

プローブ・ビークルを用いた中山間地域の道路ネットワーク作成に関する研究*

A Study on Development of Road Network with Probe-Vehicle in Intermediate and Mountainous Area *

中川周郎**・二神透***・柏谷増男****

By Shuro NAKAGAWA**・Tohru FUTAGAMI***・Masuo KASHIWADANI****

1. はじめに

高齢化・過疎化が進む山間地域の救急・防災といった直接生命に関わる問題は、多方面からの研究が行われている。喜多らは¹⁾、過疎地の救急医療サービス水準に着目し、アクセシビリティを用いたサービス水準評価モデルを提案している。著者ら²⁾は、松山市と周辺市町村間の救急・消防施設の統廃合とアクセシビリティ・サービス水準を分析した結果、周辺市町村のサービスレベルの低下が避けられないことを明らかにしている。これらの研究の特徴は、アクセシビリティを指標としているため、救急・消防車両の走行速度を、ある程度定時的に取り扱っていること、集落をセントロイドとした集約モデルである点にある。著者らは、中山間地域のトリップ定時性、すなわち、渋滞・信号待ちの無い山間地域の移動時間の変動は少ないため、各施設、全世帯をノードとする詳細なネットワークデータ（実移動時間を含む）を整備すれば、個人レベルの避難・救急計画に活用できるのではないかと考えた。その際、現状の道路ネットワークデータ³⁾では個人レベルの計画を満足に行えるほど詳細でない。そこで、具体的には、松山市南東部に広がる上浮穴郡を対象として、プローブ・ビークルを用いて施設と全道路のデータを採取し、防災・救急計画を策定する上での基礎データを整備する。

本稿では、はじめに、プローブ・ビークルを用

*キーワード：プローブ・ビークル，中山間地域計画，防災

** 学生員，学士，愛媛大学大学院理工学研究科

*** 正員，学博，愛媛大学総合情報メディアセンター

（松山市文京町3，

TEL089-927-9837，FAX089-927-9837）

E-mail futagami@dpc.ehime-u.ac.jp

****フェロー，工博，愛媛大学工学部環境建設工学科

いた移動データの採取と問題点，ノードの抽出アルゴリズムについて述べる。次に，構築した施設・道路ネットワークデータの特徴について述べる。最後に，上浮穴郡柳谷村を対象としたデータの基本的特徴について分析するとともに，中山間地域の避難計画を考えるうえでの基本的な概念を整理する。

2. プローブ・ビークルによるデータ収集

（1）プローブ・ビークルと基本データ

松山市の南東に位置する上浮穴郡（ただし小田町は除く）中山間地域の道路ネットワークは、国道・県道・町村道・林道と生活道路で構成されている。本稿で取り扱うネットワークとは、交差点および全施設をノードとして取り扱っている。

著者らは、避難計画・救急サービスを評価・支援するためには、各世帯の情報（住民基本台帳レベル）および、移動時間・移動距離等の基礎データを収集することが前提になると考えている。何故なら、前述したように、従来、平均的な移動速度を与えた集落単位のデータを用いた研究が行われているが、中山間の地域特性を考慮すれば、世帯あるいは個人単位までの情報に基づく計画支援が可能であり、それらのための基礎的な概念を提案したいと考えているからである。そこで、図1に示しているプローブ・ビークル（Data-TecのGPS装置，位置確認用のカーナビ，データ収集用パソコン，ビデオカメラを搭載）を用いて，1秒間隔の移動データ（緯度・経度，時間，高度）の収集と，デジタル・ビデオレコーダによる道路状況の視覚情報を収集することにし，上浮穴郡1町3村（久万町、美川村、柳谷村、面河村）の民家一軒一軒に至る全道路を，プローブ・ビークルを用い



図1 プロブ・ビークルとGPS

表1 プロブ・ソースデータ

時刻	緯度	経度	海拔高度	使用衛星数
41825	1212983.84	4786446.754	623.4	4
41826	1212983.629	4786446.844	623.5	4
41827	1212983.444	4786447.01	623.5	3
41828	1212983.764	4786447.194	623.5	3
41829	1212983.831	4786447.671	623.5	4
41830	1212984.078	4786448.362	623.4	5
41831	1212984.616	4786448.996	623.4	4
41832	1212985.502	4786449.71	623.3	4
41833	1212986.869	4786450.423	623.3	4
41834	1212987.485	4786451.099	623.2	5
41835	1212987.708	4786451.581	623	5
41836	1212988.091	4786451.974	623	3
41837	1212987.79	4786452.028	622.8	5
41838	1212987.443	4786451.992	622.8	4
41839	1212986.737	4786451.917	622.8	4
41840	1212987.192	4786452.269	622.7	4
41841	1212987.702	4786452.912	622.8	5
41842	1212987.916	4786453.422	622.8	2

て走破した。走行日は、2002年10月1日～11月25日の全26日である。各町村の走行日内訳は、久万町15日間、美川村5日間、柳谷村4日間、面河村3日間となっており、採取したデータは、85MBとなる。プロブ・ビークルは、自動車で到達可能な施設までのデータしか採取できない。対象とする上浮穴郡は、幹線道路から枝上に伸びる県道・町村道が特徴で、全ての集落まで車で到達できるが、集落から徒歩でしかアクセスできない世帯も少なくない。そこで、自動車でアクセスできない住宅については、携帯型GPS（ポケナビ、エンペックス社製）を用いて、徒歩によるデータを採取した。

(2) ネットワークデータ変換処理

プロブ・ビークルのGPSから得られたデータは、一秒毎の緯度・経度、時刻、海拔高度、受信衛星数である。表1に上浮穴郡久万町の走行データ（2002. 10.18 13時18分25秒から42秒のGPSデータ）を示す。表1の最左列は、1秒毎の時間を、続く2, 3列が時刻に対応する緯度・経度を表している。これらの走行ソース・データを用いて、対象とする地域のネットワークデータを作成する。

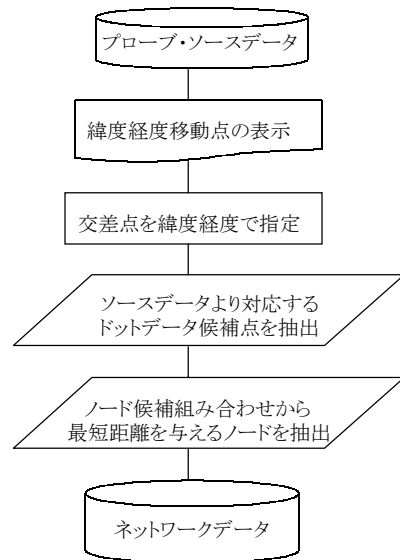


図2 ネットワーク生成アルゴリズム

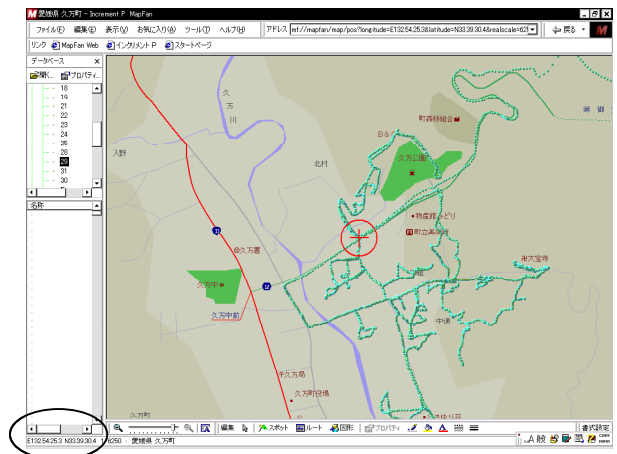


図3 走行軌跡の表示と交差点座標の指定

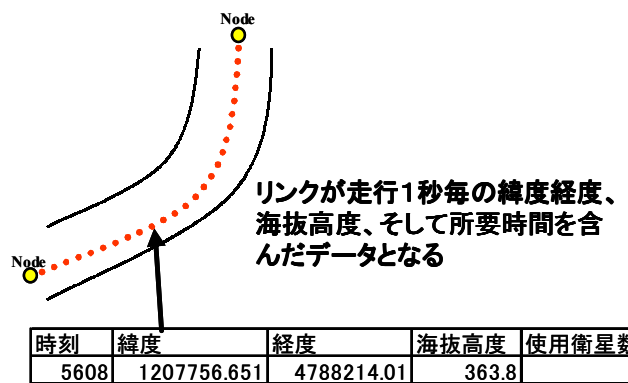


図4 ノード・リンクとドット・データ

一連のアルゴリズムを図2に示す。まず図3に示すように、プロブ・ソースデータの走行軌跡を二次元平面上にプロットする。次に、交差点の位置座標を地図から抽出し（手作業）、仮ノードとする。そして、プロブ・ビークルのドット・データとの距離を算定し、最短距離上位10地点をノード候補地点

として抽出する。得られたノード候補地点と、連続する移動点間の最短距離を与えるリンクを抽出し、ネットワークデータとしてデータベースに書き込む（ノード・リンクからなるトポロジーデータ，1秒毎の位置，海拔高度，受信衛星数）。図4に、ノード，リンク，ドットデータの関係を示す。リンク間の距離については，一秒毎の連続する2点間の距離を総和して算出している。一方，徒歩データについては，移動時間・距離を入力している。

開発したアルゴリズムを用いて，柳谷村のプロープ・データを処理した結果，90%以上のネットワークの再現性を確認することができた。しかし，極端に距離の小さなリンクや，データ欠損，飛び値に伴う誤判別等の原因によるリンクの欠損・誤リンクの抽出が見られた。この点については，欠損データの区間の再走行ならびに，軌跡との照合を手作業で行い修正を行った。本アルゴリズムを用いて，残りの1町2村についてもネットワークの抽出を現在，行っている。しかし，交差点位置を手作業で抽出しているため，煩雑な作業手順を自動化する等の改良を行う必要がある。

3. 施設データベースとの統合化

前節で述べたように，中山間の生活道路を含めたネットワークデータをプロープ・ビークルで採取する方法を提案した。一方，救急サービス・避難計画を考える場合，誰がどの施設・住宅にいるかといった情報が重要となる。本稿では，行動モデルについては今後の課題とするが，施設データをどのようなコンセプトでネットワークデータに組み込むかを述べる。施設データについては三谷ら⁴⁾の研究により整備されており，各施設の位置，家族構成等がデータベース化されている。図5に，道路・世帯・施設ネットワークデータの関連を示す。基本的には，道路・住宅世帯・施設ネットワーク・トポロジーをデータベース化し，自動車に到達できない施設・住宅については，携帯型GPSで採取した歩行データ（位置データ，移動時間）を追加している。以上より，対象とする地域の全ての世帯・施設間の秒単位の移動時間ならびに，時間を与えた場合の滞在地点（緯度経度）を把握することが可能となる。

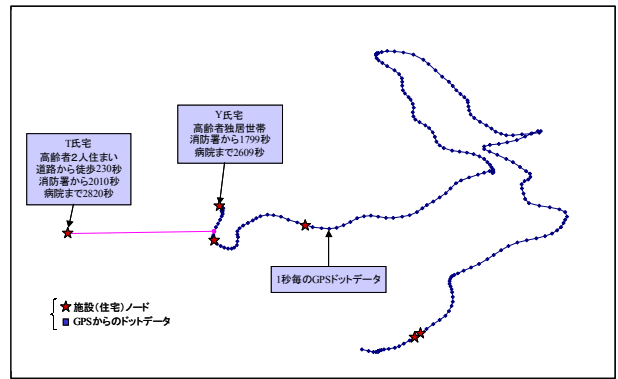


図5 ネットワークデータの概要
(柳谷村 K 地区)

4. 柳谷村を対象としたDBの活用

前節で述べたように，プロープ・ビークルを用いて，柳谷村の道路ネットワークを作成した。リンク数208，ノード数184となっている。

世帯・施設データとしては，住宅世帯数 601，その他の施設数 162 で構成されている。柳谷村で，徒歩でアクセスが必要な世帯は5世帯であった。ちなみに，徒歩最長リンクは，H地区のU宅（60代の男性独居世帯）庭先まで，徒歩5分10秒であった。

図6に，柳谷村役場から柳谷村集落までの所要時間，並びに救急サービスを考えた場合の所要時間を算定した結果を示す。救急を考える際，対象としている柳谷村では，救急車が配備されておらず，隣接する美川村の中心部の消防署より要請することになる。また傷病程度が重症の場合は美川村に隣接する久万町立病院に搬送されることになる。図左下の中久保集落 6252秒、猪伏集落 5648秒、姫鶴平集落 8040秒と，救急車を要請してから，病院に搬送されるまでに1時間30分を超える集落が点在することが分かる。

表5は，車両速度を30km/h，60km/hで与えたときの各集落までの時間と，実走行データとを比較した結果である。この表より，60km/hを想定すると，最大，中久保で18分早く到達し，30km/hで算定すると，管行で5分遅く到着する結果となった。これらの算定事例より，実移動時間をデータベース化することにより，時間が直接生命に関わる救急医療のサービスや，自動車での避難を想定した計画へ有益な情報を提供することができる。

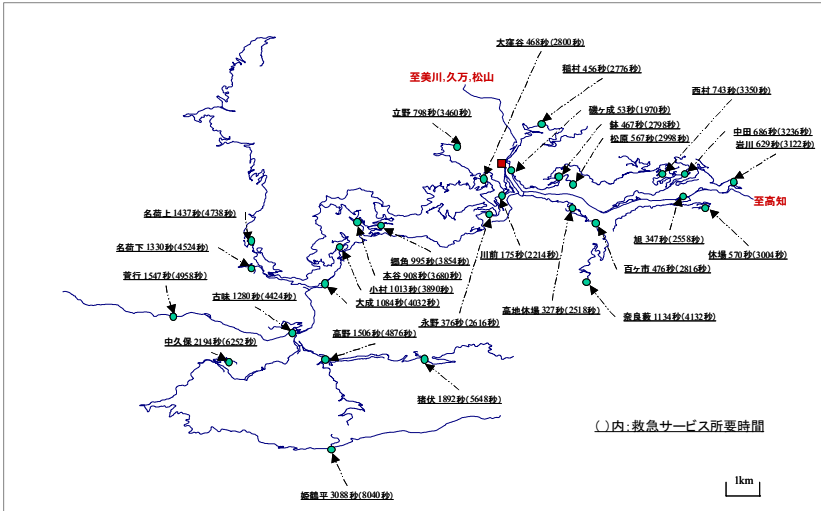


図6 柳谷村道路ネットワーク図と時間距離

表5 仮定速度との乖離値

大字	集落	ノードNo.	実走行値による役場からの最短時間(秒)	60km/hでの役場からの最短時間(秒)	差(秒)	30km/hでの役場からの最短時間(秒)	差(秒)
柳井川	猪ノ成	154	53	23	30	47	6
	猪ノ成	170	456	183	273	367	89
	大窪谷	7	468	165	303	329	139
	猪ノ成	27	15	3	12	6	9
	川前	159	159	75	100	149	26
	高野	19	327	167	160	336	-9
	立野	8	798	339	459	676	122
	永野	11	376	185	191	369	7
	奈良	184	1134	528	606	1058	76
	猪ノ成	166	467	198	269	397	70
	松本	4	588	188	372	371	187
	松原	167	567	239	328	478	89
	猪ノ成	23	476	206	270	416	60
西谷	猪伏	125	1892	1013	879	2027	-135
	大成	48	1084	592	492	1184	-100
	川口	120	1414	796	618	1592	-178
	猪ノ成	33	995	541	454	1079	-84
	高野	114	1280	745	535	1490	-210
	小村	44	1013	555	458	1111	-98
	猪ノ成	149	1547	924	623	1847	-300
	高野	123	1506	828	678	1656	-150
	高野	88	1584	864	700	1727	-163
	名荷上	54	1437	793	644	1590	-153
	名荷下	58	1330	737	593	1477	-147
	中久保	181	2194	1105	1089	2209	-15
	中津	147	1476	878	598	1756	-280
	本谷	35	998	494	414	987	-79
	高野	139	1598	871	725	1742	-146
中津	猪ノ成	76	347	303	44	608	-261
	岩川	83	629	423	206	849	-220
	川ノ内	111	351	237	114	476	-125
	猪ノ成	91	593	328	265	657	-64
	中田	92	686	374	312	749	-63
	西村	99	743	410	333	820	-77
	猪ノ成	175	570	415	155	832	-262

5. おわりに

本稿では、プローブ・ビークルを用いて、中山間の全ての施設へアクセスすることにより、ドット・データから、道路ネットワークを抽出するアルゴリズムを提案した。しかし、欠損データや飛びデータなど、中山間の地域特性に伴う受信衛星数の低下等により完全なデータではなかった。これらのGPSデータの欠損を補うため、再調査を行い、柳谷村全ての世帯・施設をノードとする詳細ネットワークを作成した。プローブ・ビークルと提案したアルゴリズムの利点は、走行データをそのままの形で、一部手作業ではあるがノード・リンクを抽出し、ドット・データとしてデータベース化できる点にある。今後は、ノード自動抽出についてもアルゴリズム化を検討したいと考えている。これらのリンク・データには、一秒毎の緯度経度滞在点を含むため、一秒単位の移動再現が可能である。構築したデータ・ベースを用いて、従来マクロ的に用いられている山間部の移動速度を定時と仮定して、実時間との比較を行った結果、大きな乖離があることが分かった。

今後、走行を終えている上浮穴郡全域のネットワーク化を行う。これらのデータを、中山間の救急サービス、避難計画等に活用するためには、救急車の走行データの予測、降雨時の走行速度、昼・夜間の

走行速度、住民が徒歩で避難する場合の住民属性と避難速度等のデータを整備したいと考えている。そのためには、様々な条件下での避難実験等を行う必要がある。

<参考文献>

- 1) 喜多，広坂，盛田：救急医療サービス提供水準の居住地点別評価，土木計画学研究・講演集，No.17，pp.843-846，1995．
- 2) 柏谷，佐伯，二神：救急サービス施設の適正配置による広域統合化に関する研究，土木計画学研究・論文集，No. 17，pp.179-185，2000．
- 3) 富島，柏谷：中山間地域の道路網評価に関する一考察，第8回土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集，pp.347-348，2002．
- 4) 三谷，柏谷：山村における個人のアクティビティシミュレーション開発のためのデータベースの構築，土木計画学研究・講演集，2003投稿中．