



平成22年度茨城県原子力総合防災訓練における 自家用車避難訓練の評価

The Evaluation of “the Drill of Evacuation with Family Car” Conducted in the Ibaraki
Prefecture Comprehensive Nuclear Disaster Exercise 2010

川上 剛 山本 一也 福本 雅弘

Takeshi KAWAKAMI, Kazuya YAMAMOTO and Masahiro FUKUMOTO

原子力緊急時支援・研修センター

Nuclear Emergency Assistance and Training Center

March 2012

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

平成 22 年度茨城県原子力総合防災訓練における自家用車避難訓練の評価

日本原子力研究開発機構 原子力緊急時支援・研修センター

川上 剛、山本 一也、福本 雅弘⁺

(2011 年 12 月 22 日受理)

平成 22 年 9 月 30 日茨城県総合防災訓練において、自家用車を避難に使用した訓練として、「事業所等従業員自家用車避難訓練」、「要援護者避難訓練」、「住民避難訓練」が実施された。これらの訓練における避難車両の車両挙動の把握と評価を目的として、訓練参加者に対するアンケート、GPS 測位データ、避難車両の走行状況の撮影画像をもとに分析評価を実施した。また、自家用車を含む避難手段の選択について、要援護者避難訓練及び住民避難訓練参加者へのアンケート調査を実施した。

本訓練の調査を踏まえた考察から、次の知見が得られた。

- ・混雑緩和と代替路の確保から、避難対象の居住区ごとに、通行できる台数の少ない道路も含めて複数の避難経路を検討する必要がある。
- ・円滑な避難を進めるために、避難経路上の交通規制や誘導も重要である。
- ・避難を円滑に実施するという観点では、自家用車による避難を行う場合は、特に避難施設の駐車容量や入口構造を避難所選定条件とし、事前に確認することが必要と思われる。
- ・被験者の原子力防災訓練における経験が避難手段の選択に影響を与える可能性がある。
- ・避難指示が想定される地区を取りまく周辺の地区においても原子力災害時の避難行動に関する意識調査をする必要がある。

The Evaluation of “the Drill of Evacuation with Family Car” Conducted in the Ibaraki Prefecture Comprehensive Nuclear Disaster Exercise 2010

Takeshi KAWAKAMI, Kazuya YAMAMOTO and Masahiro FUKUMOTO⁺

Nuclear Emergency Assistance and Training Center
Japan Atomic Energy Agency
Hitachinaka-shi, Ibaraki-ken

(Received December 22 , 2011)

Ibaraki prefecture had conducted “Drill of evacuation for employees working near the nuclear sites with family car”, “Drill of evacuation for the disabled with family car” and “Drill of evacuation for residents living near the nuclear sites” in the Ibaraki Prefecture Comprehensive Nuclear Disaster Exercise on September 30th, 2010.

This work evaluated the dynamic traffic flow of evacuees’ cars during the evacuation drills with three kinds of data, i.e. questionnaire for the participants, GPS tracking data of vehicles of evacuees, and photography’s shot from the ground. The opinion survey was also conducted to participants of evacuation drill to get the data of choice of measures for evacuation.

Consideration based on the survey of these drills revealed important outcomes as follows.

- The evacuation routes should be chosen more than one per one residential district from the roads including low capacity road to ease traffic congestion and to secure substitute route.
- Taking into account traffic control and guiding at the intersections on the evacuation routes by policemen and staffs is very important to make the vehicles of evacuees running smoothly.
- Considering of the capacity and the gate size of the parking of reception center is very important to make the stream of vehicles smooth when Reception centers are chosen.
- Considering of the effect from experiments of participants is important for the opinion surveys to get the choice of measures of evacuation.
- The opinion surveys about evacuation from Nuclear disaster should be done in the wide area including the outside of the evacuation zone.

Keywords: Nuclear Emergency Preparedness, Nuclear Emergency Exercise, Evacuation, Traffic Flow, Traffic Control, Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident

⁺Department of Administrative Services, Naka Fusion Institute

目 次

1. はじめに	1
2. 訓練の概要	2
2. 1. 訓練の種類	2
2. 2. 避難訓練における避難経路について	2
2. 3. 訓練中の交通規制及び交通誘導について	3
3. 調査方法	10
3. 1. 避難車両の挙動調査	10
3. 2. 自家用車避難に関する意識調査	11
4. 避難車両の挙動データの分析	15
4. 1. 分析・評価の方法	15
4. 2. 事業所等従業員自家用車避難訓練の車両挙動データの分析	16
4. 2. 1. 大洗町立南中学校へ向かった避難車両の車両挙動データの分析	16
4. 2. 2. 旭スポーツセンターへ向かった避難車両の車両挙動データの分析	26
4. 3. 要援護者自家用車避難訓練、住民避難訓練に関する車両挙動データの分析	32
4. 3. 1. 大洗町立南中学校へ向かった避難車両の車両挙動データの分析	32
4. 3. 2. 旭スポーツセンターへ向かった避難車両の車両挙動データの分析	36
5. 自家用車避難に関する意識調査の分析	41
5. 1. アンケートの回収状況	41
5. 2. 集計結果	41
6. 考察	48
6. 1. 避難経路・交通規制・誘導について	48
6. 2. 避難施設について	48
6. 3. 住民の避難手段の選択について	49
7. まとめ	50
謝辞	51
引用・参考文献	52
付録 A : GPS 測位データからの移動距離の算出方法について	53
付録 B-1 : 自家用車避難訓練アンケート	54
付録 B-2 : 要援護者自家用車避難に関するアンケート	55
付録 C : 住民避難に関するアンケート	56

CONTENTS

1. Introduction	1
2. Summary of the drill	2
2.1. Type of the drill	2
2.2. The route of the drill of evacuation	2
2.3. “Traffic and access control” and “guidance” during the drill	3
3. Method of the research	10
3.1. The research on the dynamic traffic flow of “the drill of evacuation”	10
3.2. The opinion survey about evacuation with family car	11
4. Research on data of the dynamic traffic flow of cars of the drill of evacuation	15
4.1. Method of Analysis	15
4.2. Analysis of the dynamic traffic flow of cars the drill of evacuation of employees of neighboring large works and factories with family car	16
4.2.1. Analysis of the dynamic traffic flow of cars for evacuation to Oarai Minami junior high school	16
4.2.2. Analysis of the dynamic traffic flow of cars for evacuation to Asahi sports center	26
4.3. Analysis of the dynamic traffic flow of the drill of evacuation of disabled with family car	32
4.3.1. Analysis of the dynamic traffic flow of cars for evacuation to Oarai Minami junior high school	32
4.3.2. Analysis of the dynamic traffic flow of cars for evacuation to Asahi sports center	36
5. Research on the questionnaire of the opinion survey about evacuation with family car	41
5.1. The response rate of questionnaire	41
5.2. Results of research	41
6. Discussion	48
6.1. Evacuation routes, Traffic control and guiding	48
6.2. Reception Centers	48
6.3. The choice of measures for evacuation	49
7. Conclusions	50
Acknowledgements	51
References	52
Appendix A Calculation of mileage from GPS tracking data	53
AppendixB-1 Questionnaire on “evacuation drill with family car” (for participants of the drill of evacuation with family car)	54
AppendixB-2 Questionnaire on “evacuation by family car” (for participants of the	

	drill of evacuation of disabled with family car)	55
Appendix C	Questionnaire on “evacuation of residents”	56

表リスト

表 2.1	避難訓練参加者数及び参加台数	4
表 2.2	避難経路の距離及び交通信号	4
表 3.1	避難車両の出発場所と GPS ロガーの搭載車両台数	12
表 4.1	大洗町立南中学校へ向かった要援護者自家用車避難訓練参加者に関するアンケート調査の実施状況	33
表 4.2	大洗町立南中学校に向かった訓練参加車両の所要時間と平均速度	33
表 4.3	旭スポーツセンターへ向かった要援護者自家用車避難訓練及び住民自家用車避難訓練参加者に関するアンケート調査の実施状況	38
表 4.4	下太田生活改善センターから旭スポーツセンターに向かった車両の所要時間と平均速度	38
表 5.1	避難に関する住民の意識調査に伴うアンケート実施状況	44
表 5.2	参加者の避難手段と避難先及びアンケートの回収率の結果	44

図リスト

図 2.1	事業所等従業員自家用車避難訓練避難経路	5
図 2.2	要援護者自家用車避難訓練及び住民避難訓練（自家用車）の避難経路	6
図 2.3	住民避難訓練（バス）の避難経路	7
図 2.4	急な鋭角の右左折の例	8
図 3.1	GPS 付き携帯端末で追跡した避難車両の軌跡の例	13
図 3.2	GPS ロガーで追跡した避難車両の軌跡の例	13
図 4.1	到着時刻の分布(事業所等従業員自家用車避難訓練で大洗町立南中学校に向かった車両)	19
図 4.2	出発時刻の分布(事業所等従業員自家用車避難訓練で大洗町立南中学校に向かった車両)	19
図 4.3	所要時間の分布(事業所等従業員自家用車避難訓練で大洗町立南中学校に向かった車両)	20
図 4.4	原子力機構大洗研究開発センター（北地区）からの事業所従業員避難車両（自家用車）の走行曲線	20
図 4.5	原子力機構大洗研究開発センター（北地区）からの事業所従業員避難車両において生じた測位データの揺らぎの例	21
図 4.6	到着時刻の分布(事業所等従業員自家用車避難訓練で旭スポーツセンターに向かった車両)	28
図 4.7	出発時刻の分布(事業所等従業員自家用車避難訓練で旭スポーツセンターに向かった車両)	28
図 4.8	所要時刻の分布(事業所等従業員自家用車避難訓練で旭スポーツセンターに向かった車両)	29
図 4.9	原子力機構大洗研究開発センター（南地区）からの事業所従業員避難車両（自家用車）の走行曲線	29
図 4.10	到着時刻の分布(要援護者自家用車避難、住民避難で大洗町立南中学校に向かった自家用車)	34
図 4.11	松川集落センターから大洗町立南中学校への避難車両の走行曲線	34
図 4.12	JA 大洗出荷所から大洗町立南中学校への避難車両の走行曲線	35
図 4.13	松川児童公園前から大洗町立南中学校への避難バスの走行曲線	35
図 4.14	下太田生活改善センターから旭スポーツセンターへの避難車両の走行曲線	39
図 4.15	潤沼観光センターから旭スポーツセンターへの避難バスの走行曲線	39
図 4.16	上釜農村集落センターから旭スポーツセンターへの避難バスの走行曲線	40
図 5.1	避難手段の選択状況（全避難者）	45
図 5.2	避難手段の選択状況（自家用車避難者）	45
図 5.3	避難手段の選択状況（バス避難者）	46
図 5.4	避難手段として自家用車を選択した理由	46
図 5.5	避難手段としてバスを選択した理由	47

写真リスト

写真 2.1	幅員の狭い避難経路の例 (JA 大洗出荷所前)	9
写真 3.1	GPS 測位データの取得に使用した GPS ロガー.....	14
写真 4.1	大洗町立南中学校に向う車列の状況 (大洗町立南中学校手前 1.2 km付近)	22
写真 4.2	大洗町立南中学校に向う車列の状況 (大洗町立南中学校手前 200m 付近)	22
写真 4.3	駐車場入口で切返しして進入する避難車両.....	23
写真 4.4	駐車場入口付近で反対車線に大回りして進入する避難車両.....	23
写真 4.5	駐車場入口前で避難所に向う訓練参加者の通過を待つ避難車両.....	24
写真 4.6	駐車場入口を通過してしまった避難訓練参加車両.....	24
写真 4.7	駐車場入口を通過してしまい、U ターンして駐車場入口に戻った避難車両.....	25
写真 4.8	旭スポーツセンターへ向う車列の状況 (旭スポーツセンター手前 600m 付近) ...	30
写真 4.9	旭スポーツセンターの入口を通過する避難車両.....	30
写真 4.10	旭スポーツセンター駐車場に入る避難車両と避難所に向う訓練参加者.....	31
写真 4.11	旭スポーツセンターの入口を通過する避難車両と訓練参加者.....	31

1. はじめに

地域防災計画において、原子力災害時における住民避難は、地方公共団体が手配する搬送車両（各機関が保有するバスと自衛隊のトラック）を使って避難させるのが基本的な考え方とされてきた。しかし、避難対象地域内の人口と限られた時間内に準備できる搬送車両の台数の関係から、避難対象地域内の住民全員を搬送車両だけで避難させるのが困難な地域が存在している。

茨城県は、原子力災害時の住民避難における自家用車の利用を検討し、自家用車による住民避難の検証として、平成 20 年 9 月 30 日の茨城県原子力総合防災訓練において、車両 195 台が参加する日本初の自家用車による避難訓練を実施した。その後、茨城県地域防災計画（原子力災害対策計画編）^[1]の平成 21 年 4 月の修正で、同計画 3 章 6 節 3 項「避難・屋内退避等の実施方法」において住民避難の手段の一つとして自家用車の利用を認めた。また、自家用車避難の更なる検証として、平成 21 年 12 月 21 日、22 日に茨城県で開催された原子力総合防災訓練において、自家用車を使用した避難訓練を実施し、その 1 つである「災害時要援護者自家用車避難訓練（以下、「要援護者自家用車避難訓練」という。）」において初めて一般住民が参加した。

自家用車避難訓練の分析評価として、平成 20 年の山本の調査^[2]と平成 21 年の川上らの調査^[3]が行われている。山本の調査^[2]により自家用車避難に伴う渋滞緩和のための避難経路における交通規制や誘導の重要性を明らかにし、川上らの調査^[3]で避難経路における交通規制や誘導が渋滞緩和に有効であることを確認した。また、川上らの調査^[3]において、円滑な自家用車避難の実施のために避難設備の駐車場の容量やアクセス性を考慮する必要があることが明らかになった。

そして、平成 22 年 9 月 30 日の茨城県総合防災訓練では、大洗町・鉾田市を対象として自家用車避難訓練、要援護者自家用車避難訓練、住民避難訓練が実施された。同訓練の特徴は、幅員の狭く速度の出しにくい道路を中心とした複数の避難経路で実施していることであり、国道や県道を中心とした 1 本の避難経路で実施した平成 20 年及び 21 年の自家用車避難訓練と大きく異なる点が注目された。そこで、幅員の狭く速度の出しにくい道路を中心とした複数の避難経路を使用した場合の自家用車避難における避難車両の挙動への影響を評価するため、平成 22 年に実施された自家用車を使用した避難訓練における車両挙動を分析評価した。

また、自家用車住民避難計画を検討するには、避難時に発生する避難車両の台数を推定する必要があり、その推定のため、一般住民の避難手段の選択を把握することが不可欠である^[4]。平成 20 年に山本は、自家用車避難訓練に参加した日本原子力研究開発機構の従業員 196 人を対象に避難行動に関する意識調査を実施した^[2]。平成 21 年に川上らは、要援護者自家用車避難訓練に参加した一般住民 150 人に対して避難手段に関する意識調査を実施した^[3]。この 2 つの調査の分析から、自家用車避難を原子力災害時の避難手段として選択する方がバス避難を選択した方よりも多かったことを明らかにした他、それぞれの手段を選択した理由を明らかにした。

平成 22 年の茨城県原子力総合防災訓練では、「要援護者自家用車避難訓練」及び「住民避難訓練」に、大洗町と鉾田市の一般住民 94 人が、自家用車で避難する方とバスで避難する方に分かれて参加している点が注目された。そこで、訓練中に経験した避難手段と好ましいと考える避難手段との関係に着目して、自家用車避難とバス避難の選択状況に関する分析を実施した。

2. 訓練の概要

2. 1. 訓練の種類

平成 22 年度茨城県原子力総合防災訓練で実施された避難訓練は、以下の 3 種類に大別される。また、各訓練の参加人数及び参加台数を、表 2.1 に示す。

①「事業所等従業員自家用車避難訓練」

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）、日本核燃料開発株式会社（以下、「日本核燃料開発（株）」という。）、日揮株式会社（以下、「日揮（株）」という。）、国立大学法人東北大学（以下、「東北大学」という。）の従業員が各自自家用車により、あらかじめ決められた各事業所駐車場^{注1)}から避難所に向けて避難する訓練である。各事業所の従業員合計 200 人が参加した。

②「要援護者自家用車避難訓練」

避難地区に居住する要援護者を、出発地点として想定した一時集合場所、すなわち、JA 大洗出荷所、松川集落センター、下太田生活改善センターの 3 箇所から要援護者の避難を支援する者（以下、「地域支援員」という。）が自家用車で避難所に向けて避難させる訓練である。一般住民 36 人（要援護者役 12 人、地域支援者役 24 人）と自家用車 12 台が参加した。

③「住民避難訓練」

大洗町の松川集落センター、松川児童公園、銚田市の涸沼観光センター、上釜農村集落センターの 4 箇所から、それぞれ地方公共団体が用意したバス 4 台で避難する訓練と、銚田市の下太田生活改善センターから自家用車 3 台^{注2)}で避難する訓練である。一般住民 58 人が参加した。

2. 2. 避難訓練における避難経路について

事業所自家用車避難訓練の避難経路を図 2.1 に、要援護者避難訓練の避難経路を図 2.2 に、住民避難訓練の避難経路を図 2.3 に示す。また、各避難経路の距離及び交通信号の数を、表 2.2 に示す。避難経路の距離は、最短で約 1.8 km、最長で約 6.5 kmであった。また、今回の避難経路の特徴は、次の 3 点である。

①避難対象の地区ごとに避難経路が分かれていたこと。

図 2.1 から図 2.3 で示した避難経路を大まかに分けると、大洗南中学校へ向うルートと旭スポーツセンターに向うルートに分けられる。これにより、それぞれの避難所に向う避難車両が避難経路上で合流することがないようになっている。

注1) 原子力機構、東北大学は、大洗研究開発センター内の駐車場より出発した。

注2) 下太田改善センターから出発した避難車両 5 台の内、要援護者役が欠席した 3 台の避難車両が、住民避難訓練に参加した自家用車として扱われた。

②幅員が狭く速度の出しにくい道路も含めて避難経路に設定していること

避難経路上には、写真 2.1 に示すようなセンターラインがない幅員の狭い区間、図 2.4 に示すような比較的急な鋭角の右左折など自動車は速度を落として走行しなければならない場所が存在している。

③交通信号がほとんど存在しないこと。

表 2.2 に示したように、交通信号がある経路でも、その経路上に 1 箇所しかなく、多くは信号の存在しない小さな交差点である。

2. 3. 訓練中の交通規制及び交通誘導について

今回の訓練では、避難経路及びその周辺部の道路へ避難車両以外の車両の流入を規制するための交通規制は実動では実施されていない^{注)}。また、避難車両が避難経路を間違えて走行することがないように、避難経路上の交差点で警察官や係員による交通誘導が実施された。

^{注)} 今回の茨城県原子力総合防災訓練では、避難経路や周辺部の道路における交通規制の訓練を、図上訓練の形で実施していた。

表 2.1 避難訓練参加者数及び参加台数

訓練		対象地区/事業所等		出発地	避難所	参加者数(人)	参加台数(台)
事業所等 従業員 自家用車 避難訓練	原子力機構		原子力機構 大洗研究開発 センター	旭スポーツ センター	旭スポーツ センター	101	101
	東北大学				大洗町立 南中学校	旭スポーツ センター	89
	日本核燃料 開発(株)		日本核燃料 開発(株)	大洗町立 南中学校		2	2
	日揮(株)		日揮(株)	大洗町立 南中学校	5	5	
		日揮(株)	日揮(株)	大洗町立 南中学校	3	3	
要援護者 自家用車 避難訓練	銚田市	下太田 地区	下太田生活改善 センター	旭スポーツ センター	6	2	
	大洗町	松川地区	松川集落センター	大洗町立 南中学校	9	3	
		矢場地区	JA 大洗出荷所		21	7	
住 民 避 難 訓 練	自家用車	銚田市	下太田地区	旭スポーツ センター	5	3	
	バス		下太田地区		下太田生活改善 センター	16	1
		上釜地区	上釜農村集落 センター	12	1		
		大洗町	松川地区	松川集落センター	11	1	
				松川児童公園	大洗町立 南中学校	14	1

表 2.2 避難経路の距離及び交通信号

出発地		避難所	避難経路 距離(km)	交通信号
JAEA 大洗研究開発 センター	南通用門	旭スポーツ センター	6.5	なし
	北門(新設中)	大洗町立 南中学校	2.2	1 箇所
日本核燃料開発(株)	3.6		1 箇所	
日揮(株)	3.4		1 箇所	
松川集落センター	3.4		1 箇所	
松川児童公園	4.4		1 箇所	
JA 大洗出荷所	1.8		1 箇所	
下太田生活改善センター	旭スポーツ センター	3.6	なし	
澗沼観光センター		4.2	1 箇所	
上釜集落センター		5.5	1 箇所	

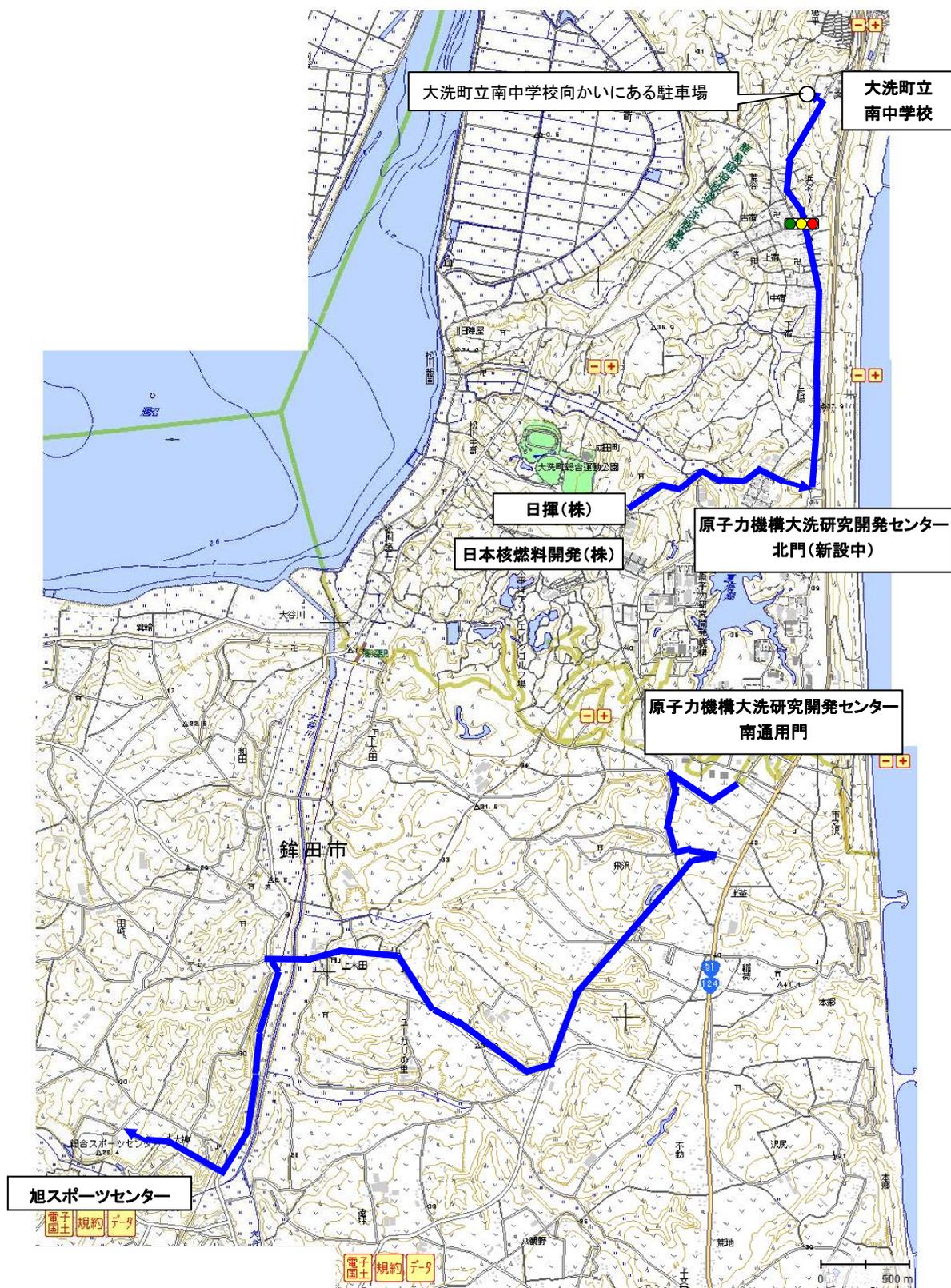


図 2.1 事業所等従業員自家用車避難訓練避難経路 (地図出典：国土地理院 基盤地図情報)



図 2.2 要援護者自家用車避難訓練及び住民避難訓練（自家用車）の避難経路
（地図出典：国土地理院 基盤地図情報）



図 2.3 住民避難訓練（バス）の避難経路（地図出典：国土地理院 基盤地図情報）

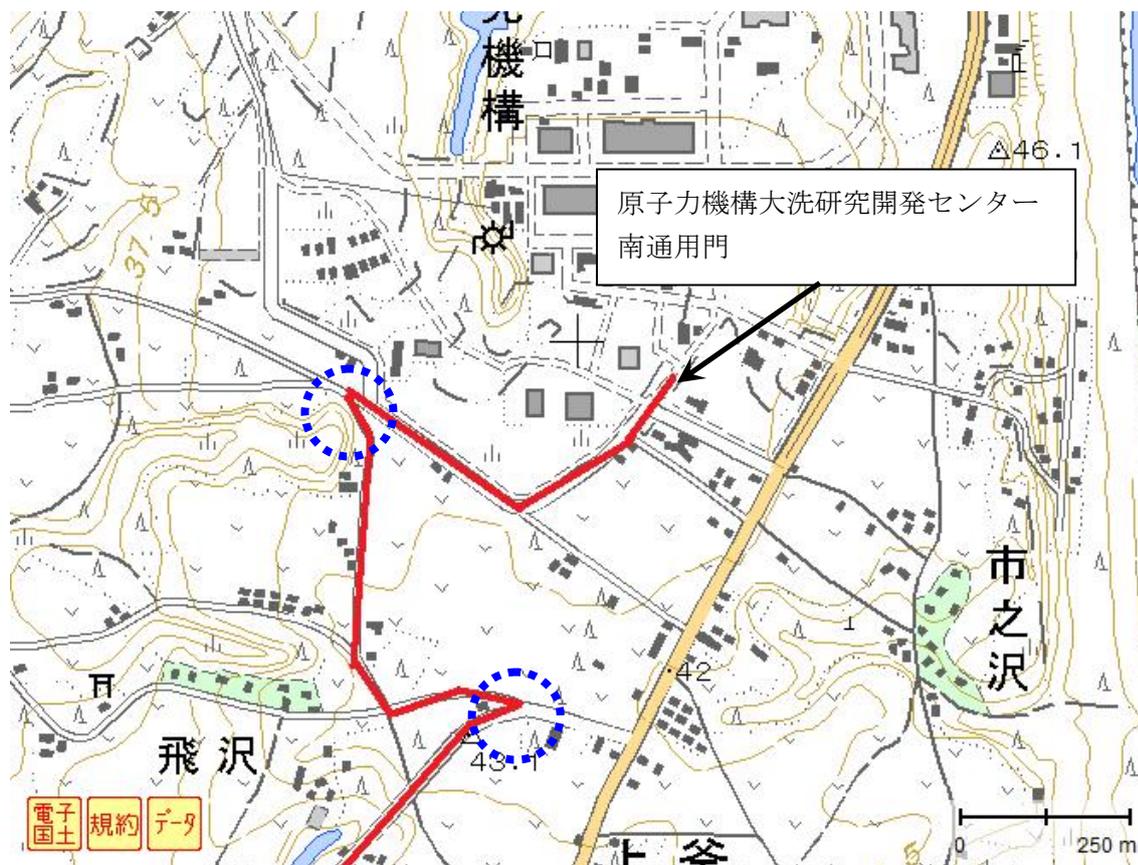


図 2.4 急な鋭角の右左折の例（原子力機構大洗研究開発センター南通用門付近、地図出典：国土地理院 基盤地図情報）



写真 2.1 幅員の狭い避難経路の例 (JA 大洗出荷所前)

3. 調査方法

3. 1. 避難車両の挙動調査

(1) アンケートによる車両挙動の調査

事業所等従業員自家用車避難訓練に参加した避難車両の、出発時刻、到着時刻、所要時間の分布を把握するため、事業所等従業員自家用車避難訓練参加者約 200 名を対象に、アンケート調査を実施した。また、要援護者自家用車避難訓練及び住民自家用車避難訓練に参加した避難車両について、出発時刻、到着時刻、所要時間の分布を把握するため、要援護者避難訓練参加者 36 名及び住民自家用車避難訓練参加者 5 名を対象にアンケート調査を実施した。

このアンケート調査では、事業所等従業員自家用車避難訓練参加者に付録 B1 に示すアンケート用紙を、要援護者自家用車避難訓練及び住民自家用車避難訓練参加者に付録 B2 に示すアンケート用紙をそれぞれ配布しており、アンケート用紙を大洗町立南中学校及び旭スポーツセンターで回収した。

(2) GPS 測位データによる車両挙動の調査

避難所駐車場までの避難車両の動きを詳細に把握するため、山本^[2]、川上ら^[3]の調査では避難訓練参加車両の一部に GPS 付き携帯端末を使用していたが、測位データを 1 分間隔より小さい間隔で記録できなかつたことから、図 3.1 に示すように曲がり角の多い避難経路上を走る車両の挙動を追跡することが困難であった。

そこで、今回の調査では、写真 3.1 に示す GPS ロガー（GPS を利用した位置記録装置。使用機種は、Holux 社製 m-241。）を使用した。この GPS ロガーは、避難中の車両の GPS 測位データを 5 秒間隔で記録することが可能であり、図 3.2 に示すように、曲がり角の多い経路上の車両の挙動を追跡できるようになっている。GPS ロガー搭載車両は、避難車両の各出発場所毎に表 3.1 に示す台数を任意に選定した。

事業所等従業員自家用車避難訓練では、後述するように、参加者は大洗町立南中学校へ向うものと、旭スポーツセンターに向うものとの 2 つに分かれ、それぞれ 99 台、101 台、計 200 台の車両が避難訓練に参加している。そこで、約 10% のサンプリング数を確保することとし、北地区、南地区それぞれ 9 台に GPS ロガーを搭載した。^{注1)} また、要援護者避難訓練及び住民自家用車避難訓練では、避難車両の各出発場所毎に表 3.1 に示すように各避難経路につき 2 台を任意に選定し、計 6 台に搭載し^{注2)}、また、避難用のバス 4 台についても、参考として GPS ロガーを搭載した。

(3) 撮影画像・観察に基づく車両挙動の調査

アンケートによる車両の走行状況調査及び GPS 測位データによる車両の走行状況分析を補完

注1) 一般的な交通シミュレーション等のデータ取得においては、交通流量の 5% 以上がサンプリングの目安とされている。事業所従業員による自家用車避難訓練では、訓練参加車両とは別に、避難経路上の状況観察のため、JAEA が訓練当日避難車両に混じって走行させた車両が北地区、南地区それぞれに 1 台ずつある。この車両にも GPS ロガーを搭載しているので、これらを加えるとサンプリング数は 10% となる。

注2) 参加車両の最も多い経路(大洗町の松川集落センター)でも 9 台であることから、サンプリング数は 20% 以上となる。

するため、撮影画像や特定地点に基づく車両挙動の調査を実施した。今回の避難経路では、混雑の発生する可能性のある狭い箇所が多く、川上ら^[3]の調査のように混雑発生が予測される全ての箇所での路側撮影の実施は、機材や人員の確保の点から困難であった。そこで、大洗研究開発センターから大洗町立南中学校及び旭スポーツセンターに向う避難車両の車列の中に、車内にビデオカメラを設置した車両をそれぞれ1台ずつ同行させ、フロントウィンドウより見える避難経路上の避難車両の状況を撮影して、混雑状況等を確認した。

また、茨城県機動班が撮影した避難所近辺の状況の記録及び銚田市職員、大洗町職員への聞き取り等の情報を基に、混雑状況、避難車両への到着状況を整理した。

なお、山本^[2]、川上ら^[3]の調査で実施した茨城県警察ヘリコプターによる空撮画像に基づく調査も、今回の調査で実施する予定であったが、当日の悪天候で空撮が中止となったため実施できなかった。

3. 2. 自家用車避難に関する意識調査

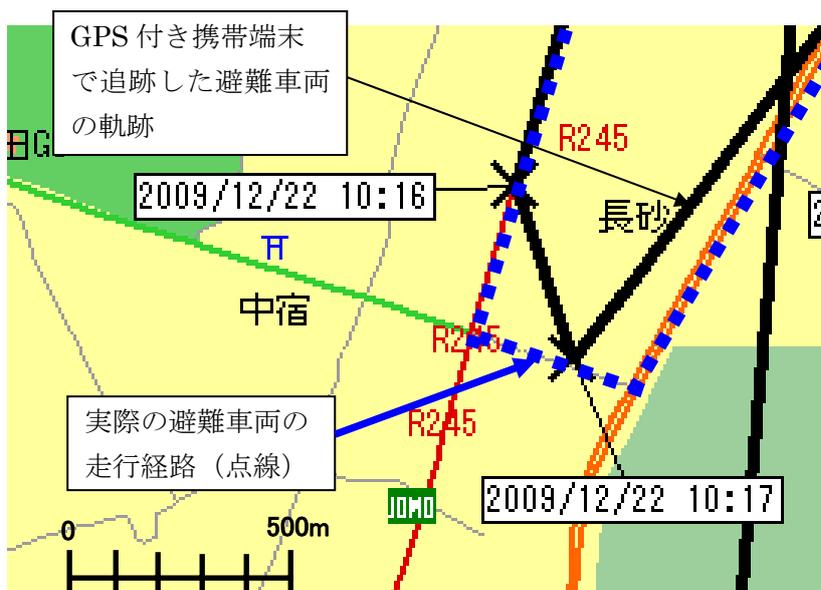
原子力災害時の自家用車避難に対する一般住民の意識を把握するため、要援護者自家用車避難訓練参加者及び住民避難訓練参加者合計 94 名に対して、アンケート調査を実施した。このアンケート調査では、2 箇所の避難所（大洗町立南中学校及び旭スポーツセンター）において付録 C に示すアンケート用紙を配布し、それぞれの避難所において回収した。

自家用車避難に関する意識調査については、山本^[2]、川上ら^[3]の調査では、自家用車避難訓練の参加者のみを対象にしていたが、今回の調査では自家用車により避難した訓練参加者だけでなくバスで避難した訓練参加者も対象にしていた点が異なる。

表 3.1 避難車両の出発場所と GPS ロガーの搭載車両台数

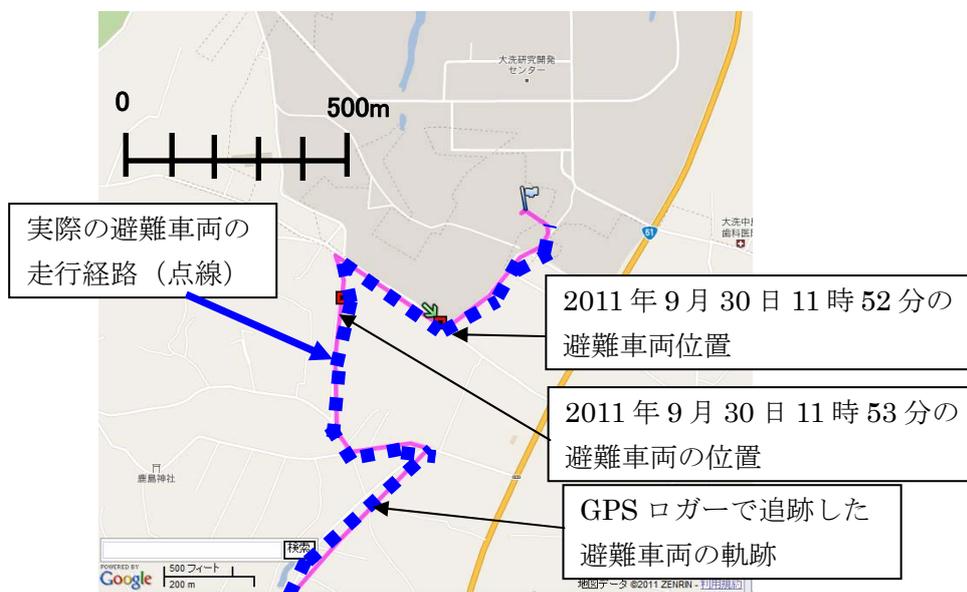
	避難車両の出発場所		避難先	参加台数	搭載台数
事業所等従業員 自家用車避難訓練	日本核燃料開発 (株)		大洗町立南中学校	5	0
	日揮 (株)			3	0
	事業所 (原子力機構大洗 研究開発センター)	北地区		91 ^{注)}	9
		南地区	旭スポーツ センター	101	9
要援護者避難訓練 及び 住民避難訓練	大洗町	松川児童公園	大洗南中学校	バス 1	1
		松川集落センター		3	2
		JA 大洗出荷所		バス 1	1
	7	2			
	銚田市	上釜農村集落 センター	旭スポーツ センター	バス 1	1
		下太田生活改善 センター		5	2
涸沼観光センター		バス 1		1	

注) 東北大学の参加者含む。



(平成 21 年度原子力総合防災訓練における測定データより)

図 3.1 GPS 付き携帯端末で追跡した避難車両の軌跡の例



(地図出典：©Google Map、地図データ©2011ZENRIN)

図 3.2 GPS ロガーで追跡した避難車両の軌跡の例



写真 3.1 GPS 測位データの取得に使用した GPS ロガー

4. 避難車両の挙動データの分析

4. 1. 分析・評価の方法

データの分析・評価にあたり、走行距離の算定と渋滞等の判定を次のとおり実施している。

(1) 走行距離の算定について

GPS ロガーによって得られる避難車両の測位データは、測位した時刻とその時点における避難車両の位置（緯度・経度）である。そのため、GPS 測位データから避難車両の走行状況を知るためには、時刻とともに、当該避難車両がどこまで走行したかを知る必要がある。そこで、GPS 測位データから地図上で走行経路、記録データ密度を確認しながら、以下のような計算処理を行った。

避難訓練参加車両に搭載した GPS ロガーの測位記録間隔は 5 秒で設定しているため、5 秒毎の避難車両の位置（緯度・経度）データ列が得られている。したがって、避難車両の走行距離は、5 秒間に移動した 2 点の位置の距離の累積として得ることができる。

2 点の位置、すなわち緯度・経度からその距離を計算する方法はいくつかあるが、避難車両の 5 秒間の走行距離は、90m 未満であるため、本評価では、一般によく知られている近似計算式でも最も簡単な Hubeny(ヒュベニ)の公式を用いた。^{注1)}

これにより得られた時刻別の累積走行距離を縦軸に、時刻を横軸にとる走行曲線を作成して、山本²⁾、川上³⁾らの調査と同様に走行曲線による分析を実施した。

(2) 渋滞等の判定について

アンケートによる車両挙動の調査では、所要時間と避難経路の距離より避難車両の平均速度が得られる。また、GPS 測位データによる車両挙動の調査をもとに作成される走行曲線の傾きから、測位した時点における瞬間速度が得られる。これら速度に関するデータを基に、渋滞等の判定を実施した。

渋滞の判定に関する既存研究⁴⁾⁵⁾⁶⁾は、幹線道路や高速道路を対象では実施されているが、今回の避難訓練で避難経路に設定されている道路のように平時の通行台数が少なく幅員の狭い道路を対象としているものは無く、また、川上らの調査³⁾で使用した日本道路交通情報センターの速度に基づく渋滞等の判定基準⁷⁾は、今回の避難経路のように制限速度が 40km 以下であり鋭角の右左折や幅員の狭い場所がある道路に適用することは難しい^{注2)}。

そこで、茨城県地域防災計画（原子力災害対策編）⁸⁾において想定されている避難車両の“目安の速度”である時速 12km を基準として、それ以上の速度で移動していた場合には「順調」、それ以下の速度で移動していた場合を「混雑」と判定することにした。

注1) Hubeny (ヒュベニ) の公式については、付録 A「GPS 測位データからの移動距離の算出方法について」を参照。

注2) 制限速度が 30~40km であっても、鋭角の右左折や幅員の狭い場所の通過に伴う減速で時速が 20km 以下になる場合があり、日本道路交通情報センターにおける混雑の基準（時速 10~20km）を今回の調査に適用した場合、画像分析では順調な走行であると思われる状況でも、速度では混雑と判定されてしまう問題があったため。

4. 2. 事業所等従業員自家用車避難訓練の車両挙動データの分析

4. 2. 1. 大洗町立南中学校へ向かった避難車両の車両挙動データの分析

(1) アンケートによる車両の走行状況の調査結果と分析

大洗町立南中学校に向かった事業所従業員 99 名に対しアンケート用紙を配布し、84 件の回答を回収した。このうち、出発事業所が不明なもの 4 件、避難を開始する旨の構内放送の時刻(11:42)から判断すると正門通過時刻に記入ミスが疑われる回答 2 件、記載された到着時刻が避難所の係員が確認した最後尾車両到着時刻の時間帯(11:56~12:15)から外れていたもの 2 件の計 8 件分を除く 76 件を有効回答として分析した。

①到着時刻の分析結果

避難訓練参加車両の到着時刻の分布を、図 4.1 に示す。事業所等従業員避難訓練の参加車両は、11:56 から 12:15 にかけて到着していた。事業所別に見ると、原子力機構大洗研究開発センターから出発した参加車両が 11:56 から 12:15 にかけて分散して到着していたのに対して、日本核燃料開発(株)、日揮(株)、東北大学の 3 事業所から出発した参加車両は、12:02 から 12:05 の短い時間に集中して到着していた。また、到着台数が一番多かった時刻は 12:03 であり、到着台数 9 台であった。

②出発時刻の分析結果

避難訓練参加車両の出発時刻の分布を、図 4.2 に示す。事業所等従業員避難訓練参加車両は、11:45 から 11:56 にかけて各事業所の門を通過しており、11:50 に事業所の門を通過した車両が 18 台と一番多かった。

③所要時間の分析結果

避難訓練参加車両の所要時間の分布を図 4.3 に示す。これより、事業所等従業員避難訓練参加車両の各事業所の門から避難所駐車場までの所要時間は、東北大学から出発した車両は 13 分、日本核燃料開発(株)、日揮(株)から出発した参加車両は 15 分で到着していた。大洗研究開発センターから出発した車両の所要時間については 7 分から 25 分にかけて分布しており、15 分で到着した車両が 9 台と一番多かった。

後述するとおり、大洗町立南中学校に向かった事業所等従業員の避難訓練参加車両は、避難経路前半では順調に走行していたが、避難経路後半では駐車場付近の混雑の影響を大きく受けたことから、アンケートの結果から平均速度は評価することはできなかった。

(2) GPS 測位データによる避難車両の走行状況の分析

事業所等従業員による自家用車避難訓練では、GPS ロガーは、表 3.1 に示したとおり、自家用車 9 台に搭載した。

事業所等従業員による自家用車避難訓練において、GPS ロガーの搭載は原子力機構大洗研究開発センターからの参加者を対象とした。原子力機構大洗研究開発センター構内では、11:42 に従業員の避難を開始する旨の構内放送が行われ、パトロールカーの先導で避難が開始された。訓練参加従業員は北地区、南地区の 2 つに分かれ、大洗研究開発センター構内からの出口は、通常使用されている南北の正門ではなく、南北方向にそれぞれ 1 箇所ずつある通用門等を使用し、

北地区は北側の正門ではなく新設中の北門（以下、「新北門」という。）から北方向の避難経路を走行して大洗町立南中学校へ向かった。

図 4.4 に GPS 測位データから作成した避難車両の走行曲線（避難車両の走行距離の時間変化）を示す。出発地及び避難先は同一であるが、事業所構内及び避難先施設駐車場内における状況は参加車両ごとに全て異なるので、この避難車両の走行曲線では、各避難車両の走行状況を比較評価できるように、解析上の走行開始地点と走行終了地点をそれぞれ統一した。すなわち、原子力機構大洗研究開発センターの北地区から発進した車両については、新北門を通過した瞬間を走行開始地点、走行終了地点は、大洗町立南中学校の指定された駐車場の入口を通過した瞬間とした。

図 4.4 において北方向に避難した避難車両は、避難の初期にあたる 11:48 頃に新北門を通過した車両では、上述の住民避難訓練の避難車両と同様にほとんど走行上の障害を受けることなく、円滑に避難所に到達している。しかし、避難の中期以降に新北門を通過した車両は、しばらくの間はほとんど走行上の障害を受けることなく、円滑に走行し、走行曲線からは、平均して 25km/h から 43km/h 程の速度で走行していたことが分かるが、避難所である大洗町立南中学校の専用駐車場の手前から速度が著しく低下し、時間とともに避難所である大洗町立南中学校手前の駐車場に入るために要する時間が長くなったことが示された。11:56 頃に新北門を通過した車両では、大洗町立南中学校手前の駐車場に至る 2km 余りの区間に渡って、断続的にゆっくりと走行しており、平均すると 3km/h から 4km/h と徒歩による移動と同程度の速度であった。

しかし、原子力機構大洗研究開発センターの新北門を通過後しばらくの間は、むしろ後述する住民避難訓練の避難車両と同等以上の速さで走行しており、また、後述するように南方向に向かって旭スポーツセンターへ避難した原子力機構大洗研究開発センター南地区の避難車両ではほとんど速度低下は観察されていない。したがって、原子力機構大洗研究開発センターの北地区の避難で観察された走行速度の低下は、道路の条件や避難車両台数が多かったことが原因ではないと考えられる。この原子力機構大洗研究開発センター北地区の避難車両で観察された速度低下の原因については、後述の「(3) 撮影画像・観察に基づく車両の走行状況の分析」で、再び議論することとする。

なお、原子力機構大洗研究開発センター北地区の避難車両の走行曲線において、走行距離の誤差が相対的に大きくなっていることが示された。すなわち、図 4.4 は出発地及び避難先が同一の避難車両毎に走行曲線を示したものであるが、走行終了地点である大洗町立南中学校手前の駐車場入口までの走行距離の避難車両間のばらつきが、後述する原子力機構大洗研究開発センター南地区や住民避難訓練の避難車両のデータに比べて大きいことが分かる。

この原因を探るため、GPS ロガーが記録した GPS 測位データを詳細に確認した。その結果、図 4.5 に示すように、比較的低い速度で、断続的に走行を行ったとき、GPS 測位データの測定精度に起因する揺らぎが顕著に現れていることが分かった。走行曲線は 5 秒ごとに取得される測位データを基に、各データ間の距離を計算、積算して作成しているために、GPS 測位データの揺らぎによって発生する距離の誤差が累積して、今回の調査においては最大値と最小値の間で 87m の差異が生じた。したがって、本 GPS ロガーを用いた場合、比較的低い速度で、断続的に走行したケースにおいては、このような走行距離の測定誤差を考慮して評価することが必要である。

(3) 撮影画像・観察に基づく車両の走行状況の分析

避難車両に同行させたビデオカメラ搭載車両が撮影した画像から、新北門から避難所駐車場手

前約 1.1km までは、写真 4.1 に示すように順調に走行していたが、それ以降は、写真 4.2 に示すように車列が断続的に停止していたことが確認された。避難所駐車場入口より手前約 600m 付近以降においては、避難車両が 30 秒以上停止する状態が 3 回確認された。

また、茨城県機動班が大洗町立南中学校の向かいにある駐車場入口付近を撮影したビデオ画像から、以下のような車両があったことが確認された。

- ① 駐車場入口で、切返しを行って入口に進入した車両（写真 4.3）
- ② 反対車線に膨らむように、大回りして入口に進入した車両（写真 4.4）
- ③ 駐車場出入口が 1 箇所しかなかったことから、既に駐車場に駐車し、避難所に向う参加者が出入口を通行している間、駐車場入口付近で停車、待っていた車両（写真 4.5）
- ④ 駐車場入口を通過してしまい、U ターンし、反対車線から入口に進入した車両（写真 4.6 及び写真 4.7）

事業所等従業員自家用車避難訓練において、大洗町立南中学校に設置された避難車両用の駐車場入口は非常に狭く、入口のフェンスが普通車両の車幅いっぱいの間隔であった。①、②、③は、その入口の狭さが原因で生じたものであり、これらにより後続の避難車両の減速、停車を生じさせ、混雑に結びついていた。④の原因は不明であるが、U ターンしてきた当該車両が反対車線から右折進入する間、他の避難車両が入口前で待っていなければならず、これも駐車場入口を起点とする混雑に結びついていた。

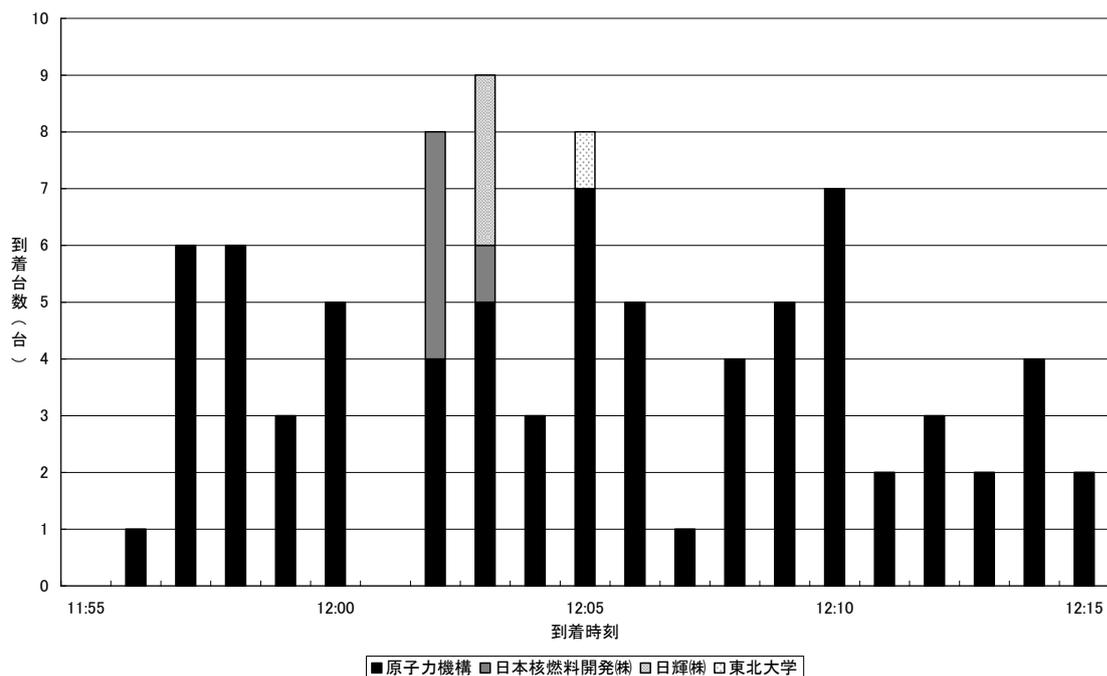


図 4.1 到着時刻の分布
(事業所等従業員自家用車避難訓練で大洗町立南中学校に向かった車両)

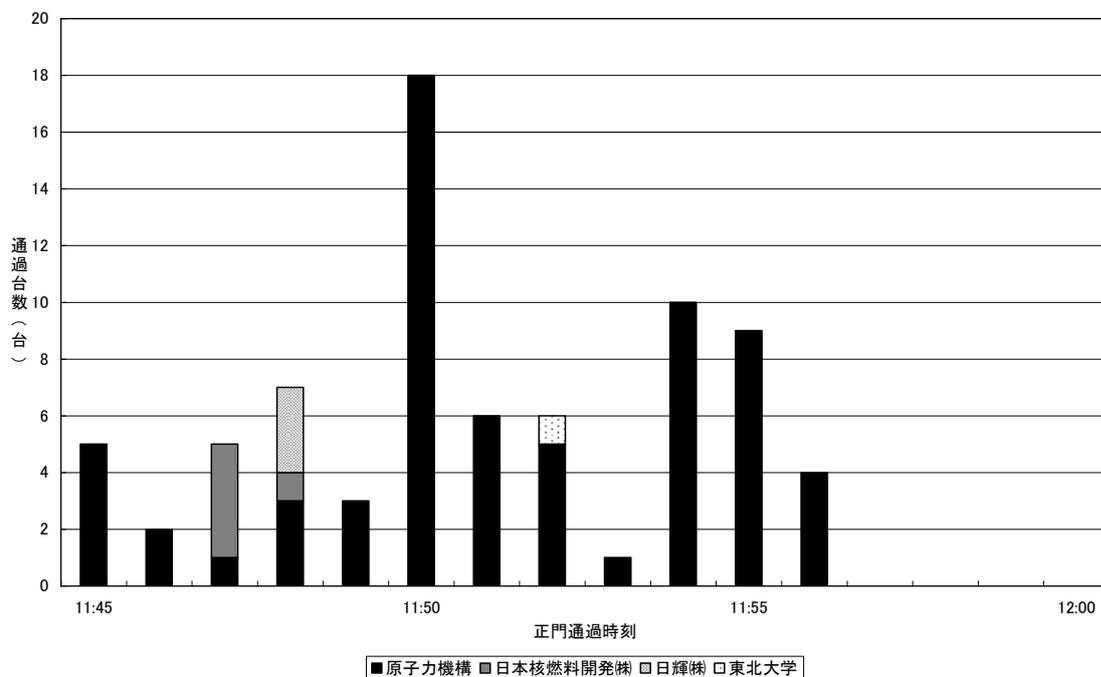


図 4.2 出発時刻の分布
(事業所等従業員自家用車避難訓練で大洗町立南中学校に向かった車両)

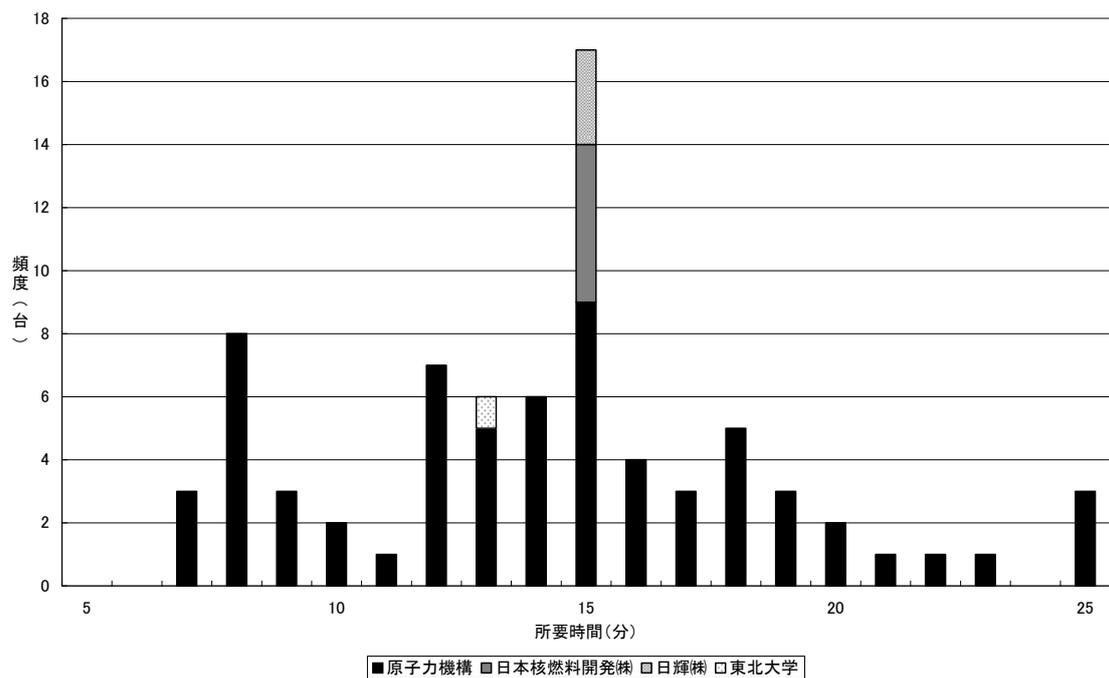


図 4.3 所要時間の分布
(事業所等従業員自家用車避難訓練で大洗町立南中学校に向かった車両)

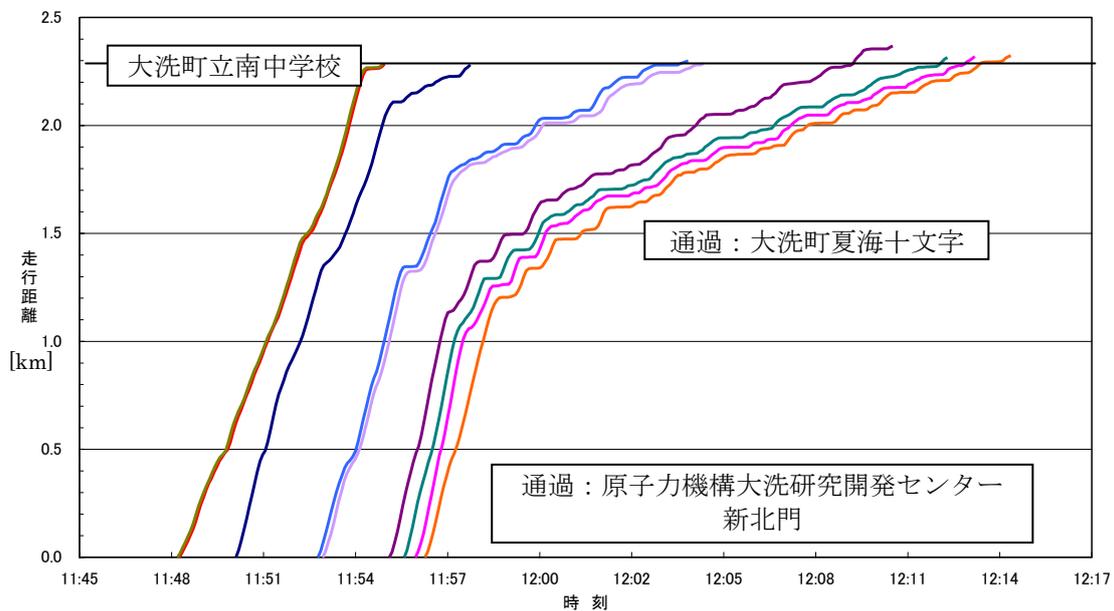
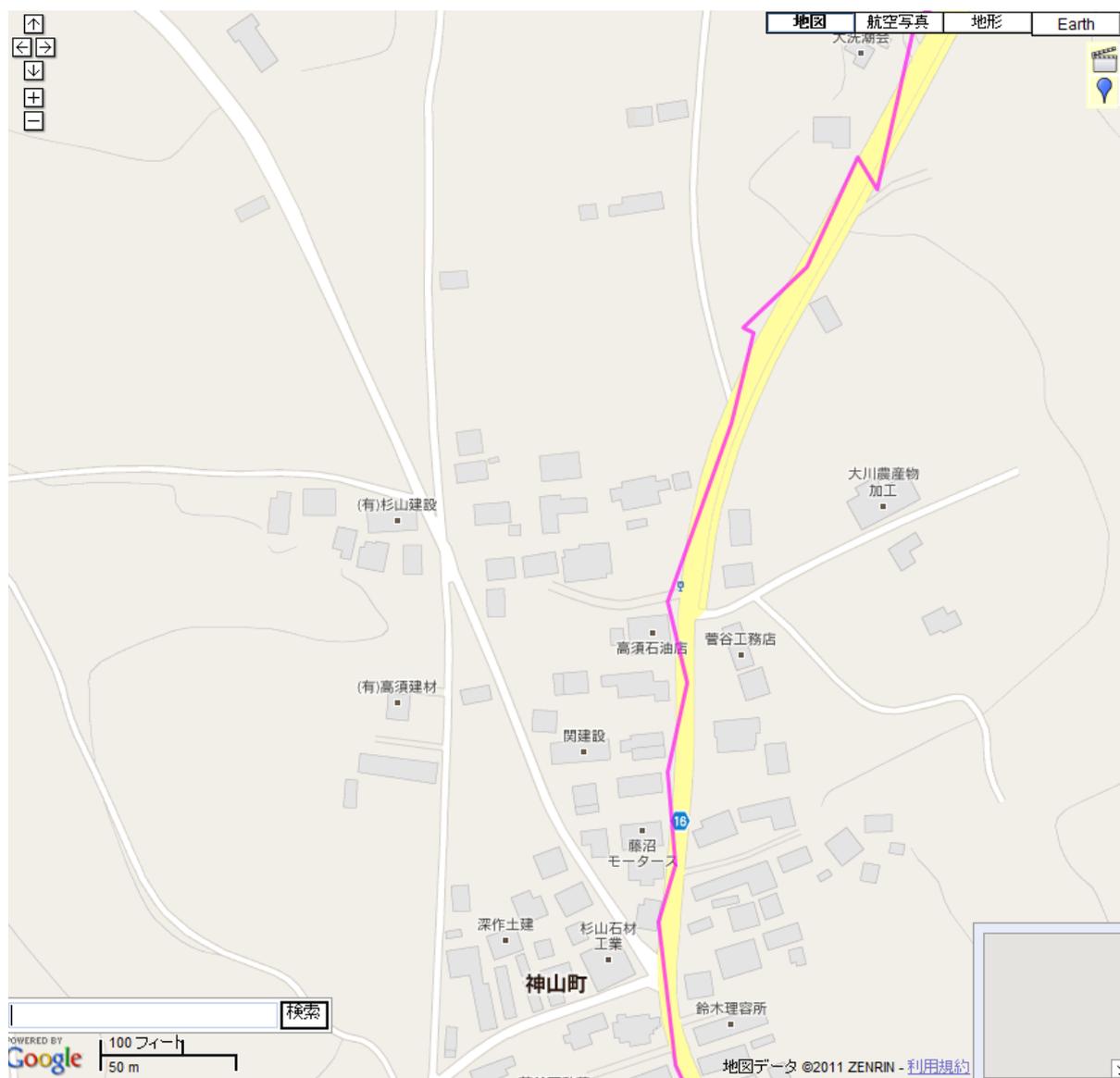


図 4.4 原子力機構大洗研究開発センター（北地区）からの事業所従業員避難車両（自家用車）の走行曲線



(地図出典：©Google Map、地図データ©2011ZENRIN)

図 4.5 原子力機構大洗研究開発センター（北地区）からの事業所従業員避難車両において生じた測位データの揺らぎの例



写真 4.1 大洗町立南中学校に向う車列の状況(大洗町立南中学校手前 1.2 km 付近)



写真 4.2 大洗町立南中学校に向う車列の状況 (大洗町立南中学校手前 200m 付近)



写真 4.3 駐車場入口で切返しして進入する避難車両^{注)}
(点線で囲われた車両)



写真 4.4 駐車場入口付近で反対車線に大回りして進入する避難車両^{注)}
(点線で囲われた車両)

^{注)} 茨城県機動班撮影画像より。



写真 4.5 駐車場入口前で避難所に向う訓練参加者の通過を待つ避難車両
(点線で囲われた車両がこの時点の先頭)^{注)}



写真 4.6 駐車場入口を通過してしまった避難訓練参加車両
(点線で囲われた 2 台の車両)^{注)}

^{注)} 茨城県機動班撮影画像より。



写真 4.7 駐車場入口を通過してしまい、U ターンして駐車場入口に戻った避難車両
(点線で囲われた車両は、写真 4.6 で示した車両の内の 1 台と同一。) 注)

注) 茨城県機動班撮影画像より。

4. 2. 2. 旭スポーツセンターへ向かった避難車両の車両挙動データの分析

(1) アンケートによる車両の走行状況の調査結果と分析

旭スポーツセンターに向かった事業所従業員 101 名にアンケートを配布し、94 件の回答を回収した。このうち、正門通過時刻が避難を開始する旨の構内放送の時刻 (11:42) 以前の回答 2 件、到着時刻が避難所の係員が確認した最後尾車両到着時刻 12:11 以後の回答 1 件、到着時刻に出発時刻よりも早い時刻が記載されていた回答 1 件の計 4 件分を除く、89 件を有効回答として分析を行った。

①到着時刻の分析結果

旭スポーツセンターへ向かった事業所避難訓練参加車両の到着時刻の分布を図 4.6 に示す。事業所等従業員避難訓練参加車両は、11:58 から 12:10 にかけて到着していた。到着台数が一番多かったのは、12:03 で 15 台であった。

②出発時刻の分析結果

旭スポーツセンターへ向かった事業所避難訓練参加車両の出発時刻の分布を図 4.7 に示す。事業所等従業員避難訓練参加車両は、11:45 から 11:57 にかけて南通用門をしており、11:48 に門を通過した車両が 16 台で最も多かった。

③所要時間の分析結果

旭スポーツセンターへ向かった事業所避難訓練参加車両の所要時間の分布を図 4.8 に示す。事業所等従業員避難訓練参加車両の南通用門から避難所駐車場までの所要時間は、10 分から 25 分にかけて分布しており、13 分で到着した車両が 25 台と一番多かった。平均所要時間は、14.4 分であった。

後述のとおり、この経路において大きな混雑が確認されなかったことから、アンケートで得られた平均所要時間を基に平均速度を評価した結果、27km/h であった。これは、茨城県地域防災計画 (原子力災害対策編) ⁴⁾において想定されている避難車両の“目安の速度”である時速 12km よりも 2 倍以上の速さである。

(2) GPS 測位データによる避難車両の走行状況の分析

事業所等従業員による自家用車避難訓練では、GPS ロガーは、表 3.1 に示したとおり、自家用車 9 台に搭載した。

原子力機構大洗研究開発センター構内では、11:42 に従業員の避難を開始する旨の構内放送が行われ、パトロールカーの先導で避難が開始された。南地区の訓練参加従業員は、通常使用されている南の正門ではなく、南通用門を使用し、そこから南方向の避難経路を走行して旭スポーツセンターに向かった。

図 4.9 に GPS 測位データから作成した避難車両の走行曲線 (避難車両の走行距離の時間変化) を示す。この避難車両の走行曲線では、各避難車両の走行状況を比較評価できるように、解析上の走行開始地点と走行終了地点をそれぞれ統一した。すなわち、原子力機構大洗研究開発センターの南地区から発進した車両については、南通用門を通過した瞬間を走行開始地点、走行終了地点は、旭スポーツセンターの指定された駐車場の入口を通過した瞬間とした。

図 4.9 より原子力機構大洗研究開発センターから南方向への避難は、原子力機構大洗研究開発センターの南通用門を通過後、ほとんど走行上の障害を受けることなく、円滑に避難所に到達したと考えられる。走行曲線からは、平均して 38km/h から 44km/h 程の速度で走行していたことが分かる。

北方向に避難した避難車両で観察されたような駐車場の手前における速度の著しい低下はほとんど観察されなかったが、時間とともに避難所の駐車場に入るために要する時間が若干長くなる傾向は示されている。

(3) 撮影画像・観察に基づく車両の走行状況の分析

避難車両に同行させたビデオカメラ搭載車両が撮影した画像（写真 4.8 参照）から、大洗研究開発センター南通用門近くにある急な交差点を右左折する時及び駐停車車両を追い越した時を除くと、事業所等従業員自家用車避難訓練において旭スポーツセンターに向かった避難車両では、避難経路上において特に大きな減速は認められず、非常に円滑に避難が実施できたことが確認された。

茨城県機動班が旭スポーツセンターにおいて撮影したビデオの画像（写真 4.9 参照）では、避難車両はスムーズに駐車場に進入しており、入口での切返しや大回りで進入する車両は観察されなかった。また、駐車場入口や駐車場に続く車路では、駐車場に向う避難車両と、駐車後避難所へ向う訓練参加者の流れはよく分離されていた。（写真 4.10、写真 4.11 参照）

大洗町立南中学校の駐車場に比べ、旭スポーツセンターの駐車場の条件のよさが、観察されたようなスムーズな避難車両の駐車という結果になったものと考えられる。

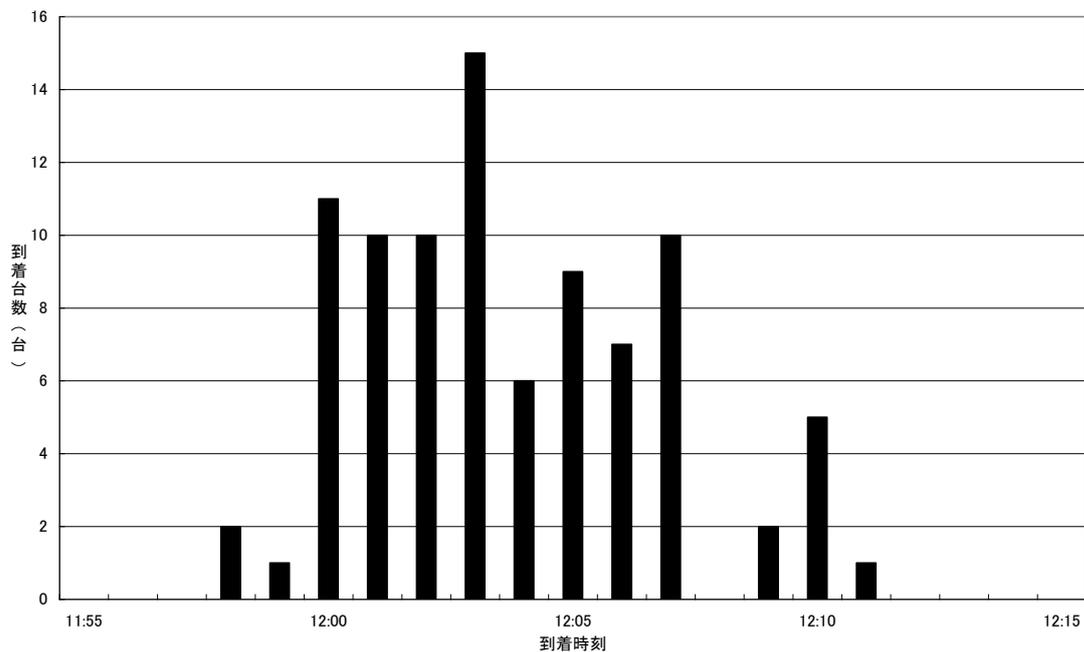


図 4.6 到着時刻の分布
(事業所等従業員自家用車避難訓練で旭スポーツセンターに向かった車両)

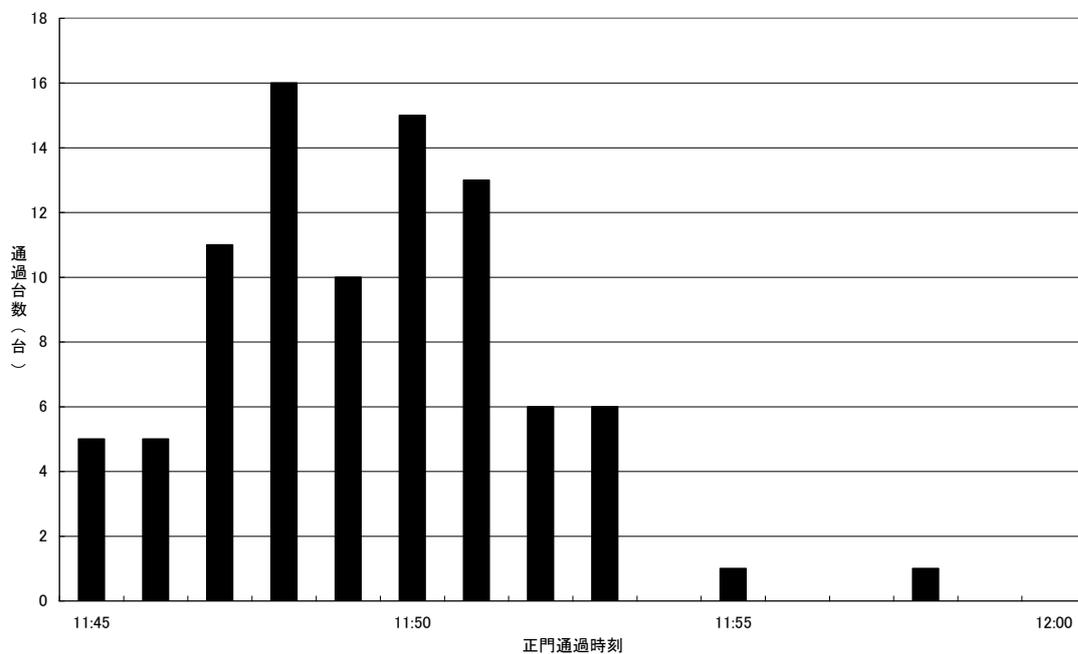


図 4.7 出発時刻の分布
(事業所等従業員自家用車避難訓練で旭スポーツセンターに向かった車両)

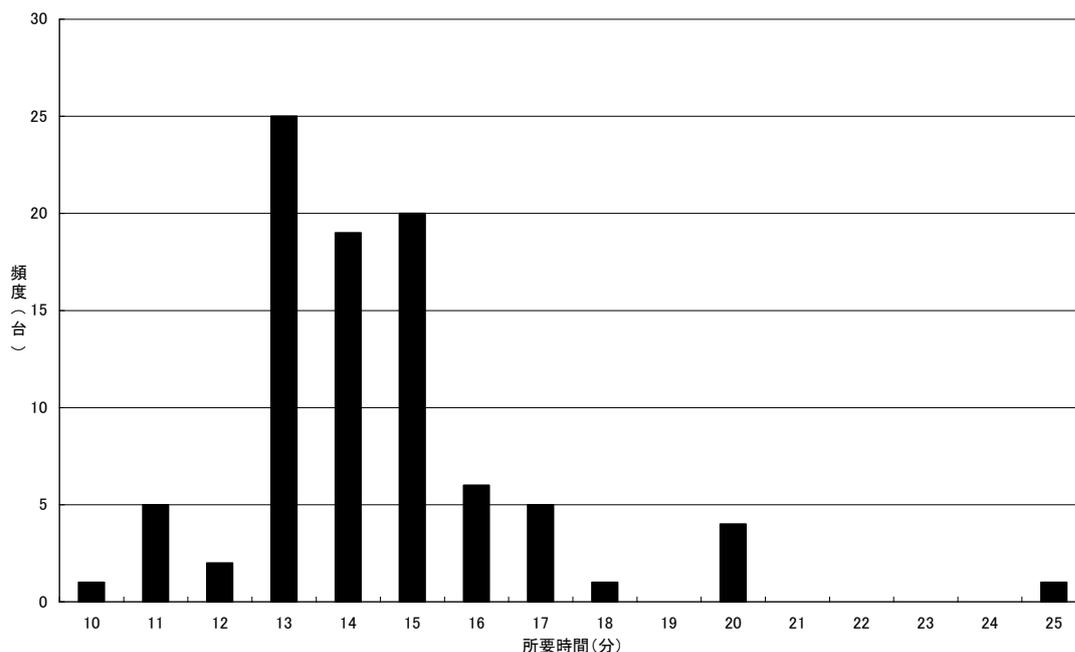


図 4.8 所要時刻の分布
(事業所等従業員自家用車避難訓練で旭スポーツセンターに向かった車両)

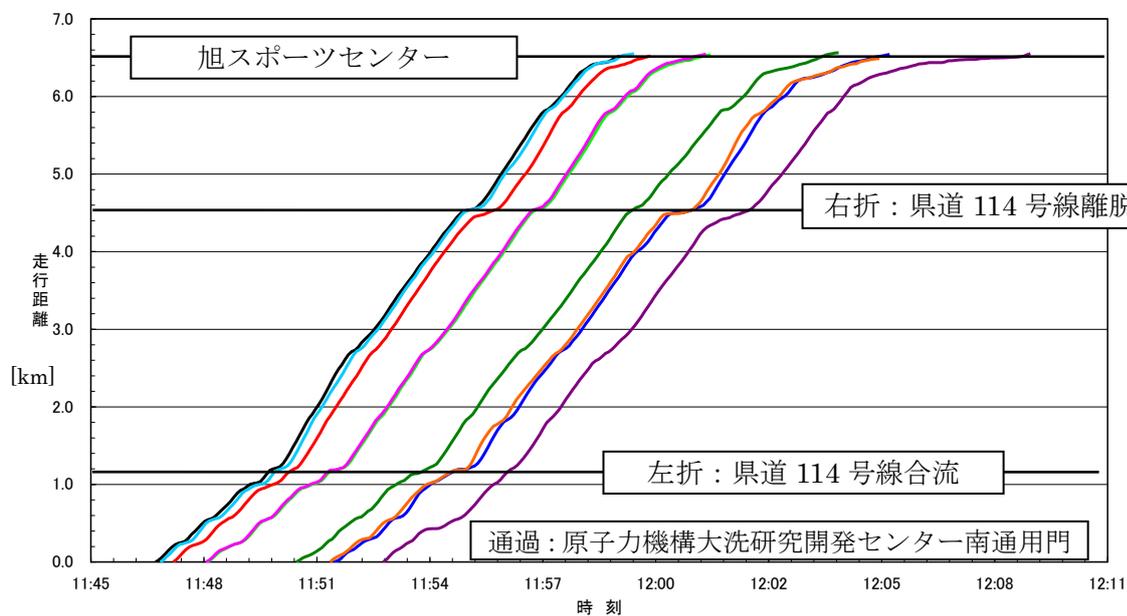


図 4.9 原子力機構大洗研究開発センター（南地区）からの事業所従業員避難車両（自家用車）の走行曲線



写真 4.8 旭スポーツセンターへ向う車列の状況
(旭スポーツセンター手前 600m 付近)



写真 4.9 旭スポーツセンターの入口を通過する避難車両^{注)}

注) 茨城県機動班撮影画像より。



写真 4.10 旭スポーツセンター駐車場に入る避難車両と避難所に向う訓練参加者^{注)}



写真 4.11 旭スポーツセンターの入口を通過する避難車両と訓練参加者^{注)}

^{注)} 茨城県機動班撮影画像より。

4. 3. 要援護者自家用車避難訓練、住民避難訓練に関する車両挙動データの分析

4. 3. 1. 大洗町立南中学校へ向かった避難車両の車両挙動データの分析

(1) アンケートによる車両の走行状況の調査結果と分析

大洗町立南中学校へ向かった要援護者自家用車避難訓練参加者に対するアンケート調査のアンケート用紙の配布枚数と回収枚数を表 4.1 に示す。

避難車両の走行状況を把握するための分析は、回収した回答のうち、運転者兼支援者の回答を分析対象とし、JA 大洗出荷所から出発した運転者兼支援者の回答 7 件と松川集落センターから出発した運転者兼支援者の回答した 3 件、計 10 件のデータを分析した。

大洗町立南中学校へ向かった要援護者自家用車避難訓練の参加車両は、全車 11:45 に一時集合場所 (JA 大洗出荷所及び松川集落センター) を出発し、11:50 から 11:55 にかけて大洗町立南中学校に到着していた。避難所駐車場に到着した到着時刻の分布を、図 4.10 に示す。事業所等従業員避難訓練に先立って実施されたため、事業所等従業員避難訓練の参加車両による影響は全く受けなかった。

所要時間についてみると、松川集落センターから出発した 3 台の車両全てが、8 分で到着している。また、JA 大洗集荷所から出発した車両は、5 分、7 分、8 分を要したものが各 1 台、所要時間 10 分を要したものが 4 台であった。

後述するように、この訓練においては避難経路上の混雑は確認されていないことから、アンケートで得られた平均所要時間を基に平均速度を評価した。その結果を表 4.2 に示す。表 4.2 の平均速度を、茨城県地域防災計画 (原子力災害対策編) [1]において想定されている避難車両の“目安の速度”である 12 km/h と比較すると、JA 大洗集荷所から出発した車両の 4 台を除く、10 台中 6 台が、それよりも大きな速度であり、順調に走行していたと判定された。JA 大洗集荷所から出発した車両の 4 台は、平均速度が 10.8 km/h でわずかに“目安の速度”を下回っており、混雑していたと判定された。

(2) GPS 測位データによる避難車両の走行状況の分析

大洗町立南中学校へ向かった要援護者自家用車避難訓練では、GPS ロガーは、表 3.1 に示したとおり、自家用車 4 台とバス 2 台の計 6 台に搭載した。

図 4.11 及び図 4.12 に GPS 測位データから作成した避難車両の走行曲線 (避難車両の走行距離の時間変化) を示す。これらの避難車両の走行曲線では、出発地及び避難先が同一の避難車両の走行状況を比較評価できるように、解析上の走行開始地点と走行終了地点をそれぞれ統一した。すなわち、大洗町松川集落センター、大洗町 JA 大洗出荷所から発進した車両については当該施設正面の道路上を通過した瞬間を走行開始地点とした。また、走行終了地点は、到着地である大洗町立南中学校の指定された駐車場の入口を通過した瞬間とした。

2 台の避難用のバスの内、自家用車と同一の経路を走行したものは大洗町松川集落センターを出発地とする 1 台であり、その走行曲線を図 4.11 に示す。また、大洗町松川児童公園から大洗町立南中学校へ向かったバスの走行曲線については図 4.13 に示す。

図 4.11 及び図 4.12 から、事業所等従業員による自家用車避難訓練に先立って避難を開始した住民避難訓練の避難車両においては、全く走行上の障害がなく、円滑に避難所に到達したと考えられる。避難経路は幹線道路ではなかったが、走行曲線からは、県道との合流や比較的急な右左折による減速が 2~3 箇所観察された以外、平均して 26km/h から 30km/h 程の速度で走行して

いたことが分かった。

図 4.12 において、JA 大洗出荷所からの 1 台については、到着地である避難施設の入り口において減速したことが示されているが、これは前回、平成 21 年度の訓練で発生したような渋滞等に巻き込まれたものではない。ほぼ同時刻に到着しているもう 1 台はわずかに減速しただけで駐車場内に進入できていることから、この車両が駐車場内に進入する際、大洗町立南中学校の入口で進入できない、あるいは進入しにくい何らかの障害が一時的に発生した可能性がある。

図 4.11 及び図 4.13 から住民避難訓練の避難バスについて、自家用車による避難と同様に、走行曲線からは、県道との合流や比較的急な右左折による減速が 2~3 箇所観察された以外、円滑に走行していたことが確認されている。また、平均速度については、自家用車の平均速度と比較して遅いものの、平均して約 20km/h 程の速度で走行していたことが分かった。

表 4.1 大洗町立南中学校へ向かった要援護者自家用車避難訓練参加者に関するアンケート調査の実施状況

出発地	配布枚数	回収枚数	回収率 (%)	内運転者兼支援者の回答	避難車両台数
松川集落センター	9	8	88.9	3	3
JA 大洗出荷所	21	21	100	7	7

表 4.2 大洗町立南中学校に向かった訓練参加車両の所要時間と平均速度

出発地	距離 (km)	所要時間 (分)	台数 (台)	平均速度 (km/h)
JA 大洗出荷所	1.8	5	1	21.6
		7	1	15.4
		8	1	13.5
		10	4	10.8
松川集落センター	3.4	8	3	25.5

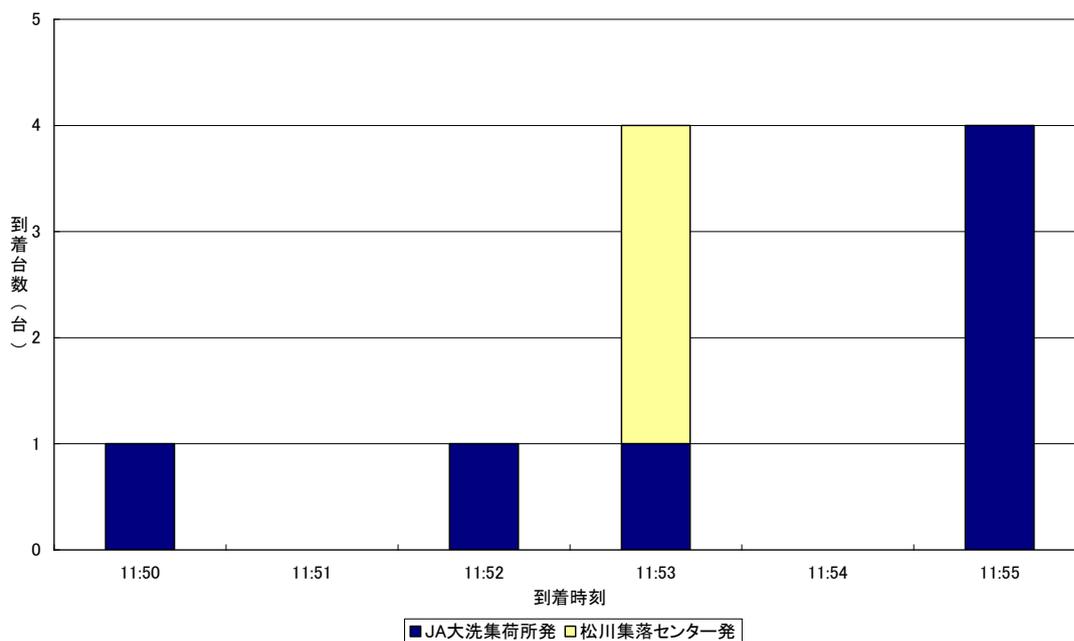


図 4.10 到着時刻の分布
(要援護者自家用車避難、住民避難で大洗町立南中学校に向かった自家用車)

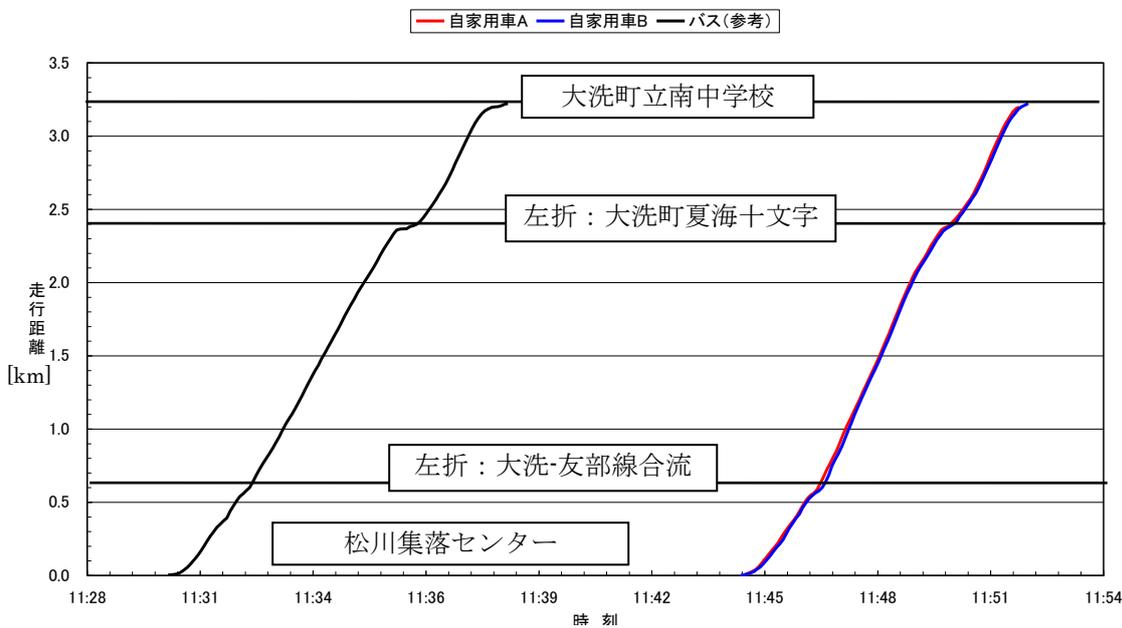


図 4.11 松川集落センターから大洗町立南中学校への避難車両の走行曲線

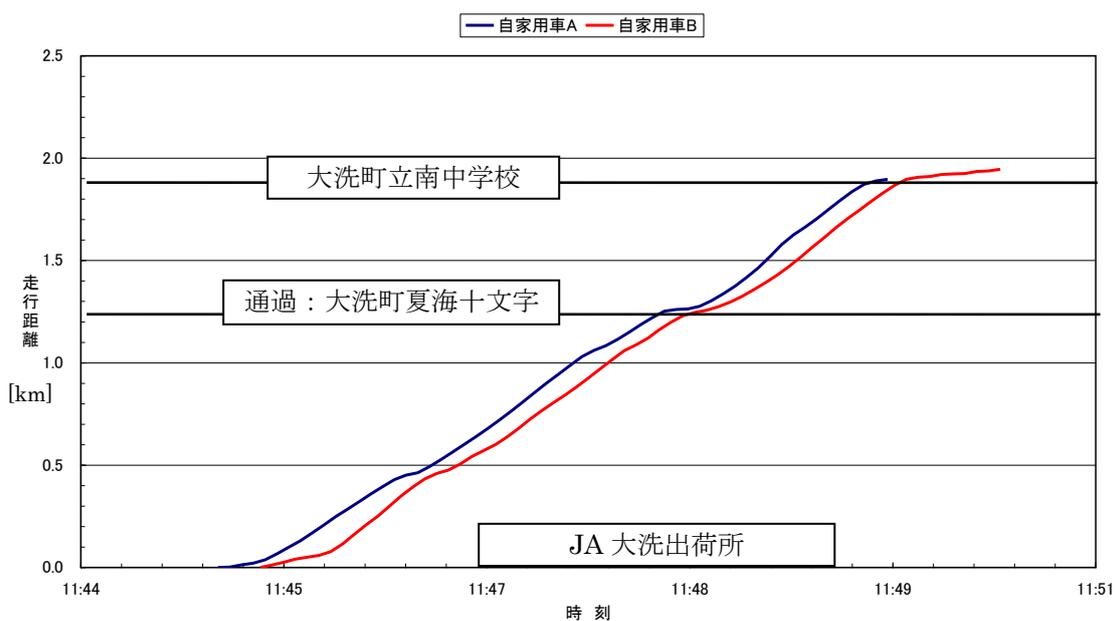


図 4.12 JA 大洗出荷所から大洗町立南中学校への避難車両の走行曲線

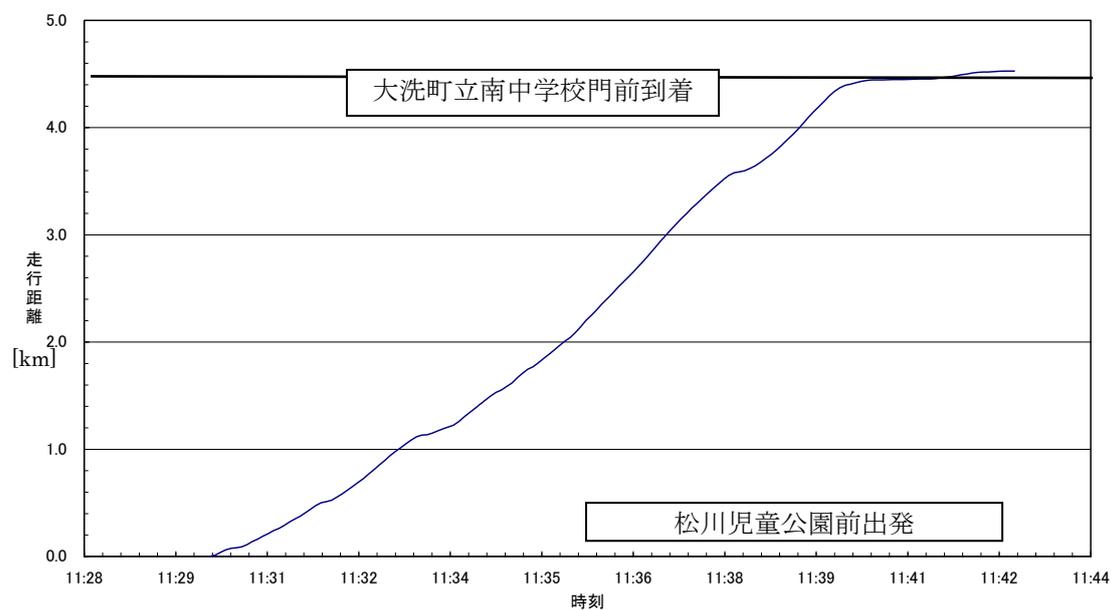


図 4.13 松川児童公園前から大洗町立南中学校への避難バスの走行曲線

4. 3. 2. 旭スポーツセンターへ向かった避難車両の車両挙動データの分析

(1) アンケートによる車両の走行状況の調査結果と分析

旭スポーツセンターへ向かった要援護者自家用車避難訓練及び住民自家用車避難訓練参加者に対するアンケート調査のアンケートの配布枚数と回収枚数を表 4.3 に示す。

下太田生活改善センターから旭スポーツセンターに向かった要援護者避難自家用車避難訓練及び住民自家用車避難訓練参加者 11 名にアンケート用紙を配布し、7 件の回答を得た。避難車両の走行状況を把握するための分析は、回収した回答のうち、運転者兼支援者の回答を分析対象とした。下太田生活改善センターを出発した要援護者避難自家用車避難訓練及び住民自家用車避難訓練の参加車両 5 台のうち、3 台について運転者兼支援者の回答が得られた。

上述した 3 台の要援護者避難自家用車避難訓練及び住民自家用車避難訓練の参加車両が、下太田生活改善センターを出発した時刻は、11:30 に 2 台、11:40 に 1 台であった。また、避難所である旭スポーツセンターの駐車場に到着した時刻は、それぞれ 11:40、11:45、11:46 であった。事業所等従業員避難訓練に先立って実施されたため、事業所等従業員避難訓練の参加車両による影響は全く受けなかった。

要援護者自家用車避難訓練の 3 台の参加車両について、下太田生活改善センターから旭スポーツセンターの駐車場までの所要時間を表 4.4 に示す。同表に示すように、3 台の所要時間はそれぞれ 7 分、10 分、15 分であった。

後述するように、この訓練においては避難経路上の混雑は確認されていないことから、アンケートで得られた所要時間を基に各車両の平均速度を評価した。その結果を表 4.4 に示す。茨城県地域防災計画（原子力災害対策編）^[1]において想定されている避難車両の“目安の速度”である 12 km/h と比較すると、いずれもそれを上回る速度であり、順調に走行していたと判定された。

(2) GPS 測位データによる避難車両の走行状況の分析

旭スポーツセンターへ向かった要援護者自家用車避難訓練及び住民自家用車避難訓練では、GPS ロガーは、表 3.1 に示したとおり、自家用車 2 台とバス 2 台の計 4 台に搭載した。ただし、バスは、自家用車と一緒に走行しているわけではなく、異なる経路を、異なる時刻に単独走行しているため、自家用車の走行データと比較することはできないことから、参考データとして GPS 測位データを取得したものである。

銚田市における住民避難訓練では、下太田生活改善センターからは自家用車のみ、上釜農村集落センター及び酒沼観光センターからはバスのみで、いずれも避難先は旭スポーツセンターである。

図 4.14 から図 4.16 に GPS 測位データから作成した避難車両の走行曲線（避難車両の走行距離の時間変化）を示す。図 4.14 に示す下太田生活改善センターからの避難車両の走行曲線では、出発地及び避難先が同一の避難車両の走行状況を比較評価できるように、解析上の走行開始地点と走行終了地点をそれぞれ統一した。すなわち、下太田生活改善センターから発進した車両について、当該施設正面の道路上を通過した瞬間を走行開始地点とした。また、走行終了地点は、到着地である旭スポーツセンターの指定された駐車場の入口を通過した瞬間とした。

図 4.14 から、事業所等従業員による自家用車避難訓練に先立って避難を開始した住民避難訓練の避難車両においては、全く走行上の障害がなく、円滑に避難所に到達したと考えられる。避難経路は幹線道路ではなかったが、走行曲線からは、県道との合流や比較的急な右左折による減

速が 2～3 箇所観察された以外、平均して約 32km/h 程の速度で走行していたことが分かった。

2 台の車両はほぼ同時に避難先施設に到着し、いずれも到着地である避難施設の手前で緩やかな減速が観察された。しかし、これは前回、平成 21 年度の訓練で発生したような渋滞ではなく、そのすぐ手前に左折があるためにゆっくり進入していたものと考えられる。その後、両車両はスムーズに旭スポーツセンター内に進入したものと考えられる。

図 4.15 及び図 4.16 の走行曲線から、銚田市スポーツセンターへ向った避難バスについても、比較的急な右左折による減速が 2～3 箇所観察された以外、平均して約 25km/h 程の速度で走行していたことが分かった。

表 4.3 旭スポーツセンターへ向かった要援護者自家用車避難訓練及び住民自家用車避難訓練参加者に関するアンケート調査の実施状況

出発地	配布枚数	回収枚数	回収率 (%)	内運転者 兼支援者 の回答	避難車両 台数
下太田生活改善センター	11	7	63.6	3	5

表 4.4 下太田生活改善センターから旭スポーツセンターに向かった車両の所要時間と平均速度

車両	所要時間 (分)	平均速度 (km/h)
1 台目	7	30.9
2 台目	10	21.6
3 台目	15	14.4

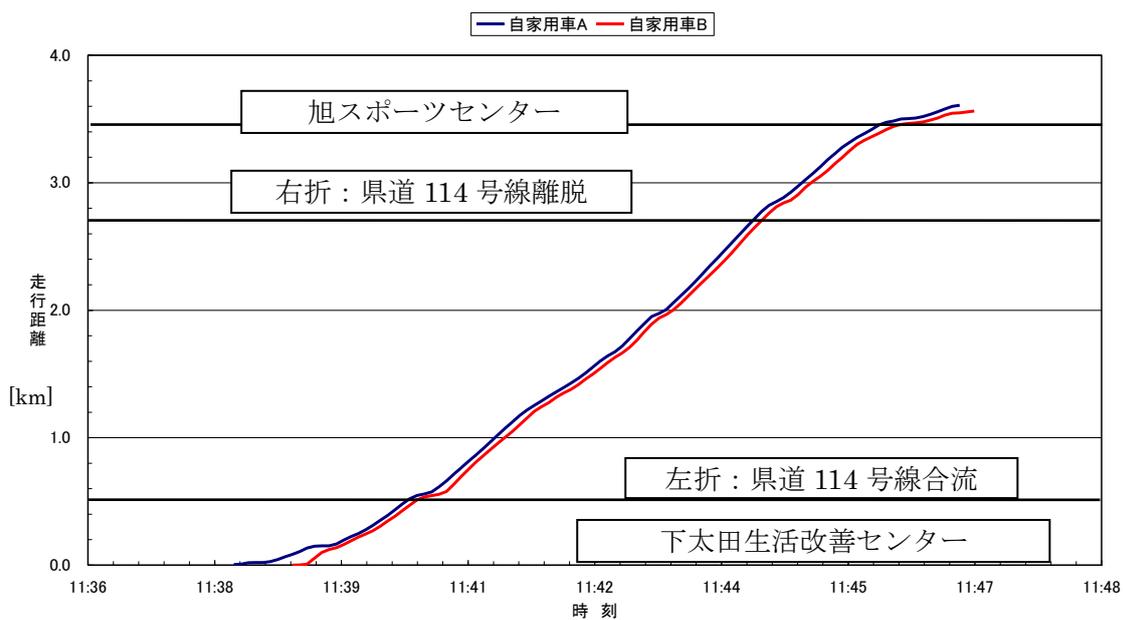


図 4.14 下太田生活改善センターから旭スポーツセンターへの避難車両の走行曲線

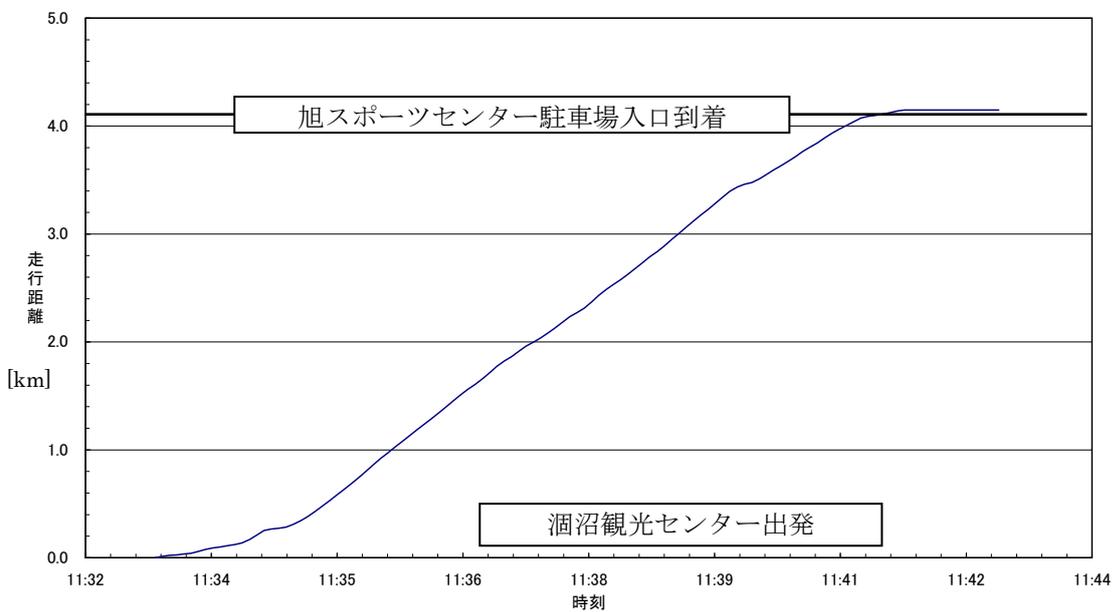


図 4.15 澗沼観光センターから旭スポーツセンターへの避難バスの走行曲線

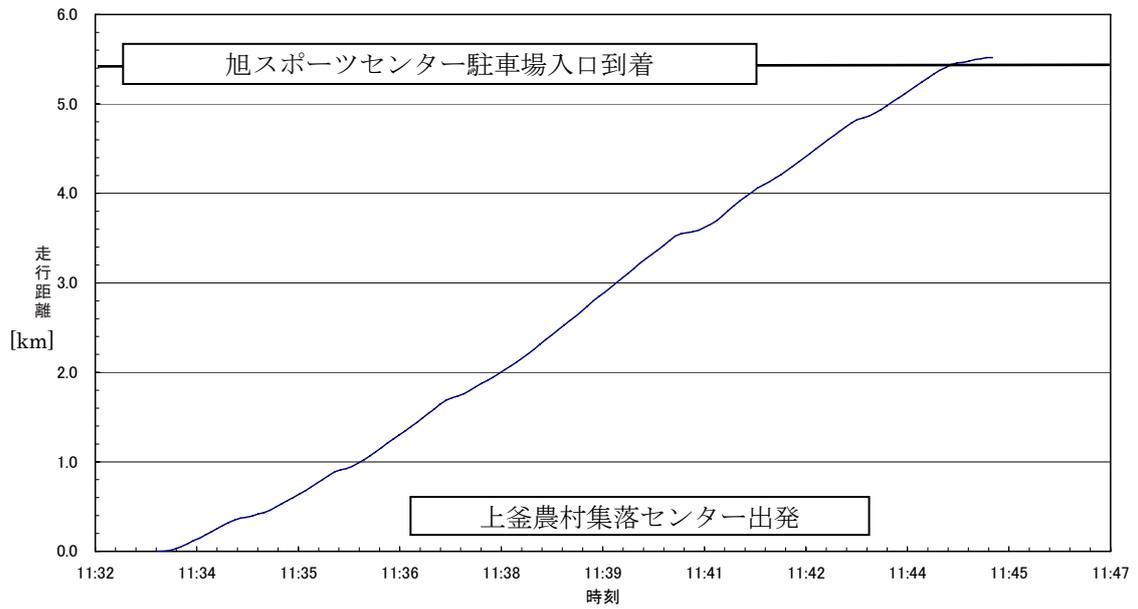


図 4.16 上釜農村集落センターから旭スポーツセンターへの避難バスの走行曲線

5. 自家用車避難に関する意識調査の分析

5. 1. アンケートの回収状況

アンケートの回収状況を表 5.1 に示す。本アンケート全体における回収率は 87%であった。

また、訓練において自家用車で避難した参加者とバスで避難した参加者のそれぞれのアンケートの回収状況の偏りを確認するため、質問 1（訓練で使用した避難手段についての質問）の回答結果を基に、訓練参加者のアンケートの回収率を、避難先施設（回収地点）及び訓練における避難手段（自家用車とバス）で分別した。分別した結果を表 5.2 に示す。この結果より、大洗町立南中学校に避難した参加者と旭スポーツセンターに避難した参加者に共通して、バスで避難した参加者のアンケートの回収率が低い傾向があることが分かる。また、旭スポーツセンターでは、自家用車避難のアンケートの回収率が 100%を超えていた。これは、バスで避難した訓練参加者のうち 3 名以上が、質問 1 で間違っ「自家用車」で避難したと回答した可能性が考えられる。しかし、間違っ回答がなされたアンケートを特定して排除できないことから、回収したアンケートをそのまま集計して、以後の分析を実施した。

5. 2. 集計結果

(1) 避難手段の選択状況

質問 2 は、原子力災害時に避難する際、自家用車と地方公共団体が用意するバスのどちらがより好ましい避難手段と考えるか尋ねたものである。避難者全体で集計した結果を図 5.1 に示す。

図 5.1 から、今回の参加者の約 60%が自家用車の方をより好ましい手段と考えていることが分かる。

次に、回答者自身が避難訓練において経験した避難手段と自身がより好ましいと考える避難手段の間に相関があるかどうかを確認するために、質問 1 の回答結果で分別し、自家用車で避難した回答者とバスで避難した回答者についてそれぞれ集計した。図 5.2 及び図 5.3 に質問 2 の回答結果をそれぞれ示す。^{注)}

図 5.2 及び図 5.3 から、今回の避難訓練において自家用車で避難した回答者の約 70%が自家用車の方がより好ましい避難手段と考え、バスで避難した回答者の約 60%がバスの方がより好ましい避難手段と考えていることが分かり、避難訓練において経験した避難手段とより好ましいと考える避難手段の間に、ある程度の相関があることが示唆された。

(2) 自家用車がより好ましい避難手段であるとした理由

質問 3 は、質問 2 において自家用車がより好ましい避難手段であると回答した参加者に対して、その理由を尋ねたものである。質問 3 の回答は複数回答を認めており、33%の回答者は以下の理由の複数を選択している。

^{注)} 回答の中で、質問 2 には空欄を記入し、回答しなかったにもかかわらず、後述する質問 3、4 に両方回答している例が 1 例だけあった。これについては、回答者が避難手段として自家用車とバスを甲乙付け難いと考えているものと考えて、質問 2 の集計では含めず、後述の質問 3、4 の集計では（いずれも複数回答を認めていることから、）両方にこの回答を含めることとした。

- ① 一時集合場所（バス乗り場）が遠い。
- ② バスがいつ来るか分からない。
- ③ 避難所到着後も移動しやすい。
- ④ その他

図 5.4 に質問 3 の回答結果を示す。図 5.4 の集計においては、1 人の回答者が複数回答したものについてそれぞれの回答を各 1 件と集計しており、また、質問 2 において自家用車がより好ましい避難手段であると回答した参加者全体で評価し、質問 1 の回答結果、すなわち回答者自身が避難訓練において経験した避難手段、で区別はしなかった。

図 5.4 から、自家用車がより好ましいと考えている参加者は、バスがいつ来るか分からないこと、あるいは避難後も移動できることが、その理由であるとする者が大半を占めており、両者の意見だけで 78% に達している。

一時集合場所（バス乗り場）が遠いことを自家用車選択の理由に選んだ回答は 15% に達し、内訳を調べてみると、大洗町立南中学校に避難した参加者の 11%、旭スポーツセンターに避難した参加者の 17% であった。

アンケート用紙には回答者がどのくらいの距離に対して“遠い”と考えているか調べるための記入欄も設けたが、一時集合場所が遠いことを理由としながらも、その具体的な距離を回答した回答者は少なく、旭スポーツセンターに避難した回答者のうちの 3 人だけであった。その内訳は、回答者が遠いと感じている一時集合場所までの距離として、1km が 1 例、2km が 2 例であった。

自家用車がより好ましいと考える理由として、“その他”を選択した回答者の選択理由は 6 例の回答があり、その記載内容は以下のとおりである。

- a. バスがどこに来るのか分からない。乗り遅れたらどうしていいか分からない。
- b. バスが手配できないのでは？
- c. バスが来る時間が不安。バスを待つ場所が分からない。
- d. 食料品や被服などを入れておける。
- e. バスは出発が遅い。
- f. 避難所に家族で行ける。

(3) バスがより好ましい避難手段であるとした理由

質問 4 は、質問 2 においてバスがより好ましい避難手段であると回答した参加者に対して、その理由を尋ねたものである。質問 4 の回答は複数回答を認めており、約半数の回答者（56%）が以下の理由の複数を選択している。

- ① 自分で運転できない、又は自家用車がない。
- ② 自家用車は交通渋滞や事故の心配がある。
- ③ 自分で避難所の場所を知らなくても避難所に到着できる。
- ④ その他

図 5.5 に質問 4 の回答結果を示す。図 5.5 の集計においては、1 人の回答者が複数回答したも

のについてそれぞれの回答を各 1 件と集計しており、また、質問 2 においてバスがより好ましい避難手段であると回答した参加者全体で評価し、質問 1 の回答結果、すなわち回答者自身が避難訓練において経験した避難手段、で区別はしなかった。

バスがより好ましい避難手段であると考えている回答者は、自家用車による避難は交通渋滞や事故の心配があること、あるいは避難所の場所を知らなくても避難できることがその理由であるとする者が大半を占めており、両者の意見だけで 88%に達している。

バスがより好ましい避難手段である理由として、自家用車避難で交通渋滞や事故の心配があるとした回答と、バスによる避難では避難所の場所を知らなくても避難できることとした回答は、それぞれ 48%と 40%であり、自家用車避難における交通渋滞や事故の心配を理由とした回答が若干多かったが、回答総数が限られているので、この差が有意なものと結論するのは難しい。さらに、回答内容を詳細に調べると、バスがより好ましい避難手段であると考えている回答者の 58%が、この 2 つの理由を複数選択している。

バスがより好ましい避難手段である理由として、自分で運転できない、あるいは自家用車がないと回答した参加者は 6%であった。

また、バスがより好ましいと考える理由として、“その他”を選択した回答者は、大洗町立南中学校に避難した参加者の中の 3 例のみ (6%) であり、その理由として記載された内容は以下のとおりである。

- a. 避難所の駐車スペースをあまり考えなくて良い。
- b. 個人で動くよりは状況を把握しやすい。
- c. 交通渋滞が不安。

表 5.1 避難に関する住民の意識調査に伴うアンケート実施状況

実施場所		対象	配布数	回収数	回収率 [%]
大洗町	大洗町立南中学校	要援護者避難訓練参加者及び住民避難訓練参加者	55	48	87
銚田市	旭スポーツセンター		39	34	87
合計			94	82	87

表 5.2 参加者の避難手段と避難先及びアンケートの回収率の結果
回答者数/当該訓練参加者の実数：回収率 [%]

避難手段	大洗町立南中学校	旭スポーツセンター
自家用車	29/30 : 97	14/11 : 127 ^注
バス	19/25 : 76	20/28 : 71

^注 バスで避難した参加者が質問 1 で「自家用車」と間違っって回答しているアンケートが、3 名分以上含まれていると考えられる。間違っって回答がなされたアンケートを特定して排除できないことから、回収率が 100%を超えている。

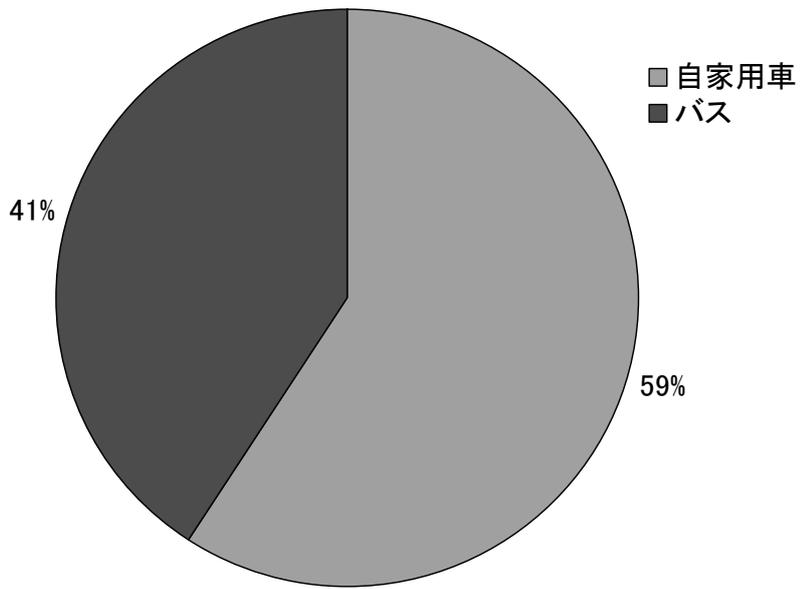


図 5.1 避難手段の選択状況（全避難者）

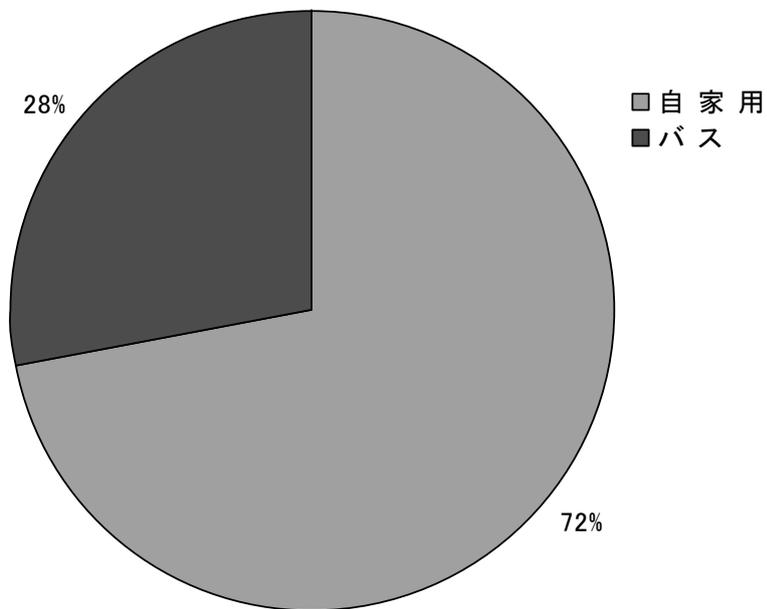


図 5.2 避難手段の選択状況（自家用車避難者）

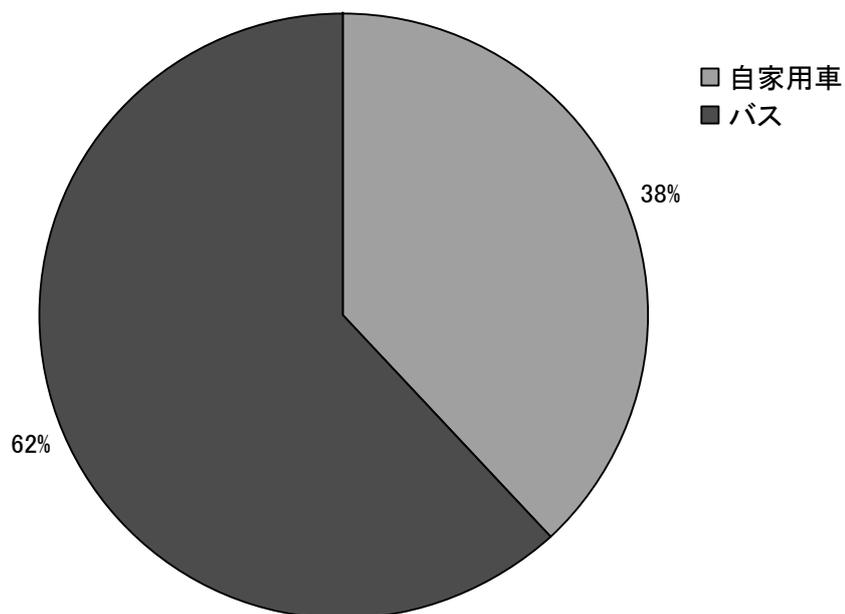


図 5.3 避難手段の選択状況（バス避難者）

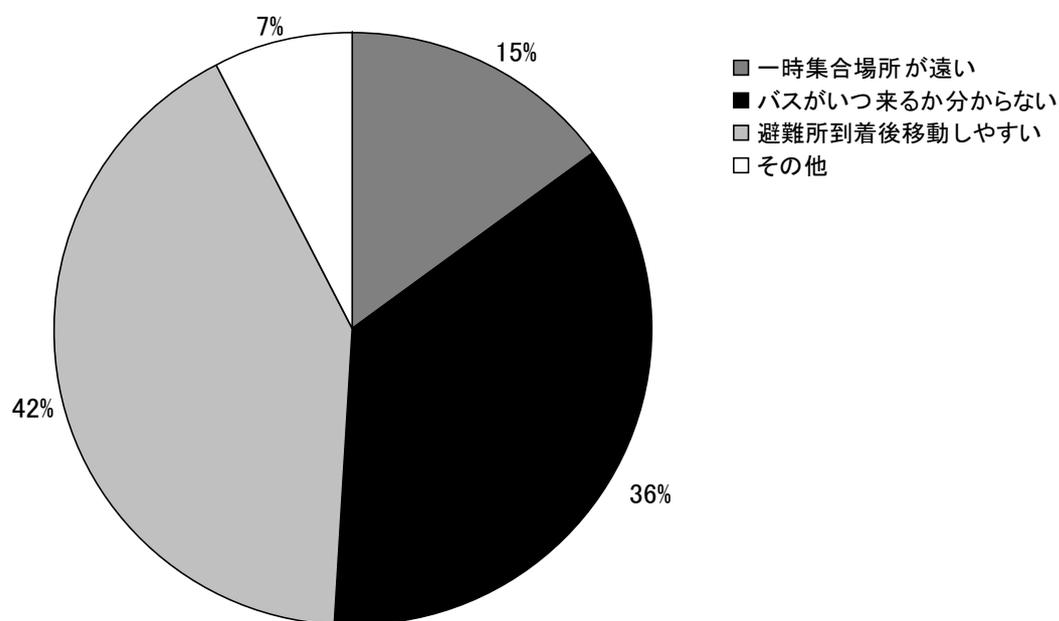


図 5.4 避難手段として自家用車を選択した理由

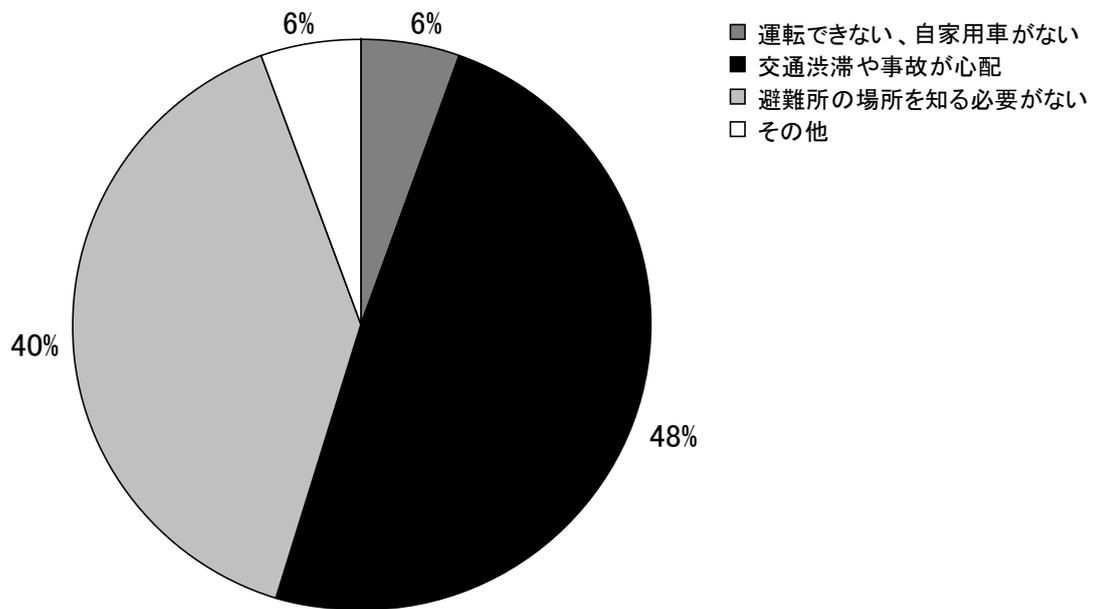


図 5.5.避難手段としてバスを選択した理由

6. 考察

本章では、第4章「避難車両の挙動データの分析」及び第5章「自家用車避難に関する意識調査の分析」の結果を踏まえて「原子力災害に伴う住民避難」を計画する際のいくつかの課題について考察する。

6. 1. 避難経路・交通規制・誘導について

今回の事業所等従業員自家用車避難訓練におけるアンケート、GPS測位データ及び撮影画像による避難車両の走行状況の分析の結果、大洗研究開発センターの北地区及び日本核燃料開発(株)、日揮(株)、東北大学から、北方向に大洗町立南中学校へ向った避難車両99台の走行状況は、各事業所の門を通過後は非常に円滑に走行し、平均速度も茨城県地域防災計画(原子力災害対策編)Ⅲにおいて想定されている避難車両の“目安の速度”、12 km/h、以上の速度であったと考えられる。しかし、大洗町立南中学校手前の駐車場に至る避難経路後半の区間は、断続的な走行となり、混雑が確認された。

それに対して、大洗研究開発センターの南地区から、南方向に旭スポーツセンターへ向った避難車両101台の走行状況は、急な鋭角の交差点での右左折や道幅の狭い区間を通過する際の速度低下を除くと、避難所まで非常に円滑に走行し、平均速度も茨城県地域防災計画にある避難車両の“目安の速度”、12 km/h、の2倍以上の速度であり、順調と判定されるものであった。また、交差点における警察官や係員による誘導により、避難経路を逸脱する車両はなかった。

したがって、今回の事業所等従業員自家用車避難訓練において、避難経路を複数設定して避難車両を分散させることで、混雑による影響を小さくできることが示された。また、幅員が狭く速度の出にくい道路を避難経路としても、避難車両は十分な速度で走行できることが示されており、避難経路上の交差点において警察官や係員による誘導が行われていれば、自家用車避難において幅員が狭く地形や構造により速度の出にくい道路であっても避難経路として選択できる可能性が十分あることが示された。

避難車両による渋滞を減らすためには、一つの避難経路における避難車両の通行台数を減らすことが必要であり、その方策の一つとして、避難車両を複数の避難経路に分散させることが挙げられる。

また、福島第一原子力発電所事故のように自然災害と同時に原子力災害が発生することを考慮した場合、自然災害による損傷をまぬがれた道路あるいは損傷等はあるが通行可能な道路を駆使して住民避難を実施しなければならない。そのため、交通容量の多い道路だけでなく、幅員が狭い、道路構造から速度が出にくい、損傷のため減速して走行しなければならない等の、条件の悪い道路を避難経路に使用しなければならないことも十分考えられる。

以上のことから、自家用車による住民避難の計画策定にあたっては避難対象の居住区ごとに、交通容量の多くない道路も含めて複数の避難経路を検討する必要がある。また、警察や係員を配置し円滑に避難出来るように交通規制や誘導をすることも重要であると考えられる。

6. 2. 避難施設について

今回、大洗町立南中学校へ向った北方向だけに避難車両の混雑が発生したのは、大洗町立南中

学校に設置された避難車両用の駐車場入口が非常に狭かったことが大きな原因である。駐車場入口が十分な広さであった旭スポーツセンターでは、ほぼ同数の車両数であったにもかかわらず、このような混雑は発生していない。自家用車による避難を行う場合は、特にそこで予想される車両数と避難所の駐車場設備のバランスを考慮することが、避難施設の選定において重要である。すなわち、単に駐車場の駐車容量だけでなく、その出入口周辺の道路構造にも着目する必要がある^{注)}。

避難施設周辺で発生する渋滞は、原子力災害時の防護対策という観点では、当該避難施設が発災施設より十分な距離さえあれば、住民の放射線による被ばくは防止できるので、あまり問題にはならない。しかし、平成 21 年度において行われた自家用車避難訓練においても確認されているように、避難の円滑な実施という観点では、自家用車による避難を行う場合は、特に避難施設の駐車場容量や入口構造を事前に確認し、避難所選定上の考慮要件とすることが必要と思われる。

6. 3. 住民の避難手段の選択について

今回、要援護者自家用車避難訓練参加者及びバスによる住民避難訓練参加者に対して、自家用車避難に関する意識調査アンケートを実施し、原子力災害時に避難する際、自家用車と地方公共団体が用意するバスのどちらがより好ましい避難手段と考えるかという調査を行った。平成 20 年度、21 年度の茨城県原子力総合防災訓練における調査では、自家用車避難訓練参加者を対象に実施しているが^{2|3|}、今回の訓練では、バスによる住民避難訓練の参加者も対象にしているため、訓練参加者の避難手段とより好ましいと考える避難手段の間の相関について調査したのは今回が初めてである。

今回の調査では、避難者全体では約 60%の回答者が自家用車を好ましい手段と考えており、これは、平成 20 年度と平成 21 年度の調査と同じ傾向を示している^{2|3|}。また、避難訓練で経験した手段と好ましい避難手段の関係でみると、避難訓練において経験した避難手段がより好ましい避難手段と考える傾向があることが示唆された。このことから、住民に原子力災害時の避難というものを理解し、考えてもらうためには、なるべく多くの住民に、自家用車あるいはバスによる避難訓練を体験してもらうことが重要である。そのために、茨城県原子力総合防災訓練を休日に実施するという事も検討に値するものと考えられる。

さらに、自家用車避難に関する意識調査アンケートの結果を詳細に見ると、自家用車がより好ましいと考えている参加者は、バスがいつ来るか分からないこと、あるいは避難後も移動できることが、その理由であるとする者が大半を占めている。一方、バスがより好ましい避難手段であると考えている回答者は、自家用車による避難は交通渋滞や事故の心配があること、あるいは避難所の場所を知らなくても避難できることが、その理由であるとする者が大半を占めている。

このような、避難手段として自家用車あるいはバスが好ましい考える理由については、平成 20 年度、21 年度の調査結果とほぼ一致している。^{2|3|}

一方、福島第一原子力発電所事故において実施された住民避難は、これまでの地域防災計画の範囲を超える広い地域が対象になった。このことは、単に EPZ 内を調査対象とする周辺においても原子力災害時の避難行動に関する意識調査をする必要があることを示唆している。

^{注)} さらに当該避難施設において車両の汚染スクリーニングを実施するのであれば、そのスペースも考慮する必要がある。

7. まとめ

平成 22 年 9 月 30 日に実施された平成 22 年度茨城県原子力総合防災訓練において行われた自家用車を利用した避難訓練、すなわち、事業所等従業員自家用車避難訓練要援護者自家用車避難訓練及び住民避難訓練において、自家用車を利用した避難に関する調査を実施するとともに、その分析評価を実施した。以下にその結果をまとめる。

- ・避難経路を複数設定して避難車両を分散させることで、混雑による影響を小さくできることが示された。
- ・避難経路上の交差点において警察官や係員による誘導が行われていれば、幅員が狭く道路構造から速度の出しにくい道路であっても避難車両は順調に走行できることが示された。
- ・今回混雑が発生した避難経路について、地上からの撮影画像の分析の結果、避難車両用の駐車場入口が非常に狭かったことが大きな原因で混雑が発生していたことが確認された。
- ・今回の調査では、避難者全体では約 60%の回答者が自家用車を好ましい手段と考えており、これは、平成 20 年度と平成 21 年度の調査と同じ傾向を示している。
- ・避難手段の選択状況についての意識調査の結果より、避難訓練において経験した避難手段がより好ましい避難手段と考える傾向があることが示唆された。

また、今回の調査を踏まえた考察をもとに得られた知見を以下にまとめる。

- ・混雑緩和と代替路の確保から、避難対象の居住区ごとに、通行できる台数の少ない道路も含めて複数の避難経路を検討する必要がある。
- ・円滑な避難を進めるために、避難経路上の交通規制や誘導も重要である。
- ・避難を円滑に実施するという観点では、自家用車による避難を行う場合は、特に避難施設の駐車場容量や入口構造を避難所選定条件とし、事前に確認することが必要と思われる。
- ・被験者の原子力防災訓練における経験が避難手段の選択に影響を与える可能性がある。
- ・避難指示が想定される地区を取りまく周辺の地区においても原子力災害時の避難行動に関する意識調査をする必要がある。

平成 23 年 3 月に、福島第一原子力発電所事故が発生し、3 月 12 日より原子力発電所の半径 20km 以内に住む住民約 7 万 8 千人に対して避難指示が出され、大部分の住民がバスや自家用車により避難した^[8]。

福島の自家用車による住民避難について、特定の市町村や場所で確認された状況を示す断片的な情報^[9]は明らかになっている。しかし、自家用車による避難の全体像を示す情報は明らかになっていない。

原子力災害時の自家用車による住民避難において福島における自家用車避難の実態を明らかにすることは非常に有益であり、今後詳細な調査が必要である。

謝 辞

この平成 22 年度茨城県原子力総合防災訓練における自家用車避難訓練、要援護者避難訓練、住民避難訓練の評価を実施するにあたっては、茨城県生活環境部原子力安全対策課より、調査に対する御配慮、御協力をいただきましたことを深く感謝いたします。また、茨城県機動班には、本評価のために避難所駐車場における撮影画像を御提供頂きましたことに感謝いたします。これにより、避難所駐車場における渋滞発生状況を把握することができました。

大洗町生活環境課並びに銚田市総務部総務課には、要援護者避難及び住民避難訓練の避難車両の出発時刻の確認及び避難車両への GPS ロガーの配布に御協力頂きましたことを感謝いたします。

要援護者避難訓練参加者の皆様並びに住民避難訓練参加者の皆様には、アンケート調査に御協力頂きましたことを感謝いたします。

また、事業所等従業員自家用車避難訓練に参加された皆様、大洗研究開発センター管理部総務課と地域交流課及び本部総務課には、調査等に御協力いただきましたことを感謝いたします。

引用・参考文献

- [1] 茨城県防災会議：“茨城県地域防災計画（原子力災害対策計画編）”，（2009）
- [2] 山本一也：“平成 20 年度茨城県原子力総合防災訓練における自家用車避難訓練の評価”，
JAEA-Technology 2008-089 （2009）
- [3] 川上剛，山本一也，福本雅弘：“平成 21 年度原子力総合防災訓練における自家用車避難訓練，災害時要援護者自家用車避難訓練及び大規模集客施設一時滞在者帰還訓練の評価”，
JAEA-Technology 2010-024 （2010）
- [4] 山本一也：“原子力緊急時の住民避難計画の策定に関する調査（Ⅱ）—フランスの即時対応と避難、及び避難時間評価に関する各種モデルの実例調査—”，JAEA-Review2008-27
（2008）
- [5] 松井寛，藤田素弘，阿江章：“人間の知覚に基づく高速道路渋滞の情報提供とその評価に関する研究”，土木学会論文集 No.494/Ⅳ-24，pp.127-135（1994）
- [6] 甲斐慎一郎，石田東生，岡本直久，古屋秀樹，“主観的評価を考慮した渋滞判定に関する基礎的研究”，土木計画学研究論文集 No.20 PP.887-894（2003）
- [7] 財団法人日本道路交通情報センターWeb ページ：
available from <http://www.jartic.or.jp/index.html>
- [8] 文部科学省 Web ページ：“原子力損害賠償紛争審査会（第 1 回）配布資料”
available from
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/kaihatu/016/shiryo/1305111.htm
- [9] 青森県原子力安全対策課 Web ページ：“第 2 回青森県原子力防災対策検討委員会資料及び議事録”
available from <http://www.aomori-genshiryoku.com/dp/cat77/cat79/post-493.html>

付録 A : GPS 測位データからの移動距離の算出方法について

国土地理院測地部の HP に紹介されている計算法は、2 点の緯度・経度から各々の平面直角座標 x 、 y を求め、それから測地線長を求める計算が紹介されている。¹⁾ この計算法は、最も精度の高いものと考えられるが非常に複雑である。

インターネット上では、Vector のサイトで、表計算ソフト上で動くフリーソフトウェアが提供されている。²⁾

また、「カシミール 3D」という、ある山が見える範囲をプロットした地図を作成するための 3 次元 CG (コンピュータグラフィックス) ソフトウェアが山岳愛好家向けに市販されているが、当該ソフトウェアに GPS データの地図上表示やデータ解析などの機能があり、2 点の緯度・経度から距離を計算することができる。³⁾ その計算に、地球が赤道方向に膨らんだ歪を有している球体であることを考慮して距離を計算する方法として、一般によく知られている近似計算式でも最も簡単な Hubeny(ヒュベニ)の公式が採用され、紹介されている。

国土地理院測地部の HP に紹介されている計算法は測地線航海算法であり、本来、数百 km 以上離れた 2 点の距離を計算することを目的としたものである。一方、本評価において GPS ロガーによって得られる測位データは 5 秒毎に記録されているので、この間に避難車両が移動する距離は、90m に満たない。そのため、必ずしも国土地理院測地部の HP に紹介されている測地線航海算法を適用する必要はなく、一般的な近似計算式で十分な精度を確保できると考えられる。

そこで、本評価においては、GPS ロガーによって得られる測位データから避難車両が移動した距離の計算には、上述した Hubeny(ヒュベニ)の公式を用いることとした。以下に Hubeny(ヒュベニ)の公式を示す。

$$D = \sqrt{(R_M dP)^2 + (R_V \cos \bar{P} \cdot dM)^2} \quad (1)$$

ここで、

D : 2 点間の距離 [m]、 \bar{P} : 2 点の平均緯度
 dP : 2 点の緯度差、 dM : 2 点の経度差

また、

R_M : 子午線曲率半径 [m]

$$R_M = \frac{6334834}{\sqrt{(1 - 0.006674 \sin^2 \bar{P})^3}}$$

R_V : 卯酉線 (ぼうゆうせん、Prime vertical) 曲率半径 [m]

$$R_V = \frac{6377397}{\sqrt{(1 - 0.006674 \sin^2 \bar{P})}}$$

である。

¹⁾ <http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/>

²⁾ <http://www.vector.co.jp/soft/win95/home/se438927.html>

³⁾ 杉本 智彦 (著) 「カシミール 3D 入門—山と風景を楽しむ地図ナビゲータ」(実業之日本社) 2002 年

付録 B-1：自家用車避難訓練アンケート

質問 1 あなたが出発したのはどこですか？該当する事業所名を○で囲んでください。

日本核燃料開発（株）， 日揮（株）， 東北大学，
JAEA 大洗北地区， JAEA 大洗南地区

質問 2 あなたが自家用車で事業所等の門を出た時刻は何時ですか。

: ,

質問 3 あなたが避難所駐車場へ到着した時刻は何時ですか。

: ,

御協力，ありがとうございました。

ご記入頂きましたアンケートは、避難所入口にて、原子力緊急時支援・研修センターのスタッフが回収しておりますのでお渡し下さい。

このアンケートは、茨城県からの委託を受けて、(独) 日本原子力研究開発機構原子力緊急時支援・研修センターが自家用車避難訓練の分析評価を行うために実施するものです。

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
原子力緊急時支援・研修センター

付録 B-2：要援護者自家用車避難に関するアンケート

【避難訓練について】

質問1 あなたは、どの一時集合場所から出発しましたか？あてはまる場所に○をつけて下さい。

[松川集落センター，下太田生活改善センター，JA 大洗出荷所]

質問2 あなたが避難訓練ではどの役をつとめましたか？あてはまる役に○をつけて下さい。

[運転手兼支援者 ， 支援者 ， 要援護者]

質問3 「一時集合場所を出発した時刻」と「避難所駐車場に到着した時刻」の時刻を記入して下さい。

①一時集合場所を出発した時刻

時 分

②避難所駐車場に到着した時刻。

時 分

【要援護者の避難について】

質問4 要援護者を避難させるにあたり、課題・お気づきの点などがございましたら、お書き下さい。

[]

御協力ありがとうございました。

ご記入頂きましたアンケートは、避難所入口にて、原子力緊急時支援・研修センターのスタッフが回収しておりますのでお渡し下さい。

このアンケートは、茨城県からの委託を受けて、(独)日本原子力研究開発機構原子力緊急時支援・研修センターが災害時要援護自家用車避難訓練の分析評価を行うために実施するものです。

国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立法メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の)	1
比透磁率 ^(b)	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	他のSI単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s
電荷, 電気量	クーロン	C	s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C	K
光照射度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)
放射線量	グレイ	Gy	J/kg
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq	s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg
酸素活性化	カタール	kat	s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV.2002.70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
	名称	記号
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s
表面張力	ニュートンメートル	N m
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s
角加減速	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³
電表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²
誘電率	ファラド毎メートル	F/m
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³

表5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	zepto	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	yocto	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオト	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π) A m ⁻¹

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット=200 mg=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15°C」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1 μm=10 ⁻⁶ m

