

2005년 한·일 GIS도로사면 관리세미나

2005 Korea · Japan GIS Seminar of Slope Management on a Highway



**요고연에 있어서의 강우에 의한
도로궤애의 GIS에 의한 요인분석**

- 飯田智之(T. IIDA) 박사
(일본, GRI연구소)

Management of highway, national road on a cut slope in a localized torrential downpour (heavy rainfall) in Hyogo Pref..

효고현지방의 강우에 의한 도로재해의 GIS 요인분석

재단법인 지역지반환경연구소
이이다 도모유키 (Tomoyuki Iida)

일본에 있어서의 도로관리의 역사

1. 히다강 버스 전락 사고; 버스2대 토석류로 전복 104명 사망(1968)
↓
2. 재판에 의해 도로관리자 (국가, 국토교통성)의 관리 책임인정
↓
3. 전국에서 도로의 통행 규제 구간이나 통행 규제, 강우량이 결정된다.
↓
4. 통행 규제 구간이나 통행 규제 강우량의 재검토 (Computer, GIS, GPS)

도로관리를 위한 붕괴 예측의 과제

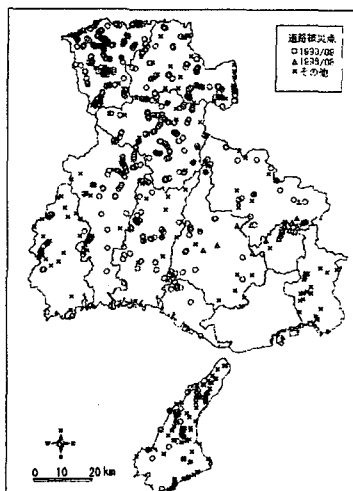
- 시간의 예측: 언제 붕괴될 것인가?
(= 한계강우량은?)
→ 통행 규제 시간의 결정
- 장소의 예측: 어디에서 붕괴될 것인가?
→ 통행 규제 구간의 선정

붕괴 예측의 방법

- 역학적 (이론적)방법
침투류 해석+안정 해석
(OKIMURA`s method etc.)
- 통계적 (경험적)방법
·과거의 실제의 붕괴 데이터의 통계
·붕괴의 주기성, 반복성을 전제로 한다.

통계적 (경험적)방법에 의한 붕괴 시간의 예측

효고현의 도로에서의 호우에 의한 붕괴(1989~1999년)



대표적인 강우지표 R

○ 대표적인 선형 강우지표

- 연속 강우량 : 총강우량, 일우량, 24시간우량, 1시간 우량
- 실효강우량: 반감기 1.5, 12, 24, 72시간실효우량
 $f(j) = \exp(-a \cdot j)$ (a: 반감기의 함수)
- 스네이크실효우량: 2종류의 반감기 실효우량의 선형화

이들의 선형 강우지표는 아래의 식으로 나타낼 수 있다.

$$R(i) = \sum r(i-j) f(j)$$

R(i): 시각 i 때의 강우지표치

r(i-j): 시각 i의 j시간 전의 강우강도(시간우량)

f(j): 응답 함수

응답 함수의 예

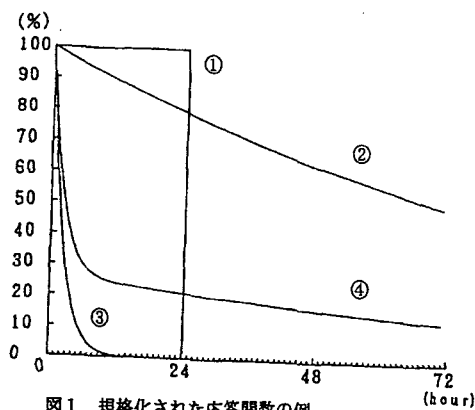
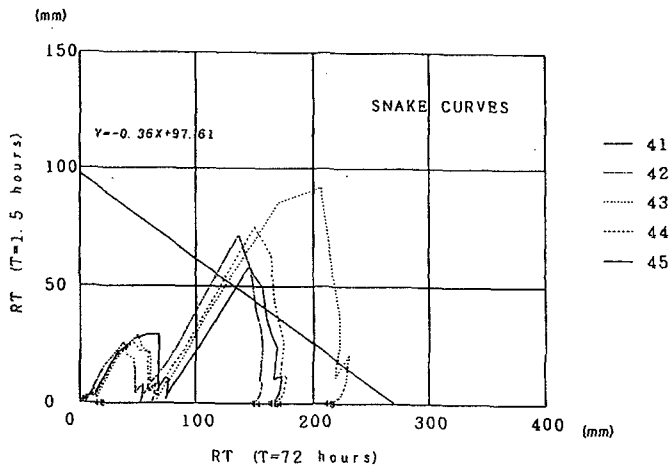


図1 規格化された応答関数の例

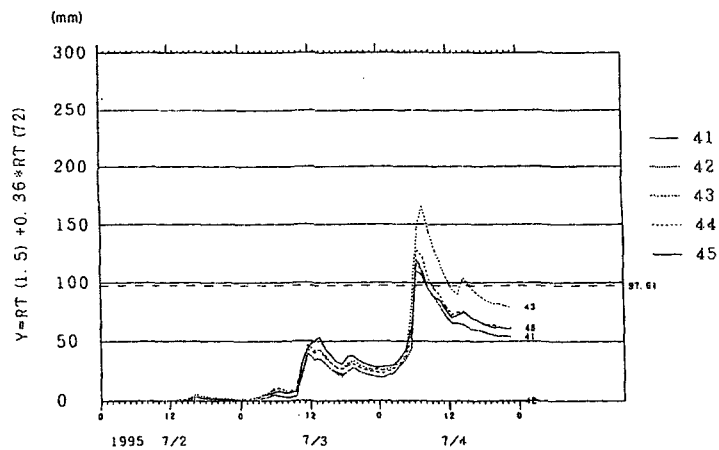
① 24時間雨量, ②半減期72時間実効雨量

③ 半減期1.5時間実効雨量, ④スネーク実効雨量

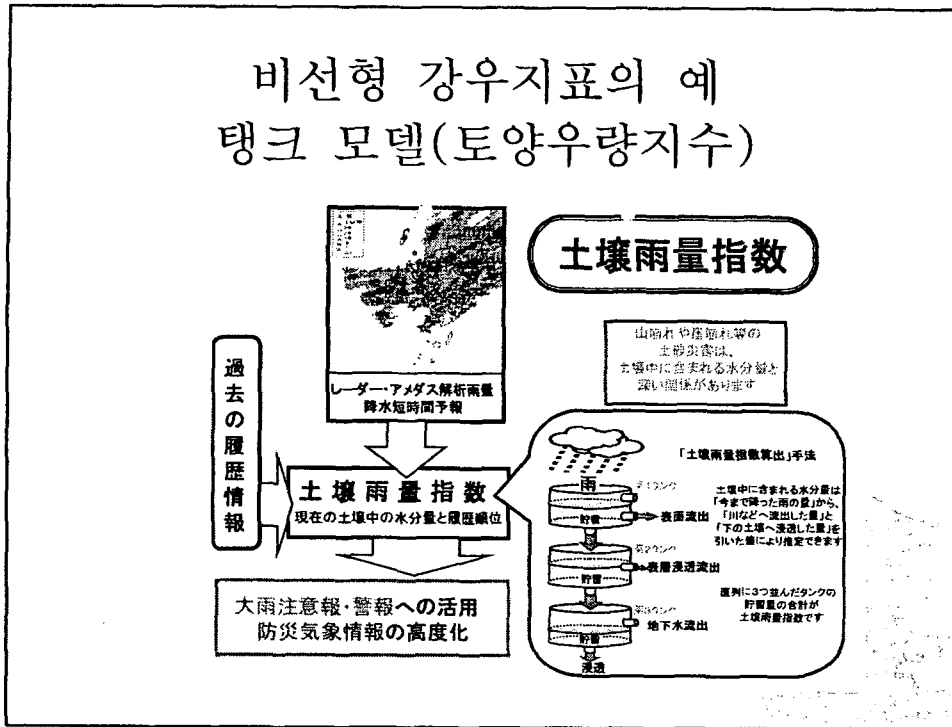
스네이크 곡선의 예



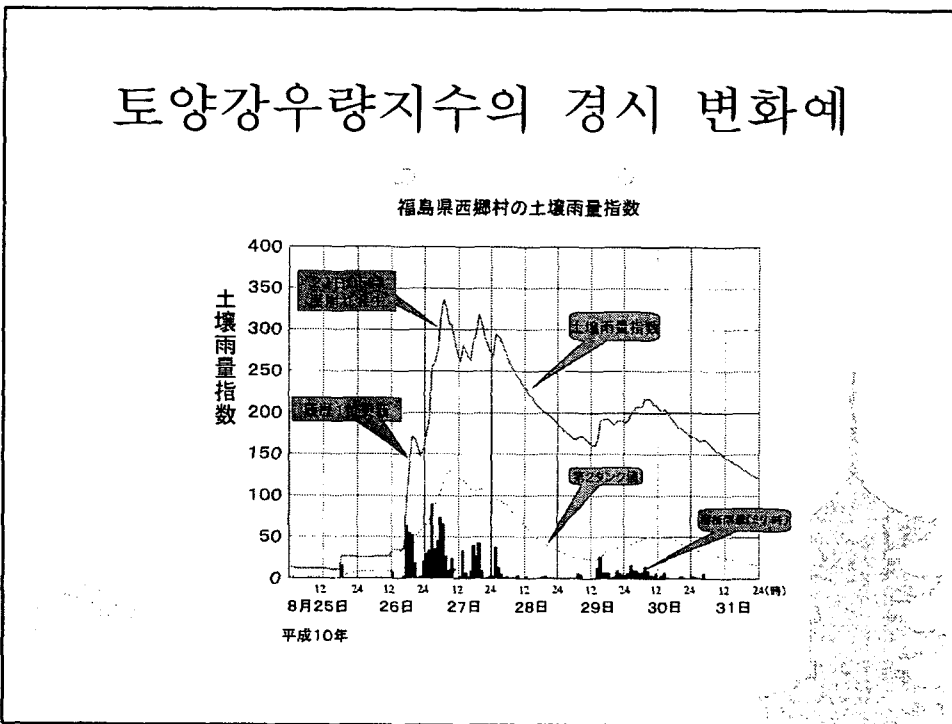
스네이크 실효우량의 예



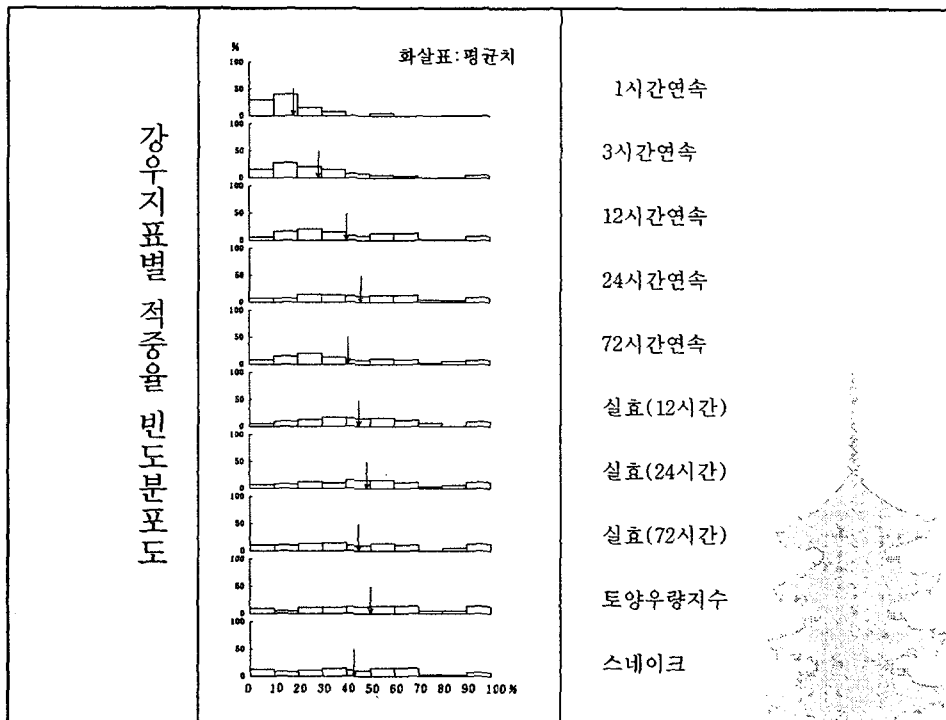
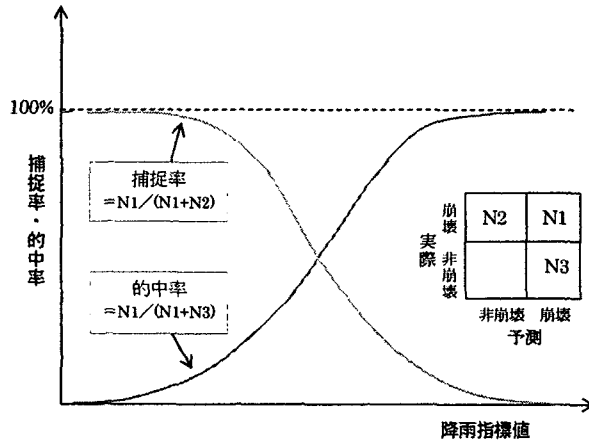
비선형 강우지표의 예 탱크 모델(토양우량지수)



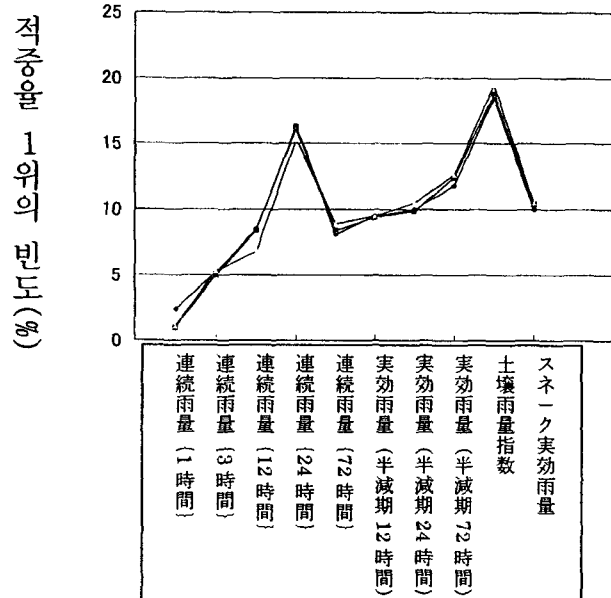
토양강우량지수의 경시 변화예



포착율과 적중율의 일반적 관계



적중율 1위의 강우지표별 빈도



통계적 (경험적)방법에 의한 붕괴 장소의 예측

중회귀 분석의 방법

- 중회귀 모델 $Y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_mx_m$ 에 의한 회귀 분석

n : 샘플수
m : 요인수

외적기준(분과 밀도등)의 실측 값 y 와 중회귀 모델로 의한 예측 값 Y 의 차이의 2승화가 최소(상관계수가 최대)가 되게, 각요인의 계수(무게) a_1, a_2, \dots 를 결정한다.

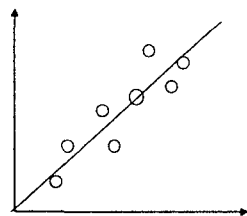
$Y_i = a_1x_{1i} + a_2x_{2i} + a_3x_{3i} + \dots + a_mx_{mi}$: 샘플 i 의 예측 값
 y_i : 실측 값

$$Q = (Y_i - y_i)^2 \Rightarrow \min$$

$$\partial Q / \partial a_j = 0 \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

중회귀 분석 개념도

y (실측치)

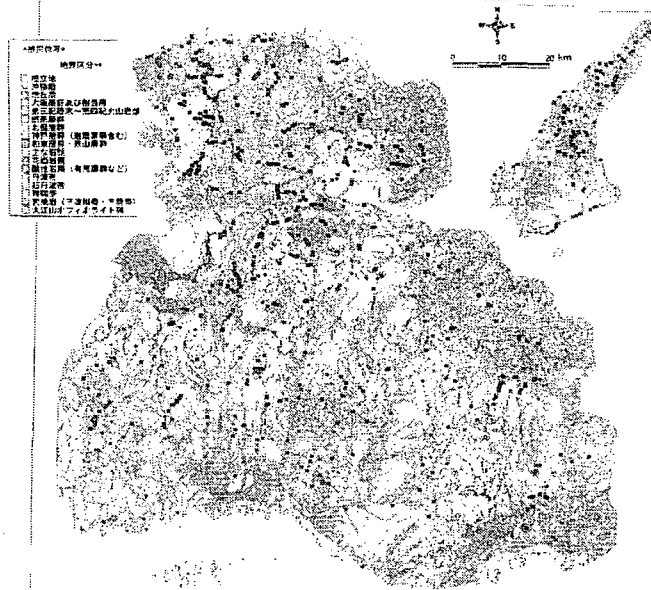


Y (예측치)

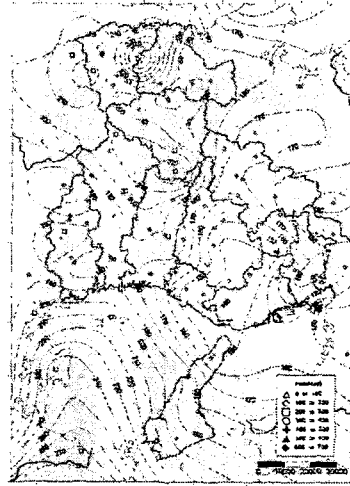
● 수량화 I 에 의한 중회귀 분석

정성적인 요인 (예를 들면 지질등)의 경우나 정량적인 요인(아이템)에서도 선형적인 관계가 기대되지 않을 경우에는, 요인을 카테고리(랭크)로 나누어, 각카테고리 (설명변수x)의 값으로서, 그 요인에 해당하는 경우를 1,그 이외의 경우를 0로 하는 더미변수를 채용한다.

효고현의 지질과 강우에 의한 도로재해 분포도 (1989-1999)

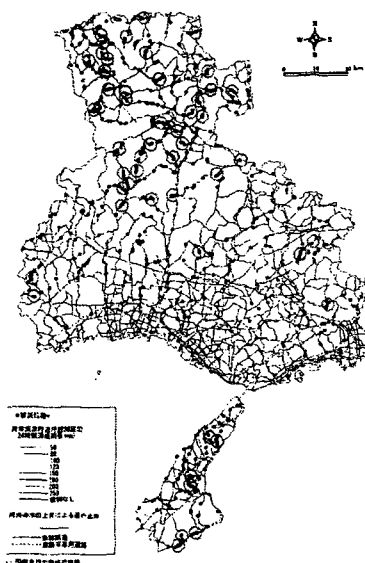


10년 확률 24시간 강우량분포도



10년 확률 24시간 강우량분포도 (1:10,000)

해석용 도로재해분포도 (○표시)



해석용 도로재해분포도 (○표시)

해석에 이용한 요인과 카테고리

a) 지질요인 (8카테고리)

1; 층적층, 2; 단구-오사카층군상당, 3; 제3기층-조래-북단지층군, 4; 고배층군, 이즈미층군등, 5; 화강암, 6; 아리마층 군등, 7; 단바-마이즈루대, 8; 변성암-오에야마-오피오라이트

b) 지형요인 (4카테고리)

1; 산-산: 도로의 양측이 산(사면) (골짜기의 밑바닥을 통하는 도로),
 2; 산-산골짜기: 도로의 한 쪽이 산, 다른 한 쪽이 산골짜기(산중턱의 도로),
 3; 산-평지: 도로의 한 쪽이 산, 다른 한 쪽이 평지(산기슭을 달리는 도로),
 4; 평지-평지: 도로의 양측이 평지(평지를 달리는 도로)

c) 평균 경사 요인 (5카테고리-)

1; ~30도, 2; 30~35도, 3; 35~40도, 4; 40~45도, 5; 45도 ~

d) 재해시최대 24시간 강우량요인 (4카테고리)

1; ~150mm, 2; 150~200mm, 3; 200~250mm, 4; 250mm ~

e) 수역(하천·바다·호수)요인 (2카테고리)

1; 없음, 2; 있음

f) 10년 확률 24시간 강우량 (4카테고리)

1; ~180mm, 2; 180~200mm, 3; 200~220mm, 4; 220mm ~

해석데이터 일람표

번	지역명	면적	인구	도로	지질	지형	경사	강우	수역	10년
1	100	1.1	100	100	100	100	100	100	100	100
2	101	1.2	101	101	101	101	101	101	101	101
3	102	1.3	102	102	102	102	102	102	102	102
4	103	1.4	103	103	103	103	103	103	103	103
5	104	1.5	104	104	104	104	104	104	104	104
6	105	1.6	105	105	105	105	105	105	105	105
7	106	1.7	106	106	106	106	106	106	106	106
8	107	1.8	107	107	107	107	107	107	107	107
9	108	1.9	108	108	108	108	108	108	108	108
10	109	2.0	109	109	109	109	109	109	109	109
11	110	2.1	110	110	110	110	110	110	110	110
12	111	2.2	111	111	111	111	111	111	111	111
13	112	2.3	112	112	112	112	112	112	112	112
14	113	2.4	113	113	113	113	113	113	113	113
15	114	2.5	114	114	114	114	114	114	114	114
16	115	2.6	115	115	115	115	115	115	115	115
17	116	2.7	116	116	116	116	116	116	116	116
18	117	2.8	117	117	117	117	117	117	117	117
19	118	2.9	118	118	118	118	118	118	118	118
20	119	3.0	119	119	119	119	119	119	119	119
21	120	3.1	120	120	120	120	120	120	120	120
22	121	3.2	121	121	121	121	121	121	121	121
23	122	3.3	122	122	122	122	122	122	122	122
24	123	3.4	123	123	123	123	123	123	123	123
25	124	3.5	124	124	124	124	124	124	124	124
26	125	3.6	125	125	125	125	125	125	125	125
27	126	3.7	126	126	126	126	126	126	126	126
28	127	3.8	127	127	127	127	127	127	127	127
29	128	3.9	128	128	128	128	128	128	128	128
30	129	4.0	129	129	129	129	129	129	129	129
31	130	4.1	130	130	130	130	130	130	130	130
32	131	4.2	131	131	131	131	131	131	131	131
33	132	4.3	132	132	132	132	132	132	132	132
34	133	4.4	133	133	133	133	133	133	133	133
35	134	4.5	134	134	134	134	134	134	134	134
36	135	4.6	135	135	135	135	135	135	135	135
37	136	4.7	136	136	136	136	136	136	136	136
38	137	4.8	137	137	137	137	137	137	137	137
39	138	4.9	138	138	138	138	138	138	138	138
40	139	5.0	139	139	139	139	139	139	139	139
41	140	5.1	140	140	140	140	140	140	140	140
42	141	5.2	141	141	141	141	141	141	141	141
43	142	5.3	142	142	142	142	142	142	142	142
44	143	5.4	143	143	143	143	143	143	143	143
45	144	5.5	144	144	144	144	144	144	144	144
46	145	5.6	145	145	145	145	145	145	145	145
47	146	5.7	146	146	146	146	146	146	146	146
48	147	5.8	147	147	147	147	147	147	147	147
49	148	5.9	148	148	148	148	148	148	148	148
50	149	6.0	149	149	149	149	149	149	149	149
51	150	6.1	150	150	150	150	150	150	150	150
52	151	6.2	151	151	151	151	151	151	151	151
53	152	6.3	152	152	152	152	152	152	152	152
54	153	6.4	153	153	153	153	153	153	153	153
55	154	6.5	154	154	154	154	154	154	154	154
56	155	6.6	155	155	155	155	155	155	155	155
57	156	6.7	156	156	156	156	156	156	156	156
58	157	6.8	157	157	157	157	157	157	157	157
59	158	6.9	158	158	158	158	158	158	158	158
60	159	7.0	159	159	159	159	159	159	159	159
61	160	7.1	160	160	160	160	160	160	160	160
62	161	7.2	161	161	161	161	161	161	161	161
63	162	7.3	162	162	162	162	162	162	162	162
64	163	7.4	163	163	163	163	163	163	163	163
65	164	7.5	164	164	164	164	164	164	164	164
66	165	7.6	165	165	165	165	165	165	165	165
67	166	7.7	166	166	166	166	166	166	166	166
68	167	7.8	167	167	167	167	167	167	167	167
69	168	7.9	168	168	168	168	168	168	168	168
70	169	8.0	169	169	169	169	169	169	169	169
71	170	8.1	170	170	170	170	170	170	170	170
72	171	8.2	171	171	171	171	171	171	171	171
73	172	8.3	172	172	172	172	172	172	172	172
74	173	8.4	173	173	173	173	173	173	173	173
75	174	8.5	174	174	174	174	174	174	174	174
76	175	8.6	175	175	175	175	175	175	175	175
77	176	8.7	176	176	176	176	176	176	176	176
78	177	8.8	177	177	177	177	177	177	177	177
79	178	8.9	178	178	178	178	178	178	178	178
80	179	9.0	179	179	179	179	179	179	179	179
81	180	9.1	180	180	180	180	180	180	180	180
82	181	9.2	181	181	181	181	181	181	181	181
83	182	9.3	182	182	182	182	182	182	182	182
84	183	9.4	183	183	183	183	183	183	183	183
85	184	9.5	184	184	184	184	184	184	184	184
86	185	9.6	185	185	185	185	185	185	185	185
87	186	9.7	186	186	186	186	186	186	186	186
88	187	9.8	187	187	187	187	187	187	187	187
89	188	9.9	188	188	188	188	188	188	188	188
90	189	10.0	189	189	189	189	189	189	189	189

요인별 카테고리 weight

(도로상부의 사면붕괴 대상)

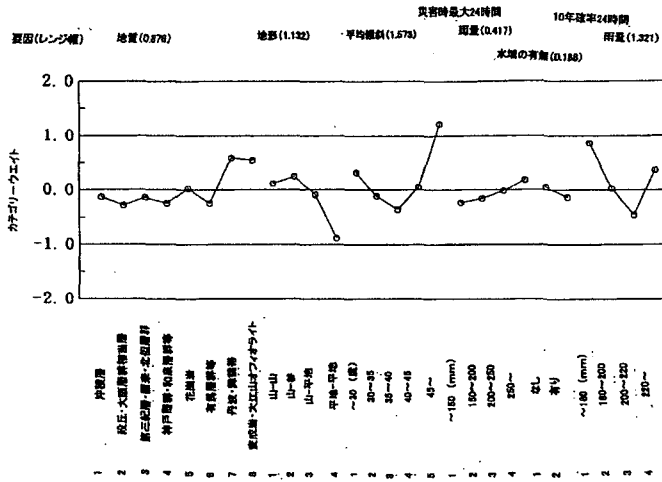
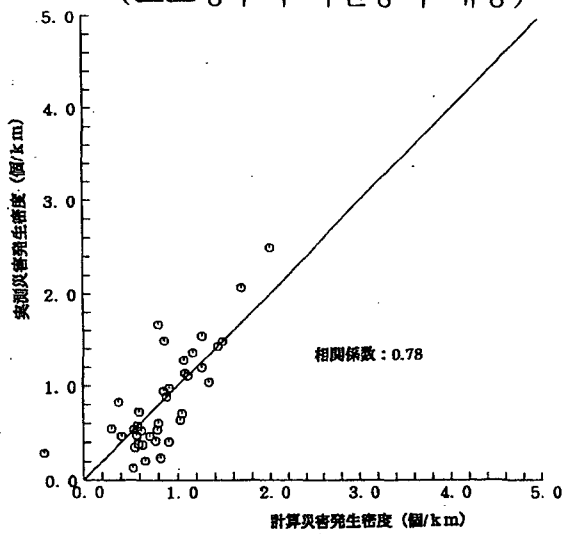


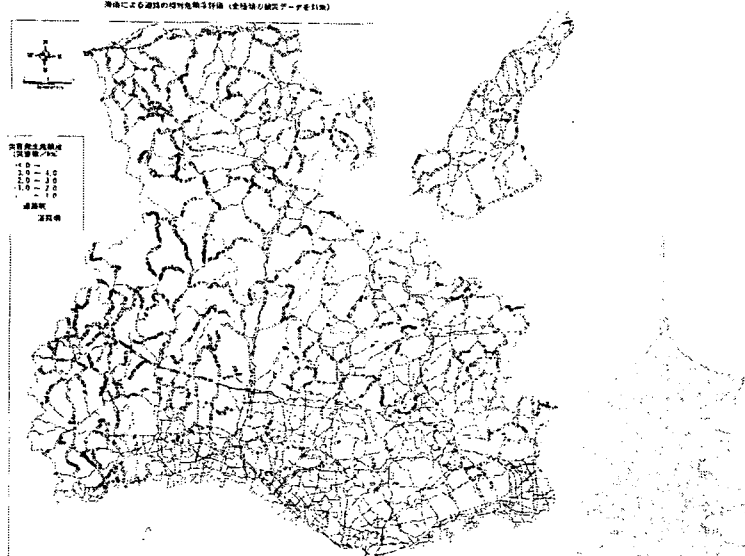
图 3.1.4 道路上部斜面の場合の 카테고리-웨이트 분포图

재해발생 밀도의 계산치와 실측치 상관도

(도로상부의 사면붕괴 대상)



강우에 의한 도로재해 위험도 평가도 (도로상부의 사면붕괴 대상)



정밀도향상의 과제

(1) 우량계의 증설 및 강우량 정보수집·해석·제공 시스템화

사면재해는 국소적인 집중호우에 의해 발생하는 케이스가 많기 때문, 많은 경우 수km단위로 설치되는 규제 구간에 적어도 하나의 우량계를 설치하고, 그 데이터에 의해 규제를 실시하는 것이 필요하다. 효고현에서는, 그 방향에서 우량계의 증설과 강우량 정보수집 시스템 작성을 실시하고 있다. 또한, 실제의 통행 규제(운용)에 즈음해서는, 안전을 고려해서 실적강우량뿐만 아니라 기상청등에 의한 단시간 및 광역적 강우예측 정보를 활용하는 것이 바람직하다.

(2) 강우에 의한 도로재해정보의 데이터베이스화

도로재해자료로서 과거 11년간의 상기의 도서를 이용했지만, 질적·양적으로 충분하지 않다. 그 때문에, 실제의 도로재해발생 직후에, 1)정확한 재해발생 위치(1/2500대축척지도, GIS/GPS 등활용)와 상세재해발생 상황(디지털 사진이용), 2)정확한 재해발생 시각과 그 이전의 강우량 데이터(선행 강우의 영향을 고려하여, 적어도 2주일전부터의 일강우량 및 24시간전부터의 시간강우량, 가능하면 10분간 강우량), 3)도로구조나 시공년도등의 귀중한 데이터를 집적하는 시스템 만들기를 실시중이다.

(3) 도로통행 규제 운용 실적의 데이터베이스화

상기의 도로재해의 보충율이나 적중율은 운용 실적에 의해 변화되기 때문에, 적당한 기간마다 도로통행 규제 구간이나 규제 기준강우량의 재검토가 필요한 것은 말할 필요도 없고, 앞으로의 운용 실적정보가 일원적으로 데이터베이스화될 예정이다.