p>同上</p>		
レーザ プロファイラ		<p>▲</p> <p>■被害状況の把握 全焼家屋を抽出できる可能性有り。 低高度から撮像することにより詳細な高さデータを収集することが可能。 デジタルカメラとの同時撮像により、航空写真の 3 次元解析が可能。</p> <p>■コスト 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。 収集したデータを処理するためのコストが発生する。 光学センサと比較するとデータ収集範囲が狭くなるため、データ収集にかかる経費も高くなる。</p> <p>■データ整備の効用 同上</p>	<p>▲</p> <p>■被害状況の把握 航空機の場合より詳細なデータを収集することが可能である。</p> <p>■コスト 航空機と比較するとデータ収集範囲が狭くなるため、データ収集にかかる経費も高くなる。</p> <p>■データ整備の効用 同左</p>	

表 4-32 道路等被害の把握に適用可能性のあるデータ

対象とする被害： 道路等(主要道路、高速道路、橋りょう等)
 把握する情報： 道路の寸断状況、破損状況、復旧状況
 必要となる精度： 地上分解能 1~3m程度
 必要となる時期： 発災後~ 3日間程度
 適用可能な被害状況調査： 被害概況調査

	衛星	航空機	ヘリコプター	地上カメラ
光学センサ (カメラ)	○ ■被害状況の把握 道路の概況把握(寸断の有無等)が可能。 短時間で広域のデータを収集することが可能。 ■コスト 広域のデータを安価に収集することが可能。 国際災害チャーターの枠組みにより、ALOS(だいち)等のデータは無償で入手可能。 商用衛星画像についても、航空写真の撮像と比較すると安価に入手可能。 ■データ整備の効用 道路情報を有する地図データと重ね合わせると有効である。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害領域の抽出精度を向上させることが可能。	○ ■被害状況の把握 道路の概況把握(寸断の有無等)が可能。 高高度から撮像することにより広域のデータを収集することが可能。 ■コスト 衛星データと比較するとコストは高くなる。 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。 ■データ整備の効用 同左	○ ■被害状況の把握 道路の詳細な状況把握が可能。 (消防・警察のヘリテレ画像が利用可能) ■コスト 民間に委託してデータ収集を行う場合は非常にコストが高くなる。 消防・警察等のヘリテレを利用する場合は、新たに発生するコストは低い。 ■データ整備の効用 道路情報を有する地図データと重ね合わせると有効である。	△ ■被害状況の把握 カメラの撮像範囲の道路の被害状況の把握が可能。 ビル等の陰になっている箇所は把握できない。 (高所に設置された災害監視カメラの場合) ■コスト 既に設置されているカメラを利用するため、新たに発生するコストはない。 ■データ整備の効用 画像を地図投影することが可能であるならば、道路情報を有する地図データと重ね合わせると有効である。
SAR	△ ■被害状況の把握 高速道路、幹線道路の概況把握(寸断の有無等)ができる可能性がある。 雨天・夜間であっても撮像可能。 ■コスト 同上 ■データ整備の効用 道路情報を有する地図データと重ね合わせると有効である。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害領域の抽出が行える可能性がある。	○ ■被害状況の把握 高速道路、幹線道路の概況把握(寸断の有無等)が可能。 一般道路の概況把握(寸断の有無等)ができる可能性がある。 高高度から撮像することにより広域のデータを収集することが可能。 雨天・夜間であっても撮像可能。 ■コスト 光学センサの場合とほぼ同様であるが、光学センサと比較するとデータ収集範囲が広いこと、データ収集経費は安くなる。 また、曇天等であってもデータ収集が可能であるため、天候不順時の待機による経費発生を抑えることができる。 ■データ整備の効用 道路情報を有する地図データと重ね合わせると有効である。 災害前に収集された画像データと比較することにより、被害領域の抽出精度を向上させることが可能。		
In SAR	× ■被害状況の把握 家屋毎の被害状況を把握することは困難である。	△ ■被害状況の把握 高速道路、幹線道路の概況把握(大規模な寸断の有無等)が可能。 一般道路の概況把握(大規模な寸断の有無等)ができる可能性がある。 高高度から撮像することにより広域のデータを収集することが可能。 雨天・夜間であっても撮像可能。 ■コスト 同上 ■データ整備の効用 同上		
レーザ プロファイラ		○ ■被害状況の把握 道路の概況把握(寸断の有無等)が可能。 高高度から撮像することにより広域のデータを収集することが可能。 ■コスト 天候不順等の要因により飛行機が飛ばせない場合であっても、飛行機を待機させるための経費が発生する。 収集したデータを処理するためのコストが発生する。 光学センサと比較するとデータ収集範囲が狭くなるため、データ収集にかかる経費も高くなる。 ■データ整備の効用 同上	○ ■被害状況の把握 航空機の場合より詳細なデータを収集することが可能である。 ■コスト 航空機と比較するとデータ収集範囲が狭くなるため、データ収集にかかる経費も高くなる。 ■データ整備の効用 同左	

表 4-33 航空写真等を活用した被害状況の把握における制約条件等

	センサ毎の共通事項	衛星	航空機	ヘリコプター	地上カメラ
プラットフォーム毎の共通事項		<p>■ 撮像時刻(昼夜) 通常の観測衛星は太陽同期軌道であるため、撮像時刻は毎回同じ時刻(10 時前後)となる。</p> <p>■ 撮像頻度 定期的な撮像を継続して実施することが可能。</p>	<p>■ 撮像時の天候 強風の場合は飛行できない場合もある。</p> <p>■ 撮像頻度 撮像可能なタイミングは 1 日に 1~2 回。 撮像位置を正確に把握するために GPS を利用する必要があるが、GPS を用いて高精度に位置情報を把握することができる時間は 2~3 時間/日程度である。</p> <p>■ 撮像対象領域 1 回の撮像で数 10km 四方のエリアの撮像が可能。</p> <p>■ 飛行場 災害時は、人員輸送、物資輸送が優先されるため、飛行場の利用が制限される可能性がある。 滑走路等の損傷により、飛行場が利用できない可能性がある。</p> <p>■ フライト条件 災害時は飛行空域が制限される可能性がある。特に、低高度の空域は制限される可能性が大きい。</p>	<p>■ 撮像頻度 撮像可能なタイミングは 1 日に数回。 撮像位置を正確に把握するために GPS を利用する必要があるが、GPS を用いて高精度に位置情報を把握することができる時間は 2~3 時間/日程度である。</p> <p>■ 撮像対象領域 ピンポイントの撮像、道路等に沿った線的な撮像、面的な撮像等、撮像領域の自由度は高い。</p> <p>■ ヘリポート 災害時は、人命救助、人員輸送、物資輸送が優先されるため、ヘリポートの利用が制限される可能性がある。 ヘリポート等の損傷により、利用できない可能性がある。 (消防・警察のヘリであれば、制約はあまり無いと想定。)</p> <p>■ フライト条件 災害時は飛行空域が制限される可能性がある。特に、低高度の空域は制限される可能性が大きい。 (消防・警察のヘリであれば、制約はあまり無いと想定。)</p>	
光学センサ(カメラ)	<p>■ 撮像時の天候 晴天の撮像に限られる。雲の下は撮像できない。</p> <p>■ 撮像時刻(昼夜) 昼間の撮像に限られる。ただし、熱赤外線センサを搭載していれば、夜間の撮像も可能。</p> <p>■ 撮像頻度 撮像可能なタイミングは 2~3 日に 1 回。 複数の衛星を組み合わせれば、1 日に 1 回程度の撮像が可能。</p> <p>■ 撮像対象領域 1 回の撮像で 10km~数 10km の幅で撮像が可能。</p> <p>■ 地上分解能 50cm 程度~数 10m</p> <p>■ 火災の影響 火災時には煙の影響で見通しが悪くなるため、撮像できない領域がある。</p>	<p>■ 撮像時の天候 晴天の撮像に限られる。雲の下は撮像できない。 曇天であっても、雲の下を飛行すれば撮像可能(光量が足りないため品質は落ちる。)</p> <p>■ 撮像時刻(昼夜) 昼間の撮像に限られる。ただし、熱赤外線カメラを搭載していれば、夜間の撮像も可能。</p> <p>■ 地上分解能 数 cm 程度~数 10cm 程度(飛行高度による)</p>	<p>■ 撮像時の天候 曇天や雨天であっても撮像は可能であるが、光量不足により画像の品質は落ちる。 強風の場合は飛行できない場合もある。</p> <p>■ 撮像時刻(昼夜) 通常のカメラであれば昼間の撮像に限られる。ただし、高感度カメラや熱赤外線カメラを搭載していれば、夜間の撮像も可能。</p> <p>■ 地上分解能 数 cm 程度~数 10cm 程度(飛行高度やカメラのズーム率による)</p> <p>■ その他 撮像時にリアルタイムで映像を観ることができない(ヘリテレの場合)が、ハイビジョン画像のようにデータ量が大きい場合は、伝送ができないため、リアルタイムの観測は不可。</p>	<p>■ 撮像時の天候 天候に左右されず撮像可能。ただし、曇天時は光量不足により画像の品質がおちる。雨天時は見通しが悪くなる。</p> <p>■ 撮像時刻(昼夜) 一日中、撮影が可能。ただし、通常のカメラの場合は、明るいもの以外は写らない。 高感度カメラや熱赤外線カメラを搭載していれば、夜間の撮像も可能。</p> <p>■ 撮像頻度 一日中、リアルタイムで観測可能。</p> <p>■ 撮像対象領域 カメラが設置されている場所により異なる。見通しがある範囲の撮像が可能。 通常、高所に設置されているため広い領域の撮像が可能。 斜め撮像のためビル等の大きな構造物の陰の領域は撮像できない。</p> <p>■ 地上分解能 数 cm~数 10m カメラに近い場所の分解能は高く、遠くなるに従って分解能が悪くなる。</p> <p>■ その他 カメラから遠い箇所の位置を特定することは困難である。</p>	

	センサ毎の共通事項	衛星	航空機	ヘリコプター	地上カメラ
SAR	<p>■撮像時の天候 天候に左右されず撮像可能。 ただし、雨天時には電波が減衰するために、画像の品質は若干落ちる。</p> <p>■撮像対象領域 高層・高密度市街地では、建物の壁面等で電波が何重にも反射してしまうため、良質な画像を得ることができない。</p> <p>■画像の判読 光学センサの画像とは全く異なるイメージであるため、画像の判読が難しい。</p>	<p>■撮像時刻(昼夜) 昼夜ともに撮像が可能。 通常の観測衛星は太陽同期軌道であるため、撮像時刻は毎回同じ時刻(10 時前後)となる。 ただし、緊急時にはリクエストを出すと、夜間に通過する軌道からの撮像も可能。</p> <p>■撮像頻度 撮像可能なタイミングは数日に1回。</p> <p>■撮像対象領域 1回の撮像で10km～数10kmの幅で撮像が可能。</p> <p>■地上分解能 1m 程度～数 10m</p>	<p>■撮像時刻(昼夜) 昼夜ともに撮像が可能。</p> <p>■地上分解能 数 10cm 程度～数 m 程度</p>		
In SAR	<p>■撮像時の天候 天候に左右されず撮像可能。 ただし、雨天時には電波が減衰するために、品質(高さ精度)は若干落ちる。</p> <p>■撮像対象領域 高層・高密度市街地の撮像は適さない。</p>	<p>■撮像時刻(昼夜) 昼夜ともに撮像が可能。 緊急時にはリクエストを出すと、夜間に通過する軌道からの撮像も可能。</p> <p>■撮像頻度 撮像可能なタイミングは数日に1回。 現在、定常的にInSARが実施可能な衛星はない。衛星の軌道等の状況により干渉しない場合がある。</p> <p>■撮像対象領域 1回の撮像で10km～数10kmの幅で撮像が可能。</p> <p>■地上分解能 1m 程度～数 10m</p> <p>■精度(高さ) 数 m 程度</p>	<p>■撮像時刻(昼夜) 昼夜ともに撮像が可能。</p> <p>■地上分解能 50cm 程度～数 m 程度</p> <p>■精度(高さ) 50cm程度</p>		
レーザ プロファイラ	<p>■撮像時の天候 曇天であっても、雲の下を飛行すれば撮像可能。 雨天時の撮像は困難である。</p> <p>■撮像時刻(昼夜) 昼夜ともに撮像が可能。</p>		<p>■地上分解能 1m 程度</p> <p>■精度(高さ) 15cm程度</p>	<p>■地上分解能 50cm 程度</p> <p>■精度(高さ) 15cm程度</p>	

4.3 被害状況調査のための自動判読技術

上空より撮像された航空写真等の画像データを自動判読する技術が整備されれば、広域災害後に収集される膨大な数の航空写真等から迅速に被害領域を把握することができる。

自動判読技術により、住家等の被害状況を把握するための方法は以下の2つに大別することができる。それぞれの方法の特徴と今後の課題を整理した。

- 被害前後の画像データを用いた自動判読
- 被害後の画像データのみを用いた自動判読

(1) 被害前後の画像データを用いた自動判読

災害の前に収集された画像データと災害後に収集された画像データを比較し、変化した領域を自動的に抽出することにより、被害状況を把握する手法である。被害前後の画像データを用いた自動判読の流れを図 4-52に示す。

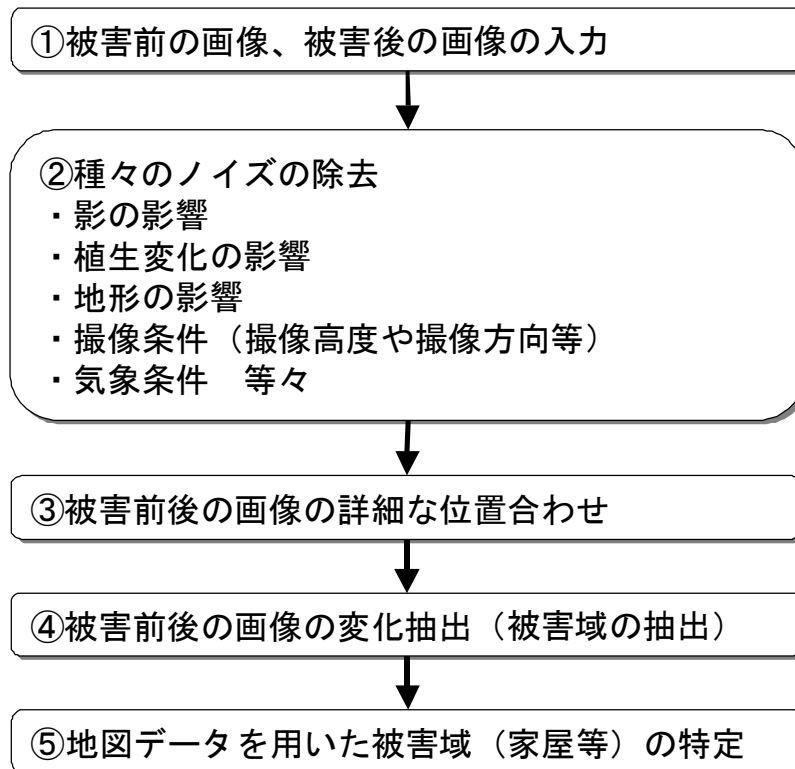


図 4-52 被害前後の画像データを用いた自動判読の流れ

本手法の特徴を以下に示す。

- 良質な被害前後の画像データが入手できるのであれば、精度良く被害地域を抽出することが可能となる。
- 抽出された画像の特徴は、必ずしも被害地域を抽出しているのではなく、変化した領域を抽出したものである。
 - ▶ 被害による変化と土地被覆の変化を自動的に識別することはできない。
 - ▶ 火災による焼失と倒壊を自動的に識別することはできない。

本手法の課題をまとめると、以下のとおりである。

- 被害前の画像データが入手できない場合には適用できない。
- 被害前後の画像データの撮像時期・時刻等の違いによる植生の変化や建物の影の変化、撮像条件（撮像高度や撮像方向等）の違いによる撮像された建物の形状の変化等の影響により、必ずしも精度良く被害状況を抽出できるとは限らない。
- 被害前後の詳細な位置合わせを行うためには、データ撮像時の標定要素（プラットフォームの位置・姿勢データ）が必要となる。
- 変化があるかどうかを判別するパラメータの設定によって、処理結果が異なる。

(2) 被害後の画像データのみを用いた自動判読

災害後の画像データにおいて、被害を受けた建物は、周りの建物の状況と比較して、色合いが異なる、テクスチャ（きめ）が異なる等の特徴を有しており、これらの特徴量を統計的に把握し、画像データ内の被害を受けた領域を自動的に抽出していく手法である。被害後の画像データのみを用いた自動判読流れを図 4-53に示す。

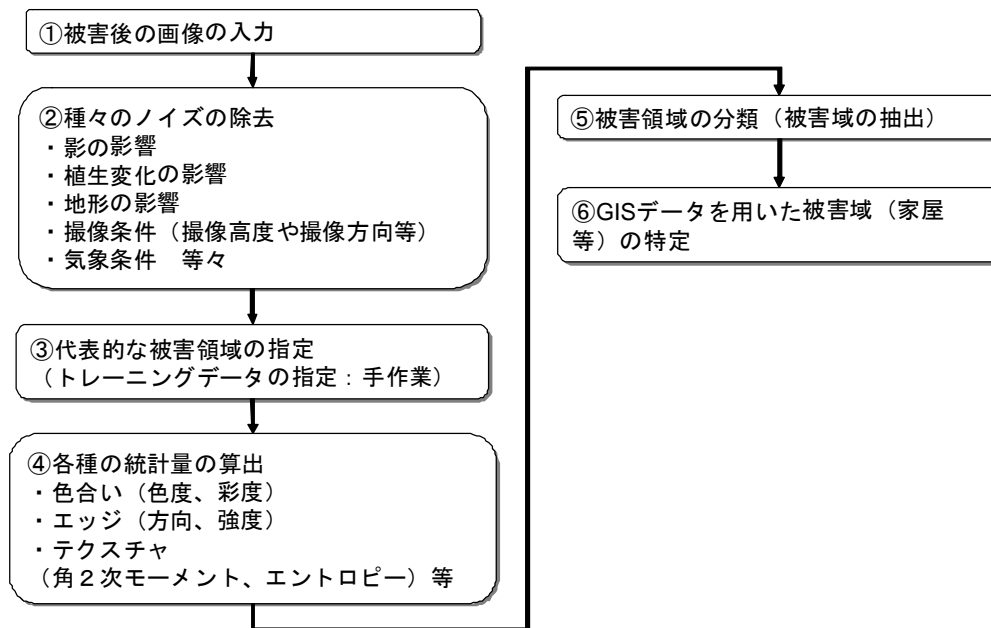


図 4-53 被害後の画像データのみを用いた自動判読流れ

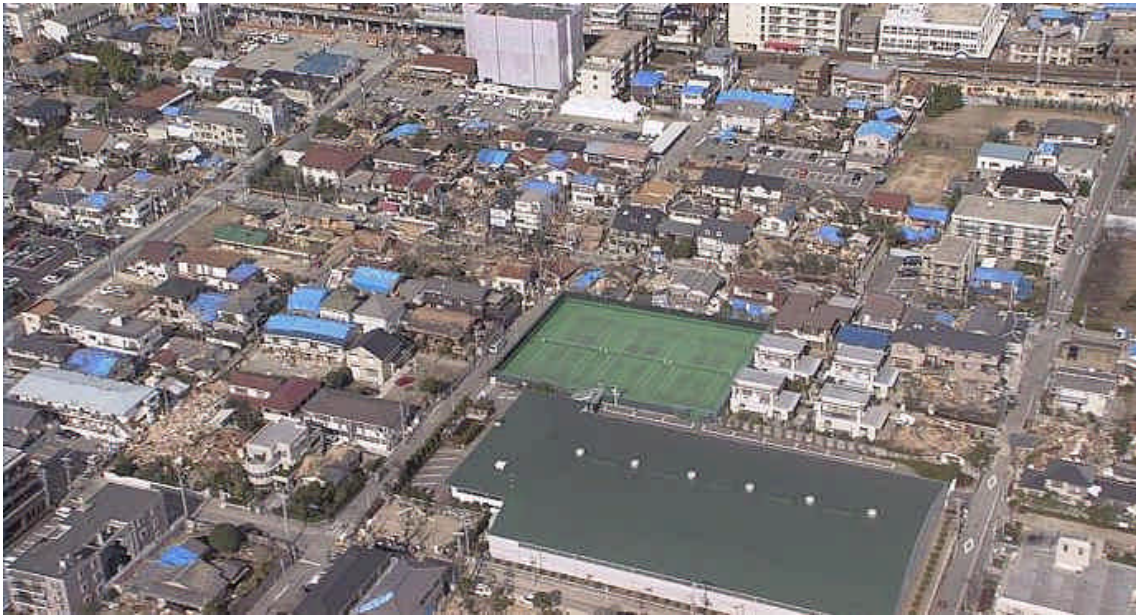
本手法の特徴を以下に示す。

- 被害後の画像データのみで処理が可能であるため、被害前の画像データが入手できない場合でも被害地の抽出を行うことが可能となる。
- 本手法により被害領域を把握することは可能であるが、その領域に何棟の家屋があったかを知るためには、1棟ごとの家屋ポリゴンとの正確な位置合わせが必要となる。

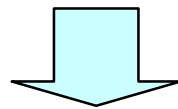
本手法の課題をまとめると以下に示すとおりである。

- 任意の画像データ内においては精度良く被害領域を抽出できるが、その特徴量を他の画像データに適用した場合には精度の良い抽出を行うことができない場合が多い。
- 精度の良い処理を行うためには、被害地域のトレーニングデータを指定する等の手作業が必要になる。
- 被害があるかどうかを判別するパラメータの設定によって、処理結果が異なる。

被害後の画像データのみを用いた自動判読の例を図 4-54～図 4-56に示す。



被害後の画像データ（ヘリコプター搭載空撮ハイビジョン映像）



自動判読



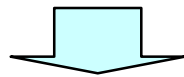
被害地域の自動判読結果（赤色の箇所）

図 4-54 被害後の画像データのみを用いた自動判読手法の例(1)

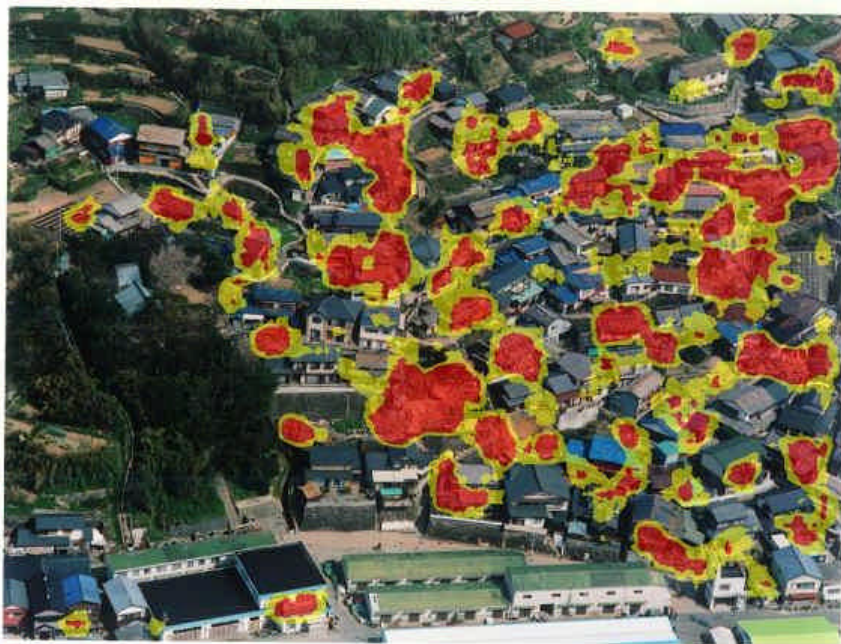
(出典: 三富他: 空撮画像を用いた地震による建物被害地域の自動抽出手法の開発、EDM Technical Report No.17、2003.11)



被害後の画像データ（航空機内からデジカメで撮影した画像）



自動判読



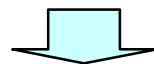
被害地域の自動判読結果（赤色の箇所）

図 4-55 被害後の画像データのみを用いた自動判読手法の例(2)

(出典: 三富創・松岡昌志・山崎文雄(2005):2005 年福岡県西方沖地震による玄界島の建物被害地域の自動抽出、第 28 回地震工学研究発表会報告集, CD-ROM, ID219, 7p)



被害後の画像データ（航空写真）



自動判読



被害地域の自動判読結果（赤色の箇所）

図 4-56 被害後の画像データのみを用いた自動判読手法の例(3)

(出典:アジア航測株式会社資料、災害情報の自動抽出技術のご紹介)

(3) 各種データへ自動判読手法を適用した場合の考察

(a) 光学センサ（マルチバンド、カメラ）データ

■ 被害前後の画像データを用いる手法

➤ 航空機、ヘリコプターより撮像されたデータ

- 被害前に撮像された良質な画像データおよび標定要素を入手することは困難である。

➤ 人工衛星より撮像されたデータ

- 周期的に同時刻に同じ撮像条件でデータ収集が行われるため、適している。
- 早期に広域の被害概況（被害の有無）を把握するには非常に有効である。

■ 被害後の画像データのみを用いる手法

➤ 航空機、ヘリコプターより撮像されたデータ

- 非常に有効ではあるが、研究段階であり、解決すべき課題は多い。
- 現段階では、普遍的なパラメータの設定ができない（ある画像では有効なパラメータが別の画像で有効でない場合がある）。

➤ 人工衛星より撮像されたデータ

- 航空機、ヘリコプターの場合と同様である。

(b) レーザデータ

■ 被害前後のデータを用いる手法

➤ 航空機、ヘリコプターより撮像されたデータ

- 収集される高さデータに 30cm 程度の誤差があるため家屋への適用は困難である。
- 大規模構造物、ビル、工場等であれば有効。特に、赤色立体視画像は有効に活用できる可能性はある。

■ 被害後のデータのみを用いる手法

➤ 被害後のみのデータを用いての被害地域の自動抽出は困難

(c) マイクロ波センサデータ（合成開口レーダ：SAR）

■ 被害前後の画像データを用いる手法

➤ 航空機より撮像されたデータ

- 被害前に撮像された良質な画像データおよび標定要素を入手することは困難である。
- ▶ 人工衛星より撮像されたデータ
 - 分解能が粗いため、家屋への適用は困難であるが、大規模構造物へ適用できる可能性はあり、研究段階である。
- 被害後の画像データのみを用いる手法
 - ▶ 被害後のみのデータを用いての被害地域の自動抽出は困難

4.4 被害状況調査に利用可能なアーカイブデータ

航空写真等を用いた被災地の被害判読を行うためには、予め平時の航空写真等のデータをアーカイブしておくことや家屋・住所等の空間データを準備しておくことが重要である。政府では、現在策定中（2008年2月～3月に内閣官房が計画案についての意見募集を実施）の地理空間情報活用推進基本計画に基づいて、地理空間情報の整備・更新・提供を推進することとしており、今後、被害状況調査にも利用可能なアーカイブデータの整備が進むことが期待される。

ここでは、国や自治体、あるいは民間が整備しているこれら空間データおよび航空写真等アーカイブの整備状況を整理し、被害状況調査に利用可能なデータの特定を行う。

4.4.1 利用可能な空間データの現状と動向

被害状況調査に必要な家屋・住所等の空間データについて、既存の整備データを活用することを前提とし、国、自治体および民間の空間データ整備状況について整理を行った。また、首都直下地震への対応を前提として、東京都の空間データ整備状況についても整理を行っている。

我が国では様々な主体がそれぞれの目的に応じて多種多様な空間データの整備を行っており、それらの特徴、精度、用途等を理解した上で、被害状況調査という目的に応じた利用が可能かどうか判断することが必要である。

以下、被害状況調査に利用可能な空間データの精度等の基準および調査実施の方針を示した上で、国、自治体、民間の順にそれぞれの整備状況を示す。また、これら空間データの検索・入手方法として、ウェブ上のポータルサイト等の紹介も行う。

4.4.1.1 被害状況把握に必要となる空間データ

被害判定に用いるための空間データには、調査対象家屋の特定のため、主に以下のデータ項目が整備されていることが望ましいと考えられる。

- 番地・号レベルの（ポリゴン）データ
- 建物（家屋）のポリゴンデータ

調査対象家屋の特定のためには、番地・号レベルでの情報が必要となる。そ

のため、精度の面からは番地・号レベルでのポリゴンデータが整備されていることが望ましい。また、被害調査への適用を鑑みると、建物（家屋）データの整備の有無が重要となる。

そのため、本調査実施にあたっては、これらのデータ項目を被害状況調査への利用可能性の基準として、以下の2点について調査を実施した。

- 国、自治体、民間で市販されている空間データの状況
- 現在東京都が保有しているアーカイブデータや空間データの整備状況（東京都へのアンケート・ヒアリング調査の実施）

また、被害状況調査への利用可能性を判断する材料として、主に以下のデータ項目について調査を実施している。

- 整備機関
- データフォーマット
- 精度
- ライセンス
- 価格等

4.4.1.2 空間データの検索・入手方法

GIS（地理情報システム）等で利用できる空間データを入手する際は、以下のポータルサイト等を窓口として検索することが可能となっている。本調査実施にあたっては、これらのサイトを利用している。

- （財）日本測量技術調査技術協会（<http://www.sokugikyo.or.jp/>）
 - 官庁・公益団体・民間について空間データ整備状況を整理
- 国土地理院クリアリングハウス（<http://zgate.gsi.go.jp/>）
 - ネット上の地理情報の所在をメタデータ検索
- GISポータルサイト（<http://www.gis.go.jp/index.html>）*試験公開中
 - 各府省庁・関係機関のGIS政策や保有するGISデータの検索

4.4.1.3 国、自治体、民間が整備している空間データ

4.4.1.1で示した方針に従い、国、自治体（東京都を含む）および民間の空間データ整備状況について調査を実施した。以下、それぞれについて結果を整理する。

(1) 国が整備している空間データ

国が整備している空間データとしては、全国規模の画像やベクターデータが存在する。ただし、国レベルでの利用可能な建物（家屋）データの整備は不十分である。表 4-34に国が整備している代表的な空間データについて詳細を示す。

表 4-34 国が整備している代表的な空間データ

データ名称	提供機関	内容	価格	整備範囲	データ形式	更新頻度
数値地図 25000	国土地理院	一定の規模以上の建物のみ記載。(地図画像に黒塗りの多角形として存在。	¥7,500/1枚	全国	画像	未定
数値地図 2500	国土地理院	公共建物のみ記載	¥7,500/1枚	首都圏、近畿圏、中部圏及び全国の都市計画区域	ベクターデータ	未定

(出典: (財)日本測量技術調査技術協会「空間データ整備状況一覧表」平成 16 年 1 月 31 日現在

URL: http://www.sokugikyo.or.jp/data_index.html)

(2) 自治体が整備している空間データ

各自治体においては、それぞれ都市計画基図や家屋台帳図に基づいて作成された空間データが整備されている。

東京都は撮影縮尺 1/10000 で撮影されたカラー航空写真を基に最新のデジタルマッピング (DM) 手法により新規・修正測量し整備された都市計画基本図 (平成 16 年度版) が整備されている。表 4-35に、自治体が整備している代表的な空間データについて、その詳細を示す。

表 4-35 自治体が整備している代表的な空間データ

データ名称	提供機関	内容	価格	整備範囲	データ形式	更新頻度
都市計画基図	各市町村都市計画課相当部署	道路、鉄道、建物、河川、構図、行政、注記、標高線等	不明	主に都市計画区域、市街化区域	ベクターデータ、紙地図、画像(整備状況は各自治体による)	不明
家屋台帳図	各市町村資産税課相当部署	家屋	不明	全国(課税対象家屋の存在する任意地域)	ベクターデータ、紙地図、画像(整備状況は各自治体による)	不明

(出典: (財)日本測量技術調査技術協会「空間データ整備状況一覧表」平成 16 年 1 月 31 日現在

URL: http://www.sokugikyo.or.jp/data_index.html)

また、東京都のデータ整備状況として、東京都 DIS (Disaster Information System: 災害情報システム) の地図データについて調査を行った結果を以下に示す。

■ ベースマップ

- 市販地図 (昭文社「MAPPLE25000・関東版」デジタル地図データ) を利用

■ 整備地域

- 関東地域 (東京、茨城、千葉、埼玉、神奈川等) に山梨を追加して 8 都県をカバー

■ データ項目

- 各データをレイヤで管理
- 町丁目単位までのポリゴンデータ、番地ポイントデータ
- 大型建造物ポリゴンデータ
- 各種道路、鉄道等のラインデータ
- また、既存のデータとは別に、各県から防災基礎情報 (橋梁、船着場、災害時臨時離着陸場候補地、避難所等) を収集し、データとして整備

■ 更新頻度

- 基図は定期的に更新していないため、データが古い可能性がある
- ただし、東京都で独自に整備したデータ等は必要に応じて更新を実施

■ 利用制限

- DIS 導入自治体であれば特に利用制限はない

▶ 特定のデータ（レイヤ）についての利用制限等もない

(3) 民間等が整備している空間データ

民間等が整備している空間データについては、各社が独自に整備（また、電力会社等がそれぞれ固有の目的に応じて整備）を行っている。

また、東京デジタルマップ社（2007年10月の協定締結により、2008年からは特別目的会社「ミッドマップ東京」にサービスを順次移行）により、東京地区の3D（3次元）データ（測量成果をベースに整備）も整備されている。表 4-36 に、民間等が整備している代表的な空間データについてその詳細を示す。

表 4-36 民間等が整備している代表的な空間データ

データ名称	提供機関	内容	価格	整備範囲	データ形式	更新頻度
Zmap-TO WN II	(株)ゼンリン	道路、鉄道、建物、河川、構図、他	¥1,840,000/ 東京23区、 ¥600,000~ ¥1,330,000	全国約3068市区町村	ベクタ 独自フォーマット	1~3年、住宅地図(紙媒体)に合わせて更新
テレマップ (TelMap)	(株)ダイケイ	道路、鉄道、建物、河川、構図、他	¥135,000~/ (ライセンス)	政令指定都市はじめ約3000市町村	ベクトル形式 (DXF、MIF、SHAPE)	不明
PFM2500	(株)パスコ	1:2,500相当の道路縁、建物形状、鉄道、河川データ	全国...870万円/cpu	全国	Shapeファイル	1年
東京都縮尺 1/2500地形図	(株)東京デジタルマップ	道路、鉄道、建物、河川、構図、行政、注記、標高線等	23区+多摩版:¥20000- 23区:¥12000- *官公庁の公共目的利用は原則無償	東京都全域 (島嶼部除く)	DM標準データフォーマット *シェープファイルに変換可能	5年
TDM3D建物データ	(株)東京デジタルマップ	建物	データ使用料:105,000円/Km ² (標準)	東京23区全域、2多摩エリア	Shapeファイル	5年

(出典:(財)日本測量技術調査技術協会「空間データ整備状況一覧表」平成16年1月31日現在

URL: http://www.sokugikyo.or.jp/data_index.html)

首都直下地震への対応という観点からは、民間が整備している空間データの中でも、特に前述の東京デジタルマップ社（東京ミッドマップ社）の整備しているデータは東京全域に渡り詳細な情報項目が整備されており、利用可能性が高いと考えられる。以下、参考として、同社が提供している代表的な空間データとして、「東京都縮尺 1/2500 地形図」および3次元の「TDM3D 建物データ」について、その詳細を示す。

- 「東京都縮尺 1/2500 地形図」 (構造化データファイル、図 4-57参照)
 - 撮影縮尺 1/10000 で撮影されたカラー航空写真を基に最新のデジタルマッピング (DM) 手法により新規・修正測量し整備された都市計画基本図 (平成 16 年度版)
 - 提供フォーマット : シェープファイルフォーマット
 - メッシュ体系 : 国土基本図 1/2,500(2km×1.5km)のメッシュ体系
 - データ単位 : 1 図郭=1 ファイル (種類毎に別ファイル)
 - データ整備範囲 : 東京都全域 (島嶼部除く)
 - データ作成時点
 - 23 区 : 2003 年 8 月
 - 多摩地区 : 2003 年 11 月
 - 更新頻度 : 5 年
 - データの種類:
 - 一般道路 : 国道, 都道, その他
 - 建物 : 普通建物, 堅牢建物 (鉄筋コンクリート等), 普通無壁舎 (温室・倉庫等), タンク
 - 行政界 : 都・県界, 郡・市・区界, 町・村界, 大字・町・丁目界
 - 等高線 : 計曲線、主曲線、補助曲線、凹地 など
 - 販売最小単位 : 図郭単位、セット販売、項目別も対応
 - データ提供メディア: DVD-R を基本



図 4-57 TDM の東京都縮尺 1/2,500 地形図構造化データファイル

(出典: 東京デジタルマップ URL: <http://www.tokyo-digitalmap.co.jp/product/ep/tokyo2500.html>)

■ TDM / 3D 建物データ (図 4-58参照)

➤ 整備範囲

- 東京都全域 (島しょ部・山地部を除く)

➤ 作成方法

- 公共測量作業規程に準拠したデジタルマッピング手法による。高さの異なる階層ごとに建物ポリゴンを計測し、その最高値を標高値としてポリゴンの属性値として登録

➤ 取得時期

- 23 区版：2005 年 3 月～5 月
- 多摩版：2006 年 4 月～5 月

➤ フォーマット

- SHAP (ポリゴン) 形式

➤ データ使用料

- 105,000 円/Km² (標準モデル)
- 基本料金：42,000 円/件

➤ オプション購入

- 建物名称データ
- 行政界データ
- 建物住所データ

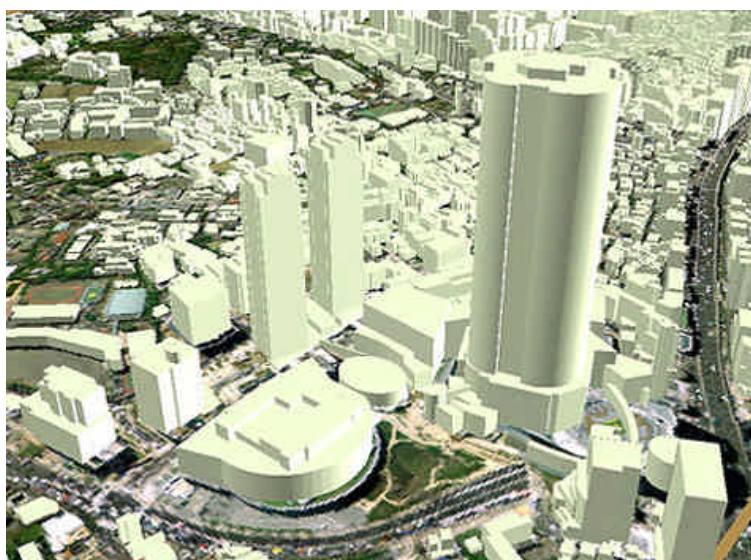


図 4-58 東京地区の 3D 建物データ例

(出典: 東京デジタルマップ URL: <http://www.tokyo-digitalmap.co.jp/product/3dmap.html>)

4.4.1.4 被害状況調査把握に利用可能な空間データ整備の必要性

国、自治体および民間において整備されているデータ項目として、特に民間においては各社とも番地・号レベルのポイントデータは提供されているものの、被害状況調査において望ましいと考えられる番地・号レベルでのポリゴンデータは製品としては提供されていない。このことは、「号」が区画内のそれぞれの建物に与えられる住居番号としての性格を有し、建物の位置・形状等に左右されるため、号レベルのポリゴンを作成することは困難であるということに由来する。

ただし、技術的には番地・号レベルのポイントデータを建物ポリゴンの属性データとして紐付けることは可能であり、民間会社は何れもオーダーメイドサービスによりこうしたデータセットの作成を行っている。

航空写真等データが被害状況調査に有効に活用されるためには、これら高精度な空間データが必要とされるが、迅速な対応が必要とされる大規模災害においては、発生後にこうした必要なデータセットを整備する余裕はないと想定される。そのため、平時から番地・号レベルのポイントデータを建物ポリゴンの属性データとして紐付けたデータセットを作成し、被害箇所（建物）の住所特定に利用可能な状態として準備しておくことが重要になる。

4.4.2 利用可能な航空写真等のアーカイブ

被害状況調査に利用可能なアーカイブデータの調査の一環として、航空写真等のアーカイブ状況についても調査を行った。具体的には、航空写真（学術的には空中写真として定義しているが、本報告書では慣用語としての航空写真を用いる）、レーザプロファイラおよび衛星データのアーカイブ状況について調査を行った。

4.4.2.1 航空写真のアーカイブ状況

航空写真のアーカイブを一元的に検索可能な代表的なシステム例としては、国土交通省国土計画局が構築・運用している「航空写真画像情報所在検索・案内システム」と財団法人日本地図センターが運用している同機関の Web サイトである「日本地図センター」が挙げられる。

「航空写真画像情報所在検索・案内システム」は、国土交通省国土計画局が構築・運用しているシステムであり、国や自治体などの各機関・組織が保有している航空写真を、統合的に検索することが可能となっている。同システムの URL は <http://airphoto.gis.go.jp/aplis/Agreement.jsp> である。同システムに登録されている画像一覧を表 4-37に示す。

一方、財団法人日本地図センターが運用している Web サイトである日本地図センターでは、国土地理院撮影の航空写真、米軍撮影航空写真国土地理院所蔵、民間企業撮影の航空写真、米国国立公文書館所蔵の米軍撮影航空写真を入手可能である。また、国土地理院が撮影した「平成 19 年新潟県中越沖地震被災地」、「平成 19 年能登半島地震被災地」、「台風 14 号による被災地」、「福岡県西方沖地震被災地」、「平成 16 年新潟県中越地震被災地」などの近年の大型自然災害に関する航空写真も入手可能であるほか、一部については航空写真をデジタル画像化したデータも入手可能となっている。同サイトの URL は <http://www.jmc.or.jp/photo/index.html> である。入手可能な主要データを、国土地理院撮影の航空写真については表 4-38に、民間企業撮影の航空写真については表 4-39に示す。なお、以下のサイトにおいて詳細な撮影状況を検索することが可能である。

- 国土地理院の撮像状況： <http://www.jmc.or.jp/photo/gsi/index.html>
- 民間企業の撮像状況： <http://www.jmc.or.jp/photo/minkan/index.html>

表 4-37 航空写真画像情報所在検索・案内システム登録画像

航空写真 保有団体	リンク先システム名称	航空写真 登録エリア	航空写真 保有枚数 (枚)	航空写真 縮尺	航空写真 撮影年度
国土交通省 国土計画局	国土情報ウェブマッピングシステム (試作版)	全国	396,125	1/8,000 ～1/15,000	1974年～1990年
国土交通省 国土地理院	国土変遷アーカイブ： 空中写真閲覧サービス	全国	338,611	1/10,000 ～1/40,000	1946/01～1957/12 1992/01～2001/12 2003/01～2005/12
海上保安庁	海上保安庁空中写真閲覧サービス	全国	11,544	1/10,000～ 1/30,920	1992年～2002年
岐阜県内自治体 (白川村、垂井町、 海津市、郡上市、 本巣市、恵那市、 中津川市、関市)	県域統合型 GIS ポータル (みんなのマップ) ホームページ	岐阜県全域および 県下 8 自治体 白川村、垂井町、海津市、 郡上市、本巣市、恵那市、 中津川市、関市	未登録	未登録	未登録
和歌山県 砂防課	わかやま土砂災害マップ	和歌山県全域	未登録	未登録	2003年
宮城県 石巻市	石巻市 地図検索システム	石巻市全域	1,700	未登録	2006年
茨城県 鹿嶋市	鹿嶋市防災避難地図	鹿嶋市全域	未登録	1/10,000	2006年
栃木県 宇都宮市	U-piazza 宇都宮市都市マスタープラン ホームページ	宇都宮市全域	未登録	1/10,000	1997年 2003年
栃木県 小山市	おやまわが街ガイドマップ	小山市全域	未登録	未登録	2005年
群馬県 高崎市	まっぷ de たかさき	高崎市全域	未登録	1/8,000	2006年

航空写真 保有団体	リンク先システム名称	航空写真 登録エリア	航空写真 保有枚数 (枚)	航空写真 縮尺	航空写真 撮影年度
東京都 武蔵野市	武蔵野市航空写真	武蔵野市全域	12	1/3,000	2002年
神奈川県 横浜市都筑区	「都筑区航空写真いま、むかし 1973～1994」	横浜市全域都筑区	39	未登録	1973年 1994年
神奈川県 大和市	大和市公開型地図情報サービス	大和市全域	未登録	30,700	2006年
新潟県 新潟市	新潟市地理情報システム	新潟市全域	未登録	1/1,000	2005年
新潟県 湯沢町	湯沢町わが街ガイド	湯沢町全域	未登録	1/5,000	2001年
富山県 南砺市	南砺市 Web GIS	南砺市全域	未登録	1/10,000	2004年
石川県 津幡町	わがまち つばた ガイド	津幡町全域	未登録	1/5,000	2004年
福井県 あわら市	Sky Panorama Awara (SPA)	あわら市全域	未登録	1/12,500	未登録
山梨県 都留市	都留市地図情報提供サービス e-つるマップ	都留市全域	未登録	1/10,000	2004年
岐阜県 関市	関市地理情報	関市全域	未登録	未登録	未登録
岐阜県 美濃加茂市	美濃加茂市 住民公開 GIS	美濃加茂市全域	未登録	1/10,000	2002年
	美濃加茂市 航空写真全図	美濃加茂市全域	43	未登録	1997年
岐阜県 白川村	空から見た白川村	白川村全域	未登録	未登録	未登録
岐阜県 御嵩町	御嵩町航空写真	御岳町全域	未登録	未登録	未登録

航空写真 保有団体	リンク先システム名称	航空写真 登録エリア	航空写真 保有枚数 (枚)	航空写真 縮尺	航空写真 撮影年度
愛知県 一宮市	一宮市地域ポータルサイト	一宮市全域	未登録	1/10,000	2005年
愛知県 西尾市	市民公開型 GIS (西尾市ホームページ)	西尾市全域	213	1/8,000	2006年
愛知県 小牧市	小牧市の地図情報	小牧市全域	未登録	1/10,000	2004年
愛知県 東郷町	東郷町地域情報地図システム	東郷町全域	未登録	1/12,500	2000年
愛知県 長久手町	みんなの長久手 GIS 地図情報サービス	長久手町全域	14	未登録	未登録
愛知県 甚目寺町	空から見た甚目寺	甚目寺町全域	3	未登録	1947年 1975年 2001年
三重県 松阪市	松阪市都市計画図：航空写真	松阪市全域	355	1/8,000	2000年
三重県 鈴鹿市	空から見た鈴鹿	鈴鹿市全域	182	1/10,000 1/8,000	1993年 2005年
	鈴鹿市地理情報システム	鈴鹿市全域	91	1/8,000	2005年
三重県 いなべ市	いなべ市地理情報「いなっふる」	いなべ市全域	11,715	1/8,000	2005年
滋賀県 大津市	MyTown おおつ	大津市全域	未登録	1/10,000	2006年
大阪府 豊中市	とよなかわがまち	豊中市全域	251	1/4,000	2007年
大阪府 富田林市	e 絵図@とんだばやし	富田林市全域	未登録	1/8,000	2007年

航空写真 保有団体	リンク先システム名称	航空写真 登録エリア	航空写真 保有枚数 (枚)	航空写真 縮尺	航空写真 撮影年度
兵庫県 篠山市	丹波ささやま道知る兵衛	篠山市全域	未登録	1/10,000	2001年
兵庫県 姫路市	姫路わが街ガイド	姫路市全域	未登録	未登録	未登録
奈良県 生駒市	わがまち いこまっぷ	生駒市全域	未登録	1/4,000	2007年
和歌山県 和歌山市	和歌山市航空写真	和歌山市全域	未登録	1/6,000	2007年
山口県 光市	「3Dで空中散歩」 光市立体地図 システム	光市全域	未登録	1/2,500	2005年

(出典: <http://airphoto.gis.go.jp/aplis/Teikyoudantai.jsp>)

表 4-38 国土地理院撮影航空写真例

分類	内容
モノクロ(白黒)航空写真	<ul style="list-style-type: none"> ・ 昭和 22 年～23 年頃 (米軍撮影) および昭和 39 年以降に撮影した国土全域の縮尺 4 万分 1 の写真 ・ 昭和 35 年以降、5 年から 10 年周期で撮影している全国の平野部および周辺地域の縮尺 2 万分 1～2 万 5 千分 1 (都市地域の一部は 1 万分 1) の写真
カラー航空写真	<ul style="list-style-type: none"> ・ 昭和 49 年から 53 年にかけて全国撮影が行われ、以降は経年変化の激しい地域(関東、中部、近畿、中国、九州北部等)について、順次再撮影 ・ 平野部は 8 千分 1～1 万分 1、丘陵地・山岳部は 1 万分 1～1 万 5 千分 1 の撮影縮尺

表 4-39 民間企業撮影写真例

撮影企業	内容
中日本航空(株)	平成 9 年 9 月から平成 15 年 12 月にかけて 5 時期。関東が中心。10000 分の 1 から 20000 分の 1
(株)NTT-ME	平成 11 年度。全国主要都市。12500 分の 1
デジタル・アース・テクノロジー(株)	平成 13 年度から平成 18 年度にかけて 8 時期。都市中心と全国の 2 パターン。12500 分の 1 から 22000 分の 1
東京デジタルマップ(株)	平成 15 年 3 月から平成 18 年 5 月にかけて 5 時期。東京 23 区および多摩地区。3500 分の 1 から 10000 分の 1
ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)	平成 14 年度。東北および上越新幹線の軌道を中心に全幅約 2km。10000 分の 1
(株)パスコ	平成 16 年度。沖縄県。8000 分の 1 および 10000 分の 1
アクリーグ(株)	平成元年 (2 回) および 16 年。栃木県および茨城県。10500 分の 1 (平野部)、15000 分の 1 (山間部)

4.4.2.2 航空写真以外の利用可能なデータのアーカイブ状況

航空写真以外の利用可能な関連データのアーカイブ状況の調査として、航空機搭載レーザプロファイラデータと衛星写真について調査を行った。

航空機搭載レーザプロファイラのアーカイブとしては、財団法人日本測量調査技術協会のサイトと国土地理院地理調査部社会地理課のサイトがある。

日本測量調査技術協会のサイトからは、アジア航測株式会社、朝日航洋株式会社、北海航測株式会社、国際航業株式会社、中日本航空株式会社、株式会社パスコ、株式会社ワールドの民間各社が整備した DSM (Digital surface Model) および DEM (Digital Elevation Model) のデータを取得可能である。同サイトの URL は <https://www.sokugikyo.or.jp/laser/search.html> である。

一方、国土地理院地理調査部社会地理課のサイトでは、国土地理院が整備した埼玉東南部、東京都区部、名古屋、京都及大阪、福岡の各地域についての標高データを「数値地図 5m メッシュ」として購入可能である。同サイトの URL は http://www1.gsi.go.jp/geowww/Laser_HP/index.html である。

一方、衛星データについては、我が国の政府機関が開発・運用した衛星/センサのデータについては、(財)リモートセンシング技術センター (RESTEC) や(財)資源・環境観測解析センター (ERSDAC) といった財団法人を通じて入手が可能である。一方、空間分解能 1m 級の米国の商用衛星データについては、民間企業を通じての入手が可能となっている。残念ながら現在のところ、航空写真やレーザプロファイラのような一元的に検索可能なシステムは存在していない。主な衛星データの入手先を表 4-40 に示す。

表 4-40 主な衛星データの入手先

衛星名	配布機関	URL
だいち (ALOS)	RESTEC	http://www.restec.or.jp/
ASTER	ERSDAC	http://www.ersdac.or.jp
IKONOS	日本スペースイメージング	http://www.spaceimaging.co.jp/
QuickBird	日立ソフト	http://www.hgiis.com/index_jp.html
Orbview-3	NTT データ など	http://www.geocontents.jp/

4.5 関係機関等における被害状況調査の状況

ここでは、我が国における災害時の家屋等の被害状況調査の具体的事例として、国や自治体の取り組みを紹介する。国や自治体による行政主導型の被害状況調査に関する取り組みの動向はもちろん、民間が取得した被災地画像等を共有化して有効活用する試みとして「中越地震復旧・復興 GIS プロジェクト」についても言及する。また、海外において航空写真等を被害状況の把握に用いた例として、米国のハリケーンカトリーナの事例についても紹介する。

4.5.1 国と自治体の事例

災害発生時における対応策として、府省庁等をはじめとする各機関は独自に被害状況調査を実施しており、より効果の高い被害状況調査の実施に向けて、様々な調査手法等に関する研究開発等が実施されている。

ここでは、被災時における家屋等の被害状況調査について、研究開発等を含めた各機関の取り組みを紹介する。

4.5.1.1 内閣府（「RAS」（人工衛星等を用いた被害早期把握システム））

ここでは、内閣府による家屋等建物被害の抽出の試みの一つとして、内閣府の「RAS」（人工衛星等を用いた被害早期把握システム）について紹介する。

これは、主に大規模な地震災害が発生した際、広範囲に撮影可能な人工衛星データを用いた広域な被害発生状況（集中地域）を把握するためのシステムである。人工衛星の画像データとして、商用衛星や「だいち」（ALOS）を使用している。現在、建物被害の抽出が可能となっている。

RAS における「だいち」画像の利用方法を図 4-59に示す。



図 4-59 RAS における「だいち」画像の利用方法

(出典：文部科学省「防災のための地球観測衛星等の利用に関する検討会議」)

4.5.1.2 国土交通省（リアルタイム災害情報システム構想）

国土交通省の被災時における被害状況調査効率化の試みとして、「リアルタイム災害情報システム」の検討について紹介する。

本システムは、航空機レーザプロファイラによる被害状況把握・災害情報の地図化を行うものであり、平成 16～18 年度の 3 年間で検討が行われている。リアルタイム災害情報システムの構想図を図 4-60 に示すとともに、リアルタイム災害情報システムにおける地図化の例を図 4-61 に示す。



図 4-60 リアルタイム災害情報システムの構想図

(出典：国総研 GIS サイト URL: <http://www.gis.nilim.go.jp/real.html>)

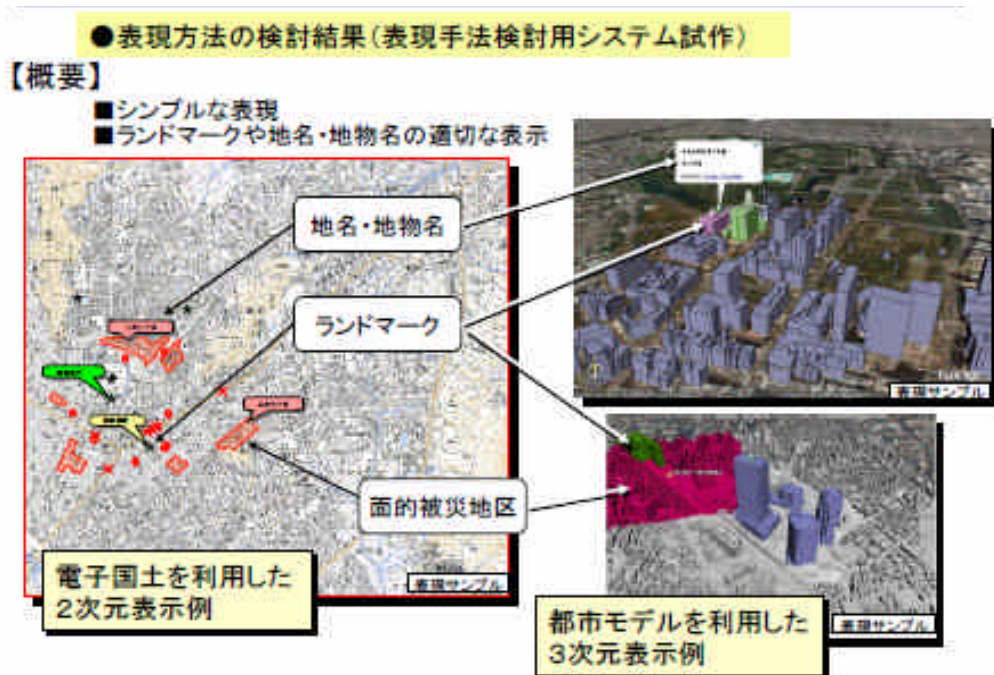


図 4-61 リアルタイム災害情報システムにおける地図化の例

(出典: 田口益雄他「航空レーザスキャナによる災害情報のリアルタイム取得・転送・解析・GIS 化技術の開発及び災害情報のリアルタイム処理化技術・GIS 利用解析技術の開発(第3年次)」)

4.5.1.3 消防庁（ヘリサット実証実験）

消防庁による被災時における被害状況調査の取り組みとして、ヘリサット（ヘリコプター衛星通信システム）の実証実験を紹介する。

ヘリサットとは、ヘリコプターからの直接静止衛星経由によるデジタル映像伝送技術であり、通常のヘリテレと比較し、以下の点が特徴的であるとされ、検討が進んでいる。

- ヘリコプターから直接受信を行う基地局や中継局の有無に関わらず映像情報を送信可能
- 衛星の基地局からヘリコプターへ撮影箇所への指示等が可能
- 管轄区域が広域であればさらにコストパフォーマンスに優れている

図 4-62にヘリサット実証実験の概念図を、図 4-63には、ヘリサットにより取得した画像の例を示す。

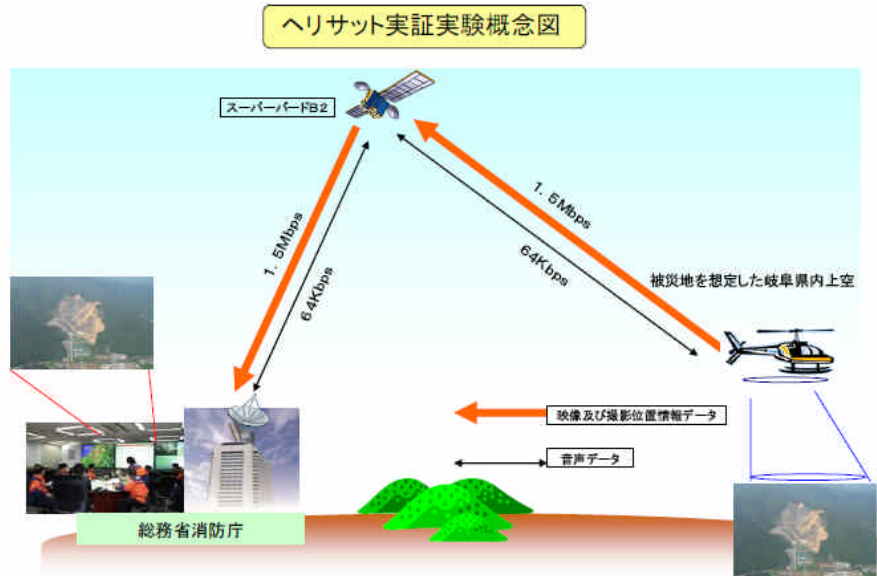


図 4-62 ヘリサット実証実験の概念図

(出典: 消防庁「ヘリコプターによる被災地情報収集の在り方検討会」報告書)



図 4-63 ヘリサットによる取得画像例

(出典: 消防庁「ヘリコプターによる被災地情報収集の在り方検討会」報告書)

4.5.1.4 警察庁

警察庁の被災時における家屋等被害調査の試みとして、ヘリコプターテレビ（ヘリテレ）システムを紹介するとともに、災害発生時の警察庁の対応の根拠となる「国家公安委員会・警察庁防災業務計画」（H.19.1）についても言及する。

警察庁は高性能のカメラを搭載しているヘリテレを複数有しており、国家公安委員会・警察庁防災業務計画においても、都道府県警察が、大規模災害発生時に、ヘリテレ等を用いて情報収集を行うこと、および平時においてもヘリテレ等の資材を活用するよう定めている。以下、災害時の家屋等の被害状況調査に関連する国家公安委員会・警察庁防災業務計画にて実施が定められている事項を示す。

- 都道府県警察は、大規模災害発生時に、都道府県警察通信指令課(室)からの指示の下に、交番、駐在所、パトカー、白バイ、ヘリコプター等の勤務員が直ちに情報収集に当たり、かつ通信指令課(室)等に情報が一元的に集約される体制の確立を図るものとする。
- ヘリコプターテレビシステム、交通監視カメラ等の画像情報を収集・連絡する資機材の平素からの積極的な活用を図るものとする。
- 警察署、交番等のファックスを利用して地域の各種施設等へ情報を伝達するファックスネットワークの構築を推進し、災害発生時に活用するものとする。
- 都道府県警察は、大規模災害発生時に、各警察署から逐次報告される死傷者、倒壊家屋等の数の集約とは別に、通信指令課(室)、災害警備本部等において、被災地から報告される人的・物的被害に関する情報に基づいて、直ちに概括的な被害状況（例えば「〇〇市内ではおよそ〇千名が建物の下敷きになっている模様」）を把握および評価し、警察庁および管区警察局に報告する体制を整備するものとする。

4.5.1.5 自衛隊

自衛隊は、災害発生時の被害状況調査の取り組みとして、航空機からの目視等による情報収集(陸・海・空の連携により実施)を行っている。

具体的には、「地震等の発生時における航空自衛隊の部隊による被害情報の収集等について(平成 18 年 3 月 27 日付統幕運 2 第 16 号統合幕僚長通達)」にて震度 5 弱以上の大規模地震発生時の行動が定められている。以下、同通達を引用する。

震度 5 弱以上の地震発生の情報を得た場合の措置として、下記により実施されたい。

1 航空支援集団司令官は、速やかに、救難機等(自衛隊の航空救難に関する達(平成 18 年自衛隊統合達第 11 号)第 36 条に示す救難機を含む。)を使用し、当該地震の発生地域及びその周辺の被害状況について、目視等による情報収集を実施するものとする。

2 航空総隊司令官は、速やかに偵察機を準備し、当該地震の発生地域及びその周辺の被害状況について航空偵察を実施するとともに、必要に応じ、訓練機等、その他の航空機を転用し、目視による情報収集等を実施するものとする。

3 航空教育集団司令官及び航空開発実験集団司令官は、必要に応じ、訓練機を転用し、当該地震の発生地域及びその周辺の被害状況について、目視による情報収集を実施するものとする。

4 各基地司令及び分屯基地司令は、基地及び分屯基地周辺の被害状況について、情報収集を実施するものとする。

5 前 4 項により、情報収集を実施した部隊等(以下「情報収集実施部隊」という。)は、次に掲げる事項を速やかに指揮系統を通じて報告するとともに、中央監視チーム及び関係部隊に通報するものとする(電話又はファックスによる)。

- (1) 情報収集実施部隊の名称
- (2) 情報収集した時刻
- (3) 情報収集場所及び手段
- (4) 被害状況(家屋の倒壊、火災、津波の発生等)
- (5) その他必要な事項

4.5.1.6 府省庁横断的取り組み（防災情報共有プラットフォーム：構築中）

現在、国（府省庁等）の防災情報を、GIS を活用して共通の地図に集約し、各府省庁等で情報共有が可能なシステムとして、「防災情報共有プラットフォーム」（図 4-64参照）の構築が進んでいる。

本システムによる情報は、中央防災無線網を利用して官邸および各府省庁に配信されることになっている。現在まで、以下の情報を地形図情報の上に表示形で可能となっている。

- 震度分布
- 建築物・人的被害予測
- 津波予測
- 雨量
- 気象注警報
- 台風情報
- 衛星画像
- ライフライン(首都圏の電力、ガス)供給停止

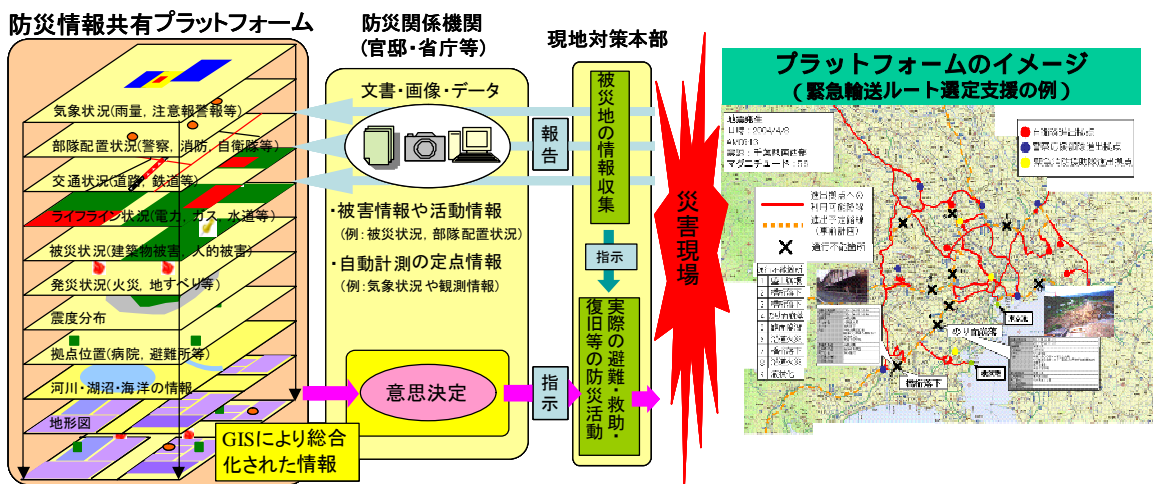


図 4-64 防災情報共有プラットフォームの構想図

(出典：文部科学省「防災のための地球観測衛星等の利用に関する検討会議」)

4.5.1.7 自治体

府省庁等とは別に、各自治体において、それぞれ独自の被害状況調査体制の構築が行われている。ここでは、首都直下地震への対応を念頭に、東京都の取り組みを紹介するとともに、その他自治体の取り組みの一例として、事前のGISデータの整備を行って災害復旧業務の効率化を図っている三重県紀北町・大紀町の事例を紹介する。

(1) 東京都の取り組み

東京都は、独自に構築した災害情報システム（DIS）を活用し、各市区町村等の防災機関からの被害情報を収集・処理する体制を取っている。

東京都 DIS は地震計ネットワークシステム、地震被害判読システム、AV システムの 3 つのシステムから構築されており（図 4-65参照）、これらを用いて被害状況の把握を行うこととしている。

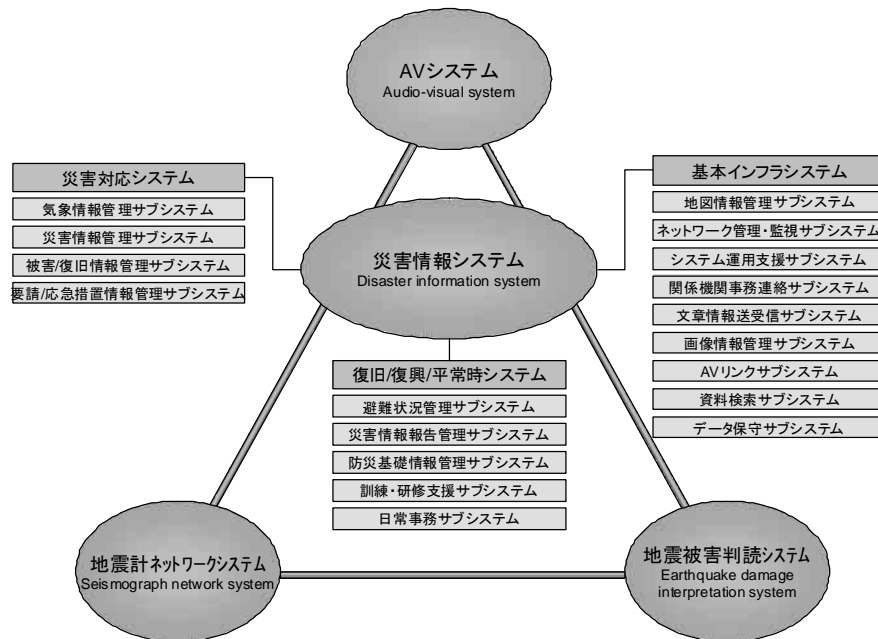


図 4-65 東京都 DIS (防災情報システム)の全体像

(出典: 東京都「東京都防災センター機能について」)

各市区町村から入力された被害状況等は東京都庁の防災センターに集約され、AV システムを用いて即座に対策本部で状況が把握できるようになっている（図 4-66）。また、各市区町村においても、それぞれの端末から集約された情報が参照できるようになっている。



図 4-66 東京都 DIS の情報表示画面

(出典: 東京都「東京都防災センター機能について」)

その他、被災後に東京消防庁および警視庁が撮影するヘリテレ画像をリアルタイムで伝送し、即座にマップ上に重ね合わせるシステムが構築されており、このヘリテレ画像を発災後の速報画像として利用し、被害状況の把握に役立てることが可能である。図 4-67に東京都 DIS におけるヘリテレ画像リアル伝送システムの概念を示す。

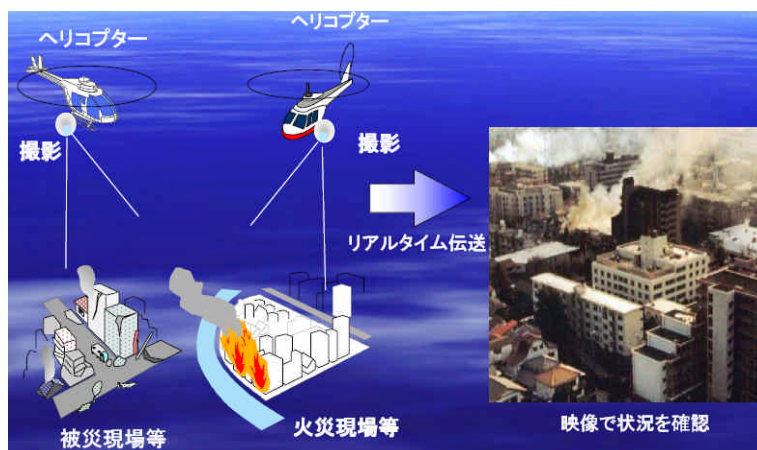


図 4-67 東京都 DIS におけるヘリテレ画像リアル伝送システム

(出典: 東京都「東京都防災センター機能について」)

(2) 各自治体による独自の取り組み

各自治体では、GIS データ等を独自に整備する動きがあり、それを災害復旧業務の効率化を図ろうという試みもなされている。

その一例として、三重県紀北町・大紀町における目視耐震診断結果の GIS データベース化の試みを紹介する。位置情報付きの各種データの事前整備を行い、診断結果等から判断した危険度等を GIS 上にデータとして登録しておくことで事前の建物の情報や被災後の建物状況の予測などを立てることが可能となり、災害復旧業務の効率化することが期待されている（図 4-68 参照）。

このように、各自治体においても、事前のデータ整備の重要性が認識されつつある点は注目に値する。

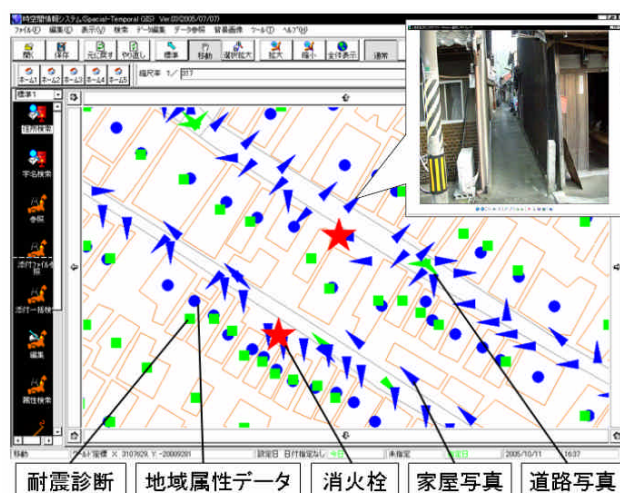


図 4-68 三重県紀北町・大紀町の目視耐震診断結果の GIS 表示画面例

(出典:大紀町役場他「防災に強いまちづくりのための GIS を目指して」)

4.5.2 新潟県中越地震復旧・復興 GIS プロジェクトの事例

2004 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震においては、災害直後に民間企業が被災地の航空写真や衛星画像を撮影・提供し、被災状況の把握に貢献した。こうした情報を被災地外で集約し、その提供までを一元的に行うことで被災地を支援しようという産学官連携によるプロジェクトが「中越地震復旧・復興 GIS プロジェクト」である。ここでは、被災時における画像情報等の共有化の試みの一つとして、本プロジェクトの紹介を行う。

被災地では地震発生当初より断続的な強い地震に見舞われたこともあり、被害の全容が把握できない状況が長く続いたことに加え、隣接市区町村の詳細な

情報が各自治体では把握できていない状況でもあった。そこで、このプロジェクトは、それまで文字情報やそれぞれが独自に作成した地図などによって各機関が個別に保有・提供してきた情報を一元的に集約し、GIS データとして整理、さらにインターネット上で公開した（図 4-69参照）。また、本プロジェクトのサーバは、事務局である長岡造形大学に設置されている。

本プロジェクトの具体的な特徴を以下に示す。

- 国土地理院の 1/25000 地形図（数値地図 25000）と IKONOS 等の詳細な衛星画像を背景とした GIS 上に各機関の情報を一元的に集約した
- 道路の通行止めや避難所の情報、ボランティアセンターなどの最新情報を毎日更新した
- 総合的な災害対応・ボランティアによる支援などに不可欠な被災状況の全体像を提供した
- 詳細な衛星画像により、被災・復旧の状況を確認可能とした
- 印刷可能な地図データの配布により、被災および復旧の状況を確認可能とした

インターネットを介して提供されたこれら情報は、被害状況の全容把握に有効に機能した。特に、被害状況の把握において航空写真等は有効に活用されており、例えば発災後に複数の航測会社で撮影された航空写真から地滑りや崩壊地を判読し、そのデータを Web-GIS 上に掲載し、情報提供を行っている。また、民間企業によって発災直後に数回にわたり撮影された被災地の詳細な衛星画像は、被災状況の把握や、地形条件の把握などに極めて有効であったと報告されている。図 4-70に、本プロジェクトの HP で提供された情報例を示す。

ただし、中越地震復旧・復興 GIS プロジェクトでは、事前に枠組みが無かったため、このような情報提供に至るまでに約 3 週間の時間を要し、結果として緊急対応や復旧の初期段階においては活用されなかった。



図 4-69 新潟県中越地震復旧・復興プロジェクト HP

(出典：http://chuetsu-gis.nagaoka-id.ac.jp/index.html)

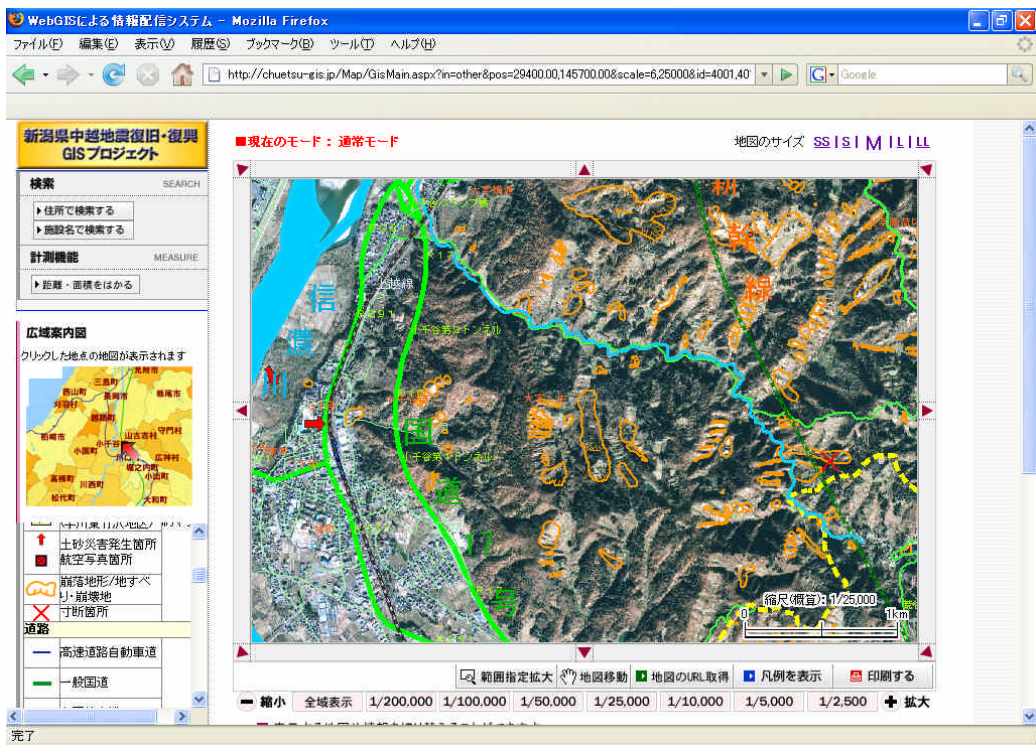


図 4-70 プロジェクト HP で提供された情報例

(出典：http://chuetsu-gis.nagaoka-id.ac.jp/index.html)

また、平成 17 年 3 月 20 日に発生した福岡県西方沖地震においても、本プロジェクトと同類のプロジェクトとして、九州大学環境システム科学研究センターを事務局とする「福岡県西方沖地震復旧・復興 GIS プロジェクト」(URL: <http://www.ies.kyushu-u.ac.jp/~eqwfuku/index.htm>) が実施されている。

なお、中越地震における同プロジェクトの経験から、Web-GIS を利用し、被災地外のボランティアが遠隔地から地理情報を作成・提供し、復旧・復興を支援する有効性が認識され、京都大学防災研究所の林春男教授の構想のもと「GIS 防災情報ボランティア」が全国的な組織として立ち上げられている。GIS 防災情報ボランティアとは、全国のボランティアが被災現場のニーズやリクエストに応じてデジタル地図を作成し、被災現場で活動する防災機関、ボランティア団体等や住民に対してインターネットを通じて情報を提供する組織であり(図 4-71 参照)、現在国土交通省国土計画局が仕組み確立に向けた検討を進めている。これまで、能登半島地震や中越沖地震においても情報集約・提供活動を実施した実績がある。現在、東京に運営事務局を継続設置し、産官学の約 200 名のボランティアが登録されており、2007 年度においては実証実験として、航空写真判読によるブルーシートマップの作成(初動時期の被害状況応急措置状況の判断状況把握)等を実施している。



図 4-71 GIS 防災情報ボランティアの活動イメージ

(出典: GIS 防災情報ボランティア HP URL: <http://www.gis-volunteer.net/zyosetu-fs2007/active/index.html>)

4.5.3 米国カトリーナにおける事例

2005年8月末に米国で発生したハリケーンカトリーナの被害においては、人工衛星画像や航空写真等による被害状況の把握が行われた。

航空写真の撮影スキームは、以下に示すとおりである。¹

- 2005年8月28日：カトリーナ上陸。
- 2005年8月29日：FEMA（Federal Emergency Management Agency：米連邦緊急事態管理局）のパートナーであるセントルイス工兵隊から、地理情報ソリューション提供会社の3001に航空写真の撮影依頼が行われた。
- 2005年9月2日：航空写真撮影に関する契約が行われた。
- 2005年9月3日～15日：航空写真の撮影が実施された。
- 航空写真の撮影は3機の航空機により毎日実施され、撮影された航空写真は24時間以内にワシントンDCのFEMAおよび米国陸軍工兵隊（USACE）へ届けられた。

撮影された航空写真の諸元等は以下のとおりである。

- 使用されたデジタルカメラ：ADS40
- 撮影範囲：16,000平方マイル
- 分解能：1フィート
- 撮影された航空写真の枚数：3,433枚

撮影された航空写真は、現在、米国海洋大気庁（NOAA：National Ocean and Atmosphere Administration）のホームページ（<http://ngs.woc.noaa.gov/katrina/>）上で公開されており、誰でも自由に閲覧することができるようになっている。撮影された航空写真の例を図4-72および図4-73に示す。

これらの航空写真を用いて、様々な被害状況の把握が行われた。例えば、ミシシッピ州ハンコック郡の災害対策本部では、IT企業であるNVision Solutions Inc.がこれらの航空写真や種々の地図データ、標高データ等を用いて、郡の各部局の要求に応じて様々な被害状況地図（建物被害状況図、崩壊堆積物分布図

¹ Brian Adam, Kelly Boyd, and Craig Harvey: Hancock County EOC Support: Mapping the Hardest-Hit County Post Katrina, ESRI Training and Education Library, http://gis2.esri.com/library/userconf/proc06/papers/papers/pap_1864.pdf

等々) を約 2 万枚作成し、郡の災害対応業務を支援した。^{2,3}

また、FEMA が運営する国家洪水保険制度 (NFIP : National Flood Insurance Program) においては、住家の被害状況の査定を迅速化するために、一定の地域内の住家については現場確認を行わずに、入手可能な航空写真や水深データ等を活用することにより被害状況の確認を行う方法が導入された。^{4,5}

一方、人工衛星による被害地域の撮像も行われており、各種の衛星画像が公開されている。図 4-74 および図 4-75 に人工衛星から撮像された被害状況画像の例を示す。さらに、人工衛星画像から作成した被害状況判読図の例を図 4-76 に示す。



図 4-72 カトリーナによる被害状況画像例(航空写真その 1)

(出典: 米国 NOAA ホームページ, <http://ngs.woc.noaa.gov/katrina/>)

² 人と防災未来センター、調査研究レポート、Vol.16 ハリケーン・カトリーナ災害における地方行政の災害対応マネジメントに関する研究、災害対応を支援する情報システム、http://www.dri.ne.jp/research/pdf/rep_16.pdf

³ FEMA/USACE 3001 Orthophotography Mission for Hurricane Katrina, http://www.asprs.org/news/disaster_ws/3001.ppt

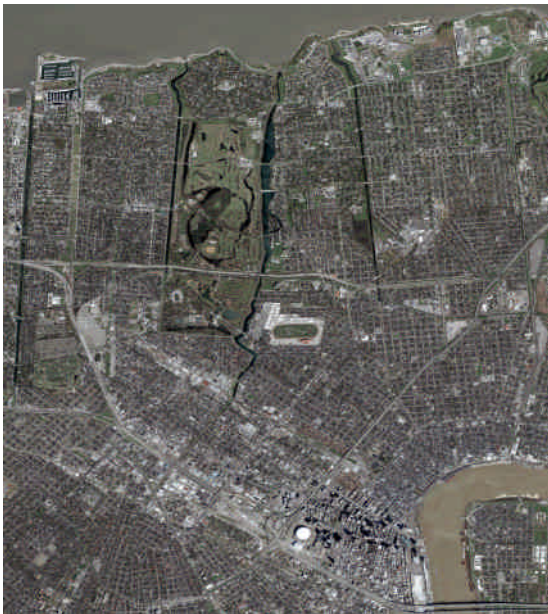
⁴ 坪川博彰、ハリケーン・カトリーナの保険問題、防災科学技術研究所主要災害調査 第 41 号 2006.3、http://www.bosai.go.jp/library/pub/natural_disaster/PDF/41/4107web.pdf

⁵ National Flood Insurance Program Announces Simplified Adjustment Process For Policyholders Affected By Hurricane Katrina, <http://www.fema.gov/news/newsrelease.fema?id=19018>



図 4-73 カトリーナによる被害状況画像例(航空写真その 2)

(出典: 米国 NOAA ホームページ, <http://ngs.woc.noaa.gov/katrina/>)



Copyright DigitalGlobe

Copyright DigitalGlobe

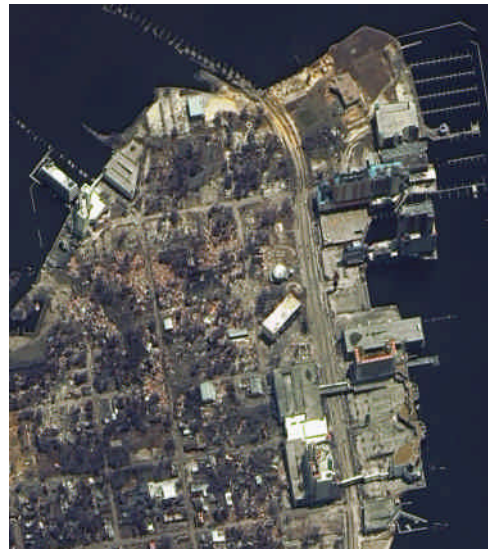
左 : New Orleans 被災前 (2005.3.9 撮像) 右 : New Orleans 被災後 (2005.8.31 撮像)

図 4-74 カトリーナによる被害状況画像例(人工衛星画像その 1)

(出典: GlobeXplorer ホームページ, <http://www.globexplorer.com/disasterimages/index.shtml#katrina>)



Copyright DigitalGlobe



Copyright DigitalGlobe

左：Biloxi Coast 被災前（2005.4.12 撮像） 右：Biloxi Coast 被災後（2005.8.31 撮像）

図 4-75 カトリーナによる被害状況画像例(人工衛星画像その 2)

(出典:GlobeXplorer ホームページ, <http://www.globexplorer.com/disasterimages/index.shtml#katrina>)

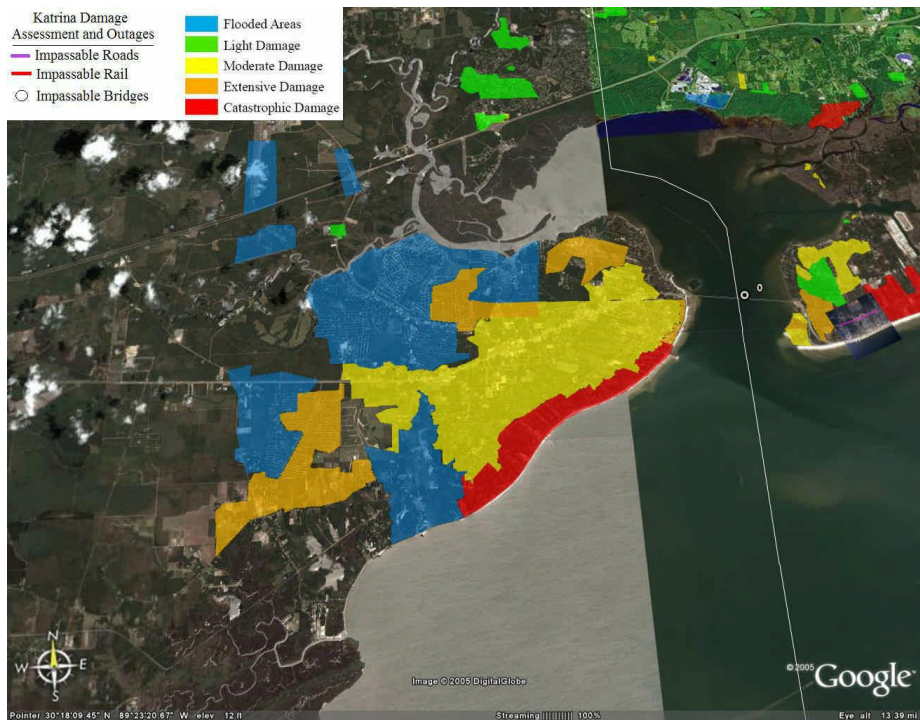


図 4-76 カトリーナによる被害状況の判読画像(人工衛星画像)

(出典:Google Earth Community ホームページ, <http://bbs.keyhole.com/ubb/showflat.php/Cat/0/Number/99819/an/0/page/0> において公開されている KMZ ファイルを GoogleEarth にて表示)

5 大規模災害時における被害状況調査等への航空写真等の利用に向けた運用方法および課題についての検討

5.1 被害状況調査等に提供可能な現状技術に関する整理

被害状況調査等において航空写真等のデータを有効に活用するためには、これらのデータの入手可能時期を明らかにし、被害状況調査のどの時点で、どのようなデータが利用可能であるかを明確にする必要がある。

そこで本検討においては、約 20km 四方のエリアの被害状況を収集することを想定し、各データの入手可能時期を試算し、被害状況の把握において、どのようなデータを活用することができるかについて検討を行った。

表 5-1に航空写真等の入手可能時期を示すとともに、表 5-2に被害状況調査における航空写真等の適用可能性を示す。

さらに、表 5-3に被害状況調査における航空写真等の適用可能性を取りまとめる。

表 5-1 航空写真等の入手可能時期

		0	3日	7日	14日	1ヶ月	1ヶ月～
時期(発災後) 【東京都の例】		▲発災	被害概況調査	応急危険度判定調査	住家被害認定調査 り災証明発行用データベース作成	▲第一次建築制限	り災証明発
衛星	光学センサ	撮影要求(数時間)	撮影(数時間)	簡易オルソ画像作成(1日)	被害概況地図作成(1日)	データの入手可能時期 簡易オルソ画像:発災後 3~6日目で降 (地形補正レベル) 被害概況地図:発災後 4~7日目で降	
	SAR	撮影要求(数時間)	撮影(数時間)	画像作成・簡易オルソ作成(1日)		データの入手可能時期 簡易オルソ画像:発災後 3~12日目で降 (地形補正レベル)	
	InSAR	撮影要求(数時間)	撮影(1日)	DSMデータ作成(1日)		データの入手可能時期 DSMデータ:発災後 3~12日目で降 (DSM:Digital Surface Model 数値表層モデル)	
航空機	光学センサ(航空写真)	撮影準備(1日)	撮影(1日)	簡易オルソ画像作成(1日)	被害概況地図作成(1日)	詳細オルソ画像作成(3日)	全壊建物地図作成(3日) 自動処理による概査
	SAR	撮影準備(1日)	撮影(1日)	画像作成・簡易オルソ作成(1日)		全壊建物地図作成(7日)	人手の判読による精査
	In SAR	撮影準備(1日)	撮影(1日)	DSMデータ作成(5日)			
	レーザプロファイラ	収集準備(1日)	収集(1日)	飛行コース毎のDSM作成(1日)	コース間調整後のDSM作成(4日)		
ヘリコプター	光学センサ(ヘリテレ)	撮影準備(数時間)	撮影(リアルタイムで伝送)				データの入手可能時期 ヘリテレ映像:発災後 数時間で降
	レーザプロファイラ	収集準備(1日)	収集(4日)	飛行コース毎のDSM作成(4日)	コース間調整後のDSM作成(4日)		データの入手可能時期 飛行コース毎DSMデータ:発災後 6日目で降 コース間調整後のDSMデータ:発災後 10日目で降
地上カメラ	光学センサ(カメラ)	撮影(リアルタイム)					データの入手可能時期 災害監視カメラ映像:リアルタイム

表 5-2 被害状況調査における航空写真等の適用可能性

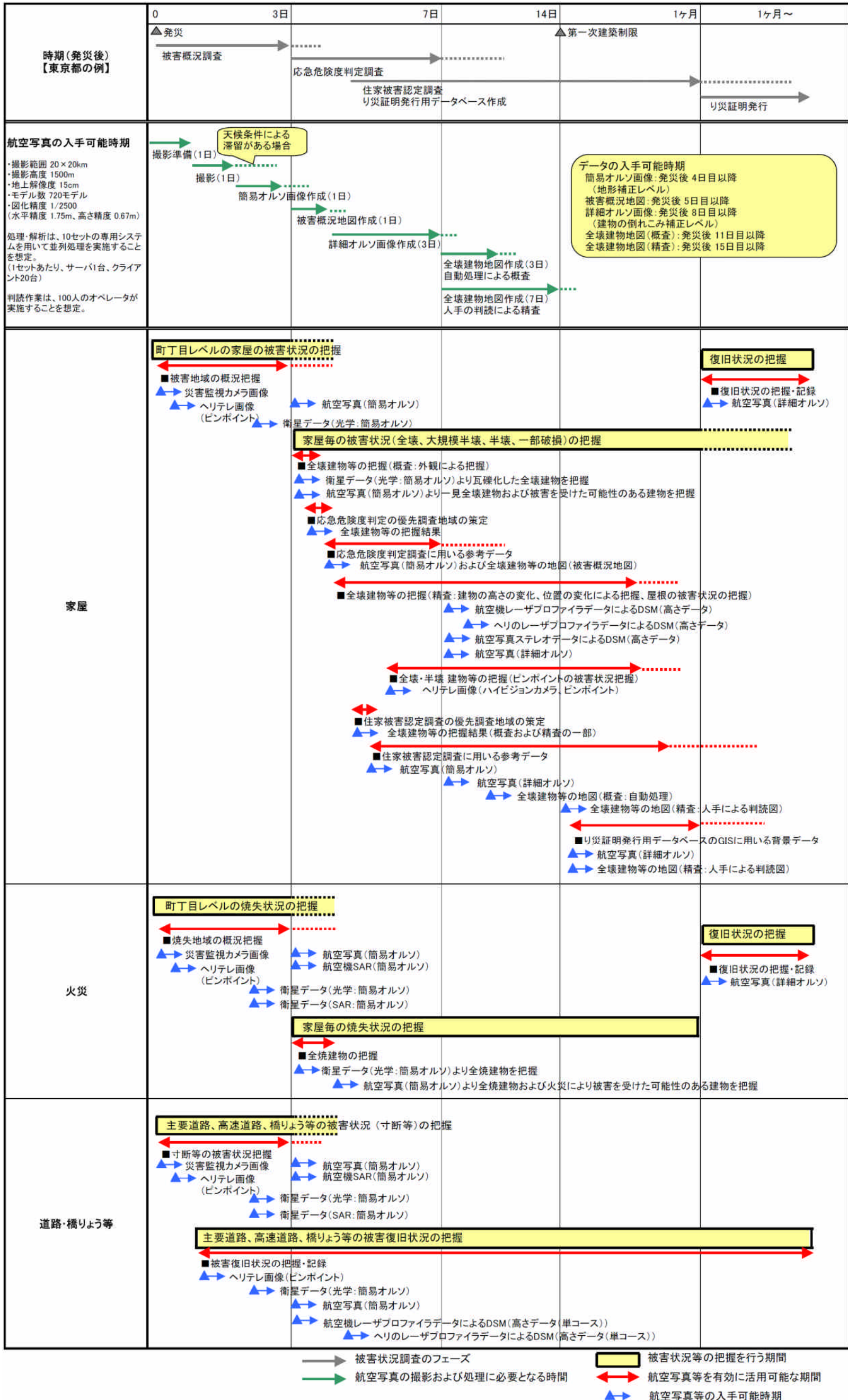


表 5-3 被害状況調査における航空写真等の技術的適用可能性

被害概況調査	住家被害調査 (1次判定)	住家被害調査 (2次判定)	住家被害調査 (3次判定)
町丁目レベルの建物の被害概況把握 ・衛星データ(光学センサ) ・航空写真 ・ヘリテレ画像	外観目視による一見全壊 ・航空写真 ・ヘリテレ画像 ・航空機レーザープロファイラ ・ヘリ レーザプロファイラ	傾斜による評価 ・ヘリ ハイビジョンカメラ	傾斜による評価 ・ヘリ ハイビジョンカメラ
道路等の被害概況把握 ・衛星データ(光学センサ) ・航空写真 ・航空機 SAR ・航空機レーザープロファイラ ・ヘリテレ画像 ・ヘリ レーザプロファイラ		屋根の被害の評価 ・航空写真 ・ヘリ ハイビジョンカメラ	屋根の被害の評価 ・航空写真 ・ヘリ ハイビジョンカメラ
		柱の被害の評価 ・ヘリ ハイビジョンカメラ	柱の被害の評価 ・ヘリ ハイビジョンカメラ
		壁の被害の評価 ・ヘリ ハイビジョンカメラ	壁の被害の評価 ・ヘリ ハイビジョンカメラ
		基礎の被害の評価	基礎の被害の評価
			家の内部の判定

航空写真等の活用により、従来手法に比べて作業を大きく効率化できる可能性がある
 航空写真等の活用により、従来手法に比べて作業を一部効率化できる可能性がある
 航空写真等の活用による効率化は困難

5.2 運用イメージの検討

首都直下地震を前提とした大規模災害を対象に地震発生後に国、自治体をはじめ各機関が収集作成する画像情報についての流通と利用可能性および災害時における航空写真等を活用した利用イメージを検討するとともに、大規模災害時の被害状況調査における航空写真等の運用について検討した。

また、航空写真等を活用した被害状況調査がより効果的に実施されるには、セキュリティが確保された情報共有が必要となるため、災害時に稼動する情報の共有体制についてのイメージを検討した。

さらに、航空写真等を活用した将来の被害状況調査について概観するとともに、近い将来と10年程度先の将来について検討した。

5.2.1 大規模災害時に収集・作成される画像情報等の流通と利用可能性

首都直下地震を前提とした大規模災害時に収集・作成される航空写真等を含む画像情報の流通と利用の可能性についての検討結果を図5-1に整理した。

図中上段の発災からの時間的経緯は、首都直下地震を前提とするため、東京都をはじめ、首都圏の自治体の状況を考慮して作成した。

図中下段は、国、データ収集機関（民間や国の関連機関）、都道府県、市区町村、隣県等の応援自治体、民間建築士団体等の組織が、発災後に収集・作成する画像等の情報の流通とその利用可能性について、時間の経過で整理した。

基本的な考え方は、各機関で収集・作成された情報は各機関のホームページや情報共有サーバーに市区町村単位で登録され、情報を必要とする人（予め登録・許可された復旧・復興を担う人）が必要な時に各機関のホームページや情報共有サーバーから必要な情報を収集する。

こうした大規模災害時における画像情報等の情報流通を実現するには、技術（災害時に必ず繋がるネットワーク等）・人材（航空写真等を活用できる人材育成）・体制（統制の執れた情報収集）・運用・制度等の課題もある。

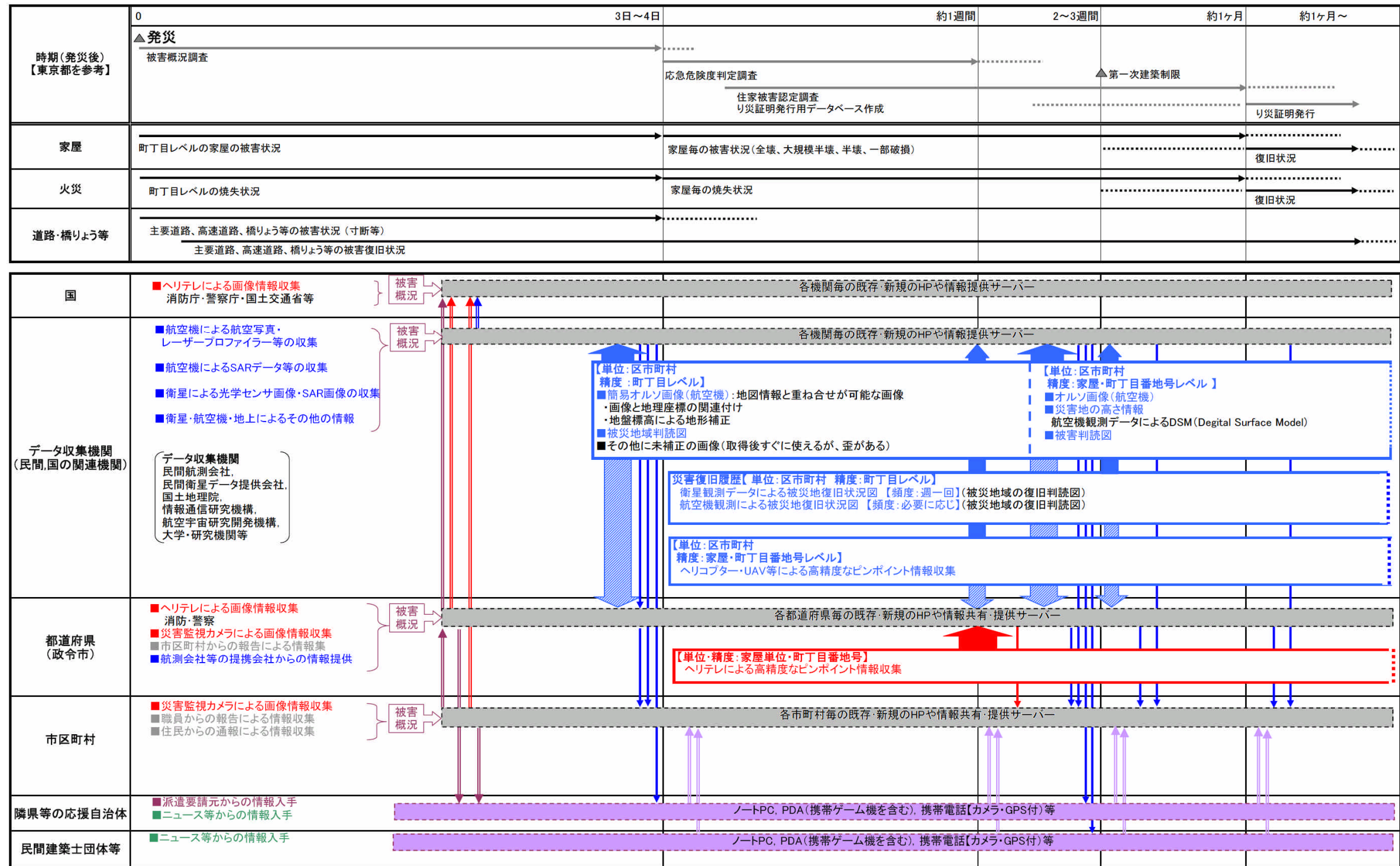


図 5-1 大規模災害時に収集・作成される画像情報等の流通と利用の可能性

5.2.2 大規模災害時の利用イメージ

前述した大規模災害時に収集・作成される画像情報等の流通と利用の可能性に沿って、発災から3, 4日後における航空写真等の利用イメージを図5-2に示す。この間は被害状況把握が中心となり、航空写真等から得られる被害状況に関する情報【衛星、航空機、ヘリコプターから観測された簡易補正が施された被災地全域の被害状況画像（観測されたデータを画像化したもの）や簡易な解析により得られる被災地全域の被害概況判読図等が観測主体となる各機関のサーバやHPに登録される】は、被災による焼失地域、全壊地域、宅地・斜面・道路・橋梁等の概況把握や被災現場の現地調査への携行等に利用されるとともに、復旧計画、応援要請のための被害規模の算定、応急危険度判定調査や住家被害調査のための計画、人員配置計画等に活用することが可能となる。

つぎに、発災後3, 4日～約1週間後における航空写真等の利用イメージを図5-3に示す。この間は被災地域の詳細な状況に関する情報【衛星からは発災後の被害状況の変遷・履歴、航空機からは発災後に取得された画像の簡易オルソ（簡易正射投影）画像とそれを解析した被害状況、ヘリコプターからは発災から3, 4日後に把握された被害状況を基に、より詳細なピンポイントで観測された画像や解析により得られる被害状況等が観測主体となる各機関のサーバやHPに登録され、これらの衛星、航空機、ヘリコプターから観測・解析された情報を統合した詳細な被災地域判読図が得られる】は、焼失地域、全壊地域、宅地・斜面・道路・橋梁等のより詳細な被害状況把握を可能とし、地形図と重ね合わせた被災地域判読図等が被害状況調査に携行されるとともに、復旧計画の見直し、優先調査地域の策定、調査計画や人員配置計画の作成と日々の見直し等に活用することが可能となる。

さらに、発災後約1週間～約1ヵ月後における航空写真等の利用イメージを図5-4に示す。この間は精力的に住家被害調査が実施される期間で、航空写真等から得られる被害判読図等は、調査の背景データとして、復旧計画や優先調査地域の見直し・策定、調査計画や人員配置計画の作成と日々の見直し、復旧履歴情報等への活用が可能と考えられる。特に、衛星画像では被害の状況と復旧状況の履歴を提供し、広範囲における比較が容易になる可能性があり、航空機画像はオルソ画像として提供され、町丁目番地号の精度で家屋一軒一軒の照合が可能となり住家被害調査における作業の効率化に寄与するとともに、ヘリコプターからは衛星や航空機からは把握できない家屋一軒一軒の壁面等のピンポイント画像が提供され、住家被害調査における作業の効率化に寄与する。

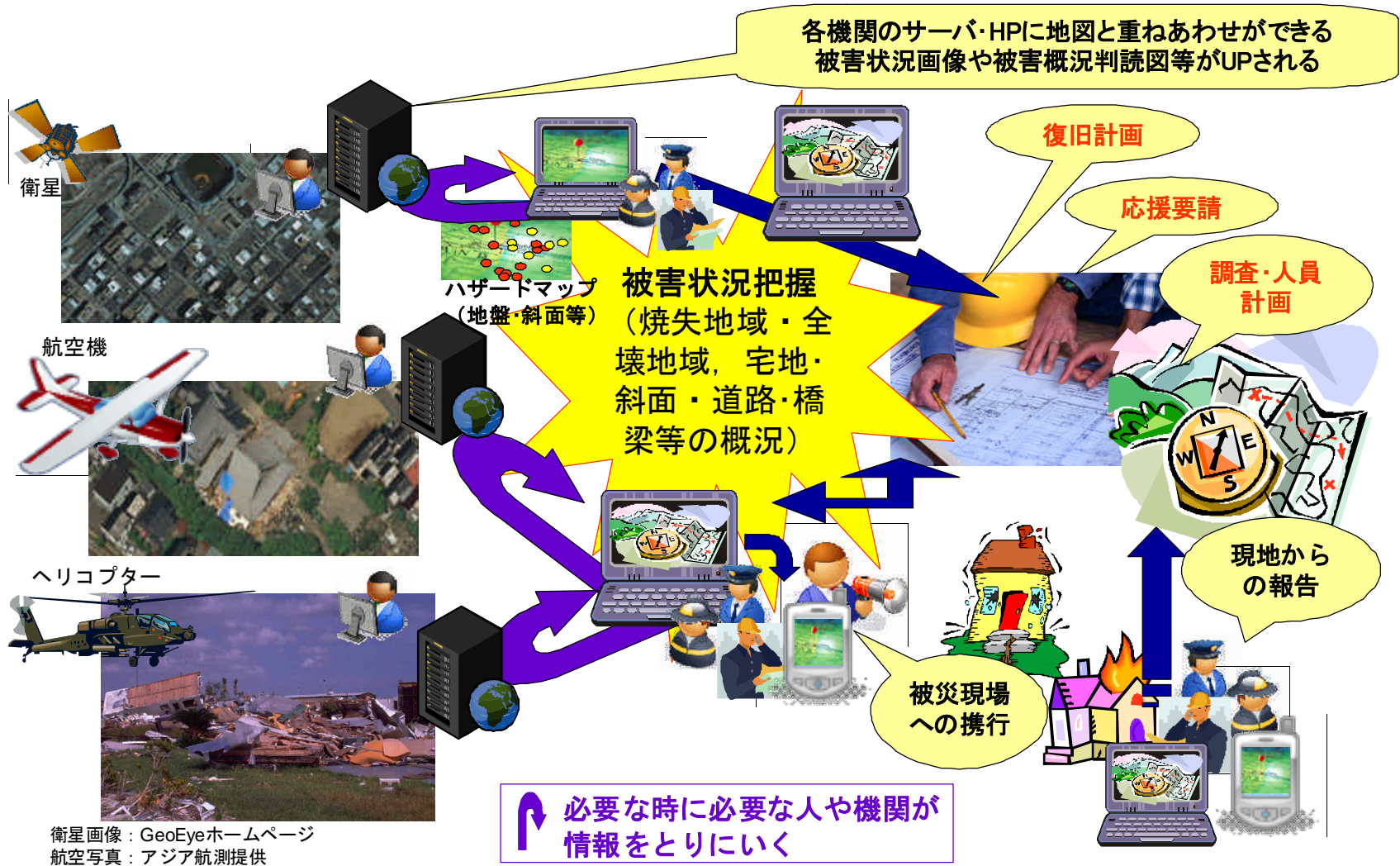


図 5-2 災害時の利用イメージ【発災～3, 4日後の間】

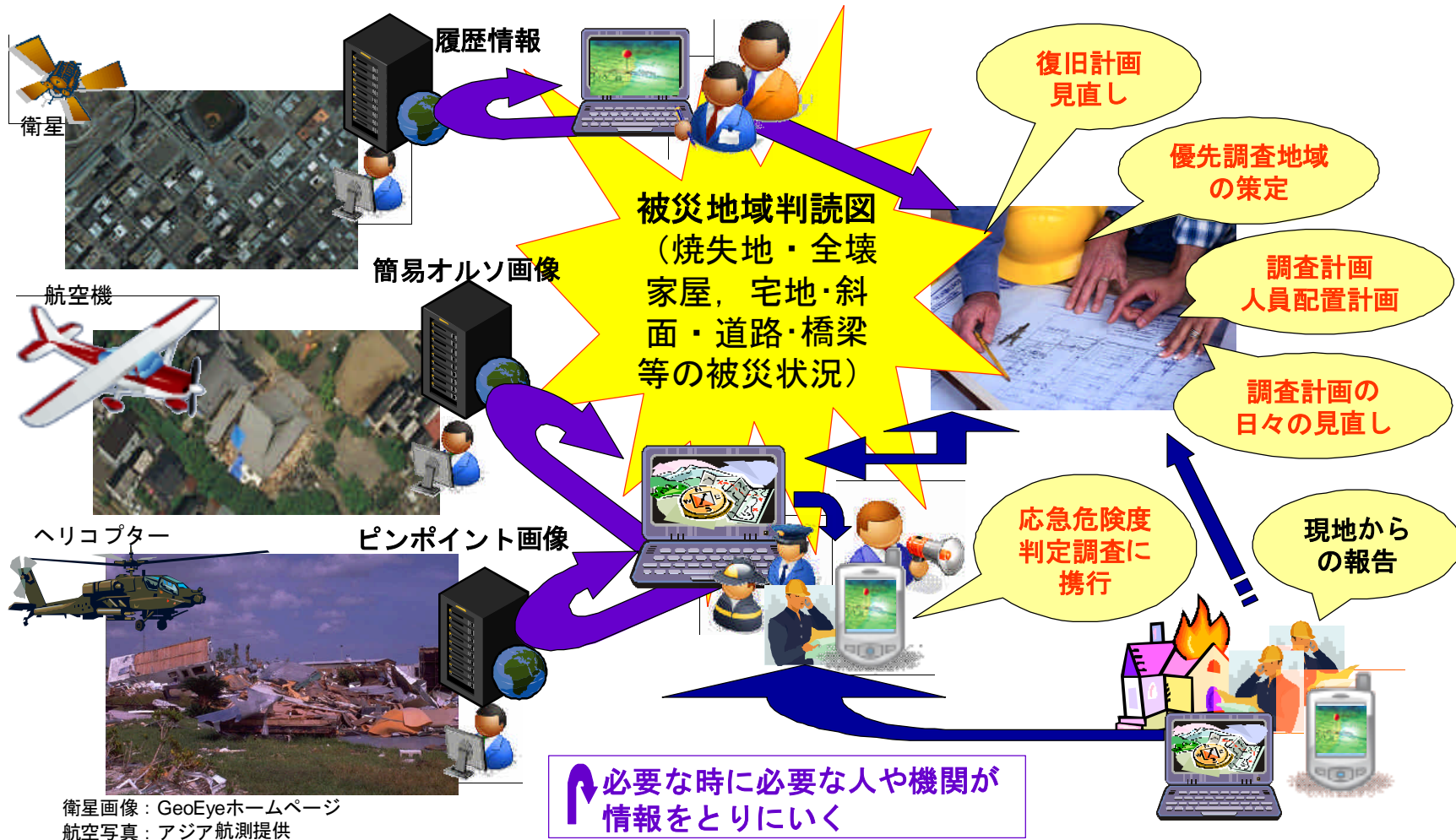


図 5-3 災害時の利用イメージ【発災後 3, 4 日～約 1 週】



図 5-4 災害時の利用イメージ【発災後約1週～約1ヶ月】

5.2.3 被害状況調査における航空写真等の運用提案

首都直下地震を前提とした大規模災害時の被害状況調査における国、消防、警察、都道府県、市区町村、データ収集機関（民間や国の関連機関）、隣県等の応援自治体、民間建築士団体等の組織での航空写真等の運用について、地震の発生から時系列に検討し、図 5-5に住家被害調査への活用を前提とした被害状況調査における航空写真等の運用提案として示した。

前述したように、図中の発災からの時間的経緯は、首都直下地震を前提とするため、東京都をはじめ、首都圏の自治体の状況を考慮して作成した。

図中の矢印は航空写真等のデータの流通方向を表している。また、二重線の矩形は従来から実施されている航空写真等を活用した作業を表し、ピンク色の矩形は航空写真等を支援情報として活用可能な作業を表し、緑色の矩形は従来の方法に対して航空写真等を活用することで一部代替可能な作業を表し、黄色の矩形は航空写真等を活用することが困難な人手による作業を表している。

また、図中の最下段には前述の機関の他に、航空写真等（航空機等）を利用した情報収集の状況を併記した。

本提案は首都直下地震を前提としているが、今後発生が危惧されている東海・東南海・南海地震をはじめとする大規模地震やその他の大規模な災害時にも航空写真等の活用が可能と考えられる。

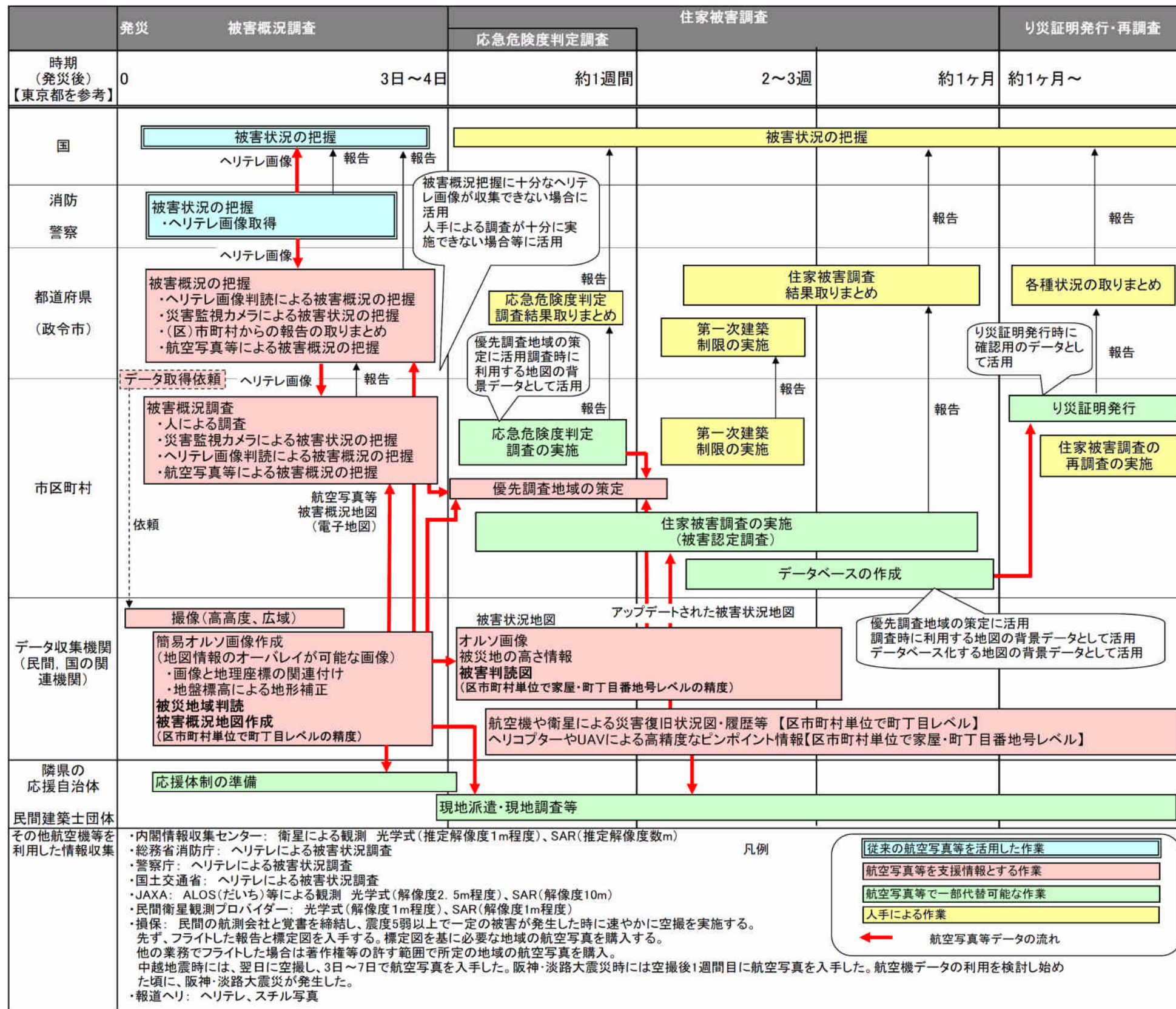


図 5-5 被害状況調査における航空写真等の運用提案

5.3 災害時に稼動する情報の共有体制

航空写真等を活用した住家被害調査をはじめとする被害状況調査がより効率的・効果的で公平に実施されるには、セキュリティが確保された情報共有が必要となる。そのためには、図 5-6に示すような災害時に稼動する情報の共有体制が必要となる。災害発生時には平時において整備されたインフラ系各社の施設台帳や民間が保有する航空写真等の情報および市区町村等が保有する各種行政情報と災害発生後に取得された航空写真等（現場からの通報を含む）が有機的に利用できる環境が必要となる。

こうした環境を構築するには、高速で高いセキュリティの確保された必ず繋がるネットワーク環境の整備をはじめ、市区町村における統合型データベースの促進、情報の標準化、情報を包括的に管理できる管理者、情報をハンドリングできる人材の育成、災害時に円滑に情報を運用することのできる組織の形成、制度的な支援等の多くの課題について検討することが必要である。

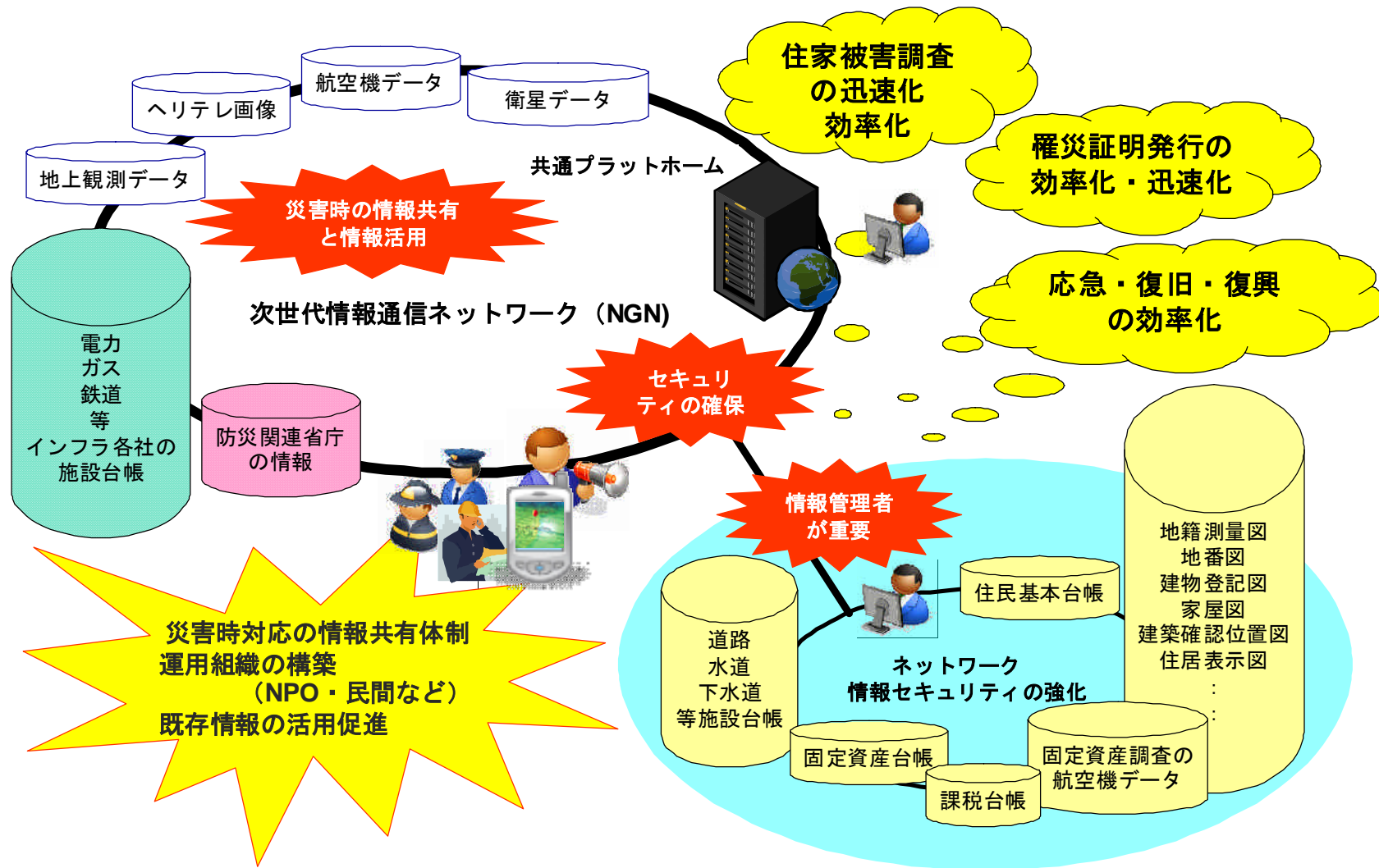


図 5-6 災害時に稼動する情報の共有体制

5.4 将来の被害状況調査

4章において被害状況調査における航空写真等の活用技術についての現状と動向について言及した。その結果、現状においても被害状況調査への航空写真等の活用は技術的に可能な段階にあることがわかった。

将来の大規模災害に備え、住家被害調査をはじめとする被害状況調査において、より迅速で効率的・効果的に調査が実施され、住民の納得感や公平性をも確保することを可能とするための航空写真等を活用した将来の被害状況調査についての一考察を図 5-7に概観図として示した。

また、図 5-7に示した内容について、近い将来の姿を図 5-8に、10年後（10年程度）の姿を図 5-9に示した。

近い将来においては、市区町村等で家屋の3次元データや位置情報の電子的な登録が開始されれば、被災時には航空機等により観測・作成された3次元情報や斜面崩壊・宅地被害・地盤変動等の情報やヘリ・UAV等により収集された各家屋に設置された電子表札（傾斜センサ内臓）の情報を有機的に活用することにより、リアルタイムで被害状況を把握することを可能にすると考えられる。

また、10年程度先の将来においては、大型アンテナを搭載した通信衛星が開発され、地上の微弱な電波を受信することが可能になり、ヘリ・UAVに代わって、各家屋に設置された電子表札の情報をリアルタイムに収集することが可能になると考えられる。

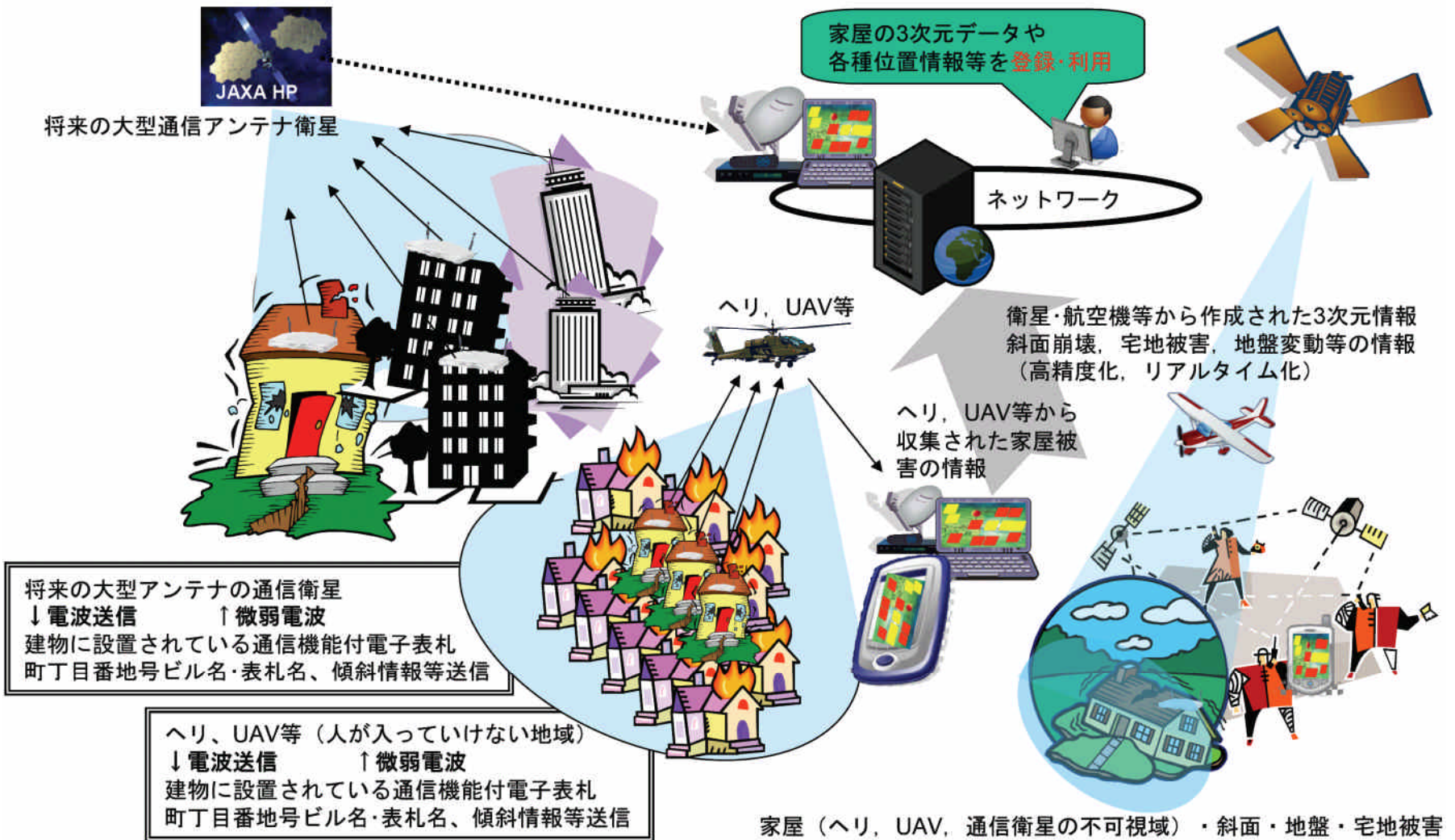
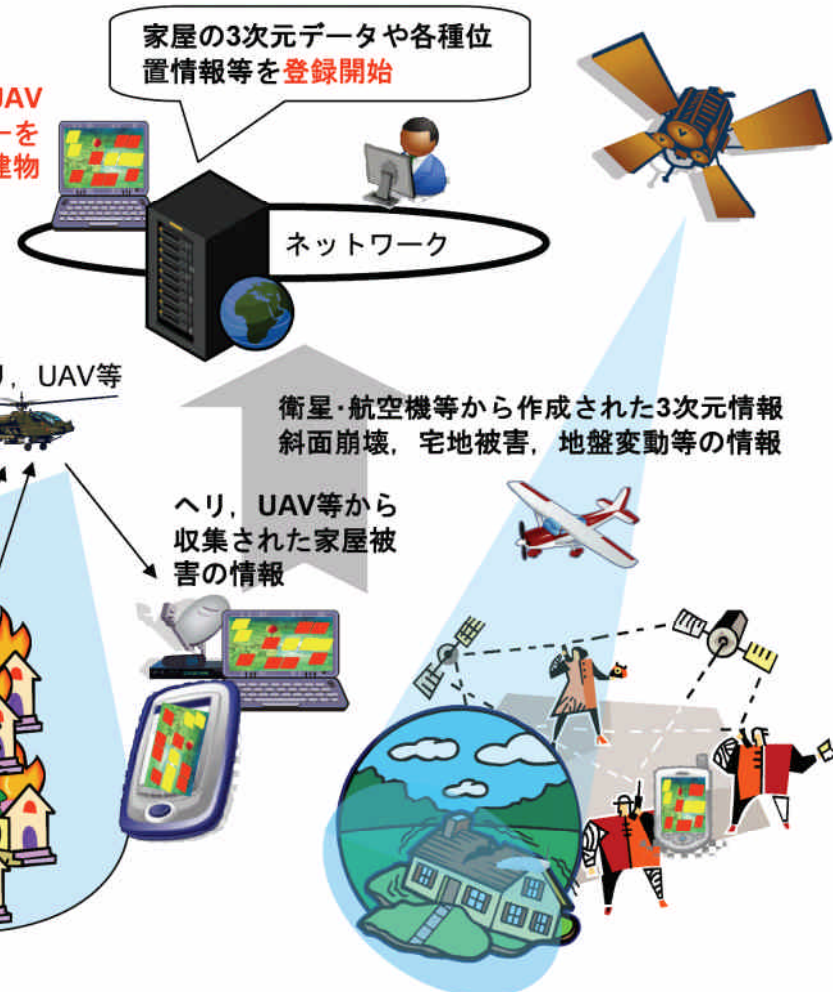


図 5-7 航空写真等を活用した将来の被害状況調査の概観

微弱な電波を受信できる受信アンテナを装備したヘリコプターやUAVにより、人が調査に入っていけない地域の電子表札（傾斜センサーを内蔵した通信機能付電子表札）の情報を収集し、リアルタイムで建物の傾斜情報を地形図上に展開し、被害状況を把握する。

課題：
 UAV搭載用受信アンテナの開発
 ヘリ搭載用受信アンテナの開発
 傾斜センサ内蔵通信機能付電子表札の開発
 小型・軽量化・低コスト化
 セキュリティの確保
 周波数の確保と出力の向上
 電子表札制度の確立と義務化

ヘリ、UAV等（人が入っていない地域）
 ↓電波送信 ↑微弱電波
 建物に設置されている通信機能付電子表札
 町丁目番地号ビル名・表札名、傾斜情報等送信



家屋（ヘリ、UAVの不可視域）・斜面・地盤・宅地被害

図 5-8 近い将来の航空写真等の技術を活用した被害状況調査

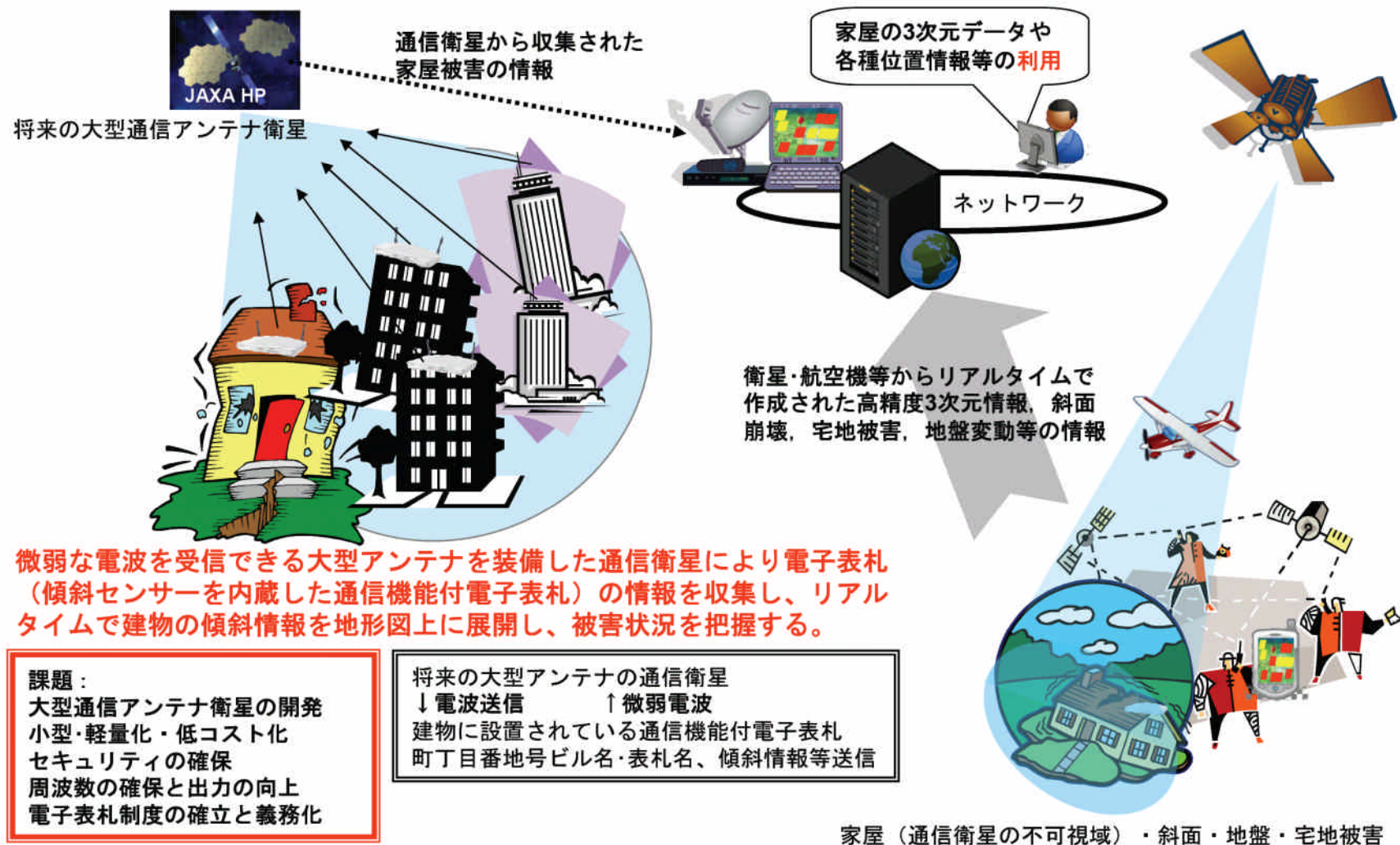


図 5-9 10年後の航空写真等の技術を活用した被害状況調査

5.5 課題

本検討における課題を以下の4つの観点から取りまとめる。なお、当面実用化するために必要な課題については、下線を施す。

- 技術的課題
- 体制に関する課題
- 人材育成に関する課題
- 運用に関する課題

(1) 技術的課題

首都直下地震等の大規模災害時において、航空写真等を用いて被害状況の把握を、公平性を確保しつつ効率的かつ効果的に行うためには、誰でも、何時でも、同じ方法で、同じ精度で、被害状況を把握できるように、利用するデータ等の標準化を行う必要がある。具体的には、以下に示す標準化作業等が必要となる。

- データ収集条件の標準化
 - データ収集条件と得られる精度の検証
 - リードタイムの明確化
 - 最適なデータ収集条件の明確化
- データ処理手法の標準化と研究開発
 - データ処理と得られる精度の検証
 - 最適なデータ処理手法の明確化
 - 被害状況の判定基準の明確化
 - 精度向上に向けた研究開発
- 配布データの標準化
 - 配布データの項目（メタデータ項目）
 - 配布データのフォーマット
 - 配布データの単位
 - 都道府県単位、市区町村単位、地図図郭単位、等々
 - 配布媒体
 - ネットワーク、ハードディスク、DVD、紙、等々
- データ利用方法標準化

- データの入手方法
- データを利用するためのソフトウェア、ハードウェア
- データの加工・表示方法
- 被害状況調査への適用方法
- 手順書の整備

(2) 体制に関する課題

首都直下地震等の大規模災害時において、航空写真等を有効に活用するためには、事前データ（災害前のデータ、地図データ等）の整備、発災時のデータ収集、収集データの処理・解析・保存、データの配布、等の体制（人材、組織、設備、予算等）の整備を行う必要がある。

さらに平時においては、図 5-10に示すような、「計画～運用～評価～改善」のサイクルを回すための運用体制が必要になる。

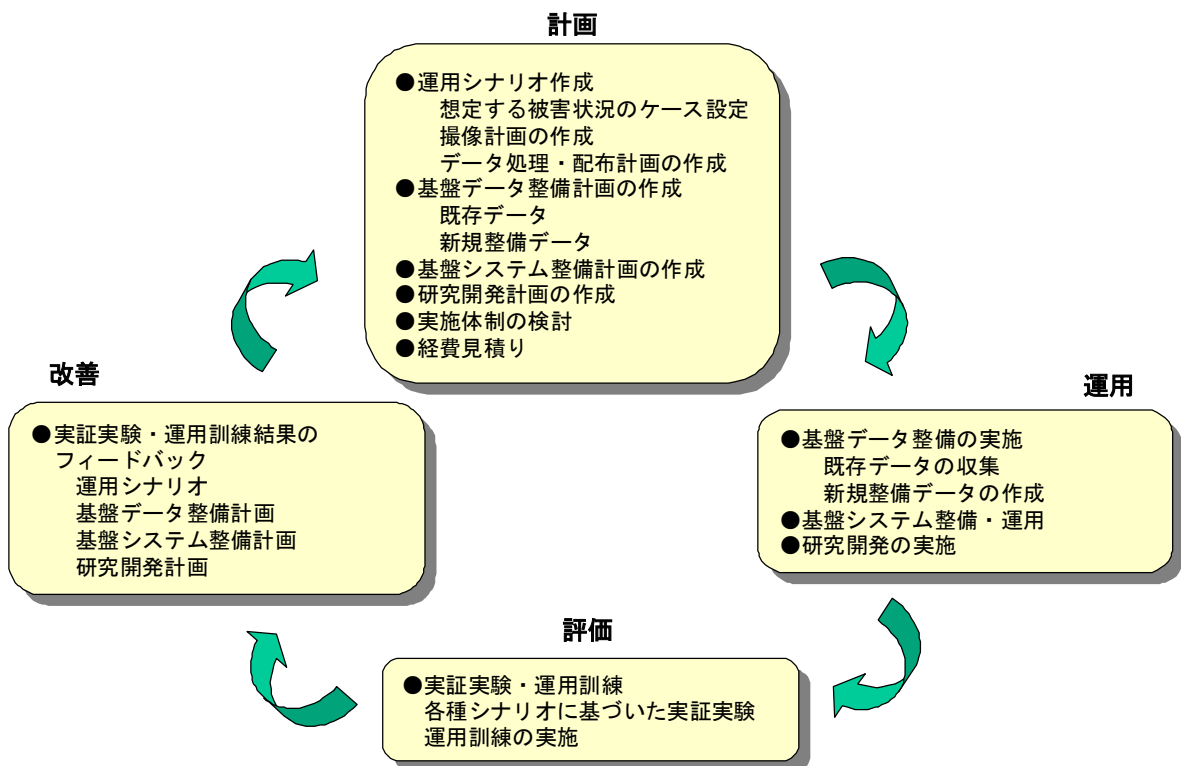


図 5-10 平時における「計画～運用～評価～改善」のサイクル

(3) 人材育成に関する課題

災害時に航空写真等を有効に活用するためには、航空写真等のデータを処

理・解析し、データから被害状況を把握することのできる専門知識を持った人材が必要となる。そして、このような人材を平時より組織化し、育成しておくことにより、災害時にスムーズに航空写真等を活用することが可能となる。しかし、現状の行政機関では定期的な人事ローテーションが行われるため、このような人材を育成する体制を行政内に構築することは困難である。

そこで、ブロック単位等での専門家グループを民間主体で組織化し、これらのグループを行政が指導・管理するといった体制の構築が望まれる。

(4) 運用に関する課題

■ 制度、政策、コスト

- ▶ 航空写真等を活用した被害状況調査方法の普及を図るためには、効率的に調査を実施するための制度や政策が必要となる。
 - 新しい手法であるため、多くの自治体での円滑な導入を促すためには、国による指針や財政支援等の可能性についても検討が必要となる。
 - ある自治体は航空写真等を用いて被害認定調査を行い、隣の自治体では航空写真等を用いない場合、住民の納得が得られないことも考えられるため、被災地域一帯の各市区町村が同様の調査方法を採用するような仕組みづくりが必要となってくる。
- ▶ 国が主体的に行動するにあたっては、「地理空間情報活用推進基本計画（内閣府、総務省、国土交通省等）」の枠組みを活用していくことが考えられる。

■ 航空写真等の活用に対する住民の理解

- ▶ 被害認定調査に航空写真等を活用するにあたっては、その調査方法に対して住民から理解を得られるよう、十分な説明を行うことが必要となる。

■ データポリシーの策定

- ▶ データの活用にあたっては、予め、データの公開方針、セキュリティ、個人情報保護、等々を定めておくことが必要である。

■ 住家、道路等以外の被害状況調査への活用

- ▶ 航空写真等は、住家や道路以外の被害状況調査においても、有効に活用することが可能であり、今後以下の分野においても検討を行っていく必要がある。

- 道路以外の交通ネットワーク
- 河川
- 港湾
- ライフライン
- 斜面・宅地
- 農地 等々

■ 平時（災害時以外）における利用

➤ 航空写真等は、災害時だけでなく、平時においても有効に活用することが可能である。そのため、平時においては以下の分野においてもデータを相互に有効活用していくことが望まれる。

- 都市計画
- 防災計画
- 環境保全
- 教育分野 等々

6 まとめ

大学・民間・地方公共団体の有識者からなる「航空写真等を活用した首都直下地震に対応した被害認定方法の検討会」において、首都直下地震における住家被害の認定に焦点を絞った被害状況調査について、航空写真等を活用する場合の現時点で考え得る最も有効な手法に関する技術的観点および運用面、体制・制度面、人材育成の観点からの検討を行った。

住家被害認定に関する課題と論点に関しては、中越地震の例を参考として、

- 認定に用いた調査票や調査方法が自治体間で異なることによる住民の不公平感
- 調査方法も含め最終的には自治体が判断することによる混乱
- 調査担当職員の人数不足、他課からの応援職員の増大等による、調査方法についての未習熟（事前のトレーニングの必要性）
- 大規模災害時の住家被害認定には膨大な人数と時間が必要
- 各調査員の能力や、地元職員と他都市からの応援職員の混在等による調査精度のばらつき
- 調査の公平性を確保することの難しさ

といった課題があることが分かっており、これらの課題を踏まえ、以下の論点について検討を進めた。

- ① 被災者の理解と納得を得るため、被災時の住家被害認定データに関する科学的な整理により客観的な被災時の撮像データを提供することで、被災者の納得性を向上させることが期待できる。
- ② 応急危険度判定も含め、住家被害認定に費やされる膨大な手間の効率化に関して、航空写真等を活用することで、調査区域の設定やこれらに必要な職員、資機材等の配備計画の立案を効果的に実施し、住家被害認定（一次判定、二次判定）の効率性・正確性・客観性の向上に資することが期待できる。
- ③ 住家被害認定とその調査、その後の都市復興等に活用できる地理情報システムを有効に活用する技術の開発を通じて、り災証明の判定結果を地理情報システムで市区町村・都道府県・国等が共用できる仕組みづくりが重要となる。
- ④ り災証明のための住家被害認定は、建築の専門家ではない税務職員等が従事

することが多いため、短期間で、一般の職員でも住家被害認定が迅速に行えるような航空写真等の活用も考慮した研修や訓練等の仕組みが必要となる。

航空写真等を活用した被害状況調査の現状と動向に関しては、衛星、航空機（翼機）、ヘリコプター、UAV、地上系の調査・情報収集手段について技術的な観点からの整理と検討を行った。その中で、住家被害調査・住家被害認定を含む被害状況調査への航空写真等の技術の活用は現状においても大いに期待できるものであるが、表 5-3にも示したように従来の調査方法に比べ作業を大きく効率化できる利用のケースと一部の作業を効率化できる利用のケースと効率化が期待できない利用のケースが明らかとなり、技術的な限界（被害判読精度等の評価等）や運用上の制約、情報をハンドリングできる人材の育成、情報収集から情報処理・提供・利用方法にいたる過程で統制の取れた運用が行える組織等についてより詳細な検討が必要と考えられた。

首都直下地震や大規模な被害が発生する地震における被害状況調査の効率化という観点に絞った上で、航空写真等の利用は、被害概況調査における町丁目レベルの建物の被害概況把握や道路等のインフラの被害概況把握、さらには、住家被害調査における外観目視による一見全壊や部位（屋根）の判定において従来の調査方法に比べ作業を大きく効率化できる可能性が高い。また、住家被害調査での建物の傾斜や部位（建物外部の柱、壁）による判定においても一部作業の効率化が期待できる。

被害概況調査における町丁目レベルの建物の被害概況把握には現行のヘリテレ画像、航空写真（簡易補正）、高分解能の衛星データ（光学）の利用が期待できる。また、道路等のインフラの被害概況把握には現行のヘリテレ画像、ヘリ搭載レーザプロファイラ、航空機搭載レーザプロファイラ・SAR・デジタルカメラによる画像および高分解能の衛星データ（光学）の利用が期待できる。

住家被害調査における外観目視による一見全壊には現行のヘリテレ画像、ヘリ搭載レーザプロファイラ、航空機搭載レーザプロファイラ・デジタルカメラによる画像、建物の傾斜、部位（屋根、柱、壁）による判定にはヘリ搭載ハイビジョンカメラ画像の利用が期待できる。

こうした航空写真等を活用する運用イメージとしては図 5-2 から図 5-4 に示したように発災から 3～4 日は、被害状況把握が中心となり、航空写真等から得られる被害状況に関する情報は、復旧計画、応援要請のための被害規模の算

定、応急危険度判定調査や住家被害調査のための計画、人員配置計画等への活用が期待できる。また、発災後 3~4 日から約 1 週は、被災地域の詳細な状況に関する情報が集まってくる期間で、復旧計画の見直し、優先調査地域の策定、調査計画や人員配置計画の作成と日々の見直し等への活用が期待できる。さらに、発災後約 1 週から約 1 ヶ月は、精力的に住家被害調査が実施される期間で、航空写真等の解析から得られる被害状況判読図等は、復旧計画の見直し、優先調査地域の見直し・策定、調査計画や人員配置計画の作成と日々の見直し、復旧履歴情報等への活用が期待できる。

また、航空写真等を活用した被害状況調査がより効率的・効果的で公平に実施されるには、図 5-6 に示したように、セキュリティが確保された災害時に限定して稼動する情報の共有体制が必要となる。災害発生時には平時において整備されたインフラ系各社の施設台帳や民間が保有する航空写真等の情報および市区町村等が保有する各種行政情報と災害発生後に取得された航空写真等（現場からの通報を含む）が有機的に利用できる環境が必要となる。

こうした環境を構築するには、高速で高いセキュリティの確保された必ず繋がるネットワーク環境の整備をはじめ、市区町村における統合型データベースの促進、情報の標準化、情報を包括的に管理できる管理者、情報をハンドリングできる人材の育成、災害時に円滑に情報を運用することのできる組織の形成、制度的な支援等の多くの課題の解決も必要となる。

航空写真等を利用することによる被害状況調査の効率化に対しては、前述したように種々の現状技術の活用が可能な段階にあることがわかったが、将来の大規模災害に備え、住家被害調査をはじめとする被害状況調査において、より迅速で効率的・効果的に調査が実施され、住民の納得感や公平性をも確保することを可能とするための航空写真等を活用した将来の被害状況調査（図 5-7 から図 5-9 参照）についての検討も重要である。

近い将来において、市区町村等で家屋の 3 次元データや位置情報の電子的な登録が開始されれば、被災時には航空機等により観測・作成された 3 次元情報や斜面崩壊・宅地被害・地盤変動等の情報やヘリ・UAV 等により収集された各家屋に設置された電子表札（傾斜センサ内臓）の情報を有機的に活用することにより、リアルタイムで被害状況を把握することを可能にすると考えられる。

また、10 年程度先の将来においては、大型アンテナを搭載した通信衛星が開発され、地上の微弱な電波を受信することが可能になり、ヘリ・UAV に代わって、各家屋に設置された電子表札の情報をリアルタイムに収集することが可能

になると考えられる。

以上のような航空写真等を活用した被害状況調査の効率化に対する現時点で考えられる最も有効な手法に関して、技術的観点、運用面、体制・制度面および人材育成の点で以下のような意見が寄せられた。

技術面に対する検討会での意見を整理すると以下のとおりである。

- ① 住家被害認定の2次判定、3次判定については、実際の判定は建物単位で行うため、部位のみの被害状況調査が可能としても建物レベルでの必要な判定を行えないことから、航空写真等で部分的な判定ができたとしても、最終的な判定の効率化にどれだけ影響があるのかについては検証が必要である。
- ② 分解能だけでは実際の住家被害認定等の精度との関連は分かりにくいいため、航空写真等（リモートセンシングデータ）による判定と、実際の住家被害認定や応急危険度判定の結果との対比が必要である。例えば、中越地震等における住家被害認定や応急危険度判定の結果との対応関係や判定精度の割合などの関係を今後明確にすることで、被災した住民に対して納得性のある技術として位置づけることも可能になる。
- ③ 住家被害認定に関して、技術的観点からの検討として本結果を示すことは極めて有意義なことであるが、これらの技術をすぐに運用まで結びつけることは難しいと考えられるので、現場での利用方法については、今後の課題として検討する必要がある。
- ④ 航空機センサには、位置情報確認に関する制約条件が存在する。現在の航空機による観測では全てGPSを搭載しているが、位置情報確認に十分な精度が得られるのは1日に2～3時間という制約条件が存在する。可視範囲にあるGPS衛星が5個以上にならないと、GPSの精度は落ちる。解決策として、例えば、日本が有事の場合は、アメリカが有事（イラク戦争など）の際に行うように、GPS衛星を融通して必要数を利用可能なように手配できるといったこと（日本とアメリカとの協定等に対応）も重要である。
- ⑤ 航空機撮影画像に限らず、高分解能の光学観測衛星、マイクロ波観測衛星（高分解能衛星レーダにより観測されたデータの活用研究は、昼夜・雨天を問わずに全天候に対応できる）の動向も考慮して、今後の検討に活かすことも重要である。特に、地表や建物等の識別性に関しては、着眼内容を設定して実

際の検証をおこなうことが必要と考える。

- ⑥ 今後、被害状況調査に適用可能な最新技術が有効に機能するためには、家屋等のデータのアーカイブが重要となる。本検討会では、その方向性についての検討材料を提示しており、これまでの地理情報システム（GIS）が中心となる議論ではなく、RFID、PDA（携帯ゲーム機を含む）等のGIS以外の技術の適用可能性についても言及されており、首都圏をはじめ全国の自治体においても本報告書は有意義な資料である。
- ⑦ データの公開や配信、あるいは現場のRFID等へのデータの入出力については、セキュリティ上の問題もあり、今後の検討が重要である。

大規模災害時における被害状況調査等への航空写真等の利用に向けた運用方法および課題に関しては、被害状況調査等に提供可能な現状技術に関する整理を行った上で、航空写真等を活用した運用イメージの検討（画像情報等の流通と利用可能性、利用イメージ、運用提案）、災害時に稼動する情報の共有体制、将来の被害状況調査の姿および課題について提起した。その中で、運用面、体制・制度面、人材育成の面での活発な検討が行われた。

運用面に対する検討会での意見を整理すると以下のとおりである。

- ① 本検討会においては、航空写真等の被害状況調査への適用可能性について技術的な検討を行ってきたが、運用面から考えると、発災から3～4日の初期においては町丁目単位での被害状況、それ以降においては町丁目番地号の単位での精度が必要となる。現状の航空写真等の技術においても、求められる精度への対応は十分満たしていると考えられる。また、情報を利用する側からは、少なくとも市区町村単位での行政界で整備されていることが望ましい。
- ② 現在の被害認定について、家屋の内部が把握できる図面が調査時に手元があり、それを活用すれば、説得力のある調査を実施できそうである。現在の調査では、被害の程度を数字で記録するが、その損傷箇所が具体的にどの部位であるかという場所の特定はできない。そのため、調査実施後に被災者に判定の内容を説明する手間が発生する。データアーカイブした航空写真等を活用しながら図面を基に調査結果の記録を行えば、損傷箇所まで把握することが可能となり、判定の説得力が増すと考えられる。柏崎では、図面に被害状況を書き込んでもらうという試みがなされた。

- ③ 災害時に収集・作成される画像情報等について、位置情報のない生画像レベル（幾何的なひずみ等を含んだ未補正の画像）の提供も考慮することには意義がある。高精度でなくとも、JPEG 等の利用が容易なレベルの情報も提供されれば、オルソ画像（正射投影され、地形図との重ね合わせも可能）以前の速報画像として簡単な被害状況把握に利用可能である。また、都市部であれば、正確なオルソ画像でなくとも、簡単な位置把握等は可能と考える。
- ④ 現地の状況を把握している人間であれば、ある程度の精度が低い画像でも有効な活用が期待できる。山中の状況について、未補正の画像を見ただけで、行政にたずさわる人達が理解できていないような部分も現地の人間は理解できていたという中越地震での事例もある。
- ⑤ 画像が提供されていれば、災害対応の主体としてはそれらの優先順位を決めて利用するだけで済む。被災後はまず、道路のデータから利用されるであろう。ただし、被災地は災害対応で余裕がないため、周辺自治体が画像提供等で協力するようなシステムが望まれる。
- ⑥ 航空写真等の運用を行う場合、発災後 1 ヶ月程度は各復旧・復興段階での画像提供作業等の対応に追われ続けることになると思われる。別途データ運用を専任で行う機関を設ける必要があると考える。日本全国で 2 箇所のデータ運用拠点を設けるだけでも、全国をカバーすることが可能となるであろう。
- ⑦ 大規模災害時は全国レベルの規模での対応、支援活動が展開されるため、データの提供・運用も機能すると思われるが、比較的小規模な災害が発生した際に、同様の対応がとられないのではないかと危惧を抱いている。そのため、そのような事態にも対応できるよう、県単位でデータ運用拠点を持つことが重要と考える。また、定常的にデータを加工、蓄積し、非常時に莫大に流入する新規のデータにも適切に対応できる体制を整えておくことも必要である。
- ⑧ 支援物資の運搬を民間の運送会社に委託することがあるが、データ運用拠点としての業務を航測会社等の民間企業に委託することもひとつの選択肢と考える。小千谷市においては、新潟の民間会社が航測会社の出資によりデータベースの作成を請け負った例がある。
- ⑨ 北海道・東北 8 道県をはじめ各地域ではブロック毎に相互応援協定を締結しており、それぞれ被災時の 1 次、2 次の支援県を設定している。指定された支援県が災害対応の調整等も請負い、被災した県の作業負荷を軽減するようになっている。本協定は、中越地震のときは有効に機能した。

- ⑩ ブロック協定のような支援の中に、航空写真等のデータが扱える技術者の提供等も含めるということが重要である。また、それぞれの大きなブロック間でも、遠方のブロック同士で被災時の援助を行うような体制を構築しておくことも一案である。本検討の結果として航空写真等の活用方法について提案する際、各自治体が積極的に利用できるようなイメージの提示ができないか。航空写真等が技術的には調査等に適用可能だとしても、自治体としての活用方法の提示が伴わないと意義が薄れてしまう。特に平時における活用方法が重要であり、災害発生前に平時の防災対策などで航空写真等のデータが多く利用できるということも重要である。
- ⑪ 自治体での平時からの活用案として、日本の埋め立てによる海岸線の経年変化と浸水予測図とを重ね合わせたようなプロダクトなどは視覚的にも理解がしやすく、喜ばれるのではないか。また、溜め池、里山の管理等にも航空写真等は活用可能である。
- ⑫ 市区町村であれば、都市計画や固定資産税のために多いところでは毎年、少ないところでも3年に1回程度は航空機による撮像を行っており、本来、こうしたデータが災害時にも有効に活用できるはずである。
- ⑬ 衛星データから計測したクロロフィル濃度の推定値等を沿岸域に常時提供し、沿岸漁業を支援している例も存在する。また、2万5千分の1の地形図の更新等に衛星データを活用する方向にある。
- ⑭ データポリシーについて、過去には自治体内の各部署で取得した画像の共有に障壁が存在していたこともあったようだが、全庁システムの導入等、現在は共有する方向にあると考えている。著作権等の問題が整理されれば、利用可能なデータ量は一気に増加すると考える。
- ⑮ 元のデータを航測会社が保有しているための制約や、税に関連する情報については守秘義務がかかり、利用しにくいことも確かにあったが、最近では、予め共有する目的で画像を取得して統合型データベースとして構築する事例もあり、統合化の方向に進んでいる。
- ⑯ 例えば、国土地理院で扱っている航空写真はわずか100万シーンで、そのほとんどの画像は民間会社がハンドリングしている。この事実をしっかりと認識した上で、今後の方策を検討すべきである。

体制・制度面に対する検討会での意見を整理すると以下のとおりである。

- ① 航空写真等を活用した住家被害認定への適用方法についての検討が開始されたが、まずは必要なデータが入手できる体制整備について提案できれば良いのではないかと。現在では、航空写真等を必要に応じて入手できる体制は存在しないため、適切な時期に必要なデータを入手・提供できる体制が構築されるだけでも意義がある。
- ② 航測会社の活用が運用シナリオに含まれているが、その管理主体、費用負担の所在等、運用体制が不明確である。本提案をどの主体が担うべきか、という点については説得力のある理論武装も必要であり、それと共に実現性を示すシステムとしての提案も必要となる。
- ③ 航空写真に限らず、衛星データも現在タイムリーな取得が出来ないなど、課題は多い。
- ④ サーバーに登録されるデータに関係者が誰でもアクセスできるオープンな情報提供体制を構築するという提案であったが、そのままの形での実現には困難が伴うだろう。このようなデータ運用拠点の運営を行うグループの形成、航空写真等の幾何補正や解析等の専門性を有する人材の育成まで含めた検討が必要である。
- ⑤ 地方においては、こうした業務を請け負える企業が育ちにくい状況にある。今後、地方のリソースを活用して自立的に対応できる体制作りのプロジェクトの立ち上げが望まれる。

人材育成の面に対する検討会での意見を整理すると以下のとおりである。

- ① 必要な人材や体制の整備等が課題と考えられる。地方においては、航空写真等を活用した局地的な災害対策を試みても、人材（処理・解析・判読等の技術を有する人材）不足のために十分な実施が行えないという例が多く存在する。
- ② ある大学の防災研究所のグループでは、被災地の復興支援において GIS の整備・普及を進めていこうという活動を展開している。このような地域の支援活動も一つのモデルとして参考になると考えられる。
- ③ データ処理（処理・解析・判読等）技術者の投入は、行政からだけでなく、民間業者からも期待できる。中越地震でも多くの業者が現地で活動したとされている。逆に、専門的な技術力を有する民間業者でなければ対応も困難と考える。一般的には民間業者自身、全国に分散配置しており、非常時の対応

においては効果的に活動することが期待できる。

- ④ 提案の実現に向けた方策として、県単位で運営を担うグループを養成し、そこにデータを集約するような体制の構築は可能ではないか。その際、グループへの指導やデータの標準化等の管理を行政が担うことも可能と考える。また、このようなグループは、行政が主体ではなく、民間が主体になることが望ましい。行政のローテーション体制では限界があると思われる。役割を担う主体としての NPO を育成していくような思想も検討の価値はある。

本検討会では、被害認定等の被害状況調査に活用が可能と考えられる航空写真等の技術について整理するとともに、実際に活用するに当たっての技術面、運用面、体制・制度面、人材育成面の課題を整理した。

首都直下地震等膨大な住家被害の発生が想定される災害の際には、従来の人海戦術による被害認定では対応困難である一方で、航空写真等の技術によってのみ対応することも、現行の判定方法の下では不可能であることから、首都直下地震に対応した被害認定を迅速かつ的確に実施するために、引き続き被害認定方法についての検討が必要である。

最後に、本報告書が地方自治体における災害時の被害状況調査の検討における技術資料として活用されるとともに、本検討会での検討内容を踏まえた被害状況調査の方法が確立することにより、何時起きても不思議ではないと言われている首都直下地震等における復興・復旧の一助にならんことを期待する。