

## 資料集

- 1.調査団員氏名・所属
- 2.調査日程
- 3.相手国関係者リスト
- 4.相手国の社会・経済事情
- 5.崩壊土砂量の検討
- 6.参考資料リスト

## 資料一1 調査団員氏名所属

### 1-1 現地調査時

- |          |                                    |
|----------|------------------------------------|
| 1. 矢部 哲雄 | 総括<br>国際協力事業団 無償資金協力調査部 調査第二課 課長代理 |
| 2. 影山 正  | 計画管理<br>国際協力事業団 研修事業部 管理課          |
| 3. 大島 久  | 業務主任/道路交通計画<br>日本工営(株)             |
| 4. 中川 哲  | 橋梁設計<br>日本工営(株)                    |
| 5. 寺島 拓郎 | 河川護岸計画/水文<br>日本工営(株)               |
| 6. 池田 精寿 | 地質<br>日本工営(株)                      |
| 7. 正木誠之助 | 施工計画/積算<br>日本工営(株)                 |

### 1-2 概要書の説明・協議時

- |          |                                 |
|----------|---------------------------------|
| 1. 原 晃   | 総括<br>国際協力事業団 国際協力総合研究所 国際協力専門員 |
| 2. 大島 久  | 業務主任/道路交通計画<br>日本工営(株)          |
| 3. 中川 哲  | 橋梁設計<br>日本工営(株)                 |
| 4. 正木誠之助 | 施工計画/積算<br>日本工営(株)              |

## 資料-2 調査日程

### 2-1 現地調査

日順	日付	曜日	団員移動内容	宿泊地	調査内容
1	8月11日	月	影山、大島、中川、寺島団員ケアンズ	ケアンズ	移動日
2	8月12日	火	影山、大島、中川、寺島団員ポートモレスビ着	ポートモレスビ	日本大使館、JICA事務所表敬訪問
3	8月13日	水		ポートモレスビ	NPO、DOTWと協議
4	8月14日	木	矢部団長ポートモレスビ着	ポートモレスビ	AusAID、EUと協議
5	8月15日	金	矢部、影山、大島、中川、寺島団員レイ着	レイ	移動日
6	8月16日	土		レイ	現場視察
7	8月17日	日		レイ	現場視察
8	8月18日	月	矢部、影山、大島、中川団員ポートモレスビ帰着 池田、正木団員ポートモレスビ着	ポートモレスビ、レイ	州政府、州DOTWと協議 調査実施
9	8月19日	火		ポートモレスビ、レイ	DOTWとミニツの協議、現場調査
10	8月20日	水	池田、正木団員レイ着	ポートモレスビ、レイ	DOTWとミニツの協議、現場調査
11	8月21日	木		ポートモレスビ、レイ	DOTWとミニツの協議、現場調査
12	8月22日	金		ポートモレスビ、レイ	ミニツ署名、大使館、JICA報告、現場調査
13	8月23日	土	矢部団長帰国	ポートモレスビ、レイ	テクニカルノート作成、現場調査
14	8月24日	日	影山団員帰国	ポートモレスビ、レイ	テクニカルノート作成、現場調査
15	8月25日	月		ポートモレスビ、レイ	テクニカルノート作成、現場調査
16	8月26日	火	寺島団員ポートモレスビ着	ポートモレスビ、レイ	テクニカルノート協議、現場調査
17	8月27日	水		ポートモレスビ、レイ	テクニカルノート協議、現場調査
18	8月28日	木	正木団員ポートモレスビ着	ポートモレスビ、レイ	テクニカルノート協議、現場調査
19	8月29日	金		ポートモレスビ、レイ	テクニカルノート署名、現場調査
20	8月30日	土		ポートモレスビ、レイ	資料収集、現場調査実施
21	8月31日	日	大島団員帰国	ポートモレスビ、レイ	資料収集、現場調査実施
22	9月1日	月		ポートモレスビ、レイ	現地調査結果概要書作成、現場調査
23	9月2日	火		ポートモレスビ、レイ	現地調査結果概要書作成、現場調査
24	9月3日	水		ポートモレスビ、レイ	資料収集、現場調査
25	9月4日	木	池田団員ポートモレスビ着	ポートモレスビ	DOTW、大使館、JICAへ帰国報告
26	9月5日	金	中川、寺島、池田、正木団員ケアンズ	ケアンズ	団内打ち合わせ
27	9月6日	土	中川、寺島、池田、正木団員成田着		移動日

### 2-2 概要書の説明・協議

日順	日付	曜日	団員移動内容	宿泊地	調査内容
1	10月20日	月	大島、中川、正木団員ケアンズ着	ケアンズ	移動日
2	10月21日	火	大島、中川、正木団員ポートモレスビ	ポートモレスビ	日本大使館、JICA事務所訪問・打合
3	10月22日	水		ポートモレスビ	DOTW、DNPIと概要書の説明・協議
4	10月23日	木		ポートモレスビ	DOTW、DNPIと概要書の説明・協議
5	10月24日	金	原団長ポートモレスビ着	ポートモレスビ	日本大使館、JICA事務所訪問・打合
6	10月25日	土	原、大島、中川、正木団員レイ着	レイ	移動日、現地調査
7	10月26日	日	原、大島、中川、正木団員ポートモレスビ帰着	ポートモレスビ	現地調査、移動日
8	10月27日	月		ポートモレスビ	ミニツの作成・協議
9	10月28日	火		ポートモレスビ	ミニツの作成・協議
10	10月29日	水		ポートモレスビ	ミニツの調印
11	10月30日	木	原、大島、中川、正木団員ケアンズ	ケアンズ	移動日
12	10月31日	金		東京	移動日

資料-3 相手国関係者リスト

1. 国家計画・実施省	
Kila Ai	Director, Foreign Aid Management Division
Joe Kenken Mok	Senior Programmes Officer, Bilateral Programmes Branch(BPB) Japan Desk
Masayoshi Ono	Adviser(Jica Expert), Foreign Aid Management Division
2. 運輸・公共事業省	
Miria Ume	Secretary, Workes and Civil Aviation
Roy Harry Mumu	Director, Office of Works
Rupa Kalamo	Assistant Director, Roads and Bridges Design Branch
Bob Dalrymple	Engineer, Office of Works, Roads and Bridges
Dick Karim	Provincial Works Manager, Construction Management Branch
John Wakma	Provincial Civil Engineer, Construction Management Branch
Brian Alois	Project Engineer, Construction Management Branch
John Meehan	Technical Assistant, Technical Service Division,European Union Road Project
3. モロベ州政府	
Anthonius S. Arikawa	Coordinator, Infrastructure Morobe Administration
4. 環境・保全省	
Joe Katape	Senior Environment Planner, Environment Division
5. 鉱山・石油省	
Matthew A. Tutton	Assistant Director, Geological Survey of Papua New Guinea
6. 日本大使館	
林 安秀	特命全権大使
岡田 裕二	一等書記官
小林 雪治	二等書記官
7. JICA パプア・ニューギニア事務所	
小林 正博	所長
神内 圭	所員
岩上 憲三	所員

国名	パプア・ニューギニア
	Papua New Guinea

一般指標			
政体	議会民主制	*1 首都	ポートモレスビー
元首	Queen Elizabeth II	*1 主要都市名	ワ、カウカ
独立年月日	1975年9月16日	*1 経済活動可人口	2,000千人 (1995年)
人種(部族)構成	ワトワ人、パプア人、その他	*1 義務教育年数	年間 (年)
		*1 初等教育就学率	% (年)
言語・公用語	ヒンズン英語、英語	*1 初等教育終了率	% (年)
宗教	地域信仰34%、ローマカトリック22%	*1 識字率	71.2% (1994年)
国連加盟	1975年10月	*2 人口密度	9.5人/Km <sup>2</sup> (1995年)
世銀加盟	1975年10月	*3 人口増加率	2.3% (1995年)
IMF加盟	1975年12月	*3 平均寿命	平均 56.85 男 56.01 女 57.74
面積	461.69千Km <sup>2</sup>	*1 5歳児未満死亡率	95/1000 (1995年)
人口	4,294.800千人 (1995年)	*1 カロリー供給量	2,615.0 cal/日/人 (1992年)

経済指標			
通貨単位	キナ	*1 貿易量	(1996年)
為替(1US\$)	1US\$=1.39 (1997年04月)	*8 輸入	2,501.0百万ドル
会計年度	1月~12月	*1 輸出	1,730.0百万ドル
国家予算	(1994年)	*9 輸入カバー率	1.3月 (1995年)
歳入	1,214.4百万ドル	*9 主要輸出品目	金、銅、コーヒー、木材、石油 (1995年)
歳出	1,622.1百万ドル	*9 主要輸入品目	機械、輸送機器、食品、燃料 (1995年)
国際収支	142.10百万ドル(1995年)	*9 日本への輸出	59.6百万ドル (1996年)
ODA受取額	372.00百万ドル(1995年)	*7 日本からの輸入	154.4百万ドル (1996年)
国内総生産(GDP)	4,901.00百万ドル(1995年)	*4 外貨準備総額	552.6百万ドル(1997年4月)
一人当たりGNP	1,160.0百万ドル(1995年)	*4 対外債務残高	626.0百万ドル (1995年)
GDP産業別構成	農業 26.0% (1995年)	*4 対外債務返済率	20.8% (1995年)
	鉱工業 38.0% (1995年)	*7 インフレ率	3.2% (1993年)
	サービス業 34.0% (1995年)		
産業別雇用	農業 79.0% (1990年)		
	鉱工業 7.0% (1990年)		
	サービス業 14.0% (1990年)		
経済成長率	9.3% (1995年)		
		*12 国家開発計画	

気象(1961~1990年平均)													場所: Port Moresby		(標高 38 m)	
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均/計			
最高気温	32.0	31.0	31.0	31.0	30.0	29.0	28.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	30.2℃	*13		
最低気温	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	23.0	23.0	23.0	23.0	24.0	24.0	24.0	23.7℃	*13		
平均気温	27.4	27.3	27.1	27.0	27.0	26.2	25.8	26.0	26.5	27.4	27.6	27.8	26.9℃	*14		
降水量	178.0	193.0	170.0	107.0	64.0	33.0	28.0	18.0	25.0	36.0	48.0	112.0	1,012.0mm	*13		
雨期乾期																

\*1 CIA World Fact Book 1996-1997  
 \*2 States Members of United Nations  
 \*3 International Financial Statistics Yearbook 1996  
 \*4 World Development Report 1997  
 \*5 UNESCO Statistical Yearbook 1996  
 \*6 Status and Trends 1997  
 \*7 Human Development Report 1997

\*8 International Financial Statistics September 1997  
 \*9 International Financial Statistics Yearbook 1997  
 \*10 Global Development Finance 1997  
 \*11 世界の国一覽表 1997年版  
 \*12 最新世界各国要覽 97年版  
 \*13 The Times Book World Weather Guide, Update Edition  
 \*14 理科年表, 国立天文台(1996)

国名	バブア・ニューギニア	*1
	Papua New Guinea	

1997.11 2/2

\*15

項目	年度	1992	1993	1994	1995
技術協力		2,699.97	2,892.93	3,087.67	2,796.65
無償資金協力		2,194.95	2,244.22	2,456.48	3,256.28
有償資金協力		5,852.05	3,939.97	4,352.21	3,878.11
総額		10,746.97	9,077.12	9,896.36	9,931.04

\*15

項目	年度	1992	1993	1994	1995
技術協力		10.63	13.16	9.95	8.65
無償資金協力		13.24	13.00	14.28	28.71
有償資金協力		64.01	1.18	-2.40	8.74
総額		87.88	27.34	21.83	46.10

\*16

	贈与 (1)	有償資金協力 (2)	政府開発援助 (ODA) (1)+(2)=(3)	その他政府資金 及び 民間資金 (4)	経済協力総額 (3)+(4)
二国間援助 (主要供与国)	294.40	6.10	300.50		300.50
1. オーストラリア	238.60	0.00	238.60		238.60
2. 日本	37.40	8.70	46.10		46.10
3. ドイツ	8.90	-2.10	6.80		6.80
4. ニュージーランド	5.40	0.00	5.40		5.40
多国間援助 (主要援助機関)	65.30	7.50	72.80		72.80
1. CEC					
2. ASDB					
その他					
合計	359.70	13.60	373.30		373.30

\*17

技術	外務省
無償	
協力隊	

\*15 Japan's ODA Annual Report 1996

\*16 Geographical Distribution of Financial Flows to Aid Recipients 1991-1995

\*17 国別協力情報(JICA)

## 資料-5 崩壊土砂量の検討

## 1. はじめに

ウミ川上流域は、1993年10月13日発生の地震により山地地斜面の崩壊を招き荒廃しているため、橋梁計画(新橋の路面高、架橋位置の検討)に際しては、通常考慮する洪水位、桁下余裕高、構造高のみならず将来堆砂余裕を見込み、橋梁計画高を決定する必要がある。

本調査では、衛星リモートセンシング技術と地理情報システムにより、ウミ川土砂氾濫状態を把握し、流砂、堆砂特性の検討を行い、橋梁計画を策定する際の基礎資料を作成した。

具体的な調査項目は以下のとおりである。

- ・1993年10月13日の地震による崩壊面積と崩壊土砂量の算定
- ・流域からの年間流出土砂量の算定
- ・崩壊後の植生復興状況の把握

## 2. 基礎データ

本検討に使用したデータは、以下の通りである。

- ・ランドサットデータ 3 フルシーン、ピクセル単位 30m

内訳	(1) 1993, 19 <sup>th</sup> , September	before 93' earthquake
	(2) 1994, 20 <sup>th</sup> , July	after 93' earthquake (9 month had passed)
	(3) 1996, 20 <sup>th</sup> , April	after 93' earthquake (30 month had passed)

- ・スポットデータ 1 フルシーン、ピクセル単位 10m

内訳	(1) 1994, 4 <sup>th</sup> , April	after earthquake (5 month had passed)
----	-----------------------------------	---------------------------------------

- ・地形図

内訳	(1) 1/250,000
	(2) 1/100,000

このうち、地形データとして地理情報システム(GIS)に入力し、解析に使用した地形図は1/250,000である。

- ・現地踏査収集データ

- (a) 調査団撮影写真(Umi および Ufim 川合流点上流5km 付近から橋梁建設予定地までの河床状況と山腹斜面)

- (b) 気象条件資料
- (c) RAPID METHODS OF LANDSLIDE HAZARD MAPPING: PAPUA NEW GUINIA CASE STUDY; Technical Report WC/95/27, B.G.S and G.S.P.N.G, International Division B.G.S, (1995)
- (d) AN APPRAISAL OF THE CONDITION AND ATABILITY OF THE HIGHLAND HIGHWAY; M.A.Tutton, G.Kuna, Geological Survey Report, D.M.P, P.N.G, (1995)
- (e) GSPNG による地震直後のヘリコプター写真

図 1～図3に、入手した衛星画像(フォールスカラー)を、図4に 1/250,000 地形図より作成した標高データを示す。

### 3. 解析手法

#### (1) 既存報告書によるウミ川流域の崩壊土量算定法

1993 年 10 月に発生した地震によるウミ川流域の崩壊土量は、1995 年に Geological Survey がランドサット画像と航空写真を併用して算出している。

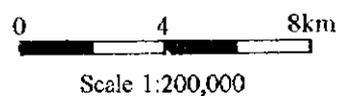
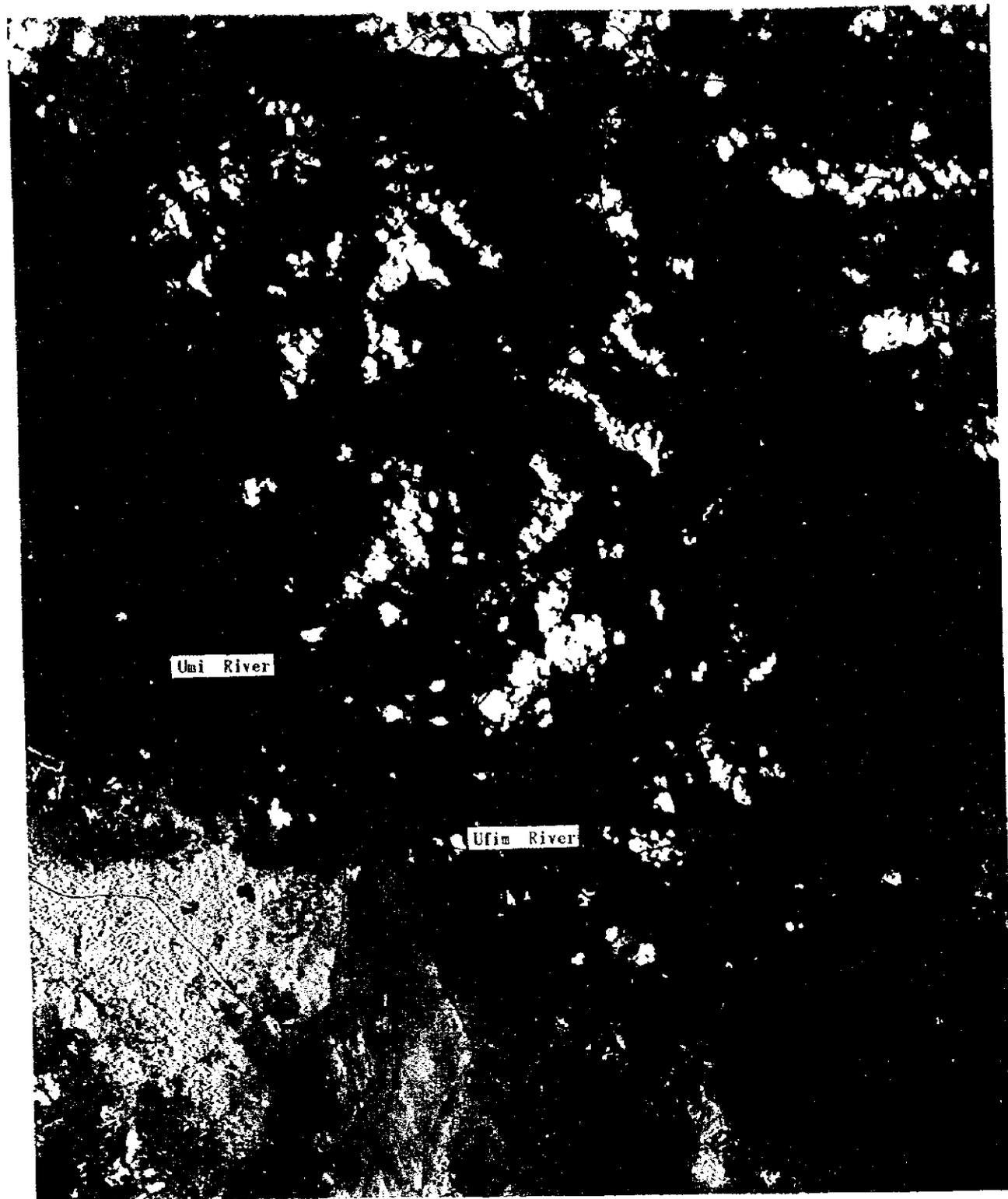
報告書によると、Geological Survey では、リモートセンシングは Intergraph 社の PS システム、GIS は MapInfo, IDRISI を使用し、ワークステーション上で両者を統合させたシステム構成で解析を行っている。

地震による土砂量算定の際の基礎データとなる崩壊地は、ランドサットのフォールスカラー画像を 1/100,000 に拡大出力し、崩壊地の色調を調査して、その色調に合った地域を 1/100,000 衛星画像より目視判読して抽出している。その結果、1993 年の地震によりウミ川流域では 20km<sup>2</sup> の崩壊地が新規に発生し、現在では 25km<sup>2</sup> になっていると仮定している。また、この地震により崩壊地から生産された崩壊土量は、5 億 m<sup>3</sup> と推定している。

しかし、崩壊地 20km<sup>2</sup> から崩壊土量 5 億 m<sup>3</sup> が流出したと仮定した場合、崩壊深は 25m が必要であり、ウミ川上流部の崩壊写真を判読するとこのような崩壊が発生したとは考えにくい。

#### (2) 本調査における方法論

本解析に当たっては、日本工営株式会社中央研究所が所有する衛星リモートセンシング解析システム(Er-Mapper)と地理情報システム(Arc/Info)を用いて解析した。したがって、衛星リモートセンシングによる画像処理結果は、ラスタデータとして、GIS データに入力される。入力データは属性データとして、標高、勾配など有意な地形データのもとに解析を実施した。



REMOTE SENSING AND  
GEOGRAPHICAL INFORMATION  
SYSTEM (GIS) ANALYSIS

図 1

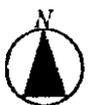
ランドサットフォールスカラー  
(1993年9月19日)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



0 4 8km

Scale 1:200,000



REMOTE SENSING AND  
GEOGRAPHICAL INFORMATION  
SYSTEM (GIS) ANALYSIS

図2

ランドサットフォールスカラー  
(1994年7月20日)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



0 4 8km

Scale 1:200,000

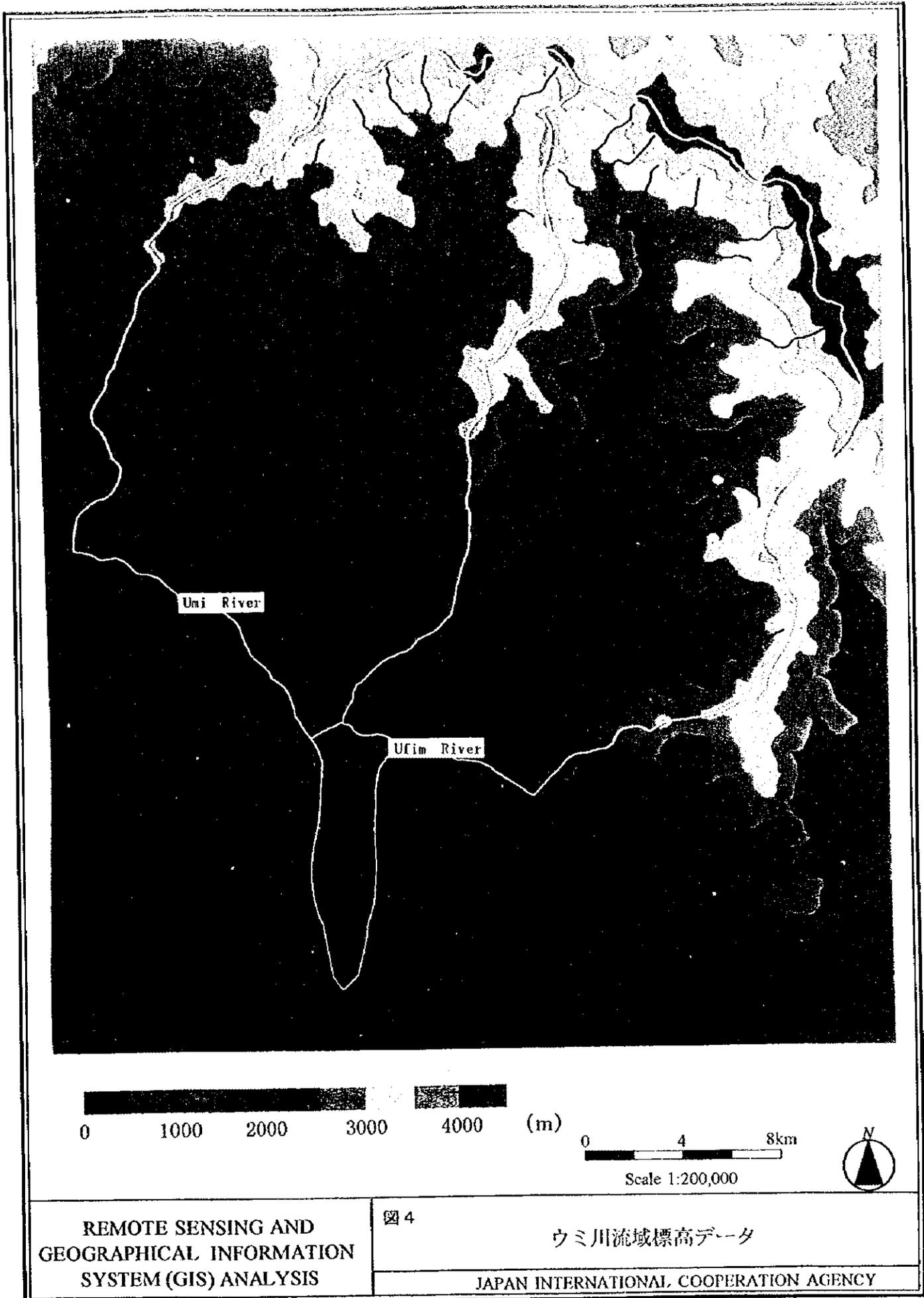


REMOTE SENSING AND  
GEOGRAPHICAL INFORMATION  
SYSTEM (GIS) ANALYSIS

図 3

ランドサットフォールスカラー  
(1996年4月20日)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



4. 1993年10月13日の地震による崩壊面積と崩壊土砂量の算定

崩壊地の抽出は、地震前のランドサットデータ(1993, 19<sup>th</sup>, September)と地震後のランドサットデータ(1994, 20<sup>th</sup>, July), スポットデータ(1994, 4<sup>th</sup>, April)により算出した。しかし、これらのデータには雲が含まれること、スポット画像の解析により精度を上げる必要があることから、解析は以下の手順により実施した。

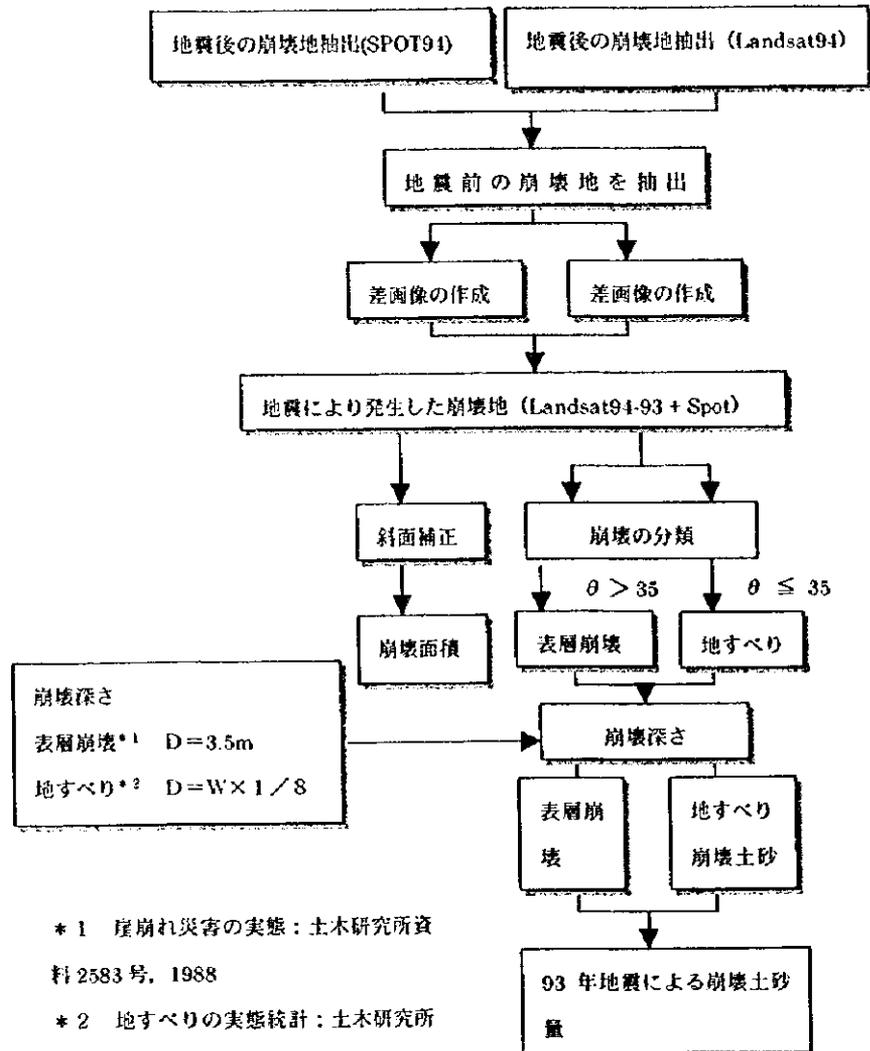


図5 解析の手順

(1) 1993年の地震による崩壊面積の算定

解析は、図5に示すように、まず、地震前後のランドサット画像から差画像を作成し、崩壊地を抽出した。さらに、精度を高めるため、スポット画像から地震後の崩壊地を抽出し、ランドサットの地震前の画像との差画像を作成した。これらの差画像をGIS上で統合することにより、ランドサットでは抽出できない崩壊地も抽出した。なお、これらの作業に当たっては、焼き畑や開墾地と判断される箇所は、現地踏査の写真とその位置から照合し、これらをグランドトゥルースデータとして

抽出し、崩壊地から削除した。抽出した崩壊地について、斜面補正を加え、崩壊地面積(地表面の面積)を算出した。なお、画像で雲により被覆されている地区については、非被覆箇所の斜面勾配と崩壊地面積の比率を被覆地域に乘じ、崩壊地面積を算出した。

その結果、崩壊面積は約 21.5km<sup>2</sup>で、流域の約3%に及ぶことが判明した。

(2) 1993年の地震による崩壊土砂量の算定

現地踏査収集資料の(c),(d),(e)によれば、93年の崩壊は明らかに2タイプの崩壊に区分できる。

これらの2タイプは、いわゆる表層崩壊と地すべりに分類でき、その運動、崩壊深さ、崩壊が発生する斜面勾配も異なる(表1)。

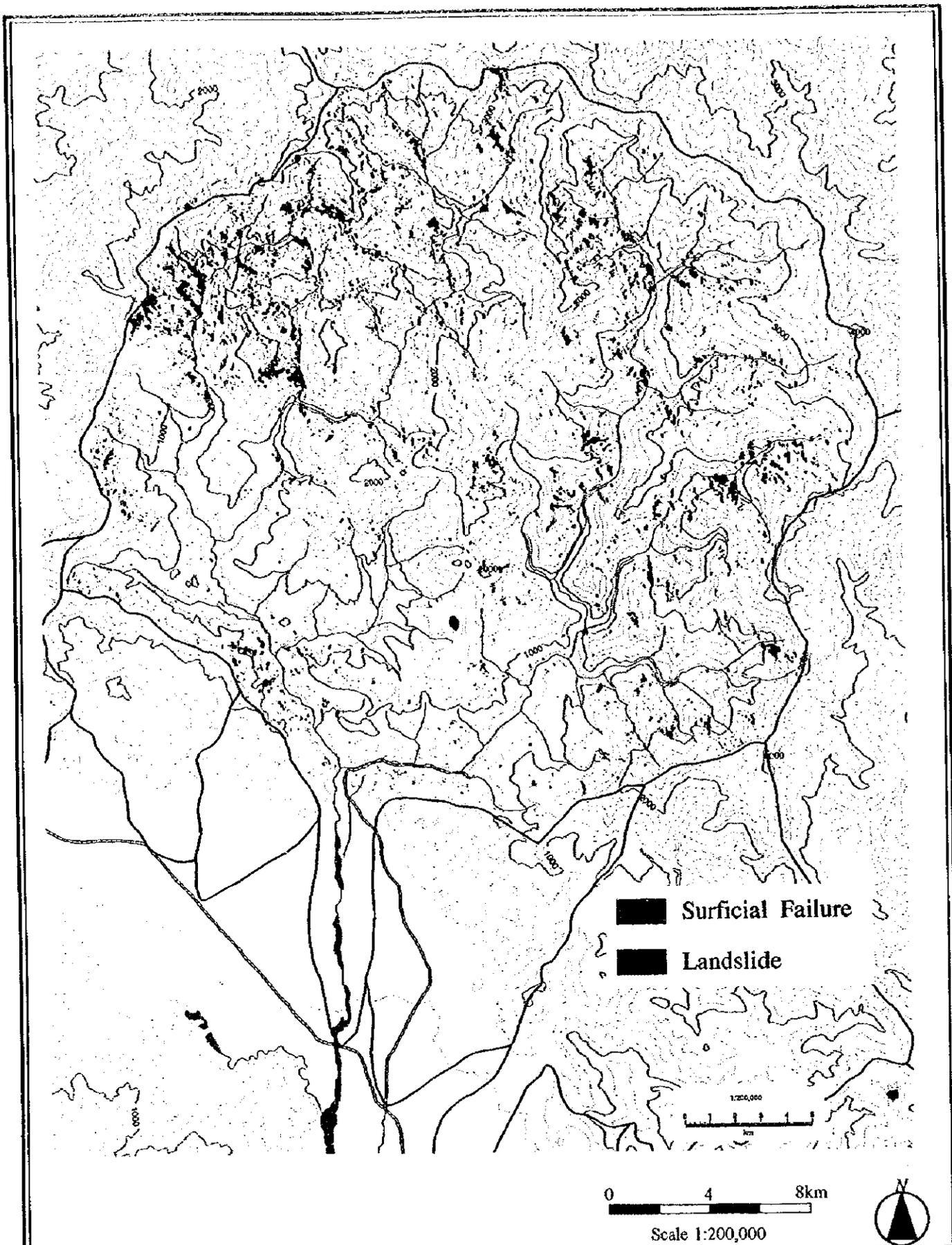
そこで、解析した衛星画像データをGISに入力し、勾配が35度以下の緩い斜面で発生している崩壊を地すべり、勾配が35度より急な斜面で発生している崩壊を表層崩壊と区分し、分類した。この分類をもとに、画像データに斜面補正を加え、崩壊深を考慮し、崩壊土砂量を算出した。崩壊深は、表層崩壊の場合は深さ3.5mと定義し、地すべりの場合はリモートセンシング画像から得られた崩壊のポリゴンを正方形(隣接する場合は、隣接するポリゴンの総面積の和の平方根をもつ正方形)の辺を地すべりの幅と定義し、深さを地すべり幅の1/8とし、球面状にすべり面が分布すると仮定し、算出した。

表1 1993年の地震により発生した崩壊の分級

	Surface Failure	Landslide
Conception		
Gradient of Groud surface	Steeper more than 35 degree	Gentle more than 35 degree
Failure phenomenon	Separation Fall	Mass slide along the slipsurface
Depth of failure	Max 3 to 4m	usually 1/7 to 1/8 of the slide width

図6に、上記区分によるウミ川流域の崩壊地分布図を示す。

その結果、表層崩壊の崩壊土砂量は 59,230,000m<sup>3</sup>、地すべりの崩壊土砂量は 65,160,000m<sup>3</sup>と計算され、93年の地震による崩壊土砂量は 124,390,000m<sup>3</sup>と算出される。



REMOTE SENSING AND  
 GEOGRAPHICAL INFORMATION  
 SYSTEM (GIS) ANALYSIS

図6

ウミ川流域崩壊地マップ

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

## 5. 流域からの年間流出土砂量の算定

前章で、1993年の地震により発生した崩壊面積と崩壊土砂量を算定した。しかし、これらの崩壊土砂量のすべてが1年間で流域に流出するわけではない。崩壊した土砂は、その一部が崖すい性堆積物や崩積土類などの2次堆積物として、新たな緩勾配の地形を形成し、その一部は流域に長い時間をかけて流出することになる。つまり、これらの崩壊や崩壊土砂は、新たに出現した裸地として、浸食や土壌流亡の過程を経て、流出していくことになる。

ウミ川のような流域面積約 703km<sup>2</sup> の規模をもつ河川での流出土砂量と河床変動についての問題は、河床変動計算や土砂移動シミュレーションの計算を必要とする。しかし、これらの手法は、多くの流量観測や種々のパラメータなどの検討が必要で、いずれも厳密に再現することは困難に近い。まして、ウミ川の状況を考えると、多大な時間と経費を要す。そこで、本検討では溪流における年間の土砂流出量の考え方を適用する。この考え方は、これらの土砂が定常的に流域に流入し、流水の力により流出するという考え方である。この考え方にに基づき、流域内からの流出土砂量を算定する。

一般に、溪流の流出土砂量(E)は下記のように、表現することができる。

$$E = E_s + E_f + E_{se} \text{ ----- (1)}$$

このとき、E:年間流出土砂量

E<sub>s</sub>:年間表面浸食量

E<sub>f</sub>:年間崩壊土砂量

E<sub>se</sub>:年間溪岸浸食量で表すことができる。

### (1) 年間表面流出量

年間表面浸食量は、森林、崩壊地、草地などにより、その平均的な浸食量を積算し、求める方法でアメリカ山林局がまとめた下記の USLE 式が最も知られている。

$$E_s = FR \left( \frac{S}{10} \right)^{0.9} \left( \frac{L}{72.6} \right)^{0.35} \left( \frac{P}{1.375} \right)^{1.75}$$

このとき E<sub>s</sub>:年間浸食量

F:基本浸食量

R:植生地被係数

S:勾配

L:斜面長

P:雨量

今回の解析では、ランドサットデータの画像とGISに入力した地形情報により、USLE式に基づいて算出した。

USLE式を適用するに当たっての前提条件は以下のとおりである。

F:基本侵食量	……	現地調査より当地における基本侵食量を12.7mm/Yrと設定
R:植生地被係数	……	森林は0.003, 崩壊地は1.0を適用
S:斜面勾配	……	1/250,000 地形図をデジタル化し, 30mメッシュの斜面勾配を算出
L:斜面長	……	30m/cos(30mメッシュ内の斜面勾配)を適用
P:雨量	……	Gusapにおける1994年の雨量1718mmを適用

USLE式を適用して算出した1994年の年間表面侵食量( $E_s$ )は、以下のとおりである。

$$E_s = 1,941,000 \text{ m}^3$$

この侵食量は、ウミ川・ウフィム川合流点より上流の流域全体で、平均2.86mmの侵食量に相当する。

## (2) 年間崩壊土砂量

年間崩壊土砂量については、以下の2項の理由により、今回の検討では無視する。

第1は、(1)式があくまで溪流を対象とし、約703km<sup>2</sup>の流域に適用するには崩壊土砂が全て1年以内に流出することになるなど矛盾が生じること。

第2は、94年と96年のランドサットデータを用い、雲により被覆されていない地域での地震後の新たな崩壊の発生(波及)と崩壊地の植生回復を比較したところ、表2に示すように、植生回復地が新規崩壊箇所の約倍に及んでいることである。このことは、ランドサットの精度を考慮しても、この項は十分無視できることを示している。

表2 植生回復と新規崩壊

比較検討流域	検討流域 (km <sup>2</sup> )	流域全体換算 (km <sup>2</sup> )
	290.167	703.15
1994年, 1996年とも崩壊地である地域	4.379	10.612
1994年時点で崩壊地であったものが1996年は植生が回復した地域	2.588	6.272
1994年時点で森林であったものが1996年は崩壊地に変化した地域	1.354	3.28

(3) 年間溪岸浸食量

年間溪岸浸食量については、流域全体の本流、支流の縦断勾配を GIS 上で作成し、土砂の流下形態を考慮して、溪床勾配が0から3度未満、3度から10度未満、10度から15度未満、15度から30度未満、30度以上の5地区に区分した。その5分類の総延長について、水理公式集から溪岸浸食幅を各々 0, 1, 3, 12, 15 cmと仮定し、浸食高さを 0.5 m とし、年間溪岸浸食量を求めた。

図7に、ウミ川河道勾配図を示す。

算出結果は、以下のとおりである。

$$E_{se} = 28,000 \text{ m}^3$$

(4) ウミ川流域の年間流出土砂量

1), 2)より、ウミ川流域の 1994 年での年間流出土砂量は、以下のとおりとなる。

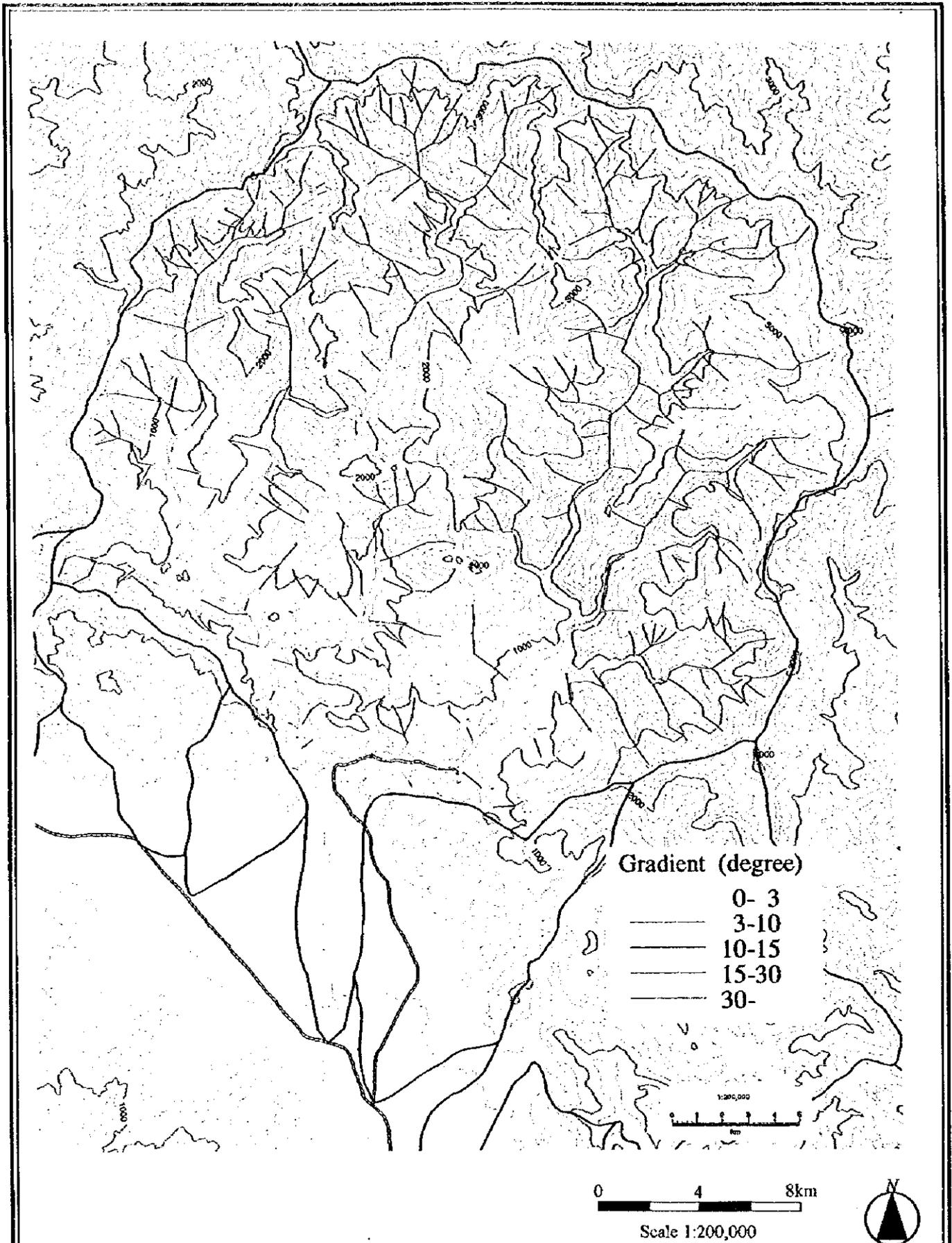
$$E = E_s + E_{se} = 1,969,000 \text{ m}^3$$

すなわち流域からの年間流出土砂量は 1,969,000 m<sup>3</sup> である。

6. 植生復興状況

一般に、熱帯雨林地域での表層崩壊の場合、植生回復の速度は非常に速い。このことは、この地域が過去から定常的に地震に見舞われているにもかかわらず、地震直前の 1993 年の衛星画像で崩壊地が少なく流域のほとんどが森林で被覆されていることから推察される。

本項では、地震による植生の回復状況を、地震後の 1994 年と 1996 年の衛星画像より検討した。



REMOTE SENSING AND  
GEOGRAPHICAL INFORMATION  
SYSTEM (GIS) ANALYSIS

図7

ウミ川河床勾配分級図

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

## (1) NDVI (植生指標) の算定

植物は健全であれば緑の波長を持ち、可視域の赤色光域で小さく近赤外域で強い反射を示す。さらに、葉の活性が低下した場合には赤色光の反射が強くなり、近赤外での反射が小さくなる。また、樹木等の植物が十分に生育して地表を覆うと、土壌からの赤色光の反射が減り、植物からの近赤外光の反射が増加する。よって、このような性質から、近赤外と赤色のセンサを用いた植生の活力状況を示す算出式(NDVI)が提案され、植物の活性状況を示す指標として国際的に知られている。

$$NDVI = (\text{近赤外} - \text{赤}) / (\text{近赤外} + \text{赤})$$

本調査では、地震後 2 時期の衛星画像の大気補正を行い、同条件で 2 時期の画像の比較を行うことのできる画像に変換し、NDVI を算出した。

## (2) 植生回復状況の把握

PNG における崩壊後の NDVI の回復過程の予測にはミッチャーリットによる植生回復予測式を用いた。

$$\Delta NDVI = M(1 - e^{-kt}) + NDVI_0$$

t: 植生回復開始後の経過時間

M: NDVI の最大変動幅

k: 回復速度に関する定数

NDVI<sub>0</sub>: 崩壊直後の NDVI 値

この式は、木本の平均胸高直径や平均樹高の生長曲線式としてよく用いられる(南雲(1987))。

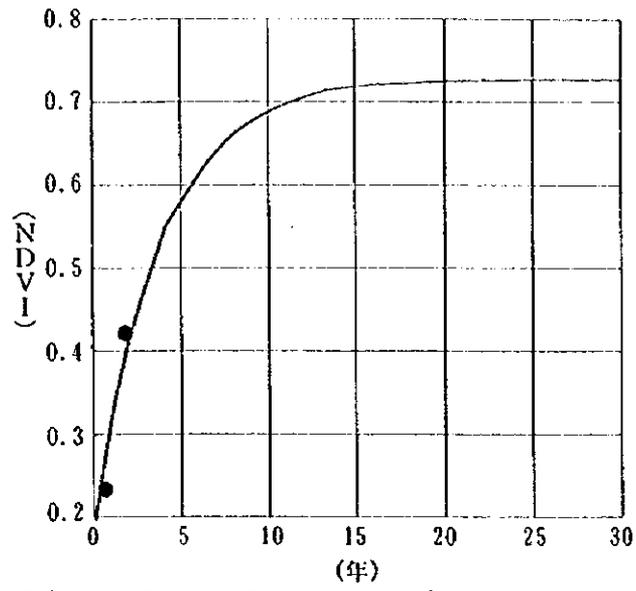
前提条件:

t …… 0.75(1994年7月) 1.50(1996年4月)

M …… 0.528 (森林の NDVI-崩壊地の NDVI)

NDVI<sub>0</sub> …… 0.228

計算によると、1993 年の地震により発生した崩壊地は、20 年後に NDVI 値が元の森林と同じような状態に戻るという結果が得られる。このため、崩壊地からの流出土砂は 10 年程度まで漸時低下し、20 年で地震前の状態に戻ると考察される。



回歸式：
$$\Delta NDVI = 0.228 + 0.528 * (1.0 - \exp(-0.26*t))$$

## 資料一6 参考資料リスト

番号	資料の名称	収集先又は発行機関
	<b>開発計画</b>	
1	1997年度政府開発予算に対する歳出見積	NPO, 1997
2	1997年度政府及び地方政府の歳入・歳出見積	NPO, 1997
3	1997年度予算書	NPO, 1997
4	中期開発計画 1997 - 2002	NPO, 1997
5	社会基盤開発計画	DOTW
6	1990年運輸年鑑	DOT, 1990
7	運輸政策に関わる白書	DOT, 1992
	<b>環境</b>	
8	道路橋梁分野の環境が伴う	DEC, 1996
9	環境対策指針	DEC
	<b>プロジェクト関連資料</b>	
10	邦国道改修計画の最終報告書	DOTW, 1996
11	橋梁架替・改修計画の事業実施計画書	DOTW, 1996
12	ハイランド国道橋梁架替計画の予備検討書	DOTW, 1993
	<b>技術資料</b>	
13	PNG国耐震設計指針	DOTW, 1985
14	道路設計指針	DOTW, 1994
15	道路・橋梁建設示方書	DOTW, 1995
16	地方道路排水設計マニュアル	DOTW
17	洪水算定マニュアル	DEC, 1990
18	橋梁設計指針	DOTW, 1992
19	水路設計指針	DOTW, 1994
20	ハイランド・ニューギニアの気候	NMB, 1983
21	マカハ溪谷の資源・農業ポテンシャル調査書	DA, 1973
	<b>その他</b>	
22	PNGの植生図	DA, 1975
23	航測写真, 縮尺 = 1/25,000, 1975	NMB, 1975
24	航測写真, 縮尺 = 1/36,000, 1973	NMB, 1973





JICA