

# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

-大分県佐伯市の集落を中心として-

大分大学大学院工学研究科博士前期課程 建設工学専攻  
佐藤誠治・小林祐司建築・都市計画研究室

金 大 一



# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

—大分県佐伯市の集落を中心として—

第一章. 序論

## 背景

旧南海部郡: きゅうみなみあまべぐん

地域において災害に対する安全性の評価が注目されている

地域機能の遮断は、避難及び救援活動の迅速な対応を妨げ、災害に対する脆弱度を露呈する

佐伯市は旧佐伯市と旧南海部郡の5町3村が合併により市全体が広域化

地域や集落における自然災害に対する安全性が問題視されている

## 目的

災害時

- ① 災害発生箇所からの防災関連施設へのアクセス性
- ② 避難場所への最短経路の導出
- ③ 災害発生時に孤立する恐れのある集落の特性を明らかにする
- ④ 危険度の高い集落においては詳細なシミュレーションを行う

課題把握

# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

－大分県佐伯市の集落を中心として－

## 調査対象地について



### (1) 位置

大分県の南東部に位置し、北は津久見市、西は臼杵市及び豊後大野市、南は宮崎県境に接しています

### (2) 面積

平成17年3月、旧佐伯市と旧南海部郡の5町3村が合併し、現在の佐伯市となった。面積は約903k㎡で、九州一広い市である。

### (3) 人口

佐伯市行政区別人口動態（平成20年3月31日現在）は81,587人であり、65歳以上の人が人口に占める割合（高齢化率）は、佐伯及び弥生、米水津地域を除いて35%を超えており、年々、高齢化が進行している。

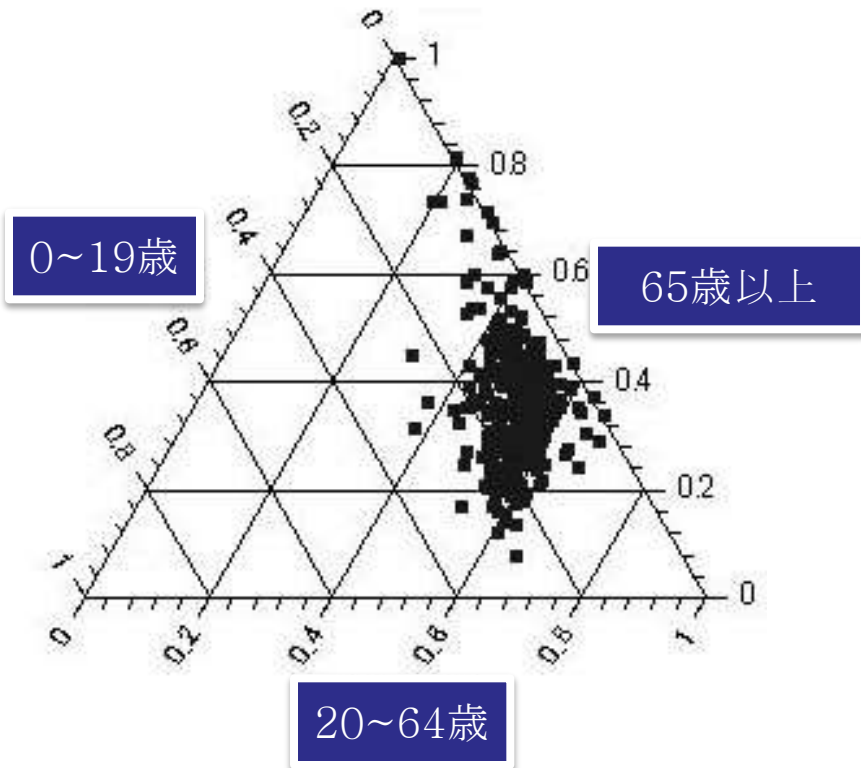
	佐伯	上浦	弥生	本匠	宇目	直川	鶴見	米水津	蒲江	合計
人口（人）	48,838	2,452	7,489	1,884	3,472	2,734	3,848	2,337	8,533	81,587
世帯数	20,353	1,014	2,646	725	1,365	1,042	1,636	873	3,388	33,042
高齢者数（人）	12,887	953	2,111	740	1,419	1,002	1,407	771	3,069	24,359
高齢化率（%）	26.39	38.87	28.19	39.28	40.87	36.65	36.56	32.99	35.97	29.86

佐伯市行政区別人口動態調査表（平成20年3月31日現在）

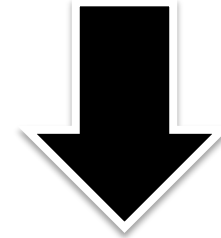
# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

—大分県佐伯市の集落を中心として—

人口分布分析



佐伯市行政区別人口動態調査表を用いて295集落の人口構成を整理する

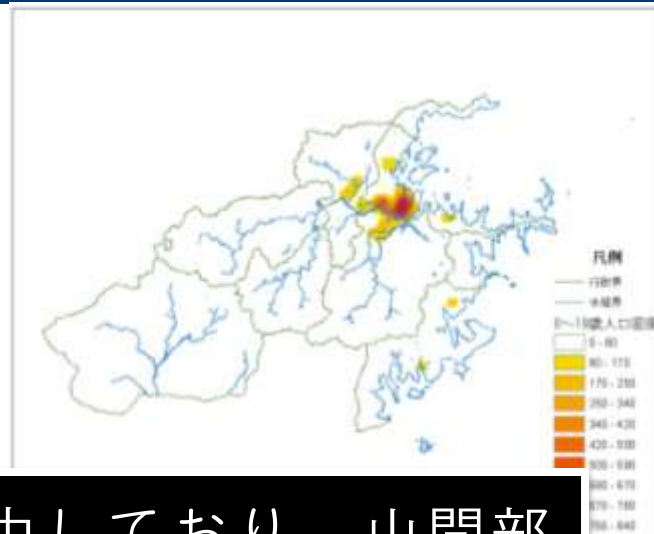
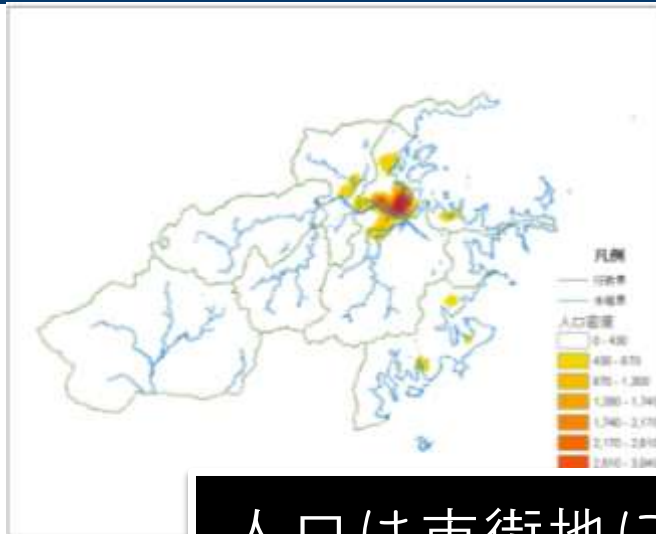


全体的に19歳以下の割合が少なく、少子高齢化が顕著であることが明らかである

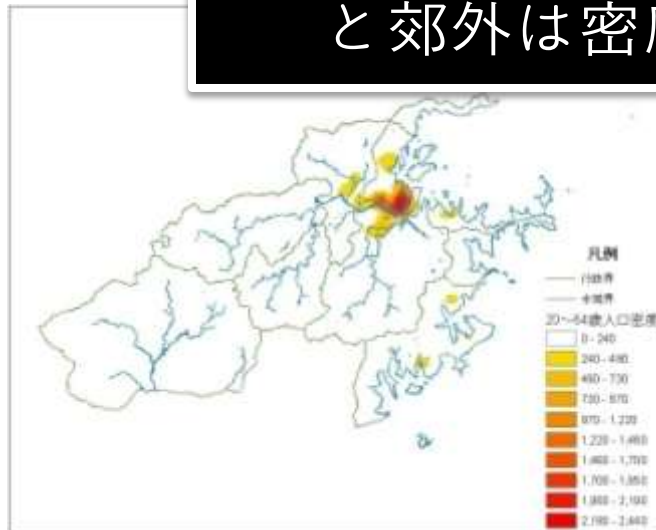
# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

-大分県佐伯市の集落を中心として-

人口密度



人口は市街地に集中しており、山間部と郊外は密度が低くなっている



20~64歳人口密度



65歳以上人口密度

# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

－大分県佐伯市の集落を中心として－

## 避難計画分析

### 避難施設と人口

GIS上の全避難施設					
地区	個数	収容人数の合計	平均収容人数	人口	充足率 (%)
佐伯	146	29522	202	48838	60.4
上浦	18	4900	272	2452	199.8
弥生	45	1275	29	7489	17.0
本匠	18	840	47	1884	44.6
宇目	39	3730	96	3472	107.4
直川	18	2620	146	2734	95.8
鶴見	23	2240	97	3848	58.2
米水津	17	8404	494	2337	359.6
蒲江	38	7160	188	8533	83.9
全域	362	60691	175	81587	74.4

佐伯市全域:361箇所

収容人数:60,691人

収容人数が100人以上:136箇所

充足率:人口に対する避難施設の  
収容人数の割合

### 避難施設と人口(収容人数100人以上の場合)

収容人数が100人以上の避難施設					
地区	個数	収容人数の合計	平均収容人数	人口	充足率 (%)
佐伯	55	24330	442	48838	49.8
上浦	10	4500	450	2452	183.5
弥生	1	130	130	7489	1.7
本匠	2	350	175	1884	18.6
宇目	10	1930	193	3472	55.6
直川	9	1900	211	2734	69.5
鶴見	4	1200	300	3848	31.2
米水津	14	8244	589	2337	352.8
蒲江	31	6850	221	8533	80.3
全域	136	49434	301	81587	60.6

弥生:避難施設も充足率も低い

本匠、直川、鶴見:避難施設が少ない

米水津:施設は少ないが収容力のある施設  
が多数存在するため充足率が高い



避難施設が各地域に、各集落にあることは  
確かだが、避難や救助ということを考えた  
際に機能しない可能性が高い施設が多い

# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

—大分県佐伯市の集落を中心として—

危険箇所



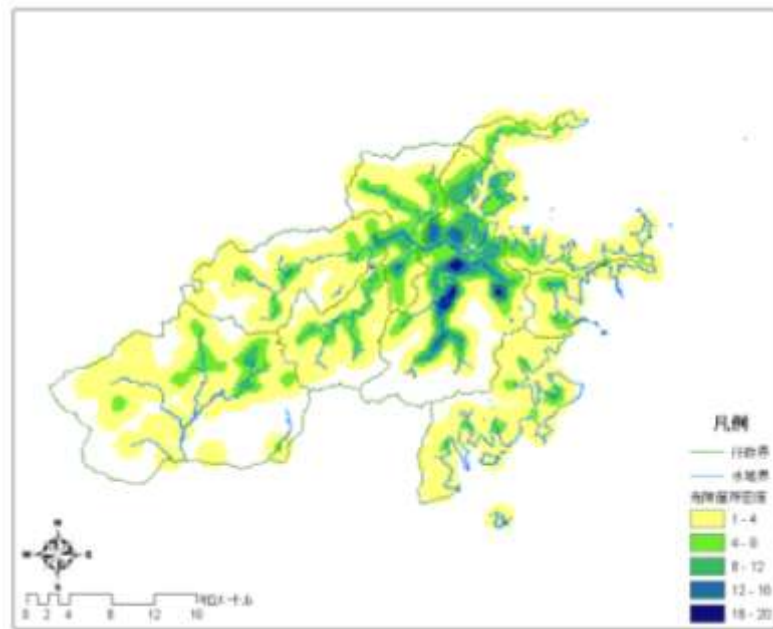
佐伯市全体防災地図

佐伯市全体の防災地図（21枚）

危険箇所（土石流、急傾斜地崩壊、地すべりなど）

GISにポイントでプロット

2345箇所



危険箇所密度





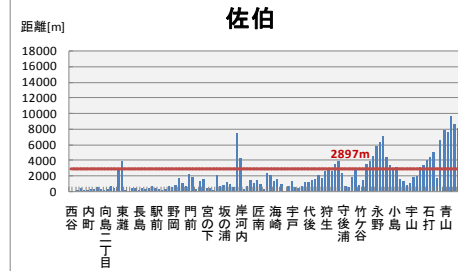
# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

—大分県佐伯市の集落を中心として—

## ネットワーク分析

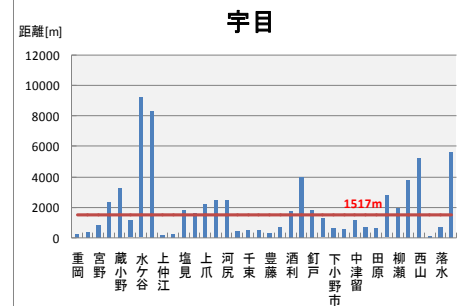
### 集落と病院間の距離的關係

全体平均距離は2,897mで、特に宇目が最も長く、距離の開きが大きい。  
これは地域内に病院が一つしかないためで本匠も同様である



### 集落と避難施設間の距離的關係

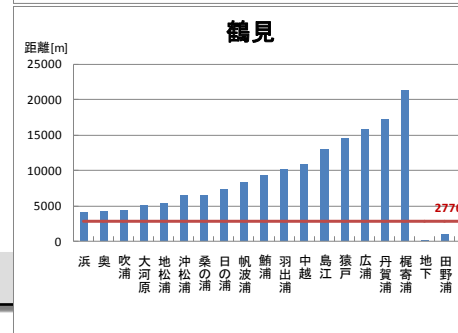
全体の平均距離は1,517mで、本匠が最も長く、上浦、宇目の順が続いている



### 集落と主要幹線道路間の距離的關係

主要幹線道路は佐伯市にある4本の道路で、島に関しては、島の中の最も近い港に置き換えて分析する

全体の平均距離は2,776mであって、本匠、鶴見、米水津で距離が長い



佐伯、弥生、直川、蒲江、はどの防災拠点間へも約5km以下と長く、最大距離は10km以下がほとんどである。本匠、宇目、鶴見は地域の佐伯市全体の最大距離をとっている場合が多い。全体的に、避難施設までの距離は短く、幹線道路までの距離は広がり最も顕著に表れている。

# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

－大分県佐伯市の集落を中心として－

## 道路閉塞シミュレーションの方法

### 危険箇所密度より高危険評価集落の抽出

- ・行政人口とネットワーク分析を用いた主成分分析を行い、それによって得られた高危険評価値を持つ各集落を道路閉塞評価実験の対象として抽出する

### 道路閉塞評価の構築

- ・危険箇所密度が高い集落の主成分分析
- ・道路ネットワークの整備状況や幅員の構成データ、危険箇所密度、集落から病院と避難施設まで距離等の地域的構造物に着目した評価の構築作業

### 道路閉塞シミュレーション

- ・高危険評価集落の各種データを用いて、危険箇所を選定し、
- ・高危険評価値箇所を閉塞ポイントとして位置付けた、道路避難シミュレーションを実施

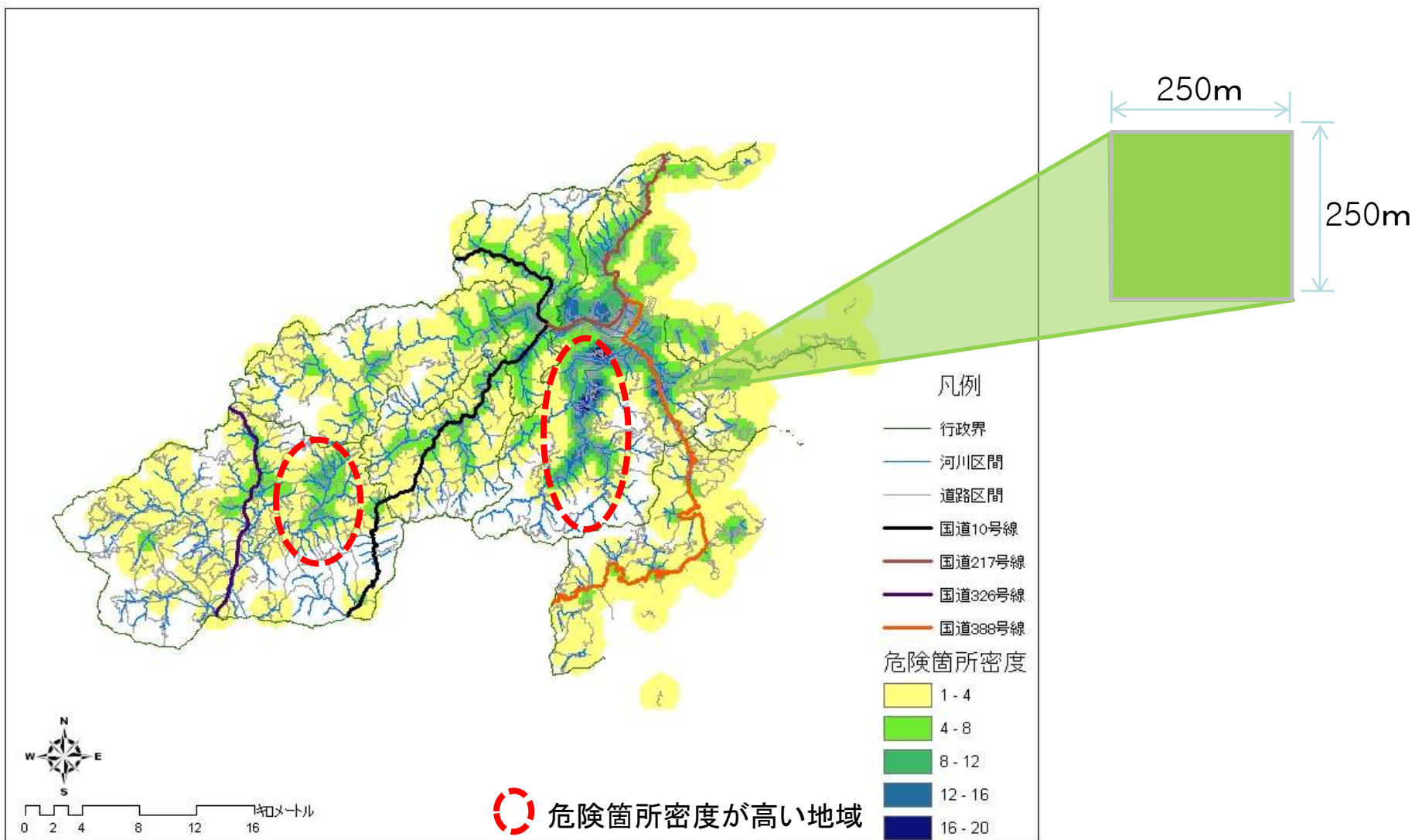
### 総合評価

- ・主成分分析結果及び道路閉塞評価実験を基に災害懸念地域の選定
- ・該当地域住民に対する防災意識調査の実施

# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

-大分県佐伯市の集落を中心として-

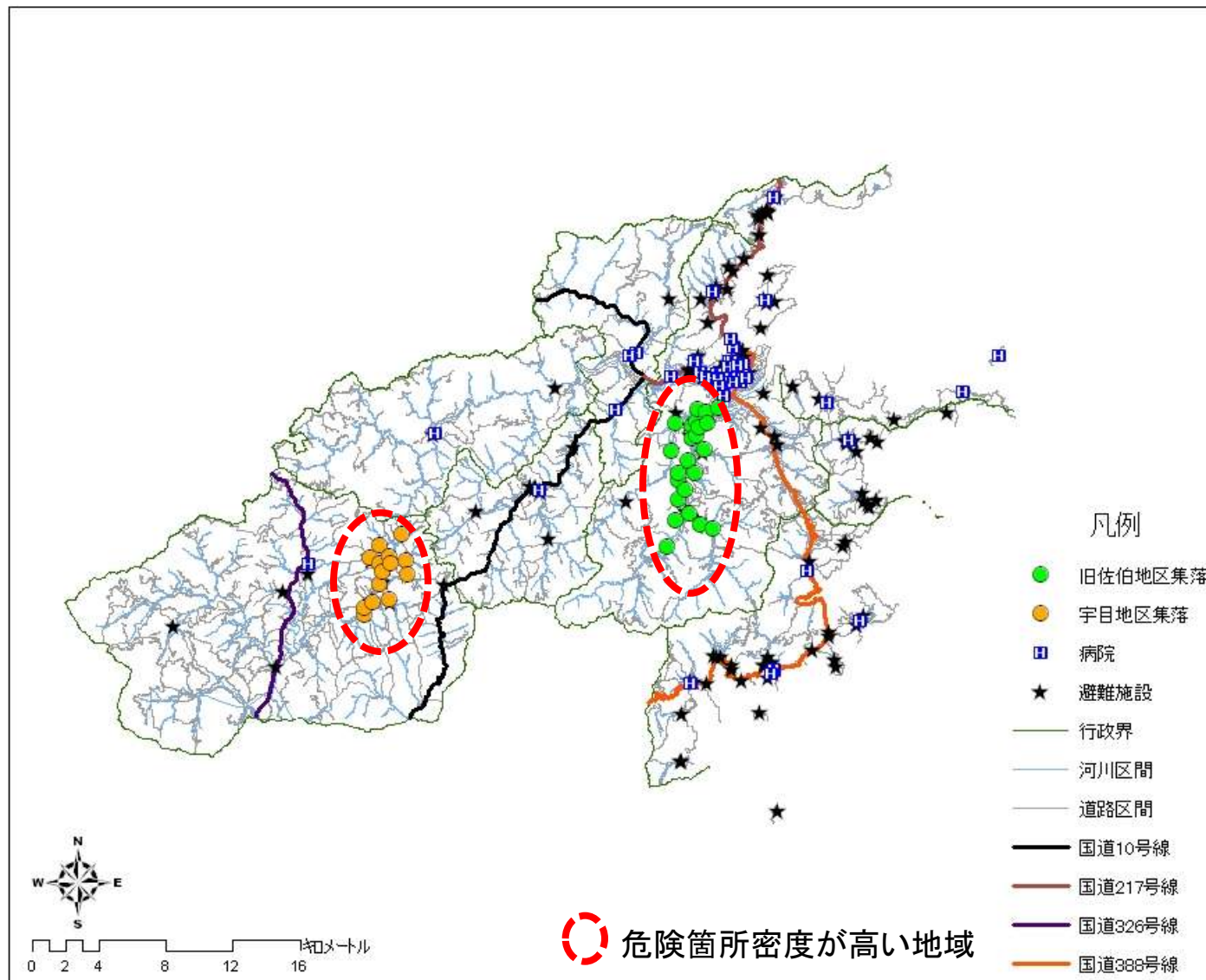
対象地域選定



# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

—大分県佐伯市の集落を中心として—

対象地域選定

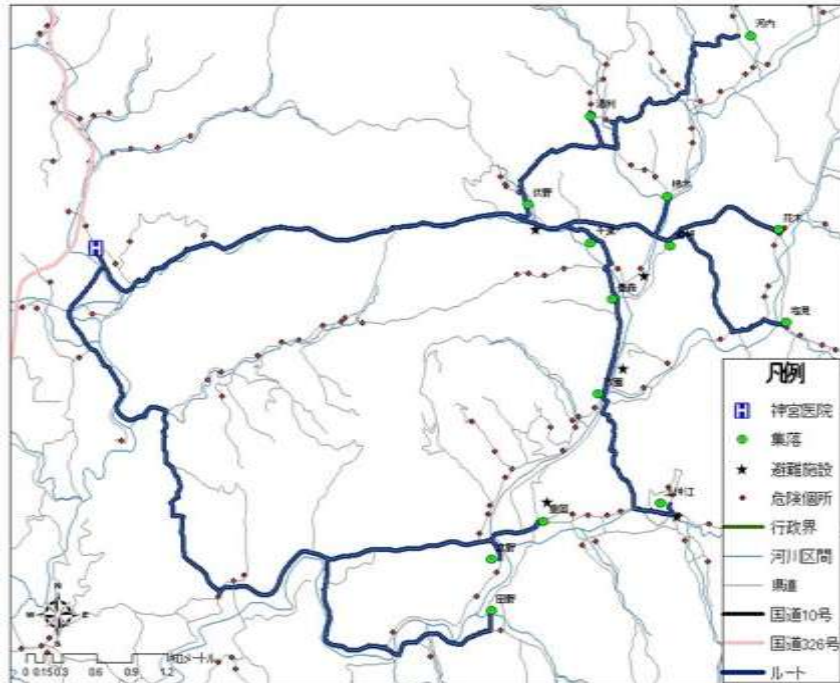


# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

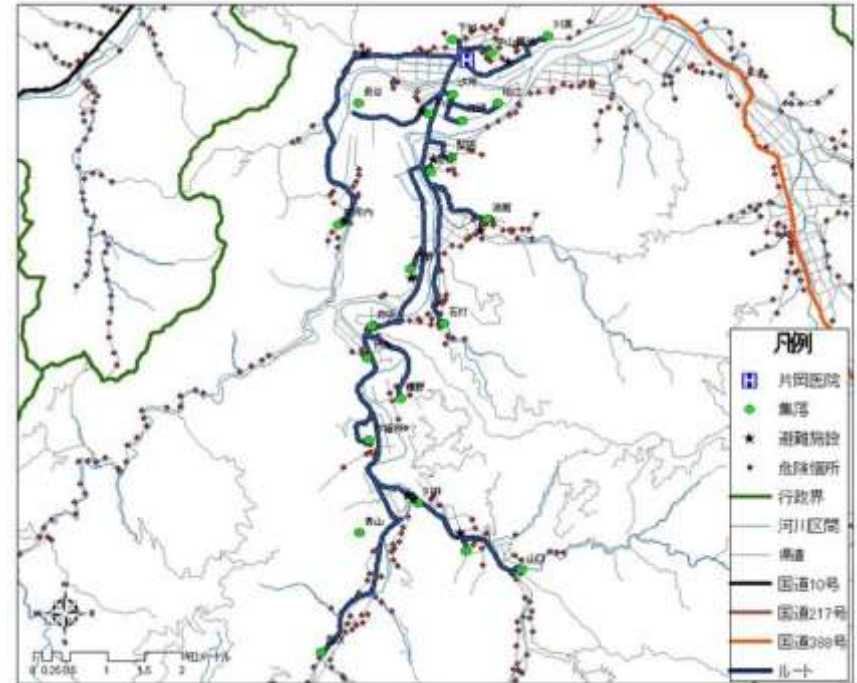
—大分県佐伯市の集落を中心として—

集落から最寄りの病院

宇目地区  
神宮医院



旧佐伯市地区  
片岡病院



宇目地区は病院が一つしかないので距離的にほとんどの集落から遠く、交通便も良くない

旧佐伯地区は佐伯市中心部と接している集落が多いが、山間部は病院までの距離が最も遠い

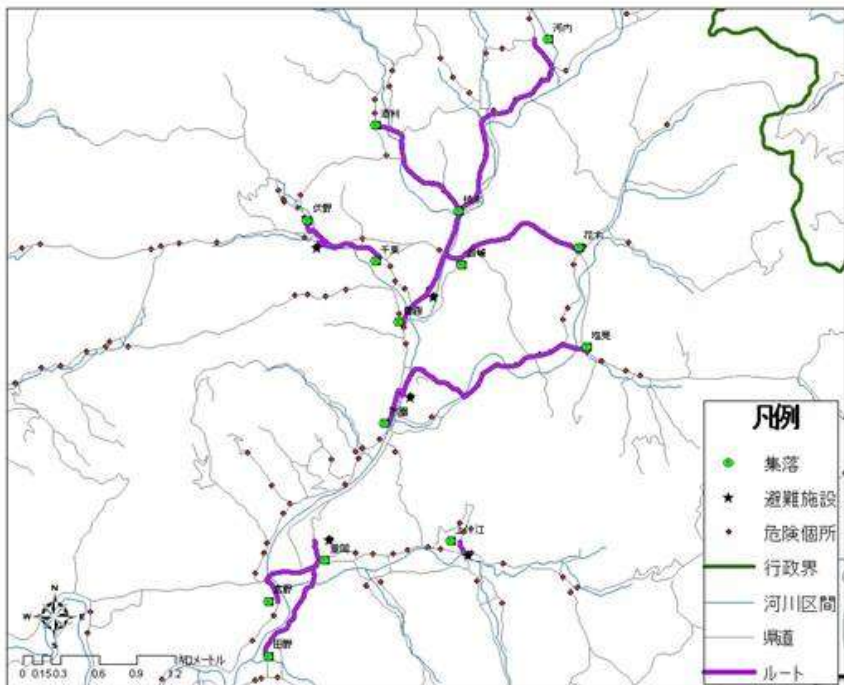
災害時宇目地区と旧佐伯地区の山間部は避難活動や緊急救助の脆弱が予想される

# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

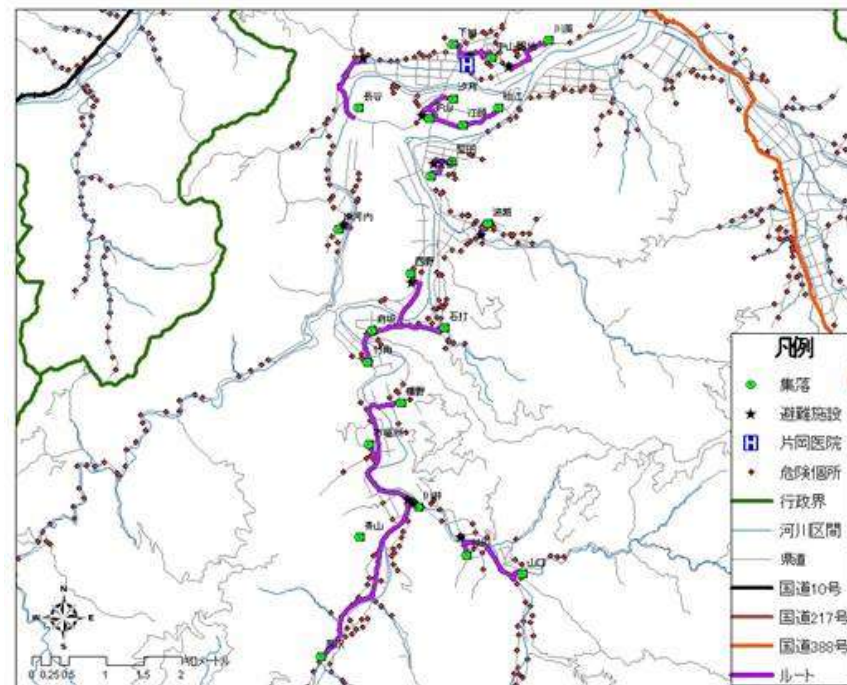
-大分県佐伯市の集落を中心として-

集落から最寄りの避難施設

宇目地区



旧佐伯市地区



平常時利用する距離であり、ほとんどの施設が1km以内にある

宇目地区の花木、河内、酒利、塩見の集落と旧佐伯地区の竹角、棚野、黒沢の集落は避難施設までの距離が遠い

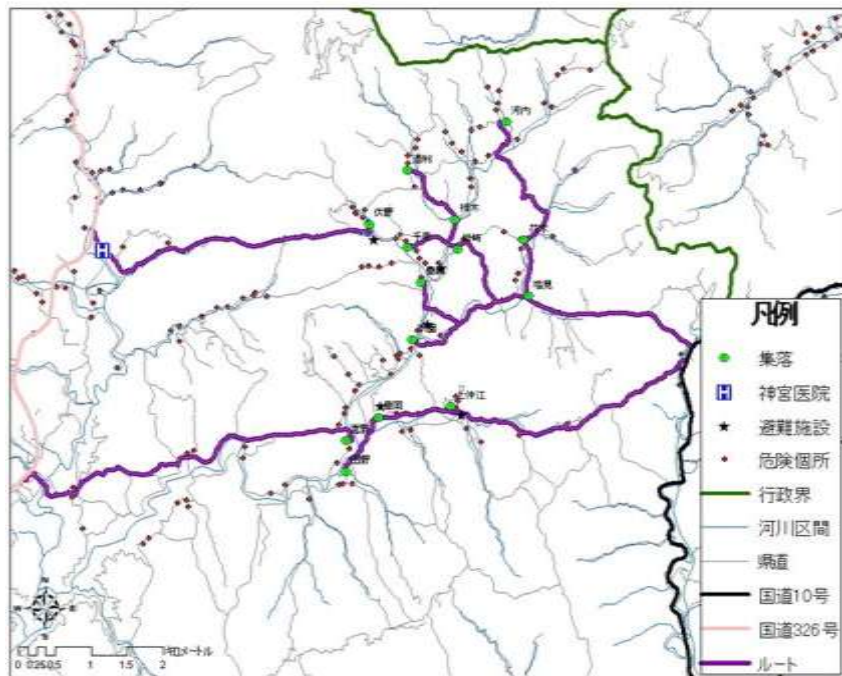
災害時避難する際混乱の恐れが予想される

# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

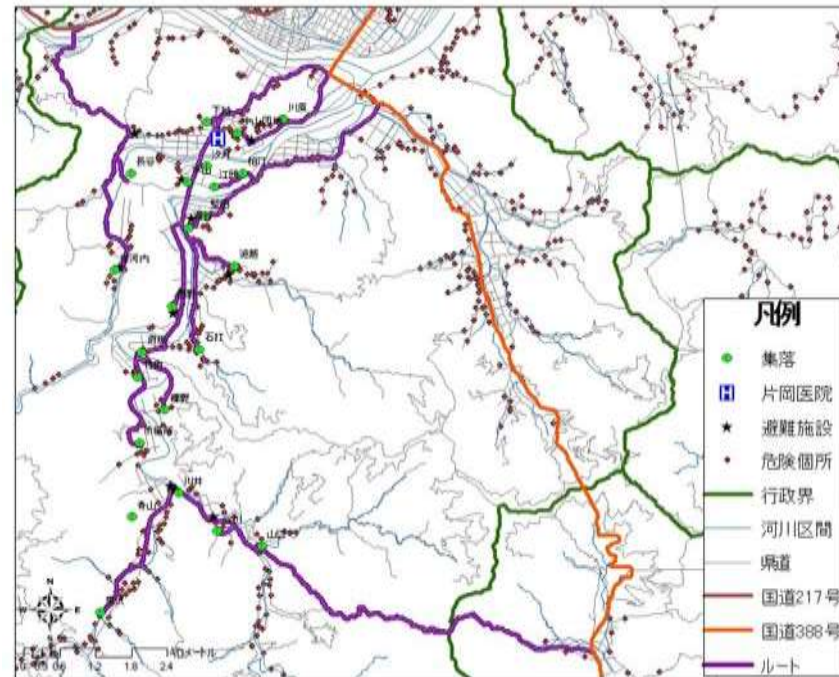
—大分県佐伯市の集落を中心として—

集落から最寄りの主幹線道路

宇目地区



旧佐伯市地区



宇目地区は国道10号と国道326号線が集落と接する。ほとんどの集落が主幹線道路まで距離が遠い

旧佐伯地区は国道217号と国道388号線があり、この線は佐伯市中心部と接しているため集落から利便性が良いが、交通量が多い

# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

－大分県佐伯市の集落を中心として－

主成分分析

	第1主成分	第2主成分	第3主成分
世帯数	0.959	0.010	-0.188
人口(人)	0.955	0.004	-0.195
集落から最寄り病院までの距離	-0.536	0.442	0.477
集落から最寄り幹線道路までの距離	-0.447	0.785	-0.046
収容人員	-0.153	-0.742	0.001
集落から最寄り避難施設までの距離	0.008	0.485	0.463
集落から800m以内の危険箇所	0.168	0.226	-0.830
高齢化率	-0.393	0.315	0.654
固有値	2.524	1.748	1.633
寄与率	31.546	21.848	20.414
累積寄与率	31.546	53.394	73.808

第1主成分	防災機能充実因子
第2主成分	防災機能脆弱因子
第3主成分	災害時孤立可能性因子

第1主成分： 市街地の集落であり、集落機能形成が強くて、災害時防災機能が充実

第2主成分： 郊外の集落であり、集落機能形成が弱くて、災害時防災機能が脆弱

第3主成分： 平常時はあまり危険性が高くないが、災害が起きた場合、孤立可能性が高くなる

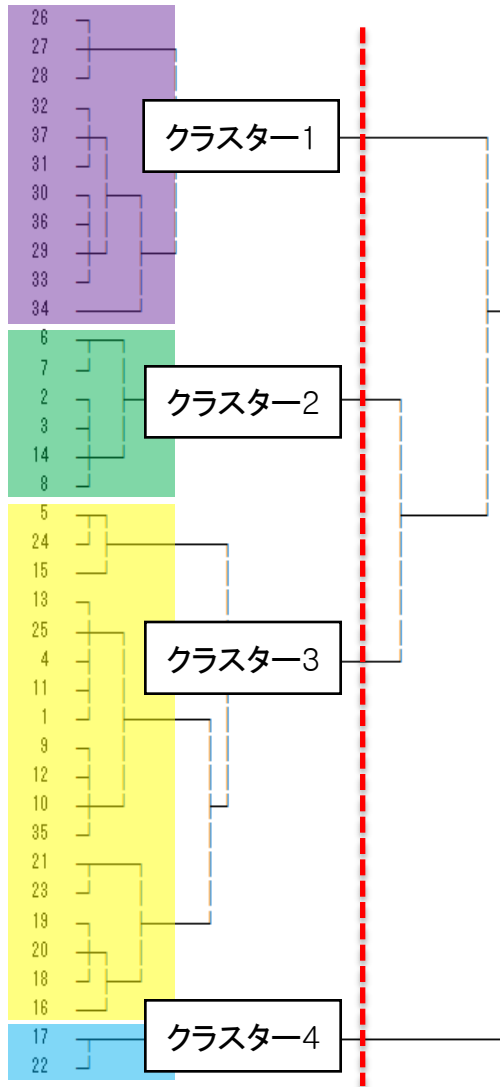


# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

—大分県佐伯市の集落を中心として—

## 集落のクラスター分析

番号	集落
1	重岡
2	宮野
3	田野
4	上仲江
5	市園
6	塩見
7	花木
8	宇目河内
9	伏野
10	千束
11	岩崎
12	豊藤
13	柿木
14	酒利
15	川原
16	中山団地
17	下城
18	柏江
19	江頭
20	汐月
21	宇山
22	長谷
23	泥谷
24	堅田
25	岸河内
26	波越
27	西野
28	石打
29	府坂
30	竹角
31	棚野
32	市福所
33	青山
34	黒沢
35	川井
36	谷川
37	山口



地域	クラスター1	クラスター2	クラスター3	クラスター4	合計
旧佐伯	11	0	10	2	23
宇目	0	6	8	0	14
合計	11	6	18	2	37

地区	集落	第1主成分	第2主成分	第3主成分	クラスター
宇目	重岡	-0.403	0.128	0.708	3
宇目	上仲江	-0.339	-0.326	0.587	3
宇目	市園	-0.383	-1.430	0.246	3
宇目	伏野	-0.550	-0.702	-0.288	3
宇目	千束	-0.684	-0.253	-0.880	3
宇目	岩崎	-0.271	-0.375	0.777	3
宇目	豊藤	-0.282	-0.465	-0.262	3
宇目	柿木	-0.257	-0.230	0.214	3
旧佐伯	川原	-0.722	-2.906	-0.877	3
旧佐伯	中山団地	1.599	-0.161	-1.428	3
旧佐伯	柏江	0.556	0.003	-0.455	3
旧佐伯	江頭	0.159	-0.580	-0.924	3
旧佐伯	汐月	0.514	-0.379	-0.991	3
旧佐伯	宇山	1.028	-0.817	0.311	3
旧佐伯	泥谷	0.845	-1.413	0.320	3
旧佐伯	堅田	-0.712	-1.861	-0.326	3
旧佐伯	岸河内	0.096	0.123	0.199	3
旧佐伯	川井	-1.309	-0.018	-0.242	3
宇目	宮野	-0.485	0.278	1.191	2
宇目	田野	-0.322	0.234	1.302	2
宇目	塩見	0.140	-1.011	2.281	2
宇目	花木	-0.056	-0.424	1.980	2
宇目	宇目河内	0.188	0.792	2.064	2
宇目	酒利	0.092	0.296	1.383	2
旧佐伯	下城	3.312	0.092	-0.740	4
旧佐伯	長谷	3.492	0.647	0.319	4
旧佐伯	波越	-0.306	0.313	-1.651	1
旧佐伯	西野	-0.463	0.221	-1.727	1
旧佐伯	石打	-0.171	0.752	-1.342	1
旧佐伯	府坂	-0.559	0.393	-0.529	1
旧佐伯	竹角	-0.565	0.919	-0.684	1
旧佐伯	棚野	-0.187	1.137	0.431	1
旧佐伯	市福所	-0.678	1.173	0.159	1
旧佐伯	青山	-1.111	1.186	-0.413	1
旧佐伯	黒沢	-0.158	2.761	0.021	1
旧佐伯	谷川	-0.719	0.756	-0.753	1
旧佐伯	山口	-0.330	1.147	0.021	1

# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

－大分県佐伯市の集落を中心として－

集落のクラスター分析

\* 各クラスターにおける変数の平均

	クラスター1	クラスター2	クラスター3	クラスター4
収容人数(人)	137	217	271	140
人口(人)	135	96	206	1082
世帯数	51	37	75	408
高齢化率(%)	34.50	44.18	30.17	21.06
集落から最寄り病院までの距離(m)	5599	6847	3822	1195
集落から最寄り避難施設までの距離(m)	1127	1610	439	681
集落から最寄り主幹線道路までの距離(m)	7857	4767	4214	3298
集落から800m圏内の危険箇所	25	12	19	26

クラスター1: 防災機能充実因子が比較的弱く、災害時防災機能の脆弱性が露呈する

クラスター2: 平常時は危険性が比較的低い、災害時の孤立する可能性が高い

クラスター3: 防災機能充実因子が比較的強いが、危険箇所密度が高く高齢化率も高い

ため、災害時道路が閉塞する可能性が高く、避難行動に支障をきたす

クラスター4: 防災機能充実因子が比較的強く、災害時の防災対策が充実している

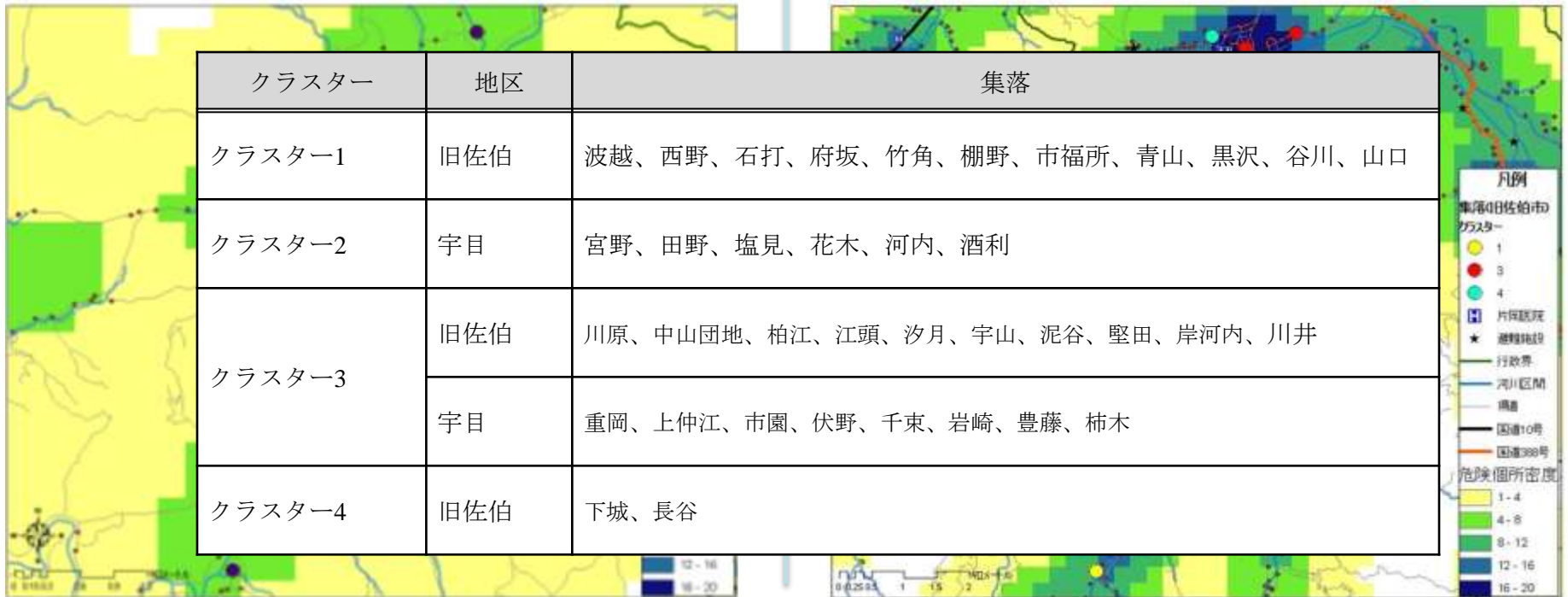
# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

－大分県佐伯市の集落を中心として－

集落のクラスター分類

## 宇目地区

## 旧佐伯市地区



# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

—大分県佐伯市の集落を中心として—

道路閉塞シミュレーション

## 条件

各クラスター集落の結果と危険箇所を基準とした閉塞箇所の選定を行う

Arc GIS上のマップデータと重複する箇所に道路遮断アーカー(以下、バリア)を配置

## バリア設定

集落に近く、危険箇所の密度が最も高くなる場所

水害による川の氾濫で危険性が高くなる橋梁

## 拠点病院

宇目地区

神宮病院

旧佐伯地区

片岡病院

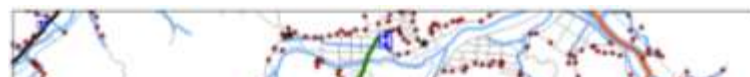
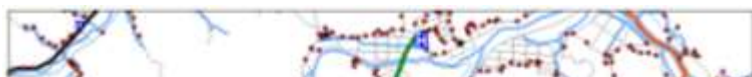
# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

－大分県佐伯市の集落を中心として－

クラスター1 集落の道路閉塞シミュレーション

平常時の拠点病院のルート

災害時の拠点病院のルート



- 高齢化率が高く、集落から各施設までの距離が遠く危険箇所も多い地域に存在している
- 災害時防災機能の脆弱性が露呈するという特徴をもっている
- 平常時も集落と拠点病院までの距離は平均5599mである
- シミュレーションすると孤立可能性が高くなる集落も存在することが予想される
- 災害時避難行動と救急救助活動時の困難が予想される



集落－病院	平常時の最短距離(m)		災害時の最短距離(m)
黒沢 - 片岡病院	9694	➔	孤立
青山 - 片岡病院	7806		8368
竹角 - 片岡病院	4937		5606
市福所 - 片岡病院	6470		7031
府坂 - 片岡病院	4389		4389
棚野 - 片岡病院	5764		5764
西野 - 片岡病院	3286		3286
石打 - 片岡病院	3891		4636
谷川 - 片岡病院	8466		12280
波越 - 片岡病院	3006		3030
山口 - 片岡病院	9322		11698

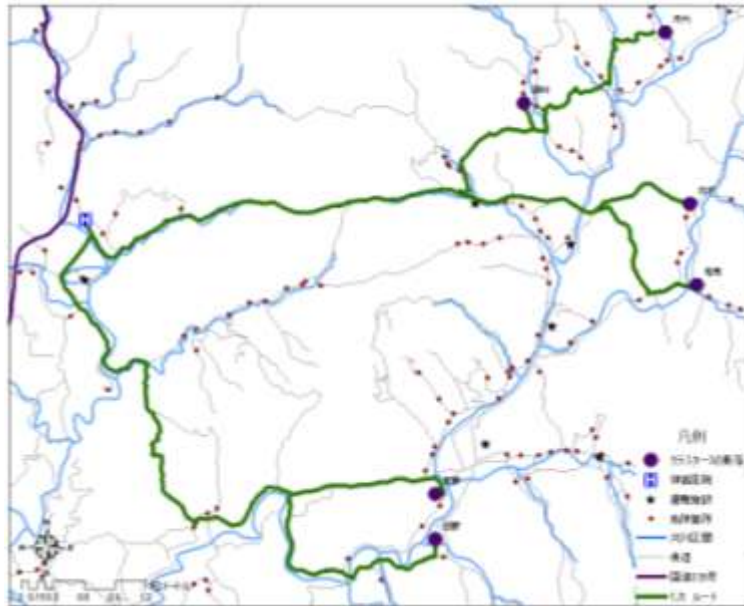


# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

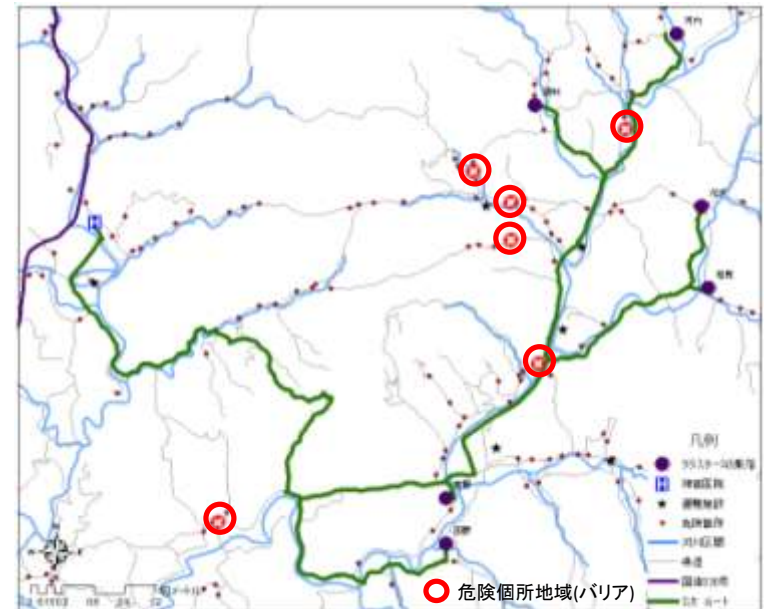
—大分県佐伯市の集落を中心として—

クラスター2 集落の道路閉塞シミュレーション

平常時の拠点病院のルート



災害時の拠点病院のルート



集落－病院	平常時の最短距離(m)		災害時の最短距離(m)
塩見 - 神宮医院	7045	→	8269
河内 - 神宮医院	7382		7404
花木 - 神宮医院	6540		12014
宮野 - 神宮医院	6821		12779
酒利 - 神宮医院	5607		11526
田野 - 神宮医院	7687		10857



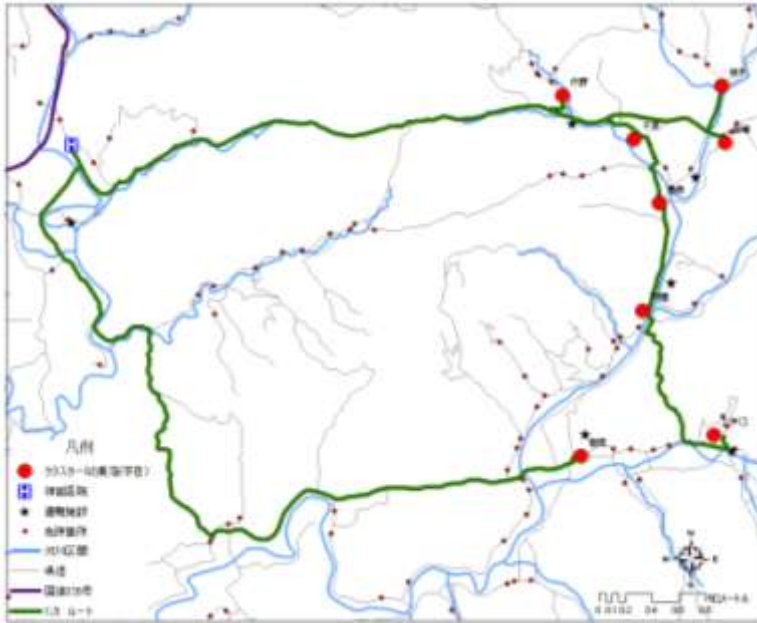
# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

-大分県佐伯市の集落を中心として-

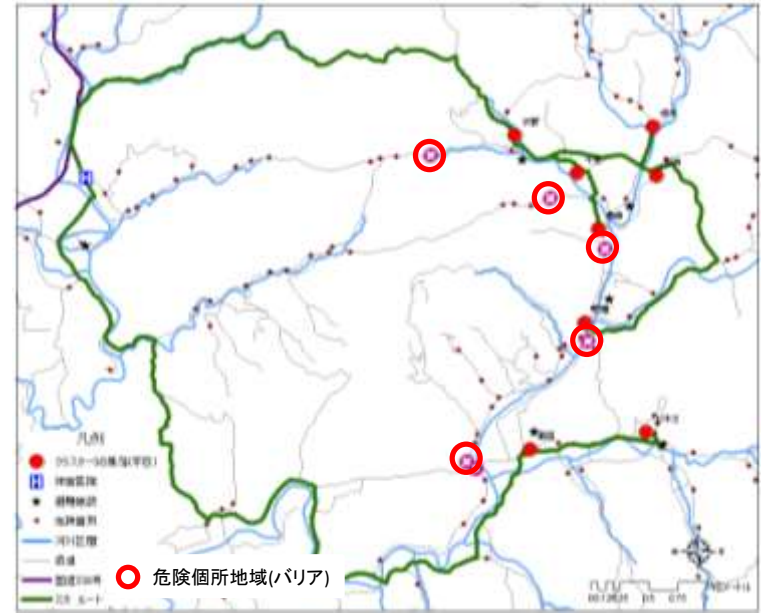
クラスター3 集落の道路閉塞シミュレーション

## 宇目地区

平常時の拠点病院のルート



災害時の拠点病院のルート



集落-病院	平常時の最短距離(m)		災害時の最短距離(m)
伏野 - 神宮医院	4241	→	5395
重岡 - 神宮医院	7165		8687
千束 - 神宮医院	4767		6128
市園 - 神宮医院	6226		9341
豊藤 - 神宮医院	5397		6757
上仲江 - 神宮医院	7817		9877
柿木 - 神宮医院	5654		7014
岩崎 - 神宮医院	5467		6828

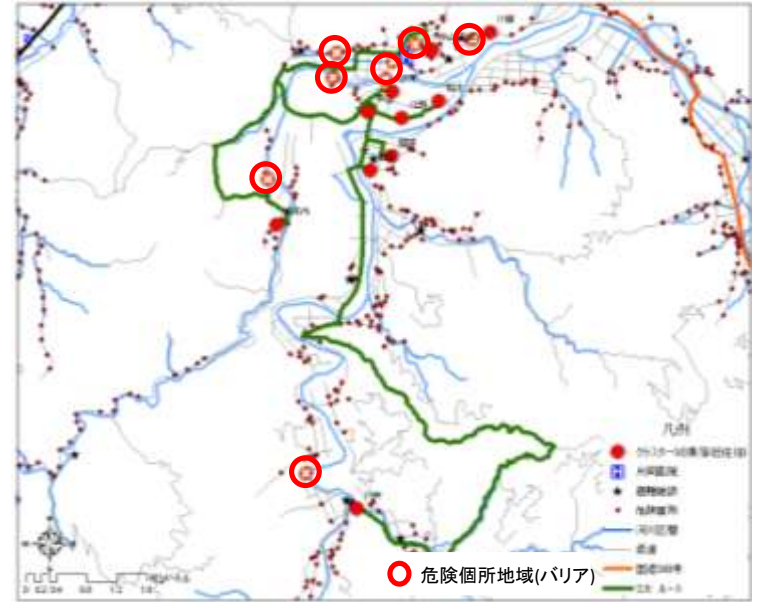
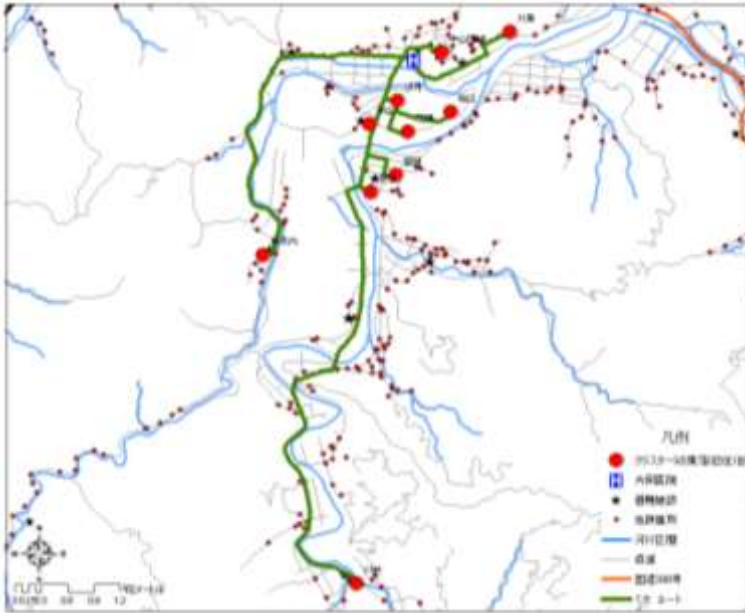


# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

-大分県佐伯市の集落を中心として-

クラスター3 集落の道路閉塞シミュレーション

## 平常時の拠点病院のルート 旧佐伯地区 災害時の拠点病院のルート



集落 - 病院	平常時の最短距離(m)	災害時の最短距離(m)
岸河内 - 片岡病院	4181	5342
川井 - 片岡病院	7464	16052
宇山 - 片岡病院	976	3901
泥谷 - 片岡病院	1846	4772
堅田 - 片岡病院	1870	4796
汐月 - 片岡病院	767	4086
江頭 - 片岡病院	1323	4283
中山団地 - 片岡病院	710	899
柏江 - 片岡病院	1574	4837
川原 - 片岡病院	1466	孤立



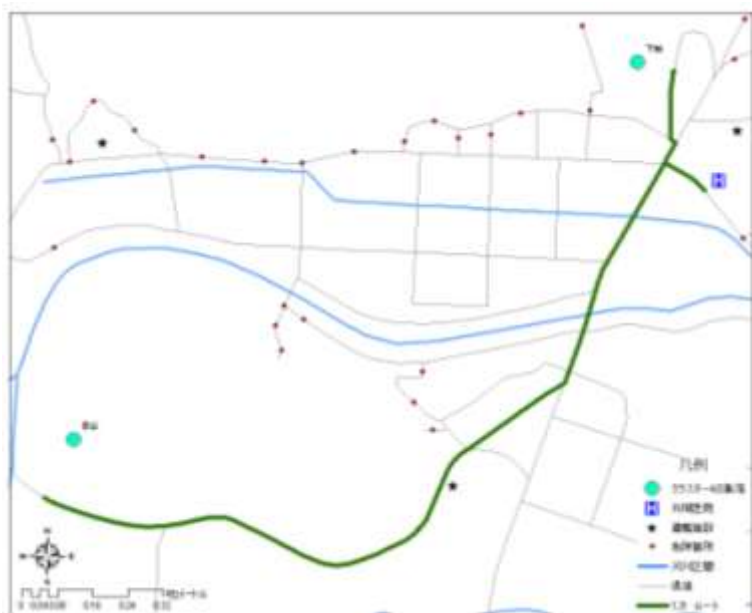


# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

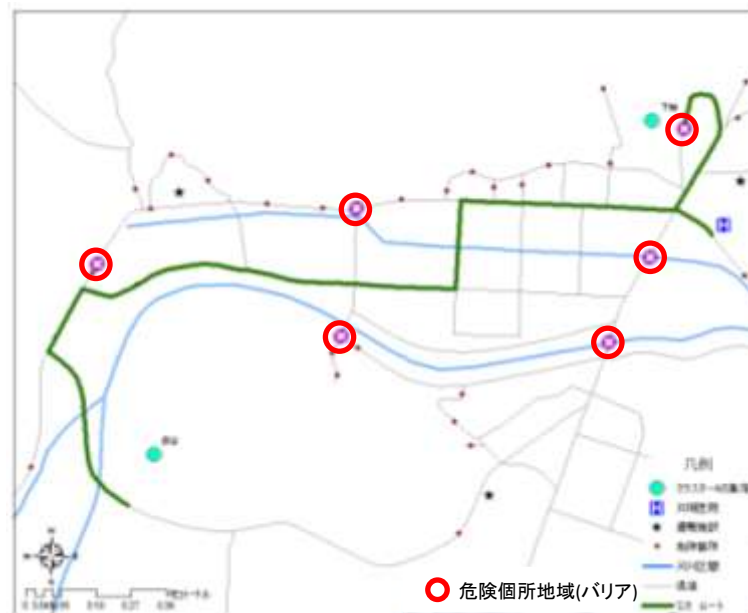
－大分県佐伯市の集落を中心として－

クラスター4 集落の道路閉塞シミュレーション

平常時の拠点病院のルート



災害時の拠点病院のルート



集落－病院	平常時の最短距離(m)		災害時の最短距離(m)
長谷 - 片岡病院	2053	➔	2533
下城 - 片岡病院	337		572



# 災害時における孤立可能性と道路閉塞シミュレーションによる安全性

—大分県佐伯市の集落を中心として—

まとめ

I

佐伯市中心部からは少し離れた集落が多く、そのうち人口が多く各施設とネットワークが円滑な集落が半数を占めている

II

災害時に危険と考えられる集落の存在が距離的な視点を除いても、全域の半分を占めている

III

危険箇所密度が高い集落は拠点病院や他の施設までの利便性が低い郊外で多くみられる

IV

市街地に近い集落で危険箇所密度が最も高くなっており、災害時に道路が閉塞する可能性が高く、人口が集中している地域でもあるため被害が拡大する恐れがある